

# 第一章 简单电源

能源是人类生存和发展的必要条件,而在能源家族中,电能源又是社会及人类发展的标志。本章主要介绍人们普遍运用和熟悉的简单电源:干电池、蓄电池及微型电池的原理、使用及维护。

## 第一节 电源概述

### 一、概念

在现代社会中,电源已深入到每个人的生活领域,人们几乎每天都会用到电源:电子玩具,电灯,电视机,电冰箱,照相机,计算机,X射线高压发生器等等电器及电设备,离开电源就失去意义。什么是电源?顾名思义,即为电的发源地,如干电池、发电机等一切能向负载提供电能的装置均叫电源。

### 二、电源的发展

开始时,人们在装有硫酸( $H_2SO_4$ )溶液的容器中浸入锌片和铜片两种金属。通过化学电解,锌片上带上了负电,铜片上带上等量正电荷,再在两个金属片上引出两个极就制成了能向负载提供电能的简单原电池。这以后逐步有了各种干电池、蓄电池以及微型电池。但是随着工商农业等的不断发展,这些简单电源已经远远满足不了社会的需求,人们迫使电源家族不断地扩充、完善。这样,各种稳定电源,开关电源,UPS电源,计算机电源以及各种设备的应急保护电源相继问世并正不断地发展着。我们将在以后几章较为详细地介绍它们。

## 第二节 干电池

### 一、概述

干电池又叫一次性电池。它是电源家族中最原始,应用也最广泛的一种。它的还原性能极差,就是说,它只能将其储存的化学能一次性地转化为电能而不能再将电能还原回化学能。虽然国内外也曾有许多人尝试用恒压充电器,恒流充电器,脉动充电器,正负脉冲充电器等等来延长干电池的使用寿命,但其电能——化学能的可逆性仍未得到改变。

### 二、组成原理

干电池的种类较多,常见的就有锌锰铵型、锌锰锌型、锌锰碱性型、锌银型、锌空碱性型及锂锰型等。不同型号的干电池,其组成的化学成份各不相同。如:普通日用型锌锰电池阴极为锌片,阳极为碳棒(由二氧化锰和石墨组成),电解液为氯化铵( $NH_4Cl$ )和氯化锌( $ZnCl_2$ )及水溶液。锌片和碳棒浸在浆糊状的电解液中,二氧化锰的作用是将碳棒上生成的氢气( $H_2$ )氧化成水,防止碳棒过早极化。其他种类电池,虽然其电解质不同,但其二氧化锰或氧化银、氧等都具有相同的作用。

现将常见的几种干电池性能列表如表 1-1,以供读者选购电池时参考。

表中干电池的容量是指在一定条件下,电池每安培小时放出的电量。容量一般取决于放电电流的大小,电池的连续或间歇使用方式以及温度,湿度等。

表 1-1 常见干电池性能表

电池类别	阳极	阴极	电解液	额定电压(V)	工作温度(°C)	重量比容量	放电程度	防漏电性	优点	缺点
锌锰(铵性)	锌	二氧化锰(石墨)	ZnCl <sub>2</sub> NH <sub>4</sub> Cl H <sub>2</sub> O	1.5	-5~45	100	较陡	良	成本低,应用广,适于小功率供电	重量比容量较低,低温和大负载时放电性能差
锌锰(锌性)	锌	二氧化锰(石墨)	ZnCl <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O	1.5	-10~50	100~150	较陡	优	成本低,防漏电性能好	重量比容量低
锌锰(碱性)	锌	二氧化锰(石墨)	KOH H <sub>2</sub> O	1.5	0~55	150~300	陡	良	重量比容量高,放电性能优于锌型	成本较高
锌银型	锌	氧化银	KOH H <sub>2</sub> O	1.5	0~55	300	平坦	良	重量比容量高,放电稳定	成本高
锌空(碱性)	锌	氧(空气)	KOH H <sub>2</sub> O	1.4	0~50	400~500	平坦	良	重量比容量高,放电稳定	湿储存寿命短,间歇放电电量较低
锂锰型	锂	二氧化锰	有机溶剂 盐溶液	3.0	-20~55	300~400	平坦	优	重量比容量高,工作温度范围广,低温性能好	内阻较高,只适用于小电流使用

### 三、使用及维护

一般干电池的单体电压为 1.4~1.6V,内电阻约为 0.1~0.5Ω。

干电池在电路中的符号与其他一切电源的符号一样,见图 1-1。

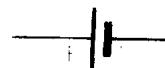


图 1-1 电池符号

干电池型号多种多样,但在使用中,依据其外形尺寸的大小称为 1 号电池,2 号电池,5 号电池等,而尤为这三种规格应用最广,如用在手电筒,收音机,录音机,电子玩具,计算器,电动剃须刀等等中。表 1-2 列举了几种电动剃须刀用干电池。

表 1-2 几种电剃刀所用干电池型号

电剃刀牌号	形式	额定电压(V)	电池型号
双箭(RS-4)	卧式	3	5号
白灵	立式	1.5	1号
华生	立式	1.5	1号
幸福	卧式	3	5号
东海	立式 卧式	1.5	1号
鼎铃	立式	1.5	1.2号
三角	立式 卧式	1.5	2号

**注意:**电池在不用时,应该将它退出电气设备中,以免存放太久,漏出的电液腐蚀电气设备。而且,电池应保存在阴干处,切忌不要放置在潮湿的地方。

在附录表中列出了常用一次性电池的性能及生产厂家,供读者参考。

### 第三节 蓄电池

#### 一、概述

蓄电池是一种还原性电池,又称二次性电池。它是先将电能转变成化学能并储存起来,使用时,再将化学能转换为电能并向负载释放。这种电能——化学能的转换是可逆的。

常用蓄电池有两种:酸性的铅蓄电池和碱性的镍镉蓄电池。如果按蓄电池的用途来分,又可分为固定型和移动型。固定型包括开口式,封闭式,防酸隔爆式,消氢式及无需维护式等。移动型分别用于汽车,摩托车,电瓶车,火车,船舶等的启动。

#### 二、酸铅蓄电池

酸铅蓄电池是一个玻璃或硬橡胶制的器皿中盛着电解质稀硫酸( $H_2SO_4$ )溶液。正极为二氧化铅板( $PbO_2$ ),负极为海绵状铅。

##### (一)工作原理

##### 1. 放电

图 1-2(a)表示充电后的蓄电池,其两极间的电压约为 2~2.1V。如果两极间接上负载

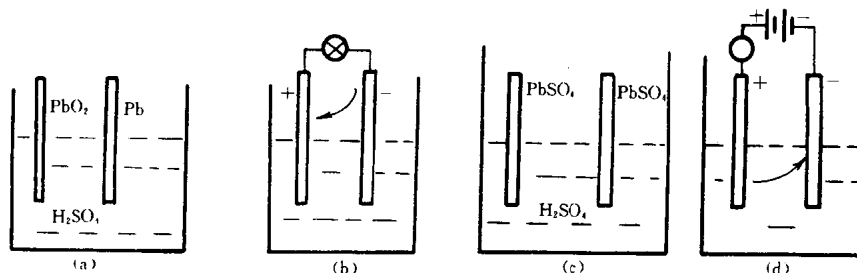


图 1-2

(灯泡),负载上就会有电流流过(此时灯泡发亮)如图 1-2(b)。这种将化学能转换成电能的现象即为放电。放电过程中,正负极不断与电解液发生一系列复杂的化学反应。硫酸分子不断分解成阳性氢离子和阴性酸根离子而渗入到极板, $H^+$ 走向阴极板, $SO_4^{2-}$ 离子走向阳极板。则在电解液中, $H_2SO_4$ 成份逐渐减少,水( $H_2O$ )分相对增加,直到两极板电势差达到一定程度,蓄电池放电结束,这个电势差一般为 1.8V,此时两极板均变成硫酸铅( $PbSO_4$ ),如图 1-2(c)。电解液的比重降为 1.16 左右。放电时蓄电池的化学能转换为电能。

##### 2. 充电

蓄电池充电时,将其两极接在电源的正负极上(如图 1-2(d))即组成充电电路,充电电流使电解液中  $H_2SO_4$  浓度增大, $H^+$ 不断移向阴极, $SO_4^{2-}$ 不断移向阳极,当两极电压达到 2.5~2.7V 时,充电结束。充电后,阳极还原成  $PbO_2$ ,阴极板上则生成海绵状的铅,如图 1-2(a)。充电时,直流电源的电能量转换成蓄电池的化学能并储存起来。

##### (二)使用与维护

蓄电池的维护主要在于它的正确使用,而正确使用主要在于正确充电。每个厂家的产品都附有《维修使用说明书》,我们在使用及维修电池前一定要了解该产品的性能特点,不能盲目使用和维修。

## 1. 充电方法

给蓄电池的充电一般有恒压充电法,恒流充电法,分阶段充电法等。下面简单介绍这几种充电方法。

### (1) 恒压充电法

恒压充电即为给蓄电池充电的电压维持不变,因为蓄电池电压在不断升高,所以充电电流由大逐渐变小。当蓄电池电压与电源电压相当时,电流降为零,充电结束。

### (2) 恒流充电法

恒流充电法即为在给蓄电池充电过程中,电流始终维持不变。但当充电终期时(蓄电池电压达 2.4V 时),应适当减小充电电流。

### (3) 分阶段充电法

将对蓄电池的充电分为两个阶段,第一个阶段为大电流充电,第二个阶段为小电流充电。各种不同的蓄电池,其充电电流大小的时间不等,具体操作可根据厂家说明。

## 2. 使用方法

### (1) 初次充电

蓄电池的初次充电相当重要,它直接关系到蓄电池的容量及使用寿命。因此充电的电流时间以及电解液的比重等应严格按照制造厂家的规定,并且在充电过程中,酸铅蓄电池的充电电流不能时断时续,电解液温度不能超过 35°C。降低电解液温度的有效办法是降低充电环境温度。

蓄电池充电时,可以单体充电,也可以将电池组串或并起来同时充电,其串并联充电回路见图 1-3。

当充电电池有较强烈的气泡冒出,并且电解液比重已上升到原来的数据左右且不再上升或下降,电池端电压已上升到 2.5V 以上且长时间不再上升时,标志着充电将要完备。

**注意:**初次充电时,电池与电池,电池与电源之间的极性一定不能接错,否则将损坏蓄电池极板。

### (2) 正常充电

正常充电又叫定期充电或经常充电,它也是使用和维护的必须手段。电池在存放或使用过程中,因为存在着自放电或正常放电,当放电到 1.8V 时,则必须对蓄电池进行充电,否则造成过放电而损坏电池。

用户在为蓄电池进行经常或定期充电时,其充入容量的安培小时数均大约为放出的 1.3 倍,在初次充电的六次以后,则适宜为 1.5 倍。

同样,当电池中有较强烈的气泡冒出,且单体端电压达 2.5V 以上而不再上升时,表示充电结束。

**注意:**充电时,充电电流不能大于其允许值,但也不宜小于正常充电率的 50%。

### (3) 浮充电

浮充电是蓄电池组的一种运行方式。浮充电机常与蓄电池一起使用,它通过直流母线既

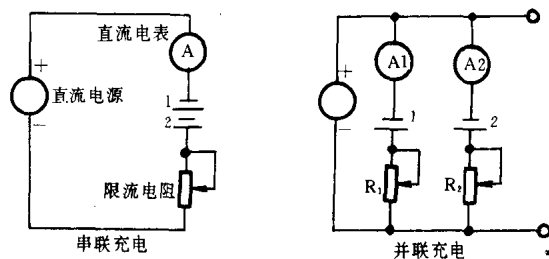


图 1-3

向负载提供电流,又以一定的电流向电池组充电。当直流负载突然加重或突然断电时,电池组即对它们放电。当恢复正常时,浮充电机又给电池组充电。由此可见,浮充电,是保证电池组始终处于满电状态中。蓄电池由于使用年限,电解液的纯度,极板有效物质的脱落以及电池组的绝缘程度,其自放电的容量损失是不可避免的。如移动型,国家标准规定为28天,是标称容量的20%;固定型为7天,是标称容量的10%。所以使用酸铅蓄电池,必须随时调浮充电机的输出电流,使直流母线的电压保持在正确值。正常的浮充充电,其电解液比重应维持在1.2~1.21之间;单体电压维持在2.1~2.2V之间。

**注意:**如果直流母线电压升高或降低时,千万不能用增加或减少辅助电池的个数来保持母线电压值。因为增减辅助电池会使蓄电池组放电或充电,而不能使自身总处于浮充电状态,有可能造成过充电或过放电。

#### (4)均衡充电

我们知道,在蓄电池组正常工作时,其中每只单体电池均承担着相同的任务。但由于某些原因,如:

- ①极板材料成份比例不均匀;
- ②电解液渗入杂质;
- ③电池组内部有轻微短路现象;
- ④浮充电机没有并行。

等等,使得每只电池性能产生不平衡时,则应采取均衡充电。

**注意:**均衡充电不能象正常充电一样定期充电,而应具体问题具体分析,并且均衡充电其充电电流适宜小一些,当不能达到电池组整体齐充电效果时,应适当单体充电,以免其他电池过充电。

#### (5)快速充电法

一般的铅蓄电池是不能够用增大充电电压来达到缩短充电时间的目的。而快速充电法对于移动型蓄电池相当可取,因为移动型蓄电池作为机动车辆,船舶启动或运输的动力能源,如果采用一般充电形式得花费5~6个小时,而快速充电只须1~2小时,有效地提高了蓄电池的利用效率。但因为它属于脉冲充电方式,所以只能用快速充电机,一般的充电装置对它不起作用。

**注意:**固定型铅蓄电池不宜用快速充电法,而且移动型电池用快速法充电时,脉动电流的起伏不能太大,防止由此而缩短电池的使用寿命。

### 3. 维护

我们讲过,蓄电池最好的维护方法是正确使用。因此,我们在充放电时,必须按照厂家对该电池规定的额定电流,电解液比重,及充放电时间充电,并且经常或定期检查各项数据。特别注意的是,充电电源必须是直流电。

酸铅蓄电池一般有以下几种故障:电解液被污染,极板有效物质脱落,内部出现短路,封口被腐蚀等。每个部分我们在前面均有介绍,发生故障时,可对症下药,针对性修理。

#### (三)单体式小型密封铅蓄电池

最后再介绍一种适用且又有发展前途的单体式小型密封铅蓄电池。它由二氧化铅(PbO<sub>2</sub>)正极,铅片负极和含电解液的隔膜以及外壳,单向排气阀等组成。它的性能与镉镍蓄

电池相似, 而比镉镍成本低, 现已广泛地用在电子玩具, 报警仪器, 检测仪器以及照明器具、装饰灯等电器及设备中。表 1-3 为几种常见型号的小型密封单体蓄电池特性表。

附录表中列出了常见的移动型铅蓄电池规格及性能。

表 1-3 小型单体密封铅蓄电池特性表

项 目 \ 容量 性能	0.5Ah 2V	1Ah 2V	1.3/1.5Ah 2V	2Ah 2V	3Ah 2V	4Ah 2V	5Ah 2V
单体重量(g)		80	100	130	185	240	
循环寿命	≥300次	≥300次	≥300次	≥300次	≥300次	≥300次	≥300次
正常充电电流(A)	0.05	0.1	0.13/0.15	0.2	0.3	0.4	0.8
正常充电时间(h)	12~14	12~14	12~14	12~14	12~14	12~14	12~14
最大放电电流(A)	0.15	0.3	0.39/0.45	0.6	0.9	1.2	2.4
最大连续放电(A)	1.5	3	3.9	6	9	12	24
外形尺寸(mm)	14.5×14.5 ×50	68×30 ×15	67×27 ×20	68×30 ×24	68×30 ×30	68×30 ×38	
常用组合	5号电池		2号电池	2号电池	1号电池	3只组合 摩托车用	家用应急
工作温度(°C)	-20~40	-20~40	-20~40	-20~40	-20~40	-20~40	-20~40
备注	5号: 14.5×50 ×0.11Ah		2号: Φ26×50 ×0.4Ah	1号: Φ33.5× 61×1.2Ah			

### 三、镍镉电池

镍镉电池属于碱性电池, 它与酸铅电池一样能多次充放电, 但它比酸铅电池具有更优越的性能: 其容量高, 内阻小, 能大电流放电, 而且寿命比国际标准几乎长一半, 充电次数高达 800 次, 因其成本比酸铅电池高, 单体电压低而应用不及铅蓄电池广。

#### (一) 组成及工作原理

##### 1. 组成

镍镉电池负极为氢氧化镉  $[Cd(OH)_2]$  和氢氧化铁  $[Fe(OH)_3]$ ; 正极为氢氧化镍  $[Ni(OH)_2]$ , 电解液是氢氧化钾溶液 (KOH), 壳体使用二次防爆装置封装, 外壳为负极, 盖板为正极, 盖上设有排气孔。

##### 2. 原理

##### (1) 充电

分为标准制充电和非标准制充电。

标准制充电: 与铅蓄电池一样, 正确地充电方式直接影响着电池的寿命。在充电过程中应注意充电电流和充电时间。充电电流一般应控制在电池容量安培小时 (Ah) 的十分之一,

电流过大,时间过长,都会损坏电池。

表 1-4 为 1 号,5 号,7 号电池的充电电流及充电时间。

有一个公式可以计算镍镉蓄电池的放电时间及放电电流(以 10 小时率电流充电为例)。

$$10 \text{ 小时率电流} = \frac{\text{额定容量}}{10 \text{ 小时}}$$

**注意:**标准制充电,工作温度在 15~30°C 之间。

表 1-4 1 号,5 号,7 号电池充电电流及时间

型号	容量(Ah)	充电电流(mA)	充电时间(h)
1 号		400	14~16
5 号	0.6~0.5	50	14~16
7 号	0.2	20	14~16

非标准制充电:当我们需要减少充电时间时,可以采用非标准制充电。非标准制充电是以增大充电电流来减少充电时间。

表 1-5 为 20/3 小时率电流,5 小时率电流,10/3 小时率电流充电的时间及电流。

表 1-5 非标准制放电时间及电流

充电方式	充电电流(A)	充电时间(h)	充电方式说明
0.15C5A	$\frac{\text{额定容量}}{1/0.15}$	9.5	1/0.15 小时率电流放电时
0.2C5A	$\frac{\text{额定容量}}{1/0.2}$	7	1/0.2 小时率电流放电时
0.3C5A	$\frac{\text{额定容量}}{1/0.3}$	4.5	1/0.3 小时率电流放电时

**注意:**非标准制充电一定要严格控制充电时间,不允许过充电。

## (2) 放电

镍镉电池在正常放电时间内,电压基本保持不变,但一旦超过正常放电时间( $T_N$ ),电压将骤然下降。如图 1-4。

要掌握正常放电时间,可通过公式计算它。

$$T_N = (i_c \cdot t_c) / i_d$$

式中

$i_c$  —— 电流的充电电流

$t_c$  —— 电池放电时间

$i_d$  —— 电池放电电流



图 1-4

**注意:**镍镉电池可以大电流放电,也可以短暂停止放电。

## 3. 使用

选购镍镉电池,应首先认识电池型号的意义。国产镍镉电池一般采用 GNY 字样作为其代号,如 GNY5,

G —— 代表镉负极

N —— 代表镍正极

Y —— 代表圆柱形

5 —— 表示该电池容量为 5Ah。

如果型号前面还有数字如 2GNYG5,2 表示为两个电池的组合。有些电池铭牌上标记着

放电电流,那么我们即能计算出它的放电时间。如 GNY5 若标记着放电电流为 50mA,则:

$$\text{放电时间} = 5 \div 0.05 = 100 \text{ 小时}$$

常见镍镉电池性能见表 1-6。

表 1-6 常见镍镉电池性能表

型号	额定容量 (Ah)	额定电压 (V)	直径 (mm)	高 (mm)	标准制充电		标准制放电		寿命(h)
					电流(A)	时间(h)	电流(A)	终止电压 (V)	
GNY-0.225	0.225	1.25	25.5	9	0.023	15	0.045	1.0	100
GNY-0.45	0.45	1.25	14.5	50.5	0.045	15	0.090	1.0	200
GNY-0.55	0.55	1.2	25	24.5	0.055	16	1.1	1.0	
GNY-0.15	0.15	1.2	10.5	28	0.015	14	0.75	1.0	
GNY-0.8	0.8	1.2	19	49.5	0.08	16	1.6	1.0	
GNY-1	1	1.25	34	31	0.1	15	0.2	1.0	200
GNY-1.5	1.5	1.25	26	50	0.15	15	0.3	1.0	200
GNY-2	2	1.2	32	22	0.2	16	4	1.0	
GNY-3	3	1.25	34	61.5	0.3	15	0.6	1.0	200
GNY-4	4	1.2	33.5	61.0					
GNY-5	5	1.25	34	91	0.5	15	1.0	1.0	200
GNY-7	7	1.2	33.5	94					
GNYG-0.5	0.5	1.2	14.5	50.5					

型号	额定容量(Ah)	额定电压(V)	重量(kg)	直径(mm)	高度(mm)
GNYG0.5-(2)	0.5	1.2	24	17.5	28.5
GNYG0.6	0.6	1.2	35	26.5	25.0
GNYG0.75	0.75	1.2	36	26.5	25.0
GNYG0.8	0.8	1.2	33	17.5	50.0
GNYG1.2	1.2	1.2	50	22.9	42.4
GNYG1.8	1.8	1.2	67	26.0	49.0

#### 第四节 微型电池

微型电池由于体积小,容量大,形状多种多样而被广泛应用在军事,生物工程和家用电器中,成为简单电池发展的趋势。

微型电池发展到今天,已将近 30 种,其中既有相当于干电池的一次性微型电池,又有相当于蓄电池的二次性微型电池。它们大体上可分为微型碱性电池和微型锂电池两大类。



### 一、微型碱性电池

微型碱电池的电解液为氢氧化钠(NaOH)的水溶液或氢氧化钾(KOH)的水溶液。NaOH 电液适合于小电流放电,而KOH 电液常用于大电流放电中。

常见的微型碱电池有氧化银电池,锌-空电池,汞电池,锌-镍电池,碱性锌-锰电池,镍镉电池,镉汞电池等,而尤以氧化银应用最为普遍。它们的电池名称及符号如表 1-7。

微型电池之所以被人们青睐,重要原因之一是因为它们的工艺外形。目前,世界上最小的电池仅 $(5.5/2)^2 \cdot 1.5\text{mm}$ 即大约为 $11.34\text{mm}^3$ 。而这些相同外型尺寸的电池,形状又多种多样,有钮扣形,圆柱形,扁平形,环形,薄膜形,三角形等。这些形状中,钮扣形电池普遍为人们所熟悉。

锌-氧化银钮扣电池在国内外的微型电池中都是最为普遍的一种,其结构包括盖板(负极)锌电极,密封圈,外壳(正极),隔膜,阻挡膜,支撑环等。微型电池因为正负极靠得很近,所以在它们中间有隔膜和阻挡层,而隔膜通常由许多种不同的电介质薄膜组成,它可以吸收由电极吸收后余下的全部电解液,以防止漏电解液。

表 1-7 微型碱电池名称及符号表

电池名称	符号
氧化银电池	Zn-Ag <sub>2</sub> O
汞电池	Zn-HgO
锌-空电池	Zn-Air
镉-汞电池	Cd-HgO
二价银电池	Zn-AgO
锌-镍电池	Zn-NiOOH
碱锰电池	Zn-MnO <sub>2</sub>
镉-镍电池	Cd-NiOH

表 1-8,表 1-9 列出了国内外常见的氧化银钮扣电池,供读者使用代换及维修参考。

表 1-8 国内氧化银钮扣电池

型号	最大外型尺寸(mm)	容量(mAh)	相应于国际电工委员会型号
XYB40m XYGB40m	Φ7.9×3.6	40~50	SR41
XYB75m XYGB75m	Φ7.7×5.4	65~75	SR48
XYB60m XYGB60m	Φ11.6×3.0	60~70	
XYB0.1 XYGB0.1	Φ11.6×4.2	100~120	SR43
XYB0.15 XYGB0.15	Φ11.6×5.4	150~180	SR44

表 1-9 国外部分氧化银钮扣电池

外形尺寸(mm)	Φ6.8× 2.15	Φ7.9× 3.6	Φ7.9× 5.4	Φ9.5× 2.6	Φ11.6× 2.1	Φ11.6× 3.1	Φ11.6× 3.6	Φ11.6× 4.2	Φ11.6× 5.4
容量(mAh)	15~16	27~42	60~75	67	38~52	60~85	70~100	84~145	117~190
IEC 型号	NaOH 电液	SR41	SR48	SR45			SR42	SR43	SR44
	KOH 电液	SR41	SR48				SR42	SR43	SR44
美国 ANIS	NaOH		WS5					WS10	WS16
	KOH		WS4	WS6				WS10	WS15

续表

外形尺寸(mm)		Φ6.8× 2.15	Φ7.9× 3.6	Φ7.9× 5.4	Φ9.5× 2.6	Φ11.6× 2.1	Φ11.6× 3.1	Φ11.6× 3.6	Φ11.6× 4.2	Φ11.6× 5.4
日本工业标准 JIS	NaOH		SR41S					SR42S	SR43S	SR44S
	KOH			SR48					SR43	SR44
美国VCC公司	NaOH	364	384	309	394	391	390,389	344	301	303
	KOH		392	393					386	357
美国ESB公司	NaOH		RW37, 47	RW18, 38	RW33	RW30	RW39, 49	RW36	RW14, 34	RW22, 42
	KOH		RW27, 47	RW28, 48					RW24, 44	RW22, 42
美国Mattory公司	NaOH		10L15	10L13		10L30	10L122	WS12	WS11	WS14
	KOH		10L15	10L123				10L120	10L124	10L14
日本Toshiba	NaOH	WIV				WIS	WG10			
	KOH		WG3						WG12	
日本SEIKO	NaOH	TR621	SW,SB A1		SBA4	SB--DS	SB-BH		SB-A8	SB-A9
	KOH		SB-B1						SB-B8	SB-B9
日本Yuasa	NaOH		Y384	Y309			Y389		Y301	Y303
	KOH		Y392	Y393					Y386	Y357
西德Varta	NaOH	531	527	526	321	533	534	529	528	521
	KOH		547	546				549	518	541
法国SAFT Lectanche	NaOH								S-01	S-09
	KOH			S15					S-06	S-07

在碱性微型电池中,还有一种锌—锰钮扣电池在应用中也较为广泛,如电子表,计算器,照相机,助听器,音乐卡,电子游戏机等都利用锌—锰一次性钮扣电池作为其电源。这种钮扣电池具有价格低,低温性能好,工作温度范围宽等优点。

表1-10为国内常用锌—锰钮扣电池的性能以及与日本型号代换表。

表1-10 锌—锰一次性钮扣电池 20±2°C 时性能

国内型号	日本型号	直径 (mm)	总高 (mm)	开路电压 (V)	终止电压 (V)	负载电阻 (Ω)	负载电压 (V)	连续放电 时间(h)
LR621	AG1	6.8 <sup>+0</sup> -0.3	2.6	1.5	1.2	7.5	1.40	30
LR726	AG2	7.9 <sup>+0</sup> -0.3	2.6	1.5	1.2	7.5	1.40	35
LR736	AG3	7.9 <sup>+0</sup> -0.3	3.6	1.5	1.2	7.5	1.40	16
LR754	AG5	7.9 <sup>+0</sup> -0.3	5.4	1.5	1.2	7.5	1.40	22
LR1121	AG8	11.6 <sup>+0</sup> -0.35	2.1	1.5	1.2	7.5	1.40	20

续表

国内型号	日本型号	直径 (mm)	总高 (mm)	开路电压 (V)	终止电压 (V)	负载电阻 ( $\Omega$ )	负载电压 (V)	连续放电 时间(h)
LR1130	AG10	11.6 <sup>+0</sup> -0.35	3.05	1.5	1.2	7.5	1.40	22
LR1142	AG12	11.6 <sup>+0</sup> -0.35	4.2	1.5	1.2	7.5	1.40	70
LR1154	AG13	11.6 <sup>+0</sup> -0.35	5.4	1.5	1.2	7.5	1.40	55

## 二、微型锂电池

这类电池的负极板均为活泼金属锂,当其电解液为有机溶质时则称为锂有机电解质电池;当其电解液为无机溶质时则称为锂无机电解质电池;还有一种微型锂固态电池,它的电解液为固态。

微型锂电池的名称和符号对照表如表 1-11。

微型锂电池中,以锂-锰电池最为常见。锂-锰电池正极为电解锰粉以及一些粘合剂,负极为锂金属,电解液为碳酸丙烯酯及乙二醇二甲醚或四氢呋喃和高氯酸锂溶质的混合液。这种电池开路电压 3.5V,工作电压为 2.8~3.0V,它们具有电压高(是氧化银电池的 2 倍),容量大,自放电率小,易长期贮存,使用温度范围宽,低温性能好等一系列优点,因而被广泛用于计算器,照相机,电子手表等电子电器中。

表 1-11

电池名称	符号
锂-锰电池	Li-MnO <sub>2</sub>
锂-氯化铜电池	Li-CuO
锂-亚硫酸氯电池	Li-SOCl <sub>2</sub>
锂-铬酸银电池	Li-Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>
锂-氧化铋电池	Li-Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
锂-碘电池	Li-I <sub>2</sub>
锂-二氧化硫电池	Li-SO <sub>2</sub>
锂-硫化铜电池	Li-CuS
锂-氟化碳电池	Li-(CF) <sub>n</sub>
锂-硫化铁电池	Li-FeS
锂-氧化铅电池	Li-PbO <sub>2</sub>
锂-溴电池	Li-Br <sub>2</sub>



一般电网供电为交流 220V 或 380V, 而各种用电设备所需电压幅度又各不相同。变压器即是把电压升高或降低的一种电器装备, 变压器通常是由线圈、铁芯组成, 线圈绕在闭合的铁芯上, 在电路中的符号如图 2-3。

它应用了电磁感应的理论, 由交变的电场产生磁场, 磁场通过闭合的铁芯耦合到次级绕组, 从而在次级线圈中产生感应电动势  $V_o$ 。理想情况下, 升降的电压可以用公式

$$V_o = V_i \frac{n_2}{n_1}$$

上式中  $n_1$ 、 $n_2$  分别为变压器初级和次级线圈的匝数。如果需要  $V_o > V_i$ , 则次级线圈匝数应大于初级线圈匝数。变压器线圈的具体绕制则可根据  $V_o$  而定。

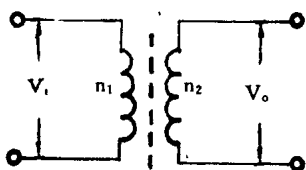


图 2-3

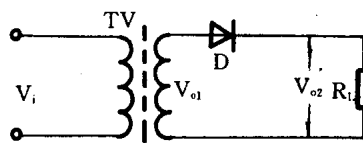


图 2-4

## (二) 整流电路

大家知道二极管具有单向导电性。所以用二极管可以将电网提供的周期性正负变换的交流电压变为单向的脉动电压, 这一过程称为整流。二极管整流电路通常可分为半波整流、全波整流和桥式整流电路。

### 1. 半波整流

半波整流电路由一只二极管组成, 如图 2-4。

$T_V$  为变压器,  $D$  为整流二极管,  $R_L$  代表负载。这是一个简单的纯电阻整流电路。各部分电压波形如图 2-5。

由波形可知, 当交流电在正半周时,  $D$  导通, 在负半周时,  $D$  截止。这样二极管将正弦波转换成了单向脉动波, 即

$$\begin{cases} V_{o2} = V_{o1} & 0 \leq \omega t \leq \pi \\ V_{o2} = 0 & \pi \leq \omega t \leq 2\pi \end{cases}$$

在一个周期内则输出的直流电压, 即

$$\bar{V}_o = \int_0^{2\pi} V_o d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2} V_{o1} \sin \omega t d(\omega t) = \frac{\sqrt{2}}{\pi} V_{o1} = 0.45 V_{o1}$$

可见半波整流电路虽然简单, 但利用率低(只有半个周期), 且输出脉动大, 直流成份低, 只能用在输出电流小, 要求不高的小功率电路中。

### 2. 全波整流

全波整流由半波整流发展而来, 由两个二极管组成, 如图 2-6。电路中  $D_1$ 、 $D_2$  分别在正半周和负半周内轮流导通, 并且保证了流过  $R_L$  的  $V_o$  方向一致。其各部分电压波形如图 2-

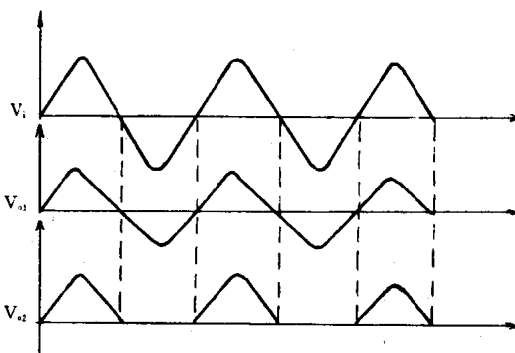


图 2-5

7.

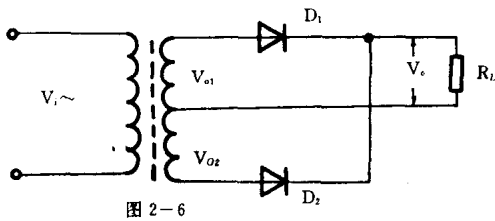


图 2-6

由波形可知,全波整流输出波形的面积是半波整流时的两倍,所以输出电压  $V_o$  的平均值也为半波整流时的两倍。即

$$\bar{V}_o = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{o1} = 0.9V_{o1}$$

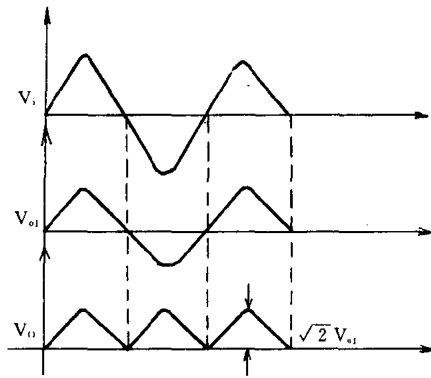


图 2-7

显然,全波整流电路比半波整流电路的效率,功率大,且脉动小,但在全波整流电路中,二极管必须耐压高,如在正半周时,  $D_1$  导通,  $D_2$  截止,此时,变压器两个绕组的电压全部加到  $D_2$  的两端。  $D_2$  的反向峰值电压则为  $\sqrt{2} V_{o1}$  的两倍,而且因为采用了中心抽头,变压器线圈的匝数增大了一半,整个体积增加,所以在实际应用电路中都采用以下介绍的桥式整流电路。

### 3. 桥式整流

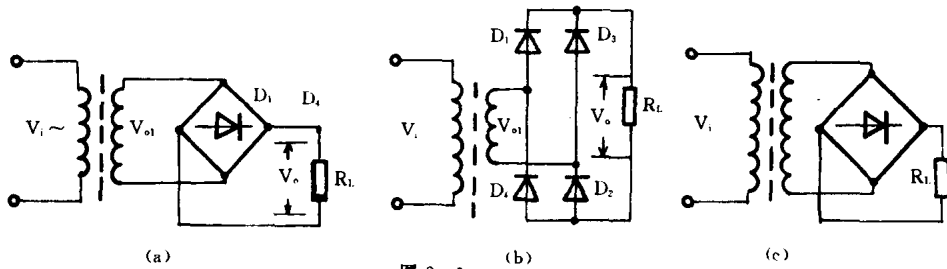


图 2-8

桥式整流电路由四只二极管组成,这种电路通常有三种画法。如图 2-8。在工作时,  $D_1$ 、 $D_2$  与  $D_3$ 、 $D_4$  两两轮流导通,但不管哪两只导通,流过  $R_L$  的电流方向始终保持不变,其各部分电压波形如图 2-9。

桥式整流电路供给负载的平均电压  $\bar{V}_o$  与全波整流一样,即

$$\bar{V}_o = 0.9V_{o1}$$

但每只二极管承受的最大反向电压却只有  $\sqrt{2} V_{o1}$ ,比全波整流时对二极管的电压承受要求小了一半,并且桥式整流电路的变压器不需要中心抽头。

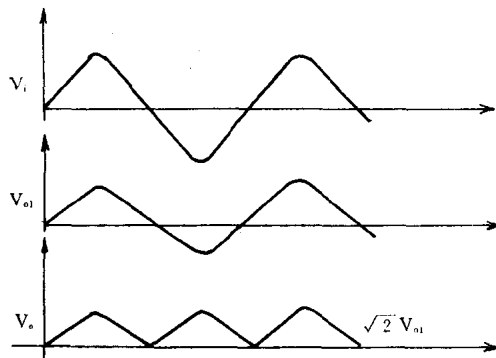


图 2-9

以上三种整流方式各有用途。用户在选用时通常会考虑几个基本参数:平均输出电压  $V_o$ ,脉动系数  $S$ (即输出电压的基波最大值与平均值之比),纹波系数  $\gamma$ (即负载上交流分量总有效值与负载上的直流分量之比),二极管承受的最大反峰电压  $V_{RM}$ 。现将三种整流方式

(单向整流)各种参数列表比较。见表 2-1。

表 2-1

参 数	电 路 形 式	半波整流	全波整流	桥式整流
$\bar{V}_O$		$0.45V_{o1}$	$0.9V_{o1}$	$0.9V_{o1}$
S		157%	67%	67%
$V_{RM}$		$\sqrt{2} V_{o1}$	$2\sqrt{2} V_{o1}$	$\sqrt{2} V_{o1}$
$\gamma$		1.21	0.48	0.48
应用场所		小功率,要求 稳定度低时	输出电流较大 稳定性要求高	输出电流较大 稳定性要求高

#### 4. 倍压整流

倍压整流通常用在直流高电压、小电流的情况下。其电路由二极管和电容组成。实现倍压整流的途径是利用二极管的整流和导引作用,将较低的直流电压分别存在多个电容器上,然后将它们按照相同的极性串联起来,因电容的充放电,从而得到较高的输出直流电压。下面主要介绍用得较多的二倍压整流电路。见图 2-10。我们知道  $V_i$  通常为正弦波交流电,当  $V_i$  为正半周时,  $D_1$  导通,  $V_{o1}$  向  $C_1$  充电,理想时,充电为  $\sqrt{2} V_{o1}$ ,极性如图 2-10。当  $V_i$  为负半周时,  $D_2$  导通,  $V_{o1}$  向  $C_2$  充电,理想时充电为  $\sqrt{2} V_{o1}$ ,极性如图 2-10。可见在  $R_L$  上的电压即为  $C_1$ 、 $C_2$  电压之和  $2\sqrt{2} V_{o1}$ ,起到了倍压作用。

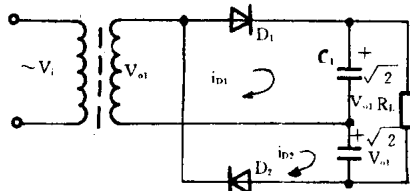


图 2-10

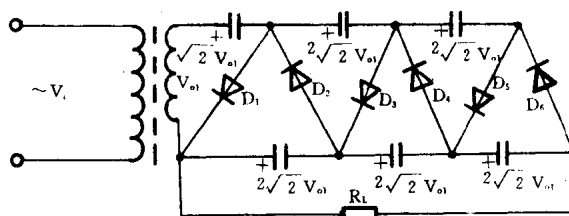


图 2-11 六倍压整流电路

同理推得,将更多的电容串联起来,并且增加相应的充电二极管,则可以组成多倍压整流。如图 2-11。

由于放电作用,实际应用时,电容充电是不能达到最大值的,而且该电压还上下波动,存在着脉动成份,所以一般的稳压电源中较少用。它仅适用于要求输出电压较高,但是负载电流比较小的场合。

#### (三)滤波电路

从上面介绍的整流电路可知,无论采用何种形式整流,其脉动系数 S 都还很大,对于一般的稳压要求都还不够,因此,稳压电路中在整流后面通常要加一级滤波电路。滤波的基本思想是尽量降低输出电压中脉动成份的同时,又尽量保持其中的直流成份,使输出电压尽可能接近理想中的直流。滤波电路有电容滤波、电感滤波、RC- $\pi$  型滤波、LC 滤波和 LC- $\pi$  型滤波。

### 1. 电容滤波

电容是滤波的基本元件,在一般的稳定电源中,它都是直接并在整流电路后面,如图 2-12。

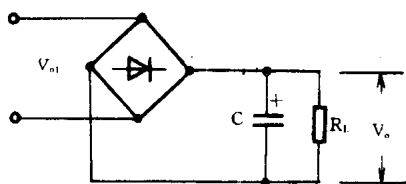


图 2-12

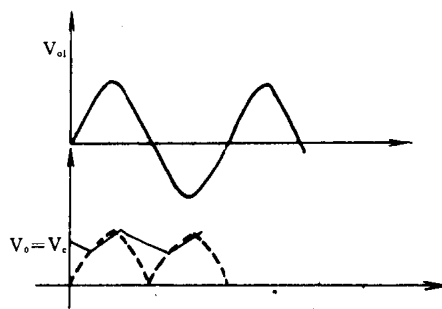


图 2-13

加了电容 C 后,  $R_L$  上电压的波形就比整流后没有滤波所得到的电压波形大不一样了。见图 2-13。

与图 2-9、图 2-11 的输出电压波形相比较,我们就可以看出滤波电路的作用了。电容滤波是通过其充放电特性来实现的。充放电的时间常数通常用  $\tau = R_L C$  来表示。 $\tau$  越大,放电过程愈慢,则输出电压愈高,滤波效果也越好。所以滤波电容一般容量都较大。并且为了得到比较好的滤波效果,在实际电路中常常采用电解电容。并通过下式来选择其容量,即

$$C R_L \geq (3-5) \frac{T}{2}$$

其耐压应大于  $\sqrt{2} V_{o1}$ 。

电容滤波适用于负载电流比较小,而且变化不大的场合。

### 2. 电感滤波(扼流圈滤波)

我们知道,电容有通高频阻低频的特性。因而将其并接于电路中实现滤波。而电感有通低频阻高频的作用,如果将其串接于电路中,利用它能阻止电流变化的特点,同样也能实现滤波。并且当电流变化越快时,电感所呈现的阻抗也越大。用公式  $Z_L = 2\pi f L$  可以计算其阻抗(式中  $f$  为频率,  $L$  是电感量),可见,电感对于直流( $f=0$  时)没有阻抗。电路如图 2-14。

电感滤波在实际应用电路中很少应用(特别是小功率电路),它仅用于负载电流比较大的场合。

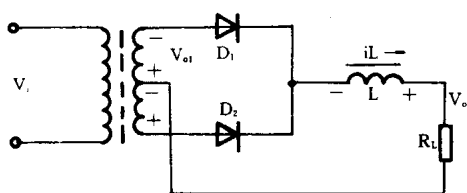


图 2-14 电感滤波电路

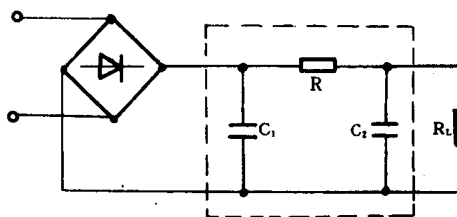


图 2-15 RC- $\pi$ 型滤波器电路

### 3. RC- $\pi$ 型滤波

从图 2-11 可知,经电容滤波后输出的电压,其纹波因素也相当大,RC- $\pi$ 型滤波电路是在电容滤波电路后再加一级 RC 滤波。如图 2-15。

RC- $\pi$ 型滤波是电容输入式滤波。它们输出的平均电压比 LC 滤波电路要大,但它前面的整流二极管的反向耐压值必须大于  $2\sqrt{2} V_{o1}$ ,而且还会出现浪涌电流。RC- $\pi$ 型滤波电



路曾在电子管电源中得到广泛应用。因考虑到它的体积大,质量重,而且电压和功率损耗较大等缺点,其RC部分常常用三极管代替。即为有源滤波电路。见图2-16。

由图2-16可见,滤波元件 $R$ 、 $C_2$ 接在T的b、c极回路,而负载 $R_L$ 接在b、e极回路。流过 $R$ 的电流显然比 $R_L$ 中的电流减少了 $(1+\beta)$ 倍。因该电路为射随器,所以 $R_L$ 两端电压几乎与 $C_2$ 两端电压相等。如果 $R$ 、 $C_2$ 选择适当,则 $C_2$ 两端电压脉动减少,输出电压的脉动成份也会相应减小。

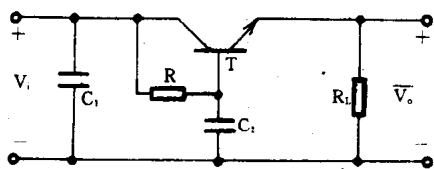


图2-16

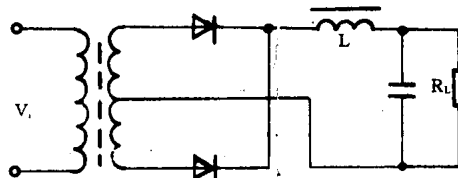


图2-17

#### 4. LC 滤波

LC 滤波又称为倒L型滤波。它由一只电容和一只电感组成。见图2-17。它比单个的L、C滤波效果更好,但在LC滤波电路中,如果电感L值太小,或负载电阻 $R_L$ 太大,都将呈现出电容滤波的特性,反之,则将呈现电感滤波的特性。为了保证整流管的导电角仍为 $180^\circ$ ,我们在选择元件时,其参数要配合恰当。一般的近似条件为 $R_L \leq 3\omega L$  ( $\omega$ 为交流电网的角频率)。

LC滤波电路能抑制整流管冲击电流。非常适用于老式的充气管整流电路,也适用于可控硅整流电路。且对负载的适应性比较强。但如果与电容滤波器相比,其输出电压 $\bar{V}_o$ 较低,且因用了电感,体积和重量都相应大大增加。

#### 5. LC- $\pi$ 型滤波

这种电路是在LC滤波电路前加上一个并联电容。见图2-18。因为它是一种电容输入式滤波器,其输出端的 $\bar{V}_o$ 则比LC滤波电路高。但整流二极管的冲击电流则增大,反向耐压要求增高,这种

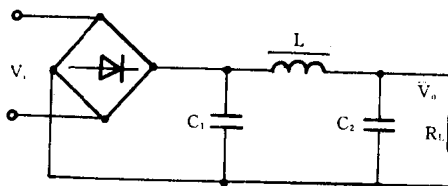


图2-18 LC- $\pi$ 型滤波电路

滤波电路曾在电子管电源中得到广泛应用。为了克服其缺点,LC- $\pi$ 型滤波和RC- $\pi$ 型滤波电路一样,采用多级串联,则会得到更好的滤波效果。

上面简介了五种常用的滤波电路,为了便于读者比较,现将五种电路的优缺点列表,见表2-2。

#### (四) 稳压电路

前面介绍了整流和滤波电路,虽然已将交流电变成了直流电,但脉动成份还很大。如果直接用作须直流电源的电子设备中,还会产生烦人的交流声,以及图像的抖动,所以下面我们介绍四种稳压电源还须包括稳压电路。

##### 1. 参数型稳压电路

此电路最常用的是硅稳压管稳压电路。我们知道,二极管有反向击穿特性,其伏安特性曲线如图2-19。从图中我们看出在反向击穿区,当流过二极管的电流有较大变化 $\Delta I$ 时,其两端电压变化都非常小。基于这个特点,如果将二极管工作在反向击穿时与负载并联,就能在一定条件下保证负载上的电压基本不变,而起到稳压作用。

表 2-2

滤波形式	优点	缺点	适用场合
电容滤波	输出直流电压高 $\bar{V}_o=1.2$ 滤波效果好	负载能力差,二极管 所受冲击电流大	负载电流要求小
电感滤波	负载能力好,适应性强, 无二极管冲击电流	输出电压低 $\bar{V}_o=0.9$ ,体积大, 重量大,反电动势大	负载电流要求大
RC- $\pi$ 型滤波	输出电压高, $\bar{V}_o=1.2$ 滤波效果好	负载能力弱,二极管所受 冲击电流大,输出电流小	负载电流要求较小
LC 滤波	负载能力强,整流管所受 冲击电流小,滤波效果好	输出电压低 $\bar{V}_o=0.9$ ,体 积大,重量大,反电动势大	适应性强
LC- $\pi$ 型滤波	输出电压高, $\bar{V}_o=1.2$ ,滤波效 果好,整流管所受冲击电流小	负载能力弱,二极管所受 冲击电流大,输出电流小	负载电流较小

注:表中 $\bar{V}_o'=\bar{V}_o/\bar{V}_{o1}$

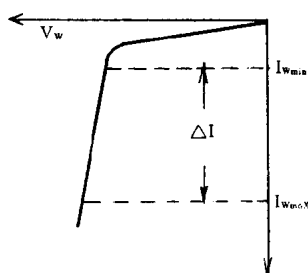


图 2-19

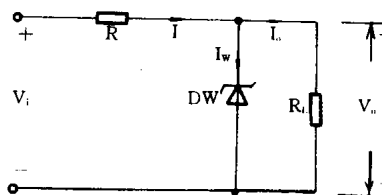


图 2-20 硅稳压管稳压电路

(1)工作原理

硅稳压管稳压原理电路如图 2-20。

$V_i$  为经变压、整流及滤波后带脉动成份的直流电压。它作为稳压电路的输入电压,  $R$  为电路必不可少的限流电阻, 硅稳压二极管  $D_w$  与负载  $R_L$  并联。并且因为  $D_w$  应工作在反向击穿区, 所以稳压二极管  $D_w$  按其特性应反接在  $R_L$  的两端。

(2) 电路的稳压原理为: 当  $V_i$  变化时(假设负载不变), 流过电路的总电流变化, 因  $D_w$  的伏安特性, 当流过它的电流有较大变化时,  $D_w$  两端电压基本不变, 则电路电压的变化几乎全在  $R$  上调节, 即负载  $R_L$  上的电压稳定不变(或变化很小)。用图解法说明如下:

$$V_i \uparrow \rightarrow V_o \uparrow \rightarrow I_w \uparrow \rightarrow I_R \uparrow \rightarrow V_R \uparrow \rightarrow V_o \downarrow$$

或

$$V_i \downarrow \rightarrow V_o \downarrow \rightarrow I_w \downarrow \rightarrow I_R \downarrow \rightarrow V_o \uparrow$$

当负载变化(假设  $V_i$  不变), 即  $R_L$  增大或减少时,  $V_o$  则有变化的趋势,  $V_o$  变化就会使稳压管工作电流  $I_w$  变化,  $I_o$  也随着  $I_w$  的增大而减小, 减小而增大。最终使得  $I$  不变。从而  $V_o$  基本稳定。用图解法说明如下:

$$R_L \downarrow \rightarrow I_L \uparrow \rightarrow I_R \uparrow \rightarrow V_o \downarrow \rightarrow I_w \downarrow \rightarrow I_R \downarrow \rightarrow V_o \uparrow$$

或

$$R_L \uparrow \rightarrow I_L \downarrow \rightarrow I_R \downarrow \rightarrow V_O \uparrow \rightarrow I_W \uparrow \rightarrow I_R \uparrow \rightarrow V_O \downarrow$$

### (3) 电路元件选择

#### ① 稳压管的选择

本电路设计的原则是要求输入电压  $V_i$  和负载电流  $I_o$  在规定范围内变化时,稳压管必须工作在反向击穿区即稳压区。那么在图 2-19 的稳压管伏安特性曲线中,必须满足  $I_{wmin} < I_w < I_{wmax}$ ,当  $I_w < I_{wmin}$  时,稳压管将被烧坏。当  $I_w > I_{wmax}$  时,从图 2-19 知道,稳压管电压随电流变化仍很大,起不到稳定作用。一般小功率稳压管的工作电流范围大致是 5~40mA,大功率管子可以达到几~十几安培的电流,所以稳压管的选择有两个原则:

- a. 稳压管的稳压值  $V_w$  应等于我们所需要的负载电压  $V_o$ 。
- b. 稳压管的工作电流范围应大于我们所需要的负载电流变化范围,即

$$I_{wmax} - I_{wmin} \geq I_{Omax} - I_{Omin}$$

在晶体管手册中,稳压管的稳定电压和稳定电流值是给出的(读者可以参阅)。

#### ② 限流电阻 R 的选择

在电路中,R 占有很重要的位置。如果 R 偏高,则整个电路电流不够,稳压管失去作用。如果 R 偏低,有可能造成稳压管的损坏。R 的选择也有两个原则:

- a. 当  $V_i$  最大而  $I_o$  最小时,稳压管电流最大,R 应满足关系式

$$V_{imax} \leq V_o + R(I_{wmax} + I_{Omin})$$

- b. 当  $V_i$  最小时而  $I_o$  最大时,稳压管电流最小,R 应满足关系式

$$V_{imin} \geq V_o + R(I_{wmin} + I_{Omax})$$

注:稳压管可以串联迭加使用,而不能并联。

#### ③ 稳压二极管好坏的判定

如果遇到用稳压二极管组成的稳压电源出现故障时,往往要判定二极管的好坏。其实稳压二极管在没有被反向击穿时,其性能和普通二极管一样。是小功率稳压管时,将万用表置于  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  档,黑表笔和红表笔分别接二极管的正负极时,阻值一般应在  $100 \sim 500\Omega$ 。然后将两只表笔对调,阻值变为几百千欧以上。所以如果测得正反向阻值均很小,说明二极管被击穿。如果测得正反向阻值均无穷大,说明二极管内部断路。中、大功率稳压二极管的检测方法与上面一样,将万用表置于  $R \times 1$  或  $R \times 10$  档,正向电阻为几十欧,反向电阻上百千欧,有些特殊的稳压管如 2DW7、2DW8 有三只管脚,这种管子具有温度补偿特性,其内部用两个正接或反接的硅稳压二极管连接组成,反接管子作稳压用,正接管子则用来作温度补偿。它的 1 脚接电源正极,2 脚接电源负极,3 脚为空脚,判断它的好坏方法与普通稳压管一样,只是因它内部为两只反向串联的稳压二极管,所以对三只脚分别检测。

为了方便维修者,在附录中我们列举了许多常用稳压二极管的型号,主要特性参数以及代换型号。

参数型稳压电路我们就简单介绍这些,它虽然简单,但稳压性能较好,稳压系数一般能达几十,内阻也较小,一般为几到几十欧。当输出电压不须调节,负载电流比较小的情况下,如在一些小型电子设备中,它得到广泛应用。其缺点是输出电压取决于稳压管的型号而不能随意调节,而且负载电流变化不能太大。基于这一缺点,可以改用下面介绍的串联型稳压电路。

## 2. 串联型稳压电路

串联型稳压电路是在硅稳压管稳压电路的基础上增加了一个作为电压调整用的三极管,称为调整管。我们知道,一个三极管加上一些外围元件组成的负反馈网络能成为一个自动调整系统,本电路就是利用三极管的这种功能。串联型稳压电路的基本画法有以下两种,见图 2-21。

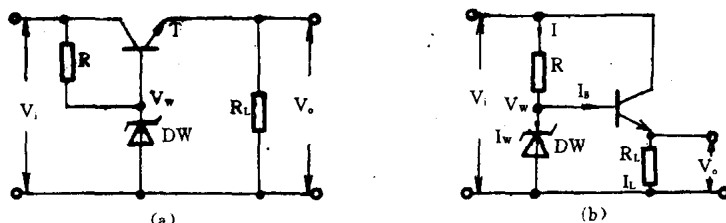


图 2-21

无论哪种画法,其电路原理是一样的。即由一个稳压管稳压电路加上一级与负载串联的射随器。我们知道:射随器的电压放大倍数几乎为 1,那么  $V_o$  与稳压管两端电压是“跟随”关系。所以只要  $V_w$  基本不变,  $V_i$  和  $R_L$  在一定范围内变化时,  $V_o$  也保持基本不变的状态。而且以图 2-21(b)来分析,我们将看到,当总电流  $I$  基本不变时,即

$$\Delta I_E + \Delta I_B = \Delta I = 0 \text{ 时 } \Delta I_E = -\Delta I_B$$

根据射随器的电流放大关系

$$\Delta I_E = \Delta I_C = (1 + \beta) \Delta I_B$$

注:  $\Delta$  表示变化量。

可见,增加一级射随器,与硅稳压管稳压电路相比,带负载的能力大大增强了,并且从以上关系式的演算可知,允许负载电流的变化量增大  $(1 + \beta)$  倍。因为一般三极管电流放大倍数  $\beta$  为几十,所以与前种稳压电路相比,串联型直流稳压器带负载能力增大几十倍,但是  $V_o$  取决于  $V_w$  而不能随意调整,以及电源稳压系数没有多大提高的缺点仍没有得到解决。基于这些缺陷,我们下面介绍具有放大环节的串联稳压电路。

## 3. 具有放大环节的串联稳压电路

### (1) 工作原理

此电路增加了一级放大,是在负反馈自动调整系统中,以放大的  $\Delta V_o$  去控制调整管,使调整管的调整作用更为灵敏,从而达到更好的稳压效果。其方框图和电路原理见图 2-22 (a)、(b)。

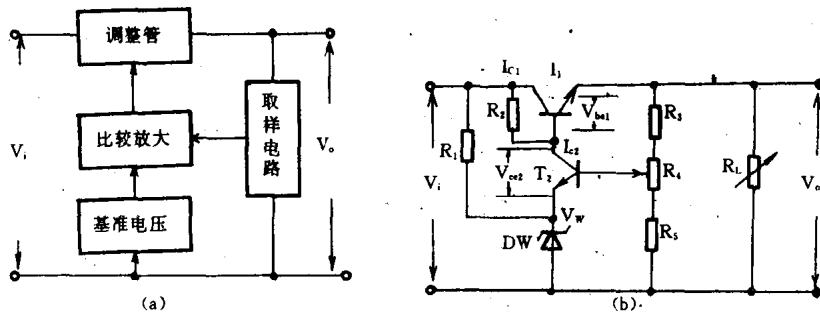


图 2-22

图 2-22(b)中  $T_1$  为调整管,  $T_2$  为比较放大管,  $R_2$  为集电极电阻,  $D_w$  为提供基准电压

的稳压二极管,  $R_1$  为限流电阻,  $R_3$ 、 $R_4$ 、 $R_5$  为取样电阻。

工作时, 当  $V_i$  或  $R_L$  变化时, 输出电压  $V_o$  就有变化的趋势。这种变化的趋势经  $R_3$ 、 $R_4$ 、 $R_5$  分压取样后, 将其中一部分变化电压送至放大电路, 与  $D_w$  钳位的基准电压相比较, 取出一个误差电压经  $T_2$  放大后, 去控制调整管  $T_1$ , 只要输出电压有一个微小的变化, 就能引起调整管上的压降有很大的变化。由于  $T_1$  仍为跟随器, 其实质也即为通过负反馈使输出电压维持稳定。以上过程我们可以用图解法简单表明

$$V_i \text{ 或 } R_L \uparrow \rightarrow V_o \uparrow \rightarrow V_{BE2} \uparrow \rightarrow I_{C2} \downarrow \rightarrow V_{BE} \downarrow \rightarrow I_C \downarrow \rightarrow V_{CE} \downarrow \rightarrow V_o \downarrow$$

如果  $T_2$  的放大倍数愈大, 则输出电压的稳定性愈高。

### (2) 电路改进

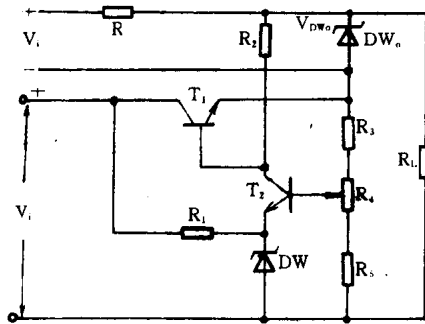


图 2-23

① 辅助电源法: 见图 2-23。

它是将图 2-22(b) 中  $T_2$  集电极电阻  $R_2$  改接到一个增加的恒定电源  $V_{DWO}$  上。这样  $V_{DWO}$  成为放大管  $T_2$  的供电电源。

由于辅助电源由稳压管担任,  $T_2$  的供电是稳定的。所以无论是  $V_i$  波动或  $R_L$  变化, 对  $T_2$  的工作都没有多大影响, 使得整个电路稳压性能大大提高, 适用于大电流稳压电源中, 下面举个实例。如图 2-24, 该图为飞跃 40D2 型黑白电视机的稳压电路。

这个电路是采用了辅助电源的典型电路, 稳压管  $D_{w1}$  稳定的电压供给放大管集电极和调整管基极。我们知道, 在一般黑白电视机中, 稳压电路等部分元器件工作电源均由行输出的低压提供。但在开机时, 因行部分还没有工作, 来不及向其它部分提供电压, 则前面整流滤波后的电压通过二极管  $D_{w1}$  向  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $D_{w2}$  等提供稳定电压, 一旦行部分开始工作, 则行输出通过  $R_1$  使 B 点电位升高到比 A 点还高, 稳压电路的辅助电源就是由行输出的低压来提供的。

② 恒流源法: 见图 2-25。

从图中可见: 稳压电路的调整管由  $BG_1$  和  $BG_2$  组成的复合管充当。我们知道, 在串联型稳压电路中, 调整管与负载是串联的。因此整个电路的电流都得流经调整管。这就对调整管的耐流和功率有很高的要求。采用复合管后, 整个电流放大倍数是两管  $\beta$  值的乘积, 所以只要很小的基极电流就能控制较大的发射极电流。也就是放大管在负载电流有较大变化时, 仍能正常工作。所以在一般串联型稳压电路中, 调整管均由复合管构成。如 31cm 电视机电源的稳压电路。见图 2-26。

图中  $BG_1$  和  $BG_2$  组成复合管, 从型号可知, 这两个管子一般为大、中功率管。 $R_6$ 、 $C_4$  和  $R_7$ 、

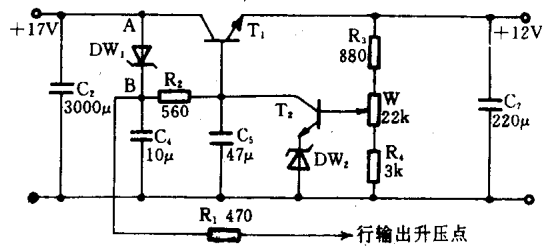


图 2-24

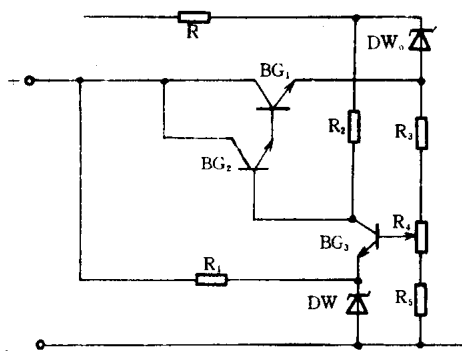


图 2-25

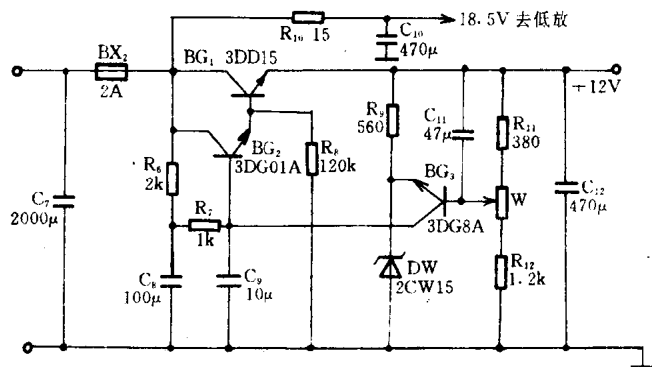


图 2-26

$C_9$  为滤波电路,当电源电压过低,它与复合管则充当电子滤波器。 $R_P$  为  $D_W$  的限流电阻,它保证 A 点电压(即基准电压)稳定在 8V。 $R_{11}$ 、W、 $R_{12}$  为取样电路。 $C_{12}$  是为提高稳定性能设置的滤波电容。

### ③恒流源放大管负载法

我们改进电路的基本思想是要提高稳压性能,同时又要降低对元器件的要求。在串联型稳压电路中,我们注意到一个比较重要的元件,即是放大管的集电极电阻,在稳压电路中,调整管的基极和放大管的集电极所需的电压都是通过这个电阻输入的,如果这个电阻的阻值得比较大,输入电压波动时,波动电压则通过这个电阻消失,而不易传到调整管上,但如果它的阻值太大,又会影响输出电压,如果它的阻值取得比较小,这又和提高放大电路的增益相矛盾,所以,对这个电阻很难确定,如果将它改用三极管代替,以上问题就不存在了。如图 2-27。它是 YJ30 稳压电源的电路。

我们知道:晶体三极管的集电极发射极直流电阻  $R_{CE}$  较小,而其交流电阻  $R_{ce}$  却很大。当  $V_i$  变化时, $R_{ce}$  即能消除它对 3AD6C、3DG6 复合管的影响,而因  $R_{CE}$  很大,又不影响放大管的增益。由于串联型稳压电源在电视机、高档收录机中普遍采用,所以我们比较详细地介绍了以上这些,当然其改进电路还很多,如为了增大放大部分的增益,可以采用两级直流放大,

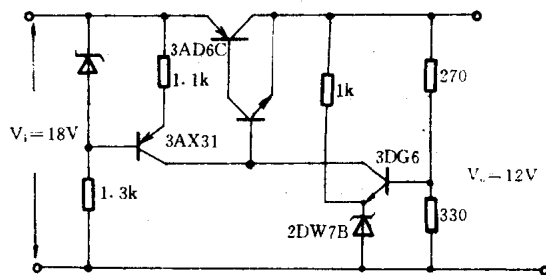


图 2-27

甚至采用高增益的运算放大器等。为了抑制放大环节的温度漂移,采用差动放大等等。我们就不再一一叙述。因为在附录中,我们摘选了一些有代表性的电源实例,并作了一定的说明。

## 第二节 交流稳压源

### 一、电磁稳压器

电磁稳压器又称磁饱和交流稳压器,铁磁谐振或交流稳压器,这种稳压器是最普遍也是用得最广泛的一种交流稳压电源。

铁磁稳压器,顾名思义,是利用铁磁元件组成的稳压器,这里指的铁磁元件即是带铁芯的饱和电感线圈或电抗器。在直流稳压电源中,我们利用硅二极管的伏安特性曲线,设计了硅稳压管稳压电源。而现在我们观察到给带铁芯的饱和电感线圈通电时,它的伏安特性曲线如图 2-28。

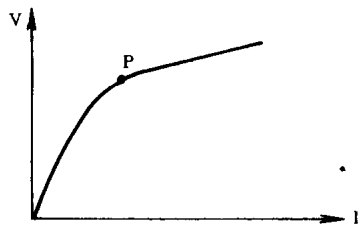


图 2-28

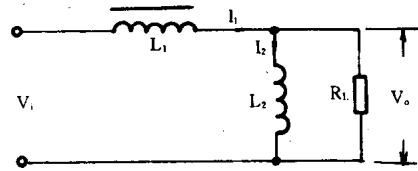


图 2-29

在一定地方 P 点以后,电流在较大变化范围内,电压几乎不变。这就与硅稳压二极管有了相似的伏安特性。正是利用这一特性,我们采用了磁饱和线圈设计了交流稳压电源。

### (一) 电路原理

从图 2-29 中,我们观察到,它与图 2-20 硅稳压管稳压电路很相似。这里用磁饱和线圈  $L_1$  代替了图 2-20 中的  $R$ , 不饱和线圈  $L_2$  代替了  $D_w$ , 这样直流稳压电路就变成了交流稳压电路。原理也相似。当  $V_1$  (50Hz 电网电压) 变化时, 电路中  $I_1$  变化, 则  $I_2$  变化, 但当  $L_2$  饱和后,  $L_2$  在一定范围内变化时,  $L_2$  两端电压是基本不变的。 $R_L$  与  $L_2$  并联, 则输出电压  $V_0$  也基本不变, 则电路中变化的电压完全在  $L_1$  上升降。

### (二) 实用电路

图 2-29 仅是一个原理性电路, 如果用于实际, 是没有多大价值的。因为从图 2-28 可知, P 点以后的曲线不是完全平坦。所以仅用  $L_1, L_2$  输出效果仍将很差。而且采用线圈、稳压器笨重, 同时, 要使  $L_2$  工作在饱和状态, 其自身需要的电流将很大。这就又存在功耗等一系列问题。下面我们介绍几种实际运用中的电磁稳压器。

#### 1. 串联谐振型电磁稳压器

我们知道, 对于交流电, 电感将呈现感抗  $W_L$ , 而电容也将呈现容抗  $1/W_C$ 。它们都具有一定的阻抗。用在电路中, 都能使电压升降, 在图 2-29 中, 如果将  $L_1$  换成电容  $C$ , 不但整体重量下降, 而且对稳压性能也会提高。现在我们就来分析如图 2-30 的串联谐振型稳压电路。

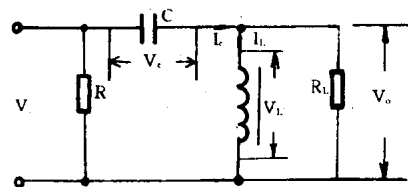


图 2-30

这里  $C$  为耐压较高的电容。 $L$  仍为饱和的电感器, 当  $V_1$  增大时, 电路中总电流  $I_c$  增大, 因在一般的电路中,  $R_L$  总是远大于  $W_L$ , 所以可忽略  $R_L$  支路的分流, 那么  $I_c \approx I_L$ , 如  $I_L$  增大, 则  $L$  饱和越来越深, 感抗  $W_L$  越来越小, 所以其两端电压几乎不变。增大的电压基本上降在电容  $C$  上, 从而保证了  $R_L$  两端电压  $V_0$  的基本稳定。

我们知道, 从相位关系来说, 电感上的交流电压总比电流超前  $90^\circ$ , 而电容上的交流电压总比电流滞后  $90^\circ$ , 那么电感电压的相位就超前电容电压相位  $180^\circ$ , 若电感和电容串联在一起对负载供电, 则供电电压为它们各自电压的矢量和, 即  $V_0 = |V_C + V_L|$ , 实际是量值相减。打个比方, 若  $V_1$  为 220V 交流电, 则  $V_C = 440V, V_L = 220V$ , 所以  $V_0 = |440 - 220|V = 220V$ , 而且当  $V_1$  增加时, 因为  $V_L$  基本不变,  $V_0$  就有可能大于 220V。这是我们以后介绍的并

串联谐振型稳压电路所不具有的优点。

我们还观察到电路中还有一个电阻  $R$ ，它对稳压是不起作用的。在电路中它是一个起放电作用的放电元件。大家知道， $L$  和  $C$  都是储能器，当稳压电路断开电源时，在它们上面还聚着很高的电能，如果不放掉它们，对操作人员和电器设备都是有很大危害的。

当然，在实际电路中，为了保证各方面的性能指标，具体用的各种串联谐振型稳压电路，还有一定的增减元件，但原理是一样的。它具有成本低、制作容易的优点，但损耗大，适合在功率低的场合采用。

## 2. 并联谐振型电磁稳压器

见图 2-31。若在图 2-29 中的  $L_2$  两端并上一个电容  $C$ ，即组成了图 2-31 这种并联谐

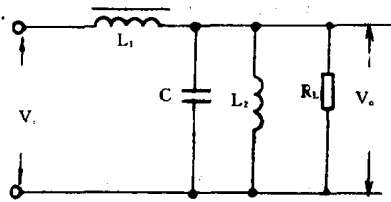


图 2-31

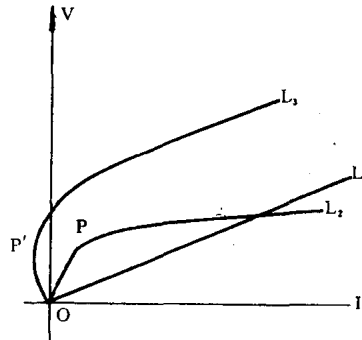


图 2-32

振型电磁稳压器，这里的稳压功能由  $C$  与  $L_2$  共同完成，这样有什么好处呢？让我们来看一看图 2-32 就知道了，图中  $I_1$  曲线是电容  $C$  的伏安特性，它的电压随电流成正比。 $I_2$  为  $L_2$  的伏安特性， $I_3$  则为  $C$  与  $L_2$  合成的伏安特性。 $I_2$  与  $I_3$  比较，最大的变化即是  $I_3$  比  $I_2$  向左移了一大步。其饱和点  $P$  也向左移到了  $P'$  点，这样， $L_2$  需要的饱和电流大大减小，也使电路功率大大提高了。正因为电流要求减小， $L_1$  线圈的直径也可大大减小，这样就具有体积小、重量轻的优点。不但不会影响稳定输出的电压大小，而且还可得到比输入电压高的输出电压。

并联谐振型稳压器虽好，但它仍有一些不可避免的缺点，即  $I_3$  没有  $I_2$  平坦，这就说明，合成稳压器并没有单一的饱和电抗器稳压性能好。这就需要采取一定的措施。

图 2-33 即为采取的措施之一，它有利于稳压性能的改进。它与图 2-31 相比，是在图

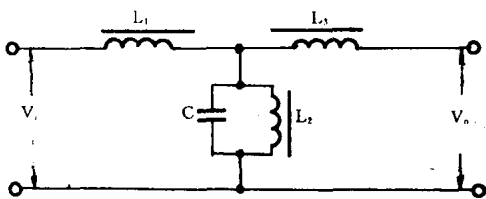


图 2-33

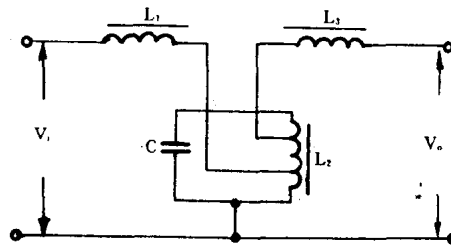


图 2-34 实用双铁芯交流稳压器

2-31 的基础上增加了一个不饱和的线圈  $L_3$ ，并且  $L_3$  与  $L_1$  同铁芯，组成一个线性的变压器， $L_2$  与  $L_3$  串联，但是电压却是相反的，这样适当选择  $L_3$  与  $L_2$  的匝数比，使  $L_3$  两端电压与  $L_2$  两端电压恰好相等，则输出的电压变化部分与  $L_3$  两端电压相抵消，迫使  $V_0$  成为一个常数，从而稳压性能得到改进。



另外图 2-34、图 2-35 分别为提高谐振电压和频率补偿作用的并联谐振型稳压器,在实际中,它们用得较多。

## 二、使用与维护

### 1. 使用

电磁稳压器的主要元件就是电抗器,在实际应用中,饱和电抗器一般都采用有抽头的电感线圈,这样当输出电压

过高或过低时,就可适当调整线圈的抽头,使市电在 160~250V 范围内变化时,输出电压稳定在 220V $\pm$ 5~10% 的小范围内。表 2-3 列出了小功率电磁稳压器、电抗器等的一些数据。如果你使用的稳压器是按表中的数据制作的,其输出电压的变化则能调到 2~3% 或更小。

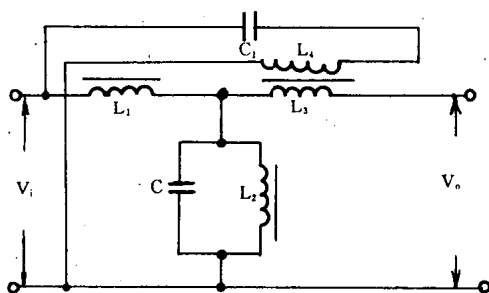


图 2-35 具有频率补偿的交流稳压器

表 2-3

功率(W)	5~10	10~20	20~40	40~60	60~80	80~100
项 目						
GEB 铁芯尺寸 (mm)	19×24	22×23	26×32	26×39	30×38	30×45
L 基本圈数	1200	900	700	650	610	570
L 抽头圈数	1320	980	750	700	650	620
	1260	940	725	675	630	595
	1200	900	700	650	610	570
	1140	860	675	625	590	550
L 线径(mm)	0.53	0.47	0.69	0.8	0.9	1.04
空载电流(A)	0.17	0.34	0.72	1.0	1.4	1.7
电容 C( $\mu$ F)	1.5	3	6	8	10	12
输出电压(输入 为 160~250V)	209~223	212~224	209~225	210~224	211~224	208~224

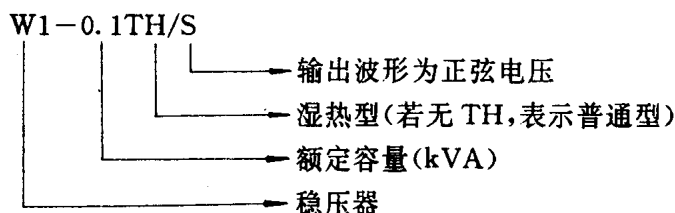
电磁稳压器又有普通型和湿热型之分。表 2-4 列出了我国生产的湿热型的典型技术数据。

无论哪种稳压器,在选购和使用前,关键是要考虑它的输入与输出电压是否符合用电设备的需要,并且必须使用电设备的耗散功率要小于稳压器的输出功率。所以我们主要关心的是它的技术指标。从表 2-3 中,我们已经知道电磁稳压器的一些技术数据。一般电磁稳压器输入电压都在 176~253V 范围内均能正常工作,并且必须做到小于 160V 的启动电压,输出稳定度在 $\pm$ 1%内,负载调整率在 $\pm$ 3%内,使用温度为 $-15\sim+40^{\circ}\text{C}$ ,温升不能超过 $65^{\circ}\text{C}$ ,而且波形失真度要求小于 10%,能连续工作等,这些技术标准,产品在出厂时,厂家均附有说明。

表 2-4

型号	额定容量 (kVA)	输入电压 (50Hz)(V)	电网电压 输入范围(V)	纯电阻负载时 输出电压(V)	额定负 载电流(A)	纯电阻负载不变时被稳 定电压的允许偏差值
W1-0.05TH/S	0.05	220	165~250	220/110±3%	0.23/0.46	±1%
W1-0.1TH/S	0.1	220	165~250	220/110±3%	0.46/0.92	±1%
W1-0.25TH/S	0.25	220	165~250	220/110±3%	1.14/2.28	±1%
W1-0.5TH/S	0.5	220	165~250	220/110±3%	2.3/4.6	±1%
W1-1TH/S	1	220	165~250	220/110±3%	4.6/9.2	±1%
W1-2.5TH/S	2.5	220	165~250	220/110±3%	11.4	±1%

注:型号说明(以 W1-0.1TH/S 为例)



## 2. 维护

稳压器在正常工作时(有指示灯表示),切忌打开机壳。为了人机安全,最好将机壳接地。并且,不允许稳压器在空载,轻载和过载情况下工作。不用时则要拔掉稳压器与电网间的连接插座,使泄放电阻将电容上的大电压放掉。

电磁稳压器元件少、结构简单,因而故障率较低,一般为无输出电压或输出不稳,输出偏高,输出偏低等,出现这些故障时,我们应先关机。当电容上的高压被放掉时,才能开机检修,若无输出电压,应检查电网与稳压器间的连接插座是否开路或接触不良,然后检查稳压器内部的保险丝、连线以及线圈是否开路,最后检查是否串联式稳压器电容开路或并联式稳压器大电容短路。同时,电容器的开路和短路也会引起输出不稳,失去稳压作用。此时可以改变饱和电抗器线圈的抽头数,达到稳定效果。输出电压过高或过低,也是由于这个电容所引起。只要更换电容或变更饱和线圈的抽头匝数也可以解决。

## 三、稳压变压器

稳压变压器是利用铁磁谐振原理及磁分路结构制成的一种交流稳压器,其使用范围较广,越来越受到人们的欢迎。

### (一) 电路原理

稳压变压器与电磁稳压器一样属于电磁谐振式稳压范畴,所以原理大体是一样的。但是它们的磁路结构却不同,在应用中,人们都认为稳压变压器是由电磁稳压器演变而来。图 2-36 为稳压变压器的电路原理。

它与图 2-31 相比较,实际是后面的  $L_2$  采用了磁饱和变压器  $T_s$ 。这里的  $T_s$  具有足够大的漏感,并且这个漏感不随通过它的电流而变。形成一个恒定的交变磁场,它的磁感应强

度在一定范围内基本上不受电网电压波动的影响,从而达到交流稳压的目的。稳压特性见图 2-37。

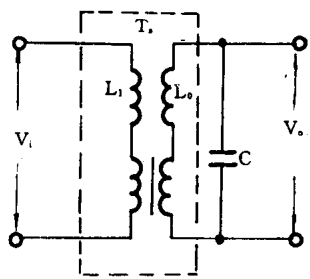


图 2-36

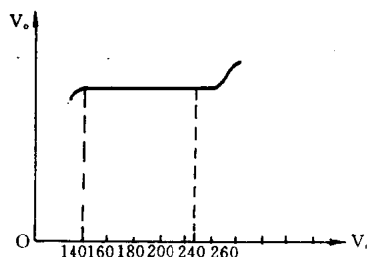


图 2-37

### (二) 实用电路

前面说过稳压变压器关键是要增大变压器的漏感。这就对变压器铁芯结构有相当高的要求,实际电路中,稳压变压器按铁芯结构可分为山字型铁芯稳压变压器、C型铁芯和双C型铁芯稳压变压器。

#### 1. 山字型铁芯稳压变压器

这种稳压变压器是应用最广的一种,它成本低,外部漏磁较小,结构见图 2-38。图中  $n_1$

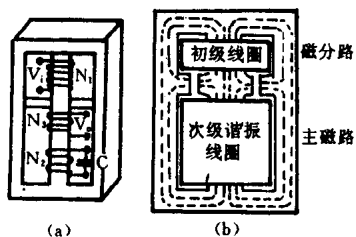


图 2-38

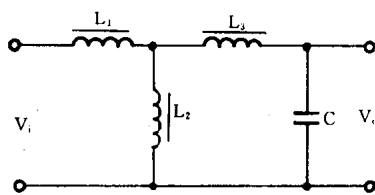


图 2-39

为初级线圈,  $n_2$ 、 $n_3$  为两组次级线圈,它们都绕在同一铁芯上,在初次级之间有带间隙的磁分路,不但有变压器作用,而且在各绕组之间产生漏感,实现稳压作用。它的等效电路见图 2-39。它与图 2-31 相比是很相似的。

#### 2. C型铁芯稳压变压器

C型铁芯稳压变压器结构示意图见图 2-40。从图 2-40 中观察到整个铁芯被 2(即主磁分路)分隔成两个窗口,所以这种稳压变压器是在 C 型铁芯的窗孔内塞入一组磁分路铁芯,使初次级绕组各占一个窗口,分别套在两边柱上,这些绕组都没有抽头,以便调整输入输出的电压值。它的截面积与主铁芯是有一定比例的,它们之比一般为 0.6~0.8:1。

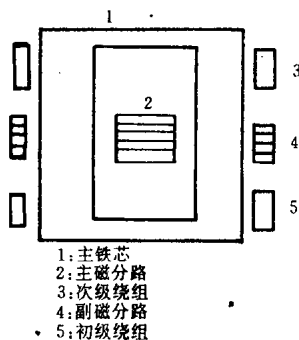


图 2-40

山字型与 C 型稳压变压器相比,仅是形式不同,其实际结构是一样的,即磁分路都是间于初次级绕组之间,实现漏感。所以 C 型稳压变压器的等效电路仍见图 2-39。

#### 3. 双 C 型铁芯稳压变压器

顾名思义,这种稳压变压器是由两个 C 型铁芯组合而来,其结构示意图见图 2-41。

图中  $C_1$  型铁芯是有间隙的,而  $C_2$  型铁芯无间隙。在工作时,  $C_1$  处于不饱和状态,而  $C_2$

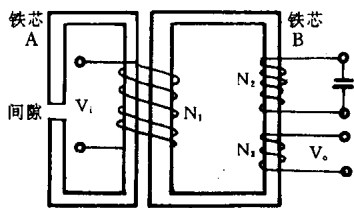


图 2-41

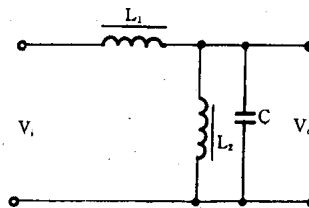


图 2-42

是始终饱和的。这种结构使稳压变压器次级漏感很小,从而提高了输出电压的稳定性,它也是一种应用较广泛的稳压器,其等效电路见图 2-42。

可见它与图 2-31 也是相似的,只是这里的电抗器用了双铁芯。

### (三) 使用与维护

#### 1. 使用

使用稳压变压器与使用电磁稳压器一样,应选用与用电设备的各项技术数据相符合,特别要注意负载功率应低于电源的输出功率。稳压变压器的输入电压一般在 176~264V 之间,输出电压稳定度应小于  $\pm 1\%$ ,负载调整率小于  $\pm 3\%$ ,波形失真度小于 5~10%,而且能连续工作,温升不得超过 50~60°C。稳压变压器的特点是它不仅可以输出稳定电压,而且可以变压,即有过载保护特点和抗干扰特性。在某些高精度场合时,可以用作预稳压电源。

稳压变压器在使用时相当方便,只须将电源线通上电源,次级则有稳定的交流电压输出,但接负载时,应注意按上面要求的功率匹配原则,不要认为它有过载保护的优点就忽视了这一点,而且当稳压器长期工作时,应有散热措施。

#### 2. 维护

我们知道,稳压变压器组成简单,所以产品出厂后,返修率一般不高,常见故障就是电源线开路、变压器烧毁或电容器漏电、击穿短路等。而造成无输出或输出不稳这些故障都是很好判断的,这里就不再一一举例。

### 四、电子交流稳压器

前面介绍过的电磁稳压器,因为波形失真较大,且变压器笨重,应用有限。而电子交流稳压器因其体积小,重量轻,稳压精度高,输出波形好,输出功率大,以及具有过载保护等系列优点,成为我国目前应用最为广泛的一种交流稳压器。

#### (一) 工作原理

电子交流稳压器实际是利用磁饱和电感线圈作为自动调整元件,采取一系列电子控制,使输出电压达到稳定。图 2-43 为它的原理框图。

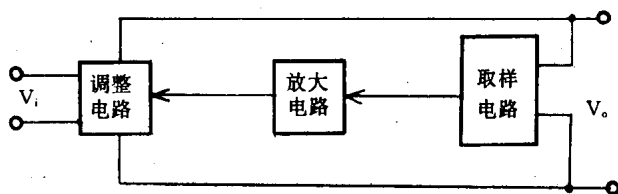


图 2-43

从图中可以看出,电子交流稳压器共包括三大部分,即调整、放大、取样。这三部分共同组成了一个闭环反馈电路,取样电路将输出电压的变化部分取样出来,经放大电路加以放大,提供给调整电路。调整电路则自动调整输出电压。这些原理我们在直流稳压电路中已经

介绍过,而且这里的放大电路也是直流放大,取样与放大合起来组成电子控制部分。而调整部分则是由磁放大器和自耦变压器串接而成。它们接收放大后的信号,利用功率调整管电流变化来控制磁放大器铁芯的饱和深度,从而使输出电压稳定在一定的范围内。

## (二)实际电路

电子交流稳压器电路一般都很复杂,所用到的元器件较多。下面我们对三大部分分别介绍。

### 1. 取样电路

取样电路的元件一般采用饱和二极管或小灯泡。

#### (1)饱和二极管取样电路

现在的电子交流稳压器(如 614 系列)中的饱和二极管常采用 2D2P 钨丝二极管。这种二极管的伏安特性见图 2-44。

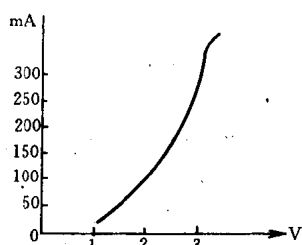


图 2-44

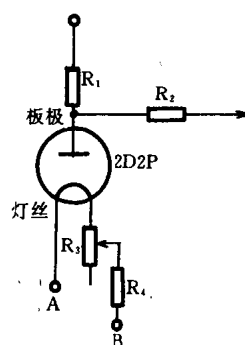


图 2-45

可见,当二极管两端电压有微小变化时,其屏极电流几乎直线上升,所以采用此管对误差相当灵敏。

常用的取样电路又分为两种,根据电子管接法的不同可分为单接法和桥式接法。

#### ①单接法

图 2-45 即为单接法 2D2P 取样电路。它是由电子管与电阻串联而成,电子管灯丝电压  $V_{AB}$  是由稳压器输出后的误差信号,经变压器次级的一个绕组提供,然后灯丝和板极间的电压再通过  $R_2$  送至放大部分对信号放大。电位器  $R_3$  用于调整灯丝电流,使稳压器的输出电压能稳定到人们所需的电压, $R_1$  为 2D2P 保护电阻。它是防止当  $R_3$  调到零阻值时, $V_{AB}$  将全加在灯丝上,而损坏灯丝,因为 2D2P 钨丝二极管工作电压为 2.4V。

#### ②桥式接法

图 2-46 即为桥式接法的 2D2P 取样电路。它是由电子管与三只相同电阻桥接而成,灯丝电压仍由稳压器输出经变压器次级绕组提供。正常工作时,电桥各点电压不平衡, $V_{AB}$  即为灯丝与板极的取样误差信号电压,下一步,它将被送至放大部分进行放大。

采用单接法取样电路常用的交流稳压器为 614 系列(见附录电路图),如 614A、614B、614C,它们的功率容量分别为 1kVA、3kVA 和 5kVA。输出电压精度一般均小于  $\pm 0.2\%$ ,采用桥接法取样电路的电子交流稳压器较多。如 VR 系列和 WY

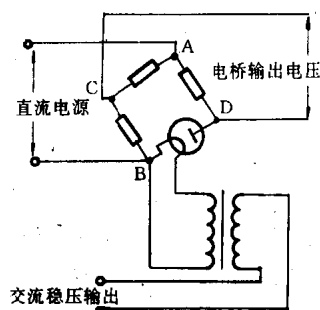


图 2-46

系列,VR 系列有 VR303 (500VA),VR304 (1000VA)和 VR305 (2000VA),WY 系列有 WY1000(1000VA),WY2000(2000VA)等(见附录图)。精度一般能达到小于 0.5%。

### (2)小灯泡取样电路

这种小灯泡与其它普通灯泡仅有少许差别。在稳压电路中,它表现为非线性的热敏电阻。当外加电压变化时,灯丝温度变化,它所呈现的电阻也发生变化,则流过灯泡的电流也相应发生变化。其伏安特性见图 2-47。图 2-48 为小灯泡取样电路。



图 2-47

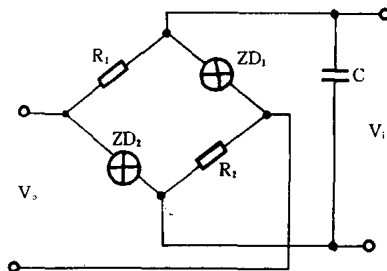


图 2-48

桥路输入电压仍由稳压器输出电压经变压、整流、滤波提供,然后经小灯泡取样后,输出一误差电压送到放大部分。

小灯泡取样电路简单,轻便,成本低,但是它的灵敏度低,精确度不够,在 JA 系列稳压器中常采用(见附录图)。

### 2. 放大电路

2D2P 等饱和二极管显然自身有一定的信号放大,但对于稳压精度,还远远不够。所以稳压电路中往往要加放大部分,这里的放大功能一般不用晶体管担任,因其放大倍数要求很高,所以一般均用电子管作放大器,例如 614 系列就是在图 2-45 中  $R_2$  的后面加一级 6J1 的电子管。见图 2-49。

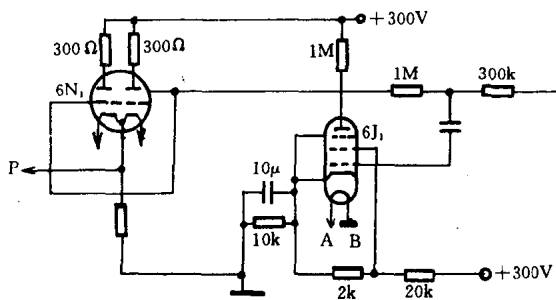


图 2-49

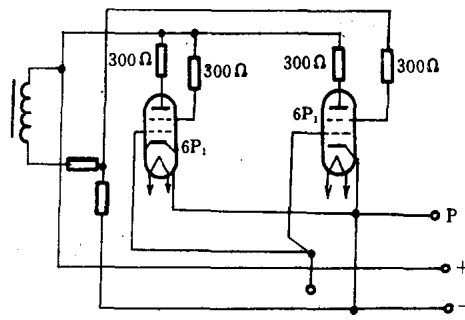


图 2-50

取样信号经 300k 电阻耦合送至 6J1 的栅极,放大后由屏极输出。我们注意到放大后的误差信号不是直接送到调整部分,而是到 6N1 电子管的屏极,原来 6N1 电子管在这里是作隔离用。它的电压放大倍数几乎小于 1。正如晶体管放大电路中的射随器一样,具有输入阻抗高而输出阻抗低的特点。这就大大增加了带负载的能力。

### 3. 调整电路

图 2-50 为 614 系列 A 型 1kVA 稳压器的调整电路。

调整电路实际即为电流放大电路。图中 P 点接放大部分的输出 P 点,信号由此处送入两只 6P1 的功率管的阴极,若误差信号变化,6P1 屏极电流则有很大变化。而屏极负载就是磁放大器的直流线圈,所以这个屏流即为控制电流。如果是额定功率较大的稳压器,就用几只相同的功率调整管并联起来,使控制电流增大。如 614B 型电子交流稳压器就有四只调整管并联,由于在电路中,采用了电抗器磁饱和元件,波形输出会受到影响,所以实际电路中,在适当部分还得加一些滤波元件,比如在自耦变压器两端加一级电容、电感谐振回路。

稳压器容量的大小与前面各部分电路及自耦变压器均无关,它主要决定于饱和电抗器电感的大小。

### (三)使用与维护

#### 1. 使用

使用前应特别注意机壳是否带电,电子交流稳压器无论哪种,其输入电压都要求在 190~240V 之间,如超出此范围,就不能保证各个性能指标了,稳压器的各种性能指标,各个厂家出厂时,就附有说明。它主要表现在电压稳定度  $S_{V1}$  波形失真度  $\gamma$ , 电压调整率  $S_{V2}$  应变时间,输出功率等方面。用户在选购和使用时应以它们为标准。

在使用时,我们应注意以下几点:

a. 电子稳压器的负载一般应为纯电阻性,若负载为容性或感性时,最好使用大功率稳压器,因为容性和感性都会有瞬间大电压的承受问题,若用 2kW 的电子稳压器,则不能启动 2kW 的电动机,就是启动 1kW 的电动机也是比较困难的。

b. 当电网电压超出 190~240V 范围时,应采取适当措施,如在输入端串接调压器。

c. 一台稳压器不能连续工作太长时间(614 系列可连续工作 8~16 小时)。

d. 稳压器不能串联使用。

e. 由于许多稳压器都加有延时电路和过载保护电路,所以在使用时,最好开机几分钟以后,再接上负载,以保证元器件寿命。

#### 2. 维护

从上面介绍的电路,我们知道,电子稳压器的元器件多,电路复杂,这就给维护带来了许多麻烦。下面我们就以前面介绍过的 614B 型为例(整机电路图见附录),对常见故障的检修一一说明。

当我们遇到一台有故障的稳压器时,首先应采用直观检查法——观察法,通过眼睛就可以直接查找出断线、虚焊、元器件引脚断、电子管破碎或灯丝烧断,以及烧焦的电阻、电容、变压器等。当排除这些明显的故障后,再分析故障原因,判断它的大概范围,抓住其主要元器件,做到有的放矢。

#### (1)稳压器无输出电压

出现这种故障的原因很多。一般是采用电压法检查,从输出到输入依次检测各点电压,看是否有开路现象。如果整机都无电压,这种故障多为输入部分保险丝烧断。而引起保险丝烧断的原因很多,主要还是严重短路所引起。此时应先弄清短路的原因,查出短路的地方,直到排除后,再换上保险丝观察。不要先盲目地换上保险丝,以免保险丝再次烧断或损坏更多的元器件。在电子交流稳压电源中,最易短路的元件有变压器初级短路,整流二极管击穿,滤

波电容击穿,以及磁放大器直流线圈部分短路等。

#### (2) 稳压器有输出,但输出电压脉动较大

这种现象的电子交流稳压器实际没有达到稳压效果,主要故障是发生在滤波电路上,如 LC 滤波性能变差,即 L 的电感量或 C 的容量改变,可以用替换或增加、减少电感量、电容量的方法来解决。还有一个值得注意的元件就是电压放大部分中的电子管 6J1 所加的深负反馈电容  $C_4$  (0.22 $\mu$ F/400V),如它漏容严重,则 2D2P 通过的交流信号不能经  $C_4$  完全反馈掉,而串进后面的调整部分,引起输出波动,此时应将电容  $C_4$  换掉。前面我们讲过,电子交流稳压器应变时间较慢,如果此时电网电压变化脉冲很快,使用该稳压器就没办法达到好的效果,此时应换一台应变时间快一些的交流稳压器。

#### (3) 输出电压波形失真

这种故障与前面一种故障经常并列发生,一般也发生在电感、电容器件上,以及 LC 滤波电路或电容滤波电路。最值得注意的是稳压器输出端(如 614B 型)的  $C_1$  (12 $\mu$ F/1000V)、L1 组成的串联滤波电路。

#### (4) 输出电压偏高或偏低

当输出偏高或偏低而调整又无作用时,则为机内发生故障,有可能是电子控制部分出现故障,也可能是被控的磁放大器调整部分出现故障。

##### ① 电子控制部分发生故障

这部分的中心元件是取样管 2D2P,电压放大管 6J1 及阴极输出管 6N1,所以故障也大多出现在它们自身的损坏,或外围元件的损坏,造成它们不能正常工作,而失去控制作用。

当 2D2P 出现故障,如灯丝烧断, $R_{22}$  (30 $\Omega$ /5W)断线(常采用线绕电阻),或这部分其它电阻损坏时,2D2P 停止工作,而使屏极电压上升很高或下降到零。造成阴极输出电子管的电压不能控制调整部分的四只 6P3P 型电子管的屏极电流,则磁放大器失控,致使交流线圈压降始终很高或很低,输出电压就走向两个极端而不能调复。

放大部分的故障主要出现在 6J1、6N1 或其反馈电容  $C_4$  (0.22 $\mu$ F/400V)上,使 6J1 停止工作或工作不正常。提供给四只 6P3P 型电子管的屏极电流为零或屏流很大,稳压器输出电压则很低或很高。

##### ② 调整部分发生故障

调整部分的主要元件为四只(其他稳压器不定)6P3P 的功率调整电子管和磁饱和变压器及几只油质电容并联后再与扼流圈 L 组成的滤波电路。在四只 6P3P 中只要有一只内部电极发生短路,就会使总的屏流变得很大,导致稳压器输出电压很高,当为取样电路提供电压时,高压变压器  $T_3$  内部互相击穿,或磁放大器  $T_2$  的两只交流线圈短路或其中一只短路,以及由于油质电容  $C_6$  内一只或几只短路。电压全部降在自耦变压器  $T_1$  的初级上,都会引起稳压器输出电压偏高,若是  $T_2$  内断线则输出电压偏低。

当然,在维修时,也有可能出现一些意想不到的故障,在通电时,千万要小心,切忌人体直接接触高压处,同时,因有较强的电磁场存在,容易被磁化所影响的物体(如手表、收音机等),应远离维修场地。

维修电子交流稳压器时,时常会碰到烧坏的电子管,这就需要用新的代换,为了方便读者,下面列表举出电子稳压器中常用电子管的型号名称和阴极特性,见表 2-5。



## 五、调压器稳定电源

前面我们说过,当电子交流稳压器输入电压超出 190~240V 范围时,必须加调压器调压,以保证稳压性能。那里指的调压器一般是指手动调压器,本章将介绍自动调压式交流稳压电源,这种稳压器结构简单,成本低,自耗小,对负载呈阻、容、感抗性,无特殊要求。而输出波形不失真,但因其稳定度,电压调整率,应变时间等都较差,所以多用于对这些要求不太高的仪器设备上,特别适用于电视机、洗衣机、电冰箱、高传真放音设备、空调设备等现代家用电器上。

表 2-5

型号	类别	阴极		用途
		电压(V)	电流(A)	
6B8P	双二极管—遥截止五极管	6.3	0.3	检波,放大
6C1	超高频三极管	6.3	0.15	高频放大
6Z1	三极—五极管	6.3	0.43	放大,振荡,混频
6F2	三极—五极管	6.3	0.45	放大,振荡
6F3	三极—功率五极管	6.3	0.9	放大
6J1	超高频锐截止五极管	6.3	0.175	高频放大
6J2				
6J3	超高频锐截止四极管	6.3	0.3	高频放大
6J4	超高频锐截止五极管	6.3	0.3	高频放大
6J4P		6.3	0.45	
6J5	高频锐截止四极管	6.3	0.45	高频放大
6J8P	高频锐截止五极管	6.3	0.3	检波放大
6K3P	高频遥截止五极管	6.3	0.3	高频放大
6K4	高频半遥截止五极管	6.3	0.3	高频放大
6N1	中 $\mu$ 双三极管	6.3	0.6	高频放大
6N2	高 $\mu$ 双三极管	6.3	0.34	低频放大
6N3	高频双三极管	6.3	0.35	高频放大振荡

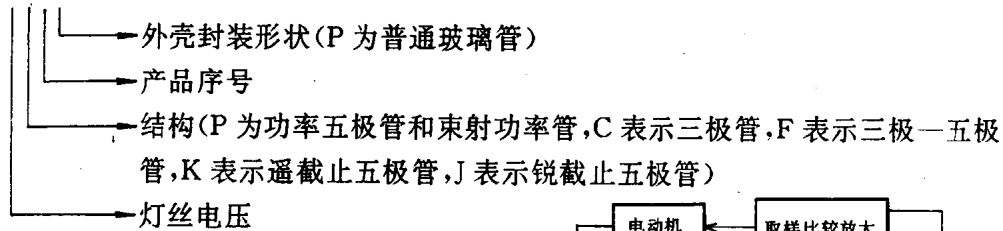
续表

型号	类别	阴极		用途
		电压(V)	电流(A)	
6N4	低噪声高 $\mu$ 双三极管	6.3/12.6	0.34/0.17	音频放大
6N5P	功率双三极管	6.3	2.5	功率放大
6N7P	功率双三极管	6.3	0.8	低频功率放大
6N8P	中 $\mu$ 双三极管	6.3	0.6	放大,振荡
6N9P	高 $\mu$ 双三极管	6.3	0.3	放大
6N11	低噪声高频双三极管	6.3	0.34	高频放大,振荡
6N15	高频双三极管	6.3	0.45	高频放大,振荡
6P1	功率集射管	6.3	0.5	功率放大
6P3P	功率集射管	6.3	0.9	功率放大
6P6P	功率集射管	6.3	0.45	功率放大
6P12P	功率集射管	6.3	1.38	功率放大
6P13P	功率集射管	6.3	1.3	功率放大
6P14	功率五极管	6.3	0.76	功率放大
6P15	功率五极管	6.3	0.76	功率放大

注:表中 $\mu$ 指电子管的放大系数。

电子管型号说明:

如 6P6P



(一)工作原理

这种稳压器实际是利用电子线路代替手工调  
 动电动机的运转速度从而达到调整稳压目的。其  
 方框图见图 2-51。

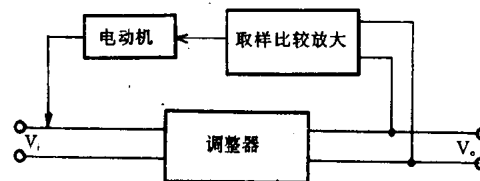


图 2-51

从方框图可知,它实际是利用调压器作为调整元件的闭环反馈型交流稳压器,其工作原  
 理与电子交流稳压器差不多。当由于电网或负载而引起稳压器输出变化不定时,取样电路将  
 取得的误差信号进行放大,放大后的控制信号再去控制电机的正转、反转或不转的运动状  
 态。当电机不动时,说明误差信号很少,输出电压几乎稳定,控制信号不足以推动电机。当

出电压偏高时,这个误差信号就迫使电机转动,并通过减速器使调压器输出电压降低。同理,当输出电压偏低时,电机向相反方向转动,通过减速器使调压器输出电压升高,从而达到输出电压稳定。

### (二)实用电路

从方框图我们看出,整机电路可分为四大部分,取样、放大、电机以及调压器。下面我们用一个具体电路作详细介绍。

图 2-52 为 200W 自动式交流稳压电源电路图。图中用虚线框出各大部分,它们的工作是紧密联系的。当调压变压器输出偏离 220V 时,其变压器次级一个绕组取得这个误差信号,送到  $D_1 \sim D_4$  桥式整流,再经  $C_1$  滤波后,变成直流电压,再由  $R_1$ 、 $W$ 、 $R_2$  组成的取样电路取样,调整  $W$ ,若 A 点电压高于 B 点电压(B 点为  $D_5$  稳压的基准电压),则放大部分的  $BG_1$  导通(因为  $BG_1$  为 NPN 管,集电极电压为正),并放大,迫使电机 D 转动,电机的转动就带动了调压器的滑动臂移动,移动的方向是使输出电压降低。相反,若调整  $W$ ,A 点电压低于 B 点电压时,则是放大部分的  $BG_2$  导通( $BG_2$  为 PNP 管,集电极电压为负),并放大,迫使电机 D 向相反方向转动,从而使调压器的滑动臂向电压升高的方向滑动。这就保证了调压器输出的稳定,当然,当输出电压无误差时,A 点与 B 点等电位,两只三极管都处于截止状态,电机不动。

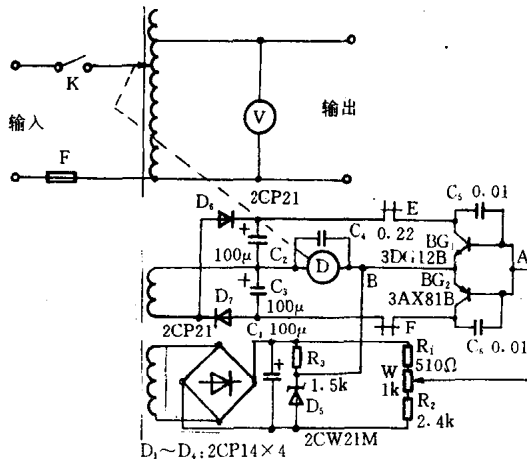


图 2-52 200W 自动调压式交流稳压电源线路图

### (三)使用与维修

#### 1. 使用

①调压式交流稳压器的输入电压一般要求在 160~250V 之间,超出此范围,不但会影响稳压性能,而且太高或太低时,会损坏调压器,所以有些调压器在电压输入端上、下限各装一个微动开关,以起到保护作用。

②使用前,为了安全,一般将其金属外壳接地,在使用过程中,应注意稳压器内部是否有异样声音或焦糊味等。出现这些毛病,应立即停机,正常作用时,也不能长期超载。不能多台连用。

③不用时,应装上罩,放于干净、干燥、通风处,维护时,对于机械部分不能猛力拉扯和磨损,防止转轮和皮带不能恢复到位,引起电机和调压器滑动臂空转或不转。

#### 2. 维修

这种稳压器的维修分为机械部分和电路部分,当一台稳压器出现故障时,应首先判断出在哪部分,再对症下药,所以在维修前,一定要弄清整机工作原理及电路结构,下面将各种故障的原因及维修方法介绍如下:

##### (1)无电压输出

产生这种故障的原因很多,机械或电路两部分都有可能,但首先是检查整机电源输入的

保险丝,若保险丝被烧断,则电路部分可能有短路现象,应立即排除故障,然后再换上相同规格的保险丝,若还没有电压输出,则重点检查放大部分的两个三极管,看是否击穿,放大部分的电容是否烧坏。排除电路部分故障后,则看电机部分轮子是否被卡死或空转或是调压器开路、滑动臂与裸露结圈没接触上等。

### (2) 输出电压不稳定

这种现象实际是没起到稳压的作用。它的故障原因很多,机械或电子部分都有可能。重点检查的元件是两只三极管,看是否被烧坏,或电机部分的两只整流二极管被击穿、或与电机两端并联的滤波电容漏容严重或短路。再就是电机内部短路或接触不良等。

### (3) 输出电压偏高或偏低

在介绍原理时,我们已经说过,当输出偏低时(如图 2-52 中的取样管 3AX81B),将低出的误差信号送到 PNP 管放大后,才迫使电机转动,以带动调压器的滑动臂向升压方向移动,而这里的电压始终偏高,说明 3AX81B 始终导通,迫使调压器的滑动臂老是向升压方向滑动。如 3AX81B 一直导通,说明 A 点电位一直低于 B 点,有可能是稳压管 B 点开路,也有可能是 3AX81B 的 c-b 极击穿已经短路,相反,若输出电压始终偏低时,则是 3DG12 一直导通,A 点电位始终高于 B 点,有可能是稳压二极管短路,三极管 3DG12 的 e-b 极短路。

最后还有一点即是当输出电压偏高时,调压器输出能恢复到稳定值,但是当输出电压偏低时,却无法调整或者正好相反。这是什么原因呢?其实通过前面的分析我们就会想到是否其中一只三极管已被烧坏,以及整流管开路或短路。

从以上分析可知,调压式交流稳压器因为所用元件不多,容易分析故障,维修也很方便。关键是平时要注意使用、保护,特别由于机械部分更应防震、防潮。

到现在为止,分离式的常用交流稳压电源我们就介绍这些,由于具体电路形式很多,不可能一一介绍,只介绍了一些典型电路,但其它电路原理相同,电路结构也大同小异,希望读者根据此书能举一反三。后面我们还附有许多适用分离式交流稳压电路,以供读者在使用、维修时参考。上述四种稳压器,各具有其优缺点,以及适用的场合,列表比较(见表 2-6)。

表 2-6 几种稳压器的比较

项目	电磁谐振式	稳压变压器	电子稳压器	调压式稳压器
应用时间	使用最早	电磁谐振式的发展	现应用最广	目前最新型交流稳压器
稳压性能	2~3%	≤±1%	0.2%	1~2%
输入电压	170~250(V)	170~250(V)	190~240(V)	170~250(V)
波形失真	≤10%	≤5~10%	≤5%	几乎接近输入波形
温升	≤65℃	50~60℃		
工作时间	连续	连续	8~16 小时	
应变时间	很快	很快	0.2~0.55	比电子稳压器慢
频率影响	大	大	较小	小
快速抗干扰	好	好	较好	较差
使用寿命	寿命长	寿命长	有阴极寿命影响	有机械磨损影响
噪声	大	大	较小	较小
适用场合	一般工业或民用,对精度要求不太高时	电源变换器、充电器、电子计算机、自动化仪器仪表设备等	应用非常广泛,对负载一般要求纯阻性	适用于对电压稳定度和应变时间要求不高的用电设备上,如电视、洗衣机、电冰箱等,对负载性质无要求

## 第三节 集成稳压源

### 一、概述

前面介绍了分离式的交直流稳压器,而现在和今后的稳压电源将越来越向集成化方向发展,这样,稳压电源体积小,使用方便,成本低,而且性能稳定。本节我们先简单介绍一些有关集成稳压器,再举例说明它们在实际中的应用。

集成稳压器的原理实际与分离元件的稳压器是相同的。同样包括了基准电压,比较取样,误差放大以及调整电路等部分。它是在制造工艺上将这些元器件集中做在一个小硅片上,再封装起来,就把整个本来很多的元件变成了一个单体,以一个单体器件的形式参与电路工作。

集成稳压器一旦被烧坏或损坏,只能代换,是无法修复的,并且其内部电路大多很复杂,这里就没有介绍修理的必要。

现在常用的集成稳压器有三端稳压,五端稳压,以及多端稳压,其中又有固定式和可调式之分。它们大多采用串联调整式稳压原理,我们在选购或使用集成稳压器时,对其性能的鉴定主要是参考它的特性参数,包括电压调整率,电流调整率,纹波抑制比,输出阻抗,输出噪声电压和输出电压温漂等。

### 二、集成稳压器的性能参数

#### 1. 电压调整率 $S_v$

电压调整率是指在负载保持不变的情况下,输出电压变化量与单位输出电压和输入电压变化量的百分比,即

$$S_v = \frac{\Delta V_o}{V_o \Delta V_i} \times 100\%$$

式中  $\Delta V_o$  指输出电压变化量,  $V_o$  指单位输出电压,  $\Delta V_i$  指输入电压的变化量。

其实很多时候,我们都用电压调整度的说法代替了电压调整率。电压调整度即为输出电压的变化量与输入电压的变化量之比。但无论哪种说法,都直接表示了稳压器的稳压特性,所以它是一个很重要的参数。

#### 2. 电流调整率 $S_i$

电流调整率是指负载电流变化引起的输出电压相对变化量,用公式表示为

$$S_i = \frac{\Delta V_o}{V_o} \times 100\%$$

式中  $V_o$  是指负载电流为一定值时的输出电压,  $\Delta V_o$  是指当负载电流变化  $\Delta I$  时,输出电压的变化量。

#### 3. 纹波抑制比 $S_r$

纹波抑制比是指稳压器对叠加在非稳定直流输入电压上的纹波电压的抑制能力,用公式表示为

$$S_r = 20 \log \frac{V_{ip-p}}{V_{Op-p}} [\text{dB}]$$

对稳压器来说,  $S_r$  越大越好。

#### 4. 输出电压温度系数 $S_t$

输出电压温度系数是指当负载和输入都不变时, 环境温度引起的集成稳压器输出电压的变化率。用公式表示为

$$S_t = \frac{\Delta V_o}{\Delta t \cdot V_o} \times 100\% \quad (\%/^{\circ}\text{C})$$

输出电压温度系数应越小越好。

#### 5. 输出阻抗 $Z_o$

输出阻抗是指当输入电压和工作温度不变时, 输出电压变化量与输出电流变化量之比。用公式表示为

$$Z_o = \frac{dV_o}{dI_o} (\Omega)$$

它代表了该稳压器带负载的能力,  $Z_o$  越小, 带负载能力就越强, 反过来,  $Z_o$  越大, 带负载能力就越弱, 所以一般希望  $Z_o$  越小越好。

#### 6. 输出噪声电压 $V_n$

输出噪声电压是指稳压器内部元器件因工作时产生的热噪声而窜出输出端引起的干扰电压。它表示了该只稳压器内部电路的质量。一般希望它越小越好。

### 三、集成稳压器及典型应用举例

目前, 在许多稳压电源中, 集成稳压器都取代了分立式组成的稳压电源, 可见, 集成稳压器越来越被广泛采用。常用的有 BG602、CW200、WB712、WA705-724、SG11、5G14、W611、W601、XWY8、WA7 等多端电压可调式集成稳压器、CW7800 系列和 CW7900 系列三端电压固定式集成稳压器、CW117、CW217 和 CW137 等系列的三端电压可调式集成稳压器、LWY10、MC1568/MC1468 等跟踪式集成稳压器, MC-1466、MC1566 浮置式集成稳压器以及其他一些集成稳压器。下面我们分别介绍一些常用的集成稳压器。

#### (一) 多端电压可调式集成稳压器

##### 1. BG602

BG602 是输入端可调输出小功率集成稳压器, 该系列电特性参数见表 2-7。在电路中的典型引脚接法见图 2-53。

表 2-7 (温度条件: 25℃)

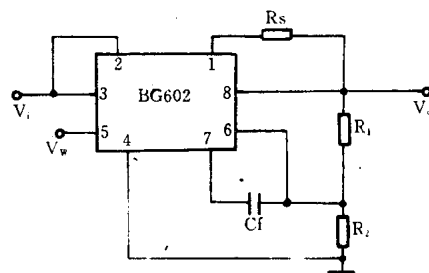


图 2-53

参数项目	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压范围		9	30		V
输出电压范围	$V_i=30\text{V}, R_L=10\text{k}\Omega$	$\leq 2$		$\geq 26$	V
最小输入输出电压差	$V_o=10\text{V}, R_L=10\text{k}\Omega$		3	4	V
最大输出电流	$V_i=30\text{V}, V_o=10\text{V}, R_{sc}=56\Omega, R_L=1\text{k}\Omega$	0		10	mA
基准电压	$V_i=30\text{V}, V_o=10\text{V}, R_L=10\text{k}\Omega$		16		V
电压调整率	$V_i=15\sim 25\text{V}, V_o=10\text{V}, I_L=1\text{mA}, R_{sc}=\infty$		0.05	0.06	%/V

					续表	
参数项目	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位	
电流调整率	$V_i=25V, V_o=10V, \Delta I_L=10mA, R_{sc}=\infty$		0.05	0.06	%	
功耗电流	$V_i=30V, I_L=0$		4	5	mA	
纹波抑制比	$V_i=20V, V_o=10V, f=1kHz, V_{iAC}=10V_{(P-P)}$	40	50		dB	
电压温度系数	$V_i=30V, V_o=10V, I_L=1mA, \Delta T=80^\circ C$			A: 0.05 B: 0.01 C: 0.005	%/°C	
最大功耗		250	250	250	mW	

图中  $V_w$  为基准电压,  $R_s$  为限流保护电阻, 其计算公式为

$$R_s = \frac{0.7}{I_{Omax}} (\Omega)$$

$I_{Omax}$  是稳压器工作的最大电流,  $C_f$  为补偿电容, 其容量为 100pF, 采用这种接法时, 一般输出正电压。输出电压的大小可用公式

$$V_o = V_w \left( \frac{R_1 + R_2}{R_2} \right)$$

来计算。

## 2. CW200

CW200 是五端输出的功率集成稳压器, 它能在 2.85~36V 的范围内连续可调, 可输出 2A 的负载电流, 并且芯片内有流过热和调整管安全工作区保护电路, 其电特性参数见表 2-8, 用在电路中的典型引脚接法见图 2-54。

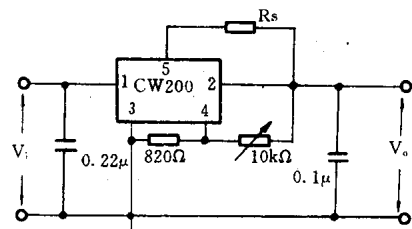


图 2-54

表 2-8

参数项目	测试条件	CW200C			CW200B			单位
		最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	
电压调整率	$V_o=5V, 8V \leq V_i \leq 18V, I_o=0.5A, T_j=25^\circ C$		0.05			0.1		%/V
电流调整率	$V_i=10V, V_o=5V, 10mA \leq I_o \leq 2A, T_j=25^\circ C$		0.15			0.3		%
静态工作电流	$V_i=20V, T_j=25^\circ C$		4.2	9.2		4.2	9.2	mA
基准电压	$V_i=20V, I_o=10mA$	2.64	2.77	2.86	2.64	2.77	2.86	V
纹波抑制比	$V_o=5V, \Delta V_i=10V_{P-P}, I_o=0.5A, f=100Hz$		60		46	54		dB
取样端电流			3	10		3	10	μA
保护端动作电压	$V_i=10V, V_o=$ 基准电压, $I_o=100mA, T_j=25^\circ C$	0.38	0.45	0.52	0.38	0.45	0.52	V
输入输出电压差	$I_o=1.5A, \Delta V_o \leq 2\%$		2	3		2	3	V
输出电压温度变化率	$V_o=$ 基准电压, $V_i=20V, I_o=10mA$		1.5			1.5		mV/°C
最大输出电流	$(V_i - V_o) \leq 10V, T_j=25^\circ C$		2			2		

图 2-54 中,  $R_1$  通常取 0.5~1.5kΩ,  $R_1, R_2$  共同决定输出电压的大小, 并由  $V_o = V_{REF} (1 + R_2/R_1)$  来计算,  $V_{REF}$  为基准电压值。

### 3. CW1524/2524/3524

CW1524 系列为 16 端可调脉宽调制器,它多用于开关电源中,内部包括 5V 基准电压,误差放大器,比较器,电流限制放大器,振荡器,触发器,两个或非门电路,关闭晶体管和两只推动输出管,可输出 7~30V 电压和 5A 电流,其电特性参数见表 2-9,典型接线图见 2-55。

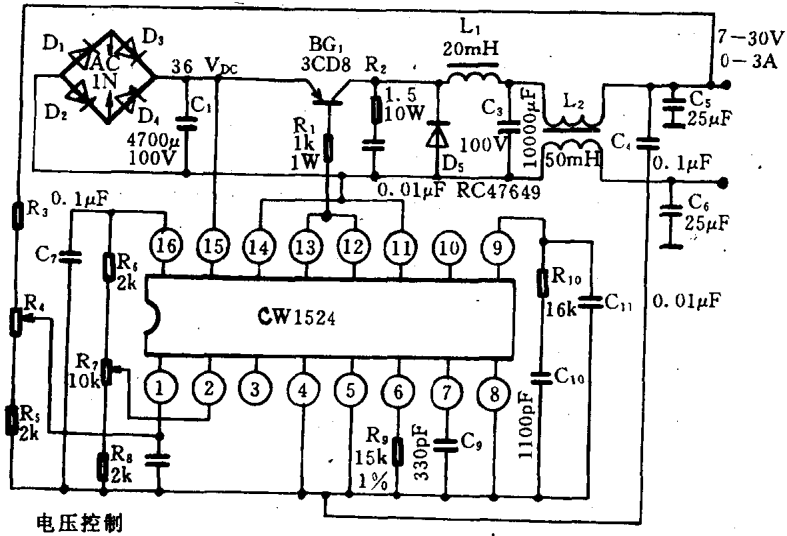


图 2-55

表 2-9

参数名称	测试条件	CW1524/CW2524			CW3524			单位
		最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	
输出电压		4.8	5.0	5.2	4.6	5.0	5.4	V
电压调整率	$V_i=8\sim 40V$		10	20		10	30	%/V
电流调整率	$I_L=0\sim 20mA$		20	50		20	50	%
纹波抑制比	$f=100Hz, T_j=25^\circ C$		66			66		dB
短路输出电流	$V_{REF}=0V, T=25^\circ C$		100			100		mA
频率稳定性			0.3	1		0.3	1	%
最高频率	$C_T=0.001\mu F, R_T=2k\Omega, T_j=25^\circ C$		350			350		kHz
频率误差	$R_T$ 和 $C_T$ 连接时		5			5		%
输入电压对频率的影响	$V_i=8\sim 40V, T_j=25^\circ C$		350			350		%
温度对频率的影响			5	1			1	%
振荡器输出电压(3脚)	$T_j=25^\circ C$			2			2	V
输出脉宽(3脚)	$C_T=0.01\mu F, T_j=25^\circ C$		3.5			3.5		$\mu s$
输入失调电压	$V_{cm}=2.5V$		0.5			0.5		mV
输入偏置电流	$V_{cm}=2.5V$		0.5	5		2	10	$\mu A$
开环电压增益			2	10		2	10	dB



续表

参数名称	测试条件	CW1524/CW2524			CW3524			单位
		最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	
共模输入电压范围	$T_j=25^\circ\text{C}$	72	80		60	80		V
共模抑制比	$T_j=25^\circ\text{C}$	1.8		3.4	1.8		3.4	dB
小信号带宽	$A_v=0\text{dB}, T_j=25^\circ\text{C}$		70			70		MHz
输出电压幅宽	$T_j=25^\circ\text{C}$							V
输入门限(9脚)	0 工作周期 最大工作周期		1 3.5			1 3.5		V

图中  $BG_1$  为 PNP 型达林顿功率开关管,  $D_s$  为续流二极管,  $L_1$  为储能电感,  $C_s$  为滤波电容,  $L_2, C_5, C_6$  组成输出滤波器, CW1524 在这里是作为控制电路, 1、2 脚分别为误差放大器的负、正输入脚, 6、7 分别为外接 RC 的振荡输入脚, 8 脚接地, 9 脚为比较器的校正输入, 10 脚为关闭控制脚, 11、12 和 14、13 脚分别接两只推动管的发射极或集电极, 15、16 脚分别为集成稳压器的输入、输出脚。

(二) 三端固定正输出电压集成稳压器

1. CW7800/CW78M00/CW78L00

该系列是三端固定正输出电压集成稳压器应用最广的一种。它可以输出 5V、6V、9V、12V、15V、18V 和 24V 的稳定电压, 及 1.5A 内、0.5A 内和小于 100mA 的电流, 它们的电特性参数见表 2-10, 典型引脚接法见图 2-56。

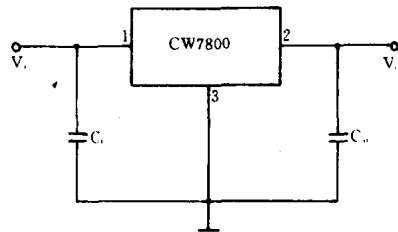


图 2-56

$C_i$  为输入滤波电容, 一般容量为  $0.33\mu\text{F}$ , 它可以改善

纹波和抑制输入的过电压, 以及抑制高频干扰, 防止可能产生的自激, 但当稳压器附近有滤波电路时,  $C_i$  常常可以省略。

稳压器输出电容  $C_o$  采用电解电容, 一般容量为  $0.1\mu\text{F}$ , 它仍是一个滤波电容, 用于改善负载的瞬态响应。

2. 应用举例

(1) 用 CW7805 组成的 5V 稳压电源, 见图 2-57。

该电路引用了 CW7800 系列标准的引脚接法, 2CP51 是防止输入短路时, 输出端电容向 CW7805 放电而损坏集成块, SCR101(可控)、2CW7C、3CG120C 及保险丝 BX 组成过压保护电路。

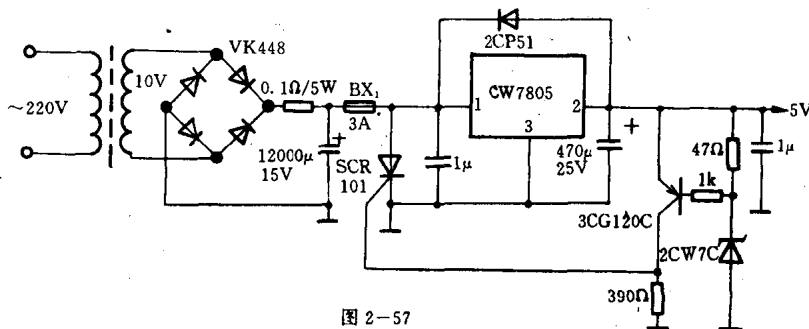


图 2-57

表 2-10

型号	测试条件	CW7805C			CW7806C			CW7809C			CW7812C			CW7815C			CW7818C			CW7824C			单位
		最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	
输出电压	$T_j = 25^\circ\text{C}$	4.8	5	5.2	5.75	6	6.25	6.65	9	9.35	11.5	12	12.5	14.4	15	15.6	17.3	18	18.7	23	24	25	V
	$I_o = 5\text{mA} \sim 1\text{A}$ $P_o \leq 15\text{W}$	4.75	5	5.25	5.7	6	6.3	6.55	9	9.45	11.4	12	12.6	14.25	15	15.75	17.1	18	18.9	22.8	24	25	
电压调整率	$I_o = 0.5\text{A}$	1	50		8.5				12.5			17			21			25			33.5	V	
	$I_o = 0.5\text{A}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	3	100			30			45			60			75			90			120		
负载调整率	$T_j = 25^\circ\text{C}$ $I_o = 5\text{mA} \sim 1.5\text{A}$		100									240			300			360			480	mV	
	$T_j = 25^\circ\text{C}$ $I_o = 250 \sim 750\text{mA}$		50									120			150			180			240		
	$I_o = 0.5\text{A}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$		8			8			8			8			8			8			8		
静态电流变化	$10\text{mA} \leq I_o \leq 1.5\text{A}$		0.5			0.5			0.5			0.5			0.5			0.5			0.5	mA	
输出电压漂移	$I_o = 5\text{mA}$ $T_{jL} \leq T_j \leq T_{jH}$	1.0			1.0			1.2			1.2			1.5			1.8			2.4		mV/°C	
输出噪声电压	$10\text{Hz} \leq f \leq 100\text{kHz}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	40			50			70			100			120			150			200		$\mu\text{V}$	
纹波电压抑制比	$I_o = 500\text{mA}$ $f = 100\text{Hz}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	63			61			58			55			53			52			49		dB	
输入输出电压差	$I_o = 1\text{A}$	2									2			2			2			2		V	
输出阻抗	$f = 1\text{kHz}$	17									18			19			22			28		M $\Omega$	
短路电流	$V_i = 3.5\text{V}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	750									350			230			200			150		mA	
短路峰值电流	$T_j = 25^\circ\text{C}$	2.2									2.2			2.1			2.1			2.1		A	
输入电压		10			11			14			19			23			26			33		V	

(2)用 CW78M05 组成输出为 0.25~9V 可调试稳压电源,见图 2-58。图中利用了集成运算放大器 F007 的跟随作用,即输入阻抗高,输出阻抗低来降低稳压器静态工作电流对输出电压的影响, $R_3$  和  $R_4$  如选择阻值比例适当,可提高输出电压。调节电位器  $R_2$ ,就能使稳压源按 0.25~9V 之间输出各种电压值。可用下式计算

$$V_o = \frac{R_3}{R_1} \left( \frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4} \right) V_x$$

式中  $V_x$  为该稳压器固定的输出值,CW7805、 $V_x$  为 5V,CW7809、 $V_x$  为 9V 等。

(3)用 CW7805 组成的 5~15V 可调稳压电源,见图 2-59。

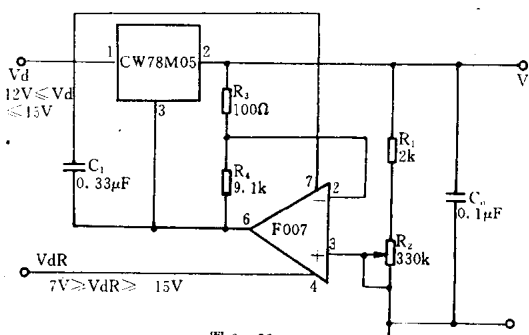


图 2-58

该电路也引用了 CW700 系列的典型接法, 调节电位器  $R_2$  便可得到 5~15V 之间的各种电压值, 可通过下式来计算

$$V_o = V_x + \left( \frac{V_x}{R_1} + I_o \right) R_2$$

$V_x$  为该稳压器固定的输出电压。

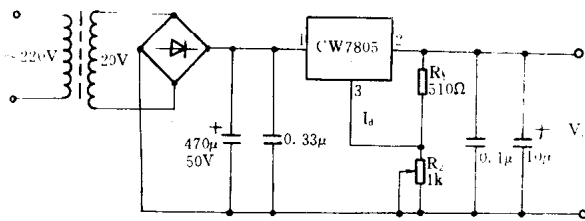


图 2-59

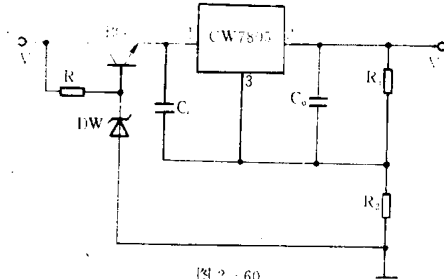


图 2-60

(4) 用 CW7805 组成的高输入——高输出集成稳压电源电路。见图 2-60。

这种电路不受 CW7800 系列额定输入、输出的要求, 当前面整流滤波后电压较高时, 经  $BC_{107}$ 、 $DW$  可降到稳压器输入要求。 $R_3$  为  $DW$  的限流电阻。 $C_1$ 、 $C_2$  分别为稳压器输入输出滤波电容,  $R_1$  和  $R_2$  组成升压电路, 通过它们, 稳压器可以输出大大超过其标称值的电压。可以通过下式来计算

$$V_o = V_x \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$V_x$  为集成稳压器标称电压值。

以上介绍了由 CW7805 组成的几种实用电路, CW7800 系列中的其他型号应用同样广泛, 读者可以借鉴以上电路, 应用到其他的集成稳压器上。比如可利用 CW7800 系列构成功率调幅器电路、数控集成稳压器电路、可调恒流源电路、跟踪或集成稳压电路及开关式集成稳压电路等。

### (三) 三端固定负输出电压集成稳压器

#### 1. CW7900/CW79M00/CW79L00

顾名思义, 本系列与 CW7800 系列正好相反, 它输出稳定的负电压。其实, 二者在应用上和外电路的接法上都是相同的, 但要注意的是, CW7800 系列的管壳往往为公共端, 而 CW7900 系列的管壳往往为输入端, 与 CW7800 系列一样, CW7900 系列的输出电流在 1.5A 内, CW79M00 系列的输出电流在 0.5A 以内, 100mA 以下的输出电流用 CW79L00 型, 该系列电特性参数见表 2-11, 典型接法见图 2-61。

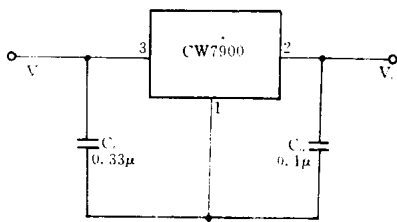


图 2-61

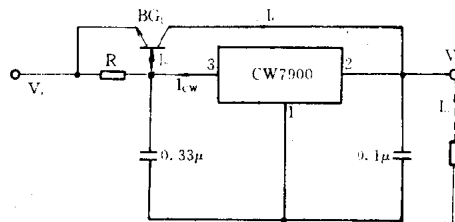


图 2-62

图 2-61 与图 2-56 相比较, 它们除了输入输出电压正负相反外, 引脚接法也不相同。

但外围元件是一样的,所以,前面介绍了它的应用电路,这里就不再介绍了,同理在下面介绍的电路中,CW7800系列同样可用。

表 2-11

型号	CW7905			CW7906			CW7909			CW7912			CW7915			CW7918			CW7924			单位
	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	
输出电压	4.8	5.0	5.2	5.25	6.0	6.25	8.65	9.0	9.35	11.5	12.0	12.5	14.4	15.0	15.6	17.3	18.0	18.7	23.0	24	25	V
电压调整率		7			8.5			12.5			17			21			25			33.5		mV
电流调整率		20			25			30			40			50			60			80		mV
静态电流		8			8			8			8			8			8			8		mA
静态电流变化		0.8			0.8			0.8			0.8			0.8			0.8			0.8		mA
纹波抑制比		63			61			58			55			53			52			49		dB
输入电压		-10			-11			-14			-19			-23			-26			-33		V
最小输入电压		-7			-8			-11			-14			-17			-20			-26		V
输出噪声电压		40			50			70			100			120			150			200		$\mu$ V
输出电压温度变化率		1.0			1.0			1.2			1.2			1.5			1.8			2.4		mV/C

## 2. 应用举例

(1) 用 CW7900 系列组成的大电流输出集成稳压电源, 见图 2-62。

我们知道, CW7900 与 CW7800 一样, 最大的输出电流莫过于 1.5A, 而在实际电路中, 很多时候要大大超出 1.5A, 这就要求对稳压采取一定的措施。图 2-61 与典型电路不同的是加了一个三极管和一个电阻, 使输出电流  $I_o = I_c + I_{cw}$ 。而稳压器的标称输出电流为  $I_{cw}$ 。如果  $BG_1$  电流放大倍数为  $\beta$ , 则  $I_c = \beta I_b$ ,  $I_b = I_{cw} - \frac{V_{BE}}{R}$ , 所以  $I_o$  增大了  $\beta(I_{cw} - \frac{V_{BE}}{R})$ , 同时可以根据此式计算出偏置电阻的大小。

(2) 用 CW7900 组成的恒流源电路, 见图 2-63。

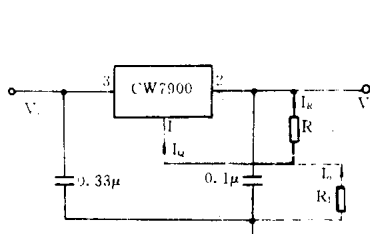
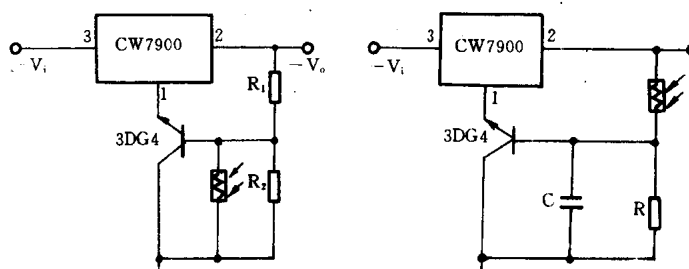


图 2-63



(a) 光照时输出电压下降

图 2-64

(b) 光照时输出电压上升

与典型电路不同的是在 2、3 脚并联了一个电阻 R, 由这个 R 决定了输出电流  $I_o$ ,  $I_o = I_R$

+I<sub>Q</sub>。式中 I<sub>R</sub> 是流过 R 的电流, I<sub>Q</sub> 是稳压器静态工作电流。R 的选择可用公式  $R = (I_0 - I_Q) / V_x$  决定。一般 R 较大时, I<sub>Q</sub> 可忽略。(3) 用 CW7900 组成的光控稳压源, 见图 2-64(a)、(b)。

因为电路的输出电阻由 R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub> 和光敏电阻共同决定。当光照不同时, 光敏电阻阻值发生变化, 则输出电压发生变化。

#### 四、三端可调整输出电压集成稳压器

CW7800 和 CW7900 等输出的电压是固定的, 虽然增加外围元件时, 可以组成可调式, 但总会稳压性能产生一定的影响。所以, 它们在实际应用中还较有限。下面介绍可调整三端集成稳压器, 这类稳压器同样有输出为正、负压之分。

##### 1. CW117/CW217/CW317 系列

该系列是单片集成稳压器, 它们能输出 1.25~37V 之间的电压值, 并且能带 1.5A 的负载, 其内部包括过热、过流和调整管等保护电路, 误差放大电路, 基准电压电路和调整电路, 使用比较方便, 且稳定精度高, 外接简单电路就能实现许多功能。电特性参数见表 2-12, 典型引脚接法见图 2-65。

表 2-12

参 数	型 号	测试条件	CW117/CW217			CW317			单 位
			最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	
电压调整率		$3V \leq (V_i - V_o) \leq 40V, T_j = 25^\circ C$		0.01	0.02		0.01	0.04	%/V
电流调整率		$10mA \leq I_o \leq 1.5A, T_j = 25^\circ C$		0.1	0.3		0.1	0.5	%
调整端电流				50	100		50	100	$\mu A$
调整端电 流变化		$2.5V \leq (V_i - V_o) \leq 40V,$ $10mA \leq I_o \leq 1.5A, T_j = 25^\circ C$		0.2	5		0.2	5	$\mu A$
最小负载电流		$(V_i - V_o) = 40V$		3.5	5		3.5	10	mA
基准电压		$2.5V \leq (V_i - V_o) \leq 40V,$ $10mA \leq I_o \leq 1.5A, T_j = 25^\circ C$	1.20	1.25	1.30	1.20	1.25	1.30	V
纹波抑制比		$V_o = 10V, f = 100Hz$	60	80		66	80		dB
输出电压温 度变化率				0.7			0.7		mV/%
最大输出电流		CW117/CW217/CW317	0.25	0.4		0.15	0.4		A
		CW117M/CW217M/CW317M	0.15	0.25		0.1	0.25		
		CW117L/CW217L/CW317L		0.05			0.05		

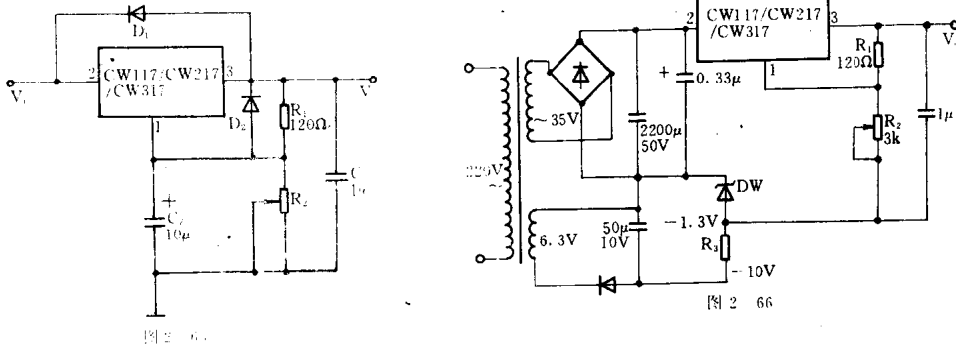
该系列的电压调整率和电流调整率等指标都比三端固定式集成稳压器好。图 2-65 中, D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> 为保护用二极管, 同时为 C<sub>2</sub> 构成放电回路, C<sub>1</sub> 为输出滤波电容, 可以抑制自激, 若整流后的滤波电容远离集成块, 还应在集成块输入端并一个 0.33 $\mu F$  的滤波电容, 1 脚为调整端输出脚, C<sub>2</sub> 则是抗纹波干扰电容。R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub> 共同决定稳压电源输出电压,  $V_o = 1.25V(1 + \frac{R_2}{R_1})$  R<sub>1</sub> 的阻值一般为 120 $\Omega$  或 240 $\Omega$ , R<sub>2</sub> 可在 1~2k $\Omega$  内变化, 调整 R<sub>2</sub> 可以得到 1.25~37V

之间的可调电压值。

## 2. 应用举例

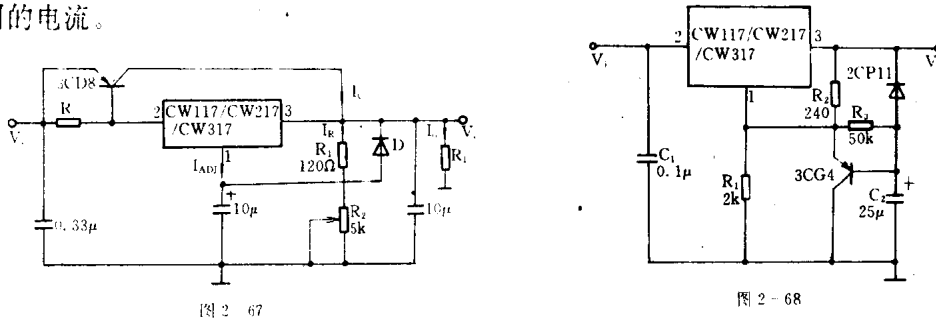
(1) 用 CW117/CW217/CW317 构成的从 0~30V 连续可调的集成稳压源, 见图 2-66。

在典型接法的图 2-65 中,  $R_2$  直接接地, 据公式  $V_o = 1.25(1 + \frac{R_2}{R_1})$ ,  $R_2$  调到最上限时为零, 则  $V_o$  的起码数为 1.25V, 而在图 2-66 中,  $R_2$  接到一个负压上, 通过  $R_3$ 、 $D_w$ , 可使  $R_2$  接到 -1.25V 上, 此时  $V_o$  的起码值为 -1.25V, 使稳压电源输出电压可在 0~30V 内连续可调。



(2) 用 CW117/CW217/CW317 构成的大电流可调集成稳压器, 见图 2-67。

与三端固定式集成稳压器一样, CW117 系列最大输出电流仍为 1.5A。图 2-67 中利用 3CD8 来提高输出电流。因  $I_o = I_c + I_{ADJ} - I_R$ ,  $I_{ADJ}$  为稳压器静态工作电流,  $I_R$  为流过电阻  $R_1$ 、 $R_2$  的分路电流,  $I_R = V_o / (R_1 + R_2)$ ,  $I_c$  为 3CD8 集电极电流, 设 3CD8 电流放大倍数为  $\beta$ , 则  $I_c = \beta I_b$ 。所以  $I_o = \beta I_b - V_o / (R_1 + R_2) + I_{ADJ}$ , 它比稳压器标称电流大得多, 而且改变  $R_2$  可得到不同的电流。



(3) 用 CW117/CW217/CW317 构成慢启动稳压电源, 见图 2-68。

集成稳压器往往在一开机的瞬间即输出其标称电压值。而在某些地方(如有灯丝的电视机显像管、电子管等), 对电压要有一个适当的过程, 来得太快、太高的电压会损坏他们。这里介绍的图 2-68 中, 电压上升到稳定值的时间可用  $\tau = R_i C_2$ , 所以调整  $R_i$ 、 $C_2$  可以达到各种电器设备所需的减慢时间, 这里  $R_i$  为  $R_3$  与 3CG4 b-e 极电阻的并联。3CG4 在这儿相当于一个有阻值的开关, 刚接通电源时, 3CG4 饱和导通, 相当于  $R_2$  直接接地,  $V_o$  此时最低, 稳压器 1 脚(调整端)输出电压通过  $R_3$  向  $C_2$  充电, 随着  $C_2$  两端电压的升高(3CG4 基极电位升高), 3CG4 截止,  $C_2$  充电完毕,  $V_o$  经过  $R_2$ 、 $C_2$  时间升到最高, 同时, 我们可以计算出该电路的最佳输出电压值  $V_o = 1.25(1 + \frac{R_2}{R_1}) = 1.25(1 + \frac{2k}{240}) = 11.25V$ 。

(4)用 CW117/CW217/CW317 组成的跟踪式稳压电源,见图 2-69。

图中用两只 CW117 系列串联而成,可以得到高精度稳定的输出电压,图中第一只稳压器调整端 ADJ 通过电阻  $R_2$  接到第二只稳压器输出端。A 点电压  $V_A = 1.25V(1 + \frac{R_2}{R_1}) + V_O$ , 则第二只稳压器输入端、输出端电压差  $V_d = 1.25V(1 + \frac{R_2}{R_1})$ , 这是个定值。一旦第二级输出有变化,第一级输出跟踪而变,又使得第二级输入输出差为定值,所以利用第一级的跟踪调整,第二级总是输出稳定精确到  $10^{-6}$  级,纹波电压小于  $1\mu V$  的高稳定性电压。

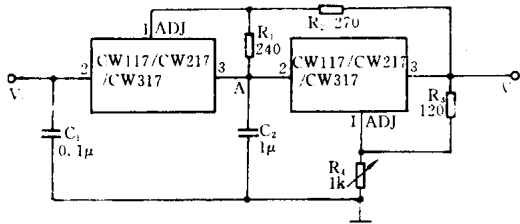


图 2-69

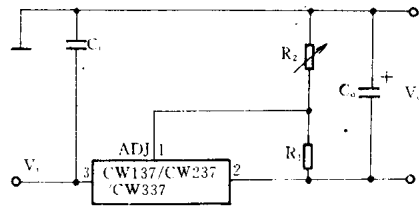


图 2-70

## 五、三端可调负输出电压集成稳压器

### 1. CW137/CW237/CW337

前面说过 CW7800 系列与 CW7900 系列的区别与联系。CW117 系列和 CW137 系列的关系与它们一样, CW137 系列是三端可调负输出电压集成稳压器应用最广的一种,本节就以该系列为例,介绍一些三端可调负输出电压集成稳压器在电路中的应用,它在电路中与外围元件构成的电路与 CW117 系列一样广泛,而且结构也差不多,因而在 CW117 系列中介绍过的电路,这里就不再重复,同时在这里介绍的电路,同样适用于 CW117 系列。CW137 系列的电特性参数见表 2-13。典型的电路接法见图 2-70。它与 CW117 系列输出电压的计算方法一样,  $V_O = -1.25(1 + \frac{R_2}{R_1}) - I_{ADJ}R_2$ 。一般  $R_2$  也为  $120\Omega$  或  $240\Omega$ , 而  $I_{ADJ}$  也仅有  $5mA$ , 所以  $V_O = -1.25(1 + \frac{R_2}{R_1})$ 。

表 2-13

参 数	型 号	测试条件	CW137/CW237			CW337			单 位
			最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	
电压调整率		$3V \leq (V_i - V_o) \leq 40V, T_j = 25^\circ C$		0.01	0.02		0.01	0.04	%/V
电流调整率		$10mA \leq I_o \leq 1.5A, T_j = 25^\circ C$		0.1	0.3		0.1	0.5	%
调整端电流				65	100		65	100	$\mu A$
调整端电 流变化		$2.5V \leq (V_i - V_o) \leq 40V,$ $10mA \leq I_o \leq 1.5A,$ $P_o \leq P_{max}, T_j = 25^\circ C$		0.2	5		0.2	5	$\mu A$
基准电压		$2.5V \leq (V_i - V_o) \leq 40V,$ $10mA \leq I_o \leq 1.5A,$ $P_o \leq P_{max}, T_j = 25^\circ C$	-1.20	-1.25	-1.30	-1.20	-1.25	-1.30	V
最小负载电流		$3V \leq (V_i - V_o) \leq 40V$		3.5	5		3.5	10	mA
纹波抑制比		$V_o = -10V, f = 100Hz$ $C_{ADJ} \geq 10\mu F$		70			70		dB
输出电压温漂				0.7			0.7		mV/°C
最大输出电流		CW137/CW237/CW337		1.5	2.2		1.5	2.2	A
		CW137M/CW237M/CW337M		0.5	0.8		0.5	0.8	
		CW137L/CW237L/CW337L		0.1	0.2		0.1	0.2	

## 2. 应用举例

(1) 用 CW137 系列组成高输出电压集成稳压器, 见图 2-71。

图中  $D_w$  的作用是保证输入、输出电压差低于 40V, 使稳压器在启动时不被过高的电压冲击。

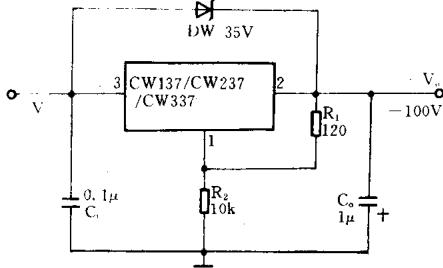


图 2-71 高输出电压集成稳压器

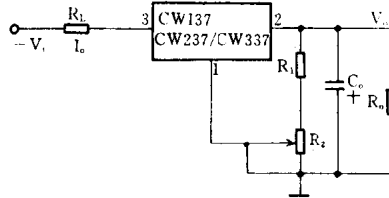


图 2-72 可调恒流源电路

(2) 用 CW137 系列组成可调恒流源电路, 见图 2-72。它的输出电压同样可用下式计算

$$V_o = -1.25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

如果该电路的总电阻为  $R_o$ , 则输出电流

$$I_o = V_o / R_o = \frac{1.25}{R_o} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

调节电位器  $R_2$ , 即可改变  $I_o$ 。

如果去掉电位器  $R$ , 而将  $R_1$  直接接地, 则变成固定恒流源电路。输出的恒流  $I_o = \frac{1.25}{R}$ 。

在恒流源电路中,  $R_1$  的取值一般在  $0.8 \sim 120 \Omega$  之间。

(3) 由 CW117 系列和 CW137 系列共同组成的可调正负输出电压集成稳压源, 见图 2-73。图中上下部分用的电阻和电容是完全对称的, 如果分开来看, 它是由一个 CW117 系列典型电路和一个 CW137 系列典型电路共用一个接地端组合而成, CW117 部分输出正压, CW137 部分输出负压。图中所用元件的参数, 利用公式  $V_o = 1.25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$  可计算出, 它们分别输出的电压是  $1.25 \sim 20V$  和  $-1.25 \sim -20V$ 。

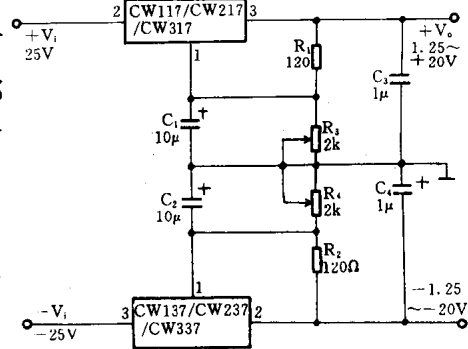


图 2-73 可调正负输出  $-1.25 \sim 20V$  电压的集成稳压流

关于集成稳压器, 我们就介绍这些, 前面所举稳压器的型号及其电路的组成很有限。在实际中, 一只稳压器往往可以扩展出许多应用, 但万变不离其宗, 读者在实际中具体运用时, 可自行分析, 在选择集成稳压器时, 可参照表 2-14 进行比较, 根据用电设备的技术要求而定。目前, 国外集成稳压器在我国应用较为广泛, 占有很大的市场。为了方便读者, 在附录中, 例举了一些国外典型集成稳压器的型号及其应用, 以及国内外集成稳压器型号代换表, 可供读者参考。至此, 除开关稳压电源外, 一般的稳压电源我们就全部介绍完了, 在实际生活中, 稳压电源随处可见, 它们也在不断的发展与更新。



表 2-14

种 类 性 能	三端固定式	三端可调式	多端可调式	开关式
稳压精度	一般	较高	较高	较低
输出电压温度特性	一般	较好	一般	一般
纹波抑制比	一般	较高	一般	较低
附属元件	少	较少	较多	较多
电源效率	一般	一般	较低	较高
保护电路	有各种保护电路	有各种保护电路	有各种保护电路	无保护电路
应用灵活度	一般	广泛	广泛	一般
价格	低	一般	一般	高

# 第三章 应急电源

## 第一节 应急电源概述

目前由于我国的电力资源比较紧张,农村、边远地区乃至大中城市都时常有停电现象发生。停电后照明、收看电视、收听广播等都会中断,给人们的生活和学习带来不便,因此而产生了应急电源。所谓应急电源就是指在突然失去市电情况下,能为照明灯、家用电器等负载立刻供电的一种装置,即可应急解决交流用电的问题。它所作的工作是:当市电突然中断时,将蓄电池的低压经电路升压为交流市电电压,使必要的家用电器能够照常工作;当市电恢复时,又能通过其充电回路向蓄电池充电以贮存电能。这种能把蓄电池能量变为交流电的装置常称为逆变器,可见逆变器是应急电源电路中不可缺少的部分。

实用的应急电源一般分为应急灯和逆变电源两种。应急灯电路一般包括小型密封蓄电池、充放电转换装置、逆变器和光源等几部分,其方框图如图 3-1 所示。在正常供电时,电源向蓄电池缓缓充电;应急照明时,蓄电池通过转换电路应急供电,点燃光源,为人们提供一定的照明度。光源一般以白炽灯泡、荧光灯管、日光灯管居多。如使用白炽灯泡作为光源,可直接用电池点燃;而以荧光、日光灯管为光源的应急灯,大多采用逆变形式,即需经过振荡和升压电路,用高频高压直接点燃灯管。逆变电源的电路则较为复杂,需经过振荡器—推动电路—功率放大电路—变压器升压等步骤,才能求得交流高压,供给收录机、电视机、精密仪器仪表等用电设备。因为每种负载所需的功率不相同,所以逆变电源电路多种多样,各具特点,但其基本原理相差不大,一般逆变电源的方框图如图 3-2 所示。有关逆变电路的分类及各类工作原理在“开关电源”一章中已有详细介绍,此不赘述。这里只概述大多数应急电源中常用的电路。

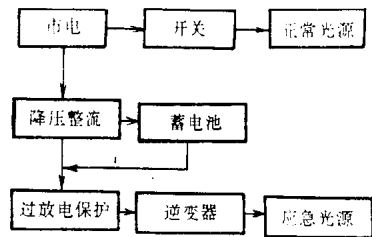


图 3-1

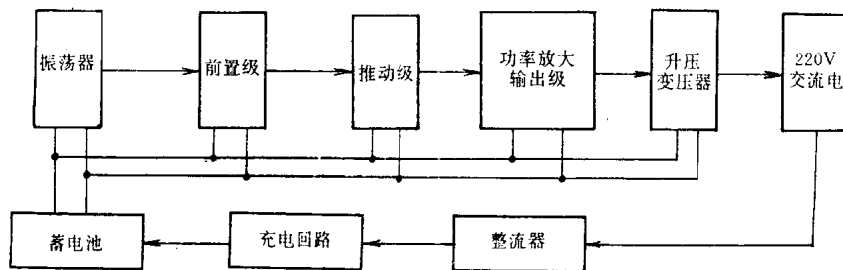


图 3-2

振荡器一般有三种形式,即晶体管组成的自激振荡电路、与非门组成的多谐振荡电路和 555 时基振荡电路,如图 3-3 所示。此外较少的电路中也使用了文氏电桥振荡器和 RC 正弦振荡器。合理选择阻容元件的值,使多谐振荡器输出稳定的 50Hz 对称方波信号。该信号送入前置级和推动级进行预放大后,再经功率放大输出级进行功率放大并借助变压器进行电

压转换,由变压器的次级输出 220V/50Hz 交流电供给应急用电设备。功率输出级大多采用推挽工作方式。这些电路都为常用电路,无需过多介绍,详细电路请看后面的实例分析。下面只简介实例中提到的 TUPS 逆变专用模块和参数固态继电器 PSSR。

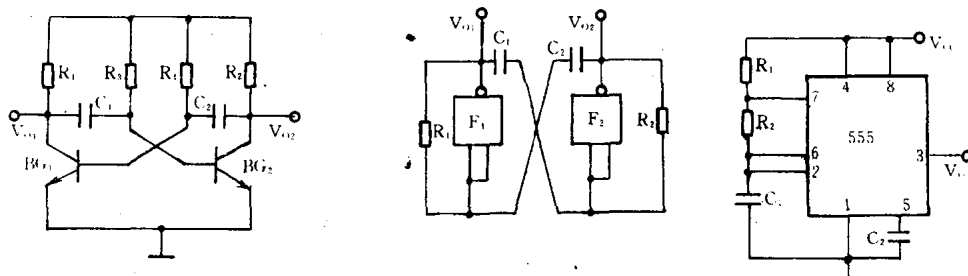


图 3-3

TUPS 系列逆变专用集成电路包括 UPS 和 KUP 两种,内部含有充电电路、稳频稳压、50Hz 振荡、功率推动等逆变器所需电路,可直接驱动逆变变压器,因而具有结构简单、工作稳定可靠、逆变效率高、功耗低、安装容易等特点。对其中的 UPS220AK 还有扩展功能,当需要增大逆变功率时,增加扩展模块即可。该模块的命名方法是:UPS 为厂家商标,其后的 1~3 位数码表示逆变功率的瓦数,字母 A 表示蓄电池电压为 12V, B 为 24V, C 为 36V,而带字母 K 的为有扩展驱动输出能力。在家庭应急电源使用中,120W 已足够了,所以选用 UPS120A 的较多。图 3-4 为 UPS120A 的内部框图及其组成 120W 逆变器时的连接方法。由图 3-4 可知,电路组成十分简洁,除蓄电池、变压器外,外接元件只有一双刀双掷开关来完成充电和逆变的转换。

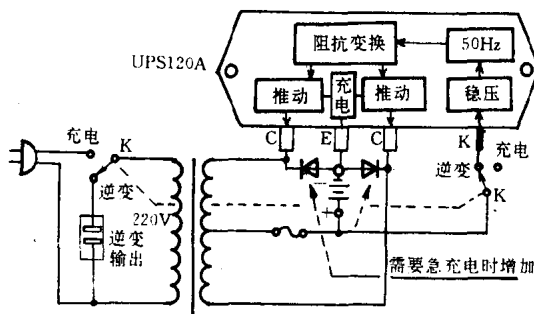


图 3-4

在使用 TUPS 系列电路时应注意以下事项:1. 应估计需应急用电器的瓦数,根据使用蓄电池的电压,选用相应的 UPS 电路。一般使用 12V 蓄电池,但当逆变功率在 300W 时的电流将达 30A,再增大功率已很困难,此时应使用 24V 电瓶供电;2. UPS 内部只有逆变及充电的基本电路,当需增加特殊功能时,如过压欠压检测、自动负载检测、短路保护、断电逆变自动转换、充电限流等,需自行附加功放电路;3. 为了提高逆变效率,TUPS 系列的逆变方式为方波,不适于调速电钻、调光台灯等电器使用。

参数固态继电器(PSSR)是在固态继电器的基础上研制成功的一种新型固态继电器。由于它对被控电路优异独特的通断能力,使它具有广泛的用途,可运用于微机(特别是 1.5~3V 低压供电的微型计算机)、电子电路和电桥电路等处,实现接口有隔离的驱动交流工频大容量负载,即可直接利用它的控制灵活、工作长寿可靠、防爆耐震、无声运行的特点来通断电气设备中的电源,譬如第四节的例 9 就是其应用的实例。

目前较多使用的是 JCG 10A/220V 型参数固态继电器,它的管脚排列采用单列 6 脚形式,图 3-5 是 JCG 型 PSSR 的内部电路方框图及各引脚的功能名称。其中无触点开关是由单向或双向可控硅组成,它接受触发电路送来的与交流电网同步的触发脉冲。由同步调制电源供电而工作的间歇振荡器产生一串串脉冲群,该脉冲群中每一个脉冲的宽度都受到经磁

隔离器隔离的控制绕组的控制。而内部的整流电路、晶体管有源电阻以及低无源阻抗驱动端共同确定并控制着控制器绕组的状态。当控制绕组中流过较大的退磁电流时,间歇脉冲振荡器产生的脉冲宽度变窄,从而不能触发无触点开关,使输出端“触头”断开,反之则输出端“触

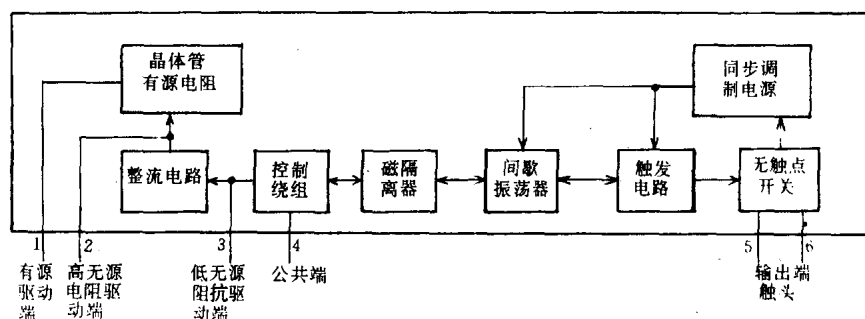


图 3-5

头”闭合。即是说当控制端有电流输入时,5、6脚断开,无电流流入时,5、6脚闭合。

JCG 型 PSSR 具有以下特点:

1. 作继电器使用时有极高的灵敏度。它所需的驱动功率很小,约  $2\mu\text{W}$  左右,能被微机及低压 CMOS 电路的逻辑电平所驱动。当控制端接入 1、4 脚时为有源驱动(也称正功率驱动),这与常闭型继电器的动作情况相同,即 1 脚有电流流入,输出端触头断开,反之则触头闭合。

2. 含高无源电阻和低无源阻抗的无源驱动功能。众所周知,电子元器件可分有源和无源两大类,晶体管、集成电路等为有源器件,而电阻器、电感器、电容器及某些敏感元件(如热敏电阻)等都是无源元件。如果 PSSR 驱动端接的是无源元件时,这些无源元件的阻值在一定范围内改变引起 PSSR 输出端“触头”切换的驱动方式称为无源驱动。JCG 型 PSSR 的 2 脚之所以称为高无源电阻驱动端,是因为 2、4 脚只能接纯电阻型敏感元件,其驱动切换点的电阻值较大,常在  $20\text{k}\Omega$  以上。而 3、4 脚可以接阻抗型(包括纯电阻、纯电感、纯电容)的敏感元件,其驱动切换点的阻抗值较小,在  $1\sim 2\text{k}\Omega$  之间,所以 3 脚称为低无源阻抗驱动端。这两种驱动方式都不需向 PSSR 的控制端注入功率,所以统称为零功率驱动。

3. JCG 型 PSSR 还具有负功率驱动功能。它的 2、4 脚有一个约 3V 的直流输出电压,该电压向外接的微功耗电路提供一个很小的工作电流,因该电流远小于使 PSSR 输出端“触头”切换的电流值,所以 5、6 脚端电压为零,“触头”闭合。若因外接的微功耗电路的输出状态变化,使得它从 PSSR 的 2、4 脚吸入的电流大为增加以至超过负功率驱动门限电流,此时 5、6 脚电压等于电源电压,相当于“触头”断开。这种继电器的控制端向外送出功率进行操作的方式即为负功率驱动。所以 2 脚又称为负功率驱动端。

JCG 型 PSSR 的主要技术指标如下:

- 输出端额定工作电压为交流 220V。
- 输出端额定工作电流为 1、5、10、20A 等系列。
- 正功率驱动电压( $U_{1,4}$ )为  $1\sim 100\text{V}$ (直流)。
- 正功率驱动电流为  $2\sim 500\mu\text{A}$ 。
- 高无源电阻驱动端门限阻值为  $10\sim 100\text{k}\Omega$ 。

- 低无源阻抗驱动端门限值为  $0.5 \sim 10k\Omega$ 。
- 负功率驱动端开路输出电压为  $3 \pm 0.5V$ 。
- 负功率驱动端输出电流门限值为  $20 \sim 200\mu A$ 。
- 控制端与输出端电隔离;绝缘电阻  $\geq 100M\Omega$ 。

## 第二节 应急电源、应急灯实例分析

### 例 1 充电式手电筒

这种电筒可直接插在 220V 市电插座上进行充电,一旦市电中断即可使用,故非常方便。

图 3-6 所示为内部电路图。当市电供电正常时,把开关 K 断开,接通电源,充电回路即工作。在正半周时,电流从 A 出发,经电阻  $R_1$ 、保险 BX、 $D_1$ 、E、C 和  $R_2$  流向 B,蓄电池被充电;负半周时,电流从 B 出发,经 C 和  $R_2$ 、 $D_2$ 、BX、 $R_1$  流向 A。可见,只有当电流处于正半周时才给电池充电。当电池电压充足升高到额定值后,电源处于正半周峰值时,G 点电压也随之升高,二极管  $D_2$  击穿反向导通,起分流作用,以免蓄电池继续充电。电阻  $R_1$  和  $R_2$  起降压和调节电流的作用,当电池充足电后,电压升高使电阻两端的电压减少,通过的电流也减小,从而限制了回路电流。当停电时,按下开关(按键)K,灯亮即起应急照明作用。

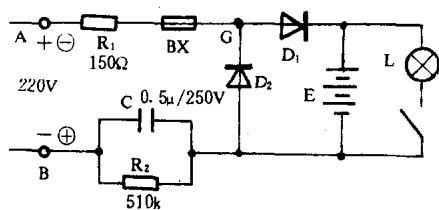


图 3-6

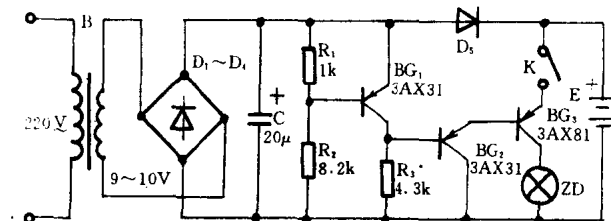


图 3-7

### 例 2 断电应急照明装置

图 3-7 示出的应急照明装置,在突然断电时,小灯泡 ZD 自动发光,来电后,灯泡自动熄灭。当市电正常时,220V 市电经变压、整流后,一方面通过二极管  $D_5$  给电池充电,另一方面使  $BG_1$  导通,在  $R_3$  上产生 5V 左右的压降,使  $BG_2$ 、 $BG_3$  相继截止。当突然停电时, $BG_1$  截止, $R_3$  上无压降, $BG_2$ 、 $BG_3$  由电池组 E 供电而导通,灯泡发亮,使用户不致因突然停电而慌乱,再来电时,重复上述过程。

开关 K 的作用是:无电时,若不需要照明,可将其断开,来电后,电路仍可对电池进行充电。

### 例 3 实用微型应急电源

这种微型应急电源电路简单、成本低,具有软启动特点,适用于荧光灯、微风吊扇等小功率负载。电路原理图如图 3-8 所示。

该电路采用一个双刀三掷开关  $K_1$  进行各种功能的切换。当开关  $K_1$  置于中间“关”的位置时,电路同时与市电和蓄电池切断。当开关  $K_1$  置于“市电”位置时,输出插座  $CZ_1$  与市电接通,负载通过  $CZ_1$  直接由市电供电。同时变压器  $B_1$  的初级加上市电,次级经二极管  $D_3$ 、 $D_4$  全波整流后给蓄电池充电。 $R_3$  为限流电阻,以实现小电流长时间充电,又不损害蓄电池。当开

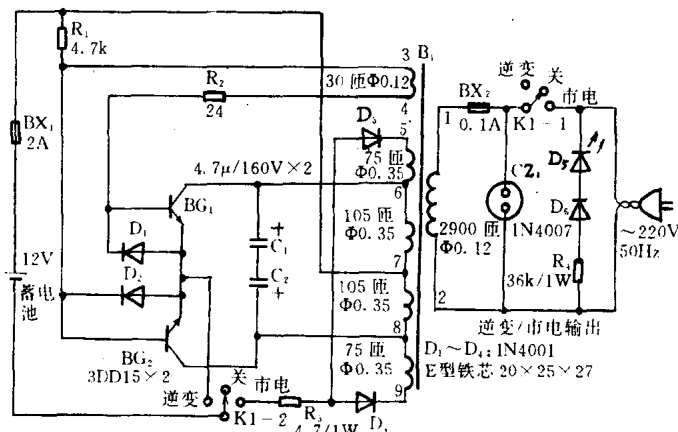


图 3-8

关置于“逆变”位置时，由  $BG_1$ 、 $BG_2$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $D_1$ 、 $D_2$  和  $B_1$  组成的推挽逆变器与蓄电池接通而工作，给  $CZ_1$  提供 220V/50Hz 的应急电源。 $D_5$  发光二极管为市电指示灯。一般的逆变电源采用 220V 电压直接点燃灯管时，灯丝未经预热活化，极易适成灯丝掉粉、蒸发，影响灯管使用寿命，本电源避免了这一缺点，并可实现软启动家用电器。

#### 例 4 充电式手电、荧光多功能应急灯

该应急灯具有手电、充电、荧光应急照明三种功能，结构非常简单，便于自制。其电原理

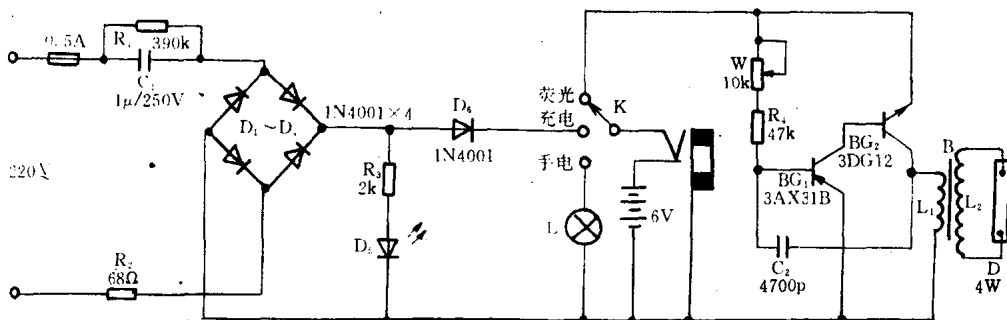


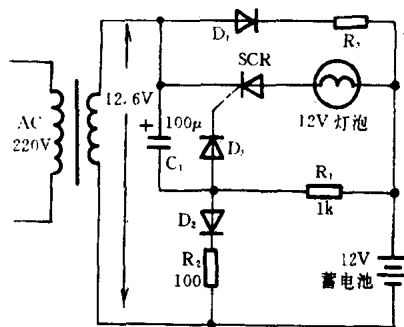
图 3-9

图如图 3-9 所示。当开关  $K$  置于“手电”位置时，220V 市电经  $C_1$  降压、 $D_1 \sim D_4$  全波整流后，为灯  $L$  供电。开关  $K$  置于“充电”位置时，全波整流后的直流电压对蓄电池进行充电，发光二极管  $D_5$  为充电指示灯。

当市电突然中断时，逆变电路工作。此时开关  $K$  置“荧光”位置，蓄电池 6V 直流电为  $BG_1$ 、 $BG_2$  构成的自激振荡器供电，产生的振荡信号经变压器  $B$  升压后，由次级输出点燃荧光管  $D$  以供应急照明。调节电位器  $W$  能控制荧光管的发光亮度。同时该应急灯还备有外接电源插孔，可外接 6V 用电器使用。

#### 例 5 简易应急灯

图 3-10 所示的简易应急灯原理为，当交流市电正常





经电阻  $R_3$  允许 33mA 电流流入蓄电池, 当开关置于“快”的位置时, 经电阻  $R_4$  提供 100mA 电流, 使蓄电池  $B_1$  充电速度更快。

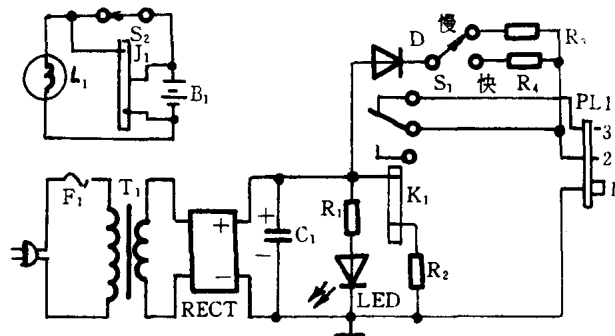


图 3-13

蓄电池  $B_1$  和灯泡  $L_1$  之间的通路由继电器触点开关控制。当市电供电正常时, 为蓄电池充电状态(此时开关  $S_2$  不能合上), 没有电流流过灯泡  $L_1$  (因为此时继电器  $K_1$  的常闭触点断开, 插座  $PL_1$  的 2~3 芯线之间不通); 当市电中断时, 继电器  $K_1$  的线圈电流被切断, 其常闭触点开关闭合, 形成  $B_1$  与灯泡  $L_1$  之间的通路, 由蓄电池向灯泡提供电流, 灯泡被自动点亮, 作为紧急备用照明。一般只要电源中断几分之一秒钟的时间, 也会造成备用灯一亮一灭的闪烁, 为防止闪烁, 利用电容的延时作用, 使  $C_1$  两端电压衰减到继电器释放电压值的时间约为 1s 左右, 然后再让继电器断开, 点亮备用灯泡。

### 例 9 荧光灯管应急灯

图 3-14 所示是一种较常见的应急灯原理图。当供电正常时, 开关  $K_1$  控制照明灯  $Y$ , 同时变压器  $B_1$  的次级输出 15V 交流电, 经  $D_1 \sim D_4$  桥式全波整流后, 经  $D_5$  和  $R_2$  向蓄电池充电, 此时继电器  $J_1$  得电动作, 其常闭触点  $J_{1-1}$  断开, 则  $J_{1-1}$  右侧电路均不工作, 常开触点  $J_{1-2}$  闭合,  $L_5$  无电流通过; 当供电中断时, 继电器  $J_1$  失电,  $J_{1-1}$  闭合, 蓄电池 12V 直流电经  $J_{1-1}$ 、 $R_3$ 、 $D_6$  和  $R_4$  向晶体管  $BG_1$  提供偏流,  $BG_1$  导通则使继电器  $J_2$  动作,  $J_{2-1}$  闭合, 12V 直流电经  $R_5$ 、 $R_6$ 、 $BG_2$ 、 $BG_3$  和  $B_2$  组成的振荡电路产生高频振荡后, 由  $B_2$  的次级端  $L_5$  输出高频高压来点亮灯管。开关  $K_2$  用来控制灯管  $Y$  在应急状态的开或关。如果蓄电池电压降低到低于  $D_6$  的击穿电压时, 断电器  $J_2$  即停止工作,  $J_2$  断开, 荧光灯  $Y$  熄灭, 从而限制了电池的放电终止电压不低于规定的数值, 以保护电池的寿命。

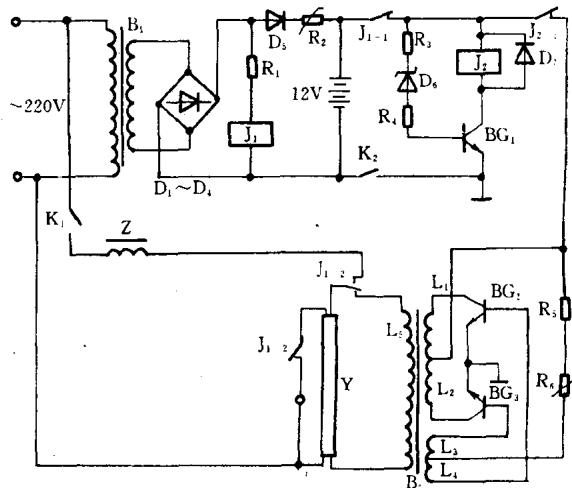


图 3-14

如果蓄电池电压降低到低于  $D_6$  的击穿电压时, 断电器  $J_2$  即停止工作,  $J_2$  断开, 荧光灯  $Y$  熄灭, 从而限制了电池的放电终止电压不低于规定的数值, 以保护电池的寿命。

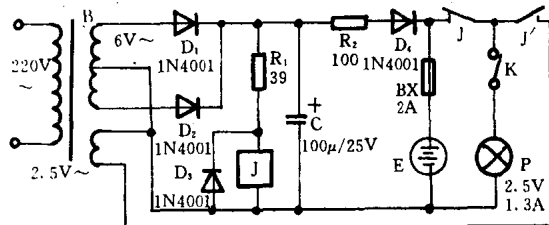


图 3-15

### 例 10 珠泡应急型线路之一

图 3-15 所示是一种很常见的珠泡应急



型线路,它无论是正常还是应急照明都由电珠 P 来完成,一般作为安全出入口的指示照明。

这是个简单的充放电电路,其工作原理是:当市电工作正常时,变压器 B 次级输出的 6V 低电压经  $D_1$ 、 $D_2$  全波整流后,一方面经  $R_2$ 、 $D_4$ 、BX 向蓄电池充电,另一方面又经  $R_1$  给继电器 J 供电,其常闭触点断开,常开触点 J' 闭合,则 B 的另一组次级输出的 2.5V 低电压直接为珠泡供电;当市电中断时,继电器 J 失电恢复原始工作状态,即触点 J 闭合, J' 断开,此时蓄电池直接向珠泡供电作为应急照明。二极管  $D_3$  是用以保护继电器不致因过流烧毁而设置的。

### 例 11 珠泡应急型线路之二

图 3-16 所示的珠泡应急线路较前一种复杂,它平时由灯管 G 提供照明,停电时则由

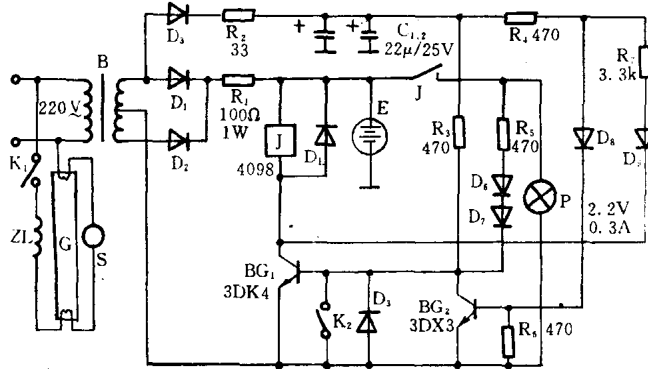


图 3-16

珠泡 P 提供照明,工作原理如下:当市电正常时,由  $K_1$  控制日光灯管的点燃与熄灭,同时由 B、 $D_1$ 、 $D_2$  和  $R_1$  等组成的蓄电池充电电路向电池充电,并通过  $D_3$ 、 $R_2$ 、 $R_4$ 、 $D_6$ 、 $R_6$  使晶体管  $BG_2$  饱和导通,则  $BG_1$  截止,继电器 J 不工作。当电网突然中断时,  $BG_2$  失去偏置电压而截止,电容  $C_1$ 、 $C_2$  的贮电通过  $R_3$  使  $BG_1$  导通, J 吸合,并由  $R_5$ 、 $D_6$ 、 $D_7$  使  $BG_1$  继续保持导通,蓄电池向电珠 P 放电,电珠亮。当电池电压下降到一定程度时,  $BG_1$  由饱和进入放大区,集电极电流不断下降,最后使 J 释放,  $BG_1$  截止,珠泡 P 不亮,保护了电池。开关  $K_2$  是放电电断开开关,当不需应急照明时,可闭合  $K_2$ ,则珠泡不亮,但是这种关断是不可逆的,关断之后不可再启动,必须来电之后才能启动。 $R_7$ 、 $D_9$  是防误动作元件。

### 例 12 自动应急照明灯

图 3-17 所示的应急灯电路图由充电及过充保护电路、铅钙蓄电池、过放及自动转换电路、功率变换电路等组成。

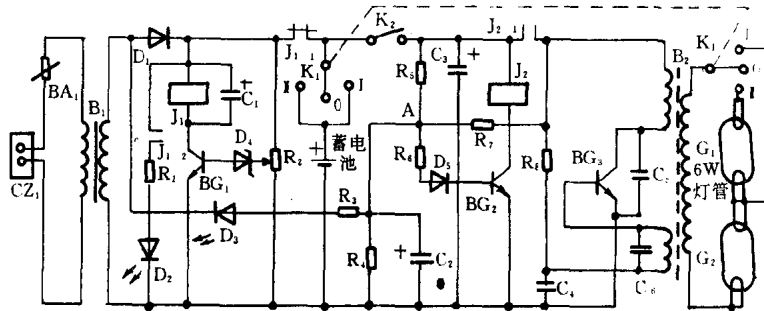


图 3-17

充电及过充电保护电路由  $B_1$ 、 $D_1$ 、 $130^\circ\text{C}$  温度控制熔断器  $BA_1$ 、 $D_3$ 、 $D_2$ 、 $D_4$ 、 $BG_1$ 、 $J_1$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $C_1$  组成。当蓄电池电压充至  $6.9\sim 7.1\text{V}$  时,稳压管  $D_4$  和  $BG_1$  导通, $J_1$  吸合,其常闭触点  $J_{1-1}$  断开,常开触点  $J_{1-2}$  闭合,则充电电路被切断,过充指示红色发光二极管  $D_2$  亮。开关  $K_1$  处于“0”位为贮存运输位置。 $K_2$  是应急选择开关。 $BA_1$  在电源变压器一次线包及其附近的温度达到  $130^\circ\text{C}$  时熔断,自动切断电流,以防止因元器件故障而造成火灾。

蓄电池采用 6JM4 型铅钙全密封式,额定电压 6V,容量 4Ah,内部无流动性电解液,具有不渗漏、不腐蚀外界,不需维护补液,可在任意倾斜位置使用的特点。

过放及自动应急电路由  $BG_2$ 、 $D_5$ 、 $J_2$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ 、 $R_5$ 、 $R_6$ 、 $R_7$ 、 $D_6$  等组成。当蓄电池已充满 6V 电压时,如果电网停电(平时应急选择开关  $K_2$  闭合,不需应急照明时将其断开),这时 A 点电位为  $+1.5\text{V}$ , $D_5$  和  $BG_2$  处于导通状态,继电器  $J_2$  工作, $J_2$  的触点  $J_{2-1}$  闭合,接通  $BG_3$  工作电路,使灯管点燃,处于应急照明状态。当电网恢复供电时,绿色发光二极管  $D_3$  亮,作交流充电指示,此时在  $R_4$  上产生一压降,使 A 点电位为  $-2\text{V}$ , $BG_2$  截止, $J_2$  释放,电路由应急照明状态转换至交流充电状态,灯管熄灭。当蓄电池放电至电压低于 5V 时,A 点电位低于  $+1.3\text{V}$ , $BG_2$  截止, $J_2$  释放,切断  $BG_3$  供电电路,停止照明,起到过放保护作用。

功率变换电路即为一个由  $BG_3$ 、 $B_2$ 、 $C_4$ 、 $C_5$ 、 $C_6$ 、 $R_8$  组成的 25kHz 方波发生器,输出高频电流点燃灯管。 $C_5$ 、 $C_6$  的作用是吸收谐波,以改善输出波形。开关  $K_1$  处于“1”位为单灯照明,处于“1”位为双灯照明。

### 例 13 日光型应急灯

图 3-18 所示是一种常用的日光型应急灯线路,平时通过开关  $K$  控制灯管  $G$  点燃或熄

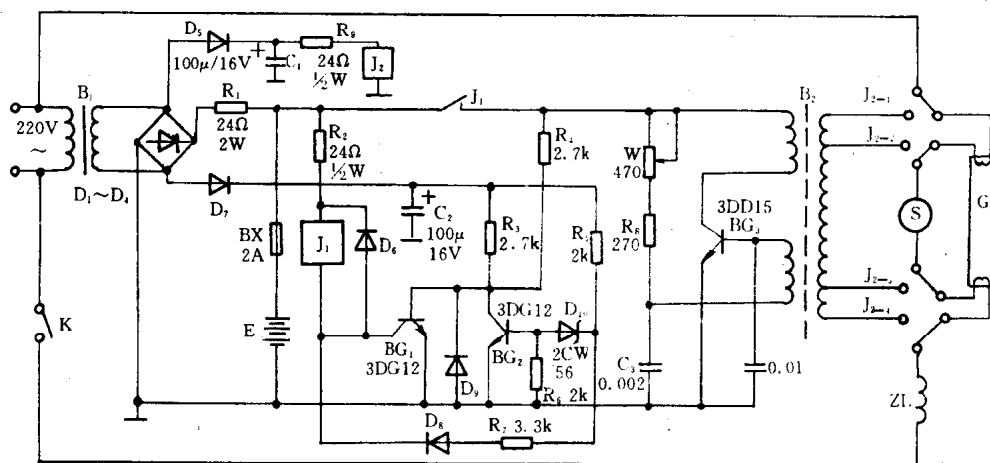


图 3-18

灭,同时,通过变压器  $B_1$  向电路提供充电电流及开关电路工作电源。当市电正常时,继电器  $J_2$  得电吸合,灯管与正常的日光灯线路相接。稳压管  $D_4$  被反向击穿, $BG_2$  饱和, $BG_1$  截止, $J_1$  不动作,其触点不能闭合,触点右侧的逆变器电路无电不工作。当电网断电时, $J_2$  释放,灯管  $G$  与逆变器输出相接。此时  $D_4$  很快截止, $BG_2$  也随之截止, $BG_1$  则通过  $C_2$ 、 $R_3$  获得基极电流而导通,使  $J_1$  吸合,逆变器电路通电,即单管振荡电路起振,经  $B_2$  升压后去点燃灯管  $G$ 。此时通过电阻  $R_4$  使  $BG_1$  继续保持导通,一直到蓄电池电压下降到不足以使  $BG_1$  导通时, $J_1$  断开,逆变器断电,以防止蓄电池过放电。

### 例 14 混合型应急灯

图 3-19 所示的应急灯线路与前几种应急灯不同的是,它是混合型应急灯,即应急照明时,电珠 P 和灯管 DG 均工作,且电珠 P 既可亮又可闪烁,灯管可以单、双点燃。

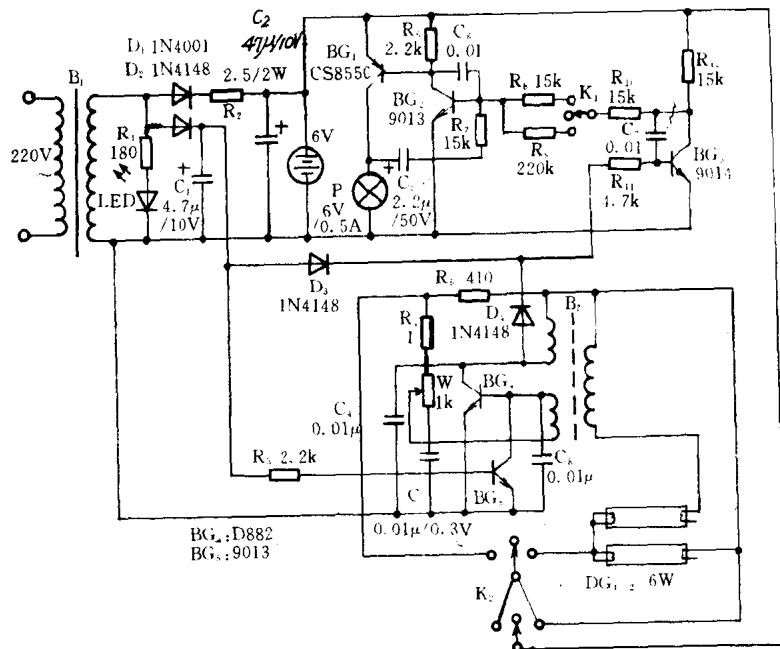


图 3-19

工作原理是:当市电工作正常时,由  $D_1$ 、 $R_2$ 、 $C_2$  组成的充电电路给蓄电池提供一个较稳定的充电电流,充电指示 LED 亮,同时由  $D_2$ 、 $C_1$  提供一个电源使晶体管  $BG_5$ 、 $BG_3$  饱和,关断了工作线路,电珠 P 和灯管 DG 均不亮。当电充足后,电网供电又中断时,蓄电池向工作线路供电, $BG_5$  由饱和转为截止状态, $BG_4$ 、 $B_2$  等组成的逆变器电路工作,这时通过  $K_2$  可控制灯管  $DG_1$ 、 $DG_2$  点亮,控制的同时也调整了单、双管工作时的电流。此时通过  $D_1$  仍使  $BG_3$  饱和,电珠 P 不亮。当日光灯开关  $K_2$  置于中间时,可通过  $K_1$  控制 P 点亮或闪烁,接  $R_8$  时 P 点亮,接  $R_9$  时 P 闪烁。

#### 例 15 家庭备用电源

图 3-20 所示的家庭备用电源造价低、效率高,有电时可对蓄电池浮充电,停电时能将直流电变为 220V/50Hz 交流电供给用电设备。此电路为它激式振荡,晶体管全为 NPN 硅管,主回路大电流不经过开关,逆变空载电流小,瞬时过载能力强,能启辉日光灯和 14 英寸彩电。电路共有三种工作状态,即“充电”、“关”、“逆变”。

当拨动开关处于“充电”位置时,电路即对蓄电池进行充电。市电经过  $T_1$ 、 $K_1$  由  $Z_1$  输送给用电设备。同时经过  $K_2$  送至变压器  $B_1$ ,由  $B_1$  降压后,在  $B_1$  次级与二极管  $D_{11}$ 、 $D_{21}$  等构成全波整流电路给蓄电池充电,此时充电指示灯  $D_2$  亮。逆变部分电路均不工作。

拨动开关处于“关”状态时,市电由插头  $T_1$  输入,经过开关  $K_1$ ,又由插头  $Z_1$  输送给用电设备。此时电路整体处于不工作状态。

当市电突然停止供电时,将拨动开关  $K$  拨至“逆变”位置,整个电路即处于逆变状态,蓄电池向整个电路供电。此时 A 点电位为蓄电池电压  $E$ ,经  $R_3$ 、 $D_1$  稳压后使 B 点电位为 4.7V。 $BG_1$ 、 $BG_2$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $R_1$ 、 $R_2$  等组成振荡频率为 50Hz 的多谐振荡器,占空比为 1:1。其振荡输

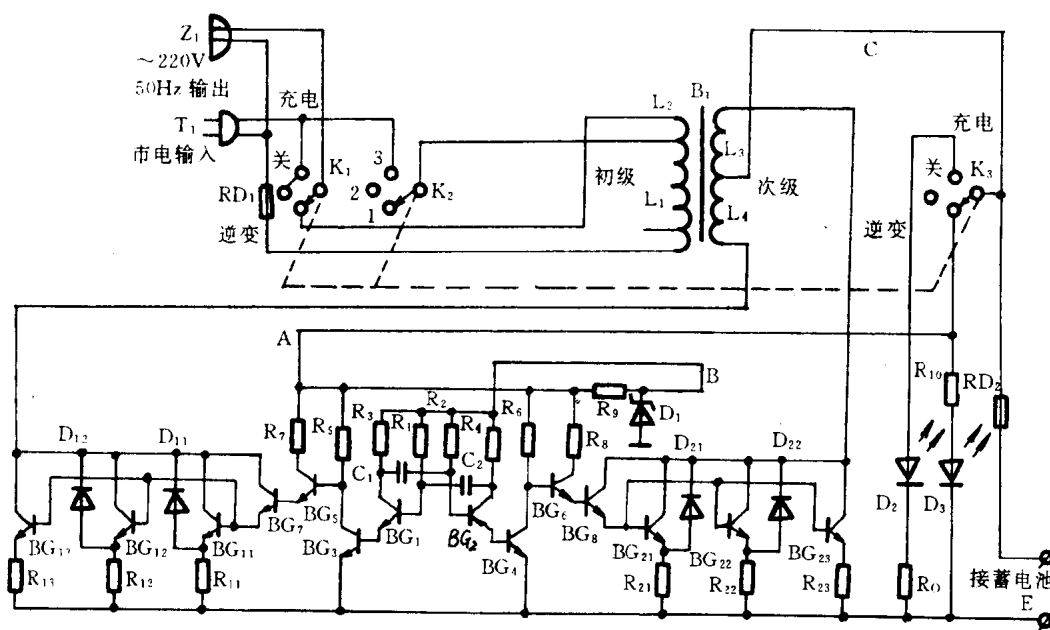


图 3-20

出的波形经  $BG_3$ 、 $BG_4$  射极对称耦合， $BG_5$ 、 $BG_6$  反相， $BG_7$ 、 $BG_8$  对称推动放大， $BG_{11}$ 、 $BG_{12}$ 、 $BG_{13}$  和  $BG_{21}$ 、 $BG_{22}$ 、 $BG_{23}$  组成对称输出功率放大，逆变输出的方波电压经变压器  $B_1$  耦合升压后，在插座  $Z_1$  处就可得到 220V 交流电，即将直流电变为 220V 交流输出。电路中  $D_{11}$ 、 $D_{12}$ 、 $D_{21}$ 、 $D_{22}$  起续流二极管作用， $R_{11}$ 、 $R_{12}$ 、 $R_{13}$ 、 $R_{21}$ 、 $R_{22}$ 、 $R_{23}$  起功放管均流作用。逆变时发光二极管  $D_3$  指示灯亮。

### 例 16 可控硅全自动应急电源

图 3-21 所示是输出功率为 400W 的可控硅全自动应急电源。它由 50Hz 多谐振荡器、交直流电源、整流、升压、阻断控制、逆变换向等几部分组成。

当市电正常时，继电器  $J$  得电，接点 4、5 接通，输出插座  $CZ$  直接由市电供电。同时接点 8、9 接通，由  $N_1$ 、 $N_2$ 、 $D_1$ 、 $D_2$  组成全波整流，使蓄电池处于浮充电状态。

当 220V 市电突然停电后，继电器  $J$  释放，各接点状态如图 3-21 中所示。此时接点 6、7 接合， $BG_3$ 、 $BG_4$ 、 $C_5$ 、 $C_6$  等组成的双稳电路得到 12V 直流电源，双稳电路工作， $BG_3$ 、 $BG_4$  的集电极分别输出相位相反的 50Hz 方波，经  $BG_1$ 、 $BG_2$  电流放大后提供给  $SCR_1$ 、 $SCR_2$  触发脉冲信号。调整  $W_3$  可使逆变输出电压的频率为 50Hz， $W_1$ 、 $W_2$  用于调整触发脉冲输出功率， $C_1$ 、 $R_3$  为电源滤波，防止蓄电池电压跌落对逆变输出频率的影响。

因为加在  $SCR_1$ 、 $SCR_2$  控制极上的电压相位是相反的，所以  $SCR_1$ 、 $SCR_2$  是交替导通和关断的。当  $SCR_1$  被触发导通时， $SCR_2$  关断，电流经线圈  $N_1$ 、 $SCR_1$  到地，则在  $N_1$  上得到 24V，并经变压器  $B$  升压输出正半周高压，同时  $N_2$  上感应出对应的电压，此电压与 24V 直流电源电压叠加至 48V 通过阻断控制电容  $C_1$ 、 $SCR_1$  到地，使  $C_1$  迅速充电，其极性为右正左负。当  $SCR_2$  被触发导通时，在线圈  $N_2$  上产生负半周高压，此时  $C_1$  上的电压通过导通的  $SCR_2$  给  $SCR_1$  施加反向电压，使  $SCR_1$  迅速关断，并通过  $N_1$ 、 $C_1$ 、 $SCR_2$  又给  $C_1$  反向充电，极性为左正右负，以此作为下一个周期开始时的  $SCR_2$  阻断电压。如此周而复始的循环使

SCR<sub>1</sub>、SCR<sub>2</sub> 交替导通与阻断, 实现了换向功能, 达到逆变的目的。电阻 R、电容 C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub> 的作用是吸收 N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub> 产生的过电压, 以保护 SCR<sub>1</sub>、SCR<sub>2</sub>。

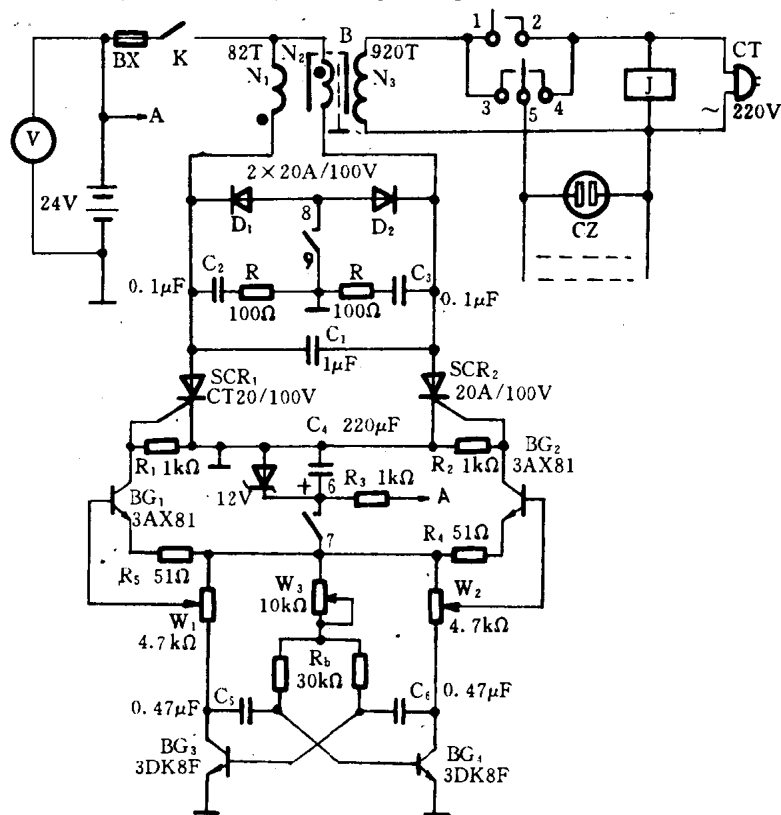


图 3-21

### 例 17 可调充电电流自动应急电源

图 3-22 所示的自动应急电源有如下特点: 利用场效应管的恒流特性, 可给蓄电池进行恒流充电, 且充电电流可根据实际要求调节; 停电时自动切换, 直流灯点亮; 当蓄电池放电至其终止电压时能自动切断放电通路, 避免了过放电对蓄电池造成的损害, 可延长蓄电池使用寿命。

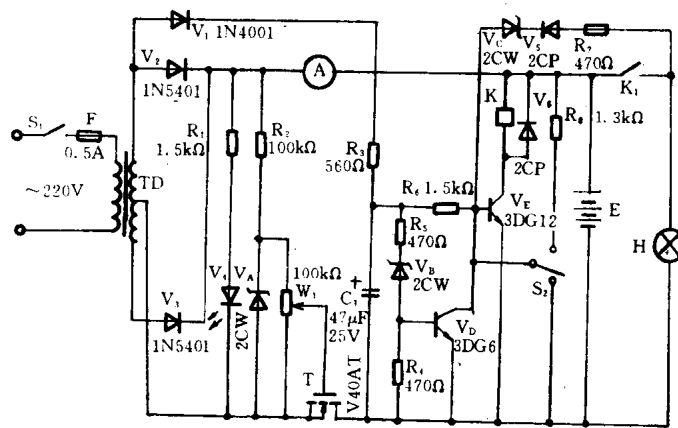


图 3-22

其电路工作原理是：市电正常时，市电经变压器 TD 降压， $V_2$ 、 $V_3$  全波整流后，通过电流表、功率场效应管的源极、漏极给蓄电池充电。由于功率场效应管的恒流特性，其电流为恒定。为了保证场效应管的栅极电压稳定，栅压由稳压管  $V_A$  稳压后供给。控制部分电源由  $V_1$  整流、 $C_1$  滤波后提供。充电时， $V_B$  击穿， $V_D$  导通，进而使  $V_E$  截止，继电器 K 不工作。当电网停电时， $C_1$  上的电压通过  $R_6$ 、 $V_E$  的发射极放电，使  $V_E$  导通，继电器 K 得电，其常开触点  $K_1$  闭合，灯泡 H 点亮。同时，电瓶电压将  $V_C$  击穿，通过  $R_7$ 、 $V_5$ 、 $V_C$  支路给  $V_E$  提供基流，使  $V_E$  继续保持导通，K 可靠吸合，实现了停电自动切换的功能。当蓄电池放电至终止电压时，为了保护电瓶的正常使用寿命，电路会自动切除放电通路，此时  $V_C$  截止， $V_E$  截止，进而使 K 失电， $K_1$  断开，灯泡 H 熄灭，放电过程结束。若停电后不想让灯泡工作，可将  $S_2$  向下扳一下，若又想使灯泡工作，可将  $S_2$  向上扳一下，从而也能实现手动控制。

### 第三节 逆变电源实例分析

#### 例 1 高频点灯逆变电路

图 3-23 电路是共集电极的单管逆变电路。晶体管、变压器 BT 等组成了振荡电路，经升压后点燃灯管。自耦式反馈电路能使功率晶体管在关断期间，基极获得较高的负压，使管子的耐压提高到接近  $BV_{CBO}$  的水平，充分发挥了管子的耐压潜力。此电路在高频状态下工作，不但能使变压器的体积减小，而且还改善了灯的光特性。图 3-23 中每根灯管单独供电，互不影响，灯管电离时，其工作电流受与之串联的电容器的限制，改变电容器的电容量或调节（小范围）线圈（200 匝）的匝数，可以调节灯电流。但是此电路的输出功率较小。

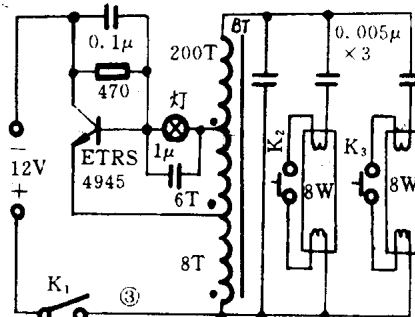


图 3-23

#### 例 2 实用逆变器

图 3-24 所示的逆变器，只用十余个元件，装调容易且功率大，约 100W，可供家庭使用。其工作原理是：由  $BG_1$ 、 $BG_2$ 、 $R_1 \sim R_4$ 、 $C_1$ 、 $C_2$  组成多谐振荡器产生约 50Hz 振荡信号。当电路对称时，振荡频率  $T=1.4R_bC$ 、振荡条件是  $R_b < \beta R_c$ 。改变  $R_3$ 、 $R_4$  阻值或  $C_1$ 、 $C_2$  容量可以改变其振荡频率，从而改变输出交流电的频率。当电路起振时，输出的振荡信号分别使  $BG_3$ 、 $BG_4$  饱和、截止，由于开关作用在变压器初级形成约

50Hz 频率的矩形交流电压，通过变压器 HB 在其次级得到 220V 左右交流电，供电视机、电灯等家电应急使用。注意  $BG_1$ 、 $BG_2$  两只三极管参数应尽量一致，才能得到对称输出。 $BG_3$ 、 $BG_4$  两只大功率三极管也应一致，同时应加铝散热片，以免发热损坏管子。

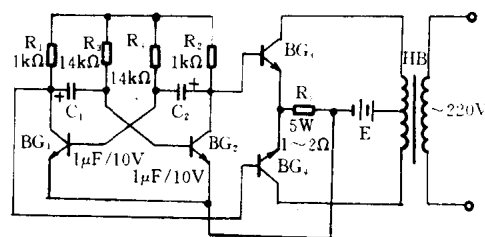


图 3-24

#### 例 3 一种新型的电源变换器

图 3-25 所示的新型电源变换器是集充电、逆变为一体的电路，具有线路简单、调试方便、效率高等特点。当市电正常时，它对蓄电池充电，当市电中断时，它又能利用蓄电池提供

的直流电压逆变成 220V 交流电,供用户应急使用。

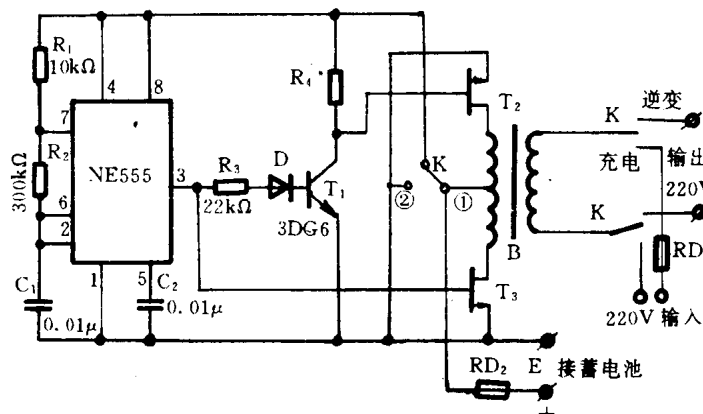


图 3-25

当开关拨至②时,电路为充电状态。此时  $T_2$ 、 $T_3$  管的栅极电位为零,利用 VMOS 管的反向特性,由两只 VMOS 管组成全波整流器向蓄电池充电。

当开关  $K$  拨到①点时,电路处于逆变状态。时基电路 NE555 及其周围的阻容元件组成了振荡电路。市电中断时,蓄电池放电,因为电容  $C_1$  两端电压不能突变,NE555 的 2 脚为低电平,在输出端 3 脚输出高电平,此时直流电源通过  $R_1$ 、 $R_2$  向  $C_1$  充电,当  $C_1$  上的电压达到上触发电平( $2/3E$ )时,输出端 3 脚跳变为低电平,同时  $C_1$  通过  $R_2$  和 NE555 的 7 脚放电, $C_1$  的电压下降,一旦降到  $1/3E$  以下,2 脚又变为低电位,使输出跳变为高电位,如此周而复始地循环,输出频率 50Hz 的波形,由于  $R_2 \gg R_1$ ,其波形的占空比约为 50%。3 脚的输出一路直接送至功放管  $T_3$  的栅极,另一路经  $T_1$  管反相后送至功放管  $T_2$  栅极。当 3 脚输出高电平时, $T_1$  导通使  $T_2$  截止, $T_3$  呈饱和导通状态。反之,输出为低电平时, $T_1$  截止, $T_2$  导通, $T_3$  截止。所以在  $T_2$ 、 $T_3$  的输出端得到交变电压,经变压器  $B$  后输出 220V 交流电压。在  $T_1$  的基极回路串接的二极管  $D$  是为了保证  $T_1$  管能可靠截止(当 NE555 输出低电平时)。

例 4 直流 12V—交流 220V 逆变器

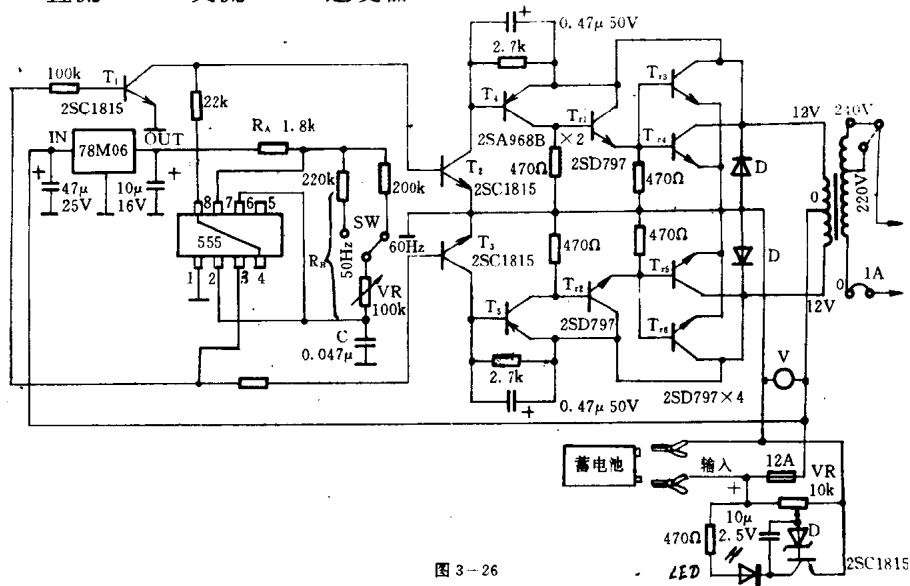


图 3-26

图 3-26 所示的逆变器和上例有很多相同处,其振荡部分也是采用 555 时基电路,振荡的频率为 50Hz 或 60Hz,用开关 SW 选择。555 工作过程和上例相同,为了保证 555 供电稳定,用三端集成稳压器 78M06 作为它的供电稳压。调整电位器 VR,可使输出频率值精确。

此电路的推动级由  $T_1 \sim T_5$  组成,它对 555 振荡输出的信号进行预放大,其中  $T_1$  为反相器,因为  $T_2、T_3$  为推挽工作方式,两管基极要求输入互为反相的信号。 $T_1、T_2、T_3$  另一作用是将 555 输出的锯齿波整形成近似方波。 $T_4、T_5$  对  $T_2、T_3$  放大的信号进一步提高电流输出能力,因为后级的功率输出级工作电流相当大,要求注入的驱动电流也较大。 $T_2$  和  $T_4、T_3$  和  $T_5$  均接成复合直耦形式。

功率输出级由  $T_{r1} \sim T_{r6}$  和变压器组成,其作用是进行电压转换,由变压器输出 220V 或 240V 交流供给用电设备。因为此电路的工作电流较大,不能采用甲类或乙类工作状态,应用多只管子共同分担。此电路是  $T_{r3}$  和  $T_{r4}、T_{r5}$  和  $T_{r6}$  两两并联再推挽。

此外本电路还设计有过放电指示电路,由 VR、D、三极管、LED 等组成。当蓄电池电压充足时,三极管呈饱和导通状态,LED 指示灯亮;当放电至 10.5V 时,三极管截止,LED 熄灭。所以在 LED 不亮时,应立即停止放电,以免损坏蓄电池。蓄电池至少要用 36Ah 的铅蓄电池。

#### 例 5 简易逆变器

图 3-27 所示的简易逆变器能把 12V 直流电变为 220V 交流电,供给交流用电的任何设备。

其工作原理是:时基电路 555 和  $W、R_1、C_2、C_3$  等组成 50Hz 方波振荡电路,形成的方波(占空比 50%)由 555 的 3 脚输出,经电阻  $R_2$  加到三极管 BG 的基极进行功率放大,在变压器 B 的初级形成近 20V 的交流电压,经 B 升压后由次级输出 220V 交流电,可作为黑白电视机或收录机的交流电源。如需带动彩电等大负载,须用两只功率管并联使用。

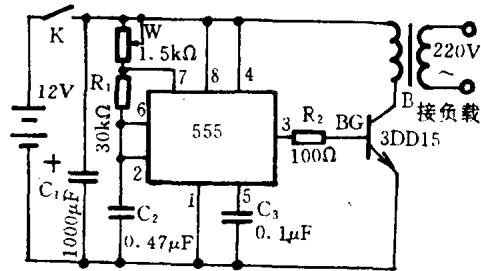


图 3-27

#### 例 6 100W VMOS 逆变电源

该逆变电源如图 3-28 所示。 $BG_1、BG_2、R_1 \sim R_4、C_1、C_2$  组成多谐振荡器,振荡频率为 50Hz。多谐振荡器输出的方波电压,直接推动 VMOS 管,经变压器升压后 220V 交流电从插座 CZ 引出。 $D_1$  的作用是当电压下降时,为保证频率不变,由稳压管供电而设的。

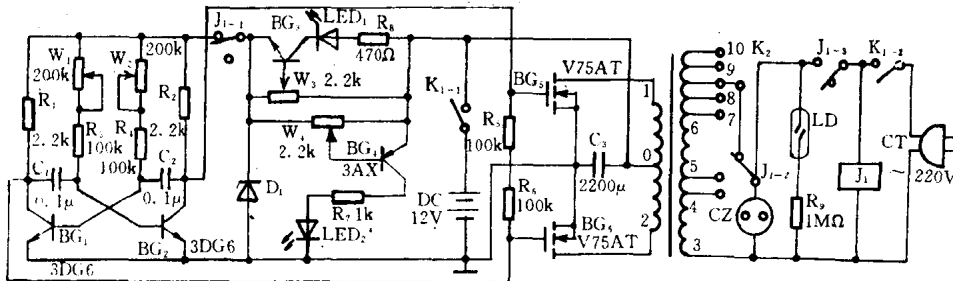


图 3-28

该电路能进行逆变、充电的自动转换,其功能由继电器  $J_1$  实现。当电网送电正常时, $J_1$



得电,则  $J_{1-3}$  接通市电,  $J_{1-2}$  从变压器 8 脚跳到 5 脚使变压器 1、2 对 0 脚产生 15V 交流电压,  $J_{1-1}$  断开多谐振荡器电路,此时 VMOS 管的栅极电压为零,VMOS 管相当于二极管,15V 交流电经 VMOS 管全波整流后对电瓶充电。LED<sub>1</sub> 是充足电指示,LED<sub>2</sub> 是放电完指示,LED<sub>2</sub> 熄灭时,表示放电完毕。氖灯 LD 指示高电压。当电网停电时,  $J_1$  失电,电瓶为振荡电路供电,逆变器工作,输出应急交流电源。

当变压器 3 脚和 8 脚加 220V 交流电时,0~1 和 0~2 端电压为 11V,7、6、9、10 脚是为了调节逆变电压。当 3 脚和 5 脚加 220V 交流电,0~1 和 0~2 端电压为 15V,用于对电瓶电量的补充;3 脚和 4 脚加 220V 交流电时,0~1 和 0~2 端电压为 17V,用于对放电完毕的电瓶的快速充电。

#### 例 7 50W VMOS 工频电源逆变电路

图 3-29 所示的逆变电路采用 CO36 与非门接成振荡器,振荡频率为 50Hz,改变 W 的阻值可调节电路的振荡频率,为了减轻振荡电路的负担,各用一个与非门电路作推动级。经反相后的方波信号分别加到两只功率管的栅极,功率场效应管则随此信号导通或截止,使变压器初级绕组获交变信号,次级绕组便有工频电压输出,供用电设备应急使用。为了保护功率场效应管,分别在两管两端并联了二极管,同时也可提高效率。

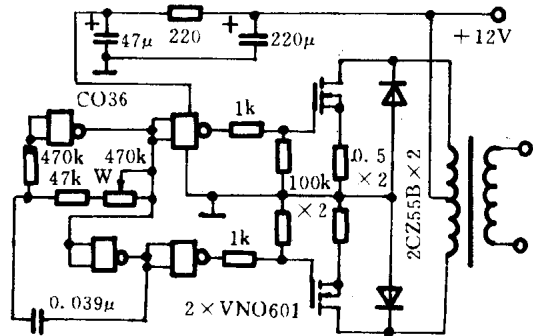


图 3-29

#### 例 8 200W 工频电源逆变电路

图 3-30 所示是一个推挽他激式逆变电路。它的振荡频率和波形由振荡级决定,基本上

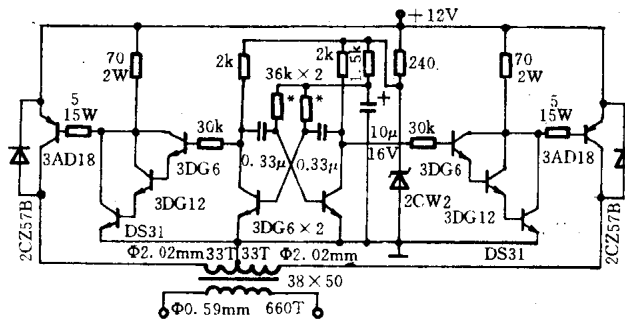


图 3-30

不受负载变化和电源电压波动的影响,输出电压较稳定。由于通过非饱和变压器向负载传输功率,因此变压器的损耗较小,效率比自激式逆变电路高。此电路的工作原理和“实用逆变器”一例相同,只是因输出功率太大,在多谐振荡器的输出级后又增加了由三只复合晶体管组成的推动电路,具体过程请参看例 2,此处不赘述。

#### 例 9 使用了参数固态继电器的家用逆变电源

图 3-31 所示的逆变电源中把时基电路和参数固态继电器相配用,功率可达 100W。其工作原理是:因参数固态继电器(PSSR)的①脚接正电源,④脚接负,如有电流流入①、④脚,⑤、⑥脚相当于断开,反之则开通。FX555 和周围元件组成了一个频率为 50Hz 的自激振荡器,振荡器输出的是 0~5V 之间的交变方波信号。此交变信号加至 PSSR 的①、④脚,当 555

输出高电平期间, PSSR 的⑤、⑥脚断开, 反之, 在 555 输出低电平期间, PSSR 的⑤、⑥脚接通, 则⑤、⑥脚随①、④脚加入一高一低的交变信号, ⑤、⑥脚也跟着关断接通, 这样在⑥脚与地之间就得到了与 FX555 的③脚相反的信号电压, 此信号加到升压变压器的初级, 在变压器的次级就可得到频率为 50Hz、幅值为 220V 的交变电压。

### 例 10 可控硅逆变器

利用可控硅设计的逆变器成本低、效率高, 功率达 250W。图 3-32(a) 是该逆变器电路图。图 3-32(b) 为控制电路图。其工作原理是: 当电网供电正常时, 开关  $K_1$ 、 $K_2$  联动置“充电”档, 电网一方面向负载供电, 另一方面又经  $W_3$ 、 $W_4$ 、 $W_1$ 、 $W_2$  绕组感应出交流电压, 此时控制电路不工作, 从而使可控硅  $S_1$ 、 $S_2$  截止。这样就只有充电电路工作, 即  $D_1$ 、 $D_2$  组成的整流充电电路向蓄电池 E 进行全波整流充电。

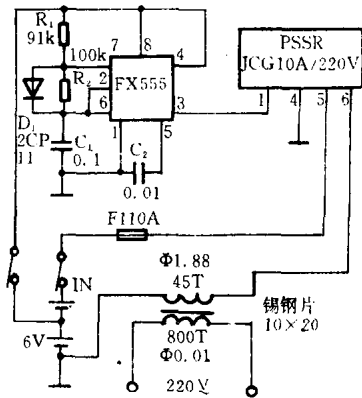


图 3-31 100W 家用逆变电源图

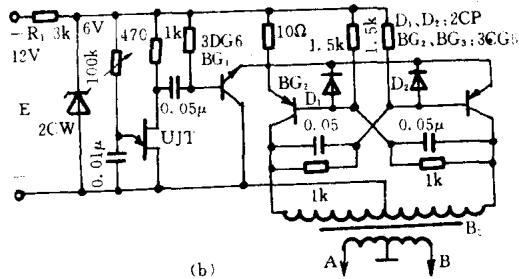
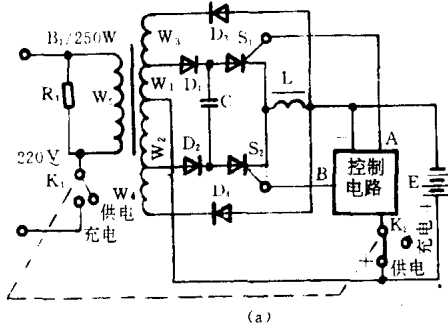


图 3-32

停电时,  $K_1$ 、 $K_2$  联动置“供电”档, 蓄电池为控制电路提供工作电源, 控制器工作从 A、B 端输出 50Hz 脉冲分别送至可控硅  $S_1$ 、 $S_2$  的门极。当  $S_1$  被触发导通时, 蓄电池 E 正极经  $W_1$  绕组、 $D_1$ 、 $S_1$ 、L 到 E 负端形成回路。此时在  $W_2$  绕组内感应出电势, 这样电容 C 两端有 2E 的电压充电。C 充满值后, 可控硅  $S_2$  被触发导通, 电容两端电压反向加到  $S_1$  端, 使  $S_1$  截止, E 正向经绕组  $W_2$ 、 $D_2$ 、 $S_2$ 、L 形成回路。同样在  $W_1$  中也感应出电势, 而且电容 C 开始反方向充电。如此周而复始,  $S_1$ 、 $S_2$  轮流导通、截止, 形成交变电流, 从变压器绕组  $W_2$  耦合输出 220V 交流电压。

### 例 11 高性能家用逆变电源

图 3-33 所示的逆变电源采用了 TUPS 逆变专用模块, 简单而且可靠性好。同时它还具有下列特点: 集逆变、调压、充电于一体; 具有自动负载检测功能, 有负载时自动开机, 无负载自动关机; 采用恒流充电, 充满自停, 电瓶亏电自动停止放电。

本电路以 TUPS 逆变专用模块为核心元件, 并辅以自动负载检测、过压检测、充电限流等外围电路为其增加特殊功能。TUPS 逆变专用模块内含逆变、充电电路, 可直接驱动逆变变压器, 结构简单, 工作稳定可靠, 其具体内部电路已在第一节介绍, 此不赘述。

自动负载检测电路由  $D_1 \sim D_3$ 、 $V_1$ 、 $V_2$  及继电器 K 构成。当市电停电, 需本电路处于逆变状态时, 如果输出插座  $X_1$  内接有负载, 则电瓶、 $D_1 \sim D_3$ 、负载等接成一回路, 电流流经  $D_2$ 、 $D_3$  产生压降,  $V_1$ 、 $V_2$  导通, LED 指示灯亮, 继电器 K 吸合, 其触点  $J_1$  接通 IC1 与变压器的连接,

逆变器自动开机工作,输出逆变电压经  $J_2$  转换给  $X_1$  内负载供电;若  $X_1$  内负载断开,则检测回路被切断,  $V_1$ 、 $V_2$  均截止,LED 熄灭,  $K$  失电释放,其触点断开,逆变器自动关机以节省消耗。

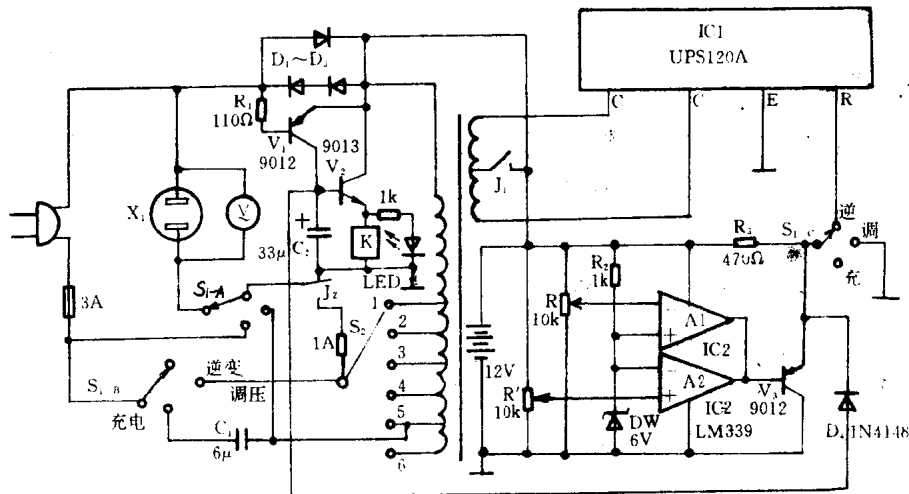


图 3-33

电瓶电压检测电路则由 IC2 比较器及其外围元件构成。根据经验可知:12V 电瓶的亏电电压阈值为 10.5V,过压阈值为 15V。电瓶电压在此正常区间内时,比较器  $A_1$ 、 $A_2$  均截止,逆变电源正常工作。当电瓶放电电压低于 10.5V 时,此压经  $R$  分压与 DW 基准电压比较,  $A_2$  翻转输出低电平。同样当电瓶在充电时充电电压高于 15V,则此压经过  $R'$  分压并比较,  $A_1$  翻转输出低电平。  $A_1$ 、 $A_2$  任一比较器输出低电平后,通过  $D_1$  作用强制继电器  $K$  释放,断开电瓶与变压器的连接,起到保护电瓶的作用。

该电路的充电过程是:市电正常工作时,把  $S_1$  打在“充电”档,接上电瓶,即可充电。为了实现恒流充电,在变压器回路中串入电容  $C_1$ ,利用  $C_1$  的容抗作用将充电电流基本上恒定在 6A 左右。

此外该电路还具有逆变调压功能,调节  $S_2$  可调节插座  $X_1$  输出电压大小,并且也可直接作为 500W 交流调压器使用,这时将  $S_1$  打在调压档,当输入电压在 160~260V 之间变化时,调节  $S_2$  可在  $X_1$  输出插座中获得 210~230V 较为稳定的电压。

#### 例 12 简单实用的可控逆变器

图 3-34 所示的逆变器能把 24V 直流电逆变为单相 220V/50Hz 交流电,最大输出功率为 300W,以作为家庭用电器的应急电源使用。

此电路由主电路和触发电路两部分组成。其工作过程是:当开关  $K$  合上时,由  $W_1$ 、 $R_1$ 、 $C_1$ 、 $T_1$  等组成的单结晶体管脉冲触发电路产生的触发脉冲由脉冲变压器  $B_1$  的次级输出,加在可控硅  $KP_2$  的控制极和阴极之间,  $KP_2$  被触发导通,电流从蓄电池正极流出,经变压器  $B_3$  的  $ob$  线圈、 $D_2$ 、 $KP_2$ 、换向电感  $L$  流回蓄电池负极。通过电磁感应作用,  $B_3$  的次级得到一个正半波电压。此时,  $W_2$ 、 $R_2$ 、 $T_2$ 、 $C_2$  等组成的触发电路产生的触发脉冲由脉冲变压器  $B_2$  的次级送到  $KP_1$  的控制极和阴极之间时,  $KP_1$  被触发导通,电流由蓄电池正极流出,经  $B_3$  的  $oa$  线圈、 $D_1$ 、 $KP_1$  和  $L$  流回负极,同样在  $B_3$  的次级得到一个负半波,这样一正一负便合成全波,当

变压器次级接上负载时,就可向负载输出电流。

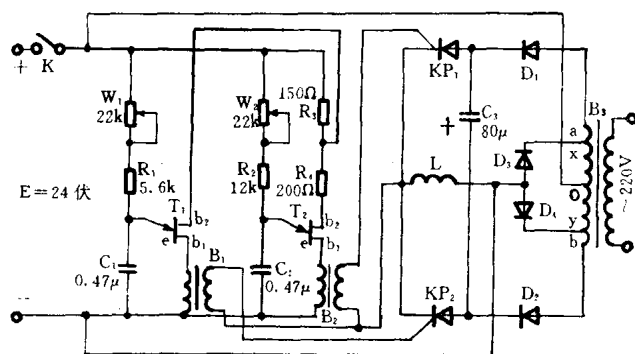


图 3-34

此逆变器是通过换向电容  $C_3$  和换向电感  $L$  达到自行轮流关断可控硅的。当  $KP_1$  导通时,蓄电池通过  $ob$  线圈、 $D_2$ 、 $C_3$ 、 $KP_1$  和  $L$  回路向  $C_3$  充电,极性是上负下正,充电充至  $2E$  时止。当  $KP_2$  导通时, $C_3$  上的电压经  $KP_2$  向  $KP_1$  施加一个反向电压,使  $KP_1$  迅速关断。 $KP_1$  关断后, $C_3$  上的电荷经  $KP_2$ 、 $L$ 、蓄电池内部、 $oa$  线圈、 $D_1$  放电,当  $C_3$  放电至零时,立即又被反向充电至  $2E$ ,即  $oa$  线圈上的感应电压通过  $D_1$ 、 $C_3$ 、 $KP_2$ 、 $L$  向  $C_3$  充电,充至  $2E$  时为止。此时  $C_3$  的极性是上正下负,为关断  $KP_2$  做好了准备。当  $KP_1$  再次被触发导通时, $C_3$  的电压经  $KP_1$  给  $KP_2$  施加一个反向电压,从而使  $KP_2$  迅速关断。这样  $KP_1$ 、 $KP_2$  周而复始的导通、关断,使  $B_3$  的次级输出  $50\text{Hz}$ 、 $220\text{V}$  交流电,完成逆变工作。

此电路因可以把换向过程中储藏在换向电感  $L$  中的磁场能量通过逆变变压器送回电源,从而大大地提高了逆变器的效率,其效率达  $80\%$ 。

### 例 13 新型调宽式稳压逆变电源

该逆变电源在市电正常工作时, $S_{1-2}$  开关置“充电”处,  $220\text{V}$  交流市电经插座  $X_2$  输入后,

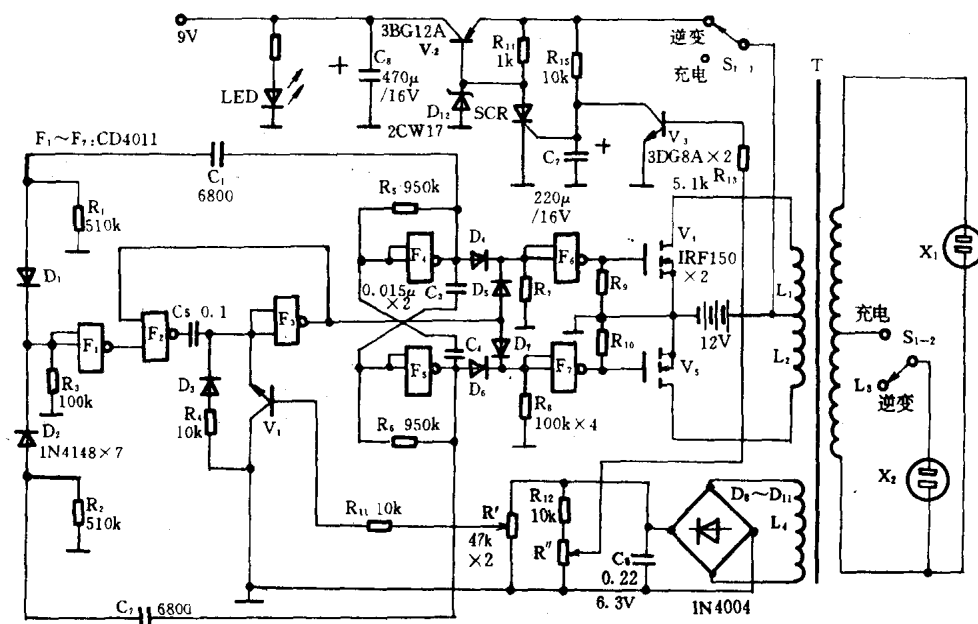


图 3-35

由变压器 T 降压,  $V_4$ 、 $V_5$  全波整流(此时  $V_4$ 、 $V_5$  因无栅压而只相当于二极管)后,对蓄电池进行充电。当市电中断时,把  $S_{1-1}$ 、 $S_{1-2}$  置于“逆变”处,逆变电源即开始工作,由插座  $X_1$  输出 220V 逆变电源,供给用电设备以应急使用。

该逆变电源原理图如图 3-35 所示。与非门  $F_4$ 、 $F_5$ 、 $R_5$ 、 $R_6$ 、 $C_3$ 、 $C_4$  等元件构成自激式多谐振荡器,输出约 50Hz 的对称方波。门  $F_1$ 、 $D_1$ 、 $D_2$ , 门  $F_6$ 、 $D_4$ 、 $D_5$  和门  $F_7$ 、 $D_6$ 、 $D_7$  分别构成三个或非门,门  $F_2$ 、 $F_3$  及  $D_3$ 、三极管  $V_1$  等构成同步单稳调宽电路,其中门  $F_3$  输出波形中的低电平宽度与逆变器的输出电压有关,低电平宽度越窄,逆变器输出电压越低,反之则越高。门  $F_4$ 、 $F_5$  输出的对称方波经过由门  $F_6$ 、门  $F_7$  组成的或非门后加到功率管  $V_4$ 、 $V_5$  的栅极,于是  $V_4$ 、 $V_5$  依次导通。其稳压过程是:当逆变输出电压升高时, $L_4$  上的交流电压也升高,使  $D_8 \sim D_{11}$  的整流输出电压升高,所以三极管  $V_1$  因基极电压升高而 c、e 间电阻变小, $C_5$  充电加快,于是门  $F_3$  由低电平转为高电平的时间提前,即  $F_3$  输出波形中低电平变窄(高电平变宽)。由或非门的工作原理可知:门  $F_6$  输入端的高电平加宽,则门  $F_6$  输出端低电平加宽,从而使输出波形中高电平变窄,因而输出电压下降,由于门  $F_4$ 、 $F_5$  轮流输出对称方波,而且还受到门  $F_2$ 、 $F_3$  组成的调宽电路控制,所以门  $F_6$ 、门  $F_7$  输出的是高低电平对称的宽度可调方波,因此电路经一系列反馈后可以保持输出电压的恒定。调节  $R'$ ,可以改变三极管  $V_1$  的导通程度,也就控制了  $C_5$  的充电时间常数,从而可以无级调节输出电压的高低。

门  $F_4$ 、 $F_5$  输出的另一路经电容  $C_1$ 、 $C_2$  后进入由门  $F_1$  及  $D_1$ 、 $D_2$  组成的或非门电路,并被  $F_1$  分别检出门  $F_4$ 、 $F_5$  高电平脉冲的前沿后,输出一个低电平触发脉冲,从而触发门  $F_2$ 、 $F_3$  等元件组成的单稳调宽电路,以保证门  $F_2$ 、 $F_3$  与门  $F_4$ 、 $F_5$  同步工作。二极管  $D_3$ 、电阻  $R_4$  构成  $C_5$  的快速放电回路,以保证在每半个周期内  $C_5$  均能重新充电,三极管  $V_1$  是  $C_5$  的充电回路。

三极管  $V_2$ 、稳压管  $D_{12}$  等元件构成 +9V 稳压器,以提高频率的稳定度。三极管  $V_3$ 、可控硅 SCR 及  $R''$  等元件构成过载、短路保护电路。输出正常时, $D_8 \sim D_{11}$  的整流输出电压较高,三极管  $V_3$  导通并饱和,可控硅 SCR 截止,对 +9V 稳压器无影响。一旦输出端负载过重或发生短路时, $D_8 \sim D_{11}$  整流输出下降, $V_3$  截止,可控硅触发导通,于是三极管  $V_2$  基极电压为零伏,稳压器无 +9V 电压输出,逆变电源停止工作,同时指示灯 LED 熄灭,电路处于自行保护状态,切断输出电压,进而保护了功率管。改变  $R''$  的大小,可以调节过载灵敏度。

#### 例 14 1200W 超音频逆变电源

图 3-36 所示的电源是将交流 220V 电源直接整流、滤波,然后再逆变成 20kHz、100V 交流电压,经升压变压器点燃霓虹灯管。该电路由振荡电路、脉宽电路、功率激励电路、推挽变换电路和低压稳压电源电路等几部分组成。

振荡电路由时基电路 NE555 和  $R_1$ 、 $W_1$ 、 $C_1$ 、 $C_2$  组成,适当选择  $R_1$ 、 $W_1$  和  $C_1$  值,使振荡频率达 40kHz。然后由时基电路 NE555 的 3 脚输出端将其振荡频率送入双 D 触发器组成的等脉宽电路 CP 端,二分频后,在 Q 和  $\bar{Q}$  端送出两个宽度相等、极性相反的两个 20kHz 方波,经过  $R_2$ 、 $C_3$  和  $R_3$ 、 $C_4$  两加速电路,送给由  $BG_1$ 、 $BG_2$  两只达林顿管组成的功率激励电路。 $B_1$  变压器起隔离和传输信号作用。 $BG_3$ 、 $BG_4$ 、 $D_3 \sim D_{12}$ 、 $B_2$  等组成推挽变换电路,在此电路增加了抗过饱和、防止共态导通和阻尼电路,以保证该级能够可靠安全工作。低压稳压电源电路由  $B_3$ 、桥堆、 $C_{11}$ 、三端稳压器、 $C_{12}$  组成,输出 +12V 稳压源。

此外,本电路还增加了软启动电路, $R_5$  是软启动电阻,当电路加上电时, $R_5$  是接在主回

路中,冲击电流部分降落在该电阻上, BG<sub>3</sub>、BG<sub>4</sub> 两只功率管加不上全电压,从而得到保护。待电路振荡开始, B<sub>2</sub> 次级 A、B 端得到直流电压时,使可控硅 SRT<sub>1</sub> 导通,将 R<sub>8</sub> 短路。

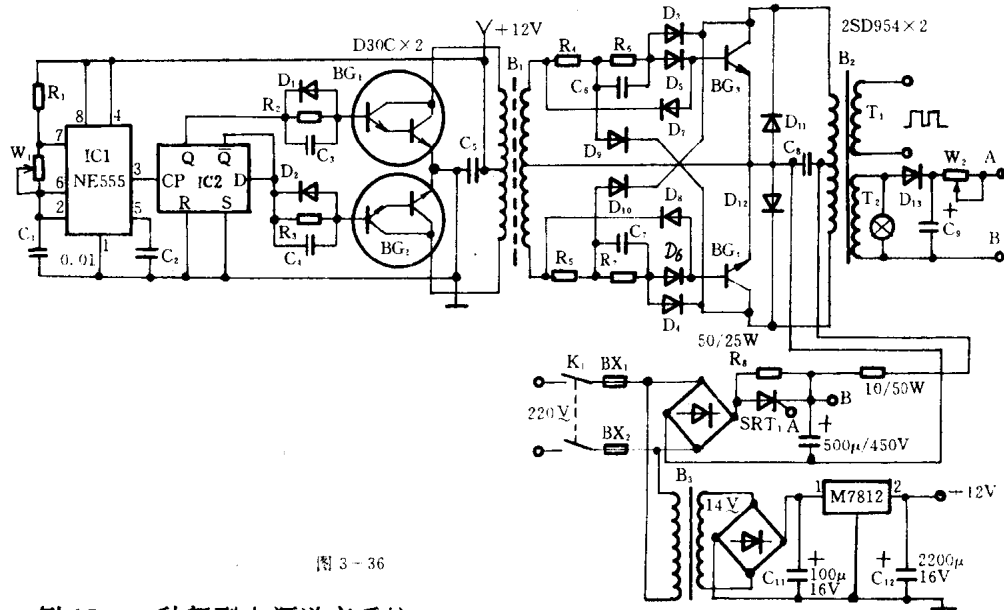


图 3-36

### 例 15 一种新型电源逆变系统

该系统能在交流市电停止供电时,立即给电子设备供电,其原理如图 3-37 所示。系统由整流电路、电池充电电路、24V 蓄电池、电流式文式电桥振荡器、前置级、推动级、输出级、升压变压器组成。

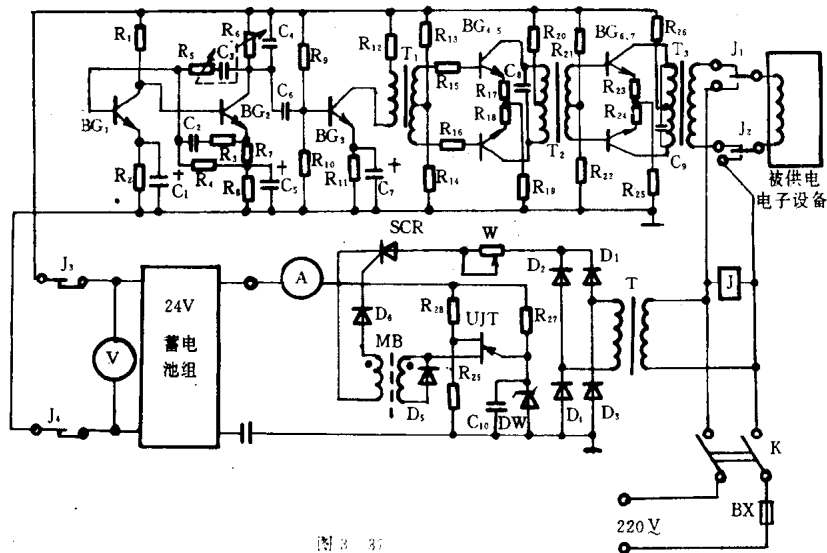


图 3-37

当交流市电正常时,交流电磁继电器 J 工作, J 有四组触点,其 J<sub>1</sub> 的常开触点 1 与 1' 接通, J<sub>2</sub> 的常开触点 2 与 2' 接通, J<sub>3</sub>、J<sub>4</sub> 的常闭触点断开。此时,被供用电设备由交流市电供给。另外,交流市电通过变压器 T 降压, D<sub>1</sub>~D<sub>4</sub> 桥式全波整流后,电池充电电路给 24V 蓄电池组充电。电池充电电路采用一个单结晶体管 UJT 作张弛振荡器,其振荡电压经脉冲变压器 MB 输出,触发可控硅 SCR,整流电流便经电位器 W 和可控硅 SCR 对蓄电池组充电。当充

电达到额定值时,稳压二极管 DW 被击穿,张弛振荡器停止振荡,可控硅 SCR 被切断,电池充电电路自动断开,停止充电。电位器 W 用来限制流过可控硅 SCR 的电流,调节充电电流大小。二极管  $D_5$ 、 $D_6$  的作用是用来削去负脉冲,不使其加到可控硅 SCR 控制极上。

当交流市电突然停止供电时,交流电磁继电器 J 停止工作,其  $J_1$  的常闭触点 1 与 1' 接通,  $J_2$  的常闭触点 2 与 2' 接通,  $J_3$ 、 $J_4$  的常闭触点接通。蓄电池组为逆变系统提供直流电压,逆变系统开始工作。BG<sub>1</sub>、BG<sub>2</sub> 及周围阻容元件组成的电流式文氏电桥振荡器产生一固定的 50Hz 正弦振荡信号。此信号经由 BG<sub>3</sub>、T<sub>1</sub>、R<sub>11</sub>、C<sub>7</sub> 等组成的前置级和由 BG<sub>4</sub>、BG<sub>5</sub>、R<sub>15</sub>、R<sub>16</sub> 等组成的推动级增幅后,由 BG<sub>6</sub>、BG<sub>7</sub> 等组成的推动输出级输出足够强的正弦信号,经升压变压器 T<sub>3</sub> 升压到 220V 左右输出供给用电设备,使其正常工作。在逆变系统工作期间,整流电路、电池充电电路不工作。

### 例 16 WD 脉宽调制稳压型交流应急电源

WD 脉宽调制交流稳压源比一般逆变器转换效率高,工作可靠,且功能齐全,保护电路完善。图 3-38(a) 为 WD-3 内部框图,图 3-38(b) 为应急电源工作原理。

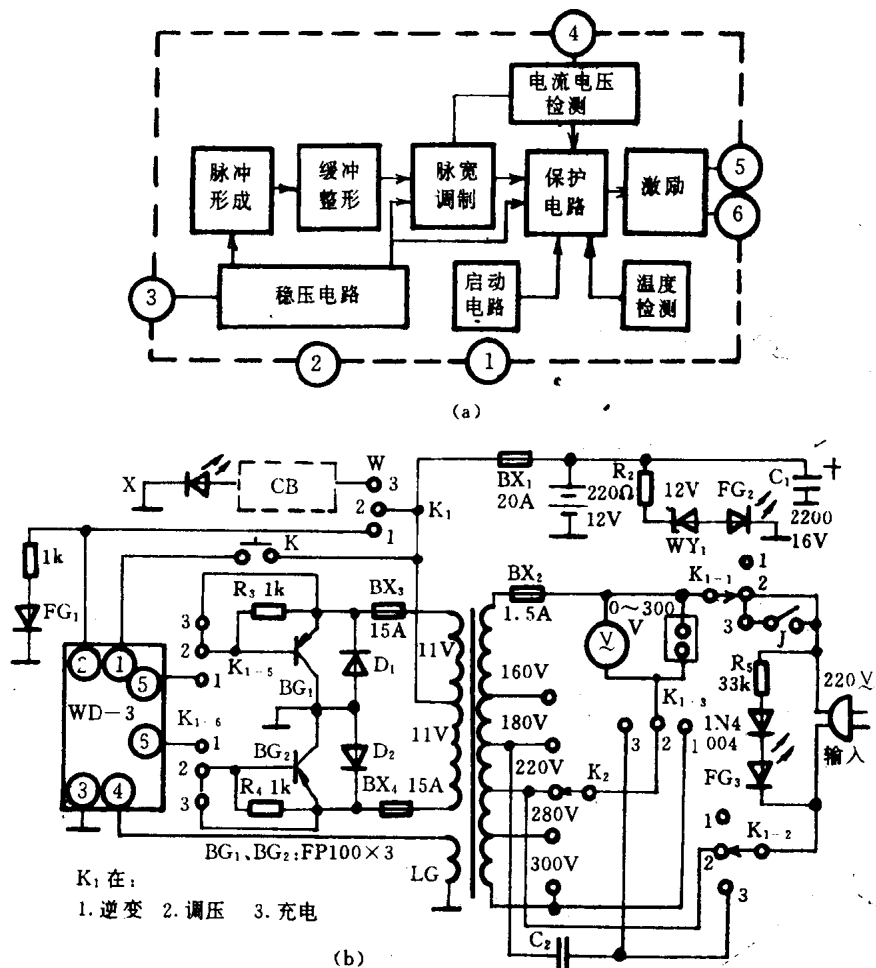


图 3-38

当市电正常时,220V 交流市电经变压器降压,BG<sub>1</sub>、BG<sub>2</sub>(此时因无基极电压只相当于二

极管)全波整流后,对 12V 蓄电池进行充电。为防止充电电流过大损坏蓄电池,在充电电路上串联了保险丝 BX<sub>1</sub>。同时,220V 交流电经 R<sub>5</sub> 降压、二极管整流后,点亮发光二极管 FG<sub>3</sub> 作为市电正常指示。

市电突然中断时,蓄电池为 WD-3 提供工作电压,其工作过程是:由脉冲形成电路产生的脉冲信号,经缓冲整形电路隔离后送入脉宽调制电路。脉宽调制电路根据 4 脚检测到的信号变化(即负荷变化),控制方波的脉宽,最后由激励 5、6 脚交替输出脉宽与负荷成比例的 50Hz 方波信号,推动功率管 BG<sub>1</sub>、BG<sub>2</sub>,在变压器 B 的次级输出稳定的 220V 交流电压,供给负载。为了防止推动管功率管自身故障产生直通大电流毁坏大功率管,在两推挽管的射极上分别串入一只熔断电流小于 BX<sub>1</sub> 的保险丝,一旦出现异常,BX<sub>3</sub>、BX<sub>4</sub> 首先熔断,保护了功率管。4 脚检测的电压不仅直接反映了负荷的变化,而且也间接反映出电瓶电压的高低,从而使保护电路在额定功率的 1.2 倍或电瓶电压低于 10.5V 时动作,切断输出信号,即实现截止式自保功能。R<sub>2</sub>、WY<sub>1</sub>、FG<sub>2</sub> 组成电瓶充足指示电路,发光管 FG<sub>2</sub> 亮即表明电瓶已充满,应立即停止充电。

### 例 17 JDE-200 应急电源

图 3-39 所示的多功能应急电源的作用和其它应急电源一样,在有电时将电自动充入

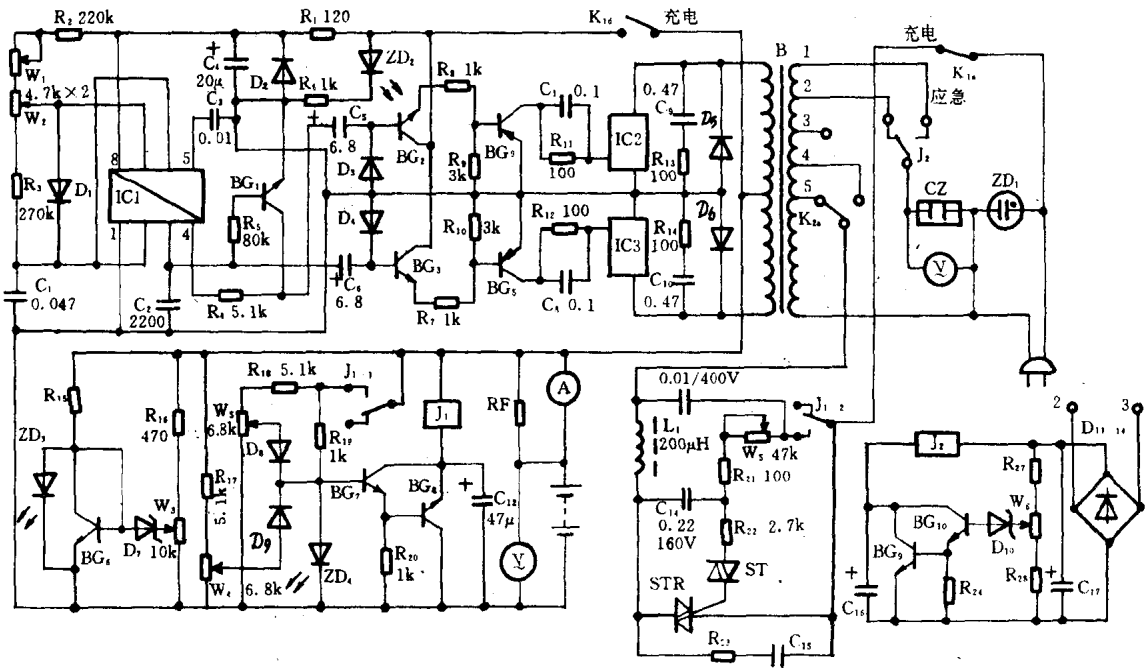


图 3-39

蓄电池,停电时自动提供 220V/50Hz 交流电供用户使用。而且逆变输出有自动调压电路,克服了逆变空载和使用小功率电器电压过高损坏家用电器。此外还有电瓶充足指示和自控停机、电瓶欠压指示,并安装有交流电压表、直流电压表、直流电流表。此电路用两只 50A 功率模块取代常见的 3DD 三极管并联作输出级,有较好过荷启动性能。振荡推动电路采用了 PCNT。

由 IC1、W<sub>1</sub>、W<sub>2</sub>、C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub> 等组成他激式振荡电路,直接和倒相后由 C<sub>5</sub>、C<sub>6</sub> 耦合至 BG<sub>2</sub>、BG<sub>3</sub>



组成的射极输出器,经  $BG_4$ 、 $BG_5$  电压放大后直接推动 IC2、IC3 大功率模块。调节电位器  $W_1$  可改变振荡频率,调节  $W_2$  可使 IC2、IC3 工作状态平衡。

由  $W_3$ 、 $D_7$ 、 $BG_6$ 、 $ZD_3$  (发光管) 组成欠压指示,当电瓶电压放电至 10.5V 时, $BG_6$  截止, $ZD_3$  导通而发光指示。由  $R_{17}$ 、 $W_4$ 、 $D_8$ 、 $BG_7$ 、 $BG_8$ 、 $J_1$  等组成充足指示及控制电路。当电瓶充足时端电压为 16.2V (单个充足电压是 2.7V),继电器  $J_1$  动作,发光二极管导通, $ZD_4$  亮,同时  $J_{1-2}$  动作断开,充电主回路的触发二极管电路使双向可控硅截止而停止充电,当电瓶工作一段时间后 (低于 12V 时),继电器释放从而自动接通充电电路工作。

$J_{1-2}$ 、 $W_5$ 、ST、STR、B、 $D_5$ 、 $D_6$  组成无级调节充电电流电路及充足自控停机电路。调节  $W_5$  可使充电电流连续变化。ST、STR 构成无触点开关。为防止变压器突然断开产生的突变电压损坏双向可控硅,在 STR 端并联了  $R_{23}$ 、 $C_{15}$  吸收元件。

$D_{11} \sim D_{14}$ 、 $W_6$ 、 $D_{10}$ 、 $BG_9$ 、 $BG_{10}$ 、 $J_2$  等组成逆变输出自动调压电路,在空载小负荷和额定负载状态下工作时,变压器 2、3 脚变化的电压由  $D_{11} \sim D_{14}$  整流,通过  $W_6$ 、 $D_{10}$  取样后,由  $BG_9$ 、 $BG_{10}$  复合放大后使继电器  $J_2$  接通和断开,而使  $J_2$  触点分别接通变压器“1”脚或“2”脚而实现输出电压的自动调节。

#### 例 18 晶体管正弦波逆变电源

图 3-40 示出的晶体管正弦波逆变电源是将 24V 的直流电逆变为 220V/50Hz 正弦交流电,其输出功率为 300W。因是用晶体管逆变成正弦波,而不用可控硅逆变,避免了尖脉冲产生的干扰,所以最适合作为各种精密电子仪器的应急电源。该逆变电源由二极管稳压器、RC 正弦振荡器、射随器与阻容放大器、电压负反馈电路、幅值控制电路、前置放大器、功率驱动放大器、推挽功率放大器几部分组成。

二极管稳压器由电阻  $R_{16}$ 、电容  $C_1$  和二极管  $D_7$  组成,输出约 12V 电压,供给 RC 正弦波振荡器、射随器、阻容放大器等,使振荡频率和输出幅度有较好的稳定性。

由  $BG_1$ 、 $BG_2$ 、 $R_1 \sim R_6$ 、 $C_2 \sim C_5$ 、电位器  $W_1$ 、 $W_2$  组成共集电极 RC 正弦振荡器,此振荡器虽然温度特性较 LC 振荡器差,但比文氏桥振荡器好,波形失真度小。调节  $W_1$  可调整振荡频率,使其为 50Hz。 $W_2$  是用来调节振荡强弱的。

$BG_3$ 、 $R_7^*$ 、 $R_8$ 、 $C_7$ 、 $BG_4$ 、 $R_{10}$ 、 $R_{12}$ 、 $C_8$  及  $BG_5$ 、 $R_{13}^*$  等分别组成了射随器 1、阻容放大器和射随器 2 的电路。它们的作用是减小后级幅值控制电路对 RC 正弦振荡器的影响,阻容放大器主要是为了加强这种隔离效果。射随器 3 主要是起阻抗匹配作用,同时也减小了幅值控制电路对后级前置放大器的不利影响。

幅值控制电路由  $BG_6$ 、 $D_1 \sim D_4$ 、 $C_9$ 、 $C_{11}$ 、 $R_{17}$ 、 $R_{18}$ 、 $C_{20}$ 、 $C_{21}$ 、 $R_{32}$ 、 $R_{33}$ 、 $R_{34}^*$  组成。当输出电压幅度增加时,变压器  $B_3$  附加绕组中的感应电压就会相应升高,该电压经整流滤波后加至幅值控制管  $BG_6$  的基极,导致  $BG_6$  集电极电流的增加,即流过二极管  $D_1$  和  $D_2$  的正向电流增加,也即是  $D_1$  和  $D_2$  的动态电阻在减小。由射随器 2 输出的 50Hz 信号电压通过耦合电容  $C_{10}$  接至  $D_1$  和  $D_2$  的连接处,然后再送到后级  $BG_7$  的基极。在  $D_1$  的正极和  $D_2$  的负极对地之间接有电容  $C_9$  和  $C_{11}$ ,使正弦波电压的正半周和负半周都能旁路衰减。当  $D_1$ 、 $D_2$  的动态电阻随着输出电压的升高而减小时,这种旁路衰减作用就越强,这样通过电容  $C_{12}$  耦合给  $BG_7$  基极的交流电压就越小,从而使输出减小,起到了稳定幅值的作用。调节  $R_{34}^*$  可使输出电压稳定在某一个范围内。

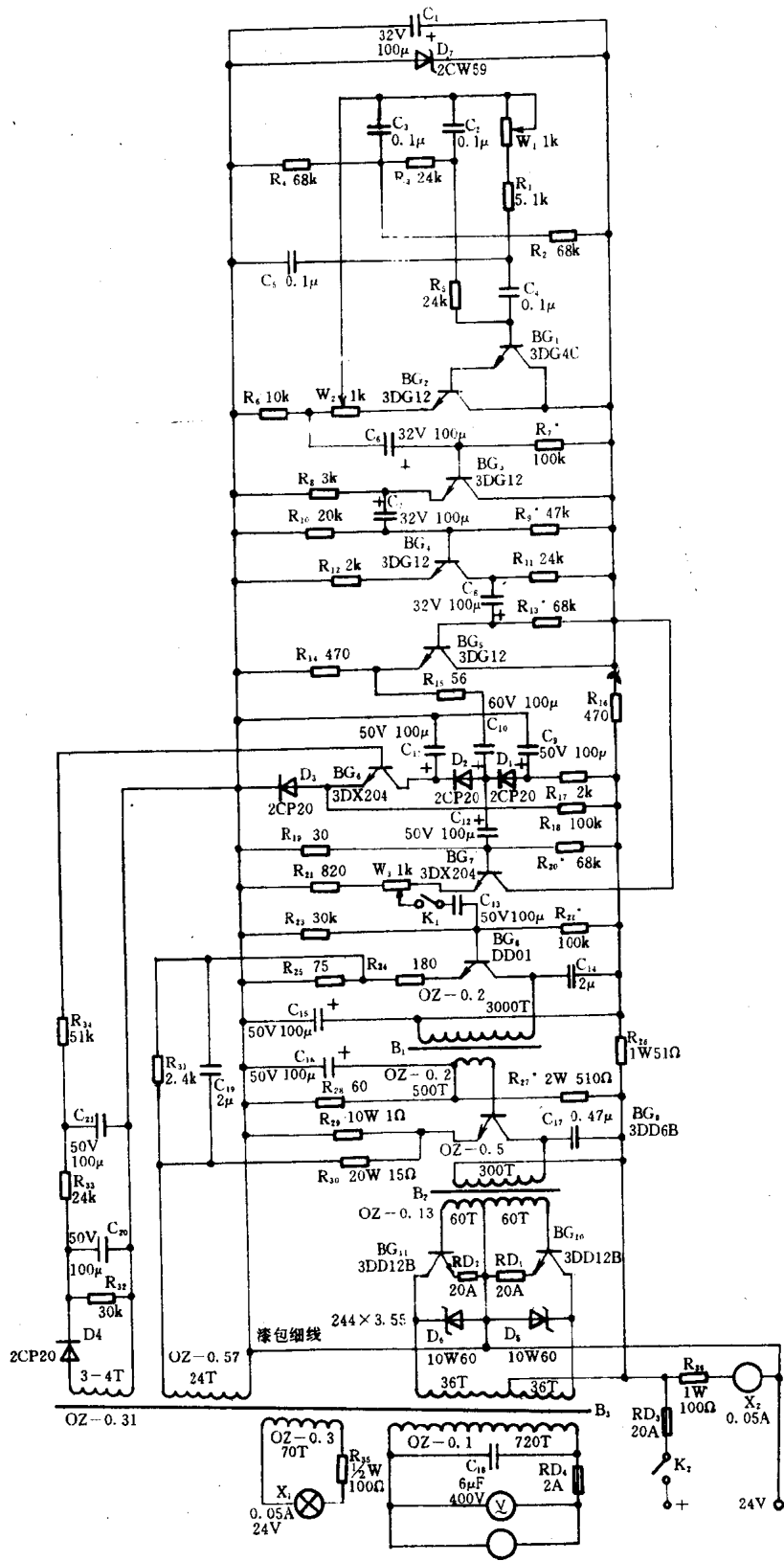


图 3-40

BG<sub>7</sub> 射极输出的电压经 C<sub>13</sub> 加至 BG<sub>8</sub> 的基极, BG<sub>8</sub>、B<sub>1</sub> 和 BG<sub>9</sub>、B<sub>2</sub> 分别构成了前置放大器和驱动放大器。该两级均采用变压器耦合甲类放大器, 对信号电压进行放大, 同时要失真小, 并有足够的功率增益去推动末级功放级。电容 C<sub>14</sub>、C<sub>17</sub> 分别并联在变压器 B<sub>1</sub> 和 B<sub>2</sub> 的初级上, 对 BG<sub>8</sub>、BG<sub>9</sub> 的集电极感性负载起补偿作用, 使波形和失真度得到明显的改善。

末级推挽功率放大级由 BG<sub>10</sub> 和 BG<sub>11</sub> 组成。为了提高效率, 没有设置上偏置电阻, 因而交越失真严重, 为此在输出变压器 B<sub>3</sub> 的次级并联一电容 C<sub>18</sub>, 以滤掉高次谐波, 同时还可对感性负载进行一定的补偿。在两管集电极与发射极之间并接有稳压管 D<sub>5</sub> 和 D<sub>6</sub>, 限制了浪涌电压, 起到了对功放推挽管的保护作用。

此外, 为了稳定输出电压的幅度, 同时改善输出波形减小失真度, 特设计了电压负反馈电路。反馈电压从输出变压器 B<sub>3</sub> 的一个绕组取得, 通过 C<sub>19</sub>、R<sub>31</sub> 和 R<sub>30</sub> 组成的反馈网络分别作用于前置放大管 BG<sub>8</sub> 和驱动放大管 BG<sub>9</sub> 的发射极, 以此来达到稳定输出电压的目的。

## 第四章 充电器

### 第一节 充电器概述

目前,随着随身听、袖珍携带式收音机、照相机、闪光灯、电动刮胡刀等常见小家电产品的普遍使用,可以反复充电使用的镍镉电池也被受到重用,充电器便自然成为每个家庭的必备品。充电器的作用是使放电后的电池恢复其放电能力。充电器种类繁多,有民用的、工业上用的;有镍镉电池充电器,也有铅酸电池充电器等。

一般工作过程是将交流市电降压、整流后产生的脉动直流对蓄电池进行充电。正确的充电是保证电池寿命和性能的重要条件之一。常用的充电方法有恒流充电和恒压充电,也可采用两者相结合的方法,即改进的恒压充电或限流恒压充电,实际上开始是恒流充电而后是恒压充电。

恒流充电是一种标准的充电方法,即在充电过程中始终保持充电电流不变的方法。它有以下几种:(1)涓流充电,维持电池的满充电状态,恰好能抵消电池自放电的一种充电方法,这样的充电速率对满充电的电池长期充电无害,但对完全放电的电池充电,电流太小。(2)最小充电,在能使深度放电的电池有效恢复电池容量的前提下,把充电电流尽可能地降到最小。(3)标准充电,采用标准速率充电,充电时间为14小时或一整夜。(4)高速率充电,在3小时内就给蓄电池充满电的方法,这种充电法需要自动控制电路,对电池起保护作用。

充电前根据串联电池的个数把充电器的电压调到一定值,在充电过程中始终保持充电器电压不变,充电电流开始很大,随着充电时间的增加,渐渐变小,最后为零,这种充电方法称为恒压充电。常用恒压充电方法选用的电压和时间如下:

(1)缓冲充电,用于维持电池满充电状态抵消电池自放电

充电电压:1.55V(每个电池)

时间:长期

(2)浮充电,电池与负载并联,电池一方面对负载放电,一方面接受充电器充电。

充电电压:1.35V(每个电池)

时间:长期

(3)恒压充电,对完全放电的电池充电。

充电电压:1.40~1.42V(每个电池)

时间:40分钟充入80%的电池容量,2小时充入120%的电池容量。

充电器电压高会造成电池过充严重,充电器电压低会造成电池充电不足。为了防止充电开始瞬间电流过大,对恒压充电作的改进叫做限流恒压充电。

充电电压:1.65V(每个电池最高)

时间:12小时充120%的电池容量

一般充电器电路分为直接充电和带过压、欠压保护电路,电池反接保护电路的自动充电

器。前者的方框图如图 4-1 所示,后者方框图如图 4-2 所示。降压电路有电容降压和变压器

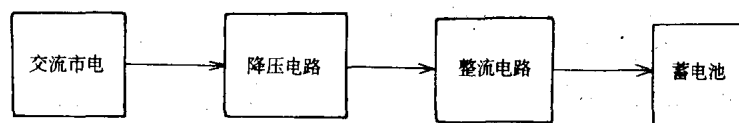


图 4-1

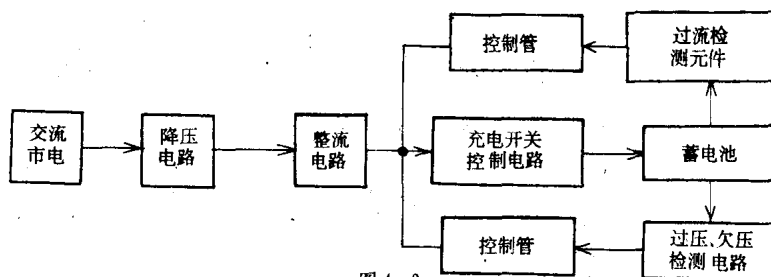


图 4-2

器降压两种形式。整流电路有单向半波、全波、桥式全波整流、半控桥式整流等几种形式。充电开关控制电路和各种保护电路所采用的元件则多种多样,有晶体管、场效应管、单结晶体管、达林顿管、可控硅、大功率开关集成电路 TWH8751、TWH8778、时基电路 555、可编程控制稳压器 TL431、运放双稳比较器 LM358 及充电控制专用集成电路 LZ110 等。每种充电器都各具特色,所采用的单元电路也不尽相同,有关具体工作过程请参看下节的实例分析。

## 第二节 充电器实例分析

### 例 1 最简单的充电器

图 4-3 所示的充电器只用了三只元件构成,故称最简单的充电器。该电路为电容限流式恒流充电电路,充电电流的大小由限流电容 C 确定,无论对一节电池单独充电,还是对几节、十几节电池串联充电,充电电流大小不变。D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> 为整流二极管。限流电容应选用耐压大于 400V 的无极性电容器。充电电流最大应不超过 100mA,如果是对容量 500mAh 的 5 号镍镉电池充电,充电时间大约为 6 小时。

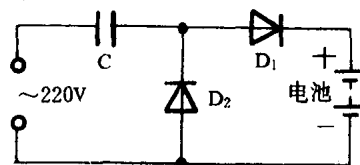


图 4-3

### 例 2 简易镍镉电池充电器

该简易镍镉电池充电器除具有恒流充电特性外,还能防止电池过充电。充电器电路如图 4-4 所示。该充电器是对四节镍镉电池串联充电。220V 交流市电经电容 C<sub>1</sub> 降压, D<sub>1</sub>~D<sub>4</sub> 整流, R<sub>2</sub>、D<sub>5</sub> 稳压后,经 LED<sub>1</sub>、LED<sub>2</sub> 流入镍镉电池,实现小电流恒流充电。如果元件按图示参数选择,其充电电流近似为 60mA。

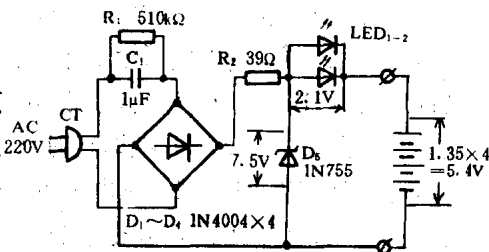


图 4-4

刚开始充电时,四节镍镉电池串联电压值小于 5.4V,此时稳压管 D<sub>5</sub> 截止。随着充电的继续,镍镉电池端电压逐渐升高,当电压升高到 5.4V 以上时, D<sub>5</sub> 被反向击穿, D<sub>5</sub> 两端电压

被箝位在 7.5V, 镍镉电池电压不会连续升高, 如继续升高, LED<sub>1</sub>、LED<sub>2</sub> 则由导通转向截止, 从而防止电池过充电, 保护了电池的使用寿命。

### 例 3 5" 镍镉电池充电器

图 4-5 所示的充电器简单实用, 采用国际标准, 从而保证了使用安全可靠。它采用半波整流, 分两路给电池充电, 每路可充两只 5" 镍镉蓄电池。充电电流为 50mA, 充电时间 14 小时。

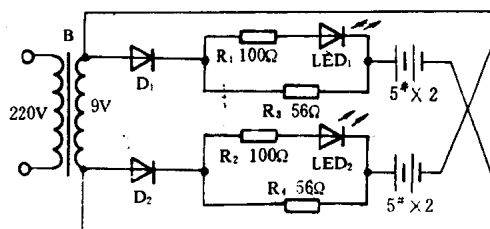


图 4-5

220V 市电经变压器 B 降压为 9V 电压。当 D<sub>1</sub> 端为正半周时, D<sub>1</sub> 导通, D<sub>2</sub> 截止, 电流经 D<sub>1</sub> 整流, R<sub>3</sub> 限流对电池充电。同样当 D<sub>2</sub> 端为正半周时, D<sub>1</sub> 截止, D<sub>2</sub> 导通, 电流经 D<sub>2</sub> 整流, R<sub>4</sub> 限流后为另外两只电池充电。LED<sub>1</sub>、LED<sub>2</sub> 为充电指示灯, R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub> 为发光二极管的保护电阻。

### 例 4 自制 5" 电池充电器

图 4-6 示出的充电器简单、易做、实用, 其工作原理和上例大致相同, 在 A、B、C、D 四个位置可对四节电池同时进行充电, 当然也可在任一位置处对一节电池进行充电, 克服了上例必须同时给两节电池充电的缺点。

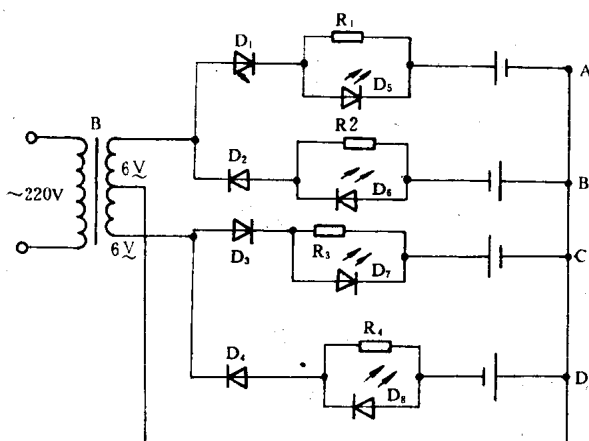


图 4-6

220V 交流电经双 6V 变压器 B 降压, 全波整流后, 对每一节电池进行缓缓充电。R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>、R<sub>4</sub> 为限流电阻, D<sub>5</sub>、D<sub>6</sub>、D<sub>7</sub>、D<sub>8</sub> 发光二极管分别为充电指示灯。

### 例 5 镍镉电池多功能恒流充电器

该充电装置除可做恒流充电器外, 还可做电流限制器及可变功率负载, 电路如图 4-7 所示。其原理是: 当用电器电流小于设定值时, BG<sub>1</sub> 工作在饱和状态, ce 两端压降很小, 当超过设定值时, BG<sub>1</sub> 进入恒流状态, 起限流作用。因 BG<sub>1</sub> 的电流可调, 所以又可用做可变功率负载。可见把负载接入 A、B 端即可对其进行限流。当只用做充电器时, 把 2~4 节电池接入 AB 处即可, 调整 W<sub>1</sub> 即可调节充电电流。

### 例 6 简单实用的恒流充电器

图 4-8 所示的恒流充电器可在电池电压充到额定值时自动停止充电, 并给出指示。可编程稳压控制器 TL431 与 R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub> 组成电压比较器。当电池开始充电时, 电池电压较低, TL431 截止, LED 不亮, 此时由 CRD 与 BG 组成的恒流源向电池充电。当电池充至额定值

时, TL431 导通, LED 发光, 晶体管 BG 基极电压下降, 二极管 D 截止, 电路停止向电池充电。D 的另一作用是防止电池电压较高时造成晶体管 c、e 极的反向击穿。

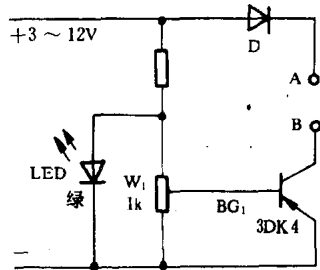


图 4-7

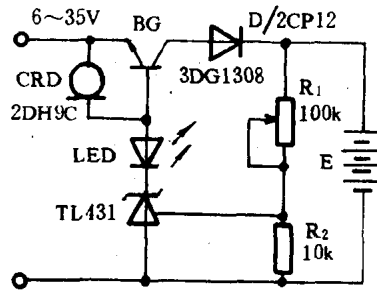


图 4-8

### 例 7 镍镉电池自动充电器

图 4-9 所示的充电器也同样具有充电状态指示和防止过充电保护电路。电容  $C_1$ 、二极管  $D_1 \sim D_4$  构成降压、限流、整流电路。其输出经二极管  $D_5 \sim D_7$  给电池充电, 并在  $D_5 \sim D_7$  上产生 2.1V 的电压降使发光二极管发光(绿色), 作为充电指示。三极管 BG 和电位器 R 组成防过充保护电路。当电池充满后, BG 饱和导通, 自动切断充电电流, 同时因 A 点电位下降, 使红色发光二极管亮, 表示充电结束。R<sub>1</sub> 是放电电阻, 其作用是充完电拔掉电源插头后, 对  $C_1$  进行放电, 以免充电者误接触插头触电。

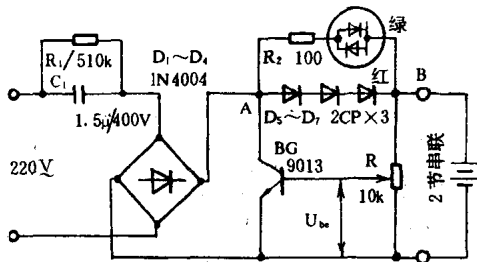


图 4-9

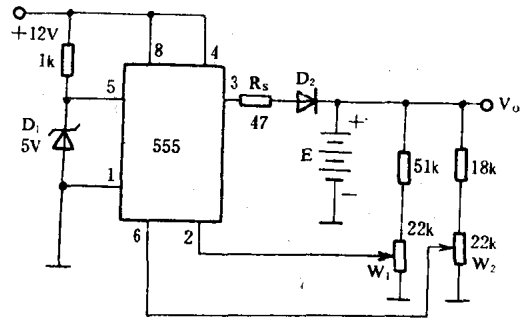


图 4-10

### 例 8 利用 555 的镍镉电池充电器

图 4-10 所示的自动充电器可对一节至数节电池充电。时基电路 555 是该电路的核心元件, 其工作方式不是常用的振荡器或双稳态, 而是作为比较器工作, 内部两个比较器的基准电压由  $D_1$  稳压提供。电位器  $W_1$  和  $W_2$  提供取样电压的高低限值。当电池 E 不足需充电时, 555 因其②脚电压低于⑤脚电压, 所以输出端③脚输出高电平给 E 充电。当 E 充足时, 555 的⑥脚电压高于⑤脚电压, 使③脚为低电平, 停止向电池 E 充电。R<sub>s</sub> 为限流电阻, 根据电池节数选择阻值大小。D<sub>2</sub> 的作用是防止 E 在不充电时向时基 555 反灌电流。

### 例 9 蓄电池恒压充电器

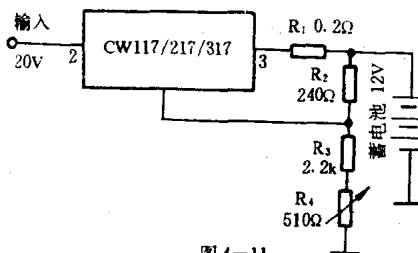


图 4-11

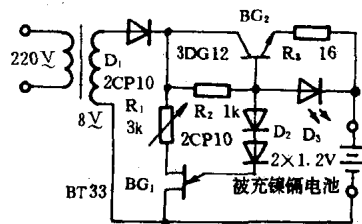


图 4-12

图 4-11 所示是用 CW117/217/317 三端可调集成稳压器制作的 12V 恒压充电器,可对蓄电池充电。 $R_1$  起限流作用,相当于增大了蓄电池的内阻,可降低充电初始阶段的充电速率,对集成块起过流保护作用。

#### 例 10 两节镍镉电池充电器

图 4-12 所示的镍镉电池充电器较前几例复杂,不仅能对电池充电还能在充满电时自停。 $BG_1$ 、 $R_1$ 、 $D_2$  构成检测电路和双稳态开关电路。 $BG_2$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  和  $D_3$  构成恒流充电电路。 $D_3$  发光二极管的正向稳压特性向  $BG_2$  恒流源提供稳定的基极电压,并作为充电状态指示。

电池刚接入该充电器时,因电池端电压低, $BG_1$  和  $D_2$  均处于截止状态,充电电流经  $BG_2$  向电池正常充电。随着充电时间的增加,电池端电压升高,当电池升至预先调定的最高允许值时, $BG_1$ 、 $D_2$  同时导通,使  $BG_2$  的基极电压下降,迫使  $BG_2$  截止,充电过程停止。

#### 例 11 用功率场效应管制作的恒流充电机

图 4-13 所示的恒流充电机具有充电效率高、可保持恒流输出、输出端不怕短路等优点。其工作原理是:由降压、整流输出的电流经充电电池、功率场效应管漏极、源极构成回路,由于功率场效应管的恒流特性,输出电流为一恒定值。稳压管的作用是为了保证栅极电压的稳定。

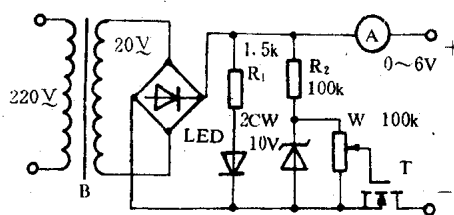


图 4-13

#### 例 12 多用充电器

该充电器之所以称为多用充电器是因为它既可对镍镉电池、干电池充电,也可作为低压直流电源使用,其原理图如图 4-14 所示。

220V 市电经变压器 B 降压, $D_5$  整流产生直流脉动电流,对电池  $E_{C1}$ 、 $E_{C2}$  充电。 $K_2$  为快充、慢充选择开关,即可通过改变限流电阻的阻值来改变充电电流的大小。一般快充为 4 小时,慢充为 14 小时,为延长电池寿命最好选择慢充。常开按钮 AN 和指示灯 ZD 组成充电电池检测电路,充电前装上待充电池,按 AN、ZD 无光或有微光是正常的,充电时间到时,按 AN、ZD 发光能维持 10s 表明电池已充满,可供用电器使用了。

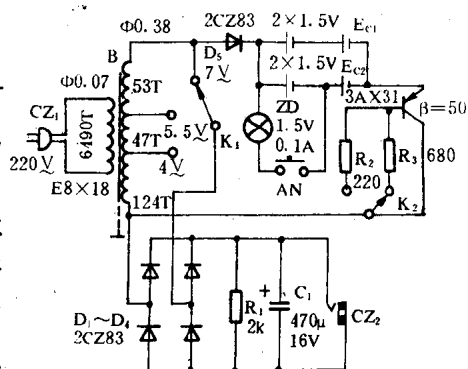


图 4-14

$D_1 \sim D_4$ 、 $R_1$  和  $C_1$  组成桥式整流滤波电路,改变  $K_1$  的位置,可从插座  $CZ_2$  获得 3V、4.5V 和 6V 直流输出,可供收音机、单放机、电动玩具等使用。

#### 例 13 简单实用的电池充电器

该充电器可对普通干电池或镍镉电池进行恒流充电,其原理图见图 4-15。220V 交流市电经 B 降压、二极管 D 半波整流、电容 C 滤波后,由  $BG$ 、 $W$  等组成的恒流电路向 E 充电。调整  $W$  能改变输出电压值,以适应不同节数电池串联充电的需要。LED 和  $R_2$  组成充电指示电路,在充电过程中,LED 发光。该充电器每次可充 1~4 节电池,一般需充 15 小时左右。

#### 例 14 充电器兼指示灯电源

该充电器与前几例不同之处在于还可作指示灯电源,其原理图见图 4-16。接通市电并合上 K 时,桥式全波整流的输出使  $D_3$ 、 $D_6$  呈正向导通状态,因电阻  $R_1$ 、 $R_2$  的存在,使 PNP



型晶体管 BG 的基极电位高于射极电位, BG 截止, 此时充电电路工作, 充电电流约 43mA, 发光二极管 D<sub>0</sub> 点亮。

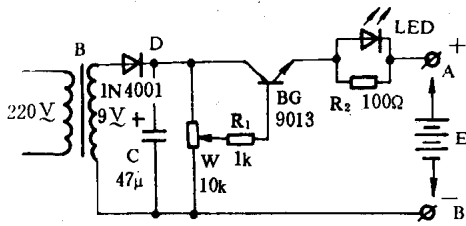


图 4-15

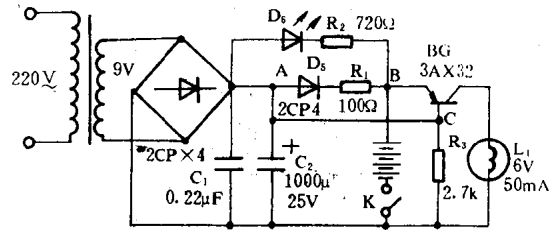


图 4-16

当市电中断时, D<sub>3</sub> 和 D<sub>0</sub> 呈反向偏置, BG 因呈正向偏置而导通, 已充的电池通过 BG 放电, 使灯 L<sub>1</sub> 点亮。该充电器较适合对新镍镉电池充放电。

#### 例 15 镍镉电池小型自动充电器

图 4-17 所示的充电器既能自动充电, 同时又具有镍镉电池的负温度特性的补偿功能。其工作原理是: 刚接入被充电电池的端电压较低, 电容 C 两端的电压也较低, 不足以触发 SCR<sub>2</sub> 导通, 由 SCR<sub>2</sub> 呈关断状态。此时电流由 D<sub>1</sub> → R<sub>1</sub> → R<sub>4</sub> → D<sub>2</sub> → SCR<sub>1</sub> 的控制极, 使 SCR<sub>1</sub> 导通, 电池被充电。随着充电过程的继续, 其端电压逐渐升高, 同时电容 C 两端的电压也随之升高。当充电电压达到预定值时, C 端电压也达到 SCR<sub>2</sub> 的触发电压, 使 SCR<sub>2</sub> 由关断状态转为导通状态, 则 SCR<sub>1</sub> 的控制极电流为零, SCR<sub>1</sub> 关断, 充电停止。

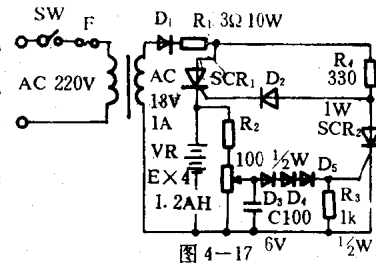


图 4-17

#### 例 16 镍镉电池的恒流充电器

该恒流充电器原理较简单, 原理图见图 4-18, 省略了降压整流部分。图中采用 555 时基电路构成自激多谐振荡器, BG<sub>1</sub>、BG<sub>2</sub> 两只功率三极管为其功率输出。D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> 和滤波电容 C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub> 构成倍压整流电路, 其输出送至三端稳压集成器 7805 的输入端, 由 7805、R<sub>5</sub>、D<sub>3</sub> 组成的恒流源产生恒定的充电电流对电池进行充电。如果按图示参数选择元件, 电路的充电电流为 50mA, 一般需充 14 小时。

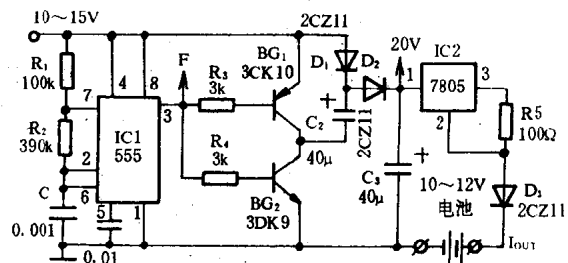


图 4-18

#### 例 17 蓄电池自动充电装置

该充电装置和大多自动充电器原理一致, 即在蓄电池达到预定的输出电压值时自动停止充电, 以防止过充电。其原理图如图 4-19 所示。电阻 R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、二极管 D<sub>1</sub> 和稳压管 DW 组成降压整流稳压电路。BG 和 D<sub>2</sub> 等组成充电电路, 对蓄电池进行缓缓充电。刚开始充电时, 蓄电池端电压低于预定值, 可控硅 SCR 截止。当蓄电池端电压达到预定值时, SCR 被触发导通, 三极管 BG 截止, 充电过程自动结束, 同时信号灯 H 点亮。该预定值由 R<sub>1</sub> 的阻值决定。

#### 例 18 小型电瓶充电器

图 4-20 所示的充电器也是在蓄电池达到额定电压时能自动停止充电并指示。由发光二极管 LED<sub>2</sub> 和大功率三极管 BG<sub>2</sub> 构成具有温度补偿特性的恒流源电路, 调节 R<sub>1</sub> 可改变恒

流源的电流,也即是决定充电电流大小。当充电后蓄电池的电压等于预置电压时,  $BG_1$  便截止,  $BG_2$  也随之截止, 自动停止充电。LED 为一只红、绿双色发光二极管, 其中的绿色为通电指示, 红色为充电指示, 即  $BG_1$  截止后红色 LED<sub>2</sub> 熄灭, 显示变为绿色, 表示充电完毕, 充电过程中红、绿发光管均发光, 混合为橙黄色光。

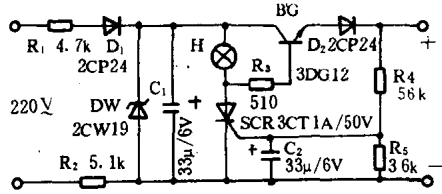


图 4-19

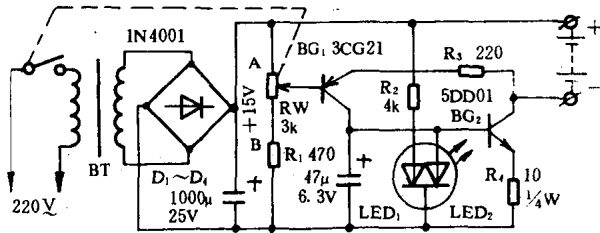


图 4-20

#### 例 19 高级镍镉电池充电器

该充电器的突出特点是在电池反接时能提供保护作用, 即当电池的两个极被错接在充电器上时, 充电器不产生充电电流。而且该充电器被截止时, 不会成为电池的负载。其原理图见图 4-21。在电池被连接到正确的电极上或输出端处于开路状态时,  $BG_1$  便导通。这个晶体管的集电极电流在二极管  $D_1 \sim D_3$  产生大约 2.1V 的参考电压, 该电压经  $P_1$  加到达林顿晶体管  $BG_2$ 。  $BG_2$  的发射极电阻  $R_3$  起恒流作用。充电电流的大小由  $P_1$  控制。

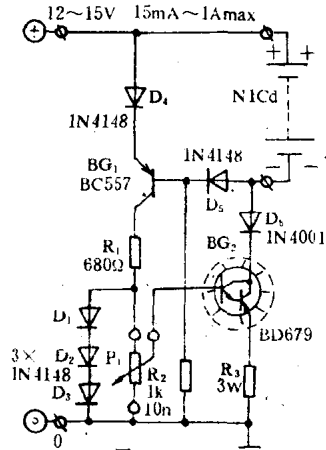


图 4-21

#### 例 20 镍镉电池快速充电器

图 4-22 所示的充电器不仅能快速充电, 并具有由快充进入慢充的自动转换功能。

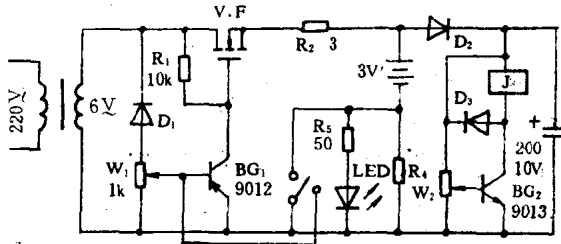


图 4-22

220V 市电经 B 降至 6V, 当 B 输出正半周时, 经场效应管向电池充电,  $R_2$  为限流电阻。当 B 输出负半周时, 经  $D_1$  整流后供给  $BG_1$  偏压, 其幅值上升到一定程度时,  $BG_1$  导通, 集电极电流在  $R_1$  上的压降, 使 V.F 导通, 对电池进行反充电, 调节  $W_1$  可改变反充电强度。电池电压充至 3V 左右时,  $BG_2$  导通, 继电器 J 吸合, LED 和  $R_4$  接入充电回路, 充电进入小电流慢充状态。  $BG_1$  因 be 极短接而截止, 逆向充电结束, 同时 LED 发光指示快充结束。

#### 例 21 用负阻发光管作充电器

该充电器能对两节 5 号镍镉电池进行充电, 充电时每充 4 分钟停充 4s, 如此循环, 在每次停充期间内自动对电池进行一次电压检测, 待电池达到给定值立即停止充电。

其原理图如图 4-23 所示。LED<sub>3</sub> 和 LED<sub>4</sub> 是两只负阻发光二极管, 其转折电压  $V_s$  为

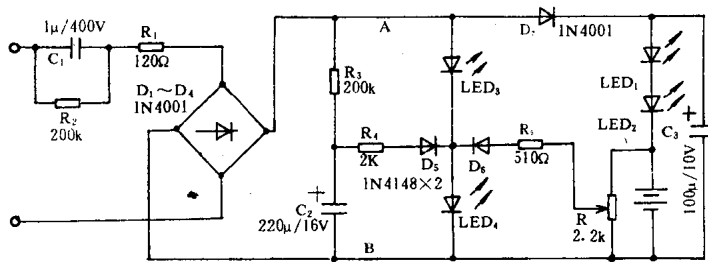


图 4-23

5V,当每只管端电压未达  $V_s$  前,通过的电流极小,当超过  $V_s$  时,立即正向导通,其端电压为 1.6V,且随着电流的增加而缓缓地增加。当电流逐渐减小时,亮度逐渐变小直至灭,恢复高阻抗。 $LED_1$ 、 $LED_2$  为普通发绿光二极管。电池刚接入电路时,充电回路的总电压低于 10V, $LED_3$ 、 $LED_4$  不导通,电路对电池进行恒流充电,此时流经  $R_3$  的电流对  $C_2$  充电,约 4 分钟后, $LED_3$  被击穿而正向导通,其端电压降至 1.6V,同时  $LED_4$  也导通,使 A、B 两点电压降至 3.2V,充电过程停止,全部电流流过  $LED_3$  和  $LED_4$ 。因  $LED_3$ 、 $LED_4$  接的是脉动直流电压,因此,当  $C_2$  的放电电流低于  $LED_3$  的维持电流,并且在脉动电压过零时, $LED_3$ 、 $LED_4$  同时截止,充电电路再次通电,如此周而复始地对电池进行充电。电位器 R 为电压检测元件,R 取出的电压通过  $R_5$ 、 $D_5$  控制  $LED_3$ 、 $LED_4$  的导通或截止,进而控制充电回路,使电池电压达到给定值时停止充电。

### 例 22 安全充电器

图 4-24 所示的安全充电器工作原理是:当电池 E 没接入充电器时,即使充电器接入

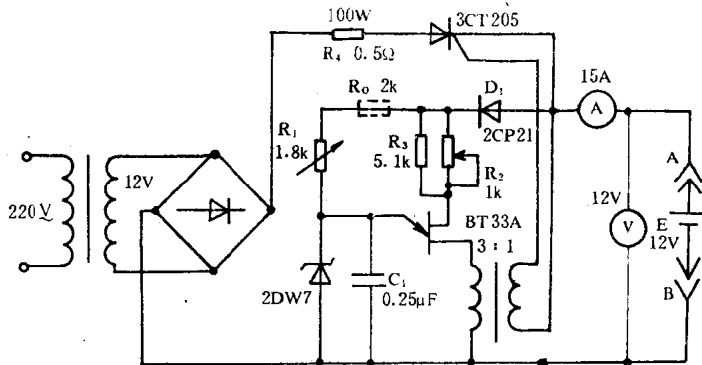


图 4-24

交流电源,输出端 A、B 间也无电压。因为此时由  $C_1$ 、 $R_1$ 、BT33A 组成的张弛振荡器没有电源供电,电路不起振,可控硅 3CT205 截止。当待充电电池 E 接入 A、B 时,E 中的剩余电压使张弛振荡器工作,触发可控硅导通,给电池充电。调节电位器  $R_1$ ,可改变可控硅导通角,以控制充电电流。当市电中断时,可控硅自动关断,不会导致电池向电路放电。 $D_1$  用于防止电池极性接反。当电池充电达到规定电压,2DW7 稳压管导通,振荡器停振,充电停止。

### 例 23 安全实用的充电器

图 4-25 所示的充电器工作原理和上例大致相同,只是增加了控制充电速度、调节充电电压的功能,而且充电电压在 6~24V 间无级变化。 $W_1$ 、 $R_3$ 、 $C_1$  和 BT33 组成张弛振荡器; $BG_2$  用于放大振荡信号,并经变压器  $B_2$  输出,触发可控硅 SCR。调节  $W_1$  可改变振荡频率,从而改变可控硅的触发相位,也即调节充电速度。

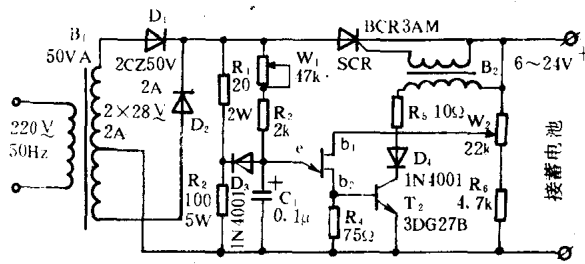


图 4-25

自动调节充电电压的过程是：当充电电压升高时， $W_2$  上端电压也升高，BT33 的第一基极  $b_1$  电压升高，单晶体管的振荡频率降低，触发相位角滞后，可控硅导通角减小，从而减小了充电电流。

二极管  $D_3$  用来泄放单晶体管在每个整流后的半波终了时  $C_1$  上的残存电压。

例 24 采用可控硅整流的充电器

图 4-26 所示充电器的工作原理是：刚接入电池时，电池端电压较低，不足以使晶体管导通。由 RC 组成的移相电路给可控硅提供触发电流，移相角由  $W_2$  决定，负半周时可控硅截止，因此可控硅以可控半波整流方式给电池充电。调整  $W_2$  即可调整充电电流。当电池端电压逐步升压，快到预定值时，三极管开始导通，可控硅的导通角减小，充电电流下降，直至可控硅完全截止，这样充电自动停止。

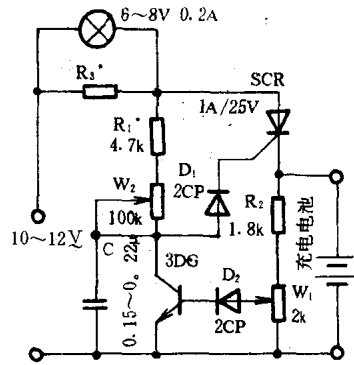


图 4-26

例 25 恒流定压充电器

图 4-27 示出的充电器电路较前几例复杂，功能较多，能给四节 500mAh 的镍镉电池慢速、快速充电。当电池电量充足时，它能自动切断充电电流并以  $LED_5$  发红色光指示已充足电。显而易见，电路由整流滤波、恒流充电和定压检测控制电路组成。

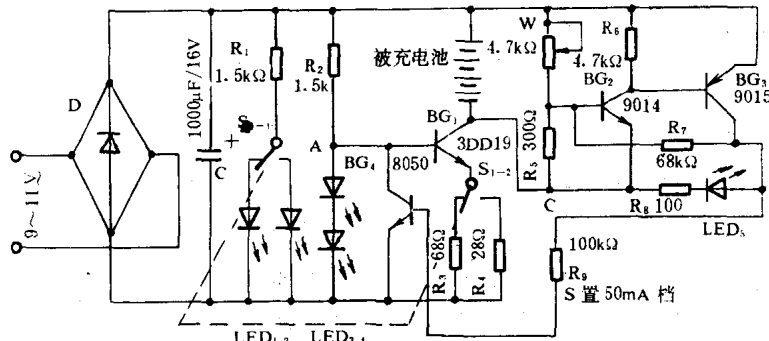


图 4-27

整流滤波电路由桥堆 D 和电容 C 组成。

$BG_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ 、 $LED_3$ 、 $LED_4$  组成晶体管恒流电路，充电电流的转换由 S 控制，并由  $LED_1$ 、 $LED_2$  作相应指示，置  $R_3$  档为慢速充电，充电电流约为 50mA； $R_4$  档快速充电电流约为 120mA。 $LED_3$ 、 $LED_4$  在电路中起稳压作用并兼作充电指示。

定压检测控制电路由  $BG_2$ 、 $BG_3$ 、 $BG_4$ 、 $W$ 、 $R_5 \sim R_9$  组成，其中  $BG_2$ 、 $BG_3$  构成双稳态触发

器。开始充电时,电池电压较低,B对C点电压低于0.6V,BG<sub>2</sub>、BG<sub>3</sub>均截止。随着充电过程的继续,电池电压渐渐上升,至充足电时,B点电压达0.6V,BG<sub>2</sub>、BG<sub>3</sub>迅速跳变至饱和导通,BG<sub>3</sub>集电极输出高电位,经R<sub>5</sub>送至BG<sub>4</sub>基极使BG<sub>4</sub>导通,从而使BG<sub>1</sub>失去基极偏置而截止,充电停止,LED<sub>3</sub>、LED<sub>4</sub>同时熄灭,此时LED<sub>5</sub>点亮,表示电已充足。双稳触发器可使电路控制特性陡直,能在充电过程中一直保持恒流。

#### 例 26 铅酸蓄电池自动充电机

通常铅酸蓄电池的单格电压降至1.7V时,应停止放电,并及时进行充电,在充电末期,单格电压达到2.6~2.75V时,应停止充电,否则会造成过充电,缩短蓄电池的使用寿命。该充电机就能避免蓄电池工作在欠压或过充电状态,有效地保证电池工作在良好状态。

其电路原理见图4-28。因为脉冲充电比平直充电好得多,所以该充电机采用单绕组,

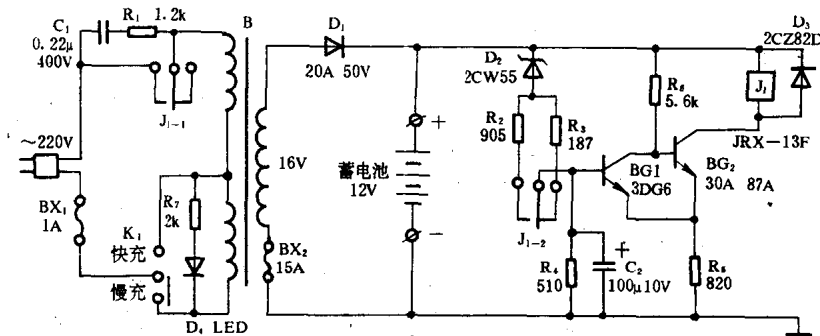


图 4-28

单管半波整流后直接对蓄电池进行充电。R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>、R<sub>4</sub>、D<sub>2</sub>组成电压检测电路。当蓄电池电压上升至15V时,D<sub>2</sub>被击穿导通,使BG<sub>1</sub>饱和导通,BG<sub>2</sub>截止,J<sub>1</sub>释放,其触点J<sub>1-1</sub>切断了变压器B的电源,充电过程停止。为了防止继电器触点烧蚀,特设计了由R<sub>1</sub>、C<sub>1</sub>组成的消火花电路。此时J<sub>1-2</sub>触点接通R<sub>3</sub>,维持D<sub>2</sub>、BG<sub>1</sub>导通。当蓄电池电压降到12.5V左右时,D<sub>2</sub>、BG<sub>1</sub>截止,BG<sub>2</sub>导通,J<sub>1-1</sub>接通电源,继续对蓄电池充电,直至蓄电池端电压保持在15V,J<sub>1-1</sub>再断开电源,控制变压器的空耗,D<sub>4</sub>发光二极管熄灭,表示停止充电。K<sub>1</sub>为充电电流控制开关。BX<sub>1</sub>、BX<sub>2</sub>是为避免短路而设的双重保护。

#### 例 27 高效蓄电池充电器

该充电器采用了定时短促的“倒吸”式充电,使充电效率大大改善。因为蓄电池充电时会产生一连串的气体逸出,这种气体分子将蓄电池极板包围,使极板与电解液隔离开,从而使充电内阻升高,减小了有效充电电流,降低了充电效率,而“倒吸”式充电在充电过程中周期性地给蓄电池加反极性的20V脉冲电压令其“倒吸”,消除气泡,从而使充电效率提高。

该充电器电路图见图4-29,电路共分三部分:电源部分、“倒吸”电路和充电/停止控制电路。

电源部分由变压器B、D<sub>1</sub>~D<sub>4</sub>桥式全波整流电路组成,可控硅SCR<sub>1</sub>提供充电通道。R<sub>1</sub>和D<sub>5</sub>形成SCR<sub>1</sub>的触发电路,M指示充电电流(0~10A)。

“倒吸”电路的作用是由555输出定时脉冲通过晶体管BG放大使继电器K<sub>1</sub>周期性地动作,定时脉冲宽度由R<sub>9</sub>、C<sub>4</sub>值决定,周期为2s~2.5分,可由R<sub>10</sub>调节。在定时脉冲期间,继电器K<sub>1</sub>带动开关K<sub>1B</sub>动片连接到“倒吸”位置给蓄电池加上C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>的反极性电压。K<sub>1A</sub>动片接指示灯标志正在进行充电过程,当555输出低电平期间K<sub>1</sub>不动作,蓄电池充电。

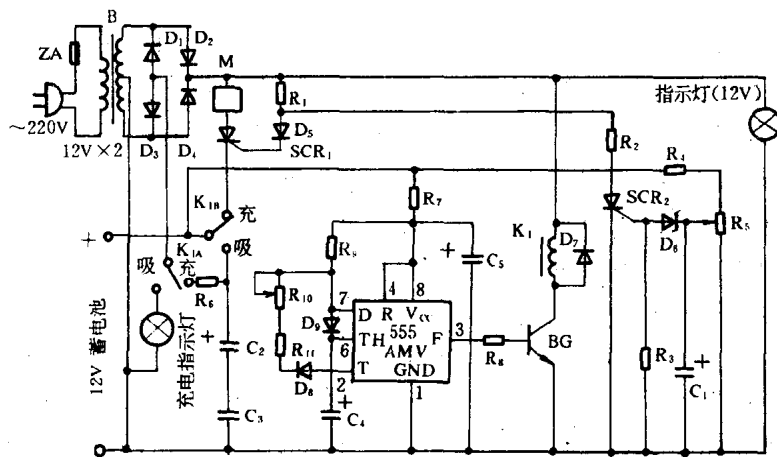


图 4-29

充电/停止的控制电路是由  $R_2 \sim R_5$ 、 $SCR_2$  和  $D_6$  等组成。 $R_5$  为采样电阻，其门限电压即由  $R_5$  调节。当蓄电池充足电时， $D_6$  被击穿导通， $SCR_2$  的控制极得到触发电流而导通，这样则使  $R_1$  中的电流旁路， $D_5$  因呈反向偏置而截止，切断了  $SCR_1$  的触发通道， $SCR_1$  截止，充电过程自动停止。 $R_{10}$  的作用是调节充电与“倒吸”的周期

#### 例 28 简易过流保护充电器

该例充电器与其它充电器差别甚大，它的过流检测元件采用的是干簧管，而不是通常采用的交流互感器或过电流继电器。电路如图 4-30 所示。由快速保护电路和半波整流电路两部分组成。该电路能在蓄电池充足电时，0.02s 时间内自动切断电源，保护电路的额定电流为 0.5A，过流动作额定值为 1A。

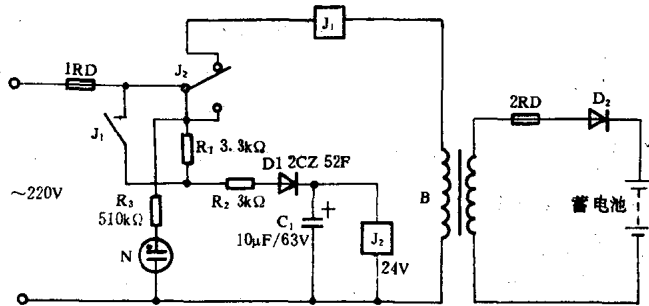


图 4-30

其工作原理是：当充电电流达到或超过过电流额定值时，作用于  $J_1$  的交变磁场使干簧管发生周期性吸合动作，接通  $J_2$  继电器电源， $J_2$  吸合自保，同时切断充电机电源，从而有效地保护了蓄电池。氖泡  $N$  为  $J_2$  的动作指示灯， $R_3$  为  $N$  的限流电阻。

#### 例 29 高效快速充电器

众所周知，如果仅靠提高充电电流来达到快速充电的目的，很易损坏蓄电池，该高效快速充电器却能克服这个弱点，既提高了充电速率又能防止蓄电池损坏。它的工作过程是：正向充电电流脉冲—反充窄脉冲—间歇。加反脉冲是为了消除大电流正充时产生的气泡。间歇的目的是使电解液中的离子有充分的扩散时间，从而保证充电电池内部的反应顺利进行。

该充电器的原理图如图 4-31。其中  $IC_1$ 、 $IC_2$  均为 555 集成电路， $IC_1$  和周围元件构成多谐振荡器，振荡频率为 50Hz，占空比为 50%。当它的③脚输出高电平时， $BG_1$  导通，给电

池正向充电。当其输出低电平时,  $BG_1$  截止, 正向充电暂停。其负跳沿触发由 IC2 构成的单稳电路, 输出窄脉冲去控制  $BG_2$ , 对电池进行反向充电。反向充电结束后至下一个正脉冲到来之前,  $BG_1$ 、 $BG_2$  均截止, 这段时间为充电间歇期, 以后周而复始地重复上述过程。

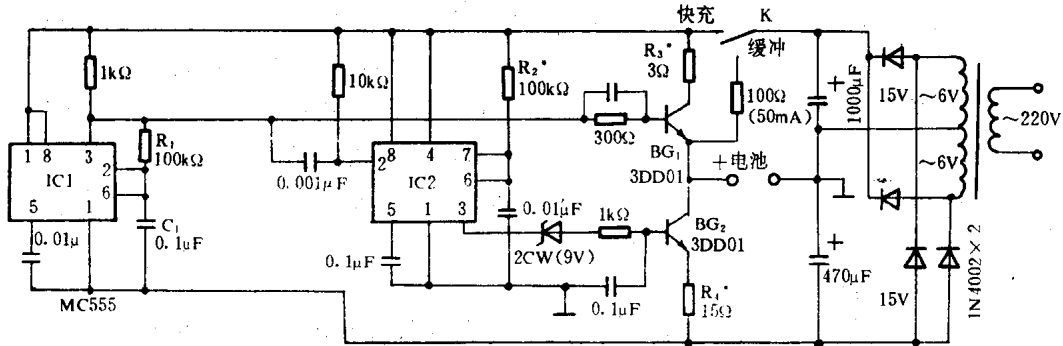


图 4-31

K 是充电方式选择开关, 当其置于“缓冲”位置时, 该充电器相当于普通充电器。调节  $R_3$  可改变正向充电电流, 调整  $R_4$  可改变反向充电电流值。该充电器一次可充 5 号电池两节。

### 例 30 蓄电池快速充电器

该快速充电器和上例相似, 先采用大电流恒流充电, 当蓄电池内部达到气化点时, 就进行瞬间大电流放电, 再充电、放电, 如此循环多次达到快速充电的目的。其电路主要由充电主电路、恒流电路和自动充放电电路组成, 电路如图 4-32 所示。

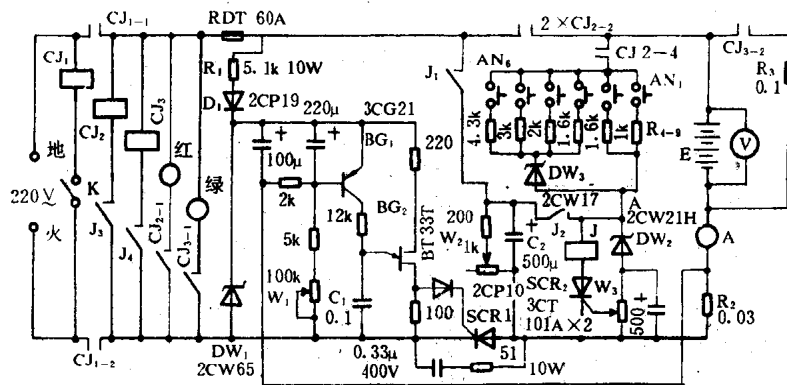


图 4-32

充电主回路由可控硅  $SCR_1$ 、蓄电池、电流表等组成。蓄电池反向串接在由单向可控硅组成的半波可控整流电路, 当电源处于负半周时, 可控硅若导通, 电流则由电源地线进入电瓶正极, 由负极流出, 经过电流表和电阻  $R_2$ 、可控硅  $SCR_1$  回到火线。正半周时可控硅关断。

恒流电路由  $R_2$ 、 $BG_1$ 、 $BG_2$ 、 $C_1$ 、 $SCR_1$  等组成。单结晶体管  $BG_2$  和晶体管  $BG_1$ 、 $W_1$ 、 $C_1$  等组成张弛振荡器, 作为可控硅  $SCR_1$  的触发回路, 电阻  $R_1$ 、 $D_1$  和稳压管  $DW_1$  将交流电直接进行半波检波并稳压, 给张弛振荡器提供 22V 直流电源, 调节  $W_1$ , 便改变了振荡频率, 从而改变可控硅的导通角, 也即是调节充电电流的大小。其恒流过程是: 当充电电流过大时,  $R_2$  上的压降增大,  $BG_1$  基极电位升高, 则使集电极电流下降, 电容  $C_1$  的充电速度也减慢, 触发信号推迟, 可控硅  $SCR_1$  导通角减小, 从而使充电电流减少到恒定值; 当蓄电池电压随着充电而增高时, 充电电流随之下降,  $R_2$  上的电压降减小,  $BG_1$  基极电位降低, 触发脉冲提前, 使可

控硅导通角增大,因而充电电流仍能保持不变。

自动充电路由琴键开关  $AN_1 \sim AN_6$ 、分压电阻  $R_4 \sim R_6$ 、稳压管  $DW_2$ 、 $DW_3$ 、可控硅  $SCR_2$  和继电器  $J$ 、电容  $C_2$  等组成,通过转换琴键开关,可使该快速充电器适合不同电压的蓄电池充电要求, $AN_1 \sim AN_6$  分别对应检测待充蓄电池电压为 12V、24V、48V、54V、68V、86V 几种。充电时合上开关  $K$ ,交流接触器  $CJ_1$  吸合,同时  $CJ_2$  也吸合,恒流源输出直流电压向电池充电,电容器  $C_2$  也充电。当蓄电池电压升到气化点电压时,蓄电池电压通过检测预置电路反映到稳压管  $DW_2$  两端,使  $DW_2$  稳压管击穿导通, $W_3$  上得到电流,使  $SCR_2$  导通, $J$  吸合, $CJ_2$  释放,同时  $CJ_3$  得电吸合,蓄电池通过  $CJ_3$  触点向  $R_2$  放电,此时电容器  $C_2$  向继电器  $J$  放电,维持其吸合时间, $W_2$  可调节放电时间。

### 例 31 恒流自动充电器

该电路采用 TWH8778 控制恒流可调输出电路对镍镉蓄电池充电,当蓄电池充足电压时,充电器自动停止,有效地避免了因过充而引起蓄电池损坏。充电器的手动充电档可用于对其他类型的小容量蓄电池充电。

TWH8778 是大电流驱动开关集成电路,它虽然内部结构复杂,应用却十分方便,只需在控制端加上一个数字信号,就能高速控制外接负载的通断。其五个引脚的功能为:①脚是输入端,②、③脚均是输出端,④脚为地端,⑤脚为控制端。当⑤脚为数字高电平时,输入端至输出端即接通,反之则断开。实际应用时,控制端电压应小于 6V。此外芯片内部还设有过压、过热、过流等多种保护电路,当输入电压超过 30V 时,输出负载电流被自动切断,待输入端电压下降后,开关电路自动恢复。

该充电器原理见图 4-33,其工作原理是:当充电器接上被充蓄电池后,在未按启动按钮

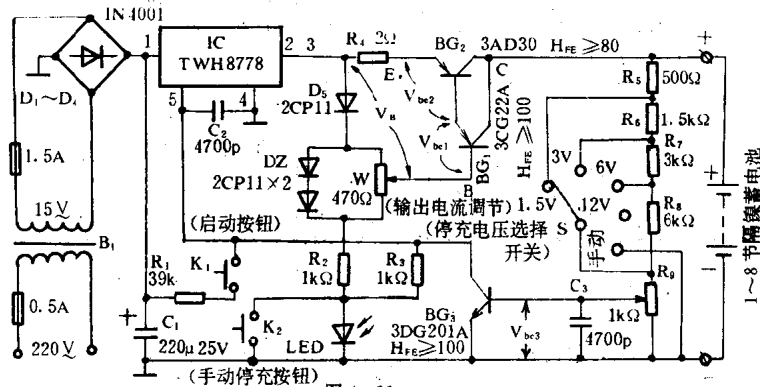


图 4-33

$K_1$  以前, TWH8778 因控制端无开启电压处于关断状态。此时自动停充电电路中的  $BG_2$  也因蓄电池端电压低于 1.5V/只处于截止状态。按下启动按钮  $K_1$  时, IC 的控制端通过电阻  $R_1$  获得大于开启电压阈值的开启电压暂时导通,其输出电流通过恒流输出管  $BG_2$  开始对蓄电池充电;同时, IC 的输出电流通过  $D_5$ 、 $D_Z$ // $W$ 、限流电阻  $R_2$  和充电指示灯 LED 为恒流输出电路提供稳定的可调基极电压,而且还将 LED 两端约 2V 的电压反馈到 IC 的控制端,作为 IC 自保持的控制电压,使按钮  $K_1$  断开后 IC 也能长期保持导通状态,蓄电池不间断充电。

恒流可调输出电路由  $BG_1$ 、 $BG_2$ 、 $D_5$ 、 $R_1$ 、 $D_Z$  和  $W$  等组成。 $BG_1$ 、 $BG_2$  接成达林顿管,



$D_5$ 、 $D_2$  和  $W$  接成简单的恒压电路，调节  $W$  就可改变达林顿管集电极的恒流输出，即改变充电器恒流输出的大小。电阻  $R_5 \sim R_9$ 、停充电压选择开关  $S$  和  $BG_3$  组成自动停充电路。在充电过程中，随着蓄电池端电压的逐渐上升， $BG_3$  的基极电压也随之上升，当蓄电池端电压上升到 1.5V/只时， $BG_3$  开始导通并将 IC 控制极启动电流分流，使 IC 因控制极开启电压低于阈值而关断，此时充电指示灯 LED 灭，充电器停止对蓄电池充电。

停充电压选择开关  $S$  是按充一、二、四节和八节镍镉蓄电池选择相应的档位，如果充四节电池则将  $S$  拨到充 6V 电池档位。电容  $C_1$ 、 $C_2$  为抗干扰电容器， $K_2$  为手动充电时的停充按钮。

### 例 32 筒式镍镉电池充电器

该筒式充电器也是采用了 TWH8778 开关集成电路，其原理图见图 4-34。接通开关  $K$ ，

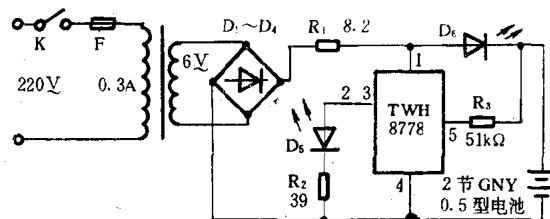


图 4-34

220V 市电经变压器  $B$  降压， $D_1 \sim D_4$  整流后，通过  $R_1$ 、 $D_5$  给两节电池充电， $D_5$  发光表示正在充电。此时 TWH8778 的控制端⑤脚开启电压太小，电路不导通， $D_5$  不亮。随着充电的继续进行，电池端电压逐渐升高，⑤脚电压也达到开启电压，使其输入端和输出端接通，即  $D_5$  亮，表示电池已充足电。

### 例 33 全自动两阶段恒流充电器

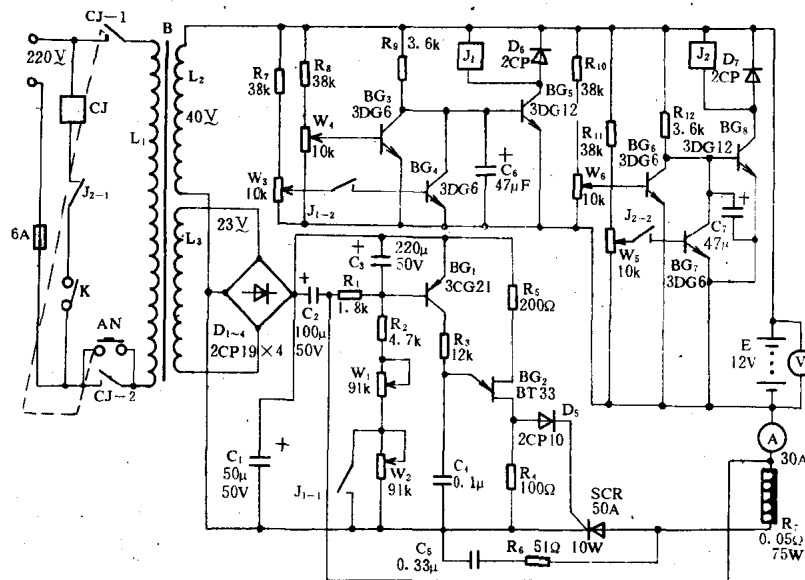


图 4-35

该充电器在当电瓶电压充到 14.5V 时，能自动将充电电流降低一半而转入第二阶段充电，当充电到 16V 时能自动关机。其电路如图 4-35 所示。由电源电路、充电电路、触发电路、充电恒流控制电路、两阶段充电转换电路和自动关机电路等组成。

电源电路和充电电路的工作过程是：220V 交流市电经变压器 B 降压为两组低压交流电 40V 和 23V，其中 23V 经  $D_1 \sim D_4$  全波桥式整流电路整流后，对  $BG_1$ 、 $BG_2$  组成的恒流电路和触发电路供电。当触发脉冲触发 SCR 导通时，交流 40V 即在正半周范围内对电瓶进行脉冲式恒流充电。

触发电路和充电恒流控制电路原理与例 30 的恒流电路完全相同，触发脉冲由  $BG_2$  组成的张弛振荡器产生。 $BG_1$  为恒流控制管，随着电瓶充电其电压升高，充电电流减小， $R_7$  上的电压也减小，使  $BG_1$  基极电位下降，进而使  $BG_1$  集电极电流增大，使电路通过  $BG_1$  对  $C_4$  的充电加快，触发脉冲提前，SCR 的导通角增大，即使电瓶充电电流增大，从而维持了原充电电流的恒定。

$BG_3 \sim BG_8$ 、 $J_1$ 、 $J_2$  等组成了两阶段充电转换电路和自动关机电路。刚接入电瓶时，因其初始电压较低（14.5V 以下）， $BG_3$ 、 $BG_4$ 、 $BG_6$ 、 $BG_7$  呈截止状态， $BG_5$  导通， $J_1$  和  $J_2$  吸合，各触点工作状态是： $J_{2-1}$  闭合，CJ 得电工作，电瓶充电； $J_{1-2}$ 、 $J_{2-2}$  断开，防止电瓶电压升高后使  $BG_4$ 、 $BG_6$  误导通，从而误使  $BG_5$ 、 $BG_8$  截止； $J_{1-1}$  闭合， $W_2$  被短路，此时为第一阶段充电。当电瓶电压达 14.5V 时， $BG_3$  饱和导通， $BG_5$  截止， $J_1$  释放， $J_{1-1}$  断开， $W_2$  串入  $BG_1$  基极电路， $C_4$  充电变慢，触发脉冲滞后，使 SCR 导通角减小，因而电瓶充电电流减小，转入第二阶段充电。当充电到 16V 时， $BG_6$  饱和导通， $BG_8$  截止， $J_2$ 、CJ 相继释放，达到电路自动关断的目的。

#### 例 34 蓄电池自动充电器

该充电器利用了功率开关集成电路 TWH8751，因而具有自动切断充电电流、可靠性高、过流保护等优点，同时适用范围宽广，可适合各种类型的蓄电池充电，如铅酸电池、镉镍电池、锌银电池等。其电路图如图 4-36 所示。

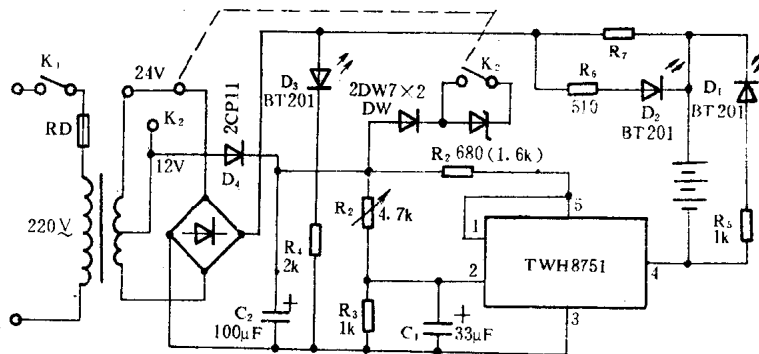


图 4-36

刚接上待充电电池时，因电池电压低于电池充电的终止电压，TWH8751 的选通端②脚电位低于阈值电压，TWH8751 导通，开始对电池充电。随着充电电压的提高，电池端电压逐步上升到规定的终止电压时，②脚电压高于阈值电压，TWH8751 截止，充电结束。 $R_1$  为限流电阻， $C_1$  为保持电容，充电结束用以维持 TWH8751 处于截止状态及抗干扰用。 $R_2$ 、 $R_3$ 、DW 用以调节充电终止电压值。 $R_7$  为充电限流电阻， $D_2$ 、 $R_5$  为充电指示， $D_1$ 、 $R_5$  为电池接反指示， $D_3$ 、 $R_4$  为电源指示。

#### 例 35 镍镉电池充电器

该充电器可以以四种恒定电流 55mA、150mA、200mA、300mA 对 1~30 节电池充电，充电结束自动关机并具有 4~18 小时定时器。该充电器也采用了设计新颖的开关集成电路 TWH8751 组成恒流电路，其原理图如图 4-37 所示。

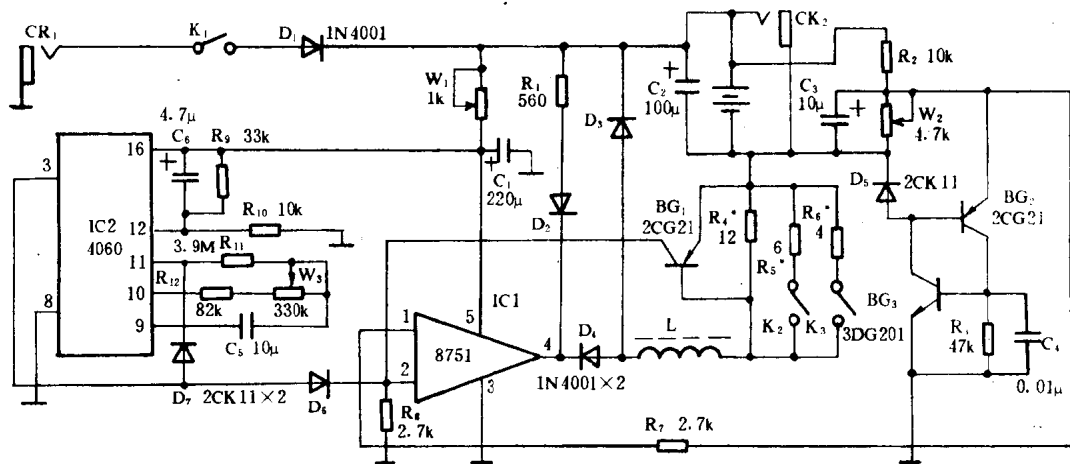


图 4-37

由 TWH8751 的②脚与 BG<sub>1</sub>、R<sub>4</sub>（或 R<sub>5</sub>、R<sub>6</sub>）等构成开关式恒流电路。8751 的①脚与 BG<sub>2</sub>、BG<sub>3</sub> 构成电压检测电路。装入电池，闭合 K<sub>1</sub>，此时电池电压较低，W<sub>2</sub> 上电压不足以使 D<sub>5</sub>、BG<sub>3</sub> 导通，则 8751 的①脚为高电平，②脚为低电平，8751 导通。在 L 的作用下，流过电池的电流逐渐上升，R<sub>4</sub>（R<sub>5</sub>、R<sub>6</sub>）上电压也逐渐上升，当升到约 0.6V 时，BG<sub>1</sub> 导通，8751 的②脚为高电平，8751 截止。L 通过续流二极管 D<sub>3</sub>，对电池组放电，电流下降，此时 BG<sub>1</sub> 截止，8751 又导通，如此达到恒流充电的目的。当电池端电压升到预定值时，BG<sub>2</sub> 导通，由于 BG<sub>2</sub>、BG<sub>3</sub> 的强正反馈，使 8751 第①脚电位立即下降，8751 关断，充电结束。

集成块 IC2（CC4060）为一振荡/2<sup>14</sup>分频器，先由⑨、⑩、⑪脚及外接 RC 元件产生一约 0.2Hz 的脉冲，经过 2<sup>14</sup>分频，可得到长达 18 小时的定时时间，当时间达到预定值时，IC2 的③脚输出高电平，由 D<sub>6</sub> 送至 8751 的②脚，使 8751 关断，并由 D<sub>7</sub> 送至 IC2 的①脚，使振荡器停止工作。

K<sub>2</sub>、K<sub>3</sub> 用于设定充电电流，其具体为：K<sub>2</sub>、K<sub>3</sub> 均断开时，电流为 50mA；K<sub>2</sub> 闭合、K<sub>3</sub> 断开时，为 150mA；K<sub>2</sub> 断开、K<sub>3</sub> 闭合时，充电电流为 200mA；K<sub>2</sub>、K<sub>3</sub> 均闭合时，为 300mA。

CT<sub>1</sub> 为电源输入插口，CT<sub>2</sub> 为输出插口。

### 例 36 自动充电器

图 4-38 所示的充电器具有自动控制灵敏度高，充电电池不限等优点。当充电器接通电源时，继电器常闭端将 K<sub>2</sub> 接通，整流输出电流通过 R<sub>7</sub> 对 C<sub>1</sub> 充电。因三端稳压器 W7812 的 12V 电压首先建立，而 C<sub>1</sub> 的电压不能突变，所以通电瞬间 BG<sub>1</sub> 截止，BG<sub>2</sub>、BG<sub>3</sub> 导通，继电器翻转，K<sub>2</sub> 断开、K<sub>1</sub> 接通。然后有三种情形：（1）充电电池没被装上时，BG<sub>3</sub> 输出电流通过取样电阻继续对 C<sub>1</sub> 充电，直到 BG<sub>1</sub> 基极电压接近 0.7V 左右时，继电器复位，K<sub>2</sub> 再次接通，通过 R<sub>7</sub> 实现自保。这一过程中指示灯 LED 闪亮一次，表示未装上电池。（2）装了充足电的电池，此时 BG<sub>1</sub> 导通，BG<sub>3</sub> 截止，继电器复位，LED 也只闪亮一次。（3）装上了较低电压的电池，此时 BG<sub>1</sub> 截止，BG<sub>3</sub> 导通，继电器继续接通，K<sub>2</sub> 断开，K<sub>1</sub> 接通，通过由

BG<sub>4</sub>、BG<sub>5</sub>、D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub> 等组成的恒流源对电池不间断地充电，直到电池充满，BG<sub>1</sub> 基极电位上

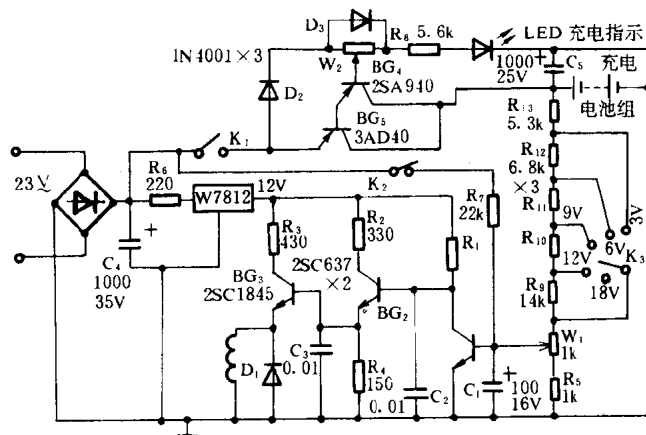


图 4-38

升，使 BG<sub>1</sub> 导通，BG<sub>3</sub> 截止，继电器复位，K<sub>2</sub> 再次接通实现自保，在充电期间 LED 一直发光表明正在充电。调整 W<sub>2</sub> 可使充电电流在 0~2.5A 之间变化。

#### 例 37 随身听快速充电器

图 4-39 所示充电器是一个两阶段集电极输出串联型稳压电路，它的最大特点是对铅蓄电池 15 分钟快速充电可以放音 2 小时，还可边听边充 8 小时也不损坏蓄电池。BG<sub>1</sub> 为调整管，BG<sub>2</sub> 为推动管，BG<sub>3</sub> 为比较放大管。D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>、R<sub>6</sub> 为电压取样电路，BG<sub>4</sub> 为开关管。若 BG<sub>4</sub> 导通，R<sub>3</sub> 通过 BG<sub>1</sub> 接地，输出稳压为 3V，C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub> 为滤波电容，C<sub>3</sub> 为延迟电容。

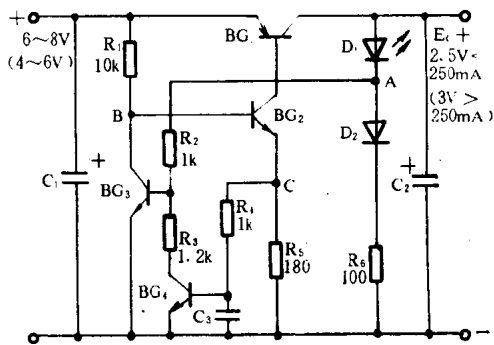


图 4-39

显而易见，该电路也具有过压、过流自动保护功能。如果输出 E<sub>C</sub> 升高时，电路有如下变化：U<sub>A</sub> (A 点电位) ↑，BG<sub>2</sub> 的 U<sub>b</sub> ↓，BG<sub>1</sub> 的 U<sub>ce</sub> ↑，E<sub>C</sub> ↓，从而使 E<sub>C</sub> 保持恒定。

#### 例 38 具有自控功能的干电池充电器

该充电器能根据电池充电情况，通过比较器和门电路对充电过程进行控制，电路如图 4-40 所示。晶体管 BG<sub>1</sub> 和电阻 R<sub>x</sub> 组成充电电路，其充电电流由 R<sub>x</sub> 阻值决定。1.6V 比较器由运放 IC<sub>1</sub> 和外围电阻 R<sub>1</sub>~R<sub>5</sub> 组成，当被充电电池电压低于 1.6V 时，运放输出高电平，此时红灯熄灭，门电路 G<sub>3</sub> 得到选通，由 G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>、C、R<sub>14</sub> 组成的方波发生器，可以通过选通门 G<sub>3</sub> 加到 BG<sub>1</sub> 的基极，使充电管有节奏地对干电池进行充电，同时绿灯闪烁。当电池电压上升到 1.6V 时，741 运放输出低电平，关闭门电路 G<sub>3</sub>，充电器 BG<sub>1</sub> 截止，这时红灯亮，绿灯熄灭，充电结束。分流晶体管 BG<sub>2</sub> 的作用是在充电过程中提供少量的反向电流，以便增强充电的保持能力。因此用该充电器充电结束后，应尽快卸下电池。

#### 例 39 能自动识别极性的全自动充电装置

如图 4-41 所示。变压器 B、D<sub>1</sub>~D<sub>4</sub>、SCR<sub>1</sub>、SCR<sub>2</sub>、R<sub>3</sub> 等组成自动识别极性的充电电路。当 X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub> 端接上蓄电池，X<sub>1</sub> 端接正极、X<sub>2</sub> 端接负极时，其正极经 R<sub>3</sub>、R<sub>1</sub>、D<sub>3</sub> 触发可控硅 SCR<sub>2</sub> 导通，220V 交流电经 B 降压、D<sub>1</sub> 整流、R<sub>3</sub> 限流和 SCR<sub>2</sub> 构成充电回路，向蓄电

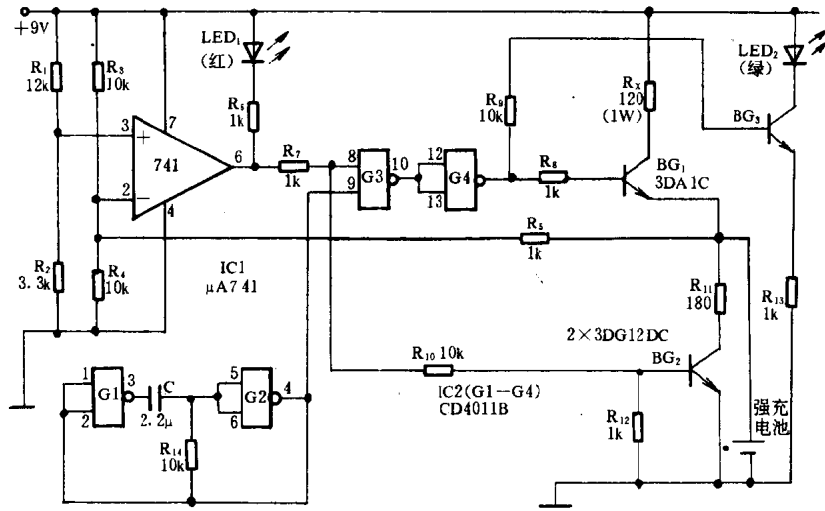


图 4-40

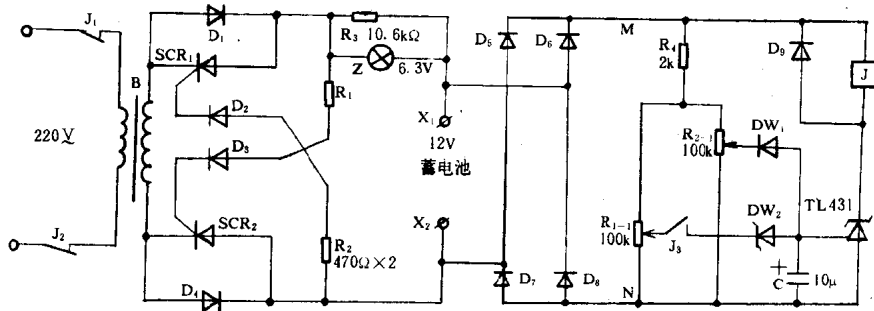


图 4-41

池正常充电。因  $X_2$  端接的是负极， $D_2$  截止，SCR<sub>1</sub> 截止，使  $D_4$  也截止。当  $X_1$  端接蓄电池负极， $X_2$  端接正极时， $D_2$  导通触发 SCR<sub>1</sub> 导通，使充电电流经  $D_4$ 、蓄电池正极、蓄电池负极、 $R_3$ 、SCR<sub>1</sub> 构成充电回路，向蓄电池正常充电。可见，不论蓄电池的极性如何连接，充电器都能正常地对蓄电池充电。灯泡 Z 作为充电指示。

$D_5 \sim D_8$  组成无极性直流电源接口电路。 $X_1$  端为正， $X_2$  端为负时， $D_6$ 、 $D_7$  导通， $D_5$ 、 $D_8$  截止，使 M 端为正，N 端为负；当  $X_1$  端为负， $X_2$  端为正时， $D_5$ 、 $D_8$  导通， $D_6$ 、 $D_7$  截止，仍使 M 端为正、N 端为负，从而保证输出极性不变，使后级检测和自控电路正常工作。

稳压集成电路 TL431、DW<sub>1</sub>、DW<sub>2</sub>、 $R_{1-1}$ 、 $R_{2-1}$ 、J 等组成充电全自动控制电路，其中  $R_{1-1}$ 、DW<sub>2</sub> 组成下限检测电路， $R_{2-1}$ 、DW<sub>1</sub> 组成上限检测电路。当蓄电池端电压充电到上限值 (14.5V) 时，DW<sub>1</sub> 击穿导通，使 TL431 导通，继电器 J 吸合，其常闭触点  $J_1$ 、 $J_2$  断开，使蓄电池停止充电。常开触点  $J_3$  闭合，使下限检测电路投入监控，DW<sub>2</sub> 击穿，保证蓄电池不因停止充电时端电压下降而又重新开始充电。当蓄电池放电到下限值 (11.50V) 时，DW<sub>1</sub>、DW<sub>2</sub> 均呈截止状态，继电器 J 释放， $J_1$ 、 $J_2$  闭合，使充电电路开始工作。 $J_3$  断开，下限检测电路停止监控。

#### 例 40 具有短路、极性保护的恒流充电器

如图 4-42 所示，用 TWH8751 制作的恒流充电器是脉宽控制型的恒流充电器，采用控制全波整流后的单向脉冲波的导通角来改变充电的平均电流。单向脉冲波的取样电路由

$R_1$ 、 $D_3$ 、 $W$ 、 $D_4$  组成。 $BG_1$  为取样比较器， $D_4$  起 b、e 极温度补偿作用。TWH8751 仍作功率开关使用。当  $BG_1$  导通，并使  $BG_2$  导通时，TWH8751 的①脚呈高电平，使功率开关导通，开始对蓄电池充电。

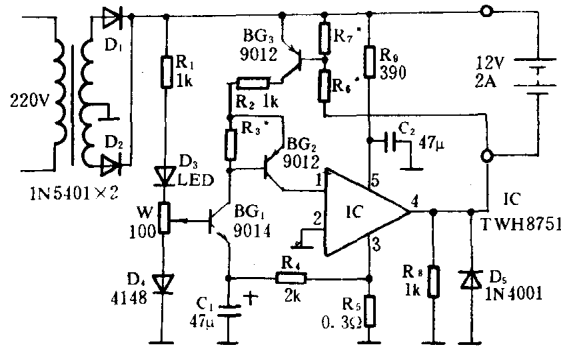


图 4-42

当充电器输出端短路时或外接蓄电池极性不慎接反时，保护管  $BG_2$  截止，使 TWH8751 关断，保护了充电器和蓄电池。 $R_3$  的设置确保充电器在空载时，输出一起始电压，以对蓄电池能进行初充电。 $D_5$  用于整流脉冲波低电压时，蓄电池对功率开关输出管的反电压箝位。

#### 例 41 新型镍镉电池快速充电机

图 4-43 所示的充电机电路包括电源电路和定时器电路 (图 a)、两部分相同的充电电路 (图 b、c)。这两部分电路均包括充电监视器、运放双稳比较器 (IC2、IC3)、达林顿管  $BG_1$ 、 $BG_2$ 。

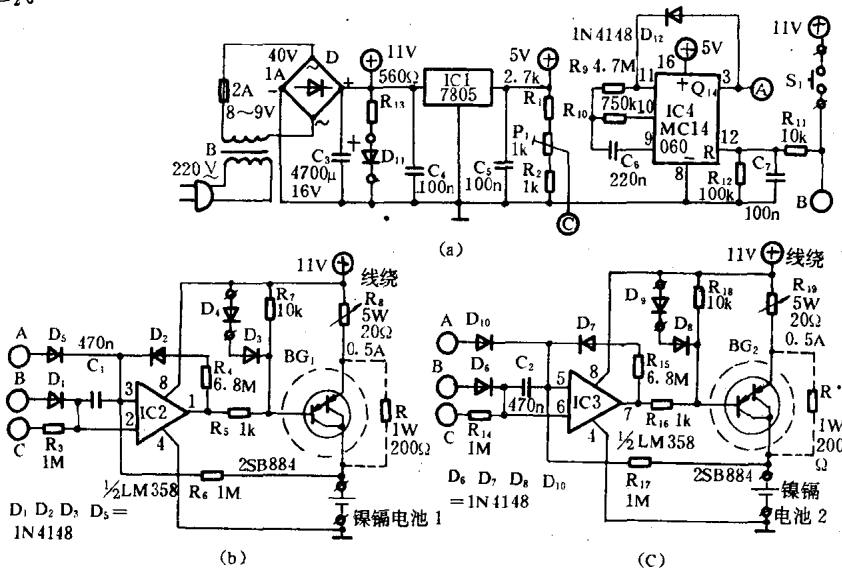


图 4-43

变压器 B、整流桥堆 D、5V 三端稳压器 IC1 等构成了电源电路。 $D_{11}$  是电源接通指示器，变压器次级输出的 9V 交流电经 D 整流、 $C_3$  滤波后，输出 11V 直流，并经 IC1 (7805) 稳压输出 5V 电压，为 1 小时定时器 IC4 (MC14060) 提供电源。

MC14060 的工作频率为 2.5Hz，由  $R_{10}$ 、 $C_6$  的值确定。当  $S_1$  清零后，在定时脉冲时 IC4 的③脚变为高电平，③脚经二极管  $D_5$ 、 $D_{10}$  加到运放 IC2、IC3 的正相输入端，即定时时

间后两个运放输出变为高电平，从而使充电停止。IC2、IC3 的反相输入端③则由经  $R_3$  ( $R_{14}$ ) 加上从 5V 稳压源来的 1.55V 基准电压 ( $P_1$  位置决定)，所以当充电电池达 1.55V 时，充电过程就会立即终止。

在  $S_1$  按下瞬间，IC2 (IC3) 的反相输入经  $D_1$  ( $D_6$ ) 与 +11V 相连，此电压足以使两只运放输出变为低电平。若电池电压低于基准电压 1.55V 时，比较器输出仍维持在低电平状态，恒流源  $BG_1$  ( $BG_2$ ) 接通，约 500mA 充电电流流过电池， $D_4$  (或  $D_9$ ) 发光作充电指示。 $D_4$  ( $D_9$ ) 与  $D_3$  ( $D_8$ ) 同时还兼作  $BG_1$  ( $BG_2$ ) 的基准电压。充电电流大小由  $R_8$  ( $R_{19}$ ) 决定。一旦电池两端电压高于基准电压 1.55V 时，IC2 (IC3) 输出就翻转成高电平，这样充电过程停止，发光管  $D_4$  ( $D_9$ ) 熄灭。

#### 例 42 具有多种保护的充电器

图 4-44 所示是具有多种保护功能的充电器原理图。其输出电压从 1~15V 可调，输出电流可达 10A，具有反接、过流、短路等自动保护功能，并配有相应的声光指示报警电路。

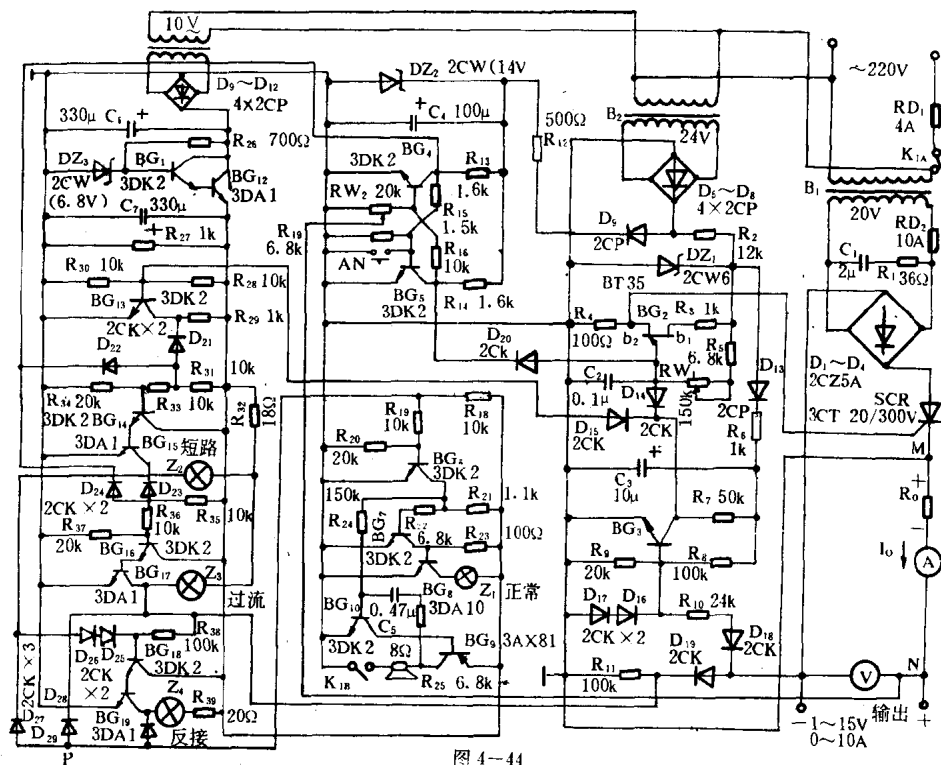


图 4-44

主电路由变压器  $B_1$ 、桥式整流管  $D_1 \sim D_4$  及晶闸管 SCR、过流取样电阻  $R_6$ 、电压表、电流表组成。各种自动保护电路如下。

反接保护电路由三极管  $BG_3$ 、二极管  $D_{14}$ 、 $D_{18}$  等组成。 $D_{13}$ 、 $R_5$ 、 $C_3$  为  $BG_3$  的电源支路。当接上的蓄电池极性正确时，由 M 点经二极管  $D_{17}$ 、 $D_{16}$ 、 $R_{10}$ 、 $D_{18}$  到负极，形成回路， $D_{16}$ 、 $D_{17}$  的导通压降使  $BG_3$  截止， $BG_3$  集电极电位升高， $D_{14}$  反偏， $C_2$  被充电。随之，单结晶体管  $BG_2$  起振，其输出的触发脉冲使 SCR 导通，主电路正常工作，对蓄电池进行充电。调节  $RW_1$  使触发脉冲移相，从而改变输出电压和调整充电电流。如果蓄电池极性接反， $D_{17}$ 、 $D_{16}$ 、 $R_{10}$ 、 $D_{18}$  回路不能导通， $BG_3$  仍处于饱和导通状态， $BG_2$  发射极被箝位，无触发脉冲输出，SCR 不

导通，充电器不对电池充电，达到反接保护目的，此时，因二极管  $D_{19}$  导通，在电阻  $R_{11}$  上产生较大的压降，使复合管  $BG_{18}$ 、 $BG_{19}$  导通，反接指示灯  $Z_4$  亮。

过流保护电路由  $BG_4$ 、 $BG_5$ 、 $D_{20}$ 、 $RW_2$  等组成。接通电源后，因  $RW_2 > R_{19}$ ， $BG_4$  饱和、 $BG_5$  截止。 $R_0$  上的压降自 M 点经“地”端，再经  $RW_2$  的滑动点回到 N 点，在  $RW_2$  的滑动点上产生负反馈电压；当输出电流超过额定值时，该负反馈电压使  $BG_4$  由饱和变为截止， $BG_5$  变为饱和， $D_{20}$  导通， $BG_2$  发射极被箝位，SCR 关断，从而实现过流保护。过流指示电路由  $D_{23}$ 、 $D_{24}$ 、 $BG_{16}$ 、 $BG_{17}$ 、 $Z_3$  等组成。因为过流时  $BG_4$  截止，造成二极管  $D_{24}$  的负极处于高电位，由  $D_{23}$ 、 $D_{24}$  组成的正与门就输出高电位，使复合管  $BG_{16}$ 、 $BG_{17}$  导通，指示灯  $Z_3$  亮。

如果输出端短路则由  $BG_3$  直接保护，短路时  $D_{16}$ 、 $D_{17}$ 、 $D_{18}$  均不导通， $BG_3$  维持饱和， $BG_2$  停振，SCR 关断，充电器不再输出电压。此时， $BG_3$  饱和使  $D_{15}$  导通， $BG_{13}$  截止， $D_{21}$  负极为高电位；又因短路时又过流， $BG_4$  截止，又使  $D_{22}$  负极为高电位，故由  $D_{21}$ 、 $D_{22}$  组成的正与门输出高电平，使复合管  $BG_{14}$ 、 $BG_{15}$  导通，短路指示灯  $Z_2$  亮。

指示灯  $Z_1$  为正常工作指示。正常充电时， $BG_{14} \sim BG_{19}$  均为截止，其集电极均为高电平，所以由  $D_{27}$ 、 $D_{28}$  组成正与门，其输出点 P 为高电位， $BG_6$  管导通， $BG_7$  截止， $BG_8$  导通， $Z_1$  亮。如果三种故障的任一种发生，P 点即为低电位，使  $BG_6 \sim BG_8$  截止， $Z_1$  暗灭，相应的故障指示灯亮。

$BG_6$ 、 $R_{24}$ 、 $C_5$ 、 $BG_9$ 、 $BG_{10}$  等组成了声音报警电路。有任意一种故障发生时， $BG_6$  截止，其集电极为高电位，通过  $R_{24}$  使  $C_5$  充电， $C_5$  通过  $BG_{10}$  的发射极放电，如此反复充电放电，形成振荡，使扬声器发出报警信号。

#### 例 43 自动恒温充电器

图 4-45 所示的充电器原理图具有恒压控制、过流短路保护、极性接反保护及高低输出电压转换等功能。主回路由变压器 B，半控桥式整流管  $D_1$ 、 $D_2$ 、SCR<sub>1</sub>、SCR<sub>2</sub>，限流电阻  $R_1$ ，过流取样电阻  $W_3$  等组成。

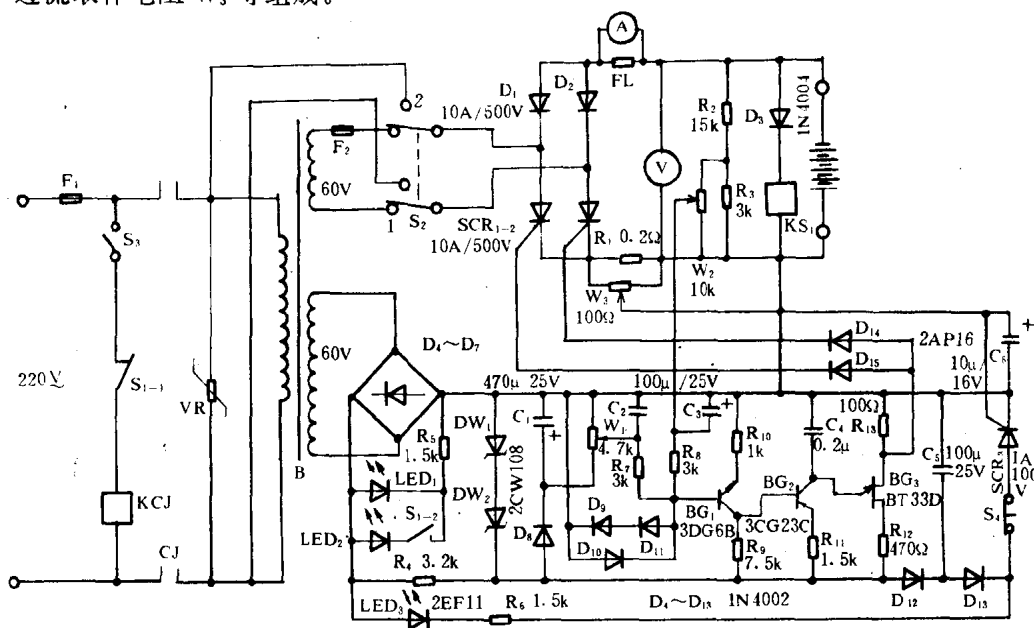


图 4-45



恒流控制电路的作用是使充电电压在充电的过程中保持恒定不变。取可控硅整流输出电压按一定比例跟给定电压进行比较后,得到的变化量作为  $BG_1$  的控制信号。当给定电压不变,输出电压增高时,比较后的变化量就减小,从而使触发脉冲相位后移,  $SCR_1$ 、 $SCR_2$  导通角减小,输出电压降低到原来的输出值,达到恒压充电的目的。输出电压高低由  $W_1$  来调节,  $W_2$  可以改变电压反馈的强度。

如果输出电流过大或输出短路时,从  $W_3$  取出的过流信号触发可控硅  $SCR_3$  导通,单结晶体管  $BG_3$  振荡停止,主回路  $SCR_1$ 、 $SCR_2$  关断无输出,实现自动保护目的,同时  $LED_3$  亮,发出过流指示。 $S_4$  为过流恢复按钮。

当蓄电池的极性接反时,  $D_3$  正向导通使  $KS_1$  吸合,其常闭触点断开接触器  $KCJ$  的控制电路,常开触点接通  $LED_2$  的电源,发出指示信号。

$S_2$  为高、低输出电压转换开关,置“1”位置时,市电经变压器降到 60V 后,再经可控硅整流输出;置“2”位置时,市电直接经可控硅整流输出。

#### 例 44 用 LZ110 组成的快速充电器

LZ110 是蓄电池快速充电控制专用集成电路。它采用脉冲充放电去极化快充模式,即:充→放→充循环充电方式,适用于镍镉电池、电动自行车、汽车、摩托车电池等快充机。

LZ110 内部电路方框图如图 4-46 所示。它由稳压器(A、B)、比较器、锯齿波形成电路、综合比较器、功率放大器、充放电时序电路及延时电路等组成。各引脚的功能分别为:

①脚为稳压输入端;②脚为稳压输出端;③脚为时序 C;④脚为时序 R,接在③、④脚的阻容值可改变充放电时序电路的占空比;⑤脚为延时 RC,延时电路的延时时间由⑤脚所接的阻容值决定;⑥脚是放电脉冲输出端;⑦脚为微分端;⑧脚是触发脉冲输出端;

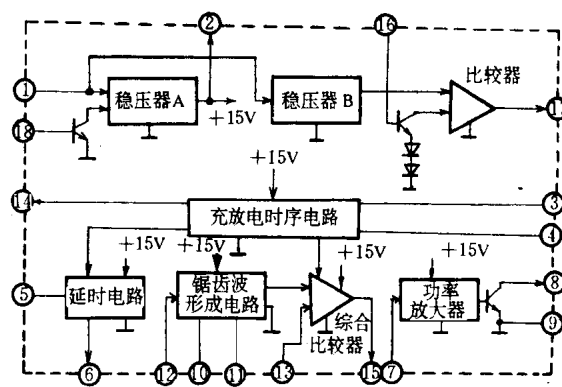


图 4-46

⑨脚是地端;⑩脚是锯齿波 C;⑪脚是锯齿波 R,锯齿波的斜率由接在该两脚的阻容值决定;⑫脚是同步输入端;⑬脚为移相电压输入端;⑭脚是时序输出;⑮脚为方波输出;⑯脚为检测输入,⑰脚则是检测输出端;⑱脚为电源控制端。

图 4-47 所示即是以 LZ110 为核心元件构成的快速充电典型应用电路图。充电回路采用全波可控整流电路,放电回路由晶闸管  $SCR_3$  和电容  $C_2$  构成。充放电受时序电路控制,时序电路是一个占空比可调的矩形波发生器。当时序电路输出高电平时,LZ110 的⑧脚输出驱动信号,晶闸管  $SCR_1$ 、 $SCR_2$  导通,给蓄电池  $E$  充电,充电电流的大小可通过调节⑬脚的移相电压(即调  $W_2$ )控制。此时 LZ110 的⑭脚输出高电位,使晶体管  $BG_1$ 、 $BG_2$  均导通,电容  $C_2$  通过  $R_3$  和  $BG_1$  快速放电,为蓄电池下一次放电作好准备。同时绿色发光管  $LED_1$  亮,指示电路的此时工作状态。

当时序电路输出低电平时,LZ110 的⑧脚无触发脉冲,晶闸管  $SCR_1$ 、 $SCR_2$  处于截止状态,暂停充电。此时由于 LZ110 的⑭脚输出低电位,晶体管  $BG_1$ 、 $BG_2$  均截止,使  $C_2$  的放电回路断开。时序电路开始输出低电平时,延时电路开始工作,经延时后触发  $SCR_3$  导

通，蓄电池E通过SCR<sub>3</sub>向C<sub>2</sub>放电，当C<sub>2</sub>充满后，电压上升到电池电压，SCR<sub>3</sub>自然关断。

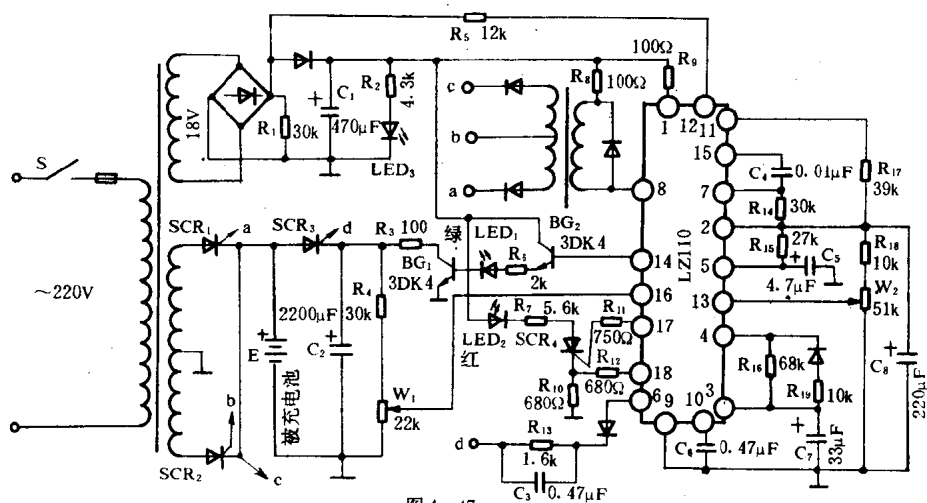


图4-47

此时通过LZ110的⑥脚所接的电阻R<sub>4</sub>和电位器W<sub>1</sub>分压，检测电容C<sub>2</sub>两端的电压，若电池未达到规定电压时，内部的比较器不翻转，LZ110正常工作，重复上述充放电过程。当电池充足时，它的电压达到规定值，⑩脚得到较高的检测电位，内部比较器翻转，⑰脚输出高电位，触发SCR<sub>4</sub>导通，使LZ110的⑱脚得到一个约0.7V的电位，关断内部稳压器，使集成电路失电，充电器即停止工作，从而实现快充和充满后自停功能。

# 第五章 开关电源

任何电子设备均需直流电源来供给电路工作,特别是采用电网电源供电的电子产品,为了适应电网电压的波动和电路的工作状态变化,更需要具备适应电网电压变化和负载变化的直流稳压电源。近年来,随着电子技术的发展及人们对如何提高稳压电源的转换效率、增强对电网的适应性、缩小体积减轻重量的研究,使得开关电源应运而生。在七十年代,开关电源便应用于家用电视接收机,现在已被广泛应用于彩色电视机、摄录像机、计算机、通讯系统、医疗器械、气象等行业,而且逐步取代了传统的串联线性稳压电源,使整机的性能、效率、可靠性都得到了进一步提高。

## 第一节 开关电源基础

### 一、开关稳压电源基本原理

开关稳压电源的种类很多,现以串联型为例简要说明。串联开关稳压电源基本电路如图 5-1 所示。开关晶体管 Q 串联在输入电压  $E_1$  与输出电压  $E_0$  之间。当晶体管的基极输入开关脉冲信号,晶体管则被周期性地开关,处于饱和导通和截止轮流交替状态。假定 Q 为理想开关,则饱和导通时集-射极之间的压降近似为零,输入电压  $E_1$  经 Q 加至输出端。反之,在晶体管截止期间,输出为零。晶体管经周期性开关后在输出端得到脉冲电压,且经滤波电路可得到其平均直流电压,因此输出电压  $E_0$  为  $E_0 = E_1 \frac{T_c}{T}$ 。其中  $T_c$  为开关导通时间,  $T$  为开关脉冲周期。由此可见,串联开关稳压电路可通过改变开关脉冲的占空比,即开关导通时间  $T_c$  来控制输出直流电压值。

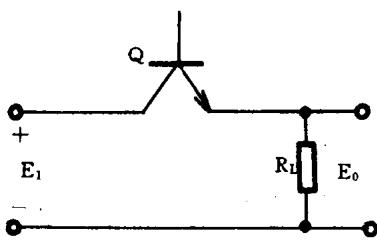


图 5-1

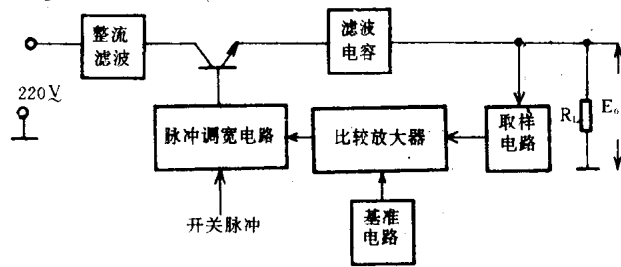


图 5-2

开关稳压电路方框图如图 5-2 所示。由输入的交流电压或负载电流的变化所引起的输出电压的变化,同样可通过取样电路取出其变化量与基准电路作比较,其误差电压通过比较放大器放大,去控制开关脉冲宽度,以达到稳定直流输出的目的。脉冲调宽电路的作用是对开关脉冲宽度进行调制,即用误差电压作为调制信号,使开关脉冲宽度受误差电压控制。

上面介绍的是最简单的开关稳压电路,而应用较多的当属脉冲变压器耦合开关稳压电源,其电源方框图如图 5-3 所示。开关管 Q 与脉冲变压器初级并接在输入端, Q 在开关脉

冲控制下周周期性地导通和截止,因此在集电极取得脉冲电压,经脉冲变压器耦合,在其次级

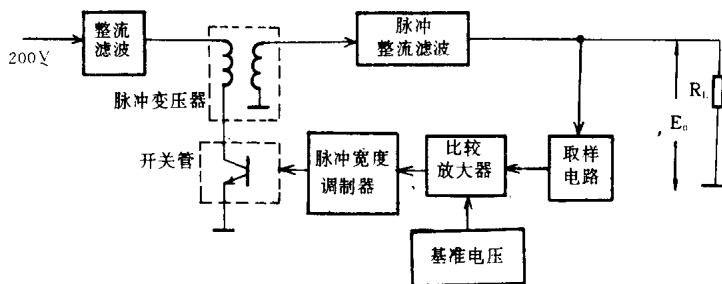


图 5-3

得到相应的脉冲电压,然后经整流滤波获得需要的直流电压  $E_0$ 。在这个过程中,有一个将整流滤波得到的直流电压变成脉冲电压的过程,称之为逆变。逆变的工作过程将在下一节作详细介绍。

脉冲变压器耦合的开关稳压电源,是通过改变脉冲变压器初次级的匝数比来达到升压或降压的目的。同时,还可采用多组次级绕组以获得多个不同值的直流输出电压。

## 二、开关稳压电源的优越性

### 1. 效率高

开关稳压电源的调整开关管工作在开关状态,截止期间,开关管无电流,因此不消耗功率,可大大提高效率,通常可达到 80~90%左右。而传统的调整串联型稳压电源的晶体管一直工作在放大区,全部负载电流都通过晶体管,功耗就较大,因而效率很低,一般只在 50%左右。

### 2. 功耗小

由于开关管在开关状态,功率消耗小,不需要采用大散热器。而且功耗小使得机内温升亦低,周围元件不会因长期工作在高温环境下而损坏,有利于提高整机的可靠性和稳定性。

### 3. 稳压范围宽

当开关稳压电源输入的交流电压在 150~250V 范围内变化时,都能达到很好的稳压效果,输出电压的变化在 2%以下。而且在输入电压发生变化时,始终能保持稳压电路的高效率。因此开关稳压电源适用于电网电压波动很大的地区。

### 4. 体积小重量轻

开关电源可将电网输入的交流电压直接整流,再通过脉冲变压器获得各组不同的脉冲电压,这样就可省去笨重的电源变压器(为了和脉冲变压器相区别,电源变压器又称为工频变压器),节省了大量漆包线和硅钢片,使电源的体积大大缩小,重量减轻。

### 5. 安全可靠

开关稳压电路一般都具有自动保护电路。当稳压电路、高压电路、负载等出现故障或短路时,能自动切断电源,保护功能灵敏可靠。

## 三、开关电源的分类方式

1. 按开关管的连接方式分为串联型开关电源和并联型开关电源。串联型的开关管  $Q$  是串联在输入电压  $E_1$  与输出负载之间的,属于降压式稳压电路。并联型开关电源的开关管是在输入电压与输出负载之间并联的,属于升压式电路。

2. 按激励方式分为自激式和他激式。在自激式开关电源中,由开关管和开关变压器(脉

冲变压器)构成正反馈环路,来完成自激振荡,类似于间隙振荡器。他激式开关稳压电源必须附加一个振荡器,振荡器产生的开关脉冲加在开关管上,控制开关管的导通和截止,使开关电路工作并有直流电压输出

3. 按调制方式分为脉宽调制和频率调制。显然,脉宽调制即是通过改变开关脉冲宽度来控制输出电压稳定的方式。而频率调制方式是当输出电压变化时,通过取样比较,将误差值放大后去控制开关脉冲周期(即频率),使输出电压稳定。

4. 按输出直流值的大小分为升压式和降压式开关电源,也可分为高压开关电源和低压开关电源。

5. 按输出的波形分为矩形波和正弦波电路。

6. 按输出的性能又可分为恒压恒频和变压变频电路。

7. 按开关管的个数及连接方式又可将开关电源分为单端式、推挽式、半桥式和全桥式四种。单端式仅用一个开关管,推挽式和半桥式采用两个开关管,全桥式则采用四个开关管。

8. 按能量传递方式可分为正激式和反激式。

## 第二节 逆变器电路

前面已经提到了逆变器电路是开关电源的重要组成部分,即是把直流电转变成交流电并供给负载的一种电能变换装置,它是整流电路的逆向变换方式,故通常称为逆变器。逆变又分为有源逆变和无源逆变。如果把逆变器的交流侧接到交流电源上,把直流电逆变为同频率的交流电反送到电网去,叫作有源逆变。若逆变器的交流侧不与电网连接,而直接接到负载,把直流电逆变为某一频率或可变频率的交流电供给负载,则叫无源逆变。开关电源中的逆变电路均为无源逆变。最初逆变器都是用汞弧整流器或闸流管制成的,不仅体积大,可靠性也差。随着电子电力技术的发展,自晶体管、晶闸管问世后,采用晶体管、场效应管、晶闸管作为开关器件的逆变器才得以广泛应用,受到人们的重视和青睐。下面便选几种分别作介绍。

### 一、晶体管逆变器

#### 1. 自激式晶体管逆变器

##### (1) 单管自激式逆变器

图 5-4 所示为典型的单管自激式逆变器,它是利用变压器耦合而形成正反馈的自激逆变器电路。 $W_b$  是反馈绕组, $W_c$  是初级绕组, $W_L$  是次级绕组,电阻  $R$  提供初始直流注入,电容  $C$  为旁路电容。

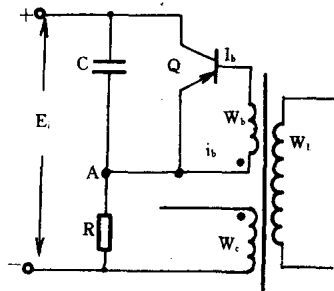


图 5-4

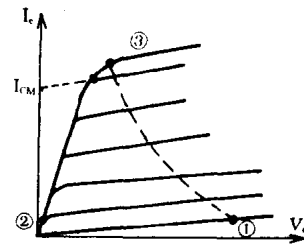


图 5-5

电源接通后,通过电阻  $R$  对开关晶体管  $Q$  的基极注入电流,使  $Q$  的集电极电流开始增大,同时集电极电压逐渐增大。通过  $W_c$ 、 $W_b$  间的耦合作用, $Q$  的基极电压逐渐减小,致使基极注入电流加大,它又进一步引起集电极电流增加,使集电极电压更大,形成强烈的正反馈过程,使得  $Q$  立即进入饱和状态,管压降接近于零。但是,在此突变过程中,变压器初级绕组  $W_c$  表现出的阻抗很大,所以  $Q$  开始进入饱和区的集电极电流仍很小,此时  $Q$  的工作状态如图 5-5 中的②点,这时集电极绕组  $W_c$  两端的电压为  $E_c$ ,并基本保持不变。而基极绕组  $W_b$  两端电压为  $V_b = \frac{W_b}{W_c} E_c$ 。因感应电压  $V_b$  维持恒定,而  $Q$  的集电极电流呈线性增长,则  $W_b$  中的磁化电流  $i_b$  也是线性变化的,根据变压器同名端位置可知,它与原注入电流  $I_b$  的方向相反。但  $W_b$  的匝数比  $W_c$  少得多,所以  $i_b$  比  $I_b$  小得多,可以忽略不计,因此  $Q$  的基极电流基本上是不变的。因而  $Q$  的工作状态沿着图 5-5 中晶体管饱和区的边界线由②点移到③点,在③点处集电极电流已增长到最大, $Q$  管开始退出饱和区,集电极电流的变化速率下降,绕组  $W_c$  上的感应电动势也就从  $E_c$  向零变化,集电极电压向  $-E_c$  方向变化。通过变压器的耦合作用,使基极电压向正方向变化,因此,基极注入电流减小,集电极电流也将随之减小,又迫使集电极电压进一步降低,基极电压进一步升高,又形成了强烈的正反馈过程,致使  $Q$  管很快由饱和状态进入截止状态,达到图 5-5 中的①点,并停在这状态上。要注意的是,在这个转变过程的瞬间,集电极电流会发生急剧的突变,使  $W_c$  上产生很大的反电动势加到  $Q$  管的集电极和发射极之间,有可能超过晶体管的击穿电压值,造成管子击穿,因此在工作时要采取一定的保护措施。

$Q$  管进入截止状态后,便通过负载泄放,当磁通下降至零(即泄放完后),基极绕组的感应电势便会减小,使得基极电流开始增大。由于正反馈过程,致使  $Q$  管处于导通饱和状态,工作点由①点跃变至②点。利用磁芯的非线性特性,周而复始地输出脉冲交流电压,完成开关电源的工作过程,工作频率约为几千赫兹至几十千赫兹。

## (2) 双管推挽自激式逆变器

推挽自激式逆变器即是由两个开关管组成的,根据两管的连接方式又可分为共基、共射、共集推挽自激式逆变器电路。图 5-6 所示是一典型实用的共发射极推挽自激式逆变器。这个电路由  $Q_1$  和  $Q_2$  晶体管、变压器  $B$ 、起动电路  $R_b$  和  $R_c$  等组成。变压器  $B$  有三个绕组:集电极绕组  $W_c$ (又称初级绕组)、基极绕组(又称反馈绕组)和输出绕组  $W_o$ (即次级绕组)。

当电路中的电源  $E_c$  提供后,电阻  $R_b$  上的压降使晶体管  $Q_1$ 、 $Q_2$  发射结正向偏置(而工作之后,基极电流在  $R_b$  上自偏电压与这个起始电压方向相反)。由于两管特性的差异,它们的集电极电流不会相等,因而初级两个绕组的匝数也不相等,结果在变压器铁芯中产生一定的合成磁通  $\Phi$ ,这个变化的磁通使各绕组产生感生电动势。若绕组的同名端位置如图 5-6 所示,则基极绕组  $W_b$  的感应电势加到  $Q_1$  的基极使其导通, $W_b$  的感应电势使  $Q_2$  截止。由于两管集电极电流之差增大,使得  $Q_1$  更加导通, $Q_2$  更加截止,这个正反馈过程最终使  $Q_1$  完全饱和导通, $Q_2$  完全截止,并在瞬间完成这个过程。经过一定时间后,当变压器中的磁

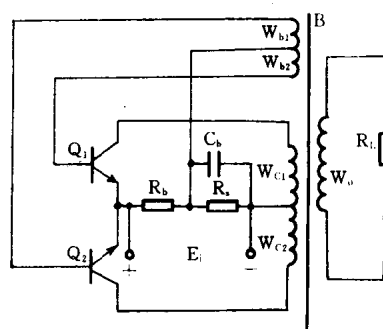


图 5-6

通达到饱和值  $\Phi_s$  时,电感值减小到零,磁化电流急剧增大,晶体管中的集电极电流也急剧增大。当集电极电流达到最大值时,  $W_1$  中的电流或磁通  $\Phi$  就不再增大,各绕组的感应电势下降。基极电流、集电极电流和磁通均开始下降,此下降的磁通便在各绕组上感应出与原来相反极性的电势,使得原本导通的  $Q_1$  截止,原本截止的  $Q_2$  导通。由于正反馈过程,最终使  $Q_1$  完全截止,  $Q_2$  完全导通,至此完成了振荡的半个周期。

由于  $Q_2$  导通使电源电压  $E_i$  全部加至集电极下半绕组  $W_{c2}$  上,于是绕组的磁化电流和磁通便同前半周的反方向线性增长。当铁芯再次出现饱和、集电极电流达到极限值时,晶体管的工作状态又发生变化,  $Q_1$  由截止变为导通,  $Q_2$  由导通变为截止,这样,逆变器就完成了—个周期的变换。

上面的逆变器振荡过程重复进行,通过开关管  $Q_1$ 、 $Q_2$  依次导通便使变压器 B 的次级绕组输出所需要的方形波。这种共发射极电路效率高,容易起振,比较适用于供电电压  $E_i$  不高的情况。此外共基极电路(如图 5-7 所示)适用于供电电压较高的情况。共集电极电路(如图 5-8 所示)的散热效果较好,因为散热片可与机壳相连,散热面积较大。

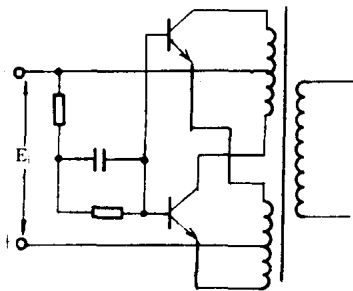


图 5 7

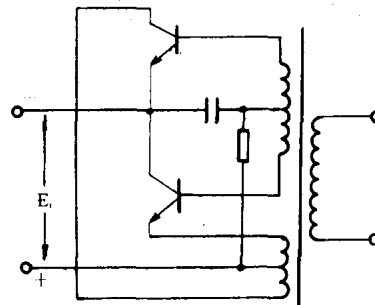


图 5 8

## 2. 他激式晶体管逆变器

他激式晶体管逆变器常采用时间比例可控的矩形波脉冲作为激励源,通过驱动功率开关晶体管的轮流通断来实现直流变交流的逆变功能,其结构框图如图 5-9 所示。时间比例控制方式又简称为 TRC(Time Ratio Control),根据脉冲宽度、脉冲频率调节对象和内容的不同,又有脉冲宽度调制式 PWM(Pulse Width Modulation),脉冲频率调制式 PFM(Pulse Frequency Modulation)等多种电路形式,分别介绍如下。

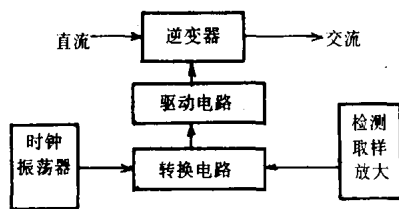


图 5-9

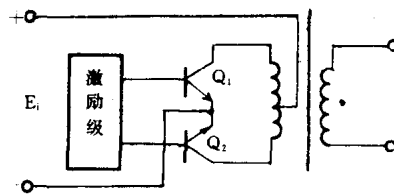


图 5-10

### (1) PWM 他激式晶体管逆变器

#### ① 推挽式逆变电路

推挽式逆变电路的原理图如图 5-10 所示。功率管  $Q_1$ 、 $Q_2$  由基极驱动而轮流通断,从而在变压器的次级绕组获得交流矩形波电压。这个电路的优点是两个功率管的发射极连在一起,便于设置基极驱动电路和过流保护电路。缺点是功率管集电极—发射极间承受最大反

向电压的稳态值为电源电压  $E_i$  的两倍,若再考虑变压器初次级漏感所存储的能量在释放时形成的电压尖峰,则反向电压要大于  $2E_i$ ,容易造成管子击穿。另一缺点是变压器只工作一半时间,利用率较低。

### ②全桥式逆变电路

全桥式逆变电路的原理图如图 5-11 所示。 $Q_1$ 、 $Q_4$  与  $Q_2$ 、 $Q_3$  由基极激励级驱动而轮流通断,从而将直流电转换成高频矩形波交流电。当  $Q_1$ 、 $Q_4$  导通时, $Q_2$ 、 $Q_3$  截止,此时所承受的电压为  $E_i$ 。当所有功率管都截止时,每只功率管只承受  $E_i/2$ 。若由变压器漏感引起的峰值电压超过电源电压  $E_i$  时,反向并联在功率管集-射极间的箝位二极管  $D_1 \sim D_4$  便导通,所以功率管所承受的最高电压即为  $E_i$ 。这种电路激励级提供的驱动方式一般是给  $Q_1$ 、 $Q_3$  两只功率管为半个周期的固定脉冲,给  $Q_2$ 、 $Q_4$  两只功率管以脉宽可变的触发信号,通常称多脉冲宽度调制电路,以实现输出电压的调节。这种电路的缺点,是驱动电路较复杂,所用的功率管数目较好。

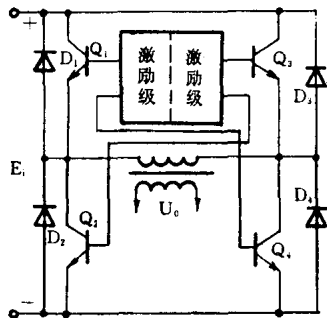


图 5-11

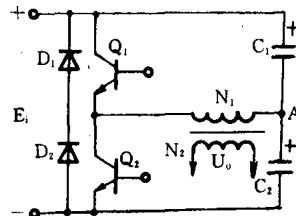


图 5-12

### ③半桥式逆变电路

图 5-12 是半桥式逆变电路的原理图。它是在全桥式电路的基础上用电容  $C_1$ 、 $C_2$  代替了  $Q_3$ 、 $Q_4$  两管,而且一般  $C_1=C_2$ 。当功率管未受触发信号作用时,电容充电, $V_{C1}=V_{C2}=E_i/2$ ,当  $Q_1$  管导通时,电容  $C_1$  沿  $Q_1$  管向变压器初级绕组  $N_1$  放电,同时  $C_2$  通过  $Q_1$ 、 $N_1$  绕组被电源  $E_i$  充电,使  $V_A$  下降。当  $Q_1$  截止后  $Q_2$  被触发导通时, $C_2$  放电, $C_1$  充电, $V_A$  上升,其上升的电压值和前次下降的电压值是相等的。功率管截止时承受的电压及  $D_1$ 、 $D_2$  管的作用与全桥式完全相同,只是节省了两只功率管,驱动电路也较简单,尤其是它具有较好的抗不平衡能力。这些优点使得半桥式逆变电路应用较为广泛,它的缺点是变压器初级绕组所得到的电压总是一个电容( $C_1$  或  $C_2$ )上的电压,近于电源电压  $E_i$  的一半,为了获得与全桥式电路同样的输出功率,功率管和变压器初级必须通过全桥式电路两倍的电流,所以半桥式电路的输出功率不宜太大。

### ④三相桥式逆变器

三相桥式逆变器电路的原理图如图 5-13 所示。三相输出的晶体管逆变器由于输出功率大,一般都用三个单相的他激逆变电路组成,每个单相输出电压的相位差  $120^\circ$ ,这可以通过激励级送来的驱动信号来保证。尤其是用桥式或半桥式他激逆变电路组成三相电路,不仅输出功率大,而且磁芯变压器绕组结构简单,已经成为晶体管逆变器实际应用时的主要电路形式。



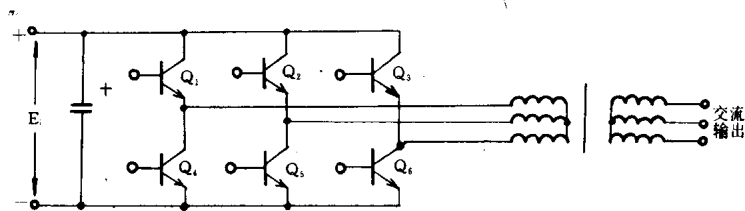


图 5-13

## (2) PFM 他激式晶体管逆变器

PFM 他激式晶体管逆变器的特点是脉宽固定频率可变, 而 PWM 他激式晶体管逆变器是频率固定脉宽可变, 但两者工作原理相类似, 在这里就不再重述了。只是 PFM 逆变器电路中的功率开关管多数选用高频型快速晶闸管, 和双极型三极管相比, 有耐压高、电流大、只需较窄的驱动脉冲即可触发导通、驱动电路较简单等优点。同时又因用晶闸管组成的串联逆变电路所得到的是近似正弦波的高频交流电压, 所以基本上不产生尖峰电压所形成的干扰。

## 二、VMOS 功率场效应管逆变器

### 1. 单管自激回扫式逆变器

VMOS 单管自激回扫式逆变器的电路图如图 5-14 所示。这种逆变器能将船或车上的低压直流电源变成高压交流电源或高压直流电源, 驱动其他需要高压的交流电子设备或直流电子设备。逆变器的工作频率由铁芯的特性决定, 使用高频磁芯, 工作频率可以高达 250kHz 以上, 二极管  $D_1$  防止 VMOS 管的栅极上出现负的尖峰电压, 在栅极回路串接的  $100\Omega$  电阻可以防止寄生振荡, 齐纳二极管  $D_2$  可以调节输出耗散电压并使漏极电压被钳制在 VMOS 功率晶体管击穿电压额定值以下, 以防止发生击穿。

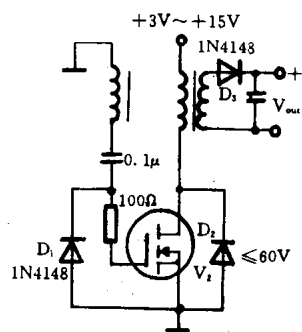


图 5-14

### 2. VMOS 他激式逆变器

#### (1) VMOS 逆变器的基本电路

图 5-15 是 VMOS 他激式逆变器的基本电路。控制电压  $V_g$  加在 VMOS 的栅极和源极

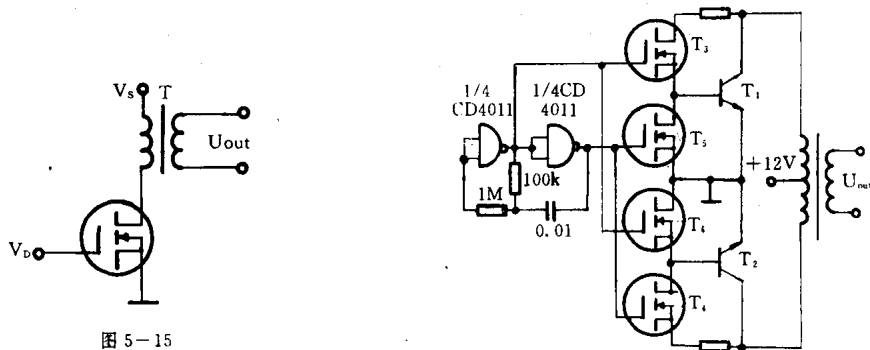


图 5-15

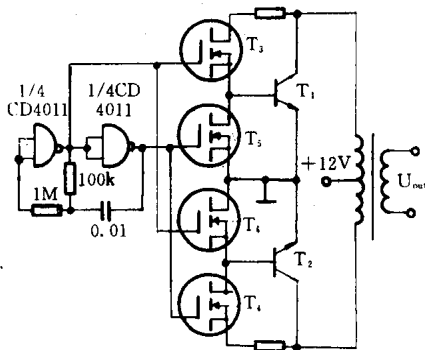


图 5-16

之间, 使 VMOS 功率晶体管处于脉冲的断、通工作状态, 通过变压器 T 在输入端得到交变的输出电压。

(2) 由 VMOS 功率场效应管和双极型功率晶体管混合组成的高效低电压逆变器, 如图 5-16 所示。双极型功率晶体管  $T_1$  和  $T_2$  是开关晶体管, VMOS 管  $T_3$  和  $T_4$  是  $T_1$ 、 $T_2$  的驱

动晶体管。加入 VMOS 管  $T_3$ 、 $T_4$  后,  $T_1$  和  $T_2$  关断时, 基极电容迅速放电, 这样可以提高双极型功率开关管  $T_1$  和  $T_2$  的开关速度和工作频率, 并可防止  $T_1$ 、 $T_2$  同时处于导通状态。这种逆变器的效率很容易达到 90% 以上, 且可用低成本变压器代替昂贵的多绕组变压器。

### 三、晶闸管逆变器

#### 1. 晶闸管的换流方式

用来组成逆变器的开关元件, 可采用所谓全控型元件(即可利用控制信号使其导通或关断), 如可关断晶闸管、大功率晶体管、大功率场效应管等。这类元件的换流虽很方便, 但因目前半导体器件制作水平有限, 容量还不能做得很大。而晶闸管具有管压降小、关断时间短和体积小的特点, 所以目前大多数场合还是采用晶闸管作为开关元件。但毕竟普通的晶闸管并不属于全控型元件, 在它导通以后控制极就失去了控制能力。在逆变器中, 如何按需要的时候把导通的晶闸管关断, 使电流换到另一个规定的晶闸管上去, 这就称为“换流”。

由晶闸管的特性可知, 欲使晶闸管关断有两种方法。一是在回路中串入高阻, 使流经晶闸管的电流降低到维持电流以下。另一方法是使晶闸管的阳极相对阴极施以负电压, 并维持一段时间, 此时间只要大于晶闸管的关断时间(晶闸管在电流降到零以后到恢复正向阻断能力之间所需的时间), 就能保证晶闸管的可靠关断。但前者因需要采用开关元件, 因此不实用。所以晶闸管的换流通常是采用在阳极—阴极间施加短时反压的方法。

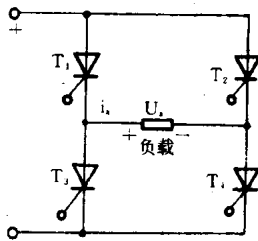
换流方式分为自然换流和强迫换流, 而其中不需要附加换流环节的自然换流又分为电网换流和负载换流。

##### (1) 电网换流方法

这种方法是利用电网电压有自动过零并变负的特点使晶闸管换流, 其过程与可控整流器一样。此方法简单又不需附加的换流元件, 但是由于其局限性, 对直流回路的晶闸管就不适用了, 只适用于采用在交流—交流变频器(把工频电源转变成所需频率的交流电源)中。

##### (2) 负载换流方法

凡是负载可以提供超前电流的场合, 均可实现负载换流。这种情况常出现在负载端并联适当的电容器构成所谓并联式逆变器时, 如图 5-17 所示。如负载电流  $i_L$  超前于电压某一角度, 则当  $i_L$  过零以后触发导通  $T_2$ ,  $T_1$  即受反压而关断。但是随着负载与频率的变化, 换流的裕量也随之改变。所以这种换流方式只适用于某些频率与负载变化不大的场合。



(3) 强迫换流 图 5-17

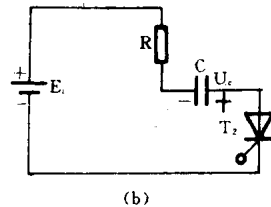
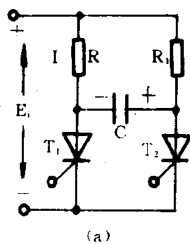


图 5-18

强迫换流可以使晶闸管在所需的任何时刻关断。除了采用全控型元件外, 都要有附加的换流环节。在换流前换流环节中的储能元件积蓄一定的电能, 在换流时刻产生一个短暂的脉冲, 迫使原来导通的晶闸管电流下降到零, 并在其上加以反向偏置电压, 其持续时间大于晶闸管的关断时间, 使之关断。一般均采用电容器作为储能元件, 但这种换流的电容与负载换

流时的补偿电容有本质的区别。补偿电容需要补偿负载的滞后无功功率,因而容量是很大的。而换流电容只需提供换流的能量,所以要小得多。现举例说明强迫换流的过程。如图5-18所示,图中 $R_1 \gg R$ 。主晶闸管 $T_1$ 触发导通后,流经负载 $R$ 上的电流 $I = E_i/R$ 。此时电容 $C$ 被充电至 $E_i$ ,其极性如图5-18(a)图所示。现欲换流,可将辅助晶闸管 $T_2$ 触发导通,这样就把电容 $C$ 上的电压 $E_i$ 加到 $T_1$ 的两端,使 $T_1$ 承受反压而关断,即实现了换流。当晶闸管 $T_2$ 导通后,电容 $C$ 经 $T_1$ 而放电,其时间很短,可以略去。 $T_1$ 关断时可用图5-18(b)的等效电路来表示,电容 $C$ 上的电压初始值为 $-E_i$ ,是按时间常数 $RC$ 的指数衰减。它先经过电源、负载电阻 $R$ 而放电,到 $U_c = 0$ 后,即由电源电压 $E_i$ 使之反向充电,最后达到 $U_c = E_i$ 为止。

## 2. 并联谐振式逆变器

这种逆变器的换流电容和负载电路并联,它的换流方法是基于并联谐振的原理。这种类型的逆变器,我国较多地用于中频感应加热炉的电源上。目前已有系列产品,型号为KGP,容量为100~1000kW,工作频率为1000~2500Hz。

并联谐振式逆变器的原理图如图5-19所示。其直流电源 $E_i$ 可由380V工频电网经三相全控桥或半控桥获得,且是连续可调的。滤波电抗器 $L_d$ 不但使输出的直流电流连续,使电流纹波小,而且还限制中频电流进入工频电网,起交流隔离作用。当逆变失败时,它亦会起限制浪涌电流的作用。

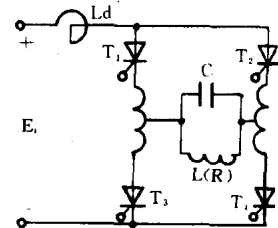


图5-19

逆变桥由四个臂所构成,每一臂为一个晶闸管和一个限流电抗器串联而成。限流电抗器间不存在互感,其自感量都相等。它的作用是在晶闸管导通时,限制 $\frac{di}{dt}$ 值不致超过允许的值。如果使桥臂1、4和2、3以中频速率轮流导通,便将直流电逆变为在负载上的中频交流电。

负载回路由补偿电容器 $C$ 和感应线圈 $L$ (包括小电阻 $R$ )并联组成。 $L$ 和 $C$ 形成了并联谐振电路,工作在近于谐振状态,以求获得比较高的功率因素和效率。并可利用负载电流自动过零的特点来关断晶闸管进行换流。由于谐振是出现于工作频率(中频)附近,因此对其它高次谐波电流呈现高阻抗,使输出电压接近正弦波。同时电容器还供给负载无功功率,使负载电流总超前负载电压一定的角度。

电路的工作过程分为导通阶段和换流阶段。

对于导通阶段,电流 $i_a$ 的路径如图5-20(a)所示。这时晶闸管 $T_1$ 、 $T_4$ 导通,由于滤波电抗器 $L_d$ 的作用,整流输出电流 $I_d$ 近似为一恒值。在电容器 $C$ 上建立的极性为左正右负,负载上的电压 $U_c$ 。由于经电容滤去高次谐波,而为正弦波形。

换流阶段的电流路径如图5-20(b)所示。当触发晶闸管 $T_2$ 、 $T_3$ 时,由于电容器 $C$ 上电压的极性不能即时改变,因而在 $T_1$ 、 $T_4$ 上就出现了与原来方向相反的等效电流,迫使 $T_1$ 、 $T_4$ 的电流减小,而 $T_2$ 、 $T_3$ 的电流逐渐上升,此过程一直继续着,直到 $i_{T_1}$ 、 $i_{T_4}$ 降至零,而 $i_{T_2}$ 、 $i_{T_3}$ 达 $I_d$ 为止。在这段时间里,四个晶闸管都导通,称为换流时间 $t_c$ ,它与负载电流 $i_a$ 的周期 $T$ 相比是极短的,即 $t_c \ll T$ 。在换流结束时,为了保证 $T_1$ 、 $T_4$ 安全关断,必须使晶闸管再承受一段时间反压,反压时间应大于晶闸管的关断时间。否则, $T_1$ 、 $T_4$ 将会重新导通使逆变桥处于短路状态,造成逆变失败。

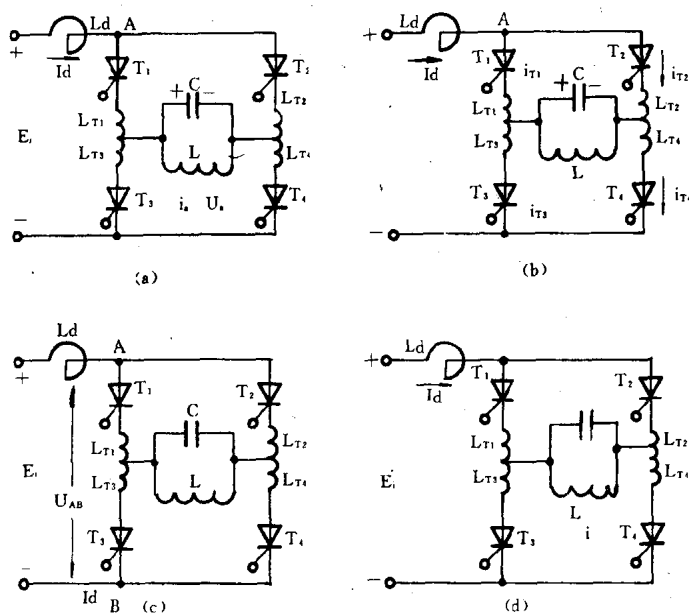


图 5-20

图 5-20(c) 示出了稳定导通阶段电流从晶闸管  $T_1$ 、 $T_4$  转换到  $T_2$ 、 $T_3$  上的过程。图 5-20(d) 示出了触发晶闸管  $T_1$ 、 $T_4$ ，又一次进入换流阶段，负载电流从  $T_2$ 、 $T_3$  上转换到  $T_1$ 、 $T_4$  上的过程。

### 3. 串联谐振式逆变器

将负载电感线圈与补偿电容串联的逆变器称为串联谐振式逆变器。串联逆变器，由于线路简单、启动容易而迅速、工作频率较高，最适合于需要频繁启动、负载品质因素变化不大的场合。串联谐振式逆变器的电路图如图 5-21 所示。

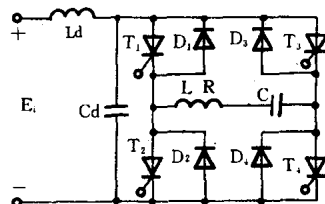


图 5-21

负载(感应线圈)及等效电阻  $L$ 、 $R$  与补偿电容  $C$  相串联，晶闸管  $T_1 \sim T_4$  构成逆变器的四个桥臂，二极管  $D_1 \sim D_4$  为谐振负载振荡电流提供了反向通道，相应地，为与它并联的晶闸管提供了关断时间。

若触发晶闸管  $T_1$ 、 $T_4$  导通，电压  $E_i$  加在串联谐振负载上，即  $E_i$  对  $R$ 、 $L$ 、 $C$  电路充电，电路经历了半个周期的振荡，因  $T_1$ 、 $T_4$  反向并联的二极管  $D_1$ 、 $D_4$  向电源反向放电，电流真实流动的方向与电容电流规定的方向相反，电容电流为负值。之后，是谐振电路负半波振荡，在这段时间里， $T_1$ 、 $T_4$  已断流关断，并承受二极管正向压降的反压。如果这段时间大于晶闸管的关断时间，振荡过程就会停止。触发晶闸管  $T_2$ 、 $T_3$ ，则有类似的反向振荡过程产生，此不赘述。

除上述两种逆变器外，还有串、并联式逆变器(频率可高些，启动容易，换流能力强)、倍频式逆变器(频率可达  $4 \sim 10\text{kHz}$ )和时间分割式逆变器(频率更高，线路也更复杂)。

## 四、新型逆变器

### 1. 高频开关型逆变器

大功率三极管或场效应管高频开关型逆变器许多新的电路结构，例如采用 SPWM 的 BUCK 型逆变器、CUK 型开关功率放大器及新型开关功率放大器、采用相移控制的高频逆

变器等,将在不间断电源系统中应用,使 UPS 性能提高、体积缩小、效率提高。

BUCK 型逆变器如图 5-22 所示,图中 S 与  $\bar{S}$  是互外开关。该逆变器结构简单,开关管耐压要求低,负载适应性好,输出纹波小,但这种电路只能降压,不能用高频变压器实现隔离,故适用于加有工频变压器的 UPS 系统。

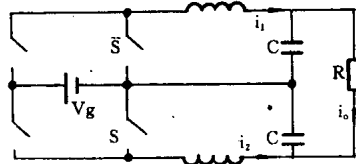


图 5-22

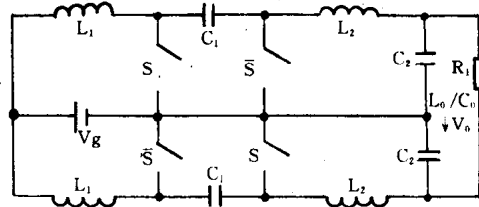


图 5-23

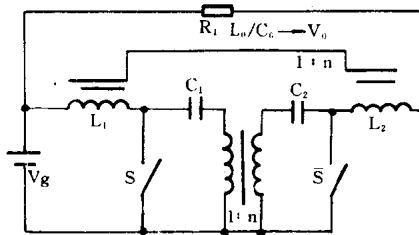
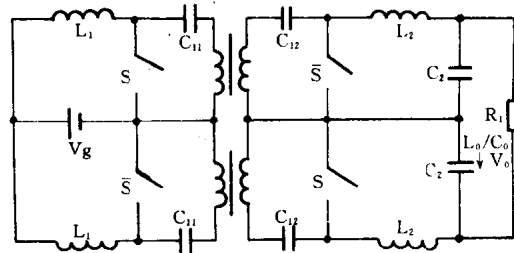


图 5-24



采用 SPWM 的 CUK 型开关功率放大器,也可叫 CUK 型逆变器,如图 5-23 所示。该电路输出电压可升又可降,输入输出纹波小,很容易进行高频隔离,电路中 LC 元件较多。但可用耦合办法减少磁性元件数并减小纹波。所以适用于不用工频变压器,要求体积小的 UPS 系统。

采用 SPWM 的新型开关功率放大器或叫逆变器如图 5-24 所示,该电路使用电子器件少,只需两个双向电流开关即可实现电流电压四象限输出,即交流功率输出,而且开关管耐压要求较低,输入与输出纹波较小,但电路中虽有高频变压器,仍不能进行高频隔离,故适用场合仍是加有工频变压器的 UPS 系统。

采用相移控制的高频逆变器如图 5-25 所示,改变  $S_1$  与  $S_3$  的控制信号相位差,即可改变输出交流电压,该逆变器采用高频隔离,从而提高系统功率密度,而且开关管占空比固定为 50%,控制简单可靠,这种逆变器用于中、小容量 UPS,是极有前途的新电路结构,代表 UPS 逆变器新的发展方向。

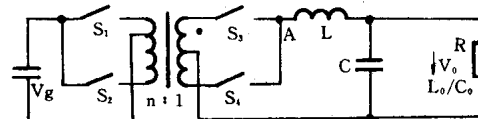


图 5-25

可靠,这种逆变器用于中、小容量 UPS,是极有前途的新电路结构,代表 UPS 逆变器新的发展方向。

## 2. 弧焊逆变器

自七十年代以来,由于不断出现的能源危机,对节能提出了紧迫的要求,这样促使产生了具有高效节能的弧焊逆变器。它除了节省能源外,还具有重量轻、体积小、功率因素高、动态特性和焊接性能良好等优点。从弧焊逆变器问世至八十年代,已有很多公司陆续推出了产品,逆变频率已提高到 50kHz,而且它在弧焊电源中所占的比例越来越大,无疑将具有广阔的发展前景。

弧焊逆变器的基本原理是:单相或三相 50Hz 的交流电源经整流滤波之后,经逆变器大

功率电子开关元件的交替作用,变成几百赫兹到几十千赫兹的中频电源,再通过中频变压器降至适合于焊接的几十伏电压。如果需要直流弧焊,可以再经二极管整流和电抗器滤波,将中频交流电变为直流输出,以供焊接。通过电子控制电路对逆变器进行定频率调脉冲宽度和定脉冲宽度调频率的两种调节控制,以获得所需的弧焊规范调节,借助于电弧电压和焊接电流反馈信号的配合作用,从而可获得所需的各种特性形状。

弧焊逆变器的大功率开关元件可以采用晶闸管、晶体管或场效应管,因此,按器件进行分类可分为晶闸管式弧焊逆变器、晶体管式弧焊逆变器和场效应式弧焊逆变器三种。其中,晶闸管式为定脉宽调频率式,逆变频率一般为 $1\sim 5\text{kHz}$ ,处于音频范围,因而工作时有噪声。后两种逆变器一般采用定频率调脉宽式,也可采用定脉宽调频率式。晶体管式频率一般为 $20\text{kHz}$ ,而场效应式频率可达 $50\text{kHz}$ ,甚至更高,且场效应管是电压控制元件,因而控制功率极小,大大提高了弧焊逆变器性能,而且工作时无噪声。

弧焊逆变器已经愈来愈多地应用于各种弧焊方法,其中包括手工弧焊、二氧化碳气体保护焊、氩弧焊、埋弧焊和等离子弧焊等等。

### 第三节 开关电源电路

无电源变压器开关电源的方框图如图 5-26 所示。该电源结构可分为两部分,交流电网

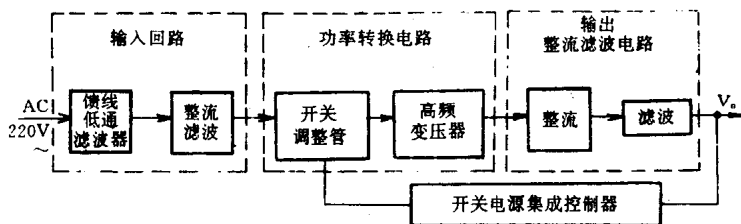


图 5-26

将电能传递给负载的回路称为主回路;按输入输出条件控制主回路工作状态的回路称为控制回路,将控制回路集成化即称为开关电源集成控制器。目前,市售开关电源集成控制器一般为脉宽调制型,如 MC3420/3520、TL494、PWM25CK 等等。

开关电源的工作过程是:交流电网电压  $220\text{V}$  直接经馈线低通滤波器和输入整流滤波电路得到最大值约  $340\text{V}$  ( $220\text{V}\pm 10\%$ ) 未稳压的直流电压,然后加到功率转换电路,同时它又受到开关电路集成控制器的控制,把直流电压变换成符合要求的高频(大于  $20\text{kHz}$ ) 方脉冲电压,最后经输出整流滤波电路,得到平滑而连续的低纹输出直流电压  $V_o$ 。开关电源集成控制器除上述功能外,还应有电压调整(稳压控制)和对电源或负载提供保护等功能。

#### 一、主回路

##### 1. 馈线低通滤波器

馈线低通滤波器是为了消除从交流电中引入的噪声。一般,交流电网中引入的噪声可分为共模噪声(如  $50\text{Hz}$  工频)和非共模噪声两种。因为开关电源内部噪声比线性调整式电源要大得多,如从交流电网中再引入过高的噪声,势必会进一步恶化开关电源的质量指标,而且,开关电源本身是一个高频干扰源,为了阻止高频干扰反串入交流电网,必须在开关电源中设置馈线低通滤波器。这种滤波器常有对称  $\pi$  型、平衡  $\pi$  型、对称 T 型、平衡 T 型等几种,

如图 5-27 所示为了使低通滤波器效果更好,有的往往采用两级馈线低通滤波器,有的常在

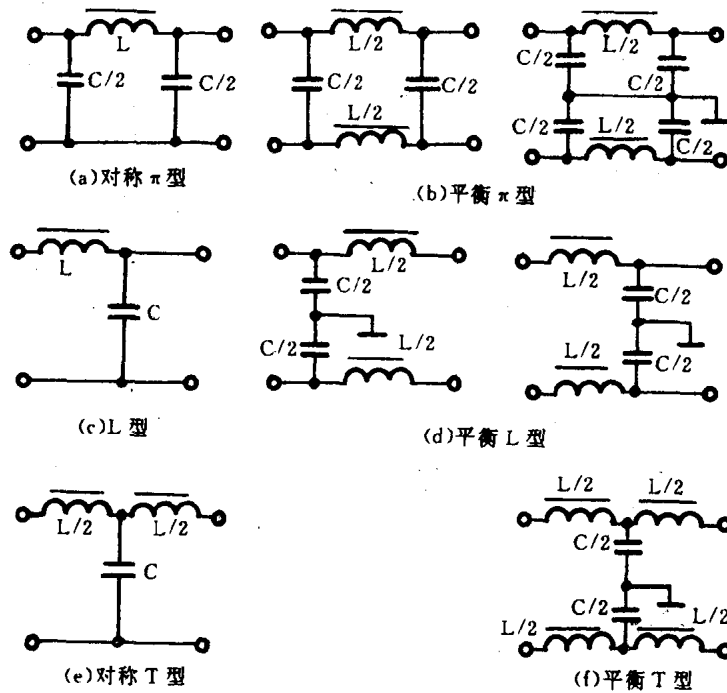


图 5-27

其输入输出端分别并联一只小容量电容以消除额定噪声。

## 2. 输入整流滤波电路

无电源变压器开关电源的输入整流滤波电路如图 5-28 所示。它跟常规直流稳压电源的整流滤波电路一样,都是将交流电网转变成直流电压。但是开关电源还要求输入整流滤波电路应具有一定的输出电压保持能力和防止合闸浪涌电流的软启动装置。同时,滤波电容  $C$  可选用低频或高频电容器,若用低频电容器则必须并联同容量高频电容器来承担充放电电流。图中在整流和滤波之间串入的限流电阻  $R_{sc}$  是为了防止浪涌电流的冲击。合闸时,  $R_{sc}$  限制了电容  $C$  的充电电流,经过一段时间,  $C$  上的电压达到预置值或电容  $C_1$  上电压达到继电器  $T$  动作电压时,  $R_{sc}$  被短接,完成了启动。同时,还可采用可控硅等电路来短接  $R_{sc}$ 。当合闸时,由于可控硅截止,通过  $R_{sc}$  对电容  $C$  进行充电,经一段时间后,触发可控硅导通,从而短接了限流电阻  $R_{sc}$ 。

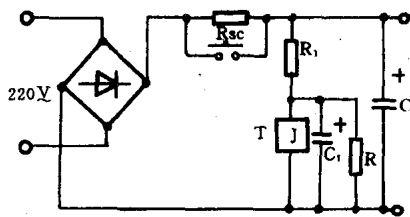


图 5-28

## 3. 功率转换电路

功率转换电路有推挽、全桥、半桥及单端反激、单端正激等形式。

### (1) 推挽、全桥、半桥功率转换电路

推挽、全桥、半桥功率转换电路如图 5-29 所示。它是实现变压、变频以及完成输出电压调整的执行部件,也是电源的核心部件。

推挽、全桥、半桥功率转换电路的各自特点比较见表 5-1。

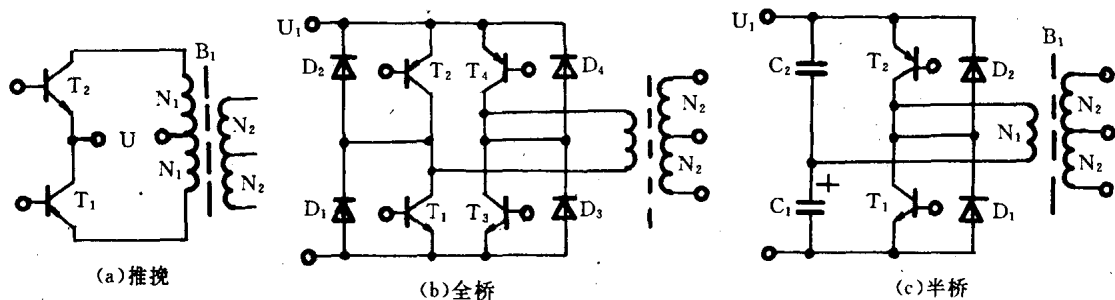


图 5-29

表 5-1

型 式		推 挽 式	全 桥 式	半 桥 式
项 目				
高压开关晶体管集—射极间施加的电压		稳态为 $2U_i$ 由漏感引起的尖峰使 $U_{ccma} > 2U_i$	稳态为 $2U_i$ 二极管钳位使 $U_{ccma} \leq U_i$	同全桥式
相同输出功率时集电极电流		$I_c$	$I_c$	$2I_c$
相同集电极电流时输出功率		$P_o$	$P_o$	$1/2P_o$
高频变压器上施加的电压		$U_i$	$U_i$	$1/2U_i$
高压开关晶体管数量		2	4	2
输入滤波电容数量		1	1	2
基极驱动电流	功率	小	大	中
	元器件数量	少	多	中
	复杂程度	简单	复杂	中等
宜于获得的输出功率容量		大	大	中等
抗不平衡能力		弱	弱	强

为了避免两个高压开关管同时导通造成的损坏,必须确保有两者都不导通的时间间隔,这个间隔的长短由两者的贮存时间来确定。防止“共同导通”的方法除尽可能缩短时间外,还必须在开关电源集成控制器中设置“死区”控制电平来保证。此外,为使高压开关晶体管能安全而可靠地工作,除降低工作温度(加散热器)外,还必须在集—射极间反向并接钳位二极管以抑制关断时所形成的尖峰电压或在集—射极间带有二极管的 RC 吸收网络(RC 网络也有抑制尖峰电压的作用),确保其运行在工作安全区内(高频变压器初次级匝数比越大其漏感也越大,所引起的尖峰电压也越高)。同时,还应确保高频变压器在任何条件下都不发生饱和现象。

### (2) 单端功率转换电路

单端功率转换电路简称单端变换器,按次级回路开关整流二极管的连接方式分为单端正激变换器和单端反激变换器两种。

单端反激式的原理图见图 5-30 所示。图中高频变压器初次级绕组同名端相反。其工作过程

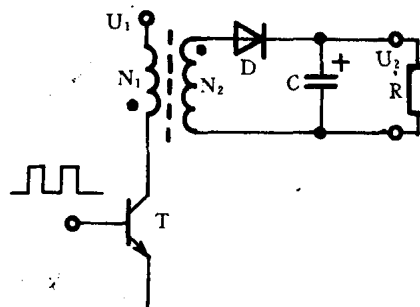


图 5-30



是:当 T 管导通时,变压器次级绕组  $N_2$  上的感应电压  $V_2$  使二极管 D(因反接)截止,次级绕组  $N_2$  上没有电流流过;当 T 管截止时,次级绕组  $N_2$  上的电压  $V_2$  极性反转使二极管 D 导通,并向负载提供电流。可见,T 管导通期间只贮存能量,截止期间才将能量传递到负载的变换器称为单端反激变换器,也称电感贮能式变换器。

实际上由于高频变压器初次级绕组间存有漏感,使 T 管截止瞬间会在其集电极出现电压尖峰,所以,为了对尖峰电压加以限制,常见的电路形式如图 5-31 所示。

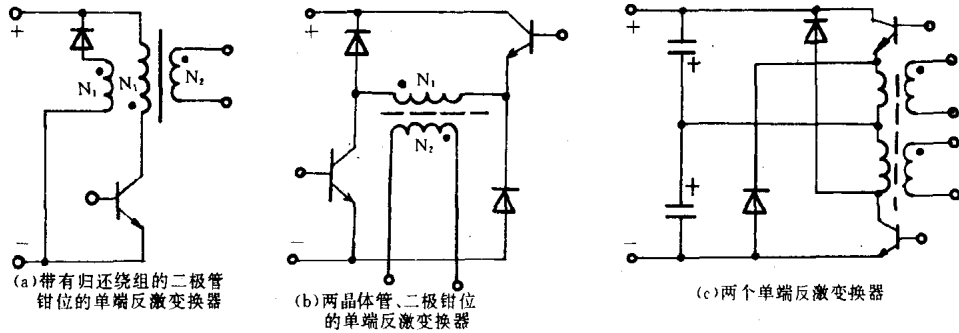


图 5-31

若高频变压器初次级绕组同名端相同,在次级回路上加上续流二极管和电感,便成了单端正激变换器,它的工作过程和反激变换器类似。

#### 4. 输出整流滤波电路

输出整流滤波电路根据功率转换电路类型可分为全波和单端变换器整流滤波电路两种。在全波整流滤波电路中多数采用中心抽头式(另外还有桥式),如图 5-32 所示。它的工作过程是:变压器 B 的初级绕组处于正方波脉冲电压时,次级回路中二极管  $D_1$  导通,并经电感 L 向负载提供电流,同时一部分能量贮存在电感 L 中;当方波脉冲消失时,L 中的能量经二极管  $D_2$  向负载释放。当变压器 B 处于负脉冲方波时, $D_2$  导通;脉冲消失时, $D_1$  起续流作用。可见,开关整流二极管  $D_1$ 、 $D_2$  将高频变压器正负对称方波脉冲电压交替整流成单向断续方波电压,经 L、C 输出滤波平滑成连续的直流电压  $V_0$  供给整机作电源。

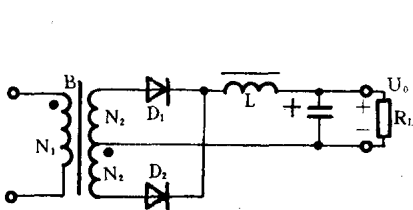


图 5-32

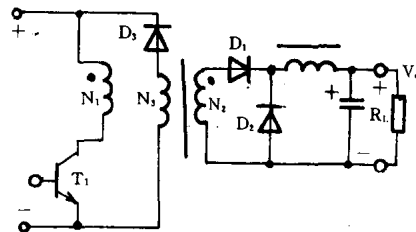


图 5-33

单端变换器输出整流滤波电路也有单端反激和单端正激变换器两种。图 5-33 示出了带有能量归还绕组  $N_3$  和钳位二极管  $D_3$  的单端正激变换器输出整流滤波电路。二极管  $D_1$  从导通到截止时,由于反向恢复时间使得高频变压器次级被短路,阻止了  $T_1$  管集电极电压的上升,从而影响了输出电压的调节范围。同样  $T_1$  管从截止到导通,也因  $D_2$  的反向恢复时间引起次级绕组短路,导致尖峰电流,造成了电源的噪声。抑制噪声的有效措施是选用反向恢复时间短的开关二极管(如肖特基势垒二极管)或在其上并接高频电容器(一般为数千微微

法),再加上次级绕组上并接 RC 吸收网络等,同时输出端分别对地接高频电容器及采用一点接地的方式。

### 5. 基极驱动电路

基极驱动电路的作用是将开关电源集成控制器输出脉冲信号放大到足以激励高压开关晶体管。按提供的正向基极电流和被驱动晶体管集电极电流之间关系可分为比例电流驱动和恒流驱动两种。由于后者电路简单,并可用抗饱和和反向驱动以解决存贮时间的问题,因此在脉宽调制型开关电源中多数采用它。

脉宽调制开关电源集成控制器输出的开关信号经基极电路放大,由脉冲驱动变压器耦合,分别控制高压开关晶体管  $T_1$ 、 $T_2$  的开与关。基极驱动电路种类很多,如图 5-34 所示便是其中之一。

为使  $T_1$ 、 $T_2$  开关功率管能理想地开与关,首先必须提供理想的驱动电流波形(快速的上升沿并带有过冲)。这种电流可使开关晶体管迅速进入饱和(即集电极电压迅速下降),减小开通损耗。同时,尖峰电流过后又不使开关晶体管处于深饱和,减小了存贮时间。晶体管  $T_4$  的作用是: $T_3$  管截止时, $T_4$  管导通,从而加速  $T_3$  管截止。二极管  $D_1$  是起保护  $T_4$  管的基射结的作用,电容  $C_2$  起

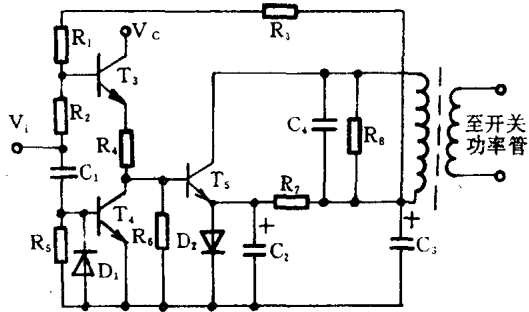


图 5-34

加速作用,当  $T_3$  管的基极驱动脉冲消失后,电容  $C_2$  开始放电,并使它的电压反向加于  $T_3$  管的集射结,从而加速  $T_3$  管截止;电阻  $R_7$  给二极管  $D_2$  提供 0.7V 的偏置电压。脉宽调制型开关电源集成控制器输出脉冲信号由  $V_i$  输入,电阻  $R_1$ 、 $R_2$  作为该集成控制器的集电极负载,电容  $C_1$  起隔直流及当输出脉冲信号消失时使  $T_4$  管导通的作用。

### 二、W1524/3524 脉宽调制型开关电源集成控制器

目前,W1524/3524 已成为国际上最为流行的开关电源集成控制器之一,因为它几乎包括了所有无电源变压器开关电源所要求的基本功能,如控制、保护、取样放大等功能,且使用方便灵活,同时,在制造上采用常规的平面工艺。W1524/3524 可为脉宽调制式推挽、桥式、单端及串联型 SMPS 提供全部控制电路系统的控制单元。该器件具有以下功能和特点:

完整的 PWM 功率控制功能;

输出工作频率大于 100kHz;

集电极、发射极开路输出,最大输出电流为 100mA;

线和负载调整率典型值为 0.2%;

在全温度区上,内部基准电压变化最大为 1%,其输出电流可达 50mA;

工作电压范围为 6~40V;

工作温度:W1524(-125~-55℃),W2524/3524(0~+70℃)。

W1524/3524 采用双列直插式 16 条管脚陶瓷或塑料封装,其外形及管脚功能如图 5-35 所示。

W1524/3524 单片控制电路内部结构框图如图 5-36 所示。由图可知该器件不仅提供了整个无电源变压器开关电源的全部控制功能,而且增加了取样比较放大器,限流保护以及

内部电路的过流、短路保护,由于采用斜波后沿作为死区控制,因而节省了死区时间调节器;内部基准源既向内、外电路提供基准电压又作为内部各部分的工作电压,并可提供 50mA 输出电流;输出晶体管  $T_1$ 、 $T_2$  集电极和发射极都浮空着,这样增加了使用的灵活性。

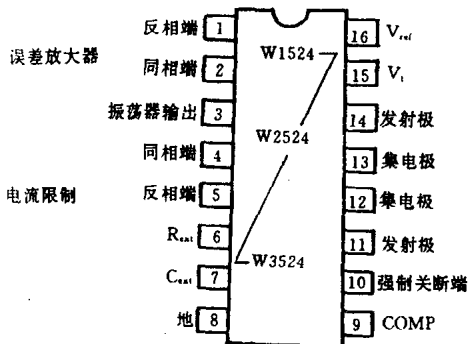


图 5-35

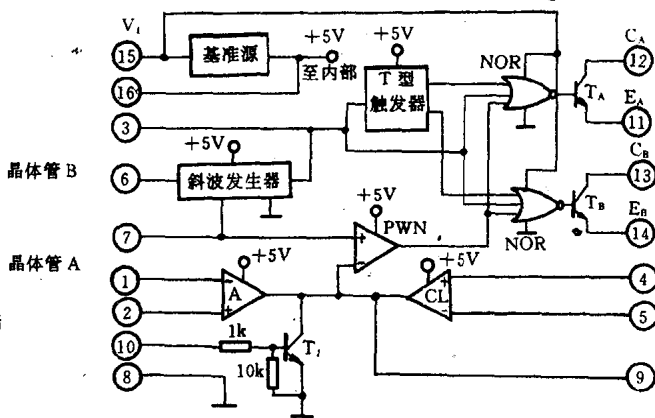


图 5-36

基准源属于常规的串联式线性直流稳压电源,它向单片内部的斜波发生器、比较放大器、脉宽调制器、T 型触发器等以及通过 16 脚向外均提供 +5V 的工作电压和基准电压,使斜波发生器产生幅度在 1.2~3.6V 的连续不对称三角波,由内部直接输入到脉宽调制器的同相端。与此同时,斜波发生器又向下一级的 T 型触发器和“或非”门提供一个同步方波脉冲。它们的频率由 6、7 脚的外接电阻  $R_{ext}$  和电容  $C_{ext}$  所决定,一般可以从 100kHz 调至 500kHz,由它构成的 PWM 型开关电源的工作频率可做到大于 100kHz。

当取样电压和基准电压分别通过 1、2 脚送入内部的比较放大器比较放大后,输出的控制电压送到脉宽调制器的反相端。脉宽调制器把控制电压与斜波基准电压进行比较,输出一个宽度受控制电压所调制的方波脉冲,然后同时送往两个前级“或非”门的输入端。

分相电路是由脉冲控制触发器所构成,实际上是一种前沿触发的 T 型触发器。斜波发生器产生的同步方波脉冲经电阻分压后触发 3 脚,使分相电路工作输出的方脉冲频率为触发脉冲频率的一半,且相位差为  $180^\circ$ ,并分别送往两输出晶体管前级“或非”门的输入端。

三个输入端的“或非”门,由“或非”门的原理可知,只有当满足三个输入端(脉宽调制脉冲、死区时间控制脉冲、分相器的输出  $Q$  或  $\bar{Q}$ )均为低电平时,其输出才为高电平。由分相器送往两个“或非”门的输入脉冲相位总是相差  $180^\circ$ ,并且,在两个分相的输入脉冲之间总存在一个高电平,其宽度在  $0.5\sim 5\mu s$  之间可调的死区时间控制脉冲,从而保证了两个“或非”门输出脉冲不会重叠并能正常交替,因而也保证了两个输出管不会产生“共同导通”的情况,“或非”门输出脉冲的占空比为 0~45%。

该开关电源的过流保护电路是由一个传感放大器构成,其输出端与比较放大器输出端 9 脚相连。当电源输出电流过载时,4、5 脚通过外接的取样电阻取样,使 4 脚为正、5 脚为负,从而将比较放大器的输出端电位拉至零或负电位,使脉宽调制器输出恒为高电平,致使两输出管截止,切断了电源的输出。当电源本身出现异常或某种需要时,只要在 10 脚输入大于 0.7V 的电压, $T_1$  管导通并饱和,从而达到切断其稳压电源的输出。

### 三、W1524/3524 的应用

### 1. 双端应用

开关电源中功率转换电路采用推挽、全桥、半桥的电路形式是集成控制器双端应用的实例。因脉宽调制型开关电源控制器的基本工作原理是以 W1524/3524 为例来介绍的,所以集成控制器的应用也以 W1524/3524 为例。

如图 5-37 为 W1524/3524 构成的带有电源变压器半桥式 PWM 稳压电源。它实际是

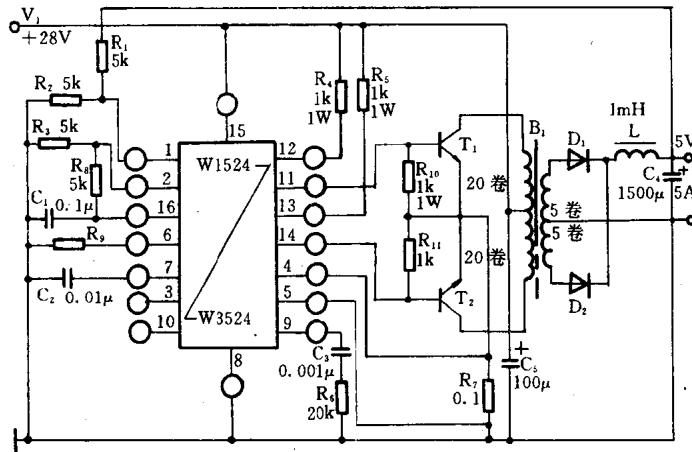


图 5-37

开关电压调整器的一种形式, W1524/3524 是该电源的核心,并直接向功率转换电路的开关功率管提供脉宽调制信号。开关频率由⑥、⑦脚对地分别接的  $3\text{k}\Omega$  电阻和  $0.01\mu\text{F}$  电容确定;电阻  $R_1$ 、 $R_2$  提供取样电压经①脚引入比较放大器的反相端;⑨脚对地串接有  $0.001\mu\text{F}$  电容和  $20\text{k}\Omega$  电阻,以实现频率补偿;⑪、⑭脚直接与外接开关管  $T_1$ 、 $T_2$  基极相连,  $R_4$ 、 $R_5$  由⑫、⑬脚引入作为 W1524/3524 输出管的负载;限流电阻  $R_7$  经④、⑤脚引入过流保护电路,其值决定输出电流的极限值。市电经电源变压器和整流滤波电路,得到未稳压的直流由⑮脚加入 W1524/3524 及通过高频变压器  $B_1$  加到  $T_1$ 、 $T_2$  管集电极,使该电源工作,输出  $5\text{V}$ 、 $5\text{A}$ 。

### 2. 单端应用

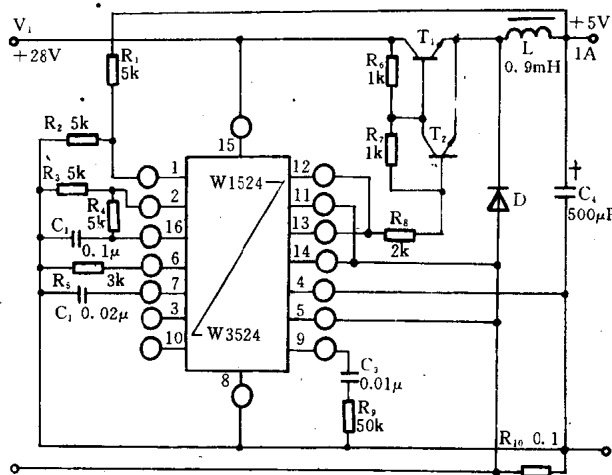


图 5-38

开关电源中功率转换器采用单端正反激电路形式及开关电压调整器,是集成控制器单

端应用的实例。使用中只须将集成控制器的输出连接成“或”的形式即可。

图 5-38 是 W1524/3524 构成的开关电压调整器。①脚和⑭脚、⑫脚和⑬脚相接控制开关调整管  $T_1$ 、 $T_2$  的开与关,此时开关电压调整器的工作频率就是 W1524/3524 斜波振荡频率;电感  $L$ 、电容  $C_3$ 、续流二极管  $D$  构成正激型变换型;接在④、⑤脚间的电阻  $R_{10}$  为限流电阻,并决定该调整器最大输出电流值;其余管脚的连接见图 5-38 所示。当输入电压  $U_i$  为 28V 时,该调整器可输出 5V、1A。

## 第四节 开关电源元件

由前几节的分析可知,开关电源电路所用的元件很多,有整流二极管、滤波电容、开关管、开关变压器、开关电源集成控制器等等。其中开关管和开关变压器是开关电源的核心元件,而常用的开关管又有大功率晶体管、VMOS 场效应管和晶闸管。

### 一、开关管

#### 1. 大功率晶体管

晶体管也称三极管,它的种类很多。按频率分有高频管、低频管;按功率分有小、中、大功率管;按半导体材料分有硅管、锗管;按结构分有 NPN 型和 PNP 型。晶体管的表示符号如图 5-39 所示。

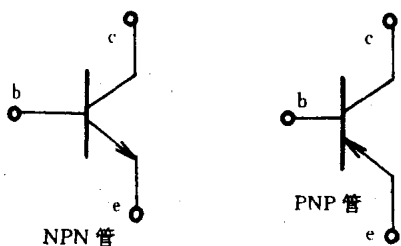


图 5-39

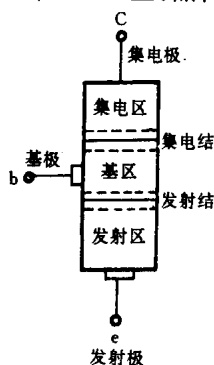


图 5-40

图 5-40 所示为 NPN 型晶体管的结构示意图。它是由两个 PN 结的三层半导体制成的。中间一块很薄的是 P 型半导体,两边各为一块 N 型半导体,从三块半导体上各自接出晶体管的三个电极,即集电极  $c$ 、基极  $b$ 、发射极  $e$ ,对应的每块半导体称为集电区、基区和发射区。它的工艺过程是:在 N 型硅片氧化膜上光刻一个窗口,进行硼杂质扩散,获得 P 型基区,经氧化膜掩护后再在 P 型半导体上光刻一窗口,进行高浓度的磷扩散,获得 N 型发射区,表面是一层二氧化硅保护层,N 型底片则用作集电极。

晶体管组成的电路中,常用一个电极作信号输入端,一个电极作输出端,另一个电极作为输入输出回路的共同端。根据公共端的不同,分为共基电路、共集电路和共发射极电路。如

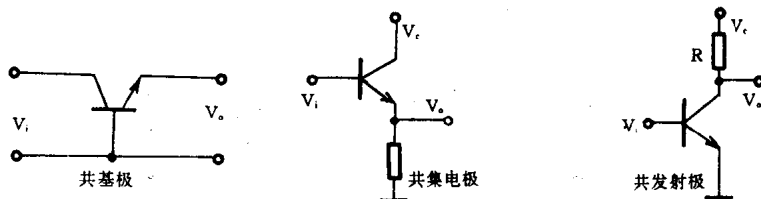


图 5-41

图 5-41 所示。

晶体管有三种工作状态,即饱和区、放大区和截止区。但作为开关元件时,就只工作在饱和区和截止区,放大区只是出现在由饱和到截止或由截止到饱和的过渡过程中,是瞬间即逝的。硅管的基极与发射极间电压  $V_{BE} \approx 0.7V$  时,晶体管就处于饱和导通状态,此时的管压降为  $0.3V$  左右,所以晶体管饱和导通时如同闭合的开关。而当  $V_{BE} < 0.5V$  时,晶体管便转入截止区,如同断开的开关。这就是晶体管最重要的开关特性,晶体管作为开关元件正是利用了这个特性。

大功率晶体管因功率较大,发热率高,所以须加装散热片。

## 2. VMOS 场效应管

垂直导电功率场效应管即为 VMOS 功率场效应管,它是具有电子管和晶体管两者优点的电压控制型半导体器件,它的低频电流增益高达  $10^6 \sim 10^9$ ,可以直接用集成电路驱动,大大简化了电路。同时它又集平面 MOS 管和双极型功率管之长,具有优越的线性放大特性和高频工作能力,是最理想的功率开关器件。

场效应管也有三个电极:栅极 G、源极 S 和漏极 D,分别对应于晶体管的基极、射极和集电极。它按其内部结构又分为 N 沟道和 P 沟道。现以 N 沟道 VMOS 为例来简述其工艺过程。在  $n^+$  型高掺杂浓度的衬底上,外延生长  $n^-$  型高层,  $n^+$  型区和  $n^-$  型区共同组成器件漏区。在  $n^-$  型区内,选择地扩散 P 型沟道体区,漏区和体区的交界就是漏区 P-n 结。在 P 型体区中,选择地扩散  $n^-$  型源区,由于体区和源区总是被短路在一起的,所以源区 P-n 结常处于零偏置状态。利用各向异性腐蚀技术,刻蚀出 V 型槽,槽底横穿过 P 型全区。在 V 型槽的槽壁上形成了有效的金属-二氧化硅-半导体系统。当在栅极上施加适当的电压后,由于表面电场效应,就会在体区靠近 V 形槽壁的表面附近形成 n 型反型层,这些反型层就是沟通源区和漏区的导电沟道。

VMOS 场效应晶体管有两种结构,一是 VVMOS 功率场效应晶体管,另一是 VDMOS 功率场效应晶体管。前者第一次改变了传统 MOS 场效应管的电流方向,电流不再是沿表面水平方向流动,而是从  $n^+$  源极出发,经过与表面成  $54.7^\circ$  角的沟道流到  $n^-$  漂移区,然后垂直地流到漏极。因为它是利用 V 形槽实现垂直导电的,故称为 VVMOS 结构。而 VDMOS 结构不是利用 V 形槽形成导电沟道,而是利用两次扩散形成的 P 型区和  $n^+$  型区,在硅片表面处的结深之差形成沟道,电流在沟道内沿表面流动,然后垂直地被漏极接收。它实质上就是垂直导电的双扩散 MOS 结构。

由于 VMOS 器件工艺结构上的特点而决定了它所具备的如下优点:短沟道容易制造;耐压能力比双极型晶体管大大增强;高输入阻抗,低驱动电流而输出功率却很大;开关速度快,高频特性好;因具有负电流温度系数,使得电流自动调节能力较强,因而热稳定性优良;安全工作区域大等等。为了详尽说明 VMOS 器件的优点,特将 VMOS 和双极型功率晶体管特性比较列于表 5-2。

VMOS 功率场效应管因具有线性度高、频率响应好、开关速度快等优点,决定了它是理想的开关元件。常用的 VMOS 器件基本电路有:共源电路、共栅电路和共漏电路,其输入输出形式和晶体管完全相同。开关特性也是 VMOS 管处于饱和导通状态时,如开关闭合;截止状态时,如开关断开。

表 5-2 VMOS 功率器件与双极型功率器件特性的比较

VMOS 功率器件		双极型功率器件
U-I 特性	常关特性,电压控制型,低电流区平方伏安特性,大电流区线性伏安特性,漏极电流 $I_D$ 正比于沟道宽度	常关特性,电流控制型,指数伏安特性,集电极电流正比于发射区周长
器件结构	双扩散决定沟道长度,反偏沟道结轻掺杂区达到高耐压,垂直导电,衬底为漏极	双扩散决定基区宽度,反偏基集结,轻掺杂区达到高耐压,垂直导电,衬底为集电极
ASO	没有二次击穿,ASO 大	受二次击穿影响,ASO 小
$R_{on}/U_{OES}$	受本征沟道电阻和漏区高阻层的限制, $R_{on}$ 大	存在集电区电导调制效应, $U_{OES}$ 小
开关速度	多子导电器件,开关速度快	有少子存储效应,开关速度慢
增益	跨导增大受沟道穿通的限制	$h_{fe}$ 增大受电流的限制
温度特性	电流的温度系数为负,热稳定性好	电流的温度系数为正,会发生“热奔”
电流容量	不产生电流集中,容易实现多管的并联	电流容易聚集,由于 $U_{SK}$ 匹配问题而不能简单并联
驱动功率	纯容性输入阻抗,不需要直流驱动,只需输入电容的充放电	低输入阻抗,需大的基板电流驱动
开启电压	阈值电压直接由掺杂决定	导通电压由工艺参数决定
工作频率	取决于多子的场漂移运动	受少子基区渡越时间的限制
驱动电路	由于是常关型和电压控制,驱动电路简单	虽是常关型,但需温度补偿防止热击穿并需保护电路,驱动电路复杂
耐压能力	浅结器件,须用场板、分压环等来缓和表面电场	端部可采用包括台面在内的各种终端结构

### 3. 晶闸管

晶闸管是一种大功率的电力半导体器件,具有高效率、功耗小、快速响应、体积小、重量轻、可靠性高等一系列优点。晶闸管 T 具有三个电极:阳极 A、阴极 K 和门极 G(也称控制极),如图 5-42 所示。它的工作原理是:阳极 A 和阴极 K 与电源和负载相连,组成晶闸管的主电路;门极 G 和阴极 K 与控制晶闸管的装置相连,组成晶闸管控制电路。当晶闸管的阴极和门极均承受正向电压时,它才导通,导通后门极便失去作用,只要阳极仍有一定的正向电压,不论门极电压如何,晶闸管仍保持导通状态。之后,若主回路中的电源电压降低或增大回路电阻,使回路电流逐渐减小到低于晶闸管导通的最小电流(维持电流),晶闸管便由导通状态转为关断截止状态。要想再由关断变成导通状态,只须在门极加一正向的触发脉冲电压即可。

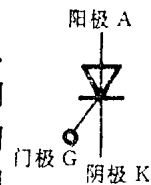


图 5-42

晶闸管的内部有一个由硅半导体材料做成的管芯,管芯是一个圆形薄片,是四层(P、N、P、N)三端(A、K、G)器件,正因为这个结构决定了晶闸管的工作性能。它有  $J_1$ 、 $J_2$  和  $J_3$  三个 PN 结,如图 5-43 所示,把中间的  $N_1$ 、 $P_2$  结分成两部分,便构成了一个 PNP 型三极管和一个 NPN 型三极管组成的复合管。这两个互相复合的晶体管电路中,每一个晶体管的集电极电流同时是另一个晶体管的基极电流,因此当有足够的触发电流由门极流入时,就会形成强烈的正反馈,造成两晶体管饱和导通,即晶闸管饱和导通。

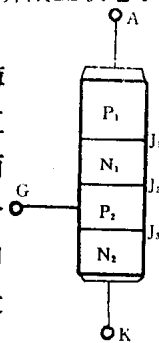


图 5-43  
119

晶闸管的种类很多,包括普通晶闸管、快速晶闸管、逆导晶闸管、双向晶闸管、可关断晶闸管等。其中快速晶闸管、逆导晶闸管和可关断晶闸管在逆变器电路中应用较多。快速晶闸管和普通晶闸管的基本结构相同,其特点是开关时间短、静态特性和动态特性均良好,适用于高频率的逆变器电路中。逆导晶闸管是将晶闸管和整流二极管制作在同一管芯上的集成元件,在晶闸管逆变器电路的介绍中已看到晶闸管和整流管反并联使用的电路。逆导晶闸管具有正向压降小、关断时间短、高温特性好、额定结温度高、体积小、成本低、配线简单等优点,但因是集成件,晶闸管与整流管的载流容量的比值是固定的,从而限制了它的灵活性。可关断晶闸管是在门极加正脉冲电流就能导通,加负脉冲电流就能关断的元件。它具有以下优点:用门极负脉冲电流关断方式代替主电路换流,关断所需能量小;线路可靠性高;有较高的开关速度,可关断晶闸管的工作频率达 35kHz。

## 二、开关变压器

### 1. 开关变压器在开关电路中所起的作用

(1)开关变压器和开关管一起构成一个自激(或他激)式的间歇振荡器,从而把输入直流电压调制成一个高频脉冲电压。在脉冲调宽式电路中,有些是工作于行频上。在频率调制式电路中,频率可从十几个千赫兹变化到近百个千赫兹。

(2)起到能量传递和转换作用。在反激式电路中,当开关管导通时,变压器把电能转换成磁场能储存起来,当开关管截止时则释放出来。在正激式电路中,当开关管导通时,输入电压直接向负载供给并把能量储存在储能电感中(可以是单独的,也可以是开关电源变压器)。当开关管截止时,再由储能电感进行续流向负载传递。

(3)把输入直流电压(通常达 300V 以上),转换成所需的各种低压。

(4)使输出负载和带电高压隔离,以保证机器和人身安全(对热,地式则没有此作用)。

### 2. 开关变压器的构造和组成

图 5-44 示出了标准型(RA)开关变压器的构造与组成,它由八部分组成,由于开关变压器是在高压、高频、大功率情况下工作的,所以对各组成部分材料的性能要求就比一般变压器高得多。

(1)外包绝缘:要求具有耐高温、不易燃烧、颜色鲜艳美观的优良性能。通常采用基材为聚脂膜的压敏胶粘带。

(2)安装脚:由于用安装脚装在印刷电路板上,保护了绕组引线,又可防止磁芯振动碰撞碎裂。

(3)磁芯气隙:使用具有优良性能的耐热耐湿非磁性衬垫,其作用是增大磁路中的动态磁场强度而不使磁芯饱和。用高强度粘结剂粘结。

(4)层间绝缘:采用基材为聚脂膜或涤纶膜的压敏胶粘带。

(5)绕组线圈:使用高频特性好、耐压高、机械强度高的漆包线,在大电流时采用多股漆包线并绕以减小高频有效电阻。

(6)引出端插脚:抗弯性能好,由于使用了镀锡的 CP 线,从而引出端插脚不会弯曲和断裂,可焊性优良。

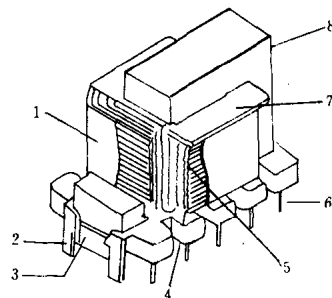


图 5-44



(7)线圈骨架;使用性能优良的工程塑料阻燃增强 PBT,热变形温度高,不易燃烧,机械强度高。

(8)磁芯;采用优质的铁氧体磁芯,高频损耗小,发热小,温度特性稳定,机械强度高。

### 3. 开关变压器的主要材料

由开关变压器的构成可看出,磁性材料、导线材料和绝缘材料是开关变压器的核心,开关变压器的性能好坏取决于这三种材料的性能。

#### (1)磁性材料

开关变压器使用的磁性材料为软磁铁氧体。软磁铁氧体按其成份和应用频率可分为 MnZn 系和 NiZn 系两大类。MnZn 铁氧体具有高的磁导率、较高的饱和磁感应,在中频和低频范围具有较低损耗,在 kHz 频率范围是目前各种铁氧体材料中性能较好的一种。

我国标准规定,铁氧体的牌号由四部分组成,第一部分:材料类别,用汉语拼音字母表示;第二部分:材料主要性能参数,用阿拉伯数字表示;第三部分:材料主要特征,用汉语拼音字母表示;第四部分:序号,区别前三部分相同而其它部分不同材料。材料各部分表示的意义见表 5-3。

表 5-3 铁氧体材料牌号组成

1		2		3	
材料类别		材料的主要性能参数		材料的主要特征	
符号	意义	符号	意义	符号	意义
R	软磁	$\mu$ 的标称值		Q	高 Q
		K	千	B	高 $B_s$
				U	宽温度范围
				X	小温度系数
				H	低磁滞损耗
				F	高使用频率
				D	低磁芯损耗
				T	高居里温度
				Z	正小温度系数
				P	大功率
				R	高电阻率
Y	永磁	(BH) <sub>max</sub> 的标准值		T	各向同性
		10~40	6~40kJ/m <sup>3</sup>	B	高 $B_r$
				H	高 $H_{ob}$ 、 $H_{cc}$
X	旋磁	$M_s$ 的标称值		X	小线宽
		10~5000	(10~5000)×10 <sup>6</sup> A/m	H	有内场的材料
				T	高居里温度
J	矩磁	矩形比 $R_r$ 的标称值		D	低开关系数
		5~10	0.5~1	I	低驱动电流
				X	小温度系数
A	压磁	$\lambda_s$ 标称值的绝对值		Z	正 $\lambda_s$
		1~1000	(1~1000)×10 <sup>-9</sup>		

表 5-4 列出了国内外比较有名的铁氧体材料生产企业的产品的磁性能。

开关变压器中采用软磁铁氧体的是磁芯。我国标准中对磁芯元件的型号命名作出了规定,由四部分组成。第一部分:元件的用途或形状类别,用汉语拼音字母或英语字母表示;第二部分:区别第一部分相同而形状不同的元件,用汉语拼音字母表示;第三部分:元件的规

格,用元件的特征尺寸和序号表示:第四部分:区别前三部分相同而有其它不同的元件,用英语字母表示。见表5-5。

表5-4 常用铁氧体材料性能

生产企业	日本TDK公司	日本富士公司	日本东北金属工业	西德西门子公司	荷兰 飞利浦	中国 898厂
磁性材料牌号	H3T DA3 DA3B	H45 H64	2500B 3100B 5000B	N27 N41 N47	3C8	R2KD
初始磁导率 $\mu$	1900 2000 2500	2400 1800	2500 3100 5000			2500
饱和磁感应 $B_s$ (T) =150e	25°C	0.5 0.49 0.48	0.48 0.52	0.49 0.49 0.5	0.47 0.47 0.43	0.44 0.47
	100°C	0.4 0.4 0.4	0.38 0.45	0.38 0.37 0.35		0.33
剩磁感应(T)	0.19 0.15 0.15	0.12 0.12	0.1 0.1 0.1	0.2 0.16 0.1	0.1	0.12
矫顽力 $H_c$ (Oe)	0.25 0.2 0.2	0.16 0.16	0.2 0.2 0.12	0.25 0.25 0.43		0.15
单位损耗 $P_v$ (mW/g) $f=16\text{kHz}$ , $B=150\text{mT}$	20°	14 12 9	10 10			12.2 10
	60°	9 6.5 5	12 6.9			6
	100°	8 5.4 4.5	13 5.8			11.1 10
单位损耗 $P_v$ (mW/g) $f=25\text{kHz}$ , $B=200\text{mT}$	20°	33 29 21		29 33 21	45 40 40	
	60°	25 18 14		18.7 37.5 16.7	30 50 38	
	100°	23.6 15.5 13		27 50 23	35 50 60	
居里温度 $T_c$ (°C)	>200 >200 >200	>200 >230	>230 >180 >180	>200 >230 >200	>210	>200
表面电阻( $\Omega \cdot \text{cm}$ )	30 50 20	100 100	130 20 20	100 100 100	100	100

表5-5 磁芯元件型号组成

1		2		3
类别		形状		特征尺寸
符号	意义	符号	意义	
A	棒形	Y B Q	圆形 扁形 其他形	直径×长 长×宽×厚
B	片形	Y F S Q	圆片 矩形片 三角片 其他形片	直径×厚 长×宽×厚 边×边×边×厚
C	拱形	X C W Q	有气隙圆环 半环或大半环 小半环 其他拱形	外径×内径×厚 外半径×内半径×厚 外半径×内半径×厚
D	帽形	M K Z	有螺纹 有孔 有中心柱	外径×高 外径×高 外径×高
E	E形	C I TD	中心柱截面为方形 中心柱截面为圆形 EI形 ETD形	底边长 底边长 底边长×总高 底边长×总高
G	罐形		有中心柱(有或无孔)	外径×总高
		K	无中心柱、有孔	外径×总高
H	环形	Q	截面为矩形 其他形截面	外径×内径×高 外径×内径×高
I	工、王形	W	工形 王形	外径×高×芯柱外径 外径×高×芯柱外径

续表

1		2		3
类别		形状		特征尺寸
符号	意义	符号	意义	
K	有孔磁芯	S D	双孔 多孔	孔内径×高 孔内径×高×孔数
L	L形	P Y	接合面为平面 接合面为圆弧面	柱截面(长×宽)×长 柱截面(长×宽)×长
M	螺纹磁芯	K	实心 有孔	外径×螺距×长 外径×螺距×长
P	偏转磁芯	V H	喇叭形 环形	最小内径×高 最小内径×高
T	T形	T	T形 双T形	柱截面(长×宽)×长 柱截面(长×宽)×长
U	U形	Y F	圆腿 方腿	底边宽 底边宽
Z	柱形	Y D K	截面为矩形 截面为圆形 截面为正多边形 有孔	长×宽×高 外径×高 边数×边长×高 外径×孔径×高
O	管形	Y Q	串珠形 圆孔 其他形	外径×内径×高 外径×内径×长 外径×长
PM	PM磁芯		PM形	外径×总高
RM	方形		方形	印制电路板网格数
X	交叉形		X形(有或无中心孔)	边柱内径

注:总高即为一对磁芯的高。

磁芯的形状很多,如EI型、E型、EC型、ETD型、DM型、RM型等等。因为它的几何形状会影响开关变压器的屏蔽、漏磁、绕线、铜阻、绝缘、安装等,所以磁芯的形状应尽量选择线圈屏蔽好、漏感小、绕线安装方便,利于多绕组引线和大电流负载的引线及使给定截面的绕组匝长最短,以减小铜耗。

表5-6给出了国内几种开关变压器所用磁芯规格。

## (2) 漆包线

一般用于绕制小型电子变压器的漆包线有高强度聚酯漆包线和聚氨酯漆包线两种。前者的绝缘涂层为聚酯漆,系由多元醇与对苯二甲酸二甲酯缩聚而成的高分子聚合物。具有优越的耐热性(耐热等级可达B级),绝缘性能好(抗电强度达60kV/mm),耐磨、耐苯、抗化学气体腐蚀等性能。后者绝缘涂层为聚氨酯漆,系由异氰酸酯和对苯二甲酸系聚脂为主要成份,用二甲苯、甲酚等稀释而成。具有色泽浅(可色性),自粘性强,有自焊性能(380°C),可不用去漆膜就可直接搪锡焊接,高频特性好介质损耗小等特性。

原则上两种漆包线均可用于绕制开关变压器线圈,但以聚氨酯漆包线更理想。因为开关变压器工作于较高频率,一方面需要高频特性好,另一方面有的变压器为了克服导线在高频下的趋肤效应造成有效电阻增大,采用多线并绕的办法,为了使绕线整齐,多采用不同颜色

漆包线来区分漆包位置。另外聚氨酯漆包线的直焊性能可减少生产工序,提高生产质量。

表 5-6 开关变压器所用磁芯规格

产品型号 (暂用)	可配用机型	引进机型及 原产品代号	电路工作方式	工作频率 (kHz)	磁芯规格	备注
KDB-1C1	北京	东芝 I TPW3025	脉冲调宽 反激式	15~70	EE42 R2K	磁芯开气隙
KDB-2C1	虹美、熊猫 14"	夏普 20182CE-29	脉冲调宽 反激式	约 38	EE42 EC40 R2K	磁芯开气隙
KDB-2C2	18"	夏普 20201CE-25	脉冲调宽 反激式	30~38	EE42 EC40 R2K	磁芯开气隙
KDB-3C1	昆仑	三洋 AE0017	脉冲调频 反激式	15~50	EC40 EE40	磁芯开气隙
KDB-4C1	熊猫、长虹	松下 P15756	脉冲调频 正激式	16 行频	EI35 2K	磁芯开气隙
KDB-5C1	金星、福日 14"	日立 14"	脉冲调宽 反激式	16 行频	EE50 R2K	磁芯开气隙
KDB-5C2	22"	日立	脉冲调宽 反激式	16 行频	EE42 2K 材料	磁路中加钐钴 反向预磁反场
KDB-5C3	环宇 14"	日立 P222016	脉冲调频 正激式	10~25	EE22 R2K	磁芯开气隙
KDB-6C1	上海 14"	JVC14" C40514-OOA	脉冲调频 正激式	15~70	EE42 EC40 R2K	
KDB-6C2		JVC18"			EC40 R2K	
KDB-7C1	孔雀 14"	索尼 14"	脉冲调宽 反激式	16	FE-3 方圆腿 U 型磁芯	加瓷片为气隙
KDB-1C2		东芝 II TPW3067	脉冲调宽 反激式		EI35	气隙

国内聚酯漆包线型号为“QZ”,聚氨酯漆包线型号为“QA”。根据漆层厚度分为 1 型(薄漆型)和 2 型(厚漆型)两种。而国内常用的进口漆包线有日本的 UEW 型聚氨酯漆包线,执行的是日本国家标准 JISC3211。PEW 型聚酯漆包线,执行的是日本国家标准 JISC3210。分为四等漆层厚度,即特厚 0 级、厚 1 级、薄 2 级、超薄 3 级。其中 1 级和 2 级相当于国内 1 型和 2 型。

表 5-7 和表 5-8 列出了日本日立电线公司两种漆包线规格。

表 5-7 聚氨酯漆包线系列

商名	代号	规范编号	绝缘级	直径毫米(mm)	耐热级别(摄氏)
日氨脂	UEW	JISC3211	0	0.5~1.5	E(120) (1)
			1		
			2	0.02~1.0	B(130)
			3		
日氨脂-E	UEW-E	SP01-70-9204	0 1 2	0.32~1.0	E(120)
日氨脂-P	UEW-P	SP01-70-9208	0 1 2	0~1.5 0.1~1.0	E(120) (1) B(130)
低温操作型自粘合日氨脂	BL-UEW	JISC3212	0(面漆) 1(面漆) 2(面漆)	0.1~1.5 0.06~0.6	A(105)
高温操作型自粘合日氨脂	BB-UEW	SP01-70-9202	0(面漆) 1(面漆) 2(面漆)	0.1~1.5 0.06~0.6	E(120)

表 5-8 聚酯漆包线系列

商名	代号	规范编号	绝缘级	直径毫米(mm)	耐热级别(摄氏)
日酯	PEW	JISC3210	0	0.1~3.2	B(130)
			1		
			2	0.06~1.0	
日酯(方线)	PEW	SP01-70-9001	—		F(155)(1)
日酯-E	PEW-E	SP01-70-9214	0	0.32~1.0	B(130)
			1 2		
日酯-V	PEW-V	SP01-70-9215	0	0.5~2.0	F(155)
			1		
日酯-P	PEW-P	SP01-70-9213	0	0.2~2.0	B(130)
			1	0.1~1.0	F(155) (1)
			2		
低温操作型自粘合日酯	BL-PEW	SP01-70-9216	0(面漆) 1(面漆)	0.1~2.0	A(105)
高温操作型自粘合日酯	BB-PEW	SP01-70-9212	0(面漆) 1(面漆)	0.1~2.0	E(120)

### (3) 压敏胶粘带

新型材料绝缘压敏胶带以抗电强度高、使用方便、机械性能好、色彩艳丽的特殊优点而被广泛应用在开关变压器线圈的层间、组间绝缘和外包绝缘。在开关变压器上使用的压敏胶粘带以聚酯、涤纶和聚氯乙烯(PVC)为基材,用丙烯酸酯聚合物为粘合剂,经涂布、烘培、加热交联而制成压敏胶粘带。

压敏胶带生产工艺分为基本胶粘带生产和分切两部分组成。

基本胶粘带生产工艺流程:

原材料分析→单体提纯→共聚物合成→压敏胶配制→加着色剂→涂布→电晕处理→基材

分切工艺流程:

分切→检验→包装

开关变压器用的压敏胶粘带必须达到下列要求:

粘性好,抗剥离,具有一定的拉伸强度,绝缘性能好,耐压性能好,耐有机溶剂,阻燃,色泽光洁鲜艳和耐温 E 级以上。

#### (4) 骨架材料

开关变压器骨架与一般变压器骨架不同,除了作为线圈的绝缘与支撑材料外,还承担了整个变压器的安装固定、引出端应力和定位的重要作用。因此,制作骨架的材料除了满足绝缘要求外,还应有相当的抗拉强度、抗变强度和抗冲击强度等机械强度要求。同时,为了承受引出端插针(脚)的耐焊接热,要求骨架材料的热变形温度高于 200°C,材料必须达到阻燃,而且还应加工性好,易于加工成各种形状。

满足上述要求的最理想绝缘材料是阻燃增强 PBT 塑料。此外,热固性工程塑料 4330 型酚醛玻璃纤维压塑料也是一种较理想的骨架材料,它属于不燃材料。

阻燃增强 PBT 是由聚对苯二甲酸丁二醇树脂、玻璃纤维、阻燃剂以及其它添加物配合加工而成的一种热塑性增强、阻燃工程塑料。其特点如下:

①用玻璃纤维进行增强,并经特殊耐老化处理,大大提高了 PBT 的机械强度、使用温度和使用寿命。因此产品可以在 140°C 下当作结构材料长期使用。根据用途不同,玻璃纤维含量可在 0~30% 范围内控制。

②配用高效阻燃剂,在正常加工条件下不分解,不腐蚀机具,制成品机械强度不下降,使用过程中阻燃剂不析出。阻燃级别由 UL94HB 到 V-0 级。

③该塑料电性能(包括电阻率、击穿强度、介电损耗、弧阻以及抗电弧迹等)都很优良。

④吸水率低,成型收缩小,尺寸稳定。

⑤耐一般化学药品和有机溶剂,特别是耐汽油、机油、焊油等,适应锡焊、粘合、喷涂和灌封等特殊工艺操作。

⑥该塑料在 20~60°C 模温下结晶速度很快,流动性很好,故成型周期短,特别宜于注射各种薄壁和形状复杂的制品。

PBT 国内生产单位有北京化工研究院和上海涤纶厂,表 5-9 给出了北化院生产的阻燃增强 PBT 性能。

另一种骨架材料酚醛玻璃纤维压塑料 4330 是由苯酚与甲醛按一定配比,在酸性或碱性催化剂作用下经缩聚而成。为改善其机械物理性能填加玻璃纤维填料,是一种性能较好的热固性工程塑料。其特点如下:

①机械强度高,坚硬耐磨,性能稳定,抗蠕变性优于许多热塑性工程塑料。

②耐热性特别好,可在 200°C 以上使用,而且在高温下亦不软化变形。

③电气性能良好,耐湿耐霉。

④成型后尺寸稳定,不易变形,且价格低廉。

⑤本身不燃,能适应变压器耐燃烧的安全要求。

⑥缺点是性质较脆。

表 5-10 给出了 4330 酚醛玻璃纤维压塑料性能。

根据开关变压器骨架在变压器中所承担的作用,骨架结构上应具备如下特点:

①承受线圈导线绝缘部分的壁厚不应小于 0.64mm。

表 5-9

玻纤含量品种	单位	PBT301 0	PBT301-G10 10%	PBT301-G20 20%	PBT301-G30 30%
项目比重	%	1.45~1.55	1.45~1.60	1.50~1.70	1.55~1.73
吸水率 (25°C水中24小时)	%	0.06~0.1	0.05~0.09	0.04~0.09	0.03~0.08
成型收缩率	kg/cm <sup>2</sup>	1.5~2.2	0.7~1.5	0.3~1.0	0.2~0.8
抗张强度	kg/cm <sup>2</sup>	550~650	700~900	900~1100	1100~1300
弯曲强度	kg/cm <sup>2</sup>	830~1000	1100~1300	1500~1600	1700~2000
冲击强度,无缺口	kg·cm/cm <sup>2</sup>	>20	20~35	25~45	30~55
冲击强度,有缺口	kg·cm/cm <sup>2</sup>	4~5	4~6	5~7	6~8
热变形温度 (18.6kg/cm)	°C	55~70	180~200	200~210	205~213
阻燃性		UL94V <sub>0</sub>	UL94V <sub>0</sub>	UL94V <sub>0</sub>	UL94V <sub>0</sub>
介电常数(10 <sup>4</sup> Hz)		3.0~4.0	3.2~4.0	3.4~4.0	3.6~4.2
介电损耗(10 <sup>4</sup> Hz)		0.015~0.02	0.014~0.02	0.013~0.02	0.012~0.02
体积电阻	Ω·cm	5×10 <sup>15</sup> ~ 5×10 <sup>16</sup>	5×10 <sup>15</sup> ~ 5×10 <sup>16</sup>	5×10 <sup>15</sup> ~ 5×10 <sup>16</sup>	5×10 <sup>15</sup> ~ 5×10 <sup>16</sup>
击穿电压	kV/mm	18~24	17~25	19~27	20~30

表 5-10

项目	单位	允差	4330-1	4330-2
比重	g/cm <sup>3</sup>	不大于	17.5~1.85	1.7~1.9
吸水性	g/分米 <sup>2</sup>	不大于	0.05	0.05
马丁氏耐热性	°C	不低于	200	200
抗弯强度	kg/cm <sup>2</sup>	不小于	1200	2500
抗拉强度	kg/cm <sup>2</sup>	小小于	800	5000
抗冲击强度	kg·cm/cm <sup>2</sup>	不小于	35	150
体积电阻系数	Ω·cm	不小于	10 <sup>12</sup>	10 <sup>12</sup>
介质损耗正切 10 <sup>4</sup> Hz		不大于	0.05	0.05
介质常数 10 <sup>4</sup> Hz		不大于	8	8
平均击穿电压强度	kV/mm	不小于	13	13

②支撑变压器重量的固定引出端插脚的撑板构件应具有足够的机械强度,能承受冲击、碰撞、焊接而不断裂,产生变形和裂纹。

③骨架上应有明显的定位标记、产品标记,标记应在所需的相应部位。

④引出端插脚固定有两种方法,一种是与骨架压制或注塑时一起成型固定。该法适用于模压成型和注塑成型的骨架。这种结构的引出插脚应注意不使插脚镀层氧化,制成品不能长期搁置,一般应在一个月内用完。另一种方法是冷插法,即骨架成形时留有按装插脚的孔,使用时将插脚铆入。这种方法只适用于热塑性材料。由于插脚可单独保存,使用时再装入骨架,能够有效防止插脚镀层氧化,是最常用的一种较好方法。

插脚必须具有足够的强度和刚性,同时保证可焊性。一般采用具有刚性的 CP 线。镀层可采用镀银或镀锡铈合金,镀层厚度不应小于 0.07mm。

#### ⑤绝缘浸渍材料

开关变压器的绝缘浸渍材料都采用绝缘漆。绝缘漆是一种有机高分子胶体的混合物的溶液,涂布在物面上能干结成膜,又称有机涂料。

有机涂料的构成可分为三大组成部分:

a. 主要成膜材料(固着剂),有油料和树脂两种。

b. 次要成膜材料,分为增塑剂和颜料两类。

c. 辅助成膜材料,分为稀料和辅助材料两类。稀料有稀释剂、溶剂、潜溶剂;辅助材料有催干剂、稳定剂。

有机涂料的分类是以其主要成膜的物质为基础。若主要成膜物质为混合树脂,则按其在涂膜中起决定作用的一种树脂为基础,而称为环氧型、聚酯型等等。目前我国国家将油漆分为十八大类。在成千上万种有机涂料中,针对产品的需要去选择和研制我们所需要的绝缘漆,除了应具在一般涂料的特性外,还必须具备一定电性能、工艺性能。

a. 固体含量高,粘度低,渗透性好,容易浸渍。

b. 干燥时间快速,流动性好,干后膜层厚度均匀。

c. 有较高的导热性和耐热性。

d. 在通常气候下防潮性强。在恶劣气候条件下要求有一定的耐湿变性、防潮性、抗老化性和本身稳定性。

e. 抗酸性,抗腐蚀,耐油抗污,耐溶剂性。

f. 附着力强,有相当硬度和一定的柔韧性。

g. 酸值低,对绝缘体和导体不产生腐蚀。

h. 漆膜光亮,透明度好,保存周期长。

适用于变压器绝缘的绝缘漆有含溶剂绝缘漆和无溶剂绝缘漆。含溶剂绝缘漆的溶剂不参与漆基的聚合反应,而只是挥发逸出散入大气中。烘干时间较长,变压器浸渍后在烘干过程中由于大量溶剂挥发,使漆膜产生许多小的针孔,降低了变压器的导热性能。无溶剂绝缘漆就能克服以上缺点。虽然两种绝缘漆均能适用于开关变压器浸渍要求,但以无溶剂绝缘漆更为理想。

一般均以合成树脂作为变压器的绝缘浸渍漆主要成膜材料。合成树脂包括缩合型树脂和聚合型树脂。开关变压器中大多采用缩合型合成树脂。这些树脂有:酚醛树脂、醇酸树脂、环氧树脂、氨基树脂、聚氨酯树脂、聚酯树脂等。次要成膜材料中的增塑剂一般有不干性油、苯二甲酸酯、磷酸酯、氯化物、癸二酸酯等。作为绝缘用的浸渍漆一般不使用着色颜料。在辅助成膜材料中的稀释剂(溶剂)有萜烯溶剂,包括最常用的松节油;石油溶剂,包括常用的松香水;煤焦溶剂,主要有苯、甲苯、二甲苯、氯苯等;酯类,常用的有醋酸乙酯、醋酸丁酯、醋酸戊酯等;醇类,常用的有乙醇、异丙醇、丁醇等;酮类,常用的有丙酮、甲乙酮、甲基异丁基酮等。辅助成膜材料催干剂主要是钴、锰、铅、锌、钙等五种金属的氧化物、盐类以及它们的各种有机酸皂类;固化剂是与那些合成树脂发生反应而使其涂膜干结的各种酸、胺、过氧化物等物质。

表 5-11 列出了可用于开关变压器绝缘浸渍的绝缘漆规格。

#### 4. 开关变压器的装配和绝缘处理

##### (1) 开关变压器装配

开关变压器装配即是将绕制完成的线圈部件与磁芯零件装配在一起,必要时还须装置屏蔽装置和固定夹框。

开关变压器的装配工艺流程如图 5-45 所示。

①调试:装配磁芯前调整气隙至电感量符合要求。该工序只在磁芯间的气隙须外加间隙



片时进行,若设计规定气隙在磁芯制造加工时由磁芯中柱磨削而成,则该工序可免去。

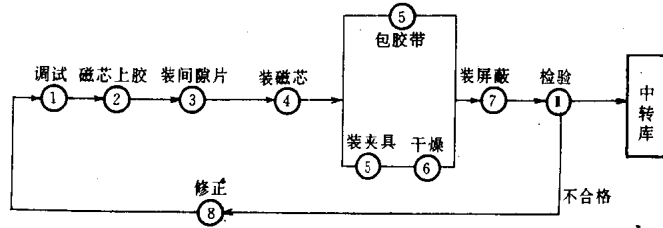


图 5-45

表 5-11

名称	型号	标准号	耐热等级	颜色	干燥类型	主要组成成份
丁基酚醛醇酸漆	1031	JB874-66	B	黄褐色	烘干	油改性醇酸树脂漆与丁醇改性酚醛树脂复合而成。溶剂为二甲苯和 200 号溶剂油
三聚氰胺醇酸漆	1032	JB874-66	B	黄褐色	烘干	油改性醇酸树脂漆与丁醇改性三聚氰胺树脂漆复合而成。溶剂为甲苯等
环氧酯漆	1033	JB874-66	B	黄褐色	烘干	亚麻油脂肪酸和环氧树脂经酯化聚合后与部分三聚氰胺树脂漆复合而成。溶剂为二甲苯和丁醇等
胺基酚醛醇酸漆	A30-2		B	黄褐色	烘干	酚醛改性醇酸树脂、胺基树脂二甲苯、溶剂油等
环氧无溶剂漆	H30-1		E~B	黄褐色	烘干	环氧聚脂和苯乙烯共聚物
醇酸绝缘漆	C30-11	HG2-644-74	B	黄褐色	烘干	用植物油改性醇酸树脂,以二甲苯作为溶剂稀释而制成
氨基醇酸绝缘漆	A30-1	HG2-102-74	B	黄褐色	烘干	用油改性醇酸树脂和三聚氰胺甲醛树脂、二甲苯、丁醇调制而成
聚酯无溶剂绝缘漆	Z30-1	HG2-650-74	B	黄褐色	烘干	用不饱和丙稀酸聚脂和蓖麻油改性酯混合后,补加催干剂,引发剂制成

②磁芯上胶:目的是将磁芯牢固的粘合在一起。

③装间隙片:由调试工序选择好的合适间隙衬垫放入上好胶的磁芯端面。

④装磁芯:将磁芯套入线圈后对齐粘合在一起。

⑤包夹带和装夹具:当设计文件规定在磁芯四周要包扎压敏胶带时,则可利用该胶带兼作磁芯端面胶干燥固定装置,否则磁芯粘合后应该用专用夹具将磁芯固定后常温干燥或高温干燥。

⑥干燥:指磁芯上胶粘合后的干燥。

⑦装屏蔽:根据设计文件的规定装配屏蔽装置。

## (2)开关变压器的绝缘处理

开关变压器装配完成后还必须进行绝缘处理,即浸漆处理,这是因为浸漆后能达以下作用。

①能提高电气绝缘性能。变压器骨架、线圈空隙及纤维有机绝缘材料都易贮藏和吸收水

份,使绝缘性能变坏。经过浸渍后,使空隙充满漆或胶也使绝缘材料密实,经验证明,经过浸渍后的纤维绝缘材料,绝缘强度可以提高约8~10倍。

②能提供耐潮性能。经过浸渍后的线圈,如果浸渍的是无溶剂漆可以排除空气,杜绝了吸收潮气的条件;如果浸的是有溶剂漆,也可提高了防潮性能。

③能增强耐热性能和提高导热率。浸漆后使变压器空隙中充满了漆和胶,隔绝了空气阻热层,可大大提高变压器的热传导性,使线圈和磁芯产生的热量传导到变压器表面通过空气对热而散发出去,同时浸过漆的变压器还可以增强绝缘材料的耐热性。

④增加了机械强度和防止匝间短路。由于浸渍后的线圈层匝间牢固地结合成整体,磁芯端面间、骨架与磁芯间等都被牢固的胶合在一起,更能经受住机械振动的伤害,也不致由此引起匝间摩擦而造成短路。

⑤能提高化学稳定性。由于经过浸渍的变压器耐化学侵蚀的能力有了很大提高。也由于表面光滑,可以减少尘埃的堆积和潮气。

⑥美观和防锈。浸过漆的变压器外表美观光亮。对装有金属件的变压器通过浸漆还可起到防锈的作用。

变压器浸漆的过程主要分为预烘、浸漆和干燥。

预烘的目的是把绝缘和空气中的潮气除掉,这需要一定的温度和时间甚至采取抽真空、循环通风等方法来实现。去潮的本质是将水分蒸发出去,因此为了缩短时间,可以将温度提得稍微高些,但温度过高将会降低绝缘材料的寿命。一般采用的预烘温度为110~120°C(在正常压力下);若在真空烘箱中预烘,预烘温度可以适当降低,温度一般在80~110°C范围内。预烘都在烘箱内加热干燥,烘箱有以下几种:

- a. 空气自然循环烘箱,采用电加热,缺点是箱内温度不均匀,但设备简单,故常用之。
- b. 强迫空气循环烘箱,可以采用蒸气或电加热的办法。它的优点是箱内温度均匀,由于空气流速大,可以及时把潮气迅速排除,这种设备比较简单,控制也较方便,应用很广泛。
- c. 真空烘箱,由于箱内的潮气不断抽出,气压低,潮气也易排出。采用这种方法可以比较彻底地把线圈潮气除掉,而且可以在温度较低的情况下进行。

预烘时间的长短主要取决于绝缘电阻是否达到要求,它和产品体积、结构和预烘方法有关。为了使线圈内的水分易于蒸发出来,预烘温度要逐步增加。使热量渐渐从外部进入线圈内部,内部水份才易于蒸发出来。否则,骤然加热使线圈表面水分开始蒸发,表面蒸气压力大,水分不易从内部排出。

变压器预烘之后便是浸漆,浸漆前先将漆基放入稀释剂内溶解,使绝缘漆的粘度调至4号粘度计25~30s(在20°C时)。稀释剂有甲苯、松节油等,稀释剂的选择应根据绝缘漆和漆包线漆层的性质而定。此外,在漆内还加入辅助材料,例如干燥剂(缩短烘干时间)、增韧剂(增加漆质的弹性和韧性)、稳定剂、防霉剂等。

浸漆的方法有:常压热浸法、加压浸漆和真空加压浸漆法。

- a. 常压热浸法:当预烘的变压器温度降到50~60°C时,趁热沉入漆液内,使漆液高出变压器约100mm左右,漆液渗入线圈,并把线圈内气体排出,直到停止冒出气泡时,即可取出。沉浸时的温度不宜太高也不宜太低,温度过高时会引起表面漆过早结成膜,使内部溶剂不易挥发出来;过低时(低于50°C时),降低了漆的渗透能力,浸漆后的线圈也易吸收水分,

降低了预烘的效果。

b. 加压浸漆：亦称压力浸漆。它比热浸法时间短，质量高，主要由于增强了漆的渗透能力，浸得较透。需要使用能承受5~10个大气压的球形压力浸漆缸来进行加压浸漆。其过程是将预烘后的线圈温度降至50~60℃时，沉入盛有漆的压力浸漆缸内加盖密封，用泵加压至3~7个大气压，保持3~5分钟，然后降低压力3~5分钟，再加压，而后又降压，如此重复多次，最后解除压力取出变压器滴干1~2小时，擦去不需要浸渍部分的漆，就可以放入烘箱内烘干。

c. 真空加压浸漆，亦称真空压力浸漆。它的主要优点是：浸渍质量很高，容易浸透，可以使变压器线圈吸潮能力减至最小限度。缺点是设备较复杂。

变压器浸漆后的烘干过程比预烘更为复杂，在烘干过程中不仅有物理过程（即稀释剂的挥发），同时还有化学反应过程。溶剂不仅可以作为稀释剂之用，而且由于干燥时它从内部挥发会形成毛细孔，能使空气进入漆的内部，因而加速了内部的氧化过程。由此可见，烘干实际可分为两个阶段，第一阶段是溶剂挥发，第二阶段是漆膜的氧化聚缩过程。对于无溶剂绝缘漆则主要是第二阶段反应过程。

第一阶段的温度应该低些，一般为70~80℃，以保证漆中的溶剂挥发，温度不宜过高，过高会使大量的漆挥发，从而造成流漆、气泡现象，同时还会在绝缘表面形成硬膜从而妨碍溶剂从内部挥发。此阶段的时间应视溶剂的挥发而定，一般约需1~3小时。溶剂挥发过程如果采用真空干燥，可以使挥发更为彻底，温度亦可以降低，时间也可以缩短。

在第二阶段时的温度应该提高，并放在热风循环炉里，以加速漆基的氧化聚缩过程，一直到烘干透。A、B级绝缘漆的烘干温度一般为120℃，最高不能超过130℃。若采用无溶剂快干绝缘漆浸渍，可使用自动循环通道浸渍烘干设备，将预烘、沉浸、烘干工序在一个通道设备中一次完成，可大大提高生产效率，减轻劳动强度。

## 5. 开关变压器技术数据及应用电路

这里以彩电用开关变压器为例，把国产主要机型的技术数据、应用电路及国家标准推荐的开关变压器的有关资料加以介绍，以供参考。

### (1) 国产彩电用开关变压器举例

#### ① KDB-1C

产品配套机型：北京、凯歌、黄河等。

引进机型：日本东芝I型机。

结构和电原理图如表5-12和图5-46所示。

表5-12 KDB-1C绕组结构

引脚	匝数(T)	线径(mm)
9-7	15	Φ0.41
9-10	3	Φ0.49
6-3	78	3×Φ0.31
12-1	106	3×Φ0.31
4-3	16	Φ0.41

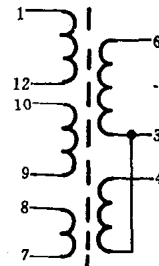


图5-46 KDB-1C型电原理图

磁芯:EE40A R2K

骨架:PBT 阻燃增强塑料。

技术参数如下:

电感: $L_{NF}$ : $2.11\text{mH} \pm 20\%$  (1.688~2.532mH)

$L_{N5}$ : $1.2\text{mH} \pm 30\%$  (0.96~1.56mH)

漏感:NF 绕组: $<105\mu\text{H}$  (3-6 短路)

N5 绕组: $<430\mu\text{H}$  (7-8 短路)

直流内阻:NF 绕组: $<0.59\Omega + 30\%$

N5 绕组: $<0.52\Omega + 30\%$

耐压:各绕组间,初次级各绕组对铁芯加 50Hz 4.3kV+100V 一分钟无异常。

使用温度: $-20 \sim +60^\circ\text{C}$

KDB-1C 的特点是:用于反激型脉冲调频式电路,工作频率为十几个千赫兹到 70kHz,主要绕组采用了多股并绕的方法。其适用于 35mm 和 47mm 电路。

KDB-1C 的应用电路见图 5-47。

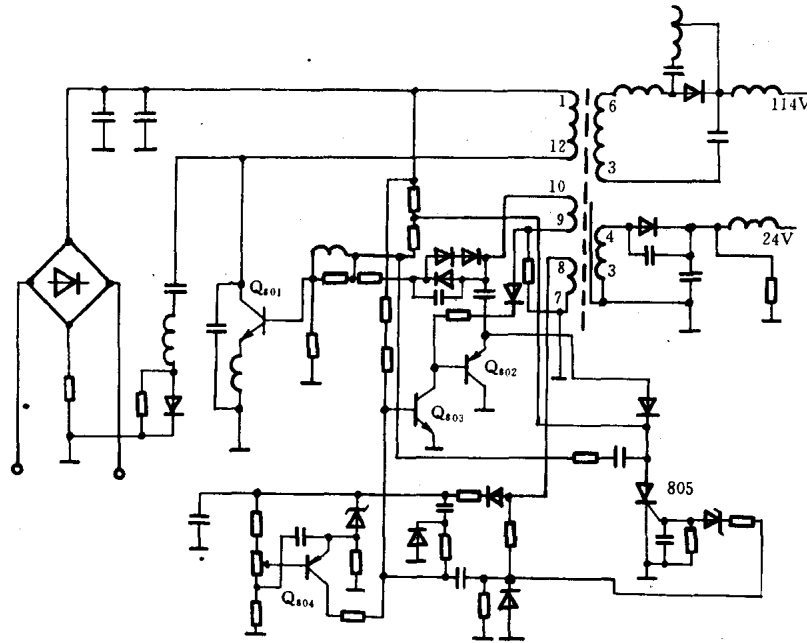


图 5-47

## ②KDB-5C

引进机型:日立 CEP-321D

配套生产厂:福日

结构和电原理图见表 5-13 和图 5-48。

磁芯:EI35 R2k

技术参数如下:

电感:②~④间  $>8.0\text{mH}$

漏感:②~④间 当⑨~⑩短路时  $>2.5\text{mH}$

⑨~⑩间 当②~④短路时  $<30\mu\text{H}$ 。

表 5-13 KDB-5C 绕组结构

引 脚	匝数(T)	导线(mm)
4-3	106	0.50
10-9	33	0.26
3-2	99	0.50
6-13	5	0.50

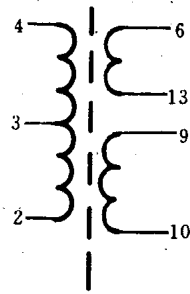


图 5-48 KDB-5C 电原理图

直流电阻:②~④间  $1.2\Omega \pm 10\%$

⑨~⑩间  $< 1\Omega$

耐压: $L_1, L_3$  对  $L_2$  加 2kV 交流一分钟无异常。

$L_1, L_3, L_1$  对磁芯间加 2kV 交流电压一分钟载异常。

$L_1, L_3$  间加交流 100V 一分钟无异常。

绝缘电阻: $L_1, L_3$  对  $L_2$  用 DC500V 测  $> 100M\Omega$

$L_1, L_2, L_3$  对磁芯用 DC500V 测  $> 100M\Omega$

KDB-5C 的特点:属正激调宽型。产品绕制在三个分隔的槽内,便于绕制。

KDB-5C 的应用电路见图 5-49。

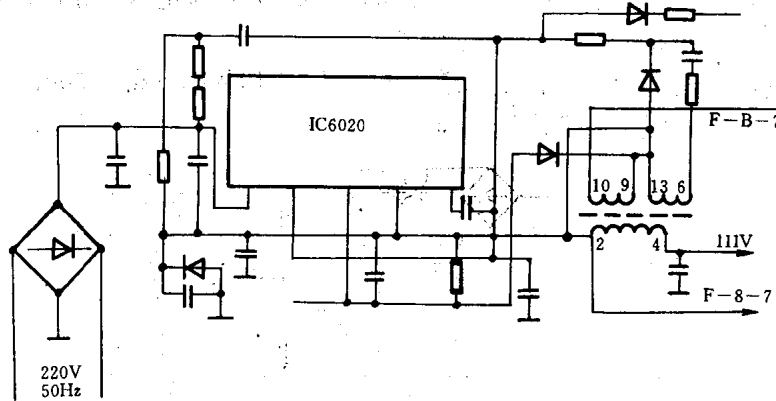


图 5-49 KDB-5C 应用电路

### ③KDB-3C1

配套机型:昆仑

引进机型:三洋 83P

结构和电原理图见表 5-14 和图 5-50。

磁芯规格:EE40, EC40 磁芯材料, R2KD

骨架材料: PBT 阻燃增强塑料。

技术参数如下:

电感:  $L_{④-⑥}: 1.1mH \pm 15\%$

$L_{⑧-⑨}: 380\mu H \pm 15\%$

$L_{④-⑦}: 4.08mH \pm 20\%$  (①-⑥和③-⑨短路)

表 5-14 KDB-3C1 绕组结构

引 脚	匝数(T)	线径(mm)
4-3	2	Φ0.35
3-2	8	Φ0.3
8-9	43	2×Φ0.4
7-8	16	Φ0.3
11-10	9	2×Φ0.3
6-4	72	Φ0.55
12-10	7	Φ0.3

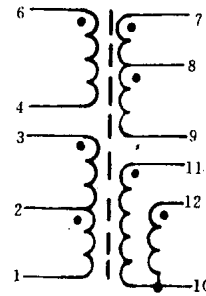


图 5-50 KDB-3C1 电原理图

$L_{①-⑩}: 74\mu\text{H} \pm 20\%$  (③-⑩短路)

$L_{①-③}: 63\mu\text{H} \pm 20\%$  (③-⑩短路)

叠加直流电感: 当④-⑥绕组加 2.65A 电流时④-⑥间电感应  $> 1.1 \times 0.8\text{mH} \pm 15\%$

漏电感: ④-⑥间  $< 53\mu\text{H}$  (⑧-⑨短路)

⑧-⑨间为  $240\mu\text{H} \pm 25\%$  (①-⑤短路)

直流内阻: ④-⑥间:  $0.37\Omega \pm 15\%$

①-③间:  $0.16\Omega \pm 15\%$

⑦-⑨间:  $0.42\Omega \pm 15\%$

⑩-⑪间:  $0.08\Omega \pm 15\%$

绝缘电阻: 初次级间, 各绕组与磁芯间用绝缘电阻测试仪 1kV 档测  $> 100\text{M}$ 。

耐电压: 初级与次级之间, 各绕组与磁芯间加 3kV/50Hz 电压一分钟无异常。⑥-④与③-②绕组之间加 AC 1.5kV 一分钟无异常。

其特点: 工作于脉冲频率调制式反激型电路中, 工作频率可高达 50kHz。

KDB-3C1 型的应用电路见图 5-51。

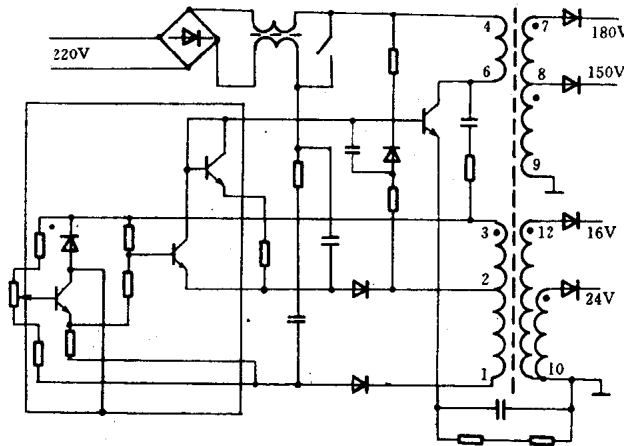


图 5-51 KDB-3C1 型应用电路

④KDB-4C1

配套机型: 熊猫

引进机型: 松下

结构和电原理图见表 5-15 和图 5-52。

磁芯规格: E135、R2K

骨架材料: PBT 阻燃增强塑料

表 5-15 KDB-4C1 绕组结构

引脚	匝数(T)	线径(mm)
F <sub>1</sub> -F <sub>2</sub>	177.5	Φ0.35
P <sub>1</sub> -P <sub>2</sub>	190	Φ0.35
P <sub>2</sub> -P <sub>3</sub>	12	Φ0.35
S <sub>1</sub> -S <sub>2</sub>	101	Φ0.26
S <sub>1</sub> -S <sub>3</sub>	29	Φ0.26

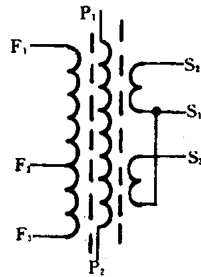


图 5-52 KDB-4C1 型电原理图

其技术参数如下:

电感:  $L_{P_1-P_2}: 5.6 \sim 6.2 \text{mH}$

漏感:  $P_1-P_2: < 60 \mu\text{H}$

$R_{F_1-F_2}: < 60 \mu\text{H}$

内阻:  $R_{P_1-P_2}: 2.02 \Omega \pm 10\%$

$R_{F_1-F_2}: 2.1 \Omega \pm 10\%$

$R_{S_1-S_2}: 0.74 \Omega \pm 20\%$

$R_{S_1-S_3}: 2.43 \Omega \pm 10\%$

耐电压: 初次级间、各绕组间加交流 50Hz/1kV 电压一分钟无异常。

绝缘电阻: 线圈间, 绕组与磁芯间加直流 500V 应  $> 100 \text{M}\Omega$

匝比:  $N_{P_1-P_2}: N_{F_1-F_2} = 1:0.986 \pm 3\%$

$N_{P_1-P_2}: N_{F_2-F_3} = 1:0.0698 \pm 3\%$

$N_{P_1-P_2}: N_{S_1-S_2} = 1:0.163 \pm 3\%$

$N_{P_1-P_2}: N_{S_1-S_3} = 1:0.526 \pm 3\%$

其特点: 用于正激型电路脉冲调宽式方式, 工作频率为行频且与之同步。负载地线与输入高压地线共用为热地式, 体积小效率高。

KDB-4C1 型应用电路见图 5-53。

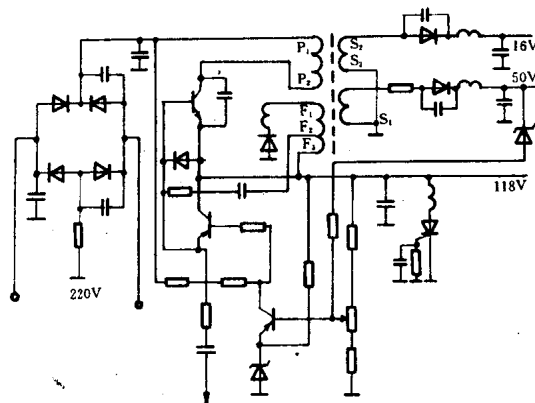


图 5-53 4C1 型应用电路

### ⑤KDB-5C2

配套机型: 金星和福日 56cm

引进机型: 日立

结构和电原理图见表 5-16 和图 5-54。

表 5-16 KDB-5C2 绕组结构

引脚	匝数(T)	线径(MM)
1-5	79.5	Φ0.45
5-2	84.5	Φ0.5
8-7	74	Φ0.45
7-3	75.5	Φ0.45
3-4	11	Φ0.45

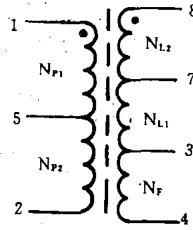


图 5-54  
KDB-5C2 型  
开关电源变  
压器原理图

磁芯:EE40 加钐钴恒磁片、R2KD

其技术参数如下:

电感: $I_{DC}=0$  时:7.75~9.3mH

$I_{DC}=1.2A$  时: $\geq 8mH$

$I_{DC}=2.5A$  时: $\leq 4mH$

漏电感:1-2 间: $< 80\mu H$ (3-8 脚短路)

3-8 间: $< 70\mu H$ (1-2 脚短路)

直流内阻:测试温度为  $20\pm 5^{\circ}C$  时

$R_{1-2} < 1.1\Omega, R_{3-8} < 1\Omega$

耐电压:①-②与③-⑧、各绕组与磁芯间加 2.5kV/50Hz 电压一分钟无异常。

绝缘电阻:初级与次级间、各绕组与磁芯间用绝缘电阻测试仪 DC500V 档测得绝缘电阻  $> 100M\Omega$ 。

层间耐压:在①-②间加 3.5kV 峰值 50kHz 三角波一分钟无异常。

起晕电压:各绕组与磁芯间,初级与次级间加 50Hz 交流正弦电压,绕组与磁芯间起晕电压大于 1kVrms,绕组之间大于 500Vrms。

KDB-5C2 的特点:适用于反激型脉冲宽度调制工作方式,工作频率为行频,且与之同步。在磁芯中心柱上增加了一个反向恒磁片(由钐钴磁钢薄片开槽构成),因而磁芯体积大大缩小,不易饱和。

其应用电路见图 5-55 所示。

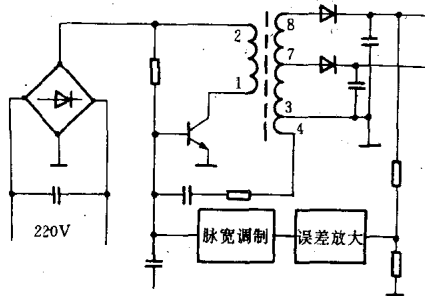


图 5-55 KDB-5C2 型应用电路

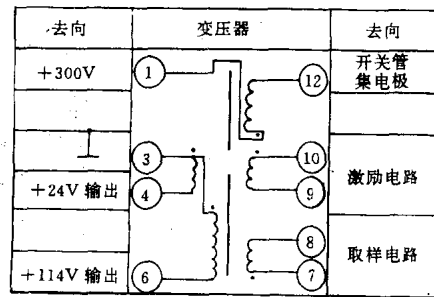


图 5-56 BCK-01 原理图

## (2) 国家标准推荐的开关变压器的性能简介

现在我国国产彩电机型很多,所用的开关变压器品种杂、型号多、电性能参数不统一,为了理顺这些型号,国家组织有关部门根据使用要求和优选机型要求制定了七种彩电开关变压器的标准,型号是 BCK-01~BCK-07。



BCK-01~BCK-07的电原理图见图5-56~5-62。

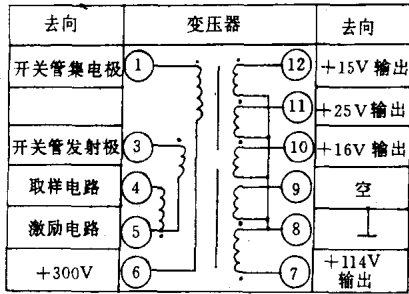


图 5-57 BCK-02 原理图

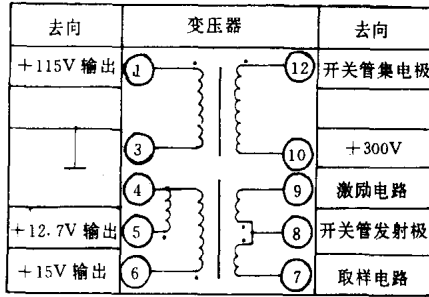


图 5-58 BCK-03 原理图

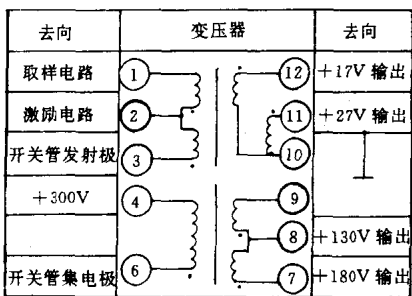


图 5-59 BCK-04 原理图

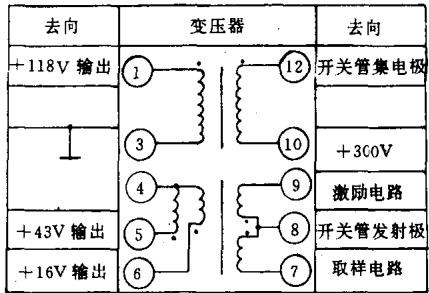
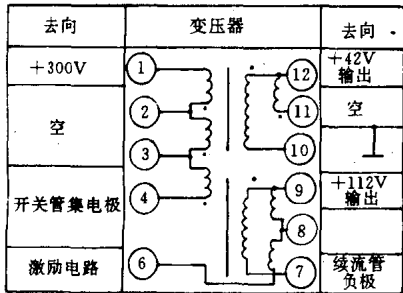


图 5-60 BCK-05 原理图



①直流铜阻 图 5-61 BCK-06 原理图

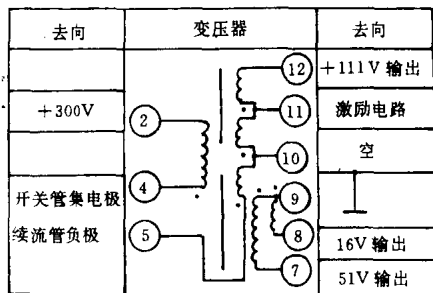


图 5-62 BCK-07 原理图

各绕组在 20°C 时的直流电阻见表 5-17。

表 5-17 开关变压器直流铜阻

型号	被测绕组	阻值(Ω)
BCK-01	1-12	<0.708
	3-6	<0.624
BCK-02	1-6	<0.300
BCK-03	12-10	<0.79
	1-3	<0.713
	4-6	<0.426
BCK-04	7-9	<0.483
	1-3	<0.184
	10-11	<0.092
BCK-05	12-10	<0.793
	1-3	<0.713

续表

型号	被测绕组	阻值( $\Omega$ )
BCK-06	1-4	<3.250
	7-8	<3.250
	6-8	<0.195
	11-12	<0.572
	10-12	<4.810
BCK-07	2-4	<2.222
	5-12	<2.310
	11-12	<0.192
	9-8	<0.888
	9-7	<2.673

## ②电感量

变压器在无直流磁化和有直流磁化作用时的电感量要求见表 5-18。

表 5-18 变压器电感量

型号	被测绕组	无直流磁化电感量 Lc(mH)	有直流磁化时电感量 La	
			磁化电流(A)	电感量
BCK-01	1-12	2.11±10%	1.75	≥0.85Lc
	3-6	1.20±20%	--	--
BCK-02	1-6	0.87±10%	2.00	≥0.97Lc
BCK-03	12-10	2.02±10%	1.75	≥0.85Lc
	1-3	1.17±10%	--	--
BCK-04	4-6	1.10±15%	2.65	≥0.80Lc
	8-9	0.38±20%	--	--
BCK-05	12-10	2.02±10%	1.75	≥0.85Lc
	1-3	1.17±10%	--	--
BCK-06	1-4	7.00±10%	1.00	≥0.85Lc
	7-8	7.00±10%	--	--
	6-8	0.01±20%	--	--
	10-12	1.24±12%	--	--
BCK-07	2-4	5.95±6%	1.00	≥0.85Lc

## ③漏感

各变压器初级绕组与次级绕组间的漏感要求见表 5-19。

表 5-19 变压器漏感

型号	被测绕组	漏感( $\mu$ H)	短路绕组
BCK-01	1-12	<105	3-6
	3-6	<430	7-8

续表

型 号	被测绕组	漏感( $\mu\text{H}$ )	短路绕组
BCK-02	1-6	<40	7-8
BCK-03	12-10	<120	1-3
BCK-04	4-6	<53	8-9
	8-9	<301	1-3
BCK-05	12-10	<100	1-3
BCK-06	1-4	<120	8-7
BCK-07	2-4	<105	5-12

## ④工作特性

变压器在额定的负载电流下,电源电压变化时,各次级绕组在负载上的输出直流电压要求见表 5-20。

表 5-20 开关变压器工作特性

型 号	电源电压(V)	被测绕组	负载电流(mA)	输出直流电压(V)
BCK-01	175~275	3-6	400	114 <sup>+2.5</sup> -2.0
		3-4	100	24 <sup>+1</sup> -2
BCK-02	175~275	7-8	400	114 $\pm$ 1 +0.5
		10-8	300	16 <sup>-1.5</sup> +1.0
		11-8	100	25 <sup>-0.5</sup> +0.5
		12-8	380	15 <sup>+0</sup> -1.0
BCK-03	175~275	1-3	400	115 $\pm$ 2
		4-6	150	15 $\pm$ 1
		4-5	10	13 $\pm$ 1
BCK-04	175~275	7-9	15	180 $\pm$ 5
		8-9	350	130 $\pm$ 1.5
		12-10	300	17 <sup>+0.8</sup> -1.5
		11-10	180	27 $\pm$ 3
BCK-05	175~275	1-3	400	118 $\pm$ 1.5
		5-4	50	43 $\pm$ 1.5
		6-4	300	16 $\pm$ 1.5
BCK-06	175~275	7-8	400	112 $\pm$ 15
		10-12	60	42 $\pm$ 2
BCK-07	175~275	2-4	350	111 $\pm$ 2
		7-9	100	57 $\pm$ 2
		8-9	150	16 $\pm$ 2

### ⑤抗电强度

BCK-01~BCK-05 型开关变压器系按冷底板要求设计的加强绝缘结构, BCK-06~BCK-07 是热底板普通绝缘结构, 抗电强度要求见表 5-21。

表 5-21 变压器抗电强度

型 号	试 验 端		试验电压(kV)	判 定 电 流	
	试验端 I	试验端 II			
BCK-01	3	1,7,9	3	正常条件 1mA	高温、交变 湿热、温度 变化试验后 5mA
	3,1,7,9	磁芯			
	1	7,9	1		
BCK-02	1,4	8	3		
	1,4,8	磁芯			
	1	4	1		
BCK-03	12,8	1,4	3		
	12,8,1,4	磁芯			
BCK-04	3,6	7,11	3		
	3	6	1.5		
BCK-05	12,8	1,4	3		
	12,8,1,4	磁芯			
BCK-06	7	1,10	1		
	7,1,10	磁芯			
BCK-07	2	9,10	1		
	2,9,10	磁芯			

## 第五节 开关电源应用实例

### 一、彩电用开关电源(以丰泽 CVC20/2 型为例)

丰泽 CVC20/2 型彩色电视机的开关电源电路主要由消磁电路、整流滤波电路、开关推动电路和电源控制电路等组成, 见图 5-63 所示。因采用了集成电路 TDA2640 作为控制电路, 所以此电路具备简单、体积小、安全可靠、控制功能多等特点。TDA2640 是频率固定的集成控制电路, 通过调整开关脉冲宽度来稳定输出直流电压, 其内部包括自激振荡器、比较器、脉宽调制电路、慢启动电路、过载保护电路、过压保护电路、欠压保护电路、计数电路等部分。

接通电源插头开机后, 220V 交流市电便经交流保险丝  $F_1$  加到由消磁线圈和热敏电阻组成的自动消磁电路。消磁线圈由两组空心线圈组成, 相互串联, 安装在显像管锥体位置。消磁线圈外有磁屏蔽罩, 防止消磁线圈产生的磁场影响其他元器件。  $R_1$ 、 $R_2$  系正温度系数热敏电阻, 开机时, 其阻值很小, 则通过消磁线圈的电流大, 产生 50Hz 的交变磁场进行消磁。随着时间增加, 热敏电阻的温度上升, 电阻的阻值也增大, 使消磁线圈的电流自动减小, 因而产生的交变磁场也逐渐减小。每次开机, 自动消磁一次, 产生由强至弱的交变磁场, 将显像管内金属元件的剩磁消去。电容  $C_2$  并联在 220V 输入端, 以滤除电网进入的高频干扰。  $D_1 \sim D_4$  组成桥式全波整流电路, 并联在整流二极管两端的电容  $C_3$ 、 $C_4$ 、 $C_5$ 、 $C_6$  可防止高频干扰通过二极管。因为若高频干扰通过二极管, 会产生高于干扰频率若干倍的频率, 引起更高频率的干扰辐射。整流输出的直流电压正端一方面经保险丝  $F_2$  接地, 另一方面经  $R_0$  限流、 $C_0$  滤波、

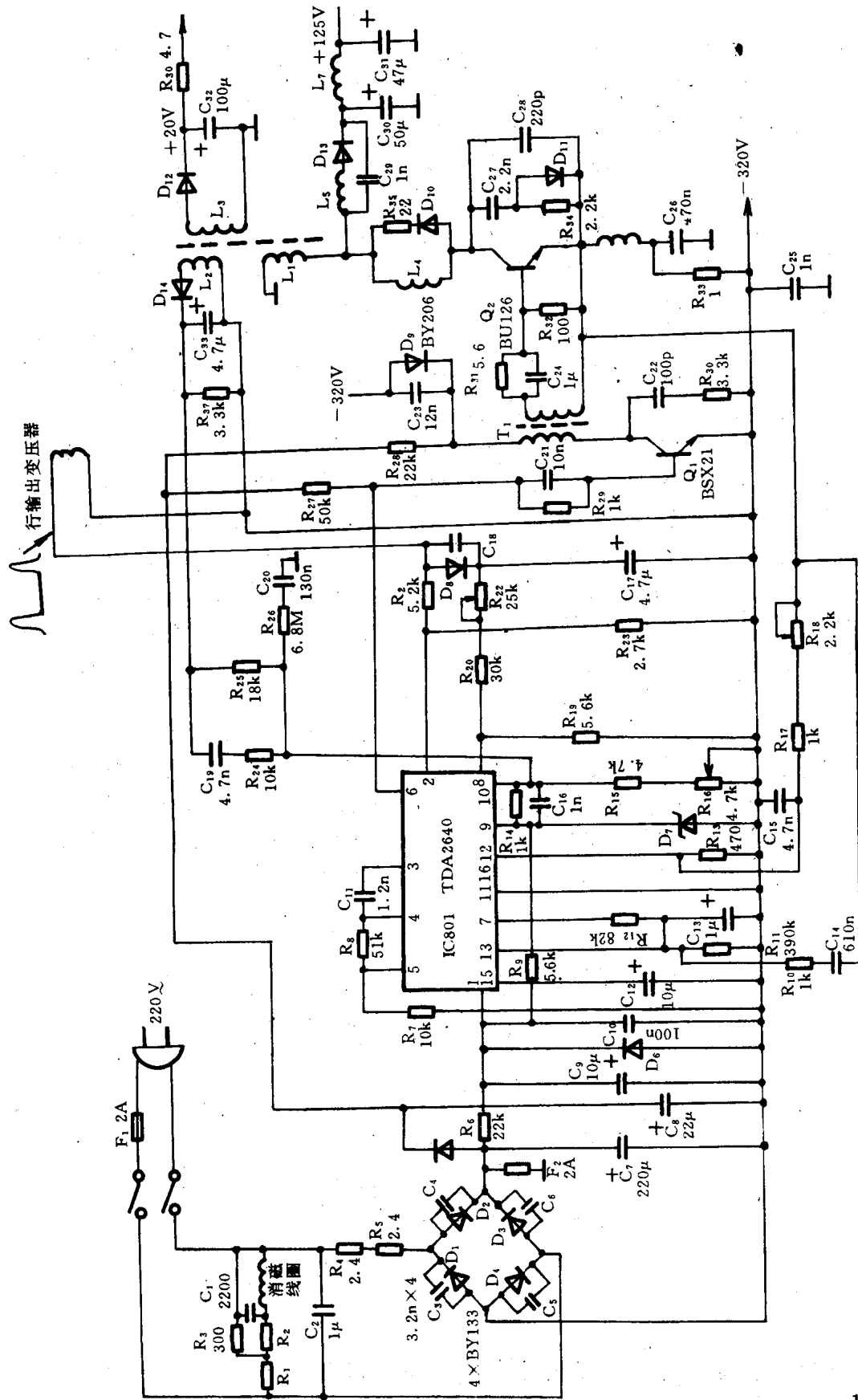


图 5-63 丰泽(ITT)CVC 20/2 型机开关稳压电源

稳压二极管  $D_6$  稳压后, 输出 +12V 电压送至 IC801(TDA2640)的①脚, 为其提供工作电压。而整流电路的负端输出的 -320V 经电阻  $R_{33}$  加到了开关管  $Q_2$  的发射极。

IC801 的①脚得到工作电源后, 即起振工作由其⑥脚输出开关脉冲, 经  $R_{29}$ 、 $C_{21}$  送至开关推动管  $Q_1$  的基极, 电阻  $R_{27}$  的阻值大小决定了激励功率的强弱。 $Q_1$  和变压器  $T_1$  等组成了开关推动电路。当 IC801 的⑥脚输出高电平时,  $Q_1$  导通, 推动变压器  $T_1$  初级电流上升, 经变压器耦合使  $Q_2$  截止, 此时  $T_1$  储存能量。当 IC801 的⑥脚输出低电平时,  $Q_1$  截止, 经变压器耦合使  $Q_2$  导通,  $Q_2$  所需的基极电流由释放推动变压器所储存的能量供给。 $C_{22}$ 、 $R_{30}$  为阻尼电路, 其作用是防止  $Q_1$  集电极电路分布电容与  $T_1$  初级电感的高频振荡, 引起过冲电压。但  $R_{30}$  值不能取得太小,  $C_{22}$  不能太大, 因阻尼作用太强, 会导致集电极电压上升沿变得平缓, 而使  $Q_2$  不能很快进入导通状态。电阻  $R_{28}$  的值可调节推动功率,  $R_{28}$  与  $C_{23}$  使推动管电源随输出功率而浮动, 从而使推动管  $Q_1$  处于功耗较小的状态。

$Q_2$ 、 $L_1$ 、 $L_5$ 、 $D_{13}$  等元件组成了开关输出级。其中  $Q_2$  为开关输出管,  $L_1$  为储能电感,  $D_{13}$  为开关二极管,  $L_6$ 、 $L_4$ 、 $C_{26}$ 、 $R_{35}$  和  $D_{10}$  为抑制开关干扰的元件。当  $Q_1$  截止  $Q_2$  饱和导通时, 电感  $L_1$  的电流线性上升, 此期间  $L_1$  储存能量, 因  $L_1$  上感应电压极性为上正下负, 所以续流二极管  $D_{13}$  截止, 无输出。当  $Q_1$  导通  $Q_2$  截止时, 电感  $L_1$  上产生的感应电压极性反向, 即上负下正, 致使开关二极管  $D_{13}$  导通,  $L_1$ 、 $D_{13}$ 、 $C_{30}$  形成回路, 电感将储存的能量释放, 它的电流线性下降, 向滤波电容  $C_{30}$  充电, 在输出端输出 +125V 直流电压。 $C_{30}$ 、 $L_7$ 、 $C_{31}$  组成滤波电路, 确保输出电压纹波小。另一组 4.7V 的直流电压是通过  $L_2$ 、 $L_3$  之间的耦合, 经开关二极管  $D_{12}$  后, 获得 +20V 直流电压, 由  $C_{32}$  滤波  $R_{36}$  降压后获得的。同时, 开关电源电路还采取了许多措施来抑制高频谐波产生的辐射干扰。如:  $L_6$ 、 $L_4$  用以减小开关晶体管的电流脉冲的上升率;  $Q_2$  的 c-e 极间并联的电容  $C_{28}$ , 使开关晶体管输出脉冲电压上升速率减小, 防止开关时所出现的尖脉冲;  $D_{10}$ 、 $R_{35}$  组成  $L_4$  的吸收回路, 吸收  $L_4$  中所储存的能量, 阻尼  $L_4$  与分布电容所引起的振荡;  $D_{13}$  串接的电感  $L_5$ , 并接的电容  $C_{29}$ , 阻止及旁路开关脉冲中的高频成份, 防止它通过二极管, 避免高频成份经二极管非线性后所产生的高次谐波辐射。

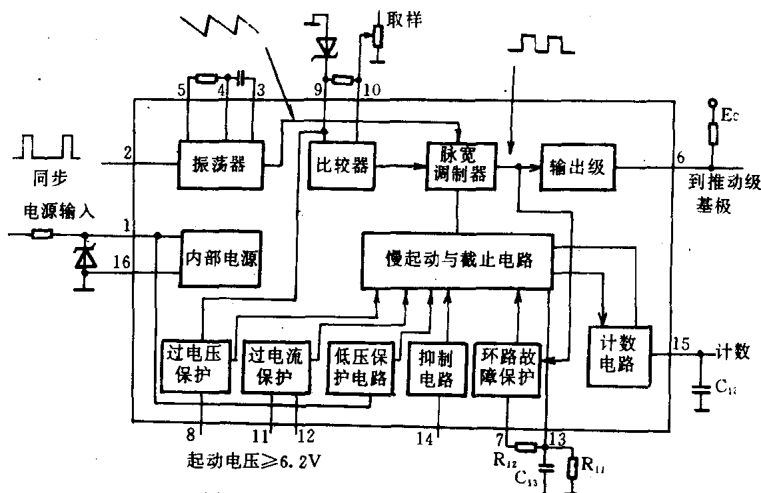


图 5-64 集成电路 TDA2640 方框图

该机的开关电源控制部分由集成电路 TDA2640 承担, 图 5-64 示出了 TDA2640 的方

框图。其内部包括自激振荡器,该振荡器由行扫描电路送来的行频脉冲触发同步,使开关电源的开关频率与行扫描频率相同,内电路的比较放大器将误差电压放大,通过反馈环路控制脉冲宽度调制电路,使开关电源输出直流电压稳定。内部的慢启动电路对开机瞬间的浪涌电流进行限制。下面将简述各引脚及外围元件的作用。

引脚①为集成电路+12V工作电源的输入端,其允许最大输入电源电压为13.8V。若①脚的电压低于8V,保护电路动作,即会切断⑥脚输出的开关脉冲。正常工作时所需的电源电流为8mA。

引脚②为同步脉冲输入端,②脚输入从行输出变压器反馈来的正极性行逆程脉冲,同步集成电路内的振荡器,输入脉冲幅值可在1~10V之间。在无脉冲输入时,集成电路内振荡器的自激振荡频率高于行频。开关电源不需与行扫描电路频率同步时,可将②脚与⑩脚短接。

引脚③、④、⑤为振荡器的外接定时阻容元件端。③、④脚间接电容 $C_{11}$ ,④、⑤脚间外接电阻 $R_8$ ,这个RC电路构成定时网络,RC时间常数决定振荡器的自激振荡频率。

引脚⑥为开关脉冲输出端,输出的开关脉冲经 $R_{29}$ 、 $C_{21}$ 送至开关推动管 $Q_1$ 的基极。

引脚⑦为环路故障保护端,在开机瞬间,输出电压还没有建立,让反馈控制环路保持在弱控制状态。⑦与⑬脚之间的电阻 $R_{12}$ 可决定输出开关脉冲的最大占空比。

引脚⑧为过压保护端。⑧脚输入的电压是由行输出变压器次级绕组的正极性逆程脉冲经 $D_8$ 峰值整流后,通过电位器 $R_{22}$ 及电阻 $R_{20}$ 而来的。因它是从行输出变压器反馈来,所以该电压与高压成正比,当然也与开关电源的输出电压成正比。当⑧脚电位超过临界电压时,保护电路动作。过压保护临界电压值决定于⑨脚的外接基准电压。

引脚⑨为基准电压输入端。⑨脚外接的稳压二极管 $D_7$ 的基准电压值为6.2V,输出直流电压的稳定性与稳压二极管有关, $D_7$ 的工作电流从集成电路内部取得。

引脚⑩为取样电压输入端。⑩脚内部为差分型比较放大器,放大器的另一输入端输送基准电压。 $L_2$ 为取样绕组,经变压器耦合得到的脉冲电压,经二极管 $D_{14}$ 整流, $C_{33}$ 滤波获得与输出直流电压值成正比的电压,通过 $R_{25}$ 、 $R_{15}$ 、 $R_{16}$ 分压加到⑩脚。输出电压正常时,⑩脚为6.2V。 $R_{16}$ 可调整输出直流电压值。

引脚⑪、⑫为过流保护控制端。开关电源输出电流经电阻取样后,将对应的取样电压加到⑪或⑫脚,随着输出电流增大,取样电阻上压降也增加,当上升至某值时,使过流保护电路起控,切断开关电源。如取样电压是正值,可加到⑫脚,而⑪脚接地,起控电压为660~760mV。若取样电压是负值,取样电压加到⑪脚,而将⑫脚接地,起控电压为-(660~760)mV。 $R_{33}$ 为过流保护取样电阻,开关晶体管 $Q_2$ 的发射极电流经过 $R_{33}$ 产生正极性电压,通过 $R_{18}$ 、 $R_{17}$ 、 $R_{13}$ 分压后反馈到⑫脚, $R_{18}$ 调节过流保护起控点。

引脚⑬为慢启动端,其外接电阻 $R_{11}$ 、电容 $C_{13}$ 。开机时,控制开关脉冲的占空比,使它由较低值慢慢上升至正常工作时占空比,防止开机瞬间产生浪涌电流。

引脚⑭为抑制电路端,其电压在0~3V范围时,保护电路起控,开关电源被切断,如果⑭脚不连接电压或者电压在5~12V之间,则开关电源正常工作。本机的⑭脚为空脚,无保护作用,所以开关电源处于正常工作状态。

引脚⑮为保护电路计数控制端。它与公共端间接电容 $C_{12}$ ,控制保护电路的工作特性。当出现过载或过压等故障,保护电路起控后,⑥脚输出的开关脉冲的占空比降至零。经过一定

时间后,开关脉冲的占空比又逐渐增加到正常工作值,如故障还继续存在,保护电路再次起控,开关脉冲的占空比又下降至零。 $C_{12}$ 决定上述重复动作的次数,计数若干次后,开关电源完全切断,计数次数= $C_{12}/C_{13}$ ,此比值应不小于2,以防止瞬间的误控。

引脚⑥为公共接地端。

## 二、录像机用开关电源(以日立VT-747为例)

日立VT-747型录像机即采用了自激型反激式开关电源,其电原理图如图5-65所示。整个电路包括低通滤波电路、整流滤波电路、启动电路、开关电路及整流滤波输出电路。这个电路的特点是采用了功率MOS场效应管作开关管,而不是上例的晶体管。此外脉冲变压器初次级间的反应用光电耦合器件承担,还设置了多种保护措施,包括场效应管的过流保护和负载短路保护。

插上电源插头后,100~240V交流电通过由 $L_{1001}\sim L_{1002}$ 、 $C_{1001}$ 、 $C_{1009}\sim C_{1011}$ 组成的低通滤波器(隔离电源内的高频噪声对电网的干扰)滤波后,又经 $CR_{1001}$ 整流、 $C_{1002}$ 滤波输出脉动直流电压。该电压经启动电阻 $R_{1005}$ 产生启动电压,加在了 $Q_{1001}$ 的栅源极(GS),使 $Q_{1001}$ 导通,则电源电流流过脉冲变压器 $T_{1001}$ 的初级绕组⑤、②端,同时在⑥、⑦绕组上产生相应的感应电势,极性为上负下正,产生的感应电流经 $CR_{1003}\parallel CR_{1007}$ 、 $R_{1010}$ 送回到 $Q_{1001}$ 的栅极,使其漏极电流增加,漏极电位下降,随着感应电流的进一步增加,使 $Q_{1001}$ 进一步导通,从而很快进入饱和状态。在 $Q_{1001}$ 的导通过程中,电源变压器 $T_{1001}$ 一直在存储电流的能量,次级绕组所串接的二极管始终被反偏截止。 $Q_{1001}$ 漏极电流在 $R_{1008}$ 上的压降随电流的增加而增大,此电压又经 $R_{1009}$ 加在 $Q_{1002}$ 的基极,使 $Q_{1002}$ 的be极正偏而导通,则 $Q_{1002}$ 的集电极电压呈下降趋势, $Q_{1001}$ 的栅源极电压下降,当下降到临界导通电压时, $Q_{1001}$ 退出饱和区而向截止状态转换,初级绕组的电流减小,各绕组的极性随之翻转,⑥、⑦绕组又产生上正下负的输出,对 $Q_{1001}$ 进行反向激励, $Q_{1001}$ 的漏极电流迅速减少,从而使 $Q_{1001}$ 很快由导通变为截止。此时,次级绕组所串接的二极管也由截止变为导通,从而将电源变压器 $T_{1001}$ 内存储的能量向次级绕组释放,使得次级整流后输出各组直流电压为录像机各部分提供工作电源。当全部释放完后,在初级绕组上的压降为零,电路又重新启动, $Q_{1001}$ 由截止状态再次转为导通状态,重复上述工作过程,周而复始地储存能量和释放能量,使次级绕组输出各组直流电源。

IC001、 $Q_{1002}$ 等组成取样稳压电路, $Q_{1002}$ 的偏置电压由IC001的③脚确定,而该集成块的发光源却取样于次级,IC001的②脚接一稳压管形成基准电压。若工作负载加重,5V输出下降,IC001的①脚取样电压也下降,改变了正常输出时与基准电压②脚之间的电压差,使发光度下降,通过光耦合,流过IC001的④、③脚间的电流下降,从而改变了光电管的输出电阻,相当于改变了 $Q_{1002}$ 的偏置电阻,从而控制 $Q_{1001}$ 的导通周期,使次级输出电压上升,达到稳压的目的。

负载短路保护电路由 $CR_{1056}$ 、IC002、 $CR_{1004}$ 、 $Q_{1003}$ 和 $CR_{1006}$ 等组成,防止主电源5V输出短路时, $Q_{1001}$ 因负载过重而损坏。在5V正常输出时,其分支经 $R_{1059}$ 、 $CR_{1056}$ 送至IC002的①脚,使内部的发光二极管获得正向偏压而发光,耦合到光敏接受端,使光敏管饱和导通,于是流过 $R_{1004}$ 的电流大部分流向 $R_{1006}$ 、IC002的④、③脚组成的回路,而流向 $R_{1007}$ 的电流很少,使得 $R_{1007}$ 上的压降小于 $Q_{1003}$ 的正向导通电压,所以 $Q_{1003}$ 处于截止状态,对开关管 $Q_{1001}$ 的栅极无影响。当5V输出短路时,电压突然下降,使原流过IC002发光管内的电流明显减小,从而不足以使光敏管继续处于饱和状态,流经 $R_{1006}$ 、IC002的电流急剧下降,此时 $R_{1007}$ 上的压降



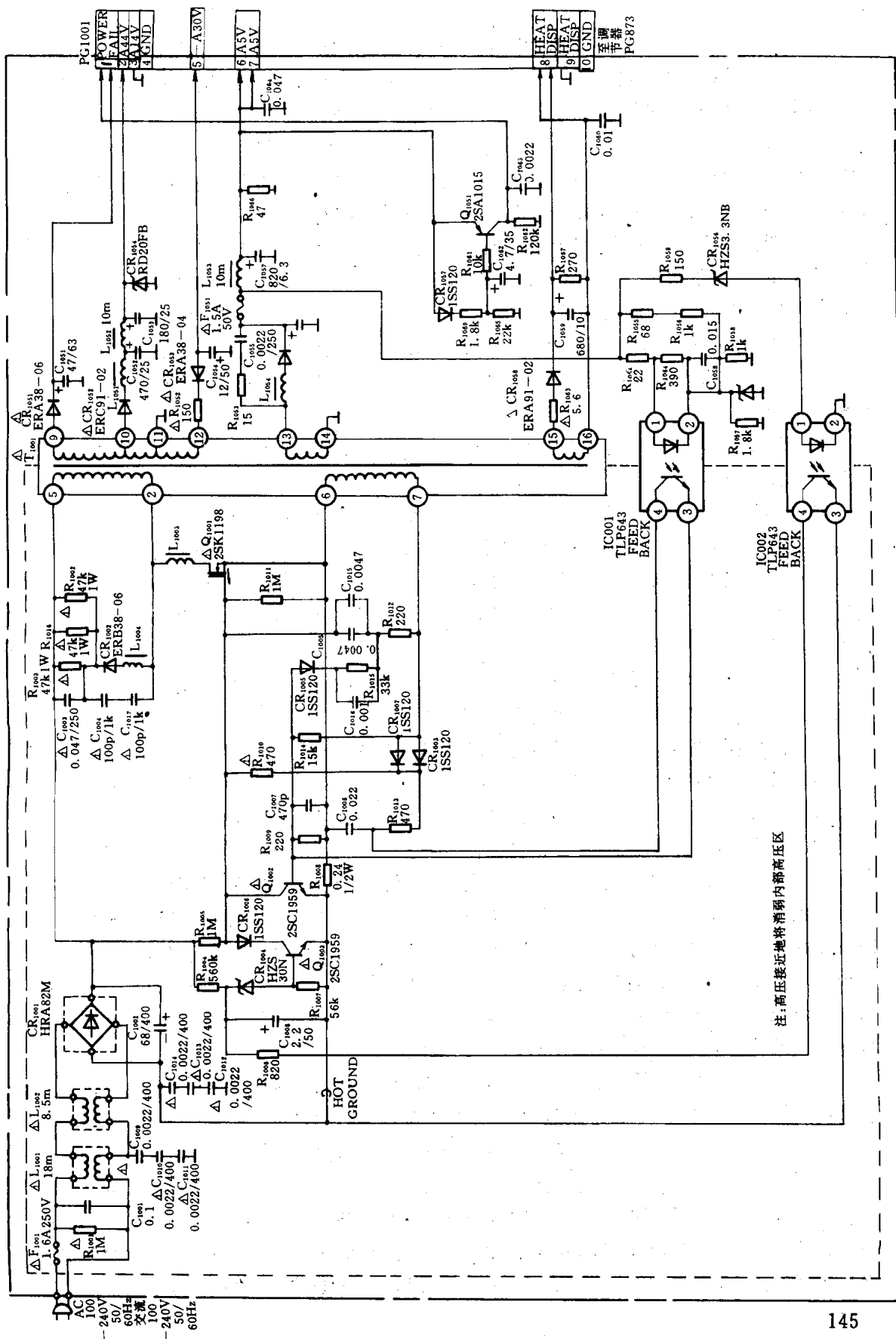


图 5-65

上升,使  $Q_{1003}$  处于饱和状态,很快地使  $Q_{1001}$  的栅极电位下降,而处于截止状态,以防  $Q_{1001}$  因过流而损坏。场效应管的过流保护可以通过串接在  $Q_{1001}$  主供电回路内  $R_{1008}$  来实现。当  $Q_{1001}$  的漏极电流过大时,此电流在  $R_{1008}$  上的压降足以使  $Q_{1002}$  处于饱和状态,将  $Q_{1001}$  的栅极置于夹断电位, $Q_{1001}$  截止。为使  $Q_{1001}$  免受高反电势而损坏,所以在其源极回路设置了 R、L、C 组合回路来抑制高反电势干扰。又因  $Q_{1001}$  场效应管的开关速度很高,如突然导通,会形成浪涌电流,因而在  $Q_{1001}$  的源极直接串接一电感  $L_{1003}$  来抑制浪涌电流的冲击。

脉冲变压器  $T_{1001}$  的次级绕组产生五种不同电压:44V、14V、-30V、5V 和 3V。

44V 由  $T_{1001}$  的⑨脚产生,经  $CR_{1051}$ 、 $C_{1051}$  整流滤波后产生,通过接插件 PG1001-2 送往调谐器电路,作为选台的调谐电压。

14V 由第⑩脚产生,经  $CR_{1052}$  整流,由  $C_{1052}$ 、 $L_{1052}$ 、 $C_{1053}$  组成的低通滤波器平滑后,通过 PG1001-3 送到调整器,经调整后送往系统控制系统和伺服系统,为加载电机、鼓电机等提供驱动电源。

-30V 由第⑫脚产生,经  $CR_{1053}$ 、 $C_{1054}$  反向整流滤波后,通过 PG1001-5 送到调整器,经调整后送往定时器系统,为计时器电路提供驱动电压。

5V 由第⑬脚产生,经  $CR_{1055}$  整流、 $C_{1056}$ 、 $L_{1053}$ 、 $C_{1057}$  滤波后,通过 PG1001-6、7 送到调整器电路,经调整后作为主电源送往系统控制电路、亮度/色度信号处理系统、伺服系统、频道选择电路等。此外 5V 电压还直接送至  $Q_{1051}$  的射极, $Q_{1051}$  是一个防断电开关,若突然无交流电源输入时,在 5V 直流电下降之前,它断开且通过接插件 PG1001-1 输出电压,以将计时器 UP 设定为备用状态。

$T_{1001}$  的⑮和⑯脚之间的输出经  $CR_{1058}$ 、 $C_{1059}$  整流滤波后输出 3V 直流电压,通过 PG1001-9、8 送往定时器电路,为多功能显示屏提供灯丝电压。

### 三、开关电源在微型计算机中的应用(以长城 0520A 为例)

国产长城 0520A 微机的直流稳压电源采用了脉冲宽度调制变换式开关直流稳压电源,它直接输入 220V/50Hz 市电,经整流滤波后产生直流高压直接馈送给直流变换器,省掉了笨重的工频变压器。长城 0520A 电源的工作原理如图 5-66 所示。其电路主要包括交流输入滤波电路、整流降压启动电路、推挽功放电路、自激式直流辅助电源、脉宽调制集成电路、各种过流过压保护电路及直流电压输出电路等几部分。整个电源共输出  $\pm 5V$  和  $\pm 12V$  四路直流稳压电源。接通电源插头,220V 交流市电经由  $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$ 、 $L_1$  组成的交流滤波器滤波后被分成两路输出。一路直接通过微机显示器供电插座向显示器提供 220V 市电;另一路经由交流低通滤波器滤波后,由整流滤波电路将 220V 交流变成 300V 直流电压,经降压启动线路向推挽功率放大驱动电路提供 300V 的直流电压。

由  $C_5$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  组成的低通滤波器将第二路交流市电滤波后,送至整流桥堆  $D_1$ ,经桥式全波整流后馈送到由电阻  $R_1$  和可控硅  $SCR_1$  组成的降压缓启动电路。当 220V 市电刚接通时,可控硅  $SCR_1$  处于截止状态,全波整流的输出经降压电阻  $R_1$  后再送至电容  $C_7$  进行滤波。当直流电源正常工作时,来自高频变压器  $T_1$  原边绕组  $n_2$  中的感应电压经二极管  $D_2$ 、电阻  $R_3$ 、电容  $C_6$  和电阻  $R_2$  送到可控硅  $SCR_1$  的控制栅极,使得  $SCR_1$  进入导通状态,这样电阻  $R_1$  便被可控硅短路。这种降压启动输入线路能够有效地抑制在电源刚接通时所产生的电容浪涌充电电流的大小。整流滤波后产生的 300V 直流高压分两路输送:一路被直接送至推挽功率

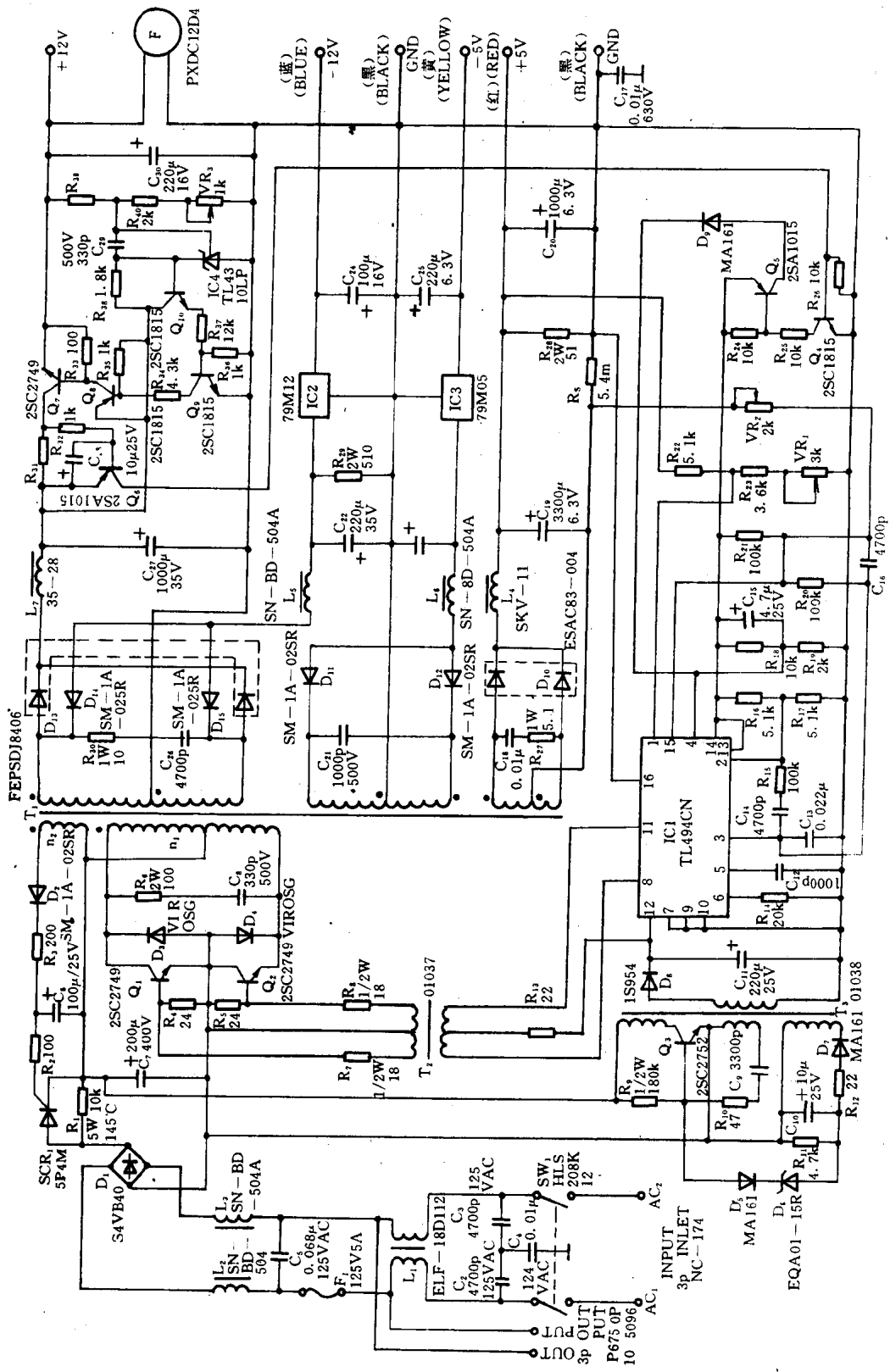


图 5-66

放大级的高频变压器  $T_1$  原边绕组  $n_1$  的中心抽头处,在正常情况下,脉宽调制组件 TL494 通过它的输出端⑧和⑩脚向中间变压器  $T_2$  的原边绕组馈送一对相位相差  $180^\circ$  的驱动脉冲,使推挽功率开关管  $Q_1$  和  $Q_2$  的基极从变压器  $T_2$  的副边绕组得到它们各自的基极驱动脉冲信号,这样便可在  $T_1$  的原边绕组  $n_1$  中感应出一组脉冲宽度可控的驱动电压脉冲。电阻  $R_0$  和电容  $C_0$  组成晶体管  $Q_1$  和  $Q_2$  的消振缓冲电路,两个二极管  $D_3$  和  $D_4$  是防止晶体管  $Q_1$  和  $Q_2$  被反向击穿的保护二极管。另一路 300V 直流高压向由晶体管  $Q_3$ 、高频变压器  $T_3$  及其它阻容元件、二极管等组成的自激式直流辅助电源线路供电,该辅助电源由  $T_3$  的副边输出,再经二极管  $D_5$  和电容  $C_{11}$  整流滤波后,向 TL494 组件的电源输入端⑫脚提供直流辅助电源  $V_{CC}$ 。

TL494 脉宽调制组件的电路原理图和输出波形如图 5-67 所示。其内部由锯齿波振荡

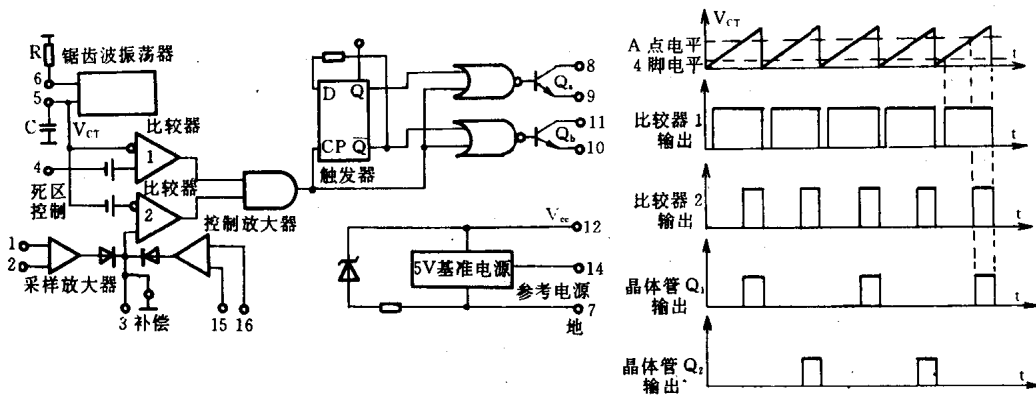


图 5-67 TL494 开关型脉宽调制组件电路原理图及输出波形

器、触发器、两个比较器、一个采样放大器、一个控制放大器、5V 基准电源及两个晶体管输出管组成。⑤和⑩脚上接定时元件  $R$  和  $C$ ,该线性锯齿波振荡器的工作频率为  $f = \frac{1.1}{R \cdot C}$  (一般典型的定时电阻  $R = 30k\Omega$ ,定时电容  $C = 1.0\mu F$  左右)。振荡器的输出被分别送到比较器 1 和 2 的同相输入端,由误差采样放大器或控制放大器来的输出电平被送到比较器 2 的反相输入端,这样便在比较器 2 的输出端得到一串具有一定宽度的矩形脉冲。一般情况下,控制输入信号都加到采样放大器或控制放大器的同相输入端,即组件的①和⑩脚,所以,控制输入信号的任何增大都将导致比较器 2 的输出电压脉冲宽度的减少。TL494 的④脚为死区控制端,由此脚输入一定电平的低电平控制信号到比较器 1 的反相输入端,只要④脚的电平不为零,就不会出现比较器 1 的输出变为直流高电平的危险。在正常情况下,比较器 2 的输出电压与比较器 1 的输出电压同时被送到与门的输入端。与门的输出脉冲经 D 型触发器分频后被分别送到两个与非门去控制功率放大晶体管的开关工作状态,这样就可以在  $Q_1$  和  $Q_2$  晶体管的输出端⑧和⑩脚得到相位相差  $180^\circ$  的两路驱动脉冲。如果被控制对象的电压有任何增加,该电压反馈送到 TL494 的控制放大器或采样放大器的同相端后,必然会使  $Q_1$ 、 $Q_2$  输出的驱动脉冲宽度有所下降,这样  $Q_1$ 、 $Q_2$  的下降又必然会使被控对象的输出电压有所回落。TL494 组件正是通过这样的控制方式来实现对直流输出电压的自动调压稳压作用的。此外,TL494 组件还从它的基准电源输出端⑭脚向外提供 5V 参考电源。该参考电源分三路

为 TL494 组件的各控制端建立起它们各自的参考基准电平。一路经由电阻  $R_{16}$ 、 $R_{17}$  组成的电阻分压器为采样放大器的反相输入端②脚建立基准电平。一路经由电阻  $R_{18}$ 、 $R_{19}$  组成的分压器为“死区”电平控制输入端④脚建立基准电平。第三路经由电阻  $R_{21}$ 、电位器  $VR_2$  和过流取样电阻  $R_s$  组成的分压器为控制放大器的反相输入端⑤脚建立基准电平。

高频变压器  $T_1$  的所有副边绕组中感应的电压经过各整流滤波线路和稳压电路为微机提供  $\pm 12V$  和  $\pm 5V$  的直流稳压电源。 $+12V$  是由  $D_{13}$  半桥堆、二极管  $D_{14}$ 、 $D_{15}$  组成的桥式全波整流电路整流,  $L_7$ 、 $C_{27}$  滤波,  $Q_6$ 、 $Q_7$  等稳压电路稳压后获得的。电阻  $R_{39}$ 、 $R_{40}$  和电位器  $VR_3$  组成了采样线路,  $12V$  输出端的采样控制电压信号经此而加到了可编程稳压器 IC4 (TL4310) 的控制端。  $12V$  直流电源经电阻  $R_{38}$  和 TL4310 组成一个稳压值可调的稳压线路。当某种原因使  $12V$  输出端的实际电压输出幅值有所增大时, 加到 TL4310 的控制极上的采样控制信号的幅值也将随之而增大, 从而使流过 TL4310 的电流增大并造成 NPN 晶体管  $Q_{10}$  的基极电位下降, 因  $Q_{10}$  是一个射极跟随器, 所以, 通过由电阻  $R_{37}$  和  $R_{36}$  组成的分压器电路后加到晶体管  $Q_9$  的基极电平也将有所下降。这种变化致使  $Q_9$  集电极电位有所上升, 从而必然会引起 PNP 晶体管  $Q_8$  集电极的电位有所下降, 并进而使晶体管  $Q_7$  的集电极—发射极之间的管压降有所增大。所以, 通过上述负反馈控制功能就可以使  $+12V$  直流电源输出端的电压幅值有所回落, 从而达到自动稳压的目的。

此外  $R_{31}$ 、 $Q_6$ 、 $Q_4$ 、 $Q_5$  等还组成了  $+12V$  输出端的过流保护线路。当因某种原因致使  $12V$  直流输出端的工作电流超过规定值而处于过流状态时, 过流取样电阻  $R_{31}$  上的压降增大, 使晶体管  $Q_6$  导通, 进而引起  $Q_4$ 、 $Q_5$  导通。  $Q_5$  导通后, 来自 TL494 组件的  $5V$  基准电源输出端④脚的  $5V$  参考电压将经  $Q_5$  的发射极—集电极和二极管  $D_9$  被馈送到 TL494 组件的“死区”电平控制端④脚, 导致 TL494 组件输出的脉宽调制脉冲的宽度变为零。所以整个直流稳压电源将立即停止工作, 从而达到过流保护的目的。

$-12V$  直流稳压电源是由整流桥  $D_{13}$ 、 $D_{14}$ 、 $D_{15}$  输出的负压经  $L_5$ 、 $C_{22}$  滤波后, 经三端稳压器 IC2 (79M12) 自动稳压后, 输入  $-12V$  电压再经  $C_{24}$  滤波后获得的。

$-5V$  是通过  $D_{11}$ 、 $D_{12}$  反向整流,  $L_6$ 、 $C_{23}$  滤波, 三端稳压器 IC3 (79M05) 自动稳压后, 再经  $C_{25}$  滤波后获得的。

$+5V$  是通过  $D_{10}$  半桥堆全波整流,  $L_4$ 、 $C_{19}$ 、 $C_{20}$  滤波后获得的。  $C_{18}$ 、 $R_{27}$  组成了消振缓冲电路。同样,  $5V$  直流电源也有自动稳压控制线路和过流自动保护线路。  $R_{22}$ 、 $R_{23}$ 、电位器  $VR_1$  和 TL494 组件组成了自动稳压线路。当某种原因使  $5V$  输出端的实际电压输出有所上升时, 电阻  $R_{22}$ 、 $R_{23}$  和电位器  $VR_1$  组成的分压采样线路便将这一增大的信号馈送至 TL494 组件的采样放大器的同相输入端①脚。由前面介绍的组件控制原理可知, 当采样放大器同相端①脚的电平升高时, 必然会导致组件的输出端⑧和⑩脚输出的调制脉冲的宽度变窄。变窄的脉冲经推挽功率放大级放大后, 再经变压器  $T_1$  副边绕组整流滤波后所得到  $5V$  直流输出电压的幅值必然会有所回落, 从而达到了自动稳压的目的。

$5V$  过电流自动保护的原理是: 当  $5V$  输出端处于过流输出状态时, 过流取样电阻  $R_s$  上的压降必然增大, 这个增大的控制信号被直接送到 TL494 组件控制放大器同相端⑩脚, 同样使得组件输出的调制脉冲宽度变窄, 进而使得  $5V$  输出端的电压值下降。当过流严重时, 可以使  $5V$  输出端的电压降为  $0V$ , 从而达到过流保护的目的。

# 第六章 UPS 电源

## 第一节 UPS 电源概述和基本工作原理

### 一、概述

随着微机应用的日益普及和信息处理技术的不断发展,对供电系统可靠性的要求越来越高。象计算机、通讯处理系统、医用仪器、检测和保护电路等这一类型的负载,一旦发生供电中断现象,便会造成无法弥补的损失。例如微型计算机在运行期间若供电中断,便会导致随机存贮器中数据丢失和程序破坏,有时甚至会使磁盘盘面及磁头损坏,造成巨大的、无法挽回的损失。在目前广泛使用的计算机,其内部供电系统都装有高速欠压保护电路,当电网欠压时,计算机靠贮存在滤波电容中的能量来维持工作,一般能维持工频的半个周期(10ms)左右。所以为了避免数据丢失,就要求一旦市电发生瞬时断电时,必须有一种电源系统能在小于 10ms 的时间间隔内重新送电,以保证计算机正常运行。同时,计算机除了要求供电系统连续可靠之外,还要求市电的输出应保持良好的正弦波波形,且不带干扰。因为交流电网的严重干扰常常会造成计算机的计算错误和数据丢失,使得计算机无法正常工作,更令广大用户感到头痛。在迫切需要供电系统高度可靠和高质量的要求下,近年来发展了一种新型的不停电电源技术,即 UPS(Uninterruptible Power Systems)。UPS 电源使供电系统发生明显的变化,表现在:

(1)供电可靠性大大提高。这是因为至少用两套供电系统并联对负载供电,每一套电源的切断是通过静止开关实现的。处于备用状态的电流与正在对负载供电的电源保持锁相同步,所以电源的切换不会引起任何供电的瞬间中断。

(2)供电质量大大提高。市电频率和电力系统的负荷有关,在一个很小的范围内变化,但也有超过允差的情况。而静止逆变器可以采用石英晶体振荡器控制逆变器的频率,这一点是很多旋转机组所不能比拟的。另一方面,市电对保持电压稳定是无能为力的。因为输电线路很长,负荷的改变具有随机性,所以输电线路电压降的变化是无法控制的。UPS 电源是一个电压闭环控制系统,在规定的容量范围内,从空载到满载都能保证输出电压的偏差不超过规定的范围。输电线路所产生的各种干扰,如电压瞬变、浪涌、下跌、电压缓慢变化等都不再出现在 UPS 的输出端,确保供电质量很高。

(3)投资和运行费用降低。UPS 电源不需要地基和采取消振措施,效率也很高,大容量的不停电电源效率可以高达 90%以上。维修的工作量很小,只限于定期的试验,在大容量的情况下,价格已低于旋转机组。

目前在市场上可以购买到种类繁多的 UPS 电源装置,其输出功率从几百伏安到 1000kVA。UPS 电源按其输出电压波形可分为方波输出和正弦波输出两大类;按其工作方式分,又可分为后备式和在线式 UPS 电源两种。就 UPS 电源的电性能来讲,在线式正弦波输出 UPS 电源为最佳,其次是后备式正弦波输出 UPS 电源,最后是后备式方波输出 UPS

电源。但从价格来看,在线式正弦波输出 UPS 电源为最贵,后备式正弦波输出 UPS 电源次之,其中以后备式方波输出 UPS 电源最便宜。

UPS 电源的逆变器有晶闸管和晶体管两种。早期 UPS 电源的逆变器是晶闸管逆变器,用晶闸管作为换向控制部件。因晶闸管是一种没有自关断能力的元件,它一旦被触发导通后,就不能自行关断,要想关断就必须采取专门措施,即在电路中加入由电容和电感组成的换向元件。虽然这样,在晶闸管 UPS 电源中仍经常发生换向失败等故障,而且晶闸管对电网的抗干扰能力差,大大影响了晶闸管型 UPS 电源的稳定性。而随着半导体电力器件制造方面的发展,产生的大功率晶体管逆变器以其优越的可靠性而逐步取替了晶闸管逆变器,用功率晶体管作为逆变器的 UPS 电源已被普遍使用。目前市场上销售量最大的三种 UPS 电源装置是:

(1)具有方波输出的后备式 UPS 电源。其典型产品是 Senteck 和 Senden 牌 UPS-500 (输出功率为 500VA)。

(2)输出波形为正弦波的后备式 UPS 电源。其典型产品是 Pulse 牌 UPS-500、UPS-1000R 和 UPS-2000。

(3)输出波形为正弦波的在线式 UPS 电源。其典型产品是 Toshiba 牌 Tosnic- $\mu$ -1100。

## 二、基本工作原理

图 6-1 是 UPS 电源系统的框图,它的基本结构是一套把交流电变为直流电的整流充

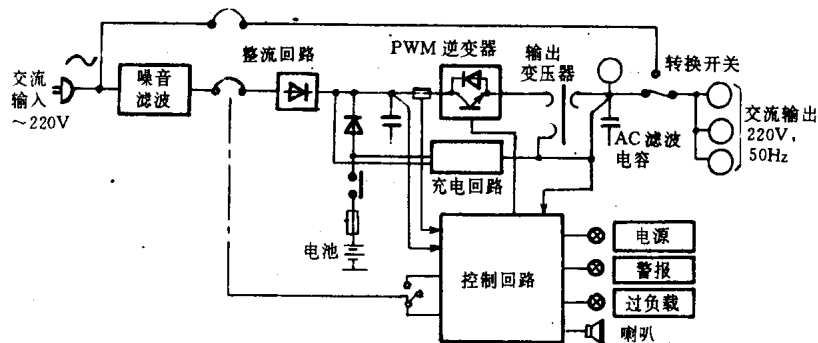


图 6-1

电装置和一套把直流电变为交流电的 PWM 逆变器。蓄电池在市电正常供电时贮存能量,此时它一直维持在一个正常的充电电平上。当市电发生故障时,由蓄电池立即对逆变器供电以保证 UPS 电源交流输出电压供电的连续性,与此同时,对备有柴油发电机组的用户,需立即启动柴油发电机,等柴油机运转正常以后,它被作为应急电源取代市电向计算机等负载继续供电。在一般情况下,用户在市电突然中断以后,只需在蓄电池能允许的放电期间内(一般是 15~30 分钟)进行应急处理,如计算机的数据转贮等,可以不用启动柴油机,只要选择合适的蓄电池容量就行了。

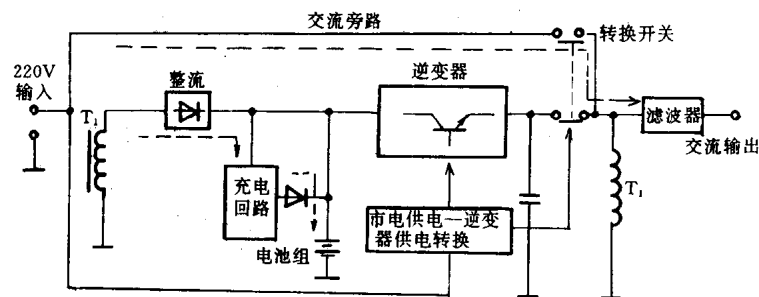
一台设计良好的 UPS 电源应包括如下部分:

- (1)交流输入整流、滤波回路;
- (2)蓄电池、充电回路;
- (3)PWM 脉宽调制型的逆变器;

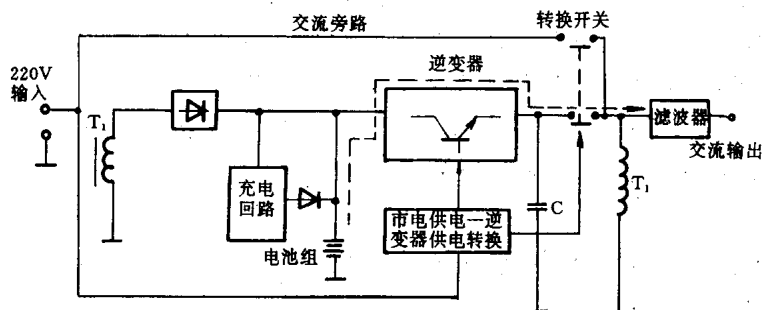
- (4)交流市电与UPS之间的自动切换装置;
- (5)控制回路;
- (6)各种保护(过流、过压,空载保护,电池极性和交流极性检测线路及相关指示灯和喇叭)。

UPS电源在线式和后备式的区别在于:后备式UPS电源在市电正常供电时,由市电直接向负载(计算机等)提供电源,当市电突然中断时,蓄电池才对逆变器供电并由UPS的逆变器对负载提供交流电源,即UPS电源的逆变器总是处于对负载提供后备的提供状态。而在线式UPS电源平时由交流市电→整流→逆变器方式对负载提供交流电源,一旦市电中断时,UPS改由蓄电池→逆变器方式对负载提供电源,只有当蓄电池放电终了时,由控制线路发出信号控制自动切换开关,转换成市电供电。当市电恢复供电后,UPS又重新切换到由逆变器对负载提供电源。所以,在线式UPS电源在正常情况下,总是由UPS电源的逆变器对负载供电,这样就避免掉所有市电电网而带来的任何电压波动及对负载供电所产生的干扰影响。因而,它的供电质量明显优越于后备式UPS电源,容易实现对微机等负载的稳压、稳频供电。而后备式由于运行效率高、噪音小、价格便宜等优点仍然受到用户欢迎。

为了充分理解后备式和在线式的区别,现分别列出二者的能量流程图。图6-2所示为后备式UPS电源的能量流程图。当市电供电正常时,220V市电直接通过交流旁路支路,经低通滤波器送至负载。虽然在UPS电源回路中引入了具有抗干扰能力的低通滤波器来削弱各种干扰(如:电网的瞬间突变、半周失压、尖峰、射线干扰、波形失真、大电抗负载的突然启动或关闭等)对UPS电源供电质量的影响,但它们仍不可能彻底根除上述的各种干扰对供电质量的影响。当市电供电正常时,220V市电还通过主变压器的次级绕组,经过整流滤波



(a)市电供电时,能量流程图



(b)市电供电时,能量流程图

图6-2 后备式UPS不间断电源的能量流程图



后再经电池充电回路向机器内部的蓄电池进行充电。只有当市电供电中断时,蓄电池组才通过逆变器将直流电能转变成方波或正弦波交流电能向负载供电。也只有在逆变器供电的期间内,UPS 电源向负载提供的交流电才会避免任何来自电网的干扰对其供电质量的影响。也就是说:后备式 UPS 电源仅仅在逆变器供电的短时期内才会向负载提供真正无干扰电源。从图 6-2 中还可看出,后备式 UPS 电源的 220V 输入和输出端共用一个主电源变压器,而且机器内部的控制线路的地线也就是 220V 电源输入线的零线。这种不正确的电源接线将隐藏着损坏控制线路的可能。

图 6-3 所示为在线式 UPS 电源的能量流程图。当市电供电正常时,220V 市电经低通滤波器、输入电源变压器、整流滤波电路首先整流成直流,这样彻底解决了外界电网干扰所

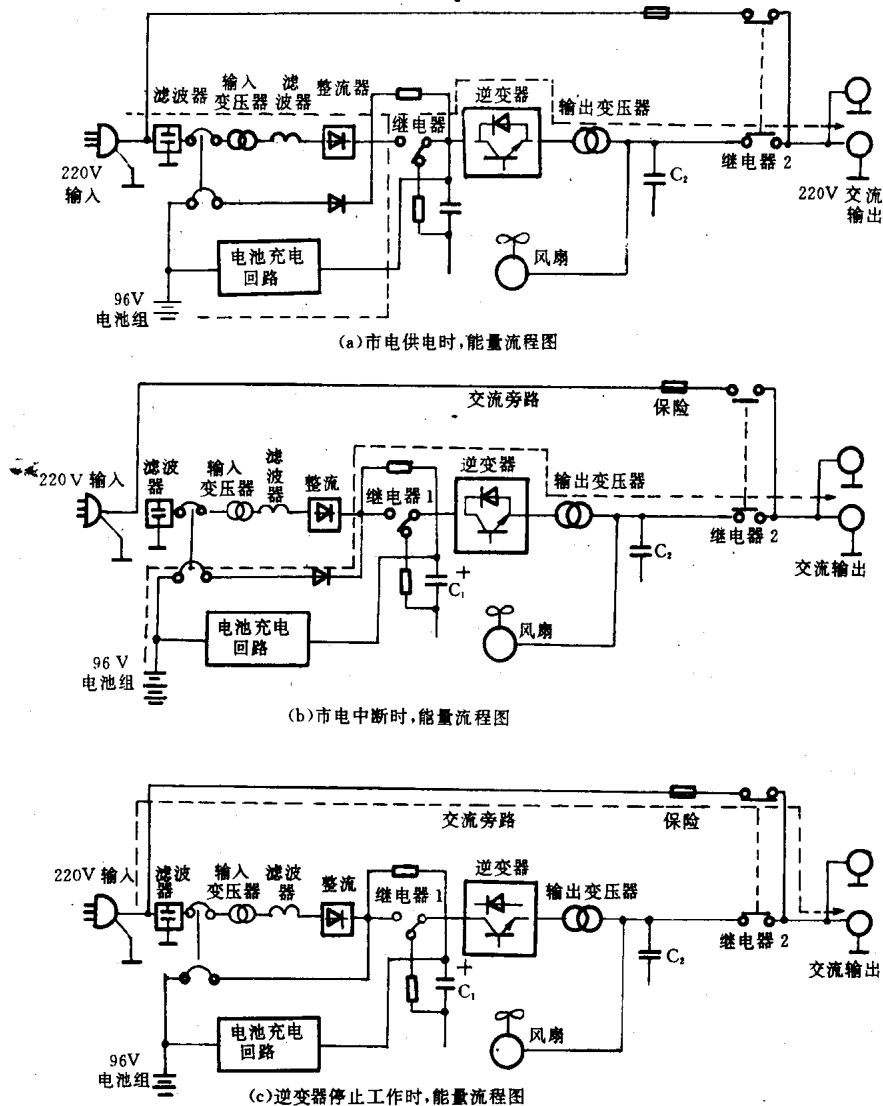


图 6-3 在线式 UPS 不间断电源的能量流程图

带来的种种麻烦。经整流滤波后的直流电分成两路向后级供电。一路经过电池充电回路对蓄电池组进行充电,另一路经逆变器把直流电重新变成标准的不带任何干扰的 220V 正弦

波电压向负载供电。当市电供电中断时,蓄电池组通过逆变器重新将直流电变成标准 220V 正弦波电压向负载供电。由图 6-3(a)和(b)可看出:无论市电供电正常与否,UPS 电源的逆变器都是通过继电器 2 的常闭触点直接向负载提供 220V 电源,中间不需要经过继电器 2 的任何转换操作,从而真正实现 UPS 电源向负载连续不间断供电。而对于后备式 UPS 电源,当市电供电中断时或市电供电从中断重新恢复到正常供电时,在市电供电与逆变器供电的转换过程中,需要通过转换开关(继电器)来进行切换,一般这个转换时间是 4ms 左右,如果情况更坏,最多可多达 8ms 左右。由此可见,后备式 UPS 电源的功能只相当于在线式 UPS 电源在市电供电中断时或逆变器发生故障时的功能。而只有在线式 UPS 电源才有可能真正实现 UPS 不间断电源对负载的连续不间断地提供电能。下面简单介绍在线式正弦波输出 UPS 电源、后备式正弦波输出 UPS 电源、后备式方波输出 UPS 电源的各自特点。

在线式正弦波输出 UPS 电源的主要特点:

(1)因在线式 UPS 电源的工作原理是任何时候均由 UPS 电源的逆变器向负载供电,这就从根本上完全消除了来自市电电网的任何电压波动和干扰对负载工作的影响,真正实现了对负载的无干扰稳压供电。目前,市场上销售的在线式正弦波输出 UPS 电源均能实现对负载的稳压稳频供电。当市电电压变化范围为 180~250V 时,一般它的输出电压稳定范围可达  $220V \pm 3\%$ ,正弦波的工作频率稳定度为  $50\text{Hz} \pm 1\%$ 。

(2)在线式 UPS 电源输出的正弦波的波形失真系数最小。目前,一般市售产品的波形失真系数均在  $<3\%$  的范围内。

(3)它同后备式 UPS 电源相比,有优良的输出电压瞬变特性。一般在 100% 负载加载或 100% 负载减载时,它的输出电压变化范围为 1% 左右,这种变化的持续时间一般为 1~3 周波。

(4)它一般都采用 20kHz 的 PWM 脉冲宽度调制技术工作,所以,其噪音都比较小。一般噪音都小于 50dB 左右。

(5)在线式 UPS 电源的控制线路设计中,由于采用了输入变压器、输出变压器及光电耦合器件等技术手段,将“强电”驱动部分与“弱电”控制线路部分隔离开来,因而线路工作的可靠性得到了极大的提高。

后备式正弦波输出 UPS 电源的主要特点:

(1)因它的线路设计中采用了抗干扰式分级调整稳压技术,所以,当市电供电正常时以及当外界市电电压在 180~250V 之间变化时,它都能向负载提供抗电网高频干扰的稳压电源。一般它的电压稳定度可达  $220V \pm 5\%$  左右。但是,后备式 UPS 电源仅仅在由蓄电池供电的短短时间内(一般为 15 分钟),它才有可能向负载提供高质量的无干扰的正弦波交流电。

(2)后备式正弦波输出的 UPS 电源的正弦波波形失真系数可以达到  $<5\%$  左右。一般说来,后备式不间断电源的负载过于轻时,其正弦波的波形失真系数有所增大。因此,一般希望将 UPS 电源的负载用到其额定值的 30% 以上。

(3)后备式正弦波输出 UPS 电源在它的控制线路中采用了 50Hz 市电同步技术,因而它在一定程度上解决了当 UPS 电源在市电供给——逆变器供电之间进行相互转换时出现的交流电同步转换问题。

(4)当后备式正弦波输出 UPS 电源处于由市电供电时,由于市电是直接通过抗干扰滤

波器对负载供电的,所以噪音较小。但当 UPS 电源处于逆变器工作时,由于 PWM 脉宽调制频率为 8kHz,所以噪音较大,一般为 55dB 左右。

(5)在市电供电与逆变器供电时,因这种 UPS 电源采用同一电源变压器,所以它的交流输出端的火线与零线的位置是固定的,用户不能更改它。而且用户在连接这种 UPS 电源输入线的火线与零线时,必须遵守厂家的有关规定。需说明的是:220V 交流输入的零线即是 UPS 电源控制线路的地线。

后备式方波输出 UPS 电源特点:

(1)因在这个电源的线路设计中采用了抗干扰式分级调整稳压技术,所以在市电电网电压在 180~250V 之间变化时,它仍能向负载提供抗电网干扰的稳压电源。一般它的电压稳定度可达  $220V \pm 5\%$  左右。当市电供电中断时,这种 UPS 电源向负载提供的交流电不是正弦波而是方波。一般方波电压输出的有效值的稳定度仍可达  $220V \pm 5\%$  的要求。

(2)它的逆变器输出的方波脉冲宽度和峰值是负载电流的函数。UPS 电源的负载越大,方波脉冲的宽度越宽,而方波脉冲的峰值越小。当 UPS 电源空载时,方波脉冲的宽度最窄 ( $98^\circ$ ),方波的峰值最大 (311V 左右)。因此,这种 UPS 电源在从市电供电刚转换到逆变器供电的瞬间,负载会承受相当严峻的电压冲击。同时,因方波输出中包含大量的高次谐波分量,所以负载的整流滤波电容将要承受较大的容性电流冲击。

(3)这种 UPS 电源在线路设计中没有采取任何 50Hz 市电同步技术,所以,在进行市电供电到逆变器供给转换过程中,有可能出现瞬时的交流电短路的现象,有时可能使负载在转换瞬间承受接近于电源电压 2 倍的冲击电压。同时,因方波输出时,它的正、负方波电压脉冲之间有可能出现近 5ms 的零电压时间,若再加上继电器的 4ms 的转换时间,则方波输出的 UPS 电源在市电供电到逆变器供电的转换过程中,可能出现 9ms 的供电中断时间(在最坏的情况下)。即是说,这种类型 UPS 电源的转换时间的长短带有很大的偶然性,其变化范围在 4~9ms 之间,且是用户所不能控制的。

(4)这种类型 UPS 电源不管是处于市电供电还是逆变器供电状态,因它的方波脉冲工作频率和市电频率相同,都为 50Hz,所以这种 UPS 电源的噪音较前两种小。

(5)因为这种类型 UPS 电源在市电供电和逆变器供电时都采用同一电源变压器,所以它的交流输出的火线与零线位置是固定的,这是用户不可能改变得了的。所以,用户在使用时不能自行连接这种 UPS 电源的火线和零线,必须遵守厂家的有关规定。

(6)这种类型的 UPS 电源没有给出输出电压瞬变特性这一技术指标。它的产品说明书明确强调:它只能连接微型计算机及其外围设备,不能同其他性质的负载相连,否则产品的技术性能得不到保证,甚至有损坏 UPS 电源本身的可能。

(7)这种类型的 UPS 电源不能进行频繁的关闭和启动操作。一般要求在关闭 UPS 电源后 6s 左右,才能再开启它,否则它会处于既无市电输出又无逆变器输出的不正常状态,即“启动失败”状态。

从上面的比较中可以看出正弦波输出 UPS 电源的供电质量远远优于方波输出的 UPS 电源。为使用户对这三种 UPS 电源性能有进一步的了解,表 6-1 列出了三种市面上销售量最大的小型 UPS 电源的主要性能参数。

表 6-1

厂家	TOSHIBA	PULSE	SENTECK SENDEN
型号	UPS-M-1100	UPS-1000R	UPS-500
输出功率	1kVA	1kVA	0.5kVA
输入电压	220V $\begin{matrix} +10\% \\ -15\% \end{matrix}$	220V $\begin{matrix} +10\% \\ -15\% \end{matrix}$	220V $\begin{matrix} +12\% \\ -20\% \end{matrix}$
输入频率	50Hz $\pm$ 5%	50Hz $\pm$ 5%	50Hz $\pm$ 5%
输出波形	正弦波,失真度 3%	正弦波,失真度 5%	方波
输出电压	220V $\pm$ 3%	220V $\begin{matrix} +8\% \\ -5\% \end{matrix}$	220V $\pm$ 5%
输出频率	50Hz $\pm$ 1%	50Hz $\pm$ 5%	50Hz $\pm$ 10%
输出电压瞬变特性	100%负载变化时 $\pm$ 1.0%		
过载能力	150%, 60s		差
效率	0.7	0.8	0.8~0.85
电池供电时间	全载 10~12 分	全载 12~15 分, 半载 35~45 分	全载 5 分,半载 15 分
电池组	8 $\times$ (12V, 6AH)	2 $\times$ (12V, 24AH)	2 $\times$ (12V, 6AH)
转换电压	170V <sub>AC</sub>	170V <sub>AC</sub>	170V <sub>AC</sub>
工作方式	在线式	后备式	后备式

注:①SENTECK UPS-500 电源禁止接非计算机负载。

②“效率”是指 UPS 电源逆变器本身转换效率,并不是指向负载供电效率。

## 第二节 UPS 电源的主要电路

### 一、整流及滤波回路

UPS 电源内部控制电路中常用的直流辅助电源有 12V、6V 和 5V。它们通常是采用将 220V 市电经隔离变压器降压后,由整流器整流、滤波电容滤波及各种方式的直流稳压线路而获得的。整流器的功能是在市电正常时或市电故障油机供电时为逆变器提供纹波很小的直流电压,因为逆变器具有自动调节输出电压的能力,所以对整流器的稳压性能一般没有什么严格要求。UPS 电源用的整流器常有不可控整流电路、可控整流电路及带平衡电抗器的双反星形可控整流等。

#### 1. 不可控整流电路

图 6-4 的(a)、(b)、(c)分别示出了三种典型的整流电路,单相半波整流、中心抽头式全波整流和桥式全波整流。

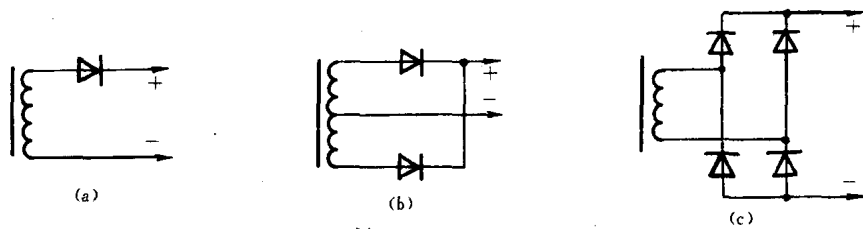


图 6-4

半波整流电路是最简单的一种整流方式,它的效率最低,整流输出电压脉冲的频率等于电源的工作频率。而全波整流时,其脉冲电压输出的频率是电源工作频率的两倍。在单相半波整流及中心抽头式全波整流电路中,整流二极管所承受的反向电压是电源电压的两倍。而在桥式全波整流电路中,整流二极管所承受的反向电压却只等于电源电压值。

在中心抽头式整流电路中,若需得到两组电源,即主电源和与其极性相反的辅助电源

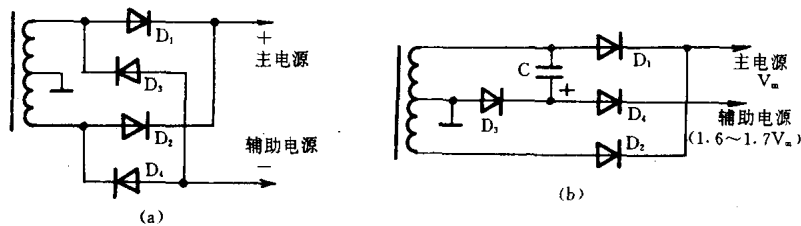


图 6-5

时,则可采用图 6-5(a)所示的电路。通过这种电路,可以很方便地获得两个幅值大小相等,极性相反的整流电压。采用这种电路结构形式的优点是利于缩小电源变压器的体积。如果需要获得两倍于主电源电压幅度的辅助电源时,又可采用图 6-5(b)所示的电路。即用二极管  $D_3$ 、 $D_4$  及电容  $C$  组成一个倍压半波整流电路,这种半波倍压整流电路的输出电压,在无负载条件下有两倍于主电源电压的辅助电源输出。但因它的输出特性受负载变化的影响很大,所以一般它的实际输出电压只能达到主电源电压的 1.6~1.7 倍左右。

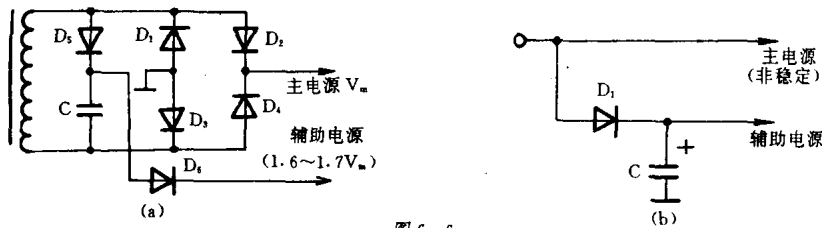


图 6-6

在桥式整流电路中也可获得两倍于主整流电源的辅助电源,其电路如图 6-6(a)所示。当电源电压为正半周波时,电源通过二极管  $D_3$  和  $D_4$  向辅助电源供电,而且同时电源还通过二极管  $D_3$  向电容  $C$  充电。这种辅助电源的脉动纹波频率和电源频率相同,而主电源的整流输出电压频率是电源频率的两倍。图 6-6(b)所示的电路能获得比主电源电压高的辅助电源,它是由纹波比较大的主电源通过二极管  $D_1$  和电容  $C$  进行峰值整流滤波后构成的。这种辅助电源的电压不仅高于主电源纹波的最低电平,而且它还比主电源的平均电压高。利用这种方法可以降低直流电源的纹波系数。

如果逆变器的电压调节性能好,且在电压调节的过程中波形畸变因素又无明显的变化,那么采用三相桥式整流电路也很合适。其电路原理图见图 6-7。这种电路的工作可靠,整流

音的过载能力也比晶闸管强。三相桥式整流电路整流电压的脉动频率是市电频率的六倍,即 300Hz。为了适应逆变器输入直流电压的需要,一般在桥式整流电路的输入端增加一台有固定抽头的自耦调压器。

三相桥式整流电路整流输出电压的平均值  $U_d = 1.35U_{2L}$ , 式中  $U_{2L}$  为输入整流桥的线电压有效值。

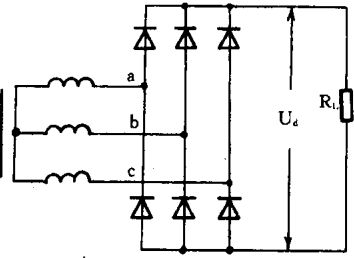
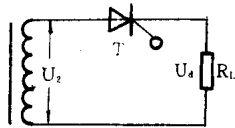


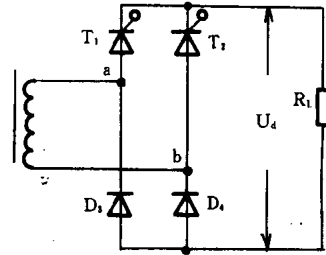
图 6-7

## 2. 可控整流电路

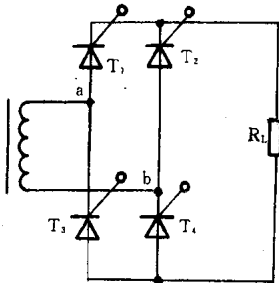
目前,不停电电源的整流器除采用不可控整流电路外仍大多采用可控整流电路。它的特点是将不可控整流电路中的整流二极管换成晶闸管,形成可控电路。一般有单相半波可控电路、单相桥式半控电路、单相桥式全控电路、三相半波可控电路、三相桥式全控电路及带平衡电抗器的双反星形可控整流电路等。采用这类电路对正弦脉宽调制一类逆变器是很有必要的,尽管可以通过调幅度来调节逆变器的输出电压,但在改变幅度时波形畸变因素变化比较大,如果直流输入电压是不可控的,那么输出电压比较高,当 UPS 电源的负载较轻时,波形畸变会很严重。所以,很有必要采用可控整流使直流电压比较稳定。



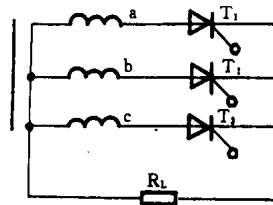
(a)



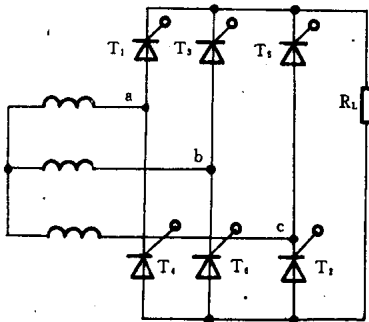
(b)



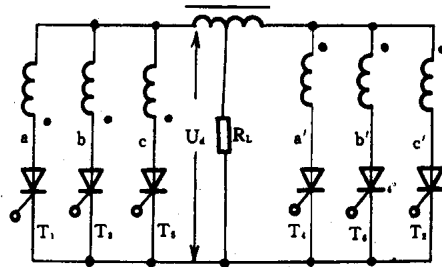
(c)



(d)



(e)



(f)

图 6-8 可控整流电路

图 6-8(a)所示为单相半波可控整流电路。图中 T 为晶闸管,  $R_L$  是负载电阻,  $U_d$  为整流输出的平均电压值,  $U_2$  是变压器次级电压的有效值。在  $U_2$  的正半周内, 晶闸管 T 因承受正向电压而具备导通条件之一。一旦 T 的门极施加了触发脉冲便会立即导通, 负载电阻上便有电流通过。此电流若降到维持电流以下便使晶闸管关断, 从而电阻上的电压和电流都消失。在  $U_2$  的负半周期, 晶闸管承受反向电压不能导通。直到第二个周期的正半周时再施加触发脉冲, 晶闸管再次导通, 如此不断循环下去。显而易见, 在单相半波整流电路中, 触发脉冲应出现在电源电压为正半周的范围, 为使整流波形稳定, 每个周期中的控制角  $\alpha$  应相同。控制角即为从晶闸管开始承受正向电压起到开始导通这一角度, 以  $\alpha$  表示。晶闸管导通的角度称为导通角, 以  $\theta$  表示, 在这个电路中,  $\theta = \pi - \alpha$ 。改变控制角  $\alpha$  的大小, 即改变触发脉冲出现的时刻, 就改变了整流输出的直流平均电压  $U_d$ 。对于电阻性负载其  $U_d = 0.45U_2 \frac{1 + \cos\alpha}{2}$ 。最大移相范围为  $180^\circ$ 。

单相半波可控整流电路的优点是线路简单, 只用一个晶闸管, 调整方便。它的缺点是输出电流脉动大, 电流的有效值和平均值的比数较大, 变压器利用率不高, 而且因变压器次级绕组中通过含有直流成份的电流, 造成铁芯直流磁化。为使变压器的铁芯不饱和, 必须增大铁芯的截面积, 因而造成设备的体积大, 重量较重。

图 6-8(c)所示为单相桥式全控整流电路。它将单相桥式整流电路中的四个整流管全部换成晶闸管  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 。其中  $T_1$ 、 $T_4$  组成一对桥臂,  $T_2$ 、 $T_3$  组成另一对桥臂。 $U_2$  为正半周时,  $T_1$ 、 $T_4$  导通,  $T_2$ 、 $T_3$  因承受反向电压而截止, 当电源电压过零时, 电路中的电流也降至零,  $T_1$  和  $T_4$  即关断。 $U_2$  为负半周时, 则是  $T_2$ 、 $T_3$  被触发导通,  $T_1$ 、 $T_4$  截止, 而当过零后, 又是  $T_1$ 、 $T_4$  导通, 如此循环工作下去。可看出上述两组触发脉冲在相位上应相差  $180^\circ$ 。由于负载在两个半波中都有电流流过, 属全波整流, 所以输出电压的脉动程度比半波时要小些。又因两个半波的电流方向相反, 数值相等, 因而没有了半波电路中的直流磁化问题, 变压器的利用率也得到较大提高。对于电阻性负载其整流输出电压的平均值为

$$U_d = 0.9U_2 \frac{1 + \cos\alpha}{2}$$

在桥式全控电路中, 负载电流同时流过两个晶闸管, 如果仅是为了整流, 对控制特性的陡度没有特殊要求的话, 为节约起见, 可只要一个晶闸管控制导通的时刻, 另一个采用不可控的硅二极管作为限流, 这就是如图 6-8(b)所示的单相桥式半控整流电路,  $D_3$ 、 $D_4$  为硅整流管。半控电路在电阻性负载时的工作情况与全控电路时完全相同, 其参数的计算亦相同。这种电路只需要一个触发电路, 把脉冲同时送到两个晶闸管上, 承受正向电压的晶闸管导通, 另一个晶闸管因承受反向电压不会导通。

以上的几种单相电路比较简单, 对触发电路的要求较低, 相位同步问题很简单, 调整也比较容易。但它们输出的整流电压脉动大, 脉动频率低, 由于它们仅接在电网的一相上, 易造成电网负载不平衡, 影响三相电网的平衡运行。所以一般当负载容量较大(4kW 以上), 要求直流电压脉动较小时, 可采用三相整流电路。

图 6-8(d)所示为三相半波可控整流电路。它有两种连接方法: 晶闸管的阴极连接在一起, 为共阴极接法; 晶闸管的阳极连在一起, 而三个阴极分别接到三相交流电源, 这种接法为

共阳极接法。图 6-8(d)即为共阴极接法。三个晶闸管的触发脉冲依次间隔  $120^\circ$ ，所以在—个周期内，三相电源轮流向负载供电，每相晶闸管各导电  $120^\circ$ ，供给负载的电流是连续的。当晶闸管的控制角  $\alpha \leq 30^\circ$  时，整流输出电压的平均值为：

$$U_d = 1.17U_2 \cos\alpha$$

三相半波可控整流电路只用三个晶闸管，接线简单，但晶闸管承受正反向的峰值电压较高，变压器次级绕组的导电角仅  $120^\circ$ ，使得绕组的利用率较低。而且电流是单方向的，它的直流分量形成直流安匝的磁势并产生较大的漏磁通，因而须加大变压器铁芯的截面积，还要引起附加损耗，如果不用整流变压器，把晶闸管直接接  $380V$  电网，以供给直流  $220V$  等级的负载，从电压看是合适的，但整流电流中的直流分量流入电网，引起电网额外损耗，特别是增大零线电流，也应该加大零线的截面。所以一般常用三相桥式全控整流电路，如图 6-8(e) 所示。

三相桥式全控电路是由两组三相半波电路组成的，一组是共阴极，另一组是共阳极。共阴极组在正半周导通，流经变压器次级绕组的是正向电流，而共阳极组在负半周导通，流经次级绕组的是反向电流。所以在任何时候这种电路都必须有两个晶闸管导通，而且其中一个是共阴极组的，另一个是共阳极组的。因此就要求触发脉冲有一定的宽度，如果宽度小于  $60^\circ$ ，则整流器接通电源时将不可能形成电流通路，一般取  $80 \sim 100^\circ$ ，称宽脉冲触发。另一种是在触发某一种晶闸管时，同时给前一个应该导通的晶闸管补发一个脉冲，使共阴极组和共阳极组的两个应该导通的晶闸管上都有触发脉冲，这样对触发脉冲的宽度就没有严格要求，相当于用两个窄脉冲等效地代替大于  $60^\circ$  的宽脉冲，这种方法称为双窄脉冲触发。

三相全控桥的控制灵敏度较高，其整流输出的平均电压在空载和满载时的变化可以做到小于  $1\%$ ，整流电压的脉动小，变压器绕组在一周期中没有直流磁势，而且因每相绕组在正负半周都有电流流过，提高了变压器的导电角。

对于电阻性负载三相全控电路整流输出的平均值为：

$$\text{当 } 0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{3} \text{ 时, } U_d = 1.35U_{2l} \cos\alpha$$

$$\text{当 } \frac{\pi}{3} \leq \alpha \leq \frac{2\pi}{3} \text{ 时, } U_d = 1.35U_{2l} [1 + \cos(\frac{\pi}{3} + \alpha)]$$

式中： $\alpha$  是晶闸管的控制角； $U_{2l}$  是线电压有效值。

如同单相半控桥式一样，把三相全控桥中的晶闸管  $T_1$ 、 $T_6$  和  $T_2$  改用二极管  $D_1$ 、 $D_6$  和  $D_2$ ，便组成了三相半控桥式整流电路。三个晶闸管的触发脉冲之间彼此间隔  $120^\circ$ ，只要用三套控制电路就行了。这个电路的灵敏度低一些，整流电压的脉动也比三相全控桥大些，但作为逆变器用的直流电源还是足够的了。

采用三相全控或半控式整流电路，可以得到较高的整流输出电压，而如果希望输出的电压较低、电流较大，就可采用图 6-8(f) 所示的带平衡电抗器的双反星形可控整流电路。它是由两组三相半波可控整流电路组成，即  $a$ 、 $b$ 、 $c$  一组和  $a'$ 、 $b'$ 、 $c'$  一组。 $a$  与  $a'$  绕在同一铁芯上，其极性相反， $b$  与  $b'$ 、 $c$  与  $c'$  也同样分别同绕在一个铁芯柱上，故称为双反星形电路。可见它是由两组三相半波电路并联而成，每组只供给总负载电流的一半，与三相桥式电路相比，输出电流可增大一倍，而整流电压的脉动情况小得多。因同时有两相导电，变压器磁路平衡，



不存在直流磁化问题,同时变压器次级绕组的利用率提高了一倍。与其他的整流电路相比,还提高了整流元件承受负载的能力。整流输出电压的平均值(电阻性负载)为:

$$\text{当 } 0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{3} \text{ 时, } U_d = 1.17U_{21} \cos \alpha$$

$$\text{当 } \frac{\pi}{3} \leq \alpha \leq \frac{2}{3}\pi \text{ 时, } U_d = 1.17U_{21} [1 + \cos(\frac{\pi}{3} + \alpha)]$$

由这二式可看出,在变压器副边的相电压( $U_2$ )相同的情况下,双反星形电路的平均值只有桥式全控整流电路的一半。在大功率情况下,为避免晶闸管并联带来的均流问题可以考虑这种电路。但当负载电流很小时,这种电路的外物性较差,而且因带平衡电抗器增加了设备的体积和重量。

### 3. 滤波电路

经过整流电路得到的输出电压一般仍包含有很大的脉动电压成份,因此,在实际电路中需用滤波电路来滤除不需要的交流成份。滤波电路虽然可用一级或多级滤波电路构成,但其基本形式是在整流输出端加电容或加电感扼流线圈来构成。滤波器大体可划分为电容输入或电感扼流圈输入两种方式。电容输入形式虽然所获得的输出电压高,但它要求变压器输出的峰值电流大,且负载调整率差。扼流圈形式虽然输出特性好,但它需要较大的扼流圈且成本较高。因此,目前在中小型 UPS 电源中常采用电容滤波电路形式,即电容并联在整流输出电压的输出端。半波整流、全波整流电容滤波电路的典型输出波形如图 6-9(a)、(b)所示。

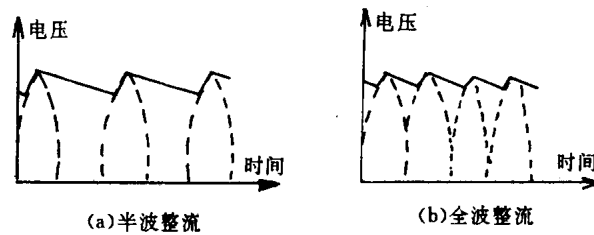


图 6-9 电容滤波时输出电压波形

由图可见,全波整流滤波线路的电压输出(实线表示)的纹波系数明显低于半波整流滤波的电压输出。但是即使在全波整流滤波电路的直流电压输出中仍包含有相当的交流纹波成份,这种交流成份的含有率即所谓的纹波系数。根据交流分量的波形不同,纹波系数的定义各有差异。对于图 6-10(a)所示的电容滤波和图 6-10(b)所示的电感扼流圈滤波的直流输出电压,其纹波系数被定义为:

$$D = \frac{V_{AP}}{2V_{DC}} \times 100\%$$

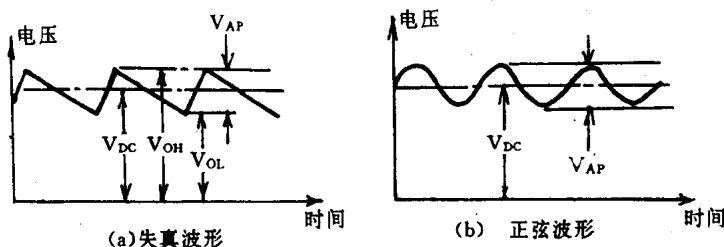


图 6-10 滤波后输出波形纹波系数

式中: $V_{DC}$ 是输出电压的直流成份; $V_{AP}$ 是叠加在直流分量上的微小交流分量的峰—峰

值。

电容滤波电路中电容量大小,可用图 6-11 所示的电压输出波形的纹波特性来估计。横坐标代表电容与负载电阻的乘积。负载电阻  $R_L$  是由滤波电容输出端的端电压  $V_{DC}$  被最大负载电流相除所得的值。纵坐标代表电容滤波器输出的直流电压所带的纹波系数。例如,假如要求在 12V 输出的直流电压中所包含的纹波电压小于 6mV 时(即所允许的交流纹波系数为 0.5%)。由图 6-11 可查得,在使用全波 50Hz 整流滤波电路所需的  $R_L \cdot C$  的乘积为  $10^6 \Omega \cdot \mu F$ 。若负载要求滤波器的最大输出电流为 0.5A,则负载电阻  $R_L = 24 \Omega$ 。这时所要求的滤波电容的容量应该为  $4.15 \times 10^4 \mu F$ 。对于相同负载条件下,若所允许的纹波系数提高到 2%(即 24mV 纹波电压叠加在 12V 的直流电压上),则这时所需的滤波电容的容量就可降低到  $8.73 \times 10^3 \mu F$ 。

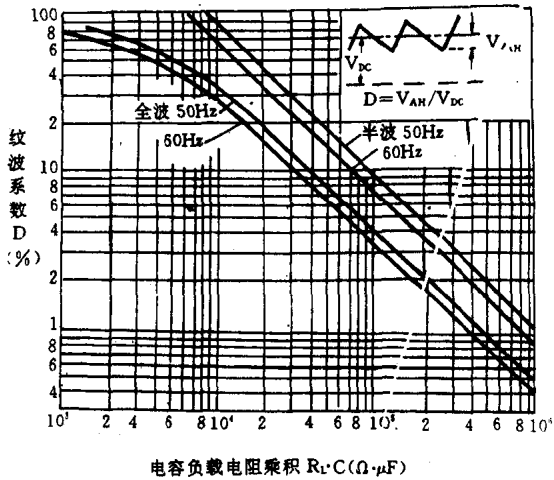


图 6-11 电容滤波电路的输出波形的纹波特性

在实际应用中,当某个特定的电容滤波电路的电容量被确定后,它的直流输出电压的纹波特性强烈地依赖于负载电阻的大小。即是说,在实际使用中用户不能随意加大负载,否则,在电容滤波线路的直流输出电压上所叠加的交流纹波分量将大大增大。对于上例中的按 2% 纹波系数设计的滤波电容为  $8.73 \times 10^3 \mu F$  的电容滤波线路来说,若将 12V 输出的直流电源的负载增大到使其输出电流从 0.5A 加大到 2A 时,则该电路的负载电阻  $R_L$  将从  $24 \Omega$  下降到  $6 \Omega$ 。从图 6-9 的输出波形纹波特性可查得:这时该线路的实际直流电压的纹波系数将从原来的 2% 上升到 8% 左右。这种直流电源的纹波特性对中小型 UPS 电源的逆变器供电系统中直流电源的供电质量的巨大影响经常可见。一般当逆变器未工作时,直流电源所叠加的交流分量极小(毫伏量级),一旦逆变器启动时,该交流分量有时可达几伏的数量级。严重时,这种叠加在直流电源上的交流纹波甚至会引起 UPS 不停电电源控制线路的误动作。所以为了减少逆变器工作时所产生的负载对 UPS 电源的内部直流辅助电源纹波特性的影响,一般在其交流整流滤波级之后,再加入一级甚至多级直流稳压电路来确保 UPS 电源内部辅助直流电源的工作稳定性。集成化的三端稳压电源块是目前 UPS 电源中常用的一种稳压线路,它不仅体积小,使用方便,而且还具有过电流限制保护能力,在结温超过额定值时具有自动截止电流的能力。这类型的三端稳压块只要配置上适当大小的散热片其输出电流均可达到 1A 左右。具有固定直流电压输出的典型三端稳压线路如图 6-12 所示。其中 RS402 是集成化的整流块,  $C_1$  是滤波电容, MC78XX

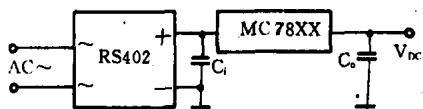


图 6-12 带固定输出电压的三端稳压器线路

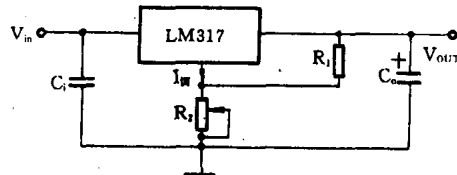


图 6-13

是 78 系列的三端稳压电路块。XX 符号表示该稳压块的直流输出电压的大小。目前有 5V、

6V、8V、12V、15V、18V 和 24V 几种。为确保稳压块的稳压功能，一般要求输入电压比输出电压至少要高 2V。除固定电压输出的三端稳压器之外，在 UPS 电源中还常用直流输出电压可调节的三端稳压器。其典型产品有 LM117、LM217 和 LM317。由 LM317 三端稳压器来构成 UPS 电源的可调电压的充电回路见图 6-13。直流输入电压经 LM317 稳压块后，在其输出端可以得到电压可调的正直流电压。C<sub>i</sub> 为输入电容，它仅在 LM317 稳压块与滤波器之间的距离较远时才用。C<sub>o</sub> 为输出电容，是用来提高 LM317 输出电压的瞬态响应特性。可变电位器 R<sub>2</sub> 是用来调整 LM317 的输出电压，一般该稳压线路的输出电压可按下式计算：

$$U_{out} = 1.25V \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_{adj} \cdot R_2$$

一般要求 I<sub>adj</sub> 控制在 100μA 之内。因此，大多数情况下可忽略 I<sub>adj</sub> · R<sub>2</sub> 的影响。这时 LM317 的输出电压大小仅决定于电阻 R<sub>2</sub> 与 R<sub>1</sub> 的比值。这种稳压线路的调节范围一般为 2.5~32V 之间。

## 二、蓄电池及充电回路

目前在 UPS 不间断电源中，广泛使用蓄电池作为贮存电能的装置，如果没有蓄电池，要想用静止逆变器解决不间断供电是不可能的。蓄电池需要直流电源预先给它充电，将电能转化为化学能而贮存起来，当市电供应中断时，UPS 电源将依靠贮存在蓄电池中的能量维持其逆变器正常工作。此时，蓄电池通过放电将化学能转化为电能供 UPS 电源使用，放电后能用充电的方法使活性物质再生，因此蓄电池是一种可逆电池。

### 1. 蓄电池的充电和放电

新的蓄电池在安装完毕后一般要进行一次较长时间的充电，这叫做初充电。初充电电流大小应按说明书规定值选择，或按额定容量 1/10 的电流进行初充电。蓄电池在放电终了后进行的再充电叫做正常充电。正常充电时，最好采用分级定流充电方式，即在充电初期用较大的电流，经过一定时间改用较小电流，至充电后期改用更小的电流。这种充电方法所需充电时间较短，充电效率较高，效果也好，而且对延长电池寿命有利。

当 UPS 正常工作时，不停电电源用的蓄电池是按连续浮充电方式工作的。连续浮充制是指充电用整流器和蓄电池并联供电的工作方式。在浮充过程中，负载电流全部由整流器供给，这时蓄电池组接受来自整流器的部分电流作为补充电池组自身的局部放电的消耗，蓄电池对负载不输出任何能量，在电路上只起平滑滤波作用。这种平滑滤波作用对减小整流滤波电容和逆变器的正常工作都非常重要。有些逆变器工作时被关断的晶闸管往往要承受很高的反向电压和正向重加电压，其数值与直流电源电压有关。如果整流输出电压未经很好的平滑滤波，极易造成逆变失败，烧毁晶闸管。

连续浮充制供电方式除了经常保持有一微小充电电流以补偿电池自身的局部放电外，当不停电电源的负载突然增加时，蓄电池也可在短时间内提供很大的放电电流，因而有利于改善不停电电源的暂态响应特性。

均衡充电也叫做过充电。蓄电池在正常使用过程中会产生电解液液面位置、比重、温度，各电池单元的端电压、电池内阻等变化不均衡情况，这种不均衡会导致电池组输出电压过低或电池组内阻过大，严重时会导致蓄电池组无法再次充电使用的危险。为了防止这种不均衡情况的不断加剧，所以在一定时间内应分别对电池组中的每个单元进行均衡充电，使每个电

池都达到均衡一致的良好状态。进行这种操作时所用充电电压就叫做电池的均充电压。进行均充操作时的充电电流大小必须严格遵循产品说明书要求,否则会大大降低蓄电池的使用寿命。此外,遇到下列情况之一时,应及时对蓄电池进行均衡充电。

a. 过量放电使端电压低于规定的终了电压。12V 的小型密封式铅酸蓄电池的放电终了电压为 10.5V;24V 蓄电池的终了电压为 21V;96V 蓄电池的终了电压为 85V。

b. 放电后未及时进行充电的电池。

c. 市电中断,连续浮充电池放出近一半容量的电池。这里的电池容量是指电池实际可供使用容量,它并非一定是电池组的额定容量值。

d. 长期闲置不用的电池。

还有一点需要指出的是,若蓄电池内部电解液液面过低或者干涸时,就不能通过均衡充电操作来使电池复活。这时只有重新更换电池或重换电解液才能解决。

## 2. 蓄电池的种类

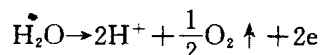
UPS 电源要求所用的蓄电池必须具有在短时间内输出大电流的特性,一般要求蓄电池供电时间在 10 分钟左右。目前有铅酸和镍镉两种蓄电池,但是常用的三种都属于铅酸蓄电池。它们分别是:被广泛使用的经济型 HS 型电池和适合于低温工作的 AHH 型电池;适合于长放电时间要求的 CS 型电池;小型密封式 M 型电池。其中第三种 M 型电池因其体积小而且密封无需维护而被广泛应用于小型 UPS 电源中。上面各种蓄电池的结构、原理和特点均示于表 6-2 中。

表 6-2 UPS 常用铅酸蓄电池种类

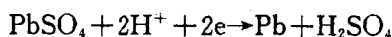
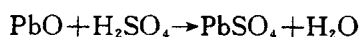
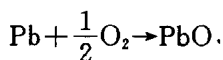
名称		涂浆式高效铅电池	复盖式铅电池	小型密封铅电池
型号		HS	CS	M
活性物质	阳极	氧化铅(PbO <sub>2</sub> ) 海绵状铅(Pb)		
	阴极			
电解液		稀硫酸(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )		
比重		1.24/20℃	1.215/20℃	
反应式		PbO <sub>2</sub> + 2H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + Pb = PbSO <sub>4</sub> + 2H <sub>2</sub> O + PbSO <sub>4</sub>		
标称电压		2.0V		
阳极板结构		在铅-锡合金格子里填充阳极活性物质	在铅锡合金芯棒与外包复的玻璃纤维管之间填充阳极活性物质	在铅-钙合金格子间填充阳极活性物质
阴极板结构		铅-锡合金格子里填充阴极活性剂		铅-钙合金格子里填充阴极活性剂

蓄电池中的电解液的水份,在浮动充电及均衡充电末期都会产生电解分离反应而被电解成氢和氧气。这些氢和氧气会慢慢消失在空中。因此,对于一般蓄电池组,每隔一定时间必须对蓄电池进行定期补水,以补充电解液中水份的损失,否则蓄电池中电解液浓度将大大

超过规定值。这也是一般铅酸电池需要定期维护的原因。近年来,由于在小型密封型铅酸蓄电池中采用了先进的阴极吸收式密封技术,这一新技术的采用可把这种定期补水的间隔时间延长到五年以上,从而实现了所谓完全无需维护电池的目的。阴极吸收式的原理如下。当电池组被充电时,在阳极就产生水被电离分解的电化学反应,即:



新生成的氧气在电场作用下移向电池组的阴极,氧气在阴极催化剂的作用下,首先在阴极形成氧气被吸附,随后氧气在催化剂的作用下,重新与氢结合生成水的一系列化学反应,随着电化学反应的不断进行,在蓄电池阴极上,将积累越来越多的负电荷,这样蓄电池组就被逐步充电了。



在理想的工作状态下,它可维持蓄电池的电解液中水的含量不变。为了使得电池内部的气体阴极吸收方式能够充分进行,它要求在电解过程中水的电解分解反应要尽可能地进行得缓慢,还要求电池内部的阳极、阴极及中间隔离板的结构必须易于气体透过和传输。所以,要想提高电池的使用寿命,必须严格遵循充电电流不得超过电池允许的最大充电电流,过大的充电电流会导致蓄电池使用寿命的缩短。目前常用的小型 UPS 电源中的蓄电池的规格特性见表 6-3。

表 6-3 小型 UPS 用密封式小型铅酸电池特性

厂 家	YUSA	MA TSUSHITA ELECTRIC
型 号	NP6-12	LCL 12V24P
浮充电压(V)	13.5~13.8	13.5~13.8
均充电压(V)	14.4~15.0	13.8~14.6
均充时最大允许电流 (A)	1.5	8
电池容量	12V,6AH/20HR	12V,24AH/20HR

### 3. 蓄电池外特性

目前 UPS 电源所用的小型铅酸电池的典型容量规格为:12V,6AH/20HR。它表明该电池输出电压为 12V,其标称容量为 6A 时。这一指标是在把该电池组以 20 小时的速率进行放电,一直放电到电池组输出电压为 10.5V 时,所测量得到的总安培小时数来计量的。NP 型小型密封铅酸电池的放电特性如图 6-14 所示,图中符号“C”代表以 20 小时放电速率所测得的电池标称容量。

由图 6-14 可见:电池的放电电流越小,电池输出电压维持稳定的时间也越长;放电电流越大,电池维持其输出电压稳定能力也差。例如,对 24AH/20HR 电池组,当放电电流为

1.2A时,其输出电压可在长达5小时时间内维持在12V以上。若将放电电流增大到24A

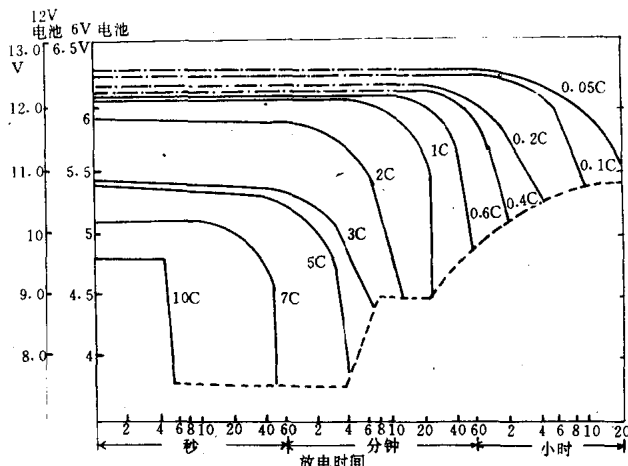


图 6-14 NP型电池放电特性(20°C)

时,则该电池仅能在约 10 分钟时间内维持输出电压在 12V 以上。超过这一正常放电工作时间,电池输出端电压将迅速下降,造成电池过度放电,这会对电池寿命产生非常不利的影响。实践证明,当放电电流超过 1C 时,它不仅会大大缩短电池电压稳定工作时间,而且会在接通负载的瞬间造成电池输出电压的迅速跌落。如 24AH/20HR 电池,若以 7C 的速率放电,在接通负载的瞬间电池组的输出电压将马上从 12V 下降至 10.2V 左右,且电池维持这个值的时间也只有 20s 左右。若在此条件下继续放电,当放电时间超过 50s 时,电池组的输出电压将迅速下降至 0V,这即意味着很有可能造成电池的永久性损坏。因此,控制好放电电流,尽量避免大电流放电是延长电池寿命的重大因素。由以上分析还可见,蓄电池可供利用的容量(安时数)与电池组放电电流密切相关。表 6-4 列出了在标准放电速率条件下,电池组的容量与放电电流的关系。

表 6-4

20HR 容量(安时)	放电电流(A)							
	0.05C	0.1C	0.2C	0.4C	0.6C	1C	2C	3C
6.0	0.3	0.6	1.2	2.4	3.6	6	12	18
24.0	1.2	2.4	4.8	9.6	14.4	24	48	72

对于特定的电池,其实际可供利用的容量除与电池放电电流大小有关外,与环境温度也有密切的关系。由实践可知, NP 型电池组在相同的放电速率工作条件下,若其工作环境温度下降时,电池组实际可供利用的容量,即安时数也会明显的下降。因此,对于须在低温条件下使用 UPS 电源的用户,必须考虑这个因素。有两个方法可供用户在配置蓄电池时选用。一个是增加 UPS 电源所配置的蓄电池组的标称容量值;另一个是选择耐寒性的 AHH 型蓄电池。否则, UPS 电源能支持微机负载的实际工作时间将明显低于 UPS 电源所配置的蓄电池的标称值。由于蓄电池的这个温度特性,暂时不用的蓄电池应该存贮在低温、干燥的环境,在高温、潮湿的环境下贮存蓄电池必然会大大降低其实际可供用户使用的安时数。

NP 型电池的贮藏特性如图 6-15 所示。当蓄电池被过度放电到输出电压为零,以及电

池被置于长时间的短路或长时间开路时,都会导致电池内部有大量的硫酸铅被吸附到电池的阴极表面,形成所谓电池阴极板的“硫酸盐化”。因硫酸铅是一种绝缘体,它的形成必将对电池的充放电性能产生极不好的影响。在阴极板上形成的硫酸盐越多,电池的内阻越大,电池的可充放电性能就越差。由图 6-15 可知,随着贮存时间的增加,蓄电池可供实际利用的容量都有不同程度下降。贮存温度

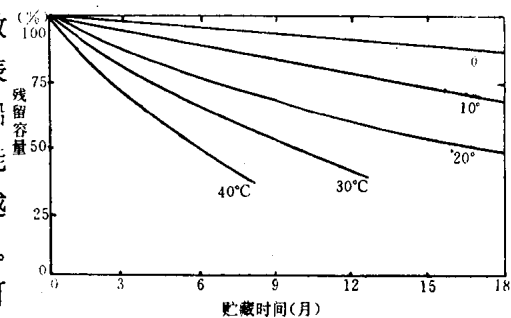


图 6-15 NP 型电池的贮藏特性

越高,电池的残留容量越小。为保证蓄电池总是处于良好的工作状态,对长期闲置未用的蓄电池必须每隔一定时间,重新充电一次,以达到激活电池的目的,恢复电池原有的容量数。而且,如果供电质量很高,很少发生停电的 UPS 电源,也应该每隔一定时期人为地中断交流电的输入,以使 UPS 电源中的蓄电池放电一次,然后再加上市电重新充电,这样有利于延长电池的使用寿命和保证蓄电池可供实际使用的容量总是处于非常接近于蓄电池的标称容量。同时,不同贮存温度下蓄电池的贮藏寿命也大不相同。一般 NP 型电池不同贮存温度下的贮藏寿命为:0~20℃时,寿命为 12 个月;21~30℃时,寿命为 9 个月;31~40℃时,寿命为 5 个月;41~50℃时,寿命为 2.5 个月。由此可见,如果蓄电池的贮存温度高达 50℃条件下,并且在 2.5 个月的时间间隔内,不对蓄电池进行任何充电和放电的“激活”操作的话,则可能造成蓄电池永久性损坏。这也是为什么新买的蓄电池长期放置不用,其使用寿命反而比经常处于充放电工作状态的旧电池使用寿命还短的原因。

#### 4. UPS 电源蓄电池的选择

蓄电池必须能够在一段时间之内供电给逆变器,并且在额定负载下电压不应该下降至逆变器所要求的最低电压以下。对数据处理系统的供电,一般只需要短短几分钟至半小时,而如炼油厂、无人操作输油站和医院等的检测和控制系统的检测和控制则须由蓄电池供电几小时。一般各种铅酸和镍镉蓄电池均可采用,而哪一种最适合,就取决于许多因素。例如蓄电池备用时间、价格、容量、重量、空间条件,保养,使用寿命,充分利用的容量和标称容量的比率等。特别是在蓄电池较短的备用期内,可用容量只是所配备的标称蓄电池容量的一小部分而某些蓄电池尤其适合于短放电期使用。只有考虑了上述这些因素以后,才能对蓄电池进行最佳选择。

蓄电池的容量就是蓄电池的蓄电能力,常以充电充足后的蓄电池,放电到端电压到达规定放电终止电压时,电池所放出的总电量来表示,即放电电流与放电时间的乘积,单位为 Ah。

蓄电池的最大放电电流可由下式求得:

$$I = \frac{PCOS\varphi}{\eta E_1}$$

式中: P —— UPS 电源的标称功率;

COSφ —— 负载的功率因素,一般取为 0.8;

η —— 逆变器的效率,一般取 80%;

E<sub>1</sub> —— 蓄电池放电终止电压。

例如,一台 30kVA 的 UPS 电源,配置蓄电池组,共有蓄电池 112 只。

浮充电压:  $2.15\text{V} \times 112 = 240\text{V}$

均充电压:  $2.25\text{V} \times 112 = 252\text{V}$

放电终止电压:  $1.75\text{V} \times 112 = 196\text{V}$

把数据代入最大放电电流公式可得:  $I = 153\text{A}$ 。由求得的蓄电池最大放电电流,再根据负载的性质,可以决定蓄电池所需放电时间,于是求得蓄电池的容量。

实际上,充电器/整流器单元电路早在多年前已经完成,并且实现了标准化。不停电电源用的充电器,有的是单独设置的,但也有为了简化电路,不采用单独的充电整流器,仅配置一台浮充整流器,当电池放电后用提高浮充电压的方式给电池充电,电池电压恢复的时间要长一些,这时整流器的输出电压为均衡电压。蓄电池初充电时最高输出电压可能要高出均衡电压,这点应该注意。

在电路设计中,如果充分了解 UPS 电源各部分的功能,那么就有可能采用一些简单电路而得到相同的性能指标。

例如,整流器采用不可控的三相桥式整流电路,由整流器对蓄电池提供一个未经调整的整流电压,并且在市电电压上升 10% 时,使蓄电池每节电压的最大值为 2.15V。整流变压器也可以用自耦调压器来代替,它只是在蓄电池初充电时提供一个较高的输入电压。初充电结束以后按正常市电压经整流器对逆变器供电,这时直流静止开关中的二极管处于反向偏置状态。充电器是一个容量比整流器小得多的三相半控桥式整流电路。充电器只向蓄电池提供浮充电压所需的微小充电电流。实际上,浮充电电流还不到初充电电流的 1%。充电器可以保持蓄电池电压稳定在  $\pm 0.5\%$  的范围内。于是,在下列情况下,很容易将市电供电转换到蓄电池供给:

市电电压的变化超过容限;整流器故障;市电中断。

上述转换只要通过传感器,发出一触发脉冲,使直流静止开关中的晶闸管导通即可。

如果市电中断不超过 1 分钟,市电恢复以后蓄电池停止供电,整流器和充电器以浮充电压对蓄电池充电。市电中断超过 1 分钟,最好进行一次均衡充电,充电器以自动升压充电方式充电,使每一节电池的电压为  $2.25\text{V} \pm 0.5\%$ ,这样可以使蓄电池始终保持良好的状态。

### 三、脉冲宽度调制(PWM)逆变器

静止式不停电电源得以实现,是和逆变器的特性密切相关的。在 UPS 电源中,逆变器把由市电整流滤波后得到的直流电或来自蓄电池的直流电,重新变换成频率非常稳定、输出电压受负载影响很小、波形畸变因素满足负载要求的交流电。虽然逆变器电路已经考虑到最大限度抑制低次谐波,但即使设计良好的逆变器,它的输出电压波形的畸变因数仍在 10% 左右,为了满足波形畸变因素小于 5% 的要求,必须增加滤波器环节。在一般小型的 UPS 电源中,滤波器是利用输出变压器的漏电感和并联电容 C 组成 L 型滤波网络来实现的。滤波器对逆变器的特性有很大影响:

- a. 抑制逆变器输出电压中的谐波分量。
- b. 影响负载浪涌期间输出电压的暂态特性。
- c. 限制负载短路时,浪涌电流的上升率。
- d. 影响非线性负载能力。
- e. 滤波电路有一定的“续流”效应。在不同的不停电电源系统中,当在逆变器供电和市电



供电之间产生转换时,这种“续流”效应有助于实现 UPS 电源向负载提供不间断的供电。

目前在小型 UPS-电源的逆变器中,普遍采用脉冲宽度调制技术(PWM 技术)来实现将直流重新变为交流电的目的。脉冲调制法是采用宽度和距离不同的一组脉冲来等效市电正弦波电压。属于这类的方法很多,有单脉冲法、多脉冲法、消除特定谐波法、谐波效应最小法、三角波调制法和最小波形畸变率控制法等。它们的特点是:不仅可以改善电压的波形而且还可以方便地调节逆变器的输出电压有效值。下面着重介绍产生方波输出的单脉冲调制法和产生正弦波输出的三角波调制法。

### 1. 单脉冲调制法

单脉冲调制法是 PWM 技术中最简单的一种,它可产生一串输出幅度稳定而脉冲宽度可调的单脉冲序列,其控制线路图如图 6-16 所示。工作原理是:由三角波发生器产生一个固定频率 100Hz、脉冲幅度恒定的一串三角波  $V_1$ ,并送到比较器的反相端。在运算放大器的同相输入端(+),接上幅度恒定的参考电压,在它的反相输入端(-),送入一个幅度可调的直流电平,该输入信号经过运算放大器放大后,在其输出端产生一个直流电压  $V_2$ 。电压  $V_2$  被送到比较器的同相端(+),这样在比较器的输出端将输出如图 6-17 中所示的一串  $V_3$  矩形波。由于在  $0 \sim t_1$  期间,  $V_2$  的幅度大于三角波的幅度,所以在比较器的输出端将产生一个宽度为  $0 \sim t_1$  的脉冲。而在  $t_1 \sim t_2$  期间,由于三角波的幅度大于直流电平  $V_2$ ,在比较器的输出端,将输出一个低电平。以此类推,在比较器的输出端就会输出一串宽度为  $\Delta t = t_1 = t_3 - t_2 = \dots$  的矩形电压脉冲。显而易见,只要将运算放大器的输出电压  $V_2$  提高,则比较器输出电压脉冲宽度将随之增宽。这是由于随着  $V_2$  的增大,  $V_2$  幅度大于三角波  $V_1$  幅度的持续时间将增大,因此比较器的输出端输出高电平的持续时间也会增长。一旦  $V_2$  幅度小于  $V_1$  幅度,比较器就输出低电平。因而只要适当调节运算放大器反相输入端的输入幅度,就可以很方便地调节电压脉冲  $V_3$  的宽度。UPS 电源正是利用这样的控制原理,即通过调节反馈电压幅度大小的方法来实现对其输出电压有效值的调节。如图 6-16 所示,三角波还同时送至触发器,且在触发器的 Q 和  $\bar{Q}$  端分别形成脉冲宽度为 10ms、周期为 50Hz 的一串矩形波。比较器的电压输出  $V_3$  与触发器的 Q 端输出  $V_4$  被同时送到“与门”,因此,在“与门”的输出端就产生一串脉宽  $\Delta t = t_1$ 、周期为 50Hz 的正脉冲。而来自比较器的电压  $V_3$  与来自触发器 Q 端的电压  $V_4$ ,在“与非门”的输出端形成一串相位与  $V_4$  相差  $180^\circ$  的负脉冲,其脉宽也是  $\Delta t = t_1$ ,周期同为 50Hz。图 6-17 中所示的  $\delta$ 、 $\varphi$  分别表示单脉冲的宽度和正负脉冲之间的间隔。适当调节  $\varphi$  的角度,不仅可以起到调节 UPS 电源输出电压的幅值,而且还可以起到消除某些特定的谐波分量的作用。例如,当  $\varphi = 60^\circ$  时,在 UPS 电源的输出电压中就不包含三次谐波,当然也不包含 9、15、21、27 次谐波分量。当  $\varphi = 36^\circ$  时,不包含 5、15、25、55、65 次谐波分量。当  $\varphi = 25.7^\circ$  时,不包含 7 次谐波分量。当  $\varphi = 0^\circ$  时,基波幅值达到最大。

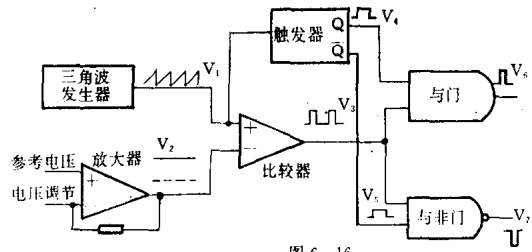


图 6-16

工作原理是:由三角波发生器产生一个固定频率 100Hz、脉冲幅度恒定的一串三角波  $V_1$ ,并送到比较器的反相端。在运算放大器的同相输入端(+),接上幅度恒定的参考电压,在它的反相输入端(-),送入一个幅度可调的直流电平,该输入信号经过运算放大器放大后,在其输出端产生一个直流电压  $V_2$ 。电压  $V_2$  被送到比较器的同相端(+),这样在比较器的输出端将输出如图 6-17 中所示的一串  $V_3$  矩形波。由于在  $0 \sim t_1$  期间,  $V_2$  的幅度大于三角波的幅度,所以在比较器的输出端将产生一个宽度为  $0 \sim t_1$  的脉冲。而在  $t_1 \sim t_2$  期间,由于三角波的幅度大于直流电平  $V_2$ ,在比较器的输出端,将输出一个低电平。以此类推,在比较器的输出端就会输出一串宽度为  $\Delta t = t_1 = t_3 - t_2 = \dots$  的矩形电压脉冲。显而易见,只要将运算放大器的输出电压  $V_2$  提高,则比较器输出电压脉冲宽度将随之增宽。这是由于随着  $V_2$  的增大,  $V_2$  幅度大于三角波  $V_1$  幅度的持续时间将增大,因此比较器的输出端输出高电平的持续时间也会增长。一旦  $V_2$  幅度小于  $V_1$  幅度,比较器就输出低电平。因而只要适当调节运算放大器反相输入端的输入幅度,就可以很方便地调节电压脉冲  $V_3$  的宽度。UPS 电源正是利用这样的控制原理,即通过调节反馈电压幅度大小的方法来实现对其输出电压有效值的调节。如图 6-16 所示,三角波还同时送至触发器,且在触发器的 Q 和  $\bar{Q}$  端分别形成脉冲宽度为 10ms、周期为 50Hz 的一串矩形波。比较器的电压输出  $V_3$  与触发器的 Q 端输出  $V_4$  被同时送到“与门”,因此,在“与门”的输出端就产生一串脉宽  $\Delta t = t_1$ 、周期为 50Hz 的正脉冲。而来自比较器的电压  $V_3$  与来自触发器 Q 端的电压  $V_4$ ,在“与非门”的输出端形成一串相位与  $V_4$  相差  $180^\circ$  的负脉冲,其脉宽也是  $\Delta t = t_1$ ,周期同为 50Hz。图 6-17 中所示的  $\delta$ 、 $\varphi$  分别表示单脉冲的宽度和正负脉冲之间的间隔。适当调节  $\varphi$  的角度,不仅可以起到调节 UPS 电源输出电压的幅值,而且还可以起到消除某些特定的谐波分量的作用。例如,当  $\varphi = 60^\circ$  时,在 UPS 电源的输出电压中就不包含三次谐波,当然也不包含 9、15、21、27 次谐波分量。当  $\varphi = 36^\circ$  时,不包含 5、15、25、55、65 次谐波分量。当  $\varphi = 25.7^\circ$  时,不包含 7 次谐波分量。当  $\varphi = 0^\circ$  时,基波幅值达到最大。

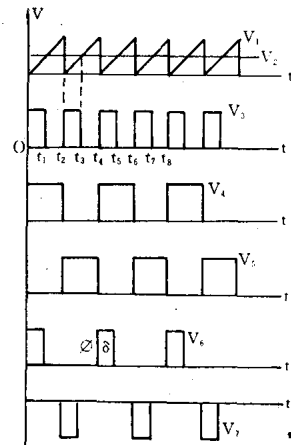


图 6-17 单脉冲调制控制线路波形图

适当调节  $\varphi$  的角度,不仅可以起到调节 UPS 电源输出电压的幅值,而且还可以起到消除某些特定的谐波分量的作用。例如,当  $\varphi = 60^\circ$  时,在 UPS 电源的输出电压中就不包含三次谐波,当然也不包含 9、15、21、27 次谐波分量。当  $\varphi = 36^\circ$  时,不包含 5、15、25、55、65 次谐波分量。当  $\varphi = 25.7^\circ$  时,不包含 7 次谐波分量。当  $\varphi = 0^\circ$  时,基波幅值达到最大。

利用单波调制法完全可以满足 UPS 电源逆变器实现方波输出的要求,只要适当改变脉冲宽度就可以方便地调节 UPS 电源输出电压中基波(50Hz)分量的有效值,实现电压控制的目的。方波输出 UPS 电源具有线路简单,易于实现闭环控制,输出电压稳定度较高的特点。特别是它可以直接借用现有 IBM/PC 微机中直流电源控制线路技术,所以又具有成本低的优点。但是,由于在方波输出中仍包含有大量的低次谐波分量,致使方波输出的 UPS 电源的波形畸变大。因为在通过改变脉宽来调节 UPS 电源基波(50Hz)幅度的同时,其它谐波分量的幅度也在变化。虽然可以采取精确调节脉冲宽度的办法来消除特定谐波分量,但每一次调整只能消除一种谐波分量。特别是当 UPS 电源负载情况变化时,在客观上就迫使我们必须重新调整脉冲宽度  $\delta$ ,以维持 UPS 电源输出电压的稳定性。但这样调整,势必造成 UPS 电源方波输出中各次谐波分量相互之间比率的变化。由此可见,利用方波输出法很难同时解决好调整输出电压幅度与调整各次谐波分量相互关系的矛盾。而且要想从 UPS 电源的方波输出中滤掉三次和五次谐波分量,必然会使得逆变器的滤波器尺寸变得很大,而滤波器尺寸的增大,又会使得整个 UPS 电源输出电压的瞬态响应特性变坏。特别是在负载接通和断开的瞬间,它会使得 UPS 电源输出电压的下跌和浪涌可以达到其额定值的 40%。同时,滤波器的阻抗过大,也会影响逆变器对电动机这类感性负载的供电,马达的启动电流有可能破坏逆变器工作的稳定性,迫使 UPS 电源进入自保护状态。

UPS 电源输出中谐波分量的增大还会使得计算机直流电源回路中的整流滤波电容上的容性电流明显增大,它会导致滤波器电容异常发热。其次,谐波分量的增大将极大地降低逆变器的转换效率,缩短蓄电池的有效工作时间。因为有相当一部分能量以谐波分量的形式被白白浪费掉了,而仅有 50Hz 基波分量才是真正有用的分量(在按正弦波供电设计的所有仪器设备中)。

为了改善单脉冲调制法的缺点,人们多采用多脉冲调制法来改进 UPS 电源输出电压的波形畸变。所谓多脉冲调制法,是指在逆变器每个半工作周期中,脉冲的数量  $i$  应为整数。假定输出电压的基波频率为  $f$ ,调整电压脉冲的重复频率为  $f_i$ ,则多脉冲调制法的载波比  $N$  为:

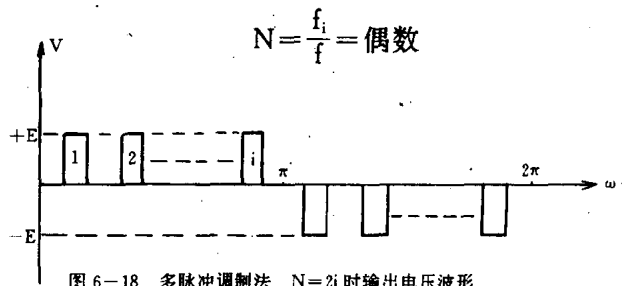


图 6-18 多脉冲调制法  $N=2i$  时输出电压波形

这是因为在图 6-18 所示的  $0 \sim 2\pi$  区间内有  $2i$  个脉冲,故  $N=2i$ 。若脉冲数目  $i$  固定不变时,为了使 UPS 电源的输出电压从零变大到它的最大值,脉冲宽度的可调范围应该是从 0 增加到  $\delta_{\max} = \frac{\pi}{i}$ ,即  $0 \leq \delta \leq \delta_{\max}$ 。即是说,在维持多脉冲序列的载波比  $N$  不变的条件下,改变  $\delta$  不仅可以得到不同的基波电压值,而且随之出现的各次谐波分量的比例也会随之而变化。

图 6-19 示出了不同脉冲宽度时各次谐波幅度  $U_{m(n)} = B_n$  与最大基波幅值  $U_{n(1)\max} =$

$B_{m, \max}$  (即单脉冲输出的脉冲宽度  $\delta = \delta_{\max}$  时的基波幅值) 的相对值曲线。图中实线代表载波比  $N=20$ , 即每个半周波有 10 个电压脉冲。而虚线代表  $N=6$ , 即每个半周波中有 3 个脉冲时, UPS 电源输出中所包含的三、五、七次谐波分量和基波分量的关系。

由图 6-19 可见, 当  $N=6$  上升至  $N=20$  时, 当调制脉冲的宽度  $\delta/\delta_{\max}$  从零逐渐增大时, 基波分量的幅值变化很小。但对于 UPS 电源输出中包含的三、五、七次谐波分量来说, 随着载波比  $N$  的增大, 它们都有相当明显的下降。而且当  $N > 20$  以上时, 在 UPS 电源的整个调压过程中 (即改变多脉冲序列中各个脉冲的宽度  $\delta$ ), 基波分量和三、五、七次谐波分量随  $\delta/\delta_{\max}$  的变化都呈线性变化。所以, 在多脉冲调制时, 只要把载波比  $N$  取得足够高, 即使在 UPS 电源的输出电压很低的部分 (即每个单独的脉冲宽度  $\delta$  很小时), 其谐波分量与相应的基波分量的比值  $U_{m(n)}/V_{m(n)}$  也不会有明显的增大。这样就从根本上解决了用单脉冲调制法所产生的通过改变脉宽来调压时所引起的谐波分量不能控制的矛盾。这说明多脉冲法不仅能大大降低 UPS 电源输出中各次谐波分量的幅值, 而且还能抑制住当 UPS 电源低电压输出时可能出现的较大谐波分量。此外它在改善波形畸变方面也明显的优于单脉冲调制法, 然而实现这种调制法需要复杂的控制线路, 所以在 UPS 电源中这种方法并未得到广泛应用, 而实际中用得较多的一种多脉冲脉宽调制方式是三角波调制法。

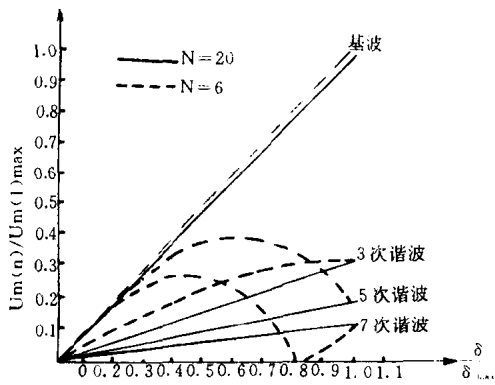


图 6-19 多脉冲调制时不同脉宽下基波分量和幅波分量关系

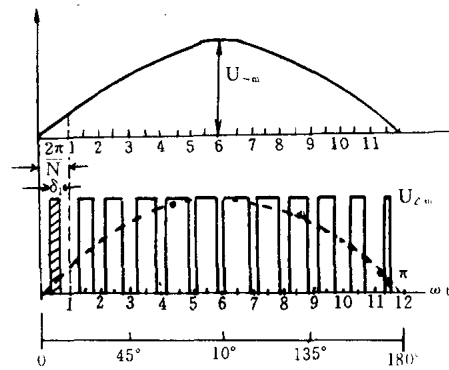


图 6-20 三角波调制法的能量等效图

## 2. 三角波调制法

三角波调制法是建立在每一个特定时间间隔内能量等效于正弦波所包含的能量的概念上发展起来的一种脉宽调制法。如图 6-20 所示。

为了得到接近于正弦波的脉宽调制波形, 我们将正弦波的一个周期在时间上划分成  $N$  等分 ( $N$  是偶数), 每一等分的脉宽都是  $\frac{2\pi}{N}$ 。这样就可以分别计算出在各个时间间隔中正弦波所包含的面积。在每个特定的时间间隔中, 都可用一个脉宽与其对应的正弦波所包含的面积相等或成比例, 但其脉冲幅度都等于  $U_{\Delta m}$  的一个矩形电压脉冲来分别代替相应的正弦波部分, 这样  $N$  个宽度不等的脉冲就组成了一个与正弦波等波的脉宽调制波形。显而易见, 只要  $N$  取得足够的大, 这样一串等效的矩形脉冲序列将非常接近于正弦波的波形。图 6-20 中  $U_{\Delta m}$  为等效矩形波的幅值,  $\delta$  为各等效矩形脉冲波的宽度。

在实际的小型 UPS 电源中, 常用图 6-21 所示的三角波调制法来实现脉宽调制的目的。它可以很方便地利用由运算放大器组成的比较器来完成这一功能。若将三角波脉冲送

到比较器的反相端(-),将正弦波送到比较器的同相端(+),则在正弦波电压幅值大于三角波电压时,比较器的输出端将产生一个脉宽等于正弦波大于三角波部分所对应的的时间间隔的正脉冲。由图 6-21 可见,这时在比较器的输出端将得到一串方波脉冲序列,而且矩形脉冲的宽度正比于正弦波的幅值与三角波幅值之比,也正比于分段中心角  $\beta_i$  的正弦值。 $\beta_i$  代表的是,正弦波大于三角波的部分所产生的脉冲的中心位置在每一段脉冲的中心位置。 $\beta_i = \frac{2\pi i}{N} - \frac{\pi}{N}$ , 其中  $i = 1, 2, 3, \dots, N$ 。对于图 6-21 所示的脉宽调制波形,其高次谐波的幅值表达式为:

$$U_{m(n)} = \frac{4E_m}{\pi} \sum_{k=1}^N (-1)^{k+1} 2 \cos \beta_k \cos \frac{\delta}{2}$$

$$U_{m(1)} = \frac{4E_m}{\pi} \sum_{k=1}^N (-1)^{k+1} 2 \cos \beta_k \cos \frac{\delta}{2}$$

由上式可知:基波  $U_{m(1)}$  及各次谐波的幅值  $U_{m(n)}$  与脉冲宽度  $\delta$  有关,而脉宽  $\delta$  又与调幅比  $\frac{U_m}{U_{\Delta m}}$  有关。因此,只要适当调节输入到比较器同相端的正弦波电压的幅值大小就可以调节逆变器输出电压的大小。图 6-22 示出了  $U_{m(n)}/U_{m(1)\max}$

(各次谐波的幅值与基波最大值之比)与  $\frac{U_m}{U_{\Delta m}}$  (调幅比)的关系曲线。由图 6-22 可看出:这种三角波与正弦波调制工作方式下,当正弦波的幅值小于三角波的幅值时,即  $0 \leq \frac{U_m}{U_{\Delta m}} \leq 1$  时,逆变器输出电压的基波分量几乎与调幅比  $\frac{U_m}{U_{\Delta m}}$  的比值呈线性关系变化。当正弦波幅度等于三角波幅度时,UPS 电源逆变器电压输出基波分量大约等于  $0.8U_{m(1)\max}$ 。此后,若继续增大正弦波的幅度即

$U_m > U_{\Delta m}$  时,逆变器脉宽调制的输出的正弦分布特性开始遭到破坏,这时  $\frac{U_{m(n)}}{U_{m(1)\max}}$  与调幅比  $\frac{U_m}{U_{\Delta m}}$  之间失去线性关系,开始呈现非线性特性。这种三角波调制法的另一个重要特点是,在

正弦波幅度小于三角波幅度的范围内,输出波形中不包含三、五、七次等低次谐波分量,在脉宽调制输出波中仅存在有与三角波工作频率相近的高次谐波分量。对于载波比  $N \geq 20$  的三角波调制波形来说,这些高次谐波分量是 17、19 次谐波分量。在目前实际使用的小型 UPS 电源中,正弦波的工作频率是 50Hz,三角波的工作频率是 8~20kHz 之间。因此,采用这种三角波调制法的 UPS 电源的逆变器电压输出波形中,基本上不包含低次谐波分量,它们所包含的最低次谐波分量的频率都在几千赫兹以上。所以,在正弦波输出的 UPS 装置中,逆变器所需的滤波器尺寸可以大大减小。实际上的中、小型 UPS 电源中,一般都是利用输出电源

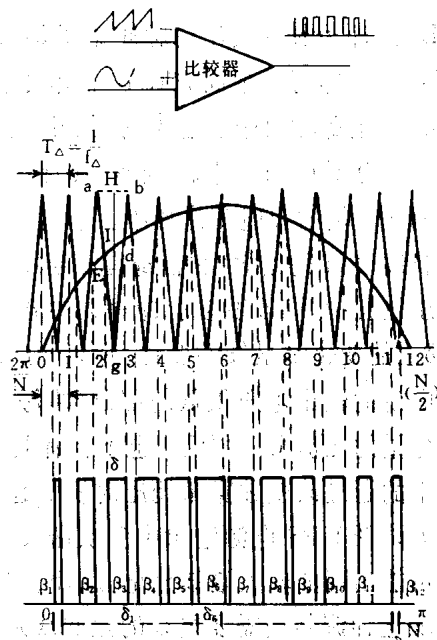


图 6-21 三角波调制法波形图

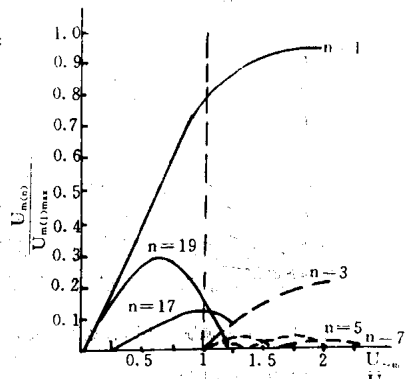


图 6-22 三角波调制法  $N=20$  时,  $U_{m(n)}/U_{m(1)}$  与  $U_m/U_{\Delta m}$  关系曲线

变压器的漏电感再并联一个  $8\sim 10\mu\text{F}$  的滤波电容即可构成逆变器的输出滤波器。当正弦波的幅度超过三角波的幅度以后,在逆变器输出的脉冲调制波中,将开始出现三、五、七次等低次谐波分量,这点必须在调整正弦波输出的 UPS 电源装置的工作点时严加注意,错误的调整会使低次谐波分量再次出现,导致 UPS 电源输出的正弦波电压的失真度增大。

表 6-5 列出了当调制载波比  $N=24$  时,UPS 电源逆变器输出波形中各次谐波分量与基波分量的比值。

表 6-5

谐 波	1	3	5	7	9	11
与基波分量比	100	0.634	$9.3\times 10^{-3}$	$1.75\times 10^{-4}$	$3.4\times 10^{-6}$	$2.55\times 10^{-7}$
谐 波	13	15	17	19	21	
与基波分量比	$7.67\times 10^{-7}$	$2.1\times 10^{-6}$	$3.17\times 10^{-2}$	1.52	19.1	
谐 波	23	25	27	29	31	
与基波分量比	22.58	14.48	22.16	5.73	0.84	

#### 四、自动切换电路

不停电电源能够实现不间断地对负载供电是电力电子技术巧妙结合的产物。依靠精密的检测技术可以及时发现供电的频率、电压、电流是否在允许范围之内。建立在控制理论基础上的逆变器电压调节系统,使输出电压保持稳定;同样也是建立在控制理论基础上的锁相技术,不仅使两个电源之间无稳态频差,也可以使两个电源之间无稳态相位差。有了以上这些技术,还需要大功率晶闸管作为静止开关进行快速切换,这种切换是电磁式开关无法实现的。

UPS 电源应对市电及备用电源的幅值连续进行检测,其目的是要判断应该由哪一路电源(包括蓄电池在内)向逆变器供电。当市电中断或其幅值低于规定的数值(如低于额定值的 20%)时,逆变器必须迅速转换到蓄电池供电;如果整流器发生故障,逆变器也必须迅速转换到蓄电池供电。

图 6-23(a)所示为备用电源检测的框图。对备用电源的检测不能忽视,只有备用电源的质量(电压幅值和频率)满足要求以后,才能在市电故障时切换到备用电源供电,对电压的检测分两种情况:一种是电压缓慢变化,但变化超过允许范围(例如  $\pm 10\%$ );另一种是短时间内不正常就须检测出来去控制切换。缓慢变化检测是将三相电压经降压变压器、桥式整流所得到的输入信号与基准电压(和额定值相对应)进行比较。经三相桥式整流所得到的输入信号如图 6-23(c)的实线所示,它实际与线电压的包络线相对应。比较后得到的误差电压经放大、滤波、双向越限检测后控制触发器。触发器的输出送到或门的一个输入端。放大器的增益  $K$  是可以调节的,便于用户根据实际情况选择合适的阈值。滤波器的时间常数  $T$  可以选择为 1s 左右。

如果备用电源发生缺相或瞬间供电中断的情况,需要立即控制静止开关的切换。缺相的情况如图 6-23(d)所示。设置一基准电压,将三相桥式整流的输出信号与之比较,在正常供电时,线电压的包络线始终高于基准电压,但只要有缺相发生,线电压的包络线就有低于基

准电压的时候,利用这个特点可以对每一个周波进行检测。为了避免偶然因素引起的几个周波的严重下跌也错当缺相处理,所以增加了延时电路,延时电路起到存贮过去发生过的信息的作用,也就避免了静止开关的来回切换。

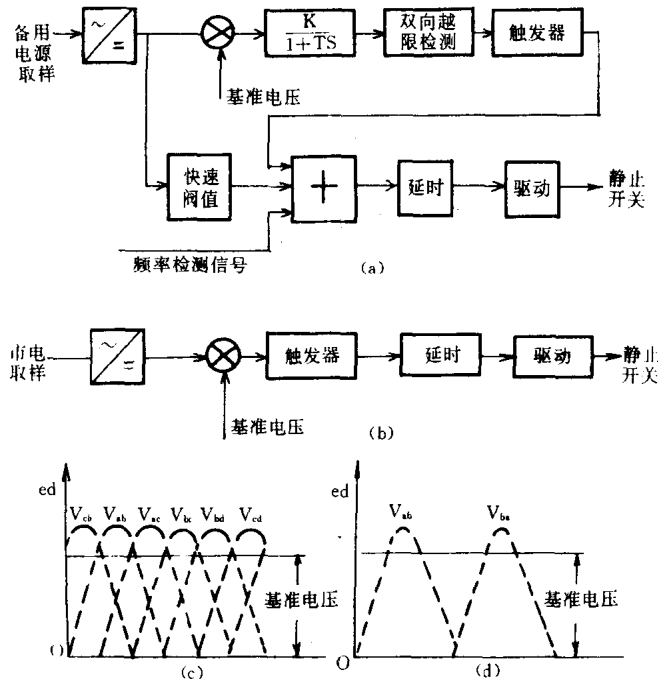


图 6-23

备用电源如果是柴油发电机,还应该对电源频率进行检测。只要电源频率不能满足要求,通过或门电路禁止备用电源投入供电。市电的检测如图 6-23(b)所示。它比备用电源的检测电路简单,只要检测市电电源是否低于某一个数值即可,例如额定值的 80%。市电电压过低,在开机时应该禁止启动逆变器;在 UPS 电源运行中应该停止市电供电,切换为蓄电池供电。市电恢复正常后,不能立即返回市电供电,须经过 200ms 左右的延时,市电确已稳定再返回市电供电。

### 第三节 UPS 电源装置中常用集成电路介绍

在半导体制备技术领域,由于大规模集成电路制备技术的迅速发展,目前已掌握了相当复杂的精细加工技术。现在已能成批地制造出大容量、高电压和高可靠性的功率放大晶体管、功率 MOS FET 管和性能相当优良的各种类型的运算放大器以及各种规格的 MOS 集成线路功能块等先进的半导体器件。在 UPS 电源领域,早期使用的可控硅元件已被具有自关断功能的大功率晶体管、功率 MOS 管所逐渐代替了。在 UPS 电源的控制线路中使用了许多种集成化的逻辑功能块,如大批输入失调电压及输入偏置电流极低,且具有内部补偿功能,频响特性很好的运算放大器;RS 触发器;将模拟功能和逻辑功能集成在同一硅片上的线性集成电路——555 时基电路;脉冲宽度调制集成块 SG3524 等等。这些集成电路的采用,使得 UPS 电源控制线路的功能和性能都得到了极大的提高,而且也使得 UPS 电源的体积减小到原来的 1/3~2/3,总的电能变换效率大大提高。下面我们就详细介绍几种集成电路。

## 一、集成运算放大器

运算放大器是一种高增益的直接耦合放大器。一般它具有极高的电压放大倍数,典型的开环放大系数可达20万倍左右。它具有两个输入端和一个输出端,电路表示符号如图6-24所示。其中“+”代表同相输入端,“-”代表反相输入端。当输入信号电压从同相端输入时,输出电压 $V_O$ 与 $V_P$ 同相,放大倍数 $V_O/V_P$ 为正值;当输入信号电压从反相端输入时,输出信号 $V_O$ 与 $V_N$ 反相,放大倍数 $V_O/V_N$ 为负值。一般来说,输出电压 $V_O$ 与 $V_P$ 、 $V_N$ 之差成比例,表示为 $V_O = -A_v(V_N - V_P)$ ,比例系数 $A_v$ 就是开环电压放大倍数。

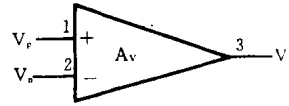


图6-24

### 1. 理想运算放大器

理想运算放大器是指它的各项性能参数指标都等于理想值的放大器。它的主要标志是:开环电压放大倍数无穷大( $A_v = \infty$ );

输入阻抗无限大( $V_i = \infty$ );

输出阻抗为零( $V_o = 0$ );

输入失调电压为零(即当 $V_P = V_N$ 时, $V_O = 0$ );

频率响应好,频带宽度无限大( $BW = \infty$ );

共模抑制比无限大;

没有温度漂移。

运算放大器在理想情况下,当两个输入端的电压为零时,运算放大器的输出电压应该是零(调零电位器应短接)。但是,实际上由于运算放大器的高增益特性,在运算放大器的内部电路只要稍有一点不平衡(因内部差动输入级的差动管和 $\beta$ 值不可能完全一致),就会在它的输出端产生一定的电压输出。这时若在运算放大器的输入端加上一个很小的失调电压,便可以重新使运算放大器的输出电压返回到零。理想的运算放大器有两个重要的特性:

(1)理想运放的两个输入端之间的电压差近似等于零,即 $V_i = V_N - V_P \approx 0$ 或 $V_N \approx V_P$ 。这是因为运放的开环增益 $A_v = \infty$ ,而输出电压 $V_O$ 为有限值,所以 $V_i = V_O/A_v \approx 0$ 。

(2)由于运放的输入阻抗无穷大,所以对理想运算放大器来说,其输入偏流和流入或流出运放输入端的信号电流都等于零。然而,实际上两个输入端存在有从微安到微微安数量级的微小输入电流。这个电流能引起运算放大器的不平衡,从而使运放的输出端产生电压。当然输入偏流越低,运放的不平衡也就越小。早期生产的运放由于偏流较大,往往需要复杂的偏流调零线路。由于半导体制备技术的飞跃发展,目前绝大多数运放已不再需要附加特别的调零线路,使用非常方便。

利用这两个特点分析运放电路非常简便,而且所得到的结论与实际运算放大器的实验结果相差甚小。目前常用的运算放大器按其供电方式有单电源供电(典型值 $+3 \sim 40V$ )和双电源供电( $\pm 18V$ )两种。在使用双电源供电运算放大器与其他的单电源供电的MOS器件(如各种门电路、触发器、计数器等)相连接时,必须注意,对双电源供电的运算放大器而言,可能有很大的负信号送到下一级MOS器件上的问题产生,这个负信号输入到单电源供电的MOS器件上会导致器件损坏。因此在线路上应采取保护措施。

目前生产的运算放大都具有如下优良的电气性能:

无频率补偿要求;

有输出短路保护；

有失调电压调零能力或有内部补偿线路；

有大的共模和大的差动电压范围；

功耗低；

无闭锁现象发生等优良特性。

## 2. 运算放大器的基本类型

被用于中、小型 UPS 电源中的运算放大器用作比较放大时，一般分为三种基本类型：反相比例放大器、同相比例放大器和差动比例放大器。反相放大器的输出信号的相位与输入信号相位相反。同相放大器的输出信号相位与输入信号相同。差动比例放大器的输出信号大小比例于两个输入信号之差。

反相比例放大器是把输入信号送到运算放大器的反相输入端，反馈电阻连接在运算放大器的输出端和反相端的一种特殊运放电路。这种电路具有很好的线性放大特性。一般只要在其输入端输入很小的电压或电流信号，就可以在其输出端得到一个被线性放大的电压放大信号。图 6-25 所示是一基本的反相比例放大器电路。首先介绍一下虚短的概念。在实际的运算放大器电路中，可以近似地认为  $V_i \approx 0$ ，即同相和反相输入端之间相当于短路，事实上，由于  $V_i \rightarrow \infty$ ，短接处的电流  $I_i \approx 0$ ，所以不是真正的短路，称为虚假短路，简称虚短。

只要集成运放工作在线性区，就可使用虚短的概念。在图 6-25 中所标的虚地点正是利用了虚短的概念。因同相输入端接地，使得所标点电位接近地电位，故称为虚地。虚地的存在是反相放大器在闭环工作状态下的重要特征。

由于反相比例放大器电路是工作在负反馈闭环控制模式下，它把输出电压通过反馈电阻  $R_F$  送到反相输入端。显然这个反馈电压有抵消最初的输入电压的作用，反馈电压的引入将大大减弱反相端的输入电压。但是却不能完全抵消这个输入电压。因为如果这个反相端的输入电压被反馈电压所抵消的话，反相比例放大器输出端的电压将变为零。这样反馈电压也不复存在了。所以，在反相放大器的反相输入端总存在一个很微小，只有几微伏数量级的电压变化。这个电压变化被增益很高的运算放大器放大后，就在反相放大器的输出端产生一个很大的电压变化。反相比例放大器的电压放大倍数可用下式求得：

$$A_v = -\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_F}{R_i}$$

若输入电压已知，则反相比例放大器的电压输出便可由下式求得：

$$V_o = -\frac{R_F}{R_i} \cdot V_i$$

其中二式中的负号都表示输入电压与输出电压反相。

如果输入信号电压从集成运放的同相端接入，则可构成如图 6-26 所示的同相比例放大器。它的特点是有比反相放大器更高的输入阻抗。在这个电路中，控制放大器放大倍数的反馈电阻  $R_F$  仍加在放大器的反相输入端，但它

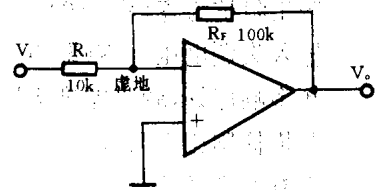


图 6-25

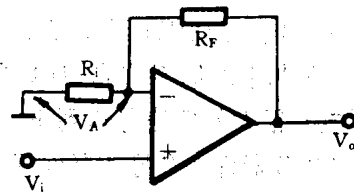


图 6-26



的输入电压  $V_i$  却加在了运算放大器的同相端。因此,该电路的输出电压的相位总是处于与输入电压同相位的状态。图中标的  $V_A$  是输入电阻  $R_i$  两端的压降,由于运算放大器的反相输入端具有力图保持其电位与同相输入端电位相等的趋势,对绝大多数实用的同相放大器电路来说,它们都满足以下关系:

$$V_{in} = V_A$$

则运算放大器的电压放大倍数可表示为:

$$A_v = \frac{V_o}{V_A}$$

由于反馈电压  $V_A$  是由电阻  $R_F$  和  $R_i$  之比值来确定的,反馈电压  $V_A$  与输出电压  $V_o$  之间满足下述关系:

$$V_A = \left( \frac{R_i}{R_F + R_i} \right) \cdot V_o$$

整理可得同相放大器的电压放大倍数为:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{R_F}{R_i}$$

在同相比例放大器电路中有一个特例,这就是电压跟随器。它是指输出电压变化规律完全跟随输入电压变化,但其电压放大倍数等于或小于 1 的电路。这种电路常用于输入级和输出级之间需要进行阻抗匹配或阻抗隔离的场合。运算放大器被用作电压跟随器既简单又方便,它分为同相电压跟随器和反相电压跟随器两种,分别如图 6-27(a)(b)所示。

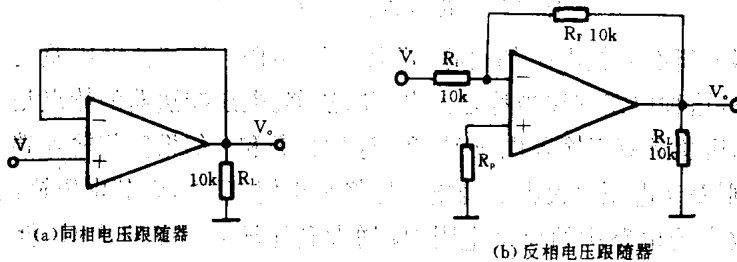


图 6-27 电压跟随器

在同相电压跟随器情况下,输出电压被直接反馈到运算放大器的反相输入端;它的反馈电阻  $R_F = 0$ 。这种电路的输入电压被直接接到运算放大器的同相端。因此,按照同相放大器的电压放大倍数公式,可以得到下述公式:

$$A_v = 1 + \frac{R_F}{R_{i1}} = 1 + \frac{0}{R_{i1}} = 1$$

式中的  $R_{i1}$  为运算放大器的输入阻抗,因  $R_F = 0$ ,所以对理想的电压跟随器而言,其电压放大倍数等于 1。也就是说,由于 100% 的负反馈,电压跟随器的电压输出总是跟随着输入电压的变化。这种电路的输入阻抗很高,输出阻抗很低,因而它具有很强的负载驱动能力。也正是因为这种阻抗的突出优点,使它作为电路之间的缓冲或隔离来说是很理想的一种电路形式。

如果某个电路需要具有反相功能的电压跟随器的话,则可采用图 6-27(b)所示的电路。由于  $R_i = R_f = 10k$ ,按照反相放大器的电压放大倍数公式,可得:

$$A_v = -\frac{R_F}{R_i} = -\frac{10k\Omega}{10k\Omega} = -1$$

由此可见,利用这个电路可以很方便地实现反相电压跟随的目的。但是它也有一个缺点:它大大降低了电路的输入阻抗(因为此时电路的输入阻抗等于输入电阻  $R_i$ )。在电路图中,平衡电阻  $R_p$  是用来降低运算放大器的输入失调电流的,其值等于电阻  $R_i$  和  $R_F$  的并联阻值。

电压差动比例放大器的主要用途是在大的共模信号背景中提取并放大差模输入信号。差动放大器被广泛应用于电桥电路中对不平衡信号的检测及传感器输出信号的放大等场合。对这类差动放大器的主要要求是:有较高的输入阻抗,足够宽的共模输入范围和尽可能高的共模抑制比。根据差动放大器的输出端配接情况,差动放大器有时是单端对地输出,有时则是双端对称输出。

图 6-28 所示是一种单端输出的差动放大器。输入信号  $V_1$  和  $V_2$  被分别送到运算放大器的反相端和同相端,这样就使差动放大器的两个输入端被同时用来测定输入信号之间的电位差,其差模输入信号:  $V_{id} = V_2 - V_1$ 。

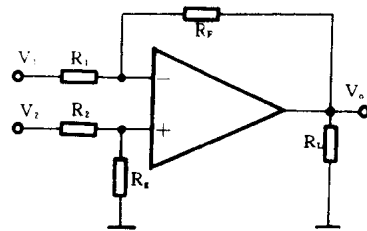


图 6-28

由于该电路采用的是闭环控制模式,它的输出电压  $V_o$  可以被看成是一个反相放大器的输出和一个同相放大器输出电压的叠加。即输出电压比例于两个输入电压代数差的反号,可由下式求得:

$$V_o = -\frac{R_F}{R_1}V_1 + \left(\frac{R_g}{R_2 + R_g}\right)\left(\frac{R_1 + R_F}{R_1}\right)V_2$$

假如差动放大器的所有外接电阻都相等,即  $R_1 = R_2 = R_g = R_F$  时,电压差动放大器就象是一个逻辑数字电路,这种电路往往被称之为电压减法器。电压减法器的特点是双端输入的电压减法器的输出电压总是等于输入电压  $V_1$  和  $V_2$  的代数和。如果反相输入端电压比同相输入端的电压更负,则差动电压放大器的输出电压将是正值;反之,则其电压输出为负值。

如果电压差动放大器电路中的反馈电阻  $R_F$  增大到比输入电阻更大时,就构成了具有放大功能的差动电压放大器。而且如果外接电阻的参数满足: $R_F$  与  $R_1$  的比值等于  $R_g$  与  $R_2$  的比值时,则差动放大器的电压输出为:

$$V_o = -\frac{R_F}{R_1}V_1 + \left(\frac{R_g}{R_2 + R_g}\right)\left(\frac{R_1 + R_F}{R_1}\right)V_2 = -\frac{R_F}{R_1}(V_2 - V_1)$$

即电压差动放大器的电压输出等于电路的电压放大倍数与两输入端电压差值的乘积。同时,根据运算放大器的特性,还可求出简单差动放大器的差模输入阻抗为:

$$R_{id} = 2R_1$$

共模输入阻抗为:

$$R_{ic} = 1/2(R_F + R_1)$$

为了得到性能优良的差动电压放大器电路结构,在设计时必须注意下列事项:

(1)为了能得到较大的共模抑制比,应该选择共模抑制比较高的运算放大器元件和严格选配电阻。

(2)差动放大器的电压放大倍数越低,它对电阻匹配的要求越严。较大的电阻失配会导

致差动放大器的共模抑制比明显下降。

电压差动放大器的最大优点是能够测定掩盖在大信号电压中的微小差值电压。但是因为它输入阻抗很低,所以,这种电路一般都需要用电压跟随器来作缓冲或隔离级。为了提高差动放大器的输入阻抗,可以采用将两只同相输入放大器串联起来组成同相串联型差动比例放大器的方法。

上面讨论的都是输入信号是直流电压的情况,当输入信号是交流电压时,一般要求所有的输入信号应该满足工作频率相同和相位相同的条件,否则,差动放大器的输出波形将会发生严重的畸变失真。如果差动放大器输入端的电压出现相位差,且差动放大器本身的增益比较高时,其输出端的电压波形往往会变成一串正负相间的方波。图 6-29 所示就是一个反馈电阻  $R_F = \infty$  的特殊交流差动放大器。它的电压增益系数就是运算放大器的开环放大系数。当其两输入端送入两个幅度和工作频率都相同,但具有不同相位的正弦波时,在其输出端将会得到一串正负相间的矩形波。这是因为只要两个输入信号之间出现相位差,差动放大器的两个输入端总会存在差动电压。由于开环差动放大器的放大倍数非常大,所以其电压输出总是处于  $\pm V_{\text{饱和}}$  状态。

当  $V_1$  比  $V_2$  更正时,差动放大器的输出为负饱和电压。反之,其输出为正饱和电压。只有当两个输入信号变得完全相同时,其输出才会变为零。所以,我们可以利用这样的电路来检测频率相同的两个信号是否出现相位差,这也是 UPS 不间断电源的相位检测线路的工作原理。

### 3. 电压比较器

在小型的 UPS 电源中,应用非常广泛的还有由运算放大器构成的各种电压比较器。它们主要用于各种过电压、过流保护线路、脉宽调制控制线路及开关线路中。

电压比较器的基本功能是将一个输入电压同另一个输入电压在比较器的两个输入端进行电平比较,如图 6-30 所示。在这个简单的运放电路中,由于处于开环工作状态,所以具有很高的开环电压放大倍数。只要在比较器的两个输入端间出现任何微小的电压差,都会使运算放大器的电压输出达到饱和值。当反相端的输入电压比同相端的输入电压相对为正电压时,运放的输出端将转向负饱和电压 ( $-V_{\text{饱和}}$ )。同样,当反相输入端的电压相对于同相输入电压为负时,它的输出将转向正饱和 ( $+V_{\text{饱和}}$ )。如果两个输入端电压相同时,则运放输出为零。也就是说,运放的输出决定于两个输入端中谁的电压高。若反相端的电压高,则比较器的输出电压为负。反之,则输出电压就为正。

在实际的 UPS 电源控制电路中,电压比较器经常被当作电平检测器来用。把一个不为零的特殊电平当作电压比较器的基准参考电平。如图 6-31 所示是一个正电平检测器,它用

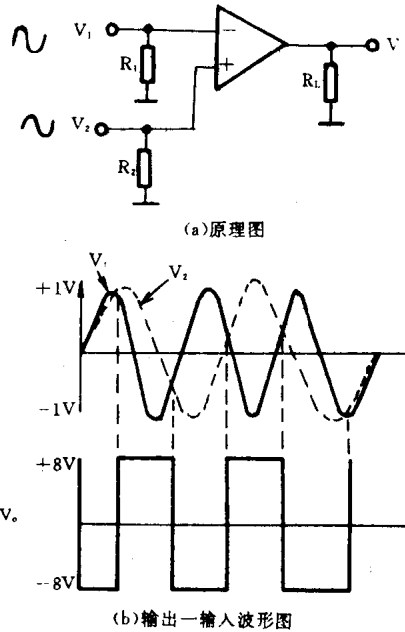


图 6-29 交流差动运算放大器

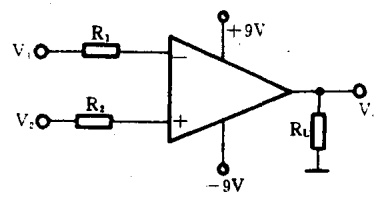


图 6-30

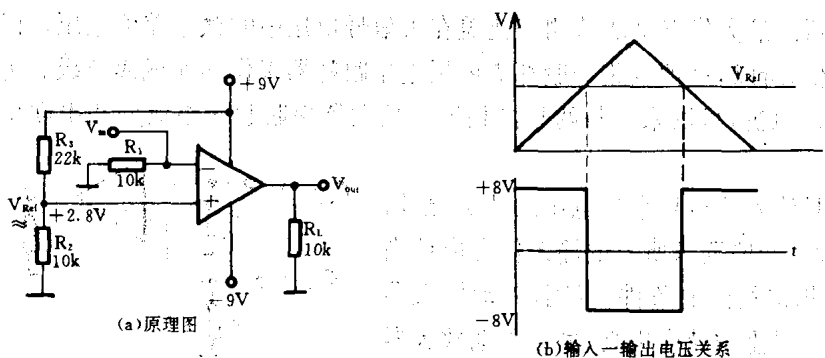


图 6-31 正电平检测器

运放的反相端来测定电压(被测电平)变化,同相端同一个电阻分压器来形成基准电压( $V_{Ref}$ )。电阻分压器接在正电源与地之间。基准电压的大小可由下式确定:

$$V_{Ref} = \left( \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right) \cdot (+V)$$

若将图 6-31 中所标的  $R_2$ 、 $R_3$ 、 $V$  的值代入上式中可得:

$$V_{Ref} = \left( \frac{10}{10 + 22} \right) \times 9 = 2.8V$$

即同相端对地的电压为 +2.8V,只要反相端电压低于 +2.8V,运放的输出就为正饱和电压 +8V。一旦反相输入端的电压变得大于同相端的参考基准电平 +2.8V,电压比较器的输出便转换成负饱和电压 -8V。所以,电压比较器具有检测反相端的输入电压是否大于或小于基准参考电平的能力。

同样,如果把变化的电压仍输入到电压比较器的反相输入端,而把电阻分压器改接到负电源与地之间,则构成了一个负电平检测器。这时,  $V_{Ref}$  对地是 -2.8V。若反相输入端的电压比  $V_{Ref}$  高,则输出将是一个负饱和电压;反之,比较器的输出会立即转换成正饱和电压。当然,也可将同相端作为输入测定端,而将参考基准电压加到反相输入端,这样的话,输出电压的极性和上面的检测器相比将要相反。

另外,中、小型 UPS 电源在进行市电供电与逆变器供电之间进行相互控制过程中,还会遇到这种特殊情况。市电供电并未中断,但因某种突然的原因(如大负荷的负载突然并入电网)使得电网电压下降时,UPS 电源将自动地把对负载的供电由市电供电转换到蓄电池支持的逆变器供电状态(目前一般 UPS 电源的电压转换点定在 170V 左右)。如果我们在对输入交流电压进行电平检测时,采用一般的电压比较器的话,就有可能产生 UPS 电源在市电供电与逆变器供电之间进行不正常的频繁切换的问题,这种频繁的切换动作会造成对后级负载供电的严重干扰。因为市电电压稍高或稍低于 170V 时,都会导致比较器输出电压,在正饱和电压与负饱和电压之间跳动。为避免这个问题,一般在 UPS 电源设计中都采用当市电网电压从 220V 下降到 170V 时,UPS 电源自动地从市电供电转换到由逆变器供电。但当电网电压由低变高并上升到 170V 时,让 UPS 电源仍处于逆变器供电状态,即不产生由逆变器供电到市电供电的任何转换动作。只有当电网电压上升到 180~185V 时,UPS 电源才恢复到由市电供电。能完成上述转换功能的比较器有双极限比较器和带滞后特性的电压

比较器。

图 6-32 所示即为双极限比较器,被检测的正弦波信号  $V_i$  被同时送到运放 IC1 的反相

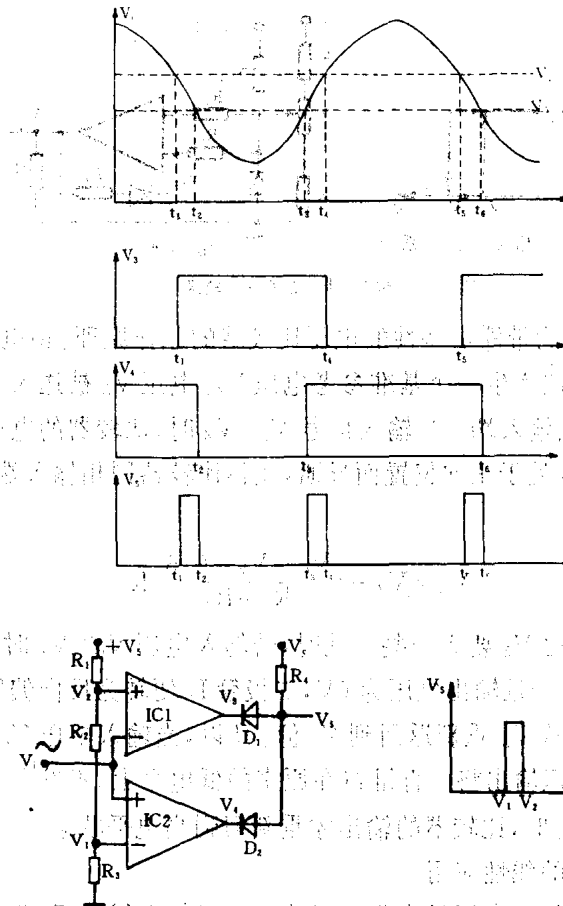


图 6-32 双极限比较器

输入端和运放 IC2 的同相输入端。将基准电压  $V_2$  送到运放 IC1 的同相端,基准电压  $V_1$  被送到运放 IC2 的反相端。若电压  $V_2 > V_1$ ,对运放 IC1 来说,在  $t_1 \sim t_4$  期间内,送到反相端的正弦波电压值比加在同相端的基准电压  $V_2$  低,所以运放 IC1 的输出端将输出正饱和电压  $V_3$ 。同理,对 IC2 来说,在  $0 \sim t_2$  和  $t_3 \sim t_4$  的期间内,送到同相端的正弦波电压值比反相端的基准电压  $V_1$  更高,所以在输出端得到正饱和电压  $V_4$  输出。由 IC1、IC2 分别输出的  $V_3$  和  $V_4$ ,经二极管  $D_1$  和  $D_2$  组成的与门输出,则得到一串串正脉冲。这些脉冲仅在正弦波电压大于基准电压  $V_1$ ,小于基准电压  $V_2$  时才出现,双极限电压比较器由此而得。有了它之后,就可以对市电网进行瞬时的电平检测,使得 UPS 电源能对市电电压变化产生快速的反应。

带滞后特性的比较器是一种参考基准比较电平随比较器的输入电平变化方向的不同而有所改变的特殊比较器。它的输入和输出电压变化关系示于图 6-33(a)中。

当输入电压  $V_i$  从零上升至电压  $V_x$  时,比较器的电压输出将从高电平  $V_o$  下降至低电平,以后继续增大输入电压  $V_i$ ,比较器的输出将一直维持在低电平状态。相反,如果降低输入电压  $V_i$ ,当电压下降到  $V_i = V_x$  时,比较器的电压输出并不会上升到高电平  $V_o$ 。这与一般的电压比较器有着根本的区别。只有当输入电压  $V_i$  下降到  $V_z$  时,比较器的电压才重新返回

到高电平  $V_o$ ，即比较器的输入电压的上升转换点和下降转换点之间有一个电压差，这样输入电压和输出电压变化之间形成所谓的滞后特性。

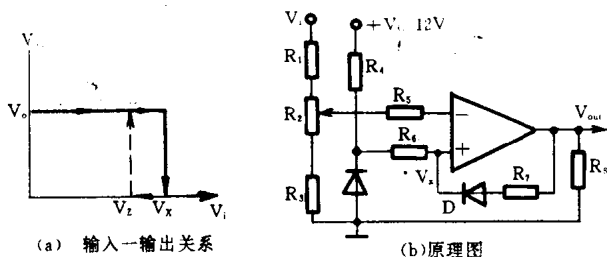


图 6-33 带滞后特性的电压比较器

图 6-33(b)所示即为带滞后特性的电压比较器的工作原理。由电源  $+V_c$ 、电阻  $R_4$  和稳压二极管组成的稳压线路产生一个基准参考电压  $V_z$ 。电压  $V_z$  被送入比较器的同相输入端，被测信号  $V_i$  被送到反相输入端。当输入信号  $V_i < V_z$  时，比较器的电压输出  $V_{out} = V_o$  (高电平 12V)。此时二极管 D 处于正向偏置而导通，使得比较器同相输入端的参考基准电压从电压  $V_z$  上升到  $V_x$ 。

$$V_x = V_z + \left( \frac{V_c - V_z - 0.6}{R_6 + R_7} \right) R_6$$

由公式可看出： $V_x$  比  $V_z$  要大一些。此时，若输入电压  $V_i > V_x$  时，比较器的输出  $V_{out}$  有可能转换到低电平 0V。一旦输出电压为 0V，二极管 D 便转为反向偏置状态，比较器同相输入端的参考基准电压将从  $V_x$  重新返回到  $V_z$  值。所以，当输入电压  $V_i$  从大向小变化到  $V_i = V_x$  时，电压比较器的电压输出将一直维持在原来的低电平上，不发生任何变化。只有当输入电压下降到满足  $V_i < V_z$  时，比较器的输出才重新回到高电平状态。

#### 4. 集成运算放大器的线性应用

集成运算放大器的线性应用是指集成运放本身工作在线性区。前面介绍的同、反相比例放大器就是最简单的例子。还有实现变号运算的变号器或反相器、加法器、减法器、积分器及微分器等等。在反相电路中，若  $R_1 = R_F$ ，则比例系数为 -1，就实现了变号的功能。其余几种的原理图如图 6-34 所示。

在基本的反相比例放大器上再另外加上一个输入电阻，就构成了如图 6-34(a)所示的加法器。输入电压  $V_1$  和  $V_2$  分别通过输入电阻  $R_1$  和  $R_2$  连接到运放的反相输入端，运放的同相端接地。它属于多端输入的电压并联负反馈电路。利用虚地的概念可以写出下面的方程式：

$$\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} = -\frac{V_o}{R_F}$$

$$\text{所以 } V_o = -\left( \frac{R_F}{R_1} V_1 + \frac{R_F}{R_2} V_2 \right)$$

可见这个电路的输出电压  $V_o$  被反相了，其大小等于每个输入电压乘上它们各自的反馈电阻与输入电阻之比的代数和。如果加法器中所有外接电阻都相等，即  $R_1 = R_2 = R_F$ ，则输出电压可以简单地由各个输入电压的代数和来求得，这时  $V_o$  可以表示为：

$$V_o = -(V_1 + V_2)$$

在图 6-34(a)的输出端再接一级变号器,就可消去负号,实现完全符合常规的算术加法。同理,加法器可以扩展到  $n$  个输入电压相加,此时输出电压表示为:

$$V_o = -(V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n) \quad (n \geq 2)$$

如果将反馈电阻  $R_F$  增大到大于输入电阻  $R_1, R_2, \dots, R_n$ , 则构成了具有放大特性的电压加法器。在某些加法器的应用场合,有可能要求一个输入电压比另一个输入电压对加法器的电压输出有更大的影响,即它要求加法器对每个输入电压应该有不同的增益,因此就需要将各输入电阻根据设计要求取不同的数值即可办到。

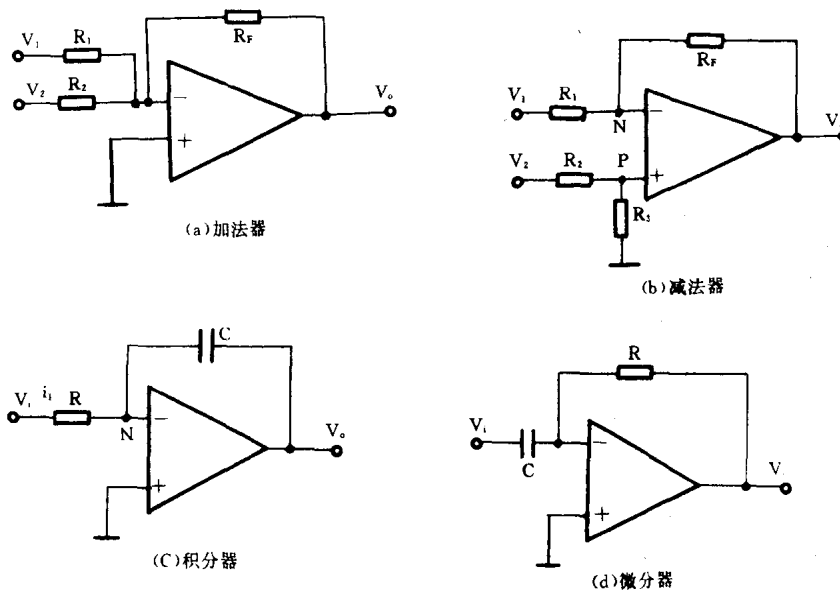


图 6-34

图 6-34(b)所示的电路是用来实现两个电压  $V_1, V_2$  相减的电路。从结构上看,它是反相输入和同相输入相结合的放大器,  $R_1$  和  $R_F$  构成了反馈网络。利用虚短的概念可得下列方程式:

$$\begin{aligned} \frac{V_1 - V_N}{R_1} &= \frac{V_N - V_o}{R_F} \\ \frac{V_2 - V_P}{R_2} &= \frac{V_P}{R_3} \\ \therefore V_N &= V_P \\ \therefore V_o &= \left( \frac{R_1 + R_F}{R_1} \right) \left( \frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) V_2 - \frac{R_F}{R_1} V_1 \end{aligned}$$

如果选取电阻满足  $R_F/R_1 = R_3/R_2$  的关系,输出电压  $V_o$  可简化为:  $V_o = \frac{R_F}{R_1} (V_2 - V_1)$  即输出电压  $V_o$  与两个输入电压之差成比例,图 6-34(b)所示的减法器实际上就是前面介绍过的差动式放大器。当  $R_1 = R_F$  时,  $V_o = V_2 - V_1$ 。应注意的是,由于电路存在共模电压,应当选用共模抑制比较高的集成运放,才能保证一定的运算精度。

积分器是模拟计算机和电子仪器设备中的一种基本运算单元,应用比较广泛。在图 6-34(c)所示的电路中,反馈电阻用一个电容器  $C$  代替。如果输入电压  $V_i = V_i(t)$ , 由于虚地的

存在,电容C就以电流  $i = \frac{V_i}{R}$  进行充电,基本上为恒流充电,此时电容C两端的电压可表示为:

$$V_N - V_o = \frac{1}{C} \int i dt \approx \frac{1}{C} \int i_1 dt = \frac{1}{C} \int \frac{V_i}{R} dt$$

$$\therefore V_o \approx -\frac{1}{RC} \int V_i dt$$

上式表明:输出电压  $V_o$  为输入电压  $V_i$  对时间的积分,负号表示它们在相位上是相反的。如果  $V_i$  是阶跃电压时,在它的作用下,电容将以近似恒流方式进行充电,输出电压  $V_o$  与时间  $t$  成近似线性关系,因此

$$V_o \approx -\frac{V_i}{RC} t = -\frac{V_i}{\tau} t$$

式中  $\tau = RC$

显而易见,当  $t = \tau$  时,  $V_o = V_i$  和简单的RC积分电路相比,它的线性范围大大增加了。应用时须注意的是,由于集成运放输入失调电流的影响,当  $V_i = 0, V_o \neq 0$  而作缓慢变化时,用图6-34(c)作积分运算,常常会出现积分误差,遇到这类情况,一般可在同相端接入可调平衡电阻,或选用输入级为场效应管的运放。积分电容器C存在的漏电流也是产生积分误差的来源之一,选用泄漏电阻大的电容器,如云母电容、聚苯乙烯电容器等可减少这种误差。

把积分器电路中的电阻和电容位置对调,并选取比较小的时间常数RC,便得到了如图6-34(d)所示的微分器。同样,利用虚地的概念可得下面的方程式。设  $t = 0$  时,  $V_c = 0$  (电容两端电压为0),当信号  $V_i$  突然接入后,便有

$$i = C \frac{dV_i}{dt}$$

$$-V_o = iR = RC \frac{dV_i}{dt}$$

上式表明,输出电压正比于输入电压对时间的微商。当输入信号  $V_i$  为阶跃信号时,因信号源总存在内阻,当  $t = 0$  时,输出电压仍为一个有限值,随着电容C的充电,输出电压  $V_o$  将逐渐地衰减,最后趋于零,如图6-35所示。如果输入信号是正弦函数  $V_i = \sin \omega t$ ,则输出信号  $V_o = -RC\omega \sin \omega t$ 。

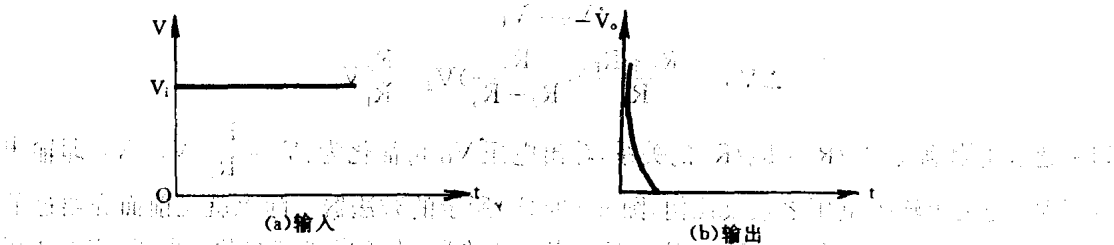


图6-35 微分器电压波形

这个式子表明,  $V_o$  的输出幅度将随频率的增加而线性地增加。因此微分电路对高频噪声特别敏感,以致输出噪声可能完全淹没微分信号。微分电路的应用很广泛,在脉冲数字电



路中,常用作波形变换,例如把矩形波变换为尖顶脉冲波。

## 5. 由集成运算放大器构成的几种常用发生器

### (1) 方波发生器

方波发生器属于自激多谐振荡器中的一种特殊振荡器类型。因它在没有任何输入信号的情况下,其输出端的电压不断地改变状态(高电平和低电平),因而,它也被称为自激多谐振荡器。图 6-36 所示是一个基本的方波发生器线路。一路由输出端返回到运放的反相端,

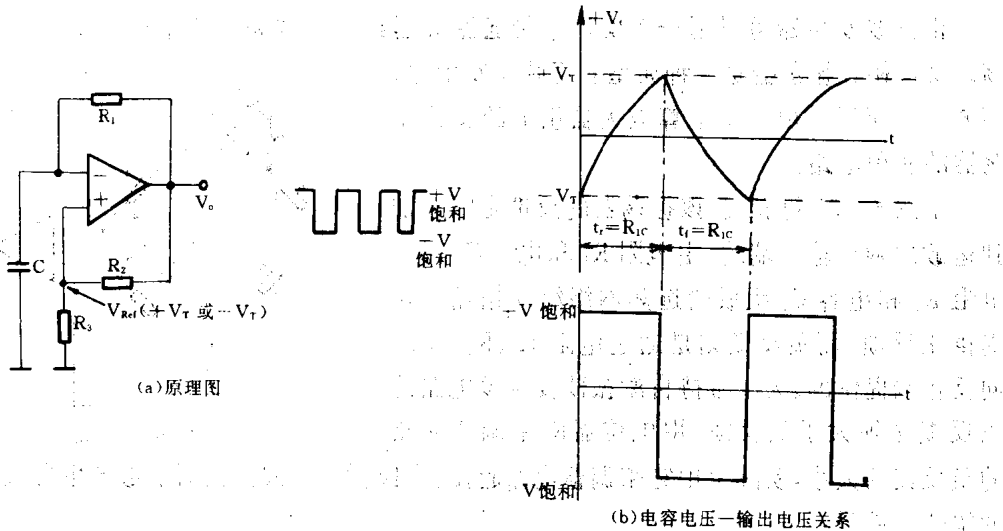


图 6-36 基本方波发生器

该路包含一个反馈电路  $R_1$  和一个由反相端连接到地的电容  $C$ 。本方波振荡器的工作频率就由这个  $RC$  的值决定。另一路从输出端返回到运放的同相端,它包含电阻  $R_2$  和  $R_3$ ,它们构成一个电阻分压器,为同相端提供基准参考电压  $V_{Ref}$ 。由这点看,方波发生器电路的功能就象一个电平检测比较器一样。如果恰当选择  $R_2$ 、 $R_3$  的阻值,使  $R_3 = 0.86R_2$ ,则这个方波发生器的工作频率可近似由下式计算:

$$f = \frac{1}{2\pi R_1 C}$$

如果给这个电路接上电源,此时,因电容  $C$  两端的电压不能突变,运放的反相输入端被置于“0”电位,这时同相输入端即使只有很小的正电位产生都会导致运放的输出端产生正饱和电压  $+V_{饱和}$ 。这个电压被  $R_2$ 、 $R_3$  分压后得到同相端的正参考电压  $V_{Ref}$ ,即振荡器的正阈值电压  $+V_T$ 。同时,正饱和电压还通过  $R_1$  向电容  $C$  充电。当电容两端电压  $V_c$  增大到略高于  $+V_T$  时,运放的输出端将立即从正饱和转变到负饱和电压。这时,同相端的  $V_{Ref}$  也将同时从原来的正  $V_{Ref}$  变成负  $V_{Ref}$ ,即负阈值电压  $-V_T$ 。此时,电容  $C$  也要改变它的充电电流的方向,开始向负饱和电压方向充电,一旦电容两端的电压下降到比  $-V_T$  略低时,运放的输出端就会重新回到它的初始状态正饱和电压  $+V_{饱和}$ 。如此循环下去,就可在运放的输出端产生一串方波输出。图 6-36(b) 表明了电容两端的电压  $V_c$  和运放输出电压  $\pm V_{饱和}$  之间的时间关系。方波发生器的阈值电压  $+V_T$  和  $-V_T$  分别由  $R_2$ 、 $R_3$  组成的分压器确定,它们可分别表示为:

$$+V_T = \frac{R_3}{R_2 + R_3} (+V_{饱和})$$

$$-V_T = \frac{R_3}{R_2 + R_3} (-V_{\text{饱和}})$$

如想得到 50Hz 的方波发生器, 可选择如下参数:  $R_1 = 10\text{k}\Omega$ ,  $C = 1\mu\text{F}$ ,  $R_2 = 100\text{k}\Omega$ ,  $R_3 = 86\text{k}\Omega$

$$f = \frac{1}{2\pi R_1 C} = \frac{1}{2 \times 10 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-6}} = 50\text{Hz}$$

## (2) 正弦波发生器

正弦波发生器可以用一个类似窄带通滤波器组成的选频网络来产生单一的正弦波振荡。文氏桥式振荡器是一种典型的正弦波发生器。

图 6-37 所示是由一个运算放大器组成的文氏桥振荡器的实用电路。

由图 6-37 可看出, 该振荡器的反馈是同时加到运放的两个输入端的。由电阻  $R_1$  和电容  $C_1$  以及电阻  $R_2$  和电容  $C_2$  组成的选频网络给同相输入端提供正反馈, 而负反馈则是通过电阻  $R_3$ 、 $R_4$  和  $R_5$  向反相端提供的。为了维持自激振荡要求该电路的正反馈必须大于负反馈, 用电位器  $R_4$  来调节回路的负反馈的大小, 实际上用它来调整电路起振。文氏桥正弦波振荡器能够产生自激振荡起振的幅值条件是:

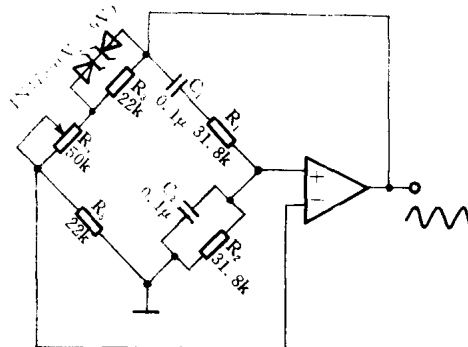


图 6-37 文氏桥正弦波振荡器

$$R_3 + R_4 \geq 2R_5$$

由  $R_1$ 、 $C_1$  和  $R_2$ 、 $C_2$  组成的选频网络既控制着运放的正反馈的反馈量大小, 又决定了电路的振荡频率。当调节  $R_4$  使电路起振后, 选频网络中的电容容抗与电阻的比值起着控制运放同相输入端的反馈信号一直保持振荡在振荡器的中心振荡频率  $f$  上。同时运放的同相端还通过这个选频网络获得适当的正反馈量。如果振荡器的工作频率偏低, 则电容  $C_1$  的容抗增大, 回路的正反馈量将减少, 反之, 如果振荡频率偏高, 电容  $C_2$  的容抗也要减小, 这样, 它将使更多的正反馈量通过电容  $C_2$  被分流到地。所以, 只有正弦波振荡器的振荡保持在中心频率上, 振荡回路才有可能获得最大的正反馈量。也正是这个原因, 迫使振荡器一直工作在这个选频网络所确定的谐振频率上。

应该注意, 过大的正反馈虽然会使振荡器的输出电压增大, 然而也有可能使运放的输出锁定在饱和电压上, 造成振荡器输出的正弦波产生严重的畸变。为了防止这种饱和电压的产生, 有时在  $R_3$  的两端并联两个对接的稳压二极管, 当振荡器输出电压上升到高于稳压二极管的击穿电压时, 总有一个稳压二极管要导通, 究竟哪一个导通, 与输出电压的极性有关。导通的稳压二极管与电阻  $R_3$  并联, 相当于把运放负反馈回路的电阻减小。即是说, 把更强的负反馈加到运放的反相输入端。显然, 这样使得运放的电压输出有所下降。正是这样的办法, 就可把运放的电压输出稳定在一定的电平上。文氏正弦波振荡器的振荡频率由下式确定:

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

实际应用中, 一般都使线路满足:

$$R_1=R_2=R$$

$$C_1=C_2=C$$

所以振荡器的振荡频为:

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

图 6-38 所示的电路为变形文氏桥振荡器,它的选频网络并不象普通的文氏桥式振荡器那样将  $R_1C_1$  回路中的电阻  $R_1$  直接接地,而是把电阻  $R_1$  和电位器  $VR_1$  连接到运放 IC2 的反相输入端。当调节电位器  $VR_1$  时,由运放 IC2、电阻  $R_4$  和  $R_5$  组成的附加电路迫使运放 IC1 的负反馈量改变。当运放 IC1 的正反馈和负反馈量相等时,这个电路就能产生正弦波自激振荡。因此只要适当改变电位器  $VR_1$  的大小就能改变文氏正弦波振荡器的振荡频率。这个振荡电路的振荡频率为:

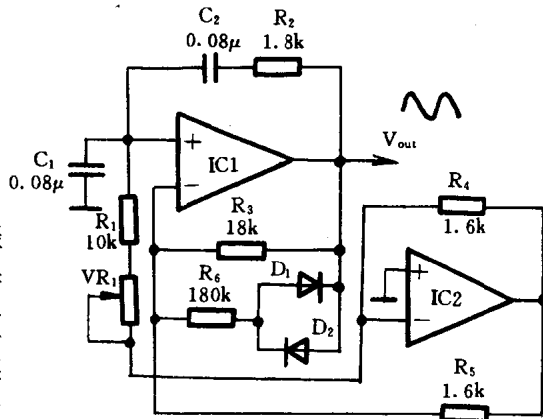


图 6-38

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

上式中的  $R_1$  实际上包括  $R_1$  和  $VR_1$ 。

文氏桥式振荡器的反馈系数  $\beta$  的倒数,可用下式计算:

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{R_2}{R_1} + \frac{C_1}{C_2}$$

运放 IC1 的闭环增益为:

$$G_{CL} = 1 + \frac{R_3}{R_5} + \frac{R_3 R_4}{R_5 R_1}$$

显然,如果使正弦波振荡器的电路参数满足下述条件: $R_2=R_3=R_4=R_5$ , $C_1=C_2$  则总能满足振荡器产生自激振荡的幅值条件,即运算放大器的闭环增益与它的反馈系数的乘积等于 1 (即  $G_{CL} \cdot \beta = 1$ ),这样电路便可维持振荡。

运放 IC1 的负反馈回路中的二极管  $D_1$  和  $D_2$  是自动稳幅电路。当正弦波振荡器的振荡幅度增大时,则二极管  $D_1$  和  $D_2$  的正向电阻减小,这样运放 IC1 的闭环增益变小,振荡幅度也随之减小。反之,当正弦波振荡器的振幅变小时,运放 IC1 的闭环增益将增大,正弦波振荡器的振幅将有所增大,从而实现了自动稳幅的作用。电阻  $R_6$  是为防止负反馈过深,电路不易起振而设置的。

另一类正弦波发生器是由双运算放大器组成的,称为双运放正弦波振荡器,其电路图如图 6-39 所示。该电路由一个带通滤波器和一个电压比较器组成。它的工作原理是:使一个方波脉冲电压通过带通滤波器,使其输出端获得一个正弦波电压输出。带通滤波器输出的正弦波又返回加到电压比较器的输入端,再从比较器的输出端得到一个方波输出。然后再将此方波反馈到带通滤波器的输入端,如此循环往复下去,便可得到自激正弦波和自激方波振荡输出。该电路的振荡频率为:

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_1 C_1 C_2}}$$

电阻  $R_2$  在计算时作为电阻  $R_1$  的一部分来考虑。因其阻值太小，在计算振荡器工作频率时可以忽略。电阻  $R_2$  的设置是用于防止在调整  $R_1$  时可能出现的对地短路现象发生，即用于防止把运算放大器的负反馈短路掉之用。这个电路的优点是：它可以同时产生正弦波和方波振荡输出，在中、小型正弦波脉宽调制型 UPS 电源中，各种型式的正弦波发生器得到广泛的应用。

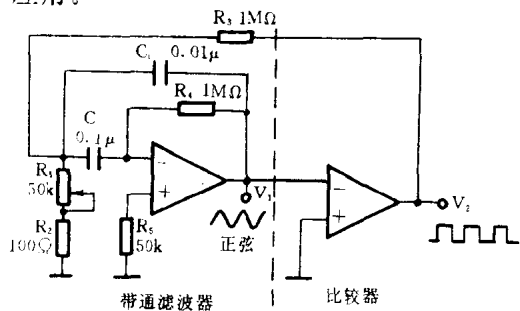


图 6-39

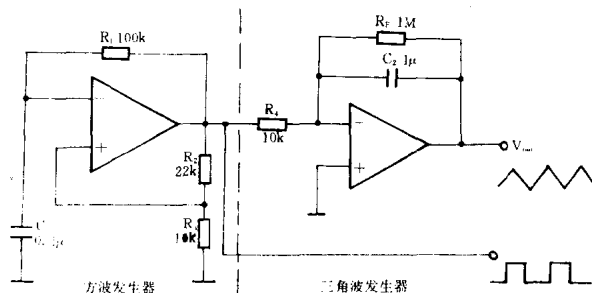


图 6-40

### (3) 三角波发生器

三角波发生器也是一种在 UPS 电源装置中常用的电路。三角波发生器中所用的基本元件是 RC 积分电路。三角波发生器的基本电路是在方波发生器的输出端再接上一个积分器，如图 6-40 所示。当方波发生器的输出为正时，三角波发生器的电压输出为负向倾斜的三角波。反之，当方波发生器的输出为负时，三角波发生器的输出为正向倾斜的三角波。这种电路三角波发生器的输出频率与方波发生器的工作频率相同。为了防止三角波产生畸变，一般要求电阻  $R_1$  和电容  $C_2$  组成的积分网络的时间常数至少是输入矩形波脉冲宽度的 2 倍以上。按图 6-40 所标的参数，方波的工作频率大约为 50Hz。三角波发生器的电压输出幅度可按下式计算：

当输入矩形脉冲中的幅度  $V_{in} = 14V$  时，

$$\begin{aligned} V_{out} &= -\frac{1}{R_1 C_F} \int_0^t dV_i dt \\ &= -\frac{V_{in} \cdot T_D}{R_1 \cdot C_F} \\ &= -13V \end{aligned}$$

其中的负号表示输出与输入的相位相差  $180^\circ$ 。

## 二、RS 触发器

在 UPS 电源的转换控制电路中广泛地使用了 RS 触发器电路，为了使大家能很容易地理解 UPS 电源市电供电——逆变器供电转换控制电路的工作原理，现简单介绍 RS 触发器的基本知识。

图 6-41 所示是基本 RS 触发器的逻辑图和符号。电路由两个与非门交叉耦合构成。R、S 表示两个输入端， $Q$ 、 $\bar{Q}$  表示触发器的状态又是输出端。门  $G_1$  的输出端  $Q$  接至门  $G_2$  的输入端，门  $G_2$  的输出端接至门  $G_1$  的输入端。根据与非门的逻辑关系，只要有

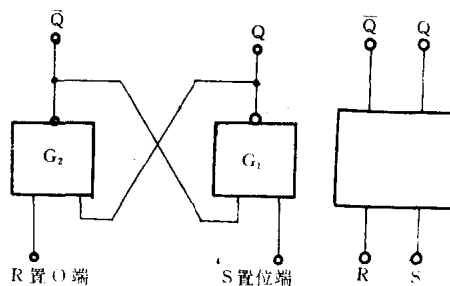


图 6-41

一个输入端为低电平,输出就是高电平(即见“0”得“1”),只有当与非门的所有输入端皆为高电平时,其输出才是低电平(即见“1”得“0”)。“1”代表高电平,“0”代表低电平。一般我们把 Q 的状态表示为整个电路的输出状态,若  $Q=1$  就称电路为“1”状态,若  $Q=0$  就称电路为“0”状态。下面是 RS 触发器的输入输出关系。

#### (1) 触发器置“0”

当 R 端输入负脉冲,即  $R=0, S=1$  时:

与非门  $G_2$  的输出端  $\bar{Q}=1$ (见“0”得“1”),这时与非门  $G_1$  的所有输入端全为“1”,故其输出端  $Q=0$ ,此时触发器被置“0”,即整个电路处于“0”状态。

#### (2) 触发器置“1”

当 S 端输入负脉冲,即  $S=0, R=1$  时:

与非门  $G_1$  的输出端  $Q=1$ ,这时与非门  $G_2$  的所有输入端全为“1”,故其输出端  $\bar{Q}=0$ ,此时触发器被置“1”,整个电路处于“1”状态。

#### (3) 触发器的状态保持

当  $R=1, S=1$  时,触发器保持原有的状态不变。因为如果原来的状态是  $Q=1, \bar{Q}=0$  时,则门  $G_2$  的所有输入端全为“1”,所以  $G_2$  的输出端继续维持为“0”,此时门  $G_1$  的置位端  $S=1$ ,而另一输入端为“0”,则门  $G_1$  的输出端将同样继续维持为“1”,可见触发器的状态不变。同理若原来触发器的状态是  $Q=0, \bar{Q}=1$ ,当  $R=$

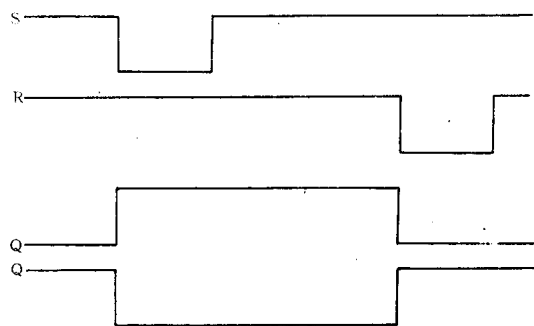


图 6-42 基本 RS 触发器波形图

1、S=1 时,触发器的状态也是不变的。从与非门的逻辑功能来看,在与与非门输入端多增加 1 个高电平输入,并不会改变原来的输出状态。

S 称为置位端是因为在 S 端加触发信号“0”能将触发器置成“1”状态,而在 R 端加触发信号仅是将触发器置 0 状态,所以常把 R 端叫做置 0 端或复位端。在触发器的翻转过程中也很易发现,因两个与非门交叉耦合的结果,不仅使触发器在没有输入信号时能够自动保持状态不变,而且在触发脉冲作用下,内部还会产生一个正反馈的过程,推动电路快速地完成状态转换。图 6-42 示出了基本 RS 触发器的波形图。注意图中忽略了门的传输时间,所以脉冲上、下沿都是垂直的。

### 三、555 时基电路

在 UPS 电源的市电供电——逆变器供电转换控制电路、工作状态指示电路中都广泛地使用了 555 定时器集成电路。它也称 555 时基电路,是一种将模拟功能和逻辑功能巧妙地集成在同一硅片上的新颖的线性集成电路。它价格低廉(约 1.00~2.50 元/片),使用方便,只需要少量的外接元件就可构成多种模拟和数字电路,在定时方面的应用极为广泛。例如可把它当做单稳多谐振荡器、自激多谐振荡器、RS 触发器、斜波发生器、程序延时器等。

#### 1. 555 的工作原理

555 定时器的封装形式大都采用金属圆壳(TO-99)或陶瓷双列直插(DIP)的封装形式,共有 8 个引脚,各引脚的功能和封装形式如图 6-43 所示。不同厂家的 555 定时器的内部结构大致相同,可等效成 23 个晶体三极管、17 个电阻及两个二极管。图 6-44 所示为上

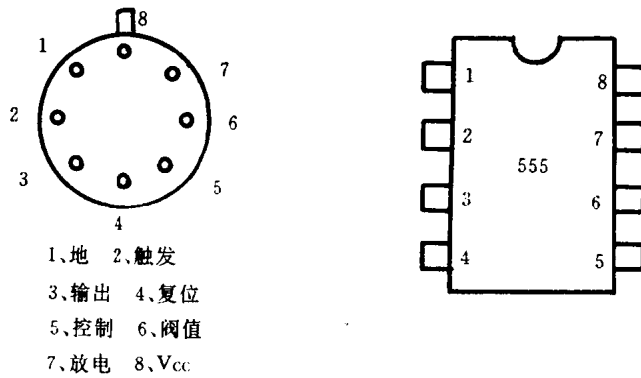


图 6-43

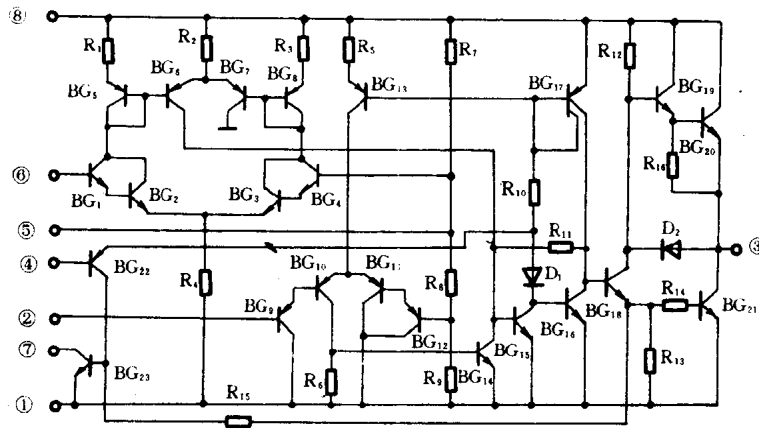


图 6-44 555 电原理图

海元件五厂生产的 555 的电原理图。

图 6-45 所示为 555 的等效逻辑图,显而易见,555 包括两个电压比较器、一个分压器、一个 RS 触发器、一个功率输出级和一个放电晶体管。

比较器  $A_1$  称为上比较器,由图 6-44 中的  $BG_1 \sim BG_8$  组成。它是一个由 NPN 管复合结构作输入级的两级差分放大器。上比较器  $A_1$  的反相输入端固定设置在  $2/3V_{CC}$  ( $V_{CC}$  为电源电压)上,它的同相输入端③脚称为阈值端,常用来测外部时间常数回路中电容上的电压。比较器  $A_2$  称为下比较器,由  $BG_9 \sim BG_{13}$  组成。它是由 PNP 管组成复合输入级的差分放大器。 $A_2$  的同相输入端固定设置在  $1/3V_{CC}$  上,反相输入端②脚称为触发输入端,用来启动电路。

RS 触发器由  $BG_{14} \sim BG_{16}$  构成。其中  $BG_{15}$  和  $BG_{14}$  的基极分别受上比较器和下比较器输出端的控制。

$A_1$  控制 R 端,  $A_2$  控制 S 端。RS 触发器具有复位输入端④脚,当④脚处于低电平时,整个电路的输出端③脚为低电平,即电路具有复位优先的功能。如果不用这项功能,就需将④脚和

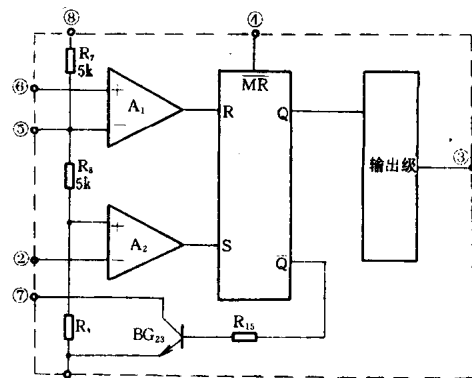


图 6-45

电源电压( $V_{CC}$ )端⑧脚连在一起,电源电压范围在 4.5~18V 之间选用。①脚为电源地端。

$BG_{18}$ 及  $BG_{21}$ 构成功率输出级,③脚为输出端,能输出最大为 200mA 的电流,故可直接驱动小型电机、继电器、低阻扬声器等功率负荷。

$BG_{22}$ 是复位放大器, $BG_{23}$ 是放电晶体管,它能承受 50mA 以上的放电电流,其集电极为 ⑦脚,称为放电端。由逻辑图 6-45 可见,当 555 输出端为高电平(即  $\bar{Q}$  端为低电平)时, $BG_{23}$ 截止;反之,当输出端为低电平时, $BG_{23}$ 导通,使外接电容通过它迅速放电。

555 的⑤脚为“控制端”,它是上比较器的基准电压端。若此端外接电压源,则比较器的基准电压由外接电压源决定,从而实现了外电压控制。如果⑤脚不接外部电压源,则上、下比较器的基准电压分别是  $2/3V_{CC}$ 和  $1/3V_{CC}$ 。若⑤脚接 4V 电压源,则上比较器的基准电压就是 4V,而下比较器的基准电压为外接电压源的一半,为 2V。如果⑤脚接一交变电压(如正弦波),则上、下比较器的基准电压都随时间而变化,从而使外部定时元件的充放时间也随之变化,可以起到调制的作用。当⑤脚不接外加电压时,通常接入一个 0.01~0.1 $\mu$ F 的电容至地,以防止外界干扰。

555 的分压器是由  $R_7$ 、 $R_8$ 、 $R_9$  三只 5k $\Omega$  电阻构成的,为上、下比较器提供基准电压。因为三个电阻都是 5k $\Omega$ ，“555”因此而得名。

根据等效逻辑图很易理解 555 的工作原理:当⑥脚电位高于  $2/3V_{CC}$ 时,因  $A_2$  反相输入端的基准电压等于  $2/3V_{CC}$ ,所以上比较器  $A_1$  输出高电平;若此时下比较器  $A_2$  没有触发信号输入,即②脚电位高于  $1/3V_{CC}$ ,则  $A_2$  输出低电平,故 RS 触发器 Q 端输出低电平,③脚也输出低电平,此时, $\bar{Q}$  端为高电平, $BG_{23}$ 放电管导通。然后,即使⑥脚电位变低,此状态也一直保持不变,直到②脚输入触发信号。若②脚输入的是一负脉冲,使其电位低于  $1/3V_{CC}$ ,则  $A_2$  输出高电平,使 RS 触发器置位,即③脚输出高电平,此时, $BG_{23}$ 由导通变为截止。此状态也一直保持,直到⑥脚再出现高于  $2/3V_{CC}$ 的电平时,又重复前述过程。表 6-6 所示是归纳出的 555 定时器真值表。

表 6-6 555 的真值表

阈值端⑥	触发端②	强复位端④	输出端③	放电端⑦
*	*	低	低	导通
$>2/3V_{CC}$	$>1/3V_{CC}$	高	低	导通
$<2/3V_{CC}$	$>1/3V_{CC}$	高	原状态	原状态
*	$<1/3V_{CC}$	高	高	关断

注: \* 表示为任意电平。

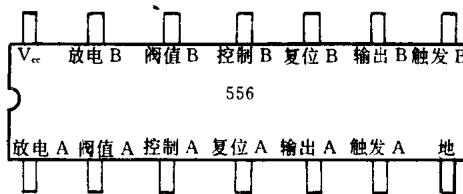


图 6-46

在 UPS 电源电路中经常用到的还有 556 双定时器,它是把两个完全独立的 555 定时器电路封装成一个 14 脚的芯片,其引脚排列图如图 6-46 所示。它的工作原理和 555 定时器完全相同,此不赘述。在实际应用中,完全可用两个 555 定时器代替 556 定时器,或者反之。

## 2. 555 的三种基本应用

### (1) 多谐振荡器

如图 6-47(a)所示,将 555 定时器外接两个电阻  $R_1$ 、 $R_2$  和一个电容  $C$ ,便构成了无稳态多谐振荡器。因⑤脚悬空,故上比较器  $A_1$  的基准电压是  $2/3V_{CC}$ ,而下比较器的基准电压是  $1/3V_{CC}$ 。

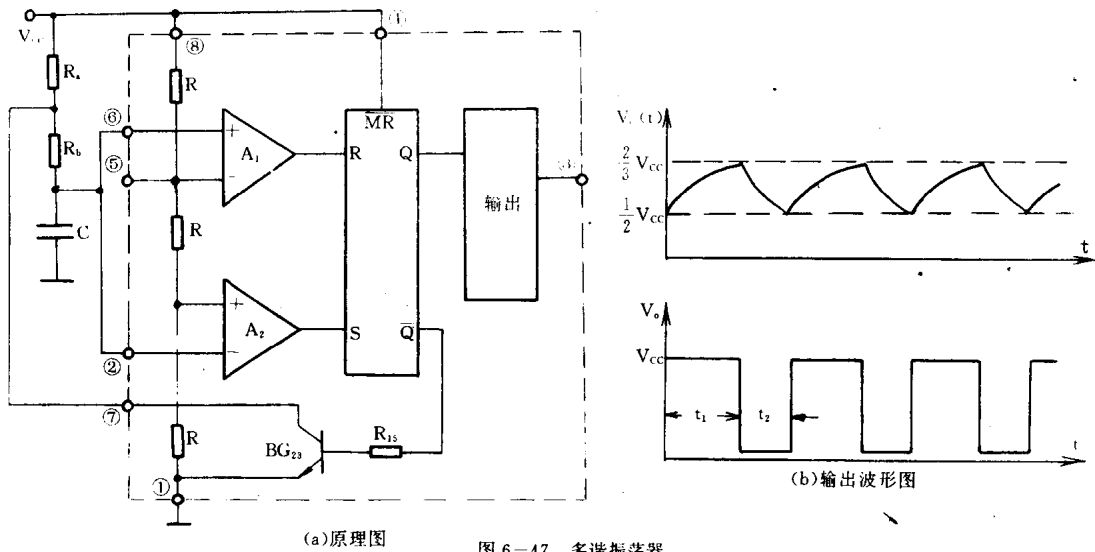


图 6-47 多谐振荡器

刚接通电源瞬间,定时电容  $C$  两端电压为零,触发端②脚电位低于  $\frac{1}{3}V_{CC}$ ,  $A_2$  输出高电平,使 RS 触发器置位,故定时器③脚输出高电平。接着电源  $V_{CC}$  经电阻  $R_a$ 、 $R_b$  对  $C$  充电,使电容两端电压  $V_c$  上升,当  $V_c$  上升到大于比较器  $A_1$  的基准电压  $\frac{2}{3}V_{CC}$  时,  $A_1$  输出高电平,使 RS 触发器复位,  $Q$  端输出低电平,即定时器③脚输出低电平。此时,  $\bar{Q}$  端为高电平,故放电管  $BG_{23}$  导通,电容  $C$  通过  $R_b$  及  $BG_{23}$  放电,使电容的端电压逐渐下降,当电容端电压降到低于  $\frac{1}{3}V_{CC}$  时,下比较器  $A_2$  输出翻转,变为高电平,使 RS 触发器置位,  $Q$  端为高电平,经输出级后③脚也输出高电平。此时  $\bar{Q}$  变为低电平,放电管  $BG_{23}$  由导通转为截止,电源  $V_{CC}$  又通过  $R_a$ 、 $R_b$  向电容  $C$  充电,电容端电压由  $\frac{1}{3}V_{CC}$  开始上升,当上升到大于  $\frac{2}{3}V_{CC}$  时,输出发生翻转,如此往复,电容电压  $V_c$  在  $\frac{1}{3}V_{CC}$  与  $\frac{2}{3}V_{CC}$  之间周期性地充电和放电,使③脚输出电压  $V_o$  周期性地跳变,形成自激振荡。 $V_c(t)$ 、 $V_o(t)$  的波形如图 6-47(b) 所示。

多谐振荡器的振荡周期  $T=t_1+t_2$ , 其中  $t_1$  为充电所用时间,可用下式计算:

$$t_1 = 0.693(R_a + R_b) \cdot C$$

$t_2$  为放电所用时间,计算公式为:

$$t_2 = 0.693R_b \cdot C$$

所以振荡周期为:

$$T = t_1 + t_2 = 0.693(R_a + 2R_b) \cdot C$$

我们将多谐振荡器输出波形中高电平所占的时间和整个循环周期之比称为占空系数,用  $D$  表示。即

$$D = \frac{t_1}{T} = \frac{0.693(R_a + R_b) \cdot C}{0.693(R_a + 2R_b)C} = \frac{R_a + R_b}{R_a + 2R_b}$$

显然,改变  $R_a$  和  $R_b$  的阻值能够改变输出波形的占空系数。适当选取  $R_a$ 、 $R_b$  的值,就可以获得自己所需要的方波。如果选  $R_b \gg R_a$ , 则  $D \approx \frac{1}{2}$ , 即可得到占空系数为 50% 的对称方波。

## (2) 单稳态触发器



由 NE555 构成的典型单稳态电路由图 6-48(a)所示。复位端④脚直接连至电源  $V_{CC}$ ，以确保 555 内部的 PNP 型晶体管  $Q_{22}$  始终处于截止状态。⑤脚也同样接上一个  $0.01\mu\text{F}$  的电容器接地，防止在比较器  $A_1$  的反相端出现不需要的干扰信号，而且在外触发频率很高时，这个电容还可作为维持组件内部电阻  $R_2$  和  $R_3$  上的直流电压恒定的旁路电容。②脚为外触发输入端。 $R_T$ 、 $C_T$  为外接定时元件。

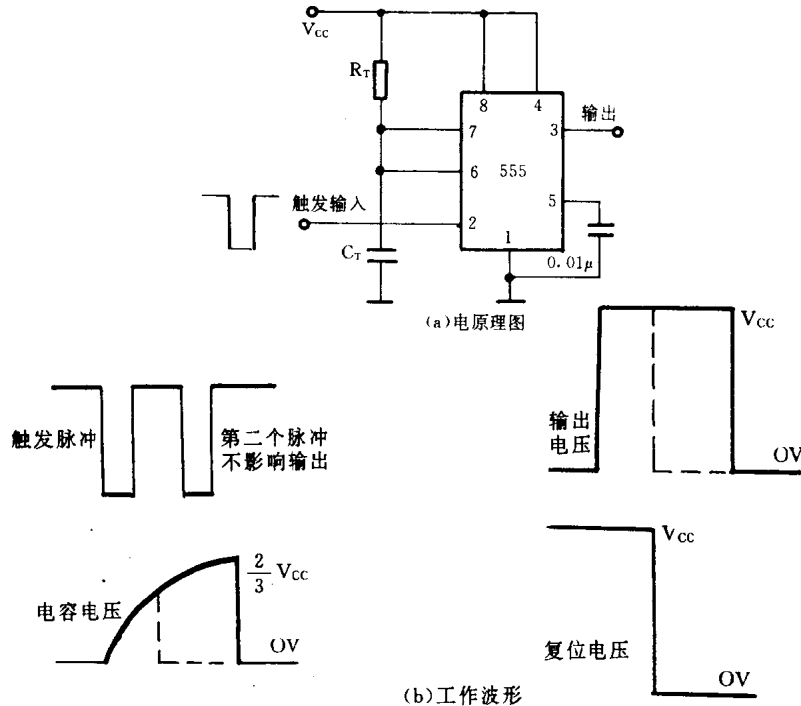


图 6-48 单稳态触发器

当无触发脉冲输入时，因触发端②脚为高电平  $V_{CC}$ ，故输出端③脚为低电平，555 内部的放电管导通，所以电容  $C_T$  端电压趋于零。

当负脉冲触发输入时，使②脚电位低于  $\frac{1}{3}V_{CC}$ ，这时比较器  $A_2$  同相端电位高于反相端电压，故比较器  $A_2$  输出高电平，使 RS 触发器进入置位状态，使输出端③脚跳变为高电平，且放电管  $BG_{23}$  截止。此时电源  $V_{CC}$  通过电阻  $R_T$  向电容  $C_T$  开始按指数曲线充电。在电容  $C_T$  上的电压未达到  $\frac{2}{3}V_{CC}$  时，比较器  $A_1$  的输出一直维持在低电平。经过一段充电时间，一旦电容  $C_T$  上的电压大于  $\frac{2}{3}V_{CC}$  时，比较器  $A_1$  的输出将从原来的低电平变为高电平，促使内部触发器发生翻转，从而使得输出又恢复为低电平。此时，555 内部的放电晶体管导通，定时电容  $C_T$  通过放电管放电，使其端电压趋于零，电路又恢复到初始状态。

555 单稳态电路的工作波形如图 6-48(b)所示。只有当触发脉冲使②脚电位低于  $\frac{1}{3}V_{CC}$  时，电路才能被触发。一旦电路被触发，输出端将在设置的定时时间内保持高电平，在此期间，即使有触发脉冲输入，输出也不会发生变化。但这这就要求触发脉冲的周期一定要大于单稳电路本身固有的输出脉冲的宽度。

单稳电路的定时时间，即电容  $C_T$  端电压上升到  $\frac{2}{3}V_{CC}$  时的时间  $t$  为：

$$t = 1.1R_T C_T$$

可见，由 555 定时器组成的单稳态电路和多谐振荡器电路，其定时时间  $t$  和振荡周期  $T$

都与电源电压  $V_{CC}$  无关,即它们的工作状态不会因电源电压波动而产生任何变动,所以 555 组件被称为高精密度定时器。

此外,须注意的是:如果有一个负脉冲瞬时加到复位端④脚上,此时单稳触发器正处于定时时间内,外接定时电容  $C_T$  也立即放电,输出跳变为低电平。复位脉冲消失后,输出仍保持低电平,直到下一个触发脉冲到来为止。由此可见,复位端充当了“禁止触发”的作用,当复位端电平高于 1V 时,单稳态触发器正常工作,当其低电平低于 0.4V 时,输出保持低电平,不受触发脉冲的影响。所以复位端不用时,应与电源电压  $V_{CC}$  端相连,以防止干扰脉冲触发复位。

图 6-48(a)所示的单稳电路可能被正脉冲后沿错误触发。为了避免误触发现象,可用一个  $0.001\mu\text{F}$  电容和一个  $10\text{k}\Omega$  电阻接到触发器输入端,如图 6-49 所示。

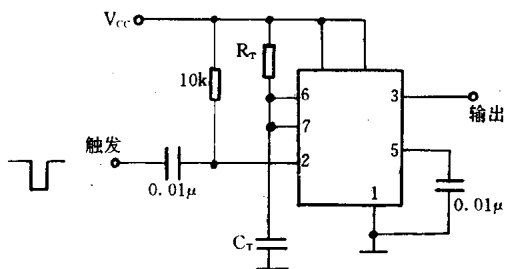


图 6-49 触发方式的改进

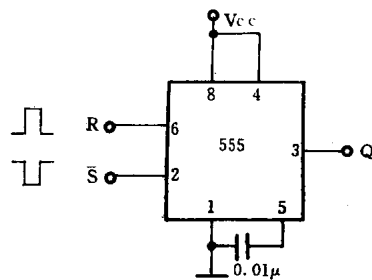
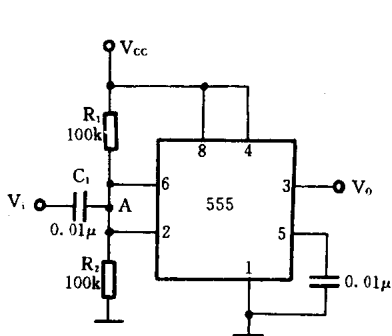


图 6-50 RS 触发器

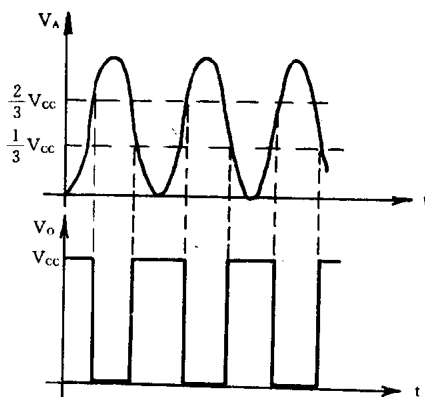
### (3)RS 触发器

利用 555 定时器的触发端(②脚)和阈值端(③脚)构成的 RS 触发器,如图 6-50 所示。其输出端(③脚)具有高低两个电平输出。当③脚(相当于 R 端)电压高于  $\frac{2}{3}V_{CC}$  时,输出为低电平。当②脚(相当于 S 端)电压低于  $\frac{1}{3}V_{CC}$  时,输出为高电平。

利用这个原理,用 555 构成的施密特触发器如图 6-51(a)所示。电路中,555 内部两个比较器的输入端(②脚和③脚)连在一起,通过  $R_1$  和  $R_2$  偏置在  $\frac{1}{2}V_{CC}$  处。上比较器在  $\frac{2}{3}V_{CC}$  时翻转,而下比较器在  $\frac{1}{3}V_{CC}$  时翻转,由  $R_1$  和  $R_2$  提供的偏置电压是两个门限电压的平均值。



(a)电原理图



(b)工作波形

图 6-51 施密特触发器

只要输入信号  $V_i$  的幅度足够大,使  $(\frac{1}{3}V_{CC} + V_i)$  越过上、下门限电压时,内部触发器交替地置位和复位,使输出端产生矩形波输出。施密特触发器的工作波形如图 6-51(b)所示。

电路中两个触发信号的幅值之差称为回差,很明显,回差为 $\frac{1}{3}V_{CC}$ 。如果用一外加电压加到⑤脚,可以改变定时器的触发电平,也就能改变施密特电路的回差电压,使之与输入信号相适应。由工作波形图还可看出:施密特触发器的输入信号和输出信号之间存在 $180^\circ$ 的相移,即二者相位相反。

#### 四、脉宽调制集成电路 SG3524

脉宽调制组件 SG3524 是小型 UPS 电源脉宽调制控制及驱动电路的核心组成部件。它的内部电路如图 6-52(a)所示,由 5V 基准电源稳压块、锯齿波振荡器、误差放大器、比较器、触发器、与非门及功率驱动管  $Q_a$ 、 $Q_b$  组成。晶体管  $Q_a$  和  $Q_b$  的最大输出电流大约为 100mA。

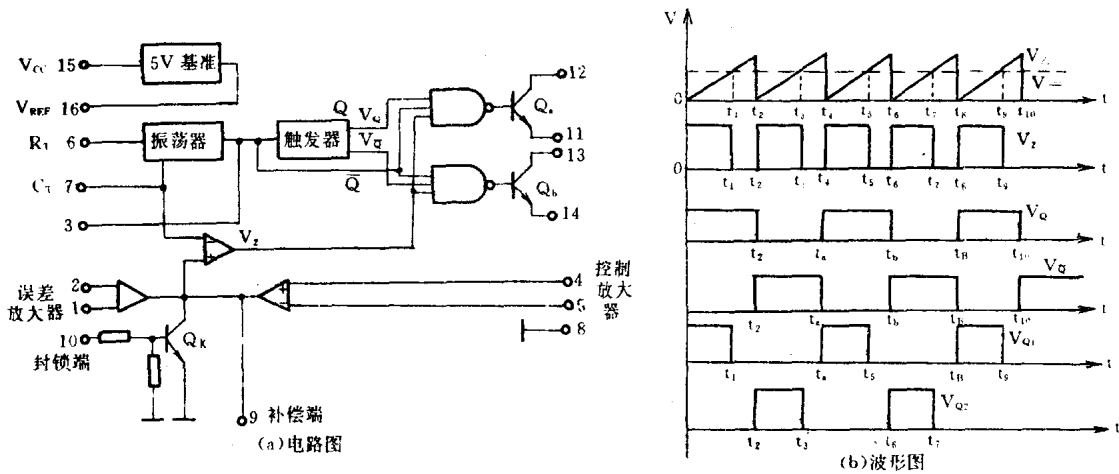


图 6-52 SG3524 脉宽调制组件内部电路及其波形图

SG3524 集成器共有 16 个引脚,其中⑮脚为电源电压端,所加电源电压  $V_{CC}$  经内部的 5V 基准电源稳压块稳压后,由其⑯脚输出 5V 基准电压。⑧脚为地端。第⑥、⑦脚为振荡器的外接定时元件端,定时元件  $R_T$ 、 $C_T$  接到第⑥、⑦脚后,与组件内部的振荡器控制线路共同组成一个锯齿波振荡器。锯齿波振荡器在其第⑦脚输出一串频率固定的三角波。振荡器的工作频率可由下式确定:

$$f = \frac{1.1}{R_T \cdot C_T}$$

组件的第①、②脚分别为内部误差放大器的反相、同相输入端。第④、⑤脚为控制放大器输入端。第⑫、⑬脚分别是内部驱动管  $Q_a$ 、 $Q_b$  集电极的引出脚,很显然,如果外接的是电源电压,便为晶体管  $Q_a$ 、 $Q_b$  提供了偏置电压。第⑪、⑭脚为输出脚。组件的第⑨脚为补偿端,它可与外接的电阻、电容一起组成消振回路,以防止电路产生自激振荡。第⑩脚为封锁端,如果送至第⑩脚的为高电平,则 SG3524 组件内部的控制晶体管  $Q_k$  导通,使得组件内部电压比较器的同相输入端被短接地,从而使得 SG3524 组件的驱动输出电压脉冲宽度变为零,即封锁了组件的输出。

SG3524 的工作过程是:外接的定时元件  $R_T$  和  $C_T$  与组件内部的锯齿波振荡器一起形成振荡,在第⑦脚输出一串频率固定的三角波,把这个三角波电压  $V_\Delta$  送到电压比较器的反

相端,比较器的同相端电压是来自误差放大器或控制放大器的输出电平  $V_-$ ,这两个电压经比较器比较后,在其输出端将得一串具有一定宽度的矩形电压脉冲波,如图 6-52(b)所示。在来自误差放大器的输出电平  $V_-$  大于三角波电压  $V_\Delta$  的  $0 \sim t_1$  期间,在比较器的输出端将得到幅值为  $+V_2$  的矩形脉冲。反之,当  $V_-$  小于  $V_\Delta$  时,在比较器的输出端将输出幅值为零的电压  $V_2$ 。所以,以此类推,在比较器的输出端就可得到一串如图 6-52(b)所示的  $V_2$  矩形脉冲。SG3524 组件内部的触发器被连接成计数器状态,它在三角波  $V_\Delta$  的触发下,在其输出端  $Q$  和  $\bar{Q}$  分别输出相位相差  $180^\circ$  的  $V_Q$  与  $V_{\bar{Q}}$  矩形脉冲。矩形电压脉冲  $V_Q$  和  $V_{\bar{Q}}$  分别与比较器的输出  $V_2$  在两个与非门分别进行“与非”操作后,在 SG3524 的输出端就可以分别得到如图 6-52(b)所示的相位相差  $180^\circ$  的  $V_{Q_0}$  和  $V_{\bar{Q}_0}$  驱动脉冲。显然,只要适当调节误差放大器或控制放大器的输入电压,使得它的电压输出  $V_-$  按一定的规律上升或下降时,就能很方便地改变末级驱动管  $Q_1$  和  $Q_2$  的输出电压脉冲宽度。UPS 电源正是利用这个可调的脉冲方波电压,再通过一定的反馈控制回路,从而达到 UPS 电源交流输出的自动稳压调压控制的目的。即是说:通过 SG3524 脉宽调制组件的控制作用,实现了对 UPS 电源交流输出的自动控制。有关 SG3524 具体的控制过程将在下节详细介绍。

#### 第四节 UPS 电源实例——UPS-500 型

##### 一、基本性能

UPS-500 型 Senteck 牌和 Sendon 牌小型不间断电源是我国引进最早的两种最具有代表性、适合微型计算机用的专用不间断电源。它们的输出功率都是 500VA,输出波形是矩形波。它具有控制线路简单、线路技术成熟和价格便宜等一系列优点,使得它在一般微型计算机供电系统中得到广泛的应用。Senteck 牌和 Sendon 牌方波输出的 UPS-500 型不间断电源的典型性能指标的异同点可概述在表 6-7 中。

表 6-7

牌子	Senteck 牌	Sendon 牌
规格		
额定输出功率	500VA	500VA
输入交流电压范围	180~250V ( $-20\%$ $+13\%$ ) 50Hz	170~280V 50Hz
输出电压范围	210~230V ( $\pm 5\%$ )	200~240V
备用时间 50% 负荷时 100% 负荷时	15 分钟 5 分钟	20 分钟 8 分钟
市电供电——逆变器 供电的转换电压	170V	170V
逆变器供电——市 电供电的转换电压	180V	178V

续表

牌子	Senteck 牌	Sendon 牌
规格		
电源使用效率 半负荷时 全负荷时	80% 85%	
线路瞬态尖脉冲 耗散功率	1500W	
市电供电——逆变器 供电的转换时间 典型值 最长值	3.5ms 5ms	
电源自身静态 功率消耗	15W	
报警系统	发光二极管、蜂鸣器	
过压和过负载 自动保护系统	自动控制开关 及 30A 保险丝	自动关断
内置电池	2 个 12V 6 安时	4 个 12V 6.5

UPS—500 型不间断电源使用注意事项：

(1) 在本电源的交流供电线路中已采用了性能良好的自动稳压及抗干扰措施，所以，在使用它对微机的供电系统中，一般没有必要再加其他类型的抗干扰稳压电源。

(2) 本电源在 100% 全负荷放电 5 分钟后，一般要求把它插入 220V 市电线路至少充电 8 小时以上，以确保电池充分充电。否则，蓄电池的可供使用的容量将大大低于蓄电池的标称容量值。

(3) 本电源是专为微机及其外围设备设计的，用户切勿自行接上其他种类的负荷，否则上述技术性能指标均不适用，而且可能产生危险。如果在计算机系统中使用了交流稳压器，为安全起见应把它置于 UPS 电源的输入端。

(4) 当 UPS 电源工作在市电供电时，绿灯发亮。一旦市电中断或外界电压低于 170V 时，UPS 电源将自动转换到由逆变器供电状态。此时红灯和蜂鸣器分别以大约 4~5s 的间隔周期闪烁和发出断续叫声。随着机内蓄电池的放电消耗，红灯的闪烁和蜂鸣器的间歇叫声将逐渐加快。无论在什么情况下，若遇红灯停止闪烁或蜂鸣器长鸣，即表示机内蓄电池端电压已低于允许的最低电压、UPS 电源启动失败或逆变器有故障。此时，用户必须立即关机查找原因，否则，有可能造成机内蓄电池的永久损坏。

(5) 应尽量避免作频繁启动(ON)与关断(OFF)UPS 电源的操作。否则有可能导致这类型 UPS 电源启动失败。即是指，即使在 UPS 电源置于开启位置时，它仍处于既无市电输出又无逆变器的方波输出的不正常状态，从而造成对负载微机供电的终止。为了避开这种情况，当断开 UPS 电源后，至少要等 6s 之后才能重新开机。所以，对供电系统停电频率很高的用户来说(时间很短只有几秒钟，但次数很高的电网)，应设法选其他类型的 UPS 电源。

(6) 本 UPS 电源逆变器的工作频率并未与市电同步，其方波输出的频率本身虽是稳定

的,但它与标准 50Hz 市电工作频率的离散度较大,有的 UPS 电源的方波输出频率甚至只有 45.5Hz。

(7)UPS 电源逆变器输出方波的峰值和脉冲宽度都是负荷电流大小的函数。不同的负荷情况会导致方波宽度和幅度的极大变动。UPS-500 型不间断电源的典型负荷(电阻性负荷)输出特性如表 6-8 所示。

表 6-8

负荷功率(W)	空载	115	420
方波输出幅值(V)	314	260	220
方波输出宽度(度)	98	115	145

(8)不要把本电源置于过热或过冷的地方,允许的温度范围为 0~40℃。

(9)不要用挥发性强的试剂,如:汽油、氟里昂等来清洁仪器表面,可用干布来抹拭仪器表面的尘埃。

## 二、Senteck 牌 UPS-500 不间断电源的工作原理

UPS-500 不间断电源的框图示于图 6-53 中。它是由主控制板、抗干扰自动稳压控制及操作指示面板等三部分组成。操作控制面板上有电源及电池组开关、市电供电指示灯(绿

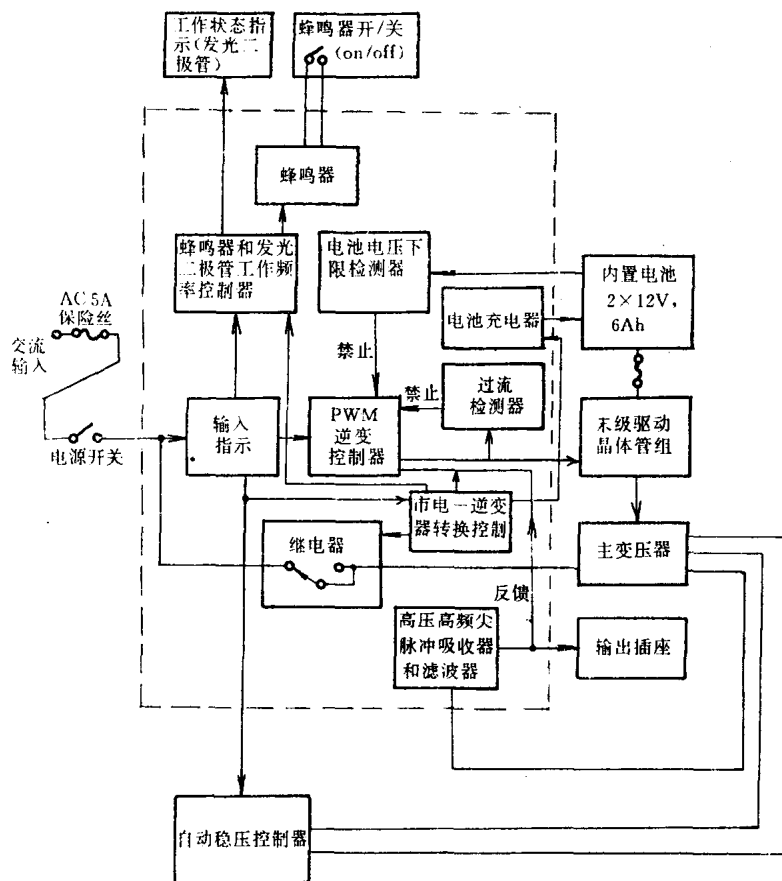


图 6-53 UPS-500 不间断电源框图

灯)、逆变器工作指示灯(红灯)和电池充电指示灯等。UPS—500 电源内部共有 12V、5V 和 27V 等三种直流辅助电源,电池组的供电电压为 24V。当 UPS—500 不间断电源处于市电供电状态时,市电供电——逆变器供电转换控制器共发出三个控制信号去控制后级工作,它们是:

(1)送到由 SG3524 组成的脉宽调制控制功能块,使其输出为零,逆变器停止工作。

(2)送到蓄电池充电器控制线路去调整充电回路的输出电压大小,正常情况下,它使蓄电池处于+27V 的浮动充电状态。

(3)送到市电供电——逆变器供电转换控制继电器,使交流电直接经由高压高频尖脉冲吸收线路(滤波器)→自动稳压调整环节输出一个无干扰的或干扰被大大衰减的 50Hz 正弦波电压。

当市电供电中断或外界市电电压低于 170V 时,市电供电——逆变器供电转换控制器将发出四个控制信号去控制后级的工作,它们是:

(1)启动 SG3524 脉宽调制组件工作,此时组件将输出一组其脉冲宽度可调的方波去驱动末级晶体管推挽放大线路,并使逆变器输出方波。此时,组件的工作状态将同时来自 UPS 电源输出端的反馈控制量、过电流检测线路和电池电压过低检测线路的控制信号的控制。

(2)送到蓄电池充电器控制线路,使该充电回路的电压输出降低到低于蓄电池组的端电压,因此,充电回路停止对电池组的浮动充电。

(3)送到由 556 组件形成的低频振荡器,这个振荡器的振荡频率与蓄电池组的端电压密切相关。电池的电压越低,振荡频率越高。当电池电压低于最低允许值时,振荡器停止振荡。556 组件输出的控制信号将同时控制“逆变器工作”指示灯及报警蜂鸣器的工作。

(4)送到市电供电——逆变器供电转换控制继电器开关,把逆变器输出的方波电压馈送给微机负载。

当 UPS—500 不间断电源处于逆变器工作状态时,若遇到负载过流或短路、电池电压过低等故障中的任何一种情况时,PWM 脉宽调制逆变器将停止工作。这时,UPS 电源处于既无市电又无方波电压输出的自动保护断电状态。下面将对具体电路进行分析。

### 1. PWM 脉宽调制控制驱动电路

UPS—500 电源脉宽调制控制及驱动电路示于图 6—54 中。它的核心组件是 SG3524。

电阻  $R_{23}$  和电容  $C_{10}$  与 SG3524 的第⑥、⑦脚组成的振荡器共同形成一个振荡周期为 10ms 左右的三角波振荡器。④、⑤脚分别被接地。⑩脚输出的 5V 基准参考电压经电阻  $R_{15}$ 、 $R_{16}$  分压后得到一个约 2V 的基准比较电压,送入内部误差放大器的同相输入脚②脚。来自逆变器输出端的反馈控制信号被送到误差放大器的反相端①脚。为实现对逆变器供电与市电供电之间正确与可靠的转换控制,组件的末级驱动管  $Q_1$ 、 $Q_2$  的集电极不仅接到 12V( $+V_2$ )电源,还同时被接至由  $Q_7$  和  $Q_8$  组成的市电供电——逆变器供电转换控制开关线路上。组件的第⑩脚分别通过二极管  $D_{36}$  和  $D_{37}$  接至组件 IC1—1 端的过流控制端和组件 IC6—1 的电池电压监视控制端。第⑨脚通过  $D_{38}$  分别接至组件 IC5—10 的市电供电控制端及组件 IC6—7 的“启动失败”控制端。下面对 PWM 控制线路的工作原理分三部分来讨论:

(1)市电供电中断时,逆变器正常工作状态

市电供电中断时,SG3524 组件的各控制端的工作状态如下:

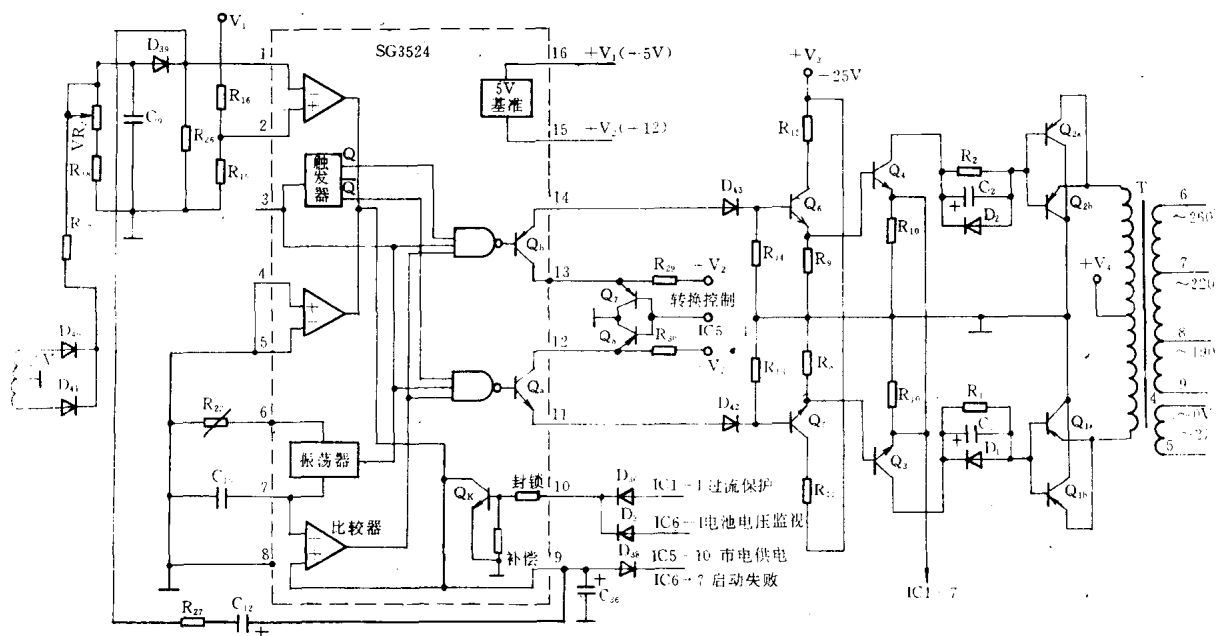


图 6-54 UPS-500 不间断电源脉宽调制控制及驱动线路

当市电供电中断时,由市电供电——逆变器供电转换控制组件 IC5 的第④脚送来一个 +12V 高电平。此电平送到  $Q_7$  和  $Q_8$  的基极,使 PNP 型的  $Q_7$ 、 $Q_8$  处于截止状态。这样, + $V_2$  电源电压便分别经电阻  $R_{29}$  和  $R_{30}$  送至 SG3524 末级驱动管  $Q_a$ 、 $Q_b$  的集电极,为其提供偏置电压。

当电池电压正常时,由电池电压监视控制组件 IC6 的第①脚送来一个低电平,它经  $D_{37}$  连至 SG3524 的第⑩脚。若 UPS 电源输出回路无短路和用过载现象发生时,由过流保护控制组件 IC1 的第①脚送出一个低电平至二极管  $D_{36}$  的正极,可见  $D_{36}$ 、 $D_{37}$  组成的与门输出端将送出一个低电平到 SG3524 的封锁端。在此低电平的作用下,组件内部的控制晶体管  $Q_k$  处于截止状态,这时 SG3524 内部比较器的工作状态将不会受到外部电路的任何影响。而且“启动失败”控制组件 IC6 的⑦脚及市电供电——逆变器供电转换控制组件 IC5 的⑩脚同时送出一个 12V 的高电平,此电平会使  $D_{38}$  处于反向偏置状态,也保证了 SG3524 内部的工作状态不受外电路的影响。

当 SG3524 各脚获得上述电平后,由 UPS-500 电源的交流输出端经变压器的次级绕组反馈回一个约 27V 左右的交流反馈电压  $V_{\bar{r}}$ 。此电压经  $D_{40}$ 、 $D_{41}$ 、 $C_9$  及  $R_{17}$ 、 $R_{18}$ 、电位器  $VR_2$  组成的单相全波整流滤波降压电路后输出一个直流反馈电压(可通过调节  $VR_2$  来控制)。当 UPS 电源的输出电压因某种原因而下降时,送入 SG3524 ①脚的电压也会有所下降,致使误差放大器的输出电压增大,如前所述,这个增大的电压  $V_{\Delta}$  与锯齿波电压  $V_{\Delta}$  进行比较后,使得比较器输出电压  $V_2$  的脉宽增大。显然这个脉宽增大的  $V_2$  经与非门后,同样使得  $Q_a$ 、 $Q_b$  输出的脉冲电压的脉宽加宽。这样自然导致 UPS 电源逆变器输出脉冲宽度的加宽,从而使 UPS 不间断电源的交流输出电压有效值增大。反之,当某种原因使 UPS 电源交流输出电压有所上升时,通过上述的负反馈控制回路就会使得 SG3524 组件输出的驱动电压脉



冲宽度变窄,又导致 UPS 电源逆变器方波输出脉冲宽度变窄,这样 UPS 电源的交流输出电压将重新返回其原值。可见,正是通过 SG3524 脉宽调制组件的控制作用,才实现了对 UPS 电源交流输出的自动稳压调压控制。

$C_{12}$ 、 $R_{26}$ 和  $R_{27}$ 与 SG3524 的⑨脚一起构成了消振回路,电容  $C_{36}$ 是为了防止 UPS 电源刚开机时可能出现的输出电压过压或电流过冲。当 UPS 电源刚接通市电电网或刚启动时,因  $C_{36}$ 端电压不能突变,使 SG3524 ⑨脚的电平被瞬时拉向零电平,从而使脚⑪、⑭上的输出电压脉冲的宽度变为零,因而在刚接通电源的瞬间,UPS 电源不会立即有输出。随着  $C_{36}$ 的逐渐充电,在脚⑪、⑭上输出电压的脉冲宽度将逐渐加宽,直到达到预定值为止。这个输出的脉冲宽度可调的方波电压分别经二极管  $D_{42}$ 和  $D_{43}$ 送到  $Q_5$ 和  $Q_6$ 的基极。NPN 型晶体管  $Q_3$ 和  $Q_4$ 与 PNP 型晶体管  $Q_{1a}$ 、 $Q_{1b}$ 和  $Q_{2a}$ 、 $Q_{2b}$ 组成了 UPS—500 电源的末级复合驱动管。其中  $Q_{1a}$ 、 $Q_{1b}$ 和  $Q_{2a}$ 、 $Q_{2b}$ 与输出变压器 T 一起构成典型的推挽功率放大线路。

(2)市电供电正常,UPS 电源处于后备工作状态,脉宽调制组件的工作状态

当市电供电正常时,转换控制组件 IC5 的④脚将从 12V 转为零伏,这个低电平使得晶体管  $Q_7$ 、 $Q_8$  由原来的截止状态转为导通状态,从而使得 SG3524 的⑬脚、⑫脚电压变为零,所以末级驱动输出脚⑭和脚⑪也为零,因而 UPS 电源的逆变器将自动停止工作。市电供电正常时,IC5 的⑩脚电平也从高电平降至零伏。这个低电平通过二极管  $D_{38}$ 把 SG3524 的补偿端⑨脚封锁在零伏,这样组件内部比较器的同相输入端也被置零,从而使比较器的输出电压脉宽变为零。这变化同样使 SG3524 组件无驱动脉冲输出,从而保证了在市电供电期间,UPS 电源的逆变器停止工作的目的。

(3)当 UPS 电源发生故障时,脉冲宽度调制组件的工作状态

当 UPS 电源供电线路因某种原因产生过电流或短路故障时,来自过流保护组件 IC1 的①脚电平从零伏变为 12V。这个高电平经  $D_{36}$ 送至 SG3524 的⑩脚,使内部控制晶体管  $Q_k$  从截止状态转变为导通状态。由图 6-54 可明显看出,这也使组件内部电压比较器的同相输入端短路接地,因而组件驱动输出电压脉冲宽度将变为零。从而使 UPS 电源的输出立即变为零。这样的控制方式可以避免 UPS 电源的末级驱动晶体管  $Q_1$ 和  $Q_2$  因过流故障而被损失的危险。

UPS 电源内部蓄电池电压随着市电中断和逆变器供电时间的增长而逐渐下降。当电池放电到其端电压低于蓄电池所能允许的最低下限电压(一般取 21V 左右)时,来自电池电压监视电路的控制组件 IC6 的第①脚电平将从零伏上升到 12V。该高电平经二极管  $D_{37}$ 也送至 SG3524 的⑩脚,如上所述,使其⑪、⑭脚的输出电压脉冲宽度为零。从而使 UPS 电源逆变器停止工作。这样避免了内部蓄电池因过度放电而造成电池永久性损坏的危险。

当 UPS 电源启动失败(一般意味着 UPS 电源启动时可能出现的瞬态启动电流过大或电池电压在启动时出现过大的瞬间跌落)时,来自“启动失败”控制组件 IC6 的⑦脚的电平将从 12V 降至零伏。这个低电平经  $D_{38}$ 送至 SG3524 的⑨脚,很显然,也使内部比较器的同相输入端短接至地,因而组件的驱动输出端⑪脚和⑭脚也无驱动电压输出。故 UPS 电源逆变器的输出将变为零,进而保护 UPS 电源内部元件因启动电流过大而可能引起的损坏。

## 2. 市电供电——逆变器供电转换控制电路的工作原理

当外界市电电网供电中断或外界电网电压低于 170V 左右时,使 UPS 电源从市电供电

状态自动切换到由 UPS 电源逆变器供电状态。反之,当市电供电恢复正常或电网重新上升到高于 180V 时,使 UPS 电源重新回复到由市电供电的后备工作状态。本控制线路主要完成的功能有:

a. 当市电供电中断或市电恢复正常时,使控制 UPS 电源在市电供电——逆变器供电之间进行相互转换的自动转换断路器按预定的程序进行自动转换。并向 SG3524 发出相应的控制信号,使其输出电压脉宽为零。

b. 当市电供电中断或市电恢复正常时,控制 UPS 电源操作控制面板上的相应指示灯和蜂鸣器工作,向有关操作人员发出报警信号,以便操作人员对微机进行必要的应急控制操作。

c. 当电网电压降至转换临界点附近时,为避免微小波动或电网干扰而造成 UPS 电源在市电供电与逆变器供电之间进行不正常的频繁切换跳动,要求 UPS 电源的转换控制点电压应具有一定的滞后范围。即当市电电网从高向低跌落时,比较器的转换点电压值应比市电电网电压从低向高增长时的转换电压值低 5~10V 左右。下面以市电正常和市电中断这两种情况来分析转换控制线路的工作原理。

#### (1) 市电电网供电正常时,UPS-500 电源控制线路的工作原理

Senteck 牌 UPS-500 电源的转换控制线路原理图如图 6-55 所示。当市电供电正常时,来自市电供电监测变压器  $T_2$  次级的监视信号经  $D_9$ 、 $D_{10}$  全波整流成脉动直流电压  $V_1$ ,再由  $R_{s1}$ 、 $VR_4$ 、 $R_{s2}$ 、二极管  $D_{13}$ 、电容  $C_{24}$ 、 $C_{28}$  降压滤波后,输出直流电压  $V_b$ 。 $V_b$  就是后级比较器 IC1 的同相输入端所需的市电电压监测信号,显然适当调整电位器  $VR_4$  的值就可调整  $V_b$  的大小(即调整 UPS 电源逆变器转换工作点的电压值)。这个电压  $V_b$  与由基准电压 5V 和由  $R_{11}$ 、 $R_{12}$  组成的电阻分压器所产生的直流电压叠加后,形成了电压  $V_{b1}$  送到由组件 IC1 的⑧、⑨、⑭脚组成的电压比较器的同相输入端作为 UPS 电源的市电监测控制电压。而反相输入端的参考基准电压来自晶体管  $Q_{14}$  的集电极电压  $V_{s1}$ 。 $V_{s1}$  是一串周期为 10ms 的窄脉冲序列,其幅值大小将由具有滞后特性的由晶体管  $Q_{12}$ 、 $Q_{13}$  和  $Q_{14}$  组成的幅值滞后变化控制线路来确定。

脉动直流电压  $V_1$  还经  $R_{73}$ 、 $R_{74}$  组成的分压器分压后,产生另一路市电监视电压  $V_3$  送至由组件 IC7 的第②、④和⑤脚组成的电压比较器的反相输入端④脚,其同相输入端⑤脚被连接在由基准电压 5V,电阻  $R_{25}$ 、 $R_{72}$  组成的电阻分压器的中点,该电压  $V_2$  就是这个比较器的基准参考电压。如图 6-56 所示, $V_2$  的幅值仅在  $t_1 \sim t_2$ ,  $t_3 \sim t_4$ ,  $t_5 \sim t_6$ , …… $t_{11} \sim t_{12}$  之间很短的时间间隔内才大于  $V_3$ ,其余时间内  $V_2$  的幅值都比脉动市电监视信号  $V_3$  小。所以在比较器 IC7 的②脚输出的是一串周期为 10ms 的正窄脉冲序列  $V_4$ 。这个输出电压  $V_4$  被分别分成三路送到下一级控制回路。

第一路: $V_4$  被送到由 IC7 的第⑥、⑦、①脚组成的另一个电压比较器的同相输入端⑦脚。该电压比较器的反相端⑥脚的参考基准电压由基准电压 +5V、电阻  $R_{70}$  和  $R_{92}$  组成的分压器提供。因为同相输入端输入的电压  $V_4$  是一串单向正窄脉冲序列,只有  $t_1 \sim t_2$ ,  $t_3 \sim t_4$ , …… $t_{11} \sim t_{12}$  很短的时间内才比反相端⑥脚的参考电压高,因此,在比较器 IC7 的输出端①脚将输出幅度约为 +12V 的一串周期为 10ms 的窄脉冲电压  $V_6$ 。此电压脉冲经由 IC2 组件的①、②和③脚组成与非门的输入端①脚,经过与非门反相后(此时与非门另一输入端②脚

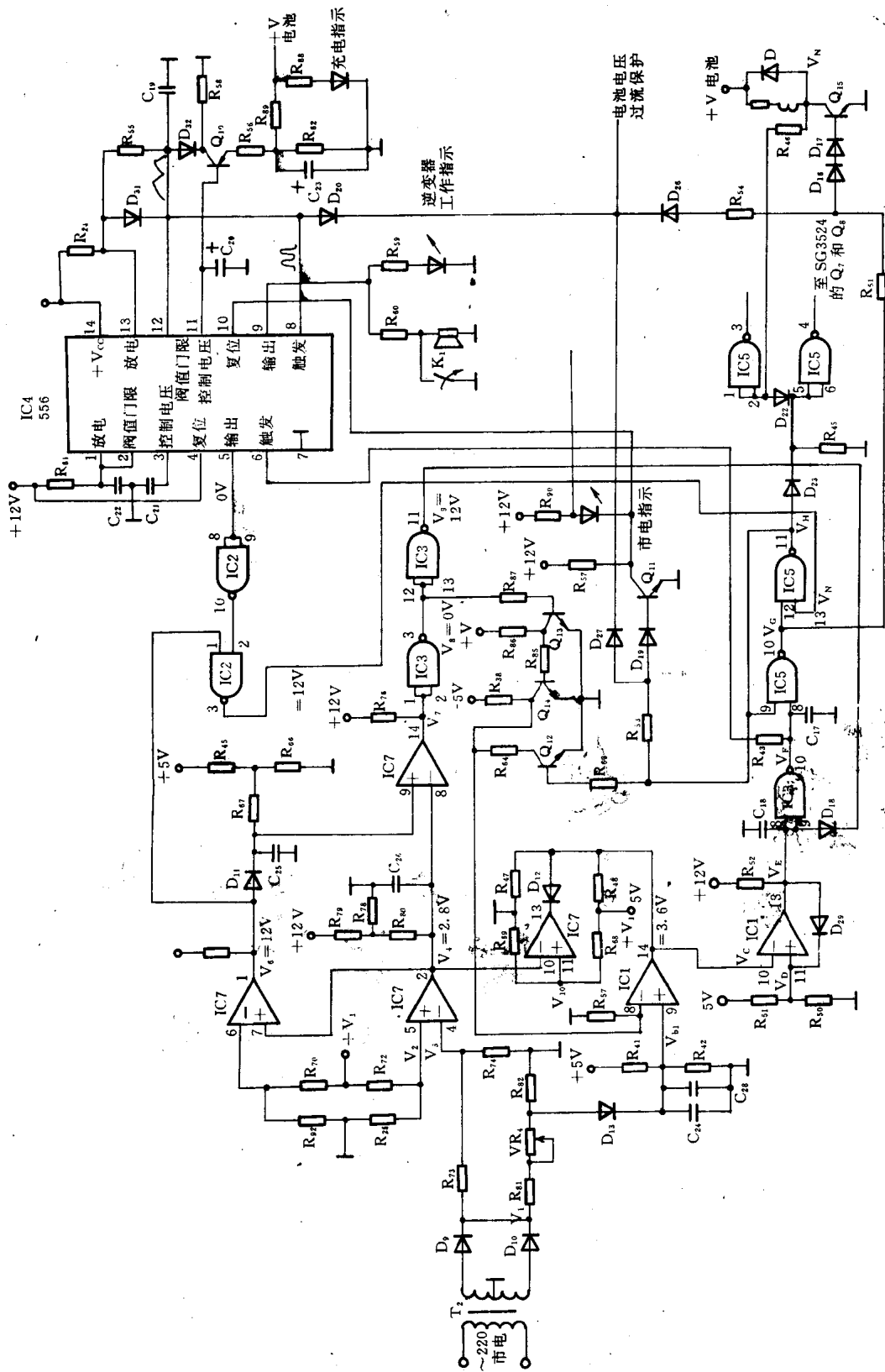


图 6-55 UPS-500 型不间断电源的市电供电—逆变器供电转换控制线路

电位是高电平),形成如图 6-56 所示的一串正宽脉冲系列,其周期仍为 10ms,此正宽脉冲序列就是后级 RS 触发器所需的刷新控制信号  $V_N$ 。

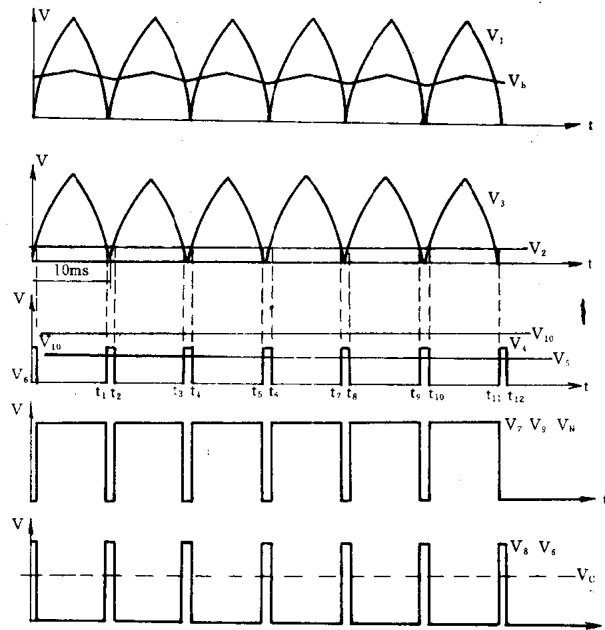


图 6-56 UPS 电源市电供电时,控制线路输出波形图

第二路: $V_4$  被送到由 IC7 的⑧、⑨和⑭脚组成的电压比较器的反相输入端⑧脚,其同相端⑨脚送入的是与  $V_4$  同相位,但其幅值远大于  $V_4$  的正窄脉冲  $V_6$ 。所以,在比较器的输出端⑭脚将获得如图 6-56 所示的周期同为 10ms 的正宽脉冲序列  $V_7$ 。此电压  $V_7$  经由组件 IC3 的①、②和③脚及⑪、⑫和⑬脚组成的双与非门(实际是非门)后分别形成如图 6-56 所示的一串周期为 10ms 的正窄脉冲  $V_8$  和正宽脉冲  $V_9$ 。其中  $V_8$  送到由晶体管  $Q_{12}$ 、 $Q_{13}$  和  $Q_{14}$  组成的具有滞后特性的幅值控制线路;而  $V_9$  则被送到由组件 IC1 的⑩、⑪和⑬脚组成的带滞后特性的电压比较器的输出端,以实现 UPS 电源能以 100Hz 频率来随机检测市电网供电状态,并提供一个快速确定是否需要逆变器的检测刷新信号。

第三路: $V_4$  被送到由组件 IC7 的⑪、⑩和⑬脚组成的电压比较器的反相输入端⑩脚,其同相输入端⑪脚的参考基准电压  $V_{10}$  是由基准电源 +5V 和电阻分压器  $R_{68}$  和  $R_{69}$  形成的。因电压  $V_{10}$  的幅值大于  $V_4$ ,所以在比较器的输出端⑬脚输出一个高电平。此电平接至二极管  $D_{12}$  的阴极,阳极电压是电阻  $R_{47}$ 、 $R_{48}$  对基准电源 +5V 的分压电压,此电压被送至由组件 IC1 的第⑩、⑪和⑬脚组成的带滞后特性的电压比较器的反相输入端⑩脚。

这个由 IC1 的⑩、⑪和⑬脚组成的带滞后特性的电压比较器的特点是:在比较器输出端⑬脚和同相输入端⑪脚间接入一个正向连接的反馈二极管  $D_{29}$ 。它的工作原理是:由 +5V 基准电源、电阻  $R_{50}$  和  $R_{51}$  组成的电阻分压器得到一个大约 +2.5V 的参考基准电压  $V_D$  送入同相端⑪脚。与此同时电压  $V_C$  被送到反相输入端⑩脚。当市电供电正常时, $V_C > V_D$ ,此时反相端电压高于同相端电压,在其输出端⑬脚上将输出一低电平,这时  $D_{29}$  被反向偏置,因此  $D_{29}$  对电压比较器的工作状态不产生任何影响。反之,当市电供电中断或电网电压低于 170V 左右时, $V_D > V_C$ 。若无二极管  $D_{29}$  存在,在比较器的输出端就会得到一个高电压。但因

+12V 电源通过电阻  $R_{52}$ 、二极管  $D_{29}$ 、电阻  $R_{50}$  形成了通路,致使  $R_{50}$  与  $R_{51}$  之间的电位将从原来的大约 2.5V 上升到 10.5V 左右。这即表明,一旦  $V_D > V_C$ , 比较器同相端⑩脚的参考基准电压将产生一个由 2.5V 到 10.5V 的跳变。这一功能有利于使得当 UPS 电源处于逆变器工作状态时,不易受外界干扰的影响而产生变化,从而保证 UPS 电源逆变器可靠地工作。即是说,此电压比较器的参考基准电压的大小并非一个常数,它的大小取决于是  $V_C > V_D$  还是  $V_D > V_C$ 。2.5V 作为市电供电正常时的参考基准电压,而 10.5V 却是 UPS 逆变器供电时的参考基准电压。

当市电供电正常时,组件 IC1⑬脚输出的低电平与来自 IC3 组件的⑪脚的一串正宽脉冲  $V_N$  一起送到由组件 IC3 的⑧、⑨和⑩脚组成的与非门的输入端⑧脚和⑨脚,在其输出端⑩脚产生 +12V 的高电平输出  $V_F$ 。此  $V_F$  分两路去控制下级工作状态。一路通过电阻  $R_{43}$  送至组件 IC4 (NE556) 组成的单稳触发器输入端⑥脚,在其输出端第⑤脚上产生低电平输出。另一路  $V_F$  送到由双与非门组件 IC5 的第⑧、⑨和⑩脚及 IC5 的⑫、⑬和⑭脚组成的 RS 触发器的置零端,在 RS 触发器的置零端送入一串宽正脉冲电压  $V_N$ 。这个 RS 触发器的工作原理是:当市电供电正常时,来自组件 IC2 输出端③脚的窄脉冲  $V_N$  被送到由双与非门 IC5 组成 RS 触发器的置位端⑬脚。在  $0 \sim t_1$  间隔内,电压  $V_N$  处于高电平 +12V。此时触发器的 Q 端⑪脚将继续维持其原始工作状态,处于零伏的低电平状态(因为当 UPS 电源处于逆变器供电时,⑪脚上的输出电平为 0V)。在时刻  $t_1$  处,触发器被负脉冲  $V_N$  触发, Q 端的电平  $V_N$  将从零伏上升到 +12V,则  $\bar{Q}$  端⑩脚的电压从 12V 下降到零伏,此后因 IC5⑫脚已处于低电平,所以不管⑬脚输入电平状态是高是低,此 RS 触发器的 Q 端⑪脚将一直维持高电平。RS 触发器各工作点电压波形如图 6-57 所示。IC5⑩脚的低电平经电阻  $R_{51}$ 、二极管  $D_{16}$  和  $D_{17}$  送到控制继电器  $LZ_1$  动作的晶体管  $Q_{15}$  的基极,使  $Q_{15}$  截止,继电器  $LZ_1$  释放,通过  $LZ_1$  的切换,UPS-500 的供电回路将自动从逆变器工作转换到由市电供电状态。此时, $Q_{15}$  集电极将通过电阻  $R_{46}$ 、二极管  $D_{22}$  和电阻  $R_{45}$  回路向与非门组件 IC5 的输入端⑤和⑥脚送入一个 +12V 的高电平。经此非门反相后,向脉宽调制组件 SG3524 驱动输出端的控制晶体管  $Q_7$  和  $Q_8$  的基极馈送低电平。由组件 IC5 组成的 RS 触发器的 Q 端⑪脚所输出的 +12V 高电平  $V_H$  将分四路去控制后级的工作状态。

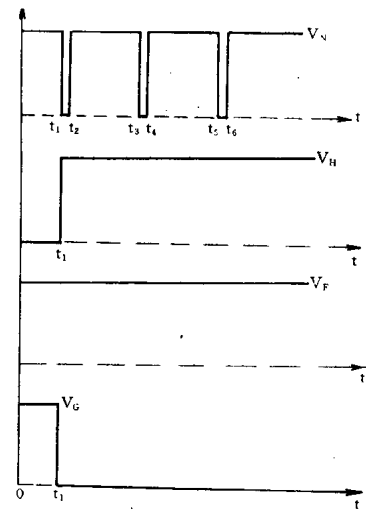


图 6-57

一路  $V_H$  经由电阻  $R_{53}$ 、二极管  $D_{19}$  送到 NPN 型晶体管  $Q_{11}$  的基极,使得  $Q_{11}$  从截止变为导通,从而导致“市电工作”指示灯亮。与此同时, $Q_{11}$  集电极输出的低电平将送到由组件 IC4 (NE556) 组成的多谐振荡器的复位控制端⑩脚,使自激多谐振荡器停止振荡。

一路  $V_H$  通过电阻  $R_{53}$ 、二极管  $D_{27}$  送至 IC4 的触发控制端⑧脚及阈值门限控制端⑫脚。

一路  $V_H$  通过电阻  $R_{63}$  送到由晶体管  $Q_{12}$ 、 $Q_{13}$  和  $Q_{14}$  组成的具有滞后特性的幅值控制线路,去调整参考基准电压  $V_i$  的幅值大小。

最后一路  $V_H$  经二极管  $D_{23}$  送到由组件 IC5 的第④、⑤、⑥脚组成的与非门。当市电供电正常时,来自  $V_N$  的 +12V 电压与来自晶体管  $Q_{15}$  的 +12V 电压通过由二极管  $D_{23}$  和  $D_{22}$  组成

的或门加到与非门 IC5 的输入端⑤和⑥脚,使得其输出端④脚将输出零伏的低电平。此低电平送至 SG3524 的⑫和⑬脚上的控制晶体管  $Q_7$  和  $Q_8$  的基极,使脉宽调制组件的输出为零,逆变器停止工作。

综上所述,当市电供电正常时,从市电供电——逆变器供电转换控制回路中将送出下列控制信号来实现市电供电——逆变器供电之间可靠切换。

a. 由组件 IC5 的④脚输出一个低电平去控制脉宽调制组件 IC8(SG3524)的⑫、⑬脚,使 SG3524 输出为零,逆变器停止工作。

b. 由组件 IC5 的⑩脚输出一个低电平,使晶体管  $Q_{15}$  截止,这样转换控制继电器将从吸合转变为释放,UPS 电源从逆变器供电转换到由市电供电。

c. 由组件 IC5 的⑪脚输出一个高电平  $V_H$ ,使晶体管  $Q_{11}$  导通,“市电供电”指示灯亮; $V_H$  又送到幅值控制回路去调整电压比较器 IC1 第⑧脚的参考基准电压值; $V_H$  还被送去控制由 IC4(NE556)组成的多谐振荡器的工作状态,使多谐振荡器停止振荡。

(2) 当市电供电中断或市电电压低于 170V 时,UPS-500 不间断电源的市电供电——逆变器供电的控制线路工作原理

当市电供电中断时,UPS-500 型电源的市电供电——逆变器供电转换控制线路如图 6-55 所示。当市电供电中断时,来自市电供电状态监测变压器  $T_2$  次级电压变为零伏。此信号经  $R_{73}$ 、 $R_{74}$  组成的电压分压器分压后,送到由组件 IC7 的②、④和⑤脚组成的电压比较器的反相输入端④脚,其同相输入端⑤脚接至由基准电压 5V、电阻  $R_{72}$  和  $R_{25}$  组成的电压分压器的中点,此点电平约 0.4V 左右。在比较器的输出端②脚输出一个高电平。同样,输出电压  $V_4$  也分成三路去控制下级的工作。

一路  $V_4$  被送至 IC7 的①、⑥、⑦脚组成的比较器的同相输入端⑦脚,其反相端连接到由基准电源 +5V、 $R_{70}$  和  $R_{92}$  组成的分压器的中点,此点约为 0.3V,在其输出端①脚获得 +12V 的电压  $V_6$ 。 $V_6$  又分两路:一路送至 IC2 的①、②、③脚组成的与非门的输入端①脚,另一输入端②脚为零伏,因此在输出端③脚上获得 +12V 的高电平电压  $V_N$ ,为后级的 RS 触发器提供一个高电平输入。电压  $V_6$  的另一路经二极管  $D_{11}$  送到由组件 IC7 的⑧、⑨、⑭脚组成的电压比较器的同相端⑨脚。

另一路电压  $V_4$  送到组件 IC7 的⑧、⑨、⑭脚组成的比较器的反相端,因其同相端⑨脚的电位是一近 +11V 的高电平,所以在其输出端⑭上输出约 12V 的高电平  $V_7$ 。 $V_7$  经 IC3 的①、②、③脚和⑫、⑬、⑪脚组成双与非门反相后,分别产生零伏的  $V_8$  和 +12V 的  $V_9$ 。 $V_8$  被送至由  $Q_{12}$ 、 $Q_{13}$  和  $Q_{14}$  组成的参考基准电平幅值控制线路,而  $V_9$  通过二极管  $D_{18}$  送至组件 IC3 的⑨脚。

最后一路电压  $V_4$  送至组件 IC7 ⑩、⑪、⑬脚组成的比较器的反相输入端⑩脚,由 +5V 基准电压  $R_{68}$ 、 $R_{69}$  组成的分压器的中点连至同相输入端⑪脚。因反相端电压大于同相端电压,在其输出端⑬脚输出零伏的低电平,再经二极管  $D_{12}$  钳位后得到约 0.6V 的电压输出  $V_c$ 。

当市电供电中断时,使得市电电压检测信号为零,此时,由 IC1 的⑧、⑨、⑭脚组成的电压比较器的同相端电压仅仅由基准电压 5V、 $R_{41}$  和  $R_{42}$  组成的分压器的中点来确定,其值约为 2V。这时来自参考基准电平幅值控制线路中晶体管  $Q_{14}$  集电极的电位为零。因 IC1 的④

脚输出已被钳位到 0.6V, 所以不象理论上输出高电平。这一个 0.6V 的  $V_C$  送到 IC1 的⑩脚, 如前所述, IC1 的⑩脚的电位仅由基准电压 5V、 $R_{50}$  和  $R_{51}$  所确定为 2.5V, 所以输出端⑬脚的电压  $V_E$  将上升至 12V 高电平。 $V_E$  高电平后,  $D_{29}$  便立刻由反向偏置转为正向导通, 致使该电压比较器同相输入端⑩脚的电压迅速从 2.5V 上升至 10.5V 左右, 这一工作状态将一直维持到市电恢复供电为止。因在市电中断期间, 这个电压比较器的参考基准电压被提得如此高, 使得 UPS 的逆变器供电期间, 控制线路将稳定工作而不受任何外界干扰的影响, 从而保证了逆变器供电的可靠性。

IC1⑬脚输出的 +12V 电压  $V_E$  与来自 IC3⑪脚输出的 +12V 电压  $V_9$  一起送入 IC3 的⑧、⑨脚, 在与非门的输出端⑩脚输出一个幅值为零伏的低电平  $V_F$ 。 $V_F$  被直接送至 RS 触发器的置零端, 使这个 RS 触发器的 Q 端⑪脚输出低电平  $V_H$ , 其  $\bar{Q}$  端⑫脚输出高电平  $V_G$ 。此时 RS 触发器的另一输入端⑬脚接至一个 12V 的高电平  $V_N$ , 所以触发器的工作状态与控制电压  $V_N$  无关。

RS 触发器⑫脚的 +12V 电压  $V_G$  经  $R_{51}$ 、 $D_{16}$ 、 $D_{17}$  送至  $Q_{15}$  的基极, 使其由截止转为饱和导通, 致使市电供电——逆变器供电转换继电器从释放状态转变为吸合状态, 从而实现了 UPS 电源从市电供电到由逆变器供电的自动切换操作。由 RS 触发器⑪脚输出的低电平  $V_H$  也同样分四路去控制后级电路: 一路经  $R_{53}$ 、 $D_{19}$  耦合到  $Q_{11}$  的基极, 使其截止, “市电工作”指示灯灭。同时  $Q_{11}$  集电极的 +12V 电压送至 IC4 (NE556) 的复位控制端⑩脚, 使自激多谐振荡器开始振荡。一路  $V_H$  经  $R_{53}$ 、 $D_{27}$ 、 $D_{20}$  与 IC4 的触发控制端⑧脚和阈值门限端⑫脚相接。一路  $V_H$  送至由  $Q_{12}$ 、 $Q_{13}$  和  $Q_{14}$  组成的带滞后特性的参考基准电平幅值控制线路中  $Q_{12}$  的基极, 使其由导通转为截止。最后一路  $V_H$  经  $D_{23}$  送至由 IC5 的⑤、⑥、④脚组成的与非门的输入端⑤和⑥脚, 经与非门反相后, 在其④脚得到一个 12V 的高电位。此高电位送到脉宽调制组件 SG3524 的驱动电压控制晶体管 PNP 的  $Q_7$  和  $Q_8$  的基极, 如图 6-54 中所示, 使  $Q_7$ 、 $Q_8$  截止, 这样 SG3524 便可输出一连串宽度可调脉冲去驱动 UPS 逆变器的末级驱动晶体管, 从而使逆变器开始向负载供电。当市电网低于 170V 时, UPS-500 型电源的市电供电——逆变器供电控制线路的工作原理与市电供电中断时基本相同, 此不赘述了。

### (3) 参考基准电平幅值调整回路工作原理

由晶体管  $Q_{12}$ 、 $Q_{13}$  和  $Q_{14}$  组成的幅值调整电路如图 6-55 所示。当市电网电压从高向低跌落到 170V 以下或市电供电中断时, 来自组件 IC3 第③脚的 12V 的正窄脉冲  $V_8$  经  $R_{57}$  送至  $Q_{13}$  的基极,  $Q_{13}$  处于放大工作状态, 在其集电极输出一串幅值为 7.5V 左右的频率为 100Hz 的宽正脉冲序列  $V_{13}$ , 此  $V_{13}$  又经  $R_{55}$  送到  $Q_{14}$  的基极,  $Q_{14}$  集电极输出电压的高低将取决于  $Q_{14}$  集电极至发射极的管压降与电阻  $R_{64}$  和晶体管  $Q_{12}$  集电极至发射极的管压降所组成的串联支路的电压降的并联值。当市电网从 220V 向下跌落至 170V 以下或市电供电中断时的前一瞬间, 晶体管  $Q_{12}$  的基极通过电阻  $R_{63}$  与幅值为 12V 的电压  $V_H$  相连。此时, 由于晶体管  $Q_{12}$  处于饱和状态, 其管压降大约为 0.3~0.4V 左右。在此条件下, 从晶体管  $Q_{14}$  的集电极将输出一串频率为 100Hz 的幅值为 2.4V 左右的正窄脉冲电压  $V_{11}$ 。当市电网电压从低向高上升到高于 170V 或市电供电恢复正常的前一瞬间, 晶体管  $Q_{12}$  的基极通过电阻  $R_{63}$  接收的电压  $V_H$  其幅值却是零伏左右。在这样的条件下, NPN 型晶体管  $Q_{12}$  处于截止状态。这时并联在晶体管  $Q_{14}$  集电极上的电阻  $R_{64}$  和晶体管集电极至发射极串联支路可以看成是开

路。因此这时晶体管  $Q_{14}$  集电极的输出电压将仅仅取决于晶体管  $Q_{11}$  集电极至发射极之间的管压降。这时在晶体管  $Q_{14}$  的集电极将输出一个幅值大约为 3V 左右的正脉冲电压  $V_{s2}$ 。即当 UPS 电源从高向低跌落时,送到电压比较器 IC1 反相端脚的参考基准电压  $V_{s1}$  比市电网电压由低向高增大时所产生的参考基准电压  $V_{s2}$  小。显然,电阻  $R_{64}$  的阻值越小,这一电压差值  $V_{s1} - V_{s2}$  越大。也就是为什么电阻  $R_{64}$  能决定这一回路的滞后幅度,一般减小  $R_{64}$  的阻值会增加其滞后幅度的原因。

### 3. UPS 电源工作状态指示电路

UPS-500 型电源工作状态指示电路如图 6-55 所示,它使用了一块 NE556 精密定时集成功能块作为控制部件。如前所述,NE556 是一个双 NE555 定时器集成块,其中由 1/2 556 组件的①脚到⑥脚组成一个单稳态电路,而另一半的⑧脚到⑬脚组成一个多谐振荡器,⑭脚为电源输入端,⑦脚接地。

当市电电网供电正常时,来自 IC3⑩脚的 +12V 电平经  $R_{43}$  送到 NE556 单稳态电路的触发输入端⑥脚,此时电容  $C_{22}$  端电压为零伏,输出端⑤脚输出低电平,此低电平经由组件 IC2 的⑧、⑨、⑩脚组成的与非门反相后输出幅值为 +12V 的高电平。该高电平与来自组件 IC7 第①脚的一串 12V 窄脉冲分别送入 IC2 的②脚和①脚,在其与非门输出端③脚获得一串幅值为 +12V 的宽脉冲电压。此电压就是前面提到过的市电供电——逆变器供电转换控制线路中 RS 触发器所需要的刷新检测信号。市电供电正常时,因组件 IC5 的输出端⑪脚输出的是高电平  $V_H$ ,  $V_H$  经  $R_{53}$ 、 $D_{19}$  送至晶体管  $Q_{11}$  的基极,使  $Q_{11}$  饱和导通,其集电极也为低电平,而  $Q_{11}$  集电极连至 NE556 多谐振荡器的复位端⑩脚,所以⑨脚输出一个低电平,这样“逆变器工作”指示灯熄灭,蜂鸣器停止鸣叫。同时电源电压 12V 通过  $R_{60}$ 、发光二极管、晶体管  $Q_{11}$  形成通路,使“交流供电”指示灯亮。

当市电供电中断或市电电网电压下降到 170V 以下时,IC3⑩脚输出的电压  $V_F$  和 IC5 ⑪脚输出的  $V_H$  均为低电平。其中  $V_F$  经  $R_{43}$  送到了 NE556 的⑥脚。此时连接在单稳态电路①脚和②脚的电容  $C_{22}$  两端电压被充电到  $2/3V_{CC}$ ,所以输出端⑤脚输出高电平,此高电平一直维持到市电重新恢复正常供电为止。因组件 IC2 的⑧、⑨脚为高电平,所以其与非门输出端⑩脚为低电平,此低电平又送至 IC2①、②、③脚组成的与非门输入端②脚,因而无论①脚的电平如何,IC2 的③脚都输出高电平,送至 RS 触发器的输入端⑬脚,为其翻转准备条件。IC5⑪脚输出的  $V_H$  低电平经  $R_{53}$ 、 $D_{19}$  使晶体管  $Q_{11}$  截止,使电源电压 12V 经电阻  $R_{57}$  连接到 NE556 多谐振荡器的复位端⑩脚,使 NE556 多谐振荡器产生周期性的振荡,其振荡周期取决于  $R_{44}$ 、 $R_{55}$  和电容  $C_{19}$ ,可按下式估算:

$$T = 0.693(R_{44} + 2R_{55}) \cdot C_{19}$$

按图 6-55 所示参数,其振荡周期大约为 4.5s 左右。因此,在市电供电中断的期间,NE556 自激多谐振荡器将在其输出端⑨脚输出一个幅值为 12V,周期为 4.5s 左右的矩形脉冲系列。该矩形脉冲电压经电阻  $R_{59}$  送到“逆变器工作”发光二极管的正极,使发光二极管开始闪烁。与此同时,矩形脉冲电压又经电阻  $R_{60}$  送到蜂鸣器上,因此蜂鸣器将同时发出间隙的蜂鸣叫声。当 UPS 电源的逆变器处于正常工作时,发光二极管的闪烁及蜂鸣器的间隙叫声的频率都比较低。但是随着逆变器工作时间的不断延长,UPS 电源内部蓄电池的电压将逐渐下降,当电池电压下降至危险工作点电压值时,发光二极管和蜂鸣器的间隙叫声的频



率将明显加快。为实现这一控制功能,在 NE556 自激多谐振荡电路中增加了一套辅助控制电路,它们是在电阻  $R_{55}$  的两端并联一个正向连接的二极管  $D_{31}$  和通过二极管  $D_{32}$  与蓄电池充电指示电路相连接。当蓄电池电压正常时,电池电压  $V$  通过电阻  $R_{38}$ ,使“充电指示”发光二极管点燃发亮。同时电池电压还通过电阻  $R_{39}$ ,  $R_{62}$  和  $R_{56}$  送到 PNP 型晶体管  $Q_{10}$  的发射极。NE556 多谐振荡器的控制电压端①脚将输出一个幅值大约为 8.5V 的电压,送到 PNP 晶体管的  $Q_{10}$  的基极,它使  $Q_{10}$  的发射极处于正向偏置的状态,并在  $Q_{10}$  的集电极形成 +8.5V 的电平。这个 8.5V 电平被同时送到电阻  $R_{58}$  及二极管  $D_{32}$  的负极。从前面关于 NE556 自激多谐振荡器的讨论中,我们已知连接在阈值门限端②脚的电容  $C_{19}$  上的电压变化范围为  $1/3V_{CC} \sim 2/3V_{CC}$  之间(大约相当于 4.0~8V 之间),因此,在电池供电正常时,二极管  $D_{32}$  被反向偏置。所以,电池充电回路中蓄电池端电压的高低对 NE556 自激振荡器的工作状态不产生任何影响。但是当蓄电池电压下降到危险点以下时,晶体管  $Q_{10}$  集电极的电位将逐渐有所下降,当  $Q_{10}$  的集电极电压下降到低于 8V 时,二极管  $D_{32}$  将从原来的反向偏置转变为正向偏置。一旦二极管  $D_{32}$  变成正向偏置时,+12V 电源将通过电阻  $R_{44}$ 、二极管  $D_{31}$ 、二极管  $D_{32}$ 、电阻  $R_{58}$  形成通路,也就是说流过二极管  $D_{31}$  的电流将比原来的状态有所增加。我们知道:二极管的正向电阻将随着流经二极管正向电流的增大而减小。因为二极管  $D_{31}$  是并联在电阻  $R_{55}$  上面的,所以  $D_{31}$  正向电阻的减少,必然会使自激振荡器振荡频率加快。这是因为它的振荡周期等于:

$$T = 0.693(R_{44} + R_{55} // R_D) \cdot C_{19}$$

式中  $R_D$  代表二极管  $D_{31}$  的正向电阻。由上述分析可以看到,一旦蓄电池电压下降到危险点以下,“逆变器工作”发光二极管的闪烁频率和蜂鸣器间断叫声的频率都会明显加快。

#### 4. 电池电压过低及过电流保护线路

保护线路是 UPS 电源不可缺少的部分,如果没有它们,则任何偶然操作失误或某个电路的偶然失效都会造成蓄电池的永久损坏或逆变器末级功率晶体管的烧毁。UPS-500 不间断电源的电池电压过低及负载过电流保护线路示于图 6-58 中。其中由组件 IC1 的第②、④和⑤脚组成了电池电压过低保护线路;由组件 IC1 的①、⑥和⑦脚组成了负载过电流保护线路。它们的工作原理分成:市电供电正常、市电供电中断及电池电压过低及负载过电流保护等三部分来分析。

##### (1) 市电供电正常时

当市电供电正常时,由组件 IC1 第②、④和⑤脚组成的电压比较器其同相端⑤脚被连接到由电池电压  $V_3$  (约 +24V)、电阻  $R_{24}$  和  $R_{25}$  组成的电阻分压器的中点,比较器的反相端④脚被连接到由基准电压 +5V、电阻  $R_{40}$ 、 $R_{39}$  组成的电阻分压器的中点。当电池电压高于蓄电池所允许的危险工作点以上时,这一比较器同相端的电平比反相端的电平高,所以,这时 IC1 的输出端②脚将输出一个幅值为 12V 的高电平。此时,由于二极管  $D_{23}$  处于反向偏置状态,因此,反馈二极管  $D_{23}$  的存在不会影响这个电压比较器的工作状态。该电压比较器的输出电压  $V_1$  分两路送去控制下级工作。一路送至两个反向对接二极管  $D_{26}$  和  $D_{27}$  的中点。另一路经电阻  $R_9$  和二极管  $D_{44}$  负极送至下一级由组件 IC6 的第①、②和③脚组成的电压比较器的反相端②脚。由于由 12V 电源、电阻  $R_{35}$  和  $R_{36}$  组成的电阻分压器中点的电平大约为 7V 左右,所以,二极管  $D_{44}$  也被反向偏置,故电压  $V_1$  的大小不会对后级电压比较器产生任何影

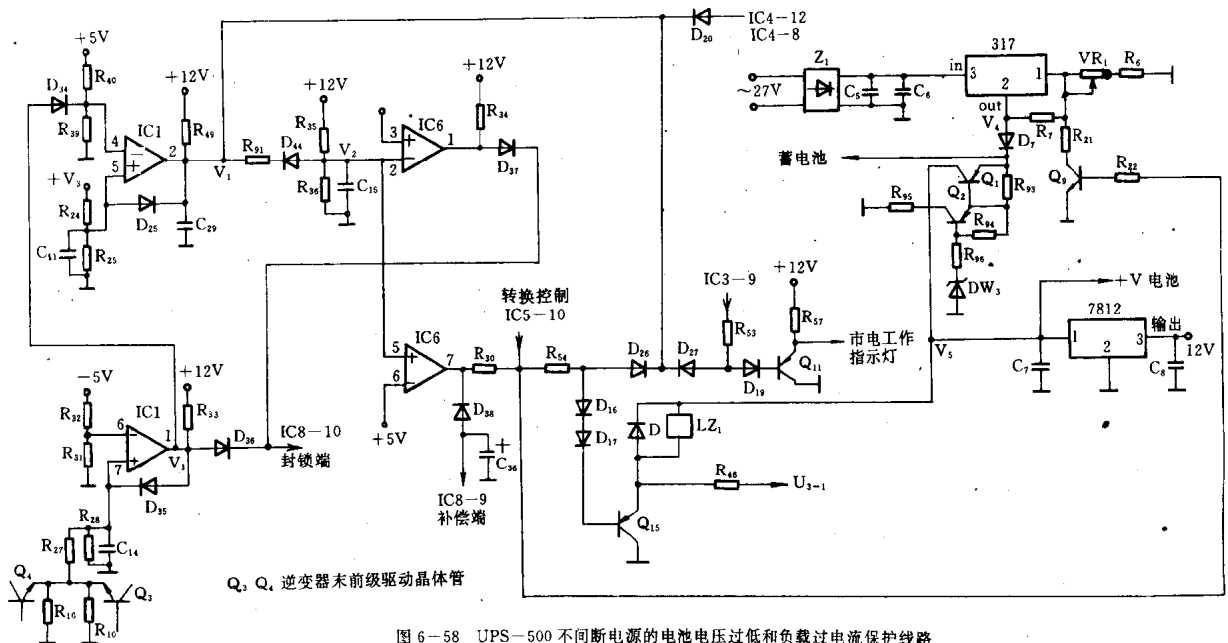


图 6-58 UPS-500 不间断电源的电池电压过低和负载过电流保护线路

响。在由组件 IC6 的第①、②和③脚组成的电压比较器中，其同相端被直接连接在 5V 基准电源上，而反相端电平为 7V 左右，故比较器的输出端①脚将输出幅值为零伏的低电平，这低电平又通过二极管 D<sub>37</sub> 送到脉宽调制组件 IC8 (SG3524) 的封锁端⑩脚。

当市电供电正常时，逆变器末前级驱动晶体管处于截止状态。此时，来自过流取样电阻 R<sub>10</sub> 上的电压信号等于零伏。这个过流检测电压通过电阻 R<sub>27</sub>、R<sub>28</sub> 被送到由组件 IC1 的第①、⑥和⑦脚组成的电压比较器的同相输入端⑦脚。由基准电源 5V、电阻 R<sub>31</sub> 和 R<sub>32</sub> 组成的电阻分压器产生的约 0.2V 参考基准电压被接到比较器的反相输入端⑥脚，所以，在比较器 IC1 的输出端①脚将输出一个幅值为零伏的低电平。这一低电平通过二极管 D<sub>36</sub> 也被送到组件 IC8 的封锁端⑩脚。由于来自二极管 D<sub>36</sub> 与 D<sub>37</sub> 组成正或门的两路控制信号都是幅值为零伏的低电平。所以，脉宽调制组件 IC8 的封锁端处于低电平状态，该组件工作状态不受任何影响。

当市电供电正常时，来自电阻 R<sub>35</sub> 与 R<sub>36</sub> 中点的 7V 左右的控制信号还被送到由组件 IC6 第⑤、⑥和⑦脚组成的电压比较器的同相端第⑤脚，该电压比较器的反相端被直接连接至 5V 基准电源上。由于比较器同相端电平比反相端的高，IC6 比较器的输出端⑦脚理应输出幅值为 12V 的高电平。但由于电阻 R<sub>30</sub> 是数值仅为 10Ω 的小电阻，致使这个电压比较器输出端⑦脚的电平被来自组件 IC5 第⑩脚的幅值为零伏的低电平箝位到约零伏的低电平。这一低电平通过二极管 D<sub>38</sub> 被送到脉宽调制组件 IC8 的补偿端⑨脚，致使脉宽调制组件停止输出驱动脉冲，逆变器停止工作。

## (2) 市电供电中断或市电电压低于 170V

当市电供电中断时，逆变器开始工作。这时流经逆变器末前级驱动晶体管的电流将在过流取样电阻 R<sub>10</sub> 上产生约 0.4V 的压降。这一电压降经电阻 R<sub>27</sub>、R<sub>28</sub> 分压后送到组件 IC1 的

同相端⑦脚,这时同相端电平大约 0.1V 左右。而此时由基准电源 5V、电阻  $R_{31}$  和  $R_{32}$  组成的电阻分压器的中点电压仍然保持在 0.2V 左右,该电压被送到 IC1 的反相端⑥脚。由于电压比较器反相端电平高于同相端电平,故比较器输出端①脚仍然输出幅值为零伏的电压,该电压经二极管  $D_{36}$  送到脉宽调制组件 IC8 的封锁端⑩脚。当市电中断时,由组件 IC1 的第②、④和⑤脚组成电压比较器的工作状态与市电供电正常时一样,这样,由组件 IC6 的①脚输出的电压仍是幅值为零伏的低电平,该电平同样经由二极管  $D_{37}$  送到脉宽调制组件的封锁端⑩脚。由于来自二极管  $D_{36}$  和  $D_{37}$  组成正或门的控制信号都是幅值为零伏的低电平信号,所以,脉宽调制组件 IC8 的工作状态同样将不受任何影响。

当市电供电中断时,送至由组件 IC6 第⑤、⑥和⑦脚组成的电压比较器同相端⑤脚的电平为 7V,而连接在比较器反相端⑥脚的电平是基准电压 5V。所以,在比较器输出端⑦脚将获得一个幅值为 12V 的高电平。这一电平经二极管  $D_{38}$  被送到脉宽调制组件 IC8 的补偿端。这时脉冲调制组件将开始向外输出驱动脉冲信号,因此,逆变器开始工作。

### (3) 电池电压下降至危险工作点以下(约 21V 左右)

当蓄电池电压下降到低于 21V 左右时,由电池电压、电阻  $R_{24}$  和  $R_{25}$  组成的电阻分压器中点电压将下降 1.2V 以下。这一小于 1.2V 的电池电压检测信号被送到由组件 IC1 的②、④和⑤脚组成的电压比较器的同相端⑤脚。而由基准电源 5V、电阻  $R_{40}$  和  $R_{39}$  组成的电阻分压器中点电压仍维持在 1.2V 左右,并被送到比较器的反相端④脚上,故比较器输出端②脚的电平将迅速从 12V 下降至零伏。此时,连接在比较器同相端和输出端之间的二极管  $D_{25}$  将从原来反向偏置转变为正向导通。二极管  $D_{25}$  的正向导通将把比较器同相端的电位箝位在 0.7V 左右,从而确保比较器的输出一直稳定在零伏的低电平状态。比较器输出的这一低电平,将分两路去控制后级的工作状态:一路被送到反向对接的二极管  $D_{26}$  和  $D_{27}$  的中点,这一零电平通过二极管  $D_{20}$  将被送到 NE555 自激多谐振荡器的触发控制端⑥脚,致使自激多谐振荡器停止振荡,并在其输出端⑨脚上输出一个 12V 的高电平。这样,将造成“逆变器工作”指示灯停止闪烁,蜂鸣器长鸣。有关操作人员,遇此情况发生时,必须立刻关闭 UPS 电源并检查故障原因。另一路通过电阻  $R_{31}$  和二极管  $D_{44}$  被送到由组件 IC6 的第①、②和③脚组成的电压比较器的同相端②脚。当  $V_1=0V$ ,二极管  $D_{44}$  将从原来的反向偏置转变为正向导通。这一变化结果将导致由电源 12V、电阻  $R_{35}$  和  $R_{36}$  组成的电阻分压器中点的电平下降至 5V 以下,与此同时连接到比较器同相端③脚的基准电源 5V 仍维持不变,所以,比较器输出端①脚的电平将从零伏上升至 12V,该电平通过由二极管  $D_{37}$  和  $D_{36}$  组成的或门电路后又被送到脉宽调制组件 IC8 的封锁端⑩脚,这样脉宽调制组件将立即停止向外输出驱动脉冲,逆变器停止工作。

### (4) UPS 电源的逆变器输出过电流

当某种原因造成逆变器输出过电流时,连接在逆变器末前级驱动晶体管  $Q_3$ 、 $Q_4$  发射极上的过电流取样电阻  $R_{10}$  上的电压降将增大。这一取样信号电压经由  $R_{27}$ 、 $R_{28}$  送到由组件 IC1 的⑥、①、⑦脚组成的电压比较器的同相端⑦脚。当同相端电平比反相端电平 0.2V 高时,比较器输出端①脚的输出电平将从零伏上升到 12V。一旦比较器输出端电平增大到 12V,则二极管  $D_{35}$  将从原来的反向偏置状态转变为正向导通,并把同相端电位提高 11V 左右。这一变化将使得这一电压比较器一直稳定工作在高电平输出状态。这个 12V 的高电平

$V_3$  将分两路送到下级控制级：一路通过二极管  $D_{36}$  送到脉宽调制组件 IC8 的封锁端⑩脚，致使脉宽调制组件立即停止输出驱动脉冲，逆变器停止工作。另一路通过二极管  $D_{34}$  送到由组件 IC1 的②、④和⑤脚组成的电压比较器的反相端④脚。由于比较器同相端⑤脚的电位仅 1.8V 左右，所以，比较器输出端②脚输出一幅值为零伏的低电平。正如在电池电压过低时分析的情况一样，比较器输出的这一低电平将使 NE555 自激多谐振荡器停止振荡，“逆变器工作”指示灯停止闪烁，蜂鸣器长鸣。与此同时，它将导致从二极管  $D_{37}$  输出一个高电平去封锁脉宽调制组件 IC8 的封锁端，迫使逆变器停止工作。

综上所述：无论是逆变器输出过电流还是蓄电池电压过低都会使得脉宽调制组件 IC8 停止输出驱动脉冲，逆变器停止工作。与此同时，“逆变器工作”指示灯停止闪烁，蜂鸣器长鸣。遇此情况，即说明 UPS 不间断电源有故障，操作人员需立即停机，检查原因。

#### 5. 辅助电源及充电回路

UPS-500 电源共有三种辅助电源：+24V，+12V 和 +5V。+24V 来自蓄电池供电，+5V 由脉宽组件 SG3524 的基准电源输出端⑩脚提供，蓄电池充电回路及 12V 电源的线路也示于图 6-58 中。

当市电供电正常时，经电源变压器  $T_1$  的一个辅助绕组送出一个 27V 的正弦波电压，该电压经全波整流集成块  $Z_1$  整流成 100Hz 的单向脉动电压。该单向脉动电压经电容  $C_5$  和  $C_6$  滤波后产生约 40V 的直流电压，并送到三端可调整正电压稳压集成块 LM317 的输入端③脚，稳压块的输出端是②脚。通过调整连接在 LM317 控制端①脚的电位器  $VR_1$  就可以方便地调整 LM317 的输出电压大小。从前面讨论已知：当市电供电正常时，来自组件 IC5⑩脚的控制电平为零伏，该电平经电阻  $R_{22}$  连接到 NPN 型晶体管  $Q_9$  的基极，使  $Q_9$  处于截止状态。这样一来，电阻  $R_{21}$  与晶体管  $Q_9$  支路对 LM317 控制电路的工作状态没有什么影响。由于 LM317 输出电压的大小是：

$$V_{out} = 1.25V \left( 1 + \frac{R_6 + VR_1}{R_7} \right)$$

本线路设计的输出电压  $V_{out} = 27V$  左右。LM317 的输出电压  $V_4$  经二极管  $D_7$  分两路供给下级作为电源使用：一路被送到蓄电池组对蓄电池进行浮动充电，充电电流大小与蓄电池的端电压大小密切相关。另一路被送到由两个 PNP 型晶体管  $Q_1$  与  $Q_2$  组成的稳压复合管，并通过该复合管向后级提供 24V 的电源。这对复合管的输出电压主要确定于连接在晶体管  $Q_2$  基极上的电阻  $R_{10}$  和稳压二极管  $DW_3$  的压降。复合管稳压器输出电压  $V_5$  被分别送去作为市电供电——逆变器供电转换控制继电器绕组的电源及作为三端固定电源稳压集成块 MC7812 的输入电压。经过 7812 稳压块的自动稳压作用在其输出端③脚送出 12V 稳压电源作为 UPS-500 不间断电源内部控制线路的辅助电源。

当市电供电中断，逆变器工作时，虽然这时从电源变压器也感应出了一个接近 40V 的方波，它经集成化全波整流块  $Z_1$  整流及滤波电容  $C_5$  和  $C_6$  整流滤波后变成约 45V 的直流电压并被输入到 LM317 的输入端。但这时来自组件 IC5⑩脚的控制电平已从零伏上升到 12V 高电平，该电平经电阻  $R_{22}$  被连接至 NPN 型晶体管  $Q_9$  的基极。由于此时晶体管  $Q_9$  的饱和导通，电阻  $R_{21}$  和晶体管  $Q_9$  支路将并联到  $VR_1$  和  $R_6$  组成的电阻支路。此时，三端可调稳压集成块 LM317 的输出电压将近似等于：

$$U_{out} = 1.25V \cdot \left(1 + \frac{R_{21} // (R_6 + VR_1)}{R_7}\right)$$

因此, LM317 的输出电压  $U_{out}$  将从 27V 下降到 12V 左右。这样一来, 二极管  $D_7$  将处于反向偏置状态。这是因为二极管  $D_7$  的负极同蓄电池的 +24V 电压相连, 而其正极却同 LM317 组件输出的 +12V 相连。所以, 逆变器就不会因通过二极管  $D_7$  对蓄电池充电而白白消耗能量。这点是后备式 UPS 不间断电源共用一个电源变压器来进行市电供电和逆变器供电所要解决的主要矛盾。鉴于上述情况, 在逆变器工作时, 蓄电池将通过由 NPN 型复合晶体管  $Q_1$  与  $Q_2$  组成的稳压线路向控制线路提供所需的 +24V、+15V、+5V 电源, 以保证 UPS 不间断电源的正常工作。

#### 6. 自动稳压线路及抗干扰控制线路

当 UPS 不间断电源处于逆变器工作状态时, 只要蓄电池供电电压不低于危险工作点 (21V) 以下, UPS 电源都能向负载提供有效值稳定的交流电源。但当 UPS 电源处于市电供电的后备工作状态时, 由于负荷是通过 UPS 电源的转换继电器开关直接与市电网相连。所以, 市电的任何波动都会影响后级负荷 (微型计算机) 的工作状态。为解决这个问题, 在 UPS-500 电源设计中引入了交流电自动稳压系统。如图 6-59 所示, 当市电供电正常时,

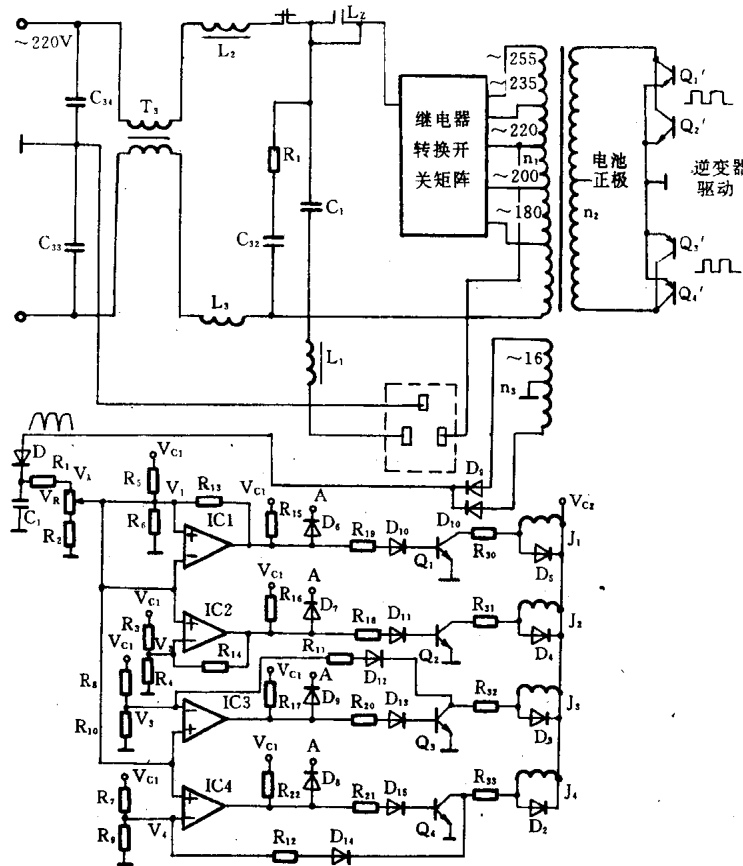


图 6-59 UPS-500 不间断电源自动稳压及抗干扰线路

市电火线经电感  $T_3$  和  $L_2$  送到市电供电——逆变器供电转换继电器  $LZ_1$  的常闭触点。由前面的讨论已知: 当市电供电时, 这一转换继电器处于释放状态。因此, 市电将通过  $LZ_1$  的常闭

触点被送到 UPS 电源的主电源变压器 T 的 220V 抽头处,并在次级绕组  $n_2$  感应出大约 16V 的交流电压。这个 16V 交流电压就是市电网电压检测信号,该电压经由二极管  $D_9$  和  $D_{10}$  组成的全波整流线路整流后,又被送到由二极管  $D_8$ 、电容  $C_1$  与电阻  $R_1$ 、 $R_2$  和电位器 VR 组成的整流滤波衰减回路,这样在电位器 VR 的输出端将获得一个与交流输出电压成正比的直流电压  $V_A$ 。应该指出:这一整流滤波线路的时间常数比较大,大约为 240ms。这样大的时间常数将在很大程度上限制了这种 UPS 电源稳压线路对市电波动的瞬态响应特性。电压  $V_A$  将作为稳压调整线路的输入电压而被分别送到由组件 IC1、IC2、IC3 和 IC4 组成的四个电压比较器的反相端和同相端。其中组件 IC1 和 IC2 组成一对带正回授的电压比较器,电压  $V_A$  被送到这对比较器的反相输入端。它们的同相端被分别连接到由电源  $V_{C1}$ 、电阻  $R_3$  和  $R_4$  及电阻  $R_5$  和  $R_6$  组成的电阻分压器的中点。假若市电网电压正好等于 220V 时所对应的电压  $V_A$  的值为  $V_0$  时,在线路设计时,使得这两个分压器中点的电压  $V_2$  和  $V_1$  分别相当于当市电网电压为 180V 和 200V 时所对应的电压值。由组件 IC3 与 IC4 组成一对带滞后特性的电压比较器,市电网检测电压  $V_A$  被送到它们的同相输入端,而它们的反相输入端被分别连接到由电源电压  $V_{C1}$ 、电阻  $R_7$  和  $R_{10}$  以及电阻  $R_7$  和  $R_9$  组成的电阻分压器的中点。线路设计时,使得电阻分压器中点的电压  $V_3$  和  $V_4$  分别相对于市电网电压为 235V 和 255V 时的值。因此,各电阻分压器中点的电压与它们所对应的市电网的值见表 6-9:

表 6-9

电阻分压器中点电压	$V_0$	$V_2$	$V_1$	$V_3$	$V_4$
对应的市电网电压(V)	220	180	200	235	255

当市电网电压等于标称值 220V 时,来自电位器 VR 中间抽头的电压  $V_A = V_0$ ;由于此时,对于由组件 IC3 和 IC4 组成的电压比较器而言,输入到它们同相端的电平  $V_0$  都比分别连接到它们反相端的电压  $V_3$  和  $V_4$  都小,因此,从比较器 IC3 和 IC4 输出端都将输出一个幅值为零伏的低电平。此低电平分别经电阻  $R_{20}$ 、二极管  $D_{13}$  和电阻  $R_{21}$ 、二极管  $D_{15}$  送到 NPN 型晶体管  $Q_3$  和  $Q_4$  的基极,使  $Q_3$  和  $Q_4$  处于截止状态,自然,与它们分别连接的继电器  $J_3$  和  $J_4$  都将处于释放状态。

当市电网电压等于标称值 220V 时,来自电位器 VR 中间抽头的电压  $V_A = V_0$  被同时送到由组件 IC1 和 IC2 组成的电压比较器的反相输入端,这时连接到它们同相端的电压分别为  $V_1$  和  $V_2$ 。由于  $V_0 > V_1 > V_2$ ,这两个电压比较器同相端的输入电平都比反相端低,所以,电压比较器 IC1 和 IC2 将同时输出幅值为零伏的低电平。这一低电平分别通过电阻  $R_{18}$  和二极管  $D_{11}$  及电阻  $R_{19}$  和二极管  $D_{10}$  送到 NPN 型晶体管  $Q_1$  和  $Q_2$  的基极,故晶体管  $Q_1$  和  $Q_2$  都处于截止状态。这样与晶体管  $Q_1$  和  $Q_2$  分别相连的继电器  $J_1$  和  $J_2$  都处于释放状态。综上所述:当市电网电压等于标称值 220V 时,继电器  $J_1$ 、 $J_2$ 、 $J_3$  和  $J_4$  都处于释放状态。

当市电网电压下降到低于 200V 时,对于电压比较器 IC1 而言,其同相端电压  $V_1$  将高于反相端的电压  $V_A$  (因为此时  $V_A < V_0 < V_1$ ),这时比较器 IC1 的输出将从零伏迅速上升至 +12V 电平。这 12V 的高电平通过电阻  $R_{19}$ 、二极管  $D_{10}$  被送到  $Q_1$  的基极,致使晶体管  $Q_1$  饱和导通,继电器  $J_1$  从释放进入吸合状态。一旦电压比较器 IC1 的输出端从低电平变成高

电平输出时,这个+12V高电平将通过正反馈电阻 $R_{13}$ 反馈到电压比较器的同相端,并使同相端的电平从原来的 $V_1$ 上升到 $V_1'$ 。一般线路设计时,使得 $\Delta V = V_1' - V_1$ 相当于市电网电压增加10V左右。IC1电压比较器同相端的这一变化意味着,当电网电压从220V下降到200V以下,电压比较器的切换转变点相等于市电网电压为200V,但是当电网电压从200V以下向上增加到200V时,电压比较器IC1输出端的高电平并不会恢复到低电平状态,只有当电网电压上升到210V时(相对的VR电位器中点的电压 $V_A$ 上升到 $V_1'$ ),IC1比较器的输出才会由高电平重新返回到低电平状态。即只有当市电电压上升到210V时,继电器才会重新从吸合状态返回到释放状态。

当市电电网电压继续从200V下降到稍小于180V时,这时不仅原来的IC1比较器仍维持高电平输出状态。而且由于此时送到电压比较器IC2反相端的电平也下降到低于同相端电压,故此时比较器IC2也会在其输出端输出一个+12V的高电平。这一高电平经由电阻 $R_{16}$ 、二极管 $D_{11}$ 被送到 $Q_2$ 的基极,因此,晶体管 $Q_2$ 也进入饱和导通状态,故继电器 $J_2$ 从释放状态进入吸合状态。基于以上类似的分析,一旦电压比较器IC2输出一个高电平,则通过正反馈电阻 $R_{14}$ 的作用致使比较器同相端的电位从 $V_2$ 上升到 $V_2'$ 。同理,线路设计中,已保证 $\Delta V_2 = V_2' - V_2$ 相当于市电电压10V左右。这样,当电网电压从200V往下下降时,比较器的转换电压相当市电电压为180V。而当电网电压从180V以下向上提高时,IC2比较器的转换电压不是180V而是190V。

当市电电网电压从220V上升到稍高于235V时,送到电压比较器IC3同相端的电网电压检测信号 $V_A$ 将会比连接到比较器反相端的参考电压 $V_3$ 高,故IC3比较器的输出将从幅值为零伏的低电平转变到+12伏高电平输出。这12V的电压经由电阻 $R_{20}$ 、二极管 $D_{13}$ 送到NPN型晶体管 $Q_3$ 的基极,致使 $Q_3$ 饱和导通,继电器 $J_3$ 从释放状态进入吸合状态。一旦比较器IC3的输出端输出高电平,晶体管 $Q_3$ 导通时,晶体管 $Q_3$ 集电极的电平将从原来的+12V迅速下降至零伏。晶体管集电极电压的这一变化将使得二极管 $D_{12}$ 由原来的反向偏置状态转变为正向导通状态。这时比较器IC3反相端的电平通过电阻 $R_{11}$ 和二极管 $D_{12}$ 的正向导通作用而被从原来的 $V_3$ 值拉下到 $V_3'$ 。UPS-500不间断电源设计中,使得 $\Delta V_3 = V_3 - V_3'$ 大约相当于市电电网电压变化5~10V左右。这意味着:当市电电网从235V以上下降到235V时,晶体管 $Q_3$ 并不截止,继电器 $J_3$ 仍处于吸合状态。只有当电网电压下降到225~230V时,比较器IC3才重新转换到低电平输出,只有这时继电器 $J_3$ 才会重新返回到释放状态。

基于类似分析方法:当市电电网上升到稍高于225V,电压比较器IC4输出端输出高电平,晶体管 $Q_4$ 饱和导通,继电器 $J_4$ 从释放进入吸合状态。一旦IC4输出端从低电平变为高电平时,连接到比较器反相端的参考基准电平将从 $V_4$ 下降至 $V_4'$ ,一般 $\Delta V_4 = V_4 - V_4'$ 相当于市电电网电压变10V。即市电从235V上升到255V时,继电器 $J_4$ 从释放到吸合的转变点为255V,而市电电网电压从高于255V下降时,继电器 $J_4$ 从吸合状态返回到释放状态的转变点为245V左右。应该指出的一点是:当市电电网电压高于235V时,继电器 $J_3$ 一直处于吸合状态。综合上述,可以把继电器 $J_1$ 、 $J_2$ 、 $J_3$ 和 $J_4$ 吸合和释放时所对应的市电电压转换点列表如表6-10(注:表6-10列出的电压值是在Senteck牌UPS-500不间断电源上实测的转换电压值):

表 6-10

继电器吸合电压(V)	170	190	215	238	252
继电器释放电压(V)	180	200	210	230	240
产生吸动作的继电器	J <sub>1</sub> 、J <sub>2</sub>	J <sub>1</sub>	X	J <sub>3</sub>	J <sub>3</sub> 、J <sub>4</sub>

利用如图 6-59 所示继电器 J<sub>1</sub>、J<sub>2</sub>、J<sub>3</sub> 和 J<sub>4</sub> 的常开触点与常闭触点的排列组合控制矩阵及与主电源变压器的各绕组的连线就可以实现如图 6-60 所示的 UPS-500 不间断电源的稳压输出特性。由图 6-60 可见,利用这套交流稳压控制电路就可以达到当外界电网电压从 175V 变化到 255V 左右时,UPS-500 不间断电源对负载(微型计算机)的供电电压仍然稳定在 210~230V 之间。有关这部分控制线路的工作原理介绍如下:

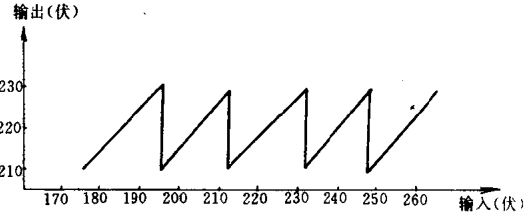


图 6-60 UPS-500 不间断电源的交流稳压特性曲线

当市电电网电压为  $200V < U_{\lambda} < 230V$  时,继电器触点控制矩阵将市电的输入直接馈送到主电源变压器的 220V 绕组抽头。这时市电经电源变压器未经任何变化地被输出到 UPS 电源的输出端。这样对 UPS 电源的负载来讲,将获得一个变化范围为 200~230V 的交流电压。

当市电电网电压为  $180V < U_{\lambda} < 200V$  时,继电器触点控制矩阵将市电的输入连接到主电源变压器的 200V 绕组抽头。由于 UPS 电源的输出端是一直连接到主电源变压器的 220V 绕组抽头,此时电源变压器处于升压工作状态。因此,这时即使外界电源电压已低于 200V,但 UPS 电源仍能维持在 210~230V 之间的稳压输出。

同理,当市电电网电压为  $U_{\lambda} < 180V$  时,继电器触点控制矩阵将市电输入连接到主电源变压器的 180V 绕组抽头。由于此时电源变压器处于外压工作状态。所以,UPS 电源仍能维持在 210~230V 的稳压工作状态。

当市电电网电压为  $230V < U_{\lambda} < 255V$  时,继电器触点控制矩阵将市电输入连接到主电源变压器的 235V 绕组抽头。这时由于电源变压器处于降压工作状态,所以 UPS 电源能维持在 210~230V 的稳压工作状态。

同理,当市电电网电压为  $U_{\lambda} > 255V$  时,继电器触点控制矩阵将市电输入连接到主电源变压器的 255V 绕组抽头。由于此时电源变压器处于降压工作状态。所以,UPS 电源仍能维持在 210~230V 的稳压工作状态。

当市电电网电压低于 170V 或市电电网供电中断时,UPS 电源开始由逆变器向外供电。由前所述的分析可知:此时控制市电供电——逆变器供电转换的继电器 LZ<sub>1</sub> 将因晶体管 Q<sub>15</sub> 的饱和导通而从释放状态转变为吸合状态。如图 6-59 所示,由于继电器 LZ<sub>1</sub> 的常闭触点断开,切断了市电通过继电器 LZ<sub>1</sub> 触点通向主电源变压器 T<sub>1</sub> 初级 220V 绕组的通路。与此同时,来自晶体管 Q<sub>15</sub> 集电极的零伏低电平被送到分别连接到电压比较器 IC<sub>1</sub>、IC<sub>2</sub>、IC<sub>3</sub> 和 IC<sub>4</sub> 输出端的二极管 D<sub>6</sub>、D<sub>7</sub>、D<sub>8</sub> 和 D<sub>9</sub> 的负极,因此,所有的电压比较器的输出电平均被钳位到约 0.3V 的低电平。这一零伏的低电平将进一步导致 UPS-500 不间断电源自动稳压线路中的晶体管 Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub>、Q<sub>3</sub> 和 Q<sub>4</sub> 截止。由于晶体管 Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub>、Q<sub>3</sub> 和 Q<sub>4</sub> 的截止,继电器 J<sub>1</sub>、J<sub>2</sub>、J<sub>3</sub>



和  $J_4$  都处于释放状态(见图 6-59),从而为逆变器供电准备好了交流供电通路。一旦 UPS 电源逆变器末级驱动晶体管  $Q_1'$ 、 $Q_2'$ 、 $Q_3'$  和  $Q_4'$  基极方波驱动脉冲时,在主电源变压器  $T_1$  的 220V 绕组中必将感应出其有效值为 220V 的方波输出,这一方波交流输出将通过电源变压器的 220V 绕组抽头而被送到 UPS 不间断电源的输出插座。

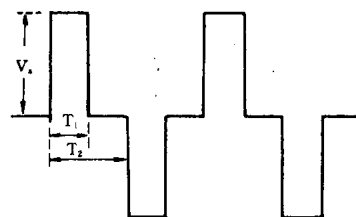


图6-61 Sendon 和 Senteck UPS 不间断电源输出波形

Sendon 牌和 Senteck 牌 UPS-500 不间断电源输出的是如图 6-61 所示的方波。实践发现,这种类型的 UPS 电源的方波电压输出的幅度和宽度都与负载的大小密切相关。负载越重,UPS 电源输出的方波脉冲宽度越宽,而其脉冲峰值幅值越小。表 6-11 是对一台 Senteck 牌 UPS-500 不间断电源负载特性的实测值。

表 6-11

负载(kW)	0	0.12	0.43
输出脉冲宽度 $T_1$ (ms)	6	7	8.8
输出脉冲半周期 $T_2$ (ms)	11	11	11
输出脉冲宽度(V)	314	260	220
输出脉冲宽度与通角(度)	98	115	144

由上表可见:UPS 电源空载时,其脉冲幅值为 314V,这一个值略比 50Hz 正弦波的峰值电压 311V 稍高,但这时驱动电压脉冲的导通角只有 98°左右。当负载加重到约 80%负载时,UPS 电源输出方波的幅值为 220V,这时输出脉冲的导通角已达 144°左右。这一负载特性意味着:在 UPS 电源刚从市电供电切换到由逆变器供电瞬间,微型计算机将要承受比较严峻的电压冲击以及这类 UPS 电源在进行市电供电——逆变器供电转换切换时,其转换延迟的最大值将是继电器触点的动作时间约 4ms 与方波峰值为零的最长间隙时间之和。因此,在比较极端情况时,将会出现接近 9ms 的供电中断状态。这就是为什么用方波输出的不间断电源供电的微型计算机有时还会出现当市电供电中断时,计算机又重新开始自检的原因之一。

由图 6-59 可看出,Senteck 牌 UPS-500 型不间断电源在其市电自动稳压线路中分别采用了电容  $C_{33}$  和  $C_{34}$  及变压器  $T_3$  来抑制来自电源馈线的共模电压干扰。此外还采用了  $L_2$ 、 $C_1$  组成的厂形低通滤波器和由电感  $L_1$  和  $L_3$  及电容  $C_3$  组成的 T 形低通滤波器来抑制来自电力电网的高次谐波干扰。因此,当 UPS 电源处于市电供电状态时,它也是一台性能良好的具有抗干扰能力的自动稳压器。

# 附录

## 一、常用干电池特性表

电池系列	电池型号	最大外形尺寸(mm)	主要生产厂家
锌锰 碳型	R40	Φ66.5×160	各干电池厂
	R20	Φ34.2×61.5	
	R14	Φ26.2×50.0	
	R6	Φ14.5×50.5	
	R3	Φ10.5×44.5	
	6F22(方形)	48.5×28.5×17.6	上海电池二厂, 安阳电 池厂, 武汉长江电源厂, 上海、广州电池厂
	10F20(方形)	37×27×16	
锌锰 碱型	LR20	Φ34.2×61.5	广州电池厂 上海电池二厂
	LR6	Φ14.5×50.5	
	LR44	Φ11.6×5.4	常州电池厂 长沙无线电材料厂 珠海汉通电池厂
	LR43	Φ11.6×4.2	
	LR54	Φ11.6×3.05	
	LR55	Φ11.6×2.1	
	LR41	Φ7.9×3.6	
锌银 型	SR41	Φ7.9×3.6	常州电池厂 长沙无线电材料厂 珠海汉通电池厂
	SR43	Φ11.6×4.2	
	SR44	Φ11.6×5.4	
	SR54	Φ11.6×3.05	
	SR55	Φ11.6×2.1	
锌空	JQF6	Φ11.6×5.4	武汉长江电源厂 珠海汉通电池厂
	JQF5	Φ11.6×4.2	
	JQF4	Φ11.6×3.05	
	JQF2	Φ7.9×3.6	
锌空	PS1000	182×118×288	武汉长江电源厂 珠海汉通电池厂
	PS500	153×84×236	
	2PS500	132×118×238	
	2PS250	153×84×236	
	CR2016	Φ20.0×1.6	武汉长江电源厂 宜宾 870 厂 天津干电池厂 徐州电池厂
	CR2025	Φ20.0×2.5	
	CR2032	Φ20.0×3.2	
	CR2430	Φ24.5×3.0	

## 二、移动型铝蓄电池规格表

型号	额定电压 (V)	20 小时率额 定容量(Ah)	外形尺寸(mm)			总高 (mm)	电池重量(kg)		初次充电 电流(A)	正常充电电 流(A)
			长	宽	高		带电液	无电液		
3Q(A)-75	6	70	191.5	172	210	229	12	17	5	7.5
3Q(A)-90	6	90	217	172	210	229	14	19	6	9
3Q(A)-105	6	105	242.5	172	210	229	16	21.5	7	10.5
3Q(A)-120	6	120	272	172	210	234	18	24	8	12

续表

型号	额定电压 (V)	20 小时率额 定容量(Ah)	外形尺寸(mm)			总高 (mm)	电池重量(kg)		初次充电 电流(A)	正常充电电 流(A)
			长	宽	高		带电液	无电液		
3Q(A)-135	6	135	297.5	172	210	234	20	26	9	13.5
3Q(A)-150	6	150	323	172	210	234	21.5	28.5	10	15
3Q(A)-165	6	165	352.5	172	210	234	23.5	31	11	16.5
3Q(A)-180	6	180	378	172	210	234	25.5	33.5	12	18
3Q(A)-195	6	195	403.5	172	210	234	28	36	13	19.5
6Q(A)-60	12	60	286	172	202	223	20	24	4	6
6Q(A)-75	12	75	337	172	204	224	23	28	5	7.5
6Q(A)-90	12	90	419	172	210	231	27	33	6	9
6Q(A)-105	12	105	442	172	204	225	30	38	7	10.5
6Q(A)-120	12	120	514	184	210	234	34.5	44.5	8	12
6Q(A)-135	12	135	514	201	210	234	39	50.5	9	13.5
6Q(A)-150	12	150	514	218	210	234	43	56	10	15
6Q(A)-155	12	155	540	238	216	234	53	64	14	16
6Q(A)-163	12	163	514	235	210	234	46.5	61.5	11	16.5
6Q(A)-180	12	180	514	252	210	234	51.5	66.5	12	18
6Q(A)-195	12	195	514	269	210	234	54	70	13	19.5
3Q(A)-105	6	105	212	166	204	226			7	10.5
3Q(A)-120	6	120	248	172	210	227	15	19	8	12
3Q(A)-135	6	135	263	172	204	230			9	13.5
6Q(A)-369P	12	36	196	129	200	220	8.3	11	2.4	3
6Q(A)-409P	12	40	226	131	200	220	9.5	12.5	2.7	3.5
6Q(A)-4011P	12	40	226	131	200	227			3	3.75
6Q(A)-609P	12	60	226.5	167	206	227	16.5	21	4	5
6Q(A)-6011P	12	60	226.5	167	206	227			4.5	5.5
6Q(A)-6013P	12	60	226.5	167	206	223			5	6
6Q(A)-7511P	12	75	306	167	202	223			5	6
6Q(A)-7513P	12	75	306	167	202	223			5.5	6.5
6Q(A)-7515P	12	75	306	167	202	223			6	7
6Q(A)-105	12	105	402	172	202	224			7	10.5
6Q(A)-120	12	120	500	180	201	246			8	12
6Q(A)-135	12	135	500	180	210	255			9	13.5
6Q(A)-165	12	165	500	210	210	255			11	16.5
6Q(A)-195	12	195	514	269	215	236			13	19.5

注:干荷电电池在Q后面加有“A”。

## 三、富士镍镉电池性能表

FUJI 型号	IEC 型号	额定电压 (V)	额定容量 5 小时(mAh)	充电电流 (mA)	充电时间 (h)	最大尺寸 (外形)(mm)	平均重量(g)
FR-D	KR35/62	1.2	4000	400	15	Φ61.5×34.0	150
FR-C	KR27/50	1.2	1800	180	15	Φ50	75
FR-SC	KR23/43	1.2	1200	120	15	Φ43.0×26.0	50
FR-1/2SC		1.2	600	60	15	Φ26.0×23.0	28

续表

FUJI 型号	IEC 型号	额定电压 (V)	额定容量 5 小时 (mAh)	充电电流 (mA)	充电时间 (h)	最大尺寸 (外形) (mm)	平均重量 (g)
FR-AA	KR15/51	1.2	500	50	15	Φ50.5×23.0	22
FR-2/3AA		1.2	250	25	15	Φ30.0×14.5	12
FR-AAA		1.2	180	18	15	Φ44.6×10.5	10
FR-N	KR12/30	1.2	150	15	15	Φ30.0×12.0	9
FR-1/3AA		1.2	110	11	15	Φ17.0×14.5	7
FR-6122		9	100	10	15	75.5×26.5 ×46.0	44

## 四、电子手表常用电池

电子表类	最大外形尺寸 (mm)	电池电压	电池种类					平均容量				
			永备牌	雷娜塔	雷奥伐	伐面塔	马洛雷	永备牌	雷娜塔	雷奥伐	伐面塔	马洛雷
石英指针式表	11.6×4.2	1.55	301	1	RW34	528	WS11	100	120	170	130	115
	11.6×3.1	1.55	390	11	RW39	534		70	70	90	85	
	7.9×3.6	1.55	384	10	RW37	527	10L15	35	38	50	38	38
	7.9×2.1	1.55		19		532			21		23	
石英数字显示表	11.6×4.2	1.55	386	6	RW44	584	10L124	120	120	175	130	120
	7.9×3.6	1.55	392	2	RW47	547	10L125	38	38	50	38	38
	7.9×3.6	1.55	392	2	RW47	547	10L125	38	38	50	38	38
	11.6×3.1	1.55	389	17	RW49			20	70	95		
	11.6×3.4	1.55	357	7	RW42	541	10L14	190	190	250	190	180
	11.6×3.1	1.55	389	17	RW49	534		70	70	95	85	
	11.6×3.1	1.55	389	17	RW49	534		70	70	95	85	
	7.9×3.6	1.55	392	2	RW47	547	10L125	38	38	50	38	38
	11.6×3.1	1.55	390	11	RW39	534		70	76	90	85	
	11.6×3.1	1.55	389	17	RW49	534		70	70	95	85	
11.6×3.1	1.55	390	11	RW39	534			70	70	90		

## 五、部分照相机电池的更换与代换

照相机牌号及型号	所用电池型号及规格
PHENIX(凤凰)303M)	2 枚 1.5V,SR44 电池
SEAMA 西玛 DZ2	2 枚 1.5V M76 或 A76 电池
GREATWALL(长城)	2 枚 1.5V,LR44 或 SR44 电池
CANON(卡依或佳能)EOS650	1 枚 6V 锂电池(2CR5)
CANON 新 F-1	1 枚 6V4LR44 或 4SR44 电池
NIKONOSV 型(防水照相机)	1 枚 3V 锂电池
MINOLTA(美能达)XD-7	2 枚 1.5V 氧化银电池
RICOH(理光)CR-5	2 枚 1.35V 汞电池
FUJICA(富士卡)AX-1	1 枚 6V 4SR44 或 4LR44 或锂电池
MAMIYA(玛米亚)ZE-X	2 枚 1.5V LR44 或 SR44(G13)电池
LEICA(莱卡)R4	2 枚 1.5V 氧化银电池
SIGMA(西格玛)SA-1	2 枚 1.5V AgO 电池或 1 枚 3V 锂电池

### 六、稳压电源中常用的整流二极管

型号	最高反向峰值电压(V)	最大整流电流(mA)	正向电压降	反向漏电流( $\mu$ A)
2CP10	25	100	$\leq 1$	$\leq 5$
2CP11	50	100	$\leq 1$	$\leq 5$
2CP20A	800	100	$\leq 1$	$\leq 5$
2CP21	100	300	$\leq 1$	$\leq 5$
2CZ11A	100	1000	$\leq 1$	$\leq 5$
2CZ12	50	3000	$\leq 1$	$\leq 50$
2CZ13	50	5000	$\leq 1$	$\leq 50$
2CZ20A	200	1000	$\leq 1$	$\leq 10$
2CZ21A	200	300	$\leq 1$	$\leq 10$

### 七、稳压电源中常用稳压二极管

应用在彩色电视机稳压电路中的 1N 系列, 05Z6. 2Y—18Y 系列, RD 系列及 HZ 系列

项目 型号	稳定电压(V)	动态电阻( $\Omega$ )	反向漏电流( $\mu$ A)	最大功率耗散(W)	国外代换型号
1N748	3.8~4.0	100	1	0.5	HZ4B2
1N752	5.2~5.7	35	5	0.5	HZ6A
1N753	5.88~6.12	8	3	0.5	TVSQA106SB
1N754	6.3~7.3	15	1	0.5	HZ7A/B
1N754	6.66~7.01	15	1	0.5	EQA02-7B
1N755	7.07~7.25	6	0.5	0.5	HZ7.5EB
1N757	8.9~9.3	20	1	0.5	HZ9C
1N962	9.5~11.9	25	1	0.5	HZ11A/B/C
1N962	10.976~11.424	12	1	0.5	TVSQA111SE
1N963	11.9~12.4	35	1	0.5	HZ12A-2
1N964	13.5~14.0	35	1	0.5	HZ12C-2
1N964	12.4~14.1	10	0.1	0.5	MA1130TP
1N969	20.8~23.3	35	5	0.5	RD24EB

续表

项目 型号	稳定电压(V)	动态电阻( $\Omega$ )	反向漏电流( $\mu\text{A}$ )	最大功率耗散(W)	国外代换型号
05Z6.2Y	6~6.3	17	1	0.5	05Z6.2Y
05Z7.5Y	7.34~7.7	15	1	0.5	05Z7.5Y
05Z9.1Z	8.9~9.3	20	0.5	0.5	05Z9.1Y
05Z12Z	12.12~12.6	30	0.5	0.5	05Z12Y
05Z13X-Z	12.4~13.1	35	0.5	500mW	
05Z15Y	14.4~15.15	35	0.5	500mW	
05Z18Y	17.55~18.45	40	40	500mW	
RD2.0EB	1.88~2.12	140	120	0.4	RD2.0EB
RD2.7EB	2.5~2.9	100	120	0.4	RD2.7EB
RD5.6EB	5.3~6.0	25	5	0.4	RD5.6EB
RD6.2EB	5.8~6.6	20	5	0.4	RD6.2EB
RD7.5EB	7.0~7.9	10	2	0.4	RD7.5EB
RD10EB	9.4~10.6	10	2	0.4	RD10EB
RD11EB	10.4~11.6	15	2	0.4	RD11EB
RD12E-71	11.13~12.35	15	2	0.4	RD12E-71
RD13EB	12.4~14.1	25	2	0.4	RD13EB
RD15EL <sub>2</sub>	13.89~14.62	30/150	2	0.5	RD15EL <sub>2</sub>

续表

项目 型号	稳定电压(V)	动态电阻( $\Omega$ )	反向漏电流( $\mu\text{A}$ )	最大功率耗散(W)	国外代换型号
RD24E	22.05~24.85	35	0.2	0.4	RD24E
RD27E	24.26~27.64	45	0.2	0.4	RD27E
RD36EL <sub>1</sub>	34.14~33.97	400	2	0.5	RD36EL <sub>1</sub>
HZ6A	5.2~5.7	35	5	0.5	HZ6A
HZ7	6.3~7.9	60	1	0.4	HZ7
HZ7B	6.7~7.3	15	1	0.5	HZ7B
HZ9CTA	7.7~9.7	20	1	0.5	HZ9CTA
HZ11A	9.5~10.3	25	1	0.5	HZ11A
HZ11B	10.2~11.1	25	1	0.5	HZ11B
HZ11C	10.9~11.9	25	1	0.5	HZ11C
HZ12A	11.6~14.3	35	1	0.5	HZ12A
HZ12B	11.6~14.3	35	1	0.5	HZ12B
HZ12C	11.6~14.3	35	1	0.5	HZ12C

用于基准电压,削波,钳位等的 TW, YT 系列稳压二极管

项目 型号	稳压范围(V)	反向漏电流( $\mu\text{A}$ ) /测试电压(V)	动态电阻( $\Omega$ )/ 测试电流(mA)	电压温度系数/ 测试电流(mA)	最大工作 电流(mA)	国外代 换型号
TW4B2	3.8~4.0	5/1	100/5	-0.05/5	95	HZ4B
TW5.1Y	4.95~5.25	1/1	50/5	0.05/5	80	0.5Z5.1Y
TW5.6Z	5.70~6.00	1/2	30/5	0.05/5	70	0.5Z5.6Z

续表

项目 型号	稳压范围(V)	反向漏电流( $\mu$ A) /测试电压(V)	动态电阻( $\Omega$ )/ 测试电流(mA)	电压温度系数/ 测试电流(mA)	最大工作 电流(mA)	国外代 换型号
TW6A	5.2~5.7	5/2	35/5	-0.007/5	70	HZ6A
TW6.2A	6.00~6.35	1/3	17/5	0.06/5	64	05Z6.2Y
TW7A/B	6.3~7.3	1/3.5	15/5	0.031/5	58	HZ7A/B
TW7.5Y	7.34~7.70	1/6	15/5	0.07/5	53	05Z7.5Y
TW9C1	8.9~9.3	1/5	20/5	0.047/5	43	HZ9C1
TW12C2	13.5~14.0	1/9.5	35/5	0.068/5	32	HZ12C2
TW12Y	11.70~12.25	0.5/9	30/5	0.09/5	32	05Z12Y
TW13X	12.40~13.10	0.5/10	35/5	0.092/5	29	05Z13X
TW13Y	12.90~13.60	0.5/10	35/5	0.092/5	29	05Z13Y
TW15Y	14.40~15.15	0.5/11	35/5	0.095/5	27	05Z15Y
TW18Y	17.55~18.45	0.5/14	40/5	0.099/5	21	05Z18Y
TW11A	9.5~11.9	1/7.5	25/5	0.055/5	36	HZ11A
TW11B	9.5~11.9	1/7.5	25/5	0.055/5	36	HZ11B
TW11C	9.5~11.9	1/7.5	25/5	0.055/5	36	HZ11C

项目 型号	稳定电压范围(V) /测试电流(mA)	反向漏电流( $\mu$ A) /测试电压(V)	动态电阻( $\Omega$ )/ 测试电流(mA)	动态电阻( $\Omega$ )/ 测试电流(mA)	工作电流 (mA)	国外代 换型号
TW2.0EB	1.88~2.20/20	120/0.5	140/20	2000/1	150	RD2.0EB
TW2.7EB	2.5~2.9/20	100/1	100/20	1000/1	130	RD2.7EB



续表

项目 型号	稳定电压范围(V) /测试电流(mA)	反向漏电流( $\mu$ A) /测试电压(V)	动态电阻( $\Omega$ )/ 测试电流(mA)	动态电阻( $\Omega$ )/ 测试电流(mA)	工作电流 (mA)	国外代 换型号
TW6.2EB	5.8~6.6/20	5/3	10/20	300/1	64	RD6.2EB
TW6.8EB	6.49~6.83/20	2/3.5	8/5	150/0.5	58	RD6.8EB
TW7.5EB	7.0~7.9/20	2/3.5	8/20	150/0.5	58	RD7.5EB
TW8.2EB	7.7~8.7/20	0.5/5	8/20	120/0.5	47	RD8.2EB
TW11EB	10.4~11.6/10	0.2/8	10/10	120/0.5	36	RD11EB
TW12EB	11.4~12.6/10	0.2/9	12/10	110/0.5	32	RD12EB
TW22EB	20.8~23.3/5	0.2/17	30/5	200/0.5	22	RD22EB

项目 型号	稳定电压(V)/ 测试电流(mA)	正向压降(V)/ 测试电流(mA)	动态电阻( $\Omega$ )/ 测试电流(mA)	工作电流 (mA)	反向漏电 流( $\mu$ A)	反向工作 电压(V)	国外代 换型号
YT2.0	2/10	0.95/10	210/10	10	120	0.5	RD2.0EB
YT2.7	2.7/10	0.95/10	150/10	10	100	1	RD2.7EB
YT3.6	3.6/10	0.95/10	90/10	10	10	1	0.5Z3.6Y RD3.6EB
YT5.1	5.1/10	0.95/10	50/10	10	1	1	BZX79B5V
YT6.2	6.2/5	0.95/10	10/5	5	1	3.6	RD6.2EB 0.5Z6.2Y
YT6.8	6.8/5	0.95/10	10/5	5	1	4.3	HZ7B
YT7.5	7.5/5	0.95/10	10/5	5	1	5.1	RD7.5EB 0.5Z7.5Y
YT8.2	8.2/5	0.95/10	15/5	5	1	5.6	RD8.2EB
YT10	10/5	0.95/10	20/5	5	0.5	6.8	RD10EB HZ11A
YT11	11/5	0.95/10	30/5	5	0.5	8.2	
YT12	12/5	0.95/10	30/5	5	0.5	9.1	MA1130 EQA02-12B
YT13	13/5	0.95/10	35/5	5	0.5	10	RD13EB 0.5Z13%

用于直流稳压电路中的 05W 系列稳压二极管

项目 型号	稳压范围 (V)	动态电阻 ( $\Omega$ )	反向漏 电流( $\mu$ A)	电压温度系 数(%/°C)	最大工作 电流(mA)	最大耗散功率 (mW)	国外代 换型号
05W5V6	5.6	4~30	1	0.05	82	500	05Z5.6
05W6V2	6.2	5~17	1	0.06	76	500	05Z6.2
05W6V8	6.8	7~15	1	0.065	68	500	05Z6.8
05W7V5	7.5	8~15	1	0.070	62	500	05Z7.5
05W8V2	8.2	10~20	1	0.077	56	500	05Z8.2
05W9V1	9.1	10~20	0.5	0.081	52	500	05Z9.1
05W10V	10	15~25	0.5	0.085	46	500	05Z10
05W11V	11	20~30	0.5	0.088	42	500	05Z11
05W12V	12	20~30	0.5	0.09	38	500	05Z12
05W13V	13	25~35	0.5	0.092	34	500	05Z13
05W15V	15	25~35	0.5	0.095	30	500	05Z15
05W16V	16	30~40	0.5	0.097	28	500	05Z16
05W18V	18	30~40	0.5	0.099	24	500	05Z18
05W20V	20	38~50	0.5	0.10	22	500	05Z20
05W22V	22	45~60	0.5	0.105	20	500	05Z22
05W24V	24	50~70	0.5	0.11	18	500	05Z24
05W30V	30	60~80	0.5	0.108	15	500	05Z30
测试条件	$I_z=5\text{mA}$	$I_z=5\text{mA}$	$I_z=5\text{mA}$	$I_z=5\text{mA}$	$I_z=5\text{mA}$	$I_z=5\text{mA}$	

广泛应用于无线电、电子仪器及设备中稳压的 2CW 硅稳压二极管

项目 型号	最大功率 耗散(W)	最大工作 电流(mA)	最高结温 (°C)	稳压范围 (V)	动态电阻( $\Omega$ )/ 测试电流(mA)	反向漏电 流( $\mu$ A)	正向压 降(V)	代换型号
2CW50	0.25	83	150	1.0~2.8	$\leq 50/10$	$\leq 10$	$\leq 1$	2CW9
2CW51	0.25	71	150	2.5~3.5	$\leq 60/10$	$\leq 5$	$\leq 1$	2CW10 2CW7
2CW52	0.25	55	150	3.2~4.5	$\leq 70/10$	$\leq 2$	$\leq 1$	2CW11 2CW7A
2CW53	0.25	41	150	4.0~5.8	$\leq 50/10$	$\leq 1$	$\leq 1$	2CW12 2CW7B
2CW54	0.25	38	150	5.5~6.5	$\leq 30/10$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW13 2CW7C

续表

项目 型号	最大功率 耗散(W)	最大工作 电流(mA)	最高结温 (°C)	稳压范围 (V)	动态电阻( $\Omega$ )/ 测试电流(mA)	反向漏电 流( $\mu$ A)	正向压 降(V)	代换型号
2CW55	0.25	33	150	6.2~7.5	$\leq 15/10$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW14 2CW7D
2CW56	0.25	27	150	7.0~8.8	$\leq 15/5$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW15 2CW7E
2CW57	0.25	26	150	8.5~9.5	$\leq 20/5$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW16 2CW7F
2CW58	0.25	23	150	9.2~10.5	$\leq 25/5$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW17 2CW7G
2CW59	0.25	20	150	10~11.8	$\leq 30/5$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW18 2CW7H
2CW60	0.25	19	150	11.5~12.5	$\leq 40/5$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW19 2CW7I
2CW61	0.25	16	150	12.2~14	$\leq 50/3$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW19 2CW7I
2CW62	0.25	14	150	13.5~17	$\leq 60/3$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW20 2CW7J
2CW63	0.25	13	150	16~19	$\leq 70/3$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW7K 2CW20A
2CW64	0.25	11	150	18~21	$\leq 75/3$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW20A 2CW7K
2CW65	0.25	10	150	20~24	$\leq 80/3$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW20B 2CW7L
2CW66	0.25	9	150	23~26	$\leq 85/3$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW7M 2CW20C
2CW67	0.25	9	150	25~28	$\leq 90/3$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW7N 2CW20C
2CW68	0.25	8	150	27~30	$\leq 95/3$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW7N 2CW20D
2CW69	0.25	7	150	29~33	$\leq 95/3$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW20D
2CW70	0.25	7	150	32~36	$\leq 100/3$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW20E
2CW71	0.25	6	150	35~40	$\leq 100/3$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW20E
2CW72	0.25	29	150	7~8.8	$\leq 6/3$	$\leq 0.1$	$\leq 1$	2CW1
2CW73	0.25	25	150	8.5~9.5	$\leq 10/3$	$\leq 0.1$	$\leq 1$	2CW2
2CW74	0.25	23	150	9.2~10.5	$\leq 12/3$	$\leq 0.1$	$\leq 1$	2CW3
2CW75	0.25	21	150	10~11.8	$\leq 15/3$	$\leq 0.1$	$\leq 1$	2CW4
2CW76	0.25	20	150	11.5~12.5	$\leq 18/3$	$\leq 0.1$	$\leq 1$	2CW5
2CW77	0.25	18	150	12.2~14	$\leq 21/3$	$\leq 0.1$	$\leq 1$	2CW5
2CW78	0.25	14	150	13.5~17	15/50	$\leq 0.1$	$\leq 1$	2CW6
2CW100	1	330	150	1~2.8	25/50	$\leq 10$	$\leq 1$	2CW21P
2CW101	1	280	150	2.5~3.5	30/50	$\leq 5$	$\leq 1$	2CW21S

续表

项目 型号	最大功率 耗散(W)	最大工作 电流(mA)	最高结温 (°C)	稳压范围 (V)	动态电阻( $\Omega$ )/ 测试电流(mA)	反向漏电 流( $\mu$ A)	正向压 降(V)	代换型号
2CW102	1	220	150	3.2~4.5	20/50	$\leq 1$	$\leq 1$	2CW21
2CW103	1	165	150	4~5.8	15/30	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW21A
2CW104	1	150	150	5.5~6.5	7/30	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW21B
2CW105	1	130	150	6.2~7.5	5/30	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW21C
2CW106	1	110	150	7~8.8	5/30	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW21D
2CW107	1	100	150	8.5~9.5	10/20	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW21E
2CW108	1	95	150	9.2~10.5	$\leq 400/1$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW21F
2CW109	1	83	150	10~11.5	$\leq 400/1$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW21G
2CW110	1	76	150	11.5~12.5	$\leq 400/1$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW21H
2CW111	1	66	150	12.2~14	$\leq 400/1$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW21H
2CW112	1	58	150	13.5~17	$\leq 400/1$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW21I
2CW113	1	52	150	16~19	$\leq 400/1$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW21J
2CW114	1	47	150	18~21	$\leq 400/1$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW21K
2CW115	1	38	150	20~22	$\leq 400/1$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	
2CW116	1	38	150	23~26	$\leq 400/1$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW21L
2CW117	1	35	150	25~28	$\leq 400/1$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW21L
2CW118	1	33	150	27~30	$\leq 400/1$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW21M
2CW119	1	30	150	29~33	$\leq 400/1$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW21M
2CW120	1	27	150	32~36	$\leq 400/1$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW21N
2CW121	1	25	150	35~40	$\leq 400/1$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW21N
2CW130	3		660	3.0~4.5	$\leq 250/3$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW22
2CW131	3		500	4~5.8	$\leq 300/3$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW22A
2CW132	3		460	5.5~6.5	$\leq 250/3$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW22B
2CW133	3		400	6.2~7.5	$\leq 200/3$	$\leq 0.5$	$\leq 1$	2CW22C

续表

项 目 型 号	稳压范围(V)	稳定电流(mA)	动态电阻( $\Omega$ )	耗散功率(W)
2DW7A	5.8~6.6	$\leq 30$	$\leq 25$	0.2
2DW7B	5.8~6.6	$\leq 30$	$\leq 15$	0.2
2DW7C	6.1~6.5	$\leq 30$	$\leq 10$	0.2
2DW230	5.8~6.6	$\leq 30$	$\leq 25$	0.2
2DW231	5.8~6.6	$\leq 30$	$\leq 15$	0.2
2DW232~2DW236	6~6.5	$\leq 30$	$\leq 10$	0.2

## 八、电子交流稳压器中常用的功率调整管系数

参 数 型 号	6P1	6P3P	6P14	单 位
灯丝电压	6.3	6.3	6.3	V
灯丝电流	0.5	0.9	0.76	A
第一栅极电压	-12.5	-14		V
第二栅极电压	250	250	256	V
最大第二栅极电压	250	330	300	V
第二栅极电流	$\leq 7$	$\leq 8$	$\leq 7$	mA
屏极电压	250	250	256	V
最大屏极电压	250	330	300	V
屏极电流	44 $\pm$ 11	72 $\pm$ 14	48 $\pm$ 8	mA
最低灯丝电压	5.7	5.7	5.7	V
最高灯丝电压	7	7	7	V
最大阴极和灯丝间电压	$\pm 100$	200	$\pm 100$	V
最大阴极电流	70		65	mA
跨导	4.9	6	$\geq 9$	mA/V
输出功率	73.8	75.4		W
最大第一栅极电路电阻	0.5	0.5		M $\Omega$
最大第二栅极耗散功率	2	2.75	2	W
最大屏极耗散功率	13	20.5	12	W

九、国内外集成稳压器型号代换

国别 类型	美国 NSC	美国 MO- TOROLA	美国 FAI	美国 SGL	意大利 SGS	美国 VALG	美国 MVLB	日本 NEC	日本 TO- SHIBA	日本产 研电气	日本 HI- TACHI	美国 RCA	法国 SFC	中国
三端固 定正压	LM7800	MC7800	μA7800	SG7800	L7800	7800	SA7800	μPC7800	TA7800	FS7800	HA17800		2800EC	CW7800
	LM78M00	MC78M00	μA78M00		L78M00	78M00	SA78M00		TA78M00	FS78M00				CW78M00
	LM78L00	MC78L00	μA78L00			78L00	SA78L00							CW78L00
三端固 定负压	LM109		μA109	SG109										CW109
	LM7900	MC7900	μA7900	SG7900	L7900	7900	SA7900	μPC7900	TA7900	FS7900	HA17900			CW7900
	LM79M00	MC79M00	μA79M00			79M00	SA79M00		TA79M00	FS79M00				CW79M00
三端可 调正压	LM79L00	MC79L00	μA79L00											CW79L00
	LM145													CW145
	LM117	LM117	μA117	SG117	LM117			μPC117	TA117	FS117				CW117
三端可 调负压	LM117M	LM117M												CW117M
	LM117L	LM117L												CW117L
	LM123	LM123		SG123										CW123
三端可 调正压	LM138													CW138
	LM150													CW150
	LM137	LM137		SG137				μPC137	TA137	FS137				CW137
多端可 调正压	LM137M	LM137M												CW137M
	LM137L													CW137L
	LM120													CW120
多端可 调正压	LM105		μA105	SG105				μPC141						CW105
	LM723	MC1723	μA723	SG723		723	SA723	μPC723	TA723	FS723	HA1723	CA723		CW723
					L200									CW200
多端可 集成稳压器		MC1569												CW1569
												CA3085		CW3085
多端可 集成稳压器	LM104			SG104										CW104
				SG15				μPC142						CW15H
正、负跟踪式 集成稳压器		MC1563												CW1563
														CW1568
脉宽调制型 开关稳压器	LM1524			SG1524								CA1524		CW1524
														CW3520

十、部分国产稳压集成电路性能参数表

多端集成稳压电路的性能参数

型号		输出电压 $V_o$ (V)	输入输出 最小压差 $(V_i - V_o)_{min}$ (V)	电 流 调整率 $S_i$ (mV)	电 压 调整率 $S_v$ (%/V)	纹 波 抑制比 $S_R$ (dB)	最大输 出电流 $I_{omax}$ (A)	最大输 入电压 $V_{imax}$ (V)	最大耗 散功率 $P_{Dmax}$ (W)	输出 阻抗 $R_o$ (k $\Omega$ )	生 产 厂
5G14	B	4-15	4		0.1		0.02	25	0.3	<1	上海元件五厂 4433厂 (FX14)
	C	4-25									
	D	4-35									
	E	4-45									
YZ13	1	4-6	4	20	<0.1	45	0.02	16	0.3		扬州晶体管厂
	2	4-15									
	3	4-24									
	4	4-30									
WA705	05	4.5-6.5	4		0.04	45	0.03	0.5	<1	上海无线电七厂	
WA712	12	4.5-12									
WA715	15	4.5-15									
WA718	18	4.5-18									
WA724	24	4.5-24									
W1511	A	-2~-26	4		0.03	74	0.03	-30	0.3		上海无线电七厂
	B	-2~-26									
W723	A	2~26	4		0.03	74	0.05	30	0.3		777厂(7W723) 4433厂(FW723) 873厂(GW723) 749厂(F723)
	B	2~26									
YZ01	1	9~12	4	20	0.03	50	0.2	25	1.5		扬州晶体管厂
	2	9~15		20	0.03	50		30			
	3	9~18		20	0.03	50		35			
	4	9~24		30	0.04	45		42			
	5	9~30		20	0.03	50		42			
YZ07	1	4~6	4.5	30	0.05	50	0.2	18	2		扬州晶体管厂
	2	4~9						21			
	3	4~12						24			
	4	4~15						27			
YZ03	1	9~12	4.5	60	<0.03	50	0.2	25	2.5		扬州晶体管厂
	2	9~15						30			
	3	9~18						35			
	4	9~24						40			
	5	9~30						45			

续表

型号		输出电压 $V_o$ (V)	输入输出 最小压差 $(V_i - V_o)_{\min}$ (V)	电 流 调整率 $S_i$ (mV)	电 压 调整率 $S_v$ (%/V)	纹 波 抑制比 $S_R$ (dB)	最大输 出电流 $I_{omax}$ (A)	最大输 入电压 $V_{Imax}$ (V)	最大耗 散功率 $P_{Dmax}$ (W)	输出 阻抗 $R_o$ (k $\Omega$ )	生 产 厂
XY04	1	9~12	4.5	75	<0.04	50	0.5	25	5		扬州晶体管厂
	2	9~15						30			
	3	9~18						35			
	4	9~24						40			
	5	9~30						45			
YZ08	1	4~6	4.5	60	<0.05	50	0.5	18	5		扬州晶体管厂
	2	4~9						21			
	3	4~12						24			
	4	4~15						27			
YZ05	1	9~12	4.5	80	<0.05	45	1	25		10	扬州晶体管厂
	2	9~15						30		11	
	3	9~18						35		12	
	4	9~24						40			
YZ09	1	4~6	4.5	80	<0.05	45	1	18		10	扬州晶体管厂
	2	4~9						21			
	3	4~12						24			
	4	4~15						27			
YZ06	1	9~12	4.5	100	<0.08	5	2	25		19	扬州晶体管厂
	2	9~15						30		21	
	3	9~18						35		22	
	4	9~24						40		24	
YZ10	1	4~6	4.5	100	<0.08	45	2	18		20	扬州晶体管厂
	2	4~9						21			
	3	4~12						24			
	4	4~15						27			
WB705	05	4.6~6.5	4.5		<0.04	40	2	20	1.5		上海无线电七厂
WB712	12	4.5~12						26			
WB715	15	4.5~15						29			
WB718	18	4.5~18						32			
WB724	24	4.5~24						36			
YZ507	最小 标准 最大	1.28 1.32 1.36	1.93 2.04	$\pm 0.3$		10mA	10			扬州晶体管厂	



CW78L00 系列 (0.1A) 稳压集成电路的电参数

参数名称	输入电压 $V_i$	输出电压 $V_o$		电压调整率 $S_v (\Delta V_o)$		电流调整率 $S_I (\Delta V_o)$			
		V		mV		mV			
单位	V	V		mV		mV			
测试条件		$I_o = 40mA$	$I_o = 40mA$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o = 40mA$	$I_o = 40mA$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o > 1mA$ $< 100mA$	$I_o > 1mA$ $< 100mA$ $T_j = 25^\circ C$		
CW78	10	最小	4.75	4.80	8V < $V_i$ < 12V	8V < $V_i$ < 18V			
L05B		典型	5.00	5.00				7	8.5
CW78		最大	5.25	5.20				50	40
		最小	4.75	4.80					
L05C		典型	5.00	5.00				7	5.0
		最大	5.25	5.20				12	25
CW78	11	最小	5.70	5.75	9V < $V_i$ < 13V	9V < $V_i$ < 19V			
L06B		典型	6.00	6.00				8.5	10.0
CW78		最大	6.30	6.25				60	50
		最小	5.70	5.75					
L06C		典型	6.00	6.00				8.5	6.0
		最大	6.30	6.25				15	30
CW78	14	最小	8.55	8.65	12V < $V_i$ < 20V	12V < $V_i$ < 22V			
L09B		典型	9.00	9.00				12.5	15.0
CW78		最大	9.45	9.35				75	70
		最小	8.55	8.65					
L09C		典型	9.00	9.00				12.5	9.0
		最大	9.45	9.35				22	45
CW78	19	最小	11.4	11.5					
L12B		典型	12.0	12.0				17	20.0

续表

静态电流 $I_d$	静态电流变化 $\Delta I_d$		纹波抑制比 $S_R$	最小输入电压 $V_{imin}$	输出噪声电压 $V_{NO}$	输出电压 温度变化率 $S_T$
mA	mA		dB	V	$\mu V$	mV/°C
$I_o = 40mA$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o > 1mA$ $< 100mA$	$I_o = 40mA$	$I_o = 40mA$ $f = 100Hz$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o = 100mA$	$f > 10Hz$ $< 100kHz$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o = 1mA$ $T_j > T_{jL}$ $< T_{jH}$
			63			
6.5	0.2	1.5		7	40	1.0
			63			
6.5	0.2	1.5		7	40	1.0
			61			
6.5	0.2	1.5		8	50	1.0
			61			
6.5	0.2	1.5		8	50	1.0
			58			
6.5	0.2	1.5		11	70	1.2
			58			
6.5	0.2	1.5		11	70	1.2
			55			
				14	100	

续表

参数名称	输入电压 $V_i$	输出电压 $V_o$		电压调整率 $S_v (\Delta V_o)$		电流调整率 $S_i (\Delta V_o)$			
		V		mV		mV			
单位	V	V		mV		mV			
测试条件		$I_o = 40\text{mA}$	$I_o = 40\text{mA}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	$I_o = 40\text{mA}$	$I_o = 40\text{mA}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	$I_o > 1\text{mA}$ $< 100\text{mA}$	$I_o > 1\text{mA}$ $< 100\text{mA}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$		
CW78	19	最大	12.6	12.5	100	16V < $V_i$ < 22V	15V < $V_i$ < 25V	95	
CW78		最小	11.4	11.5				17	
L12C		典型	12.0	12.0					12.0
		最大	12.6	12.5	40			60	
CW78	23	最小	14.25	14.4		20V < $V_i$ < 26V	18.5V < $V_i$ < 28.5V		
L15B		典型	15.0	15.0				21	25.0
		最大	15.75	15.6	125			120	
CW78		最小	14.25	14.4				21	15.0
L15C		典型	15.0	15.0					
		最大	15.75	15.6	45				
CW78	26	最小	17.1	17.3		22V < $V_i$ < 28V	22V < $V_i$ < 32V		
L18B		典型	18.0	18.0				25	30.0
		最大	18.9	18.7	170			140	
CW78		最小	17.1	17.3				25	18.0
L18C		典型	18.0	18.0					
		最大	18.9	18.7	50				
CW78	33	最小	22.8	23.0		30V < $V_i$ < 36V	28V < $V_i$ < 38V		
L24B		典型	24.0	24.0				33.5	40.0
		最大	25.2	25.0	200			180	
CW78		最小	22.8	23.0				33.5	24.0
L24C		典型	24.0	24.0					
		最大	25.2	25.0	60				

续表

静态电流 $I_d$	静态电流变化 $\Delta I_d$		纹波抑制比 $S_R$	最小输入电压 $V_{Imin}$	输出噪声电压 $V_{NO}$	输出电压 温度变化率 $S_T$	
	mA						dB
$I_o = 40mA$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o > 1mA$ $< 100mA$	$I_o = 40mA$	$I_o = 40mA$ $f = 100Hz$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o < 100mA$	$f > 10Hz$ $< 100kHz$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o = 1mA$ $T_j > T_{jL}$ $< T_{jH}$	
6.5	0.2	1.5					
			16V < $V_i$ < 27V	55	15V < $V_i$ < 25V	14	100
6.5	0.2	1.5					
				53		17	120
6.5	0.2	1.5	20V < $V_i$ < 30V		18.5V < $V_i$ < 28.5V		
				53		17	120
6.5	0.2	1.5					
				52		20	150
6.5	0.2	1.5	22V < $V_i$ < 32V		22V < $V_i$ < 32V		
				52		20	150
6.5	0.2	1.5					
				49		26	200
6.5	0.2	1.5	28V < $V_i$ < 38V		28V < $V_i$ < 38V		
				49		26	200
6.5	0.2	1.5					

CW78M00 系列 (0.5A) 稳压集成电路的电参数

参数名称	输入电压 $V_i$	输出电压 $V_o$		电压调整率 $S_v (\Delta V_o)$		电流调整率 $S_i (\Delta V_o)$		
		V		mV		mV		
单位	V	V		mV		mV		
测试条件		$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	$I_o = 200\text{mA}$	$I_o = 200\text{mA}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	$I_o > 5\text{mA}$ $< 500\text{mA}$	$I_o > 5\text{mA}$ $< 500\text{mA}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	
CW78 M05B	10	最小	4.75	4.80	50	7	150	20
		典型	5.00	5.00				
		最大	5.25	5.20				
CW78 M05C		最小	4.75	4.80	25	7	80	15
		典型	5.00	5.00				
		最大	5.25	5.20				
CW78 M06B	11	最小	5.70	5.75	60	8.5	150	25
		典型	6.00	6.00				
		最大	6.30	6.25				
CW78 M06C		最小	5.70	5.75	30	8.5	80	20
		典型	6.00	6.00				
		最大	6.30	6.25				
CW78 M09B	14	最小	8.55	8.65	90	12.5	150	80
		典型	9.00	9.00				
		最大	9.45	9.35				
CW78 M09C		最小	8.55	8.65	45	12.5	80	27
		典型	9.00	9.00				
		最大	9.45	9.35				
CW78 M12B	19	最小	11.4	11.5		17		50
		典型	12.0	12.0				

续表

静态电流 $I_d$	静态电流变化 $\Delta I_d$		纹波抑制比 $S_R$	最小输入电压 $V_{Imin}$	输出噪声电压 $V_{NO}$	输出电压 温度变化率 $S_T$
mA	mA		dB	V	$\mu V$	mV/°C
$I_o = 500mA$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o > 10mA$ $< 1.5A$	$I_o = 500mA$	$I_o = 500mA$ $f = 100Hz$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o < 1.5A$	$f > 10Hz$ $< 100kHz$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o = 50mA$ $T_j \sim T_{PL}$ $< T_{PH}$
			63			
8	0.8	1.3		7	40	1.0
			63			
8	0.5	0.8		7	40	1.0
			61			
8	0.8	1.3		8	50	1.0
			61			
8	0.5	0.8		8	50	1.0
			58			
8	0.8	1.3		11	70	1.2
			58			
8	0.5	0.8		11	70	1.2
			55			
				14	100	1.2

续表

参数名称	输入电压 $V_i$	输出电压 $V_o$		电压调整率 $S_v (\Delta V_o)$		电流调整率 $S_i (\Delta V_o)$					
		V		mV		mV					
单位	V	V		mV		mV					
测试条件		$I_o = 200mA$	$I_o = 200mA$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o = 200mA$	$I_o = 200mA$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o > 5mA$ $< 500mA$	$I_o > 5mA$ $< 500mA$ $T_j = 25^\circ C$				
CW78 M12B	19	最大	12.6	12.5	120	16V < $V_i$ < 22V	15V < $V_i$ < 25V	200			
CW78		最小	11.4	11.5				17			
M12C		典型	12.0	12.0						35	
			最大	12.6	12.5			60		100	
CW78	23	最小	14.25	14.4	20V < $V_i$ < 26V	18.5V < $V_i$ < 28.5V	21	60			
M15B		典型	15.0	15.0							
		最大	15.75	15.6					150	250	
CW78		最小	14.25	14.4						21	45
M15C		典型	15.0	15.0							
		最大	15.75	15.7					75		
CW78	26	最小	17.1	17.3	22V < $V_i$ < 28V	22V < $V_i$ < 32V	25	70			
M18B		典型	18.0	18.0							
		最大	18.9	18.7					180	300	
CW78		最小	17.1	17.3						25	55
M18C	典型	18.0	18.0								
	最大	18.9	18.7	90	150						
CW78	33	最小	22.8	23.0	30V < $V_i$ < 36V	28V < $V_i$ < 38V	33.5	100			
M24B		典型	24.0	24.0							
		最大	25.2	25.0					240	350	
CW78		最小	22.8	23.0						33.5	75
M24C		典型	24.0	24.0							
		最大	25.2	25.0					120		

续表

静态电流 $I_d$	静态电流变化 $\Delta I_d$		纹波抑制比 $S_R$	最小输入电压 $V_{Imin}$	输出噪声电压 $V_{NO}$	输出电压温度变化率 $S_T$
mA	mA		dB	V	$\mu V$	mV/°C
$I_o = 200mA$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o > 5mA$ $< 500mA$	$I_o = 500mA$	$I_o = 200mA$ $f = 100Hz$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o < 500mA$	$f > 10Hz$ $< 100kHz$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o = 5mA$ $T_j > T_{jL}$ $< T_{jH}$
8	0.8	1.3				
				55	14	100
8	0.5	0.8				
				53	17	120
8	0.8	1.3				
				53	17	120
8	0.5	0.8				
				52	20	150
8	0.8	1.3				
				52	20	150
8	0.5	0.8				
				49	26	200
8	0.8	1.3				
				49	26	200
8	0.5	0.8				



CW7800 系列 (1.5A) 稳压集成电路的电参数

参数名称	输入电压 $V_i$	输出电压 $V_o$		电压调整率 $S_v (\Delta V_o)$		电流调整率 $S_i (\Delta V_o)$		
		单位	V	V	mV	mV	mV	
测试条件		$I_o = 500mA$	$I_o = 500mA$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o = 500mA$	$I_o = 500mA$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o > 10mA$ $< 1.0A$	$I_o > 10mA$ $< 1.5A$ $T_j = 25^\circ C$	
CW7805B	10	最小	4.75	4.80		7	200	25
		典型	5.00	5.00				
		最大	5.25	5.20				
CW7805C		最小	4.75	4.80	25	7	100	20
		典型	5.00	5.00				
		最大	5.25	5.20				
CW7806B	11	最小	5.70	5.75		8.5	200	30
		典型	6.00	6.00				
		最大	6.30	6.25				
CW7806C		最小	5.70	5.75	30	8.5	100	25
		典型	6.00	6.00				
		最大	6.30	6.25				
CW7809B	14	最小	8.55	8.65		12.5	200	40
		典型	9.00	9.00				
		最大	9.45	9.35				
CW7809C		最小	8.55	8.65	45	12.5	100	30
		典型	9.00	9.00				
		最大	9.45	9.35				
CW7812B	19	最小	11.4	11.5		17		50

续表

静态电流 $I_d$	静态电流变化 $\Delta I_d$		纹波抑制比 $S_R$	最小输入电压 $V_{imin}$	输出噪声电压 $V_{NO}$	输出电压温度变化率 $S_T$
mA	mA		dB	V	$\mu V$	mV/°C
$I_o = 200mA$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o > 5mA$ $< 500mA$	$I_o = 200mA$	$I_o = 200mA$ $f = 100Hz$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o < 500mA$	$f > 10Hz$ $< 100kHz$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o = 5mA$ $T_j > T_{PL}$ $< T_{PH}$
			63			1.0
8	0.8	1.3		7	40	
			63			1.0
8	0.5	0.8		7	40	
			61			1.0
8	0.8	1.3		8	50	
			61			1.0
8	0.5	0.8		8	50	
			58			1.2
8	0.8	1.3		11	70	
			58			1.2
8	0.5	0.8		11	70	
			55			1.2
				14	100	

续表

参 数 名 称	输入电压 $V_i$	输出 电压 $V_o$		电 压 调 整 率 $S_v (\Delta V_o)$		电 流 调 整 率 $S_i (\Delta V_o)$		
		单 位	V		mV		mV	
测 试 条 件		$I_o = 500mA$	$I_o = 500mA$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o = 500mA$	$I_o = 500mA$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o > 10mA$ $< 1.5A$	$I_o > 10mA$ $< 1.5A$ $T_j = 25^\circ C$	
CW78 12B	19	最大	12.6	12.5	120		240	
CW78 12C		最小	11.4	11.5				
		典型	12.0	12.0		17		40
		最大	12.6	12.5	60		120	
CW78 15B	23	最小	14.25	14.4				
CW78 15C		典型	15.0	15.0		21		60
		最大	15.75	15.6	150		300	
		最小	14.25	14.4				
CW78 18B		典型	15.0	15.0		21		50
		最大	15.75	15.6	75		150	
	最小	17.1	17.3					
CW78 18C	典型	18.0	18.0		25		70	
	最大	18.9	18.7	180		360		
	最小	17.1	17.3					
CW78 24B	典型	18.0	18.0		25		60	
	最大	18.9	18.7	90		180		
	最小	22.8	23.0					
CW78 24C	典型	24.0	24.0		33.5		90	
	最大	25.2	25.0	240		480		
	最小	22.8	23.0					
CW78 24C	典型	24.0	24.0		33.5		80	
	最大	25.2	25.0	120		240		

续表

静态电流 $I_d$	静态电流变化 $\Delta I_d$		纹波抑制比 $S_R$	最小输入电压 $V_{Imin}$	输出噪声电压 $V_{NO}$	输出电压 温度变化率 $S_T$	
	mA						dB
$I_o = 500mA$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o > 10mA$ $< 1.5A$	$I_o = 500mA$	$I_o = 500mA$ $f = 100Hz$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o < 1.5A$	$f > 10Hz$ $< 100kHz$ $T_j = 25^\circ C$	$I_o = 5mA$ $T_j > T_{jL}$ $< T_{jH}$	
8	0.8	1.3					
			16V < $V_i$ < 27V	15V < $V_i$ < 25V			
				55	14	100	1.2
8	0.5	0.8					
				53	17	120	1.5
8	0.8	1.3	20V < $V_i$ < 30V	18.5V < $V_i$ < 28.5V			
				53	17	120	1.5
8	0.5	0.8					
				52	20	150	1.8
8	0.8	1.3	22V < $V_i$ < 32V	22V < $V_i$ < 32V			
				52	20	150	1.8
8	0.5	0.8					
				49	26	200	2.4
8	0.8	1.3	28V < $V_i$ < 38V	28V < $V_i$ < 38V			
				49	26	200	2.4
8	0.5	0.8					

CW78T00 系列 (3.0A) 集成稳压电路的电参数

参数名称	符号	测试条件	单位	W78T05			W78T12			W78T18			W78T24				
				最大	典型	最小	最大	典型	最小	最大	典型	最小	最大	典型	最小		
输入电压	$V_i$		V	10			19			26			33				
输出电压	$V_o$	$I_o = 1A$	V	4.75	5.00	5.25	11.4	12.0	12.6	17.1	18.0	18.9	22.8	24.0	25.2		
		$I_o = 1A$ $T_j = 25^\circ C$		4.80	5.00	5.20	11.5	12.0	12.5	17.3	18.0	18.7	23.0	24.0	25.0		
电压调整率	$S_v$ ( $\Delta V_o$ )	$I_o = 1A$	mV	25			60			90			120				
				$8V < V_i < 12V$			$16V < V_i < 22V$			$22V < V_i < 28V$			$30V < V_i < 36V$				
		$I_o = 1A$ $T_j = 25^\circ C$			7			17			25			33.5			
		$8V < V_i < 18V$			$15V < V_i < 25V$			$22V < V_i < 32V$			$28V < V_i < 36V$						
电流调整率	$S_i$ ( $\Delta V_o$ )	$10mA < I_o < 3A$	mV	100			120			180			240				
		$10mA < I_o < 3A$ $T_j = 25^\circ C$		20			40			60			80				
静态电流	$I_d$	$I_o = 1A$ $T_j = 25^\circ C$	mA	8			8			8			8				
静态电流变化	$\Delta I_d$	$10mA < I_o < 3A$	mA	0.5			0.5			0.5							
		$I_o = 1A$		0.8			0.8			0.8							
				$8V < V_i < 20V$			$22V < V_i < 32V$			$22V < V_i < 32V$			$28V < V_i < 38V$				
纹波抑制比	$S_R$	$I_o = 1A$ $S = 100Hz$ $T_j = 25^\circ C$	dB	63			52			52			49				
				$8V < V_i < 18V$			$15V < V_i < 25V$			$22V < V_i < 32V$			$28V < V_i < 38V$				
最小输入电压	$V_{Imin}$	$I_o < 3A$	V	7.5			14.5			20.5			26.5				
噪声电压	$V_{NO}$	$10Hz < f < 100kHz$ $T_j = 25^\circ C$	$\mu V$	40			100			150			200				
输出电压温度变化率	$S_T$	$I_o = 5mA$ $T_{L} < T_j < T_{H}$	mV/ $^\circ C$	1.0			1.2			1.8			2.4				
生 产 厂				北京半导体器件五厂													

十一、彩电开关电源常用大功率管参数表

型号	极性	$P_{CM}$ (W)	$I_{CM}$ (A)	$BV_{CBO}$ (V)	$BV_{CEO}$ (V)	$BV_{EBO}$ (V)	$h_{FE}$	$f_T$ (MHz)	$f_r$ ( $\mu s$ )
BU126	NPN	30	3	750	300		15~60	8	0.15
BU206	NPN	10	2.5	1700	800		>1.8	7.5	0.75
BU207	NPN	12	5	1300	600	5	>2.2	7	0.9
BU207A	NPN	12	7.5	1300	600		>2.2	7	0.9
BU208	NPN	12.5	5	1500	700	5	>2.2	7	0.7
BU326	NPN	60	8	800	800		30	6	
BU508	NPN	125	8		700			7	0.7
BU546	NPN	100	8	1300			5	10	
2SC1894	NPN	50	5	1500	600	7	8~20	3	1
2SD820	NPN	50	5	1500	600	5	8		1
2SD850	NPN	20	3	1500	700	5	8		1
2SD1431	NPN	80	5	1500	600	6	8	3	1

十二、国外彩色电视机用开关、升压、阻尼、整流二极管电参数表

国外型号	彩电机型	反向电压		正向电流 $I_F$ (mA)	正向压降 $V_F$ (V)	反向电流 $I_R$ ( $\mu$ A)	反向恢复 时间 $t_{rr}$ (ns)	结电容 C (pF)	允许功耗 Pd (mW)
		工作电压 $V_{RSM}$ (V)	最高电压 $V_{RRM}$ (V)						
MA57	电子调谐器	25	30			0.1			
MA150	松下 M11	30	35	100	1.2	0.1	10	2	
MA155	电子调谐器	30	35	100	1.4	0.5		3.5	300
MA161	松下 M11	50	50	100	0.95	5	4	2	
MA165	电子调谐器	30	35	100	1.2	100	10	2	
SM-1-02 FRA	日立 321	200	250	800	1.1	10	400		
EH1Z	日立 321	200	250	600	1.35	10	4000		
EM1A	日立 321	600	650	1A	0.97	10			
EM01Z	松下 M11 三洋 83P	200	250	1A	0.97	10			
ES1	三洋 83P	400	450	0.8A	2.5	10	1.5 $\mu$ S		
FS1A	日立 321	600	650	0.8A	2.5	10	0.4 $\mu$ S		
EU	三洋 83P	400	450	0.5A	2.5	10	0.4 $\mu$ S		
EU-01A	三洋 83P	600	600	0.5A	2.5	10	0.4 $\mu$ S		
EU <sub>2</sub>	三洋 83P	400	450	1A	1.4	10	0.4 $\mu$ S		
EU-2Z	三洋 83P	200	250	1A	1.4	10	0.3 $\mu$ S		
EU-3A	三洋 83P	600	650	1A	1.4	10	0.3 $\mu$ S		
RU <sub>2</sub>	松下 M11 三洋 83P	600	650	1A	1.5	10	0.4 $\mu$ S		
RU-3A	三洋 83P	600	650	1A	1.5	10	0.4 $\mu$ S		
RC <sub>2</sub>	松下 M11	2000	2000	200	2.0	10	0.8 $\mu$ S		
RM <sub>2</sub>	JVC	400	450	1.5A	0.95	5			
RM <sub>11</sub> C	三洋 83P	700	1000	1.5A	0.92	10			
RM <sub>12</sub> M	松下 M11	200	250	1A	0.95	5			
RG <sub>2</sub>	东芝	400	400	1.5A	1.5	500			
S5295G	东芝	300	400	1A	1.5	10	1.5 $\mu$ S		
S5295J	东芝	500	600	1A	1.5	10	1.5 $\mu$ S		
JVR2D	东芝	200	200	1A	1.4	10	20 $\mu$ S		
JVR4J	东芝	600	600	1.2A	1.2	10	20 $\mu$ S		
W06A	JVC	50	100	750	1.44	100			
1S1835	东芝	500	600	1.5A	1.2	10	1.5 $\mu$ S		

续表

国外型号	彩电机型	反向电压		正向电流 $I_F$ (mA)	正向压降 $V_F$ (V)	反向电流 $I_R$ ( $\mu$ A)	反向恢复 时间 $t_{rr}$ (ns)	结电容 C (pF)	允许功耗 Pd (mW)
		工作电压 $V_{RSM}$ (V)	最高电压 $V_{RRM}$ (V)						
1S1886	东芝	200	200	1.5A	1.2	10			
1S1887	东芝	400	400	1.5A	1.2	10			
1S1942	东芝	200	200	500	1.2	400			
3JH61	东芝	600	600	3A	1.4	20	1.5 $\mu$ S		
V06C	日立 321	200	300	2.5A	1.6	15	3 $\mu$ S		1.4W
V09C	日立 321	200	300	2.5A	1.94	15	400		
V09E	JVC	400	500	800	1.94	2	400		
V19E	JVC	400	500	800	1.2	10	200		
ERA1506	夏普	600	600	2A	1.1	10			
RGP10D	夏普	140	200	1A	1.3	5	150	15	
RGD10J	夏普	420	600	1A	1.3	5	250	15	
1N4449	东芝	75	100	150	1.0	5	4	2	
V19E-4	JVC	600	650	1A	1.5	10	300		
RU-4B	JVC	800	850	3A	1.4	10	500		
W06A-4	JVC	100	150	1A	1.0	10			
M115RC	松下 M11	1000	1100	2A	0.95	10			
M115SC	松下 M11	1000	1100	2A	0.95	10			
RB156	日立 321	600	650	1.5A	0.95	10			
R02A			800	1.5A	0.93	10			
SLB01-02			200	2.0A	1.1	10			
1N4446	东芝	70	75	20	1.0	0.025	4	4.0	
1J4448	东芝	70	75	100	1.0	0.025	4	4.0	
BA157	根德		400	1.0A	1.5	5	500	2.2	
BA159	根德		1000	1.0A	1.5	5	500	1.8	
BY206	根德		300	2.0A	1.5	2	1.0 $\mu$ S	4.0	
BY407	根德		600	2.0A	1.5	2	300		



十三、国内外收录机电源变压器绕制数据汇集

型号	电源电压		铁芯截面 (cm <sup>2</sup> )	每伏匝数 (T/V)	初级匝数 (T)	初级线径 (mm)	次级匝数 (T)	次级线径 (mm)
	DC	AC						
三洋 M2429	7.5	8.5×2	1.95		4400	0.07	170×2	0.31
M2580	9	10×2	4		2200			
M9930	9	8.7	4	8.7	1890	0.12		0.64
M2570	7.5	8	3.2	10	2200	0.10	67×2	0.45
M9902	7.5	8.5	2.6	12	2680	0.10	109	0.60
M4500	9	10×2	5.4	6.7	2200	0.11	100×2	0.55
M9915	9	10	2.08		3300	0.10	150	0.47
M9922	9	7.5	2.34	13	2900	0.10	125	0.50
M9994	12	1.0	4.5	6	1320	0.15	75	0.75
M9903	7.5	6.5	2.6	12	2710	0.07	75	0.40
M2409	7.5				3300	0.08	125×2	0.36
M9500-2K	9				3140	0.08	136	0.46
M2438H	7.5				2200			
M2564	7.5		1.8	18	3760	0.07	178×2	0.31
M2564H					4400	0.07	170×2	0.31
SLIM <sub>3</sub>	6				4620	0.06		0.26
M4100			3.2	9.5	2120	0.10	65×2	0.60
M-270H	7.5		2.08	16.4	3608	0.08	123	0.35
M2570K	7.5		2.6	10	2200	0.10	75	0.45
M4500K	9			6	1320	0.14	54	0.75
M2580K	9			6	1900	0.12	77	0.64
M9922K	9			14.5	3200	0.10	131	0.50
M999K	9			6.2	1370	0.15	75	0.75
M9994K	12			6.2	2550	0.13	70	0.61
M9902F	9			12	1370	0.15	75	0.75
M2564H	9			20	4400	0.07	170×2	0.31
M2429N	9			14	2980	0.09	102×2	0.40
M-Z70H			2.08	16.4	3600	0.08	115×2	0.35
松下 RQ2160			1.0	26.6	58700	0.07	245×2	0.27
RQ1650			3.2	9.5	2100	0.10	90	0.64
RQ2106	6		1	29.7	5870	0.07	178×2	
RX5030	9			6.1	1350	0.13	55	0.75
RQ5170					3300	0.10	84×2	0.35
RQ-2106	6	7×2			7700	0.06	245×2	0.27
RX-5030	9	7.5			1350	0.13		
RQ-4050D	9				1940	0.12	80	0.76
RQ-517D	6	6×2			3000	0.1	85×2	0.35
索尼 CFS-47S	8	10.8	2.94	10	2270	0.09	90	0.50
CFS-65S	9	7.5	3.2	10	2750	0.09	90	0.64
CFS6S/L	9			10	2200	0.12	90	0.55
CFS-23S					2700	0.11	84	1.04
CFS-47S					2275	0.09	90	0.31
CFS4230			3.0	10	2270	0.10	90	0.64
CFS-3805B					2100	0.11	96	0.61
夏普 GF-555	15				1120	0.21	77	0.82
GF-6060X	12	11.5	4		1980	0.12	108	0.55
GF-1354	6	6.5			3130	0.09	97	
GF-4646Z	9				2900	0.07	132	0.5
GF-5454	9	10			2400	0.06	108	0.6
GF-5050	9	9			1930	0.12	83	0.55
GF-8585	12	10			1760	0.15	93	0.75
GF-1754H	6		2.34	15	3135	0.09	97	0.47
GF6161			4.1	7.5	1600	0.12	85	0.64
GF6060X	12		4	10	2200	0.11	120	0.55
GF8585H/X	12		4	7.7	1700	0.15	92	0.75
GF-1354					3135	0.09	97	0.47
GF-1754			2.88	15	3300	0.09	97	0.35
GF-7002					3038	0.10	160	0.62
QT-38					3080	0.10	160	0.62

续表

型号	电源电压		铁芯截面 (cm <sup>2</sup> )	每伏匝数 (T/V)	初级匝数 (T)	初级线径 (mm)	次级匝数 (T)	次级线径 (mm)
	DC	AC						
美乐 998-1					1780	0.12	85	0.54
红星 DF1012			4.7	7	1540	0.21	42×2 94	0.32 0.86
南虹 NH5305					1188	0.27	49 67	0.38 1.00
旭光 SG3121					2200	0.13	90×2	0.55
宫灯 SL22 / 33 / 34			5.8	7.3	1600	0.21	124 44	0.72 0.47
冬梅 BSL-12	9	9×2	3.84	16	3500	0.11	76×2	0.61
BSL-22			3.84		2200	0.15	108	0.68
SL-12					1540	0.23	140	0.67
							42	0.67
TSL-12		20	5.9		1540	0.23	140	0.67
							42	0.67
TSL-13		21	5.19		1590	0.21	150	0.67
							46	0.67
海棠 HSL-211	6	6×2	2.56		3300	0.11	85×2	0.47
海燕 SLY-8080	9	9.8			1900	0.12	87	0.56
凤凰 F7210					2112	0.12	104×2	0.47
牡丹 M301A	9				1760	0.17	93	0.74
							48	0.31
MT210	9				1760	0.17	93	0.74
							48	0.31
MB204	6				3300	0.06	100	0.31
天鹅 TESL203	12.5	13~14.5			1290	0.25	84	0.89
							38	0.51
ZSL301	12.5	13~14.5			1290	0.25	83	0.89
							38	0.51
冬蓝 SL-6TL		10.5			1870	0.23	50 100 51×2	0.44 0.90 0.35
蝙蝠 LT121-809		18			1386	0.21	43 124 34 51	0.47 0.51 0.38 0.38
东巷 2SL2	7.5	9.8			2860	0.12	130×2	0.35
星球 SL-302	10	10.5	6.08		1500	0.28	74	0.64
孔雀 9357		13.2			1760	0.19	106 50	0.69 0.51
东海 2SL4		8.6×2	3.5		2200	0.11	90×2	0.51
东乐 DL-T122/B		11			2574	0.12	135	0.5
蓬波 PJJ-821	9				1660	0.14	75×2	0.54
海燕 T241		22 6.3 13.2	3.42		1600	0.19	191 54 102	0.47 0.38 0.93
百合花 LT-341		17 6.2			1650	0.25	128 49	0.33 0.33
熊猫 L-04	7.5 17×2	9	2.88	12	2630	0.10	86×2 67×2	0.53 0.93
红灯 2YZ1000	12						47	0.44
	5.5	10.14			780	0.44	21	0.72
2L144			7.84	5.6	1230	0.29	100	0.27
							34	0.64
784-1		16 5.5			1800	0.15	153 61	0.47 0.27

续表

型号	电源电压		铁芯截面 (cm <sup>2</sup> )	每伏匝数 (F/V)	初级匝数 (T)	初级线径 (mm)	次级匝数 (T)	次级线径 (mm)
	DC	AC						
东芝 RTS713D	9				2200	0.11	95×2	0.41
3110			1.95	15	3300	0.08	170×2	0.27
8140			5.13	6	1300	0.13	85	0.27
康艺 2932-S	7.5	8			1870	0.08	71	0.72
8080-2S	7.5	8		10	2200	0.12	75	0.45
8080	9		1.6×3	9	1880	0.12		
2828	9		1.6×2.4	9.1	1901	0.12	83	
8383-2S	9	9			2160	0.1	93	0.6
4833			2.6	12	2500	0.1		
康力 UCR-1043B	12	11.2			1800	0.11	101	0.7
UCR-1040	9	9			2110	0.1	87	0.5
UCR-1051	9	9			1850	0.13	79	0.52
8223-1	12				1670	0.12	99	0.72
康顺 8080-4S	9	10			2050	0.14	96	0.67
巨星 STR-818	12	13			1650	0.14	80	0.71
银声 ST1000T	6	6		11.4	2500	0.11	68	0.61
超声 CR-103S	6	6.6			3510	0.1	105×2	0.42
皇冠 CSC-840F	9				2000	0.1	85×2	0.42
38058	9		3.68	9.5	2090	0.11	86	0.60
WN-3805B					2100	0.11	96	0.61
神笛 SCR3266	12	13			2200	0.1	130	0.72
METODY								
(SW998-1)	9				1950	0.12	76	0.62
STANDARD								
(CP1050)	6				4180	0.09	220	
爱华 TPR-180H	7.5				2330	0.13	89	0.6
国际 2812/2813					2200	0.11	67×2	0.46
益华 SW2030	6		2.6	12	2700	0.09	87×2	0.35
豪华 VoVo	9	8	4.75	7.3	1520	0.15	58	0.64
香港 SW998-1	7.5		3.68	8.9	1978	0.12	61	0.64
SW2030	6		2.6	12.3	2706	0.09	74	0.35
声波 4230			3	10	2200	0.1		
银声 ST1000T	6	5			2500	0.11	57	
飞利浦 8784					2200	0.12	(1)130 (2)140	(1)0.51 (2)0.18
康尼 2828-S			3.3	9	2060	0.10	80	0.64
4833			2.6	12	2620	0.10	90	0.64
8080			4.0	7.5	1700	0.15	90	0.64
济富 858S	9	8	10		2260	0.12	85	0.61
上海 L866			14.8	4.75	1045	0.25	78 29	0.80 0.63
L890			14.8	5.4	1280	0.23	35×2 87	0.41 0.74
上海春雷 3PL3	6		1.4×2.1	14	2970	0.12	130	0.61
上录 L316	6		1.2×9	17.5	3850	0.09	175	0.41
上海牌 L-440	9		1.4×2.1	11.8	2600	0.13	154	0.53
L-400			1.4×2.1	11.8	2600	0.13	154	0.53
L2400			1.4×2.1	11.8	2600	0.13	154	0.53
L861	14.5		14.8	5.4	1150	0.25	86	0.86
L864							33	0.51
L-350	6				3300	0.08	102×2	0.31
美乐迪 SW998			3.68	9	2000	0.12	76	0.62
雪封 3805B			3.68	9	2100	0.11	96	0.60
珠江 SLB-6	9		4.75	8.7	1720	0.15	74×2	0.60
五州	12		1.95	20	4400	0.07	200×12	0.38
美多 CT6620A		21		6	1310	0.19	128	0.53
CT6920			6.08	5.6	1235	0.23	38 74	0.53 0.60

十四、国内黑白电视机用电源变压器数据汇集

电视机型号	铁芯	线径与圈数	绕组结构
飞跃 9D3-1A	GEB19×32	1-2 $\phi 0.21$ 1400T 3-4 $\phi 0.74$ 120T	
飞跃 12D1/A	GEB22×28	1-2 $\phi 0.25$ 1560T 3-4 $\phi 0.81$ 137T	
飞跃 12D3	GEB19×30	1-2 $\phi 0.21$ 1450T 3-4 $\phi 0.74$ 124T	
飞跃 12D4A	E19×30	1-2 $\phi 0.23$ 1450T 3-4 $\phi 0.74$ 124T 4-5 $\phi 0.74$ 11T	
飞跃 12D7A	GEB19×32	1-2 $\phi 0.03$ 295T 2-3 $\phi 0.03$ 55T 4-5 $\phi 0.67$ 107T	
飞跃 19D1	GEB26×39	1-2 $\phi 0.41$ 825T 3-4 $\phi 0.41$ 405T 5-6 $\phi 0.41$ 67T 6-7 $\phi 0.41$ 67T 8-9 $\phi 0.41$ 32T 10-11 $\phi 0.57$ 26T 11-12 $\phi 0.57$ 29T	
牡丹 23H3	CD12.5×25×30	1-2 $\phi 0.21$ 2154T 3-4 $\phi 0.74$ 188T	
牡丹 31H5/A 31H3	CD12.5×25×30	1-2 $\phi 0.23$ 2132T 3-4 $\phi 0.8$ 172T	
牡丹江 MS31-2		1-2 $\phi 0.23$ 1450T 3-4 $\phi 0.8$ 124T	
牡丹 31H1 31H4	XCP12.5×25×40-0.35-III	1-2 $\phi 0.23$ 2132T 3-4 $\phi 0.8$ 200T	
凯歌 4D8	GEB22×28	1-2 $\phi 0.27$ 1350T 4-5 $\phi 0.8$ 111T	
凯歌 4D8A 4D9G	GEB22×28	1-2 $\phi 0.23$ 1657T 3-4 $\phi 0.8$ 144T	

续表

电视机型号	铁芯	线径与圈数	绕组结构
青松 1202	GEB22×28	1-2 $\phi 0.31$ 1320T 3-4 $\phi 1.0$ 108T 4-5 $\phi 1.0$ 19T	
青松 31-H4		1-2 $\phi 0.31$ 1320T 3-4 $\phi 1.0$ 108T 4-5 $\phi 1.0$ 9T	
青松 N31F-3		1-2 $\phi 0.25$ 1496T 3-4 $\phi 0.8$ 121T 3-5 $\phi 0.8$ 125T	
青松 N31J		1-2 $\phi 0.31$ 1320T 3-4 $\phi 1.0$ 101T	
青松 901 青松 904	EI22×27 硅钢片	1-2 $\phi 0.31$ 1320T 3-4 $\phi 1.0$ 117T 4-5 $\phi 1.0$ 9T	
沈阳 SD12-3A	GEB22×30 硅钢片	1-2 $\phi 0.27$ 1430T 3-4 $\phi 0.8$ 112T 5 屏蔽层	
北京 842	GE22	1-2 $\phi 0.25$ 1656T 4-5 $\phi 0.8$ 144T	
西湖 902 西湖 12HD1	GE22×18	1-2 $\phi 0.27$ 1350T 7-8 $\phi 0.27$ 20T 4-5 $\phi 0.72$ 106T	
星火 JDS4/G	GEB22×28	1-2 $\phi 0.25$ 1656T 4-5 $\phi 0.8$ 144T	
星火 JDS6A	E19×32	1-2 $\phi 0.29$ 1450T 4-5 $\phi 0.75$ 118T	
星火 JDS7	GB19×32	1-2 $\phi 0.21$ 1450T 4-5 $\phi 0.74$ 118T	
星火 JDS8A	GB19×32	1-2 $\phi 0.21$ 1450T 4-5 $\phi 0.74$ 118T	
金星 B23-1 B31-1/G	GEB22	1-2 $\phi 0.25$ 1540T 3-4 $\phi 0.69$ 130T 4-5 $\phi 0.69$ 130T	

续表

电视机型号	铁芯	线径与圈数	绕组结构
金星 B31-2A / B31-31		1-2 $\phi 0.23$ 1540T 4-5 $\phi 0.72$ 137T	
金星 B40-1	CD16×32×50	1-2 $\phi 0.44$ 660T×2 3-4 $\phi 0.62$ 255T×2 5-6 $\phi 0.72$ 54T 7-8 $\phi 0.72$ 54T	
友谊 313A 友谊 312	GEB22×28	1-2 $\phi 0.25$ 1526T 4-5 $\phi 0.8$ 127T 5-6 $\phi 0.8$ 11T	
昆仑 B315, B315A	XCD 12.5×25×40	1-2 $\phi 0.23$ 2132T 3-4 $\phi 0.8$ 176T	
长城 JTH123	GEB22×28	1-2 $\phi 0.25$ 1526T 4-5 $\phi 0.80$ 135T 5-6 $\phi 0.80$ 11T	
长城 75-3A	GEB 22×28 GFI	1-2 $\phi 0.25$ 1656T 3-4 $\phi 0.84$ 144T	
金风 H315 H312-1	GEB22×28 硅钢片(75片)	1-2 $\phi 0.25$ 1535T 3-4 $\phi 0.8$ 21T 4-5 $\phi 0.8$ 120T	
莺歌 B121		1-2 $\phi 0.25$ 1350T 3-5 $\phi 0.8$ 95T×2	
上海 J135-2	CD12.5×25×40	1-3 $\phi 0.23$ 956T×2 4-8 $\phi 0.9$ 85T×2	
上海 J104-7	CD35×45	1-2 $\phi 0.57$ 660T 3-4 $\phi 0.35$ 700T 5-6 $\phi 1.56$ 20T 7-8 $\phi 1.56$ 20T 9-10 $\phi 0.51$ 20	
上海 J140-1 上海 J147-1	CD16×32×5II	1-2 $\phi 0.38$ 625T×2 3-4 $\phi 0.47$ 330T×2 5-6 $\phi 0.67$ 20T×2 7-8 $\phi 0.38$ 20T×2	
青岛 JD12-1 31HD-1 / G	GEB22×28	1-2 $\phi 0.25$ 1656T 3-4 $\phi 0.8$ 144T	
春笋 SD-12	GEB22×28	1-2 $\phi 0.25$ 1560T 3-4 $\phi 0.81$ 141T	

续表

电视机型号	铁芯	线径与圈数	绕组结构
凯歌 4D12		1-2 $\phi 0.25$ 1535T 4-5 $\phi 0.8$ 126T	
凯歌 4D14A 407	GEB22×28	1-2 $\phi 0.27$ 1350T 3-4 $\phi 0.8$ 111T	
凯歌 4D4A	GEB22×28×39	1-2 $\phi 0.23$ 1290T 4-6 $\phi 0.72$ 96T×2	
百花 D11-10	GEB19×32	1-2 $\phi 0.21$ 1400T 3-4 $\phi 0.74$ 120T	
百花 D11-20	GEB19×32	1-2 $\phi 0.23$ 1540T 4-5 $\phi 0.72$ 137T	
百花 D11-21	GEB19×32	1-2 $\phi 0.23$ 1325T 6-2 $\phi 0.23$ 63T 3-4 $\phi 0.61$ 110T×2	
百花 D11-30	GEB22×28	1-2 $\phi 0.25$ 1540T 3-4 $\phi 0.69$ 130T 4-5 $\phi 0.69$ 130T	
百花 31HD-2	XE8×12.5	1-2 $\phi 0.23$ 2100T 3-4 $\phi 0.8$ 168T	
海燕 HB31-3	E22×28	1-2 $\phi 0.25$ 1430T 4-5 $\phi 0.83$ 122T 3屏蔽层	
海燕 HB31-2	E22×28	1-2 $\phi 0.25$ 1430T 4-5 $\phi 0.8$ 126T	
孔雀 KQ-31	GIB22×28	1-2 $\phi 0.25$ 1656T 4-5 $\phi 0.8$ 144T	
孔雀 KQ-23	GIB19×32	1-2 $\phi 0.21$ 1400T 4-5 $\phi 0.74$ 120T	
红梅 WHD-2	GEB22×28	1-2 $\phi 0.2$ 1656T 3-4 $\phi 0.8$ 144T	

续表

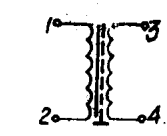
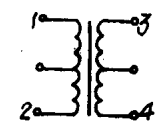
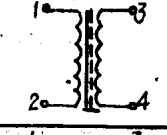
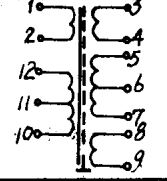
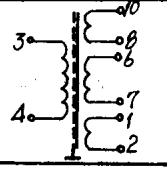
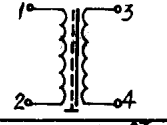
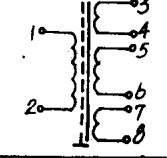
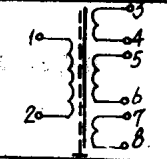
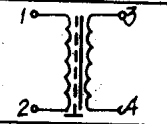
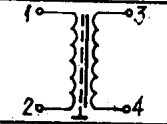
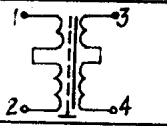
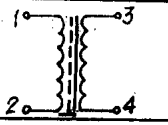
电视机型号	铁芯	线径与圈数	绕组结构
金鹿 FD-521 / 524	GEB19×32	1-2 $\phi 0.27$ 1540T 3-4 $\phi 0.9$ 132T	
襄樊 12×1	GEB22×30 GIB22×30	1-2 $\phi 0.25$ 1375T 3-4 $\phi 0.85$ 68T 4-5 $\phi 0.85$ 47T	
韶峰 701-5	CD30×60×52.5	1-3 $\phi 0.69$ 480T 4-5 $\phi 0.51$ 5T 5-6 $\phi 0.51$ 15T 8-9 $\phi 0.74$ 316T 10-11 $\phi 1.2$ 15T 11-12 $\phi 1.2$ 15T	
南宁 NS16-2	GEB30×30	1-2 $\phi 0.44$ 1250T 3-4 $\phi 0.51$ 620T 5-6 $\phi 0.25$ 40T 7-8 $\phi 0.59$ 40T	
龙江 12J-2	GE22	1-2 $\phi 0.25$ 1656T 4-5 $\phi 0.8$ 144T	
飞鹿 31H-2	CD12.5×25×20	1-2 $\phi 0.23$ 1540T 3-4 $\phi 0.72$ 137T	
泰山 714	GE22×28	1-2 $\phi 0.25$ 1656T 3-4 $\phi 0.8$ 144T	
星海 JDD124	GEB19×30	1-2 $\phi 0.23$ 1500T 5-4 $\phi 0.74$ 124T	
星海 JDD122 JD121	GEB22×28 硅钢片	1-2 $\phi 0.25$ 1560T 4-5 $\phi 0.81$ 140T	
广州 HB31-1M	19×32 硅钢片	1-2 $\phi 0.19$ 1900T 3-4 $\phi 0.72$ 170T 4-5 $\phi 0.23$ 12T	
梅花鹿 H31-1A	CD12×25 硅钢片	1-2 $\phi 0.27$ 2200T 3-4 $\phi 0.86$ 196T	
环宇 753-1 31H-1	GE1B22	1-2 $\phi 0.25$ 1600T 3-4 $\phi 0.8$ 135T	



续表

电视机型号	铁芯	线径与圈数	绕组结构
黄山 AH-6	GEB22×28	1-2 $\phi 0.25$ 1656T 3-4 $\phi 0.81$ 144T	
飞燕 JDS1201	GEB22×28	1-2 $\phi 0.25$ 1656T 4-5 $\phi 0.8$ 134T	
飞燕 DUC-12-1 飞燕 DUC-12-2	GEB22GIB22 22×28	1-2 $\phi 0.25$ 1656T 4-5 $\phi 0.8$ 60T 5-6 $\phi 0.8$ 84T	
山茶 SC915-12	GEB22×28 砂钢片	1-2 $\phi 0.25$ 1625T 3-4 $\phi 0.8$ 144T	
山茶 SC-12A	GEB22×28	1-2 $\phi 0.25$ 1655T 3-4 $\phi 0.8$ 134T	
开封 KD31-1	GEB22×32	1-2 $\phi 0.27$ 1350T 4-5 $\phi 0.80$ 111T	
襄阳 12×1	铁芯 310	1-2 $\phi 0.25$ 1375T 3-4 $\phi 0.85$ 72T 4-5 $\phi 0.85$ 4T	
双喜 DS12-2		1-2 1470T 3-4 130T	
珊瑚 SH12-1	GEB19×32	1-2 $\phi 0.21$ 1470T 3-4 $\phi 0.57$ 130T 4-5 $\phi 0.57$ 130T	
熊猫 DB31H4 熊猫 DB31H3	TCD16×32×30-I	1-2 $\phi 0.21$ 1320T 3-4 $\phi 0.74$ 108T	
熊猫 DB35H2-1Q		1-2 $\phi 0.21$ 1320T 4-5 $\phi 0.74$ 108T	
天鹅 HB31-1A	GEB22×28	1-2 $\phi 0.21$ 1654T 3-4 $\phi 0.8$ 128T	

续表

电视机型号	铁芯	线径与圈数	绕组结构
井冈山 BT311A	GEB22×28 硅钢片	1-2 $\phi 0.25$ 1656T 3-4 $\phi 0.80$ 140T	
英雄 228-JB	CD12.5×25×50	1-2 $\phi 0.31$ 1280T×2 3-4 $\phi 0.09$ 110T×2	
菊花 311	GEB22×28	1-2 $\phi 0.25$ 1650T 3-4 $\phi 0.8$ 150T	
飞跃 19D	GEB26×39	1-2 $\phi 0.41$ 825T 3-4 $\phi 0.41$ 405T 5-6 $\phi 0.41$ 67T 6-7 $\phi 0.41$ 67T 8-9 $\phi 0.41$ 32T 10-11 $\phi 0.57$ 26T 11-12 $\phi 0.57$ 29T	
友谊 JD16-1	GEB26×23	3-4 $\phi 0.41$ 970T 10-8 $\phi 0.83$ 179T 6-7 $\phi 0.23$ 25T 1-2 $\phi 0.51$ 30T	
昆仑 BSH23-1	GEB19×32	1-2 $\phi 0.21$ 1430T 3-4 $\phi 0.74$ 128T	
昆仑 CJ431	CD20×40	1-2 $\phi 0.57$ 834T 3-4 $\phi 0.64$ 475T 5-6 $\phi 0.86$ 26T 7-8 $\phi 0.35$ 18T	
北京 840-1	GEB26×32	1-2 $\phi 0.38$ 1020T 3-4 $\phi 0.55$ 31T 5-6 $\phi 0.23$ 31T 7-8 $\phi 0.47$ 512T	
北京 860-1	QE22-0 42-0.35	1-2 $\phi 0.25$ 1656T 3-4 $\phi 0.8$ 144T	
金星 B31-2	E19(67型) 硅钢片	1-2 $\phi 0.23$ 1540T 3-4 $\phi 0.72$ 137T	
红梅 WJID-1A	XCD 12.5×25×40	1-2 $\phi 0.23$ 2180T 3-4 $\phi 0.74$ 188T	
长城 JTH12	GEB22×28	1-2 $\phi 0.25$ 1656T 3-4 $\phi 0.80$ 158T	

续表

电视机型号	铁芯	线径与圈数	绕组结构
北京 842	GE22-D42-Q35	1-2 $\phi 0.25$ 1656T 3-4 $\phi 0.8$ 144T	
北京 842-3	GE22-D42-0.35	1-2 $\phi 0.25$ 1526T 4-5 $\phi 0.8$ 135T 5-6 $\phi 0.8$ 12T	
天津 TJ310		1-2 $\phi 0.25$ 1526T 1-3 $\phi 0.26$ 1656T 4-5 $\phi 0.8$ 158T	
天津 TJ315		1-2 $\phi 0.25$ 1526T 4-5 $\phi 0.8$ 135T 5-6 $\phi 0.8$ 11T	
环宇 31H-1		1-2 $\phi 0.23$ 1600T 4-5 $\phi 0.8$ 135T	
金风 H312-2		1-1' $\phi 0.23$ 1050T 2-2' $\phi 0.23$ 1050T 3-3' $\phi 0.8$ 89T 4-4' $\phi 0.8$ 89T	
双喜 SD31-2		1-2 $\phi 0.23$ 1470T 3-4 $\phi 0.8$ 130T	
孔雀 KQ-31		1-2 $\phi 0.25$ 1650T 4-5 $\phi 0.8$ 144T	
孔雀 KQ31-2		1-2 $\phi 0.25$ 1650T 4-5 $\phi 0.8$ 144T	
红梅 WJD-1A	GEB22 x 28	1-2 $\phi 0.23$ 1656T 3-4 $\phi 0.8$ 138T	
红梅 WHD-5A	GEB19 x 32	1-2 $\phi 0.21$ 2180T 3-4 $\phi 0.72$ 188T	
黄山 AH-6	GEB22 x 28	1-2 $\phi 0.25$ 1656T 3-4 $\phi 0.8$ 144T	

续表

电视机型号	铁芯	线径与圈数	绕组结构
西湖 31HD1/G		1-2 $\phi 0.23$ 1350T 8-7 $\phi 0.23$ 20T 6-4 $\phi 0.72$ 105T $\times 2$	
芦笛 CS31-1		1-2 $\phi 0.23$ 1150T 3-4 $\phi 0.8$ 107T	
韶峰 SF31-1	GEB22 $\times$ 28	1-2 $\phi 0.25$ 1650T 3-4 $\phi 0.8$ 144T	
长江 31-1		1-2 $\phi 0.21$ 1580T 3-4 $\phi 0.21$ 36T 5-7 $\phi 0.72$ 120T $\times 2$	
成都 CD-783-1	GEB22 $\times$ 28	1-2 $\phi 0.25$ 1198T 2-3 $\phi 0.25$ 139T 4-6 $\phi 0.8$ 107T $\times 2$	
红岩 SQ-311	GEB22 $\times$ 28	1-2 $\phi 0.25$ 1670T 4-5 $\phi 0.8$ 136T 5-6 $\phi 0.8$ 8T	
红岩 J-751A	GEB22 $\times$ 28	1-2 $\phi 0.25$ 1600T $\phi 0.8$ 141T	
长虹 304A	E22 $\times$ 32	1-2 $\phi 0.25$ 1350T 3-4 $\phi 0.51$ 117T	
长虹 304B	E22 $\times$ 32	1-2 $\phi 0.25$ 1320T 3-4 $\phi 0.86$ 96T	
鸿雁 HZ-2		1-2 $\phi 0.25$ 1350T 3-4 $\phi 0.8$ 117T	
三元 35SY-2F		1-2 $\phi 0.23$ 1350T 3-5 $\phi 0.72$ 106T $\times 2$	

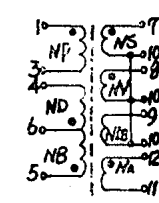
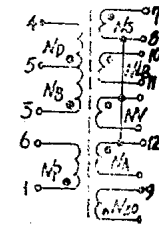
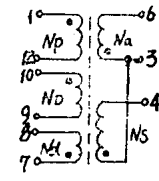
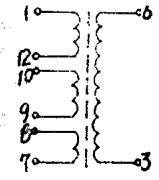
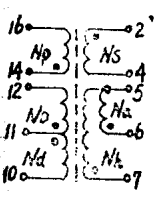
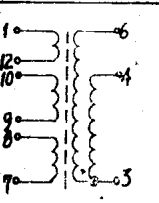
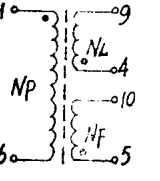
十五、国内外彩色电视机用开关电源变压器数据汇集

编号	机型	绕组形式	绕组结构
1	东芝 JDW3025 (KDB-4C2)	NP $\phi 0.31 \times 3 \times 106T$ NF $\phi 0.49 \times 3T$ NS $\phi 0.41 \times 15T$ NL <sub>1</sub> $\phi 0.41 \times 16T$ NL <sub>2</sub> $\phi 0.31 \times 3 \times 78T$	
2	东芝 TPW-3067	1-4 $\phi 0.35 \times 209T$ 7-8 $\phi 0.35 \times 209T$ 8-6 $\phi 0.35 \times 9.5T$ 10-12 $\phi 0.20 \times 81T$	
3	三洋 AE0017 (KDB-3C1)	NA $\phi 0.3 \times 7T$ NB $\phi 0.35 \times 2T$ NC $\phi 0.3 \times 8T$ N <sub>1</sub> $\phi 0.05 \times 72T$ N <sub>2</sub> $\phi 0.4 \times 2 \times 43T$ NV $\phi 0.3 \times 2 \times 9T$ NV <sub>1</sub> $\phi 0.3 \times 16T$	
4	飞跃 Z0201CE (KDB-4C3)	1-6 $\phi 0.55 \ 58T$ 3-5 $\phi 0.40 \ 2T$ 5-4 $\phi 0.40 \ 13T$ 9-8 $\phi 0.20 \ 16T$ 7-8 $\phi 0.55 \ 61T$ 10-8 $\phi 0.40 \ 9T$ 11-8 $\phi 0.40 \ 14T$ 12-8 $\phi 0.40 \ 9T$	
5	汤姆逊 14英寸彩电	1-2 $\phi 0.15 \ 294T$ 2-5 $\phi 0.15 \ 165T$ 3-4 $\phi 0.35 \ 58T$ 4-6 $\phi 0.35 \ 100T$ 6-7 $\phi 0.35 \ 11T$	
6	松下 TLD15756 (KDB-4C1)	ND $\phi 0.35 \times 190T$ NF $\phi 0.35 \times 127T$ NL <sub>1</sub> $\phi 0.26 \times 297T$ NL <sub>2</sub> $\phi 0.26 \times 101T$ NF <sub>1</sub> $\phi 0.35 \times 177.5T$	
7	松下 TLD15755	NP $\phi 0.35 \ 198T$ NF $\phi 0.35 \ 117T$ NL $\phi 0.76 \ 197T$	

续表

编号	机型	绕组形式	绕组结构
8	日立 KDB-5C1	$NP_1$ $\phi 0.45 \times 72.5T$ $NP_2$ $\phi 0.45 \times 72.5T$ $NF$ $\phi 0.45 \times 10T$ $NL_1$ $\phi 0.45 \times 65T$ $NL_2$ $\phi 0.45 \times 65T$	
9	日立 KDB-5C2 (KB-90-2)	$NP_1$ $\phi 0.45 \times 79.5T$ $NP_2$ $\phi 0.5 \times 84.5T$ $NF$ $\phi 0.45 \times 11T$ $NL_1$ $\phi 0.45 \times 74T$ $NL_2$ $\phi 0.45 \times 75.5T$	
10	日立 P222016	$NP$ $\phi 0.32 \times 290.5T$ $NL$ $\phi 0.32 \times 62.5T$	
11	日立 KB-65-1 (KDB-5C1)	$1-5$ $\phi 0.45$ $72.5T$ $5-2$ $\phi 0.45$ $72.5T$ $8-7$ $\phi 0.45$ $65T$ $7-3$ $\phi 0.45$ $65T$ $3-4$ $\phi 0.45$ $10T$	
12	日立 BKC <sub>1</sub> -01 (P2270682)	$NP$ $\phi 0.45 \times 145T$ $NF$ $\phi 0.45 \times 130.5T$ $NL$ $\phi 0.45 \times 10T$	
13	夏普 C-1803DK	$1-4$ $\phi 0.41$ $206T$ $12-11$ $\phi 0.41$ $116T$ $3-6$ $\phi 0.18$ $90T$ $10-9$ $\phi 0.18$ $17T$ $5-6$ $\phi 0.18$ $6T$	
14	夏普 Z0138CE	$1-4$ $\phi 0.4$ $206T$ $11-12$ $\phi 0.4$ $116T$ $3-6$ $\phi 0.18$ $90T$ $9-10$ $\phi 0.18$ $17T$ $5-6$ $\phi 0.18$ $6T$	

续表

编号	机型	绕组形式	绕组结构
15	夏普 20182CE (KDB-2C1)	NA $\phi 0.42 \times 9T$ NB $\phi 0.42 \times 3T$ ND $\phi 0.42 \times 12T$ NP $\phi 0.58 \times 58T$ NS $\phi 0.62 \times 61T$ NV $\phi 0.42 \times 14T$ NL <sub>B</sub> $\phi 0.42 \times 9T$	
16	夏普 Z0201CE (KDB-4C3)	NA $\phi 0.4 \times 9T$ NB $\phi 0.4 \times 2T$ ND $\phi 0.4 \times 13T$ NP $\phi 0.55 \times 58T$ NS $\phi 0.55 \times 61T$ NV $\phi 0.4 \times 14T$ NL <sub>B</sub> $\phi 0.4 \times 9T$ N <sub>30</sub> $\phi 0.2 \times 16T$	
17	胜利 C40514 (KDB-6C1)	NP $\phi 0.3 \times 105.5T$ ND $\phi 0.5 \times 3T$ Nd $\phi 0.4 \times 15T$ Na $\phi 0.3 \times 3 \times 78T$ Ns $\phi 0.41 \times 15T$	
18	胜利 7190	1-12 $\phi 0.30 \ 105.5T$ 10-9 $\phi 0.50 \ 3T$ 7-8 $\phi 0.40 \ 15T$ 3-6 $\phi 0.30 \ 3 \times 78T$	
19	胜利(KDB-6C2)	NP $\phi 0.26 \times 3 \times 105T$ ND $\phi 0.4 \times 37T$ Nd $\phi 0.4 \times 26T$ Ns $\phi 0.26 \times 78T$ Na $\phi 0.4 \times 11T$ Nh $\phi 0.4 \times 9T$	
20	胜利 C40514	1-2 $\phi 0.30 \ 3 \times 106T$ 10-9 $\phi 0.50 \ 3T$ 7-8 $\phi 0.40 \ 15T$ 3-4 $\phi 0.41 \ 15T$ 3-6 $\phi 0.30 \ 3 \times 78T$	
21	索尼(KDB-7C1)	NP $\phi 0.65 \times 232T$ NF $\phi 0.65 \times 16T$ NL $\phi 0.65 \times 27T$	

十七、日本松下公司开关变压器规格和试验方法

项目	规格	试验方法
温升	55℃以下	将变压器安装在使用电路，正常工作1小时测量。 (通过测绕组电阻，用热电阻测磁芯表面温度方法)
电感	按要 求	1KHz, 0.1V
直流电阻	>1Ω, ±10% 按要 求0.1~1.2, ±70% 0.1Ω, 最大0.1Ω	用惠斯登电桥或双臂电桥测量。(按20℃换算)
匝比	规格值+3~10% (个别规定另定)	初级绕组外加20KHz(1KHz)正弦交流电压测量
耐压	无异常现象	在各绕组间外加AC50Hz(50Hz)额定电压1分钟
绝缘电阻	>10MΩ	在各绕组间加DC500V电压测量。
引线强度	拉伸强度>2Kg	在引线端子上施加轴向拉力2Kg, 30±5秒, 引线无松动、拔出等现象。
低频振动	电气性能, 外观构造无异 常。	振幅1.5mm, 10~55~10Hz, 变频时间1~1分钟 X, Y, Z 各方向各作2小时。
可焊性	95%以上为新端, 表面无 滑。	焊锡温度230±5℃, 浸锡时间3±0.55秒。
耐水性		在25℃±2℃的低湿箱中静置96±2小时, 取出后擦干表面水滴后再进行测量。
耐热性		在100±2℃的恒温箱中静置96±2小时。
耐湿性	电感、绝缘电阻及耐 压分别满足规定要求	在55±2℃, 相对湿度95±3%的恒温湿箱中静置96±2小时, 取出清除表面水滴后再进行测量。
耐热冲击性		-25±2℃, 2小时→常温1小时→80±2℃, 2小时→常温1小时为一循环, 共5次。
绝缘寿命		在55±2℃, 相对湿度95±3%, 变压器表面不 附水滴的条件下, 初级绕组间加DC500V电压, 静置 500小时后测量(所加电压按规定另定)。

十六、国内外开关变压器磁性材料性能表

生 产 企 业	日 本 TDK 公 司	日 本 富 士 公 司	日 本 本 土 金 属 工 业	西 德 西 门 子 公 司	荷 兰 菲 利 普	中 国 896厂
磁性材料牌号	H3T	H64	2500B	N27	3C3	R2KD
初始磁导率μ <sub>i</sub>	1900	1800	5000B	N41	N47	R2KD
饱和磁感应Bs (T)	0.5	0.48	5000	N47	N47	0.47
H=150e	0.4	0.38	5000	N41	N41	0.44
剩磁感应(T)	0.19	0.12	5000	N27	N47	0.33
矫顽力Hc(Oe)	0.25	0.16	5000	N41	N47	0.12
单位损耗PC (mW/g)	14	10	5000	N41	N47	10
f=16KHz, B=150mT	9	12	5000	N41	N47	6
100℃	8	13	5000	N41	N47	10
单位损耗PC (mW/g)	33	29	5000	N41	N47	10
f=25KHz, B=200mT	25	14	5000	N41	N47	10
100℃	23.6	13	5000	N41	N47	10
居里温度T <sub>C</sub> (℃)	>200	>200	5000	N41	N47	>200
表面电阻(Ω·CM)	30	20	5000	N41	N47	100



### 十八、彩电开关电源变压器代换表

国外型号	国内代换型号	国内生产厂家	应用机型
2213941	KB6	798厂	
2220163	KB5	798厂	
27P221323	P221328	福建南平市无线电四厂	
P2213901	KDB-352	福州无线电七厂	
P2213121	KDB-355	福州无线电七厂	
P221323	P221323	福建南平市无线电四厂	
P2213231	KDB-18-1H	上海无线电电子元件二厂	日立
	KDB-351	福州无线电七厂	
P2220163	KB-65-1	上无二十七厂	
P2270661	KB-90-2	上无二十七厂	
P2270682	KDB-501	福州无线电七厂	
P5430011	KDB-353	福州无线电七厂	
P5430031	KDB-354	福州无线电七厂	
58-95186-01	BCK-60-F003	湖北仙桃市电子元件二厂	康艺
46307804	KB9-2	天津光电通讯公司	日电
	CF4·726·009	长富电子器件联合制造厂	
	KB-60-7	上无二十七厂	
2022040473	KB7-2	天津光电通讯公司	将军
Z0201CE	KB4-2	天津光电通讯公司	
	BCK-1	南京无线电五厂	
Z0201	BK-02	八九八厂	夏普
	WKB-04-S2T	无锡变压器厂	
	BDK-050L	苏州电视配件厂	
	KDB-402	福州无线电七厂	
C-1813	C-1813	武汉变压器二厂	
SRW40EC-24	KDB-403	无锡县第四磁性材料厂	
	CF4·726·006	长富电子器件联合制造厂	
	CKB-18-2	泰兴县电器厂	
TRNZ0201CE	XKB-1	长岭机器厂电器分厂	
无	GKB-S01	无锡无线电十四厂	
SRT1-421-605-B	BDK-0302	苏州电视配件厂	索尼
CE40514-00A	KB-2	天津光电通讯公司	胜利
	BCK-3	南京无线电五厂	
	CF4·724·001	长富电子器件联合制造厂	
	KB-60-3	上无二十七厂	
	KDB-401	福州市无线电七厂	
	CE40514-00A	武汉市变压器二厂	
	CE40514-00B	武汉市变压器二厂	
CE40514	KDB-402	无锡县第四磁性材料厂	
	BKF-21	八九八厂	
	CKB-14-4	泰兴县电器厂	
CE40514-00A-KD	JG4·726·001	长岭机器厂电器分厂	
CE41038	CE41038	武汉市变压器二厂	
CE41038-00A	CF4·726·004	长富电子器件联合制造厂	

续表

国外型号	国内代换型号	国内生产厂家	应用机型
CE41038-00A	BCK-60-F002		胜利
	KDB-404	福州无线电七厂	
	KB1801-B	天津电子仪器变压器厂	
CE41038-00A-KD	KB038	长岭机器厂电器分厂	
CE40812-00A	CE4·726·003	长富电子器件联合制造厂	
	KB02	辽阳电子通讯设备厂	
	KD304E40B	杭州变压器厂	
	KDB-402-182	无锡县第四磁性材料厂	
CE40812-00A-KD	KDB403	福州无线电七厂	
	KB821	长岭机器厂电器分厂	
CE40812-00B	KB2-2	天津光电通讯公司	
	KDB18-1J	上海无线电电子元件二厂	
	KDB403	福州无线电七厂	
	KB1801-A	天津电子仪器变压器厂	
	KDB402-181	无锡县第四磁性材料厂	
CE41254-00A	CF4·726·008	长富电子器件联合制造厂	
CE41254-00A-KD	KB1254	长岭机器厂电器分厂	
P2213231	CKB-18-1	泰兴县电器厂	
无	BDK-0102	苏州电视配件厂	
	KB10-2	天津光电通讯公司	
	TS-3	辽源无线电一厂	
TPW-3025	KB1401-A	天津电子仪器变压器厂	
JVC7185	KB1401-A	天津电子仪器变压器厂	
BCK-50-F001	BCK-2	青州无线电变压器厂	
TPW3025 (TPVV3025)	CF4·726·002	长富电子器件联合制造厂	
	KD304E40A	杭州变压器厂	
	kDB-401	福州无线电七厂	
	KDB-402	无锡县第四磁性材料厂	
	TPW-3025	天津无线电元件半导体厂	
	KB-2	天津光电通讯公司	
	KB04	辽阳电子通讯设备厂	
	KB-60-3	上无二十七厂	
	BKF-21	八九八厂	
TPW3067	BDKC18-T2	八九九厂	
	CF4·726·005	长富电子器件联合制造厂	
	KB01	辽阳电子通讯设备厂	
	KB-60-8	上无二十七厂	
	KB1-3	天津光电通讯公司	
	KD1802-B	天津电子仪器变压器厂	
	KB3067	长岭机器厂电器分厂	
	KD304E35A	杭州变压器厂	
	KDB-353	无锡县第四磁性材料厂	
TPW3067	八九八厂		
CE45014-00A	CKB-14-2	泰兴县电器厂	
REG4B-D	KB8-3	天津光电通讯公司	

东 芝

续表

国外型号	国内代换型号	国内生产厂家	应用机型
CE40514-00A	BCK-3	南京无线电五厂	东 芝
JVC7697	C-1431	武汉市变压器二厂	
AE0017	BSK-5	青州无线电变压器厂	三 洋
	BDKC18-S1	八九九厂	
	BK-01	八九八厂	
	CF4·726·013	长富电子器件联合制造厂	
	KB0017	长岭机器厂电器分厂	
	KB6-2	天津光电通讯公司	
	KDB4042	无锡县第四磁性材料厂	
TS-1	辽源市无线电一厂		
AE0018	AE0018	无锡变压器无线电厂	
AE0004	KB0004	长岭机器厂电器分厂	
	BCK-5A	青州无线电变压器厂	
	BDKC18-S2	八九九厂	
无	BDK-0601	苏州电视配件厂	
	BDK-0602	苏州电视配件厂	
SE-107D*	CF4·726·013	长富电子器件联合制造厂	GH20"
G4C	CF4·726·014	长富电子器件联合制造厂	GH18"
REG4B	CF4·726·015	长富电子器件联合制造厂	HF18"

## 十九、彩电配套用开关电源变压器性能参数及国外型号互换一览表

性能参数 名称符号	参数值	型号
		三洋彩电电源变压器
电感 ( $f=1\text{kHz}$ )	$L(4-6)=1.1\pm 0.17\text{mH}$	$L(8-9)=380\pm 57\mu\text{F}$
	$L(4-7)=4.08\pm 0.8\text{mH}$ (1-6,3-9 短路) $L(1-11)=74\pm 14.8\mu\text{H}$ (3-10 短路)	
漏感 ( $f=1\text{kHz}$ )	$L_s(4-6) < 53\mu\text{H}$ (8-9 短路)	
	$L_s(8-9) = 241\pm 60\mu\text{H}$ (1-3 短路)	
直流重叠特性 ( $f=1\text{kHz}$ )	$L(4-6)(I=2.654) > 0.8 \times L(4-6)(I=0\text{A})$ , I 为直流	
直流铜阻	$R(4-6) = 0.37\pm 0.056\Omega$	$R_{\text{初}} = 2.20\Omega \pm 10\%$
	$R(7-9) = 0.42\pm 0.063\Omega$	
抗电强度 ( $f=50\text{kHz}$ )	(1,6-7,10), 3kV, 1分钟, (1-6) 1.5kV, 1分钟, (漏电流 1mA)	AC50Hz1000V1分钟绕组间 绕组与磁心间
绝缘电阻 (DC 1kV)	(绕组间, 各绕组对地) 100M $\Omega$ min	DC500V 大于 100M $\Omega$ 绕组 间 绕组与磁心间
对应国外型号	B531-AE-0017	TLPI5756
适用 (国外公司) 机型	日本三洋公司 18 英寸彩色电视机	18"英寸松下彩电

## 二十、遥控彩电配套用电源变压器性能参数一览表

性能参数 名称符号	参数值	型号
		松下彩电遥控器电源变压器
电压	初级	AC50Hz 220V
	次级	11.2V
空载电流	$< 20\text{mA}$	$< 20\text{mA}$
负载电流	56mA	
耐压	初次级间 初级与磁芯	3500V
	次级与磁心	500V
绝缘电阻	DC500V $\geq 100\text{M}\Omega$	DC500V $\geq 100\text{M}\Omega$
适用机型	松下遥控彩电	三菱遥控彩电

二十一、彩色电视机开关电源性能表

变换器型式	共地型		隔离型
	串联型	并联型	
开关变压器类型	电感储能型		反激式
开关变压器激励状态	单极性激励, 具有直流成份		变压器耦合型
辅助电源的 最大允许负载	$P_{out}(1-E_0/E_{1max})$ 约为主电源最小输出的40%		与输出负载无关
主电源	$\delta E_1$	$\frac{\delta}{1-\delta} E_1$	$n \frac{\delta}{1-\delta} E_1$
辅助电源	$n \delta E_1$	$n \frac{\delta}{1-\delta} E_1$	
临界电感	$\frac{E_0^2}{2P_0} T(1-\delta)$	$\frac{E_0^2}{2P_0} T(1-\delta)^2$	
平均电流	$I_0$	$\frac{1}{1-\delta} I_0$	$\frac{\delta}{1-\delta} I_0$
最大电流	$\frac{E_1-E_0}{2L} \cdot \frac{E_0}{F_1} \cdot T + I_0$	$\frac{E_1 \cdot E_0}{E_1+E_0} \cdot \frac{T}{2L} + \frac{E_1+E_0}{E_1} \cdot I_0$	
负载保护	开关管击穿后全部电压加至负载, 易损坏电路 需加保护电路。		开关管击穿后, 输出电压自动降至零, 不需加保护电路。
主辅电源关系	无主负载时, 辅助电源不能工作		无主负载时, 辅助电源仍可工作
电源隔离	不能	不能	可与机架隔离
输出纹波电流	低	高	高
干扰	中等	可接受的	较严重
开关变压器体积	小	较小	较大
激励方式	自激或他激		
稳压原理	脉宽调制式或频率调制式		
开关频率	与频同步或 30~100KHz		

电 源 名 称	电 源 类 型	激 励 方 式	制 制 方 式	开 关 频 率 (KHz)	输 出 电 压 (V)		输 入 功 率 (W)	效 率 (%)		稳 压 范 围 (V)	隔 离 状 态
					主	辅		变 换 量	整 机		
日立CRP-143 CRP-144 14" CRP-149 CRP-149S CEP-218 18" CEP-286 CTP-203 CTP-215 20" CTP-216 CTP-216D	反激式	他激式	脉宽	15.625	110		65	75	<60	160 ~250	非
日立CRP-450DA 14" CAP-168D 14" CEP-328D 18" CTP-236D 20" 横河HTC-450 14" HFC-236 20" 金星C37-401 14" C56-402 22"	反激式	自激式	脉宽	15.625	108	54	68	75	<60	160 ~250	非
日立CAP-161P 16" CEP321-D 18" CEP323D 18" CTP237D 20"	串联型	自激式	脉宽	15.625	110	57 69 72 69					非
松下TC-482 14" TC-6840D 16" TC-817 18" 牡丹TC-483D 14"	串联型	自激式	脉宽	15.625	113	16	55	80	70	160 ~265	非
东芝C-1421/2 14" C-1821/2 18" C-2021 C-2021/2 20" 北京8303 18" 黄河HC-47-1 18"	反激式	自激式	频率	30~70	114	42	65	75		160 ~275	隔 离

## 二十二、国外开关电源性能参数

产 品 名 称		扁平型封装			多层封装			多层封装 I		
项 目	相 数	单相		转换	单相		转换	单相		转换
输入	电 压	额定电压 (V)	AC100	AC200		AC100	AC200		AC100	AC200
		电压波动范围 (V)	90~135	180~270		90~180	132~264		90~180	132~264
		电压波动率 (%)								
频 率	电 流	额定频率 (Hz)	50/60			50/60			50/60	
		频率变动范围 (Hz)	43~63			47~63			47~63	
		额定电流 (A)	由品种定							
电 流	电 流	冲击电流 (A <sub>p-p</sub> )	27A max	54A max		75A(冷启动时)			60A(冷启动时)	
		电流波动率 (%)								
		效 率 (%)	80%(TYP)			80%(TYP)			80%(TYP)	
件	输入	输入电路保护								
		漏电流 (mA)	1.9(AC100V·60Hz时)							
		额定电压·电压名称	5V·12V·15V·24V·48V			2V·5V·12V·15V·24V·48V			2V·5V·12V·15V·24V·48V	
输出	电 流	电压波动范围 (V)	2~各规定电压的+10%			-60%~+10%			-60%~+10%	
		额定电流 (A)	50~600W			由品种定		1200Wmax	由品种定	
		最低电流 (A)	由品种定							
电 流	电 流	最大瞬时电流 (A)	由品种定						600Wmax	
		负载电容								
		最大(μF)								
电 流	电 流	最小(μF)								
		综合波动率 (%)	0.75			0.75			0.75	
		输入电压波动	0.2%(TYP)			0.2%(TYP)			0.2%(TYP)	
电 流	电 流	输出电压波动	0.2%(TYP)			0.2%(TYP)			0.2%(TYP)	
		偏差								
		温度	0.1%/℃			0.02%(TYP)			0.02(TYP)	
电 流	电 流	波动 (mV <sub>p-p</sub> )	各电压的1%(TYP)			各电压的1%			各电压的1%	
		设定偏差								
		输入电压波动								
电 流	电 流	输出电流波动								
		高频								
		输出时 (mV)								
电 流	电 流	整 机 (mV)								
		过 流 (A)	各额定的105~130			各额定的105~130			各额定的105~130	
		过 压 (V)	各额定的110~135			各额定的110~135			各额定的110~135	
电 流	电 流	欠 压 (V)								
		过 热 (℃)	80以上(外壳温度)			50以上			50以上	
		强 控	无			无			无	
电 流	电 流	通 控 ON/OFF	无			有			有	
		通 感	有			有			有	
		工 作 状 态 (℃)	-20~+80		外壳	-20~+50			-20~+50	
电 流	电 流	非工作状态 (℃)	-40~+100			-40~+85			-40~+85	
		温 度 动 作 时 (%)				5~95(不结露)			5~95RH(不结露)	
		非动作时 (%)				5~95(不结露)			5~95RH(不结露)	
电 流	电 流	温 度 动 作 时 (G)								
		非动作时 (G)								
		冲 击 (G)								
电 流	电 流	其 它								
		击 穿 电 压 (kV)	2.2/1分钟		输入输出时	4.25/1分钟		输入输出时	4.25/1分钟	
		电 阻 (MΩ)								
电 流	电 流	外 形 尺 寸	65·127·188×238×35.5(mm) <sup>3</sup> (max)			82.5×141×297(mm) <sup>3</sup>			50×141×312(mm) <sup>3</sup>	
		材 质 · 处 理	铝			铝			铝	
		表 示				有			有	
电 流	电 流	重 量 (g)	670,1300,1900			5000			2500	
		冷 却	外部的强制空冷			强制空冷			强制空冷	
		噪 声 强 度 · 噪 声 终 端 电 压	VDE0871/FCC15 第 A 类			VDE0871/FCC20780A 类			VDE0871/FCC20780A 类	
电 流	电 流	输入电 压 (kV)								
		穿 穿 电 压 (kV)								
		脉冲宽度 (μs)								
电 流	电 流	抗 雷 击 雷 电 压 (kV)								
		抗 静 电 噪 声 电 压 (kV)								
		工 作 噪 音 (dB)				45				
电 流	电 流	商 标 表 示	有			有			有	
		可 靠 性 (MTBF) (H)	150,000(25℃)		P-LF系列	35,420			54,670	

续表

项 目		产 品 名 称	POWER GORILLA 系列	转 换 电 源 R25				转 换 电 源 P600						
相 数		单 相		单 相				单 相						
输 入	电 压	额定电压 (V)	AC100	AC100				AC100/200				自动切换		
		电压波动范围 (V)	AC85~132	AC85~132				DC110~170	AC85~132/170~264					
		电压波动率 (%)												
频 率		额定频率 (Hz)	50/60	50/60				50/60						
		频率变动范围 (Hz)	47~440	47~440				47~63						
电 流		额定电流 (A)	0.13typ(5W)0.24typ(10W)0.34typ(15W)	0.6typ(AC100V, I <sub>0</sub> ± 100%)				1typ(AC100V, I <sub>0</sub> ± 100%) 6typ(AC200V, I <sub>0</sub> ± 100%)						
		冲击电流 (A <sub>p-p</sub> )	15typ(5W, 10W)25typ(15W)	20typ(AC100V)				冷启动时	30typ(AC100V), 60typ(AC200V)			1次冲击电流		
		电流波动率 (%)												
效 率 (%)			68~78typ	71	75	76	79	typ(4型)	77	80	81	84	typ(4)	
输入电路保护			10msTyp(AC85V, 负载100%)											
漏 电 电 流 (mA)			0.5 以下	0.5 以下				0.5 以下						
额定电压·电压名称			5V, 12V, ±12V, ±15V	5V	12V	15V	24V	输出型	5V	12V	15V	24V	输出型	
电压波动范围 (V)			内部固定	±10%				±10%						
输 出 电 流		额定电流 (A)	5W, 10W, 15W	5	2.1	1.7	1.1		120	53	43	27		
		最低电流 (A)		0										
		最大瞬时电流 (A)												
负 载 电 容			最大(μF)											
			最小(μF)											
输 出 条 件	稳 压 精 度	综合波动率 (%)	±1.5%max	±55	±130	±160	±240	mV max	110	268	330	486	mV max	
		输入电压波动	0.4%max	20	48	60	96	mV max	20	48	60	96	mV max	
		输出电压波动	0.8%max	40	100	120	150	mV max	40	100	120	150	mV max	
		偏差	时 间	0.4%max	20	48	60	96	mV max	20	48	60	96	mV max
			温 度	1.25%max	50	120	150	240	mV max	50	120	150	240	mV max
	波 动 (mV <sub>p-p</sub> )		80max(5V)120max(12V, ±12V, ±15V)	80	120	120	120	mV max	80	120	120	120	mV max	
设 定 偏 差			±5%max											
动 态		输入电压波动												
		输出电流波动												
高 频 噪 声		输出时 (mV)	120max(5V), 150max(12V, ±12V, ±15V)	120	150	150	150	max	120	150	150	150	max	
		整 机 (mV)												
其 它 功 能	保 护 功 能	过 流 (A)	额定值 105%以上动作	额定值的 105%以上				额定值的 105%以上						
		过 压 (V)		额定值的 115~140%				额定值的 115~140%						
		欠 压 (V)												
		过 热 (℃)												
空 调 控				无				有						
漏 电 感				无				有						
环 境 条 件	温 度	工作状态 (℃)	0~+55(负载 100%)	0~50(-10~60 时为条件)				0~50(-60 输出减少)						
		非工作状态 (℃)	-20~+75	-20~75				不结露	-20~75			不结露		
	温 度 操 作 时	动作时 (%)	20~95	20~90				30~90						
		非动作时 (%)	20~95	20~90				20~90						
	冲 击	动作时 (G)												
非动作时 (G)		10	2				2							
其 它			50	20(11ms)				20(11ms)						
绝 缘	击 穿 电 压 (kV)		2(输入-输出, 输入-FG)	AC2(输入-输出, FG)				1分钟	AC3.75(输入-输出), AC2(输入-GF)			1分钟		
	电 阻 (MΩ)		50, 500V	50 以上(输入-输出, FG)				DC500V	50 以上(输入-输出), 50 以上(输入-FG)			DC500V		
结 构 条 件	外 观	外 形 尺 寸	5W, 10W, 15W3种	31×69×104(mm <sup>3</sup> )				不含终端	190×93×200(mm <sup>3</sup> )			不含终端		
		材 质 处 理	PHT	有色铬、铁镀镍金				选择离子	铁、镍镀金					
	构 造	表 示	型号、额定输入输出电压											
		重 量 (g)	65(5W), 75(10W), 100(15W)	250 以下				4k 以下						
冷 却				自然空冷				强制风冷(内装风扇)						
其 它 条 件	噪 声 强 度·噪 声 终 端 电 压		FCC-B 标准	FCC-B, VCCI-1 标准				FCC-A 标准						
	输 入 击 穿 噪 声	电 压 (kV)	1	1				1						
		脉 冲 宽 度 (μs)	0.05~1	0.05~1				0.05~1						
	抗 雷 击 漏 电 压 (kV)													
	抗 静 电 噪 声 电 压 (kV)													
工 作 噪 音 (dB)														
商 标 表 示			型号、额定输入输出电压	型号、输入输出电压、电流等				型号、输入输出电压、电流等						
可 靠 性 (MTBF) (H)														

续表

项 目		产 品 名 称		PAK-A/AM350W 系列		PAK-A/AM700W 系列		PAK-A/AM1000W 系列	
相 数		单相		单相		单相		单相	
输 入 条 件	电 压	额定电压 (V)	AC85~132,170~250	内部转换	AC85~132,170~250	内部转换	AC85~132,170~250	内部转换	
		电压波动范围 (V)							
		电压波动率 (%)							
	频 率	额定频率 (Hz)	47~63		47~63		47~63		
		频率变动范围 (Hz)	±5%		±5%		±5%		
	电 流	额定电流 (A)	约 8	AC100V	约 16	AC100V	约 24	AC100V	
		冲击电流 (A <sub>p-p</sub> )	约 33		约 60		约 90		
		电流波动率 (%)							
	效 率 (%)		73~80		73~80		73~80		
	输入电路保护								
漏 电 电 流 (mA)		1 以下		1 以下		1 以下			
输 出 条 件	额定电压·电压名称		6,10,20,35,60V		6,10,20,35,60V		6,10,20,35,60V		
	电压波动范围 (V)		0~额定值		0~额定值		0~额定值		
	输 出 电 流	额定电流 (A)	60,35,18,10,6		120,70,36,20,12		160,100,50,30,18		
		最低电流 (A)	0		0		0		
		最大瞬时电流 (A)	额定电流		额定电流		额定电流		
	负 载 电 容	最大 (μF)							
		最小 (μF)	0		0		0		
	稳 压 精 度	综合波动率 (%)							
		输入电压波动		0.05%+5mV		0.05%+10mV		0.05%+15mV	
		输出电压波动		0.1%+5mA		0.1%+10mA		0.1%+15mA	
偏 差		时 间							
		温 度	150ppm/°C	标准值	150ppm/°C	标准值	150ppm/°C	标准值	
波 动 (mV <sub>p-p</sub> )		3~6	参考值	4~8	参考值	6~12	参考值		
设 定 偏 差									
动 态	输入电压波动								
	输出电流波动		1ms(输出电流的20~100%)		1ms(输出电流的20~100%)		1ms(输出电流的20~100%)		
高 频 噪 声	输出时 (mV)		40	标准值	70~100	标准值	70~100	标准值	
	整 机 (mV)								
其 它 功 能	过 流 (A)		限制在额定电流值		限制在额定电流值		限制在额定电流值		
	过 压 (V)		可限制在额定输出的10~110%		可限制在额定输出的10~110%		可限制在额定输出的10~110%		
	欠 压 (V)								
	过 热 (°C)		85 或 90±5	散热片	85 或 90±5	散热片	85 或 90±5	散热片	
程 控		随外部要求调节输出电压电流		随外部要求调节输出电压电流		随外部要求调节输出电压电流			
通 控 ON/OFF		可能		可能		可能			
通 感		单程 1V 可以补偿		单程 1V 可以补偿		单程 1V 可以补偿			
环 境 条 件	工 作 状 态 (°C)		0~50		0~50		0~50		
	非工作状态 (°C)		-20~70		-20~70		-20~70		
	动 作 时 (%)		30~80RH		30~80RH		30~80%RH		
	非 动 作 时 (%)		20~80RH		20~80RH		20~80%RH		
	振 动								
	非 动 作 时 (G)		EIAJ MEA-25A		EIAJ MEA-25A		EIAJ MEA-25A		
冲 击 (G)		包装状态从高 60cm 落下		包装状态从高 60cm 落下		包装状态从高 60cm 落下			
其 它									
绝 缘	击 穿 电 压 (kV)		1.5		1.5		1.5		
	电 阻 (MΩ)		整机输入端 30, 输出端 20	DC500V	整机输入端 30, 输出端 20	DC500V	整机输入端 30, 输出端 20	DC500V	
结 构 条 件	外 形 尺 寸		71×124×350(mm) <sup>3</sup>		143×124×350(mm) <sup>3</sup>		214×124×350(mm) <sup>3</sup>		
	材 质 · 处 理								
	表 示								
	重 量 (g)		约 3.5k		约 6.0k		约 8.5k		
冷 却		强制空冷(风扇)		强制空冷(风扇)		强制空冷(风扇)			
其 它 条 件	噪声强度·噪声终端电压		PCC PART 15 相当于 A 类		PCC PART 15 相当于 A 类		PCC PART 15 相当于 A 类		
	输入 冲击 穿 噪 声	电 压 (kV)	1.5		1.5		1.5		
		脉冲宽度 (μs)	50ns~1		50ns~1		50ns~1		
	抗 雷 击 漏 电 压 (kV)								
	抗 静 电 噪 声 电 压 (kV)		15(ESD)		15(ESD)		15(ESD)		
	工 作 噪 音 (dB)								
高 标 表 示									
可 靠 性 (MTBF) (H)									

续表

产品名称		KRV030			KE600			KB1500			
项 目	相 数	单相			单相			单相			
		转换方式	转换方式	转换方式	转换方式	转换方式	转换方式	转换方式	转换方式	转换方式	转换方式
输 入 条 件	额定电压 (V)	100~120/220~230			100~120/220~230			100~120/220~230			
	电压波动范围 (V)	85~132/170~264			85~132/170~264			85~132/170~264			
	电压波动率 (%)										
	额定频率 (Hz)										
	频率变动范围 (Hz)	47~440			47~440			47~440			
	额定电流 (A)	0.75/0.4			11/7.0			35/21.5			
	冲击电流 (A <sub>p-p</sub> )	10/20			30/65			15/35			
	电流波动率 (%)	5V	12V	24V	5V	12V	24V	5V	12V	24V	
	效率 (%)	70	73	75	76	80	83	79	83	87	
	输入电路保护	15ms			20ms			30ms			
漏电流 (mA)	1以下			1以下			0.3/0.6max				
额定电压·电压名称	5V	12V	24V	5V	12V	24V	5V	12V	24V		
电压波动范围 (V)	±10%			±10%			±10%				
输出 电 流	额定电流 (A)	6	2.5	1.25	120	50	25	300	125	62.5	
	最低电流 (A)	0			0			0			
	最大瞬时电流 (A)	7.2	3	1.5	144	60	30	360	160	75	
负 载 电 容	最大(μF)	可与电池连接			可与电池连接			可与电池连接			
	最小(μF)	0			0			0			
输 出 精 度	综合波动率 (%)	±1			±1			±0.5			
	输入电压波动	综合±1%			综合±1%			综合±0.5%			
	输出电压波动										
	偏差	时 间									
		温 度	±0.02%/℃			±0.02%/℃			±0.02%/℃		
	波 动 (mV <sub>p-p</sub> )	输出电压的1%以下			输出电压的1%以内			输出电压的1%以内			
其 它 功 能	设 定 偏 差										
	输入电压波动	1%max(85~132V)			1%max(85~132V)			1%max(85~132V)			
	输出电流波动	2%max(50~100%)			1%max(50~100%)			4%max(50~100%)			
高 频 噪 声	输出时 (mV)	输出电压的1%+100以下			输出电压的1%+100以内			输出电压的1%+100以内			
	整 机 (mV)	输出电压的1%+100以下			输出电压的1%+100以内			输出电压的1%+100以内			
保 护 功 能	过 流 (A)	110~130%(自动复位)			110~130%(自动复位)			110~130%(自动复位)			
	过 压 (V)	120~140%(再次输入即复位)			120~140%(再次输入即复位)			120~140%(再次输入即复位)			
	欠 压 (V)										
	过 热 (℃)				半导体结温温度检查			半导体结温温度检查			
程 控	ON/OFF	TTL水平“L”输出停止			TTL水平“L”输出停止			TTL水平“L”输出停止			
	感 应				有(有不装遥控器的PALS功能)			有(有不装遥控器的PALS功能)			
环 境 条 件	工作温度 (℃)	-10~+60			-10~+60			-10~+60			
	非工作温度 (℃)	-25~+85			-25~+85			-25~+85			
	动作时 (%)	30~85			30~85			20~93			
	非动作时 (%)	10~90			10~90			10~90			
振 动	动作时 (G)										
	非动作时 (G)	10~55Hz 2			10~55Hz 2			10~55Hz 2			
冲 击 (G)	20			20			20				
其 它											
绝 缘	击 穿 电 压 (kV)	输入-输出1.5输入-壳体 1.5输出-壳体0.5			输入-输出3输入-壳体 2输出-壳体0.5			输入-输出3输入-壳体2			
	电 阻 (MΩ)	100			100			100			
结 构 条 件	外 形 尺 寸	33×100×144(mm <sup>3</sup> )			96×200×200(mm <sup>3</sup> )			110×317.5×203(mm <sup>3</sup> )			
	材 质 · 处 理	钢板表面喷涂或铝			钢板镀锌			铝			
	表 示	装有工作指示灯			装有工作指示灯			装有工作指示灯			
	重 量 (g)	500			4,000			8,200			
冷 却	自然空冷			风冷			风冷				
其 它 条 件	噪声强度·噪声终端电压	FCC-B·VCCI-2特适合			FCC-A·VCCI-1特适合			FCC-A·VCCI-1特适合			
	输入电 压 (kV)	2			2			2			
	穿噪声 脉冲宽度 (μs)	0.1~0.8			0.1~0.8			0.1~0.8			
	抗雷击漏电压 (kV)	3	1×40μs		3	1×40μs		3	1×40μs		
	抗静电噪声电压 (kV)	5			5			5			
	工作噪声 (dB)	40			50			50			
	商 标 表 示	型号、机号、安全规格标识等			型号、机号、安全规格标识等			型号、机号、安全规格标识等			
可 靠 性 (MTBF) (H)	75,000(负载率100%环境 温度50℃)			41,000(负载率100%环境 温度50℃)			35,000(负载率100%环境 温度50℃)				



续表

项目		产品名称				LPS系列(50W)				LPS系列(30W)				LPS系列(100W)			
相数		单相				单相				单相							
输入	电压	额定电压(V)		AC100				AC100				AC100					
		电压波动范围(V)		AC85~132				AC85~132				AC85~132					
		电压波动率(%)															
	频率	额定频率(Hz)		50/60				50/60				50/60					
频率变动范围(Hz)		55±10				55±10				55±10							
电流	额定电流(A)		1.2typ				0.7typ				2.3typ						
	冲击电流(A <sub>p-p</sub> )		30max				30max				20max						
	电流波动率(%)																
效率	率(%)		78	80	81	3类机种				76	78	80	3类机种				
	输入电路保护		10ms				10ms				10ms						
	漏电流(mA)		0.5max				0.5max				0.5max						
输出	额定电压·电压名称		5V	12V	24V	3类机种				5V	12V	24V	3类机种				
	电压波动范围(V)		±0.5	±1.2	±1.2	3类机种				±0.5	±1.2	±1.2	3类机种				
	电流	额定电流(A)		10	4.2	2.1	3类机种				6	2.5	1.3	3类机种			
		最低电流(A)		0				0				0					
最大瞬时电流(A)		10	4.2	2.1	3类机种				6	2.5	1.3	3类机种					
负载电容	最大(μF)																
	最小(μF)																
精度	综合波动率(%)		±3				±3				±3						
	电压	输入电压波动		20mV	50mV	100mV	max				20mV	50mV	100mV	max			
		输出电压波动		50mV	100mV	150mV	max				50mV	100mV	150mV	max			
	偏差	时间		1%max				1%max				10%max					
温度		0.05%/℃max				0.05%/℃max				0.05%/℃max							
波动(mV <sub>p-p</sub> )		120	150	200	max				120	150	200	max					
其它功能	设定偏差																
	动态	输入电压波动															
		输出电流波动															
	高频噪声	输出时(mV)															
整机(mV)																	
其它功能	保护功能	过流(A)		130%typ				130%typ				130%typ					
		过压(V)		130%typ				130%typ				130%typ					
		欠压(V)															
	过热(℃)																
环境条件	程温控																
	通感																
	温度	工作状态(℃)		0~50				0~50				0~50					
		非工作状态(℃)		-30~85				-30~85				-30~85					
湿度	动作时(%)		30~90RH				30~90RH				30~90RH						
	非动作时(%)		10~95RH				10~95RH				10~95RH						
冲击	动作时(G)		1max				1max				1max						
	非动作时(G)		1max				1max				1max						
其它		冲击电压(kV)		AC1.5				AC1.5				AC1.5					
绝缘		电阻(MΩ)		100min				100min				100min					
结构条件	外观构造	外形尺寸		50×180×36(mm) <sup>3</sup>				50×130×36(mm) <sup>3</sup>				75×202×40(mm) <sup>3</sup>					
		材质·处理		开口框				开口框				开口框					
		表示															
		重量(g)		200				130				450					
冷却		自然空冷				自然空冷				自然空冷							
其它条件	噪声强度·噪声终端电压		FCC A级标准				FCC A级标准				FCC A级标准						
	输入击穿噪声	电压(kV)		1				1				1					
		脉冲宽度(μs)		1				1				1					
	抗雷击漏电压(kV)																
抗静电噪声电压(kV)																	
工作噪音(dB)																	
商标表示		商标				商标				商标							
可靠性(MTBF)(H)		50,000				50,000				50,000							

续表

项 目		产 品 名 称	UPS M38 系列 300VA	UPS M371kVA 系列	UPS M37 系列 3kVA
相 数			单相 2 线式	单相 2 线式	单相 2 线式
输 入	电 压	额 定 电 压 (V)	AC100	AC100	AC100
		电 压 波 动 范 围 (V)	±10%	±10%	±10%
		电 压 波 动 率 (%)			
频 率	额 定 频 率 (Hz)	50/60	50/60(装置内转换)	50/60(装置内转换)	
	频 率 变 动 范 围 (Hz)	±1	±1	±1	
电 流	电 流	额 定 电 流 (A)			
		冲 击 电 流 (A <sub>p-p</sub> )			
		电 流 波 动 率 (%)			
效 率 (%)					
输 入 电 路 保 护					
漏 电 电 流 (mA)					
额 定 电 压 · 电 压 名 称		AC100V±5%单相、正弦波	AC100V±2% 50/60Hz±1%	AC100V±2%	
电 压 波 动 范 围 (V)					
输 出	电 流	额 定 电 流 (A)	3	10	30
		最 低 电 流 (A)			
		最 大 瞬 时 电 流 (A)			
负 载 电 容		最大(μF)			
		最小(μF)			
输 出 条 件	稳 压 精 度	综 合 波 动 率 (%)			
		输 入 电 压 波 动			
		输 出 电 压 波 动			
		偏 差	时 间		
		波 动 (mV <sub>p-p</sub> )	温 度		
设 定 偏 差					
动 态	输 入 电 压 波 动				
	输 出 电 流 波 动				
高 频 噪 声	输 出 时 (mV)				
	整 机 (mV)				
其 它 功 能	过 流 (A)	过放电防止装置	过放电防止装置	过放电防止装置	
	过 压 (V)				
	欠 压 (V)				
	过 热 (℃)				
程 序 控 制					
通 控 ON/OFF					
通 感					
环 境 条 件	温 度	工 作 状 态 (℃)	0~40	0~40	0~40
		非 工 作 状 态 (℃)			
	温 度 振 动	动 作 时 (%)	90RH 以下	85RH 以下	85RH 以下
		非 动 作 时 (%)			
		动 作 时 (G)			
非 动 作 时 (G)					
冲 击 (G)					
其 它					
绝 缘	击 穿 电 压 (kV)	1.5/1 分钟	1.5/1 分钟	1.5/1 分钟	
	电 阻 (MΩ)	5/DC500V	5/DC500V	5/DC500V	
结 构 条 件	外 观 构 造	外 形 尺 寸	45×380×420(mm) <sup>3</sup>	500×500×220(mm) <sup>3</sup>	680×700×350(mm) <sup>3</sup>
		材 质 · 处 理			
		表 示	300VA		3kVA
		重 量 (g)	约 7k	65k	180k
冷 却		自然空冷	强制空冷	强制空冷	
噪 声 强 度 · 噪 声 终 端 电 压					
其 它 条 件	输 入 击 穿 噪 声	电 压 (kV)			
		脉 冲 宽 度 (μs)			
抗 雷 击 漏 电 压 (kV)					
抗 静 电 噪 声 电 压 (kV)					
工 作 噪 音 (dB)		48 以下	53 以下	60 以下	
商 标 表 示		时常商用供电方式	时常倒相供电方式	时常倒相供电方式	
可 靠 性 (MTBF) (H)					

续表

项 目		产 品 名 称		小容量 DC/DC 转换器	DC/DC 转换器 SU-8693	直流稳压电源装置 SU-8885
输 入 条 件	相 数					单相
	电 压	额定电压 (V)	DC48		DC110	AC100
		电压波动范围 (V)	DC32~54		DC80~143	AC85~115
		电压波动率 (%)				10%
	频 率	额定频率 (Hz)				50/60
		频率变动范围 (Hz)				45~66
	电 流	额定电流 (A)	270mA		1.3(typ)	7.8(typ)
		冲击电流 (A <sub>p-p</sub> )			18(typ)	30(typ)
		电流波动率 (%)				
	效 率 (%)	75(typ)		70(typ)	70(typ)	
输入电路保护	10ms		20ms	10ms		
漏 电 流 (mA)				1 以下		
额定电压·电压名称	DC5V, DC12V		DC24V	DC28V		
电压波动范围 (V)	固定输出		DC21.6~26.4	DC26~30		
输 出 电 流	额定电流 (A)	800mA/DC5V, 250mA/DC12V		4	15	
	最低电流 (A)	800mA/DC5V, 100mA/DC12V		0.4	1.5	
	最大瞬时电流 (A)	1/DC5V, 0.3A/DC12V		7	20	
负 载 电 容	最大 (μF)					
	最小 (μF)					
输 出 条 件	综合波动率 (%)	±5		±3	±3	
	输入电压波动	额定电压±5V		额定电压±20%	额定电压±15%	
	输出电压波动	最低电流~额定电流		0.4~4A	1.5~15A	
	偏 差	时 间	10分~8小时		10分~8小时	10分~8小时
		温 度	-10~60℃		-10~55℃	0~45℃
波 动 (mV <sub>p-p</sub> )	50		200	200		
设 定 偏 差	±1%		±0.5%	±0.5%		
动 态	输入电压波动	额定输入±10%突变		额定输入±10%突变	额定输入±10%突变	
	输出电流波动	额定电流的10%		额定电流的10%	额定电流的10%	
高 频 噪 声	输出时 (mV)	50		100	120	
	整 机 (mV)					
其 它 功 能	过 流 (A)	有		5	18 设定	
	过 压 (V)	6/DC5		28.8	35±2	
	欠 压 (V)				25V 以下	
	过 热 (℃)	无		无	无	
程 序 控 制			电源开关及输出开关			
通 控 ON/OFF						
通 感						
环 境 条 件	温 度	工作状态 (℃)	-10~60		-10~55	0~45
		非工作状态 (℃)	-30~75		-20~60	-20~75
	温 度 探 测	动作时 (%)	25~80		30~90(不结露)	30~90(不结露)
		非动作时 (%)	25~90		30~90(不结露)	30~90(不结露)
	动 作 时 (G)					
非 动 作 时 (G)	10~55Hz 2		10~55Hz 2	0.5		
冲 击 (G)	10		30	20		
其 它						
绝 缘	击 穿 电 压 (kV)	AC0.5 1分钟		AC2 1分钟	AC1.2 1分钟	
	电 阻 (MΩ)	10 以上		DC500V 100 以上	DC500V 10 以上	
结 构 条 件	外 观 构 造	外 形 尺 寸	90×60×26 (mm) <sup>3</sup>	102×170×250 (mm) <sup>3</sup>	200×235×500 (mm) <sup>3</sup>	
		材 质 · 处 理			涂装锌铬合金	涂装箱
		表 示	型号表示		正常起动表示	正常起动表示、接点表示
		重 量 (g)	75		1600	10800
其 它 条 件	冷 却	自然空冷		自然空冷	自然空冷	
	噪 声 强 度 · 噪 声 终 端 电 压	FCC B 级		FCC B 级		
	输 入 击 穿 噪 声	电 压 (kV)	1		2	2
		脉 冲 宽 度 (μs)	1		0.4	0.4
	抗 雷 击 隔 电 压 (kV)			5 1.2×50μs	5 1.2×50μs	
	抗 静 电 噪 声 电 压 (kV)			15	15	
	工 作 噪 音 (dB)					
	商 标 表 示			定格表示	定格表示	
可 靠 性 (MTBF) (H)	100,000		80,000	60,000		

产品名称		EY05005U	GY05005G	SY05005G	
项目	相数	单相	单相	单相	
输入条件	电压	100	100/200	100/200	
	电压波动范围(V)	85~132	85~132/170~264	85~132/170~264	
	电压波动率(%)				
	频率	50/60	50/60	50/60	
	频率变动范围(Hz)	47~63	47~63	47~63	
	电流	0.62	(100V) 0.65	0.6/0.3	
	冲击电流(A <sub>p-p</sub> )	7以下	(100V) 4.3以下	4.5/9	
	电流波动率(%)				
	效率(%)	68	67	71	
	输入电路保护	16ms以下	25ms以下	25ms以下	
漏电流(mA)	1以下	1以下	1以下		
额定电压·电压名称	5V	5V	5		
电压波动范围(V)	4.5~5.5	4.5~5.5	4.5~5.5		
输出电流	额定电流(A)	5	5	5	
	最低电流(A)	0	0	0	
	最大瞬时电流(A)	5	5	5	
	负载电容				
	最大(μF)	5000	5000	5000	
	最小(μF)	0	0	0	
输出条件	综合波动率(%)	±3	3	±3	
	输入电压波动	0.3%(85~132V)	0.1%(85~132/170~264V)	0.3%(85~132/170~264V)	
	输出电压波动	0.6%(0~100%)	0.3%(0~100%)	0.8%(0~100%)	
	偏差	时间	±0.2%(10分~8小时)	±0.5%(10分~8小时)	±0.2%(10分~8小时)
		温度	±0.02%(0~50℃)	±0.02%/℃(0~50℃)	±0.02%/℃(0~50℃)
	波动(mV <sub>p-p</sub> )	100	120	60	
	设定偏差	5.02~5.08(无负荷)	5.02~5.08(无负荷)	5.02~5.08(无负荷)	
	动态	输入电压波动	±0.1%(AC85~115V)	±0.4%(AC85~115V)	±0.1%(AC85~115V)
		输出电流波动	±1.3%(额定电流的10%)	±0.7%(额定电流的10%)	±0.3%(额定电流的10%)
	高频噪声	输出时(mV)			
整机(mV)					
其它功能	过流(A)	额定电流以上	额定电流以上	额定电流以上	
	过压(V)	6.9以下	6.9以下	6.9	
	欠压(V)	无	无	无	
	过热(℃)	无	无	无	
	程控	无	无	无	
	遥控 ON/OFF	无	无	可在2次	
环境条件	温度	工作状态(℃)	0~60(50/100%负荷)	0~60(50/100%负荷)	-10~60(50/100%负荷)
		非工作状态(℃)	-30~85	-25~75	-25~85
	湿度	动作时(%)	20~90	20~90	20~90
		非动作时(%)	20~90	20~90	20~90
	振动	动作时(G)	约3	约2	4.5
		非动作时(G)	约3	约2	4.5
	冲击(G)	约10	约10	约10	
其它					
绝缘	击穿电压(kV)	1.500(1次-FG)	1.500(1次-FG)	1.500(1次-FG)	
	电阻(MΩ)	10(DC500V)	10(DC500V)	10(DC500V)	
结构条件	外观	外形尺寸	97×115×35(mm) <sup>3</sup>	97×157×40(mm) <sup>3</sup>	99×200×34(mm) <sup>3</sup>
		材质·处理	黑色涂装	铝	黑色涂装
	构造	表示	EY05005U	GY05005G	SY05005G
		重量(g)	360	350	620
冷却		自然空冷	自然空冷	自然空冷	
其它条件	噪声强度·噪声终端电压		FCC PART15 A级	FCC PART15 B级	FCC PART A级
	输入击穿噪声	电压(kV)	1	1	1
		脉冲宽度(μs)	800ns	800ns	800ns
	抗雷击漏电压(kV)	1.2	1.2	1.2	
	抗静电噪声电压(kV)	10	10	10	
	工作噪音(dB)				
	商标表示	EY05005U	GY05005G	SY05005G	
可靠性(MTBF)(H)	324,866	391,159	224,100		

续表

项 目		产 品 名 称		AC 转换器 (PS20-50)	AC 转换器 (PS30-15)	AC 转换器 (PS10-12)
输 入 条 件	电 压	相 数		单相	单相	单相
		额定电压 (V)	AC100/240	AC100/240	AC100/240	
	电 压 波 动	电压波动范围 (V)	AC85~276	AC90~264	AC90~264	
		电压波动率 (%)				
	频 率	额定频率 (Hz)	50/60	50/60	50/60	
		频率变动范围 (Hz)	47~63			
	电 流	额定电流 (A)	0.6~0.3			
		冲击电流 (Ap-p)	30 以下			
		电流波动率 (%)				
	效 率 (%)		70	70	70	
输入电路保护						
漏 电 电 流 (mA)		0.5	0.5	0.5		
额定电压·电压名称		15V	15V	12		
电 压 波 动 范 围 (V)						
输 出 电 流	额定电流 (A)	1.4	2	0.8		
	最低电流 (A)	0	0	0		
	最大瞬时电流 (A)					
负 载 电 容	最大 (μF)	4700				
	最小 (μF)					
电 压 精 度	综合波动率 (%)	±5	±5	±5		
	输入电压波动					
	输出电压波动					
	偏差	时 间				
	温 度					
波 动 (mVp-p)		100	100	100		
设 定 偏 差						
动 态	输入电压波动					
	输出电流波动					
高 频 噪 声	输出时 (mV)					
	整 机 (mV)					
其 它 功 能	过 流 (A)	有	120~200%	0.8		
	过 压 (V)	有	有	有		
	欠 压 (V)					
	过 热 (°C)	有				
程 控						
通 控 ON/OFF						
通 感						
环 境 条 件	温 度	工作状态 (°C)	0~40	0~40	0~40	
		非工作状态 (°C)	-20~60	-20~60	-20~60	
	温 度 保 护	动作时 (%)	10~90RH	10~90RH	10~90RH	
		非动作时 (%)	5~95RH	5~95RH	5~95RH	
	冲 击	动作时 (G)	JIC C5025			
		非动作时 (G)	JIC C5025			
其 它		JIC C5026				
绝 缘	击 穿 电 压 (kV)	AC1,500 1分钟	AC1,500	AC1,500		
	电 阻 (MΩ)	DC500V 100以上				
外 观 构 造 条 件	外 形 尺 寸	外形尺寸	165×70×40mm	178×78×51mm	140×70×32mm	
		材 质·处 理	AHS	塑料	塑料	
	表 示					
	重 量 (g)					
冷 却		自然空冷				
其 它 条 件	噪声强度·噪声终端电压		VCCI(第2种)FCC §15(CB类) VDE0871(B类)			
	输入 击 穿 噪 声	电 压 (kV)				
		脉冲宽度 (μs)				
	抗 雷 击 漏 电 压 (kV)		10			
	抗 静 电 噪 声 电 压 (kV)		15			
工 作 噪 音 (dB)						
商 标 表 示						
可 靠 性 (MTBF) (H)						

续表

项 目		EUPS-30			EUPS-15W(EUPS-15S)			EUPS-5					
产 品 名 称		单相			单相			单相					
输 入 电 压	额定电压 (V)	AC100/AC200			AC100/AC200			AC100/AC200					
	电压波动范围 (V)	AC85~115/AC170~230			AC85~115/AC170~230			AC85~115/AC170~230					
	电压波动率 (%)												
输 入 频 率	额定频率 (Hz)	50/60			50/60			50/60					
	频率变动范围 (Hz)	47~63			47~63			47~63					
输 入 电 流	额定电流 (A)	5/2.5			3/1.5			1/0.5					
	冲击电流 (A <sub>p-p</sub> )	50			30			30					
	电流波动率 (%)												
效 率	效率 (%)	70			70			70					
	输入电路保护	20ms			20ms			20ms					
	漏电电流 (mA)	0.1			0.1			0.1					
输 出 电 压	额定电压·电压名称	+5V	+12V	-12V	+5V	+12V	-12V	+5V	+12V	-12V			
	电压波动范围 (V)	4.5~5.5	11.5~16.5		4.5~5.5	11.5~16.5		4.5~5.5	11.5~16.5				
	输出电流	额定电流 (A)	30	3.5	2.5	15	2	2	5	1	1		
输 出 电 流	最低电流 (A)	0.5	0.2	0	0.5	0.2	0	0	0.1	0			
	最大瞬时电流 (A)												
	负载电容	最大 (μF)											
输 出 电 流	最小 (μF)												
	综合波动率 (%)												
	输入电压波动	10mV	10mV	10mV	10mV	10mV	10mV	10mV	10mV	10mV			
输 出 电 流	输出电压波动	±10mV±0.1V			±10mV±0.1V			±10mV±0.1V					
	偏差	时 间											
	温 度												
输 出 电 流	波动 (mV <sub>p-p</sub> )	30	30	30	30	30	30	30	30	30			
	设定偏差												
	动态	输入电压波动											
输 出 电 流	输出电流波动												
	高频噪声	输出时 (mV)											
	整 机 (mV)												
其 它 功 能	过 流 (A)	31	3.6	2.6	下垂	1b.5	2.4	2.4	下垂	5.5	1.2	1.2	下垂
	过 压 (V)	6~7	16~17	16~17	断开	6~7	16~17	16~17	断开	5~7	16~17	16~17	断开
	欠 压 (V)												
	过 热 (°C)	85	85	85	断开	85	85	85	断开	85	85	85	
环 境 条 件	程 控	有			有			有					
	通 控 ON/OFF	有			有			有					
	温 度 感 应	有			有(+5V)			无					
环 境 条 件	工作温度 (°C)	0~50			0~50			0~50					
	非工作温度 (°C)	-30~85			-30~+85			-30~+85					
	湿度	动作时 (%)	10~90		10~90		10~90		10~90				
环 境 条 件	非动作时 (%)	10~90		10~90		10~90		10~90					
	振动	动作时 (G)											
	非动作时 (G)	10~55Hz 2		10~55Hz 2		10~55Hz 2		10~55Hz 2					
绝 缘 电 阻	冲击 (G)	10			10			10					
	其它												
	击穿电压 (kV)	2.5输入-输出·FG			2.5输入-输出·FG			2.5输入-输出·FG					
结 构 条 件	电 阻 (MΩ)	DC500V 100以上			DC500V 100以上			DC500V 100以上					
	外形尺寸	81×262×172(mm) <sup>3</sup>			106×128×172 71×262×172(mm) <sup>3</sup>			106×128×172(mm) <sup>3</sup>					
	材 质 · 处 理												
冷 却	表 示	功率表示			功率表示			功率表示					
	重 量 (g)	2.8k			2.0及2.5k			2k					
	冷却	自然空冷时降低额定值			自然空冷			自然空冷					
其 它 条 件	噪声强度·噪声终端电压												
	输入电 压 (kV)	2			2			2					
	脉冲宽度 (μs)	100ns~1			100ns~1			100ns~1					
其 它 条 件	抗雷击漏电压 (kV)												
	抗静电噪声电压 (kV)	10			10			10					
	工作噪音 (dB)												
商 标 表 示	商 标 表 示												
	可靠性 (MTBF) (H)												

产品名称		EPK-151		MRW-140		RAY85-600 (3000W大容量一输出)	
项目	相数	单相		单相		三相	
输入电压	额定电压 (V)	AC100		AC110~120, AC200~240		200~240	
	电压波动范围 (V)	85~115		90~264		170~264	
	电压波动率 (%)						
输入频率	额定频率 (Hz)	50~60		50~60		50~60	
	频率变动范围 (Hz)	47~66		47~66		47~66	
输入电流	额定电流 (A)	3.0		0.7(AC100~120)0.45(AC200~240)		15max	
	冲击电流 (A <sub>p-p</sub> )	30max		50max(“)100max(“)		90max	
	电流波动率 (%)						
效率	率 (%)	83typ		73typ		80typ	
输入电路保护		20ms min		20ms min		20ms min	
漏电流	漏电流 (mA)	1max		0.5max(AC100~120)0.75(AC200~240)			
输出电压	额定电压 - 电压名称	8V	24V	2输出	5V	12V	2输出
	电压波动范围 (V)	固定		+5 -3		4.0~5.5	
	输出电流	额定电流 (A)	1.5	5.4	1.0	1.7	600
最低电流 (A)		0.5	0.8	0.2	0.3	0	
最大瞬时电流 (A)		1.5	10	1.0	1.7	600	
负载电容	最大(μF)						
	最小(μF)						
输出纹波	综合波动率 (%)	±5max	±10max	±5max	±5max	2typ/4max	
	输入电压波动	±1	±3.5	1max	1.5max	1typ/2max	
	输出电流波动	±1.5	±8	1.5max	6max	1typ/2max	
	偏差	时间	±0.5max	±1.5max	0.5%max		0.1typ/0.5max
其它功能	温度						
	波动 (mV <sub>p-p</sub> )	100max	200max	80max	120max	100max	
其它功能	动态						
	高频噪声	输入电压波动					
其它功能	输出时 (mV)	150max	300max	150max	290max	250max	
	整机 (mV)						
其它功能	过流 (A)	1.6~2.1	10.1~14	全功率方式		26Wmm	630~700
	过压 (V)	9~10.5		5.8~6.9		6.0~6.9	
	欠压 (V)	无		有		无	
	过热 (C)	无		有		无	
其它功能	遥控 ON/OFF	无		有		有	
	遥感	无		有		有	
环境温度	工作状态 (C)	0~+60		0~+60		0~+60	
	非工作状态 (C)	-25~+75		-25~+75		-25~+75	
环境湿度	动作时 (%)	20~95RH		20~95RH		20~95RH	
	非动作时 (%)	"		"		"	
环境振动	动作时 (G)	5~10Hz全振幅10mm, 10~55Hz, 加速度2		5~10Hz全振幅10mm, 10~55Hz, 加速度2		5~10Hz全振幅10mm, 10~55Hz, 加速度2	
	非动作时 (G)	"		"		"	
其它	冲击 (G)	加速度20, 时间11±5ms		加速度20, 时间11±5mS		加速度20, 时间11±5mS	
	其它						
绝缘电阻	击穿电压 (kV)	AC1.5		AC2.0		AC2.0	
	电阻 (MΩ)	100以上(DC500V)		100以上(DC500V)		100以上(DC500V)	
外观构造	外形尺寸	60×95×220(mm) <sup>3</sup>		27×100×160(mm) <sup>3</sup>		116×340×322(mm) <sup>3</sup>	
	材质·处理	铝框		开口框类		铁铝键金框	
	重量 (g)	1000max		300max		15000max	
冷却	冷却	自然空冷		自然空冷		强制空冷	
输入冲击	噪声强度·噪声终端电压	FCC: A级		FCC: B级, VDE: B级		FCC: A级	
	电压 (kV)	1.5		2		2	
其它	脉冲宽度 (μs)	1		1		1	
	抗雷击漏电压 (kV)						
其它	抗静电噪声电压 (kV)						
	工作噪声 (dB)						
其它	商標表示	有		有		有	
	可靠性 (MTBF) (H)						

续表

项 目		产 品 名 称	MDA D—E03 型	MDA D—E05 型	DDA D—E06 型
输 入 条 件	幅 数				
	电 压	额定电压 (V)	AC85~115	AC85~115	AC85~115
		电压波动范围 (V)			
		电压波动率 (%)	DC:113~162	DC:113~162	AC:113~162
	频 率	额定频率 (Hz)	50~400	50~400	50~400
		频率变动范围 (Hz)	45~440	45~440	45~400
	电 流	额定电流 (A)	0.7以下(额定电压下)	0.9以下(额定电压下)	2.3以下(额定电压下)
		冲击电流 (A <sub>p-p</sub> )	15A 以下	18A 以下	20A 以下
		电流波动率 (%)			
	效 率 (%)		70 以上	70 以上	70 以上
输入电路保护		20ms 保证	20ms 保证	20ms 保证	
漏 电 电 流 (mA)		额定电压时在 1 以下	额定电压时在 1 以下	额定电压时在 1 以下	
额定电压·电压名称		DC:5V	DC:24V	DC:5V·24V	
电压波动范围 (V)		±10%	±10%	±10%	
输 出 电 流	额定电流 (A)	6	2.1	(AC:5V) 8 (DC:24V) 3	
	最低电流 (A)	0	0	0	
	最大瞬时电流 (A)	无规定	无规定	无规定	
负 载 电 容	最大 (μF)				
	最小 (μF)				
输 出 条 件	稳 压 精 度	综合波动率 (%)	±3	±3	±3
		输入电压波动	±0.3%	±0.3	±3%
		输出电流波动	±0.1%		
		偏 差	±1.0%	±1.0%	±1.0%
		时 间 温 度	(温度范围内)	(全温度范围内)	(全温度范围内)
波 动 (mV <sub>p-p</sub> )	50	240	5V 系统 50 24V 系统 240		
设 定 偏 差		±1%	±1.0%	±1%	
动 态	输入电压波动				
	输出电流波动				
高 频 噪 声	输出时 (mV)				
	整 机 (mV)				
其 它 功 能	过 流 (A)	110~200%	110~200%	110~200% 内	
	过 压 (V)	5.8~7	27~30	5V 系统 5.8~7, 24V 系统 27~30	
	欠 压 (V)				
	过 热 (°C)				
程 控					
播 控 ON/OFF					
播 感					
环 境 条 件	温 度	工作状态 (°C)	-20~+70	-20~+70	-20~+70
		非工作状态 (°C)	-35~+85	-35~+85	-35~+85
	温 度	动作时 (%)	20~90RH(在 40°C)	20~90RH(在 40°C)	20~90RH(在 40°C)
		非动作时 (%)	0~95RH(在 40°C)	0~95RH(在 40°C)	0~95RH(在 40°C)
	振 动	动作时 (G)	JIS-E-4031-2 种	JIS-E-4031-2 种	JIS-E-4031-2 种
		非动作时 (G)	JIS-E-4031-2 种	JIS-E-4031-2 种	JIS-E-4031-2 种
冲 击 (G)	JIS-E-4032-1 种	JIS-E-4032-1 种	JIS-E-4032-1 种		
其 它					
绝 缘	击 穿 电 压 (kV)	AC:2000V/1 分钟	AC:2000V/1 分钟	AC:2000V/1 分钟	
	电 阻 (MΩ)	DC:500V 时 50 以上	DC:500V 时 50 以上	DC:500V 时 50 以上	
结 构 条 件	外 观 构 造	外形尺寸	40×99×131.5(mm) <sup>3</sup>	40×99×151.5(mm) <sup>3</sup>	60×120×194.5(mm) <sup>3</sup>
		材 质 · 处 理	铝黑色半透明涂装	铝黑色半透明涂装	铝黑色半透明涂装
		表 示			
重 量 (g)	0.5k	0.8k	1.5k		
冷 却		自然空冷	自然空冷	自然空冷	
其 它 条 件	噪声强度·噪声终端电压				
	输入电 压 (kV)	1	1	1	
	穿噪声 脉冲宽度 (μs)	1	1	1	
	抗雷击漏电压 (kV)				
	抗静电噪声电压 (kV)				
	工作噪音 (dB)				
商 标 表 示		形式 MDD-E03005	MDD-E05024	DDD-E0601	
可 靠 性 (MTBF) (H)		100,000 以上 (在 40°C 下)	100,000 以上 (在 40°C 下)	100,000 以上 (在 40°C 下)	



续表

项 目		产 品 名 称			MW15 (UL, CSA 认定品)					FS100 (UL478 认定品)					LW15 (UL, CSA, TUV 认定品)				
输 入 条 件	相	数																	
	电 压	额定电压 (V)	AC100, 200					AC100					AC100, 200						
		电压波动范围 (V)	AC85~264					AC85~132					AC85~264						
		电压波动率 (%)																	
	频 率	额定频率 (Hz)	50, 60					50, 60					50, 60						
		频率变动范围 (Hz)	47~63					47~63					47~63						
	电 流	额定电流 (A)	0.45/0.25(AC100/200V)					2					0.45/0.25(AC100/200V)						
		冲击电流 (A <sub>p-p</sub> )	30A <sub>max</sub>					15A <sub>max</sub>					30A <sub>max</sub>						
		电流波动率 (%)																	
	效 率	率 (%)	85					78~82					65						
输 入 电 路 保 护	漏 电 电 流 (mA)	0.5 <sub>max</sub>					1 以下					0.5 <sub>max</sub>							
输 出 条 件	额定电压·电压名称		+5·±12	+5·±15	2种	5	12	15	18	24	5种	+5·±12	+5·±15	2种					
	电压波动范围 (V)		固定					±10%					固定						
	输 出 电 流	额定电流 (A)	2/V1, 0.3/V2, 0.2/V3			3输出	20	8.3	6.6	5.6	4.2	2/V1, 0.3/V2, 0.2/V3			3输出				
		最低电流 (A)	0.5/V1, 0/V2·V3									0.5/V1, 0/V2·V3							
		最大瞬时电流 (A)																	
	负 载 电 容	最大 (μF)																	
		最小 (μF)																	
	电 压 精 度	综合波动率 (%)	±3/V1, ±2.5/V2, +2/V3					±3					±3/V1, ±2.5/V2, +2/V3						
		输入电压波动																	
		输出电流波动																	
偏差		时 间																	
温 度																			
波 动 (mV <sub>p-p</sub> )	100/V1, 150/V2, V3	电 源 脉 动 噪 声	120~200					电 源 脉 动 噪 声	100/V1, 150/V2, V3					电 源 脉 动 噪 声					
设 定 偏 差	±1%/V1, ±4%/V2, V3																		
动 态	输入电压波动																		
	输出电流波动																		
高 频 噪 声	输出时 (mV)																		
	整 机 (mV)																		
其 它 功 能	过 流 (A)	额定输出电流 105%以上					额定输出电流 105%以上					额定输出电流 105%以上							
	过 压 (V)						6.9	15.5	20	24	31								
	欠 压 (V)																		
	过 热 (°C)																		
	温 控																		
遥 控 ON/OFF																			
遥 感																			
环 境 条 件	温 度	工作状态 (°C)	0~+60					0~+60					-10~+60						
		非工作状态 (°C)	-20~+75					-20~+75					-20~+75						
	温 度	动作时 (%)	30~85RH					30~85RH					30~85RH						
		非动作时 (%)	30~85RH					30~85RH					30~85RH						
	振 动	动作时 (G)																	
		非动作时 (G)	2					2					2G						
	冲 击 (G)	20					20					20							
其 它																			
绝 缘	击 穿 电 压 (kV)	AC2.5					AC1.5					AC3							
	电 阻 (MΩ)	10 以上					100					100 以上							
结 构 条 件	外 观 构 造	外 形 尺 寸	80×110×25.4(mm) <sup>3</sup>					97×175×25(mm) <sup>3</sup>					70×128×25.4(mm) <sup>3</sup>						
		材 质 · 处 理																	
	表 示																		
	重 量 (g)	150					600					200							
冷 却																			
其 它 条 件	噪 声 强 度 · 噪 声 终 端 电 压																		
	输 入 击 穿 噪 声	电 压 (kV)																	
		脉 冲 宽 度 (μs)																	
	抗 雷 击 漏 电 压 (kV)																		
	抗 静 电 噪 声 电 压 (kV)																		
	工 作 噪 音 (dB)																		
商 标 表 示																			
可 靠 性 (MTBF) (H)	105,000					95,000					123,000								

项目		产品名称		DC-DC 转换器	转换电源(CFL用变换器)	转换电源									
输入条件	相数					单相									
	电压	额定电压 (V)	DC15/9.6(Batt)		DC12	AC100/110/120									
		电压波动范围 (V)	DC13~17/8~13.5		DC8~16	AC90~132									
		电压波动率 (%)													
	频率	额定频率 (Hz)				50/60									
		频率变动范围 (Hz)				47~63									
	电流	额定电流 (A)													
		冲击电流 (Ap-p)				50 以下(输出平均负荷)									
		电流波动率 (%)													
	效率 (%)	72 以上 (DC8~17V 额定负荷)			输出功率 3.5W(max)										
输入电路保护					10ms 以下 (AC90V 输出平均负荷)										
漏电流 (mA)					1.0 以下(AC100 /120V 输出平均负荷)										
输出条件	额定电压·电压名称		+5	+12	-12	20.75	充电回路	+12		开路电压 1kVrms	+5V	+12V	-12V	+24V	
	电压波动范围 (V)										额定电压 AC283V(rms)				
	输出电流	额定电流 (A)	3.4	0.8	0.1	0.04			0.06		8mA	0.9	0.1	0.05	1.0
		最低电流 (A)	0.35	0.2	0	0			0		输出电流可变范围 50~100%	0.3	0.02	0.02	0
		最大瞬时电流 (A)	4.1	0	0.1	0.06			0.1			0.9	0.1	0.05	6.0
	负载电容		最大(μF)												
			最小(μF)												
	稳压精度	综合波动率 (%)		±5	±5	±5	±1.3		±10			±5	±5	±5	±5
		输入电压波动													
		输出电流波动													
· 偏差		时间		温度											
波动 (mVp-p)		100	200	200	200						100	50	50	240	
设定偏差										电流设定精度 8mA±3%					
动态	输入电压波动														
	输出电流波动										8mA±5%				
高频噪声	输出时 (mV)														
	整机 (mV)														
其它功能	保护功能	过流 (A)	有	有	有	有	无	无			有	有	有	有	
		过压 (V)	无	无	无	无	无	无			无	无	无	有	
		欠压 (V)													
		过热 (°C)	有										有		
遥控	ON/OFF		遥控充电回路 ON/OFF								有				
	感														
环境条件	温度	工作状态 (°C)	0~+50								+0~+50		+5~+50		
		非工作状态 (°C)	-20~+70								-20~+80		-10~+60		
	湿度	动作时 (%)	20~80RH								20~90RH		35~90RH		
		非动作时 (%)	10~90RH								5~95RH		20~90RH		
	振动	动作时 (G)	5~155Hz 1												
		非动作时 (G)	5~155Hz 3								MIL-202E-201A 标准		3方向 10~50Hz 2		
冲击	(G)	8(动作时)								MIL-202E-123H 标准					
绝缘	击穿电压 (kV)										输入-输出 AC1/1 分钟		输入-输出 AC1/1 分钟		
	电阻 (MΩ)										输入-输出 DC500V/100Q 以上		输入-输出 DC500V/30 以上		
结构条件	外观	外形尺寸	132×48×30(mm) <sup>3</sup>								17×110×8.5(mm) <sup>3</sup>		250×50×80(mm) <sup>3</sup>		
		材质·处理	有机机壳										有机机壳		
	构造	表示													
		重量 (g)													
冷却	却		由外部风扇强制空冷								自冷		自冷		
其它条件	噪声强度·噪声终端电压		FCC B 级 VDEC B 级 DOC B 级								VCCI2 种, FCCC B 级				
	输入冲击噪声	电压 (kV)	输入线间 1								AC 输入线间 1				
		脉冲宽度 (μs)	1(本机组装时)								1				
	抗雷击漏电压 (kV)											AC 线间 1×40μs, 3 回, 6			
	抗静电噪声电压 (kV)											大地对机壳之间 4			
	工作噪音 (dB)											10cm 的距离时 30 以下			
商 标 表 示															
可靠性 (MTBF) (H)			50,000 以上										455,000 以上		

续表

产品名称		转换器电源				转换器电源								转换器电源				
项目		单相				单相												
输入条件	电压	额定电压 (V)		AC100~200				100~120								DC14.4		
		电压波动范围 (V)		AC85~132				85~132								DC8.0~16.0		
		电压波动率 (%)																
	频率	额定频率 (Hz)		50/60				50/60										
		频率变动范围 (Hz)		45~65				45~65										
	电流	额定电流 (A)		1.3 以下				7								160mA 以下		
		冲击电流 (A <sub>p-p</sub> )		100				30										
		电流波动率 (%)																
	效率 (%)		62 以上				70 以上								65			
	输入电路保护		20ms 以上				20ms 以上											
漏电流 (mA)		0.75 以下				1 以下												
输出条件	额定电压·电压名称		+5V	+12V	-12V	+24V	+24V ON/OFF	5.1	+8	-8	+12	+24	+24	+24	+5	+24	5V	-5V
	电压波动范围 (V)																	
	输出电流	额定电流 (A)		+0.6	+0.2	-0.2	1.2									0.08		
		最低电流 (A)		+0.2	+0.02	-0.02	0									0.06		
		最大瞬时电流 (A)		+0.9	+0.2	-0.2	5.0											
	负载电容	最大 (μF)						330								470		
		最小 (μF)						0								470		
	稳压精度	综合波动率 (%)		±5	±5	±5	±5									±5		
		输入电压波动						包含综合变动										
		输出电流波动						包含综合变动										
偏差		时间						包含综合变动										
		温度						包含综合变动										
波动 (mV <sub>p-p</sub> )		50	50	50	800									10				
设定偏差																		
动态	输入电压波动																	
	输出电流波动																	
	高频噪声																	
其它功能	输出时 (mV)		150	100	100	800	mV <sub>p-p</sub>	200	100	100	100	200	200	200	200	200		
	整机 (mV)																	
	保护功能	过流 (A)		1.0 ~2.5	0.4 ~1.3	0.3 ~1.3	5.5 ~8.5									定时-自锁方式		
		过压 (V)						6								13		
欠压 (V)														27				
过热 (°C)						105								任选				
程控						有												
遥控 ON/OFF		有(24V 两系统)				有(24V 两系统)								有				
环境条件	温度		5~50				0~50								-20~60			
	非工作状态 (°C)		-20~80				-20~85								-30~80			
	湿度	动作时 (%)		5~95				不结露								15~85		
		非动作时 (%)		95 以下				不结露								85		
	振动	动作时 (G)														不结露		
		非动作时 (G)		2												2		
冲击 (G)		50												5				
其它																		
绝缘	击穿电压 (kV)		1.5				1.5											
	电阻 (MΩ)		10 以上				100 以上											
外观构造	外形尺寸		62×220×46(mm) <sup>3</sup>				输入要有		400×255×75(mm) <sup>3</sup>				30×40×12(mm) <sup>3</sup>					
	材质·处理		L 型铁机壳				AC 开关		L 型铁机壳				铝箱体					
	表示		型号、顺序号、公司名、国名						型号、顺序号、公司名、国名				型号、顺序号					
	重量 (g)		1.3k 以下						3k 以下				200					
冷却		自然空冷						自然空冷				自然空冷						
其它条件	噪声强度·噪声终端电压		VCC12 种, FCC15/B 级						VCC11 种, FCC: A 级									
	输入击穿噪声	电压 (kV)		1						1								
		脉冲宽度 (μs)		50ms~1						50ms~1								
	抗雷击浪电压 (kV)		10						10									
	抗静电噪声电压 (kV)		10						20									
	工作噪音 (dB)		无声音						无声音									
	商标表示																	
可靠性 (MTBF) (H)		50,000						50,000				50,000						

续表

项 目		产 品 名 称		AC转换器(SA40-1304)	AC转换器(SA55-3100)	DC-AC转换器(AA9042)
输 入 条 件	相 数	单相		单相	单相	单相
	电 压	额定电压 (V)	115/240		AC100/240	DC12
		电压波动范围 (V)	90~135/180~270		AC90~264	10.8~13.2
		电压波动率 (%)				
	频 率	额定频率 (Hz)	50/60		50/60	
		频率变动范围 (Hz)	47~63		47~63	
	电 流	额定电流 (A)	0.5/0.24		1.5(AC90)0.7(AC264)	
		冲击电流 (A <sub>p-p</sub> )	25A		50A	
		电流波动率 (%)				
	效 率 (%)	65		75min	70	
输入电路保护			20mS			
漏 电 电 流 (mA)						
输 出 条 件	额定电压·电压名称	+5V,+12V,-12V		DC18V	AC350V/40kHz	
	电压波动范围 (V)			±0.5		
	输出 电 流	额定电流 (A)	5,2,0.2		3.1	5mA×2
		最低电流 (A)	0.5,0.2,0		0	
		最大瞬时电流 (A)				
	负 载 电 容	最大(μF)				
		最小(μF)				
	稳 压 精 度	综合波动率 (%)				
		输入电压波动				
		输出电流波动				
偏 差		时 间				
		温 度	0.03%/℃		0.02%/℃	
波 动 (mV <sub>p-p</sub> )	1%		100			
设 定 偏 差						
动 态	输入电压波动					
	输出电流波动					
高 频 噪 声	输出时 (mV)					
	整 机 (mV)					
其 它 功 能	过 流 (A)			短路时		
	过 压 (V)			19.5		
	欠 压 (V)					
	过 热 (℃)					
程 控						
通 控 ON/OFF				可		
环 境 条 件	温 度	工作状态 (℃)	0~50	0~50	5~50	
		非工作状态 (℃)	-20~85	-25~+85	-40~+105	
	湿 度	动作时 (%)		5~90	95	
		非动作时 (%)		5~90	95	
	振 动	动作时 (G)				
		非动作时 (G)				
冲 击 (G)						
其 它						
绝 缘	击 穿 电 压 (kV)					
	电 阻 (MΩ)					
结 构 条 件	外 观 构 造	外 形 尺 寸	48×100×160(mm) <sup>3</sup>	80×165×55(mm) <sup>3</sup>	20×100×8.5(mm) <sup>3</sup>	
		材 质 · 处 理			塑料	
		表 示			指示灯	
		重 量 (g)			25	
冷 却			自然空冷	自然空冷		
其 它 条 件	噪声强度·噪声终端电压		VDE0871B级	FCC B级、VDE B级		
	输入 电 压 (kV)	电 压 (kV)				
		脉 冲 宽 度 (μs)				
	抗 雷 击 漏 电 压 (kV)					
	抗 静 电 噪 声 电 压 (kV)					
	工 作 噪 音 (dB)					
商 标 表 示						
可 靠 性 (MTBF) (H)	80,000					

续表

产品名称		EWS3000T-5	CN160-5	ZT60-522			
项目		三相	DC输入	单相			
输入条件	相数	三相	DC输入	单相			
	电压	额定电压(V)	AC170~265	DC70~185	AC85~132/AC170~265		
		电压波动范围(V)	同上	同上	同上		
		电压波动率(%)					
	频率	额定频率(Hz)	47~63		47~440		
		频率变动范围(Hz)	同上		同上		
	电流	额定电流(A)	12(200V·满负荷时)	1.9(DC110V·满负荷)	1.5(AC100V·满负荷)		
		冲击电流(A <sub>p-p</sub> )	40(200V·满负荷时)		30(AC100V·满负荷)		
		电流波动率(%)	效率0.95(200V·满负荷时)				
	效率	80(200V·满负荷时)	78(DC110V·满负荷)	72(DC100V·满负荷)			
输入电路保护	缺相检出/保持时间20ms			输出保持时间17ms(满负荷)			
漏电流(mA)							
输出条件	额定电压·电压名称		DC5V	DC5V	CH1 DC5V	CH2 DC12V	CH3 DC-12V
	电压波动范围(V)		±20%(0~额定输出)	±10%	0~+5%	固定	固定
	输出电流	额定电流(A)	600	32	5	2.5	0.5
		最低电流(A)	0	0	0.5	0	0
		最大瞬时电流(A)			3.5		
	负载电容		最大(μF)				
			最小(μF)				
	输出电压精度	综合波动率(%)					
		输入电压波动	20mV以下	20mV以下	20mV	48mV	48mV
		输出电流波动	30mV以下	40mV以下	40mV	96mV	96mV
偏差		时 间 温 度	2%以下	0.02%以下	50mV	240mV	240mV
波动(mV <sub>p-p</sub> )		100以下	150以下	120	150	150	
设定偏差							
动态	输入电压波动						
	输出电流波动						
高频噪声	输出时(mV)						
	整 机(mV)						
其它功能	过 流(A)	105~130%	33.6~41.6	对各输出的105%以上			
	过 压(V)	输出电压+1.0~2.0	6.0~7.0V	CH1的115~135%			
	欠 压(V)	带缺相,低输出检测	带低输出检测				
	过 热(℃)	有	有	无			
程 控	程 控	PF信号	无	无			
	播 控 ON/OFF	有	有	无			
	温 感	有	有	无			
环境条件	温 度	工作状态(℃)	-10~+60	-20~+85(温度)	-10~+60		
		非工作状态(℃)	-30~+85	-40~+85	-30~+85		
	湿 度	动作时(%)	30~90RH(不结露)	30~95RH(不结露)	30~90RH		
		非动作时(%)	10~95RH(不结露)	10~95RH(不结露)	10~95RH		
	振 动	动作时(G)	2	5	2以下		
		非动作时(G)	2	5	2以下		
冲 击(G)	20	20	20以下				
绝 缘	击 穿 电 压(kV)	AC2.5/1分钟(输入整机、输入输出)	AC2.5/1分钟(输入整机、输入输出)	输入-输出间:AC3.75 输入-整机间:AC2.5			
	电 阻(MΩ)	100以上 (输出整机DC500V)	100以上 (输出整机DC500V)	100以上 (输出-FG500VDC)			
结 构 条 件	外 观 构 造	外形尺寸	340×97×300(mm) <sup>3</sup>	61×12.7×117(mm) <sup>3</sup>	90×26×185(mm) <sup>3</sup>		
		材 质·处 理			基板打印电源		
	表 示						
	重 量(g)	14k	150	350			
冷 却	内装风扇强制空冷		传导(外装散热器)	自然空冷			
其它条件	噪声强度·噪声终端电压		VCCI-1种,FCCA级标准		VCCI-1种,FCC-B级、VDE-B级标准		
	输入电 压(kV)	2	2	2			
		脉冲宽度(μs)	1	1	1		
	抗雷击漏电压(kV)	5(1.2×50μs)	5(1.2×50μs)	5(1.2×50μs)			
	抗静电噪声电压(kV)	±15	±15	±15			
	工 作 噪 音(dB)						
商 标 表 示							
可 靠 性(MTBF)(H)							

续表

项 目		产 品 名 称		DP-50-24	DP-100-24	DP-150-24	
输 入 条 件	相 数	单相		单相	单相	单相	
	电 压	额定电压 (V)	AC100		AC100V	AC100V	AC100V
		电压波动范围 (V)	AC90~132		AC90~132	AC90~132	AC90~132
		电压波动率 (%)					
	频 率	额定频率 (Hz)	50		50	50	50
		频率变动范围 (Hz)	47~440		47~440	47~440	47~440
	电 流	额定电流 (A)	1.5		2.4	1.5	1.5
		冲击电流 (A <sub>p-p</sub> )	10A		20	35	35
		电流波动率 (%)					
	效 率 (%)	82		81	82	82	
输入电路保护	适应于 16ms		适应于 16ms	适应于 16ms	适应于 16ms		
漏 电 电 流 (mA)							
输 出 条 件	额定电压·电压名称	DC24V		DC24V	DC24V	DC24V	
	电压波动范围 (V)	±10%		±10%	±10%	±10%	
	输出 电 流	额定电流 (A)	3.0		5.0	7.5	7.5
		最低电流 (A)					
		最大瞬时电流 (A)					
	负载电容	最大(μF)					
		最小(μF)					
	稳 压 精 度	综合波动率 (%)	0.4		0.4	0.4	0.4
		输入电压波动					
		输出电流波动					
偏差		时 间					
		温 度	0.02%/℃以下		0.02%/℃	0.02%/℃	0.02%/℃
波 动 (mV <sub>p-p</sub> )	80		80	80	80		
设 定 偏 差							
动 态 高 频 噪 声	输入电流波动						
	输出电流波动						
	输出时 (mV)						
其 它 功 能	整 机 (mV)						
	过 流 (A)	恒定电流电压下垂方式		恒定电流电压下垂方式	恒定电流电压下垂方式	恒定电流电压下垂方式	
	过 压 (V)	断开方式		断开方式	断开方式	断开方式	
	欠 压 (V)						
	过 热 (℃)						
程 控							
播 控 ON/OFF	可能		可能	可能	可能		
通 感	可能		可能	可能	可能		
环 境 条 件	温 度	工作状态 (℃)	0~50		0~50	0~50	
		非工作状态 (℃)					
	温 度	动作时 (%)	30~90		30~90	30~90	
		非动作时 (%)					
	振 动	动作时 (G)					
非动作时 (G)							
冲 击 (G)							
其 它							
绝 缘	击 穿 电 压 (kV)	AC1.5/1分钟		AC1.5/1分钟	AC1.5/1分钟	AC1.5/1分钟	
	电 阻 (MΩ)	60 以上		60 以上	60 以上	60 以上	
	电 阻 (MΩ)	60 以上		60 以上	60 以上	60 以上	
结 构 条 件	外 观 构 造	外 形 尺 寸	43×201×115(mm) <sup>3</sup>		652×201×115(mm) <sup>3</sup>	101×207×115(mm) <sup>3</sup>	
		材 质 · 处 理	铝·涂装		铝·涂装	铝·涂装	
		表 示	印刷及铅封		印刷及铅封	印刷及铅封	
		重 量 (g)	750		1050	1700	
冷 却	自然空冷		自然空冷	自然空冷	自然空冷		
其 它 条 件	噪声强度·噪声终端电压						
	输入击 穿噪声	电 压 (kV)					
		脉冲宽度 (μs)					
	抗 雷 击 漏 电 压 (kV)						
	抗 静 电 噪 声 电 压 (kV)						
	工 作 噪 音 (dB)						
商 标 表 示							
可 靠 性 (MTBF) (H)							

续表

项目		产品名称				MPS25FB01				MPS18ES01				MPS08RC01			
相数		单相				单相				单相							
输入	电压	额定电压 (V)		AC100				115				AC100					
		电压波动范围 (V)		AC85~132				85~127				AC90~110					
		电压波动率 (%)															
频率	额定频率 (Hz)		50/60				50/60				50/60						
	频率变动范围 (Hz)		47~64				48~64				±3						
电流	额定电流 (A)		1.0				1.8 以下				0.7						
	冲击电流 (A <sub>p-p</sub> )		40A				60				30						
	电流波动率 (%)																
效率 (%)		70								65							
输入电路保护		10ms				1 个周期				40ms				额定输入输出			
漏电流 (mA)		0.75max				0.5				1							
额定电压·电压名称		5V	12V	-12V	24V	24V	5V			±5V	-5V	-48V					
电压波动范围 (V)																	
输出	电流	额定电流 (A)		0.8	0.07	0.04	1.2	2.8	0.4	1.8	0.2	0.4					
		最低电流 (A)		0.6	0.01	0.01	0	0.1	0.05	0.18	0	0					
		最大瞬时电流 (A)		0.8	0.07	0.04	6	3.8	0.5								
负载电容		最大 (μF)															
		最小 (μF)															
输出	电压	综合波动率 (%)		±5	±5	±5	±5	±5	±5	±4	±4	±10					
		输入电压波动															
		输出电流波动															
		偏差		时间						温度							
波动 (mV <sub>p-p</sub> )		150	150	150	300	150(500)	50(500)	200	200	300							
设定偏差		±2%	±3%	±3%	±3%	±3%	±2%	±1%	±2%	±2%							
动态	输入电压波动		±5%				±5%				±5%						
	输出电流波动		±5%				±3%				±5%						
高频	输出时 (mV)																
	整机 (mV)																
其它功能	保护功能	过流 (A)		1.5 以上	0.5 以上	0.5 以上	7.5 以上	有	有	2 以上	0.5 以上	0.45 以上					
		过压 (V)						27 以上									
		欠压 (V)															
		过热 (°C)						90°C									
温控																	
遥控 ON/OFF		有															
遥感																	
环境条件	温度	工作状态 (°C)		0~50				0~50				0~50					
		非工作状态 (°C)		-20~80				-20~80				-20~80					
	湿度	动作时 (%)		10~90				10~90				10~90 RH					
		非动作时 (%)		10~90				10~90				10~90 RH					
	振动	动作时 (G)															
		非动作时 (G)		2				2				2G					
冲击 (G)		30				30				40							
其它																	
绝缘	击穿电压 (kV)		AC1.5				1.5				AC1.5						
	电阻 (MΩ)		20				100				20						
外观构造	外形尺寸		60×200×45(mm) <sup>3</sup>				70×220×45(mm) <sup>3</sup>				87×137×40(mm) <sup>3</sup>						
	材质·处理										SECC						
	表 示										LED						
	重量 (g)		260				300				500						
冷却		自然空冷				自然空冷				自然空冷							
噪声强度·噪声终端电压		VCCI 第 2 种/FCC B 级				FCC B				示波器		VCCI 第 2 种					
其它条件	输入击穿噪声	电 压 (kV)		1.0				1.0				1					
		脉冲宽度 (μs)		100ns/1				100ns/1				100ns/1					
	抗雷击漏电压 (kV)		10				±2				1.2×50μs 10						
	抗静电噪声电压 (kV)		10				7.5				10						
	工作噪声 (dB)												电容方式				
商 标 表 示																	
可靠性 (MTBF) (H)		40,000				40,000				60,000							

续表

项目		产品名称		OEM		OEM			OEM			
相数		单相		单相			单相					
输入	电压	额定电压 (V)		AC100			AC200~230					
		电压波动范围 (V)		±15%			AC170~253					
		电压波动率 (%)										
频率	额定频率 (Hz)		50/60			50/60						
	频率变动范围 (Hz)		50/60±0.5%			50/60±2						
电流	额定电流 (A)		1.3/0.8typ			5typ						
	冲击电流 (Ap-p)		20 以下			50A 以下						
	电流波动率 (%)											
效率 (%)		65 以上			50			65 以上				
输入电路保护					100ms			15~25ms				
漏电流 (mA)		1 以下			0.5			1				
额定电压·电压名称		5V 24V		+5V ±12V ±15V			+5V +15V -10V					
电压波动范围 (V)					+5 ±10%			5+0.5				
输出	电流	额定电流 (A)		5 0.8			30 1 1			4		
		最低电流 (A)		0 0			3 0.1 0.1			1		
		最大瞬时电流 (A)										
负载电容	最大(μF)		700 200		700 500 500			10				
	最小(μF)		100 0		500 100 100			0.1				
输出精度	综合波动率 (%)		±3 ±8		±3			±3 ±10 ±10				
	输入电压波动			±25mV ±60mV								
		输出电流波动		±100mV ±240mV								
	偏差	时间										
		温度										
波动 (mVp-p)		100 500		500mV			50 100 100					
设定偏差		5V±1%		+4% -0% ±5% ±5%			5V±1%					
动态	输入电压波动											
	输出电流波动											
高频噪声	输出时 (mV)		200 500		200 500			200				
	整机 (mV)											
其它功能	过流 (A)		5.5~8 0.88~2.5			5.025			5~6 短路保护			
	过压 (V)		5.5~6.5			5.075~5.2						
	欠压 (V)											
	过热 (°C)					105						
程控		有			有			有				
遥控		ON/OFF			无							
温度		有			有			有				
环境条件	温度	工作状态 (°C)		0~55			0~50			0~55		
		非工作状态 (°C)		-20~80			-20~80			-15~75		
	湿度	动作时 (%)		20~90RH 不结露			30~90% 不结露			10~90RH 不结露		
非动作时 (%)		20~95RH 不结露			30~95% 不结露			10~95RH 不结露				
振动	动作时 (G)		JISC0991 1 B3 种			10~55Hz 1			5~150Hz 0.5			
	非动作时 (G)		10~55Hz 2						共振频率 1			
冲击 (G)		JISC9012 103 方向 3 回			10.3 回			5				
其它												
绝缘	击穿电压 (kV)		AC1.5			AC1.5			AC1.5			
	电阻 (MΩ)		50			50			50			
外观构造	外形尺寸		114.3×238×42(mm) <sup>3</sup>			400×110×330(mm) <sup>3</sup>			120×285×70(mm) <sup>3</sup>			
	材质·处理		绝缘			镀锌金			黑色防蚀铝			
	表示		有			有			有			
	重量 (g)		0.8k			5k			1.7k 以下			
冷却		自然空冷			强制空冷			自然空冷				
噪声强度·噪声终端电压		FCC A 级			CISPR A 级			CISPR CONDITON				
输入冲击噪声	电压 (kV)		2			5/9			2			
	脉冲宽度 (μs)		1			12+20%/50+20%			1			
抗雷击漏电压 (kV)		4			9							
抗静电噪声电压 (kV)					10(500pF, 500Ω)							
工作噪音 (dB)		60 以下			60			60 以下				
商标表示		有			有			有				
可靠性 (MTBF) (H)		20,000			50,000			60,000(Ta=-40°C)				



项 目		产 品 名 称			NP 配合系列			Y-COM48			48V100A 部件			
输 入 条 件	相 数	单相			单相三相			三相						
	电 压	额定电压 (V)	100			100 200 400			200					
		电压波动范围 (V)	90~110			90~110 180~220 360~440			180~264					
		电压波动率 (%)												
	频 率	额定频率 (Hz)	50/60			50/60			50/60					
		频率变动范围 (Hz)	±3			47.5~52.5 57~63			45~66					
		额定电流 (A)	3	5.5	10				19					
	电 流	冲击电流 (A <sub>p-p</sub> )				200%			35A					
		电流波动率 (%)				140			140					
		效 率 (%)				82 以上			90%typ					
输入电路保护														
漏 电 电 流 (mA)	1			1.5 以下			3.5 以下							
输 出 条 件	额定电压·电压名称	14.4	28.8	57.6	2.4V/ CELL	50~58V			55V					
	电压波动范围 (V)				±3%			50~58						
	输出 电 流	额定电流 (A)	10			30~500			100					
		最低电流 (A)	0			0			0					
		最大瞬时电流 (A)	直至短路			—(下垂功能)			允许短路					
	负载电容	最大(μF)				无制限			无制限					
		最小(μF)				0			0					
	稳 压 精 度	综合波动率 (%)	±2			±2 以下			±2 以下					
		输入电压波动				±0.1%			±0.1%					
		输出电流波动				±0.6%			±0.6%					
偏差		时 间				±0.5%			±0.5%					
		温 度				100			300					
波 动 (mV <sub>p-p</sub> )														
设 定 偏 差														
动 态	输入电压波动				180↔264V			180↔264V						
	输出电流波动				0↔100%			0↔100A						
高 频 噪 声	输出时 (mV)													
其 它 功 能	保 护 功 能	过 流 (A)	10			110%			105typ					
		过 压 (V)				60			59.5V					
		欠 压 (V)	6	12	24	35			35V					
		过 热 (°C)												
	强 控	充电定时器(2系统)			图解或面板			电压转换报警信号进出						
播 控 ON/OFF				可能			可能							
温 感														
环 境 条 件	温 度	工作状态 (°C)	0~40			-10~40			-10~50					
		非工作状态 (°C)												
	温 度	动作时 (%)	30~90			30~90			30~90					
		非动作时 (%)												
	振 动	动作时 (G)												
		非动作时 (G)												
冲 击 (G)														
其 它														
绝 缘	击 穿 电 压 (kV)	1			1.5			1.5						
	电 阻 (MΩ)	3			3			500V			100			
结 构 条 件	外 观 构 造	外 形 尺 寸	100× 180×320	130× 180×320	130× 265×320	(mm) <sup>3</sup>	400×1200×550~ 1600×1900×700			(mm) <sup>3</sup>	213×562×370(mm) <sup>3</sup>			
		材 质 · 处 理	铁板涂装、聚酯塑料			钢板涂装			面板涂装及镀金					
		表 示	LED(CHARGE FINISH)			图解式面板			丝织品					
		重 量 (g)	3.5	4.0	6.0	130~690k			35k					
冷 却	自冷			自然冷却			自冷							
其 它 条 件	噪声强度·噪声终端电压													
	输入击 穿噪声	电 压 (kV)	1			1			1					
		脉冲宽度 (μs)	1			1			1					
	抗雷击浪电压 (kV)				4.5			6						
	抗静电噪声电压 (kV)				10			10						
	工 作 噪 音 (dB)	30			60 以下			30 以下						
	商 标 表 示	额定值、制造编号			额定值、制造编号			额定值、制造编号						
可 靠 性 (MTBF) (H)				80 年			30 年							

### 二十三、美国“山特”UPS 电源技术数据

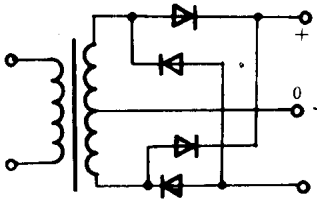
#### 1. UPS—1000VA 型不停电全稳压电源(离线式 OFF—LINE)

容 量	1000VA	停电转接	少于 4ms	
交流输入	50Hz, 单相, 从 150~270V	效 率	80%以上	
交流稳压输出	160~260V 输入, 可维持 220V±5.5% 输出	抗干扰力	把 100kHz~30MHz 干扰电波 衰减至 40dB(200μV 内)	
U P S 逆 变 输 出	输出电压	220V±3%(±10%可调)	突峰电压吸收	突尖瞬时吸收功率为 1500W(1ms 脉宽内)
	频 率	50Hz(±0.5Hz)	全保护	过负载 130%, 短路, 过电压及低电池电压保护
	功率因数 P.F.	P.F. = 0.8(滞后)	噪 音	低于 50dB
	波 形	纯正弦波	警告装置	电蜂声响及 LED 灯双重显示方式
	总谐波失真度	1%(半负荷), 典型 3%, TYPICAL	电 池	满载下(P.F. = 0.8)稳压供电 5 分钟
	投入逆变电压	150V 市电交流	重量和体积	33kg, 35(高)×22(宽)×44(深)cm <sup>3</sup>

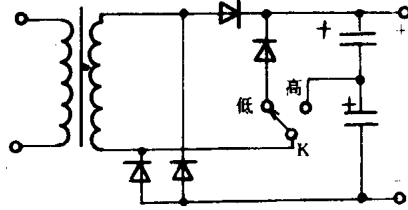
#### 2. UPS—1kVA、3kVA、5kVA 大功率电源(在线式 ON—LINE)

型 号	UPS—1kVA	UPS—3kVA	UPS—5kVA	
容 量(VA)	1000	3000	5000	
交 流 输 入	电 压(V)	220±15%		
	频 率(Hz)	50		
	最大电流(A)	7.5	22.5	37.5
结 构	PWM 式, 20Kc 高频			
交 流 输 出	电 压(V)	220±5%(可调)		
	频 率(Hz)	50		
	电压稳定度	±2%		
	功率因素	1~0.8(滞后)		
	频率稳定度	±0.5%		
	波 形	正弦波		
	失真波	小于 4%	小于 3%	
反应时间	电压最大变化±4%内(100%负载投入或离开)			
超 载	过载 110% 60s 后自动跳 BYPASS, 过载消失后自动跳回 INVERTER			
电 池	型 式	密封防漏耐用电池, 可外加电池。充电时间 8~10 小时		
	供应时间(PF0.8)	8 分钟	8 分钟	10 分钟
效率(整机)	75%以上	80%以上	80%以上	
停电反应	零中断(转换时间为零)			
警告装置	多重声响及灯号双重显示方式			
噪 音	低于 55dB(距箱体 1m 处)			
操作环境	0°~+40C、湿度 10~90%			
重 量(kg)	约 51	约 120	140+ 电池箱	
尺 寸(cm <sup>3</sup> )	44(H)×21(W)×50(D)		68(H)×26(W)×63(D)	

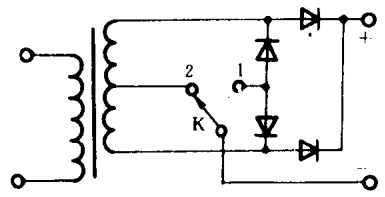
## 二十四、二极管整流电路汇编



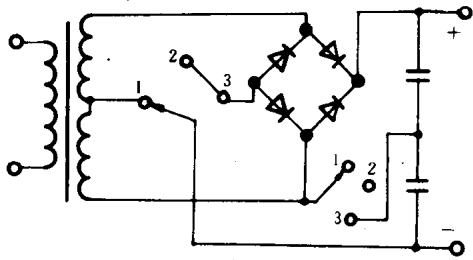
对称桥式双电压全波整流电路



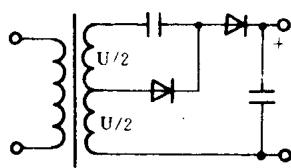
能输出高、低两种直流电压的电路



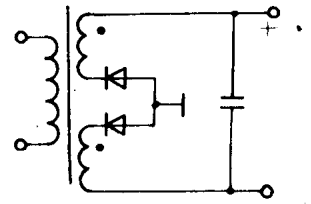
桥式全波开关变压整流电路



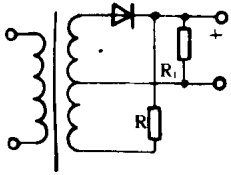
桥式全波倍压开关式三变压电路



半倍压整流电路  
( $U_0 = (2/2 + 2)U$ ,  $C_1, C_2$  容量在输出 10mA 时为 220 $\mu$ F)

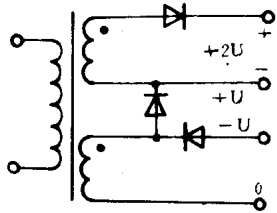


全波整流新电路  
(便于管子直接接地散热)

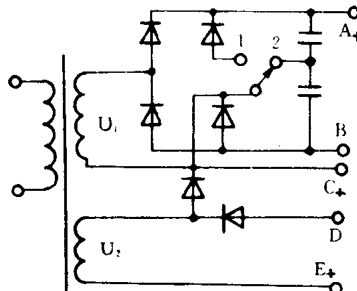


单管全波整流电路

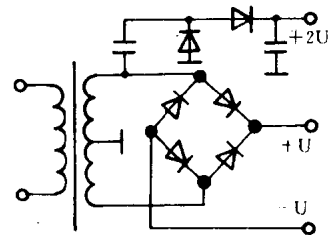
(要求  $R_1$  大于  $R$ )



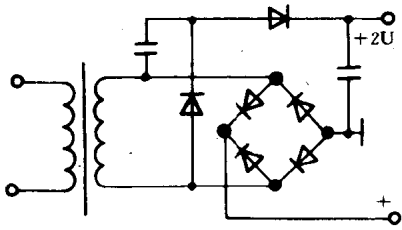
三电压整流电路



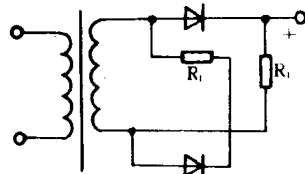
多电压整流电路  
(共能获得五种电压输出)



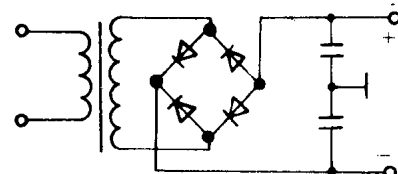
正负对称电压和倍压整流电路



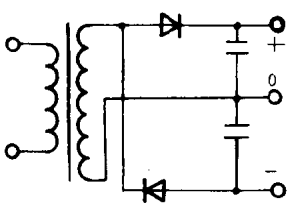
单绕组桥式和倍压整流电路



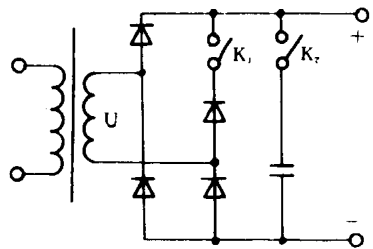
正负半波整流电路



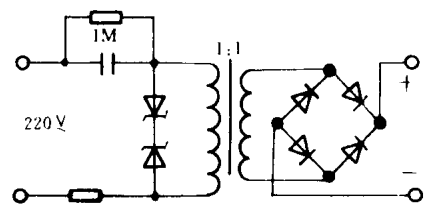
电容分压对称整流电路



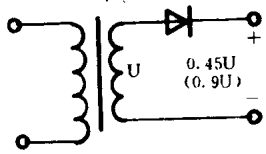
半波对称整流电路



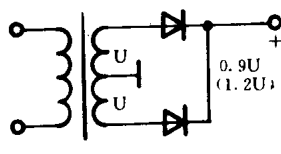
开关控制四变压整流电路



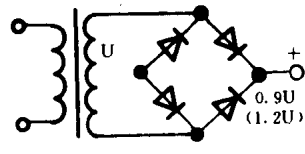
电容隔离桥式整流电路



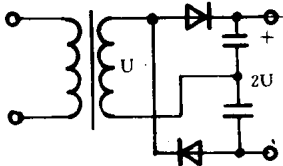
半波整流电路



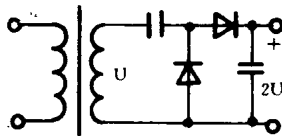
全波整流电路



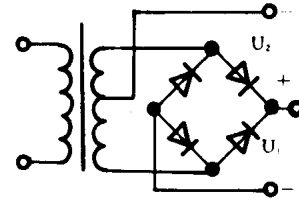
桥式整流电路



全波倍压整流电路

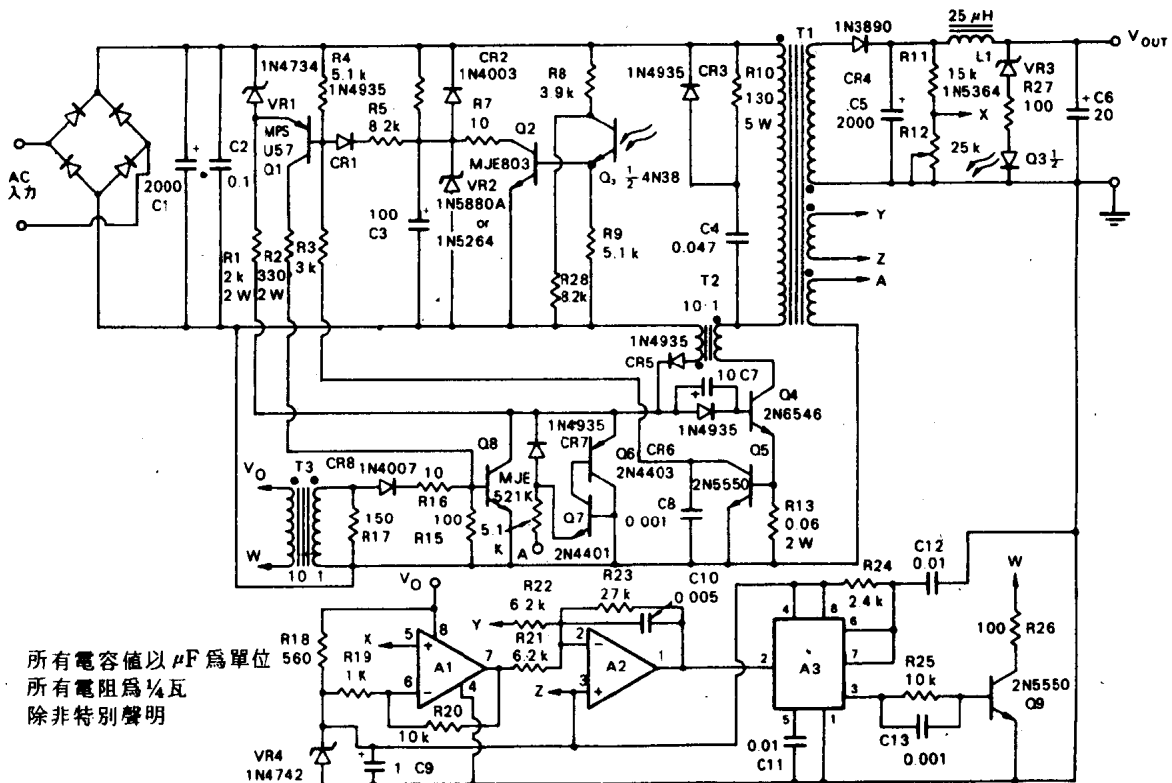


半波倍压整流电路



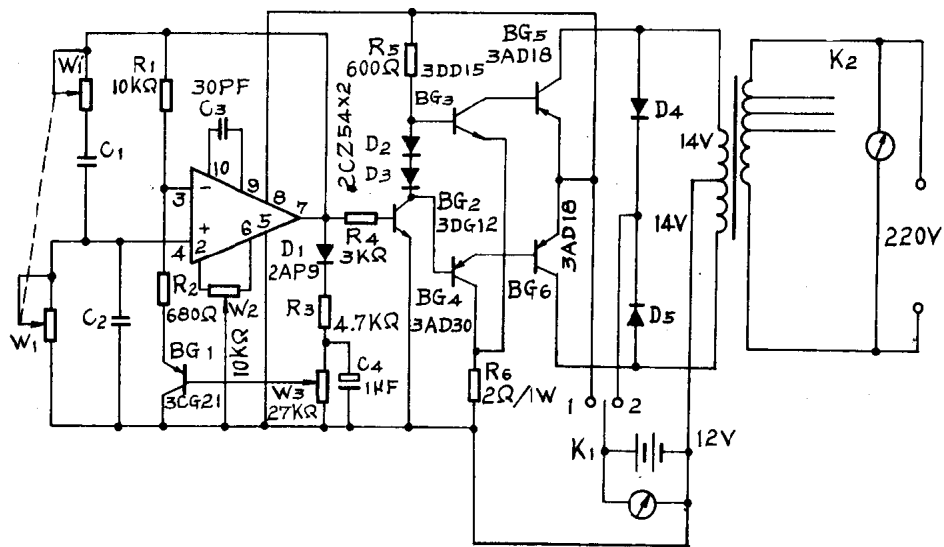
非对称桥式  
双电压全波整流电路

## 二十五、常见国内外电源电路图

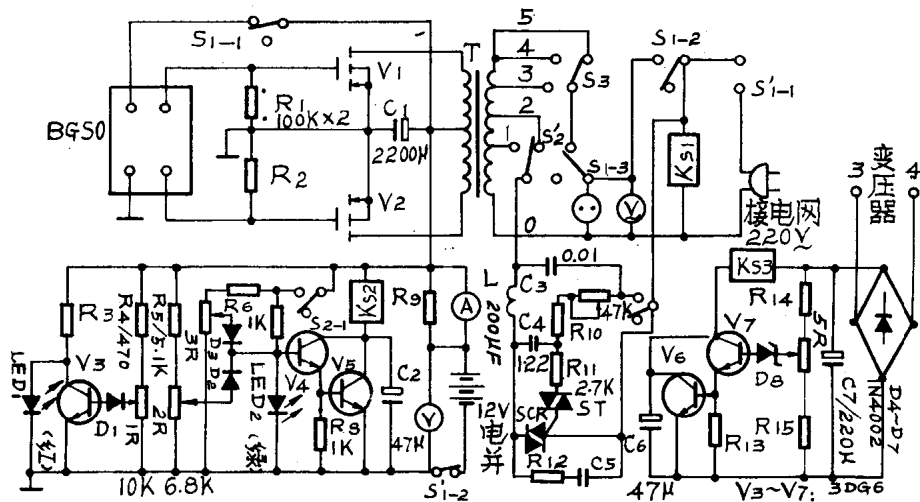


所有电容值以  $\mu\text{F}$  为单位  
所有电阻为  $\frac{1}{4}$  瓦  
除非特别说明

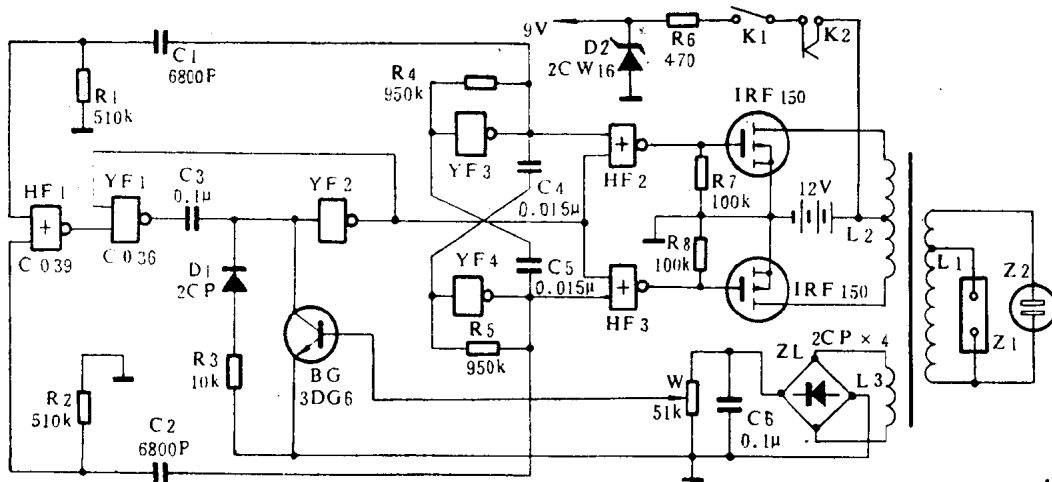
80W CATV 交换型电源; 输入 40V~60V、输出 20V~27V, 3A



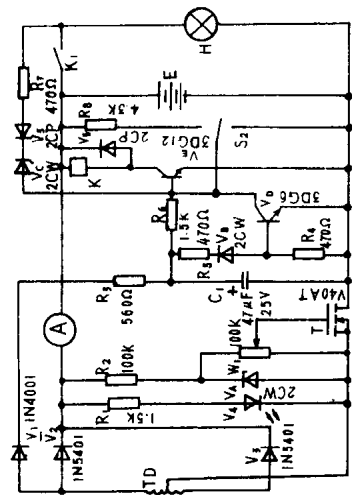
交流正弦波逆变器



NB-100 I, 200 II 型逆变电源



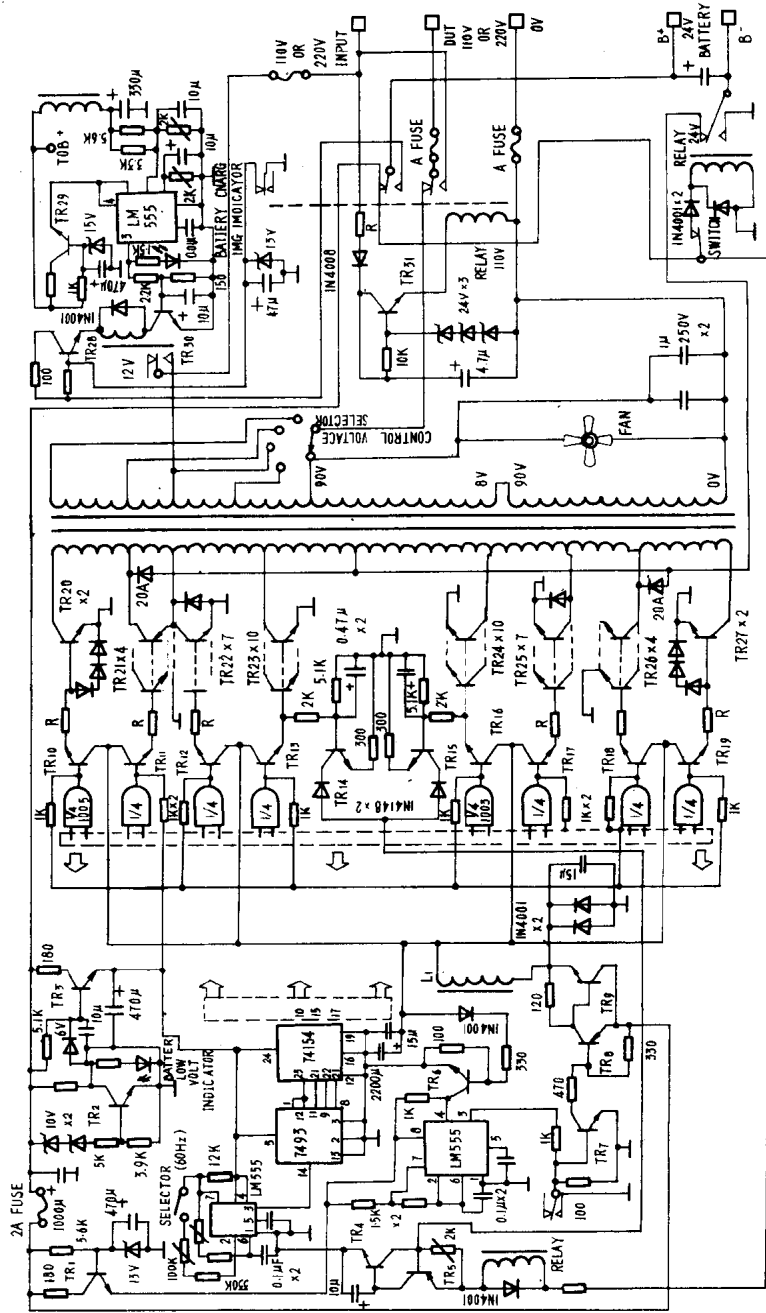
调宽式稳压逆变电源



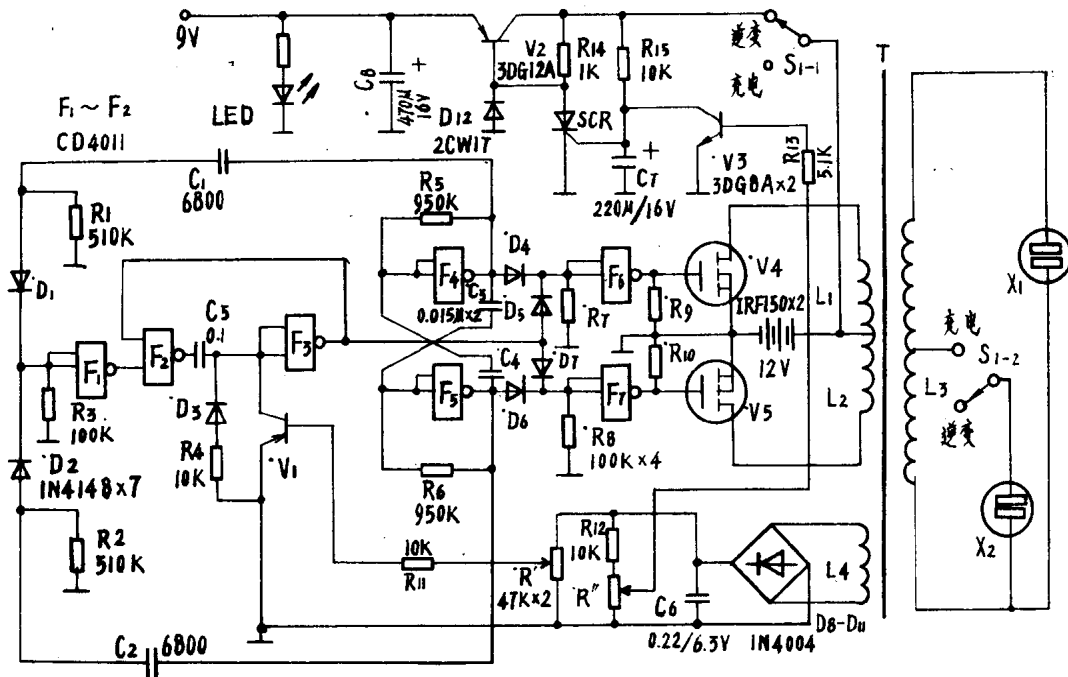
20W 应急荧光灯

20W 应急荧光灯

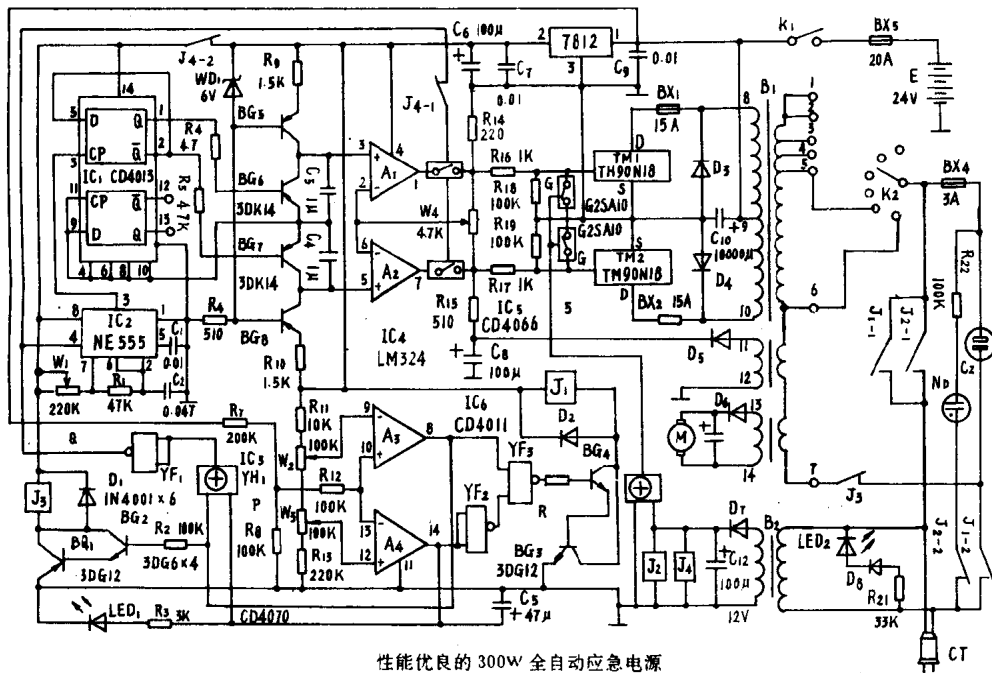
可充电电流自动应急电源



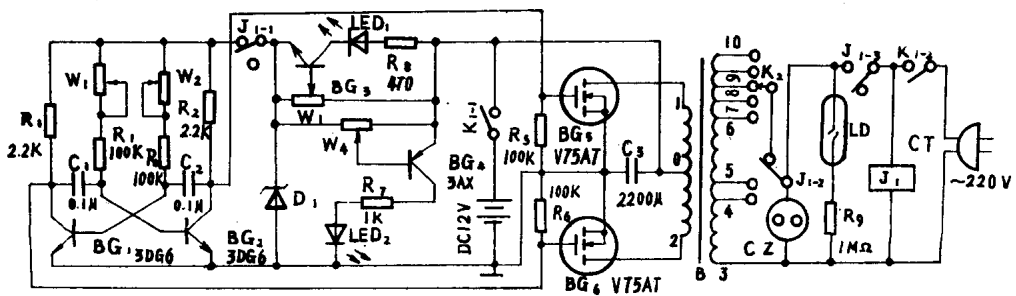
100W 高效正弦波逆变器



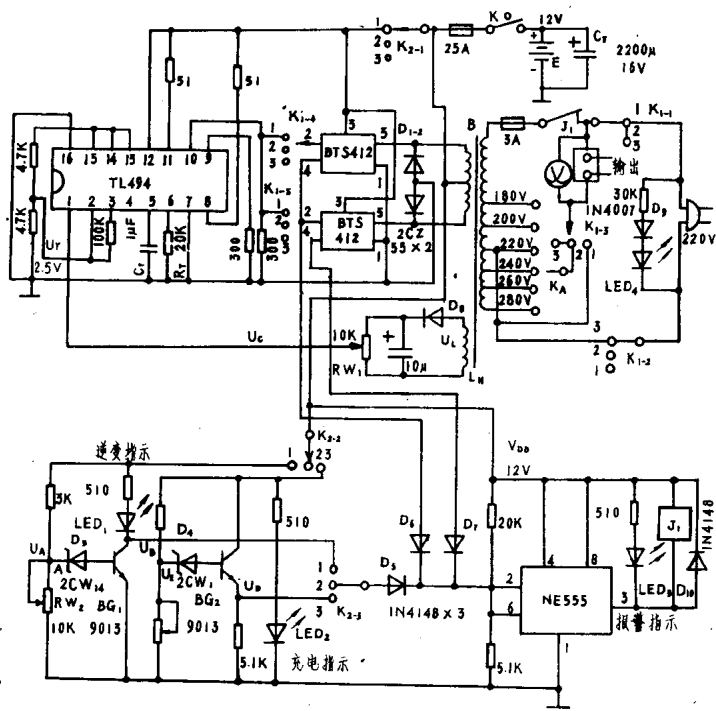
新型调宽式稳压逆变电源



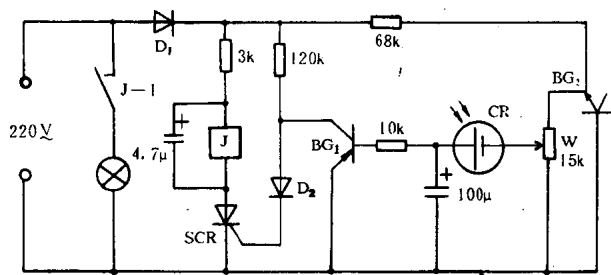
性能优良的 300W 全自动应急电源



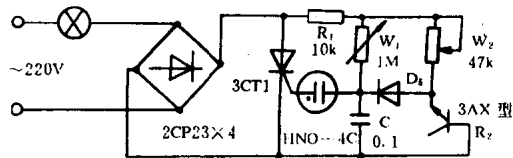
100W VMOS 管逆变电源



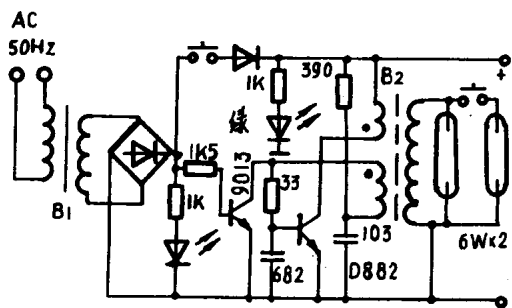
智能型应急电源



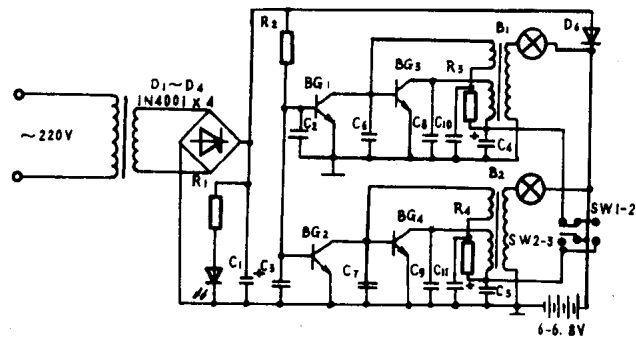
自动夜光灯



照明灯光控开关电路

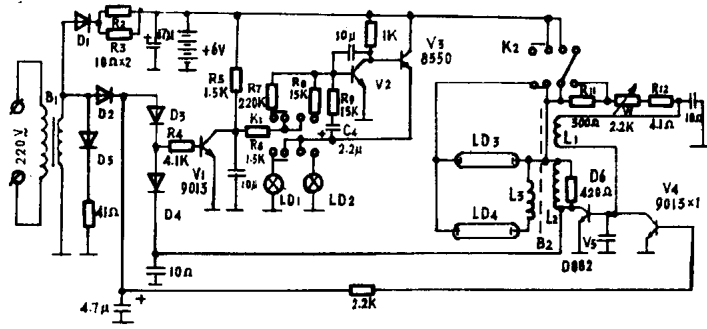


单管应急灯

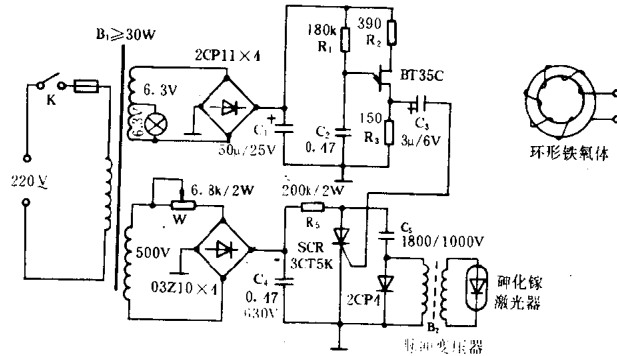


ZY-9202型自动应急灯

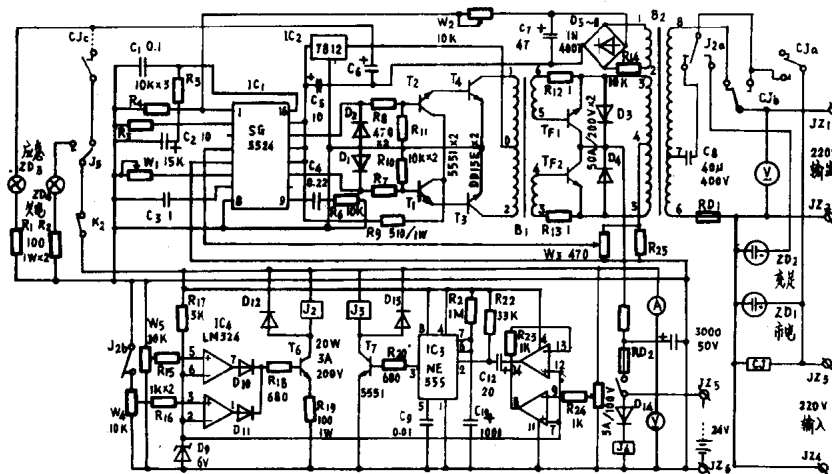




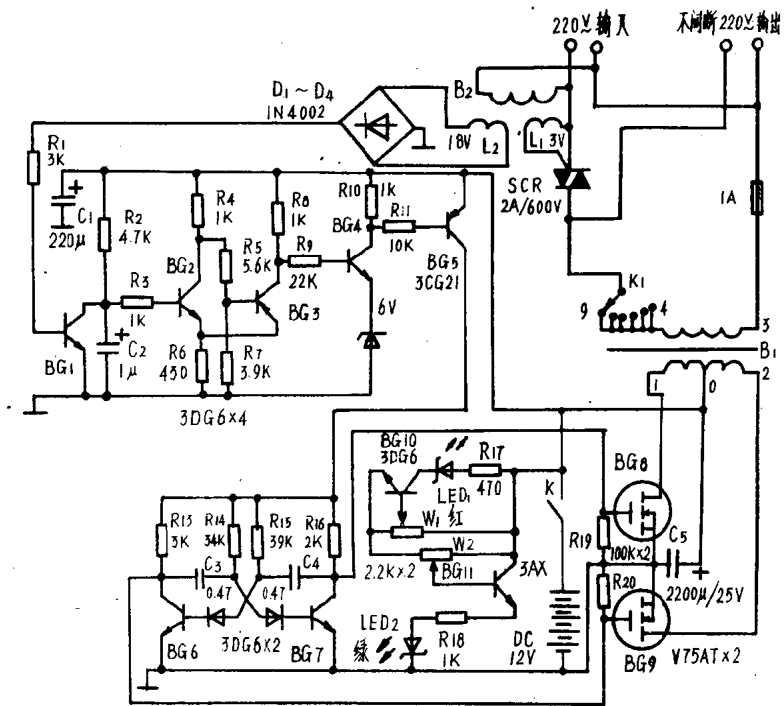
MYY-787 型停电宝



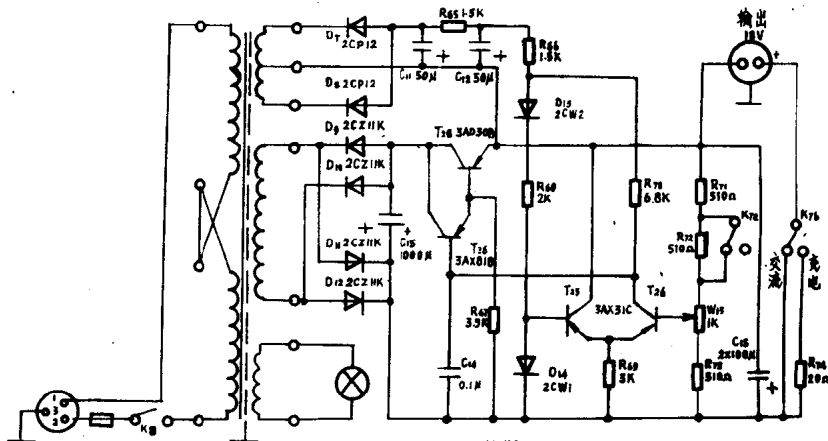
半导体激光器脉冲电源



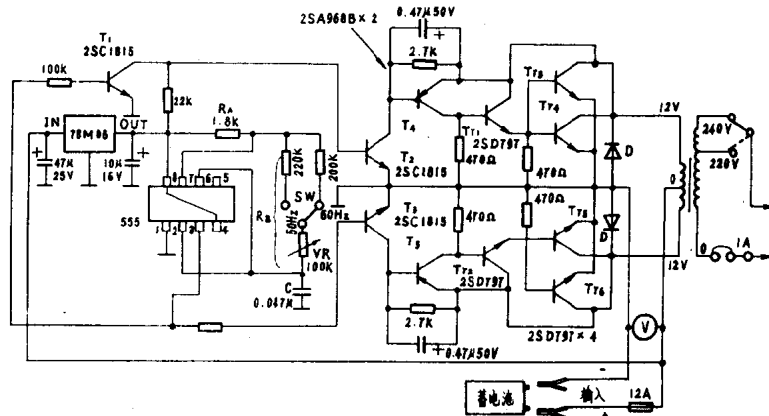
PWM 300~1000W 全自动应急电源



100W 高效逆变电源

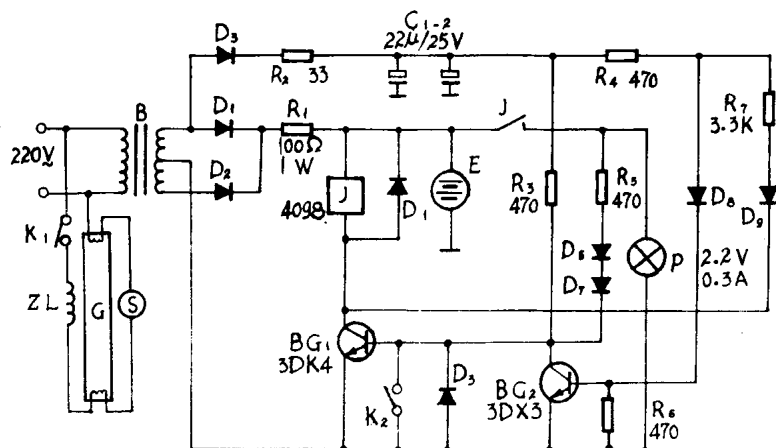


XD-1 型电源变换器

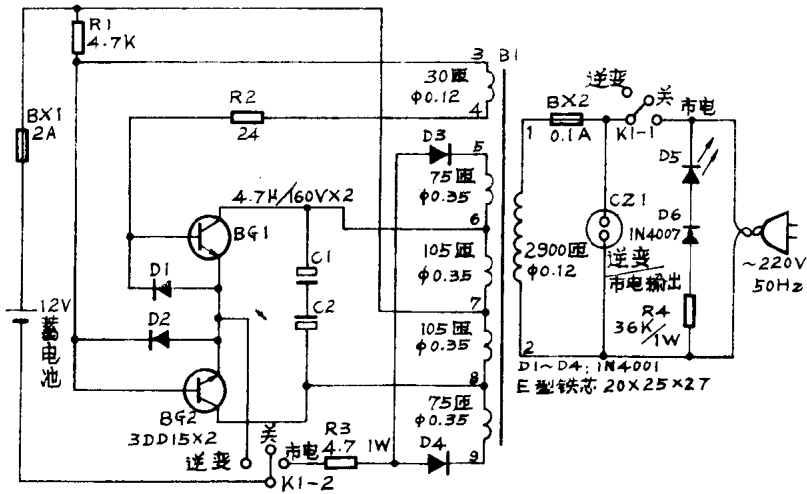


直流 12V 交流 220V 逆变器

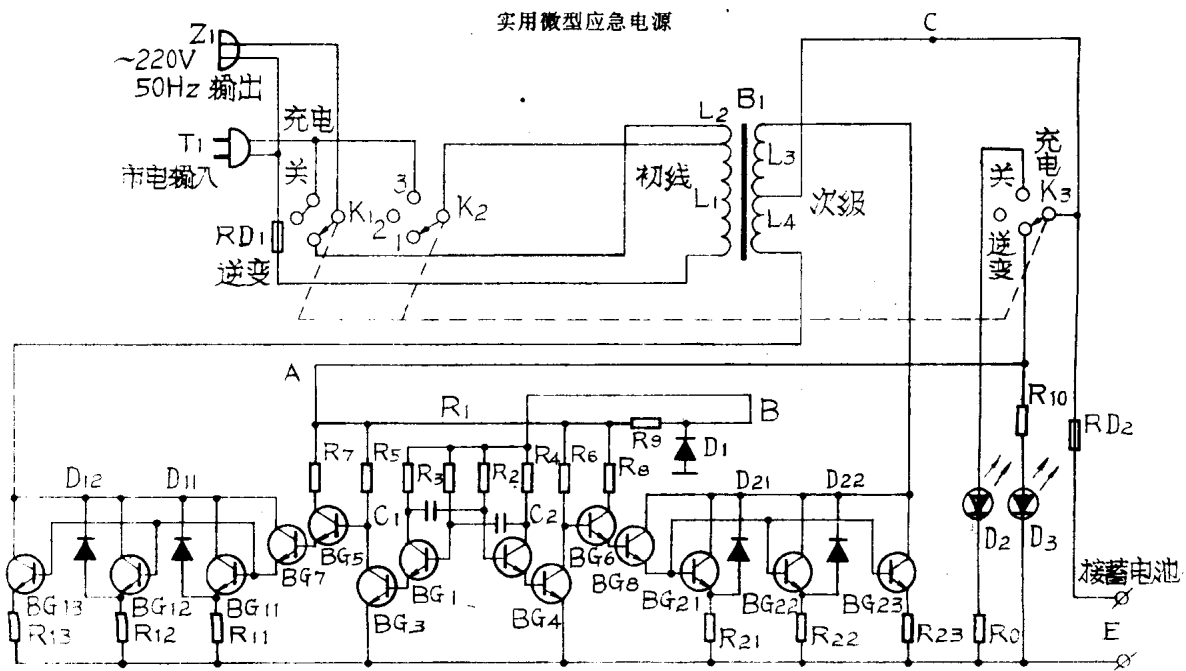




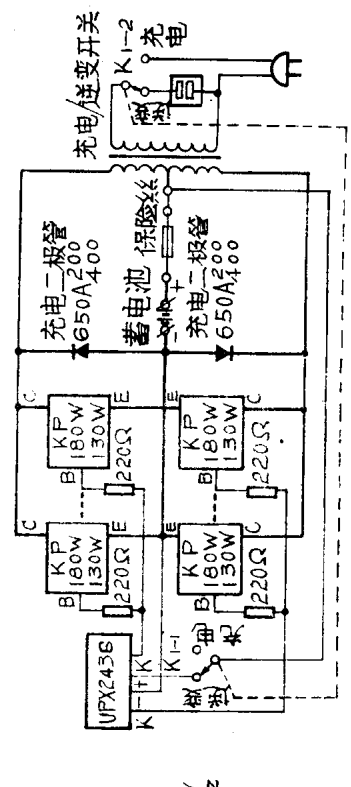
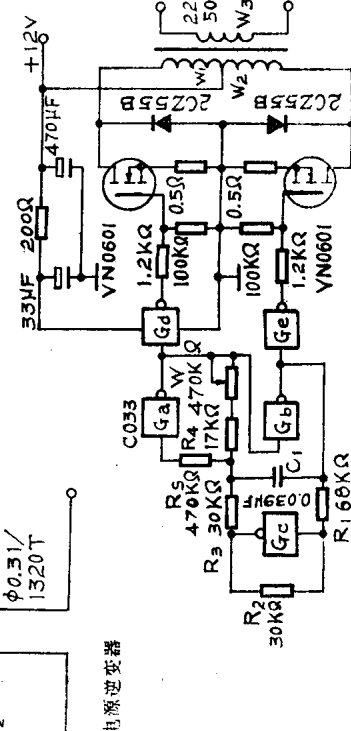
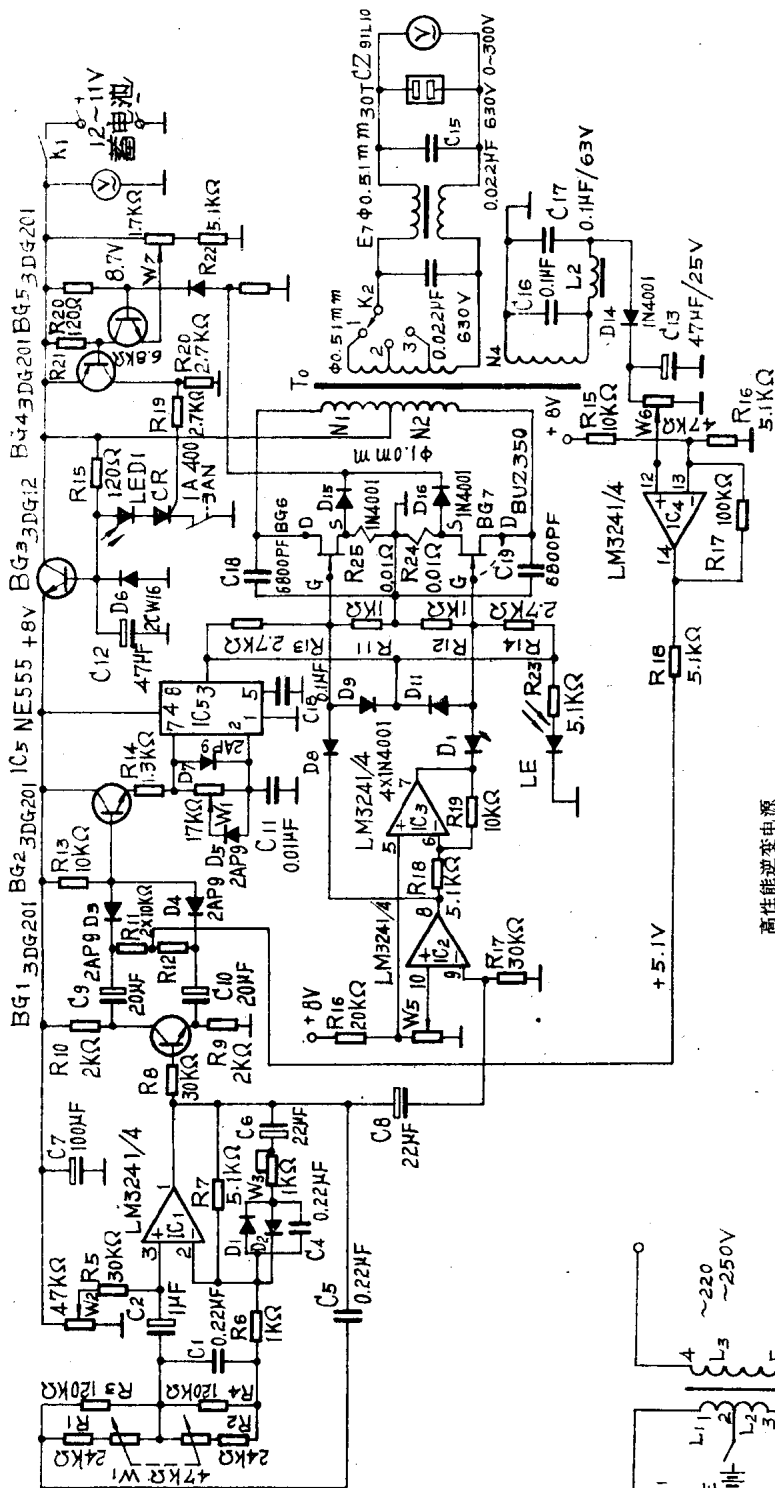
珠泡应急型线路



实用微型应急电源

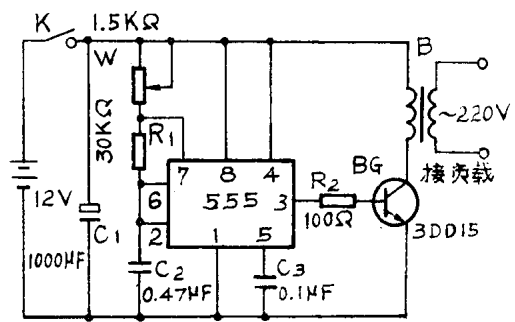
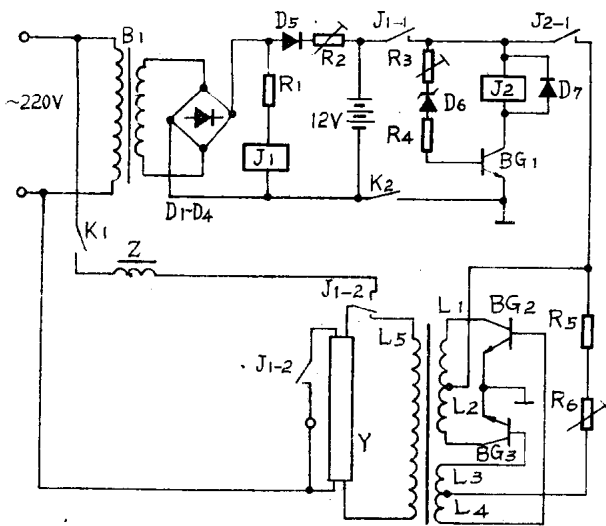
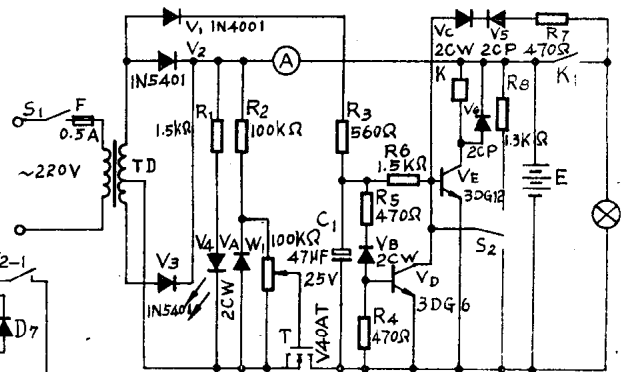
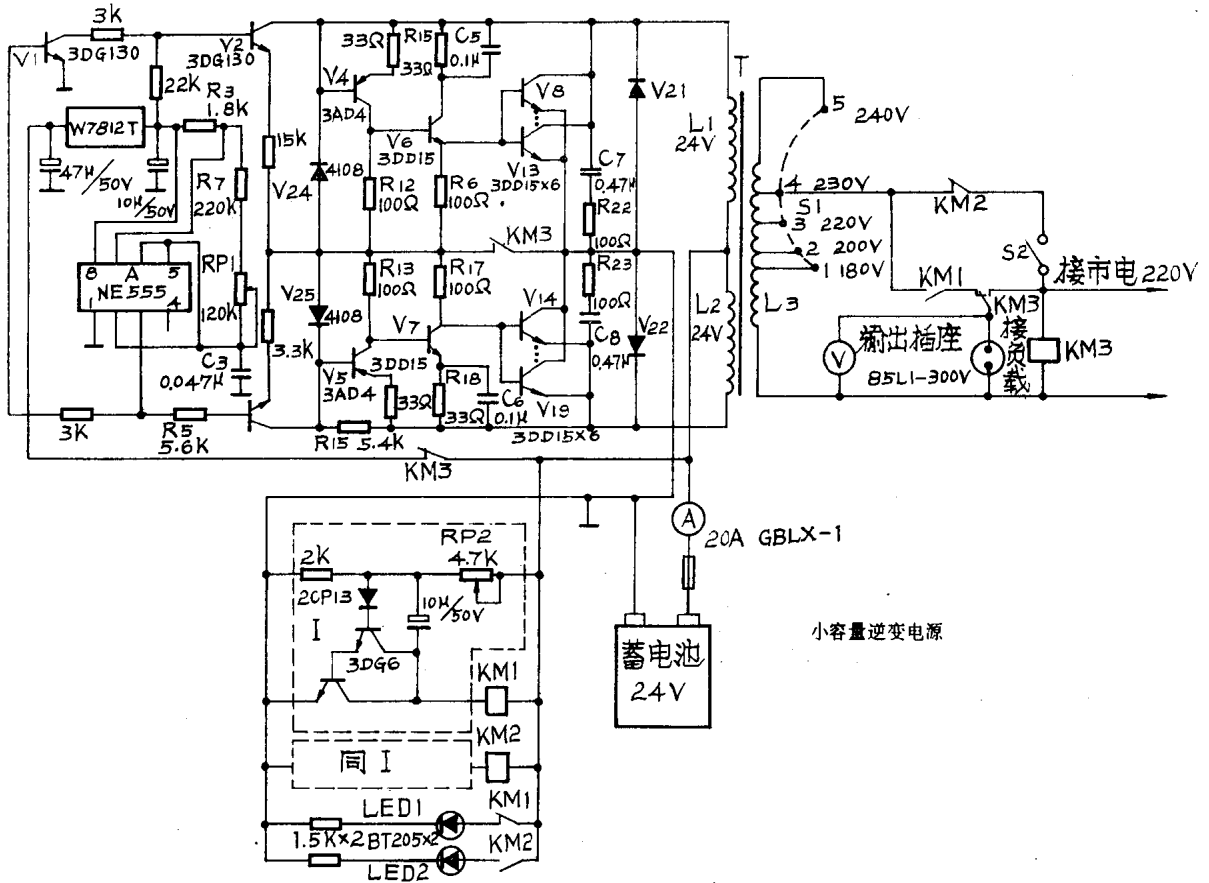






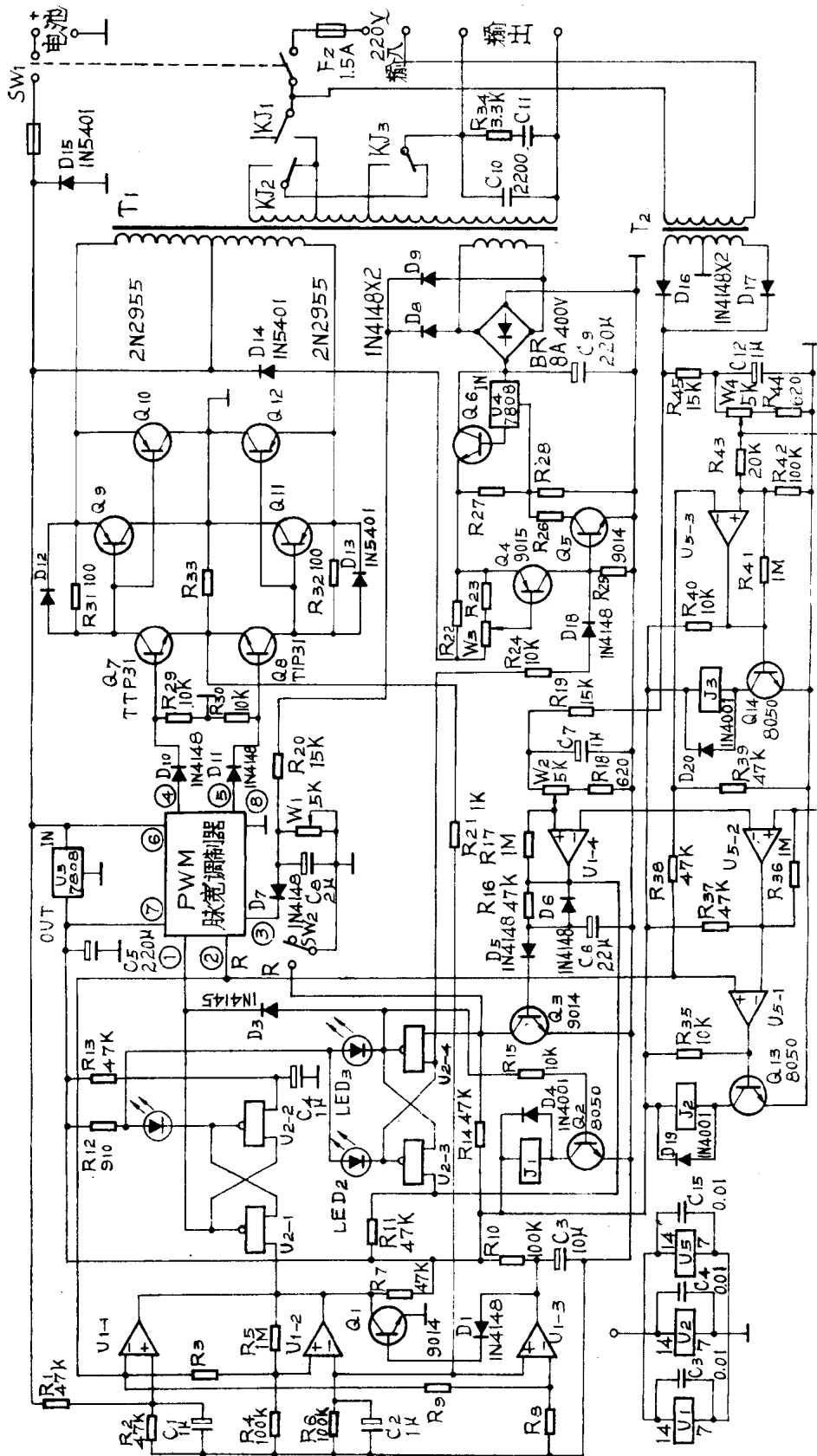
逆变器推动电路 LIPH2436 电路

50W DC-AC 逆变器

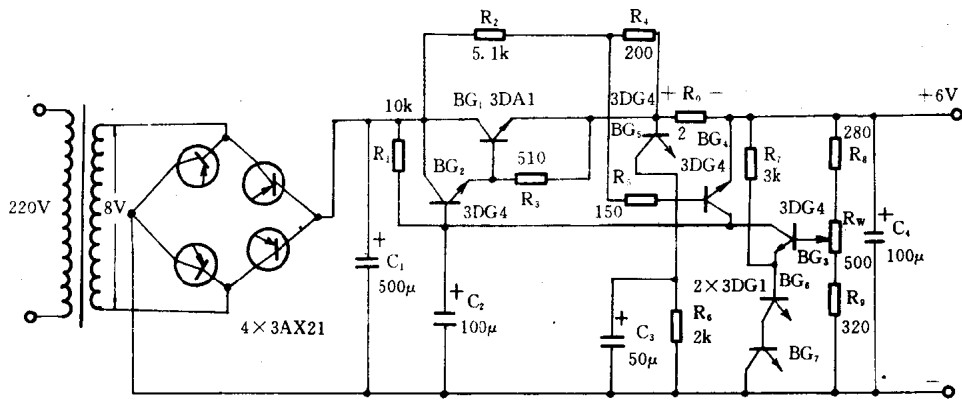




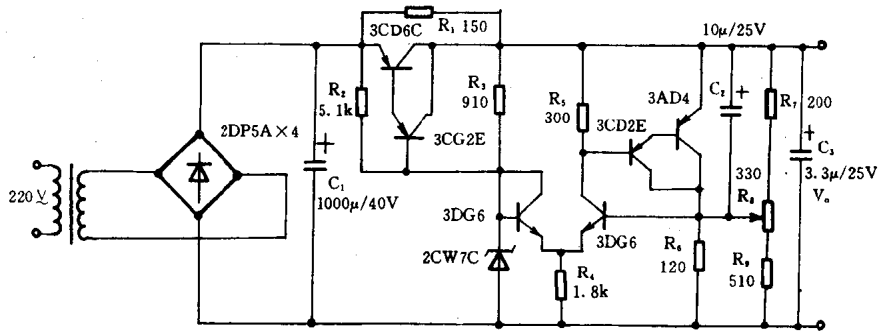




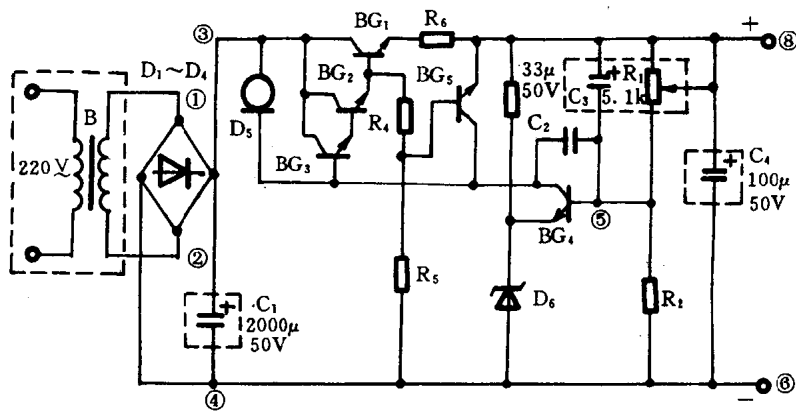
高精度全自动稳压逆变器



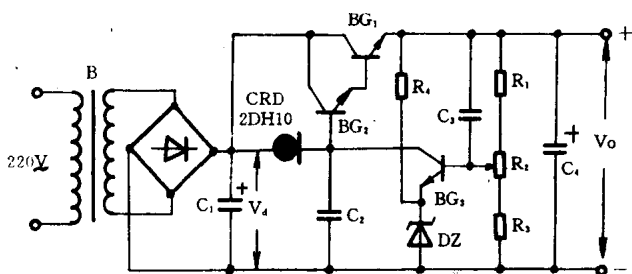
三极管组成的6伏稳压电源



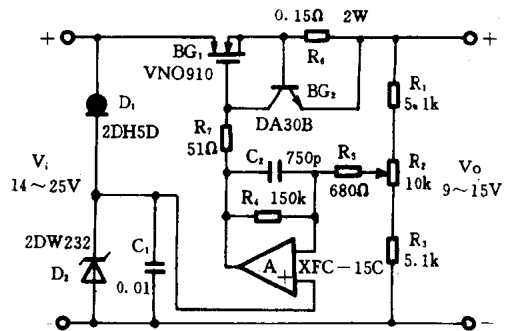
集电极输出的复合调整稳压电源



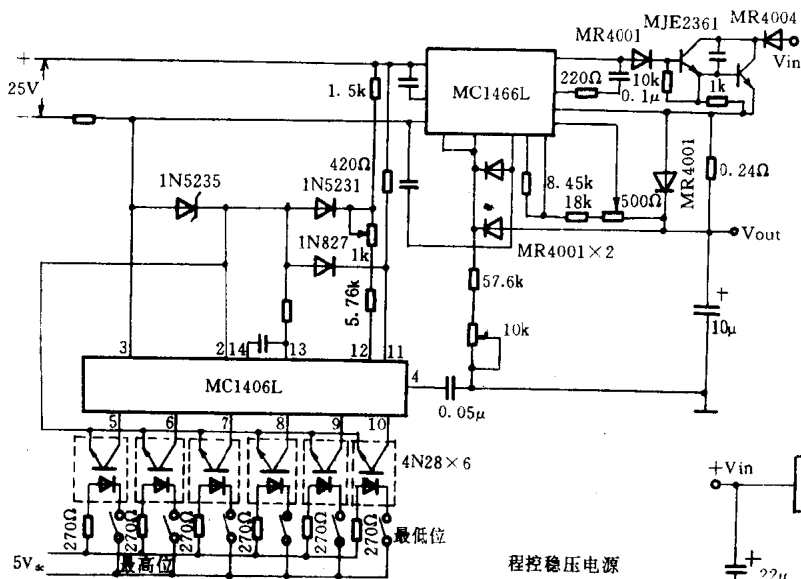
H-WYJ7厚模集成稳压电源



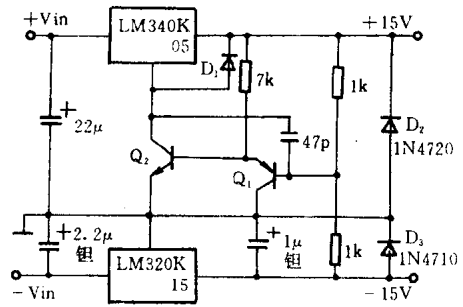
集电极负载采用恒流二极管的稳压电路



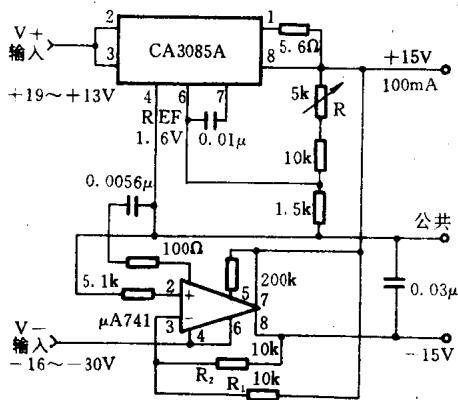
用VMOS作调整管的稳压电源



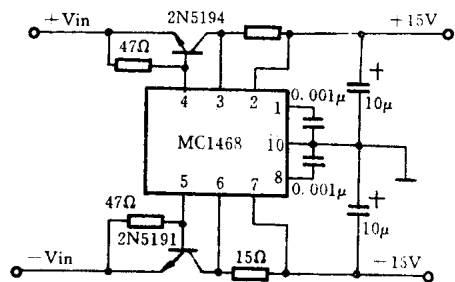
程控稳压电源



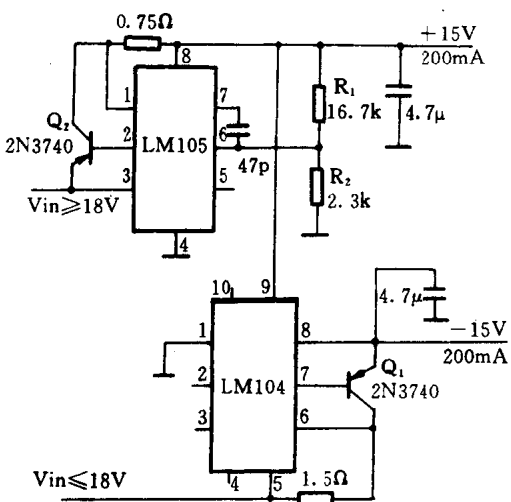
±15V 跟踪稳压电源



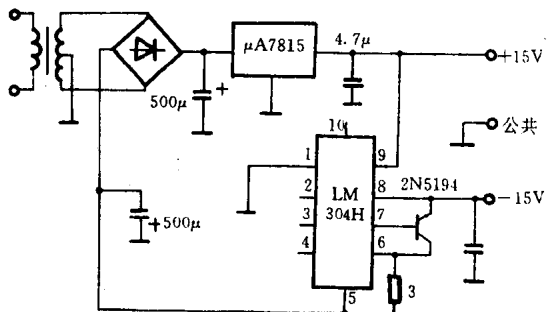
±15V 跟踪稳压电源



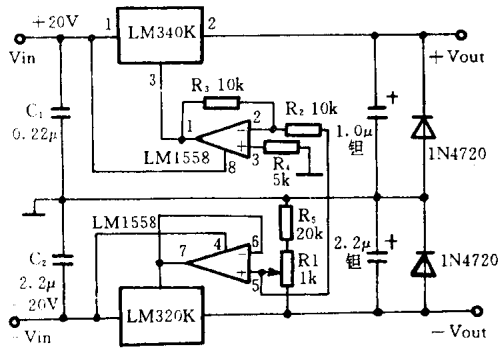
±15V 跟踪稳压电源



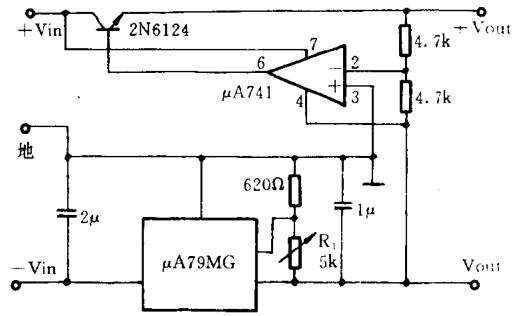
±15V 跟踪稳压电源



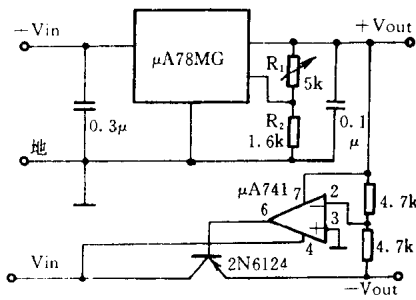
±15V 跟踪稳压电源



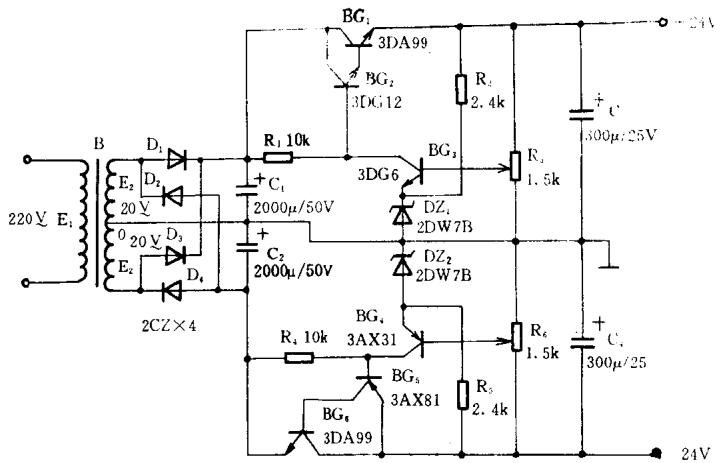
±5~±18V 可调跟踪稳压电源



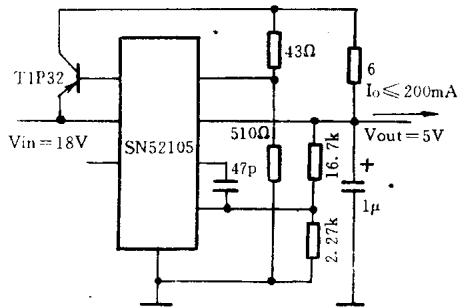
±5~±20V 从动跟踪稳压电源  
(正侧从动于负侧)



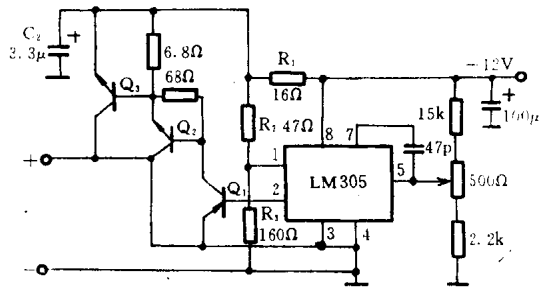
±5~±20V 从动跟踪稳压电源  
(负侧从动于正侧)



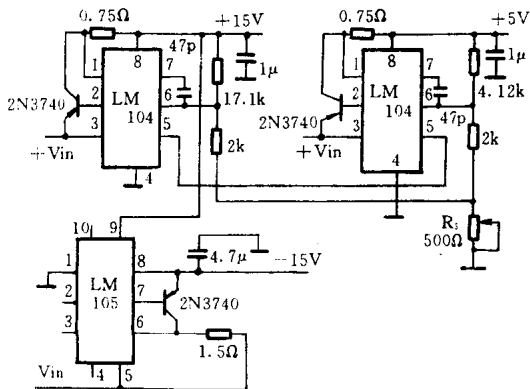
±24V 对偶式稳压电源



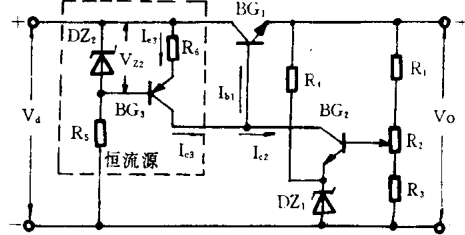
15V、200mA 稳压电源



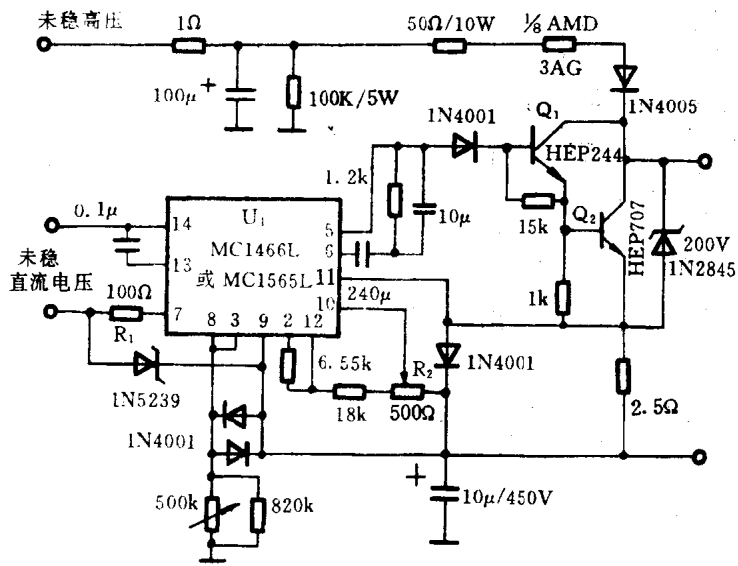
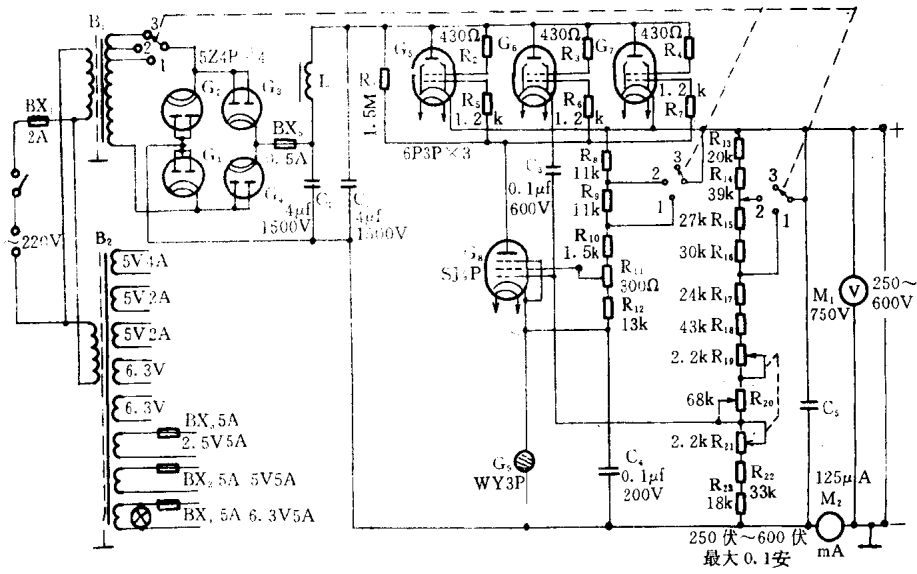
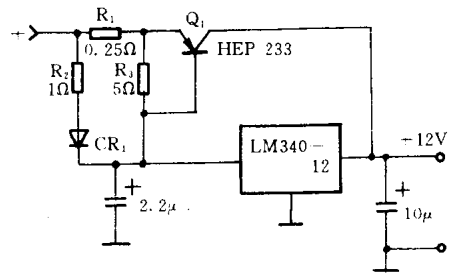
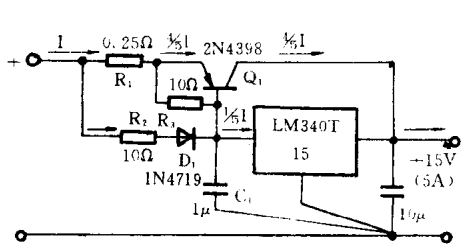
12V、10A 稳压电源

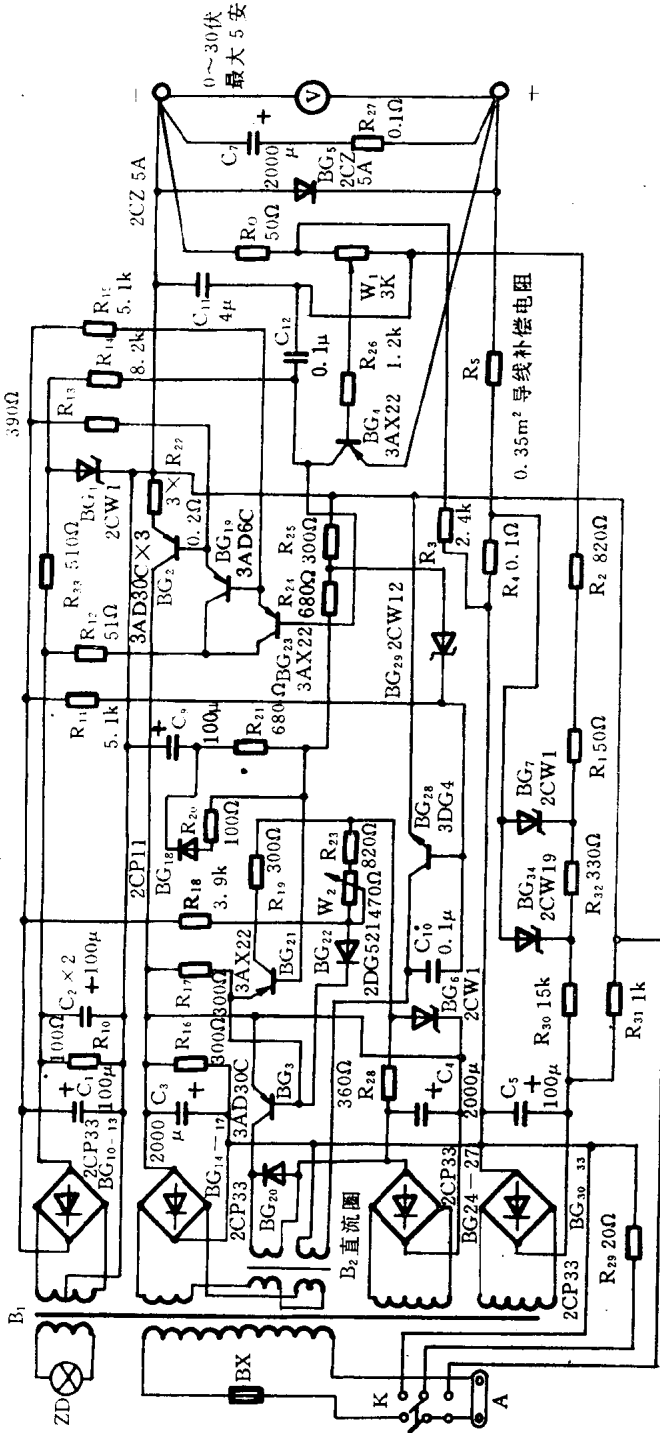


单控稳压电源

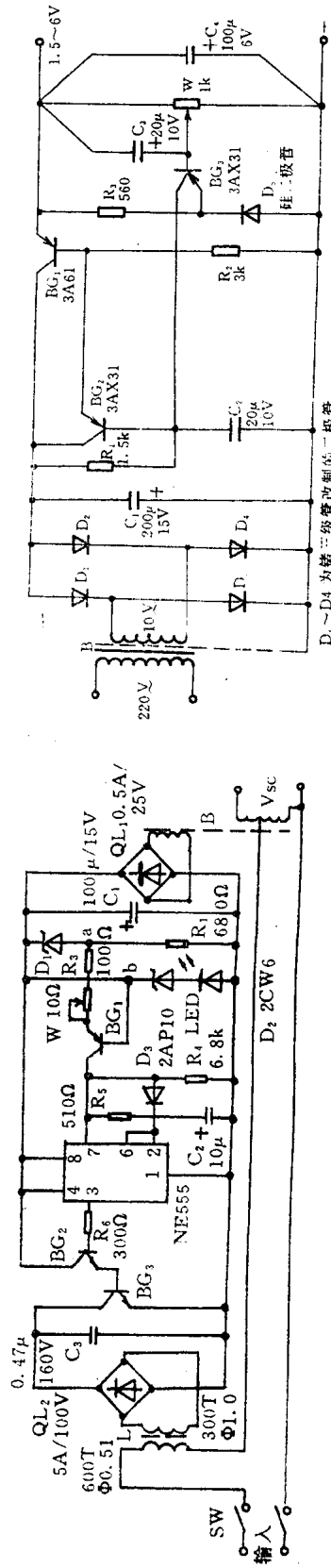


具有恒流负载的稳压电源



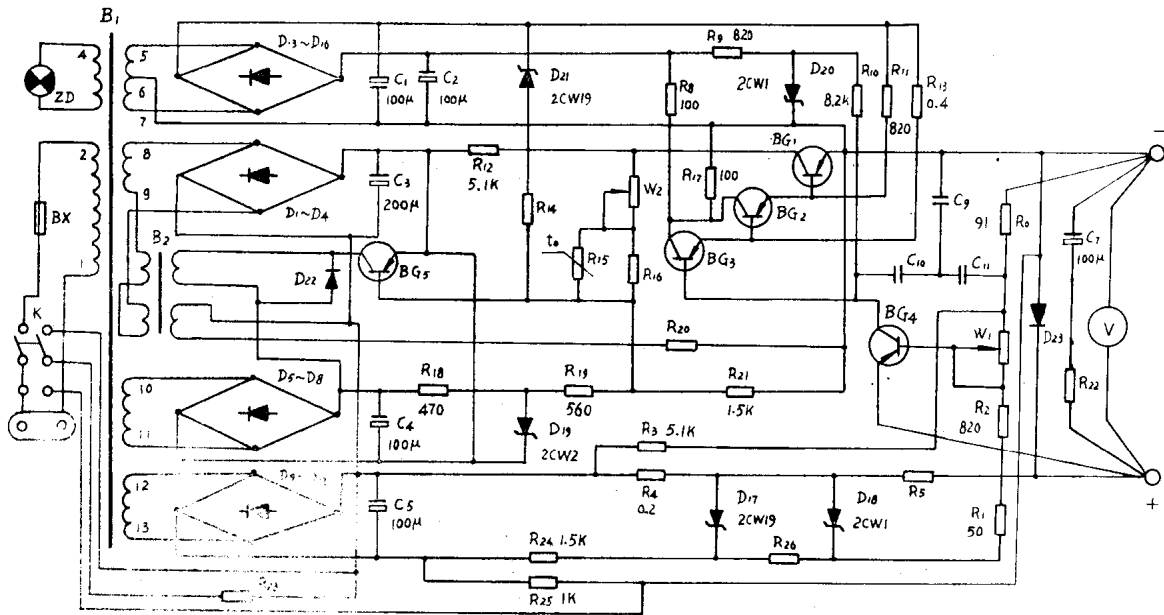


WYJ-9B 型稳压电源电路

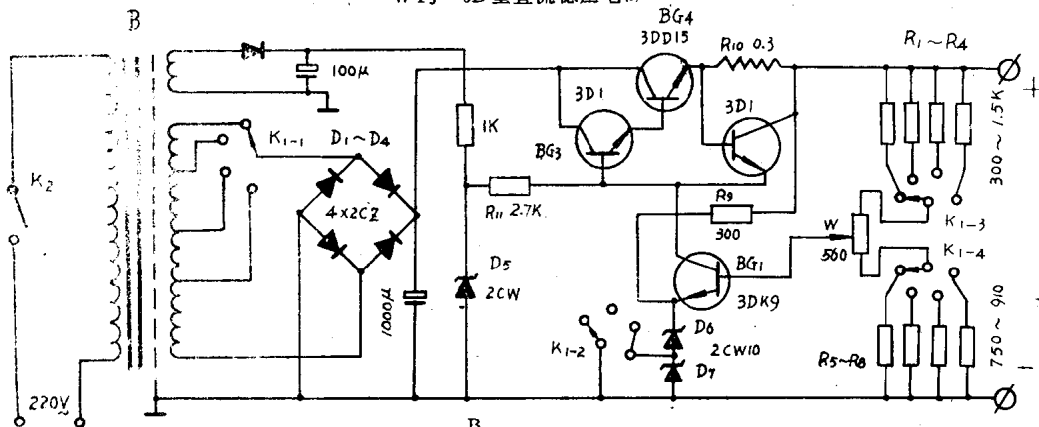


无极调压稳压器

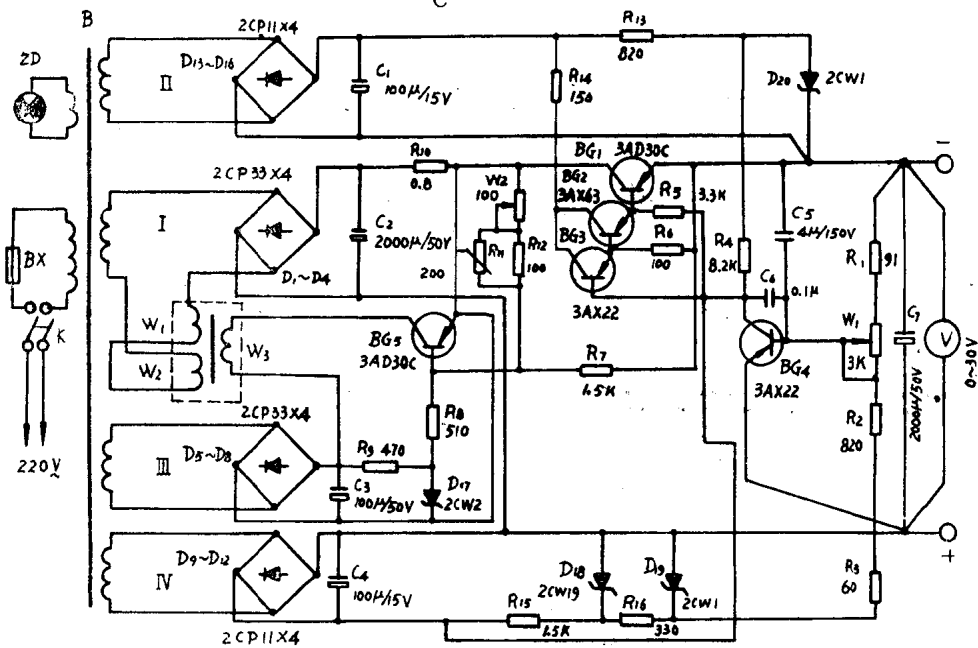
JWD-5 型稳压电源



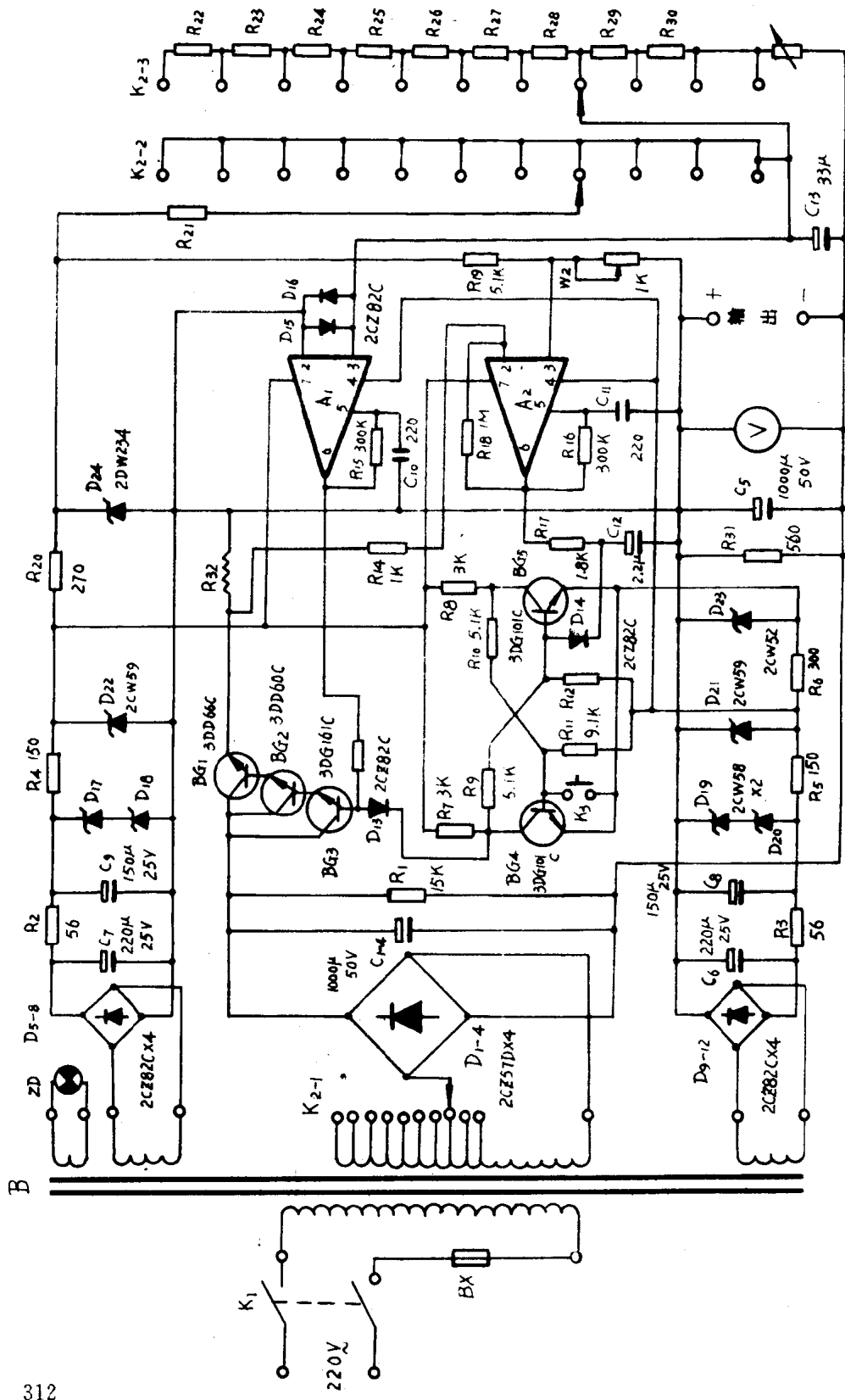
WYJ-6B型直流稳压电源



WY-C型直流稳压电源

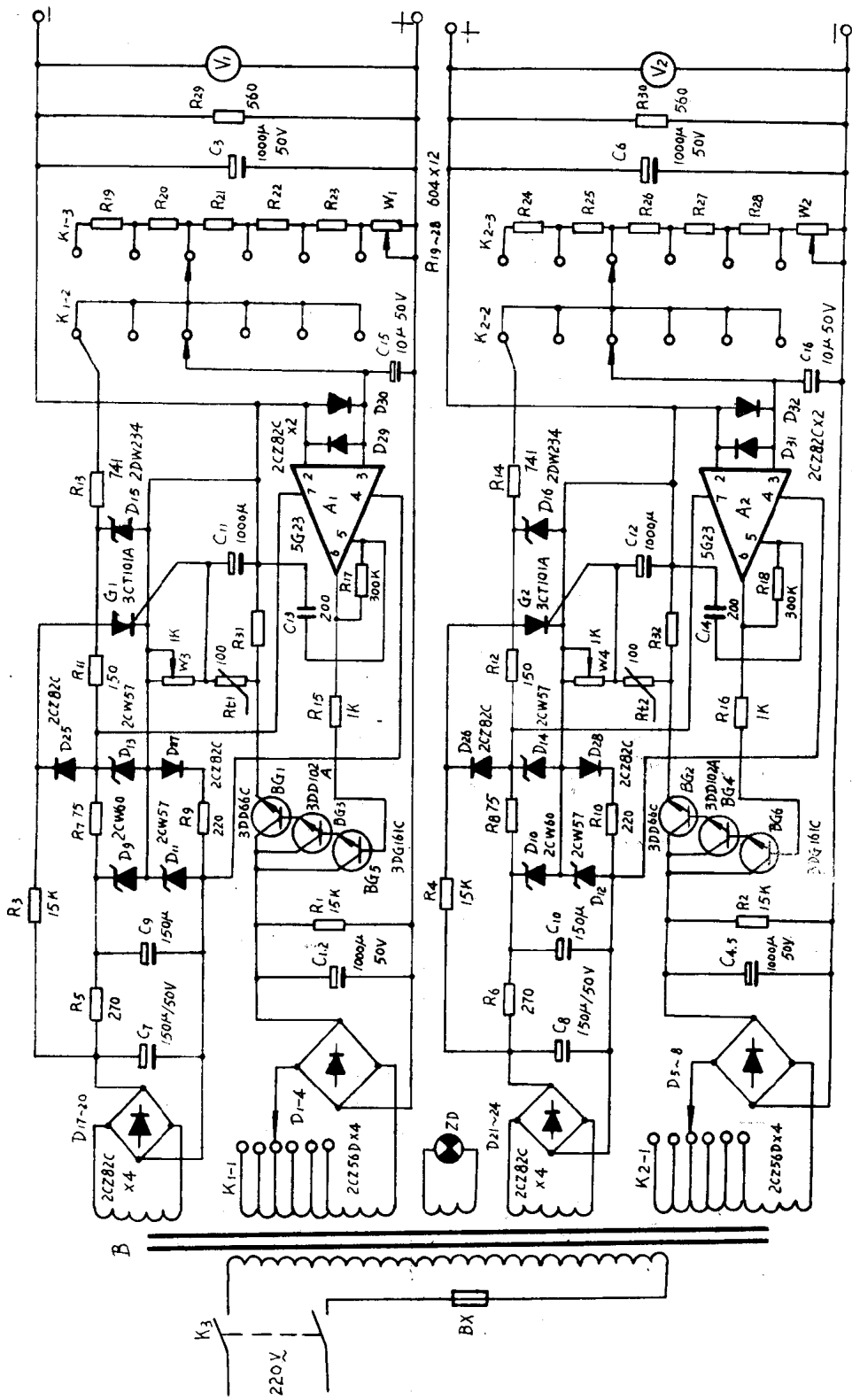


WYJ-6A型直流稳压电源

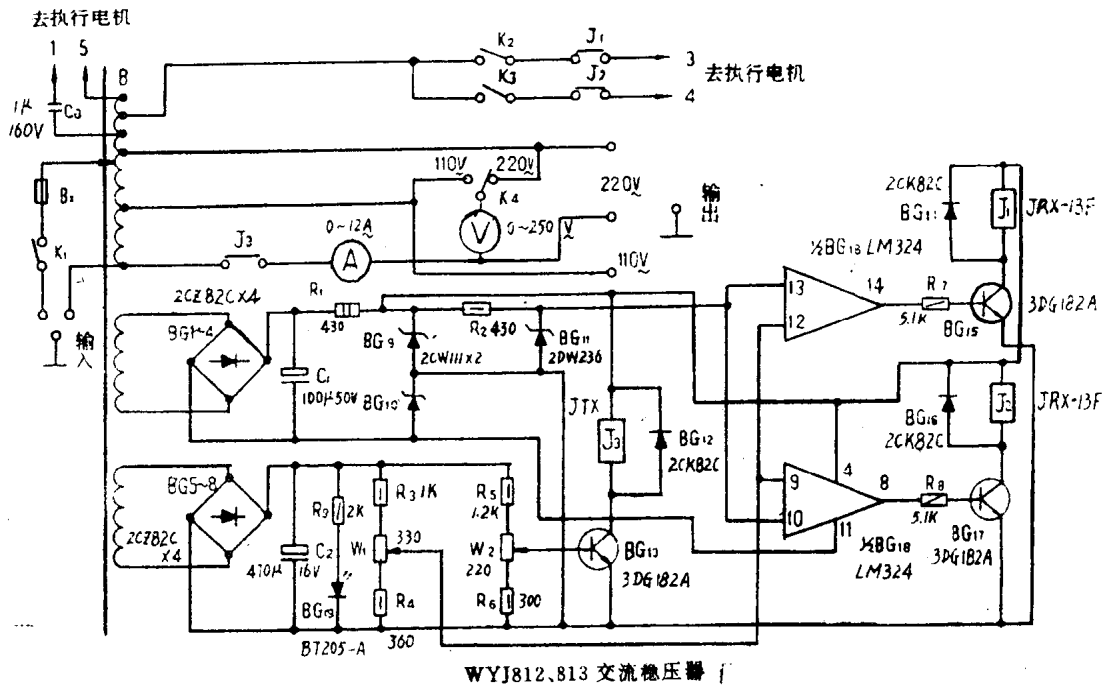


WYJ-30/3A、WYJ-48/2A 型直流稳压电源

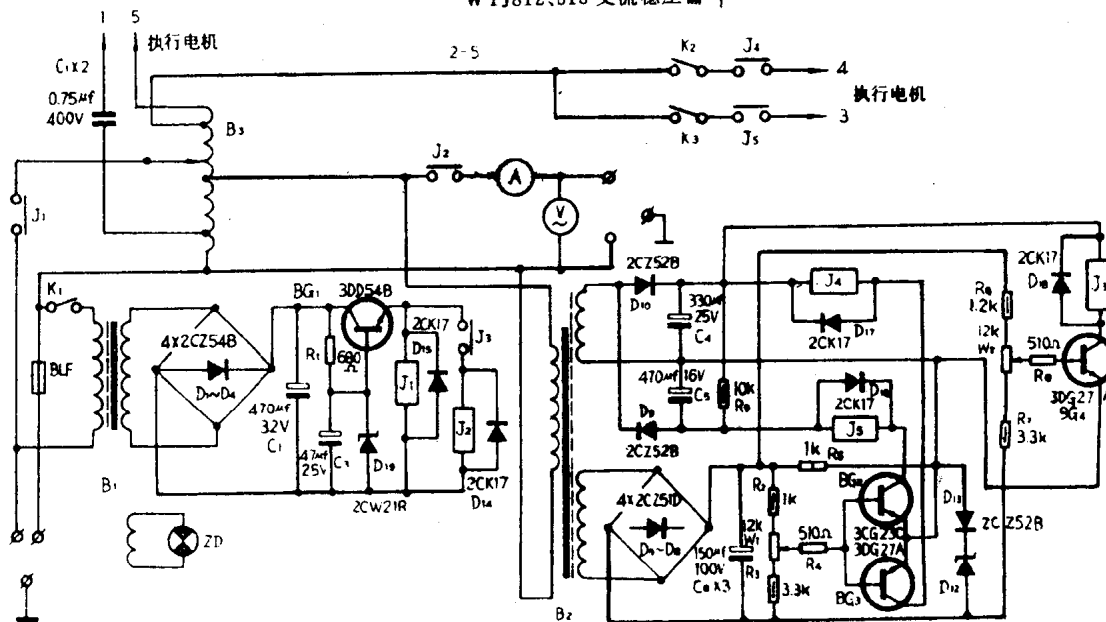




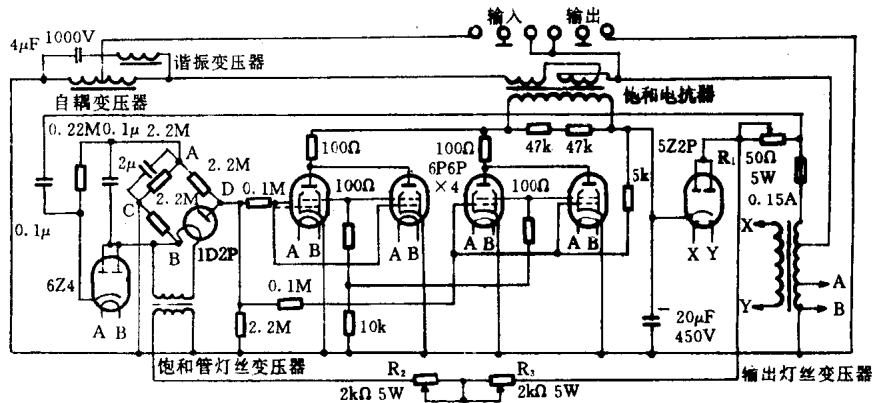
WYJ30-2 型双路直流稳压电源



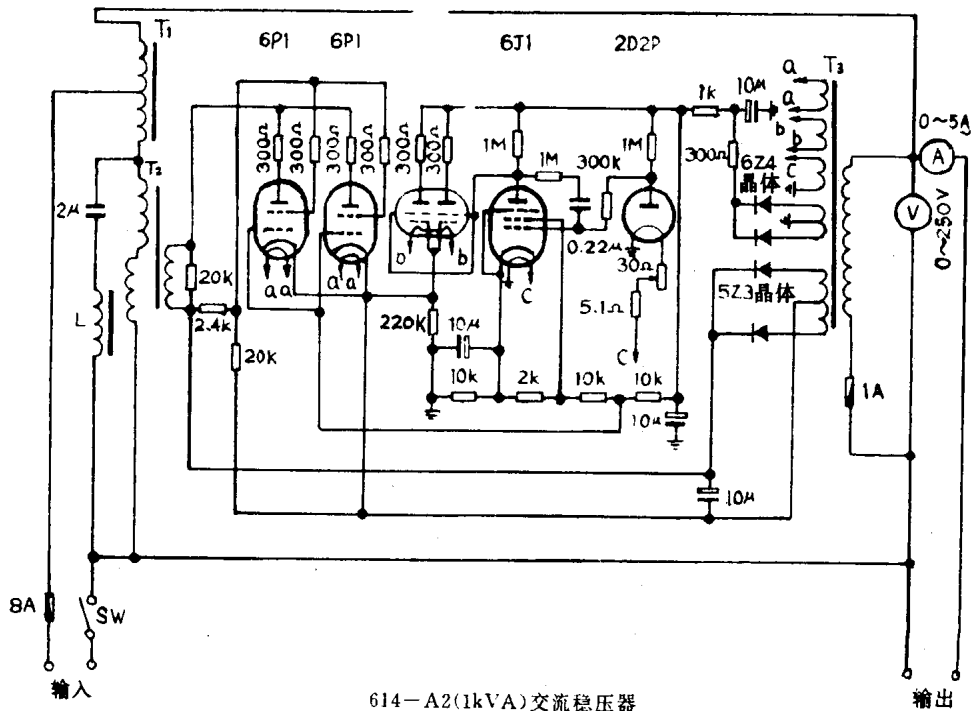
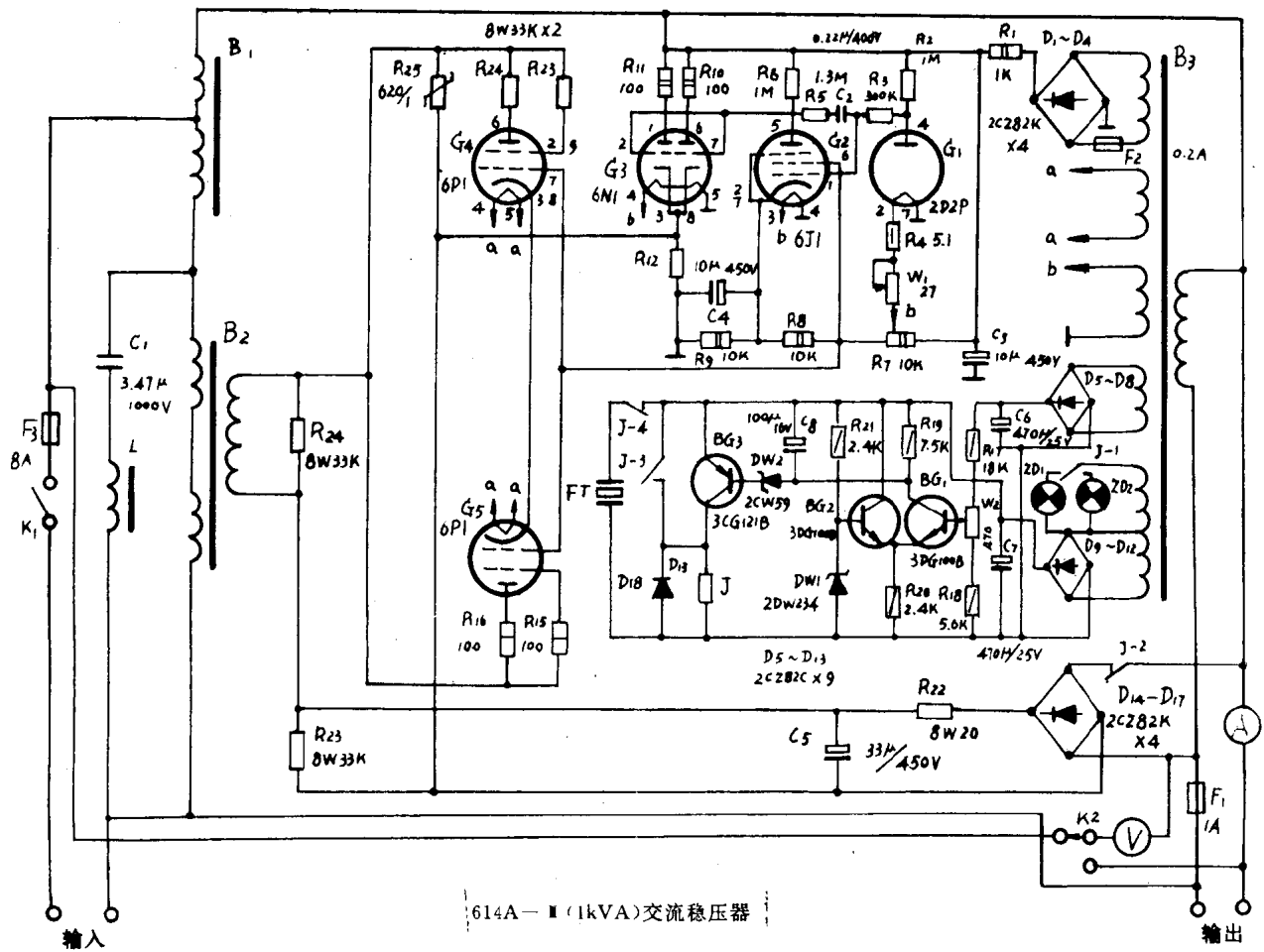
WYJ812.813 交流稳压器



WYJ862 交流稳压器



VR305 型电子交流稳压器

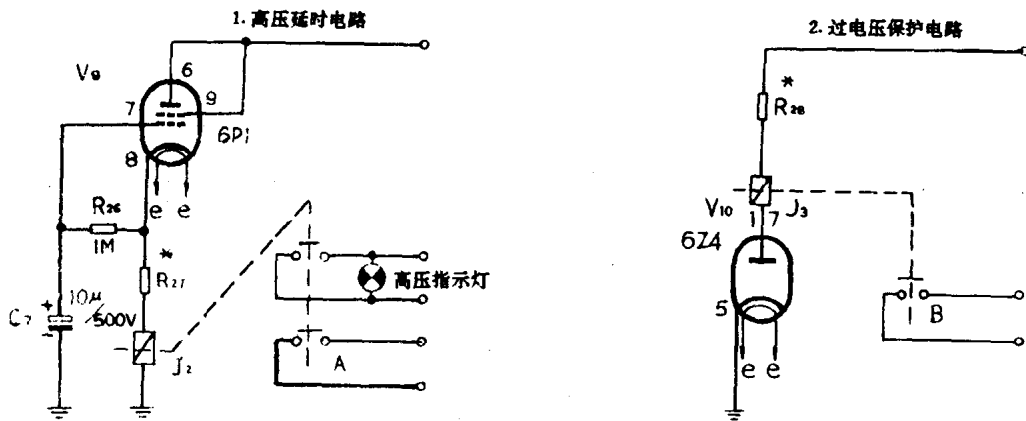
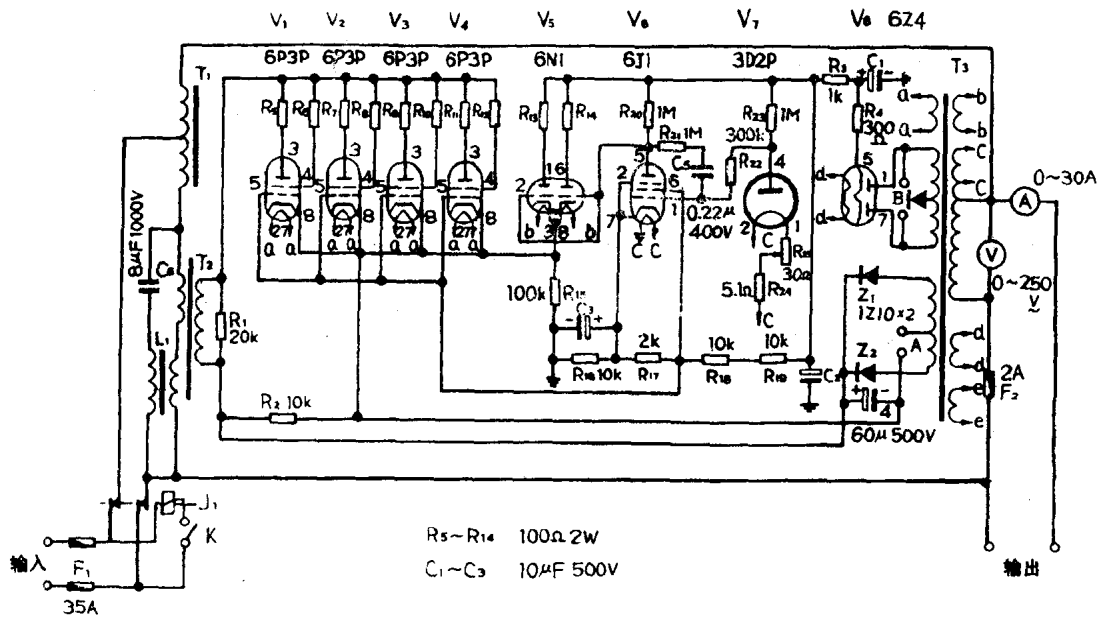




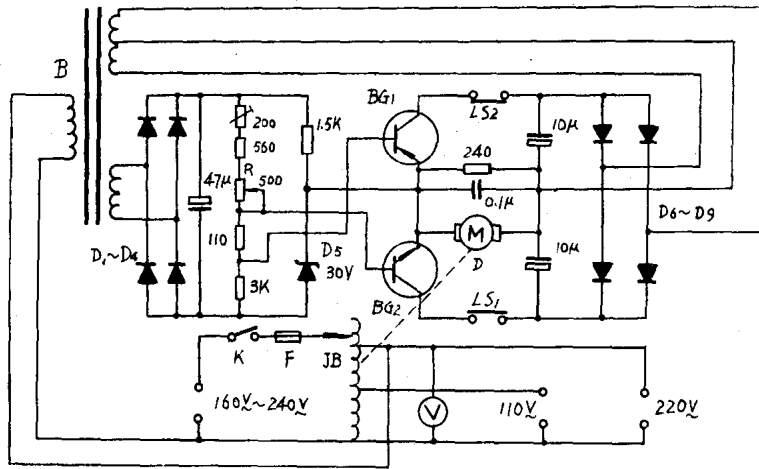






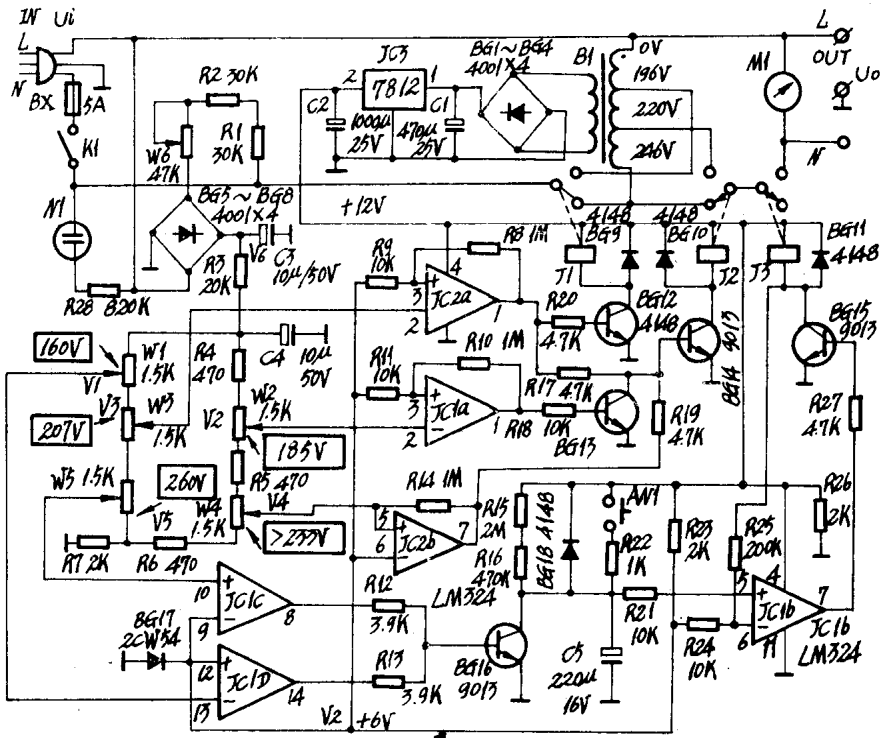


614-B2(3kVA)交流稳压器

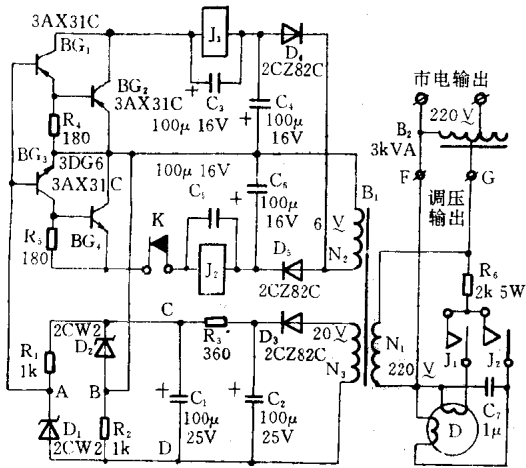


TND3 系列全自动交流稳压器

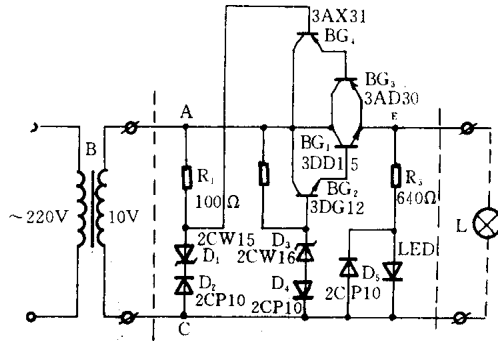




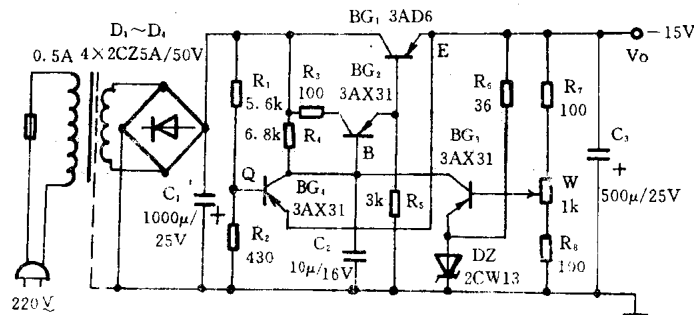
爱使牌 919 自动交流电子调压器



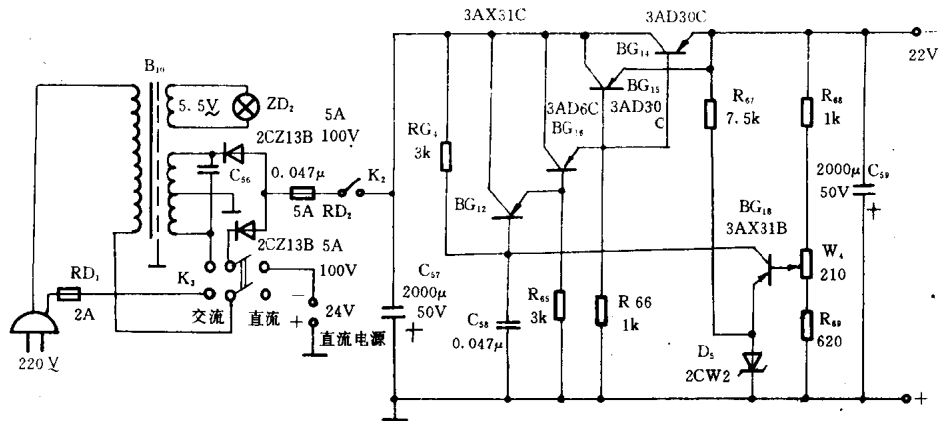
交流自动稳压器



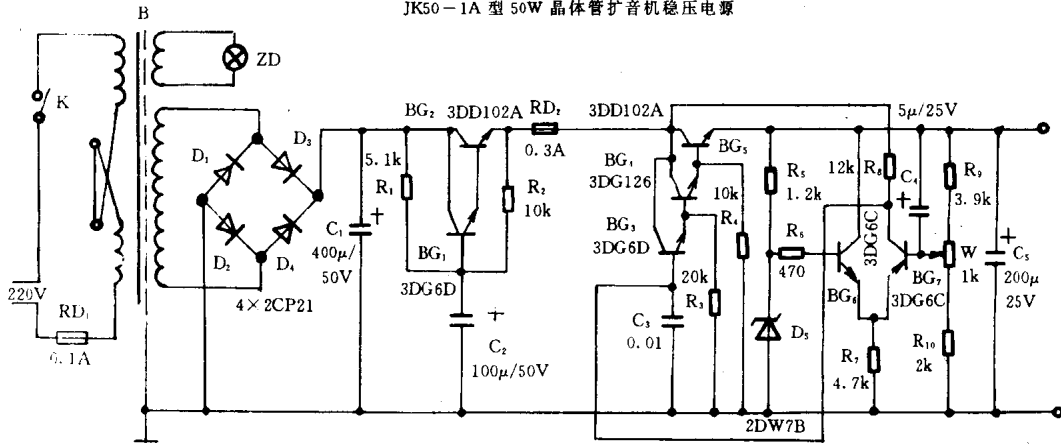
晶体管交流稳压器



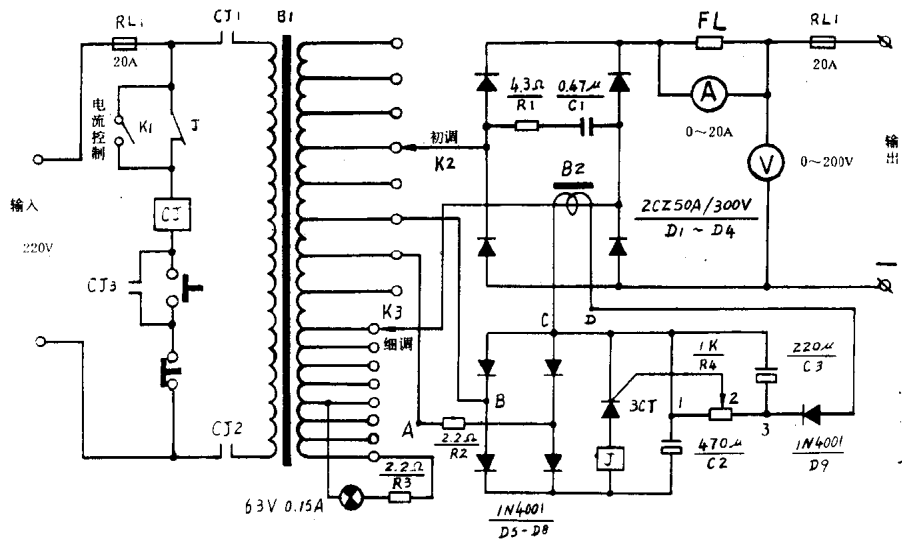
带有截流保护电路的扩音机电源



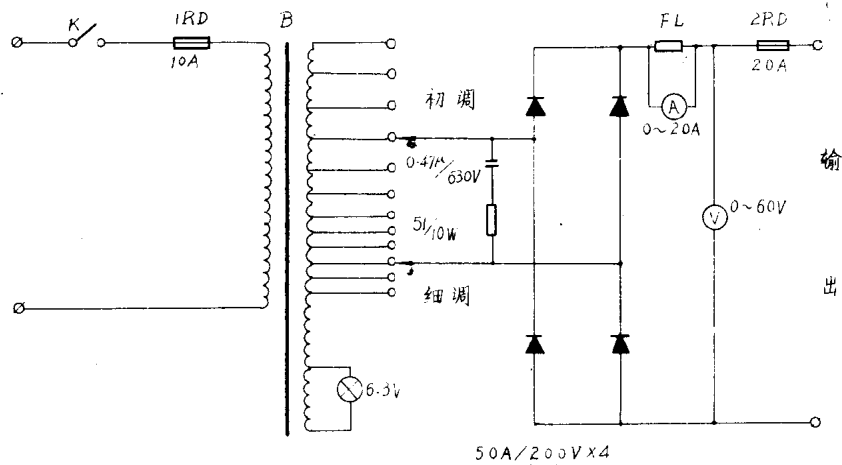
JK50-1A 型 50W 晶体管扩音机稳压电源



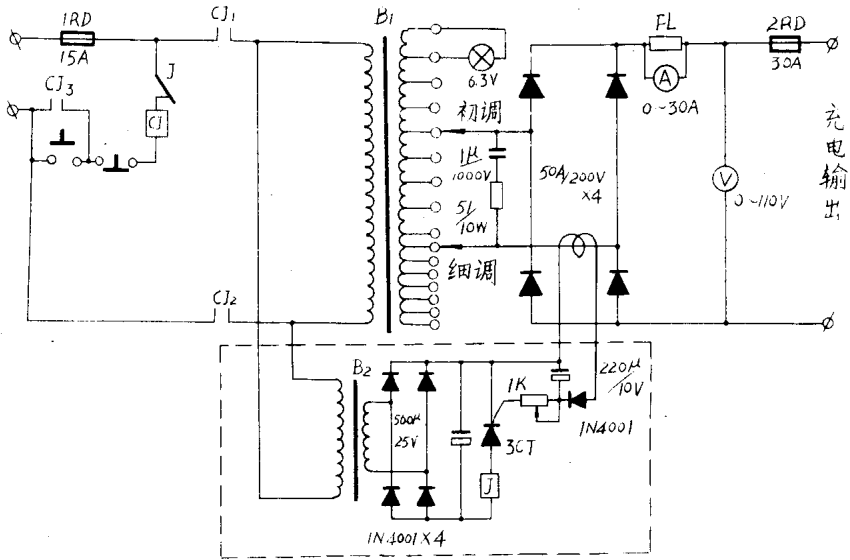
JZ102 型 增音机稳压电源



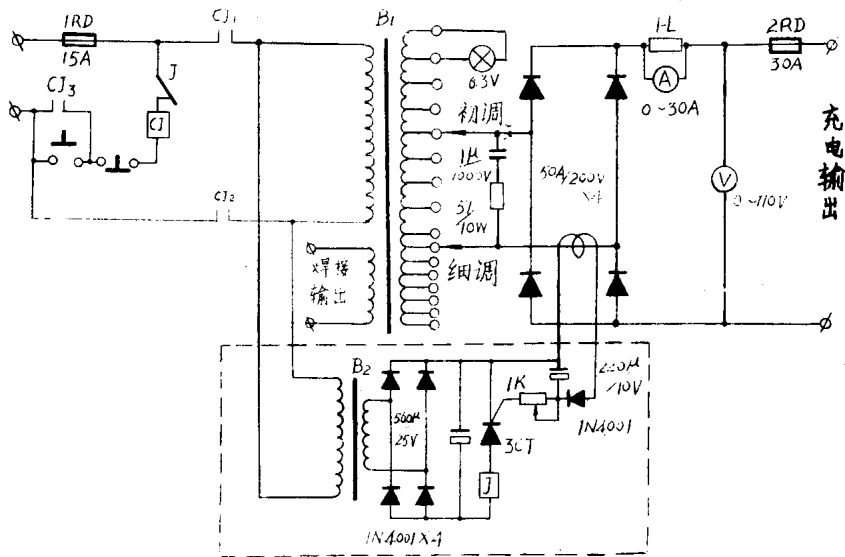
GCA 20A/180V 硅整流充电机



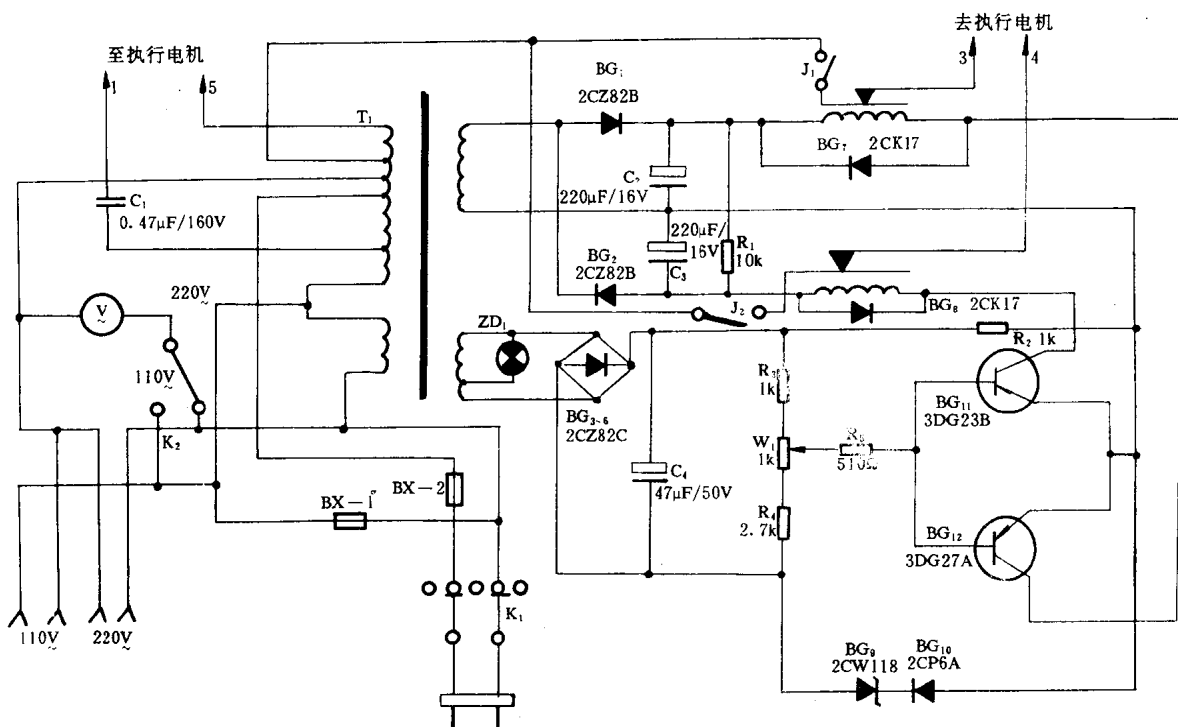
GCA 20A/60V 硅整流充电机电路



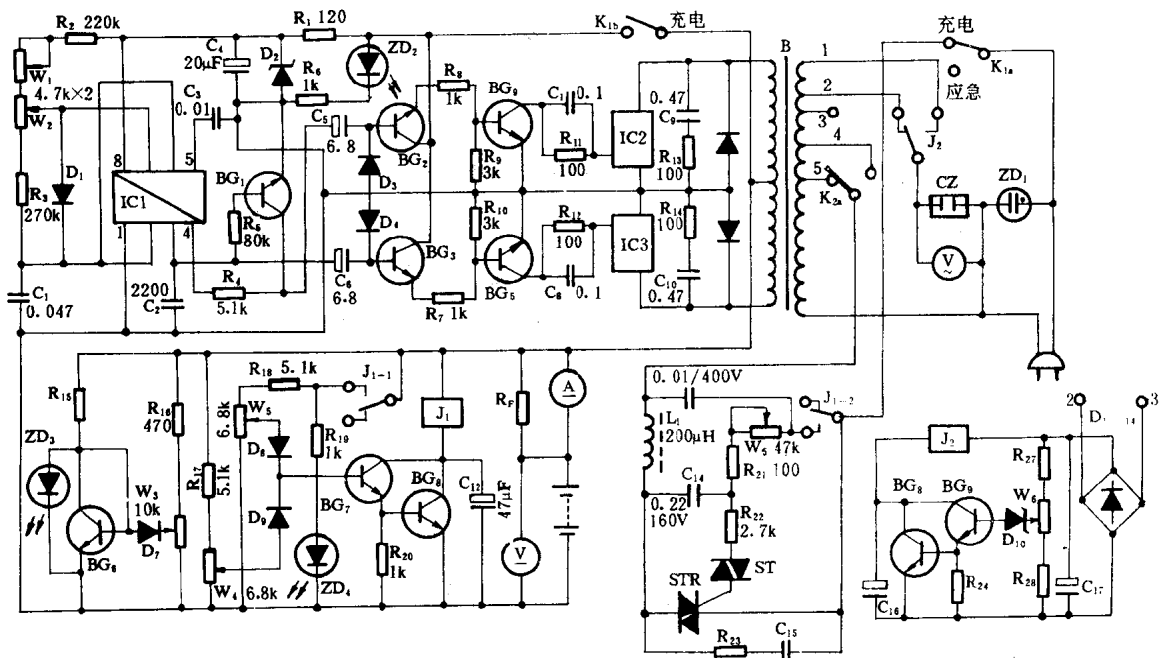
GCA 30A/110V 硅整流充电机



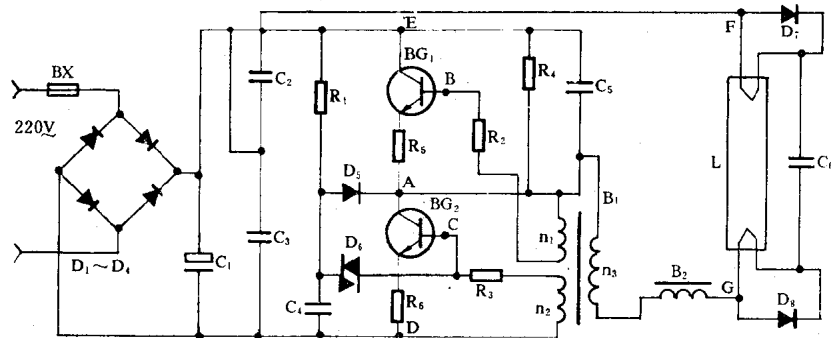
GCA 20A/110V 硅整流充焊两用机



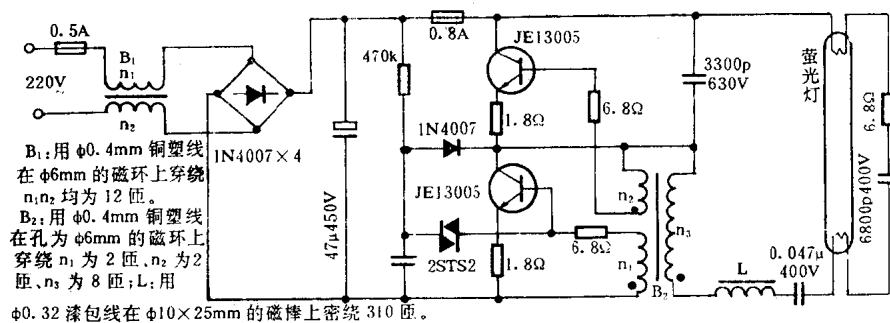
WYJ-811B 型全自动交流稳压器



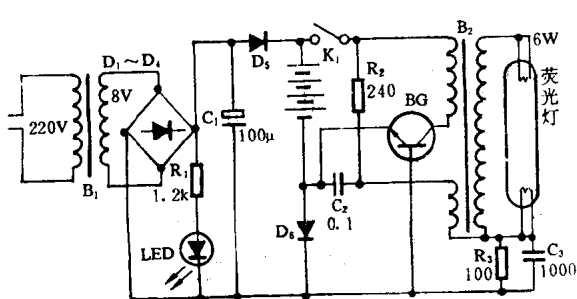
JDE-200 型应急电源



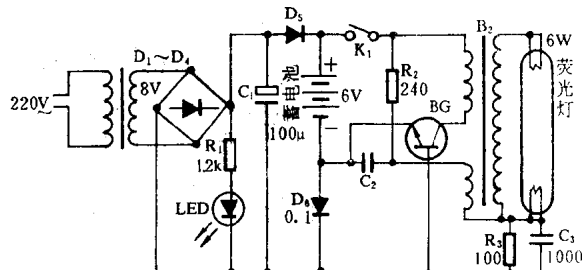
DZJ 型电子镇流器



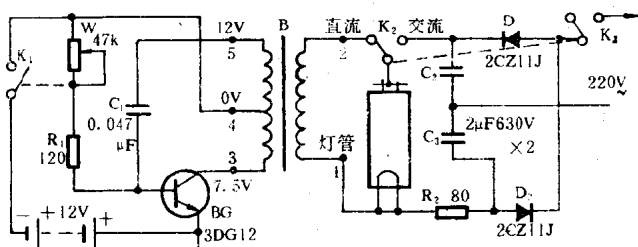
元星牌 20W 型电子镇流器



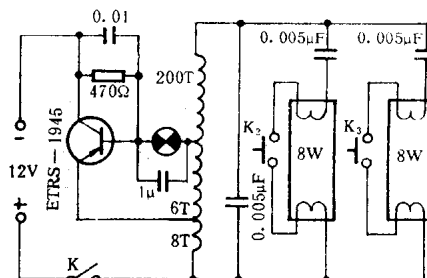
凯虹牌 KS-1 型手提充电式电子荧光灯



手提充电式荧光灯照明逆变器

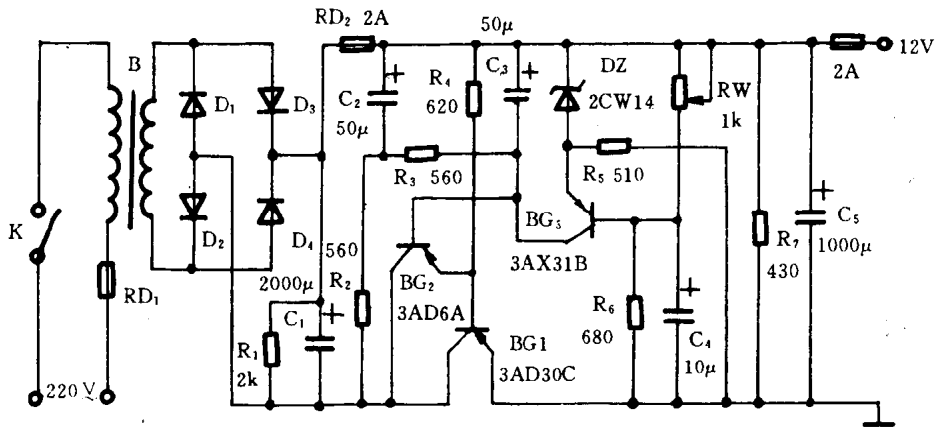


交直流两用日光灯逆变器

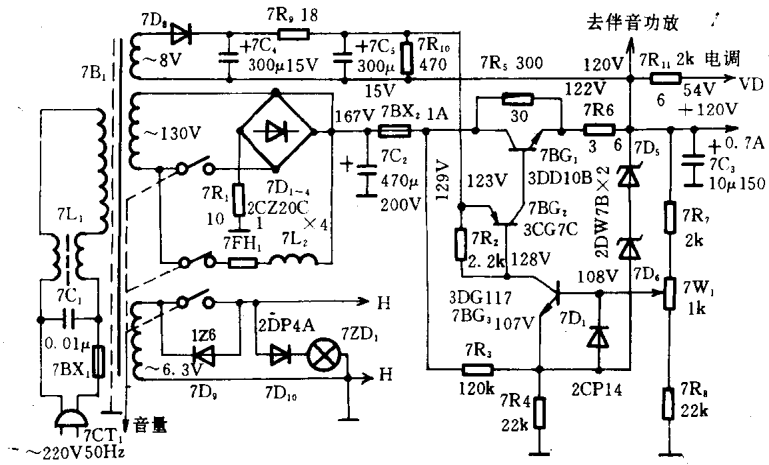


共集电极自耦式变压器逆变器

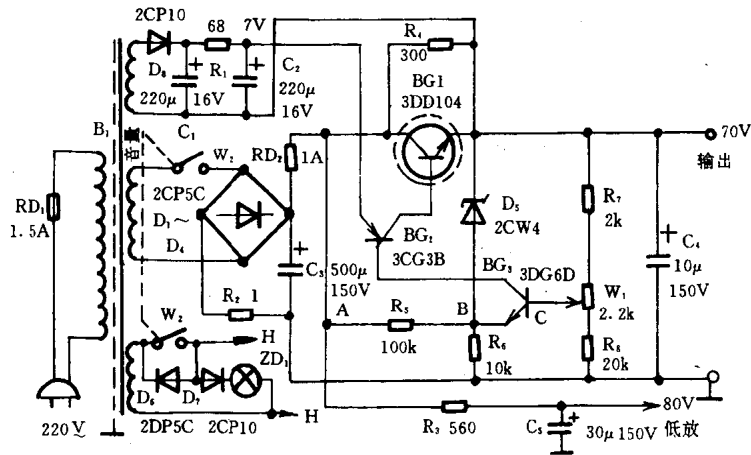




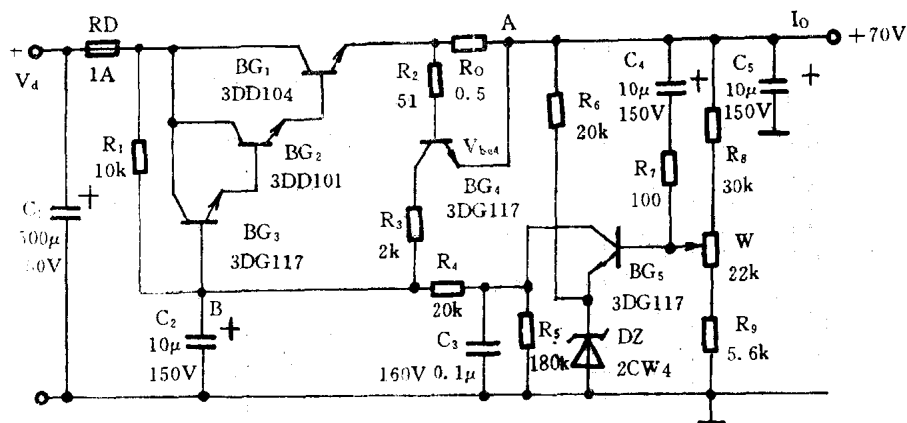
昆仑牌 J201 型电视机电源



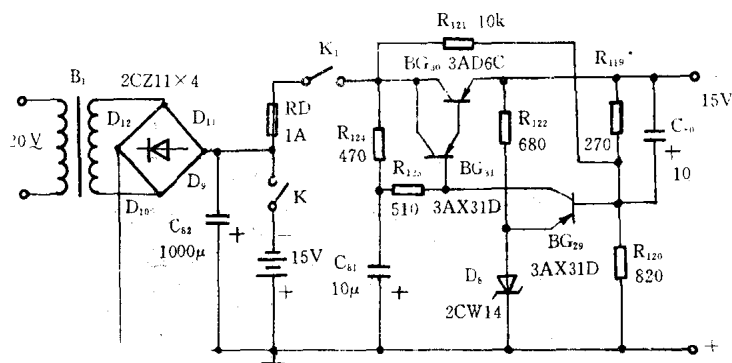
金星 C47-112 型彩色电视机电源



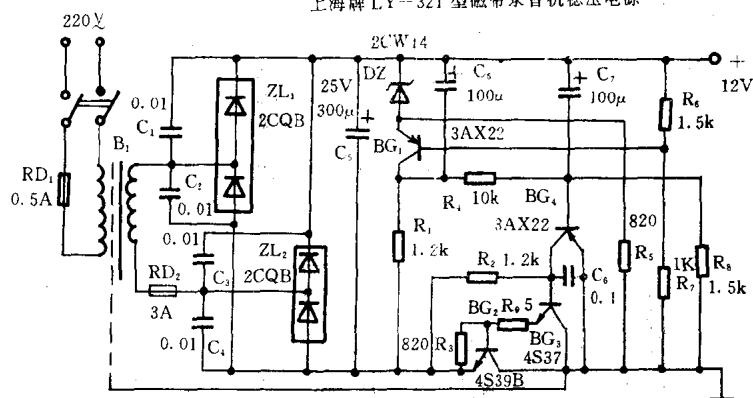
金星牌 B40-A 型电视机稳压电源



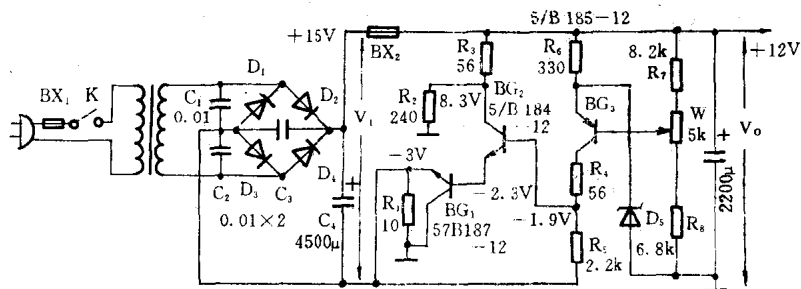
金星牌 B40-A 型电视机稳压电源



上海牌 LY-321 型磁带录音机稳压电源

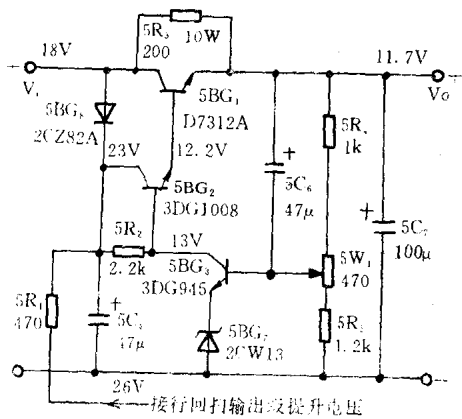


9英寸电视机 12V 稳压电源

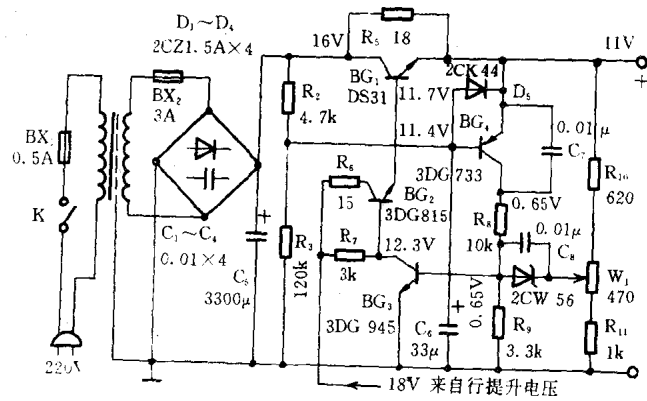


台湾 VOVU 电视机电源

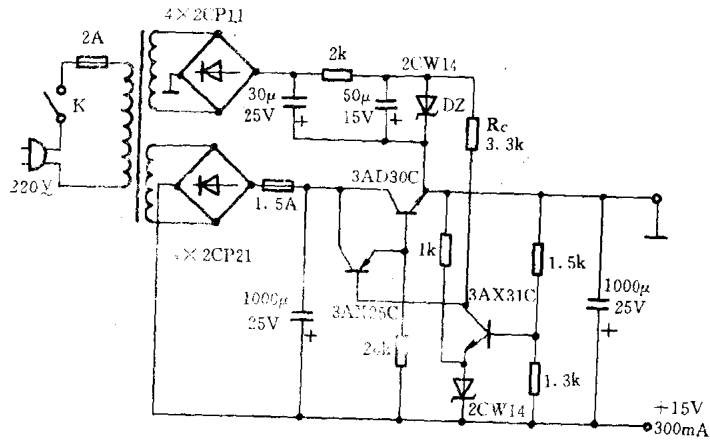




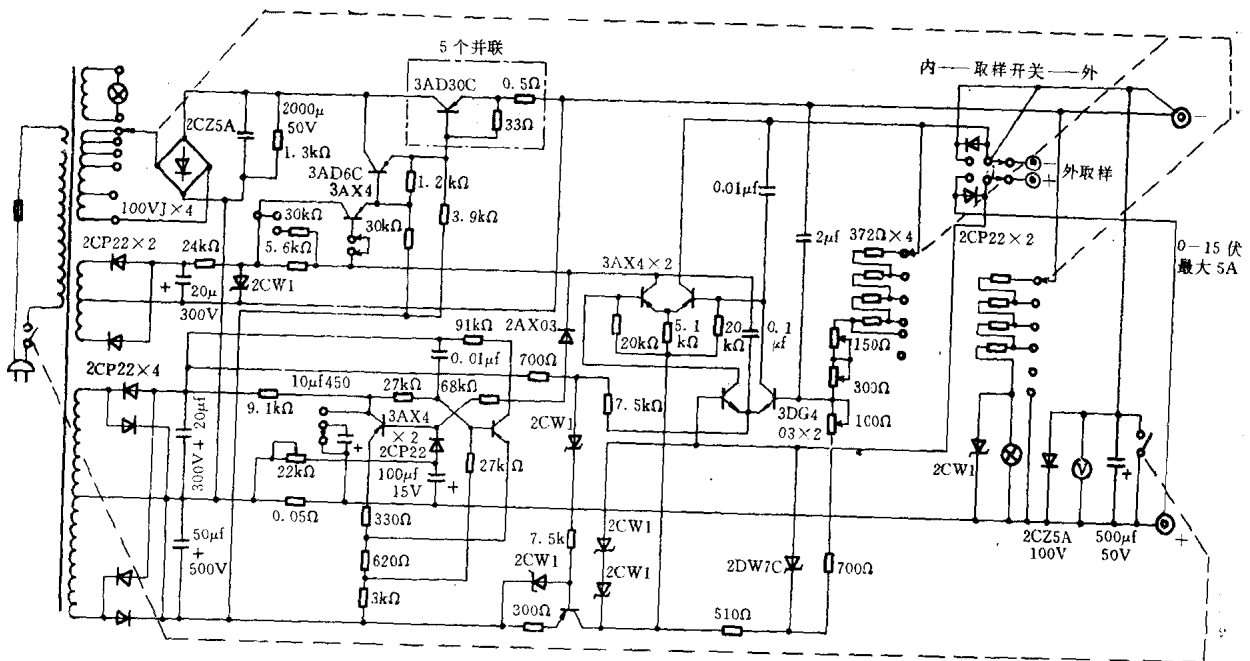
上海牌 J135-5V 型电视机电源



东芝 12L1512 电视机电源

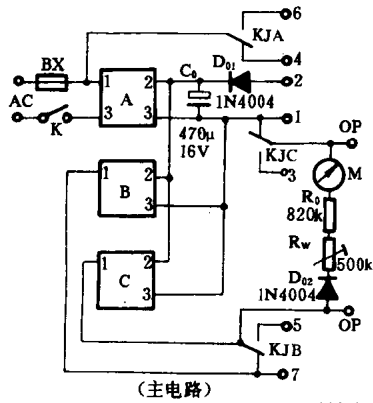


火炬牌 S16-1 型电视机的稳压电源

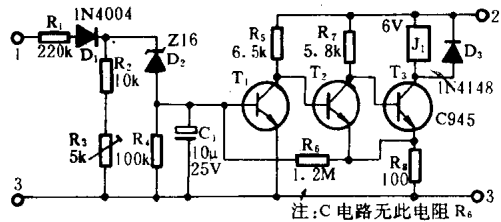


WYJ-15A 型稳压电源



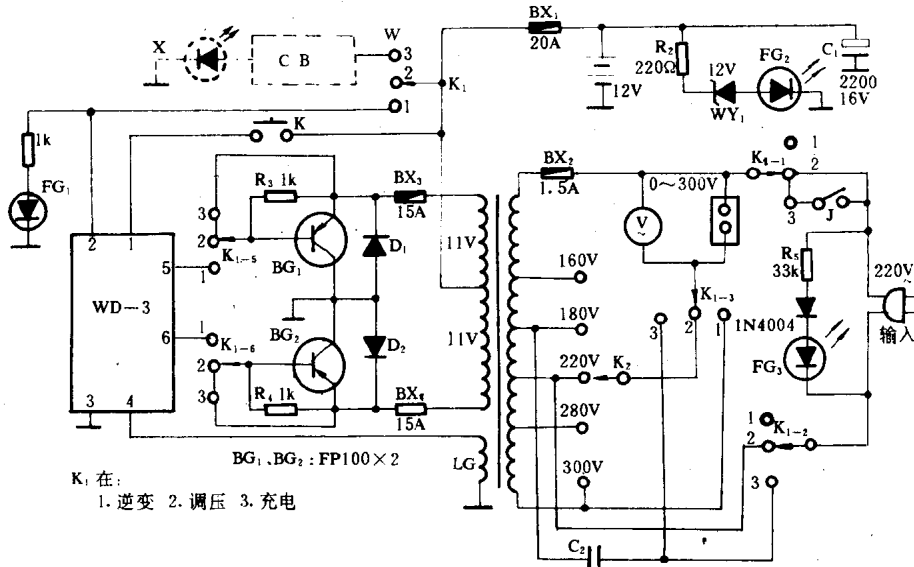


(主电路)



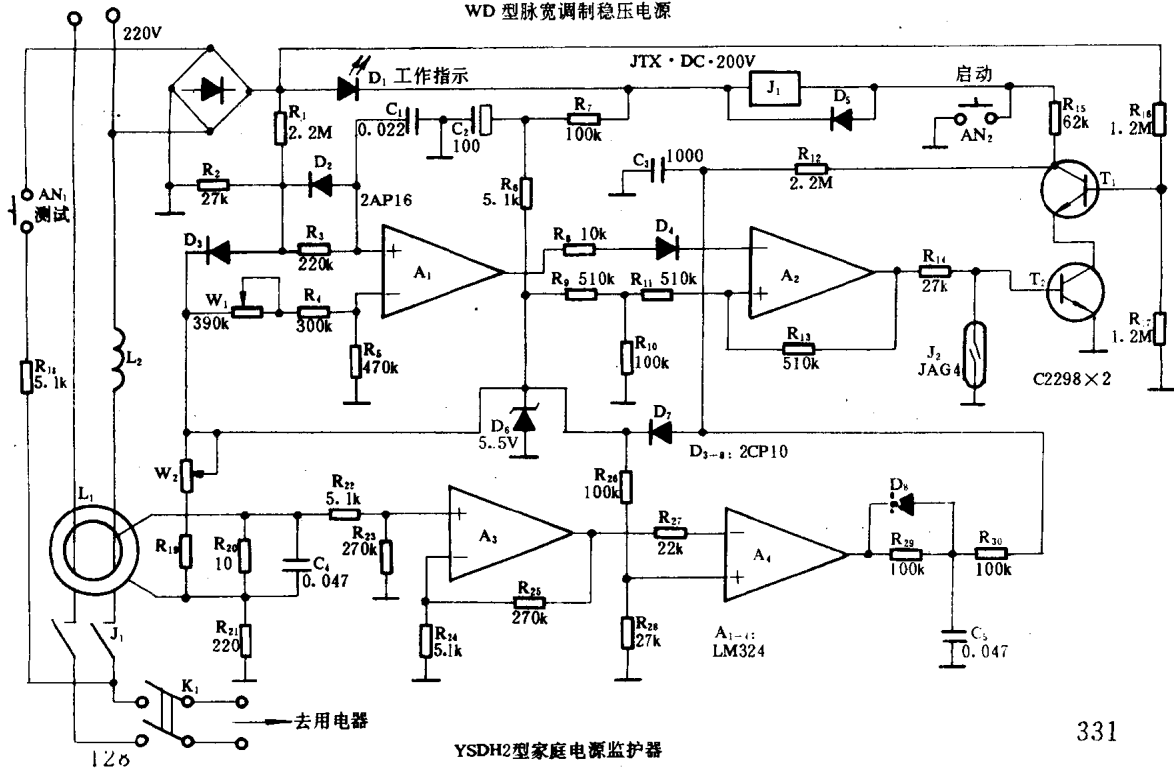
注: C 电路无此电阻 R<sub>8</sub>  
主电路中 A、B、C 内部电路

卫星牌 WS-250R 型全自动稳压器

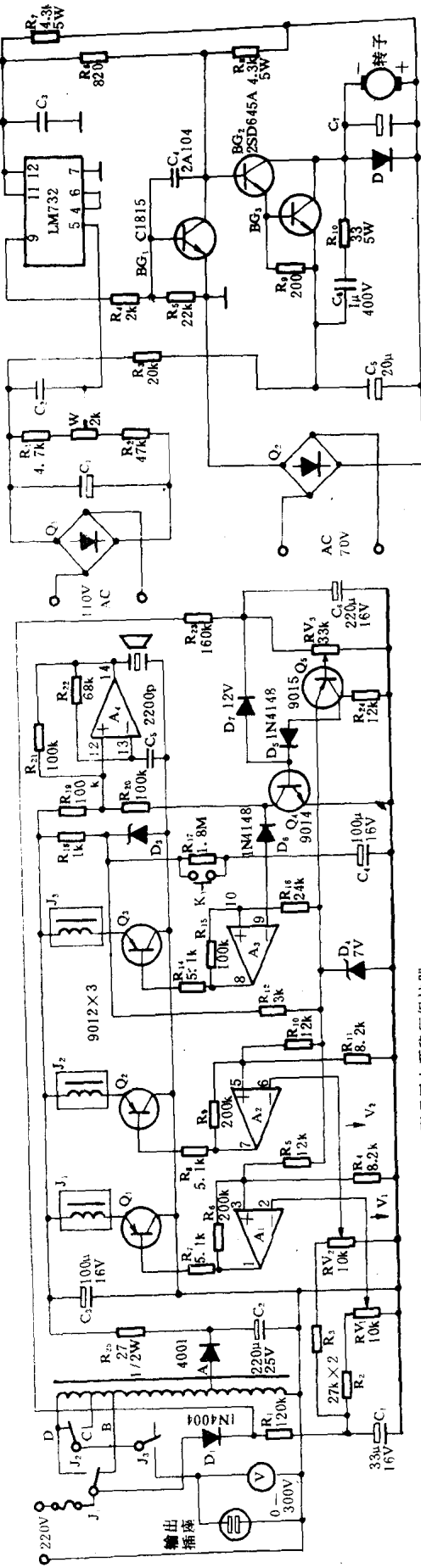


K<sub>1</sub> 在:  
1. 逆变 2. 调压 3. 充电

WD 型脉宽调制稳压电源

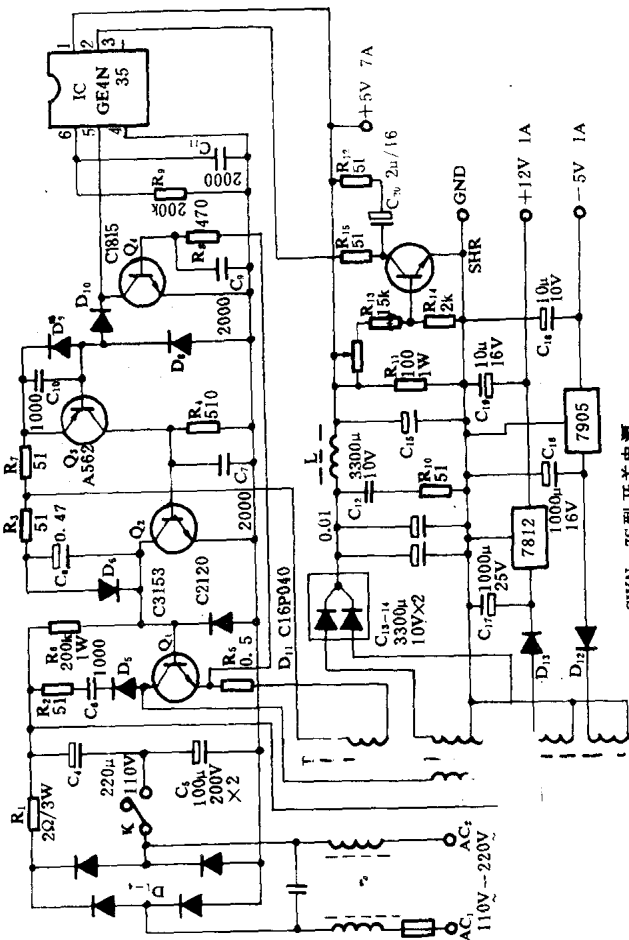


YSDH2 型家庭电源监护器

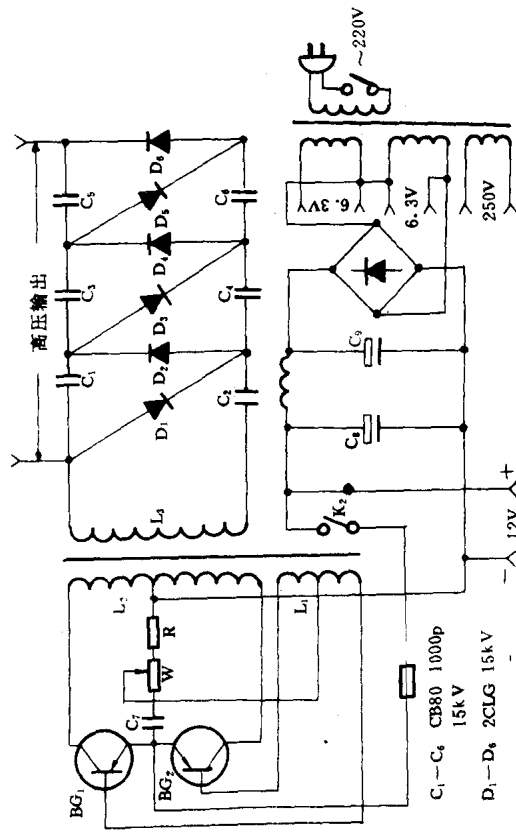


TWB-1 型通用电源稳压保护器

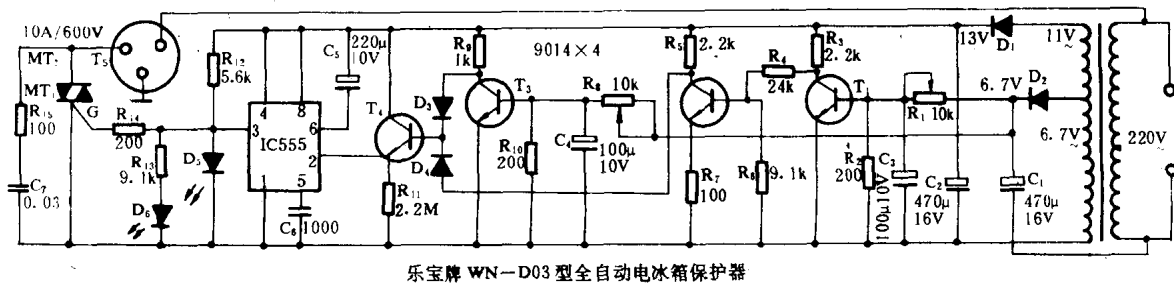
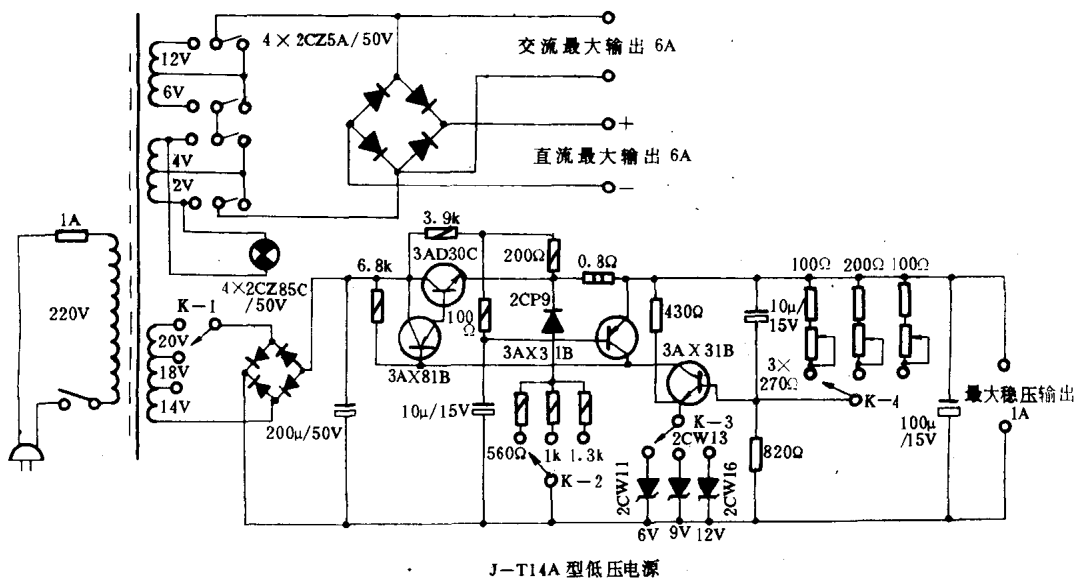
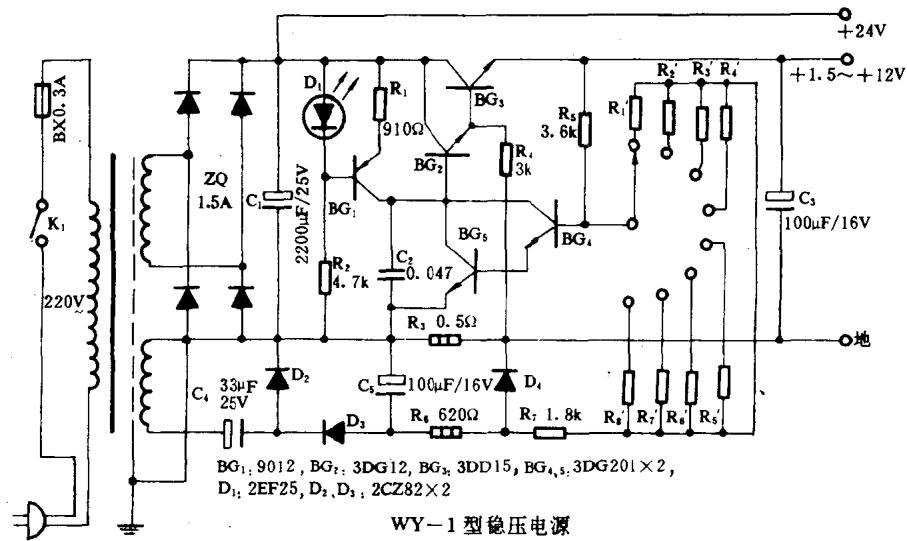
G2701K 型汽油发电机自动调压器

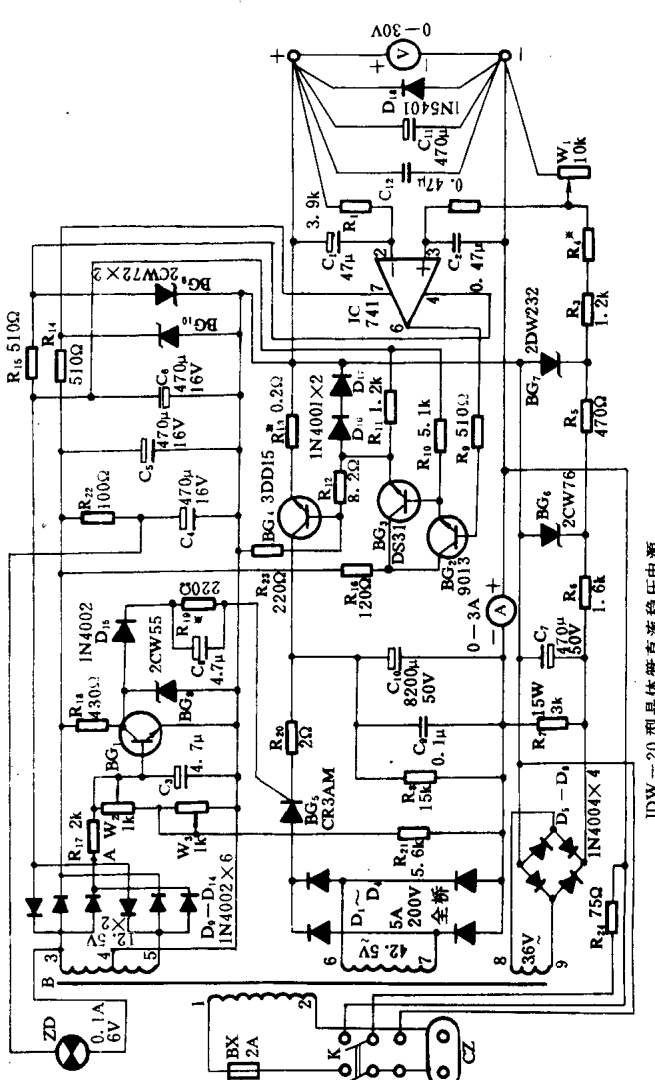
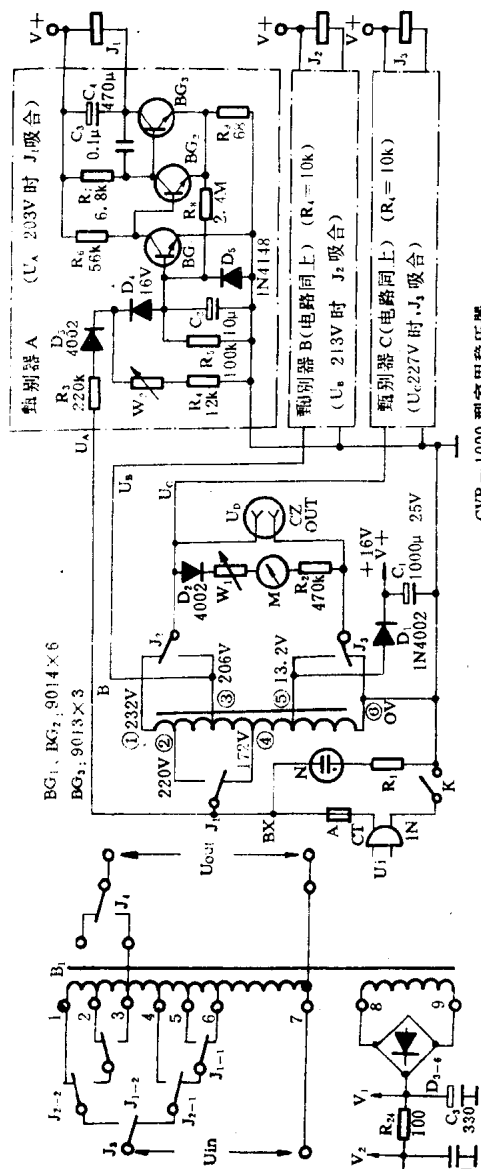
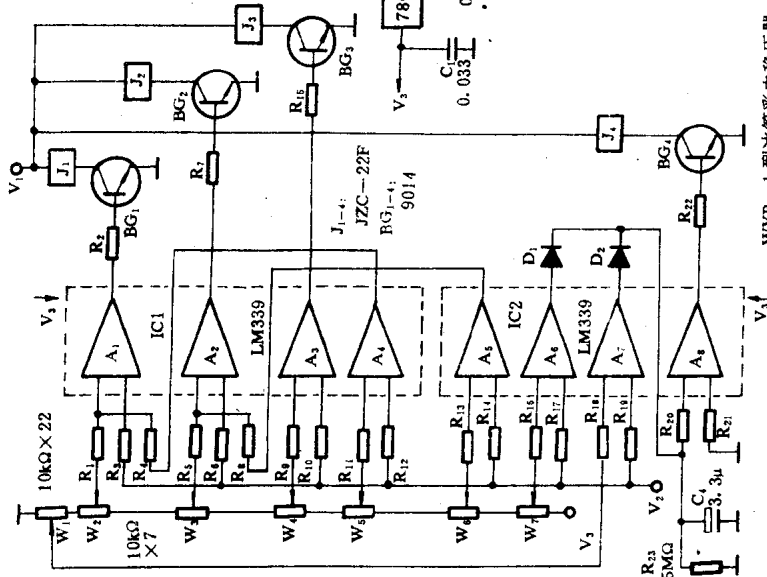


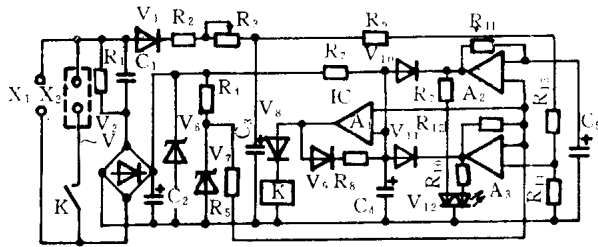
SWN-75 型开关电源



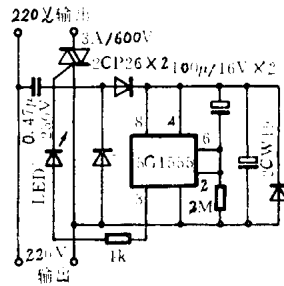
GJ-B 型全电子高压静电发生器



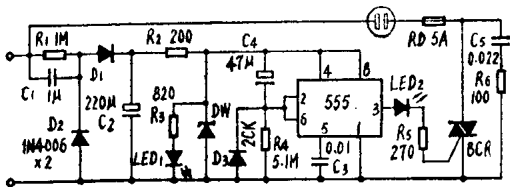




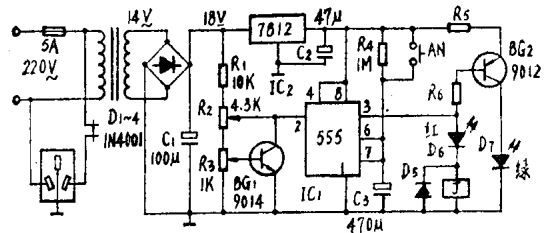
BB-1 型冰箱保护器



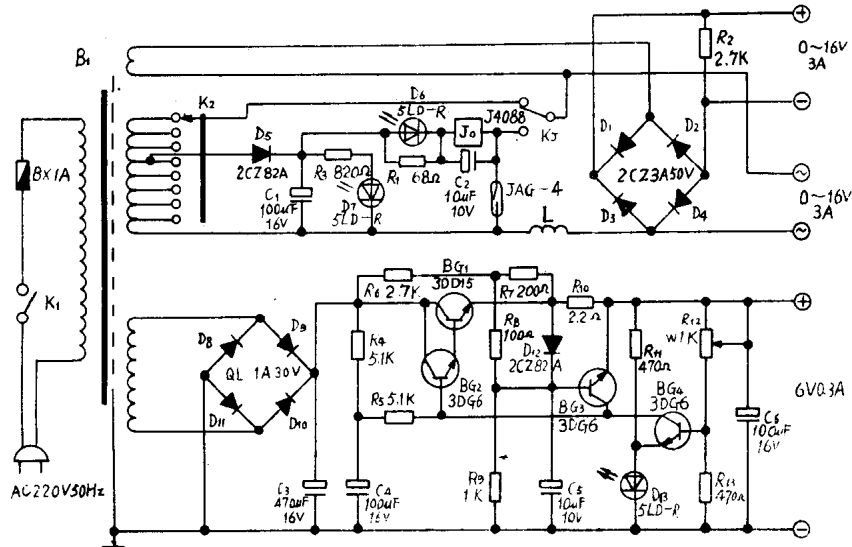
无触点冰箱保护器



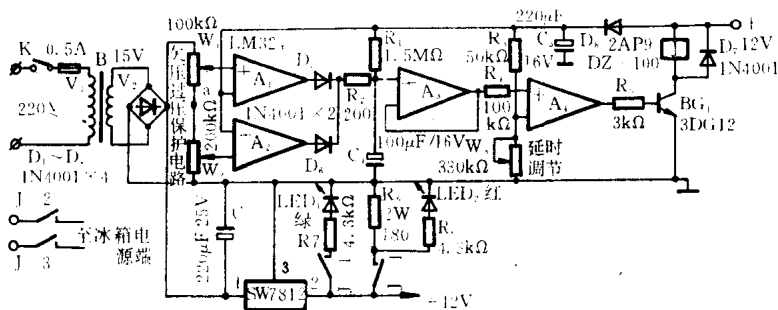
无变压器冰箱保护器



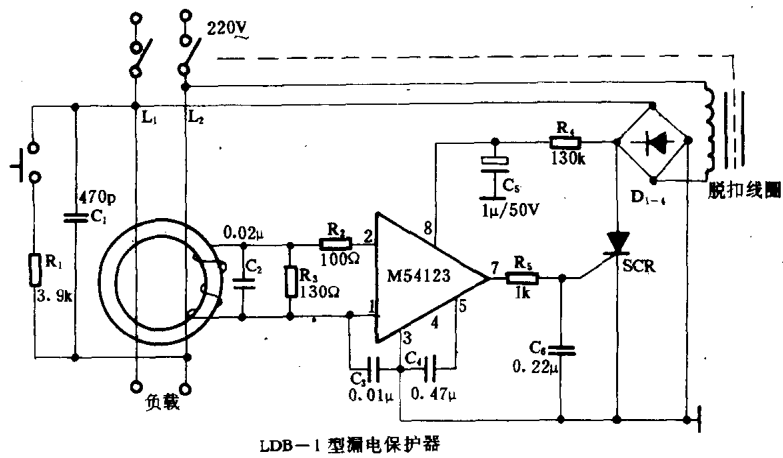
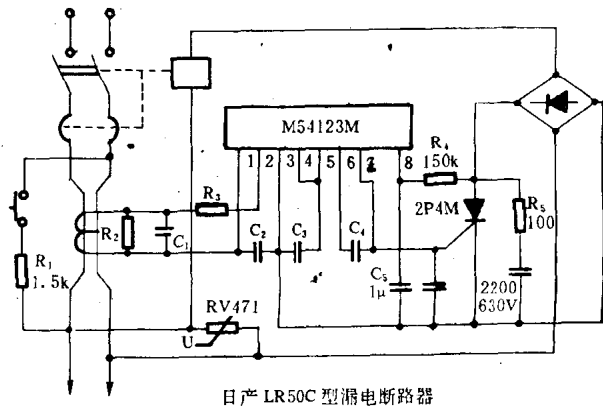
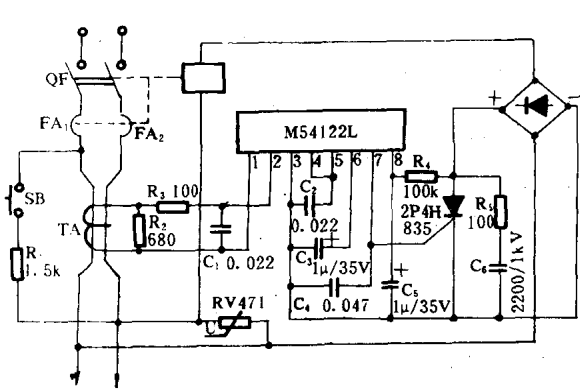
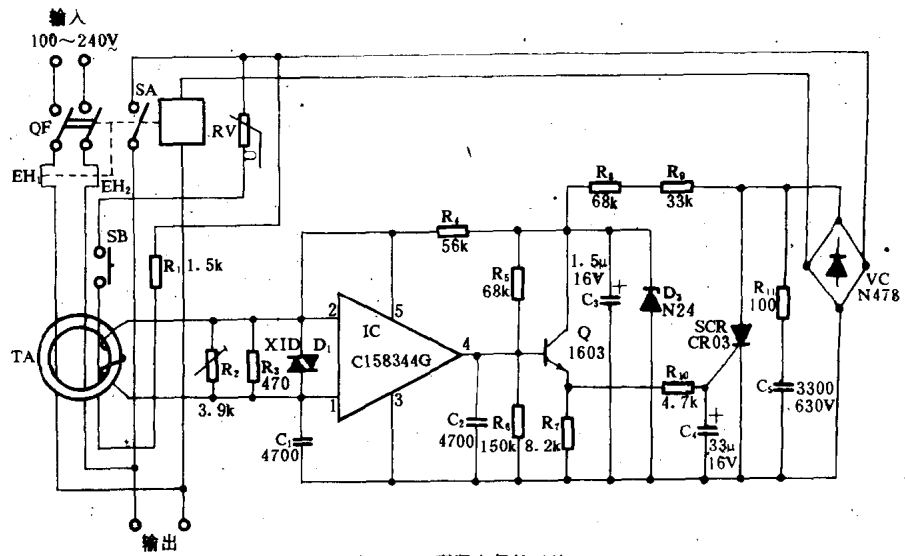
带变压器冰箱保护器



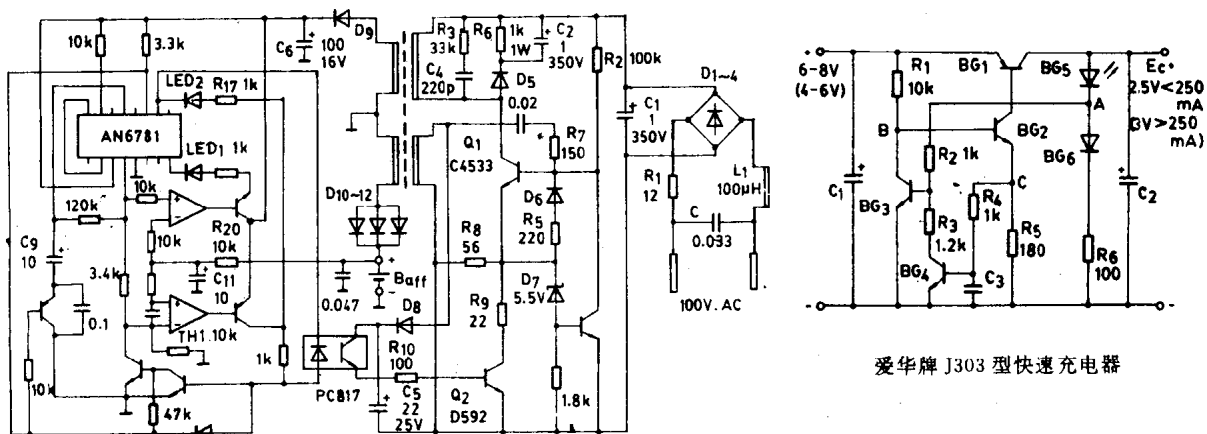
J1202-1 型电源



LM324 集成电路电冰箱保护器

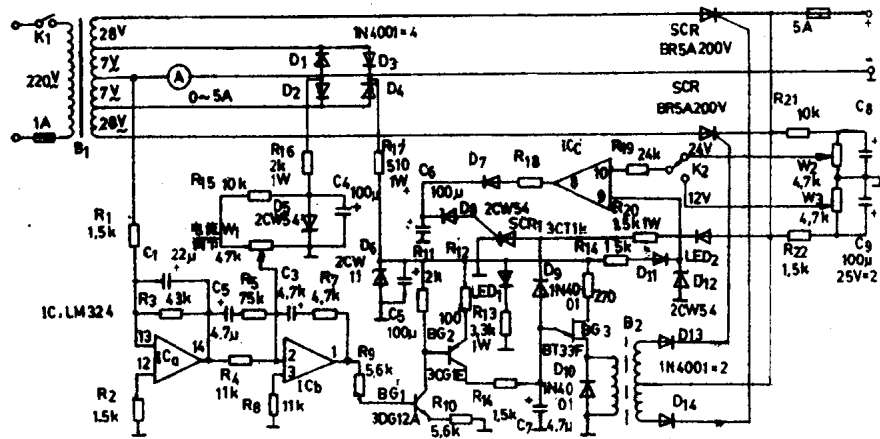




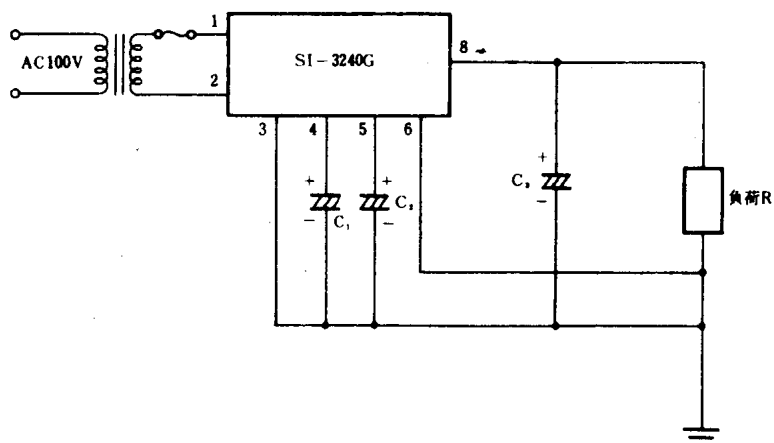


日产 RP-RC172 型充电器

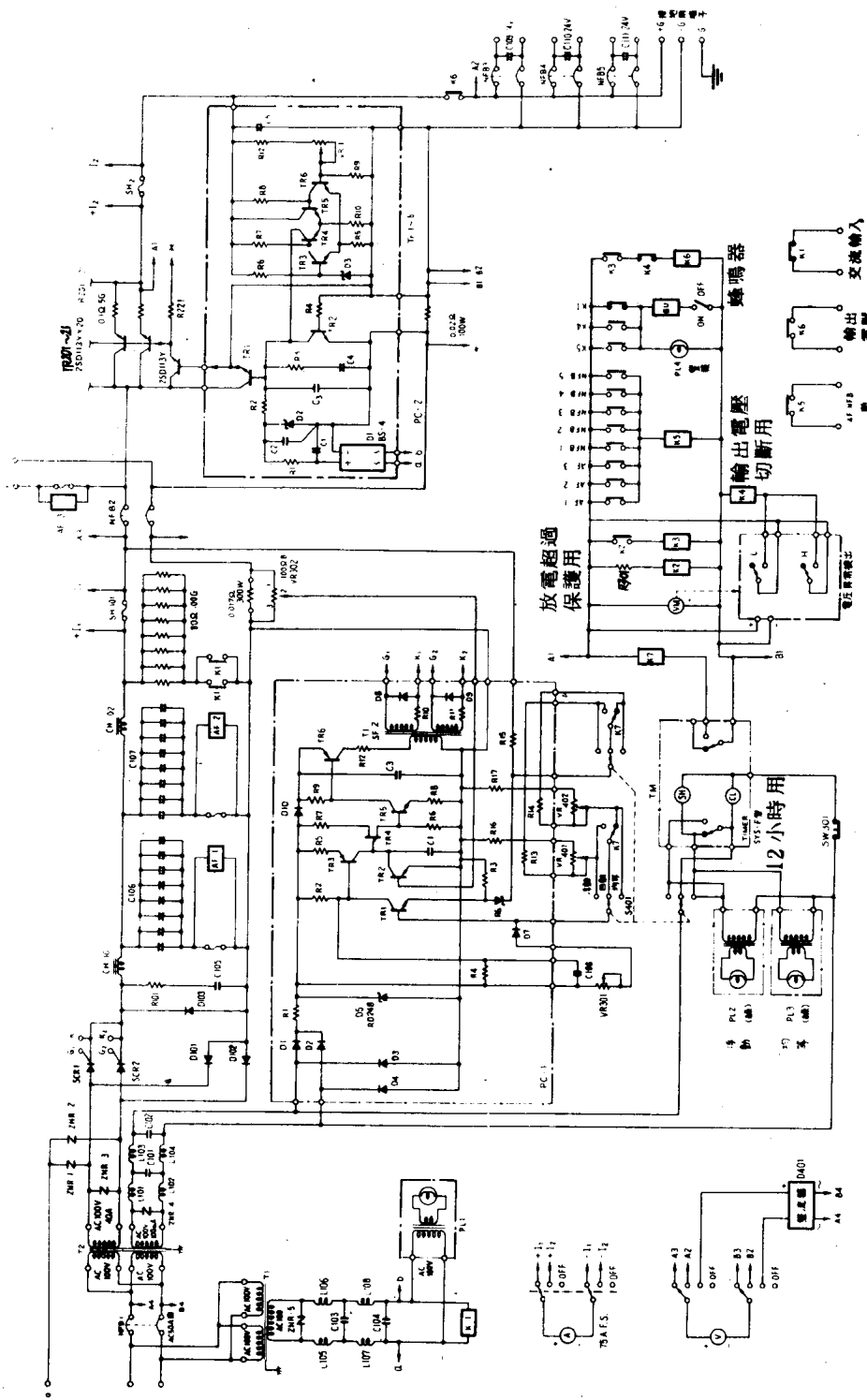
爱华牌 J303 型快速充电器



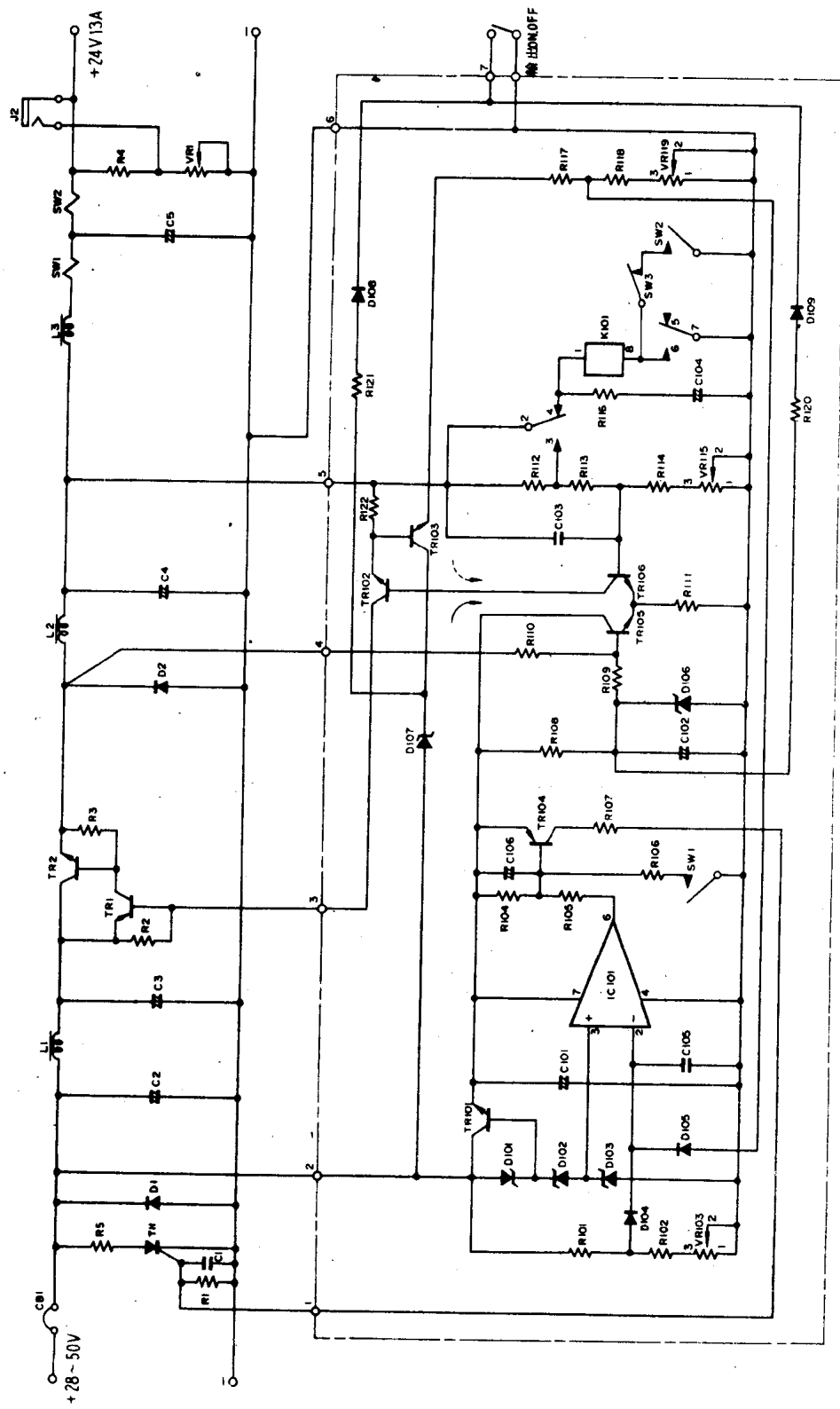
KGCA-4 A 型充电机



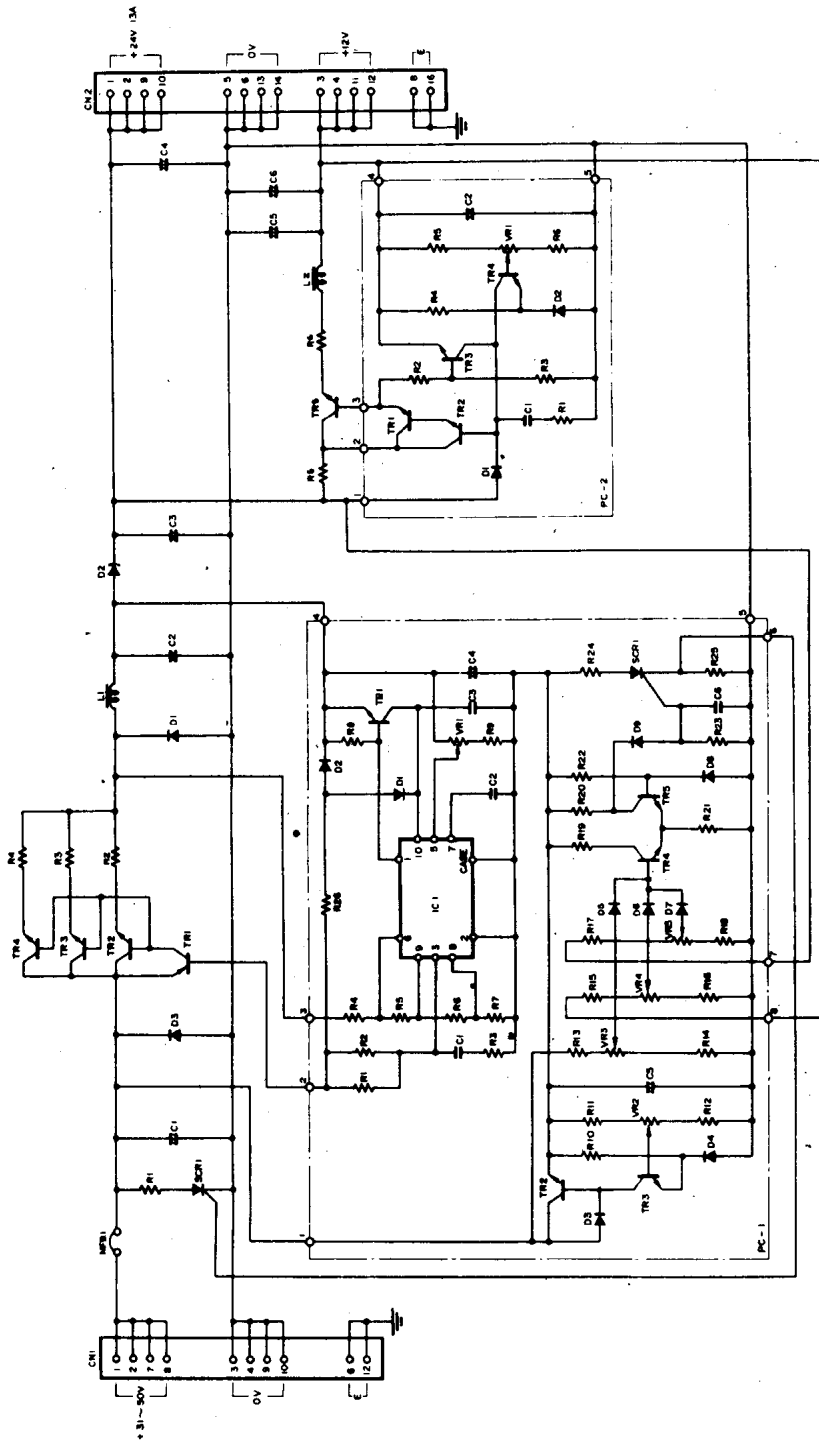
输出电压 24V, 输出电流 1.55A 的定电压电源电路



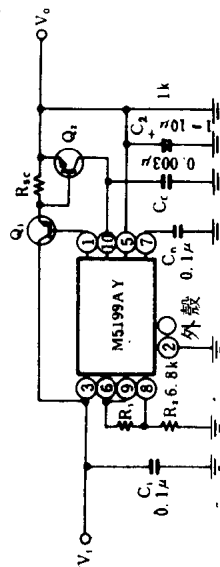
24V, 60A 多重无线电站用无停电电源



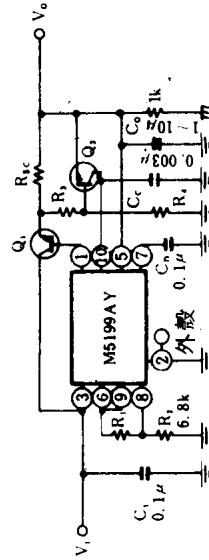
24V, 13A 交换型调节器



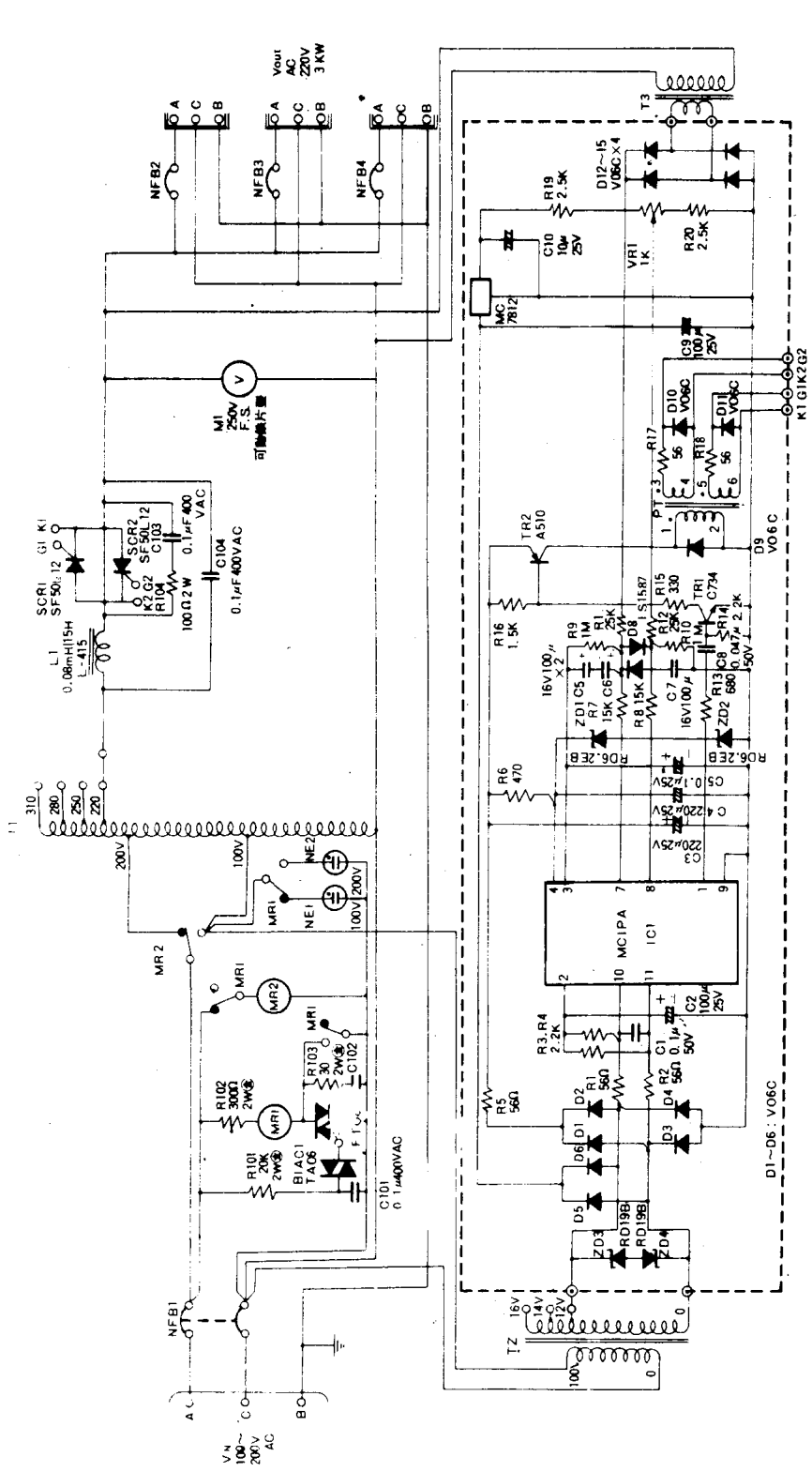
无线电卫星站用 AVR



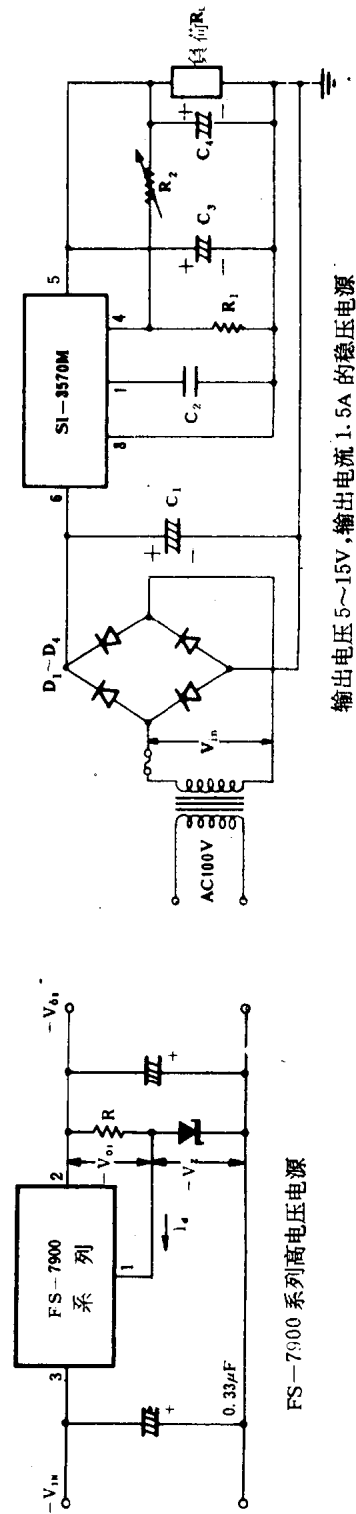
使用三菱 M5199Y 的垂直下降型电流限制电源  
(增流场合)



使用三菱 M5199Y 的“ $\gamma$ ”型特性电流限制电源  
(增流场合)

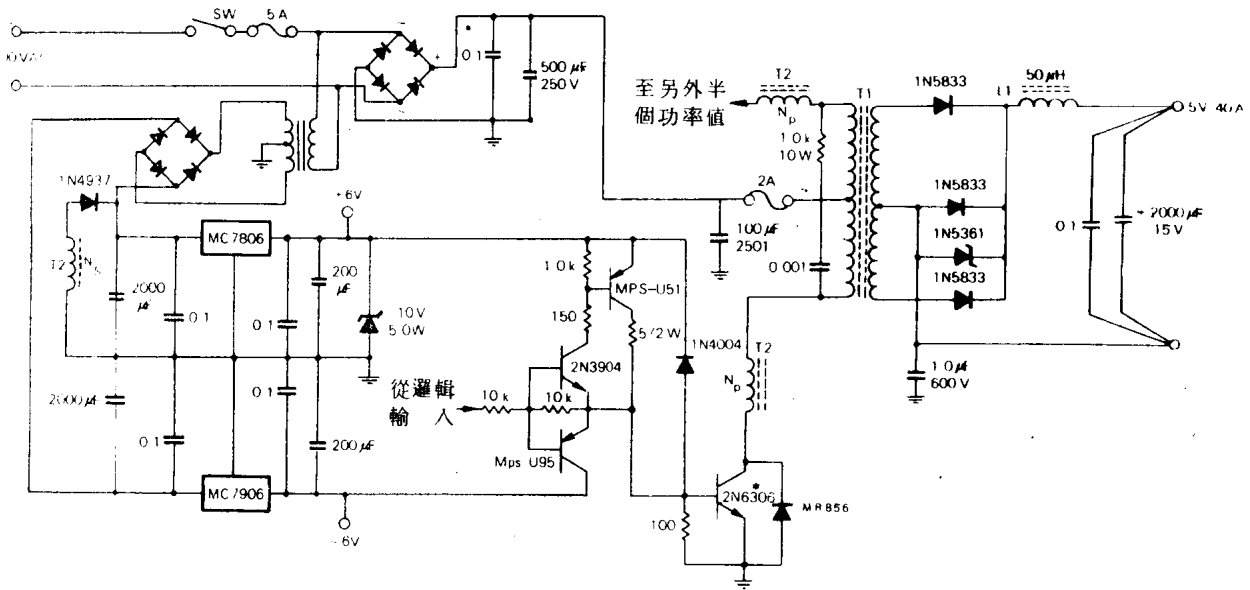
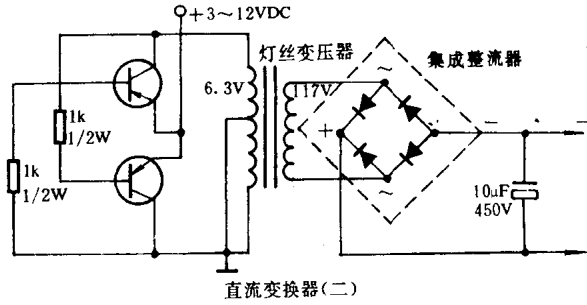
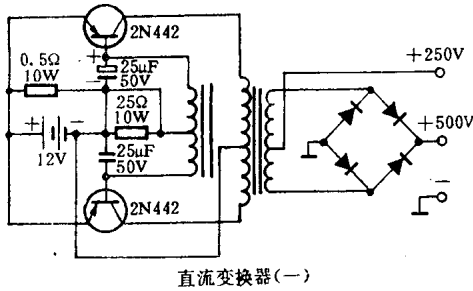
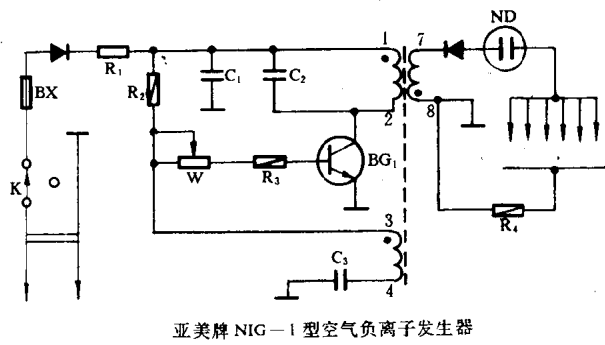
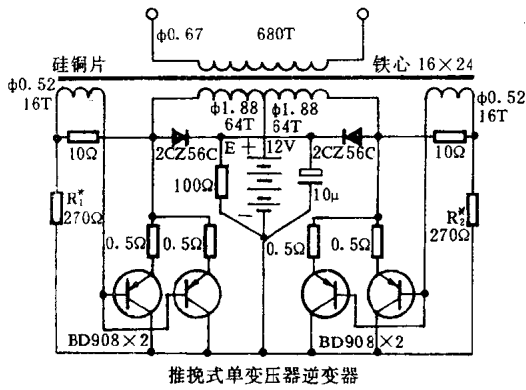


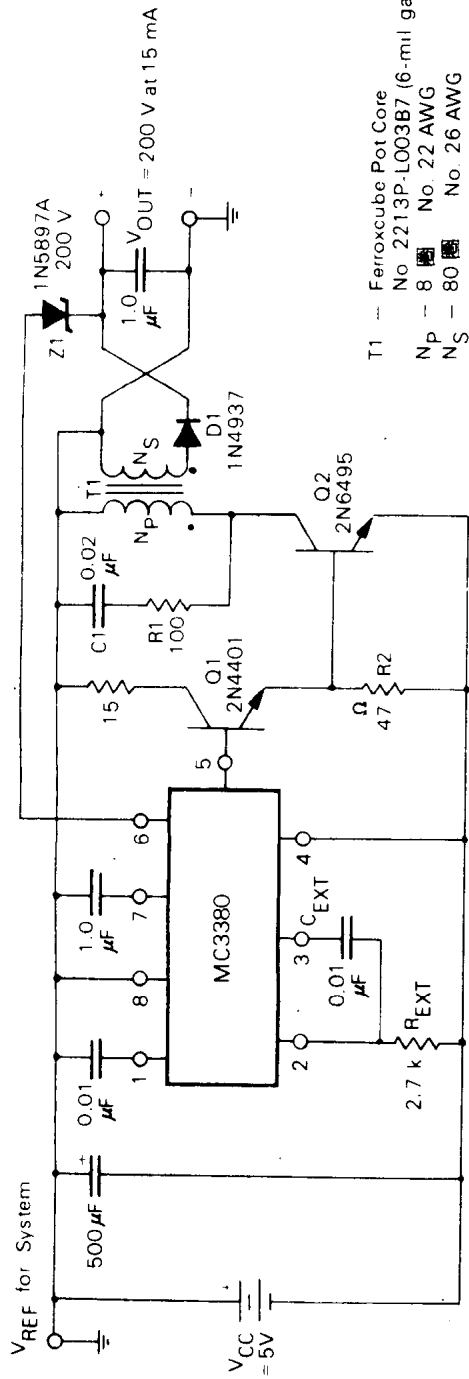
输入 AC100V~200V 输出 AC200V 交流安定化电源



输出电压 5~15V, 输出电流 1.5A 的稳压电源

FS-7900 系列高压电源

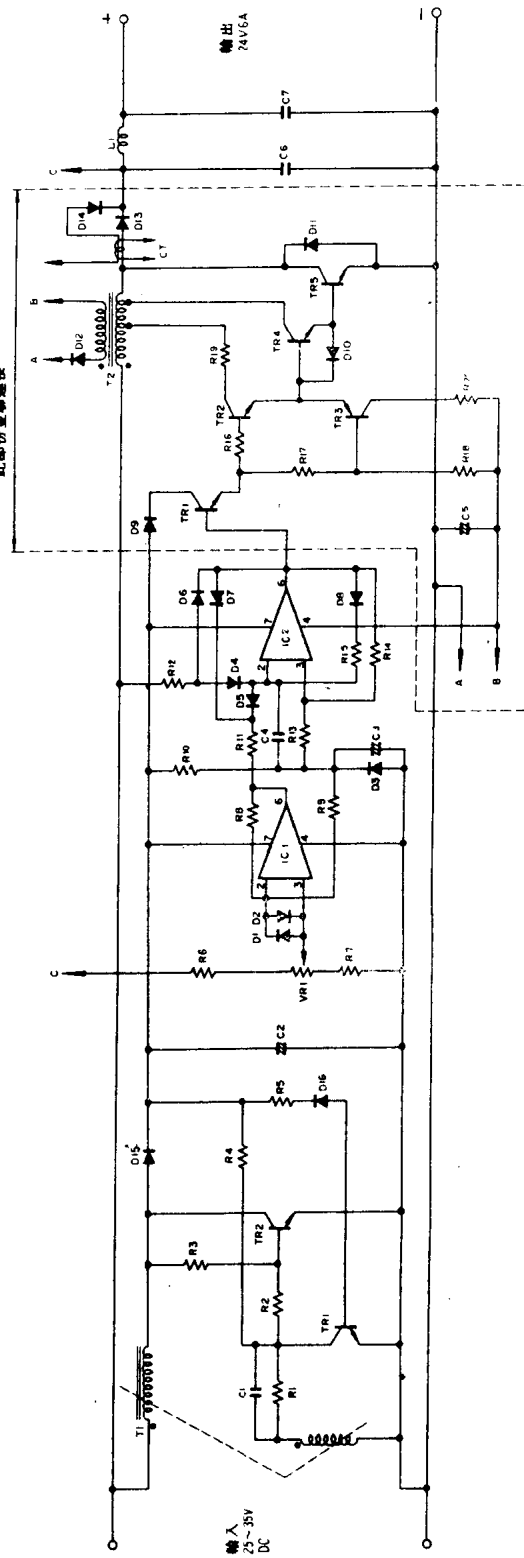




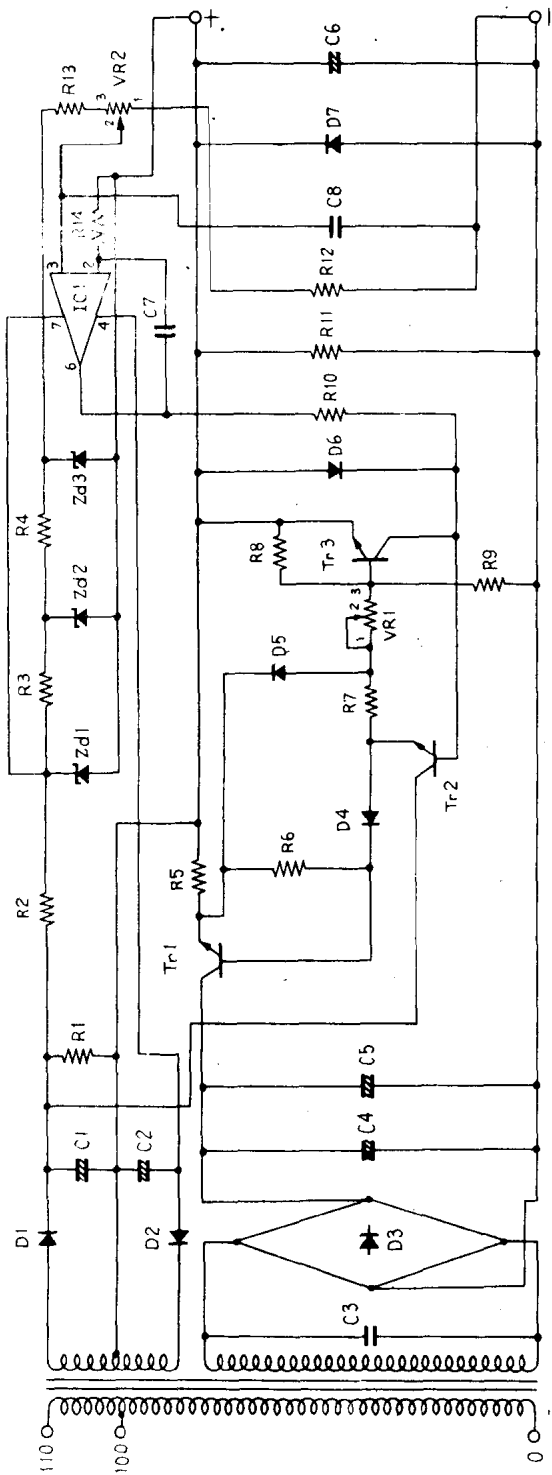
NOTE: 必需用交換二極體來使線路  
損失減少

典型操作結果  
 線電壓調整率 ( $4V < V_{IN} < 6V$ ) = 3%  
 負載調整率 ( $P_{OUT} < 3W$ ) = 2%  
 20-kHz Ripple = 1 V p.p.  
 整個效率 = 66%

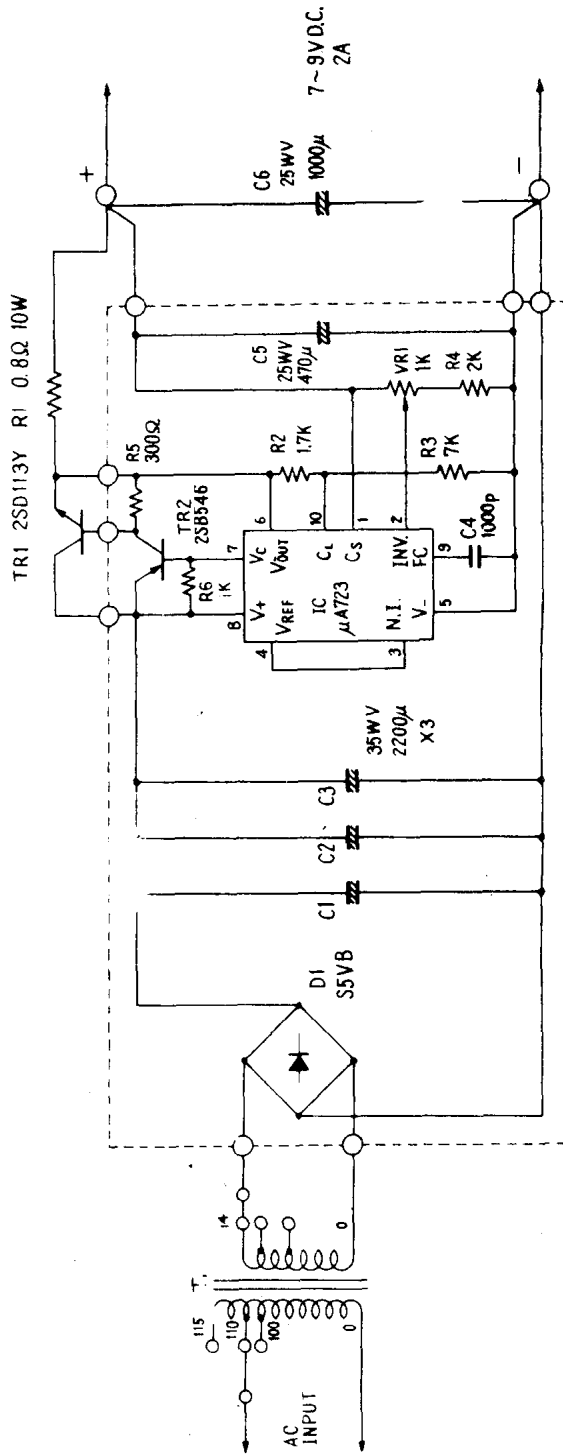
輸入 5V, 輸出 200V, 15mA 交換型調節器



24V, 6A 交換型調節器

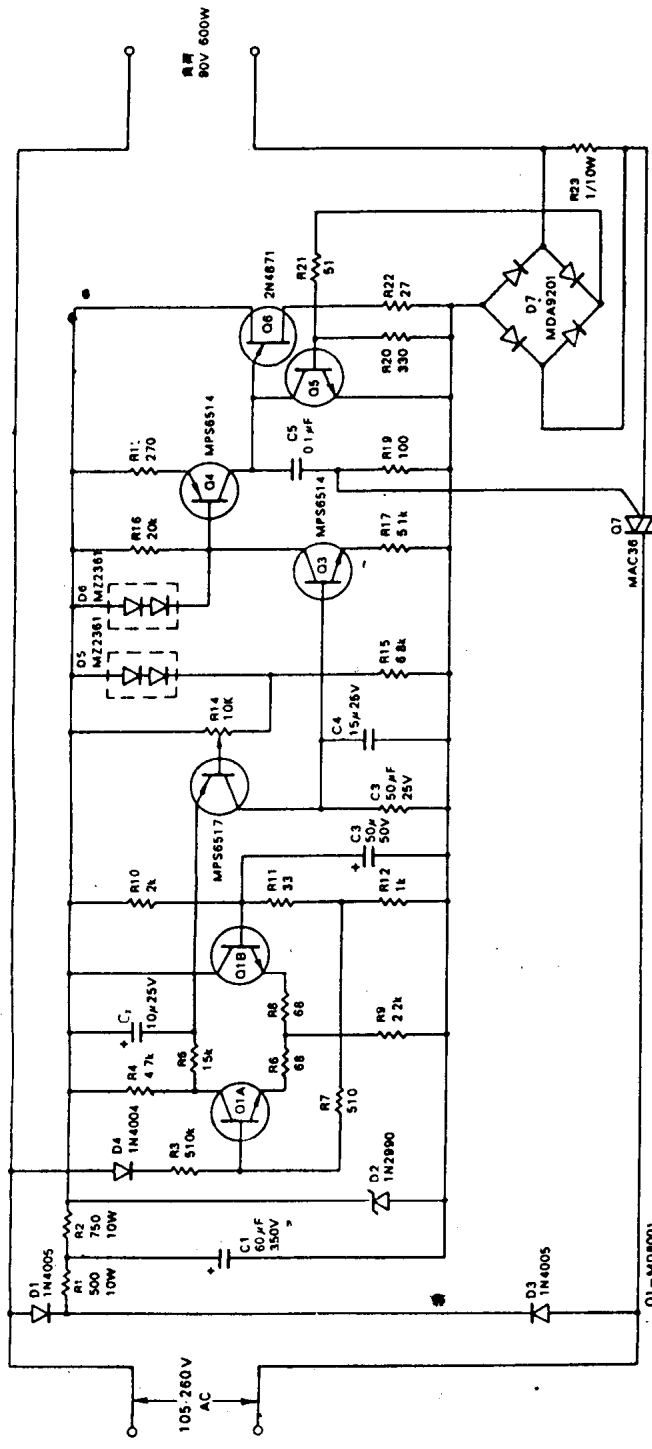


12V, 2A 定电压电源

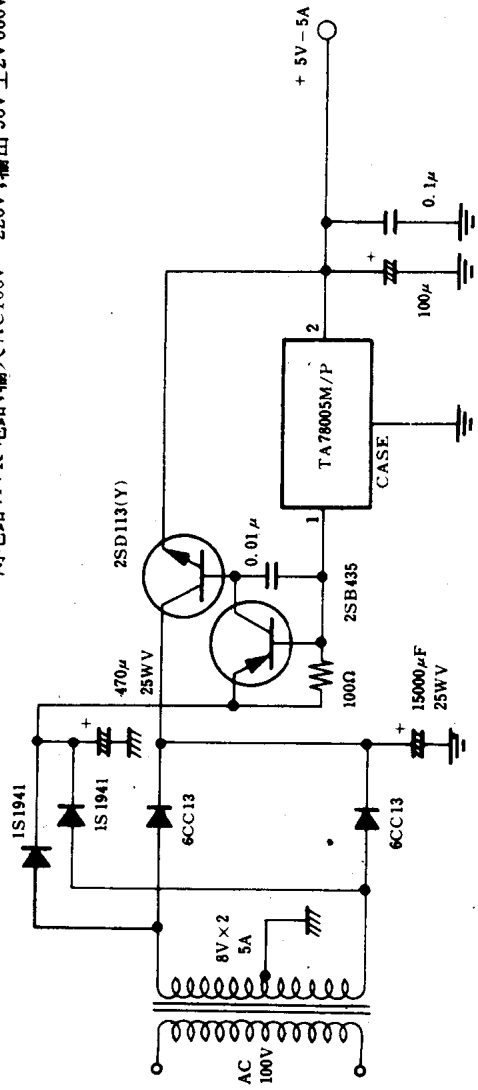


7V~9V 可变, 2A 调节器

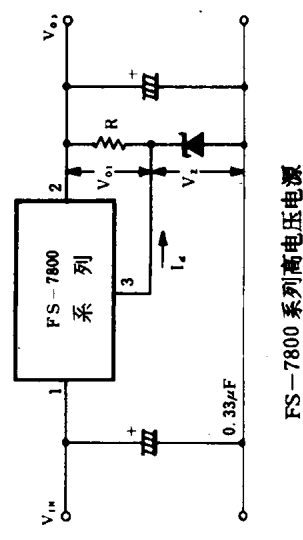




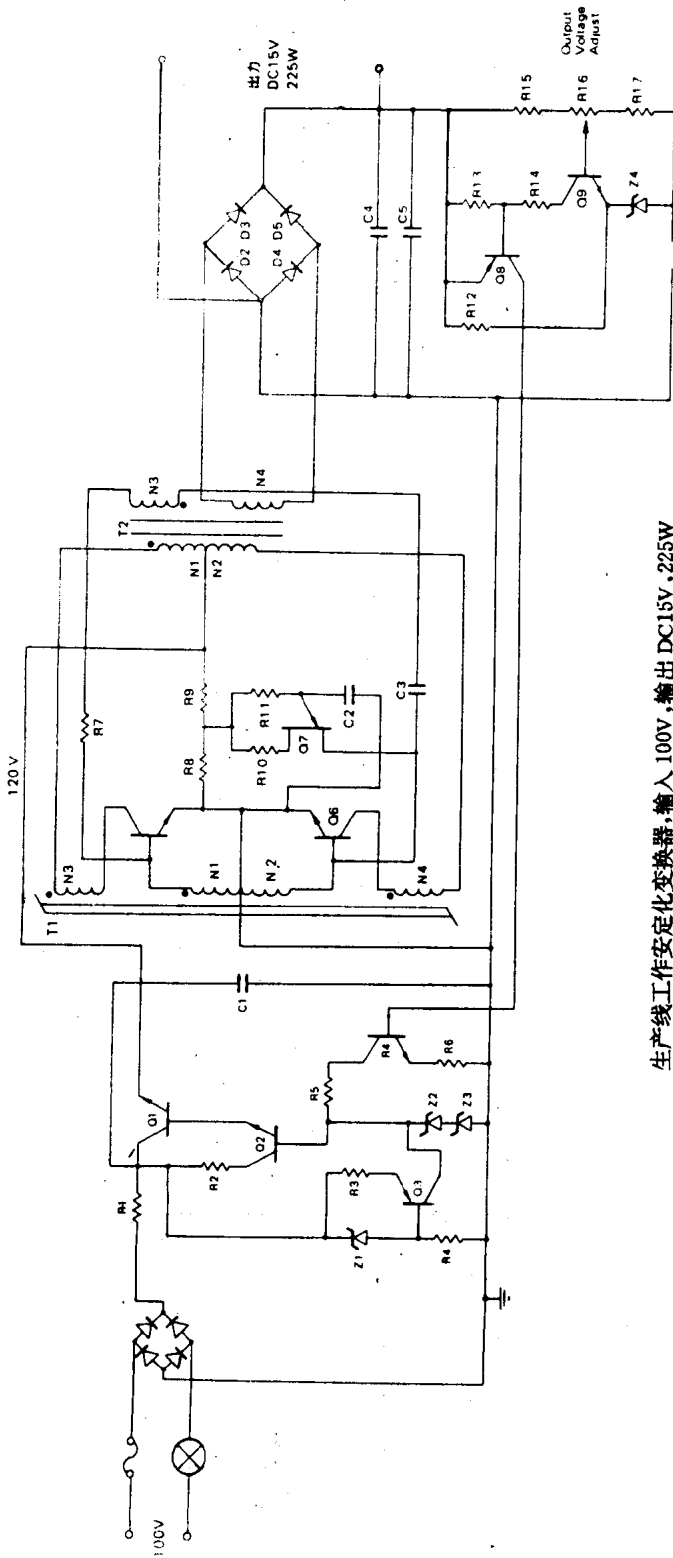
闭路 AVR 电路, 输入 AC100V ~ 220V, 输出 90V ± 2V 600W



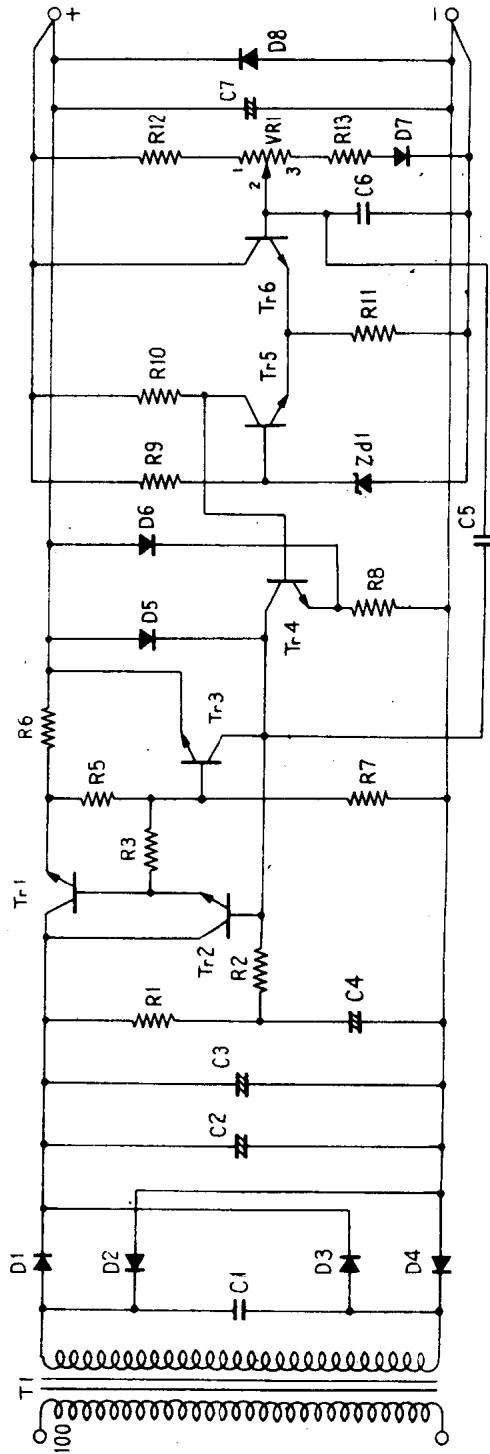
三端调节器组成 5V ~ 5A 增流电源



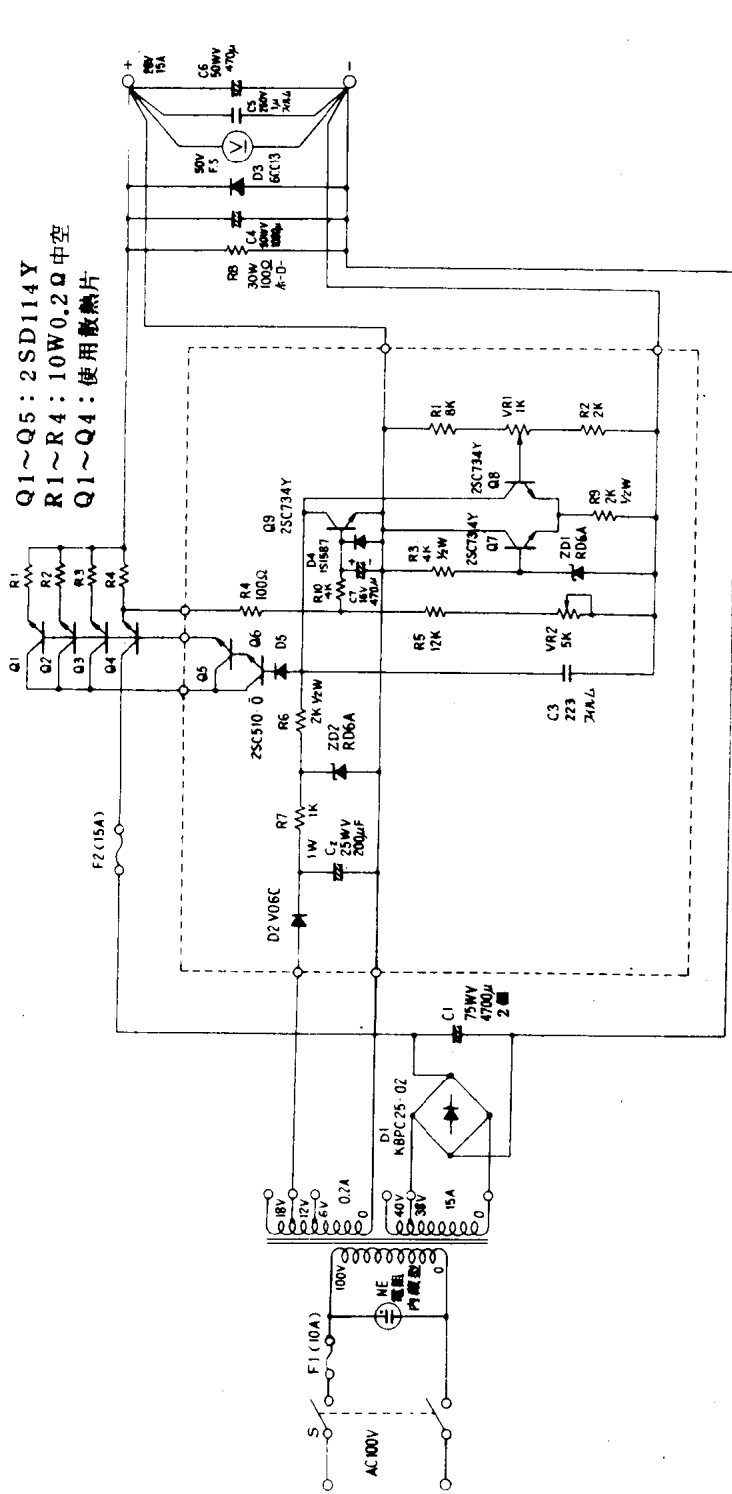
FS-7800 系列高压电源



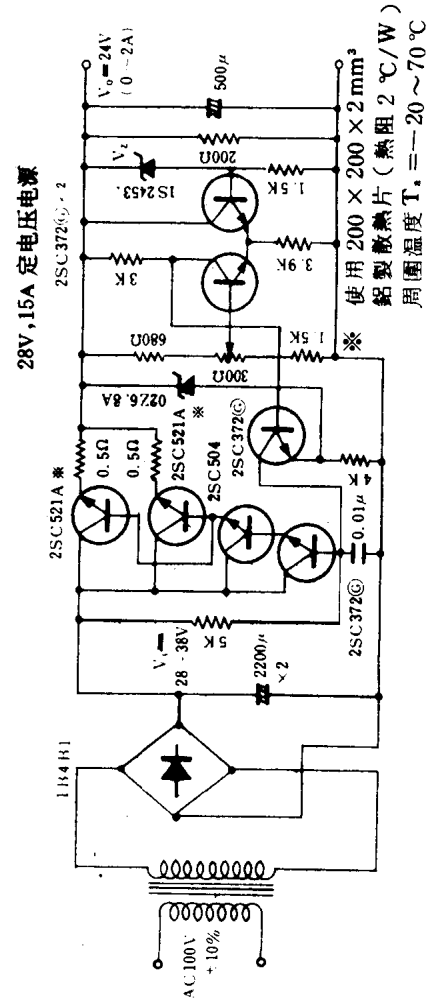
生产线工作安定化变换器:输入 100V, 输出 DC15V, 225W



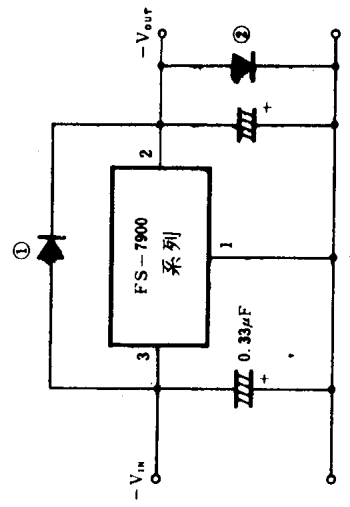


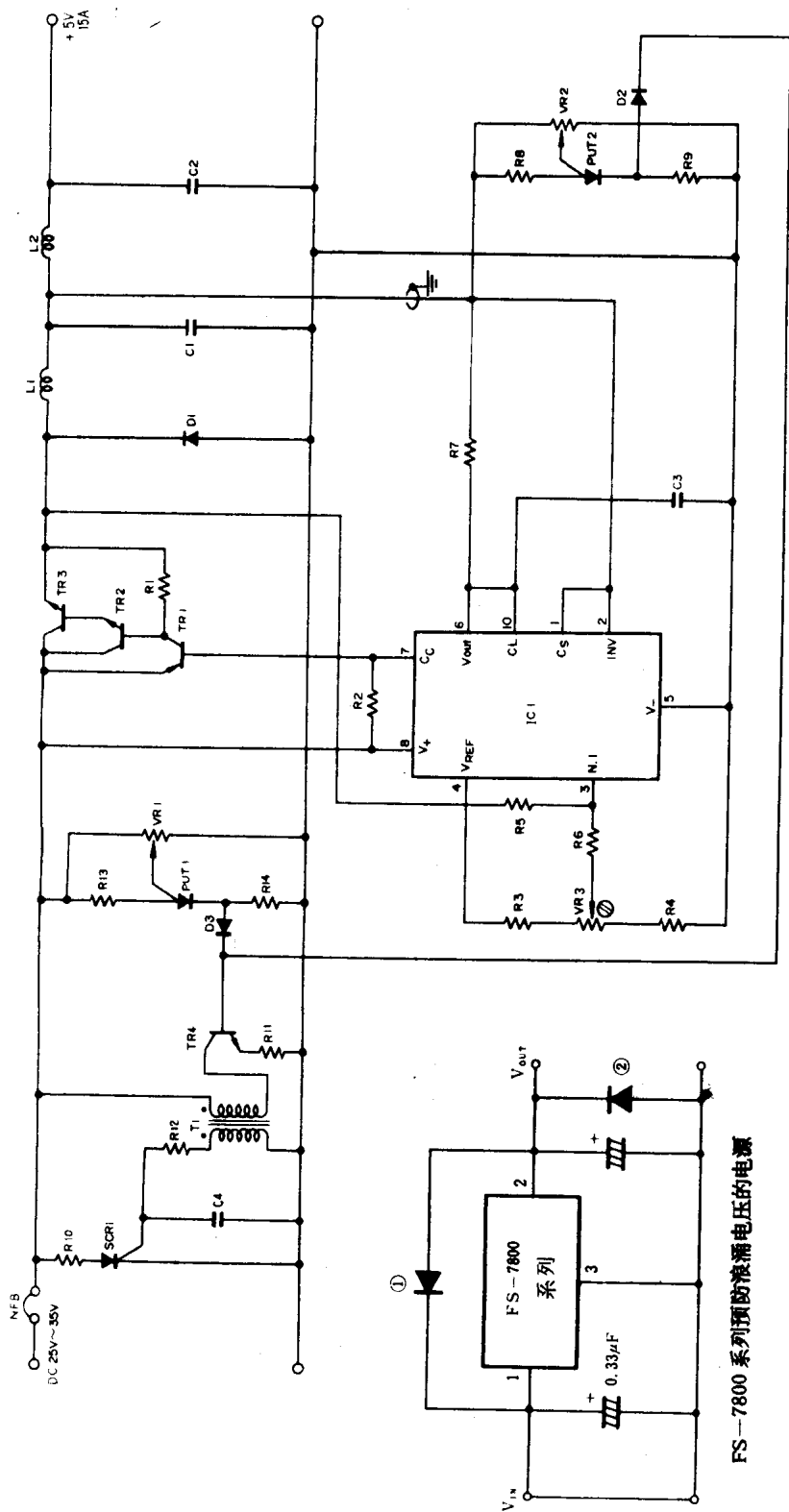


無特別指定電阻皆為1/4W



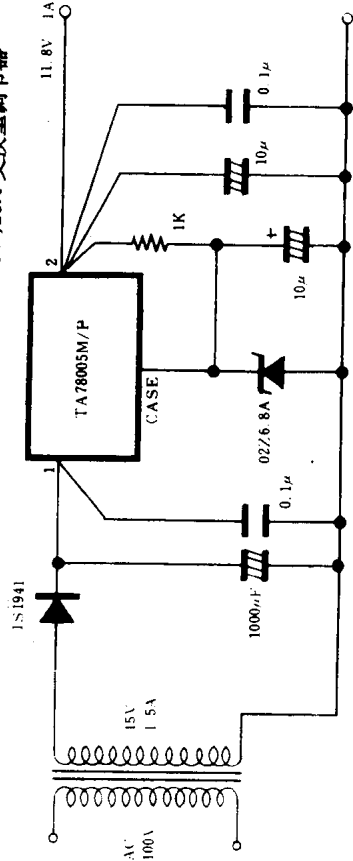
分立元件组成的 24V~2A 定电压电源



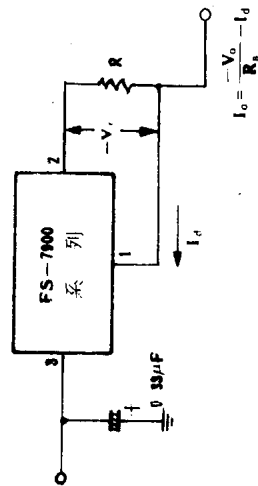


FS-7800 系列预防液滴电压的电源

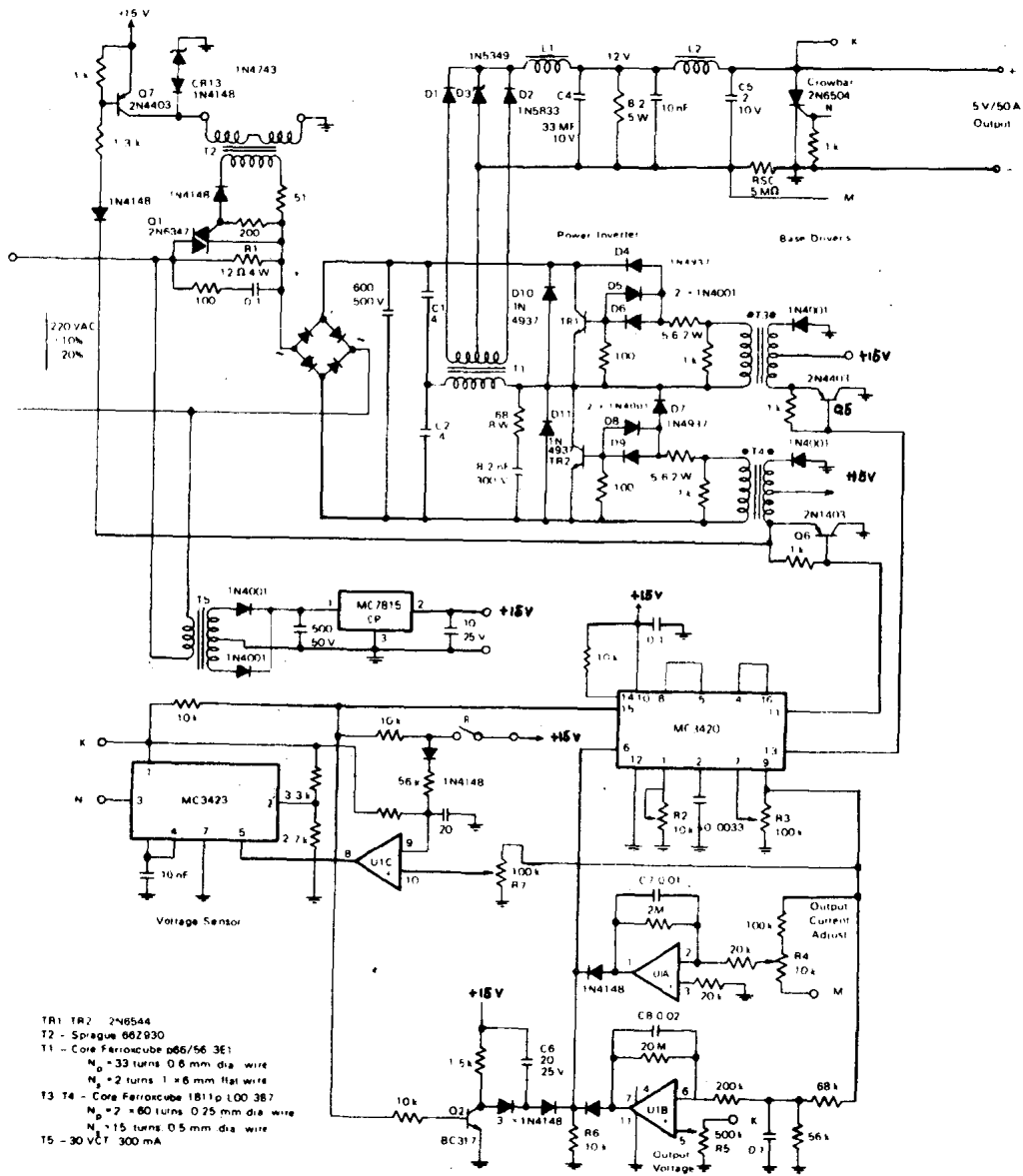
5V, 15A 交换型调节器



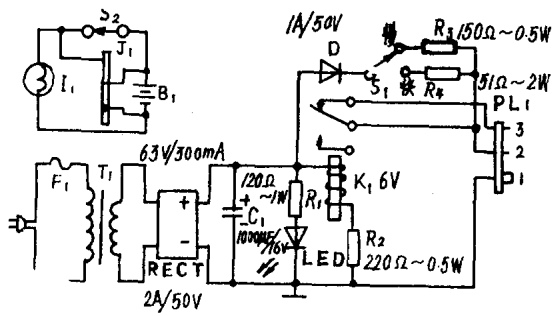
由三端子调节器组成的升压电源



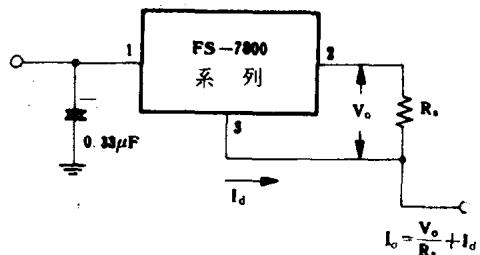
FS-7900 系列构成的定电流电源



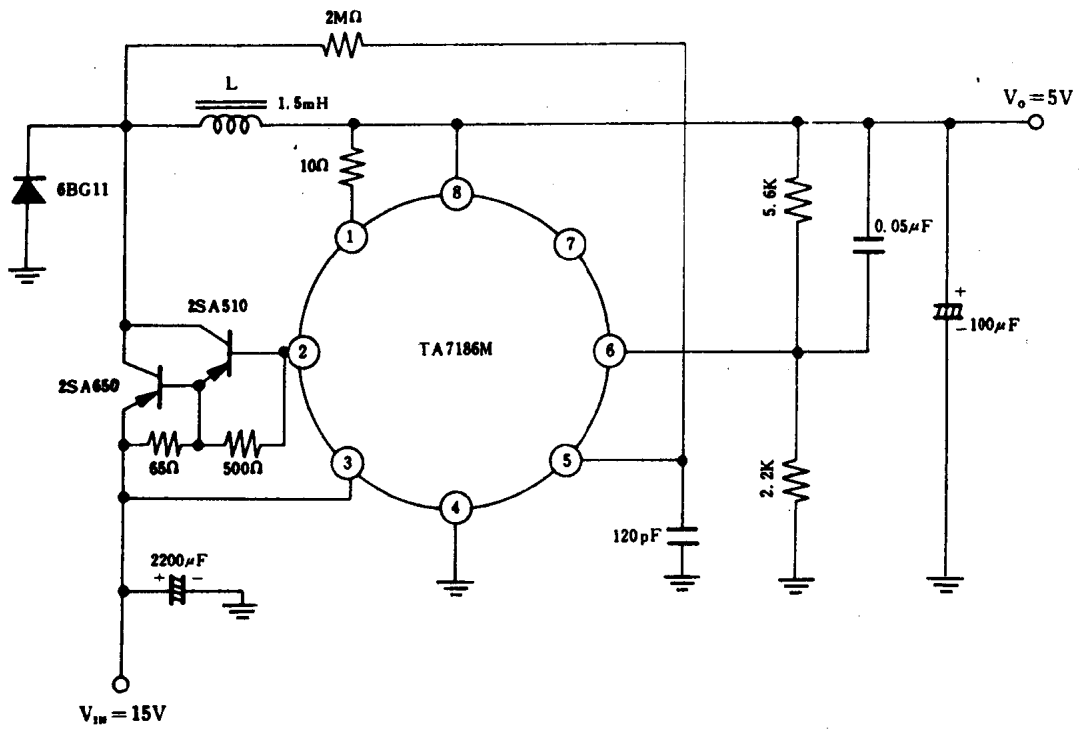
5V/50A 电源供应完整线路



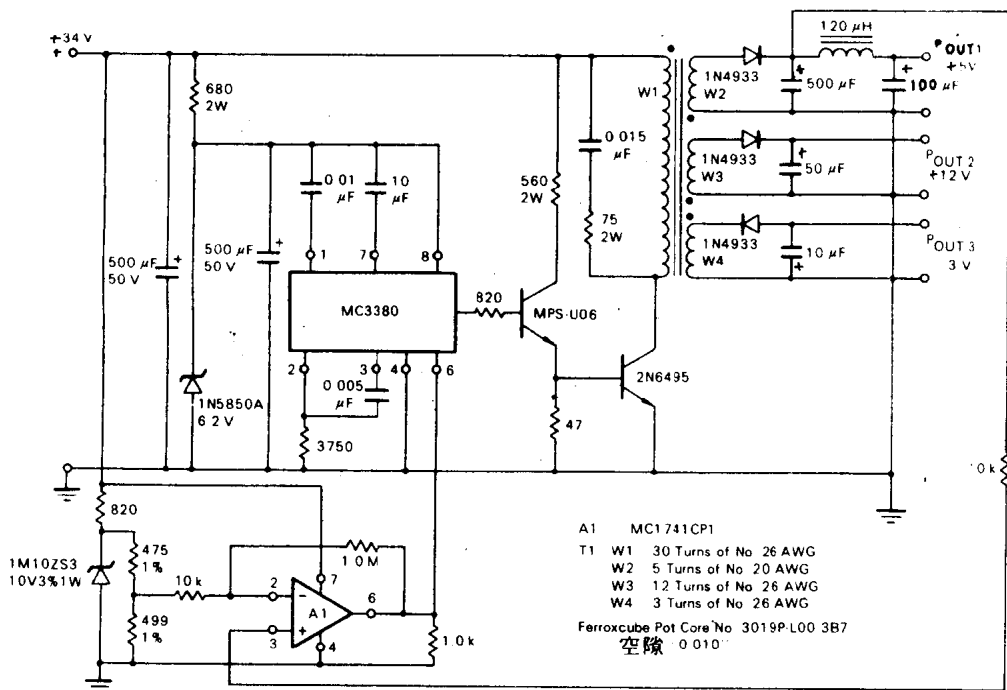
家庭紧急备用灯



FS-7800 系列构成的定电流电源



定电压电源用 IC TA7186M 组成的交换型调节器  
(输入 15V, 输出 5V~3A)



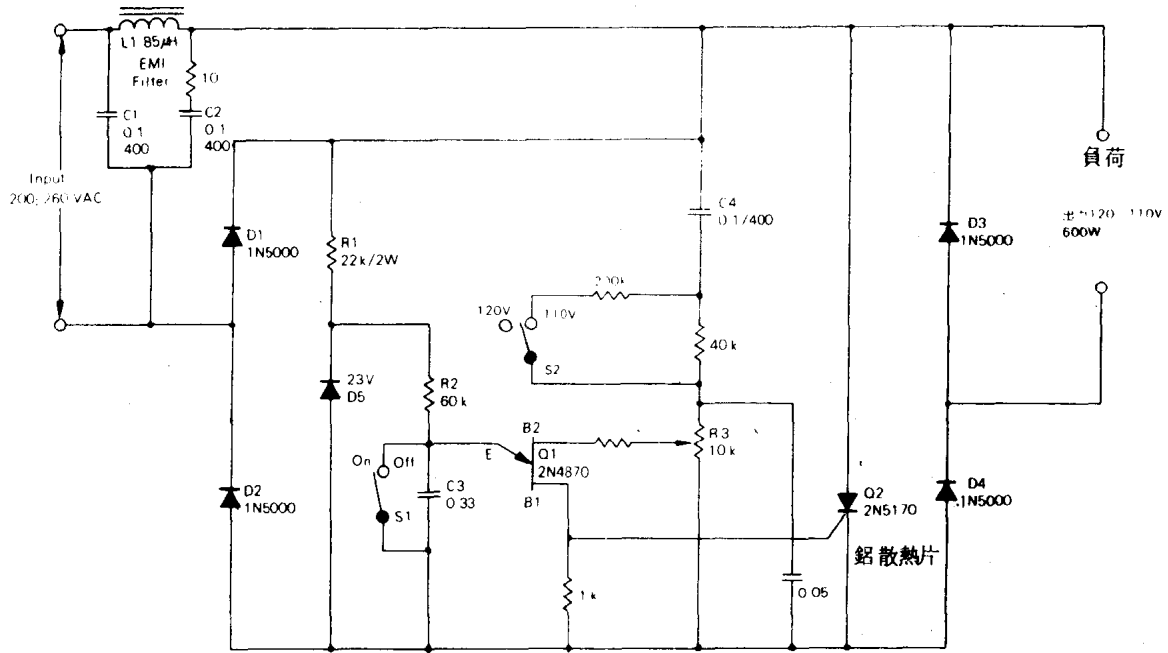
典型操作结果

$P_{OUT1} = 4 \text{ Watts}$   
( $V_O = 5V \cdot 5\%$ ) 5%  
5-V 涟波成份  
(120Hz ~ 20kHz) 50mV

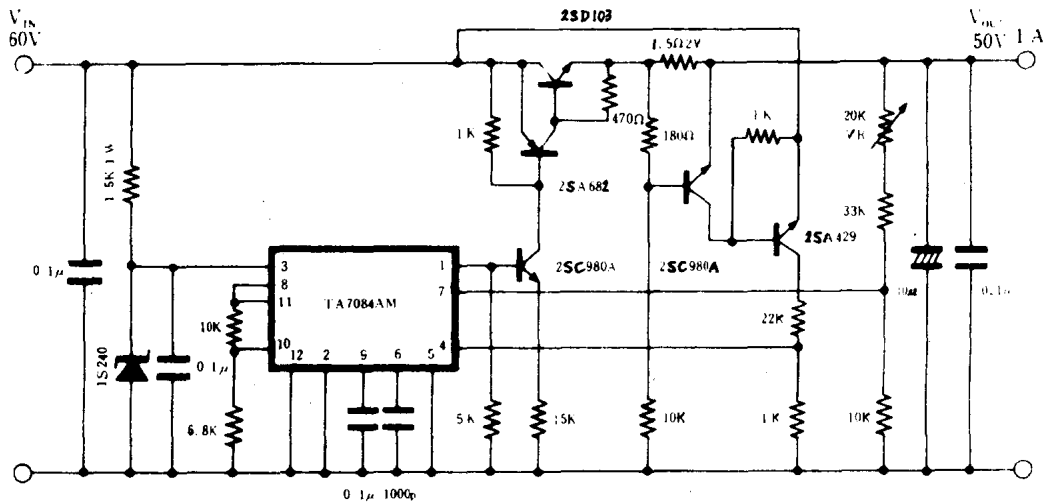
$P_{OUT2} = 600 \text{ mW}$   
( $V_O = 12V \cdot 10\%$ )  
 $P_{OUT3} = 3 \text{ mW}$   
( $V_O = 3V \cdot 10\%$ )

负载调整率  $P_{OUT1} = 0.6\%$   
( $0 \cdot I_L = 800 \text{ mA}$ )

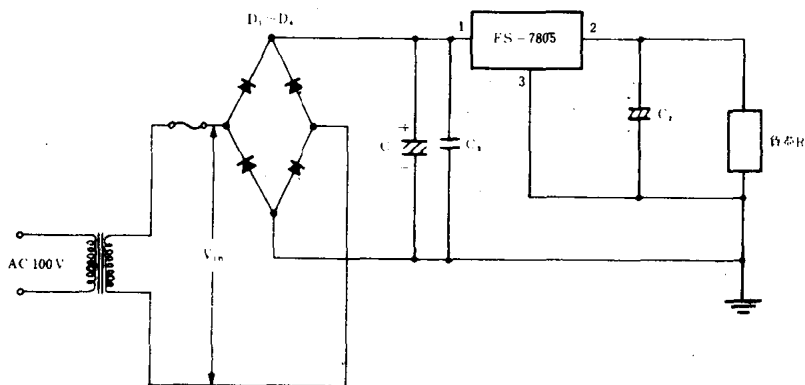
多输出交换型调节器



开环路调节器, 输入 220V, 输出 120V~110V 600W

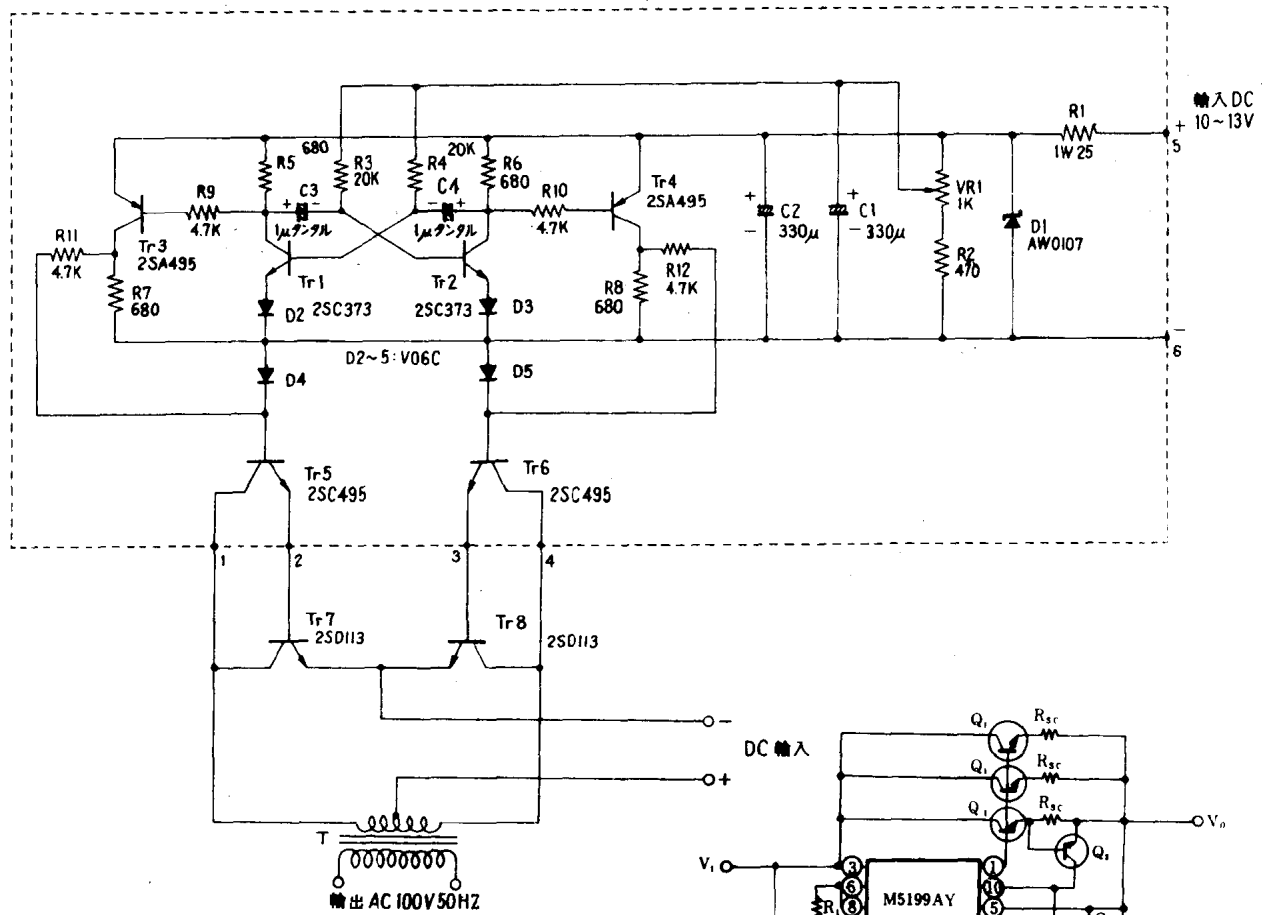


TA7084AM 组成的 50V~1A 升压电源

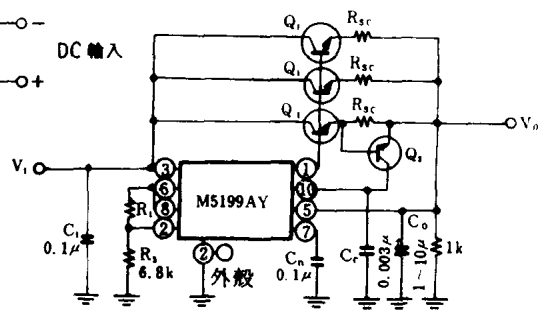


输出电压 5V, 输出电流 1A 以下的定电压电源

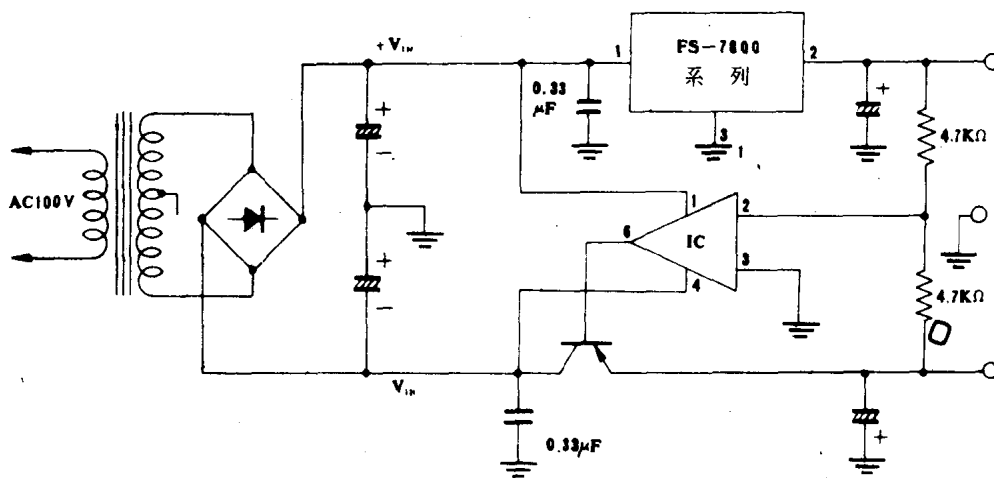




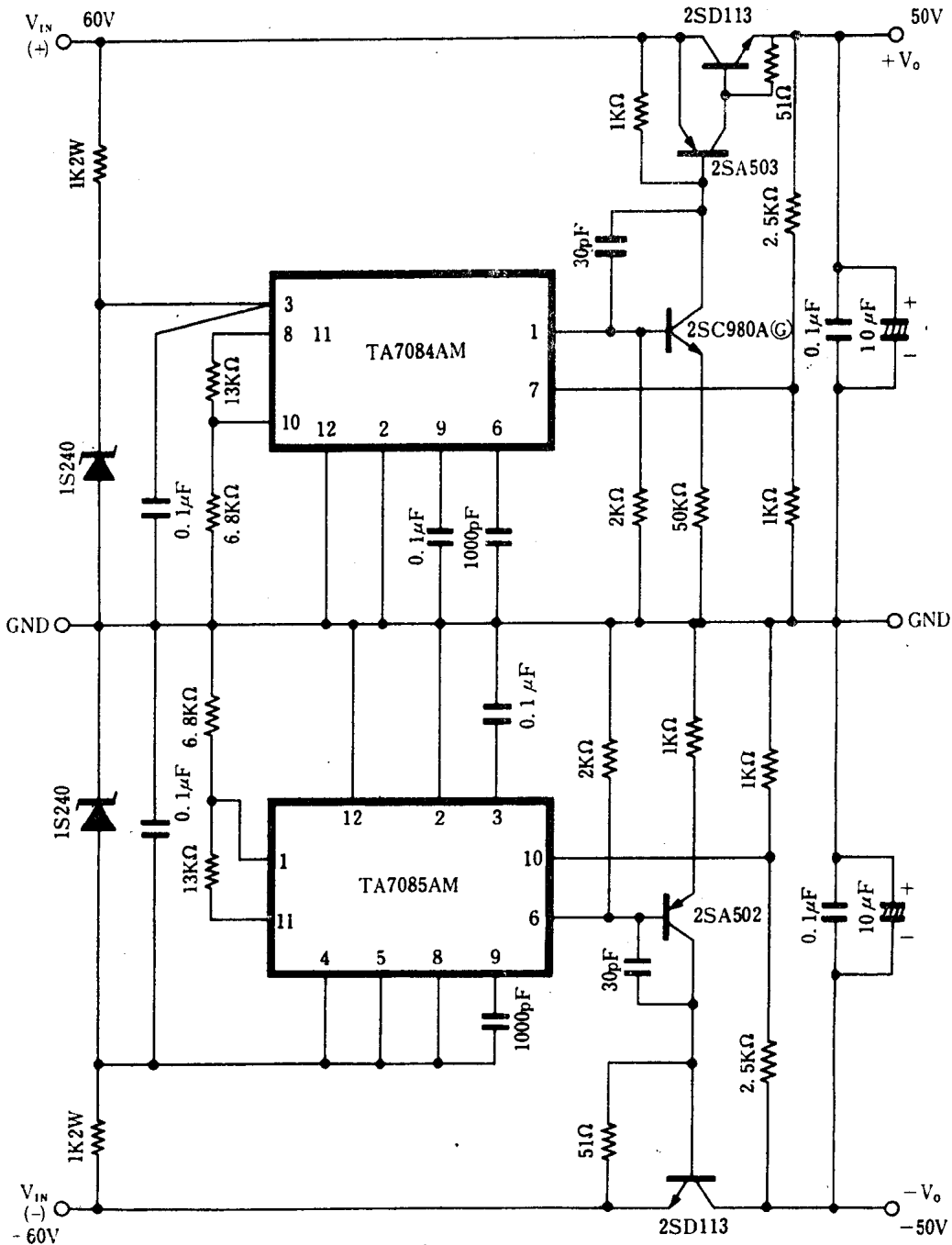
照相机用 DC, AC 变换器



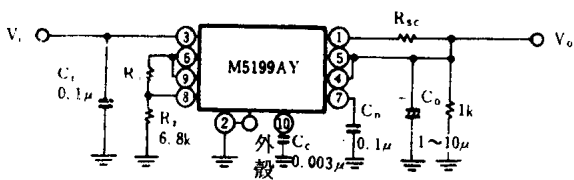
使用三菱 M5199Y 的输出并联晶体的电源 (增流场合)



使用 FS-7800 系列组成的追踪式±电源

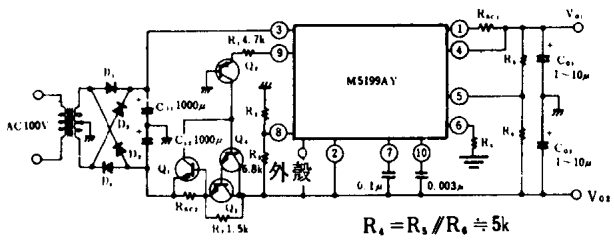


TA7084AM~RA7085AM 组成的正负电源电路(50~2A)



$$R_s \approx (2V_o - 7) \text{ k}\Omega$$

使用三菱 M5199Y 的垂直下降型电流限制电源  
(用内附电流限制二极管的场合)



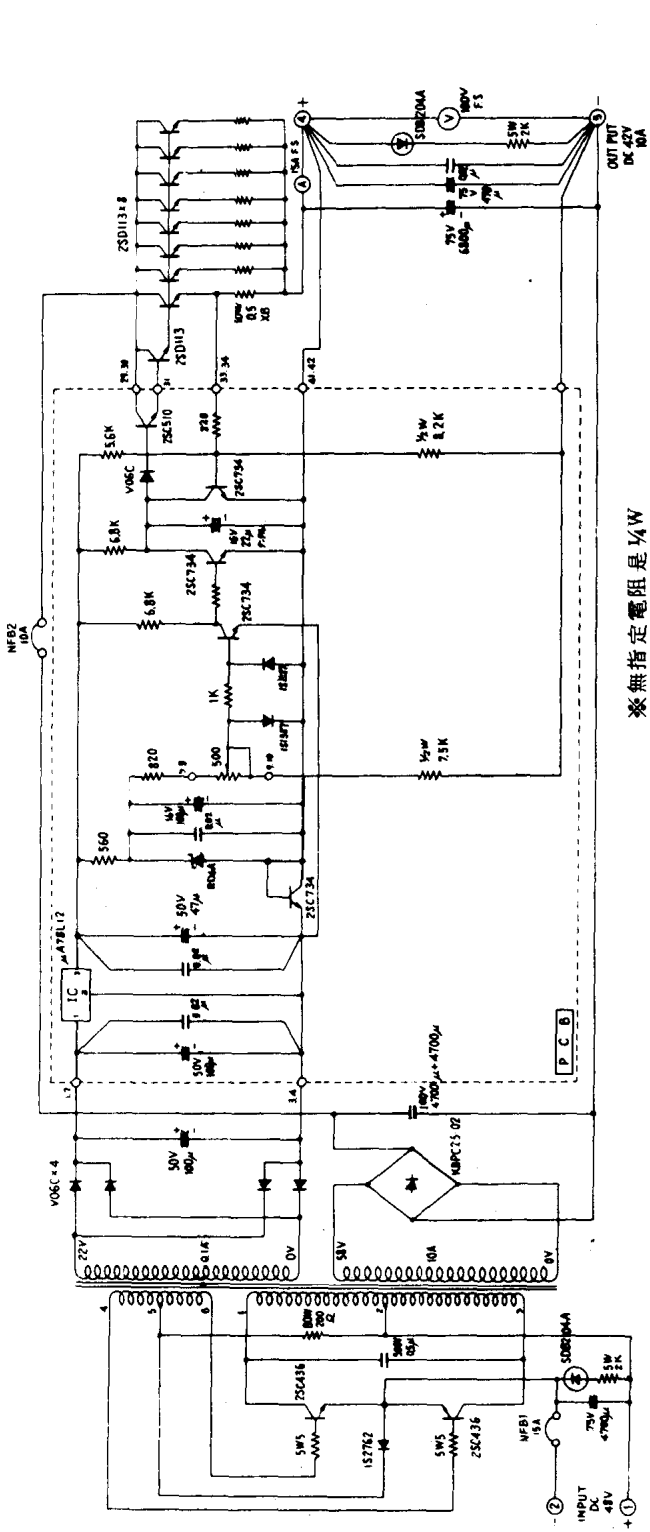
$$R_4 = R_3 // R_6 \approx 5 \text{ k}\Omega$$

$$V_{o1} = -\frac{R_3}{R_4} V_{o2}$$

$$V_{o2} = -\frac{R_3 + R_5}{R_3} V_{i(t)}$$

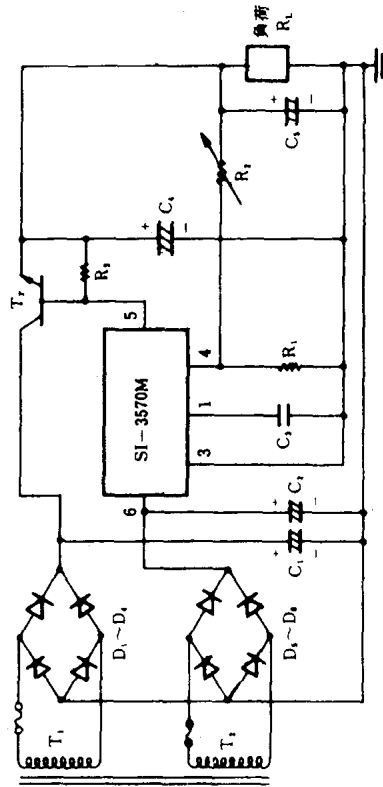
使用一个 M5199Y 的正负电源



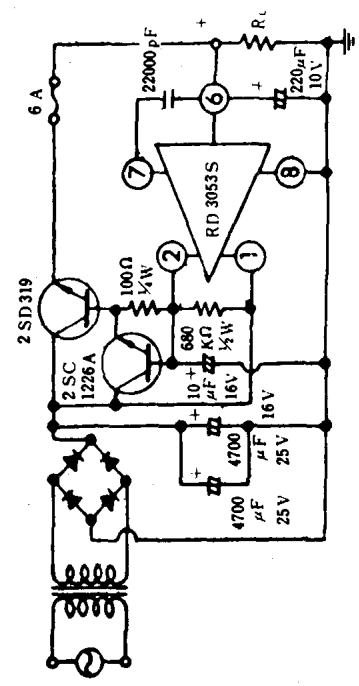


※無指定電阻は1/4W

48V → 42V, 10A DC-DC 转换器

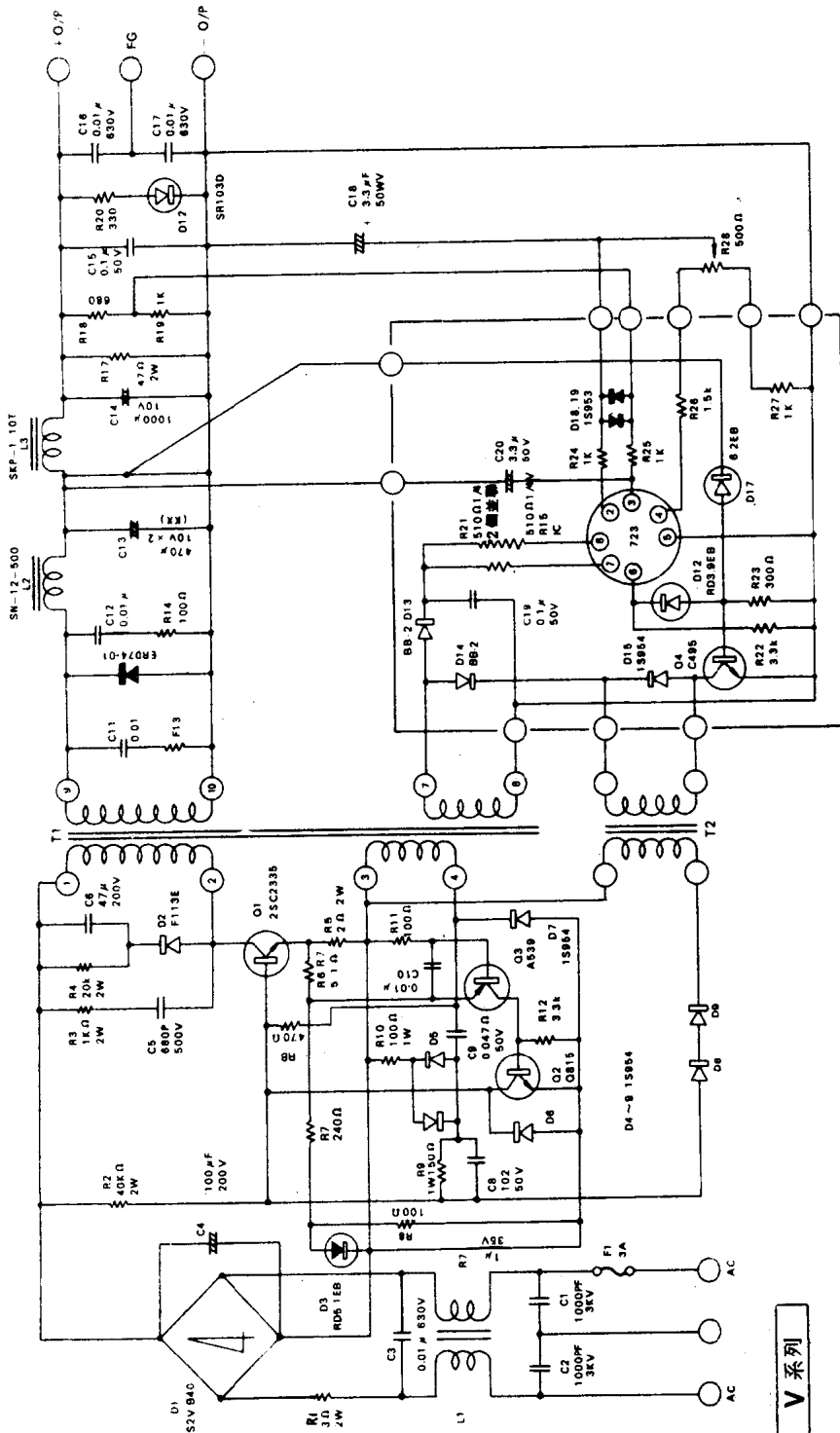


输出 5V, 输出电流 5A 的定电压电源

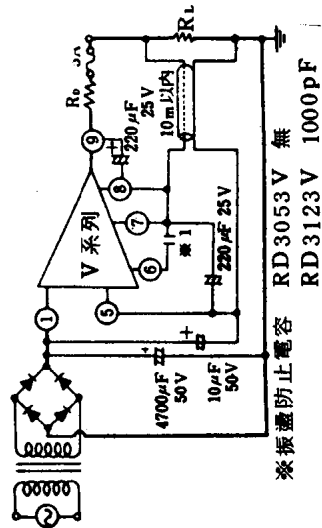


使用 NATIONAL 调节器 S 系列做 5A 使用的电源



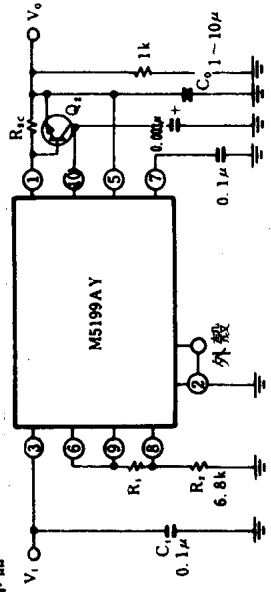


生产线工作用 5V, 4A 交换型调节器

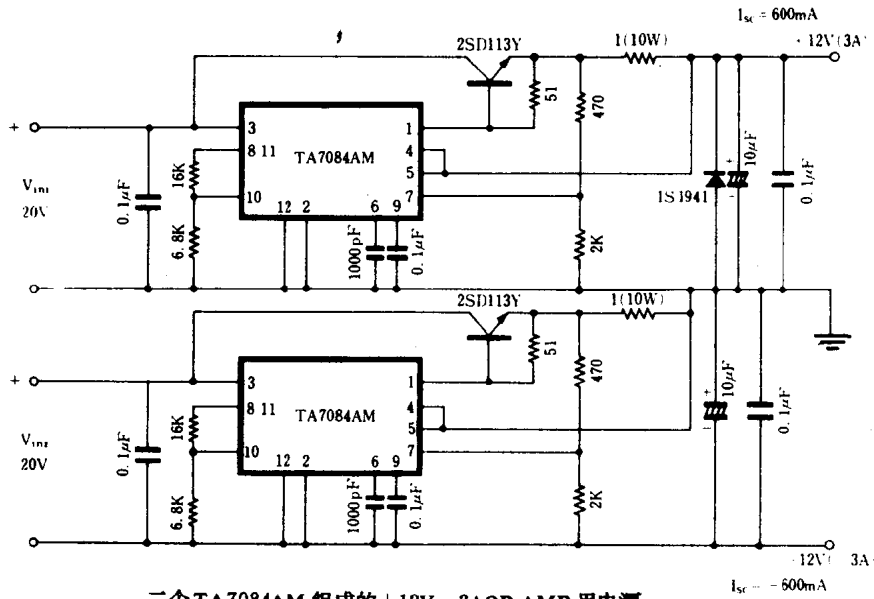


※振荡防止电容 RD3053V 無 RD3123V 1000pF

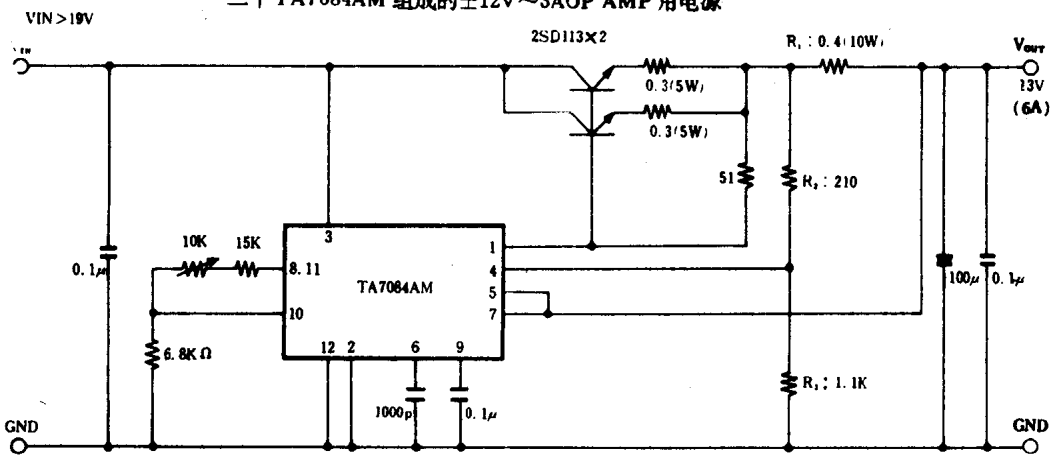
使用 NATIONAL 调节器 V 系列做远检测出使用的电源



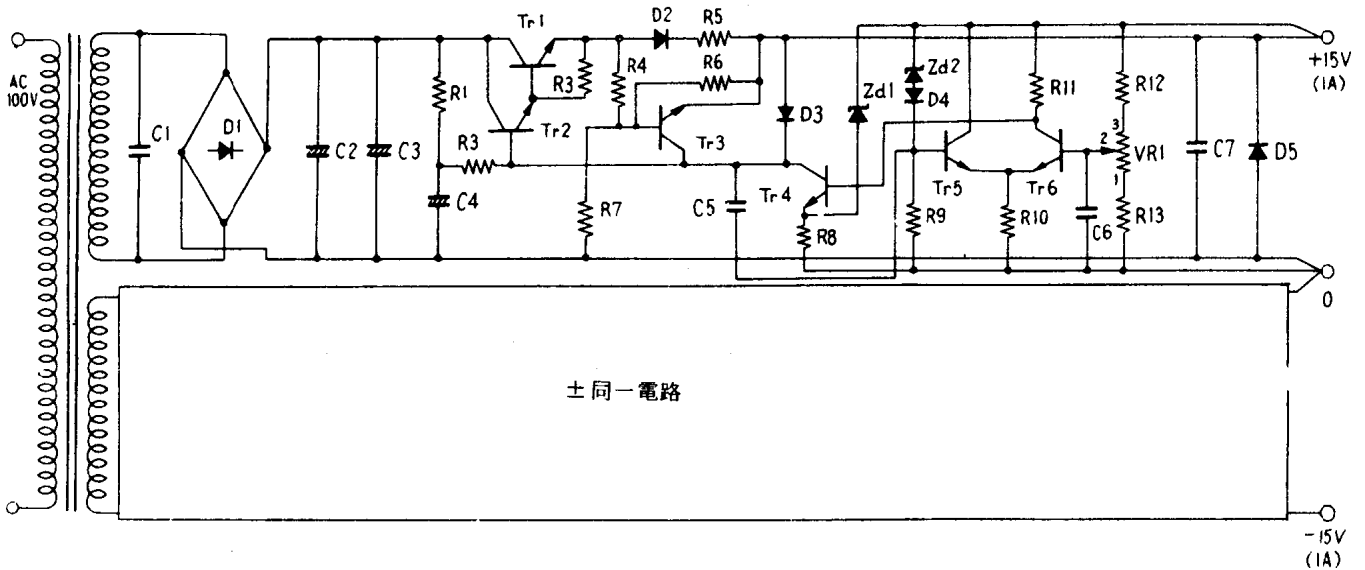
使用三菱 M5199Y 的垂直下降型电流限制电源 (使用内附电流限制用电晶体的场合)



二个TA7084AM组成的±12V~3AOP AMP用电源



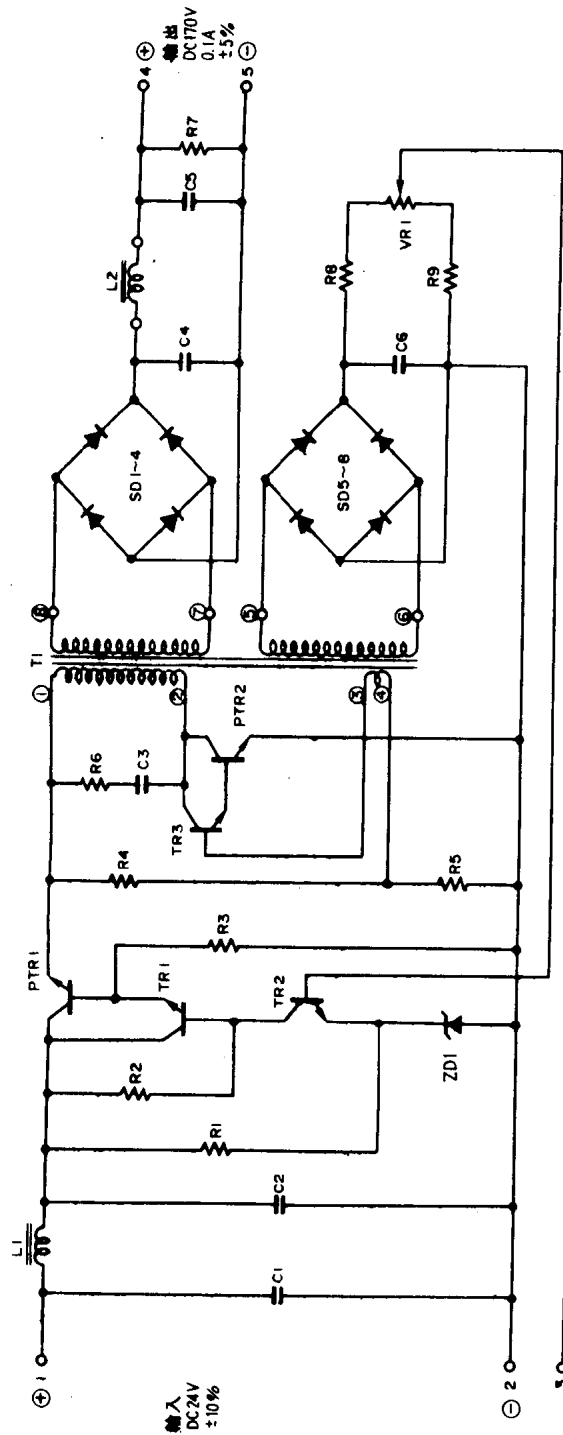
TA7084AM组成的13V~6A电源



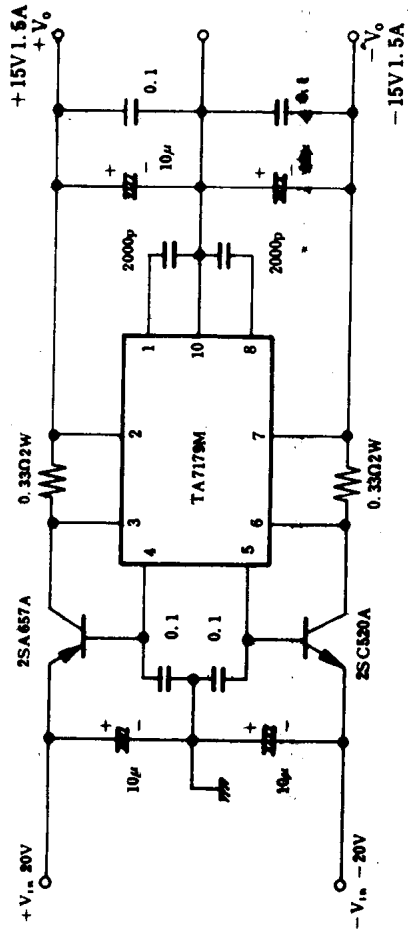
±15V, 1A 定电压电源



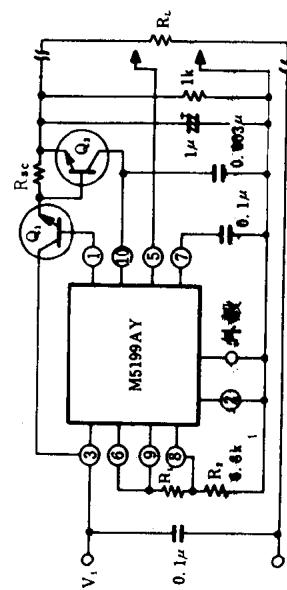


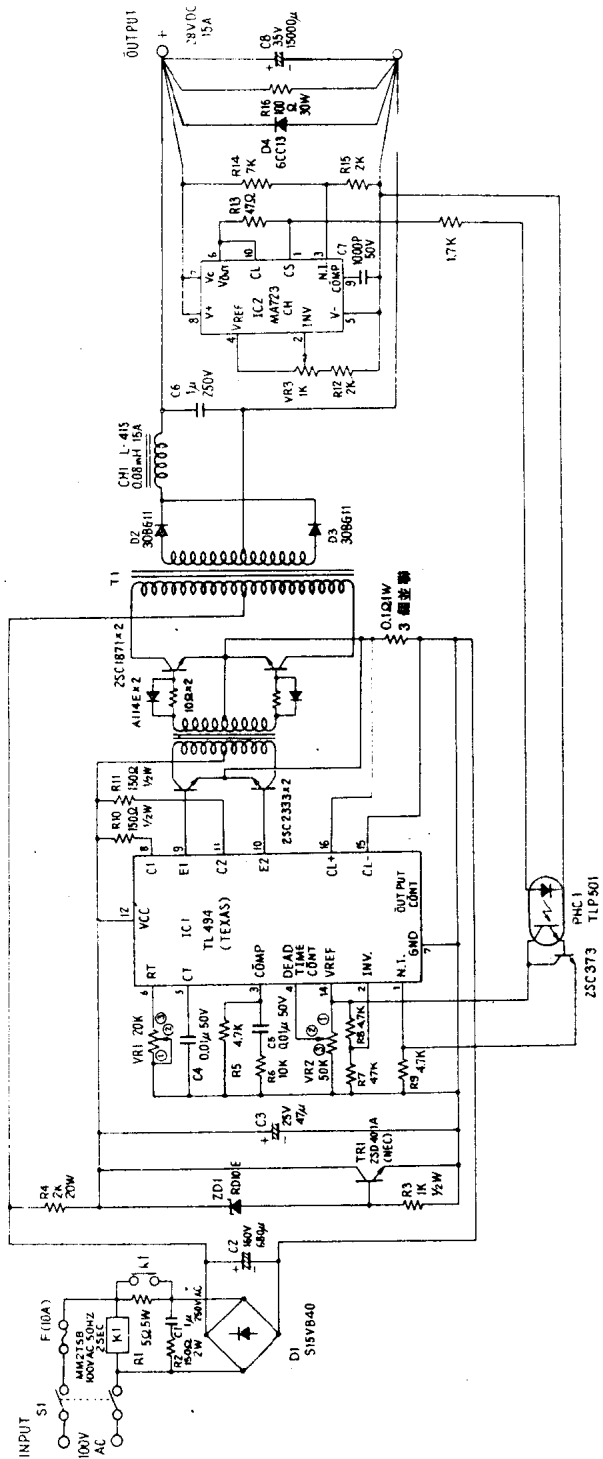


回授型 DC24V→DC170V DC-DC 转换器

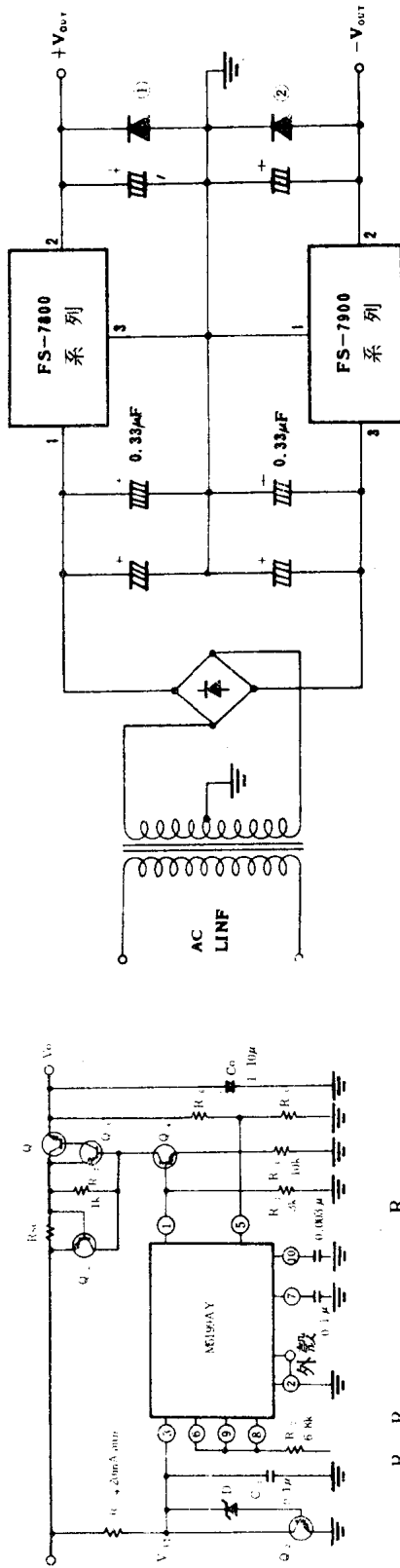


TA7179M 组成的±15V~1.5A 追踪式调节器





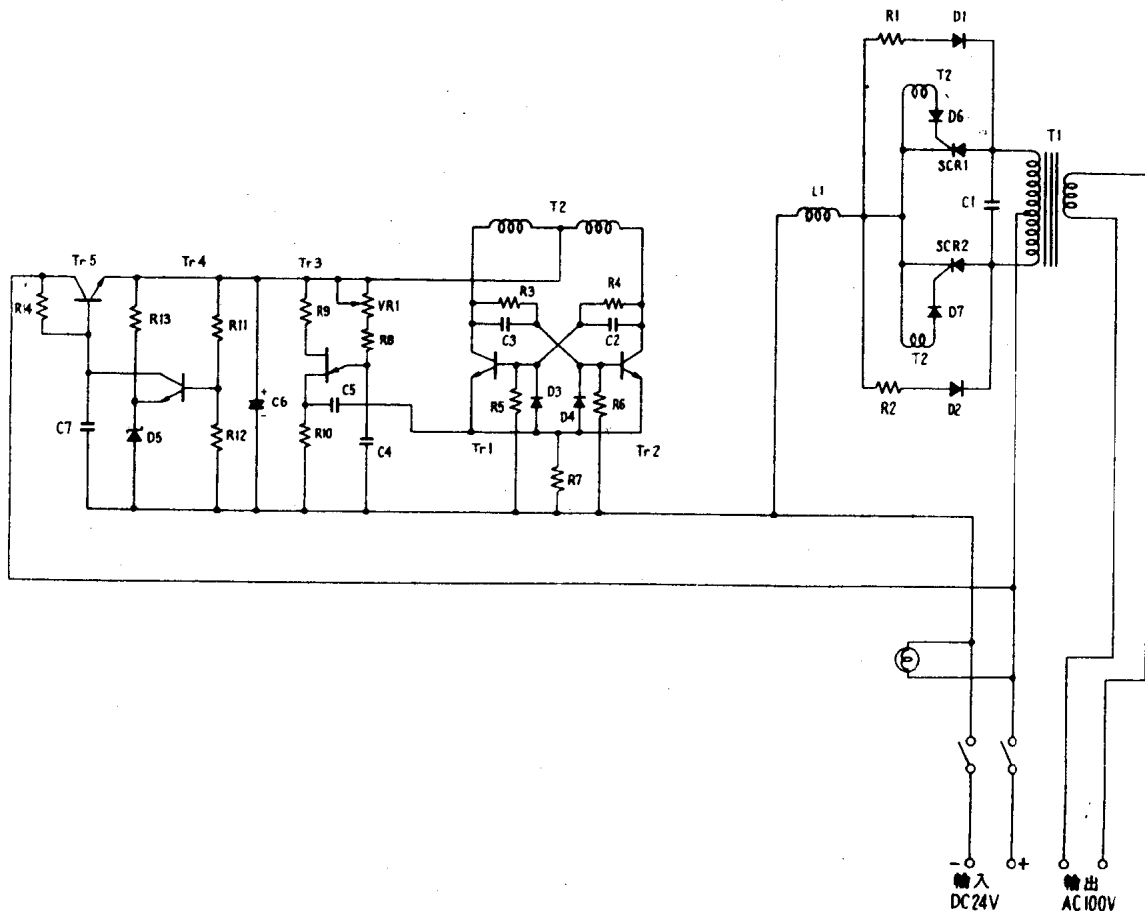
28V, 15A 交换型调节器



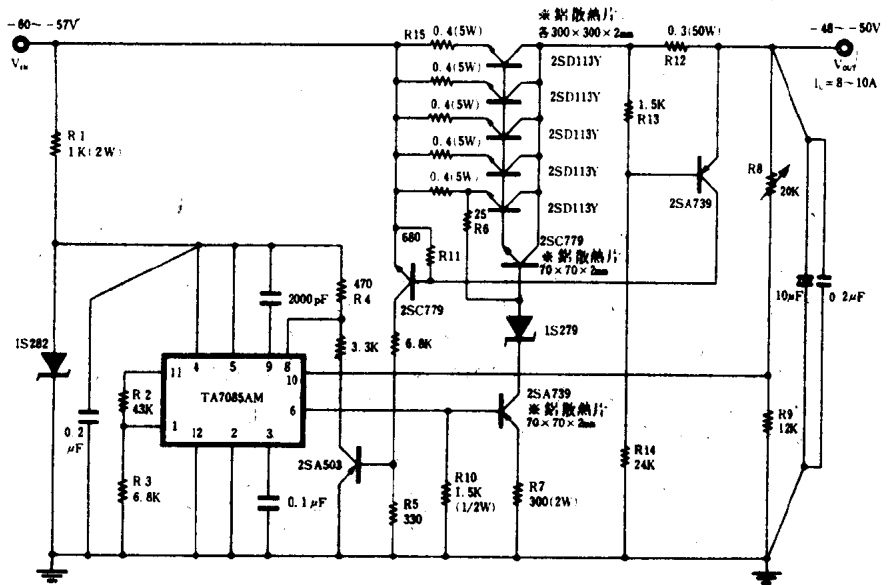
FS-7800, 7900 系列组成的士电源

$$V_o = \frac{R_3 \cdot R_2}{R_1} \cdot V_{ref} \quad 3.5V < V_o < (V_{i2} - 4)V$$

使用三菱 M5199Y 的增压电源

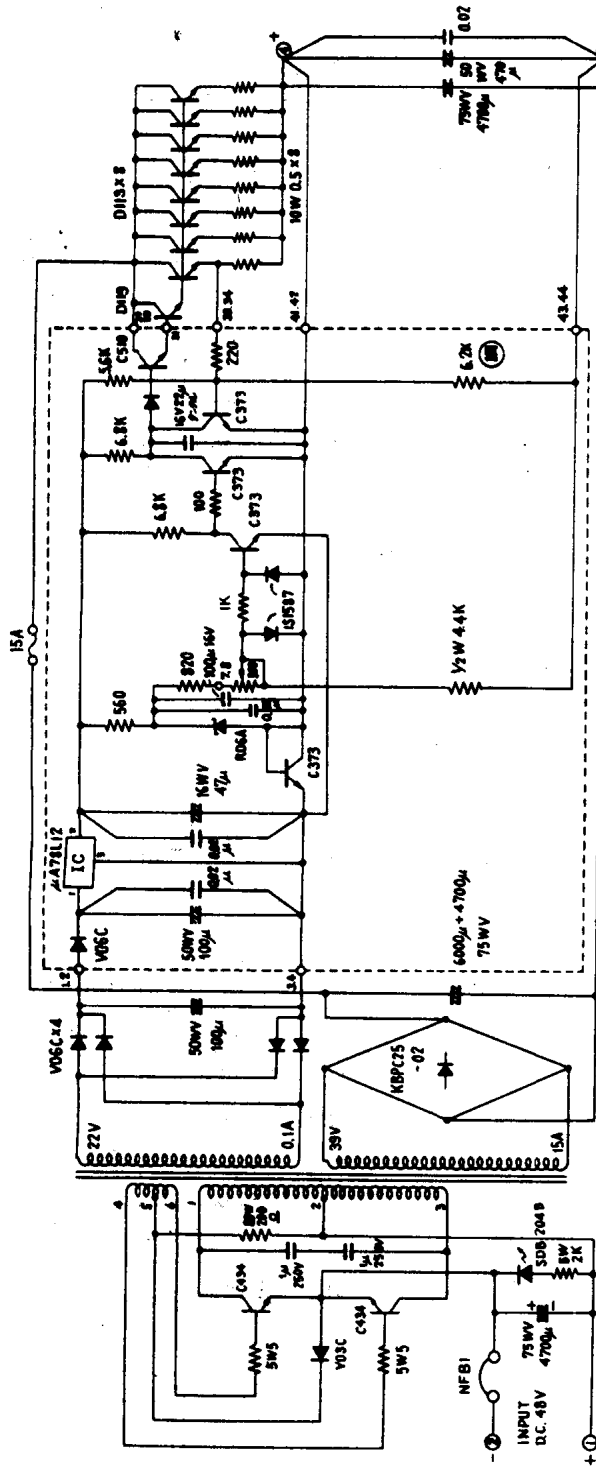


航海灯用变换器, 输入 DC24V, 输出 AC100V, 5A



TA7085AM 组成的 50V~10A 电源



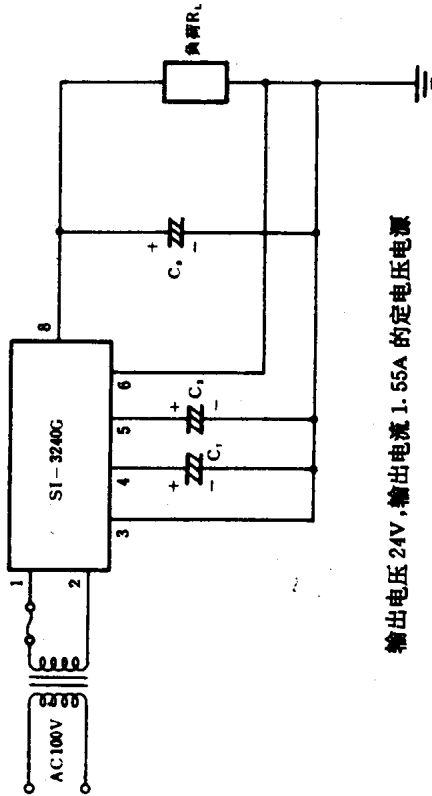


OUTPUT  
DC 24V  
1.5A

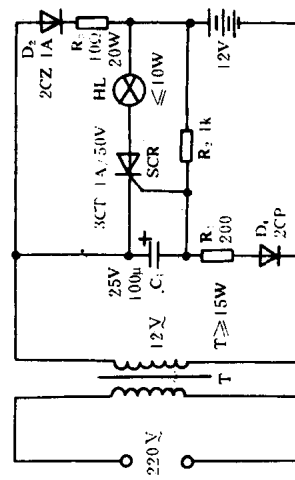
连接器號碼 表無指定電阻全部是 1/4W

PC 板實際裝配示意圖

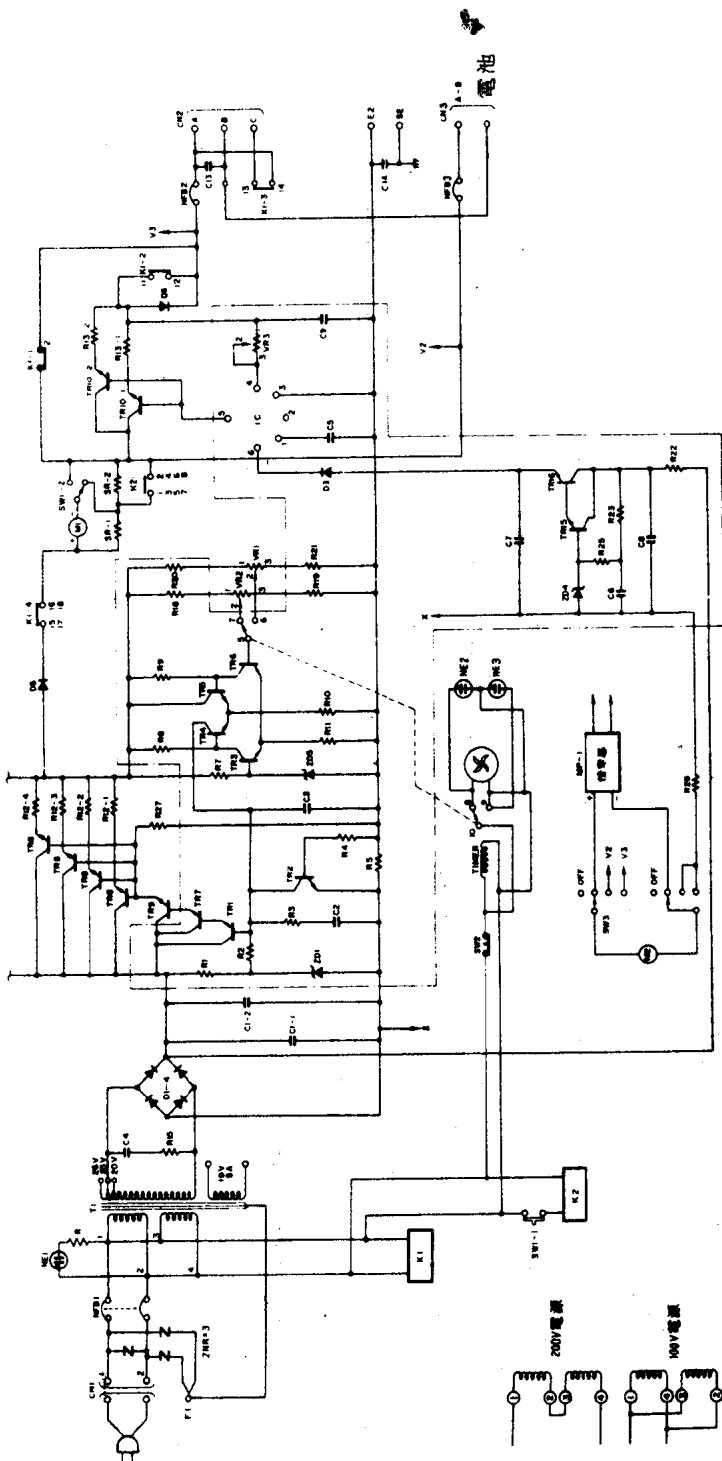
48V → 24V DC-DC 转换器



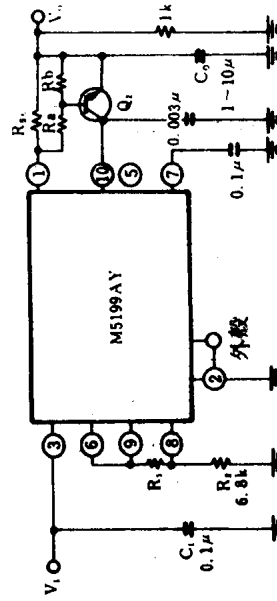
输出电压 24V, 输出电流 1.55A 的定电压电源



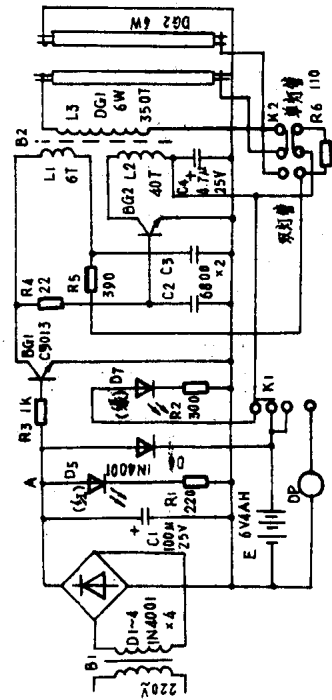
应急照明灯



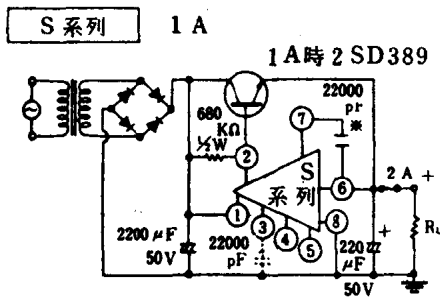
13. 8V, 6A 通用仪器用恒定化电源电路



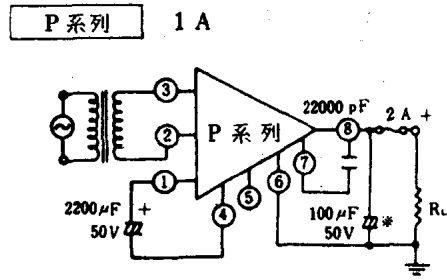
使用三菱 M5199Y 的垂直下降型电流限制电源  
(电阻分割方式)



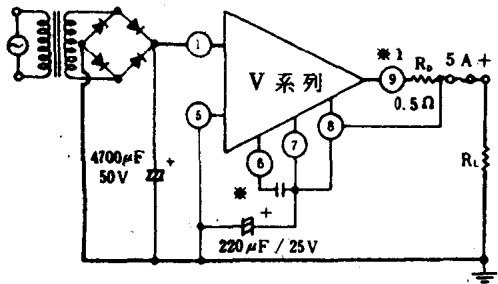
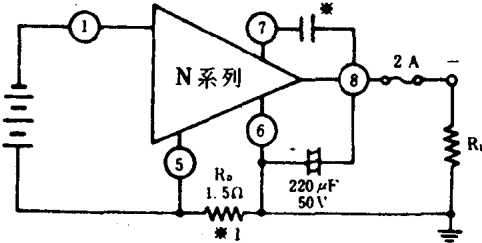
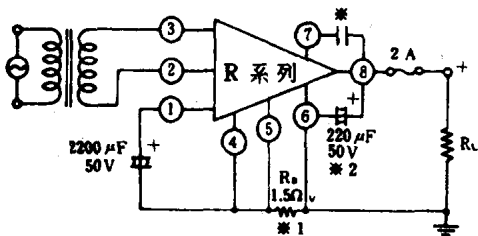
日立牌双灯应急灯



虛線是 5[V] 時使用。又，此時之電容器不必接。



5[V] 用時電容器請變更為 220 μF



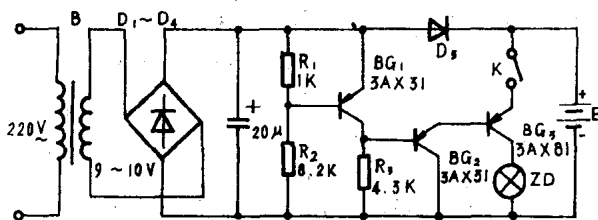
電源電壓變動±20%場合推薦使用條件

系列	電壓	5 V	9 V	12 V	15 V	18 V	24 V	單位
S	10	13	19	22	25	34	V <sub>DC</sub>	
	1	1	1	0.9	0.8	0.6	A	
P	10	13	17	20	23	29	V <sub>AC</sub>	
	1	1	1	0.9	0.8	0.6	A	
R	12	14	19	22	25	31	V <sub>AC</sub>	
	1	1	1	0.9	0.8	0.6	A	
N	-10		-19	-23		-34	V <sub>DC</sub>	
	1		1	0.9		0.6	A	
V	11		19				V <sub>DC</sub>	
	3		2.3				A	

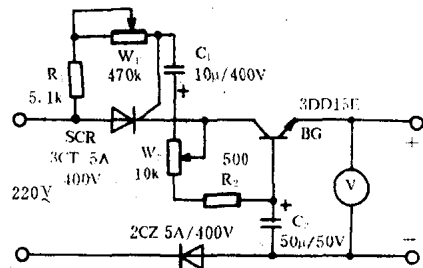
※ 12V 時用 1000pF  
 ※ 12V 時用 0.75Ω

(註) 上：輸入電壓  
 下：負荷電流  
 2 S系列適用上記 1A 電路

NATIONAL 調節器 IC 標準使用的電源

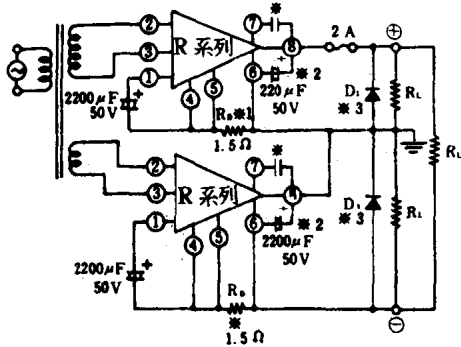


斷電應急照明裝置

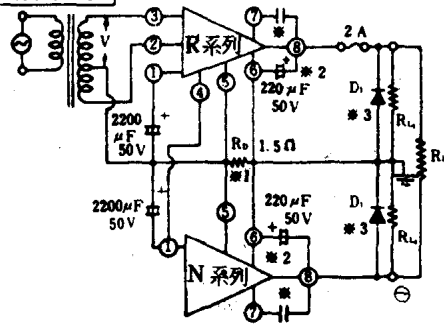


輕便的大功率直流電源

**R 系列**



**RN 系列**



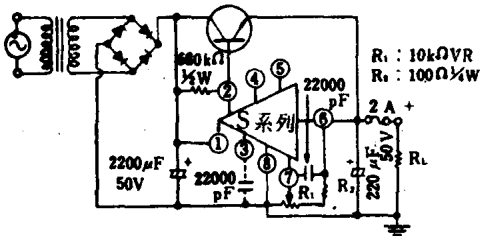
- 以下之狀況下過電流保護無法作用。
- $R_{L1}$  短路時。
- $R_{L1}$ 、 $R_{L2}$  兩者電流差在 1.4 A 以下時。
- $R_{L1}$ 、 $R_{L2}$  同時短路時。

**RN 使用時注意**

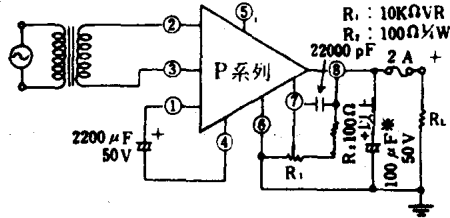
- ※ 1) 5 V 時用 1 Ω
- ※ 2) 9 V 時用 470 µF
- ※ R 系列 5 V : 無
- 9 V ~ 24 V : 2200 pF
- N 系列 -5 V : 無
- 12 V ~ -15 V : 2200 pF Mylar
- 24 V : 5600 pF Mylar
- ※ 3  $D_1$  逆耐壓 50 V, 順向 1 A

使用 NATIONAL 調節器的兩極電源

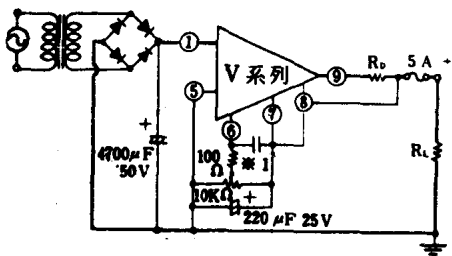
**S 系列**



**P 系列**



**V 系列**



- ※ 1 防止振盪電容 RD3053 V 無
- RD3123 V 1000 pF

**注意事項**

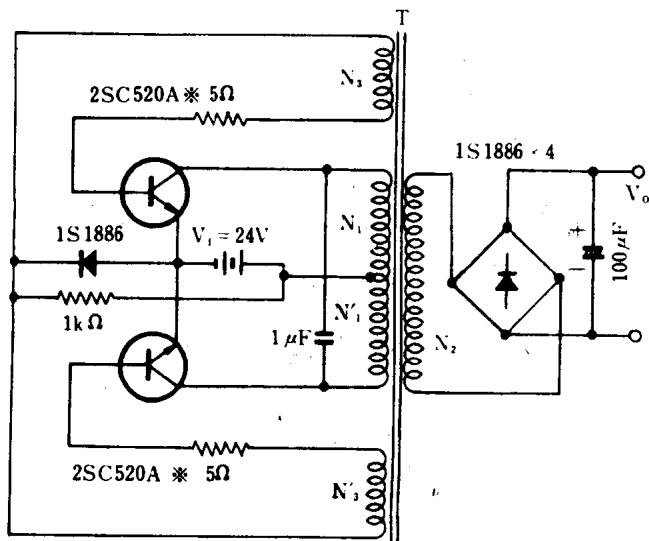
• 可變可能範圍 (參考)

系列 \ 電壓	5 V	9 V	12 V	15 V	18 V	24 V
S $V_{DC}$	4 ~ 6	8.8 ~ 238.8	8 ~ 238.8	8 ~ 288.8	8 ~ 338.8	8 ~ 41
P $V_{DC}$	4 ~ 6	8.8 ~ 198.8	8 ~ 288.8	8 ~ 348.8	8 ~ 348.8	8 ~ 41
R $V_{DC}$	4 ~ 6	8.8 ~ 198.8	8 ~ 268.8	8 ~ 298.8	8 ~ 328.8	8 ~ 41
N $V_{DC}$	4 ~ 6	—	8.8 ~ 318.8	8 ~ 36	—	8.8 ~ 50
V $V_{DC}$	4 ~ 6	—	8.8 ~ 31	—	—	—

- 上面方格內的數值, 盡可能取用中心值。
- 可變電阻器兩端爲了防止短路時造成 IC 破壞, 必須串接一固定電阻器。

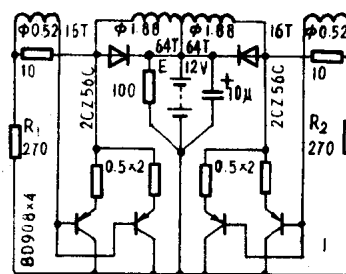
使用 NATIONAL 調節器輸出電壓可變的電源



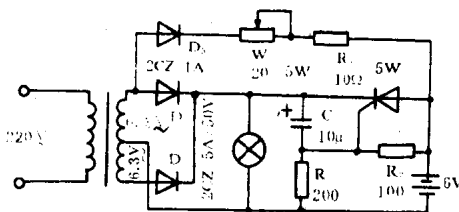


T: 东芝RNE线圈R-60  
 $N_1, N_2$ : 39T 1.0mm $\phi$   
 $N_3, N_4$ : 5T 0.32mm $\phi$   
 漆: 10mm $\times$ 100mm $\times$ 2mm 铝散热片  
 振荡频率  $f = 1\text{kHz}$   
 效率  $\eta = 80\%$   
 周围温度  $T_a = -20 \sim 70^\circ\text{C}$

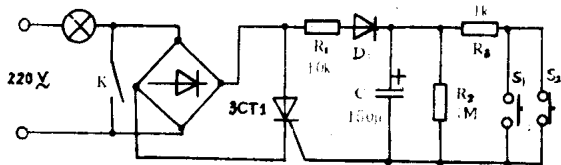
多谐振荡型 DC-DC 转换电源



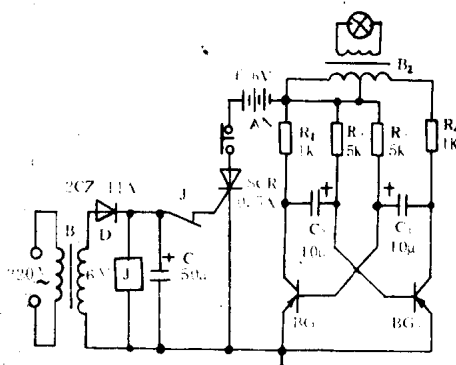
100W 工频电源逆变



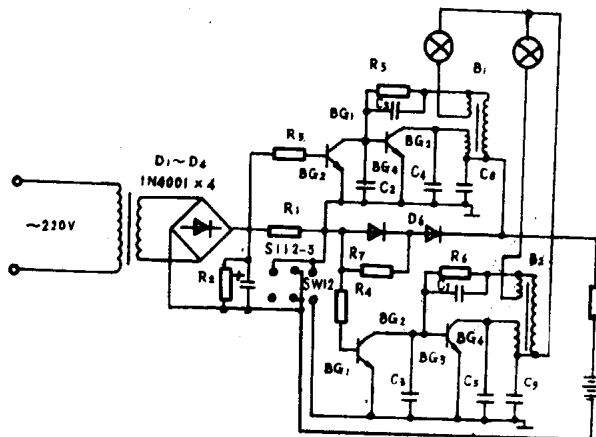
不停电交、直流点灯电路



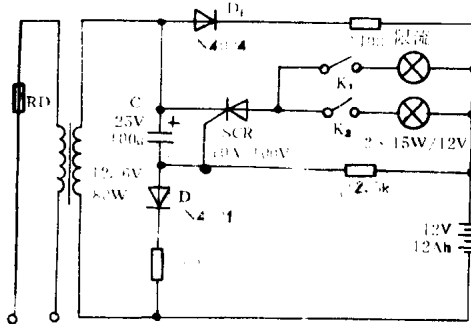
渐熄式灯开关电路



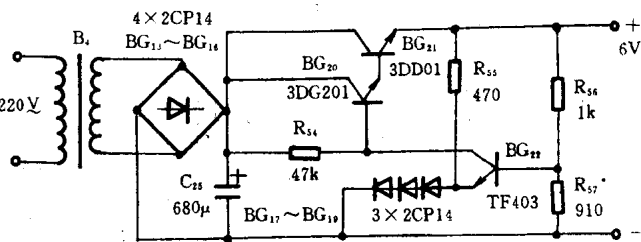
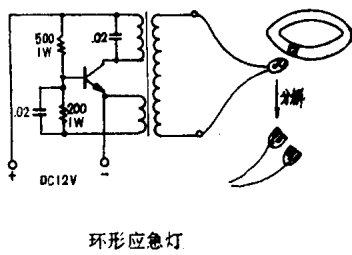
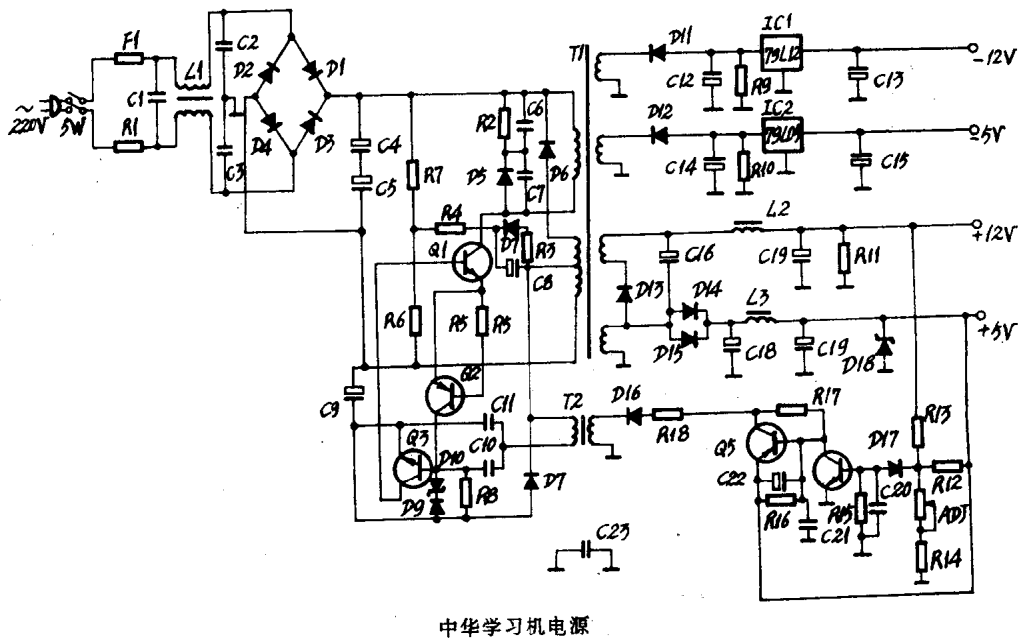
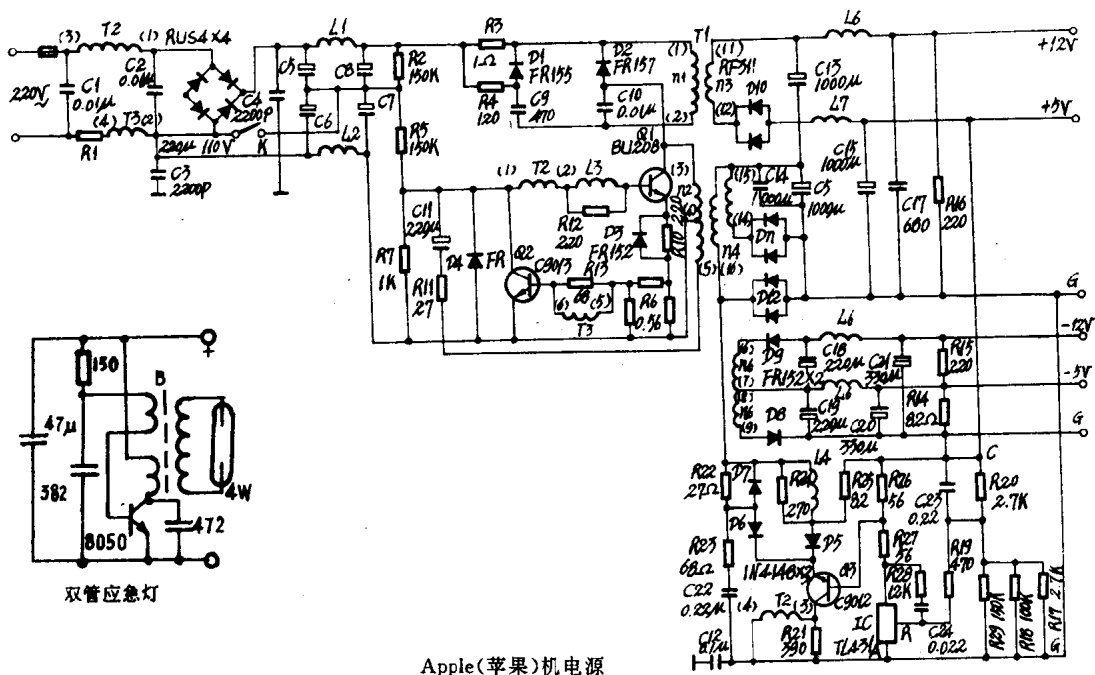
停电自动应急灯



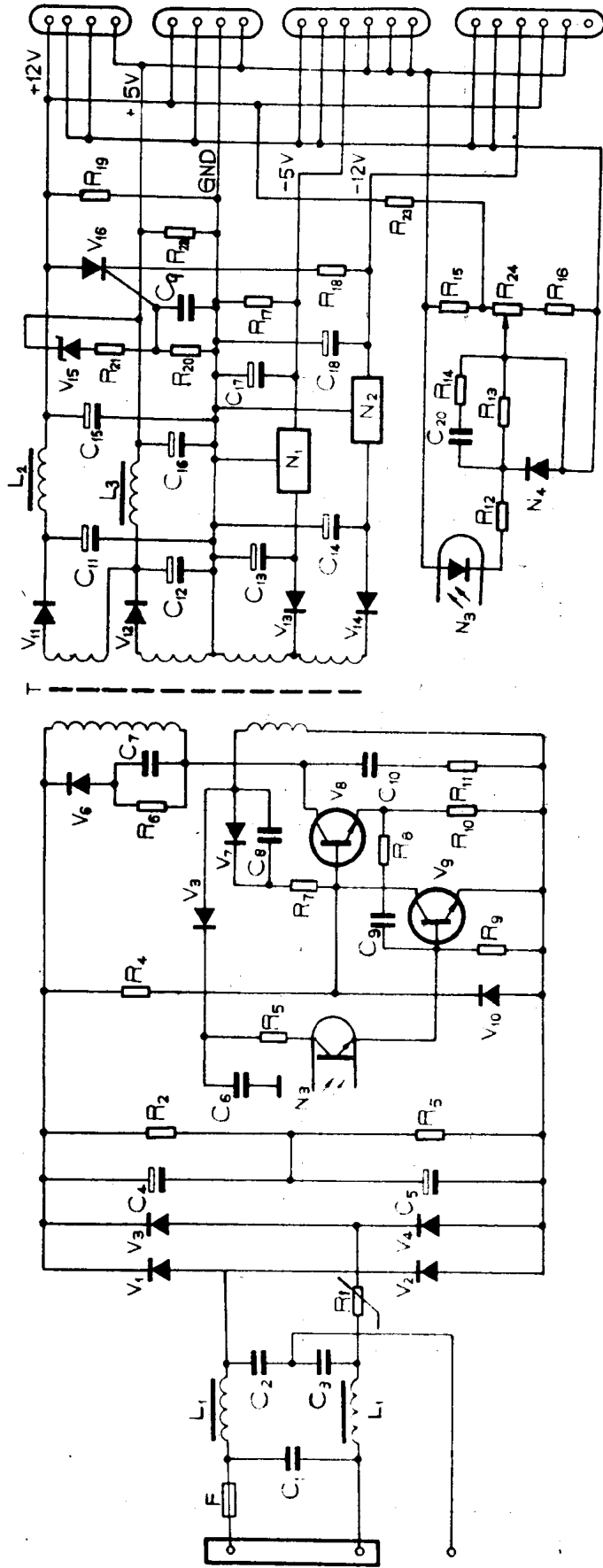
ZY-9201 型自动应急灯



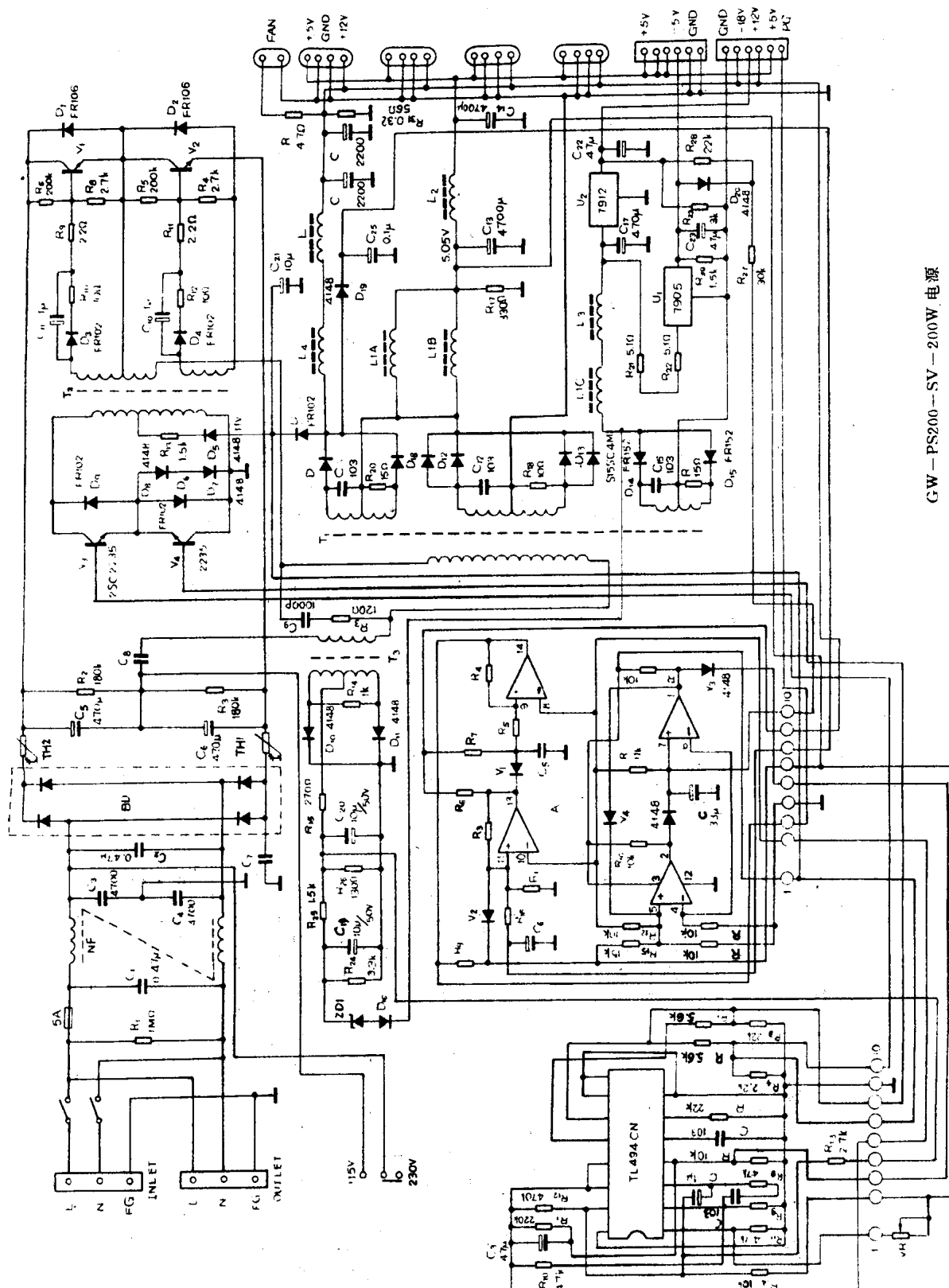
停电应急灯



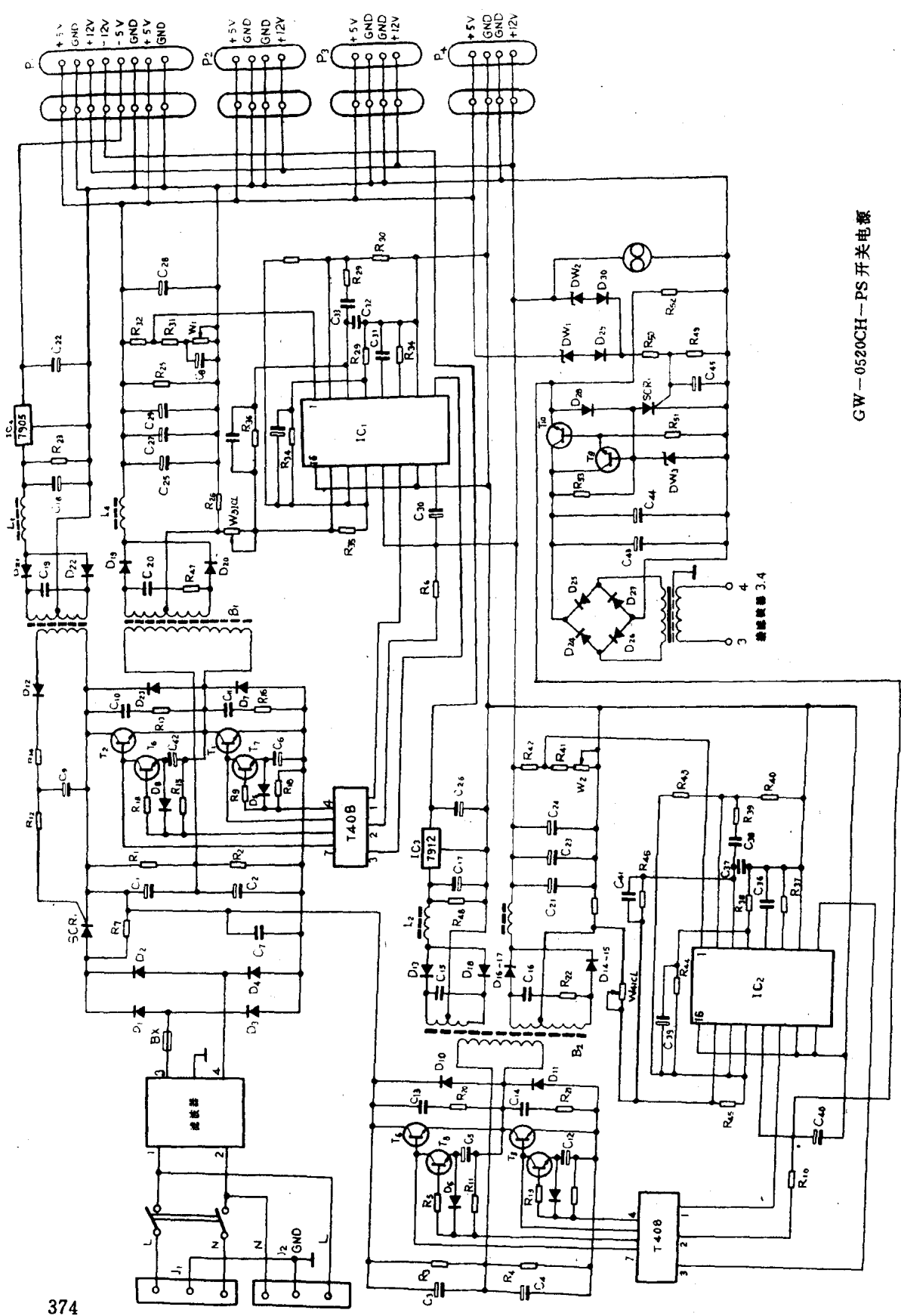




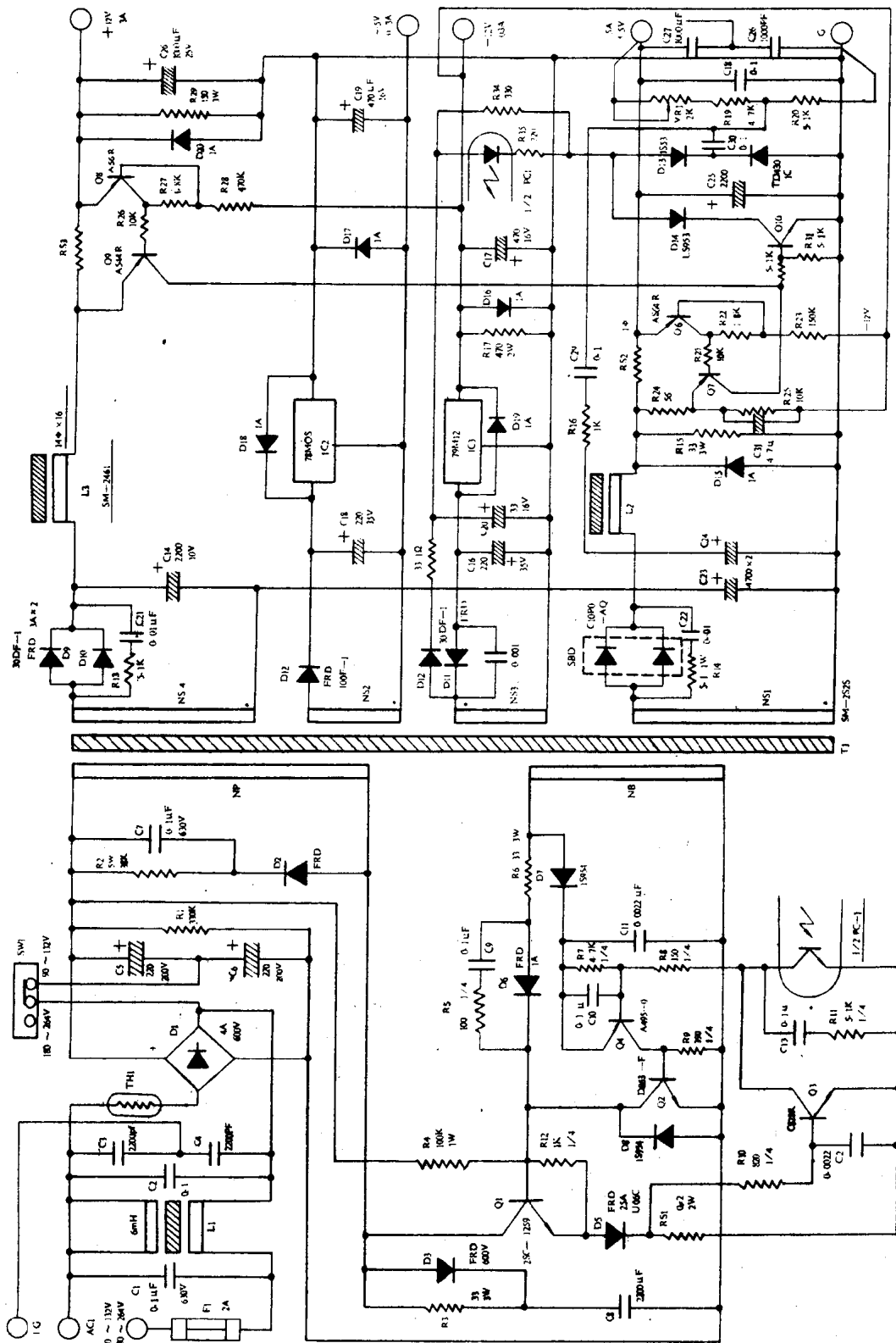
PS60-2(60W) 电源



GW-PS200-SV-200W 电源



GW-0520CH-PS 开关电源

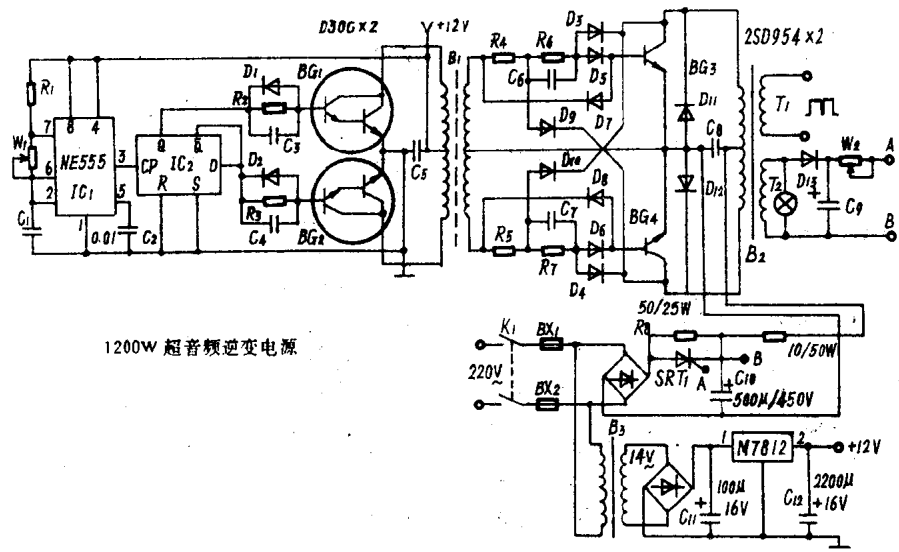


IBM-PC/XT 电源图 1

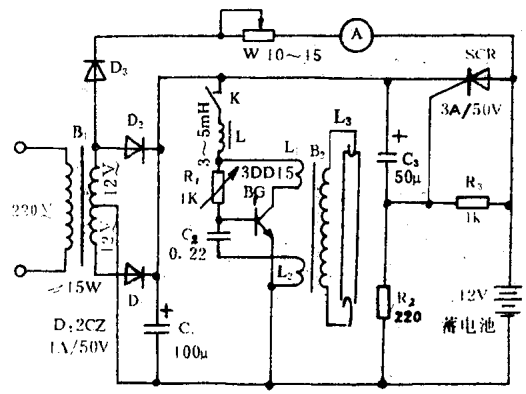




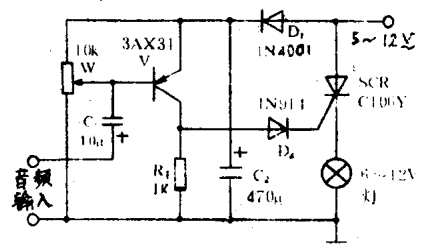




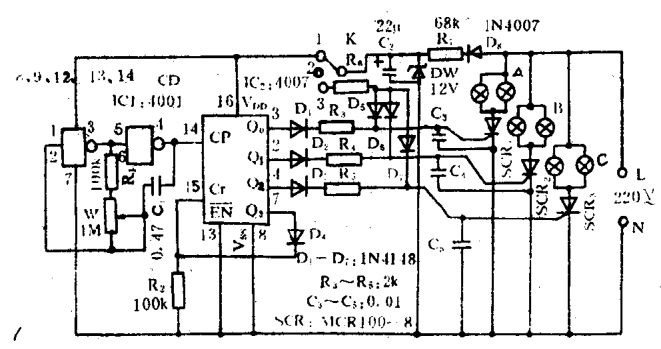
1200W 超音频逆变器



交直流两用日光灯



声调灯光装置



彩虹吸顶灯