

基于 AVR 单片机的数控直流稳压电源的设计*

左现刚, 张志霞

(河南科技学院 信息工程学院, 河南 新乡 453003)

摘要: 将单片机数字控制技术有机地融入直流稳压电源的设计中, 设计出一款高性价比的多功能数字化通用直流稳压电源。详细介绍 PWM 输出、A/D 采样、单片机等。该设计除了实现对电压的数字控制外, 还具有高精度、多功能、液晶显示的特点。

关键词: AVR 单片机; 直流稳压电源; 电压表; 数字控制

中图分类号: TM44

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)08-0084-03

Design of digital controlled DC stabilized voltage source based on AVR MCU

Zuo Xiangang, Zhang Zhixia

(School of Information Engineering, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China)

Abstract: In this paper, DC regulated power supply with digital control is presented, a new highly performance-to-price general regulated power supply is designed, which can be controlled by the digital technology of MCU. The PWM output A/D sampling and MCU have detailed introduction in this paper. The design has the high accuracy, multi-purpose, liquid crystal display characteristic, besides the function of digital control for the voltage.

Key words: AVR MCU; DC regulated power supply; voltmeter; digital control

从 20 世纪 90 年代末起, 随着对系统更高效率和更低功耗的需求, 电信与数据通讯设备的技术更新推动电源行业中直流/直流电源转换器向更高灵活性和智能化方向发展。本文设计的直流稳压电源主要由单片机系统、键盘、数码管显示器、指示灯及报警电路、检测电路、D/A 转换电路、直流稳压电路等部分组成。其中数控电源采用按键盘, 可对输出电压及报警阈值以快慢两种方式进行设置, 输出由单片机通过 D/A 控制驱动模块输出一个稳定电压。同时稳压方法采用单片机控制, 单片机通过 A/D 采样输出电压, 与设定值进行比较, 若有偏差则调整输出, 越限则输出报警信号并截流。工作过程中, 稳压电源的工作状态(输出电压、电流等各种工作状态)均由单片机输出驱动 LCD 显示, 由键盘控制进行动态逻辑切换。以单片机为核心设计智能化高精度简易直流电源, 电源采用数字调节, 输出精度高, 特别适用于各种有较高精度要求的场合。具有以下明显优点: (1) 智能化程度更高, 性能更完美; (2) 控制灵活, 系统升级方便; (3) 控制系统的可靠性提高, 易于标准化。

1 直流稳压电源的基本原理

直流电源电路一般由电源变压器、整流滤波电路及稳压电路所组成。如图 1 所示。

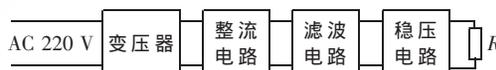


图 1 直流稳压电源的工作原理

稳压电路经常采用三端稳压器, 应用电路如图 2 所示, 只要把正输入电压 U_1 加到 LM7805 的输入端, LM7805 的公共端接地, 其输出端便能输出芯片标称正电压 U_2 。实际应用中, 输入端和输出端与地之间除分别接大容量滤波电容外, 通常还需在芯片引出脚根部接小

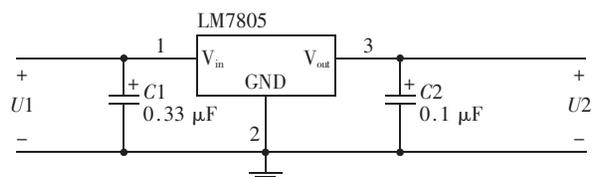


图 2 三端固定式稳压电路

* 基金项目: 河南省教育厅自然科学研究计划项目(2011B510006)

应用奇葩

Example of Application

容量电容到地。C1 用于抑制自激振荡, C2 用于压窄芯片的高频带宽, 减小高频噪声。如图 2 所示。

2 数控恒压源的实现方案

传统的直流稳压电源通过粗调波段开关及细调电位器来调节, 并由电表指示电压值的大小。这种稳压电源存在读数不直观、电位器易磨损、精度不高、不易调准、电位构成复杂、体积大等缺点, 基于单片机控制的数控直流电源不但实现了直流稳压的功能, 而且没有上述的缺点。

2.1 设计要求

输出电压范围: 0.0 V~9.9 V;

输出电压的调整方式: 步进, 步进数值为 0.1 V;

显示方式: LCD1602 液晶显示;

监测 D/A 的输出电压值。

2.2 数控电源的方案

图 3 所示为数控电源的设计框图, 其输出电压数值由键盘控制。通过键盘把需要输出的电压值以步进方式输入到单片机。这里电压采用单片机的 PWM 模拟电压输出。显示电路既可用来说明输出的电压值, 也可用来显示键盘电路的调整过程。如果不满足输出电压的要求, 将需要添加一个电压放大器。经过 LM324 线性转换后, 得到所需电压值, 另外对监测电压实际输出电压值进行采样, 并将采样值通过单片机的 A/D 采样口送回单片机处理后显示。在该数字控制电源中, 使用 AVR 芯片完成系统控制按键输入判断、电压数值显示以及对外部芯片的各种数字控制。

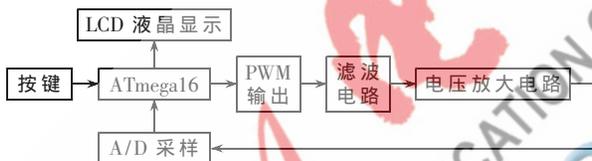


图 3 设计总体框图

3 数字控制部分

ATmega16 是基于增强的 AVR RISC 结构的低功耗 8 位 CMOS 微控制器; 数据吞吐率高达 1 MIPS/MHz, 从而可以缓减系统在功耗和处理速度之间的矛盾; 具有 4 通道的 PWM 以及 8 路 10 bit ADC。

本系统的 D/A 选择常用的 DAC0832。当其于单片机相连时电路和程序简单, 只需把单片机的数据线与 DAC0832 的输入端直接相连即可。其各个引脚的连接及外围如图 4 所示。

3.1 D/A 转换的计算

D/A 转换器 (DAC) 输入的是数字量, 经转换输出的是模拟量。DAC 的技术指标很多, 主要有分辨率、线性度、相对精度、建立时间、输入/输出特性等。

DAC0832 为 8 bit D/A 转换器, 单电源供电, 范围为 +5 V~+15 V, 基准电压范围为 ±10 V。电流的建立时间为 1 μs。CMOS 工艺功耗 20 mW。输入设有两级缓冲锁存器。

电压的计算方式:

90

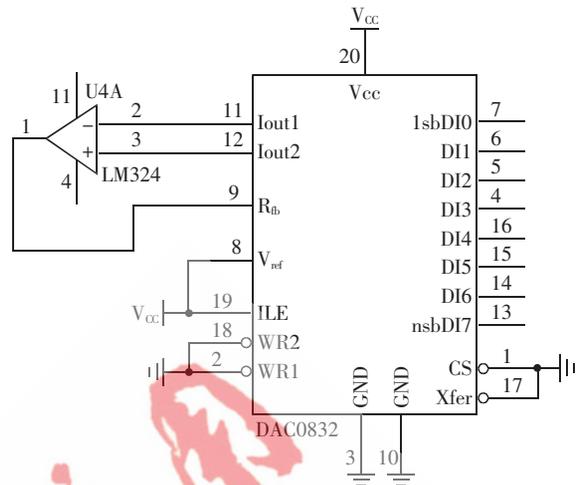


图 4 D/A 模块电路

(1) 欲将数控电压步进设计为 1 V, 需要准确选择 D/A 的参考电压 V_{ref} , 如图 4 所示用一个精密电阻进行调节, 计算方法如下:

$$\frac{V_{ref}}{256} = \frac{V}{n}, \frac{V_{ref}}{256} = \frac{V}{n}$$

(2) 数字量取 0~256, n 取 16, V_{ref} 取 8 V。即数字量每步进 16 个单位, 模拟量改变为 0.031 25 V, 要达到步进为 1 V, 必须放大 2 倍, 用运放即可。

运算放大器的原理如图 5 所示。

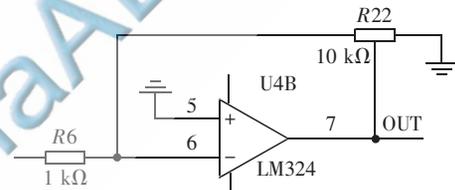


图 5 运算放大电路

3.2 电压放大电路

运算放大器通常工作在闭环状态, 将运算放大器的放大电路接上一定的反馈电路和外接元件, 就可以实现各种数学运算。运算放大器反馈电路有各种形式, 不同的反馈电路和不同的输入方式可以组成各种不同用途的运算放大电路。

图 6 是输入信号加在反相输入端的比例运算电路。其中 R_1 为输入端电阻, R_f 为反馈电阻, 它以并联负反馈的方式将输出电压反馈到反相输入端, 为了在输入信号 $U_i=0$ 时, 输出 $U_o=0$, 电阻的选择应满足 $R_2=R_1//R_f$ 。这样

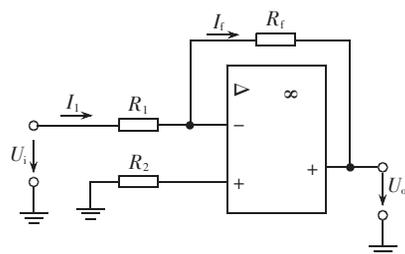


图 6 运放连接示意图

应用奇葩

Example of Application

可保证运算放大器的反相输入端与同相输入端的外接电阻相等,使其处于对称平衡状态,以消除运算放大器的偏置电流对输出电压的影响,因此,称 R_2 为平衡电阻。

由理想运放的两条重要结论可知, $I_1 \approx 0$, $U_+ \approx U_-$ 。通过 R_1 的电流 I_1 , 即: $I_1 = I_1$, 又由于运放的通向输入端接地, $U_+ = 0$, 所以可得 $U_+ \approx U_-$, 也就是说, 当同相端接地, $U_+ = 0$ 时反相输入端电位 $U_- \approx 0$, 它是一个不接地的“地”, 称为“虚地”。“虚地”的存在是运算电路在闭环工作状态下的一个重要特征。

由图 6 可得:

$$I_1 = \frac{U_i - U_-}{R_1} \approx \frac{U_i - 0}{R_1} = \frac{U_i}{R_1}$$

$$I_1 = \frac{U_- - U_o}{R_f} \approx \frac{0 - U_o}{R_f} = -\frac{U_o}{R_f}$$

因为 $I_1 \approx I_1$, 所以可得: $U_o = -\frac{R_f}{R_1} U_i$

闭环电压放大倍数则为: $A_{U_i} = \frac{U_o}{U_i} = -\frac{R_f}{R_1}$

上式表明, 该电路的输出电压与输入电压之比仅由电阻 R_f 与 R_1 的比值决定, 而与集成运放本身的参数无关。式中的负号表示输出电压与输入电压反相, 因而称为反相比例运算放大电路。当 $R_1 = R_f$ 时, $U_o = -U_i$, 反相输入比例运算电路就成了反相器。

3.3 显示电路设计

数控电源的数据显示采用 LCD1602 液晶显示, 电路如图 7 所示。

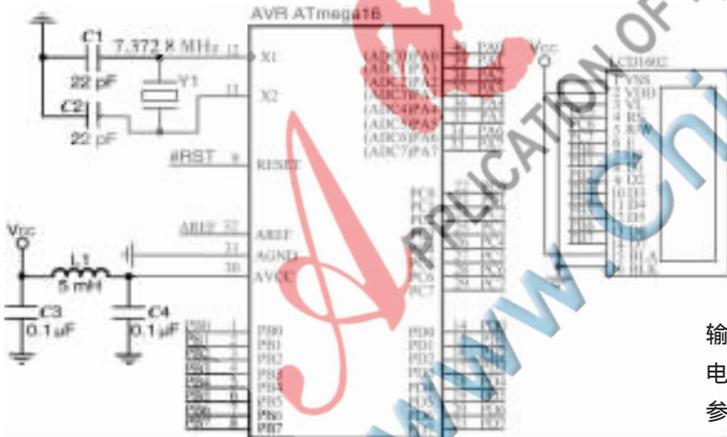


图 7 液晶显示示意图

4 软件设计

控制程序使用 C 语言编写, 在 ICCAVR 平台下编译通过, 运用双龙下载软件将程序下载到芯片。当按键按下, 可进行电压调整, 最大可调节电压为 1 V, 步进为 0.1 V。在按键加减的过程中, LCD 模块显示的电压随着上下变化, 当按键不动作后, 将单片机的 PWM 模拟输出电压经二次滤波电路输出, 经线性, 放大得到与显示电压值相同的电压。

4.1 程序设计流程图

设计流程图分为三大部分, 即主程序流程图、键盘

扫描流程图和键盘控制流程图。主程序流程图如图 8 所示。

4.2 调试

准备就绪后, 将变压器通电, 开始进行测试, 检测它们是否达到设计要求。检查的项目包括输出电压范围、整个输出电压范围内的步进调整值、输出电压与预置电压是否匹配以及数字电压表功能的精准度。数控电源系统的供电由直流稳压电源提供, 由硬件电路的 ± 15 V 电源和 5 V 电源提供。电压测试结果如表 1 所示。

表 1 电压测试结果及对比表

预置电压值/V	显示电压值/V	监测电压值/V	绝对误差/%
0.1	0.1	0.11	0.01
0.5	0.5	0.51	0.01
1.2	1.2	1.21	0.01
1.8	1.8	1.81	0.01
2.0	2.0	2.02	0.02
3.3	3.3	3.32	0.02
5.1	5.1	5.11	0.01
6.7	6.7	6.73	0.03
7.0	7.0	7.01	0.01
8.2	8.2	8.23	0.03
9.3	9.3	9.31	0.01
9.9	9.9	10.0	0.01

以上为电压测试结果, 由于 PWM 的分辨率为 0.2, 所以其误差范围可以限制在 0~0.2 V 左右, 在这个范围内产生误差是允许的。因此监测电压与输出电压基本一致。因为 PWM 输出为 8 bit, 分辨率 = PWM 占空比/250, 那么当占空比值变化 1 时, 其电压变化为 0.02 V, 之后运放将电压放大变化 0.04 V。所以可达到电压变化精度为 0.04 V。

本系统以高性能的 AVR 单片机 ATmega16 芯片和 8 bit 精度的 D/A 转换器 DAC0832 为核心部件, 利用常用的三端稳压器 LM7805 的公共端与输出端固定的 5 V 电压特性, 最终实现了数字显示输出电压值和电流值, 达到了预期目标。

参考文献

- [1] 张燕红, 郑仲桥. 基于单片机 AT89C52 的数据采集系统[J]. 化工自动化及仪表, 2010, 37(3): 110-112.
- [2] 刘明亮, 孙来军, 叶光忠. 基于 ATmega128 的智能安全帽特性检测仪设计[J]. 微型机与应用, 2010, 29(21): 82-84.
- [3] 克强. 数控直流稳压电源[J]. 电子世界, 2008, 3(10): 32-36.
- [4] 康鸿雁. 基于单片机的数控直流源设计[J]. 微计算机信息, 2009, 25(9-2): 99-100.

(收稿日期: 2011-12-24)

作者简介:

左现刚, 男, 1976 年生, 助教, 硕士, 主要研究方向: 嵌入式系统及应用。

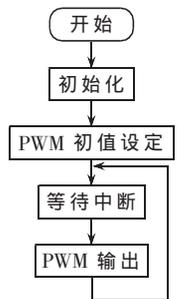


图 8 程序流程图