

面向金丝球焊线机的打火烧球控制系统设计*

武大勇, 王晓初, 杜昌源, 吴永刚

(广东工业大学 机电工程学院, 广东 广州 510006)

摘要: 本文针对半导体封装设备金丝球焊线机的打火烧球系统进行了设计, 采用C8051F000单片机为主控制芯片, 以PID和PWM为控制技术, 设计了高性能的数字开关电源, 进而对打火升压器件——高压包(FBT)进行有效控制。此系统具有:打火电压稳定、系统可控性好、成球质量高以及系统成本低等特点。

关键词: C8051F000; PID; PWM; 开关稳压电源; FBT

中图分类号: TP271

文献标识码: B

The design of fire-fighting system for gold wire bonder

WU DaYong, WANG Xiao Chu, DU Chang Yuan, WU Yong Gang

(Faculty of Electromechanical Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Semiconductor packaging equipment gold wire bonder's the fire-fighting system was designed, C8051F000 MCU is direct chip. The PID and to PWM technology were used to design a high-performance digital switching power supply. Then the devices -FBT was controlled effectively. This system is characterized by: the voltage steady, a good controllable system, high-quality, low-cost system, and so on.

Key words: C8051F000; PID; PWM; switching power supply; FBT

近年来半导体封装工业已经开始在中国蓬勃兴起和发展, 对中国工业技术的提高有很大的推动作用。焊线机一般用于封装前将芯片内部电路用金线与封装管脚连接。根据本焊线机的工作特点, 打火工序在焊接完成以后对尾丝的处理中发挥作用。打火过程中高压包输出的高压火花把尾丝烧制成球状。这一加工过程的意义在于: 第一, 有利于固定金丝, 使它不会在机构的调整中从劈刀中掉落; 第二, 金球增大了金丝与焊接件的接触面积, 有利于焊接质量的提高, 为下一次焊接做好准备。可以说打火烧球对整个焊接过程具有重要的意义。

1 打火系统硬件设计

该焊线机的打火系统是以烧熔金丝成球为目的, 类似于电子焊。输出电压在 10 000 V 到 20 000 V 之间, 功率小于 2 W, 对产品成本、输出精度和可控制度有较高要求。

针对设计要求, 设计的系统是以 C8051F 单片机和 CPLD 来做数字化 PID^[1]调节, 通过数字化 PID 算法产生

PWM 波来控制开关管, 进而控制主电路; 变压器选择回扫变压器^[2], 采用逆程升压技术^[3]。该系统具有成本低、设计简单、效率高等特点。其硬件方框图如图 1 所示。

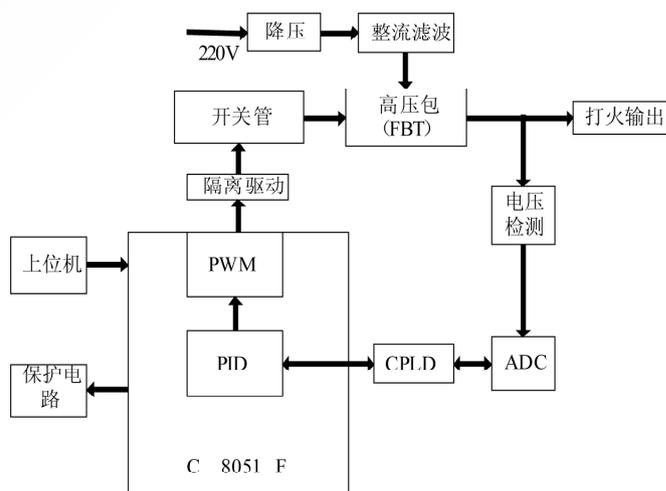


图 1 系统硬件框图

* 基金项目: 广州市科技攻关项目(项目编号: 2006Z3-D9071)

广东省科技计划项目(项目编号: 2006A10401003, 2006B11901003)

1.1 系统主电路

交流市电首经电源滤波器滤波, 变压器降压, 再经整流电路变换为 60 V 直流电, 加到 FBT 初级端。然后经控制电路的处理变换为高频方波或准方波电压, 升压后, 再经高频整流、滤波电路, 最后直流高压输出打火。

系统采用的升压器件是一直广泛应用于电视机和显示器中的回扫变压器, 也叫 FBT 或高压包。它利用行扫描逆程时的高压脉冲进行升压, 是一个体积小、升压高的器件。该系统的 FBT 是特制的, 只有基本的 5 个端子: 1 个电源端, 2 个控制输入端, 2 个输出端。

该系统是用驱动电路将 PWM 后的脉冲加到接成推挽式的高压开关管上^[4], 电路图如图 2 所示。高压包利用行逆程升压技术产生设计所需的高压。行逆程升压技术是利用外加的电路强行加快高压产生电路开关管截止时反峰电压的上升速度, 使开关管在截止时, 磁通变化率更大, 即可达到在同等条件下产生更高的电压。开关管选择专用于电视行输出电路中的高压快速开关 NPN 型晶体管 BU508A。

1.2 控制电路

输出电压经分压电阻分压, 通过 CPLD 控制将此电压 A/D 转换后, 送到单片机的 PID、显示和控制报警部分。通过数字化 PID 算法产生 PWM 波来控制开关管, 调整输出电压, 以获得稳定的输出电压; 显示部分采用 LCD 显示当前电压; 如果输出电压低于设定电压则产生蜂鸣报警。通过串口与上位机通讯, 实现在线控制。

1.2.1 控制芯片 C8051F000^[5]

C8051F000 是完全集成的混合信号系统级 MCU 芯片, 具有 32 KB Flash 存储器并与 8051 兼容的微控制器内核。还有硬件实现的(不是在用户软件中用位操作模拟) I²C/SMBus、UART、SPI 串行接口及一个具有 5 个捕捉/比

较模块的可编程计数器/定时器阵列(PCA)。还有 4 个通用的 16 位定时器和 4 字节宽的通用数字 I/O 端口。C8051F000 有 256 B 的 RAM, 执行速度可达 20 MIPS。正是基于 C8051F000 的优越性能和较高的性价比, 采用它来完成 PWM 生成、PID 运算及与上位机通讯。

1.2.2 输出电压检测电路

由于整个系统是闭环控制系统, 对采样速率要求很高。采用 CPLD 来控制 ADC, 这样就避免了高速采样占用系统资源的问题, 减轻了单片机的负担。本文设计选择 ADC 芯片 AD7678。AD7678 是 18 位、100 kS/s、电荷分配的完全差分逐次逼近型模数转换器。它由单一的 5 V 电源供电, 内含一个高速 18 位采样 ADC, 一个内部转换时钟, 一个内部参考缓存, 纠错电路以及串行和并行系统接口, 是一款速度快、功耗低、精度高的逐次逼近结构的模数转换器。

对 ADC 的控制, 本系统采用 Altera 公司的 FPM7128S。它是高性能 E²PROM 结构的 CPLD。最高可达 175.4 MHz 的计算频率, 支持 5 V 的 ISP 功能。I/O 数 64; 宏单元 128。主要应用市场包括消费类、工业类、汽车业、计算机和通信类。

2 打火系统软件设计

2.1 数字 PID 部分^[6]

在自动控制技术中, 应用最为广泛的调节器控制规律为比例(P)、积分(I)、微分(D)控制, 简称 PID 控制。随着计算机技术的发展, 常规 PID 控制发展为数字 PID 控制。本系统使用了增量式数字 PI 控制, 控制原理框图如图 3 所示。

由图 3 所示, 当系统输出产生偏差后, 微控制器根据偏差 $eu[0]$ 值的大小选择比例参数和积分参数。当偏差信号 $eu[0]$ 在偏差范围 e 内时, 比例参数 K_p 选择 K_{p1} , 积

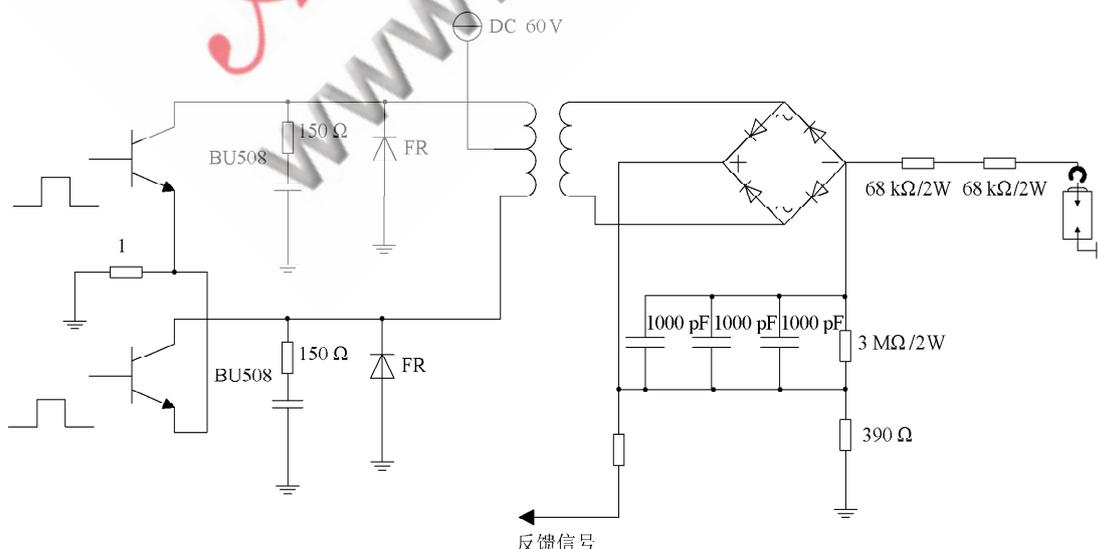


图 2 高压产生电路

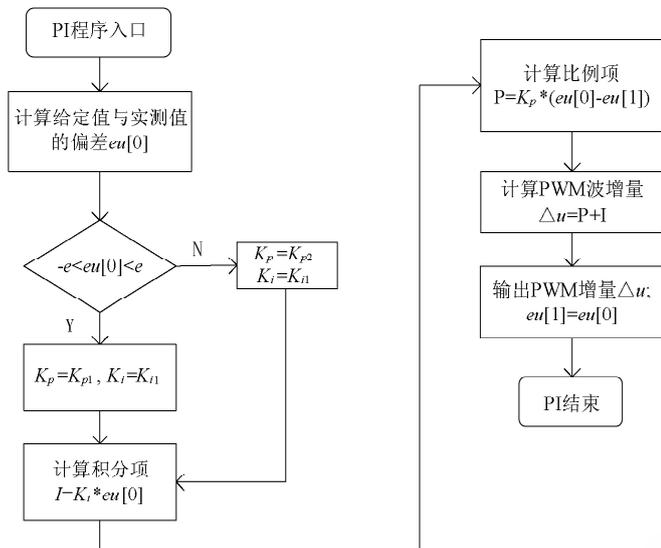


图3 增量式数字PI控制原理框图

分参数选择 K_{i1} ，以防止过大动作产生超调量；当偏差较大则选择 K_{p1} 和 K_{i2} ，引入比例环节快速调整作用。计算比例环节 P 值需要将本次偏差 $eu[0]$ 与上次偏差 $eu[1]$ 相比较，得出偏差量增量。在选择比例系数 K_p 和积分系数 K_i 时，遵循两个原则：第一，选择比例增益系数 K_p ，以保证系统稳定和有良好的瞬态响应，比例增益系数 K_p 越大，瞬态响应作用越大；第二，选择积分系数 K_i ，以满足消除静态误差。对于本系统，其控制对象为典型一阶惯性环节，PID 参数可以在现场经验整定。

2.2 PWM 控制技术^[7]

脉冲宽度调制 PWM(Pulse Width Modulation)，简称脉宽调制，是利用微处理器的数字输出来对模拟电路进行控制的一种非常有效的技术，广泛应用于测量、通信、功率控制与变换等许多领域。PWM 的一个优点是：从处理器到被控系统信号都是数字形式的，无需进行数模转换。

PWM 技术对开关器件的导通和关断进行控制，通过改变脉冲列的周期可以调频，改变脉冲的宽度或占空比可以调压，采用适当控制方法即可使电压与频率协调变化。本文的 PWM 由 C8051F000 单片机自带的可编程计数器阵列 PCA 产生，频率 45 kHz。以下是部分程序。

系统时钟初始化:

```

void SYSCLK_Init(void)
{ int i; // 延时计数器
  OSCXCN=0x67; // 开启外部振荡器 18.432MHz 晶体
  for(i=0;i<256;i++); // 等待振荡器启振
  while(!(OSCXCN&0x80)); // 等待晶体振荡器稳定
  OSCICN=0x88; // 选择外部振荡器为系统时钟源并允许丢失时钟检器
}
  
```

IO 口初始化

```

void PORT_Init(void)
{ XBR0 =0x07; //使能SMBus,SPIO,和UART0
  XBR1 =0x04; //P1.0---int0
  XBR2 =0x40; // 使能数据交叉开关和弱上拉
  EMIOCF =0x27;
  EMIOTC =0x21;
  P74OUT =0xFF;
  POMDOUT =0x15;
  P1MDOUT |=0x3C; //P1.2~P1.5推挽输出
  P1 &= 0xc3; //P1.2~P1.5=0
}
  
```

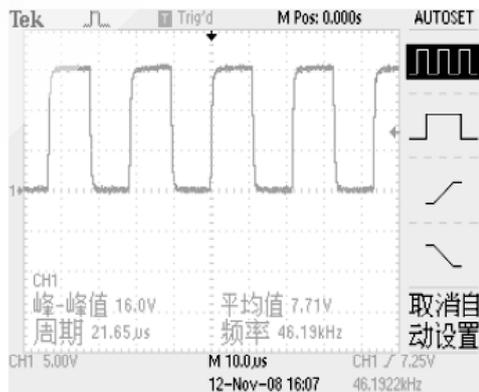
定时器 0 初始化，定时时间为 11us

```

void Timer0_Init(void)
{ CKCON|=0x8; TMOD|=0x1; //16位
  Count1ms=10;
  TR0 = 0; // 停止定时器 0
  TH0 = (-SYSCLK/100000) >> 8; // 设初值, 11us时溢出
  TL0 = -SYSCLK/100000;
  TR0 |= 1; // 开启定时器 0
  IE1 = 0x2;
}
  
```

3 系统测试

对系统进行测试，应用示波器测试由 C8051 产生的 PWM 波形和上升时间。图 4 是单片机输出 PWM 波形；图 5 为 PWM 波形上升时间。



TDS 2014B - 16:04:53 2008-11-12

图4 测试 PWM 波形

测试用的 TDS2014B 是高精度数字示波器。测试在常温下进行。结果显示波形稳定，达到设计要求。

该打火系统经检测，满足设计要求。其数字开关电源有可控性好、系统成本低、抗干扰能力强等特点，可以应用在其他领域。由于篇幅限制系统中的其它环节，如抗干扰等部分未做说明。另外未来发展趋势是使用

(下转第 62 页)

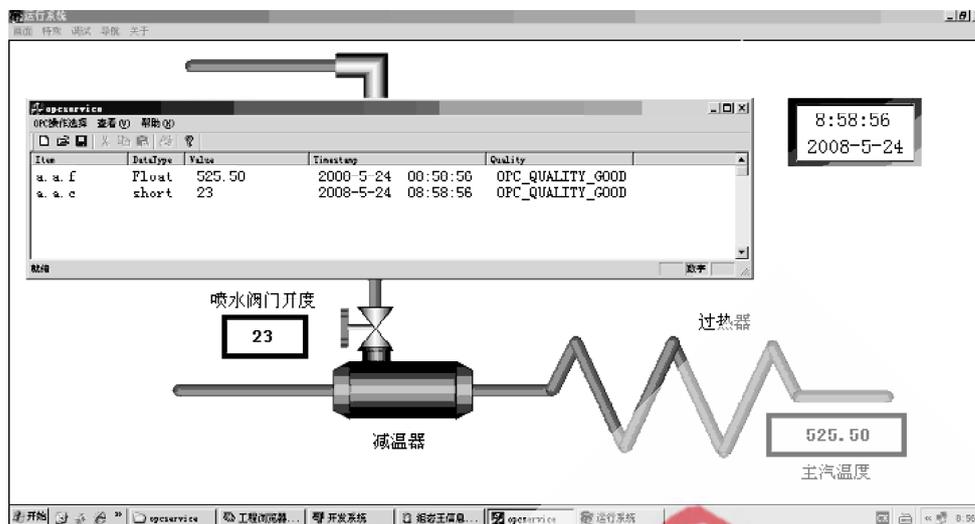


图3 OPC服务器端与客户端的实时数据交换

品质(Quality)为“OPC_QUALITY_GOOD”，Item的值(Value)与客户端监控画面显示一致，由此实现了数据的双向传送。

OPC技术规范是新兴的工业控制领域标准，把硬件供应商和应用软件开发者分离开，使得双方的工作效率都有了很大提高。OPC标准的制订，使所有的通信连接问题变得简单，对开发DCS全开放性的监控系统起到了重要作用，实现了各厂商之间的大量设备互联和过程数据共享，解决了产品兼容性问题。本文遵循OPC标准，利用KOSRDK工具包和组态王软件，构建了DCS监控系统，实现方法效率高，周期短。

参考文献

[1] 何杨欢. OPC技术在DCS数据采集系统中的应用[J]. 化工进展,

2006, 25(12):1496-1498.

[2] 胡海江,金朝晖,杨新照,等. 基于OPC技术的FF总线远程监控[J]. 微计算机信息,2006(1-1):4-5.

[3] 李京,宋真君.工控软件互操作规范OPC技术讲座:第一讲[J]. 自动化仪表,2002, 4(23):68-70.

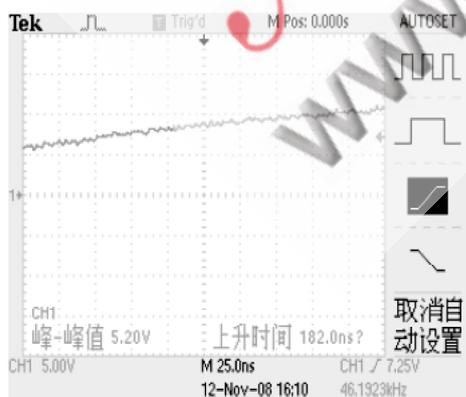
[4] 周江建,周运森.中间件OPC技术在工业控制系统中的应用.计算机工程, 2004(12): 43-45.

[5] 姜萍.基于Windows CE.NET 4.2的分散控制系统开发[J].微电子计算机,2007,24(6):218-235.

[6] 张胜.如何用Knight OPC server rapid development kit实现OPC数据访问服务器[J]. 国外建材科技,2006, 27(2):218-235.

(收稿日期: 2009-02-16)

(上接页58页)



TDS 2014B - 16:06:58 2008-11-12

图5 测试上升时间

软开关技术来替代硬开关技术，减小开关功率器件的开关功耗。还有对控制精度、速度的研究也需要深入。

参考文献

[1] 李夕红. 基于DSP和FPGA的数字化开关电源的实用化研究[D].成都: 成都理工大学, 2008,5.

[2] 于志章. 显示器易修精要[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.

[3] 李新民. BSCH-1型回扫变压器自动测试系统设计[D]. 长沙: 湖南省电子产品检测分析所, 1999.

[4] 任建. 开关电源中的PWM电路设计[D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2007.

[5] 潘琢金. C8051F000混合信号ISP FLASH微控制器数据手册[M].新华龙电子有限公司, 2005.

[6] 张磊. 高精度数字开关电源系统的研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2006.

[7] 张权. 一种基于单片机的汽车电子点火系统的设计[D]. 太原: 中北大学, 2007.

(收稿日期: 2008-12-31)