

基于MSP430的电弧炉电弧电压波形产生系统设计

朱海保

(北京机械工业学院 计算机及自动化系 北京 100085)

摘要: 介绍了基于TI公司MSP430F149的电弧炉电弧电压波形产生系统的设计。采用内建的12位A/D转换器采集控制量,利用定时器A的捕获功能取得同步信息,通过定时器B的PWM输出实现波形产生。设计充分利用了MSP430单片机的优点,提高了系统集成度和可靠性,降低了系统成本。

关键词: MSP430; A/D转换; 电弧炉; 波形产生

中图分类号: TP368.1

文献标识码: B

文章编号: 1004-373X(2004)17-001-03

Design for Generation Arc Voltage Wave of Electric Arc Furnace Based on MSP430 Microcontroller

ZHU Haibao

(Department of Computer & Automatization, Beijing Institute of Machinery, Beijing, 100085, China)

Abstract: A new design for generation arc voltage wave of electric arc furnace based on MSP430 microcontroller is presented. The 12 bit build-in A/D convertor is used to acquire the control signal the capture function of Timer-A is used to get synchronous information, the PWM outputs of Timer-B are used to generate voltage wave. This design increases the integration and reliability of system, decrease the cost via making good use of the advantage of MSP430 microcontroller.

Keywords: MSP430; A/D convertor; electric arc furnace; wave generation

1 引言

电弧炉利用电弧能量熔炼金属,是冶金工业的重要熔炼设备,其电能消耗非常大,在产品生产成本中最高可达70%。电弧炉的构造如图1所示。电弧炉炼钢过程中,电极调节系统的好坏直接影响钢的产量、质量和能源消耗。因此,寻求简便有效的方法使电极调节系统能在冶炼的各个阶段和电极升降过程中都有较好的动态特性,是电弧炼钢亟待解决的实际问题。

目前我国的电弧炉电极调节系统大多采用PID调节器结合模拟手动操控,使用电机或电液系统驱动。虽然国内相关科研机构陆续研发出微机控制的电极调节系统,但从现场运行情况看,电极工作不易稳定。

鉴于此,决定研究基于分段线性化的模型参考自适应控制电极调节系统。因电弧炉系统的复杂性和现场试验的高风险性,不允许也不可能直接到电弧炉炼钢现场进行试验,必须开发一个电弧炉的硬件仿真平台,电弧炉电弧电压波形的产生是关键部分。

2 系统设计要求

典型的电弧炉电弧电压波形如图2所示。电弧炉电压波形产生系统是与实际电弧炉电极电压波形相似,并且与电流信号同步的电弧电压信号输出波形。这个输出波形首先需具有足够的驱动功率,以便与电极控制系统联合调试。其次,电弧电压幅值控制信号的幅值反应出电弧炉电极控制系统对电极位置的控制要求,电弧炉电弧电压波形产生系统必须能够对此做出响应,这个响应的各项指标应该与实际的电弧炉系统具有相似的指标。

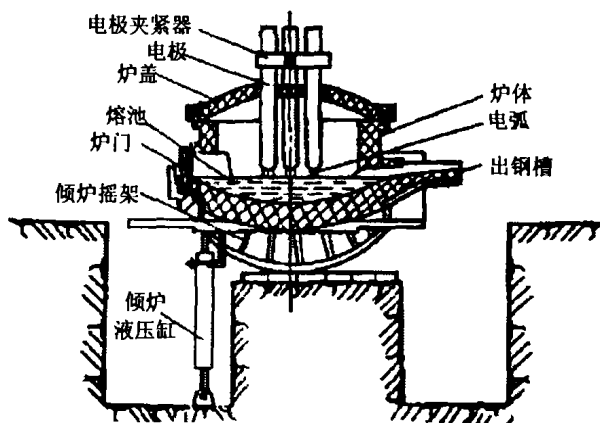


图1 炼钢电弧炉结构示意图

为了方便单片机实现,在不改变电弧电压波形本质特征的前提下,对图2的波形进行了简化处理,如图3所示。

收稿日期: 2004-03-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50277032)

北京市教委科研基金项目

可见，尽管对波形进行了简化，但是基本上反映了电弧电压波形的变化规律。电弧炉电弧电压波形产生系统最终将产生如图3所示的三相电弧的电压波形。

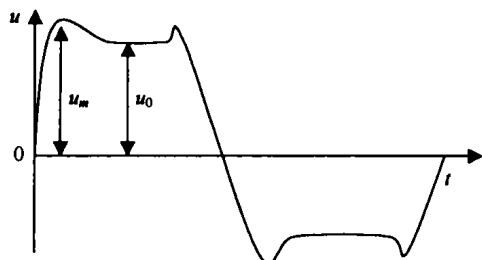


图2 电弧电压的典型波形

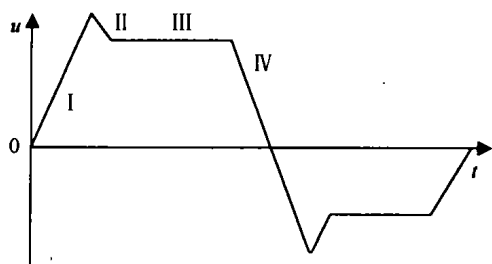


图3 电弧电压简化波形

3 系统硬件构成

此前设计的电弧炉电弧电压波形产生系统是这样实现的：利用ADC0809采样控制量，利用比较器和8259A来中断处理过零检测；利用DAC0832和运算放大器实现波形输出；主控芯片采用89C52。实践中发现主要缺点有：外围元器件比较多，占用宝贵的PCB空间；功耗较大，速度和数据处理能力不够，在响应速度和实时性方面不尽人意；过零检测处理的比较繁琐。

针对上述设计的不足，选用内建12位ADC、捕获/比较单元、硬件乘法器和PWM输出单元的16位低功耗微控制器MSP430F149。

MSP430F149的性能特点如下：

(1) 超低功耗

MSP430F149的工作电压为1.8~3.6V，有6种工作模式，在1MHz时钟条件下时，工作电流视工作模式不同为0.1~400μA。

(2) 强大的处理能力

MSP430F149运行正交的精简指令集(RISC)，寻址方式多，指令数目少；片内寄存器多，寄存器多数可参与运算；有高效的查表处理方法。

(3) 丰富的片内外设

①基础时钟模块，包括一个数控振荡器(DCO)和2个晶体振荡器。

②看门狗定时器Watchdog Timer，也可用作通用定时器。

③带有3个捕获/比较寄存器的16位定时器Timer_A3。

④带有7个捕获/比较寄存器的16位定时器Timer_B7。

⑤2个具有中断功能的8位并行端口：P1和P2。

⑥模拟比较器Comparator_A。

⑦12位A/D转换器ADC12。

⑧2个串行通信接口：USART0和USART1，可工作于UART或SPI模式。

⑨1个硬件乘法器。

(4) 方便高效的开发方式

MSP430F149因为具有FLASH存储器，可以多次下载、在线更改程序；具有JTAG口和片内BOOT ROM，可以利用PC通过JTAG控制器进行调试。

(5) 满足工业级运行环境

MSP430F149的运行环境温度范围为-40~+80℃，所设计的产品适合运行于工业环境下。

MSP430F149所提供的丰富资源，外围硬件扩展只需做很少的工作，不仅设计变得非常简单，而且该控制器体积小、可靠性高。整个电弧炉电弧电压波形产生系统的硬件设计框图如图4所示。

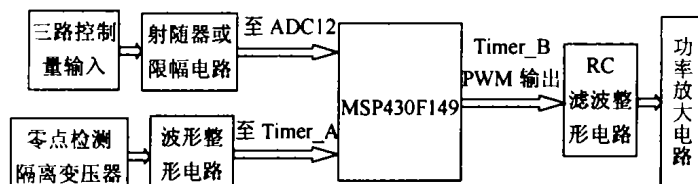


图4 系统硬件结构框图

MSP430F149内建12位A/D转换器ADC12，具有快速、通用的特点。ADC12采用逐次逼近原理，12位分辨率，最大采样速率为200kS/s，内置采样保持电路，具有8路模拟输入通道，每个通道可以独立选择内外正负参考电压源。片内有16组转换存储寄存器，其中一个16位寄存器存放转换结果，一个8位寄存器存放采样通道号、参考电压选择及序列标志。用户可以预先设置好通道顺序及参数，并用序列标志指明序列的结束位置，使得A/D可以进行多次转换而不需要软件的干预。

ADC12有单通道单次转换模式、序列通道单次转换模式、单通道重复转换模式和序列通道重复转换模式总共4种工作模式。在本系统中，我们将ADC12配置成序列通道重复转换模式，完成电弧炉电极控制系统传送过来的控制量的采集功能。所谓序列通道重复转换模式就是指定的转换序列重复发生，直到用软件将转换停止。每次转换结束后，转换结果存入相应的ADC12MEMx，有相应的中断标志ADC12IFG.x置位指示转换的结束。如果这时允许中断，将产生中断服务请求。

电流的过零点检测是通过使用带有3个捕获/比较寄存器的16位定时器Timer_A3和外部的波形整形电路实现的。波形整形电路由运算放大器LM324构成的比较器和74HCT14施密特触发器实现正弦波到方波的转换。

方波的跳变沿由Timer_A3的捕获功能来捕捉。将定时器Timer_A3的控制字CCTLx中的模式控制位CAPx置位选定捕获模式。将控制字CCTLx中的捕获条件选择

位CCMx1和CCMx0置位,选择任意跳变作为捕获产生条件。每发生一次捕获,捕获/比较模块寄存器将产生中断。由于引脚输入信号可以用软件在任何时刻从CCIx位读入,所以可以在中断处理子程序中确定是正向过零还是负向过零。这就完成了电流的过零点检测,为电弧炉电弧电压波形输出提供了同步信号。

电弧炉电弧电压波形产生是由MSP430F149的定时器Timer_B7,RC模拟滤波电路和功率放大电路实现的。利用定时器Timer_B7产生PWM信号。PWM信号是频率固定而占空比变化的数字信号。PWM信号的例子如图5所示。如果PWM信号的占空比随时间而变,将该PWM信号滤波,则滤波器的输出是模拟信号,如图6所示。

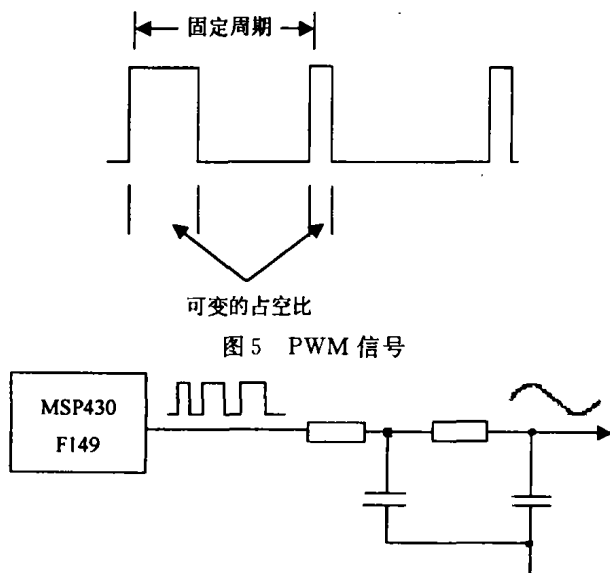


图6 RC模拟滤波电路工作示意图

至于功率放大电路,选用LM3875构成,关键在于器件的选取和合理的解决散热问题,这里不再赘述。

4 系统软件设计

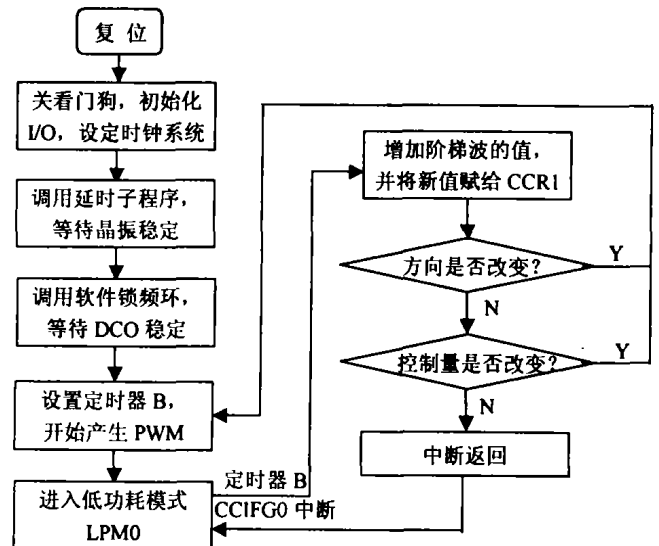
电弧炉电弧电压波形产生系统软件设计的关键在于PWM波形产生部分。软件流程图如图7所示。

数控振荡器DCO实质上是一个RC振荡器,具有RC振荡器的特点。其在频率的设置和转换上不准确,但由于他是数字控制的振荡器,可以通过一个已知的频率稳定的晶振,如32.768 Hz的手表晶振,来进行校准,使DCO达到准确的频率。因为MSP430F149没有锁频环数字逻辑,所以只有通过软件进行“软锁频”校准DCO,这十分重要。

程序如下:

```
Setup_TA mov #TASSEL1+TACLRL,&TACTL //设置TA时钟SMCLK
Setup_CC2 mov #CCIS0+CM0+CAP,&CCTL2 //设置CCR2,输入信号ACLK,捕获模式
bis #MC1,&TACTL //设置Timer-A:连续模式
```

```
Test_DCO bit #CCIFG,&CCTL2 //检测捕获标志位
jz Test_DCO
bic #CCIFG,&CCTL2 //清除标志位
ADjDCO mov &CCR2,R14 //R14=捕获的SMCLK值
sub R15,R14 //R14=捕获的SMCLK差值
mov &CCR2,R15 //R15=上次捕获的SMCLK值
cmp #Delta,R14 //Delta=SMCLK/ACLK
jlo IncDCO
jeq DoneFLL
DecDCO dec.b &DCOCTL //调整DCO
jmp Test_DCO
IncDCO inc.b &DCOCTL
jmp Test_DCO
DoneFLL clr &CCTL2 //停止CCR2
clr &TACTL //停止Timer-A
```



5 结语

使用MSP430F149设计的电弧炉电弧电压波形产生系统,具有功耗低、速度快、实时性好的特点,硬件电路简单,由于JTAG接口和内建Boot Rom使得程序的调试工作简单,而且其Flash存储器支持在现场编程,使得软件的更新比较容易。

参考文献

- [1] Texas Instruments. MSP430x1xx Family User's Guide (SLAU049B.pdf)[Z]. 2002.
- [2] 王鹏飞,王保强. 基于MSP430单片机的直流电机PWM调速系统的研究[J]. 信息工程学院学报, 2003,18(2).
- [3] Lutz Bierl. MSP430x1xx Family Mixed Signal Micro-controller Application Reports [Z]. 2001,2.
- [4] 胡大可. MSP430系列超低功耗16位单片机原理与应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2000.
- [5] 赵陆文,屈德新. 基于MSP430 Timer B的D/A转换[J]. 国外电子元器件,2003,(5).

作者简介 朱海保 男,1978年出生,山东青岛人,硕士研究生。研究方向为现代控制理论及工业过程计算机控制应用,现从事电弧炉电极调节系统的自适应控制的课题研究。