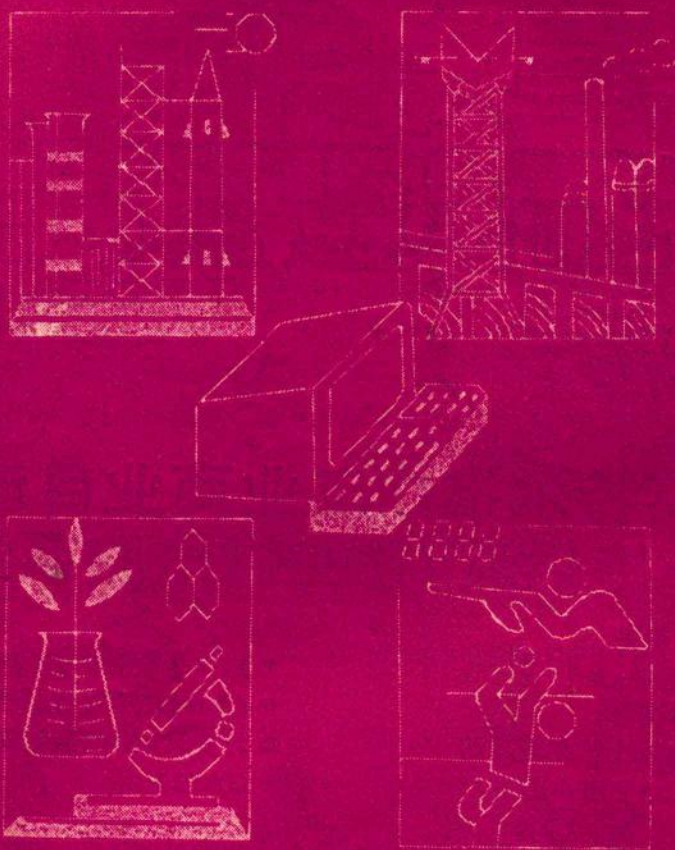


单片机开发与应用



2

1988

出版：中国 Intel 计算机用户协会上海浙江分会
发行：新华控制技术联合开发中心
（上海闵行华银路 251 号）
编辑：复旦计算机系微机开发应用研究室
（上海邯郸路 220 号）
浙江大学电机系（浙江杭州）

定价：3.00

目 录

工业控制	闪光对焊准自适应控制.....山东矿业学院自控研究室 卢存伟(1) HBJD20B 型机床经济型数控系统..... 河北机电学院 郎福仲 骆振钾 马洪涛(9) 朱英杰 崔春城 单片微型计算机控制的无氧铜自动生产线加料系统..... 哈尔滨电工学院 康乃真 哈尔滨电缆厂 周延文 王国良(17)
仪器仪表	8031单片机用于超声波流量计..... 水电部南京自动化所 许柯夫 万贤荣 赵学东(24) 单片微机在红外测距仪中的应用...北京自动化技术研究所 廖大方 武文琴(27) 单片机在遥感仪器中的应用.....上海建材学院计算机教研室 全红(31) 3C—A 型通用数据采集装置..... 新华控制技术联合开发中心 王芳卿、屠勤、范联华、王中文(38) 利用单片机实现码分多址移动通信中的地址码的调制解调..... 北京无线电研究所 董志成(46)
经验与技巧	▲低成本的 IC 扩展 8048 单片机的 I/O(57) ▲多路转换开关扩展 8051 的数据地址空间(58) ▲给单片机增加 Wait 状态山东省科学院新材料研究所 孙玮摘译(60)
连载文章	单片机在机电产品中的应用(三)——位置控制智能偏差..... 1) 第四讲 BITBUS 系统软件(二)——BITBUS TOOLB..... 4) MCS-51 的几种初等超越函数子程序——MCS51 子程序库之六..... 复旦大学计算机系 涂时亮(92)

闪光对焊准自适应控制

山东矿业学院自控研究室 卢存伟

内 容 提 要

本文介绍了一种用 MCS—51 系列单片机组成的微机控制系统,采用一种先进的 准 自 适应控制方式—变结构控制。实现闪光对焊焊接电流的自适应控制,以提高焊接质量,减轻劳动强度,提高产品自动化程度。

本文首先介绍了闪光对焊的工艺过程和提高焊接质量的措施,指出了用常规控制所遇的困难:引出了具有滑动的方式的变结构理论,很好的解决了系统参数变化大和外扰强等问题。实现了焊接电流控制。

本文还以闪光对焊机控制系统为例,给出了由 MCS—51 系列单片机组成的控制系统的硬件电路和主要的控制程序框图及程序清单。

一、闪光对焊工艺简介

闪光对焊属于电阻焊,电阻焊也称接触焊,它广泛地应用于飞机制造、汽车工业、运输机械制造业等国民经济各部门,它主要是依靠电流直接在焊件和它们中间的接触点内所产生的巨大的热量来实现焊接加热,同时又在焊件的接头处对焊件施加相当大的压力,从而使焊件产生塑性形变,形成不可拆卸的牢固接头。焊接示意图如下:

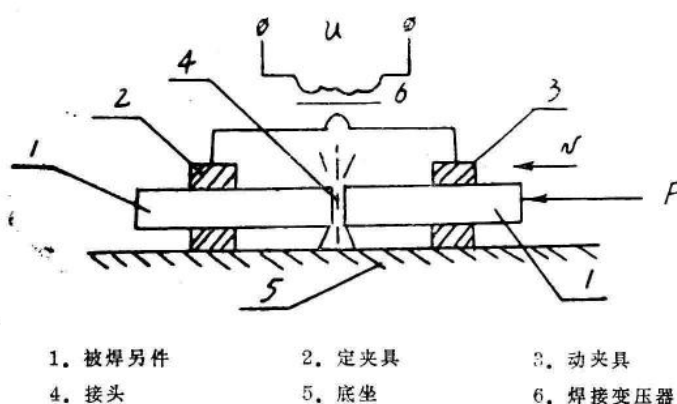


图 1 闪光对焊电气原理图

闪光对焊的热流主要来自闪光过程的电弧热,本文研究的是电阻预热闪光对焊,其工艺流程如下:

电阻预热→闪光烧化→带电顶锻→无电顶锻

预热的目的是使焊件达到一定的温度。以利于烧化。闪光烧化是整个焊接过程的关键

键,利用闪光使焊口烧化,以达到一定温度。闪光是由焊口接触处触点——过梁的不断产生和爆破产生的。在闪光过程中接触电阻就是无数不断产生和爆破的触点——过梁的等效电阻。因而阻值变化大随机性也大,这就是焊接电流不易稳定的关键。

顶锻:当焊接件温度达到一定值后,就在焊口两端施加一压力 F ,使得焊口处形成牢固的金属键。

我们所研究的 LM—150 焊机是一种连续顶热闪光对焊机,主要用于棒材和环件的焊接,全国各煤机厂几乎都是使用的这种焊机。这种焊机是仿苏 MCMY—150 研制的,大体是苏联四十年代的水平,焊接电参数几乎都是不可控的,根本不能适应现代化生产。七十年代初有人采用了电抗器降压方式,后又采取了可控硅稳压装置,但由于控制器本身的缘故,都不能也不可能实现理想的控制。控制瞬时电流更是不可能的事。唯有采用微机,用其快速的处理功能方能实现。特别是单片机,由于它将 I/O 接口和存储器都集中到了一个芯片上,这就使得控制硬件接线非常简单可靠。MCS—51 系列单片机有乘、除指令。而且振荡效率高,这又为快速运行带来了方便,特别是 MCS—51 是为工业控制生产的。因而其抗干扰性能比一般微机高得多。以上各点就是单片机能实现电流控制的关键。

二、变结构理论及在闪光对焊上的应用

变结构系统 VSS (Variable structure system) 是 V. I. UTKIN 等人在六十年代引入自动控制系统中的,70 年代在理论上得到完善,70 年代后期到 80 年代逐渐被用到实际系统中,但在我国目前尚未引起人们的足够重视。

在一般线性状态调节器中, $u = -K + X$, 其中 K 为常数。

所谓变结构就是根据系统参数的变化,不断改变 K ,以获得任何调节器都不具有的最优良的性能。

我们采用的变结构是以滑动方式实现的。在状态空间中定义一条开关线 $S = cx = 0$ (其中 c 为开关常数)使得无论系统状态初始位置如何,都是向着这条开关线的方向运动,一旦到达开关线上便不再离开,一直延着这条开关线运动到状态原点。滑动方式的实现是通过选择控制量 U 来实现的,即要求 U 的选择能满足:

$$Sgn\dot{s} = -Sgn s$$

滑动状态的特征是以理论上无穷大实际上足够大的频率将一个调节器结构转向另一个结构,实现变结构控制的。

下面以二阶系统为例给出系统的综合:

$$\dot{X} = AX + BU + F \quad (1)$$

F 为扰动量(电焊机系统状态方程即如此)

$$\text{开关线: } S = CX \quad C[C_1, 1] \quad (2)$$

为使状态到达滑动线上后不再离开,

$$\text{要求 } \dot{S} = 0 \quad (3)$$

$$\text{即 } C\dot{X} = 0 \quad (4)$$

将(1)代入(4)得出滑动时的控制量

$$US = -(CB)^{-1}C(AX + F) \quad (5)$$

此时状态方式为:

$$\begin{cases} \dot{X} = [I - B(CB)^{-1}C](AX + F) \\ CX = 0 \end{cases} \quad (6)$$

可以证明 $(I - B(CB)^{-1}C)F = 0$

∴ 滑动状态具有抗干扰性能 [结论1]

另将A分解为可变部分AV和不变部分AC

即 $A = AV + AC$

$$\begin{cases} \dot{X} = [I - C(CB)^{-1}C][AVX + ACX + F] \\ CX = 0 \end{cases}$$

同样可以证明: $(I - BC(CB)^{-1}C)AVX = 0$

∴ 滑动状态具有抗参数变化的特性 [结论2]

为保证滑动方式的存在, 要求

$$\text{Sgn} \dot{S} = -\text{Sgn} S \quad (7)$$

即:

$$\begin{cases} S > 0 \text{ 时 } \dot{S} < 0 \\ S < 0 \text{ 时 } \dot{S} > 0 \end{cases} \quad (8)$$

$$(9)$$

将(1)代入得

$$\begin{cases} S > 0 \text{ 时 } U < -(CB)^{-1}C(AX + F) \\ S < 0 \text{ 时 } U > -(CB)^{-1}C(AX + F) \end{cases}$$

由[结论1]消去F的影响得:

$$\begin{cases} S > 0 \text{ 时 } U < -(CB) - ICAX \\ S < 0 \text{ 时 } U > -(CB) - ICAX \end{cases} \quad (10)$$

$$(11)$$

∴ $CX = 0$ 而 $C = \{C_1, 1\}$

∴ X_1, X_2 线性相关

$$\text{即 } X_2 = -C_1 X_1$$

$$\therefore (CB)^{-1}CAX = (CB)^{-1}CA \begin{pmatrix} 1 \\ -C_1 \end{pmatrix} X_1 = (CB)^{-1}CAEX_1$$

其中 $E = [1, -C_1]^T$

如果取 $K > (CB)^{-1}CAE$

则可得出控制规律

$$U = -K|X_1| \text{ Sgn} S \quad [\text{结论3}]$$

通过[结论1]、[结论2]、[结论3]可以看出具有滑动方式的变结构系统的特性。它可以有效地抵抗外扰动和系统本身参数的变化, 且控制方式十分简单, 因而我们说它是一种简单易行的准自适应控制。用在闪光焊电流控制上, 可以获得令人满意的结果。

三、单片机控制系统硬件结构

本控制系统采用我室生产的 MCS-51 应用板外接 A/D、D/A 转换器及光电隔离组成。由于 8031 的高性能, 使得电路结构非常简单, 详见图(2)

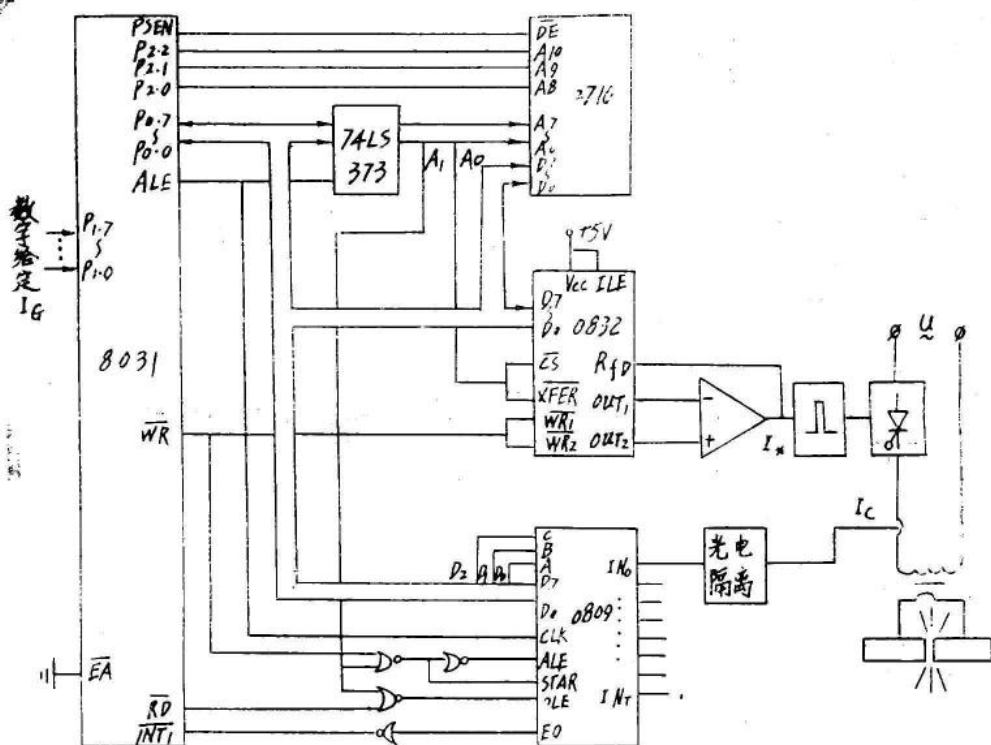
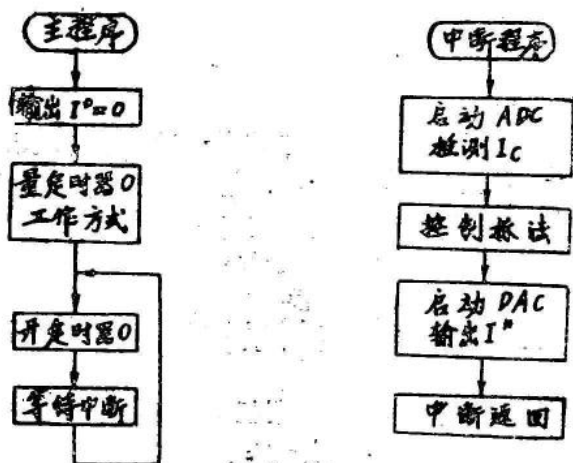


图 2 8031 控制系统原理

电路工作过程如下:

控制电流 I^* 经数字/模拟转换器 DAC0832 转换成模拟量输出, 控制可控硅触发脉冲移相, 达到控制焊接电流的目的。为了构成闭环系统, 由电流互感器、光电隔离、模拟/数字转换器 ADC0809 组成反馈回路, 检测实际电流 I_c 的值, 与给定量 I_g 进行比较, 以确定新的输出值 I^* 。

电流检测的采样周期由 8031 片内定时器设定, 置定时器为中断工作方式, 主程设置采样周期。中断服务程序实现采样, 控制计算和输入、输出。程序框图如图(3)所示:



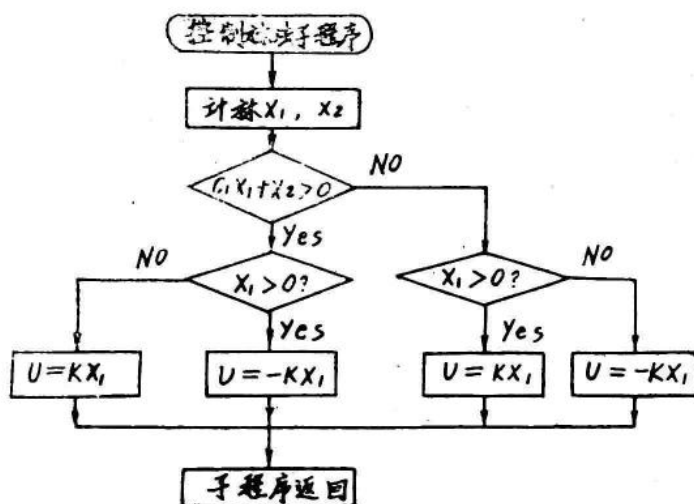


图 3 程序框图

由于 8031 有丰富的指令系统，因而程序编制非常简单，特别是它的乘法和除法指令，为控制算法的实现带来了极大的方便。

程序清单如下所示：

主程序：

```

0000: AJMP LOOPI
000B: AJMP cont
LOOP1: MOVR1, #02H
      MOV A, #00H
      MOVX @R1, A
      MOV TMOD, #01H
      ORL IE, #82H
      MOV TH0, #XXH
      MOV TLO, #XXH
LOOP2: SETB TR0
      AJMP LOOP2
  
```

ORG 0000

; 转主程序

; 转中断程序

; 选通 DAC 通道

; 输出 $I^* = 0$

;

; 置 T/O 为定时器方式

; 允许 I/O 中断

; 置时间常数。以确定采样周期

; 开定时器0

; 等待中断

中断服务程序：

```

Cont:  MOV R0, #01H
      MOV A, #00H
      MOV @R0, A
LOOP3: JB INT1, LOOP3
      MOVX A, @R0
      MOV Ic, A
      MOV A, P1
  
```

ORG Cont

; 选通 ADC 0809

; 选通道 INO 进行转换

; 启动0809

; 等待 0809 转换结果

; 读电流值 Ic

; 保存 Ic 的值

; 读给定量 IG

控制算法

```
MOV R1, #02H
MOVX @R1, A
RETI
```

；实现控制算法

；选通 DAC0832

；输出新的控制电流值 I^*

；中断返回

ADC 0809 的转换也可采用中断方式，但应考虑中断信号的配合问题，不如查循方式简单。

通过上例可以看出。用单片机实现单机实时控制，无论从硬件还是软件上来说，都是非常简单的，

四、实验结果

为了证实具有滑动方式变结构控制理论和 MCS—51 单片机控制系统的可行性，我们进行了计算数字仿真和实验室模拟实验。实验结果如下：

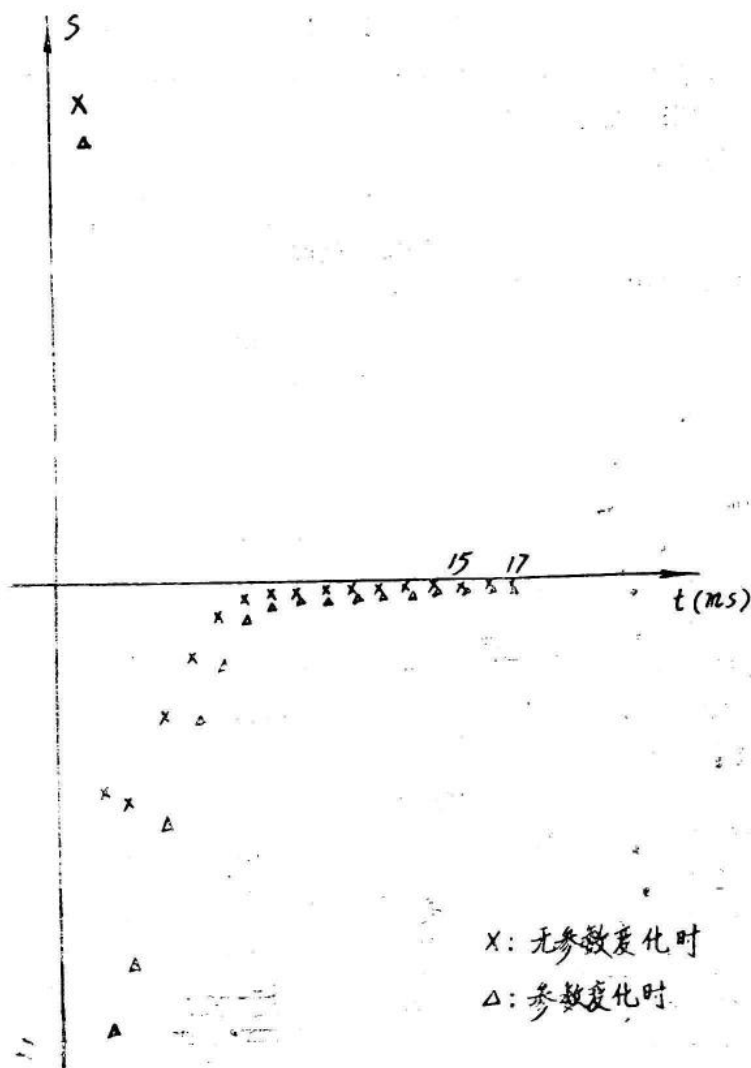


图 4 开关线 S 随时间变化曲线

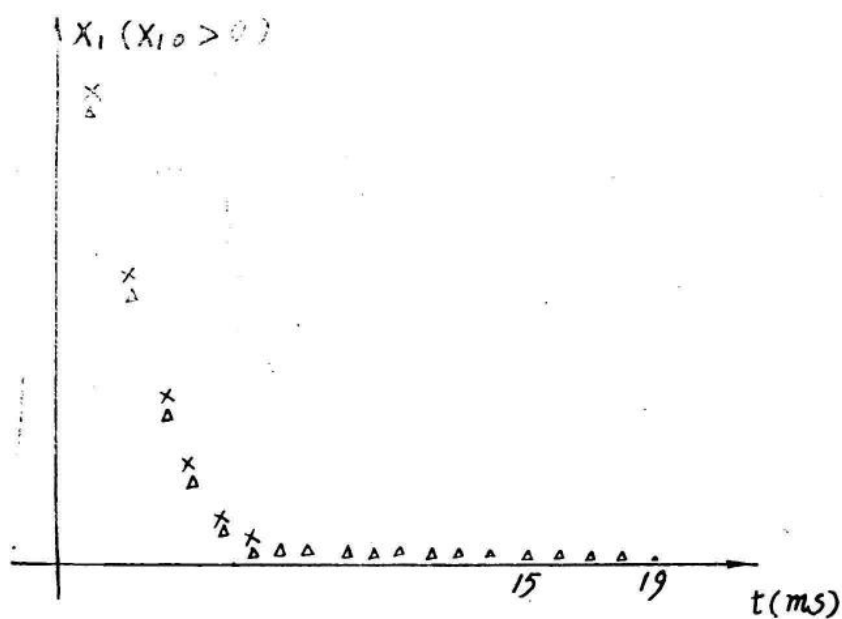


图 5 状态变量 X_1 随时间变化曲线

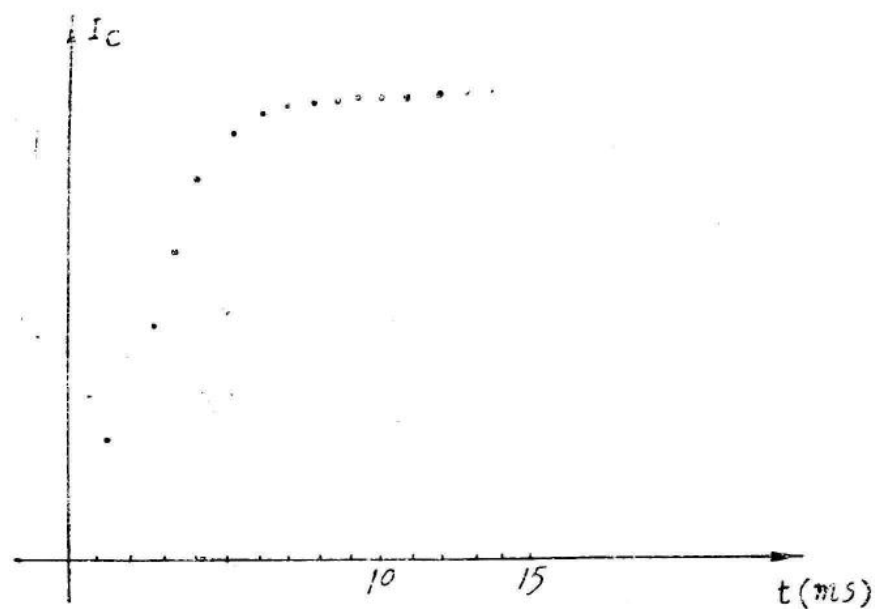


图 6 焊接电热 I_c 的启动特性

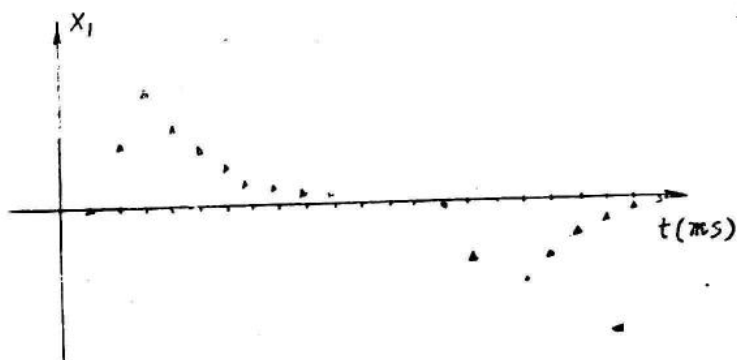


图 7 X_1 的抗扰特性

结 束 语

本文提出了控制焊接电流可以有效地提高闪光焊质量的论点，这在国内尚属首创，国际上也未曾多见。

具有滑动方式的变结构控制在国内用例不多。通过对这一理论深入细致的研究，我们将它用在闪光对焊的电流控制上，取得了良好的效果，使得系统具有自适应功能。

微计算机的出现，使得现代控制从纯理论走向实践，单片机的出现为微机控制开辟了更加广泛的途径。为了适应各种控制系统的不同要求，我们在总结各方面经验的基础上，研制了单片机通用控制板，利用这种通用板。可以大大缩短研制周期，减少研制费用，简化控制电路，制成标准化系列产品。

HBID20B 型机床经济型数控系统

河北机电学院 郎福仲 骆振钾 马洪涛 朱英杰 崔春城

内 容 提 要

本文阐述了单片机在经济型数控机床中的应用,从提高系统的可靠性、加强系统的功能、提高精度、减少功耗等方面入手,使它具有单板机数控系统(国家经委推荐的几种经济型普通车床)的优点之外,还有:

1. 该系统采用单片机,其主机只用了六块芯片,却实现了 4K 程序存储器、4K 固化工件参数的数据存储器、0.5KRAM 以及 40 多条 I/O 接口线,大大提高了主机系统的可靠性和抗干扰性。

2. 新颖的步进电机驱动电源,低功耗型定流式高低压驱动电源,比同类型、相同电压、电流等级的驱动电源每台每年节电 1500~2000 度。

3. 该系统充分发挥了单片机的优势,实现了多种补偿功能:

△ 刀位补偿

△ 刀具半径补偿

△ 间隙补偿(包括圆弧切削时过象限的间隙补偿)

△ 锥度补偿

△ 尖角补偿

△ 恒速切削速度补偿等

总之,该系统是可靠性高,功耗低,性能较高的单片机经济型数控系统。

一、概 述

经济型数控系统之所以是改造现役机床的首选方案,这不仅由于它价格低廉、编程简单,并且不使用穿孔纸带,具有通用性等优点,更重要的是它的可靠性高,使用方便,而且功能愈来愈强。

可靠性的提高除了筛选,严格工艺等,根本的出路是根据可靠性模型,从系统的工作原理上彻底改革设计。为此,本系统采用单片微型计算机为主机,并且把一切可由软件实现的原硬件系统一概由专门设计的软件模块来实现。如恒速进给功能、丝杠螺距误差补偿、螺纹切削的同步信号等,其他如拍序发生器、自动升降频电路就不必说了。

节能也是数控系统的主攻方向之一,该系统主要从以下三个方面考虑:

1. 提高空载行程移动速度和切削速度;

2. 步进电机驱动电源是主要能源消耗部件,为此,除了采用高低压电源供电方式外,

注: • 该课题是河北省科委 85 年单片机应用攻关项目之一。

还采用了多种措施,使该驱动电源比同等电压、电流等级的双电源驱动电路再节能 150W 以上;

3. 尽量减少硬件电路,发挥软件优势。以达节能目的。

该系统的软件设计着重从以下三个方面考虑:

1. 在模块化设计的基础上,采用了结构化设计,使系统很容易组装成完成各种功能的软件;

2. 为了在有限的空间内完成更多的功能,该系统采用了多重嵌套技术(8级, MCS 48 系列单片机最多为8级)和大量的子程序(130多个子程序);

3. 在高速移动模块、插补运算等模块中,尽量发挥 MCS48 系列单片机指令系统中的特有功能,以提高执行速度。

在系统简炼的硬件环境下,在丰富的软件控制下,使 HBJD20—B 型经济型数控系统具有如下功能:

1. 加工能力:

△ 端面、内圆、外圆

△ 锥度切削

△ 球面切削(有过象限功能)

△ 螺纹(公、英制,单、多头螺纹)

△ 锥型螺纹

2. 可固化 99 种工件,使用时只需按工件号和加工键即可加工。

3. 可以随机输入加工程序。

4. 自动换刀(4 或 8 把刀)

5. 控制精度

· X 方向 0.01mm

Y 方向 0.005mm

6. 最高移动速度 2.5m/分

7. 丰富的补偿功能

△ 刀位补偿(减少对装刀的位置要求,半自动补偿刀具磨损)

△ 刀具半径补偿

△ 间隙补偿(包括圆弧切削时过象限的间隙补偿)

△ 锥度补偿

△ 尖角补偿

△ 丝杠螺距不均匀补偿

△ 恒速切削速度补偿

8. 自动升降频

9. 可随时检查/修改加工程序

10. 具有循环功能

11. 具有自检、超程保护、报警等功能

12. 具有掉电保护功能

13. 功耗低 < 300W

二、单片微型机系统

系统的可靠性指标可用平均无故障时间(MTBF)表示, 一个不包括冗余的串联系统的平均无故障时间为:

$$MTBF = \int_0^{\infty} \prod_{i=1}^N e^{-\lambda_i t} dt = \int_0^{\infty} e^{-\sum_{i=1}^N \lambda_i t} dt$$

其中: λ_i ——表示 i 个元件的失效率

N ——整个系统的元件(包括焊点等)的个数

t ——时间

由(1)式可以看出, 在各元、器件的失效率确定的前提下, 要提高一个系统的可靠性指标, 就是要设计出使用最少硬件的系统。为此, 我们既没有现在的单板机加以改装, 也没有用微处理器芯片搭成专用系统, 而是采用功能比较齐全的 MCS48 系列单片做为该系统的主机, 该经济型数控系统的主机和接口只用了六片芯片, 包括掉电保护电路、光电隔离电路在内, 设计在一块 $8 \times 11.5\text{m}^2$ 的印制电路板上, 其结构框图如图 1 所示。

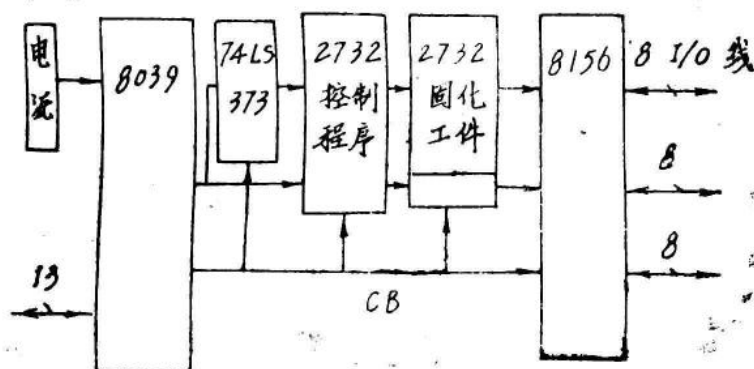


图 1

采用了虚拟寻址技术, 使 8039 的外部数据存储器扩展了 4—25K, 以满足固化多种工件的加工工艺参数和随机写入的工件参数的需要。这个系统还有 4K 程序存储器空间, 一个 8 位定时/计数器, 1 个 14 位定时/计数器和 40 余条可供系统使用的 I/O 接口线。从理论上计算这种单片机主机系统的可靠性指标高于一般单板机系统, 它的平均无故障时间是单板机的 3~4 倍。

三、驱动电源

经济型数控机床的驱动电源是直接影响系统的驱动能力、成本及系统能耗的关键部件之一, 故我们设计了如图 2 所示的步进电机驱电电路。

其主要特点:

1. 采用定统控制双电源驱动电路。以保证电机在高频运行的频矩特性和可靠性,

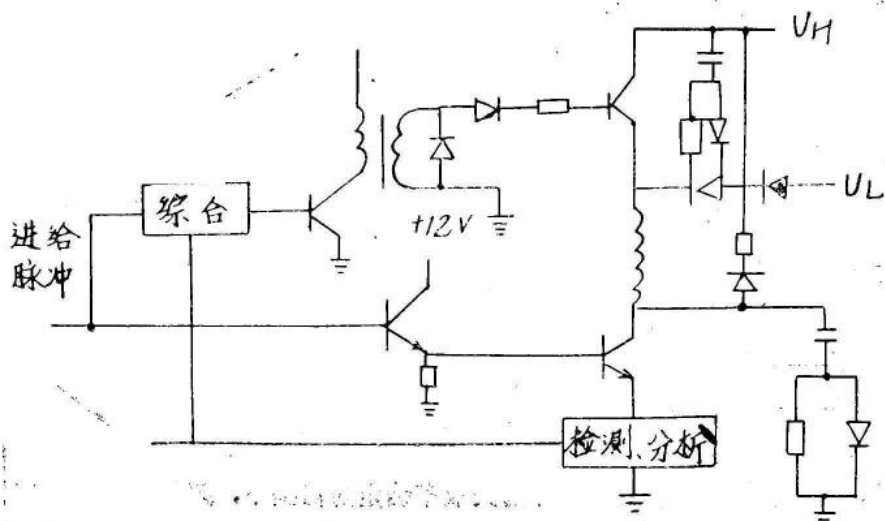


图 2

2. 该电路采用专门设计的电流检测、分析比较电路，仅此一项技术就使该电源功耗减少 60~80W，每台数控系统一年就可节电近千度。

3. 在电机处于保持状态时，所有晶体管为截止状态，这样不但进一步减少能耗，同时也提高了电路的可靠性。

4. 该驱动电路以尽量减少驱动回路电阻，适当提高高压电源电压，减少低压电源电压来缩短电流波形的上升沿和下降沿。同时带来的好处是使能耗又减少了 50~60W。

关于专用电流检测、分析、比较电路的设计另文介绍，这里不再赘述，下面仅就第 4 点加以分析。

A 电流上升沿

步进电机绕组电流波形如图 3 所示。高压电源回路导通时的等效电路如图 4 所示。

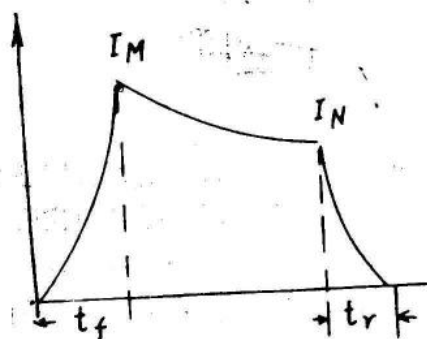


图 3

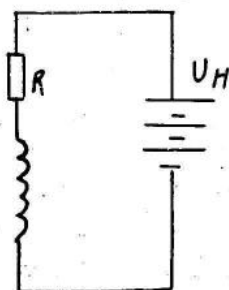


图 4

其中， R ：为高压导通时回路中的总电阻

L ：为步进电机绕组的电感

该等效电路的微分方程为：

$$\begin{cases} L \frac{di}{dt} + Ri = U_H \\ i|_{t=0} = 0 \end{cases}$$

(1)

方程(1)的解为:

$$i = \frac{U_H}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (2)$$

其中 $\tau = \frac{L}{R}$ 表示该回路的时间常数

由(2)式可得电流达到上冲值 I_M 的时间 t_f 为:

$$t_f = \frac{-L}{R} \ln(1 - \frac{I_M R}{U_H}) \quad (3)$$

当电源电压 U_H 恒定时。

可绘出 $t_f \sim R$ 曲线,

如图 5 所示。

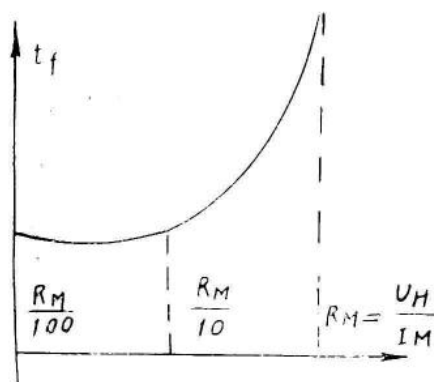


图 5

由曲线可看出, 在 U_H 不变的情况下, 当 $R < \frac{1}{10} R_M$ 时, 回路电阻 R 对电流上升时间影响不大, 当 $\frac{1}{10} R_M < R < R_P$ 区间时, 电流上升时间 t_f 随回路电阻 R 的增大而明显增大。当 $R > R_P$ 时, 回路电流将永远达不到上冲值 I_P 。

如, 西安微电机研究所研制生产的 160BF5—C 的额定电流为 $I_M = 13A$, 设计上冲系数 $K_P = 1.3$, 则 $I_P = I_M \cdot K_P = 16.9A$, 当高压电源电压为 80V 时:

$$R_P = \frac{U_H}{I_P} = \frac{80V}{16.9A} = 4.73 \Omega$$

欲使上升时间不受回路电阻的影响, 就必须使回路电阻 $R < \frac{1}{10} R_M = 0.47 \Omega$ 。这与电机的内阻是同一数量级。因此, 不但高压回路中不能串联任何电阻, 而且还必须尽量减少各种连线及高压源的等效电阻, 以提高电源上升速度。

根据公式(3), 当回路电阻 R 恒定时, 还可绘出 $t_f \sim U_H$ 曲线, 如图 6 所示。

从曲线可以看出, 在确定了回路电阻 R 之后, 提高高压电流电压 U_H 是减少上升时间 t_f 的唯一方法。当 $U_P < U_H < 10U_P$ 时, U_H 对上升时间 t_f 的影响较大。当 $U_H > 10U_P$ 时, 随 U_H 的增加, U_H 对 t_f 的影响愈来愈小。因此, 考虑到器件水平、性能价格比等因素, 对于一般晶体管驱动电路一般选 $U_H = 10 \sim 20U_P$, 而对于可控硅电源, 一般选 $U_H = 20 \sim 50U_P$ 为宜。

在图 2 的电路中, 当晶体管截止时, 绕阻电感 L 向高压电源回馈能量, 生产电源的下

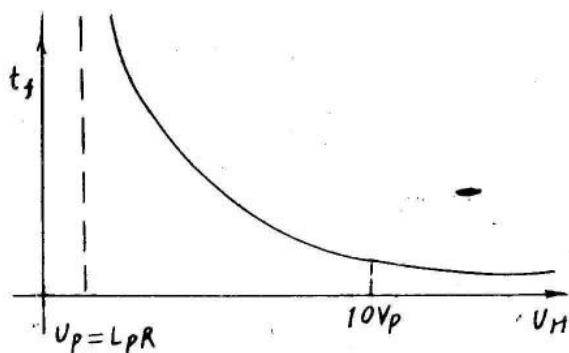


图 6

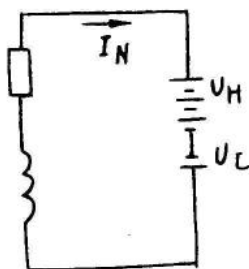
降沿，其等效电路如图 7 所示。对应的微分方程如下：

$$\begin{cases} L \frac{di}{dt} + Ri = U_H - U_L \\ i|_{t=0} = -I_N \end{cases} \quad (4)$$

放电到 $i|_{t=t_2} = 0$ 时，其解为：

$$t_2 = \frac{L}{R} \ln\left(1 - \frac{I_N R}{U_H - U_L}\right) \quad (5)$$

(5)式与(2)式比较可知，决定电流下降时间的仍然要求回路电阻尽量减小。提高高压电源的电压，另外还需减少低压电源的电压。



综上所述，要改善电流变化沿，缩短油流上升、下降时间，都必须提高高压电源的电压，尽量减小回路电阻，此外，减小回路电阻和降低低压电源的电压又是降低能耗的有力措施。

四、软 件

一个数控系统首先应有良好的硬件环境，但更重要的是必须有一个性能可靠的软件，才能发挥系统的功能。该系统的软件从以下三方面考虑：

1. 在模块化设计的基础上。采用了结构化设计。该系统可分为三大模块，即初始化管理模块、分析控制模块和执行模块。每个模块又分为多个子模块，如执行模块又可分为单进模块、直线插补模块、圆弧插补模块、螺纹插补模块等，各模块间的接口条件采用统一格式，使系统很容易组装成完成各种功能的软件。

2. 为了在有限的空间内完成更多的功能，软件系统采用了多重嵌套技术(8级)和大量的子程序(130多个)，对于通用子程序一般只占用 R0、R1 两个工作寄存器和几个共同的数据存储器，给程序设计带来极大方便。

3. 在高速移动、插补运算等模块中，尽量发挥 MCS48 系列单片机指令系统中的特有功能，提高了执行速度，使单片机的有效执行时间达 85% 以上。

该系统的软件详见 HBJD20—B 型单片机经济性数控机床的软件设计，限于篇幅，下面仅介绍刀具半径补偿和恒速切削的速度补偿。

1. 刀具半径补偿