

基于单片机的步进电机控制系统

陈石龙

(宁德师范高等专科学校现代教育技术室, 福建 宁德 352100)

摘要: 采用基于 AT89C51 单片机为核心, 包括系统硬件设计和系统软件设计, 来实现对步进电机的控制。系统为一自动控制系统, 通过按键向单片机输送控制信号, 控制步进电机的转速和正反转, 以及控制悬挂物体在做自行运动。采用 AT89C51 单片机指令系统进行编程来实现软件部分。经测试, 系统能实现上述功能。

关键词: AT89C51; 步进电机; 控制系统

中图分类号: TP 368.1

文献标识码: A

文章编号: 1004-2911(2009)01-0016-04

在电气时代的今天, 电动机一直在现代的生产和生活起着十分重要的作用。据资料统计, 现在有 90% 以上的动力源来自于电动机, 我国生产的电能大约有 60% 用于电动机。电动机与人们的生活密切相关。步进电动机作为机电一体化的关键产品之一, 是一种专门用于位置和速度精确控制的特种电机。其最大特点是“数字性”, 在控制器的推动下运转一个角度, 称为一步或步矩角, 非常适合微机和单片机控制。随着微电子和计算机技术的发展, 步进电机的需求量与日俱增, 在国民经济各个领域都有应用。鉴此, 设计开发了一种基于单片机的步进电机控制系统。

1 设计方案

本控制系统采用 ATMEL 公司 MCS-51 系列单片机 AT89C51 作为微处理器。AT89C51 内部有 4K 的可编程 EPROM、128 字节的 RAM (其中有 16 个字节既可以作一般的 RAM 单元使用, 又可对 128 位进行位操作)、21 个特殊功能寄存器、2 个 16 位的定时计数器以及一个全双工串行口, 对外有 4 个端口、32 条 I/O 线, 它们都具有位寻址功能, 使用非常方便。

系统采用的步进电机为 QH4-4119 型两相永磁式步进电机, 每相线圈的电阻约为 70Ω。笔者采用单电压驱动电路来驱动步进电机, 在本质上它是一个简单的反相器。该驱动电路一般适用于小功率步进电动机的驱动。本设计中的步进电机都是小功率的步进电动机, 通过对软件的控制来改变步进电机的转速大小和正反转的要求。

电源电路采用单路固定稳压电源电路, 并提供给硬件电路工作电源。使用加速键、减速键、启停键、正反转键、运动键控制步进电机。其整体框图如图 1 所示。

2 硬件结构

2.1 电源部分

2.1.1 工作原理 将外界低压交流电通过 4 个二极管组成的整流桥进行整流, 并通过电容滤波, 最后经稳压器 7812、7805 稳压输出 +12V、+5V 的直流稳压电源。由于稳压器 7812 所能承受的电压范围为 15~45V, 最佳输入电压取值为 15~20V, 所以选择比较适合 15V 交流电作为输入电源。硬件

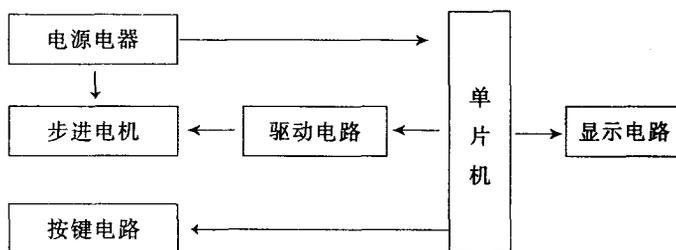


图 1 步进电机控制系统整体框图

收稿日期: 2009-02-10

作者简介: 陈石龙(1984-), 男, 见习助理工程师, 福建福安人, 现从事高校现代教育技术工作及研究。

E-mail: shilong1984@yahoo.com.cn

电路工作原理图见图 2.

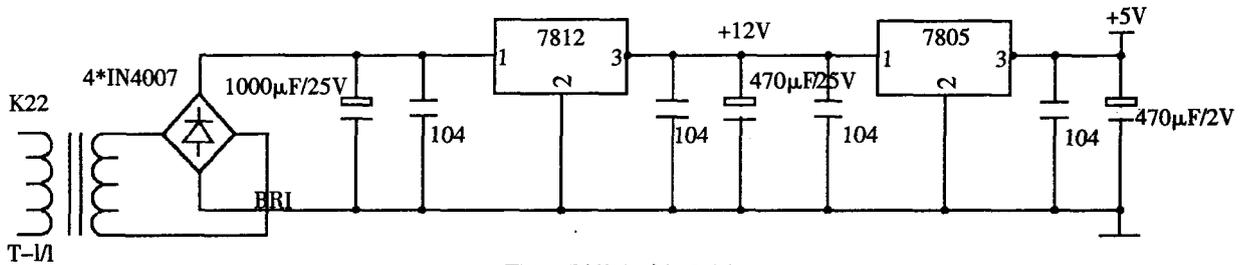


图 2 硬件电路原理图

2.1.2 参数计算

根据整流桥特性 $RC > 10\text{ms}$, $R = \frac{U}{I}$ (R 为负载电阻), 所以 $CI > \frac{10\text{ms} \cdot I}{U}$.

本设计使用的步进电机型号为 QH4-4119, 将两组线圈的中间抽头对接起来, 形成四相线圈, 每相线圈的电阻约为 35Ω . 按本设计的驱动电路计算, 电路正常工作时流经每相的电流约为 200mA (计算方法参照步进电机驱动电路的参数计算), 设计中用的步进电机共为四相, 所以流经整流桥后端、供电极工作的电流要求最少为 1.2A , 再加上后端控制电路的电流, 估计输入电流应大于 1.4A . 这样可算得 $C1$ 至少要 $490\mu\text{F}$. 为了安全起见, 本设计设置 $C1$ 为 $1000\mu\text{F}/25\text{V}$.

2.2 显示部分

显示部分采用单片机 AT89C51 控制七段 BCD 数码管驱动器 CD4511. 芯片 AT89C51 的引脚 P2.3~P2.0 输出数值至 CD4511 的 A~D 输入端口, 经过 CD4511 译码后, 在四位数码管上输出显示. 通过单片机 AT89C51 控制其 P2.4, P2.5, P2.6, P2.7 的引脚电平, 来选择对应的数码管的输出显示. 数码管采用动态扫描方式显示, LED 的显示时间选择在 $10\sim 25\text{ms}$ 均可, 扫描频率不能太高, 否则, 每位 LED 显示的时间过短, 亮度太低.

2.3 步进电机驱动部分

2.3.1 步进电机的结构 步进驱动器接收到一个脉冲信号, 就驱动步进电机按设定的方向转动一个固定的角度(称为“步距角”), 它的旋转是以固定的角度一步一步运行的. 可以通过控制脉冲个数来控制角位移量, 从而达到准确定位的目的; 同时可以通过控制脉冲频率来控制电机转动的速度, 从而达到调速的目的. 步进电机可以作为一种控制用的特种电机, 利用其没有积累误差(精度为 100%)的特点, 广泛应用于各种开环控制. 现在比较常用的步进电机包括反应式步进电机(VR)、永磁式步进电机(PM)、混合式步进电机(HB)和单相式步进电机等.

2.3.2 步进电机驱动电路原理分析 AT89C51 将控制脉冲从 P1 口的 P1.4~P1.7 输出控制功率三极管 2SD882, 由功率管 2SD882 将脉冲信号进行电压和电流放大, 驱动步进电机的各相绕组, 使步进电机随着不同的脉冲信号分别作相应的动作. 图 3 中 L1 为步进电机的一相绕组. AT89C51 选用频率 12MHz 的晶振, 选用较高晶振的目的是为了尽量减小 AT89C51 对上位机脉冲信号周期的影响. 电阻 R13~R16 是一外接电阻, 起限流作用, 也是一个改善回路时间常数的元件. D1~D4 为续流二极管, 使电机绕组产生的反电动势通过续流二极管(D1~D4)而衰减掉, 从而保护了功率管 2SD882 不受损坏. 在外接电阻上并联一个电容, 可以改善注入步进电机绕组的电流脉冲前沿, 提高了步进电机的高频性能. 与续流二极管串联的电阻可减小回路的放电时间常数, 使绕组中电流脉冲的后沿变陡, 电流下降时间变小, 也起到提高高频工作性能的作用. 硬件电路原理图见图 3.

2.3.3 参数计算 通过电机每相线圈的电流的计算. 用数字万用表测得每相电阻为 $35\sim 40\Omega$, 三极管集

电极电压为 12V, 三极管饱和导通压降约为 0.3V, 所以通过每相电流约为: $(12-0.3)/35\Omega=334\text{mA}$. 考虑到流过三极管(T1-T8)基极电流大约为 1A, 故采用 2SD882, 电阻(R1-R8)采用普通碳膜电阻, 阻值为 4.7k Ω .

3 软件结构

3.1 软件设计思想

软件系统采用 MCS-51 单片机汇编语言编写, 时钟晶振为 12MHz, 故每条指令周期为 1 μs . 根据设计任务的要求进行按键扫描、显示扫描、电机状态控制, 并根据功能要求进入各个功能模块. 主要设计的子程序有电机状态赋值子程序、显示扫描子程序、按键扫描子程序. 在步进电机控制系统中单片机的主要作用是产生脉冲序列, 它通过 AT89C51 的 P1 口中 P1.4~P1.7 发送的. 系统软件编制采用定时中断产生脉冲序列, 不使用软件延时, 不占用 CPU. CPU 在非中断时间内可以处理其他事件, 唯有到了中断时间驱动步进电机一个脉冲信号.

步进电机工作方式为四相 8 拍, 通电顺序为: A-AB-B-BC-C-CD-D-DA. 如果按照上述通电顺序, 步进电机正转; 反之, 如果通电顺序相反, 则步进电机反转. 步进电机正转励磁逻辑, 见表 1.

表中的代码 80H、0A0H、20H、60H、40H、50H、10H、90H 称为励磁表. 在编制程序时, 先将代码按照顺序放入存储器中, 由单片机通过接口依次送出相应控制代码, 即可控制步进电机转动. 在确定步进电机的转动后, 只需要改变给定脉冲的频率即可改变步进电机的转速, 不过输送脉冲的频率不能太快, 否则会造成电机不转, 而发出啸声. 考虑到要使步进电机平稳运行, 采用定时器定时输出控制脉冲, 同时要将会定时器的中断优先级设为最高级别, 以保证不论 CPU 在执行哪段程序, 定时中断一到就可以无条件的执行脉冲输出程序.

3.3 软件总系统设计

总流程图采用模块化结构, 在 RAM 建立各控制量的映射, 方便各功能模块的编程和修改. 分功能模块结构, 可实现无扰动重入. 软件模块按功能划分, 是以子程序的形式设计的, 程序分别对各个功能进行调用, 各个模块功能清晰明了. 本次设计采用单极性直流电源供电, 只要对步进电机的各相绕组按合适的时序通电, 就能使步进电机步进转动. 按键子程序中包括按键扫描、按键去抖动、按键的键后处理. 按键扫描采用单个按键的扫描, 分别对不同功能的按键扫描并存放不同的按键标志. 按键去抖动采用延时去抖法. 根据按键扫描后的按键标志位结果来处理相应的子程序. 键后处理采用键前沿, 把键前沿后存放成触型按键, 把前次扫描到的存放成控制型按键. 显示模块采用传统的 BCD 编码显示数字, 程序编译容易, 资源占用少. 使用四位数码管, 动态扫描显示的方式. 总程序流程框图见图 4.

4 系统调试测试方法与结果

(1) 使用变压器在电路中接入 15V 的电压, 使用万用表测量电路中相应位置的电压是否正常. 其结

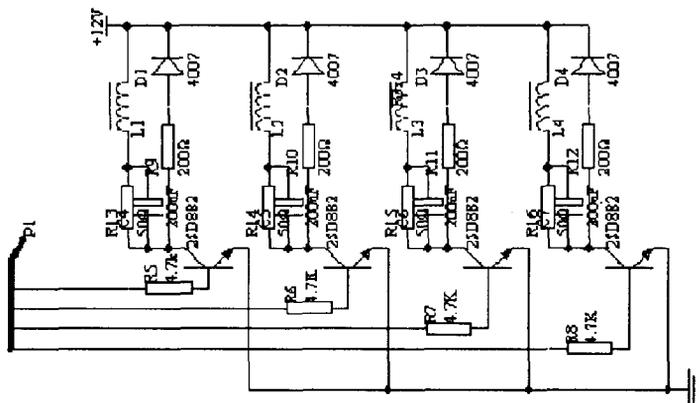


图3 硬件电路原理图

表1 步进电机正转励磁逻辑表

A相	B相	C相	D相	工作状态	代 码	电机拍数
1	0	0	0	A	80H	0
1	1	0	0	AB	0A0H	1
0	1	0	0	B	20H	2
0	1	1	0	BC	60H	3
0	0	1	0	C	40H	4
0	0	1	1	CD	50H	5
0	0	0	1	D	10H	6
1	0	0	1	DA	90H	7

果为稳压块输出电压正常, 电路芯片供电正常.

(2)编写相应的测试程序, 并将程序烧写进 AT89C51, 将 AT89C51 放入实际电路中测量. 结果: 该系统电路可以满足在功能按键的操作下控制步进电机做正转、反转、加速、减速、以及自行运动.

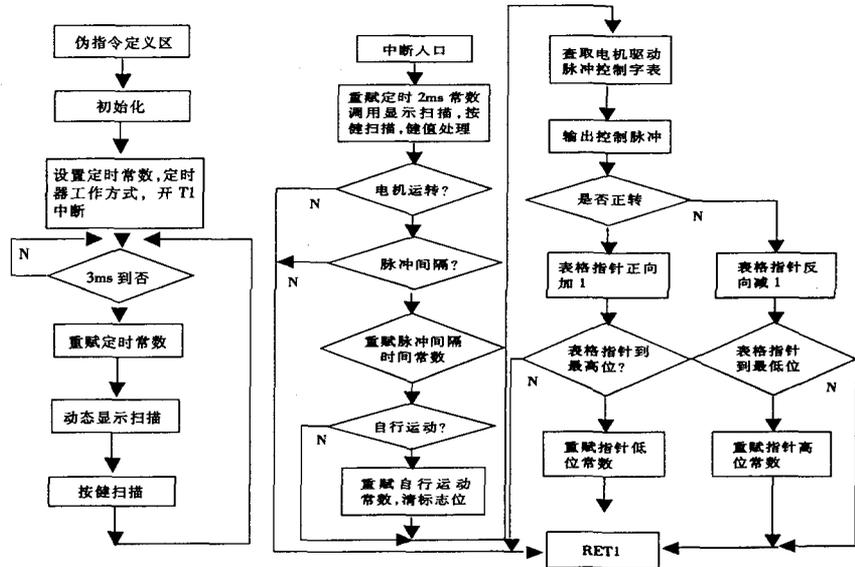


图 4 总程序流程框图

参考文献:

- [1] 何立民, 张俊谟. 单片机中级教程: 第 2 版 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
- [2] 王琼. 单片机原理及应用实验教程 [M]. 合肥: 合肥工业大学出版社, 2005.
- [3] 杨振江, 杜铁军, 李群. 流行单片机使用子程序及应用实例: 第 2 版 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2002.
- [4] 杨素行. 模拟电子技术基础简明教程: 第 2 版 [M]. 北京: 北京高等教育出版社, 1998.
- [5] Spencer R. R. 电子电路设计基础 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [6] 徐建军. MCS-51 单片机应用及接口技术 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [7] 吴金戌, 沈庆阳, 郭庭吉. 8051 单片机实践与应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [8] 曾令全. 电机学 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2007: 117-156.
- [9] 杨绍岩, 黄立创, 刘丽. 高精度步进电机控制方法 [J]. 光电技术应用, 2006, 01(8): 21-22.
- [10] 盛超, 钟运平, 韦志朝. 基于 AT89C2051 的混合式两相步进电机控制器 [J]. 电气应用, 2005, 01(2): 15-18.
- [11] 李晓菲, 胡泓, 王炜, 程云涛. 步进电机加减速控制规律 [J]. 机电产品开发与创新, 2006 01(12): 8-10.
- [12] 周明安, 朱光忠, 宋晓华, 肖俊建. 步进电机驱动技术发展及现状 [J]. 机电工程技术, 2005, 02(5): 19-21.
- [13] 王晓明. 电动机的单片机控制 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
- [14] 江思敏, 姚鹏翼, 胡荣, 等. Protell 电路设计教程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.

Design of Digital Timer Based on MCU

CHEN Shi-long

(Modern Education Technology office, Ningde Teachers College, Ningde Fujian 352100, China)

Abstract: This design takes the AT89C51 as the core, including the design of the hardware system and the software system, to realize the control on the Stepping Motor. As an automatic control system, this system sends the control signals to the MCU by pressing the button to control the rotatio speed and rotatio direction of the Stepping Motor, and to control the proper motion of the Hanging objects. Some software can be realized when the command system of the AT89C51 is applied to Program. After testing, this system can achieve the above-mentioned functions.

Key words: AT89C51; stepping motor; control system