

目 录

摘要	I
Abstract	II
引言	1
1 单片机和超声波壁障概述	2
1.1 单片机概况	2
1.1.1 单片机的发展史	2
1.1.2 单片机的现状	2
1.1.3 单片机的发展趋势	3
1.2 单片机的应用	4
1.3 超声波壁障的特点	错误！未定义书签。5
1.4 超声波壁障的工作原理	错误！未定义书签。6
2 系统的总体方案设计	6
2.1 系统分析	6
2.1.1 系统功能分析	6
2.1.2 系统原理结构	6
2.2 技术方案可行性研究	7
2.2.1 步进电机的选型	7
2.2.2 步进电机的控制方式	8
2.2.3 步进电机的驱动电路	10
2.2.4 驱动电路的确定	12
2.2.5 脉冲分配及激励方式	14
2.2.6 基本方案的确定	15
3 系统硬件的详细设计	16
3.1 单片机主机系统电路	16
3.1.1 单片机的引脚功能	16
3.1.2 AT89C52 功能特性概述	17
3.1.3 时钟电路	18
3.1.4 复位电路	18
3.2 驱动电路的设计	19
3.3 显示电路及控制按键的设计	20
3.3.1 显示模块的设计	20
3.3.2 键盘模块的设计	21
4 系统软件的详细设计	24
4.1 系统软件设计的基本原则	24

4.2 主程序的设计	24
4.3 显示子程序的设计	25
4.3.1 LCD1602 显示原理	25
4.3.2 LCD1602 液晶显示流程	27
4.4 键盘子程序的设计	28
4.5 驱动程序流程图	29
4.6 调速程序流程图	29
4.6.1 正反转程序流程图	29
4.6.2 转速快慢程序流程图	30
4.6.3 定时中断流程图	31
5 系统的仿真	32
5.1 Proteus ISIS 介绍	32
5.1.1 Proteus ISIS 的特点	32
5.1.2 Proteus 仿真注意事项	33
5.2 系统电路仿真图	33
5.3 各子系统仿真设计	33
5.3.1 驱动电路仿真	33
5.3.2 键盘输入仿真	34
5.3.3 转速显示仿真	35
5.4 系统仿真的运行流程	35
5.5 仿真设计与硬件实物	37
5.5.1 硬件实物	37
5.5.2 对比分析	38
结论	39
致谢	40
参考文献	41
附录 I 程序	42
附录 II 中文译文	48
附录 III 文献原文	54

摘 要

步进电机是将电脉冲信号转变为角位移或线位移的开环控制元件。在非超载的情况下，电机的转速、停止的位置只取决于脉冲信号的频率和脉冲数，而不受负载变化的影响，即给电机加一个脉冲信号，电机则转过一个步距角。这一线性关系的存在，加上步进电机只有周期性的误差而无累积误差等特点。使得在速度、位置等控制领域用步进电机来控制变的非常的简单。步进电机的调速一般是改变输入步进电机的脉冲的频率来实现步进电机的调速，因为步进电机每给一个脉冲就转动一个固定的角度，这样就可以通过控制步进电机的一个脉冲到下一个脉冲的时间间隔来改变脉冲的频率，延时的长短来具体控制步进角来改变电机的转速，从而实现步进电机的调速。在本设计方案中采用 AT89C52 型单片机内部的定时器改变 CP 脉冲的频率从而实现对步进电机的转速进行控制，实现了电机调速与正反转的功能，并使用 EDA 软件 Proteus 对设计结果进行了仿真。

关键词：步进电机；单片机；调速系统；Proteus

Abstract

Step-by-step electric motor is the ring opening gating element changing electricity pulse signal into angular displacement or line displacement. Under the situation of must overload, the electric motor rotation rate, discontinuous location depend on pulse signal frequency and pulse number only, make free from being loaded with the effect changing, but be that being added a pulse signal, the electric motor by electric motor is to have rotated a step spur angle. This gleam of the sexual relationships existence, adds step-by-step electric motor characteristics such as only having the cyclicity error but there being no accumulative error. Feasible simplicity controlling a field using step-by-step electric motor to come to control changeable extraordinary in speed, location etc. Step-by-step electric motor speed regulation general be change import step-by-step electric motor pulse frequency come true step-by-step electric motor speed regulation, because of step-by-step electric motor every be given to a pulse right away rotate one fixed angle, such right away not bad pass under the control of step-by-step electric motor a pulse arrive at next pulse period come to change pulse frequency, Come to control the speed regulation, realizing step-by-step electric motor thereby to come to change the electric motor rotation rate step-by-step angle concretely the deferred length. Frequency adopt the internal timer of AT89C52 type monolithic machine to change CP pulse in the design plan in realizes the speed regulation controlling, realizing an electric motor and the function that the positive and negative rotates being in progress to step-by-step electric motor rotation rate thereby. Finally, uses the Proteus ISIS simulation tool to implement the emulation of this system.

Key words: Step-by-step electric motor; monolithic machine; speed regulation system; Proteus

引言

随着大规模集成电路技术的发展,出现了单片机。单片机全称单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer), 顾名思义, 单片机是在单硅片上集成了微型计算机主要功能部件的集成芯片。由于其体积小、功能强、可靠行高、价格低、功耗小、指令简单、易于开发, 同时由于嵌入式 C 语言的普及, 单片机备受用户欢迎, 在新产品研发、工业自动化以及各种控制领域中被广泛采用。

步进电机是将电脉冲信号变换成角位移或直线位移的执行部件。步进电机可以直接用数字信号驱动, 使用非常方便。一般电动机都是连续转动的, 而步进电动机则有定位和运转两种基本状态, 当有脉冲输入时步进电动机一步一步地转动, 每给它一个脉冲信号, 它就转动一定的角度。步进电动机的角位移量和输入脉冲的个数严格成正比, 在时间上与输入脉冲同步, 因此只要控制输入脉冲的数量、频率及电动机绕组通电的相序, 便可获得所需的转角、转速及转动方向。在没有脉冲输入时, 在绕组电源的激励下气隙磁场能使转子保持原有位置处于定位状态。因此非常适合于单片机控制。步进电机还具有快速启动、精确步进和定位等特点, 广泛应用在高精度、高响应性、高可靠性的机械系统中。步进电动机已经成为直流电动机和交流电动机以外的第三类电动机, 传统电动机作为机电能量转换装置, 在人类的生产和生活进入电气化过程中起着关键的作用。步进电机作为一种高可控性的特种电机, 利用其没有误差积累(精度为 100%)的特点, 广泛应用于各种开环控制。

近年来国外步进电机控制领域的研究很活跃, 发展迅速, 相继研究出一些高性能的微步驱动器。对步进电机进行单片机控制是步进电机控制技术的发展趋势, 如何更好的使用单片机来控制步进电机正是本课题的研究所在。

此外, 英国 Labcenter electronics 公司推出的嵌入式设计仿真与开发平台 Proteus 中, 用户可以根据需要搭建开发平台, 将编译好的目标代码加载到芯片中。目前支持的编译器有 Keil、GNU 以及 IAR 等。这些编译器都可以与 Proteus 软件整合, 实现源代码级调试, 即通过这些编译器在 Proteus 软件中调试程序。在 Proteus 软件中还可以查看多种调试信息, 如源代码执行情况、CPU 寄存器信息、变量值以及 Flash 与 RAM 中的信息等。大量的元件库支持大型设计, 而且在仿真中还可以观察各元件的状态。对于这样的仿真平台, 从某种意义上讲, 弥补了实验和工程应用间脱节的矛盾和现象。

1 单片机和步进电机概述

1.1 单片机概况

1.1.1 单片机的发展史

1971 年微处理器研制成功不久, 就出现了单片微型计算机 (即单片机), 但最早的单片机是 1 位的, 处理能力很有限。

单片机的发展可分为下面 4 个阶段。

第一阶段 (1974 年-1976 年): 单片机初级阶段。在这一阶段由于受工艺限制, 单片机采用单片的形式并且功能比较简单。这一阶段出现的代表性的单片机有 Intel 公司的 Intel4004, TI 公司的 TMS1000。在这个阶段 TI 公司为微处理器申请了专利, 所以无法确定究竟那家公司第一个在实验室做出了微处理器。

第二阶段 (1976 年-1978 年): 低性能单片机阶段。以 Intel 公司制造的 MCS-48 系列单片机为代表, 该系列单片机片内集成有 8 位 CPU、8 位定时器 / 计数器、并行 I / O 接口、RAM 和 ROM 等, 但是最大的缺点是无串行接口, 中断处理比较简单, 片内 RAM 和 ROM 容量较小且寻址范围不大于 4KB。

第三阶段 (1978 年-1983 年): 高性能单片机阶段。这个阶段推出的单片机普遍带有串行接口, 多级中断系统, 16 位定时器/计数器, 片内 ROM、RAM 容量加大, 且寻址范围可达 64KB, 有的片内还带有 A/D 转换器。这类单片机的典型代表是 Intel 公司的 MCS-51 系列 8051、Motorola 公司的 6801 和 Zilog 公司的 Z8 等。由于这类单片机的性价比高, 所以直到现在仍被广泛应用, 是目前应用数量较多的单片机。

第四阶段 (1983 至今): 8 位单片机巩固发展以及 16 位单片机、32 位单片机推出阶段。此阶段的主要特点是: 一方面发展 16 位单片机、32 位单片机以及专用单片机; 另一方面不断完善高档 8 位单片机, 改善其结构, 增加片内器件, 以满足不同用户的需求。16 位单片机的典型产品, 如 Intel 公司生产的 MCS-96 系列单片机, 片内带有多通道 10 位逐次逼近比较式 A/D 转换器及高速输入输出部件, 实时处理的能力很强; 再如近几年 TI 公司推出的 MSP430 系列低功耗 16 位单片机, 降低了功耗, 可采用 1.8V~3.6V 电压供电, 并集成了更丰富的片内资源。32 位单片机除了更高的集成度外, 其晶振可达 20MHz, 这使 32 位单片机的处理速度比 16 位增快了许多, 性能比 8 位、16 位单片机更为优越, 也能处理比较复杂的图形和声音数据。

1.1.2 单片机的现状

在数字化道路上,我国电子设计技术的发展经历了并将继续经历许多重大的变革与飞跃。从应用 SSI 通信数字电路芯片构成电路系统,到广泛应用 MCU(微控制器或单片机),在电子系统设计上发生了一个具有里程碑意义的飞跃。这一飞跃不但克服了应用纯 SSI 数字电路系统许多不可逾越的困难,同时也为电子设计技术的应用开阔更广的前景,使得电子系统的智能化水平在广度和深度上产生了质的飞跃。但是电子设计技术发展到今天,又将面临一次更大意义上的突破。从某种意义上说,这种突破的实现是历史抉择性的,而非技术性的,既 CPLD/FPGA 在 EDA 中的广泛应用。从本质上说,新的电子系统运转的物理机制又将回到原来的纯数字电路结构上,但却是一种更高层次的循环。它在更高层次上保留了过去数字技术的优秀部分,对 MCU 系统将是一种扬弃,但在电子技术的设计操作和系统构成的整体上却发生了质的飞跃。如果说 MCU 在逻辑的实现上是无限的话,那么 CPLD/FPGA 不但包括了 MCU 这一特点,而且还可触及硅片电路限度的物理极限,并兼有串行工作方式、高速、高可靠性以及宽口径适用性等诸多方面的特点,不但如此,随着 EDA 技术的发展和 CPLD/FPGA 向深亚微米领域的进军,它们与 MCU、MPU、DSP、A/D、D/A、RAM 和 ROM 等独立器件间的物理与功能界限将日益模糊。特别是软/硬 IP 芯核产业的迅速发展,嵌入式通用与标准 FPGA 器件呼之欲出,片上系统(SOC)即将问世。正越来越受到业内人士的密切关注。

由 MCU 为主构成的电子应用系统通常出现的问题可分为 2 类:一类是纯技术问题,如软件设计、接口器件的选择及抗干扰措施的应用问题,这些问题通常属于可解决之列;另一类则直接与 MCU 本身相关,既与 MCU 与生俱来的一些不可克服的弱点相关。

单片机还面临着 CPLD/FPGA 的严峻挑战。

1.1.3 单片机的发展趋势

进入 21 世纪之后,随着科学技术的日新月异,单片机向高速、高性能化、大容量、外电路内装化、片上系统(SOC)等方向飞速发展。今后相当一段时期内,单片机的发展趋势将具有以下一些特点。

1)低功耗 CMOS 化

MCS-51 系列的 8031 推出时功耗 630mW,而现在的单片机普遍都在 100mW 左右,随着对单片机功耗要求越来越低,现在的各个单片机制造商基本都采用了 CMOS(互补金属氧化物半导体工艺)。CMOS 芯片除了低功耗特性之外,还具有功耗的可控性,使单片机可以工作在功耗精细管理状态,在单片机领域 CMOS 正在逐渐取代 TTL 电路。

2)外围电路内装化

这也是单片机发展的主要方向。随着集成度的不断提高,有可能把众多的各种外围功能器件集成在片内。除了一般必须具有的 CPU、ROM、RAM、定时器/计数器等以外,片内集成的部件还有模/数转换器、DMA 控制器、中断控制器、锁相环、频率合成器、声音发生器、CRT 控制器、译码驱动器等。

3)SOC 嵌入式系统

随着集成技术的发展,单片机将进一步发展成 SOC 嵌入式系统。即一块芯片就是一个完整的以单片机为内核的嵌入式应用系统。这个应用系统是具有明确的应用对象的系统,包括了传感器在内的所有硬件组织的全部应用软件。这样系统体积更小,可靠性更高。目前国内外正在加大投入,研究 SOC 系统芯片。不久,单片机将进入 SOC 时代。

4)低噪声、高可靠性

提高单片机的抗电磁干扰能力,使产品能适应恶劣的工作环境,满足电磁兼容性方面更高标准的要求,各单片厂家在单片机内部电路中都采用了新的技术措施,使其具备低噪声与高可靠性。

5)高性能、大容量

进一步改变 CPU 的性能,加快指令运算的速度和提高系统控制的可靠性。采用精简指令集(RISC)结构和流水线技术,可以大幅度提高运行速度。现指令速度最高者已达 100MIPS (Million Instruction Per Seconds, 即兆指令每秒),并加强了位处理、中断和定时控制功能。这类单片机的运算速度比标准的单片机高出 10 倍以上。随着单片机性能的增强,可以使用在复杂控制的场合。为了适应这种领域的要求,须运用新的工艺,使片内存储器大容量化。

1.2 单片机的应用

由于单片机具有显著的优点,它已成为科技领域的有力工具,人类生活的得力助手。它的应用遍及各个领域,主要表现在以下几个方面:

1)智能仪器仪表

单片机广泛地用于各种仪器仪表,使仪器仪表智能化,并可以提高测量的自动化程度和精度,简化仪器仪表的硬件结构,提高其性能价格比。

2)机电一体化领域

机电一体化是机械工业发展的方向,机电一体化产品是指集成机械技术、微

电子技术、计算机技术于一体，具有智能化特征的机电产品，例如微机控制的车床、钻床等。单片机作为产品中的控制器，能充分发挥它的体积小、可靠性高、功能强等优点，可大大提高机器的自动化、智能化程度。

3)实时控制领域

单片机广泛地用于各种实时控制系统中。例如，在工业测控、航空航天、尖端武器、机器人等各种实时控制系统中，都可以用单片机作为控制器。单片机的实时数据处理能力和控制功能，可使系统保持在最佳工作状态，提高系统的工作效率和产品质量。

4)分布式多机系统

在比较复杂的系统中，常采用分布式多机系统。多机系统一般由若干台功能各异的单片机组成，各自完成特定的任务，它们通过串行通信相互联系、协调工作。单片机在这种系统中往往作为一个终端机，安装在系统的某些节点上，对现场信息进行实时的测量和控制。单片机的高可靠性和强抗干扰能力，使它可以置于恶劣环境的前端工作。

5)家电消费类产品

自从单片机诞生以后，它就步入了人类生活，如洗衣机、电冰箱、电子玩具、收录机等家用电器配上单片机后，提高了智能化程度，增加了功能，倍受人们喜爱。单片机将使人类生活更加方便、舒适、丰富多彩。

综上所述，单片机已成为计算机发展和应用的一个重要方面。单片机应用的重要意义还在于，它从根本上改变了传统的控制系统设计思想和设计方法。从前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分功能，现在已能用单片机通过软件方法来实现了。这种软件代替硬件的控制技术也称为微控制技术，是传统控制技术的一次革命。

2 系统的总体方案设计

本系统将单片机 AT89C52 产生的驱动脉冲通过功率放大器放大，从而驱动步进电机。通过 4 个按键，实现步进电机的正转、反转、加速、减速等功能，通过软件与硬件相结合的控制方法，实现了运用单片机对步进电机的稳定控制，实现 grade 0~grade 9 十级变速，转速分别是 3, 5, 8, 10, 12, 15, 30, 40, 60, 120 转/分钟，变速范围较广，并采用 LCD1602 显示屏即时显示控制电动机的转动信息。系统软件编写遵循模块化设计的原则，代码具有良好的易维护性和可移植性。本系统操作方便，可靠性高，其设计精度可以满足一般工业控制的要求，能够应用到实际的生产生活中，能满足现代化生产的需要，实现了对步进电机的良好控制。

2.1 系统分析

2.1.1 系统功能分析

本设计旨在实现一种超声波测距避障系统，使得机器设备能够通过该系统。基于以上目标，本设计实现的系统应当具备以下功能：

- 1) 可通过按键控制步进电机的转速和转向。
- 2) 在一定时间内驱动电动机到达设置的转速和转向。
- 3) 采取一定策略保证电机控制系统的稳定性。
- 4) 显示步进电机速度及转向。

2.1.2 系统原理结构

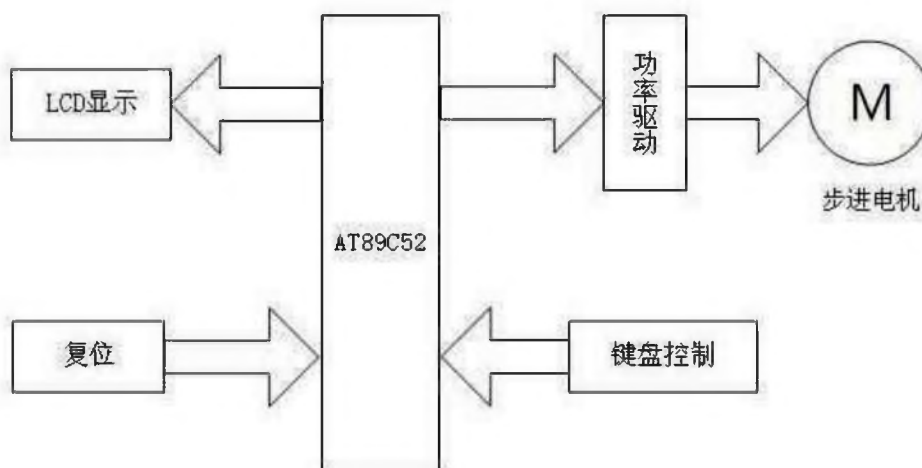


图 2-1 系统的原理结构框图

如图 2-1 所示，本系统的主要功能模块有：MCU 控制模块、步进电机驱动

模块、显示模块、键盘模块。单片机是本系统的中枢，达林顿功率驱动模块用来将单片机脉冲信号转换为电动机驱动信号，键盘和显示器是本系统的人机接口。

2.2 技术方案可行性研究

2.2.1 步进电机的选型

步进电机包括反应式步进电机、永磁式步进电机、混合式步进电机等。永磁式步进电机一般为两相，转矩和体积较小，步进角一般为 7.5 度或 15 度；反应式步进电机一般为三相，可实现大转矩输出，步进角一般为 1.5 度，但噪声和振动都很大。混合式步进电机是指混合了永磁式和反应式的优点。精确度高、转矩大、步进角度小。它又分为两相和五相：两相步进角一般为 1.8 度而五相步进角一般为 0.72 度。

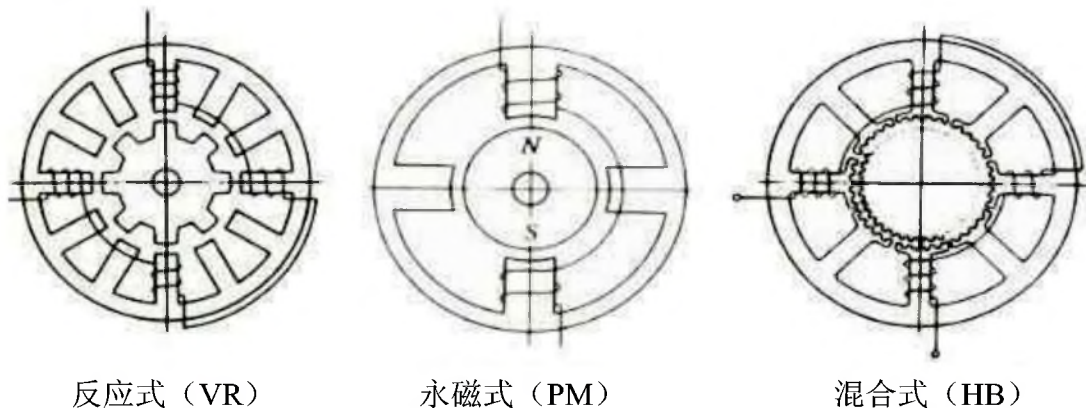


图 2-2 步进电机的结构

反应式步进电机 (VR) 在欧美等发达国家 80 年代已被淘汰。而混合式步进电机 (HB) 由于其步距角小、精确度高、功耗小等原因价格较贵，主要用于工业平台领域。永磁式步进电机具有启动频率低、控制功率小、断电时具有一定的转矩保持、步距角大等特点，多用于小型使用场合以及实验平台，且价格较便宜。

本系统在 Proteus 仿真中所使用的步进电机，由于步距角可调，可以设计为反应式步进电机、永磁式步进电机、混合式步进电机中任意一种。而在后期硬件电路的搭建中，考虑到以上的综合因素，选用了永磁式步进电机。其型号为 35BY48BH10。具体参数如下表：

表 2-1 35BY48BH10 型步进电机参数

型号	步距角	相数	电压	电流	电阻	最大静转矩	定位转距	转动惯量
35BY48BH10	7.5°	4	12V	0.28A	42Ω	400g.cm	90g.cm	7.9g.cm ²

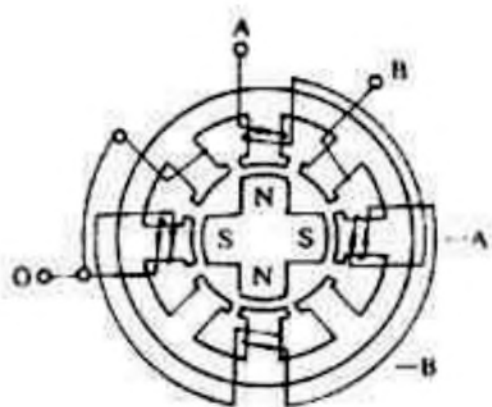


图 2-3 永磁式步进电动机示意图

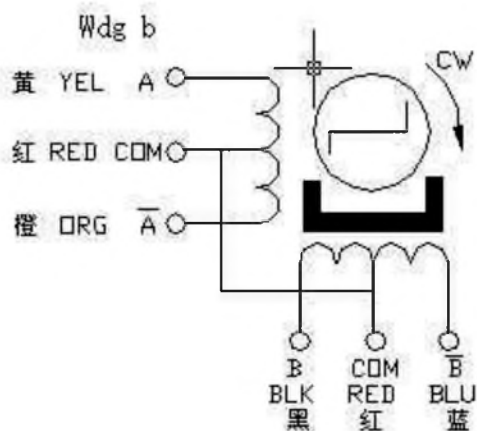


图 2-4 35BY48H10 型步进电机接线图

2.2.2 步进电机的控制方式

在步进电机的微机控制中，包括开环控制和闭环控制两大类。

步进电机开环控制中，不包含反馈通道，这样就使得控制系统的成本较低，但是为了保证控制系统少出错，在设计时必须要考虑一定得富裕度，即驱动脉冲的频率不宜过高，电机的负载不能太重。开环控制的基本原理图如下，在有些系统中，也将脉冲分配由微机软件来实现，即图中虚线框内的功能全部由单片机来实现。

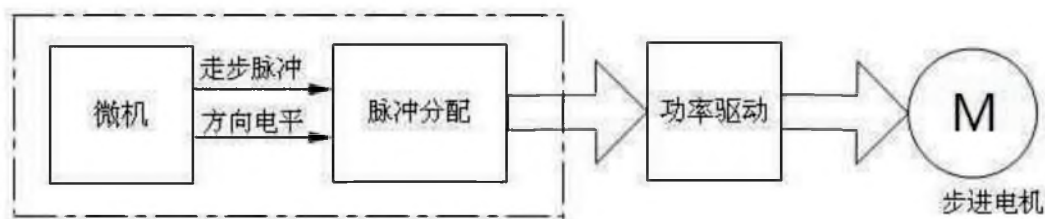


图 2-5 开环控制的基本原理框图

在采用单片机的步进电机开环系统中，控制系统的 CP 脉冲的频率或者换向周期实际上就是控制步进电机的运行速度。系统可用两种办法实现步进电机的速度控制。一种是延时，一种是定时。延时方法是在每次换向之后调用一个延时子程序，待延时结束后再次执行换向，这样周而复始就可发出一定频率的 CP 脉冲或换向周期。延时子程序的延时时间与换向程序所用的时间和，就是 CP 脉冲的周期，该方法简单，占用资源少，全部由软件实现，调用不同的子程序可以实现不同速度的运行。但占用 CPU 时间长，不能在运行时处理其他工作。因此只适合较简单的控制过程。定时方法是利用单片机系统中的定时器定时功能产生任意周期的定时信号，从而可方便的控制系统输出 CP 脉冲的周期。当定时器启动后，定时器从装载的初值开始对系统及其周期进行加计数，当定时器溢出时，定时器

产生中断，系统转去执行定时中断子程序。将电机换向子程序放在定时中断服务程序中，定时中断一次，电机换向一次，从而实现电机的速度控制。由于从定时器装载完重新启动开始至定时器申请中断止，有一定的时间间隔，造成定时时间增加，为了减少这种定时误差，实现精确定时，要对重装的计数初值作适当的调整。调整的重装初值主要考虑两个因素一是中断响应所需的时间。二是重装初值指令所占用的时间，包括在重装初值前中断服务程序重的其他指令因。综合这两个因素后，重装计数初值的修正量取 8 个机器周期，即要使定时时间缩短 8 个机器周期。用定时中断方式来控制电动机变速时，实际上是不断改变定时器装载值的大小。在控制过程中，采用离散办法来逼近理想的升降速曲线。为了减少每步计算装载值的时间，系统设计时就各离散点的速度所需的装载值固化在系统的 ROM 中，系统在运行中用查表法查出所需的装载值，这样可大幅度减少占用 CPU 的时间，提高系统的响应速度。

大多数步进电机运动控制系统都运行在开环状态下，因为成本较低，并可提供运动控制技术固有的位置控制，无须反馈。但是，在个别应用中，需要更多的可靠性、安全性或产品质量的保证，因此，闭环控制也是一种选择。与开环控制不同的是，闭环控制具有反馈通道。闭环控制的基本原理图如下：

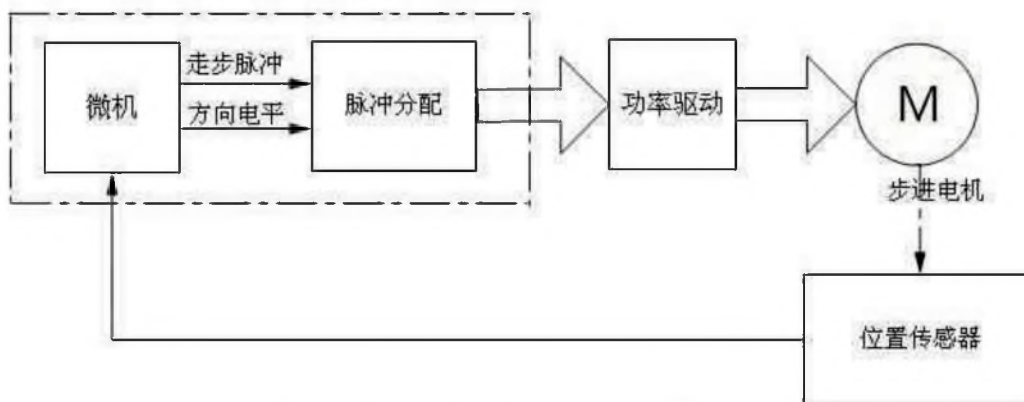


图 2-6 闭环控制的基本原理框图

以下是一些实现步进电机闭环控制的方法：

1) 步进确认，这是最简单的位移控制，使用光学编码器计算步进移动的数量。一个简单的回路与指令校验的步进电机比较，验证步进电机移动到预计的位置；

2) 反电动势：一种无传感器的检测方法，使用步进电机的反电动势信号，测量和控制速度。当反电动势电压降至监测探测水平时，闭环控制转为标准开环，完成最终的位移移动；

3) 全伺服控制，指全时间的使用反馈设备，用于步进电机、编码器、解码器、

或其它反馈传感器上，从而更为精确地控制步进电机位移和转矩。

其它的方法包括各种不同的反电动势控制电机参数测量和软件技术，一些制造企业都会使用这些方法。这里，步进驱动监控和测量电机线圈，使用电压额电流信息提高步进电机控制。正阻尼使用这一信息阻挡振动的速度，产生更多的可用的转矩输出，降低转矩的机械振动损耗。无编码器安装监测采用信息检测同步速度的损耗。

闭环控制由于具有反馈通道，因此，可以在失步时通过反馈回来的信号调整脉冲的输出，这样可以取得比较好的控制效果，但是，通常闭环系统成本过高，同时比较容易受到机械系统中的传动间隙等非线性因素引起机械振荡，若要保证优良的动态性能，不如选用直流或交流位置伺服系统。在步进电机的控制中，一般不采用闭环控制，而更多的采用开环控制。

基于以上的综合考虑，在本系统的设计中，采用开环控制。

2.2.3 步进电机的驱动电路

步进电机不能直接采用直流或者普通交流来供电，必须采用专门的步进电机驱动控制器，步进电机驱动控制器一般包括脉冲发生与分配单元、功率驱动单元，闭环控制电路中还将加入反馈和保护单元。

a. 单极性驱动电路

单极性驱动电路多适用于不需要电流绕组有正、反向流动的步进电机，一般为反应式步进电机。常见的单极性驱动电路有 3 类，分别为单电压功率驱动电路、高低压功率驱动电路以及斩波恒流功率驱动电路。

单电压功率驱动是步进电机控制中最为简单的一种驱动电路，它在本质上是一个单间的反相器。单电压功率驱动器有如下特点：线路简单，成本低，低频时响应较好；有共振区，高频时，带载能力迅速下降。其工作效率较低，特别是在高频下更为突出。它的外接电阻 R 要消耗相当一部分的热量，这样就会影响电路的稳定性，所以这种驱动方式一般只用在小功率的步进电机的驱动电路中。

双电压功率驱动电路一般采用两种电源电压来驱动，因这两个电源分别是一个为高压一个为低压，因此也称为高低压功率驱动电路。其基本思想是，利用短时间的高电压供电以提高导通相绕组电流前沿的陡度与高度，经过一个短时间，关断高电压，用低电压来维持一定的电流，这样可以改善驱动系统的高频性能，使步进电机在高频段也有较大的输出转矩，且静止锁定时的功耗也较小。双电压驱动电路的缺点是在高低压连接处电流出现谷点，这样必然引起力矩在谷点处下降，不利于电机的正常运行。

斩波恒流功率驱动电路的基本思想是，使导通相电流不论在锁定、低频或高频工作时，均保持额定值，使得电机具有恒转矩输出特性，斩波恒流功率驱动电路如图 2-7 所示。斩波恒流功率驱动电路很好的克服了双电压功率驱动电路在高低压连接时电流谷点处力矩下降的问题，并且还可以提高步进电机的效率。它可以用较高的电源电压，同时无需外接电阻来限定期额定电流和减少时间常数，而且低频共振现象基本消除，在任何频率下，电动机都可稳定运行。斩波恒流功率驱动电路是目前应用较多的一种驱动电路。但由于其波形顶部呈现锯齿形波动，所以会产生较大的电磁噪声。

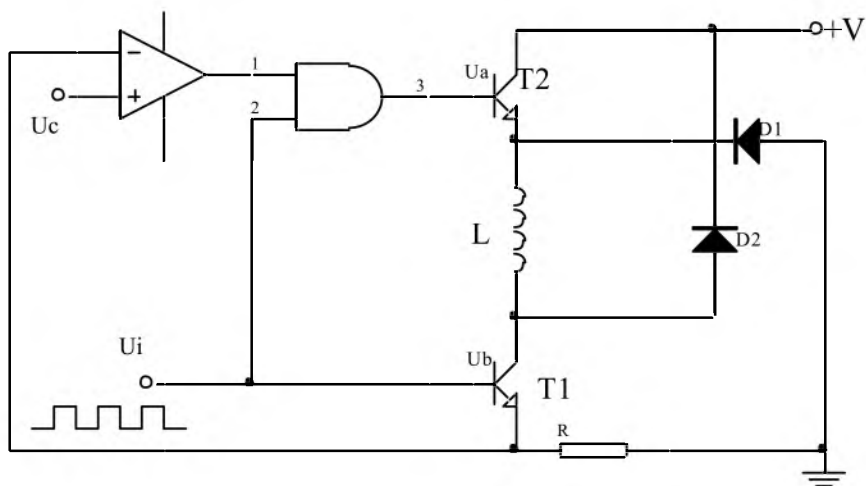


图 2-7 斩波恒流功率驱动电路图

b. 双极性驱动电路

双极性驱动是指对绕组正向和反向通电，其电路相对比较复杂。通常情况下，永磁式步进电机和混合式步进电动机，需要绕组的电流能够正、反流动，常采用全桥式双极性驱动电路。最常用的方法是使用 H 桥驱动。如图 2-8 所示。

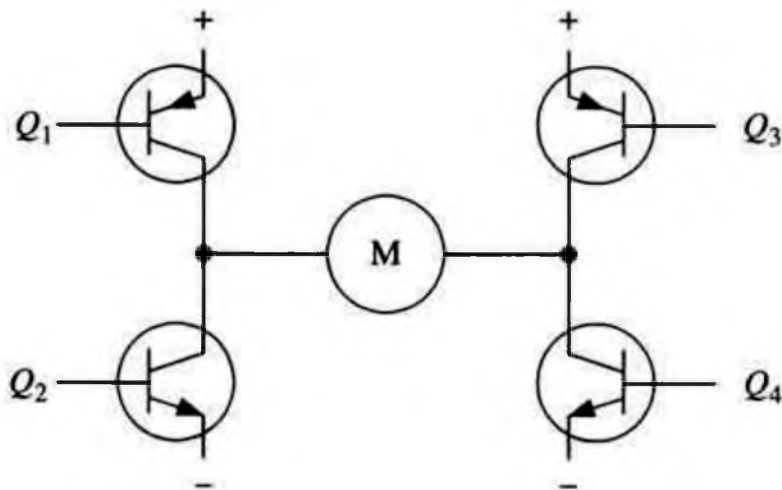


图 2-8 H 桥电机驱动电路图

H 桥式电机驱动电路包括 4 个三极管和一个电机。要使电机运转，必须导通对角线上的一对三极管。根据不同三极管对的导通情况，电流可能会从左至右或从右至左流过电机，从而控制电机的转向。

当 Q1 管和 Q4 管导通时，电流就从电源正极经 Q1 从左至右穿过电机，然后再经 Q4 回到电源负极。从而驱动电机按特定方向转动。

当 Q2 管和 Q3 管导通时，电流将从右至左流过电机，从而驱动电机沿另一方向转动。

驱动电机时，保证 H 桥上两个同侧的三极管不会同时导通非常重要。如果三极管 Q1 和 Q2 同时导通，那么电流就会从正极穿过两个三极管直接回到负极。此时，电路中除了三极管外没有其他任何负载，因此电路上的电流就可能达到最大值（该电流仅受电源性能限制），甚至烧坏三极管。

2.2.4 驱动电路的确定

单极性和双极性是步进电机最常采用的两种驱动架构。35BY48H10 型永磁式步进电机接线图如图 2-4 所示，其包含两组带有中间抽头的线圈，整个电机共有六条线与外界连接。这类电机常被称为四相电机，但是它其实只有两个相位，精确的说法应是二相六线式步进电机。二相六线式步进电机虽然又称为单极性步进电机，实际上却能同时使用单极性或双极性驱动电路。

a. 单极性驱动电路的设计

单极性是指步进电机线圈中电流的流动方向是固定的，即线圈中的电流只按一个方向流动。步进电机的单极性驱动是使用 4 个晶体管来驱动步进电机的 2 组相位，电路结构如图 2-9 所示。电机的 2 个绕组的中间抽头都接高电平，然后根据其工作原理，将电机的其余 4 线的电平轮流拉低，步进电机就会转动。实际设计中，控制器产生的脉冲通过达林顿管实现功率放大，从而驱动电机正常转动。

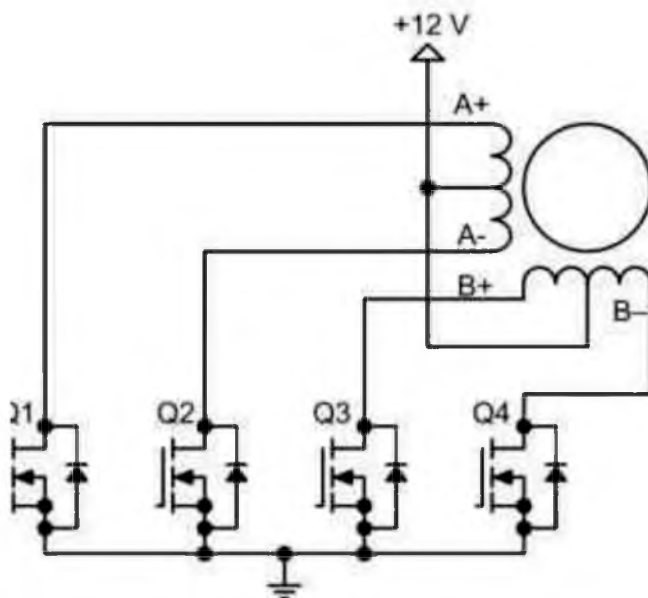


图 2-9 单极性步进电机驱动电路

b. 双极性驱动电路的设计

双极性则是指步进电机线圈中电流的流动方向不是单向的，即绕组有时沿某一方向流动，有时按相反方向流动。双极性步进电机的驱动电路如图 2-10 所示，它会使用 8 个晶体管来驱动 2 组相位。对于两相六线式步进电机而言，2 个绕组的中间接头都悬空，根据步进电机的工作原理，当控制器给驱动器发出驱动信号时，驱动器经过环形分配器和功率放大后，电机绕组依次通电，电机转动。

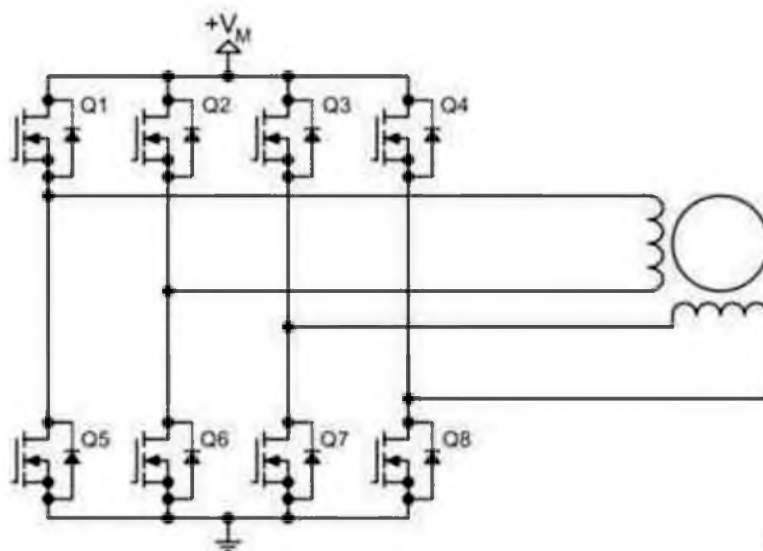


图 2-10 双极性步进电机驱动电路

在实际设计中，桥式电路中晶体管的参数由于各种影响会不一致，使控制难度加大，考虑到电压、电流的等级以及尺寸等因素，一般使用 L298 作为桥式结构的驱动芯片，其内部电路如图 2-11 所示。

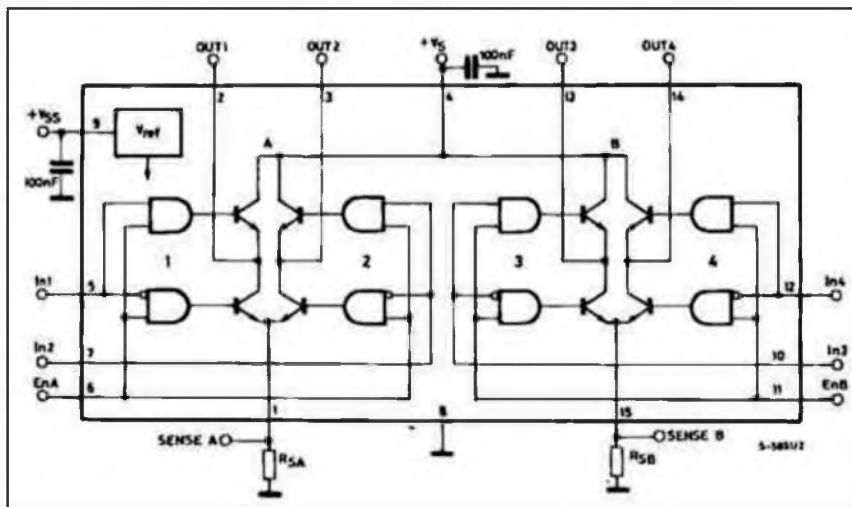


图 2-11 L298 内部电路

从结构上看，对比图 2-9 和图 2-10 的驱动电路图可以看出，单极性驱动电路比双极性驱动电路简单，也比较容易理解。从性能上看，实践表明，2 种驱动电路在相同电压的驱动下，单极性驱动电路的输出力矩比双极性驱动电路要小。由于步进电机的输出力矩与电机的有效体积、线圈匝数、磁通量、电流成正比，所以电机有效体积越大，则励磁安匝数越大，定转子间的气隙就越小，电机力矩越大，反之越小。单极性驱动电路每次都借助中间抽头导通绕组线圈的一半，而双极性驱动电路的绕组线圈每次都有电流通过，在相同电压的驱动下其驱动电流相当，但是，此时单极性驱动电路产生的磁场集中在某个导通的线圈附近，而双极性驱动电路则在整个电机内部产生一个相对均匀的磁场，于是其稳定性要优于单极性驱动电路，输出力矩也较大。

单极性驱动电路简单易行、调试方便且造价简单，低频时响应较好，一般适用于小功率步进电机的驱动；双极性驱动电路 H 桥接线较复杂，要防止桥路上下臂的穿通，但是驱动的力矩和频响较好，适用于大功率步进电机的驱动。

基于以上因素综合考虑，本设计中由于采取 35BY48H10 型永磁式步进电机，其功率较小，单极性驱动电路已经可以较好的满足设计要求。故采用单极性驱动电路。

2.2.5 脉冲分配及激励方式

脉冲分配器又称环形分配器，步进电机正常工作需要按照步进电机的励磁状态表所规定的状态和顺序依次对各相绕组进行通电或者断电控制，各相驱动信号来源于脉冲分配器。脉冲分配器的主要功能是把来源于控制环节的时钟脉冲串按一定的规律分配给步进电机驱动器的各相输入端，控制励磁绕组的导通或者截止。同时，由于步进电机有正反转的要求，所以脉冲分配器的输出，既是周期的，

又是可逆的。因此，脉冲分配器是一种特殊的可逆循环计数器，只是这种计数器的输出不是一般的编码，而是步进电机励磁状态要求的特殊编码。

脉冲分配器可以通过硬件脉冲分配电路实现，也可以通过软件方便灵活的实现。随着大规模集成电路技术的发展，现在很有多厂家生产出专门的用于步进电机控制的脉冲分配芯片，如 SGS 公司的 L297 芯片，配合用于功率放大的驱动电路就可以实现步进电机的驱动。在本设计中，由于单片机的硬件资源完全够用，采取了软件实现环形脉冲分配器的功能，使得硬件设计更为简洁。

驱动二相六线永磁式步进电机的激励方式有一相、二相、一至两相三种。一相激励方式是指每一时刻四相中只有一相接通，步进电机以此方式工作时，温升较高，电源功率功耗小，但是当速度较高时容易产生失步；二相激励方式是指每一个时刻四相中有两相导通，然后按四相的顺序循环，例如 AB、BC、CD、DA 这样的导通方式；一至两相激励方式是指驱动时一相导通和两相导通交替出现的，如图 2-12 所示。

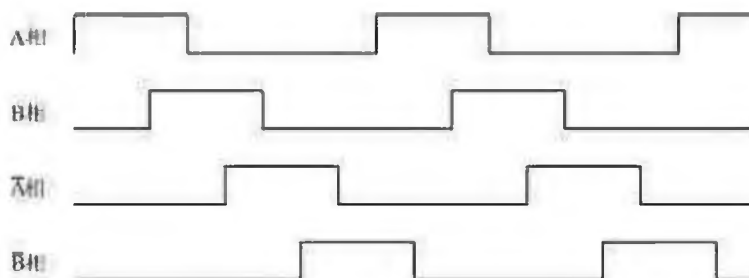


图 2-12 一至二相激励波形示意图

一至两相激励方式使步进电机工作在半步状态，与整步工作状态相较，半步状态振动较小，且控制更准确。所以本设计选用一至两相激励方式驱动步进电机。

2.2.6 基本方案的确定

因本次设计的要求，电机选用 35BY48H10 型永磁式步进电机，驱动电路选用单极性功率驱动电路，脉冲分配电路选择为软件分配方式，并使用一至两相激励方式产生激励信号。

单片机 AT89C52 产生的一至两相激励信号通过达林顿功率驱动电路放大，从而驱动步进电机。通过按键，实现步进电机的正转、反转、加速、减速等功能，并采用 LCD1602 显示屏即时显示控制电动机的转动信息。

3 系统硬件的详细设计

本系统的硬件设计主要包括最小单片机系统、步进电机驱动电路、LCD 显示电路、键盘电路等设计。

3.1 单片机主机系统电路

本次设计以 CPU 选用 AT89C52 作为步进电机的控制芯片。AT89C52 是美国 ATMEL 公司生产的低电压，高性能 CMOS 8 位单片机，片内含 8k bytes 的可反复擦写的 Flash 只读程序存储器和 256 bytes 的随机存取数据存储器（RAM），器件采用 ATMEL 公司的高密度、非易失性存储技术生产，与标准 MCS-51 指令系统及 8052 产品引脚兼容，片内置通用 8 位中央处理器（CPU）和 Flash 存储单元，功能强大的 AT89C52 单片机适合于许多较为复杂控制应用场合。

3.1.1 单片机的引脚功能

- Vcc: 电源电压
 - GND: 地
 - P0 口: P0 口是一组 8 位漏极开路型双向 I/O 口，也即地址/数据总线复用口
 - P1 口: P1 是一个带内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口，P1 的输出缓冲级可驱动（吸收或输出电流）4 个 TTL 逻辑门电路
- 与 AT89C51 不同之处是，P1.0 和 P1.1 还可分别作为定时/计数器 2 的外部计数输入（P1.0/T2）和输入（P1.1/T2EX）。参见表 3-1。

表 3-1 AT89C52 的定时器 2

引脚号	功能特性
P1.0	T2(定时/计数器/2外部计数脉冲输入), 时钟输出
P1.1	T2EX(定时/计数2捕获/重装载触发和方向控制)

- P2 口: P2 是一个带有内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口，P2 的输出缓冲级可驱动（吸收或输出电流）4 个 TTL 逻辑门电路
- P3 口: P3 口是一组带有内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口。P3 口输出缓冲级可驱动（吸收或输出电流）4 个 TTL 逻辑门电路。
- RST: 复位输入。当振荡器工作时，RST 引脚出现两个机器周期以上高电平将使单片机复位。

• **ALE/PROG**: 当访问外部程序存储器或数据存储器时, ALE (地址锁存允许) 输出脉冲用于锁存地址的低 8 位字节。一般情况下, ALE 仍以时钟振荡频率的 1/6 输出固定的脉冲信号, 因此它可对外输出时钟或用于定时目的。要注意的是: 每当访问外部数据存储器时将跳过一个 ALE 脉冲。

• **PSEN**: 程序储存允许 (PSEN) 输出是外部程序存储器的读选通信号, 当单片机由外部程序存储器取指令 (或数据) 时, 每个机器周期两次 PSEN 有效, 即输出两个脉冲。在此期间, 当访问外部数据存储器, 将跳过两次 PSEN 信号。

• **EA/VPP**: 外部访问允许。欲使 CPU 仅访问外部程序存储器 (地址为 0000H—FFFFH), EA 端必须保持低电平 (接地)

• **XTAL1**: 振荡器反相放大器的及内部时钟发生器的输入端。

• **XTAL2**: 振荡器反相放大器的输出端。

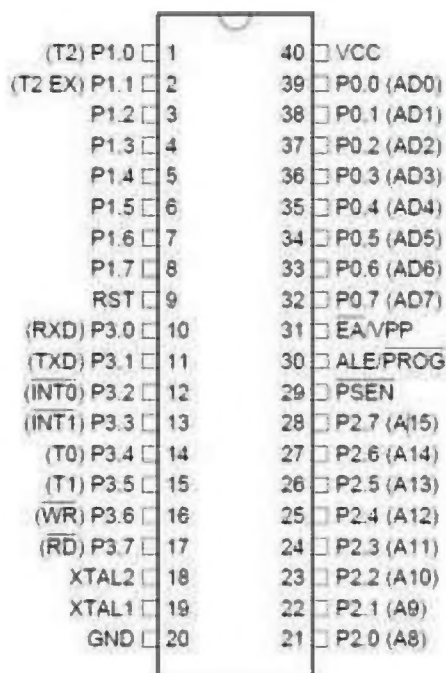


图 3-1 AT89C52 的引脚图

3.1.2 AT89C52 功能特性概述

AT89C52 提供以下标准功能: 8k 字节 Flash 闪速存储器, 256 字节内部 RAM, 32 个 I/O 口线, 3 个 16 位定时/计数器, 一个 6 向量两级中断结构, 一个全双工串行通信口, 片内振荡器及时钟电路。同时, AT89C52 可降至 0Hz 的静态逻辑操作, 并支持两种软件可选的节电工作模式。空闲方式停止 CPU 的工作, 但允许 RAM, 定时/计数器, 串行通信口及中断系统继续工作。掉电方式保存 RAM 中的内容, 但振荡器停止工作并禁止其它所有部件工作直到下一个硬件复位。

3.1.3 时钟电路

单片机的时钟信号用来提供单片机片内各种微操作的时间基准，时钟信号通常用两种电路形式得到：内部振荡和外部振荡。单片机内部有一个用于构成振荡器的高增益反向放大器，引脚 XTAL1 和 XTAL2 分别是此放大器的输入端和输出端，由于采用内部方式时，电路简单，所得的时钟信号比较稳定，实际使用中常采用这种方式，如图 3-2 所示在其外接晶体振荡器(简称晶振)或陶瓷谐振器就构成了内部振荡方式，片内高增益反向放大器与作为反馈元件的片外石英晶体或陶瓷谐振器一起可构成一个自激振荡器并产生振荡时钟脉冲。图 3-2 中外接晶体以及电容 C2 和 C1 构成并联谐振电路，它们起稳定振荡频率、快速起振的作用，其值均为 20pF 左右，晶振频率选 12MHz。

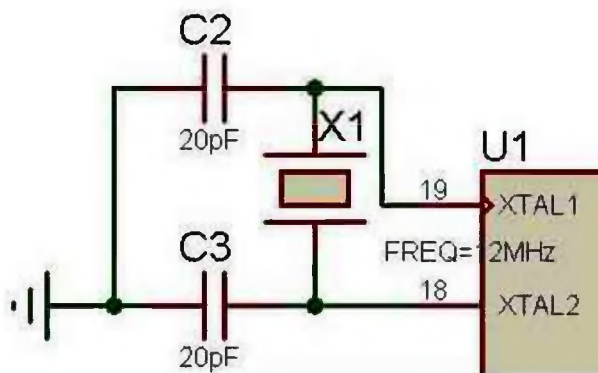


图 3-2 AT89C52 时钟电路

3.1.4 复位电路

为了初始化单片机内部的某些特殊功能寄存器，必须采用复位的方式，复位后可使 CPU 及系统各部件处于确定的初始状态，并从初始状态开始正常工作。单片机的复位是靠外电路来实现的，在正常运行情况下，只要 RST 引脚上出现两个机器周期时间以上的高电平，即可引起系统复位，但如果 RST 引脚上持续为高电平，单片机就处于循环复位状态。复位后系统将输入/输出(I/O)端口寄存器置为 FFH，堆栈指针 SP 置为 07H，SBUF 内置为不定值，其余的寄存器全部清 0，内部 RAM 的状态不受复位的影响，在系统上电时 RAM 的内容是不定的。复位操作有两种情况，即上电复位和手动(开关)复位。本设计采用上电复位方式。

图 3-3 中电阻和电容组成上电复位电路，其值 R 取为 10K，C 取值为 10pF。

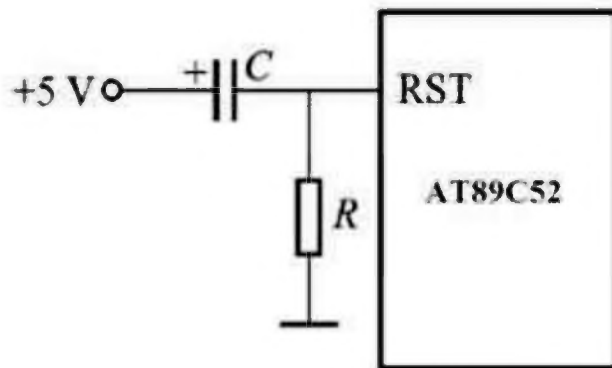


图 3-3 AT89C52 上电复位电路

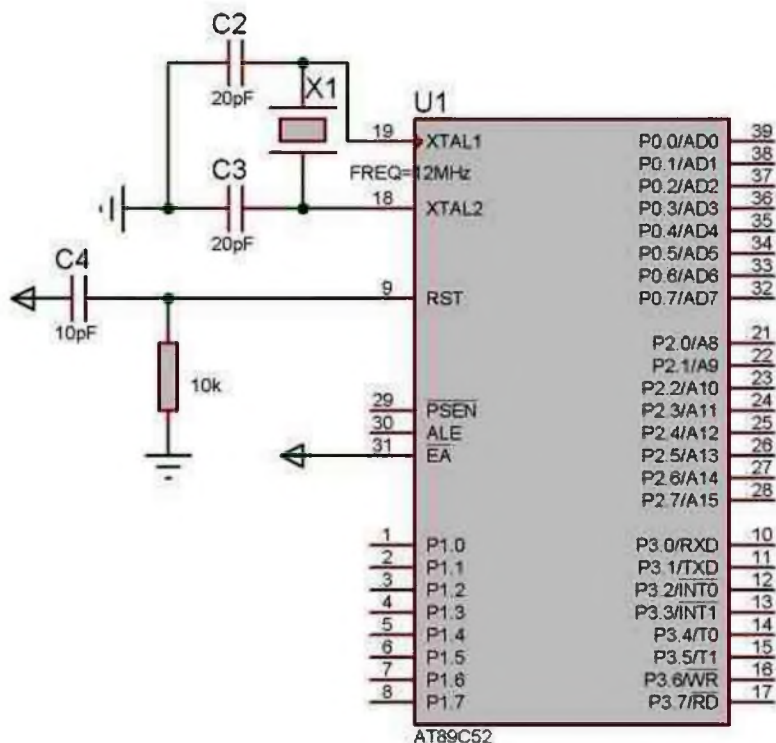


图 3-4 单片机最小系统

3.2 驱动电路的设计

一般脉冲分配器输出的驱动能力有限，不能直接驱动步进电机，而需要经过一级功率放大，即功率驱动电路。本设计选用了单极性功率驱动电路，将单片机产生的脉冲信号通过达林顿管 ULN2803 放大，然后输出给步进电机。

达林顿管又称复合管，它将二只三极管适当的连接在一起，以组成一只等效的新的三极管。组成的新的等效三极管的放大倍数是二者之积。在电子电路设计中，达林顿接法常用在功率放大器和稳压电源中。ULN2803 是八组 NPN 型达林顿功放三极管集成芯片，典型的输入电压是 5V，集电极输出功率可达 $50V \times 600mA$ 。ULN2803 的设计与标准 TTL 电平兼容，这一特性使得该器件广泛应用

于计算机控制、工业控制和消费类产品中。ULN2803 的选用使驱动控制电路的可靠性、稳定性和简洁性得到了极大的提高。

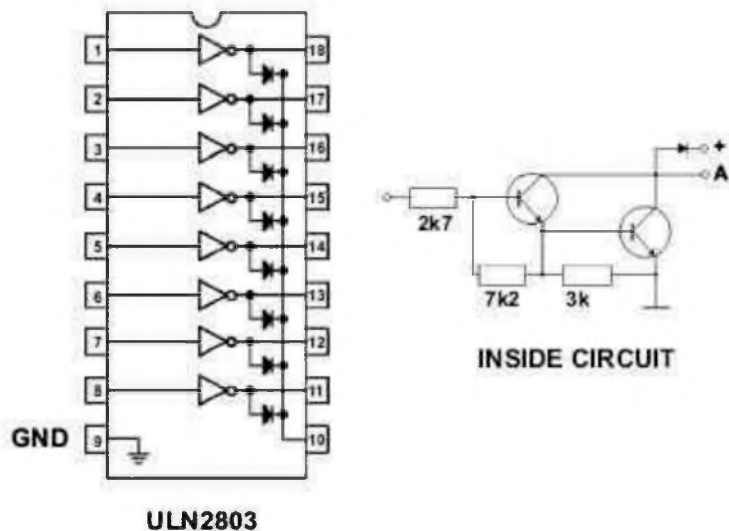


图 3-5 ULN2803 的引脚图及内部电路

单片机产生的脉冲经过 ULN2803 达林顿管进行放大，再驱动步进电机。具体的连接图如 3-6 所示：

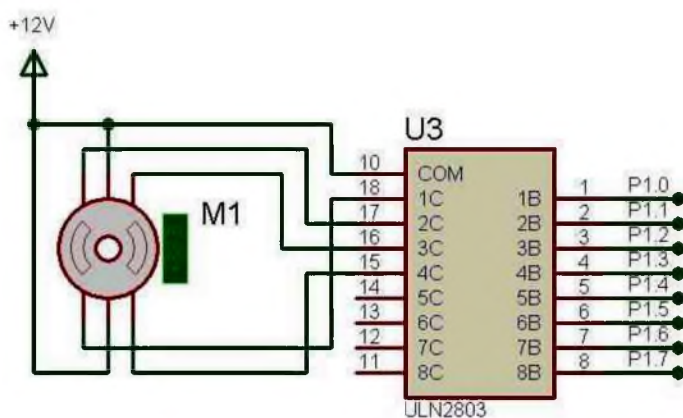


图 3-6 步进电机驱动电路图

3.3 显示电路及控制按键的设计

3.3.1 显示模块的设计

本系统的显示部分采用 RT1602 字符显示模块，与采用数码管相比，硬件连接和软件调试上都由优势。只要把要显示的内容放进液晶模块的显示存储器里面就可以直观的显示出指定的内容，操作方便。本设计将 LCD 连接到 AT89C52 的 P0.0-P0.7 口上，其电路如图 3-7 所示。

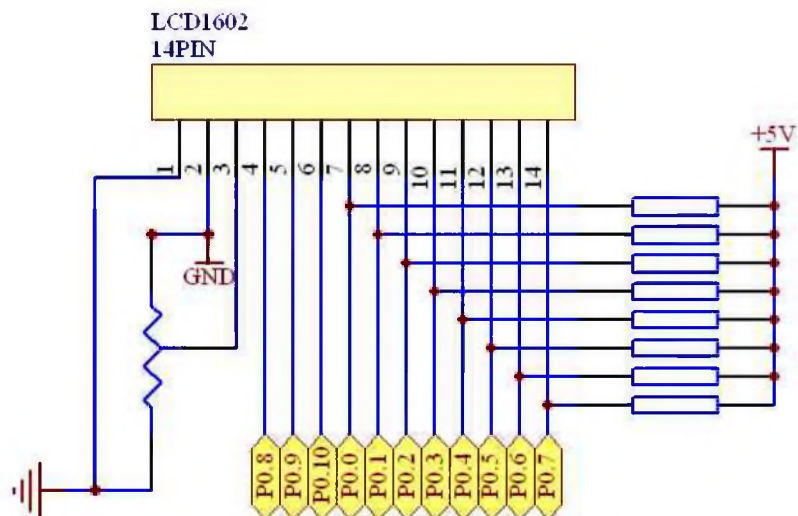


图 3-7 显示电路原理图

LCD1602 采用标准的 14 脚接口，其各引脚定义如下：

第 1 脚：VSS 为地电源。

第 2 脚：VDD 接 5V 正电源。

第 3 脚：V0 为液晶显示器对比度调整端。

第 4 脚：RS 为寄存器选择，高电平时选择数据寄存器、低电平时选择指令寄存器。

第 5 脚：RW 为读写信号线，高电平时进行读操作，低电平时进行写操作。当 RS 和 RW 共同为低电平时可以写入指令或者显示地址，当 RS 为低电平 RW 为高电平时可以读忙信号，当 RS 为高电平 RW 为低电平时可以写入数据。

第 6 脚：E 端为使能端，当 E 端由高电平跳变成低电平时，液晶模块执行命令。

第 7~14 脚：D0~D7 为 8 位双向数据线。

第 15~16 脚：空脚。

3.3.2 键盘模块的设计

键盘的连接一般有两种方式，一种是独立式键盘；一种是行列式键盘。独立式键盘就是各个键相互独立，每个键盘接一根输入线，通过检测输入线的电平状态来确定那个键按下。这种键盘的输入线较多，结构复杂，一般适用于按键较少操作速度较高的场合。而行列式键盘是由行线和列线交叉组成，一般用于按键较多的场合。本次设计一共 4 个键，因此采用独立式键盘，分别接到 AT89C52 的 P2.4-P2.7 口而实现，独立式键盘的示意图如 3-8 所示。

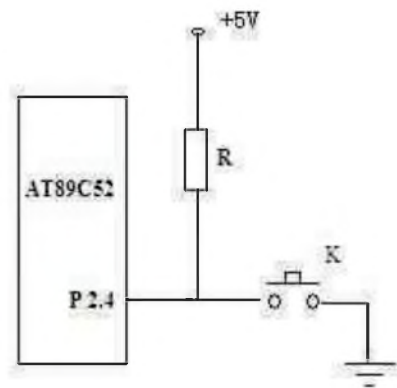


图 3-8 键盘连接图

当按键 K 未被按下时，P2.4 输入为高电平。当 K 闭合时，P2.4 输入为低电平。通常按键所用的开关为机械弹性开关，因此机械触点断开、闭合时均会有一系列的抖动，如图 3-9 所示。

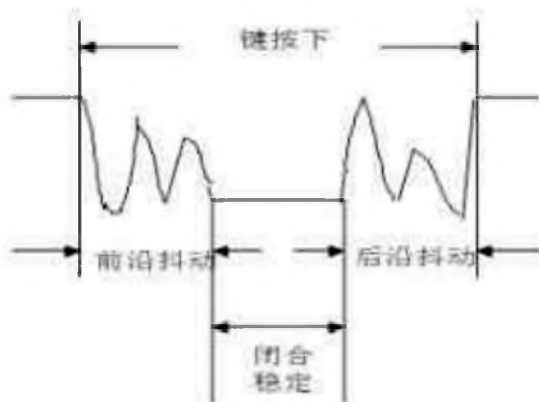


图 3-9 按键抖动

抖动时间长短由按键的机械特性决定，一般是 5 到 10ms。为了确保 CPU 对键的一次闭合只做一次处理，必须去除键盘抖动。键盘消抖有硬件和软件两种方法，一般多使用软件消抖。软件消抖的方法是指，检测到有按键按下时，执行一个 10 ms 左右（具体时间应视所使用的按键进行调整）的延时程序后，产生延时，等电压稳定后在读取按键的状态，从而消除抖动。同理，在检测到该键释放后，也应采用相同的步骤，从而可消除抖动的影响。

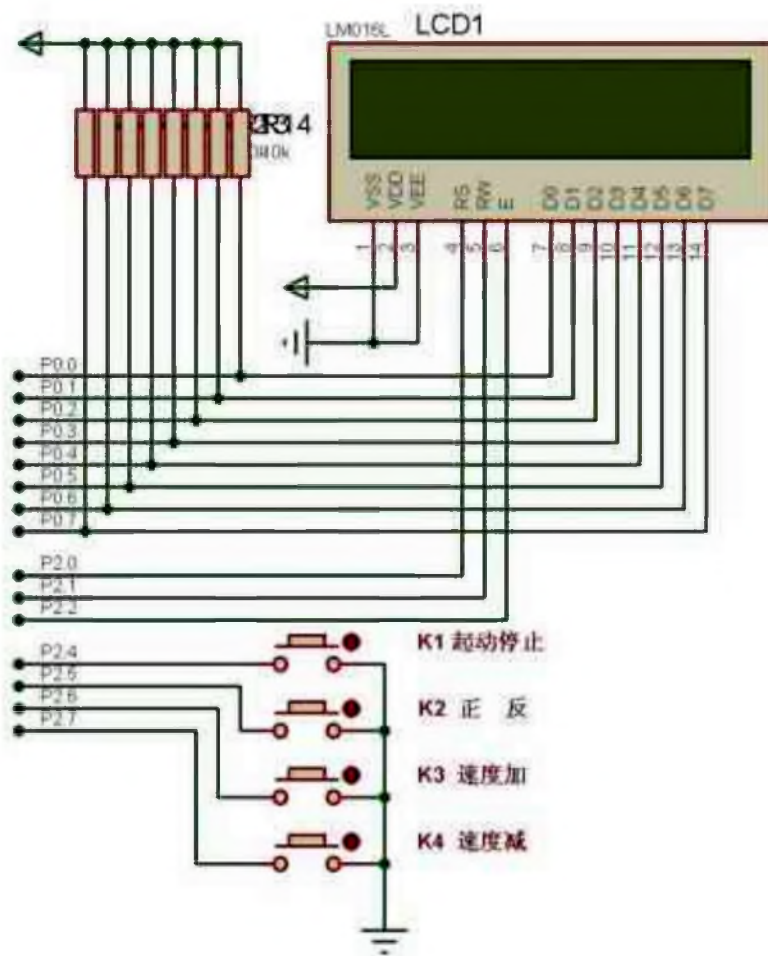


图 3-10 键盘及显示器与 MCU 的接线图

4 系统软件的详细设计

4.1 系统软件设计的基本原则

系统中控制任务的实现最终是靠控制软件来完成的，控制软件的设计将直接决定整个系统的控制性能，以下首先阐述一下软件设计的一些基本要求，然后再概述本系统软件的设计方案。

1)实时性

单片机必须在一定的时间内，完成一系列的软件处理过程，如对系统的被控参数(如转速、转角等)的信号进行采样、计算、逻辑判断和分析，按照规定的控制算法进行数值计算，输出各种控制信号，以及对可能出现的故障进行处理。

2)可靠性

软件的可靠性是指软件在运行过程中避免发生故障的能力，以及一旦发生故障后的解决和排除故障的能力。因此，为了提高软件的可靠性，软件设计要考虑系统运行过程中可能出现的一切非正常情况，且在系统一旦出现故障，如用户按错键，输入错误参数等误操作，或发生程序受外界严重干扰而“跑飞”等情况时，也要有一定的对策，以防止对系统造成严重损失。

3)可维护性

一个完整的控制软件，通常需要一个不断地设计、调试、修改和完善的过程，才会最终满足系统所需的功能要求。因此，在软件的总体设计时，必须要有良好的程序结构设计，以便于程序的反复调试、修改和补充，并保证最终的软件仍具有简洁明了的结构。

4.2 主程序的设计

系统软件采用模块化程序设计，使程序流程清晰明了。系统主程序主要完成的内容：系统参数初始化、打开中断、启动电机等。系统主程序流程图如图 4-1 所示。可以看出，主程序是一个死循环，在系统上电初始化完毕后，系统一直在不断的执行这个循环程序。在循环过程中，若产生中断，则程序就转去执行相应的中断服务程序。在后面将逐一介绍中断服务程序，功能子程序等的设计。

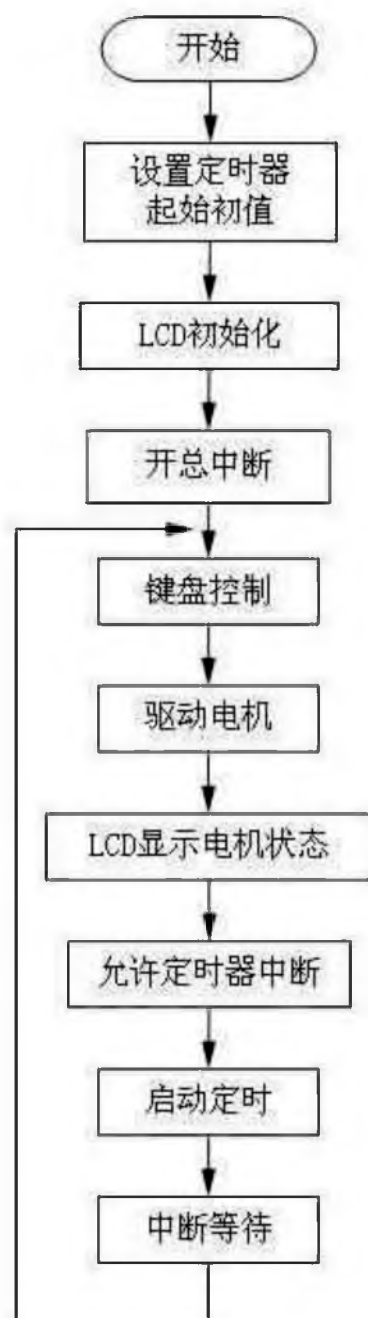


图 4-1 主程序流程图

4.3 显示子程序的设计

4.3.1 LCD1602 显示原理

LCD1602 液晶模块内部的字符发生存储器(CGROM)已经存储了 160 个不同的点阵字符图形,如表 4-1 所示,这些字符有:阿拉伯数字、英文字母的大小写、常用的符号等,每一个字符都有一个固定的代码[10],比如大写的英文字母 ‘A’ 的代码是 41H,显示时 1602 把地址 41H 中的点阵字符图形显示出来,我们就能

看到字母 ‘A’。

表 4-1 1602 字符码表

b7- b3 b0	0000	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1010	1011	1100	1101	1110	1111
CG RAM (1)		0	1	A	Q	a	q	。	フ	チ	4	ä	q
(2)	!	1	A	Q	a	q	。	フ	チ	4	ä	q	
(3)	"	2	B	R	b	r	フ	イ	ツ	×	β	θ	
(4)	#	3	C	S	c	s	フ	ウ	テ	E	ε	∞	
(5)	\$	4	D	T	d	t	フ	エ	ト	ト	μ	Ω	
(6)	%	5	E	U	e	u	。	オ	ナ	1	∞	∞	
(7)	&	6	F	V	f	v	フ	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ	
CG RAM (8)	'	7	G	W	g	w	フ	キ	ヌ	ウ	g	π	
CG RAM (9)	(	8	H	X	h	x	フ	ク	ネ	リ	∫	∞	
(2)	)	9	I	Y	i	y	フ	ケ	ル	ル	'	∫	
(3)	*	:	J	Z	j	z	フ	コ	レ	レ	j	∞	
(4)	+	:	K	[	k	[	フ	サ	ヒ	ロ	*	∞	
(5)	,	<	L	¥	l	¥	フ	シ	フ	フ	∞	∞	
(6)	-	=	M	]	m	]	フ	ズ	へ	ン	∞	∞	
(7)	.	>	N	^	n	^	フ	セ	ホ	°	∞	∞	
CG RAM (8)	/	?	O	_	o	_	フ	マ	°	°	∞	∞	

它的读写操作、屏幕和光标的操作都是通过指令编程来实现的。指令如表 4-2 所示。

表 4-2 LCD1602 字符模块指令表

指令	RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
清显示	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
光标返回	0	0	0	0	0	0	0	0	1	•
置位输入模式	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S
显示 开/关 控制	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B
光标或字符移位	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	•	•
置位显示行、字体	0	0	0	0	1	DL	N	F	•	•
置位字符发生存储器	0	0	0	1	字符发生存储器地址(ACG)					
置位数据存储器地址	0	0	1	显示数据存储器地址(ADD)						
读忙标志或地址	0	1	BF	计数器地址(AC)						
写数到 CGRAM 或 DDRAM	1	0	要写入的数据							
从 CGRAM 或 DDRAM 读数	1	1	读出的数据							

表中 1 代表高电平、0 代表低电平，指令功能具体说明如下：

指令 1：清显示，指令码 01H，光标复位到地址 00H 位置。

指令 2：光标复位，光标返回到地址 00H。

指令 3：光标和显示模式设置。I/D：光标移动方向，高电平右移，低电平左

移。S：屏幕上所有文字是否左移或者右移。高电平表示有效，低电平则无效。

指令 4：显示开关控制。D：控制整体显示的开与关，高电平表示开显示，低电平表示关显示。C：控制光标的开与关，高电平表示有光标，低电平表示无光标。B：控制光标是否闪烁，高电平闪烁，低电平不闪烁。

指令 5：光标或显示移位。S/C：高电平时移动显示的文字，低电平时移动光标。

指令 6：功能设置命令。DL：高电平时为 4 位总线，低电平时为 8 位总线。N：低电平时为单行显示，高电平时双行显示。F：低电平时显示 5×7 的点阵字符，高电平时显示 5×10 的点阵字符。

指令 7：字符发生器 RAM 地址设置。

指令 8：DDRAM 地址设置。

指令 9：读忙信号和光标地址。BF：为忙标志位，高电平表示忙，此时模块不能接收命令或者数据，如果为低电平表示不忙。

指令 10：写数据。

指令 11：读数据。

4.3.2 LCD1602 液晶显示流程

字符显示模块 LCD1602 的编程较为简单，只要先输入命令字，设置其工作方式，然后在将显示数据输入指定的存储器位置即可。流程图如图 4-2 所示。

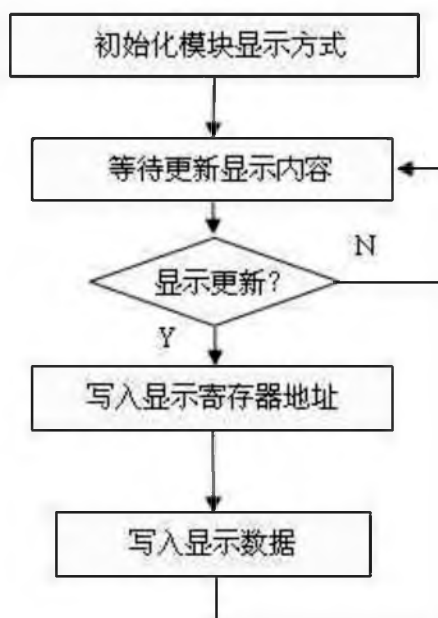


图 4-2 LCD1602 显示子程序流程图

4.4 键盘子程序的设计

在“键盘模块的设计”部分中提到了由于本设计的键盘键数较少，所以采取了独立键盘作为设计的控制信号采集装置。软件实现时，可以采用中断方式，也可以采用查询方式。考虑到 AT89C52 的中断源合理分配，本设计采取了查询方式。

查询方式是指在程序中用一段专门的扫描和读按键程序不停查询有无按键按下，确定键值。这种方式电路简单，但需要占用单片机的机器时间。控制信息采集的软件流程图如下：

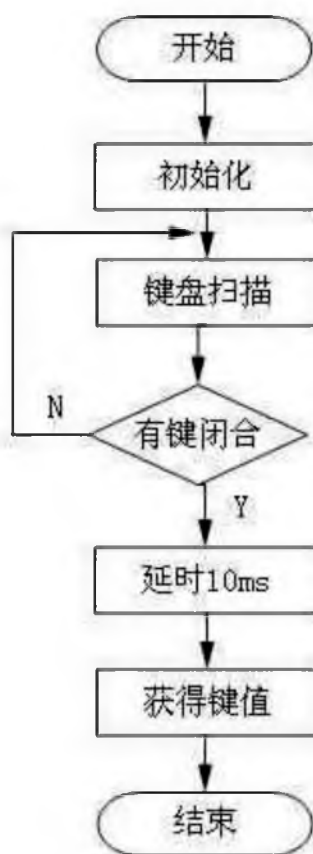


图 4-3 键盘程序流程图

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/208052103036006051>