

摘 要

木工推台锯是从事家具制造、人造板生产等木材加工企业最常用的设备之一，应用非常广泛。目前国外推台锯虽然在性能方面具有较大的优势，但其价格却远远高于国产推台锯。国产推台锯价格较低，如果能够在性能方面得到的提升，简化用户的操作过程，提高工作效率，将会进一步增强企业的竞争优势，拓展市场。据此，本课题设计了精密推台锯的控制系统，在确保并进一步提高控制精度和性能的前提下，采用成本相对较低，但性能优良的单片机作为控制核心，驱动步进电机控制推台锯的各项参数，通过步进电机的细分驱动技术，可以非常方便的提高参数的控制精度。本系统由液晶显示器实时显示推台锯的运行状态，并以菜单形式显示各项操作，操作界面非常简结，比较直观且操作方便。由于推台锯的工作环境复杂，周围存在多种干扰源，因此系统采用了很多抗干扰措施，以保证系统能够在复杂的工业环境下正常工作。推台锯在工作时，锯片高速旋转，如果误操作，有可能给操作者带来人身伤害，或者损坏机器。所以，在控制系统中增加了一定的安全防护措施，防止危险事故的发生。

本课题旨在通过新的设计思想，使推台锯成为经济型、高效率、高安全性的木工机械，以满足不同用户的需求，从而进一步提高企业的市场占有率。

关键字：推台锯，控制，单片机，抗干扰

Research and Design of Sliding Table Saw Control System

Abstract

Sliding Table Saw is one of the most common machines in furniture and lumber machining corporation. At present, lots of Chinese corporation can design and manufacture Sliding Table Saw, which has been sold in many countries. Though the Saw is very cheap, the performance is not very high, when compared with ones produced in the developed countries. So if we can enhance the performance of Sliding Table Saw, the corporation can meet more customers' need.

In view of the above reasons, this paper researched and designed the control system of Sliding Table Saw in a new way. The system increased the precision and improved the performance of the Saw. We use high performance and low price MCU chip to control the system; and display the state and the setup interface of the Saw with Liquid Crystal Display (LCD), in order to make it easy to handle the Saw. Because there are lots of noises in plant, so the control system takes some Anti-Jamming measures, such as shield, watch dog, code redundancy, etc. The saw bit circumvolve with high speed when the Sliding Table Saw is working, it's very dangerous to workers, if worker operates it with a wrong way, the worker may be wounded. So the control system can stop the machine when the worker set the parameter and forbid the worker to set any parameters when the saw bit is circumvolving.

The purpose of this paper is to improve the control system of traditional Sliding Table Saw, so that the saw become an economical, efficiency, and security machine.

Keywords: Sliding Table Saw; Single Chip Microcontroller; Anti-Jamming; Control;

学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下进行的研究工作所取得的成果。尽我所知，除文中已经特别注明引用的内容和致谢的地方外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式注明并表示感谢。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者（本人签名）：赵朋飞 2009年6月23日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解南京林业大学有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版（中国科学技术信息研究所；国家图书馆等），允许论文被查阅和借阅。本人授权南京林业大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以汇编和综合为学校的科技成果，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文全部或部分内容。

保密，在____年解密后适用本授权书。本学位论文属于不保密.

（请在以上方框内打“√”）

学位论文作者（本人签名）：赵朋飞 2009年6月23日
指导教师（本人签名）：何胜强 2009年6月23日

致 谢

感谢我的导师时维铎副教授在这三年期间对我的悉心指导和教诲，在论文完成之际，谨向时老师致以真诚的感谢和敬意。同时也要感谢周国平老师在课题研究阶段给予的帮助和指导，以及汪向华老师为本课题所作的工作。

感谢师妹徐艳，师弟刘永理在论文完成过程中给予的帮助。

感谢我的父母多年来的帮助和鼓励，他们给了我最大的支持和关爱。也要谢谢女友费叶琦在论文写作过程中给予的理解和支持。

最后也向所有曾经帮助过我的朋友表示衷心的感谢！

赵朋飞

2009年6月于南京林业大学

第一章 绪论

1.1 概述

在木制品生产中，经常需要对板材进行切割，将板材锯切成一定的形状或角度，并满足一定的精度要求。目前，人造板作为基材在家具、室内外装饰、产品外壳等方面得到了大量的应用，传统的木工圆锯机在加工精度、结构形式以及生产效率等方面都不能满足生产的要求。因此各种自动化程度较高的推台锯得到了迅速的发展。推台锯可用于锯切实木及实木板、刨花板、细木工板、密度板、石膏板以及有机玻璃板等其它与木材结构、硬度相似的板材，是家具制作、装饰、装修等行业必备设备之一。我国现有二十多家企业生产推台锯，有的企业的产品还销往美国、墨西哥、越南等国家，且随着家具等木制品需求的增加，市场对推台锯的需求也在不断增长。据初步统计，目前应用于家具企业的推台锯已超过 10 万台。

在我国引进精密推台锯之前，国内长期使用普通圆锯，甚至手工完成开料、切割、齐边等工作，导致产品质量低下，精度较差。我国自上世纪 80 年代引进精密推台锯后，对其技术进行消化吸收，并予以创新。但是，目前国内推台锯的技术水平跟国外相比还存在一定的距离。有的企业生产的精密推台锯还是采用手动机械的方式设置各种参数，自动化程度较低。而自动化程度较高的产品又价格昂贵，这些都限制了推台锯市场的发展。特别是对中小型木制品加工企业，很难大范围使用自动化程度较高的精密推台锯，从而限制了生产效率及产品质量的提升。因此有必要在现有推台锯技术的基础上，研制出一种经济型的精密推台锯产品，满足不同市场的需求。

1.2 选题依据和课题来源及研究的意义

目前国内生产的推台锯价格比较低，但在性能方面跟国外先进的产品相比还存在明显的不足。比如国外著名的欧登多公司生产的推台锯，在精度控制方面性能非常优秀，但价格相比其他厂家的产品，要昂贵许多。我国的推台锯是在引进国外技术的基础上经过吸收、改进而来的，但技术改进的步伐还是赶不上国外技术比较先进的生产企业。

本课题是由上海某木工机械公司委托，对其生产的 MJ-6130Z 型推台锯进行改造，提高其操作灵活性和控制精度，降低成本。该型推台锯采用 PLC 进行控制。PLC 控制系统的特点是结构简单，可靠性高，维护方便，而且在设计时不用考虑具体的接口电路，因此大大缩短了开发周期。但是，PLC 的价格相对较高，增加了产品的成本。在目前市场激烈竞争的情况下，不利于企业获得较有利的竞争优势。

目前国内推台锯控制方面主要有以下几个特点：

(1) 采用 PLC 进行控制。虽然 PLC 的开发周期比较短，且开发简单，但是 PLC 价格相对较高，而且 PLC 做为通用的控制器件，很多功能对推台锯来说是多余的，无法发挥 PLC 的最大功效。其次，对于推台锯的批量生产来说，PLC 较高的价格会造成推台锯生产成本的提高，不利于企业以低价策略开拓市场。

(2) 有的经济型推台锯采用手动机械的方法设置角度、高度等参数，效率低下，且精度不高。

(3) 虽然有的厂家生产的推台锯采用了液晶显示器、键盘等人机交互工具，但其控制核心还是采用 PLC，显示器采用专用的文本显示器，显示界面由组态软件设计，这些都不同程度上增加了产品的成本。同时，参数的设置步骤非常繁琐，必须对照操作手册才可完成，不能很快熟练操作。

基于以上原因，在本课题中不采用以上的几种控制方式，而根据推台锯控制的复杂程度，直接选用性价比较高的单片机作为控制核心芯片，研制推台锯专用的控制器，完成推台锯的参数输入、设置、电机驱动等控制操作。虽然该控制系统较以 PLC 为核心的控制系统开发周期长，但却大大的降低了产品的成本。且许多 PLC 本身就是采用单片机作为中央处理芯片，所以采用单片机来控制可以减少很多 PLC 多余的功能。

本课题对推台锯控制系统的改造，可提高其控制的灵活性、简便性以及精度，同时，采用价格较低廉单片机作为控制的核心，将有效降低产品的成本，增强产品在价格方面的竞争优势，提高产品的性价比。

1.3 国内外研究动态

威尔海姆·欧登多于 1906 年发明了第一台精密推台锯。经过一百多年的发展，推台锯发生了很大的变化，加工精度也越来越高。作为木材加工的常用设备之一，推台锯的使用已经非常普及。

目前，在控制方面，核心芯片主要有单片机、DSP 芯片、ARM 等嵌入式控制芯片。随着科技的发展，嵌入式芯片逐渐占领了主要市场。现在市场上已经出现了很多高性能、低功耗、低成本的处理芯片。随着加工精度和分辨率的提高、控制算法越来越复杂，对 CPU 的处理能力也提出了更高的要求。为了满足这些要求，许多高端产品使用了多个 CPU，CPU 之间分工协作，提高了系统的运算速度以及对现场各种输入输出设备、控制信息的管理和处理速度。

推台锯的驱动元件主要有交流电机、伺服电机、步进电机、直流电机等。其中伺服电机和步进电机的控制精度较高，主要用于对精度要求较高的领域。而交流电机主要用来驱动机床的加工部分，比如切削机构等。伺服电机和步进电机可由专用的驱动器驱动，简化了控制系统的研发工作。

为了提高用户的操作效率，目前机床越来越多的采用了人性化的操作界面，以图形或菜单的方式显示机床的状态及加工件的尺寸等参数。但目前很多推台锯显示、操作过程较为繁琐，需要对其进行改进。

1.4 本课题研究的主要内容及创新点

本课题以单片机为控制核心，完成对推台锯的运行过程、锯片角度、高度、导尺位置等参数的控制。并采用键盘输入方式，完成参数的输入、修改、校准等。各种参数及推台锯的运行状态通过液晶显示器显示，方便用户操作。本课题所涉及的主要内容有：

(1) 采用液晶显示器，实时显示当前的锯片角度、高度、导尺位置等参数。用户可以通过键盘输入相应的参数，控制系统驱动相应的电机，控制相应参数到达用户所设定的位置。

(2) 由于推台锯在使用或运输过程中受到振动及其它因素的影响，使用一段时间后，

参数会发生变化，出现较大的误差，因此设置参数校准功能，用户可通过实际测量锯片角度、高度等参数，根据实际值修改当前的参数值，完成对推台锯参数的校准。

(3) 简化操作过程。采用菜单操作方式，各种参数的设置、校准等均采用菜单项进行显示，简单清晰。操作时用户只需选择需要的菜单项即可进入相应的操作界面。各种操作在按下“设置”键后，都会明确的显示出来，不需要对照操作说明即可完成各项操作。

(4) 增加安全防护措施。推台锯的锯片在工作过程中高速旋转，其中副锯片的转速最高，达到 9000 转/分，这对操作人员来说是非常危险的。如果操作人员没有按照规范进行操作，有可能造成人身伤害。因此，在本控制系统中增加了一定的安全防护措施。当锯片在运转过程中，不允许用户进行参数的修改校准操作；主锯停止后，副锯片会自动停止转动；在用户对控制参数进行设置、校准过程中，控制系统会通过继电器切断电机控制电路，使主锯片和副锯片不能运转，只有当用户完成设置后，控制电路才会接通。

第二章 系统的总体设计

2.1 推台锯及其组成

推台锯在木制品加工过程中主要用来进行板材的切割工作，将板材锯切成各种需要的规格尺寸和角度，是目前家具等行业不可或缺的设备之一。

推台锯主要由以下几部分组成^[1]：

- (1) 防护及吸尘装置；
- (2) 推架；
- (3) 伸缩臂；
- (4) 机身；
- (5) 移动工作台；
- (6) 切削机构（锯片）；
- (7) 控制面板；
- (8) 纵导尺；
- (9) 锯片升降控制装置；
- (10) 锯片倾斜控制装置。

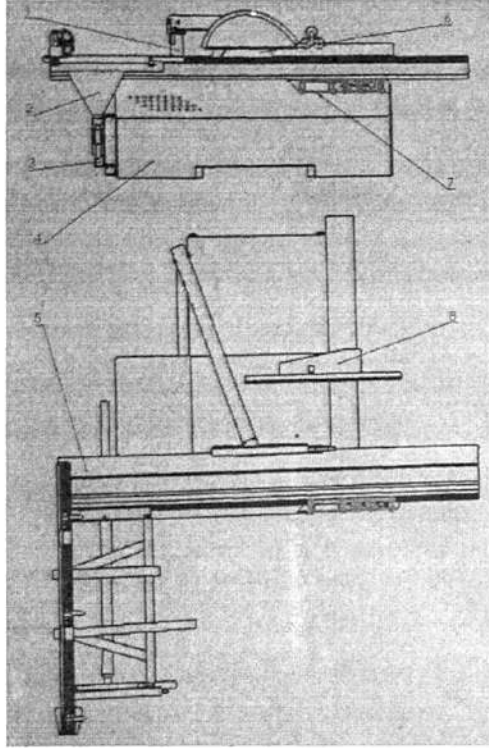


图 2-1 推台锯结构图

防护吸尘装置安装在锯片上方，罩住锯片露出工作台面的部分，防止产生危险事故，并外接吸尘装置，即时吸除加工过程中产生的木屑及灰尘。

伸缩臂用来支撑移动工作台面。移动工作台是推台锯的进给装置，生产时，工件放在移动工作台和推架上，手动推送移动工作台，实现工件的进给，操作方便，机动灵活。移动工作台的运动精度是保证加工精度的关键因素之一，因此要求移动工作台具有一定的平直度，以保证加工质量。

切削机构通常包括锯座及其倾斜调整机构、主锯片、划线锯片（副锯片）及其升降机构。锯片可做 45 度到 90 度调整，从而可进行多个角度的切削。同时，主锯片和副锯片露出工作台面的高度可根据加工件的厚度进行调节。

纵向导尺用于控制工件的纵向加工尺寸，纵导尺到锯片的距离可调，由电机驱动。可对加工尺寸事先进行设置。

控制面板主要由相应的按键及液晶显示器组成，方便操作人员对推台锯的各项参数进行设置，同时实时显示推台锯的运行状态和各项参数。控制面板的设计主要考虑操作方便、简洁实用原则，简化操作过程，采用比较人性化的操作界面及按键，提高操作的效率。

2.2 系统总体设计

本控制系统主要完成的功能有：

- (1) 实时显示推台锯的工作状态及各项参数；
- (2) 根据用户输入的参数，控制步进电机，完成参数的设置、校准操作；
- (3) 检测主锯电机的启停状态，如果电机处于运动状态时，则禁止用户进行参数的设置、校准操作；
- (4) 检测行程开关的输入，在行程开关动作时，停止相应的步进电机；
- (5) 用户在进行参数的设置、校准操作时，通过电机控制电路，禁止主锯和副锯片转动，保护设备及人员安全。

系统功能框图如下图所示。

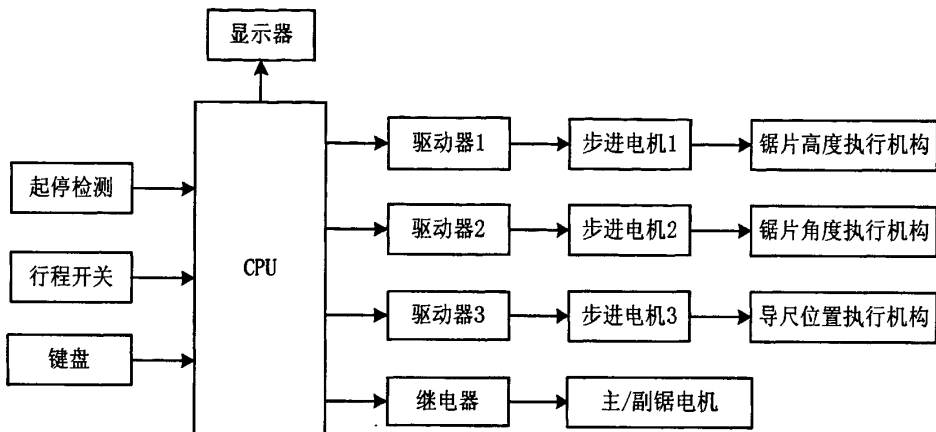


图 2-2 系统框图

2.3 安全保护措施

推台锯作为木材和人造板加工最常用的设备之一，对缺乏经验的操作者来说又是非常危险的设备。推台锯在运行过程中，锯片高速转动，如果操作人员不按规定操作，则有可能带来人身伤害，特别是手部的伤害，或造成设备的损坏。因此，在系统的设计过程中必须考虑安全保护措施。尽量防止误操作带来危害，或降低误操作发生的可能性。

本控制系统主要采取的安全保护措施有：

- 1、在锯片运转过程中，禁止进行各种参数的设置及校准；
- 2、在进行参数设置或校准时，锯片驱动电机将断电，使之不能运转。
- 3、设置急停按钮，方便操作者在紧急情况下切断电源。

2.4 控制方式的选择

伺服系统是推台锯的驱动部分，将 CPU 输出的指令信息转换成电机的运动，从而完成推台锯的各种加工动作。伺服系统的控制精度对推台锯的加工精度起着决定性的作用。因此选择合适的控制方式至关重要。推台锯作为木工专用机床，和普通机床一样，控制方式主要有以下几种^[2]。

(1) 开环控制。开环系统没有检测装置，采用步进电机控制，每向步进电机发一个脉冲，步进电机就旋转一定的角度，转速由脉冲频率控制。受到传动件之间的间隙，以及

阻力的影响，传动件的移动距离与实际距离可能会存在一定的误差，由于没有检测装置，这一误差无法检测和补偿，因此，要提高精度，必须减小这些误差。如果能够有效控制这些误差，同时确保步进电机不失步，则开环控制系统将会是最经济的控制方案。并且由于没有检测装置，简化了系统，方便对系统进行维护，也有利于提高系统稳定性。

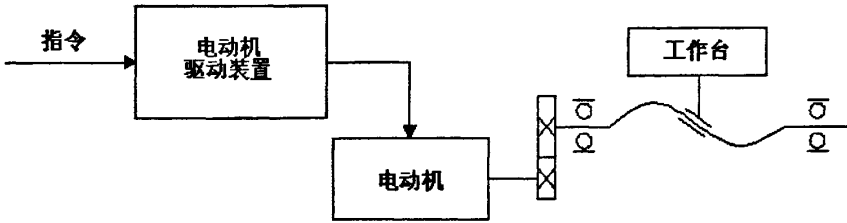


图 2-3 开环控制示意图

(2) 半闭环控制系统。半闭环控制系统的检测装置安装在电动机上，在电动机的尾部装上编码盘和测速电机，可以分别测出移动部件的位移和速度。由于推台锯的锯片高度、角度、导尺位置等的控制通过丝杠传动，传动件之间存在变形、间隙等因素，因此不能准确的检测出高度、角度、导尺位置等的真实值。

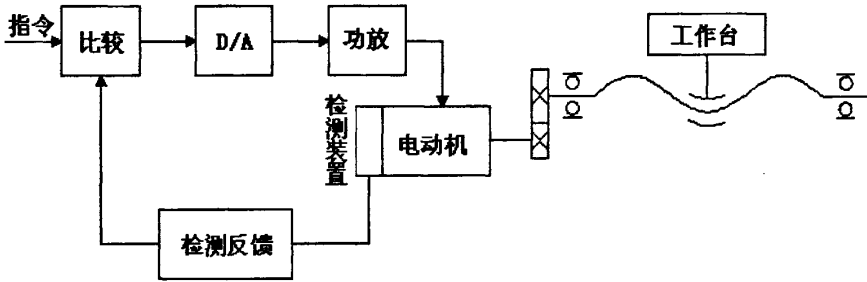


图 2-4 半闭环控制系统示意图

(3) 闭环控制系统。闭环控制系统的检测装置安装在工件或移动部件上，如导尺上。因此可以比较准确的测出各项工件位置等参数的实际值。采用数据反馈和误差补偿措施，可以精确的控制加工尺寸。闭环控制系统常用的检测装置主要有光栅、磁尺等。由于测量装置的造价高，维修不便等因素，其使用受到了一定的限制。

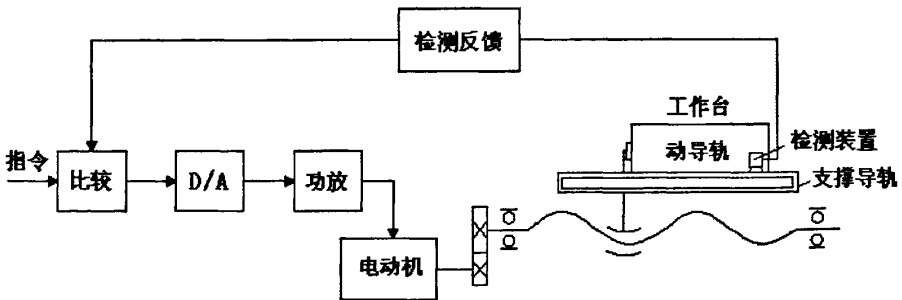


图 2-5 闭环控制系统示意图

根据推台锯的特点，以及成本方面考虑，本控制系统采用开环控制系统。但是，由于开环系统中没有检测装置，不能获得误差的反馈信息，因此，要在设计中尽量减少误差。这些误差主要来源于步进电机的失步、堵转、机械传动部分（丝杠）的误差，以及加工过程中工件和锯片的振动等因素产生。在设计时，要减少步进电机失步的发生，避免因为控制脉冲频率过高造成步进电机的失步。提高步进电机的功率，防止因为负载过大，造成步进电机的堵转。同时，由于木材加工过程中会产生大量的粉尘，因此，机械部分要采用适当的密封措施，防止粉尘累积造成丝杠等传动机构卡死，从而造成电机堵转的情况发生（机械设计部分不在本课题的范围内）。

第三章 系统硬件设计

3.1 处理器的选择

本控制系统对处理速度和控制精度的要求并不高。因此采用 8 位单片机即可满足控制要求。本系统需要存储各种参数及推台锯的运行状态,且掉电后不能丢失,因此需要 E²PROM 来存储这些参数。考虑到工业现场环境复杂,存在大量的干扰源,例如电动机的起停,各种设备运行过程中对控制系统的干扰等,所以,单片机必须具有一定的抗干扰能力,目前采用较多的是硬件看门狗技术,且使用方便。

基于以上原因,并从成本性能方面考虑,对目前市场上的各类单片机产品进行综合比较,决定选用 STC89C54RC 型单片机。该单片机兼容目前流行的 51 系列产品,包括引脚及程序方面。同时该单片机除具有普通单片机的特点之外,还具有以下一些优点。

(1) STC89C54RC 型单片机拥有 16K Flash 程序存储器和 1280Byte RAM 数据存储器;内置有 16K E²PROM 存储器,可满足各种参数的存储需要,免去了外置 E²PROM。同时,内置有看门狗电路,可非常简单的完成喂狗操作。丰富的内部外设资源,大大简化了系统硬件电路设计。

(2) 超低功耗。在掉电模式下,典型功耗<0.1 μ A。且掉电模式可由外部中断唤醒。正常工作模式下,典型功耗为 4mA~7mA。

(3) 具有高抗静电性能;宽电压范围,能有效防止电源抖动。宽温度范围:40 $^{\circ}$ C~85 $^{\circ}$ C,达到工业级标准。

(4) 有效的抗干扰设计,能轻松通过 2kV~4kV 快速脉冲干扰测试。

(5) 该型单片机采用了多项措施降低单片机对外的电磁辐射。可通过特殊功能寄存器设置禁止 ALE 时钟信号的输出;

如果选 6 时钟/机器周期,外部时钟频率可降低一半。传统的 8051 系列单片机为每个机器周期 12 时钟,如果将 STC 单片机在烧录时设为双倍速(即 6T 模式,每个机器周期 6 时钟),则可将单片机外部时钟降低一半,有效的降低单片机时钟对外界的干扰。单片机内部时钟振荡增益可降低一半。

(6) 保密性强,有效保护产品程序不被破解盗取。

(7) 具有 ISP(在系统可编程)/IAP(在应用可编程)功能,可以不需要专用仿真器/编程器,通过串口(P3.0/P3.1)直接下载用户程序。实现程序的在线升级。

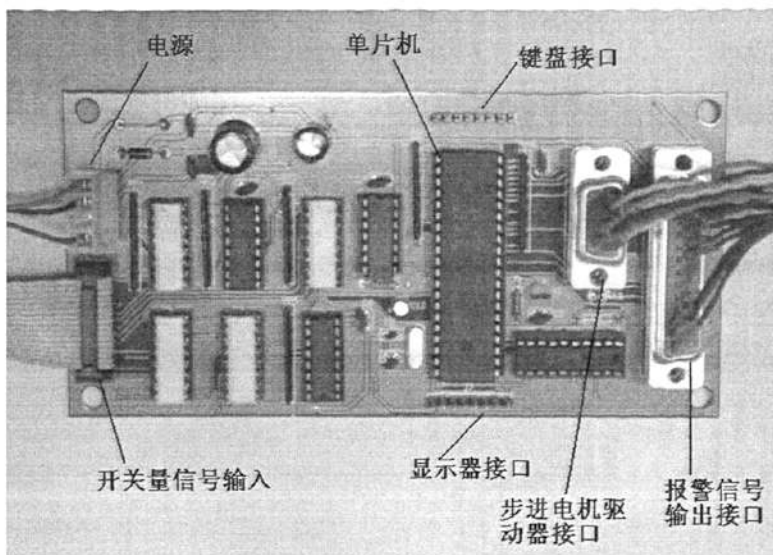


图 3-1 主电路板

3.2 键盘及开关量输入电路设计

本控制系统需要进行参数的输入，主要有锯片角度、锯片高度、导尺位置等，以及参数的校准信息等。因此需要有相应的输入电路。本设计中采用 4×4 矩阵式键盘，这样可以减少对单片机口线的占用。键盘电路如下图所示。

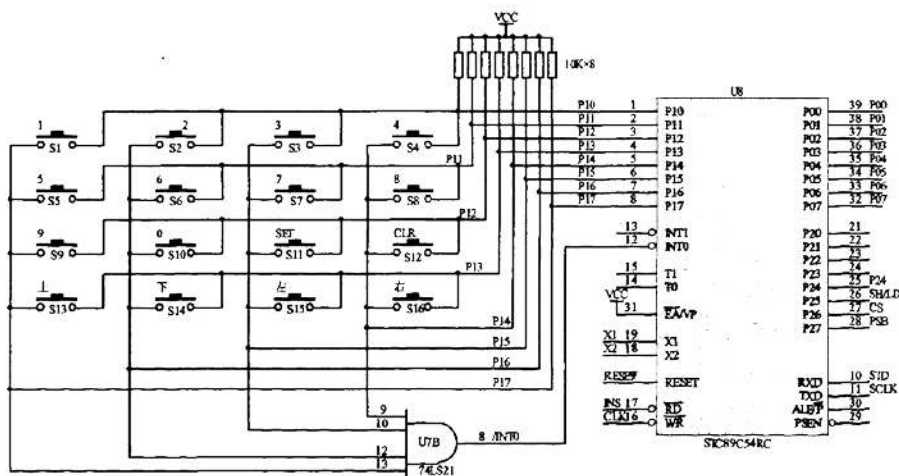


图 3-2 键盘原理图

在系统初始化时，在 P1.0~P1.3 口输出低电平，当有按键按下时，P1.4~P1.7 口至少有一路为低电平，则四输入与门 74LS21 输出为低电平。因为与门的输出接至单片机的外部中断信号输入端 INT0，所以有按键按下时，会产生中断信号。由单片机在中断程序中处理按键信息，进行相应的处理操作。因此，单片机可不用实时查询有无按键按下，减少了单片机的工作量。

系统按键主要有：方向键（上、下、左、右）、数字键、确认键（设置键）、取消键（删

除键)。其中，数字键、确认键和取消键主要用来完成参数的输入及菜单的选择，确认键和设置键复用同一个按键，取消键和删除键复用同一个按键。方向键主要用来快速调整锯片高度和导尺位置，用户可直接通过上下键来控制锯片的高度，通过左右键控制导尺的位置，而不必进入菜单进行操作。这主要是为了方便用户的操作，因为在实际使用过程中这两个参数的调整比较频繁。

按键操作面板如下图所示。

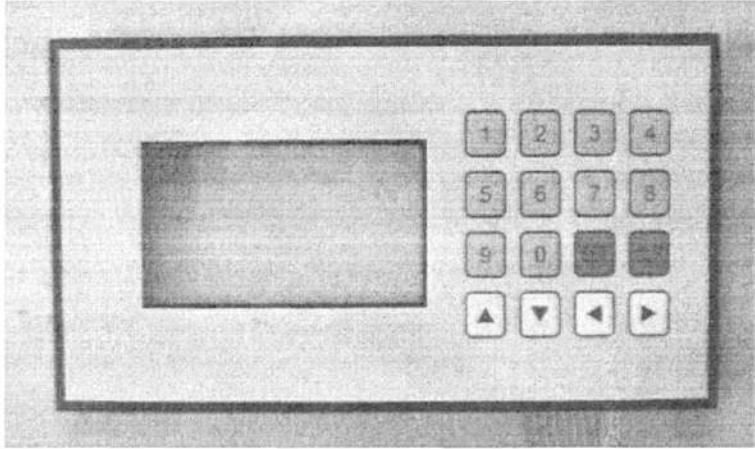


图 3-3 操作面板实物图

本系统的输入量主要为开关量信号。在系统设计中要有急停、运行、限位等开关量输入信号。“急停”和“运行”信号提供给控制系统监测推台锯的运行状态，并进行相应的处理。限位信号主要有：

- (1) 锯片高度上下限位；
- (2) 锯片角度限位（45~90 度）；
- (3) 导尺位置左右限位（0~1200mm）。

锯片高度、角度和导尺位置等参数的极限位置由行程开关进行检测，如下图所示。例如，当锯片高度到达最高位置时，行程开关会按下，控制系统会检测到低电平信号，从而使步进电机停止，防止电机不能及时停止而损坏设备。

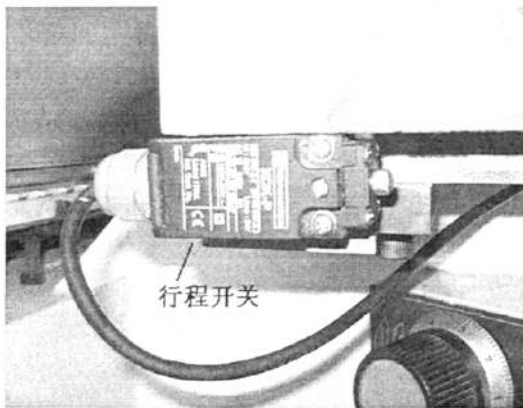


图 3-4 行程开关

考虑到抗干扰措施及节约单片机资源，所有开关量信号经光电耦合器 TLP521-4 隔离，由 74LS165 进行并串转换后串行输入单片机。原理图如下图所示。系统留有 16 路开关量输入接口，其中 8 路作为备用，可用于其他用途，便于以后功能扩展。

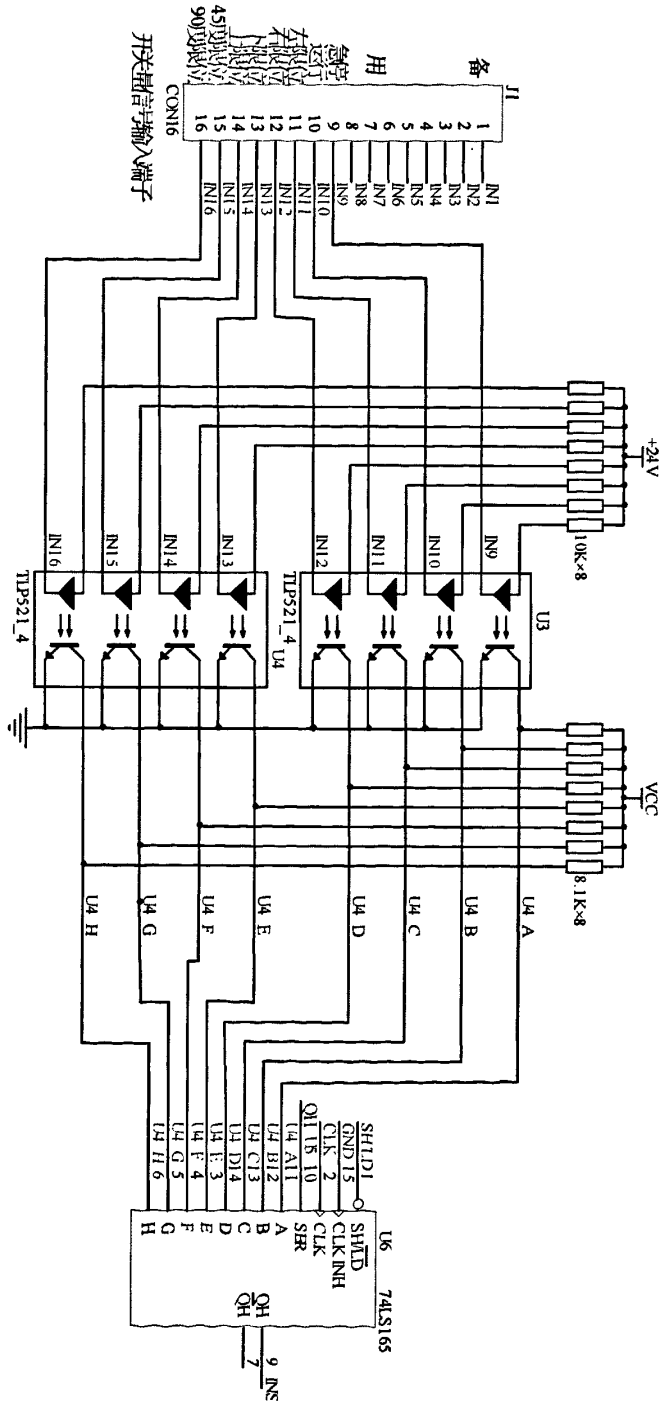


图 3-5 开关量信号检测电路原理图

3.3 电机驱动电路设计

3.3.1 步进电机的选择

在本系统中主要通过三台步进电机分别控制锯片角度，锯片高度、导尺位置等参数。步进电机是一种数字控制电动机，能将电脉冲信号转变为角位移，具有良好的跟随性，且能够快速停止，动态响应比较迅速，同时速度能够在很大范围内连续平滑调节。采用步进电机作为数控系统的伺服元件，可使系统简化，工作可靠，提高控制精度。

与其他伺服电动机相比，步进电机具有以下特点^[3]。

(1) 位移与输入脉冲信号数成正比，步距误差不会积累，可以组成结构简单且具有一定精度的开环控制系统，也可以在需要更高精度时通过位置或角度反馈系统组成闭环控制系统。

(2) 易于起动、停止、正反转及变速，响应速度快。

(3) 步进电机的速度可以在相当宽的范围内平滑调节。可以用一台控制器控制几台步进电机同时同步运行。

(4) 具有自锁能力。当停止输入控制脉冲，且保持最后一个脉冲控制的绕组继续通电时，电机可以保持在固定的位置上，即停止输入最后一个控制脉冲时电机所到达的位置上，所以步进电机具有带电自锁能力。

(5) 步距角选择范围大，可以在几十角分至 180 度范围内选择。在小步距角情况下，电机通常可以在超低速下高转矩稳定运行，而且可以不经减速器直接驱动负载。

(6) 步进电动机按其应用可分为伺服式和功率式。功率步进电动机可以不通过力矩放大装置直接带动机床等负载运动，简化了传动系统的结构，并具有一定的精度。

(7) 步进电机没有电刷，转子上没有绕组，也不需要位置传感器，可靠性高。

但是，步进电机也存在一些缺点。

(1) 步进电机需要与控制器配合使用，不能直接使用普通的交直流电源。

(2) 步进电动机带惯性负载的能力差。

(3) 启动太快会发生失步、共振等现象，在使用中要根据负载和运行条件合理选用步进电动机及其控制器，避免失步的发生。

目前常用的步进电机主要有三种。

(1) 反应式步进电机 (Variable Reluctance, 简称 VR)。反应式步进电机的转子由软磁材料制成，转子中没有绕组。反应式步进电机结构简单，生产成本较低，步距角可以做的很小，但动态性能差。一般只有一个绕组，靠电磁作用和相应的机械部分产生步进动作。在欧美等发达国家 80 年代已被淘汰。

(2) 永磁式步进电机 (Permanent Magnet, 简称 PM)。永磁式步进电机的转子由永磁材料制成，转子本身就是一个磁源。它的输出转矩大，动态性能好，但由于转子的极数与定子极数相同，所以一般步距角较大。

(3) 混合式步进电机 (Hybrid, 简称 HB)。混合式步进电机综合了反应式和永磁式两种步进电机的优点，它步距小，出力大，动态性能好，是目前性能最好的步进电机。有时也被称为永磁感应式步进电机。永磁式和混合式步进电机都是靠转子和定子之间的电磁作用而产生步进动作的。目前混合式步进电机主要应用于要求较高分辨率的开环定位系统

和低速开环调速系统中，组成的系统简单方便、控制简单、容易维护、成本低，至今还没有更合适的取代产品。广泛应用于机床控制、电气控制等领域。

因此本控制系统选用两相混合式步进电动机作为伺服元件。

两相混合式步进电机的定子一般有 8 个极或 4 个极，每极上均匀分布一定数量的小齿及控制绕组；控制绕组采用集中绕组，每相为两对极，如图 3-6 所示。按 A→B→(-A)→(-B)→A…的顺序轮流通以正、负脉冲（也可在同一相的极上绕上两套绕相相反的绕组，通以正脉冲）；转子是由环型磁铁和两段铁芯组成，中间为环形轴向磁化的永磁体，磁体两端各套有一段开有齿槽的铁芯，两段铁芯错开半个齿距，且转子齿距与定子小齿的齿距相等。同一段转子片上的所有齿都具有相同极性，而两块不同段的转子片的极性相反。

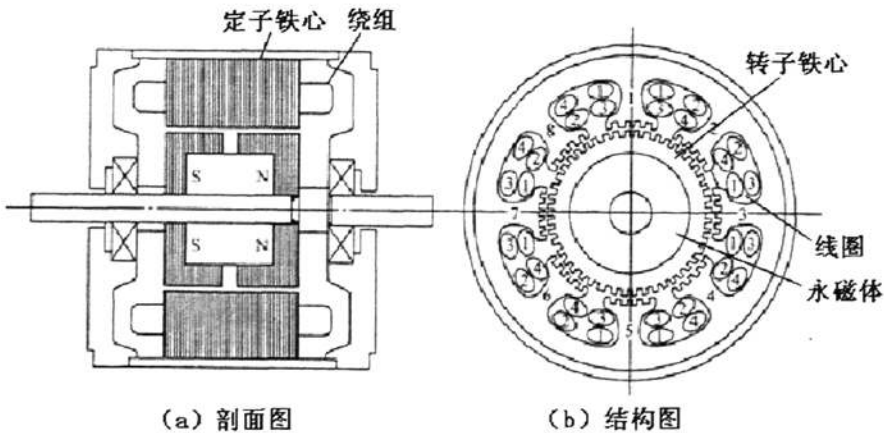


图 3-6 混合式步进电机剖面图及结构图

由于定子同一极的两端极性相同，转子两端极性相反，且错开半个齿距，所以当转子偏离平衡位置时，两端作用的转矩的方向是一致的。当定子各相绕组按顺序通以直流脉冲时，转子每次将转过一个步距角，其值为

$$\theta_s = \frac{360^\circ}{2mZ_r}$$

式中 m 为定子相数（对于两相混合式步进电机， $m=2$ ）， Z_r 为转子齿数。

3.3.2 步进电机的驱动

步进电机的驱动实质上就是通过按照一定顺序开关各相的电流，在其中产生一个旋转的磁场，带动转子实现同步转动。在步进电机的常规驱动中，相电流为恒压或恒流供电，在开关供电状态下，相电流的变化是电阻和电感串联的瞬变过程，由此产生的旋转磁场是一个脉动变化的磁场，导致电机运行时会产生震动和噪音。目前最常采用的步进电机驱动方式为细分驱动。

步进电机的细分驱动理论是上世纪七十年代中期提出来的，过去由于受到电子器件在开关频率、负载能力、运算速度等诸多方面的制约，很长一段时间细分驱动实际应用很少。随着微电子技术特别是单片机嵌入式系统及 DSP 技术的飞速发展以现代电力电子技术的突飞猛进，步进电机的细分驱动也得到了充分发展。

步进电机的细分驱动也叫做微步驱动，即在改变步进电机线圈的通电相位的同时，还控制电机线圈的通过电流，电机线圈的供电为阶梯波供电（如图 3-7 所示）。线圈中的电流经过若干个阶梯上升到额定值，再以同样的方式从额定值下降到零。使定子线圈产生一个脉动小、近似均匀变化的旋转磁场。即在 0 和最大值之间给出多个稳定的中间状态，定子磁场的旋转过程中也就有了多个稳定的中间状态，对应于电动机旋转的步数增多、步距角减小。

步进电机通过细分驱动器的驱动，其步距角变小了。如驱动器工作在 10 细分状态时，其步距角只为‘电机固有步距角’的十分之一，也就是：当驱动器工作在未细分的整步状态时，控制系统每发一个步进脉冲，电机转动 1.8° ；而用细分驱动器工作在 10 细分状态时，电机只转动了 0.18° 。细分功能完全是由驱动器靠精确控制电机的相电流所产生的，与电机本身无关。

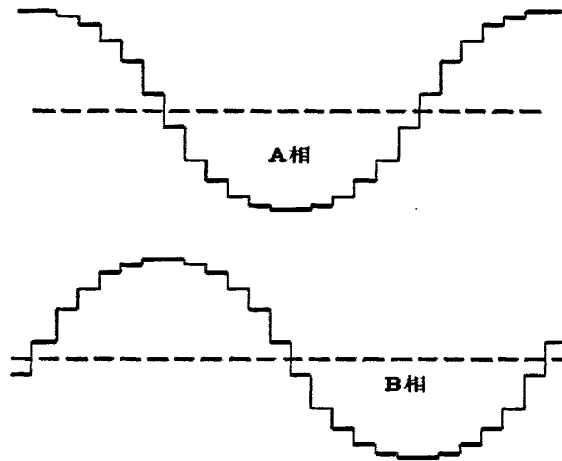


图 3-7 两相步进电动机微步驱动定子绕组电流波形示意图

采用细分驱动技术有许多优点：

(1) 采用细分驱动技术后，在不改变步进电机整体结构的前提下，可以大幅度提高步进电机的分辨率，提高控制精度。

(2) 由于电机绕组中的电流变化幅度变小了，所以引起低频振荡的过冲能量降低了，即改善了低频性能，减小了开环运动的噪声，提高了运行稳定度。

(3) 在数控系统中，加工误差难以提高的原因很大一部分是由于减速箱的存在，采用细分驱动技术后，可以采用步进电机直接同丝杠相连的形式，这样可以在很大程度上消除由减速机构产生的误差。在本课题所使用的推台锯就是采用这种方式。

(4) 采用细分驱动技术后，可以改善步进电机运行的矩频特性，控制频率也可相应提高。

步进电机的细分技术实质上是一种电子阻尼技术，其主要目的是提高电机的运转精度，实现步进电机步距角的高精度细分。其次，细分技术的附带功能是减弱或消除步进电

机的低频振动，低频振荡是步进电机（尤其是反应式电机）的固有特性，而细分是消除它的唯一途径，如果步进电机有时要在共振区工作（如走圆弧），选择细分驱动器是唯一的选择。

本系统中采用 2MD2260 型细分步进电机驱动器，如图 3-8 所示。

2MD2260 是安普机电公司最新推出的一款采用精密电流控制技术设计的高细分步进驱动器。适合驱动 86~130 系列大型的任何两相或四相混合式步进电机。由于采用新型抗噪声控制方法，能大幅度降低电机运转时的噪声和振动，使得步进电机运转时的噪声和平稳性接近伺服电机的水平。驱动器外部接口主要有脉冲输入接口和电源接口，拨码开关用来设置动态电流和细分精度。

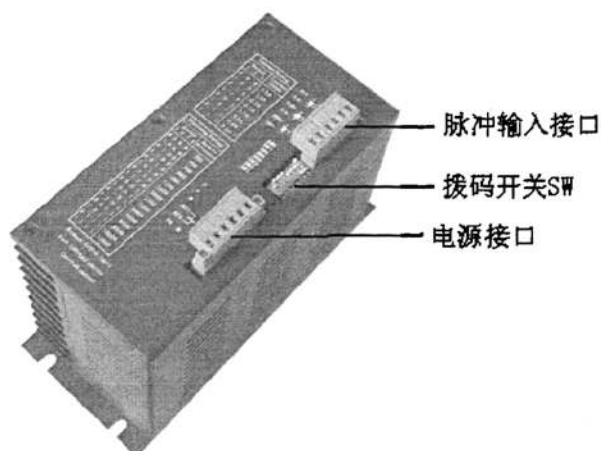


图 3-8 2MD2260 型步进电机驱动器

表 3-1 驱动器接线端子功能表

引脚号	信号	功能
1	PLS+	脉冲信号：脉冲控制信号，脉冲上升沿有效，最小脉冲宽度为 3 μ S。
2	PLS-	
3	DIR+	方向信号：单脉冲控制方式时为高/低电平信号。电机的初始运行方向与电机的接线有关，互换任一相绕组（如 A+、A- 交换）可以改变电机的初始运行方向。
4	DIR-	
5	ENA+	使能信号：此输入信号用于使能/禁止。高电平使能，低电平时驱动器不能工作，不用时悬空即可。
6	ENA-	
7	A+、A-	电机 A 相。
8	B+、B-	电机 B 相。
9	AC1、AC2	交流电源输入端为 80VAC~200VAC。
10	PG	接地端。

动态电流和细分精度由拨码开关 SW 设定，其中 SW1~SW3 用于设定动态电流，SW5~SW8 用于设定细分精度。具体参数值如表 3-2 和表 3-3 所示

表 3-2 电流设定表

输出电流均值 (A)	SW1	SW2	SW3
1.3	OFF	OFF	OFF
1.8	ON	OFF	OFF
2.5	OFF	ON	OFF
3.1	ON	ON	OFF
3.7	OFF	OFF	ON
4.3	ON	OFF	ON
5.0	OFF	ON	ON
5.6	ON	ON	ON

表 3-3 细分精度设定表

步数	SW5	SW6	SW7	SW8
200	OFF	OFF	OFF	OFF
400	ON	OFF	OFF	OFF
500	OFF	ON	OFF	OFF
800	ON	ON	OFF	OFF
1000	OFF	OFF	ON	OFF
1250	ON	OFF	ON	OFF
1600	OFF	ON	ON	OFF
2000	ON	ON	ON	OFF
2500	OFF	OFF	OFF	ON
3200	ON	OFF	OFF	ON
4000	OFF	ON	OFF	ON
5000	ON	ON	OFF	ON
6400	OFF	OFF	ON	ON
8000	ON	OFF	ON	ON
10000	OFF	ON	ON	ON
12800	ON	ON	ON	ON

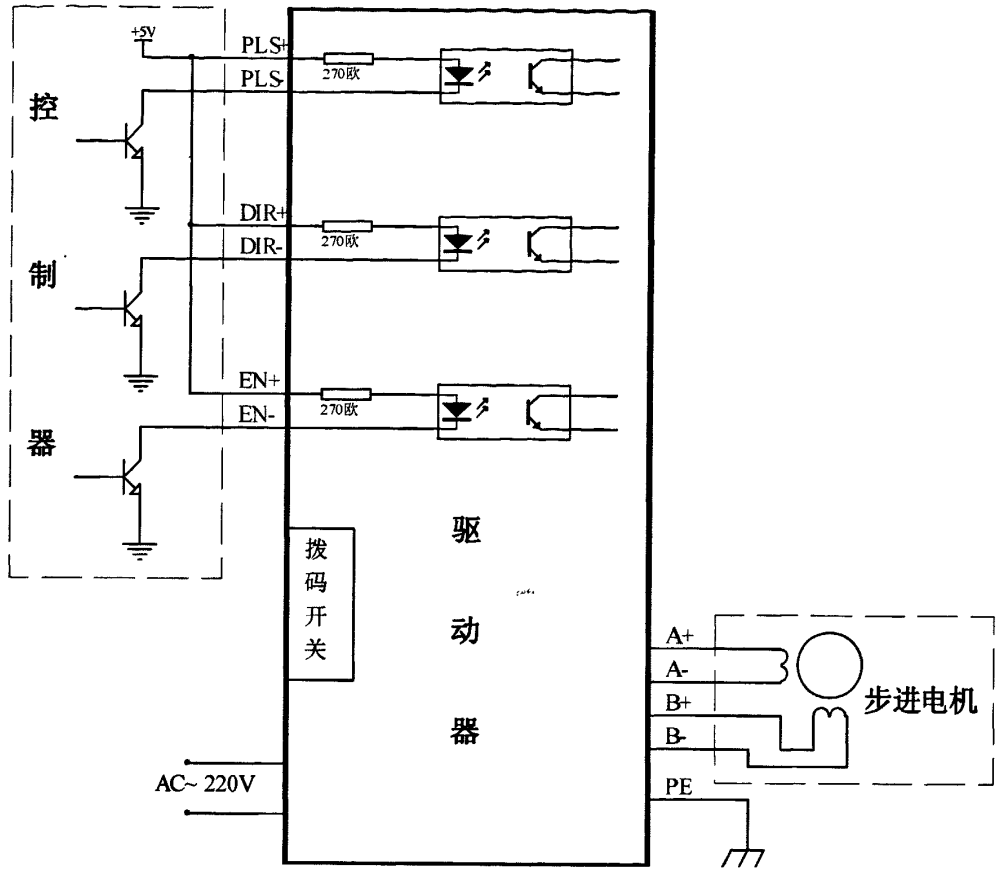


图 3-9 2MD2260 型步进电机驱动器接线端子及与控制系统的连接示意图

电机驱动部分电路如下图所示。控制电机运动的脉冲信号由 STC 单片机串行输入 TPIC6B595，由 TPIC6B595 将串行信号转换成并行信号后输出给步进电机驱动器。其中，PLS、DIR、EN 分别为控制电机运动的脉冲信号、方向信号和使能信号。

TPIC6B595 是一种单片、中等电流的功率驱动器，该器件包括一个 8 位的串入并出移位寄存器，它的输出信号输入给一个 8 位 D 型存储寄存器。数据分别在移位寄存器时钟 (SRCK) 和寄存器时钟 (RCK) 的上升沿传输到移位寄存器和存储寄存器。当移位寄存器清零端/SRCLR 为高时，存储寄存器传输数据到输出缓冲器。当/SRCLR 为低时，输入端的移位寄存器被清零。当输出使能 (/G) 保持为高时，输出缓冲器中所有的数据保持低电平并且所有的漏极输出是关断的。当/G 保持为低时，从存储寄存器到输出缓冲器的数据是透明的。数据由 DMOS 晶体管输出，当输出缓冲器中的数据为低电平时，DMOS 晶体管的输出端是关断的。当数据为高时，DMOS 晶体管的输出端具有吸入电流的能力。串行输出端允许将移位寄存器与其他器件的数据级联起来传送。TPIC6B595 为开漏输出，因此在使用时需要外接上拉电阻。

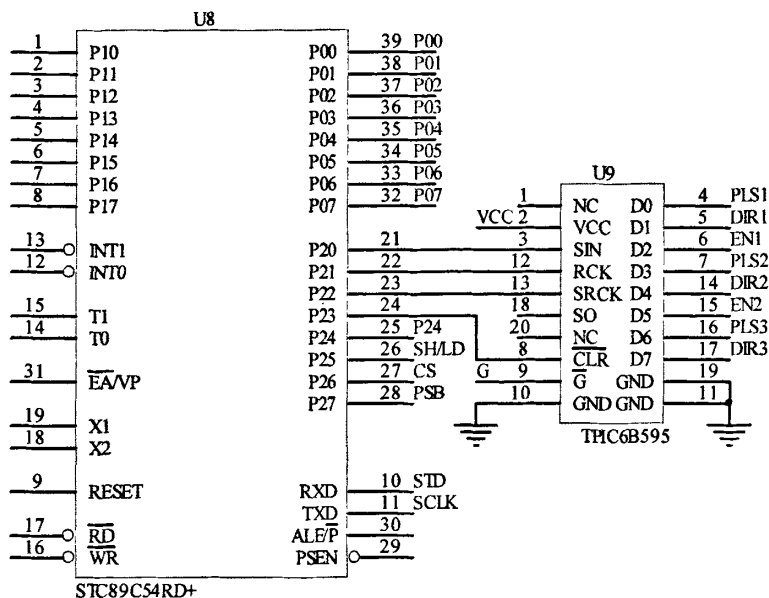


图 3-10 TPIC6B595 与单片机接口

角度、高度、位置细分精度的选择

因为控制锯片高度的丝杠螺距为 4mm，因此控制锯片高度的步进电机细分精度选择 400，即步进电机旋转一圈需要走 400 步。则步进电机每走一步，锯片高度变化为 0.01mm；导尺的传动丝杠螺距为 20mm，因此控制导尺的步进电机的细分精度设置为 400。则步进电机每走一步，进导尺位置移动距离为 0.05mm。这样便于程序的编写，因为步电机步数等于脉冲数，因此，这样可方便控制高度、角度、导尺位置等参数的精度达到 0.1mm。

3.4 显示及输出电路设计

本控制系统液晶显示器采用 OCMJ4×8C 型中文液晶显示模块，该模块可以显示字母、数字符号、中文字型及图形，具有绘图及文字画面混合显示功能。显示汉字时，可显示 4 行 8 列汉字。采用 4.5~5V 工作电压。提供三种控制接口，分别是 8 位微处理器接口，4 位微处理器接口及串行接口。所有的功能，包含显示 RAM，字型产生器，都包含在一个芯片里面，只要一个最小的微处理系统，就可以方便操作模块。内置 2M-位中文字型 ROM (CGROM) 总共提供 8192 个中文字型(16x16 点阵)，16K-位半宽字型 ROM (HCGROM) 总共提供 126 个符号字型(16x8 点阵)，64 x 16-位字型产生 RAM (CGRAM)，另外绘图显示画面提供一个 64x256 点的绘图区域 (GDRAM)，可以和文字画面混和显示。提供多功能指令：画面清除 (Display clear)、光标归位 (Return home)、显示打开/关闭 (Display on/off)、光标显示/隐藏 (Cursor on/off)、显示字符闪烁 (Display character blink)、光标移位 (Cursor shift)、显示移位 (Display shift)、垂直画面卷动 (Vertical line scroll)、反白显示 (Reverse display)、待命模式 (Standby mode)。

在本控制系统中，液晶显示器采用串行接口进行控制。液晶显示器引脚说明如下表所示。

表 3-4 OCMJ4×8C 液晶显示器引脚说明

引脚	名称	方向	说明	引脚	名称	方向	说明
1	VSS	-	GND (0V)	11	DB4	I/O	数据 4
2	VDD	-	Supply Voltage For Logic (+5V)	12	DB5	I/O	数据 5
3	VO	-	Supply Voltage For LCD (悬空)	13	DB6	I/O	数据 6
4	RS (CS)	I	H: Data L: Instruction Code (chip enable for serial mode)	14	DB7	I/O	数据 7
5	R/W (STD)	I	H: Read L: Write (serial data for serial mode)	15	PSB	I	H: Parallel Mode L: Serial Mode
6	E (SCLK)	I	Enable Signal, 高电平有效 (serial clock)	16	NC	-	空脚
7	DB0	I/O	数据 0	17	/RST	I	Reset Signal, 低电平有效
8	DB1	I/O	数据 1	18	NC	-	空脚
9	DB2	I/O	数据 2	19	LEDA	-	背光源正极 (+5V)
10	DB3	I/O	数据 3	20	LEDK	-	背光源负极 (0V)

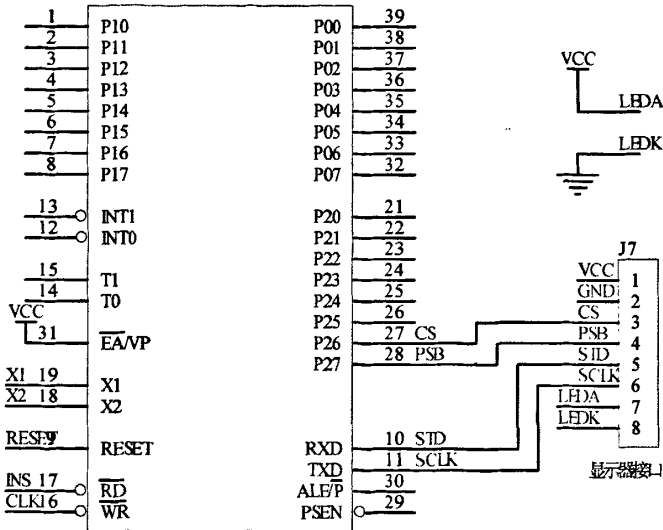


图 3-11 显示器电路图

3.5 电气控制部分设计

推台锯的加工部分由主锯片和副锯片构成，主锯片主要完成切割工作，副锯片完成划线工作。主锯片和副锯片的转动由相应的交流电动机驱动。交流电动机的控制由电气控制电路完成。

电气控制部分主要包括主锯和副锯启动、停止、急停控制，以及应有的保护等。电气控制原理图如下图所示。其中 QS 为电源总开关，SB1 为急停按钮，SB2 为停止按钮，SB3 为主锯启动按钮，SB4 为副锯停止按钮，SB5 为副锯片启动按钮。继电器 KM3 由单片机控制，可以由单片机组成的控制系统部分切断电机控制电路。交流接触器 KM1、KM2 控制主锯和副锯电机的起停。

热继电器 FR1、FR2，分别保护主锯和副锯电机。电动机过载时，热继电器会切断电路，从而保护电机安全。

FU1、FU2、FU3 为熔断器，在电路短路时，切断电路，保护元器件和人员的安全。

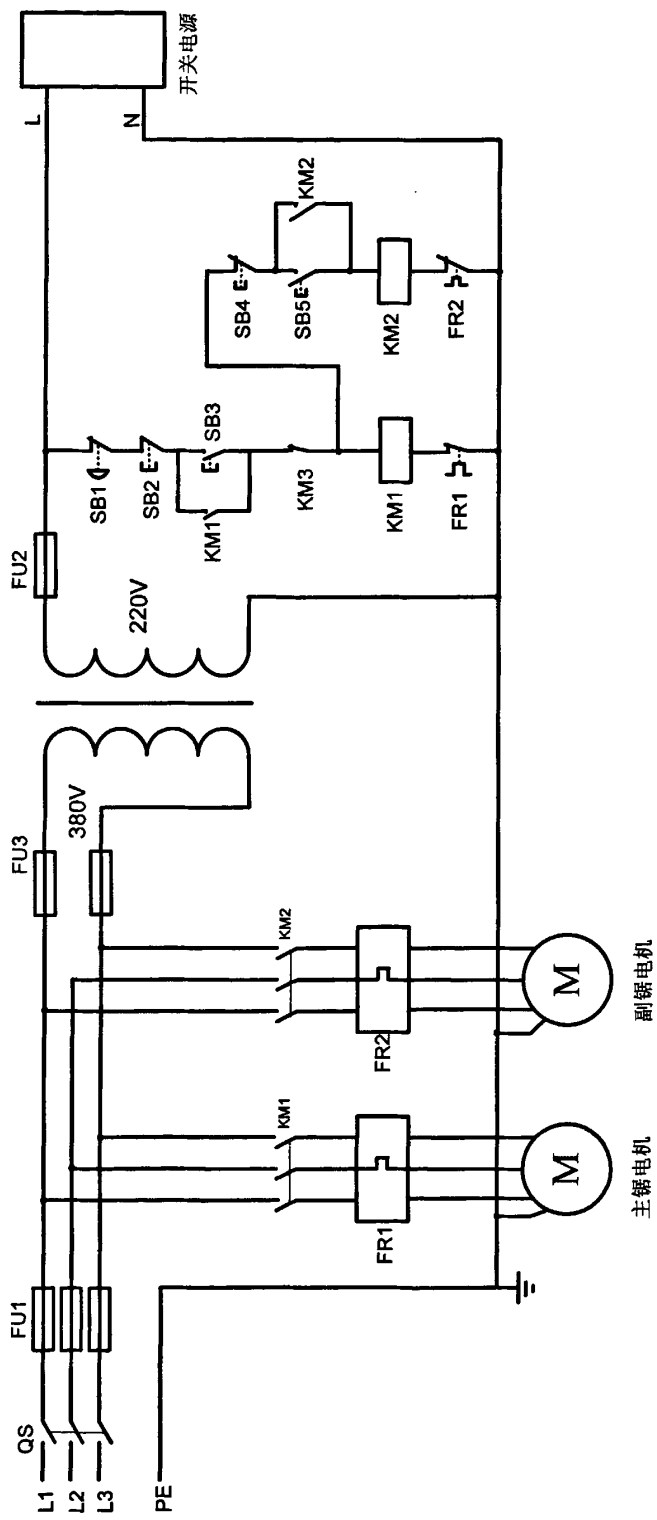


图 3-12 电机控制原理图

3.5.1 基本工作过程

在电源总开关 QS 闭合后,按下 SB3 按钮,交流接触器 KM1 线圈得电,KM1 的主触点吸合,主锯电机启动,同时与 SB3 并联的 KM1 的辅助触点也吸合,实现自保;再按下 SB5,则接触器 KM2 的线圈得电,副锯电机启动,该电路也具有自保功能,使得松开按钮后,电机仍能正常运行。控制电路中,副锯电机的控制电路和接触器 KM1 的线圈并联,启动受到主锯电路的控制,只有在主锯电机启动后,副锯电机才可以启动,但副锯电机的起停不会影响主锯电机的工作。当按下主锯的停止按钮 SB2 或急停按钮 SB1 后,在主锯停止的同时,副锯也会停止。这样的设计是根据主锯和副锯片的作用决定的。推台锯工作时,主锯的作用主要是完成工件的切割工作,是主要的工作部件。副锯片安装在主锯片之前,主要用来对工件进行预切口,在主锯切割之前,先在工件底部切出一个口子,以免在主锯片切割处产生工件底部起毛。因此,在主锯片处于停止状态时,副锯片也就没有继续运转的意义,所以,在主锯电机启动后,副锯片可以单独起停,但主锯电机停止后,副锯电机也必须停止。

控制电路采用 220V 交流工作电压,由主电路通过变压器降压后产生。同时,为单片机控制系统供电的开关电源也采用此电路供电。

3.5.2 器件的选择

主锯和副锯片的驱动电机的额定功率分别为 5.5KW、0.75KW,额定电流分别为 11A、1.8A。

熔断器的选择原则为:

$$I_{\text{熔断体额定值}} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{\text{最大电机额定值}} + \text{其他负荷电流}$$

所以主电路中熔断器选择额定电流为 35A 的螺旋式熔断器。熔断器 FU2、FU3 的额定电流分别为 3A、5A。控制副锯电机的交流接触器 KM2 额定运行电流为 6A 的 LC1-D06N 型交流接触器,控制主锯电机的交流接触器 KM1 型号为 LC1-D18N,其额定运行电流为 18A。

急停按钮选择是具有两对动合触点的按钮开关,一对触点用于电机控制电路,控制电机的起停等,另一对触点提供给单片机控制系统,用于判断当前推台锯是否处于急停状态,即单片机控制系统的开关量输入信号。判断主锯运行和停止的信号取自 KM1 的辅助触点。

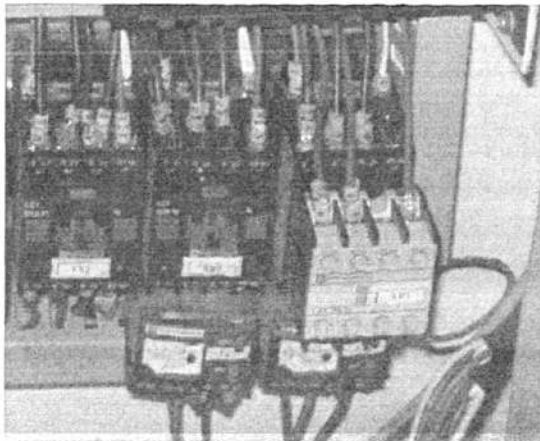


图 3-13 电气连接图

第四章 软件设计

本控制系统软件部分主要由主程序、按键程序、显示程序、电机控制程序等组成，考虑到步进电机由脉冲进行控制，汇编语言与 C 语言相比，可以较好的控制程序的延时和脉冲的频率，因此，编程语言选择汇编语言。软件部分是本控制系统最主要的部分。

4.1 主程序

主程序的主要工作是进行各种参数的初始化，包括寄存器、读取 E²PROM 中的各种参数（如锯片角度、高度等）、液晶显示器的初始化等工作。

主程序初始化后，读取 E²PROM 中的值，即上次关机时的锯片角度、高度、导尺位置等参数，并显示出来。在主程序中不断查询各开关量信号的状态，如果检测到电机处于运行或急停状态，则关闭外部中断，使系统无法进行设置或校准操作。设置或校准操作在外部中断程序中完成。

主程序流程图如下图所示。

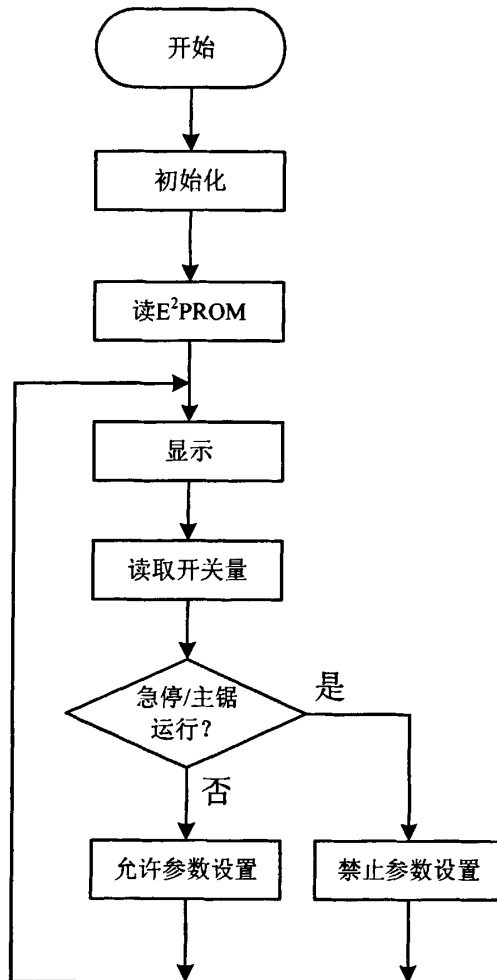


图 4-1 主程序流程图

数据存储器的分配即其作用。

在系统上电或复位时，会对数据存储器、寄存器等初始化。STC89C54RC 型单片机提供有 1280 字节的数据存储器，完全能够满足程序运行过程中数据存储的要求。程序中用到的主要数据存储器分配及其用途如下表所示。

表 4-1 主要数据存储器分配表

地址	作用	地址	作用
21H.0	急停信号	3EH	步进电机步数计数器低 8 位
21H.1	主锯运行信号	3FH	步进电机步数计数器高 8 位
21H.2	导尺左限位	40H	锯片角度设置值低 8 位
21H.3	导尺右限位	41H	锯片角度设置值高 8 位
21H.4	锯片高度下限位	42H	锯片角度当前值低 8 位
21H.5	锯片高度上限位	43H	锯片角度当前值高 8 位
21H.6	锯片角度 45 度限位	44H	锯片高度设置值低 8 位
21H.7	锯片角度 90 度限位	45H	锯片高度设置值高 8 位
22H	备用开关量信号	46H	锯片高度当前值低 8 位
23H.0	高度步进电机脉冲信号	47H	锯片高度当前值高 8 位
23H.1	高度步进电机方向信号	48H	导尺位置设置值低 8 位
23H.2	高度步进电机使能信号	49H	导尺位置设置值高 8 位
23H.3	角度步进电机脉冲信号	4AH	导尺位置当前值低 8 位
23H.4	角度步进电机方向信号	4BH	导尺位置当前值高 8 位
23H.5	角度步进电机使能信号	4CH	显示缓冲区
23H.6	位置步进电机脉冲信号	4DH	
23H.7	位置步进电机方向信号	50H	
		51H	
		52H	
		53H	
		54H	
		55H	

4.2 按键及中断处理程序

4.2.1 按键处理程序

系统按键采用 4×4 矩阵式键盘，系统初始化时，单片机 P1.0~P1.3 输出低电平，当有键按下时，P1.4~P1.7 至少有一个会输出低电平，则四输入与门 74LS21 会输出低电平，触发单片机外部中断 INT0，中断程序流程图如图 4-2 所示。

单片机进入中断程序后，单片机在 P1.0~P1.3 顺序输出低电平，并查询 P1.4~P1.7 的状态，确定是哪个按键按下，最终返回该按键的键值。在中断程序返回时，再次向 P1.0~P1.3 输出低电平，以便下次有按键时可再次进入中断。其中，按键“1”对应的键值为 0，按键“2”对应的键值为 1，依次类推，按键“0”对应的键值为“A”，方向键“右”对应的键值为“F”。

按键处理子程序：

出口：A

```
KEYSCAN: MOV   ROW, #0                ;按键扫描
           MOV   R2, #4
           MOV   32H, #0FEH
KEYS0:    MOV   P1, 32H
           JB    P1.7, KEYS1
           MOV   A, ROW
           RET
KEYS1:    JB    P1.6, KEYS2
           MOV   A, #4                ;1×4
           ADD  A, ROW
           RET
KEYS2:    JB    P1.5, KEYS3
           MOV   A, #8                ;2×4
           ADD  A, ROW
           RET
KEYS3:    JB    P1.4, KEYS4
           MOV   A, #12               ;3×4
           ADD  A, ROW
           RET
KEYS4:    INC   ROW                  ;列值加 1
           MOV   A, 32H
           RL   A
           MOV   32H, A
           DJNZ  R2, KEYS0
           RET
```

由于按键和其键值不对应，特别是数字键，例如，数字键“1”对应的键值为 0，而

数字键“0”的键值为“A”。为了程序处理的方便，需要对按键的键值进行处理，使数字键的键值就是该数字。系统根据按键值确定要进行的操作，如设置、校准或参数输入等。键值处理子程序如下。

```

;返回 KDATA    入口: A
KEYCONV: MOV    R1, A                ;暂存
          CLR    C
          SUBB   A, #9
          JNC    KEYCONV1            ;大于等于 9 转
          MOV    A, R1                ;1~9
          ADD    A, #01H
          MOV    KDATA, A
          LJMP   KEYCONV2
KEYCONV1: MOV    A, R1
          CJNE   A, #9, KEYCONV2      ;大于 9 转
          MOV    KDATA, #00H          ;0
KEYCONV2: MOV    A, R1                ;大于 9 不转换
          RET
    
```

4.2.2 中断处理程序

系统的所有设置校准操作在单片机的外部中断程序中实现。在系统正常工作时，显示器会显示当前的各项参数，如图 4-2。



图 4-2 运行画面

先停止主锯电机和副锯电机，然后按下“SET”键，系统会进入中断程序，并显示主菜单，如图 4-3 所示。开始等待用户输入相应的操作指令或参数。中断程序流程图如图 4-4 所示。进入中断程序后，程序会等待按键输入，然后根据键值确定相应的操作。

选择相应的功能菜单项，如角度设置，按下数字键“2”进入角度设置画面，如图 4-5。此时光标在角度值上闪烁，等待输入，输入完成后，光标消失，按下确认键（SET 键），

步进电机即开始运动，通过传动机构，控制角度到设置值，并推退出角度设置画面，退出到主菜单。在主菜单中选择“校准”，按下校准菜单项对应的数字键“4”，即可进入校准菜单，图 4-6 所示。根据需要，选择需要校准的参数，如角度，按下数字键“2”，进入角度校准操作画面，如图 4-7。输入角度的实际值，即可完成角度的校准。

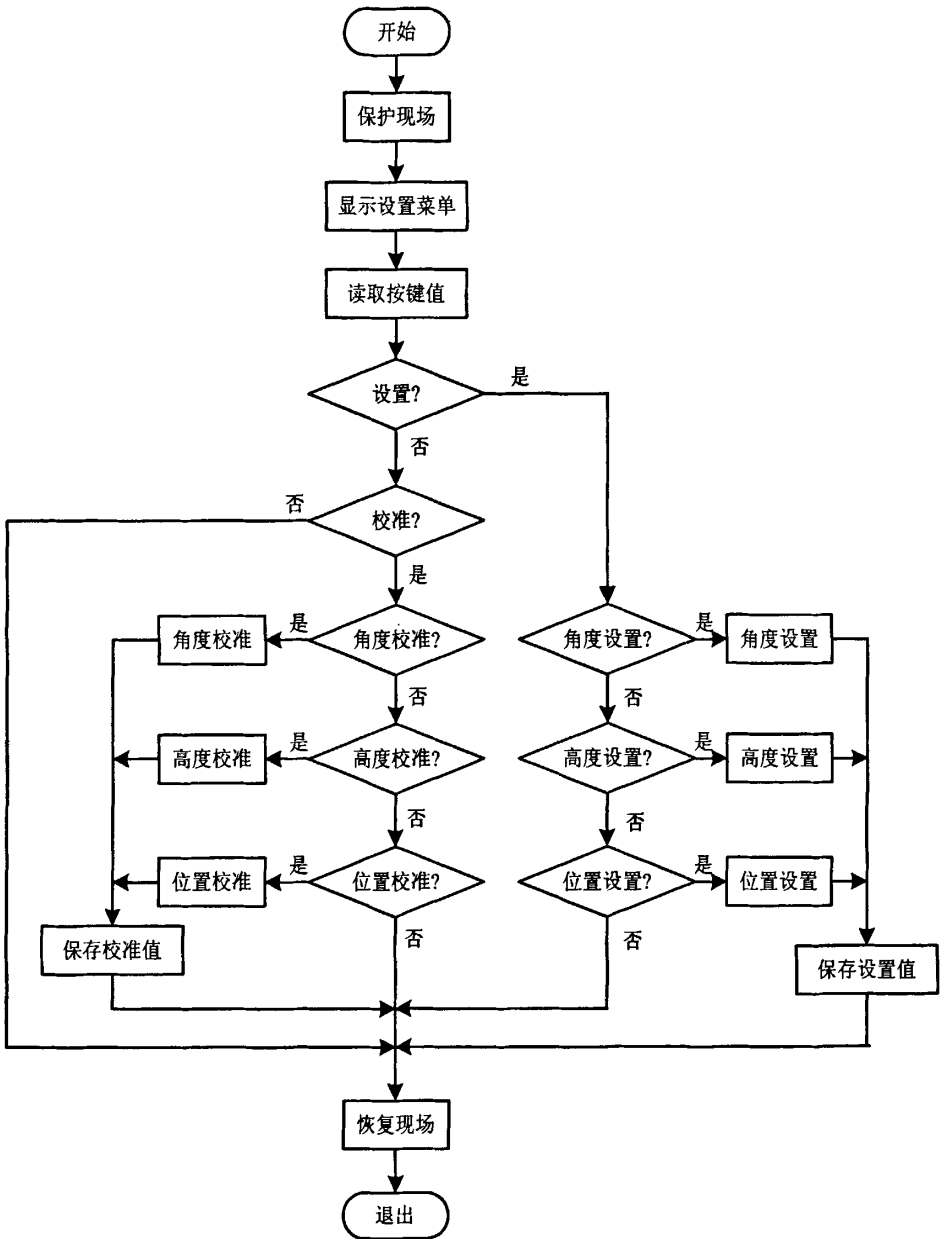


图 4-3 中断程序流程图

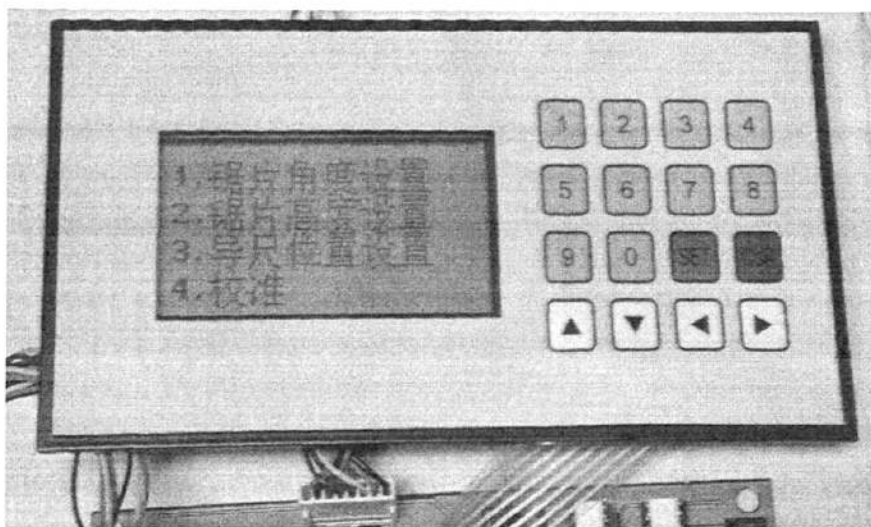


图 4-4 主菜单

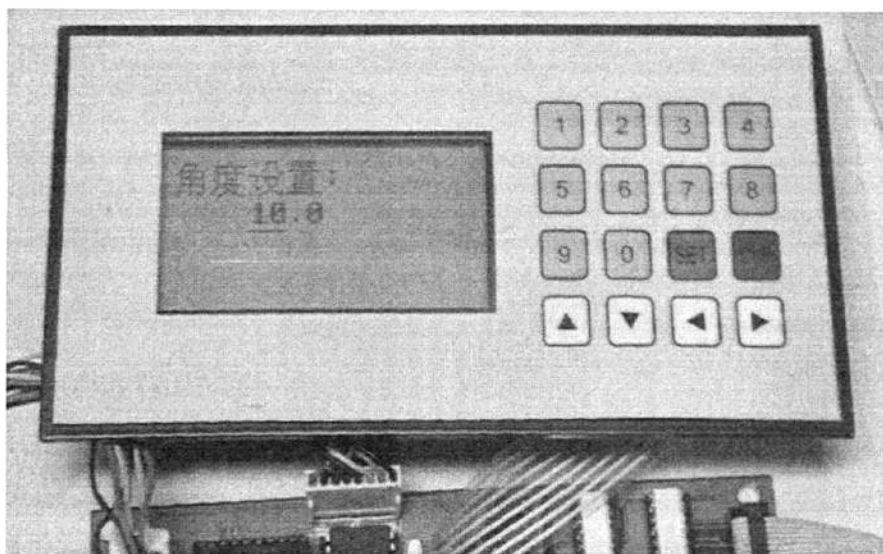


图 4-5 角度设置画面

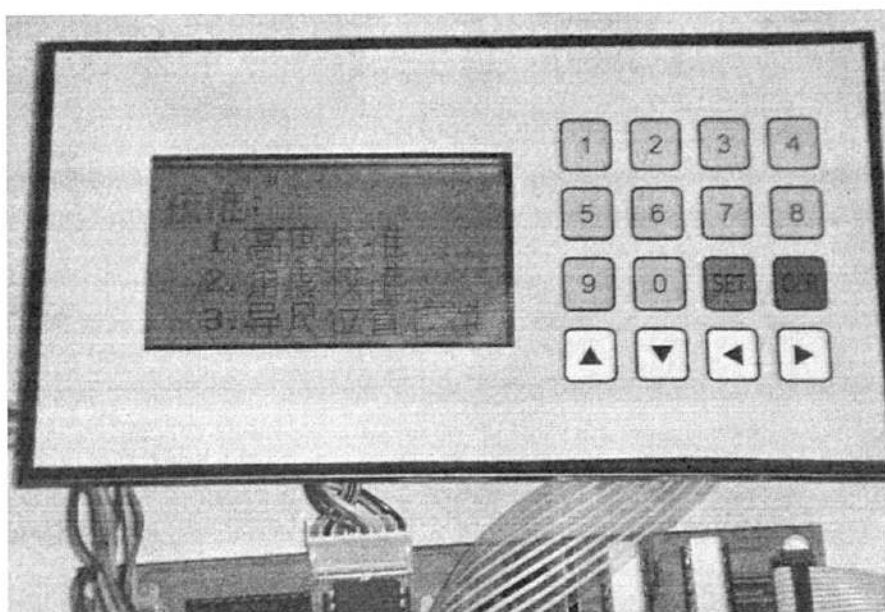


图 4-6 校准菜单

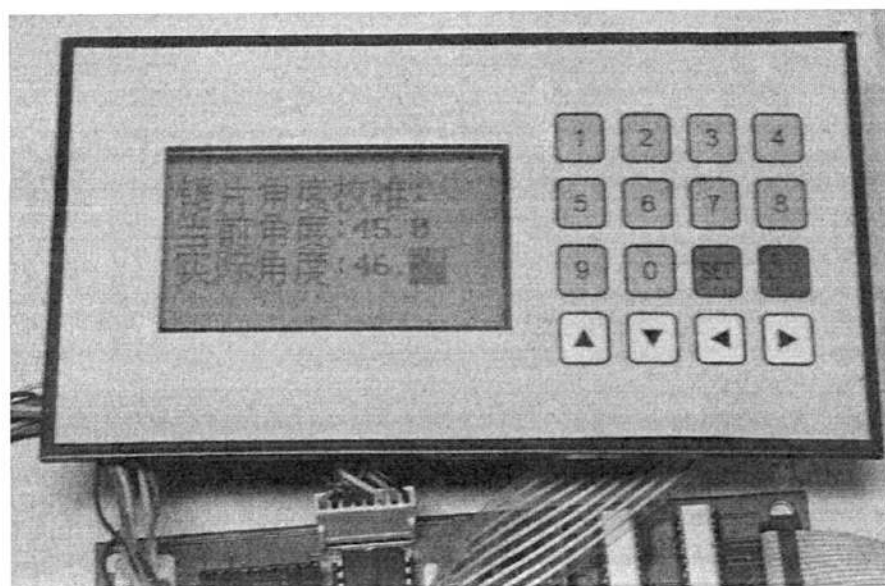


图 4-7 角度校准画面

4.3 显示程序

为了减少单片机口线的占用，采用串行方式控制液晶显示器。当液晶显示器的 PSB 脚接低电位时，模块将进入串行模式。在单片机与该液晶模块进行数据传输时，先传输起始字节，如表 4-1 所示。它需先接收到五个连续的“1”（同步位字符串），接收到起始字节后，传输计数器将被重置并且串行传输将被同步，起始字节的第 5 位和第 6 位分别为传输方向位（RW）及寄存器选择位（RS），最后第 7 的位则为“0”。在起始字节中，RW 位为“0”表示写状态，为“1”表示读状态。RS 位为“0”表示选择指令寄存器，为“1”表示选自数据寄存器。由于本控制系统不需要读取液晶模块的内部寄存器信息，因此在程序中 RW 位始终为“0”。

表 4-1 起始字节定义

位	0	1	2	3	4	5	6	7
值	1	1	1	1	1	RW	RS	0

在接收到包含同步位及 RW 和 RS 资料的起始字节后，第二个字节为待传输的数据（指令），每一个八位的指令将被分为两个字节接收到：较高 4 位（DB7~DB4）的指令资料将会被放在第一个字节的 LSB 部分，而较低 4 位（DB3~DB0）的指令资料则会被放在第二个字节的 LSB 部分，每个字节的其它四位则都为 0，如下图所示。

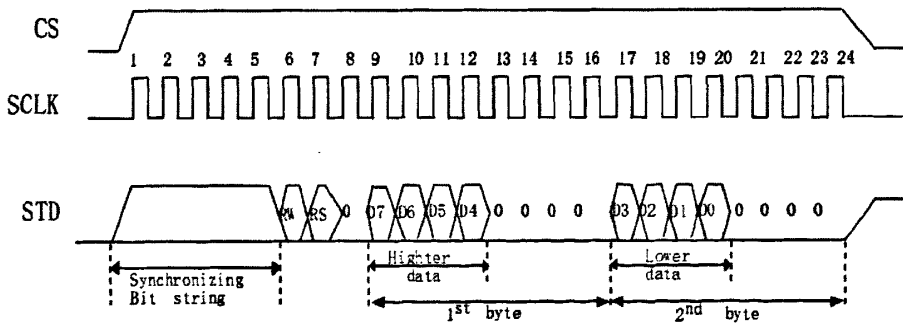


图 4-8 液晶模块串行数据传输示意图

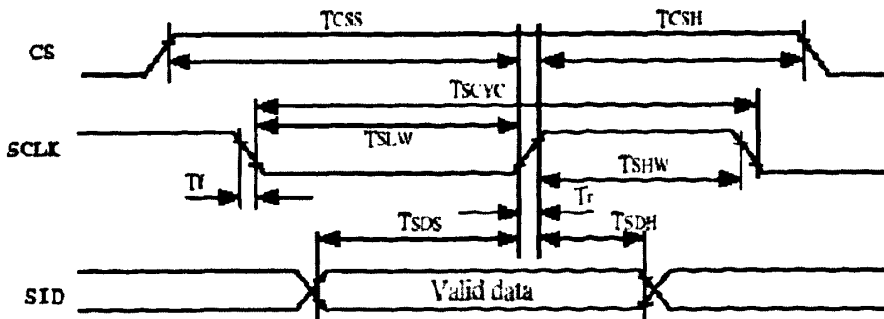


图 4-9 液晶模块串行接口时序图

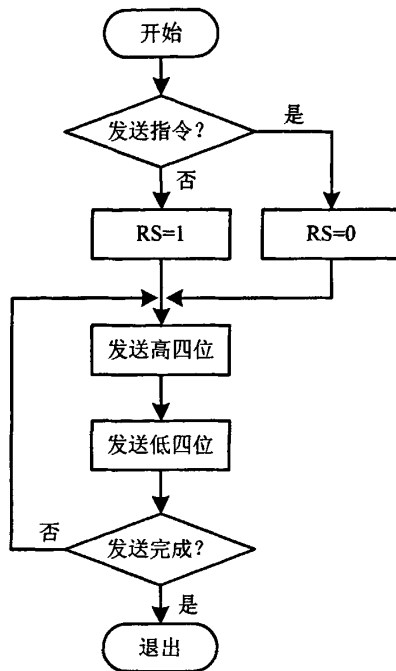


图 4-10 显示程序流程图

(1) 写数据程序

```

SEND_D: SETB  RS_STU      ;写数据子程序
        MOV   DA_IN, A
        LCALL SERIAL_WR
        RET
  
```

(2) 写指令程序

```

SEND_I: CLR   RS_STU      ;写指令子程序
        MOV   DA_IN, A
        LCALL SERIAL_WR
        RET
  
```

(3) 液晶模块串行写数据子程序。

```

;DA_IN:    数据或指令
;RS_STU:   数据指令选择
;WR_COUNT1: 计数器 1
;WR_COUNT2: 计数器 2
  
```

```

SERIAL_WR: PUSH  ACC
           MOV   A, DA_IN
           SETB  CS
  
```

NOB

```
;  
-----发起始字节-----  
MOV WR_COUNT1, #05H  
SETB STD ;1  
SERIAL_WR1: CLR SCLK  
SETB SCLK  
DJNZ WR_COUNT1, SERIAL_WR1  
CLR STD ;RW=0  
CLR SCLK  
SETB SCLK  
JNB RS_STU, CLR_RS  
SETB STD ;写数据, RS=1  
SJMP SETB_RS  
CLR_RS: CLR STD ;写指令, RS=0  
SETB_RS: CLR SCLK  
SETB SCLK  
CLR STD ;0  
CLR SCLK  
SETB SCLK  
MOV WR_COUNT1, #02H ;发送数据, 分两个字节发送  
SERIAL_WR2: MOV WR_COUNT2, #04H ;先发送高四位, 再发送低四位  
;高位在前, 低位在后  
SERIAL_WR21: RLC A  
MOV STD, C  
CLR SCLK  
SETB SCLK  
DJNZ WR_COUNT2, SERIAL_WR21  
MOV WR_COUNT2, #04H  
CLR STD ;0  
SERIAL_WR22: CLR SCLK  
SETB SCLK  
DJNZ WR_COUNT2, SERIAL_WR22  
DJNZ WR_COUNT1, SERIAL_WR2  
CLR SCLK  
CLR CS  
POP ACC  
RET
```

在系统正常运行时，屏幕显示当前的锯片高度、角度、导尺位置等参数。这些参数中包含有汉字、数字、小数点等。为方便程序的调用，显示汉字、数字、小数点采用不同的子程序实现。

(1) 显示汉字子程序。采用查表的方法，调用前，先将汉字表的首地址送 DPTR，汉字长度送 COUNT，一个汉字为 2 个字节。同时，向液晶模块发送汉字在屏幕上的坐标位置，屏幕坐标如下表所示。

表 4-2 汉字显示坐标

	X 坐标							
Line1	80H	81H	82H	83H	84H	85H	86H	87H
Line2	90H	90H	90H	90H	90H	90H	90H	90H
Line3	88H	89H	8AH	8BH	8CH	8DH	8EH	8FH
Line4	98H	99H	9AH	9BH	9CH	9DH	9EH	9FH

显示汉字子程序：

```

;调用前需先发送显示屏起始地址，起始地址保存在 SEND_I 中
;数据长度送 COUNT
;数据地址首址送 DPTR

```

```

DISPLAY: LCALL SEND_I           ;向 LCD 发送屏幕起始地址
        DISP1: CLR A
            MOVC A, @A+DPTR
            LCALL SEND_D         ;发送数据
            INC DPTR
            DJNZ COUNT, DISP1
            LCALL DELAY2
            RET

```

(2) 数字显示程序。因为液晶显示器中的数字和符号以相应的代码形式存放，所以需要先将要显示的数字或符号转换成对应的代码。液晶显示器中，数字 0 对应的代码为 30H，数字 1 对应的代码为 31H，依次类推，数字 9 对应的代码为 39H。所以将要显示的数字加上 30H 即为其在液晶显示器中的代码。

```

;显示数字程序
;屏幕起始地址送 A
;要显示的数字送 NUM

```

```

DISPNUM:
        MOV A, NUM
        ADD A, #30H           ;代码转换
        LCALL SEND_D

```

```
LCALL DELAY2
RET
```

(3) 小数点显示程序。只需向液晶显示器发送小数点对应的代码值 2EH 即可。

```
DISPOINT: MOV A, #2EH ;显示小数点
LCALL SEND_D
LCALL DELAY2
RET
```

在进行参数设置时，光标在待修改的参数位置闪烁，用户输入后，光标移到下一位继续闪烁，依次类推，直到该参数修改完成。要实现光标闪烁，只需向液晶模块发送相应的指令即可。指令 #0FH，表示光标位置反白且闪烁。该液晶模块的其他功能，也都是通过向模块发送相应的指令来完成。程序中用到的指令有：清除显示（#01H）、光标移动指令（#06H，使光标向右移动），关光标闪烁（#0CH）等。

4.4 步进电机驱动控制程序

从概念上讲，步进电动机的角位移与驱动脉冲的个数成正比，在不失步的情况下，每个脉冲使步进电动机旋转一个固定步距角，连续运行无累积误差。但是在实际运行过程中步进电动机存在失步和堵转的可能。步进电机失步的原因主要有 2 种：

(1) 转速低于磁场旋转的速度，或者说转速低于步进电机的换相速度。例如，步进电机在启动时，如果脉冲的频率过高，电机来不及获得足够高的能量，无法令转子跟上磁场旋转的速度，引起失步。在运行过程中，如果脉冲的频率过高，也同样会引起电机的失步。也可以说，如果步进电机的响应速度低于控制脉冲的变化速度，步进电机将会失步。

(2) 转子的转速大于磁场旋转的速度。这主要发生在制动或突然换向时。由于转子具有足够高的能量和惯性，产生严重的过冲现象，引起失步。

为了防止步进电机的失步，步进电机的运行过程要经历三个步骤。首先，在启动过程中，步进电机的驱动脉冲频率要逐步增加；当频率增加到一定值时，步进电机进入恒速运行阶段；步进电机停止时，不可以立即停止，否则会造成冲击，要逐渐降低驱动脉冲的频率。不同步进电机的响应频率不同，因此要根据所控制的具体电机选择相应的控制频率，但是控制脉冲的频率不能大于步进电机的响应频率，否则会产生失步。

目前步进电机的启动控制算法主要有指数加速算法和简单加速算法^[37]。其中，简单加速算法比较简单，采用匀加速、匀减速曲线，编写程序比较容易。但是在加速过程中，加速度保持恒定，要求转矩也保持不变，但是，步进电机的转矩与转速是非线性关系，因此加速度与频率也应是非线性的关系。实际中，当步进电机的转速增加时，转矩会下降，所以采用简单加速算法有可能造成步进电机失步。

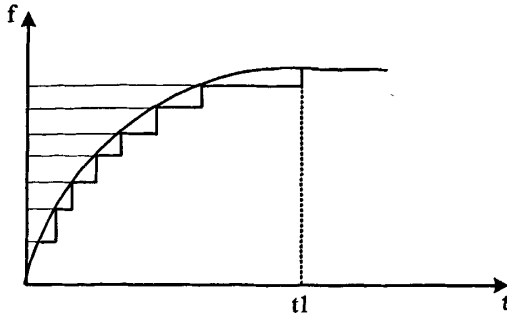


图 4-11 指数加速算法

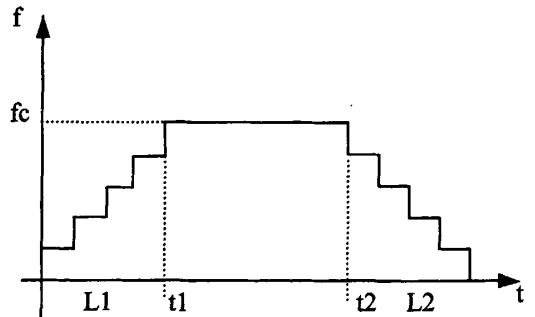


图 4-12 简单加速算法

改变步进电机的驱动脉冲频率在程序上可采用改变脉冲输出的延时时间来实现，频率高时，延时时间短，频率低时，延时长。程序中，对当前值和用户的设置值进行比较，根据具体电机的细分精度，从而确定出步进电机的需要转动的步数，以及转动方向。当设置值小于当前值时，步进电机反向，将程序中的步进电机方向标志位 DIR 置 0；当设置值大于当前值时，步进电机不反向，方向标志位置 1。步进电机驱动程序根据方向标志位的值确定步进电机的转动方向。

在本控制系统中脉冲频率通过单片机计数器 T0 进行控制，T0 计数值满后，进入 T0 中断处理程序，在中断处理程序中，判断步进电机需要加速、减速、还是恒速运行。由于实现指数加速曲线比较困难，因此采用模拟近似的指数加速曲线实现，如图 4-12 所示。设置定时初值基数 t_0 ，及速度级数 C，定时器的初值通过 t_0 和 C 的乘积计算得出。在中断程序中改变 C 的值，从而产生不同的定时器初值，C 越大，则定时器的初值越大，脉冲的频率越高。在加速阶段，C 值不断增大，而减速阶段 C 值减小，恒速阶段保持 C 值不变。并且步进电机在该定时器初值所确定的脉冲频率上运行 C 步，这样频率越高，步进电机在该频率上运行的步数越多。如图在 f_0 频率上步进电机运行 C_1 步，在 f_1 频率上步进电机运行 C_2 步。减速过程与加速过程相反。

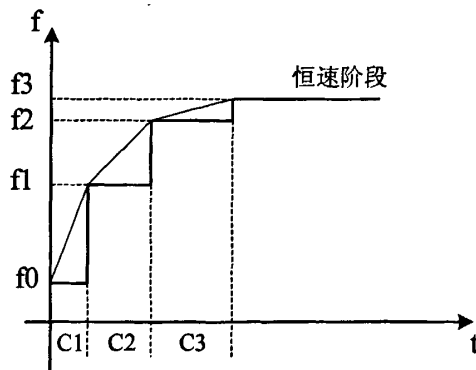


图 4-13 模拟指数加速算法

由于参数设置时会出现设置值和当前值相差较小的情况，电机来不及升到最高速，所以此时按照电机启动频率运行到设置值即可。设置值和当前值相差较大时，则采用加速、恒速、减速的运行方式。在程序中分别设置加速步数计数器和减速步数值，分别存储加速和减速阶段需要运行的步数，当加速步数计数器减到 0 时，则停止加速，进入恒速运行阶

段。在程序中比较剩余步数和减速步数计数值，当剩余步数等于减速步数计数值时，电机进入减速阶段，直到步数等于 0 时，电机停止。

为了防止电机运行超出规定极限位置，除了规定设置值的上下限外，在电机驱动程序中会查询限位开关的状态，当限位开关动作时，会通过发光二极管或蜂鸣器报警，提示操作人员。同时，在程序中判断急停按钮是否按下，如果在电机运行过程中急停按钮按下，则立即停止电机转动。

程序流程图如下图所示。

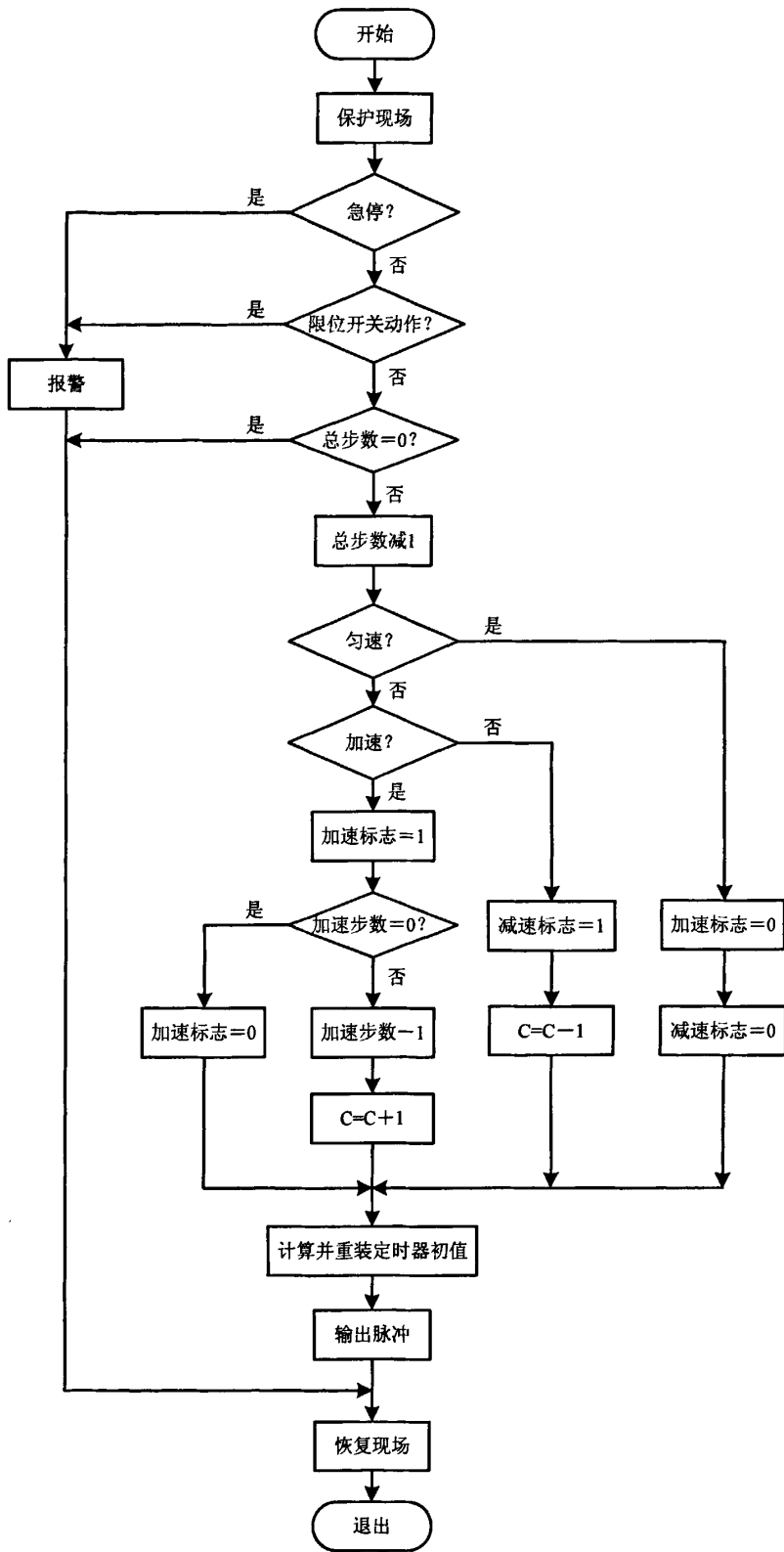


图 4-14 电机驱动程序流程图

4.5 步进电机转动步数的计算

因为三台步进电机的运行规律完全一样，因此控制程序也基本一样，只是具体的参数不同。下面就以控制锯片高度的步进电机为例，介绍步进电机步数的计算。

控制锯片高度的步进电机的细分精度为 400，控制高度的丝杠螺距为 4mm，所以步进电机走一步高度变化为 0.01mm。如果要锯片高度变化 0.1mm，步进电机需要转动 10 步，即在不堵转的情况下，高度变化 0.1mm，需要向步进电机发送 10 个脉冲。如果当前高度为 20.2mm，设置的高度为 30.5mm，则步进电机从当前值转到设置值，需要走过的步数为 $(30.5-20.2) \times 10$ ，共 103 步，即需向步进电机发送 100 个脉冲。可将上述计算过程改写为 $30.5 \times 10 - 20.2 \times 10 = 103$ ，即 $305 - 202 = 103$ 。可见，可以在程序中将带有小数的参数直接按去掉小数点后的整数处理，只是在最后参数显示时在最低为之前加上小数点即可。这样可大大简化程序的设计，因为在单片机中对浮点数的处理比较困难。

为了保证高度等参数不超出高度的极限值，除了在程序中设置允许设置的最大值外，在步进电机驱动程序中，不断查询行程开关和急停按钮的状态。当急停按钮按下，或限位行程开关动作，则停止步进电机。保护机床和操作人员的安全。在这种情况下发生时，步进电机可能已经运行了一段距离，或者说走了一定的步数，因此高度、位置等参数的当前值已经发生了变化，但可能并没有达到设置值。此时，需要重新确定各种参数的当前值，从而不至于因为急停等情况的发生使各种参数发生混乱，而需要进行校准，增加操作的工作量。因此当用户参数输入错误后，可以不用等到参数变化到已输入的设置值，再重新输入参数。只需要直接按下急停按钮即可使步进电机停止，从而修改参数。

下面仍然以高度参数为例来介绍当步进电机转动过程中，发生急停、限位开关动作等情况时，参数当前值的计算过程。

为方便说明，不考虑步进电机的细分精度，此时步进电机每走一步，参数变化为 1。

当设置值大于当前值时，步进电机在转动一段时间后，由于急停按钮按下而停止，则参数新的当前值可由以下公式计算：

$$V_n = V_o + L_1 \quad (1)$$

或

$$V_n = V_s - L_2 \quad (2)$$

其中： V_n 表示新当前值，为步进电机停止时的位置所对应的参数当前值；

V_o 表示旧当前值，为步进电机转动前的参数值；

L_1 表示已走步数，为步进电机在停止前已经走过的步数；

L_2 表示未走步数，为步进电机到达设置值应走的总步数与已走步数的差。

当设置值小于当前值时，步进电机需要反向。新参数的当前值可由下式计算：

$$V_n = V_o - L_1 \quad (3)$$

或

$$V_n = V_s + L_2 \quad (4)$$

由于在程序中步进电机步数计数器采用减法计数器，当步进电机停止时，计数器值为步进电机未走的步数，因此，采用公式 (2)、(4) 来确定参数的当前值比较简单。在实际处理过程中，高度参数每变化 0.1mm，则控制高度的步进电机需要转动 10 步，而高度参

数只精确到小数点后一位，因此，在考虑细分精度的情况下，以上公式 (2)、(4) 需要修正为：

$$V_n = V_s - L_2 \times 10 \quad (5)$$

$$V_n = V_s + L_2 \times 10 \quad (6)$$

其他两个参数（锯片角度、导尺位置）的计算与上述方法相同，只是需要根据具体的步进电机细分精度，对上述公式进行相应的修正，即步进电机未走的步数要乘以相应的倍数，这一倍数由相应的细分精度决定。

在程序中，并没有判断步进电机停止是否是因为急停按钮按下或限位开关动作，还是到达设置值后步进电机正常停止。因为当步进电机走到设置值正常停止时，步数计数器为 0，即未走步数为 0，由公式 (5)、(6) 可知，新当前值即为设置值，因此，不需要对步进电机的停止是否正常进行判断，只需在步进电机停止后，不论何种情况，重新计算当前参数值即可，简化了程序的设计工作。

参数设置程序中驱动步进电机及参数计算程序流程图如下。

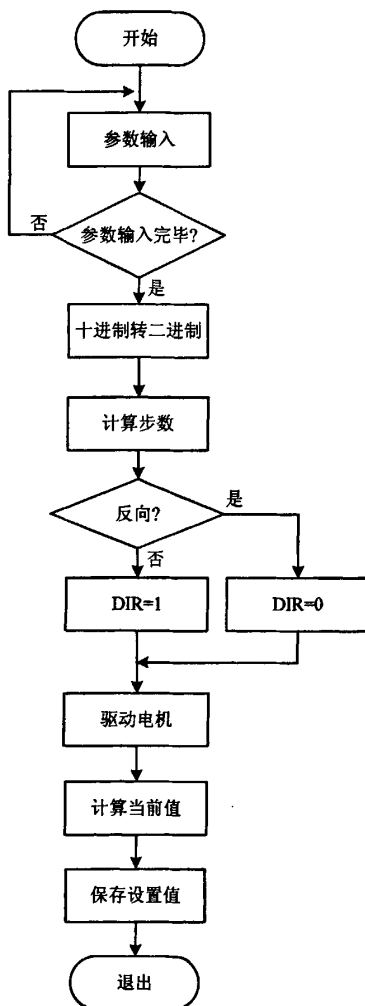


图 4-15 参数设置程序流程图

在用户输入高度参数并确认后，程序将输入的十进制参数转换成二进制，然后计算步进电机应走的步数，驱动步进电机。最后，计算新的参数当前值，并将其写入片内 FLASH 存储器保存。具体程序如下所示。

```

HSET3: CJNE    A, #0AH, HSET2 ;确认
        MOV     A, #0CH        ;开显示, 光标, 关闪烁
        LCALL  SEND_I
        MOV     R0, #57H
        MOV     COUNT3, #02H
        LCALL  DTOB           ;十进制转成二进制
        MOV     44H, R1        ;低 8 位
        MOV     45H, R2        ;高 8 位
        MOV     R0, #45H       ;设置值高 8 位
        MOV     R1, #47H       ;当前值高 8 位
        LCALL  CMPR           ;设置值与当前值比较
        JB     DIR, HSET31     ;DIR=1, 设置值大于当前值, 不反向
        CLR     DIR1           ;DIR=0, 设置值小于当前值, 反向
        LJMPL HSET32
HSET31: SETB    DIR1
        CLR     C              ;设置值大于当前值, 用设置值减去当前值
        MOV     A, 44H         ;计算步进电机步数
        SUBB   A, 46H
        MOV     3EH, A        ;低 8 位
        MOV     A, 45H
        SUBB   A, 47H
        MOV     3FH, A        ;高 8 位
        LJMPL HSET33
HSET32: CLR     C              ;设置值小于当前值, 用当前值减去设置值
        MOV     A, 46H
        SUBB   A, 44H
        MOV     3EH, A
        MOV     A, 47H
        SUBB   A, 45H
        MOV     3FH, A
HSET33: LCALL  MDRIV          ;调用高度控制步进电机驱动程序
        JB     DIR, HSET34     ;设置值大于当前值转
        ;设置值小于当前值, 用设置值加上未走的步数,
        ;即为新的当前值
        MOV     A, 44H         ;因为当急停或限位开关按下时, 电机停止, 3E、

```

```

                                3F 中为未走的步数
                                ;如果电机运行过程中，急停或限位开关没有按下，
                                电机走到位，3E、3F 中的值为 0
    ADD    A, 3EH
                                ;更新当前值
    MOV    46H, A
    MOV    A, 45H
    ADDC   A, 3FH
    MOV    47H, A                ;更新当前值
    LJMP   WDATA2
HSET34: CLR    C
    MOV    A, 44H                ;设置值大于当前值，用设置值减去未走的步数，即
                                为新的当前值
    SUBB   A, 3EH
    MOV    46H, A
    MOV    A, 45H
    SUBB   A, 3FH
    MOV    47H, A
WDATA2:
    MOV    DPTR, #8200h          ;flash 地址    , 保存高度值
    LCALL  ERASE                ;擦除扇区
    NOP
    MOV    R7, #2                ;共 2 字节
    MOV    R0, #46H              ;起始地址
    MOV    DPTR, #8200h          ;flash 地址
WDATA21: MOV    A, @R0
    LCALL  WBYTE
    INC    R0
    INC    DPTR
    DJNZ   R7, WDATA21
HSET5:  RET

```

锯片角度、导尺位置的设置过程与以上程序类似，在此不再赘述。

控制电机运动的脉冲信号、方向信号等通过 TPIC6B595 输出到步进电机驱动器。

TPIC6B595 控制程序：

```

    OUTPUT: CLR    RCK                ;不允许输出
            CLR    SRCLR              ;移位寄存器清 0
            SETB   SRCLR
            MOV    R3, #8              ;1 个字节
            MOV    A, 23H
            ;CPL    A

```

```

OUTPUT1: CLR   SRCK
          RLC   A           ;高位在前,低位在后
          MOV   SIN,C       ;输出
          SETB  SRCK       ;上升沿移位
          DJNZ  R3,OUTPUT1
          SETB  RCK        ;允许 595 输出,上升沿有效
          RET

```

4.6 参数的校准

推台锯在生产使用一段时间后,或经过运输、安装后,参数会发生变化,产生较大的误差,为了保证加工的精度,需要对参数进行校准。因此,在控制系统中增加参数校准功能,并且简化校准过程,方便用户的操作。

需要进行参数校准时,按“SET”键进入主菜单,按数字键“3”进入校准菜单,接着按下相应的数字键进入对应的参数校准画面。为了使校准过程简单,校准时,锯片角度、高度、导尺会自动运动到一个固定的位置,用户进行测量后,如果当前显示的位置和实际值不一致,用户可输入实际值,系统会根据实际值和显示值之间的误差,计算步进电机的步数,控制电机运动,使实际位置和显示值一致,修改并存储参数。以后参数的设置都会以该校准值为基准。如果实际值和显示值一致,即使输入校准参数,电机也不会运动。

以锯片角度参数的校准为例介绍参数校准过程。具体流程图如下图所示。首先在用户选择锯片校准选项后,锯片会自动运行到45度角。用户可以现在的角度(45度)锯切一块材料,测量锯切后的实际角度,或者采用某种测量工具测量锯片的角度。比如所测得的值为38度,则用户可按照画面提示,输入当前值为38度。即系统内部认为当前锯片的角度为45度,但实际测量值为38度。此时系统会根据两个值之间的误差,计算出步进电机需要运动的步数以及转动方向(DIR=0,电机反向);然后驱动步进电机运动,使锯片角度变为38度;存储参数,修正当前值为38度。经过校准后,

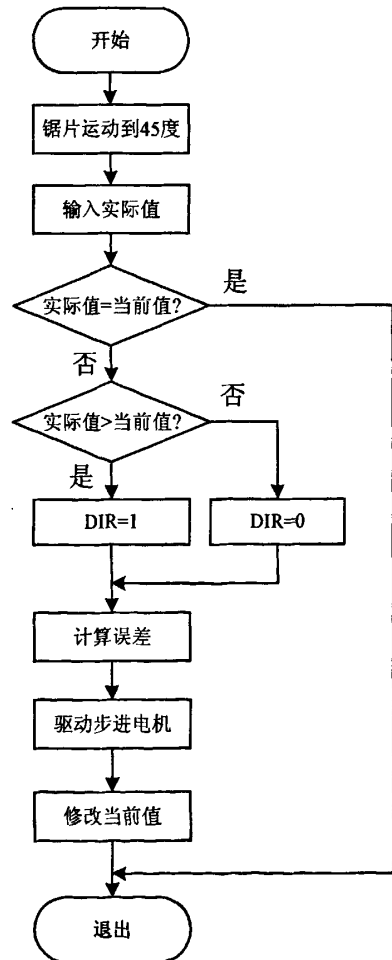


图 4-16 锯片角度校准流程图

锯片角度的设置、以后的校准都会以这次校准的值作为基准，在此基础上进行计算，直到下次再次校准。

这种校准方法非常简便易行。国内有些厂家的推台锯校准过程非常繁琐，需要输入很多的修正值。有的要求用户输入当前显示的锯片角度值和实际值之间的误差或者一些修正量。而本控制系统不需要用户自己计算误差，只需要输入实际值即可。简化了用户的操作过程。

锯片高度、导尺位置的校准过程与角度的校准过程相似，只是某些参数不同。

4.7 E²PROM 读写程序

系统中有的数据需要在掉电后不丢失，以备在下次开机后读取，因此系统需要有 FLASH 或 E²PROM 芯片。STC89C51RD+型单片机采用 IAP（在应用可编程）技术实现内部 FLASH，可擦写十万次以上，极大的简化了电路设计，可省掉外置 E²PROM 或 FLASH 芯片。

对该单片机内部 FLASH 的读取采用特殊寄存器完成。如下表所示。

表 4-3 特殊功能寄存器说明

寄存器	地址	位								复位值	
		7	6	5	4	3	2	1	0		
ISP_DATA	E2H										1111, 1111
ISP_ADDRH	E3H										0000, 0000
ISP_ADDRL	E4H										0000, 0000
ISP_CMD	E5H	—	—	—	—	—	MS2	MS1	MS0		xxxx, x000
ISP_TRIG	E6H										xxxx, xxxx
ISP_CONTR	E7H	ISPEN	SWBS	SWRST	—	—	WT2	WT1	WT0		000x, x000

ISP_DATA: ISP/IAP 操作时的数据寄存器。

ISP_ADDRH: ISP/IAP 操作时的地址寄存器高 8 位。

ISP_ADDRL: ISP/IAP 操作时的地址寄存器低 8 位。

ISP_CMD: ISP/IAP 操作时的命令模式寄存器，须命令触发器触发方可生效。

ISP_TRIG: ISP/IAP 操作时的命令触发寄存器。当最低三位为 000 时，为待机模式，无 ISP 操作；为 001 时对 FLASH 区进行读操作；为 010 时，对 FLASH 区进行编程（写操作）；为 011 时，对 FLASH 区擦除。其它五位无效。

ISP_CONTR: ISP/IAP 控制寄存器。ISPEN 位为 ISP/IAP 使能位，为 1 时允许对 FLASH 区编程，为 0 时禁止编程。SWBS 位用于决定用户从主程序区启动还是从 ISP 程序去启动。SWRST 位为 1 时产生软件复位，该位硬件会自动清零。WT2、WT1、WT0 三位用于决定 CPU 等待时间，包括读操作、编程及擦除操作的等待时间。

FLASH 读写子程序：

```
ISP_DATA EQU 0E2H
ISP_ADDRH EQU 0E3H
```

```

ISP_ADDRH EQU 0E4H
ISP_CMD EQU 0E5H
ISP_TRIG EQU 0E6H
ISP_CONTR EQU 0E7H

```

(1) 从 FLASH 中读数据

READBYTE:

```

MOV ISP_CONTR, #82H ;打开 IAP 功能, 设置 FLASH 操作等待时间
MOV ISP_CMD, #01H ;选读 AP 模式
MOV ISP_ADDRH, DPH ;选 IAP 地址
MOV ISP_ADDRH, DPL
MOV ISP_DATA, #00H ;清数据寄存器
CLR EA ;触发 ISP
MOV ISP_TRIG, #46H
MOV ISP_TRIG, #0B9H
NOP
NOP
NOP
NOP
MOV A, ISP_DATA ;读取数据
SETB EA
LCALL IAPOFF ;关闭 IAP 功能
RET

```

(2) 向 FLASH 写一个字节数据

;入口: DPTR:FLASH 地址; A:数据

WBYTE:

```

MOV ISP_CONTR, #82H ;打开 IAP 功能, 设置 FLASH 操作等待时间
MOV ISP_CMD, #02H ;选字节编程模式
MOV ISP_ADDRH, DPH ;选 IAP 地址
MOV ISP_ADDRH, DPL
MOV ISP_DATA, A ;数据送数据寄存器
CLR EA
NOP
NOP
NOP
MOV ISP_TRIG, #46H ;触发 ISP
MOV ISP_TRIG, #0B9H
NOP

```

```

NOP
NOP
SETB  EA
LCALL IAPOFF      ;关闭 IAP 功能, 清与 ISP 有关的特殊功能寄存器
RET

```

(3) 擦除扇区程序

ERASE:

```

MOV  ISP_CONTR, #82H ;打开 IAP 功能, 设置 FLASH 操作等待时间
MOV  ISP_CMD, #03    ;选页擦除模式
MOV  ISP_ADDRH, DPH
MOV  ISP_ADDRL, DPL
CLR  EA              ;触发 ISP
MOV  ISP_TRIG, #46H
MOV  ISP_TRIG, #0B9H
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
LCALL IAPOFF      ;关闭 IAP 功能
NOP
SETB  EA
RET

```

(4) 关闭 IAP 功能

```

IAPOFF: MOV  ISP_CONTR, #0
MOV  ISP_CMD, #0
MOV  ISP_TRIG, #0
RET

```


第五章 系统的抗干扰技术

推台锯一般工作于木材加工企业的生产车间，环境十分恶劣，周围存在大量的干扰源。除了外部的干扰源外，系统内部各元器件、分系统之间、以及电源等都会产生相互的串扰。因此，为了保证系统的工作可靠性和稳定性，必须采取一定的抗干扰措施。

5.1 硬件抗干扰技术

5.1.1 电源干扰的抑制措施

推台锯的电源来自于生产车间的工业用电。在车间中，还有其它大型设备在同时工作，这些大设备的启停会引起电源过压、欠压、浪涌、下陷及尖峰干扰等。这些噪声均可通过电源耦合到控制系统，给控制系统带来极大的危害。抑制电源干扰主要采用了以下几项措施^[54]。

(1) 采用隔离变压器。电源变压器对高频干扰信号呈现很大的阻抗，使其不能耦合到次级。但是变压器初次级之间存在很小的分布电容，对高频信号来说相当于短路，因此高频干扰信号会以电场的形式耦合到次级，早成严重干扰。所以隔离变压器选用初、次极为分立式的绕组，并且初次级之间加装有屏蔽层的变压器。使分布电容大为减小。

(2) 隔离变压器外接隔离开关电源为控制系统提供工作电源。系统采用一个隔离型开关电源分别为系统提供+24V 和+5V 的工作电源。两路电源互相隔离。但是开关电源内部的变压器、功率开关管、高频整流二极管等也会对系统产生干扰，所以在开关电源的输出端设置电容滤波电路，减小开关电源所引起的干扰。

通过以上措施能较大程度的提高系统的抑制来自电源的干扰的能力。

5.1.2 开关量通道的抗干扰措施

控制系统中需要检测行程开关、启停按钮的状态，这些均为开关量信号。在控制系统中所有的开关量信号均通过光电耦合器 TLP521 进行隔离，如下图所示。在光电隔离器的输入端即使存在幅度较大的干扰信号，也会因为频率超过光电隔离器的响应频率或者没有足够的能量使发光二极管发光而被抑制掉。在光电耦合器两侧之间采用相互隔离的电源供电。输入为 24V，输出采用 5V 电源供电。且两路电源没有公共的地。此方法非常有效。

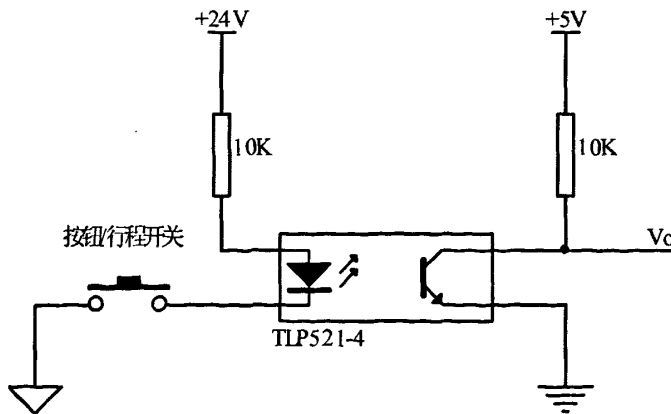


图 5-1 光电隔离电路

5.1.3 输出信号的抗干扰

本控制系统的输出信号主要为控制步进电机运动的方向、速度和使能等脉冲信号。由于控制系统与步进电机驱动器之间存在较大的距离，因此，控制系统和步进电机驱动器之间采用屏蔽电缆进行连接，并且电缆屏蔽层可靠接地。同时提高输出脉冲的幅度，采用 TPIC6B595，该芯片为开漏输出，输出信号幅值可最高到 50V，因此，将 TPIC6B595 输出端上拉至 24V，可使输出脉冲幅值接近 24V，提高抗干扰能力。

5.1.4 PCB 板的抗干扰措施

印刷电路板上分布了各种器件、电源线路、信号线等，但印刷电路板决不是器件和线路的简单组合。印刷电路板的设计在很大程度上影响了系统的抗干扰能力。布局时，按照信号的流向，电路板的左侧为输入信号和电源输入端，右侧为输出信号端。同时，考虑到各器件的功能，相关的器件靠近放置。在器件的电源引脚上连接 0.1 μ F 的去耦电容。在印刷电路板的绘制过程中，估算线路的电流和所通过的信号频率，合理确定其宽度和位置。适当加粗地线和电源线。电路板上信号线之间采用覆铜（接地）隔离。晶振输出线两侧采用地线隔离。同时使晶振靠近单片机时钟信号输入引脚，远离其它信号线和器件。

除采用以上措施之外，整个控制系统部分安装于专用的金属外壳内，外壳接地，起到了很好的屏蔽作用。

5.2 软件抗干扰措施

在工业现场使用时，大量的干扰源虽然不会破坏控制系统的硬件结构，却常常会破坏信号的时序，更改单片机寄存器的内容，导致程序“跑飞”进入死循环。因此在提高硬件可靠性的基础上，必须提高软件的可靠性，作为硬件抗干扰措施的补充，起到事半功倍的效果。在推台锯控制系统中主要采用了以下几项措施。

5.2.1 看门狗技术

当 CPU 在执行指令时，受某种干扰，使操作码或地址发生变化，导致 PC 值出错程序跑飞或进入死循环，系统将完全陷入瘫痪。看门狗技术就是不断检测程序运行的时间，如果程序运行时间超过设定值，即认为程序进入死循环，则采取强制措施，使系统复位或使程序返回到 0000 地址。本控制系统中所采用的 STC89C54RC 型单片机内部带有看门狗电路，在使用时，只需通过相应的特殊功能寄存器设置看门狗电路的复位时间，并在程序的适当位置对看门狗电路进行复位，即“喂狗”。在本系统中看门狗的复位时间设置为 1s。在程序中，通过向看门狗寄存器写入值复位看门狗，但是必须保证“喂狗”指令的间隔时间不超过 1s，否则单片机会被复位。喂狗指令为：MOV WDT_CONTR, #00110100B。

STC89C54RC 的看门狗寄存器如下表所示。

表 5.1 看门狗寄存器

寄存器名	地址	位								复位值
		7	6	5	4	3	2	1	0	
WDT_CONTR	E1h	—	—	EN	CLR	IDLE	PS2	PS1	PS0	xx00, 0000

其中：EN 为看门狗允许位，设置为“1”时启动看门狗；

CLR 为看门狗清零为，当设为“1”时看门狗将重新计数。硬件自动清零此位；IDLE 位设置为“1”时看门狗在“空闲模式”计数；设置为“0”时看门狗在“空闲模式”不计数；

PS0~PS2 用于设置看门狗溢出时间。当晶振为 12MHz 时，PS0~PS2 值与溢出时间的对应关系如下表所示。

表 5.2 看门狗溢出时间 (12MHz)

PS2	PS1	PS0	溢出时间
0	0	0	65.5ms
0	0	1	131ms
0	1	0	262.1ms
0	1	1	524.2ms
1	0	0	1.0485s
1	0	1	2.0971s
1	1	0	4.1943s
1	1	1	8.3886s

5.2.2 指令冗余技术

在程序中多采用单字节指令，在关键地方人为插入单字节指令 NOP 或将有效单字节指令重复书写。因为 51 系列单片机指令系统中所有指令都不超过 3 字节，且有很多单字节指令。当指令跑飞到某一个双字节或三字节指令上时有可能落在操作数上，产生错误。但当程序跑飞到某一个单字节指令上时，便自动纳入正轨，因为单字节指令没有操作数。在程序中的 RET、LCALL、JZ 等指令前加入两个 NOP 指令，可以保证跑飞的程序能够回到正确的轨道。

5.2.3 软件陷阱

如果程序跑飞进入非程序区（如 E²PROM 中未使用的空间或数据表格区），则采用指令冗余技术不能使跑飞的程序恢复正常，此时就必须采用软件陷阱技术。其本质是一段拦截程序，当失控的程序运行至此，可以将其迅速引向错误处理代码。

5.2.4 输入信号的软件抗干扰措施

在输入过程中，信号可能带有干扰成分，有可能使执行机构产生误动作，因此，对输入部分的程序进行抗干扰设计是十分必要的。在本控制系统中用到的抗干扰措施主要有：

(1) 对开关量信号采用延时消抖的办法。对开关量信号进行两次读操作，中间间隔 10ms。对两次读取的值进行比较，若相等，则认为正确的值，否则认为是干扰信号，丢弃。

(2) 对按键输入，除采用上述的延时消抖外，在程序中判断按键是否弹起，等按键弹起后才能进行下一步的处理，否则等待。

第六章 总结与展望

本课题主要完成对木工推台锯的控制系统设计,使之成为经济型产品,从而有利于产品在市场推广。在最大限度的提高控制精度的同时,采用了开环控制系统的设计思想,由于开环系统中不存在反馈环节,因此,在步进电机发生堵转、失步等现象时,无法检测到。因此,在设计时必须保证最大限度的降低电机失步和堵转现象发生的可能性,但并不能从根本上解决问题。在以后的方案改进过程中,需要考虑这一不足。

本控制系统主要是从降低产品成本出发,采用性价比高的控制芯片。但是在运动驱动部分采用的是步进电机,步进电机虽然有着诸如可以精确控制的特点,但其价格还是高于普通的直流电机。因此,如果能够用直流电机代替步进电机的话,将会进一步降低产品的成本。但是,相比步进电机而言,直流电机要做到精确控制,有着很大的难度。

推台锯的锯片高速旋转,带有极大的危险性,因此,必要的安全防护措施非常重要。虽然本课题在设计过程中增加了安全防护措施,但在最后的调试过程中,仍然感觉现有的防护措施还有明显的不足之处。例如,在危险发生时,需要按下急停按钮,切断电机电路,但是电机由于惯性并不能很快地停止。而在危险状况下,电机的快速停止尤为重要,可以防止危害的扩大。所以,应该增加电机的制动功能,使电机能够在极短的时间内停止。这也只是危险发生时的处理措施,重要的还是要防止危险事故的发生。可以在锯片周围安装红外传感器,当工人的手部进入危险区域时,控制系统能够即时报警并切断电路,使电机停止运转。

以上是在最后的调试过程中发现的问题,也是本课题有待改进的地方,将在后续的研究设计过程中予以完善。

随着我国国民经济的快速增长,人造板工业也得到了飞速的发展,2007年,我国人造板产量达到8838.58m³,成为世界上人造板生产和消费的第一大国^[49]。作为人造板、家具加工过程中常用设备之一的推台锯,其需求量也将得到很大的提高。因此,对推台锯进行不断地改进,适时推出适应市场需要,满足不同用户需求的推台锯产品,将更有利于企业扩大市场占有率。为推台锯生产企业带来良好的经济和社会效益。

本课题也只是整个控制系统的一个雏形,其功能和性能还有待在以后的生产调试过程中进一步完善。

限于作者水平有限,文中难免存在不足的地方恳请批评指正。

参考文献

- [1] 候铁民. 家具木工机械[M]. 中国轻工业出版社, 2000, 3
- [2] 陈黎敏, 高飞. 数控系统[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002
- [3] 李立华, 张永利. 步进电动机的概述[J]. 民营科技, 2008, 1
- [4] 王凤蕴, 张超英. 数控原理与典型数控系统[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003
- [5] 杨有君. 数控技术与数控机床[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999
- [6] 孙宏刚. 两相混合式步进电机细分驱动控制器的研究[D]. 华中科技大学, 2006. 5
- [7] 朱思荣, 周万里, 毕春元, 王少杰. 基于 P89LPC935 的四相步进电机细分驱动器设计[J]. 山东科学, 2008. 5
- [8] 史敬灼. 步进电动机伺服控制技术[M]. 科学出版社, 2006. 7
- [9] 杨有君. 数字控制技术与数控机床[M]. 机械工业出版社, 1999. 10
- [10] 王家忠, 刘淑霞, 马跃进. 基于单片机的经济型数控系统的研究[J]. 河北农业大学学报, 1999. 7.
- [11] 康伟, 王艳秋. 基于单片机的机床经济型数控系统设计[J]. 辽宁工学院学报, 2006. 6.
- [12] 何立民. 单片机高级应用教程[M]. 北京, 北京航空航天大学出版社, 2000. 8
- [13] 陈黎敏, 高飞. 数控系统[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002
- [14] 王凤蕴, 张超英. 数控原理与典型数控系统[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003
- [15] 陈勇, 黄石红. 液晶显示模块与单片机接口技术[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2002, 26(5)
- [16] 李劲松, 武培秀. 点阵液晶显示器汉字程序设计[J]. 电测与仪表, 2003, 40(438)
- [17] 沙占友, 王彦明, 孟志永. 单片机外围电路设计[M]. 电子工业出版社, 2003
- [18] I. J. Nagrath, M. Gopal. Control System Engineering[J], New York: Halsted Press, A Division of John Wiley&Sons, Inc. 2003, 16(6)
- [19] 王晓明. 电动机的单片机控制[M]. 北京航空航天大学出版社, 2002
- [20] 丁学文. 电力拖动运动控制系统[M]. 机械工业出版社, 2007
- [21] 陈伯时. 电力拖动自动控制系统 运动控制系统[M]. 机械工业出版社, 2003
- [22] 何立民. 单片机高级教程[M]. 应用与设计北京航空航天大学出版社, 2007
- [23] 戴佳, 苗龙, 陈斌. 51 单片机应用系统开发典型实例[M]. 中国电力出版社, 2005
- [24] 余锡存, 曹国华. 单片机原理及接口技术[M]. 西安电子科技大学出版社, 2000. 7
- [25] 齐占庆. 机床电气控制技术[M]. 机械工业出版社, 2005
- [26] 王炳实. 机床电气控制[M]. 机械工业出版社, 2004
- [27] 程周. 电气控制技术与应用[M]. 福建科学技术出版社, 2004, 6
- [28] 朱平. 电气控制实训[M]. 机械工业出版社, 2002, 7
- [29] 刘子林. 电机与电气控制[M]. 电子工业出版社, 2003, 8
- [30] 李爱平. 现代机床的控制技术[M]. 同济大学出版社, 1999, 8
- [31] 冯勇. 现代计算机数控系统[M]. 机械工业出版社, 1996
- [32] 王灿, 马瑞卿, 李玲娟. 二相混合式步进电机驱动控制系统设计[J]. 电机控制与应用, 2006, 10
- [33] 王丽, 李敏远. 二相混合式步进电机电流型微步驱动技术的研究[J]. 电气传动自动化, 2006, 28
- [34] 王灿, 马瑞卿, 李玲娟, 徐仲春. 高可靠性混合式步进电机驱动系统研究[J]. 微电机, 2006, 39

- [35] 李玲娟, 刘景林, 王灿. 两相混合式步进电机恒转矩细分驱动技术研究[J]. 微电机, 2007, 3
- [36] 汪卫华, 苏文静. 两相混合式步进电动机位置闭环控制的实现[J]. 微电机, 2008, 6
- [37] 王晓峰. 步进电机的细分驱动技术研究. 景岗山学院学报(自然科学)[J], 2007, 10
- [38] 田辉. 基于经济型数控机床的步进电机选用原则研究[J]. 甘肃科技, 2008, 10
- [39] 李锡文, 姜德美, 谢守勇. 步进电动机加速运行控制研究[J]. 微电机, 2007, 40(10)
- [40] 郭威, 崔群. 基于单片机的步进电机控制系统的设计[J]. 安徽工程科技学院学报, 2006, 9
- [41] 王勇, 王伟, 杨文涛. 步进电机升降速曲线控制系统设计及其应用[J]. 控制工程, 2008, 9
- [42] 姜德美, 谢守勇, 甘露萍. 步进电机启动控制算法设计[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2007, 5
- [43] 崔群. 一种保证步进电机在变速运行中不失步的控制方法[J]. 机电工程, 2000, 4
- [44] 祝华远, 马乃苍, 于德会, 程圣德. 新型数控步进电机控制速度曲线的实现[J]. 机床与液压, 2003, 3
- [45] 王玉琳. 数控机床的准闭环控制技术[J]. 控制与检测, 2005, 3
- [46] 陈蔚芳, 王宏涛. 机床数控技术及应用[M]. 科学出版社, 2008. 09
- [47] 于志明, 李黎. 木材加工装备[M]. 木工机械. 中国林业出版社, 2005
- [48] 申利明. 木材加工机械工伤事故的重点防止[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2001, 11
- [49] 孙建. 对我国人造板工业发展的几点宏观思考[J]. 林业机械与木工设备, 2008, 11
- [50] 马岩. 中国木工机械的崛起与国际地位[J]. 林业机械与木工设备, 2008, 11
- [51] 民强. 经济型精密推台锯[J]. 家具设备, 2008, 6
- [52] 卢镇华, 精密推台圆锯机的结构特点[J]. 木工机床, 2002(1)
- [53] 张奇, MJ-3 精密圆锯机的研制与使用[J]. 木材加工机械, 1998, 4
- [54] 刘光斌, 刘冬, 姚志成. 单片机系统实用抗干扰技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004
- [55] Peter E. Pidcoe, Mark W. Rogers. A Closed-Loop Stepper Motor Waist-Pull System for Inducing Protective Stepping in Humans [J]. Journal of Biomechanics, 1998, (31): 377-381.
- [56] Nobuyuki Matsui, Makoto Nakamura, Takashi Kosaka: Instantaneous Torque Analysis of Hybrid Stepping Motor, IEEE Transactions On Industry, Vol. 32, No. 5 September/ October, 1996
- [57] WILIAMSON S, SMITH A. Steady-state analysis of 3-phase motors with rotor bar and-ring faults[J]. Proc IEE, 1982, 129(3): 93-100.
- [58] J. D. Wale, C. Pollock. Hybrid stepping motors and drives [J]. Power Engineering, 2001 (15), 52-12.

附录 攻读硕士学位期间取得的科研成果

- [1] 实用新型专利：汽车安全带自动解脱装置，专利号：ZL200720046077.8
- [2] 实用新型专利：汽车安全带遇水自动解脱装置，专利号：ZL200720046076.3

控制板原理图

