

苏州大学

硕士学位论文

(2008 届)

直接制版机控制系统和 USB 发排卡的设计与实现

Design and Implement of CTP Control System and USB Data Interface Circuit

研究生姓名 于鹏

指导教师姓名 王宜怀

专业名称 计算机应用技术

研究方向 嵌入式系统

论文提交日期 2008 年 4 月

# 苏州大学学位论文独创性声明及使用授权声明

## 学位论文独创性声明

本人郑重声明：所提交的学位论文是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果，也不含为获得苏州大学或其它教育机构的学位证书而使用过的材料。对本文的研究作出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人承担本声明的法律责任。

研究生签名：\_\_\_\_\_日 期：\_\_\_\_\_

## 学位论文使用授权声明

苏州大学、中国科学技术信息研究所、国家图书馆、清华大学论文合作部、中国社科院文献信息情报中心有权保留本人所送交学位论文的复印件和电子文档，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。本人电子文档的内容和纸质论文的内容相一致。除在保密期内的保密论文外，允许论文被查阅和借阅，可以公布（包括刊登）论文的全部或部分内容。论文的公布（包括刊登）授权苏州大学学位办办理。

研究生签名：\_\_\_\_\_日 期：\_\_\_\_\_

导师签名：\_\_\_\_\_日 期：\_\_\_\_\_

## 中文摘要

直接制版机(CTP)是一种数字化的新型印版成像设备,正逐步应用于印刷企业。CTP 是嵌入式系统、机械、光学、电子、数字图像等技术应用的综合体,该技术在外国已经比较成熟。在国内由于嵌入式技术应用研究与外国有一定差距,以及其他原因,CTP 研发相对缓慢。国产 CTP 主要问题在于控制系统功能的稳定性差。本课题为苏州一家机电技术公司委托,主要目标是研制一种性能稳定的 CTP 控制系统。

本控制系统由硬件与软件两大部分组成。硬件部分主要由以 MC9S12DG128 为主控 MCU 的核心系统、42 个模拟量采集、49 路输出口扩展电路、伺服和步进电机的控制电路等组成。软件部分包括 MCU 方软件与 PC 方软件两个部分组成。MCU 方软件主要采用规范的嵌入式软件设计方法对各功能模块程序设计,包括 A/D 采集模块、脉冲累加器模块、PWM 模块、计数器 8254 模块等底端模块以及流程程序设计,如上版流程、扫描流程、下版流程、联机过程等。PC 方软件实时显示系统当前运行状态,方便了用户维护和使用。在硬件设计中,采用了硬件防干扰设计来保证控制系统中的信号的稳定。在功能模块程序设计中,对 A/D 采集模块采用了滤波并多次采集取平均值的方法稳定了传感器信号的接收;对鼓定位过程利用了脉冲累加器精确了鼓定位角度;对执行件动作利用了定时器功能保证执行件动作的安全;对上、下版的过程还采用多次定位的方式确保了过程的稳定执行。经过上述几个措施,CTP 系统成功解决了控制系统功能的稳定性差的问题,得到了厂家的肯定。

本课题还讲述了一套以 MC9S12UF32 为主控 MCU 的 USB 发排卡的设计与初步实现。USB 发排卡是用来取代技术相对落后的 PCI 发排卡,连接 CTP 系统和 PC 的设备。PC 将版面数据通过 USB 发排卡发送给直接制版机系统激光打点。本课题初步完成了 USB 发排卡功能,对后续工作奠定了坚实的基础。

**关键词:** 直接制版机、直接制版机控制系统、USB 2.0、USB 发排卡

**作 者:** 于 鹏

**指导老师:** 王宜怀

## Abstract

Computer-to-Plate(CTP)which is used in printing corporation is a new digital machine used to print image to plate. CTP is a combination of the application of embedded system, mechanism, optics, electron, digital image and so on. The technique of CTP is very mature, but the development of CTP in China is slow because of the backward of the embedded system application research and other reasons. The main problem of homemade CTP is about the weak stability of the control system functions. The subject is supplied by an electrical and mechanical company in SuZhou, to design a CTP control system which has stable functions.

The control system is composed of hardware and software. The hardware is controlled by the MCU——MC9S12DG128,which manages all the parts of the system,such as 42 channels of A/D acquisition,49 channels extending of output pin, servo motor and stepper motors control and so on.The software is designed for both MCU and PC, and the procedure is programmed for the modules of MCU and flows of the CTP functions, including A/D acquisition module, pulse accumulator module, PWM module, loading and unloading plate flow and so on. And the PC software is convenient for manipulation and maintenance because of the realtime display of the CTP status. In the control system hardware design, the stability of the signals is improved by the anti-jamming hardware design. In the functions software design, the acquisition of the sensors is more correct by filtering and getting average from many times acquisition; The drum orientation is more accurate by using the pulse accumulator; The using of timer makes sure the executors perform safely. And the stabilization in the loading and unloading plate flow can be realized through drum orientation time after time. The weak stability of the control system functions has been successfully solved by the methods above.

On the other hand ,a USB data interface circuit has been designed and created in the subject ,which is controlled by MCU——MC9S12UF32.The function of USB data interface, which is used to replace the PCI data interface, is to receive data from PC by USB 2.0 and send it to CTP system for printing The function has been completed partially and laid a solid foundation for the follow-up work.

**Keywords:** CTP、CTP Control System、USB 2.0、USB 2.0 Data Interface Circuit

Written by Yu Peng

Supervised by Wang Yihuai

## 目录

中文摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
目录.....	1
第一章 绪论.....	1
1.1 CTP 相关概念与术语 .....	1
1.2 直接制版机发展与现状.....	2
1.2.1 直接制版机的发展.....	2
1.2.2 我国直接制版机的现状.....	3
1.3 本文的主要工作和组织结构.....	4
1.3.1 系统框架.....	4
1.3.2 本文工作.....	5
1.3.3 本文结构.....	5
第二章 相关技术分析.....	7
2.1 CTP 控制系统的组成 .....	7
2.2 直接制版机工作流程.....	9
2.3 USB 2.0 基本原理 .....	10
2.3.1 USB 协议概述 .....	10
2.3.2 设备列举过程.....	12
2.4 锁相环技术分析 .....	12
2.5 I <sup>2</sup> C 总线协议 .....	14
2.5.1 I <sup>2</sup> C 总线特点 .....	14
2.5.2 I <sup>2</sup> C 总线工作原理 .....	14
2.6 TIFF 文件格式.....	16
2.6.1 TIFF 文件头 .....	16
2.6.2 TIFF 文件图像文件目录 .....	17
2.6.3 标记指针.....	17
2.7 本章小结.....	18
第三章 CTP 控制系统硬件设计 .....	19
3.1 控制系统需求分析.....	19

3.2 控制系统主要芯片选型.....	20
3.2.1 主控芯片的选型.....	20
3.2.2 其它主要功能芯片选型及相关介绍.....	21
3.3 MC9S12DG128 最小系统设计与测试.....	25
3.3.1 最小系统设计.....	25
3.3.2 最小系统测试.....	26
3.4 输入输出设计.....	26
3.4.1 输入部分.....	26
3.4.2 输出部分.....	27
3.4.3 通讯设计.....	28
3.5 控制系统功能模块设计.....	28
3.5.1 伺服电机控制.....	28
3.5.2 步进电机控制.....	30
3.5.3 锁相环电路设计.....	31
3.5.4 脉冲累加器功能设计.....	32
3.6 硬件系统防干扰设计.....	32
3.6.1 晶振电路的抗干扰.....	33
3.6.2 电源电路的抗干扰.....	33
3.6.3 信号线的抗干扰.....	33
3.7 硬件设计的难点和体会.....	33
3.8 本章小结.....	34
第四章 CTP 控制系统软件设计.....	35
4.1 软件总体设计.....	35
4.2 MCU 方程序总体设计.....	36
4.2.1 基本硬件对象模块设计.....	36
4.2.2 CTP 功能模块和 workflow 软件设计.....	38
4.3 MCU 方程序设计中的难点.....	46
4.3.1 上、下版过程稳定性问题解决方法.....	47
4.3.2 横移电机的复位.....	47
4.4 PC 方程序设计.....	48
4.4.1 PC 方程序命令字安排.....	49
4.4.2 PC 方程序界面.....	51
4.5 软件设计与调试过程中遇到的问题与总结.....	52

4.5.1 软件设计和调试过程中的问题.....	53
4.5.2 软件设计和调试的总结.....	53
4.6 本章小结.....	54
第五章 USB 发排卡设计与初步实现.....	55
5.1 USB 发排卡功能概述.....	55
5.2 LD 驱动电路信号组成.....	56
5.3 发排卡电路硬件设计.....	57
5.3.1 主控芯片的选型.....	57
5.3.2 USB 发排卡实现.....	57
5.3.3 握手信号处理方式.....	58
5.4 USB 发排卡硬件具体实现.....	59
5.4.1 UF32 最小系统的设计.....	59
5.4.2 USB 发排卡反向放大电路的实现.....	60
5.5 USB 发排卡硬件测试.....	60
5.5.1 UF32 最小系统部分测试.....	61
5.5.2 反向放大电路测试.....	61
5.6 USB 发排卡软件设计与测试.....	62
5.6.1 底端 MCU 程序设计.....	62
5.6.2 高端 PC 程序设计.....	66
5.7 设计体会.....	69
5.8 本章小结.....	70
第六章 总结与展望.....	71
6.1 总结.....	71
6.2 研究展望.....	72
参考文献.....	74
附录 A CTP 系统整体效果图.....	77
A.1 CTP 系统模块框图.....	77
A.2 CTP 系统实物外观图.....	77
附录 B MC9S12DG128 相关资料.....	78
B.1 DG128 内部功能模块框图.....	78
B.2 DG128 112 引脚图.....	79

---

附录 C 伺服电机相关资料.....	80
C.1 伺服电机输入引脚列表 .....	80
C.2 伺服电机输出引脚列表 .....	81
附录 D 部件测试命令字安排表.....	82
攻读硕士学位期间发表的学术论文、著作及主要科研项目.....	84
致 谢.....	85



# 第一章 绪论

直接制版机(Computer-To-Plate, CTP)技术经过三十几年的发展,以其优越的性能在全球范围内迅速得到应用,越来越多的印刷厂采用了该技术<sup>[1]</sup>。直接制版机技术在国外已经相当成熟,而国内直接制版机技术却因为各种原因发展缓慢<sup>[2]</sup>。本文分析了国内直接制版机存在的若干问题,给出一套解决国内直接制版机控制系统所存在问题的解决方案,并提出 USB 发排卡系统的设计与实现方法。

## 1.1 CTP 相关概念与术语

鉴于本文涉及的 CTP 系统的相关概念较多,本章先介绍 CTP 相关概念和术语。

### (1) CTP

CTP 是一种数字化印版成像的光机电一体化设备,是由计算机和嵌入式系统控制,将文字、图象转变为数字信号,用此信号驱动激光器在专用版材(一般为铝板)上扫描成像,再用显影液显影生成印版<sup>[3]</sup>。CTP 设备主要应用于大型印刷企业,如报社印刷厂和商业印刷厂<sup>[4]</sup>等等。

CTP 系统是一套综合性的多学科技术产业,整套 CTP 系统涉及精密机械及光学技术,电子技术,彩色数字图象技术,计算机及软件技术,新型印版及材料技术,自动化技术及网络技术<sup>[4]</sup>。CTP 设备是集多种技术为一体的自动生产系统,它的出现是当代印刷工业的又一次重大技术革命。

CTP 免去了传统工艺(激光照排)中先扫描至胶片,显影、定影,手工拼版,晒版等诸多工序<sup>[5]</sup>。正因为省去了传统工艺中的这些影响效率和精度的环节,所以直接制版系统有以下优点<sup>[6]</sup>: (1) 制版时间大大缩短; (2) 稳定一致的高质量; (3) 节省劳动力; (4) 节约耗材。

### (2) 发排卡

发排卡(又称数据接口电路)是用来连接计算机发排软件 RIP(Raster Image Processor, 图像栅格处理器<sup>[7]</sup>)与输出设备如激光照排机或 CTP<sup>[4]</sup>, 主要实现过程为发排软件 RIP 将需要打印的图像栅格处理,即把计算机里的版面文件处理成点阵格

式后通过发排卡发送给输出设备<sup>[8]</sup>。

发排卡是和激光照排系统(Laser Scanning Phototypesetting System, 激光扫描成像型照排系统)配套进入市场的, 首先问世的是上世纪八十年代的产品——PCI(Pedpherd Component Interconnect, 周边元件扩展接口)接口的发排卡<sup>[4]</sup>, 用来连接前端发排软件 RIP 与输出设备。发排卡经过二十几年的发展后, 技术比较成熟, 在世界范围内被广泛使用在输出设备上。目前市场上比较普遍的发排卡分两种: PCI 接口的发排卡和 USB(Universal Serial Bus, 通用串行总线)接口的发排卡。两者之间, USB 发排卡更具有优势, 必将替代技术落后的 PCI 发排卡<sup>[9]</sup>。

### (3) LD 驱动电路

LD(Laser Diode, 激光二极管)驱动电路的主要功能是接收发排卡发送来的 32 路激光打点数据, 通过一些门电路、场效应管点亮 32 路数据中对应的激光器, 激光器发出的激光沿着末端密排的光纤传输。从密排光纤发出的激光经一系列光学镜组组成的镜头汇聚处理后<sup>[10]</sup>, 在 CTP 版材的感光材料上扫描, 实现激光器打点。

## 1.2 直接制版机发展与现状

### 1.2.1 直接制版机的发展

直接制版技术出现于十九世纪七十年代<sup>[11]</sup>, 最先出现于美国<sup>[4]</sup>, 这是研究的初期阶段, 技术很不成熟。到了九十年代, 由于 CTP 技术逐步成熟并达到工业化应用的程度<sup>[12]</sup>, 在 1995-1997 年之间, 就有许多大型印刷公司采用了 CTP 系统, 实现直接制版工艺。但是由于 CTP 在此时期内价格十分昂贵, 高达几十万美元<sup>[11]</sup>, 这就限制了这项技术在各中小型企业的使用和推广。1997 年-1998 年期间, CTP 以及 CTP 版材价格大幅度下降, 所以大量中小型印刷厂开始接受并使用 CTP 技术。据统计, 美国到 1997 年, 已有 65% 的大型印刷厂使用了 CTP 技术<sup>[12]</sup>。从 1995-2000 年期间, 全世界已安装及安装 CTP 系统的数目如表 1-1 所示<sup>[13]</sup>。

表 1-1 1995~2000 年全世界 CTP 系统安装数目表

1995 年	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年
311	721	1686	3100	6200	12150

CTP 设备的供应商大多来自美国, 以及德国, 日本在美国设立的公司。大幅面

设备的提供厂商有爱克发、巴可、赛天使美国印前公司、美国网屏公司等；中小幅面的生产厂商有：PrintWare 公司、杜邦公司等多家<sup>[13]</sup>。近几年来，这些世界知名的输出设备制造商纷纷推出了技术成熟的、能自动上版的、能处理不同规格和不同类型版材的、制版速度大大提高的各种直接制版系统，并且在 CTP 的型号以及所用版材的型号上也有了多种多样的选择<sup>[11]</sup>。

### 1.2.2 我国直接制版机的现状

如今在发达国家，CTP 已经广泛应用于印刷行业<sup>[6]</sup>，而我国 1997 年从国外引进了第一台 CTP 设备，随着社会的发展，我国国内使用 CTP 的用户逐年增加，由于前期设备价格和使用的耗材(CTP 版材和显影液)成本比较昂贵，限制了 CTP 在国内的早期推广<sup>[4]</sup>。经过多年的市场培育与技术推广，CTP 在国内已经度过了市场导入期，进入了应用发展的新阶段。2007 年，国内的 CTP 设备累计装机量已经超过了 1000 台，年度增长率达 40%左右，与之相关的 CTP 版材年生产能力也已经超过 1 亿平方米<sup>[4]</sup>。

在 CTP 国产化方面，国内从 1997 年至今，先后有数家公司先后开展了计算机直接制版系统的研发工作，如北大华通高技术实业有限公司、海比亚科技、周晋科技等<sup>[11]</sup>，这些公司生产的 CTP 基本上采用外鼓结构、半导体红外 830nm 波长激光器、多路光纤密排，使用现在主流的热敏版，主要技术指标已经基本符合国际水平，成像质量已经有了明显的提高，而且相对于国外产品也有很大的价格优势。

虽然 CTP 在国内的发展速度相当快，致力于自主研发 CTP 系统的厂家也陆续向市场推出了多款 CTP。但是由于计算机直接制版系统对于机械加工安装、电气控制和光学系统的技术要求极高，而国内能在这几个方面都做的很好的厂家却很少，所以能够真正推向市场并且成熟稳定的少之又少，到现在为止销售量也只有寥寥几台。除去公司规模小以及市场影响力不够的原因外，在机械加工方面由于国内机械加工水平偏低导致结构精度不高、噪音大、外观不美观。光学系统方面出现的问题主要因为激光路数偏低、成像焦深短，影响成像精度的均匀性和制版速度。在控制方面问题集中体现在控制系统功能稳定性差，如上、下版过程中会经常出现故障，导致用户需要花费大量的时间和人力来处理，影响工作效率并且存在一定的安全隐患，所以为计算机直接制版系统量身定做一套可靠精确的控制系统是研发工作中的

重中之重。本文针对 CTP 控制系统功能的稳定性问题，提供了若干有效方法，对其它 CTP 研制厂商具有一定的参考价值。

### 1.3 本文的主要工作和组织结构

作者直接参与了苏州一家机电技术公司的 PS-T9000 系列 CTP 的研发项目，课题包括 CTP 控制系统和 USB 发排卡的设计与实现。

本文主要分析了 CTP 控制系统和 USB 发排卡相关理论和设计方法，提出了以 Freescale 公司的 16 位高性能 MCU(Microcontroller Unit, 微控制器)芯片 MC9S12DG128(以下简称 DG128)为核心的 CTP 控制系统以及以 MC9S12UF32(以下简称 UF32)为核心的采用 USB2.0 功能的 USB 发排卡的设计方案，并阐述了两部分系统的硬件设计、软件设计。此外，CTP 控制系统部分重点给出了软件系统中的流程设计和功能模块程序设计，并提出了提高控制系统功能稳定性的有效方法。发排卡电路主要实现了数据从 PC(Personal Computer, 个人计算机)发送到 UF32 的过程，以及 UF32 发送 32 路激光打点数据给 LD 驱动电路的稳定性和正确性方案。

#### 1.3.1 系统框架

PS-T9000 系列 CTP 系统主要由计算机、CTP 控制系统、LD 驱动电路、USB 发排卡组成。如图 1-1 所示，其中 CTP 控制系统和 USB 发排卡电路为作者完成，CTP 控制系统为一期完成任务，USB 发排卡为二期工程，处于功能测试阶段。

计算机的主要功能是给 CTP 系统发送命令，如联机命令或单步测试命令等；能接收 CTP 系统返回的 CTP 错误信息并显示；另外，计算机还能够对版面数据进行处理，并通过 USB 发送版面数据给 USB 发排卡系统。

CTP 控制系统是通过串口和计算机通信，实现对整个制版流程的命令控制，以及一些系统运行参数的配置等辅助功能，如进行固定参数和用户参数的设置等等。USB 发排卡主要功能是通过 USB 取得计算机激光打点数据，并转发给 LD 驱动电路激光打点。本文将在下面的章节里详细的给出了 CTP 控制系统和 USB 发排卡的具体功能和设计。

而 LD 驱动电路以及其内部的 32 路激光器为原有系统，主要功能是接收从 USB 发排卡内发来的激光打点数据，实现 32 路激光器打点。此外，LD 驱动电路还具有

另一个功能就是作为 CTP 控制系统和 USB 发排卡之间联系的桥梁，负责转发二者之间的握手信号。

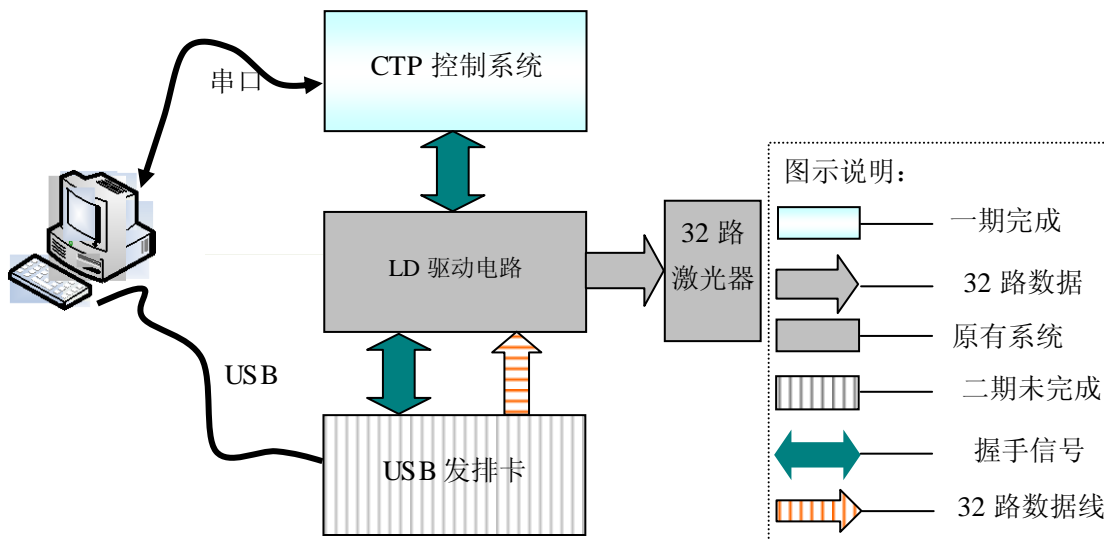


图 1-1 CTP 系统实现框图

### 1.3.2 本文工作

本课题研究的主要内容有：

(1) 研究与分析 CTP 系统的工作流程，总结出 CTP 存在问题。学习并掌握 USB 2.0 协议基本原理、I<sup>2</sup>C(Inter-Integrated Circuit, I<sup>2</sup>C)总线协议、TIFF(Tag Image File Format, 标记图像文件格式)文件格式以及锁相环技术原理。

(2) 设计并完成 CTP 控制系统硬件设计与软件设计，着重解决了 CTP 存在问题，并经过反复测试。

(3) 制作并初步完成 USB 发排卡设备，包括硬件和软件的设计。其中实现了 UF32 芯片的 USB 2.0 模块功能，完成了对 TIFF 图像文件的处理以及如何向 LD 驱动电路发送激光打点数据。

### 1.3.3 本文结构

本文共分成六章，各章的内容安排如下：

第一章介绍 CTP 系统的基本概念及国内外 CTP 发展现状，分析出国内 CTP 厂商所面临的问题，提出本文需要解决的重点问题：解决控制系统功能的稳定性。然后给出本文的主要工作内容、系统框架和主要结构。

第二章简述了 CTP 系统的主要组成部分，对各组成部分做出了简要的功能概述，分析了 CTP 系统工作的主要流程。然后提出了用于 USB 发排卡开发的 USB 协议的相关基础知识、用于温度传感器 LM75 控制的 I<sup>2</sup>C 总线协议知识。此外，还简要的给出了锁相环技术和版面扫描图像 TIFF 文件的相关分析。

第三章讲述了 CTP 控制系统硬件设计。首先列出了 CTP 系统硬件设计过程中所用到的相关芯片，并简要的讲述了主控芯片 DG128 的选型原则和芯片特性，以及其它芯片的功能概述，如 TLC2543、LM75 等等。然后采用面向硬件对象的系统分析方法，从 CTP 系统的输入和输出开始设计 CTP 控制系统，再针对 CTP 系统的各个功能模块进行硬件设计。紧接着，从晶振电路、电源电路、信号线三个部分着手分析 CTP 系统的抗干扰问题，并成功的从这三个方面解决了 CTP 系统的硬件干扰问题，增强了控制系统功能的稳定性。最后，给出了相关设计难点的体会。

第四章针对硬件设计进行了 CTP 系统的软件设计。内容包括：基本硬件对象模块设计，如计数器 8254 程序设计、I<sup>2</sup>C 协议程序实现、PWM(Pulse Width Modulator, 脉宽调制器)模块的实现以及脉冲累加器程序实现；功能模块的软件设计以及 CTP 工作流程的软件设计，包括预处理 1、预处理 2、联机过程以及平衡块的定位和调整等；然后，从鼓定位的精度、执行件动作过程中的稳定性以及横移电机的复位三个方面提出 MCU 方程序设计中的难点。随后，给出了 PC 方程序主界面设计和部件测试界面及相关界面说明，其中详细阐述了如何确保通讯正常以及命令字安排的方法。最后文章给出了软件设计和调试过程中遇到的问题，并提出相关解决思路。

第五章提出了基于 USB 2.0 的高速 USB 发排卡的研制方法。首先介绍了发排卡的相关基本概念和基本功能；然后阐述了 USB 发排卡的硬件设计的初步实现，并给出了详细的硬件测试，重点讲述了 USB 发排卡和 LD 驱动电路之间的握手信号的处理方法以及反向放大电路的设计；给出了 USB 发排卡软件设计，实现了 USB 2.0 功能以及数据发送功能。然后通过软件设计对 TIFF 文件处理，取得 TIFF 文件中的有效版面数据，并通过 PC 界面程序发送至 USB 发排卡中。最后文章给出了 USB 发排卡设计过程中的相关体会总结。

第六章列出了对整个系统开发过程中的经验体会，并对本文的工作进行了总结，提出了一些后继工作。

## 第二章 相关技术分析

CTP 控制系统结构复杂，器件繁多，本章首先介绍了 CTP 的各组成部分，并进行简要的功能说明。随后给出了 CTP 工作的主要流程，本章还结合 USB 发排卡的设计实现，阐述了相关技术要点。

### 2.1 CTP 控制系统的组成

PS-T9000 系列 CTP 系统功能部件比较多，信号比较复杂。CTP 控制系统组成情况如图 2-1 所示，CTP 系统效果图见附录 A。以下是对图 2-1 中的 CTP 控制系统一些重要组成的部分分类说明。另外，为了方便讲述，本文将鼓的两侧分为远端和近端，分别称为 A 端和 H 端，以后不再说明。

#### (1) 传感器

CTP 系统中主要使用到的传感器包括：压力传感器、温度传感器、电眼、光电开关、微动开关、光强传感器、测光探头等。这些传感器主要用来检测系统状态，采集相应信号，如温度传感器主要采集系统工作环境的温度；压力传感器主要采集鼓内部的空气压力值等等。

#### (2) 执行件

本文将直流电机、电磁铁、继电器统称为执行件。CTP 系统中包括以下执行件：A 端机械手直流电机、H 端机械手直流电机、A 端平衡探针直流电机、H 端平衡探针直流电机、压辊直流电机、A 端锁紧器直流电机、H 端锁紧器直流电机、凸轮直流电机、鼓抽气泵继电器、光学镜头抽气泵继电器、4 个指示灯和蜂鸣器继电器、鼓刹车电磁铁、挡板开闭电磁铁、下版导向电磁铁等等。直流电机和电磁铁的主要功能通过齿轮或杠杆驱动机械器件运动，实现机械器件的从起点到终点或者从终点到起点的动作；继电器的功能是使一些功能部件上电或掉电，如开启鼓刹车或者放开鼓刹车。由于 A 端平衡探针和 H 端平衡探针以及 A 端锁紧器和 H 端锁紧器的结构相同，在图 2-1 中只列出其中一个。

### (3) 其它输入信号设备

CTP中其它输入信号设备包括光栅编码器以及开始按钮。光栅编码器功能是跟随鼓转动，并且能够产生脉冲，控制系统通过该脉冲数可以获知鼓转动的角度。鼓转1圈光栅编码器所产生的脉冲为5000个，通过脉冲累加器或者计数器8254可以获得鼓转动的角度。开始按钮主要用来开始联机过程。当版材放入入版通道后，按START按钮后，系统开始执行将版材卷入鼓上的操作。

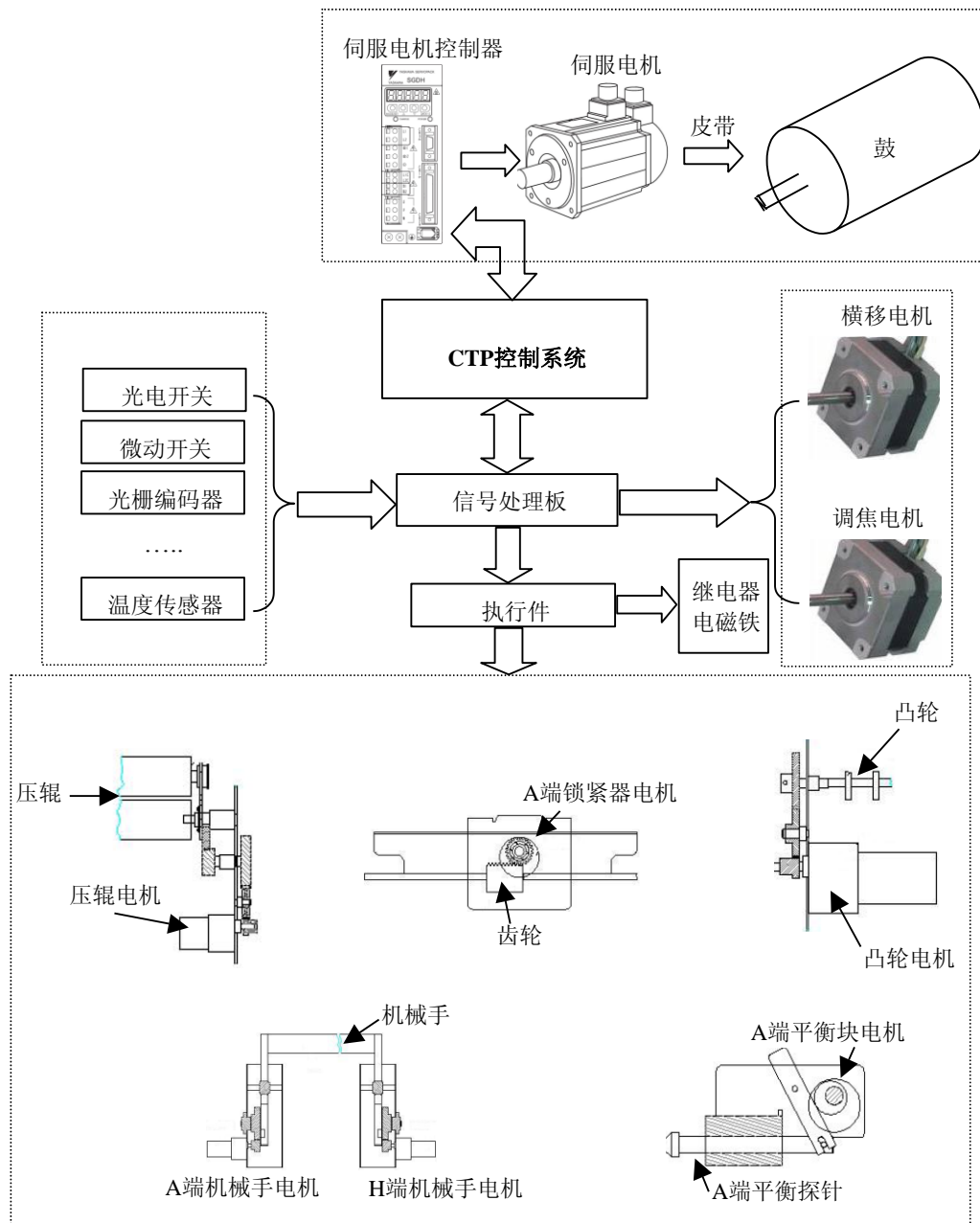


图 2-1 CTP 控制系统部分组成示意图



#### (4) 信号处理板

由于系统比较复杂，信号线可能比较长，所以加入信号处理板对输入输出信号进行放大和滤波，而且制作有 2 块信号处理板，方便了布线。

#### (5) 伺服电机

伺服电机的控制是 CTP 控制系统中的重点，上版或下版时进行固定位置的转动，经过这种定位可以将印版卷到鼓上或者从鼓上取下，而扫描印版的过程中，伺服电机则进行高速转动。如图 2-1 中所示，CTP 控制系统控制伺服电机的伺服控制器，由伺服控制器驱动伺服电机转动，再通过皮带带动鼓的转动。

#### (6) 步进电机

CTP 系统中共有 2 个步进电机，分别为横移电机和调焦电机。

横移电机用于联机过程中，首先进行找版边动作，带动 LD 驱动电路横向移动。找到版边后系统进行扫描过程，此时横移电机移动，同时 LD 驱动电路利用激光头进行打点过程；扫描结束后，横向步进电机需要复位，重新回到起点；在测光时，还需要横移电机移动至测光点，测光点为激光头正对光强传感器位置。

调焦电机用于对光学镜头的焦距的调整。当用户改变了版材类型或者当前温度与上次系统温度差超过 2℃时，光学镜头焦距需要改变，调焦电机移动每次移动 5 微米进行焦距调整。

## 2.2 直接制版机工作流程

CTP 系统每次上电后，必须进行器件初始化。器件初始化是为了确保系统中各个工作器件处于正常工作状态，关键执行件必须处在起点位置，如横移电机必须在起点，四个平衡块必须全部在位等等。

如果上次系统工作后正常关机，则重新开机之后，系统先执行器件初始化流程，器件初始化流程见图 2-2 左边部分流程图所示，如果该流程中的步骤出错，则系统报警并等待处理。而如果上次并非正常关机，则必须根据状态字的值进行预处理 1 或预处理 2 来使制版机处于正常工作状态。预处理 1 和预处理 2 的详细分析见第四章。当上述步骤完成之后系统处于正常工作状态，此时系统可以进行联机操作，即正常制版过程。联机过程分 3 步：上版流程、扫描流程、下版流程。其中上版流程

和下版流程的工作步骤如图 2-2 中所示，上版流程中，版首夹、版尾夹可以将印版固定在鼓的四周，并可以通过鼓抽气泵将印版吸附在鼓的表面，这样可以使激光打点的效果更好。下版流程主要是将印版从鼓表面取出，基本上为上版过程的逆过程。扫描流程指鼓高速转动，同时横移电机横向移动，带动光学镜头激光打点版面数据直到数据打点结束。下版完成后，系统就完成了一次制版过程，可以用显影液将图像显影。

### 2.3 USB 2.0 基本原理

从 20 世纪 90 年代以来有很多串行总线问世其中最成功的便是以 Intel 为首的七家公司于 1994 年推出的 USB 通用串行总线协议。USB 具有速度快、成本低、功耗低、支持即插即用和使用维护方便等优点，在协议成熟以后迅速地占领了计算机低中速外部设备的市场 [14][15]。

#### 2.3.1 USB 协议概述

在 USB 1.1 规范版本中，USB 支持两种总线数据传输率：一种是在全速 Full Speed 模式下的 12Mbps，另一种是低速模式 Low Speed 下的 1.5Mbps<sup>[16]</sup>。这两种模式可以同时存在于一个 USB 系统中，而引入低速模式主要是为了降低对速度要求不高的设备的成本，比如鼠标、键盘等。

而 2000 年初，USB 2.0 标准问世，它的传输速度高达 480Mbps，比 USB 1.1 标准快 40 倍左右<sup>[17][18]</sup>。如此高的数据传输速度得到了广泛的关注，迅速占领了数据

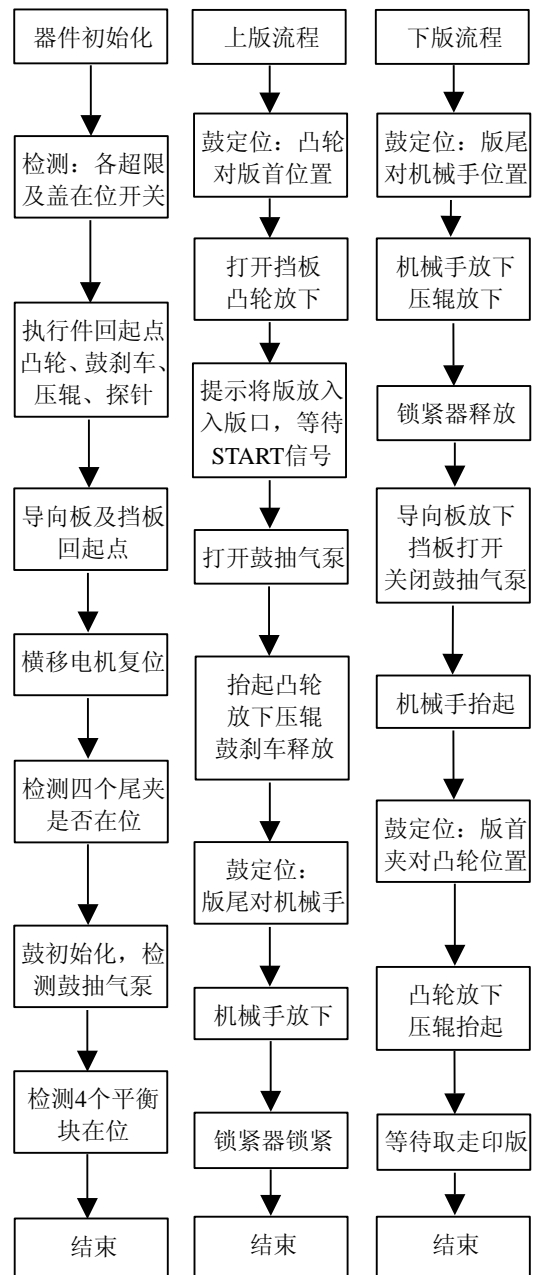


图 2-2 器件初始化、上版流程、下版流程图

接口领域。USB 发排卡主要利用的就是 USB 2.0 技术，在较短的时间内从 PC 发送大量的数据至 USB 发排卡中。

USB 2.0 快速发展并成为计算机接口应用的主流方向，具有如下优点<sup>[14][16]</sup>：能支持高、全、低速设备，适用范围广，成本低；USB 2.0 全面支持热插拔，实现了“即插即用”；每个 USB 总线支持 127 个设备的连接；能够通过 USB 集线器端口向设备提供电源。能够提供电压为 5V，输出电流达 500 毫安左右；支持四种类型的传输方式，包括控制传输、同步传输、批量传输和中断传输<sup>[19][20]</sup>。

### 1.USB物理特性

数据在 USB 总线上实际传输时，使用的是反向不归零编码的差分信号，这种信号有利于保证数据的完整性和消除噪声干扰<sup>[21]</sup>。

在 USB 设备连接时，USB 系统能自动检测到这个连接，并识别出其采用的数据传输速率。USB 采用在 D+或 D-线上增加上拉电阻的方法来识别设备类型。USB 支持三种类型的传输速率：1.5Mbps 的低速传输、12Mbps 的全速传输和 480Mbps 的高速传输。

### 2.USB通信协议

包是 USB 系统中信息传输的基本单元，所有数据都是经过打包后在总线上传输的。USB 包由五部分组成，即同步(SYNC)字段、包标识符(PID)字段、数据字段、循环冗余校验(CRC)字段和包结尾(EOP)字段。数据字段可以包含设备地址、端点号、帧序列号以及数据等内容。

根据包所实现的功能，可以分为 3 种类型：令牌包、数据包和握手包。其中，令牌包定义了数据传输的类型，数据包中含有需要传输的数据，握手包指明了数据接收是否成功。

### 3.USB其它技术要点

USB 协议支持控制传输、同步传输、批量传输和中断传输方式。USB 发排卡的设计过程中，主要使用了控制传输用来初始化 USB 设备，读取描述符、配置描述符等等初始化工作；另外，USB 发排卡还使用了批量传输，用于从计算机获得批量数据。批量传输主要用于传输大量数据，要求传输不能出错，但对时间没有要求，适

用于打印机、存储设备等<sup>[22]</sup>。

为了描述不同的数据，就需以不同类型的 USB 描述符来加以描述，它共有以下几种类型：设备描述符、配置描述符、接口描述符和端点描述符，这几个描述符是必须具有的<sup>[21]</sup>。

另外，主机与设备之间就必须遵循某种特定命令格式，以达到通信的目的。而这个命令格式就是 USB 规范书中所制定的“设备请求”。这个设备请求的设置、清除与取得都须通过控制传输时的数据交换来完成。设备请求包括清除特性、获取描述符、设置地址以及设置配置等等。

### 2.3.2 设备列举过程

在描述符和设备请求的基础上，设备列举可以简单地概括为这样的过程：主机通过 USB 设备请求来取得设备描述符并对该设备进行配置。该过程可以简化为如下几个步骤<sup>[23]</sup>：

第一步 USB 集线器通知主机有设备连接到 USB 总线上，此时 USB 设备处于供电状态。

第二步 主机查询 USB 集线器来获取设备信息，并且等待 100ms，让设备总线处于供电稳定并且设备使能 USB 端口，此时 USB 主机向设备发送复位请求。

第三步 USB 设备复位后，通过默认地址对总线标准请求进行响应。

第四步 USB 主机为 USB 设备分配一个设备地址，并通过读设备描述符来获得设备端口的最大载荷。

第五步 USB 主机获得设备配置信息，并根据配置信息向设备发送设备配置请求，USB 设备响应该请求后列举过程结束。

## 2.4 锁相环技术分析

锁相环技术是实现相位自动控制的一门技术，利用该技术可以得到频带范围宽、波道多、稳定度高、精度高的频率源<sup>[24]</sup>。CTP 系统主要利用锁相电路产生稳定、高精度的频率来驱动横移电机。锁相环电路是一个负反馈环路<sup>[25]</sup>。图 2-3 给出了一种最简单的 PLL(Phase Locked Loop, 锁相环)频率合成器的框图。它是由基准频率源、鉴相器、低通滤波器、压控振荡器和反馈分频器等部分组成<sup>[26][27]</sup>。

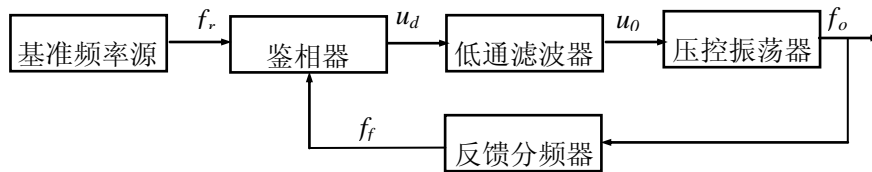


图 2-3 锁相环频率合成器的原理框图

**基准频率源：**基准频率源提供一个稳定频率源或脉冲信号，其频率为  $f_r$ ，是锁相环的输入信号。

**鉴相器：**鉴相器是一个误差检测元件，将基准频率源的输出信号  $f_r$  的相位与压控振荡器输出信号  $f_o$  的相位相比较，产生一个电压输出信号  $u_d$ ，其大小取决于两个输入信号的相位差<sup>[28]</sup>。

**低通滤波器：**低通滤波器的输入信号是鉴相器的输出电压信号  $u_d$ ，经过低通滤波器后  $u_d$  的高频分量被滤除，输出控制电压  $u_o$  去控制压控振荡器<sup>[28]</sup>。

**压控振荡器：**压控振荡器的输出信号频率  $f_o$  与它的输入控制电压  $u_o$  成一定比例。

**反馈分频器：**分频器为环路提供一种反馈机制，反馈分频器将锁相环的输出信号  $f_o$  反馈给鉴相器，形成一个负反馈，从而使输入信号和输出信号之间的相位差保持恒定，当分频系数  $N=1$  时，锁相环系统的输出信号频率  $f_o$  等于输入信号频率  $f_r$ ：

$$f_o = f_r$$

信号锁定后有：

$$f_o = f_f = f_r$$

当分频器的分频系数  $N > 1$ ，有：

$$f_o = N \cdot f_f \quad \text{即} \quad f_f = f_o / N$$

环路锁定后有：

$$f_f = f_r$$

$$f_o = N \cdot f_f = N \cdot f_r$$

若改变  $N$ ，则  $f_f \neq f_r$ ，环路失锁，这时环路就进行频率捕捉和相位捕捉。经过一段时间后，环路重新进入锁定状态，频率合成器完成一个频率转换过程，此时频率合成器输出为一个新的稳定频率<sup>[26]</sup>。

## 2.5 I<sup>2</sup>C 总线协议

CTP 控制系统中采用了 I<sup>2</sup>C 接口的温度传感器 LM75，用来获取当前系统运行环境的温度。下面将详细的介绍 I<sup>2</sup>C 总线协议的相关知识。

I<sup>2</sup>C 总线，主要用于同一电路板内集成电路模块(Integrated Circuit, IC)之间的连接。I<sup>2</sup>C 采用双向 2 线制串行数据传输方式，支持任何一种 IC 制造工艺，简化 IC 之间的通信连接。I<sup>2</sup>C 是 PHILIPS 公司于 20 世纪 80 年代初提出，之后 PHILIPS 和其他厂商提供了种类丰富的 I<sup>2</sup>C 芯片。目前 I<sup>2</sup>C 总线标准已经成为世界性的工业标准<sup>[29]</sup>。

### 2.5.1 I<sup>2</sup>C 总线特点

串行的 8 位双向数据传输速率在标准模式下可达 100Kbps，快速模式下可达 400Kbps，高速模式下可达 3.4Mbps<sup>[30]</sup>。

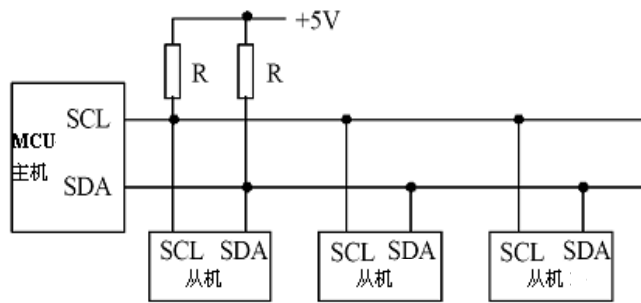
在硬件结构上，它采用数据(SDA)和时钟(SCL)两根线来完成数据的传输及外围器件的扩展。任何具有 I<sup>2</sup>C 总线接口的外围器件，不论其功能差别有多大，都具有相同的电气接口，因此都可以挂接在总线上，甚至可在总线工作状态下撤除或挂上，使其连接方式变得十分简单<sup>[21]</sup>。I<sup>2</sup>C 总线还支持多主控，如果两个或更多主机同时初始化，数据传输可以通过冲突检测和仲裁防止数据被破坏<sup>[31]</sup>。

### 2.5.2 I<sup>2</sup>C 总线工作原理

图 2-4 给出一个由 MCU 作为主机，通过 I<sup>2</sup>C 总线带 3 个从机的单主机 I<sup>2</sup>C 总线系统。这是最常用、最典型的 I<sup>2</sup>C 总线连接方式。

在物理结构上，I<sup>2</sup>C 系统由一条串行数据线 SDA 和一条串行时钟线 SCL 组成。主机按一定的通信协议向从机寻址和进行信息传输。在数据传输时，由主机初始化一次数据传输，主机使数据在 SDA 线上传输的同时还通过 SCL 线传输时钟。信息传输的对象和方向以及信息传输的开始和终止均由主机决定<sup>[32]</sup>。

每个器件都有一个唯一的地址，而且可以是单接收的器件或者可以接收也可以发送的器件。发送器或接收器可以在主模式或从模式下操作，这取决于芯片是否必须启动数据的传输还是仅仅被寻址。

图 2-4 I<sup>2</sup>C 总线的典型连接

### 1. 总线上数据的有效性

I<sup>2</sup>C 总线是从数据字节的最高位开始以串行方式传输数据，每一个数据位在 SCL 上都有一个时钟脉冲相对应。在一个时钟周期内，当时钟线高电平时，数据线上必须保持稳定的逻辑电平状态。当时钟信号为低电平时，才允许数据线上的电平状态变化。

### 2. 总线上的信号

I<sup>2</sup>C 总线在传送数据过程中共有四种类型信号，分别是开始信号、停止信号、重新开始信号和应答信号<sup>[32]</sup>。

开始信号：如图 2-5 所示。当 SCL 为高电平时，SDA 由高电平向低电平跳变，产生开始信号，主机通过发送开始信号建立通信。

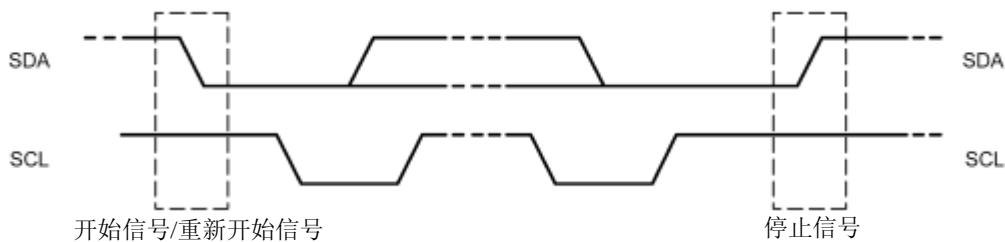


图 2-5 开始、重新开始和停止信号

停止信号：如图 2-5 所示。当 SCL 为高电平时，SDA 产生由低电平向高电平的跳变，则产生停止信号。主机通过发送停止信号，结束时钟信号和数据通信。停止信号后，SDA 和 SCL 都将被复位为高电平状态。

重新开始信号：在 I<sup>2</sup>C 总线上，由主机发送一个开始信号启动一次通信后，在首次发送停止信号之前，主机通过发送重新开始信号，可以转换与当前从机的通信模式，或是切换到与另一个从机通信。

应答信号：接收数据的 IC 在接收到 8 位数据后，向发送数据的 IC 发出的特定

的低电平脉冲。每一个数据字节后面都要跟一位应答信号，表示已收到数据。

应答信号在第 9 个时钟周期出现，这时发送器必须在这一时钟位上释放数据线，由接收设备拉低 SDA 电平来产生应答信号，由接收设备保持 SDA 的高电平来产生非应答信号，如图 2-6 所示。所以一个完整的字节数据传输需要 9 个时钟脉冲<sup>[33]</sup>。

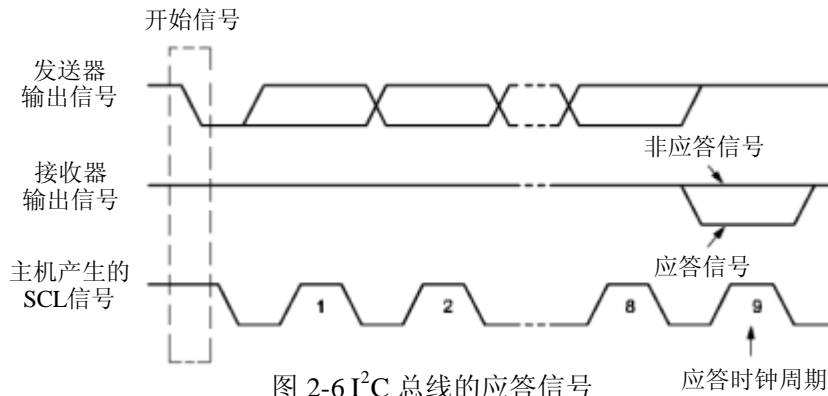


图 2-6 I<sup>2</sup>C 总线的应答信号

## 2.6 TIFF 文件格式

CTP 系统制版图像版面数据是已经光栅化处理后存储在 PC 机内的数据，文件格式为 1-BIT TIFF。计算机需要处理 TIFF 文件获取 TIFF 文件内的有效数据。下面将详细的给出 TIFF 文件格式。

TIFF 图像文件是由 Aldus 和 Microsoft 公司合作研制开发的一种较为通用的图像文件格式<sup>[34]</sup>。TIFF 格式灵活易变，包括四类不同的格式：TIFF-B 适用于二值图像；TIFF-G 适用于黑白灰度图像；TIFF-P 适用于带调色板的彩色图像；TIFF-R 适用于 RGB 真彩图像。另外 TIFF 还支持多种编码方法，其中包括 RLE 压缩及 JPEG 压缩等。TIFF 是现存图像文件格式中最复杂的一种，它具有较高的扩展性、方便性和可改性<sup>[34]</sup>。

TIFF 文件分文件头和 TIFF 文件图像文件目录(Image File Directory, IFD)两部分<sup>[35]</sup>。

### 2.6.1 TIFF 文件头

TIFF 文件的头主要是由三部分组成，总共 8 个字节分别为位字节顺序域(2 个字节)、版本域(2 个字节)以及文件的第一个 IFD 的值(四个字节)。

其中，第 0、1 个字节表明文件的字节顺序：0x4949 表示小端字节顺序、0x4D4D



表示大端字节顺序。

文件的第 2、3 个字节表明文件的版本。对于所有的 TIFF 文件版本号都是 42。但是由于字节顺序不同，表示也不同，小端字节顺方式中表示为 0x2A, 0x00；大端字节顺方式中表示为 0x00, 0x2A。

文件的第 4、5、6、7 个字节表明文件的第一个 IFD 相对于文件开始点的字节数值(这四个字节的顺序也受字节顺序域的影响)。IFD 头两个字节表明本 IFD 所含有的标记指针的个数(最大值是 0xFFFF)，每个标记指针占用 12 个字节，在最后一个标记指针的后面接一个 4 字节的地址偏移，来指示下一个 IFD 的位置，如果本 IFD 是最后一个 IFD，则这 4 字节的值为 0x00000000。

### 2.6.2 TIFF 文件图像文件目录

图像文件目录是一个字节长度可变的信息块，一个 IFD 代表一个图像。标记指针是 TIFF 文件的核心部分，在图像文件的目录中定义了要用的所有图像的参数，目录中的每一目录条目就包含图像的一个参数<sup>[34]</sup>。

一个 IFD 主要是由指针计数字段、若干标记指针和终结字段组成，每个标记指针占 12 个字节。IFD 的结构和组成如图 2-7 所示。

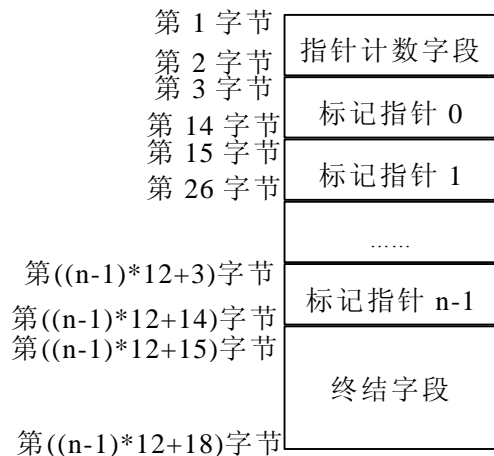


图 2-7 IFD 结构和组成

计数指针字段占 2 个字节，用来记录标记指针的数目。终结字段是 IFD 的最后 4 个字节，如果该 IFD 是整个文件中的最后一个 IFD，则终结字段的值为 0。

### 2.6.3 标记指针

每个标记指针占用 12 个字节，由 4 部分组成：标记码、数据类型、长度字段和数据字段。

#### 1. 标记码

标记码占 2 个字节。标记码如果是公用的，可以在 TIFF 规程中查到。公用标记码是大于 254(0x00FE)的标记码，最大为 321(0x0141)。大于或等于 32768(0x8000)的码是私用标记码，它可以赋给各个公司用于覆盖专属程序性能或对于一般用户没

有的性能。这些码由 TIFF 文件格式管理者 ALDUS 公司的 Developers' Desk 分配<sup>[36]</sup>。

## 2. 数据类型码

数据类型码也占用 2 个字节，用来表明所指字段数据类型的代码。TIFF 支持的数据类型包括 1 字节的 ASCLL 字符、长度为 1、2 和 4 字节的整形数以及 8 字节的分数等。几种常见的 TIFF 数据类型如表 2-1。

表 2-1 TIFF 类型代码

代码	类型	说明
1	BYTE	1 字节的整形数
2	ASCLL	1 字节的 ASCLL
3	SHORT	2 字节的整形数
4	LONG	4 字节的整形数
5	RATIONAL	8 字节的分数，前 4 个是分子，后 4 个是分母
6	SBYTE	1 字节的有符号整形数

## 3. 长度字节

长度字段占 4 个字节，其指定数据字段中的值的数目。这里指的不是字节的数目，字节数可以通过长度乘以数据类型中的字节数求得。如：长度为 64 且为 LONG 类型的数据需要占用  $64 \times 4 = 256$  个字节。

## 4. 数据字段

数据字段共 4 个字节，通常是指向数据字段开始处的一个指针。但有时这个字段包含的不是指针而是实际的数据，要确定该字段包含的究竟是指针还是实际的数据，需要根据上述方法技术数据的长度。如果通过类型和长度的乘积只有 4 个字节，或者更少，那么该字段存储的就是数据，否则，该字段存储的是一个指针(即文件开始到数据开始之间字节偏移数)。

## 2.7 本章小结

本章首先分模块讲述了 CTP 的系统的组成部分，对文章将要出现的一些组成部分的概念作了详细的解释，并仔细分析了 CTP 工作的流程，包括器件初始化和上版、下版流程。然后本章还详细阐述了应用于 USB 发排卡上的 USB 2.0 技术要点和基本原理。另外，本章对锁相环技术、I<sup>2</sup>C 总线协议以及 TIFF 文件格式作出了相关分析，上述技术在以后的章节中会一一得到应用。

## 第三章 CTP 控制系统硬件设计

CTP 控制系统是通过 MCU 控制整个 CTP 的运作流程，并且可以设置 CTP 系统运行所必需的参数，可以对 CTP 的状态进行调整控制等等。控制系统的硬件设计首先需要解决的问题是如何用 MCU 来控制如此多的功能部件；其次，如何实现对众多功能部件的协调管理以及对 CTP 系统制版流程的控制，并且使控制系统功能稳定。本章首先介绍了芯片选型的相关知识，然后从硬件的最小系统设计开始，依次介绍系统中所用到的外围电路和功能部件，最后提出设计难点以及采用抗干扰设计保证了控制系统的稳定性。

### 3.1 控制系统需求分析

由于 CTP 系统部件、信号繁多，所以必须采用面向对象的硬件设计方法来进行信号分析，以主控芯片为中心进行输入输出分析，输入输出分析具体情况如图 3-1 所示。系统中输入部分总共包括 1 路数据量输入、2 路模拟量输入、40 路开关量输入以及伺服电机 4 路返回信号。输出部分有 49 路开关量输出、3 路脉冲输出以及锁

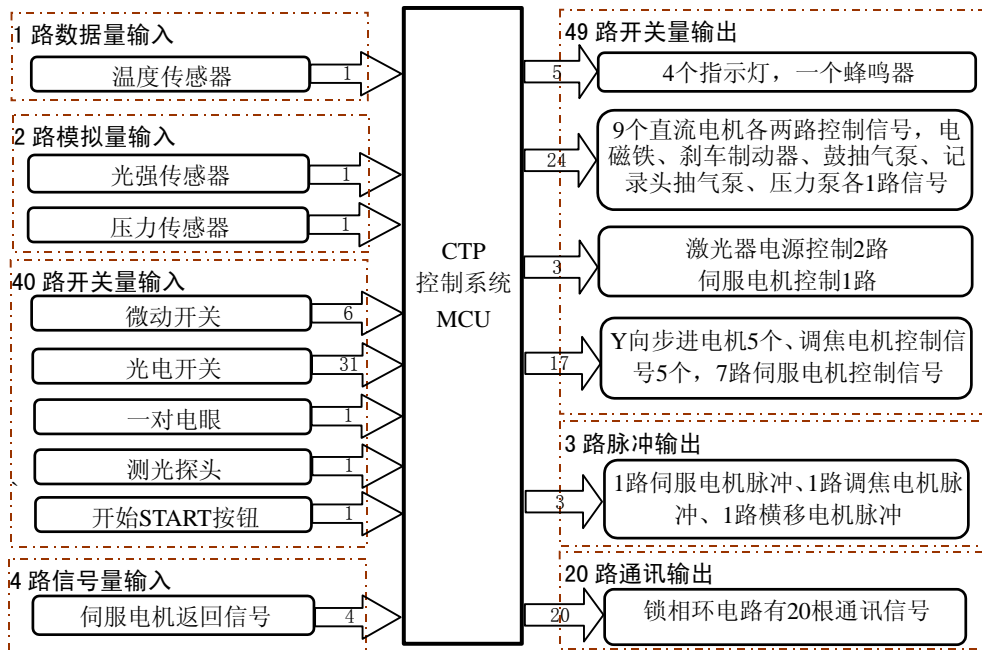


图 3-1 CTP 控制系统输入输出分析

相环电路的 20 根通讯输出信号。

### 3.2 控制系统主要芯片选型

根据系统输入输出分析以及功能需求，CTP 控制系统中用到很多芯片，包括主控芯片、A/D 采集芯片等等，控制系统中所使用的主要功能芯片列表如表 3-1 所示。

表 3-1 CTP 系统主要功能芯片列表

名称	数量	功能
MC9S12DG128	1	主控芯片，控制其它功能芯片，以及完成整个 CTP 功能
TLC2543	4	A/D 采集，采集传感器信息
74HC373	9	锁存器，用于扩展输出口，输出信号
TLC7225	1	D/A 芯片，用于输出模拟电压，与 LM324 配合使用
LM324	1	放大芯片，用于放大 TLC7225 输出的模拟电压，用于伺服电机速度控制
LM75	1	温度传感器，测量环境温度
NE564	1	具有鉴相器、压控振荡器功能，用于锁相环电路
8254	3	计数器，用于锁相环电路的分频以及脉冲计数
74LS163	2	对频率进行整形并分频
74LS157	2	2 选 1 芯片，进行 2 路信号的选择
3486	1	接收差分脉冲信号，合成为 1 路脉冲信号
3487	1	接收脉冲信号，并生成差分脉冲信号

#### 3.2.1 主控芯片的选型

在嵌入式产品设计中，硬件选型是一个重要的环节，它直接影响着产品的性能，以及产品后续的开发。根据系统的功能需求，需要考虑到芯片内部的集成功能模块、通用的输入/输出(Input/Out, I/O)引脚数目、随机存储器(Random Access Memory, RAM)及 FLASH 大小、芯片以及开发环境的熟悉程度、芯片的可购买性等等<sup>[37]</sup>。

在前期的学习研究过程中，作者对 Freescale 公司的 8 位机 MCU 有比较深入的了解。所以在开发本项目开始，作者采用了与 8 位单片机模式类似的 HCS12 系列的 16 位 MCU，选取了 112 引脚封装的 MC9S12DG128 为 CTP 控制系统的主控芯片，它的内部功能模块框图和 112 引脚图分别参见附录 B.1 和附录 B.2。DG128 的主要性能概述如下。

DG128 的 I/O 口数目比较多，具有 29 路独立的数字 I/O 接口，20 路带中断和唤醒功能的数字 I/O 接口，而且大多模块的接口都能复用为 I/O 口。拥有输入捕捉/输出比较与 PWM 模块，以及串口通信模块、I<sup>2</sup>C 总线接口。DG128 具有时钟和复

位产生模块(Clock and Reset Generator, CRG), 其中包括: 低电流振荡器或是标准振荡器的选择、锁相环时钟频率放大器、看门狗、实时中断等等。存储器包括 128KB 的 FLASH、8KB 的 RAM、2KB 的电可擦写可编程只读存储器。DG128 的封装形式具有 80 引脚 TQFP 和 112 引脚 LQFP 两种形式的封装: 具有 5V 输入和驱动能力, 核心运算能力可以达到 50MHz, 总线频率可以达到 25MHz<sup>[38]</sup>。

### 3.2.2 其它主要功能芯片选型及相关介绍

表 3-1 中列出了主要功能芯片的数量以及功能。下面详细介绍系统中比较重要的几款芯片, 如 TLC2543、74HC373、TLC7225、LM324、LM75 以及 8254 芯片。而其它芯片如 NE564、74LS157 和 74LS163 芯片在具体电路设计时将会深入讨论。另外, 鉴于 3486 和 3487 芯片硬件连接方便, 而且无需 MCU 控制, 所以本文将不一一介绍。

#### 1. TLC2543 A/D 转换器

TLC2543 是美国德州仪器公司 TI 推出的 11 路输入的 12 位模数转换器芯片<sup>[26]</sup>, 它的工作原理是通过开关电容逐次逼近技术来完成 A/D 转换过程的。TLC2543 转换速度快, 在正常工作温度下, 转换时间为 10 微秒。它的内部具有 1 个 14 通道的模拟多路器、采样电路、12 位 A/D 转换器、12 选 1 的选择器和驱动器、输入寄存器、输出数据寄存器和控制逻辑等等。

对 TLC2543 的通信是通过 SPI 接口来实现的, 具有 SPI 模块的芯片都能和它进行连接。主控芯片与其接口主要是 5 个引脚: 时钟输入(CLOCK)、串行数据输入(Data Input)、串行数据输出 (Data Output)、片选信号( $\overline{CS}$ )以及转换结束电平输出引脚(EOC)。

#### 2. LM75 温度传感器

##### 1) LM75 概述

LM75 内部包含一个温度传感器, 把被测温度转换成电压信号,

再经过 A/D 转换器转换为数字量, 用户通过 I<sup>2</sup>C 接口即可读出温度数据。LM75 测

表 3-2 LM75 引脚排列与功能描述

引脚序号	引脚名称	功能描述
1	SDA	I <sup>2</sup> C 接口的串行数据端
2	SCL	I <sup>2</sup> C 接口的串行时钟端
3	O.S	超温报警输出端
4	GND	电源地
5	A2	从机地址设置端
6	A1	
7	A0	
8	Vcc	电源, 采用+5V

温范围是 $-55^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$ 。在 $-25^{\circ}\text{C}\sim100^{\circ}\text{C}$ 范围内的测温误差不超过 $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 。其内部采用 9 位 A/D 转换器,分辨力为  $0.5^{\circ}\text{C}$ 。电源电压范围是 $+3.0\text{V}\sim+5.5\text{V}$ 。工作电流典型值为  $250\mu\text{A}$ ,待机电流  $4\mu\text{A}$ 。采用 SOP-8 或 PSOP-8 封装,引脚排列与功能如表 3-2 所示<sup>[39]</sup>。

## 2) LM75 工作原理

LM75 内部有 5 个寄存器包括:地址指针寄存器、温度数据寄存器、配置寄存器、 $T_{\text{HYST}}$  设定点寄存器和  $T_{\text{OS}}$  设定点寄存器。地址指针寄存器是 8 位寄存器,用来存储其它四个数据寄存器的地址指针。对 LM75 进行写操作时,首先都要设置该指针,使

表 3-3 LM75 数据寄存器选择

P1	P2	所选择的数据寄存器
0	0	温度数据寄存器
0	1	配置寄存器
1	0	$T_{\text{HYST}}$ 设定点寄存器
1	1	$T_{\text{OS}}$ 设定点寄存器

之正确指向所要访问的寄存器。该寄存器的高 6 位(P7~P2)被设置成 0,仅最低两位(P1~P2)用来选择某个指定的数据寄存器,具体选择方式见表 3-3 所示。温度数据寄存器是一个 16 位的只读寄存器,而  $T_{\text{HYST}}$  设定点寄存器和  $T_{\text{OS}}$  设定点寄存器是 16 位可读/写寄存器,它们的高 9 位(D15~D7)是以 2 的补码形式表示的 9 位温度值,低 7 位(D6~D0)未用。配置寄存器是一个 8 位可读/写寄存器,专门用来设置 LM75 的工作方式。

在上电初始化时,LM75 的默认状态如下:地址指针指向温度数据寄存器,自动选择比较模式且 O.S 输出低电平有效,设定  $T_{\text{OS}}=80^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{HYST}}=75^{\circ}\text{C}$ 。比较模式是指,当当前温度超出  $T_{\text{OS}}$  寄存器设定值时,O.S 输出高电平,当温度回落至  $T_{\text{HYST}}$  时,O.S 输出变成为低电平。

另外,通过设置 LM75 的引脚 A0~A2 上的值,可以给同一个系统接两个或两个以上的 LM75,同一系统最多可以连接 8 个 LM75,地址的设计可以由用户自由设定,通过给 A0~A2 线上接地或者上拉 5V 来实现。

## 3.74HC373 锁存器

74HC373 是常用的 8 路锁存器,是一种高速 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor,互补金属氧化物半导体)器件,常用作地址锁存和输出。

它由两个控制端(11脚EN; 1脚 $\overline{OE}$ )控制。它的控制方式为:当 $\overline{OE}$ 接地时,若EN为高电平,74HC373接收由MCU输出的信号;如果EN为低电平,则将信号锁存并输出。如果 $\overline{OE}$ 接高电平,则74HC373功能被禁止<sup>[40]</sup>。

#### 4.D/A转换器TLC7225和放大器芯片LM324

系统中伺服电机速度控制模式需要 1~12V 的电压,为了实现该范围内的电压值,作者采用了同样来自 TI 公司的 4 路 8 位电压输出型 D/A 转换器 TLC7225<sup>[41]</sup>,配套使用了 4 路电压放大器芯片 LM324,实现了 1~12V 电压范围内的任意电压输出。

TLC7225 包含 4 个输出电压的 8 位数/模转换器(DAC)。当它与微处理器连接时,可以同时产生四路电压波形输出,可用于过程控制、自动测试设备以及自动校准等装置中。每个 DAC 还包含一个 8 位数据输入锁存器、一个 8 位 DAC 锁存器、一个 8 位 DAC 电路以及一个电压输出电路<sup>[42]</sup>。它的工作方式为:由 D0~D7 的 8 路数据输入端输入 2 进制数据,然后通过 A0 和 A1 选择对应的 DAC 锁存器,当 $\overline{WR}$ 引脚电平由低电平向高电平跳变时,数据被锁存至数据输入锁存器。也可以通过 $\overline{LDAC}$ 从低电平向高电平跳转的方式,实现对 4 个 DAC 的数据锁存。

通过修改输入的二进制数值可以调整 TLC7225 的模拟输出电压值。如输入二进制为 0B10000001, TLC7225 的正参考电压值为 5 伏,则模拟输出电压值=  $5 \times (129 \div 256) \approx 2.5V$ 。

CTP 控制系统中 TLC7225 输出的模拟电压再通过 LM324 进行放大后供伺服电机使用。LM324 为四路运放集成电路,采用 14 脚双列直插塑料封装。LM324 组成的放大电路功耗很小,工作电压范围宽,可用正电源 3~30V,或正负双电源  $\pm 1.5V \sim \pm 15V$  工作。它的内部包含四组形式完全相同的运算放大器,除电源共用外,四组运放相互单独。它的放大功能实现如图 3-2 所示。图 3-2 显示的 LM324 放大电路接线方法为单电源供电放大模式,其中  $V_{in}$ 、 $V_{out}$  分别为输入输出电压, R1、R2 为电阻值,  $V_{out} = (1 + R1 \div R2) \times V_{in}$ , 本系统中 LM324 将 TLC7225 的输出电压进行了 2 倍放大, R1 和 R2 均使用 10K 电阻。

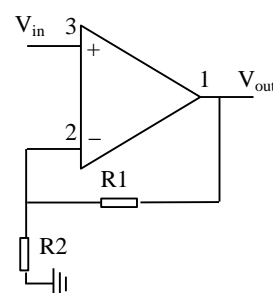


图 3-2 LM324 放大电路示意图

## 5. 计数器 8254

计数器 8254 内部 3 个独立的计数器/定时器结构完全相同，分别称为计数器 0、计数器 1、计数器 2。每个计数器通过各自独立的 3 个引脚(时钟输入端 CLK、门控信号输入端 GATE、输出端 OUT)和外部联系。三个计数器的输入和输出决定于自身所带的控制寄存器的控制字设置，互相之间完全独立。8254 的每个计数器内部有 4 个寄存器。8254 的内部结构与主要引脚<sup>[43]</sup>如图 3-3 所示。其中 D0~D7 为 8 位、双向、三态数据线，是 MCU 与 8254 之间的数据通道；CLK0~CLK2：计数器 0、1、2 的计数脉冲输入端。脉冲可以是均匀、连续、周期精确的(用于定时)，也可以是不

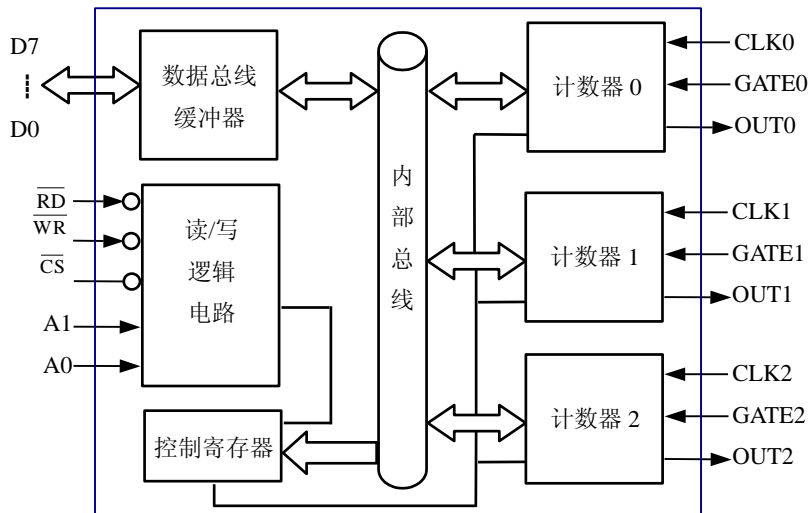


图 3-3 8254 内部结构与主要引脚示意图

均匀、断续、周期不定的(用于计数)；GATE0~GATE2：计数器 0、1、2 的门控输入端。GATE 信号控制/启动/中止计数或定时的操作；OUT0~OUT2：计数器 0、1、2 的输出端，输出方波或电平或脉冲等信号。

### ① 控制寄存器

控制寄存器为 8 位寄存器。在计数器初始化时，对该寄存器定义工作方式等。对计数器的有关操作命令也使用该寄存器。

### ② 计数初值寄存器

计数初值寄存器为 16 位寄存器。在初始化时，写入计数初值。

### ③ 减 1 计数寄存器

减 1 计数寄存器也为 16 位寄存器。该寄存器的初始值为计数初值寄存器中的值，



当输入端 CLK 输入一个计数脉冲后, 减 1 计数寄存器的内容减 1, 当减到 0 时, 输出端 OUT 输出相应信号表示计数结束。

#### ④ 当前计数输出寄存器

当前计数输出寄存器也为 16 位寄存器。它相当于减 1 计数的状态寄存器。正常减 1 计数期间, 当前计数输出寄存器中的内容跟随减 1 计数寄存器的内容发生变化。由于减 1 计数寄存器是 CPU 不能直接访问的寄存器, 若要获得当前计数情况, 必须通过读取当前计数输出寄存器。而要能获得稳定的读数, 需先用锁存命令。这是因为, 正常减 1 计数时, 当前计数输出寄存器的内容也在变化, 若 CPU 在读出时仍然变化的话, 不能稳定读数。一旦下了锁存命令, 当前计数输出寄存器中的内容不再跟随减 1 计数寄存器的内容而变, 可以正确读出。因此, 也可以把当前计数输出寄存器称为输出锁存器。

计数器 8254 具有 6 种工作方式, 分别为计数结束产生中断、可重复触发的单稳态(脉冲)触发器、频率发生器、方波频率发生器、软件触发的选通信号发生器、硬件触发的选通信号发生器。

### 3.3 MC9S12DG128 最小系统设计与测试

#### 3.3.1 最小系统设计

硬件设计的第一步是如何让主控芯片正常工作。这就需要给 MCU 添加若干必需的外部电路, 这些可以使 MCU 内部程序运行起来的所必需的外围电路就是 MCU 最小系统。MC9S12DG128 芯片的最小系统包括电源电路、PLL 电路、晶振电路、复位电路、背景调试模式(Background Debug Mode, BDM)调试头电路等<sup>[21][38]</sup>。DG128 的最小系统电路如图 3-4 所示。

下面简要介绍下 DG128 的最小系统的各部分组成。

DG128 最小系统电路中, 采用的是 5V 电源供电。电源电路部分的 C1 和 C2 构成滤波电路, 可以降低系统对电源的高频干扰, 增强电路工作稳定性。

PLL 电路就是实现相位自动控制, 然后得到频带范围宽、波道多, 稳定度高的频率源。利用 PLL 电路, 系统可以以较低的外部时钟信号获得较高的工作频率。只需根据芯片手册得出  $C_S$ 、 $C_P$  和  $R_S$  的值即可。

最小系统采用 9.83MHz 有源晶振, 将该晶振的第 3 脚通过一电阻连接到 DG128。

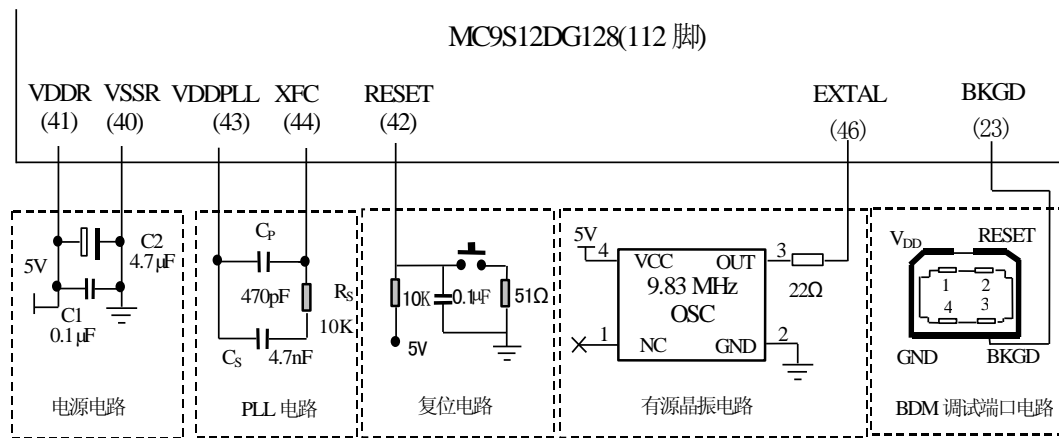


图 3-4 DG128 的最小系统电路

复位电路的作用就是当主控芯片处于系统错误状态时, 通过该电路将芯片复位。若按下复位按钮, 则 RESET 脚通过 51Ω 接地, 芯片复位。

背景调试模式 BDM 是由 Freescale 半导体公司自定义的片上调试规范。开发人员可以通过它初次向目标板下载程序, 同时也可以通过 BDM 调试器对目标板 MCU 的 Flash 进行写入、擦除等操作。BDM 电路采用 B 型 USB 连接头来代替传统的 BDM 调试头封装, 这样连接不仅让用户使用更方便, 而且可以有效的防止插反。

### 3.3.2 最小系统测试

最小系统电路设计完成后, 应该检测各组成电路是否工作正常。通过万用表可以得出电源是否正常供电; 通过示波器检测晶振的频率, 得知晶振运行情况; 另外可以通过 HCS12 系列芯片写入器, 将具有 I/O 操作的程序下载到芯片中。根据能够完成程序写入得知 BDM 电路是否正常, 通过 I/O 口是否受程序控制可以得出芯片是否正常工作。

## 3.4 输入输出设计

针对图 3-1 中的输入输出分析, 在硬件选型的基础上, 对输入输出部分进行硬件设计, 主要包括输入部分、输出部分以及通讯方式。

### 3.4.1 输入部分

控制系统的输入部分主要包括 CTP 系统运行时的状态信息以及与一些器件的

握手信号等等。比如通过压力传感器采集鼓内部真空度；通过光栅编码器测量鼓转动时的角度；光电开关、微动开关的是否有效；响应制版开始按钮、急停按钮；接收伺服电机、步进电机一些返回信号，另外输入部分还包括与 USB 发排卡电路的握手信号。其它的输入信号在此不一一讲述。

### 1. 模拟量输入

如图 3-1 所示，系统中总共 40 路开关量信号输入，一般 MCU 无法满足如此多的引脚来满足本系统的输入信号分配。所以，作者利用将开关量做模拟量处理的方法，利用 A/D 数据采集转换芯片 TLC2543 接收信号量的输入，另外加上压力传感器和光强传感器 2 路模拟量输入，总共 42 路信号量输入，系统共使用了 4 片 TLC2543 芯片。其中需要说明的是，START 按钮、一对电眼以及横移电机起点光电开关除了可以采用 TLC2543 采集状态外，还分配了中断口用于中断响应，以便系统及时处理。另外 TLC2543 负责采集压力传感器以及光强传感器的 AD 值。对于开关量的输入，只要采集回归的 AD 值小于 100，则认为输入为低电平，表示光电开关没有物体阻挡，微动开关没有物体按下等等。而 AD 值大于 500，则认为输入为高电平。

### 2. 数字量输入

数字量信号输入主要是指温度传感器的温度输入，温度传感器采用具有 I<sup>2</sup>C 接口的温度采集芯片 LM75。LM75 用来采集设备工作环境的温度。如果本次测量温度与上次系统运行时的温度有 2℃ 以上的差别，则需要对光学镜头的焦距位置进行相应的调整。

LM75 的硬件连接如图 3-5 所示，其中地址线 A0~A2 全部接地，则从机地址为 0x90。另外，SDA 和 SCL 引脚必须上拉 3.9K 左右电阻，否则系统无法与 LM75 通信。硬件连接正确，主机便可以通过 I<sup>2</sup>C 总线读取 LM75 内部的温度数据寄存器。

#### 3.4.2 输出部分

输出部分开关量控制电机、继电器、电磁铁等；控制运行状态指示灯；对一些门电路芯片的控制信号、片选信号；

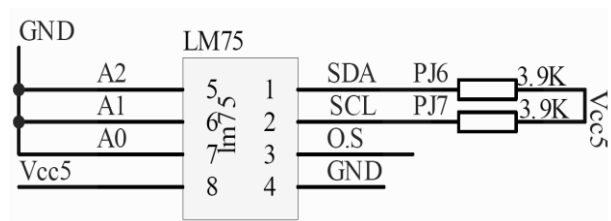


图 3-5 LM75 硬件连接图

另外还需要输出相应的脉冲供给伺服电机、步进电机。

对于开关量输出信号的处理是采用锁存器 74HC373 来实现输出口扩展电路，增加系统输出口。这样不但可以满足系统的需要，还可以将多出 MCU 的 I/O 口用于其它功能实现。

另外，输出部分还包括与 USB 发排卡的握手信号，以及伺服电机速度控制模式的模拟电压输出等等，在以后的章节中将一一介绍。

### 3.4.3 通讯设计

另外 CTP 控制系统的通信部分主要是通过串口接收和发送相关数据。主要通信功能为：接收计算机高端程序发送的控制命令，如制版开始，单步上版操作等等；也可以通过串口向高端程序发送 CTP 的运行状态等信息，如上版过程中，锁紧器传感器出错，此时返回状态码，使用户能实时的了解设备的运行状态，能够正确快速的处理突发错误。

## 3.5 控制系统功能模块设计

本节给出了 CTP 系统完成整个扫描过程的几个重要模块的硬件设计，包括伺服电机、横移电机、调焦电机、锁相电路模块和脉冲累加器模块。在第四章 CTP 控制系统的软件设计中给出伺服电机、横移电机、调焦电机等的软件测试。

### 3.5.1 伺服电机控制

系统采用的伺服电机是日本安川公司的 SGDh 系列伺服电机，该伺服电机控制器具有 50 个控制引脚。伺服电机通过皮带带动鼓的高速转动，其中伺服电机的转速与鼓的转速比为 4:1，即伺服电机转 4 圈，鼓转 1 圈。伺服电机 50 根控制引脚详细介绍见附录 C。伺服电机的控制在整个系统中最为重要、最为复杂。主要实现的功能是：通过位置控制，进行鼓的精确定位，实现上版、下版或者是寻找平衡块；通过速度控制，实现鼓的高速转动；伺服电机的出错报警处理。

对伺服的控制首先需要了解和配置伺服控制器的 8 个输入状态信号(伺服控制器的 40 脚~47 引脚)，其中包括  $\overline{\text{SON}}$  引脚(伺服使能信号)、工作模式改变引脚( $\overline{\text{PCON}}$ ) 等等；其次就是如何实现位置控制模式和速度控制模式；最后通过报警引脚 ALM+

和 ALM-来获知伺服电机是否出错。

### 1. 伺服控制器输入状态信号处理

8 个输入状态信号处理中, 使用最多的是  $\overline{\text{SON}}$  和  $\overline{\text{PCON}}$  引脚, 其它的几个状态信号在实际控制中, 并不需要频繁的改变它们的值。

$\overline{\text{SON}}$  引脚主要用于使能伺服电机, 在正常工作状态中, 伺服电机处于使能状态; 一旦系统出现故障, 则电机立刻处于禁止状态。 $\overline{\text{PCON}}$  引脚的功能主要是进行电机工作模式的转换, 实现位置控制模式和速度控制模式之间的相互转化。伺服电机控制器的

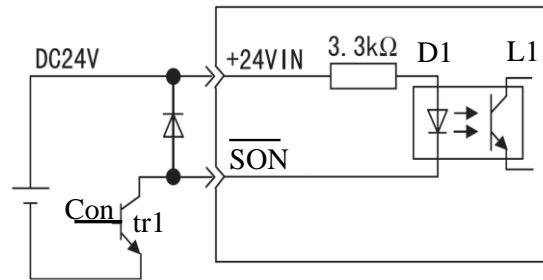


图 3-6 伺服控制器的状态引脚  $\overline{\text{SON}}$  连接示意图

的状态输入引脚  $\overline{\text{SON}}$  连接示意图如图 3-6 所示。给图中三极管控制引脚 Con 输入高电平, 则会导通三极管,  $\overline{\text{SON}}$  引脚状态为低, 导致发光二极管 D1 点亮, 光耦 L1 导通, 则伺服处于使能状态; 反之, 如果三极管不导通,  $\overline{\text{SON}}$  引脚状态高, 则 D1 熄灭, 光耦 L1 不导通, 伺服处于禁止状态。其它的状态引脚控制方式与  $\overline{\text{SON}}$  类似, 在此不一一讲述。

### 2. 伺服电机控制方式实现

伺服电机的控制模式主要是通过改变  $\overline{\text{PCON}}$  引脚的状态来改变。 $\overline{\text{PCON}}$  引脚为低, 则表明伺服电机处于速度控制模式; 反之, 则表明伺服电机处于位置控制模式。

#### 1) 位置控制模式

在位置控制模式下, 鼓慢速转动, 实现鼓定位。通过对伺服控制器第 7、8 引脚 (PULS 和  $\overline{\text{PULS}}$ ) 输入脉冲来实现位置控制。系统将第 7 脚 PULS 引脚通过上拉 180 欧姆左右电阻接 +5V 电源来控制, 而  $\overline{\text{PULS}}$  引脚采用的是脉冲输入。图 3-7 为伺服控制器脉冲输入连接示意图。图中 Vcc 取 +5V 电源, R1 电阻大小为 180 欧姆, 连接到 PULS 引脚上。R1 取 180 欧姆电阻, 是为了确保 VF 保持在 1.5V~1.8V 之间, 让发光二极管 D1' 点亮。实际应用中, 状态引脚平常处于高电平状态, 此时对三极管 Tr1 的控制引脚打入脉冲 pulse, 发光二极管 D1' 会以 pulse 的频率点亮, 同时光

耦 L1'也以该频率导通，实现了对伺服电机的脉冲输入。

### 2) 速度控制模式

鼓的速度控制用于鼓的高速转动，主要是通过对第 5、6 引脚的控制来实现鼓的转动。实现方式是将第 6 脚接地。然后通过 D/A 芯片 TLC7225 和放大器 LM324

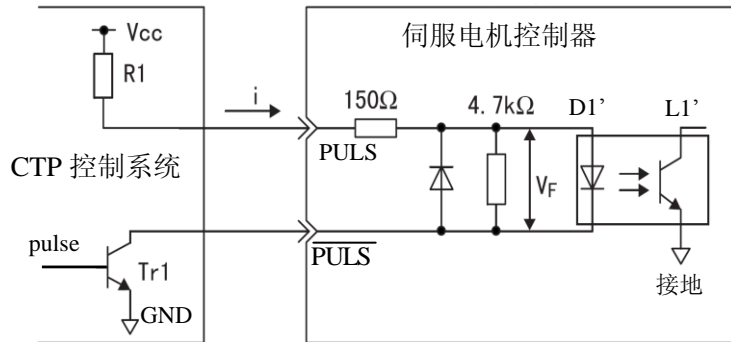


图 3-7 伺服控制器脉冲输入连接示意图

来给第 5 引脚输入模拟电压，模拟电压应控制在 12V 以内。通过输入的模拟电压的改变就可以改变鼓的转速，电压越高，鼓转动的越快。

### 3. 伺服控制器输出信号引脚处理

CTP 控制系统中所用到的伺服电机的输出信号主要有伺服出错报警信号 ALM± 以及位置控制时，定位完成信号  $\overline{\text{COIN}} \pm$ 。上述 2 个信号的处理方式相

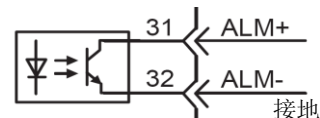


图 3-8 报警信号引脚连接方式图

同，本文以 ALM± 信号处理为例。如图 3-8，报警信号引脚连接方式图所示，正常情况下，报警信号 ALM+ 为高电平，ALM- 接地。当伺服电机出错时，伺服内部光耦导通，ALM+ 为低电平。给 ALM+ 引脚连接上 DG128 的中断引脚，当 ALM+ 从高电平向低电平跳变时，DG128 便会捕捉到该状态，然后通过读取 AL01、AL02、AL03 引脚获取错误代码，做出相应处理动作。

#### 3.5.2 步进电机控制

CTP 控制系统中需要控制两个步进电机：横移电机和调焦电机。横移电机主要是带动光学镜头横向移动，配合鼓高速转动，完成扫描过程。调焦电机的主要功能是实现光学镜头焦距的调整。两个电机采用的电机控制器类似，控制方式也完全相同。步进电机控制器共有 6 对信号引脚(12 个控制引脚)。硬件设计时，每对信号只采用其中一个信号，其它的全部接地。步进电机控制引脚连接如表 3-4 所示。

表 3-4 步进电机控制引脚描述

引脚序号	引脚名称	功能描述	硬件连接
1	脉冲信号	输入信号, 用于提供电机转动所需要的脉冲	连接 DG128 的 PWM 引脚
3	转动方向	输入信号, 控制电机转动方向	开关量控制 1 表示正转; 0 表示反转
5	步距角切换信号	输入信号, 用于切换不同的步距角	开关量控制 1 和 0 切换不同步距角
7	输出电流切断信号	输入信号, 用于提供或切断电机转动时, 需要的电流	开关量控制 1 表示切断电流, 0 表示提供电流
9	电流自动下降解除信号	输入信号, 用于启动或停止电机停止时电流自动下降功能	开关量控制 1 表示禁止电流自动下降功能 0 表示使能电流自动下降功能
11	励磁定时信号	脉冲输出信号, 根据不同步距角, 输出相应脉冲	脉冲输出, 如电机每转动 10 步输出 1 脉冲(系统中未使用该功能)

注: 2、4、6、8、10、12 引脚均接地

### 3.5.3 锁相环电路设计

虽然 DG128 芯片内部带有锁相环模块, 但是考虑到系统所用到的输入脉冲频率较高等因素, DG128 锁相环模块无法满足实际需求, 所以系统采用外接锁相环电路来实现锁相功能。锁相环电路的主要功能是将光栅编码器输入的脉冲经过锁相环处理后, 形成稳定度高、精度高的频率源。

系统采用芯片 NE564、74LS163 以及计数器 8254 来实现锁相环功能。其中 NE564 内部集成了鉴相器、压控振荡器等功能。NE564 周围的电容、电阻组成的电路实现了低通滤波器的功能<sup>[44]</sup>。74LS163 和计数器 8254 实现了反馈分频器功能。CTP 控制系统中的锁相环电路实现框图

如图 3-9 所示。其中, 低通滤波器是由一系列电阻、电容组成的。系统扫描过程中, 鼓高速转动带动光栅编码器, 光栅编码器输入

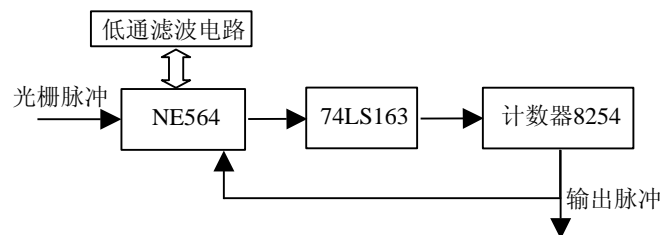


图 3-9 锁相环电路实现框图

脉冲经过 NE564 以及周围电路鉴相、滤波、压控振荡后, 输出给 74LS163, 通过 74LS163 将 NE564 输出的频率进行整形同时将频率进行 9 分频<sup>[44]</sup>供 8254 使用。8254 计数器 0 再将频率根据不同的转速设置分频倍数分频后, 反馈给 NE564, 这样就实现了锁相环功能, 通过延时等待锁相完成后, 将锁相电路的输出脉冲经过 8254 计数

器 2 进行 5 分频后供给横移电机使用, 实现了鼓高速转动时, 横移电机的同步转动, 实现了二维扫描过程。

锁相电路总共有 3 片 8254, 除了上述实现锁相环功能的 8254 外, 其它 2 片芯片的功能就是利用计数器 8254 对锁相环电路的输出脉冲分频, 得到 Line、BIT、TEST 信号供给 USB 发排卡使用。为了实现数据传输的稳定, 系统在锁相电路部分利用差分芯片 3487 将 Line、BIT、TEST 信号差分, 得到 Line $\pm$ 、BIT $\pm$ 、TEST $\pm$  信号, 这些信号的详细作用见第 5 章 USB 发排卡部分。

### 3.5.4 脉冲累加器功能设计

CTP 系统总共有 3 处功能需要使用 DG128 的脉冲累加器功能, 包括: 伺服电机定位、横移电机定位、调焦电机定位。伺服电机定位用于上版、下版、定位平衡块时, 通过给定相应脉冲数目, 驱动伺服电机转动相应角度; 横移电机定位主要用于定位测光点或扫描前找版边过程, 通过给定脉冲数目, 使得电机转动到光电传感器位置或版边位置; 调焦电机定位主要用于调整光学镜头的聚焦位置, 每次调整固定数目脉冲使调焦电机移动约 5 微米。

考虑到节省 DG128 的引脚资源, 系统使用两片 74LS157 来实现 3 路脉冲共用一个脉冲累加器, 使用的是 DG128 的 PT7 引脚脉冲累加器功能。74LS157 是一款 4 路 2 选 1 芯片, 通过 2 选 1 信号进行选择。如图 3-10 为本系统脉冲累加器使用方法: 通过第一片 74LS157 能够进行伺服脉冲与调焦电机驱动脉冲的选择, 然后再经过第

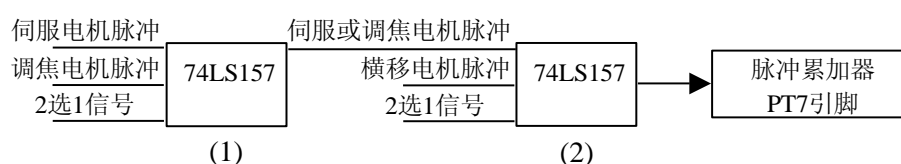


图 3-10 CTP 控制系统脉冲累加器使用方法

2 片 74LS157 可以增加系统对横移电机驱动脉冲的选择, 这样就可以实现对三路脉冲信号中的任意一路脉冲信号进行脉冲计数。最后脉冲连接到脉冲累加器 PT7 引脚上, 然后可以利用 PT7 引脚的脉冲计数功能进行脉冲计数。

## 3.6 硬件系统防干扰设计

电路设计中, 需要重点考虑的是电路的抗干扰能力, 确保硬件电路的稳定性。



作者在系统硬件设计的时候从以下三个方面解决系统的干扰问题。

### 3.6.1 晶振电路的抗干扰

晶振电路是一个很强的噪声源，由于其工作频率高，对系统其它电路容易产生干扰。同时晶振电路也容易受其它电路的干扰。所以，作者在电路板布线时，保证晶振电路部分的走线尽可能短；将晶振电路尽量靠近 DG128 芯片的 EXTAL 引脚；此外，将晶振电路模块铺地。采用上述做法可以尽量增强晶振电路的抗干扰能力。

### 3.6.2 电源电路的抗干扰

考虑到系统中有+5V 电源和+24V 电源，并采用的是共地的接线方式，系统运行过程中很容易由电流的突变产生干扰信号，所以在电源和地之间应该多设电容，用于滤波。一般在电源进入电路板处并入多个几十  $\mu\text{F}$  和  $0.1\sim 1\mu\text{F}$  的电容进行滤波，另外在每块芯片的电源到地之间并联  $0.01\sim 1\mu\text{F}$  的电容。

### 3.6.3 信号线的抗干扰

在系统硬件的调试过程中，很大一部分问题出现在信号干扰上。虽然信号量在数据处理板处已经得到增强，但是从信号处理板到 MCU 之间的信号线也比较长，并且系统运行过程中的电流变化比较大，所以在系统运行的过程中有些关键信号可能会被干扰，例如 MCU 和 PC 之间的串口通信就可能会受到干扰，导致系统程序结果不确定，将控制系统电路和其它电路之间的连线以及串口线全部改为屏蔽线，减少外界的信号干扰。又例如在系统扫描过程中，由于干扰会导致控制系统和 USB 发排卡之间的握手信号会跳变并产生多个毛刺，程序会因此停止当前的扫描工作，制版版材会因此而浪费。所以作者在系统的一些关键的信号线上，采取了添加  $0.1\mu\text{F}$  的电容来过滤毛刺。另外，对于一些握手信号或者同步信号，如 Line、BIT、TEST 信号，作者采用差分得到 Line $\pm$ 、BIT $\pm$ 、TEST $\pm$  信号，这样可以更稳定的收发数据。

## 3.7 硬件设计的难点和体会

由于系统比较复杂，输入、输出信号繁多，在设计 CTP 控制系统的过程中遇到了很多问题和困难，如上述的信号干扰问题、对伺服控制器的控制方式的不熟悉等

等。在解决这些问题的过程中，作者也积累了很多宝贵的经验，对以后的学习过程提供了解决问题的思路和方法。硬件设计之初，难免会出现一些考虑不足的地方，除了抗干扰问题的解决方法外，作者在项目过程中，还总结到以下几点：

(1) 在针对一个硬件模块硬件设计的过程中，应该反复仔细阅读相关技术文档和参考资料，直到全面掌握该硬件模块的连接方法后才可以进行电路板设计制作。

(2) 需求分析过程中，一定要按照面向对象的硬件设计思想，针对模块、针对输入输出进行硬件分析，该思想可以避免信号分配混乱和设计出错。此外，输入输出设计时应该多预留几个 I/O 口，方便以后硬件的添加与修改。

(3) 在制作 PCB 板的布线过程中，应该在电路板上设置相关测试点，如晶振或者电源线测试点等，可以方便检测。另外，一些重点信号线上可以接上显示小灯，可以比较直观的查看到系统运行的进度和状态。

### 3.8 本章小结

本章首先采用面向硬件对象的系统设计方法，对 CTP 系统进行输入和输出分析，并结合主控芯片性能要求，选取了 Freescale 公司的高性能 16 位芯片 DG128 为主控芯片；另外，针对系统的功能需求对其它外围芯片作出了选择，例如美国德州仪器公司的 12 位 A/D 转换芯片用于采集输入信号量以及具有 I<sup>2</sup>C 接口的温度传感器 LM75 获取环境温度等等。硬件的选型完成之后，紧接着对 CTP 系统的输入输出进行硬件设计，输入部分将开关量当作模拟量，采用了 TLC2543 对 42 路系统输入信号的采集；利用锁存器 74HC373 实现了输出口扩展电路，满足了系统 49 路开关量输出的要求。然后本章对 CTP 系统主要的功能模块进行硬件设计，包括伺服电机控制电路、步进电机控制电路、锁相环电路以及脉冲累加器。其次，总结出 CTP 系统产生硬件干扰的三个主要方面为晶振电路、电源电路、信号线部分，并通过铺地、加屏蔽线等措施成功的解决了 CTP 系统的硬件干扰问题，为控制系统的稳定运行提供了保障。本章最后总结了硬件设计中的难点以及体会，对以后的学习工作提供了很大的帮助。

## 第四章 CTP 控制系统软件设计

第三章中主要讲述了 CTP 控制系统的主要功能模块与相关的硬件设计。本章开始分析整个系统的软件设计和实现过程。本章先给出了软件的总体设计，在此基础上对系统模块化分割和设计。然后分析了 CTP 系统的主要工作，其中包括初始化、上版、下版流程等，并根据工作流程给出了程序设计实例和 CTP 功能稳定性提高方案。本章还对 PC 方程序主界面、横移电机测试和伺服电机测试界面做了简单的功能描述。最后给出了软件设计和调试过程中遇到的问题。

### 4.1 软件总体设计

CTP 控制系统的软件设计可以分为 2 个部分：主控芯片方程序以及 PC 方界面程序设计。主控芯片方程序是使用 C 语言在 CodeWarrior V4.6 环境下编写完成的，主要实现以下功能：

(1) 系统中光电开关、微动开关、光电传感器等信号量和模拟量的采集。

(2) 系统对执行件的控制，包括对直流电机、电磁铁等执行件的控制；对伺服电机、步进电机的控制程序的实现。

(3) 系统参数的设定。从 PC 方接收系统参数，包括用户参数和固定参数。用户参数主要指与版材类型相关的参数，如上版找版首脉冲数目、下版找版首脉冲数目、版长、板宽等等。固定参数主要指与系统安装的一些器件相关的参数，如版首距离测版长传感器距离，版首夹和零点之间的距离等。

(4) CTP 进行制版的主要流程的实现。包括初始化流程、上版过程、扫描过程、下版过程、平衡块寻找与调整过程等等。

PC 方界面程序是在 Microsoft Visual Studio VB.net 环境下完成，主要功能包括系统运行时用户参数和系统固定参数的设置，如扫描版材的类型选择、每一种版材长度、宽度、厚度等设置、鼓转速调整以及焦距的调节参数设置等等；还包括对各部分功能部件单步调试的控制界面；该界面下还能显示系统状态，如果出错及时显示系统错误代码等等。

## 4.2 MCU 方程序总体设计

MCU 方程序设计包括 MCU 基本硬件对象的程序设计和 CTP 功能模块以及工作流程程序设计。表 4-1 为整个 CTP 软件设计的工程文件列表。

表 4-1 工程文件列表

类型	源程序名	功能
主控芯片相关程序文件	S12_c.h	对 DG128 映像寄存器名进行定义
	MCUinit.c	对芯片进行初始化, 包括对定时器设置
	isr.h	中断处理子程序与中断向量表头文件和实现文件
	isr.c	
基本硬件对象文件	P8254.h	计数器 8254 头文件与实现文件
	P8254.c	
	TLC2543.h	A/D 采集模块头文件与实现文件
	TLC2543.c	
	DA.h	D/A 模块头文件与实现文件
	DA.c	
	PWM.h	PWM 模块头文件与实现文件
	PWM.c	
	HC373.h	输出口扩展电路头文件与实现文件
	HC373.c	
	I2C.h	I <sup>2</sup> C 模块头文件与实现文件
	I2C.c	
PA.h	脉冲累加器头文件与实现文件	
PA.c		
通信文件	SCI.h	串口收发模块头文件与实现文件
	SCI.c	
命令字处理文件	DoCmd.h	命令处理头文件与实现文件, 包括用户参数、固定参数赋值
	DoCmd.c	
CTP 功能模块文件	RecFoc.h	横移电机和调焦电机头文件与实现文件
	RecFoc.c	
	ServoPro.h	伺服电机头文件与实现文件
	ServoPro.c	
	Excute.h	执行件执行头文件与实现文件
Excute.c		
CTP 功能流程文件	Banpins.h	平衡块定位、调整头文件与实现文件
	Banpins.c	
	Flow.h	CTP 流程头文件与实现文件, 包括上版、下版、联机、自检、预处理 1 等流程
	Flow.c	
	ErrSolute.h	上版、下版过程中出错处理头文件和实现文件
ErrSolute.c		
通用功能实现文件	GeneralFunc.h	通用函数, 包括延时函数、移位函数等
	GeneralFunc.c	
其它文件	DataType.h	类型定义头文件
主函数文件	Main.c	程序入口, 完成初始化工作后, 进入主循环

### 4.2.1 基本硬件对象模块设计

根据模块化嵌入式软件设计思想, 底端驱动软件按照硬件模块的划分主要可以

分为以下九个部分：A/D 采集模块、输出口扩展电路、计数器 8254 配置模块、PWM 模块、脉冲累加器模块、D/A 转换模块、定时器模块、串口通信(Serial Communication Interface, SCI)模块以及 I<sup>2</sup>C 模块。由于篇幅原因，本文只详细讲述计数器 8254、I<sup>2</sup>C 模块、PWM 模块以及脉冲累加器模块的具体实现过程，其它的基本硬件模块软件设计将不一一描述。

### 1. 计数器 8254 程序设计

锁相电路模块的控制主要是对计数器 8254 的操作。CTP 控制系统中利用到的 8254 的功能是进行分频和计数，对不同的鼓转动速度要设定不同的 8254 计数初值。8254 的 3 个计数器和控制寄存器分别具有独立的编程地址，而且控制字的内容也确定了是对哪个计数器的控制，对 8254 的编程必须严格遵守以下两点：

第一，对某个计数器设置计数初始值前，必须先对其设置控制字。写入的控制字，可以选择计数器、计数器的工作方式(共 6 种工作方式)、计数器的计数方法(是按十进制还是按二进制)以及访问计数器的读/写方法等。

第二，设置的计数初值要符合控制字中的格式规定。即只写低位字节，还是只写高位字节，或者高、低位字节都写(分两次写，先低字节后高字节)。

对 8254 的三个计数器的选择和操作的方法见表 4-2 所示。

表 4-2 8254 计数器选择和操作

$\overline{CS}$	$\overline{RD}$	$\overline{WR}$	A1	A0	计数器选择和操作
0	1	0	0	0	写计数器 0(计数初值)
0	1	0	0	1	写计数器 1(计数初值)
0	1	0	1	0	写计数器 2(计数初值)
0	1	0	1	1	写控制字
0	0	1	0	0	读计数器 0(计数值)
0	0	1	0	1	读计数器 1(计数值)
0	0	1	1	0	读计数器 2(计数值)
0	0	1	1	1	无操作，高阻态
1	×	×	×	×	未选中 8253，高阻态

控制系统锁相电路设计中使用的是 8254 芯片的计数器 0，根据不同的转速写入不同的计数初值用于分频。首先写入控制字 0x16，表明选择计数器 0，读写方式是只写低 8 位，工作方式选方式 3。然后就可以写入计数初值。写控制字的方式见表 4-2 所示，首先片选该 8254，然后给  $\overline{RD}$  高电平， $\overline{WR}$  低电平，A0 和 A1 赋高，按

上述方法就能给 8254 写控制字。对计数器赋初值的方法以及读操作方法类似。

## 2.I<sup>2</sup>C协议程序实现

I<sup>2</sup>C 协议的实现主要是用于对温度传感器 LM75 温度的获取。由于 LM75 上电后，其地址寄存器默认指向温度数据寄存器，所以直接对 LM75 进行操作即可。根据第二章中对 I<sup>2</sup>C 协议的分析，程序主要流程为：首先 DG128 的 I<sup>2</sup>C 模块为主机，并先设置为发送模式，主机发送开始信号给 LM75，接着通知 LM75 发送数据，然后主机等待 LM75 应答。如果成功，则主机改为接收模式，便可以接收 2 个字节的温度值。结束之后，主机转为发送模式并发送停止信号，一次 I<sup>2</sup>C 通信成功。

## 3.PWM模块的实现

系统中的伺服电机、横移电机和调焦电机需要使用 DG128 的 PWM 功能。PWM 模块产生的脉冲可用于伺服电机的精确定位，也可以被调焦电机用来调整光学镜头的焦距，另外还可用于横移电机找版边操作或调光时定位测光点。

DG128 的 PWM 模块的实现比较简单，只需要先配置 PWM 时钟源、进行通道极性选择、通道输出方式选择以及清通道计数器，然后设置该通道的周期与占空比，最后使能该通道即可实现 PWM 输出。

## 4.脉冲累加器模块的实现

脉冲累加器模块主要用来计数伺服电机、横移电机和调焦电机的驱动脉冲的数目。该模块的实现也比较容易，首先设置 TIOS 寄存器的第 7 位为 1，表示脉冲累加器为 16 位累加器。然后配置 PACTL 寄存器，设置脉冲累加器的计数方式为上升沿计数，不允许累加器溢出中断和上升沿中断；最后使能脉冲累加器。在程序使用到脉冲累加器时，只需要设置 PACTL 寄存器的第 6 位为 1 就可以启动脉冲累加器，并通过读取 PACA 寄存器就可以获知当前脉冲累加器捕捉到的脉冲数目。

### 4.2.2 CTP 功能模块和 workflow 软件设计

如图 4-1 所示，系统经过 MCU 和模块初始化之后进入主循环，等待 PC 从串口发来的命令字，命令字总共为 26 个字节。首先通过判断这 26 个字节是否为正确的命令字，如果不是，则一次命令处理结束。判断命令字的方法是：检测第 24 个字节的值是否是第 3 个字节到第 23 个字节之间的所有值的异或值，如果相等则表明命令

字正确；反之，说明命令字不正确。然后通过判断第三个字节数据的值，得出系统下一步的动作，主要分六种情况，分别为：用户参数设置、固定参数设置、功能模

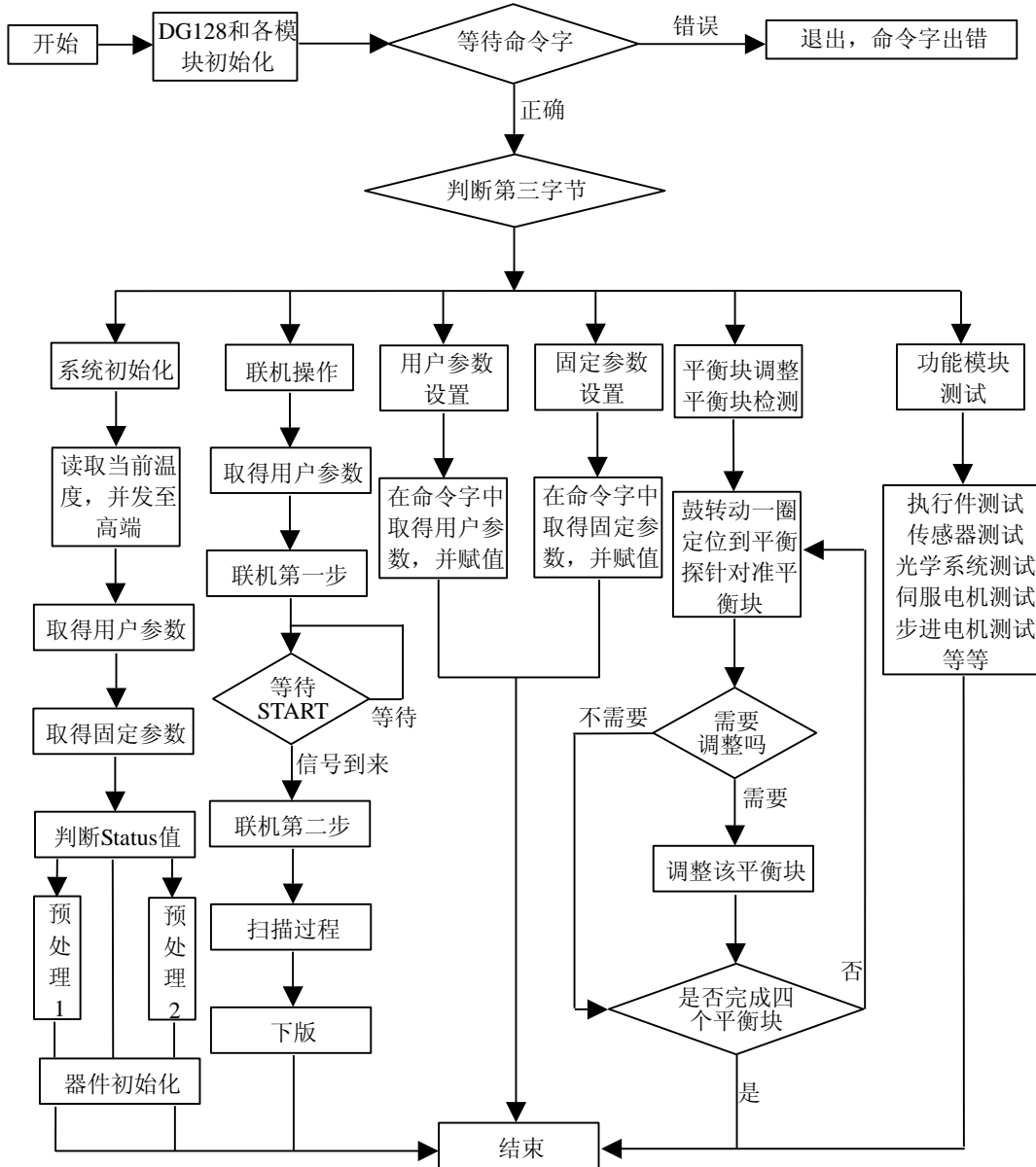


图 4-1 MCU 工作流程示意图

块的测试、系统初始化流程、联机操作流程、平衡块的调整。这 6 种情况执行完毕，则一次命令字处理流程结束，MCU 等待下次命令字到来。

用户参数和固定参数的设置相对比较简单，主要是在接收到具体参数值后，将值赋予程序中开辟的全局变量即可。

## 1. 功能模块的软件设计

功能模块的软件设计主要是实现系统功能模块的测试程序，如执行件测试、传感器测试、伺服电机测试、步进电机测试和光学系统测试。

(1) 执行件测试：可以实现对所有的直流电机、电磁铁或者继电器测试，让它们能够单步执行相应动作，该部分主要是通过对锁存器的操作来完成的。下面列出各个执行件的驱动函数，见表 4-3 所示。执行件动作启动和停止是通过相应传感器的状态判断电机是否执行到位，如果执行到位，则停止电机。

表 4-3 执行件驱动子函数列表

文件名	函数名	功能	参数
Excute.c	void PlateOrientS(INT8U i,INT8U j)	挡板开闭电机函数	i 表示电机停止或转动；
	void ClampCamM(INT8U i,INT8U j)	凸轮电机函数	
	void ClampArmMH(INT8U i,INT8U j)	H 端机械手电机函数	
	void ClampArmMA(INT8U i,INT8U j)	A 端机械手电机函数	
	void SqzeRollerM(INT8U i,INT8U j)	压辊电机函数	j 表示电机正转或反转
	void ClmpBoltM1(INT8U i,INT8U j)	A 端锁紧器电机函数	
	void ClmpBoltM2(INT8U i,INT8U j)	H 端锁紧器电机函数	
	void BalancPinMA(INT8U i,INT8U j)	A 端平衡探针电机函数	
	void BalancPinMH(INT8U i,INT8U j)	H 端平衡探针电机函数	i 表示继电器是否上电
	void BlowerDrumM(INT8U i)	鼓抽气泵继电器函数	
	void BlowerGasM(INT8U i)	激光头吹气泵继电器函数	
	void CompGasM(INT8U i)	激光头抽气泵继电器函数	

(2) 传感器测试：可以采集整个系统中的光电开关、微动开关、各种传感器状态。系统共 4 片 TLC2543，经过 A/D 采集程序得到的采样值的大小，可以检测到所有的传感器、光电开关、微动开关的状态。传感器测试子函数如表 4-4 所示。

表 4-4 传感器测试子函数列表

文件名	函数名	功能	参数
TLC2543.c	void TLC2543(INT16U cs,INT8U channel,INT8U *buf)	单通道 A/D 采集函数	cs 为片选信号 channe 表示通道选择 buf 存放采样值数据
	void ADCN(unsigned char cs,INT16U *ADValue,INT8U time)	11 路 A/D 采集函数	cs 为片选信号 ADValue 存放采样值数据 time 为采样次数

(3) 光学系统测试：该部分主要功能是对 32 路激光头进行光强检测与调整。检



测的方法主要是将横移电机移动到测光位并打开激光器电源，然后对光强传感器进行 A/D 采集，通过采集回归的数据量可以知道光强的大小；调整光强的方法是 MCU 输出脉冲给 LD 驱动电路中的数字电位器，通过这种方法可以改变电位器阻值，同时光强根据阻值的改变而改变。每一路激光头都对应一个数字电位器，这样就能够对 32 路光强做出调整。光学系统测试子函数如表 4-5 所示。

表 4-5 光学系统测试子函数列表

文件名	函数名	功能	参数
LightT.c	void AuAdjustLight(INT8U i)	自动调光功能函数	i 表示是否需要回到测光位
	void AuTstLight(INT8U i)	自动测光功能函数	

#### (4) 伺服电机测试：

伺服电机主要完成的功能如下：

1) 主要功能是实现伺服状态的改变，如可以改变  $\overline{\text{SON}}$  和  $\overline{\text{PCON}}$  等状态输入引脚上的值。该部分功能实现比较简单，只需要给相应的脚赋高低电平即可。通过伺服控制器上的显示屏，可以看出输入状态信号是否控制正确。

2) 可以实现主要流程的单步执行，如单步上版操作，单步下版操作等，单步上版和单步下版的流程如第二章中图 2-2 所示，单步过程中最重要的就是鼓的定位过程，鼓定位主要是先转到参考零点位置(光栅编码器的零点位置)，然后鼓再转动一定的脉冲，实现脉冲定位；例如，上版找版首的脉冲数目为 1057 个脉冲，则鼓转动到参考零点位置后，再转动 1057 个脉冲便能定位到上版版首位置。

3) 可以单步执行鼓的高速转动，鼓转速共分 5 档：300r/m、450 r/m、600 r/m、750 r/m、900 r/m。表 4-6 为伺服电机的一部分测试函数列表。

表 4-6 伺服电机的部分测试子函数列表

文件名	函数名	功能	参数
ServoPro.c	void ServoInit(void)	伺服控制器初始化函数	无
	void DrumBrake(INT8U i)	鼓刹车处理函数	i 表示是否刹车
	INT8U DrumRoll(INT8U i)	鼓高速转动函数	i 表示鼓转速
	INT8U LWFind(void)	鼓找零点子函数	无
	INT8U DrumPos(INT16U pulse,INT8U i,INT8U j)	鼓定位函数	pulse 表示需要转动的脉冲数 i 表示鼓能否转动 j 表示鼓转动方向

(5) 步进电机测试：分为 2 个步进电机的测试，横移电机和调焦电机。主要指

测试 2 个步进电机的单步运动，如加速前进、加速后退、复位等功能。另外还有单步移动 N 个脉冲的功能，即使用脉冲累加器功能对步进电机的驱动脉冲进行计数，如果达到预期脉冲值则停止驱动脉冲。步进电机的测试子函数列表如表 4-7 所示。

表 4-7 步进电机测试子函数列表

文件名	函数名	功能	参数
RecFoc.c	void RecInit(void)	横移电机初始化设置函数	无
	void FocInit(void)	调焦电机初始化设置函数	无
	void FocCW(void)	调焦电机转动方向设置函数	无
	INT8U RecCW(void)	横移电机转动方向设置函数	无
	INT8U RecArc(void)	横移电机加速转动函数	无
	void FocMove(INT16U pulse)	调焦电机转动 N 脉冲函数	pulse 需要转动的脉冲数目
	void PlateCal(INT8U time, INT16U pulse)	横移电机转动 N 脉冲函数	time*pulse 为需要转动的脉冲数
	void RecReset(void)	横移电机复位函数	无
	void FocReset(void)	调焦电机复位函数	无

## 2. 系统初始化流程

在第二章中 CTP 工作流程介绍所说，系统上电之后需要执行器件初始化，而器件初始化之前必须将系统调整至正常状态。如果上次系统出错关机，则本次系统必须先执行预处理 1 或者预处理 2，处理因系统上次联机操作过程中出现不可恢复的错误而引起的非正常关机，在系统处于正常工作状态后，才能初始化器件。

系统初始化流程如图 4-1 中所示，系统取得当前温度发送回计算机，并在取得用户参数和固定参数后，程序需要判断 Status 标志字节的值，如果 Status 为 1，则系统需要执行预处理 1 动作；如果 Status 为 2，则系统需要执行预处理 2 动作；如果 Status 为 3，表明系统上次正常关机无需预处理操作。之后，系统便可以执行器件初始化操作。

### 1) 预处理 1

预处理 1 主要分 2 种情况。第一种情况：在联机上版操作过程中，如第二章的图 2-2 所示，当 START 按钮按下，凸轮抬起，鼓转动执行找版尾操作。从鼓开始转动到上版流程结束，在此过程中，如果某个部件动作出现不可恢复的错误，如电机损坏、传感器失灵等，则认为 Status 为 1；第二种情况为下版流程中，当机械手抬起，鼓转动执行找版首操作。从鼓转动到下版流程结束前，在这段时间过程中，如

果某部件出现不可恢复的错误，则也认为 Status 为 1。预处理 1 流程见图 4-2 左边部分。

### 2) 预处理 2

预处理 2 过程相对比较简单，预处理 2 错误只出现在扫描过程中。在扫描过程中，如果出现 USB 发排卡通信不成功或者由于系统断电等情况下，就会中断扫描过程，这种情况下认为 Status 为 2。而预处理 2 的过程比较简单，只需要执行单步的下版流程即可。

### 3. 联机操作流程

联机操作首先进行的就是上版流程，然后进行扫描过程，扫描结束后进行下版操作，一次联机流程结束。扫描流程见图 4-2 右边部分流程。

在联机操作中，重要的一步就是对上、下版过程中出现的可恢复的错误处理，此处的可恢复是指用软件可以实现的出错处理，可恢复性错误处理主要是将前一段系统运行的动作还原操作。

#### 1) 上版过程中的可恢复性错误处理

上版过程中如果出现可恢复性错误，主要的处理思想是将动作恢复，能够将印版取出。例如，从凸轮转到版尾的时候，由于定位问题导致机械手压下出错，此时程序需要做出错误处理，即还原前一部分的工作。首先将机械手抬起，然后鼓反转至凸轮处，凸轮电机压下，压辊抬起，此时可以选择重新上版或者停止上版；再比如机械手压下后，锁紧器去终点出错，此时同样需要还原操作，将锁紧器回起点，然后

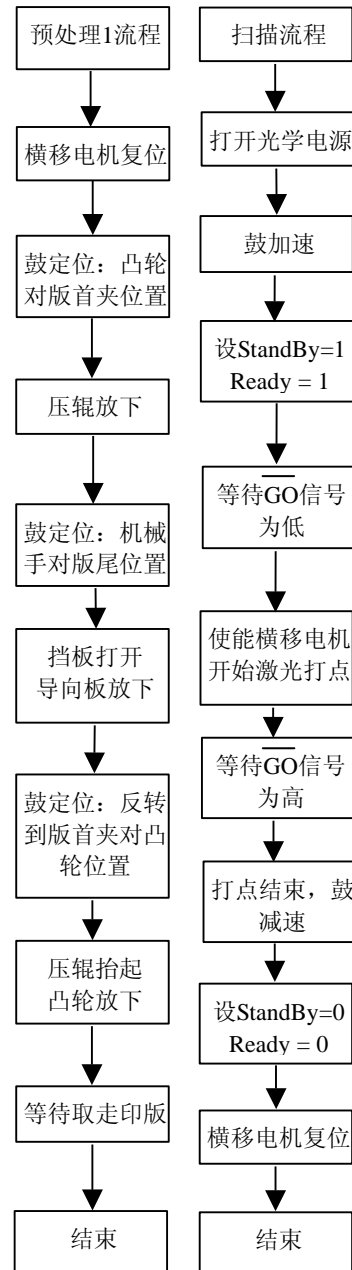


图 4-2 预处理 1 流程和扫描流程示意图

执行上述机械手压下出错的错误处理过程。

## 2) 下版过程中的可恢复性错误处理

下版过程中导致出错的原因主要是由下版找版尾定位的不准确引起的，定位的不准会导致机械手压下失败或者锁紧器回起点失败。对这两种情况的处理办法是重新定位找版尾，如鼓定位找到版尾后发现机械手无法压下，此时将机械手抬起，鼓重新转动并定位版尾位置。锁紧器出错处理方法类似，只需将锁紧器锁紧回终点，机械手抬起后重新定位。如果连续 3 次重定位不成功，则需要报错，置状态字 Status 为 2，等待人工处理。

## 4. 平衡块的定位与调整

系统每次上电初始化过程中必须进行平衡块的检测。当版材类型的发生改变时，CTP 系统需要重新调整平衡块。

### 1) 平衡块的检测和定位

在器件初始化过程中，需要进行平衡块的检测，检测 4 个平衡块是否在位。四块平衡块分别位于鼓的两侧，A 端和 H 端各两个，靠近参考零点位置的平衡块为第一块，远离零点位置的为第二块。A 端和 H 端的平衡块是完全对称的，位置也相同。以 A 端为例，软件定位平衡块的过程如下：首先从用户参数命令字中读到 A 端平衡块相对于零点的脉冲数目，并使鼓转动相同的脉冲数目停止，然后检测平衡块是否在该位置；如果在，则重新转动鼓寻找 A 端第 2 个平衡块；H 端平衡块以同样的方法寻找。

如果在指定的位置没有检测到平衡块，则需要执行寻找平衡块的过程。该过程为：先让鼓转动，然后当鼓达到零点位置时开始记录驱动脉冲数，同时检测有无平衡块。如果检测到有平衡块，则记录的脉冲数便是该平衡块的位置值，然后再将该平衡块调整至正确的位置。

### 2) 平衡块的调整

如果用户改变了版材类型的时候，为了保证当版材被夹到鼓表面上时，鼓表面上四周的重心能够保持平衡，系统就必须调整执行平衡块。首先读取平衡块的位置参数，执行平衡块的检测和定位过程，定位成功后，鼓停止，然后利用探针移动该

平衡块到新的位置。如此重复 4 次，可以将四个平衡块全部调整到位。之后，除非用户重新改变了版材类型，否则系统不再进行平衡块位置调整。

平衡块位置调整的情况如图 4-3 所示，共有 4 种可能的情况。图中最大的圆环为鼓的横截面。

平衡块调整程序算法如下：现在以 A 端平衡块调整为例，鼓每转一圈调整一个平衡块，所以 A 端平衡块的调整需要转动鼓 2 圈。此外，假定第一块平衡块距离零点的距离为  $N1$  脉冲；第二块平衡块距离零点的距离为  $N2$  脉冲。两块之间的间隔相差  $M$  个脉冲，即  $N1+M=N2$ 。另设平衡块的新位置为  $P1$  和  $P2$ ，那么平衡块的移动分以下 4 种情况。

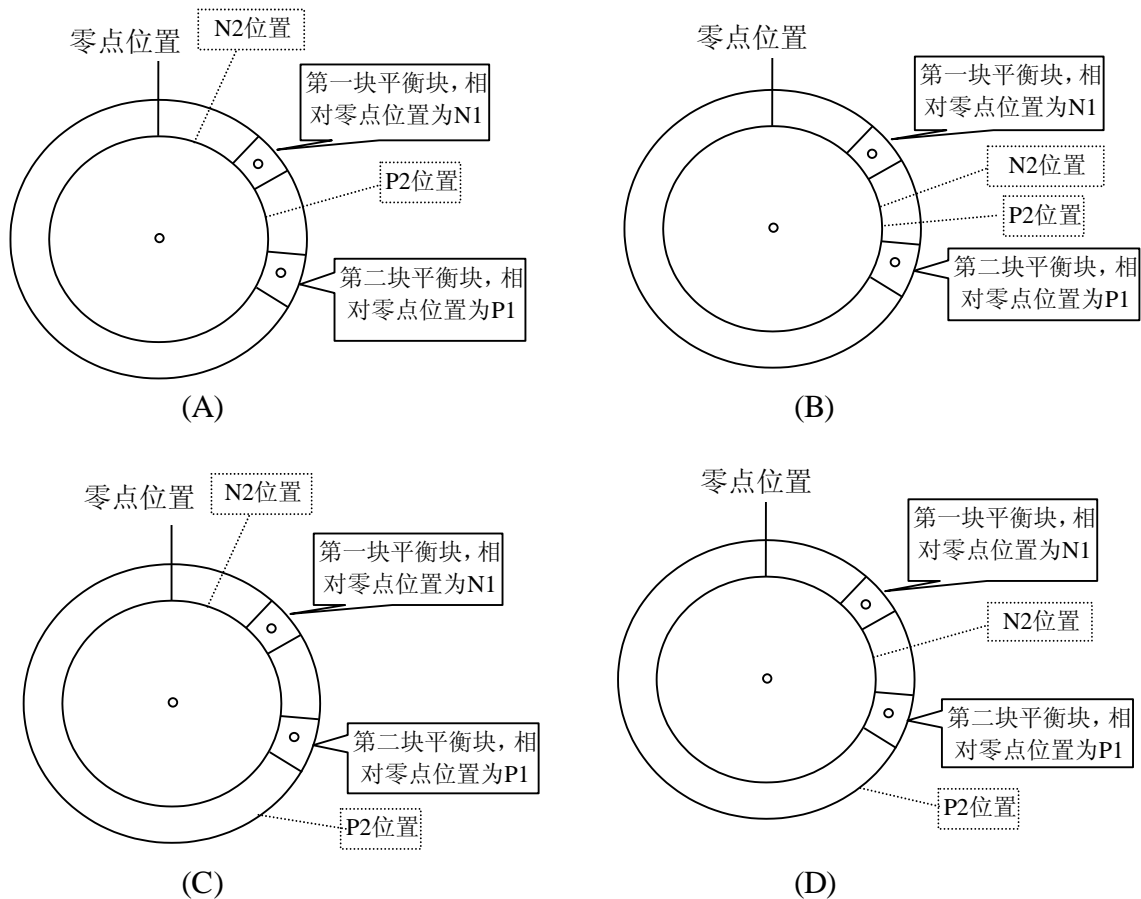


图 4-3 平衡块调整四种情况

(1) 2 个平衡块均向零点方向移动，此时  $N1 > N2$ ， $P1 > P2$  且  $P2 > N2$ 。平衡块调整第一种情况如图 4-3 A 所示。

(2) 2 个平衡块互相靠近移动，此时  $N2 > N1$ ， $P1 > P2$  且  $P2 > N2$ ，平衡块调整第二

种情况如图 4-3 B 所示。

(3) 2 个平衡块朝互相远离的方向移动, 此时  $P2 > P1$ ,  $N2 < N1$ , 平衡块调整第三种情况如图 4-3 C 所示。

(4) 2 平衡块都朝远离零点方向移动, 此时  $P2 > P1$ ,  $N2 > N1$ , 且  $P2 > N2$ , 平衡块调整第四种情况如图 4-3 D 所示。

控制系统从调整平衡块位置的命令字中读取平衡块的新位置的脉冲数与原有位置的脉冲数, 根据上述 4 种情况的描述, 得出新位置适合上述四种情况中的哪一种, 并且调整平衡块时要确保不能将另一块平衡块移动, 否则下次调整将无法定位到该平衡块。综合上述两个原则, 确定平衡块的移动顺序以及鼓转动的方向。

假定图中鼓顺时针转动为正转, 逆时针转为反转, 以上述第一种情况下的 A 端平衡块位置调整为例。首先应该调整第一个平衡块, 此时如果先调整第二块平衡块, 当  $P2 < N1$  时, 就有可能将第一块的位置移动, 并导致无法定位第一块平衡块。首先鼓转动到平衡探针对平衡块的位置, 探针插入平衡块中, 然后鼓反转  $(N1 - N2)$  个脉冲到  $N2$  的位置后, 拔出平衡探针, 则一次调整完成。鼓转第 2 圈定位到第 2 个平衡块, 平衡探针插入平衡块鼓反转  $(P1 - P2)$  个脉冲到达  $P2$  位置。这样就完成了 A 端 2 个平衡块的位置调整, 以同样的方式可以调整 H 端的 2 个平衡块。其它三种情况调整下的方式与此都类似。

### 4.3 MCU 方程序设计中的难点

CTP 控制系统的主要难点在于如何解决控制系统功能稳定性问题, 即要确保在上、下版的过程中的动作的稳定性, 这也是国内 CTP 厂商面临的主要困难之一。除了上一章中提到的在硬件设计方面采用抗干扰技术来提高系统运行稳定性的方法外, 还可以从软件设计的角度进一步调高系统运行的稳定性。下面给出了在软件设计中的 2 个着手点:

- 1) 鼓定位的准确性;
- 2) 执行件动作的稳定性;

另外, 为了能够使 CTP 系统的性能更好、运行更稳定, 则必须解决的另一个难点便是横移电机的复位。

### 4.3.1 上、下版过程稳定性问题解决方法

上、下版过程中的稳定性问题解决主要从两方面考虑：鼓定位精度和执行件的动作稳定性。

#### 1) 鼓定位的精度

鼓定位的准确性要求比较高，通常误差不能超过 1 毫米，否则上版、下版中的机械手压下的过程便不能顺利执行。所以设计过程中使用了 DG128 芯片的脉冲累加器功能，当驱动脉冲数目达到预定的数目则停止脉冲发送，然后等待伺服电机的定位完成  $\overline{\text{COIN}}$ +信号，这样可以使鼓基本定位在预计的位置。此外，还得考虑在鼓正转和反转过程中，电机皮带所引起的定位误差。实际实现过程中，经过多次测试，对系统鼓定位采取了补偿误差的方法，基本实现了鼓的精确定位。

#### 2) 执行件动作过程中的稳定性

CTP 系统中的机械手、凸轮等执行部件在实际使用过程中，需要对传感器状态进行信号采集和判断，但是如果传感器损坏导致传感器状态未知，这会对执行部件的执行有很大的影响，比如动作超程会将一些器件损坏，产生严重后果。此时，就需要对这些执行件的执行加入保护措施，作者采用定时器中断的方式。如果在规定的时间内，执行件没有执行预定的动作或者没有运行到指定的地点，则终止该执行件的动作，并进行错误判断和处理，无法处理时则报警进行手动处理。

通过上述两个方法，上、下版过程遇到的两个难点基本得到解决，CTP 能够实现整个制版功能的稳定运行。即使出现定位错误，系统也能够通过多次鼓定位的方法找到准确的位置。而对执行件的定时保护确保了执行件能够在规定的时间内尽可能的安全运行，延长了器件的工作寿命。

### 4.3.2 横移电机的复位

在 4.2.1 节中，本文指出横移电机需要使用 PWM 模块用于找版边以及定位测光点。而横移电机的另一个需要实现的重要功能就是扫描流程中激光打点完成后的横移电机复位过程。考虑到 CTP 系统的性能，横移电机的复位必须在最短的时间内回到电机起点，即横移电机必须以最快的速度复位。但是，横移电机的固有属性以及 CTP 的性能问题导致 PWM 模块无法有效的实现横移电机快速复位过程。因为横移

电机的启动频率约 14KHz，而最大接收频率为 150KHz，这就使得横移电机无法以大于 14KHz 的频率启动。所以，程序只能从 14KHz 慢慢递增至 150KHz，从而实现横移电机的加速复位过程。如果采用 PWM 模块实现，只能通过减小 PWM 通道的周期的方式来逐步提高脉冲频率。

程序中设置 PWM 模块通道 7 为输出正极性以及脉冲中心对齐，即 `PWMIint(7,1,1)`。配置 `PWMPRCLK = 0x37`，通道 7 时钟源为总线时钟 8 分频。然后设置 `PWMSetting(7,250,125)` 并使能通道 7，这样到达横移电机处的脉冲约为 10KHz。在低频阶段，使用减少 PWM 通道周期值可以很好的实现脉冲频率的增加。在 10KHz 后，紧接着设置 `PWMSetting(7,166,83)`，此时的频率为 15KHz 左右。为了横移电机的驱动脉冲更好的加速，系统此时将 `PWMPRCLK = 0x27`，即通道 7 时钟源为总线时钟 4 分频，该情况下可以将横移电机驱动脉冲提高到 40KHz；同样的方法，配置通道 7 时钟源为总线时钟 2 分频，可以将驱动脉冲提高到 80KHz。最后，设置通道 7 时钟源为总线时钟 1 分频，此时设置 `PWMSetting(7,250,125)` 约 85KHz。然后程序每次对周期值减 1，并赋予很少时间的延时，当 `PWMSetting(7,125,63)` 的时候，驱动脉冲可达 145KHz。

经过反复测试，横移电机的复位过程通过上述的方式，将频率变化间隔时间减少到最低，从而每次频率的递增的幅度减少到最小。尤其是在高频阶段，由于频率变化次数多，每次频率变化之间的延时时间比较少，真正实现脉冲频率从 10KHz 平滑的递增至 145KHz，横移电机的复位加速过程可以在几秒内完成，如果从最远端向起点复位，整个横移电机复位过程将在 15 秒内完成，大大提高了 CTP 系统性能。

#### 4.4 PC 方程序设计

PC 方程序的主要功能是提供给用户操作界面，进行用户参数和固定参数的设置和修改、给出进行联机操作或者部件测试的命令等等。另外，PC 方程序需要接收 MCU 返回的信号，一般为系统状态信息，如系统出错代码或者系统运行状态码，PC 对返回信号进行显示处理。



#### 4.4.1 PC 方程序命令字安排

##### 1. MCU 与 PC 通信的可靠性设计

PC 方提供操作界面，将命令封装成 26 字节的数据包。首先，需要解决的问题是如何确保命令字能够准确地被 MCU 接收。在第三章，作者讲述了用屏蔽线来增强串口线信号，下面将从软件设计方面来讲述如何确保命令的准确发送和接收。

首先，在 PC 方程序设计时安排好命令字，在命令字数据包的头 2 个字节和最后 2 个字节增加通信校验字节，设计分别为 0x86、0x85 和 0x84、0x83。然后将第 3 个字节到第 22 个字节的值进行异或并赋给第 23 个字节。MCU 在接收到命令字之后需要先进行命令字判断，首先判断头 2 个字节和最后 2 个字节是否为 0x86、0x85 和 0x84、0x83，如果不相等则表明命令字出错。随后再判断第 23 个字节是否为第 3 字节到第 22 字节的异或值，如果不相等则同样表明命令字不正确。对于不正确的命令字，MCU 则不进行命令字响应。如果命令字正确，则 MCU 返回握手信号 0x80、0x81 告知 PC 方程序命令字正确。

MCU 对于需要返回的信息同样进行封装处理，返回信息为 2 个字节返回代码，在一个字节的错误码或者状态码前面添加 0x60 进行校验字节。PC 通过串口接收中断程序接收到返回信息后，如果第一个字节为 0x60，则根据下一个字节的值来判断返回的信息内容。否则，PC 方程序不处理该返回信号。

##### 2. 主要命令字安排

命令字的安排中，固定参数和用户参数的安排最为复杂、最为重要，本节主要介绍固定参数和用户参数的安排。鉴于功能部件命令安排比较简单，只需要对第 3~7 字节进行合理分配即可，详细部件测试命令字安排见附录 D。

固定参数和用户参数是通过 Microsoft Access 数据库保存在 PC 内，当需要发送参数时，PC 方程序从数据库表中取得相应的参数数据后，可以通过命令字将参数发送。固定参数修改命令字安排如表 4-8 所示，用户参数修改命令字如表 4-9 所示。

如果第 2 个字节值为 0x01，则表明命令为固定参数修改；如果第 2 个字节为 0x02，则表明命令为用户参数修改。MCU 通过读取后面字节的数据便能获得相应参数值。

表 4-8 固定参数修改命令字表

字节序号	内容	字节数	说明
0~1	握手信号	2	0x86、0x85
2	修改固定参数标志	1	0x01
3~4	鼓定位脉冲	2	固定参数值
5~7	RH 测光位	3	
8~10	RH 找版边	3	
11~12	调焦标准点	2	
13~14	测版长, 版首距离传感器位置	2	
15~16	标准压力值	2	
17~22	填充字节	6	
23	校验字节	1	第 3 字节到第 22 字节的异或值
24~25	握手信号	2	0x84、0x83
总计		26	

表 4-9 用户参数修改命令字表

字节序号	内容	字节数	说明	
0~1	握手信号	2	0x86、0x85	
2	修改用户参数标志	1	0x02	
3~4	版材宽度	2	用户参数值	
5~6	版材长度	2		
7	版材厚度	1		
8	制版机扫描转速	1		
9~10	上版版尾脉冲	2		
11~12	找版边脉冲	2		
13~14	下版版尾脉冲	2		
15~16	下版版首脉冲	2		
17~18	平衡块位置 1 脉冲	2		
19~20	平衡块位置 2 脉冲	2		
21~22	测光强标准值	2		
23	校验字节	1		第 3 字节到第 22 字节的异或值
24~25	握手信号	2		0x84、0x83
总计		26		

在上节中提到, 系统进行初始化过程中, PC 已经将系统运行所需要的固定参数和用户参数发给 MCU 保存。之后, 只需要在 PC 方的命令字中修改第 2 个字节的值就能让 MCU 知道 PC 的命令。比如 PC 发送一条命令, 共 26 个字节, 如果第 2 个字节为 0x03, 则表示该命令为联机操作命令, CTP 控制系统会执行联机操作; 如果第 2 个字节为 0x05, 则该命令为平衡块调整, CTP 控制系统会执行平衡块调整操作。

## 4.4.2 PC 方程序界面

PC 方程序界面主要有主界面、用户参数设置界面、固定参数设置界面和部件测试界面。用户参数设置界面主要是通过数据库操作对版材类型的相关参数进行调整和设置，可以添加和删除版材类型、厂商等。固定参数设置界面主要是对固定参数进行修改。由于篇幅原因本文只重点介绍主界面以及部件测试界面。

### 1. PC程序主界面

图 4-4 为 CTP 控制系统 PC 方程序主界面。如图 4-4 所示，在主界面上，用户可以选择当前版材类型、鼓转速以及是否执行联机操作命令等等。如果用户修改了版材类型、调整了鼓的转速或者重新选择了版材厂商，在当前值栏和目标值栏中会显示当前和目标焦距位置、曝光量以及平衡块位置的值，主界面则通过“确认修改”按钮将目标焦距位置中的值发送给 MCU。另外根据用户对版材厂家的选择或者根据 MCU 返回的温度值，如果当前温度与上次系统运行的温度相差 2℃或 2℃以上，则“调焦”按钮显示，用于发送 MCU 进行光学镜头焦距调整命令。如果所有的参数都不需要修改，则用户可以通过“开始”按钮开始联机操作。

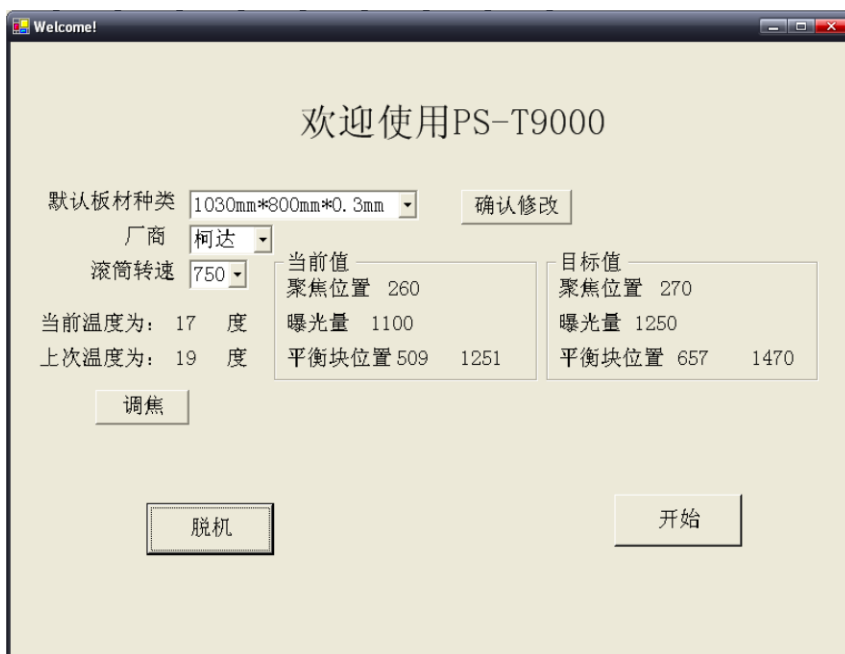


图 4-4 PS-T9000 系列 CTP 操作主界面

## 2.PC程序 部件测试界面

部件测试界面主要有步进电机测试界面、伺服电机测试界面、传感器测试界面、执行件测试界面以及光学系统测试界面。部件测试比较简单，主要是通过界面的按钮向 MCU 发送控制命令，MCU 接收命令然后做出响应。本文只给出了横移电机测试界面和伺服电机测试界面。

图 4-5 为横移电机的测试界面，“复位”按钮是横移电机复位命令，“正转 N 脉冲”主要是让横移电机转动一定的脉冲数目，主要用于测试脉冲累加器功能；“测光位”按钮是命令横移电机转动至测光位；其它按钮在此不一一讲述。



图 4-5 横移电机测试界面

由于篇幅原因，图 4-6 中只给出了伺服电机测试界面的一部分，另外还有 8 个伺服输入状态信号的测试按钮以及单步找零点、找版边、找版尾操作等按钮没有在图中给出。图 4-6 中，单步上、下版模拟中的按钮主要是给出命令，使得 MCU 可以在“上版”、“开始”以及“下版”按钮的控制下，完成上版、下版流程，单步实现了 CTP 工作流程。另外，图中还给出了伺服电机速度控制中鼓高速转动的测试按钮。例如，当点击如“900 r/m”后，鼓便会以每分钟 900 转的速度高速转动。当点击“速度停止”按钮后，鼓会停止转动。

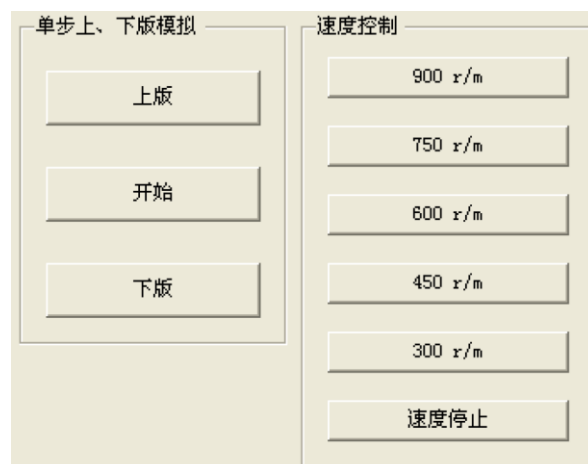


图 4-6 伺服电机测试界面

## 4.5 软件设计与调试过程中遇到的问题与总结

CTP 控制系统比较复杂，软件系统也比较庞大，在软件设计过程中，难免会出

现若干漏洞，给调试带来不便。下面就分析和总结了在软件设计与调试过程中遇到的若干问题，并给出了作者的心得体会。

#### 4.5.1 软件设计和调试过程中的问题

作者调试程序过程中，遇到的多数问题都是由中断引起的。比如，CTP 系统的鼓定位是通过中断定位到光栅零点位置；START 按钮要通过中断响应；横移电机复位到原点时，也通过中断来停止等等。所以，在软件设计的过程中，对中断的处理比较的频繁和复杂。

在调试联机过程时，曾经出现过如下程序结果错误，例如横移电机复位到起点时，电机并不停止而导致电机超程；或者横移电机停止，但是下版时无法定位到零点位，即无法发生零点位中断。经过仔细的分析代码，发现中断的顺序对程序的结果有很重要的影响，将横移电机的复位加速过程放到下版之前，这样可以使 MCU 可以及时响应复位和找零点位 2 个中断，不会出现电机超程或者无法定位零点位的错误。另外，对中断标志位的处理也必须十分谨慎，应及时的赋值和清标志位。

#### 4.5.2 软件设计和调试的总结

CTP 系统功能完成后，作者对软件设计也掌握了很多心得。

① 软件的设计一开始就必须严格地按面向硬件对象的规范进行模块的划分，这样在程序出现错误时，可以很快的进行定位，找出问题。否则在以后的软件开发中，随着代码量的不断增加，程序结构划分的不合理以及程序逻辑不清会导致整个程序结构混乱，非常不利于维护和调试，如中断的处理，如果结构和逻辑不清，会导致无法找到出错的原因，影响项目进度。

② 在软件设计的过程中，深刻体会到要将程序设计好，不仅仅需要注意程序的正确性和执行效率，而且需要注意到程序的版式是否利于阅读，子程序的大小、行的对齐以及注释的详细程度等等都会影响到程序的维护和后续的开发。特别是对于开发时间较长、规模比较大的项目，必须保证程序的注释尽可能的详细，而且要及时的记录在调试过程中出现的问题，以便在下次出现类似的问题时，能够很方便地进行处理。

③ 在软件调试的过程中，应该适时的使用一些辅助工具来帮助调试。如调试串

口时可以使用串口调试工具；单步调试时，可以使用编译器的断点功能等等。

## 4.6 本章小结

本章首先在对 CTP 系统功能的全面掌握下，提出 CTP 系统软件中底端 MCU 方软件和高端 PC 方软件各自的任务。然后，对软件系统模块化分割和设计，列出了整个 CTP 系统 MCU 方软件的工程文件列表，其中对各硬件模块软件和 CTP 工作流程单独封装。本章还详细的分析了 CTP 控制系统的底端基本模块驱动程序的实现，计数器 8254、I<sup>2</sup>C、PWM 以及脉冲累加器模块的功能实现方法。随后，本章分析了 CTP 系统的制版流程和其它功能，将 MCU 软件分成 6 个子功能，然后分别描述了这 6 个子功能的软件实现。接着本章给出了 MCU 软件的工作流程，着重说明了 CTP 工作流程的软件设计，包括预处理 1、预处理 2、联机过程以及平衡块定位和调整过程。本章还结合实际调试过程中的遇到的问题，讲述了软件设计与调试过程中的三个难点以及解决方法，其中提供了国内市场 CTP 面临的控制系统功能稳定性差的解决方案。紧接着，本章给出了 PC 方界面设计，主要有 PC 程序主界面和部件测试界面，PC 方界面的功能是 PC 向 MCU 方发送控制命令字并可以进行参数的修改和设置。最后，给出了软件设计过程的遇到的问题以及总结。

## 第五章 USB 发排卡设计与初步实现

本章首先分析了用于 PC 和 CTP 系统之间传送数据的设备——发排卡的相关知识，并总结出 USB 发排卡相对于 PCI 发排卡的优越之处。然后提出了发排卡的主要功能，并详细描述了 LD 驱动电路与 USB 发排卡之间的通讯信号的作用，包括握手信号和数据信号。在此基础上，设计完成了 USB 发排卡硬件电路，实现了对这些信号的处理，随后给出了相关硬件测试。硬件设计完成后，本章根据发排卡功能要求进行软件设计，包括底端 MCU 和高端 PC 方程序设计。最后给出了作者的设计体会。

### 5.1 USB 发排卡功能概述

发排卡是应用在输出设备上的一种数据接收、处理和发送的设备。发排卡从计算机取得需要打印的版面数据，然后将数据通过触发器以及反向放大器发送给 CTP 系统内的 LD 驱动电路。一般的使用方法是先等待数据装满发排卡内的缓冲区，然后再开始扫描过程，并将数据发送至 LD 驱动电路。如果在数据传输过程中，发排卡缓冲区仍有空闲空间，那么发排卡可以向 LD 驱动电路发送的数据速度从计算机内取得版面数据存入缓冲区，这种方式可以提高扫描的效率，但同时必须在缓冲区的空间配置以及数据接收和发送的速度之间做好协调。

传统的 PCI 发排卡需要计算机主机主板的支持，并且使用之前主机系统需要安装发排卡驱动程序。此外需要使用 50 芯的扁平排线来连接计算机和输出设备。所以这种 PCI 设备在实际应用中，会给厂家带来一些不必要的麻烦，比如厂家需要更换计算机，排线出现某种故障，或者计算机主板 PCI 插槽不足等等，而且使用过程中经常出现硬件故障导致计算机蓝屏现象。而近几年出现的 USB 发排卡与 PCI 发排卡相比具有多种优点：使用方式灵活，只需要安装 USB 设备驱动程序就可以在任意的计算机上使用 USB 发排卡电路。而且计算机和设备间的连线为 USB 总线，方便安装和出错更换。尤为重要的一点是，使用 USB 发排卡可以使用自带的软件摆脱对 RIP 软件的依赖，节省大量的资金并可以提高发排效率<sup>[9]</sup>。

现阶段国内 CTP 厂商一般都自主研发 USB 发排卡设备，并且用于厂家自己研

发的设备上。委托制作 CTP 控制系统的技术公司再次委托作者所在实验室研制 USB 发排卡来装配 PS-T9000 系列 CTP。USB 发排卡在读取 PC 机内整版版面数据的同时, 向 LD 驱动电路发送版面数据, 实现 PC 机和 CTP 系统之间版面数据的传输。USB 发排卡需要实现以下三个主要的功能:

- ① 读取 PC 机内的整版版面数据;
- ② 对读取的数据进行缓存;
- ③ 向 CTP 中的 LD 驱动电路, 发送版面数据。

由于时间关系, 本课题初步实现了 USB 发排卡功能, 包括读取 PC 内版面数据和向 LD 驱动电路发送版面数据, 作者研究的内容并不包括发排卡缓冲区的设计, 所以本文并不涉及到相应问题的解决。图 5-1 为 USB 发排卡框图。

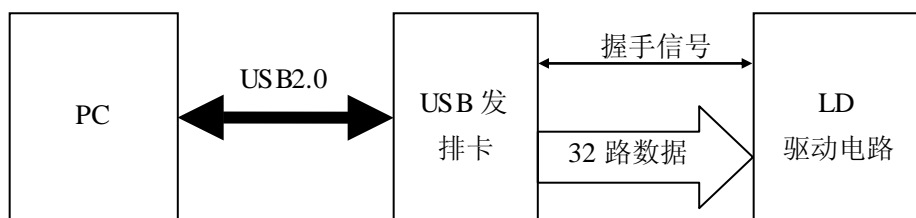


图 5-1 USB 发排卡实现框图

## 5.2 LD 驱动电路信号组成

如图 5-1 所示, LD 驱动电路负责转发握手信号并接收 32 路打点数据。USB 发排卡与 LD 驱动电路之间的信号描述如表 5-1 所示(其中 UF 代表 USB 发排卡)。

表 5-1 LD 驱动电路信号描述

50 芯连线编号	LD 驱动电路信号标识	含义(说明)	信号方向
1	Ready	准备好(高有效)	UF←LD 驱动电路
2	Go	扫描开始(低有效)	UF→LD 驱动电路
3	StandBy	待机(高有效)	UF←LD 驱动电路
4	Load	上版(低有效)	UF→LD 驱动电路
5	BIT+	位同步正	UF←LD 驱动电路
6	BIT-	位同步负	UF←LD 驱动电路
7	Line+	线同步正	UF←LD 驱动电路
8	Line-	线同步负	UF←LD 驱动电路
9~40	D31~D0	32 根数据线 (低电平曝光)	UF→反向放大电路→ LD 驱动电路
41~46	GND	电源地	电源地
47~50	未用	未用	未用



CTP 制版过程中 Ready、 $\overline{\text{Go}}$ 、 $\overline{\text{Load}}$  和 StandBy 四个信号是电平信号，而 BIT $\pm$  和 Line $\pm$  是连续的脉冲信号。其中，BIT $\pm$  的信号频率是与鼓的转速有关并且固定为光栅脉冲频率的 22.5 倍，PS-T9000 系列 CTP 鼓的最大转速为 900rpm，最大的位同步信号频率= $5000 \times 22.5 \times (900 \div 60) = 1.6875\text{MHz}$ 。Line $\pm$  的信号频率也是与转速相关，鼓转一圈则锁相电路产生一个 Line $\pm$  脉冲信号。如最大鼓转速为 900rpm，也就是说一分钟内有 900 个 Line $\pm$  信号，所以最大行同步信号频率= $900 \div 60 = 15\text{Hz}$ 。

### 5.3 发排卡电路硬件设计

#### 5.3.1 主控芯片的选型

USB 发排卡电路主控芯片采用 Freescale 公司的新型 16 位单片机 MC9S12UF32，该芯片具有以下特性<sup>[46]</sup>：

①总线速度可高达 30MHz，UF32 单片机片内集成了高速的 USB 2.0 模块，通讯速率 480Mbps，引脚的总线可外扩。

②UF32 具有 ATA5(PCI)接口，可直接驱动硬盘。有 CFHC 接口，可直接接 FLASH；有 SDHC 接口，可直接接多媒体卡；有 MSHC 接口，可接记忆棒。

③UF32 具有传统 S12 单片机共有的串行口、定时器、键盘中断等模块。

④拥有 3.5K 字节 SRAM 和 1.5K 字节队列 RAM，用于 DMA(Direct Memory Access，直接内存存取)方式传送数据。

UF32 具有高速度的 USB 2.0 模块，并且具有多种存储设备接口，包括 FLASH，所以该型号芯片能够很好的满足 USB 发排卡的需求。

#### 5.3.2 USB 发排卡实现

USB 发排卡重点要实现 32 路数据线和 8 根握手信号的处理，即反向放大电路的实现。本系统采用 4 个 8 路 I/O 口共 32 路输出口输出数据。32 路输出数据通过由触发器芯片 74LS273 以及反向放大器芯片 74LS06 组成的反向放大电路后送至 LD 驱动电路。使用

RESET	1	20	VCC
1D	3	2	1Q
2D	4	5	2Q
3D	7	6	3Q
4D	8	9	4Q
5D	13	12	5Q
6D	14	15	6Q
7D	17	16	7Q
8D	18	19	8Q
CLOCK	11	10	GND

图 5-2 74LS273 芯片引脚图

触发器 74LS273 是为了保证一组 32 位数据同时发送, 并且在一个位同步周期内电平保持不变, 而且 D0~D31 数据应该在发送版面数据之前和发送完毕之后保持高电平。74LS06 的主要作用是对信号进行取反并放大输出给 LD 驱动电路。

### 1.74LS273芯片介绍

74LS273 是 8 路输入输出的 D 触发器芯片, 芯片引脚图如图 5-2 所示。当 RESET 引脚的电平为低时, 74LS273 芯片功能被禁止, 无法输出。当 RESET 引脚为高电平时, CLOCK 引脚的上升沿将会触发输入引脚数据发送给输出引脚。具体功能真值表如表 5-2 所示。设计过程中, 将 RESET 引脚始终接高电平。

表 5-2 74LS273 功能真值表

输入			输出
RESET 引脚	CLOCK 引脚	D 输入	Q 引脚
L	任意	任意	L
H	↑	H	H
H	↑	L	L

### 2.74LS06芯片介绍

74LS06 是 6 路反向放大器, 主要功能是对输入进行反向放大, 没有输出限制条件。74LS06 的引脚如图 5-3 所示。

#### 5.3.3 握手信号处理方式

USB 发排卡与 CTP 系统通信的 8 个握手信号的处理方式如下:

- (1) StandBy 和 Ready 两个握手信号, 要求系统能及时捕捉到这两个信号的到来, 可以采用主控芯片的输入捕捉功能实现。
- (2)  $\overline{\text{Go}}$  和  $\overline{\text{Load}}$  两个信号可以直接用普通输出口实现。
- (3) 差分信号 BIT±和 Line±, 为数据发送提供了同步时钟。Line+用于 BIT+信号的使能, 如果 USB 发排卡系统没有接收到 Line+信号, 则 BIT+信号不会引起数据的发送; 另外 Line+用于行的开始, 每有一个 Line+信号会驱动新的一行数据的发送。而 BIT+用于以下 2 个方面: 第一, BIT+用于触发器 74LS273 的输入时钟, 用于触发数据的发送; 第二, BIT+接于 MCU 的输入捕捉引脚, 通过输入捕捉事件

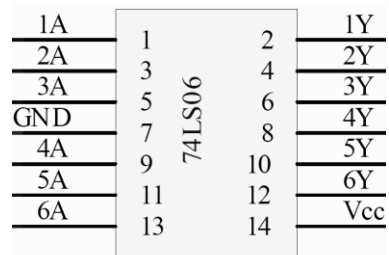


图 5-3 74LS06 芯片引脚图

捕捉 BIT+ 的下降沿更新 32 路数据线上的数据。

本系统使用具有输入捕捉功能的 I/O 口连接  $\overline{\text{Ready}}$ ,  $\overline{\text{Go}}$ ,  $\overline{\text{StandBy}}$ ,  $\overline{\text{Load}}$ , BIT± 和 Line± 等信号, 而且考虑到 BIT± 和 Line± 信号的频率比较低, 所以 UF32 中的输入捕捉口可以满足系统的需要。

## 5.4 USB 发排卡硬件具体实现

### 5.4.1 UF32 最小系统的设计

正如第三章中对 DG128 最小系统所描述的那样, 一块芯片如果没有相应的外围支撑电路是无法工作的, 因此嵌入式系统设计的第一步就是设计最小系统。MC9S12UF32 芯片内部结构与 DG128 类似, 如图 5-4 所示。它的最小系统包括电源电路、晶振电路、复位电路、BDM 调试头电路以及 USB 接口。

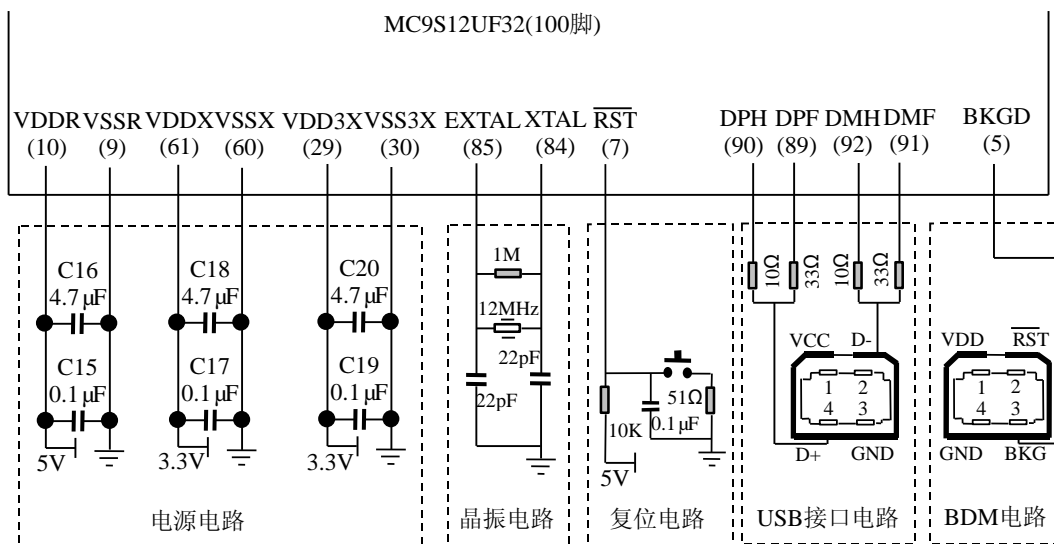


图 5-4 UF32 最小系统电路

下面简要的描述一下 UF32 最小系统各部分的组成:

UF32 需要+5V 和+3.3V 供电电压, 其中 UF32 的 9、10 脚(VSSR、VDDR)之间为+5V, 为系统工作提供电源和地; 29、30 脚(VDD3X、VSS3X)和 60、61 脚(VSSX、VDDX)之间为+3.3V 给相应 I/O 口提供电源和地; 图 5-4 中电源和地之间的电容均为滤波电容。

UF32 第 84、85 脚(XTAL、EXTAL)之间的电路为晶振电路, 晶振频率大小为 12MHz。另外配备 1 个 1M 反馈电阻和 2 个 22pF 的电容。

UF32 第 7 脚( $\overline{\text{RST}}$ )上所接的电路为复位电路。该电路实现比较简单,只需选择合适的上拉电阻和滤波电容即可。

UF32 的第 5 脚(BKGD)为背景调试引脚。UF32 的 BDM 写入头采用标准 USB 方口,这样可以有效防止写入头反插,方口中的 1 脚接电源,2 脚接  $\overline{\text{RST}}$  引脚,4 脚接地。通过 BDM 写入头可以将用户程序写入到空白的微处理器芯片<sup>[46]</sup>。

最小系统中使用的 USB 口为标准 B 型 USB 连接头,方口中的 1 脚为电源、2 脚为 D-数据线、3 脚接地、4 脚为 D+数据线。UF32 的 89、90、91、92 脚(DPF、DPH、DMF、DMH)为 USB 物理层上的全速或高速通讯引脚。其中高速模式下使用的是 DPH 和 DMH,其它两个引脚用来终止 D+信号。而全速模式下使用的是 DPF 和 DMF,另外两个引脚处于高阻状态<sup>[46]</sup>。

#### 5.4.2 USB 发排卡反向放大电路的实现

根据上一小节中对 USB 发排卡实现重点的分析,USB 发排卡硬件电路的设计工作包括触发器和反向放大电路的设计以及握手信号的处理。通过分析和权衡之后,作者对 UF32 的 I/O 口作如下分配:采用具有输入捕捉功能并且可以复用为普通 I/O 口的 R 口的四路和 T 口的四路来连接 8 路握手通信信号,具体的 UF32 I/O 口分配给握手信号的情况如表 5-3 所示。

表 5-3 UF32 与 LD 驱动电路握手信号处理分配表

50 芯连线编号	信号名称	引脚分配	50 芯连线编号	信号名称	引脚分配
1	Ready	PTT0	5	BIT+	PTR4
2	$\overline{\text{Go}}$	PTT1	6	BIT-	PTR5
3	StandBy	PTT2	7	Line+	PTR6
4	$\overline{\text{Load}}$	PTT3	8	Line-	PTR7

A、Q、P、S 四个 8 路 I/O 口用作 32 路数据输出口,另外 B 口若干引脚接硬件电路测试小灯,如故障报警小灯或运行指示小灯等。USB 发排卡电路功能实现示意图如图 5-5 所示。

### 5.5 USB 发排卡硬件测试

完成 USB 发排卡的硬件电路设计后,必须对其各模块的硬件电路进行测试,以确保硬件电路的正确性。

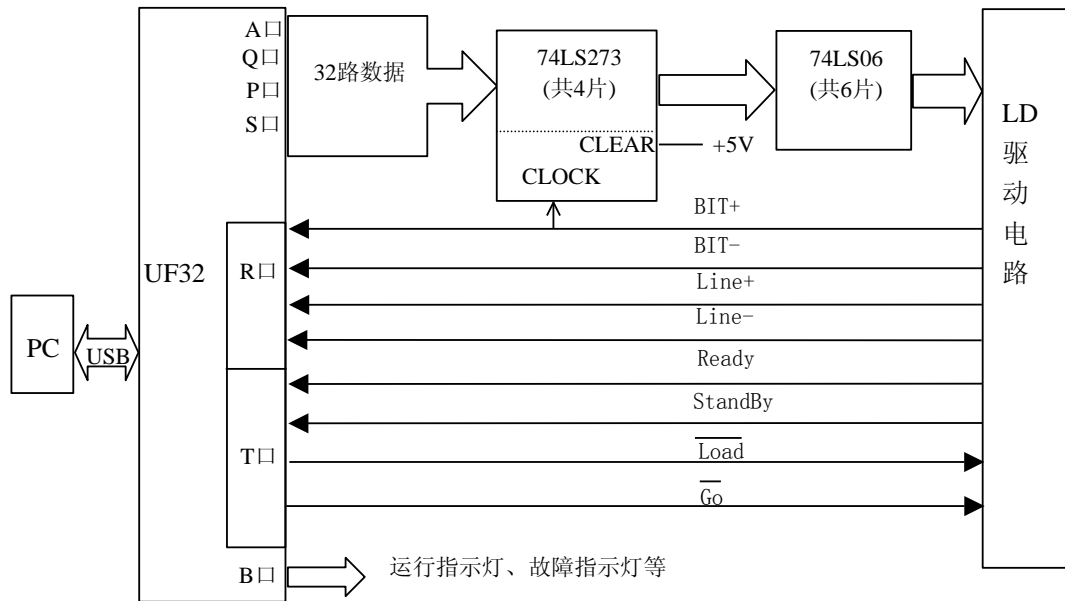


图 5-5 USB 发排卡电路硬件实现示意图

### 5.5.1 UF32 最小系统部分测试

UF32 最小系统的测试包括三部分，分别是 BDM 读写测试、普通 I/O 口测试，以及 USB 接口电路测试。BDM 的主要功能是进行程序的写入，对 BDM 电路的测试主要是验证程序是否写入、写入是否正确。由于 BDM 技术在作者所在实验室已经非常成熟，经过了无数次测试和实际使用，所以在此不再阐述。I/O 口的测试方法是向 UF32 写入操作 I/O 口的程序，比如让报警灯闪烁或者让运行指示灯闪烁等，通过小灯的状态可以看出 I/O 口是否测试通过，如果不通过则需要检查电路板上有无虚焊或者少焊元器件。USB 数据接口电路的测试方法是利用高端程序，向 UF32 电路板发送一系列数据，然后再从 UF32 电路板上取回这些数据。如果数据没有发送成功，或者取回的数据与原先发送的数据不一致则说明 USB 数据接口有问题，那么就需要检查相应电路的焊接是否有问题，甚至需要检查芯片的 USB 模块是否有问题。实验证明 UF32 的最小系统工作正常。

### 5.5.2 反向放大电路测试

确保 UF32 最小系统正常工作后，就要进行反向放大电路的测试。测试程序功能为：初始化时设置 USB 发排卡电路中的 BIT+ 引脚，即 PTR4 为输出且初始化为低电平，设置 A、Q、P、S 引脚均为输出且为低电平，然后通过给 PTR4 一个上升

沿后, 测试反向放大器的对应 32 路输出是否为高电平; 反之, 设置 A、Q、P、S 引脚为高电平, 同样经过 PTR4 上升沿后是否全为低电平。如果反向放大器的 32 路数据不是全部为高或者全部为低的话, 则表明硬件有误, 则检查相应芯片的连接。测试结果表明, 反向放大电路工作正常。

## 5.6 USB 发排卡软件设计与测试

USB 发排卡系统的软件设计主要有底端 MCU 方程序设计和高端 PC 方程序设计组成。

底端 MCU 程序主要功能有:

- (1)实现 UF32 芯片的 USB 2.0 功能, 实现快速的数据传输;
- (2)实现 USB 发排卡与 CTP 系统的通信, 实现数据发送给 LD 驱动电路。

高端 PC 方程序的功能主要是读取需要激光打点的版面数据, 然后发送给 USB 发排卡使用。

### 5.6.1 底端 MCU 程序设计

#### 1.USB 2.0模块功能软件实现

PS-T9000 系列 CTP 使用的经过 RIP 处理后的最大的版面尺寸为 1160mm×924mm, CTP 的扫描分辨率为 100dot/mm, 所以最大的整版版面数据量:  $1160\text{mm} \times 924\text{mm} \times 100 \times 100 = 10.7184\text{Gb} \approx 1.34\text{GB}$ 。而扫描一张印版的时间要控制在 270 秒左右, 所以每秒要求传输的数据量比较大, 需要 5.08M 字节。理论上, USB 1.1 技术最大速度可以达到 12MBps, 但是实际速度却不能满足系统的要求。而 USB 2.0 技术最大速度可以达到 60MBps, 实验发现, USB 2.0 的实际传输速度能满足系统要求。

UF32 的 USB 2.0 模块共有 6 个端点, 其中 1 端点作为默认的零号控制端点使用, 2、3 端点可以各自使用内部 64 字节的寄存器缓冲区, 4、5 端点可以使用 UF32 的 IQUE(Integrated Queue, 综合队列)模块进行数据缓冲, 这个模块是一个类似于 DMA 方式的模块, 用于外设和内存之间传送数据, 而不需要 CPU 的干预<sup>[46]</sup>。所以作者实现了使用 4、5 端点作为 USB 的批量传输输入输出端口, 那么在高速模式情况下,

端点一次最多可以发送 512 个字节，但是如果用 2、3 端点实现的话，那么 2、3 端点的缓冲区只有 64 个字节，限制了缓冲区数据量，影响速度。

UF32 芯片的 USB 2.0 功能的软件实现主要分以下五个步骤：

### 1) Setup 配置

该步骤主要是初始化 PLL，并映射 IQUE 模块的内存到地址 0x2000。因为这里我们要用到 IQUE，而 IQUE 有专用的 1.5k SRAM 内存，而 UF32 也有 3.5K 的 SRAM 用作其他用处，在这里把 IQUE 的专用内存移动到 0x2000 位置，目的是不与系统中那个 3.5K 的地址重叠。

### 2) USB 模块初始化

这一步骤使能 USB 模块，并且开启各种中断，因为大部分 USB 的处理工作都是在中断中完成的，开启的主要中断有：收到 Setup 包、接收到 SOF 信号、复位和唤醒、遇到主机 SetConfigure 请求等等。

### 3) IQUE 模块初始化

IQUE 模块有 4 个通道，设置 UF32 的 USB 模块端点 5 使用通道 3 和 4 组成的双缓冲区 IQUE 模式，USB 的端点 4 使用通道 1，并设置通道 1 为接收模式。

### 4) USB 批量传输初始化

该部分用于初始化批量传输模式的端点以及端点所使用的 IQUE 模块。程序内容包括设置 USB 的寄存器，设置配置和接口数目，配置所有使用的端点，比如端点的传输类型，是 IN 还是 OUT，使用哪个缓冲区以及缓冲区的大小，端点所属的配置号和接口号，并且配置 IQUE 的通道等等。

### 5) USB 中断处理

该部分程序主要功能是对 USB 的各种可能的中断进行处理。主要包括 USB 挂起和复位中断、Setup 中断、端点 0 的 IN 和 OUT 中断、端点 4 和端点 5 中断。

#### ① 挂起和复位中断

该中断在复位后要判断设备连接的是 USB 2.0 集线器，还是 USB 1.1 集线器，这决定了设备是作为高速还是全速运行的，而高速和全速的设备描述符是不一样的，通过一个全局变量来标志设备是高速还是全速运行。

## ② Setup 中断

Setup 中断处理函数主机要通过默认端点 0 进行设备配置, 这是通过 Setup 事务完成的, Setup 事务中的数据部分大小是 8 个字节, 有固定的格式, 通过 UF32 的 8 字节的 Setup 缓冲区存储这个固定格式的数据。在这个中断处理中我们要解析这 8 个字节, 这 8 个字节包含了主机的各种请求, 主机通过这些请求来了解 USB 设备的特点, 比如配置和接口数目, 传输类型, 端点特征等信息。程序需要响应不同的 Setup 请求, 只有完成了这些请求, USB 设备才能够使用。

## ③ 端点 0 的 IN 和 OUT 中断

端点 0 的 IN 和 OUT 中断处理主要是清相应的状态位, 设置 UEPCSR0 = 0x3000。

## ④ 端点 4 和端点 5 中断

USB 初始化函数开启了 2 个中断, 端点 4 和端点 5 中断, 当主机给端点 4 发送数据, 并且端点 4 成功接收到数据的时候就会在端点 4 产生中断, 同样, 当主机从 USB 设备请求数据的时候, 而且端点 5 中有数据, 并且数据成功传输给主机的时候, 会产生端点 5 中断。当产生端点 4 中断时, 通过读 QC1DR 这个寄存器就可以把从 PC 端接收的数据全部读出来, 实现了数据的读取过程。

## 2. 发排卡的数据发送

发排卡数据发送功能的实现首先需要解决发排卡与 CTP 系统通信的问题。解决了这个问题, 发排卡才能获知 CTP 系统是否开始扫描, 是否需要向 LD 发送数据以及如何通知 CTP 系统扫描已经开始。发排卡与 CTP 系统信号时序见图 5-6 所示。

### 1) USB 发排卡的功能流程描述

根据图 5-6 中的时序图, 分析出 USB 发排卡的功能实现流程如下:

① 当 CTP 选择联机制版状态, 完成上版过程, 鼓加速后等待一定时间至鼓匀速转动时, CTP 向 USB 发排卡发送待机信号 StandBy=1 和准备好信号 Ready=1(本文所讲述的 CTP 和 USB 发排卡间的通信信号均是由 LD 驱动电路转发); USB 发排卡收到这两个信号后, 向 CTP 系统发送扫描开始  $\overline{\text{Go}}=0$  信号。

② CTP 接收到扫描开始信号, 向发排卡电路放行行同步 Line±和位同步信号和 BIT±, 即使能横移电机, 横移电机带动光学镜头横向移动, 曝光开始。



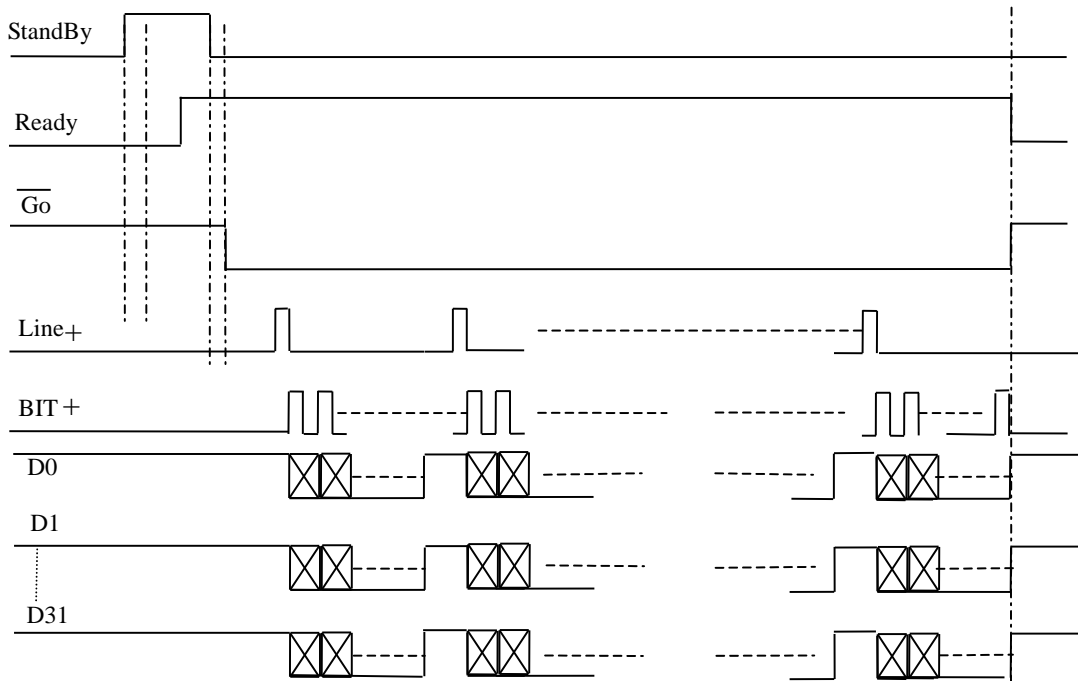


图 5-6 USB 发排卡与 CTP 系统信号时序图

③ USB 发排卡在收到行同步信号上升沿后，每收到一个位同步信号，根据 BIT+ 信号频率，向 LD 驱动电路发送一组 32 位数据 D0~D31，发送完毕后等待下一个 BIT+ 信号脉冲到来，然后发送新的一组 32 位数据，如此直到将此行的版面数据发送完毕；等待下一个行同步信号上升沿，开始发送下一行的数据，依次循环直到将整版数据发送完毕；

④ 一张版数据发送完毕，发排卡撤销扫描开始信号，令  $\overline{\text{Go}}=1$ ；

⑤ CTP 检测到  $\overline{\text{Go}}=1$ ，撤销信号 StandBy=0 和 Ready=0，停止扫描，开始下版动作；

CTP 在扫描过程中准备好信号 Ready 一直有效为高电平，但是如果 CTP 发生故障，撤销准备好信号，发排卡检测到 Ready 信号为低电平，则终止数据发送，同时撤销扫描开始  $\overline{\text{Go}}=1$ 。

## 2) 数据发送功能的软件实现

根据上述 USB 功能描述，USB 发排卡主控 MCU 方程序数据发送流程如下：首先 MCU 等待 StandBy=1 和 Ready=1，该处采用输入捕捉中断，判断 2 个信号是否已经到来；然后向 CTP 发送  $\overline{\text{Go}}=0$ ，同时等待 Line+ 信号的到来，同样采用输入捕捉功能。MCU 等待到 Line+ 信号后，准备一行版面数据中的一组 32 位数据，并赋

予 32 个 I/O 引脚。之后，每到达一个 BIT+，74LS273 会通过 BIT+ 的上升沿自动将 32 个 I/O 引脚上的数据发送至 LD 驱动电路。然后当 MCU 接收到 BIT+ 下降沿时，MCU 会将下一组 32 位数据赋予 32 个 I/O 引脚，直至一行扫描结束。如此循环，系统可以实现对每个行数据的激光打点。版面数据全部发送完毕之后，MCU 置  $\overline{Go}=1$  并发送给 CTP 系统表示扫描完成，CTP 系统置 StandBy=0 和 Ready=0。扫描完一次之后，USB 发排卡等待下一次扫描开始。

### 5.6.2 高端 PC 程序设计

本项目中 CTP 印版的图像使用的是黑白灰度图像 TIFF 文件，该类型文件属于 TIFF-G 文件格式。由于时间有限，项目实验阶段暂时不使用压缩图像。

PC 方程序使用 Microsoft Visual C++ 6.0 编写，主要功能为：

- (1) 打开并显示 TIFF 文件，读取文件内有效版面数据。
- (2) 实现 USB 通信，将版面数据通过 USB 发送出去，并能将发送的数据读回，用于验证。

#### 1. TIFF 文件处理

PC 程序需要先打开 TIFF 文件，这可以通过 OnFileOpen 事件函数调用 OpenDocumentFile 函数实现，在 OpenDocumentFile 函数中对文件进行处理获得文件的相关信息。然后程序通过 OnDraw 函数对 TIFF 图像进行显示。这个过程就实现了打开并显示 TIFF 文件。

此外，为了读取文件内容。作者采用了 Cfile 类中的 Open 函数打开文件，然后再使用 Read 函数读取指定长度的文件内容到指定的内存中去。通过这种方式，程序便实现了对数据的读取。之后，程序再针对读取的数据，进行分析，可以将 TIFF 文件头以及另外无关数据(如图像作者、图像日期等无用标记指针内容)丢弃，读取有效的版面数据并通过 USB 发送至 MCU 方。有效数据的读取主要是通过对标记指针的分析，获取有用标记指针。本文使用的 TIFF-G 格式的文件所用到的标记码<sup>[47]</sup>如表 5-4 所示。

#### 2. USB 通信的实现

USB 通信需要依赖 USB 底层驱动程序。驱动程序的主要实现功能可以表述为：

表 5-4 TIFF-G 格式中的标记码列表

标记码名称	标记码 ID	数据类型	可能的数值
ImageWidth	256	SHORT/LONG	图像宽度长度
ImageLength	257	SHORT/LONG	图像长度
BitPerSample	258	SHORT	4:16 灰度级图像 8:256 灰度级图像
Compression	259	SHORT	1:无压缩
Photometric Interpretation	262	SHORT	0:图像中 0 表示全白 1:图形中 0 表示全黑
StripOffsets	273	SHORT/LONG	每个条状数据图像的文件偏移量
RowsPerStrip	278	SHORT/LONG	每个条状数据图像中的行数
StripByteCounts	279	SHORT/LONG	每个条状数据图像中的字节数
ResolutionUnit	296	SHORT	1:用于非四边形显示的图像 2:英寸 3:厘米 (提供下述两项中单位)
Xresolution	282	RATIONAL	ImageWidth 中每个单位中像素个数
Yresolution	283	RATIONAL	ImageLength 中每个单位中像素个数

应用程序调用的系统 API(application programming interface, 应用编程接口)比如 ReadFile、CreateFile、WriteFile、CloseHandle 等会被 I/O 管理器转化为 I/O 请求包发送给驱动程序处理, 因为可能有很多个进程同时发送请求, 而硬件设备每次只允许一次操作, 因此驱动程序要将请求串行化。此外, 驱动程序还需要管理即插即用等等。这些底层驱动程序的开发由其他同学协助完成。

另外, 为了实现高端应用程序和驱动程序之间的通信, 通信函数调用驱动程序并重新封装成函数, 并在 usb.h 和 usb.cpp 文件中实现, 在需要使用的时候应用程序只需要包含这两个文件就可以了。

在程序的初始化阶段要调用 OpenUSB, 关闭 USB 的时候需要调用 CloseUSB; 在向设备写的时候先要通过 OpenWriteHandle 获得句柄, 再调用 WriteFile 写数据, 数据写操作完成后要调用 CloseHandle 关闭句柄; 在向设备读数据的时候先要通过 OpenReadHandle 获得句柄, 再调用 ReadFile 读数据, 读数据操作完成后要调用 CloseHandle 关闭句柄。

通过以上函数操作, 可以实现 USB 通信, 能实现版面数据的接收和发送功能。另外, 应用程序可以注册一个设备消息 WM\_DEVICECHANGE, 当指定的设备插入或者移除的时候, 会通过消息通知应用程序, 实现对设备连接状态的实时监控。

usb.h 文件内容如下所示:

---

```

#ifndef __USB_H__
#define __USB_H__
#include <windows.h> // windows 库文件包含
#include <usbdi.h> //USB 通信函数头文件

/*我们的设备描述符，接口描述符，端点描述符*/
typedef struct TAG_DEVICEINFO
{
    USB_CONFIGURATION_DESCRIPTOR m_configure_des;
    USB_INTERFACE_DESCRIPTOR     m_interface_des;
    USB_ENDPOINT_DESCRIPTOR      m_endpoint_des[2];
}Device_Info;

/*获得设备描述符，接口描述符，端点描述符*/
BOOL  GetDeviceInfo(Device_Info &info);

/*打开 USB*/
BOOL  OpenUSB();

/*关闭 USB*/
BOOL  CloseUSB();

/*打开读的句柄*/
HANDLE  OpenReadHandle();

/*打开写的句柄*/
HANDLE  OpenWriteHandle();
#endif /* __USB_H__ */

```

---

### 3.PC程序图例

图 5-7 为 USB 发排卡测试程序主界面。在“设备状态”栏中可以得知 USB 发排卡是否连接正常，连接正常则该栏会显示“检测到设备”，在“设备信息”栏中会显示出当前 USB 各描述符信息。在“图像处理”栏中，通过“显示 TIFF 图像”按钮可以选择 TIFF 图像并将该图像显示在右边，图中设计打开了一张书法 TIFF 图像。同时在“图像处理”栏的文本框中显示当前打开 TIFF 文件的有效版面数据。通过“关闭 TIFF 图像”按钮可以将原先打开的图像关闭。

在测试 USB 发排卡的功能是否正确的过程中，为了能够比较清楚的看出测试结果，作者在“发送到 USB 发排卡”中的文本框中输入“AA AA ...AA”，将这些数据发送给 USB 发排卡，这样通过 LD 驱动电路打点后的版面将会比较有规律，容易看出测试结果是否正确。另外，通过“接收”按钮可以将刚才发送给 USB 发排卡的数据读回，用于验证是否发送正确。



总结出 USB 发排卡必将淘汰 PCI 发排卡。本章接着提出本课题中 USB 发排卡的主要任务分 2 部分为：通过 USB 2.0 功能从 PC 方读取数据和向 LD 电路发送打点数据。紧接着根据 USB 发排卡和 LD 驱动电路之间的 50 根通讯信号，对 USB 发排卡做了相关需求分析。在需求分析的基础了，本章对 USB 发排卡做了相关硬件设计，并提供了相应的硬件测试方法，其中重点阐述了 USB 发排卡和 LD 驱动电路之间的 8 个握手信号的处理方式以及反向放大电路的实现。然后本章介绍了 USB 发排卡的功能实现软件设计，其中包括本课题中 USB 发排卡的主要任务以及高端图像处理。最后，本章给出了 USB 发排卡的设计体会和相关经验总结。

## 第六章 总结与展望

### 6.1 总结

CTP 技术在当今印刷业中被越来越广泛的应用,大大提高了印刷业的工作效率,节省了制作成本,该技术在国内的应用前景十分可观。本文给出了 CTP 控制系统设计方案,该套方案成功解决了国内直接制版机功能稳定性差的问题,尤其保证了上、下版过程中动作的稳定性。使用该控制系统的 PS-T9000 系列 CTP 在试运行过程中,运行比较稳定。初步完成了 USB 发排卡,实现了少量数据的读取以及发送、激光打点;并成功的编写了 USB 发排卡 PC 方程序。目前,USB 发排卡处于测试阶段。

本文的主要工作总结如下:

(1) 仔细分析了 CTP 相关资料。分析了 CTP 相关资料,简要阐述了 CTP 的工作原理和 workflow、I<sup>2</sup>C 模块原理、锁相环技术、USB 2.0 协议以及 TIFF 图像文件处理方法,并在 CTP 系统中成功地实现了上述技术要点,为 CTP 功能的实现打下了坚实的基础。

(2) 在面向硬件对象思想的指导下实现了 CTP 控制系统低端驱动程序的设计。通过对 CTP 控制系统输入输出分析,选用 Freescale 公司的 MC9S12DG128 做 CTP 控制系统主控芯片,并从输入输出分析和设计着手,给出了输入、输出模块和通讯方式的实现,详细阐述了 A/D 采集模块、输出口扩展电路、伺服电机、步进电机、锁相环模块以及脉冲累计加器模块硬件设计过程。从晶振电路、电源电路和信号线三部分描述了硬件抗干扰设计,为 CTP 控制系统的稳定运行奠定了坚实的基础。

(3) 实现了 CTP 控制系统 MCU 方软件设计。MCU 方软件设计中,着重阐述了计数器 8254、I<sup>2</sup>C 模块、PWM 模块和脉冲累加器模块的软件实现方法,然后在这些基本硬件对象的基础上进行 CTP 工作流程的程序设计,包括上、下版流程、联机流程、平衡块定位流程等等。文章还详细阐述了 CTP 控制系统的软件设计的难点以及解决国内 CTP 厂商面临的控制系统功能稳定性差的问题,并提出相应的解决方案,经反复测试,验证了这些方案的正确性,CTP 控制系统功能实现比较稳定。

(4) 完成了 CTP 控制系统 PC 方软件的设计。PC 方软件主要有主界面、用户参

数设置界面、固定参数设置界面、部件测试界面。部件测试界面包括对伺服电机、步进电机、光学系统、执行件部分等模块的测试。文章中对伺服电机、步进电机的测试界面做了简要的说明。另外，PC 方软件设计时，着重说明了 26 个字节的命令字安排，通过添加握手字节以及异或校验值确保了通讯的成功。

(5) 通过对 USB 发排卡功能的分析，初步实现了 USB 发排卡。选用 Freescale 公司的 MC9S12UF32 实现了 USB 发排卡的两个功能：从 PC 读取版面数据以及向 LD 驱动电路发送激光打点数据。从 USB 发排卡和 LD 驱动电路之间的 50 根信号线入手，并结合 USB 发排卡的功能要求，完成了 USB 发排卡的硬件设计和软件设计。另外，USB 发排卡 PC 方程序还实现了如何读取 TIFF 图像文件中的有效版面数据，完成了 USB 发排卡通过 USB 2.0 接收激光打点数据。测试数据经过 LD 驱动电路的激光打点后，经验证，数据发送以及反向放大电路功能正确。

通过本文的设计，全面掌握了设计嵌入式系统的技术要领，懂得如何对设计系统进行整体架构，理解了面向硬件对象设计的原则。通过对控制系统和 USB 发排卡的硬件设计，积累了一些硬件设计、焊接和调试方面的经验。在如何减少系统的电磁干扰和使信号稳定方面有一定的心得。在软件设计过程中，深刻体会到在嵌入式系统软件设计中，对底层硬件驱动程序的封装的重要性，将底层硬件驱动与上层的功能函数分割开更有利于函数的调用以及问题的检查。

## 6.2 研究展望

由于时间紧、工作量大，所以作者所负责的 CTP 的两个部分还有一些工作需要完成。

在控制系统方面，为了实现鼓定位的准确，在鼓刹车的前后采取了延时来稳定鼓的转动，这个延时操作以及其它步骤中的延时都是可以调整的，如果通过实验能减少流程中的延时时间就可以使整个系统的运行时间有一定的缩减，大大提高系统的运行效率。

USB 发排卡的第一版设计对以后 USB 发排卡的完整设计进行了规划，虽然已完成了 USB 发排卡的重要两步，但是还余留了数据缓存功能没有实现，这一部分的难点在于由于数据量比较大，所以在缓存的设计和数据的存取与发送之间的关系处



理上,在后续工作中可能会遇到一些困难,这一功能的实现将是下一步工作的重点。另外,对于版面数据的处理,本系统只实现了无压缩格式的 **TIFF** 文件的数据读取,而在以后的工作中,需要添加用户软件对压缩的 **TIFF** 文件的处理功能。

为了确保整个 **CTP** 系统的稳定运行,减少用户使用时可能出现的严重错误,所以大量的测试工作在后续的工作中仍是不可缺少的。

随着研究的深入,**CTP** 系统一定会越来越稳定,质量也会越来越好。**CTP** 以其超强的功能、稳定的性能以及价格上的优势,在国内必定会有更多的印刷厂商采用这项技术。

## 参考文献

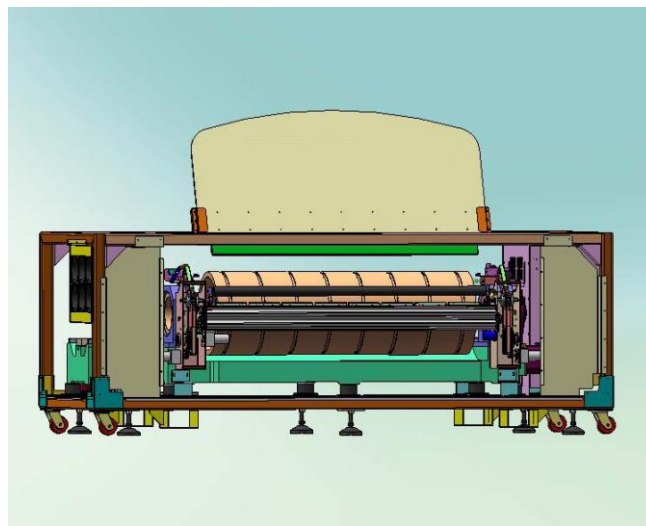
- [1] Bodwell Ray. CTP: No longer "if," but "when"[J]. Flexo, 2006, 31(10):24-28
- [2] Tribute, Andrew. Uptake of CTP and digital driving the growth of the Chinese print industry[J]. Printweek, 2005, (46):21
- [3] Lightfoot, David. How to plot workflow in newspaper CTP systems[J]. Newspapers and Technology, 2006,18(9):44-45
- [4] 吕新广. 计算机直接制版(CTP)技术[M]. 化学工业出版社, 2004, 12-15
- [5] 景翠宁,康晓兵. CTP 技术及其应用现状和前景[J]. 包装工程, 2007, 28(7):200-202
- [6] 蒋文燕. CTP 技术面面观[J]. 中国包装, 2005, 25(4):66-67
- [7] Barrett,J.;Reistroffer, K. Designing a raster-image processor Designing a raster-image processor[J].BYTE, 1987,12(5): 171-4,176,178,180
- [8] Fitzwater.Don Four Fast Tips for a Smoother PDF CTP workflow[J]. Printing News, 2003, 151(23):5
- [9] 基于 USB 接口的照排机发排卡[EB/OL].<http://www.dtpcn.com/html/other/usb2.htm>,2008
- [10] 江小华,陈炳林,张河,孙全意.脉冲激光引信用 PFM 和 PWM 式 LD 驱动电路的研究[J].强激光与粒子束,2004,16(11):1449-1452
- [11] 季永芹. CTP 及其系统的应用研究[D].武汉大学, 2005
- [12] Leeson, Graham CTP - A low risk, mature solution[J]. Print and Paper Europe , 2004, 16(6):24
- [13] 许刚,闫红. 计算机直接制版技术在现代印刷业中的应用[J].河北工业大学成人教育学院学报, 2004, 19(4):66-67
- [14] 廖济林. USB 应用系统开发实例精讲[M]. 电子工业出版社,2006,2-5
- [15] 王成儒. USB 2.0 原理与工程开发[M]. 国防工业出版社,2004,2-6
- [16] Universal Serial Bus Specification Revision 2.0 [S]. <http://www.usb.org>, 2000
- [17]Desposito,J. Integrated USB 2.0 chip extends its reach to high speed peripherals[J]. 2000, 48(14):76-8,80

- [18] Thompson, D. At 480 Mbits/s, signal integrity becomes an issue in USB 2.0 designs[J]. *Electronic Design*, 2000, 48(19):153-60
- [19] 李菲菲. USB 协议在智能卡上的多应用研究[D]. 北京邮电大学, 2007
- [20] 辛宇. USB 接口电路的设计与实现\_发射端的设计[D]. 电子科技大学, 2003
- [21] 王宜怀, 刘晓升. 嵌入式系统-使用 HCS12 微控制器的设计与应用[M]. 北京航空航天大学出版社, 2008, 361-364
- [22] 薛园园. USB 应用开发技术大全[M]. 人民邮电出版社, 2007, 31-38
- [23] Axelson, J. Inside USB 2.0: what the new spec means for developers[J]. *EDN (US Edition)*, 2001, 46(8):121-8
- [24] Chakraborty, B. Design of a PLL with improved locking range and its biomedical applications[J]. *International Journal of Electronics*, 2007, 94(7):671-682.
- [25] 陈莹梅, 王志功, 章丽. 一个简单鉴频鉴相器结构实现的快速锁定低抖动锁相环. *半导体学报*. 2008, 29(1):88-92
- [26] 王宜怀, 刘晓升. 嵌入式技术基础与实践[M]. 清华大学出版社, 2007, 301-302
- [27] 赵世强. 用锁相技术实现对小型直流电机的恒速控制[J]. *微电机*, 2001, 34(6):55-56
- [28] 赵晖. 基于锁相环结构的 900MHz CMOS 频率综合器设计[D]. 复旦大学, 2003
- [29] 贺珊. IIC 总线接口 IP 核的设计与验证[D]. 合肥工业大学, 2007
- [30] Goodhue, D. The measurement of the impacts of the IIC on the end-users: the survey[J]. *Journal of the American Society for Information Science*, 1997, 48(5):454-465
- [31] 李昆明, 朱明程. IIC 总线接口测试方法的研究[C]. 第四届中国通信专用集成电路发展战略高级研讨会, 2002, 188-192
- [32] 何轶彬. I<sup>2</sup>C 总线研究及其应用系统设计[D]. 河北大学, 2003
- [33] 周干民. 8 位微处理器与 IIC 总线接口的设计与研究[D]. 合肥工业大学, 2001
- [34] 周长发. 精通 Visual C++ 图像处理编程[M]. 电子工业出版社, 2006, 393-402
- [35] Poynton, Charles A. Overview of TIFF 5.0[J]. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 1992, 1659:152-158
- [36] Trepess, P; Hanna, C. Scanning and image size[J]. *Computers in Genealogy*, 2003, 8(1):24-7

- [37] 郑洪静. 基于嵌入式 Web 服务器的测控系统的开发[D]. 苏州大学, 2006
- [38] Motorola MC9S12DG128/DJ128/DT128 Device User Guide V01.09[EB/OL].  
<http://www.freescale.com>, 2002
- [39] 王晓君. 基于 I<sup>2</sup>C 总线接口的智能温度传感器 LM75[J]. 电子测量与仪器学报 2002 增刊, 2002, 1399-1403
- [40] 74HC373 Data Sheet[DB/OL]. <http://www.21icsearch.com/searchpdf>, 1993
- [41] 于少芳, 王飞舟, 王时胜. TLC7225 四路八位 D/A 转换器的原理与应用[J]. 南昌大学学报, 1999, 21(4):12-17
- [42] 李华贵, 许青林. 四路 8 位数/模转换器 TLC7225C 及其应用[J]. 电子技术, 1999, 26(9):42-44
- [43] INTEL 8254 PROGRAMMABLE INTERVAL TIMER[DB/OL]. <http://www.21icsearch.com/searchpdf>, 1987
- [44] NE/SE564 Data Sheet[DB/OL]. <http://www.21icsearch.com/searchpdf>, 1994
- [45] 74LS163 Data Sheet[EB/OL]. <http://www.national.com>, 1992
- [46] MC9S12UF32 System on a Chip Guide V01.05[EB/OL]. <http://www.freescale.com>, 2004
- [47] Graef, G.L. Graphics formats[J]. BYTE, 1989, 14(9):305-6, 308-10

## 附录 A CTP 系统整体效果图

### A.1 CTP 系统模块框图

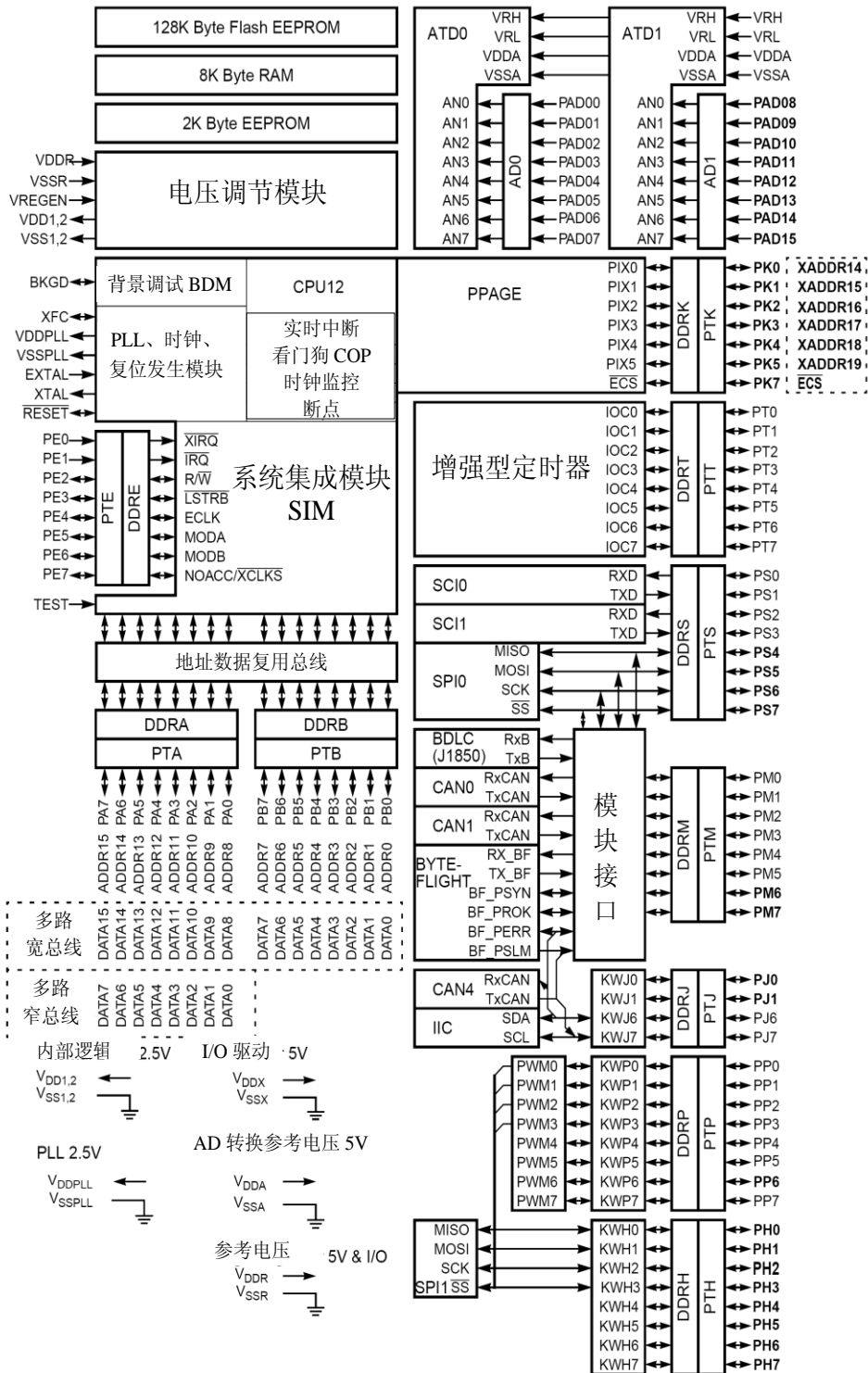


### A.2 CTP 系统实物外观图



## 附录 B MC9S12DG128 相关资料

### B.1 DG128 内部功能模块框图





## 附录 C 伺服电机相关资料

### C.1 伺服电机输入引脚列表

信号名称	针号	功能		
通用	$\overline{\text{SON}}$	40	伺服 ON: 通过解除变频器部分的栅极封锁, 电机变为通电状态。	
	$\overline{\text{PCON}}$	41	通过设定用户参数, 进行功能选择。	
			比例动作指令	在 ON 时, 速度控制环由 PI(比例·积分)控制切换为 P(比例)控制。
			旋转方向指令	在选择内部设定速度的情况下: 切换旋转方
			控制模式切换	位置 $\leftrightarrow$ 速度 位置 $\leftrightarrow$ 扭矩 扭矩 $\leftrightarrow$ 速度
			零箝位指令	带零箝位功能的速度控制: 为 ON 时, 将速度指令看作是零。
			禁止指令脉冲指令	带指令脉冲禁止功能的位置控制: 为 ON 时禁止指令脉冲的输入。
	P-OT	42	禁止正转驱动	超程防止: 当机械可动部分超过可移动的区域时, 停止驱动伺服电机。
	N-OT	43	禁止反转驱动	
	$\overline{\text{PCL}}$ $\overline{\text{NCL}}$	45 46	通过设定用户参数, 进行功能选择。	
			正转侧外部扭矩限制 ON	为 ON 时电流限制功能有效。
			反转侧外部扭矩限制 ON	
			内部速度切换	选择内部设定速度时: 切换内部设定速度。
	$\overline{\text{ALM-RST}}$	44	警报复位: 解除伺服警报状态。	
	+24VIN	47	顺序信号用控制电源输入: +24V 电源由客户准备。可动作的电压范围: +11V~ +25V	
SEN	4(2)	是使用绝对值编码器时的初始数据要求信号。		
BAT(+)	21	绝对值编码器的备用电池连接针。(在指令控制器侧安装电池时不要连接。)		
BAT(-)	22			
速度	V-REF	5(6)	速度指令输入: $\pm 2 \sim \pm 10\text{V}$ / 额定转速 (输入增益可通过用户参数进行变更)	
扭矩	T-REF	9(10)	扭矩指令输入: $\pm 1 \sim \pm 10\text{V}$ / 额定扭矩 (输入增益可通过用户参数进行变更)	
位置	$\overline{\text{PULS}}$	7	指令脉冲输入仅	设定下述某种输入模式形态。 • 符号+ 脉冲列
	$\overline{\text{PULS}}$	8	对应总线驱动	
	CLR	15	偏移脉冲清除输入: 位置控制时清除偏移脉冲。	



	$\overline{\text{CLR}}$	14	PULS, SIGN 以及 CLR 指令信号为集电极开路输出信工作电源。 伺服单元中内置有+12V 电源)
	PL1	3	
	PL2	13	
	PL3	18	

## C.2 伺服电机输出引脚列表

	信号名称	针号	功能	
通用	ALM+	31	伺服警报：检测出异常则 OFF。	
	ALM-	32		
	$\overline{\text{TGON}}$ +	27	伺服电机旋转时检测：检测出电机正在以高出设定值的转速运行。检测转速可通过用户参数进行设定。	
	$\overline{\text{TGON}}$ -	28		
	$\overline{\text{S-RDY}}$ +	29	伺服准备就绪：在控制电路/主电路电源置为 ON 的条件下没有发生伺服警报时置为 ON。	
	$\overline{\text{S-RDY}}$ -	30		
	PAO	33	A 相信号	2 相脉冲(A 相、B 相) 转换编码器输出信号以及起点脉冲(C 相) 信号：相当于 RS422( 适用总线驱动器为 TI 公司的 SN75175 或者与 MC3486 相当)
	PBO	35	B 相信号	
	PCO	19	C 相信号	
	$\overline{\text{PCO}}$	20		
$\overline{\text{PSO}}$	48	S 相信号	绝对值编码器时：旋转量的串行数据输出	
$\overline{\text{PSO}}$	49			
	ALO1	37	警报代码输出：以 3 位输出警报编码。 集电极开路 最大额定值 30V 20mA	
	ALO2	38		
	ALO3	39		
速度	$\overline{\text{V-CMP}}$ +	25	同速( 在速度控制模式下输出)：当电机转速在设定范围内时，检测出其与速度指令值一致。	
	$\overline{\text{V-CMP}}$ -	26		
位置	$\overline{\text{COIN}}$ +	25	定位完成( 在位置控制模式的情况下输出)：当偏移脉冲在设定值以内时置为 ON。 设定值为偏移脉冲的脉冲数，可用指令单位( 由电子齿轮定义的输入脉冲的单位) 进行设定。	
	$\overline{\text{COIN}}$ -	26		

## 附录 D 部件测试命令字安排表

0 1	2	3	4	5	6	7~22	23	24 25
0x86 0x85	4	1: 伺服电机测试	1: SERVO 状态改变	0: $\overline{\text{SON}}$ 1: $\overline{\text{PCON}}$ 2: POT 3: $\overline{\text{NOT}}$ 4: $\overline{\text{PCL}}$ 5: $\overline{\text{NCL}}$ 6: $\overline{\text{ALM - RST}}$	0: 低 1: 高			
		2: 执行件测试	1: 直流电机测试	1: H 端平衡探针 2: 凸轮 3: A 机械手 4: H 机械手 5: 压辊电机 6: A 锁紧器 7: H 锁紧器 8: 2 端机械手同时动作 9: 2 端锁紧器同时动作 10: 挡板开闭 11: 下板导向 12: A 端平衡探针	0: 去起点 1: 去终点	1 2 3 4 5 6 7	校验字节, 采用 4 ~ 23 字节异或	
				2: 电磁铁、继电器测试	1: ERROR 指示灯 2: IMAGING 灯 3: LOAD 灯 4: 蜂鸣器 5: 伺服电源 6: 鼓刹车 7: 鼓抽气泵 8: 记录头吹气泵 9: LD 电源	1: 闭合 0: 打开		8 9 10 11 12 13 14 15 16
		3: 传感器 TLC2543 测试	1: 单片测试	1: 第 1 片 2: 第 2 片 3: 第 3 片 4: 第 4 片	任意			
			2: 全部测试	任意	任意			
4: 步进电机测试	1: 调焦电机测试	1: 复位操作 2: 正转 N 脉冲操作 3: 反转 N 脉冲操作 4: 正转 5: 反转 6: 停止	任意					

			2:横移电机测试	1:复位操作 2:正转 3:反转 4:停止操作 5:退到测光点 6:前进 N 脉冲	任意			
		5:基本流程测试	1:主要流程(伺服相关操作)	1:鼓高速转动	转速档位			
				2:上板操作 3:开始按钮 4:下板操作 5:找零点 6:自检 7:联机 8:找版边	任意			
		6:光学测试	1:调光	0~31 表示 32 路光选择				
			2:控制	1:光全灭 2:光电源 3:测光功能按钮 4:调光脉冲 5:AUTOEN 6:UP/DOWN 7:自动测光 8:自动调光	0:关 1:开			

## 攻读硕士学位期间发表的学术论文、著作及主要科研项目

[1] 于鹏、王宜怀. 直接制版机控制系统的设计与实现. 军民两用技术与产品, 2008(已录用)

[2] 孙鹏、于鹏、祝叶、陈姝. 串励、他励电机控制器测试平台的设计. 苏州大学第九批大学生课外学术科研基金资助项目一等奖. 项目编号: KY2006123B

[3] 参与王宜怀、刘晓升等编著的《嵌入式系统-使用 HCS12 微控制器的设计与应用》中第 14 章的撰写. 北京航空航天大学出版社,2008

## 致 谢

本文是在导师王宜怀教授的耐心细致的指导下完成的。在此，特向导师表示深深的感谢和崇高的敬意。研究生三年中，您渊博的知识、开阔的视野和敏锐的思想，尤其是您严谨求实的治学态度，无论是学习方面还是在日常生活方面都给了我深深的感触，教导着我如何去做人，如何去做事。

感谢北京大学物理系的李峰老师和苏州布鲁赛特的牛云剑工程师以及其他员工，他们在我制作 CTP 控制系统和 USB 发排卡以及论文的完成过程中给予了极大的帮助，他们多年的 CTP 研发经验让我在项目过程中少了很多障碍，对我的论文完成工作也提了很多宝贵的意见。

三年研究生生活中，相处最多的是实验室的兄弟姐妹，谢谢他们在各方面给我的帮助，谢谢你们给我营造了一个融洽的实验室生活环境，能成为这个大家庭的一员真的很幸福。特别感谢师弟孟忠伟、王慧明、倪敬飞、葛强、师妹祝叶、屯娜、王玉丽，他们对我的毕业论文提出了宝贵的意见。

感谢我的父母，养育之恩，无以为报。感谢我的亲戚，我的朋友，他们的健康快乐是我永远的心愿。

感谢本论文的审阅专家。