

学校编码: 10384

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_

学号: 200429012

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于 DSP+MCU+CPLD 的喷码机系统外围接口  
的研究与设计

Design of Peripheral Interface of Injet Printer System Based on  
DSP+MCU+CPLD

王 剑

指导教师姓名: 洪永强 教授

专 业 名 称: 精密仪器及机械

论文提交日期: 2007 年 4 月

论文答辩时间: 2007 年 5 月

学位授予日期:

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2007 年 4 月

# 厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日



## 摘 要

当前,随着我国包装工业的蓬勃发展,产品的包装技术已成为产品质量和企业形象的标志。喷码技术以其在条码印制方面使用灵活、效率高、成本低的优点,对提高企业和产品的形象、促进产品销售、提高工作效率、增加经济效益起到了很大作用,因而其应用范围正飞速扩展。喷码机是系统技术、计算机与信息处理技术、自动控制技术、机械设计技术等多个学科综合交叉的技术密集型产品。

论文围绕喷码机控制系统的开发,针对国内外喷码技术的现状和发展趋势,自主研发一种以 DSP 为控制核心的新型高清晰喷码机,适用于建材、烟酒、药品、食品等的包装流水线。

本课题的研究工作主要包括以下几个方面:

首先,通过研究企业提供的一类喷码机,从控制开发与制作成本入手,针对原有喷码机的一些缺陷,进行改良,自行开发研制喷码机系统,力求操作简单,功能强大,系统稳定,弥补原有产品的不足。

其次,设计了以 DSP 为控制核心的主控板,并完成外围接口的设计。根据系统的特点,我们选择了以 TI 公司的 DSP 系列产品 TMS320VC5402 作为整个系统的控制核心,完成了喷头控制芯片电路模块、存储器模块(扩展程序存储器及存储器、MCU 接口电路)、检测与同步信息反馈电路等研发设计工作。

接着,针对系统的通用性、灵活性建立了以 MCU+CPLD 的辅助控制模块。根据降低主控芯片负荷,提高系统稳定性及用户自主升级程序的灵活性,设计完成了 DSP 与 MCU 的接口模块、程序下载模块、人机交互模块等的研发工作。

最后,在设计完成喷码机的最小系统后,完成核心系统的 PCB 板的制作,并进行软件和硬件的模块化调试工作。

关键词: 喷码机; DSP; 外围接口;

## Abstract

At present, with great the development of packaging industry, product' s packaging becomes a flag of the product quality and the image of enterprise. The printing technique accelerates image-building of corporation and production, promotes, sales, advances work efficiency and increases economic benefit, so its applications become broader and broader. The Inkjet Printer is a production of technique- denseness, which gathers the system technologies, the modern computer information processing technologies, the cybernation technologies, the mechanical design and so on.

The design of control system of Injet Printer was based on the study of the current condition and development tendency of Injet Printer technology both at home and aboard. Moreover, the design theory and some key technologies are introduced in details. The main contents are as follows:

First, according to a kind of Injet Printers system, which is given by a corporation. The design aims at the development and production cost control. A new modified Injet Printer has been developed, which is simpler, more powerful, and has the advantage in system stability, makes up many defects of the original product.

Second, DSP was used as a core unit on the control board and peripheral interface was developed .According to the characteristics of the system, TMS320VC5402 was chosen for the job. A great deal of researches and design were accomplished, such as the print head control IC circuit module, the memory expansion module, the detection and synchronous feedback circuit and so on.

Third, according to the system' s generality and flexibility, the design of auxiliary control module was based on MCU+CPLD. The DSP and MCU

interface module, the download module, the man-machine interactive module and so on were completed in this project.

Finally, after finishing the design of Minimum System of Inkjet Printer, the PCB was made. Some debug was done between software and hardware.

Keywords: Inkjet Printer; DSP; peripheral interface

厦门大学博硕士论文摘要库

<b>目 录</b>	
<b>第一章 绪 论</b> .....	1
1. 1 课题来源.....	1
1. 2 喷码机的发展现状.....	1
1. 3 课题的研究意义.....	2
1. 3. 1 喷码机的科技、经济和社会发展的作用.....	2
1. 3. 2 DSP+MCU+CPLD 的实时控制功能框架.....	2
1. 3. 3 主控系统外围接口的通用性.....	3
1. 4 学位论文的主要研究工作.....	3
<b>第二章 喷码机系统的设计策略</b> .....	4
2. 1 喷码机系统综述.....	4
2. 1. 1 喷码机的组成.....	4
2. 1. 2 喷码机的分类.....	6
2. 2 系统总体的设计策略.....	7
2. 3 系统主控模块的设计策略.....	9
2. 3. 1 系统主控芯片的选择.....	9
2. 3. 2 系统平台的搭建.....	10
2. 4 系统辅助模块的设计策略.....	11
2. 4. 1 单片机控制的设计策略.....	11
2. 4. 2 可编程逻辑器件的使用策略.....	12
<b>第三章 喷码机最小主控系统的设计</b> .....	14
3. 1 最小系统设计方案概述.....	14
3. 1. 1 DSP 板最小系统设计策略.....	14
3. 1. 2 TMS320VC5402 简介.....	14
3. 2 基于 DSP 的主控单元.....	15
3. 2. 1 外部扩展存储器设计.....	16
3. 2. 2 时钟、电源及复位设计.....	19
3. 2. 3 DSP 片外的接口设计.....	25

3. 3 基于 MCU 的 DSP 下载程序模块.....	26
3. 3. 1 实现用户自主下载更新程序设计策略.....	27
3. 3. 2 TMS320VC5402 的 HPI 口及导载机制.....	27
3. 3. 3 TMS320VC5402 与 STC89LE516RD+的硬件设计.....	32
3. 3. 4 DSP 与单片机通信的软件设计.....	33
3. 3. 5 MCU 与上位机接口设计.....	37
<b>第四章 系统的人机交互模块接口设计.....</b>	<b>39</b>
<b>4. 1 液晶显示模块设计.....</b>	<b>39</b>
4. 1. 1 液晶显示模块的选择策略.....	39
4. 1. 2 液晶显示模块硬件设计.....	40
4. 1. 3 显示模块软件设计.....	42
<b>4. 2 操作键盘设计.....</b>	<b>44</b>
<b>第五章 DSP 与喷头的接口设计.....</b>	<b>58</b>
5. 1 喷印头的选择策略.....	58
5. 2 喷印头控制器与 DSP 的硬件接口设计.....	59
5. 3 喷印头控制器与 DSP 的软件设计.....	61
<b>第六章 系统其他模块设计.....</b>	<b>64</b>
6. 1 大容量存储器模块设计.....	64
6. 2 红外接近开关设计.....	65
6. 3 电源复位模块设计.....	66
<b>第七章 最小系统的调试与系总结.....</b>	<b>68</b>
7. 1 硬件电路搭建与调试.....	68
7. 2 系统软件及 CPLD 编程调试.....	70
7. 2. 1 系统软件调试.....	70
7. 2. 2 CPLD 编程调试.....	71
7. 3 总结.....	72
<b>参考文献.....</b>	<b>74</b>
<b>致 谢.....</b>	<b>77</b>



**CONTENT**

<b>CHAPTER 1 INTRODUCTION</b> .....	1
<b>1. 1 TASK SOURCE</b> .....	1
<b>1. 2 DEVELOPING STATUS OF INJET PRINTER</b> .....	1
<b>1. 3 RESEARCH SIGNIFICANCE</b> .....	2
1. 3. 1 The role of Injet Printer in economic and social development.....	2
1. 3. 2 The Real-time control framework based on DSP+MCU+CPLD.....	2
1. 3. 3 The common external interface of control system .....	3
<b>1. 4 MAIN RESEARCH IN THE THESIS</b> .....	3
<b>CHAPTER 2 DESIGN STRATEGY OF INJET PRINTER'S SYSTEM</b> .....	4
<b>2. 1 INJET PRINTER SYSTEM'S INTRODUCTION</b> .....	4
2. 1. 1 Injet printer composition .....	4
2. 1. 2 Injet printer classification.....	6
<b>2. 2 SYSTEM DESIGN STRATEGIES</b> .....	7
<b>2. 3 SYSTEM CONTROL MODULE DESIGN STRATEGIES</b> .....	9
2. 3. 1 System control of the selection of chips.....	9
2. 3. 2 The system's platform structures.....	10
<b>2. 4 AUXILIARY SYSTEM MODULE DESIGN STRATEGIES</b> .....	11
2. 4. 1 MCU control design strategies.....	11
2. 4. 2 CPLD application strategies.....	12
<b>CHAPTER 3 MINIMUM CONTROL SYSTEM DESIGN</b> .....	14
<b>3. 1 MINIMUM SYSTEM DESIGN INTRODUCTION</b> .....	14
3. 1. 1 Minimum control system design strategies .....	14
3. 1. 2 TMS320VC5402 introduction.....	14
<b>3. 2 THE CONTROL UNIT BASED ON DSP</b> .....	15
3. 2. 1 External Memory Design .....	16
3. 2. 2 Clock,Power and Rest circuit design.....	19
3. 2. 3 Peripheral Interface about DSP design.....	25

<b>3. 3 DOWNLOAD PROGRAM ABOUT DSP BASED ON MCU .....</b>	<b>26</b>
3. 3. 1 The update program strategies about customers .....	27
3. 3. 2 HPI and bootload about TMS320VC5402 .....	27
3. 3. 3 TMS320VC5402 and STC89LE516RD+ hardware design .....	32
3. 3. 4 DSP and MCU communication software design.....	33
3. 3. 5 MCU and PC interface design.....	37
<b>CHAPTER 4 THE MAN-MACHINE INTERACTIVE MODULE .....</b>	<b>39</b>
<b>4. 1 LCD MODULE DESIGN .....</b>	<b>39</b>
4. 1. 1 LCD Module Choose strategies .....	39
4. 1. 2 LCD Module hardware design .....	40
4. 1. 3 LCD Module software design .....	42
<b>4. 2 KEYBOARD DESIGN.....</b>	<b>44</b>
<b>CHAPTER 5 DSP AND PRINthead INTERFACE DESIGN .....</b>	<b>58</b>
<b>5. 1 PRINthead CHOOSE STRATEGIES .....</b>	<b>58</b>
<b>5. 2 THE CONTROL CHIP OF PRINthead AND DSP HARDWARE DESIGN</b>	<b>59</b>
<b>5. 3 THE CONTROL CHIP OF PRINthead AND DSP SOFTWARE DESIGN</b>	<b>61</b>
<b>CHAPTER 6 OTHERS MODULE DESGIN.....</b>	<b>64</b>
<b>6. 1 LARGE CAPACITY MEMORY MODULE DESIGN.....</b>	<b>64</b>
<b>6. 2 THE IR SWITCH DESIGN .....</b>	<b>65</b>
<b>6. 3 POWER AND REST MODULE DESIGN.....</b>	<b>66</b>
<b>CHAPTER 7 MINIMUM SYSTEM DEBUGGING AND SUMMARY .....</b>	<b>68</b>
<b>7. 1 STRUCTURES AND DEBUGGING OF HARDWARE CIRCUIT .....</b>	<b>68</b>
<b>7. 2 SYSTEM SOFTWARE AND THE PROGRAM OF CPLD DEBUGGING....</b>	<b>70</b>
7. 2. 1 system software debugging .....	70
7. 2. 2 the program of CPLD debugging .....	71
<b>7. 3 SUMMARY.....</b>	<b>72</b>
<b>REFERENCES.....</b>	<b>74</b>
<b>THANKS .....</b>	<b>77</b>

# 第一章 绪 论

本章主要介绍本课题的来源、研究目的和意义，简明扼要地介绍课题的主要研究工作。

## 1. 1 课题来源

本课题是与企业合作的横向课题，正在提请福建省科技计划项目的支持。该企业要求在原有的喷码机的基础上<sup>[1]</sup>，自主研发一种适用于建材、烟酒、药品、食品等的包装流水线上的喷码机产品。产品突出低成本、工作稳定、存储器喷印资料大、喷印质量高等特点。本课题意在根据合作方的要求，研究新型喷码机，设计基于 DSP+MCU+CPLD 的喷码机系统外围接口。

## 1. 2 喷码机的发展现状<sup>[2], [3]</sup>

喷码机发明于六十年代末,直到七十年代末才生产出世界第一台商用喷码机。该设备广泛应用于食品、化妆品、医药、汽车、电线电缆、铝塑管、烟酒等行业领域。喷码机可用于喷印生产日期、批号、条型码以及商标图案、防伪标记和中文字样等定制或多变的信息，是促进包装现代化强有力的设备。经过三十多年的锤炼，喷码技术已日趋成熟。但喷码机核心技术复杂，目前世界上仅有美、英、法等几个工业发达国家能生产。目前这些国家已进入了第三代喷码机的时代——将目前普遍应用于办公领域的气泡式喷印技术用于喷码机，极大的提高了喷码机的稳定性与清晰度。随着各种喷印墨水的相继出现，使得喷码机应用领域逐出扩大，变得更为灵活。由先喷印后包装的旧模式逐步转变成先包装后喷印的灵活模式。

由于缺乏此项技术，我国各行业所用喷码机基本上全部依赖进口，耗费了大量外汇。目前，国内市场有进口国外产品和合资企业产品，如 ANSER，金吉特，除北京科诺华公司外，目前还未见拥有自主知识产权并且批量生产喷码机的国内厂家。科诺华公司目前生产的喷码机基本性能已达到进口同类产品 90 年代末的水平。

## 1. 3 课题的研究意义

### 1. 3. 1 喷码机的科技、经济和社会发展的作用

目前,我国包装工业的蓬勃发展,产品的包装技术已成为产品质量,企业形象的标志。各种新型的包装材料应运而生,产品的包装形式也为突出品牌特征而设计得更具特色。而且国家对产品(特别是食品、药品等)的出厂日期等标识的要求越来越严格,迫于竞争,对各个生产的厂家来说,解决标识问题的首选就是“喷码机”。

当前,中国消费者的产品质量意识越来越强,对产品信息的标注和要求也越来越高。政府和有关部门也不断出台新的法律法规,对此进行严格的规范和管理。同时,企业本身的质量管理和自我保护意识以及自动化管理水平也在不断提高。利用喷码技术进行产品质量控制和跟踪、加强销售渠道管理和仓储管理等业务也越来越多。喷码技术以其在条码印制方面使用灵活、效率高、成本低的优点对提高企业和产品的形象、促进产品销售、提高工作效率、增加经济效益均起到了极大的作用,其应用范围正飞速地发展。据统计,1989—1995年,我国每年从国外进口喷码机2000台左右,1995—2004年上升到每年10000台左右,2005年上升到每年14000台。进口喷码机每台售价一般在2万元以上。由于墨水又受喷码机厂家的控制,耗材费用高,进口喷码机的全寿命使用费用很高。国内对喷码机数量需求呈快速增长,国内市场潜力巨大,迫切需要国内有更多的厂家来开发和生产拥有自主知识产权的喷码机。这样不仅能满足国内企业的需求,大幅度降低喷码机的全寿命使用费用,节省大量外汇,而且有利于在喷码技术研发上进行技术储备、缩短与世界先进喷印技术之间的差距。

### 1. 3. 2 DSP+MCU+CPLD 的实时控制功能框架

喷码机是系统技术、计算机与信息处理技术、自动控制技术、机械设计技术等多个学科综合交叉的技术密集型产品。本论文的重点工作主要集中在两个方面:一是脱机系统设计,二是控制喷码机的喷头完成图像信息的喷印。换句话说就是要开发出一个独立的带有喷印头的“微计算机”系统。这个系统包括CPU、内外存储器、输入输出设备、数据传输交换接口等。DSP器件具有处理数据快,性能稳定,抗干扰能力强与外围器件接口简单等优点,非常适用于类似喷码机等复杂数据处理系统。在系统中,加入了单片机(MCU)配合DSP进行工作,完成程序存储、下载等工作,减小DSP在整个系统中

的工作开销，能够使其更好的进行处理数据的工作，进一步增强系统的稳定性。为配合系统的高速运行，以及电路板制作规模方面，传统的逻辑门电路已无法适用，因此选用可编程逻辑器件（CPLD）完成系统电路的组合逻辑、时序逻辑。

### 1. 3. 3 主控系统外围接口的通用性

喷码机的主控部分作为一个典型的嵌入式系统来说<sup>[2]</sup>，具有与一般嵌入式系统通用的硬件结构，包括嵌入式芯片、存储器、输入/输出等模块。所以本论文课题的设计，不仅仅为了设计喷码机系统，而且在设计的同时，立足于整个硬件系统的通用性，使其能够通过小规模的修改外设配置与软件，就可以达到完成另外一种功能的嵌入式系统的设计，这样既缩短了研发的周期，也降低了继承者开发产品的难度。

## 1. 4 学位论文的主要研究工作

本课题的研究工作主要包括以下三个方面：

(1) 在研究了企业提供的一类喷码机的基础上，从控制开发与制作成本入手，针对原有喷码机的一些缺陷，进行改进，自行开发研制喷码机系统，力求操作简单，功能强大，系统稳定，弥补原有产品的不足。

(2) 设计了以 DSP 为控制核心的主控板，并完成外围接口的设计<sup>[3]</sup>。根据系统的特点，我们选择了以 TI 公司的 DSP 系列产品 TMS320VC5402 作为整个系统的控制核心，并完成了如喷头控制芯片电路模块、存储器模块（扩展程序存储器及存储器、MCU 接口电路）、检测与同步信息反馈电路等研发设计工作。

(3) 针对系统的通用性，及灵活性建立了以 MCU+CPLD 的辅助控制模块。依据降低主控芯片负荷，突出整个系统通用性及用户自主下载程序升级的灵活性，设计完成了如 DSP 与 MCU 的接口模块、程序下载模块、人机交互模块等的研发工作。

(4) 通过多方查找资料，完成了对喷印引擎的选择，以及与主控系统的接口设计。

(5) 完成核心系统的 PCB 板的制作，并进行软件和硬件的模块化调试工作。

## 第二章 喷码机系统的设计策略

喷码机是一种由微控制器控制，非接触式喷墨标识系统<sup>[4]</sup>。通过带电的墨水微粒，由高压电场偏转的原理，在各种物体表面上喷印上图案文字和数码，是集机电一体化的高科技产品。本章在讨论喷码机的工作原理及其功能模块组成的基础上，说明了项目的控制策略与设计方案。

### 2.1 喷码机系统综述

#### 2.1.1 喷码机的组成<sup>[5], [6]</sup>

喷码机是系统技术、计算机与信息处理技术、自动控制技术、机械设计技术等多个学科综合交叉的技术密集型产品。如图 2-1 所示，为某一类喷码机在生产线上的示意图。其大致可以由喷头控制系统、人机交互系统、检测与同步信息反馈装置、喷头、墨水供应装置和喷头机械防撞机构及安装机构六部分组成。

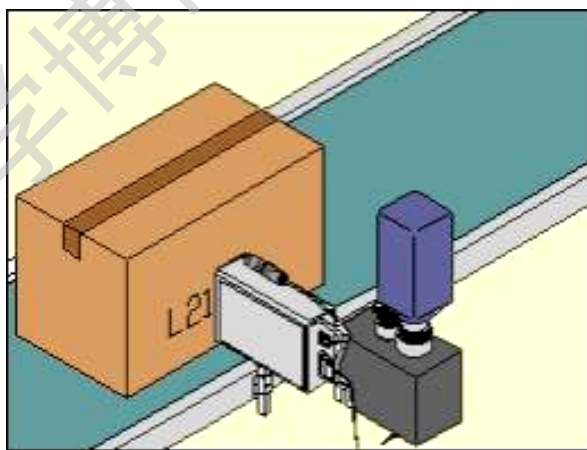


图 2-1 喷码机示意图

#### (1) 喷头控制系统

喷头控制部分是整个喷码机系统的核心部分，通过微处理器对喷印头进行控制，实现喷印字符图像、墨水供应等工作。

#### (2) 人机交互系统

人机交互系统由包括上位 PC 机在内的软硬件组成。用户通过人机交互系统将所需

喷印字符和喷印参数在内的一系列数据或命令传送给字符图形生成模块以及喷码控制模块，对喷码机系统进行操作和监控。

### (3) 检测与同步信息反馈装置

同步检测装置主要是通过不断检测生产线上的产品位置信息及流水线速度，并将信息反馈给微处理器，形成闭环控制系统，处理器根据反馈信息自动调整喷印参数，进一步提高喷印质量与精度。

### (4) 喷印头

喷印头的精密与质量决定了整个喷码机的喷印效果，同时由于它的不同的工作原理，也决定了喷码机在市场上的分类，目前市场上大体分为，电磁阀式、压电式、气泡式和激光式等<sup>[7],[8]</sup>，相关具体原理会在下一节详细叙述。图 2-2 为一个压电式喷印头实物。

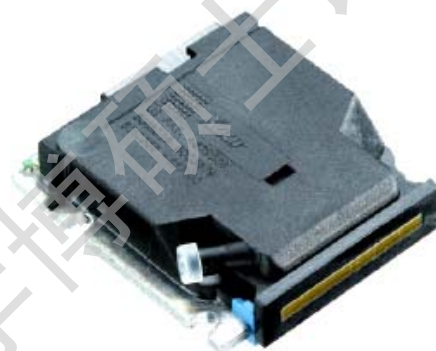


图 2-2 压电式喷印头实物图

### (5) 墨水供应系统

墨水供应装置用于墨水的供给，主要由墨水罐、过滤器、墨水泵、压力传感器等组成。图 2-3 为一典型的油墨供给系统。

### (6) 喷头机械防撞机构及安装机构<sup>[1]</sup>

当前喷码机大多是固定于生产线上，免不了喷头与产品发生碰撞，从而影响喷印效果。防撞机构应运而生，它保证了喷头在与产品发生碰撞的时候，依旧能够保持喷头水平，不影响这个喷印效果。图 2-4 为 Anser 系列喷码机的防撞机构。



图 2-3 典型油墨供给系统



防撞机构原理



防撞机构实物

图 2-4 Anser 喷码机防撞机构

## 2. 1. 2 喷码机的分类

目前市场中，喷码机种类繁多，但基本都是根据喷印头不同的工作原理进行分类，大体分为以下几种。

### 1. 阀门式喷印

这种方法是最易实现的，在过去 30 年中，主要用在外包装箱施印。基本上，一个阀门喷印装置包括一个低压油墨系统，一个电子控制机箱和一个用软性导管与机箱相连的喷头。油墨系统中的油墨经过简单的开/合阀门被送到喷头中的喷嘴中(一个喷头一般有 7 到 18 个直径 200 微米的喷嘴或更多)。当一个油墨滴需要被喷出时，电子元件打开相应的开/合阀，油墨滴就被喷射出来。由于机械结构简单，阀门式喷印系统是易于建立的。顾客一般通过比较用户界面(即操作是否容易)，喷印能力/喷印多样性/质量和适用的油墨系列来选择供应商。总的来说，如果对喷印质量要求不高和经常清洗喷头，阀门式喷印系统都可以表现良好。虽然购置成本较低，但一两年后阀门式喷印系统的使用成本计算下来都较高，所以这种技术有逐渐被脉冲式喷印技术所替代。

### 2. 压电式喷印

脉冲式喷印技术首先出现的是压电式喷印，简单地说，喷嘴中的油墨压力必须足够低(或者是负压)，因为是油墨的表面张力将油墨保持在喷嘴中，需要喷印时，一个脉冲电压加在压电晶体上，压电晶体产生变形，使喷嘴油墨腔的容积减少。这样，一滴油墨便从喷嘴中喷射出。然后，压电晶体恢复原状，由于表面张力作用，新的油墨进入喷嘴。



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库