

摘要

数据通信是工业测控网络的关键技术,随着当前用微处理器技术实现过程控制以及智能传感器的发展,需要实现工业过程现场仪表和控制系统之间的全数字化、双向、多站点的串行通信网络,这就形成了现场总线。现场总线不仅仅是一种通信技术,它是用新一代的现场总线控制系统代替了传统的分布式控制系统 DCS(Distributed Control System),实现现场总线通信网络与控制系统的集成。作者在基于 CAN 总线的基础上对支持多主多从和一主多从的现场总线测控网络系统进行了深入的研究。本课题受山东省教委的资助。

本文首先介绍了现场总线原理和现状以及 CAN 技术规范和控制器件原理,给出了基于 CAN 现场总线构成的工业测控网络的总体设计方案、系统结构、工作原理。该网络系统可实现多个主节点和多个从节点的数据通信与信息共享。

其次,作者详细设计并实现了 CAN 总线现场测控装置和 PC 总线 CAN 适配器的硬件系统,给出了详细的线路原理、技术指标和使用说明,并在设计中采取了抗干扰措施。

再次,作者提出了面向应用层的 CAN 总线网络通信协议 B++,并依据该协议开发了主节点和从节点的通信软件,实现了基于 CAN 总线网络通信功能;采用中断技术设计了从节点测控软件的控制结构,为不同的应用环境提供了编程模型,具有应用程序独立性的特点。

最后,作者在分析和讨论改进的 PID 控制算法和实用的参数整定方法的基础上,实现了基于 CAN 总线测控网络的工程应用实例,即乳胶制品生产线计算机控制系统。

实例证明,本文提出并实现的基于 CAN 总线的测控网络综合了 AI、AO、DI、DO 等多种功能,其技术指标完全符合系统的设计要求,既适用于数据采集,又适用于控制场合,可方便的构成现场总线多主从分散型测控网络系统。

关键词: 现场总线; CAN; 控制网络; 通信协议; 计算机控制系统

ABSTRACT

Data Communication is the crucial technique of industrial control net. With the development of the microprocessors' control of the process and the intelligent transducers, the realization of the all-data, bi-directional, and multi-station serial communications networks between the equipments during the industrial process and the control system is under great requirement, which results in the formation of fieldbus. Fieldbus is not only the communications technique, but it is also the replacement of the traditional DCS by the new busfield-controlled system and the intergration of the busfield communications net and the control system. The writer makes a careful study of the fieldbus-controlled net which supporting multi-master-and-multi-slave nodes and multi-master-and-single-slave nodes based on CAN bus. This task is being sponsored by Shandong Education Commission.

Firstly, we are acknowledged in the article that the principle and the current situation of the fieldbus. Meanwhile we are aware of the basic theory of the control instruments. The article also covers the general design scheme, structure feature and working principle of the control net based on CAN busfield, which is able to realize the data communications and information sharing of multi-master nodes and multi-slave nodes.

Secondly, the writer succeeds designing the CAN busfield control instruments and the hardware of CAN adaptors' with the netline principle, technique standards and instructions in detail. Furthermore, the measure of inteference-proof has been taken by him..

Thirdly, the writer makes a new proposal of user-oriented CAN busfield communications protocol B++, and develops the communications software of master nodes and slave nodes in accordance with the protocol mentioned above. He realizes the function of networks communications based on CAN busfield as well. Besides, the writer designs the control structure adopting the interference technique which provides relevant programming models on different occasions.

Last, the writer realizes the practical use of the latex production line after analyzing and discussing the improved PID control arithmetic and the applied method of parameter adjustment.

It proves that the control net, whose technical index meets all the requirements, and gains quite a few functions such as AI, AO, DI, DO etc. Thus, it applies to not just the data collection but also the field controlling. DCS can be easily achieved from this.

Key words:

fieldbus , CAN , control net, communications protocol, computer control system

原创性声明

本人声明：所呈交的论文是本人在导师指导下进行的研究工作。除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已发表或撰写过的研究成果。参与同一工作的其他同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

签 名：冯力 日 期：2004.3.11

本论文使用授权说明

本人完全了解上海大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留论文及送交论文复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部或部分内容。

（保密的论文在解密后应遵守此规定）

签 名：冯力 导师签名：李德乾 日 期：2004.3.11

第一章 现场总线

1.1 现场总线的定义和特征

50年前,过程控制系统基于3~15psi气动标准信号。60至70年代发展了4~20mA(DC)信号标准,直到现在仍在使用。进入80年代以来,用微处理器技术实现过程控制以及智能传感器的发展,导致需要用数字信号取代4~20mA(DC)模拟信号,实现工业过程现场仪表和控制系统之间的全数字化、双向、多站点的串行通信网络,这就形成了现场总线。

顾名思义,现场总线应当是应用在生产最底层的一种总线型拓扑的网络。进一步讲,这种总线是用做现场控制系统的、直接与所有受控节点串行相连的通信网络。根据国际电工委员会 IEC(International Electrotechnical Commission)标准和现场总线基金会 FF(Fieldbus Foundation)的定义:现场总线是连接智能现场设备和自动化系统的数字式、双向传输、多分支结构的通信网络。现场总线不仅仅是一种通信技术,它是用新一代的现场总线控制系统代替了传统的分布型控制系统 DCS(Distributed Control System),实现现场总线通信网络与控制系统的集成。

工业自动化控制的现场范围可以从一台用电设备到一个车间、一个工厂,受控设备和网络所处的环境可能很特殊,对信号的干扰往往是多方面的,而控制的要求必须是实时性很强,这就决定了现场总线有别于一般网络的特点。

1.2 现场总线的体系结构

现场总线其规模应属于局域网、总线型结构。它要传输的信息帧都短小,要求实时性很强、可靠性高(网络层次少,信息帧短小有利于提高实时性和降低受干扰的概率)。然而现场的环境干扰因素众多,有些很强烈且带突发性,这些都决定了现场总线必须有自己的特色。

现场总线体系结构主要表现在以下六个方面:

(1) 现场通信网络

现场总线把通信一直延伸到生产现场或生产设备,用于过程自动化和制造自动化的现场设备以及现场仪表互联的现场通信网络,如图 1.1 所示,该图代表了 FF 现场总线控制系统的网络结构。

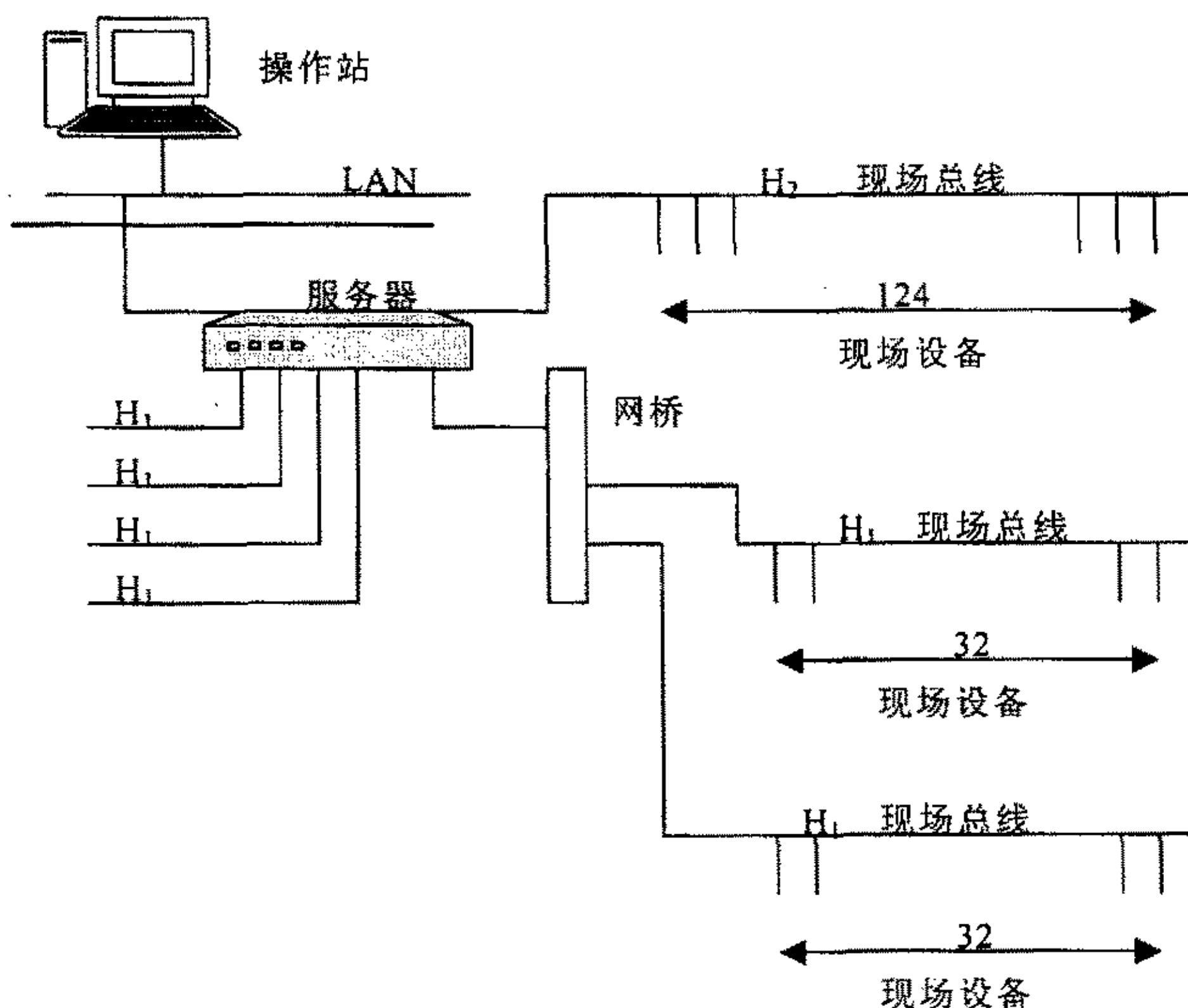


图 1.1 新一代 FCS 控制层

(2) 现场设备互联

现场设备或现场仪表是指变送器、执行器、服务器和网桥、辅助设备、监控设备等，这些设备通过一对传输线互联（见图 1.1），传输线可使用双绞线、同轴电缆、光纤和电源线等。

(3) 互操作性

现场设备或仪表种类繁多，不同厂商产品的交互工作与互换是不可避免的。用户希望选用各厂商性能价格比最优的产品集成在一起，实现“即接即用”，并对不同品牌的现场设备统一组态，构成他所需要的控制回路，这就是现场总线设备互操作性的含义。现场设备互联是基本要求，只有实现互操作性，用户才能自由地集成 FCS。

(4) 分散功能块

FCS 废弃了 DCS 的输入/输出单元和控制站，把 DCS 控制站的功能块分散地分配给现场仪表，从而构成虚拟控制站。由于功能分散在多台现场仪表中，并可统一组态，供用户灵活选用各种功能块，构成所需控制系统实现

彻底的分散控制。

(5) 通信线供电

通信线供电方式允许现场仪表直接从通信线上摄取能量,这种方式提供用于本质安全环境的低功耗现场仪表,与其配套的还有安全栅。许多生产现场有可燃性物质,所有现场设备必须严格遵守安全防爆标准,现场总线设备也不例外。

(6) 开放式互连网络

现场总线为开放式互连网络,既可与同层网络互连,也可与不同层网络互连。开放式互连网络还体现在网络数据库共享,通过网络对现场设备和功能块统一组态,使不同厂商的网络及设备融为一体,构成统一的 FCS,如图 1.1 所示。

1.3 现场总线的发展与现状

20世纪80年代中期现场总线技术才开始形成和发展,在十几年的时间中出现了好几种走向成熟并且得到逐步推广应用的现场总线如基金会现场总线、LonWorks、PROFIBUS、HART、CAN等。

现场总线既有层次差别,又有行业来由,更有相关企业的巨大商业利益,可想统一国际标准决非易事。从目前的情况看,工业上还没有一种现场总线能覆盖所有的应用面。完成制定国际标准的进度,由于情况复杂而将比预计的要慢得多,因此,多种现场总线并存的局面将持续很长时间。

1.4 问题的提出

在设计一个工业控制系统时,通常有4种选择,如图1.2所示。四种系统的部分性能对比如下表所示。

4种控制系统性能对比表

对比	PC+FIELD BUS	DCS	PC+PLC	PC+SLC
控制能力	●	●		
开放性	●	○	●	●
I/O适应性	●	●	●	○
机柜及电缆	●	○	○	○
现场仪表诊断	●	○	○	○
使用实践时间	●	●	●	●
设备、材料施工时间	●	○	●	●

注:表中●代表优,○代表劣

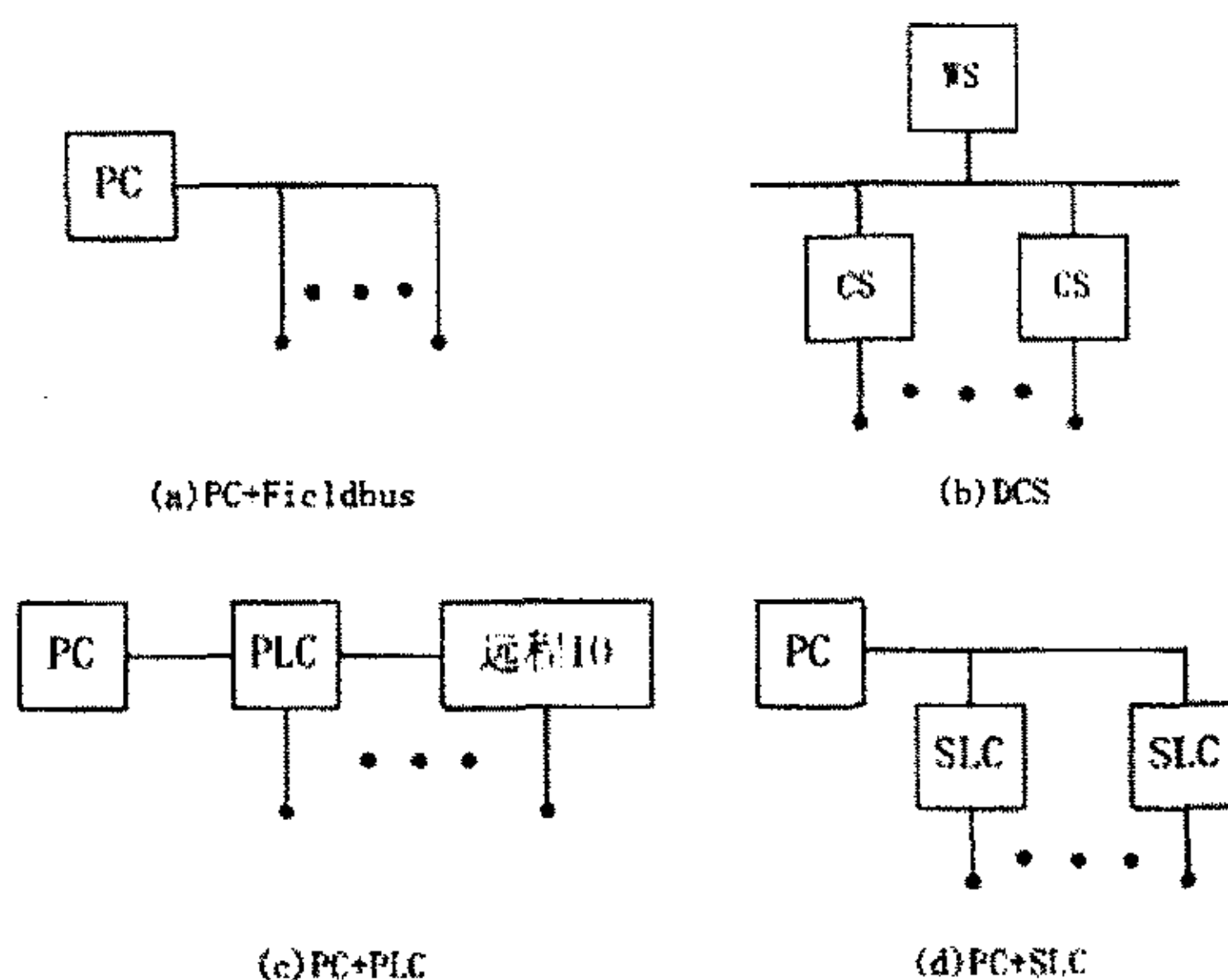


图1.2 四种控制系统结构图

由表中可见,采用开放的软件及网络技术丰富、价格低廉的PC机加上现场总线技术构成的系统具有性能好而价格低的优点,将在今后的竞争中逐步取得更大的优势。现场总线控制系统的优越性是无置疑的,它的核心是现场总线,现场总线技术的出现,将使传统的自动控制系统产生革命性的变革。

本课题是山东省教委的资助项目,目的是跟踪国际现场总线技术,开发适合我国国情的现场总线产品,即研制现场总线现场智能测控装置和现场总线智能通讯适配器,提出设计CAN总线通信协议的新思路,能够组成现场总线FCS,完成主站与主站、主站与从站间的通讯及资源共享。

第二章 基于 CAN 现场总线的计算机控制网络

2.1 CAN 简介

2.1.1 控制器局部网 (CAN)

控制器局部网 (Controller Area Network—CAN) 属于现场总线的范畴, 它是一种有效支持分布式控制或实时控制的串行通信网络。CAN 现场总线最初是由德国的 Bosch 公司为汽车的监测控制系统而设计的。由于 CAN 现场总线有卓越的特性和极高的可靠性, 特别适合工业过程监控设备的互连, 因此越来越受到工业界的重视, 并被公认为几种最有前途的现场总线之一, 成为一种国际标准 (ISO 11898)。

CAN 现场总线是一个多主总线, 各节点都有权向其它节点发送信息。通信介质可以是双绞线、同轴电缆或光纤, 其主要特点有:

(1) 通信速率为 5Kbps/10Km、1Mbps/40m, 节点数 110 个, 每个节点均可主动传输, 通信介质可以是双绞线、同轴电缆或光纤。

(2) 采用点对点全局广播发送接收数据。

(3) 可实现全分布式多机系统, 且无主从机之分, 每点均可主动发送报文, 可方便地构成多机备份系统。

(4) 采用非破坏性总线优先级仲裁技术, 当两个节点同时向网上发送信息时, 优先级低的节点主动停止发送数据。

(5) 持四种报文帧: 数据帧、远程帧、出错帧、超载帧。采用短帧结构, 传送时间短、受干扰概率低。

(6) 采用 CRC 校验及其他校验措施, 保证了极低的信息出错率。

(7) 具有自动关闭功能, 当接点错误严重时, 自动切断与总线的联系, 以不影响总线的工作。

本文采用 CAN 现场总线技术, 设计和实现了现场总线测控网络。相信 CAN 现场总线技术引入我国工业界后, 一定会给广大用户带来极大的便利与好处, 并把国内的现场监控技术提高到一个新的水平。

2.1.2 CAN 现场总线原理

CAN 是一种串行通信协议, 它可以非常有效地构成分布式实时过程检测与控制系统, 并且有非常高的可靠性。CAN 总线规范规定了任意两个 CAN 节点之间的兼容性, 包括电气特性及数据解释协议, 为保证设计使用的透明性及执行的灵活性, CAN 协议划分为不同层次: 目标层、传输层、物理层。目标层和传输层完成所有服务和 ISO/OSI 模型定义的数据链路层的功能, CAN 节点的分层结构如图 2.1 所示。

应用层
目标层: 报文滤波 报文和状态处理
传输层: 故障界定 出错检测和信令 报文确认 应答 仲裁 报文分帧 传输速率和定时
物理层: 信号电平和位表示 传输媒体

图 2.1 CAN 节点的分层结构

目标层的功能包括：寻找被发送的报文，确定通过传输层接收的报文实际被使用以及提供与硬件有关的接口；在定义目标处理时，存在许多灵活性。传输层的功能主要是传送规则，亦即控制帧结构、执行仲裁、错误检测、出错标定、故障界定。传输层也要确定为开始一次新的发送，总线是否开放或者是否马上开始接收。位定时特性也被作为传输层的一部分。传输层特性不存在修改的灵活性。物理层的范围是有关全部电气特性及不同节点之间位的实际传送。自然，在一个网络内，物理层对于所有节点必须是相同的，然而，在选择物理层时存在很大的灵活性。

2.2 CAN 总线的硬件实现技术

2.2.1 CAN 控制器 SJA1000

CAN 控制器 82C200/SJA1000 是 Philips 公司生产的一种独立 CAN 控制器，它可通过并行总线与各种 CPU 接口，包括 Intel 方式（80C31、89C51、80C196 等）和 Motorola 方式（如 68HC08、68HC11、68HC16 等）。其主要特性如下：

- （1）支持 CAN 总线的物理层和数据链路层的所有功能。
- （2）多主机结构，有总线访问优先权（取决于报文标示符，可多至 2032 种），并能确保高优先权报文的等待时间。
- （3）可与各种类型的微控制器接口，并行总线可设置成 Intel 或 Motorola 方式。

- (4) 传送速率可控 (最高为 1Mbps), 并有可控时钟输出。
- (5) 有成组和广播报文功能, 并有强有力的错误处理能力。
- (6) 可设置输出驱动器结构。
- (7) 28 脚双列直插或小型表面封装。

图 2.2 中 AD₇~AD₀ 为多路地址/数据总线, ALE、RD、WR、CS 为地址锁存、读、写、片选信号, INT 为中断输出, RST 为复位输入, MODE 选择 Intel 方式 (接 VDD) 或 Motorola 方式 (VSS), XTAL1、XTAL2 为振荡器输入输出, RX0、RX1、为 CAN 总线至 SJA1000 的输出端, TX0、TX1、为 SJA1000 至 CAN 总线的输出端。SJA1000 的引脚图如图 2.3 所示。

CAN 控制器对外部微控制器 (CPU) 来讲, 是一个存储器映象的 I/O 设备。其典型的内部寄存器结构如图 2.4 所示。

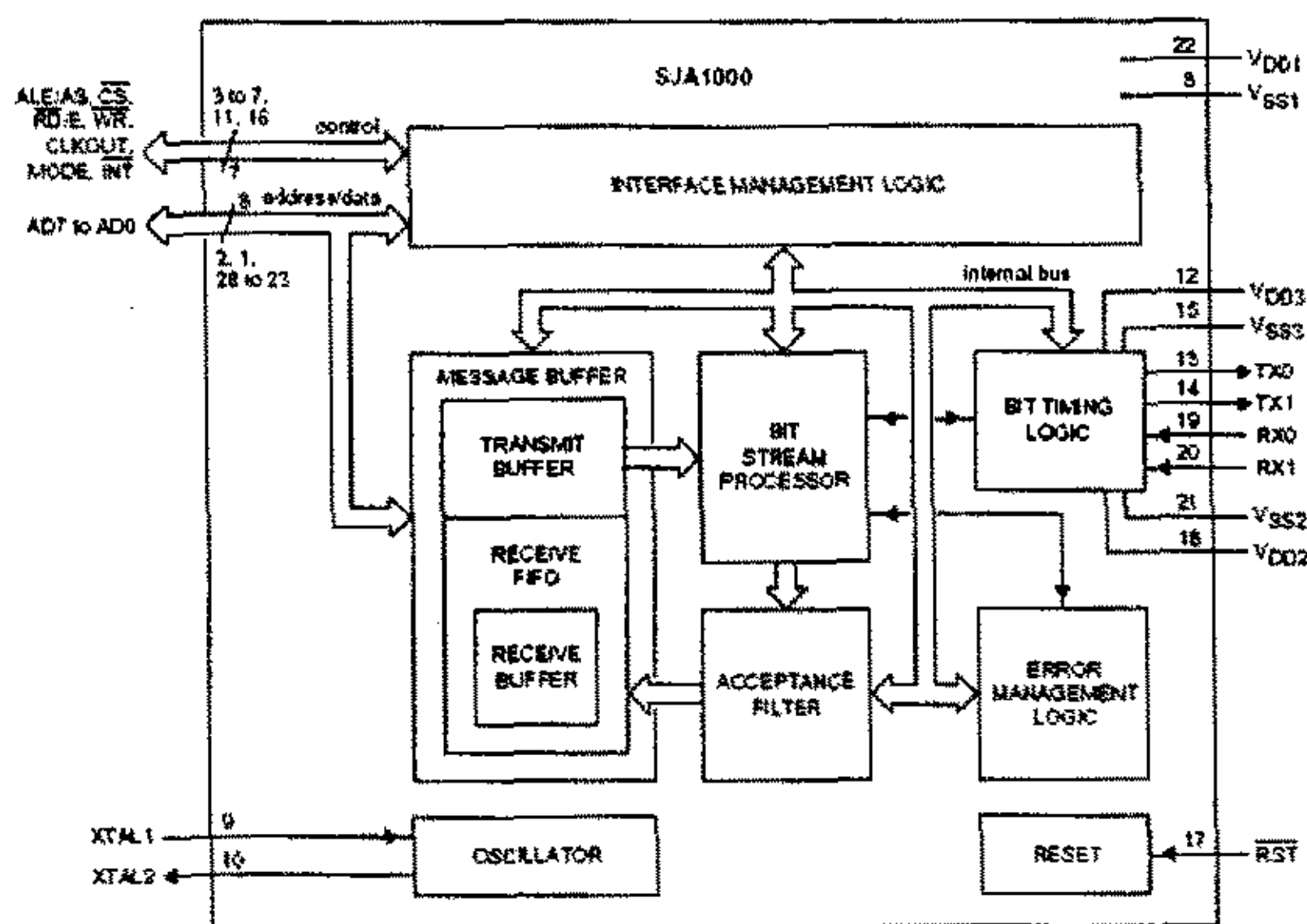


图 2.2 SJA1000 功能框图

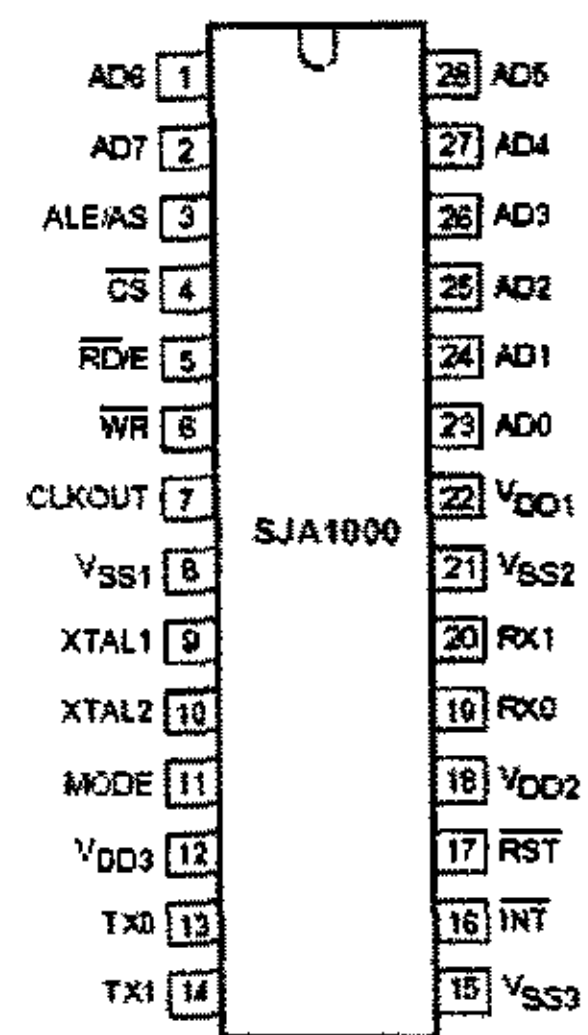


图 2.3 SJA1000 引脚图

由图 2.4 可以看出, CAN 寄存器分三部分: 控制段、发送缓冲区、接收缓冲区, 其中控制段由 CPU 填入发送缓冲区并启动发送, 而接收到的数据被放在接收缓冲区中。发送缓冲区有两个, 对于 CPU 而言两者的地址是相同的, 当 CPU 读取一个缓冲区时, 另一个可同时在接收数据, 两者交替工作。

控制段寄存器的基本功能有:

- (1) 控制寄存器 (CONTROL): 控制中断、复位及同步方式。
- (2) 命令寄存器 (COMMAND): 用来控制发送、终止发送、缓冲区释放、清除过载状态、睡眠及唤醒和接收方式。
- (3) 状态寄存器 (STATUS): 指示 CAN 控制器的当前工作状态, 包括接收缓冲区状态, 数据是否溢出、发送缓冲区状态、发送是否结束、接收是否正在进行、错误状态及总线是否关闭。
- (4) 中断寄存器 (INTERRUPT): 指示各中断源状态, 包括接收中断、发

送中断、出错中断、溢出中断、唤醒中断。

- (5) 接收代码寄存器 (ACCEPTANCE CODE): 用于接收帧识别的代码。
- (6) 接收屏蔽寄存器 (ACCEPTANCE MASK): 说明对应接收代码的哪些位参与接收帧识别。
- (7) 总线定时寄存器 (BUS TIMING 0 及 BUS TIMING 1): 用于设置通信速率、同步参数及采样次数。
- (8) 输出控制寄存器 (OUTPUT CONTROL): 用来控制发送器的工作方式。
- (9) 测试寄存器 (TEST): 仅用于芯片内部测试。

CAN ADDRESS	SEGMENT	OPERATING MODE		RESET MODE	
		READ	WRITE	READ	WRITE
0	control	control	control	control	control
1		(FFH)	command	(FFH)	command
2		status	-	status	-
3		interrupt	-	interrupt	-
4		(FFH)	-	acceptance code	acceptance code
5		(FFH)	-	acceptance mask	acceptance mask
6		(FFH)	-	bus timing 0	bus timing 0
7		(FFH)	-	bus timing 1	bus timing 1
8		(FFH)	-	output control	output control
9		test	test note 2	test	test note 2
10	transmit buffer	identifier (10 to 3)	identifier (10 to 3)	(FFH)	-
11		identifier (2 to 0), RTR and DLC	identifier (2 to 0), RTR and DLC	(FFH)	-
12		data byte 1	data byte 1	(FFH)	-
13		data byte 2	data byte 2	(FFH)	-
14		data byte 3	data byte 3	(FFH)	-
15		data byte 4	data byte 4	(FFH)	-
16		data byte 5	data byte 5	(FFH)	-
17		data byte 6	data byte 6	(FFH)	-
18		data byte 7	data byte 7	(FFH)	-
19		data byte 8	data byte 8	(FFH)	-
20	receive buffer	identifier (10 to 3)	identifier (10 to 3)	identifier (10 to 3)	identifier (10 to 3)
21		identifier (2 to 0), RTR and DLC	identifier (2 to 0), RTR and DLC	identifier (2 to 0), RTR and DLC	identifier (2 to 0), RTR and DLC
22		data byte 1	data byte 1	data byte 1	data byte 1
23		data byte 2	data byte 2	data byte 2	data byte 2
24		data byte 3	data byte 3	data byte 3	data byte 3
25		data byte 4	data byte 4	data byte 4	data byte 4
26		data byte 5	data byte 5	data byte 5	data byte 5
27		data byte 6	data byte 6	data byte 6	data byte 6
28		data byte 7	data byte 7	data byte 7	data byte 7
29		data byte 8	data byte 8	data byte 8	data byte 8
30		(FFH)	-	(FFH)	-
31		clock divider	clock divider; note 3	clock divider	clock divider

图 2.4 CAN 控制器的内部寄存器结构

2.2.2 CAN 收发器 82C250

82C250 是 CAN 控制器和物理总线间的接口, 它最初为汽车高速通信 (最高达 1Mbps) 应用设计, 该器件可以提供对总线的差动发送能力和对 CAN 控制器的差动接收能力。82C250 的主要特性如下:

- (1) 与 ISO11898 标准完全兼容;
- (2) 高速 (最高达 1Mbps);
- (3) 具有抗环境的瞬间干扰, 保护总线能力;
- (4) 降低射频干扰的斜率控制;

- (5) 低电流待机方式;
- (6) 某一个节点掉电不会影响总线;
- (7) 可有 110 个节点相连接;
- (8) 带有 CAN 总线差动接收器和差动驱动器。

82C250 的硬件结构及功能如图 2.5 所示。

82C250 的各引脚及功能如图 2.6 所示。

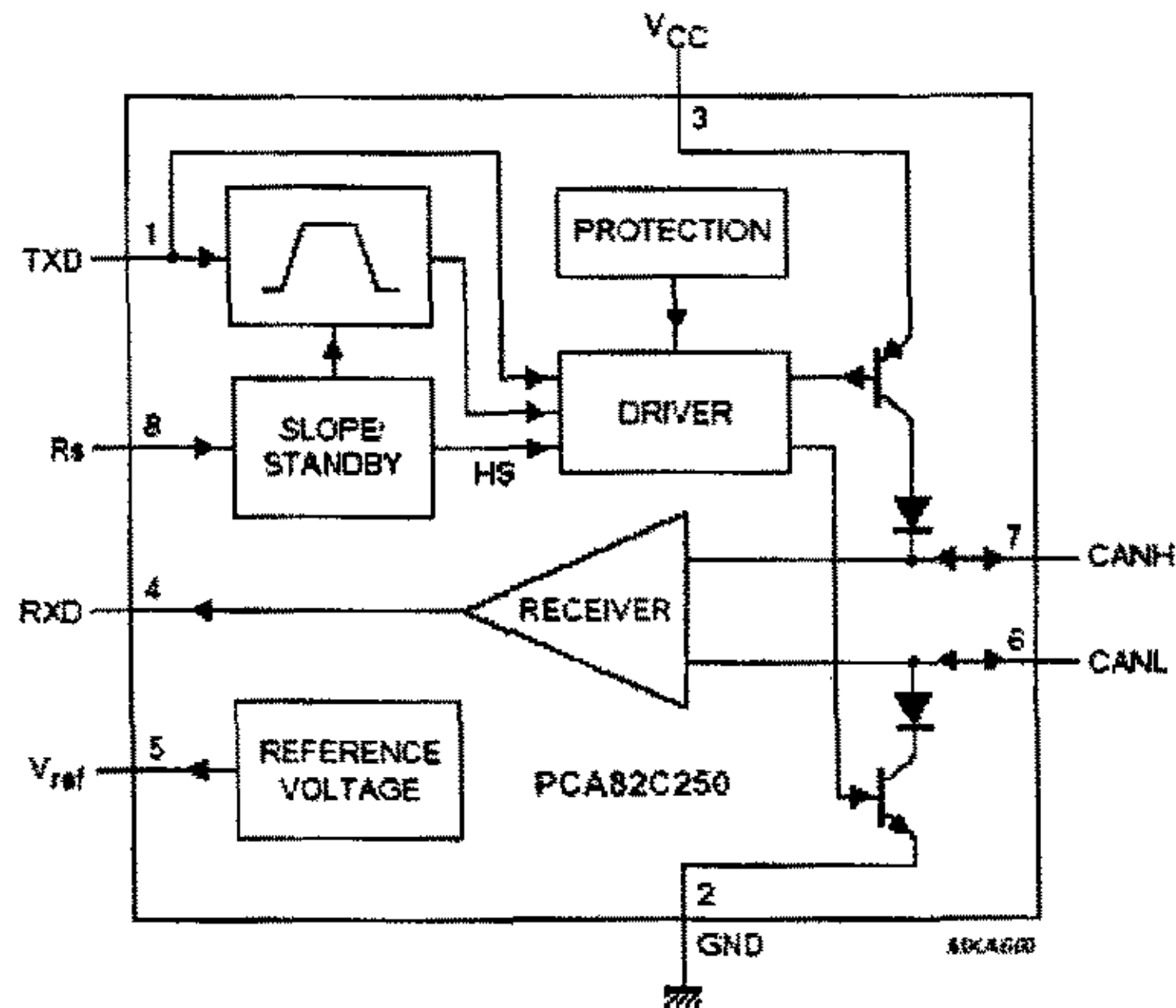


图 2.5 82C250 的硬件结构及功能框图

SYMBOL	PIN	DESCRIPTION
TXD	1	transmit data input
GND	2	ground
V _{CC}	3	supply voltage
RXD	4	receive data output
V _{ref}	5	reference voltage output
CANL	6	LOW-level CAN voltage input/output
CANH	7	HIGH-level CAN voltage input/output
Rs	8	slope resistor input

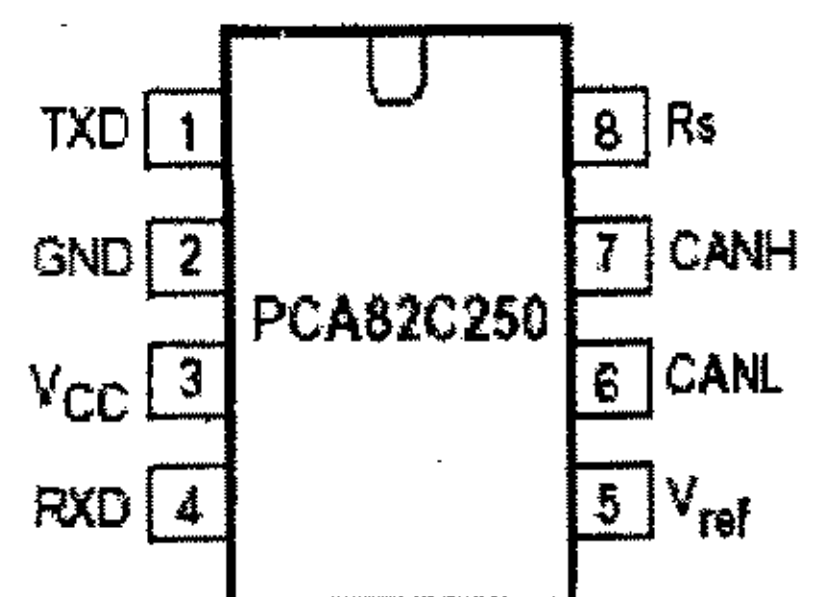


图 2.6 82C250 的引脚及功能图

2.3 CAN 总线测控网络的总体方案

2.3.1 总体方案的主要内容

采用现场总线和微机控制技术, 研制现场总线 DCS 的智能通讯适配器和现场智能测控装置, 以便组成现场总线 DCS, 完成系统中主站与主站、主站与从站间的通讯及资源共享。

(1) 现场总线 DCS 通讯技术研究

通过研制的智能通讯适配器, 采用总线型拓扑结构, 把现场总线 DCS 中主站和从站(即现场智能测控装置)互连起来, 并按现场总线的物理层、数据链路层、应用层、用户层协议, 实现系统的功能。

(2) 现场智能测控装置研究

现场总线 DCS 的前端为现场智能测控装置, 它由模拟量输入、模拟量输出、开关量输入、开关量输出、智能通讯接口、CPU 及 I/O 接口等部分组成, 配合相应的软件, 实现通讯、数据采集、数据处理、控制输出、报警参数和系统参数设置等功能。

2.3.2 总体方案设计的主要技术指标

(1) 现场总线 DCS 主站通讯适配器的主要技术指标

- 可连主站数 ≤ 31 (本文实连 2 个)
- 可连从站数 (现场智能测控装置) ≤ 31 (本文实连 5 个)
- 通讯方式: 半双工串行通讯
- 通讯速率: 31.25kpbs
- 传输距离: ≤ 1900 米 (不带中继器)
- 主站机型: IBM-PC 系列

(2) 现场智能测控装置 (从站) 主要技术指标

- 模拟量输入: 16 通道 12 位分辨率, 4~20mA.DC 输入
- 模拟量输出: 2 通道 12 位分辨率, 4~20mA.DC 输出
- 开关量输入: 4 路
- 开关量输出: 4 路
- 通讯速率: 31.25kpbs(现场总线低速网络标准)
- 通讯方式: 半双工串行通讯
- 传输距离: ≤ 1900 米 (不带中继器)

(3) 现场总线 DCS 的通讯

- 主站与主站之间的通讯功能实现
- 主站与主站之间的通讯功能实现

2.3.3 CAN 总线测控网络的拓扑结构设计

我们采用 CAN 现场总线技术, 成功地实现多台 CAN 现场总线智能节点

互连，开发出了一个开放结构的 CAN 现场总线测控网络，如图 2.7 所示。其中， M_1 、 M_2 、...、 M_p 为 p 个主节点， S_1 、 S_2 、...、 S_q 为 q 个从节点。CAN 现场总线测控网络的拓扑结构为总线型，这一点与 BITBUS（位总线）、RS-485 总线相似，但又有本质的区别。它与一般的网络区别体现在：它是一种专门用于工业自动化领域的网络，不同于以太网等管理及信息处理网络；其物理特性和网络协议特性更强调工业自动化的底层监测及控制；它采用了最新的技术及独特的设计，可靠性及性能远高于已经陈旧的通信技术，如 RS485、BITBUS 等。

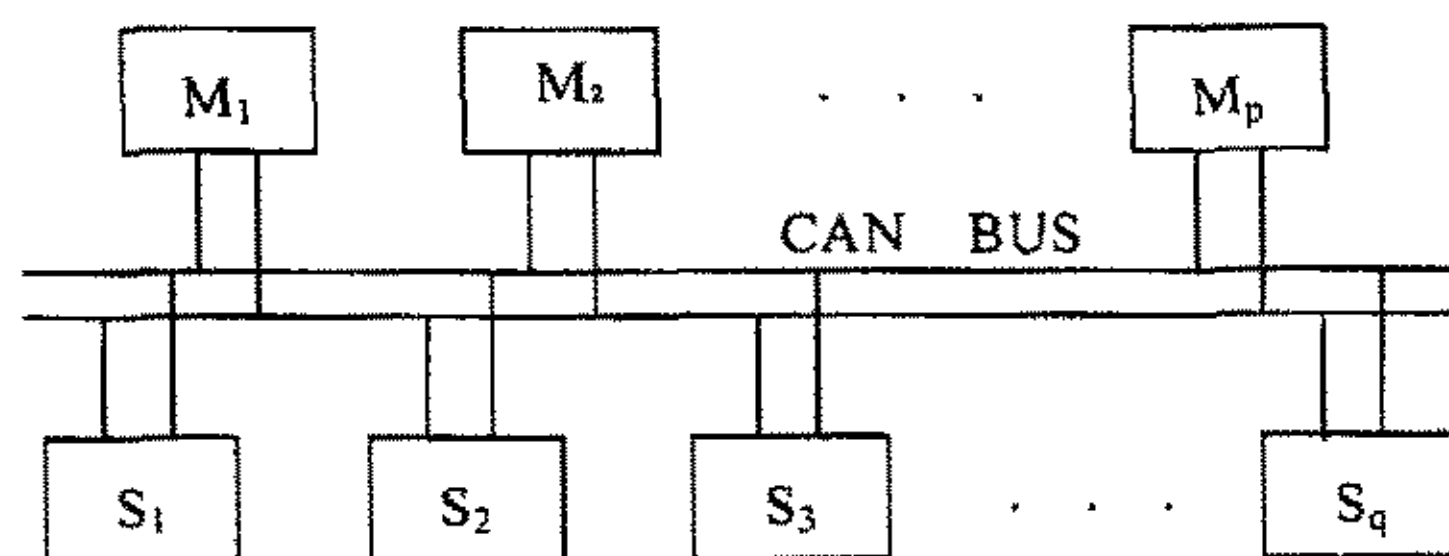


图 2.7 CAN 现场总线测控网络的拓扑结构

2.3.4 CAN 总线测控网络的总体方案

我们设计的 CAN 总线工业测控网络结构如图 2.8 所示。主站采用 IBM PC 微机（或其兼容机），通过 PC 总线 CAN 网卡（通信适配器）与 CAN 总线相连，进行信息交换。因为 CAN 总线网络的最高速率为 1Mbps，因此，传输介质可采用双绞线。从站采用自行设计的 CAN 现场智能测控装置，可方便地构成各种现场测控系统。

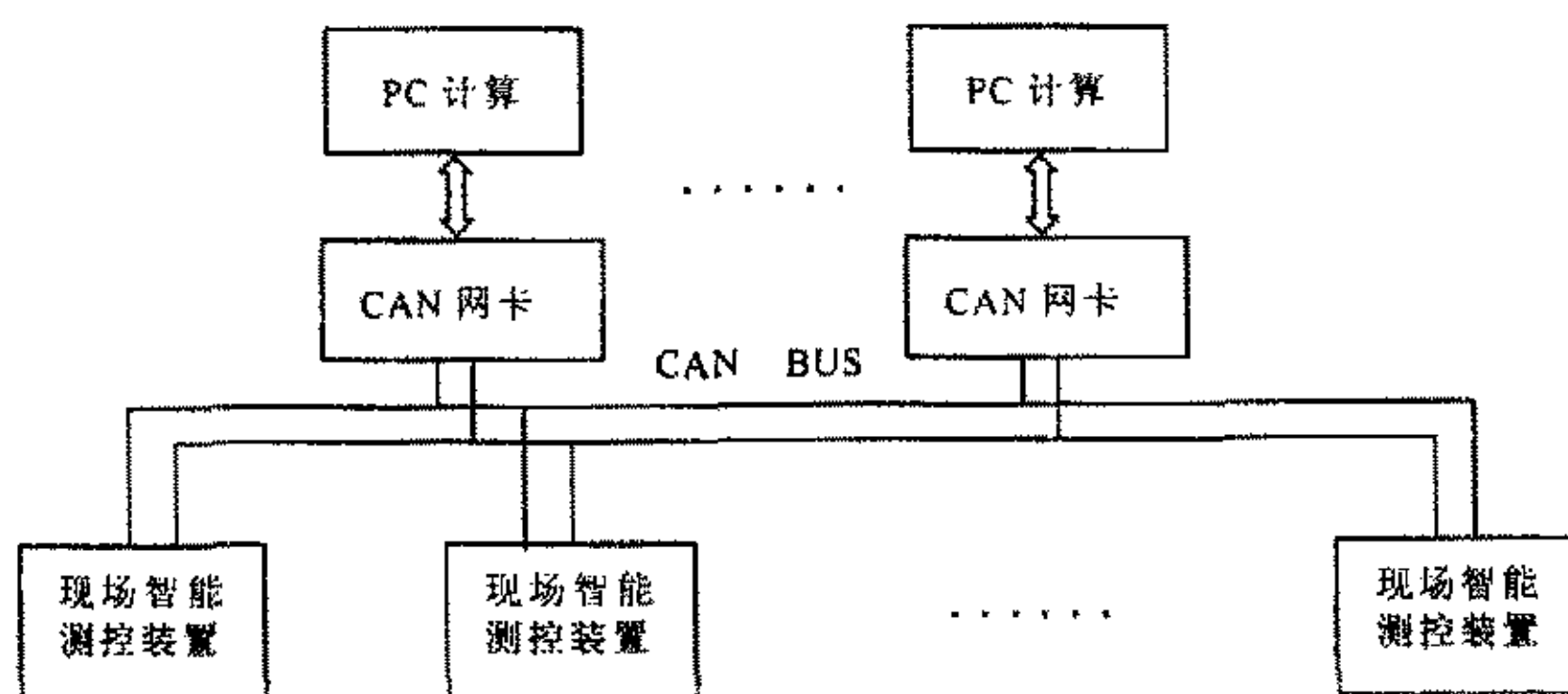


图 2.8 CAN 总线测控网络总体方案

第三章 CAN 总线测控网络的硬件设计与实现

3.1 PC 总线智能 CAN 通信适配器的硬件设计与实现

3.1.1 PC 总线智能 CAN 通信适配卡的功能和特点

(1) PC 总线智能 CAN 通信适配卡的功能

PC 总线智能 CAN 通信适配卡是具有高性能价格比的 CAN 总线网卡，它使 PC 机方便地连接到 CAN 总线测控网上，该卡上高性能的嵌入式微处理器 80C188 极大地减轻了主 PC 机的通讯负担，而且可以运行用户复杂的通讯任务。智能 CAN 通信适配卡上有高速双口 RAM，直接映射到主机内存空间，实现 CAN 与主机 PC 的高速数据交换。另外，智能 CAN 通信适配卡上还带有光电隔离，保护 PC 机避免由于地环流的损坏，增强系统在恶劣环境中使用的可靠性。

(2) PC 总线智能 CAN 通信适配卡的特点

- 16MHz 80C188 嵌入式微处理器、16MHz CAN 控制器；
- 通讯速率高达 1Mbps；
- 双口 RAM 映射到系统主存空间，基地址可调；
- LED 指示系统状态和 CAN 接受发送状态；
- 光电隔离，增强系统可靠性；

3.1.2 智能 CAN 通信适配卡的硬件设计与实现

PC 总线智能 CAN 通信适配器是 CAN 总线工业测控网络的主要部分，

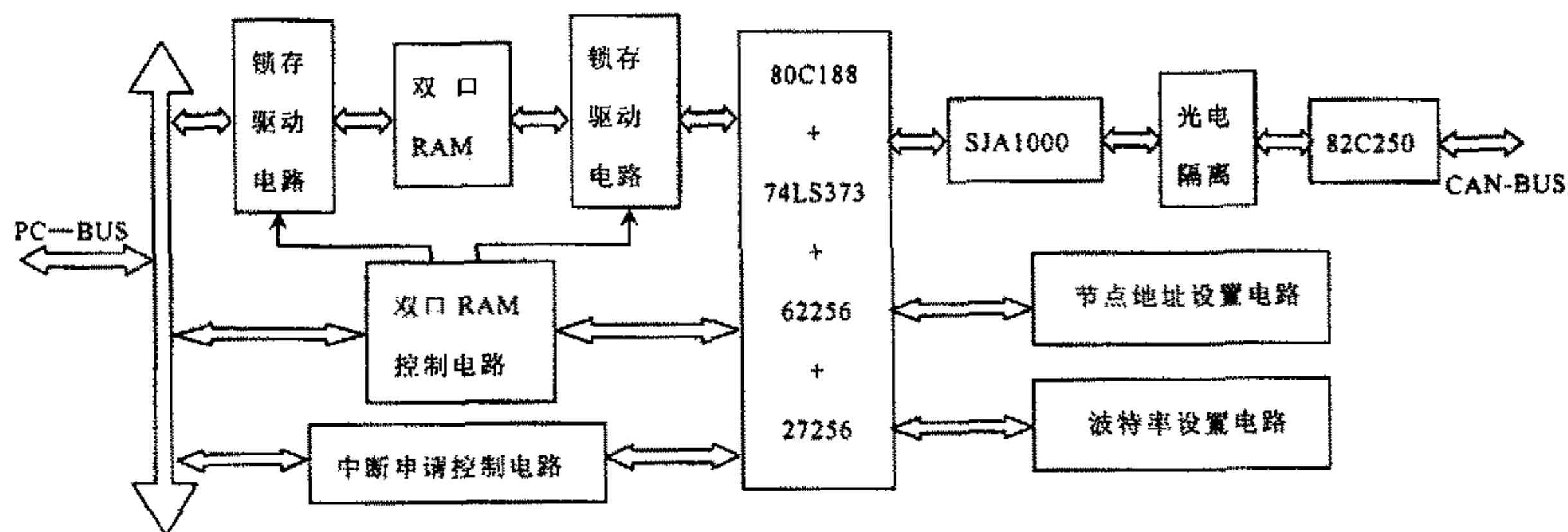


图 3.1 PC 总线智能 CAN 总线网卡原理结构图

它的性能直接影响着系统的工作品质。智能 CAN 通信适配器使得 PC 机方便地连接到 CAN 总线上。具体电路结构如图 3.1 所示。

图 3.1 电路共分为六大部分：双口 RAM 及其控制电路；中断申请与控制电路；由 80C188 微处理器、74LS373 锁存器、32KB 的 RAM 62256、32KB 的 EPROM 27256 组成的主机部分；由 SJA1000、光电隔离电路、82C250 组成的 CAN 控制器和 CAN 总线接口电路；节点地址设置电路；波特率设置电路。

PC 机与 80C188 通过双口 RAM 控制电路对双口 RAM 进行操作。PC 机对双口 RAM 采用内存映象方式读/写，当 PC 机发送数据/命令时，首先在双口 RAM 空闲状态下，将数据/命令写入，然后通过中断控制电路通知 80C188 微处理器，80C188 按照命令执行相应的操作。当 80C188 接收到下位接点的数据/命令时，在获取双口 RAM 控制权后，将其写入双口 RAM，再通过中断逻辑通知 PC 机取走数据/命令。

该方案使用双口 RAM，直接映射到主机内存空间，实现了 CAN 与 PC 机的高速数据交换。另外，由于采用了 80C188 微处理器，极大地减轻了 PC 机的通信负担，而且可以实现用户复杂的通信任务。

CAN 接口的定义符合 CIA 标准，其各引脚的功能如下：

1	2	3	4	5	6	7	8	9
NC	CAN-L	GND	NC	NC	(GND)	CAN-H	NC	(VCC)

3.1.3 PC 总线智能 CAN 通信适配卡的硬件设置说明

(1) 中断选择 IRQS 表

IRQ3	IRQ4	IRQ5	IRQ7
3	4	5	7

短路器短路选择相应中断。

(2) 地址选择 ADDRS

A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	reserved
1	2	3	4	5	6	7	8

A18, A19 值为 1, 通过短路器可以选择适配卡所占用的 PC 基地址空间，短路为 0，开路为 1，出厂设置为 D000 段。

(3) CAN 速率匹配选择 JS

若使用 1Mbps, 应将 JS 短路。

(4) CAN 网络终端匹配选择 JTR

若为网络端点则短路 JTR，否则开路，出厂设置为将 JTR 短路。

(5) 系统状态指示说明

ON(绿)--双口 RAM 工作指示；

ST(红)--系统状态指示;
RX(绿)-- CAN 接收状态指示;
TX(红)-- CAN 发送状态指示。

3.2 CAN 总线现场智能测控装置的硬件设计与实现

3.2.1 功能描述

CAN 总线现场智能测控装置是混合量数据采集与控制的功能模块, 是智能、独立的 CAN 节点, 其中: 开关量输入四路、开关量输出四路, 每一路开关量输入输出都有 LED 状态指示, 直观地显示输入输出的状态; A/D 单端输入十六路, 双端输入八路, 允许最大输入电压为+15V; D/A 输出两路, 电压输出或电流输出。CAN 总线现场智能测控装置是实现 CAN 总线工业测控网络的关键, 现场的参数测量和自动控制任务完全有 CAN 总线现场智能测控装置来实现。图 3.2 给出该装置的原理结构图。

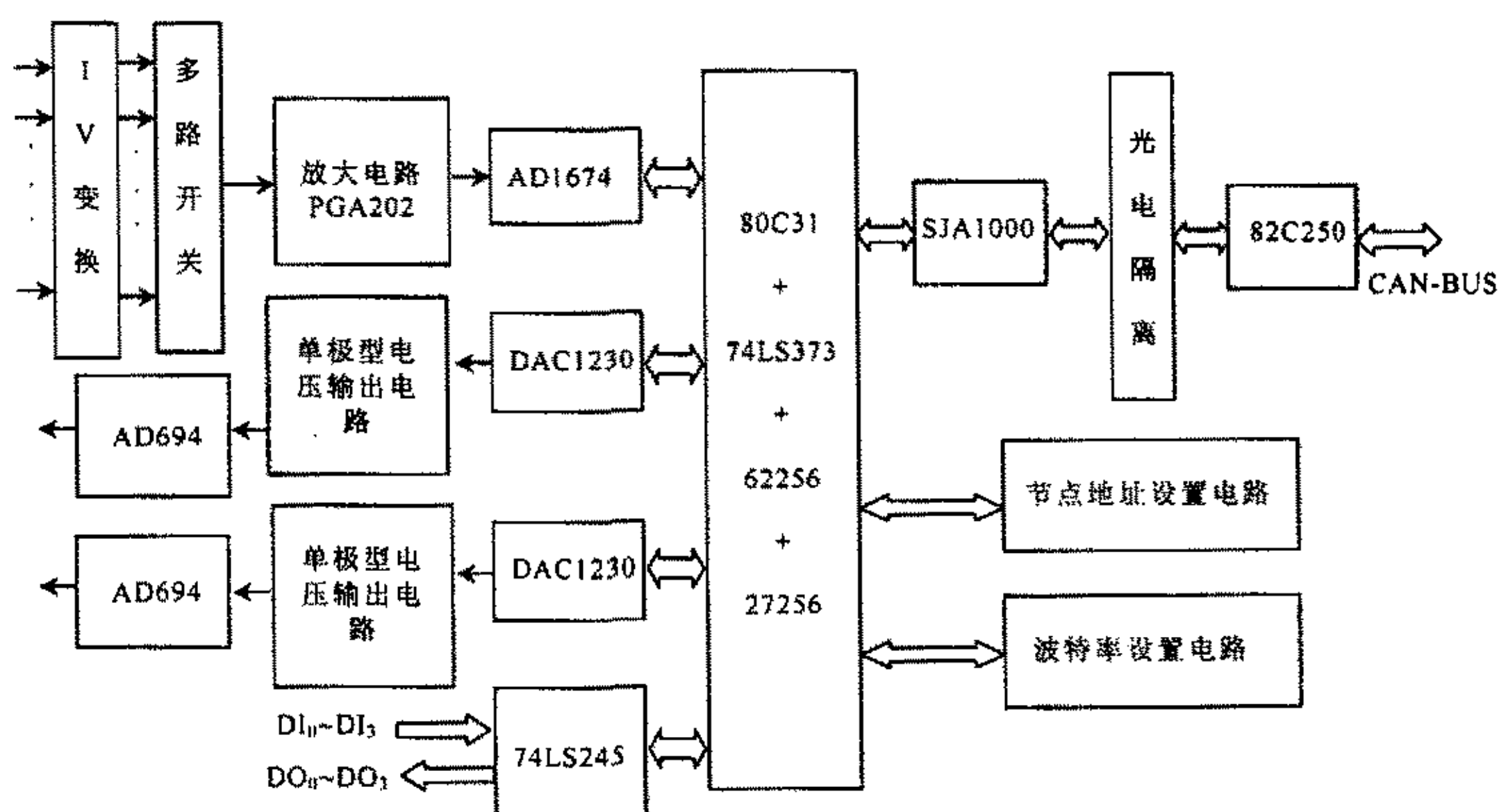


图 3.2 CAN 总线现场智能测控装置的原理结构图

图 3.2 中主要由七个部分组成: 由单片机 80C31、32KB 的 RAM62256、32KB 的 EPROM27256 等组成的主机部分; 由 SJA1000、82C250、光电隔离电路等组成的 CAN 总线控制及接口部分; 由 12 位 A/D 转换器 AD1674、程控放大器 PGA202/203、8 选 1 多路开关 MAX354、I/V 变换电路等组成的 8 通道模拟量输入电路; 由 12 位 D/A 转换器 DAC1230、单极型电压输出电路、V/I 变换电路 AD694 等实现的 2 通道模拟量输出电路; 由 74LS245 组成 4

通道开关量输入和 4 通道开关量输出电路；节点地址设置电路；波特率设置电路。

3.2.2 技术指标

(1) 仪表放大器：PGA202/203，程控增益分别为 1、10、100、1000 和 1、2、4、8。

(2) 开关量 I/O 输出四路：输入四路，每一路输入输出都是独立的。

(3) A/D 输入：

输入通道数：单端输入 16 路，双端输入 8 路；

最大允许输入电压：+15V；

最大允许共模输入电压：+10V；

共模抑制比：最大允许共模输入时，输出端变化不大于 1LSB；

输入阻抗：10M；

分辨率：12 位；

量程：单极性 0~2.5V, 0~5V, 0~10V, 0~20V；

双极性 -1.25V~+1.25V, -2.5V~+2.5V, -5V~+5V, -10V~+10V；

转换非线性误差：1LSB；

A/D 转换时间：10us；

系统采样速率：100K/S (不包括 CPU 程序运行时间)。

(4) D/A 输出：

通道数：两路；

信号类型：电流：0~10mA, 4~20mA；

电压：0~+5V, 0~+10V；

D/A 转换精度：12 位；

D/A 转换时间：1us。

(5) CAN 接口一个，符合 CIA 标准：

1	2	3	4	5	6	7	8	9
NC	CAN-L	GND	NC	NC	(GND)	CAN-H	NC	(VCC)

3.2.3 硬件系统

(1) 基本尺寸：面积 240mm×116mm (9.5"×4.5")。

(2) 电源电压：+5V DC。

(3) 用户接口：

A0-A15 为十六路模拟输入接口，模拟单端输入为 A0-A15，双端输入八路分别为：A0-A8、A1-A9、A2-A10、A3-A11、A4-A12、A5-A13、A6-A14、A7-A15 八路。开关量输出四路 D00-D03，由状态指示灯 D00-D03 指示；开关

量输入四路 DI0-DI3, 由状态指示灯 DI0-DI3 指示。两路 DA 输出为电压输出和电流输出, 电流输出 I0、I1, 电压输出 V0、V1。

(4) 跳线配置:

JS: 当 CAN 速率为 1Mbps 时, JS 短路。

JTR: 当本模块为 CAN 网络终端时, JTR 短路。

ADDRS: CAN 节点地址选择, ON 为 0, OFF 为 1, 地址选择从 0—127。

BAUDS: CAN 速率选择, ON 为 0, OFF 为 1, 0--8 分别对应的速率为

0--5Kbps

1--10Kbps

2--20Kbps

3--40Kbps

4--80Kbps

5--160Kbps

6--320Kbps

7--800Kbps

8--1Mbps

JP1: 当 AD 输入范围为 10V 时, 2、3 短路; 输入范围为 20V 时, 1、2 短路。

JP2: 当 AD 单端输入时, 2、3 短路; 双端输入时, 1、2 短路。

JP3: 当 AD 单端输入时 1、2, 3、4 分别短路; 双端输入 1、3 开路, 2、4 短路。

JP4: 当 DA0 电流输出 I0 为 0--10mA 时, 1、2 短路, JP6 的 5、6 短路;
当 DA0 电流输出 I0 为 4--20mA 时, 2、3 短路, JP6 的 5、6 开路。

JP5: 当 DA1 电流输出 I1 为 0--10mA 时, 1、2 短路, JP6 的 7、8 短路;
当 DA1 电流输出 I1 为 4--20mA 时, 2、3 短路, JP6 的 7、8 开路。

JP6: 当 DA0 电压输出 V0 为 0--5V 时, 5、6 短路;
当 DA0 电压输出 V0 为 0--10V 时, 5、6 开路。
当 DA1 电压输出 V0 为 0--5V 时, 7、8 短路;
当 DA1 电压输出 V0 为 0--10V 时, 7、8 开路。

(5) LED 指示

ST: 指示系统正常, 通过 80C31 的 P3 口 RXD 控制。

RX、TX 分别指示 CAN 接收、发送状态: 00、01 分别指示两路 D/A 电流输出线路状态, 亮为断路。

3.2.4 使用说明

CANAIO 模块是单电源供电的带光电隔离的模拟量输入输出模块, 实现 CANBUS 与现场信号之间完全的电隔离, 从而保证 CAN 网络与现场设备的可靠运行。此外, 光耦器件还具有电平转换功能。

(1) 开关量 I/O

对于不同的输入信号电平，只要调整输入回路的限流电阻 R^* 即可相容。通常的办法是，若 DI 电平高于 5V，用户需在 DI 端串接一个电阻，然后再接入信号端。串入电阻值应保证导通时光耦中电流为 5-15mA，使光耦充分导通。出厂时电阻 R^* 是针对输入信号为 +5V 时所对应的电阻值。出厂时电阻 R^* 为 390 欧姆。

限流电阻的计算公式如下：

$$R^* = (V_i - V_f - V_{cs}) / I_f$$

式中： V_i 为输入信号电平；

V_f 为输入端发光二极管的压降，取 1.5V；

V_{cs} 为驱动器的压降，取 0.5V；

I_f 为发光二极管的工作电流；

四路输入为：P10--DI0, P11--DI1, P12--DI2, P13--DI3。四路输出全部为 OC 门输出：P14--DO0, P15--DO1, P16--DO2, P17--DO3。可以通过 80C31 的 P1 口的位操作来对开关量 I/O 进行判断和控制。

(2) AD 采集

单端输入为 A0-A15 对地 GND，双端输入为 A0-A8, A1-A9, A2-A10, A3-A11, A4-A12, A5-A13, A6-A14, A7-A15；如果模拟输入为电流输入（4~20mA 或 0~10mA），则单端时 RJ0--RJ15 处焊接 500 欧姆精密电阻，双端时 RJ16--RJ23 处焊接精密电阻（250 或 500 欧姆）。默认为电压输入。

模拟开关、仪表放大器：通过往 U24（74LS373）写数据来控制模拟输入的选通和程控增益的选择，其地址为 C000H，其对应关系为

D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
MA0	MA1	MA2	EN0	EN1	PA0	PA1	SC
其中	MA0、MA1、MA2 为模拟多路开关的通路选择						
	MA0	MA1	MA2				
	0	0	0	选通 A0/A8			
	1	0	0	选通 A1/A9			
	0	1	0	选通 A2/A10			
	1	1	0	选通 A3/A11			
	0	0	1	选通 A4/A12			
	1	0	1	选通 A5/A13			
	0	1	1	选通 A6/A14			
	1	1	1	选通 A7/A15			
EN0、EN1 为模拟多路开关的使能，高有效							
	EN0	EN1					
	1	0	AD 单端输入选通 A0--A7				

0	1	AD 单端输入选通 A8--A15
1	1	AD 双端输入选通八路

PA0、PA1 为 PGA202/PGA203 的程控增益选择

PA0	PA1	PGA202	PGA203
0	0	1	1
1	0	10	2
0	1	100	4
1	1	1000	8

AD 启动：SC 是 AD1674 的 A0/SC 端，SC 为 0，启动 AD 转换或者 AD 高八位数据输出；SC 为 1，AD 低四位数据输出。当 SC 为 0，置 80C31 的 P3 口的 TXD 为低保持时间至少 50ns，即启动了 AD；此时判断 80C31 的 P3 口的 INT1 为高，然后为低，说明 AD 转换结束；此时即可读取 AD 的数据；读取 AD 的数据的地址是 A000H。

例如：

```

MOV    DPTR, #0C000H
MOV    A, #8
MOVX   @DPTR, A
CLR    TXD
AD0:   JNB   INT1, AD0
      SETB   TXD
AD1:   JB    INT1, AD0
      MOV    DPTR, #0A000H
      MOVX   A, @DPTR
      MOV    R6, A
      MOV    DPTR, #0C000H
      MOV    A, #8
      ORL    A, #80H
      MOVX   @DPTR, A
      MOV    DPTR, #0A000H
      MOVX   A, @DPTR
      MOV    R7, A

```

(3) DA 输出

第一路 DA 输出高八位数据地址为 F800H，低四位数据地址为 F801H；第二路 D/A 输出高八位数据地址为 F802H，低四位数据地址为 F803H。

例如：

```

DAOUT: MOV    DPTR, #0F800H
      MOV    A, R6
      MOVX   @DPTR, A
      INC    DPTR

```

```
MOV    A, R7
MOVX   @DPTR, A
INC    DPTR
MOV    A, R6
MOVX   @DPTR, A
INC    DPTR
MOV    A, R7
MOVX   @DPTR, A
```

(4) 故障判断

80C31 的 P3 口 T0、T1 为 1 分别表示两路 DA 电流输出线路正常，T0、T1 为 0 分别表示两路 DA 电流输出线路断路，同时 LED 00、01 点亮。

(5) CANBUS 接口

CAN 总线占用 80C31 从 8000H 到 80FFH 的 256 字节地址；上电首先要对 CAN 控制器进行初始化，然后才能进行通讯；详细资料请详细阅读 CAN 控制器 82C200 /SJA1000 的资料。

3.2.5 注意事项

- (1) 确保电源的正确接入。
- (2) 确保各输入输出信号的正确连接。
- (3) 确保 CANH、CANL 的正确连接。

第四章 CAN 总线测控网络的软件设计与实现

4.1 CAN 总线测控网络协议

4.1.1 CAN 总线测控网络协议的设计思想

在 CAN 的技术规范中, 规定了 CAN 分为数据链路层和物理层两层, 用户在设计通信软件时, 必须先根据需求设计合适的 CAN 总线通信协议, 才能完成数据的传输。由于用户的各类系统需求不同, 其协议也不尽相同, 在一些利用简单的通信协议就可以满足要求的情况下, 采用复杂的协议会造成资源的浪费, 用户在应用时也会觉得不方便, 反而限制了 CAN 的灵活性。如果要制定一种适合各种控制环境的统一协议, 是很困难的, 在目前的情况下制定适合需求的通信协议, 对于 CAN 的开发至关重要。

1. CAN 数据帧结构

数据帧是携带数据由发送器至接收器的帧, 是 CAN 的 4 种帧格式之一, 这 4 种帧格式分别是数据帧、远程帧、出错帧和超载帧, 其中数据帧的结构如图 4.1 所示。

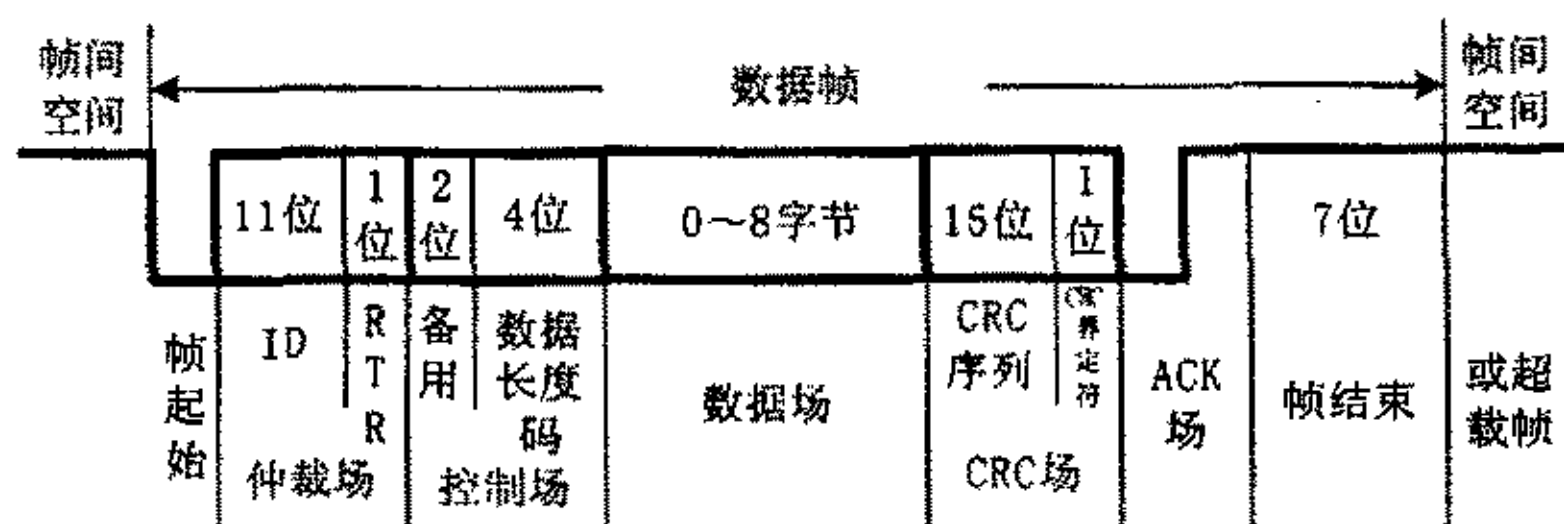


图 4.1 CAN 总线的数据帧结构

数据帧的主要结构有:

(1) 帧起始: 标注数据帧的起始, 它由单个“显性”位构成, 在总线空闲时发送, 在总线上会产生同步作用。

(2) 仲裁场: 由 11 位标识符 (ID₁₀~ID₀) 和远程发送请求位 (RTR) 组成, RTR 位为显位表示数据帧, 隐性位表示远程帧。标识符有高至低次序发送, 且前 7 位 (ID₁₀~ID₄) 不能全为隐性位, 标识符用于提供关于传送报文和总线访问的优先权信息, 其数值越小, 表示优先权越高, 发生冲突时优先发送。

(3) 控制场: 有 6 位构成, 前 2 位为保留位, 为显性, 后 4 位为数据长度码 (DLC), 表示数据场中数据的字节数, 必须在 0~8 范围内变化。

(4) 数据场: 由被发送数据组成, 数目为控制场中决定的 0~8 个字节, 第一个字节的最高首先被发送。

(5) CRC 场: 包括 CRC (循环冗余码校验) 序列 (15 位) 和 CRC 界定符 (1 个隐性位), 用于帧校验。

(6) ACK 场: 由应答间隙和应答界定符组成, 共两位。

(7) 帧结束: 有 7 位隐性位组成, 此期间无位填充。

2. 简单地址的定义:

在 CAN 规范中, 只定义了帧的结构, 没有定义有关发送和接收的信息, 这就需要设计者赋予数据帧不同位以特定的含义, 其中包含数据传输所需要的信息。CAN 技术规范 2.0A 规定数据帧有 11 位标识符, 用户可以自行制定标识符的含义, 将所需要的信息包含在其中。标识符和 RTR 位、DLC 共 16 位占用发送缓冲区的前两个字节, 其中 ID10~ID3 由高到低占用第一个字节, ID2~ID0、RTR、DLC 依次占用第二个字节。

ID10	ID9	ID8	ID7	ID6	ID5	ID4	ID3	ID2	ID1	ID0
源地址					目的地址					多帧标识

图 4.2 简单地址定义

在 CAN 系统中, 每一个节点都有一个唯一的地址, 总线上数据的传送也是根据地址进行的。对于系统规模小, 节点数少于 32 个的系统可按图 4.2 定义标识符, 将标识符 ID10~ID6 定义为源地址, ID5~ID1 定义为目的地址, 源地址和目的地址的范围都是 0~31, 设计时根据节点的优先权高低从小到大分配节点地址。ID0 定义为数据类型位, 因为一帧数据最多只能传送 8 个字节。当数据大于 8 个字节时, 就要分成多帧传送, 当多帧标识位为 0 时, 表示传送的数据是多帧数据, 为 1 时表示单帧数据。

另外, 应将地址 31 作为保留地址, 用于实现广播功能, 即目的地址为 31 时, 表示数据是广播数据, 所有节点都可接收。同时源地址不可能为 31, 避免了与标识符前 7 位不能全为隐性位的规定相冲突。这时实际节点只有 31 个。

3. 复杂地址的定义

一个 CAN 总线系统中的节点数目最多可达 110 个, 需要 7 位数据表示, 标识符就只能表达一个地址, 如果一帧数据源地址和目的地址都需要的情况下, 就要将数据段的一个字节的数据作为地址特别定义, 如图 4.3 所示, 标识符的前 7 位为目的地址, 范围是 0~109, 不全为 1, 即隐性位。同样也可以定义一个保留地址, 以作数据广播之用。源地址包含在数据场第一个字节中。

ID10	ID9	ID8	ID7	ID6	ID5	ID4	ID3
目的地址（0~109）							多帧标识
ID2	ID1	ID0	RTR	DLC			
多帧序列标识/单帧数据类型标识							
源地址（数据场第一字节）							
数据（0~7）/命令代码							

图 4.3 CAN 数据帧定义

4. 其它功能位的定义

在进行单帧数据传送时，多帧标识位应置为 1，此时 ID2~ID0 为单帧数据类型标识如下：

ID2~ID0	表示内容
001	数据场第二字节是命令代码
010	数据场第二字节是即将发送的多帧数据的帧数
011	数据内容是即将发送的数据块长度
100	传送的是数据

因为很多 CAN 总线执行节点和检测节点功能单一，只需有限的命令就可控制执行动作和上传数据，所以设计时只需将命令编码，并将其传送到相应的节点，就可控制它们正常工作，而且命令代码下面还可以包含 0~6 参数。

在进行多帧数据传送时，多帧标识位应置 0，比单帧数据传送具有更高的优先权，可以尽量避免多帧数据传送被其它数据帧所中断。此时 ID2~ID0 为多帧数据序列表示，接收方可以按照这个序列来重组多帧数据，这样可以一次传送 56 字节的数据块。在多帧数据传送开始之前，发送节点先向接收节点发送一个包含多帧数据帧数的单帧，接收节点据此来接收多帧数据。

4.1.2 CAN 协议 A

CAN 协议 A 是一个通用协议。该协议基于非对称型主从式网络结构，支持广播和点对点传送命令数据，命令数据包可长达 256 字节。该协议以 CAN 帧结构为基础定义如下：

7	6	5	4	3	2	1	0
DIR	Destination address(0--109)						
TYPE			0	DLC(0--8)			
data/index							
data/lbytes							
data/hbytes							
5 bytes data							

(1) DIR--方向位

方向位决定一半的优先级而剩余的优先级由节点地址决定,低地址优先级高。当方向位为“1”时,地址域是源节点地址(从节点到主节点),优先级由地址决定;当方向位为“0”时,地址域是目标节点地址(主节点到从节点),优先级由地址决定。从节点也可使用地址滤波技术从而减少需处理的网络信息量,该特点有效节省 CAN 节点控制器资源,提高控制器效率。

(2) destination address 目标地址(0-109)

(3) TYPE--帧类型

7	6	5	
1	0	x	单帧(广播)
0	0	x	单帧(点对点)
1	1	1	非结束多帧(广播)
1	1	0	结束多帧(广播)
0	1	1	非结束多帧(点对点)
0	1	0	结束多帧(点对点)

(4) DLC--每帧字节数(1-8)

(5) index 索引字节

注:单帧没有索引字节 index 该字节为 data

多帧数据域第一字节为 index

(6) lbytes, hbytes 多帧信息包长度

注:当结束多帧时数据域第二字节为 lbytes, 数据域第三字节为 hbytes

(7) data 数据

4.1.3 CAN 协议 B

CAN 协议 B 是一个通用协议。该协议基于对称型多主网络结构,支持广播和点对点传送命令数据。命令数据包可长达 256 字节。

该协议以 CAN 帧结构为基础定义如下:

7	6	5	4	3	2	1	0
PRI	source address(0—109)						
TYPE			0	DLC(1--8)			
destination address							
data/index							
data/lbytes							
data/hbytes							
4 bytes data							

(1) PRI--保留位(可作优先级位)

保留位为 1

保留位亦可作为优先级位, 这时 1 为低优先级 0 为高优先级而剩余的优先级由源地址决定, 低地址优先级高。该保留功能可有效支持紧急信息传送如报警等。

(2) source address 源地址(0-109)

(3) TYPE--帧类型

7	6	5	
1	0	x	单帧(广播)
0	0	x	单帧(点对点)
1	1	1	非结束多帧(广播)
1	1	0	结束多帧(广播)
0	1	1	非结束多帧(点对点)
0	1	0	结束多帧(点对点)

(4) DLC--每帧字节数(1-8)

(5) destination address 目标地址

(6) index 索引字节

注: 单帧没有索引字节 index 该字节为 data

多帧数据域第二字节为 index

(7) lbytes, hbytes 多帧信息包长度

注: 当结束多帧时数据域第三字节为 lbytes, 数据域第四字节为 hbytes

(8) data 数据

4.1.4 CAN 协议 B++

为了用户更方便地开发 CAN 总线工业测控网络, 我们以 CAN 协议 B 和 CAN 帧结构为基础, 进一步开发了用户协议即 CAN 协议 B++, 定义如下:

7	6	5	4	3	2	1	0
PRI	source address(0—109)						
TYPE=0		0	DLC(1--8)=8				
destination address							
Package type(0)							
Package type(1)							
index							
Data0(Lbyte)							
Data1							
Data2							
Data3(Hbyte)							

(1) PRI--保留位(可作优先级位)

保留位亦可作为优先级位,这时 1 为低优先级 0 为高优先级而剩余的优先级由源地址决定,低地址优先级高。该保留功能可有效支持紧急信息传送如报警等。在通讯协议 B++中, PRI=1。

(2) source address 源地址(0-109)。

(3) TYPE--帧类型: TYPE=0, 单帧(点对点)。

(4) DLC--每帧字节数(1-8): DLC=8, 每帧字节数为 8。

(5) destination address 目标地址 (0~109)。

(6) Package type(0) , Package type(1)

Package type(0)	Package type(1)	功能定义
"A"	"G"	初始化站点
"A"	"C"	模拟量请求
"A"	"I"	采集模拟量数据
"A"	"O"	控制输出模拟量数据
"D"	"C"	开关量请求
"D"	"I"	采集开关量
"D"	"O"	控制输出开关量
"O"	"K"	响应(初始化成功)

(7) index 数据索引, 用于物理变量数据索引。index=0~255。

(8) Data3 Data2 Data1 Data0 定义为一个物理变量数据, 四字节长整数, 四字节原码表示。

4.2 基于 B++协议主节点的软件设计

4.2.1 基本通信功能的接口函数

基于 CAN 通信协议的设计思想, 将基本的通信功能设计成接口函数, 以便于应用时直接调用。主要的接口函数有以下几个:

(1) 打开 CANPC 卡 int CAN_Open(void)

输入参数: 无

输出参数: 1 为成功, 0 为打不开

注: 本函数自动识别智能卡双口 RAM 地址

(2) 打开 CANPC 卡

intCAN_OpenEx(unsigneddpram_seg, unsigneddpram_off)

输入参数: dpram_seg--双口 RAM 段地址(0xc000,0xd000,0xe000)

dpram_off--双口 RAM 偏移地址(0x0,0x800,0x1000,0x1800,...)

输出参数: 1 为成功, 0 为打不开

注：本函数不自动识别智能卡双口 RAM 地址，由用户指定地址
(3) 初始化 CANPC 卡

int CAN_Init(BYTE mode, BYTE address, unsigned baudrate)

输入参数: mode--模式('N','M','S')

address--本卡地址(0--109)

baudrate--位速率选择因子 0--8(5k,10k,20k,40k,80k,
160k,320k,800k,1M)

输出参数: 1 为成功, 0 为失败

注: 用户也可设置 CAN 总线定时参数, 此时 baudrate 低字节为定时寄存器 0, 高字节为定时寄存器 1, 参考有关 82C200/ SJA1000 说明

(4) 发送数据

int CAN_PTrans(BYTE destination, unsigned number, BYTE
far *data)

输入参数: destination--发送目标地址(S 模式不需要)

number--发送内容字节数(0--256)

data--发送内容缓冲区指针

输出参数: 1 为成功, 0 为 CANPC 不空闲

(5) 广播数据

int CAN_BTrans(unsigned number, BYTE far *data)

输入参数: number--发送内容字节数(0--256)

data--发送内容缓冲区指针

输出参数: 1 为成功, 0 为 CANPC 不空闲

(6) 优先发送数据

int CAN_EPTrans(BYTE destination, unsigned number, BYTE
far *data)

输入参数: destination--发送目标地址

number--发送内容字节数(0--256)

data--发送内容缓冲区指针

输出参数: 1 为成功, 0 为 CANPC 不空闲

注: 该功能只有协议 B 支持

(7) 优先广播数据

int CAN_EBTrans(unsigned number, BYTE far *data)

输入参数: number--发送内容字节数(0--256)

data--发送内容缓冲区指针

输出参数: 1 为成功, 0 为 CANPC 不空闲

注: 该功能只有协议 B 支持

(8) 接收数据

int CAN_Rece(BYTE far *dtype, BYTE far *address, BYTE
far *data)

输入参数: dtype--接收数据类型指针(M 模式类型无意义)
 address--源(发送)节点地址指针(S 模式地址无意义)
 data--接收内容缓冲区指针

输出参数: 接收数据包字节数(0--256), 0xff00 为无数据包收到,
 0xffff 为数据包错

*dtype--1 为广播数据, 0 为点到点数据

(9) 查询中断源 `int CAN_Inquiry_Int(void)`

输入参数: 无

输出参数: 中断源代码, 位 0 接收中断; 位 1 发送中断;
 位 2 CAN 总线错误中断; 位 3 CAN 总线关闭中断;

(10) 查询发送状态 `int CAN_Inquiry_Trans(void)`

输入参数: 无

输出参数: 1 为 CANPC 空闲可以发送, 0 为 CANPC 忙不可发送

(11) 查询有无数据 `int CAN_Inquiry_Rece(void)`

输入参数: 无

输出参数: 1 为有数据包收到, 0 为无数据包收到

(12) 查询协议及版本 `int CAN_Inquiry_Protocol(void)`

输入参数: 无

输出参数: 高字节为协议('A','B'), 低字节为版本('1', '2')

(13) 查询 CANPC 状态 `int CAN_Inquiry_Status(void)`

输入参数: 无

输出参数: 高字节为 CPU 状态(0AAh), 低字节为 CAN 控制器状态

(14) 复位 CANPC 卡 `int CAN_Reset(void)`

输入参数: 无

输出参数: 1 为成功, 0 为失败

(15) 关闭 CANPC 卡 `void CAN_Close(void)`

4.2.2 基于“命令+参数”的主节点的软件功能设计

B++通信协议的内容有: 主节点初始化、发送数据命令(发送数据文件命令、发送数据串命令)、请求数据命令(请求数据文件命令、请求数据串命令、远程请求数据命令)、发送控制参数命令(向 CAN 通信适配卡发控制参数命令、向子节点发控制参数命令)、查询状态命令(查询 CAN 通信适配卡状态命令、查询子节点状态命令)。

CAN 总线的初始化是通过主节点将各网络节点的控制参数传送给各个节点来实现的, 它具有改变 CAN 网络的波特率, 输出控制方式和标识符屏蔽格式等功能。主节点与各网络节点的通信由基于“命令+参数”和“多主竞争的总线仲裁”方式来完成。

(1) CAN 通信适配器传送给 PC 机的命令

该组命令包括 CAN 通信适配器接收数据成功命令（接收数据文件成功命令、接收数据串成功命令、请求远程数据）、CAN 通信适配器发送数据成功命令（发送数据文件成功命令、发送数据串成功命令）、CAN 通信适配器发送控制参数成功命令（修改自身控制参数成功命令、修改子节点控制参数成功命令）、查询状态上报命令（查询自身状态成功命令、查询子节点状态成功命令）、错误上报命令。

（2）CAN 通信适配器传送给 CAN 子节点的命令

该组命令有：发送数据命令（发送数据文件命令、发送数据串命令）、请求数据（请求数据文件命令、请求数据串命令）、发送控制参数命令。

（3）基于“多主竞争的总线仲裁”的通信方式

由于 CAN 总线是一个多主总线，因此 CAN 网络中任意一个节点均可作为主节点与其它节点交换数据，这样就有可能出现数个节点同时要发送数据，在这种情况下，则从起始标志后开始总线仲裁。各节点通过“线与”逻辑关系连到总线上，数据位“0”可以覆盖数据位“1”。当某一节点发送的地址段中的某一位为“1”，而其他节点发送的相应位为“0”时，发送“1”的节点便失去仲裁，退出竞争而转为接收状态。

CAN 总线主节点与各站点的通信程序执行流程如图 4.4 所示。

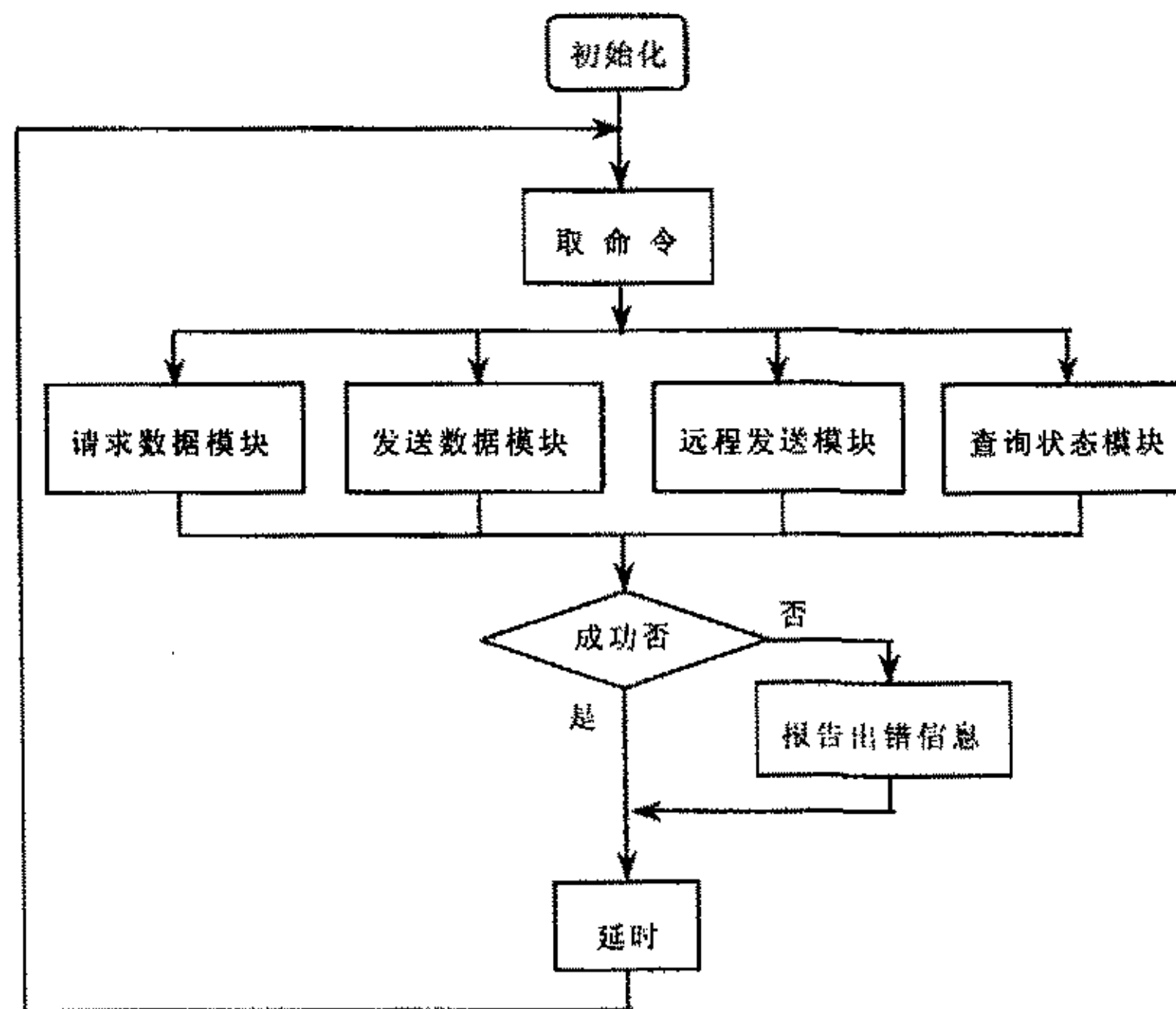


图 4.4 CAN 通信适配器程序执行流程图

4.3 CAN 总线现场智能测控装置（从节点）的软件设计

各从节点的软件主要完成两项任务：一是当 PC 机请求数据时，将从节点的数据和状态传送给 PC 机；二是执行测量输入与控制输出。测量输入与控制输出在定时器中断服务程序中完成，数据信息的传输在主程序中完成。

4.3.1 从节点的通信初始化流程

从节点的通信初始化流程如图 4.5 所示。

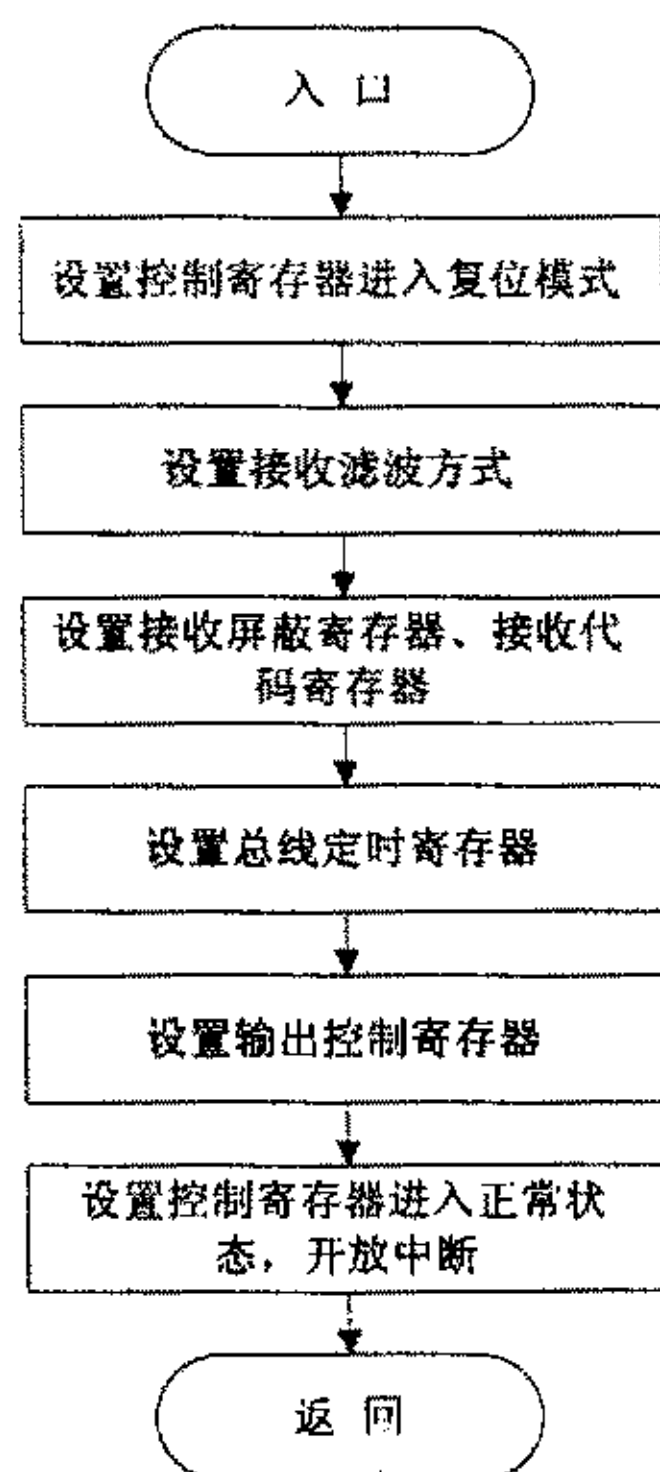


图 4.5 从节点通信初始化流程图

初始化流程部分代码如下：

CANINI:

```

MOV    DPTR,#MODE
MOV    A,#09H
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#CDR
MOV    A,#88H
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#IER
MOV    A,#0DH
  
```

```
MOVX    @DPTR,A
MOV     DPTR,#AMR
MOV     R6,#4
MOV     R0,#DAMR
AMRINI: MOV     A,@R0
MOVX    @DPTR,A
INC     DPTR
DJNZ    R6,AMRINI
MOV     DPTR,#ACR
MOV     R6,#4
MOV     R0,#DACR
ACRINI: MOV     A,@R0
MOVX    @DPTR,A
INC     DPTR
DJNZ    R6,ACRINI
MOV     DPTR,#BTR0
MOV     A,#03H
MOVX    @DPTR,#BTR1
MOV     A,#0FFH
MOVX    @DPTR,A
MOV     DPTR,#OCR
MOV     A,#0AAH
MOVX    @DPTR,A
MOV     DPTR,#RBSA
MOV     A,#0
MOVX    @DPTR,A
MOV     DPTR,#TXERR
MOV     A,#0
MOVX    @DPTR,A
MOV     DPTR,#ECC
MOVX    A,@DPTR
MOV     DPTR,#MODE
MOV     A,#08H
MOVX    @DPTR,A
RET
```

4.3.2 基于“命令+参数”的从节点通信软件执行流程

从节点通信软件执行流程如图 4.6 所示，与主节点的通信流程类似。

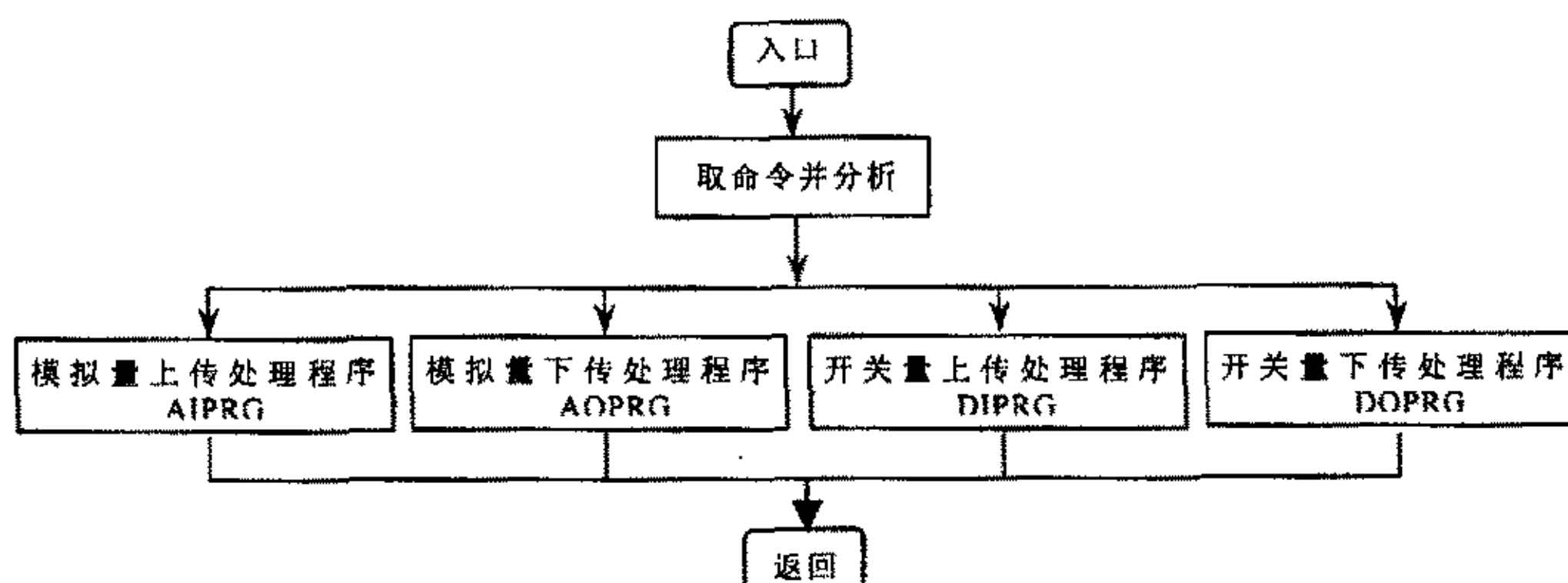


图 4.6 从节点通信软件执行流程

程序的主要结构和内容如下：

```

PRGCOM:  MOV    A, COMREG1
          CJNE   A, #AICOM1, PRG1
          MOV    A, COMREG2
          CJNE   A, #AICOM2, PRG1
          LCALL  AIPRG
          RET

PRG1:     MOV    A, COMREG1
          CJNE   A, #AOCOM1, PRG2
          MOV    A, COMREG2
          CJNE   A, #AOCOM2, PRG2
          LCALL  AOPRG
          RET

PRG2:     MOV    A, COMREG1
          CJNE   A, #DICOM1, PRG3
          MOV    A, COMREG2
          CJNE   A, #DICOM2, PRG3
          LCALL  DIPRG
          RET

PRG3:     MOV    A, COMREG1
          CJNE   A, #DOCOM1, PRG4
          MOV    A, COMREG2
          CJNE   A, #DOCOM2, PRG4
  
```

```

LCALL DOPRG
PRG4:  RET

```

4.3.3 从节点测控系统软件控制流程

从节点的测控软件一般应根据节点的实际任务编制，本文所研发的现场智能测控装置根据任务的不同，配置不同的测控软件，采用中断方式的测控软件控制流程如图 4.7 所示。

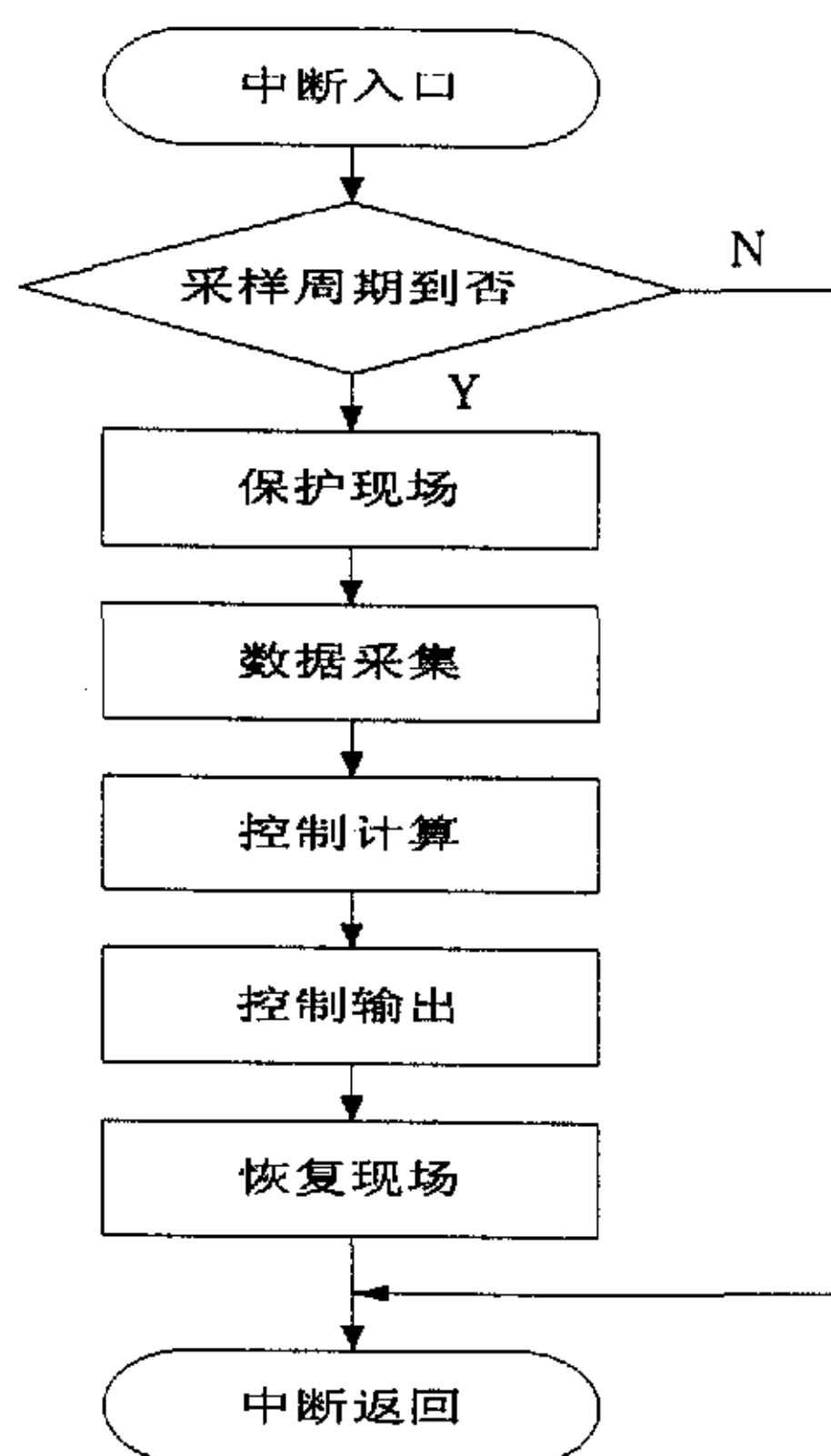


图 4.7 现场测控软件控制（定时器中断服务程序）流程图

中断服务程序采用 ASM51 汇编语言编写，其主要程序结构和内容如下：

```

INTA:  JB      TFLAG, INTB
        SJMP    INTC
INTB:  LCALL   PUSHABC
        LCALL   AIPS
        LCALL   DIPS
        LCALL   DPPS
        LCALL   DPID
        LCALL   AOPS
        LCALL   DOPS

```

LCALL POPABC
RETI

子程序 PUSHABC、AIPS、DIPS、DPPS、DPID、AOPS、DOPS、POPABC 分别执行保护现场、模拟量输入、数字量输入、数据处理、控制算法、模拟量输出、数字量输出、恢复现场操作。

第五章 系统的抗干扰与可靠性

5.1 主节点的抗干扰与可靠性

主节点的抗干扰与可靠性,主要是 CAN 总线智能通信适配器的抗干扰与可靠性设计,我们采取了以下措施:

(1)采用 DC/DC 隔离电源单一+5V 供电,不用外配电源,提高了供电的可靠性。

(2)采用了光电隔离措施,使 PC 总线 CAN 智能通信适配器与 CAN 总线完全隔离,保护了主机和 PC 总线 CAN 智能通信适配器免受外来干扰的影响。

(3)CAN 控制器自身有总线保护功能。

(4)采用了微处理机监控电路 WATCHDOG (看门狗) 技术。因干扰或其它原因造成的程序不能正常执行时, WATCHDOG 可自动复位恢复程序的正常执行。

(5)印刷电路板布线时进行仔细设计,以降低干扰的影响。

5.2 从节点的抗干扰与可靠性

从节点的抗干扰与可靠性,主要是 CAN 现场智能测控装置的抗干扰与可靠性设计,我们采取了以下措施:

(1)采用单一+5V 供电,板上其它电源采用 DC/DC 实现,不用再接其它电源,提高了供电的可靠性。

(2)采用了光电隔离措施,使 CAN 现场智能测控装置与 CAN 总线完全隔离,保护了 CAN 现场智能测控装置免受外来干扰的影响。

(3)CAN 控制器自身有总线保护功能。

(4)采用了滤波电路。

(5)采用了微处理机监控电路 WATCHDOG (看门狗) 技术。因干扰或其它原因造成的程序不能正常执行时, WATCHDOG 可自动复位恢复程序的正常执行。

(6)印刷电路板布线时进行仔细设计,以降低干扰的影响。

第六章 一个基于 CAN 总线测控网络的工程应用实例

6.1 系统概述

乳胶制品联动（浸渍）生产线计算机控制系统，采用 CAN 总线分散式控制结构，即采用分散控制、集中操作、综合管理的设计原则，确保系统安全可靠、通用灵活、操作维护简单，具有较高的性能价格比、较低的投入产出比。

乳胶制品联动（浸渍）生产线计算机控制系统，采用先进的 HMI/SCADA 工业控制组态软件，具有动态、静态工艺流程画面显示，回路控制与系统组态，工艺参数和控制参数的设定与调整，参数实时趋势曲线和历史趋势曲线的记录与显示，参数统计报表的显示与打印，事故记录、参数越限报警等功能。

6.2 乳胶制品生产线的工作流程

AL2-3 乳胶制品生产线中的模具经过碱水槽和洗模水槽清洗后，在 1 号浸胶室浸胶，经过 1 号干燥箱干燥处理，进入 2 号浸胶室浸胶，2 号干燥箱干燥处理，再经过 3 号浸胶室浸胶，3 号、4 号干燥箱干燥处理，进入脱模后处理工序，模具再进入碱水槽和洗模水槽清洗，进入下一个生产循环。如图 6.1 所示。

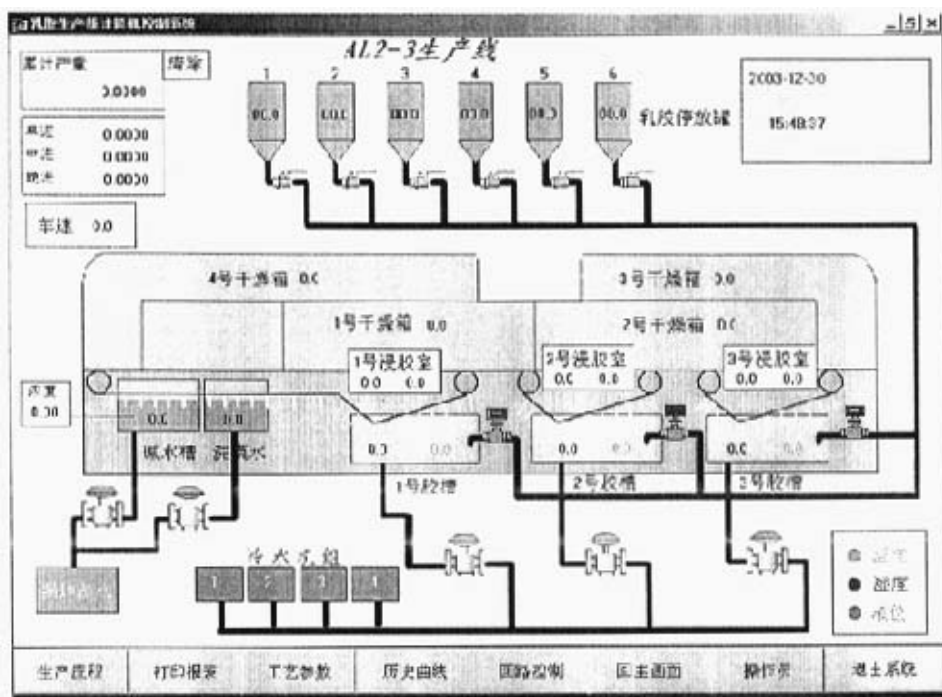


图 6.1 AL2-3 乳胶制品生产线生产流程图示

生产线中碱水槽水温、洗模水水温、浸胶槽胶温、干燥箱的温度控制均为恒温控制，其中碱水槽、洗模水、干燥箱为蒸汽加热方式，浸胶槽胶温为冷水冷却方式。

6.3 系统的设计要求

1. 控制部分

- (1) 一次胶浆位控制
- (2) 二次胶浆位控制
- (3) 三次胶浆位控制
- (4) 洗模水（超声波水）温度控制
- (5) 一次胶温度控制
- (6) 二次胶温度控制
- (7) 三次胶温度控制
- (8) 碱水槽温度控制
- (9) 1#干燥箱温度控制
- (10) 2#干燥箱温度控制
- (11) 3#干燥箱温度控制
- (12) 4#干燥箱温度控制

2. 监测部分

- (1) 一次浸胶室温度、湿度显示
- (2) 二次浸胶室温度、湿度显示
- (3) 三次浸胶室温度、湿度显示
- (4) 停放罐温度显示
- (5) 碱水浓度显示
- (6) 车速显示

3. 记录部分

- (1) 产品计数（4路）

6.4 系统控制方案结构

系统中有三个液位控制回路，用两套现场测控装置；9个温度控制回路用5块现场测控装置；监测部分温度、湿度、浓度等8个监测点用一块现场测控装置；车速和计数用一块现场测控装置。系统的硬件结构图如图6.2所示。

本系统主节点为监控计算机，节点地址为01，从节点共有9个，每个节点有两个控制回路，分配如下：1号、2号胶槽浆位用一个节点，地址为

11; 3 号胶槽浆位用一个节点, 地址为 12; 一次胶温度控制、二次胶温度控制用一个节点, 地址为 13, 三次胶温度控制用一个节点, 地址为 14; 洗模水 (超声波水) 温度控制、碱水槽温度控制用一个节点, 地址为 15; 1#干燥箱温度控制、2#干燥箱温度控制用一个节点, 地址为 16; 3#干燥箱温度控制、4#干燥箱温度控制用一个节点, 地址为 17; 产品计数 (4 路)、车速检测用一个节点, 地址为 18; 一次浸胶室温度湿度检测 (2 路)、二次浸胶室温度湿度检测 (2 路)、三次浸胶室温度湿度检测 (2 路)、停放罐温度检测 (6 路)、碱水浓度检测 (1 路) 共 13 路用一个节点, 地址为 19。

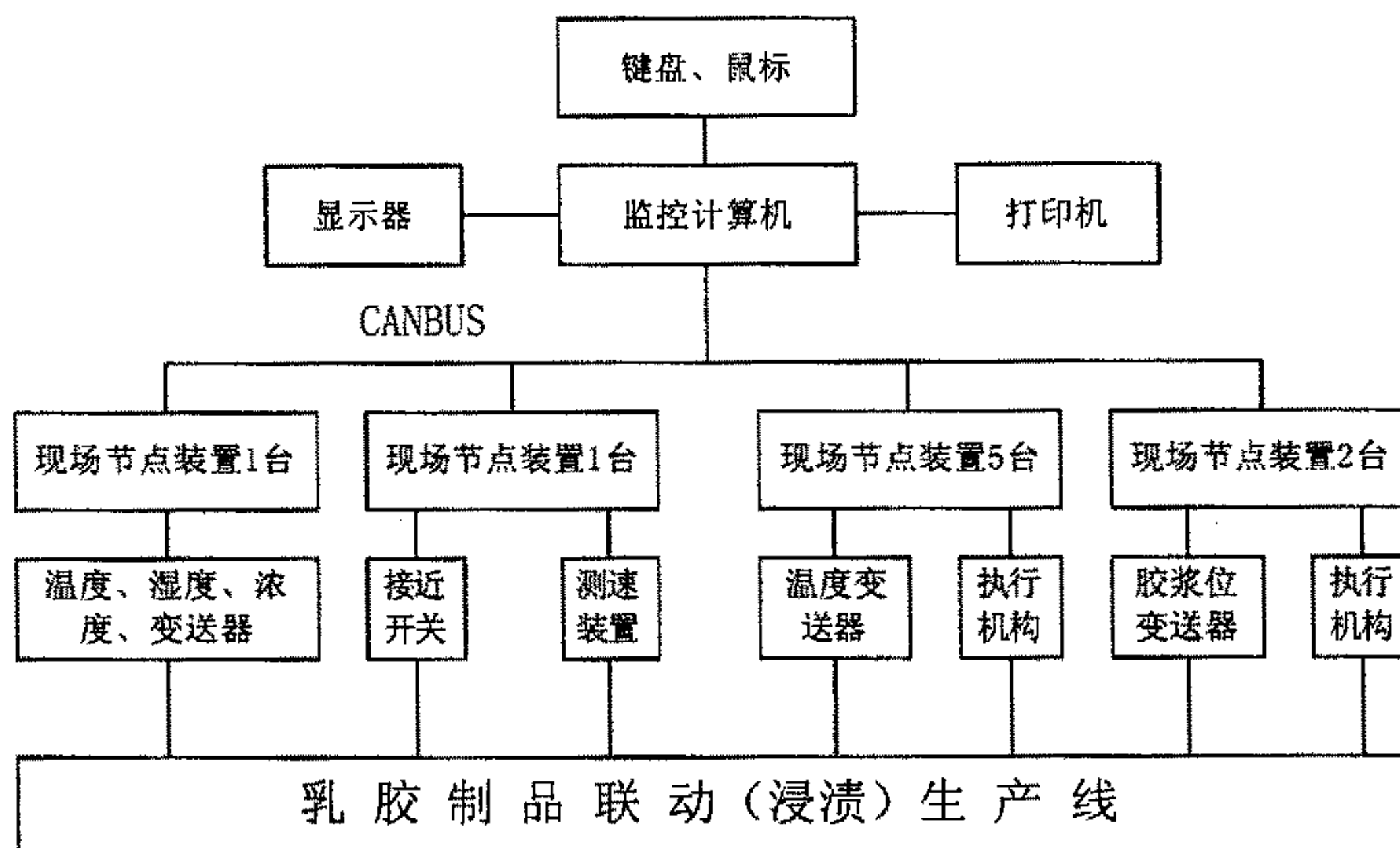


图 6.2 AL2-3 乳胶制品生产线测控系统硬件结构图

6.5 系统软件设计

6.5.1 数据采集程序

首先按顺序采集 13 个温度信号, 然后依次采集 3 个液位信号、3 个湿度信号、1 个浓度信号、1 个车速信号, 最后采集 4 路计数信号。这些信号共采集 5 遍, 并存储起来。

6.5.2 数字滤波程序

将各信号的 5 次测量值排序, 去掉一个最大值和一个最小值, 剩余 3 个求平均值即为该信号的测量结果, 即采用中位值滤波法与平均值滤波法相结合来实现数字滤波。

号进行 12 位 A/D 转换后, 即得 12 位二进制 x , 其对应的实际物理量按如下求得:

(1) 温度的标度变换

温度的量程范围为 $0 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 其标度变换计算公式为

$$\begin{aligned} y &= \frac{150-0}{4095-819}(x-819)+0 \\ &= (0.045788x-37.5) ; \end{aligned}$$

(2) 湿度的标度变换

湿度的量程范围为 $\text{RH}=0 \sim 100\%$, 其标度变换计算公式为

$$\begin{aligned} y &= \frac{100-0}{4095-819}(x-819)+0 \\ &= (0.030525x-25)\% \end{aligned}$$

(3) 液位的标度变换

液位的量程范围为 $0 \sim 10\text{KPa}$, 其标度变换计算公式为

$$H = \frac{1 \times 10^4 - 0}{D \cdot g(4095 - 819)}(x - 819) + 0 = \frac{3.0525x - 2500}{D \cdot g}$$

式中, D 为胶液密度, 单位为 Kg/m^3 ; g 为重力加速度, 单位为 m/s^2 ; H 的单位为 m 。

6.5.4 控制算法

1. 数字 PID 控制器设计

实际运行的经验和理论的分析都表明, 运用 PID 控制规律对许多工业过程进行控制时, 都能得到满意的效果。不过, 用计算机实现 PID 控制, 不是简单的把模拟 PID 控制规律数字化, 而是进一步与计算机的逻辑判断功能结合, 使 PID 控制更加灵活。在计算机控制系统中, PID 控制规律的实现须用数值逼近的方法。当采样周期相当短时, 用求和代替积分、用后向差分代替微分, 使模拟 PID 离散化变为差分方程。

在工业控制系统中, 常常采用的 PID 控制规律为

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_D \frac{de(t)}{dt} \right]$$

为了便于计算机实现, 须将上式变换为差分方程, 为此可做如下近似

$$\begin{aligned} \int_0^t e(t) dt &\approx \sum_{i=0}^k T e(i) \\ \frac{de(t)}{dt} &\approx \frac{e(k) - e(k-1)}{T} \end{aligned}$$

式中, T 为采样周期, k 为采样序号。由此可得数字 PID 位置型控制算式为

$$u(k) = K_p \left[e(k) + \frac{T}{T_i} \sum_{i=0}^k e(i) + T_D \frac{e(k) - e(k-1)}{T} \right]$$

式中表示的控制算法提供了执行机构的位置 $u(k)$ ，本系统中为阀门的开度。由此位置型控制算式可看出因为要累加偏差 $e(i)$ ，不仅要占用较多的存储单元，而且不便于编写程序，为此作如下改进

$$u(k-1) = K_p \left[e(k-1) + \frac{T}{T_i} \sum_{i=0}^{k-1} e(i) + T_D \frac{e(k-1) - e(k-2)}{T} \right]$$

做 $u(k) - u(k-1)$ 即得出增量型控制算式为

$$\begin{aligned} \Delta u(k) &= u(k) - u(k-1) \\ &= K_p [e(k) - e(k-1)] + K_i e(k) + K_D [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \end{aligned}$$

式中 $K_p = \frac{1}{\delta}$ 为比例增益

$K_i = K_p \frac{T}{T_i}$ 为积分系数

$K_D = K_p \frac{T_D}{T}$ 为微分系数

为编程方便，将 $\Delta u(k) = u(k) - u(k-1)$ 算式整理为

$$\Delta u(k) = q_0 e(k) + q_1 e(k-1) + q_2 e(k-2)$$

式中 $q_0 = K_p \left(1 + \frac{T}{T_i} + \frac{T_D}{T} \right)$

$$q_1 = -K_p \left(1 + \frac{2T_D}{T} \right)$$

$$q_2 = K_p \frac{T_D}{T}$$

$$e(k) = r(k) - y(k)$$

其中： $r(k)$ 为第 K 个采样周期的给定温度值；

$y(k)$ 为第 K 个采样周期的实测温度值；

T 为采样周期。

本系统的执行机构采用调节阀，控制量对应阀门的开度，表征了执行机构的位置，应采用位置型控制算式，利用增量型控制算式得出位置型控制算式的递推算法，即

$$u(k) = u(k-1) + \Delta u(k)$$

$$= u(k-1) + q_0 e(k) + q_1 e(k-1) + q_2 e(k-2)$$

另外, 需对控制量 $u(k)$ 和阀位输出进行限幅。实际操作时对 $u(k)$ 加以限制, 即满足

$$u_{\min} \leq u(k) \leq u_{\max}$$

当 $u(k) < u_{\min}$ 时, 取 $u(k) = u_{\min}$;

当 $u(k) > u_{\max}$ 时, 取 $u(k) = u_{\max}$ 。

因采用的调节阀控制信号为 4~20mA (DC), 且 D/A 转换器为 12 位, 因此取

$$u_{\min} = 819, \quad u_{\max} = 4095$$

根据以上改进的 PID 算法, 图 6.3 给出了系统中数字 PID 控制算法流程, 其程序结构如下:

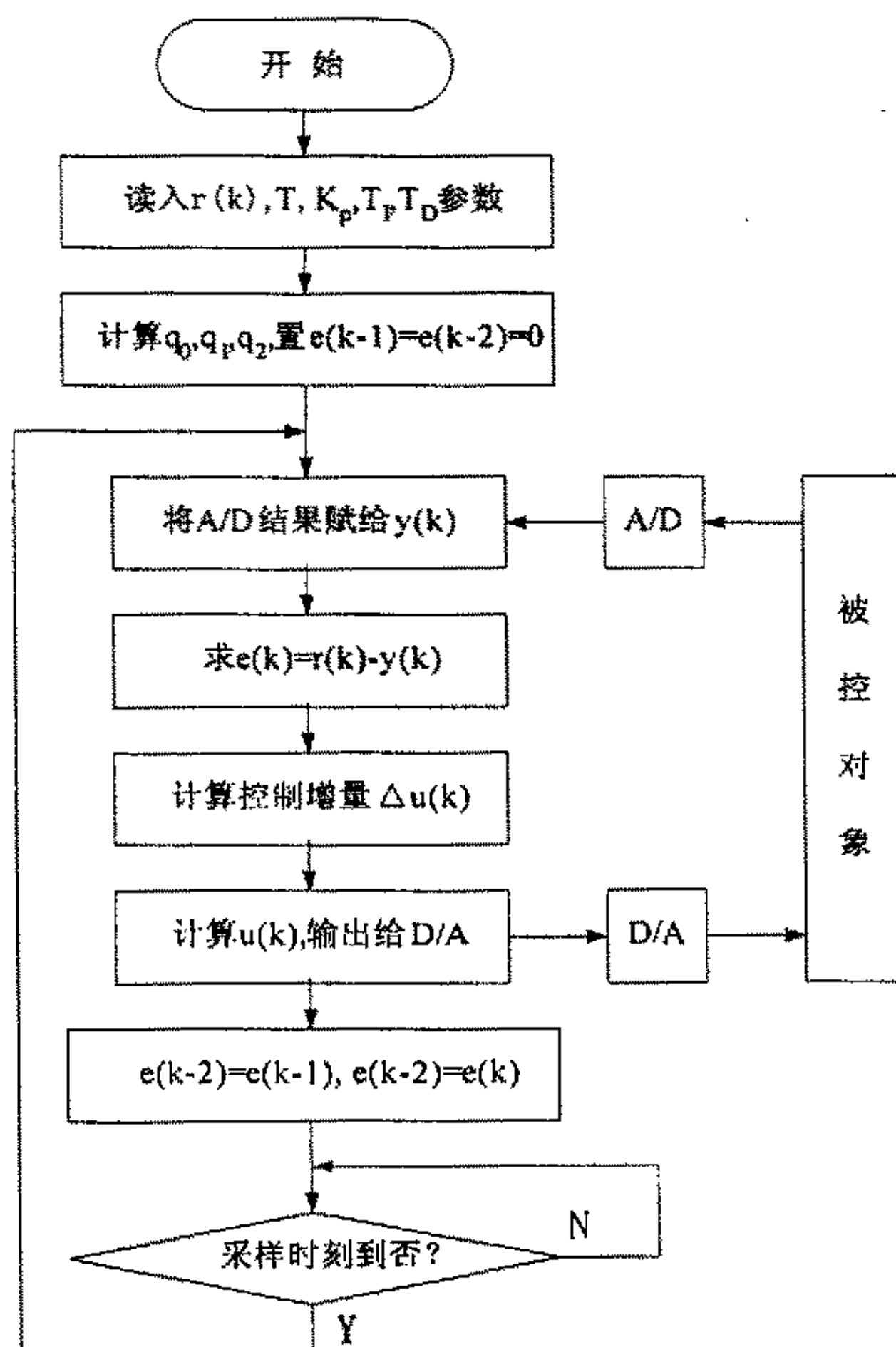


图 6.3 数字 PID 控制算法流程

```
main( )
{
    int i;
    int delt;
    int k;
    int t;
    int ti;
    int td;
    float kp;
    float q0,q1,q2;
    float r[60];
    float y[60];
    float e[60];
    float delt_u[60];
    float u[60];
    float ad(k);
    float da(k );
    printf("Please input t,ti,td,delt:");
    scanf("%d,%d,%d,%d",&t,&ti,&td,&delt);
    kp=1.0/delt;
    k=1/t;
    printf("Please input gived temperature:");
    for(i=1;i<=k;i++)
        scanf("%f",r[i]);
    q0=kp*(1+t/ti+td/t);
    q1=-kp*(1+2*td/t)
    q2=kp*(td/t);
    e[0]=0;
    e[1]=0;
    printf("Please input u[0]")
    scanf("%f",&u[0]);
    for(i=2;i<=k;i++)
    {
        y[i]=ad(i);
        e[i]=r[i]-y[i];
        delt_u[i]=q0*e[i]+q1*e[i-1]+q2*e[i-2];
        u[i]=u[i-1]+delt_u[i];
        da(u[i]);
        e[i-2]=e[i-1];
    }
}
```

```

    e[i-2]=e[i];
  }
}

```

2. 数字 PID 控制器的参数整定

系统中控制器的参数需随诸多因素的变化而经常整定,为使参数整定简单易行,便于现场应用和企业技术人员调整,采用整定参数时不必依赖被控对象数学模型的扩充响应曲线法整定 T 和 T_p 、 T_i 、 T_D 。此种简易的工程整定方法是由经典的频率法简化而来,虽然稍微粗糙一点,但很适合现场应用,其步骤如下。

(1) 数字控制器不接入控制系统,让系统处于手动操作状态下,将被调量调节到给定值附近,并使之稳定下来,然后突然改变给定值,给对象一个阶跃输入信号。

(2) 用记录仪表记录被调量在阶跃输入下的整个变化过程曲线,如图 6.4 所示。

(3) 在曲线最大斜率处作切线,求得滞后时间 τ ,被控对象时间常数 T_r 以及它们的比值 T_r/τ ,按本系统的控制度 1.05,可得

采样周期 $T = 0.05\tau$

比例增益 $T_p = 1.15T_r/\tau$

积分系数 $T_i = 2.0\tau$

微分系数 $T_D = 0.45\tau$

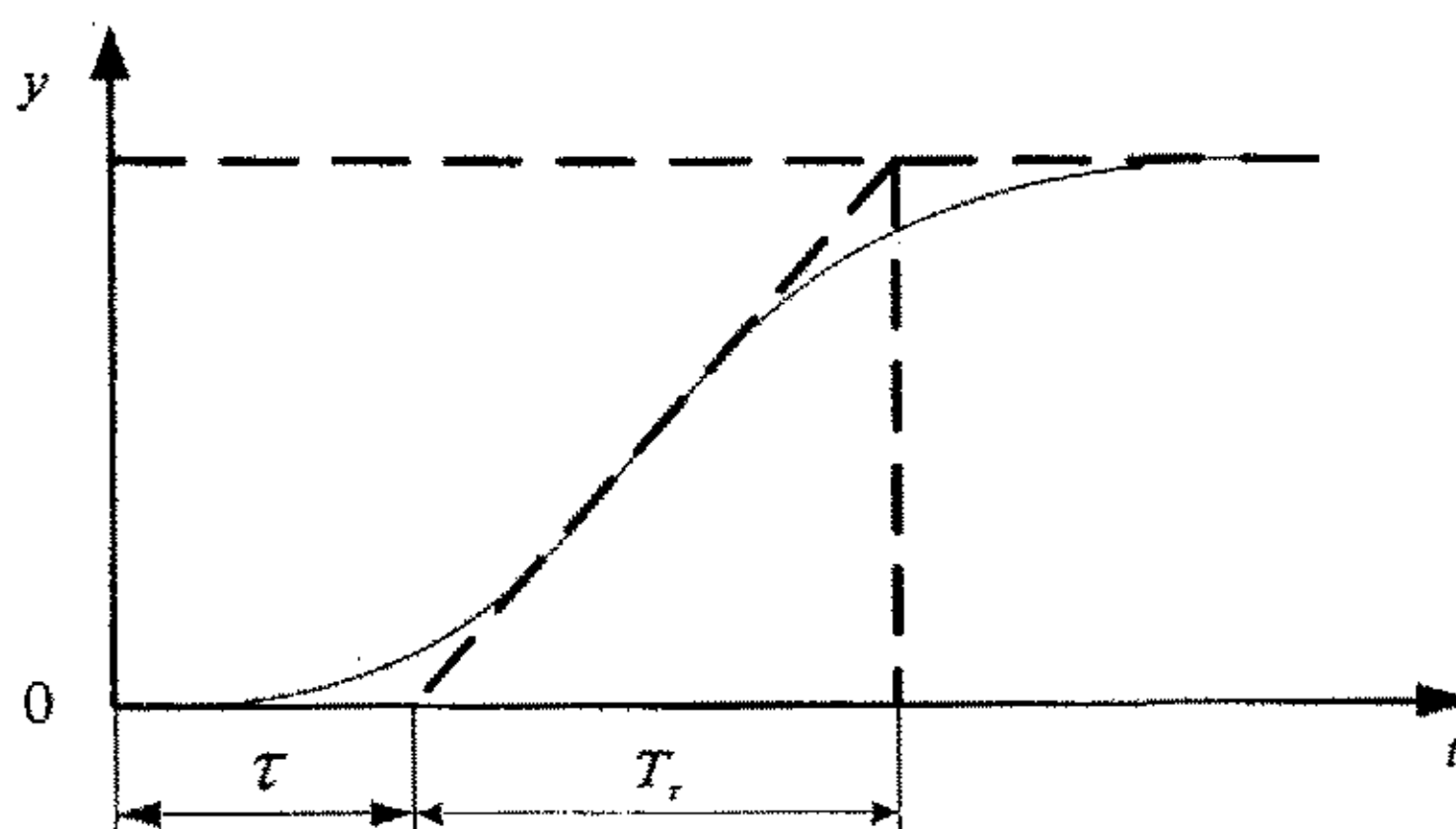


图 6.4 被调量在阶跃输入下的变化过程曲线

6.5.5 网络通讯软件

从节点实时采集的参数（温度、液位、湿度等）传送给主节点，主节点用于记录、打印、统计、计算；系统参数（闭环控制的 PID 参数）、工艺参数（如设定值），通过网络由主节点传送给从节点。

基于 B++ 协议，如前 4.1.4 所述，在本系统中，上传下传变量以从节点 11 的部分变量为例定义如下：

变量类型	变量名称	序号
AI	1 号胶槽实际液位	1
AI	2 号胶槽实际液位	2
AO	1 号胶槽液位设定值	3
AO	2 号胶槽液位设定值	4
AO	1 号胶槽比例系数	5
AO	1 号胶槽积分时间常数	6
AO	1 号胶槽微分时间常数	7
AO	1 号胶槽采样周期	8
AO	2 号胶槽比例系数	9
AO	2 号胶槽积分时间常数	10
AO	2 号胶槽微分时间常数	11
AO	2 号胶槽采样周期	12

根据以上定义，通讯软件数据帧格式如下（以 2 号胶槽液位信息上传采集为例）：

7	6	5	4	3	2	1	0
PRI	11						
TYPE=0		0	DLC(1--8)=8				
1							
A							
I							
2(序号)							
低 8 位							
高 4 位							
0							
0							

6.6 主节点的人机界面

本系统主机界面采用组态王软件开发工具开发了简便易用的人机界面，主要的几个界面简介如下：

（1）登录操作

生产操作人员进入操作界面必须先登录，每一个操作员都附有一个密码，并对操作员登录进行记录，有利于维护生产的安全和防止误操作。如图 6.3、图 6.4 所示。

（2）工艺参数设定、修改及参数实时报表打印

工艺参数界面可使生产操作员方便的按照生产工艺要求进行参数的设定和修改，如图 6.5 所示。生产线实时状态参数可以通过图 6.6 所示界面打印报表。

（3）生产工艺流程显示

此界面显示工艺的流程，随工况的变化，界面中的数据参数也动态变化，定时刷新，可方便的掌握生产的实时状况，也帮助操作员记忆众多的生产环节和操作项目。如图 6.7 所示。

（4）回路控制界面

回路界面显示单个 DDC 回路的各参数，利用此界面可进行控制参数的修改、设定，完成单个回路的控制作用。在回路界面上可同时显示出相关回路的状态及参数。如图 6.8 所示。

（5）趋势曲线界面

趋势曲线界面具有趋势曲线显示功能。对过程参数的变化趋势进行记录、显示、存储，同时在一幅界面内显示多条曲线，以不同的颜色加以区分。操作员可通过趋势曲线的变化及时掌握过程变化情况，也可通过历史趋势曲线分析控制系统运行状态，分析事故原因，产品质量好坏的原因，有助于分析和管理的。如图 6.9 所示。

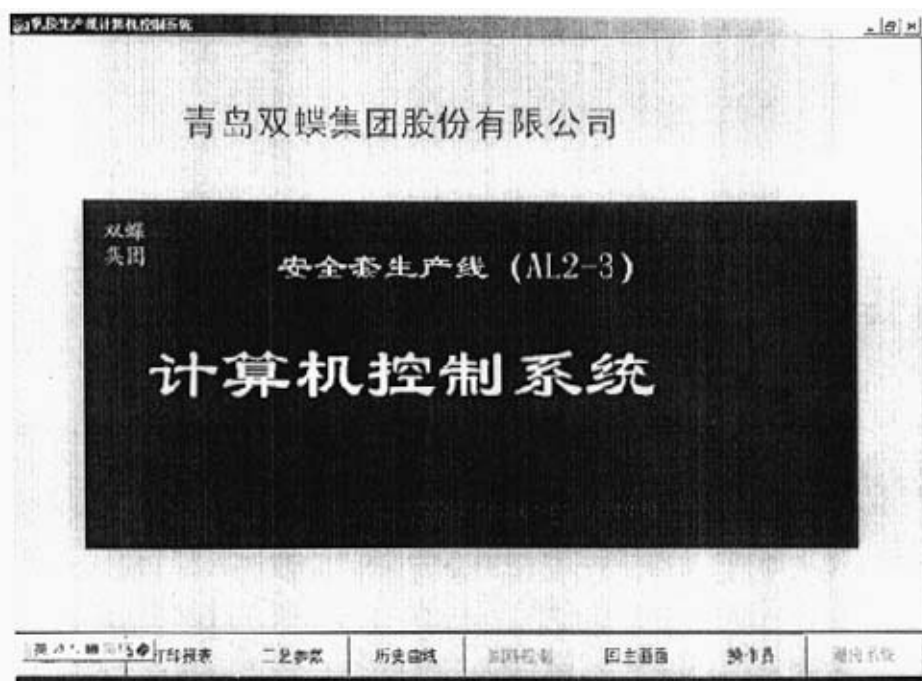


图 6.3 开机界面

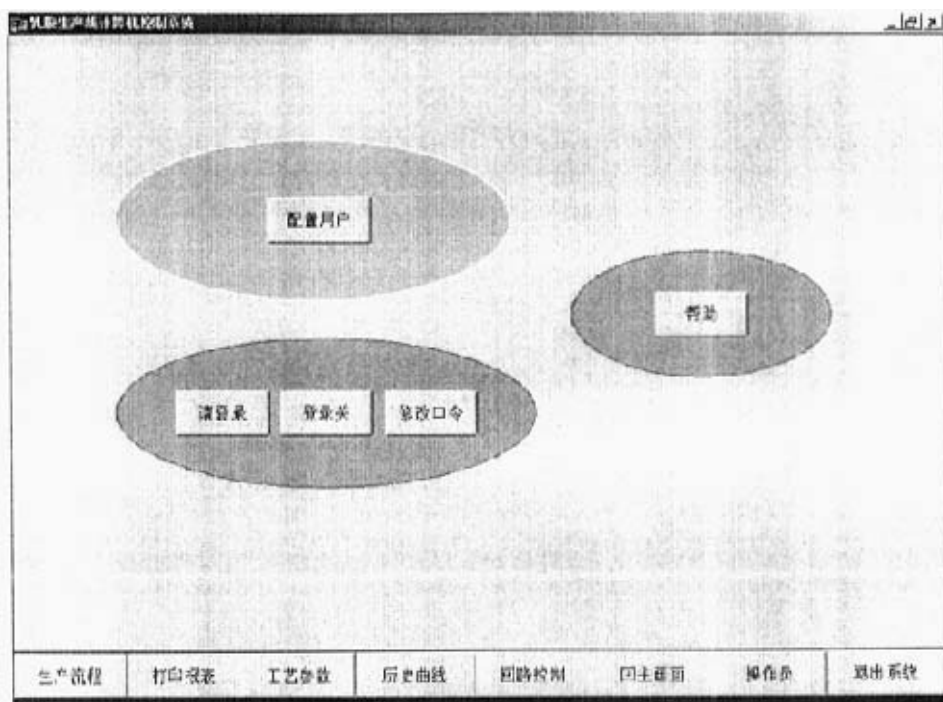


图 6.4 操作员登录界面

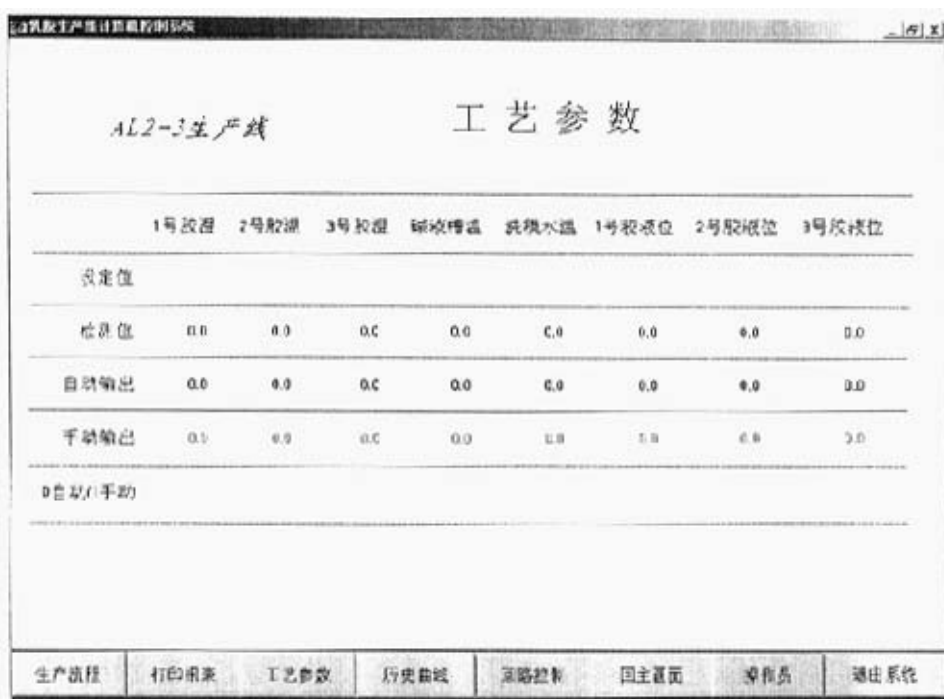


图 6.5 工艺参数设定界面

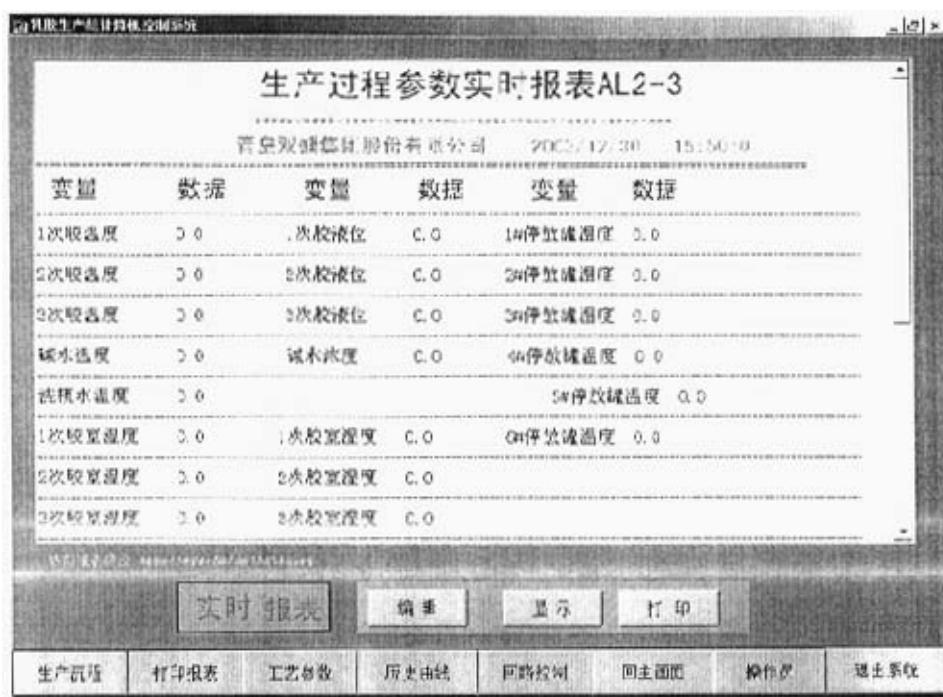


图 6.6 参数实时报表界面

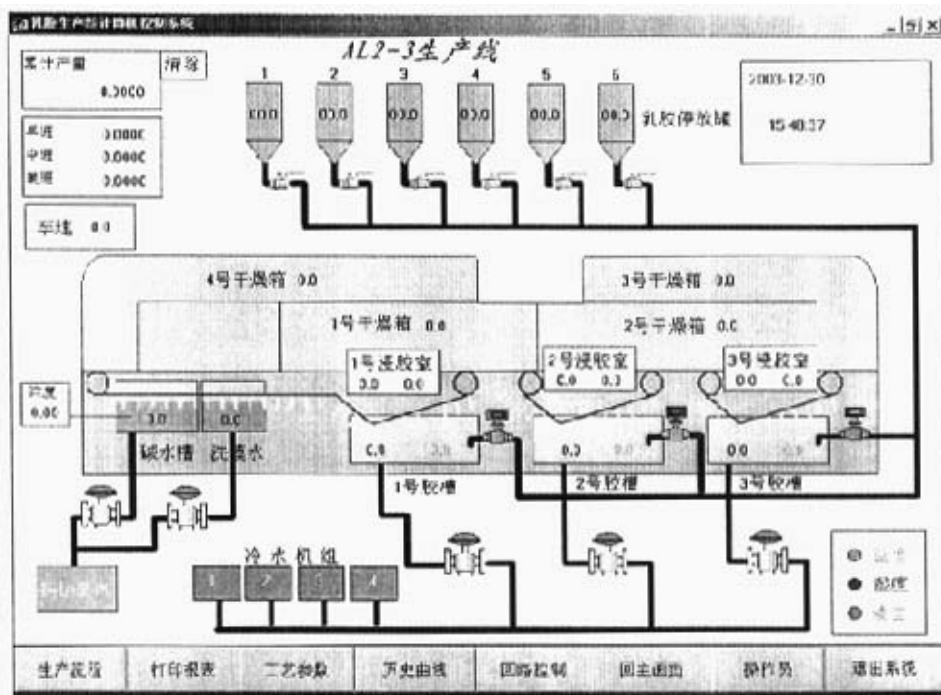


图 6.7 生产工艺流程界面

	1#胶温	2#胶温	3#胶温	浸胶水	浸胶槽	1#胶位	2#胶位	3#胶位	1#干燥	2#干燥	3#干燥	4#干燥
设定值												
给定值	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
比例周期						0.0	0.0	0.0				
比例带						0.0	0.0	0.0				
积分时间									0.0	0.0	0.0	
微分时间												
自动输出	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
手动输出	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 自动/1 手动												
阀位						0.0	0.0	0.0				

图 6.8 回路控制界面

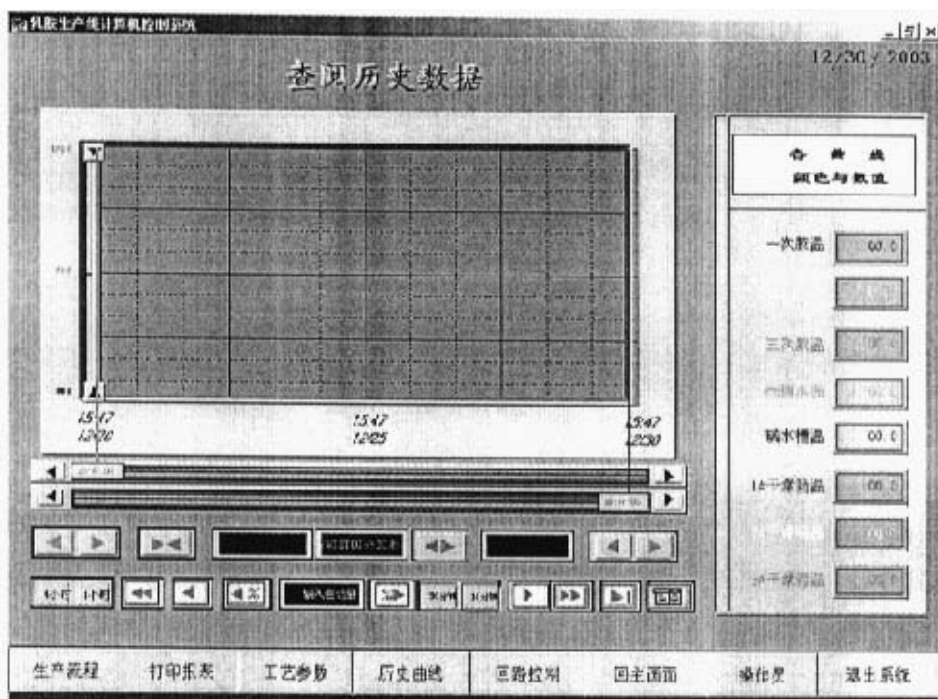


图 6.9 趋势曲线界面

第七章 总结和展望

本文分析了 CAN 现场总线和分布型测控网络技术,给出了基于 CAN 总线测控网络的系统结构;主要设计实现了 CAN 总线相关的测控装置(从节点)的硬件;提出了面向应用层的 CAN 的用户通信协议 B++,设计实现了基于“命令+参数”的通信软件和现场测控软件;分析和讨论了改进的 PID 控制算法和实用的参数整定方法,实现了基于 CAN 总线测控网络的乳胶制品生产线计算机控制系统。实例证明,本文实现的基于 CAN 总线测控网络具备了多主多从和一主多从分布型测控网络结构,并实现了主站与主站的通信、主站与从站间的通信;综合了 AI、AO、DI、DO 等多种功能,既适用于数据采集场合,又适用于控制场合;可方便地组成现场总线 DCS(即 FCS)。本文所实现的 CAN 现场总线测控网络具有以下特点:

1. 测控网络的通用性:现场智能测控装置能完成 16 个模拟量的输入测量、2 个模拟量的输出控制、4 个开关量的输入测量、4 个开关量的输出控制,现场测控功能齐全,可满足一般现场控制要求。另外,该装置采用现场式小板安装结构,便于使用。

2. 多主从双向数字化通信:现场总线智能通信适配器,可靠地实现了多个现场智能测控装置与主站计算机的全数字化、双向、多站点的通信,取代了 4~20mA 模拟电流信号的传输。同时,现场总线智能通信适配器也实现了多个主站计算机的双向通信。

3. 应用程序独立性:采用中断技术设计了从节点的测控软件,提供了灵活的应用编程模型,使编写应用程序具有独立性,适合不同的应用环境。

4. 经济性:因采用了 CAN 现场总线,大大简化了用户的电缆布线,从现场设备到控制室仅用一根双绞线即可实现信号的传输。

目前 CAN 总线仍在发展和完善,新的扩展协议如 TTCAN 等正在硅片上进行,带 CAN 控制器的单片机大大简化了应用系统硬件的设计,会使得现场测控装置设计变得更简便、更灵活和更可靠。独立双 CAN 控制器的应用将使得中继器(网关)的设计更为方便,能够满足对实时性要求更强的节点,也会使测控网络的应用范围更大。我们将紧密跟踪 CAN 新技术的发展,不断完善和发展我们的研究内容,使其更具先进性、广泛性和灵活性。

现场总线技术将引起控制系统体系结构的一场革命,将在今后几十年内影响自动化仪表和自动化技术的发展。新型全数字控制系统的出现,将充分发挥上层系统的调度、优化、决策的功能,更容易构成 CIMS 系统并更好地发挥其作用。现场总线产品的研制,可大大缩小我国自动化系统与国际上的差距,促进我国企业的技术改造和计算机应用技术的提高,促进我国自动化仪表和现场执行机构的更新换代,促使我国自动化技术水平进入新时代。因此,本文的研究内容具有广泛的应用领域和良好的应用前景。

参考文献

- [1] 万福君、潘松峰. 单片微机原理系统设计与应用 [M]. 中国科学技术大学出版社, 2001
- [2] 郭宽明. 数据传输接口器件手册 [M]. 北京航空航天大学出版社, 2000
- [3] Andrew s. Tanenbaum 著, 熊桂喜、王小虎译. 计算机网络 [M]. 清华大学出版社, 1998
- [4] PHILIPS Semiconductors. SJA1000 Stand-alone CAN controller 1999, 8
- [5] PHILIPSSemiconductors. P8xC591 Single-chip 8-bit microcontroller with CAN controller 2000, 7
- [6] PHILIPS Semiconductors. C250/251 CAN Transceiver application note, 1996. 10
- [7] PHILIPS Semiconductors. PCA82C250 CAN controller interface data sheet, 1997. 10.
- [8] PHILIPS Semiconductors. Upgrading Note PCA82C250/251 -> TJA1040, TJA1050, 2001. 11
- [9] PHILIPS Semiconductors. TJA1050 high speed CAN transceiver date sheet, 2000. 5
- [10] PHILIPS Semiconductors. INFINEON Technologies. 82C900 Standalone TwinCAN Controller 2000. 12
- [11] 阳宪惠. 现场总线技术及原理. 清华大学出版社, 1999
- [12] 蒋建文. CAN总线通信协议的分析和实现. 计算机工程, 2002. 28(2)
- [13] 罗雪梅, 黄明琪. 现场总线的物理层与数据链路层. 贵州工业大学学报: 自然科学版-2002. 31(3). -56-58
- [14] 袁爱进, 杨国勋. CAN现场总线通信系统的研究. 计算机工程, 2001. 27(9)
- [15] 张晓军, 解大. 基于CAN总线的嵌入式控制系统. 电网技术, 2002. 26(9)
- [16] 王燕等. CAN-bus 仪表的通讯模块设计. 电测与仪表, 2001. 38(8)
- [17] 陈霞. CANBUS在织机控制系统中的应用. 上海纺织科技, 2002. 8
- [18] 郭宽名. CAN总线系统设计中的几个问题. 电子技术应用, 1998, 9
- [19] 唐晓泉等. CAN总线驱动器在UART分布式控制系统中的应用. 工业仪表与自动化装置, 1999. 2
- [20] 田希晖, 张连超等. CAN总线及其应用技术. 微计算机信息, 2002, 18(9). -3-5
- [21] 杨慧, 田亮等. CAN总线协议分析. 中国仪器仪表, 2002, (4). -1-4
- [22] 贾天宝, 王彦等. CAN总线技术在远程监测系统的应用. 遥测遥控, 2002, 23(4). -51-54, 64
- [23] 仇望云. 分布式测控系统中的CAN总线. 甘肃科技, 2002, 18(3). -35-35

- [24] 朱正礼, 任少云. CAN总线系统在电动轿车上的应用. 汽车工程
-2003. 25(4). -380-383
- [25] 王永昌, 张著军. 基于CAN总线的智能接口卡的设计. 微计算机信息-2003. 19(7)
- [26] 孙新安. CAN总线应用于工业控制系统. 有色金属加工-2003. 32(3)
- [27] 胡寿松. 自动控制原理. 科学出版社, 2002. 3
- [28] 饶运涛, 邹继军等. 现场总线CAN原理与应用技术. 北京航空航天大学出版社,
2003. 6
- [29] 于海生, 潘松峰等. 微型计算机控制技术. 清华大学出版社, 1999. 3
- [30] 周伯敏. 自动控制理论. 机械工业出版社, 1999
- [31] 张晋格. 计算机控制原理与应用. 电子工业出版社, 1995
- [32] 俞金寿, 何衍庆. 集散控制系统原理及应用. 化学工业出版社, 1995

作者攻读硕士学位期间公开发表的论文

- [1] 冯历, 潘松峰, 赵正德等 “基于CAN总线的测控网络系统研究”, 计算机测量与控制, 已发表 2004.2。
- [2] 冯历, 潘松峰, 赵正德等 “基于现场总线的分布式测控网络研究”, 中国海洋大学学报, 已录用2004.1
- [3] 张秀虹, 陈德增, 冯历 “Internet 的新一代网际协议—IPv6”, 辽宁工程技术大学学报, 已发表 2003.10。
- [4] 赵京胜, 冯历 等 “个体软件过程初探”, 青岛建筑工程学院学报, 已录用 2003.11。

作者的科研工作

- 1. 青岛双蝶集团股份有限公司“乳胶产品生产线计算机控制系统”的研发。承担工作是从节点子系统设计、现场安装调试等。
- 2. 青岛大学新产品开发“喷水织机微机控制系统”。承担总体设计和部分子系统设计。
- 3. 郑州商城高新技术研究所“ZW-4992 电子提花机”研制。承担总体设计、纹织 CAD 软件系统分析设计与实现。

致谢

首先要感谢我的导师赵正德教授和潘松峰教授，他们在我攻读学位期间给了我很多无微不至的关怀，由于我是在职攻读硕士学位，他们牺牲了大量的业余时间对我给以指导，从理论到实践都有他们孜孜不倦的教诲和严格的要求。他们渊博的学识，严谨的治学态度和工作作风将给我以后的学习和工作起到模范和激励作用，在此对他们表示衷心的感谢。同时还要真诚地感谢上海大学计算机学院唐毅教授、陆菊康教授以及给予我教育和指导的全体老师们。

感谢青岛建工学院计算机系的张秀虹教授和赵京胜老师，他们在我的工作过程中给了我许多有益帮助和指导，在此对他们表示深深的谢意。

感谢青岛大学研究生处的刘锡庆处长和机电学院的李延胜院长，他们为我们提供了良好的学习环境。

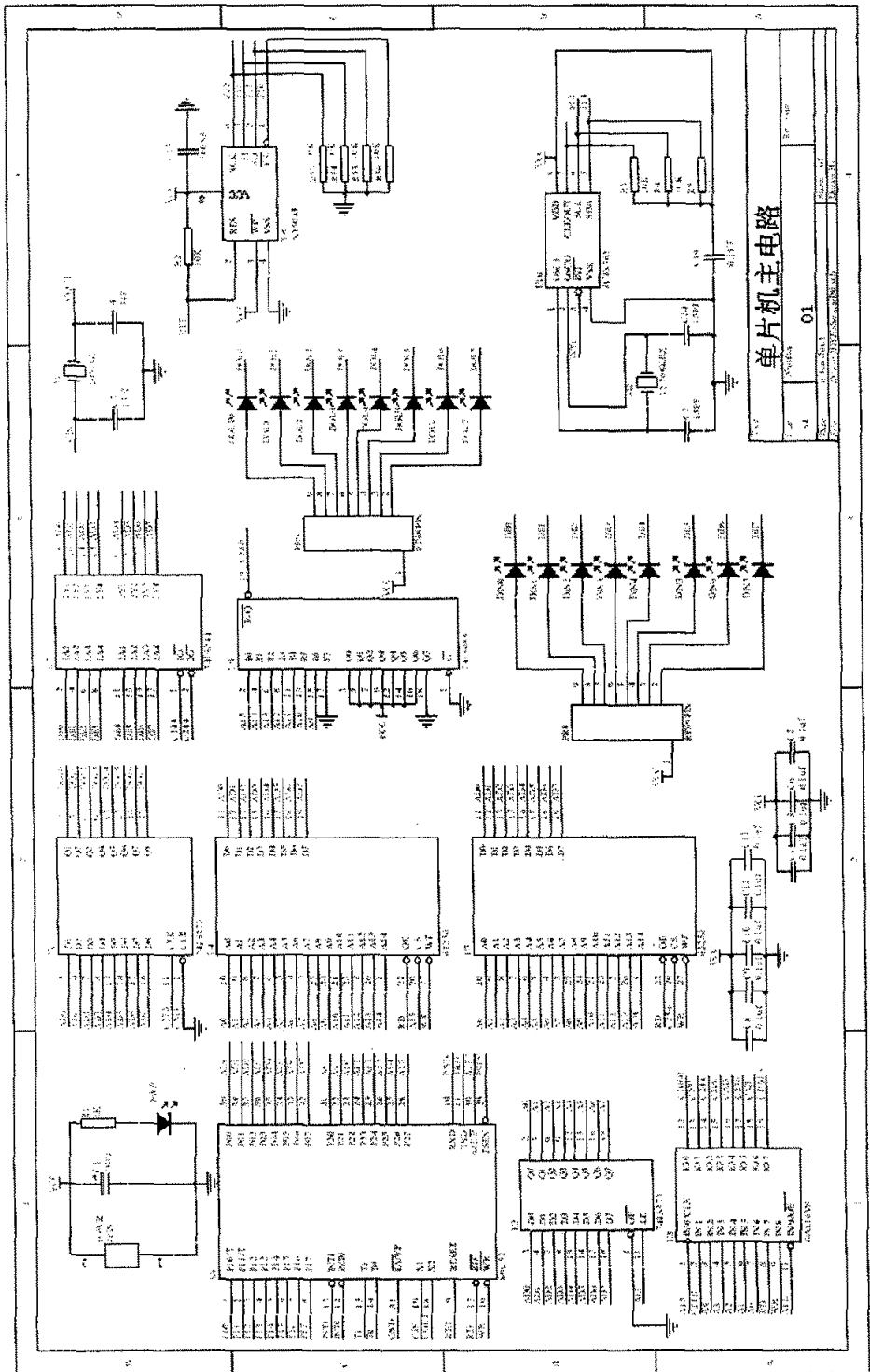
最后还要感谢我家人，感谢他们多年来对我的支持、理解和帮助，使我得以完成学业。

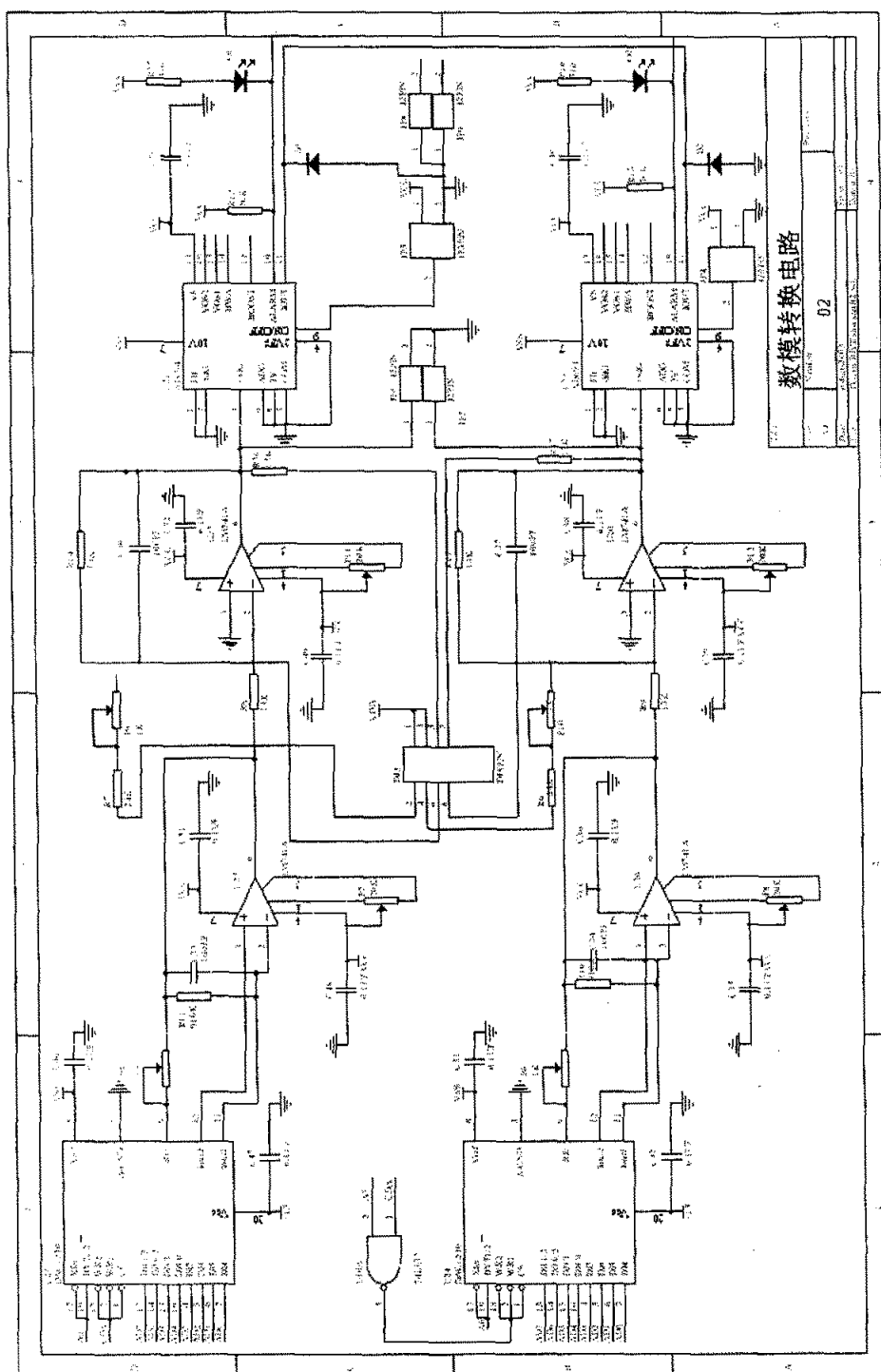
冯历

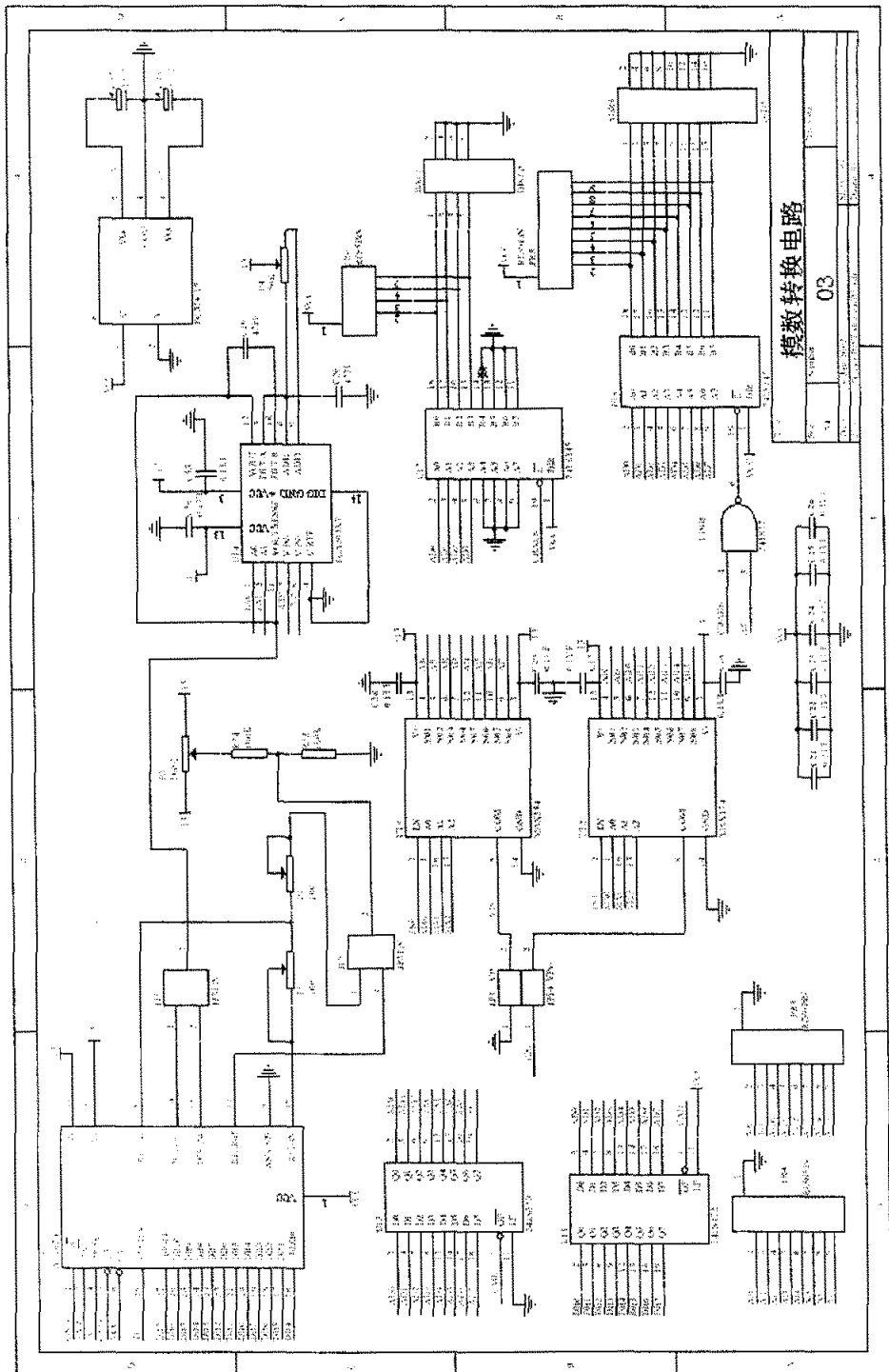
2004 年 1 月

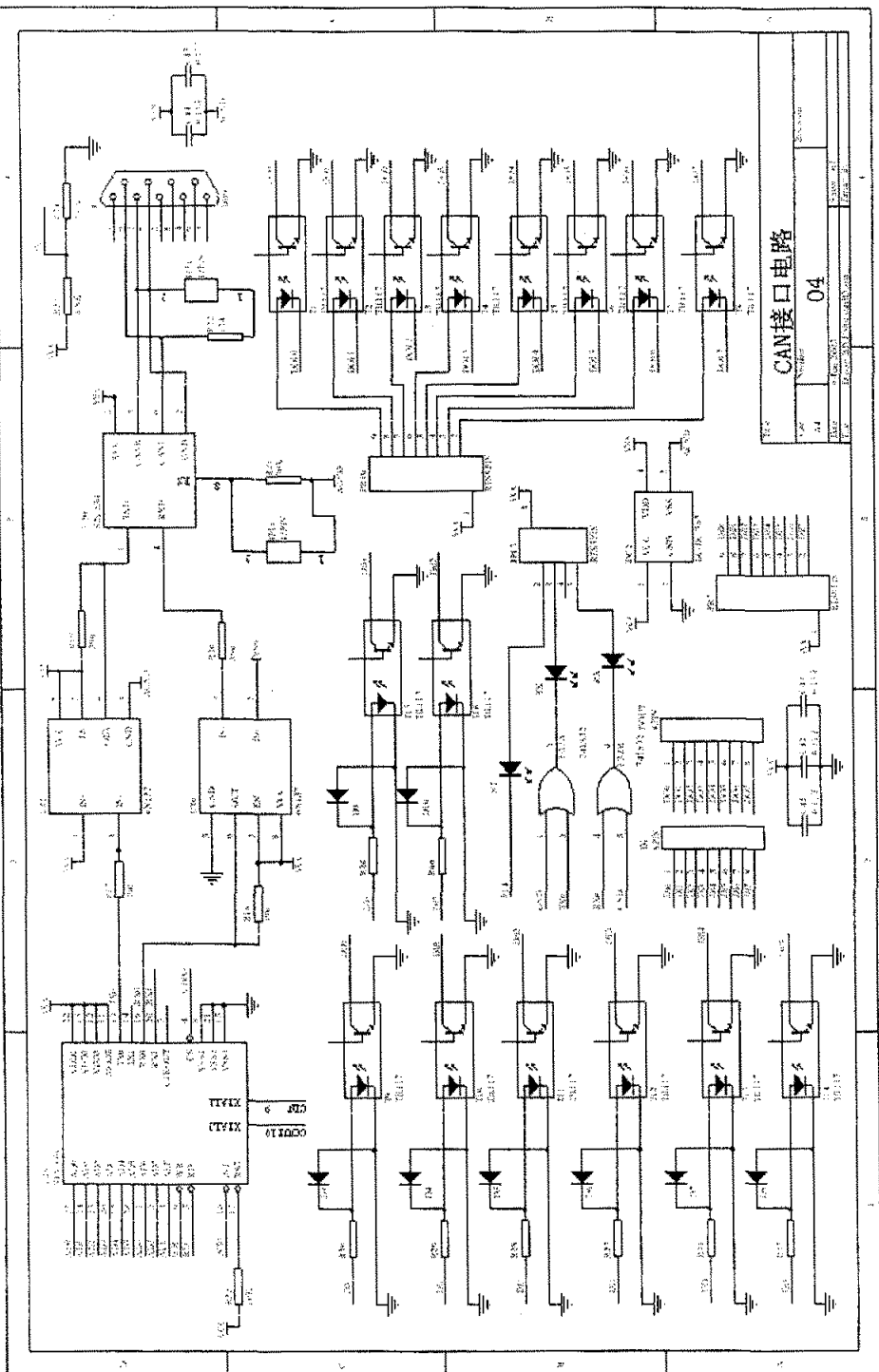
附：硬件线路图

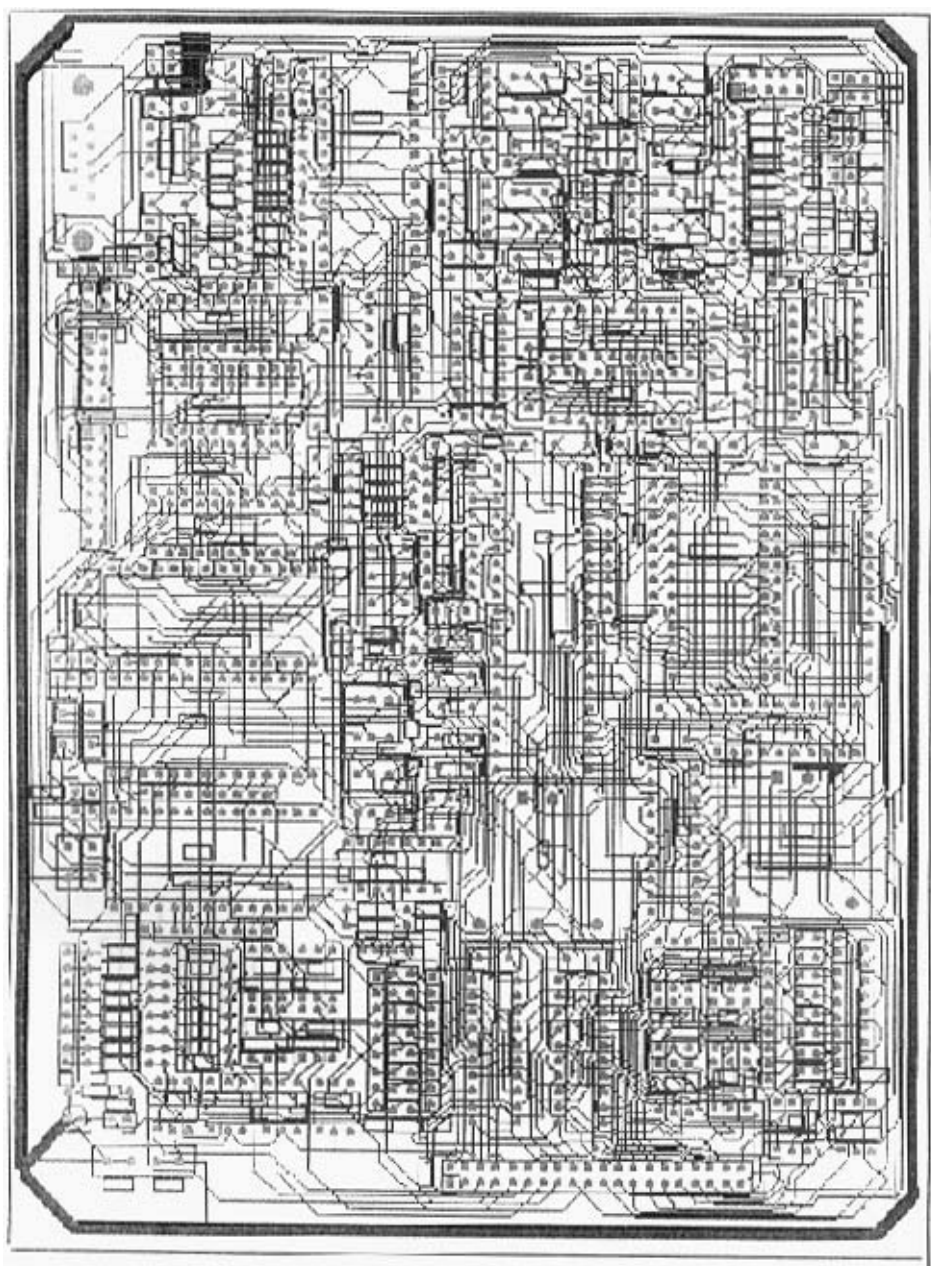
现场测控装置（从节点）











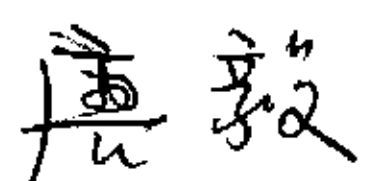
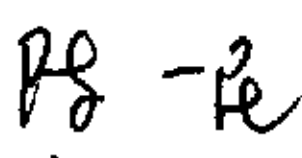
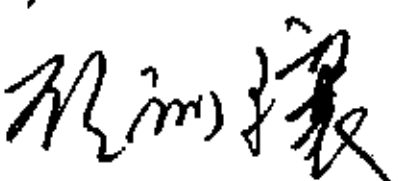

现场测控装置（从节点）印刷线路板设计图

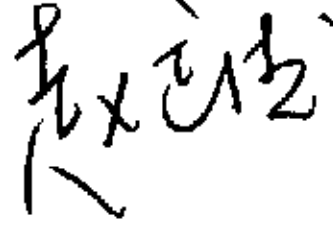
上 海 大 学

本论文经答辩委员会全体委员审查，
确认符合上海大学硕士学位论文质量要求。

答辩委员会签名：

主任：  (工作单位职称)

委员：  
 

导 师： 

答辩日期 2004年3月11日