

DDC 系统的硬件以工业 PC(Industry Personal Computer,IPC)为主,其硬件分为主机单元、输入输出单元和人机接口单元,一般采用模板、模块的结构形式。DDC 系统硬件的主流机型是工业 PC(IPC)及其各类控制器或可编程控制器。

DDC 系统硬件的基本组成是,控制站(CS)1 台或多台,主流机型是工业 PC(IPC);操作员站(OS)1 台或多台,一般机型是商用 PC;工程师站(ES)1 台,一般机型是商用 PC;控制网络(C-NET),一般采用工业以太网。

本章叙述 DDC 系统的主机单元、输入/输出单元、人机接口单元。主机单元是 DDC 系统的核心,输入/输出单元是 DDC 系统的基础,人机接口单元是 DDC 系统的窗口。



微课视频 26

3.1 DDC 系统的主机单元

主机单元是 DDC 系统的核心,主要由主机、内存储器、外存储器、外部设备接口和网络接口等组成,另外还有显示器、键盘、鼠标和打印机等。主机单元采用模板式和模块式结构。



微课讲解 26

3.1.1 DDC 系统的主机

现以工业 PC(IPC)为例,介绍 DDC 系统的主机。其中主机模板或主机模块是主机单元的核心。



课件视频 31

工业 PC 组成之一(如图 3.1 所示),采用模板式结构。主机箱(见图 3.1(c))内有一块主机模板,主机模板上集成了 CPU、内存储器、外存储器(硬盘、光盘驱动器)接口、串行通信



图 3.1 IPC 主机组成之一

接口、并行通信接口、显示器接口、网络接口、键盘接口、鼠标接口、USB 接口等等。主机模板的 PC 总线插座上可以插入 I/O 模板和功能模板。

工业 PC(IPC)组成之二(如图 3.2 所示),采用模板式和模块式混合结构,其特点是主机单元和输入/输出单元可以分离。主机板插入主机箱内的总线母板,主机箱位于控制室。主机板提供冗余控制网络 C-NET,I/O 模块和功能模块可以分散安装于生产现场,亦称远程 I/O 单元,通过 C-NET 与主机板连接,便于就地连接 I/O 线。这种方式不仅节省电线,而且便于工程施工和现场维修。



图 3.2 IPC 主机组成之二

工业 PC(IPC)组成之三(如图 3.3 所示),采用模块式结构,其特点是主机单元和输入/输出单元可以分离。主机模块提供冗余控制网络 C-NET,I/O 模块和功能模块可以分散安装于生产现场,亦称远程 I/O 单元,通过 C-NET 与主机模块连接,便于就地连接 I/O 线。这种方式不仅节省电线,而且便于工程施工和现场维修。主机模块既可以位于控制室,也可以安装于生产现场,多台主机模块通过 C-NET 互联,构成分散控制系统。

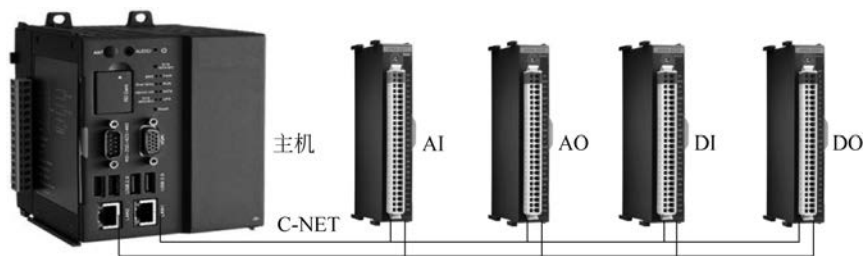


图 3.3 IPC 主机组成之三

1. 主机 CPU

主机 CPU 型号多样,取决于系统规模、应用领域和结构形式。例如,一般工业 PC (IPC)的常用 CPU 是 Intel 80386、80486、Pentium(奔腾)、Core(酷睿)系列等。

2. 主机存储器

主机存储器分为内存储器 and 外存储器。如果将主机安装于生产现场,因现场环境恶劣和机械设备振动等因素,不宜采用具有运动部件的硬盘和光盘驱动器,那就采用电子盘,并用后备电池,保证停电后不丢失电子盘中的数据。

3. 主机总线

主机总线是某些线的集合,它定义了各引线的信号、电气和机械特性;使计算机系统内部的模板或模块之间建立信号联系,进行数据传送;以及在外部的各设备之间建立信号联系,进行数据传送和通信。

计算机内部的模板或模块之间进行通信的总线,称为内部总线。尽管各种内部总线的线数不同,但按其功能仍可分为数据总线 D、地址总线 A、控制总线 C、电源总线 P,如图 3.4(a)所示。采用总线母板结构,组成计算机的各功能模板插入总线插座,由总线完成各模板之间的信息传送,从而构成完整的计算机系统。内部总线标准的机械要素包括接插件尺寸和针数,电气要素包括信号的电平和时序。

工业 PC(IPC)的常用内部总线有 PC/XT、PC/AT 或 ISA、PCI、PC104 等,关于各总线的引线定义,请见参考文献[1]~[4]。

工业 PC(IPC)的 ISA 总线和 PCI 总线母板,如图 3.4(b)所示,用户将主机模板、I/O 模板、功能模板插在此母板上构成所需的工业 PC(IPC)。

PC104 总线有 104 根针形引线,分为插座 P1(64 线)和插座 P2(40 线),如图 3.4(d)所示。模板采用叠式安装,上下层模板之间通过总线插座 P1 和 P2 互相连接,从而实现了多层模板之间的信号连接及安装。

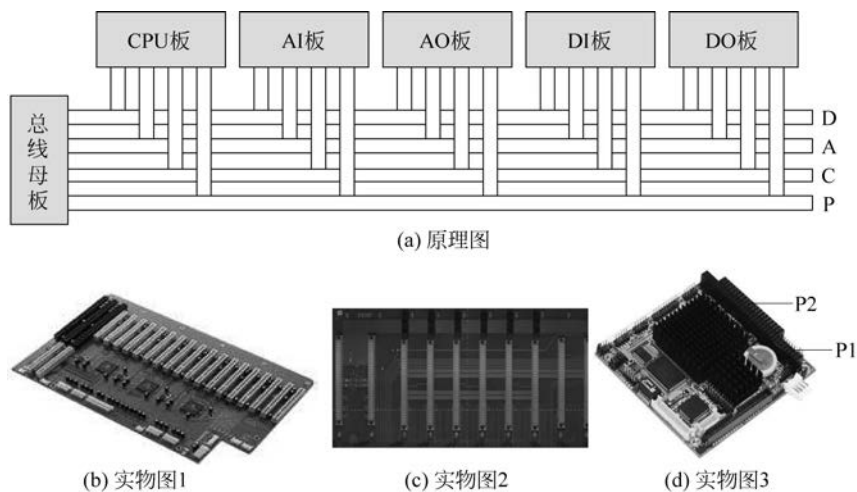


图 3.4 内部总线的组成

3.1.2 DDC 系统的通信

计算机与计算机之间或计算机与设备之间进行通信的总线,称为外部总线。常用的有 RS-232、RS-422 和 RS-485 串行通信总线。另外还有各种通信网络,常用的有工业以太网(Ethernet),并配置相应的通信网络接口,构成控制网络(C-NET)。关于通信总线及网络的更多内容,请见参考文献[1]~[4]。

1. 串行通信总线

常用的串行通信总线有 RS-232、RS-422 和 RS-485,其中 RS-232 和 RS-422 为点对点通信,RS-485 为点对多点通信。

1) RS-232 总线

RS-232 总线的发送器(T)和接收器(R)电路原理如图 3.5(a)所示,采用点对点连接方式,两点之间的通信距离不大于 15m,传输速率不大于 20kbps。由于采用单端发送器(T)和接收器(R),并有公共信号地线 SGND,所以通信距离短而且容易引入干扰。

RS-232 总线采用 25 线或 9 线连接器将两台设备互连起来,如图 3.5(b)所示,其中基本



的 3 根线是发送数据线 TxD、接收数据线 RxD 和信号地线 SGND。关于 RS-232 总线的更多内容,请见参考文献[1]~[4]。

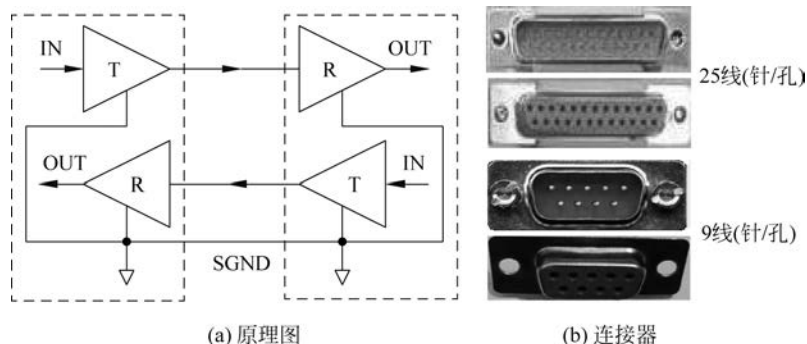


图 3.5 RS-232 总线接口

2) RS-422 总线

RS-422 总线采用双端发送器(T)和接收器(R),如图 3.6 所示,双端发送接收的优点之一是抑制噪声干扰;优点之二是不受节点接地电平差异的影响,因为两点之间无公共信号地线。

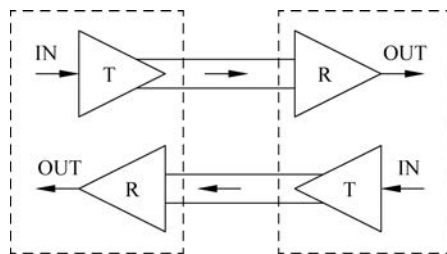


图 3.6 RS-422 总线接口

RS-422 总线采用点对点连接方式,两台设备之间用 4 线电缆互连,每个方向使用两根线,可以实现全双工通信方式。RS-422 总线的传输距离为 12~1200m,传输速率为 100kbps~10Mbps。

关于 RS-422 总线的更多内容,请见参考文献[1]~[4]。

3) RS-485 总线

RS-485 总线采用一对多点连接方式,而且只需两根通信线。发送器(T)和接收器(R)采用平衡差分电路,其优点是抑制噪声干扰。尽管两根通信线上可以连接 32 台发送器(T)和 32 台接收器(R),但同时只能有一对发送器和接收器进行点对点通信。也就是说,RS-485 总线为半双工通信方式。RS-485 总线的传输距离为 12~1200m,传输速率为 100kbps~10Mbps。关于 RS-485 总线的更多内容,请见参考文献[1]~[4]。

2. 工业以太网

工业以太网是普通以太网的延伸,为了适应控制网络(C-NET)对其进行技术扩展。工业以太网与 OSI 参考模型的分层对应关系如图 3.7 所示。

OSI参考模型		工业以太网	
应用层	7	应用协议	
表示层	6	(省略5、6层)	
会话层	5		
传输层	4	TCP/UDP	
网络层	3	IP	
数据链路层	2	数据链路层(IEEE 802.3)	
物理层	1	物理层(IEEE 802.3)	

图 3.7 工业以太网与 OSI 参考模型

工业以太网面对恶劣的工业环境,作为控制网络(C-NET)要解决一系列问题。例如,不宜采用 IP20 防护等级的办公用 RJ45 连接器,应该用 IP65/IP67 防护等级的工业用 RJ45 连接器;收发器、集线器、交换机等通信设备应具有适应恶劣环境、抗振动、耐高低温的能力。



微课视频 27

3.2 DDC 系统的输入/输出单元

第 2 章讨论了 DDC 系统的控制算法,即数字 PID 控制器的设计。此后,还要为数字 PID 控制器提供被控对象的控制参数,这就要有信号的输入通道,如模拟量输入(AI)和数字量输入(DI);另一方面,数字 PID 控制器的控制命令要作用于被控对象,这就要有信号的输出通道,如模拟量输出(AO)和数字量输出(DO)。



微课讲解 27

输入/输出单元是 DDC 系统的基础。输入/输出单元的结构方式可以分为混合式和分离式,成型方式可以分为模板式和模块式。

模板式结构的各类 I/O 模板和主机模板都插在总线母板上,将主机单元和输入/输出单元集中安装,这种混合式结构如图 3.1 所示。另一种将主机模板和输入/输出模块分别安装,两者之间用通信线互连,输入/输出单元可以安装于生产现场,这种分离式结构如图 3.2 所示。

模块式结构的各类 I/O 模块和主机模块用通信线互连,如图 3.3 所示,其特点是主机单元和输入/输出单元分离。各类 I/O 模块分散安装于生产现场,每个模块的信号接线端子与现场变送器和执行器的信号线可以就地连接,既简化了安装,又节省了信号线。模块式结构既可以集中式安装,也可以分散式安装,对应组装成集中式或分散式控制计算机。



课件视频 33

3.2.1 模拟量输入

模拟量输入通道的功能是把被控对象的相关参数(如温度、压力、流量、料位和成分等)的模拟量信号(如 4~20mA DC, 0~5V DC, mV DC)转换成计算机可以接收的数字量信号,用作控制和运算功能块的输入信号。

模拟量输入通道一般由信号预处理、多路模拟开关、前置放大器、采样保持器、模数转换器(A/D)、接口电路 6 部分组成,如图 3.8(a)所示。

用于工业 PC(IPC)的模拟量输入具有模板和模块两种结构形式,如图 3.8(b)和图 3.8(c)所示。其中图 3.8(b)模板通过 PC 总线与主机模板或主机总线母板连接,外接线插座引出模拟量输入信号与传感器或变送器连接,模板安装在机箱内;如图 3.8(c)所示的模块通过右接线端子的通信线与主机单元或主机模块连接,左接线端子引出模拟量输入信号与传感器或变送器连接,模块分散安装在现场。

1. 信号预处理

信号预处理的功能有两个:一是对来自传感器或变送器的电流信号 I_1 进行处理得到电压信号 V_1 ,例如将输入电流信号 I_1 (4~20mA DC)变为电压信号 V_1 (1~5V DC);二是对来自传感器的电阻信号 R_1 进行处理得到电压信号 V_1 ,例如将热电阻 R_1 (Pt100 或 Cu50)的电阻信号通过电桥电路转变为电压信号 V_1 。

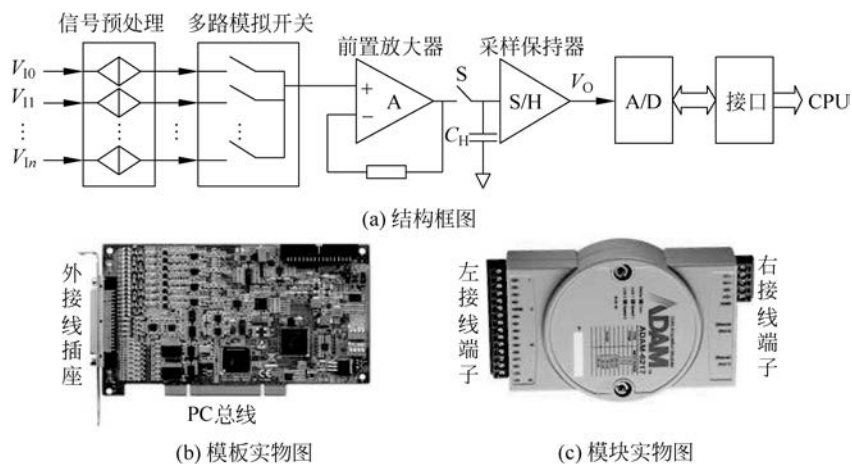


图 3.8 模拟量输入

2. 多路模拟开关

多路模拟开关轮流切换各路被测信号,一般是几路或十几路(4路、8路、12路、16路)被测信号共用一只 A/D 转换器,通过多路模拟开关轮流切换被转换的模拟信号,采用分时 A/D 转换方式。多路模拟开关有专用的集成电路(如 CD4051)。

多路模拟开关位于前置放大器的输入端,一般设计成单端输入或双端输入,用户可以选择单端输入或双端输入。例如,常用的 16 路单端输入,用户可以选择成 8 路双端输入。

3. 前置放大器

前置放大器的任务是将模拟输入小信号放大到 A/D 转换的量程范围之内(0~5V DC),为了适应多种小信号的放大需求,而设计可变增益放大器。例如,用热电偶测量温度,热电偶的热电势随热电偶类型及测量量程而变,对应的放大器增益也要可变,才能将各种类型热电偶的热电势放大到 0~5V DC。

前置放大器增益的改变可以有两种方法,一种是人工设置放大器增益,另一种是自动设置放大器增益。一般采用可变增益放大器集成电路芯片,例如 PAG202 和 PAG203 等,其内部结构和引脚,请见相关参考文献。

4. 采样保持器

采样保持器 S/H(Sample Hold)集成电路由输入放大器 A_1 、逻辑控制开关 S、保持电容器 C_H 和输出放大器 A_2 构成。

在采样期间,S 闭合, A_1 给 C_H 充电, A_2 的输出电压 V_O 跟随输入电压 V_1 。

在保持期间,S 断开,由于 A_2 的输入阻抗很高,理想情况下 C_H 将保持充电时的最终值电压。

在采样期间,不启动 A/D 转换器。一旦进入保持期间,立即启动 A/D 转换器,从而保证 A/D 转换期间的模拟输入电压恒定,提高了 A/D 转换的精度。

常用的采样保持器 S/H 集成电路芯片有 AD582 和 LF198 等,其内部结构和引脚,请见参考文献[1]~[4]。

5. A/D 转换器

A/D 转换器的功能是将被测模拟信号转换成二进制数字量,A/D 转换器的品种很多,分辨率分为 8 位、10 位、12 位、14 位、16 位;既有单极性电压输入 V_{1+} ,也有双极性电压输

入 $V_{1-} \sim 0 \sim V_{1+}$ ；转换速度也有高、中、低之分。

6. 接口电路

接口电路处于 A/D 和 CPU 之间,其功能是进行接口地址译码,产生控制信号,并启动 A/D 转换器工作,再将 A/D 转换结果传送给 CPU。

★关于模拟量输入的详细内容,请见参考文献[1]~[4]。



课件视频 34

3.2.2 模拟量输出

模拟量输出通道的功能是把计算机输出的数字信号转换成模拟电流或电压信号(如 $4 \sim 20\text{mA DC}$, $0 \sim 5\text{V DC}$),以便驱动相应的执行器(如电动或气动调节阀),达到控制被控对象的目的。

模拟量输出通道一般由接口电路、数模转换器(D/A)和电压电流转换器(V/I)等组成,如图 3.9(a)所示。

用于工业 PC(IPC)的模拟量输出具有模板和模块两种结构形式,如图 3.9(b)和图 3.9(c)所示。其中图 3.9(b)模板通过 PC 总线与主机模板或主机总线母板连接,外接线插座引出模拟量输出信号与执行器连接,模板安装在机箱内;图 3.9(c)模块通过上接线端子的通信线与主机单元或主机模块连接,下接线端子引出模拟量输出信号与执行器连接,模块分散安装在现场。

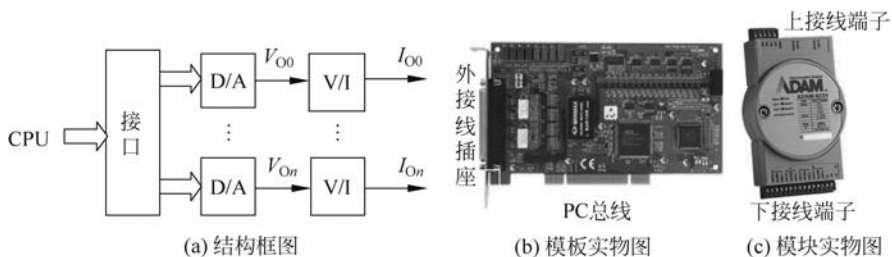


图 3.9 模拟量输出

1. 接口

接口电路处于 CPU 和 D/A 之间,其功能是接收 CPU 数据线的的数据、接口地址译码、产生片选信号或写信号,并启动 D/A 转换器工作。

2. D/A

D/A 转换器的功能是将 n 位数字量输入 $DI_0 \sim DI_{n-1}$ 转换成模拟量输出电压 V_o , D/A 转换器的分辨率分为 8 位、10 位、12 位、14 位、16 位。

3. V/I

V/I(电压电流转换器)的功能是将 D/A 转换器的输出电压转换成 $4 \sim 20\text{mA DC}$ 电流,以便驱动执行器(如电动或气动调节阀)。

★关于模拟量输出的详细内容,请见参考文献[1]~[4]。



课件视频 35

3.2.3 数字量输入

数字量输入通道的功能是把被控对象的开关状态信号(通/断、ON/OFF)或数字状态信号(1/0)传给计算机,用作控制、运算功能块的输入信号。

一般 DI 信号分两类：一类是机械开关、按钮的接通或断开，机械触点的闭合或断开，此类统称为无源开关信号；另一类是直流、交流电压数值的突变，即从某个恒定值变为零或反之，此类统称为有源开关信号。

数字量输入通道一般由信号调整电路和输入接口电路组成，如图 3.10(a)所示。

用于工业 PC(IPC)的数字量输入具有模板和模块两种结构形式，如图 3.10(b)和图 3.10(c)所示。其中图 3.10(b)模板通过 PC 总线与主机模板或主机总线母板连接，外接线插座引出数字量输入信号与开关式传感器连接，模板安装在机箱内；图 3.10(c)模块通过上接线端子的通信线与主机单元或主机模块连接，下接线端子引出数字量输入信号与开关式传感器连接，模块分散安装在现场。

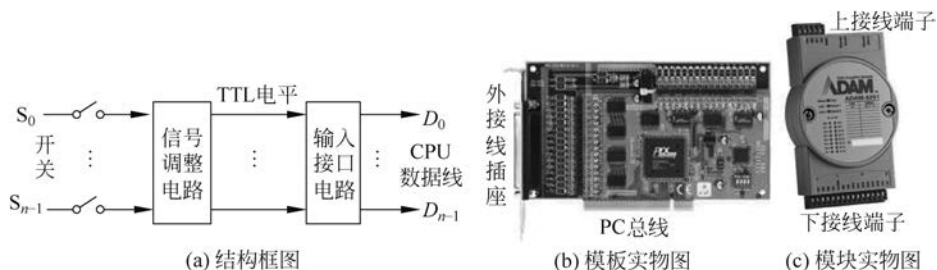


图 3.10 数字量输入

1. 信号调整电路

信号调整电路的功能有 3 个：一是克服机械开关或触点通断时的抖动；二是进行信号隔离；三是将无源或有源开关信号转换成 TTL 电平 1 或 0。

2. 输入接口电路

输入接口电路的功能是进行接口地址译码，并产生控制信号，再将 TTL 电平 1 或 0 传送给 CPU。

★关于数字量输入的详细内容，请见参考文献[1]~[4]。

3.2.4 数字量输出

数字量输出通道的功能是把计算机输出的数字信号(或开关信号)1 或 0 传送给开关执行器(如电磁阀、电动机)，控制它们的通、断，以达到控制目的。

数字量输出通道一般由输出接口电路和输出驱动电路组成，如图 3.11(a)所示。

用于工业 PC(IPC)的数字量输出具有模板和模块两种结构形式，如图 3.11(b)和图 3.11(c)所示。其中图 3.11(b)模板通过 PC 总线与主机模板或主机总线母板连接，外接线插座引出数字量输出信号与开关执行器连接，模板集中安装在机箱内；图 3.11(c)模块通过上接线端子的通信线与主机单元或主机模块连接，下接线端子引出数字量输出信号与开关执行器连接，模块分散安装在现场。

1. 输出接口电路

输出接口电路的功能是进行接口地址译码，并产生控制信号，再接收来自计算机的数字信号 1 或 0。



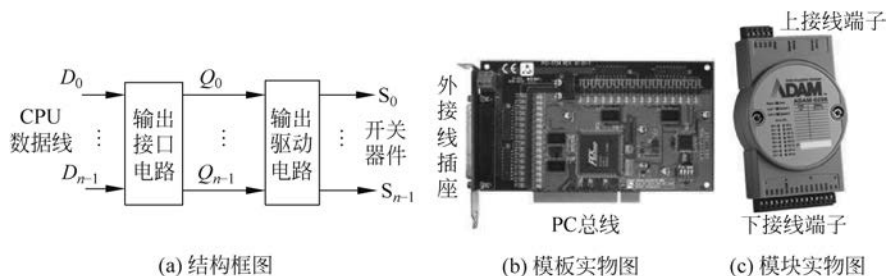


图 3.11 数字量输出

2. 输出驱动电路

输出驱动电路的功能有两个：一是进行信号隔离；二是将数字信号 1 或 0 放大以便驱动开关执行器，常用的有指示灯、发光二极管(LED)、继电器(Relay)、固态继电器(Solid State Relay, SSR)、电磁阀、电动机等。

★关于数字量输出的详细内容，请见参考文献[1]~[4]。



课件视频 37

3.3 DDC 系统的人机接口单元

前面讨论了计算机和生产过程(或被控对象)之间通过模拟量输入(AI)、模拟量输出(AO)、数字量输入(DI)、数字量输出(DO)互通信息，亦称过程输入输出接口(Process Input Output interface, PIO)，如图 3.12 所示。

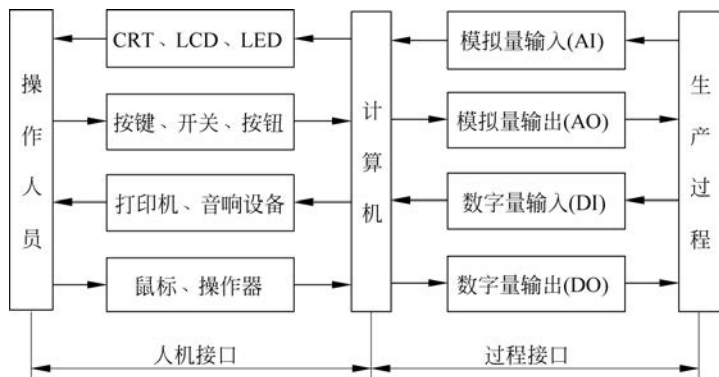


图 3.12 DDC 系统的接口

与此类似，计算机和操作人员之间也要互通信息。比如，计算机实时地显示生产过程状况和控制信息，而操作人员为了配合计算机对生产过程的控制，往往要根据生产状况及时向计算机发出各种操作控制命令。为此，计算机和操作人员之间设置的设备称为人机接口(Man Machine Interface, MMI)，如图 3.12 所示。

3.3.1 通用人机接口设备

通用人机接口设备有显示器(LCD)、打印机、鼠标等。工业用 LCD 屏幕尺寸一般选用 21 英寸(1 英寸=2.54 厘米)或更大，其中操作员站(OS)配置 1 台或 2 台 LCD，工程师站

(ES)配置 1 台 LCD。打印机有点阵式、喷墨式和激光式,其中点阵式打印机采用折叠式打印纸,适用于随机报警和事故打印。

3.3.2 专用人机接口设备

专用人机接口设备有回路操作器、操作显示面板和操作显示台等,这些设备是为特定的生产装置而设计的,并无统一的标准。一般会涉及专用键盘接口,七段 LED、十六段 LED、单段 LED 接口。

在计算机控制系统中,对于十分重要的 PID 控制回路,还必须外置回路操作器(亦称手动操作器),特殊情况下用其直接操作对应的执行器(如电动或气动调节阀)。也就是说,回路操作器作为计算机的备用设备,一旦计算机出现故障,可以远方手动操作执行器。

★关于键盘接口、LED 接口、回路操作器的详细内容,请见参考文献[1]~[4]。

本章小结

本章主要叙述 DDC 系统的主机单元、输入/输出单元、人机接口单元,其中主机单元是 DDC 系统的核心、输入/输出单元是 DDC 系统的基础、人机接口单元是 DDC 系统的窗口。

DDC 系统的硬件分为主机单元、输入/输出单元和人机接口单元,采用模板或模块式结构,并以工业 PC(IPC)为主。

主机单元的核心是主机模板或模块,集成了 CPU、内存储器、外存储器接口、通信接口、显示器接口、键盘接口、USB 接口等,另外还有显示器、键盘、鼠标和打印机接口等。

输入输出单元一般由模拟量输入(AI)、数字量输入(DI)、模拟量输出(AO)和数字量输出(DO)模板或模块组成。

模拟量输入(AI)通道一般由信号预处理、多路模拟开关、前置放大器、采样保持器、模数转换器(A/D)、接口电路等组成。

模拟量输出(AO)通道一般由接口电路、数模转换器(D/A)和输出驱动(V/I)电路组成。

数字量输入(DI)通道一般由信号调整电路和输入接口电路组成。

数字量输出(DO)通道一般由输出接口电路和输出驱动电路组成。

人机接口单元的设备分为通用和专用两类,通用设备有显示器(LCD)、键盘、鼠标、打印机等,专用设备有回路操作器、操作显示面板和操作显示台等。