

D

DIANLIXITONG WEIJIXING ZIDONGZHUANGZHI

30157

电力系统 微机型自动装置

丁书文 编著

DIANLIXITONG WEIJIXING ZIDONGZHUANGZHI



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

7

电力系统

微机型自动装置

丁书文 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是结合我国电力自动化技术的发展,总结电力系统综合自动控制装置的新技术而编写的。重点讲述了电力系统微型自动装置的工作原理及实际应用。全书共分十章,主要内容包括:微型自动装置的测控基础;微型备用电源自动投入装置;微型自动重合闸装置;微型自动准同步装置;同步发电机微机励磁调节装置;微型自动按频率减负荷装置;微型远动装置;电压、无功综合自动控制装置;微型故障录波装置;微型小电流接地系统单相接地自动选线装置。

本书在阐述电力系统微型自动装置的新技术的同时,密切结合实际,力争反映电力生产、运行现场的技术发展和实际应用状况,内容系统性强,文字通俗易懂,理论联系实际。本书可作为从事电力系统自动化装置设计、开发的科研人员和电力生产、现场运行、维护工作的技术人员参考、学习用书或岗位培训用书;也可作为电气工程自动化、电力系统及其自动化及相关专业“电力系统自动装置”课程的替代教材,应用于专科、高职、函授及电力学校的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电力系统微型自动装置/丁书文编著. - 北京:中国电力出版社, 2005

ISBN 7-5083-3333-0

I. 电… II. 丁… III. 电力系统-自动装置 IV. TM76

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第028348号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 http://www.cepp.com.cn)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005年8月第一版 2005年8月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 16印张 360千字

印数0001—3000册 定价25.00元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)



前 言

目前,我国电力系统的发展极为迅速,以数字电力系统为代表的计算机技术、通信技术、控制理论及信息处理技术和新材料、新工艺的高速发展,使得电力系统的技术更新速度大大加快,不同技术之间的相互渗透、相互融合也越来越普遍。电力系统的不断发展和扩大,使电力系统的结构和运行方式变得越来越复杂多样,对电力系统的自动控制技术水平要求也越来越高,也要求我们必须采取最新的技术和控制手段对电力系统的各种运行状态和设备进行有效的自动控制。

电力系统自动装置在经历了电磁型、整流型、集成电路型以后,现在已经在逐步采用微机型自动化装置。电力系统微机型自动装置作为电力系统现代自动控制技术的重要组成部分,在提高和保证电力系统的安全可靠性、供电质量以及运行的经济性方面,发挥着重要作用。因此,学习和熟悉电力系统微机型自动装置的原理、结构、功能和特性具有重要的意义。

为了适应电力系统自动化装置技术发展的需要,为了使发电厂、供电部门从事电力系统自动化装置工作及高校相关专业的广大师生能够比较全面地了解和掌握电力自动化装置技术,编者在总结多年电力系统自动化装置教学和科研的基础上,较系统地介绍了电力系统典型的微机型自动装置。在编写中,注意跟踪电力系统成熟的新原理、新技术,较集中地体现了微机技术在电力系统自动化装置中应用的新技术、新知识、新方法。同时,为了将理论与实践紧密结合,书中始终贯穿实用化和简单通俗的原则,一切从实际装置的简图、框图原理出发,阐述自动装置的工作原理、总体构成、性能及特点,对具体的自动装置则不做细致的动作过程分析。如微机型自动准同步装置,本书只介绍框图和波形,不过细讲解复杂电路图。微机型自动调节励磁装置也一样,仅按硬件框图介绍其基本原理。

在本书编写的具体工作中,得到了各方面的大力支持与帮助,特别是担任本书主审的河南省电力试验所赵勇高级工程师,对本书内容提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

本书在编写时参考了本领域许多著作,整理和引用了国内外部分文献和技术资料,但由于本书所涉及内容大多数为新技术,限于作者的理论水平有限、实践经验不够、理解不深等原因,书中错误和缺点在所难免,望读者批评指正。

编 者 于 郑 州

2005年6月

目 录

前言

第一章 微机型自动装置的测控基础

第一节	微机型自动装置硬件系统典型结构	1
第二节	微机型自动装置的数字核心部分	3
第三节	模拟量输入/输出回路	13
第四节	开关量输入/输出回路	26
第五节	数字量输入/输出回路	33
第六节	人机对话回路	38
第七节	微机型自动装置的算法基础	41

第二章 微机型备用电源自动投入装置

第一节	备用电源的配置方式	47
第二节	备用电源自动投入的一次接线方案	48
第三节	对备用电源自动投入装置的基本要求	50
第四节	备用电源自动投入装置的原理性接线	51
第五节	微机型备用电源自动投入装置	53

第三章 微机型自动重合闸装置

第一节	输电线路自动重合闸装置的作用及要求	60
第二节	输电线路三相自动重合闸原理	62
第三节	输电线路综合自动重合闸原理	70
第四节	典型综合重合闸的动作行为分析	77
第五节	微机型综合自动重合闸装置	83

第四章 微机型自动准同步装置

第一节	同步系统简述	88
第二节	自动准同步装置的组成	95
第三节	微机型自动准同步装置原理	96
第四节	典型微机型自动准同步装置	104

第五章 同步发电机微机励磁调节装置

第一节	同步发电机的励磁系统	115
-----	------------	-----

第二节	励磁系统中的整流电路	122
第三节	同步发电机励磁调节装置原理	128
第四节	同步发电机微机励磁调节装置的构成及特点	134
第五节	典型微机励磁调节装置举例	142

第六章 微机型自动按频率减负荷装置

第一节	概述	152
第二节	自动按频率减负荷装置的工作原理	155
第三节	微机型自动按频率减负荷装置	159
第四节	自动按频率减负荷装置闭锁方式分析	161

第七章 微机型远动装置

第一节	电力系统远动简介	163
第二节	远动装置的基本结构和原理	180
第三节	遥信量的采集和处理	181
第四节	遥测量的采集和处理	185
第五节	远动装置的遥控与遥调	192
第六节	多微处理机远动装置	194
第七节	远动主站微机装置	197

第八章 电压、无功综合自动控制装置

第一节	电压与无功功率的关系	200
第二节	电压、无功综合自动控制原理	202
第三节	电压、无功综合自动控制方式	209
第四节	电压、无功综合自动控制装置举例	210
第五节	电压、无功综合自动控制装置的选用	214
第六节	专家控制技术在电压、无功综合自动控制中的应用	216

第九章 微机型故障录波装置

第一节	故障录波概述	220
第二节	微机型故障录波装置的工作原理	224
第三节	微机型故障录波装置举例	229
第四节	微机型故障录波装置的实际应用	233

第十章 微机型小电流接地系统单相接地自动选线装置

第一节	概述	238
第二节	小电流接地系统单相接地分析	239

第三节 小电流接地自动选线装置的软件原理·····	242
第四节 微机型小电流接地自动选线装置·····	245
参考文献·····	248

第一章

微机型自动装置的测控基础

第一节 微机型自动装置硬件系统典型结构

微机型自动装置基本上按模块化设计，即一套装置的硬件都是由若干模块组成的。不同的自动装置，其硬件结构基本上是大同小异，所不同的是软件及硬件模块化的组合与数量不同。不同的功能用不同的软件来实现，不同的使用场合按不同的模块化组合方式构成。一套微机型自动装置的典型硬件结构主要包括模拟量输入/输出回路、微型机系统、开关量输入/输出回路、人机对话接口回路、通信回路和电源等，如图 1-1 所示。

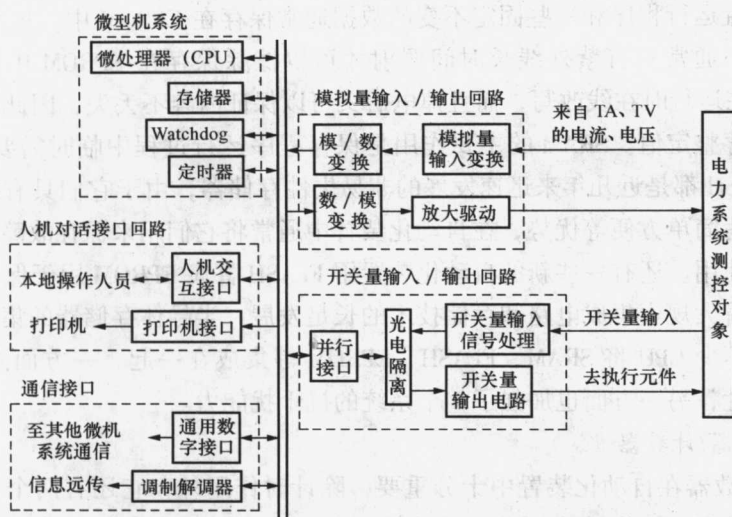


图 1-1 微机型自动装置典型硬件结构图

一、微机系统

微机型自动装置硬件系统的数字核心部分的组成呈现出多种多样、各不相同的形势，但它们具有一定的共性，一般由 CPU、存储器、定时器/计数器、监视器件 (Watchdog) 等组成。

(一) CPU

CPU 是微机系统自动工作的指挥中枢，中文名称为中央处理器，计算机程序的运行依赖于 CPU 来实现。CPU 的性能好坏在很大程度上决定了计算机系统性能的优劣。当前应用于电力系统中的自动化装置所采用的 CPU 多种多样，且多为 8 位或 16 位 CPU，如 Intel 公司的 8086/8088、8031 系列及其兼容产品、8098、8096 以及 80C196 等等。这一类 CPU 均是 20 世纪 80、90 年代的主流 CPU。其中，80C196 系列是目前国内自动化装置

中最常用的一种 CPU。一方面是这一系列 CPU 具有较高的性能价格比,另一方面这一系列 CPU 的指令、结构以及寻址方式等均与较早期较流行的 8098/8096 相似,使早期基于 8098/8096 的自动化装置可以较顺利地移植到 80C196 上来。随着微电子技术近几年来突飞猛进的发展,新一代 32 位的 CPU 伴随着大规模/超大规模集成电路的广泛应用已在新一代自动化装置中普遍采用。这一类 CPU 品种较多,如 Motorola 公司的 MC863XX 系列就是目前使用较多的一类。同时,随着数字信号处理器 (DSP) 的广泛应用,自动化装置采用 DSP 来完成装置功能、实现装置功能算法已成为一种发展趋势,逐步应用于实际。关于 CPU 的详细内容请参考本章的第二节。

(二) 存储器

计算机利用存储器把程序和数据保存起来,使其可以脱离人的干预而自动工作,它的存储容量和访问时间直接影响着整个计算机系统的性能。在自动化装置中,常见的存储器包括 EPROM (紫外线擦除电可编程只读存储器)、EEPROM (电擦除可编程只读存储器)、SRAM (静态随机存储器)、FLASH (快擦写存储器) 以及 NVRAM (非易失性随机存储器) 等。自动化装置运行程序和一些固定不变的数据通常保存在 EPROM 中,这是由于 EPROM 的可靠性较高,通常只有紫外线长时间照射才可以擦除保存在 EPROM 中的内容。由于 EEPROM 可以在运行时在线改写,而且掉电后又可以保证内容不丢失,因此在自动化装置中通常用来保存整定值。SRAM 的主要作用是保存程序运行过程中临时需要存储的数据。NVRAM 和 FLASH 都是近几年来迅速发展的非易失性存储器,由于它们具有掉电后数据不丢失,而且读写简单方便等优势,在自动化装置中通常将它们用来保存故障数据,以便事后分析事故时使用。还有一些新的自动化装置用 FLASH 替代 EPROM 用于保存运行程序和固定参数。随着大规模集成电路和存储技术的长足发展,半导体存储器的集成度成倍地提高,现在已有不少 CPU 将 SRAM、FLASH、EPROM 等集成在一起,一方面降低了 CPU 外围电路的复杂性,另一方面也加强了整个系统的抗干扰能力。

(三) 定时器/计数器

定时器/计数器在自动化装置中十分重要,除计时作用外,它还有两个主要用途:①用来触发采样信号,引起中断采样;②在 V/F (电压/频率) 变换式 A/D (模/数转换器) 中,定时器/计数器是把频率信号转换为数字信号的关键部件。

(四) Watchdog

电力自动化装置通常运行在强电磁干扰的环境中,当自动化装置受到干扰导致微机系统运行程序出轨后,装置可能陷入瘫痪。Watchdog 的作用就是监视微机系统程序的运行情况,若自动化装置受到干扰而失控,则立即动作以使程序重新开始工作。Watchdog 工作原理如图 1-2 所示。图中可被清除的定时脉冲发生器通常由单触发器或计数器构成。若无

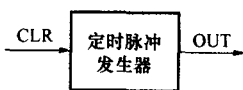


图 1-2 Watchdog 工作原理

CLR 清除脉冲信号,则定时脉冲发生器按一定频率输出脉冲。通常将此输出脉冲引到微机系统的复位端。当程序正常运行时,不断发出 CLR 清除脉冲信号,使脉冲发生器没有输出。当运行程序受到干扰失控后,无法按时发出 CLR 清除脉冲信号,于是脉冲发生器产生输出,自动复位微机系统,使微机系统重新开始执行程序

序, 进入正常运行轨道。

二、模拟量输入/输出回路

来自自动装置测控对象的电压、电流信号等是模拟量信号, 即随时间连续变化的物理量。由于微机系统是一种数字电路设备, 只能接受数字脉冲信号, 即识别数字量, 所以需要这一类模拟信号转换为相应的微机系统能接受的数字脉冲信号。同时, 为了实现对电力生产过程或电力输配过程的监控, 有时还需要输出模拟信号, 去驱动模拟调节执行机构工作, 这就需要模拟量输出回路。关于模拟量输入/输出回路的有关详细内容见本章第三节。

三、开关量输入/输出回路

开关量输入/输出回路由并行口、光电耦合电路及有触点的中间继电器等组成, 主要用于人机接口、发跳闸信号等的告警信号以及闭锁信号等。详细内容见本章第四节。

四、人机对话接口回路

人机对话接口回路主要包括打印、显示、键盘及信号灯、音响或语言告警等, 其主要功能用于人机对话, 如调试、定值整定、工作方式设定、动作行为记录、与系统通信等。详细内容见本章第六节。

五、通信回路

电力系统中的自动化系统可分为多个子系统, 如监控子系统、微机保护子系统、自动控制子系统等, 各子系统之间需要通信, 如监控子系统需要知道微机重合闸装置动作跳闸情况, 即子系统间自动化装置需要通信。同时, 有些子系统的动作情况还要远传给调度(控制)中心。所以通信回路的功能主要是完成自动化装置间的通信及信息远传。

六、电源

供电电源回路提供了整套自动装置所需要的直流稳压电源, 一般是利用交流电源经整流后产生不同电压等级的直流, 以保证整个自动装置的可靠供电。

第二节 微机型自动装置的数字核心部分

微处理器就是集成在一片大规模集成电路上的运算器和控制器。所以, 从功能上讲, 微处理器就是 CPU, 它是微型机的核心部件, 但它本身不能当计算机用。用微处理器作 CPU 的计算机就是微型机, 当然它还需配备一定容量的存储器、输入/输出设备的接口电路及系统总线, 才能组成一台计算机。把 CPU、内存储器和某些 I/O 接口电路集成在一块大规模集成芯片上的微型机称为单片微型机, 简称单片机。

在微机型自动装置的发展过程中, 不断有各种自动装置产品推向市场。按数字核心部分来分, 可以分为以单片机为核心的和以工业控制机(简称工控机)为核心的。同时, 随着技术的发展, 数字信号处理器(DSP)已在广泛应用, 由 DSP 来完成自动装置的功能, 实现测控算法已成为一种发展趋势。

一、微处理器的基本工作原理

(一) CPU 的基本结构框图

CPU 是由一片大规模集成电路芯片制成，不仅能进行算法逻辑运算，还能执行各种控制功能。通常 CPU 是由算术逻辑部件 ALU、累加器 AC、暂时寄存器 TR、标志寄存器 FL 和寄存器阵列 RA、程序计数器 PC、地址缓冲寄存器 AB 及指令寄存器 IR、指令译码及机器周期编码器 IDCE、定时及控制部件 TC、数据缓冲寄存器 DB 等组成，其典型结构如图 1-3 所示。

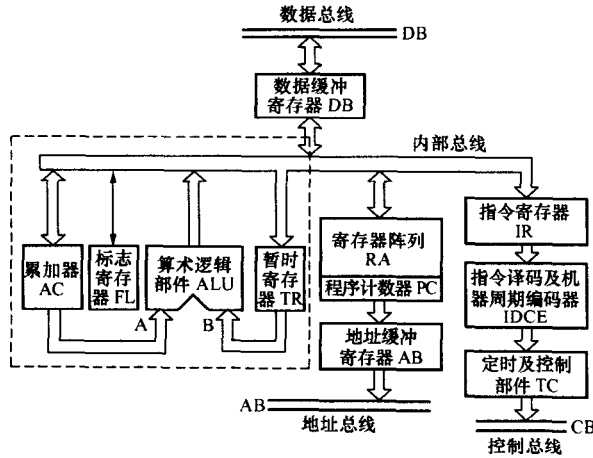


图 1-3 CPU 典型结构

(二) CPU 的运算器工作原理

算术逻辑部件 ALU 和累加器 AC、暂时寄存器 TR、标志寄存器 FL 构成运算器，如图 1-3 中虚线框所示。运算器是执行算术和逻辑运算的部件。它既能进行“加”、“减”等算术运算，又能进行“逻辑加”、“逻辑减”运算。

算术逻辑部件 ALU 一般有两个输入端：数据 A 输入端和数据 B 输入端，有时还有一个下一级进位输入端。有两个输出端：运算结果 F 输出端、进位信号 C 输出端。此外，还有四个功能选择端 S0 ~ S3，一个方式控制端 M。功能选择端决定 ALU 执行何种运算，方式控制端决定 ALU 是执行算术运算还是逻辑运算。ALU 的信息流向图 1-4 所示。ALU 的功能具有“加”、“减”等算术运算和“逻辑加”、“逻辑减”等逻辑运算及“求补码”运算功能。CPU 中的算术逻辑部件 ALU 的位数由 CPU 的字长确定，有 8 位、16 位等。如一个字长 8 位的 CPU，它的 ALU 位数也就是 8 位。数据输入端 A、B 具有与 CPU 相同的位数。ALU 的输出端也具有相同的位数，与内部数据母线相连。进位信号 C 则与标志寄存器 FL

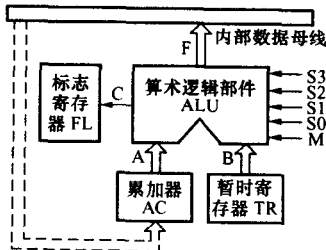


图 1-4 ALU 的信息流向

相连，以便把进位信号放到标志寄存器中保存。方式控制信号 M、功能选择信号 S0 ~ S3 来自定时及控制部件 TC。

这里的 ALU 是一个纯粹运算部件，本身没有寄存功能，所以在控制信号 M 及 S0 ~ S3 作用下，ALU 对两组输入端数据 A 和 B 进行运算。它把进位信号送到标志寄存器 FL 中保存，同时把运算结果送回内部数据母线，以便

送到寄存器阵列或累加器 AC 中保存。累加器 AC 是专门用于存放 ALU 的运算结果的。此外存入 AC 的数据也可以传给 ALU 进行运算。假设 AC 的初始值为“0000”，寄存器 TR 的内容是“0010”，把 AC 和 TR 的内容送到 ALU 中相加，则结果为“0010”，将此结果送回 AC 保存。若再把一个新数据送入 TR 寄存器中，然后 ALU 又对 AC 和 TR 的内容相加，相加的结果再放入 AC 中。这样，寄存器 TR 的两次结果都累加在 AC 中了。累加器的名称也就是因此而来的。累加器 AC 是 CPU 中一个关键寄存器。有的 CPU 有两个或更多的累加器，从而使机器的运算更加灵活和方便。暂时寄存器 TR 的作用是在 ALU 执行运算时，把 ALU 的输入数据（数据 B 的数据）与母线加以隔离。这样可以保证参与运算的数据和 ALU 的运算结果不会在内部数据母线上产生混杂。标志寄存器也叫状态寄存器。它由多个触发器组成，用于保存运算操作的溢出、进位、全“0”、数符等标志。而这些标志在程序工作时，往往作为“转移指令”的转移条件。

（三）数据总线与数据缓冲寄存器

一般 CPU 的工作速度比较快，而外部设备（以下简称外设）的工作速度相对 CPU 的工作速度要慢很多，为保证数据信息的正确传送，使 CPU 工作更加快速灵活，在内部数据母线与数据总线之间设置了数据缓冲寄存器。这样，在数据不能马上被外设接收时，就可暂时将数据存入缓冲寄存器。数据缓冲寄存器还起到隔离作用，将数据总线与内部总线相隔离。数据总线是 CPU 输入、输出数据信息的通道；而内部总线是 CPU 内部各种信息通道，地址数据、控制指令信息都将出现在内部总线上。数据总线与内部总线上的数据内容是不相同的，而且内部总线上数据内容瞬变万化。数据总线起自数据缓冲寄存器，终止于外设数据端口。所谓数据端口就是 CPU 与外设数据信息交换的接口。

（四）地址总线与程序计数器 PC

在 CPU 内部有一个寄存器阵列 RA。它是由多个寄存器组成的，是小容量高速寄存器。它的作用是寄存运算的中间结果，以减少对主存储器的访问次数，从而提高 CPU 的运算速度。程序计数器 PC 就是寄存器阵列中的一个寄存器。它除了有一般的寄存功能外，还有计数功能。

程序计数器就是计算程序中指令地址的计数器。当程序按顺序执行指令时，程序计数器就不断进行加 1 计数，按顺序给出每条指令的地址，以便 CPU 去该地址单元取出指令码，执行该条指令。当程序执行转移指令时，CPU 就将指令的转移地址送入程序计数器内，那么下一条执行的指令地址便是程序计数器内的数码。因此程序计数器就像一个地址指针，指向哪一个地址，CPU 便执行该地址单元内的指令。

地址缓冲寄存器 AB 与数据缓冲寄存器 DB 的功能相似。CPU 送出的地址码，往往不能及时被接收元件接收，就暂时送入地址缓冲寄存器；同时地址缓冲寄存器还起到一种隔离作用，将地址总线与程序计数器相隔离。

地址总线上的地址除了表示指令存储的地址外，还可以表示某数据存储的地址；此外还可表示外设或芯片内不同端口的地址，它可以通过地址译码器译码后选择不同的端口。

（五）指令译码与定时及控制部件 TC 及时序图

在执行程序时，当指令被 CPU 从主存储器取出后，就被送到指令寄存器 IR 中，其操

作码则送到指令译码及机器周期编码器 IDCE 去进行译码，如图 1-3 所示，以确定指令寄存器 IR 中的指令以及其对应的操作信息。指令的地址部分（有的指令中含有地址部分，如转移指令）则送到地址缓冲寄存器 AB 中，以准备取操作数。

1. 指令译码

CPU 执行指令时，要先把指令的操作码进行译码，然后对应于不同操作码，产生不同的指令周期、定时信号及控制信号。典型的指令周期图如图 1-5 所示。

指令周期是执行一条指令所用的时间。指令周期包括取指令、取操作数据和执行指令操作的时间。这三个时间是基本操作时间，每个基本操作时间叫基本操作周期或机器周期。

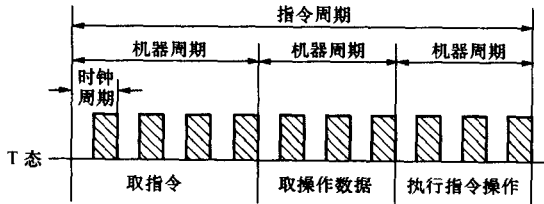


图 1-5 典型的指令周期图

对应不同的 CPU 和不同的指令，一条指令最少要一个机器周期，复杂的指令要几个机器周期。一个机器周期最少由三个时钟周期组成，最多由六个时钟周期组成。时钟周期也叫状态周期，用 T 表示；机器周期用 M 表示。如图 1-5 所示，第一个机器周期是取指令周期，

它按程序计数器 PC 给出的地址到存储器中去取指令。第二个机器周期是取操作数据周期，它按取出的指令所给出的地址，到存储器中去取操作数据。第三个机器周期是执行指令操作周期，它用所取的数据去执行指令操作码所指定的数据。

指令译码及机器周期编码器的输出被送到定时及控制部件 TC 中去，产生各种定时和控制信号。

2. 定时及控制部件 TC

定时及控制部件 TC 的主要作用是对 CPU 内部各部件提供内部控制信号；对 CPU 外设提供外部控制信号；接收外设送来的请求信号或响应信号。

(1) 外部控制信号。定时及控制部件 TC 及其外部控制信号如图 1-6 所示。由于这些外部控制信号是使整个计算机协调工作的关键，下面就常用控制信号逐条说明。

1) **READY**: 就绪信号。它是使 CPU 与慢速或动态存储器、输入输出接口同步的输入信号，高电平有效。当它为低电平时，表示“不就绪”，即外设没有准备好。这时要求 CPU 处于等待状态，故此时机器周期中插入一个等待时钟周期 T_w 。当它为高电平时，表示“就绪”，CPU 可以和外部进行信息交换。

2) **\overline{WR}** : 写信号。它是把 CPU 的信息写入主存储器或输入、输出接口的控制输出信号。低电平有效，即低电平时执行写操作，高电平时则不写。

3) **\overline{RD}** : 读信号。它是把主存储器或输入、输出接口的内容读到 CPU 去的控制输入信号。低电平有效，即低电平时执行读操作，高电平时则不读。

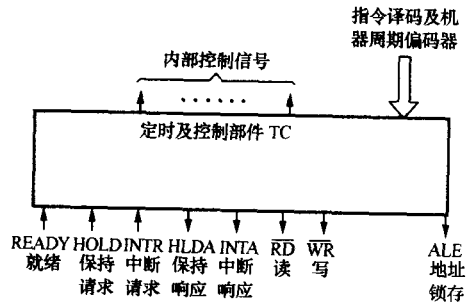


图 1-6 定时及控制部件及其外部控制信号

4) ALE: 地址锁存信号。在它的下降沿把地址总线上的地址数据锁存到地址锁存器去。

5) INTR: 中断请求信号。它是对 CPU 提出中断申请的输入信号。

6) INTA: 中断响应信号。它是 CPU 对中断申请的回答信号。INTA 为高电平时, 表示 CPU 允许中断。当 CPU 响应中断后, 在指令的第一个机器周期的第一个时钟周期时, 马上把 INTA 信号清为低电平。

3. 读写操作及其时序图

CPU 的读写操作时序图如图 1-7 所示。以读操作为例来说明该时序图。读操作机器周期是取操作码、读存储器和读输入、输出接口的基本操作时间, 因此图 1-7 是 CPU 最基本的时序图之一。

在时钟周期 T_1 时, CPU 把 16 位地址送到地址总线 A8 ~ A15 及地址数据总线 AD0 ~ AD7 上, 在地址锁存信号 ALE 下降沿时, 低 8 位地址锁存到外部地址锁存器内。如果是读存储器操作, T_2 时就选中了存储器该地址单元。16 位地址分别按低位 AD0 ~ AD7 和高位 A8 ~ A15 送出的原因, 是低位地址总线通常又是数据总线, 因此先在 T_1 时送出低位地址并锁存好, 在 T_2 时 AD0 ~ AD7 可用于传送数据信息而不是地址信息。读写存储器硬件框图, 如图 1-8 所示。

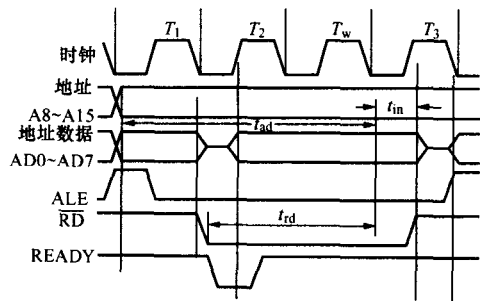


图 1-7 CPU 的读写操作时序图

在时钟周期 T_2 时, 读为低电平, 开始执行读操作, 读主存储器或输入/输出接口的内容。但如果此时存储器或输入/输出接口处于“忙”的状态, 它们不能和 CPU 交换信息, 故外存储器发出的状态信息使 REDAY 为低电平, 说明“不就绪”, 要求 CPU 等待。在 T_w 等待时钟周期时, CPU 空转。直到 T_3 时刻 REDAY 为高电平时才将存储器被选中的地址单元的数据, 经 D0 ~ D7 送到 CPU 的数据总线 AD0 ~ AD7 上, CPU 才将此数据送到程序所指定的寄存器中。

在图 1-7 中, t_{ad} 是接收地址到读出信息的时间。 t_{rd} 是开始读出到读出信息稳定下来的

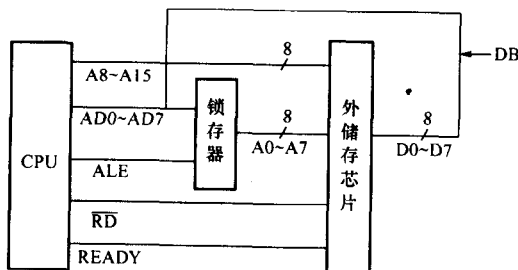


图 1-8 读写存储器硬件框图

时间。 t_{in} 是读出信息被存入 CPU 中对应寄存器的时间。

写操作时序图和读操作时序图类似, 只是由写信号 \overline{WR} 取代读信号 \overline{RD} 而已, 其他各个时钟周期的工作也类同。

(六) 微处理器的指令系统

1. 微处理器的指令和指令格式

在计算机中, 一般用 8 位二进制代码

表示一个字节，用 2 个字节组成一个字。在微机中有 8 位机、16 位机及 32 位机。32 位的高档微机中，要由 4 个字节组成一个字。在计算机中用字表示一个数，就称为数据字；用字表示一条指令，就称指令字。

CPU 发布的操作命令称为指令，在计算机中指令是一组数字代码。表示指令的代码称为指令码。指令码是由操作码和操作量两个部分组成的。其中操作码不仅表明了本指令执行什么操作，还指出了寻址方式。操作量有时表示为操作地址；有时表示为操作数据；有时表示为操作地址的地址。

2. 指令的寻址方式

数据和指令在存储器中存放的位置称为地址。存放指令的地址称为指令地址；存放数据的地址称为数据地址。数据在存储器中也是按一定顺序存放的，但是在运算过程中（或执行程序的过程中），有些数据可能多次使用，而指令的地址却在不断变更中，因此寻找数据就存在一定困难。为了更快、更方便寻找数据，形成了一套指令的寻操作数地址的方法，称为寻址方式。寻址方式通常有立即寻址、直接寻址、相对寻址、间接寻址、变址寻址等方式。以下讲解中均按单片机 8096 指令系统举例。

(1) 立即寻址。把指令中操作量部分作为数据，让它立即参加操作码所指定的操作。因此指令中操作量所表示的不是地址码，而是操作数本身。例如在 8096 单片机的指令系统中加法指令 `ADD AX, # 340` 就属于立即寻址方式。操作数 340 直接参与加法运算，其结果存放在 AX 寄存器中，所以 $AX = AX + 340$ 。

(2) 直接寻址。把指令中操作量部分作为地址去存储器中取出数据，然后执行操作码

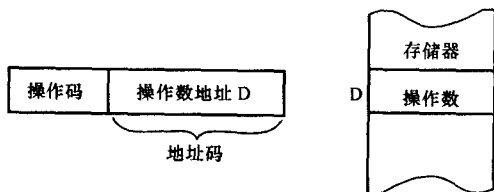


图 1-9 直接寻址方式图示

所指定的操作，如图 1-9 所示。例如乘法指令 `MUL AX, BX` 属于直接寻址方式，CPU 芯片内的寄存器 AX、BX 内存放的就是操作数。该指令指出操作数就存放在 AX、BX 里，所以是直接寻址。运算结果存放在 AX 里，即 $AX = AX * BX$ 。

(3) 间接寻址。把指令中操作量部分作为数据的真正地址的地址。第一步：先按此地址在存储器中去取出数据作为真正地址。第二步：按此真正地址在存储器中再去取出数据，然后执行操作码所指定的操作。例如传送指令：`LD AX, [BX]` 先将寄存器 BX 内的数据取出作为真正地址（以 [BX] 表示），再以此地址去存储器取出的数据传送到 AX 寄存器中保存，如图 1-10 所示。

(4) 变址寻址。把指令中操作量部分和 CPU 中的变址寄存器的内容相加后形成地址，再按此地址到存储器中取出数据来执行操作码所指定的操作。实际上操作量部分是作为偏移量，而变址寄存器的内容为基地址，以基地址和偏移量的代数和为真正地址

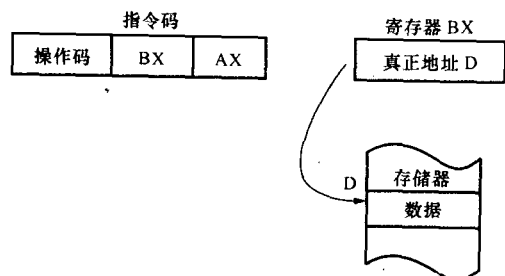


图 1-10 间接寻址方式图示

(作为操作数的地址)。如偏移量是一个 8 位符号数, 该指令为短变址寻址指令; 如偏移量是一个 16 位符号数, 该指令为长变址寻址指令。例如 AND AX, BX, TABLE [CX] 是一条逻辑和运算指令, 它就属于长变址寻址指令。TABLE 是 16 位的偏移量。第一步: 先将 TABLE + [CX] 作为地址 ([CX] 为基地址, 变址寄存器 CX 内的数据), 在存储器中取出数据作为真正地址。第二步: 以此地址在存储器中取出数据作为操作数。第三步: 将该操作数与 BX 寄存器内数据作逻辑和运算。运算后结果存放在 AX 寄存器内。

3. 微处理器的指令系统

微处理器的指令系统分为机器语言、汇编语言和高级语言三种。微处理器的测控系统较多采用汇编语言。汇编语言就是用符号来表示指令操作码及地址的语言。最原始的汇编语言是机器语言, 它是采用二进制代码来书写指令的, 但是由于书写很繁琐、难记忆, 故目前已不用它来书写了。最先进的当然是高级语言, 但使用高级语言必须用较大容量的存储器来存储高级语言的解释程序或编译程序, 无疑增加了附加的芯片, 使机器复杂; 同时高级语言执行的控制过程相对汇编语言慢, 因为它的编译程序或解释程序要把人们编写的源程序变成机器语言, 机器才能执行, 这要占去一段较长的时间。汇编语言容易记忆、编写也较直观, 占用的存储器的存储单元少, 所以较广泛地应用于监控系统中。监控工作程序一旦确定, 往往由厂家制成 ROM; 或用编程器灌入 EPROM 中固化, 以供长期使用。

二、基于单片机的测控单元

单片机是专为实时监测控制设计制造的, 通常要比 CPU 芯片简单、可靠、功能多、性能价格比高, 很适合于面向实时过程; 位处理能力和输入输出处理能力通常较强, 面向事务管理能力则较弱。因此单片机很适合做现场的监控单元。

电力自动化系统对实时性的要求是很高的。实时性最重要的要求是数据采集要快, 运算速度和控制都要迅速, 这样采集的数据才能称得上实时数据。所谓数据; 不仅仅是模拟量的电压、电流的检测数据, 还包括电厂或变电所中需采集的数百个开关量。而大量开关量状态的采集及确保采集开关量分辨率的要求, 都对单片机提出了较高的实时要求。以单片机 MCS-96 为例, 它是 16 位微处理机中擅长于高速控制功能的单片机, 完成 16 位加法只需 $1\mu\text{s}$, 16 位乘法也只不过 $6.25\mu\text{s}$; 它的四通道 10 位 A/D 转换器, 当晶振用 12MHz 时, A/D 转换时间为 $22\mu\text{s}$, 测量开关量的分辨率为 $2\mu\text{s}$ 。实践也证实了单片机 (常用 MCS-96 系列) 是可以满足电力系统监控实时性要求的。

以单片机为核心的微机装置一般多由生产厂家或科研单位自主研发整个数字核心部分。由于产品针对性较强, 一方面可以直接针对电力系统具体应用环境设计整个数字核心部分, 而无须过多考虑通用性的问题, 降低硬件开发的难度; 另一方面这种方式也可以在某种程度上降低生产成本, 提高产品性能价格比。

三、基于工控机的测控单元

工控机是具有一个国际通用标准总线并能构成集散控制系统 (DCS) 的工业控制微机。在这种工控机的插槽里可以插入适合其总线系统的 CPU、存储器、I/O、通信及电源模板等。因此它本身就可以构成一个测控单元, 同时具有开放式扩展功能, 能与其他工控机、主机等构成一个集散控制系统。

工控机与通常所说的微机的差别在于：工控机为了适应工业测控要求，取消了微机中的大主板，改成通用的底板总线插座系统，将大主板分成几块插件，如 CPU、存储器等模板，改换工业用电源，密封其机箱，加上内部正压送风，配上了相应的工业用软件，并在可靠性、抗干扰能力及模板设计等方面采取了相应措施。如图 1-11 所示，原 IBM-PC 机是 PC 总线标准，改换后将 PC 总线放到底板总线插座板上。经如上改装再加上上述的有效措施后，就构成了工控机。

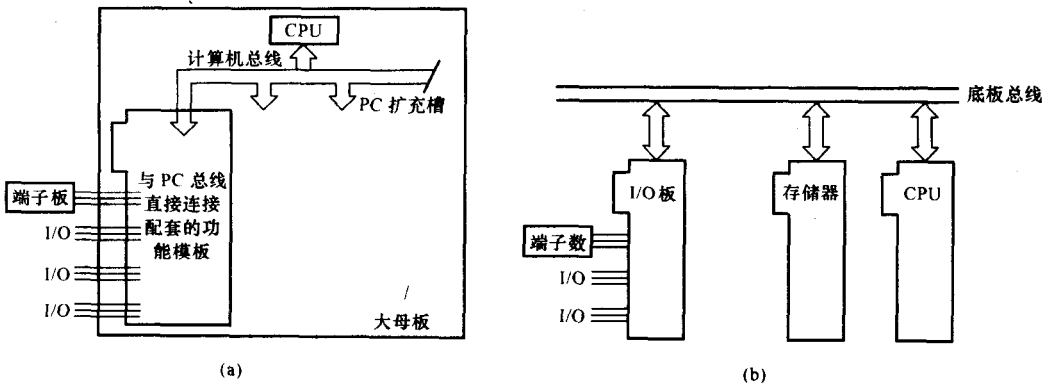


图 1-11 IBM-PC 机与 PC 总线工控机的差别示意图
(a) IBM-PC 机基本组成框图；(b) 工业 PC 机基本组成框图

工控机具有如下几个主要优点：

1. 具有丰富的过程输入/输出功能

工控机必须具有与工业监控系统紧密结合的、面向控制应用的、而且与各种生产工艺过程相匹配的组成部分，才能完成各种设备和工艺装置的监控任务。因此工控机不仅具有计算机的基本部分如 CPU、存储器外，还必须有丰富的过程输入/输出功能的插件板（或称接口板）。对于工控机来说，总线的力量不在其理论上多先进，而在于为这种总线研制的各种输入/输出功能模板的数量和种类的丰富程度。

2. 实时性

工控机应具有时间驱动和事件驱动的能力，要能对生产过程工况变化实时地进行监控，当过程参数出现偏差甚至故障时能迅速响应、判断，并及时处理。为此，需配有实时操作系统、过程中断系统等。没有这些系统，工控机就无法很好地执行工业控制任务。

3. 高可靠性

一般工控机是连续不停地工作，因此要求工控机可靠性尽可能地高，故障率低，即平均无故障工作时间 (MTBF) 不应低于数千甚至上万小时；很短的故障修复时间 (MTTR)；很高运行效率，一年时间内运行时间所占比率为 99% 以上。

4. 环境适应性

工控机必须适应恶劣的工业环境，如适应高温、高湿、腐蚀、振动冲击、灰尘等环境。要求工控机有极高的电磁兼容性、高抗干扰能力和共模抑制能力。