

WEIJI JIDIAN BAOHU SHIYONG PEIXUN JIAOCAI

# 微机继电保护 实用培训教材

李晓明 王葵 主编



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

# 微机继电保护

## 实用原理教程

张 健 主编

中国电力出版社

TM774

3

# 微机继电保护实用培训教材

WEIJI JIDIAN BAOHU SHIYONG PEIXUN JIAOCAI

李晓明 王 葵 主编  
杜松怀 主审



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要

本书以继电保护装置的整体需要组织内容,通过具体装置的讨论、学习和掌握继电保护装置的性能和特点、参数和指标的要求、工作原理、整定计算、安装使用。内容力求通俗易懂、实用有效、可操作性强。

本书共6章,分别为微机保护基础、LFP-901A型超高压线路成套快速保护、DTP数字式变压器保护、DGP数字式发电机保护、269型电动机保护、LPS数字式线路保护。

本书可作为电力系统继电保护运行、管理、维护技术人员微机继电保护培训之用,也可作为高等学校教学和科研的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

微机继电保护实用培训教材/李晓明,王葵主编.北京:  
中国电力出版社,2004

ISBN 7-5083-2574-5

I.微… II.①李…②王… III.微型计算机-继电保  
护装置-技术培训-教材 IV.TM774

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第085964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>)

利森达印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2004年12月第一版 2004年12月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 12印张 269千字

印数 0001—3000册 定价 20.00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

本书作为电力系统继电保护运行、管理、维护技术人员的微机继电保护培训之用。由于培训对象为生产一线的工作人员，内容力求通俗易懂，实用有效，可操作性强，避免过多的理论证明和数学推导。考虑到生产一线继电保护工作人员已经具备较好的继电保护基础知识和丰富的实践经验，本书不再讨论继电保护一般性质的工作原理，也不再按继电保护工作原理的发展思路组织教材内容，而是以继电保护装置的整体需要组织教材内容。通过具体装置的讨论、学习和掌握继电保护装置的工作原理、整定计算、安装使用。这样，本书与学校的教学用教材正好起到相辅相成的互补作用。在掌握了继电保护一般工作原理的基础上，建立起继电保护装置实际形象和现实要求。

本书第一章讲述微机继电保护基础，使读者对微机继电保护的硬件、算法、数字滤波技术和微机继电保护程序有初步的了解。第二章讲述国产 LFP-901A 型超高压线路成套快速保护装置。第三、四、五、六章分别讨论了国外的微机变压器保护、发电机保护、电动机保护和线路保护装置。本书选用这些具体的继电保护装置进行讨论，并不说明这些装置优于其他公司生产的继电保护装置，而是这些装置有一定的代表性和典型性。通过这些装置的讲解，达到触类旁通的作用。

本书由山东大学李晓明和王葵主编。第一章由李晓明和李艳丽编写；第二章由李晓明和王葵编写；第三章和第六章由王葵编写；第四章和第五章由李晓明编写。杜松怀主审。华能德州发电厂梁桂龙高工、山东大学的路春梅教授和韩晓萍副教授提供了支持和帮助。研究生洪源、李艳丽和周春生帮助作了部分内容的录入和校对工作。在此，一并致以衷心感谢！

本书可作为电力系统继电保护运行、管理、维护技术人员微机继电保护培训之用，也可作为高等学校教学和科研的参考书。

由于编者水平所限，不当之处敬请读者批评指正。

编 者

2004 年 5 月

# 目 录

前言			
<b>第一章 微机保护基础</b> .....	1		
第一节 概述 .....	1		
第二节 微机继电保护硬件 .....	2		
第三节 微机继电保护算法 .....	20		
第四节 数字滤波技术 .....	30		
第五节 微机继电保护程序 .....	38		
<b>第二章 LFP—901A 型超高压线路成套快速保护</b> .....	45		
第一节 概述 .....	45		
第二节 保护装置的性能特征及 技术数据 .....	46		
第三节 方向保护 (CPU1) .....	50		
第四节 距离保护和重合闸 (CPU2) .....	59		
第五节 装置整体 .....	69		
第六节 检验要求 .....	72		
<b>第三章 DTP 数字式变压器保护</b> .....	91		
第一节 概述 .....	91		
第二节 DTP 硬件描述 .....	95		
第三节 DTP 工作原理 .....	98		
第四节 DTP 功能描述 .....	102		
第五节 DTP 整定计算 .....	105		
<b>第四章 DGP 数字式发电机保护</b> .....	112		
第一节 功能描述 .....	112		
第二节 DGP 技术特征 .....	116		
第三节 DGP 的设置 .....	120		
第四节 DGP 整定计算 .....	123		
<b>第五章 269 型电动机保护</b> .....	137		
第一节 概述 .....	137		
第二节 装置技术特点 .....	139		
第三节 工作原理与使用 .....	142		
<b>第六章 LPS 数字式线路保护</b> .....	151		
第一节 概述 .....	151		
第二节 LPS 功能与工作原理 .....	151		
第三节 LPS 设置与整定计算 .....	163		
第四节 LPS 硬件描述 .....	182		
参考文献 .....	185		

# 微机保护基础

## 第一节 概 述

继电保护装置是一种能反应电力系统故障和不正常状态，并及时动作于断路器跳闸或发出信号的自动化设备。继电保护一词是指继电保护技术和由各种继电保护装置组成的继电保护系统。根据组成继电保护装置元器件的不同，继电保护装置可分为机电式、电磁式、整流式、晶体管、集成电路和微型机继电保护。所谓微机继电保护就是基于微处理器和基于数字信号处理技术的继电保护。

继电保护技术是一门实践性很强的工程类学科。电子技术、通信技术、计算机技术的发展直接促进了继电保护的技术进步。高频保护、微波保护、光纤保护就是这种技术的反映。20世纪下半叶，电子计算机特别是微型计算机技术飞速发展，广泛且深入地影响着科学技术、生产和生活的各个领域，使得社会各部门的面貌发生了质的变化，继电保护技术也不例外。在20世纪60年代末，有人提出用小型计算机实现继电保护的设想，由此开始了对继电保护计算机算法的大量研究，对后来微型计算机式继电保护（简称微机保护）的发展奠定了理论基础。20世纪70年代后半期，比较完善的微机保护样机开始投入到电力系统中试运行。20世纪80年代微机保护在硬件结构和软件技术方面已趋于成熟，并在一些国家推广应用。微机保护装置具有巨大的优越性和潜力，受到生产和运行人员的欢迎。

虽然我国在计算机继电保护方面的研究工作起步较晚，但发展很快，并卓有成效。1984年华北电力学院研制的MDP-1微机距离保护装置经试运行后通过了科研鉴定，标志着我国继电保护从模拟式向数字式转变的开始。现在，微机继电保护在我国已占主要地位。

微机继电保护装置与过去大量使用的整流型或晶体管型继电保护装置相比，有其突出的优点。第一，微机继电保护以微型计算机为基础，用数字电路代替传统的模拟电路，软硬件技术的成熟与完善，使得微机保护具有巨大的计算、分析和逻辑判断能力，有存储记忆功能，可以实现性能完善且复杂的保护原理。第二，所有的计算、逻辑判断均由软件完成，而成熟的软件一次性设计测试完成后，就不必在投产前再逐项试验，使得微机保护维护调试方便；如果要对微机保护的工作原理、功能配置和运行结构进行改进，只需要对软件进行修改，不必改动硬件电路。第三，微机保护可连续不断地对自身的工作情况进行自检，其工作可靠性很高。第四，微机保护装置能保证在任何时刻都不断地采样计算，反复准确地校核，动作的准确率很高。第五，微机保护可以做到硬件和软件资源共享，在不增加任何硬件的情况下，只需增加一些软件就可以获得如故障录波、故障测距、事故顺序记

录等辅助功能,这对于简化保护的调试、事故分析和事故后的处理等都有重大意义。第六,完善的人机界面使得装置使用灵活、方便,人机交流友好。第七,微机保护中集成了串行通信功能,与变电所微机监控系统的通信联络使微机保护具有远方监控的特点,管理人员可以随时监测保护装置的运行状态、调用数据和改变定值,为现代化管理提供物质条件,并将微机保护纳入变电所综合自动化系统。

随着计算机技术、微电子技术、网络通信技术、信息技术的不断发展,最新研制的微机继电保护的体积更小,功能更强,性能更优。如硬件结构方面,采用具有强大数据处理功能的 DSP 微处理芯片,低功耗可编程逻辑芯片 (CPLD) 和高集成度专用芯片 (ASIC) 后,使装置的体积、功耗、可靠性等方面得到很大的提升。微机继电保护正向微型化、网络化、智能化和人性化方面高速发展。

## 第二节 微机继电保护硬件

微机继电保护是以微型计算机为核心,配置相应的外围接口、执行元件的计算机控制系统,其硬件构成包括以下五部分:

(1) 数据采集单元。即模拟量输入系统,它将模拟输入量转换为所需的数字量。包括辅助变换器(即电压形成器)、低通滤波器(ALF)、采样保持器(S/H)、多路开关(MPX)、以及模/数变换器(A/D)等功能器件。

(2) 数据处理单元。即微机主系统(CPU 主系统),它将数据采集单元输出的数据进行分析处理,完成各种继电保护功能。包括微处理器(MPU)、只读存储器(EPROM, E<sup>2</sup>PROM)、随机存取存储器(RAM)、时钟(CLOCK)等器件。

(3) 开关量输入/输出系统。完成各种外部开关量输入及人机对话功能;保护的出口跳闸、信号显示、打印、报警等功能。它由多种输入/输出接口芯片(PIO 或 PIA)、光电隔离器、有触点中间继电器等组成。

(4) 通信接口。与外部设备的通信联系。与中调联络中,将保护各种信息传送到中调,或接受中调的查询及远方修改定值。在纵联保护中,与线路对端保护交换各种信息。它由输入/输出串行接口芯片构成。

(5) 电源部分。微机保护系统对电源要求较高,通常这种电源是逆变电源,即将直流逆变为交流,再把交流整流为微机系统所需的直流电压。它把变电所的强电系统的直流电源与微机的弱电系统电源完全隔离开。通过逆变后的直流电源具有很强的抗干扰水平。

微机继电保护系统硬件构成原理图如图 1-1 所示。

### 一、数据采集单元

#### (一) 辅助变换器

微机保护要从电流互感器和电压互感器取得信息,但这些互感器的二次侧电流或电压量不能适应模/数变换器的输入范围要求,故需将电压或电流变换成满足模/数(A/D)变换器量程要求的电压。通常采用电磁感应原理的变换器来实现变换,例如电流变换器(TA),电压变换器(TV)和电抗变压器(TL)等,如图 1-2 所示。一般模/数变换器要求



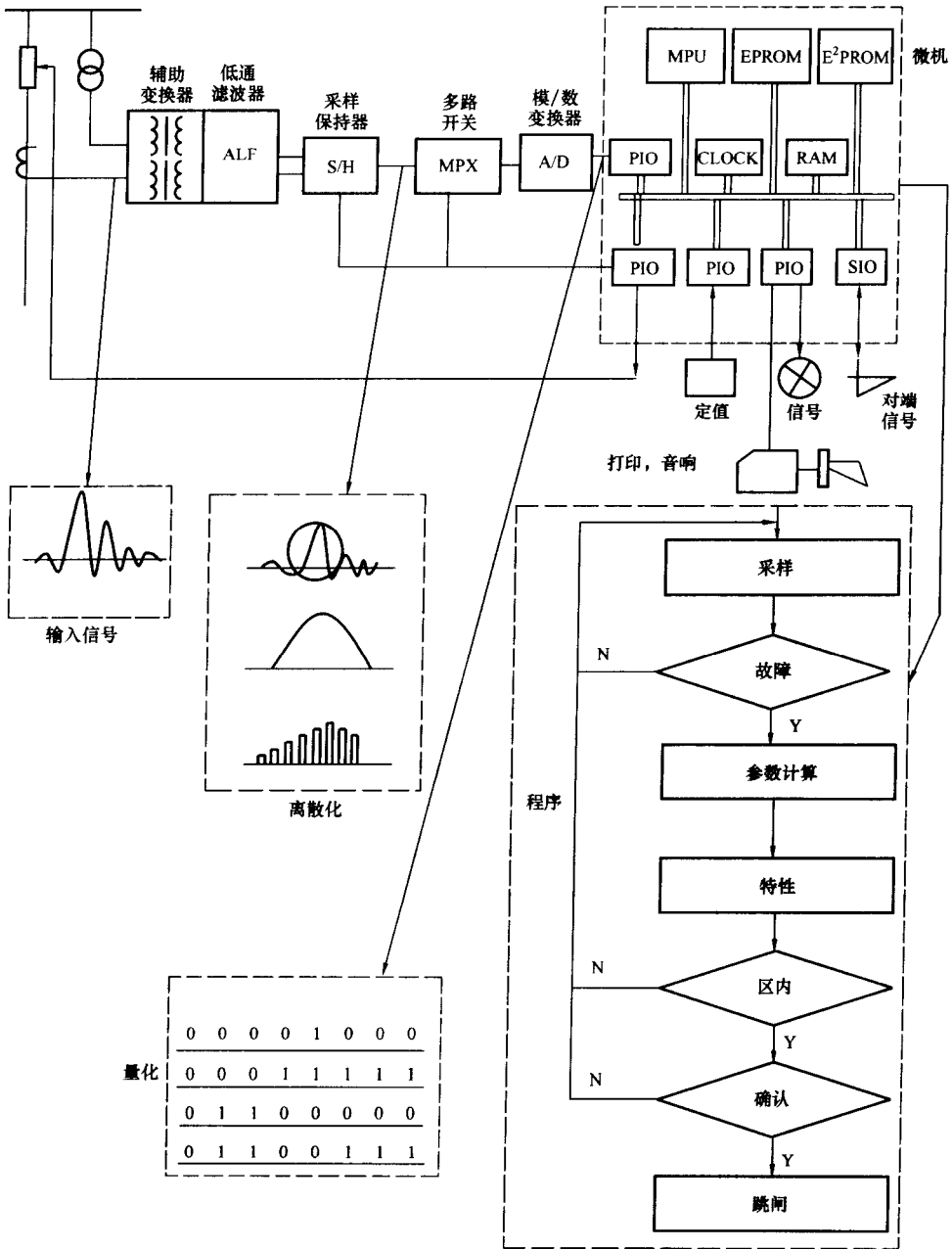


图 1-1 微机继电保护系统硬件构成原理图

输入信号电压为  $\pm 5V$  或  $\pm 10V$ ，由此可以决定上述各种中间变换器的变比。

变换器除了起电量变换作用外，还起到隔离作用。它使微机电路在电气上与强电系统相隔离，从而在较大程度上减弱了来自高压系统的电磁干扰。电力系统的电磁干扰和过电压对数据采集系统有干扰和破坏作用，因此，在这一环节要采取一定的过电压防护措施和

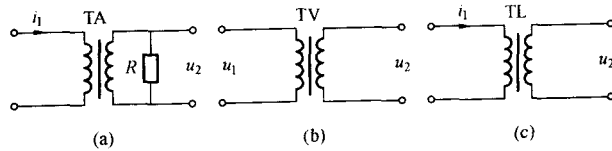


图 1-2 变换器

(a) 电流变换器; (b) 电压变换器; (c) 电抗变换器

干扰抑制措施。

交流电流的变换一般采用电流变换器，并在其二次侧并联电阻以取得所需电压（改变电阻值就可以改变输出电压范围的大小）。电流变换器的优点是，只要铁心不饱和，其二次电流及并联电阻上电压的波形就可基本保持与一次电流波形相同且同相，即可以做到不失真变换。但是电流变换器在非周期分量的作用下容易饱和、线性度差、动态范围小。

电抗变换器铁心带有气隙而不易饱和。线性范围大，且具有移相作用。由于它会抑制直流分量，放大高频分量，因此，二次侧的电压波形在系统暂态过程时将发生畸变。对于超高压线路保护，为了消除直流分量对保护算法的影响，电流回路可选用中间电抗互感器。但电抗互感器对高频分量有放大作用，需用滤波器或算法消除。在变压器保护中，有时用电抗变换器变换输入波形特性。

### (二) 低通滤波器

微机保护中要用低通滤波器滤除模拟信号中的高频成分，以满足采样定理的要求。而且，被滤除的高频分量的截止频率应低于采样频率的一半。否则，会因频域的混叠而产生误差。

线路保护一般采用每周波 12 次采样（即 600 次/s），因此根据采样定理，低通滤波器的截止频率选在采样频率的一半，即 300Hz。低通滤波器一般选用 2 阶或 3 阶的有源滤波器。

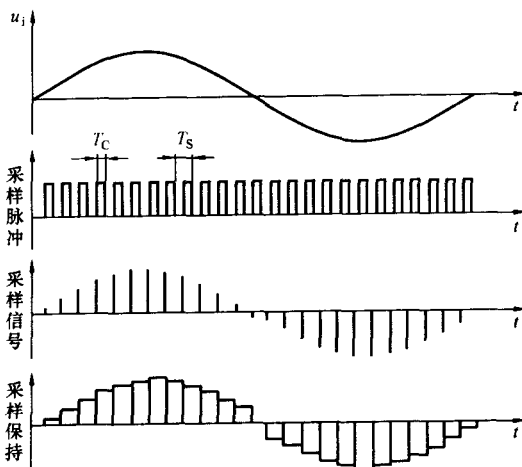


图 1-3 采样保持过程示意

### (三) 采样保持器

微机保护中的采样保持器有两方面的作用。首先，在一个极短的时间内测量模拟输入量在该时刻的瞬时值，并在模/数变换器进行转换期间内保持其输出不变，如图 1-3 所示。其次，在微机保护中要保证各模拟量的相位关系经过采样后保持不变，各通道必须同步采样。由于 A/D 变换器价格较贵，微机保护一般都采取多路通道共用一片 A/D。采样保持器何时采样、何时保持，受微机控制信号的管理。

采样保持器的工作原理，可用图

1-4 所示的 LF-398 芯片来说明。

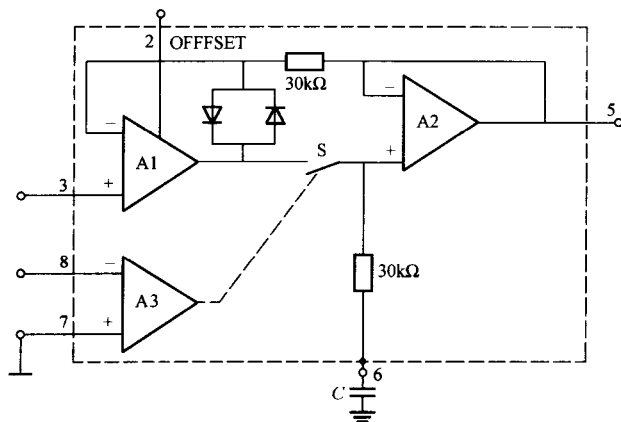


图 1-4 LF-398 芯片原理图

电路主要有两只高性能的运算放大器 A1、A2 组成。其中 A2 是典型的跟随器，输出端对地电压能跟踪电容 C 的电压。A1 的接法和 A2 实质相同。在采样状态 (S 接通时)，其反相输入端从输出端经电阻 R 获得负反馈，使输出跟踪输入电压。在 S 断开后的保持阶段，A2 的输出电压不再变化，但模拟量输入却仍在变化。A1 不再从 A2 的输出端获得负反馈。在 A1 的输出端和反相输入端之间跨接了两个反向并联的二极管，配合电阻 R 起到隔离第二级输出与第一级的联系，并直接从 A1 的输出端经过二极管获得负反馈，以防止 A1 进入饱和区。

跟踪器的输入阻抗很高 (达  $10^{10} \Omega$ )，输出阻抗很低 (最大  $6 \Omega$ )。因此，A1 对输入信号是高阻；而在采样状态时，对电容 C 为低阻充放电，故可快速采样。

S 为场效应晶体管模拟开关，由运算放大器 A3 驱动。A3 的逻辑输入端由外部电路 (通常可由定时器) 按一定时序控制，控制着 LF-398 芯片的采样与保持状态。

图 1-4 中的保持电容 C 要外接，要选用低漏电、低吸收介质制成的电容器，如聚苯乙烯、聚丙烯、聚碳酸酯和聚四氟乙烯电容器等。一般选用  $C = 0.01 \mu\text{F}$ 。

LF-398 的采样时间小于  $10 \mu\text{s}$ ，精度  $0.002\% \sim 0.01\%$ 。

#### (四) 模拟多路开关

A/D 变换器的价格是数据采集系统中较贵的器件。出于经济的考虑，用模拟多路开关将多路模拟电压分时地切换到 A/D 变换器上进行 A/D 变换。

常用多路开关有 AD7501 (8 通道)、AD7506 (16 通道)。图 1-5 是 AD7501 的原理示意图及真值表。下面说明多路开关的原理。

多路开关实际上就是电子式的单刀多投开关。根据译码驱动器的控制，每次只有一路输入量被接通。译码器的真值表如图 1-5 (b) 所示。当使能端子 (EN) 低电位时 (0)，不管 A0、A1、A2 在任何电位，8 个开关都是断开的。只有 EN 端子高电位 (1)，电子开关才可能接通。根据 A0、A1、A2 的状态，可组合 8 个二进制码，每个码对应一个电子开

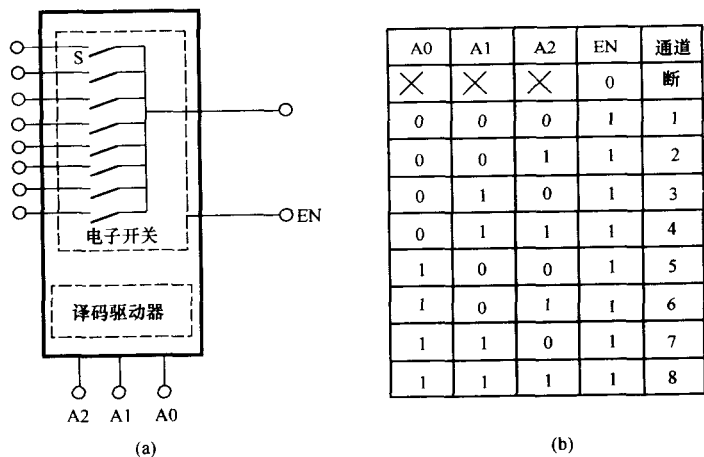


图 1-5 AD7501 原理示意图及真值表

(a) 原理图; (b) 真值表

关导通。

#### (五) 模/数转换器 (A/D)

A/D 转换器的作用是将保存在 S/H 中的模拟量变换为计算机所需的数字量。微机保护的模/数变换方式主要有两种, 即 ADC 和 VFC 的变换方式。这两种 A/D 变换从原理到结构均不相同。ADC 是直接将模拟量转变为数字量的变换方式, 而 VFC 是将模拟量电压先转变为频率脉冲量, 通过脉冲计数变换为数字量的一种变换方式。这两种变换方式在微机保护装置中都有使用。

##### 1. ADC 原理模/数转换器

微机保护用的 ADC 原理模/数转换器绝大多数是应用逐次逼近法实现的。现举例说明如下: 转换开始时, 控制器首先在数码设定器中设置一个最高位数码“1”(例如 100...00), 该数码经 D/A 变换为模拟电压  $u_0$ , 反馈到输入侧的比较器一端, 与输入电压  $u_i$  相比较。如果设定值  $u_0 < u_i$ , 则保留该位原设置的数码“1”, 然后由控制器在数码设定器中附加次高位设置数码“1”, 形成新的数码(如 110...00), 经 D/A 变换, 再反馈到输入侧比较器与  $u_i$  比较。若设定值  $u_0 > u_i$ , 则原设定次高位数码“1”改为“0”, 然后附加下一高位设置数码“1”(如 101...00)。重复上述的比较与设置, 直到所设定的数码总值转换成反馈电压  $u_0$  尽可能地接近  $u_i$  值。若其误差小于所设定数码中可改变的最小值(最小量化单位), 则此时数码设定器中的数码总值即为转换结果。

逐次比较式 A/D 转换的一个重要指标是转换精度, 即 A/D 转换分辨率, 它主要取决于设定数码的最小量化单位, A/D 转换输出的数字量位数越多, 最小量化单位越小, 分辨率越高, 转换出的数字量舍入误差越小, A/D 转换的精度就越高。逐次比较式 A/D 转换的另一个重要指标是 A/D 转换速度, 它与 A/D 转换分辨率是有关的, 通常分辨率越高, 其转换速度就相对降低。若要求这两项指标都较高, 则其芯片成本就十分昂贵。微机保护采

样的量较多，保护动作速度快，因此要求转换速率较高。通常每次转换时间不低于  $25\mu\text{s}$ ，而数字量位数为 10~14 位。

AD574A 是微机保护常用的一种芯片，是用逐次逼近原理实现的 A/D 变换器。芯片中包括 12 位 D/A 变换器 (DACAD565A)、比较器、逐次逼近寄存器 (SAR)、控制逻辑、内部时钟以及三态输出缓冲器。原理框图见图 1-6。

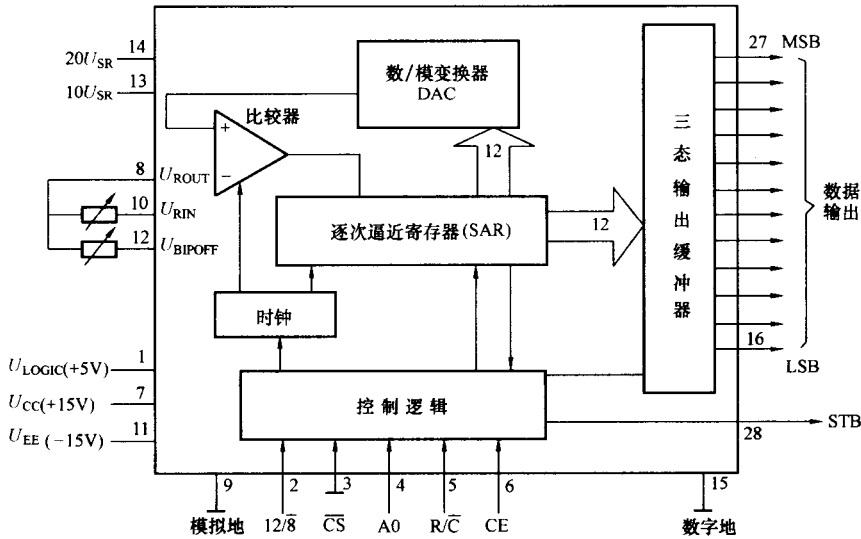


图 1-6 AD574A 框图

(1) 电源。AD574A 需要三种电压即  $\pm 15\text{V}$  和  $+5\text{V}$ 。AD574A 数字量输出为  $0\sim 5\text{V}$  的 TTL 电平，其 D/A 变换用的  $+10\text{V}$  参考电压，在芯片内部由  $+15\text{V}$  经过降压电阻和一个带温度补偿的齐纳二极管产生。为了对参考电压进行微调，以调整 D/A 变换器的比例常数，从而达到微调 A/D 变换器的变换比例常数的目的，此  $10\text{V}$  参考电压并不是在内部直接引向 D/A 变换器，而是先从  $U_{\text{ROUT}}$  端引出，以便在外部经一个  $100\Omega$  的微调电位计再从  $U_{\text{RIN}}$  端接入，供给内部 D/A 变换器（见图 1-6）。另外 AD574A 内部还包括偏置部分，在用于双极性模拟量时可将  $+10\text{V}$  的参考电压 ( $U_{\text{ROUT}}$ ) 经一个  $100\Omega$  电位器接至  $U_{\text{BIPOFF}}$  端，以便对偏置电压微调，实现零点调整。用于单极性模拟量时可将  $U_{\text{BIPOFF}}$  端接地。

应当注意，AD574A 内部模拟地和数字地是分开的，分别经两个端子引出。在外部，应把模拟地直接引至输入模拟量的零线。全装置的模拟地和数字地只允许在一点相连，以防止数字零线回路上通过电流造成的压降，窜入模拟量输入回路，引起 A/D 变换的噪声。

(2) 模拟量输入。AD574A 有两个模拟量输入端子， $+20\text{V}$  输入端和  $+10\text{V}$  输入端。前者在单极性时，输入电压的允许范围为  $0\sim 20\text{V}$ ；双极性时，则为  $\pm 10\text{V}$ 。后者在单极性时为  $0\sim 10\text{V}$ ，双极性为  $\pm 5\text{V}$ 。使用者可根据需要，选择二者之一接入模拟电压。

(3) 数字量输出。AD574A 为 12 位输出。内部有寄存器和三态门，允许将 12 位输出线直接接至 CPU 的数据总线。平时 AD574A 的 12 根输出线均呈高阻状态。在需要读数时，

由相应控制端控制，12位输出线才有输出，供CPU读取。

(4) 控制和状态线。AD574A设有5个控制输入端子(CE,  $\overline{CS}$ ,  $R/\overline{C}$ ,  $12/\overline{8}$ 和A0)和1个状态输出端子STS,使AD574A应用非常灵活。CE,  $\overline{CS}$ 和 $R/\overline{C}$ 是基本控制线,用于控制启动变换和读取变换结果。 $\overline{CS}$ 是芯片选择线,CE是芯片允许, $R/\overline{C}$ 是功能选择,高电平时读,低电平时启动变换。因此,使 $CE=1$ , $\overline{CS}=0$ , $R/\overline{C}=0$ 时,启动变换;使 $CE=1$ , $\overline{CS}=0$ , $R/\overline{C}=1$ 时读取结果。一般,可以把 $\overline{CS}$ 接地址译码电路。在选中AD574A时(设此地址为 $\times\times\times\times$ ) $\overline{CS}$ 变为低电平。 $R/\overline{C}$ 受CPU读写端的控制,读时高电平,写时低电平。而CE接CPU的时序脉冲线。这样只要执行一条往地址 $\times\times\times\times$ 写的指令(写任何数都可以)就可以启动变换。而执行一条从地址 $\times\times\times\times$ 读的命令,就可以直接把变换结果送上CPU的数据总线,供CPU读取,中间不需要任何接口。AD574A一收到变换命令,即在内部时钟节拍控制下,不断地按逐次逼近法,自动地逐位比较。在变换过程中,其状态端子STS将输出高电平。变换完成后,STS由高电平变低电平,以通知CPU来读取变换结果。

对于某些系统,例如,不是由CPU控制布线逻辑的数字电路,AD574A允许仅用R控制。此时,可将CE固定接高电平, $\overline{CS}$ 固定接低电平。只要 $R/\overline{C}$ 端加一个不小于 $400\mu\text{s}$ 的低电平脉冲就可启动变换。如果变换完成, $R/\overline{C}$ 线已在高电平,AD574A将立即开放数据输出线的三态门送出数据。总之,三态门不开放,AD574A处于等待状态,直至 $R/\overline{C}$ 变高电平时送出数据。并在下一次 $R/\overline{C}$ 由高变低时,开始下一个变换过程。

AD574A还设有两个特殊控制线 $12/\overline{8}$ 和A0。它们的配合使用,可以使AD574A的12位数字输出方便地直接同有16位数据总线的CPU或只有8位数据总线的CPU接口。用于16位机时,应将 $12/\overline{8}$ 端子固定接高电平,A0固定接低电平。此时,在AD574A变换完成并接到要读取变换结果的命令时,其12位数据线的三态门将同时开放。用于8位机时,可将 $12/\overline{8}$ 接低电平,此时在收到读数命令时,AD574A将受A0端子电平的控制,在A0为低电平时送出12位中的高8位;在A0为高电平时送出低4位。因而,应将12位输出线的高8位和CPU的8位数据总线D0~D7,直接对应连接;而低4位则并联到数据总线的D4~D7,以便CPU在A0的控制下分两次通过8位总线来读取12位的变换结果。目前很多8位机,如MC6809等可以用一条指令读取地址相邻的两个字节的数,其过程是先读取指令的地址码指定的地址的一个字节,再自动将地址加一,接着读取在下一地址存放的字节。在将AD574A同这类CPU接口时,可以直接将AD574A的A0端子和CPU地址总线的最低位地址A0相连。

注意:在设计同AD574A的芯片选择线 $\overline{CS}$ 有关的地址译码电路中,不要用到地址总线中的A0,即不论 $A0=0$ 或 $A1=1$ 都能选中AD574A。如果令 $A0=0$ 时能选中AD574A的地址为 $\times\times\times\times$ ,则 $\times\times\times\times$ 和 $A0=1$ 时的地址 $\times\times\times\times+1$ 也能选中AD574A。因此,可以用一条读双字节的指令自动地由CPU分两次读取12位的变换结果。

(5) 变换时间。AD574A的变换时间为 $25\mu\text{s}$ 。

(6) 数据采集系统与微机的接口。A/D变换器输出的数字量进入计算机的方式也有多种。一种是查询方式,即由计算机启动A/D变换开始,随后程序一直循环查询变换结束标志是否置位;等到置位后,即将变换结果转入内存。第二种是中断方式,即由计算机启

动变换, 变换完毕由 A/D 变换器自动中断 CPU, 然后 CPU 将数取入内存。第三种是直接存储器存取 (DMA) 方法, DMA 法需要有适当的硬件配合, 它的设计思想是由 I/O 向内存输入或由内存向 I/O 输出的数据, 不经 CPU 的操作而直接在 I/O 设备和内存之间进行, 其目的是为了有效地提高数据的吞吐量。DMA 方法又可分为三类。一类是批量 DMA, 对大批量的顺序数据进行传送, 这时 CPU 虽不参与数据的传递, 但也不能进行其他的作业。第二类是周期窃取方式, 它是每一周期使 CPU 等待一小段时间, 以传送一字节数据, 换句话说, 这种 DMA 相当于使程序执行的拍节在 DMA 期间均匀地放慢。第三类是周期挪用, 这是充分利用指令执行中有一些并不使用总线的机器周期, 在这些周期时使系统进入 DMA 状态。这种方式对 CPU 执行程序的速度毫无影响。计算机保护中并非全部将数据采集完备一次批量传送, 所以, 只能采用第二类或第三类。不同的 DMA 方式能否实现, 还与 CPU 所提供的控制信号有关, 设计时应注意。

## 2. VFC 模/数变换器

模/数变换还可以使用 VFC 型的变换方式, VFC 型的模/数转换是将电压模拟量  $u_i$  线性地变换为数字脉冲式的频率  $f$ , 然后由计数器对数字脉冲计数, 供 CPU 读入。其原理框图如图 1-7 所示。

图中 VFC 可采用 AD654 芯片, 计数器可采用 8031 或 8098 内部计数器, 也可采用可编程的集成电路计数器 8253。CPU 每隔一个采样间隔时间  $T_s$  读取计数器的脉冲计数值, 并根据比例关系算出输入电压对应的数字量, 从而完成了模/数变换。

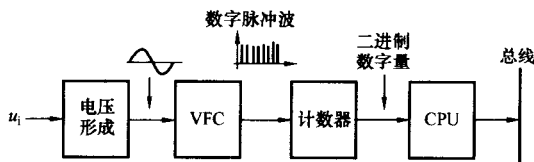


图 1-7 VFC 型 A/D 变换原理框图

VFC 型的 A/D 变换方式及与 CPU 的接口, 要比 ADC 型变换方式简单得多, CPU 几乎不需对 VFC 芯片进行控制。保护装置采用 VFC 型的 A/D 变换, 建立了一种新的变换方式, 为微型机保护带来了很多好处, 其优点可归纳如下:

- 1) 工作稳定, 线性好, 精度高, 电路十分简单。
- 2) 抗干扰能力强。VFC 是数字脉冲式的电路, 不是模拟电路, 因此它不怕脉冲干扰和随机高频噪声。可以方便地在 VFC 输出和计数器输入端之间接入光隔元件, 从而大大地提高抗干扰能力。

3) 同 CPU 接口简单, VFC 的工作可以不需 CPU 控制。

4) 可以很方便地实现多 CPU 共享一套 VFC 变换。

(1) AD654 的结构。AD654 芯片是一个单片 VFC 变换芯片, 中心频率为 250kHz。它是由阻抗变换器 A、压控振荡器和一个驱动输出级回路构成, 其内部结构如图 1-8 (a) 所示。压控振荡器是一种由外加电压控制振荡频率的电子振荡器件, 该芯片只需外接一个简单的 RC 网络, 经阻抗变换器 A 变换输入阻抗可达 250MΩ。振荡脉冲波经驱动级输出可带 12 个 TTL 负载或光电耦合器件。由于中心频率较高, 光隔器件要求具有高速光隔性能。

(2) AD654 的工作电路。AD654 芯片的工作方法可有两种方式, 即正端输入和负端输入方式。在保护装置上大多采用负端输入方式。因此 4 端接地, 3 端输入信号, 如图 1-8

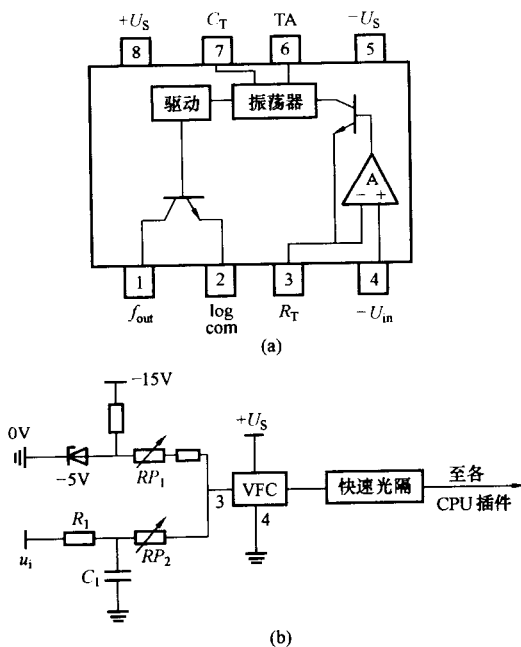


图 1-8 AD654 芯片结构及电路

(a) 结构框图；(b) 工作电路

(b) 所示。由于 AD654 芯片只能转换单极性信号，所以对于交流电压的信号输入，必须有个负的偏置电压，它在 3 端输入。此偏置电压为 -5V，其压控振荡频率与网络电阻的关系为

$$f_{out} = \frac{1}{10C_T} \left[ \frac{5}{(R + RP_1)} + \frac{u_{in}}{(R_1 + RP_2)} \right]$$

式中  $u_{in}$ ——输入电压；  
 $C_T$ ——外接振荡电容。

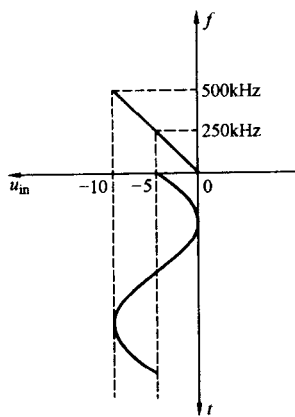


图 1-9 VFC 交换关系图

可见输出频率  $f_{out}$  与输入电压  $u_{in}$  呈线性关系。 $RP_1$  用来调整偏置值，使外部输入电压为零时输出频率为 250kHz，从而使输入交流电压的测量范围控制在  $\pm 5V$  的峰值内，这也叫做零漂调整。各通道的平衡度及刻度比可用电位器  $RP_2$  来调整。 $R_1$  和  $C_1$  设计为浪涌吸收回路，不是低通滤波器。VFC 的变换特性与输入交流信号的变换关系如图 1-9 所示。通常整套微机保护装置的调整只有  $RP_1$  和  $RP_2$  可调，并在出厂时都已调好，一般可以不加调整，需要调整时也只要微调即可。

(3) VFC 的工作原理。当输入电压  $u_{in} = 0$  时，由于偏置电压 -5V 加在输入端 3 上，输出信号是频率为 250kHz 的等幅等宽的脉冲波，如图 1-10 (a) 所示。当输入信号是交变信号时，



经 VFC 变换后输出的信号是被  $u_{in}$  交变信号调制的等幅脉冲调频波，如图 1-10 (b) 所示。由于 VFC 的工作频率远远高于工频 50Hz，因此就某一瞬间而言，交流信号频率几乎不变，所以 VFC 在这一瞬间变换输出的波形是一连串频率不变的数字脉冲，可见 VFC 的功能是将输入电压变换成一连串重复频率正比于输入电压的等幅脉冲波。而且 VFC 芯片的中心频率越高，其转换的精度也就越高。

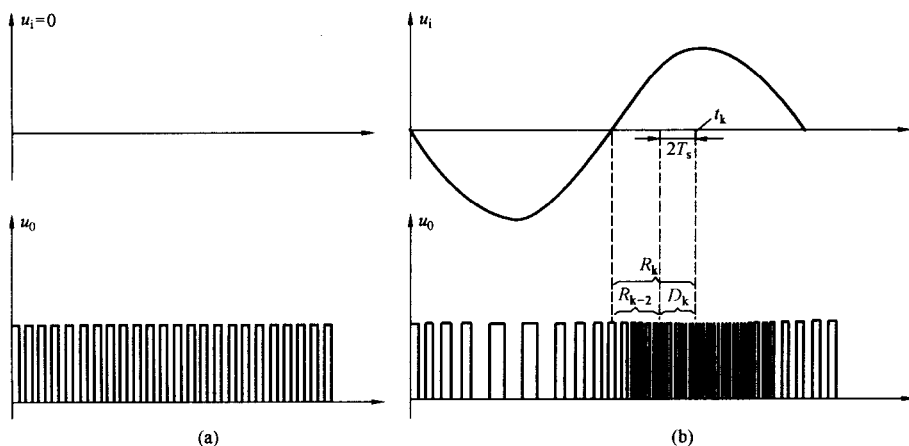


图 1-10 VFC 工作原理和计数采样  
(a)  $u_i = 0$ ; (b)  $u_i$  为交变信号

(4) 采样计数。计数器对 VFC 输出的数字脉冲计数值是脉冲计数的累计值，如 CPU 每隔一个采样间隔时间  $T_s$  读取计数器的计数值，并记作  $R_{k-1}$ 、 $R_k$ 、 $R_{k+1}$ ...，则在  $t_k - NT_s$  至  $t_k$  这一段时间内计数器计到的脉冲数为  $D_k = R_k - R_{(k-N)}$ ，如图 1-10 (b) 如果每个脉冲数对应的电压值（伏）为  $K_b$  系数，则输入电压  $u_{in}$  可用下式表示

$$u_{in} = (D_k - D_0)K_b$$

式中  $D_0$ ——250kHz 中心频率对应的脉冲常数 [见图 1-9 和图 1-10 (a)]。

增大  $N$  值可以提高分辨率和精度，但也增加了采样时间。微机保护可以根据要求，用软件自动改变  $N$  值，以兼顾速度和精度。对于 I 段内故障取  $N = 2$  以加快保护动作速度为主，II、III 段内故障取  $N = 4$ ，以精度为主。

最后还要指出，VFC 的 A/D 变换不适合于反映输入信号中的高频分量，因为这种场合不允许取较大的  $NT_s$  值。

(5) 光隔电路。VFC 变换后的数字脉冲信号经 6N137 快速光隔芯片送至计数器计数。6N137 芯片结构如图 1-11 所示。在该图中，它既把信号隔离了，还将输入电路的电源与输出电路的电源完全隔离。它们不共电源，也不共地。从而将 VFC 的  $\pm 15V$  电源与计数器 CPU 的电源  $\pm 5V$  相隔离，有效地杜绝了电源引起的共模干扰。

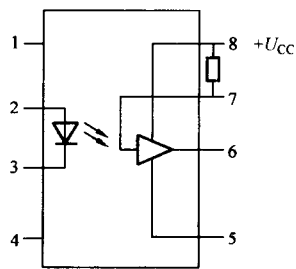


图 1-11 6N137 芯片结构图