

全国家用电子产品维修技术培训试用教材

家用电器控制原理 与应用

王恒震 主编



电子工业出版社

7M925
W21

306548

全国家用电子产品维修技术培训试用教材

家用电器控制原理与应用

主 编 王恒震
副 主 编 韩广兴 梅旭曜
编著人员 易友祥 韩广兴
王恒震 吕稟逵
张益民 吕意凡
姚妙新



电子工业出版社

内 容 提 要

本书从自动控制的体系出发,在介绍了自控原理、执行及控制元件、数字电路、单片微型计算机控制系统的基础知识后,着重介绍了彩电、录像机、摄像机、摄录一体机、电子游戏机、收录机、卡拉OK电唱机、电冰箱、洗衣机、空调器等具代表性的数十种家用电器的控制原理和电路分析,突出新元件、新系统和新机型的介绍。使读者掌握家用电器控制的全面系统知识,从而有利于家电的修理、使用和设计。

本书适于家电维修或军地两用人才作培训教材,也可供广大爱好者、技术人员和职中师生参考。

DY49/18



家用电器控制原理与应用

王 恒 震 主 编

责任编辑 路石

*

电子工业出版社出版 (北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

保定市印刷发行公司印刷厂印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 18 字数: 438 千字

1996 年 12 月第一版 1996 年 12 月第一次印刷

印数: 5000 册 定价: 20.00 元

ISBN 7-5053-3680-0/TN · 976

前 言

近年来,随着科学技术的发展和市场需要的迅猛提高,使得大规模集成电路技术和单片微型计算机技术的新成果已经进入了家用电器领域,特别是在彩色电视机、录像机、摄录一体机、电子游戏机、收录机、洗衣机、空调及电冰箱等产品的控制系统中,使诸多家用电器实现了遥控。由于采用微电脑(专用单片微计算机)而使家用电器进入现代化、智能化,使得许多家用电器性能价格比不断提高。由此也给广大家电的设计、使用、维修人员提出了新课题。

自1986年初中央五部委发出《关于组织家用电器维修培训的通知》以来,1987年又召开了“全国家电维修培训工作会议”,指出要编写基础与专业基础教材,以适应全国家电维修培训的需要。实践证明,编好教材是培训的重要保证。现根据我国维修人员、待培人员的现有文化水平和技术人员、广大爱好者的需要特编写本书,以期对家用电器自动控制技术有个比较全面而系统的了解。

过去家电的控制电路都在各个家电中作附属介绍,未曾系统地介绍各个家电控制的内在联系和统一概念,未见对家电各品种控制电路和原理进行统一的系统的讲述。

本书按自动控制的学科体系,将家电中应用到的控制理论、元件、装置、电路、系统、机型,结合具有代表性的几十个品种,系统地加以分析和阐述。

本书第一章讲述自动控制的基本知识;第二章讲述家用电器中的电动机;第三章讲述家用电器中的主要控制器件;第四章讲述数字电路及其在家电控制中的应用;第五章讲述单片机系统及其在家电控制中的应用;第六章讲述电子调谐器的控制原理及应用;第七章讲述彩色电视机遥控系统;第八章讲述录像机、摄像机及摄录一体机的控制系统;第九章讲述收录机及卡拉OK伴唱机的控制原理和电路。

读者可根据不同需要,组合和选择有关章节阅读。例如,与彩电直接相关的是第五、六、七章;与录像机或摄录一体机有关章节在第二、三、四、五、八章;与收录机有关章节在第二、五、九章;带微电脑的洗衣机、空调器和电冰箱在第二、三、五章,不带电脑的在第二、三章;电子游戏机则集中在第四章。

本书由王恒震编写第一、五、六章及7.5节;易友祥编写第二、三章;张益民编写第四章;吕慕逵编写第七章;韩广兴编写第八章及9.1、9.2节;吕意凡编写7.4和9.3节,姚妙新参与编写第一章。

由于作者水平有限,希望广大读者对书中不足之处给予批评指正。

在写作过程中,承蒙中国科学院自动化所研究员陈由迪、比利时鲁汶大学教授王礼信、天津理工学院副教授郭耀华、天津长城电子公司高工郭建利、天津交电公司姜淑英,以及天津丰华电子公司多位同行的大力支持,在此特表谢意。

编者 1996年4月

目 录

第一章 自动控制的基本知识	(1)
1.1 开环控制和闭环控制	(2)
1.1.1 开环控制及其应用	(2)
1.1.2 闭环控制及其应用	(3)
1.2 模拟控制系统与数字控制系统	(5)
1.2.1 模拟控制系统	(5)
1.2.2 数字控制系统	(5)
第二章 家用电器中的电动机	(7)
2.1 直流电动机	(7)
2.1.1 直流电动机的基本工作原理及特性	(7)
2.1.2 直流电动机在家用电器中的应用	(11)
2.2 无刷直流电动机	(14)
2.2.1 无刷直流电动机的工作原理及构成	(14)
2.2.2 无刷直流电动机在家用电器中的应用	(17)
2.3 交直流两用电动机	(18)
2.3.1 交直流两用电动机的基本工作原理及特性	(19)
2.3.2 交直流两用电动机在家用电器中的应用	(22)
2.4 单相异步电动机	(25)
2.4.1 基本概念——旋转磁场与脉振磁场	(26)
2.4.2 单相异步电动机的工作原理	(27)
2.4.3 单相异步电动机在家用电器中的应用	(33)
2.5 微型同步电动机	(38)
2.5.1 永磁式同步电动机	(38)
2.5.2 反应式同步电动机	(39)
2.5.3 磁滞式同步电动机	(41)
2.5.4 微型同步电动机在家用电器中的应用	(42)
2.6 微型步进电动机	(43)
2.6.1 多线圈轴向磁路的单相永磁步进电动机及在石英电子表中的应用	(44)
2.6.2 集中绕组轴向磁路的单相永磁步进电动机	(45)
2.6.3 不均匀气隙的单相永磁步进电动机及在石英电子表中的应用	(45)
2.7 家用电器中常用电动机的技术数据	(47)
2.7.1 M 系列永磁直流电动机	(48)
2.7.2 G 系列单相串励电动机	(50)
2.7.3 XD 型洗衣机用电动机	(51)
2.7.4 电风扇用电动机	(51)
2.7.5 电冰箱及空调器用电动机	(59)
第三章 家用电器中的主要控制器件	(62)

3.1	温度控制器件及其应用	(62)
3.1.1	蒸汽压力式温度控制器	(62)
3.1.2	热敏电阻式温度控制器	(63)
3.1.3	双金属片温度控制器	(66)
3.1.4	热敏磁钢温度控制器	(68)
3.2	时间控制器件及其应用	(69)
3.2.1	机械(发条)式定时器	(70)
3.2.2	电动式定时器	(72)
3.2.3	电子定时器	(72)
3.3	程序控制器及其在家用电器中的应用	(75)
3.3.1	机械式程序控制器及其在全自动洗衣机的应用	(75)
3.3.2	电子式程序控制器及其在自动洗衣机的应用	(77)
第四章	数字电路及其在家电控制中的应用	(81)
4.1	二进制数及其应用	(81)
4.1.1	二进制数算术运算	(81)
4.1.2	二进制数逻辑运算	(83)
4.1.3	二进制数编码	(86)
4.1.4	用二进制数表示模拟量	(86)
4.1.5	逻辑电路及电路符号	(87)
4.2	数字集成电路系列及其门单元	(91)
4.2.1	双极性类数字集成电路	(92)
4.2.2	MOS类数字集成电路	(94)
4.2.3	数字集成电路系列产品的性能比较	(95)
4.2.4	数字集成电路的混合应用	(101)
4.3	组合逻辑电路及其在家电中的应用	(102)
4.3.1	逻辑门及其应用	(102)
4.3.2	三态门及其应用	(106)
4.3.3	译码器及其应用	(110)
4.3.4	数据选择器及其应用	(113)
4.3.5	只读存储器及其应用	(114)
4.3.6	可编程阵列逻辑器件(PAL)及其应用	(117)
4.4	时序逻辑电路及其在家电中的应用	(120)
4.4.1	触发器与锁存器及其应用	(120)
4.4.2	计数器及其应用	(126)
4.4.3	移位寄存器及其应用	(131)
4.4.4	单稳态多谐振荡器及其应用	(133)
4.5	数字显示器件及其电路	(135)
4.5.1	数字显示驱动电路及其应用	(135)
4.5.2	液晶显示LCD及其应用	(136)
4.5.3	真空荧光显示VFD及其应用	(137)
4.6	多种数字集成电路综合应用实例	(139)
第五章	单片机系统及其在家电控制中的应用	(142)
5.1	单片机的基本概念和结构	(142)

5.1.1	单片机的数和码	(143)
5.1.2	单片机中几个常用术语	(144)
5.2	微处理器 (MPU)	(145)
5.2.1	算术逻辑运算单元 (ALU)	(145)
5.2.2	寄存器组	(146)
5.2.3	控制器	(146)
5.2.4	中断	(147)
5.2.5	单片机中的定时器/计数器	(147)
5.3	单片机系统中的半导体存储器	(148)
5.3.1	半导体存储器的分类	(148)
5.3.2	读写存储器 (RAM)	(148)
5.3.3	三种只读存储器 (ROM)	(149)
5.3.4	并行 E ² PROM 芯片	(150)
5.4	输入/输出接口	(154)
5.4.1	输入口	(155)
5.4.2	输出口	(155)
5.4.3	双向 I/O 口	(156)
5.5	键盘	(156)
5.5.1	键盘的工作原理	(156)
5.5.2	键功能码的产生	(157)
5.5.3	键功能的实现——控制子程序	(159)
5.6	字符显示器 CRT	(159)
5.6.1	扫描与同步	(160)
5.6.2	字符的显示	(161)
5.6.3	字符显示集成电路实例	(163)
5.7	数模 (D/A) 转换器及其应用	(166)
5.7.1	D/A 转换器的输出及性能指标	(166)
5.7.2	用脉宽调制器构成的 D/A 转换器	(167)
5.8	模数 (A/D) 转换器及其应用	(168)
5.8.1	A/D 转换器的主要性能指标	(168)
5.8.2	几种 A/D 转换器的基本特点	(169)
5.9	专用单片机及其系统组成	(170)
第六章	电子调谐器的控制原理及应用	(172)
6.1	电子调谐器的调谐控制与波段控制	(172)
6.1.1	变容二极管与电子调谐	(172)
6.1.2	两种调谐选台方式	(173)
6.1.3	电子调谐器的频段控制	(174)
6.2	自动频率控制系统	(174)
6.2.1	自动频率控制系统的组成及原理	(174)
6.2.2	自动搜索过程中的数字 AFC 系统	(175)
6.3	具有锁相环 (PLL) 的调谐控制系统及其应用	(177)
6.3.1	PLL 闭环控制的基本原理	(177)
6.3.2	PLL 频率合成器的单元电路	(179)

6.3.3 PLL 频率合成器 TSA5511/12 的参数及数据格式	(181)
第七章 彩色电视机遥控系统	(184)
7.1 彩色电视机的电压合成式遥控系统	(185)
7.2 红外遥控发送器	(185)
7.2.1 一般概念	(185)
7.2.2 脉冲位置调制式遥控发送器及其实例	(187)
7.2.3 脉冲相位调制式遥控发送器及其实例	(192)
7.3 红外遥控接收器	(197)
7.3.1 PIN 光电二极管	(197)
7.3.2 红外遥控接收器集成电路实例 (TA8141S)	(197)
7.4 电压合成式彩电遥控系统控制电路工作过程分析	(202)
7.4.1 单片机对电源的控制过程	(202)
7.4.2 单片机对自动搜索的控制过程	(203)
7.4.3 遥控操作的控制过程	(204)
7.4.4 其它功能控制过程	(207)
7.5 频率合成式彩电遥控系统	(208)
7.5.1 频率合成式彩电遥控系统实例	(208)
7.5.2 微控制器 PCF84C640	(208)
7.5.3 存储器存放的内容	(210)
7.5.4 CTV521S 自动搜索调谐的控制功能	(210)
7.5.5 频率合成式 CTV521S 与电压合成式 CTV320S 主要特点的比较	(211)
第八章 录像机、摄像机及摄录一体机的控制系统	(213)
8.1 概述	(213)
8.2 录像机的控制系统	(213)
8.2.1 控制系统的基本功能	(213)
8.2.2 系统控制电路的基本结构	(216)
8.2.3 系统控制电路的控制原理	(217)
8.3 录像机系统控制电路的实例 (日立 VT-747/757)	(221)
8.4 录像机中的传感器、接口电路和故障检测	(223)
8.5 录像机中的单片微计算机	(225)
8.5.1 单片微计算机的基本结构	(225)
8.5.2 单片微计算机的基本功能	(226)
8.5.3 录像机中单片微计算机的程序实例	(227)
8.5.4 单片微计算机的典型应用	(229)
8.6 录像机数字伺服系统的基本结构	(231)
8.7 摄像机和摄录一体机的自动控制系统	(233)
8.7.1 摄像机的白平衡自动控制电路	(233)
8.7.2 自动聚焦控制系统	(235)
8.7.3 摄像机控制中心	(242)
8.8 摄录一体机 NV-M7 的控制电路	(244)
8.8.1 系统控制电路	(244)
8.8.2 伺服系统	(248)
第九章 收录机及卡拉 OK 伴唱机的控制原理和电路	(254)

9.1	收录机数字控制系统的组成	(254)
9.2	微计算机在录音机中的应用	(255)
9.2.1	录音机的偏磁自动调整系统	(255)
9.2.2	录音机中单片微计算机控制的自动调整系统	(257)
9.2.3	录音机中单片微计算机的控制过程和程序	(263)
9.2.4	录音机的功能控制	(267)
9.2.5	收录机中单片微计算机的调谐控制	(268)
9.3	卡拉 OK 伴唱机及其控制	(273)
9.3.1	卡拉 OK 机	(273)
9.3.2	混响电路	(275)
9.3.3	消歌声电路	(277)
9.3.4	数字音阶控制电路	(278)

第一章 自动控制的基本知识

“控制”一词早见于我国新唐书。控制是驾驭或支配的意思。

在人的意识、人的大脑活动和肌体运动、人们的社会活动、以及机械运动或生产过程之中，都普遍有个控制问题。

在工业生产过程中，为保证安全、经济和产品质量，需要对生产设备的运行或工艺过程进行控制，以达到使被控制的物理量（即被控参数）保持不变或按照一定的要求变化。我们将被控制的设备或过程称为被控对象（如电机），被控对象的输出量称为被控参数（如电动机的转速）。由于被控参数在运行中总要经常受到不少因素的影响而偏离所要求的值，如电网波动、环境条件的变化、负载的变化、器件参数变化等，为了仍能维持设备的正常运行，现场操作人员需随时加以控制，这称为人工控制。假若采用机械或电气装置来代替人工控制，就称为自动控制。

在工业、农业、国防和科学技术现代化中，从家用电器到大型电厂设备，自动控制技术得到了广泛的应用和发展。在生产中，自动控制技术可以改善劳动条件，提高劳动生产率和产品质量、降低成本和加强管理。在家用电器中，采用自动控制技术，可以增加产品的功能，提高产品的档次和水平，使得人们操作轻松、简便、准确、省时。

随着大规模集成电路技术、计算机控制和通信技术的发展，促使自动控制技术也迅速发展。由于家用电器中使用了单片微型计算机（即单片机、微控制器、微电脑）而使其成为智能化产品。微电脑使产品降低功耗、提高性能价格比、扩大功能、轻巧耐用等方面起到决定性作用。

“系统”是自成体系的整体。具体地说，为完成一定任务的一些部件，按照一定要求组合而构成的一个有机整体称为系统。系统有大有小，具有一定功能的单元电路是小系统，如放大器和波段开关电路等；相对地看，彩色电视机遥控系统和录像机控制系统则包括许许多多单元电路，可称为是比较大的系统。按构成系统的主要元件的专业特点来看，又有机械系统、电气系统、机电系统等等。家电产品多属机电系统，其主要元件既有机电元件，也有电气元件。

能够对被控对象的工作状态进行自动控制的系统称为自动控制系统。系统本身与系统外部之间的联系，依靠输入信号和输出信号达到。自动控制系统都含有控制元件（或控制装置）和被控对象，都有输入信号和输出信号。

在同一系统或电路中，把输出端的信号能量的一部分反送到输入端，称为反馈。具有反馈结构的系统，在输入端将反馈信号与输入信号进行比较。经反馈使比较后的信号（即偏差信号）减弱的，称为负反馈。在自动控制系统中，只应用负反馈，所以把负反馈简称为反馈。

1.1 开环控制和闭环控制

自动控制系统有两种最基本的组成方式，即开环控制方式和闭环控制方式。

1.1.1 开环控制及其应用

开环控制是一种最简单最经济的控制方式。从控制系统的结构特点来看，没有反馈结构的控制即为开环控制。开环控制系统由控制器和被控对象组成，该系统的示意方框图如图 1-1 所示。

该系统中，没有输出信号的反馈作用，所以属于开环控制。

控制器就是控制元件或控制装置，控制元件有机械的和电气的，最简单的控制元件是开关或继电器触点。

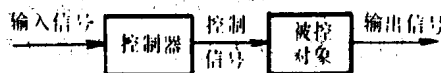


图 1-1 开环控制系统框图

被控制对象即被控对象，最常见的是电动机和加热元件。

系统的输出信号又称被控参数，如电动机的转速、加热元件的温度。

任何一个控制系统都要带动负载，输出信号就是接到负载的信号。

实际系统的负载往往会有变化，这样就会使被控参数也发生变化，严重的会使被控参数波动很大，从而使系统不能正常工作，甚至发生故障。电动机的负载变化，会导致转速不稳。

[例] 带定时开关的洗衣机的电动机控制

这种洗衣机，与控制有关的部件有电动机的开关（或定时开关）、波轮、带动波轮转动的电动机、洗涤桶等。开关就是控制器，定时开关只不过事先设定了开关的接通时间。开关接通期间，电网电压加到电动机上，电动机带动波轮转动。洗涤桶及其中的洗涤物和水是电动机的负载，也是控制系统的负载。

这一开环控制系统中，输入信号是电网电压，被控对象是电动机，被控参数是电动机的转速。当电网电压不变时，转速应不变。如果洗涤物的量发生变化，即电动机的负载发生变化，则会导致其转速偏离；电动机负载不变而电网电压变化时，也会使转速变化或发生偏离，这些影响来自系统的外部。此外，由于某种原因如温度和湿度变化，使系统元件参数发生变化，也会影响控制的准确度，元件参数变化属于系统内部的因素。我们将所有内、外部影响输入对输出控制准确度的因素，统称为扰动。控制准确度又称控制精度。

凡是对控制精度要求不高，或扰动因素影响很弱的控制，可以采用简单而经济的开环控制。

许多家用电器，利用电平高低之间的变化，来实现开关量的控制，即属于开环控制。如彩色电视机的波段选择、TV/AV 转换、定时关机、键盘控制，以及各种家用电器的定时控制等。

另外，利用脉冲宽度及脉冲频率的变化来实现的脉冲调宽控制也属于开环控制。如彩色电视机的多种模拟量控制（其中包括音量、色饱和度、对比度、色调等模拟量控制），电压合成式彩色电视机的调谐选台控制等。

1.1.2 闭环控制及其应用

一、 闭环控制系统的基本组成

具有反馈结构的控制称为闭环控制。所以，闭环控制系统又称反馈控制系统。闭环控制系统由控制器、被控对象和检测电路组成，其系统框图如图 1-2 所示。

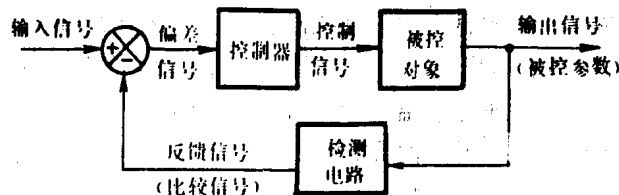


图 1-2 闭环控制系统框图

图 1-2 中，反馈信号由检测电路中测量元件对输出信号检测后取得。将反馈信号与输入信号在比较器（代表符号为 $\otimes$ ）中比较后，得到偏差信号，加到控制器上。当输入信号一定时，如果由于扰动使输出信号偏正，则因负反馈使偏差信号偏小，通过控制器的作用，使被控对象的输出信号的正偏离减小，经多次自动调节，将输出信号恢复到稳定状态。若输入信号已设定为恒定值，则输出信号的稳态值应等于或非常接近于输入信号。所以，该输入信号也称给定值或参考输入。输入对输出控制的准确度越高，则输出信号的稳态值越接近于给定值。闭环控制系统的主要优点是，输入对输出控制的准确度高（或称控制精度高）。因而，闭环控制系统适用于扰动较大而要求控制精度较高的工业生产过程或家用电器之中。

以电动机的转速控制为例。若要对其转速实现闭环控制，则应对转速不断地检测，经测量元件（如测速发电机或光码盘）检测后，输出反馈信号，送到输入端的比较器进行比较。

二、 闭环控制系统的几种类型及其应用

若要求被控参数保持为恒定值或按某一规律变化，则系统外部输入的信号应该相应地为恒定值或按某一规律变化。所以，输入信号又称给定信号，输入信号的数值大小又称给定值。

按照给定信号的特征，闭环控制系统可分为恒值控制系统和伺服系统。

1. 恒值控制系统 在生产控制中，有恒定速度、恒定压力、恒定流量和恒定温度等。在家电控制中，有恒定转速、恒定温度、恒定频率等。这种系统的特点是，输入信号保持为常量。如洗衣机采用电动机恒定转速，电冰箱采用恒定温度，彩色电视机采用恒定行频及图象中频等。

恒值控制系统的任务在于尽量抑制或排除扰动的影响，以一定的准确度将输出信号或被控参数保持在希望的数值上。例如彩色电视机中的自动频率控制（AFC）电路即为恒值控制系统。其一，在行扫描电路中，将行逆程脉冲（输出信号）取出一部分，经积分后与行同步信号在鉴相器中进行比较，经比较后控制行频为 15625Hz。其二，在电子调谐器本振级，使本振频率达到一定的准确度和稳定度，抑制本振级元件参数随温度变化而产生的本

振频率偏移。由于电视台发送的图象载频一定，而本振频率与图象载频之差即为图象中频，所以本振频率的偏差必然反映为图象中频的偏差。本振频率偏差或图象中频偏差通常用 Δf 表示。通过对图象中频的检测，在鉴频器中进行比较。若 $\Delta f=0$ ，表明频率偏差很小，已纠正或牵引本振频率达到一定的准确度；若 $\Delta f \neq 0$ 且不接近于很小值，表明频率有明显的偏差，则由鉴频器输出控制电压，加到本振级的压控元件变容二极管上，纠正本振频率趋向准确值。这两个 AFC 系统都是闭环恒值控制系统。

此外，电冰箱对被控参数温度的自动控制也是一个闭环控制系统。它通过调节温控器的凸轮半径大小，从而调节弹簧拉力来设定温度的给定值，继而控制压缩机的开停时间。当蒸发器的表面温度升高时，通过感温包中的感温剂测量温度产生压力使膜盒伸长，以克服压缩机开关动触点所接杠杆所受到的弹簧拉力，使动触点与静触点接通，从而使压缩机工作，以降低温度。其中设定的弹簧拉力体现了温度设定，膜盒伸缩的压力体现了实测温度的高低。当实测温度高于设定值时，两触点即接通，触点的开与关体现了控制器的作用。当温度由于压缩机的制冷作用而下降到一定值时，压力减小使膜盒收缩，从而使动触点打开，压缩机停止工作。系统中感温包是检测元件（传感器），触点组是控制元件，压缩机等是被控对象。

2. 伺服系统 数控机床的定位及加工轨迹控制、雷达天线的跟踪控制、火炮的瞄准、家用录像机视频磁头跟踪磁迹位置，这些位置控制系统属于伺服系统。伺服系统又称随动系统。

伺服系统的特点是，输入信号变化频繁，要求系统的输出信号以一定的准确度跟随系统的输入信号变化。要实现这些高准确度的位置或轨迹控制，必须采用反馈控制即闭环控制。

例如，录像机的伺服系统包括鼓电机和主导轴电机、控制和驱动这两种电机的控制器和驱动电路、取得反馈信号以便进行比较的电机转速和转动相位检测电路等。其中磁鼓和主导轴是被控对象，转速和相位是被控参数，鼓电机和主导轴电机是执行元件，负载是运行的磁带。

电机转动时，测速磁头产生与电机转速成比例的频率信号，简称为 FG 信号。FG 信号经放大整形后送到比较器中与基准（或参考）信号进行比较。比较器的输出是电机转速偏离基准值的大小，即偏差信号（以直流电压形式表示）。偏离基准值越大，比较器输出的偏差量也越大。偏差信号经滤波放大作为驱动电路的控制信号，通过驱动电路去调整电机的转速，使电机转速向基准值靠近，从而达到稳定电机转速的要求。一旦因负载、电源等外部扰动因素引起电机转速变化时，伺服电路能自动纠正转速偏差。系统的转速基准信号频率由稳定度很高的晶体振荡器的晶振频率经分频后取得。

鼓电机不仅要求转速准确，还要求相位准确。所检测到的视频磁头的安装位置（角度）信号，就是实际相位信号（称 PG）。在比较器中将 PG 信号与相位基准信号进行比较，就产生出鼓电机转动的相位偏差信号。将相位偏差信号转换成直流电压，经滤波放大后，送到驱动电路去调整鼓电机的转动相位，使电机旋转时的相位角（即视频磁头所在位置）与基准信号同步，这就是相位的闭环控制。

1.2 模拟控制系统与数字控制系统

按照控制系统各部分的信号特点，可分为模拟控制系统和数字控制系统。

如果控制系统中所有的信号都是模拟量，即连续数据，则这一系统称为模拟控制系统或连续数据控制系统。如早期生产设备所采用的电机控制系统。

如果控制系统中的一部分（如控制器）所处理的信号是以数码形式表示的数字量，则这一系统称为数字控制系统。又由于数字控制系统的控制器多由计算机来实现，所以数字控制系统也称计算机控制系统。由于集成电路技术和计算机控制技术的迅猛发展，数字控制系统正在进入取代大多数模拟控制系统的时期。数字控制系统可以实现模拟控制系统不能实现的控制规律和控制功能。

模拟控制系统与数字控制系统都可以进行开环控制和闭环控制。特别是数字控制系统，由于以微型计算机为核心实现的控制，可以根据功能要求，对多个被控参数实现闭环控制；也可以根据功能要求，对系统中的各个被控制部分分别进行闭环和开环控制，这样就构成了多种控制功能的、既有开环部分又有闭环部分的控制系统。例如，彩色电视机的波段控制和调谐选台控制，可以全部采用开环控制，也可以分别采用开环与闭环控制。行扫描电路、电子调谐器本振电路和自动频率控制采用闭环控制，其余控制功能多采用开环控制。又如，录像机的伺服系统普遍采用数字闭环控制系统，其它控制功能则采用开环控制系统。

1.2.1 模拟控制系统

模拟控制系统的开环及闭环形式分别如图 1-1 及图 1-2 所示。

由于开环形式没有反馈结构，比较简单，不再赘述。

闭环形式中的核心是控制器。我们将控制器的控制信号与偏差信号的关系称控制规律。模拟控制系统闭环形式的控制器采用的最简单的控制规律是比例（P）控制规律，它表明控制信号与偏差信号成比例关系，此规律可由运算放大器及一些电阻元件来实现。

1.2.2 数字控制系统

现着重介绍数字控制系统闭环形式，以了解该系统的全貌。若把图 1-2 中的控制器由数字计算机来取代，即可构成计算机闭环控制系统，如图 1-3 所示。

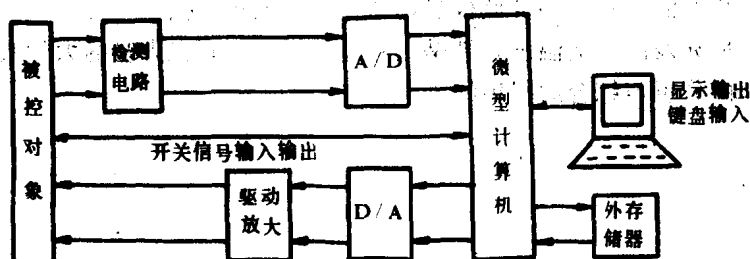


图 1-3 计算机闭环控制系统

家用电器用单片微型计算机（或叫微电脑）作控制器（该单片机又称微控制器），应用微机的指令系统，根据特定的控制规律编出控制程序，通过程序的运行，运用微型计算机

的运算、逻辑判断和记忆等信息处理功能，就能实现控制功能。

在计算机控制系统中，计算机要求输入和输出信号都是数字量。当被控对象（包括执行元件）的输入输出信号均为模拟量时，必须在输入前，有模拟量转换为数字量的模数转换器 A/D，将 A/D 输出的数字信号送到计算机，应用计算机本身的运算功能，使数字反馈信号与数字给定信号在计算机中进行比较（运算）而得出数字偏差信号。再根据偏差信号按控制规律求出数字控制信号。由于对被控对象需要进行模拟量控制，所以还必须将数字控制信号经过数模转换器 D/A，转换成模拟控制信号。

在计算机闭环控制系统中去掉检测电路及 A/D，相当于将闭环系统中的反馈结构去掉，这就形成计算机开环控制系统。例如，彩色电视机中的微控制器，其内部 D/A 输出的 PWM 信号（脉冲宽度调制信号）经滤波放大后，输出模拟量调谐电压。控制其内的压控振荡器的振荡频率，由于没有表征反馈结构的检测电路，所以这种控制形式是开环控制。此种形式应用于电压合成式彩色电视机中。采用这一类开环控制，还可实现音量、色饱和度、对比度、亮度等多种模拟量控制。如果被控对象需要用开关信号进行控制，如定时、开关、顺序控制等，这一类开环控制只需通过电平高低（1，0）变化，直接以数字量或开关量即可进行控制，而不必通过 D/A。

操作键盘可以向计算机输入指令，通过显示器件，如显象管、LCD、LED 等，可以显示工作状态、时间、节目号、模拟信号强弱等多种信息。

计算机控制技术的发展促进了控制规律的发展，如自适应控制、变结构控制、模糊控制等等比较复杂的控制规律。其中模糊控制规律已首先在日本的家用电器中开始应用，如全自动洗衣机、空调器等。日本还为实现模糊控制生产出一种专用集成电路芯片，如立石（OMRON）的 FP-3000 等，它是内含微处理器（CPU）的一种数字模糊控制器。模糊控制器特别适用于被控对象的输出与输入间的关系难以精确或严密地用数学描述的情况，而一般的被控对象是可以做到的，如电机等。

模糊控制使用推论代替思考，用计算机作推理工具来取得最佳控制效果。模糊控制规律首先把日常经验、研究人员的大量实验和专业知识等作为综合考虑的依据，以如果……，则……的形式作出模糊控制规律。现举一简单例子加以说明：

规律一：如果室温比舒适温度高很多，则将调整钮转向“强冷”挡

规律二：如果室温比舒适温度稍高些，则转向“弱冷”挡

规律三：如果室温比舒适温度稍低些，则转向“弱热”挡

规律四：如果室温比舒适温度低很多，则转向“强热”挡

四条规律中所涉及的舒适温度，则是人的日常经验、研究人员的大量实验和有关专业知识，经过科学的分析与综合后得出的。

第二章 家用电器中的电动机

2.1 直流电动机

2.1.1 直流电动机的工作原理及特性

直流电动机的工作原理是以毕-萨电磁力定律为基础的。该定律告诉我们，载流导体在磁场中会受到力的作用。当磁力线与载流导体相互垂直时，作用在导体上的电磁力为

$$f = Bli \quad (2-1)$$

式中 B ——磁场的磁感应强度 (Wb/m^2)

l ——导体的有效长度 (m)

i ——导体中的电流 (A)

电磁力 f 的单位为 N，其方向则由左手定则决定，即将左手伸开，大拇指与其它四指垂直，并让磁力线指向手掌（手掌对准 N 极），四个手指指向导体中电流的方向，则大拇指所指方向即为导体所受电磁力的方向，如图 2-1 所示。

一台直流电动机的基本物理模型如图 2-2 所示。图中 N (北极) 和 S (南极) 为一对固定不动的磁极，用以产生所需要的主磁场。该二磁极之间有一个可以转动的铁磁质圆柱体，称为电枢铁芯，其表面上装有线圈 abcd (实际的电动机有多个这样的线圈，称为电枢绕组)，线圈的首、末端分别与两个弧形的铜片（称为换向片，实际的电动机由多个换向片构成换向器）相联接，换向片与线圈、铁芯及转轴是一起旋转的，这个旋转的整体称为电枢。为了使旋转的电枢与外部电源接通，设置了电刷 A 和 B。电刷在空间是不动的，并以一定的压力与换向器相接触，二者之间有相对滑动。

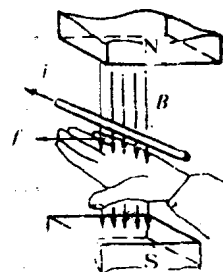


图 2-1 左手定则

当电枢接通直流电源，并处于图 2-2 (a) 的位置时，线圈边 ab 的电流方向由 a 到 b，根据左手定则，它在磁场中所受的电磁力向左。线圈边 cd 的电流方向由 c 到 d，在磁场中受到的电磁力向右。于是，这两个力便形成一个力矩，通常称为电磁转矩，使电枢沿逆时针方向旋转。

当电枢在空间转过 180° 之后，如图 2-2 (b) 所示。此时，线圈边 ab 到达 S 极下面，而其电流方向变为由 b 到 a，所受电磁力方向向右；线圈边 cd 到达 N 极下面，其电流方向变为由 d 到 c，所受电磁力方向向左。可见，该二电磁力所产生的转矩仍与前相同，从而使电枢继续沿逆时针方向旋转。

由上不难看出,换向器和电刷是直流电动机运行的关键部件。其作用是,使电枢导体从一个磁极到达另一个磁极时,导体中的电流方向随之改变,从而保证了N极下电枢导体的电流方向总是由电刷A流入,而S极下电枢导体的电流总是由B电刷流出。也就是说,使某个磁极下电枢导体的电流始终是一个方向,因此其电磁力方向不变,电枢所受到的电磁转矩方向也不变,从而使电动机得以按某个方向连续运转。这也就是直流电动机的工作原理。

实际的直流电动机,其电枢绕组由许多线圈所构成,因而能够产生较前述模型电机大而平稳的电磁转矩。

直流电动机的磁极用电磁方式形成时,按其励磁线圈的联接方式不同,可分为他励电动机、并励电动机、串励电动机、复励电动机,其原理接线图示于图2-3。当直流电动机的磁极用永久磁铁制成时,称为永磁电动机,其运行性能与他励、并励电动机相似。

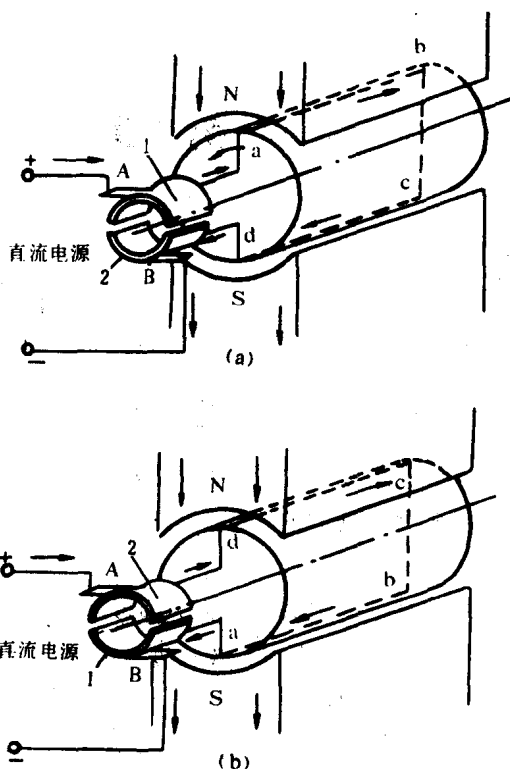
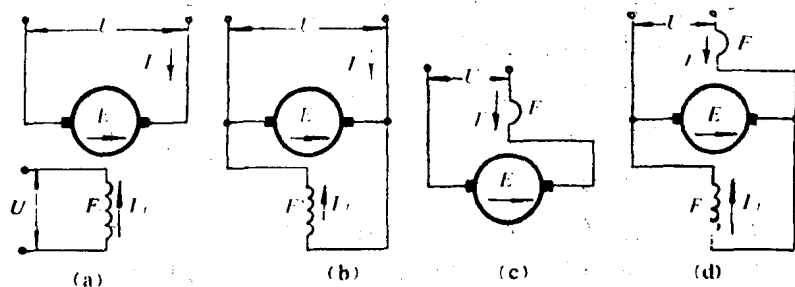


图 2-2 直流电动机的基本物理模型



(a) 他励; (b) 并励; (c) 串励; (d) 复励

图 2-3 直流电动机的励磁方式

由前述电磁力的公式 $f = Bli$ 已知,直流电动机的电磁转矩与电枢电流以及磁极下的气隙磁感应强度有关。当电机的尺寸一定时,磁感应强度 B 正比于磁极主磁通 Φ ,因而直流电动机的电磁转矩可表示为

$$M = C_M \Phi I_a \quad (2-2)$$

式中 C_M ——仅与电机结构有关的常数,称为转矩常数

Φ ——电机的每极磁通 (Wb/m^2)

I_a ——电枢电流 (A)

M ——电磁转矩 ($\text{N} \cdot \text{m}$)

当电磁转矩使电枢旋转起来之后,由于电枢导体切割磁极下的气隙磁通,在导体中又会产生感应电势。根据电磁感应定律,一根导体中的感应电势为