

光机电一体化丛书

现代控制 与驱动技术

谢少荣 蒋蓁 罗均 林中华 编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

光机电一体化丛书

现代控制与驱动技术

谢少荣 蒋蓁 罗均 林中华 编著



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

现代控制与驱动技术/谢少荣等编著. —北京: 化学工业出版社, 2005. 2

(光机电一体化丛书)

ISBN 7-5025-6534-5

I. 现… II. 谢… III. 光电技术-机电一体化-控制器 IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 143500 号

光机电一体化丛书

现代控制与驱动技术

谢少荣 蒋蓁 罗均 林中华 编著

责任编辑: 任文斗

文字编辑: 廉 静

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 于剑凝

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 12¼ 字数 304 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6534-5/TH·285

定 价: 27.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《光机电一体化丛书》编辑委员会

主 任 林 宋

副主任 王生则 赵丁选 罗 均

委 员 (排名不分先后)

林 宋 王生则 赵丁选 罗 均 胥信平 黎 放

胡于进 何 勇 谢少荣 高国富 崔桂芝 殷际英

方建军 郭瑜茹 徐盛林 文秀兰 周洪江 刘杰生

蒋 蓁 王 琦 杨野平 王东军 尚国清 叶天朝

戴 荣 刘 勇 裴晓黎

内 容 提 要

本书围绕光机电一体化产品组成要素中紧密相连的控制信息处理器和驱动器两大核心,从新颖、实用的角度出发,详细介绍了当前广泛应用的 SOC 的 Cygnal C8051F02x 系列 8 位单片机、TI 公司的 TMS320LF240x 系列 DSP、满足小规模控制要求的 S7-200 系列小型 PLC、常规驱动元件及其控制和 SMA、磁致伸缩驱动器、超声波马达等特殊驱动器。

本书可供工业自动化,如嵌入式控制系统、自动控制、过程控制、仪器仪表等领域的工程技术人员使用,也可作为高等学校机电一体化、机械电子、自动控制、计算机应用等相关专业学生的教材和参考书。

序

光机电一体化是激光技术、微电子技术、计算机技术、信息技术与机械技术的相互交叉与融合,是诸多高新技术产业和高新技术装备的基础。它包括产品和技术两方面:光机电一体化产品是集光学、机械、微电子、自动控制和通信技术于一体的高科技产品,具有很高的功能和附加值;光机电一体化技术是指其技术原理和使光机电一体化产品得以实现、使用 and 发展的技术。

目前,国际上产业结构的调整使得各个行业不断融合和协调发展。作为光学、机械与电子相结合的复合产业,光机电一体化以其特有的技术带动性、融合性和普适性,受到了国内外科技界、企业界和政府部门的特别关注,在提升传统产业的过程中,它以其高度的创新性、渗透性和增值性,成为未来制造业的支柱,被誉为 21 世纪最具魅力的朝阳产业。我国已经将发展光机电一体化技术列为重点高科技发展项目。

随着光机电一体化技术的不断发展,各个行业的技术人员对其兴趣和需求也与日俱增。光机电一体化丛书第 1 批(共 9 册)的出版,受到了广大读者的欢迎。为满足读者的进一步需求,我们联合北方工业大学、上海交通大学、东华大学、华中科技大学、海军工程大学、北京机械工程学院、中国船舶,工业集团船舶系统工程部、上海大学、吉林大学、江汉大学、河南理工大学等学校的教师编写光机电一体化丛书第 2 批(共 21 册),拟在 2005 年初开始陆续出版发行,主要内容为光机电一体化技术在测试传感、驱动控制、激光加工、精密加工、机器人等方面的应用,以满足科研单位、企业和高等院校的科研及生产和教学的需求,为有关工程技术人员在开发光机电一体化产品时,提供有价值的参考素材。

丛书的基本特点是:①内容新颖,力求及时地反映光机电一体化技术在国内外的最新进展和作者的有关研究成果;②系统全面,丛书分门别类地归纳总结了光机电一体化技术的基本理论和在国民经济各个领域的应用实例,重点介绍了光机电一体化技术的工程应用方法和实现方法;③深入浅出,每本书重点突出,注重理论联系实际,既有一定的理论深度,又具有很强的实用性,力求满足不同层次读者的需求,适合工程技术人员阅读和高校机械类专业教学的需要。

由于本丛书涉及内容广泛,相关技术发展迅速,加之作者水平有限,时间紧促,书中错误和不妥之处在所难免,恳请专家、学者和读者不吝赐教。

《光机电一体化丛书》编辑委员会

2004 年 10 月于北京

前 言

控制信息处理器和驱动器是光机电一体化产品组成要素中紧密相连的两大核心部分。随着微电子技术、材料技术、半导体工艺技术、数字信息处理技术等相关技术及系统设计水平的提高,单片机、DSP、PLC 等控制信息处理器发展很快,体积和重量越来越小、性价比越来越高的新产品不断涌现;新型驱动器的研究开发也取得了巨大成果,不仅提高了常规驱动元件的性能,而且还开发出了许多新型、特殊型驱动器。本书从新颖、实用的角度出发,介绍了新型 8 位单片机,适合于实时控制的 DSP,可以近乎完美地满足小规模控制要求而深受国内用户欢迎的 S7-200 系列小型 PLC,以及与之密切相关的常规型、特殊型驱动器,为了了解和掌握光机电一体化控制与驱动技术的人才提供合适的参考书和教材。

全书共分 6 章,第 1 章概述了现代控制信息处理器和驱动器的发展情况;第 2 章介绍了目前功能最强大的 8 位单片机之一——Cygnal 公司的 C8051F02x 系列单片机;第 3 章介绍了全球最大的 DSP 供应商 TI 公司的 TMS320LF240x 系列 DSP;第 4 章介绍了西门子公司 S7-200 系列小型 PLC;第 5 章介绍了常规驱动器及其控制;第 6 章介绍了 SMA、磁致伸缩驱动器、超声波马达等特殊型驱动器。

本书第 1 章、第 2 章、第 6 章由谢少荣博士编写;第 3 章由蒋蓁教授编写;第 4 章由罗均博士编写;第 5 章由林中华硕士编写,全书由谢少荣博士统稿。博士生高同耀,硕士生石剑锋、王东红、周焱、胡崑峰、傅湘国、许威等为本书做了大量的协助工作。

本书的编写得到了国家 863 计划、国家自然科学基金、中国航天支撑技术基金、上海市科委国际合作项目、上海市教委青年基金和上海市科技启明星计划的支持。同时,在本书的编写过程中,参阅和引用了许多国内外同行们的学术论文和著作,编者在此表示深深的感谢。

由于编者水平有限,加上时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正(srxie@263.net)。

编 者

2004 年 11 月于上海

目 录

第 1 章 现代控制与驱动技术的发展	1
1.1 光机电一体化相关技术	1
1.2 现代控制信息处理器的发展	2
1.2.1 单片机的发展	2
1.2.2 DSP 的发展	3
1.2.3 PLC 的发展	5
1.3 现代驱动器的发展	5
第 2 章 Cygnal C8051F02x 系列单片机	7
2.1 Cygnal C8051F02x 系列单片机引脚功能及特点	7
2.2 C8051F02x 系列单片机的内核	13
2.2.1 CIP-51 TM CPU	13
2.2.2 片内存储器	13
2.3 C8051F02x 系列单片机的中断系统	15
2.3.1 MCU 中断源和中断向量	16
2.3.2 外部中断	16
2.3.3 中断优先权	16
2.3.4 中断响应时间	17
2.3.5 中断寄存器说明	17
2.4 C8051F02x 系列单片机的定时器/计数器	23
2.4.1 定时器 2	24
2.4.2 定时器 3	27
2.4.3 定时器 4	28
2.5 C8051F02x 系列单片机的可编程输入/输出端口和交叉开关	30
2.5.1 交叉开关	31
2.5.2 配置端口引脚的输出方式	34
2.5.3 配置端口引脚为数字输入	34
2.5.4 弱上拉	34
2.5.5 配置端口 1 的引脚为模拟输入	34
2.5.6 外部存储器接口引脚分配	35
2.5.7 交叉开关引脚分配示例	35
2.6 C8051F02x 系列单片机的 PCA 阵列	36
2.6.1 PCA 定时器/计数器	36
2.6.2 捕捉/比较模块	38

2.7 C8051F02x 系列单片机的 UART 串行接口	41
2.7.1 UART0	41
2.7.2 UART1	44
2.8 C8051F02x 系列单片机的 A/D 转换器	46
2.8.1 ADC0 组成及其相应的特殊功能寄存器	46
2.8.2 ADC0 的工作方式	50
2.8.3 ADC0 的可编程窗口检测器	50
第 3 章 TMS320LF240x DSP 控制器	52
3.1 TMS320LF240x DSP 概述	52
3.1.1 TMS320LF240x DSP 的特点	52
3.1.2 TMS320LF240x DSP 的引脚功能	52
3.1.3 TMS320LF240x DSP 的总体结构	52
3.2 TMS320LF240x DSP 内部资源	59
3.2.1 CPU 内部功能模块	59
3.2.2 存储器结构及 I/O 空间	60
3.2.3 系统配置	63
3.2.4 中断系统	64
3.3 TMS320LF240x DSP 寻址方式和指令系统	73
3.3.1 寻址方式	73
3.3.2 程序控制	75
3.3.3 指令集	77
3.4 TMS320LF240x DSP 数字 I/O 模块	77
3.4.1 数字 I/O 端口概述	77
3.4.2 I/O 端口应用	78
3.5 TMS320LF240x DSP 事件管理器 EV 及 PWM	80
3.5.1 事件管理器模块概述	80
3.5.2 事件管理器模块结构	80
3.5.3 定时器	82
3.5.4 PWM 波形生成方法	82
第 4 章 SIMATIC S7-200 系列 PLC	83
4.1 PLC 概述	83
4.1.1 PLC 特点	83
4.1.2 PLC 分类	84
4.1.3 PLC 应用领域	85
4.1.4 PLC 发展趋势	86
4.2 PLC 基本组成与工作原理	87
4.2.1 PLC 的基本组成	87
4.2.2 PLC 的工作原理	87
4.2.3 PLC 的编程语言	89
4.3 SIMATIC S7-200 系列 PLC 性能简介	91

4.3.1	S7-200 CPU	91
4.3.2	扩展模块	92
4.3.3	电源计算	95
4.3.4	最大 I/O 配置	95
4.3.5	数据保持	97
4.3.6	S7-200 编程软件 STEP7-Micro/WIN32	97
4.4	S7-200 系列 PLC 数据存取方式及基本指令	98
4.4.1	S7-200 系列 PLC 的存储器数据类型与寻址方式	98
4.4.2	S7-200 系列 PLC 的位逻辑指令	103
4.4.3	S7-200 系列 PLC 的传送指令与比较指令	107
4.4.4	S7-200 系列 PLC 的定时器与计数器指令	109
4.5	S7-200 系列 PLC 的功能指令	113
4.5.1	PLC 的程序结构和程序控制指令	113
4.5.2	中断程序与中断指令	116
4.5.3	高速计数器	120
4.5.4	高速脉冲输出	124
4.6	在模拟量闭环控制中的应用	130
4.6.1	PID 功能指令	130
4.6.2	回路数据的转换和标准化	130
4.6.3	PID 指令编程举例	131
4.7	S7-200 系列 PLC 的自由口通信	132
4.7.1	自由模式设置	132
4.7.2	发送指令 XMT 及其编程举例	132
4.7.3	接收指令 RCV 及其编程举例	135
第 5 章	常规驱动器及其控制	139
5.1	步进电机及其控制	139
5.1.1	步进电机的基本结构与工作原理	139
5.1.2	步进电机的基本特性	142
5.1.3	步进电机的驱动	143
5.1.4	步进电机的控制	147
5.1.5	步进电机的选择	148
5.2	直流电机及其控制	149
5.2.1	直流电机工作原理	149
5.2.2	直流电机按励磁方式分类	149
5.2.3	直流电机的机械特性和工作特性	150
5.2.4	直流电机的启动特性	155
5.2.5	直流电机调速	155
5.2.6	直流电机的制动特性	158
5.2.7	直流电机换向	159
5.3	交流电机及其控制	160

5.3.1 三相异步电机的机械特性及调速方式	160
5.3.2 变极调速	161
5.3.3 调压调速	163
5.3.4 变频调速	164
5.4 液压、气动阀及其控制	165
5.4.1 液压阀的分类	165
5.4.2 方向控制阀	166
5.4.3 压力控制阀	168
5.4.4 流量控制阀	171
5.4.5 比例阀	172
5.4.6 液压基本控制回路	172
第6章 特殊型驱动器	175
6.1 形状记忆合金驱动器	175
6.1.1 SMA 材料特性	175
6.1.2 SMA 动作特性	176
6.1.3 SMA 元件设计方法	177
6.1.4 SMA 驱动方式	178
6.1.5 SMA 驱动器控制方法	179
6.2 磁致伸缩驱动器	179
6.2.1 磁致伸缩现象	179
6.2.2 磁致伸缩材料的发展	179
6.2.3 磁致伸缩驱动器设计	180
6.3 超声波驱动器	181
6.3.1 超声波马达的发展	181
6.3.2 超声波马达的驱动原理	183
6.3.3 超声波马达的构成材料	184
6.3.4 超声波马达的特点	186
6.3.5 超声波马达的应用	187
6.4 其他特殊型驱动器	188
参考文献	189

第 1 章 现代控制与驱动技术的发展

1.1 光机电一体化相关技术

迄今为止，人们还没有给出光机电一体化的精确定义。一般认为，光机电一体化是由光学、机械学、微电子学、信息处理与控制、软件等各种相关技术交叉融合而构成的群体技术。各种新技术的相互渗透和有机融合是光机电一体化技术的灵魂。因此，一个较完善的光机电一体化系统，应包括以下几个基本要素：机械本体、动力系统、检测传感系统、执行部件、信息处理及控制系统，各要素和环节之间通过接口联系。

(1) 机械本体

是光机电一体化系统的基础。用于支撑和连接其他要素，并把这些要素合理地结合起来，形成有机的整体。

(2) 动力系统

按照系统控制要求，为机电一体化产品提供能量和动力功能，去驱动执行机构工作，以完成预定的主功能。动力系统包括电、液、气等多种动力源。

(3) 传感与检测系统

在系统运行过程中将自身和外界环境的各种参数及状态转换成可以测定的物理量，同时利用检测系统的功能对这些物理量进行测定，为系统提供运行控制所需的各种信息。传感与检测系统的功能一般由传感器或仪表来实现，对其要求是体积小、便于安装与连接、检测精度高、抗干扰等。

(4) 信息处理及控制系统

信息处理及控制系统接收传感与检测系统反馈的信息，并对其进行相应的处理、运算和决策，实现要求的控制功能。光机电一体化产品中，信息处理及控制系统主要是由计算机的软件和硬件以及相应的接口所组成。硬件一般包括输入/输出设备、显示器、可编程控制器和数控装置等。光机电一体化产品要求信息处理速度高，A/D 和 D/A 转换及分时处理时的输入/输出可靠，抗干扰能力强。

(5) 执行部件

在控制信息的作用下完成要求的动作，实现光机电一体化产品的主功能。执行部件一般是运动部件，常采用机械、电液、气动等机构。执行机构是实现产品目的功能的直接执行者，其性能好坏决定着整个产品的性能，因而是光机电一体化产品中重要的组成部分。

上述 5 个组成部分在工作时相互协调，共同完成所规定的目的功能。

综上所述，发展光机电一体化技术所面临的关键技术包括：传感检测技术、信息处理技术、伺服驱动技术、自动控制技术、精密机械技术等。

其中，信息处理技术是否能及时、准确地处理工作过程中各种参数和状态以及自动控制有关的信息输入、识别、变换、运算、存储、输出和决策分析等，直接影响到系统工作的质量和效率。在光机电一体化产品中，实现信息处理技术的主要装置是控制信息处理器（即控

制计算机), 它控制和指挥整个产品的运行, 是光机电一体化产品的核心。

驱动器主要是指执行元件和驱动装置, 驱动器一方面通过接口电路与控制单元相连, 接受控制系统的指令; 另一方面, 通过机械接口与机械传动和执行机构相连, 以实现规定的动作。因而驱动器直接影响着光机电一体化产品的功能执行和操作, 对产品的动态性能、稳定性、操作精度和控制质量等产生决定性的影响。

因此, 控制信息处理器和驱动器是光机电一体化产品组成要素中紧密相连的两大核心部分。

1.2 现代控制信息处理器的发展

1.2.1 单片机的发展

单片机是把微型计算机主要部分都集中在一个芯片上的单芯片微型计算机, 由于其结构与指令功能都是按照工业控制要求设计的, 故又叫单片微控制器。单片机以其超小型化、高可靠性和高性价比的特点, 广泛应用于各种领域。

单片机的种类非常之多, 4 位、8 位、16 位、32 位单片机不断涌现, 但有资料表明 8 位机仍是主流机种。8 位单片机已经经历了以下几个发展阶段。

第一代的 8 位单片机以 MCS-48 为典型代表, 将 CPU 及其外围计算机功能单元、I/O 口、定时/计数器、程序存储器、数据存储器、中断系统集成在单元芯片中。

第二代 8 位单片机以 MCS-51 为代表, 在 SFS 管理下的模块化结构、标准的外部并行总线结构和为构成多机与网络系统的 UART 串行接口为其重要的技术特征。

第三代单片机大力发展控制功能, 提高系统运行的可靠性, 逐步将测控系统要求的外部接口电路纳入片内。其中的一些目标首先在 MCS-98 中得以实现。第三代 8 位机的主要特征是: 综合功能提高, 指令、总线兼容下的不同外围功能的单片机不断涌现, 其中最为典型的应属 80C51 系列。

目前, 高性能的单片机新产品不断推出, 其主要特征是采用了 SOC (System On Chip) 技术, 集成了嵌入式系统的许多先进技术。SOC 是一种高度集成化、固件化的系统集成技术, 其核心思想是要把整个应用电子系统全部集成在一个芯片中。例如, ADI 公司推出的 AD μ C8xx 系列、Cygnal 公司的 C8051Fxxx 系列、Triscend 公司的可配置系统芯片 CSOC 的 E5 系列等。

新型 8 位单片机中的高速 I/O 口圆满解决了外部快速状态测控的要求, 这些高速 I/O 口在极短的瞬间探测外部状态变化, 也可瞬间触发外部事件, 从而改善了计算机对外部时间的测控能力。由于单片机设置了脉宽调制信号输出, 满足了脉宽调制控制方式的需要, 同时通过滤波环节可将脉宽调制信号变成 D/A 转换器使用, 从而使单片机控制接口通道更加灵活。由于新型 8 位单片机增加了监视定时器, 在程序运行失常时使系统可靠性复位, 从而解决了一些大中型机电系统成为控制对象时对运行可靠性的迫切要求。多机系统、网络系统是单片机应用的更高层次的追求, 新型单片机设置了异步串行通信接口, 而多机通信功能就是为用户构成各种简易规约的分布式监控系统带来极大的方便和灵活性。

随着半导体工艺技术的发展及系统设计水平的提高, 单片机正在不断产生新的变化和进步, 其发展表现出以下几大趋势。

① 所集成的部件越来越多, 单片机在内部已集成了越来越多的部件, 这些部件包括一般常用的电路, 例如: 定时器、比较器、A/D 转换器、D/A 转换器、串行通信接口、

Watchdog 电路等。

② 功耗越来越低。现在新的单片机功耗越来越小，特别是很多单片机都设置了多种工作方式，这些工作方式包括等待、暂停、睡眠、空闲、节电等工作方式。零功耗系统正是当前设计的追求目标。

③ 与模拟电路结合越来越多。单片机正被广泛的嵌入到各种应用系统中。单片机的另外一个名称就是嵌入式微控制器，原因在于它可以嵌入到任何微型或小型仪器或设备中。

④ 可靠性越来越高。在单片机应用中，可靠性是首要的因素，单片机自身的可靠性技术正在不断发展。

⑤ 应用水平越来越高，和互联网的连接已是一种明显的走向。现在的新型单片机已经集成 IP 技术与蓝牙技术，对网络的连接支持功能越来越强。

1.2.2 DSP 的发展

DSP (Digital Signal Processing, 数字信号处理器)，是一种特别适合于进行数字信号处理运算的微处理器。但它不同于一般的微处理器，是微电子学专家、信号处理专家和计算机专家共同合作的结晶。DSP 具有极其高速的数字处理能力和很大的运算量。因此，能满足高效实时信号处理的要求。这种新器件有如下特点。

① 采用哈佛 (HARVARD) 结构，高度并行运算大大提高运算速度。改进型 HARVARD 结构的程序存储器与数字存储器位于两个独立的空间，在一个周期内可以同时准备好指令与操作数。这种高度并行运算，内部操作采用时间上重叠的流水线结构，大大提高了运算速度。片外扩展总线增加了 DSP 的通用性和灵活性。

② 芯片内配置了一个或多个硬件乘法器和累加器，能实现单指令乘、加运算和变址运算。DSP 内部专门设置了乘法累加结构，在硬件上实现了乘法与累加器的并行工作，能在一个指令周期内完成乘法并将乘积求和运算，以满足数字滤波卷积运算以及超越函数、幂级数展开等，相乘后求和的运算需要。片内专门设置了专用变址器，便于实现变址运算。

③ 芯片内专门设置了功能很强的专用指令，可以实现指令的重叠运行。DSP 中每条指令的运行过程都可以分为获取、解码、读、执行几个阶段，每个阶段独立操作，指令可以重叠。DSP 还在硬件上采用了数组处理技术，可以在寄存器、运算单元中处理变量的同时，使用指针访问数据存储器。而并行工作构成了功能很强的复合指令，它相当于通用 CPU 多条指令。

④ 芯片内设置了多种功能很强的外围器件和接口，使其运算速度比 PC 机要快很多倍。现今的 DSP 在其结构上一般配备了可编程定时高速串行接口、多处理器连接接口等。因此，用它来处理数字信号，特别是线性变换（快速傅里叶变换、希尔伯特变换、余弦变换等）、数字滤波（有限冲激响应滤波和无限冲激响应滤波等）、卷积运算等，其速度大大提高。在芯片内设置了专门的硬件数据指针的逆序寻址功能。因频谱分析的理论基础是快速傅里叶变换 (FFT)，从而大大加快了频谱分析处理过程。

⑤ DSP 增加了硬件循环控制，当完成循环初始化后，实际运行中循环不再消耗指令周期，大大提高了数字信号处理的运算速度。

⑥ 超长指令字 (VLIW) 结构，使设计简单化，不需要动态码再排序的硬件支持。VLIW 是指令级的并行机制，它在一个长指令中，安排了若干个操作，在多个功能单元中同时被执行。VLIW 结构将复杂性从硬件移到了编译器，它的处理器依赖于指令编译的快慢。

其特点是在单个周期内，将含有多项运算操作的指令划分为多个操作，这些操作的发出与执行都采用并行方式，以提高每次执行的操作总数。

⑦ DSP 成本低，销售价格逐年降低。

DSP 技术的发展经历了三个阶段。20 世纪 70 年代，是数字信息处理技术的理论研究阶段，具有代表性的著作是美国两位著名教授 A. V. Oppenheim 和 R. V. Schaffer 写的“Digital Signal Processing”（1975）。数字信号处理技术的出现，成为分析实际现象的有力工具，当时的 DSP 系统由分离元件组成。进入 80 年代，数字信号处理技术应用范围不断扩大，要求提高信息处理速度，进一步降低成本，推动了 DSP 技术的发展。这时的 DSP 已是一种专用的微处理器，能够快速输入和输出信息数据，快速处理以运算为主的信息。1982 年，美国 TI 公司研制出了第一代低成本高性能的 DSP。使 DSP 技术开始在工业领域中得到应用和普及。

进入 20 世纪 90 年代，DSP 技术有了惊人的发展，体现在 DSP 芯片的性能和指标不断提高。以 DSP 作为主要元件，再加上外围电路和特定功能单元的综合合成的单一芯片，加速了 DSP 的发展，运算速度和集成度得到进一步提高。DSP 芯片建立在数字信号处理的各種理论和算法的基础上，专门完成各种实时数字信息处理运算。DSP 系统所选用的运算是各种经过时间考验的通用算法的组合和改进。当前的 DSP 多数基于 RISC 结构，并已经进入到 VLSI 阶段。TI 公司的 TMS320C80 代表了 DSP 的新一代芯片集成技术，它将 4 个 32 位的 DSP、1 个 32 位的 RISC 主处理器、1 个传输控制器、2 个视频控制器和 50KB SRAM 集成在一个单片上。当前 DSP 器件采用 $0.5\sim0.35\mu\text{m}$ 的 CMOS 工艺，采用这种工艺的 DSP 器件将成为大容量 DSP 系统应用的主流。还可能有更大型的芯片，数兆位的 RAM，其运算能力可以从 30 倍扩大到 100 倍。近年，各公司提出了“DSP 解决方案”（DSPS）的理论，为用户提供某种应用的整套 DSP 解决方案。TI 公司为全球 2 万多个计算机、通信、消费类、汽车、军用及工业应用提供创新的 DSP 方案。TI 的 DSPS 是以 DSP 为核心，配以先进的混合信号存储器、ASIC 电路、软件及开发工具组成一套完整的解决方案。DSPS 能够广泛应用于各个工业领域。

近年来，越来越多的模拟电子产品正转向数字化技术。目前约有 80 多家公司在它们的芯片中采用了数字信号处理技术。DSP 市场前景广阔，预计未来 5 年将以每年 36% 的高速度增长。下面分别介绍 DSP 的主要生产企业及其产品。

TI 公司是全球最大的 DSP 供应商，该公司于 20 世纪 80 年代初第一个推出了商用的 DSP。典型代表产品是 TI 的 TMS320 系列。目前，已先后推出 10 类 DSP 产品，它们分别是：定点系列产品、浮点系列产品、多处理器、专用 DSP 系列。每一系列的 DSP 中又有许多不同的品种，总计 100 多个型号，每一个系列的 DSP 对应于不同的应用。最近 TI 公司宣布研制成功 4 种新型嵌入式数字信号处理器。这些新型的 DSP 提高电机的工作效率、降低噪声、改善能源利用效率，可以应用于家用电器到工业自动化控制系统等不同领域。

AD 公司是另一个著名的 DSP 生产公司。该公司瞄准 DSP 技术的发展方向，不断研究开发新产品。该公司以大量消费类和准消费类设备定位自己的客户对象和应用方向。其研制的 ADSP-2106X（SHARC）系列 DSP 产品将内置更多的 SRAM。ADSP-2100 具有双端口 RAM 可达到 192Kbit。片内内存的大小是区别 DSP 产品性能的关键特征之一，因为信息在片内内存和片外内存之间的频繁交换会导致 DSP 性能的下降。ADI 宣称：“ADI 产品具有比

其他产品高得多的 DMA 和 I/O 带宽。”

Lucent 公司的产品主要集中在通信领域，这是该公司的传统强项。Lucent 公司推出的 DSP16000 系列的第一个产品 16210，具有较大的内存容量，用于多通道高速编码器和多通道调制解调器。Lucent 公司已经将目标转向移动通信系统 CDMA。它的 DSP16000 系列 DSP 就是严格按照无线通信标准来设计的。

Motorola 也致力于发展 DSP 技术，开发 DSP 产品。

1.2.3 PLC 的发展

PLC 已经走过了近 40 年的历程，以其结构紧凑、可靠性高、功能强、速度快、价格低等优点获得广泛应用，已经成为工业控制系统的主流。其发展概况和未来发展趋势详见 4.1.4 节。

1.3 现代驱动器的发展

驱动器是指以机械位置、速度和加速度为控制对象，在控制命令的指挥下，控制执行元件工作，使机械运动部件按照控制命令的要求进行运动，并具有良好的动态性能。

根据使用能量的不同，可以将驱动器分为电气式、液压式、气压式、特殊功能材料等几种类型，如图 1-1 所示。电气式是将电能变成电磁力，并用该电磁力驱动运行机构运动。液压式是先将电能变换为液压能，并用电磁阀改变压力油的流向，从而使液压执行元件驱动运行机构运动。气压式与液压式的原理相同，只是将介质由油改为气体而已。

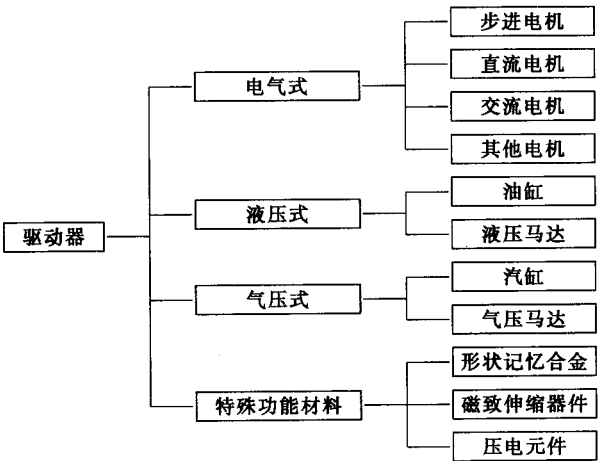


图 1-1 驱动器种类

由于执行元件是直接的被控对象，为了能按照控制命令的要求准确、迅速、精确、可靠地实现对控制对象的调整与控制，对驱动器有如下要求。

- ① 惯量小、动力大、良好的动特性。
- ② 体积小、质量轻，既要缩小执行元件的体积、减轻质量，同时又要增大其动力，故通常用执行元件的单位质量所能达到的输出功率，即用功率密度来评价这项指标。
- ③ 高可靠性、高效率、动作的准确性。
- ④ 便于维修、安装。执行元件最好不需要维修。无刷 DC 及 AC 伺服电机就是走向无维修的例子。
- ⑤ 宜于计算机控制，根据这个要求，用计算机控制最方便的是电气式执行元件。

因此，人们十分重视驱动器的研究，通过采用高磁性材料、采用化学加工方法以及开发利用特殊功能材料等方法，促进驱动器的小型化、微型化。例如，材料科学的发展为电机的小型化提供了各种高磁性材料；利用形状记忆合金、磁致伸缩、压电晶体等特殊功能材料的材料特性，开发出医学工程、生物工程等领域急需的体积极小的微驱动器；以及利用硅技术制作的 MEMS 马达等。