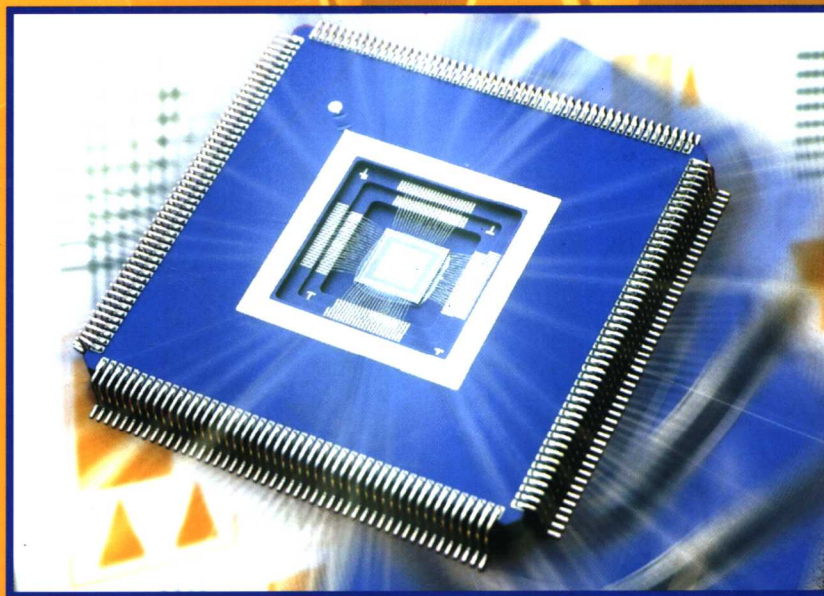


现代工业自动化技术应用丛书

电机驱动与控制 专用集成电路及应用

吴红星 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

现代工业自动化技术应用丛书

TN492

4

电机驱动与控制 专用集成电路及应用

吴红星 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



内 容 提 要

本书系统、全面地介绍了目前广泛应用的电机驱动与控制专用集成电路,内容包括国内外电机驱动与控制专用集成电路概况,直流电机、步进电机、感应电机、无刷直流电机控制与驱动专用集成电路,以及有较宽适用性的功率驱动电路、智能功率模块(IPM)和大规模集成的运动控制和电机控制专用微处理器(DSP)。本书内容求新,资料丰富,并经编者整理和系统化后编写而成,其中还包括编者对电路的应用体会。

本书适合工业自动化工程技术人员阅读,也可供相关专业的科研人员与大中专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电机驱动与控制专用集成电路及应用 / 吴红星主编. —北京:
中国电力出版社, 2006

(现代工业自动化技术应用丛书)

ISBN 7-5083-4360-3

I. 电… II. 吴… III. 电机-控制-集成电路 IV. TN492

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 044483 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 6 月第一版 2006 年 6 月北京第一次印刷

1000 毫米×1400 毫米 B5 开本 21.25 印张 432 千字

印数 0001—4000 册 定价 30.00 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)

序 言



现代工业自动化技术是信息社会中的关键技术和核心技术之一。自动化技术促进了人类文明的发展。实现工业生产自动化可以提高系统性能、改善劳动条件、减轻劳动强度、大幅提高生产率、节约能源、提高产品质量和经济效益。自动化设备可以代替人完成各类高危作业。

现代工业自动化系统已呈现开放性、智能化、信息化与网络化的特点，它融合了自动化技术、信息技术、现代控制技术、网络技术、通信技术、先进制造技术及现代管理学等诸多学科的先进技术，需要各学科的专家及工程技术人员通力合作，从而实现多学科专业知识与系统集成，形成实现现代工业自动化发展的手段或模式。

为了推广现代工业自动化技术的应用，总结、发展和提高我国工业自动化技术的应用水平，培养高水平的工程技术人员，帮助工作在生产第一线的工程技术人员能够及时拓展知识结构，较全面地了解和掌握现代工业自动化领域中的最新技术和应用，中国电力出版社组织编写了《现代工业自动化技术应用丛书》。

一、丛书的编写宗旨

团结组织工业自动化领域的专家、学者、科技工作者、工程技术人员和团体，共谋策划与编写，促进我国工业自动化技术的繁荣和发展。

二、丛书的编写原则

1. 以技术应用为主。理论与实践密切结合，通过剖析工程实例，介绍最新技术和产品的应用，以适应工业现场的需要。可操作性强。

2. 丛书各分册均以现场应用实际或范围划分。各分册之间既相互联系又自成体系。

3. 编委会特邀请该领域有扎实理论基础并富有实践经验的专家、学者和工程技术人员来承担编写工作。

三、丛书读者对象

以工程技术人员为主要读者对象，也适宜科研人员和大中专院校师生参考。

我们相信《现代工业自动化技术应用丛书》的出版必将对我国工业自动化技术的应用起到积极作用。编写出版《现代工业自动化技术应用丛书》对于我

们是一种全新的尝试，难免存在一些问题，希望广大读者给予支持和帮助，我们的联系方式是 mo_bingying@cepp.com.cn。同时，热忱希望各行业从事工业自动化及相关技术的专家、学者、工程技术人员借此机会积极参与，将您在工作实践中获得的丰富经验总结出来，共同为提高我国工业自动化技术的应用水平做出贡献。

《现代工业自动化技术应用丛书》
编委会

前 言



电驱动控制系统是指以电能为能源，通过电机本体、驱动器、传感器与控制器等进行能量变换的驱动电机及控制电机的系统，它与燃油（气）动力系统、液压动力系统及气压动力系统等组成动力群，在产业机械、交通、航空、航天、兵器等领域占有重要地位。电机及其控制系统在工农业生产、国防航天、科学研究及日常生活中都大量使用。随着现代技术的进步，特别是电力电子技术、自动控制理论的发展，电机在其实际应用中，已由过去简单的起停控制、提供动力为目的的应用，上升到对其速度、位置、转矩等的精确控制，以使被驱动的机械运动符合预期的要求。特别是在工业自动化、办公室自动化和家庭住宅自动化方面使用的大量的控制电机，几乎都采用电力电子器件通过微机进行控制，在这种情况下，传统的“电机控制”、“电气传动”已发展到“运动控制”、“远程控制”和“嵌入式操作系统”新阶段。

用来控制电机运动的电驱动控制系统，包括前级的微功率控制电路、驱动电源和末级的功率驱动部分。前级控制电路容易实现集成，通常是模拟数字混合集成电路。对于小功率系统，末级驱动电路也已集成化，称之为功率集成电路。功率集成电路可以将高电压、大电流、大功率的多个半导体开关器件集成在同一个芯片上，有些同时还包括检测、控制、保护等功能电路，称之为智能功率集成电路。有一些更大规模的功率集成电路把整个控制器和驱动器都集成在一起，用一片集成电路就能控制一台甚至多台电机。

电机驱动与控制电路由分立单元电路向专用集成电路发展，不但给电机控制带来极大方便，体积缩小，成本降低，性能改善，调整简便，而且可大大提高系统的可靠性和抗干扰能力，从而深受整机制造商的欢迎。因此，电机驱动与控制专用集成电路，作为专用集成电路一个重要方面，引起了先进工业国家知名半导体厂商的重视，竞相研制开发电机控制、运动控制专用集成电路。例如，美国的 Motorola、National Semiconductor、Texas Instrument、GE 公司，德国的 Siemens 公司，荷兰的 Philips 公司，日本的 Mitsubishi、Panasonic、Toshiba、Sanyo 公司。

电机驱动与控制专用集成电路品种规格繁多，产品资料和应用资料十分丰富，但又很分散，加之不断有新产品涌现，考虑到资料的搜集整理、分析消化和系统化需要耗费大量时间，因此有必要时时更新相关材料。本书向读者较系统地介绍国内外著名半导体厂商生产的用于电机控制、运动控制的专用集成电路及其应用技术，它是对有关文献资料整理和系统化后编写而成的，其中也包括编者对部分集成电路的应用体会。

本书共8章。第1章绪论,介绍国内外电机驱动与控制专用集成电路发展情况,电机控制和运动控制、智能功率集成电路概况,以及典型闭环控制系统可以集成的部分和要求。第2~5章,分别叙述了直流电机、步进电机、感应电机、无刷直流电机驱动与控制专用集成电路,着重介绍它们的电路特点、运行、应用实例。在这几章中,首先归纳专用集成电路产品情况,然后分节介绍典型型号产品。在第6章介绍了有较宽适用性的功率驱动电路,主要对现有市场应用较为广泛的专用集成电路进行叙述,介绍不同集成电路的特点及典型应用电路。第7章介绍了智能功率模块(IPM)。为适应中大功率控制系统对半导体功率器件控制需要,近年出现了许多触发和驱动专用混合集成电路,它们的性能和正确使用直接影响驱动系统的性能和可靠性,重要性是十分明显的。第8章介绍了几种大规模集成的运动控制和电机控制专用微处理器(DSP)。它们将上位机指令、内置程序及传感器反馈信号转换成电机驱动系统可以识别的位置控制、速度分布图、加减速等指令形式,使系统完成一个完整的运动。

全书由吴红星博士主编,编写了第1、4、5、6、7章,并统编了全书。高宏伟主任研究员编写了第3章。刘晓芳博士编写了第2、8章。全书由程树康教授主审。

本书编写过程中参考了有关厂商或代理商提供的资料,编者还参考了国内有关单位和个人撰写的资料和文献,在此一并致以深切谢意。

由于编者水平所限,加之编写时间比较仓促,书中难免有不当之处,恳请读者批评指正。

编者

目 录



序言
前言

第 1 章 绪论 1

- 1.1 电子器件的发展与应用 1
- 1.2 电机驱动与控制系统基础 ... 2
- 1.3 电机驱动与控制系统发展情况 4
- 1.4 电机驱动与控制专用集成电路 5

第 2 章 直流电机驱动与控制集成电路 7

- 2.1 引言 7
- 2.2 UCX637 系列 PWM 直流电机驱动电路 9
- 2.3 TPIC2101 直流电刷电机控制器 13
- 2.4 TL598 小型直流电机 PWM 调速电路 16
- 2.5 THMC40/41 直流风扇电机驱动器 19
- 2.6 TDA1085C 通用直流电机调速电路 22
- 2.7 TD340 直流电机控制电路 26
- 2.8 TC652 散热风扇控制集成电路 29
- 2.9 SG2731 直流电机控制电路 31
- 2.10 P82CF201 低功耗双风扇

管理控制电路 35

- 2.11 MC642 风扇转速控制电路 37
- 2.12 MAX1749 微型直流电机驱动控制电路 42
- 2.13 LMD18245 直流电机功率驱动集成电路 45
- 2.14 L290/L291/L292 直流电机驱动器 52
- 2.15 LMD18200 直流电机驱动器 55

第 3 章 无刷直流电机驱动与控制集成电路 62

- 3.1 引言 62
- 3.2 MC33033 无刷直流电机控制集成电路 65
- 3.3 A3936SED 无刷直流电机控制电路 69
- 3.4 ECN3022 无刷直流电机控制电路 72
- 3.5 HA13536 无刷直流电机驱动电路 76
- 3.6 LB11820M 无刷直流电机驱动集成电路 79
- 3.7 MC68HC908GP32 无传感器直流电机控制电路 84
- 3.8 ML4425 无位置直流电机控制电路 89
- 3.9 MLX90401 无刷直流电机控制器 96

3.10	Si9979Cs 三相无刷直流电机控制集成电路	101
3.11	TDA5142T 无刷直流电机控制电路	104
3.12	OM9369 无刷直流电机控制电路	109
3.13	UCC3626 三相无刷直流电机控制器	115

第4章 步进电机驱动与控制集成电路

4.1	引言	122
4.2	3955 步进电机控制集成电路	126
4.3	A3796 两极步进电机驱动集成电路	132
4.4	A3955SB 步进电机驱动集成电路	136
4.5	BL5060 二相四拍步进电机驱动器	140
4.6	CH250 步进电机脉冲分配器	142
4.7	CIPH9803 步进电机控制集成电路	146
4.8	FAN8200/FAN8200D 步进电机驱动器	148
4.9	HA13532NT 步进电机控制集成电路	151
4.10	L297/L298 步进电机驱动器	154
4.11	LT494 专用脉宽调制集成电路步进电机驱动器	159
4.12	MC3479 步进电机驱动集成电路	163
4.13	MTD2005 步进电机驱动集成电路	165

4.14	PMM8713 步进电机脉冲分配器	168
4.15	SAA1042 二相步进电机驱动电路	171
4.16	SI—7502 五相步进电机驱动器	174
4.17	STK672—020 步进电机驱动集成电路	178
4.18	TDA1521 步进电机桥式驱动电路	181
4.19	UC3717 二相步进电机控制电路	183
4.20	UC3770 步进电机驱动电路	187

第5章 感应电机驱动与控制集成电路

5.1	引言	191
5.2	AD2S100 交流矢量处理器专用集成电路	194
5.3	HEF4752V 生成 SPWM 专用集成电路	198
5.4	IRMCK201 应用于交流伺服专用集成电路	201
5.5	MA818 脉宽调制集成电路	207
5.6	MC3PHAC 三相交流电机控制集成电路	211
5.7	SA868 三相正弦脉宽调制器	214
5.8	SLE4520 三相电机速度控制集成电路	224

第6章 半导体驱动专用集成电路

6.1	引言	230
-----	----	-----

6.2	EB01 电机驱动器	232
6.3	EXB840/841 IGBT 专用 驱动电路	235
6.4	HH204 步进电机驱动 电路	237
6.5	IR2110 功率 MOSFET 驱动器	240
6.6	IR2130 三相电机控制 MOSFET 驱动集成电路 ...	243
6.7	MAX620 四路电机驱动 电路	248
6.8	PA03 大功率运算 放大器	251
6.9	Si9976DY 桥式驱动器	254
6.10	TC4469 电机驱动器	260
6.11	UDN2998W 电机 驱动器	264
第 7 章 智能功率模块 IPM		267
7.1	引言	267
7.2	智能功率模块基本知识 ...	269
7.3	小型封装智能功率模块 ...	283

7.4	7MBP100RA120 智能功率 模块	288
7.5	MIG20J106L 智能功率 模块	293

第 8 章 专用电机控制微处理 器 DSP

8.1	引言	298
8.2	DSP 技术的 ADMC331 电机 控制器	299
8.3	DSP 技术的 ADMC328 电机 控制器	303
8.4	DSP 技术的 ADMC401 电机 控制器	307
8.5	DSP 技术的 TMS320F240 电 机控制器	311
8.6	DSP 技术的 TMS320LF2407 电机控制器	314
8.7	DSP 技术的 DSP56F805 电 机控制器	323

参考文献	325
------------	-----

第1章 绪 论

1.1 电子器件的发展与应用

电力电子器件的全控化和高频化促进了电力电子变流技术的发展, 高频场控型器件和采用高频处理技术是现代电力电子变流技术的主要特征, PWM 控制技术已逐渐成为电力电子变流技术的主要控制技术。现代电力电子变流技术不断地朝着高电压、大电流、高频化、智能化、控制技术数字化的方向发展。

电力电子器件是电力电子变流技术发展的强大动力, 电力电子变流技术的每一次飞跃都是以新器件的出现为契机的。自 1958 年晶闸管在美国 GE 公司诞生以来, 电气传动技术就进入电力电子的发展时代。1958 年第一代晶闸管 (SCR) 的问世, 以及随后 20 年内 SCR 额定值及特性参数的提高和改进, 开创了“SCR 及其应用”的传统电力电子技术的第一阶段。由 SCR 派生出了快速晶闸管、逆导晶闸管、双向晶闸管、不对称晶闸管和光控晶闸管等器件, 其中光控晶闸管容量已达到 3800A/8000V 的水平。由于 SCR 无法实现自关断且开关频率低, 除了某些大容量的应用场合中还在使用, 中小容量场合已被全控型器件逐渐取代。

20 世纪 70 年代中期, 大功率电力晶体管 (GTR)、高压大功率门极关断 (GTO) 晶闸管及电力场效应晶体管 (MOSFET) 等器件的相继研制成功, 以及这些器件与微处理器的结合使用, 使电力电子技术进入了“自关断器件”的第二阶段。GTR 是一种双极型大功率高反压晶体管, 可分为单管、达林顿管和 GTR 模块三大系列, 其中 GTR 模块在大功率开关场合应用最多。GTO 是一种电流控制型可关断器件, 它的关断特性被认为是电力电子技术的一次突破。目前 GTO 容量已达到 3600A/6000V 的水平, 但其关断电流增益差, 关断损耗大, 同时需要大功率的吸收电路, 目前 GTO 主要用于数千 kW 以下大功率电流型逆变器。MOSFET 是一种电压控制型器件, 具有较高的开关频率 (几百 kHz) 和较小功率的吸收回路。MOSFET 输入阻抗高, 由于它的通态压降随器件的阻断电压的提高而迅速升高, 因而只应用于高频、低容量场合。

20 世纪 80 年代以来, 微电子技术与电力电子技术在各自发展的基础上相结合, 产生了一批工作频率高, 具有栅极全控功能的功率集成器件, 如静电感应晶体管 (SIT)、绝缘栅双极晶体管 (IGBT)、场控晶闸管 (MCT)、功率集成电路

(PIC)、集成门极换流晶闸管 (IGCT) 和智能功率模块 (IPM) 等, 使电力电子技术进入全新的“高频化、智能化”的第三阶段。SIT 是一种大功率结型场效应晶体管, 其开关频率相当高, 但通态压降较大, 主要用于视听、感应加热等领域。最近推出的一种静电感应晶闸管 (SITH), 是在 SIT 漏极表面加上一层 P 型材料而成, 这种器件除了关断电路增益低, 还具有类似 GTO 的特性。目前已研制成 2000A/4000V 的 SITH 器件, 应用于高频感应加热、高频 DC/DC 变流器和无噪声 PWM 逆变器中, 成为高频电力变换装置中较为理想的器件之一。IGBT 是一种由 MOSFET 和 GTR 组成的复合电压控制型器件, IGBT 集中了 MOSFET 和 GTR 的优点, 具有开关损耗小、耐压高、通态压降低等优点, 其模块容量从 1990 年的 100A/1000V, 提高到现在的 2400A/3500V。IGBT 采用单独驱动模块, 使用极为方便, 被视为最为理想的电力电子器件。IGBT 模块最新发展出电子注入增强栅晶体管 (IEGT) 模块。IEGT 利用“电子注入增强效应”, 采用平板压接式电极引出结构, 兼有 IGBT 和 GTO 的优点, 具有饱和压降低、安全工作区宽、栅极驱动功率低、工作频率高和可靠性高的特点。MCT 是 1988 年美国 GE 公司生产的一种复合型器件, 兼有 SCR 的高电压大电流特性和 MOSFET 快速开关的性能。其特点是电压、电流容量大, 可经受 di/dt 、 dv/dt 高, 开关速度与 IGBT 相当, 通态压降更小, 开关损耗小。IGCT 是 ABB 公司最近推出的一种电压控制型器件, 结合了晶体管的强关断能力和晶闸管的低通态损耗。IGCT 具有电流大, 电压高, 开关频率高, 可靠性高, 结构紧凑, 损耗低等特点, 适用于中、高电压的大功率应用场合, 是一种极具发展潜力的新一代功率器件。PIC 是为了解决大功率电子器件应用时驱动保护困难而出现的, 它把承受高电压大电流的功率器件和用作控制的数字电路、模拟电路、保护电路及检测电路集成在一起, 使器件具有自检测、智能控制和自保护功能。PIC 可分为高压集成电路 (HVIC) 和智能功率集成电路 (SPIC), 是目前功率电子学发展的最新方向。第三代 IPM 由高速、低损耗的 IGBT 芯片和优化的栅极驱动电路、保护电路、报警电路等封装而成, 具有高可靠性、低损耗、低噪声、低振动、故障自保护等优点。

1.2 电机驱动与控制系统基础

随着科学技术的发展, 出现了许多跨领域、跨学科的综合学科, 电机驱动控制技术就具有这种高度综合的特点。电子技术、微电子技术、计算机技术给予电机系统以新的生命力。电机驱动控制技术涉及到机械学、电动力学、电机学、自动控制技术、微处理器技术、电力电子学、传感器技术、计算机仿真学、计算机接口技术、软件工程学等学科与领域。

电机驱动控制技术包括以下更为具体的内容:

1) 执行机械技术 包括电机的原理与设计, 电机及传感器一体化, 机械机构的动力学分析, 一体化电机系统, 电机机构的新结构、新原理、新材料、新构成等。

2) 逆变和电机驱动技术 包括电力变换技术, 功率驱动技术, 精密驱动技术, 驱动保护技术, 电磁兼容与可靠性等。

3) 运动信息及信号检测 包括传感器技术, 信号处理技术, 接口技术等。

4) 自动控制技术 包括控制理论, 控制方法及控制电路的模拟、仿真和调试技术。

5) 电机系统的集成 包括电机系统的一体化设计, 电机系统的结构化设计, 电机系统的模拟、仿真和实现电机系统的综合性能分析和评估。

6) 以嵌入式数字信号微处理器 (DSP) 芯片为核心的单片电机系统技术 将电机系统的主要结构做在一个单芯片中, 它以嵌入式 DSP 芯片为核心, 采用面向对象的片中软件实现控制系统的可重构、可扩充和通用性, 可以适用于无刷电动机、感应电动机、同步电动机、开关磁阻电动机、步进电动机的反馈控制、矢量控制、智能控制等高层次控制。

7) 网络信息家电中的电机控制技术 “网络信息家电” 是一种概念, 是一种新领域。它是信息技术与家用电器智能控制技术的结合, 是信息时代的重要物质基础, 是计算机、自动控制、信息技术、电工等学科交叉融合产生的新兴领域。

按照 IEC 的分类, 一般用途电动机是指常见的交流电动机 (包括异步电动机和同步电动机)、直流电动机, 还有交直流两用的通用电动机 (其中包括小功率单相换向器电动机)。一般用途电动机将电能转换成机械能, 向被驱动的机械提供动力来源。它们除了作为机电能量转换的一个部件外, 实际上, 相当一部分电动机在应用时还需要对其进行起停、正反转、制动, 以及速度控制和保护等控制, 通常将这些控制纳入“电气传动”范畴。

另一类电机是特殊用途或特定用途电机, 其中控制电机是它的重要分支。广义地说, 控制电机是指在自动控制装置或系统中使用的各种电机, 包括各种交直流伺服电动机、力矩电动机、无刷直流电动机、步进电动机等执行电动机, 以及以测速发电机、自整角机、旋转变压器、感应同步器为代表的信号类电机。控制电机是伺服系统、解算系统、机电一体化装置的重要元件。现代控制电机与微电子技术、电力电子技术的结合产生了新型的混合式电动机, 如无刷直流电动机、步进电动机、交流伺服电动机、逆变器供电的交流电动机、开关磁阻电动机、超声波电动机等。新型电机的电动机部分和电子控制部分有机地结合组成一个不可分的整体, 形成一个子系统, 离开控制电路的电动机本身不能运行。很自然, 人们希望这些电机的控制部分能够集成化。同样, 利用电子模拟开关等器件与电机结合发明了无刷直流测速发电机、利用 H 形伺服环工作的跟踪型自整角机及数字转换器等都是信号类控制电机与微电子技术结合的产物。

1.3 电机驱动与控制系统发展情况

(1) 直流驱动系统 以直流电机为驱动电机构成的驱动系统称为直流电机驱动系统,通常简称为直流驱动系统。直流驱动系统中的驱动器的功率电路通常采用斩波器控制方式,它具有控制较简单、效率较高、成本低、技术成熟等优点。但直流电机具有电刷、换向器等易损件,需定期维护,同时直流电机的效率低于交流电机、价格高、重量及体积大等缺点,造成了使用不便。

(2) 交流驱动系统 以交流感应电机为驱动电机构成的驱动系统称为交流感应电机驱动系统,简称交流驱动系统。交流电机与直流电机相比,具有效率高、体积小、重量轻、免维修、坚实可靠、易冷却、寿命长等优点,但控制电机的逆变器较复杂。一方面控制用的大功率管数量要求比直流驱动系统中的多;另一方面要实现交流电机良好调速性能必须采用矢量控制方法。对普通的三相感应电机进行矢量控制,其逆变器中除用 DSP 外,控制软件也较复杂,但是随着电力电子技术的发展,这些问题都可得到解决。

交流驱动系统和直流驱动系统比较而言,交流电机本身比直流电机成本低,而逆变器比直流电机控制系统成本高。随着电力电子技术的不断发展,两个系统的成本差距将越来越小。从目前来看,交流驱动系统总的成本高于直流驱动系统的成本。但是,由于交流驱动系统效率高,重量轻,能更有效地实现再生制动,因此交流驱动的优点将使其成为电动汽车最佳驱动系统方案之一。

(3) 永磁同步电机交流驱动系统 以永磁同步电机包括无刷直流电机(BD-CM)和三相永磁同步电机(PMSM)为驱动电机的驱动系统称为永磁交流驱动系统。它与前两种驱动系统比较,效率较高,体积较小,重量最轻,也无须维护,在电动车中也得到一定的使用。但是,该类型驱动系统目前存在成本太高的缺点,而在可靠性和使用寿命等指标上也比交流电机差。同时,对于大功率的BDCM和PMSM要做到体积小、重量轻依然存在一定的技术难度。从发展角度看,我国是盛产永磁材料的国家,特别是稀土永磁材料,如钕铁硼等资源非常丰富,随着永磁电机制造技术不断发展进步,成本不断降低,永磁同步电机驱动系统在电动汽车上的应用将最具有前途。

(4) 开关磁阻电机(SRM)驱动系统 开关磁阻电机驱动系统具有电动机结构比感应电机更简单可靠的特点,特别适用于高速、低速大转矩,小电流的系统,且效率高,特别是转子无绕组,适合于频繁正反转及冲击负载等工况条件。功率驱动电路采用的功率开关器件少,电路较简单。功率器件与电机绕组相串联,不易发生直通短路。SRM驱动系统利用较简单的控制电路能够实现较宽的调速范围、低速大转矩和制动能量反馈等特性,但该驱动系统也有不足之处,即振动较大及噪声

较大。

1.4 电机驱动与控制专用集成电路

开发一个电机控制驱动器是一项烦琐的工作。设计一个电机控制系统，一定要考虑许多参数，例如换相、速度、加速、减速和转矩等。过去，用逻辑集成电路、比较器、晶体管、二极管等电子元器件装配在一个面板上，并使用分立的 MOSFET 或绝缘栅双极晶体管（IGBT）连接成的一个 H 桥或半桥输出电路。现在，只要根据任务需要选取一些成熟的控制集成电路和驱动模块就行，它们已经将所有需要的控制逻辑和驱动的功能集成好了。电机控制专用集成电路在电机控制中大量应用。这些电路大多为模拟数字混合电路，大大提高了电机控制器的可靠性和抗干扰能力，又缩短了新产品的开发周期，降低了研制费用，因而近年发展很快。

随着电机应用技术越来越复杂，系统设计者正在通过利用电机控制集成电路而简化工作。电机控制集成化的一个理由是使应用者容易获得最佳的硬件及软件解决方案。人们可用最少的开发时间，就能将其最终产品在市场上销售。

现在，电机控制电路集成有两个途径。其一，对于在功率管方面有设计专长的公司，目标是将电机控制器和中等电流功率场效应晶体管（FET）集成在一个芯片上。对于高功率应用，厂商时常将电机控制器和功率 FET 门极驱动电路组合在一个芯片上，可驱动外面的较大功率的 MOSFET 和绝缘栅双极晶体管（IGBT）。其二，对于兼有高级集成电路能力和功率驱动专长的少数厂商来说，集成方法是将硬件和程序基础结构放在一个模块里。作为专用集成电路的一个重要方面，目前世界上多数大型半导体厂商都提供自己开发的电机控制专用集成电路。

电机控制集成电路市场主要包括：工业自动化、计算机与外围设备、汽车、家用电器、消费类产品、医学设备、军事和商用等，工业自动化仍是最普遍的应用市场，用于家用电器和消费产品部分将会增加，更多的焦点放置在功率管理和功率转换上。

按照美国风险开发公司 Venture Development Corporation（VDC）2001 年发表的“全球电动机控制集成电路市场”报告分析，2000 年世界电机控制集成电路年度收入为 9 亿美元，而且以后 5 年将以 9% 的平均年增长率增长，如图 1-1 所示。这个市场的产品包括电机控制器集成电路、电机驱动器集成电路、控制器/驱动器组合集成电路和芯片组。电机控制集成电路的增长率将比电机驱动器集成电路稍大些。最快速成

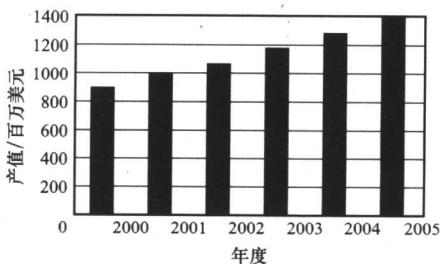


图 1-1 全球电机控制集成电路产值

长的将是控制器/驱动器组合集成电路和芯片组，这表明更多功能整合的发展趋势。电机控制集成电路大多数利用脉宽调制（PWM）输出，而在电机控制应用中驱动器集成电路的输出级被新型功率半导体开关器件 IGBT 所支配。

在过去几年里，电机控制电路制造业发生了一些合并、收购和重组的情况。例如：

- 1) SiemensSemi 从 Siemens 分立，改名为 Infi-neon；
- 2) TI 收购了 Unitrode 和 Burr-Brown；
- 3) ONSemiconductor 从 Motorola 的 SCG 分立，并收购了 Cherry 的半导体部；
- 4) NJR 收购了 Ericsson 的 IC 系列；
- 5) FairchildSemiconductorCorp. 收购了 Sam-sung 的功率器件业务和 MicroLinear 的管理业务；
- 6) Intersil 收购了 Harris 的半导体部；
- 7) DallasSemiconductor 被 Maxim 公司收购。

目前，全球电机控制集成电路市场中主要的半导体厂商有：Allegro Microsystems, Analog De-vicesInc, Fairchild Semiconductor Corp, Motorola, STMicroelectronics, TexasInstrumentsInc, 以及日本的 Toshiba、Sanyo 等公司。

在电机控制理论方面，最重要的是 20 世纪 70 年代提出的异步电机矢量变换控制方法，至今已获得迅猛的发展，已较为成熟。矢量变换控制交流变频器已经商品化。因为这种方法采用了坐标变换，需要进行快速、复杂的数学运算，所以对控制器的运算速度和处理能力等要求较高。微型计算机技术的发展为矢量变换控制的实现提供了良好的外部条件。无速度传感器的交流异步电机驱动系统和永磁电机驱动系统控制也是开发热点之一。永磁电机驱动系统由于它的高效、高功率因数、高可靠性而得到越来越多的关注。无刷电机的无位置传感器控制和正弦波电流控制，在应用方面已趋成熟。近年，开关磁阻电机在许多领域应用取得进展。它们大多采用基于微控制器（MCU）、DSP 的电机控制驱动器。

第2章 直流电机驱动与控制集成电路

2.1 引言

直流电机的驱动分为两种，绕线式磁场的直流电机和永磁体磁场的直流电机。前者有旋转的磁场并且磁场被直流电流所控制，而后者没有旋转的磁场，永磁场也是不可控的。由于直流电机的驱动技术成熟，控制简单，至今已被广泛应用到各种不同的场合当中。

直流电机的驱动已被广泛应用到电力拖动当中。最早的直流电机的驱动系统的结构是由一串与电机串联或者并联的电阻组成。电机的电压等于电池的电压减去流经电阻的电压降，能够通过控制电流接触器切掉一部分电阻来增加。伴随着能量的电子控制技术的快速发展，直流斩波电路由于其体积小、重量轻、效率高并且有很高的可控性，尤其在为达到要求速度方面，可以提供平稳的加速度，已经被广泛应用到电力拖动当中。图2-1展示了一个降压直流斩波器的基本电路，该斩波器用于直流电机驱动的速度控制。

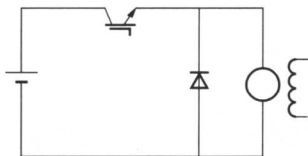


图 2-1 降压直流斩波控制电路

应用于变化的磁场的直流电机的名字常常由磁场和转子相互的连接来决定。图2-2所示普通类型的可变磁场的直流电机分为他励、串励、并励和积复励。没有外部的控制，它们的转矩转速特性曲线在不同的电压等级下有所不同。对于他励直流电机，磁场和转子电压可以彼此独立地控制，转矩转速特性曲线是线性的，转速随着转矩的增加而增加，而且速度的调节依靠转子回路的电阻的大小。在串励的直流电机当中，磁场电流和转子电流一样大，随着转矩的增大转子电流也增大，因此磁通量增加。为了保持供给电压和感应电压的平衡，速度必须下降，转速转矩特性成

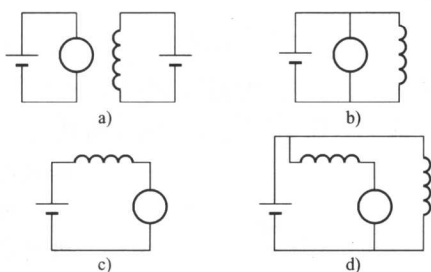


图 2-2 绕线式直流电机

a) 他励 b) 串励 c) 并励 d) 积复励

通量增加。为了保持供给电压和感应电压的平衡，速度必须下降，转速转矩特性成