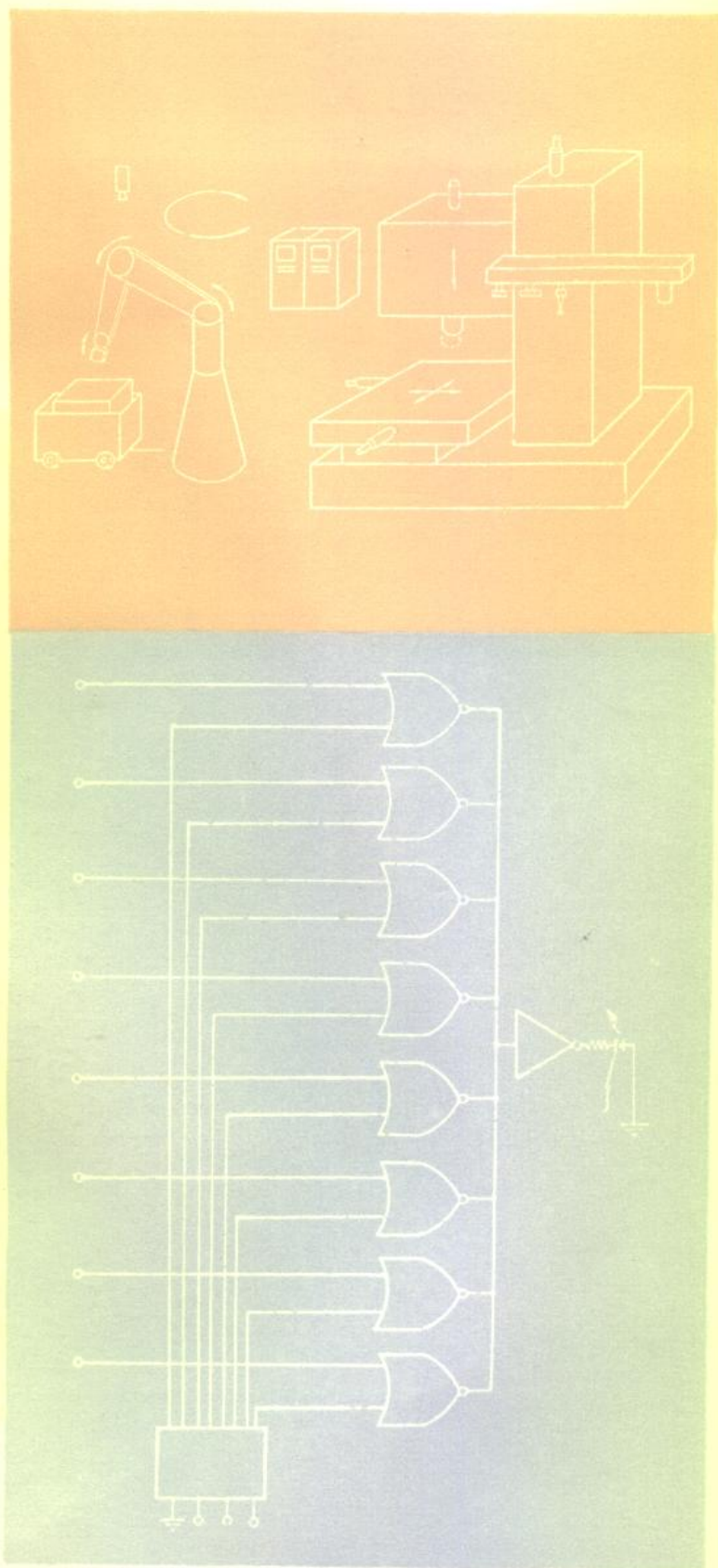


JIXIEDIANZIJISHU

机械电子技术

徐元昌 编著
同济大学出版社



TH
X91

机械电子技术

徐元昌 编著

同济大学出版社

内 容 提 要

本书介绍了由机械学、微电子学和信息学三者有机结合而形成的综合技术系统及其应用。该系统由五部分组成,即:机械本体、传感器、接口、微处理器和执行机构,其中,微处理器(微型计算机)、传感器和计算机软件是该系统主要技术要素,着重介绍系统的组成、控制理论和设计计算方法。本书可作为大专院校机电专业的教材,也可作为工程技术人员的参考资料。

责任编辑 许纪森
封面设计 陈益平

机 械 电 子 技 术

徐元昌 编著

同济大学出版社出版

(上海四平路 1239 号)

新华书店上海发行所发行

望亭发电厂印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 26.25 字数 670 千字

1995 年 11 月第 1 版 1995 年 11 月第 1 次印刷

印数: 1—4000 定价: 33.00 元

ISBN7-5608-1434-4 / TP·165

前 言

机械电子技术是一门新兴学科，主要研究机械技术和电子技术特别是和微电子技术有机结合的规律。机械电子产品既不同于传统的机械产品，又不同于普通的电子产品，而是机械与微电子器件、主要是微处理器和微机结合而产生新的一代的电子化机械产品。

机械电子技术也称机电一体化技术，是一门跨学科的边缘科学，是在信息论、控制论和系统论等基础上建立起来的应用技术。它从系统观点出发，综合应用机械、电子与信息等技术，实现系统最佳化，从而产生出功能更强、性能更好的新一代机械产品与系统，实现产品或系统的多功能、高效率和高智能，并使产品向轻、薄、细、巧方向发展，满足生产自动化和人们生活多样化的要求。

机械电子技术综合传统设计方法和现代设计方法设计机械电子系统，以适应不断加快的更新换代需求，提高机电产品的质量和功能。

本书共分机械电子技术的发展、机械电子技术与微机控制、机械电子系统的主要组成部分、机械电子技术的控制理论、机械电子系统设计方法和机械电子技术的工程应用六个部分，系统地介绍了机械电子技术发展、系统组成、控制理论和设计方法。本书可供大专院校机电专业师生使用，也可供广大工程技术人员自学参考。

1994.10

目 录

第一章 机械电子技术的发展.....	1
§ 1-1 机械电子技术的发展	1
§ 1-2 机械电子系统的组成	2
§ 1-3 机械电子技术的应用	4
第二章 机械电子技术与微机控制.....	8
§ 2-1 微机用集成电路	8
§ 2-2 微机与微机控制	21
§ 2-3 微机接口	38
第三章 机械电子系统的主要组成.....	72
§ 3-1 执行机构	72
§ 3-2 检测元件.....	102
§ 3-3 控制装置.....	136
第四章 机械电子技术的控制理论	180
§ 4-1 控制数学模型	180
§ 4-2 系统响应.....	196
§ 4-3 控制器设计.....	206
§ 4-4 建模.....	216
§ 4-5 采样控制和伺服控制	232
第五章 机械电子系统设计	239
§ 5-1 机械电子系统设计.....	239
§ 5-2 机械电子系统的机械结构设计.....	245
§ 5-3 机械电子系统的控制系统设计.....	248
§ 5-4 机械电子系统的可靠性设计.....	257
§ 5-5 机械电子系统的分散设计	284
§ 5-6 机械电子系统设计计算	297
第六章 机械电子技术的工程应用	309
§ 6-1 工业机器人	309

§ 6-2	数控(NC)机床和数控系统	322
§ 6-3	自动化生产系统	335
§ 6-4	自动售票机和售货机	352
§ 6-5	传真机和照相机	359
§ 6-6	电子秤和洗衣机	367
§ 6-7	工业缝纫机和注塑机	375
附 录		389
一	机械电子技术的应用	389
二	基本常用逻辑符号	392
三	半导体与微型计算机的发展	393
四	D / A 变换器	394
五	法纳克公司直流和交流伺服电机	395
六	常用步进电动机型号	396
七	常用的国外 PC 规格一览表	396
八	布尔代数	398
九	解差分方程	405
十	常见系统的拉氏变换和 z_0 变换	410
参考文献		412

第一章 机械电子技术的发展

§ 1-1 机械电子技术的发展

机械电子技术在美国发展最早, 20 多年前就研制了第一台机器人, 1952 年制造了世界上第一台数控机床, 这些都是典型的机械电子技术产品。日本后来居上, 日本资源缺乏, 便大力发展省能源、高可靠性和高附加值的技术密集型产品, 日本的机械电子技术已处于世界领先地位。70 年代日本有人将 MECHANICS 的前半部和 ELECTRONICS 的后半部组合在一起, 形成 MECHATRONICS 这一新词, 即机械电子学或机械电子技术, 也称机电一体化技术。

微电子技术和机械技术相结合, 产生新一代的机电技术产品。除数控机床和机器人这类典型的机电技术产品外, 如量具量仪、仪器仪表、材料和毛坯处理、加工和控制系统、自动化运输车、柔性生产单元和系统以及自动无人化工厂等都是机械技术和电子技术相结合的结果; 又如电子和微机控制照相机、缝纫机、医疗器材、家用电器、办公用具、印刷、轻工和食品机械、运输、农业、矿山和建筑机械, 也都离不开机械电子技术。

机械电子技术的基础是精密机械技术与微电子技术。由于微电子技术的发展, 才使机械、电子和信息一体化成为可能。自美国 INTEL 公司 1971 年推出四位通用微处理器 ($\mu P4004$) 起至今, 已经过四代: 1971~1972 年, 四位机、八位微机以 PMOS 为主的 μP ; 1973~1977 年, 八位中档微机、8080/8085, 6800·Z80 以 NMOS 为主的 μP ; 1978~1981 年, 十六位高档微机、8086, Z8000, MC68000; 1981 年后, 三十二位高档微机。如 HP 公司研制的 45 万个元器件/片的 μP 。目前进入了第五代计算机研究。微处理器与半导体存储器的高集成化、高性能、高可靠性和低价格使其应用范围大大扩大, 体积小而价廉的微型机可作为机械系统的一部分。

精密机械技术的发展, 也加速了机械电子技术的发展。如录(放)像机、复印机、电传机和激光打印机等机电产品的许多重要零件都是超精密加工, 制造大规模集成电路的微细加工技术, 使磁盘与磁头间隙在 1μ 以下的空气润滑理论、高速高密度磁带装置设计用的振动解析、智能机器人高精度伺服系统加工等也要求精密机械技术。精密加工技术不断推动微电子技术向前发展。

机电产品大致可分为四类:

(1) 在原有机机械结构的产品中, 采用电子装置来控制其性能, 使之具有更好和更多功能, 如数控机床、工业机器人、电子控制发动机以及各种采用电子技术的领域(轻工、纺织、印刷、包装和医疗器械等)。

(2) 机械产品中一部分机械控制机构, 由电子装置取代, 使之有机组合成机电合一的新装置和系统。如电子照相机、打印机、缝纫机和自动售货机等。在电子缝纫机中就用微机代替了原来的凸轮控制机构。其他还有变频调速电机, 集成化漏电保护开关等。

(3) 原执行信息处理功能的机构被电子装置取代, 如电子计算器代替手摇式计算器, 全

电子式电话交换机代替机电式电话交换机、石英电子钟表代替机械式钟表等。

(4) 机械本身比较简单而以电子装置为主的机电共存产品, 如电子化家用电器、电子化仪器仪表、传真机、复印机、录音机、磁盘存储器及其他各种信息处理设备等。

世界工业发达国家大力发展技术密集的机械电子技术, 日本和美国处于领先地位。在工业机器人、VTR 以及数控机床等方面, 日本比美国发展还快。至 1984 年底, 世界上约有 10.2 万台机器人在运转, 日本和美国就占了 80%。到 1986 年, 世界上约有 376 条柔性制造系统(FMS)在运行。日本采用微处理器的仪表品种在 1984 年已达到 93%, 美国通用汽车公司年产 600 万辆汽车全部用上微型机, 美国的数控机床的产值构成比在 1983 年就已达到 34%, 而日本的数控化率按产值计算在 1985 年也达到了 66.9%。

与发达国家相比, 我国机械电子技术水平差距较大。1984 年我国机床数控化率仅占机床总产量的 1.25%, 计算机硬件和系统软件不少依靠美国, 数控机床的电子控制部分主要依靠日本和德国。有关专家提出我国机械电子技术发展目标如下: 机械和电子产品中机械电子技术产品产值比重 1990 年达 5%, 2000 年达 15%~20%; 产品品种比重 1990 年达 5%~11%, 2000 年达 15%~25%。该发展目标符合“有限目标, 突出重点”的原则。我国发展机械电子技术可以划分为以下层次: ①原有生产技术和设备的改造; ②引进仿制新一代的产品; ③创新开发新一代产品; ④跟踪国外新技术。首先充分利用原有技术和设备, 发展经济型机电产品, 然后充分利用国外技术, 引进、仿制和开发收效快的机电产品, 在此基础上, 开发多功能、高性能的机电产品。

§ 1-2 机械电子系统的组成

机械电子系统一般由机械部分、动力部分、传感检测部分、执行部分和控制及信息处理等五个部分组成, 如图 1-1 所示。

一、机械电子系统的五大组成部分

1. 机械部分

机械电子系统的机械部分就是原来机械产品的机械结构部分。采用机械电子技术后, 产品的技术性能、功能和水平都要升级, 因此对机械结构提出更高要求, 需要在结构、材料、工艺及几何尺寸等方面作一些改进, 使之满足高效、多功能、可靠、节能等要求。至于研制开发新的机电产品, 其机械结构需要新的设计, 如数控机床采用主轴电机和直流伺服电机后去掉了大部分的齿轮机构, 简化了机械结构, 但对进给系统要求有较高的稳定性, 所以常用滚动导轨。

2. 传感检测部分

传感检测部分相当于人的感觉器官, 它要把系统运行中所需的本身和外部环境的各种参数和状况检测出来, 变成一种可测定和控制的物理量, 传送到信息处理部分。传感检测装置是将被测对象的物理量转化为电信号的一种变换器。

3. 执行部分

执行部分相当于人的四肢, 接到信息处理部分发出的指令后, 便去执行指令所要求的动作或功能。执行机构是运动部件, 采用机械、电气和液压气动等传动形式。

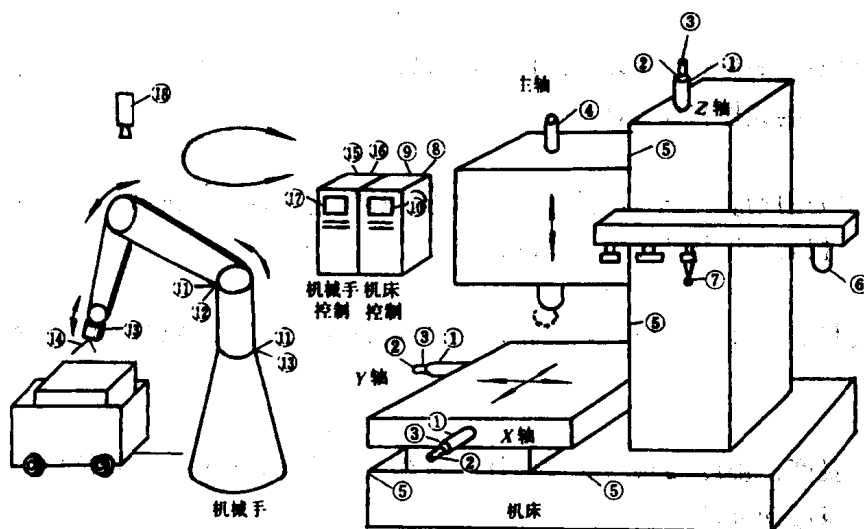


图 1-1 带机械手的加工中心

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 1. DC (直流) 轴向驱动马达——机床运转 | 2. 转速计——驱动马达速度传感器 |
| 3. 二相解算器——机床位置传感器 | 4. AC (交流) 主轴驱动马达——刀具旋转 |
| 5. 限位开关——越位保护 | 6. 步进马达——刀具位置变化装置 |
| 7. 触觉探头——工件测量 | 8. 伺服放大器——机床驱动 |
| 9. 控制计算机——机床控制机械手 | 10. 显示——机床工作状态显示 |
| 11. 伺服阀——液压臂操作 | 12. 光敏编码器——液压臂位置传感器 |
| 13. 控制阀——气动抓手 | 14. 触觉传感器——抓手夹持力检测 |
| 15. 伺服放大器——机械手液压臂驱动 | 16. 控制计算机——机械手控制 |
| 17. 显示——机械手工作状态显示 | 18. 电视摄像机——工件识别和机械手导向 |

4. 控制及信息处理部分

这部分相当于人的大脑，将各个传感器传来的信息集中、储存并进行处理，然后按照一定的程序对执行机构发出指令。控制及信息处理部分的硬件包括输入/输出设备、磁盘、CRT 显示器、计算机、可编程控制器和工业控制器(单片机)等转换装置。

5. 动力部分

动力部分向整个系统提供动力，使系统得以运转，如电机、内燃机等。此外，还包括提供系统必须的润滑、冷却等功能。

二、各组成部分的连接——接口

机械电子系统各组成部分要进行能量和信息的传递与交换，即各组成部分要能相互连接，这个联接称为接口。机械电子系统是由许多接口将各组成部分的输入/输出联系为一体，接口性能成为综合系统性能好坏的决定性因素，很多机械电子系统的设计就是接口设计。

接口的功能有两种,一种是输入/输出;另一种是变换、调整。

根据接口的输入/输出功能,可分为四类:

1. 机械接口

由输入/输出部位的尺寸、形状、精度和配合等进行机械连接的接口。如联轴节、法兰盘、插口、管接头、接线柱和插头插座等。

2. 物理接口

受通过接口部分的物质、能量与信息的具体形态和物理条件约束的接口。如受电流、电压、电容、频率、扭矩、流量和压力约束的接口。

3. 信息接口

受标准、规格、语言、符号逻辑和软件约束的接口。如 ASCII 码、RS232C 和 FORTRAN 等。

4. 环境接口

对周围环境(温度、湿度、磁场、放射能、灰尘气水等)有保护作用的接口。如防爆开关、防水联接器、防尘过滤器等。

按照接口的变换和调整功能,也可分为四类:一类为输出即输入,不作变换和调整而直接相连接的接口,如插头插座、传动轴、电缆、输送管、接线柱等。第二类只能被动地进行变换和调整的接口,如进给丝杠、变压器、可变电阻、透镜、减速器等。第三类能主动进行匹配的接口,如放大器、光电耦合器、电磁离合器、A/D 和 D/A 变换等。第四类接口带有微处理器,可进行程序编制或可适应性地改变接口的条件,如自动变速装置、通用输入/输出 LSI(8255 等通用 I/O, LSI)、STD 总线等。

§ 1-3 机械电子技术的应用

一、机械电子技术的特点

机械电子技术既不同于传统的机械技术,又不同于普通的电子技术,而是两种技术的有机结合,有其本身特点。

1. 多层次和系统性

机械电子技术是由机械技术、微电子技术和信息技术结合而成的高技术。机械电子技术及产品具有系统性和完整性。各种技术综合成一个完整系统。

机械电子技术作为一个总的技术指导思想,不仅体现在一些机械电子技术的单机产品中,而且涉及整个工程系统设计。从单台机电产品到柔性加工系统;从单参数显示到多参数、多级控制;从机械零部件单件生产到自动化生产线;机械电子技术都可在不同层次开发应用。对某些初级机电产品,可不改动机械结构,仅附加某些电子装置就可增添一些新功能;也可采用电子技术代替某些机构或控制装置功能,使机电产品换代升级;还可以彻底改变原有结构和设计,研制高科技机电产品。

2. 高生产率、高精度、高功能

机械电子技术的控制系统,如数字程序控制系统具有记忆计算、处理信息、屏幕显示和反馈控制等功能;可提高测试灵敏度、精度和分辨能力;可实现自动化和无人化生产,大幅

度提高生产率；机械电子技术使机械传动部件减少，机构简化，因而使机械磨损及配合间隙引起的误差减少，而且可通过自动控制系统精确地按预设量控制机构动作；还可自我诊断、校正、补偿、提高工作精度，如电子化圆度仪的测量精度可从 $0.025\mu\text{m}$ 提高到 $0.01\mu\text{m}$ 。

机械电子技术可通过改变程序、指令等软件内容而不必改动硬件就变化产品的功能。如微机数控装置及工件控制系统的激光加工中心能自动完成焊接、划线、切割、钻孔等操作；可加工金属、塑料、陶瓷、橡胶等材料。电子中文打字机有显示、编辑、存储、字体、制表、复印、中西文兼用及常用词汇词典等多种功能。

3. 高可靠性和稳定性

机械电子技术减少了装置的可动部件和磨损部件，如集成化接近开关甚至无可动部件，无机磨损，因此装置寿命提高。机电产品往往具有自动监测、诊断功能，遇到过载、失速和停电能自动保护，防止事故发生，从而提高了可靠性和稳定性。

4. 实现多品种、多批量生产的自动化，提高柔性

各企业采用数控机床、柔性生产线、工业机器人和计算机管理等高科技机械电子技术后，可根据社会需求及时调整产品结构和生产过程，几乎不需重新设计制造工艺设备，不仅可以缩短生产过程中的辅助时间与储运时间，还可大大缩短生产准备和制造加工的时间。

5. 开发上的知识密集性和使用上的简易性

开发机械电子系统往往要涉及许多学科和专业基础知识，如数学、物理学、化学、机械学、电子学、控制论和信息论等。如一台静电复印机就涉及机、电、光、磁和化学等多种科学和技术，需要工程技术人员不仅有扎实的理论基础，而且知识面要广，要不断学习和更新。

对用户来说，对机电产品所需要的是功能强，操作简便，安全可靠。因而机械电子系统要实现知识密集性和使用简便性两者的统一，即不论产品多么高级先进和复杂，使用却要尽可能简便。

二、机械电子技术的应用

机械电子技术的发展和应用应考虑我国国情。我国人口众多，地域广阔，各地区发展很不平衡，发展机械电子技术应有计划，有步骤地按不同层次进行，首先发展经济型机电产品，充分利用原有技术和设备，降低成本增加效益；其次利用国外现有成熟技术，引进和仿制见效快的机电产品，然后根据需求和可能开发多功能高性能的机电产品。

根据机械电子技术的发展目标，优先发展的领域有以下几个方面：

1. 数控机床和其他机械制造工艺设备

机床是机械工业的基础，而数控机床是用计算机的指令来控制各种操作的自动化机床，是典型的机械电子技术产品。当代数控机床综合应用了计算机、自动控制、精密测量、机械设计与制造工艺等领域中的最新成就，融合了高效、精密、柔性、集成等四大特点。

数控机床早期用于加工航空工业部门复杂型面零件，由于微处理器、数控技术、伺服驱动技术的发展，解决了价格、可靠性和编程等问题，逐渐普及。机床产值和机床拥有量的数控化率就成为衡量一个国家机床生产和机械制造装备水平的重要指标。

我国引进了日本 FANUC 公司的微处理器数控系统 5, 7, 3, 6 系列, 15 和 25 型大惯量的脉宽调制直流伺服驱动装置，中小惯量的直流伺服驱动装置的元件和组装调试技术，并引进了六种型号的主轴直流变速电机。有关工厂已生产 3, 7 系统，在引进技术的基础上开

发了三、四、五坐标联动功能,将3、7系列纸带存储器容量扩大到100~120m,发展伺服电机系列达八个品种,还研制出经济型数控机床,试制生产了一些盘类和箱体类零件的卧式和立式加工中心。少量数控机床已经出口。

柔性制造系统是由计算机中心管理系统和输送系统连接起来的一组加工设备,包括数控机床、自动搬运设备、自动测量和试验设备,是理想的高效率、高柔性和高精度的加工系统。柔性制造系统不仅能进行自动化生产,还能够在一定范围里完成不同零件的加工,是机械制造技术发展的方向。我们已经引进各类数控和可编程控制器,逐步推广了计算机、成组技术和CAD/CAM,可以进一步开展研制柔性制造系统,实现FMC(柔性制造单元)、FML(柔性制造生产线)、FMS(柔性制造系统)、CIMS(计算机集成制造系统)和FA(工厂自动化)。

铸造、锻压和焊接是主要的金属热加工方法,劳动条件差,迫切需要利用机械电子技术进行改造。我国铸造工艺水平低、设备落后,劳动条件差,需要采用微电子技术改造铸造设备、提高铸造水平。用计算机控制能耗-最优配料,多台电炉功率控制;进行型砂质量监控和分析;应用微机控制造型线的程序和砂处理、制芯设备的动作,调整反压板模型对喷砂口的最佳位置;应用计算机进行铸件和铸造工艺设计。

机械电子技术在锻压设备上的应用,主要是检测、监控仪表实现自动检测和数字显示,使锻压设备具有自诊断功能,采用集成电路、交流和直流伺服控制系统,无触点或数字开关操作,用计算机控制和管理,改造锻压机械。

焊接的机械化、自动化进展较快。微机控制焊接设备,对焊机进行群控,使其具有调整加工程序、现场作业指标及运转控制等功能;计算机控制焊接机器人;微处理器控制焊接测试仪表以及用微机对焊接理论进行研究。

2. 工业机器人

工业机器人的应用可以改善劳动条件,保证安全,提高劳动生产率,实现高效率柔性生产;它还可应用于人类难以进入的领域(如深水作业);是多学科、多产业紧密结合的综合应用技术。我国已初步掌握了第一代工业机器人的技术,有了产品。

我国发展机器人主要应用于解决危险、有毒、恶劣环境和繁重体力劳动以及一些人类难以涉足的领域。优先发展3~4及5~6个自由度,抓起重量为10kg, 20kg, 70kg,用于喷漆、弧焊和点焊,重复精度为 $\pm 0.1 \sim \pm 1\text{mm}$ 的伺服驱动关节式机器人。

3. 工业自动化控制仪表

微处理器与仪表结合可使过程检测控制仪表具有程序控制的功能;能适应被测参数的变化,自动补偿、校准、记录、显示等、自寻故障、自动进行指标判断;还能方便地与接口总线连接。智能化仪器仪表与控制系统可推动采用机械电子技术开发单机或成套设备。

4. 电子化量具量仪

量具量仪是机械制造业的基本测量工具,大型精密量仪广泛采用微电子、光、计算机和精密机械等技术,其测量效率比传统量仪提高几十倍。我国要积极发展三坐标测量机、圆度仪、齿轮量仪、粗糙度检测仪、电子数显量具、柔性自动化监测与监控装置。

5. 电子化低压电器与电机电气驱动装置

低压电器是设备电气化、自动化的重要基础器件,品种多、用量大。我国已进行了电机、电器专用集成电路的系统开发,先后研制了光电开关、电子式固体开关和集成化接近开

关等。低压电器经济效益显著，在国内外有广阔的市场。

电机电气驱动装置涉及到所有以电能为动力的部门，应用面很广。电气驱动系统以前采用电动机-发电机组的调速方式，由于晶闸管、GTO·GTR的发展，由其组成的变频变流器代替了电动机-发电机组。在控制系统中使用微机，使控制具有完善的保护监视性能，出现故障时具有自诊断功能，装置的可靠性大大提高。利用晶闸管和微机组组成的高性能交流驱动系统，其性能赶上直流驱动系统，出现了调频调压大功率调速装置，带矢量变换的变频装置，无换向器电动机调速装置等。

6. 电站自动控制系统

电站自动化是保证电站安全运行的重要手段。监视一套单机容量为600MW的火电机组需要采集上千个模拟和数字信号，只有采用电子技术进行自动采集与处理，才能完成任务。

模块化、串行传输总线、分层分布控制、专用编程语言和故障自诊断能力是当前电站自动控制系统发展方向。

7. 电子控制汽车和内燃机

用微机控制发动机准时点火、控制燃油喷射、空燃比和废气再循环，使燃烧完全、节约能源、减少污染是电子化控制汽车的研究方向。此外，还包括用微机控制汽车速度，使其在不同工况下均处于最经济合理的运转状态；采用电子技术控制排气，使废气中有毒气体含量最少；高速行驶的防撞车控制系统，以及各种显示和调节仪表。

内燃机是目前使用最广泛的动力机械，汽车、拖拉机、工程机械、船舶以及电站都离不开内燃机。功率从1~3500kW，每年消耗大量石油。因此，内燃机的节能是一个非常重要的问题。采用微电子技术控制内燃机运转，实现自动调节、故障诊断、安全保护和节省能源。

8. 机械电子技术在轻纺、医疗和印刷机械中的应用

轻纺、医疗和印刷等机械与人民生活和健康有着密切联系。轻工机械涉及面很广、品种多、专业性强，应优先在食品机械、造纸机械、塑料机械、制糖机械和皮革机械中采用电子技术。

微电子控制的纺织机械，对于提高纺织品质量，更新花色品种、提高效率和节能都有明显效益。主要在化纤机械、印染机械、织造机械和纺纱机械中采用机械电子技术。

医疗器械目前正向大型、精密、自动化方向发展。优先发展的有医学成像设备、放射治疗设备、医用生化分析和电子仪器、医用光学仪器和医疗康复保健器械等。

现代印刷机械中，微机控制已成为保证印刷质量的重要手段。电子照相排字机、电子分色机、雕刻机、电子制版和印刷、装订、折页、切纸均带有控制、调节功能。

9. 办公自动化

在信息社会里，办公机械是传递、存储、处理文字图像信息的必不可少的工具。办公机械主要发展静电复印机、传真机、打字机以及缩微设备等机械电子产品。办公机械的需求量越来越大，在国民经济中占有重要地位。

10. 家用电器

随着人民生活水平提高，对家用电器的需求与日俱增，人们对产品性能、质量和品种的要求也越来越高。家用电器中优先发展空调设备、取暖器、制冷设备、洗衣机、电子炊具、吸尘器和控温器等，要求操作简便、安全可靠、节省能源。

以上介绍的机械电子技术优先发展的十个领域，可参考附录一。

第二章 机械电子技术与微机控制

§ 2-1 微机用集成电路

机械电子系统是以微处理器作为其控制器的。机械电子技术和计算机技术都要利用集成电路扩大其功能,因而集成电路是机械电子技术的重要组成部分。

集成电路发展迅速,1972年集成在一小块硅片上晶体管数目为1000个,到1981年为60万个,1985年已超过100万个。根据有关资料预测到2000年可达1000万至1亿个元件。集成块功能随集成度的增加而扩大,而价格却大幅度下降,原先售价几十美元一片的64KDRAM(动态随机存取存储器),现在只售几个美元。

集成电路的技术发展取决于能生产多大的芯片和能达到构成晶体管的线宽。用目前先进的可见光的光刻技术,晶体管的线宽可达 $1\sim 0.5\mu\text{m}$,据美国AT&T贝尔实验室报道,技术上已制成 $0.1\mu\text{m}$ 级晶体管,这样就可能达到1亿个元件的集成度。

随着集成度增加,线路尺寸缩小,因而线路的开关速度可从原来微秒级提高到微微秒级(10^{-12}s)。随着元件尺寸缩小和集成电路功能的增大,使所需的集成芯片数减少,线路的延迟时间缩短,从而提高了可靠性。集成度增加1000倍,芯片可靠性系数可增加100倍。

为了缩小体积,提高可靠性,集成电路的装配技术不断更新,由单面、双面和多层印刷板装配发展到以多层次母板为基底的更密集的装配。密集装配的散热也由空冷发展为液冷。目前主要是发展硅集成电路。用复合材料,如砷化镓做集成电路的研究正在开展。

一、数字集成电路

1. 门电路

微处理器中常用有源信号控制器件。通过与门、或门和反相器的不同组合可构成功能各异的输入和输出状态。

与门可看作为高电平有效的门,也就是一条高电平有效的控制线的信号门,当控制线是高电平时,与门处于工作状态。如图2-1所示,输入A为数据信号,输入B为选通信号。当B输入为0,A输入不能通过该门电路;当B为1,输出信号就随A输入信号变化。

或门可看作为低电平有效的门,与非门可看作高电平有效的反相器,或非门看作低电平有效的反相器。在门的输入端上加一个输入反相器,其逻辑符号就是在输入端加一个小圆圈。常用逻辑符号见附录二。

(1) 消除抖动电路

机械开关闭合一次会产生许多位信息,开关触点的抖动可以持续几微秒到几毫秒,而微处理机处理一位数据只需几微秒,因此开关抖动会被当作不确定信号来处理。消除开关抖动就是要使开关的每次动作只产生一个跳变。用硬件消除抖动可把开关产生的数据送入锁存电路或固态存储器。开关第一次接触时,电路稳定成一定的状态,使开关因抖动产生的重复脉冲不会影响电路的状态,如图2-2所示。

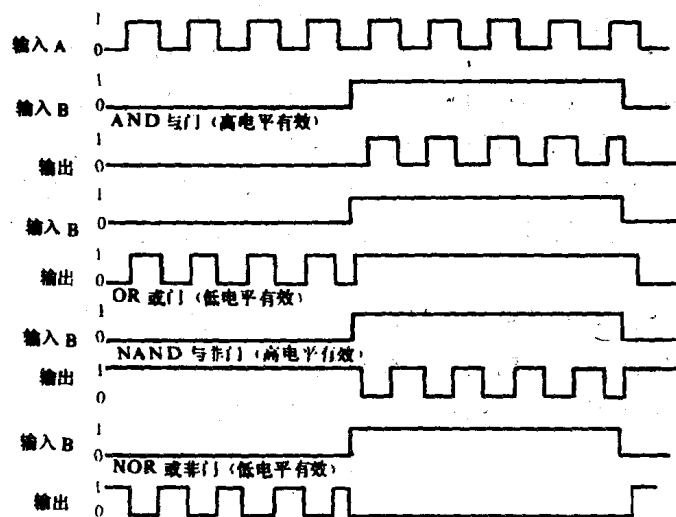


图 2-1 门电路信号图

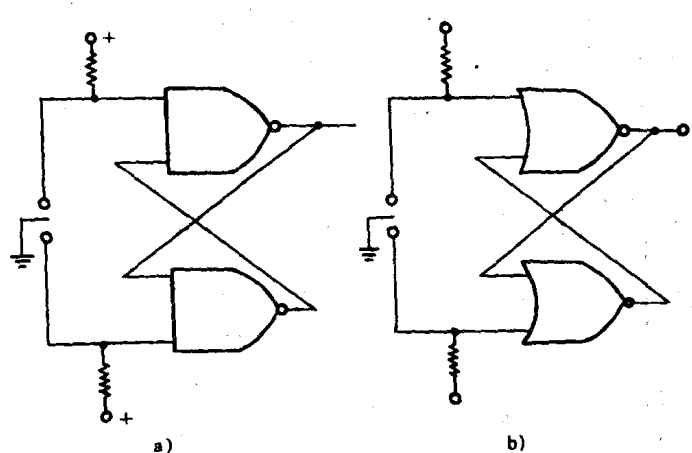


图 2-2 去抖动电路

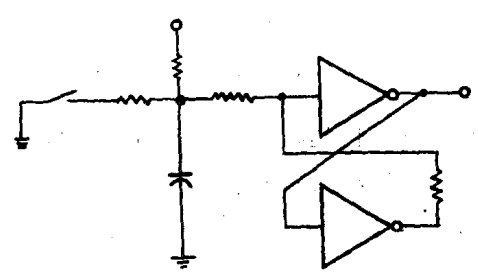


图 2-3 单刀单掷用去抖动的交叉耦合反相器电路

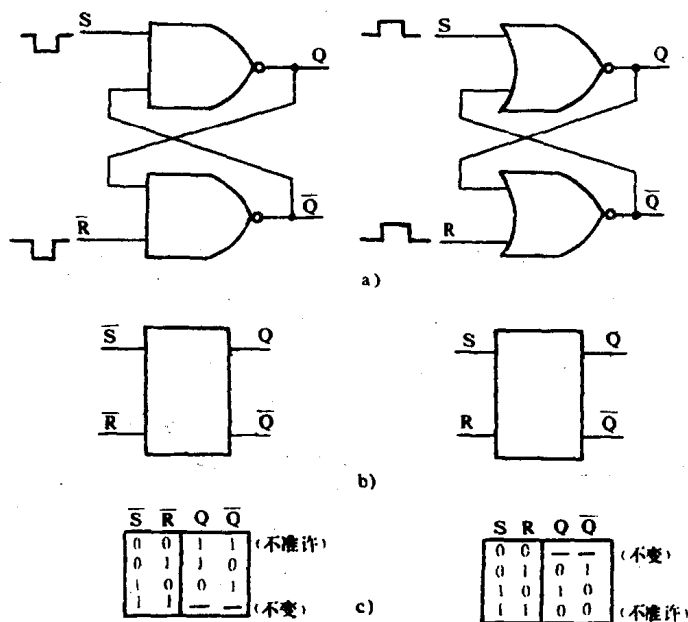
单刀双掷开关在与非门消除抖动电路适当输入端施加 0 电平或接地，就可使其触发，从一个状态翻转成另一状态。某输入端接地，同一边的输出就变成 1 状态。这个状态耦合到另

一个与非门的输入端，使其输出下降为 0，这个 0 状态又被耦合回第一个门的输入端，使其稳定成输入为 0，输出为 1 的状态。或非门消除抖动电路与此相似，只是施加 1 信号输入时，电路才翻转。图 2-3 为消除单刀单掷开关抖动的交叉耦合反相器电路，该电路中，消除抖动功能是由电容器吸收短时间的抖动信号来实现的。只有当开关打开或闭合相当长时间后，电容上电压才会因充放电而超过触发的阈值电平。

上述电路对重复地施加在某一条输入线上的信号只有一次反应，尽管机械触点闭合或断开时，触点会开闭许多次才达到稳定，但以上逻辑电路的输出只变化一次。

(2) RS 触发器

以上介绍的交叉耦合的与非门和或非门也可用于 RS 触发器(置位-复位触发器)。去掉图 2-2 所示电路中维持输入状态用的电阻，变成输入引线是依靠前一级逻辑电路来维持正常电平工作。图 2-4 为两种 RS 触发器的电路、符号和真值表。



a) 电路 b) 符号 c) 真值表

图 2-4 RS 触发器

上述 RS 触发器不是边沿触发的触发器，称作主从触发器，电平触发或电平同步的器件通常称作主从器件，需要提供一定的状态或所需的电平，才能完成预定的动作。而边沿触发或同步的器件通常称作 D 型或数据型器件，要求输入某种状态的变化或所需的跃变，才能完成预定的动作。

RS 触发器没有时钟同步功能，这种电路不与时钟脉冲进行同步。输入信号一变，输出信号立刻就变，唯一的延迟时间是器件所固有的传输延迟时间，结果在电路中会造成无法检查的跃变竞争。此外它不允许出现会引起输出状态自相矛盾的输入状态；将其顺序连结，也不可能得到一系列顺序可控状态，而这恰恰是时钟同步系统的重要特性。简单的 RS 触发器

也很难改装成二进制分频器和移位寄存器。

(3) RST 触发器

在 RS 触发器中增加输入时钟选通电路，就能与时钟脉冲进行同步。时钟脉冲起控制信号作用，而置位和复位线上的信号就是准备通过选通电路的信号，如图 2-5 所示。

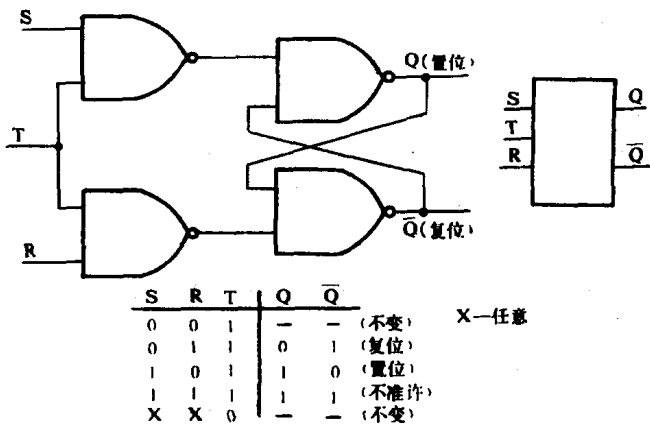
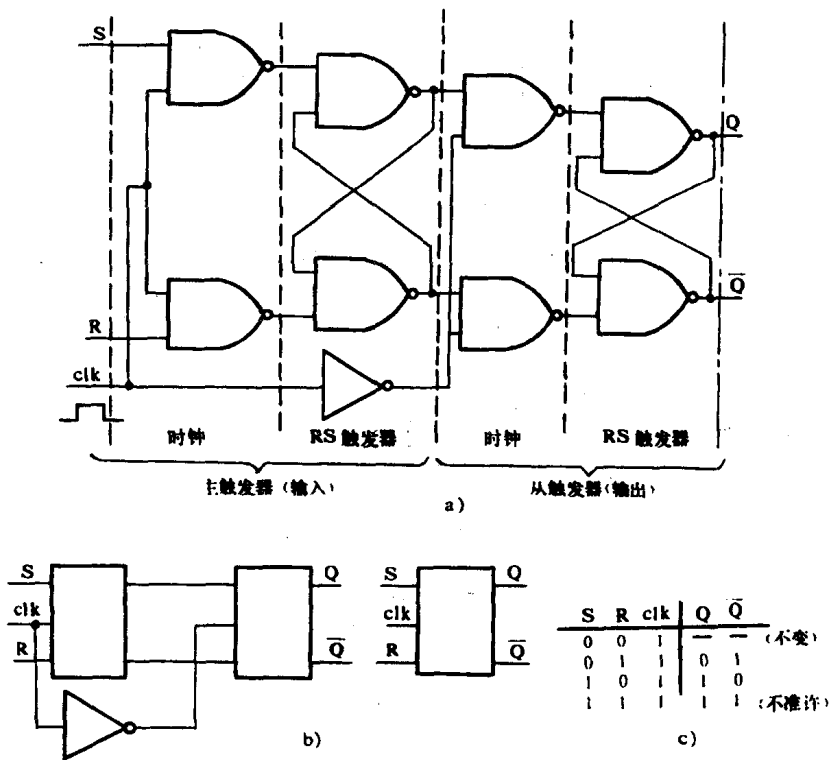


图 2-5



a) 电路 b) 符号 c) 真值表

图 2-6 主-从触发器