

业余无线电爱好者自学读物之七

微电子技术应用

集成电路应用技术



王德沅 编著 人民邮电出版社



业余无线电爱好者自学读物之七

微电子技术应用

——集成电路应用技术

王德沅 编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书是《业余无线电爱好者自学读物》系列书之一。专门介绍各种集成电路的应用技术。第一章先介绍常用集成电路的分类以及它们各自的特点和性能。第二章介绍集成电路应用中的若干具体问题,包括管脚识别、简单测试、接口电路、负载能力、印制电路的设计对电源的要求以及抗干扰等。第三章至第五章则分别讲述各种集成电路在家用电器、业余小制作、自动控制装置及仪器仪表中的具体应用。书中还有若干实验电路,可供读者实际动手制作。

业余无线电爱好者自学读物之七

微电子技术应用

—集成电路应用技术

WEIDIANZI JISHU YINGYONG

王德沅 编著

责任编辑 沈成衡

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本: 787×1092 1/32

1989年8月 第 一 版

印张: 14 ⁴/₃₂

页数: 226

1989年8月河北第1次印刷

字数: 324 千字

插图: 6

印数: 1—6 000册

ISBN7-115-03857-0/TP·028

定价: 4.90元

出版说明

为了满足广大业余无线电爱好者自学电子技术的迫切需要，我们在中国电子学会普及工作部和华东地区电子科普创作研究会的支持和帮助下，组织华东地区作者编写了这套“业余无线电爱好者自学读物”。它的特点是具有较强的针对性、实用性和一定的趣味性，比较适合于具有初中以上文化程度的无线电爱好者自学。为了使读者循序渐进地掌握电子技术基础知识及实践技能，这套读物分七册出版：《实用电工基础》、《基础电子学》、《无线电广播与接收》、《电视广播与接收》、《脉冲和数字电路》、《实用电子测量》和《微电子技术应用》。各书讲述基本理论时以讲清物理概念为主，避免繁琐的数学推导；力求和爱好者的业余实践活动密切结合，按专题安排一定数量有实用性的实验项目，用理论知识把一个个实验串起来；每章后附有小结和习题，便于读者复习和巩固所学知识。读者可以根据自己的实际情况，系统学习这套读物或选学其中的某几册。

编辑出版这样一套自学读物，对我们来说还是一个尝试。欢迎广大无线电爱好者对这套读物的内容和编写方法提出宝贵意见。

前 言

随着微电子技术对国民经济各部门和人民生活产生的影响不断扩大，许多读者要求了解、掌握微电子技术的心情也益发迫切。本书所介绍的就是微电子技术的一个重要方面——应用。

书中第一章介绍微电子技术的核心——集成电路，内容包括各类集成电路的特点、型号命名、适应范围及发展情况等。第二章讲述如何解决常见集成电路应用中的具体问题。第三、四、五章分别以家用电器、自动控制装置和仪器仪表三个领域中的实例电路为主干，较详细地讲解了多种集成电路的应用知识。全书中所选的集成电路都具有一定的代表性，其中大多是国内外80年代较先进或相当流行的品种，一般爱好者也不难接触到这些器件。本书的叙述力求简明、通俗，并在实用性方面多下功夫，以适应读者自学需要。每章中给出的实验电路大都系作者自行设计，而且所有实验电路均经过作者装制、验证。

在编写本书过程中，得到了电子界老前辈刘同康、《中国集成电路大全》总主编赵保经等同志的热情关怀和支持，谨在此表示衷心感谢。

限于作者水平，书中难免存在不当和错误之处，敬希读者批评匡正。

作者

1987年 于上海

目 录

第一章 微电子技术的核心—集成电路	(1)
第一节 数字集成电路	(1)
一、数字集成电路的种类和优值	(1)
二、双极型数字集成电路	(3)
三、单极型数字集成电路	(7)
第二节 模拟集成电路	(10)
一、集成稳压电路	(11)
二、电视机用集成电路	(14)
三、音响集成电路	(16)
第三节 运算放大器	(24)
一、国产运算放大器的型号及技术标准	(24)
二、通用型运放	(25)
三、特殊型运放	(26)
第四节 特种和专用集成电路	(30)
一、时基电路	(30)
二、A/D和D/A转换电路	(31)
三、微处理器和存储器	(33)
四、音乐集成电路	(34)
五、计算器和钟表专用集成电路	(34)
六、JEC-2型多功能触发器	(36)
小结	(36)
习题一	(39)

第二章 集成电路应用中的若干具体问题	(41)
第一节 集成电路的外形和管脚识别	(41)
一、数字集成电路的外形和管脚识别.....	(41)
二、模拟集成电路的外形和管脚识别.....	(45)
三、特种和专用集成电路的识别.....	(48)
第二节 集成电路使用注意事项	(50)
一、数字集成电路使用注意事项.....	(50)
二、模拟、特种和专用集成电路使用注意事 项.....	(64)
第三节 常用集成电路的接口技术	(80)
一、接口的基本要求.....	(80)
二、其它器件驱动CMOS器件	(81)
三、CMOS驱动其它器件	(90)
第四节 集成电路设备的印制板设计和装配技 术	(97)
一、集成电路设备印制板的设计.....	(97)
二、印制电路板的装配.....	(107)
小结.....	(113)
习题二.....	(117)
第三章 微电子技术在家用电器中的应用	(121)
第一节 收音机中的集成电路及其应用	(122)
一、单片调幅收音机集成电路及其应用.....	(122)
二、手表收音机.....	(130)
三、单片式调频/调幅收音机 (用CD2204) ...	(135)
〔实验一〕在普通调频收音机上加装立体声解码 器.....	(145)
第二节 单片录音机电路	(154)

一、单片录音机电路XG 4160	(154)
二、单片自动选曲电路 XG2000	(156)
三、由XG4160和XG2000组成的自动选曲录音机.....	(156)
第三节 电视机用集成电路.....	(161)
一、三片式集成电路电视机.....	(161)
二、单片电视机集成电路 TDA4500	(173)
第四节 音响装置中的集成电路.....	(180)
一、TDA2000系列功放集成电路	(181)
二、STK系列厚膜混合功放电路.....	(187)
〔实验二〕集成电路助听器的制作.....	(193)
〔实验三〕简易实验电子琴制作.....	(196)
〔实验四〕优质家用立体声扩音机制作.....	(203)
小结.....	(220)
习题三.....	(222)
第四章 微电子技术在自动控制中的应用.....	(225)
第一节 传感器.....	(226)
一、普通传感器.....	(226)
二、集成化传感器.....	(227)
第二节 应用实例.....	(240)
一、纱线断头自停及计数装置.....	(240)
二、双线检测控制器.....	(251)
三、带保护功能的水位自控装置.....	(262)
四、数字式定长控制器.....	(269)
〔实验五〕用简单计算器作通用计数控制器.....	(278)
〔实验六〕简易定时自控开关制作.....	(285)
〔实验七〕单片集成电路多功能控制器制作.....	(289)

小结	(294)
习题四	(295)
第五章 微电子技术在仪器仪表中的应用	(298)
第一节 指针式仪器仪表	(298)
一、袖珍型低频频率计	(298)
二、在线测试仪器	(303)
第二节 数字式仪器仪表	(320)
一、简易数字频率计	(320)
二、小型数字电压表和温度计	(328)
〔实验八〕 袖珍计算器兼作数字频率计	(345)
〔实验九〕 袖珍音频信号发生器制作	(349)
〔实验十〕 逻辑探测笔制作	(354)
小结	(359)
习题五	(360)
部分习题答案	(362)
附录	(368)
附录 1 常用TTL电路功能及国内外型号对照表	(368)
附录 2 常用ECL电路名称及国内外型号对照表	(375)
附录 3 国内外部分CMOS电路型号对照表	(379)
附录 4 常用高速CMOS电路	(391)
附录 5 常用集成稳压电源国内外型号对照表	(394)
附录 6 常用音响、电视集成电路国内外产品互换表	(400)
附录 7 收音机、收录音机常用高、中频放大和功放集成电路主要特	(409)
附录 8 “集成运放系列和品种”国家标准草案(部分)	(411)
附录 9 国内外运算放大器型号及主要功能对照表	(插页)
附录 10 我国集成电路型号命名方法	(415)

附录11	国产集成电路型号与生产厂家对照表	(417)
附录12	部分国产早期TTL电路的引脚排列表	(421)
附录13	常用集成运放的典型接线图	(425)
附录14	上海牌J135-5U型集成电路电视机电路	(插页)
附录15	用TD4500的单片黑白电视机电路图	(插页)
附录16	几种常用霍尔传感器的主要性能及应用特点	(428)
附录17	常用集成温度传感器的主要性能及应用特点	(430)
附录18	国产半导体敏感器件及其传感器一览表(一)	(431)
	(二)	(435)
附录19	本书中所用部分集成电路引脚图	(439)
附录20	部分微型及小型继电器技术参数表	(440)

第一章 微电子技术的核心

——集成电路

自从1959年世界上出现了第一块集成电路后,电子技术的发展就开始进入了微电子技术时代。20多年来,微电子技术取得了惊人的进步。今天,微电子技术的广泛应用,已给社会生活和生产活动带来了极大的变革。那么,什么是微电子技术呢?简单通俗地说,就是使电子产品微小型化的技术,也可以说是集成电路技术。电子产品的含义很广,包罗了各种各样的电子元器件和电子仪器、装置等整机或系统。由于整机或系统也是由许许多多元、器件组合而成,整机或系统微型化必须依赖于元器件的微型化。可见微电子技术的核心和基础是元器件的微型化和微型化的元器件。当今,微型化的元器件主要是指各类集成电路。因此近年来实际上已把研制、生产和应用集成电路的技术通称为微电子技术。本书要讲解的内容主要是微电子技术的一个重要方面——应用。

本章中,要比较全面地介绍一下各类集成电路的概况和选用参考知识,并侧重于在70年代后期及80年代中应用较广或发展较快的集成电路。

第一节 数字集成电路

一、数字集成电路的种类和优值

数字集成电路,以器件的电传导特性分可分为双极型和单

极型两大类。双极型集成电路是利用电子和空穴两种不同极性的载流子进行电传导的器件。它的主要特点是工作频率（速度）高和信号传输延迟时间短，但制造工艺较复杂。单极型集成电路中只利用电子或空穴一种载流子。由于这种电路一般由MOS（金属—氧化物—半导体）场效应管构成，故又常称作MOS集成电路。MOS集成电路的主要优点是功耗低、工艺简单和容易实现大规模集成等，缺点是工作速度较低。

双极型集成电路中包括有TTL、HTL、ECL、RTL、DTL及I²L等几种；单极型集成电路常按所用沟道材料分为PMOS（P沟道MOS）、NMOS（N沟道MOS）及CMOS（互补MOS）等三种。

不论是哪一种数字集成电路，其平均延迟时间都要受到消耗功率的制约。一定形式的数字逻辑电路，其消耗功率的大小约反比于平均延迟时间。因此一般用每门（电路）的平均延迟时间 t_{pd} 与功耗 P_d 的乘积来表征数字集成电路的优劣。这个乘积就是优值FM(Figure of Merit)*。

即：
$$FM = t_{pd} \cdot P_d$$

式中，FM的单位为pJ（皮焦耳）， t_{pd} 的单位是ns（纳秒）， P_d 的单位为mW（毫瓦）。通常FM越小，电路的性能就越佳。在选用数字集成电路时，FM的大小是一个需考虑的重要因素。但一般不能仅仅依据FM而作出选择，必须根据实际应用情况同时兼顾到速度（或功耗）、抗干扰性能和价格等因素才行。

常用各类数字集成电路的FM如下：

* 也有称作“品质因素”的。

电 路 类 别	FM	电 路 类 别	FM
标准TTL	100	PMOS	5000
LSTTL	19	NMOS	50
HTL	2550	CMOS	0.5
ECL	50	HCMOS**	0.1

二、双极型数字集成电路

1. TTL集成电路

TTL集成电路是数字集成电路中的主要品种之一，产量和应用面均名列前茅。目前国内外各生产厂大都参照美国 Texas（德克萨斯）公司生产的SN54/74系列产品作为TTL电路的通用系列品种。SN54/74系列各品种的主要特性如表1-1所示。

国内现共有以下五个系列的TTL电路产品。

(1) TOOO系列

这是参考Texas的SN74系列标准，结合我国实际情况而设计的产品。其中有些品种（如与或非门、JK触发器及十进制计数器等）的引脚排列与SN74系列不一致，因此二者不能完全互换。该产品由于工艺关系，通用性较差，目前已不再发展。但是这个系列的产品在国内的应用很广泛。前些年，爱好者能够或已经接触到的TTL电路大多也是TOOO系列产品。考虑到今后一段时间内市场上仍将有一定的供应量，所以对它们的情况应有一些了解。该系列中的TO60~TO87是中速小规模电路，共28种；TO90~T116系高速小规模电路，共26种。这两类小

- 低功耗肖特基TTL。
- • 高速CMOS。

表 1-1 SN54/74系列各品种主要特性参数

参 数 名 称	SN74	SN74S	SN74H	SN74LS
电源电压 (V)	5	5	5	5
逻辑“1”输入/输出电压 (V)	2/2.4	2/2.7	2/2.4	2/2.7
逻辑“0”输入/输出电压 (V)	0.8/0.4	0.8/0.5	0.8/0.4	0.8/0.5
高电平噪声容限 (V)	0.4	0.7	0.4	0.7
低电平噪声容限 (V)	0.4	0.3	0.4	0.4
扇出系数	10	10	10	20
每门功耗 P_d (mW)	10	20	23	2
平均延迟时间 t_{pd} (ns)	10	8	6	9.5
优值FM (PJ)	100	60	138	19

注: SN54为军用系列, SN74为民用系列。SN54的工作温度范围为
 $-55^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$, 供电电压偏差范围 $V_{CC} = 5 \pm 10\%V$;
 SN-74则分别为 $0^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ 和 $5 \pm 5\%V$ 。其余参数两者基
 本相同。

规模电路主要是各种门电路、反相器和触发器等。另有T210~TB87属中速中规模电路, 品种有计数、译码、移位寄存、数据选择、奇偶校验、运算单元和存贮等电路。除了上述品种外, 还有甚高速(如T120)、低功耗中速(如T031)、低功耗低速(如T001)等系列小规模品种, 但数量和品种都较少, 应用也不广。现在已很少见了。

(2) T1000系列

T1000系列是中速TTL系列，也称STD-TTL（标准TTL）系列。该系列品种的电路结构、性能指标及引脚排列等都是仿照SN54/74系列的，因此可以和SN54/74相应集成电路直接互换使用。例如8输入端单与非门T1030与SN7430相当，两者可互换。T-1000系列产品的 t_{pd} 为10ns左右，噪声容限不高，一般适用于对速度和抗干扰要求不高的电子设备中。

(3) T2000高速系列

T2000为仿SN54H/74H系列（可直接互换）。这个系列实际是STD-TTL的改进版，主要采用了浅饱和电路结构，使得工作速度提高。它的平均延迟时间约为6ns，但功耗上升为23mW，所以它的优值比T1000系列反而大了些。国内目前T2000系列的品种较少。

(4) T3000甚高速系列

该系列采用了肖特基抗饱和电路结构，速度比T2000系列提高一倍， t_{pd} 为3ns，主要适用于需高速工作的整机中。T3000系列与SN54S/74S系列相仿，两者对应产品可直接互换。如T3175四D触发器与SN74S175对应；SN74S86四异或门与T3086相当，等等。

(5) T4000低功耗肖特基系列

这是仿SN54LS/74LS系列的产品，特点是低功耗， P_d 小于2mW，仅为T1000系列的1/5。由于功耗低，速度又略高于T1000系列，是TTL电路中FM最优的品种，很有发展前途。国内外许多厂家都把该系列作为TTL电路的主要产品系列，品种和数量均很多。今后一段时期内，在TTL电路的应用中，T4000系列产品将占明显优势。

我国以前生产的TTL电路较为杂乱，同品种电路的型号、

技术指标和管脚排列不尽相同的情形甚为普遍。其中有按厂标命名的；也有按过渡部标（即T000系列）、部标（即T1000~T4000系列）或国外型号命名的。这对产品的应用、推广和发展来讲都非常不利。自1981年~1983年开始，这种情况有了转变，产品基本向以部标或国标命名的通用系列发展。但上述产品仍大量存在于各个领域内，给应用和维修人员带来不少麻烦。为了便于应用和维修，本书附录1中列出了各种常用TTL电路的国内外型号对照表，供参考。

2. HTL电路

HTL电路的主要特点是噪声容限大（6V），抗干扰性能好。它实质是一种高抗干扰的TTL电路。HTL电路适合在干扰源较多的工业控制等场合中应用，如数控机床、数字巡回检测或程序控制设备中经常用到这种电路。由于HTL电路的速度不高（ $t_{pd}=85\text{ns}$ ），功耗也较大（ $p_d=30\text{mW}$ ），因此将逐渐被CMOS电路取代。国内现在已不再发展；过去生产的厂家也不多，生产的品种有限，主要是参照日本东芝公司的产品系列设计的，其中有门电路、触发器、计数器、译码器和寄存器等。

3. ECL电路

ECL电路也称作“CML电流型逻辑电路”。其高速特性在目前尚没有任何一种数字电路能与之相比。它的 t_{pd} 小于2ns，更先进的亚毫微秒电路（如F100K系列）可达0.75ns以下。ECL电路还有扇出强和功能灵活等特点；缺点是功耗较大（ $p_d=25\text{mW}$ ），价格贵。ECL电路一般不用在业余制作和工业控制中；但在一切要求具有高速或超高速性能的计算机、雷达系统、数字通信机、数字传输和控制设备中，ECL电路是必需

的。国内的ECL电路产品主要由甘肃天光电工厂生产，现有系列产品E10100/E10500、E12000和E8600等，分别是仿制美国MOTO (MOTOROLA, 莫托洛拉) 公司MC10100系列(工作温度范围为 $-30^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$)、MC10500系列(工作温度范围为 $-55^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$)、MC12000系列(高速锁相环系列)和SP8600系列(亚毫微秒、低功耗系列)等的产品。附录2中列出了部分常用ECL电路的名称及国内外产品互换表，供在实际工作中参考。

4. 其它双极型电路

除上述几个系列外，还有RTL(电阻-晶体管逻辑)、DTL(二极管-晶体管逻辑)、LTTL(低功耗TTL)及 I^2L (集成注入逻辑)等电路。RTL和DTL是最初出现的数字集成电路。因功耗大、集成度低、速度慢和抗干扰性差，它们现已被基本淘汰。LTTL电路的国内产品很少，而且这种电路也已进入衰退消失期。 I^2L 电路的特点是功耗低、集成度高、速度快及成本低等，在有些电子钟表和微处理机上用的大规模集成电路中就采用了 I^2L 工艺。 I^2L 器件是一种很有发展前途的数字电路，但目前国内这种产品尚较少见。

三、单极型数字集成电路

1. PMOS电路

PMOS电路是一种适合在低速、低频领域内应用的器件。在三种MOS型数字电路中，它的速度最慢， t_{pd} 为1000ns，比NMOS和CMOS电路都慢一个数量级以上。同时它的功耗也最大， $P_d=5\text{mW}$ ，是NMOS电路的10倍，CMOS电路的500倍。此