

微电路设计和应用手册

〔美〕 David F. Stout 著

龚启墉 朱征云 彭湘晖 译



~~8810515~~ 90. 补录

国防工业出版社

881055

8810515

内 容 简 介

本书以手册的形式详细地介绍了各类模拟集成电路和数字集成电路的设计和应用,重点介绍了微型计算机及其有关器件 RAM、ROM、时序电路、数字信号发生器、串行和并行通讯电路、BCD 电路、A/D 变换器和 D/A 变换器的设计和应用。

全书内容丰富、文字简练,并以表格形式详细介绍了各种电路的设计方法和计算步骤,因此,使用起来极其方便,特别适合于从事电子电路设计、微机硬件设计、仪器仪表设计工作的工程技术人员阅读,同时对于高等学校的教师、学生来说,也是一本极有价值的参考书。

2639/01
Handbook of Microcircuit
Design and Application
David F. Stout
McGraw-Hill, Inc. 1980

微电路设计和应用手册

〔美〕David F. Stout 著

黄启塘 朱征云 彭湘晖 译

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

850×1168 $1/32$ 印张 17 447千字

1987年12月第一版 1987年12月第一次印刷 印数: 0,001—7,920册

ISBN7-118-00211-9/TN37 定价: 3.80元

前 言

在微电路技术飞速发展和广泛应用的今天，我们向读者推荐这本很有价值的参考书，目的是帮助工程师、教师和学生进行集成电路的设计和实际应用，力求向读者提供在具体电路设计时所需要的全部方程和设计资料。

本书名为手册，实际内容却远远超出了一般手册的范围，且具有一定的特色。作者力求使读者迅速理解书中所介绍的内容并能正确地应用，而且书中对于数字和模拟微电路的叙述程序有规律性，便于读者掌握和查阅。微电路，特别是微机电路，在我国已得到了广泛的应用，其中相当一部分国内已有产品，本书系统地介绍了每一种微电路，因此对于微电路设计工程师来说，大有人手一册的必要。

此书由龚启墉、朱征云、彭湘晖合译，龚启墉负责全书的统校。本书翻译过程中，由于时间仓促，加之水平有限，故书中难免有错误之处，敬请广大读者批评指正。

译 者

原 序

现代飞速发展的电子学领域中，模拟微电路和数字微电路构成了一个极其重要的部分。本书对各种主要类型的微电路都进行了综合介绍，材料组织编排的方式是便于设计工程师迅速解决所遇到的具体问题。

本书各章的编写方式只是为了快速参考重要的资料，而没有过多地介绍理论基础和考证。数字微电路各章都采用比较容易理解的格式介绍，模拟微电路各章则按另一种稍许不同的格式介绍。

每种数字集成电路主要按照下述几个方面介绍：器件的其他名称、器件的工作原理、这类逻辑器件中典型集成电路的电路图、有布尔方程和时序图的，就提供布尔方程和时序图；此外，每章还附有一些具体应用的例子。象微处理机之类比较复杂的数字集成电路通过建立框图的方法加以介绍，先介绍主体部分，然后逐步加入并解释各外围电路，直到介绍完为止。

由于微处理机是一种用途很广的通用器件，因此，本书共有五章介绍微处理机，首先（第十三章）详细介绍这个器件，而后（十四章至十七章）介绍四种不同类型的应用。

每种模拟集成电路则按下列设计程序进行介绍：器件的其他名称、工作原理、设计参数表、重要的设计方程、推荐设计步骤、使用设计步骤举例等。由于参数表仔细地解释每个参数或电路元件及其对电路的影响，因此参数表是很有用的。

本书主要强调微处理机和微型计算机，以及和这些大规模集成电路连接的有关问题。本书还讨论了其他大规模集成电路总线器件，主要有随机存取读-写存储器、串行和并行通信器件、A/D和D/A变换器、直接存取存储器、数值处理器以及编码-译

码器。

有关运算放大器部分包括有作者另一部著作——《运算放大器电路设计手册》的许多特色，诸如设计运算放大器的两条基本规则，综合列出运算放大器的各种误差来源及其减少这些误差的可能办法，并例举了考虑各种误差源影响下的反相放大器的具体设计方法。

第二十章介绍了八类有源滤波器，包括有低通、高通、带通和带阻滤波器，多数情况下，也给出设计程序和数值例子，并定量地讨论了灵敏度参数和滤波器的误差来源。

下略。

目 录

第一章 微电路的绪言	1
绪言	1
1.1 微电路的类型	1
1.2 本书的目的	3
1.3 本书的基本内容	4
1.4 格式	5
第二章 数字电路的类型	6
绪言	6
2.1 每类器件的常用门电路	6
2.2 电压传输函数	9
2.3 功耗	13
2.4 开关和传播时间	14
参考文献	19
第三章 组合电路	20
绪言	20
3.1 缓冲门	21
3.2 非门	22
3.3 与门	26
3.4 与非门	27
3.5 或门	33
3.6 或非门	34
3.7 异或门	36
3.8 与-或-非门	38
3.9 数字多路转换器	40
3.10 数字多路分配器-译码器	43
3.11 全加器	46
参考文献	48

第四章 触发器和移位寄存器	49
绪言	49
4.1 RS 触发器	49
4.2 主-从定时 RS 触发器	54
4.3 数据触发器	54
4.4 基本 JK 触发器	57
4.5 主-从 JK 触发器	59
4.6 边沿触发 JK 触发器	62
4.7 串入-串出移位寄存器	64
4.8 并入-串出移位寄存器	71
4.9 串入-并出移位寄存器	76
4.10 并入-并出移位寄存器	77
4.11 移位寄存器的应用: 脉冲序列发生器	80
参考文献	86
第五章 随机存取读-写存储器	87
绪言	87
5.1 RAM的术语	88
5.2 $(N \times 1)$ 位随机存取存储器	96
5.3 $N \times 1$ RAM的应用: 4K字存储器	101
参考文献	108
第六章 只读存储器	109
绪言	109
6.1 掩模-可编程序ROM	109
6.2 掩模-可编程序ROM的应用: CRT字符发生器	111
6.3 现场-可编程序ROM	114
参考文献	116
第七章 数据字排序和检验	117
绪言	117
7.1 数字数值比较器	117
7.2 奇偶树	119
7.3 误差校验和误差校正码	122
参考文献	126
第八章 时序电路	127

绪言	127
8.1 计数器	127
8.2 ROM控制的时序发生器	134
8.3 可编程的逻辑阵列	137
参考文献	139
第九章 数字信号发生器	140
绪言	140
9.1 两相无重叠的钟脉冲	140
9.2 单片计时器	143
9.3 微型计算机控制的钟脉冲信号发生器	145
9.4 单稳态多谐振荡器	147
参考文献	149
第十章 串行通讯微电路	150
绪言	150
10.1 通用异步接收机-发送机	152
10.2 UART的应用:盒式磁带调制-解调器	155
10.3 通用同步接收机-发送机	160
参考文献	168
第十一章 并行通讯微电路	169
绪言	169
11.1 缓冲门	169
11.2 锁定-D触发器	171
11.3 并行外围接口	173
第十二章 BCD电路	181
BCD电路的必要性	181
12.1 BCD编码和变换	181
12.2 BCD系统的格式	184
12.3 BCD加法器	185
12.4 BCD减法器	186
12.5 二进制到BCD的变换	189
12.6 BCD到二进制的变换	192
参考文献	195
第十三章 微处理机和微型计算机	196

微处理机和微型计算机的比较	196
13.1 微处理机的组成部件	197
13.2 微处理机-微型计算机的软件	206
参考文献	213
第十四章 微处理机控制的 A/D 变换器	214
应用对象	214
14.1 非同步工作方式的平均 A/D 变换器	214
14.2 软件启动的 A/D 变换器	221
参考文献	224
第十五章 以微处理机为基础的交通管理系统	225
应用范围	225
15.1 街道干线和支线交通控制器	225
参考文献	235
第十六章 键盘扫描电路	236
扫描方法综述	236
16.1 X-Y 矩阵开关阵列	236
16.2 使用微处理机和 PIA 的键盘扫描器	238
16.3 微处理机 BCD 开关扫描器	248
第十七章 6800 微处理机的应用: 多音音乐合成器	254
第十八章 专用大规模集成电路	264
大规模集成电路发展情况	264
18.1 存储器直接存取控制器	265
18.2 数字处理器	268
18.3 曼彻斯特 (MANCHESTER) 编码-译码器	274
参考文献	278
第十九章 运算放大器	279
绪言	279
19.1 运算放大器的应用	283
19.2 运算放大器的基本电路	288
19.3 运算放大器的参数	292
19.4 运算放大器的应用: 基本反相运算放大器	315
参考文献	327

第二十章 有源滤波器	328
绪言	328
20.1 二阶低通滤波器	328
20.2 三阶低通滤波器	335
20.3 二阶高通滤波器	339
20.4 三阶高通滤波器	344
20.5 多重反馈带通滤波器	348
20.6 状态变量带通滤波器	355
20.7 有源-电感器式带阻滤波器	362
20.8 双T带阻滤波器	366
参考文献	370
第二十一章 稳压器	371
21.1 单片集成稳压器的概述	371
21.2 单片集成稳压器的参数	372
21.3 单片集成电流限制器	379
21.4 集成稳压器晶体管电流扩展器	382
21.5 单片集成开关稳压器	390
21.6 5A开关稳压器	396
参考文献	407
第二十二章 非线性模拟微电路	408
非线性电路的定义	408
22.1 正峰检波器	408
22.2 限幅器	412
22.3 精密半波检波器	415
22.4 差动对数放大器	425
22.5 反对数放大器	434
22.6 可控FET乘法器	437
22.7 对数-反对数乘法器-除法器	444
参考文献	448
第二十三章 模拟信号发生器	449
绪言	449
23.1 有源积分函数发生器	449
23.2 双电流源函数发生器	452

23.3	三角波-正弦波变换器	455
23.4	状态变量正弦振荡器	457
23.5	取样-保持振荡器	460
	参考文献	466
第二十四章 取样和多路转换电路		467
	绪言	467
24.1	FET 多路转换器	468
24.2	取样-保持电路	471
24.3	其他 S/H 结构	477
	参考文献	478
第二十五章 模-数变换器		479
25.1	模-数变换器的基本定义	479
25.2	ADC 参数的定义	487
	参考文献	490
第二十六章 数-模变换器		491
26.1	DAC 的基本定义	491
26.2	DAC 的各种结构	494
26.3	DAC 参数定义	496
	参考文献	499
第二十七章 锁相环电路		500
	绪言	500
27.1	相位比较器	501
27.2	压控振荡器	506
27.3	单片集成 PLL 系统	513
27.4	PLL 频率倍增器	514
27.5	锁相环 FM 检波器	525
	参考文献	532

第一章 微电路的绪言

绪 言

微电路早在六十年代初期开始问世，因为那个时候的电子工业无论在制造方法上，还是在电子学设计理论方面都已经历了巨大的变化。由于微电路的出现，复杂的电子电路的尺寸大大地缩小，电路的成本和研制新的电子产品的成本极大地下降，因此就使我们有可能广泛应用这些微电路，诸如袖珍计算器和微处理机等。

1.1 微电路的类型

微电路可分为单片式 (Monolithic) 和混合式两种。单 (Mono-) 指单块的意思，而片 (-lithic) 指的是基片或晶片。因此，单片微电路是一种包括所有电子电路元件的单片硅晶体 (芯片)。

单片集成电路 单片微电路又名单片集成电路，通常简称为集成电路 (IC)。

象图1.1那样的一块薄硅片包括有上百个集成电路。这张图表示一块直径为1.5~4英寸，厚6密耳的典型硅片，每个芯片的典型尺寸是 $1/16 \times 1/16$ 平方英寸。制造时，把每个单独的芯片从整块的薄硅片上切片下来，并把它们分别封装在专门的外壳中，见图1.2。然后，在芯片上焊好引出线，再焊好封罩，于是，整个加工好的微电路准备进行测试。

混合微电路 混合微电路是由一个或数个集成电路，加上一些电阻、电容和连接导线封装成的器件。其中电阻、电容和连接导线沉积在衬底 (如陶瓷片) 上，这些元件和导线连到IC上或它们之

8810515

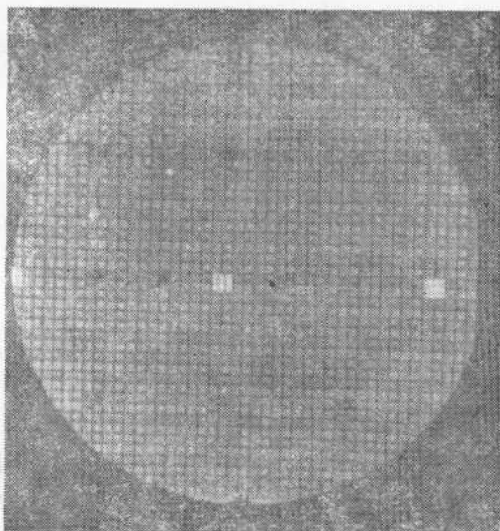


图1.1 包含上百个独立微电路
芯片的圆硅晶片 (Motorola公司)

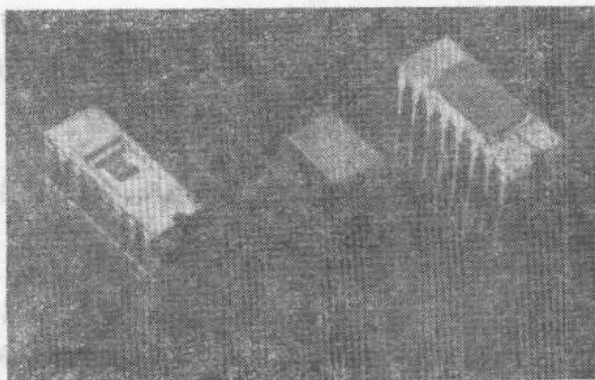


图1.2 微电路芯片放在管座，焊上
引线并焊上封罩 (Burr-Brown公司)

间相互连接。一般说来，需要大量生产的集成电路，最好采用单片微电路，而对需要量少的产品，目前看来，混合微电路产品也许更合适些。图1.3说明混合微电路的组装情况。

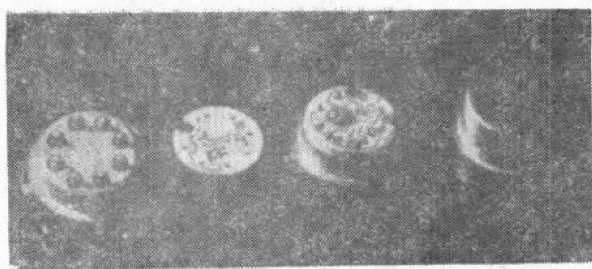


图1.3 混合微电路主要部件的分解图 (Burr-Brown公司)

单片集成电路器件

可以想象得到：所有有用的微电路最终都要制成为单片集成电路，混合微电路仅是实现这种目标的第一步。

单片集成电路的流行和发展是有其十分现实的理由的。几十年前还要占有许多立方英尺空间的电子设备，由于采用了微电路，体积已经大大地缩小了，仅为原先尺寸的极小一部分。

几乎每一种可以想象得到的模拟或数字电路都可以缩成微电路。微电路本身的最大限制是片子的功率容量和外部所需要的插脚的数目，然而，随着几瓦的集成电路和六十个插脚以上的集成电路的出现和推广，这种限制也正在克服之中。

1.2 本书的目的

编写本书的目的是帮助工程师、教师和学生进行集成电路的设计和实际应用。通常要想获得集成电路的全部资料往往是不大容易的。虽然，有些集成电路有充分的产品性能数据资料和应用说明可供利用，但一般情况，特别是新产品集成电路，要想得到充分的产品性能数据是很困难的，有时甚至于找不到什么有用的资料。

一般说来，往往要遇到下列情况：缺少许多有用的资料、有些资料或者不容易理解，甚至于存在矛盾的说法。在杂志文章和应用说明中，对于同一参数有时要出现三、四条相互矛盾的方程，几乎没有一篇文章能够提供实现某一具体电路设计所需要的全部

资料。虽然本书对具体电路的设计不可能全部地提供所需要的方程和设计资料，但我们力求做到这一点。

本书的安排

全书系统化地介绍每一种微电路。其中，一方面介绍这种具体器件在典型的应用中是怎样工作的；另一方面则深入讨论这种微电路的每一种参数。此外，应用部分还提供完整的设计方程表、给出设计步骤和使用这种设计步骤的数值说明。

全书主要强调微处理机。无疑，不久的将来这种装置必将成为大多数电子系统的中心控制器，而所有其他电子电路最后都要成为微处理机的外围装置。因此，任何一个致力于电子电路的研究和应用的人员都必须通晓标准的模拟集成电路和数字集成电路，以及它们与微处理机的通信或配套。

1.3 本书的基本内容

虽然我们生活在模拟量的世界中，但是，绝大多数帮助人们完成复杂任务的电子系统都是受数字计算机控制的，其中比较典型的是数据存取系统。

对于绝大多数复杂任务来说，数字系统是一种理想的系统，因为在处理数值和进行判断时，数字系统几乎是绝对的。然而，自然界中大多数的过程和物质现象都是模拟量，因此数字系统中有许多接口必须是模拟的。于是，基本系统应有模拟的输入和输出，以及一个纯数字的中心处理系统。

基本系统

本书打算先讨论基本系统，进而讨论在单片硅芯片上全部实现模拟输入、输出和数字处理的设计。虽然这个基本的单片硅芯片上大多数电子电路现在仍是各自独立的集成电路，但是它们必将逐步地组合成复杂的多功能器件。目前已有许多包括模拟和数字电路的芯片可供应用。

本书的章节

本书分为三大部分：

第二章至第十八章：数字集成电路

第十九章至第二十三章：模拟集成电路

第二十四章至第二十七章：模拟-数字集成电路

重点放在数字集成电路，特别是微处理机上，因为大电子系统中主要的集成电路是数字集成电路，而且数字集成电路对模拟集成电路之比将逐年上升。

1.4 格 式

本书基本编写情况如下：

1. 每章包括不同型号或不同类别的微电路。

2. 每章都包括有讨论部分，这部分介绍集成电路，并介绍某些应用于全章的通用符号。

3. 无论对每一章，或者对每一具体的器件都列出参数表，并加以充分的说明。

4. 因为好多器件都有多种叫法，所以，对于每类器件我们还列出它的其它名称。

5. 对于每种数字微电路都有功能说明、时序图、逻辑符号和布尔方程。

6. 模拟集成电路是利用内部电路图、典型的外部接法、设计方程、波形和功能说明等方面加以介绍。

7. 每章有2~3个部分介绍应用，在这些部分介绍器件常见的应用，包括有：其他名称表、工作原理部分、参数表和设计方程表。所有这些数据放到设计步骤部分中应用，而设计步骤部分包括有一组推荐的设计步骤，接着用数值例子说明如何方便地应用这些设计步骤进行设计。

8. 本书也包括一些理论章节，以帮助读者更好地运用设计部分的内容。第二章讨论各种常见的数字逻辑电路的类型，并在许多关键的地方作些相互比较。十三章至十七章讨论微处理机，而在十三章中对微处理机的初步理论加以介绍。