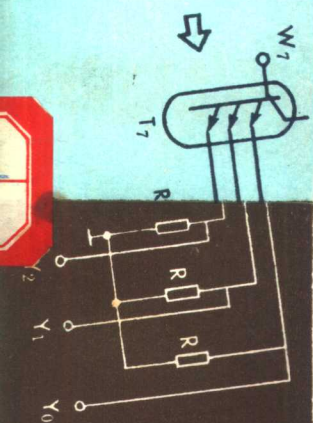
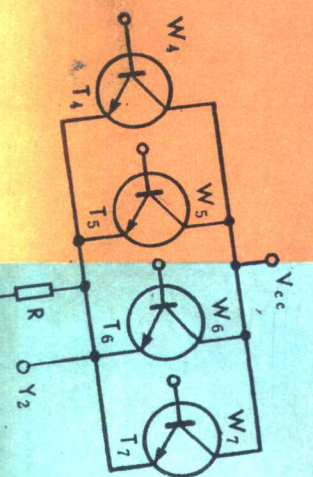


电子技术丛书



数字集成电路的原理及应用

汤之璋 编著

广东科技出版社

电 子 技 术 丛 书

数字集成电路的原理与应用

汤 之 璋 编 著

广 东 科 技 出 版 社

电子技术丛书

数字集成电路的原理与应用

汤之璋 编著

•

广东科技出版社出版

广东省新华书店发行

广东新华印刷厂印刷

737×1092毫米 32开本 13·375印张 260,000字

1983年2月第1版 1983年2月第1次印刷

印数1—11,000册

统一书号15182·50 定价1.25元

内 容 简 介

本书属电子技术丛书之一。是为满足初步掌握半导体电路基本知识的读者学习数字集成电路的基本原理及其应用的需要而编写的，是读者了解和学习集成电路的入门读物。书中叙述了逻辑代数的基本知识和各种逻辑门电路、触发器、计数器、移位寄存器的原理，以及译码、编码和显示技术，还有数字系统中的运算单元和半导体存储器。考虑到集成注入逻辑和电荷耦合器件的内容较新，故单独设章讨论。书中还讲述了模拟——数字的转换器，以及集成电路系统的综合应用举例。

本书力求在分析问题时讲清物理概念，以帮助读者提高应用理论解决实际问题的能力，在文字叙述上则尽量做到简明扼要，通俗易懂，以便大专院校电子专业的学生，以及具有中等文化水平的电子技术工作者和爱好者阅读。

出版说明

电子技术是新兴的前沿科学。近几十年来，电子技术的发展日新月异，许多人把电子技术水平作为衡量一个国家的现代化水平的标志。因此，普及电子技术与实现四个现代化有着密切的关系，而电子工业的发展是实现四个现代化的物质技术基础的重要组成部分。在社会主义现代化建设中，为了普及电子技术，我们编辑出版了《电子技术丛书》。

这套丛书由冯秉铨教授主编。力求结合各个专题，阐述当前国内外研究电子和电磁场运动，电路理论和实践，以及信息传输系统的一般规律及其应用技术，通俗地介绍这些方面的客观规律和技术经验；同时也介绍有关的电子元件、器件、设备和系统，普及这些方面的技术知识，以促进电子技术更加广泛地应用于国民经济、国防和科学技术的各个领域。

本丛书既着眼于当前，也着眼于未来，从国内现有实际技术水平出发，又要有所提高。以具有中等文化水平的工人，技术人员，以及从事电子工业生产和科研的有关人员为主要对象，也可供高等院校，中专电子学专业的师生和业余爱好者参考。

前 言

这本书的初稿是笔者于1973~1980年间，在华中工学院讲授电子技术基础和半导体电路课程时编写的一份补充讲义。书中着重叙述数字集成电路的原理及应用，介绍了逻辑代数基本知识和各种逻辑电路、触发器、计数器、移位寄存器、译码器、编码器、显示器、数字系统中的运算单元、存储器、集成注入逻辑（IIL）、电荷耦合器件（CCD）、模拟和数字的转换器等原理和技术，以及集成电路系统的综合应用举例。其中包括数字集成电路的许多新内容，如肖特基TTL门电路、CMOS管电路、集成注入逻辑、电荷耦合器件以及各种集成电路存储器，如MOS固定存储器（ROM），程序可控固定存储器（PROM），随机存取存储器（RAM）等，这些存储器在大规模集成电路内都得到了应用。

本书中所叙述的集成电路主要指硅材料的单片集成电路，包括小规模、中规模 and 大规模集成电路。所应用的半导体三极管，主要是双极性结型晶体管（BJT）和金属—氧化物—半导体场效应管（MOSFET）。书中谈到的各种门电路，也是由这两种类型的晶体管构成的。

本书在分析问题，着重物理概念的叙述。书中各种集成电路的举例，尽量采用国产集成电路（固体电路）的逻辑图、实际电路与参数，并利用这些固体电路组成各种有用的集成电路系统。希望这本书有助于帮助读者提高应用理论知识分析和解决集成电路实际问题的能力。

阅读本书时，要求读者对半导体电路的基本知识有所了解。笔者编写本书时，亦考虑到它是一本教学参考书，虽然内容较新，但叙事应当简明扼要，文字要通俗易懂，做到容易为读者接受。书稿内容，曾多次修改。力求做到大专院校自动控制专业的学生，以及具有中等文化水平的电子科学工作者和爱好者，均能看懂这本书。

华南工学院冯秉铨教授生前亲自审阅了全部原稿，并提出许多宝贵的修改意见。在本书出版之际，笔者怀着深沉的悼念对此表示谢忱。

1981年5月于武汉喻家山

目 录

绪论.....	(1)
第一章 数制.....	(3)
一、数的表示法.....	(3)
二、二进制数.....	(5)
1. 二-十进制数的转换	(7)
2. 十-二进制数的转换	(7)
三、三进制、八进制和十六进制数.....	(9)
四、数制基数的转换.....	(12)
1. 整数的数制基数的转换	(12)
2. 小数(分数)的数制基数的转换	(13)
3. 混合数的数制基数的转换	(14)
五、负数.....	(15)
1. 原码表示法.....	(15)
2. 反码表示法.....	(18)
3. 补码表示法.....	(20)
六、二-十进制编码(BCD)数	(22)
七、循环码.....	(24)
八、数的浮点表示法.....	(27)
1. 浮点表示法.....	(28)
2. 浮点数的算术运算	(30)
第二章 逻辑代数基础.....	(32)
一、逻辑代数的基本原理.....	(32)

1. 基本逻辑关系	(32)
2. 逻辑代数的基本公式	(35)
二、圆图和真值表	(41)
1. 逻辑“非”	(41)
2. 逻辑乘(“与”运算)	(42)
3. 逻辑加(“或”运算)	(43)
三、开关网络的分析与综合	(44)
四、“异或”逻辑(“异或”门)	(47)
五、逻辑函数的标准表达式	(50)
1. 最小项表达式(标准乘积项的和)	(50)
2. 最大项表达式(标准和数项的乘积)	(52)
3. 一个三变量逻辑函数的最小项和最大项	(54)
六、卡诺图和逻辑函数的简化	(58)
1. 概述	(58)
2. 为了简化逻辑表示式,在卡诺图上,将邻近 1 圈起来的方法	(64)
3. 在卡诺图上简化逻辑表示式	(66)
4. 一个五变量函数的简化	(70)
七、具有“自由选取条件”项的逻辑函数的简化	(71)
第三章 组合逻辑网络	(75)
一、二变量的逻辑函数,“与非”门以及“或非”门	(75)
二、正逻辑与负逻辑	(77)
三、应用“与或”门的组合网络	(80)
四、应用“与非”门的组合网络	(82)
五、应用“或非”门的组合网络	(84)
第四章 双极型逻辑门电路	(88)
一、基本门电路	(88)

1. “或”门电路.....	(88)
2. “与”门电路.....	(90)
3. “非”门电路 (反相电路)	(92)
二、用二极管-三极管逻辑 (DTL) 组成的“与非” 门电路.....	(96)
三、用二极管-三极管逻辑 (DTL) 组成的“或非” 门电路.....	(99)
四、集成电路二极管-三极管逻辑 (DTL) 门电 路.....	(101)
1. 由分立元件“与非”门改进到集成电路“与非”门.....	(101)
2. 集成电路“与非”门的逻辑功能	(103)
3. 集成电路“与非”门的负载能力	(106)
4. 集成电路“与非”门的电压传输特性	(109)
5. DTL“与非”门 7 MY11型的典型参数	(111)
五、二极管-三极管逻辑 (DTL) “与”扩展器， “与或”扩展器，以及“与非”驱动器	(112)
1. “与”扩展器.....	(112)
2. “或”逻辑的构成和“与或”扩展器	(112)
3. “与非”驱动器.....	(115)
六、高阈值逻辑 (HTL) “与非”门电路	(116)
七、电阻-三极管逻辑 (RTL) 门电路和直接耦合 三极管逻辑 (DCTL) 门电路.....	(117)
1. 电阻-三极管逻辑 (RTL) “或非”门电路.....	(117)
2. 直接耦合三极管逻辑 (DCTL) 门电路	(119)
八、三极管-三极管逻辑 (TTL) “与非”门电路 ...	(120)
1. 电路的工作原理	(120)
2. 7 MY13型 TTL “与非”门的典型参数	(127)

九、集成电路“与非”门的参数测试	(127)
1. 空载导通功耗 P_{on}	(127)
2. 输入短路电流 I_{is}	(129)
3. 开门电平 U_{on} 和关门电平 U_{off}	(129)
4. 输出高电平 U_{oH} 和输出低电平 U_{oL}	(131)
5. 负载个数(扇出系数) N	(132)
6. 输入交叉漏电流 I_{IH}	(133)
7. 平均传输延迟时间 t_{pd}	(133)
十、电流开关逻辑 (CML) 或发射极耦合逻辑 (ECL) 门电路	(134)
1. 基本电流开关逻辑门电路	(135)
2. 电流开关电路的输出和耦合	(139)
3. 实际电流开关逻辑“或门-或非门”电路	(139)
十一、肖特基三极管——三极管逻辑 (TTL) 门电路	(140)
第五章 金属-氧化物-半导体 (MOS) 逻辑门 电路	(144)
一、MOS反相器(非门)	(144)
二、MOS场效应管 (FET) “与非”门电路	(148)
三、MOS场效应管 (FET) “或非”门电路	(149)
四、动态MOS电路	(151)
1. 动态MOS反相器	(152)
2. 二相MOS反相器	(153)
五、CMOS门电路	(155)
1. CMOS反相器	(155)
2. CMOS“或非”门和“与非”门	(159)
3. CMOS传输门	(161)

六、用CMOS组成的“三状态”逻辑电路	(164)
七、各种集成电路逻辑门电路的性能比较	(167)
第六章 集成电路触发器	(170)
一、触发器的基本形式	(170)
二、可控 $R-S$ 触发器	(172)
三、计数式触发器	(174)
四、计数式触发器的空翻	(176)
五、维持-阻塞触发器	(178)
1. 逻辑电路	(178)
2. 工作原理	(178)
3. 触发器的工作速度	(181)
4. 触发器的逻辑关系	(182)
5. 不对称维持-阻塞触发器	(182)
六、具有二极管结电容存储导引电路的触发器	
($J-K$ 触发器)	(184)
1. 7CS11型 $J-K$ 触发器的工作原理	(184)
2. 由7CS11型 $J-K$ 触发器改进到7CS23型 $J-K$ 触发器	(186)
3. $J-K$ 触发器的逻辑功能	(188)
七、其他类型触发器	(192)
1. 主从 $J-K$ 触发器	(192)
2. D 型触发器	(193)
3. T 型触发器	(194)
4. 各种类型触发器的特性小结	(195)
八、两个“或非”门组成的基本触发器	(201)
九、MOS触发器	(202)
1. 两级MOS反相器组成的触发器	(202)

2. 用MOS管组成的 R - S 触发器	(203)
3. MOS型 J - K 触发器	(204)
十、CMOS 触发器	(207)
1. CMOS R - S 触发器	(207)
2. CMOS D 型触发器	(210)
3. CMOS J - K 触发器	(212)
4. CMOS J - K 触发器的一些特性参数	(214)
十一、施密特触发器	(215)
1. 运算放大器用作比较器	(215)
2. 再生比较器(施密特触发器)	(215)
第七章 计数器与移位寄存器	(221)
一、二进制计数器	(221)
1. 二进制加法计数器	(221)
2. 二进制减法计数器	(224)
3. 二进制可逆计数器	(225)
二、十进制加法计数器	(226)
三、同步计数器	(228)
1. 串行进位的同步计数器	(229)
2. 并行进位的同步计数器	(230)
3. 同步十进制计数器	(232)
四、国产 5S4 型四位二进制计数器	(238)
五、移位寄存器	(236)
1. 串行-并行变换器	(237)
2. 串行输入、串行输出的寄存器	(239)
3. 并行-串行变换器	(239)
4. 并行输入、并行输出的寄存器	(239)
5. 右移和左移寄存器	(240)

6. 移位寄存器环形计数器	(240)
六、一个中规模集成电路四位双向(左、右)移位寄存器	(241)
第八章 译码、编码与显示	(247)
一、译码器	(247)
1. 二-十进制编码的译码器	(247)
2. 译码器的显示	(249)
二、编码器	(250)
三、编码转换器(ROM)	(254)
四、七段数码显示器	(258)
五、应用国产YS13-8型荧光数字管的八段数码显示器	(263)
六、国产5Y8型译码器	(265)
1. 5Y8型译码器概述	(265)
2. 5Y8型译码器的逻辑电路	(266)
3. 5Y8型译码器的实际电路	(275)
第九章 数字系统中的运算单元	(277)
一、二进制加法器概述	(278)
二、半加器	(279)
三、并行加法器	(281)
四、全加器	(283)
五、中规模集成电路(MSI)加法器	(287)
六、串行加法器	(288)
七、原数/补数和0/1传送单元	(290)
八、二进制减法器	(292)
1. 工作原理	(292)
2. 减法器的构成	(293)

九、二进制乘法器	(295)
十、二进制除法器	(297)
十一、数码大小比较器	(300)
十二、奇偶检验器/发生器	(303)
十三、运算逻辑单元 (ALU)	(307)
第十章 半导体存储器	(311)
一、概 述	(311)
1. 磁性存储器	(311)
2. 集成电路存储器	(315)
二、MOS移位寄存器	(316)
1. 动态MOS移位寄存器	(317)
2. 静态MOS移位寄存器	(318)
3. 四相移位寄存器	(320)
4. CMOS移位寄存器	(322)
三、MOS固定存储器	(326)
四、程序可控固定存储器 (PROM)	(329)
五、固定存储器 (ROM) 的应用	(330)
1. ROM乘法器	(330)
2. ROM查出表	(333)
六、随机存取存储器 (RAM)	(334)
1. 地址的线性选择法	(334)
2. 地址的重合选择法	(335)
3. 随机存取存储器的基本单元	(336)
4. 双极型随机存取存储器	(338)
5. 静态MOS随机存取存储器	(341)
6. 动态MOS随机存取存储器	(342)
第十一章 集成注入逻辑 (IIL) 电路和电荷耦	

合器件 (CCD)	(844)
一、集成注入逻辑 (IIL) 电路	(344)
1. 概 述	(344)
2. 由直接耦合晶体管逻辑(DCTL)电路转换到集成注入 逻辑 (IIL) 电路	(345)
二、集成注入逻辑 (IIL) 的实体结构与性能	(347)
三、一个 IIL 逻辑门的译码器	(354)
四、IIL 逻辑门的电流与电压电平	(356)
五、IIL 门电路的逻辑组合	(356)
1. “或非”门	(356)
2. “或”门	(358)
3. “与”门	(358)
4. “与非”门	(358)
5. <i>R-S</i> 触发器	(360)
6. <i>D</i> 型触发器	(363)
六、电荷耦合器件 (CCD) 的结构	(364)
七、电荷耦合器件的“电荷存储”原理	(367)
八、电荷耦合器件的“电荷转移”原理	(369)
九、电荷耦合器件的输入和输出设置	(373)
十、CCD 存储器的一个实例	(375)
第十二章 模拟和数字的转换器	(376)
一、数字-模拟 (D/A) 转换器	(376)
1. 由加法运算放大器 (具有二进制“ 1 ”输入电路) 组成的数字-模拟转换器	(376)
2. 梯形网络数字-模拟转换器	(380)
二、模拟-数字 (A/D) 转换器	(384)
1. 计数器阶梯电压模-数转换器	(385)

2. 逐渐近似模-数(A/D)转换器的基本工作原理.....	(887)
3. 一个实用逐渐近似模-数转换器	(889)
第十三章 集成电路系统的综合应用举例.....	(897)
一、一个应用国产荧光数字管和MOS型器件的计	
数、译码与显示装置.....	(897)
二、数字电压表.....	(899)
1. 斜坡型数字电压表	(400)
2. 双斜率积分型数字电压表	(400)
三、数字计算器(手动小型科学用计算器).....	(405)
四、数字钟表.....	(408)