

高速 CMOS

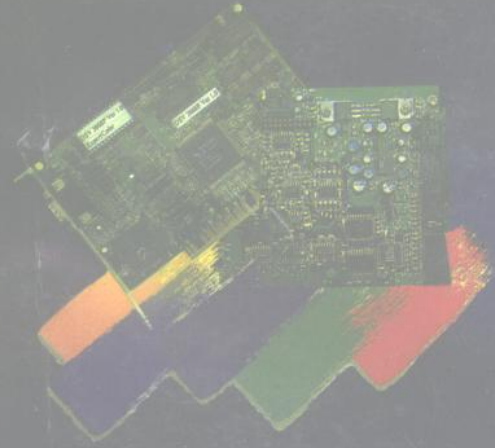
HIGH SPEED CMOS DIGITAL IC

数字集成电路

实用手册

曾庆贵 编著

系列参数 器件资料 应用实例



华东理工大学
出版社

最新推出

4073

74-211-013
172

高速 CMOS 数字集成电路 实用手册

曾庆贵 编著

华东理工大学出版社

内 容 简 介

本书以当前国外广泛应用的高速 CMOS 数字集成电路为主,从实用的角度出发,重点介绍该系列的应用资料和应用实例,内容包括:高速 CMOS 数字集成电路基础,电参数、管脚图和逻辑符号,单元应用电路,综合应用电路,应用中的几个重要问题,高速 CMOS 数字集成电路的发展等。三个附录分别介绍 IEC 逻辑符号、超高速 CMOS 和低压高速 CMOS 数字集成电路系列产品目录。本书内容丰富、资料详实,近 300 个应用实例选材广泛、新颖实用,既有单元应用电路,又有多种综合应用实例。

本书不仅是电子产品开发设计人员、设备维修人员必备的工具书,也可作为大专院校师生的参考书。

(沪)新登字 208 号

高速 CMOS 数字集成电路实用手册

曾庆贵 编著

华东理工大学出版社出版发行

上海市梅陇路 130 号

邮政编码 200237 电话 64104306

新华书店上海发行所发行经销

上海中行印刷厂常熟分厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 22.75 字数 552 千字

1996 年 12 月第 1 版 1997 年 5 月第 1 次印刷

印数 1-4000 册

ISBN 7-5628-0741-8/TN·3 定价 26.00 元

前 言

集成电路的发明是 20 世纪重大的技术成就之一。

按照组成集成电路的器件来划分,可以把集成电路分为 TTL 和 MOS(主要是 CMOS)两大类。TTL 以高速度见长,CMOS 则以低功耗著称。高速 CMOS 是 CMOS 数字集成电路的第二代产品,它同时具有 CMOS 和 TTL 的上述优点,是一种理想的集成电路,近年来在国外发展迅速,应用非常广泛。在国内普及和推广高速 CMOS 集成电路的应用,不仅有利于提高电子产品质量和技术人员的设计水平,而且能促进我国集成电路产业的发展。因此,作者根据多年的工作经验和资料积累,编写了这本实用手册。

本书以高速 CMOS 数字集成电路 74 系列为主,从实用角度出发,重点介绍该系列的应用资料和应用实例。全书包括六章和三个附录:第一章介绍高速 CMOS 数字集成电路的基础知识,使读者对各种器件有个全面的了解;第二章介绍电参数、管脚图和逻辑符号,不仅有该系列的电参数表,而且有每一种器件的管脚图、常规逻辑符号和 IEC 逻辑符号等大量的信息供读者查阅;第三、四章的应用实例包含单元应用和综合应用电路约 300 个(包括一个小标题内的数个电路),它们都是从近几年国内外书刊中精选出来的,具有题材广泛、内容新颖、实用性强等特点;第五章指出高速 CMOS 数字集成电路应用中必须注意的一些问题;第六章介绍高速 CMOS 数字集成电路的发展,重点介绍新近开发上市的超高速 CMOS 和低压高速 CMOS 数字集成电路,并且在附录 B 和 C 中列出了这两个系列的产品目录。由于 IEC 符号在没有明确反映逻辑电路内部逻辑的情况下,就能表示该电路每个输入和输出之间精确的关系,使用者不必具备逻辑功能(或器件内部特性)的专门知识就可以理解其逻辑特性,因而被越来越多的采用,在本书的一部分实例中也使用这种符号。为了便于不熟悉该逻辑符号的读者看懂电路图,在附录 A 中专门介绍 IEC 逻辑符号。

在本书编写过程中,飞利浦上海技术应用实验室提供了较多技术资料,学兄陆志根、过柏龄提供了日文资料,在此向他们表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,不当之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编者

1996.12

目 录

第一章 高速 CMOS 数字集成电路基础	(1)
§1 CMOS 集成电路发展史	(1)
§2 高速 CMOS 集成电路的原理和结构	(3)
一、原理概述	(3)
二、系列特性	(5)
三、输入电路	(6)
四、输出电路	(8)
§3 高速 CMOS 集成电路的特性	(13)
一、交流特性	(13)
二、功耗	(16)
三、高速 CMOS 与其他逻辑系列性能比较	(19)
§4 电源和去耦	(22)
一、高速 CMOS 集成电路的电源	(22)
二、电源分配和去耦	(24)
第二章 电参数、管脚图和逻辑符号	(28)
§1 交直流特性	(28)
一、推荐工作条件	(28)
二、极限参数	(28)
三、直流特性	(29)
四、交流特性	(29)
五、参数符号及定义	(34)
§2 管脚图和逻辑符号	(36)
第三章 单元应用电路	(67)
§1 逻辑门电路	(67)
一、红外发射电路	(67)
二、CD 唱机加装同轴数字输出插口	(68)
三、用门电路组成 VCO	(69)
四、由 CMOS 门电路组成有源桥	(70)
五、用 CMOS 门电路产生负电压	(70)
六、二倍频电路	(71)
七、“缓冲器树”直流电源倍压电路	(72)
八、输入选择器	(73)
九、扩展摆动范围的电压放大器	(73)

十、逻辑门在 DSX 中的应用	(74)
十一、74HCU 的放大器应用	(76)
十二、74HCU 的线性应用	(77)
§ 2 振荡器	(78)
一、RC 振荡器	(78)
二、简单的方波振荡器	(80)
三、晶体振荡器	(81)
四、HCT 晶体振荡器	(81)
五、27MHz 谐波晶体振荡器	(82)
六、48MHz 谐波晶体振荡器	(83)
七、用基频晶体组成谐波晶体振荡器	(83)
八、陶瓷振子 VCO	(83)
九、使用晶体的 VCO	(84)
十、晶体振荡器改为 VCO	(85)
十一、高频 VCO 脉冲发生器	(85)
十二、电源补偿的 VCO	(85)
十三、VCO 脉冲和斜波产生器	(86)
十四、用 74HC/HCT4060 组成振荡器	(86)
§ 3 施密特触发器	(87)
一、多谐振荡器	(87)
二、占空比可变的的多谐振荡器	(88)
三、正弦波至方波转换器	(88)
四、单稳态电路	(88)
五、延迟电路	(89)
六、脉冲扩展器和脉冲压缩器	(90)
七、输入滤波	(91)
八、简易逻辑和导通检测器	(91)
九、时钟源自动选择电路	(92)
十、二极管稳定可控多谐振荡器	(93)
十一、二倍频器	(94)
十二、负电源产生电路	(94)
十三、倍压发生器	(96)
十四、低电流三倍压电路	(96)
十五、具有两种输出的防抖动电路	(97)
十六、可避免假触发的单触发电路	(97)
十七、电子面具	(98)
十八、用普通电表测量电池内阻	(99)
十九、可忽略输入噪声的可控振荡器	(100)

二十、在时钟内设置时间窗口	(101)
二十一、宽频范围 VCO	(102)
二十二、CMOS 门建立直流隔离	(103)
§ 4 模拟开关及多路转换器/信号分离器	(103)
一、数控电阻器	(104)
二、数控电容器	(105)
三、数控电位器	(107)
四、快速 4 位数模转换器(DAC)	(108)
五、方波发生器	(108)
六、视频应用的 T 开关	(109)
七、视频信号源选择器电路	(110)
八、双向开关的逻辑和模拟应用	(111)
九、三块集成电路合成视频信号和同步信号	(114)
十、不需要电源的模拟开关	(115)
十一、视频放大器	(115)
十二、调节占空比而不改变频率的电路	(116)
十三、多路传输温度数据的电路	(118)
十四、波形发生器	(119)
十五、视频开关电路	(120)
十六、音频信号源选择器电路	(121)
十七、电平变换器	(121)
十八、多路传输 4 ~ 20mA 电流信号	(122)
十九、电源电压的电容分压器	(124)
二十、用 CMOS 开关产生负电压的转换器	(125)
二十一、HC/HCT4053 的逻辑应用	(125)
二十二、数据获取系统	(127)
§ 5 触发器、计数器和移位寄存器	(130)
一、用数字万用表测量相位差	(130)
二、双 D 触发器组成 VCO	(131)
三、数字式脉冲宽度控制	(132)
四、结构简单的频率比较器	(133)
五、相差零点几赫的频率比较器	(134)
六、倍频器/分频器	(134)
七、带异或门的可逆计数器	(135)
八、JK 触发器控制三色 LED	(136)
九、分频电路	(136)
十、定时器	(137)
十一、宽输入频率 50% 占空比转换器	(138)

十二、计数器为 8031/8051 提供等待状态的电路	(139)
十三、数字可编程单稳态多谐振荡器	(140)
十四、正弦波振荡器	(142)
十五、电容计	(143)
十六、数字式可编程占空比转换器	(144)
十七、格林码产生电路	(145)
十八、节日彩灯	(146)
十九、新颖足球比赛游戏机	(148)
二十、万用表作为频率计	(149)
二十一、可变分频器	(150)
二十二、可编程分频器	(151)
二十三、可串联的脉冲延迟/延长电路	(151)
二十四、分数分频器	(153)
二十五、可用于时钟定时调整的数字锁相环	(153)
二十六、FSK 产生器	(154)
二十七、串行数据发生器	(156)
二十八、室内广告牌	(156)
二十九、用 HCMOS 和系列电阻器组成正弦波发生器	(159)
§ 6 锁相环	(160)
一、FSK 译码器	(161)
二、晶体压控振荡器	(162)
三、改进稳定时间	(162)
四、可独立调节占空比的宽带脉冲发生器	(163)
五、立体声数字信息处理机中的锁相环电路	(164)
六、音频合成器	(166)
七、用 4046 的 VCO 产生正弦波	(169)
八、非线性负载扩展 PLL 频率范围	(169)
九、未锁定的 PLL 保持锁定频率	(170)
十、有滞后作用的频率比较器	(171)
十一、优质无线立体声耳机发射装置	(172)
十二、FM 解调器	(173)
十三、滤波器输出箝位电路	(174)
十四、频率合成器	(175)
十五、锁定检测	(177)
十六、FSK 译码电路	(178)
十七、相位数据的数字读出电路	(179)
十八、DPLL 作为可变频率脉冲发生器	(180)
十九、调相信号解调器	(182)

二十、二阶 DPLL	(182)
§ 7 其他电路	(184)
一、单稳态多谐振荡器组成振荡器	(184)
二、二倍频器	(185)
三、脉冲源	(185)
四、实时开关防抖动电路	(186)
五、FSK 译码器	(186)
六、扫描式液位指示器	(187)
七、惠普 Deskjet 520 打印机加装跳行控制电路	(190)
八、PC 机打印接口的应用——多通道数字接口	(190)
九、PC 机打印接口的应用——数字万用表接口	(193)
十、四位置选择器	(194)
十一、BCD 旋转开关	(194)
第四章 综合应用电路	(197)
§ 1 暗室定时器	(197)
§ 2 直流马达的转速控制电路	(201)
§ 3 步进马达驱动电路	(204)
§ 4 视频图形信号发生器	(208)
一、工作原理	(208)
二、EPROM 编码表	(211)
三、定标发生器	(212)
§ 5 CCD 电视摄像机	(213)
一、图像传感器	(213)
二、同步发生器	(214)
三、CX 时钟发生器	(215)
四、图像转换时序	(216)
五、AX 和 BX 时钟分相器	(217)
六、电压转换器	(217)
七、放大器电路	(218)
八、电源	(219)
§ 6 多功能逻辑测试器	(220)
一、电路说明	(220)
二、制作	(221)
三、测试方法	(222)
§ 7 自制 25MHz 频率计数器	(223)
一、计数电路	(223)
二、输入调整电路	(223)
三、分档电路	(225)

四、定时电路	(225)
五、显示电路	(226)
六、几个其他问题	(226)
七、安装和使用	(227)
§ 8 多功能频率计及预定标器	(227)
一、多功能频率计	(227)
二、预定标器	(229)
三、预定标器与主频率计的连接	(230)
§ 9 多芯电缆测试器	(232)
一、基本原理	(232)
二、主机	(235)
三、矩阵	(236)
四、子机	(238)
§ 10 4M 字节打印缓冲器	(239)
一、电路	(239)
二、控制软件	(242)
三、使用	(243)
§ 11 PC 机通用 I/O 接口的光电输入卡	(244)
一、电路	(244)
二、扩展使用	(244)
§ 12 PC 机软盘监视器	(246)
一、工作原理	(246)
二、电路	(247)
三、驱动器选择	(247)
四、计数器和显示模块	(248)
五、电源	(248)
六、调试	(250)
§ 13 VHF/UHF 接收机数字频率显示器	(250)
一、电路	(250)
二、预置方法	(253)
三、用作通用频率计的方法	(253)
四、制作	(254)
§ 14 PC 机显示器测试器	(254)
一、VGA 的操作	(254)
二、CGA/EGA1 的操作	(256)
三、EGA2 的操作	(256)
§ 15 电视信号选行显示触发装置	(257)
一、电路原理	(257)

二、制作与调整	(260)
§ 16 老式短波通信接收机加装数字式频率度盘	(261)
一、电路	(261)
二、制作与调试	(265)
§ 17 多用途的数字式湿度计	(266)
一、传感器和电路框图	(266)
二、电路	(268)
三、校准	(269)
第五章 高速 CMOS 集成电路应用中的几个重要问题	(272)
§ 1 高速 CMOS 集成电路的接口	(272)
一、电源电压相同的接口	(272)
二、电源电压不同的接口	(275)
三、高速 CMOS 与非标准电平接口	(277)
§ 2 抗静电放电	(278)
一、静电放电现象	(279)
二、高速 CMOS 集成电路的抗静电放电性能	(279)
三、使用中的保护措施	(281)
§ 3 锁定效应	(281)
一、CMOS 集成电路中的锁定现象	(282)
二、防止锁定效应的设计和工艺措施	(285)
三、使用中预防锁定效应的措施	(288)
§ 4 驱动传输线	(292)
一、传输线过程的图解分析	(292)
二、传输线的阻抗匹配方法	(295)
§ 5 电磁干扰	(299)
一、注意公共阻抗	(300)
二、跃迁时间影响电磁干扰	(300)
三、控制阻抗	(302)
四、布局很重要	(303)
五、屏蔽系统	(304)
第六章 高速 CMOS 数字集成电路的发展	(305)
§ 1 超高速 CMOS 数字集成电路系列	(305)
一、产品系列	(305)
二、系列的特性	(307)
三、设计考虑	(311)
四、应用实例	(316)
§ 2 低压高速 CMOS 集成电路	(317)
一、低压系列的特点	(317)

二、低压器件系列介绍	(319)
三、接口	(320)
附录 A IEC 逻辑符号	(325)
A.1 符号的组成	(325)
A.2 关联标注	(332)
A.3 输入和输出标记的顺序	(338)
A.4 示例	(339)
A.5 符号简化规则	(342)
A.6 关联符号应用举例	(344)
附录 B 超高速 CMOS 74AC/ACT 系列目录	(346)
附录 C 低压高速 CMOS 集成电路系列目录	(348)
C.1 74HLL 系列	(348)
C.2 LV - HCMOS 系列	(349)
C.3 LVC 系列	(349)
C.4 LVT 系列	(350)
参考文献	(351)

第一章 高速 CMOS 数字集成电路基础

顾名思义,高速 CMOS 集成电路(IC)是一种高速器件。事实上,它的速度比普通 CMOS 电路提高一个数量级,达到了 LSTTL 电路的水平。同时,高速 CMOS 电路还保留了 CMOS 电路固有的一切优点。高速 CMOS 何以能达到如此优异的性能、它的交流特性和直流特性如何、与其它逻辑器件系列相比的地位、怎样对高速 CMOS 器件供电等,将是本书第一章的内容。在介绍这些内容之前,我们先来简单了解 CMOS 数字集成电路发展和演变的历史。

§ 1 CMOS 集成电路发展史

绝大多数集成电路是用一种称为硅的半导体材料制作的,因此也称为硅集成电路。另有少量的集成电路是用半导体材料砷化镓制造的。

集成电路可以按照不同的标准进行分类。如果根据功能分类,有数字集成电路和模拟集成电路之分;以组成集成电路的器件来划分,可分为双极型和 MOS 两大类。根据后一种划分方法,集成电路的分类情况如图 1-1 所示。

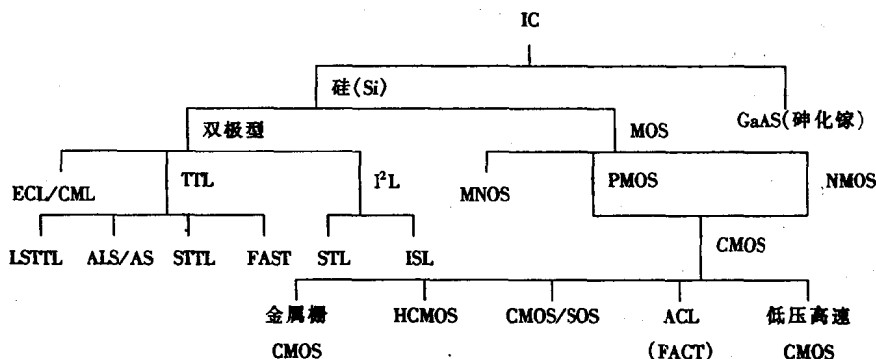


图 1-1 集成电路分类

在 MOS IC 中,CMOS IC 因具有功耗低、输入阻抗高、噪声容限高、电源电压范围宽、输出电压幅度与电源电压接近、对称的传输延迟和跃迁时间等优点,发展极为迅速。

1963 年,在国际固体电路会议上首先发表了制成 CMOS IC 的报告。1967 年 RCA(美国无线电公司)开始试销 CMOS 产品,70 年代初正式推出比较完整的 CMOS 标准数字电路产品 CD4000 系列。随后,美国 MOTOROLA(摩托罗拉)公司也发表了 MC14500 系列,两者合称为 4000 系列。CMOS IC 的问世开创了微功耗电子学的先河,在 70 年代初 TTL 独霸的 IC 市场中争得了一席之地。它适应了当时系统电子化、低功耗化的世界潮流,开拓了新的应用领域和市场。不久,美国 NS(国家半导体)公司发表了 MM54C/74C 系列。本系列的特点是系列型号和电路序号都按照 TTL 系列编排,而且 CMOS IC 与相同序号 TTL IC 的逻辑功能和管脚排列也完

全相同,因此可以认为这个系列是 TTL 系列的 CMOS 版本。

54C/74C 系列的出现,使原来已经习惯了使用 TTL 系列的技术人员不必费力地去熟悉一种新的、完全陌生的系列就可以方便地采用 CMOS IC。同时印刷电路板也不用改变,就可以将 CMOS IC 直接代换 TTL,或者把它们混合使用。虽然 54C/74C 系列只有 NS 和 HARRIS 两家公司生产,因而品种较少,未能发展成为 CMOS 的主流系列,但是与 TTL 兼容的思想有可能成为 CMOS IC 发展的一个方向。

在 70 年代中期,4000A 系列发展为 4000B 系列,工作电压范围从 A 系列的 3~15V 扩展为 B 系列的 3~18V,而且 B 系列除少量器件为非缓冲输出外,大部分器件都是缓冲输出的,使它的参数和性能比 A 系列有较大的改进。1976 年,由 JEDEC(联合电子器件工程委员会)制定了统一规范,使 B 系列的功能和管脚排列标准化,成为全世界各 CMOS IC 制造厂家共同生产的标准系列。这样的系列化产品既有容易使用的优点,又备有各公司统一的规格表,很容易为用户接受。至 70 年代末,B 系列的品种已达到了能与 TTL 系列匹敌的 200 多个。

但是 CMOS IC 因速度太慢而限制了它的应用范围。由于微处理器和个人计算机的崛起,对作为其外围电路的存储器 and 标准逻辑的需求也日益扩大。微处理器和存储器的高速化,也要求标准逻辑具有相同的特性。另一方面,在石油危机之后,节能的呼声愈加强烈,在这种形势下,要求 TTL 系列降低功耗和要求 CMOS 系列具有更高的速度。然而,要把 TTL 系列的功耗降低到 CMOS 的数量级,从工作原理上看是不可能的,而利用缩短 MOS 场效应管的沟道长度来提高 CMOS IC 速度的方法却是可行的,这就使 CMOS IC 可以同时具备低功耗和高速度的特性。

早期发表的 CMOS IC 系列,如 4000 和 54C/74C 都采用铝栅工艺,MOS 管的沟道长度为 $7\mu\text{m}$ 左右。1979 年初,日本东芝公司采用铝栅工艺,通过缩短 MOS 管沟道长度的方法初步实现了 CMOS IC 的高速化,推出了 TC40H 系列,至 1982 年 3 月该系列品种达到 57 种。同年春,SHARP(夏普)公司也发表了性能完全相同的 32 个品种。本系列器件的功能、管脚排列和型号与对应的 TTL 器件相容。在此之前,高速逻辑一直是 TTL 和 ECL 的领地,TC40H 系列填补了 4000 系列与高速逻辑之间的空白,它的速度达到了标准 TTL 的水平。

1981 年秋,首先由 MOTOROLA 和 NS 公司发表了共同开发的高速 CMOS 数字集成电路系列 54HC/74HC。这种共同开发的体制能够尽快备齐产品系列,还能自动获得第二货源。接着 RCA 与飞利浦(PHILIPS)公司缔结共同开发合同,发表了自己的高速 CMOS 产品。除此之外,美国德州仪器(Texas Instrument)及日本的东芝、松下、日立等世界各大半导体公司都先后发表了自己的产品系列。

高速 CMOS 54HC/74HC 系列采用沟道长度为 $3\mu\text{m}$ 的硅栅工艺制造,它不仅保留了金属栅 4000 系列低功耗等优点,而且达到 LSTTL 的速度和驱动能力,是 CMOS IC 向更高层次发展的代表。80 年代初期,高速 CMOS 74HC 系列只有几十个品种,时至 1988 年,MOTOROLA 公司已扩大到 156 种,1990 年 3 月东芝公司有产品 176 种。众多的产品组成了一个包括门、触发器、计数器等完整的系列。在这些产品中,大部分器件与 LSTTL 器件等效,少部分与 4000 系列中获得成功应用的器件(如多路开关、锁相环等)等效,这种器件等效是指型号、功能和管脚排列完全相同。

超高速 CMOS IC 是 CMOS 数字集成电路的第三代。1985 年,美国仙童(FAIRCHILD)公司预告推出 FACT 系列。接着,其它半导体公司如国家半导体、GE/RCA、德州仪器、飞利浦、东芝

等也推出了它们的超高速 CMOS IC 系列 - ACL(Advanced CMOS Logic)。这是用最先进的工艺制作的逻辑电路系列,其沟道长度缩小至 $1\mu\text{m}$,采用双阱 CMOS 工艺、双层金属布线,速度达到最快的 TTL 逻辑电路 ALS 系列的超高速水平,输出驱动能力达到 24mA ,为标准型高速 CMOS 电路的 6 倍。超高速 CMOS 电路以 54AC/74AC 型号命名。

随着个人计算机及电子数据处理设备的普及和推广,特别是袖珍机和便携式电子设备的使用,对高速、低功耗器件的需求越来越迫切,这就促使这些仪器、设备把电源电压下降到 $3.3 \pm 0.3\text{V}$ 的标准。对于集成电路而言,则要求在低压下保持甚至超过 5V 系列的性能。为了开发低压高速 CMOS 数字集成电路,国家半导体、MOTOROLA 和东芝等公司组成一个集团;德州仪器、飞利浦和日立组成另一个集团。在 1992 年推出了 LVQ 系列后,接着又陆续开发出 LVX、LVT、LVC、LV、LCX 等多种低压高速 CMOS 系列。

CMOS IC 不仅在上述标准逻辑系列方面不断取得进展,在专用集成电路方面也有广泛的应用。例如,从 70 年代开始电子钟表和袖珍计算器风靡市场,钟表和计算器的心脏就是电池供电的 CMOS 电路。进入 90 年代,按键电话机几乎取代了传统的拨盘电话机,按键拨号集成电路也是 CMOS 电路。随着 CMOS IC 工艺、设计的不断完善和发展,越来越多的大规模和超大规模集成电路都以 CMOS 工艺制造。CMOS 集成电路以其突出的优点倍受人们的青睐,具有无限广阔的发展前景。

§ 2 高速 CMOS 集成电路的原理和结构

一、原理概述

CMOS 4000 系列虽然具有独特的优点和完整的系列品种,发展也相当迅速,但是由于它的速度较慢,大大限制了它的应用范围。

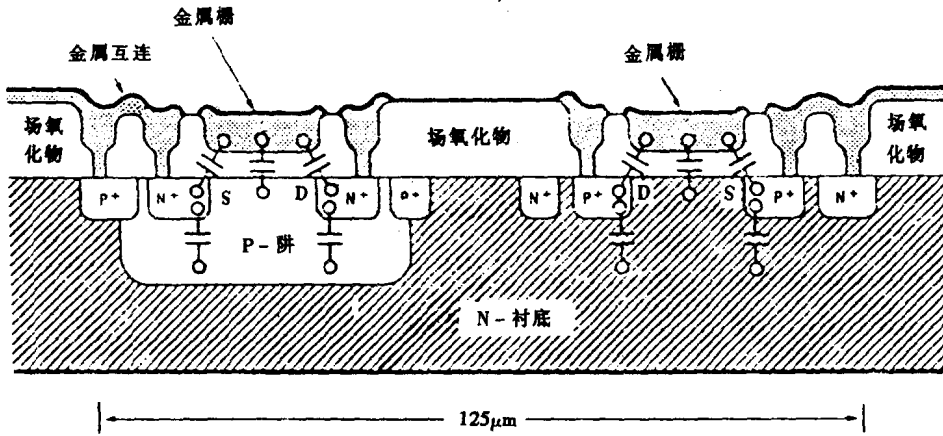
高速 CMOS 54HC/74HC 系列的推出是 CMOS 集成电路最重要的突破,它是一个理想的数字集成电路系列,集 CMOS 和 LSTTL 的优点于一身,令人对它刮目相看。高速 CMOS IC 是如何实现速度飞跃的呢?

制造工艺的改进功不可没。

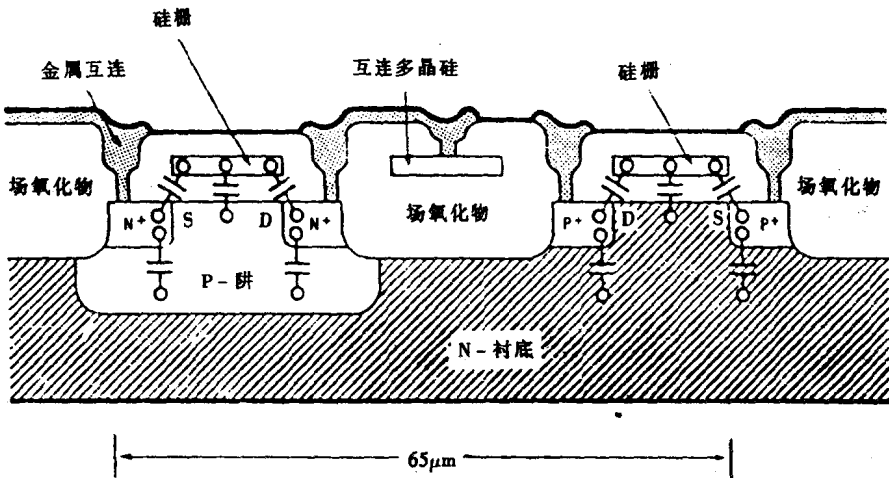
4000 系列于 60 年代开发并在 70 年代逐步完善,受当时工艺条件的限制,该系列是用金属栅工艺制造的。图 1-2(a)为金属栅 CMOS IC 的剖面图,这是一个沟道长度 $L = 7\mu\text{m}$ 的 P 阱 CMOS 电路。除 P 管和 N 管的源(S)、漏(D)扩散区 P^+ 和 N^+ 之外,附加的 P^+ 扩散区是 N 管的隔离环,附加的 N^+ 扩散区是 P 管的隔离环,它们是防止产生寄生 MOS 管所必须的。图中相邻的 P^+ 、 N^+ 隔离环之间有间距,隔离环和 MOS 管的源极之间也有间距,这是为耗尽层的扩展留有余地,使器件可以在较高的电源电压下工作。对于低压 CMOS 器件,为了减小芯片尺寸, P^+ 、 N^+ 隔离环可以接触,也可以和器件的源极接触。对于一个金属栅 CMOS 反相器,它的横向长度为 $125\mu\text{m}$ 。图中也标出了影响器件工作速度的主要寄生电容的位置。

高速 CMOS 54HC/74HC 系列与 4000 系列各个器件的电路图完全相同,都是互补对称的电路结构,即逻辑器件基本上包含数量相同的 P 管和 N 管。例如由一个 P 管和一个 N 管组成的高速 CMOS 反相器,其剖面图如图 1-2(b)所示。这是用氧化物隔离、自对准硅栅 CMOS 工艺制

成的。可以看到,在 P 管和 N 管之间已经取消了隔离环而采用较厚的场氧化层代替,以防止形成寄生 MOS 管,它也紧靠着源和漏区(这里使用的是 NS 公司的高速 CMOS 资料,其它公司的电路结构不一定相同)。由于氧化物隔离的变化,加上使用较小的沟道长度 ($L = 3\mu\text{m}$),高速 CMOS 反相器的横向长度为 $65\mu\text{m}$,只有金属栅 CMOS 的一半。在这种自对准硅栅 CMOS 工艺中,多晶硅栅是在源、漏区形成之前先淀积在薄栅氧化层上,然后用离子注入方法形成源、漏区。这时多晶硅栅就作为注入掩膜以限定源极和漏极在沟道区的位置,因此源和漏区对于栅极是自动对准的。采用这种方法,栅源电容和栅漏电容被减到最小。另外,和结面积成正比的结电容也由于扩散区较浅而减小。



(a) 金属栅 CMOS



(b) 74HC 硅栅 CMOS

图 1-2 CMOS 集成电路剖面图

和硅栅 CMOS 工艺不同,在金属栅 CMOS 工艺中,先完成 MOS 管源、漏区的扩散,然后进行氧化并经过光刻形成薄栅氧化层。为了使栅极覆盖到源、漏区和保证光刻时套准的容差,在栅极光刻版的图形设计中都规定了栅极对源、漏区一定的覆盖尺寸,这就形成了较大的栅覆盖电容。另外,在金属栅工艺中使用较深的扩散,有较大的结电容。

氧化物隔离、较浅的结深、较短的沟道长度和较小的栅覆盖电容,使高速 CMOSIC 的寄生

电容比金属栅 CMOS 减小了一半左右,两者的比较如图 1-3 所示。

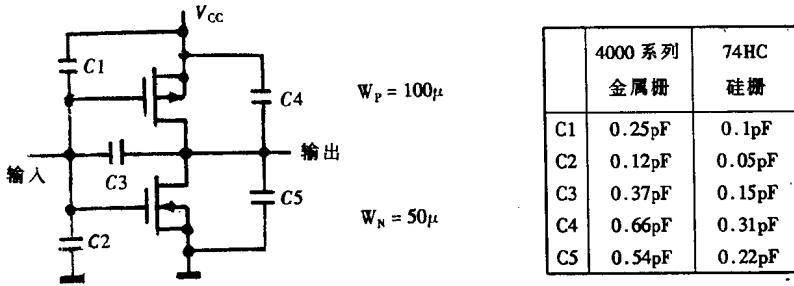


图 1-3 寄生电容的比较

MOS 场效应管的漏源电流方程为

$$I_{ds} = K \frac{\text{栅宽}}{\text{栅长}} (\text{栅压} - \text{开启电压})^2 \quad (1-1)$$

式中 K 为电流增益,它与栅氧化层厚度成反比。

高速 CMOS IC 较低的开启电压(典型值为 0.7V)、较薄的栅氧化层和较短的沟道长度,使它的跨导比金属栅 CMOS 增长几乎四倍。再加上高速 CMOS IC 寄生电容比金属栅减小了一半左右,两者综合作用的结果使高速 CMOS 的开关速度达到金属栅 CMOS 的 8~10 倍。

从(1-1)式也可以看出, I_{ds} 与沟道长度成反比,从 4000 系列的 $7\mu\text{m}$ 栅长缩短至高速 CMOS 的 $3\mu\text{m}$,有利于提高输出驱动电流。

另外,在金属栅 CMOS IC 工艺中,只有扩散和金属两种互连层;而在硅栅 CMOS 工艺中又增加了多晶硅这种互连层,这对于提高集成密度、减小管芯面积十分有利。

二、系列特性

和金属栅 CMOS 电路 54C/74C 相似,高速 CMOS 逻辑器件也沿用标准 TTL 的型号,命名为 54HC/74HC 系列。54 和 74 表示不同的温度范围:54HC 为 $-55 \sim +125^\circ\text{C}$,属军用温度范围;74HC 为 $-40 \sim +85^\circ\text{C}$,是一般的工业和民用温度范围。

高速 CMOS 54/74 系列分为三种类型,它们的定义如下:

- HC 型 输入和输出电压都是 CMOS 电平,有缓冲输出级;
- HCT 型 输入电压为 TTL 电平,输出电压为 CMOS 电平,有缓冲输出级;
- HCU 型 输入和输出都是 CMOS 电平,不带缓冲输出级。迄今为止在高速 CMOS 54/74 系列中只有 HCU04 一个品种。

所谓有缓冲输出级是指在输入端和输出端之间有两个或两个以上的逻辑级;不带缓冲输出级则表示在输入端和输出端之间只有一个逻辑级。

对于 HCT 型,各个集成电路制造厂的观点大致分为两种:一种以飞利浦和 RCA 公司为代表,打算使所有的品种备齐 HC 和 HCT 两种类型,可以在电路系统中实现高速 CMOS 和 TTL 逻辑并存。在飞利浦公司 1993 年的 174 种产品中,就有 170 种同时有 HC 和 HCT 两种类型,其余 4 种只有 HC 型。另一种观点以 MOTOROLA 和 NS 为代表,把 HCT 型作为 TTL 和 CMOS 之间的接口器件,因而仅少量品种有 HCT 型。

上述三种类型工作条件和特性参数的简单比较如表 1-1 所示。充分理解各种类型的特点