



《晶峰器件应用》丛书(三)

CMOS

数字集成电路应用

809

上海元件五厂

SHANGHAI No. 5 COMPONENT FACTORY

《晶峰器件应用》编辑组

上海元件五厂建厂廿五周年

向广大用户致意

今年是我们上海元件五厂建厂廿五周年的喜庆年。廿五年来我们厂从生产二极管、三极管开始,在上级关怀支持下,至今已成为开发与试产LSI电路的国家重点企业之一。廿五年来,我厂取得的技术进步,都是与广大“晶峰”器件的用户的支持分不开的,在此谨向全国各行业的同志们表示我们的敬意!

我厂建厂廿五年来,产品遍及全国,深得用户好评,为更好地为用户服务,我们愿虚心听取用户的批评与建议,希望用户就我厂产品在品种、质量、价格、服务、资料等各方面给我们来信、来函,提出意见,以便加强联系,把我们的工作做得更好。

上海元件五厂 计 划 科
市场开发组

1983年10月

编 者 说 明

CMOS电路具有功耗低，工作电源电压范围宽，抗噪声能力和驱动能力强等优点，因而越来越受到人们的重视。据报道在七十年代中期，CMOS器件在MOS器件中只占不到一成，目前已占将近一半。而CMOS器件的应用范围也趋向扩大过去它主要用在极低功耗并耐恶劣环境的特殊领域，现在它已经延伸到各个领域，这是由于电子设备实现小型化、轻量化和省电化的结果。尤其是随着LSI工艺的发展，集成度的提高已成为设计上的一个难题。所以CMOS器件已成为必不可少的一种器件，国际上预言今后十年将是CMOS的时代。

我厂是国内较早生产CMOS集成电路工厂之一，随着时间增长和工艺的成熟，除已能生产C000系列的CMOS数字电路外，还将逐步生产CC4000系列双列直插式数字电路，并已采用CMOS工艺制作了多种模拟电路。

为了推广CMOS集成电路的应用，根据广大用户的要求，我们在原有“半导体器件”7期和11期的基础上，编写了《CMOS数字集成电路应用》。以后还将编写《CMOS模拟集成电路应用》。

本辑所列的应用大多是经过作者们实践的电路，因此能对读者在应用CMOS器件时有一定参考价值，本资料中如有不妥之处，恳请读者给予指正。

本丛书由作者对原《晶峰器件应用》第七期进行了重新修订，删去了一位微处理器和存贮器两章内容(另行印刷)，特此说明。

有关CC4000系列塑封双列直插CMOS数字电路的性能和应用将专门著文，另行介绍。

本丛书由王福奎、朱介炎、王庆光、王关兴等同志负责编写，特致以谢意。

晶峰器件应用编辑组

一九八三年十二月

本厂出版的技术资料介绍

《晶峰器件应用》是我厂八二年开始出版的不定期技术刊物，不分年份按期数出版，现已出版发行十期。版面系十六开本。

《晶峰器件应用》向您介绍晶峰牌器件的广泛应用！

《晶峰器件应用》向您如实反映晶峰器件的质量水平！

《晶峰器件应用》向您推荐晶峰最新产品！

《晶峰器件应用》将沟通工厂和用户的桥梁！

《晶峰器件应用》将成为每个设计人员的良好助手！

《晶峰器件应用丛书》系把《晶峰器件应用》中有关文章编辑而成，该丛书为三十二开本，以便于读者携带，现已出版三辑，内容如下：

丛书之一） CMOS LSI $3\frac{1}{2}$ A/D转换器电路专辑

丛书之二） 运算放大器应用

丛书之三） CMOS数字集成电路应用

《晶峰器件应用活页资料》系专门介绍我厂新产品性能和应用的十六开活页资料，由销售部门免费赠送。

读者如需订阅《晶峰器件应用》和《晶峰器件应用丛书》可向本厂情报资料室联系(上海威海路745号)。《晶峰器件应用丛书》也可向上海河南中路科技书店内柜和上海南京西路、上海半导体器件公司经理部购买。

目 录

第一章 反相器和门电路

- 1-1 反相器.....(1)
- 1-2 门电路.....(13)
- 1-3 四与或选择器.....(17)
- 1-4 典型应用举例.....(17)
 - 1. C042的应用 2. 门电路或反相器作驱动器 3. 输入端的扩展 4. 防抖电路及各种开关控制电路 5. 手触开关 6. 选择开关 7. 水位报警 8. 交流放大器
 - 9. 振荡器

第二章 触发器

- 2-1 触发器类型.....(40)
 - 1. RS触发器 2. 门控(gated)触发器
- 2-2 4D锁存器—C421.....(43)
- 2-3 主从D触发器—C043.....(44)
- 2-4 J—K主从触发器—C044.....(47)
- 2-5 触发器的典型应用.....(49)
 - 1. 计数(分频)电路 2. 移位 3. 用D触发器作单稳态电路

第三章 计数器

- 3-1 计数器类型.....(54)
- 3-2 计数器单元.....(57)

1. D主从触发器 2. T触发器 3. T允许
触发器(Toggle Enable)

3-3 同步加法计数器—C180、C183…………… (60)

1. 工作原理 2. 典型应用

3-4 可预置可逆计数器—C181、C184…………… (68)

1. 工作原理

(2) 典型应用

(1) (1) 双时钟——单时钟输入转换电路

(2) (2) 串行进位级联电路 (3) 并行进位级联电路

(4) (4) 可预置减法计数器(单周期)

(5) (5) 可编程序级联分频电路

(6) (6) 二进制数——二—十进制数码变换

(7) (7) 数字计时器

3-5 四位二进制可预置可逆计数器(单时钟)—C189

…………… (79)

1. 工作原理

2. 典型应用

(1) (1) 可预置多块级联可逆计数器

(2) (2) 可编程序多级分频器

3-6 可预置1/N计数器—C182、C185…………… (83)

1. 工作原理

2. 典型应用

(1) (1) 单块1/N计数器连接成n分频计数电路

(2) (2) 一个周期的1/N减法计数器

(3) (3) 循环周期1/N分频器

3-7 任意进制非同步加法计数器—C186…………… (89)

1.工作原理

2.典型应用

- (1) 6进制计数 (2) 12进制计数 (3) 多块级联连接

3-8 十进制计数器/脉冲分配器—C187……………(93)

1.工作原理

2.典型应用

- (1) 多块级联连接 (2) 有N译码输出的N分频计数器 (3) 程序计数器 (4) 时序信号的扩展 (5) 巡回检测取样线路 (6) 手触选择开关

3-9 计数/锁存/译码器—5G8659……………(100)

1.工作原理

2.典型应用

第四章 移位寄存器

4-1 静态移位寄存器的基本组成单元……………(106)

4-2 移位寄存器的分类……………(109)

4-3 四位双向移位寄存器—C422……………(109)

4-4 双四位静态移位寄存器—C423……………(112)

4-5 十八位移位寄存器—C424……………(113)

4-6 八位静态移位寄存器—C4014、C4021……………(114)

4-7 四位并入并出移位寄存器—C4035……………(116)

4-8 典型应用……………(117)

1.八位串行输入——并行输出的转换电路

2.八位并行输入——串行输出的转换电路

3.具有计数功能的电路(环形计数器)

4.步进环形分配器

5. 准随机脉冲序列发生器

第五章 译码器

5-1 二—十进制—十进制译码器—C301……………(124)

1. 工作原理

2. 典型应用

(1) 代码转换电路

(2) 六位二进制输入—64选1译码器

5-2 二—十进制八段萤光数码管译码器—C302、C305
……………(129)

1. 工作原理 2. 典型应用

5-3 二—十进制七段译码器/液晶显示驱动器—C306
……………(140)

1. 工作原理 2. 典型应用

5-4 二—十进制七段锁存/译码/驱动器—5G4511
……………(144)

5-5 十进制—BCD变换器C304……………(150)

第六章 算术逻辑电路

6-1 四异或门—C660……………(152)

1. 原码/反码选择 2. 奇偶校验电路 3. 倍频电路

6-2 双全加器—C661……………(154)

1. 串行加法器 2. 并行加法器

6-3 超前进位四位全加器—C662……………(156)

1. BCD—二进制译码 2. 二进制—BCD译码

6-4 四位数字比较器—C663……………(160)

1. 工作原理

2. 典型应用

(1) 定时控制器 (2) 脉宽调制式的数/模转换器

第七章 模拟开关

7-1 四模拟传输开关——C544工作原理…………… (166)

7-2 典型应用…………… (178)

1. 模拟信号的传输

(1) 正负电平的传输方法 (2) 多路信号巡回检测传输电路

2. 程序开关控制的应用

(1) 程控电阻器 (2) 程控电压放大器

(3) 程控电压衰减器 (4) 程控电压发生器

(5) 程控电流发生器

3. 放大器的调节控制

(1) 斩波式放大器 (2) 锯齿波发生器

(3) 取样—保持电路

4. 并关的遥测应用

第八章 电平转换电路

8-1 J330和5G876工作原理…………… (179)

8-2 典型应用…………… (181)

1. 低摆幅→高摆幅的电平转换电路

(1) TTL OC门作电平转换

(2) 用晶体管作电平转换器

(3) 用七驱动器5G1413作电平转换器

(4) 用专用TTL→CMOS电平转换器5G876作接口电路

2. 高摆幅→低摆幅的电平转换电路

(1) 用专用CMOS→TTL电平转换器J330作接口电路

(2)用C033六反相器并联作电平转换器

3.用晶体管作电平转换器

4.CMOS与PMOS之间的连接方法

(1)单极性电源供电的连接方式

(2)正负两组电源的连接方法

5.运放与MOS电路的连接

(1)与CMOS匹配的方法

(2)与PMOS匹配的方法

6.MOS电路作驱动器的方法

(1)推挽跟随输出器

(2)带动继电器或晶体灯(发光二极管或数码管)

第九章 其他

9-1 锁相环——5G4046(J691)..... (193)

1.锁相环原理

2.5G4046 CMOS锁相环工作原理

(1)相位比较器 (2)线性放大器和整形电路

(3)压控振荡器 (4)其他

3.5G4046性能简述

4.典型应用

(1)电压——频率转换器 (2)报警器电路

(3)模拟频率计($f-V$) (4)PLL锁相指示器及移

频解调 (5)频率合成 (6)FM解调

(7)多路通信中同步信号的再生

(8)分相数据同步和译码

9-2 二—十进制系数乘法器—J690..... (218)

1.工作原理

2. 典型应用

(1) 多级“加”模式系数乘法器 (2) “乘”模式级联

9-3 双单稳态触发器—J210…………… (224)

1. 工作原理

2. 典型应用

(1) 单稳态触发器 (2) 环形分配器 (3) 失落脉冲检测 (4) 定脉冲数发生器 (5) 移频与鉴频

第十章 CMOS电路应用须知

10-1 CMOS电路的典型特性曲线…………… (231)

1. 转移特性

(1) C033六反相器的转移特性

(2) 门电路的转移特性

2. CMOS电路的输出特性

3. CMOS电路的频率特性

(1) 门电路的传输延迟时间及输出电压摆率

(2) D触发器的频率特性 (3) 计数器频率特性

(4) CMOS电路的动态功耗

10-2 使用CMOS电路的注意事项…………… (241)

1. 输入端防护措施

2. 寄生可控硅的防护措施

(1) 寄生SCR自锁现象 (2) 寄生SCR的结构

(3) 消除寄生SCR损坏的措施

附 录:

1. CMOS电路典型参数…………… (251)

2. CMOS数字电路外引线排列…………… (253)

第一章 反相器和门电路

CMOS逻辑电路的最基本单元是反相器，它由一个n沟MOS管和一个P沟MOS管互补连接成如图1-1所示的电路形式。输出和输入信号呈反相关系，因此称为反相器。

和其他数字逻辑电路一样，CMOS门电路根据逻辑功能可以划分为：

1. 与门逻辑
2. 或门逻辑
3. 与非门逻辑
4. 或非门逻辑
5. 与或非门逻辑
6. 非门逻辑（即反相器）

本章将以反相器电路为例，讨论CMOS电路的原理，并将讨论门电路的形式和工作原理。

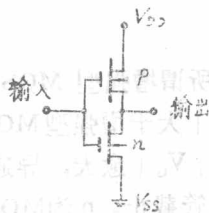


图 1-1

1-1 反相器

CMOS电路采用正电源工作，即 V_{DD} 为电源正端， V_{SS} 为电源负端。电路设计采用正逻辑，即逻辑“1”对应高电平，逻辑“0”对应低电平，电路中两种沟道管子都是增强型MOS管，其符号和结构如图1-2所示：

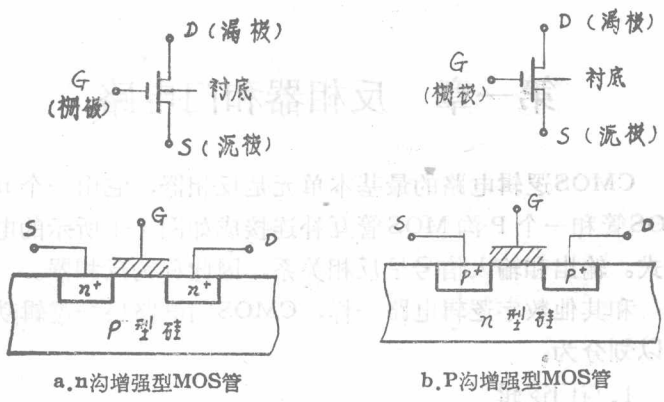


图 1-2

所谓增强型 MOS 管，即当栅极相对衬底所加的电压 $|V_G|$ 大于增强型 MOS 管的开启电压 $|V_T|$ 时，MOS 管导通， $|V_G|$ 愈大，导通愈良好；反之当 $|V_G| < |V_T|$ ，MOS 管截止。n 沟 MOS 管和 P 沟 MOS 管由于它们的结构不同，开启电压 V_T 极性相反，n 沟 MOS 管的开启电压 V_{Tn} 为正极性，即正电压开启，P 沟 MOS 管的开启电压 V_{Tp} 为负极性，即负电压开启 ($V_T \approx 2V$)。

图 1-1 所示的反相器电路，其工作原理简述如下：

1. 当输入为“0”电平 (V_{SS}) 时，n 沟 MOS 管栅—源电压 $V_{GS} = 0V$ (源和衬底接在一起)，n 沟 MOS 管截止。而 P 沟 MOS 管的栅—源电压 $V_{GS} = 0 - V_{DD}$ ，若 $|-V_{DD}| > |-V_{Tp}|$ ，则 P 沟 MOS 管导通，输出端和 V_{DD} 之间呈低阻抗，而对 V_{SS} 为高阻抗，这时输出为“1”电平。
2. 当输入为“1”电平时 (V_{DD})，n 沟 MOS 管 $V_{GS} = V_{DD}$ ，

若 $V_{DD} > V_{TH}$ ，则 n 沟 MOS 管导通，此时 P 沟 MOS 管由于 $V_{GS} = 0\text{V}$ 而截止，输出端和 V_{SS} 之间呈低阻抗，则输出为“0”电平 (V_{SS})，由此输出和输入信号之间呈反相关系。

通过以上两例分析可以看出，当输入信号为“0”或“1”稳定状态时，反相器电路中的两个 MOS 管总是有一个处于截止状态，因此电源和地线之间无低阻抗直流通路，只有若干反向偏置的寄生和保护二极管的漏电流，静态功耗特别低是 CMOS 电路最显著的特点之一。

为了进一步分析反相器特性，引进一些描述 MOS 管沟道特性的基本公式是必要的，其中有关符号定义如图 1-3 所示。

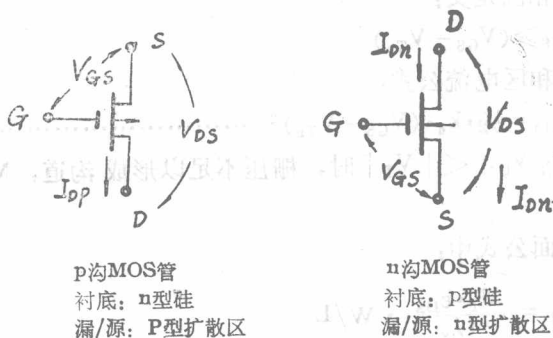


图 1-3

P 沟 MOS 管

非饱和区定义:

$$V_{DS} \geq (V_{GS} - V_{TP}) \quad V_{DS} \leq 0 \quad V_{GS} \leq 0 \quad V_{GS} \leq V_{TP} \leq 0$$

V_{TP} —P 沟 MOS 管开启电压

非饱和区电流公式:

$$-I_{DP} = K_P[(V_{GS} - V_{TP}) \cdot V_{DS} - \frac{1}{2} \cdot V_{DS}^2] \dots\dots\dots(1)$$

饱和区定义:

$$V_{DS} \leq (V_{GS} - V_{TP})$$

饱和区电流公式:

$$-I'_{DP} = \frac{1}{2} \cdot K_P \cdot (V_{GS} - V_{TP})^2 \dots\dots\dots(2)$$

n 沟 MOS 管

非饱和区定义:

$$V_{DS} \leq (V_{GS} - V_{Tn}) \quad V_{DS} \geq 0 \quad V_{GS} \geq 0 \quad V_{GS} \geq V_{Tn} > 0$$

V_{Tn} —n 沟 MOS 管开启电压。

非饱和区电流公式:

$$I_{Dn} = K_n[(V_{GS} - V_{Tn}) \cdot V_{DS} - \frac{1}{2} \cdot V_{DS}^2] \dots\dots\dots(3)$$

饱和区定义:

$$V_{DS} \geq (V_{GS} - V_{Tn})$$

饱和区电流公式:

$$I'_{Dn} = \frac{1}{2} \cdot k_n \cdot (V_{GS} - V_{Tn})^2 \dots\dots\dots(4)$$

当 $|V_G| < |V_T|$ 时, 栅压不足以形成沟道, MOS 管截止。

上面公式中:

$$K_P = \frac{U_P \cdot \epsilon_{OX}}{t_{OX}} \cdot W/L$$

$$K_n = \frac{U_n \cdot \epsilon_{OX}}{t_{OX}} \cdot W/L$$

U_p 、 U_n 为沟道载流子表面迁移率

ϵ_{OX} 为 SiO_2 介电常数

t_{OX} 为栅氧化层厚度

W 为沟道宽度

L 为沟道长度

图 1-4 为增强型 MOS 管源-漏特性曲线

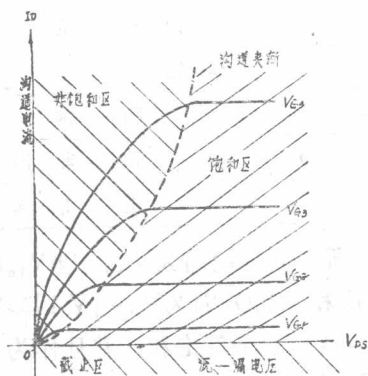


图 1-4

图 1-5 示出电源电压为 10V 时, 基本反相器的电压传输特性 (或称输入电压-输出电压传输曲线), 这个特性曲线可以分成五个区域, 表 1-1 为 Q_1 和 Q_2 两只 MOS 管在各个区域的工作状态。

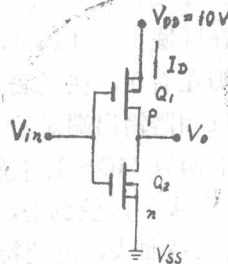
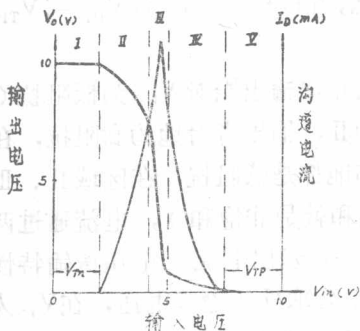


图 1-5

反相器在各区域的工作原理:

在区域 I, V_{in} 小于 n 沟 MOS 管 Q_2 开启电压 V_{TN} , Q_2 截止, 而 P 沟 MOS 管处于非饱和状态, 由于 n 沟 MOS 管阻抗相