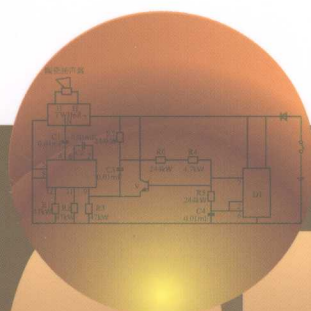


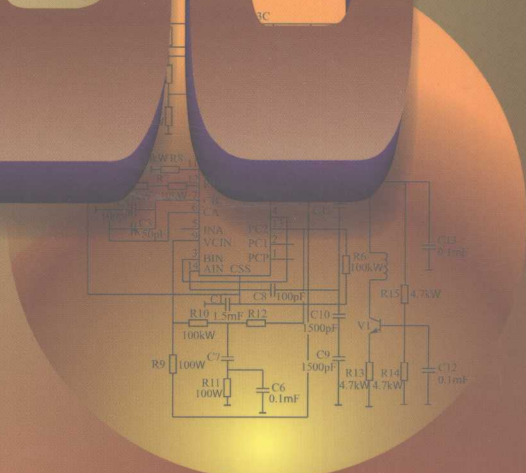
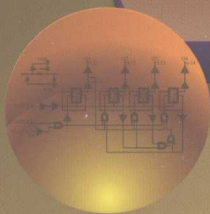
CMOS

数字集成电路应用百例

姜艳波 等编著



CMOS

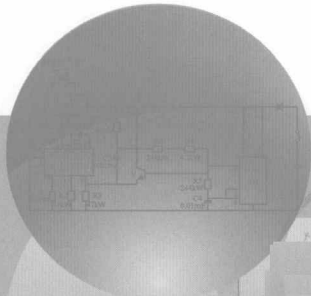


化学工业出版社

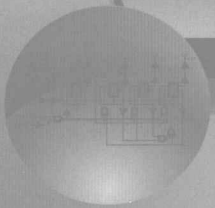
CMOS

数字集成电路应用百例

姜艳波 等编著

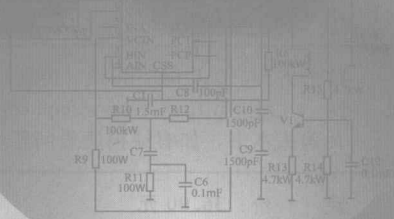


CMOS



化学工业出版社

· 北京 ·



图书在版编目(CIP)数据

CMOS 数字集成电路应用百例/姜艳波等编著. —北京:
化学工业出版社, 2009. 3
ISBN 978-7-122-04384-9

I. C… II. 姜 III. 互补 MOS 集成电路 IV. TN432

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 200208 号

姜艳波 等著

责任编辑: 刘 哲
责任校对: 郑 捷

装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 14 字数 342 千字 2009 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 36.00 元

版权所有 违者必究

前 言

CMOS 是 Complementary Metal-Oxide Semiconductor (互补金属氧化物半导体) 一词的缩写, 因为具有很多优异的特性, 所以应用非常广泛。

CMOS 集成电路具有功耗低、工作电压范围宽、逻辑摆幅大、抗干扰能力强、输入阻抗高、温度稳定性能好、扇出能力强、抗辐射能力强、可控性好、接口方便等特点。

在应用 CMOS 时要注意以下问题。

① 电路的极限范围。CMOS 集成电路在使用过程中是不允许在超过极限的条件下工作的。当电路在超过最大额定值条件下工作时, 很容易造成电路损坏, 或者使电路不能正常工作。

② 工作电压、极性及其正确选择。在使用 CMOS 集成电路时, 工作电压的极性必须正确无误, 如果颠倒错位, 在电路的正负电源引出端或其他有关功能端上, 只要出现大于 0.5V 的反极性电压, 就会造成电路的永久失效。虽然 CMOS 集成电路的工作电压范围很宽, 在 3~18V 的电源电压范围内都能正常工作, 但要考虑输出电压幅度、电路工作速度、输入信号大小、电路功耗等。

③ CMOS 集成电路所选取的工作电压愈高, 则功耗愈大。由于 CMOS 集成电路功耗极小, 所以在系统设计中, 功耗并不是主要考虑的设计指标。

④ 在 CMOS 集成电路的使用中, 要求输入信号幅度不能超过 $V_{DD} - V_{SS}$ 。输入信号电流绝对值应小于 10mA。如果输入端接有较大的电容 C 时, 应加保护电阻 R, R 的阻值约为几十欧姆至几十千欧姆。

⑤ 多余输入端的处置。CMOS 多余输入端一般不直接与电源 (地) 相连, 而是通过一个电阻再与电源 (地) 相连。

本书分 6 章进行阐述, 第 1 章对 CMOS 的基础知识进行了简述。第 2 章门电路逻辑电路实例, 主要介绍 CMOS 门电路, 如或门、非门、与非门、或非门、反相器、缓冲器、组合逻辑门、三态门等电路的实际应用。第 3 章逻辑运算电路实例, 主要介绍执行逻辑和、乘以及逻辑非等运算功能的各种门电路, 同时也包括能判别逻辑变量状态的比较器、异或门等电路的实际应用。第 4 章总线驱动与开关电路实例, 主要介绍用于多路信号门与模/数和数/模转换, 以及作为数控频率、数控电容、数控阻抗、数控模拟信号增益、模拟和数字的多路传输与分离等开关电路的实际应用。第 5 章稳态电路与锁相环电路实例, 主要介绍由锁相环构成的电路的实际应用。第 6 章主要介绍一些实现多种功能的 CMOS 集成电路的实际应用。

本书主要由姜艳波编写, 参加编写的人员还有赵光、张玉平、李长林、王波波、刘文涛、杨邵豫、刘群、兰婵丽等。

目 录

第 1 章 CMOS 数字集成电路基础知识	1
1.1 数字集成电路的类型	1
1.2 CMOS 集成电路简介	1
1.2.1 CMOS 集成电路概念	2
1.2.2 CMOS 集成电路性能特点	2
1.2.3 CMOS 集成电路工作原理	5
第 2 章 门电路逻辑电路实例	7
【例 2-1】 四 2 输入端或非门 CD4001 组成的调制器电路	7
【例 2-2】 四 2 输入端或非门 CD4001 组成的门控照明开关电路	8
【例 2-3】 四 2 输入端或非门 CD4001 组成的电子门铃电路	8
【例 2-4】 四 2 输入端或非门 CD4001 组成的金属探测器电路	9
【例 2-5】 双 4 输入端或非门 CD4002 组成的霓虹灯	10
【例 2-6】 四 2 输入与非门 CD4011 组成的光控制器电路	12
【例 2-7】 四 2 输入与非门 CD4011 组成的超声波距离控制报警电路	14
【例 2-8】 四 2 输入与非门 CD4011 构成热控制理疗仪电路	15
【例 2-9】 CD4011B 组成的防盗报警器电路	16
【例 2-10】 双 4 输入与非门 CD4012 组成的报警器电路	18
【例 2-11】 三 3 输入与非门 CD4023 构成自动控制器电路	19
【例 2-12】 8 输入与非/与门 CD4068 组成的电子密码锁电路	21
【例 2-13】 6 反相器 CD4069 组成的双音调电路	22
【例 2-14】 6 反相器 CD4069 构成的增强电路	24
【例 2-15】 6 反相器 CD4069 构成的充电器电路	24
【例 2-16】 四 2 输入异或门 CD4070 构成的光强控制电路	24
【例 2-17】 四 2 输入或门 CD4071 组成的脉冲转换电路	26
【例 2-18】 双 4 输入或门 CD4072 组成的密码锁电路 (CD4508、CD4070、CD4017)	27
【例 2-19】 双 4 输入或门 CD4072 构成的遥控电路	29
【例 2-20】 4 异或非门 CD4077 构成的同步信号自动发生器电路	30
【例 2-21】 四 2 输入与门 CD4081 构成的流水灯控制器电路	31
【例 2-22】 双 4 输入与门 CD4082 构成的脉冲发生器电路	33
【例 2-23】 四 2 输入与非门 CD4093 组成的脉冲和脉冲串发生器电路	34
【例 2-24】 CD4093B 组成的密码式电子门铃电路	35
【例 2-25】 4 异或门 CD4030 组成的液晶显示电子温度表电路	37

【例 2-26】 8 输入多功能门 CD4048 组成的 16 输入端或非门电路	39
【例 2-27】 三 3 输入端或非门 CD4025 组成的数字设定型标准电源电路	41

第 3 章 逻辑运算电路实例

【例 3-1】 双互补对加反相器 CD4007 构成的压控振荡器电路	44
【例 3-2】 4 位二进制超前进位全加器 CD4008 组成的并行加法器电路	45
【例 3-3】 双 4 位移位寄存器 CD4015 组成的 LED 流水灯电路	47
【例 3-4】 十进制计数器分频器 CD4017 构成的调速开关电路	49
【例 3-5】 十进制计数器分频器 CD4017 与 CD4518、555 共同构成的电话检测仪电路	51
【例 3-6】 十进制计数器分频器 CD4017 与 555 构成的电子计数器电路	52
【例 3-7】 十进制计数器分频器 CD4017 组成的定时控制器电路	53
【例 3-8】 十进制计数器分频器 CD4017 构成的控制器电路	53
【例 3-9】 十进制计数器分频器 CD4017 构成的倒车雷达	54
【例 3-10】 14 位同步 2 进制计数器 CD4020 构成的 60Hz 频率源电路	55
【例 3-11】 8 位移位寄存器 CD4021 与 555 组成的控制电路	57
【例 3-12】 8 计数器/分频器 CD4022 构成的自动开关电路	58
【例 3-13】 8 计数器/分频器 CD4022 构成的光控式控制电路	59
【例 3-14】 64 位静态异位寄存器 CD4031 与 CD4093、CD4081、CD4001 组成的 计数器电路	60
【例 3-15】 12 位同步二进制计数器 CD4040 构成的电脉冲电路	62
【例 3-16】 12 位同步二进制计数器 CD4040 组成的电池充电器电路	64
【例 3-17】 十进制同步加/减计数器 CD4510 与 BCD 比例乘法器 CD4527 组成的 计算电路	65
【例 3-18】 8 通道数据选择器 CD4512 组成的脉冲宽度发生器电路	67
【例 3-19】 双十进制同步寄存器 CD4518 与 CD4069 构成的数字式脉宽测量电路	69
【例 3-20】 双十进制同步寄存器 CD4518 组成的定时器电路	71
【例 3-21】 BCD 比例乘法器 CD4527 组成的比例乘法运算电路	72
【例 3-22】 优先编码器 CD4532 与 CD4511、555 共同构成的 8 路数字显示优先电路	74
【例 3-23】 程控定时器 CD4541 与 CD4001、8050 构成的自动充电器电路	77
【例 3-24】 CD4541 组成的定时器电路	78
【例 3-25】 CD4541 构成的定时闹钟电路	79
【例 3-26】 十进制计数/分配器 CD4017B 与 555 构成的 LED 灯闪烁电路	79
【例 3-27】 可预制 N 分频/计数器 CD4018 组成的无线电遥控电路	81
【例 3-28】 7 位同步二进制计数器 CD4024 构成的脉冲电压电路	84
【例 3-29】 7 位同步二进制计数器 CD4024 组成的高压脉冲电路	85
【例 3-30】 可预置数可逆计数器 (4 位二进制或 BCD 码) CD4029 组成定时控制器电路	87
【例 3-31】 14 二进制串行计数器/分频器和振荡器 CD4060 组成的充电器电路	89
【例 3-32】 14 二进制串行计数器/分频器和振荡器 CD4060 构成磁脉冲电路	92
【例 3-33】 14 级二进制串行计数器 CD4060B 组成的循环定时控制器电路	93
【例 3-34】 14 级串行二进制计数/分频振荡器 CD4060B 构成定时器电路	94
【例 3-35】 4 位二进制同步加/减计数器 (有预置端) CD4516 显示和控制电路	94

【例 3-36】	双同步 4 位二进制加计数器 CD4520 组成的密码锁电路	97
【例 3-37】	双同步 4 位二进制加计数器 CD4520 构成的脉冲控制器电路	99
【例 3-38】	可预置数 4 位二进制加/减计数器 CD40193 组成的红外线遥控电路	100
【例 3-39】	可预置数 4 位二进制加/减计数器 CD40193 组成的流水灯电路 (CD4067、NE555)	103
【例 3-40】	4 位二进制加减计数器 CD40198 组成的控制输出电路	103
【例 3-41】	可预置数 BCD 加/减计数器 CD40192 与 NE555、C302 构成的控制电路	104
<hr/>		
第 4 章	总线驱动与开关电路实例	108
【例 4-1】	6 缓冲/反相器 CD4009 组成的碰触式开关电路	108
【例 4-2】	4 双向开关 CD4016 与 NE564 构成的 FSK 电路	109
【例 4-3】	四 2 开关 CD4066 组成的直流稳压电源	110
【例 4-4】	四 2 开关 CD4066 组成的超声波电路	113
【例 4-5】	4 双向开关 CD4066 组成的行程指示电路	114
【例 4-6】	4D 锁存器 CD4042 与 555 共同构成的开机限时器电路	114
【例 4-7】	4R-S 锁存器 CD4043 构成的密码锁电路	116
【例 4-8】	4R-S 锁存器 CD4043 组成的电话密码锁电路	118
【例 4-9】	8 位移位/存储总线寄存器 CD4094 组成的 CMOS 报警电路	119
【例 4-10】	双 4 位锁存器 CD4508 构成的显示拨号电路	122
【例 4-11】	双 2 输入端与非缓冲/驱动器 CD40107 与 CD4028 构成的互锁开关	124
【例 4-12】	CD40157 组成的 4 路电子切换开关电路	125
<hr/>		
第 5 章	稳态电路与锁相环电路实例	126
【例 5-1】	锁相环 CD4046 构成的超声波电路	126
【例 5-2】	锁相环 CD4046 构成充电器电路	127
【例 5-3】	锁相环 CD4046 构成的电解电路	128
【例 5-4】	锁相环 CD4046 组成的金属探测器电路	129
【例 5-5】	可双重触发单稳态触发器 CD4098 组成的交换机电路	130
【例 5-6】	双重单稳态多谐振荡器 CD4528 构成的延时电路	132
【例 5-7】	双重单稳态多谐振荡器 CD4528 与 555 定时器组成的报警器电路	134
【例 5-8】	双重单稳态多谐振荡器 CD4538 构成的温度控制电路	134
【例 5-9】	单稳态触发/无稳多谐振荡器 CD4047B 组成的线性振荡器电路	136
【例 5-10】	单稳态触发/无稳多谐振荡器 CD4047B 组成的晶体管检测仪电路	138
【例 5-11】	4 三态 R-S 锁存触发器 (“0” 触发) CD4044 组成的电子密码锁电路	138
【例 5-12】	双 D 触发器 CD4013 构成的感应开关电路	141
【例 5-13】	双 D 触发器 CD4013 构成的低频电路	143
【例 5-14】	双 J-K 触发器 CD4027 组成的电动机保护器电路	144
【例 5-15】	3 输入端 J-K 触发器 CD4096 音频控制器电路	146
【例 5-16】	6 施密特触发器 CD40106 构成的电子计数器电路	148

第 6 章 其他电路实例	151
【例 6-1】 8 位移寄存器 (串/并入, 串出) CD4014 组成的 555 超声波电路	151
【例 6-2】 8 位移寄存器 CD4014 组成的并行-串行数据转换电路	153
【例 6-3】 CD4016AE 与 LM307N 组成的定时器电路	154
【例 6-4】 四-十线译码器 CD4028 组成的直流稳压电源电路	154
【例 6-5】 6 反相缓冲/变换器 CD4049 组成的可调直流稳压电源电路	157
【例 6-6】 6 同相缓冲/变换器 CD4051 与 CH3130 组成的解调器电路	159
【例 6-7】 6 反向缓冲器 (三态输出) CD4052 和 CD4024 组成的 4 输入开关电路	161
【例 6-8】 6 反向缓冲器 CD4052 与 CD4011 组成的 3 路切换开关电路	163
【例 6-9】 CD4052B 光强度的检测电路	164
【例 6-10】 BCD-7 段码/液晶驱动 CD4055 与 CD4027、CD40192 组成的计分器电路	166
【例 6-11】 16 选 1 模拟开关 CD4067 组成的红外报警电路	168
【例 6-12】 CD4089 构成的方向演示器电路	170
【例 6-13】 8 位可寻址锁存器 CD4099 构成的电话密码锁电路	172
【例 6-14】 可选通三态输出 6 反相/缓冲器 CD4502 构成的多路传输开关	175
【例 6-15】 BCD 锁存/7 段译码器/驱动器 CD4511 构成的 16 通道数显式自动巡检电路	176
【例 6-16】 BCD 锁存/7 段译码器/驱动器 CD4511 构成的电容检测电路	179
【例 6-17】 BCD 锁存/7 段译码器/驱动器 CD4511 电子秤电路	180
【例 6-18】 BCD-7 段锁存译码器/驱动器 CD4511B 与 CD4518B 组成的电话记录器电路	180
【例 6-19】 BCD-7 段锁存/译码/驱动器 CD4513 组成的数字电压表电路	183
【例 6-20】 4 位锁存/4-16 线译码器 CD4514 与 NE555 构成的风扇控制器	184
【例 6-21】 4-16 译码器/多路分配器 CD4515 组成的 555-15 路红外发射电路	187
【例 6-22】 可编程 BCD 计数器 CD4522 构成的 PLL 合成振荡器电路	190
【例 6-23】 CD4541B 组成的延时开关电路	192
【例 6-24】 BCD-锁存/7 段译码/驱动器 CD4543 与 CD4518 组成的计数器电路	194
【例 6-25】 三 2 路模拟开关 CD4553 组成的电子计数显示电路	196
【例 6-26】 三 2 路模拟开关 CD4553 与 CD4511 构成的电子计数器电路	198
【例 6-27】 三 2 路模拟开关 CD4553 组成的电子温度计电路	199
【例 6-28】 6 施密特触发器 CD4584 组成的广告装饰灯电路	199
【例 6-29】 4 位数值比较器 CD4585 组成的脉宽控制电路	202
【例 6-30】 十进制加/减计数器/译码/锁存/驱动器 CD40110 构成的数字计数器电路 (CD40110、CD4011、LM7805)	204
【例 6-31】 10-4 线优先编码器 CD40147 组成的模拟信号数字电路	205
【例 6-32】 6 上升沿 D 触发器 CD40174 组成的电话遥控的 8 路遥控器电路 (CD40174、YN9101、CD4066)	207
【例 6-33】 CD40178 组成的脉冲数选择电路	209
【例 6-34】 4 位并/串移位寄存器 CD40194 组成的流水灯控制器电路	209
【例 6-35】 CD40194 组成的双向移位寄存器电路	212

参考文献	213
-------------------	-----

第 1 章 CMOS 数字集成电路基础知识

数字电路是用数字信号完成对数字量进行算术运算和逻辑运算的电路，它的输出与输入之间是一种逻辑关系。由于它具有逻辑运算和逻辑处理功能，所以又称数字逻辑电路。

1.1 数字集成电路的类型

随着数字集成电路的应用日益广泛，数字电路产品愈来愈多，它的分类方法也越来越多，主要有以下三种方法。

- ① 按用途来分，可分成通用型的集成电路（中小规模集成电路）、微处理器（MPU）和特定用途的集成电路三大类。其中可编程逻辑器件就是特定用途产品的一个重要分支。
 - ② 按逻辑功能来分，可以分成组合逻辑电路和时序逻辑电路两大类，其中组合逻辑电路如门电路、编译码器等，时序逻辑电路如触发器、计数器、寄存器等。
 - ③ 按电路结构来分，可分成 TTL 型和 CMOS 型两大类。
- 常用数字集成电路的类型如图 1-1 所示。

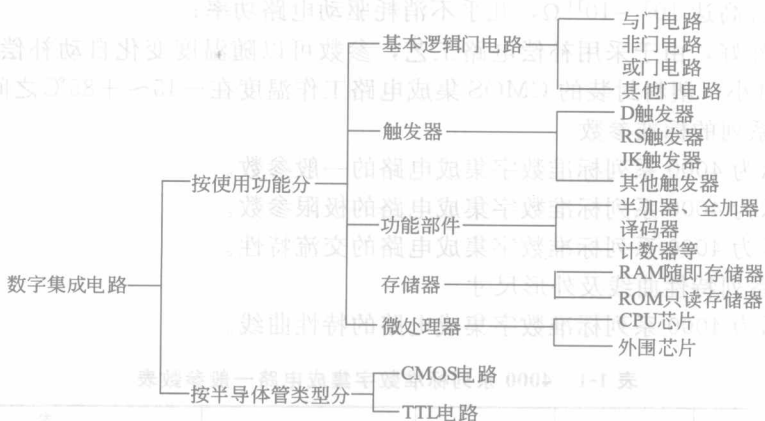


图 1-1 常用数字集成电路类型

1.2 CMOS 集成电路简介

集成电路按晶体管的性质分为 TTL 和 CMOS 两大类。CMOS 最主要的优点为功耗低，它以其优良的特性逐渐取代 TTL，成为目前应用最广泛的集成电路。

1.2.1 CMOS 集成电路概念

CMOS 是互补金属氧化物半导体 (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) 的缩写, 它是一种大规模应用于集成电路芯片制造的原料。CMOS 电路指的是一种特殊类型的电子集成电路 (IC)。集成电路 IC 是将多个单独的集成电路集成到一个电路中, 产生一个十分紧凑的器件。

CMOS 集成电路诞生于 20 世纪 60 年代末, 经过制造工艺的不断改进, CMOS 逻辑电路具有电源电压范围宽、静态功耗低、抗干扰能力强、输入阻抗高等优点, 主要分下面几个系列。

(1) 基本的 CMOS——4000 系列

这是早期的 CMOS 集成逻辑产品, 工作电源电压范围为 3~18V, 优点为功耗低、噪声容限大、扇出系数大等。缺点是工作速度较低, 平均传输延迟时间为几十纳秒, 最高工作频率小于 5MHz。

(2) 高速的 CMOS——HC (HCT) 系列

该系列电路主要从制造工艺上做了改进, 工作速度得到很大的提高, 平均传输延迟时间小于 10ns, 最高工作频率可达 50MHz。HC 系列的电源电压范围为 2~6V。HCT 系列的主要特点是与 TTL 器件电压兼容。

(3) 先进的 CMOS——AC (ACT) 系列

该系列的工作频率得到了进一步的提高, 同时保持了 CMOS 超低功耗的特点。其中 ACT 系列与 TTL 器件电压兼容, 电源电压范围为 4.5~5.5V。AC 系列的电源电压范围为 1.5~5.5V。

1.2.2 CMOS 集成电路性能特点

采用 CMOS 制造的集成电路具有以下特点:

- ① 功耗低, 工作功耗仅为几十毫瓦, 静态功耗几乎为 0;
- ② 工作电压范围宽, 为 3~18V;
- ③ 逻辑摆幅大, 当 V_{DD} 为 15V 时, 逻辑电平 0 和 1 之间的逻辑摆幅接近 15V;
- ④ 抗干扰能力强, 其噪声容限为电源电压的 45%;
- ⑤ 输入阻抗高达 $10^3 \sim 10^{11} \Omega$, 几乎不消耗驱动电路功率;
- ⑥ 温度特性好, 由于采用补偿电路工艺, 参数可以随温度变化自动补偿, 另外低功耗使得内部发热量小, 塑料封装的 CMOS 集成电路工作温度在 $-45 \sim +85^\circ\text{C}$ 之间。

(1) 4000 系列的标准参数

表 1-1 所示为 4000 系列标准数字集成电路的一般参数。

表 1-2 所示为 4000 系列标准数字集成电路的极限参数。

表 1-3 所示为 4000 系列标准数字集成电路的交流特性。

(2) 4000 系列特性曲线及外形尺寸

图 1-2 所示为 4000 系列标准数字集成电路的特性曲线。

表 1-1 4000 系列标准数字集成电路一般参数表

参数名称	符号	单位	电源电压 V_{DD}/V	参 数	
				最大值	最小值
静态功耗电流	I_{DD}	μA	5		0.25
			10		0.50
			15		1.00
输入电流	I_I	μA	18		± 0.1
			5	0.51	
输出低电平电流	I_{OL}	mA	10	1.3	
			15	3.4	

续表

参数名称	符号	单位	电源电压 V_{DD}/V	参 数	
				最大值	最小值
输出高电平电流	I_{OH}	mA	5	-0.51	
			10	-1.3	
			15	-3.4	
输入逻辑低电平电压	V_{IL}	V	5		1.5
			10		3
			15		4
输入逻辑高电平电压	V_{IH}	V	5	3.5	
			10	7	
			15	11	
输出逻辑低电平	V_{OL}	V	5		0.05
			10		0.05
			15		0.05

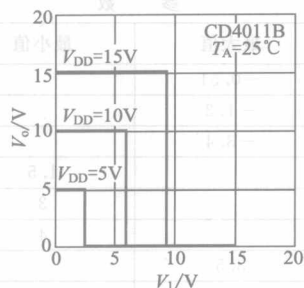
表 1-2 4000 系列标准数字集成电路极限参数

参数名称	符 号	极 限 值
最高直流电源电压	$V_{DD}(\max)$	$\pm 18V$
最低直流电源电压	$V_{SS}(\min)$	$-0.5V$
最高输入电压	$V_I(\max)$	$V_{DD} + 0.5V$
最低输入电压	$V_I(\min)$	$-0.5V$
最大直流输入电流	$I_I(\max)$	$\pm 10mA$
存储温度范围	T_s	$-65 \sim +150^\circ C$
工作温度范围	T_A	$-55 \sim +100^\circ C$
a) 陶瓷扁平封装		$-55 \sim +125^\circ C$
b) 陶瓷双列直插封装		$-40 \sim +85^\circ C$
c) 塑料双列直插封装		
最大允许功耗	P_M	200mW
a) 陶瓷扁平封装 $T_A = -55 \sim +100^\circ C$		
b) 陶瓷双列直插封装 $T_A = -55 \sim +100^\circ C$ $T_A = +100 \sim +125^\circ C$		500mW 200mW
c) 塑料双列直插封装 $T_A = -55 \sim +60^\circ C$ $T_A = +60 \sim +85^\circ C$		500mW 200mW
外引线焊接温度	T_L	$+265^\circ C$

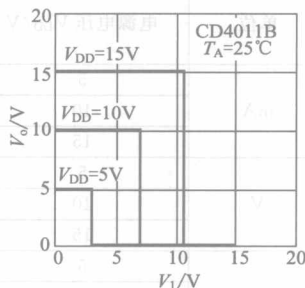
表 1-3 4000 系列标准数字集成电路交流特性

符 号	参 数	条 件	典型值	最大值	单 位
t_{PHL}	高到低电平	$V_{DD} = 5V$	120	250	ns
		$V_{DD} = 10V$	50	100	ns
		$V_{DD} = 15V$	35	70	ns
t_{PLH}	低到高电平	$V_{DD} = 5V$	85	250	ns
		$V_{DD} = 10V$	40	100	ns
		$V_{DD} = 15V$	30	70	ns
t_{THL}, t_{TLH}	传输时间	$V_{DD} = 5V$	90	200	ns
		$V_{DD} = 10V$	50	100	ns
		$V_{DD} = 15V$	40	80	ns
C_{IN}	平均输入电容		5	7.5	pF

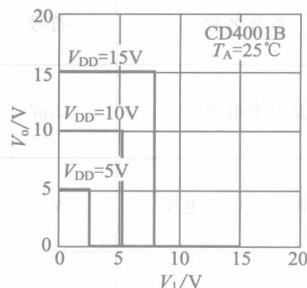
资料



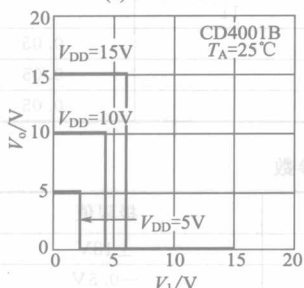
(a) TL/F /5030-7



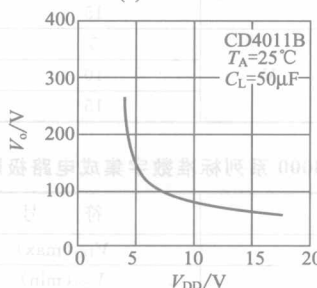
(b) TL/F /5030-8



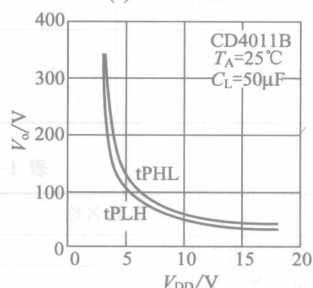
(c) TL/F /5030-9



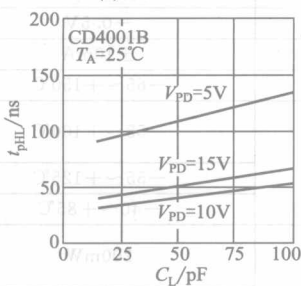
(d) TL/F /5030-10



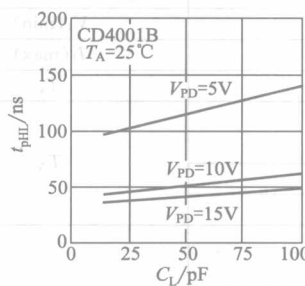
(e) TL/F /5030-11



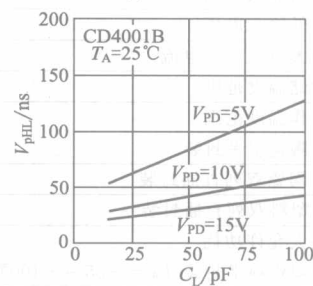
(f) TL/F /5030-12



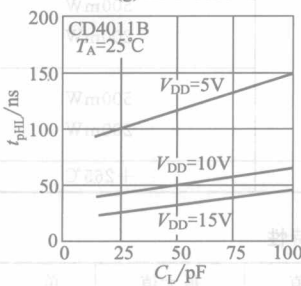
(g) TL/F /5030-13



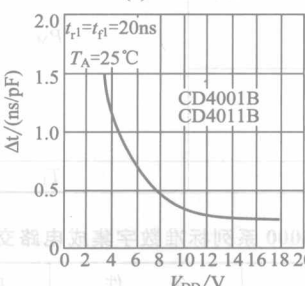
(h) TL/F /5030-14



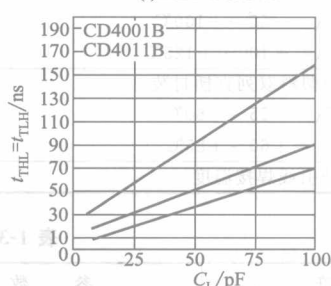
(i) TL/F /5030-15



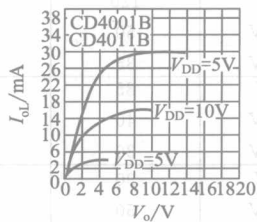
(j) TL/F /5030-16



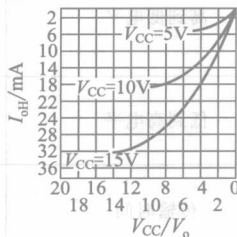
(k) TL/F /5030-17



(m) TL/F /5030-18



(o) TL/F /5030-19



(p) TL/F /5030-20

图 1-2 特性曲线

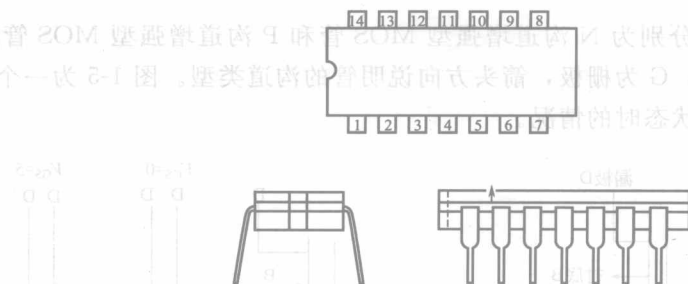


图 1-3 标准 14 脚芯片封装图

图 1-3 所示为标准 14 脚芯片的封装图。

1.2.3 CMOS 集成电路工作原理

CMOS 电路是以 MOS 管为基础的集成电路，属于单极性电路。目前采用 MOS 管的逻辑集成电路主要有三大类：以 P 沟道增强型管构成的 PMOS 电路；以 N 沟道增强型管构成的 NMOS 电路；采用 PMOS 和 NMOS 两种互补管构成的 CMOS 电路。

1. MOS 管的主要参数

(1) 开启电压 V_T

开启电压又称阈值电压，它是源极 S 和漏极 D 之间形成导电沟道所需的栅极电压。标准的 N 沟道 MOS 管 V_T 约为 3~6V。

(2) 直流输入电阻 R_{GS}

直流输入电阻即在栅源极之间加的电压与栅极电流之比，MOS 管的 R_{GS} 可以很容易地超过 $10^{10}\Omega$ 。

(3) 漏源击穿电压 B_{VDS}

在 $V_{GS}=0$ （增强型）的条件下，在增加漏源电压过程中使 I_D 开始剧增时的 V_{DS} 称为漏源击穿电压 B_{VDS} 。

(4) 栅源击穿电压 B_{VGS}

在增加栅源电压过程中，使栅极电流 I_G 由零开始剧增时的 V_{GS} ，称为栅源击穿电压 B_{VGS} 。

(5) 低频跨导 g_m

在 V_{DS} 为某一固定数值的条件下，漏极电流的微变量和引起这个变化的栅源电压微变量之比称为跨导。它能反映出栅源电压对漏极电流的控制能力，一般在十分之几至几 mA/V 的范围内。

(6) 导通电阻 R_{ON}

导通电阻 R_{ON} 说明了 V_{DS} 对 I_D 的影响，是漏极特性某一点切线的斜率的倒数。

(7) 极间电容

三个电极之间都存在着极间电容：栅源电容 C_{GS} 、栅漏电容 C_{GD} 和漏源电容 C_{DS} 。其中 C_{GS} 和 C_{GD} 约为 $1\sim 3\text{pF}$ ， C_{DS} 约在 $0.1\sim 1\text{pF}$ 之间。

(8) 低频噪声系数 NF

噪声是由管子内部载流子运动的不规则性所引起的。噪声性能的大小通常用噪声系数 NF 来表示。

2. MOS 管的开关特性

图 1-4 中 (a) 和 (b) 分别为 N 沟道增强型 MOS 管和 P 沟道增强型 MOS 管的符号, 其中, S 为源极, D 为漏极, G 为栅极, 箭头方向说明管的沟道类型。图 1-5 为一个 N 沟道增强型 MOS 管工作在开关状态时的情况。

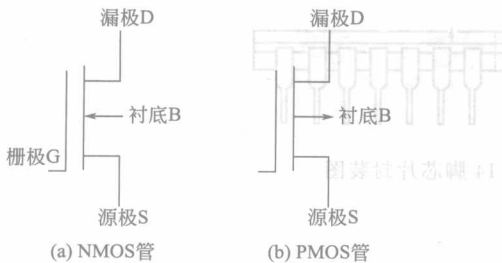


图 1-4 增强型 MOS 管符号

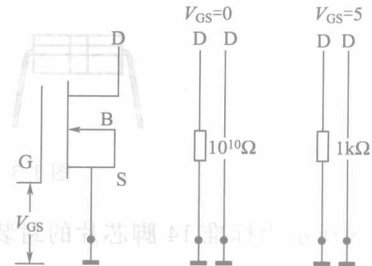


图 1-5 基本 MOS 管开关

V_{GS} 表示栅极和源极之间的电压。当 $V_{GS} < V_T$ 时, 漏极和源极之间没有形成导电沟道, MOS 截止, 漏极和源极之间的沟道电阻很大, 相当于开关断开。当 V_{GS} 上加正向电压, 同时 $V_{GS} > V_T$ 时, 漏极和源极之间导通, 当完全导通时, 相当于开关闭合。此时漏极和源极之间沟道电阻很小。这样, MOS 管的漏极和源极就可以被当作一个受栅极电压控制的开关, 即当 $V_{GS} > V_T$ 时开关闭合, $V_{GS} < V_T$ 时开关断开。

3. CMOS 反相器的工作原理

CMOS 反相器的基本电路结构形式为图 1-6 所示的有源负载反相器。其中负载管 T1 为 P 沟道增强型 MOS 管, 驱动管 T2 为 N 沟道增强型 MOS 管。T1 和 T2 的栅极连在一起作为反相器的输入端, 漏极连在一起作为反相器的输出端。T1 的开启电压为 V_{GSP} , T2 的开启电压为 V_{GSN} , 同时令 $V_{DD} > V_{GSN} + |V_{GSP}|$ 。

当输入信号 V_i 为高电平时, $V_{GSP} = 0V$, 因此 T1 截止, 其漏极和源极之间呈高阻状态, $V_{GSN} = V_{DD} - V_{SS}$ 。当 $V_{DD} - V_{SS} > V_{GSN}$ 时, T2 导通, 漏极和源极之间为低阻状态, 输出此时为低电平, 即 V_o 为零。

当输入信号 V_i 为低电平时, $V_{GSN} = 0V$, 因此 T2 截止, 其漏极和源极之间呈高阻状态, 输出为高电平状态, $V_{GSP} = -V_{DD}$, T1 导通。

因此无论输入信号是高电平还是低电平, T1 和 T2 总是工作在一个导通而另一个截止的状态, 即互补状态。当处于截止状态时, 内阻很高, 流过 T1 和 T2 的静态电流极小, 因此 CMOS 反相器的静态功耗极小, 这是 CMOS 电路最突出的一个优点。

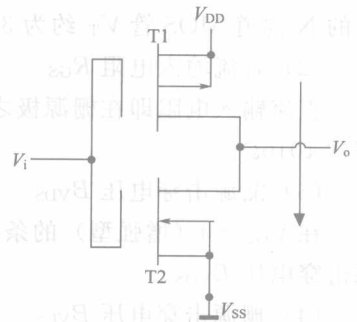


图 1-6 CMOS 反相器电路图

CD4001 引脚图

图 2-1	调制器电路	图 2-2	CD4001 引脚图
图 2-1	调制器电路	图 2-2	CD4001 引脚图
图 2-1	调制器电路	图 2-2	CD4001 引脚图

第 2 章 门电路逻辑电路实例

CMOS 门电路是在 MOS 电路基础上发展起来的一种互补对称场效应管集成电路，目前应用较多。按照门电路的逻辑功能特点，可将 CMOS 门电路分为或门、非门、与非门、或非门、反相器、缓冲器、组合逻辑门、三态门 8 类。

【例 2-1】 四 2 输入端或非门 CD4001 组成的调制器电路

1. 电路说明

如图 2-1 所示，该电路由四 2 输入端或非门集成电路 CD4001 组成。

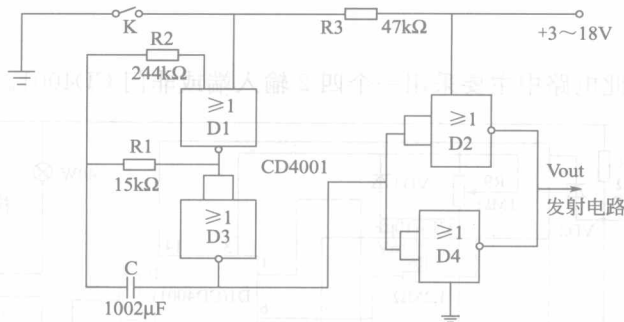


图 2-1 调制器电路

此电路中的多谐振荡器由 CD4001 中的或非门 D1 和 D3 组成，振荡频率为 40kHz。或非门 D1 的输入端为电路的控制端，当其为低电平时，电路起振，当其为高电平时，电路停振。

当按下开关 K 时，或非门 D1 的输入端电平为低电平，此时振荡电路开始工作，可以输出 40kHz、占空比为 50% 的连续方波。通过改变电阻 R1 或电容 C 的值来实现电路的振荡频率。缓冲级由或非门 D2、D4 组成，可以提高电路的驱动能力。

2. 电路应用

该电路适用于遥控发射或载波调制发送电路中。

3. CD4001 芯片介绍

CD4001 是四 2 输入或非门。CD4001 或非门为系统设计者提供了直接的或非功能，补充了已有的 COS/MOS 门系列，所有输入和输出经过缓冲，改善了输入/输出传输特性，使得由于负载容量的增加而引起的传输时间的变化维持到最小。

(1) CD4001 引脚

CD4001 引脚图如图 2-2 所示，引脚功能如表 2-1 所示。

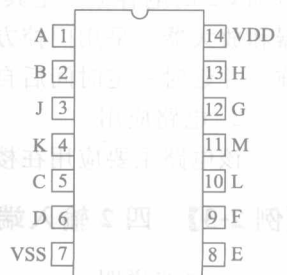


图 2-2 CD4001 引脚图

表 2-1 CD4001 引脚功能说明

引脚名称	说明	引脚名称	说明
A~H	数据输入端	VDD	接正电源端
J、K、L、M	数据输出端	VSS	接地端

(2) CD4001 特性

- ① 高电压型 (20V 额定值)。
- ② 在 $C_L=50\text{pF}$, $V_{DD}=10\text{V}$ 时, 传播延迟时间为 60ns (典型值)。
- ③ 缓冲的输入和输出。
- ④ 标准对称输出特性。
- ⑤ 在 20V 时 100% 测试最大静态电流。
- ⑥ 5V、10V 和 15V 参数额定值。
- ⑦ 噪声边界 (超过整套温度范围):
 - 1V, 在 $V_{DD}=5\text{V}$ 时;
 - 2V, 在 $V_{DD}=10\text{V}$ 时;
 - 2.5V, 在 $V_{DD}=15\text{V}$ 时。

【例 2-2】 四 2 输入端或非门 CD4001 组成的门控照明开关电路

1. 电路说明

如图 2-3 所示, 此电路中主要采用一个四 2 输入端或非门 CD4001。

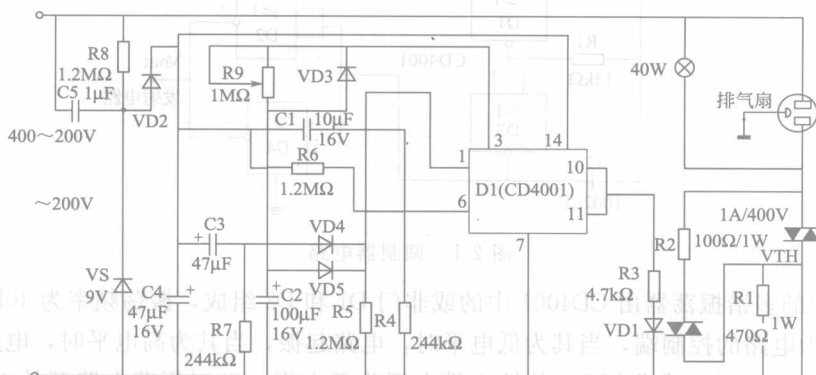


图 2-3 门控照明开关电路

由 CD4001 中的前 2 个或非门组成不可再触发式单稳态延时电路, 可变电阻 R9 的电阻值和 C2 的电容量决定其延时时间的长短。由 CD4001 中的后 2 个或非门并联后可作为反相器和放大器。采用门控方式控制开关, 当有人进入时, 门控开关将自动打开灯和排气扇等设施, 并延时一定时间后自动关闭。

2. 电路应用

该电路主要应用在楼房的门控开关照明等设计中。

【例 2-3】 四 2 输入端或非门 CD4001 组成的电子门铃电路

1. 电路说明

如图 2-4 所示, 该电子门铃电路主要由红外线发射电路、红外接收电路、低频振荡器、

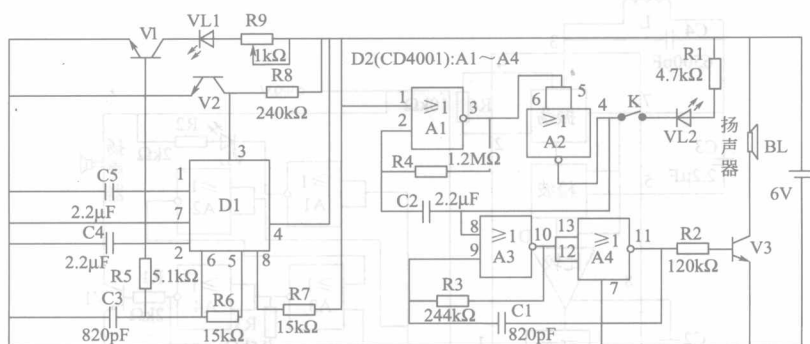


图 2-4 电子门铃电路

音频振荡器和音频输出电路等组成。

① 红外发射电路是由驱动晶体管 V1、红外发射管 VL1、集成电路 D1 第 6 引脚的内电路等元件组成。

② 红外接收电路是由红外/接收管 V2 和 D1 第 3 引脚内电路组成。

③ 低频振荡器是由四或非门数字集成电路 D2 内部的或非门 A1 与 A2 和电阻器 R4、电容器 C2 等组成。

④ 音频振荡器是由 D2 内部的或非门 A3 与 A4 和电阻器 R3、电容器 C1 等组成。

⑤ 音频输出电路由电阻器 R2、放大晶体管 V3 和扬声器 BL 等组成。

电源接通后，D1 的第 6 引脚输出振荡信号，经由 V1 放大后，驱动红外发射管 VL1 向空间发射一定距离的红外光。

在屋门前无人的情况下，光敏晶体管 V2 接收不到反射信号，D1 的第 8 脚输出低电平，音频振荡器和低频振荡器均不工作，扬声器不发声。

当靠近房门时，VL1 发射的红外光信号通过人体反射回来，使 V2 接收到红外信号，经由 D1 处理后，D1 的第 8 脚由高电平变为低电平，低频振荡器和音频振荡器均不工作，扬声器发出声音，表示门外有人。

当无人时，将开关 K 接通，如果有客来访，则发光二极管 VL2 闪亮，提示室内无人。

2. 电路应用

该电路具有自动监控门铃的作用。当有人经过门铃电路附近时，门铃自动响应。可根据不同场合设置不同音响，以达到不同的效果。

【例 2-4】 四 2 输入端或非门 CD4001 组成的金属探测器电路

1. 电路说明

如图 2-5 所示，该探测器电路主要由振荡器和声光报警电路两部分组成。

① 振荡器电路主要由电容器 C4、电感器 L、感应开关集成电路 D1 等组成。

② 声光报警电路是由 4 或非门集成电路 D2 和发光二极管 VL、扬声器等组成。

正常工作时，振荡器电路振荡工作，D1 的第 6 引脚输出低电平，声光报警电路不工作，发光二极管 VL 不亮，扬声器不发出声音。

当电感器 L 接近金属物时振荡器停止，D1 的第 6 引脚由低电平变为高电平，或非门集成电路 D2 内部的或非门 A3 和 A4 均输出低电平，使发光二极管 VL 发亮；同时还使音频振荡器工作，