

集成电路应用丛书



常用数字集成电路 原理与应用

卿太全 李萧 郭明琼 编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

集成电路应用丛书

常用数字集成电路原理与应用

卿太全 李 萧 郭明琼 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

常用数字集成电路原理与应用/卿太全, 李萧, 郭明琼编著.

—北京: 人民邮电出版社, 2006. 1

(集成电路应用丛书)

ISBN 7-115-13815-X

I. 常... II. ①卿... ②李... ③郭... III. 数字集成电路—基本知识 IV. TN431.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 109146 号

内 容 提 要

本书分为上、下两篇。上篇为“原理篇”, 重点介绍了 CMOS 4000 系列 (含 CMOS 4500 系列) 和 TTL74 系列中 100 多种常用数字集成电路的功能、原理及基本应用, 另外还介绍了在设计电路时经常用到的一些其他数字集成电路, 包括门电路, 触发器, 时基、分频电路, 模拟开关与数据选择器, 计数器, 编、译码器, 寄存器, 运算电路等基本电路; 下篇为“应用篇”, 介绍了近 300 例实用、新颖的电路, 电路涉及自动控制、通信、测量等方面。

本书通用性、实用性强, 理论与实践相结合, 具有集成电路种类多、涉及面广而且全面的特点, 适合电子爱好者, 电子产品开发、设计专业技术人员以及大专院校相关专业的师生阅读参考。

集成电路应用丛书

常用数字集成电路原理与应用

◆ 编 著 卿太全 李 萧 郭明琼

责任编辑 申 苹

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京通州大中印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 20.5

字数: 504 千字

2006 年 1 月第 1 版

印数: 1-5 000 册

2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-13815-X/TN · 2572

定价: 29.00 元

读者服务热线: (010) 67129264 印装质量热线: (010) 67129223

前 言

随着微电子技术的发展，越来越多的电子产品的设计都向数字化或智能化方向发展。大批主导电子产品，如计算机、数字音响、数字电视、数控机床等都广泛地应用了数字技术。

对电子爱好者和专业技术人员，尤其是产品研发人员来说，数字电子技术是一门必修课。本书面向电子技术爱好者、学生、电子专业技术人员，介绍常用数字集成电路的基本原理与应用，培养读者的实际动手能力、开发能力。值得一提的是书中有许多电路可以直接形成产品，对生产厂商有较高的参考价值。

本书分为上、下两篇。上篇为“原理篇”，重点介绍了 CMOS 4000 系列（含 CMOS 4500 系列）和 TTL74 系列中 100 多种常用数字集成电路的功能、原理及基本应用，另外还介绍了在设计电路时经常用到的一些其他数字集成电路，包括门电路，触发器，时基、分频电路，模拟开关与数据选择器，计数器，编、译码器，寄存器，运算电路等基本电路；下篇为“应用篇”，介绍了近 300 例实用、新颖的电路，电路涉及自动控制、通信、测量等方面。

本书内容丰富，侧重于实际应用，电路设计合理，原理图标注详细清楚，通用性、实用性强，具有集成电路种类多、涉及面广而且全面的特点，适合电子爱好者，电子产品开发、设计专业技术人员以及大专院校相关专业的师生阅读参考。

由于作者水平有限，书中缺点或错误在所难免，恳请读者批评指正。

作者个人网站：[http://www. qtq888. com](http://www.q tq888.com)；E-mail 地址：[qtq2003@163. com](mailto:qtq2003@163.com)。

作 者

目 录

第 0 章 绪论	1
0.1 数字集成电路的分类与命名	1
0.2 数字集成电路的一般特性	3
0.3 数字集成电路的接口电路与使用注意事项	7

上篇 原 理 篇

第 1 章 门电路	12
1.1 四 2 输入或非门 4001、7402	12
1.2 四 2 输入与非门 4011、7400	14
1.3 二 4 输入与非门 4012、7420	16
1.4 三 3 输入与非门 4023、7410	17
1.5 四 2 输入异或门/异或非门 4030、4070、4077、7486	18
1.6 多功能多输入逻辑门 4048	19
1.7 六反相器 4069、7404	21
1.8 8 输入与门/与非门 4068、7430	26
1.9 8 输入或门/或非门 4078	27
1.10 四 2 输入与门 4081、7408	29
第 2 章 触发器	31
2.1 双 D 触发器 4013、7474	31
2.2 双 J-K 触发器 4027	33
2.3 四 D 锁存器 4042	35
2.4 四 R-S 触发器 4043、4044	37
2.5 施密特触发器 4093、40106、7414	39
2.6 8 位可寻址锁存器 4099、4599	41
2.7 D 触发器 40174、40175	42
2.8 双 4D 触发器 4508	44
2.9 8D 锁存器 74273、74373	46
第 3 章 时基、延时及分频电路	49
3.1 通用时基电路 555	49
3.2 无稳态多谐振荡器 4047	52
3.3 双单稳态触发器 4098、4528	53

3.4	TTL 单稳态电路 74121~74123	55
3.5	其他型号的电路	57
第4章	计数器	60
4.1	脉冲分配器/计数器 4017、4022	60
4.2	二进制串行计数器 4020、4024、4040、4060	64
4.3	可预置 4 位二进制/BCD 加减计数器 4029	68
4.4	可预置 4 位 BCD/二进制计数器 40161~40163 和 74161~74163	69
4.5	可预置 4 位可逆计数器 40192、40193 和 74190~74193	72
4.6	可预置 4 位可逆计数器 4510、4516	74
4.7	双 4 位 BCD4518/二进制同步加计数器 4520	76
4.8	可预置同步 1/N 计数器 4522、4526	77
4.9	BCD 计数器 7490、74196	79
第5章	译码器	83
5.1	BCD 计数-7 段译码显示驱动器 4026、4033	83
5.2	BCD-十进制数译码器 4028	84
5.3	BCD-7 段译码显示驱动器 4511、4558	85
5.4	BCD-7 段译码显示驱动器 4543、4544	87
5.5	双 4 选 1 译码器 4555、4556	88
5.6	BCD-7 段译码显示器驱动器 7445~7447、74245~74247	89
5.7	2-4 线译码器 74139	90
第6章	模拟开关 数据选择器	92
6.1	4 双向模拟开关 4016、4066	92
6.2	4 与或选择器 4019	94
6.3	8 选 1 模拟开关 4051	95
6.4	双 4 选 1 模拟开关 4052	96
6.5	三 2 选 1 模拟开关 4053	98
6.6	16 选 1 模拟开关 4067	99
6.7	双 8 选 1 模拟开关 4097	100
6.8	6 路互锁电子开关 TC9135P	101
第7章	移位寄存器	103
7.1	18 位串入串出静态移位寄存器 4006	104
7.2	8 位串入/并入-串出移位寄存器 4014、4021	105
7.3	双 4 位串入-并出移位寄存器 4015	106
7.4	4 位并入/串入-并出/串出移位寄存器 4035	107
7.5	4 位并入/串入-并出/串出移位寄存器 40194、74194	108

第 8 章 运算电路	110
8.1 通用运算放大器 LM324	110
8.2 四电压比较器 LM339	112
8.3 4 位数值比较器 4585	114
第 9 章 编码电路 编译码配对电路	116
9.1 8-3 线优先编码器 4532	116
9.2 10-4 线 BCD 优先编码器 40147、74147	118
9.3 编译码配对电路 PT2262、2272	119
9.4 编译码配对电路 VD5012~VD5014、VD5103、VD5104	121
9.5 编译码配对电路 VD5026~VD5028	124
9.6 编译码配对电路 MC145026~MC145028	125
9.7 编译码电路 MC145030	128
第 10 章 其他电路	130
10.1 锁相环电路 4046	130
10.2 PLL 频率合成器 MC145151-2	131
10.3 双音调 DTMF 接收器 MT8870、MT8880	134
10.4 反相驱动器 ULN2003	135
10.5 点/线显示驱动器 LM3914、LM3915	136
10.6 8 通道红外遥控配对电路 BA5104、BA5204	137

下 篇 应 用 篇

第 11 章 信号发生电路	139
11.1 窄脉冲发生器	139
11.2 日脉冲 (1/86400 Hz) 发生器	139
11.3 非门倍压电路	140
11.4 双相对称脉冲变换器	140
11.5 单脉冲发生器	141
11.6 8 声报警声发生器	142
11.7 警笛声发生器	143
11.8 无线寻呼机声音发生器	143
11.9 免外围元件的 $\div 5400$ 电路	143
第 12 章 信号变换电路	145
12.1 8-3 线编码器	145
12.2 BCD 编码器	145
12.3 十进制-BCD 码变换器	146

12.4	单按键 BCD 编码器	146
12.5	2-4 线译码器	147
12.6	4 位编、译码器	148
12.7	8-3 线编码器	148
12.8	3-8 线译码器	148
12.9	16 选 1 地址译码器	150
12.10	8 位二进制-BCD 码变换器	151
12.11	三稳态电路	151
12.12	4 位二进制-十进制数的译码显示	152
12.13	8 位串入并出数据转换器	152
12.14	7 段数码-十进制数变换器	153
12.15	十六-二进制数变换器	154
12.16	第一信号判别器	155
12.17	第一信号锁存器	156
12.18	4 输入或非门	156
12.19	2 输入与门	157
12.20	3 输入或门	157
第 13 章 定时、计时及计数电路		158
13.1	定时、计时电路	158
13.1.1	可调定时器	158
13.1.2	微功耗定时器	158
13.1.3	墙壁开关式定时器	159
13.1.4	轻触直选式 10 挡定时器	160
13.1.5	可编程定时控制器 (1)	161
13.1.6	可编程定时控制器 (2)	162
13.1.7	4541 定时电路	163
13.1.8	8 通道顺序定时器 (1)	164
13.1.9	8 通道顺序定时器 (2)	165
13.1.10	数显精密定时控制器	167
13.1.11	无溢出的 3 位数显倒计时电路	167
13.1.12	365 天倒计时器	168
13.1.13	目标安全日 4 位倒计时电路	169
13.1.14	沙漏计时游戏电路	169
13.1.15	单摆实验自动计时器	172
13.1.16	自由落体运动演示计时器	173
13.1.17	数字电子钟的“星期”显示电路	175
13.1.18	LED 电子钟摆	175
13.1.19	给时钟加装 LED 刻度盘电路	176
13.1.20	数字电子钟	177

13.1.21	大屏幕数字电子钟	177
13.1.22	LED 指针电子钟 (1)	179
13.1.23	LED 指针电子钟 (2)	183
13.2	计数器	187
13.2.1	1~9999 计数器	187
13.2.2	8 位可编程计数器	188
13.2.3	1~6 随机数发生器	188
13.2.4	电子骰子	189
13.2.5	3 位数字显示表头	190
13.2.6	5 位数字显示计数器	191
13.2.7	10 位数字显示计数器	192
13.2.8	7 位数显电子摇奖机	192
13.2.9	绕线机自动计数控制器	192
第 14 章	报警、门铃电路	196
14.1	3 路防盗报警器	196
14.2	物体移动防盗报警器	196
14.3	防盗自动摄像控制电路	197
14.4	多路多功能无线报警系统	199
14.5	多路音乐对讲门铃	202
14.6	触摸式音乐门铃	204
14.7	无线遥控门铃	204
14.8	子母分离报警器	205
第 15 章	光电、灯光电路	206
15.1	轻触式延时灯开关	206
15.2	来电自锁电灯开关	206
15.3	触摸式电灯开关	207
15.4	红外线遥控客厅灯	207
15.5	变速彩灯电路	208
15.6	可编程多花样彩灯控制器	209
15.7	人体接近电灯开关	210
15.8	4 路多方式彩灯控制器	210
15.9	灯光遥控调光电路	212
第 16 章	电子开关、密码电路	213
16.1	电子开关电路	213
16.1.1	4 路互锁电子开关	213
16.1.2	10 路互锁电子开关	214
16.1.3	双 2 路立体声切换开关	214

16.1.4	8路电子切换开关	214
16.1.5	双8路信号切换开关	215
16.1.6	16路轻触式电子开关(1)	216
16.1.7	16路轻触式电子开关(2)	216
16.1.8	8路红外线遥控电路	218
16.1.9	双4路立体声切换开关(1)	219
16.1.10	双4路立体声切换开关(2)	219
16.1.11	8路互锁电子开关	220
16.1.12	8路数显视频信号切换器	221
16.1.13	4路立体声电子切换开关	221
16.1.14	4路立体声输入输出切换开关	222
16.1.15	8通道遥控视频切换器	223
16.1.16	多路开关式混音器	224
16.1.17	高保真无线遥控音频切换电路	224
16.1.18	16路高保真视频切换开关	226
16.1.19	4011制作的声光控开关	226
16.1.20	亚超声遥控开关	226
16.1.21	40 kHz 亚超声遥控开关	228
16.1.22	单线进出的电子开关设计的几则应用电路	229
16.2	密码电路	232
16.2.1	6位电子密码开关	232
16.2.2	7位电子密码锁	232
16.2.3	8位电子密码锁	233
16.2.4	4053电子密码开关	234
16.2.5	4位电子密码锁	235
16.2.6	8位密码电子开关	235
16.2.7	4位电子密码锁	236
第17章	电源、自动控制及显示电路	238
17.1	电源、自动控制电路	238
17.1.1	防盗报警器全自动不间断电源	238
17.1.2	漏电报警电源插座	239
17.1.3	直流电源电压监视器	239
17.1.4	电源极性监视器	239
17.1.5	顺序开关的电源插座	240
17.1.6	直流电源故障报警器	241
17.1.7	多路无线遥控电源插座	241
17.1.8	译码器构成的市电电压监视器	242
17.1.9	数控直流低压稳压电源	244
17.1.10	10挡水位数字显示器	245

17.1.11	自动水位控制器	246
17.1.12	语音自动顺序播放电路	246
17.2	显示电路	247
17.2.1	“点”状音频电平显示器	247
17.2.2	“线”状音频电平显示器	248
17.2.3	跳跃式音频电平显示器	249
17.2.4	音频电平显示器	249
17.2.5	变色音频电平显示器	250
17.2.6	4511 译码的完整显示电路	250
17.2.7	新颖别致的音频电平显示器	251
17.2.8	二按键调校多数字显示的电路	251
17.2.9	TTL 电路电源电压监视器	253
17.2.10	专业级音频电平显示器	254
17.2.11	满刻度 1.2~1000 V 的电压指示器	254
17.2.12	满刻度为 10V 的电压指示器	254
17.2.13	汽车蓄电池电压监视器	255
17.2.14	数字钟附加“星期”显示电路	256
17.2.15	12 位二十进制数演示器	256
17.2.16	二-十六进制演示器	257
17.2.17	中学物理单摆实验演示器	257
17.2.18	直流电流方向流动演示器	259
17.2.19	分子布朗运动演示器	259
17.2.20	LED 价格显示屏	260
17.2.21	10 段音频频谱显示器	262
17.2.22	99 路呼叫显示器	262
17.2.23	256 路呼叫显示器	265
17.2.24	比赛计分显示牌	267

第 18 章 通信、计量及测试电路

18.1	通信电路	268
18.1.1	电话来电自动灯开关	268
18.1.2	电话来电次数显示器	268
18.1.3	电话在线状态指示器	269
18.1.4	8 位电话拨号显示器	270
18.2	计量、测试电路	271
18.2.1	简易三态逻辑测试笔	271
18.2.2	LED 数显逻辑探头	271
18.2.3	简易蓄电池电压指示器	272
18.2.4	电子指南针	272
18.2.5	数显水位指示器	273

18.2.6	数字电子钟整点检测电路 (1)	273
18.2.7	数字电子钟整点检测电路 (2)	274
18.2.8	16 位逻辑分析仪	274
18.2.9	3 位数显蓄电池电压监视器	276
18.2.10	3 位数显温度计	277
18.2.11	3 位数显真空计	278
18.2.12	3 $\frac{1}{2}$ 位数字电压表	278
18.2.13	6 位 LED 数字表头	279
18.2.14	电网频率显示器	280
18.2.15	10 Hz~1.0 MHz 信号发生器	281
18.2.16	数显 8 通道模拟参数巡检仪	283
18.2.17	多功能计时器	283
18.2.18	3 位数显脉搏测试器	286
第 19 章	综合应用电路	287
19.1	电子音量电位器	287
19.2	电路简捷的电子音量电位器	288
19.3	立体声电子音量电位器	288
19.4	多种动物叫声发生器	289
19.5	24 路高分辨率抢答器	290
19.6	导弹拦截游戏电路	291
19.7	二人登山游戏电路	292
19.8	红外线自动干 (暖) 手器	294
19.9	红外线自动水龙头	295
19.10	电子摇奖机	296
19.11	10 路红外线遥控电路	297
19.12	电子转盘游戏电路	298
19.13	数码卡拉 OK 延时混响控制电路	298
19.14	8 通道红外遥控电路	299
19.15	6 路抢答器 (1)	301
19.16	6 路抢答器 (2)	302
19.17	8 路高分辨抢答器	302
19.18	线路简捷的 15 路无线抢答器	303
19.19	无线遥控音量控制器	304
19.20	8 路无线遥控电路	305
附录 A	CMOS 4000 系列数字集成电路型号功能表	307
附录 B	TTL74 系列数字集成电路型号功能表	310
参考文献		314

第 0 章 绪 论

0.1 数字集成电路的分类与命名

1. 数字集成电路的分类

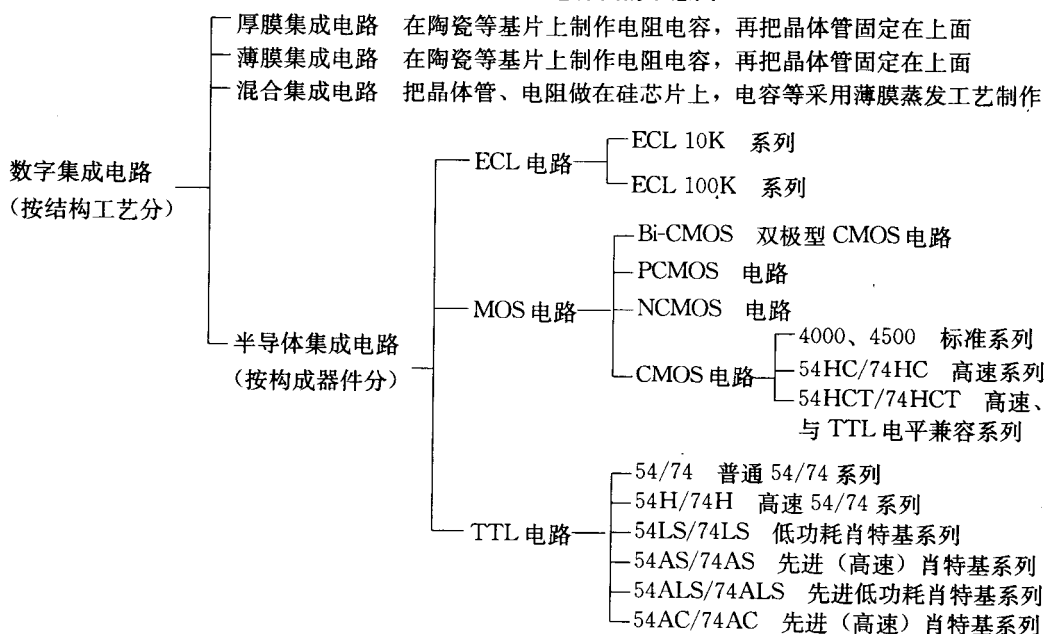
数字集成电路有多种分类方法，以下是几种常用的分类方法。

(1) 按结构工艺分

按结构工艺分类，数字集成电路可以分为厚膜集成电路、薄膜集成电路、混合集成电路、半导体集成电路四大类，如表 0-1 所示。

表 0-1

数字集成电路按结构工艺分类的示意图



ECL、TTL 为双极型集成电路，构成的基本元器件为双极型半导体器件，其主要特点是速度快、负载能力强，但功耗较大、集成度较低。双极型集成电路主要有 TTL (Transistor-Transistor Logic) 电路、ECL (Emitter Coupled Logic) 电路和 I^2L (Integrated Injection Logic) 电路等类型。其中 TTL 电路的性能价格比高，故应用非常广泛，其中又以 74 系列集成电路的应用最广泛。

MOS 电路为单极型集成电路，又称为 MOS 集成电路，它采用金属-氧化物半导体场效应管 (Metal Oxide Semi-conductor Field Effect Transistor, MOSFET) 制造，其主要特点是结构简单、制造方便、集成度高、功耗低，但速度较慢。MOS 集成电路又分为 PMOS (P-channel Metal Oxide Semiconductor, P 沟道金属氧化物半导体)、NMOS (N-channel Metal Oxide Semiconductor, N 沟道金属氧化物半导体) 和 CMOS (Complement Metal Ox-

ide Semiconductor, 复合互补金属氧化物半导体) 等类型。

MOS 电路中应用最广泛的为 CMOS 电路, 而 CMOS 数字电路中应用最广泛的为 4000、4500 系列 (本书将 4000 系列、4500 系列通称为 4000 系列), 这两个系列不但适用于通用逻辑电路的设计, 而且综合性能也很好, 与 TTL 电路一起成为数字集成电路中两大主流产品。

Bi-CMOS 是双极型 CMOS (Bipolar-CMOS) 电路的简称, 这种门电路的特点是逻辑部分采用 CMOS 结构, 输出级采用双极型晶体管, 因此兼有 CMOS 电路的低功耗和双极型电路输出阻抗低的优点。

综上所述, TTL74 系列、CMOS 4000 (4500) 系列是通用性最强、应用最广泛的数字集成电路, 因此, 本书重点介绍这两类常用的数字集成电路。

(2) 根据集成电路规模的大小分

根据集成电路规模的大小, 数字集成电路通常分为小规模集成电路 (SSI)、中规模集成电路 (MSI)、大规模集成电路 (LSI) 和超大规模集成电路 (VLSI)。

① 小规模集成电路 (Small Scale Integration, SSI)。小规模集成电路通常指含逻辑门个数小于 10 门 (或含元件数小于 100 个) 的电路。

② 中规模集成电路 (Medium Scale Integration, MSI)。中规模集成电路通常指含逻辑门数为 10~99 门 (或含元件数 100~999 个) 的电路。

③ 大规模集成电路 (Large Scale Integration, LSI)。大规模集成电路通常指含逻辑门数为 1000~9999 门 (或含元件数 1000~99999 个) 的电路。

④ 超大规模集成电路 (Very Large Scale Integration, VLSI)。超大规模集成电路通常指含逻辑门数大于 10000 门 (或含元件数大于 100000 个) 的电路。

2. 数字集成电路的命名

数字集成电路的型号组成一般由前缀、编号、后缀三大部分组成。前缀代表制造厂商, 编号包括产品系列号、器件系列号, 后缀一般表示温度等级、封装形式等。

(1) TTL74 系列数字集成电路型号的组成及符号的意义

TTL74 系列数字集成电路型号的组成及符号的意义如表 0-2 所示。

表 0-2 TTL74 系列数字集成电路型号的组成及符号的意义

第 1 部分: 制造厂商	第 2 部分: 产品系列		第 3 部分: 器件类型		第 4 部分: 器件功能		第 5 部分: 器件封装形 式、温度范围	
	符 号	意 义	符 号	意 义	符 号	意 义	符 号	意 义
	54	军用电路 -55℃~+125℃		标准电路	阿 拉 伯 数 字	器 件 功 能	W	陶瓷扁平
			H	高速电路			B	塑封扁平
			S	肖特基电路			F	全密封扁平
	74	民用和通用电路	LS	低功耗肖特基电路			D	陶瓷双列直插
			ALS	先进低功耗肖特基电路			P	塑封双列直插
			AS	先进肖特基电路				

(2) CMOS 4000 系列集成电路型号的组成及符号的意义

CMOS 4000 系列集成电路型号的组成及符号的意义见表 0-3。

表 0-3

CMOS 4000 系列集成电路型号的组成及符号的意义

第 1 部分：制造厂商		第 2 部分：器件系列		第 3 部分：器件种类		第 4 部分：工作温度范围/℃	
符 号	意 义	符 号	意 义	符 号	意 义	符 号	意 义
CD	美国无线电公司产品	40	产品系列号	阿拉伯数字	器件功能	C	0~70
CC	中国制造 CMOS 类					E	-40~85
TC	日本东芝公司产品	45				R	-55~85
MC1	摩托罗拉公司产品					M	-55~125

举例说明如下：

CT 74 LS 00 P
 (1) (2) (3) (4) (5)

封装形式：塑料双列直插封装
 器件种类：四 2 输入与非门
 器件系列：低功耗肖特基 TTL74 电路系列
 产品系列：74 系列

中国制造 TTL 类

CT74LS00P 为国产的（采用塑料双列直插封装）TTL 四 2 输入与非门。

SN 74 S 195 J
 (1) (2) (3) (4) (5)

封装形式：陶瓷双列直插封装
 器件种类：4 位并行移位寄存器
 器件系列：肖特基 TTL74 电路系列
 产品系列：74 系列

制造厂商：美国 TEXAS 公司

SN74S195J 为美国 TEXAS 公司制造的采用陶瓷双列直插封装的 4 位并行移位寄存器。

电路原理相同的同类型号集成电路通常又冠以不同的前缀、后缀，前缀代表制造商（有的型号省略了前缀），后缀代表器件工作温度范围或封装形式。由于制造厂商繁多，加之同一型号又分不同的等级，因此同一功能、型号的集成电路的名称书写方式多种多样，如 CMOS 双 D 触发器 4013 有以下表示方法：

CD4013AD、CD4013AE、CD4013CJ、CD4013CN、CD4013BD、CD4013BE、CD4013BF、CD4013UBD、CD4013UBE、CD4013BCJ、CD4013BCN；HFC4013、HFC4013BE、HCF4013BF、HCC4013BD/BF/BK、HEF4013BD/BP、HBC4013AD/AE/AK/AF、SCL4013AD/AE/AC/AF、MB84013/M、MC14013CP/BCP、TC4013BP。

在一般情况下，这些型号之间可以彼此互换使用。

0.2 数字集成电路的一般特性

CMOS 和 TTL 电路是生产数量最多、应用最广泛、通用性最强的两大主流数字集成电

路, 其中 CMOS 电路应用最广泛的为 4000 系列和 4500 系列电路 (本书将 4000 系列、4500 系列电路统称为 4000 系列电路), TTL 电路应用最广泛的为 74 系列电路, 因此本书重点介绍 CMOS 4000 和 TTL74 两大系列数字集成电路的工作原理和应用实例。这里首先介绍 CMOS 4000 和 TTL74 系列集成电路的一般性能。

1. CMOS 4000 系列集成电路的一般特性

(1) 电源电压范围宽

标准的 CMOS 4000 系列集成电路的工作电源电压范围为 $3\sim 18\text{ V}$; 40H00 系列为 $2.0\sim 8.0\text{ V}$, 74HC4000 系列和 74HCU4000 系列为 $2.0\sim 6.0\text{ V}$, 74HCT4000 系列为 $4.5\sim 5.5\text{ V}$ 。国产的 C000 系列集成电路的工作电压为 $7\sim 15\text{ V}$, 国产的 CC4000 系列集成电路的工作电压范围为 $3\sim 18\text{ V}$ 。由于 CMOS 4000 系列电路电源电压范围宽, 即使不稳压, 只要电源电压波动不超过工作电压范围, 也可以正常工作。

(2) 功耗低

CMOS 集成电路采用场效应管组成互补推挽结构, 工作时两个串联的场效应管总是一管导通, 另一管截止, 静态时几乎不从电源吸取电流, 因此功耗极小。当 $V_{DD}=5\text{ V}$ 时, CMOS 电路的静态功耗分别是: 门电路类为 $2.5\sim 5\text{ }\mu\text{W}$, 缓冲器和触发器类为 $5\sim 20\text{ }\mu\text{W}$, 中规模集成电路类为 $25\sim 100\text{ }\mu\text{W}$; 在 $-55^{\circ}\text{C}\sim +125^{\circ}\text{C}$ 工作环境下, 静态电流依次是: 门电路 $0.25\sim 7.5\text{ }\mu\text{A}$, 缓冲器 $1\sim 30\text{ }\mu\text{A}$, 中规模器件为 $5\sim 150\text{ }\mu\text{A}$ 。

(3) 输入阻抗高

由于 CMOS 电路的互补特性, 输出高、低电平时阻抗都很低 (与 NMOS、PMOS 相比)。CMOS 电路的输入阻抗只取决于输入端保护二极管的漏电流, 因此输入阻抗极高, 可达 $10^8\sim 10^{11}\text{ }\Omega$ 以上。所以, CMOS 电路几乎不消耗驱动电路的功率。

(4) 抗干扰能力强

因为它们的电源电压允许范围大, 因此它们输出高低电平摆幅也大, 抗干扰能力就强, 其噪声容限最大值为 $45\%V_{DD}$, 保证值可达 $30\%V_{DD}$, 电源电压越高, 噪声容限值越大。

(5) 逻辑摆幅大

CMOS 电路输出的逻辑高电平 “1” 非常接近电源电压 V_{DD} , 逻辑低电平 “0” 接近电源 V_{SS} , 空载时, 输出高电平 $V_{OH}\geq (V_{CC}-0.05)\text{ V}$, 输出低电平 $V_{OL}\leq 0.05\text{ V}$ 。因此, CMOS 电路电源利用系数最高。

(6) 扇出能力强

在低频工作时, 一个输出端可驱动 50 个以上 CMOS 器件的输入端。

(7) 抗辐射能力强

CMOS 管是多数载流子受控导电器件, 射线辐射对多数载流子浓度影响不大。因此 CMOS 电路特别适用于航天、卫星和核试验的装置。

CMOS 集成电路功耗低, 内部发热量小, 集成度可大大提高。又因为电路本身的互补对称结构, 当环境温度变化时, 其参数有互相补偿作用, 因而其温度稳定性好。

要正确应用数字集成电路, 需要对它们的基本参数和极限参数作一了解。

下面介绍 CMOS 4000 系列集成电路的基本参数和极限参数。表 0-4 列出了 CMOS 4000 系列集成电路的基本参数, 表 0-5 列出了 CMOS 4000 系列集成电路中 CC4069 的极限参数。

表 0-4

CMOS 4000 系列集成电路的基本参数

参数名称	符 号	测试条件			参 数		单 位
		输出电压/V	输入电压/V	电源电压/V	最大值	最小值	
输出低电平电流	I_{OL}	0.4	0/5	5	0.51		mA
		0.5	0/10	10	1.3		
		1.5	0/15	15	3.4		
输出高电平电流	I_{OH}	4.6	0/5	5	-0.51		mA
		9.5	0/10	10	-1.3		
		13.5	0/15	15	-3.4		
输出低电平电压	V_{OL}		0/5	5		0.05	V
			0/10	10		0.05	
			0/15	15		0.05	
输出高电平电压	V_{OH}		0/5	5	4.95		V
			0/10	10	9.95		
			0/15	15	14.95		
静态功耗电流	I_{DD}		0/5		0.25		
			0/10		0.5		
			0/15		1.0		
输出状态 转换时间		$C_L = 50 \text{ pF}$ $R_L = 200 \text{ k}\Omega$		5		200	ns
				10		100	
				15		80	

表 0-5

CMOS 4000 系列集成电路中 CC4069 的极限参数

参数名称		极 限 值
最大直流电源电压 V_{DD} (max)		+18 V
最小直流电源电压 V_{SS} (min)		-0.5 V
最大输入电压 V_I (max)		电源电压+0.5 V
最小输入电压 V_I (min)		-0.5 V
最大允许功耗 (P_M)	陶瓷扁平封装 (14, 16 引脚) (环境温度为 -55℃~100℃)	200 mW
	陶瓷双列直插封装 (14, 16 引脚) (环境温度为 -55℃~100℃) (环境温度为 100℃~125℃)	500 mW 200 mW
	塑料双列直插封装 (14, 16, 24 引脚) (环境温度为 -55℃~60℃) (环境温度为 60℃~85℃)	500 mW 200 mW
工作温度范围	陶瓷扁平封装	-55℃~100℃
	陶瓷双列直插封装	-55℃~125℃
	塑料双列直插封装	-40℃~85℃
存储温度		-65℃~150℃

前面列出的 CMOS 电路的参数为 CMOS 集成电路的“共性”，但不同厂家生产的同一型号的集成电路，功能原理相同，基本参数有所不同。表 0-6 列出了不同厂家生产的 4013