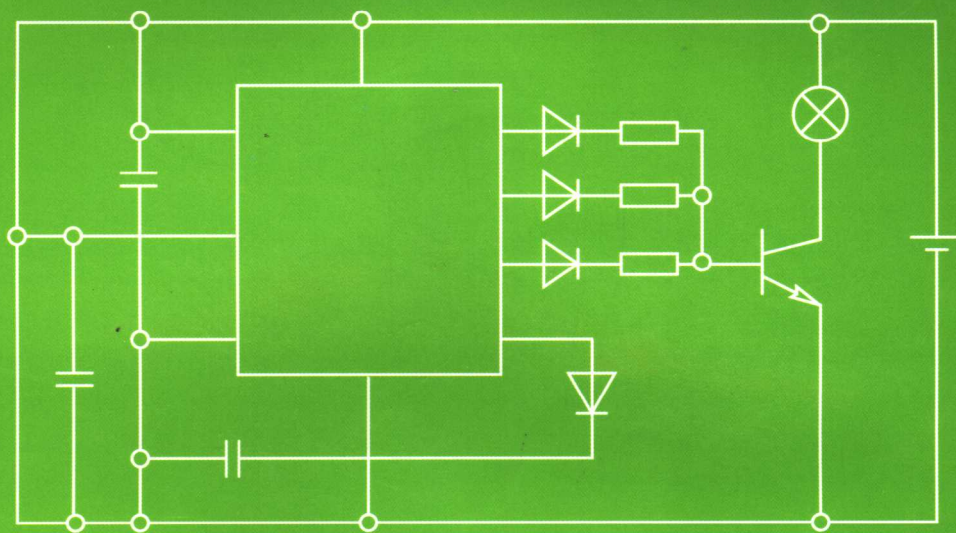


数字电路 及制作实例

陈振官 等编著

SHUZI DIANLU JI ZHIZUO SHILI



国防工业出版社

National Defense Industry Press

数字电路及制作实例

陈振官 等编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书首先简明介绍构成数字电子装置的门电路、触发器、计数器、编码器、译码器、驱动器、数码显示器、存储器、寄存器、电子模拟开关、555 时基集成电路等的基础知识,然后重点详细介绍了 250 个由数字电路构成的电子装置的电路结构与制作要领,范围涉及家用电器、报警、门铃、开关、声光控制、遥控、灯光控制、彩灯、游戏、装饰、工农业生产、交通运输、文教卫生等方面的应用电路。这些电路的元器件易购,制作简单,性能优越,广大读者可按照提供的电路进行仿制,也可受其启发进行发明创造。

本书适合广大电子爱好者、青少年学生以及各企事业单位的电子技术人员阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字电路及制作实例/陈振官等编著. —北京:国防工业出版社,2006.8
ISBN 7-118-04518-7

I. 数... II. 陈... III. 数字电路—制作
IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 041294 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 23¼ 字数 600 千字

2006 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 35.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

数字电子技术具有一系列优点:①数字电路的输入与输出间的逻辑关系对电路及元器件的稳定性要求不高,因而电路具有极高的稳定性;②处理的精度不受限制;③具有逻辑推演及判断能力;④可长期存储数字信息;⑤便于用数字计算机进行运算处理,进行实时控制。由于上述优点,随着数字集成电路工艺和技术的长足进步以及应用的广泛性,数字电子技术已渗透到工业、农业、国防、生活等各个领域,而且,其应用范围还在扩展。

为了方便和满足广大电子技术从业人员和其他拟从事数字电子技术的读者,包括在职人员、在校学生和广大知识青年学习数字电子技术的需要,我们在总结自己设计制作数字集成电路的基础上,参阅国内外文献,编写了本书。本书首先介绍构成数字电子装置的门电路、触发器、计数器、编码器、译码器、驱动器、数码显示器、存储器、寄存器、电子模拟开关、555 时基集成电路等的基础知识,然后重点介绍了 250 个由数字电路构成的电子装置的电路结构与制作过程,范围涉及家用电器、报警、门铃、开关、声光控制、遥控、灯光控制、彩灯、游戏、装饰、工农业生产、交通运输、文教卫生等方面的电路,供给广大读者仿制。这些电路的元器件易购,制作简单,性能优越,广大电子爱好者、青少年学生和各单位的技术人员可照样仿制,也可受其启发,在这些电路的基础上进一步开发,进行新的发明创造。

参加本书编写、文图稿整理、校对的还有陈宏威、程冰、陈丽娜、李得飞、陈华贵、陈朝才、许有群、林国栋、方凌通、江晓霞、陈艳丽、林红宾、陈炎、林秋华、程本灼、黄礼萍等同志。

限于水平,疏漏之处在所难免,请广大读者指正。

在本书出版之际,我们谨向为本书付出辛勤劳动的同志们致以衷心的感谢和崇高的敬意!

编著者

目 录

第 1 章 门电路及其构成电子装置的制作实例	1
1.1 门电路及其常用器件	1
1.2 门电路构成电子装置的制作实例	16
第 2 章 触发器及其构成电子装置的制作实例	127
2.1 触发器及其常用器件	127
2.2 触发器构成电子装置的制作实例	135
第 3 章 施密特触发器及其构成电子装置的制作实例	177
3.1 施密特触发器及其常用器件	177
3.2 施密特触发器构成电子装置的制作实例	180
第 4 章 计数器及其构成电子装置的制作实例	196
4.1 二进制计数器及其构成电子装置的制作实例	196
4.2 十进制计数器及其构成电子装置的制作实例	214
第 5 章 编码器和译码器及它们构成电子装置的制作实例	237
5.1 编码器和译码器	237
5.2 编码器和译码器构成电子装置的制作实例	242
第 6 章 BCD-锁存/7 段译码/驱动器和数码显示器及它们构成电子装置的制作实例 ...	268
6.1 BCD-锁存/7 段译码/驱动器和数码显示器	268
6.2 BCD-锁存/7 段译码/驱动器和数码显示器电子装置制作实例	274
第 7 章 存储器、寄存器及其构成电子装置的制作实例	281
7.1 存储器	281
7.2 寄存器及其常用器件	283
7.3 寄存器构成电子装置的制作实例	290
第 8 章 数字模拟开关及其制作实例	300
8.1 数字模拟开关电路及其常用器件	300
8.2 数字模拟开关电路制作实例	305
第 9 章 555 集成时基电路及制作实例	343
9.1 555 集成时基电路	343
9.2 555 集成时基电路制作实例	348

第 1 章 门电路及其构成电子装置的制作实例

1.1 门电路及其常用器件

门电路有一个或多个输入端和一个输出端。它可以看作是一种条件开关。只有当输入信号满足一定的条件时,门才开启,信号才能通过。条件得不到满足时,门就关闭,信号就不能通过。换句话说,门电路的输出和输入之间存在着一定的逻辑关系。不同的门电路,输出与输入之间的逻辑关系也不同。

一、反相器及其常用器件

1. 反相器

反相器在数字系统中是一种最基本的门电路。提起反相器电路,先介绍三极管开关电路(图 1-1-1)。三极管开关是这样工作的:在三极管的基极加上高电位,三极管就饱和,相当于开关的接通,集电极输出为低电位;在三极管的基极加上低电位,三极管就截止,相当于开关的断开,集电极输出为高电位。如果输入的是一个正的矩形脉冲,输出就是一个负的矩形脉冲。这种电路中;输出脉冲信号的波形总是跟输入脉冲信号的波形相位相反,所以称它为反相器。在下面介绍的 CMOS 反相器中,开关器件不是三极管,而是 MOS 场效应管。

CMOS 集成电路又叫互补型场效应管集成电路,它的特点是采用了两种不同导电类型的 MOS 场效应管,一种是增强型 P 沟道 MOS 场效应管(PMOS 管),另一种是增强型 N 沟道 MOS 场效应管(NMOS 管),它们组成了互补结构。在工作中,两个串联的场效应管总是处于一个管子导通,另一个管子截止的状态。CMOS 反相器比起三极管反相器要简单得多,其电路图如图 1-1-2 所示。可以看到,VT1 是 NMOS 管,VT2 是 PMOS 管。NMOS 管是开关器件,是输入管。PMOS 管取代漏极负载电阻,是负载管,这种负载称为有源负载。两只管子的栅极连在一起作为反相器输入端 A,漏极也连在一起作为输出端 Y。负载管的源极接电源正极 V_{DD} ,输入管的源极接地(V_{SS} 端)。当输入信号为低电位 0V 时,VT1 截止,VT2 导通,输出为高电位 V_{DD} ;当输入信号为高电位 V_{DD} 时,VT1 导通,VT2 截止,输出为低电位 0V。这就实现了输出与输入的反相功能。

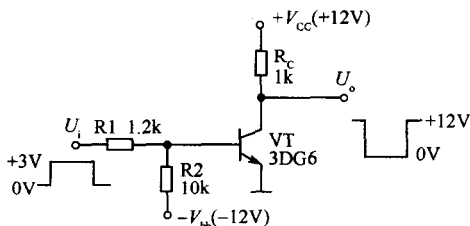


图 1-1-1 三极管开关电路

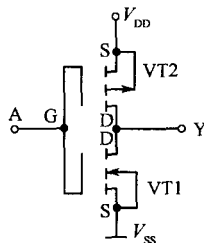


图 1-1-2 CMOS 反相器(非门)

反相器是最简单的门电路,它只有一个输入端和一个输出端,输入和输出都只有高电位和低电位(在数字电路中称为高电平和低电平)两种相反的状态。如果高电平用“1”表示,低电平用“0”表示,反相器输出与输入之间特定的逻辑关系就是输入为“1”,则输出为“0”;输入为“0”,则输出为“1”,输出总是输入的否定,所以反相器称为“非门”。任何一种门电路都可以用逻辑代数式表示输出与输入之间的逻辑关系。如果非门(反相器)的输入逻辑变量为 A ,输出逻辑变量为 Y (图 1-1-3),逻辑代数式为

$$Y = \overline{A}$$

$\overline{A}$ 读作 A 反。 A 为“0”则 $\overline{A}$ 为“1”, A 为“1”则 $\overline{A}$ 为“0”。也可以列成表格(表 1-1-1),称为真值表。

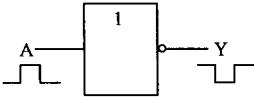


图 1-1-3 反相器(非门)逻辑结构图

表 1-1-1 (反相器)非门的真值表

A	Y
0	1
1	0

2. 反相器(非门)常用器件

1)六反相器 74LS04

反相器 74LS04 为 14 脚封装,其管脚定义如图 1-1-4 所示。其主要参数:电源电压为 $4.75V \leq V_{DD} \leq 5.25V$;高电平输入电压 $V_{IH} \geq 2V$;工作环境温度为 $0^\circ C \leq T \leq 70^\circ C$;低电平输入电压 $V_{IL} \leq 2V$;高电平输出电压 $V_{OH} \geq 2.7V$,典型值 3.4V;低电平输出电压 $V_{OL} \leq 0.5V$,典型值 0.25V。

74LS04 每个芯片含有 6 个非门电路,从图 1-1-4 可见,其输入输出逻辑表达式为

$$Y = \overline{A}$$

利用非门电路可以很方便地构成矩形波。图 1-1-5 所示为采用 74LS04 构成的方波振荡器。几乎所有的门电路都可以作为方波振荡器应用,因为它们的输入—输出电平传输特性的过渡区都是高增益放大状态。由图 1-1-5 可见,方波振荡器除 3 个非门外还接入了电阻和电容。此电路输出高电平时给电容 C 充电的时间较短,而输出低电平时给电容 C 充电的时间较长,则输出脉冲的占空比 $< 50\%$ 。各有关参数取值及计算如下:电容 $C = 100pF \sim 0.01\mu F$;电阻 $R = 200\Omega \sim 1500\Omega$;输出脉冲的频率 $f \approx 1/(2.2RC)$ 。

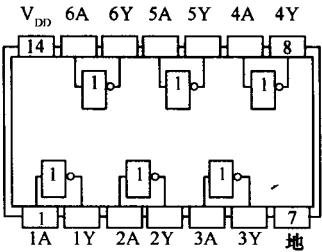


图 1-1-4 六反相器 74LS04 管脚定义

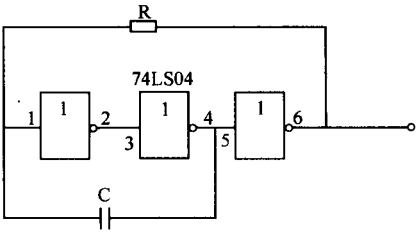


图 1-1-5 74LS04 构成的方波振荡器

2)六反相器 CC4069

六反相器 CC4069 引脚图如图 1-1-6(a)所示,逻辑符号如图 1-1-6(b)所示,逻辑结构如图 1-1-6(c)所示。它的逻辑表达式为

$$Y = \overline{A}$$

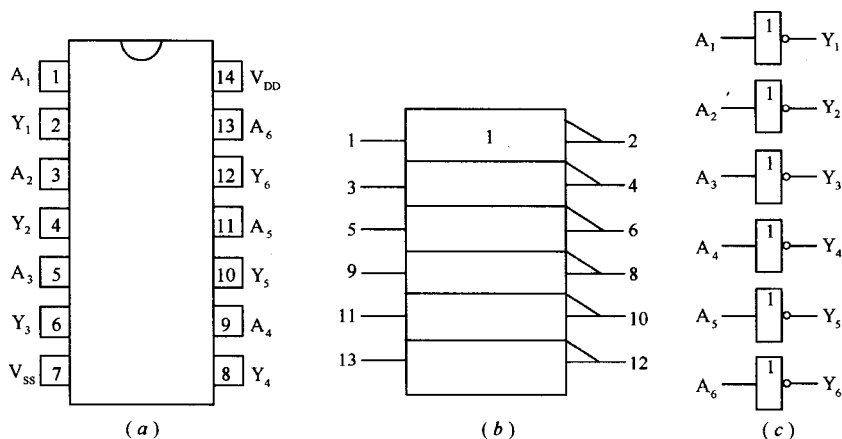


图 1-1-6 六反相器 CC4069 特性图

(a) 引脚图; (b) 逻辑符号图; (c) 逻辑结构图。

六反相器 CC4069 极限值: 电源电压 V_{DD} 为 $-0.5V \sim +18V$; 输入电压 V_I 为 $-0.5V \sim V_{DD} + 0.5V$; 储存温度范围 T_S 为 $-65^\circ C \sim +150^\circ C$; 焊接温度(10s) T_L 为 $265^\circ C$ 。

六反相器 CC4069 推荐工作条件: 电源电压 V_{DD} 为 $3V \sim 15V$; 输入电压 V_I 为 $0 \sim V_{DD}$ 。

工作环境温度 T_A : M 类为 $-55^\circ C \sim +125^\circ C$; R 类为 $-55^\circ C \sim +85^\circ C$; E 类为 $-40^\circ C \sim +85^\circ C$ 。

六反相器 CC4069 可以单个构成放大器, 如图 1-1-7 所示。图 1-1-7 所示放大器工作于开环状态, 其放大倍数等于非门 CC4069 的开环放大倍数, 但电路失真严重。图 1-1-8 是加入负反馈的采用单个非门 CC4069 构成的放大器, R_f 为反馈电阻, R_i 为输入电阻, 放大器的放大倍数与反馈电阻 R_f 及输入电阻 R_i 的比值有关。加入负反馈可以改善放大器的失真, 但由于单个非门的开环增益有限放大倍数较小, 所以该放大器的放大倍数较小。

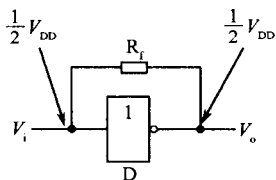


图 1-1-7 单个非门 CC4069 构成的放大器

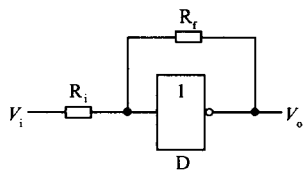


图 1-1-8 加入了负反馈的采用单个非门 CC4069 构成的放大器

CC4069 静态参数见表 1-1-2。

表 1-1-2 CC4069 静态参数

参 数	测 试 条 件			规 范 值 *					单位
	V_o	V_i	V_{DD}	-55	-40	+25	+85	+125	
	$\wedge V$			$\wedge C$					
电源电流 I_{DD} (最大)	—	5/0	5	0.25	0.25	0.25	7.5	7.5	μA
	—	10/0	10	0.5	0.5	0.5	15	15	
	—	15/0	15	1	1	1	30	30	
输出低电平电流 I_{OL} (最小)	0.4	5/0	5	0.64	0.61	0.51	0.42	0.36	mA
	0.5	10/0	10	1.6	1.5	1.3	1.1	0.9	
	1.5	15/0	15	4.2	4	3.4	2.8	2.4	

(续)

参 数	测 试 条 件			规 范 值 *					单位
	V_o	V_i	V_{DD}	-55	-40	+25	+85	+125	
	/V			/℃					
输出高电平电流 I_{OH} (最小)	4.6	5/0	5	-0.64	-0.61	-0.51	-0.42	-0.36	mA
	2.5	5/0	5	-2	-1.8	-1.6	-1.3	-1.15	
	9.5	10/0	10	-1.6	-1.5	-1.3	-1.1	-0.9	
	13.5	15/0	15	-4.2	-4	-3.4	-2.8	-2.4	
输出低电平电压 V_{OL} (最大)	—	5/0	5	0.05					V
	—	10/0	10	0.05					
	—	15/0	15	0.05					
输出高电平电压 V_{OH} (最小)	—	5/0	5	4.95					V
	—	10/0	10	9.95					
	—	15/0	15	14.95					
输入低电平电压 V_{IL} (最大)	4.5/0.5	—	5	1					V
	9/1	—	10	2					
	13.5/1.5	—	15	2.5					
输入高电平电压 V_{IH} (最大)	4.5/0.5	—	5	4					V
	9/1	—	10	8					
	13.5/1.5	—	15	12.5					
输入电流 I_I (最大)	—	18/0	18	±0.1			±1		μA
* -55℃, +25℃, +125℃ 的规范值适用于 M 类电路; -55℃, +25℃, +85℃ 的规范值适用于 R 类电路; -40℃, +25℃, +85℃ 的规范值适用于 E 类电路									

CC4069 动态参数($T_A=25^\circ\text{C}$)见表 1-1-3。表 1-1-3 CC4069 动态参数($T_A=25^\circ\text{C}$)

参 数	测 试 条 件		规 范 值		单位
		V_{DD}/V	最小	最大	
传输延迟时间 t_{PHL} t_{PLH}	$R_L=200k\Omega$ $C_L=50pF$ $t_r=t_f=20ns$	5		110	ns
		10		60	
		15		50	
输出转换时间 t_{THL} t_{TLH}		5		200	ns
		10		100	
		15		80	
输入电容 C_I				15	pF

根据生产厂家不同,输入端个数不同,以及制造工艺不同,非门器件还有许多型号,如 74H04、C660、5G641、CC4049 等。

二、与门及其常用器件

1. 与门

为了说明与门输出与输入之间的逻辑关系,先看一个简单电路(图 1-1-9)。这里用两

个开关 S1、S2 控制一只发光二极管 VD。很显然,只有当两个开关 S1 与 S2 都合上时,VD 才会亮;只要有一个开关断开,VD 就不亮。这种开关状态与灯亮之间的因果关系,称为“与”逻辑。我们所说的与门是具有两个或两个以上输入端、一个输出端的开关电路(图 1-1-10)。输出与输入之间特定的逻辑关系:输入端 A 与输入端 B 都是高电平“1”时,输出端 Y 才是高电平“1”;只要有一个输入端为低电平“0”,输出就是低电平“0”。这种特定的逻辑关系可以列成真值表(表 1-1-4),也可以列出逻辑代数式:

$$Y = A \cdot B$$

式中的“·”号不是真的进行数字相乘,而是表示 A、B 之间存在着“与”逻辑关系,常称它为逻辑乘运算。

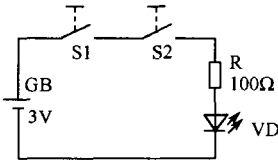


图 1-1-9 用两个开关 S1、S2 控制一只发光二极管 VD 的简单电路

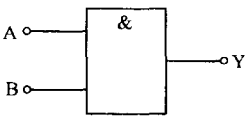


图 1-1-10 与门逻辑结构图

表 1-1-4 与门的真值表

A	B	Y
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

2. 与门常用器件

1) 两输入端与门 74LS08

74LS08 为 14 脚封装,其管脚定义如图 1-1-11 所示。其主要参数:电源电压为 $4.75V \leq V_{DD} \leq 5.25V$;高电平输入电压 $V_{IH} \geq 2V$;工作环境温度为 $0^\circ C \leq T \leq 70^\circ C$;低电平输入电压 $V_{IL} \leq 0.8V$;高电平输出电压 $V_{OH} \geq 2.4V$,典型值 3.4V;低电平输出电压 $V_{OL} \leq 0.4V$,典型值 0.2V。

74LS08 每个芯片含有 4 个与门电路,从图 1-1-11 可见,1A、1B、1Y 为一个与门电路,其中 1A、1B 为输入端,1Y 为输出端。其输出与输入之间的关系可见表 1-1-4。从真值表 1-1-4 可知只有输入全为高电平时,输出才为高电平,否则输出为低电平。图 1-1-12 所示电路完成多输入逻辑变量的运算。由图可见, $X = AB$, $Y = CD$, $Z = XY$,则

$$Z = XY = (AB) \cdot (CD) = ABCD$$

此电路为四输入变量的与逻辑运算。

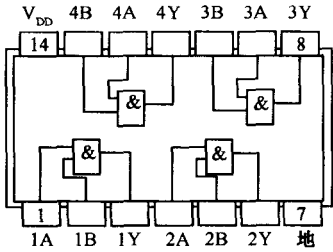


图 1-1-11 两输入端与门 74LS08 管脚定义

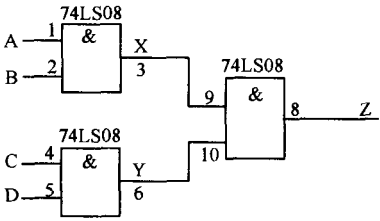


图 1-1-12 完成多输入逻辑变量的运算电路

2) 三 3 输入端与门 CC4073

CC4073 引脚排列如图 1-1-13(a)所示,它的逻辑符号如图 1-1-13(b)所示,它的逻辑结构图(1/3)如图 1-1-13(c)所示。其逻辑表达式为 $Y = A \cdot B \cdot C$ 。

CC4073 的极限值和推荐工作条件与上述六反相器 CC4069 相同。其静态参数见表

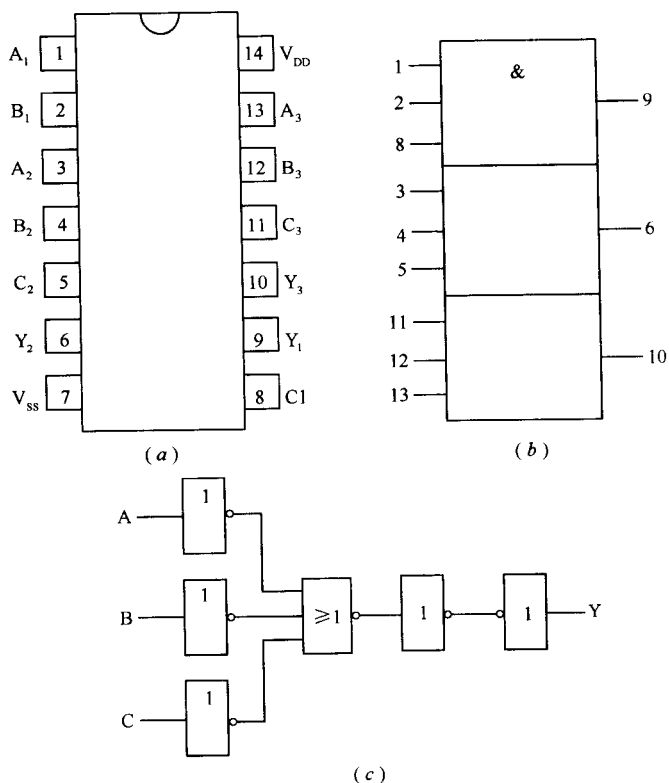


图 1-1-13 CC4073 特性图

(a) 引脚排列; (b) 逻辑符号; (c) 逻辑结构。

1-1-5, 其动态参数见表 1-1-6。

表 1-1-5 CC4073 静态参数

参 数	测试条件			规 范 值 *					单位
	V _o	V _i	V _{DD}	- 55	- 40	+ 25	+ 85	+ 125	
	/V			/℃					
电源电流 I _{DD} (最大)	—	5/0	5	0.25	0.25	0.25	7.5	7.5	μA
	—	10/0	10	0.5	0.5	0.5	15	15	
	—	15/0	15	1	1	1	30	30	
输出低电平电流 I _{OL} (最小)	0.4	5/0	5	0.64	0.61	0.51	0.42	0.36	mA
	0.5	10/0	10	1.6	1.5	1.3	1.1	0.9	
	1.5	15/0	15	4.2	4	3.4	2.8	2.4	
输出高电平电流 I _{OH} (最小)	4.6	5/0	5	- 0.64	- 0.61	- 0.51	- 0.42	- 0.36	mA
	2.5	5/0	5	- 2	- 1.8	- 1.6	- 1.3	- 1.15	
	9.5	10/0	10	- 1.6	- 1.5	- 1.3	- 1.1	- 0.9	
	13.5	15/0	15	- 4.2	- 4	- 3.4	- 2.8	- 2.4	
输出低电平电压 V _{OL} (最大)	—	5/0	5	0.05					V
	—	10/0	10	0.05					
	—	15/0	15	0.05					

(续)

参 数	测试条件			规范值*					单位
	V_o	V_i	V_{DD}	-55	-40	+25	+85	+125	
	/V			/℃					
输出高电平电压 V_{OH} (最小)	-	5/0	5	4.95					V
	-	10/0	10	9.95					
	-	15/0	15	14.95					
输入低电平电压 V_{IL} (最大)	4.5/0.5	-	5	1.5					V
	9/1	-	10	3					
	13.5/1.5	-	15	4					
输入高电平电压 V_{IH} (最大)	4.5/0.5	-	5	3.5					V
	9/1	-	10	7					
	13.5/1.5	-	15	11					
输入电流 I_I (最大)	-	18/0	18	± 0.1			± 1		μA
* -55℃, +25℃, +125℃ 的规范值适用于 M 类电路; -55℃, +25℃, +85℃ 的规范值适用于 R 类电路; -40℃, +25℃, +85℃ 的规范值适用于 E 类电路									

表 1-1-6 CC4073 动态参数 ($T_A = 25^\circ C$)

参 数	测 试 条 件		规 范 值		单 位
		V_{DD}/V	最小	最大	
传输延迟时间 t_{PHL} t_{PLH}	$R_L=200k\Omega$ $C_L=50pF$ $t_r=t_f=20ns$	5		250	ns
		10		120	
		15		90	
输出转换时间 t_{THL} t_{TLH}		5		200	ns
		10		100	
		15		80	
输入电容 C_i				7.5	pF

与门还有许多型号器件,如 7408、74S08、74LS32、T1011、CC4081 等。

三、与非门及其常用器件

1. 与非门

与非门是由一个与门与一个非门组合起来的复合门电路。也就是把与门的输出再经过非门进行一次反相(图 1-1-14)就构成了与非门(图 1-1-15)。习惯上说,先由与门进行逻辑乘运算,再由非门进行逻辑非运算,就实现了与非逻辑功能。逻辑代数式为

$$Y = \overline{Y'} = A \cdot B$$

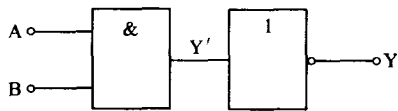


图 1-1-14 与非门的涵义

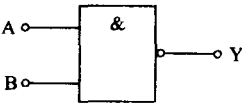


图 1-1-15 与非门逻辑结构图

与非门的真值表见表 1-1-7。与非门的逻辑功能可以编成一个口诀：“输入全 1，输出为 0；输入有 0，输出为 1”。

CMOS 与非门电路(图 1-1-16)很简单,它只用了 4 只场效应管。VT1 和 VT2 是 N 沟道增强型 MOS 场效应管,它们串联起来作为两个输入管;VT3 和 VT4 是 P 沟道增强型 MOS 场效应管,它们并联起来分别作为 VT1、VT2 的负载管。当输入端 A 与 B 都是高电平“1”时,VT1、VT2 同时导通,VT3、VT4 同时截止,输出端 Y 为低电平“0”;当 A、B 中有一个或一个以上为低电平“0”时,相应的输入管截止,对应的负载管导通,输出端 Y 为高电平“1”,实现了“与非”逻辑功能。

表 1-1-7 与非门的真值表

A	B	Y
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

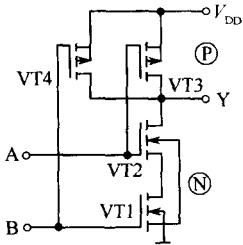


图 1-1-16 CMOS 与非门电路

2. 与非门常用器件

1)与非门 74LS00

与非门电路 74LS00 为 14 脚封装器件,其管脚定义如图 1-1-17 所示。其主要参数:电源电压为 $4.75V \leq V_{DD} \leq 5.25V$;工作环境温度 $0^{\circ}C \leq T \leq 70^{\circ}C$;高电平输入电压 $V_{IH} \geq 2V$,低电平输入电压 $V_{IL} \leq 0.8V$;高电平输出电压 $V_{OH} \geq 2.7V$,典型值 $3.4V$,低电平输出电压 $V_{OL} \leq 0.5V$,典型值 $0.25V$ 。

74LS00 每个芯片有 4 个两输入端的与非门电路。由图 1-1-17 可见,1A、1B、1Y 为一个与非门电路,其中 1A、1B 为输入端,1Y 为输出端。其输入与输出之间的逻辑关系可见表 1-1-7。由表 1-1-7 可见,只有当输入全为高电平时,输出才为低电平,否则输出高电平。其逻辑关系布尔表示式为

$$Y = \overline{A \cdot B}$$

采用与非门电路连接成如图 1-1-18 所示电路,通过逻辑分析得知

$$F = A \overline{B} + \overline{A} B$$

将此函数表达式转换成真值表形式见表 1-1-8。由真值表可见:当输入相同时,输出为低电平;当输入不同时,输出为高电平。此布尔关系也称为异或运算。采用布尔函数表示法可表示为

$$F = A \overline{B} + \overline{A} B = A \oplus B$$

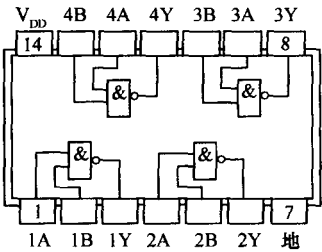


图 1-1-17 与非门 74LS00 管脚定义

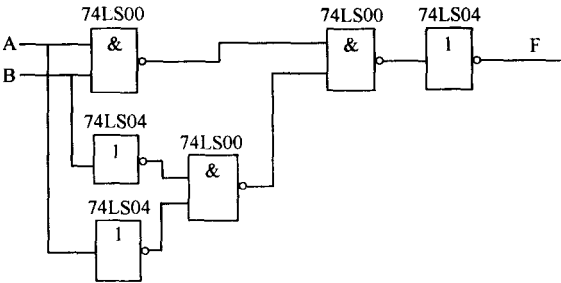


图 1-1-18 与非门连接成的电路

表 1-1-8 函数表达式转换后的真值表

A	B	F	A	B	F
0	0	0	1	0	1
0	1	1	1	1	0

2) 四 2 输入端与非门 CC4011

CC4011 引脚排列如图 1-1-19(a)所示,其逻辑符号如图 1-1-19(b)所示,其逻辑结构图(1/4)如图 1-1-19(c)所示。逻辑表达式为

$$Y = \overline{A \cdot B}$$

CC4011 的极限值和推荐工作条件与上述六反相器 CC4069 相同。其静态参数和动态参数与 CC4073 相同。

与非门还有许多型号器件,如 74LS20、CD4011、C036、5G601、CC4023 等。

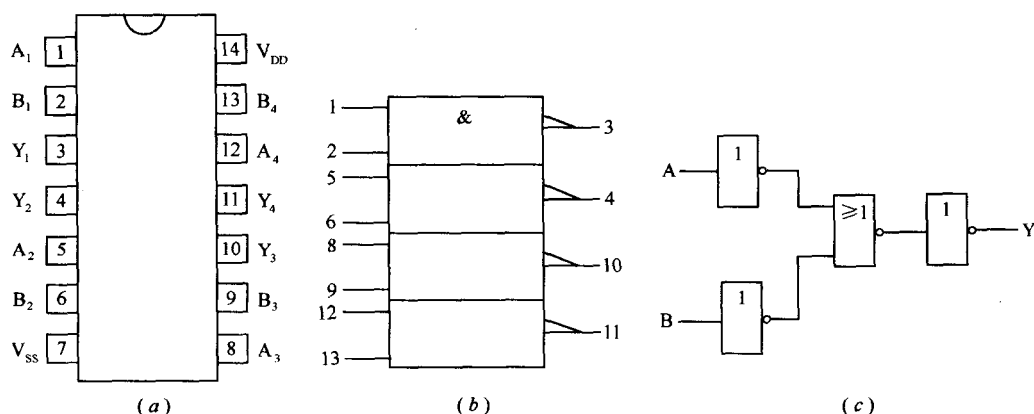


图 1-1-19 CC4011 特性图
(a) 引脚排列; (b) 逻辑符号; (c) 逻辑结构。

四、或门及其常用器件

1. 或门

为了说明或门的逻辑功能,还是先来看一个照明灯控制电路(图 1-1-20)。这里,用两个并联的开关 A、B 控制一盏灯 Y。很显然,当两个开关 A 或 B 中有一个合上或两个都合上时,灯 Y 就会亮;只有当开关 A 或 B 都断开,灯 Y 才会熄灭。开关 A、B 的状态与灯亮之间的这种关系称为“或”逻辑。广义地说,在决定一件事情的各种条件中,只要有一个条件得到满足,这件事就会发生,这种因果关系就称为“或”逻辑。或门是具有两个或两个以上输入端、一个输出端的逻辑电路(图 1-1-21),输出与输入之间的逻辑关系是输入端 A 或输入端 B 中有

$$Y = A + B$$

式中的“+”号不是真的加号,而是表示输入端 A 或 B 之中任何一个是高电平“1”,输出就是高电平“1”;只有当输入端 A 与 B 都是低电平“0”时,输出才是低电平“0”。这种特定的逻辑关系也可以列成真值表(表 1-1-9),并用逻辑代数式表示。它表示输入端 A、B 对输出端 Y 存在着“或”逻辑关系,常称它为逻辑加运算。

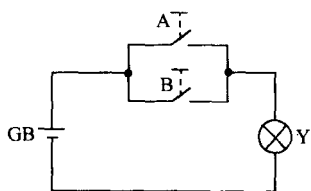


图 1-1-20 照明灯控制电路

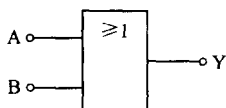


图 1-1-21 或门逻辑结构图

表 1-1-9 或门的真值表

A	B	Y
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

2. 或门常用器件

1) 两输入端或门 74LS32

两输入端或门 74LS32 为 14 脚封装,其管脚定义如图 1-1-22 所示。其主要参数:电源电压为 $4.75V \leq V_{DD} \leq 5.25V$;工作环境温度为 $0^\circ C \leq T \leq 70^\circ C$;高电平输入电压 $V_{IH} \geq 2V$,低电平输入电压 $V_{IL} \leq 0.8V$;高电平输出电压 $V_{OH} \geq 2.7V$,典型值 $3.4V$;低电平输出电压 $V_{OL} \leq 0.4V$,典型值 $0.2V$ 。

74LS32 每个芯片有 4 个两输入端的或门电路。由图 1-1-22 可见,1A、1B、1Y 为一个或门电路,其中 1A、1B 为输入端,1Y 为输出端。信号从 1A、1B 输入端输入后通过该电路即可在 1Y 得到或逻辑的输出。其输出与输入之间的逻辑关系见表 1-1-9。从表 1-1-9 可见,只有当输入全为低电平时,输出才为低电平,否则输出高电平。

图 1-1-23 所示为 74LS32 的一个应用电路,此电路实现一种故障报警逻辑处理。设有 4 个报警信号由 A、B、C、D 4 个输入端输入。有报警信号时,A、B、C、D 分别为高电平,只要有其中一路信号报警,则由 Z 端输出一个高电平报警信号。对图 1-1-23 电路分析可知, $X = A + B$, $Y = C + D$,则

$$Z = X + Y = A + B + C + D$$

由或逻辑关系可知,只要 A、B、C、D 其中有一个以上为高电平,则输出 Z 即为高电平。也就是说,只要有一路有报警信号,则总电路就输出报警信号,因而达到报警目的。

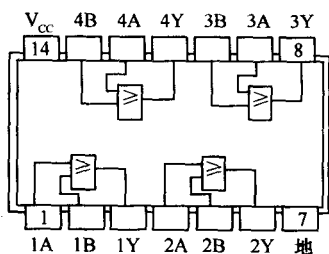


图 1-1-22 74LS32 管脚定义

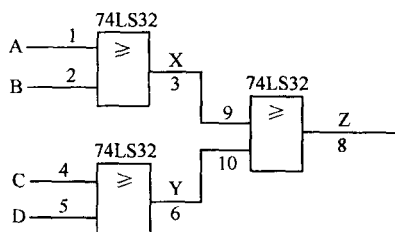


图 1-1-23 故障报警逻辑处理电路

2) 四 2 输入端或门 CC4071

CC4071 引脚排列如图 1-1-24(a)所示,它的逻辑符号如图 1-1-24(b)所示,它的逻辑结构图(1/4)如图 1-1-24(c)所示。其逻辑表达式为

$$Y = A + B$$

CC4071 的极限值和推荐工作条件与上述六反相器 CC4069 相同。其静态参数和动态参数与 CC4073 相同。

或门有很多型号器件,如 7408、74S08、74H11、74LS22、74HC11、10104、CC4075 等。

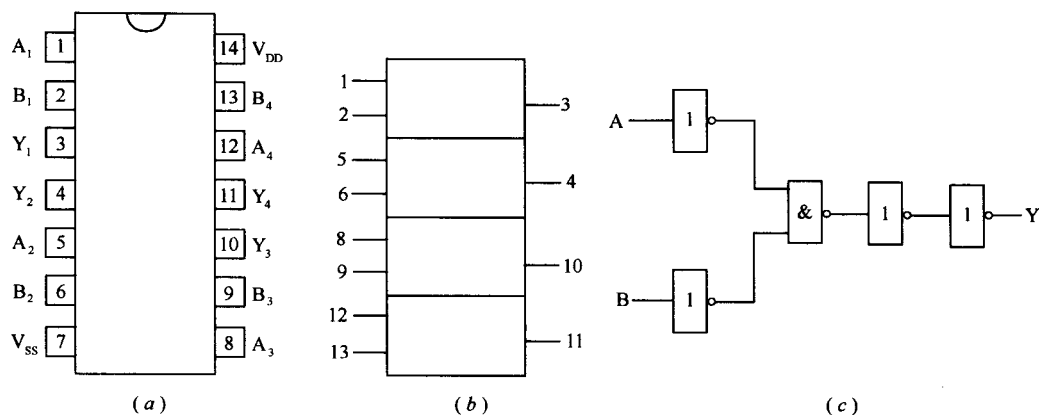


图 1-1-24 CC4071 特性图
(a) 引脚排列; (b) 逻辑符号; (c) 逻辑结构。

五、或非门及其常用器件。

1. 或非门

或非门是由一个或门和一个非门组成的复合门电路,把或门的输出再经过非门进行一次反相(图 1-1-25)就成了或非门。习惯上,先由或门进行逻辑加运算,再由非门进行逻辑非运算,就实现了或非逻辑功能,逻辑代数式为

$$Y = \overline{Y'} = \overline{A + B}$$

或非门的真值表见表 1-1-10。或非门的逻辑功能可以编成一个口诀:“输入有 1,输出为 0;输入全 0,输出为 1。”

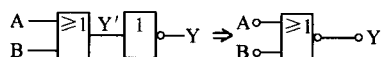


图 1-1-25 或非门逻辑结构图

CMOS 或非门电路(图 1-1-26)很简单,它只使用 4 只场效应管,VT1、VT2 是 N 沟道增强型 MOS 场效应管,它们并联起来作为输入管;VT3、VT4 是 P 沟道增强型 MOS 场效应管,它们串联起来作为负载管。当输入端 A、B 都是低电平“0”时,VT1、VT2 同时截止,VT3、VT4 同时导通,输出端 Y 为高电平“1”;当 A 或 B 中有一个为高电平“1”,VT1、VT2 中必有一个导通,VT3、VT4 中必有一个截止,输出将是低电平“0”,这就实现或非逻辑运算。

表 1-1-10 或非门的真值表

A	B	Y
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

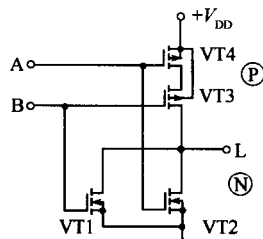


图 1-1-26 CMOS 或非门电路

2. 或非门常用器件

1) 或非门 74LS02

或非门电路 74LS02 为 14 脚封装器件,管脚定义如图 1-1-27 所示。其主要参数:电源

电压为 $4.75V \leq V_{DD} \leq 5.25V$; 工作环境温度为 $0^{\circ}C \leq T \leq 70^{\circ}C$; 高电平输入电压 $V_{IH} \geq 2V$, 低电平输入电压 $V_{IL} \leq 0.8V$; 高电平输出电压 $V_{OH} \geq 2.7V$, 典型值 $3.4V$; 低电平输出电压 $V_{OL} \leq 0.5V$, 典型值 $0.25V$ 。

74LS02 每个芯片含有 4 个两输入端的或非门电路。由图 1-1-27 可见, 1A、1B、1Y 为一个或非门电路, 其中 1A、1B 为输入端, 1Y 为输出端。其输入与输出之间的逻辑关系可见表 1-1-10。由表 1-1-10 可见, 只有当输入全为低电平时, 输出才为高电平, 否则输出低电平: 其逻辑关系布尔表示式为

$$Y = \overline{A + B}$$

采用与门、或非门、非门连接成图 1-1-28 所示电路。在图 1-1-28 电路中, A_i 、 B_i 、 C_i 为输入, C_{i+1} 、 S_i 为输出, 其布尔函数关系为

$$\begin{cases} S_i = A_i \overline{B_i} \overline{C_i} + \overline{A_i} B_i \overline{C_i} + \overline{A_i} \overline{B_i} C_i + A_i B_i C_i \\ C_{i+1} = A_i B_i + B_i C_i + A_i C_i \end{cases}$$

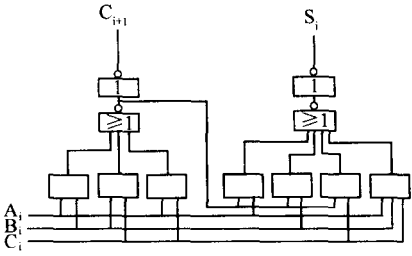
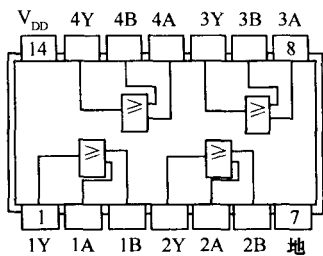


图 1-1-27 四 2 输入端或非门 74LS02 管脚定义 图 1-1-28 采用与门、或非门、非门连接成的电路

按此布尔函数关系, 列出真值表 1-1-11。如果 A_i 、 B_i 为相加的两个二进制数, C_i 为低位进位, 则 S_i 即为运算的和, C_{i+1} 为此运算产生的进位。因此, 此电路为一个一位全加电路。

表 1-1-11 真 值 表

A_i	B_i	C_i	S_i	C_{i+1}	A_i	B_i	C_i	S_i	C_{i+1}
0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	1	0	1	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0	0	1
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1

2) 四 2 输入端或非门 CD4001

CD4001 引脚及内电路如图 1-1-29 所示。它可以构成调制振荡器且电路极其简单, 用途很广。把 CD4001 的各输入端并联在一起就成了非门, 再按图 1-1-30 外接 RC 元件就组成改进型的多谐振荡器。振荡器的周期 $T \approx 2.2RC$, R_s 是稳频电阻, 设计时取 $R_s \gg R$, 一般取 $R_s > 3R$ 。当 $R_s = 10R$ 时, 其振荡器的频率稳定性为 5%。利用或非门的一个输入端受控, 就可组成脉冲键控多谐振荡器, 如图 1-1-31 所示。根据门电路的逻辑关系, 图中的与非门, 当控制端 A 点为高电平时, 电路振荡, 当 A 点为低电平时, 电路停振; 而或非门正好相反。因此, 若输入端 A 点加上控制脉冲, 就组成了脉冲键控振荡器, 输出端的波形如图 1-1-32 所示。这里在 A 点上的控制脉冲频率必须低于多谐振荡器的频率。