

业余中等专科学校教材

电 子 技 术

第五册 逻辑电路

(修 订 版)

上海市工农教育教材编写组

业余中等专科学校教材

电 子 技 术

第五册 逻辑电路

(修订版)

上海市工农教育教材编写组

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

本书由上海发行所发行 上海东方印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 10 插页 1 字数 218,000

1989 年 1 月第 1 版 1989 年 1 月第 1 次印刷

印数 1—2,600

ISBN 7-5323-0779-4/TN·21(课)

定价: 3.00元

目 录

第廿一章 双极型逻辑门电路	1
第一节 分立元件门电路.....	2
一、二极管“与”门电路.....	2
二、二极管“或”门电路.....	6
三、三极管“非”门电路.....	9
四、二极管-三极管“与非”门、“或非”门.....	12
五、二极管-三极管“与或非”门.....	14
第二节 双极型集成电路逻辑门.....	15
一、DTL 逻辑门.....	16
二、TTL 逻辑门.....	24
三、HTL “与非”门.....	37
本章小结.....	39
习题.....	40
第廿二章 逻辑代数	45
第一节 逻辑代数的基本运算方法.....	45
一、逻辑代数和逻辑变量.....	45
二、真值表与逻辑函数.....	46
三、逻辑代数的基本运算.....	47
第二节 逻辑代数的主要公式和定律.....	50
一、基本公式和定律.....	50
二、逻辑式化简中常用的几个公式.....	51

第三节 逻辑函数的代数化简法	52
一、“与-或”表达式的化简	52
二、最简的与非-与非表达式	53
三、最简的与-或-非表达式	54
第四节 逻辑代数的应用	55
本章小结	57
习题	58
第廿三章 卡诺图及其化简法	60
第一节 卡诺图	60
一、函数最小项表达式	60
二、卡诺图的画法及性质	64
第二节 卡诺图化简法	68
一、两变量卡诺图化简法	68
二、三变量卡诺图化简法	68
三、四变量卡诺图化简法	69
四、任意项的使用	71
本章小结	73
习题	74
第廿四章 集成电路触发器	76
第一节 基本触发器	76
一、基本 RS 触发器	76
二、同步式 RS 触发器	79
第二节 主从触发器	81
一、主从触发器的结构和工作方式	81
二、主从 JK 触发器	83
第三节 维持阻塞触发器	85
一、克服空翻的工作原理	85

二、改进型维持阻塞D型触发器	88
第四节 不同类型触发器之间的转换	89
一、JK 触发器的转换	89
二、从D型触发器到T'型的转换	91
三、从同步式RS 触发器到D型锁存器的转换	91
第五节 集成电路构成的其他脉冲电路	91
一、RC 环形振荡器	92
二、单稳态触发器	93
三、5G1555 组成的多谐振荡器	94
本章小结	95
习题	96
第廿五章 时序逻辑电路	100
第一节 寄存器	100
一、最简单的寄存器	100
二、移位寄存器	102
第二节 计数器	104
一、二进制计数器	105
二、十进制计数器	112
本章小结	121
习题	121
第廿六章 组合逻辑电路	124
第一节 编码器	124
一、二进制编码器	124
二、二-十进制编码器	126
第二节 译码器	127
一、二极管译码器	128
二、集成“与非”门译码器	129

三、二-十进制译码器及显示电路	129
第三节 多路选择器和多路分配器	139
一、多路选择器	139
二、多路分配器	139
第四节 数码比较器	140
第五节 半加器和全加器	141
一、半加器	141
二、全加器	142
本章小结	144
习题	144
第廿七章 MOS 集成电路	149
第一节 MOS 场效应晶体管	149
一、MOS 场效应晶体管的结构	150
二、MOS 场效应管的工作原理	151
三、MOS 管的特性曲线	152
第二节 PMOS 电路	155
一、PMOS 管负载反相器	155
二、门控管	157
三、PMOS 门电路	158
第三节 CMOS 电路	160
一、CMOS 反相器	160
二、CMOS 门电路	162
第四节 CMOS 基本逻辑部件	166
一、二-十进制同步加法计数器	166
二、八段译码器、显示器	169
三、串入/并出移位寄存器	172
第五节 随机存取存储器(RAM)	173

一、存贮单元	174
二、RAM 的结构	178
第六节 只读存贮器 (ROM)	182
一、固定 ROM	183
二、可编程序 ROM (即 PROM)	183
三、可再编程序 ROM (即 EPROM)	184
本章小结	185
习题	186
第廿八章 程序控制器	189
第一节 矩阵式通用程序控制器	189
一、程序分配器	189
二、输出通道	192
三、计时器	193
四、切换控制电路	194
第二节 递进式通用程序控制器	196
一、时序分配器	198
二、输出通道	199
三、切换控制电路	200
第三节 读孔式程序控制器	202
一、纸带编码	203
二、电子线路	205
本章小结	209
习题	210
第廿九章 模数转换和数模转换	213
第一节 概述	213
第二节 并行 D/A 转换器	215
一、权电阻 D/A 转换器	215

二、T 型 D/A 转换器	222
三、转换网络中的电子开关	227
第三节 串行 D/A 转换器	230
第四节 权电阻比较型 A/D 转换器	231
第五节 并行 A/D 转换器	235
第六节 线性斜波 V-T 型 A/D 转换器	239
第七节 双积分 V-T 型 A/D 转换器	242
本章小结	247
习题	247
实 验	250
一、TTL-“与非”门静态电压传输特性	250
二、TTL-D 型触发器的功能	253
三、TTL-JK 触发器的功能	257
四、半加器与全加器	259
五、用集成电路组成的其他脉冲电路	262
六、寄存器	264
七、计数器	267
八、CMOS 任意进制计数器与显示器	270
附 录	274
一、DTL、TTL、HTL“与非”门主要参数及外形图	274
二、TTL 小规模数字集成电路型号及外引线排列图	275
三、常用 TTL 数字集成电路	279
四、常用 PMOS 数字集成电路	283
五、常用 CMOS 数字集成电路	239
六、本书使用文字符号说明	296

第廿一章 双极型逻辑门电路

数字集成电路有双极型集成电路和单极型集成电路。双极型数字集成电路主要由双极型晶体管组成的。双极型晶体管的特点是,在结构上具有三层二结,在控制方式上是以基流注入的大小来影响集电极电流的大小。由于在双极型晶体管的内部有电子和空穴两种极性载流子参与导电并通过两种类型P型和N型半导体材料,因此称为双极型。又因为双极型半导体器件的控制方式由基流大小决定,故双极型半导体器件也称为电流型控制器件。象DTL、TTL、HTL等等都属双极型数字集成电路。

双极型逻辑门电路是由分立元件双极型晶体管或由双极型的数字集成电路组成的。在双极型数字集成电路中,双极型逻辑门是基本单元,其它双极型数字集成电路如寄存器、触发器、计数器、译码器等等都离不开双极型逻辑门电路。

逻辑门电路也称为门电路,是实现逻辑关系的电子线路。在日常生活、生产实践和科学实践中,存在着大量的逻辑状态和逻辑关系。例如:事件的“发生”和“不发生”、晶体管的“导通”和“截止”、电位的“高”和“低”、开关的“开”和“关”、继电器的“吸合”和“释放”等等都是相互对立的状态,称为逻辑状态。逻辑状态即逻辑量。逻辑量规定用“1”和“0”表示。逻辑状态所遵循的规律,称为逻辑关系,即逻辑。

在逻辑门电路中,表示逻辑量的方式有正逻辑和负逻辑

两种。在正逻辑里,逻辑状态的“1”表示高电平,“0”表示低电平。在负逻辑中,逻辑状态的“1”表示低电平,“0”表示高电平。图 21-1 分别表示了两种逻辑的逻辑量规定。

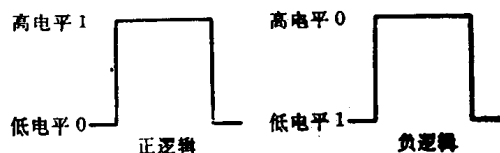


图 21-1 逻辑量表示方式

在逻辑门电路中,基本的逻辑关系有三种,即“与”逻辑、“或”逻辑和“非”逻辑。“与”逻辑的逻辑运算称为逻辑“乘”,“或”逻辑的逻辑运算称为逻辑“加”,“非”逻辑的逻辑运算称为逻辑“非”。有关它们的逻辑运算定律、法则、方法将在下一章作详细的阐述。

对应于逻辑乘、逻辑加和逻辑非的电路分别称为“与”门、“或”门和“非”门。“与”门、“或”门和“非”门是基本的逻辑门电路,它们的组合可构成许多种类的逻辑门电路。

第一节 分立元件门电路

一、二极管“与”门电路

1. “与”逻辑

“与”逻辑反映了这样的逻辑关系:只有在决定事件的所有条件具备后,事件才会发生。

图 21-2 是反映“与”逻辑关系的示意图。事件 D 的发生(灯亮)要两个条件同时存在(开关 A 和开关 B 都合上),不然事件就不会发生(灯不亮)。这里条件作为输入逻辑量,用 A 和 B 表示,并把条件存在(开关合上)以逻辑量“1”表示,条件

不存在(开关断开)用逻辑量“0”表示。事件的发生和不发生作为输出逻辑量,用 L 表示,事件发生(灯亮)用逻辑量“1”表示,事件不发生(灯不亮)用逻辑量“0”表示。于是,在两个输入逻辑量情况下,共有四种情况,即00、01、10、11。这四种输入情况下所对应的输出情况列于表21-1。输入、输出逻辑量分别称为输入量和输出量。

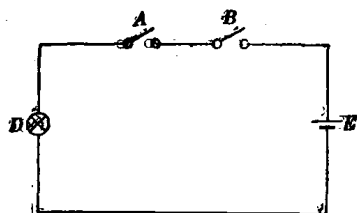


图 21-2 “与”逻辑示意图

表 21-1 “与”逻辑真值表

输 入 逻 辑 量		输 出 逻 辑 量
A	B	L
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

表21-1是“与”逻辑真值表。真值表是以表格形式反映了在全部输入情况下所对应的输出情况。从表中可知,只有当输入为全“1”时,输出为“1”,否则输出为“0”,这就是“与”逻辑关系。

“与”逻辑可归纳为“全1出1,有0出0”。

上述两输入的“与”逻辑函数表达式为:

$$L = AB \quad (21-1)$$

必须指出,式(21-1)中的乘不是普通代数中的乘; L 不是普通代数的乘积,而是两个逻辑变量的“逻辑积”。

对于多输入逻辑量的“与”逻辑函数表达式为:

$$L = ABCD \dots$$

2. “与”门电路

实现“与”逻辑的电路,称为“与”门电路。本章讨论的门电路一般均以正逻辑分析。图 21-3(a) 是两输入端“与”门电路,其中 R_0 为门电阻, A 、 B 端作为输入, L 作为输出。输入高电平 3V 为“1”,输入低电平 0V 为“0”。图 21-3(b) 是“与”门逻辑符号。

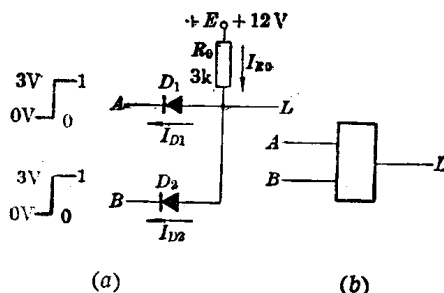


图 21-3 “与”门电路及逻辑符号

当输入为“00”时,二极管 D_1 、 D_2 均导通,若忽略二极管的正向管压降 U_D ,则输出也为“0”,这时

$$I_{D1} + I_{D2} = I_{R0} = \frac{E}{R_0} = \frac{12}{3} = 4 \text{ mA}$$

$$I_{D1} = I_{D2} = \frac{I_{R0}}{2} = 2 \text{ mA}$$

当输入为“01”或“10”,则输出被输入为“0”的二极管箝位于“0”,而输入为“1”的二极管截止,于是流过输入为“0”的二极管的电流为 4mA。

当输入为“11”时, D_1 、 D_2 均导通,输出为“1”,这时

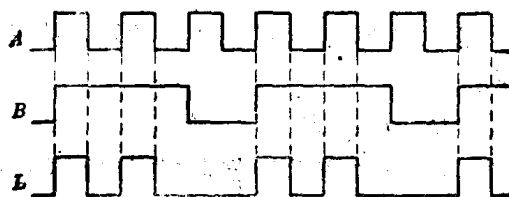


图 21-4 例 21-1 图

表 21-2 真值表

输 入 量				输 出 量
A	B	C	D	L
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

$$I_{D1} + I_{D2} = I_{R0} = \frac{12-3}{3} = 3 \text{ mA}$$

$$I_{D1} = I_{D2} = \frac{I_{R0}}{2} = 1.5 \text{ mA}$$

例 21-1 根据图 21-4 “与”门电路的输入波形，试作出 L 端输出波形。

解 $\because L = AB$

$\therefore L$ 的波形可根据“与”逻辑关系作出。

例 21-2 A 、 B 、 C 、 D 是四输入“与”门的输入量，试写出其输出 L 的逻辑量。

解 在四个输入逻辑量情况下，共有十六种情况，见表 21-2。

二、二极管“或”门电路

1. “或”逻辑

在决定事件的几个条件中，只有一个或者几个条件或者全部条件满足，事件就会发生，这种逻辑关系称为“或”逻辑关系。

图 21-5 是反映了“或”逻辑关系。开关 A 合上或者开关 B 合上或者开关 A 、 B 都合上，灯就亮，开关 A 、 B 都断开，灯

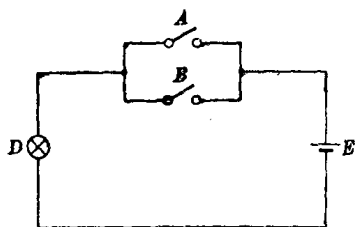


图 21-5 “或”逻辑关系示意图

就不亮, 这样的逻辑关系为“或”逻辑。

表 21-3 为“或”逻辑的真值表。“或”逻辑可归纳为“有 1 出 1, 全 0 出 0”。

“或”逻辑关系式为

$$L = A + B \quad (21-2)$$

其中 A, B 为输入, L 为输出, 值得注意的是: 式 (21-2) 不是普通的加法, 而是逻辑加, $1+1=1$, 不要和普通加法相混淆。

表 21-3 “或”逻辑真值表

输 入 量		输 出 量
A	B	L
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

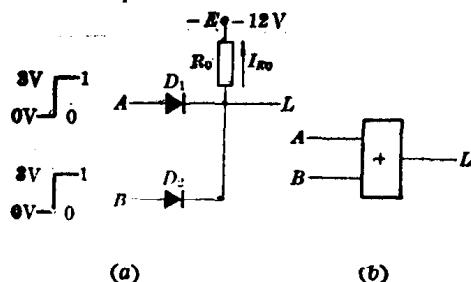


图 21-6 “或”门电路及逻辑符号

2. “或”门电路

图 21-6 中, (a) 是两输入端“或”门电路 (R_o 门电阻为 $3\text{ k}\Omega$), (b) 是“或”门逻辑符号。分析时仍根据输入的四种种

况 00、01、10、11 进行讨论。下面讨论输入为 00 情况。

当输入为 00 时，二极管 D_1 、 D_2 均导通，输出被箝位于“0”。这时

$$I_{D1} = I_{D2} = \frac{I_{R0}}{2} = \frac{0 - (-12)}{3 \times 2} = 2 \text{ mA}$$

例 21-3 试画出图 21-7“或”门电路 L 端的输出波形，其中 A 、 B 输入波形为已知。

解

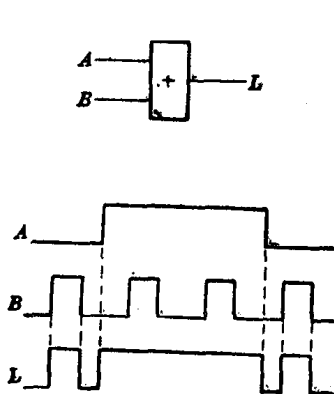


图 21-7 “或”门电路和波形

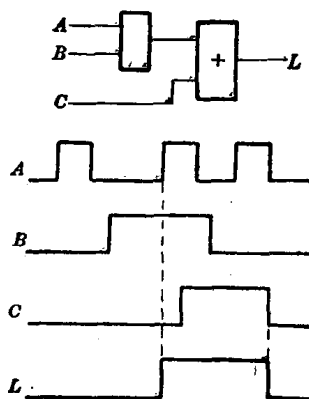


图 21-8 门电路和波形

例 21-4 已知图 21-8 的门电路输入端 A 、 B 、 C 的波形，试作出 L 输出的波形。

解 先写出图 21-8 的逻辑式，即

$$L = AB + C$$

然后根据这逻辑式作输出波形。这里不考虑门的传输时间，不然不能用这方法。

例 21-5 试写出图 21-8 门电路的真值表。

解 根据 $L = AB + C$ 以及三个输入量共有 $2^3 = 8$ 情况，

表 21-4 门电路真值表

输 入			输 出
A	B	C	L
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

进行分别讨论,然后把每种情况的输入代入到 $L = AB + C$ 中,可得对应八种输出。最后,把八种输入、输出对应关系列成表 21-4 的形式。

“或”门电路除了二端输入外,还有多端输入的“或”门,其逻辑式为 $L = A + B + C + D + \dots$ 。

三、三极管“非”门电路

1. “非”逻辑关系

事件的发生总是对某条件的否定的逻辑关系称为“非”逻辑关系。在第四册里讲的反相器(“非”门)就是满足“非”逻辑

表 21-5 “非”逻辑真值表

输 入 量	输 出 量
A	L
0	1
1	0