

## 1.4 逻辑运算与逻辑门

### 逻辑变量与逻辑运算

- **逻辑**：是指事物因果之间所遵循的规律
- **逻辑变量**：逻辑代数中的变量，一般用大写字母 $A$ 、 $B$ 、 $C$ ...表示。逻辑变量只有两种取值，即**逻辑0**和**逻辑1**。0和1没有数值意义，仅是一种符号，代表事物矛盾双方的两种状态。
- **逻辑运算**：逻辑变量按照某种特定的**因果关系**进行的运算，  
三种基本逻辑运算：**与、或、非**。

## 1.4 逻辑运算与逻辑门

### 逻辑函数

- 为避免用冗繁的文字来描述逻辑问题，采用**逻辑变量**和**逻辑运算符**组成逻辑函数表达式来描述事物的因果关系。
- 若输入逻辑变量 $A$ 、 $B$ 、 $C \dots$  的取值确定后，其输出逻辑变量 $L$ 的值也被唯一地确定了，则可以称 $L$ 是 $A$ 、 $B$ 、 $C \dots$  的**逻辑函数**，可记为

逻辑函数的定义：输入确定、输出唯一

$$L = f(A, B, C, \dots)$$

**逻辑电路**：数字电路能够实现逻辑函数描述的输出与输入之间因果关系的电路。

## 1.4.1 逻辑运算

**基本逻辑运算：**与、或、非

所有的逻辑电路最后都可以转化为与非运算

**复合逻辑运算：**与非、或非、同或、异或

**逻辑运算的描述方式：**

逻辑函数表达式

真值表

逻辑图

卡诺图

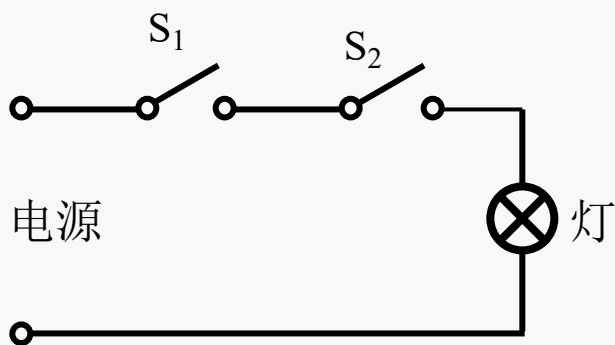
波形图

硬件描述语言 (HDL) 等

## 1.4.1 逻辑运算（1）——“与”

**与逻辑**：只有当决定某一事件的条件全部具备时，该事件才会发生。

**与逻辑**举例



**与逻辑**举例状态表

开关 $S_1$	开关 $S_2$	灯
断	断	灭
断	合	灭
合	断	灭
合	合	亮

## 1.4.1 逻辑运算（1）——“与”

与逻辑举例状态表

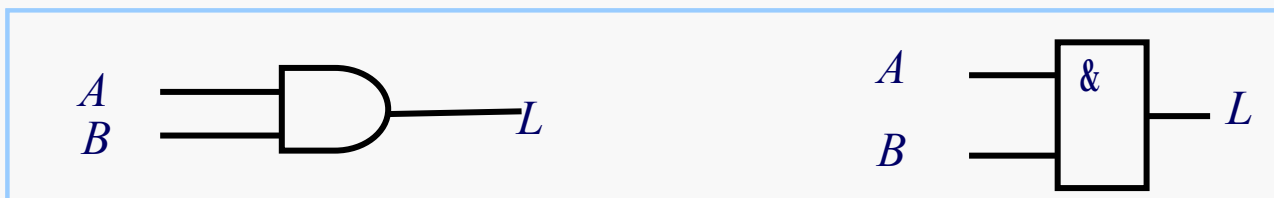
开关 $S_1$	开关 $S_2$	灯
断	断	灭
断	合	灭
合	断	灭
合	合	亮

$S_1$  - A  
 $S_2$  - B  
断 - 0  
合 - 1  
灯 - L  
灭 - 0  
亮 - 1

与逻辑真值表

$A$	$B$	$L$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

与逻辑符号



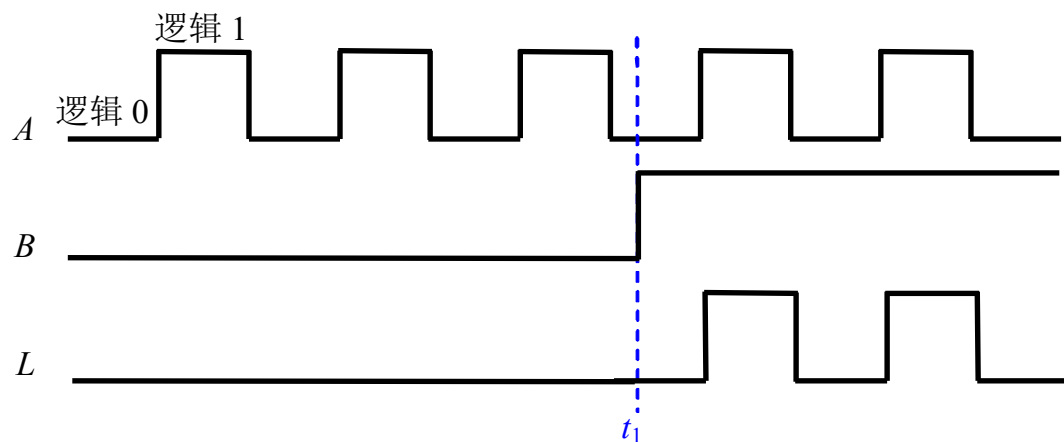
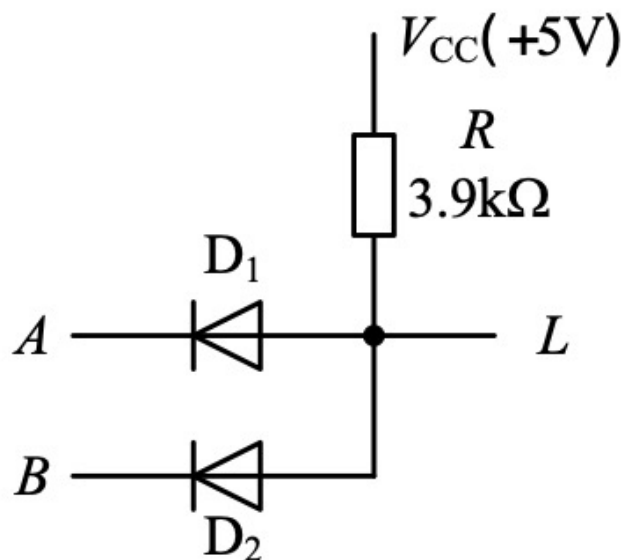
与逻辑表达式： $L = A \cdot B = AB$

口诀：见0为0，全1才是1

## 1.4.1 逻辑运算 (1) —— “与”

**与门**：实现**与逻辑**运算的电路

只要A、B有一个为0（低电平），则二极管至少有一个导通，L为0。  
只有当A、B同时为1时，二极管都截止，L与高电平相连，为1。

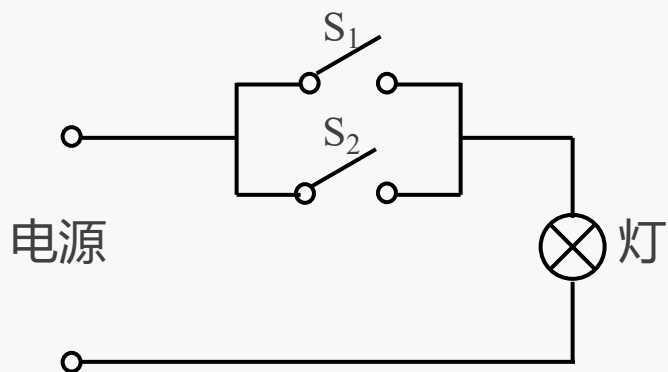


二极管实现**与逻辑**电路

## 1.4.1 逻辑运算（2）——“或”

**或逻辑：**只要在决定某一事件的各种条件中，有一个或几个条件具备时，该事件就会发生。

**或逻辑**举例



**或逻辑**举例状态表

开关S <sub>1</sub>	开关S <sub>2</sub>	灯
断	断	灭
断	合	亮
合	断	亮
合	合	亮

## 1.4.1 逻辑运算（2）——“或”

或逻辑举例状态表

开关 $S_1$	开关 $S_2$	灯
断	断	灭
断	合	灭
合	断	灭
合	合	亮



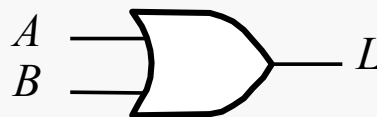
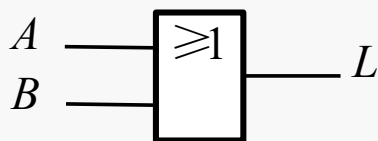
$S_1$ -A  
 $S_2$ -B  
断-0  
合-1  
灯-L  
灭-0  
亮-1



或逻辑真值表

$A$	$B$	$L$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

或逻辑符号



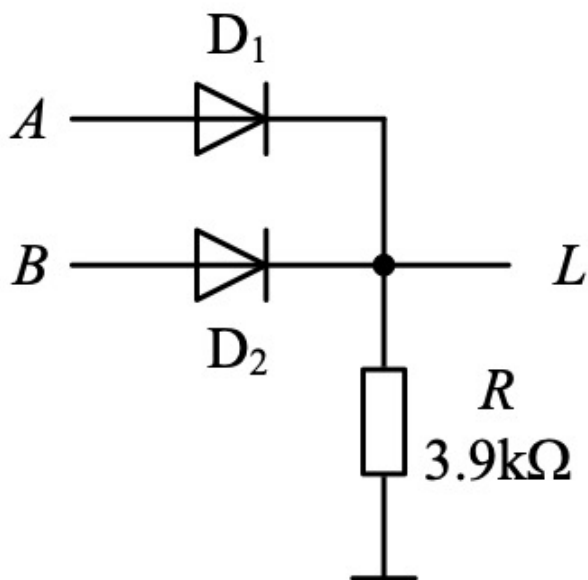
或逻辑表达式： $L = A + B$

口诀：见1为1，全0才是0



## 1.4.1 逻辑运算 ( 2 ) —— “或”

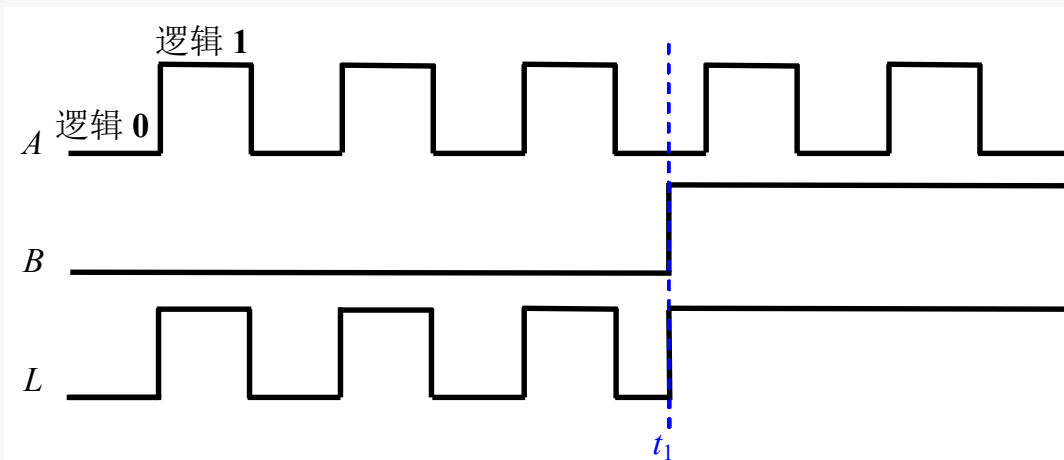
**或门**：实现**或逻辑**运算的电路



与上面分析类似

A、B只要有一个为1，则二极管至少有一个导通，L与高电平相连，为1.

当A、B全为0时，截止，L与低电平相连，为0.

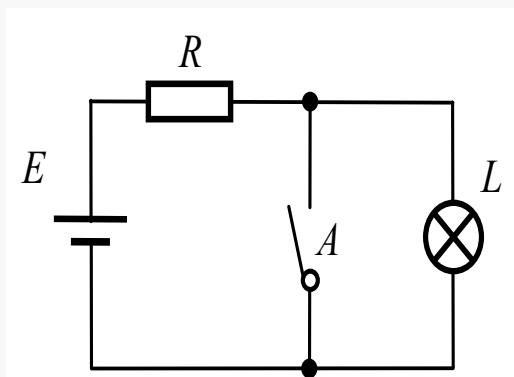
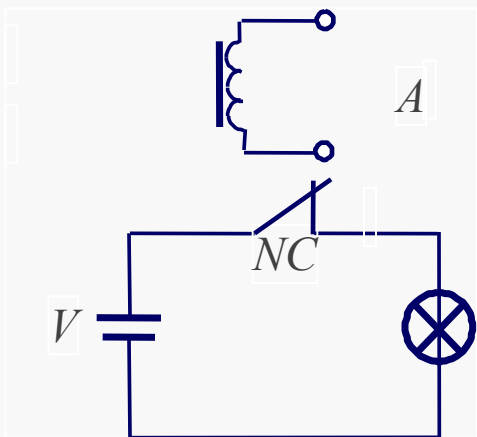


二极管实现**或逻辑**电路

## 1.4.1 逻辑运算 (3) —— “非”

**非逻辑**：事件发生的条件具备时，事件不会发生；事件发生的条件不具备时，事件发生。

**非逻辑**举例



**非逻辑**举例状态表

$A$	灯
不通电	亮
通电	灭

## 1.4.1 逻辑运算 (3) —— “非”

非逻辑举例状态表

A	灯
不通电	亮
通电	灭

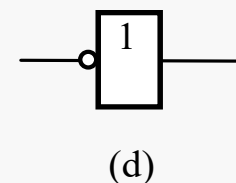
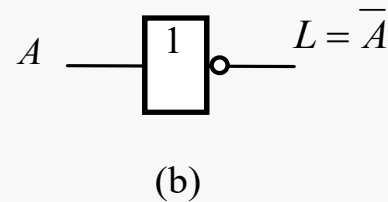
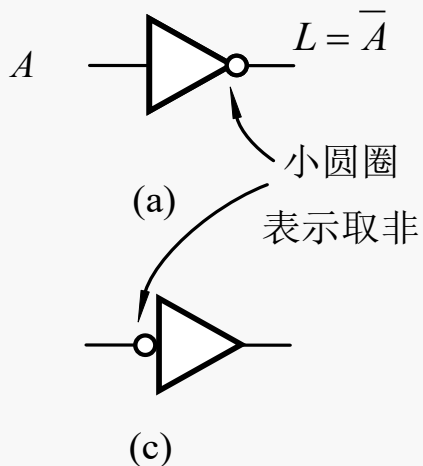
线圈(A) 通电- 1  
不通电- 0

灯(L) 灭-0  
亮 -1

非逻辑真值表

A	L
0	1
1	0

非逻辑符号

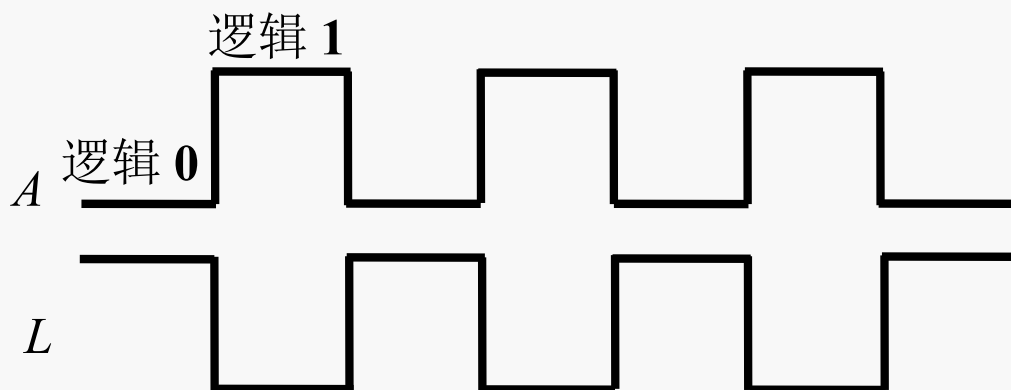
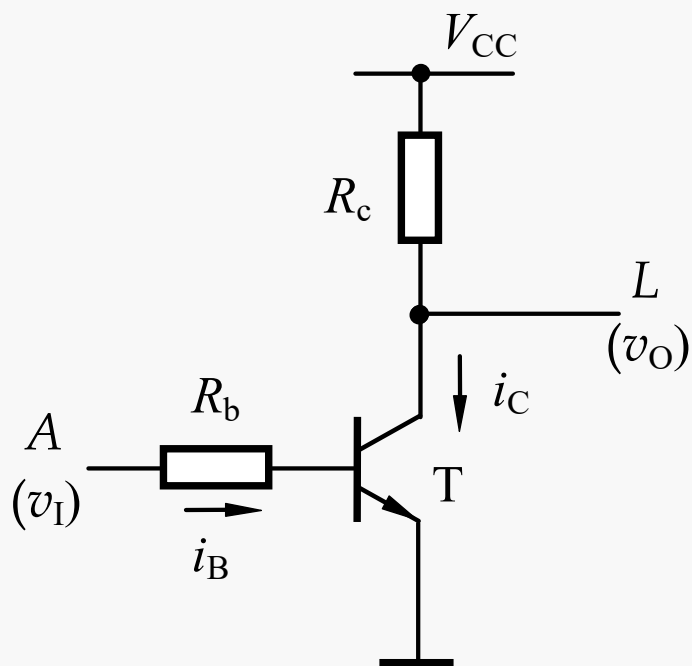


非逻辑表达式

$$L = \bar{A}$$

## 1.4.1 逻辑运算 (3) —— “非”

**非门**：实现**非逻辑**运算的电路



二极管实现非逻辑电路

MOS管？

## 1.4.1 逻辑运算（4）——“与非”

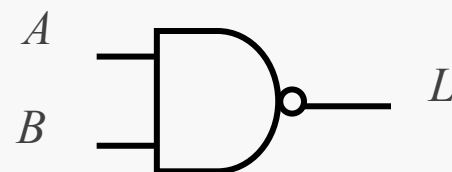
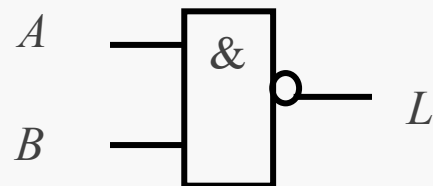
两输入变量  
与非逻辑真值表

$A$	$B$	$L$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

与非逻辑表达式

$$L = \overline{AB}$$

与非逻辑符号



## 1.4.1 逻辑运算（5）——“或非”

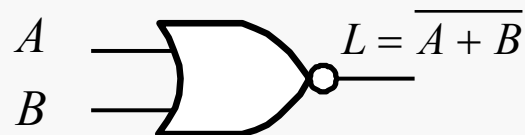
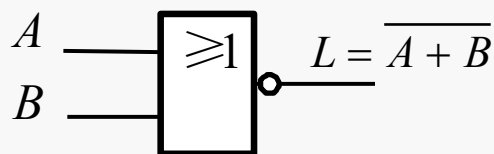
两输入变量  
或非逻辑真值表

$A$	$B$	$L$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

或非逻辑表达式

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

或非逻辑符号



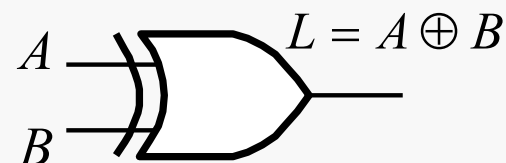
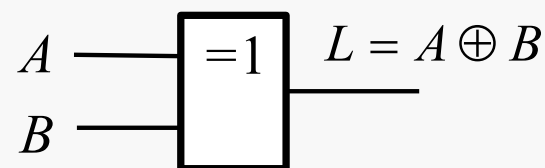
## 1.4.1 逻辑运算（6）——“异或”

**异或**：若两个输入变量的值**相异**，输出为1，否则为0。

**异或**逻辑真值表

$A$	$B$	$L$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

**异或**逻辑符号



**异或**逻辑表达式  $L = \bar{A}B + A\bar{B} = A \oplus B$

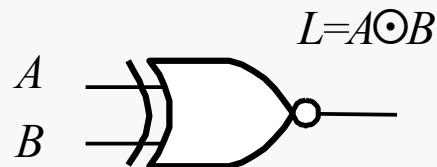
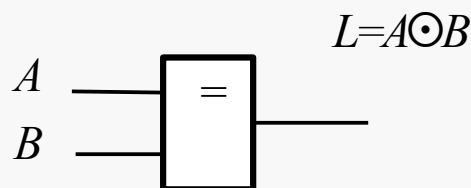
## 1.4.1 逻辑运算——“同或”

**同或**：若两个输入变量的值**相同**，输出为1，否则为0。

**同或**逻辑真值表

$A$	$B$	$L$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

**同或**逻辑逻辑符号



同或就是对异或再取非

**同或**逻辑表达式  $L = \bar{A} \bar{B} + AB = A \odot B$

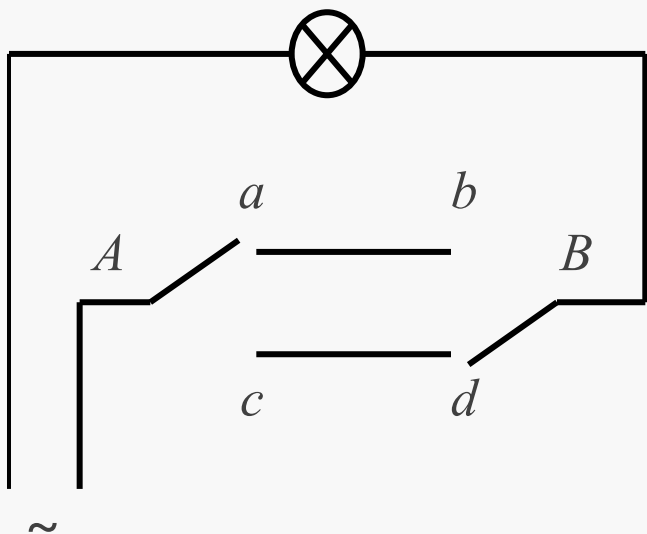


## 1.4.2 应用举例（1）——状态表

下图是一个控制楼梯照明灯的电路。单刀双掷开关 $A$ 装在楼下， $B$ 装在楼上。上楼时，在楼下开灯后，可在楼上关灯；下楼时，可在楼上开灯，而在楼下关灯。

试列出灯的状态和开关位置之间的逻辑关系的真值表，并写出逻辑表达式，画出逻辑图和波形图。

楼道灯开关示意图



1. 开关状态表

开关 $A$	开关 $B$	灯
下	下	亮
下	上	灭
上	下	灭
上	上	亮

## 1.4.2 应用举例（2）——逻辑抽象

开关状态表

开关 $A$	开关 $B$	灯
下	下	亮
下	上	灭
上	下	灭
上	上	亮

确定变量、函数，并赋值

开关: 变量  $A$ 、 $B$   
灯 : 函数  $L$

$A$ 、 $B$ : 向上-1 向下-0  
 $L$  : 亮-1; 灭-0

逻辑  
抽象

逻辑真值表

$A$	$B$	$L$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

## 1.4.2 应用举例（3）——逻辑函数

### 根据真值表写出逻辑函数表达式

把每个**输出为1**的一组输入变量组合状态写成**乘积项**的形式。在乘积项中，**逻辑值为1用原变量表示**，**逻辑值为0用反变量表示**，最后将所有的这些**乘积项进行逻辑加**，即得逻辑函数的与-或表达式。

逻辑真值表

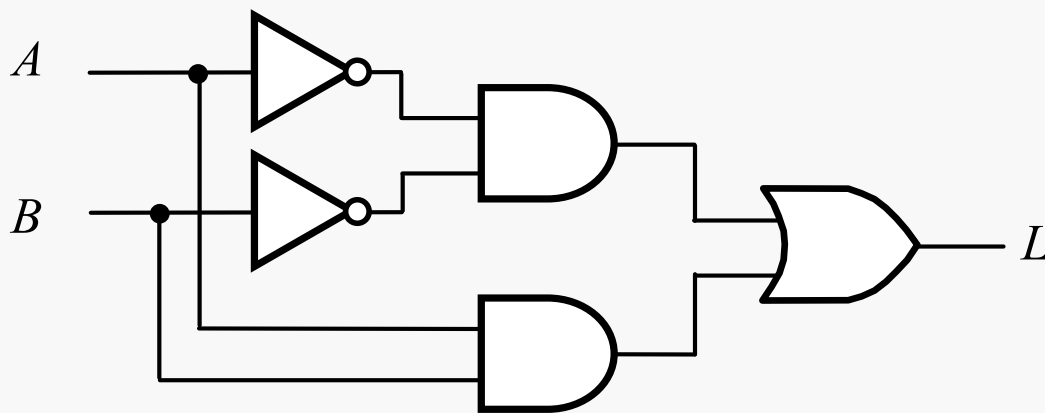
$A$	$B$	$L$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$$L = \overline{A} \overline{B} + AB$$

## 1.4.2 应用举例（4）——逻辑电路图

用逻辑图形符号代替逻辑表达式中的相应的代数运算符号

$$L = \overline{A} \overline{B} + AB$$



(a) 由与、或、非逻辑符号构成的逻辑图



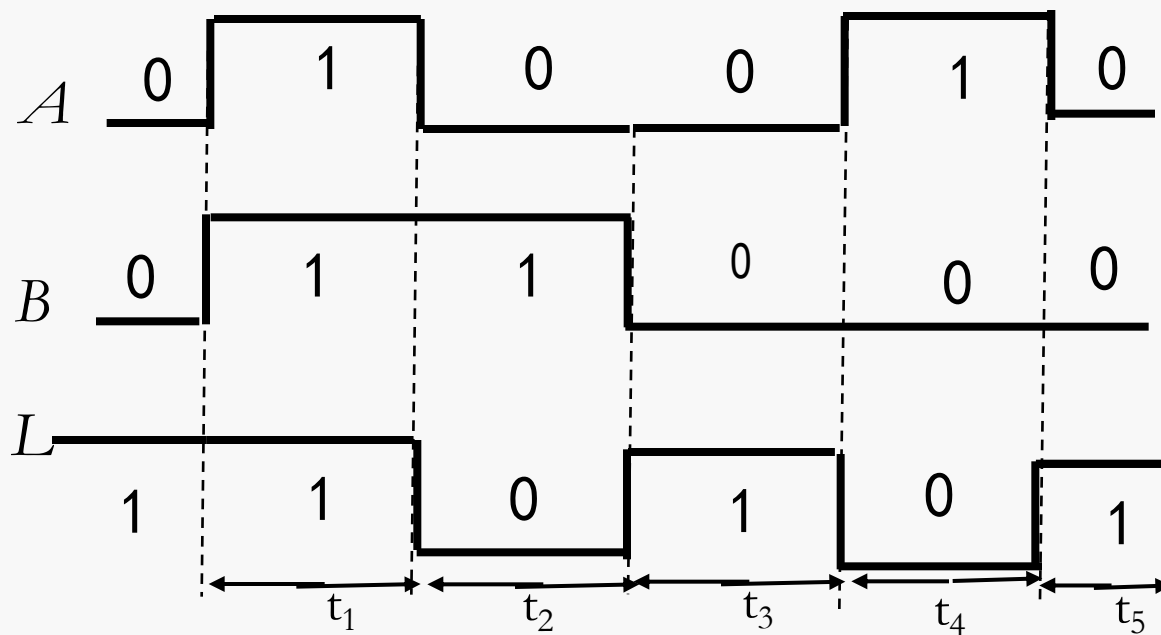
(b) 由同或逻辑符号构成的逻辑图

## 1.4.2 应用举例（5）——波形图

将真值表中的变量和函数的对应值分别用波形的高、低电平表示

真值表

$A$	$B$	$L$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1



### 1.4.3 一些说明

- 基本逻辑运算相应的逻辑运算电路称为**逻辑门**，如**74LS00**内有4个与非门，**74LS04**内有六个非门。
- 逻辑门的内部是由MOS管或三极管等基本元件组成。
- 本教材中，用**+5V**表示1，0V表示0。实际上，不同电路中，高低电平的定义也不同。
- 每个逻辑门的输入和输出信号之间都会存在**延时**，器件工艺不同，延时也不同，在**ns级**。

