

## 3 逻辑门电路

### 3.1 MOS逻辑门电路

### \*3.2 TTL逻辑门电路（自学）

### \*3.3 射极耦合逻辑门电路

### \*3.4 砷化镓逻辑门电路

### 3.5 逻辑描述中的几个问题

### 3.6 逻辑门电路使用中的几个实际问题

### \* 3.7 用VerilogHDL描述逻辑门电路

1

## 3. 逻辑门电路

教学基本要求：

- 1、了解半导体器件的开关特性。
- 2、**熟练掌握**基本逻辑门（与、或、与非、或非、异或门）、**三态门**、**OD门（OC门）**和**传输门的逻辑功能**。
- 3、学会门电路逻辑功能分析方法。
- 4、**掌握**逻辑门的主要参数及在应用中的接口问题。

2

## 3.1 MOS逻辑门

### [3.1.1 数字集成电路简介](#)

### [3.1.2 逻辑门的一般特性](#)

### [3.1.3 MOS开关及其等效电路](#)

### [3.1.4 CMOS反相器](#)

### [3.1.5 CMOS逻辑门电路](#)

### [3.1.6 CMOS漏极开路门和三态输出门电路](#)

### [3.1.7 CMOS传输门](#)

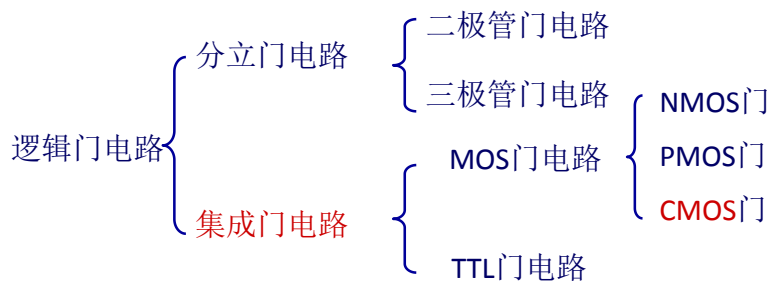
### [3.1.8 CMOS逻辑门电路的技术参数](#)

3

### 3.1.1 数字集成电路简介

1、逻辑门:实现基本逻辑运算和复合逻辑运算的单元电路。

2、逻辑门电路的分类

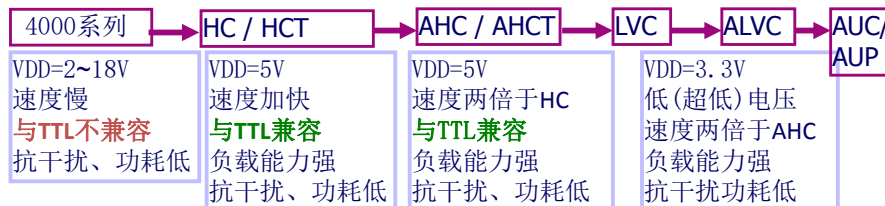


4

### 3.1.1 数字集成电路简介

#### 1.CMOS集成电路:

广泛应用于超大规模、甚大规模集成电路



#### 2.TTL 集成电路:

广泛应用于中大规模集成电路



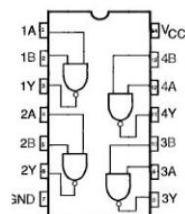
5

## 54/74HC\*\*\*

- 1、54/74 中小规模集成电路芯片
- 2、HC/AHC...表示系列
- 3、最后的数字（74HC**00**）表示不同的逻辑功能



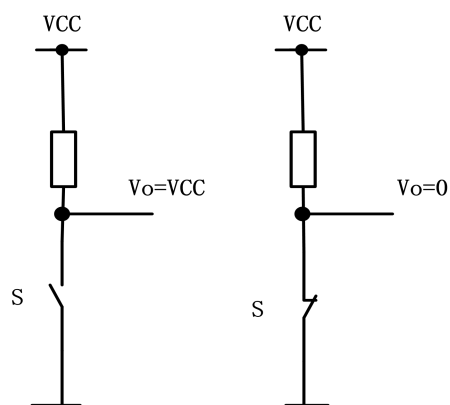
双列直插封装



引脚排列图

6

### 3.1.2 开关电路

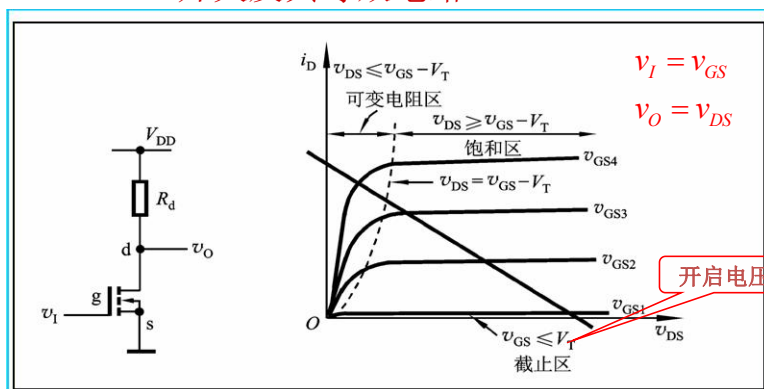


开关电路示意图  
(a) 输出逻辑1 (b) 输出逻辑0

7

## 3.2 基本CMOS逻辑门电路

### 3.2.1 MOS开关及其等效电路



当  $v_I < V_T$  : MOS管截止, 输出高电平

当  $v_I > V_T$  : MOS管工作在可变电阻区, 输出低电平

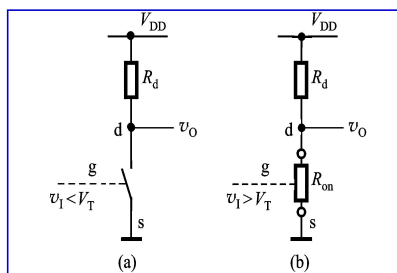
8

当输入为低电平时：

MOS管截止，

相当于开关“断开”

输出为高电平。



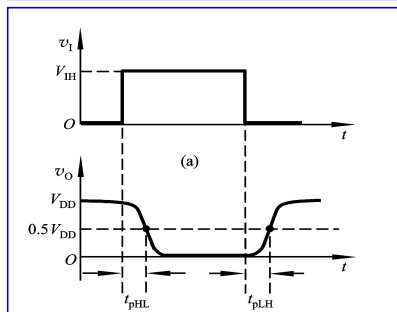
当输入为高电平时：

MOS管工作在可变电阻区，

相当于开关“闭合”，

输出为低电平。

MOS管相当于一个由 $V_{GS}$ 控制的无触点开关。



9

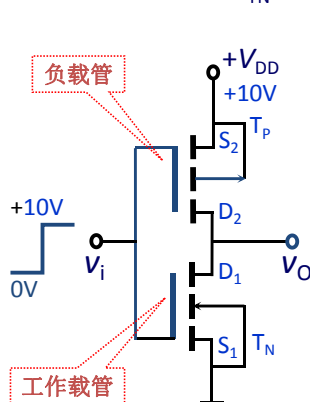
### 3.2.2 CMOS 反相器

1. 工作原理

$$V_{TN} = 2 \text{ V}$$

$$V_{TP} = -2 \text{ V}$$

$$V_{DD} > (V_{TN} + |V_{TP}|)$$



$v_i$	$v_{GSN}$	$v_{GSP}$	$T_N$	$T_P$	$v_O$
0 V	0V	-10V	截止	导通	10 V
10 V	10V	0V	导通	截止	0 V

逻辑真值表

逻辑表达式

$v_i(A)$	$v_O(L)$
0	1
1	0

逻辑图

$$L = \overline{A}$$

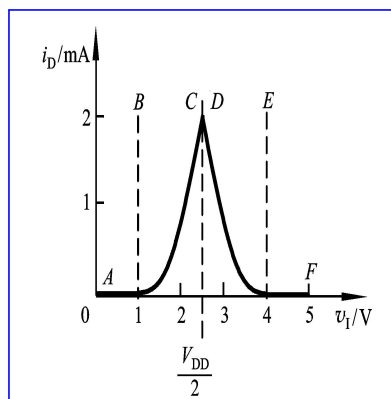
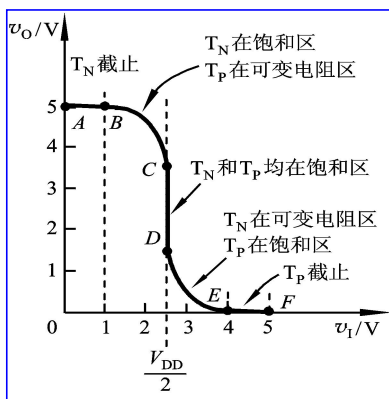


10

## 2. 电压传输特性和电流传输特性

### 电压传输特性

$$v_O = f(v_I)$$



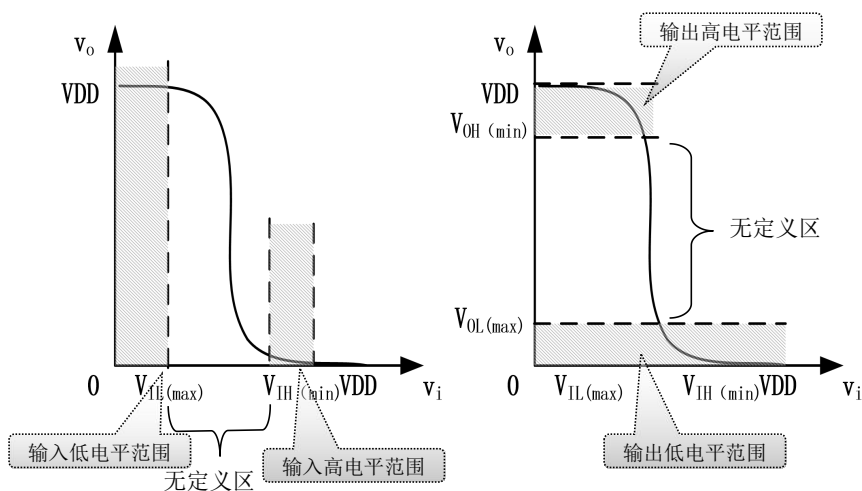
B-C-D-E段,  $T_N$   $T_P$  状态变化如图;

如果  $T_N$   $T_P$  参数完全对称, CD段  $v_i = 1/2V_{DD}$  时,  $v_o = 1/2V_{DD}$

CMOS反相器的阈值电压:  $V_{TH} = 1/2V_{DD}$

11

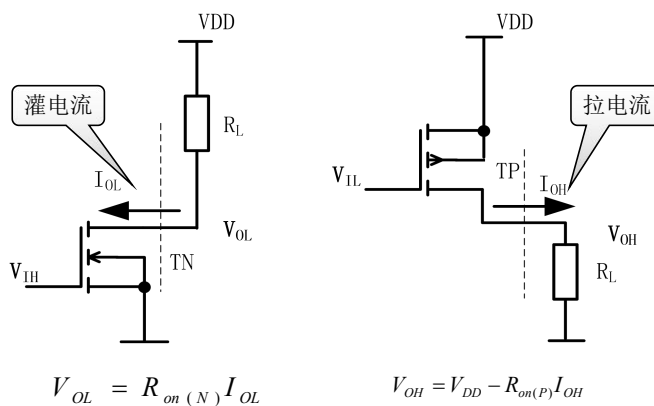
## 3. 输入/输出逻辑电平



12

### 3. 输入/输出逻辑电平

集成电路手册会给出不同 $I_{OL}$ 和 $I_{OH}$ 下 $V_{OL}$ 和 $V_{OH}$ 值  
但是他们都分别不能超过 $V_{OL(MAX)}$ 和 $V_{OH(MIN)}$



CMOS反相器的输出特性

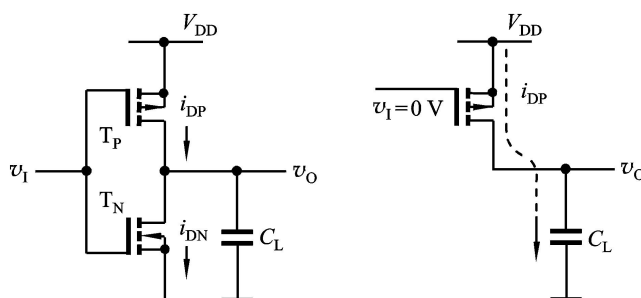
(a) 输出低电平等效电路

(b) 输出高电平等效电路

13

### 4. CMOS反相器的工作速度

带电容负载



由于电路具有互补对称的性质，它的开通时间与关闭时间是相等的。平均延迟时间： $t_{pLH} = t_{pHL} = 10 \text{ ns}$ 。

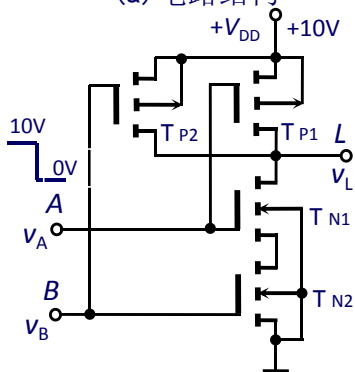
14

### 3.2.3 其它CMOS 逻辑门

#### 1. CMOS 与非门

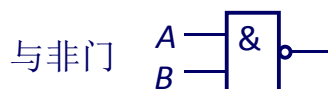
$$V_{TN} = 2\text{ V} \quad V_{TP} = -2\text{ V}$$

(a) 电路结构



(b) 工作原理

A	B	$T_{N1}$	$T_{N2}$	$T_{P1}$	$T_{P2}$	L
0	0	×	×	√	√	1
0	1	×	√	√	×	1
1	0	√	×	×	√	1
1	1	√	√	×	×	0



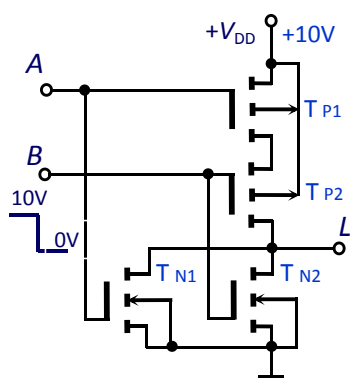
N输入的与非门的电路?

输入端增加有什么问题?

15

#### 2. CMOS 或非门

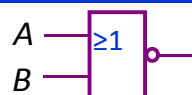
$$V_{TN} = 2\text{ V} \quad V_{TP} = -2\text{ V}$$



A	B	$T_{N1}$	$T_{N2}$	$T_{P1}$	$T_{P2}$	L
0	0	×	×	√	√	1
0	1	×	√	√	×	0
1	0	√	×	×	√	0
1	1	√	√	×	×	0

或非门

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



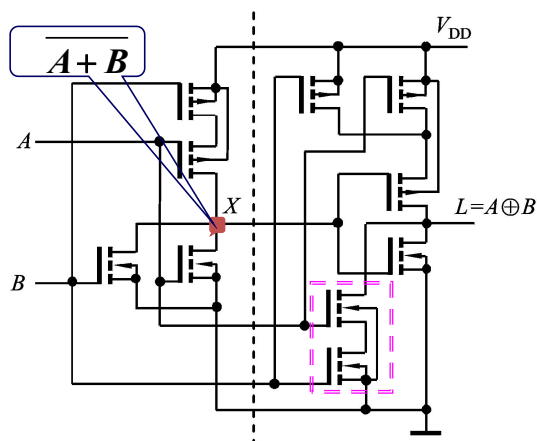
N输入的或非门的电路的结构?

输入端增加有什么问题?

16



## 3. 异或门电路

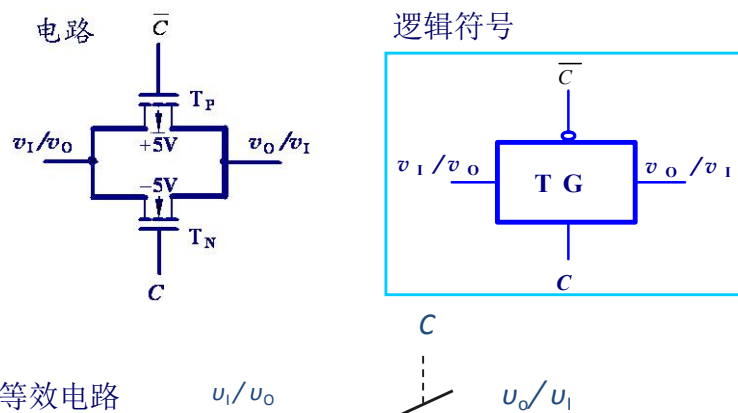


$$\begin{aligned}
 L &= \overline{Y + X} \\
 &= \overline{A \cdot B + \overline{A + B}} \\
 &= \overline{A \cdot B + \overline{A} \cdot \overline{B}} \\
 &= A \oplus B
 \end{aligned}$$

17

## 3.2.4 CMOS传输门 (TG) (双向模拟开关)

## 1. CMOS传输门电路



18

## 2、传输门的应用

传输门组成的数据选择器

$C=0$

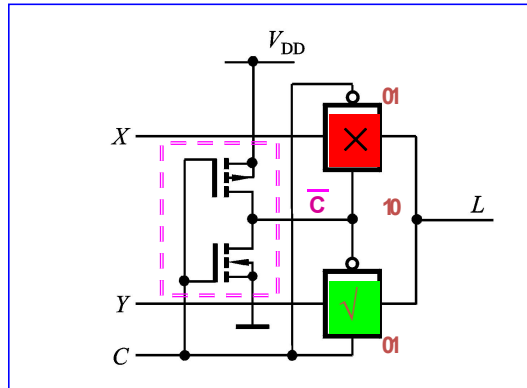
TG1导通, TG2断开

$L=X$

$C=1$

TG2导通, TG1断开

$L=Y$

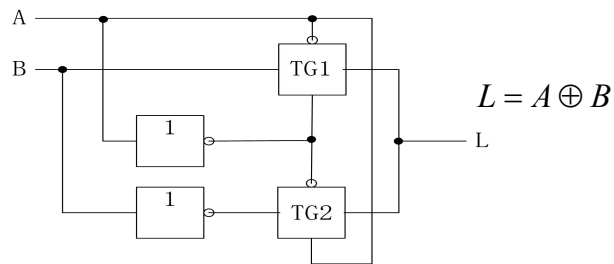


功能表

C	L
0	X
1	Y

19

传输门组成的异或门



A	B	TG1	TG2	L
0	0	√	×	0
0	1	√	×	1
1	0	×	√	1
1	1	×	√	0

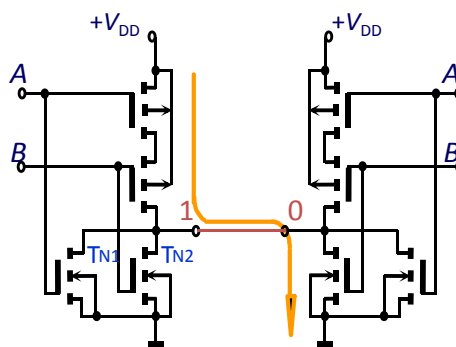
20

### 3.3.2 CMOS漏极开路（OD）门和三态输出电路

#### 1. CMOS漏极开路门

##### 1.) CMOS漏极开路门的提出

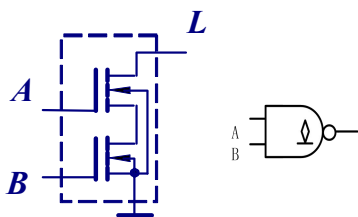
输出短接，在一定情况下会产生低阻通路，大电流有可能导致器件的损毁，并且无法确定输出是高电平还是低电平。



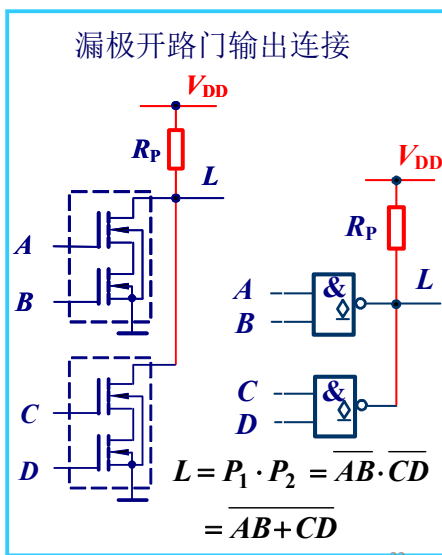
21

##### (2) 漏极开路门的结构与逻辑符号

电路



- (a) 工作时必须外接电源和电阻；
- (b) 与非逻辑不变
- (c) 可以实现线与功能；



22

## OD门其他作用（p101）

- 驱动发光二极管
- 实现逻辑电平变换

23

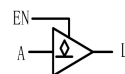
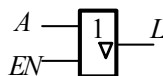
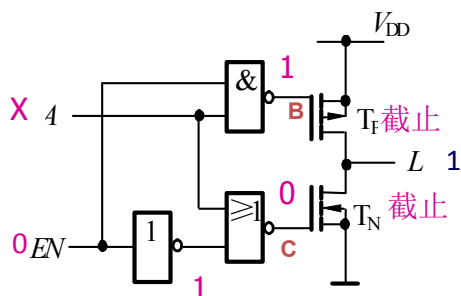
## P141-3.3.5

$$L = \overline{\overline{AB} \cdot \overline{BC} \cdot \overline{D} \cdot E}$$

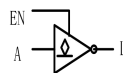
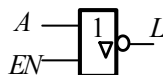
24

### 主要应用：总线传输

## 2.三态(TSL)输出门电路（也可以做线与连接）



逻辑功能：  
高电平有效的同相逻辑门

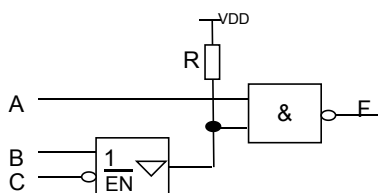


使能 $EN$	输入A	输出 $L$
1	0	0
1	1	1
0	×	高阻

逻辑功能：  
高电平有效的反向逻辑门

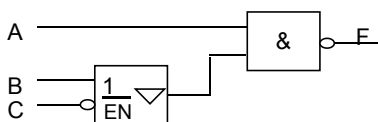
25

### 三态门接TTL门电路、CMOS门电路

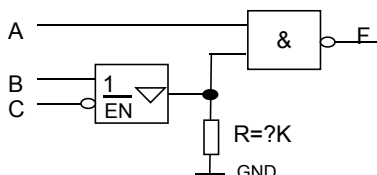


电阻不能太大,影响输入电平

三态门输出	CMOS	TTL
高阻	H	H



三态门输出	CMOS	TTL
高阻	无此接法	H



三态门输出	CMOS	TTL
高阻	L	H (R>RON) L (R< ROFF)

26

## 第三章作业

- 课后参考题
- 3.2 (2、4、5、10) )
- 3.3 (4、7、9)

作业:

- 第三章习题集

27

- 作业:
- 第三章习题集内容

28