

# 数字电路与逻辑设计

Digital circuit and logic design

## 第三章 集成门电路与触发器

主讲教师 | 于俊清

03

# 提 纲



数字集成电路的分类



半导体器件的开关特性



门电路



触发器

# 门电路



## 简单逻辑门电路



## TTL集成逻辑门电路



典型TTL与非门



常用的集成TTL门电路



两种特殊的门电路



## CMOS集成逻辑门电路



MOS晶体管的静态开关特性



CMOS集成门电路



## 正逻辑和负逻辑



## ■ CMOS电路



为提高MOS器件的工作速度，引入CMOS电路



CMOS电路有较高的开关速度



充电电路和放电电路都是低阻电路

## CMOS电路

高电平 “1” : NMOS导通 PMOS截止

低电平 “0” : NMOS截止 PMOS导通



(a) NMOS



(b) PMOS

# CMOS反相器

## 电路原理

$v_I = 0$



$T_P$  导通



$T_N$  截止



$V_O = V_{DD}$



$F = 1$

$v_I = 1$



$T_P$  截止



$T_N$  导通

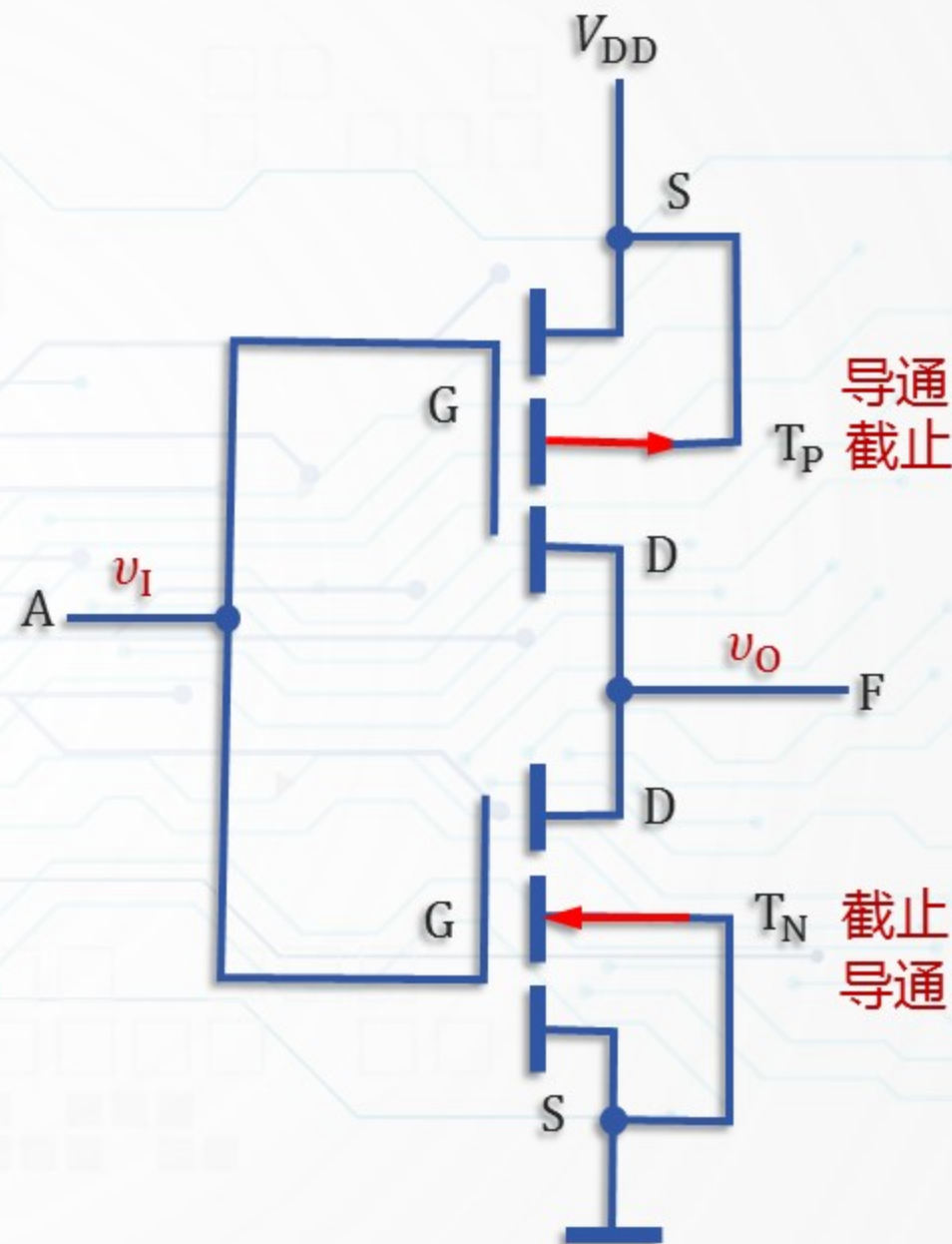


$V_O \approx 0$



$F = 0$

$v_O = \bar{v}_i$

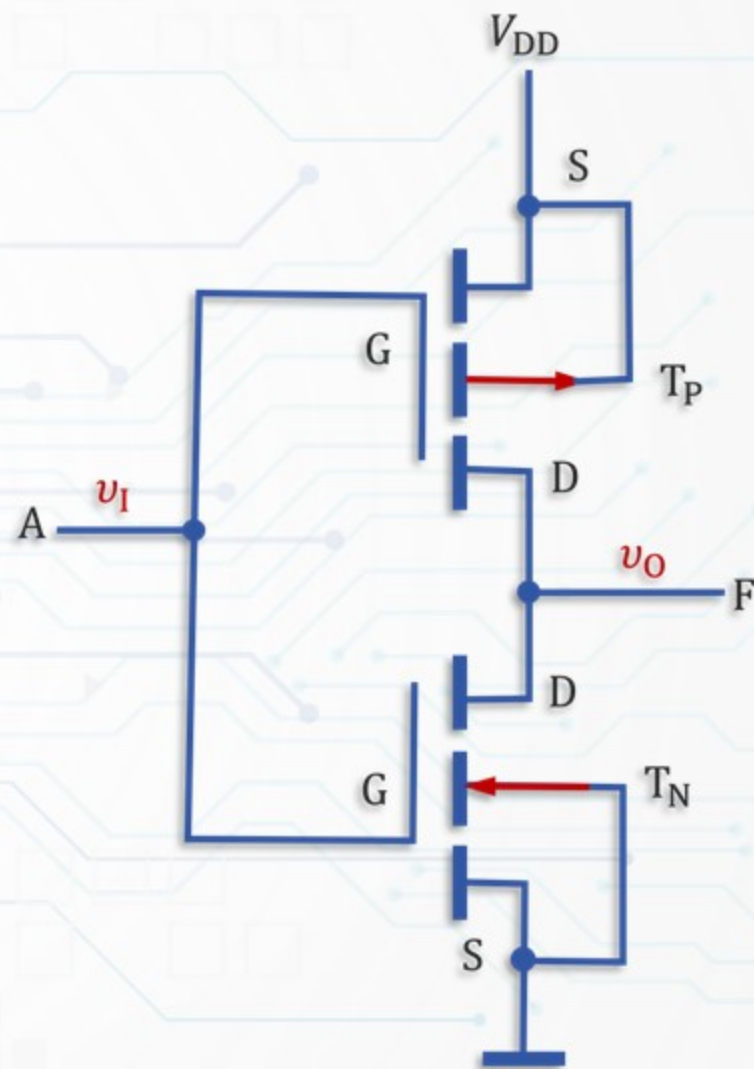


# CMOS反相器

电路  
正常  
工作  
条件

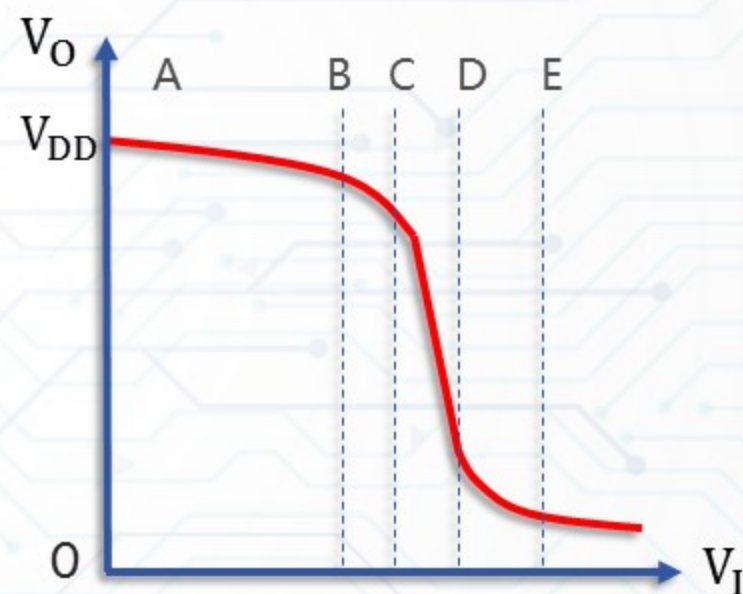
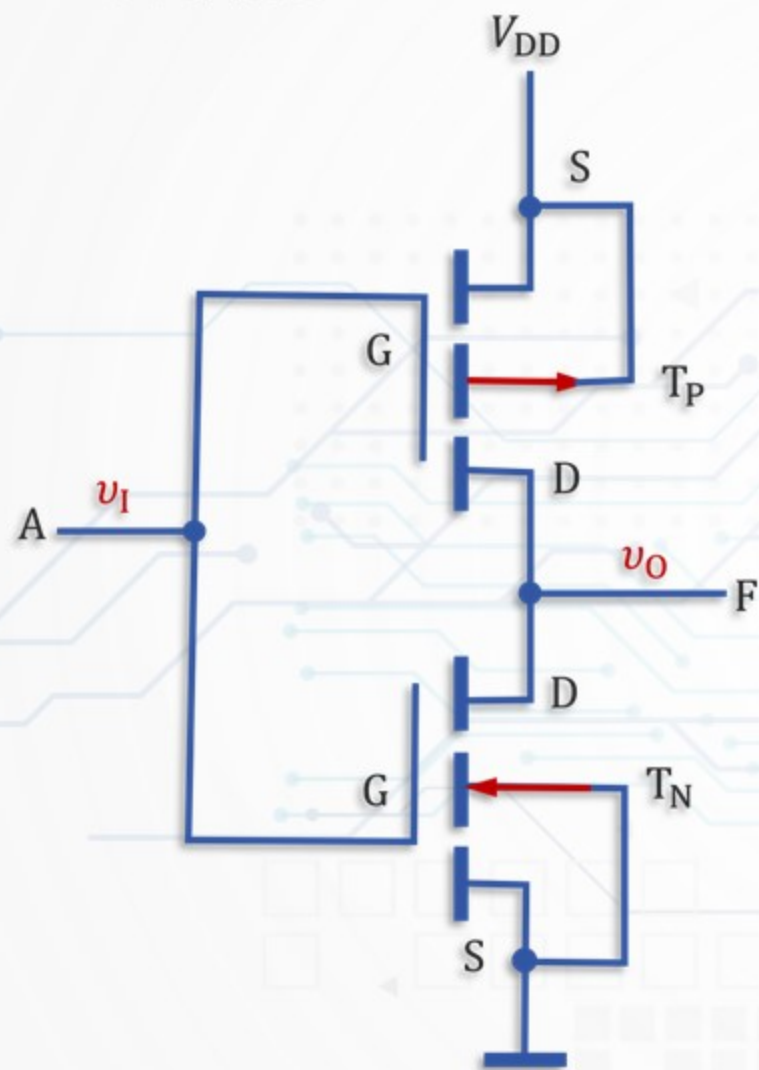
$V_{DD}$  大于  $T_N$  管开启电压  $V_{TN}$  和  $T_P$  管开启电压  $V_{TP}$  的绝对值之和

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





# CMOS反相器

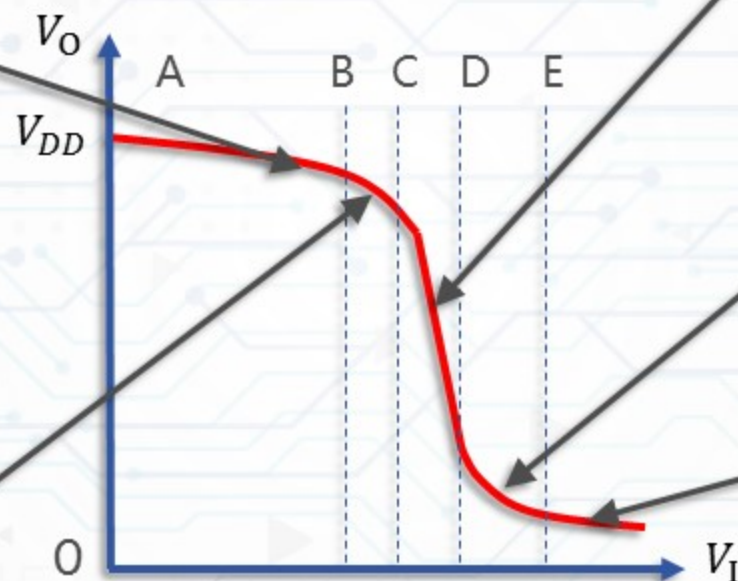




# CMOS反相器

- $V_I < V_{TN}$
- $T_N$ 截止,  $T_P$ 导通
- 输出 $v_O \approx V_{DD}$

- $V_I > V_{TN}$
- $T_N$ 开始导通
- 输出电压 $v_O$ 开始下降



- $v_I \approx V_{DD}/2$
- $T_N, T_P$ 饱和导通
- 输出电压 $v_O$ 急剧下降

- $v_I > V_{DD}/2$
- 输出电压 $V_O$ 变小

- $v_I > V_{DD} - |V_{TP}|$
- $T_N$ 导通,  $T_P$ 截止
- 输出电压 $v_O \approx 0$

## CMOS反相器

$$v_i = 0$$

$T_N$ 截止,  $T_P$ 导通

$v_O \approx V_{DD}$  为高电平

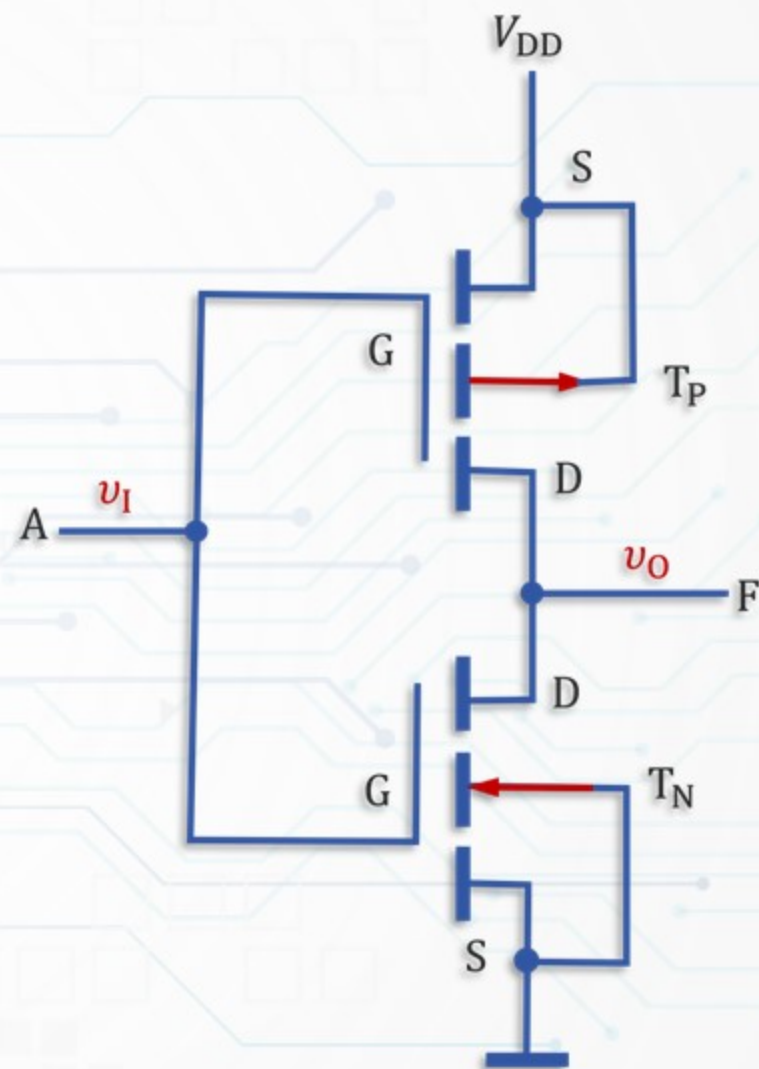
$$v_i = V_{DD}$$

$T_N$ 导通,  $T_P$ 截止

$v_O \approx 0V$

逻辑功能：“非”

除有较好的动态特性外，电路静态功耗很低



## CMOS与非门

**A=1, B=1**

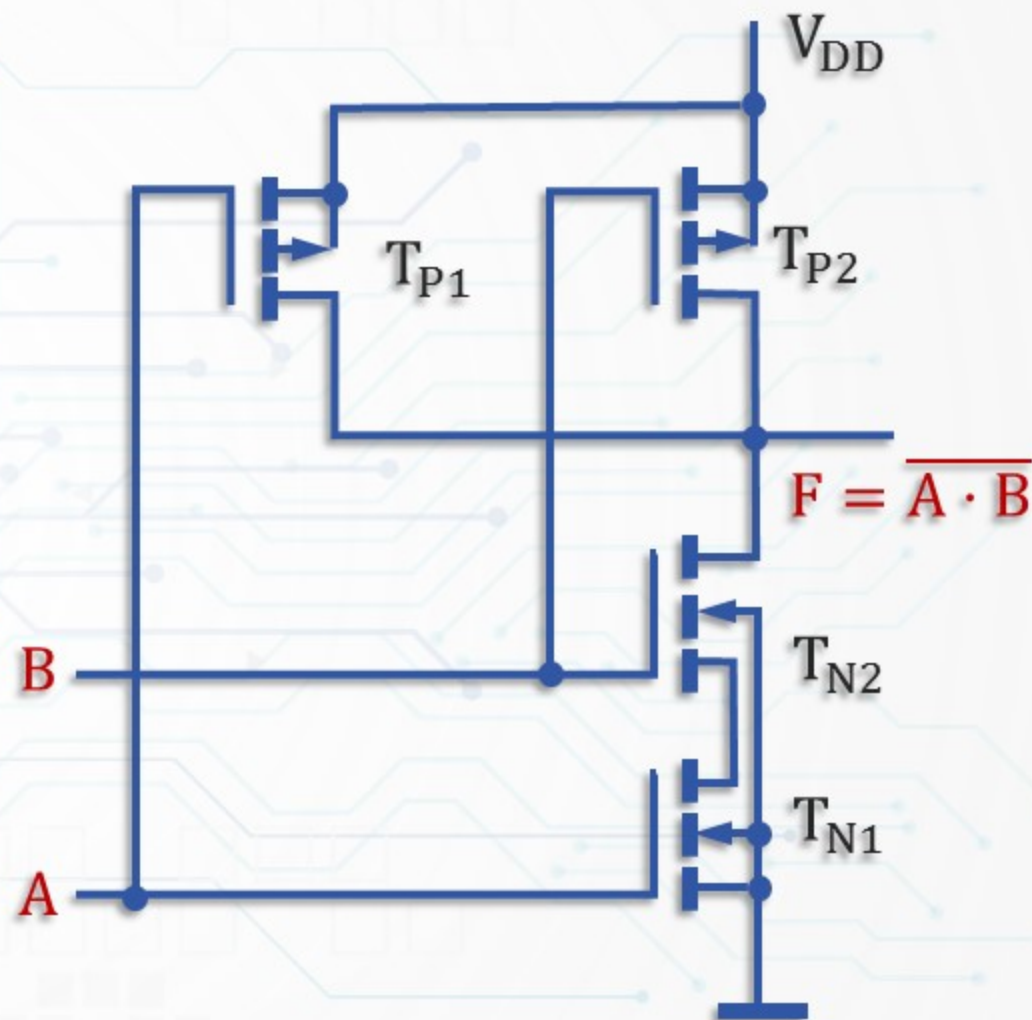
- $T_{P1}$  &  $T_{P2}$  截止
- $T_{N1}$  &  $T_{N2}$  导通
- $F=0$

**A=0 (B=0)**

- $T_{P1}(T_{P2})$  导通
- $T_{N1}(T_{N2})$  截止
- $F=1$

$$F = \overline{AB}$$

电路原理分析





## CMOS或非门

### 电路原理分析

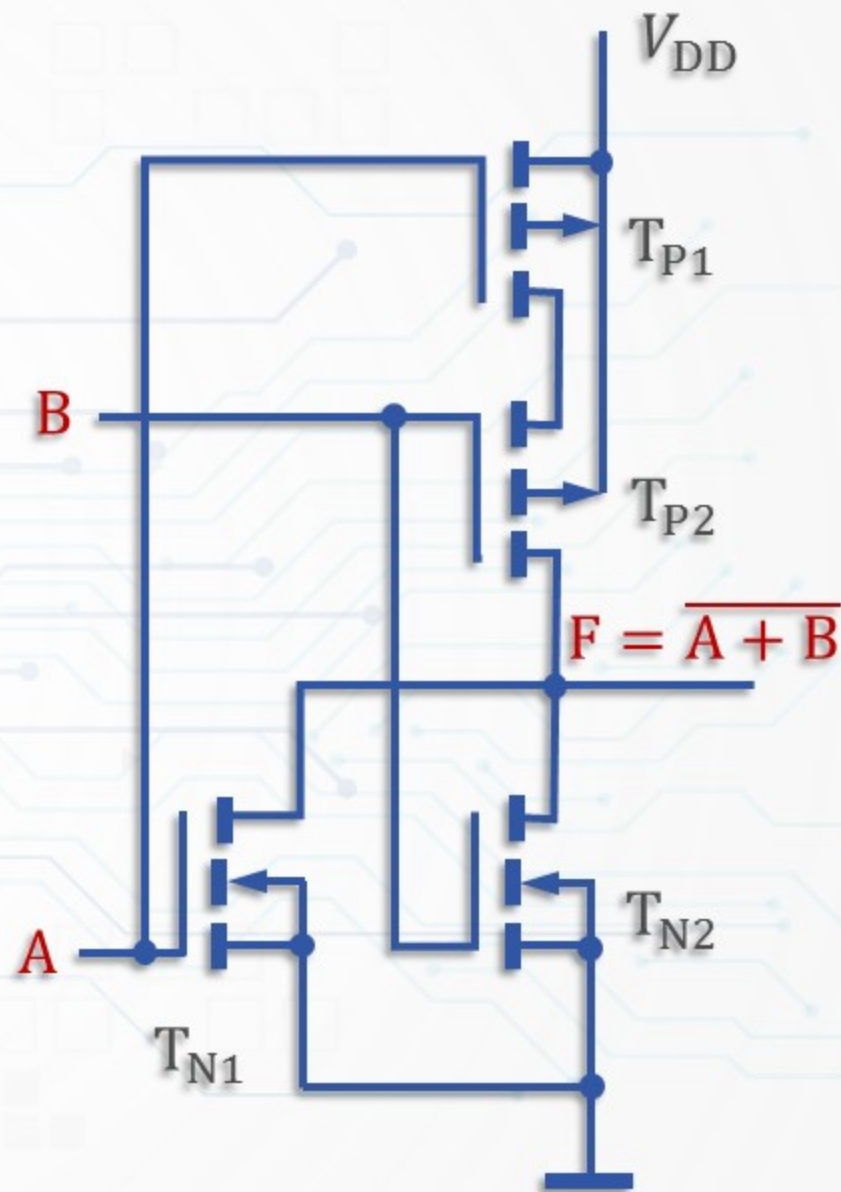
**$A=0, B=0$**

- $T_{N1}$  &  $T_{N2}$  截止
- $T_{P1}$  &  $T_{N2}$  导通
- $F=1$

**$A=1 (B=1)$**

- $T_{N1}(T_{N2})$  导通
- $T_{P1}(T_{P2})$  截止
- $F=0$

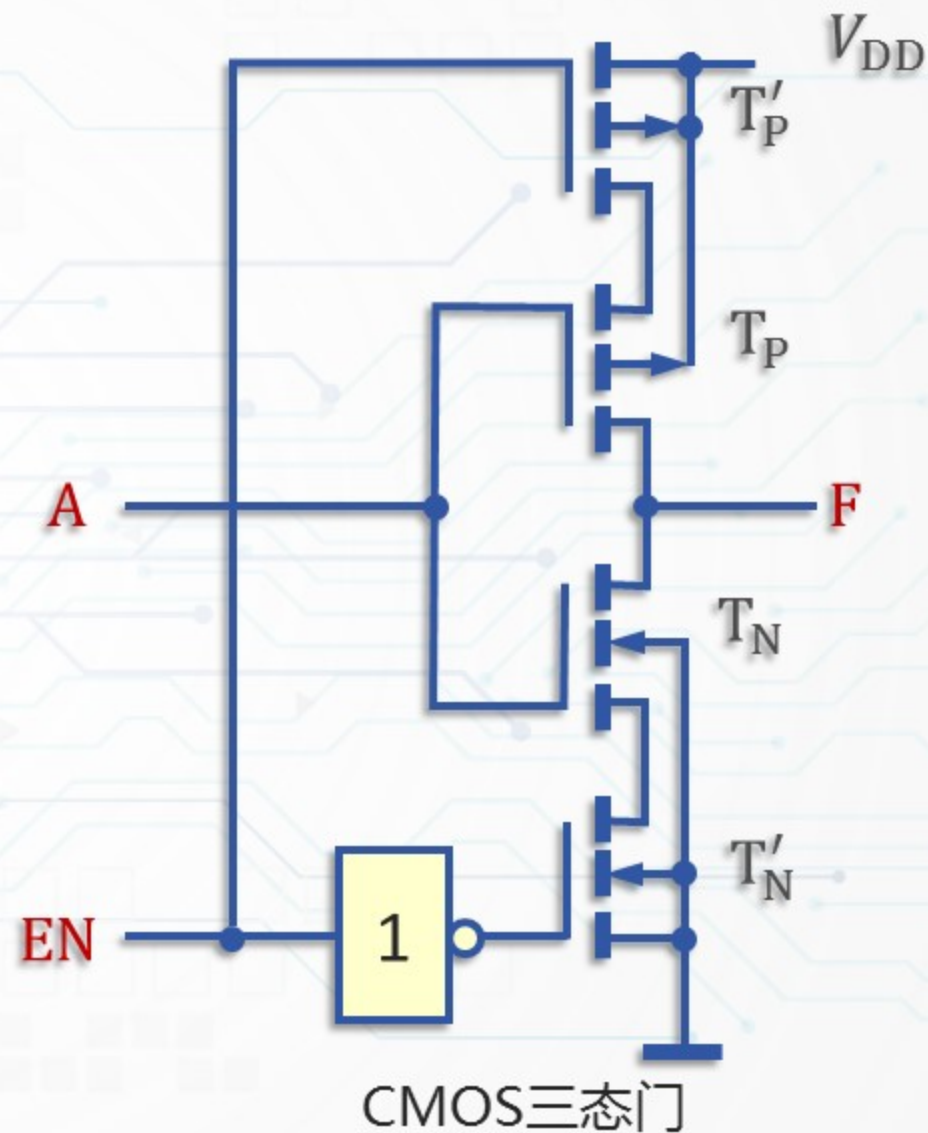
$$F = \overline{A + B}$$

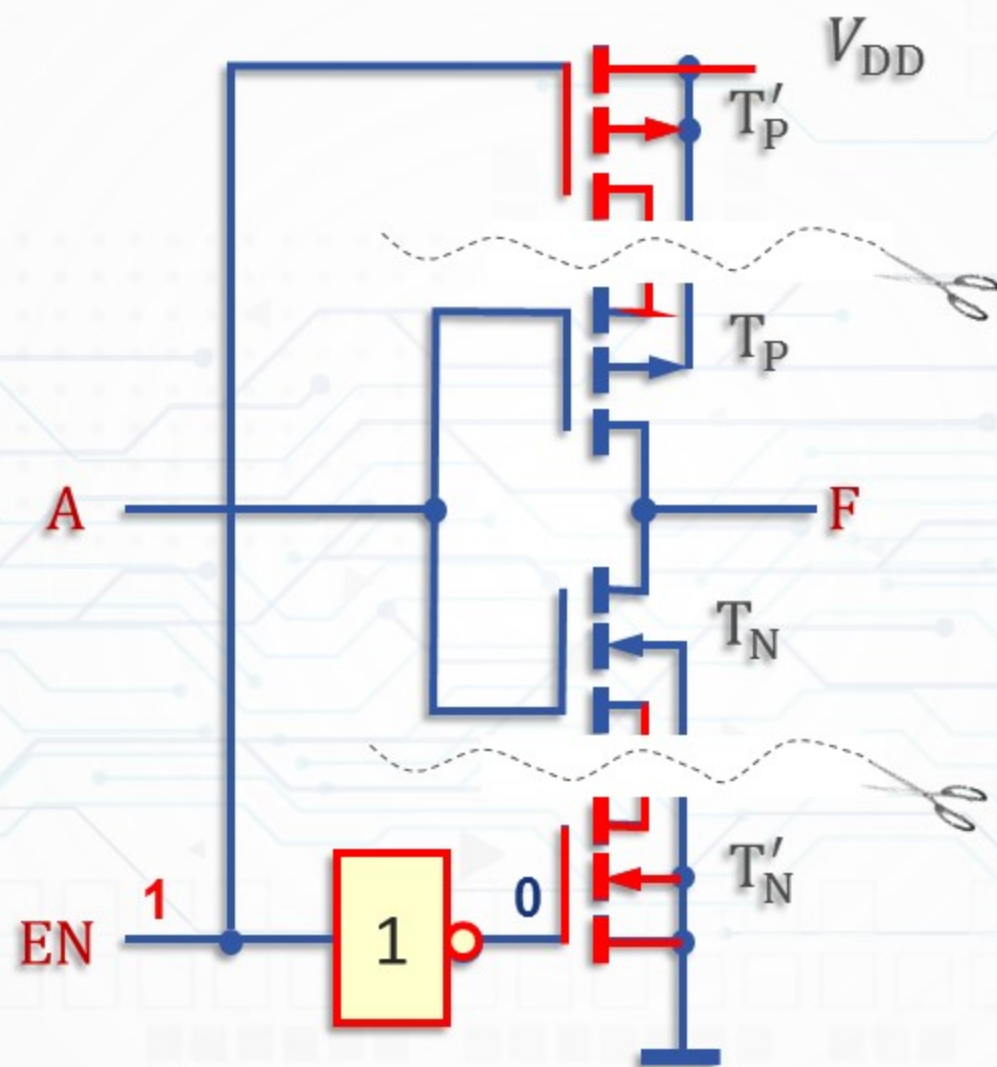


## CMOS三态门

在CMOS反相器的基础上增加  
NMOS管  $T_N'$  和PMOS管  $T_P'$

低电平使能控制的三态非门



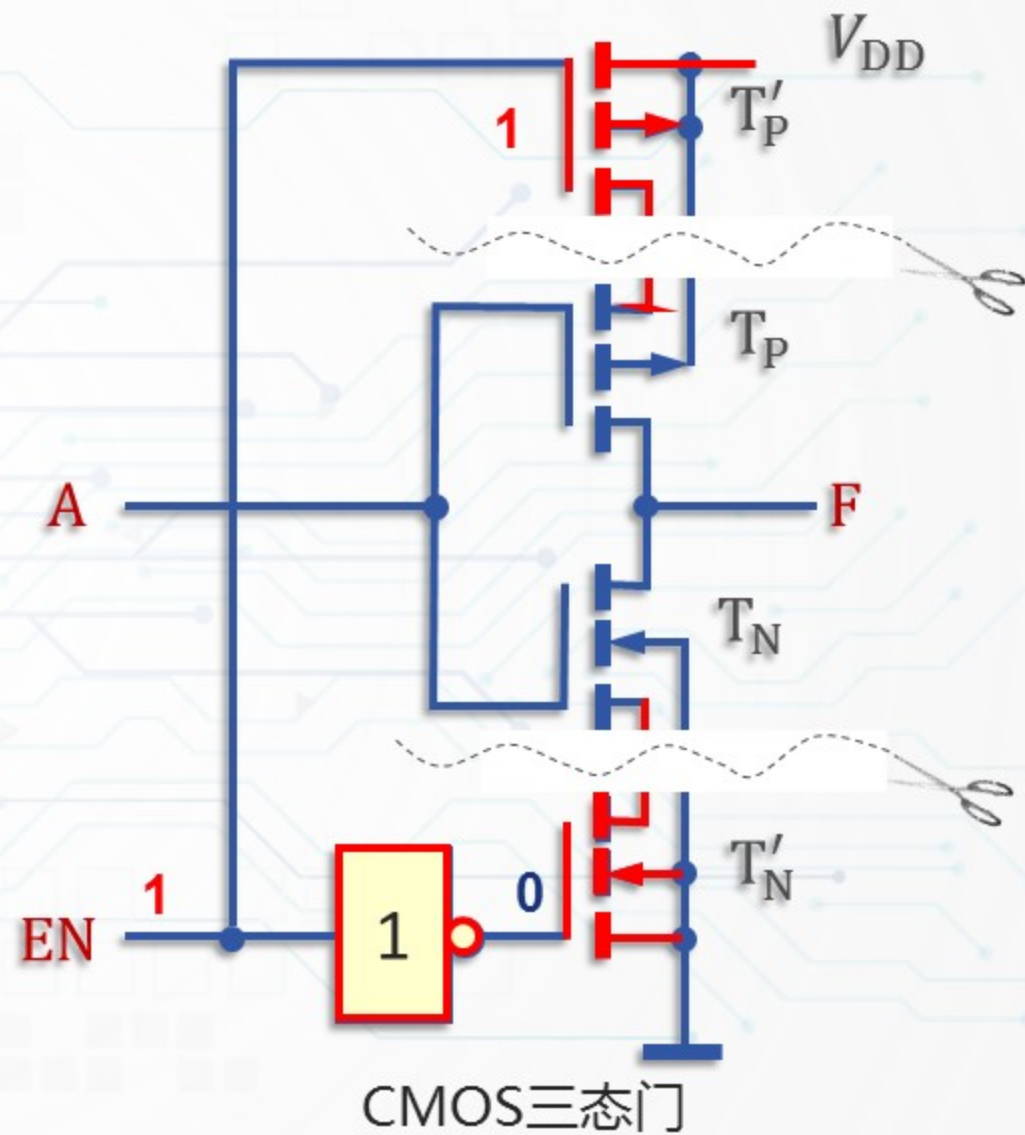


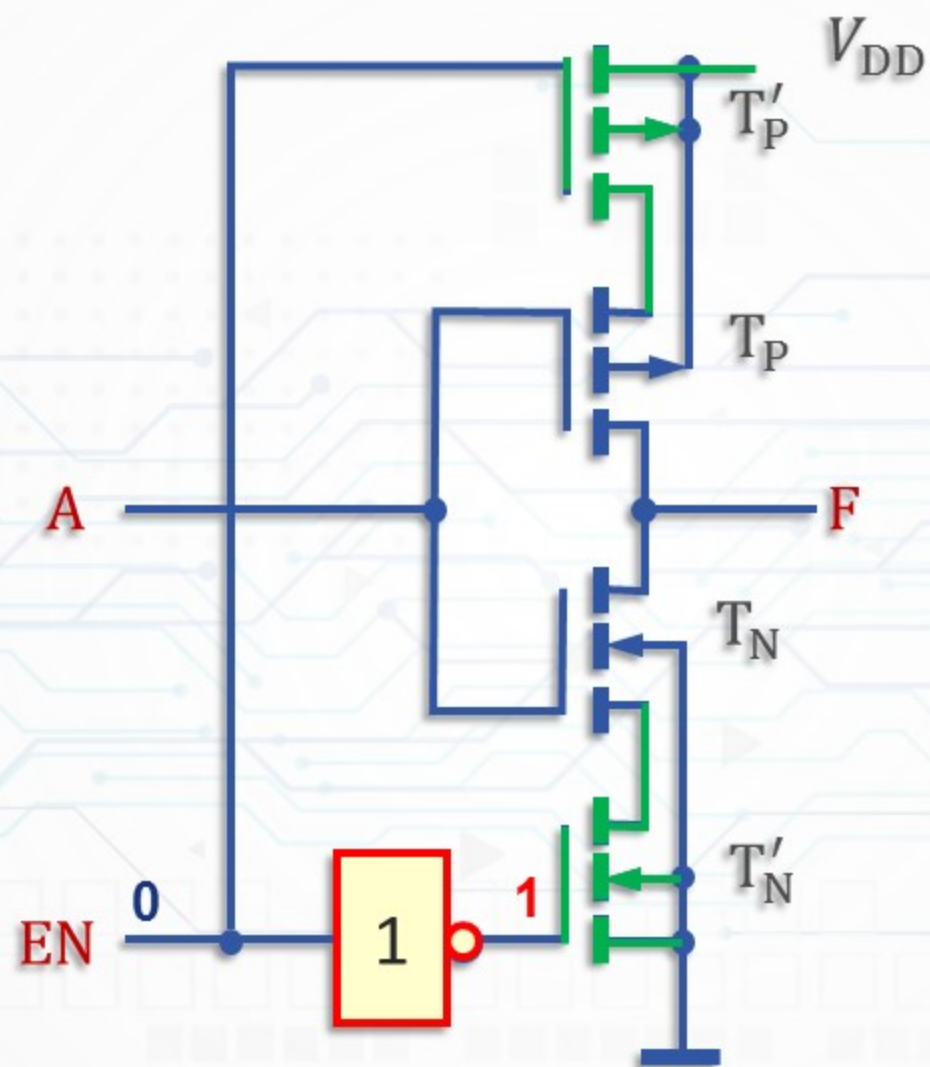


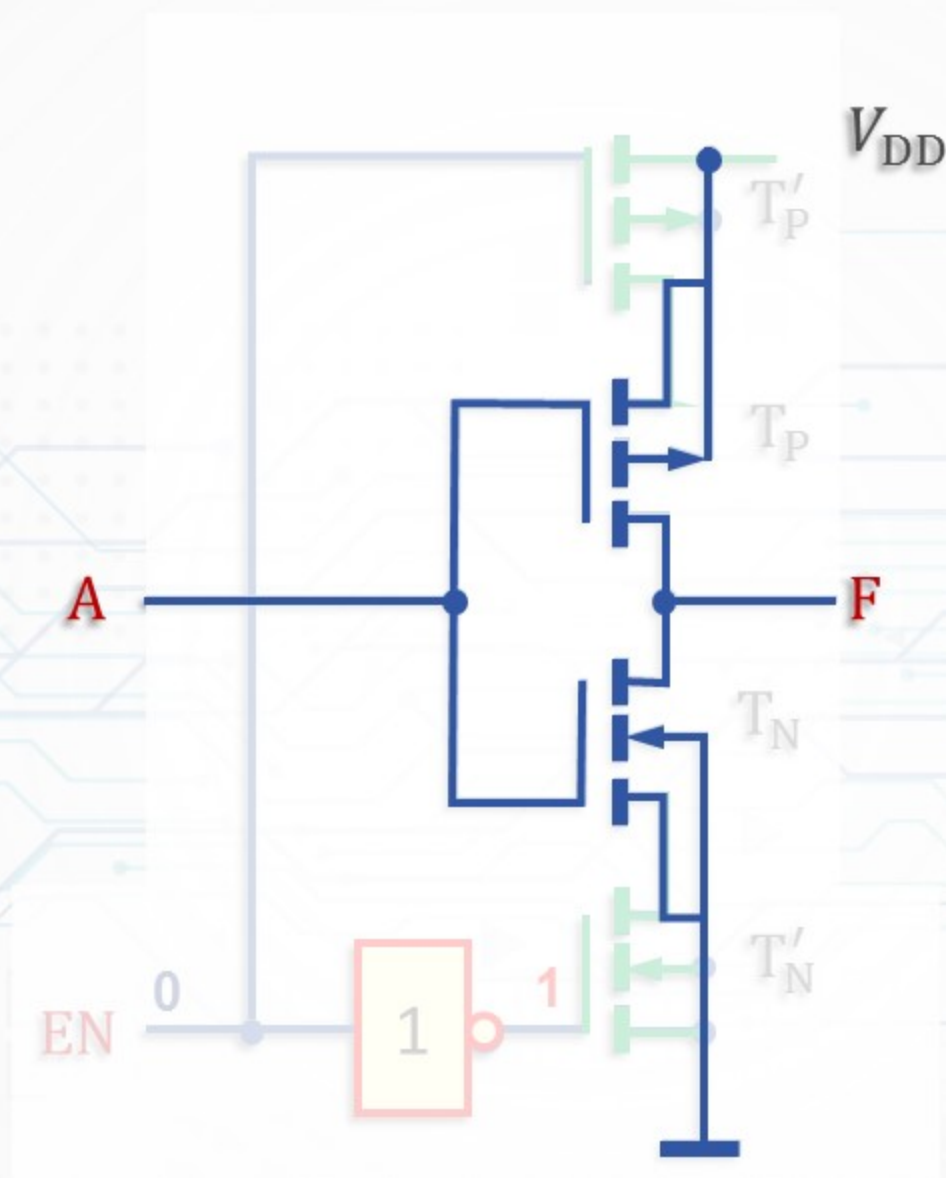
## CMOS三态门

在CMOS反相器的基础上增加  
NMOS管  $T_N'$  和PMOS管  $T_P'$

低电平使能控制的三态非门





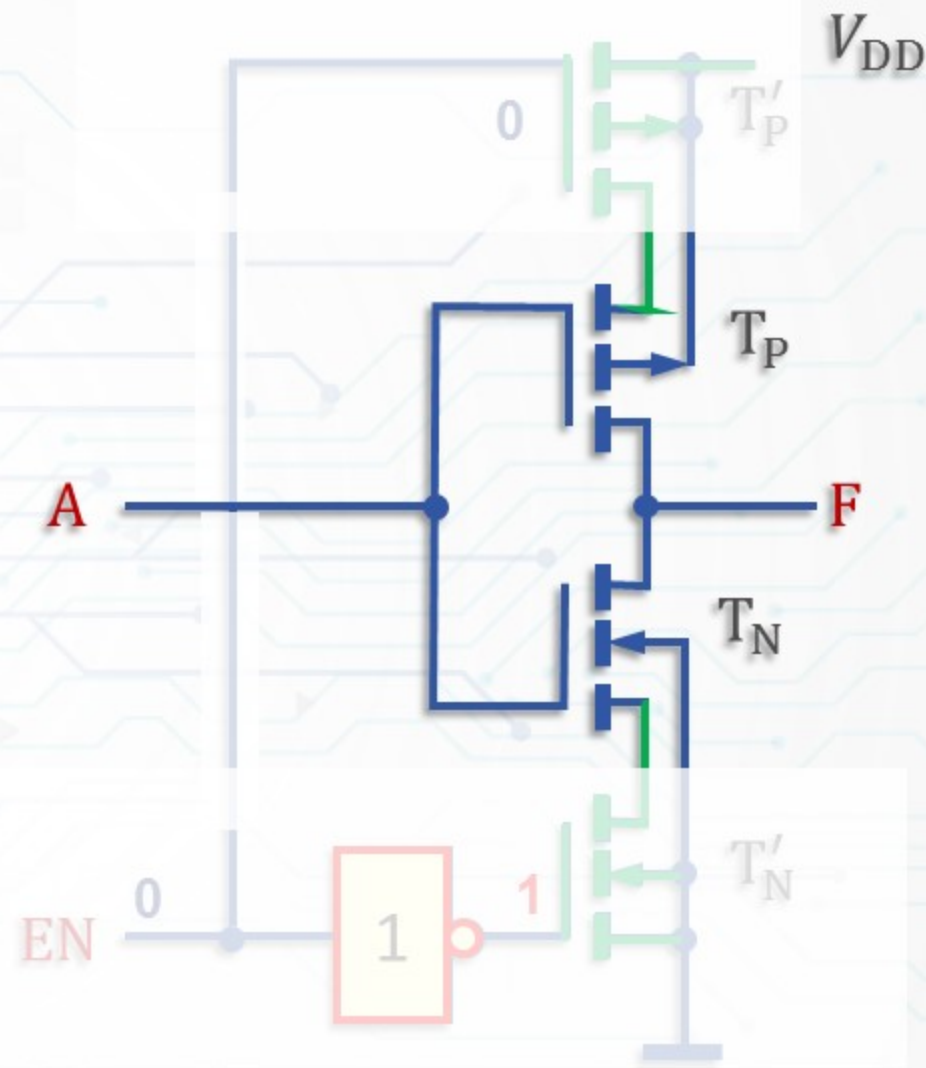




## CMOS三态门

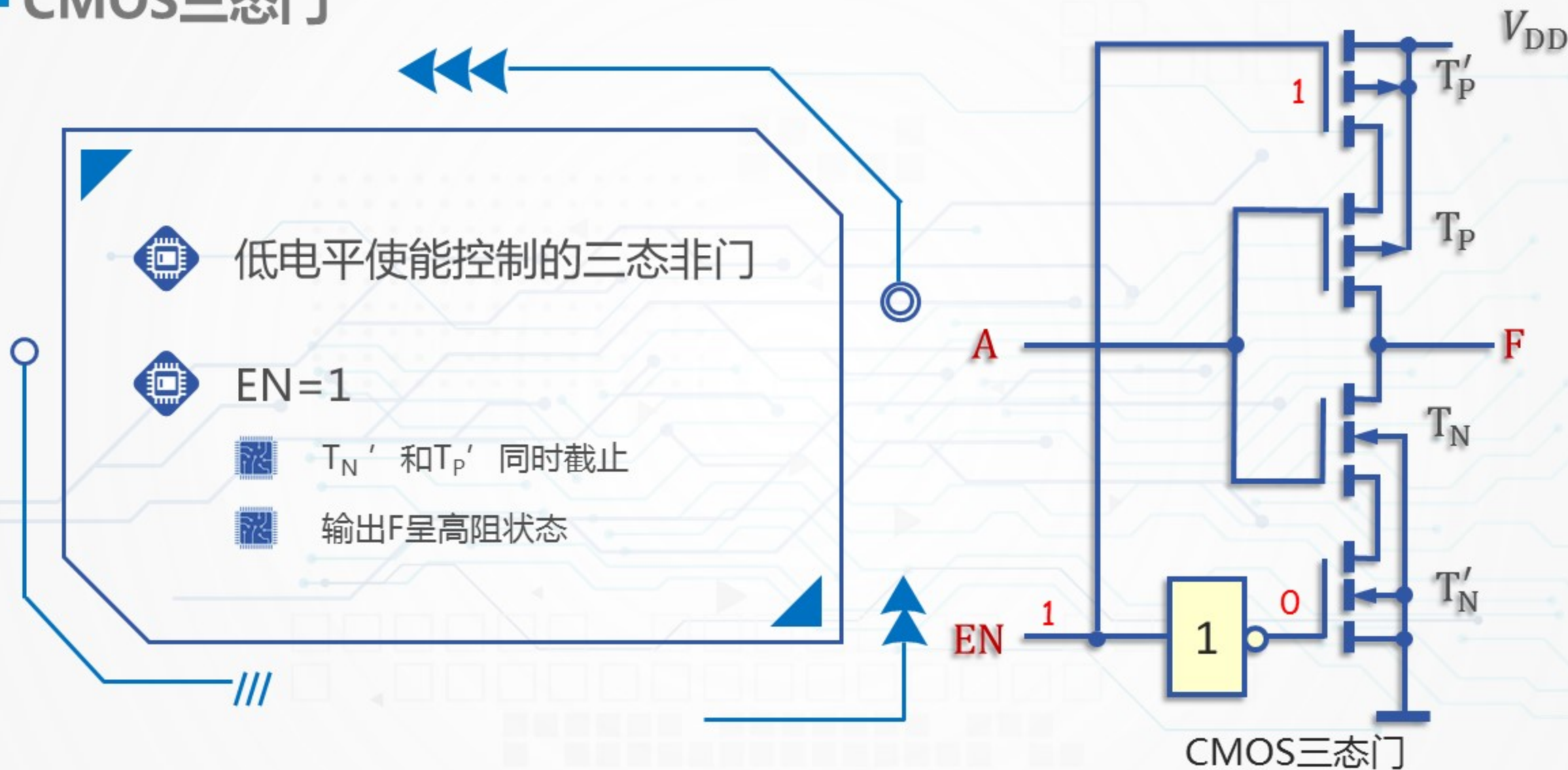
在CMOS反相器的基础上增加  
NMOS管  $T_N'$  和PMOS管  $T_P'$

低电平使能控制的三态非门



CMOS三态门

## CMOS三态门



## CMOS三态门



低电平使能控制的三态非门



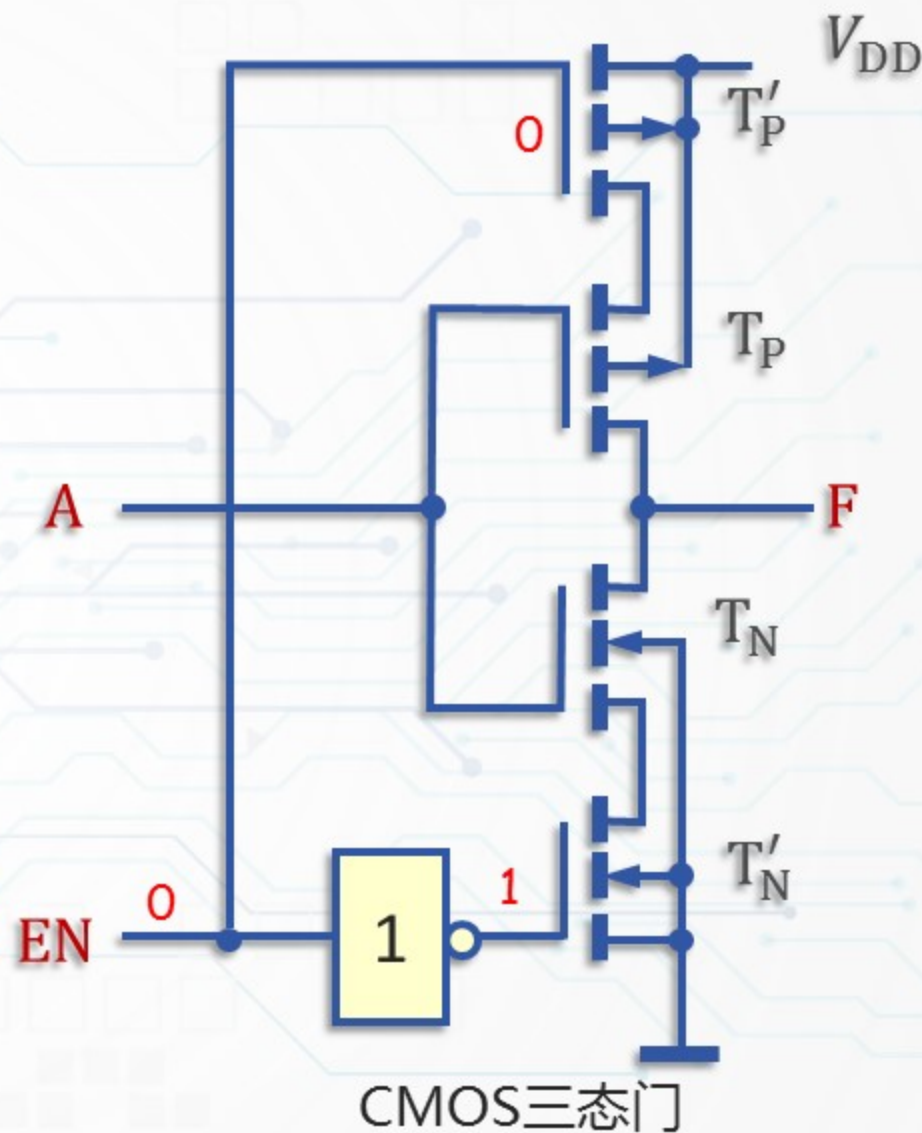
$EN=0$



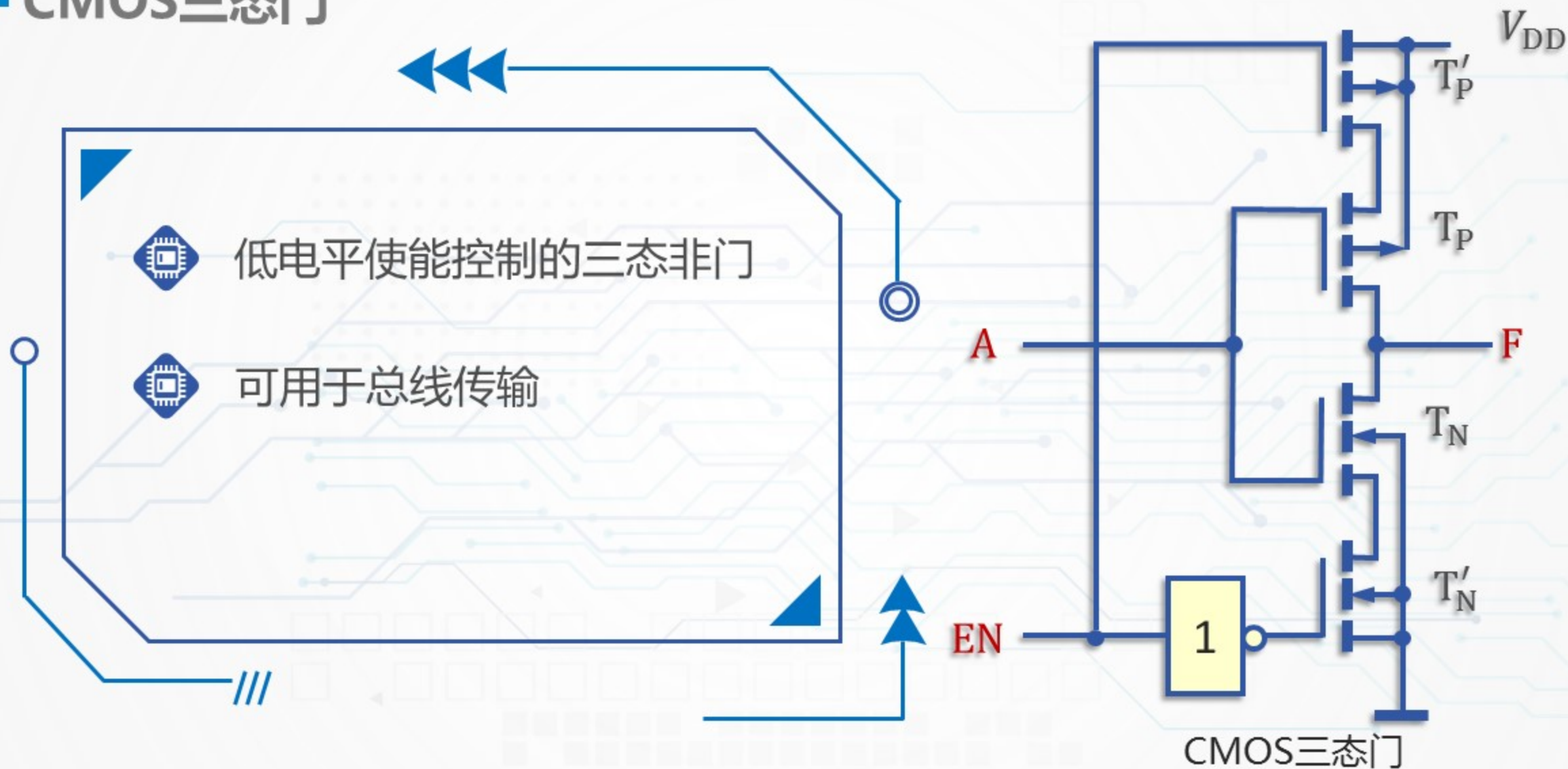
$T_N'$  和  $T_P'$  同时导通



实现非门功能

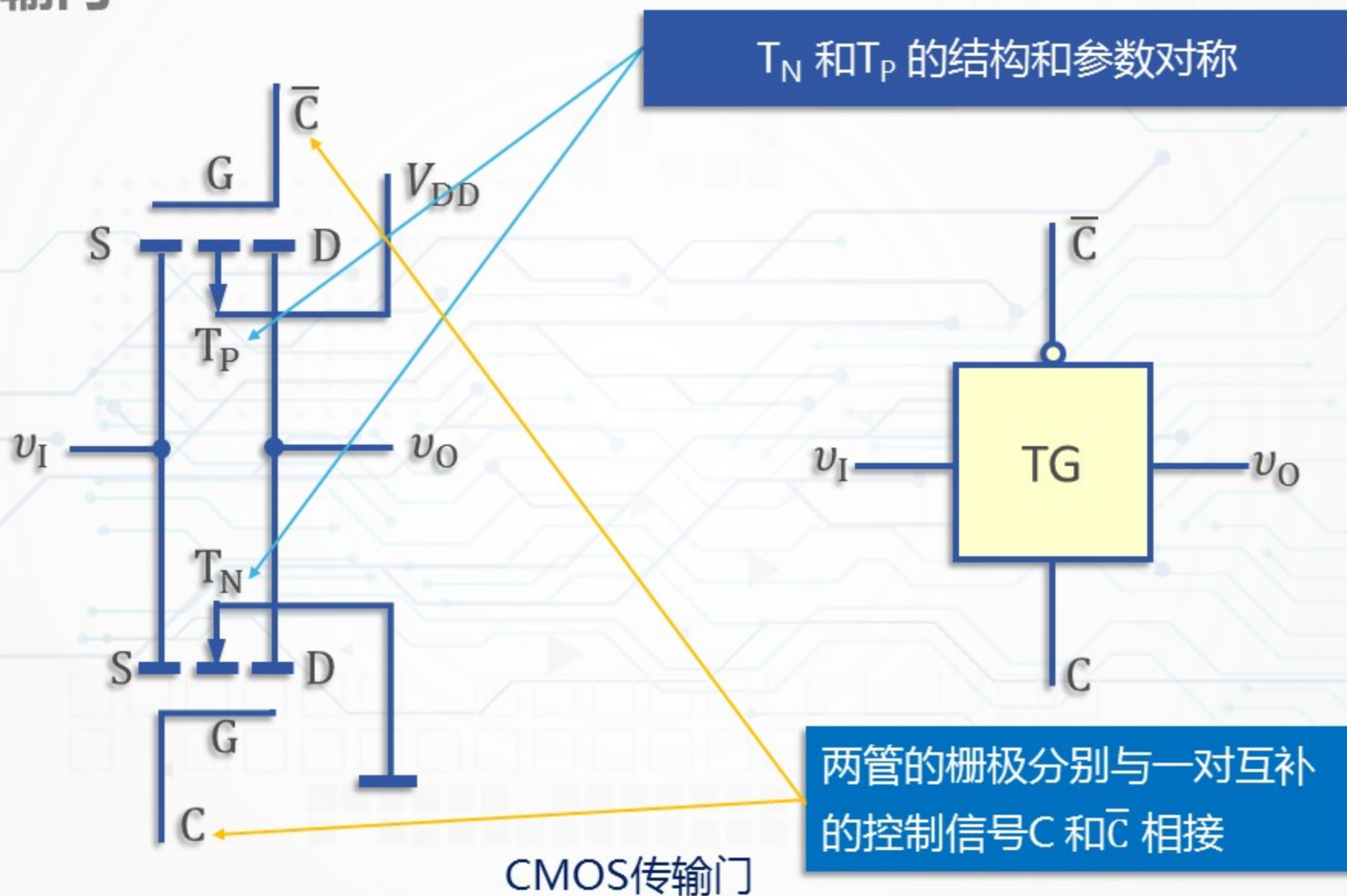






## CMOS三态门

## CMOS传输门



## CMOS传输门

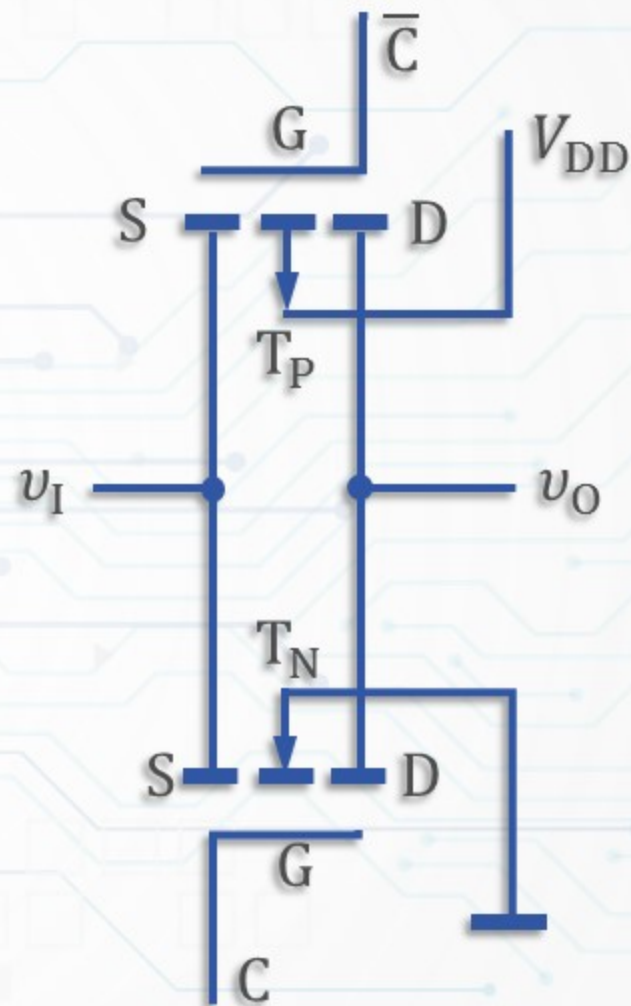
MOS管的结构是对称的

源极和漏极可以互换使用

传输门的输入端和输出端可以互换使用

MOS传输门具有双向

又称为可控双向开关





# 数字电路与逻辑设计

Digital circuit and logic design

谢谢，祝学习快乐！

主讲教师 | 于俊清

03