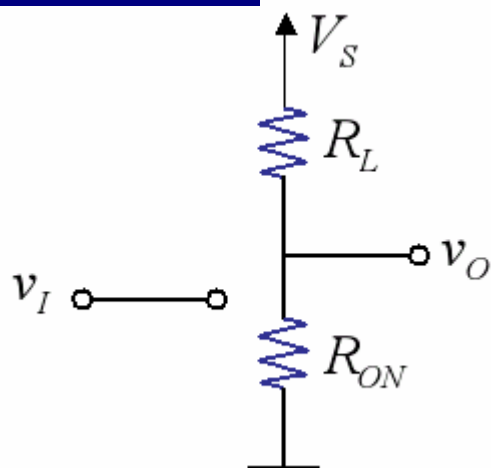


6.002

电路与
电子学

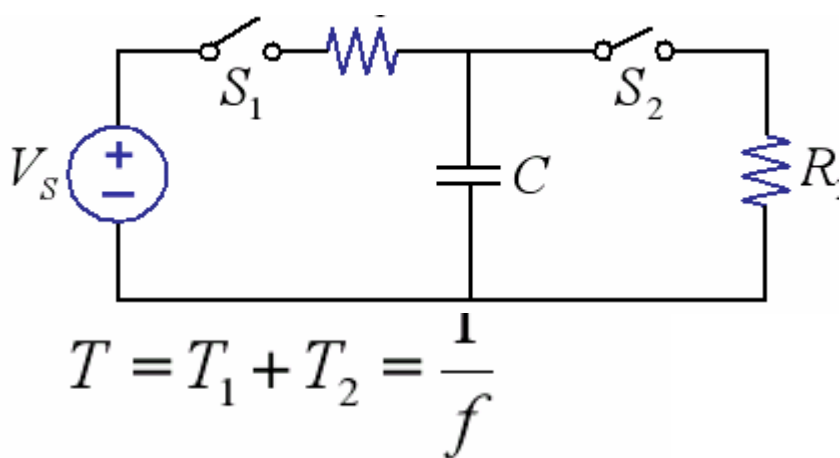
能耗 ， CMOS 管

复习



$$P = \frac{V_S^2}{R_L + R_{ON}} \quad \star$$

■ T_1 : 开关 关
 T_2 : 开关 开



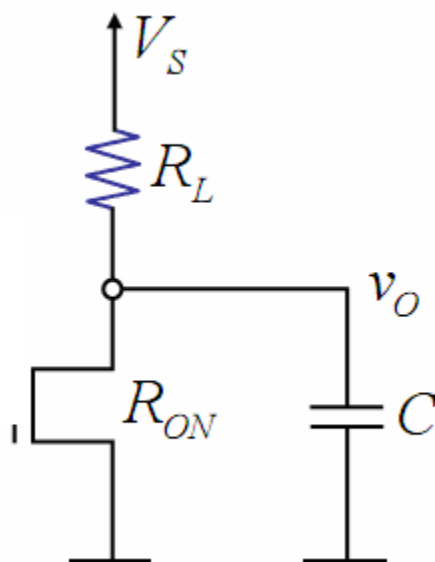
$$T = T_1 + T_2 = \frac{1}{f}$$

$$\bar{P} = CV_S^2 f \quad \star \star$$

阅读: A&L 的 12.5

复习

反相器--



方波输入:

$$T = \frac{1}{f}$$

$$\bar{P} = \frac{V_s^2}{2R_L} + CV_s^2 f$$

$$R_L \gg R_{ON}$$

$$\frac{T}{2} \gg "RC"$$

时间常数

演示

为直流分量
与频率无关,

MOS 工作半个周期

为动态分量.

与转换电容有关

在待机状态下, 可以假设
在芯片中一半的门电路是
导通的.

在静止模式下, 频率是零, 电
能的交流分量是零.

复习

$$\bar{P} = \frac{V_s^2}{2R_L} + CV_s^2 f$$

有 10 的 6 次方个门电路的芯片通以 100MHz 的时钟信号

$$C = 1fF, R_L = 10K\Omega, f = 100 \times 10^6, V_s = 5V$$

$$\bar{P} = 10^6 \left[\frac{5^2}{2 \times 10 \times 10^3} + 10^{-15} \times 5^2 \times 100 \times 10^6 \right]$$

=1.25kw

+

2.5w

有问题！

不错

- 与频率无关
- 仍然是待机损耗，
(假设 $f \rightarrow 0$ ，半数的 MOS 管导通)，

- $\propto f$
- $\propto V_s^2$

V_s 降低

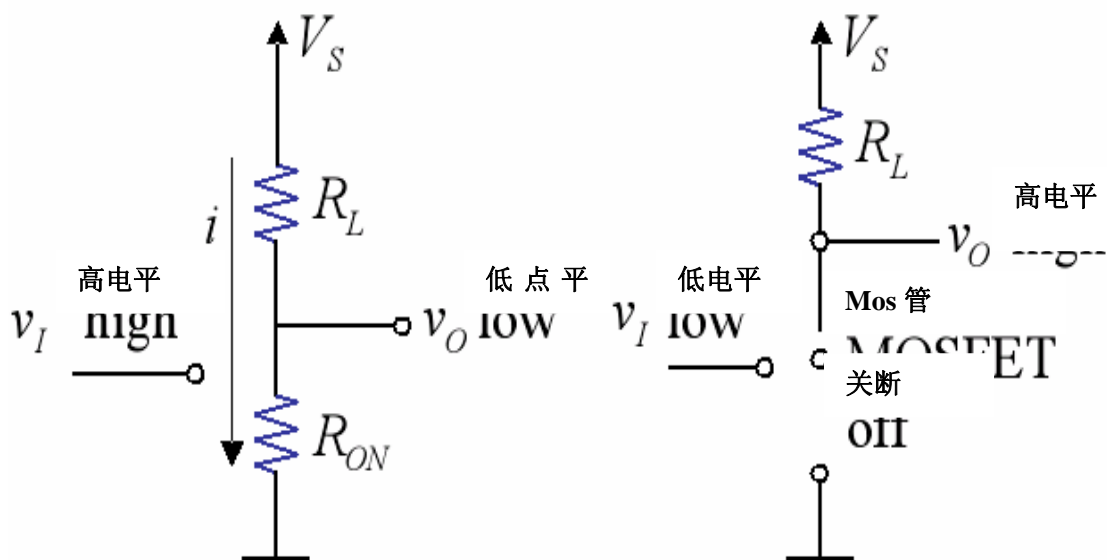
5v \rightarrow 1v

- 一定要解决这个问题

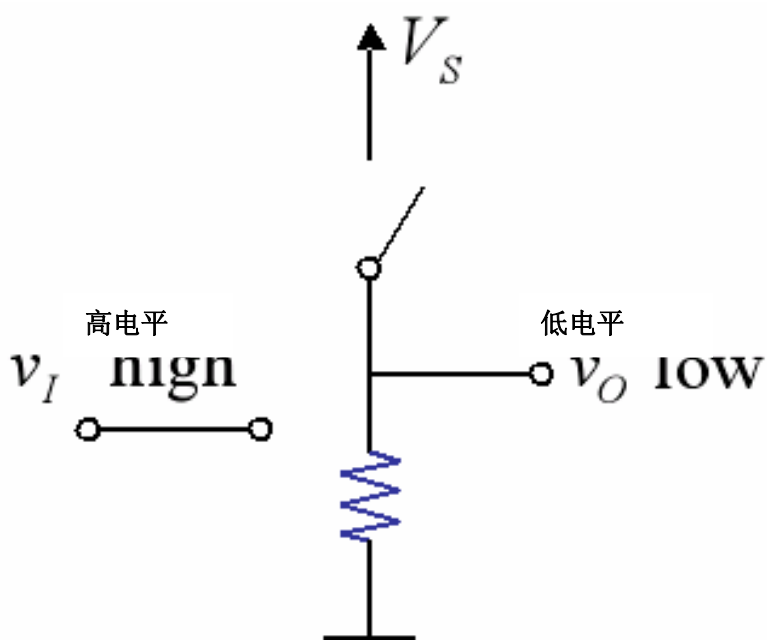
2.5w \rightarrow 150mw

怎样消除静态损耗

直觉是：

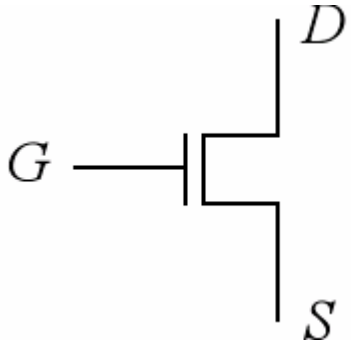


理想的：



新式 P 沟道场效应管：

N 沟道 mos 管

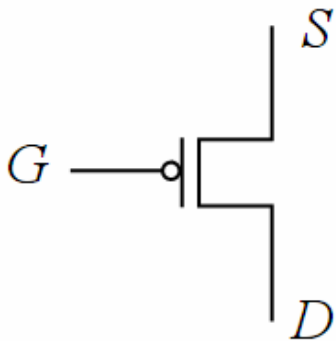


当 $v_{GS} \geq V_{TN}$ 时导通

当 $v_{GS} < V_{TN}$ 时关断

举例来说 $V_{TN} = 1V$

p沟道mos管

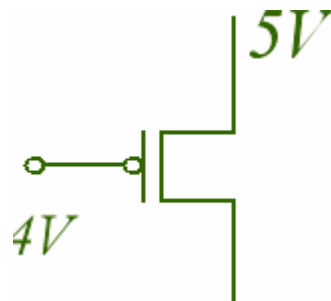


当 $v_{GS} \leq V_{TP}$ 时导通

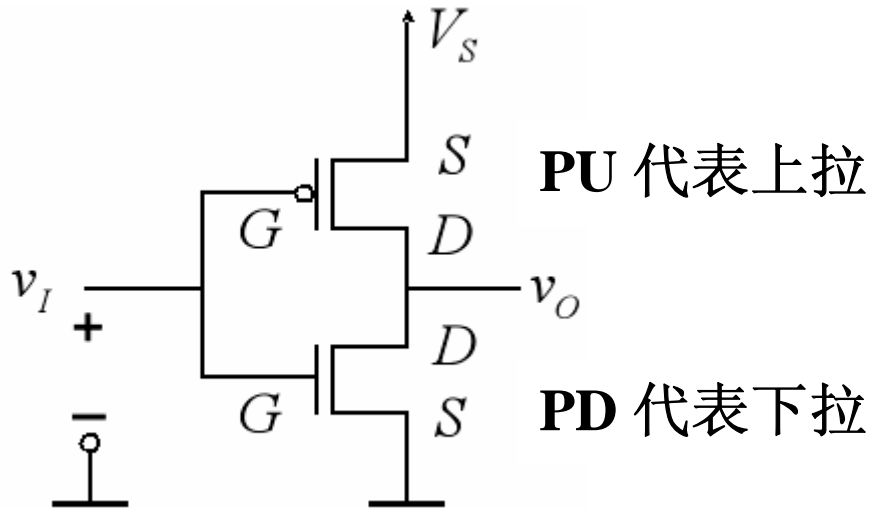
当 $v_{GS} > V_{TP}$ 时关断

举例来说 $V_{TP} = -1V$

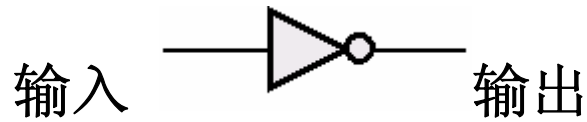
低于 4v
时导通



分析这个电路：

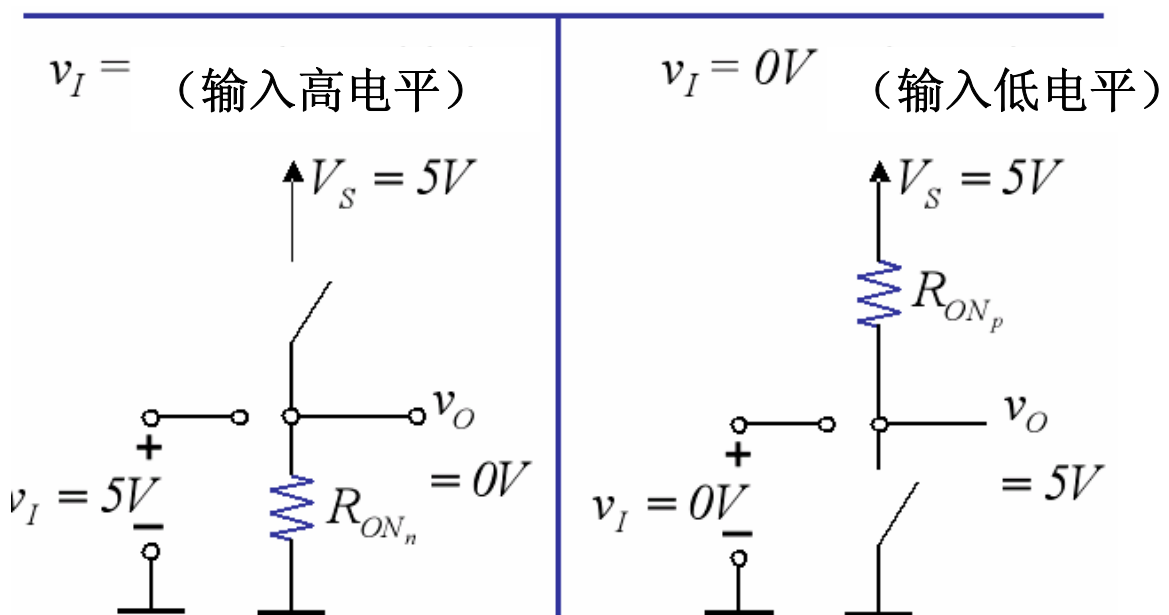
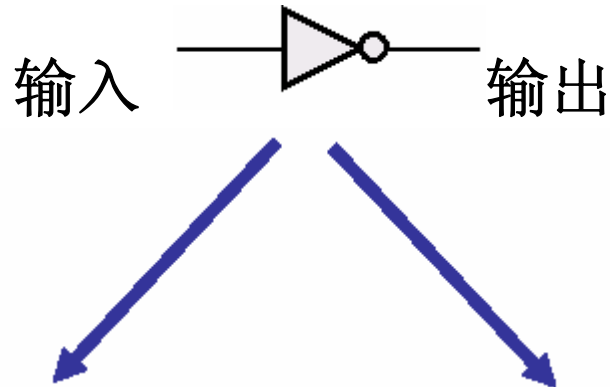


像一个反相器一样：



分析这个电路：

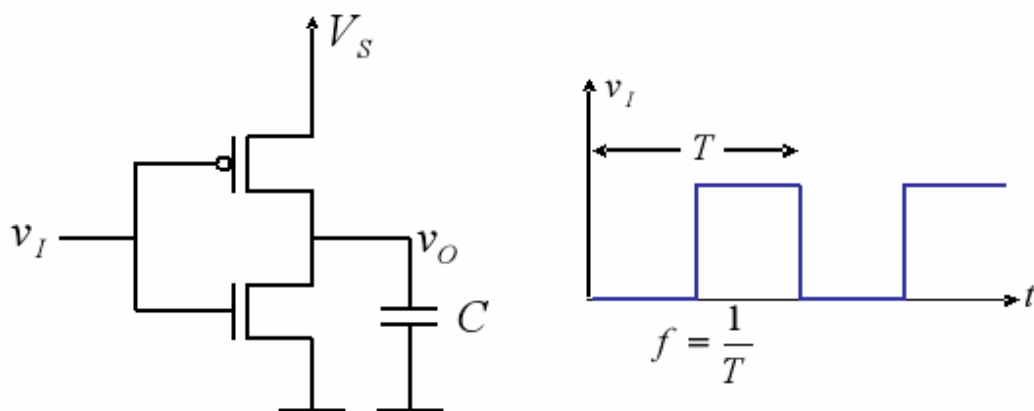
像一个反相器一样：



叫做 CMOS 逻辑 互补 MOS 管
(我们先前的逻辑叫 “NMOS 逻辑”)

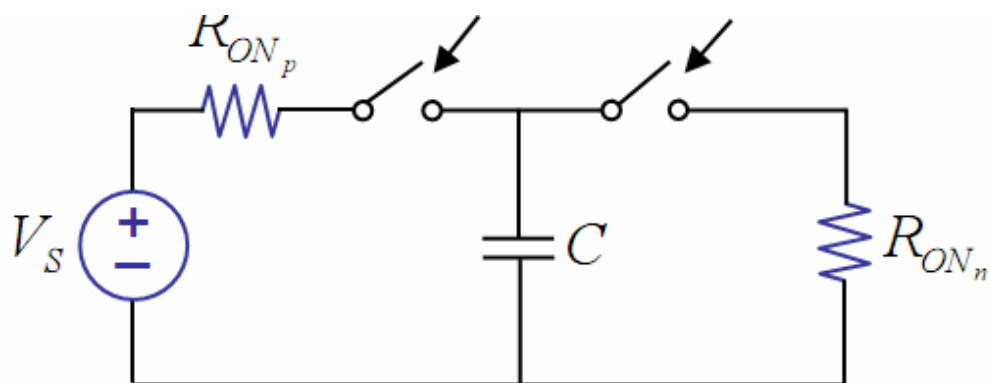
解： V_S 与地之间没有通道，没有静态损耗：

计算 $\bar{P}_{DYNAMIC}$ ：



当 v_I 为低电平时关

当 v_I 为高电平时关



$$\bar{P} = C V_S^2 f$$

由

得出

关于先前的例子：

$$C = 1fF, V_s = 5V, f = 100MHz, 1$$

$$\overline{P} = CV_s^2 f$$

$$= 10^{-15} \times 5^2 \times 100 \times 10^6$$

$$= 2.5 \mu\text{watts}$$

对于有 1000000 个门电路的芯片 $\overline{P} = 2.5 \mu\text{watts}$

Gates	f	\overline{P}	
10^6	100 MHz	~2.5 watts	奔腾?
2×10^6	300 MHz	~15 watts	PII?
2×10^6	600 MHz	~30 watts	PII?
8×10^6	1.2 GHz	~240 watts	PIII?
25×10^6	3 GHz	~1875 watts	PIV?

“保持其他的相同”

怎样降低电能

① V_s 5V \rightarrow 3V \rightarrow 1.8V \rightarrow 1.5V
~PIV \rightarrow 170 watts \rightarrow 好一些, 但还是高

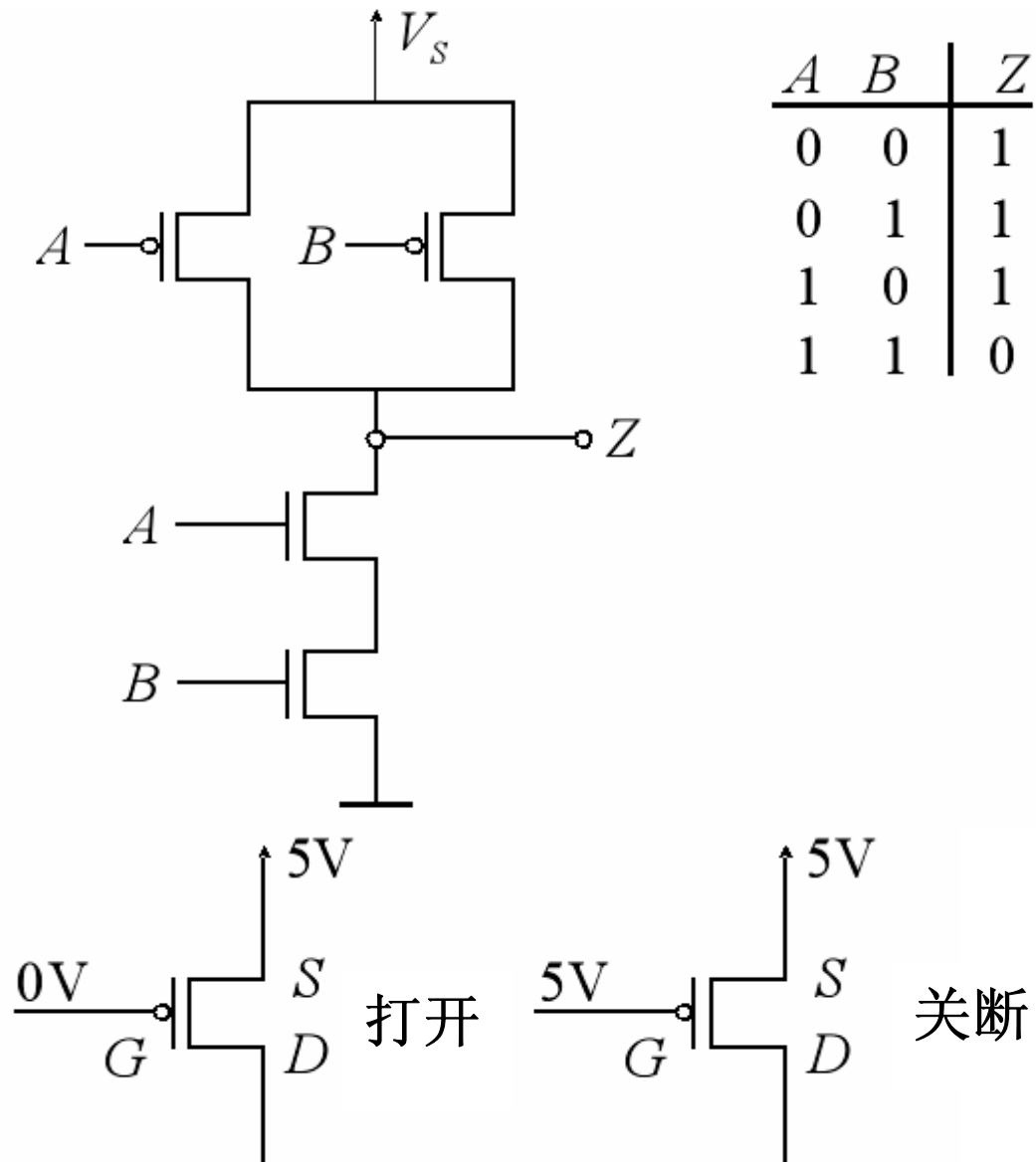


而且用散热器

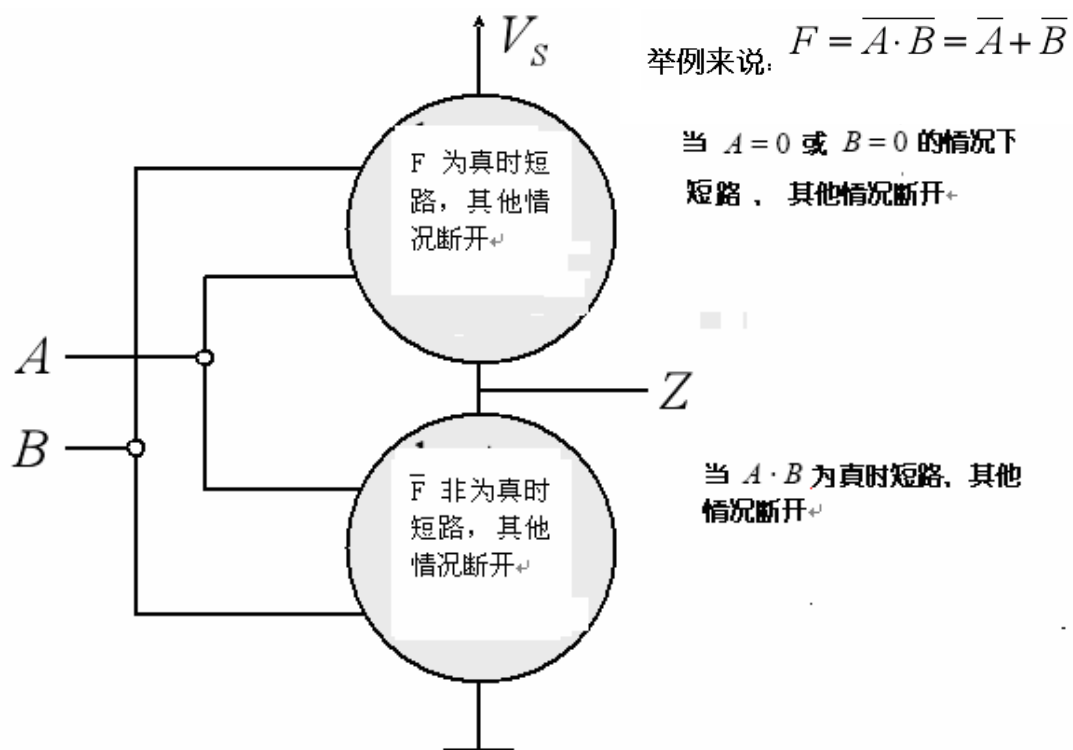
② 当不使用时关掉时钟信号

③ 根据需要改变 V_s

CMOS 逻辑 与非门:



总之，如果我们要实现 F



记住摩根定律