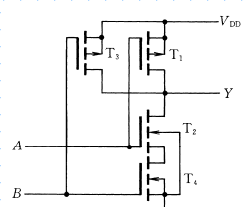


2022年 秋季学期

二、带缓冲级的CMOS门

1. 与非门



存在的缺点:

(1): 输出电阻 R_o 受输入状态影响

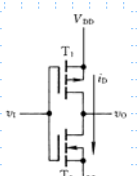
$A=1, B=1$ 则 $R_o = R_{ON2} + R_{ON4} = 2R_{ON}$

$A=0, B=0$ 则 $R_o = R_{ON1} // R_{ON3} = \frac{1}{2}R_{ON}$

$A=0, B=1$ 则 $R_o = R_{ON1} = R_{ON}$

$A=1, B=0$ 则 $R_o = R_{ON3} = R_{ON}$

(2) 输出的高低电平受输入端数目的影响
输入端越多, V_{OL} 越高, V_{OH} 也更高



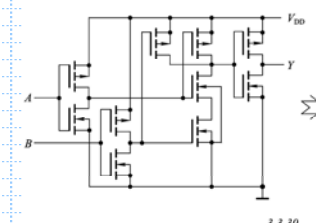
wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

1

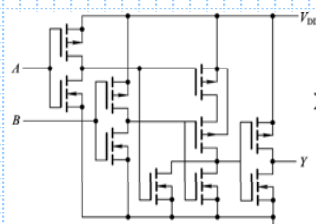
2022年 秋季学期

带缓冲级的CMOS门

2. 解决方法



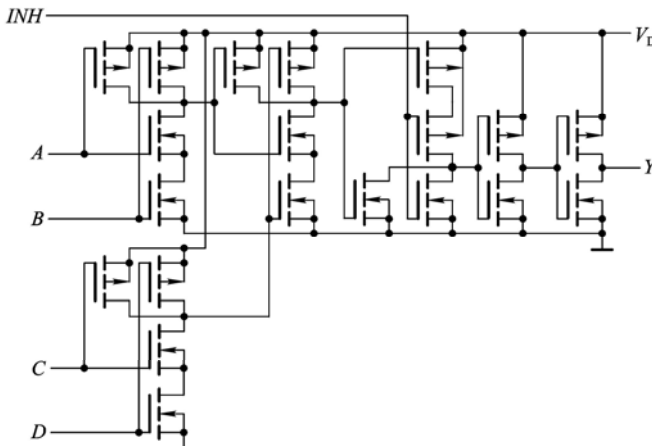
3-3-30



wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

2

2022年 秋季学期



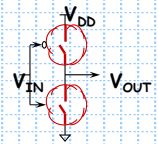
(c)

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

3

2022年 秋季学期

Complementary pullups and pulldowns



Now you know what the "C" in CMOS stands for!

We want **complementary** pullup and pulldown logic, i.e., the pulldown should be "on" when the pullup is "off" and vice versa.

pullup	pulldown	$F(A_1, \dots, A_n)$
on	off	driven "1"
off	on	driven "0"
on	on	driven "X"
off	off	no connection "Z"

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

4

2022年 秋季学期

pullup	pulldown	$F(A_1, \dots, A_n)$
on	off	driven "1"
off	on	driven "0"
on	on	driven "X"
off	off	no connection "Z"

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

5

2022年 秋季学期

三、漏极开路的门电路 (OD门)

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

6

2022年 秋季学期

1. 可将输出并联使用，实现线与或用作为电平转换、驱动器
2. 使用时外接 R_L, V'_{DD} (V'_{DD} 可以不等于 V_{DD})

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

7

2022年 秋季学期

R_L 的计算方法

$$V_{DD} - (nI_{OH} + mI_{IH})R_L \geq V_{OH}$$

$$R_L \leq (V_{DD} - V_{OH}) / (nI_{OH} + mI_{IH}) = R_{Lmax}$$

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

8

2022年 秋季学期

R_L 的计算方法

$$(V_{DD} - V_{OL})/R_L + m'/I_{IL} \leq I_{OLmax}$$

$$R_L \geq (V_{DD} - V_{OL})/(I_{OLmax} - m'/I_{IL}) = R_{Lmin}$$

$$R_{Lmax} \geq R_L \geq R_{Lmin}$$

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

9

2022年 秋季学期

Complementary pullups and pulldowns

Now you know what the "C" in CMOS stands for!

We want **complementary** pullup and pulldown logic, i.e., the pulldown should be "on" when the pullup is "off" and vice versa.

pullup	pulldown	F(A ₁ , ..., A _n)
on	off	driven "1"
off	on	driven "0"
on	on	driven "X"
off	off	no connection "Z"

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

10

2022年 秋季学期

四、三态输出门

(a) (b)

$EN' = 0$ 时, $Y = A'$
 $EN' = 1$ 时, $Y = Z$ (高阻)

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

11

2022年 秋季学期

三态门的用途

3-3-41 3-3-42

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

12

2022年 秋季学期

一、晶体管的结构和符号

为什么有孔?

小功率管 中功率管 大功率管

发射区 基区 集电区

发射结 集电结

基极

集电极

NPN型 PNP型

多子浓度很低, 且很薄

面积大

晶体管有三个极、三个区、两个PN结。

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

17

2022年 秋季学期

二、晶体管的放大原理

放大的条件: $u_{BE} > U_{on}$ (发射结正偏)
 $u_{CB} \geq 0$, 即 $u_{CE} \geq u_{BE}$ (集电结反偏)

少数载流子的运动

因集电区面积大, 在外电场作用下大部分扩散到基区的电子漂移到集电区

因基区薄且多子浓度低, 使扩散到基区的电子 (非平衡少数子) 中的极少数与空穴复合

因发射区多子浓度高使大量电子从发射区扩散到基区

基区空穴的扩散

扩散运动形成发射极电流 I_E , 复合运动形成基极电流 I_B , 漂移运动形成集电极电流 I_C 。

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

18

2022年 秋季学期

电流分配:

$I_E = I_B + I_C$

I_E — 扩散运动形成的电流
 I_B — 复合运动形成的电流
 I_C — 漂移运动形成的电流

直流电流放大系数 $\bar{\beta} = \frac{I_C}{I_B}$

交流电流放大系数 $\beta = \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B}$

穿透电流* $I_{CEO} = (1 + \bar{\beta}) I_{CBO}$

集电结反向电流*

为什么基极开路集电极回路会有穿透电流? (*)

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

19