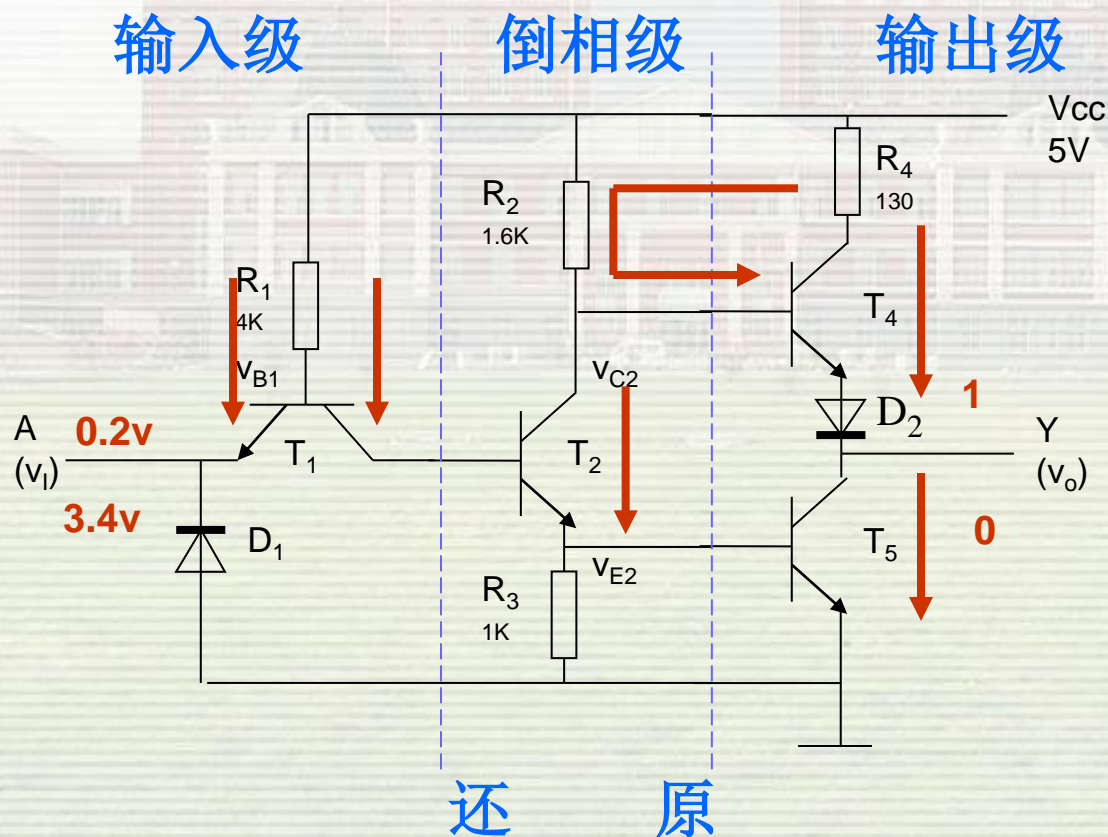


3.4.1 TTL反相器的电路结构和工作原理

一、电路结构



当 $V_i = V_{iL}$ 时

当 $V_i = V_{iH}$ 时

二、电压传输特性

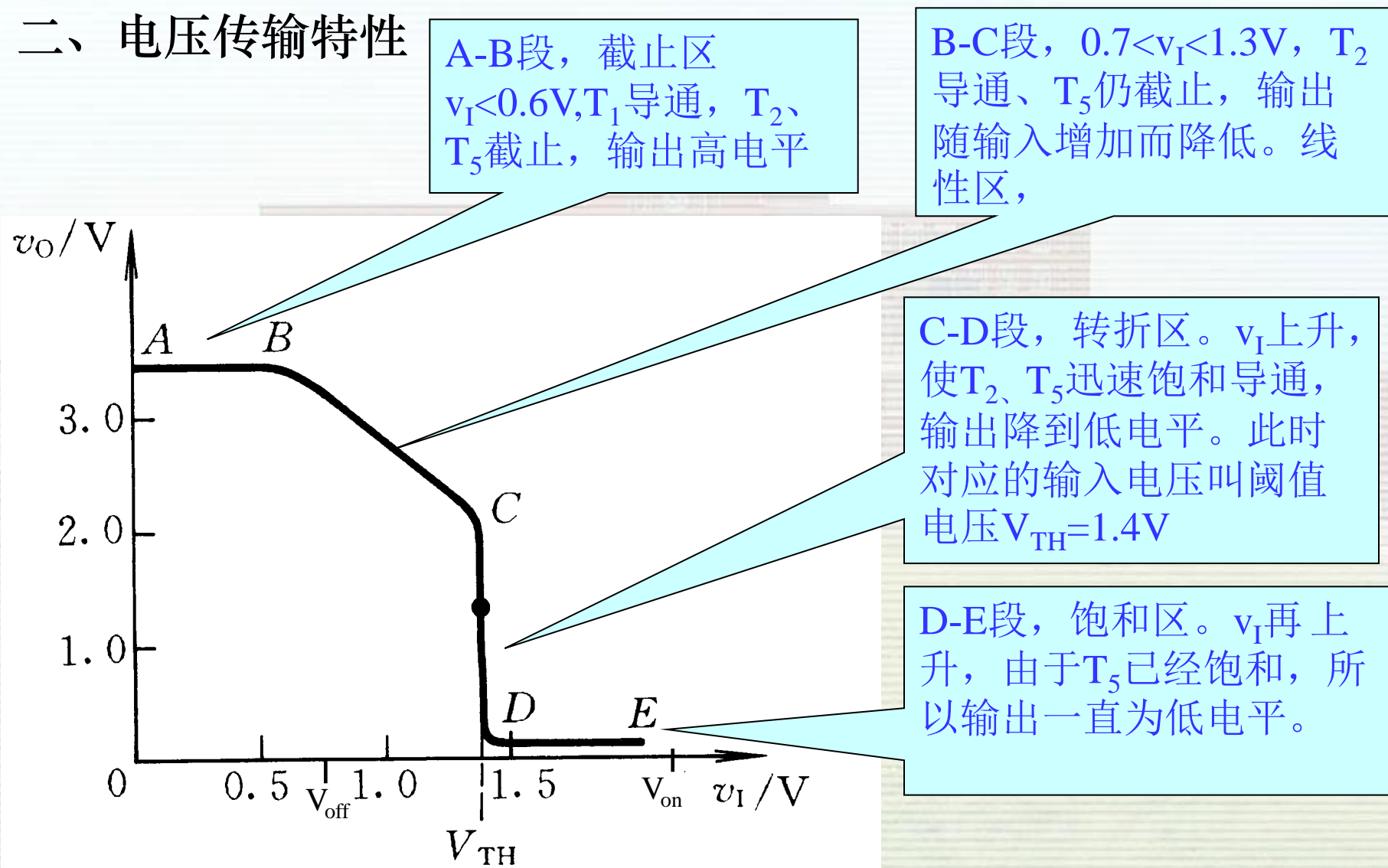
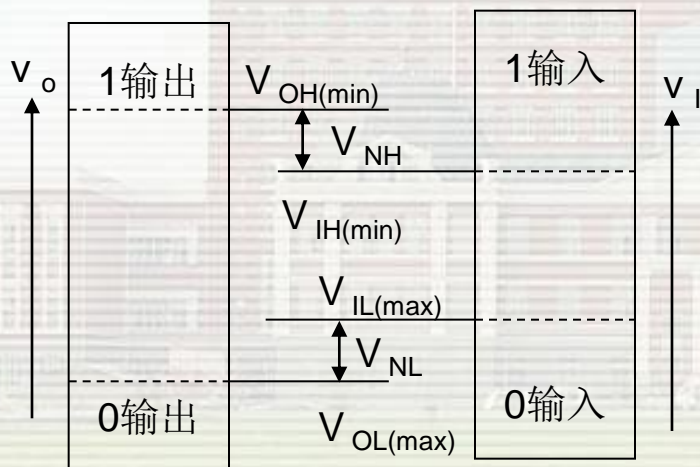


图3.4.2 TTL反相器的电压传输特性

三、輸入端噪声容限

定义：在保证输出高低电平基本不变(或变化的大小不超过允许限度)的条件下，输入电平允许的波动范围。



$V_{OH(min)}$ -允许最低高电平输出

$V_{OL(max)}$ -允许最高低电平输出

$V_{IH(min)}$ -允许最低高电平输入

$V_{IL(max)}$ -允许最高低电平输入

输入为高电平的噪声容限

$$V_{NH} = V_{OH(min)} - V_{IH(min)}$$

输入为低电平的噪声容限

$$V_{NL} = V_{IL(max)} - V_{OL(max)}$$

噪声容限大小反映抗干扰能力强弱

3.4.2 TTL反相器的静态输入特性和输出特性

一、输入特性

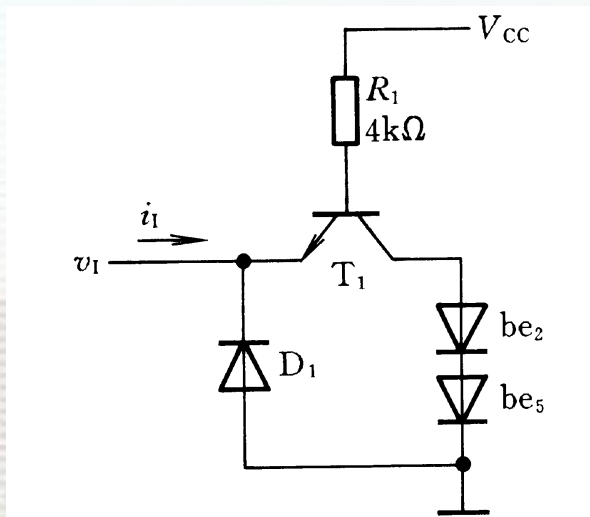


图3.4.4 TTL反相器的输入端等效电路

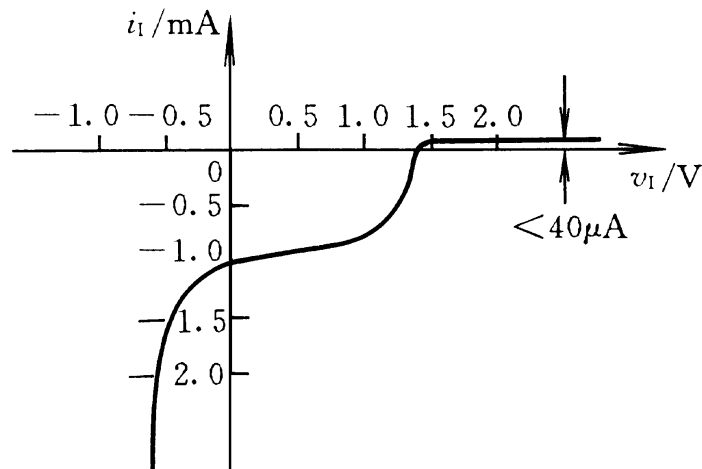


图3.4.5 TTL反相器的输入特性

$$\text{输入低电平电流: } I_{IL} = \frac{V_{CC} - v_{BE1} - V_{IL}}{R_1} \quad (2.4.3)$$

$$\text{输入短路电流: } I_{IS} = \frac{V_{CC} - v_{BE1}}{R_1}$$

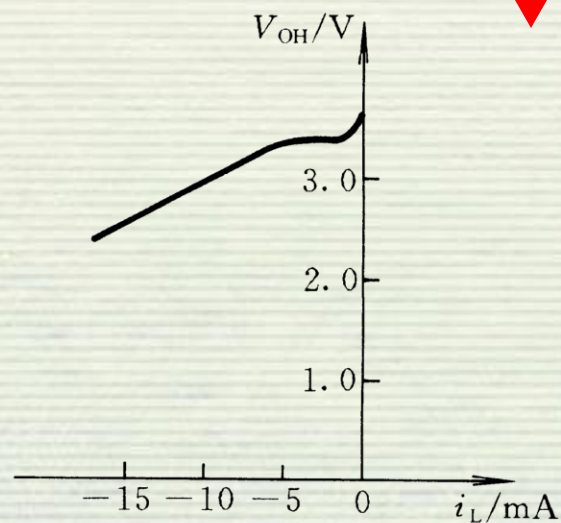
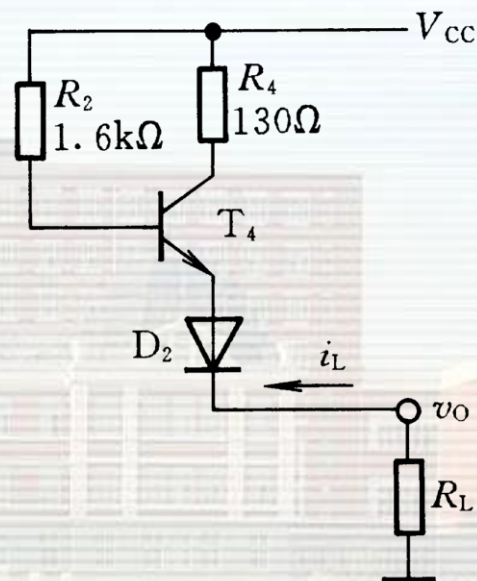
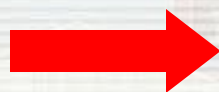
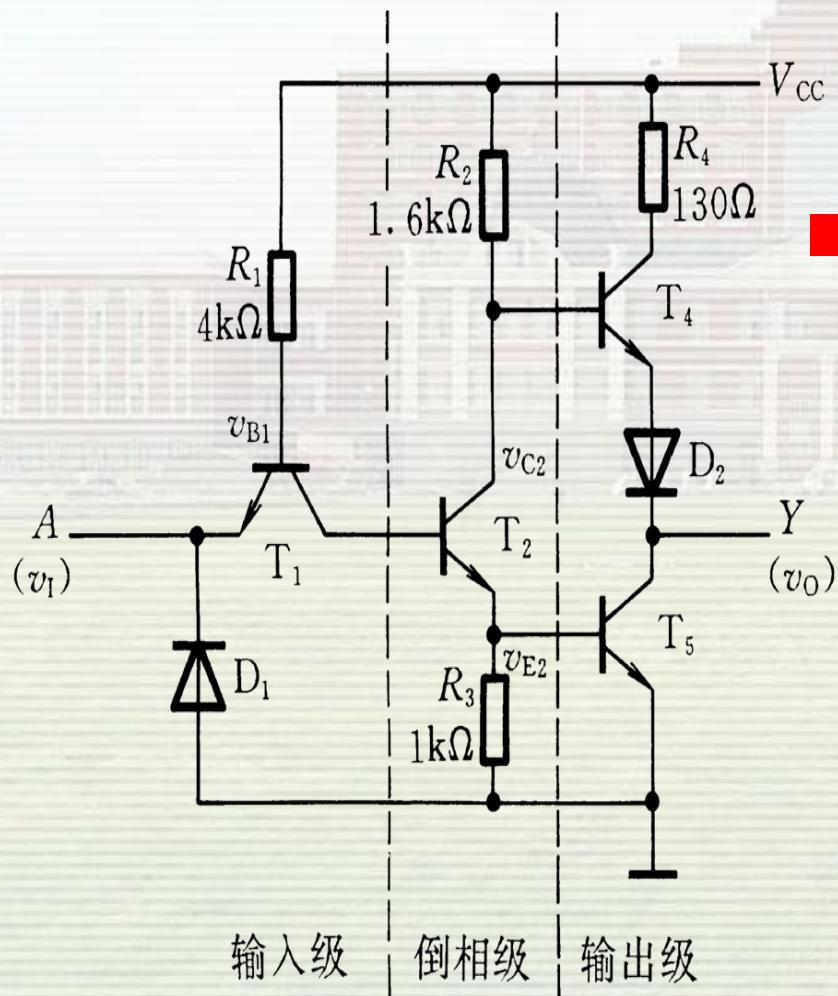
输入高电平电流: I_{IH} (T_1 的 c 和 e 倒置, 带来的反相输入电流, 但很小)

I_{IL} 和 I_{IH} 电流是门电路的灌电流和拉电流负载。



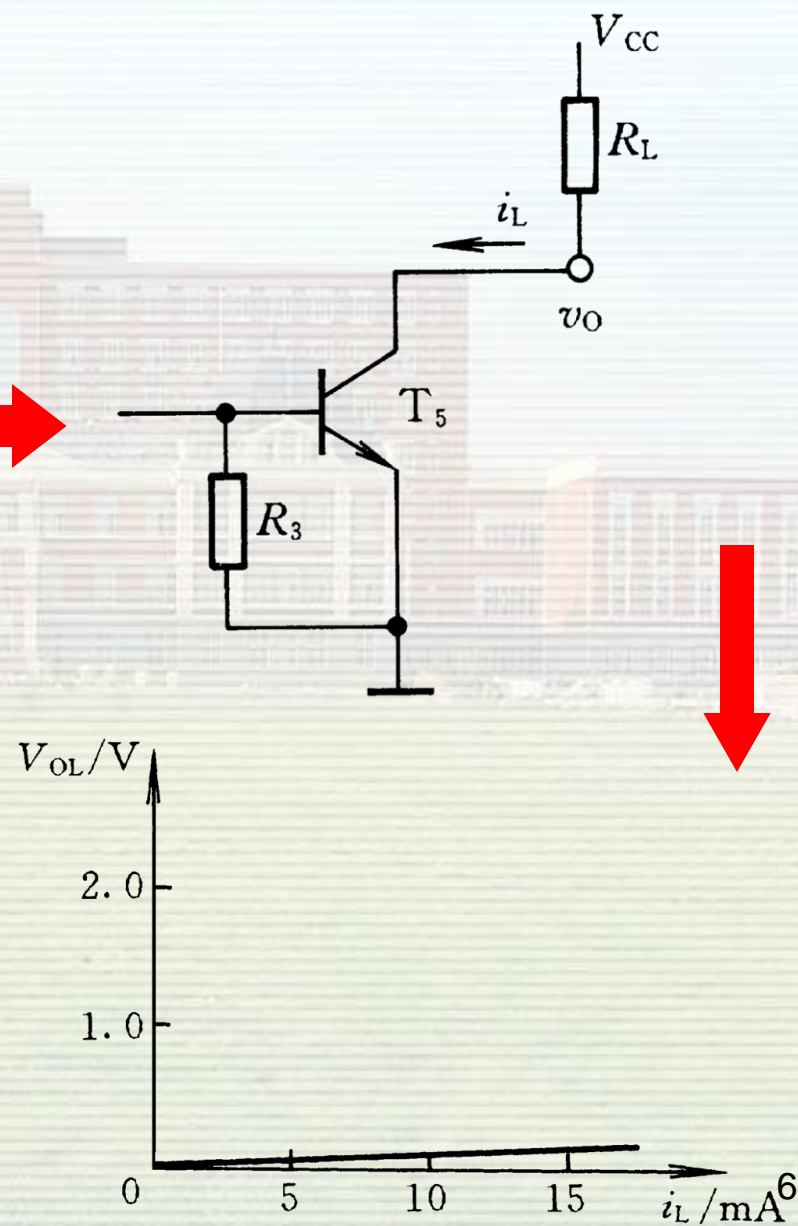
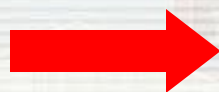
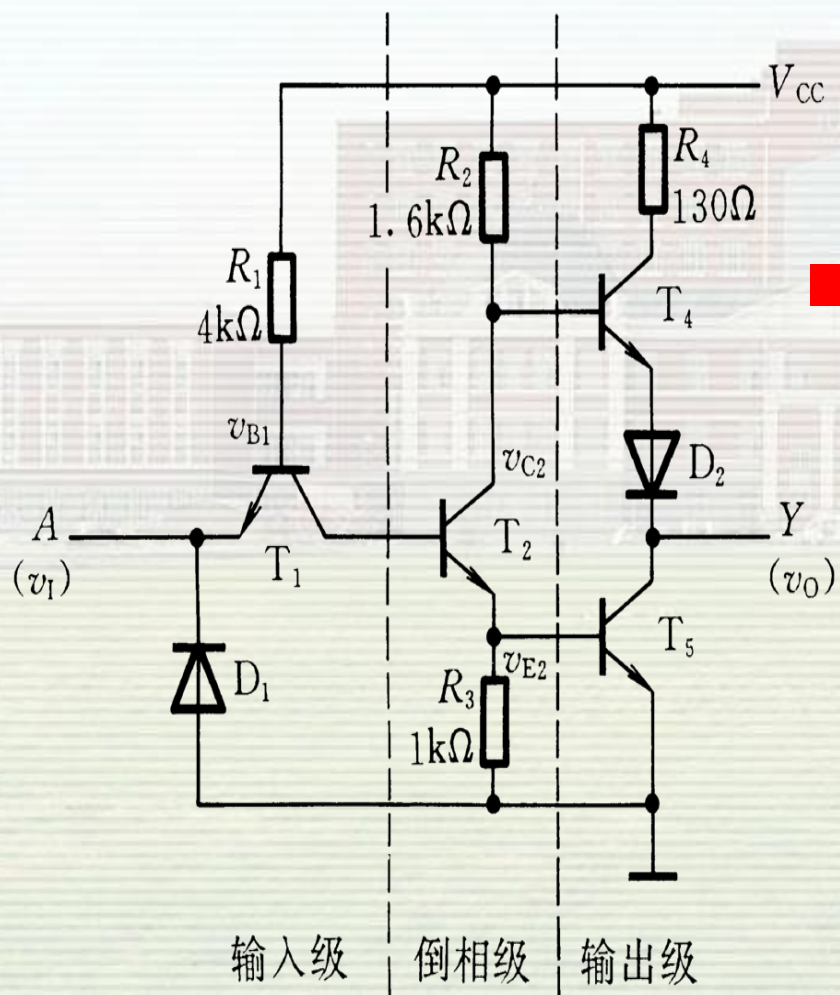
二、输出特性

1、高电平输出特性





2、低电平输出特性



三、输入端负载特性

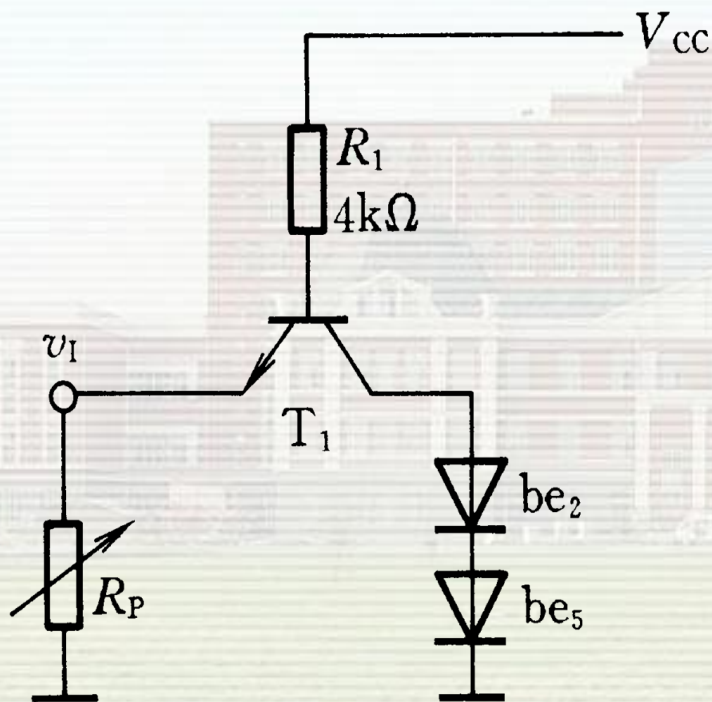


图3.4.11 TTL反相器输入端经电阻接地时的等效电路

$$v_I = \frac{R_P}{R_1 + R_P} (V_{CC} - v_{BE1})$$

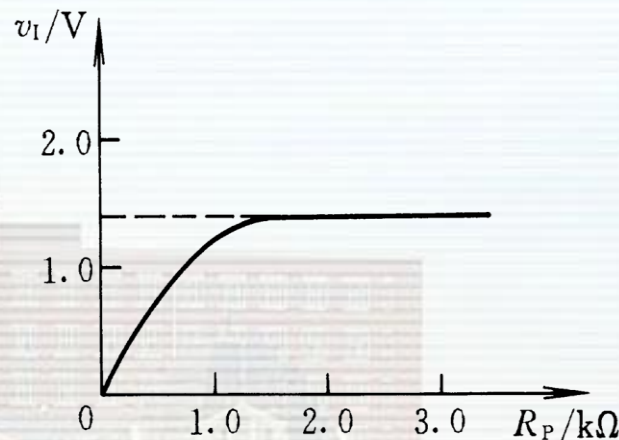


图3.4.12 TTL反相器输入端负载特性

$V_I < 1.4V$ 时， T_1 集电结截止。在 $R_P \ll R_1$ 的条件下， v_I 几乎与 R_P 成正比，

v_I 上升到 $1.4V$ ， T_2 和 T_5 的发射结同时导通，将 v_{B1} 钳在 $2.1V$ 左右，所以 R_P 再增大， v_I 也不会再升高，

特性曲线趋近于 $v_I = 1.4V$ 的一条水平线

3.4.3 TTL反向器的动态特性

一、传输延迟时间

存在原因：二极管、三极管导通变截止或者截止变导通需要一定时间，而且各元器件寄生电容存在

传输延迟时间：输出电压波形滞后于输入电压波形的时间。

t_{PLH} —— 输出电压由低电平跳变为高电平时的传输延迟时间

t_{PHL} —— 输出电压由高电平跳变为低电平时的传输延迟时间

$$t_{pd} = (t_{PLH} + t_{PHL}) / 2$$

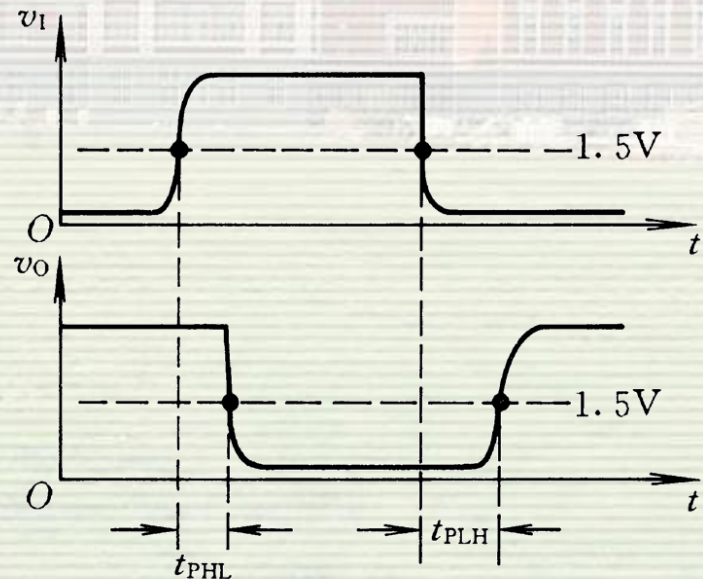
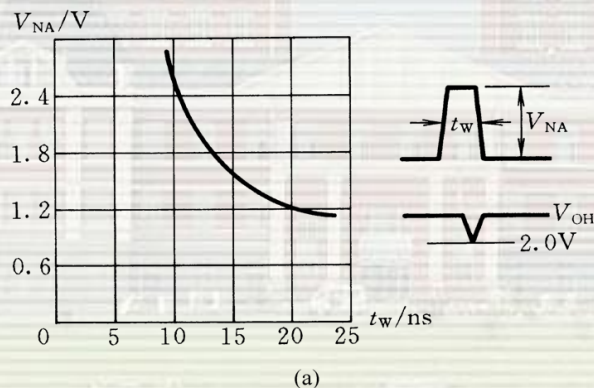


图3.4.14 TTL反相器的动态电压波形 8

二、交流噪声容限

当输入信号为窄脉冲，而且脉冲宽度接近于门电路传输延迟时间的情况下，为使输出状态改变所需要的脉冲幅度将远大于信号为直流所需要的信号变化幅度。

(a) 正脉冲噪声容限



t_w 表示输入脉冲宽度

V_{NA} 表示输入脉冲幅度

(b) 负脉冲噪声容限

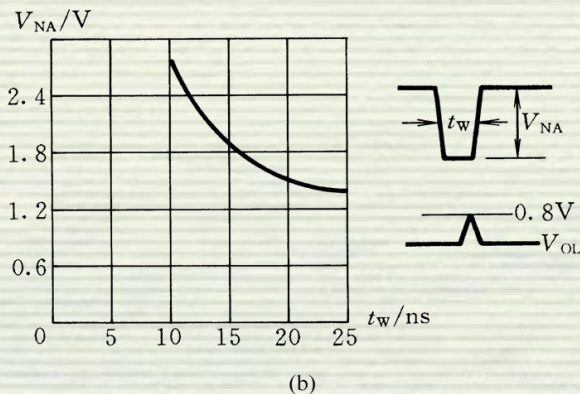
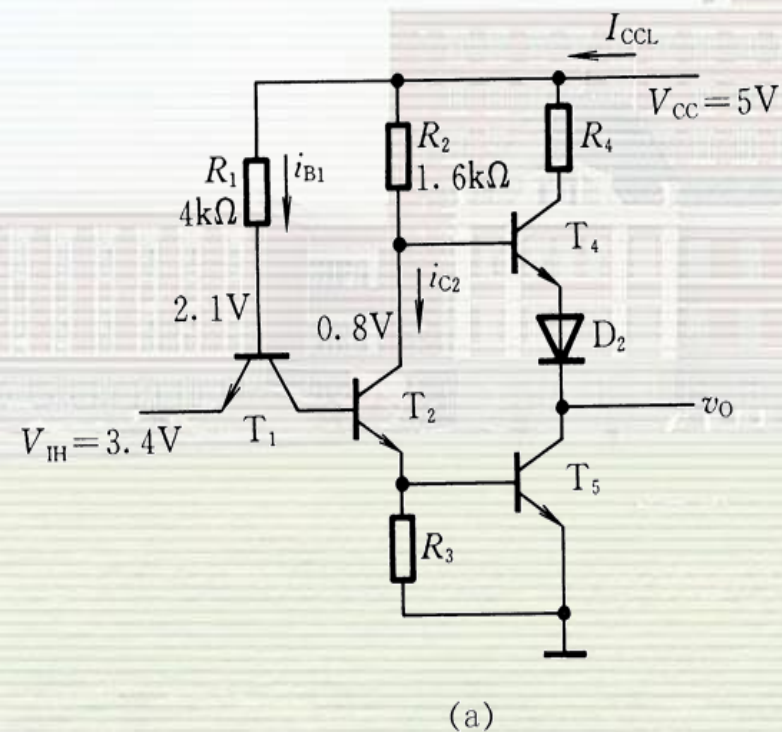


图3.4.15 TTL反相器的交流噪声容限



三、电源的动态尖峰电流

稳定状态下，输出电平不同时，它从电源所取的电流也不一样



$v_O = V_{OL}$ 时，

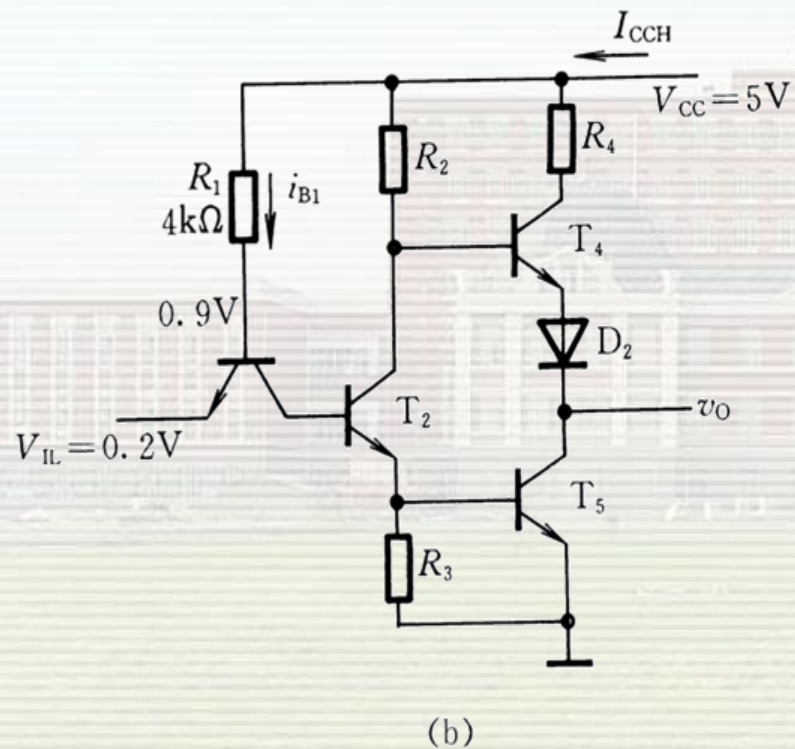
v_I 为高电平

若 $V_{IH} \geq 3.4V$

T_1 、 T_2 和 T_5 导通， T_4 截止

$$I_{CCL} = i_{B1} + i_{C2}$$

$$= \frac{V_{CC} - v_{B1}}{R_1} + \frac{V_{CC} - v_{C2}}{R_2}$$



$v_O = V_{OH}$ 时,

设 $v_I = V_{IL} = 0.2V$

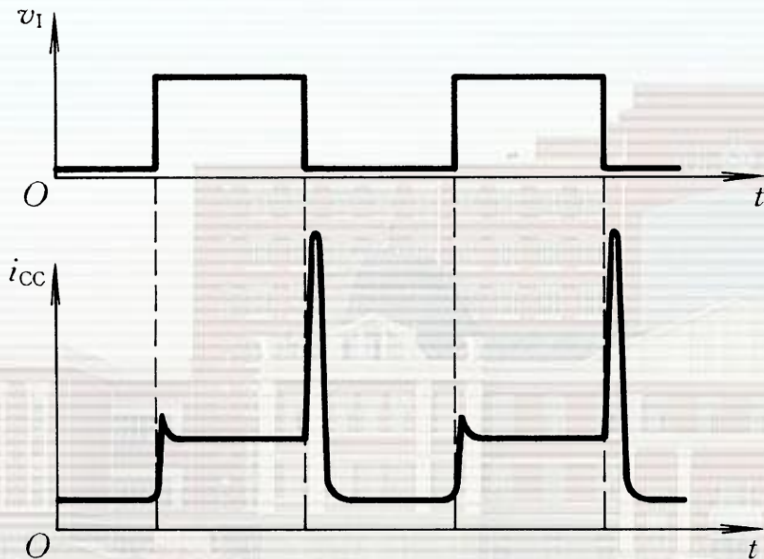
T_1 、 T_4 导通, T_2 和 T_5 截止

因为输出端没接负载, T_4 没有电流流过

$$I_{CCH} = i_{B1}$$

$$= \frac{V_{CC} - v_{B1}}{R_1}$$

动态情况下，特别是输出电压由低电平突然转变为高电平的时候



由于 T_4 导通时并非工作在饱和状态，能够较快截止， T_4 和 T_5 同时导通的时间很短，不会产生很大的瞬态电源电流

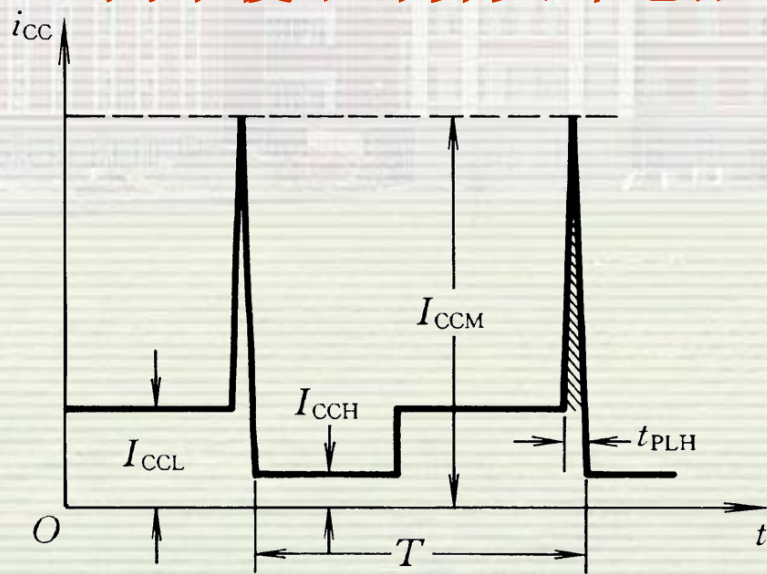
图3.4.17 TTL反相器的电源动态尖峰电流

T_5 原来工作在深度饱和状态， T_4 的导通必然先于 T_5 的截止，出现 T_4 和 T_5 同时导通的状态，有很大电流流经 T_4 和 T_5 ，电源电流出现尖峰脉冲

电源尖峰电流的影响:

1. 使电源的平均电流增加。
2. 当系统中有许多门电路同时转换工作状态时，电源的瞬时尖峰电流数值很大。

为了便于计算尖峰电流平均值，可把其视为三角波



一个周期内尖峰脉冲的平均值为:

$$I_{PAV} = \frac{\frac{1}{2}(I_{CCM} - I_{CCL})t_{PLH}}{T}$$

图3.4.19 电源尖峰电流近似波形

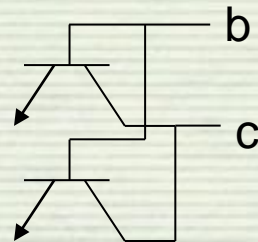
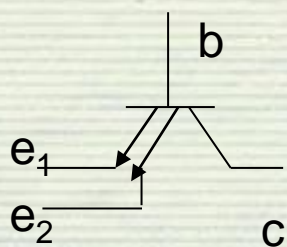
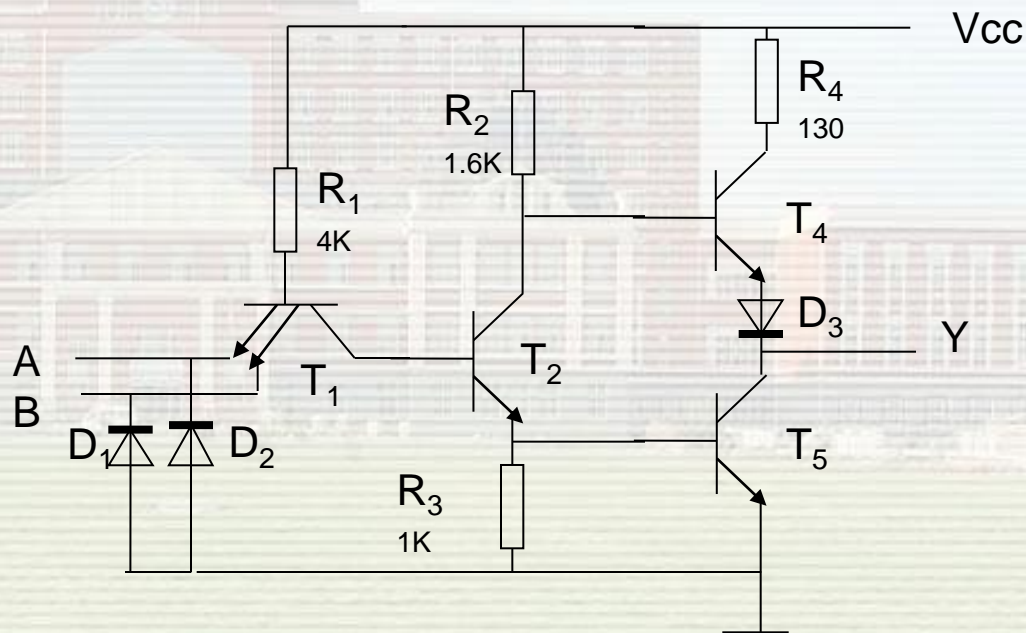
3.4.4 其他类型的TTL门电路

一、其他逻辑功能的门电路

1、与非门

A、B中有一个接低电平：
 T_1 、 T_4 导通， T_2 、 T_5 截止

A、B同为高电平：
 T_1 、 T_2 、 T_5 导通， T_4 截止



2、或非门

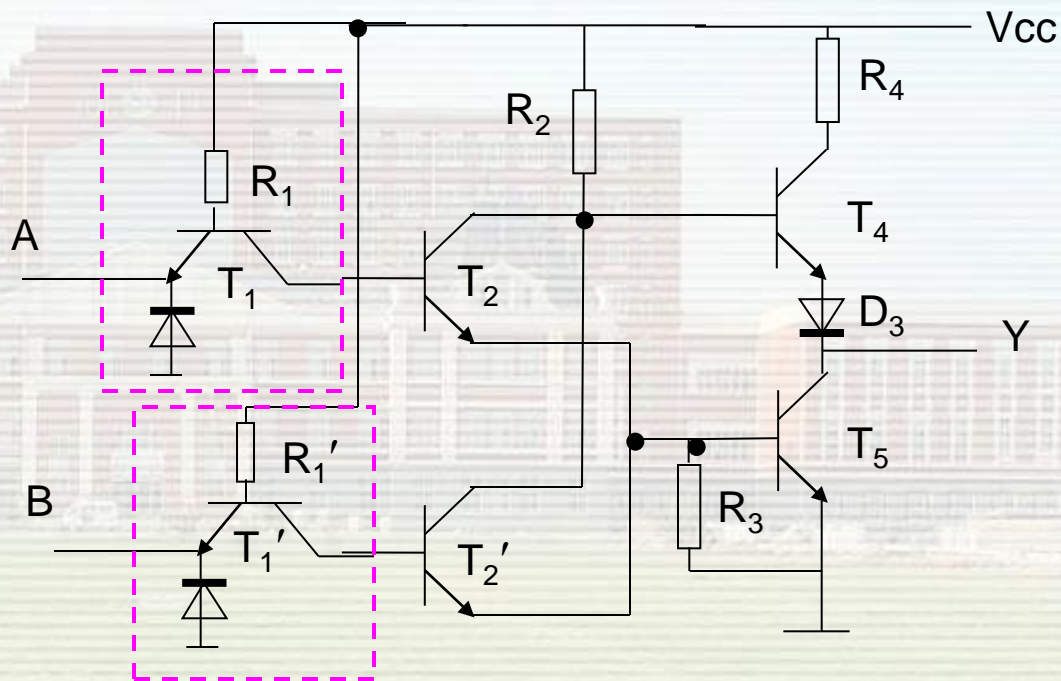
A或B有一个为高电平

T2、T5导通，T4截止

A、B同为低电平

T2、T2'截止

T5截止，T4导通



二、集电极开路的门电路（OC门）

传统电路 优点：输出电阻很低

缺点：输出端不能并联

电源一经确定，输出高电平固定

克服方法 输出级改为集电极开路的三极管结构

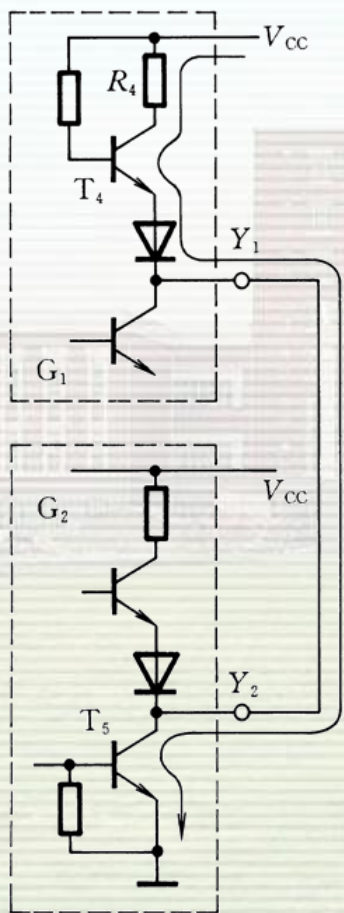


图3.4.25 推拉式输出级并联的情况

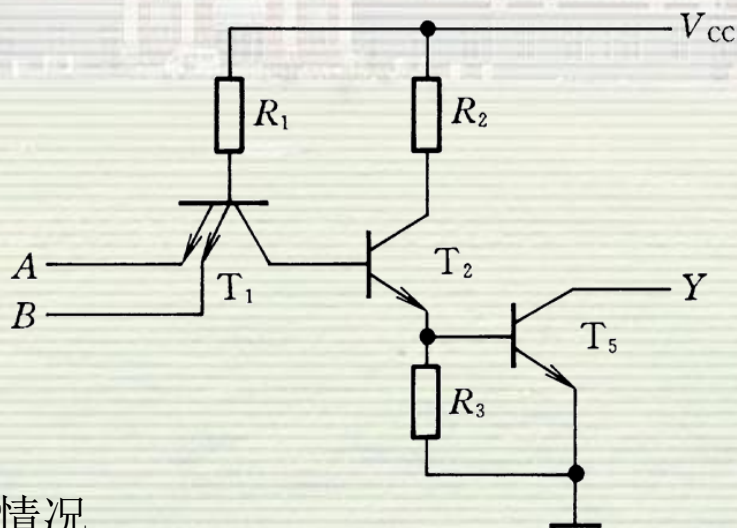
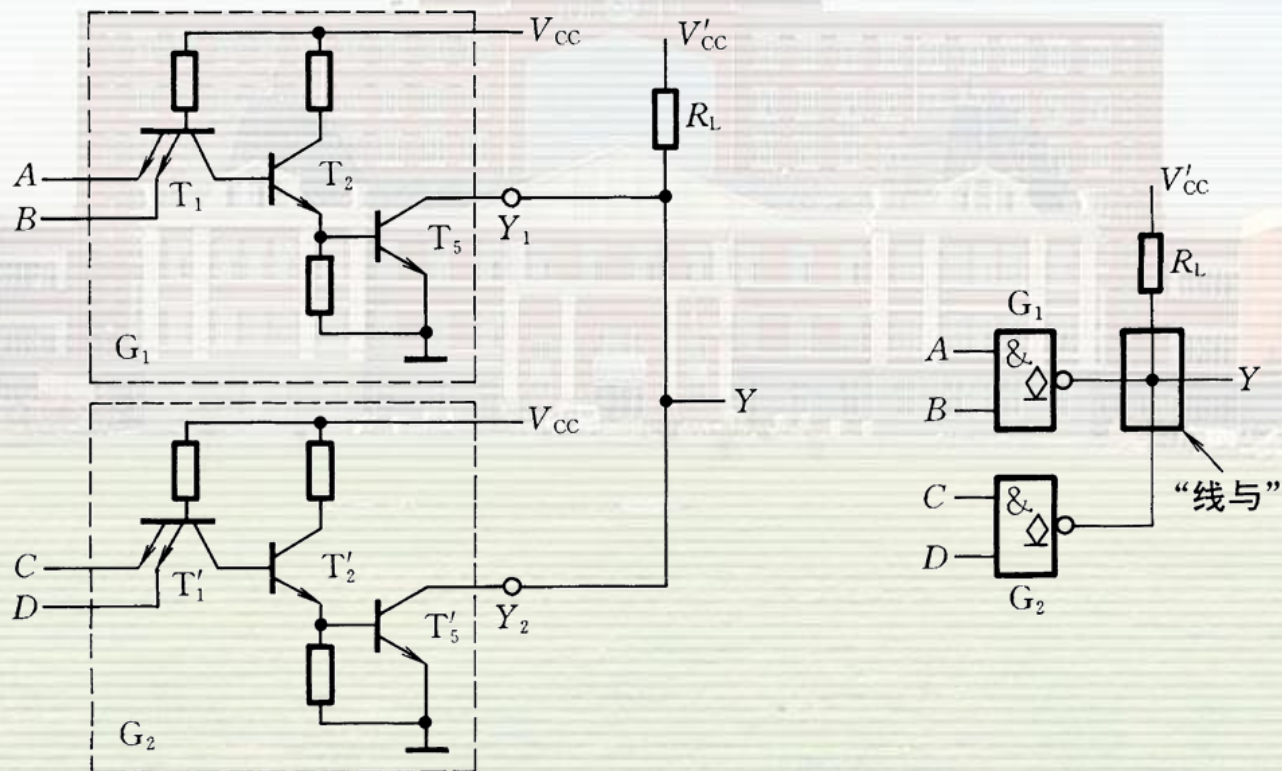


图3.4.26 集电极开路与非门的电路和图形符号¹⁶

OC门的应用:

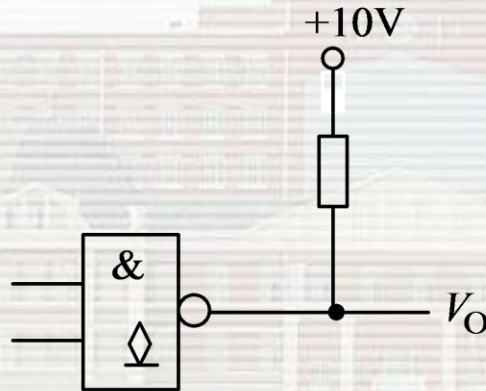
(1) 实现线与逻辑功能



$$Y = Y_1 \cdot Y_2 = \overline{A \cdot B \cdot C \cdot D} = \overline{AB + CD}$$

(2) 实现电平转换

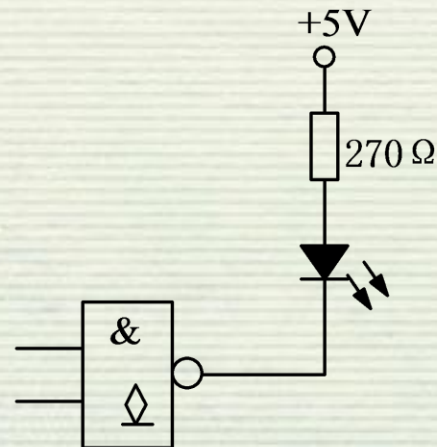
如图示，可使输出高电平变为10V。



(3) 用做驱动器。

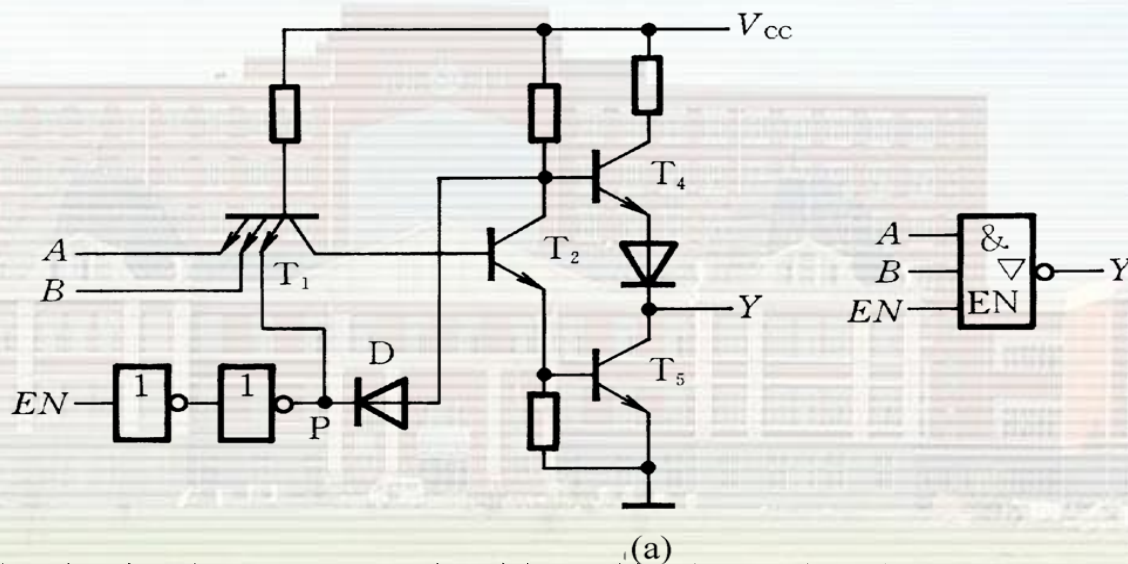
如图是用来驱动发光二极管的电路。

有些OC门的输出管设计尺寸较大，
足以承受较大电流和较高电压。



三、三态输出门电路（TS门）

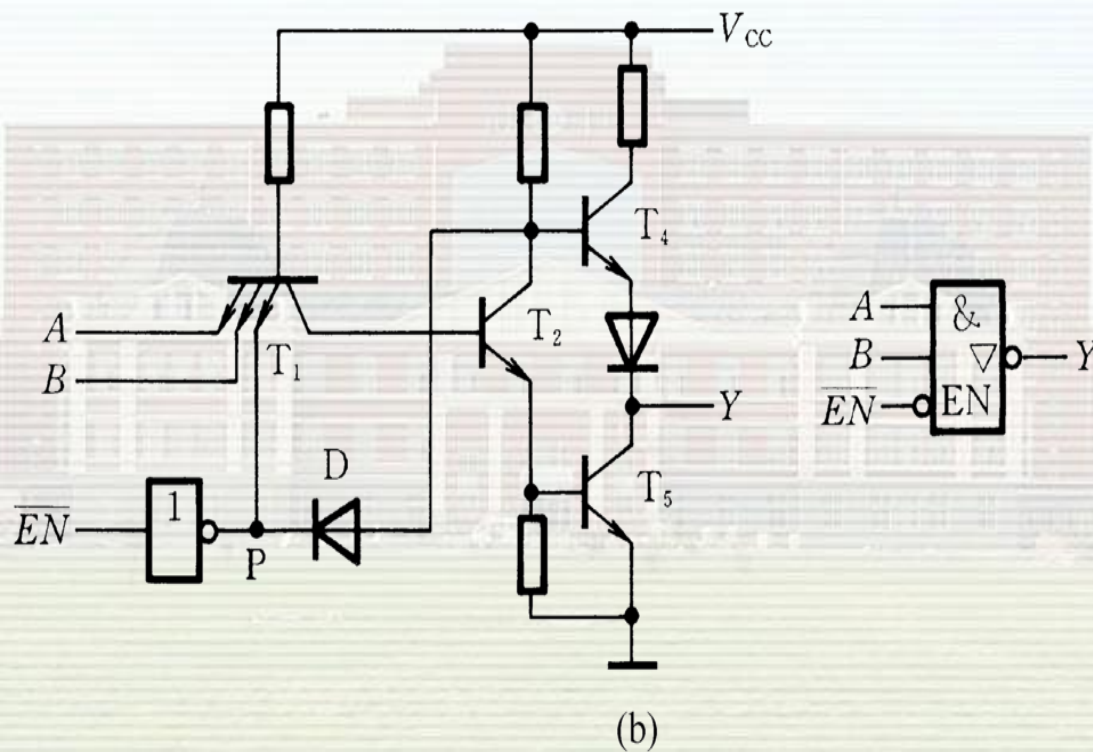
在普通门电路的基础上附加控制电路而构成的



当 $EN=1$ 时，P 点为高电平，二极管 D 截止，相当于一个正常的二输入端与非门，称为正常工作状态。

$$Y = \overline{A \cdot B} \quad (\text{输出电平视 } A、B \text{ 的状态而定})$$

当 $EN=0$ 时，P 点为低电平， T_5 截止，二极管 D 导通， T_4 的基极电位被钳在 0.7V，使 T_4 截止，所以输出端为高阻态



$\overline{EN} = 0$ 时为工作状态，故该电路为控制端低电平有效

三态门的应用

(a) 组成单向总线，实现信号的分时单向传送。

控制各门EN端轮流等于1，而且任何时候仅有一个等于1

(b) 组成双向总线，实现信号的分时双向传送。

EN=1, G_1 工作, G_2 高阻, 数据 D_0 经 G_1 反相送到总线

EN=0, G_1 高阻, G_2 工作, 来自总线的数据经 G_2 反相后由 \bar{D}_1 送出

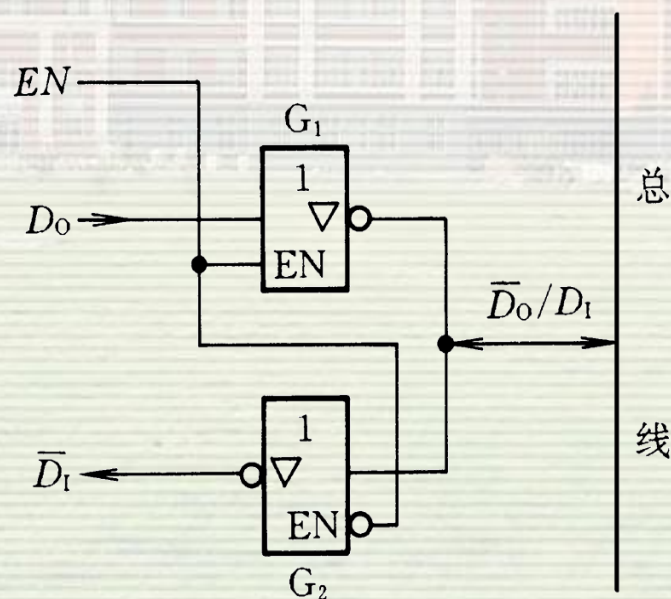
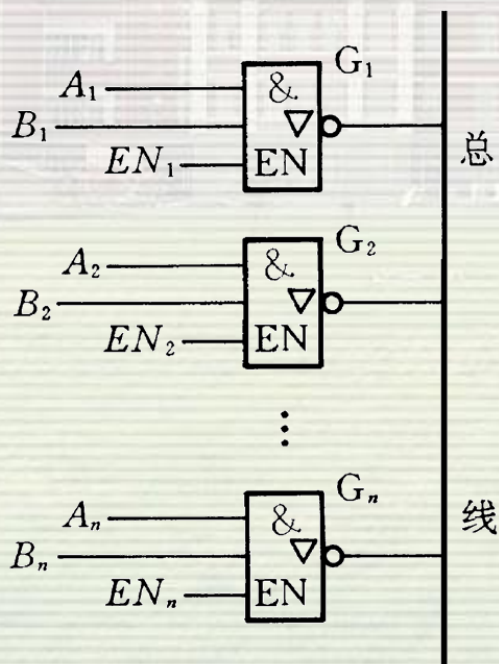


图3.4.32 用三态输出门接成总线结构

图3.4.33 用三态输出门实现数据的双向传输



3.4.5 TTL电路的改进系列

一、74H系列

又称高速系列

改进措施：

1.在输出级采用了达林顿结构

2.将所有电阻阻值降低将近一倍

优点：平均传输延迟时间
缩短，通常在10ns以内

缺点：增加了电路的静态功耗

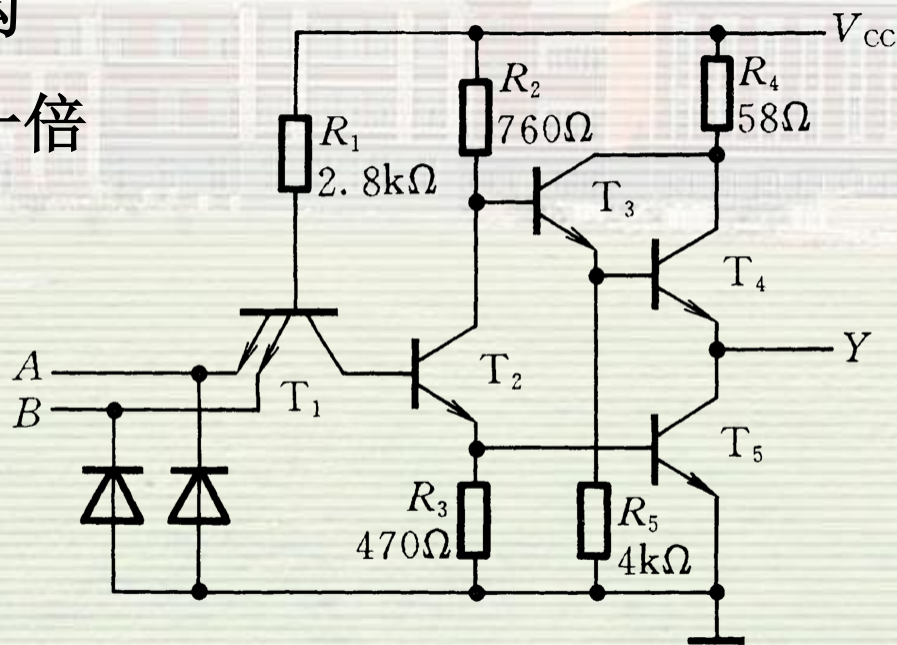


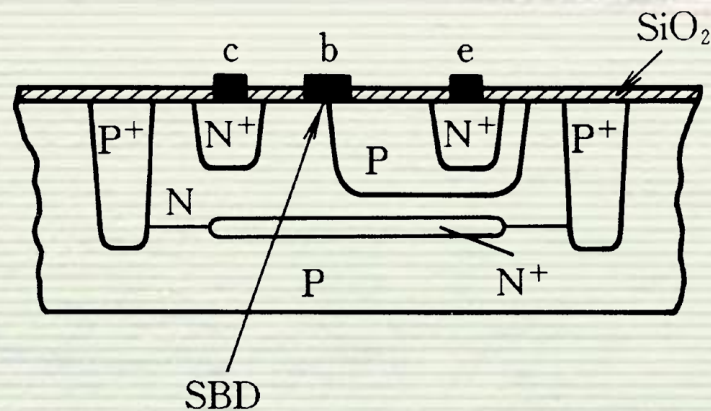
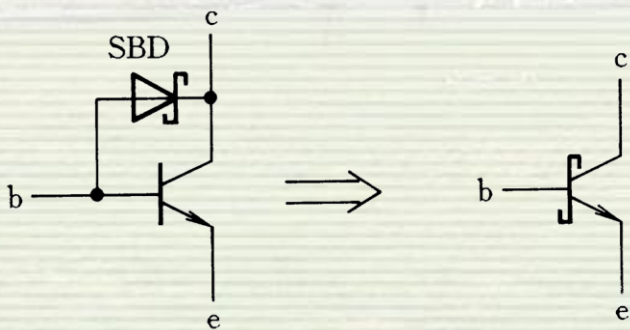
图3.4.34 74H系列与非门(74H 00)的电路结构

二、74S系列

又称肖特基系列

抗饱和三极管是由普通的双极型三极管和肖特基势垒二极管（SBD）组合而成

肖特基势垒二极管由金属和半导体接触而形成



改进措施:

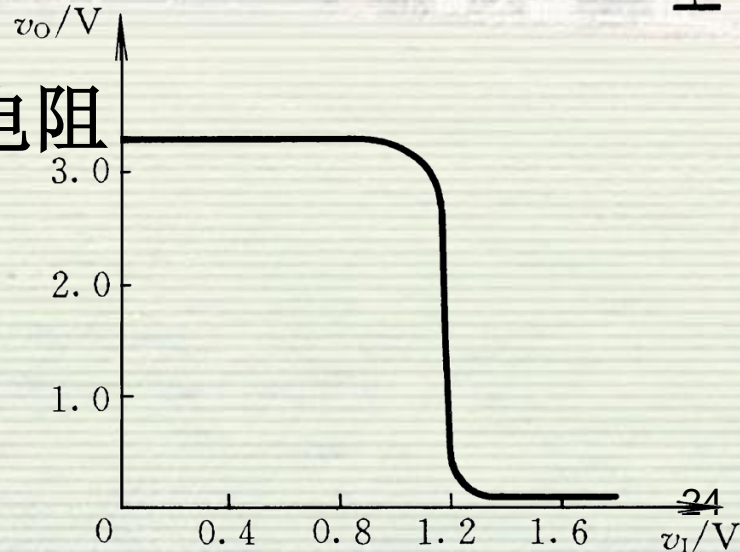
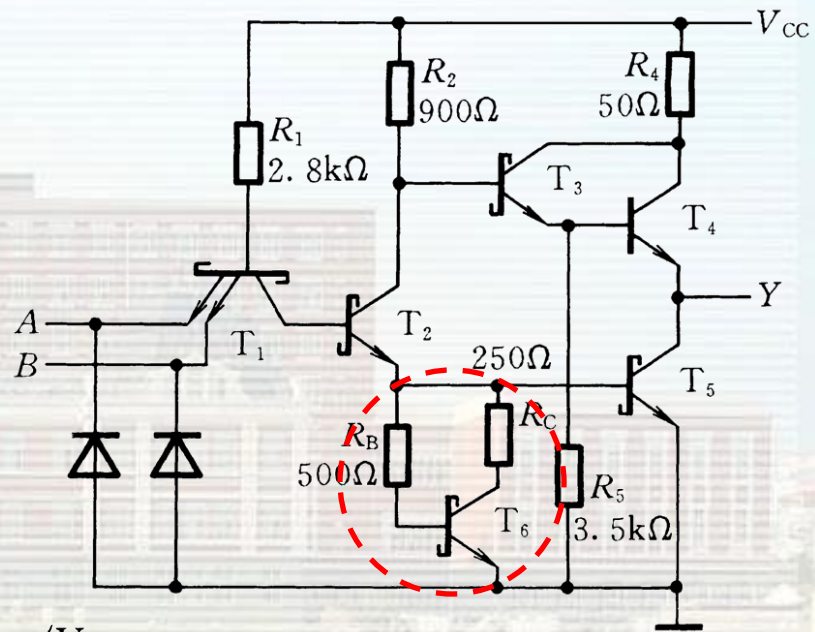
1. 采用抗饱和三极管（或三极管）
2. 提供一个有源泄放回路

优点:

1. 缩短了门电路的传输延迟时间
2. 改善了门电路的电压传输特性

由于采用抗饱和三极管和减小电阻值带来的缺点:

1. 电路的功耗加大
2. 输出低电平升高



三、74LS系列

又称低功耗肖特基系列

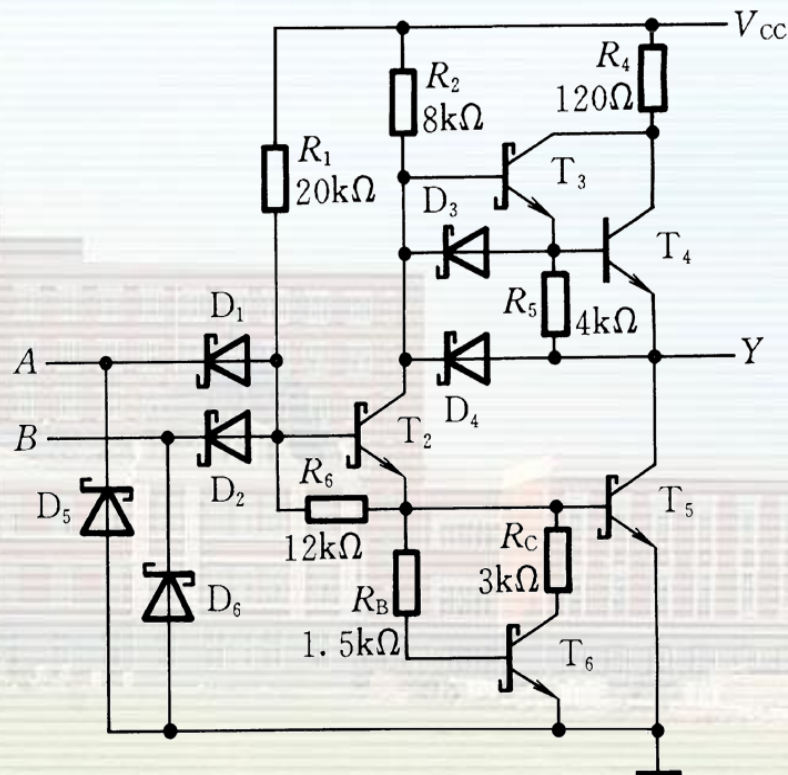
改进措施：

- 1.提高电路中各个电阻的阻值
- 2.采用抗饱和三极管
- 3.引入有源泄放回路

优点：

- 1.缩短了门电路的传输延迟时间
- 2.功耗小

缺点：电阻阻值增大



四、74AS和74ALS系列

名称	改进措施	优点	缺点
74AS 系列	结构与 74LS 相似 采用较低的电阻阻值	提高了工作速度	功耗较大
74ALS 系列	1.采用较高电阻阻值 2.缩小各器件的尺寸	减小功耗、缩短 延迟时间	

五、54、54H、54S、54LS系列

54系列的TTL电路和74系列电路具有完全相同的
电路结构和电气性能

54系列和74系列区别比较表

	工作温度	电源电压 工作范围
54系列	-55—+125℃	5V±10%
74系列	0—70℃	5V±5%