

脉冲波形的产生与整形电路（一）

——王文俊

山西农业大学

一、脉冲波形的产生与整形电路概述

• 1、矩形脉冲的获得方法

在同步时序电路中，作为时钟信号的矩形脉冲控制和协调整个系统的工作。

产生

- 利用各种形式的多谐振荡电路直接产生所需要的矩形脉冲

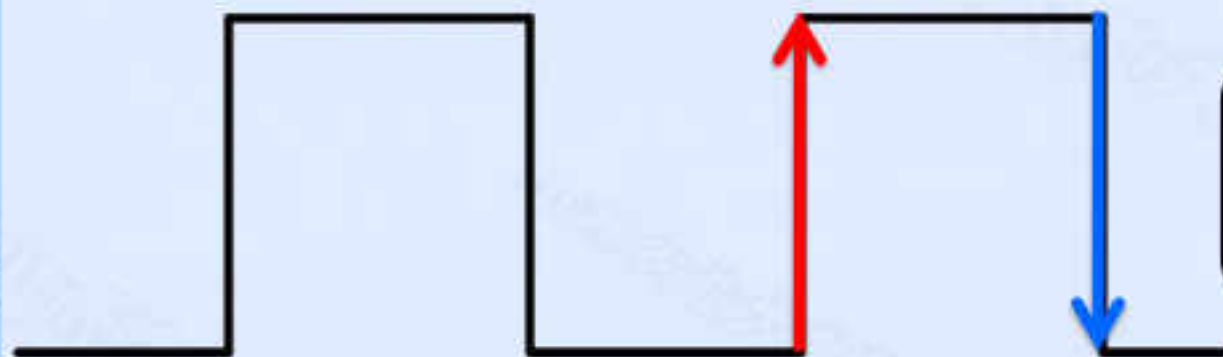
整形

- 利用各种整形电路将已有的周期性变化波形变换为符合要求的矩形脉冲

• 2、矩形脉冲的主要参数

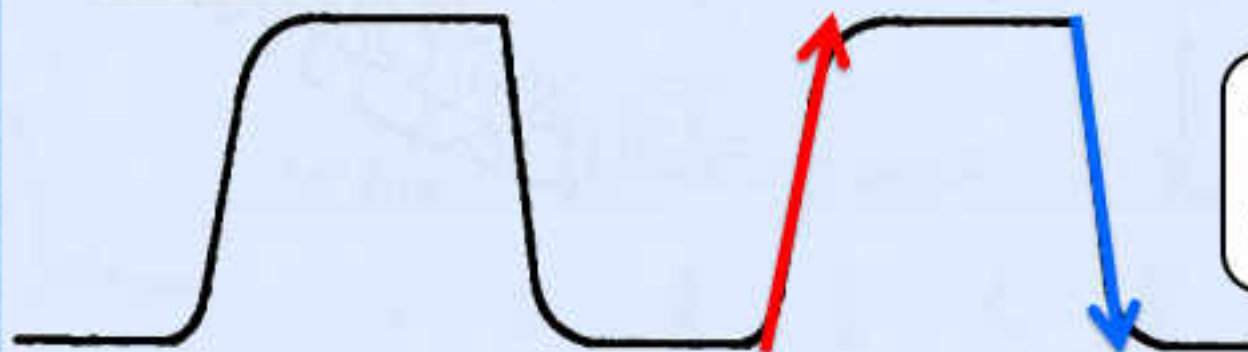
时钟脉冲的特性直接关系到电路系统能否正常工作。

理想矩形脉冲

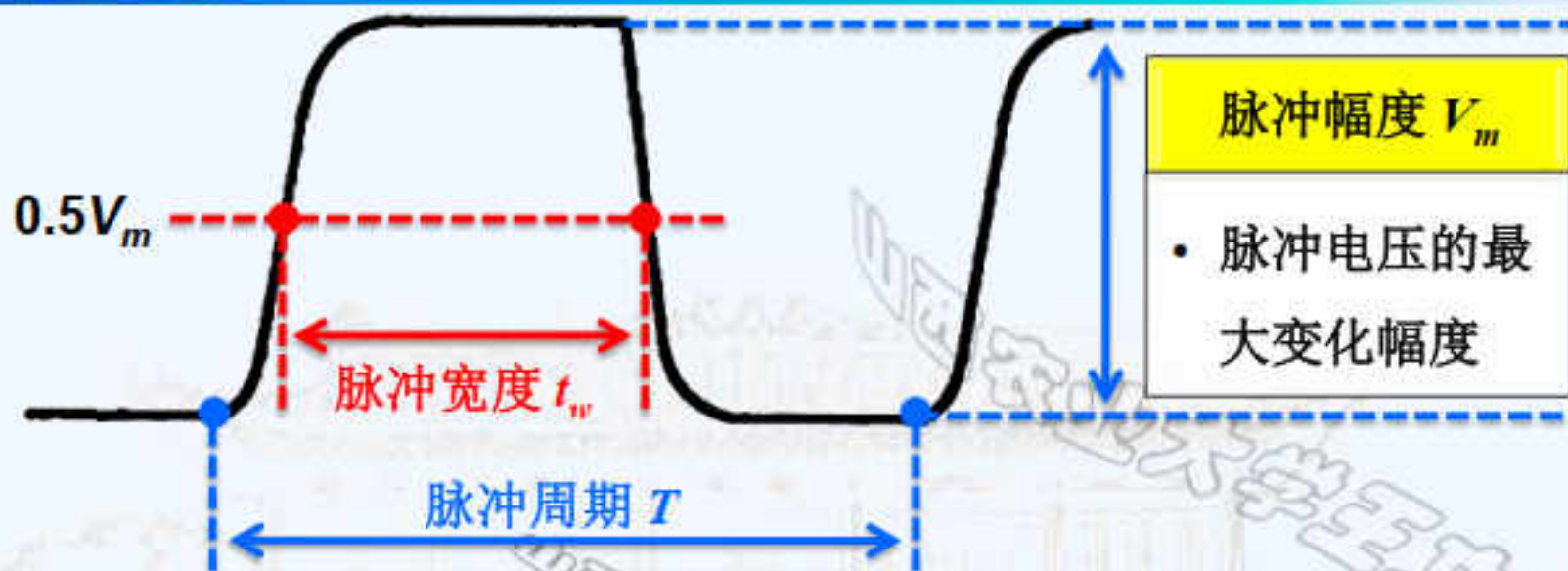


高低电平转换
瞬间完成

实际矩形脉冲



高低电平转换
需要一定时间



脉冲幅度 V_m

- 脉冲电压的最大变化幅度

脉冲周期 T

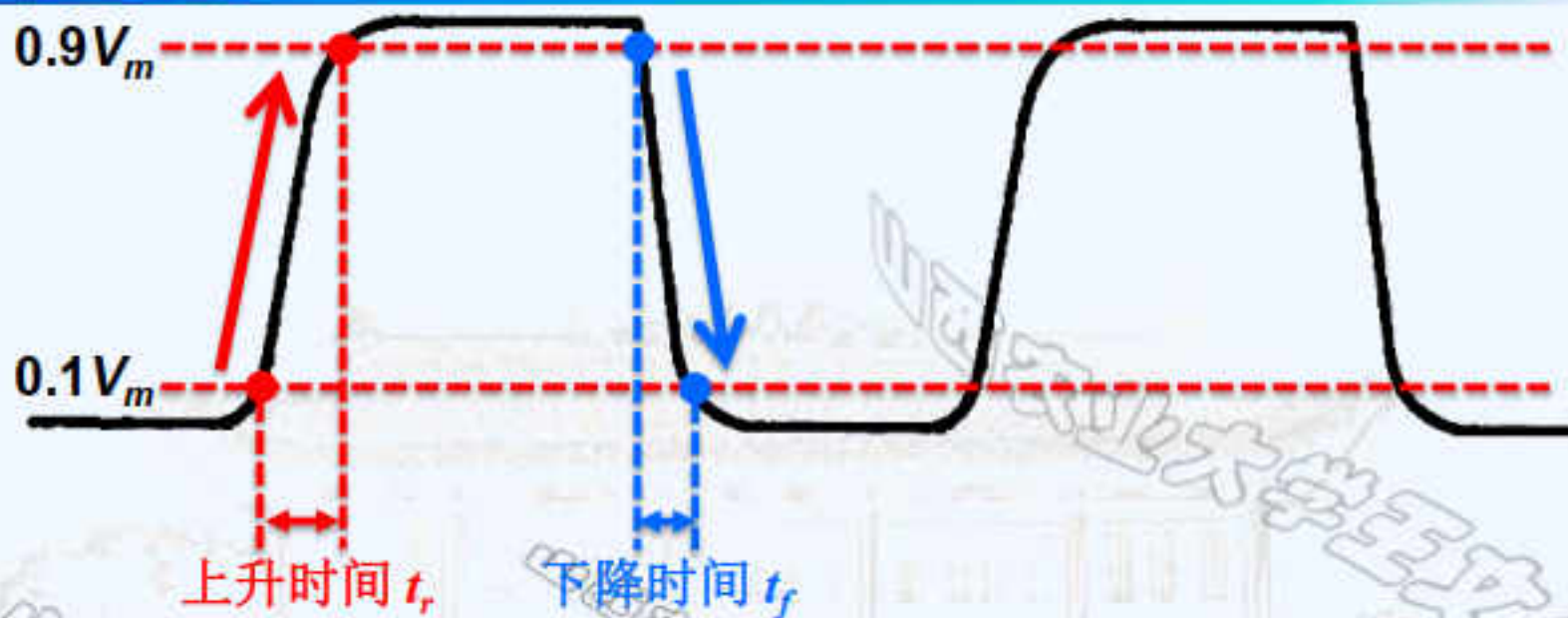
- 周期性重复的脉冲序列中，两个相邻脉冲间的时间间隔

脉冲宽度 t_w

- 从脉冲前沿到达 $0.5V_m$ 起，到脉冲后沿到达 $0.5V_m$ 止的一段时间

占空比 q

- 脉冲宽度与脉冲周期之比， $q = t_w/T$



上升时间 t_r

- 脉冲上升沿从 $0.1V_m$ 上升到 $0.9V_m$ 所需的时间

下降时间 t_f

- 脉冲下降沿从 $0.9V_m$ 下降到 $0.1V_m$ 所需的时间

• 3、本章所涉及的电路



4、稳态与暂稳态

稳态

- 电路状态能够稳定存在

暂稳态

- 电路状态不能够稳定存在，经一定时间后会自动跳转到其他状态

施密特触发电路

稳态1

状态转换
节点/过程

稳态2

单稳态电路

稳态

状态转换
节点/过程

暂稳态

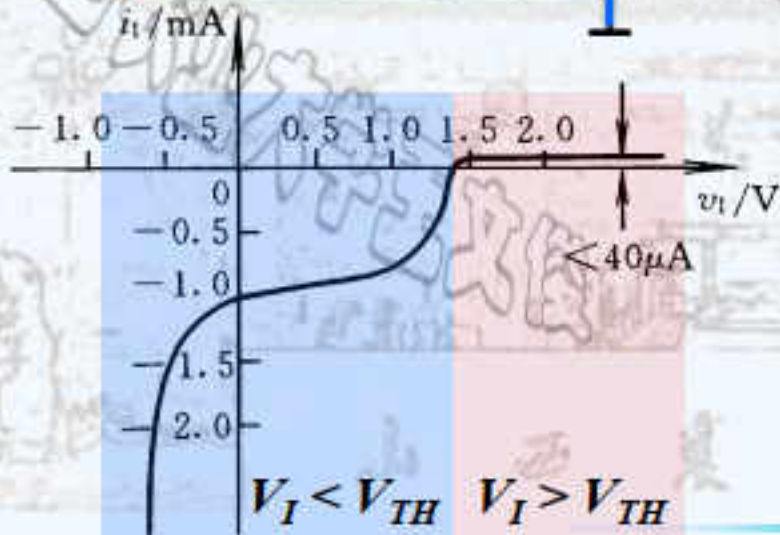
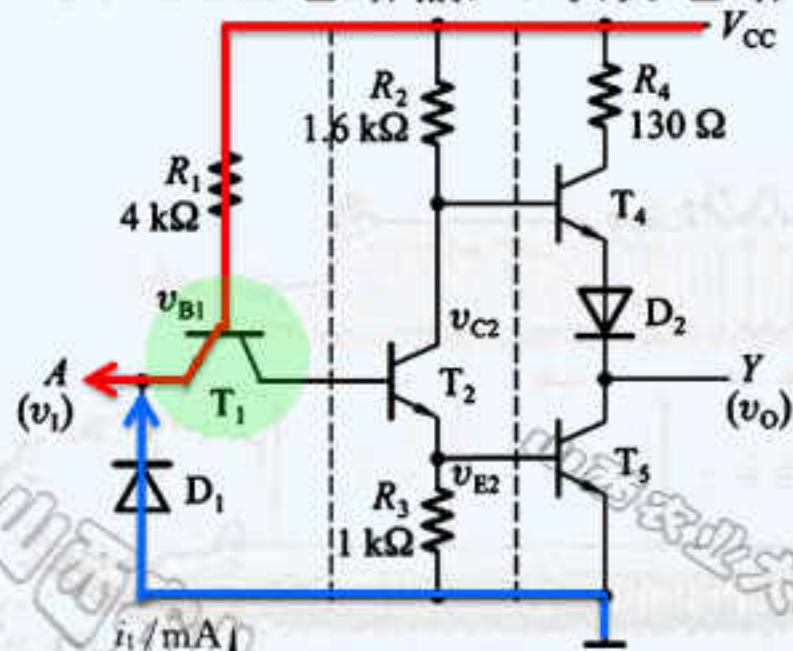
多谐振荡电路

暂稳态1

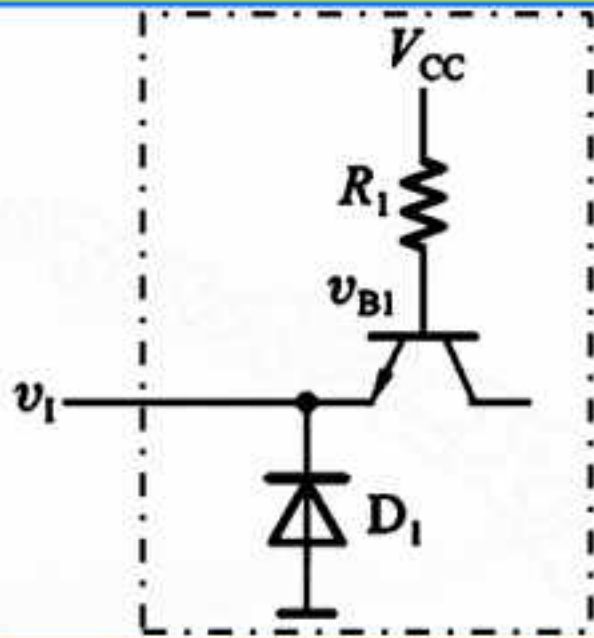
状态转换
节点/过程

暂稳态2

5、TTL电路输入等效电路

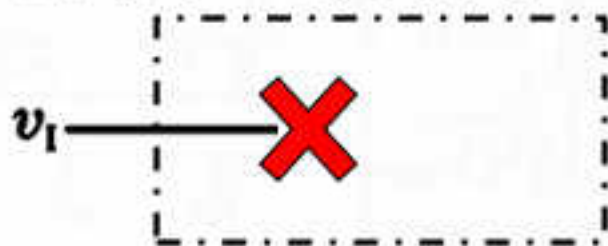


$$V_I < V_{TH}$$

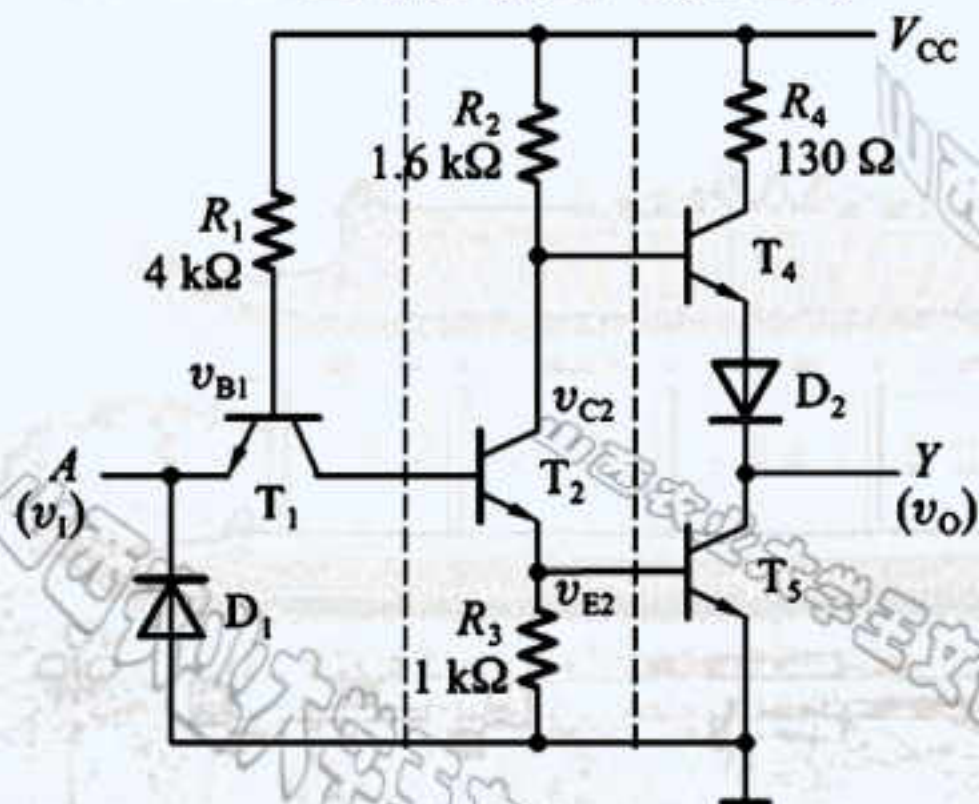


$$V_I > V_{TH}$$

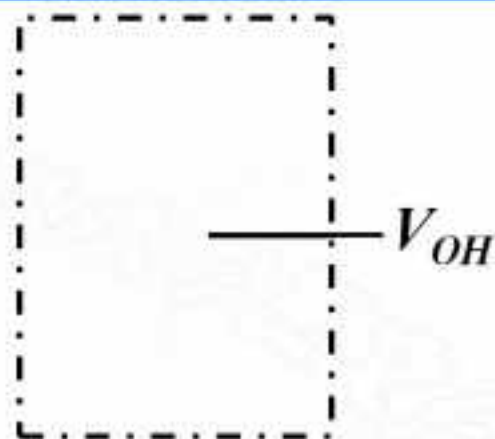
- 电流极小，近似为开路



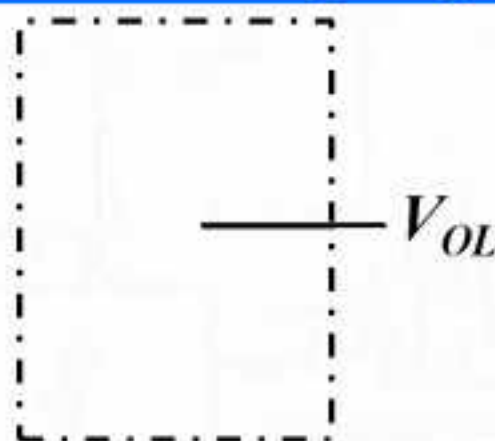
• 6、TTL电路的输出等效电路



高电平输出 $V_O = V_{OH}$

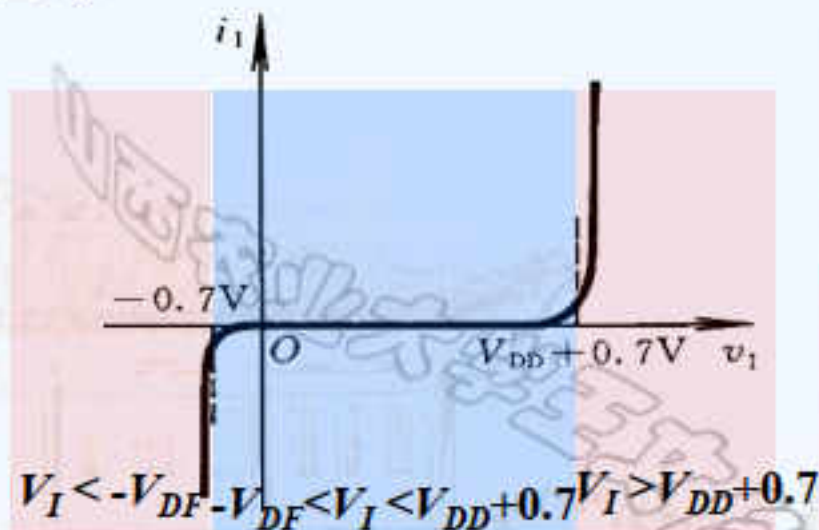
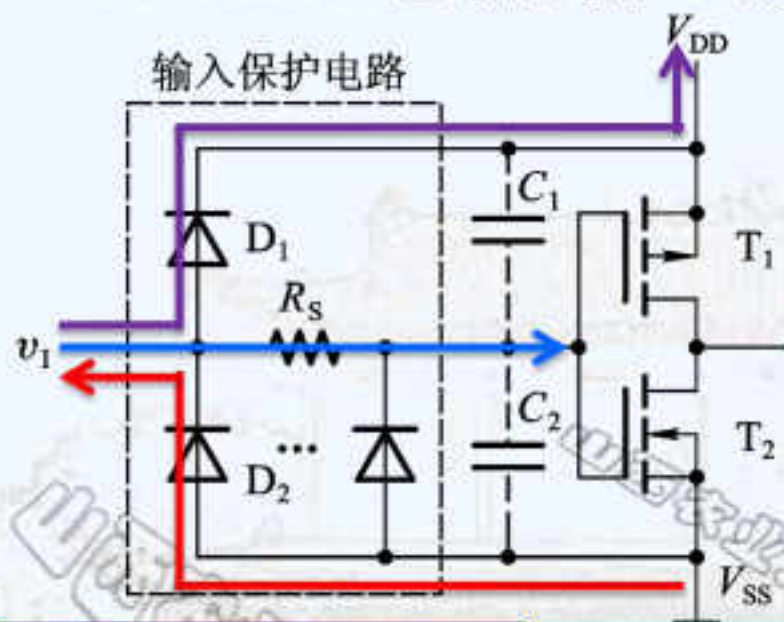


低电平输出 $V_O = V_{OL}$

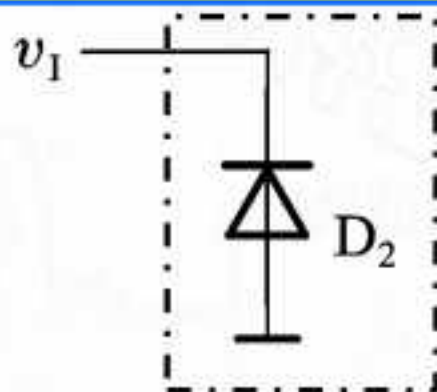


无论输出为高电平还是低电平，输出电阻都很小，在充放电等效电路中一般都可忽略不计。

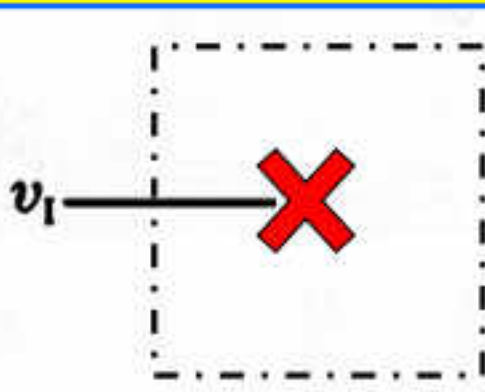
7、CMOS电路的输入等效电路



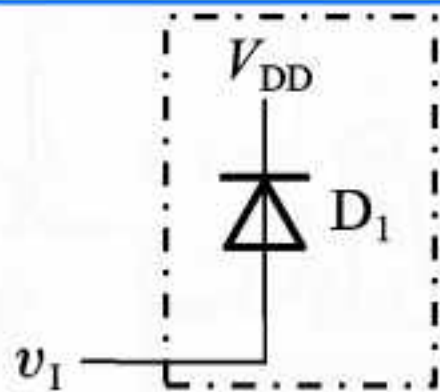
$$V_I < -V_{DF}$$



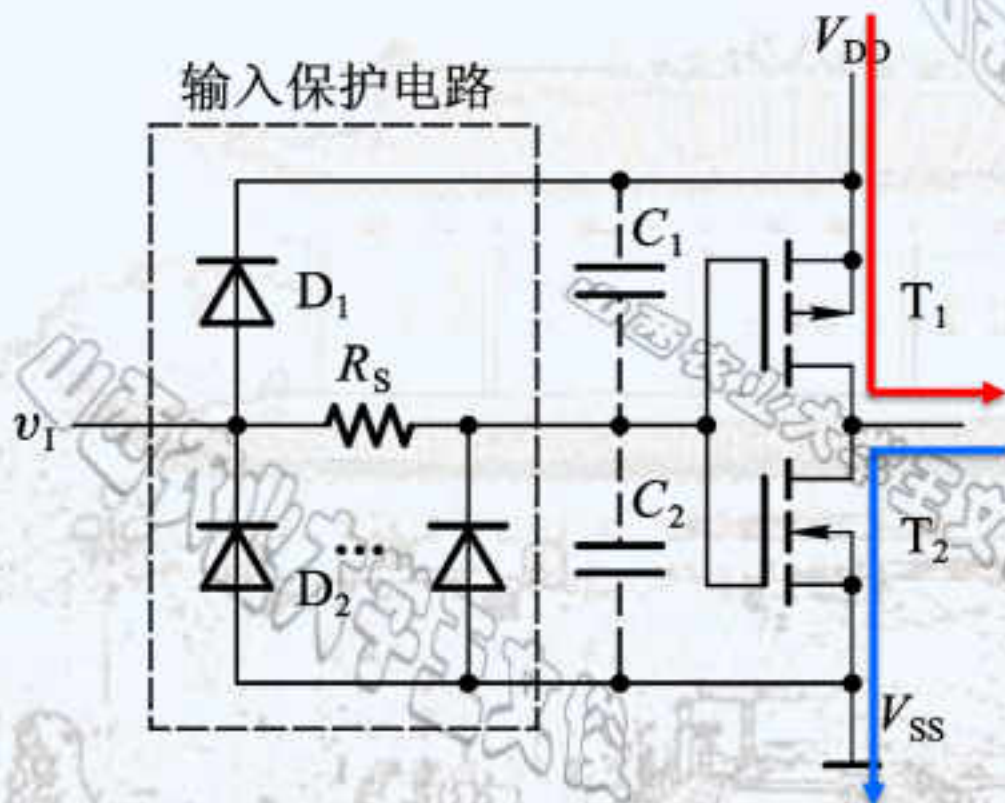
$$-V_{DF} < V_I < V_{DD} + 0.7$$



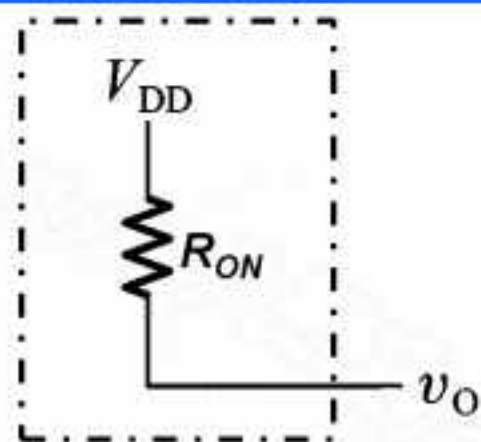
$$V_I > V_{DD} + 0.7$$



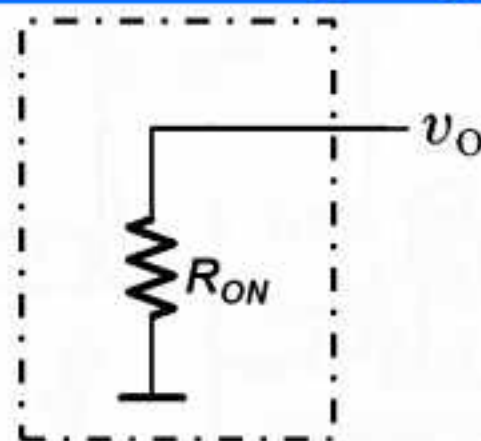
• 8、CMOS电路的输出等效电路



高电平输出 $V_O = V_{OH}$



低电平输出 $V_O = V_{OL}$



二、施密特触发电路

• 1、施密特触发电路的特点

施密特触发电路是脉冲波形变换中经常使用的一种电路。

滞回特性

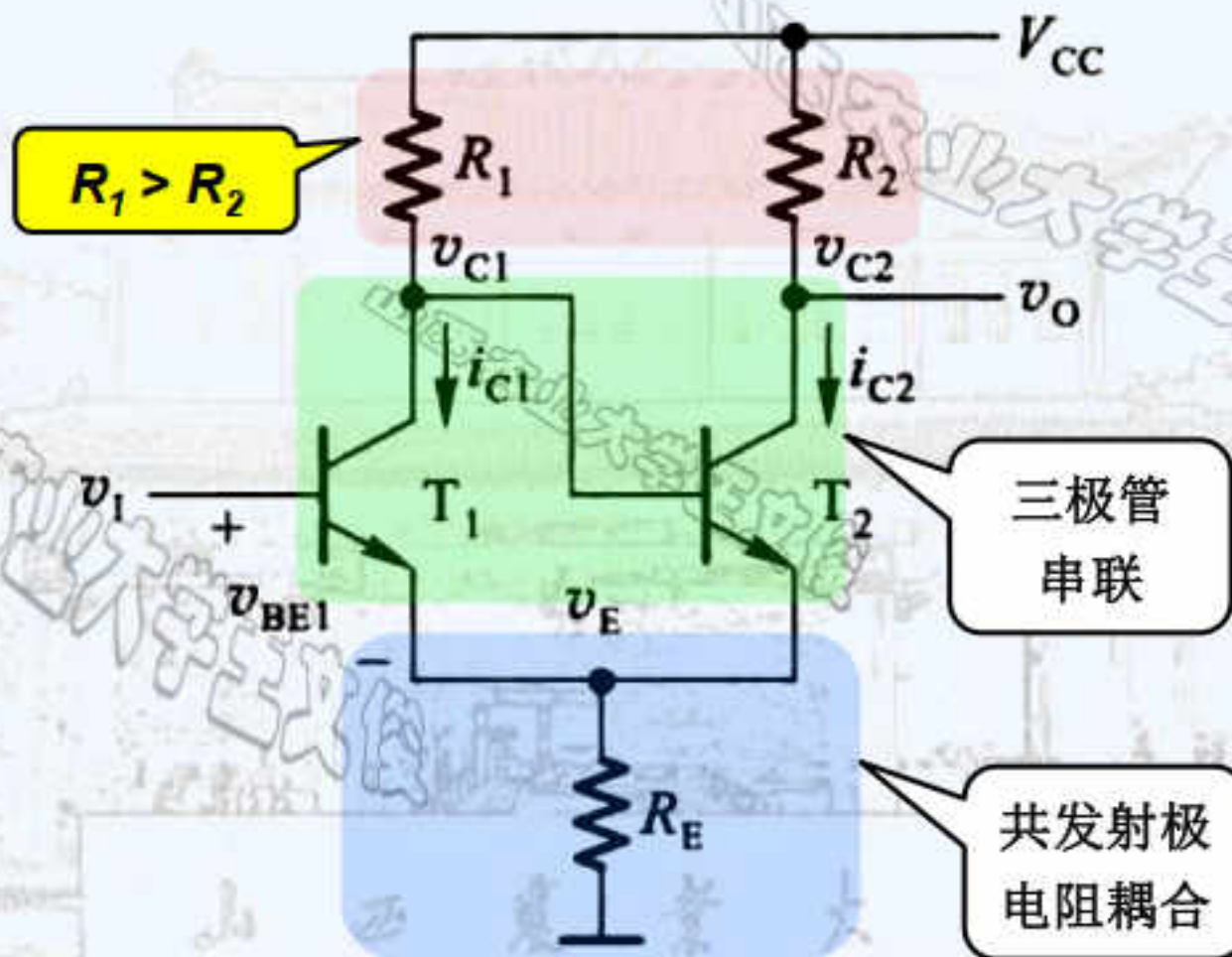
- 输入信号从低电平上升过程中电路状态转换时对应的输入转换电平 (V_{T+})，与输入信号从高电平下降过程中对应的输入转换电平 (V_{T-}) 不同。

正反馈

- 在电路状态转换时，通过电路内部的正反馈过程使输出电压波形的边沿变得很陡。

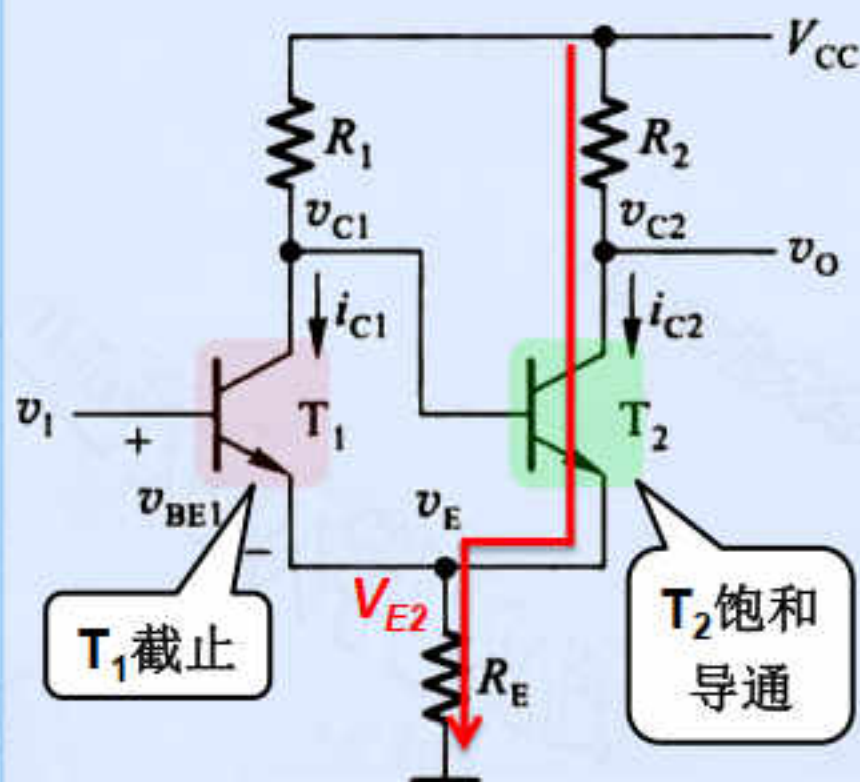
2、施密特触发电路的典型结构

施密特触发电路由共发射极电阻耦合的两级正反馈放大器构成。



3、施密特触发电路的工作原理

① 稳态1: $V_I = 0 \rightarrow V_{E2} + 0.7$



T_2 导通时的发射极电压 V_{E2} :

$$V_{E2} \approx (V_{CC} - V_{CES2}) \frac{R_E}{R_2 + R_E}$$

V_I 的取值范围:

$$V_I < V_{E2} + 0.7$$

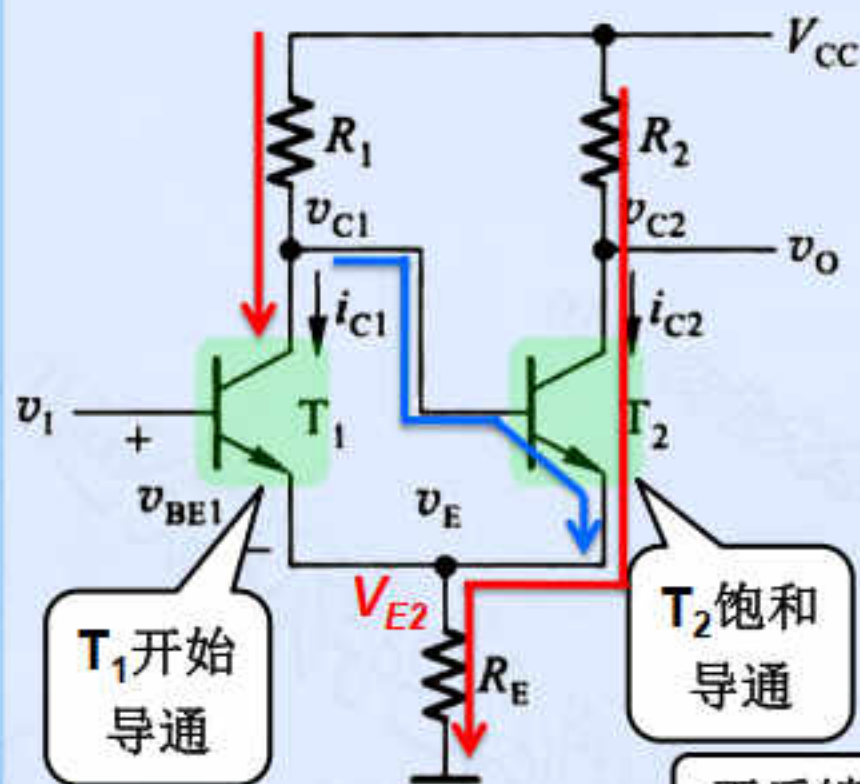
输出电平 V_O :

$$V_O = V_{OL} \approx V_{E2}$$

输出的低电平不为0

当 $V_I < V_{E2} + 0.7$ 时, 电路保持稳态1不变。

② 转换节点: $V_I = V_{E2} + 0.7$



T_1 开始导通

• i_{C1} 开始增大

• $V_{C1} = V_{CC} - i_{C1}R_1$

• $V_{BE2} = V_{C1} - V_{E2}$

• i_{C2} 逐渐减小

• $V_{E2} = i_{C2}R_E$

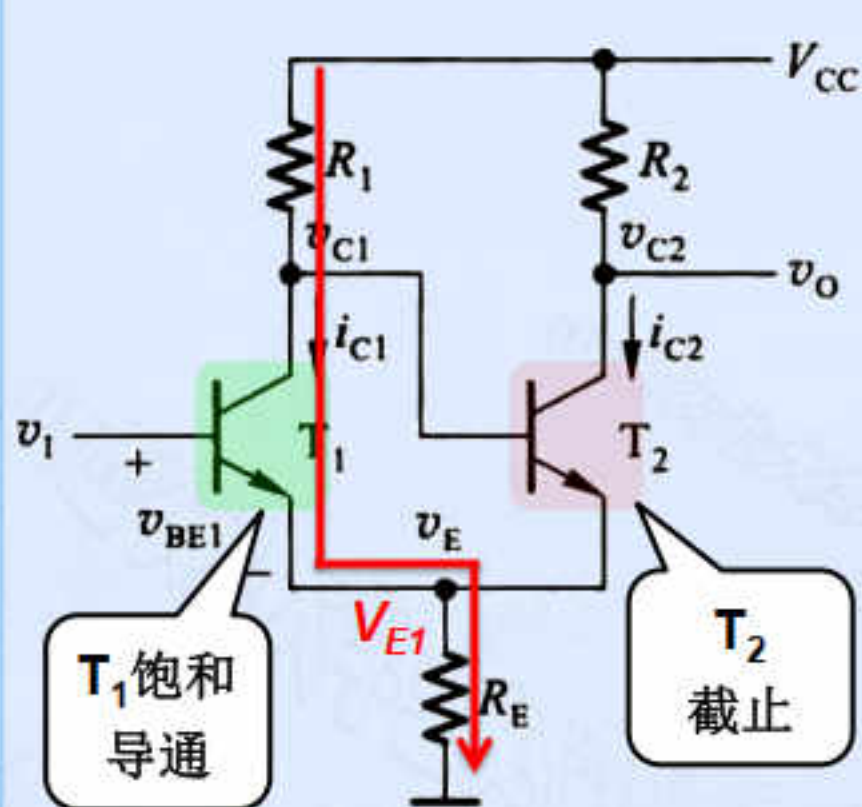
• $V_{BE1} = V_I - V_{E2}$

正反馈

正反馈: T_1 迅速饱和导通, T_2 迅速截止

当 $V_I = V_{E2} + 0.7$ 时, 由于正反馈作用, 电路从稳态1迅速变为稳态2。

③ 稳态2: $V_I > V_{E2} + 0.7$



T_1 导通时的发射极电压 V_{E1} :

$$V_{E1} \approx (V_{CC} - V_{CES1}) \frac{R_E}{R_1 + R_E}$$

V_I 的取值范围:

$$V_I > V_{E1} + 0.7$$

输出电平 V_O :

$$V_O = V_{OH} \approx V_{CC}$$

当 $V_I > V_{E2} + 0.7$ 进入稳态后, 只要满足 $V_I > V_{E1} + 0.7$, 即可保持稳态

正向阈值电压 V_{T+}

- V_I 上升过程中，电路状态发生转换时对应的输入电平。

$$V_{E2} \approx (V_{CC} - V_{CES2}) \frac{R_E}{R_2 + R_E}$$

$$V_{T+} \approx V_{E2} + 0.7$$

负向阈值电压 V_{T-}

- V_I 下降过程中，电路状态发生转换时对应的输入电平。

$$V_{E1} \approx (V_{CC} - V_{CES1}) \frac{R_E}{R_1 + R_E}$$

$$V_{T-} \approx V_{E1} + 0.7$$

回差电压 ΔV_T

- 正向阈值电压与负向阈值电压之差的绝对值。

$$\Delta V_T = |V_{T+} - V_{T-}|$$

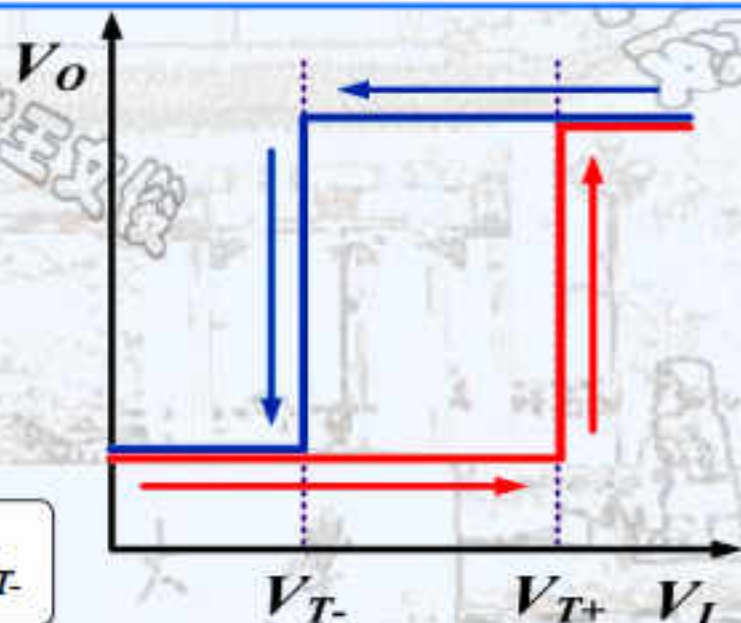
$$R_1 > R_2$$



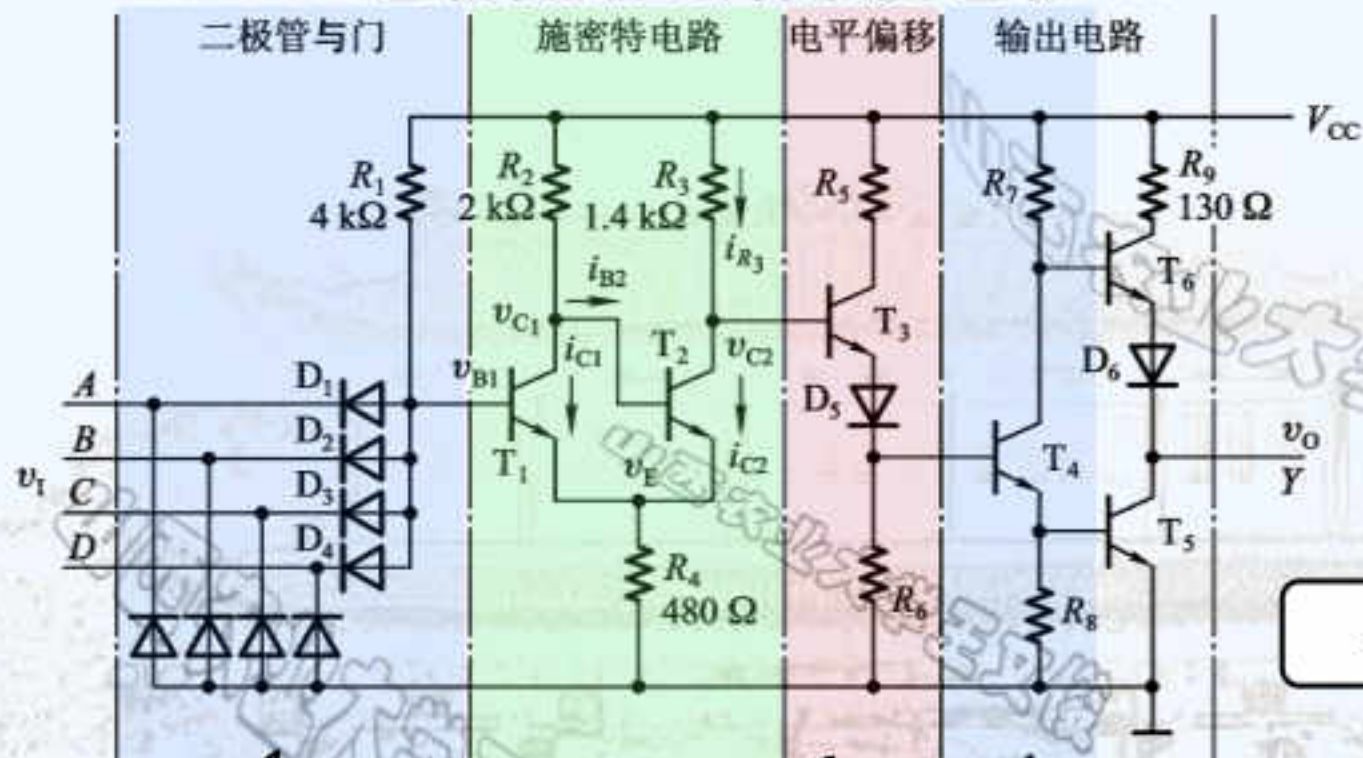
$$V_{E2} > V_{E1}$$



$$V_{T+} > V_{T-}$$



4、TTL电路集成施密特触发电路7413



二极管与门
(与运算)

低电平变换为标
准的逻辑低电平

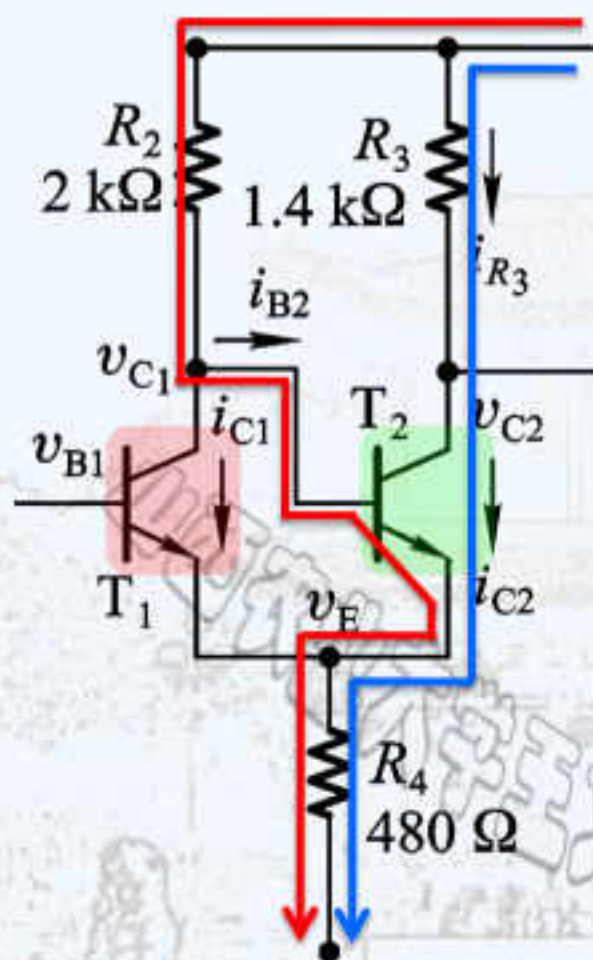
倒相级
(非运算)

与非门

施密特触发



V_{B1} : 低 \rightarrow 高



$$\begin{cases} R_2 i_{B2} + V_{BE(sat)2} + R_4 (i_{B2} + i_{C2}) = V_{CC} \\ R_3 i_{R3} + V_{CE(sat)2} + R_4 (i_{B2} + i_{C2}) = V_{CC} \end{cases}$$

$$\therefore i_{R3} \approx i_{B2}$$

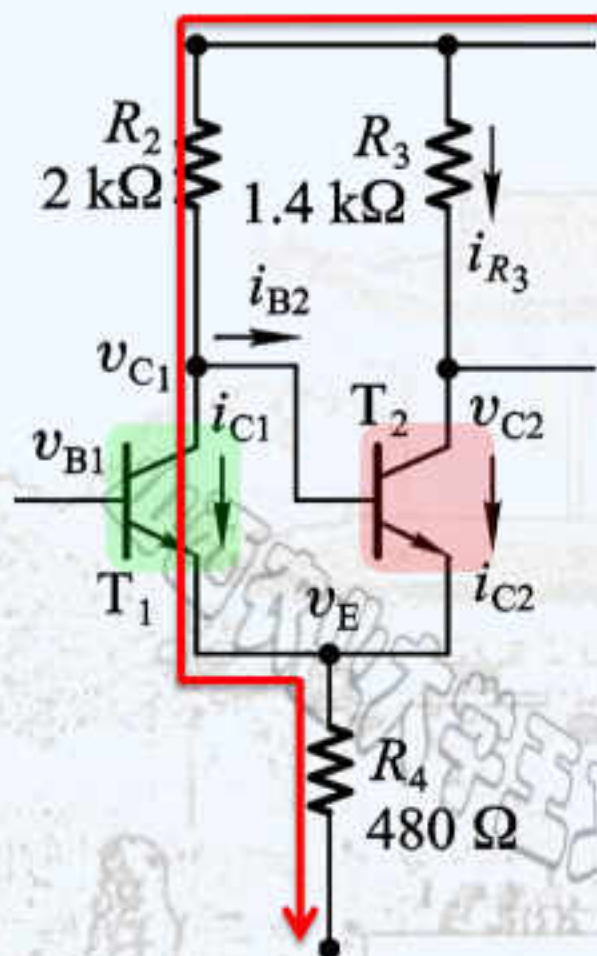
$$\begin{cases} i_{C2} = \frac{R_4 (V_{CC} - V_{BE(sat)2}) - (R_2 + R_4)(V_{CC} - V_{CE(sat)2})}{R_4^2 - (R_2 + R_4)(R_3 + R_4)} \\ i_{B2} = \frac{(V_{CC} - V_{CE(sat)2}) - (R_2 + R_4)(V_{CC} - V_{BE(sat)2})}{R_4^2 - (R_2 + R_4)(R_3 + R_4)} \end{cases}$$

$$i_{C2} \approx 2.2 \text{ mA}$$

$$i_{B2} \approx 1.5 \text{ mA}$$

$$\begin{cases} v_{E2} = R_4 (i_{B2} + i_{C2}) \approx 1.7 \text{ V} \\ V_{B1+} = v_{E2} + 0.7 \text{ V} \approx 2.4 \text{ V} \end{cases}$$

V_{B1} : 高 \rightarrow 低



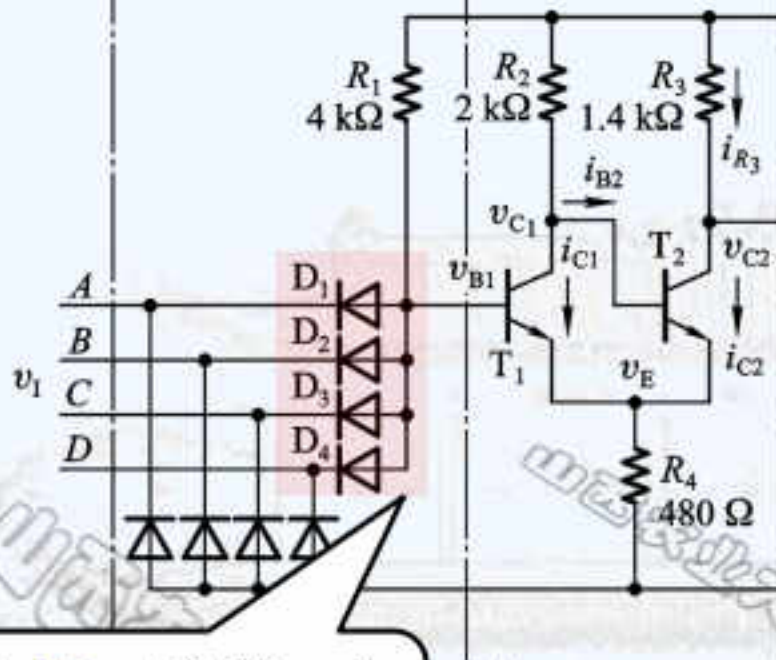
$$v_{E1} = (V_{CC} - v_{CE1}) \frac{R_4}{R_2 + R_4}$$

$$\begin{cases} v_{E1} = 0.8V \\ V_{B1-} = v_{E1} + 0.7V \approx 1.5V \end{cases}$$

山西农业大学

二极管与门

施密特电路

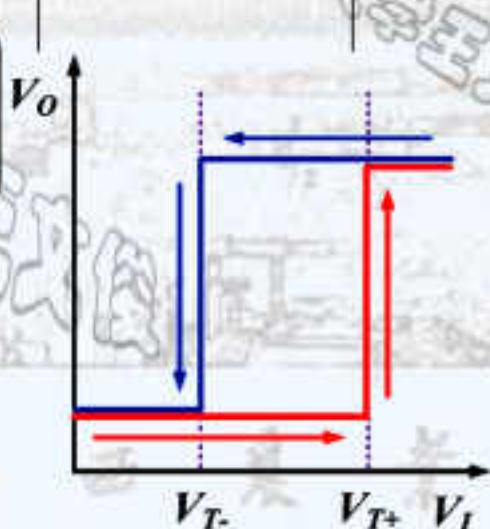


V_I 与 V_{B1} 之间差一个二极管导通压降

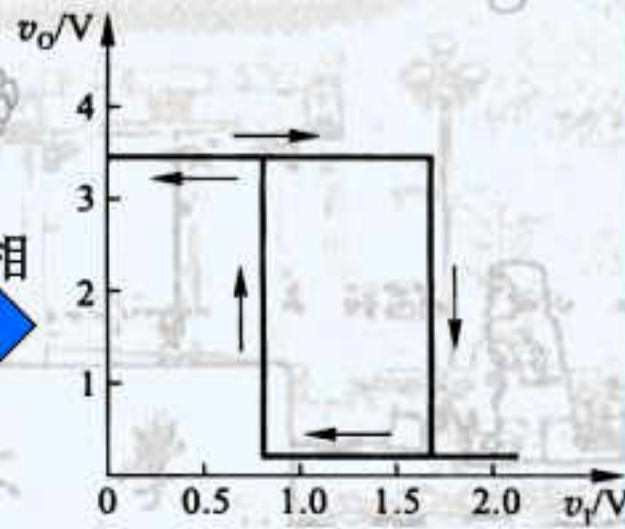
$$\begin{cases} v_{E2} = R_4 (i_{B2} + i_{C2}) \approx 1.7V \\ V_{B1+} = v_{E2} + 0.7V \approx 2.4V \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_{E1} = 0.8V \\ V_{B1-} = v_{E1} + 0.7V \approx 1.5V \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_{T+} = V_{B1+} - V_D \approx 1.7V \\ V_{T-} = V_{B1-} - V_D \approx 0.8V \\ \Delta V_T = V_{T+} - V_{T-} \approx 0.9V \end{cases}$$



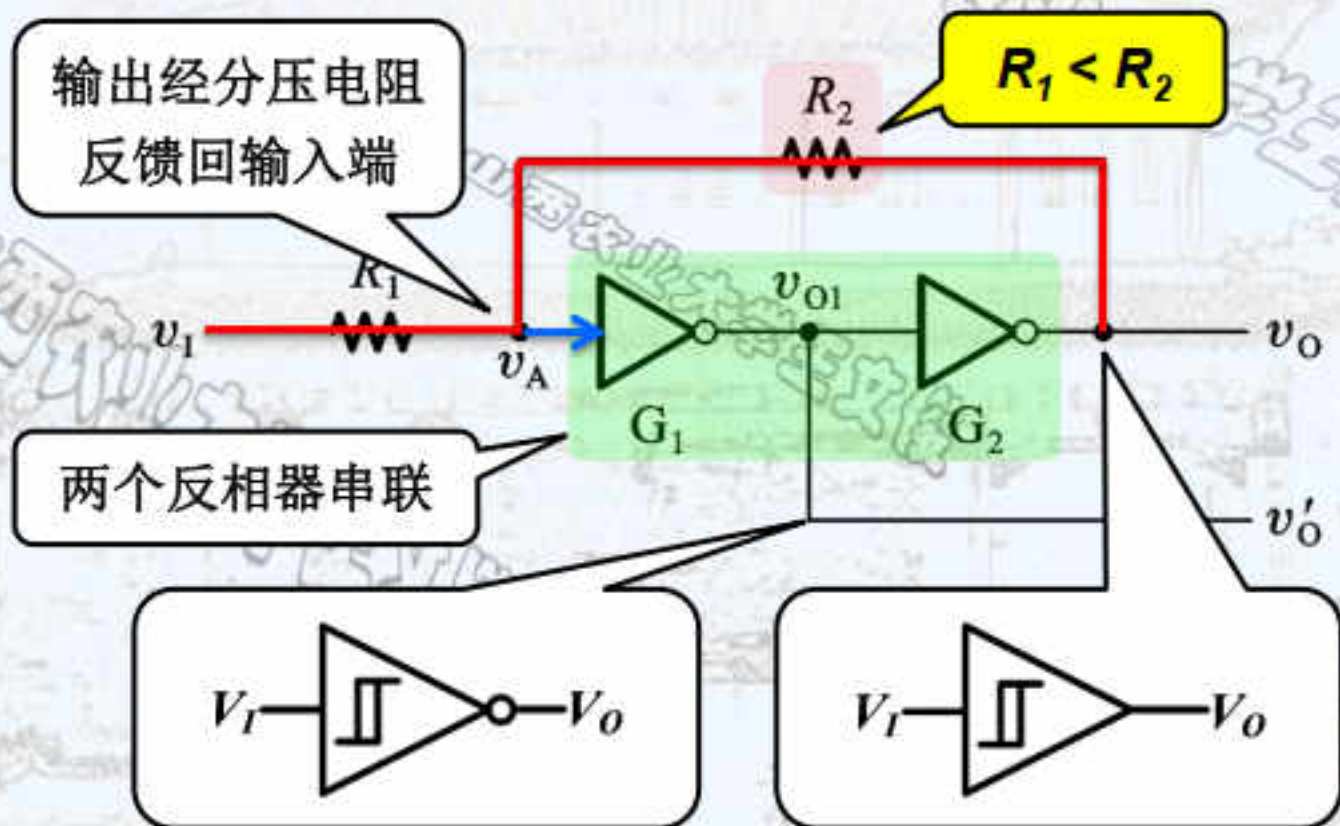
反相



三、用门电路组成的施密特触发电路

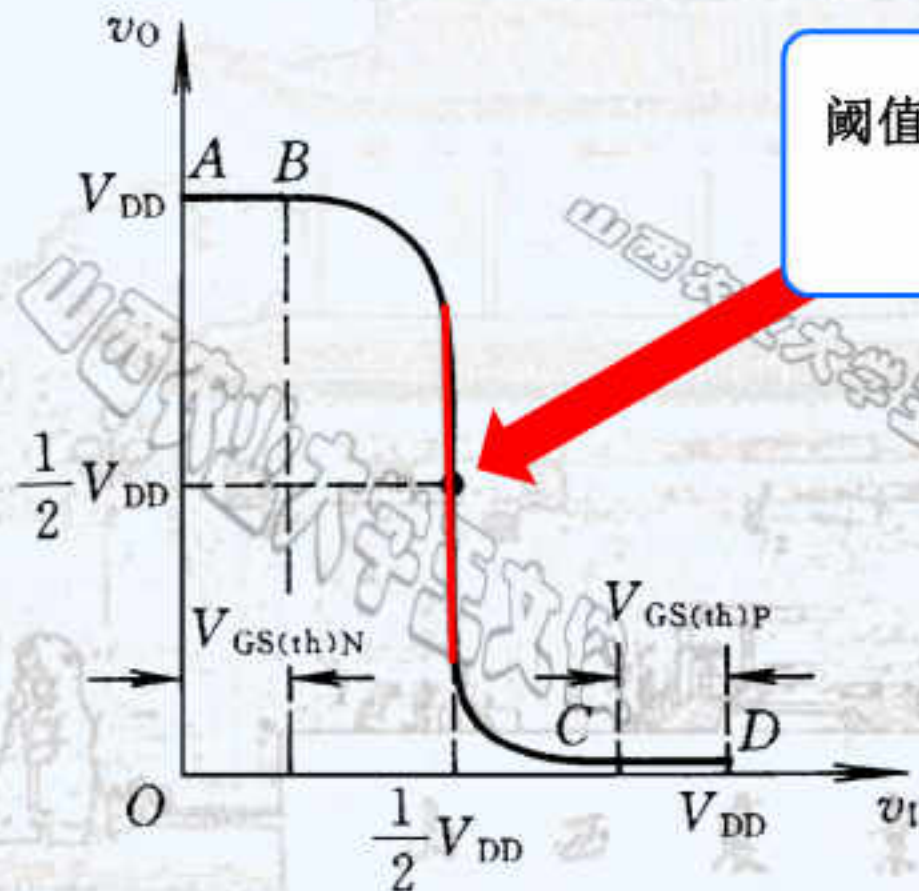
• 1、电路结构

凡是具有施密特触发特性的电路，都称为施密特触发电路。



反相器 G_1 、 G_2

- 假定为CMOS反相器电路，阈值电压 $V_{TH} \approx 0.5V_{DD}$



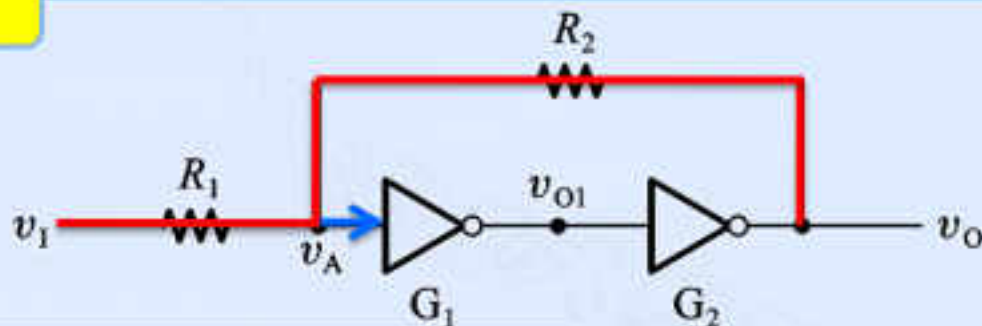
阈值电压附近，输入的微小变化，
会引起输出的急剧改变

电路状态的改变
常发生在阈值电压处

2、工作原理

$R_1 > R_2$, 电路自锁

$$V_A = V_I + \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_O - V_I)$$



假设初值
 $V_O = 0$

$$V_A = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_I < \frac{1}{2} V_{DD} = V_{TH}$$

假设初值
 $V_O = V_{DD}$

$$V_A = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{DD} + \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_I > \frac{1}{2} V_{DD} = V_{TH}$$

无论输入 V_I 如何改变, 均不会改变电路状态, 电路处于
自锁状态。

为保证电路正常工作, 要求 $R_1 < R_2$ 。

① 稳态1: $V_A = 0 \rightarrow V_{TH}$

$$V_A = V_I + \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_O - V_I)$$

代入 $V_O = 0$

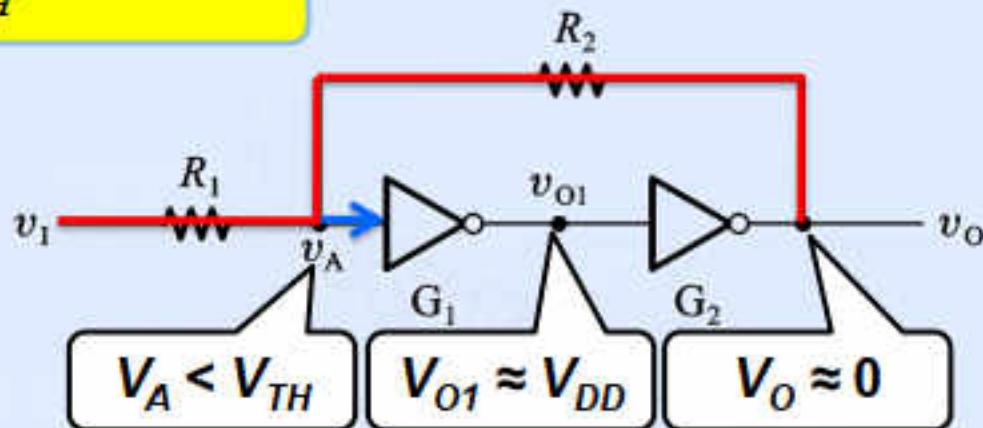
V_I 的取值范围:

$$V_A = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_I < V_{TH}$$



$$V_I < \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{TH}$$

当 $V_I < \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{TH}$ 时, 电路保持稳态1 (低电平输出) 不变。



② 转换节点: $V_A = V_{TH}$

$$V_A = V_I + \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_O - V_I)$$

V_I 的取值:

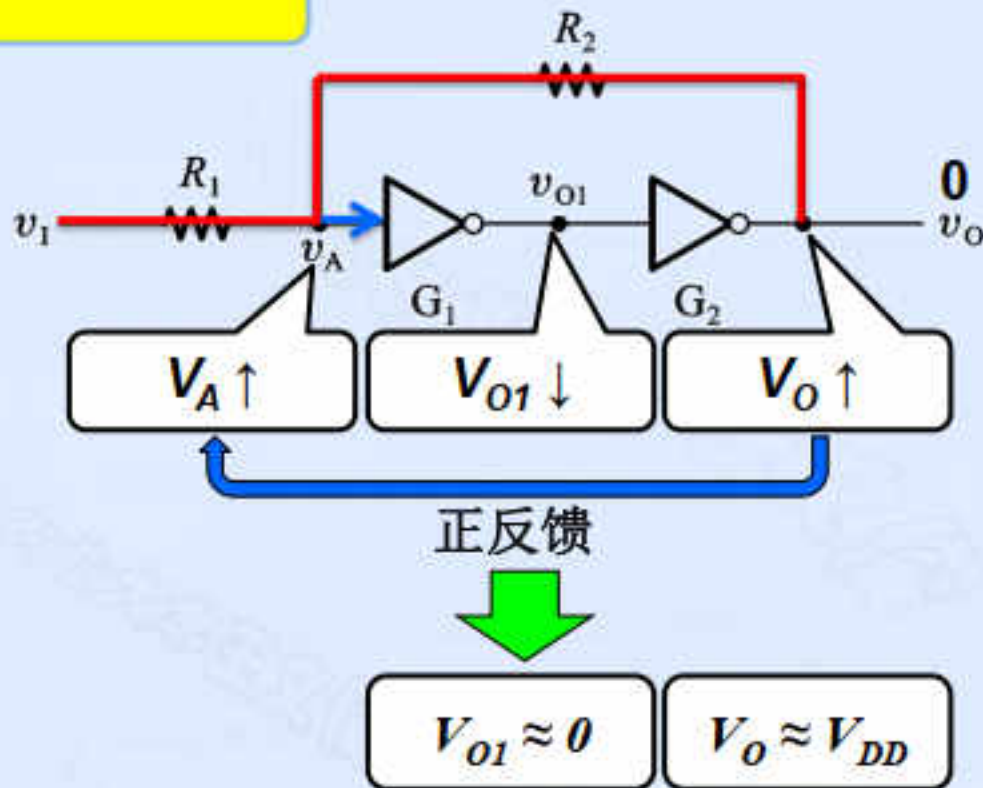
$$V_A = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_I = V_{TH}$$



正向
阈值
电压

$$V_{T+} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{TH}$$

当 $V_{T+} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{TH}$ 时, 正反馈作用使电路从稳态1迅速转变为稳态2。



③ 稳态2: $V_A > V_{TH}$

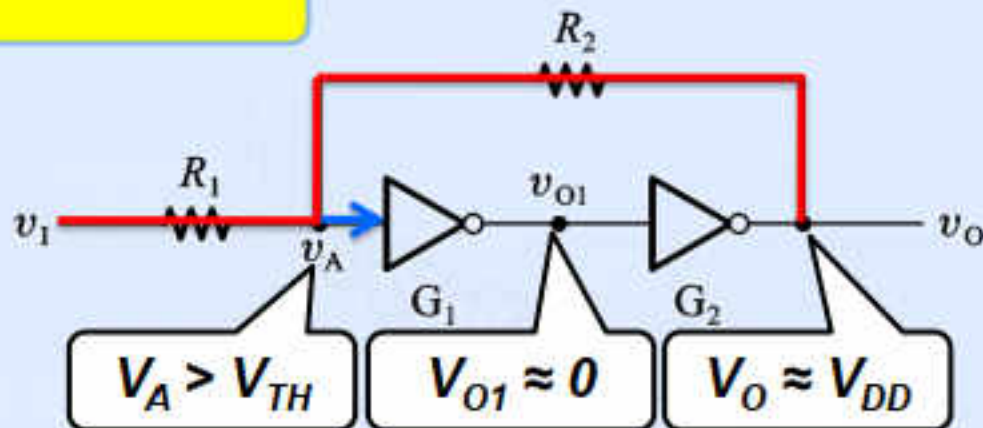
$$V_A = V_I + \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_O - V_I)$$



代入 $V_O = V_{DD} = 2V_{TH}$

V_I 的取值范围:

$$V_A = V_I + \frac{R_1}{R_1 + R_2} (2V_{TH} - V_I) > V_{TH} \quad \longrightarrow \quad V_I > \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right) V_{TH}$$



当 $V_I > \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right) V_{TH}$ 时, 电路保持稳态2 (高电平输出) 不变。

④ 转换节点: $V_A = V_{TH}$

$$V_A = V_I + \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_O - V_I)$$

V_I 的取值:

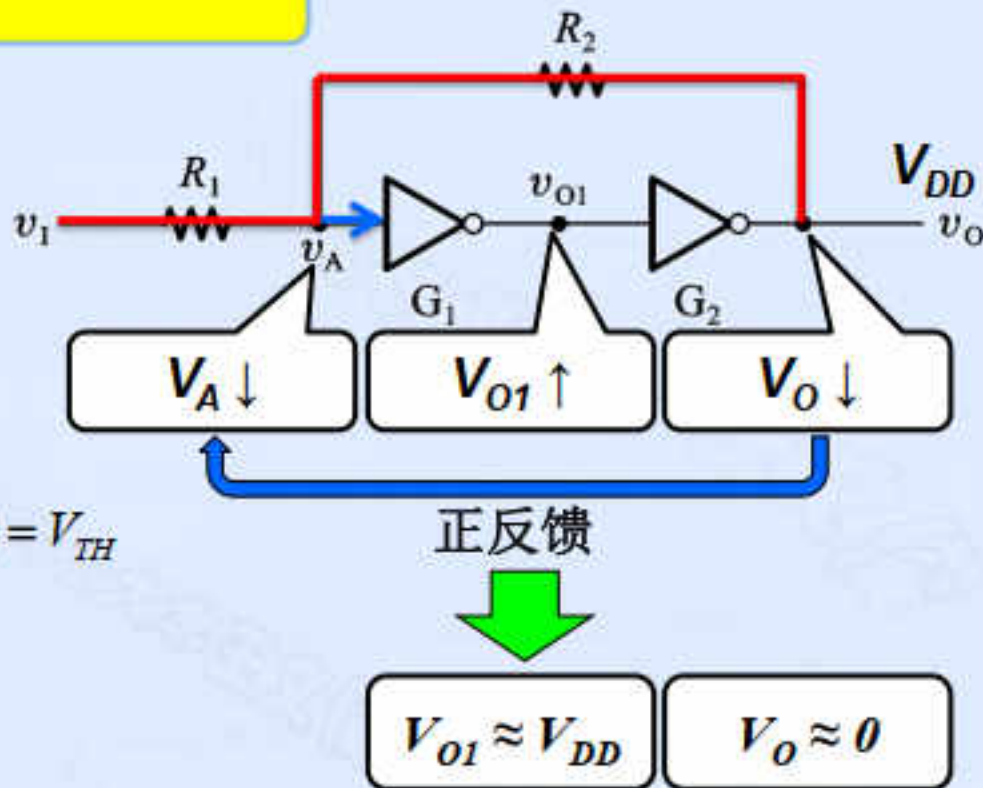
$$V_A = V_I + \frac{R_1}{R_1 + R_2} (2V_{TH} - V_I) = V_{TH}$$



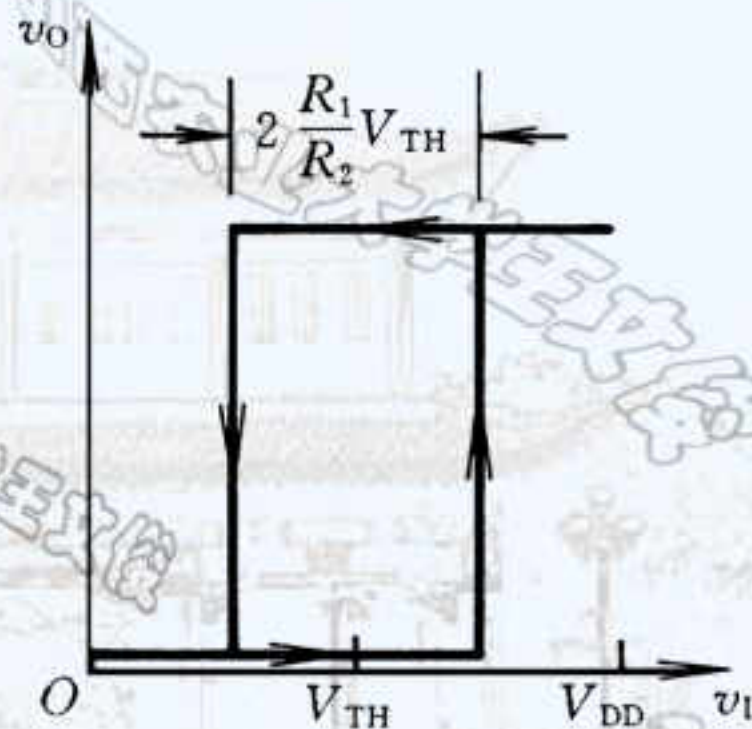
负向
阈值
电压

$$V_{T-} = \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right) V_{TH}$$

当 $V_{T-} = \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right) V_{TH}$ 时, 正反馈作用使电路从稳态2迅速转变为稳态1。



$$\begin{cases} V_{T+} = (1 + \frac{R_1}{R_2})V_{TH} \\ V_{T-} = (1 - \frac{R_1}{R_2})V_{TH} \\ \Delta V_T = |V_{T+} - V_{T-}| = 2 \left(\frac{R_1}{R_2} \right) V_{TH} \end{cases}$$

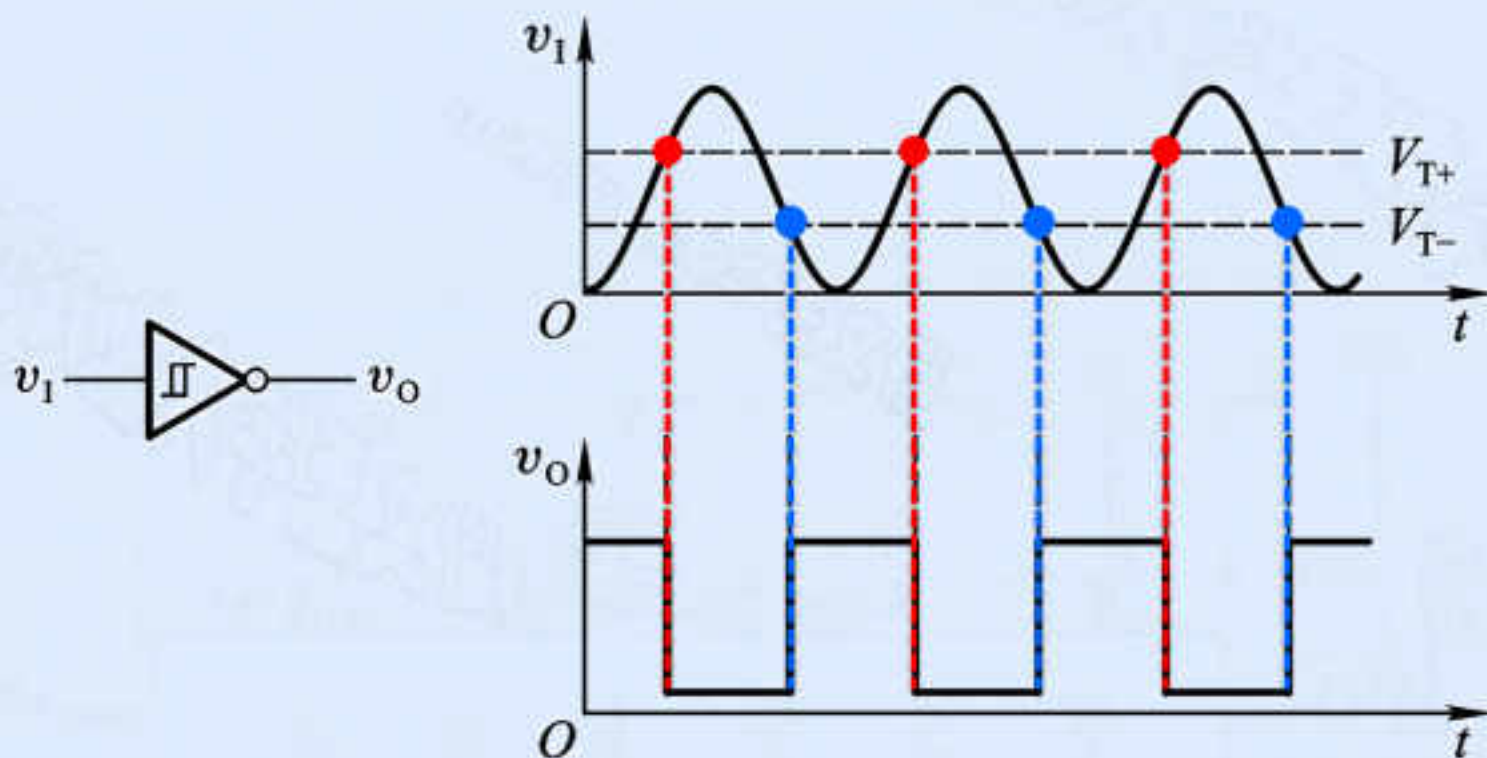


山西农业大学

• 3、施密特触发电路的应用

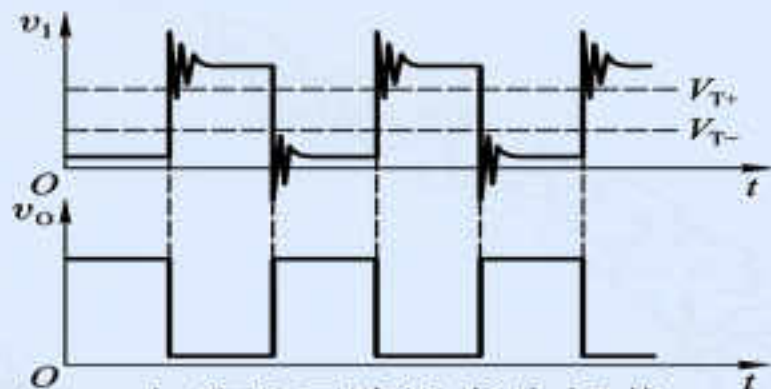
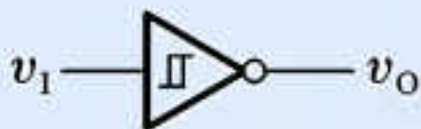
① 用于波形变换

- 利用**正反馈**作用，将边沿变换缓慢的周期性信号变为边沿很陡的矩形脉冲信号。

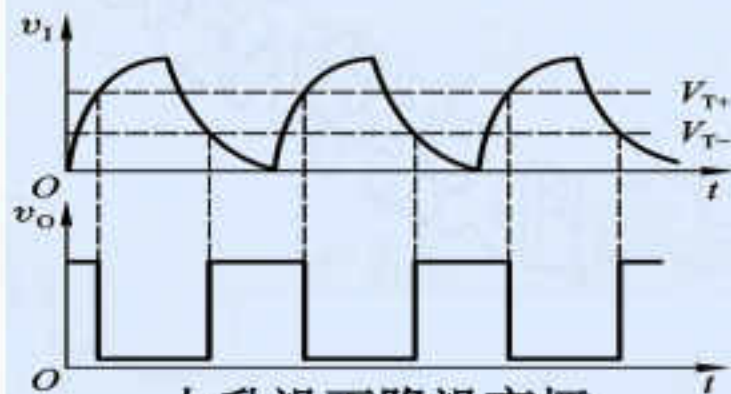


② 用于脉冲整形

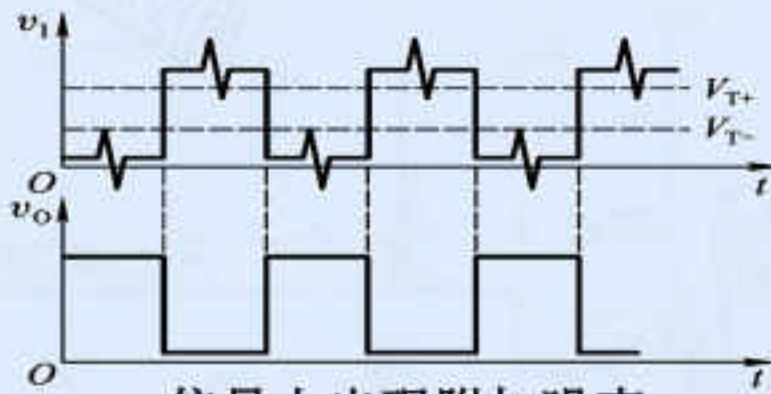
- 矩形脉冲经传输后往往发生波形畸变，通过施密特触发电路整形，可以获得较理想的矩形脉冲波形。



上升沿下降沿发生振荡



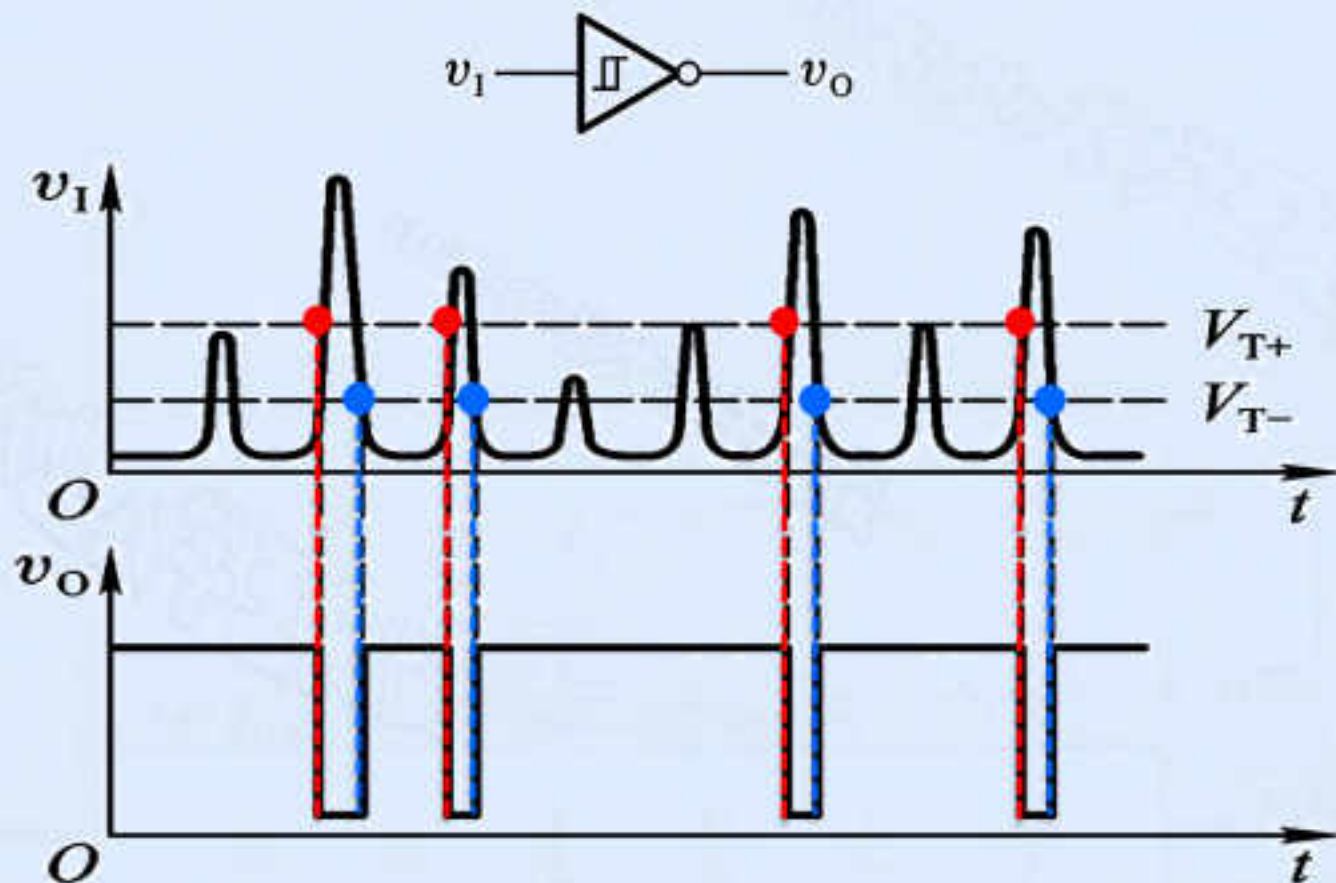
上升沿下降沿变坏



信号上出现附加噪声

③ 用于鉴幅

- 施密特触发器能从一系列幅度各异的脉冲信号中，将幅度大于 V_{T+} 的脉冲选出，具有脉冲鉴幅能力。



四、施密特触发电路的分析方法

① 低电平输入的电路状态

- 确定输入为0时的电路状态，确定电路中各点电压值。

② 找上升过程的状态转换点

- 找出输入电压上升过程中，电路状态转换的关键控制点。

③ 计算正向阈值电压 V_{T+}

- 计算控制点电压引起电路状态变化时所对应的输入电压，即正向阈值电压 V_{T+} 。

④ 高电平输入的电路状态

- 确定输入高于 V_{T+} 时的电路状态，确定电路中各点电压值。

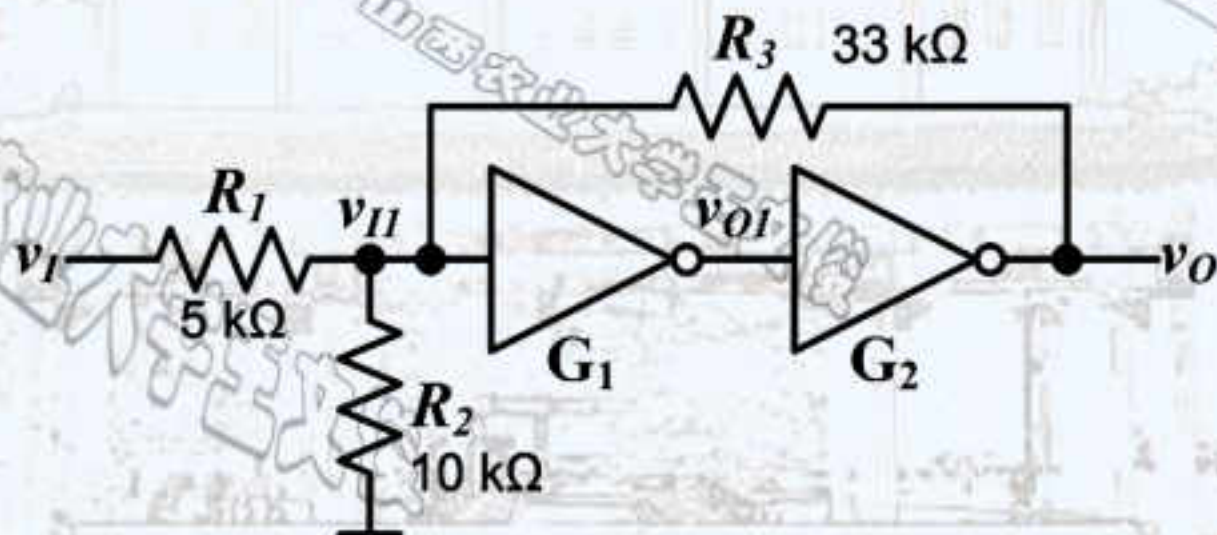
⑤ 找下降过程的状态转换点

- 找出输入电压下降过程中，电路状态转换的关键控制点。

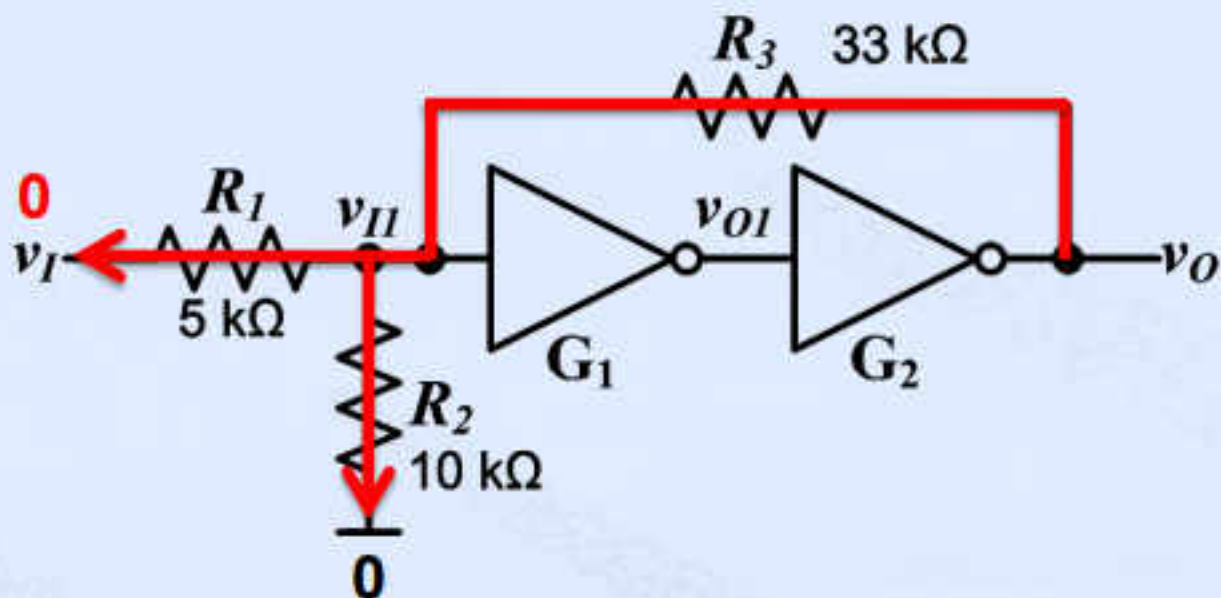
⑥ 计算负向阈值电压 V_T

- 计算控制点电压引起电路状态变化时所对应的输入电压，即负向阈值电压 V_T 。

- 例1: 计算下图施密特触发电路的 V_{T+} 、 V_{T-} 。
 - 已知: $R_1 = 5\text{ k}\Omega$, $R_2 = 10\text{ k}\Omega$, $R_3 = 33\text{ k}\Omega$ 。
 - G_1 和 G_2 为CMOS反相器, $V_{DD} = 5\text{ V}$, $V_{OH} \approx 5\text{ V}$, $V_{OL} \approx 0\text{ V}$, 阈值电压为 $V_{TH} = 0.5V_{DD} = 2.5\text{ V}$



① 低电平输入的电路状态

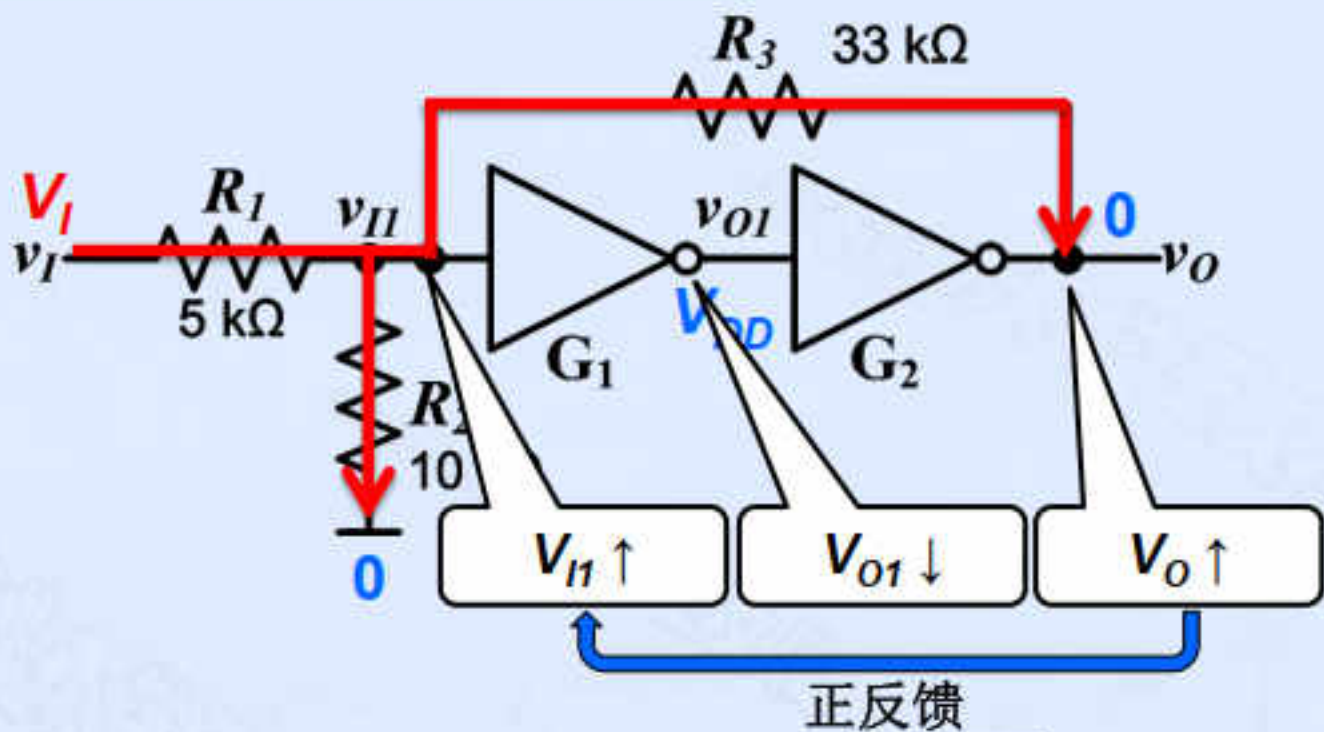


$$V_{II} = V_O \frac{R_1 \parallel R_2}{R_3 + R_1 \parallel R_2} < \frac{1}{2} V_{DD} = V_{TH}$$

$$V_{O1} = V_{DD}$$

$$V_O = 0$$

$$V_{II} = 0$$

② 正向阈值电压 V_{T+} 

$$V_{TH} = V_I \frac{R_2 \parallel R_3}{R_1 + R_2 \parallel R_3} = V_{TH}$$

$$V_{T+} = 4.1V$$

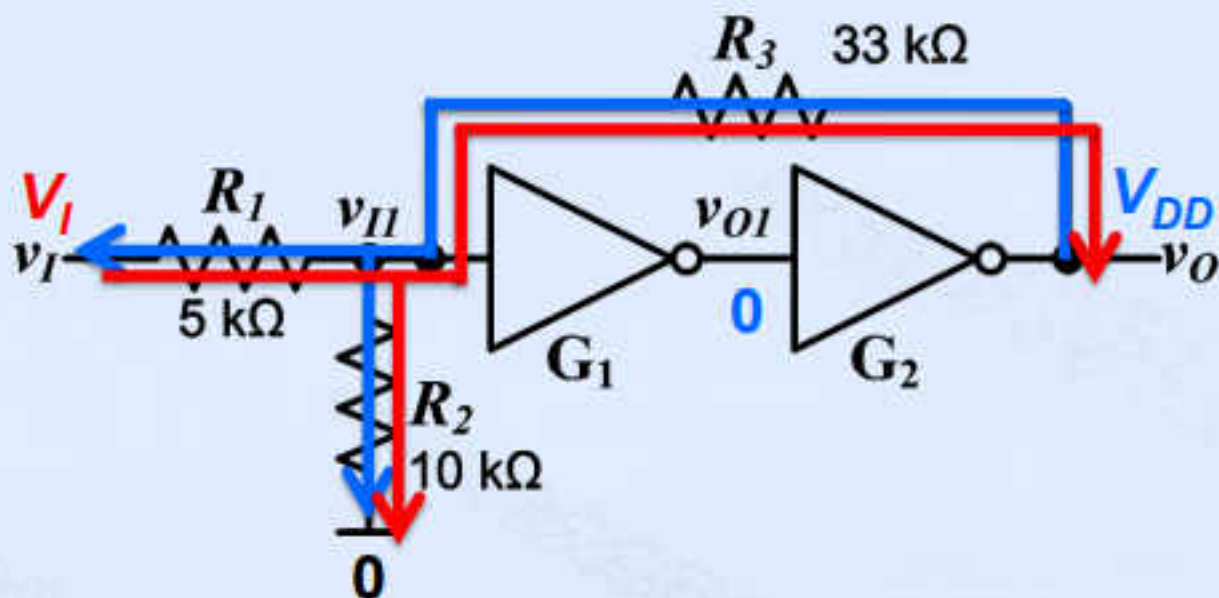
$$V_{O1} \approx 0$$

$$V_O \approx V_{DD}$$

正反馈



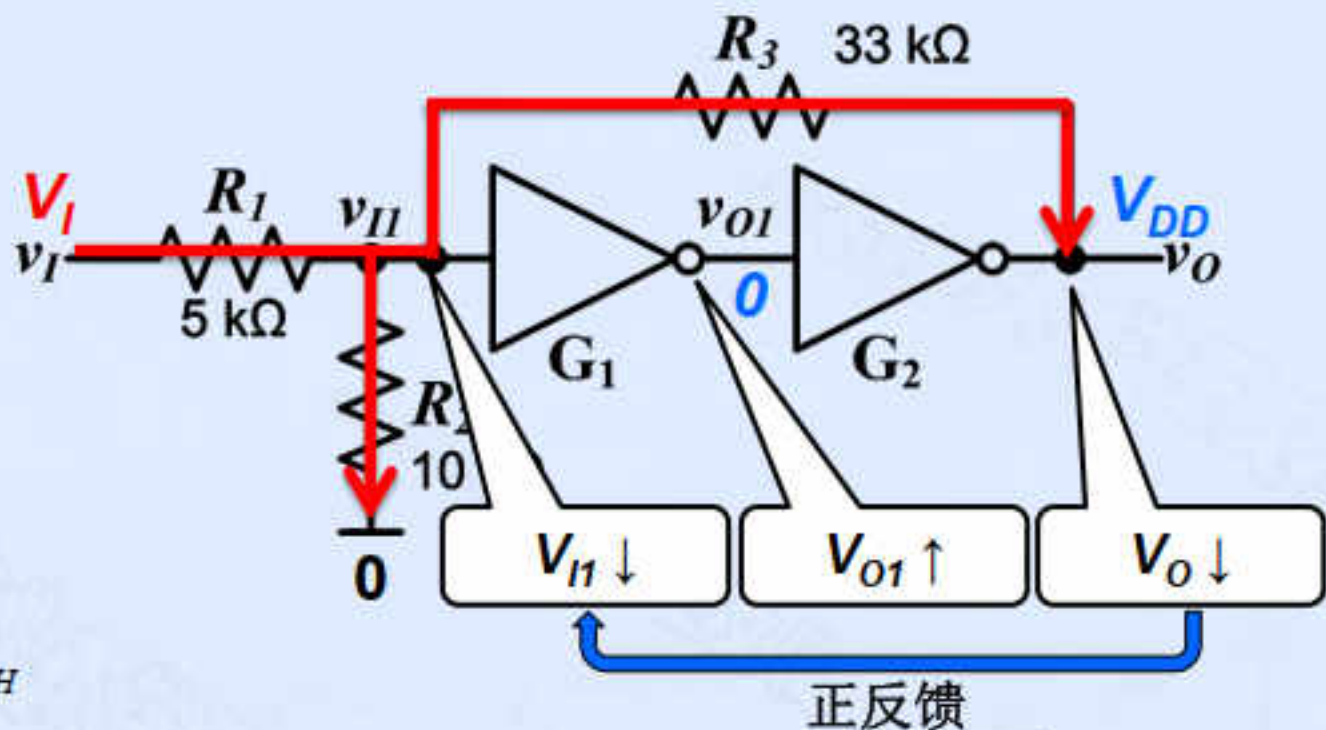
③ 高电平输入电路状态



$$V_{I1} = V_I \frac{R_2 \parallel R_3}{R_1 + R_2 \parallel R_3} + V_{DD} \frac{R_1 \parallel R_2}{R_3 + R_1 \parallel R_2}$$

$$V_{O1} = 0$$

$$V_O = V_{DD}$$

④ 负向阈值电压 V_{T-} 

$$V_{I1} = V_{TH}$$

$$V_{I1} = V_I \frac{R_2 \parallel R_3}{R_1 + R_2 \parallel R_3} + V_{DD} \frac{R_1 \parallel R_2}{R_3 + R_1 \parallel R_2} = V_{TH}$$

$$V_{T-} = 3.3V$$

$$V_{O1} \approx V_{DD}$$

$$V_O \approx 0$$

五、微分型单稳态电路

• 1、单稳态电路的特点

电路工作状态

- 有一个稳态和一个暂稳态，共两种不同的工作状态。

工作状态之间的转换特点

- 在外界**触发脉冲**的作用下，能从**稳态**翻转到**暂稳态**；
- 在**暂稳态**维持一段时间以后，再**自动**返回**稳态**。

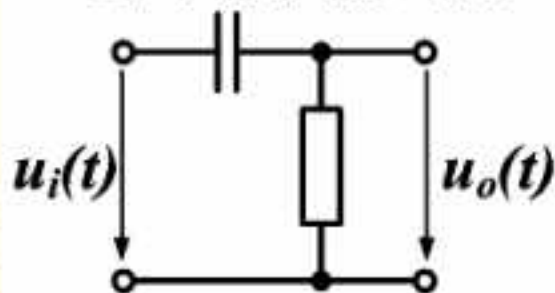
暂稳态特点

- 暂稳态**维持的时间**长短取决于**电路本身的参数**，与触发脉冲的宽度和幅度无关。

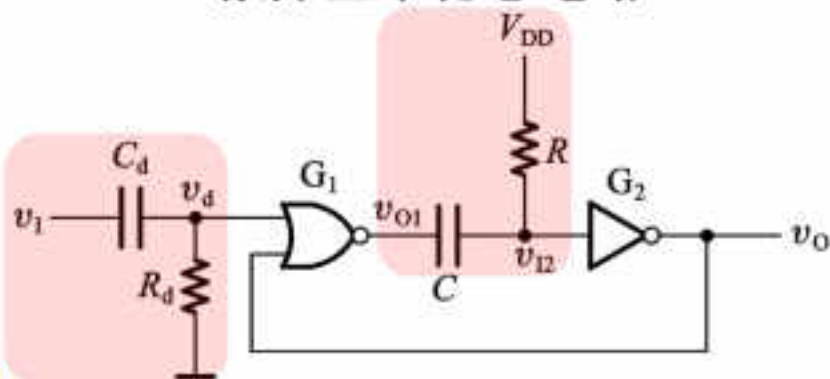
2、单稳态电路的分类

单稳态电路的暂稳态通常都是靠 RC 电路的充、放电来维持的。

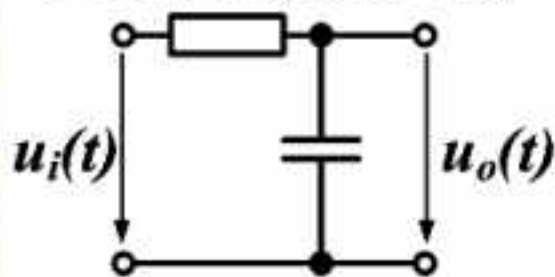
RC 微分电路
(电阻两端为输出端)



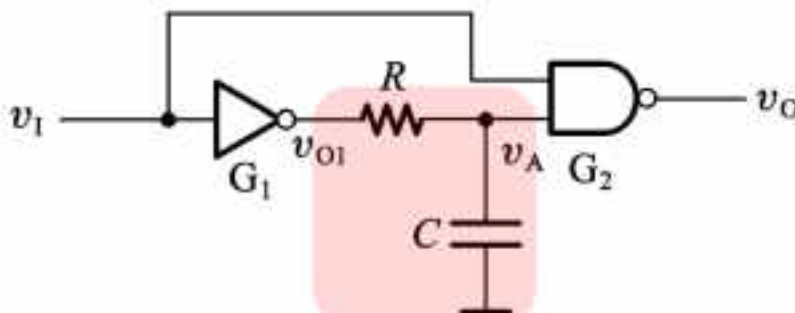
微分型单稳态电路



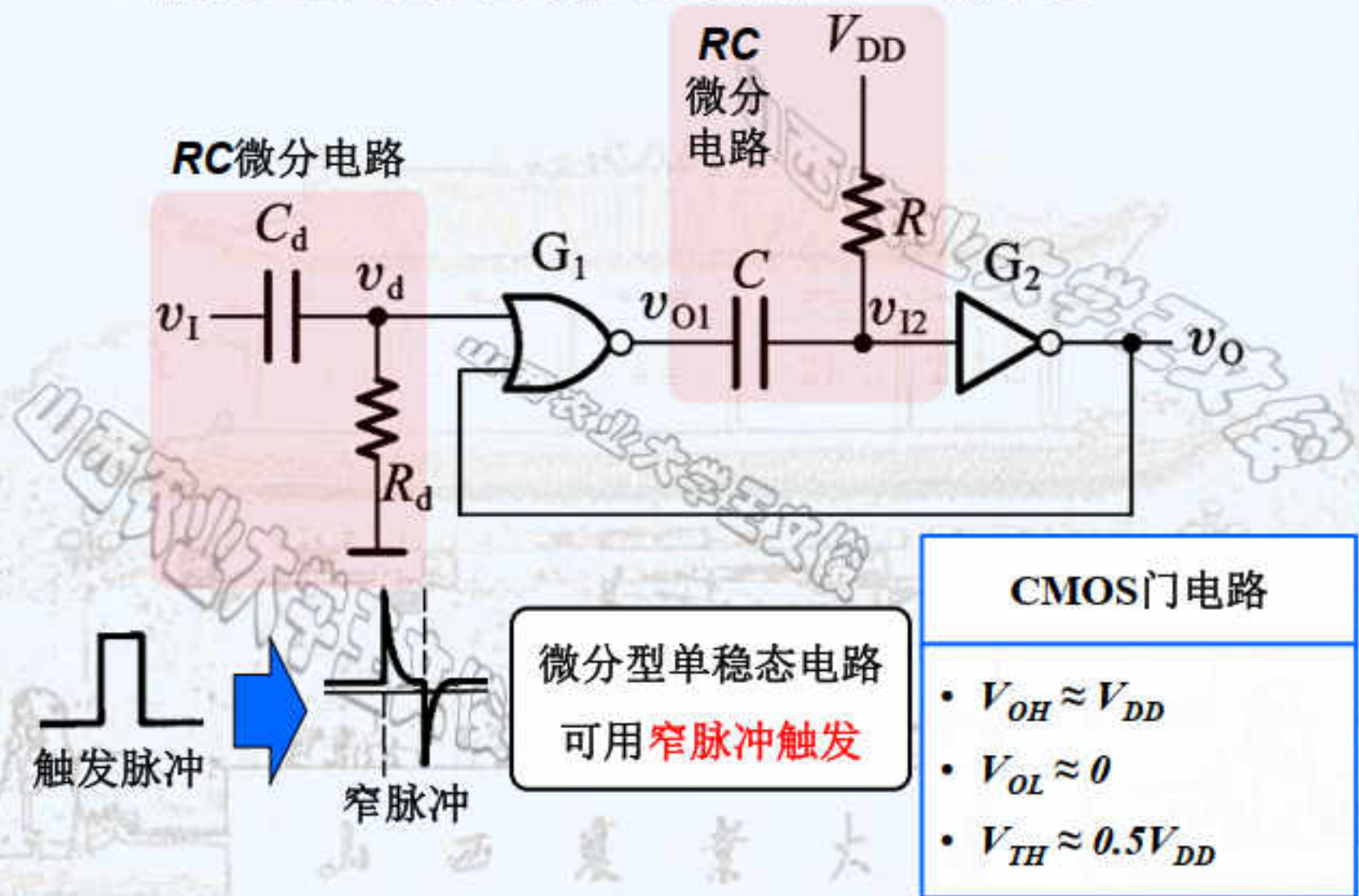
RC 积分电路
(电容两端为输出端)



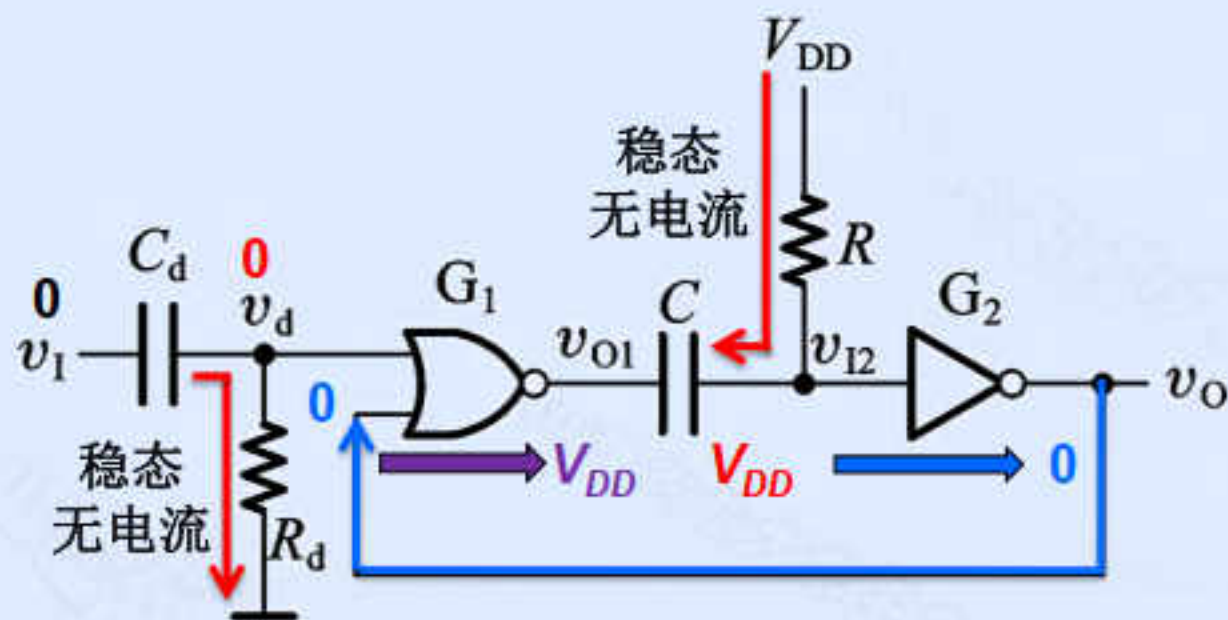
积分型单稳态电路



3、微分型单稳态电路的电路结构与工作原理



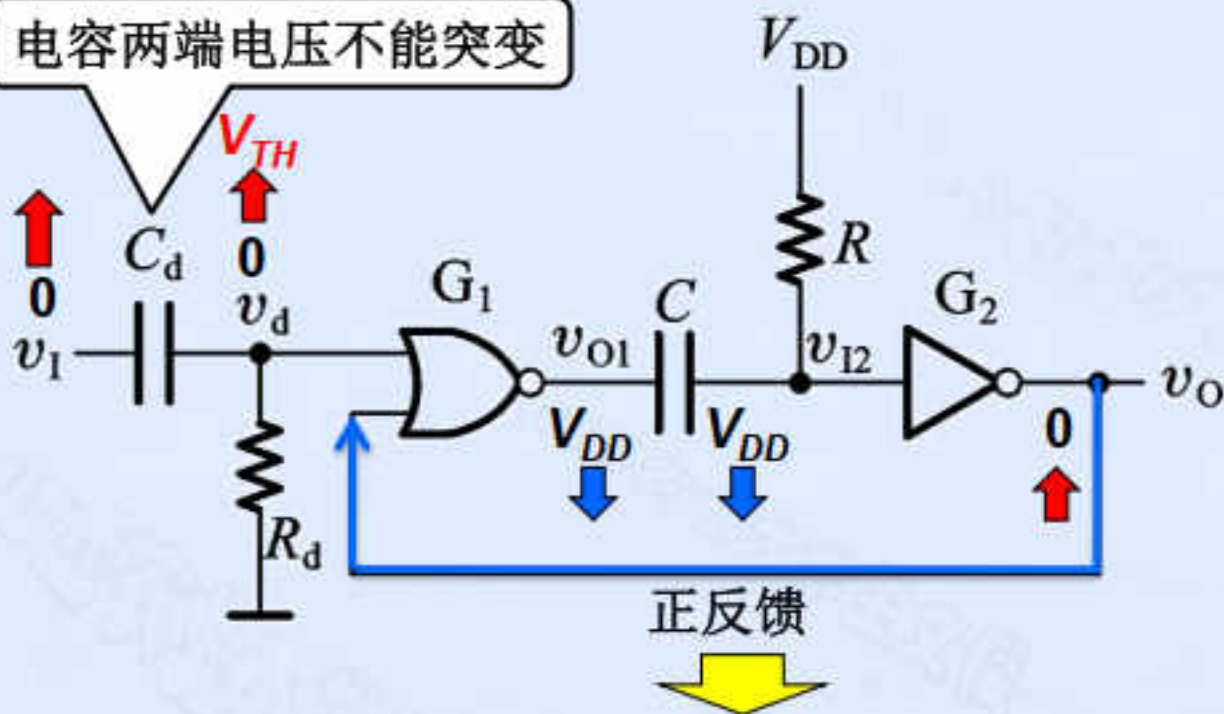
① 稳态 $V_I = 0$, $V_O = 0$



V_{O1}	C电压	V_{I2}	V_O
V_{DD}	0	V_{DD}	0

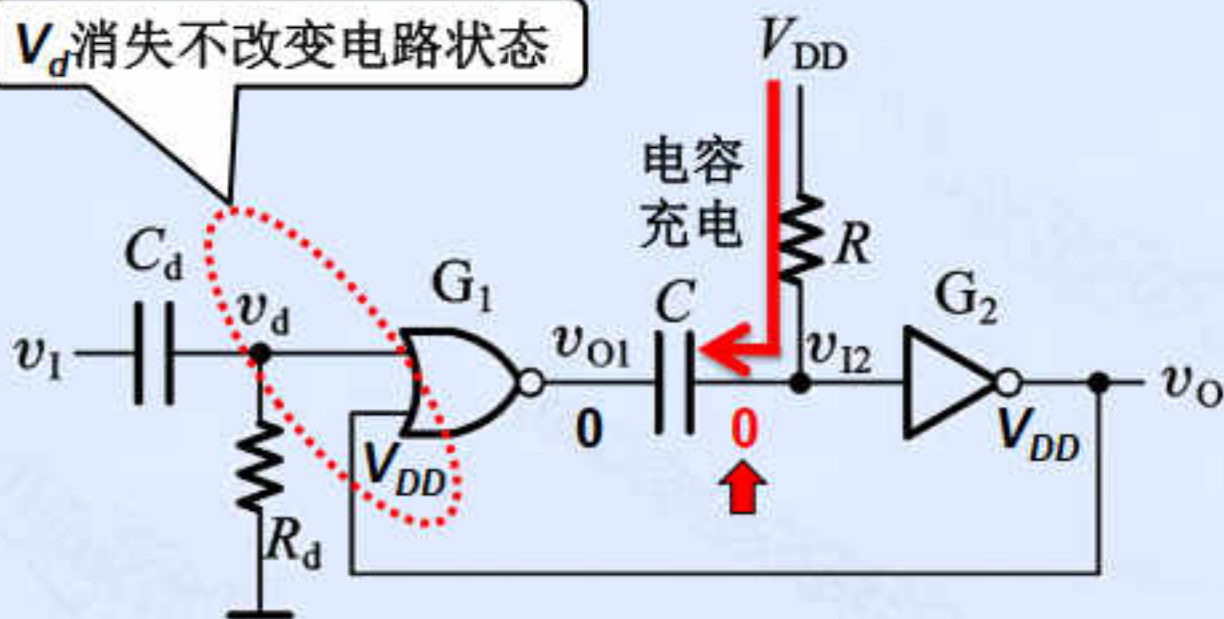
② 加触发信号 $V_d = V_{TH}$

电容两端电压不能突变



V_{O1}	C电压	V_{I2}	V_O
$V_{DD} \rightarrow 0$	0	$V_{DD} \rightarrow 0$	$0 \rightarrow V_{DD}$



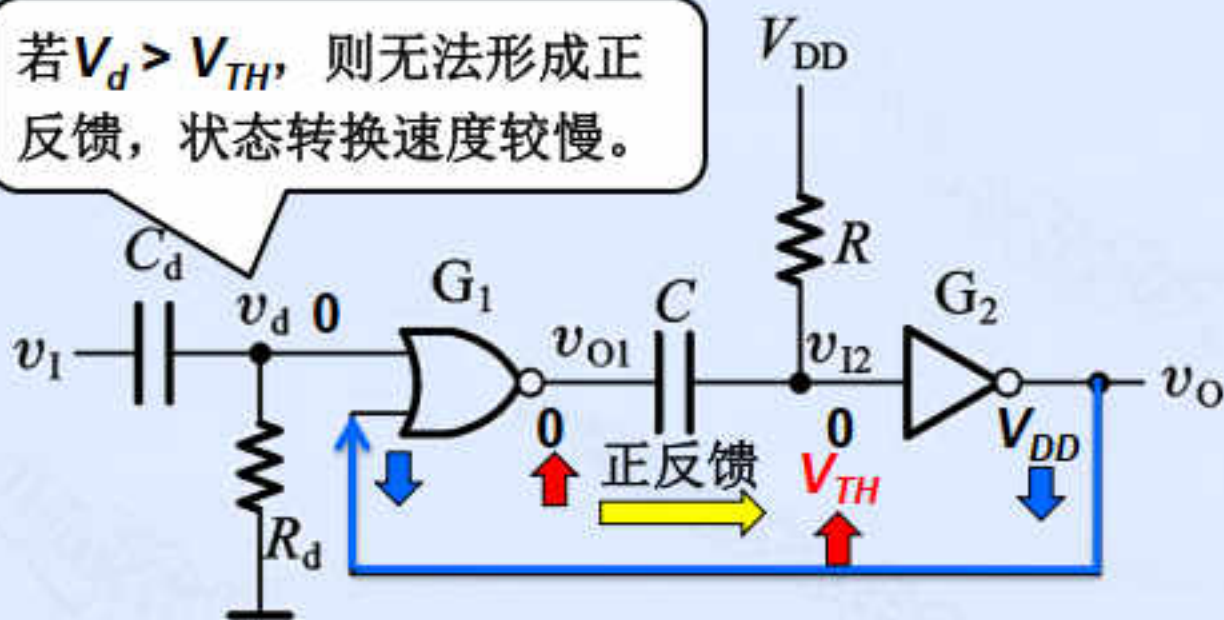
③ 暂稳态 $V_O = V_{DD}$ V_d 消失不改变电路状态

V_{O1}	C电压	V_{I2}	V_O
0	从0开始充电	从0开始逐渐增大	V_{DD}



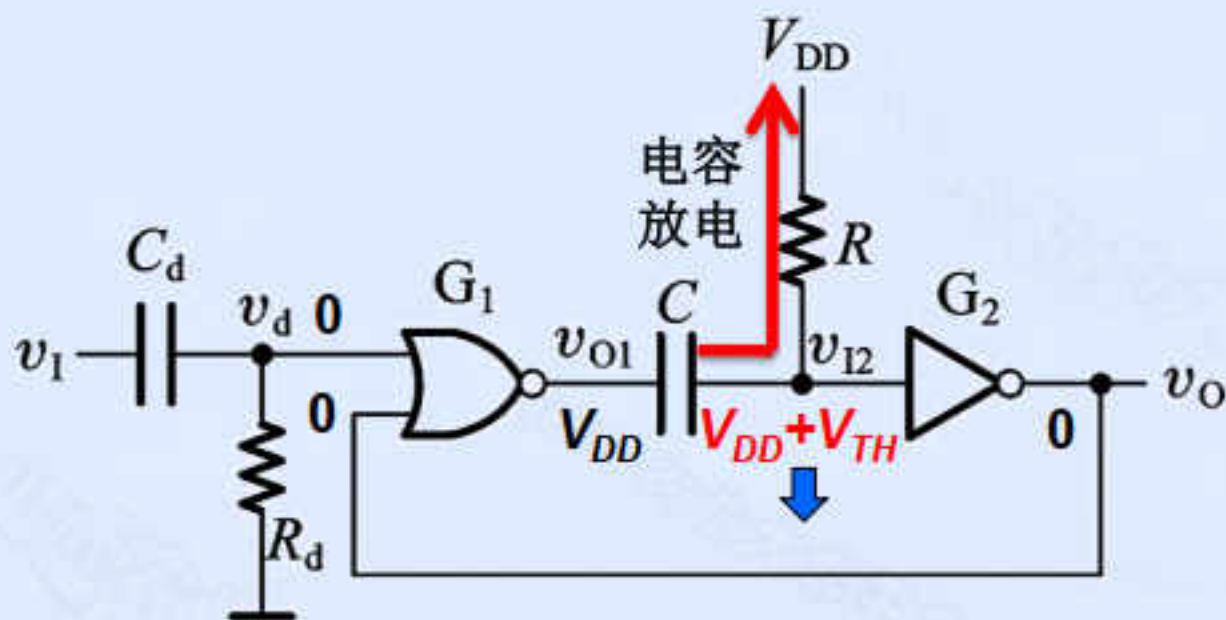
④ 状态转换 $V_{I2} = V_{TH}$

若 $V_d > V_{TH}$, 则无法形成正反馈, 状态转换速度较慢。

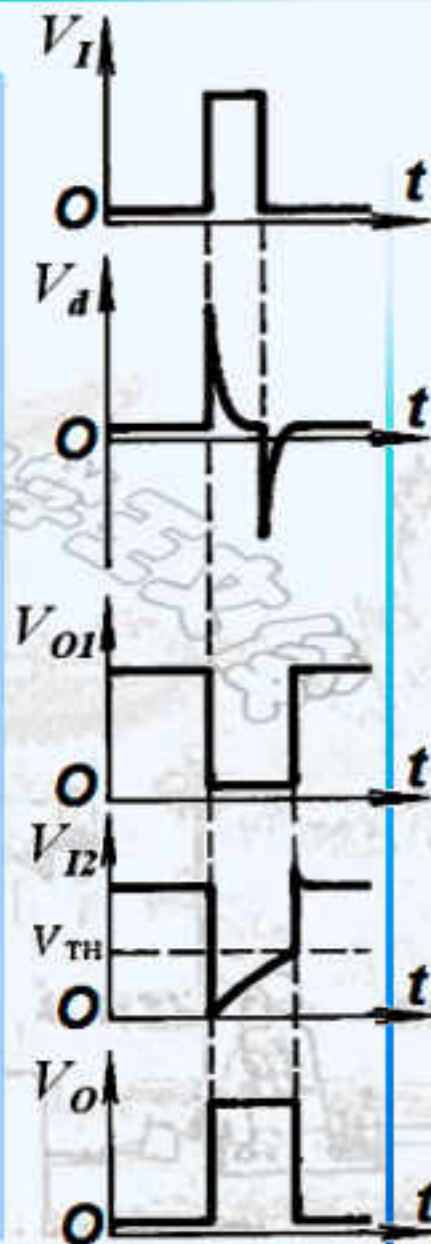


V_{O1}	C电压	V_{I2}	V_O
$0 \rightarrow V_{DD}$	V_{TH}	$V_{TH} \rightarrow V_{DD} + V_{TH}$	$V_{DD} \rightarrow 0$



⑤ 回到稳态 $V_{I2} = V_{DD}$ 

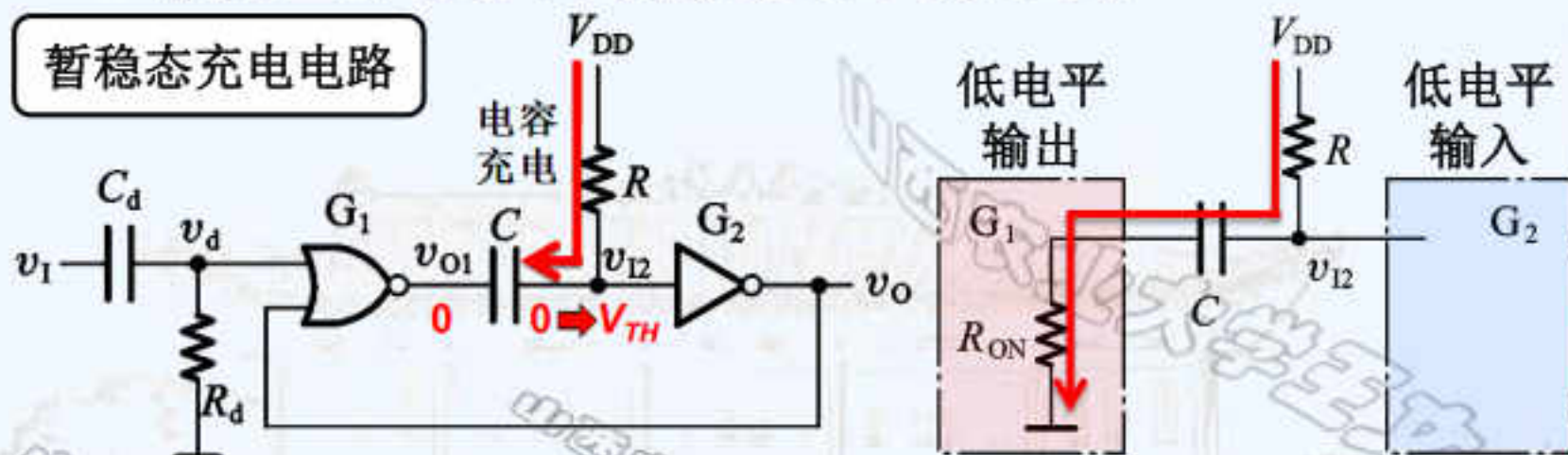
V_{O1}	C电压	V_{I2}	V_O
V_{DD}	从 V_{TH} 开始 放电到0	从 $V_{DD} + V_{TH}$ 逐渐减小 到 V_{DD}	0



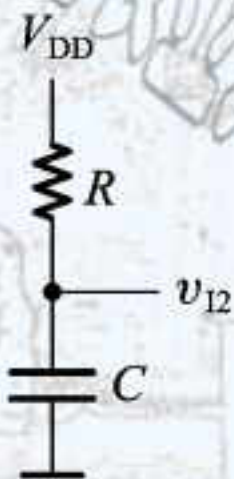
电路状态	V_{OI}	C	V_{I2}	V_O
① 稳态	V_{DD}	0	V_{DD}	0
② 触发 ($V_D = V_{TH}$)	$V_{DD} \rightarrow 0$	0	$V_{DD} \rightarrow 0$	$0 \rightarrow V_{DD}$
③ 暂稳态	0	充电 $0 \rightarrow V_{TH}$	逐渐增大 $0 \rightarrow V_{TH}$	V_{DD}
④ 转换 ($V_{I2} = V_{TH}$)	$0 \rightarrow V_{DD}$	V_{TH}	$V_{TH} \rightarrow V_{DD} + V_{TH}$	$V_{DD} \rightarrow 0$
⑤ 回到稳态	V_{DD}	放电 $V_{TH} \rightarrow 0$	逐渐减小 $V_{DD} + V_{TH} \rightarrow V_{DD}$	0

4、微分型单稳态电路的充放电等效电路

暂稳态充电电路

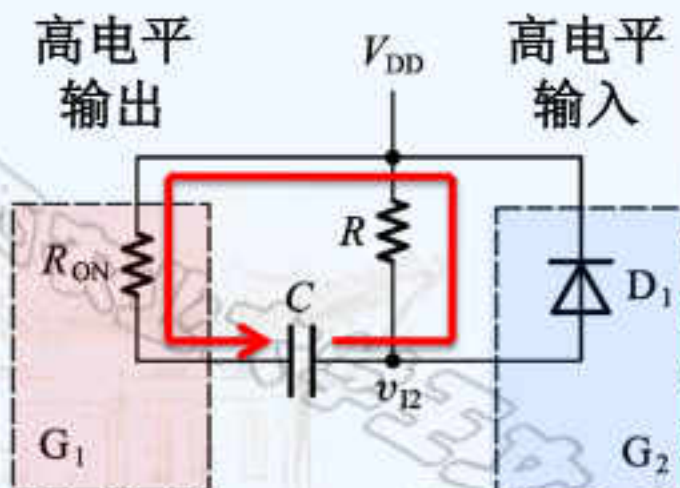
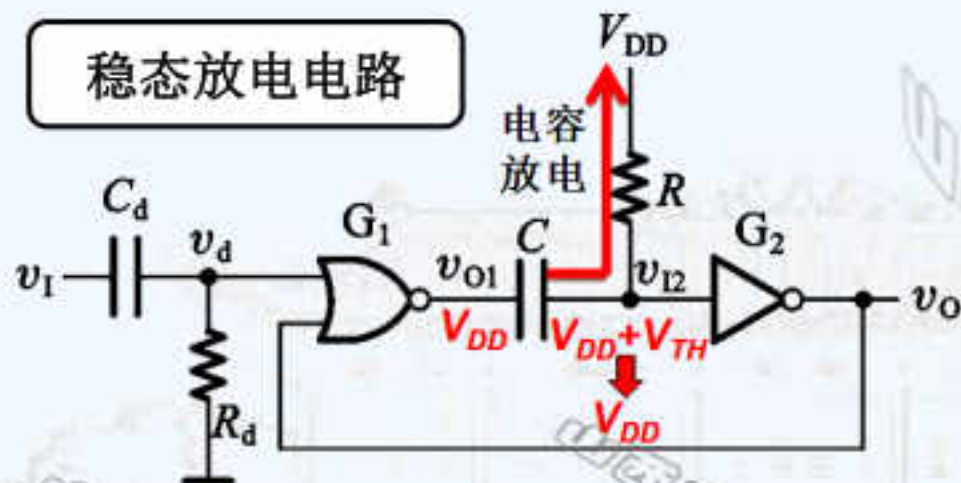


若 $R_{ON} \ll R$, 则等效充电电路为:

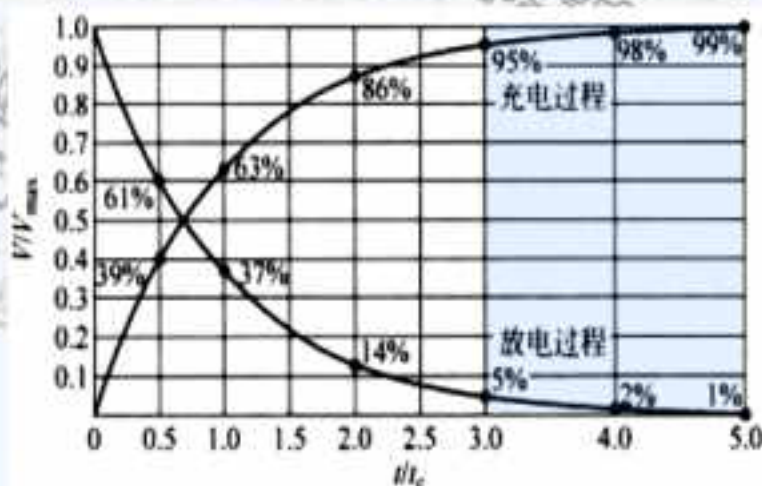
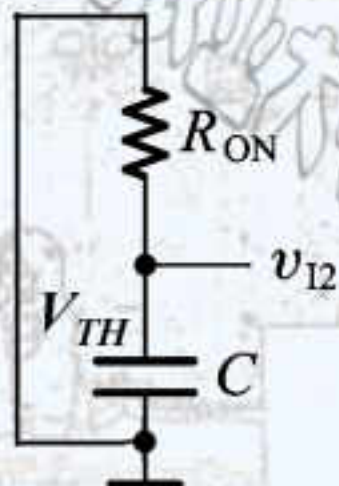


$$t_w = RC \ln \frac{V_{(\infty)} - V_{(0)}}{V_{(\infty)} - V_{(t)}} = RC \ln \frac{V_{DD} - 0}{V_{DD} - V_{TH}} = RC \ln 2$$

稳态放电电路



若 $r_{D1} \ll R_{ON}$ ，则等效放电电路为：



一般认为经过3~5倍电路时间常数后，**RC**电路基本达到稳态。

$$t_{re} \approx (3 \sim 5) R_{ON} C$$

充电时间

$$t_w = RC \ln 2$$

放电（恢复）时间

$$t_{re} \approx (3 \sim 5) R_{ON} C$$

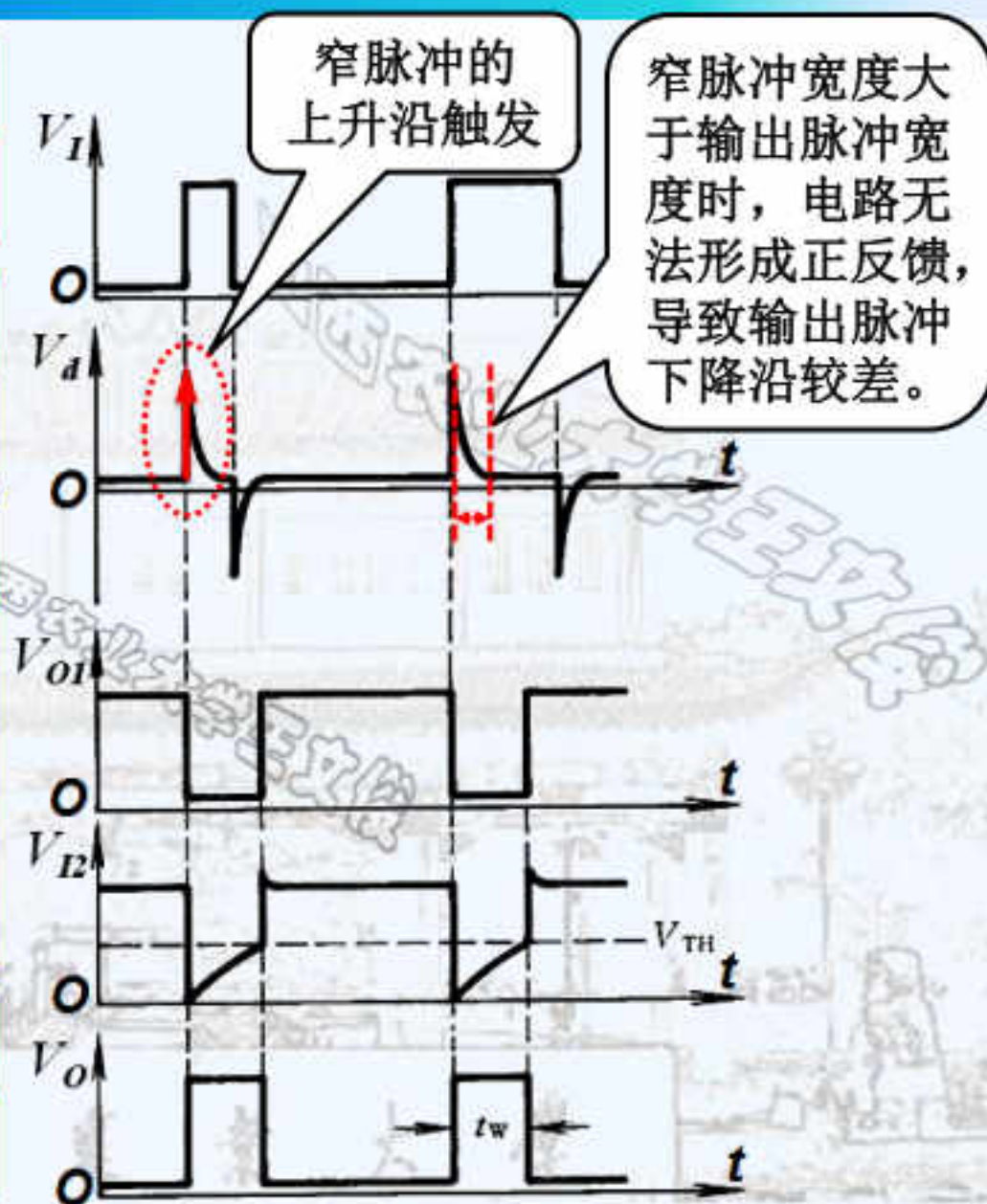
分辨时间

- 保证电路正常工作，两相邻脉冲之间的最小时间间隔。

$$t_d = t_w + t_{re}$$

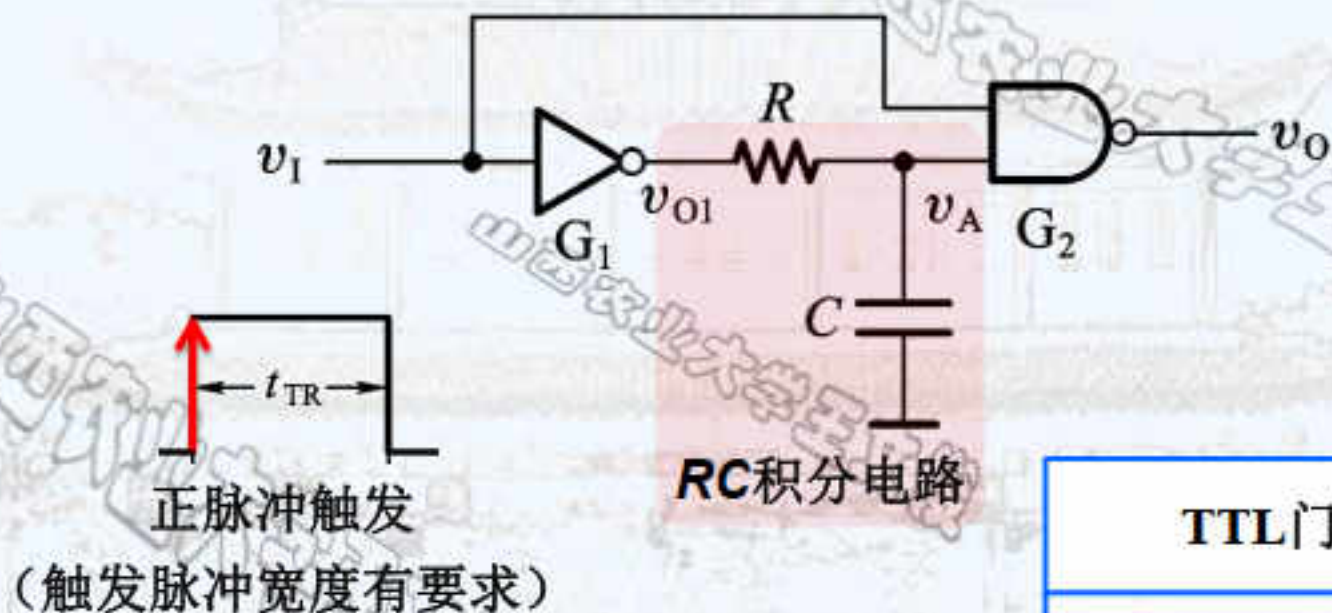
输出的脉冲幅度

$$V_m = V_{OH} - V_{OL} \approx V_{DD}$$



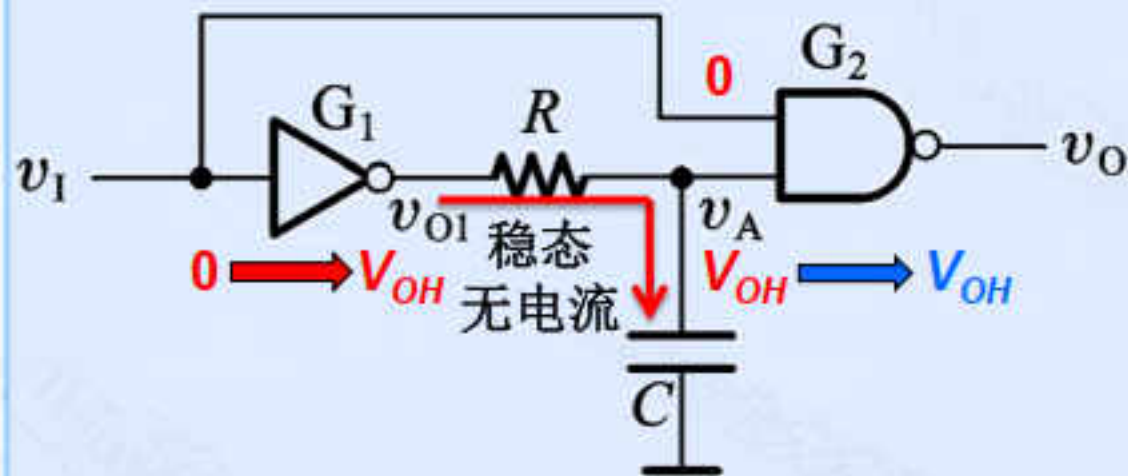
六、积分型单稳态电路

• 1、积分型单稳态电路的电路结构与工作原理



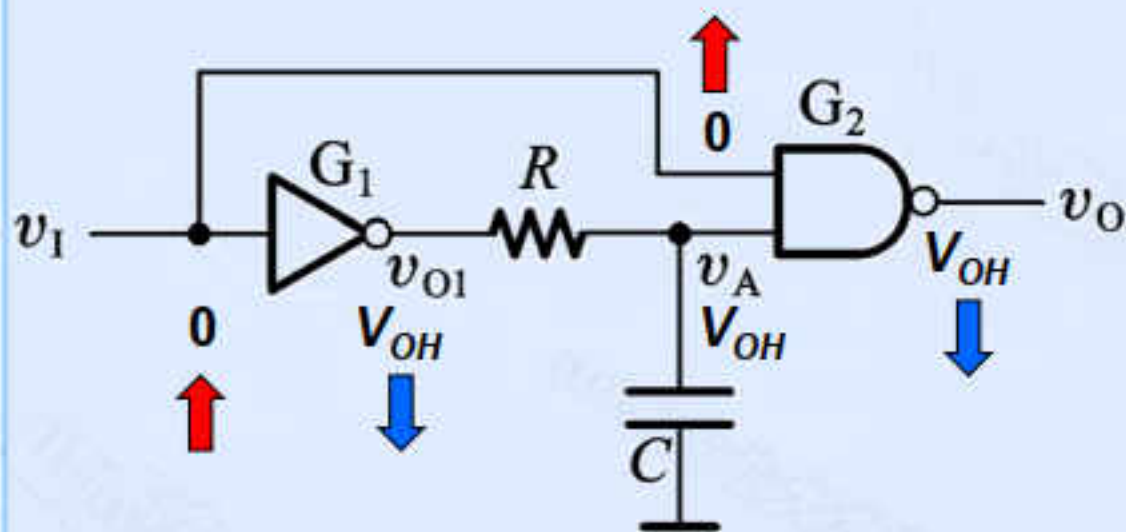
TTL门电路

- 高电平输出 V_{OH}
- 低电平输出 V_{OL}
- 阈值电压 V_{TH}

① 稳态 $V_I = 0$ 

V_{O1}	C电压	V_A	V_O
V_{OH}	V_{OH}	V_{OH}	V_{OH}

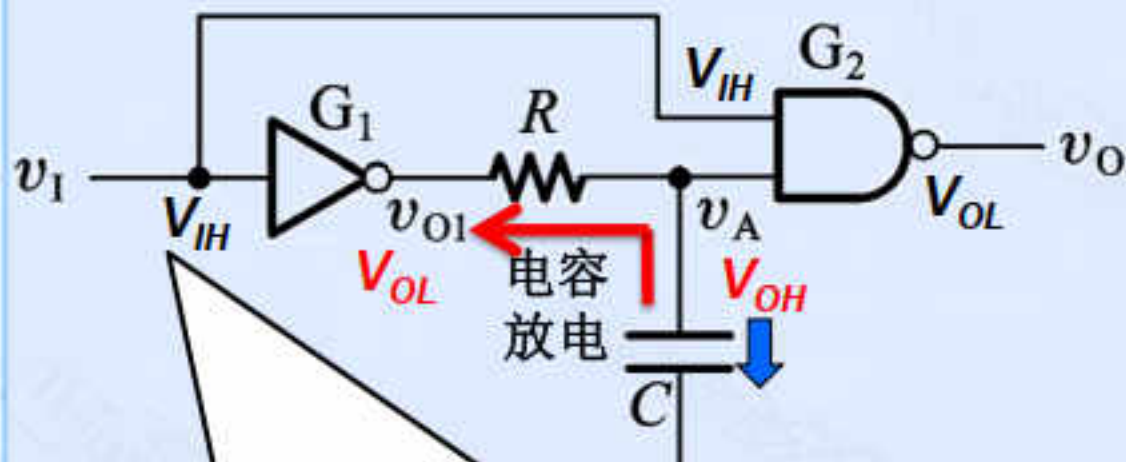
② 正脉冲触发 $V_I = V_{IH}$



无正反馈，转换速度较慢

V_{OI}	C电压	V_A	V_O
$V_{OH} \rightarrow V_{OL}$	V_{OH}	V_{OH}	$V_{OH} \rightarrow V_{OL}$

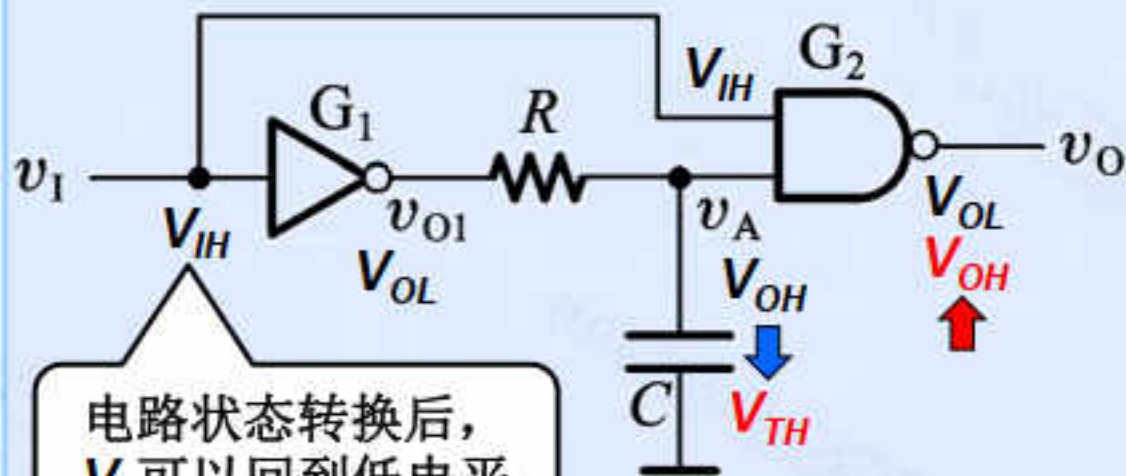


③ 暂稳态 $V_o = V_{OL}$ 

暂稳态期间, V_I 应保持高电平不变, 否则 V_A 无法下降到 V_{TH} , 电路状态无法转换。

V_{O1}	C电压	V_A	V_o
V_{OL}	从 V_{OH} 开始放电	从 V_{OH} 逐渐降低	V_{OL}

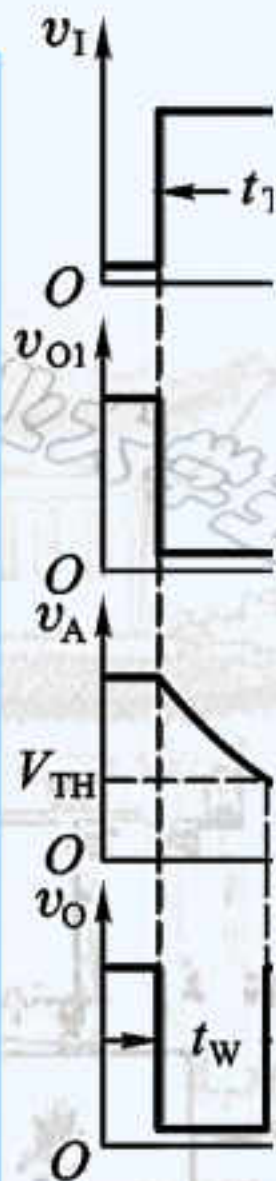


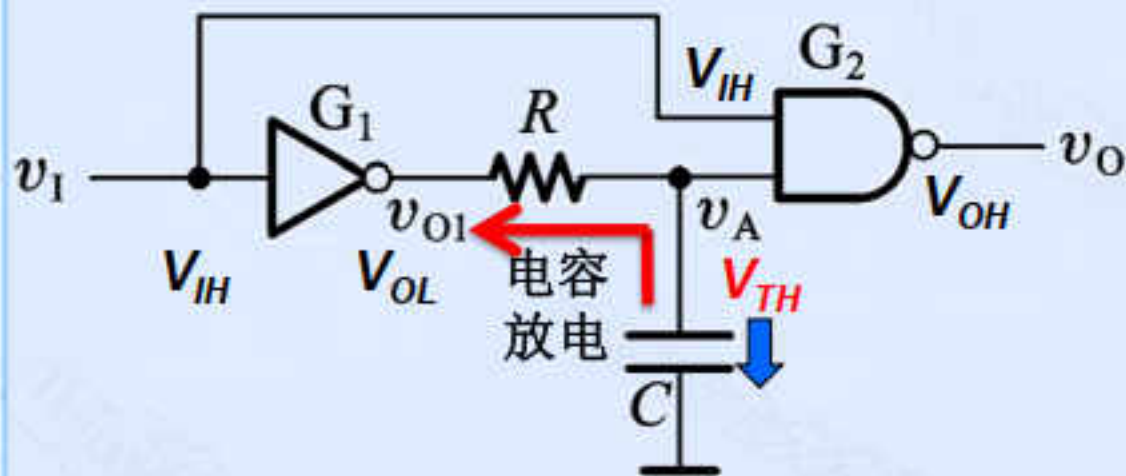
④ 转换 $V_A = V_{TH}$ 

电路状态转换后， V_I 可以回到低电平

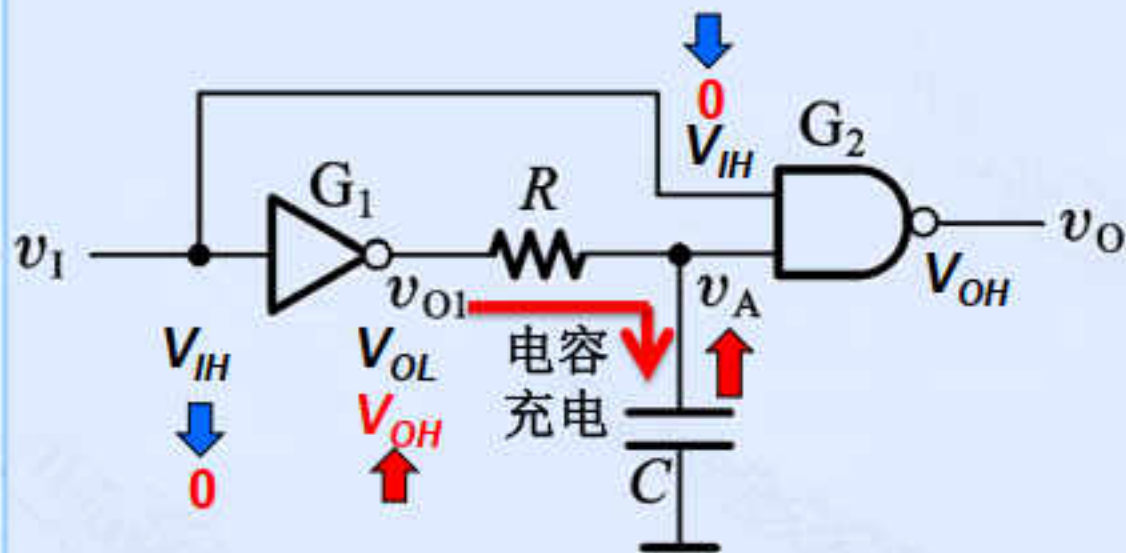
无正反馈，转换速度较慢

V_{O1}	C电压	V_A	V_O
V_{OL}	V_{TH}	V_{TH}	$V_{OL} \rightarrow V_{OH}$

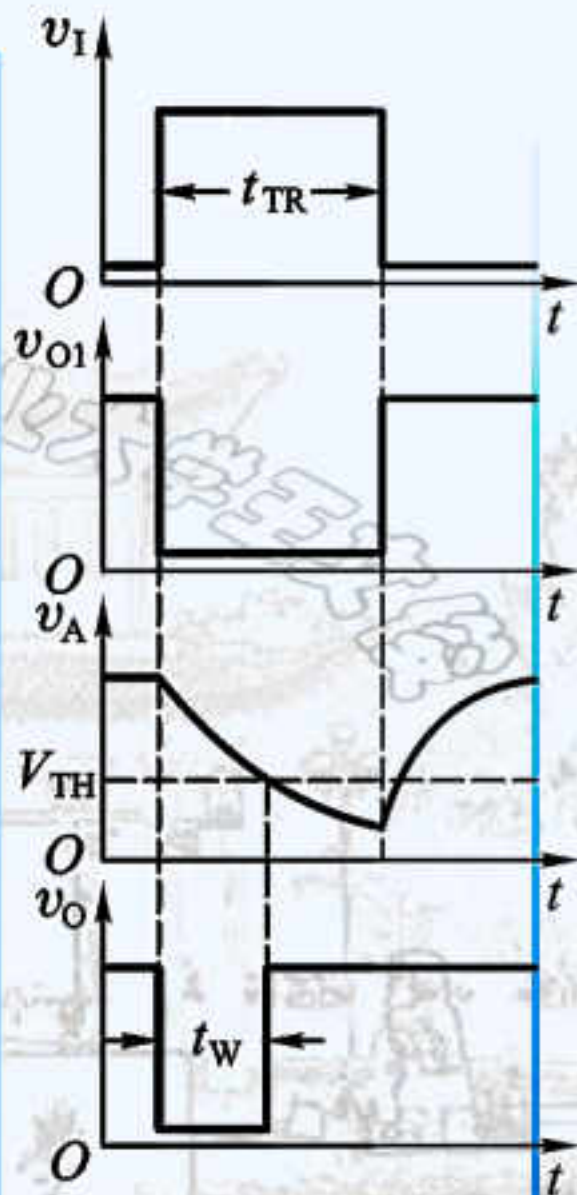


⑤ 回到稳态 $V_O = V_{OH}$ 

V_{O1}	C电压	V_A	V_O
V_{OL}	从 V_{TH} 继续放电	从 V_{TH} 继续降低	V_{OH}

⑥ 输入回到初态 $V_I = 0$ 

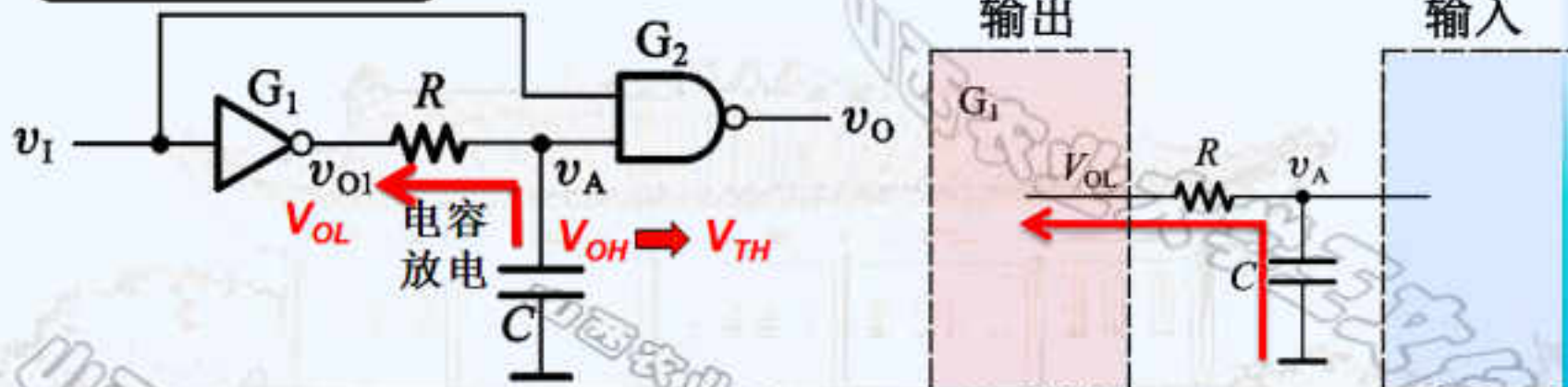
V_{O1}	C电压	V_A	V_O
$V_{OL} \rightarrow V_{OH}$	从 V_X 开始充电	从 V_X 逐渐升高	V_{OH}



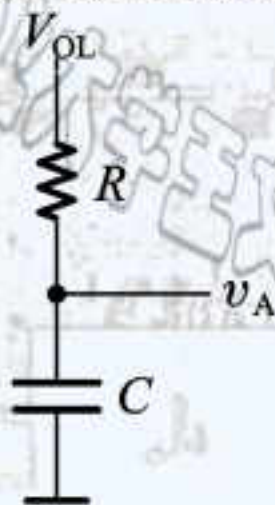
电路状态	V_{O1}	C	V_{I2}	V_O
① 稳态	V_{OH}	V_{OH}	V_{OH}	V_{OH}
② 触发 ($V_I = V_{TH}$)	$V_{OH} \rightarrow V_{OL}$	V_{OH}	V_{OH}	$V_{OH} \rightarrow V_{OL}$
③ 暂稳态	V_{OL}	放电 V_{OH}	逐渐降低 $V_{OH} \rightarrow V_{TH}$	V_{OL}
④ 转换 ($V_A = V_{TH}$)	V_{OL}	V_{TH}	V_{TH}	$V_{OL} \rightarrow V_{OH}$
⑤ 回到稳态	V_{OL}	放电 $V_{TH} \rightarrow V_X$	继续降低 $V_{TH} \rightarrow V_X$	V_{OH}
⑥ 输入回到初态	$V_{OL} \rightarrow V_{OH}$	充电 $V_X \rightarrow V_{OH}$	逐渐升高 $V_X \rightarrow V_{OH}$	V_{OH}

2、积分型单稳态电路的充放电等效电路

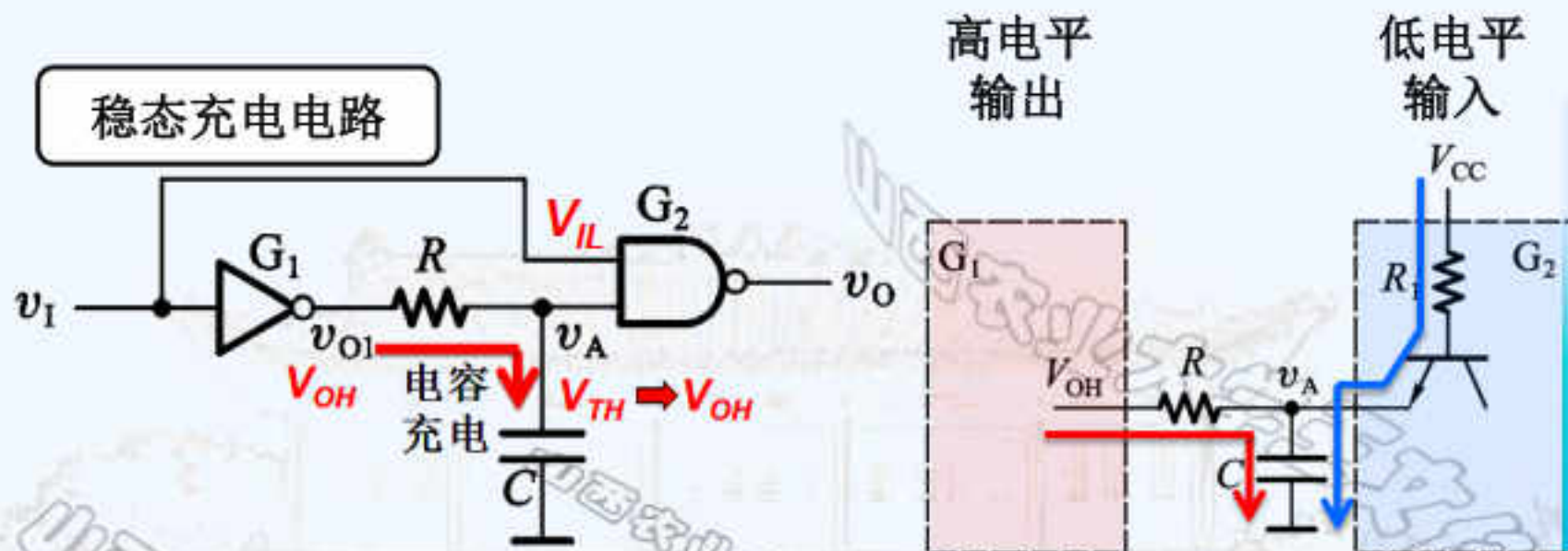
暂稳态放电电路



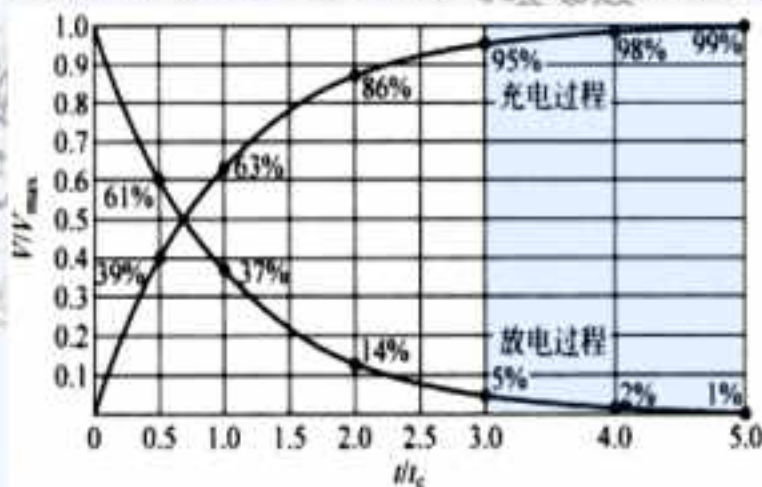
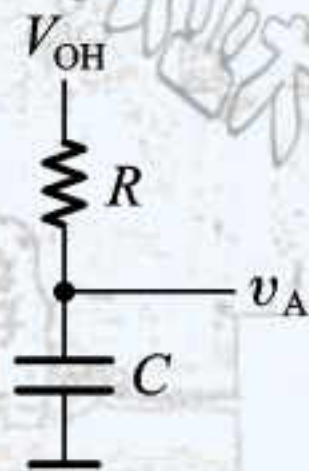
忽略低电平输出电阻，等效放电电路为：



$$t_w = RC \ln \frac{V_{(\infty)} - V_{(0)}}{V_{(\infty)} - V_{(t)}} = RC \ln \frac{V_{OL} - V_{OH}}{V_{OL} - V_{TH}}$$



若忽略 G_2 输入电路的影响，则等效充电电路为：



一般认为经过3~5倍电路时间常数后， RC 电路基本达到稳态。

$$t_{re} \approx (3 \sim 5)RC$$

放电时间

$$t_w = RC \ln \frac{V_{OL} - V_{OH}}{V_{OL} - V_{TH}}$$

充电（恢复）时间

$$t_{re} \approx (3 \sim 5)RC$$

分辨时间

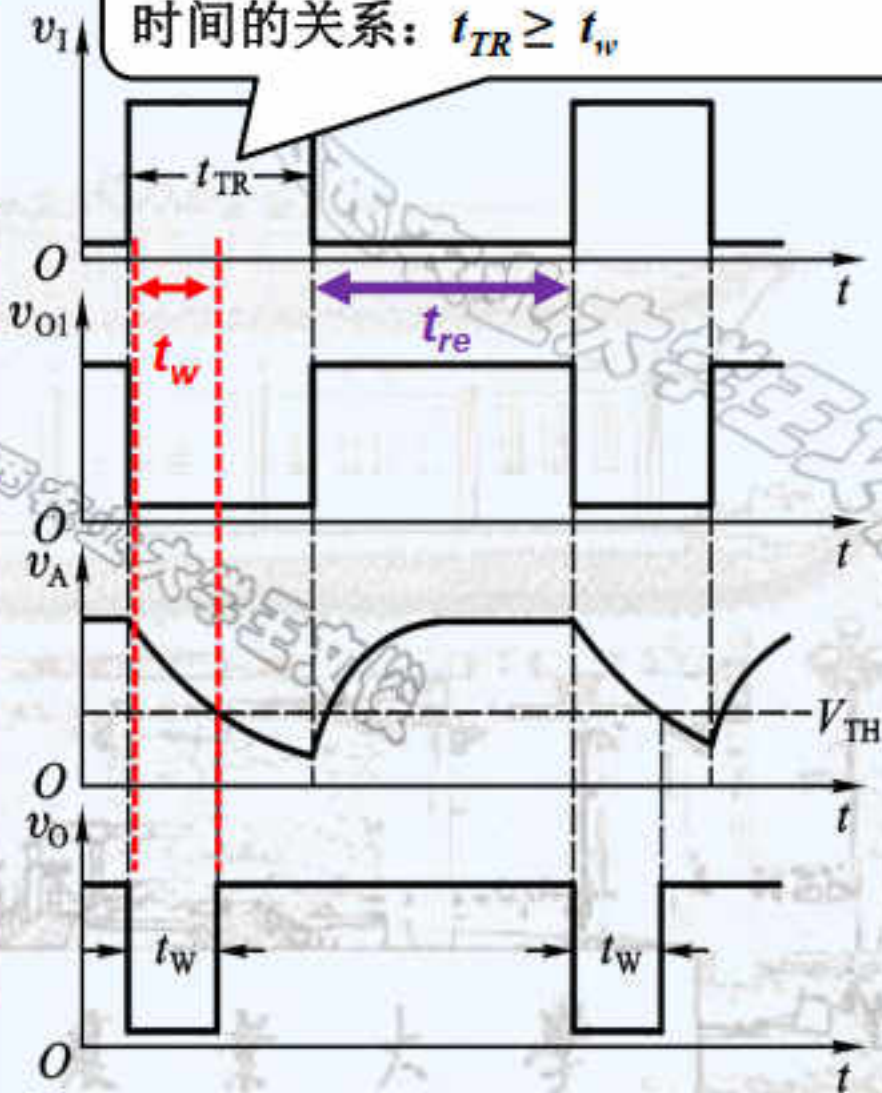
- 触发脉冲宽度 + 恢复时间

$$t_d = t_{TR} + t_{re}$$

输出的脉冲幅度

$$V_m = V_{OH} - V_{OL}$$

触发脉冲宽度与放电（低电平输出）时间的关系： $t_{TR} \geq t_w$



• 3、微分型与积分型单稳态电路对比

触发脉冲

- 微分型单稳态电路可用窄脉冲触发。当 V_d 的脉冲宽度大于输出脉冲宽度时，电路仍能工作，但输出的脉冲下降沿较差。
- 积分型单稳态电路必须在触发脉冲宽度大于输出脉冲宽度时方能正常工作。

优缺点

- 积分型单稳态电路抗干扰能力强。数字电路的噪声多为尖峰脉冲的形式，积分型单稳态电路不会输出足够宽度的脉冲。
- 积分型单稳态电路的缺点是输出波形的边沿比较差，这是由于电路状态转换过程中没有正反馈的缘故。

• 4、单稳态电路的分析方法

电路状态分析

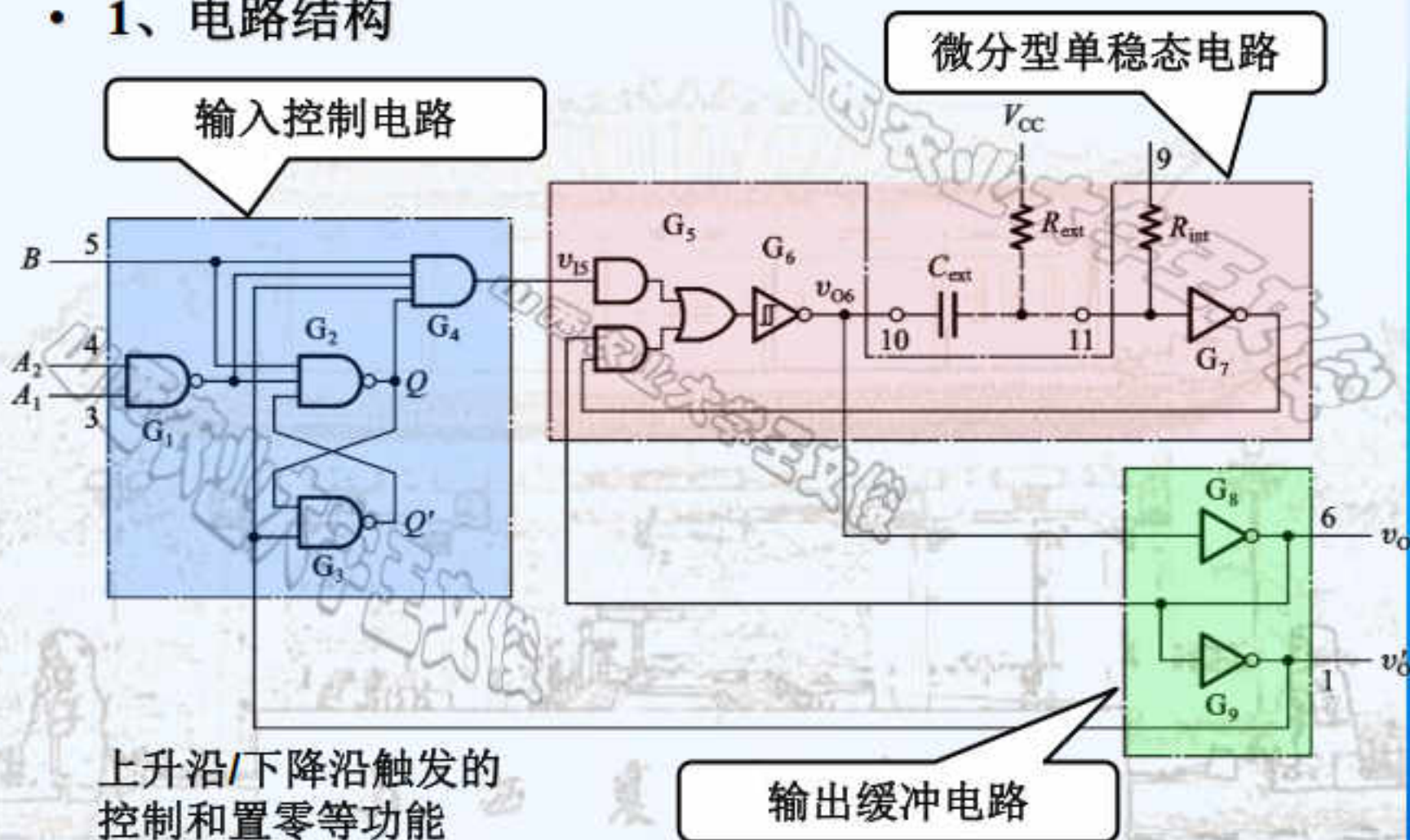
- ① 分析电路的工作过程，定性画出电路各点电压的波形，找出决定电路状态转换的关键控制电压。
- ② 画出每个控制电压的充放电等效电路，并做相应简化。
- ③ 根据充放电的起始值、终了值及电路状态发生改变时的转换值，计算充放电所需要的时间。

关键参数

- ① 暂稳态持续时间（输出的脉冲宽度） t_w ：根据暂稳态的充放电过程计算。
- ② 恢复时间 t_{re} ：约为 $(3 \sim 5) RC$ 。
- ③ 输出的脉冲幅度 V_m ：输出的高低电平之差。

七、TTL集成单稳态电路74121

1、电路结构



2、图形符号及功能表

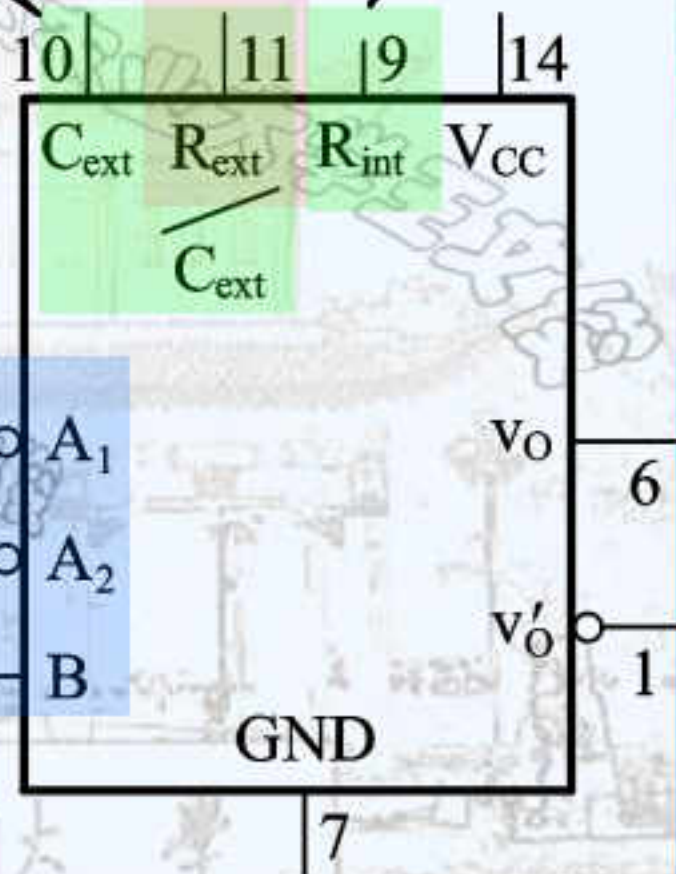
输入			输出	
A_1	A_2	B	v_o	v_o'
0	×	1	0	1
×	0	1	0	1
×	×	0	0	1
1	1	×	0	1
1	\downarrow	1	\square	\square
\downarrow	1	1	\square	\square
\downarrow	\downarrow	1	\square	\square
0	×	\uparrow	\square	\square
×	0	\uparrow	\square	\square

外接电容




外接电阻

内置电阻

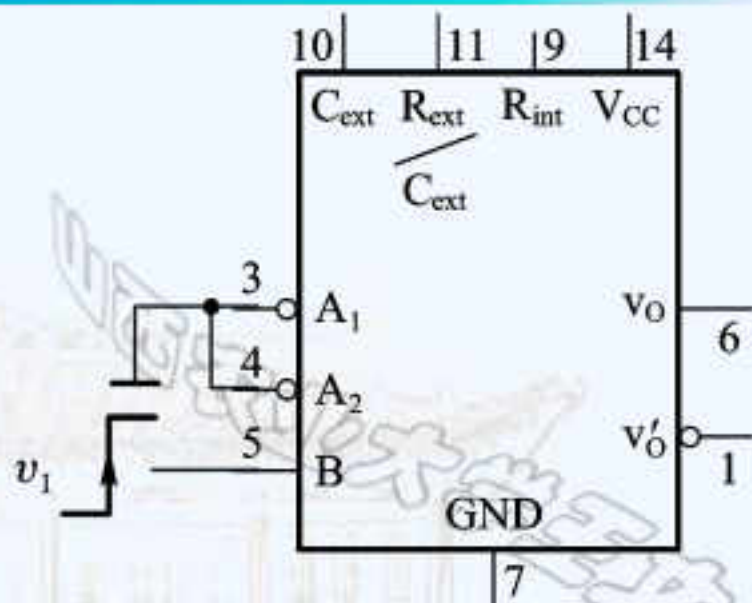
控制端



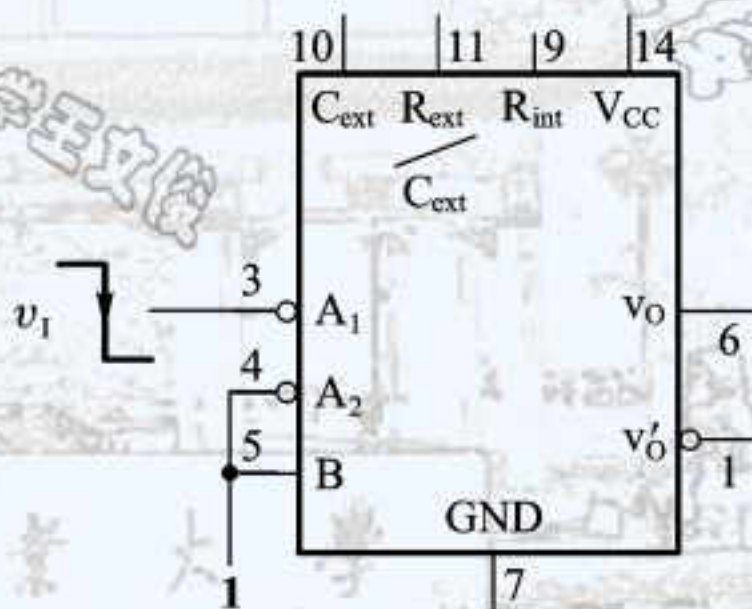
3、控制端的接线方法

输入			输出	
A_1	A_2	B	v_o	v_o'
0	×	1	0	1
×	0	1	0	1
×	×	0	0	1
1	1	×	0	1
1	1	1		
1	1	1		
1	1	1		
1	1	1		
0	×	1		
×	0	1		

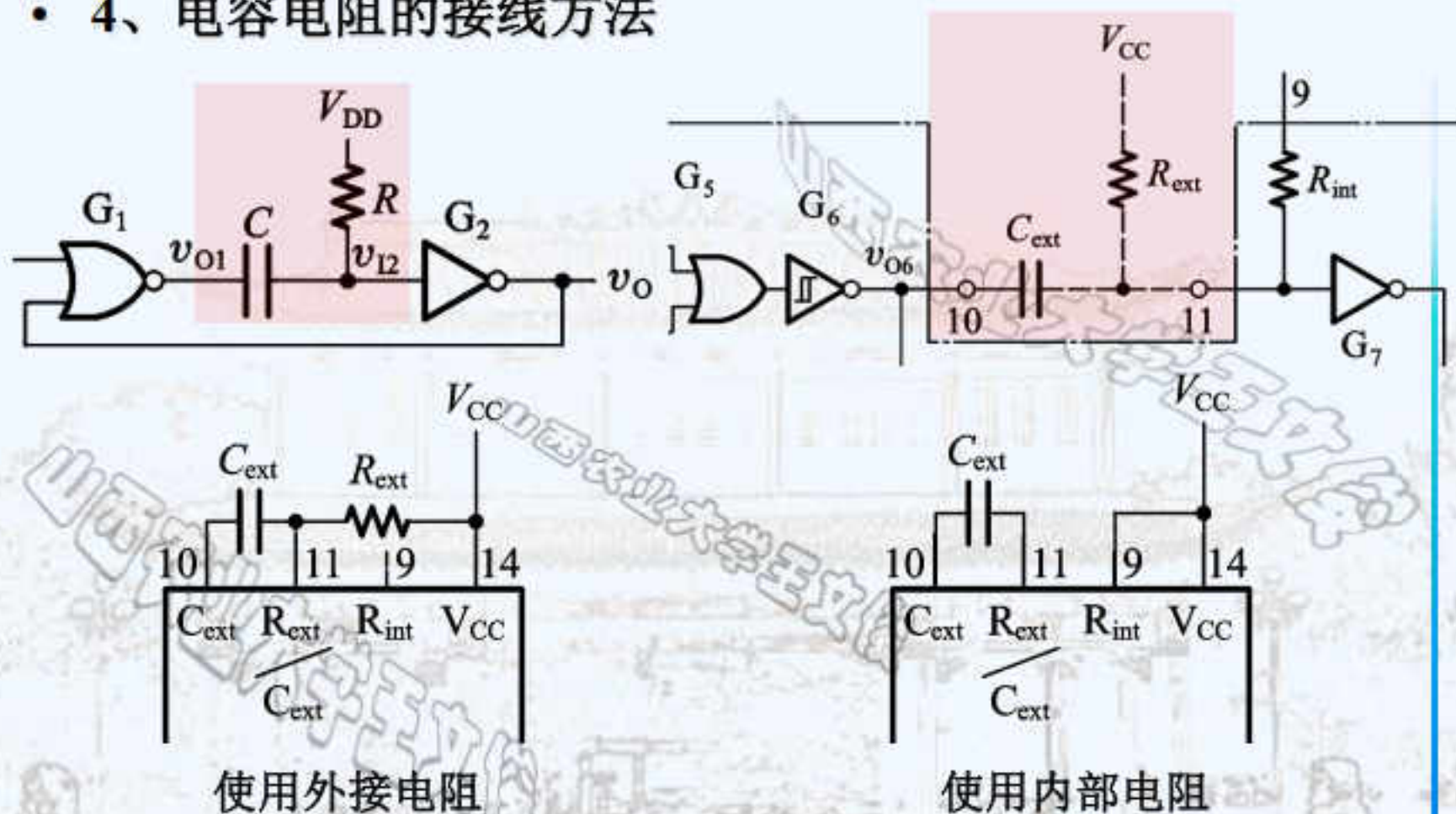
上升沿触发



下降沿触发



4、电容电阻的接线方法



输出的脉冲宽度:

$$t_w \approx R_{ext} C_{ext} \ln 2 = 0.69 R_{ext} C_{ext}$$

输出的脉冲宽度:

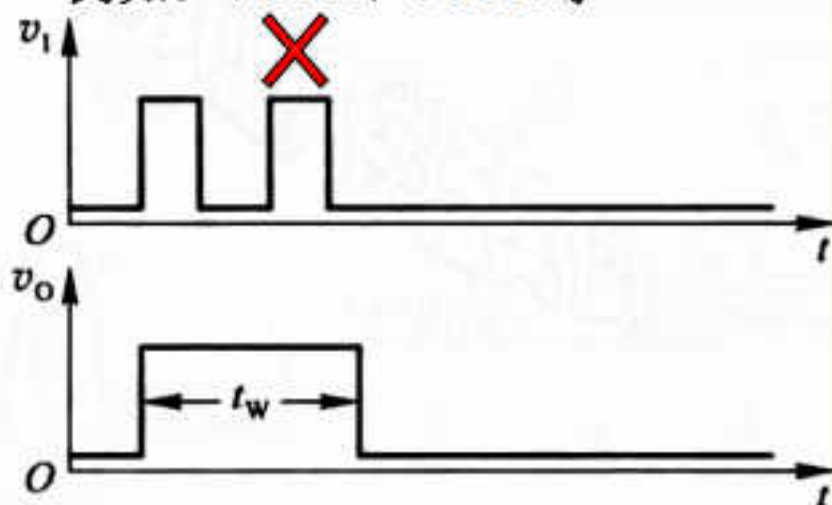
$$t_w \approx R_{int} C_{ext} \ln 2 = 0.69 R_{int} C_{ext}$$

• 5、集成单稳态电路的触发类型

不可重复触发型

- 一旦被触发进入暂稳态之后，再加入触发脉冲不会影响电路的工作过程。必须等暂稳态结束后，才能接受下一个触发脉冲。

- 例如：74121、74221等



可重复触发型

- 电路被触发进入暂稳态后，如再次加入触发信号，电路将被重新触发，使输出脉冲再继续维持一个 t_w 的宽度。

- 例如：74122、74123等

