

习题讲解

Hw8 – Hw12、quiz4-5

梁淞泰
liangst@zju.edu.cn

期末考试:

- 数字电路课本上讲过的内容加补充讲义里的控制器、测试验证、微处理器
- Verilog HDL

测试测验、微处理器只考概念题（选择、填空、判断等）

HW8 存储器

Homework 8

1. RAM的容量为 256×4 字位，则：

- (1) 该RAM有多少个基本存储单元？
- (2) 该RAM每次访问几个基本存储单元？
- (3) 该RAM有几根地址线？

解：

(1) “在多位数据并行输出的存储器中，习惯上将并行输出的一组数据叫做一个‘字’，存储器的每个地址中存放一个字。存储器的容量用存储单元的数量表示，通常写成（字数） \times （每个字的位数）的形式。”（P232）

存储单元个数为 $256 \times 4 = 1024$ 。

- (2) 每次访问4个存储单元，输出4位数据。
- (3) 有8根地址线。 $2^8 = 256$

Homework 8

2. 用16x4位的ROM设计一个将两个2位二进制数（ A_3A_2 和 A_1A_0 ）相乘的乘法器电路，列出ROM中每个地址对应存储内容的数据表。

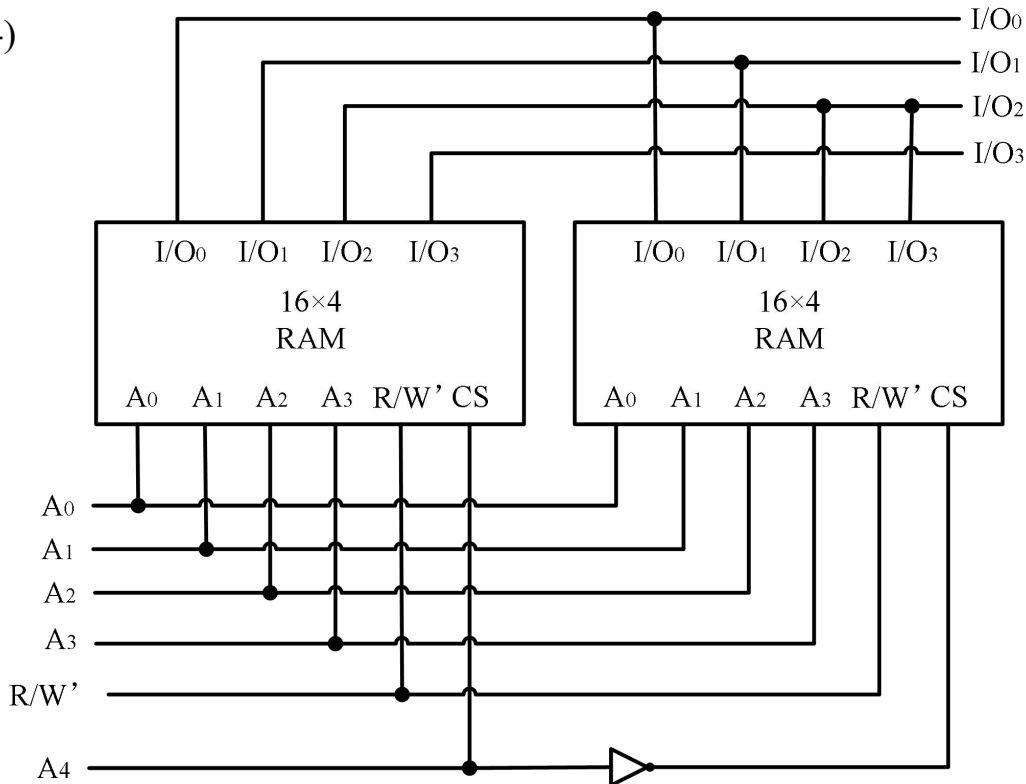
解：将两个相乘的数接到ROM的地址端 $A_3A_2A_1A_0$ ，其对应地址的内容为 $P_3P_2P_1P_0$ 。

地址				内容			
A_3	A_2	A_1	A_0	P_3	P_2	P_1	P_0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	1
0	1	1	0	0	0	1	0
0	1	1	1	0	0	1	1

地址				内容			
A_3	A_2	A_1	A_0	P_3	P_2	P_1	P_0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1	0
1	0	1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1	1	0
1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	1	1
1	1	1	0	0	1	1	0
1	1	1	1	1	0	0	1

Homework 8

3. 试用两片16x4位的RAM组成32x4位的存储器。(RAM框图参照课本图5.5.13、5.5.14)

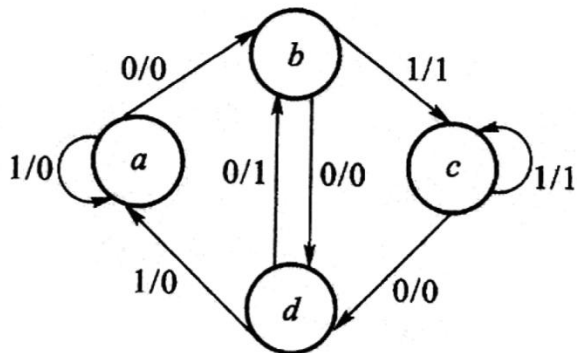


Homework 8

4. 把如图四个状态的状态转换图试转换为ASM图。

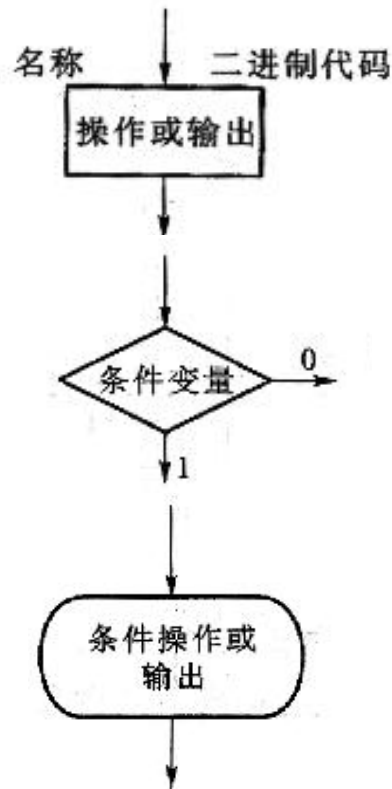
解：令输入为x输出为z:

状态框：



判断框：

条件框：

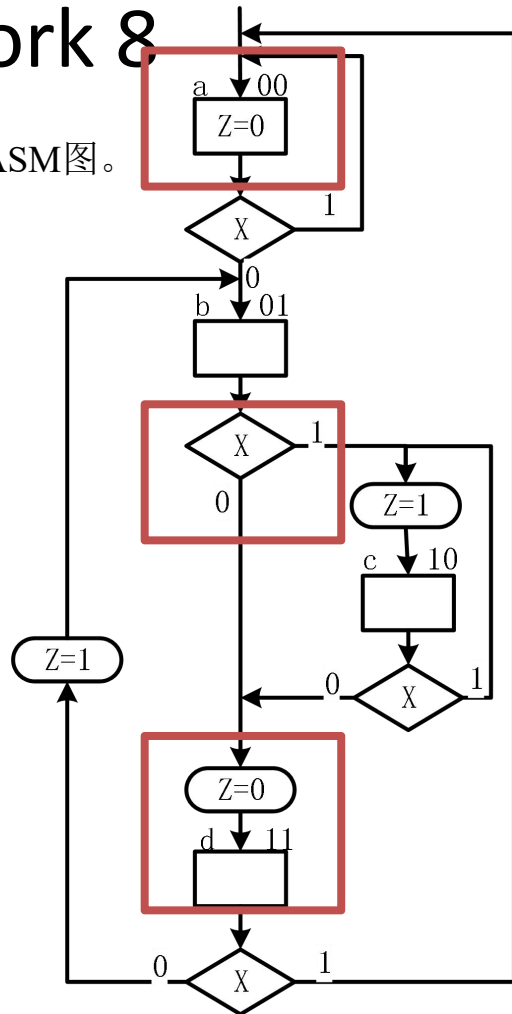
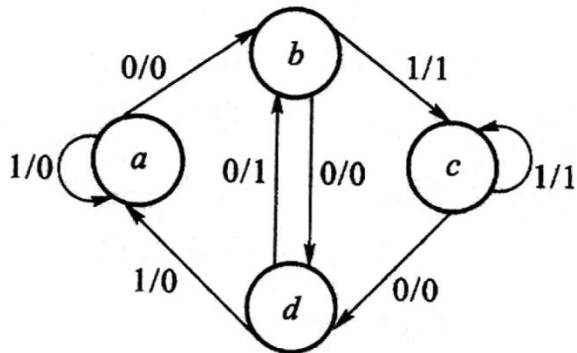


条件框的输入通道必定来自判断框的分支。

Homework 8

4. 把如图四个状态的状态转换图试转换为ASM图。

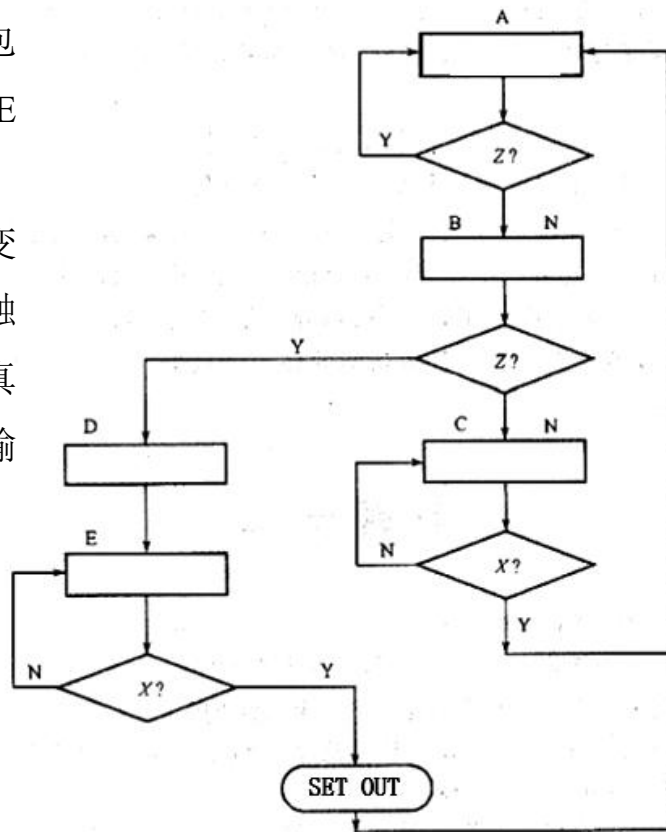
解：令输入为x输出为z:



HW9 算法流程图

Homework 9

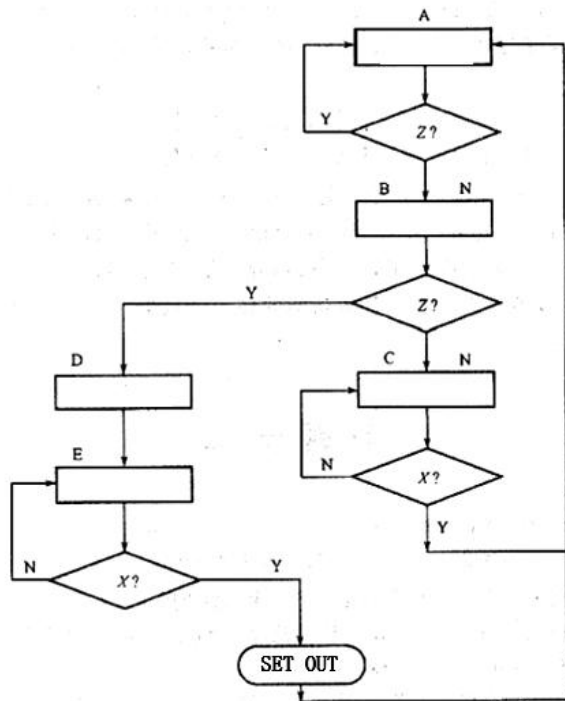
1. 某系统的ASM图如图所示，其中包括输入Z、X，状态A、B、C、D、E（分别用000~100代表状态A~E），输出SET。其中判断框后的Y表示变量等于1，N表示变量等于0。以D触发器设计该控制器：画出状态转移真值表，写出状态方程、驱动方程、输出方程。



Homework 9

1. 解：根据ASM图，画出状态转换真值表。一共五个状态，采用3位二进制可以实现。分别利用000~100代表状态A~E。其它状态令为下一时钟到来跳转到状态A。

Q2	Q1	Q0	Z	X	Q2*	Q1*	Q0*	SET
0	0	0	1	*	0	0	0	0
			0	*	0	0	1	0
0	0	1	1	*	0	1	1	0
			0	*	0	1	0	0
0	1	0	*	1	0	0	0	0
			*	0	0	1	0	0
0	1	1	*	*	1	0	0	0
1	0	0	*	1	0	0	0	1
			*	0	1	0	0	0
ELSE			*	*	0	0	0	0



Homework 9

1. 解：根据ASM图，画出状态转换真值表。一共五个状态，采用3位二进制可以实现。分别利用000~100代表状态A~E。其它状态令为下一时钟到来跳转到状态A.

Q2	Q1	Q0	Z	X	Q2*	Q1*	Q0*	SET
0	0	0	1	*	0	0	0	0
			0	*	0	0	1	0
0	0	1	1	*	0	1	1	0
			0	*	0	1	0	0
0	1	0	*	1	0	0	0	0
			*	0	0	1	0	0
0	1	1	*	*	1	0	0	0
1	0	0	*	1	0	0	0	1
			*	0	1	0	0	0
ELSE			*	*	0	0	0	0

状态方程：

$$Q_2^* = Q_2'Q_1Q_0 + Q_2Q_1'Q_0'X'$$

$$Q_1^* = Q_2'Q_1'Q_0 + Q_2'Q_1Q_0'X'$$

$$Q_0^* = Q_2'Q_1'Q_0'Z' + Q_2'Q_1'Q_0Z$$

驱动方程：

$$D_2 = Q_2'Q_1Q_0 + Q_2Q_1'Q_0'X'$$

$$D_1 = Q_2'Q_1'Q_0 + Q_2'Q_1Q_0'X'$$

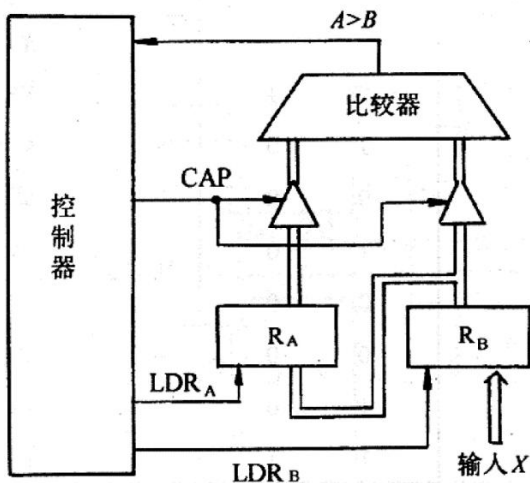
$$D_0 = Q_2'Q_1'Q_0'Z' + Q_2'Q_1'Q_0Z$$

输出方程：

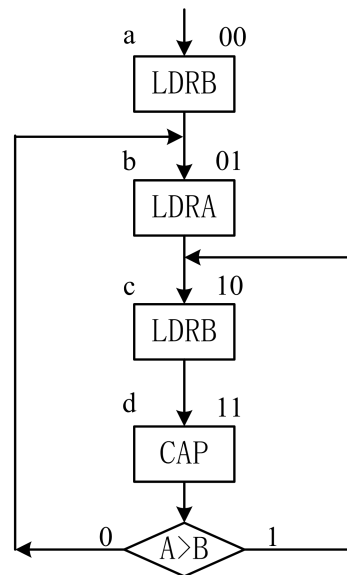
$$SET = Q_2Q_1'Q_0'X$$

Homework 9

2. 有一个数字比较系统，它可对8位二进制数进行比较。其操作过程如下：先将两个8位二进制存入寄存器A和B，然后进行比较，最后将大数移入寄存器A中。其方框图和ASM流程图见如下图所示。其中X为输入信号，LDR A，LDR B为写入控制信号，CAP 是三态门使能控制信号， $A > B$ 是比较器输出信号。设计一个计数器型控制器。



(a) 方框图

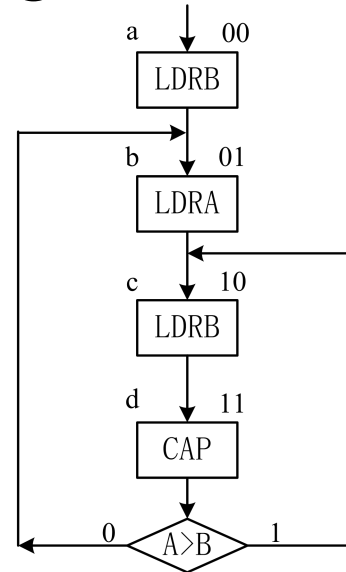


(b) ASM图

Homework 9

2. 列出状态转换表:

现态		次态		转换条件
Q1	Q0	Q1*	Q0*	
0	0	0	1	*
0	1	1	0	*
1	0	1	1	*
1	1	1	0	A>B
		0	1	(A>B)'



(b) ASM图

$$Q_1^* = Q_1Q_0' + Q_1'Q_0 + Q_1Q_0(A > B)$$

$$Q_0^* = Q_0' + Q_1Q_0(A > B)' = Q_0' + Q_1(A > B)'$$

$$LDRA = Q_1'Q_0$$

$$CAP = Q_1Q_0$$

$$LDRB = Q_1'Q_0' + Q_1Q_0' = Q_0'$$

Homework 9

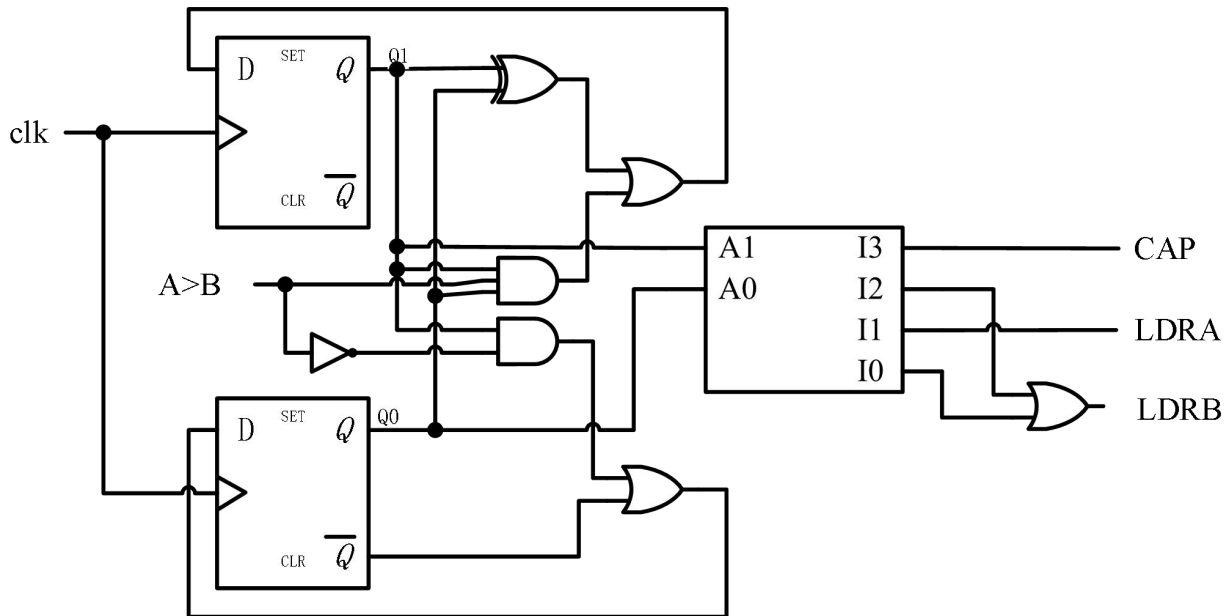
2. 列出状态转换表:

$$Q_1^* = Q_1Q_0' + Q_1'Q_0 + Q_1Q_0(A > B) \quad Q_0^* = Q_0' + Q_1Q_0(A > B)' = Q_0' + Q_1(A > B)'$$

$$LDRA = Q_1'Q_0$$

$$CAP = Q_1Q_0$$

$$LDRB = Q_1'Q_0' + Q_1Q_0' = Q_0'$$



2.

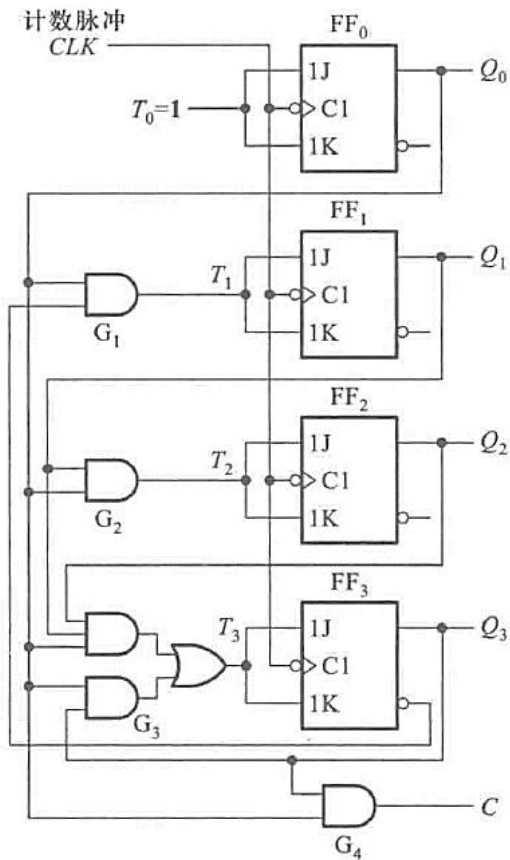


图8.19 计数器型控制器的结构框图

Homework 9

2.

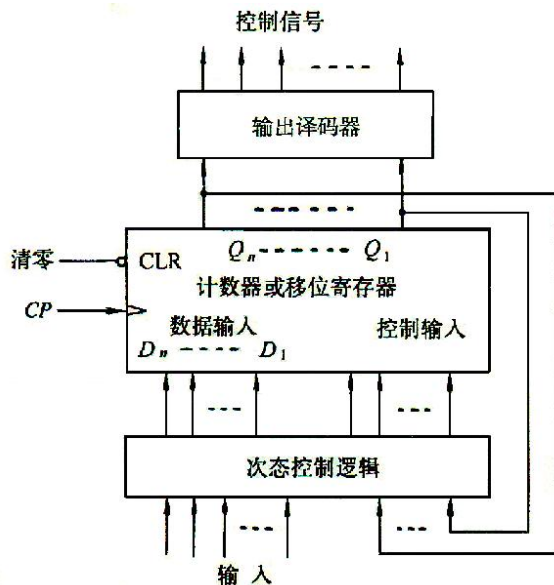


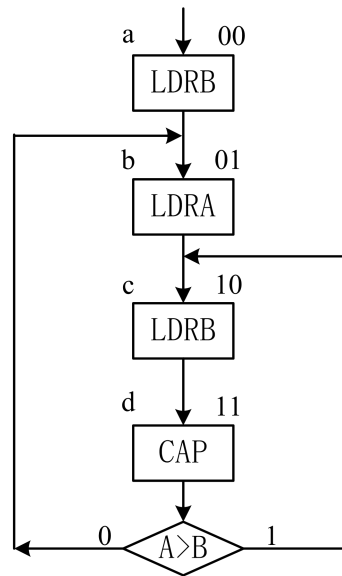
图8.19 计数器型控制器的结构框图

- 触发器的状态作为状态变量以二进制编码的形式赋予 ASM 流图中的每一个状态框
- 设计次态控制逻辑，使计数器状态按流程图所规定的转移顺序进行计数转移。
- 计数器状态经译码后输出，作为有关的控制信号

Homework 9

3. 根据上题的条件，设计一个选择器型控制器。

现态		次态		转换条件	选择器输入	
Q1	Q0	Q1*	Q0*		MUX1	MUX0
0	0	0	1	*	0	1
0	1	1	0	*	1	0
1	0	1	1	*	1	1
1	1	1	0	A>B	A>B	(A>B)'
		0	1	(A>B)'		



(b) ASM图

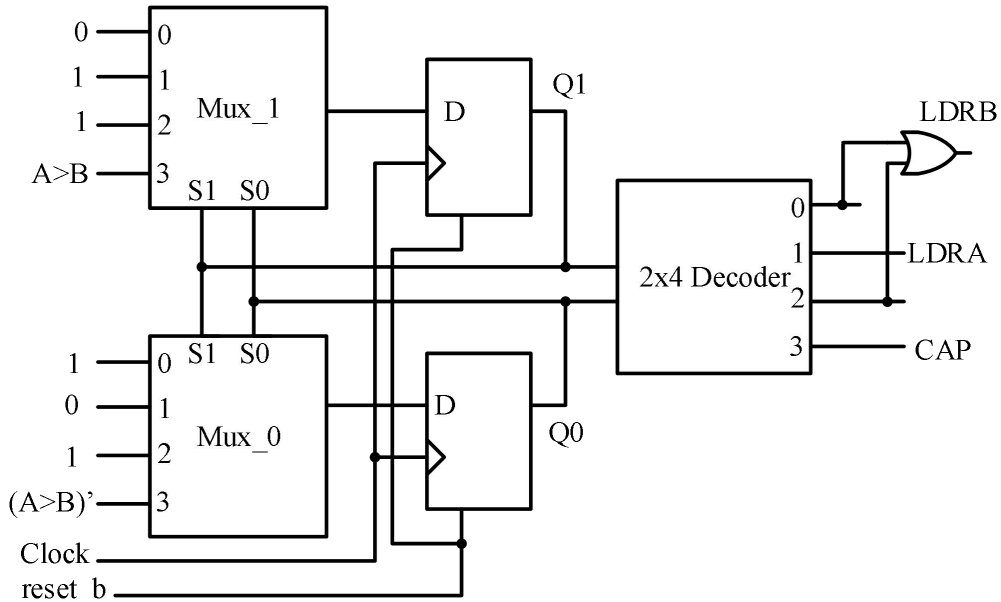
Homework 9

3. 根据上题的条件，设计一个选择器型控制器。

$$MUX1(0) = 0, MUX1(1) = 1, MUX1(2) = 1, MUX1(3) = (A > B)$$

$$MUX0(0) = 1, MUX0(1) = 0, MUX0(2) = 1, MUX0(3) = (A > B)'$$

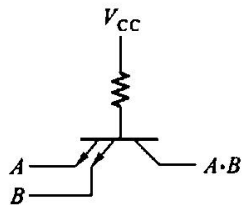
$$LDRA = Q_1'Q_0 \quad CAP = Q_1Q_0 \quad LDRB = Q_1'Q_0' + Q_1Q_0' = Q_0'$$



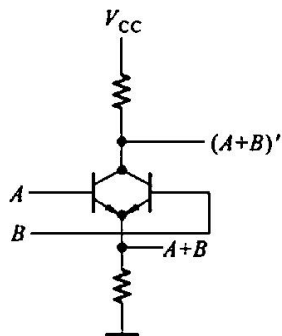
HW10 门电路

门电路

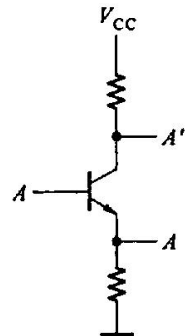
二、集成门电路逻辑功能的分析



(a) 与结构



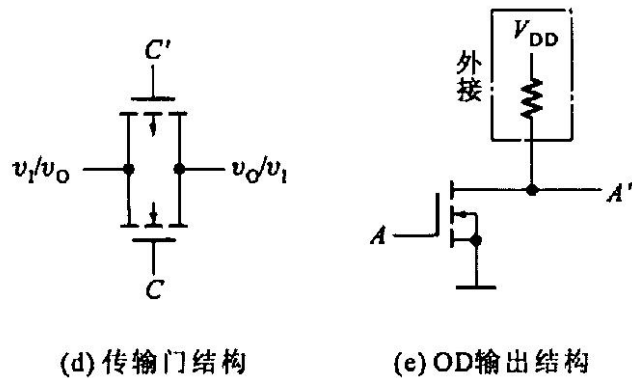
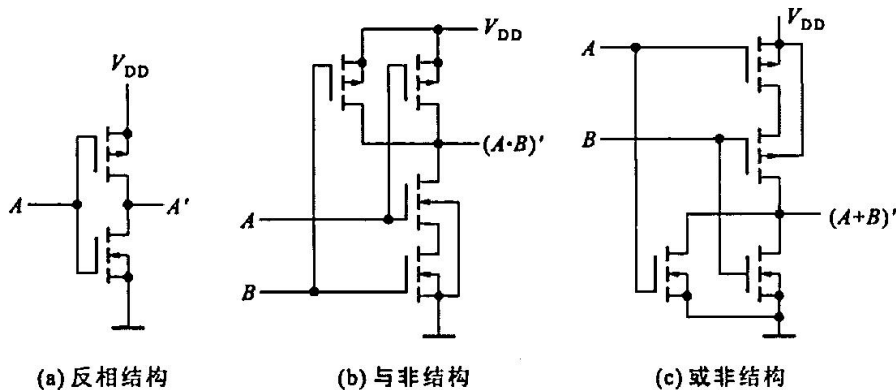
(b) 或非结构



(c) 倒相结构

门电路

二、集成门电路逻辑功能的分析



Homework 10

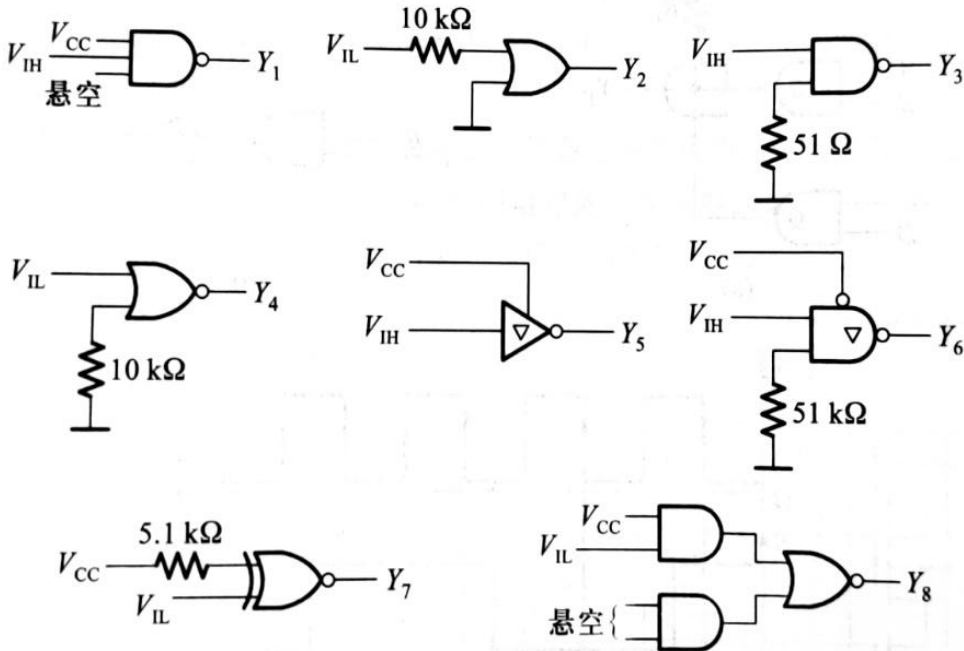
2. 已知以下门电路都是**74系列TTL电路**，指出以下各门电路的输出是什么状态（高电平、低电平或高阻态）。

解：

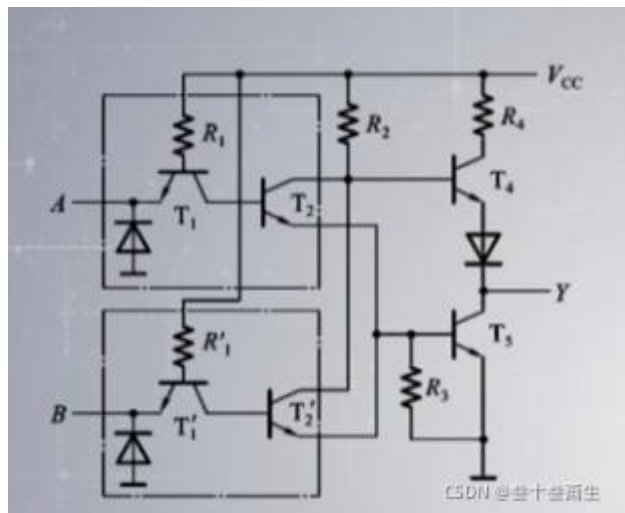
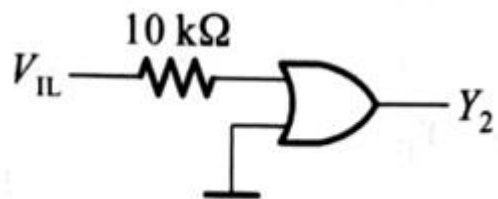
- 对于TTL电路，输入悬空可视为高电平。
- 对于TTL电路，如若外接电阻拉高，无论电阻大小，皆可视为高电平，如Y7的输入。

Homework 10

1. 已知以下门电路都是**74系列TTL电路**，指出以下各门电路的输出是什么状态（高电平、低电平或高阻态）。

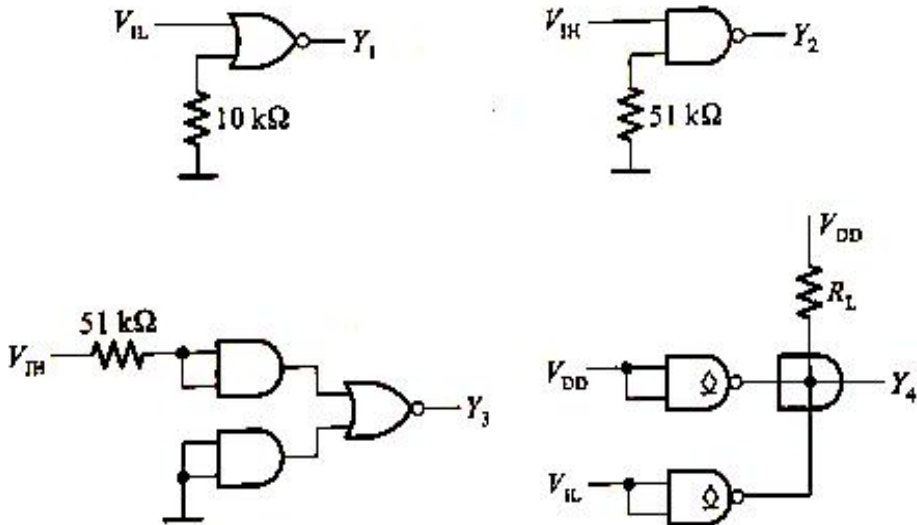


答：低电平、高电平、高电平、低电平、低电平、高阻态、低电平、低电平



Homework 10

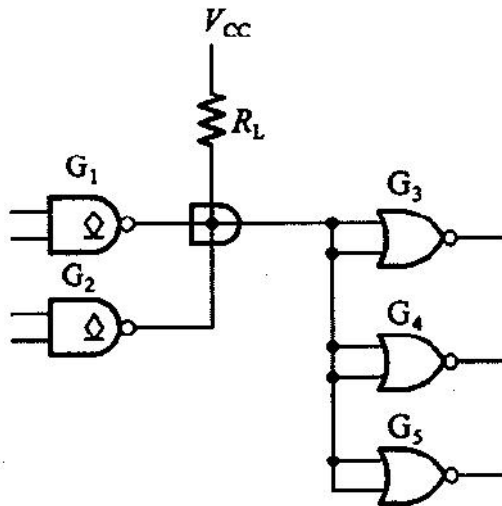
2. 已知以下门电路都是74HC系列的CMOS电路，指出各门电路的输出是什么状态。



答：高电平、高电平、低电平、低电平

Homework 10

3. 计算图中外接电阻 R_L 取值的允许范围。已知G1、G2为74LS系列OC结构的与非门，输出管截止时的漏电流最大值为 $I_{OH} = 100\mu A$ ，低电平输出电流最大值 $I_{OLmax} = 8mA$ ，这时输出的低电平为 $V_{OL} = 0.4V$ 。G3、G4、G5分别为74LS系列的或非门，它们的低电平输入电流最大值为 $I_{IL} = -0.4mA$ ，高电平输入电流最大值为 $I_{IH} = 20\mu A$ 。给定 $V_{CC} = 5V$ ，要求满足高电平 $V_{OH} \geq 3.4V$ ，低电平 $V_{OL} \leq 0.4V$ 。



Homework 10

3. 计算图中外接电阻 R_L 取值的允许范围。已知G1、G2为74LS系列OC结构的与非门，输出管截止时的漏电流最大值为 $I_{OH} = 100\mu A$ ，低电平输出电流最大值 $I_{OLmax} = 8mA$ ，这时输出的低电平为 $V_{OL} = 0.4V$ 。G3、G4、G5分别为74LS系列的或非门，它们的低电平输入电流最大值为 $I_{IL} = -0.4mA$ ，高电平输入电流最大值为 $I_{IH} = 20\mu A$ 。给定 $V_{CC} = 5V$ ，要求满足高电平 $V_{OH} \geq 3.4V$ ，低电平 $V_{OL} \leq 0.4V$ 。

$$R_{L(max)} = \frac{V_{CC} - V_{OH}}{nI_{OH} + mI_{IH}} = \frac{5 - 3.4}{0.1 * 2 + 0.02 * 6} k\Omega = 5k\Omega$$

$$R_{L(min)} = \frac{V_{CC} - V_{OL}}{I_{OL(max)} - |m' I_{IL}|} = \frac{5 - 0.4}{8 - 0.4 * 6} k\Omega = 0.82k\Omega$$

$$0.82k\Omega \leq R_L \leq 5k\Omega$$

HW11 脉冲电路

脉冲电路

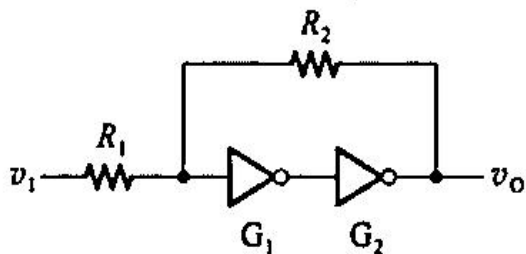
- 施密特触发电路的 V_{T+} 和 V_{T-} 计算
- 单稳态电路的脉冲宽度计算
- 多谐振荡电路的戴维南等效定理的应用
- 555定时器的不同工作状态的应用

$$t = RC \ln \frac{v(\infty) - v(0)}{v(\infty) - v(t)}$$

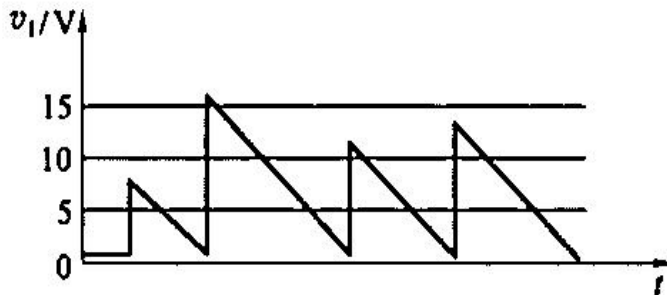
Homework 11

7.3 在图P7.3(a)所示的施密特触发电路中，已知 $R_1 = 10k\Omega$ ， $R_2 = 30k\Omega$ 。G1和G2为CMOS反相器， $V_{DD} = 15V$ 。

- (1) 试计算电路的正向阈值电压 V_{T+} 、负向阈值电压 V_{T-} 和回差电压 ΔV_T 。
- (2) 若将图P7.3(b)给出的电压信号加到图P7.3(a)电路的输入端，试画出输出电压的波形。



(a)



(b)

Homework 11

7.3 在图P7.3(a)所示的施密特触发电路中, 已知 $R_1 = 10k\Omega$, $R_2 = 30k\Omega$ 。G1和G2为CMOS反相器, $V_{DD} = 15V$ 。

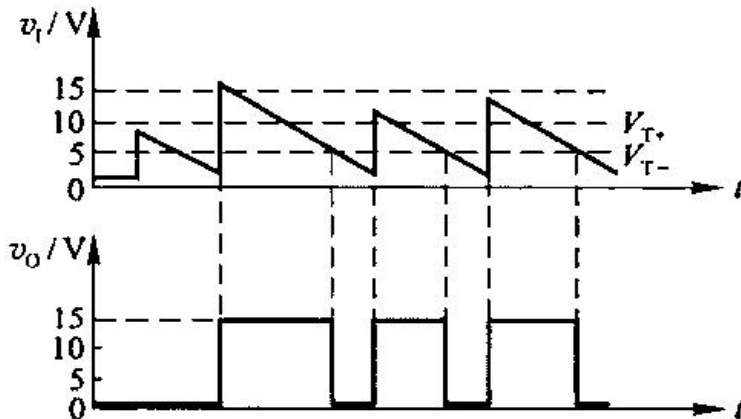
(1) 根据教材式(7.2.5)、(7.2.6)、(7.2.7)可知

$$V_{T+} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{TH} = \left(1 + \frac{10}{30}\right) * \frac{15}{2} V = 10V$$

$$V_{T-} = \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right) V_{TH} = \left(1 - \frac{10}{30}\right) * \frac{15}{2} V = 5V$$

$$\Delta V_T = V_{T+} - V_{T-} = 5V$$

(2)



Homework 11

7.5 在图P7.2的施密特触发电路中，已知电源电压 $V_{DD} = 5V$ 。若要求回差电压 $\Delta V_T = 2V$ ，试为 R_1 和 R_2 选定合适的电阻阻值，并说明 R_1 和 R_2 取值的允许范围。反相器高电平输出电流的最大允许值为4mA，这时输出的高电平为4.85V。
解：由教材式(7.2.7)可知，回差电压的计算公式为

$$\Delta V_T = 2(R_1/R_2)V_{TH}$$

将 $\Delta V_T = 2V$ ， $V_{TH} = V_{DD}/2 = 2.5V$ 代入上式得到 $R_2 = 2.5R_1$ 。

又从式(7.2.8)可知，为保证反相器G2输出高电平时的负载电流不超过最大允许值，应满足

$$(V_{OH} - V_{TH})/R_2 < |I_{OH(max)}|$$

于是得到

$$R_2 > (V_{OH} - V_{TH})/|I_{OH(max)}| = (4.85 - 2.5)/4k\Omega = 587.5\Omega$$

故 R_2 的取值范围为大于587.5Ω。若取 $R_2 = 25k\Omega$ ，则 $R_1 = 10k\Omega$ 。

Homework 11

7.8 在图P7.3.5的积分型单稳态电路中，若G1和G2为74LS系列门电路，它们的 $V_{OH} = 3.4V$ ， $V_{OL} \approx 0$ ， $V_{TH} = 1.1V$ ， $R = 1k\Omega$ ， $C = 0.01\mu F$ ，试求在触发信号作用下输出负脉冲的宽度。设触发脉冲的宽度大于输出脉冲的宽度。

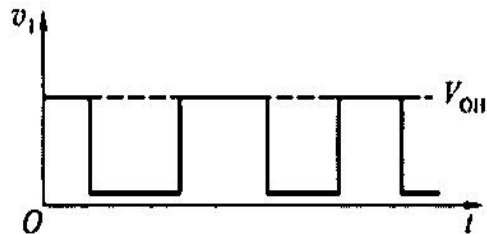
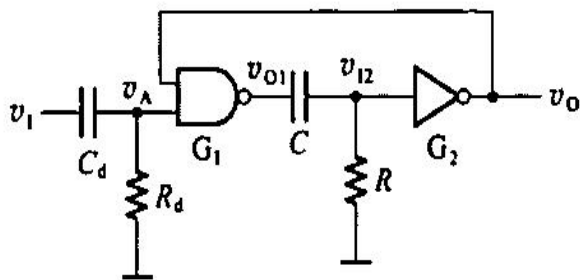
解：

设门电路输出低电平 $V_{OL} \approx 0$ ，输出电阻 R_o 很小，可以忽略，则根据教材给出的式(7.3.6)得到

$$\begin{aligned} t_W &= RC \ln \frac{V_{OH}}{V_{TH}} = 1 * 10^3 * 0.01 * 10^{-6} \ln \frac{3.4}{1.1} s \\ &= 11.3\mu s \end{aligned}$$

Homework 11

7.9 图P7.9是用TTL门电路接成的微分型单稳态电路，其中 R_d 阻值足够大，保证稳态时 v_A 为高电平。 R 的阻值很小，保持稳态时 v_{I2} 为低电平。试分析该电路在给定触发信号 v_I 作用下的工作过程，画出 v_A 、 v_{O1} 、 v_{I2} 、 v_O 的电压波形。 C_d 的电容量很小，它与 R_d 组成微分电路。

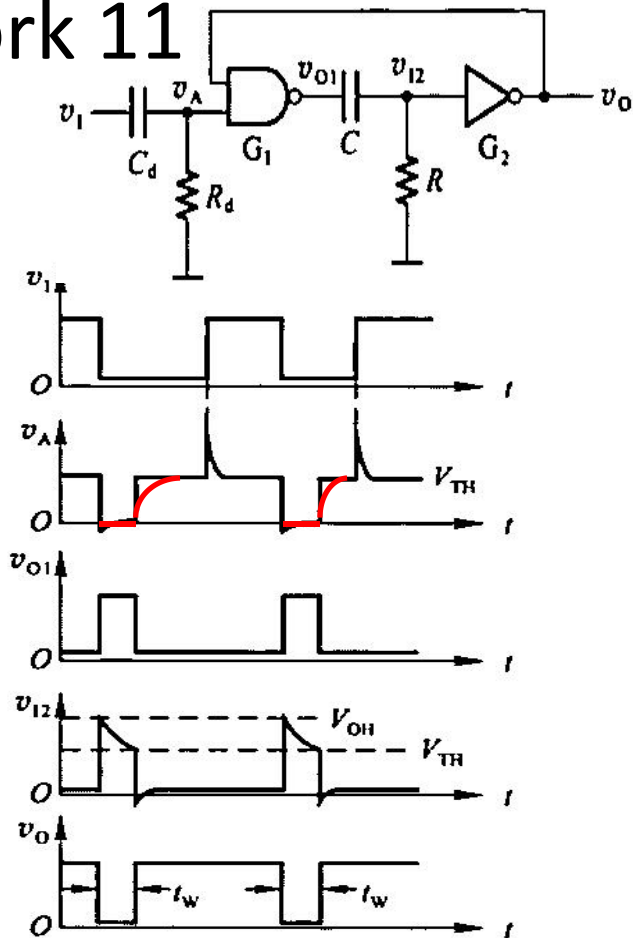


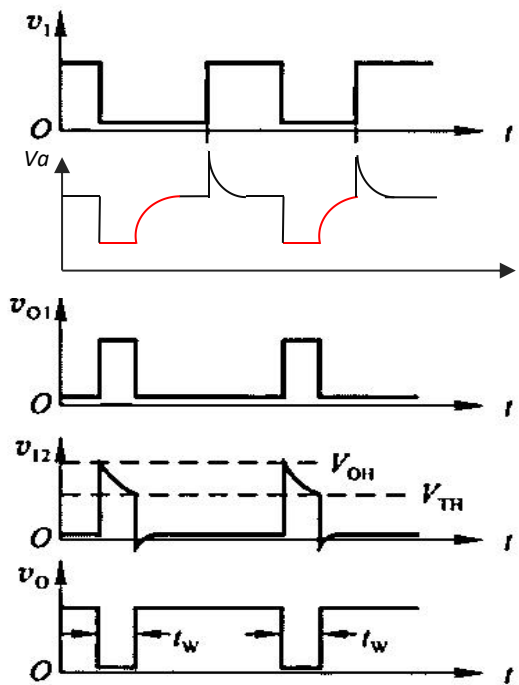
Homework 11

7.9

由图可知，因 R 的阻值很小，所以 $v_{I2} < V_{TH}$ ；而 R_d 的阻值很大，所以 $v_A \geq V_{TH}$ 。故稳态下 $v_{O1} = V_{OL}$ ， $v_O = V_{OH}$ 。

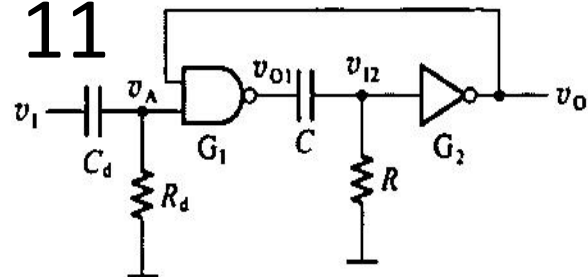
当 v_I 端有负的触发脉冲时， v_A 处出现负向的微分脉冲， v_{O1} 和 v_{I2} 产生正的电压跳变， v_O 跳变为低电平。由于 v_O 的低电平反馈到门 $G1$ 的输入，所以在 v_A 的低电平信号消失后 v_{O1} 的高电平和 v_O 的低电平仍继续维持。而且这种正反馈使 v_O 波形的边沿很陡。





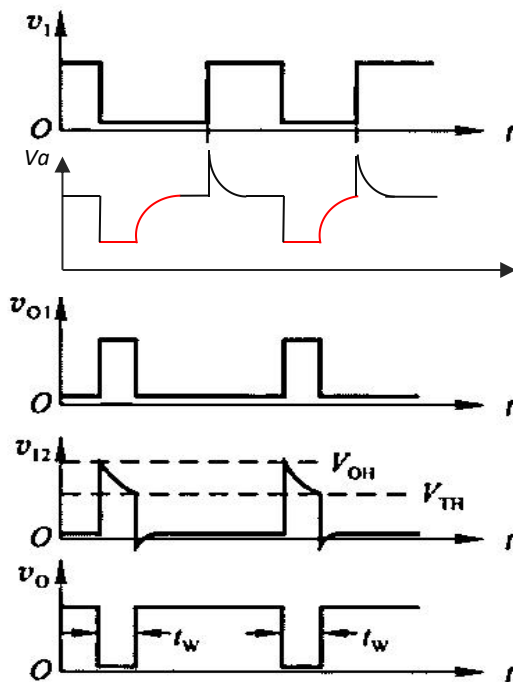
Homework 11

7.9



v_{O1} 跳变为高电平以后电容C开始充电，随着充电的进行 v_{I2} 逐渐下降，当降至 $v_{I2} = V_{TH}$ 时 v_O 跳变为高电平、 v_{O1} 跳变为低电平，电容C放电，电路恢复到触发前的稳定状态。

电路中各点电压的波形如右图所示。从 v_A 的波形上可见，因为 v_O 的低电平反馈到了门G1的输入端，所以在 v_O 低电平期间 v_A 一直被钳在低电平上。

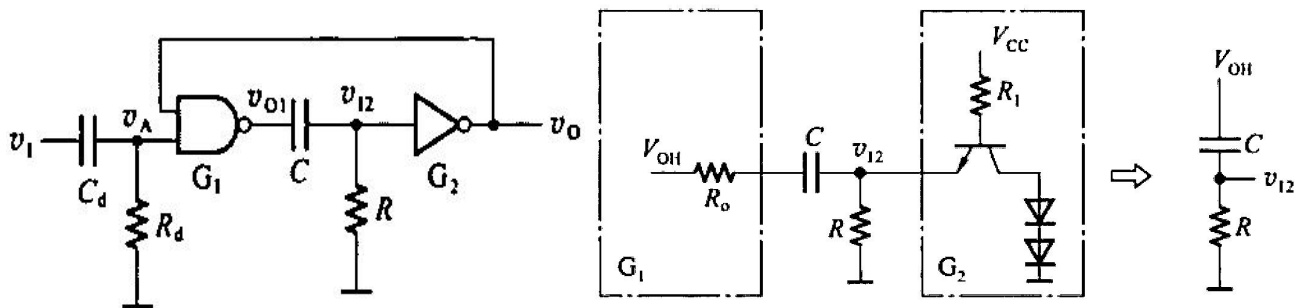


Homework 11

7.10 在图P7.9的微分型单稳态电路中，若G1、G2为74系列TTL门电路，它们的 $V_{OH} = 3.2V$, $V_{OL} \approx 0$, $V_{TH} = 1.3V$, $R = 0.3k\Omega$, $C = 0.01\mu F$, 试计算电路输出负脉冲的宽度。

解：由波形图可见，输出脉冲宽度等于 v_{I2} 从电容开始充电到降至 V_{TH} 的一段时间。电容充电的回路如下图所示。忽略门G2的输出电阻 R_o 及门G1高电平输入电流，则充电回路可简化为R和C串联的简单回路。 v_{I2} 从 V_{OH} （电容开始充电瞬时的 v_{I2} 值）下降至 V_{TH} 的时间（也就是输出脉冲的宽度）为

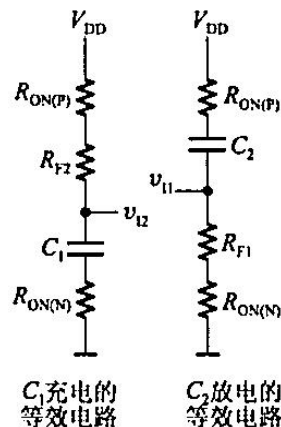
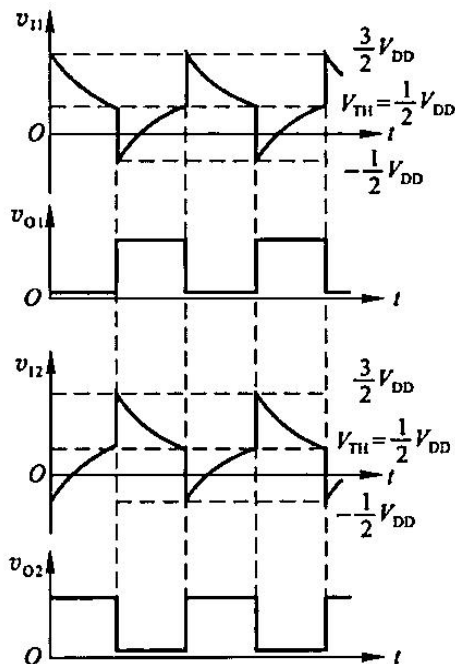
$$t_W = RC \ln \frac{V_{OH}}{V_{TH}} = 0.3 * 10^3 * 0.01 * 10^{-6} \ln \frac{3.2}{1.3} s = 2.7\mu s$$

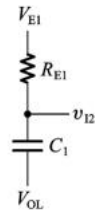
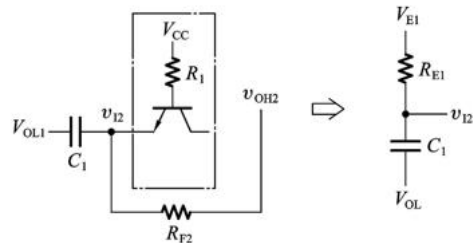
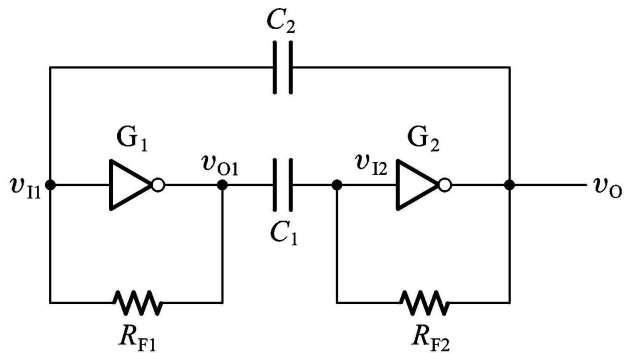


Homework 11

7.13 图P7.13是用CMOS反相器组成的对称式多谐振荡器，若 $R_{F1} = R_{F2} = 10k\Omega$ ， $C_1 = C_2 = 0.01\mu F$ ， $R_{P1} = R_{P2} = 33k\Omega$ ，试求电路的振荡频率，并画出 v_{I1} 、 v_{O1} 、 v_{I2} 、 v_{O2} 各点的电压波形。

解：当 R_{P1} 、 R_{P2} 足够大的情况下，反相器的输入电流可以忽略不计。在电路参数对称的情况下，电容的充电时间、放电时间相等，由此可画出如下图的各点电压波形。





$$V_E = V_{OH} + (V_{CC} - V_{BE} - V_{OH}) \frac{R_{F2}}{R_1 + R_{F2}}$$

$$R_E = R_1 \parallel R_{F2}$$

L

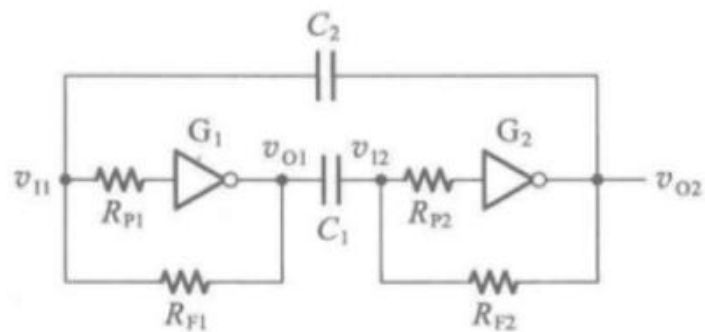
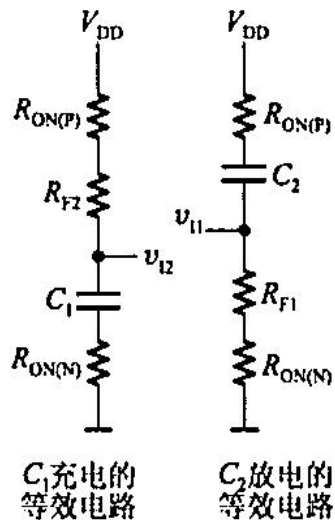


图 P7.13

课本P385 页

Homework 11

7.13 图P7.13是用CMOS反相器组成的对称式多谐振荡器，若 $R_{F1} = R_{F2} = 10k\Omega$ ， $C_1 = C_2 = 0.01\mu F$ ， $R_{P1} = R_{P2} = 33k\Omega$ ，试求电路的振荡频率，并画出 v_{I1} 、 v_{O1} 、 v_{I2} 、 v_{O2} 各点的电压波形。



由等效电路求得振荡周期为

$$T = 2(R_F + R_{ON(N)} + R_{ON(P)})C \ln \frac{V_{DD} - (V_{TH} - V_{DD})}{V_{DD} - V_{TH}}$$

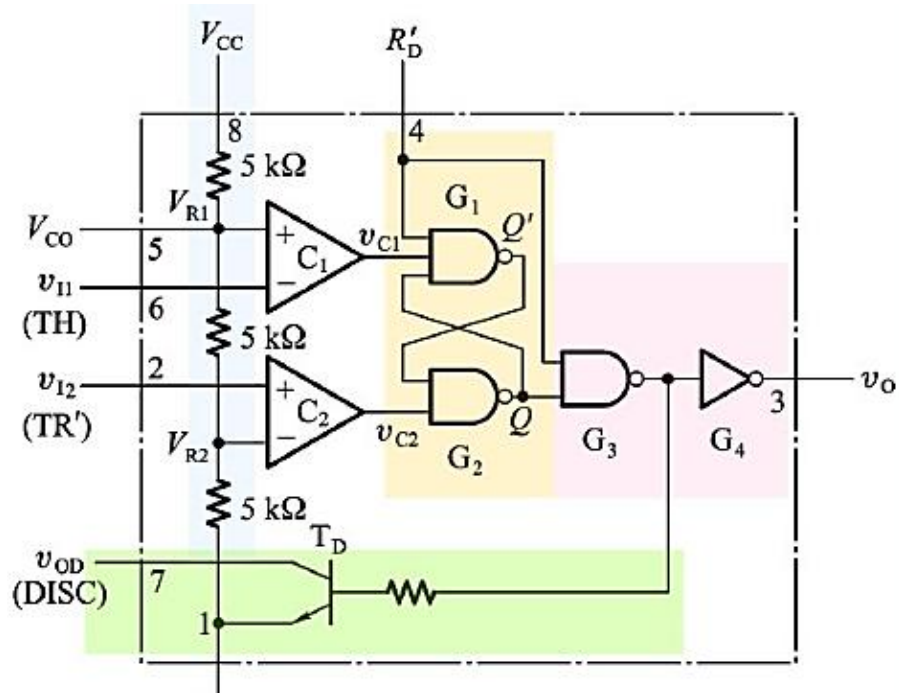
在 $R_F \gg R_{ON(N)}$ 、 $R_F \gg R_{ON(P)}$ 、 $V_{TH} = \frac{1}{2}V_{DD}$ 的条件下，可将上式写成

$$T = 2R_F C \ln 3 = 2.2 * 10^{-4} s$$

故得到振荡频率为

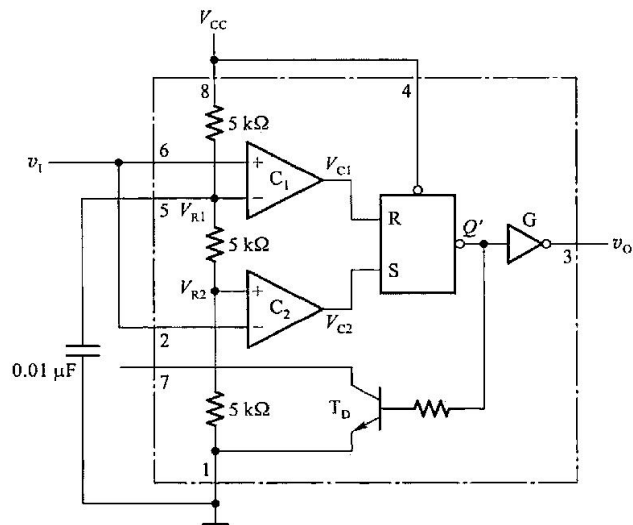
$$f = \frac{1}{T} = 4.55 kHz$$

HW12 脉冲电路和测试

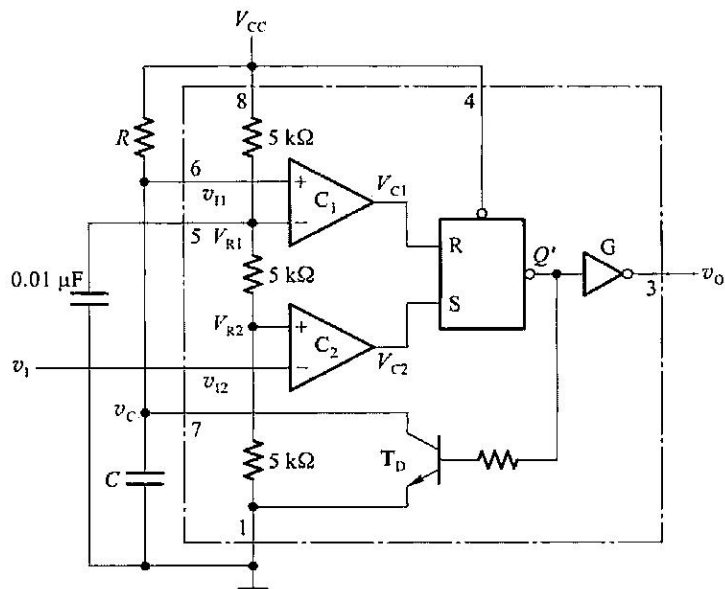


输入			输出	
R'_D	V_{I1}	V_{I2}	V_O	T_D 状态
0	×	×	0	导通
R=0, S=1	$> \frac{2}{3} V_{CC}$	$> \frac{1}{3} V_{CC}$	0	导通
R=1, S=1	$< \frac{2}{3} V_{CC}$	$> \frac{1}{3} V_{CC}$	不变	不变
R=1, S=0	$< \frac{2}{3} V_{CC}$	$< \frac{1}{3} V_{CC}$	1	截止
R=0, S=0	$> \frac{2}{3} V_{CC}$	$< \frac{1}{3} V_{CC}$	1	截止

用555定时器接成的施密特触发器



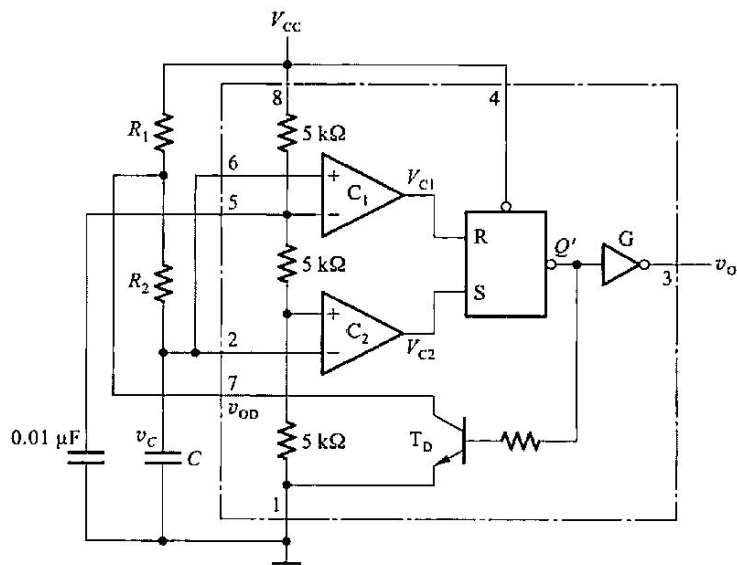
用555定时器接成的单稳态电路



$$t_w = RC \ln \frac{V_{CC} - 0}{V_{CC} - \frac{2}{3}V_{CC}}$$

$$= 1.1RC$$

用555定时器接成的多谐振荡电路



$$T_1 = (R_1 + R_2)C \ln 2$$

$$T_2 = R_2 C \ln 2$$

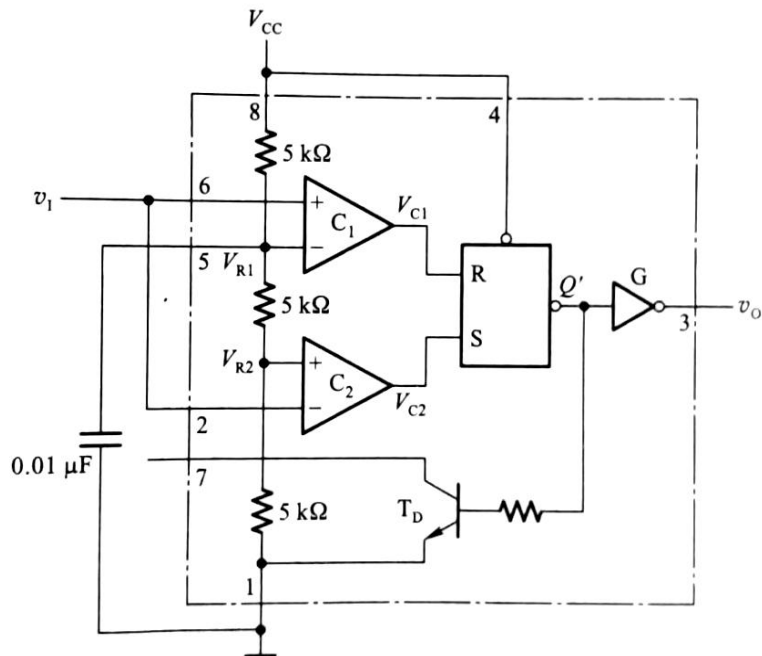
将施密特触发器的反相输出端经RC积分电路接回到它的输入端，就构成了多谐振荡器

Homework 12

1. 在如图所示用555定时器接成的施密特触发器电路中，试求：

(1) 当 $V_{CC} = 12V$ ，而且没有外接控制电压时， V_{T+} 、 V_{T-} 及 ΔV_T 的值。

(2) 当 $V_{CC} = 9V$ ，外接电压 $V_{CO} = 5V$ 时， V_{T+} 、 V_{T-} 及 ΔV_T 各为多少？



Homework 12

1. 在如图所示用555定时器接成的施密特触发器电路中，试求：

(1) 当 $V_{CC} = 12V$ ，而且没有外接控制电压时， V_{T+} ， V_{T-} 及 ΔV_T 的值。

(2) 当 $V_{CC} = 9V$ ，外接电压 $V_{CO} = 5V$ 时， V_{T+} ， V_{T-} 及 ΔV_T 各为多少？

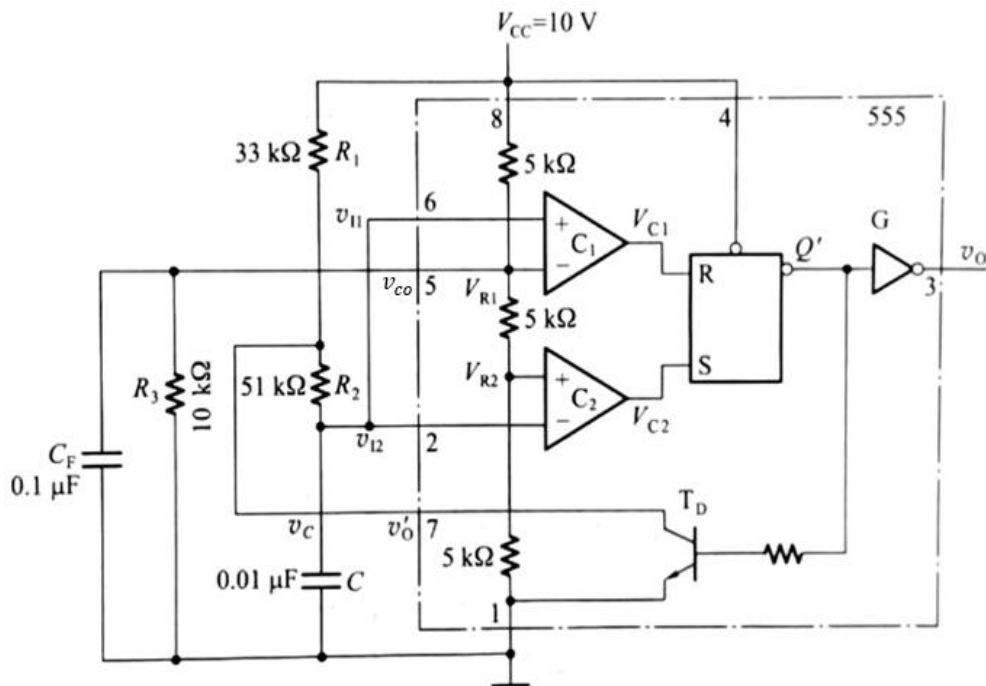
解：

(1) 当 $V_{CC} = 12V$ 时， $V_{T+} = \frac{2}{3}V_{CC} = 8V$ ， $V_{T-} = \frac{1}{3}V_{CC} = 4V$ ， $\Delta V_T = V_{T+} - V_{T-} = 4V$ 。

(2) 当外接控制电压 $V_{CO} = 5V$ 时， $V_{T+} = V_{CO} = 5V$ ， $V_{T-} = \frac{1}{2}V_{CO} = 2.5V$ ， $\Delta V_T = 2.5V$ 。

Homework 12

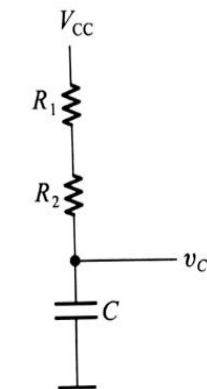
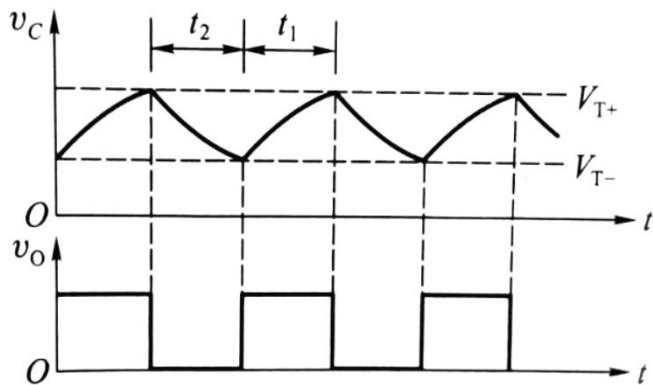
2. 如图由555定时器接成的多谐振荡电路，电路参数如图中所示。计算电路的震荡频率。说明电容 C_F 的作用。



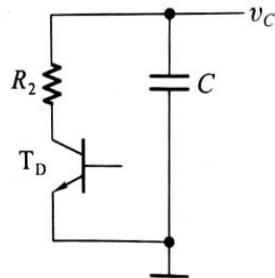
Homework 12

2. 如图由555定时器接成的多谐振荡电路，电路参数如图中所示。计算电路的振荡频率。说明电容C的作用。

解：由图可知， v_{I1} 和 v_{I2} 相连作为输入构成了施密特触发器，再经 v_O' 由输出端反馈到输入端，就得到了多谐振荡电路。电容C上的电压 v_C 在 V_{T+} 和 V_{T-} 之间往复地充、放电， v_O 便在高低电平之间往复跳变，如左下图所示。电容C的充放电回路如右下图所示。



(a) 充电回路



(b) 放电回路

Homework 12

2. 从充电回路可求得充电时间为:

$$t_1 = (R_1 + R_2)C \ln \frac{V_{CC} - V_{T-}}{V_{CC} - V_{T+}}$$

因为 V_{CO} 经电阻 R_3 接地, 所以现在的 V_{T+} 不等于 $\frac{2}{3}V_{CC}$ 。由图中可以算出,
 V_{CO} 等于一个 $5\text{ k}\Omega$ 电阻和两个并联的 $10\text{ k}\Omega$ 电阻分压, 故 $V_{CO}=5\text{ V}=V_{T+}$,

$V_{T-}=\frac{1}{2}V_{CO}=2.5\text{ V}$ 。计算可得到:

$$t_1 = (33 + 51) \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6} \times \ln \frac{10 - 2.5}{10 - 5} = 0.34\text{ ms}$$

根据放电回路得到放电时间 t_2 :

$$t_2 = (R_2 + r_T)C \ln \frac{0 - V_{T+}}{0 - V_{T-}}$$

考虑到三极管 T_D 的导通内阻 r_T 远小于 R_2 , 故将其忽略, 得到:

$$t_2 = 51 \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6} \times \ln \frac{5}{2.5} = 0.35\text{ ms}$$

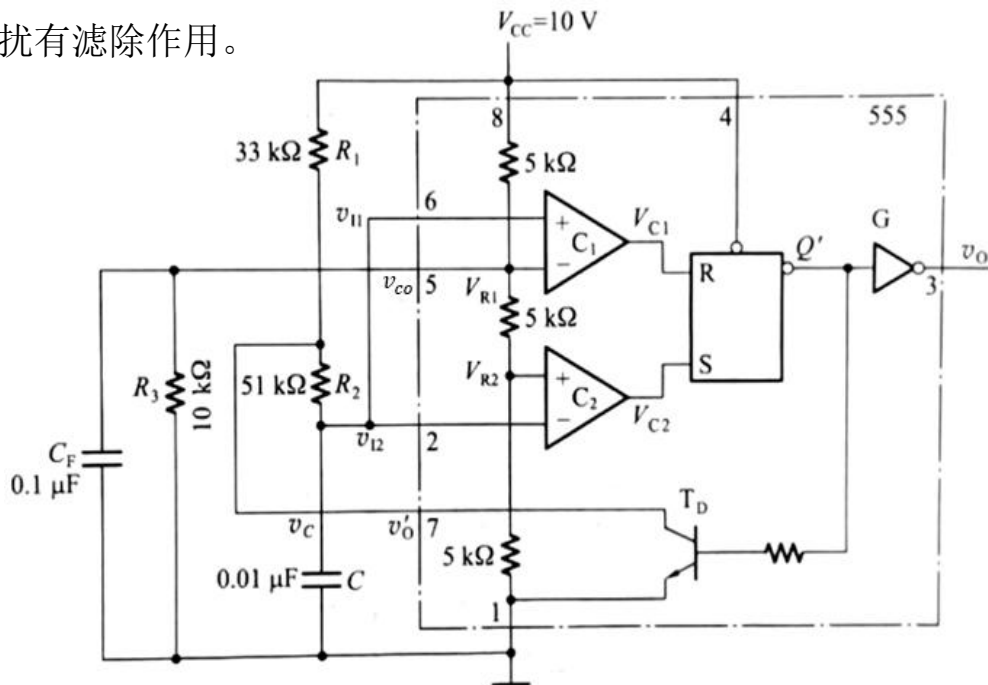
振荡频率为:

$$f = \frac{1}{t_1 + t_2} = 1.45\text{ kHz}$$

Homework 12

2.

C_F 的作用在于稳定 V_{CO} 的电压。因为 V_{CO} 如果发生波动会直接影响到 V_{T+} 和 V_{T-} ，进而影响频率的稳定。由于电容两端的电压不会发生突变，所以对瞬态干扰有滤除作用。



Homework 12

3. 针对如图所示电路，采用SA0和SA1的故障模型，写出能检测图中故障点（标识SA1）的所有测试向量，说明理由。输入测试信号为W1，W2，W3，W4。

解：只要在正常时使E=0就可以检查该故障，所以有

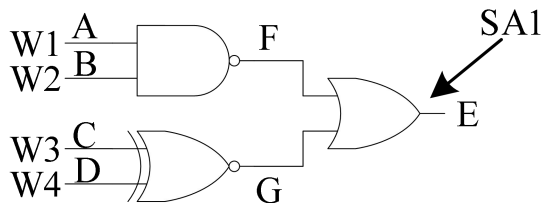
$$\begin{cases} F = \bar{A} \cdot \bar{B} = 0 \\ G = C \odot D = 0 \end{cases}$$

则有测试量

$$\begin{cases} W2 W1 \text{ 为 } 11 \\ W4 W3 \text{ 为 } 01, 10 \end{cases}$$

所以寻找该故障点的测试向量为

$$W4 W3 W2 W1 = \{0111, 1011\}$$



Homework 12

4. 针对如图所示电路，采用SA0和SA1的故障模型，根据要求写出寻找图中故障点的测试向量。输入测试信号为W1,W2,W3。试求：

a) 写出能检测E节点处的SA0故障的所有测试向量，并简要说明理由。

b) 写出能检测B节点处的SA1故障的所有测试向量，并简要说明理由。

解：a) E节点SA0故障，则正常时使得E=1，则有A=0或 $D = C \odot B = 0$ ，那么所有测试向量为

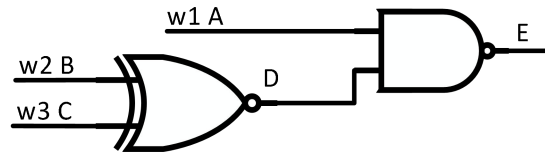
$$W3\ W2\ W1 = \{101,011,000,010,100,110\}。$$

b) B节点SA1故障，故测试时W2 = 0，要使得W2传递到输出E。

而 $D = \overline{B} \cdot \overline{C} + B \cdot C$ ，如果W3 = 0，则 $D = \overline{B}$ ；

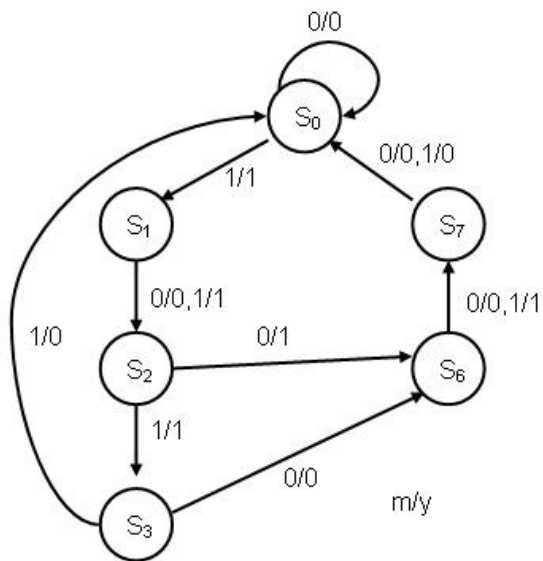
如果W3 = 1，则 $D = B$ 。且W1 = 1。那么所有的测试向量为：

$$W3\ W2\ W1 = \{001,101\}$$



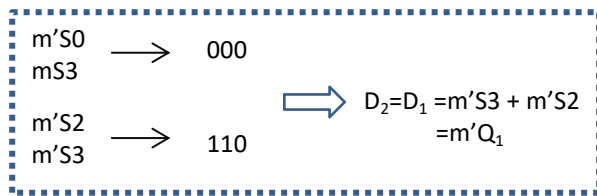
Quiz 4

一、某控制器电路的状态转换图如下图所示，其中 m 为输入信号， y 为输出信号。要求用一个计数器74161和必要的门电路、组合模块电路设计该控制器。



同步跳转和异步跳转

跳转条件: $m'S_0 + m'S_2 + S_3 + S_7$

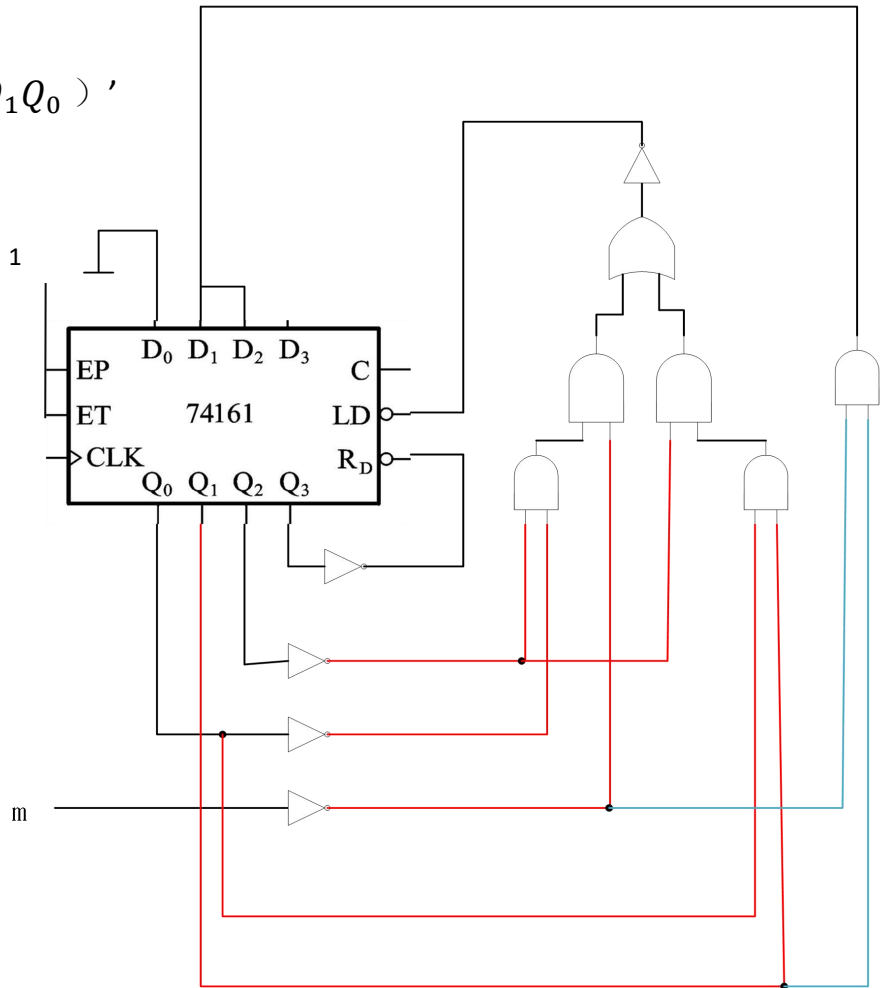


输出方程: $Y = m(S_0 + S_1 + S_6) + S_2$
 $= m(Q_2'Q_1' + Q_2Q_1Q_0') + Q_2'Q_1Q_0'$
 $= mQ_1' + Q_2'Q_1Q_0'$

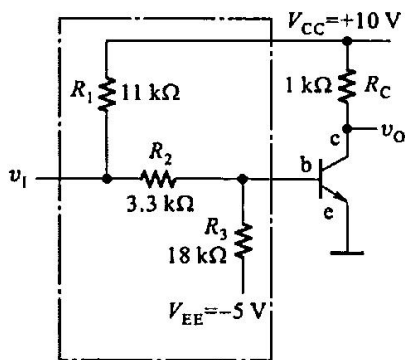
$$LD' = (m'S_0 + m'S_2 + S_3)'$$

$$= (m' Q_2' Q_0' + Q_2' Q_1 Q_0)'$$

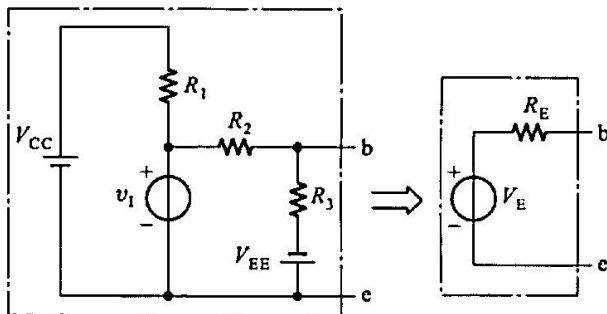
$$RD' = Q_3'$$



二、在下图所示三极管开关电路中，已知 $V_{CC} = 10\text{ V}$ ， $V_{EE} = -5\text{ V}$ ， $R_C = 1\text{ k}\Omega$ ， $R_1 = 11\text{ k}\Omega$ ， $R_2 = 3.3\text{ k}\Omega$ ， $R_3 = 18\text{ k}\Omega$ 。三极管的电流放大系数 $\beta = 30$ ，饱和导通压降 $V_{CE(sat)} = 0.1\text{ V}$ ，饱和导通内阻 $R_{CE(sat)} = 20\text{ }\Omega$ 。输入高、低电平分别为 $V_{IH} = 3.6\text{ V}$ ， $V_{IL} = 0.3\text{ V}$ 。试计算输入为高，低电平下三极管的工作状态，说明电路参数的设计是否合理。



(a)



(b)

一、双极性三极管工作状态的计算

解：首先利用戴维宁定理将输入电路化简。为清楚起见，把输入电路的完整形式画于图(b)中。根据戴维宁定理，等效电压源 V 等于b-e两端开路时的电压，等效内阻 R 等于将内部电压源短路后，从b-e两端看进去的电阻，于是得到

$$V_E = v_I - \frac{v_I + V_{EE}}{R_2 + R_3} R_2 = v_I - \frac{v_I + 5}{3.3 + 18} * 3.3 = 0.845v_I - 0.775V$$

$$R_E = \frac{R_2 * R_3}{R_2 + R_3} = \frac{3.3 * 18}{3.3 + 18} = 2.8k\Omega$$

当 $v_I = V_{IL} = 0.3V$ 时， $V_E = (0.845 * 0.3 - 0.775)V = -0.52V$ ，故三极管截止。

当 $v_I = V_{IH} = 3.6V$ 时， $V_E = (0.845 * 3.6 - 0.775)V = 2.27V$ 。此时的基极电流为

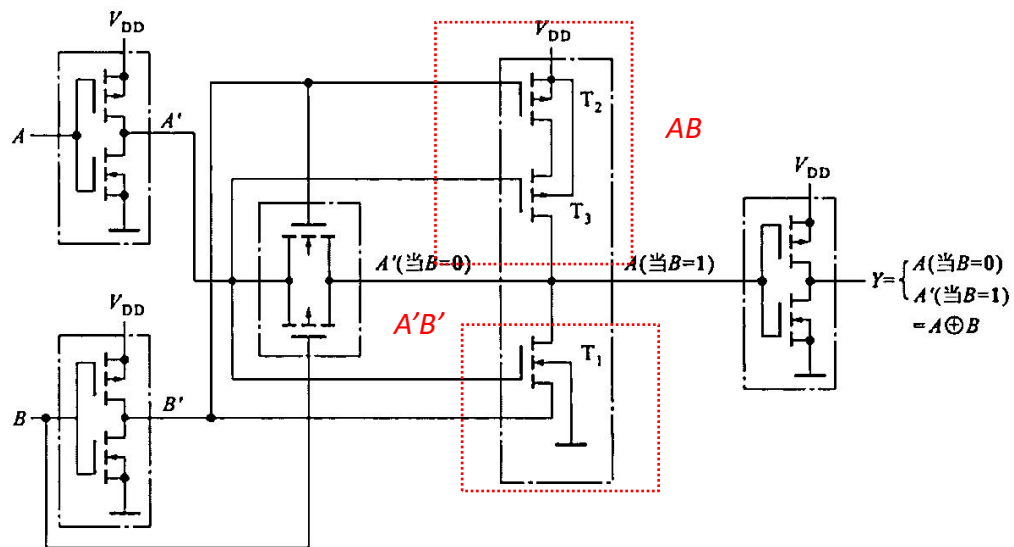
$$i_B = \frac{V_E - v_{BE}}{R_E} = \frac{2.27 - 0.7}{2.8}mA = 0.56mA$$

而临界饱和基极电流为

$$I_{BS} = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{\beta(R_C + R_{CE(sat)})} = \frac{10 - 0.1}{30 * 1.02 * 10^3}A = 0.33mA$$

可见， $i_B > I_{BS}$ ，故三极管饱和导通。计算结果说明， v_I 为低电平时三极管截止， v_I 为高电平时三极管饱和导通，所以电路参数的设计是合理的。

三、由门电路组成的电路如图所示，试写出输出Y的逻辑表达式。



Quiz 5

一、判断下列说法是否正确，正确打√，错误打×

1.CMOS 与非门的多余输入端可通过电阻接地。 ×

注：接地相当于置零。

2.边界扫描测试设计是指为测试边界电路的设计。 ×

注：边界扫描测试是一种针对通用电路的测试方法。补充讲义P49

3.单稳态触发器和施密特触发器是常用的脉冲信号整形电路。 √

注：课本P349

本章仅限于介绍矩形脉冲波形的产生和整形电路。在脉冲整形电路中,介绍最常见的两种整形电路——施密特触发电路和单稳态电路。在脉冲波形产生电路中,将介

4.sa0-sa1模型可以覆盖集成电路中可能的所有故障，故将其作为一种标准模型。 ×

注：sa0-sa1模型不能覆盖所有故障。补充讲义P54

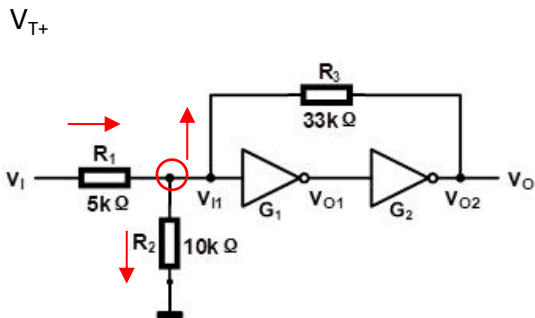
5.用555定时器构成的单稳态触发器，其输出的脉冲宽度为 $1.3RC$ 。 ×

注：输出脉冲宽度为 $1.1RC$ 。课本P379

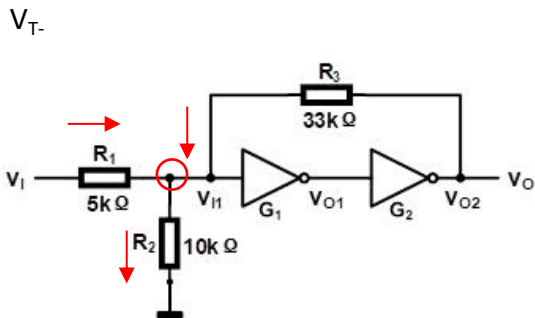
二、计算图中施密特触发电路的 V_{T+} 和 V_{T-} ，以及回差电压 ΔV_T 。已知 $R_1=5k\Omega$, $R_2=10k\Omega$, $R_3=33k\Omega$, G_1 和 G_2 为CMOS反相器，电源电压 $V_{DD}=5V$ ，输出高电平 $V_{OH}=5V$ ，输出低电平 $V_{OL}=0V$ ，阈值电压 $V_{TH}=V_{DD}/2=2.5V$ 。

电平转换条件：

$$\begin{aligned} v_i = V_{T+} \text{ 时, } & v_{i1} = V_{TH}, \quad v_o = V_{OL} \\ v_i = V_{T-} \text{ 时, } & v_{i1} = V_{TH}, \quad v_o = V_{OH} \end{aligned}$$



$$\frac{V_{T+} - V_{TH}}{R_1} = \frac{V_{TH}}{R_2} + \frac{V_{TH}}{R_3}$$



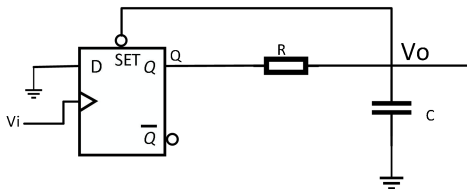
$$V_{T+} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_1}{R_3}\right) V_{TH}$$

$$V_{T-} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_1}{R_3}\right) V_{TH} - \frac{R_1}{R_3} V_{OH}$$

三、由CMOS D触发器构成的单稳态电路如图所示。已知工作电平为，对于CMOS门电路，可以近似地认为。要求：

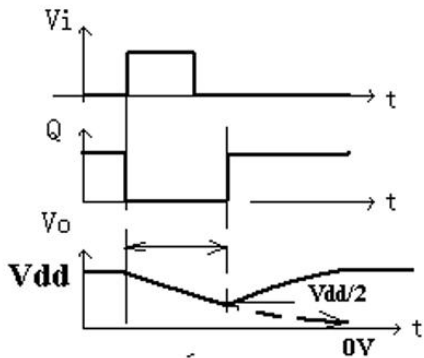
1)在图中画出Q端、Vc波形。

2)当 $R=51$ ， $C=0.01\mu\text{F}$ 时，求输出脉冲宽度 t_w 。



解：初始时，稳态，假设 V_o 是低电平，那么置位信号生效， $Q=1$ ，通过 R 对 C 充电， V_o 变为高电平，所以稳态时 $Q=V_{DD}$ ， $V_o=V_{DD}$ 。置位信号失效。

时钟上升沿到来， Q 变为0， C 通过 R 放电，当下降回到置位的阈值电平时，触发器置位，然后充电回到稳态。



$$V_o(0^+) = V_{dd};$$

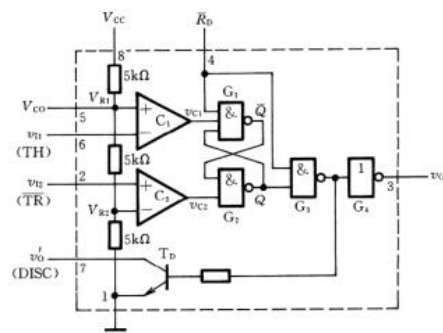
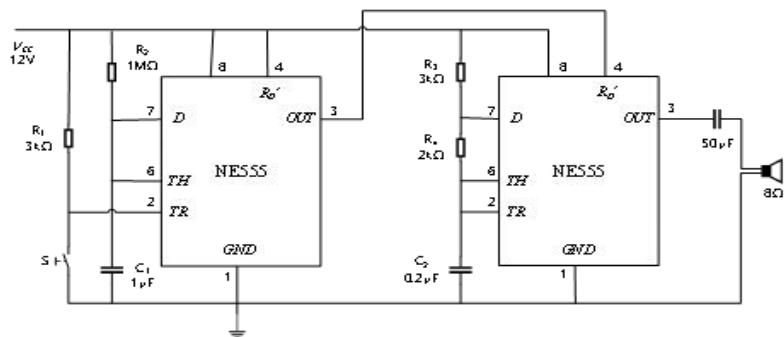
$$V_o(\infty) = 0;$$

$$\tau = RC;$$

$$V_o(t) = V_{dd} \cdot e^{-t/RC};$$

$$t_w = 0.69RC$$

四、分析下图所示电路。



1. 按钮S未按时，两个555定时器工作在什么状态？
2. 定量描述每按动一次按钮后两个555定时器如何工作？
3. 画出每次按动按钮后两个555定时器的输出电压波形示意图。

1. 左边 555 定时器构成的单稳态触发电路，处于稳态状态，输出为 0；
右边 555 定时器构成的多谐振荡器处于清零状态。
2. 每按动一次按钮，左边单稳态触发电路产生一个宽度为 t 的正向脉冲输出， $t = R_2 C_1 \ln 3 = 1.1s$ ；
右边的定时器开始振荡，输出脉冲波形，振荡周期为 $T = (R_3 + 2R_4) C_2 \ln 2 = 0.97ms$ 。

