

课后答案网 您最真诚的朋友



www.hackshp.cn网团队竭诚为学生服务，免费提供各门课后答案，不用积分，甚至不用注册，旨在为广大学生提供自主学习的平台！

课后答案网：www.hackshp.cn

视频教程网：www.efanjy.com

PPT课件网：www.ppthouse.com

课后答案网
www.hackshp.cn

自测题

一、(1) √ (2) × (3) √ (4) × (5) √ (6) ×

二、(1) A (2) C (3) C (4) B (5) A C

三、 $U_{O1} \approx 1.3V$ $U_{O2} = 0$ $U_{O3} \approx -1.3V$ $U_{O4} \approx 2V$ $U_{O5} \approx 2.3V$ $U_{O6} \approx -2V$

四、 $U_{O1} = 6V$ $U_{O2} = 5V$

五、根据 $P_{CM} = 200mW$ 可得: $U_{CE} = 40V$ 时 $I_C = 5mA$, $U_{CE} = 30V$ 时 $I_C \approx 6.67mA$, $U_{CE} = 20V$ 时 $I_C = 10mA$, $U_{CE} = 10V$ 时 $I_C = 20mA$, 将各点连接成曲线, 即为临界过损耗线, 网略。

六、1,

$$I_B = \frac{V_{BB} - U_{BE}}{R_b} = 26\mu A$$

$$I_C = \beta I_B = 2.6mA$$

$$U_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 2V$$

$U_D = U_{CE} = 2V$ 。

2、临界饱和时 $U_{CES} = U_{BE} = 0.7V$, 所以

$$I_C = \frac{V_{CC} - U_{CES}}{R_C} = 2.86mA$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = 28.6\mu A$$

$$R_b = \frac{V_{BB} - U_{BE}}{I_B} = 45.4k\Omega$$

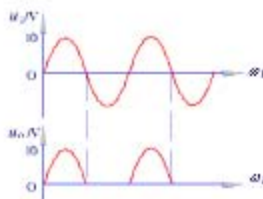
七、 T_1 : 恒流区; T_2 : 夹断区; T_3 : 可变电阻区。

习题

1.1 (1) AC (2) A (3) C (4) A

1.2 不能。因为二极管的正向电流与其端电压成指数关系, 当端电压为 $1.3V$ 时管子会因电流过大而烧坏。

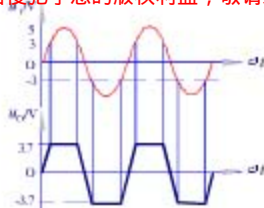
1.3 u_1 和 u_2 的波形如图所示。



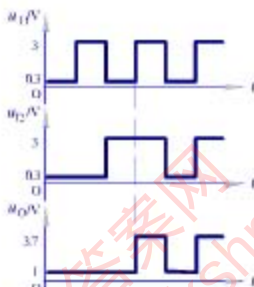
1.4 u_1 和 u_2 的波形如图所示。

课后答案网: www.hackshp.cn

若侵犯了您的版权利益, 敬请来信告知!



1.5 u_1 的波形如图所示。



1.6 $I_D = (V - U_D) / R = 2.6 \text{ mA}$, $r_D \approx U_T / I_D = 10 \Omega$, $I_s = U_T / r_D \approx 1 \text{ mA}$.

1.7 (1) 两只稳压管串联时可得 1.4V、6.7V、8.7V 和 14V 等四种稳压值。

(2) 两只稳压管并联时可得 0.7V 和 6V 等两种稳压值。

1.8 $I_{ZM} = P_{ZM} / U_Z = 25 \text{ mA}$, $R = U_Z / I_{0Z} = 0.24 \sim 1.2 \text{ k} \Omega$.

1.9 (1) 当 $U_1 = 10 \text{ V}$ 时, 若 $U_O = U_Z = 6 \text{ V}$, 则稳压管的电流为 4mA, 小于其最小稳定电流, 所以稳压管未击穿。故

$$U_O = \frac{R_1}{R + R_L} \cdot U_1 \approx 3.33 \text{ V}$$

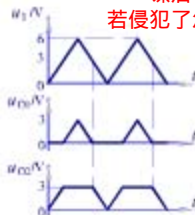
当 $U_1 = 15 \text{ V}$ 时, 由于上述同样的原因, $U_O = 5 \text{ V}$ 。

当 $U_1 = 35 \text{ V}$ 时, $U_O = U_Z = 5 \text{ V}$ 。

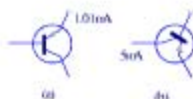
(2) $I_{D2} = (U_1 - U_Z) / R = 29 \text{ mA} > I_{ZM} = 25 \text{ mA}$, 稳压管将因功耗过大而损坏。

1.10 (1) S 闭合。

(2) $R_{\min} = (V - U_D) / I_{D\max} \approx 233 \Omega$, $R_{\max} = (V - U_D) / I_{D\min} = 700 \Omega$ 。

1.12 60°C 时 $I_{CBO} \approx 32 \mu\text{A}$ 。1.13 选用 $\beta = 100$ 、 $I_{CBO} = 10 \mu\text{A}$ 的管子, 其温度稳定性好。

1.14



1.15 晶体管三个极分别为上, 中, 下管脚, 答案如表

管号	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
上	e	e	e	b	e	b
中	b	b	b	e	e	e
下	c	c	c	e	b	c
管型	PNP	NPN	NPN	PNP	PNP	NPN
材料	Si	Si	Si	Ge	Ge	Ge

1.16 当 $V_{BB} = 0$ 时, T 截止, $u_O = 12\text{V}$ 。当 $V_{BB} = 1\text{V}$ 时, T 处于放大状态。因为

$$I_{BQ} = \frac{V_{BB} - U_{BEQ}}{R_b} = 60 \mu\text{A}, \quad I_{CQ} = \beta I_{BQ} = 3\text{mA}, \quad u_O = V_{CC} - I_{CQ} R_C = 9\text{V}$$

当 $V_{BB} = 3\text{V}$ 时, T 处于饱和状态。因为

$$I_{BQ} = \frac{V_{BB} - U_{BEQ}}{R_b} = 160 \mu\text{A}, \quad I_{CQ} = \beta I_{BQ} = 8\text{mA}, \quad u_O = V_{CC} - I_{CQ} R_C < U_{BE}$$

1.17 取 $U_{CES} = U_{BE}$, 若管子饱和, 则

$$\beta \cdot \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_b} = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_C}, \quad R_b = \beta R_C, \quad \text{所以 } \beta \geq \frac{R_b}{R_C} = 100 \text{ 管子饱和。}$$

1.18 当 $u_i = 0$ 时, 晶体管截止, 稳压管击穿, $u_O = -U_Z = -5\text{V}$ 。当 $u_i = -5\text{V}$ 时, 晶体管饱和, $u_O = 0.1\text{V}$ 。因为

$$|I_B| = \frac{u_i - U_{BE}}{R_b} = 480 \mu\text{A}$$

$$|I_C| = \beta |I_B| = 24\text{mA}$$

1.19 (a) 可能 (b) 可能 (c) 可能 (d) 可能 (e) 可能

1.20 根据方程

$$i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{u_{GS}}{U_{GS(th)}}\right)^2$$

逐点求出确定的 u_{GS} 下的 i_D ，可近似画出转移特性和输出特性。在输出特性中，将各条曲线上 $u_{GD} = U_{GS(th)}$ 的点连接起来，即为夹断线。

1.21



1.22 过 u_{GS} 为某一确定值（如 15V）作垂线，读出它与各条输出特性的交点的 i_D 值；建立 $i_D = f(u_{GS})$ 坐标系，根据前面所得坐标值描点连线，便可得转移特性。

1.23 $u_i = 4V$ 时 T 夹断， $u_i = 8V$ 时 T 工作在恒流区， $u_i = 12V$ 时 T 工作在可变电阻区。

1.24 (a) 可能 (b) 不能 (c) 不能 (d) 可能

自测题

- 一、(1) × (2) √ (3) × (4) × (5) √ (6) × (7) ×
- 二、(a) 不能。因为输入信号被 V_{BE} 短路。(b) 可能
- (c) 不能。因为输入信号作用于基极与地之间。不能驮载在静态电压之上, 必然失真。
- (d) 不能。晶体管将因发射结电压过大而损坏。
- (e) 不能。因为输入信号被 C_2 短路。
- (f) 不能。因为输出信号被 V_{CC} 短路, 恒为零。
- (g) 可能。(h) 不合理。因为 G-S 间电压将大于零。
- (i) 不能。因为 T 截止。

三、(1) $(V_{CC} - U_{BEQ})/I_{BQ} = 565$; $(V_{CC} - U_{CEQ})/\beta I_{BQ} = 3$

(2) $-U_o/U_i = -120$; $\frac{R_L}{R_c + R_L} \cdot U_o = 0.3$

四、(1) A (2) C (3) B (4) B

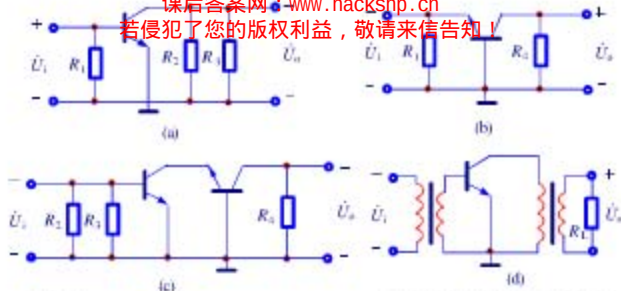
五、(1) C, D E (2) B (3) A C D (4) A B D E (5) C (6) B C E, A D

六、



习题

- 2.1
- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| e | b | c | 大 | 大 | 中 | 大 |
| c | b | e | 小 | 大 | 大 | 小 |
| b | e | c | 大 | 小 | 小 | 大 |
- 2.2 (a) 将 $-V_{CC}$ 改为 $+V_{CC}$ 。(b) 在 $+V_{CC}$ 与基极之间加 R_b 。
- (c) 将 V_{BE} 反接, 且加输入耦合电容。
- (d) 在 V_{BE} 支路加 R_b , 在 $-V_{CC}$ 与集电极之间加 R_c 。
- 2.3 图 P2.3 所示各电路的交流通路: 将电容开路即为直流通路, 省略。



2.4 空载时: $I_{BQ} = 20 \mu A$, $I_{CQ} = 2mA$, $U_{CEQ} = 6V$; 最大不失真输出电压峰值约为 $5.3V$ 。

带载时: $I_{BQ} = 20 \mu A$, $I_{CQ} = 2mA$, $U_{CEQ} = 3V$; 最大不失真输出电压峰值约为 $2.3V$ 。

2.5 (1) $\times$ (2) $\times$ (3) $\times$ (4) $\checkmark$ (5) $\times$ (6) $\times$ (7) $\times$ (8) $\checkmark$
(9) $\checkmark$ (10) $\times$ (11) $\times$ (12) $\checkmark$

2.6 (1) $6.4V$ (2) $12V$ (3) $0.5V$ (4) $12V$ (5) $12V$

2.7

$$Q: I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_b} - \frac{U_{BEQ}}{R} = 22 \mu A$$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} = 1.76mA$$

$$\text{空载时: } U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_c = 6.2V, \quad r_{be} = r_{be} + (1 + \beta) \frac{26mV}{I_{BQ}} = 1.3k\Omega$$

$$\dot{A}_v = -\frac{\beta R_c}{r_{be}} = -308$$

$$R_L = R_c // r_{be} = r_{be} = 1.3k\Omega$$

$$\dot{A}_{vst} = \frac{r_{be}}{R_c + r_{be}} \dot{A}_v = -93$$

$$R_o = R_c = 5k\Omega$$

$$R_L = 3k\Omega \text{ 时: } U_{CEQ} = \frac{R_L}{R_c + R_L} V_{CC} - I_{CQ} (R_c // R_L) = 2.3V$$

$$\dot{A}_v = -\frac{\beta R_L}{r_{be}} = -115$$

$$\dot{A}_{vst} = \frac{r_{be}}{R_c + r_{be}} \dot{A}_v = -47$$

2.8 (a) 饱和失真, 增大 R_b , 减小 R_c 。 (b) 截止失真, 减小 R_b 。

(c) 同时出现饱和失真和截止失真, 增大 V_{CC} 。

2.9 (a) 截止失真 (b) 饱和失真 (c) 同时出现饱和失真和截止失真

若侵犯了您的版权利益, 敬请来信告知!

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC} - U_{CEQ}}{R_c} = 2 \text{ mA}$$

$$I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} = 20 \mu\text{A}$$

$$R_b = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{I_{BQ}} \approx 565 \text{ k}\Omega$$

(2)

$$\dot{A}_u = -\frac{U_o}{U_i} = -100 \quad \dot{A}_u = -\frac{\beta R'_L}{r_{be}} \quad R'_L = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_L} = 1 \quad R_L = 1.5 \text{ k}\Omega$$

$$2.11 \text{ 空载时, } U_{om} = \frac{U_{CEQ} - U_{CES}}{\sqrt{2}} \approx 3.28 \text{ V}$$

$$R_L = 3 \text{ k}\Omega \text{ 时, } U_{om} = \frac{I_{CQ} R'_L}{\sqrt{2}} \approx 2.12 \text{ V}$$

2.12 ② ① ② ① ③

③ ② ① ③ ①

③ ③ ① ③ ③

2.13 (1) 静态及动态分析:

$$U_{BQ} = \frac{R_{b1}}{R_{b1} + R_{b2}} V_{CC} = 2 \text{ V} \quad I_{BQ} = \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_f + R_z} = 1 \text{ mA}$$

$$I_{BQ} = \frac{I_{EQ}}{1 + \beta} \approx 10 \mu\text{A} \quad U_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{EQ}(R_c + R_f + R_z) = 5.7 \text{ V}$$

$$r_{be} = r_{be} + (1 + \beta) \frac{26 \text{ mV}}{I_{BQ}} \approx 2.73 \text{ k}\Omega$$

$$\dot{A}_u = -\frac{\beta(R_c // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)R_f} \approx -7.7$$

$$R_i = R_{b1} // R_{b2} // [r_{be} + (1 + \beta)R_f] \approx 3.7 \text{ k}\Omega$$

$$R_o = R_z = 5 \text{ k}\Omega$$

(2) R_i 增大, $R_o \approx 4.1 \text{ k}\Omega$; $|\dot{A}_u|$ 减小, $\dot{A}_u \approx -1.92$.

$$2.14 Q: I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_1 + R_2 + (1 + \beta)R_c} \quad I_{CQ} = \beta I_{BQ} \quad U_{CEQ} = V_{CC} - (1 + \beta)I_{BQ}R_c$$

$$\dot{A}_u = -\beta \frac{R_z // R_3}{r_{be}} \quad R_i = r_{be} // R_1 \quad R_o = R_2 // R_3$$

若侵犯了您的版权利益，敬请来信告知！

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} \quad U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_c + U_{BEQ}$$

动态:

$$\dot{A}_u = \frac{\beta R_L}{r_{be}} \quad R_i = R_b // \frac{r_{be}}{1 + \beta} \quad R_o = R_c$$

2.16

$$I_{BQ1} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ1}}{R_1 + R_2} - \frac{U_{BEQ1}}{R_3} \quad I_{CQ2} = I_{CQ1} = \beta I_{BQ1}$$

$$U_{CEQ2} = V_{CC} - I_{CQ2} R_4$$

$$U_{BQ2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (V_{CC} - U_{BEQ1}) + U_{BEQ1}$$

$$U_{CEQ1} = U_{BQ2} - U_{BEQ2}$$

$$U_{CEQ2} = U_{CEQ1} - U_{BQ2} + U_{BEQ2}$$

$$\dot{A}_{u1} = -\frac{\beta_1 \cdot \frac{r_{be2}}{1 + \beta_2}}{r_{be1}} \quad \dot{A}_{u2} = \frac{\beta_2 R_L}{r_{be2}} \quad \dot{A}_u = \dot{A}_{u1} \dot{A}_{u2}$$

$$R_i = R_2 // R_3 // r_{be1} \quad R_o = R_4$$

2.17 $\dot{A}_{u1} = -1 \quad \dot{A}_{u2} = +1$ 四略。

2.18 (1) 求解 Q 点:

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_b + (1 + \beta) R_c} \approx 32.3 \mu A$$

$$I_{EQ} = (1 + \beta) I_{BQ} \approx 2.6 \text{ mA}$$

$$U_{CEQ} = V_{CC} - I_{EQ} R_c = 7.17 \text{ V}$$

(2) 求解电压放大倍数和输入电阻:

$$R_L = \infty; \quad R_i = R_b // [r_{be} + (1 + \beta) R_c] \approx 110 \text{ k}\Omega$$

$$\dot{A}_u = \frac{(1 + \beta) R_c}{r_{be} + (1 + \beta) R_c} \approx 0.996$$

$$R_L = 3 \text{ k}\Omega; \quad R_i = R_b // [r_{be} + (1 + \beta)(R_c // R_L)] \approx 76 \text{ k}\Omega$$

$$\dot{A}_u = \frac{(1 + \beta)(R_c // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)(R_c // R_L)} \approx 0.992$$

(3) 求解输出电阻: $R_o = R_c // \frac{R_b + r_{be}}{1 + \beta} \approx 37 \Omega$

$$Q: I_{BQ} = \frac{V_{CC}}{R_b + (1 + \beta)R_e} = 1.86 \text{ mA}$$

$$U_{CEQ} = V_{CC} - I_{BQ}(R_c + R_e) = 4.56 \text{ V}$$

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26 \text{ mV}}{I_{BQ}} = 952 \Omega$$

$$R_i = R_b // r_{be} = 952 \Omega$$

$$\dot{A}_u = -\frac{\beta(R_c // R_L)}{r_{be}} = -95$$

$$R_o = R_c = 3 \text{ k}\Omega$$

(2)

$$U_i = \frac{R_i}{R_s + R_i} \cdot U_s = 3.2 \text{ mV}$$

$$U_o = |\dot{A}_u| U_i = 304 \text{ mV}$$

若 C_e 开路, 则

$$R_i = R_b // [r_{be} + (1 + \beta)R_e] = 51.3 \text{ k}\Omega$$

$$\dot{A}_u = -\frac{R_c // R_L}{R_e} = -1.5$$

$$U_i = \frac{R_i}{R_s + R_i} \cdot U_s = 9.6 \text{ mV}$$

$$U_o = |\dot{A}_u| U_i = 14.4 \text{ mV}$$

2.20 (a) 源极加电阻 R_s 。(b) 输入端加耦合电容, 漏极加电阻 R_D 。

(c) 输入端加耦合电容

(d) 在 R_g 支路加 $-V_{GS}$, $+V_{DD}$ 改为 $-V_{DD}$ 。

2.21 (1) 在转移特性中作直线 $u_{GS} = -I_D R_s$, 与转移特性的交点即为 Q 点; 读出坐标值, 得出 $I_{DQ} = 1 \text{ mA}$, $U_{GSQ} = -2 \text{ V}$ 。

在输出特性中作直流负载线 $u_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_s)$, 与 $U_{GSQ} = -2 \text{ V}$ 的那条输出特性曲线的交点为 Q 点, $U_{DSQ} = 3 \text{ V}$ 。

$$(2) g_m = \left. \frac{\partial I_D}{\partial u_{GS}} \right|_{u_{DS}} = \frac{2}{U_{GS(off)}} \sqrt{I_{DSS} I_{DQ}} = 1 \text{ mA/V}$$

$$\dot{A}_u = -g_m R_D = -5 \quad R_i = 1 \text{ M}\Omega \quad R_o = R_D = 5 \text{ k}\Omega$$

2.22 (1) 求 Q 点: $U_{GSQ} = V_{GG} = 3 \text{ V}$ 从转移特性查得, 当 $U_{GSQ} = 3 \text{ V}$ 时, $I_{DQ} = 1 \text{ mA}$, $U_{DSQ} = V_{DD} - I_{DQ} R_D = 5 \text{ V}$

(2) 求电压放大倍数:

$$g_m = \frac{2}{U_{GS(off)}} \sqrt{I_{DQ} I_{D0}} = 3 \text{ mA/V}$$

$$\dot{A}_u = -g_m R_D = -20$$

若侵犯了您的版权利益, 敬请来信告知!

$$A_v = -g_m R_{eq}$$

$$R_{eq} = R_D \parallel R_L \parallel R_1 \parallel R_2$$

$$R_D = R_{D1}$$

- 2.24 (a) $\times$ (b) $\times$ (c) NPN 型管, 上-集电极, 中-基极, 下-发射极。
 (d) $\times$ (e) $\times$ (f) PNP 型管, 上-发射极, 中-基极, 下-集电极。
 (g) NPN 型管, 上-集电极, 中-基极, 下-发射极。

课后答案网
 www.hackshp.cn

自测题

- 一、(1) × (2) √ (3) √ × (4) × (5) √
 二、(1) A A (2) D A (3) B A (4) D B (5) C B
 三、(1) B D (2) C (3) A (4) A C (5) B (6) C
 四、(1) $I_{C3} = (U_Z - U_{BEQ3}) / R_{E3} = 0.3 \text{ mA}$ $I_{E1} = I_{E2} = 0.15 \text{ mA}$
 (2) 减小 R_{C2} 。
 当 $u_i = 0$ 时 $u_O = 0$, $I_{CQ4} = V_{EE} / R_{C4} = 0.6 \text{ mA}$ 。

$$I_{R_{C3}} = I_{C2} - I_{B4} = 0.14 \text{ mA}$$

$$R_{C2} = \frac{I_{E4} R_{E4} + |U_{BEQ4}|}{I_{R_{C3}}} = 7.14 \text{ k}\Omega$$

$$r_{be2} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26 \text{ mV}}{I_{EQ2}} = 10.7 \text{ k}\Omega$$

$$r_{be4} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26 \text{ mV}}{I_{EQ4}} = 2.74 \text{ k}\Omega$$

$$\dot{A}_{v1} = - \frac{\beta [R_{C2} // (r_{be4} + (1 + \beta) R_{E4})]}{2 r_{be2}} = -16.5$$

$$\dot{A}_{v2} = - \frac{\beta R_{E4}}{r_{be4} + (1 + \beta) R_{E4}} = -18$$

$$\dot{A}_v = \dot{A}_{v1} \cdot \dot{A}_{v2} = 297$$

习题

- 3.1 (a) 共射，共基 (b) 共射，共射 (c) 共射，共射 (d) 共集，共基
 (e) 共源，共集 (f) 共基，共集
 3.2 图 (a)

$$\dot{A}_u = - \frac{\beta_1 [R_2 // (r_{be2} + (1 + \beta_2) R_3)]}{R_1 + r_{be1}} \cdot \frac{(1 + \beta_2) R_3}{r_{be2} + (1 + \beta_2) R_3}$$

$$R_1 = R_1 + r_{be1}$$

$$R_o = R_3 // \frac{r_{be2} + R_3}{1 + \beta_2}$$

图 (b)

$$\dot{A}_u = -\frac{(1+\beta_1)R_2 // R_3 // r_{be2}}{R_1 // r_{be1}} \cdot \frac{\beta_2 R_4}{r_{be2}}$$

若侵犯了您的版权利益，敬请来信告知！

$$R_i = R_1 // [r_{be1} + (1+\beta_1)(R_2 // R_3 // r_{be2})]$$

$$R_o = R_4$$

图 (c)

$$\dot{A}_u = \frac{\beta_1 [R_2 // (r_{be2} + (1+\beta_2)r_D)]}{R_1 + r_{be1}} \cdot \left[-\frac{\beta_2 R_3}{r_{be2} + (1+\beta_2)r_D} \right]$$

$$R_i = R_1 + r_{be1}$$

$$R_o = R_3$$

图 (d)

$$\dot{A}_u = [-g_m(R_4 // R_6 // R_7 // r_{be2})] \cdot \left(-\frac{\beta_2 R_8}{r_{be2}} \right)$$

$$R_i = R_3 + R_1 // R_2$$

$$R_o = R_8$$

3.3 (1) (d) (e) (2) (c) (e) (3) (e)

3.4 图 (a)

$$\dot{A}_{u1} = \frac{-\beta_1 \cdot \frac{r_{be2}}{1+\beta_2}}{r_{be1}}$$

$$\dot{A}_{u2} = \frac{\beta_2 R_3}{r_{be2}} = 125$$

$$\dot{A}_u = \dot{A}_{u1} \cdot \dot{A}_{u2} = -125$$

$$R_i = R_1 // R_2 // r_{be1} = 0.93 \text{ k}\Omega$$

$$R_o = R_3 = 3 \text{ k}\Omega$$

图 (b)

$$\dot{A}_{u1} = \frac{-\beta_1 \cdot (R_1 // r_{be2})}{r_{be1}} \approx -50$$

$$\dot{A}_{u2} = \frac{\beta_2 R_4}{r_{be2}} \approx -42$$

$$\dot{A}_u = \dot{A}_{u1} \cdot \dot{A}_{u2} = 2100$$

$$R_i = (R_5 + R_2 // R_3) // r_{be1} \approx 1.2 \text{ k}\Omega$$

$$R_o = R_4 = 1 \text{ k}\Omega$$

3.5 图 (c)

$\dot{A}_{s1} = -\frac{\beta_1}{r_{be2}}$ 课后答案网: www.hackshp.cn
若侵犯了您的权益, 敬请来信告知!

$$\dot{A}_{s2} = \frac{\beta_2 R_4}{r_{be2}} = -107$$

$$\dot{A}_s = \dot{A}_{s1} \cdot \dot{A}_{s2} = 6634$$

$$R_i = R_1 // r_{be1} \approx 1.5 \text{ k}\Omega$$

$$R_o = R_4 = 2 \text{ k}\Omega$$

图 (c)

$$\dot{A}_{v1} = -g_m [R_2 // (r_{be} + (1 + \beta) R_4)] \approx -g_m R_2 \approx -6$$

$$\dot{A}_{v2} = \frac{(1 + \beta) R_4}{r_{be} + (1 + \beta) R_4} \approx 1$$

$$\dot{A}_v = \dot{A}_{v1} \cdot \dot{A}_{v2} \approx -6$$

$$R_i = R_1 = 10 \text{ M}\Omega$$

$$R_o = R_4 // \frac{r_{be} + R_2}{1 + \beta} = 43 \Omega$$

3.6

$$(1) A_d = \frac{\Delta u_O}{\Delta u_I} = -\frac{\beta(R_c + \frac{R_W}{2})}{r_{be}}$$

$$(2) \Delta u_{C1} = -\frac{\beta(R_c + R_W)}{2r_{be}} \cdot \Delta u_I, \quad \Delta u_{C2} = -\frac{\beta R_c}{2r_{be}} \cdot \Delta u_I$$

$$\Delta u_O = \Delta u_{C1} - \Delta u_{C2}$$

$$A_d = \frac{\Delta u_O}{\Delta u_I} = -\frac{\beta(R_c + \frac{R_W}{2})}{r_{be}}$$

3.7

$$U_{BEQ} + I_{EQ} \cdot \frac{R_W}{2} + 2I_{EQ} R_c = V_{EE}, \quad I_{EQ} = \frac{V_{EE} - U_{BEQ}}{\frac{R_W}{2} + 2R_c} = 0.517 \text{ mA}$$

$$r_{be} = r_{be'} + (1 + \beta) \frac{26 \text{ mV}}{I_{EQ}} = 2.66 \text{ k}\Omega$$

$$A_d = -\frac{\beta R_c}{r_{be} + (1 + \beta) \frac{R_W}{2}} = -97$$

$$R_i = 2r_{be} + (1 + \beta) R_W = 10.4 \text{ k}\Omega$$

若侵犯了您的版权利益, 敬请来信告知!

$$u_{ic} = \frac{2}{2} = 1.54V$$

$$u_{il} = u_{il} - u_{il} = 10mV$$

$$A_d = -\frac{\beta R_c}{2r_{be}} = -67$$

$$\Delta u_{O1} = A_d u_{il} = -0.67V$$

$$3.9 \quad (1) \quad R_L' = R_c // R_L = 6.67k\Omega \quad V_{CC}' = \frac{R_L}{R_c + R_L} \cdot V_{CC} = 5V$$

$$I_{EQ} = \frac{V_{EE} - U_{BEQ}}{2R_c} = 0.265mA$$

$$U_{CQ1} = V_{CC} - I_{CQ} R_L' = 3.23V$$

$$U_{CQ2} = V_{CC} = 15V$$

$$(2) \quad \Delta u_{O1} = u_{O1} - U_{CQ1} = -1.23V$$

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26mA}{I_{BQ}} = 5.1k\Omega$$

$$A_d = -\frac{\beta R_L'}{2(R_{b1} + r_{be})} = -32.7$$

$$u_i = \frac{\Delta u_{O1}}{A_d} = 37.6mV$$

$$\Delta u_{O2} = A_d u_i = -0.327V$$

$$u_{O2} = U_{CQ2} + \Delta u_{O2} = 2.9V$$

3.10

$$A_d = -\frac{\beta_1 \beta_2 (R_c // \frac{R_L}{2})}{r_{be1} + (1 + \beta_1) r_{be2}}$$

$$R_L = 2[r_{be1} + (1 + \beta_1) r_{be2}]$$

$$3.11 \quad A_d = -g_m R_D = -40 \quad R_L = \infty$$

$$3.12 \quad A_d = -\frac{1}{2} \cdot g_m \beta R_D = -1600 \quad R_L = \infty$$

若侵犯了您的版权利益，敬请来信告知！

$$\dot{A}_{u2} = -\frac{\beta_4 \{R_6 // [r_{be4} + (1 + \beta_4)R_5]\}}{2r_{be1}}$$

$$\dot{A}_{u3} = \frac{(1 + \beta_5)R_7}{r_{be5} + (1 + \beta_5)R_7}$$

$$\dot{A}_u = \dot{A}_{u1} \dot{A}_{u2} \dot{A}_{u3}$$

$$R_o = R_7 // \frac{r_{be5} + R_6}{1 + \beta_5}$$

3.14 (1)

$$U_o = \frac{V_{CC} - U_{CEQ}}{\sqrt{2}} \approx 7.78\text{V}$$

$$U_i = \frac{U_o}{|A_u|} \approx 77.8\text{mV}$$

(2) 若 $U_i = 10\text{mV}$, 则 $U_o = 1\text{V}$ (有效值)。

若 R_5 开路, 则 $u_o = 0\text{V}$ 。若 R_7 短路, 则 $u_o = 11.3\text{V}$ (直流)。

自测题

一、(1) C (2) B (3) C (4) A (5) A

二、(1) × (2) √ (3) √ (4) √ (5) ×

$$\text{三、} I_{C2} = I_R = \frac{V_{CC} - U_{BE2} - U_{BE1}}{R} = 100\mu\text{A}$$

四、(1) 三级放大电路, 第一级为共集-共基双端输入单端输出差分放大电路, 第二级是共射放大电路, 第三级是互补输出级。

(2) 第一级: 采用共集-共基形式, 增大输入电阻, 改善高频特性; 利用有源负载 (T_5 , T_6) 增大差模放大倍数, 使单端输出电路的差模放大倍数近似等于双端输出电路的差模放大倍数, 同时减小共模放大倍数。

第二级共射放大电路以 T_7 , T_8 构成的复合管为放大管, 以恒流源作集电极负载, 增大放大倍数。

第三级加偏置电路, 利用 D_1 , D_2 消除交越失真。

五、(1) ① (2) ③ (3) ⑦ (4) ② (5) ⑤ (6) ⑥ (7) ④

习题

4.1 输入级, 中间级, 输出级和偏置电路。

输入级为差分放大电路, 中间级为共射放大电路, 输出级为互补电路, 偏置电路为电流源电路。

对输入级的要求: 输入电阻大, 温漂小, 放大倍数即可能大。

对中间级的要求: 放大倍数大。

对输出级的要求: 带负载能力强, 最大不失真输出电压即可能大。

$$4.2 \quad 20 \lg A_{\text{mid}} = 100 \text{dB}, \quad A_{\text{mid}} = 10^5.$$

$$u_O \quad 1\text{V} \quad 10\text{V} \quad 14\text{V} \quad 14\text{V} \quad -1\text{V} \quad -10\text{V} \quad -14\text{V} \quad -14\text{V}$$

4.3 A_1 —道用型, A_2 —高精度型, A_3 —高阻型, A_4 —高速型。

4.4

$$I_R = \frac{V_{CC} - U_{BE4} - U_{BE2}}{R} = 100\mu\text{A}$$

$$I_R = I_{C1} + I_{B4} = I_{C1} + \frac{3I_B}{1 + \beta} = I_C + \frac{3I_C}{\beta(1 + \beta)}$$

$$I_C = \frac{\beta^2 + \beta}{\beta^2 + \beta + 3} \cdot I_R$$

$$\text{当 } \beta(1 + \beta) \gg 3 \text{ 时, } I_{C1} = I_{C2} \approx I_R = 100\mu\text{A}.$$

若侵犯了您的版权利益, 敬请来信告知!

$$I_{\bar{R}} = I_C + I_B = I_{C0} + \frac{I_{C0}}{\beta}$$

$$I_{C0} = \frac{\beta I_{\bar{R}}}{1 + \beta} = 160 \mu \text{ A}$$

$$I_{C1} = I_{C0} = 160 \mu \text{ A}$$

$$I_{C2} = 2I_{C0} = 320 \mu \text{ A}$$

$$4.6 \quad A_v = \frac{\Delta u_O}{\Delta u_I} = -\Delta i_D (r_{DS1} // r_{DS2}) / \Delta u_I = -g_m (r_{DS1} // r_{DS2})$$

4.7 在图 (a) (b) 所示电路中

$$\Delta i_{D1} = -\Delta i_{D2} = \Delta i_{D3} = \Delta i_{D4}, \quad \Delta i_O = \Delta i_{D2} - \Delta i_{D1} = -2\Delta i_{D1}$$

$$g_m = -\frac{\Delta i_O}{\Delta(u_{I1} - u_{I2})}$$

图 (a) 中:

$$\begin{aligned} A_u &= \frac{\Delta u_O}{\Delta(u_{I1} - u_{I2})} \\ &= \Delta i_O (r_{DS2} // r_{DS4}) / \Delta(u_{I1} - u_{I2}) \\ &= -g_m (r_{DS2} // r_{DS4}) \end{aligned}$$

图 (b) 中: $A_u = -g_m (r_{DS2} // r_{DS4})$

4.8 (1) T_1 和 T_2 组成的复合管为放大管, T_3 和 T_4 为有源负载, 双端输入, 单端输出的差分放大电路。

$$(2) A_1 = \frac{\Delta i_O}{\Delta i_I} = (1 + \beta)\beta$$

4.9 问题 4.8。

4.10 (1)

$$A_{u1} = -\beta \cdot \frac{R_{c1} // \frac{r_{be2}}{2}}{r_{be1}}$$

$$A_{u2} = -\beta \cdot \frac{R_{c2}}{r_{be3}}$$

$$A_u = A_{u1} \cdot A_{u2}$$

(2) 当有共模输入电压时, $u_{O1} = 0$ 。

$R_{c1} \gg r_{O1}$, $\Delta u_{C1} = \Delta u_{C2}$, 因此 $\Delta u_{B2} = 0$, 故 $u_{O2} = 0$ 。

4.11 (1) C (2) C (3) B (4) A

4.12 因为 $U_{BE3} + U_{CE3} = 2U_0$, $U_{BE3} \approx U_0$, $U_{CE3} \approx U_0$, 所以 $U_{CE3} \approx 0$, 反向电路为零, 因此 I_{CQ3} 对输入电流影响可忽略。
 课后答案网: www.hackshp.cn
 若侵犯了您的版权利益, 敬请来信告知!

4.13 (1) 因为 $\beta \gg 2$, 所以 $I_{C2} \approx I_{C1} \approx I_{B2}$ 。

$$(2) \quad I_{B2} = I_{C1} - I_{C2} \approx I_{B1} - I_{B2}$$

(3)

$$\Delta U_{CE} = -\Delta I_{C2} R_C = -\beta_2 \Delta I_{B2} R_C$$

$$A_{ul} = \Delta U_{CE} / \Delta(I_{B1} - I_{B2}) \approx \Delta U_{CE} / \Delta I_{B2} = -\beta_2 R_C$$

4.14 图 (a) 所示电路中, D_1 、 D_2 使 T_2 、 T_3 微导通, 可消除交越失真。

R 为电流采样电阻, D_2 对 T_2 起过流保护, 当 T_2 导通时, $u_{D2} = u_{BE2} + I_0 R = -u_{D1}$, 未过流时 $I_0 R$ 较小, u_{D2} 因小于开启电压而截止; 过流时 u_{D2} 因大于开启电压而导通, 为 T_2 基极分流, D_1 对 T_3 起过流保护, 原因与上述相同。

图 (b) 所示电路中, T_4 、 T_5 使 T_2 、 T_3 微导通, 可消除交越失真。

R_2 为电流采样电阻, T_4 对 T_2 起过流保护, 当 T_2 导通时, $u_{BE4} = u_{BE2} + I_0 R = -u_{BE4}$, 未过流时 $I_0 R$ 较小, 因 u_{BE4} 小于开启电压 T_4 截止; 过流时 u_{BE4} 因大于开启电压 T_4 导通, 为 T_2 基极分流, T_5 对 T_3 起过流保护, 原因与上述相同。

4.15 (1) 为 T_1 提供静态集电极电流, 为 T_2 提供基极电流, 并为 T_1 的有源负载。

(2) T_4 截止, 因为 $u_{D4} = u_{C1} = u_{C2} + u_{BE} + u_{BE3}$, $u_{D4} = u_{C2}$, $u_{D4} < u_{BE4}$ 。

(3) T_3 的射极电流, 在交流等效电路中等效为阻值非常大的电阻。

(4) 保护电路, $u_{BE5} = I_0 R$, 未过流时 T_5 电流很小; 过流时使 $i_{E5} > 50 \mu A$, T_5 更多地为 T_3 的基极分流。

4.16 T_1 —共射电流的放大管, T_2 和 T_3 —互补输出级, T_4 、 T_5 、 R_2 —消除交越失真。

4.17 (1) u_{i1} 为反相输入端, u_{i2} 为同相输入端。

(2) 为 T_1 和 T_2 管的有源负载, 将 T_3 管集电极电路变化量转换到输出, 使单端输出的放大倍数近似等于双端输出时的放大倍数。

(3) 为 T_6 设置静态电流, 且为 T_6 的集电极有源负载。

(4) 消除交越失真。

4.18 (1) 由 T_{10} 、 T_{11} 、 T_9 、 T_8 、 T_{12} 、 T_{13} 、 R_5 构成。

(2) 三级放大电路:

$T_1 \sim T_4$ —共集-共基差分放大电路, $T_{14} \sim T_{16}$ —共集-共射-共集电路, T_{23} 、 T_{24} —互补输出级。

(3) 消除交越失真, $U_{BE23} + U_{BE24} = U_{BE20} + U_{BE19}$

自测题

一、(1) A (2) BA (3) BA (4) CC

二、(1) 静态及动态分析估算:

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_b} = 22.6 \mu A$$

$$I_{EQ} = (1 + \beta) I_{BQ} = 1.8 \text{ mA}$$

$$U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_c = 3 \text{ V}$$

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26 \text{ mV}}{I_{EQ}} = 1.17 \text{ k}\Omega$$

$$r_{bc} = r_{bb'} + r_{b'e} \approx 1.27 \text{ k}\Omega$$

$$R_i = r_{be} // R_b = 1.27 \text{ k}\Omega$$

$$g_m = \frac{I_{EQ}}{U_T} = 69.2 \text{ mA/V}$$

$$A_{us} = \frac{R_i}{R_s + R_i} \cdot \frac{r_{bc}}{r_{be}} (-g_m R_c) = -178$$

(2) 估算 C_π :

$$f_T = \frac{\beta_0}{2\pi r_{be} (C_\pi + C_u)}$$

$$C_\pi = \frac{\beta_0}{2\pi f_T r_{be}} - C_u = 214 \text{ pF}$$

$$C_\pi' = C_\pi + (1 + g_m R_c) C_u = 1602 \text{ pF}$$

(3)

$$R = r_{be} // (r_{b'b} + R_s // R_b) = r_{be} // (r_{b'b} + R_s) = 567 \Omega$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi R C_\pi'} = 175 \text{ kHz}$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi (R_s + R_i) C} = 14 \text{ Hz}$$

(4) $20 \lg |A_{um}| = 45 \text{ dB}$, 频率特性曲线略。三、(1) 60 10³

(2) 10 10

(3) $\frac{10^7}{(1 + \frac{10}{jf}) \times \frac{10^7}{10^4} \times \frac{100jf}{10^3} \times \frac{10^7}{10^5}}$ 课后答案网 www.hackshp.cn
若侵犯了您的版权利益，敬请来信告知！

习题

5.1 (1) $\frac{1}{2\pi (R_s + R_o // r_{be}) C_1}$ ① ①

(2) $\frac{1}{2\pi [r_{be} // (r_{be} + R_b // R_x)] C_2}$ ① ① ① ②

5.2 $\dot{A}_u = \frac{-32}{(1 + \frac{10}{jf})(1 + j\frac{f}{10^5})}$ 或 $\dot{A}_u = \frac{-3.2jf}{(1 + j\frac{f}{10})(1 + j\frac{f}{10^5})}$

5.3

$\dot{A}_u = \frac{100}{(1 + \frac{1}{jf})(1 + \frac{10}{jf})(1 + j\frac{f}{2.5 \times 10^5})}$ 或 $\dot{A}_u = \frac{-10f^2}{(1 + jf)(1 + j\frac{f}{10})(1 + j\frac{f}{2.5 \times 10^5})}$

5.4 (1) 直接耦合；

(2) 二级；

(3) 当 $f = 10^4 \text{ Hz}$ 时， $\phi = -135^\circ$ ；当 $f = 10^5 \text{ Hz}$ 时， $\phi = -270^\circ$ 。

5.5 $\dot{A}_u = \frac{10^3}{(1 + j\frac{f}{2.5 \times 10^5})^2}$ $f_H = \frac{f_H}{1.1\sqrt{2}} = 13 \text{ kHz}$

5.6 (1)

$\dot{A}_u = \frac{-100 \cdot j\frac{f}{10}}{(1 + j\frac{f}{10})(1 + j\frac{f}{10^5})}$

$\dot{A}_{um} = -100$

$f_L = 10 \text{ Hz}$

$f_H = 10^5 \text{ Hz}$

(2) 图略。

$$\dot{A}_v = \frac{5}{(1+j\frac{f}{5})(1+j\frac{f}{10^4})(1+j\frac{f}{2.5 \times 10^5})}$$

$$\dot{A}_{vm} = 10^3$$

$$f_L = 5\text{Hz}$$

$$f_H = 10^4\text{Hz}$$

图略。

5.8 (1) (a) (2) (c) (3) (c)

5.9

$$R = R_c // \frac{r_{be} + R_b // R_h}{1 + \beta} = \frac{r_{be} + R_b}{1 + \beta} = 20\Omega$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi RC_c} = 80\text{Hz}$$

5.10 (1) $C_1 (R_s + R_i) = C_2 (R_c + R_L)$, $C_1 : C_2 = 5 : 1$,

(2)

$$C_1 = \frac{\tau}{R_s + R_i} = 12.5\mu\text{F}$$

$$C_2 = \frac{\tau}{R_c + R_L} = 2.5\mu\text{F}$$

$$f_{L1} = f_{L2} = \frac{1}{2\pi\tau} = 6.4\text{Hz}$$

$$f_L = 1.1\sqrt{2}f_{L1} \approx 10\text{Hz}$$

5.11 $|\dot{A}_{um}|$ 减小, 因为在同样幅值的 $\dot{U}_i$ 作用下, $|\dot{I}_b|$ 将减小, $|\dot{I}_c|$ 随之减小, $|\dot{U}_o|$ 必

然减小。

f_L 减小, 因为少了一个影响低频特性的电容。

f_H 减小, 因为 C_e 会因电压放大倍数数值的减小而减小。

5.12

$$R = R_c // \frac{r_{be} + R_b // R_h}{1 + \beta} = \frac{r_{be} + R_b}{1 + \beta} = 20\Omega$$

$$C_e = \frac{1}{2\pi R f_L} = 133\mu\text{F}$$

5.13 (1)

$$f_L = \frac{1}{2\pi(R_s + R_i)} = \frac{1}{2\pi(R_s + r_{be})} = 5.3\text{Hz}$$

(2)

课后答案网: www.hackshp.cn

若侵犯了您的权益, 敬请来信告知!

$$r_{be} = r_{be} + (1 + \beta) \frac{U_T}{I_{EQ}}$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi [r_{be} // (r_{be} + R_b // R_s)] C_\pi} \approx \frac{1}{2\pi [r_{be} // (r_{be} + R_s)] C_\pi} \approx 316 \text{ kHz}$$

$$g_m = \frac{I_{EQ}}{U_T} \approx 77 \text{ mA/V}$$

$$\dot{A}_{asm} = \frac{R_i}{R_s + R_i} \cdot \frac{r_{be}}{r_{be}} \cdot (-g_m R_L') \approx \frac{r_{be}}{R_s + r_{be}} \cdot (-g_m R_L') \approx -76$$

$$20 \lg |\dot{A}_{asm}| \approx 37.6 \text{ dB}$$

图略。

5.14

$$\dot{A}_{asm} = \frac{R_i}{R_s + R_i} (-g_m R_L') \approx -g_m R_L' \approx -12.4$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi R_s C_s} \approx 16 \text{ Hz}$$

$$C_{GS}' = C_{GS} + (1 + g_m R_L') C_{GD} \approx 72 \text{ pF}$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi (R_s // R_G) C_{GS}'} \approx \frac{1}{2\pi R_s C_{GS}'} \approx 1.1 \text{ MHz}$$

$$\dot{A}_{as} = \frac{-12.4 \cdot (j \frac{f}{16})}{(1 + j \frac{f}{16}) (1 + j \frac{f}{1.1 \times 10^6})}$$

5.15

$$\dot{A}_{asm} = -g_m R_L' \approx -20$$

$$C_{GS}' = C_{GS} + (1 + g_m R_L') C_{GD} = 88 \text{ pF}$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi (R_D + R_L) C} \approx 0.796 \text{ Hz}$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi R_G C_{GS}'} \approx 904 \text{ Hz}$$

图略。

5.16

$$(1) \dot{A}_v = \dot{A}_{v1} \dot{A}_{v2} = \frac{-50 f^2}{(1 + j \frac{f}{4}) (1 + j \frac{f}{50}) (1 + j \frac{f}{10^5})^2}$$

$$(2) f_L = 50 \text{ Hz}$$

$$\frac{1}{f_H} \approx 1.1 \sqrt{2} \frac{1}{10^5}, f_H \approx 64.3 \text{ kHz}$$

(3) 折线画法。低频段有两个极点, $f < 4\text{Hz}$ 时幅频特性的斜率为 $40\text{dB}/\text{十倍频}$, $4\text{Hz} < f < 50\text{Hz}$ 时幅频特性的斜率为 $0\text{dB}/\text{十倍频}$, $50\text{Hz} < f < 10^3\text{Hz}$ 时幅频特性的斜率为 $-40\text{dB}/\text{十倍频}$, $f > 10^3\text{Hz}$ 时幅频特性的斜率为 $-80\text{dB}/\text{十倍频}$ 。

5.17 (1) C_2

(2) 因为 $|A_{u2}| > |A_{u1}|$, 所以 $C_{\pi 2} > C_{\pi 1}$, $R_2 // R_3 // R_4 > R_1 // R_2$, $C_{\pi 2}$ 所在回路的 τ 大于 $C_{\pi 1}$ 所在回路的 τ , 第二级的上限频率低。

5.18 $20\lg|\dot{\lambda}_u| = 60\text{dB}$ 。在折线化幅频特性中, 频率小于 10Hz 时斜率为 $+40\text{dB}/\text{十倍频}$, 频率大于 10^3Hz 时斜率为 $-40\text{dB}/\text{十倍频}$ 。在折线化相频特性中, $f=10\text{Hz}$ 时相移为 $+90^\circ$, $f=10^3\text{Hz}$ 时相移为 -90° 。

自测题

一、(1) × (2) √ (3) × (4) √

二、(1) B (2) C (3) A (4) D

三、(a) 电流串联负反馈。 $F = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$ $\dot{A}_{af} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1 R_3} \cdot R_L$

(b) 电压并联负反馈。 $\dot{A}_{af} = -R_2 / R_1$

(c) 电压串联负反馈。 $\dot{A}_{af} \approx 1$

(d) 正反馈。

四、(1) 应引入电压串联负反馈。

(2) 因 $\dot{A}_u \approx 1 + \frac{R_f}{R_1} = 20$, 故 $R_f = 190 \text{ k}\Omega$ 。

五、因为 $f = 10^5 \text{ Hz}$ 时, $20 \lg |\dot{A}| = 40 \text{ dB}$, $\varphi_A = -180^\circ$; 为使此时 $20 \lg |\dot{A}\dot{F}| < 0$, 则需

$$20 \lg |\dot{F}| < -40 \text{ dB}, \text{ 即 } \dot{F} < 10^{-2}$$

习题

6.1 (1) B H (2) D (3) C (4) C (5) A B B A B

6.2 (1) A (2) B (3) C (4) D (5) B (6) A

6.3 (1) × (2) × (3) √ (4) ×

6.4 (a) 直流负反馈 (b) 交、直流正反馈 (c) 直流负反馈

(d)、(e)、(f)、(g)、(h) 均引入交、直流负反馈

6.5 (a) 交、直流负反馈 (b) 交、直流负反馈

(c) R_5 引入交、直流负反馈, C_2 引入交流正反馈。

(d)、(e)、(f) 均引入交、直流负反馈。

(g) R_3 和 R_7 引入直流负反馈, R_4 引入交、直流负反馈。

6.6 (d) 电流并联负反馈 $\dot{F} = \dot{I}_f / \dot{I}_o = 1$

(e) 电压串联负反馈 $\dot{F} = \dot{U}_f / \dot{U}_o = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

(f) 电压串联负反馈 $\dot{F} = \dot{U}_f / \dot{U}_o = 1$

(g) 电压串联负反馈 $\dot{F} = \dot{U}_f / \dot{U}_o = -\frac{R_1}{R_1 + R_3}$
 课后答案网 www.hackshp.cn
 若侵犯了您的版权利益, 敬请来信告知!

(h) 电压串联负反馈 $\dot{F} = \dot{U}_f / \dot{U}_o = \frac{R_1}{R_1 + R_3}$

6.7 (a) 电压并联负反馈 $\dot{F} = \dot{I}_f / \dot{U}_o = -1/R$

(b) 电压并联负反馈 $\dot{F} = \dot{I}_f / \dot{U}_o = -1/R_4$

(c) 电流并联负反馈 $\dot{F} = \dot{I}_f / \dot{I}_o = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

(f) 电压串联负反馈 $\dot{F} = \dot{U}_f / \dot{U}_o = \frac{R_1}{R_1 + R_4}$

(g) 电流串联负反馈 $\dot{F} = \dot{U}_f / \dot{I}_o = -\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_4 + R_5}$

6.8

(d) $\dot{A}_{af} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{\dot{I}_o R_L}{\dot{I}_i R_1} = \frac{\dot{I}_o R_L}{\dot{I}_f R_1} = \frac{R_L}{R_1}$

(c) $\dot{A}_{af} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_f} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

(f) $\dot{A}_{af} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_f} = 1$

(g) $\dot{A}_{af} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_f} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

(h) $\dot{A}_{af} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_f} = 1 + \frac{R_3}{R_1}$

6.9

(c) $\dot{A}_{uaf} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{\dot{I}_o (R_2 // R_L)}{\dot{I}_f R_2} = (1 + \frac{R_1}{R_2}) \cdot \frac{R_L}{R_2}$

(f) $\dot{A}_{af} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_f} = 1 + \frac{R_4}{R_1}$

(g) $\dot{A}_{af} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{\dot{I}_o (R_2 // R_3 // R_4 // R_L)}{\dot{U}_f} = -\frac{(R_2 + R_3 + R_4)(R_2 // R_3 // R_L)}{R_2 R_3}$

6.10 (d) 输入电阻减小, 输出电阻增大。(e) ~ (h) 输入电阻增大, 输出电阻减小。

6.11 (a) 输入电阻减小, 输出电阻增大。(b) 输入电阻减小, 输出电阻减小。

(c) 输入电阻增大, 输出电阻增大。(e) 输入电阻减小, 输出电阻增大。

(f) 输入电阻增大, 输出电阻减小。(g) 输入电阻增大, 输出电阻增大。

6.12 电压串联负反馈。

6.13 若 $u_{B1}=u_{B2}$ 增大, u_{B1} 增大, u_{B2} 减小。

$$u_{B1}=u_{B2} \uparrow \rightarrow u_{C1}=u_{C2} \downarrow (u_{B4}=u_{B5} \downarrow) \rightarrow u_{E4}=u_{E5} \downarrow \rightarrow u_{B5} \downarrow (u_{B3} \downarrow) \rightarrow u_{C3} \downarrow \rightarrow u_{B1} \downarrow$$

$$u_{C1}=u_{C2} \uparrow \rightarrow \dots$$

6.14 (1) $A_v \approx 1/F = 500$

(2) A_v 相对变化率为 A 的相对变化率的 $\frac{1}{1+AF}$, 约为 0.1% 。

6.15

$$\dot{A}\dot{F} \approx \frac{10\%}{0.1\%} = 100$$

$$|\dot{A}\dot{F}| > 1, \text{ 所以 } \dot{F} = \frac{1}{A_v} = \frac{1}{20} = 0.05$$

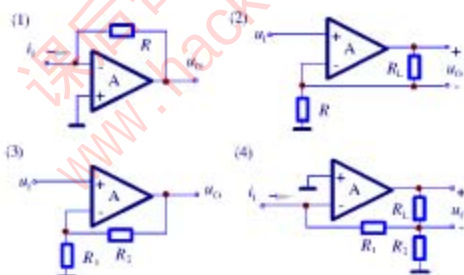
$$\dot{A} = \frac{\dot{A}\dot{F}}{\dot{F}} \approx 2000$$

6.16 U_O 的调节范围约为

$$\frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1 + R_2} \cdot U_Z \sim \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1} \cdot U_Z, \text{ 即 } \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1 + R_2} \cdot 6V \sim \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1} \cdot 6V$$

6.17 反馈系数 $20\lg|\dot{F}|$ 的上限值为 -60dB , 即 $\dot{F}$ 的上限值为 10^{-1} 。

6.18



6.19 (1) 引入电流串联负反馈, 通过电阻 R_f 将三极管的发射极与 T_2 管的栅极连接起来。

(2)

$$\dot{F} = \frac{R_1 R_f}{R_1 + R_f + R_b}$$

$$\dot{A}_v = \frac{R_1 + R_f + R_b}{R_1 R_f}, \text{ 代入数据 } \frac{10 + R_f + 1.5}{10 \times 1.5} = \frac{10}{5}, \text{ 所以}$$

$$R_f = 18.5\text{k}\Omega$$

6.20 (1) 一定会产生自激振荡。因为在 $f=10^3\text{Hz}$ 时附加相移为 -45° ，在 $f=10^4\text{Hz}$ 时附加相移约为 -135° ，在 $f=10^5\text{Hz}$ 时附加相移为 -180° 。因此附加相移为 -180° 的频率在 $10^4\text{Hz}\sim 10^5\text{Hz}$ 之间，此时 $|AF|>0$ ，故一定会产生自激振荡。

(2) 加消振电容，在晶体管 T_2 的基极与地之间。

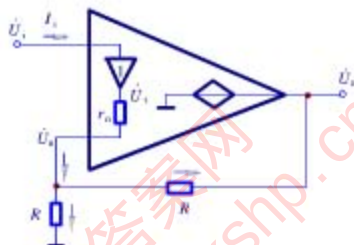
(3) 可在晶体管 T_2 基极和集电极之间加消振电容。因为根据密勒定理，等效在基极与地之间的电容比实际电容大得多。

6.21 (a) C_2 到 R_3 ，提高输入电阻，改善跟随特性。

(b) C_2 到 R_3 ，提高第二级跟随范围，增大放大倍数，使输出的正方向电压有可能高于电源电压。

$$6.22 (1) \bar{A}_s = 1 + \frac{R_f}{R}$$

(2)



$$\dot{U}_o = \dot{U}_i - \dot{I}_i r_o \approx \dot{U}_i \quad (\text{因为 } r_o \text{ 很小})$$

$$\dot{I}_i = j\omega C \dot{U}_o \quad (\text{参阅 P297} \sim \text{P298})$$

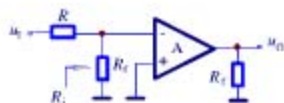
$$\dot{I}_i = \frac{\dot{U}_i}{R} + \frac{\dot{U}_i - \dot{U}_o}{R_f} = \frac{\dot{U}_i(R + R_f)}{RR_f} - \frac{\dot{U}_o}{R_f} = j\omega C \dot{U}_o$$

$$\dot{U}_o \left(\frac{1 + j\omega R_f C}{R_f} \right) \approx \frac{\dot{U}_i(R + R_f)}{RR_f}$$

$$\bar{A}_s = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} \approx \left(1 + \frac{R_f}{R} \right) \cdot \frac{1}{1 + j\omega R_f C}$$

$$\text{所以 } f_H = \frac{1}{2\pi R_f C}$$

6.23 (a) 反馈放大电路的基本放大电路如下图所示。因此



课后答案网: www.hackshp.cn
若侵犯了您的权益, 敬请来信告知!

$$A = \frac{\Delta u_O}{\Delta u_i} = \frac{\Delta u_O}{\Delta u_i} = -A_{od}(r_{id} // R_f)$$

$$F = \frac{\Delta u_i}{\Delta u_O} = -\frac{1}{R_f}$$

$$1 + AF = 1 + A_{od}(r_{id} // R_f) \cdot \frac{1}{R_f} \approx A_{od} \cdot (r_{id} // R_f) \cdot \frac{1}{R_f}$$

$$A_f = \frac{-A_{od}(r_{id} // R_f)}{1 + A_{od} \cdot (r_{id} // R_f) \cdot \frac{1}{R_f}}$$

$$R_{if} = \frac{r_{id} // R_f}{A_{od} \cdot (r_{id} // R_f) \cdot \frac{1}{R_f}} = \frac{R_f}{A_{od}}$$

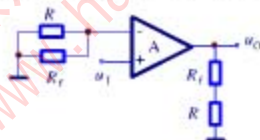
$$R_{of} = \frac{r_o // R_f}{A_{od} \cdot (r_{id} // R_f) \cdot \frac{1}{R_f}} = \frac{(r_o // R_f)(r_{id} + R_f)}{A_{od} r_{id}}$$

若 $r_{id} \gg R_f$, $r_o \ll R_f$, 则 $A \approx -A_{od} R_f$, $R_i \approx R_f$, $R_o \approx r_o$,

$$A_f = \frac{-A_{od} R_f}{1 + A_{od}} \cdot R_{if} \approx A_{od} R_f, \quad R_{of} \approx r_o / A_{od}$$

整个电路的输入电阻约为 $(R + R_f / A_{od})$ 。

(b) 反馈放大电路的基本放大电路如下图所示。因此



$$R_i = r_{id} + R // R_f \quad R_o = r_o // (R + R_f)$$

$$u_i = u_{id} \cdot \frac{r_{id} + R // R_f}{r_{id}}$$

$$A = \frac{\Delta u_O}{\Delta u_i} = \frac{\Delta u_O}{\Delta u_{id} \cdot \frac{r_{id} + R // R_f}{r_{id}}} = A_{od} \cdot \frac{r_{id}}{r_{id} + R // R_f}$$

$$F = \frac{\Delta u_i}{\Delta u_O} = \frac{R}{R + R_f}$$

$$1 + AF = 1 + A_{od} \cdot \frac{r_{id}}{r_{id} + R // R_f} \cdot \frac{R}{R + R_f} \approx A_{od} \cdot \frac{r_{id}}{r_{id} + R // R_f} \cdot \frac{R}{R + R_f}$$

$$A_f = \frac{A_{od}}{1 + A_{od} \cdot \frac{r_{id}}{r_{id} + R // R_f} \cdot \frac{R}{R + R_f}}$$

$$R_{if} \approx (r_{id} + R // R_f) A_{od} \cdot \frac{r_{id}}{r_{id} + R // R_f} \cdot \frac{R}{R + R_f} = A_{od} \cdot \frac{r_{id} R}{R + R_f}$$

$$R_{of} = \frac{r_o // (R + R_f)}{A_{od} \cdot \frac{r_{id}}{r_{id} + R // R_f} \cdot \frac{R}{R + R_f}} = \frac{r_o // (R + R_f)}{A_{od}} \cdot \frac{r_{id} + R // R_f}{r_{id}} \cdot \frac{R + R_f}{R}$$

若 $r_{id} \gg R // R_f$, $r_o \ll (R + R_f)$, 则

$$R_i \approx r_{id} \quad R_o \approx r_o$$

$$A \approx A_{od} \quad AF \approx A_{od} \cdot \frac{R}{R + R_f}$$

$$A_f = \frac{A_{od}}{1 + A_{od} \cdot \frac{R}{R + R_f}}$$

$$R_{if} \approx r_{id} (1 + A_{od} \cdot \frac{R}{R + R_f}) = \frac{A_{od} r_{id} R}{R + R_f}$$

$$R_{of} = \frac{r_o}{1 + A_{od} \cdot \frac{R}{R + R_f}} = \frac{r_o}{A_{od}} \cdot \frac{R + R_f}{R}$$

自测题

- 一、(1) √ (2) × (3) √ (4) ×
 二、(1) C (2) F (3) E (4) A (5) C (6) D
 三、(1) 带阻 (2) 带通 (3) 低通 (4) 有源
 四、

$$(a) \quad u_{O1} = -R_f \left(\frac{u_{I1}}{R_1} + \frac{u_{I2}}{R_2} \right) + \left(1 + \frac{R_f}{R_1 // R_2} \right) \cdot \frac{R_d}{R_3 + R_d} \cdot u_{I3}$$

$$u_{O1} = -\frac{1}{RC} \int u_{O1} dt$$

$$(b) \quad u_{O2} = -\frac{R_2}{R_3} u_{I1} = -\frac{R_3}{R_4} u_{O1} = -\frac{R_3}{R_4} \cdot k u_{O1}^2$$

$$u_{O1} = \sqrt{\frac{R_2 R_4}{k R_1 R_3}} \cdot u_{I1}$$

习题

- 7.1 (1) 反相 同相 (2) 同相 反相 (3) 同相 反相 (4) 同相 反相
 7.2 (1) 同相比例 (2) 反相比例 (3) 微分 (4) 同相求和
 (5) 反相求和 (6) 乘法
 7.3 $u_{O1} = (-R_f/R_1) u_{I1} = -10 u_{I1}$ $u_{O2} = (1+R_f/R_1) u_{I1} = 11 u_{I1}$
- | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|
| u_i/V | 0.1 | 0.5 | 1 | 1.5 |
| u_{O1} | -1 | -5 | -10 | -14 |
| u_{O2} | 1.1 | 5.5 | 11 | 14 |
- 7.4 可采用反相比例运算电路。电路形式如图 P7.3(a)所示。 $R = 20k\Omega$, $R_f = 2M\Omega$ 。
 7.5 由图可知 $R_1 = 50k\Omega$, $u_{O1} = -2u_{I1}$

$$i_{R2} = i_{R4} + i_{R3} \text{ 即 } -\frac{u_{O1}}{R_2} = \frac{u_{O1}}{R_4} + \frac{u_{O1} - u_{O2}}{R_3}$$

$$u_{O2} = 52u_{O1} = -104u_{I1}$$

- 7.6 (1) $u_{O1} = -2 u_{I1} = -4V$ (2) $u_{O1} = -2 u_{I1} = -4V$ (3) 电路无反馈, $u_{O1} = -14V$ 。
 (4) $u_{O1} = -4 u_{I1} = -8V$
 7.7 (1) 1 0.4 (2) 10
 7.8 (a) $u_{O1} = -2 u_{I1} - 2 u_{I2} + 5 u_{I3}$ (b) $u_{O1} = -10 u_{I1} + 10 u_{I2} + u_{I3}$
 (c) $u_{O1} = 8 (u_{I2} - u_{I1})$ (d) $u_{O1} = -20 u_{I1} - 20 u_{I2} + 40 u_{I3} + u_{I4}$
 7.9 因为均有共模输入信号, 所以均要求采用具有共模抑制比的集成运放。
 7.10 (a) $u_{IC} = u_{I1}$ (b) $u_{IC} = \frac{10}{11} u_{I2} + \frac{1}{11} u_{I3}$

$$(c) \quad u_{IC} = \frac{8}{9} u_{I1} = \frac{40}{9} u_{I1}$$

$$7.11 \quad I_L \approx U_Z / R_L = 12.6 \text{ mA}$$

$$7.12 \quad (1) \quad u_{O1} = u_{I2} = 10 \quad (u_{I3} = u_{I1})$$

$$u_{O1} = 10 (1 + R_2/R_1) (u_{I2} - u_{I1}) \quad \text{或} \quad u_{O1} = 10 (R_W/R_1) (u_{I2} - u_{I1})$$

$$(2) \quad u_{O1} = 100 \text{ mV}$$

$$(3) \quad u_{O1} = 10 (10/R_{1\text{max}}) (u_{I2\text{max}} - u_{I1\text{max}}) \text{ V} = 14 \text{ V}, \quad R_{1\text{max}} \approx 71 \text{ k}\Omega$$

$$R_{2\text{max}} = R_W - R_{1\text{min}} \approx (10 - 0.071) \text{ k}\Omega \approx 9.93 \text{ k}\Omega$$

7.13

$$(a) \quad u_M = -R_3 \left(\frac{u_{I1}}{R_5} + \frac{u_{I2}}{R_2} \right)$$

$$i_{R4} = i_{R3} = i_{R5} = \frac{u_{I1}}{R_1} + \frac{u_{I2}}{R_2} - \frac{u_M}{R_5}$$

$$u_{O1} = u_M - i_{R4} R_4 = -(R_3 + R_4 + \frac{R_3 R_4}{R_5}) \left(\frac{u_{I1}}{R_1} + \frac{u_{I2}}{R_2} \right)$$

$$(b) \quad u_{O1} = \left(1 + \frac{R_3}{R_1} \right) u_{I1}$$

$$u_{O1} = -\frac{R_5}{R_4} u_{O1} + \left(1 + \frac{R_5}{R_4} \right) u_{I2} = -\frac{R_5}{R_4} \left(1 + \frac{R_3}{R_1} \right) u_{I1} + \left(1 + \frac{R_5}{R_4} \right) u_{I2} = \left(1 + \frac{R_5}{R_4} \right) (u_{I2} - u_{I1})$$

$$(c) \quad u_{O1} = 10 (u_{I1} + u_{I2} + u_{I3})$$

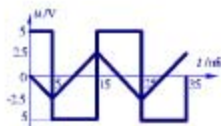
$$7.14 \quad u_{O1} = -\frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} u_I dt + u_{O1}(t_1)$$

当 u_I 为常量时

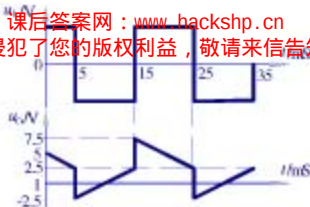
$$u_{O1} = -\frac{1}{RC} u_I (t_2 - t_1) + u_{O1}(t_1) = -\frac{1}{10^{-5} \times 10^{-7}} u_I (t_2 - t_1) + u_{O1}(t_1) \\ = -100 u_I (t_2 - t_1) + u_{O1}(t_1)$$

若 $t=0$ 时 $u_{O1}=0$, 则 $t=5 \text{ ms}$ 时 $u_{O1} = -100 \times 5 \times 5 \times 10^{-3} \text{ V} = -2.5 \text{ V}$ 。

当 $t=15 \text{ ms}$ 时, $u_{O1} = -100 \times (-5) \times 10 \times 10^{-3} + (-2.5) \text{ V} = 2.5 \text{ V}$ 。因此输出波形为



7.15 输出电压与输入电压的运算关系为 $u_{O1} = 100 u_{I1} (t_2 - t_1) + u_{O1} - u_{O1} (t_1)$, 波形如图下所示。



$$7.16 \quad (a) \quad u_O = -\frac{R_2}{R_1} u_1 - \frac{1}{R_1 C} \int u_1 dt = -u_1 - 100 \int u_1 dt$$

$$(b) \quad u_O = -RC_1 \frac{du_1}{dt} - \frac{C_1}{C_2} u_1 = -10^{-3} \frac{du_1}{dt} - 2u_1$$

$$(c) \quad u_O = \frac{1}{RC} \int u_1 dt = 10^{-3} \int u_1 dt$$

$$(d) \quad u_O = -\frac{1}{C} \int \left(\frac{u_{I1}}{R_1} + \frac{u_{I2}}{R_2} \right) dt = -100 \int (u_{I1} + 0.5u_{I2}) dt$$

$$7.17 \quad (1) \quad u_{O1} = u_O - u_{I1}, \quad u_C = u_{O1}, \quad i_C = \frac{u_{O1} - u_O}{R} = -\frac{u_1}{R}$$

$$u_O = \frac{1}{C} \int i_C dt = -\frac{1}{RC} \int u_1 dt = -10 \int u_1 dt$$

(2) $u_O = -10u_{I1} = -10 \times (-1) \times t_1 \text{ V} = 6\text{V}$, 故 $t_1 = 0.6\text{s}$ 。即经 0.6 秒输出电压达到 6V。

7.18

$$u_{O2} = -\frac{1}{R_1 C} \int u_1 dt = -2 \int u_1 dt = 2 u_O$$

$$u_O = -\int u_1 dt$$

$$7.19 \quad (1) \quad U_A = 7\text{V}, \quad U_B = 4\text{V}, \quad U_C = 1\text{V}, \quad U_D = -2\text{V}, \quad u_O = 2 U_D = -4\text{V}。$$

$$(2) \quad u_O = 2 U_D = u_{O3}$$

$$u_{O3} = -\frac{1}{R_1 C} \cdot u_A \cdot t = -\frac{1}{50 \times 10^{-3} \times 10^{-6}} \times 7 \times t = -4$$

$$t = 28.6\text{ms}$$

7.20



7.21 (1) 上为“—”，下为“+”。

课后答案网: www.hackshp.cn

若侵犯了您的版权利益, 敬请来信告知!

(2) $u_O = k u_{O12}$, $u_{O1} = \frac{R}{R+R_f} u_{O1} + \frac{R_f}{R+R_f} u_{O2}$, 所以

$$u_{O1} = -\frac{10(R+R_f)}{R} \cdot \frac{u_{O2}}{u_{O2}}$$

7.22

$$(a) u_{O1} = -R_3 \left(\frac{u_{I1}}{R_1} + \frac{u_{I2}}{R_2} \right) = k u_{O1} u_{I1} \quad u_{O1} = -\frac{R_3}{k u_{I1}} \left(\frac{u_{I1}}{R_1} + \frac{u_{I2}}{R_2} \right)$$

$$(b) u_{O1} = -\frac{R_4}{R_2} k u_1^2 - \frac{R_4}{R_3} k^2 u_1^3 - \frac{R_4}{R_1} u_1$$

7.23 f_L 框图如图 7.3.9 所示, $N=5$ 时为 5 次方电路; $N=0.2$ 时为 5 次幂电路。

7.24 (1) 带阻滤波器 (2) 带通滤波器 (3) 低通滤波器 (4) 高通滤波器

7.25 (a) 高通滤波器 (b) 高通滤波器 (c) 带通滤波器 (d) 带阻滤波器

7.26 将两个滤波器串联, 网络。

7.27

$$(a) A_n(s) = -\frac{sR_2C}{1+sR_1C}, \text{ 为高通滤波器。}$$

$$(a) A_n(s) = -\frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{1}{1+sR_2C}, \text{ 为高通滤波器。}$$

7.28 u_{O1} : 高通, u_{O2} : 带通, u_{O3} : 低通。

7.29 参阅 P362~P363。

7.30

因为 $A_{up} = 2$, 所以 $Q = |A_n|_{f=f_p} = 2$ 。

因为 $f_0 = f_p = \frac{1}{2\pi RC}$, 代入数据, 得出 $R = 160k\Omega$ 。

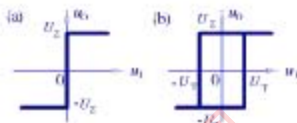
$$R_1 = R_2 = 4R = 640k\Omega$$

7.31 参阅 7.5 节。

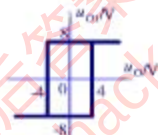
7.32 略。

自测题

- 一, (1) $\checkmark$ (2) $\times$ (3) $\times$ (4) $\times$
 二, (a) 加集电极电阻 R_c 及放大电路输入端的耦合电容。
 (b) 变压器副边与放大电路之间加耦合电容, 改同相端。
 三, ①、⑤与②相连, ③与⑥相连, ④与⑦相连, ②与⑤相连。
 四, (1) 正弦波振荡电路 (2) 同相输入过零比较器
 (3) 反相输入积分运算电路 (4) 同相输入滞回比较器
 五, 图 (b) 中 $\pm U_T = \pm 0.5 U_Z$ 。

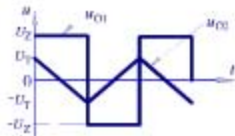


- 六, (1) A_1 : 滞回比较器; A_2 : 积分运算电路。
 (2)



$$(3) u_O = -\frac{1}{R_4 C} u_{O1}(t_2 - t_1) + u_O(t_1) = -2000 u_{O1}(t_2 - t_1) + u_O(t_1)$$

(4)



- (5) 减小 R_4 、 C 、 R_1 , 增大 R_2 。

习题

- 8.1 (1) $\checkmark$ (2) $\times$ (3) $\times$ (4) $\times$ (5) $\times$ (6) $\checkmark$
 8.2 (1) $\times$ (2) $\checkmark$ (3) $\checkmark$ (4) $\times$ (5) $\checkmark$ (6) $\times$
 8.3 (1) A (2) B (3) C

8.5 (a) 可能产生正弦波振荡。因为共射放大电路输出电压和输入电压反相 ($\phi_A = -180^\circ$)，而二级移相电路为滞后网络，最大相移为 -270° ，因此存在使相移为 $+180^\circ$ ($\phi_B = +180^\circ$) 的频率，即存在满足正弦波振荡相位条件的频率 f_0 (此时 $\phi_A + \phi_B = 0^\circ$)；且在 $f=f_0$ 时有可能满足起振条件 $|\dot{A}\dot{F}| > 1$ ，故可能产生正弦波振荡。

(b) 可能产生正弦波振荡。因为共射放大电路输出电压和输入电压反相 ($\phi_A = -180^\circ$)，而二级移相电路为超前网络，最大相移为 $+270^\circ$ ，因此存在使相移为 -180° ($\phi_B = +180^\circ$) 的频率，即存在满足正弦波振荡相位条件的频率 f_0 (此时 $\phi_A + \phi_B = -360^\circ$)；且在 $f=f_0$ 时有可能满足起振条件 $|\dot{A}\dot{F}| > 1$ ，故可能产生正弦波振荡。

8.6 (1) 不能，因为不存在满足相位条件的频率。

(2) 可能，因为存在满足相位条件的频率，且有可能满足幅值条件。

8.7 (1) 根据起振条件 $R_f + R'_R > 2R$ ， $R'_R > 2k\Omega$ 。

(2) 求解振荡频率的范围。

$$f_{\max} = \frac{1}{2\pi R_1 C} = 1.6\text{kHz}$$

$$f_{\min} = \frac{1}{2\pi (R_1 + R_2) C} = 145\text{Hz}$$

8.8 (1) $U_0 = \frac{1.5U_Z}{\sqrt{2}} = 6.36\text{V}$

(2) $f_0 = \frac{1}{2\pi RC} = 9.95\text{Hz}$

8.9 (1) 上“-”下“+” (2) 输出严重失真，几乎为方波。 (3) 输出为零，输出为零。 (5) 输出严重失真，几乎为方波。

8.10 (1) 在特定频率下，由 A_2 组成的积分运算电路的输出电压 $\dot{U}_{O2}$ 超前输入电压 $\dot{U}_{O1}$ 90° ，而由 A_1 组成的电路的输出电压 $\dot{U}_{O1}$ 滞后输入电压 $\dot{U}_{O2}$ 90° ，因而 $\dot{U}_{O1}$ 和 $\dot{U}_{O2}$ 互为依存条件，即存在 f_0 满足相位条件。在参数选择合适时也满足幅值条件，故电路在两个集成运放的输出同时产生正弦和余弦信号。

(2) 解方程组：

$$\begin{cases} \dot{U}_{P1} = \dot{U}_{N1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot \dot{U}_{O1} \\ \frac{\dot{U}_{P1} - \dot{U}_{O1}}{R_4} + \frac{\dot{U}_{P1} - \dot{U}_{O1}}{R_3} = -\dot{U}_{P1} \cdot j\omega C_1 \\ \dot{U}_{O2} = -\frac{\dot{U}_{O1}}{j\omega R_5 C_2} \end{cases}$$

$$(3) \quad U_{O2max} = U_2 = 6V$$

对方程组中的第二式取模, 并将 $\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{2\pi}{\sqrt{2\pi RC}}$ 代入可得 $|\dot{U}_{O1}| = \sqrt{2}|\dot{U}_{O2}|$, 故

$$U_{O1max} = \sqrt{2}U_{O2max} = 8.5V$$

若 u_{O1} 为正弦波, 则 u_{O2} 为余弦波。图略。

8.11 (a) 原边线圈上端和副边线圈上端为同铭端。

(b) 原边线圈上端和副边线圈下端为同铭端。

(c) 原边线圈下端和副边线圈下端为同铭端。

(d) 原边线圈左端和副边线圈右端为同铭端。

图略。

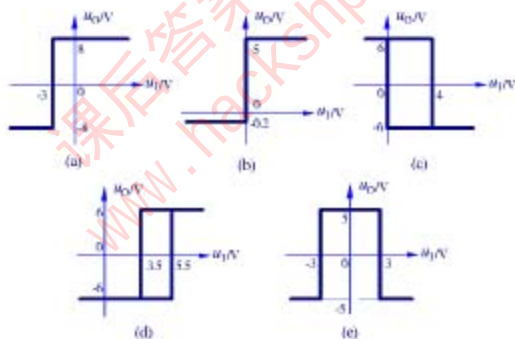
8.12 (a) 可能 (b) 不能 (c) 不能 (d) 可能

8.13 (b) 加耦合电容。 (c) 加耦合电容, 改同铭端。

8.14 (a) 选频网络: C 和 L_1 ; 正反馈网络: C_2 和 R_W ; 负反馈网络: C 和 L_2 。满足相位条件。

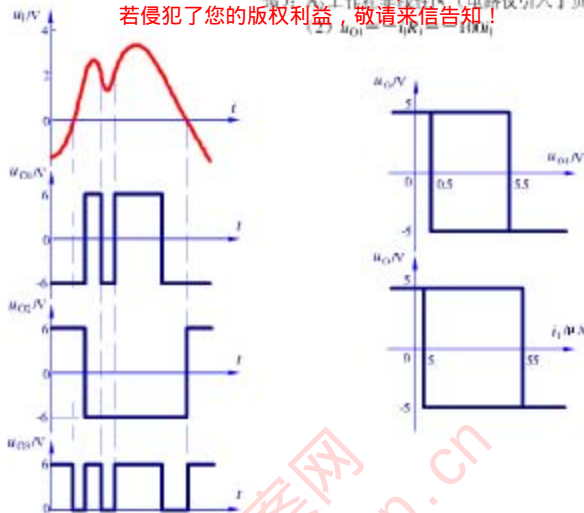
(b) 选频网络: C_2 和 L_2 ; 正反馈网络: C_1 和 L_1 ; 负反馈网络: R_2 。满足相位条件。

8.15

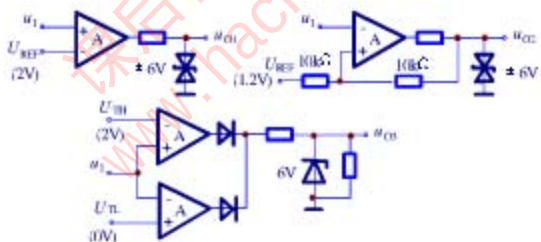


8.16

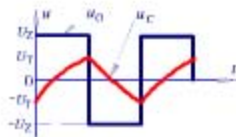
课后答案网: www.hackshop.cn
 若侵犯了您的权益, 敬请来信告知!



8.18

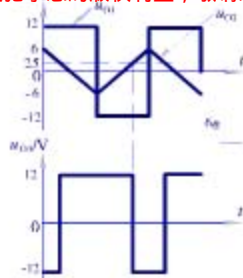
8.19 (1) $T \approx (R_1 + R_2) C \ln 3 \approx 3.3 \text{ms}$

(2)

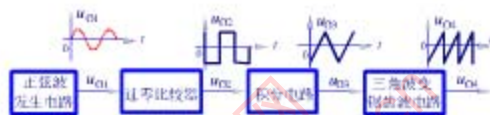


(2) 波形:

课后答案网: www.hackshp.cn
若侵犯了您的版权利益, 敬请来信告知!

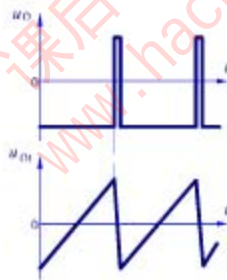


8.24



8.25 (a) $u_O = |u_I|$ (b) $u_O = \frac{R_1}{R_2} |u_I|$

8.26 (1) 波形



(2) 求解振荡频率: 首先求出电压比较器的阈值电压, 然后根据振荡周期近似等于积分电路正向积分时间求出振荡周期, 振荡频率是其倒数。

$$\pm U_T = \pm U_T = \pm 8V$$

$$R_1 C$$

$$T = \frac{2U_T R_1 C}{u_1}$$

$$f = \frac{u_1}{2U_T R_2 C} = 0.625u_1$$

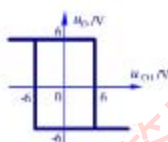
8.27 (1) T 导通时, $u_{O1} = u_1/3$ 。

$$u_{O1} = \frac{1}{R_2 C} \cdot \frac{u_1}{3} (t_1 - t_0) + u_{O1}(t_0) = \frac{10^3}{45} u_1 (t_1 - t_0) + u_{O1}(t_0)$$

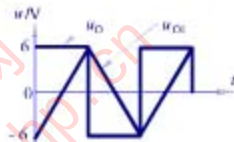
T 截止时,

$$u_{O1} = \frac{1}{(R_1 + R_2)C} \cdot \frac{-2u_1}{3} (t_2 - t_1) + u_{O1}(t_1) = -\frac{10^3}{45} u_1 (t_2 - t_1) + u_{O1}(t_1)$$

(2)



(3)



(4)

$$U_T = \frac{10^3}{45} \cdot u_1 \cdot \frac{T}{2} - U_T$$

$$T = \frac{1.08}{u_1}$$

$$f = 0.926u_1$$

8.28



8.29 参看图 P8.26, P8.27。

8.30 参图 P451~P452。

8.31 参图 P448, P452~P454。

自测题

- 一, (1) A (2) B (3) C (4) BDE (5) C

二, (1) 消除交越失真。

(2) 最大输出功率和效率分别为

$$P_{om} = \frac{(V_{CC} - U_{CES})^2}{\sqrt{2}R_L} = 16W$$

$$\eta = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{V_{CC} - U_{CES}}{V_{CC}} \approx 69.8\%$$

- (3) $\dot{A}_u = \frac{U_{o\max}}{\sqrt{2}U_i} \approx 11.3$, 且 $\dot{A}_u = 1 + \frac{R_f}{R_1} = 11.3$, $R_f = 1k\Omega$, 故 R_1 至少应取 $10.3k\Omega$ 。

习题

- 9.1 (1) $\times$ (2) $\checkmark$ (3) $\times$ (4) $\times \times \checkmark$ (5) $\times \times \checkmark \checkmark$

(6) $\times \checkmark \checkmark$

- 9.2 (1) C (2) B (3) C (4) C (5) A

9.3 (1) 最大输出功率和效率分别为

$$P_{om} = \frac{(V_{CC} - |U_{CES}|)^2}{2R_L} = 24.5W$$

$$\eta = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{V_{CC} - |U_{CES}|}{V_{CC}} \approx 69.8\%$$

- (2) 最大功耗 $P_{omax} \approx 0.2P_{om} = \frac{0.2 \times V_{CC}^2}{2R_L} = 6.4W$

- (3) 输入电压 $U_i \approx U_{om} = \frac{V_{CC} - |U_{CES}|}{\sqrt{2}} \approx 9.9V$

- 9.4 (1) $U_{B1} = 1.4V$ $U_{B3} = -0.7V$ $U_{B5} = -17.3V$

- (2) $I_{CQ} = \frac{V_{CC} - U_{B1}}{R_2} = 1.66mA$ $u_1 \approx u_{B5} = -17.3V$

(3) 若静态时 $i_{B1} > i_{B2}$, 则应增大 R_1 。

(4) 采用如图所示两只二极管加一个小阻值电阻合适, 也可只用三只二极管。

课后答案网 www.hackshp.cn
若侵犯了您的版权利益，敬请来信告知！

$$\eta = \frac{x}{4} \cdot \frac{V_{CC} - |U_{CES}|}{V_{CC}} \approx 69.8\%$$

9.6 应引入电压并联负反馈，由输出端经反馈电阻 R_f 接 T_s 管基极，网络。 $R_c = 10 \text{ k}\Omega$ 。

9.7 功放管的最大集电极电流、最大管压降、最大功耗分别为

$$I_{C\max} = \frac{V_{CC} - |U_{CES}|}{R_L} = 0.5 \text{ A}$$

$$U_{CE\max} = 2V_{CC} - |U_{CES}| = 34 \text{ V}$$

$$P_{T\max} \approx 0.2 \times \frac{V_{CC}^2}{2R_L} \approx 1 \text{ W}$$

9.8 (1) 最大不失真输出电压有效值

$$U_{om} = \frac{\frac{R_L}{R_4 + R_L} \cdot (V_{CC} - U_{CES})}{\sqrt{2}} = 8.65 \text{ V}$$

(2) 负载电流最大值

$$i_{L\max} = \frac{V_{CC} - U_{CES}}{R_4 + R_L} \approx 1.53 \text{ A}$$

(3) 最大输出功率和效率分别为

$$P_{om} = \frac{U_{om}^2}{2R_L} \approx 9.35 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{x}{4} \cdot \frac{V_{CC} - U_{CES} - U_{R4}}{V_{CC}} \approx 64\%$$

9.9 当输出短路时，功放管的最大集电极电流和功耗分别为

$$i_{C\max} = \frac{V_{CC} - U_{CES}}{R_4} \approx 26 \text{ A}$$

$$P_{T\max} = \frac{V_{CC}^2}{x^2 R_4} \approx 46 \text{ W}$$

9.10 (1) $u_{O\max} = 13 \text{ V}$, $P_{om} = \frac{(u_{O\max}/\sqrt{2})^2}{R_L} = 10.6 \text{ W}$

(2) 引入电压串联负反馈。信号源两端接电路的两个输入端，且将集成运放反相输入端一端接地；通过一个电阻 R_f 将集成运放的反相输入端和电路的输出端连接起来。网络。

(3) 根据 $\dot{A}_s = 1 + \frac{R_f}{R_i} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = 50$ ，求出 $R_f = 49 \text{ k}\Omega$ 。

9.11 (1) 射极电位 $U_E = V_{CC}/2 = 12\text{V}$ ，应调节 R_{E1} 。

(2) 最大输出功率和效率分别为

$$P_{om} = \frac{\left(\frac{1}{2} \cdot V_{CC} - |U_{CES}|\right)^2}{2R_L} = 2.53\text{W}$$

$$\eta = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{\frac{1}{2} \cdot V_{CC} - |U_{CES}|}{\frac{1}{2} \cdot V_{CC}} = 58.9\%$$

9.12 (1) $U_A = 0.7\text{V}$ $U_B = 9.3\text{V}$ $U_C = 11.4\text{V}$ $U_D = 10\text{V}$

(2) 最大输出功率和效率分别为

$$P_{om} = \frac{\left(\frac{1}{2} \cdot V_{CC} - |U_{CES}|\right)^2}{2R_L} = 1.53\text{W}$$

$$\eta = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{\frac{1}{2} \cdot V_{CC} - |U_{CES}|}{\frac{1}{2} \cdot V_{CC}} = 55\%$$

9.13 在图 (a) 所示电路中，在信号的正半周，经共射电路反相，输出级的输入为负半周，因而 T_2 导通，电流从 C_4 的正端经 T_2 、地、扬声器至 C_4 的负端；在信号的负半周，经共射电路反相，输出级的输入为正半周，因而 T_1 导通，电流从 $+V_{CC}$ 经 T_1 、 C_4 、扬声器至地。 C_2 、 R_3 起自举作用。

在图 (b) 所示电路中，在信号的正半周，经共射电路反相，输出级的输入为负半周，因而 T_3 导通，电流从 $+V_{CC}$ 经扬声器、 C_2 、 T_3 至地；在信号的负半周，经共射电路反相，输出级的输入为正半周，因而 T_2 导通，电流从 C_4 的正端经扬声器、 T_2 至 C_4 的负端。 C_2 、 R_2 起自举作用。

图 (b) 右误： T_2 管集电极应接 $+V_{CC}$ 。

9.14 (1) $u_O = u_P = u_N = \frac{V_{CC}}{2} = 12\text{V}$ $u_O = 0\text{V}$

(2) 最大输出功率和效率分别为

$$P_{om} = \frac{\left(\frac{V_{CC}-6}{2}\right)^2}{2R_L} = 5.06\text{W}$$

$$\eta = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{V_{CC}-6}{V_{CC}} = 58.9\%$$

9.15 (1) $\dot{A}_s = 1 + \frac{R_f}{R_1} = 30.4$

(2) 最大输出功率和效率分别为

$$\eta = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{U_{opp}}{2V_{CC}} = 70.65\%$$

(3) 输入电压有效值 $U_i = \frac{U_{opp}}{2\sqrt{2}A_u} = 314\text{mV}$

9.16 (1) $U_{REF} = V_{CC}/2 = 7.5\text{V}$ $u_{O1} = u_{O2} = 7.5\text{V}$

(2) 最大输出功率和效率分别为

$$P_{om} = \frac{U_{om}^2}{2R_L} = 21\text{W}$$

$$\eta = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{U_{om}}{V_{CC}} = 68\%$$

(3) 输入电压有效值 $U_i = \frac{U_{om}}{\sqrt{2}A_u} = 0.46\text{V}$

9.17 问题 9.16 (1), (2)。

9.18 (1) OTL 电路应取 $V_{CC} = 20\text{V}$, BTL 电路应取 $V_{CC} = 13\text{V}$ 。

(2) OTL、OCL 和 BTL 电路的最大输出功率分别为

$$P_{om(OTL)} = \frac{\left(\frac{V_{CC}}{2} - |U_{CEmin}|\right)^2}{2R_L} = 0.316\text{W}$$

$$P_{om(OCL)} = \frac{(V_{CC} - |U_{CEmin}|)^2}{2R_L} = 2.25\text{W}$$

$$P_{om(BTL)} = \frac{(V_{CC} - 2|U_{CEmin}|)^2}{2R_L} = 1.27\text{W}$$

9.19 (1) 仅有负半周;

(2) T_1 、 T_2 将因功耗过大而损坏;

(3) 仅有正半周;

(4) T_3 将因功耗过大而损坏;

(5) $u_O = V_{CC} - U_{BE1} \approx 14.3\text{V}$

(6) 稍有交越失真。

9.20 (1) 无输出;

(2) 功放管将因功耗过大而损坏;

(3) $u_O = V_{CC} - U_{BE1} - U_{BE2} \approx 16.4\text{V}$

(4) 正、负半周不对称, 正半周幅值小;

(5) 稍有交越失真。

自测题

一、(1) × (2) √ (3) √ × (4) √ (5) × (6) √

二、(1) B (2) C (3) A (4) D

三、 T_1 , R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , D_2 , T_2 , R_5 , R_6 , T_3 ;

$$\frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_2 + R_3}(U_Z + U_{BE2}), \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_3}(U_Z + U_{BE2})$$

四、(1) 由于空载时稳压管流过的最大电流

$$I_{D2\max} = I_{R\max} = \frac{U_{\max} - U_Z}{R} = 52.5\text{mA} > I_{Z\max} = 40\text{mA}$$

所以电路不能空载。

$$(2) \text{ 根据 } I_{D2\min} = \frac{U_{\min} - U_Z}{R} - I_{L\max}$$

$$I_{L\max} = \frac{U_{\min} - U_Z}{R} - I_{D2\min} = 32.5\text{mA}$$

$$\text{根据 } I_{D2\max} = \frac{U_{\max} - U_Z}{R} - I_{L\min}$$

$$I_{L\min} = \frac{U_{\max} - U_Z}{R} - I_{D2\max} = 12.5\text{mA}$$

五、(1) $U_{\text{Omax}} = 1.25\text{V}$

$$(2) \text{ 因为 } U_{\text{Omax}} = (1 + \frac{R_2}{R_1}) \times 1.25\text{V} = 25\text{V}, R_1 = 240\Omega, \text{ 所以 } R_2 = 4.56\text{k}\Omega.$$

(3) 输入电压的取值范围为

$$U_{\min} \approx \frac{U_{\text{Omax}} + U_{\text{I2min}}}{0.9} \approx 31.1\text{V}$$

$$U_{\max} \approx \frac{U_{\text{Omin}} + U_{\text{I2max}}}{1.1} \approx 37.5\text{V}$$

六、1 接 4, 2 接 6, 5 接 7, 9, 3 接 8, 11, 13, 10 接 12。

习题

10.1 (1) √ (2) √ (3) ×

- 10.2 (1) $\sqrt{}$ (2) $\sqrt{}$ (3) $\sqrt{}$ (4) $\times$ $\sqrt{}$
 10.3 (1) A (2) B
 10.4 (1) D (2) C

课后答案网: www.hackshp.cn
 若侵犯了您的版权利益, 敬请来信告知!

10.5 (1) $U_{O(AV)} \approx 0.9U_2$, $U_2 \approx \frac{U_{O(AV)}}{0.9} = 16.7V$

(2) 整流二极管的参数为 $I_F > 1.1 \times \frac{I_{L(AV)}}{2} = 55mA$

$$U_R > 1.1\sqrt{2}U_2 = 26V$$

10.6 (1) 全波整流电路, 波形略。

(2) $U_{O(AV)} = 0.9U_2$, $I_{L(AV)} = \frac{0.9U_2}{R_L}$

(3) $I_D = \frac{0.45U_2}{R_L}$, $U_R = 2\sqrt{2}U_2$

10.7 (1) 两路输出电压分别为

$$U_{O1} \approx 0.45(U_{21} + U_{22}) = 31.5V$$

$$U_{O2} \approx 0.9U_{22} = 18V$$

(2) D_1 的最大反向电压 $U_R > \sqrt{2}(U_{21} + U_{22}) = 99V$

D_2 、 D_3 的最大反向电压 $U_R > 2\sqrt{2}U_{22} = 57V$

10.8 (1) 均为上“+”, 下“-”。

(2) 全波整流。

(3) $U_{O1(AV)} = -U_{O2(AV)} \approx 0.9U_{21} = 0.9U_{22} = 18V$

(4) $U_{O1(AV)} = -U_{O2(AV)} \approx 0.45U_{21} + 0.45U_{22} = 18V$

图略。

10.9 图 (a)、(b) 所示电路可用于滤波, 图 (c) 所示电路不用于滤波, 原因略。

10.10 (1) C_1 上电压极性为上“+”下“-”, 数值为一倍压; C_2 上电压极性为右“+”左“-”, 数值为二倍压; C_3 上电压极性为上“+”下“-”, 数值为二倍压。负载电阻上为三倍压。

(2) C_1 上电压极性为上“-”下“+”, 数值为一倍压; C_2 上电压极性为上“+”下“-”, 数值为二倍压; C_3 、 C_4 上电压极性均为右“+”左“-”, 数值均为二倍压。负载电阻上为四倍压。

10.11 (1) 因为 $I_{Zmax} = P_{ZM}/U_Z = 40mA$, $I_L = U_Z/R_L = 10 \sim 30mA$, 所以 R 的取值范围

$$R_{min} = \frac{U_{max} - U_Z}{I_Z + I_{L(max)}} = 400\Omega$$

$$R_{max} = \frac{U_{L(max)} - U_Z}{I_{Z(max)} + I_{L(max)}} = 360\Omega$$

(2) 稳压系数 $S_U = 0.1\%$

10.13 (1) 基准电压 $U_R = U_Z + U_{BE} = 5V$

(2) 调整管发射极最大电流 $I_{E_{max}} = U_{BE} / R_0 \approx 140mA$

(3) 调整管的最大管压降和最大功耗分别为

$$U_{CE_{max}} = U_{O_{max}} - U_{CE_{sat}} = 20V$$

$$P_{T_{max}} \approx I_{E_{max}} U_{CE_{max}} \approx 2.8W$$

10.14 (1) T_1 的 c、e 短路; (2) R_2 短路; (3) R_2 短路;

(4) T_1 的 b、c 短路; (5) R_1 短路。

10.15 (1) 整流电路: $D_1 \sim D_4$; 滤波电路: C_1 ; 调整管: T_1, T_2 ; 基准电压电路: R', D_Z ;

R, D_Z ; 比较放大电路: A; 取样电路: R_1, R_2, R_3 。

(2) 上“-”下“+”。

$$(3) \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_2 + R_3} \cdot U_Z \leq U_O \leq \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_3} \cdot U_Z$$

10.16 因为 $I_E R_1 = I_D R_2 = I_1' R_2 = I_O' R_2$, $I_C \approx I_E$, 所以

$$I_C = \frac{R_2}{R_1} \cdot I_O' \quad I_O' = (1 + \frac{R_2}{R_1}) \cdot I_O = 4.5V$$

10.17 (1) 输出电压的调节范围 $U_O = (1 + \frac{R_2}{R_1}) U_{REF} = 1.25 \sim 16.9V$

(2) 输入电压取值范围

$$U_{I_{min}} = U_{O_{max}} + U_{I2_{min}} \approx 20V$$

$$U_{I_{max}} = U_{O_{min}} + U_{I2_{max}} \approx 41.25V$$

10.18 (a) 基准电压 $U_R = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_{REF}$

$$\frac{R_3 + R_4 + R_5}{R_3 + R_4} \cdot U_R \leq U_O \leq \frac{R_3 + R_4 + R_5}{R_3} \cdot U_R$$

(b) $U_O = U_Z + U_{REF} = (U_Z + 1.25)V$

(c) $U_O = U_{REF} - \frac{R_2}{R_2} \cdot U_Z = U_{REF} - (U_{REF} - U_Z)$

10.19 (1) (a) $I_O = \frac{U_Z - U_{BE}}{R_1}$ (b) $I_O = \frac{U_O}{R}$

(2)

(a) $U_{Omax} = U_{O1} - U_{O2} = 17.3V$

$I_O = 8mA$ 若侵犯了您的权益，敬请来信告知！

$$R_{Lmax} = \frac{U_{Omax}}{I_O} = 143\Omega$$

(b) $U_{Omax} = U_1 - U_{O2} = 17V$

$I_O = 100mA$

$$R_{Lmax} = \frac{U_{Omax}}{I_O} = 170\Omega$$

10.20 参阅图 10.6.2 和 10.6.4。

10.21 参阅图 10.6.3。

习题

11.1 (1) 由于每个集成运放均引入了负反馈, 根据“虚断”和“虚短”可得下列关系式及微分方程:

$$u_{O1} = -\frac{R_1}{R_1} u_1 - \frac{R_3}{R_2} u_{O3}$$

$$u_{O3} = \frac{R_6}{R_5 + R_6} \left(-\frac{R_8}{R_7} u_{O1} \right)$$

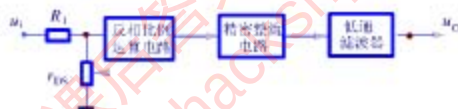
$$u_{O1} = -\frac{1}{R_4 C} \int u_{O1} dt = -\frac{1}{R_4 C} \int \left(-\frac{R_1}{R_1} u_1 + \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_6}{R_5 + R_6} \cdot \frac{R_8}{R_7} u_{O1} \right) dt$$

$$\frac{du_{O1}}{dt} + \frac{R_3 R_6 R_8 u_{O1}}{R_2 R_4 R_7 (R_5 + R_6) C} - \frac{R_3}{R_1 R_4 C} u_1 = 0$$

(2) 当参数选择合适时, 输入合适 u_1 , 便可在输出得到模拟解 u_{O1} 。

11.2 (1) A_1 : 反相比例运算电路; A_2 : 半波精密整流电路; A_3 : 二阶带通滤波器; T : 等效成可变电阻。

(2)



(3) 当参数选择合适时, 若 u_1 幅值增大导致 u_{O1} 增大, 则 r_{DS} 减小, 使得 u_{O1} 、 u_{O2} 减小, 从而使 u_{O3} 减小, 趋于原来数值。过程简述如下:

$$\begin{array}{ccccccc} u_1 \uparrow & \rightarrow & u_{O1} \uparrow & \rightarrow & r_{DS} \downarrow & \rightarrow & u_{O1} \downarrow \rightarrow u_{O2} \downarrow \\ & & & & & & \uparrow \\ & & & & & & u_{O3} \uparrow \end{array}$$

若 u_1 幅值减小, 则各物理量的变化与上述过程相反。

11.3 (1) $u_{O1} = -\frac{R_3}{R_2} \cdot \frac{R_2 // r_{DS}}{R_1 + R_2 // r_{DS}} \cdot u_1$, u_1 增大时 r_{DS} 减小,

(2) 半波整流, $\begin{cases} u_{O2} = 0 & (u_{O1} \text{ 正半周}) \\ u_{O2} = -u_{O1} & (u_{O1} \text{ 负半周}) \end{cases}$ 。波形略。

(3) u_{O3} 为直流信号, 因为 A_3 组成了二阶带通滤波器, 因此 u_{O3} 是 u_{O2} 的平均值。 u_1 增大时 u_{O3} 应增大; 因为只有 u_{O1} 增大 r_{DS} 才会减小。

(4) 凋零。

11.4 当 u_1 变化 20% 时, u_{O3} 变化 0.1%。根据 $u_{O1} = -\frac{R_3}{R_2} \cdot \frac{R_2 // r_{DS}}{R_1 + R_2 // r_{DS}} \cdot u_1$, 此时

11.5 (1) A_1 : 文氏桥振荡电路; A_2 : 反相比例运算电路; A_3 : C-AC (电容-交流电压) 转换电路; A_4 : 带通滤波器。

(2)



(3) 参考 P576。

11.6 (1) $f_0 = \frac{1}{2\pi RC} = 400\text{Hz}$

(2) $u_{O2} = -\frac{R_d + R_w}{R_1} \cdot u_{O1} = (0.01 \sim 0.03) \cdot u_{O3}$

(3) $|\dot{A}_{u3}| = 2\pi \cdot j f_0 R_f C_X$

(4) $f_0 = \frac{1}{2\pi C_1} \sqrt{\frac{1}{R_{10}} \left(\frac{1}{R_{11}} + \frac{1}{R_{12}} \right)} = 400\text{Hz}$

11.7 (1) $|\dot{A}_{u3}| = 5.03$

其余参阅 11.3.4 节。

11.8 (1) 方框图



(2) 输出电压调节范围为 $U_{O1} = -U_{O2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot U_{REF} = 1.25 \sim 16.8\text{V}$

因为在调节 R_2 时, U_{O2} 的数值始终和 U_{O1} 保持相等, 故称之为“跟踪电源”。

11.9 (1) 输出电压调节范围为 $U_{O1} = -U_{O2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot U_{REF} = 1.25 \sim 16.8\text{V}$

(2) 根据方程组

$$\begin{cases} 1.1U_1 = U_{Omin} + U_{12max} \\ 0.9U_1 = U_{Omax} + U_{12min} \end{cases}$$

输入电压的取值范围为 $22.1 \sim 37.5\text{V}$ 。