

نام و نام خانوادگی دانشجو: نام استاد: ساعت و تاریخ امتحان:

رشته تحصیلی: نام درس: مدت امتحان:

ش دانشجویی: شرایط امتحان: کتاب بسته کتاب باز کتاب و جزوه باز

مشخصه یا مشخصه های درس: استفاده از ماشین حساب مجاز است مجاز نیست

استاد گرامی لطفا سوالات خود را با خود کار مشکی، بارم بندی مشخص و تاریخ اعلام نمره مرقوم فرمائید. تاریخ اعلام نمره / /

بارم

در تمام سوالات پارامترهای زیر را استفاده کنید:

همه دیودهایی که علامت ستاره (*) کنار آنها قرار دارد دیود غیر ایده آل هستند و برای آنها داریم:

$$V_Y = 0.7V, V_{BR} = \infty, I_S = 0, R_F = 0\Omega, R_R = \infty$$

دیودهای بدون ستاره ایده آل هستند.

برای همه دیودهای زتر:

$$V_Z = 3.3V, V_Y = 0.7V, r_Z = 0\Omega$$

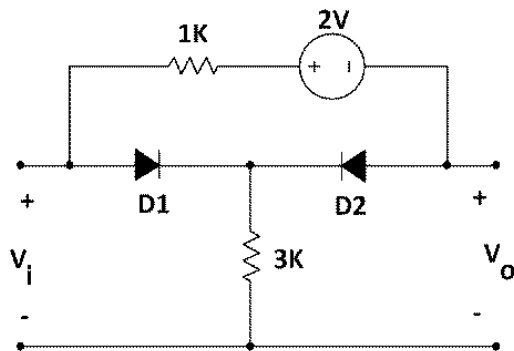
$$I_{Z(max)} = 20mA, I_K \equiv I_{Z(min)} = 0.5mA$$

برای ترانزیستورها:

$$\text{BJT: } \beta = 100, V_T = 26mV, V_A = 65V, \text{ Silicon}$$

$$\text{FET: } I_{DSS} = 16mA, V_P = -4V$$

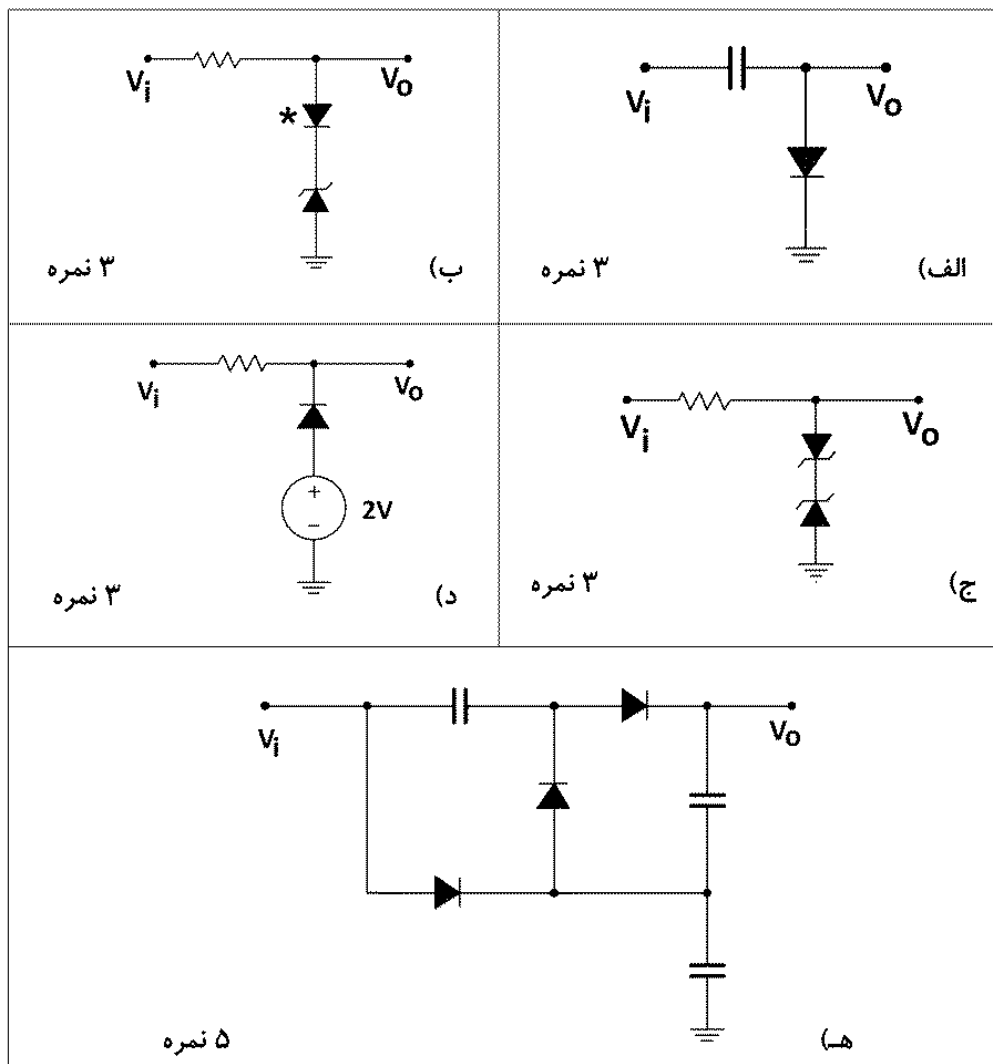
و همه خازنها مقدار بینهایت دارند.



۱- تابع انتقال مدار روبرو را بیابید:

(۱۲ نمره)

۲- در صورتی که به ورودی مدارهای زیر، ولتاژ سینوسی با دامنه ۵ ولت (= ۱۰ ولت پیک تا پیک) داده شود، شکل موج ولتاژ خروجی هر کدام را با ضمن مشخص کردن اعداد لازم ترسیم کنید.



نام استاد: ساعت و تاریخ امتحان

نام و نام خانوادگی دانشجوی:

نام درس: مدت امتحان

رشته تحصیلی:

شرایط امتحان: کتاب بسته کتاب باز کتاب و جزوه باز

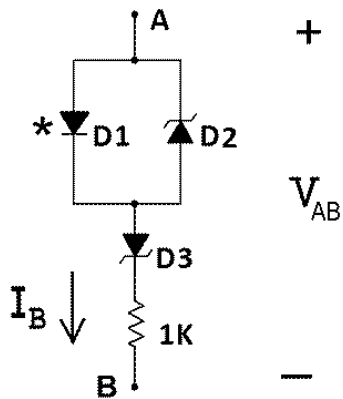
ش دانشجویی:

استفاده از ماشین حساب مجاز است مجاز نیست

مشخصه یا مشخصه های درس:

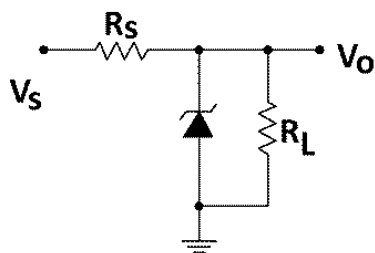
استاد گرامی لطفا سوالات خود را با خودکار مشکی، بارم بندی مشخص و تاریخ اعلام نمره مرقوم فرمائید تاریخ اعلام نمره / /

بارم

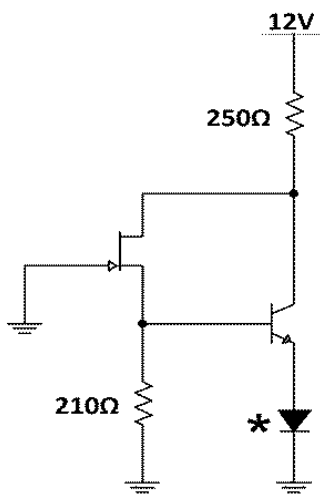


۳- منحنی مشخصه جریان - ولتاژ معادل بین دو گره A و B را بیابید: (یعنی تابع I_B بر حسب V_{AB})

(۱۲ نمره)

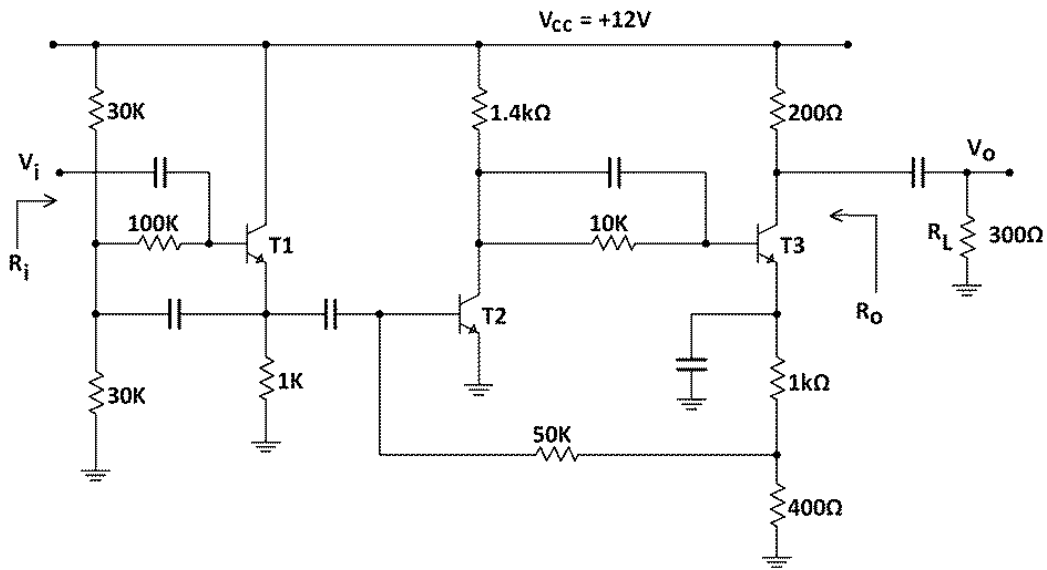


۴- در تثبیت کننده زبری روبرو محدوده ای از V_S را بیابید که بتواند برای بارهای $R_L \geq 200\Omega$ تثبیت درست را انجام دهد. $R_S = 500\Omega$ ، پارامترهای زتر در صفحه اول داده شده است. (۷ نمره)



۵- جریان امیتر ترانزیستور BJT شکل روبرو را محاسبه کنید. (فقط تحلیل DC را آنهم با فرض اشباع بودن JFET و فعال بودن BJT انجام دهید و صحت این فرض را بررسی کنید) (۱۰ نمره)

۶- در شکل زیر جریان کلکتور همه ترانزیستورها را بدست آورید: (فقط تحلیل DC را انجام دهید با فرض فعال بودن هر سه، در ضمن لازم نیست صحت فرض را بررسی کنید) (۱۶ نمره)



۷- (تحلیل AC سوال قبل) فرض کنید در شکل فوق عناصری را که در تحلیل AC بی اثرند به نحوی تغییر دهیم که جریان نقطه کار ترانزیستورها به قرار زیر شود و هر سه فعال باشند.

$$I_{CQ1} = I_{CQ2} = 2.6\text{mA} \quad , \quad I_{CQ3} = 5.2\text{mA}$$

با این فرض مطلوب است:

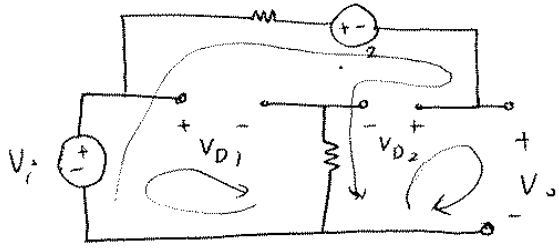
$$A'_v = V_o/V_i = ? \quad , \quad R_i = ? \quad , \quad R_o = ?$$

(۱۶ نمره)

توجه: جمع بارم سوالات ۹۰ (از ۱۰۰) است. ۱۰ نمره باقیمانده (از ۱۰۰) نمره کلاسی است. / موفق باشید

سوال ۱ :

(الف) $D_1 : \text{OFF}, D_2 : \text{OFF}$



در این حالت جریان مثبت از سمت

$$\text{KVL} : -V_i + V_{D1} = 0 \Rightarrow$$

$$\left. \begin{array}{l} V_{D1} = V_i \\ V_{D1} < 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \underline{V_i < 0}$$

$$\text{KVL} : -V_i + 0 + 2 + V_{D2} + 0 = 0 \Rightarrow \left. \begin{array}{l} V_{D2} = V_i - 2 \\ V_{D2} < 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \underline{V_i < 2}$$

اشتراک هر دو : $V_i < 0$ در این حال :

KVL :

$$-V_i + 0 + 2 + V_o = 0 \Rightarrow$$

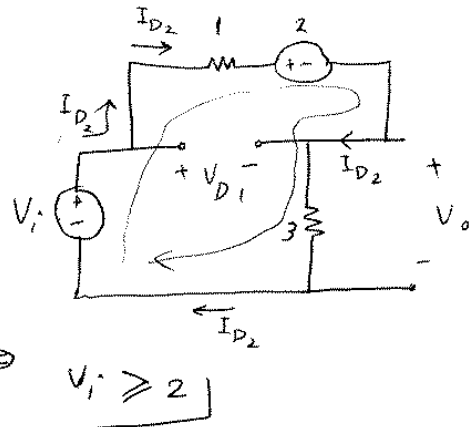
$$\underline{V_o = V_i - 2}$$

(ب) $D_1 : \text{OFF}, D_2 : \text{ON}$

KVL :

$$-V_i + 1 I_{D2} + 2 + 3 I_{D2} = 0$$

$$\Rightarrow 4 I_{D2} = V_i - 2 \Rightarrow \left. \begin{array}{l} I_{D2} = \frac{V_i - 2}{4} \\ I_{D2} \geq 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \underline{V_i \geq 2}$$



KVL :

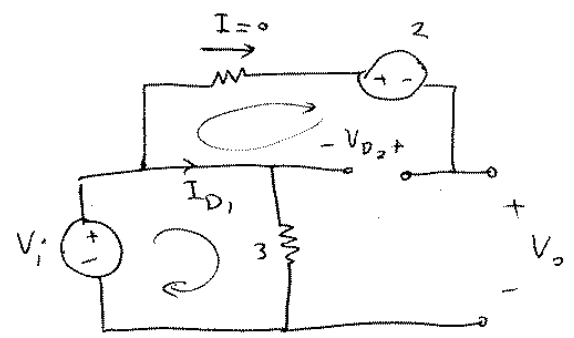
$$-V_i + V_{D1} + 3 I_{D2} = 0 \Rightarrow -V_i + V_{D1} + 3 \frac{V_i - 2}{4} = 0$$

$$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} V_{D1} = V_i - \frac{3}{4}(V_i - 2) = \frac{1}{4}V_i + \frac{6}{4} \\ V_{D1} < 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \underline{V_i < -6}$$

اشتراک دو شرط : نمی است

ع) $D_1: ON, D_2: OFF$

$$\left. \begin{aligned} I_{D_1} &= \frac{V_i}{3} \\ I_{D_1} &\geq 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_i \geq 0$$



KVL: $0 + 2 + V_{D_1} = 0 \Rightarrow V_{D_1} = -2 < 0 \checkmark$

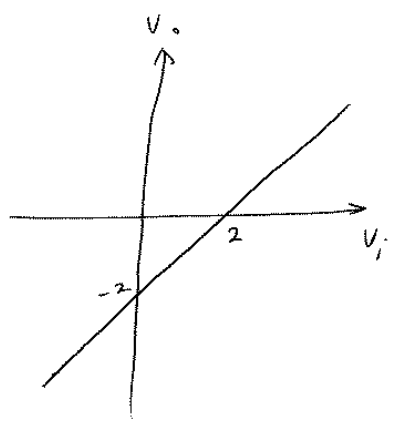
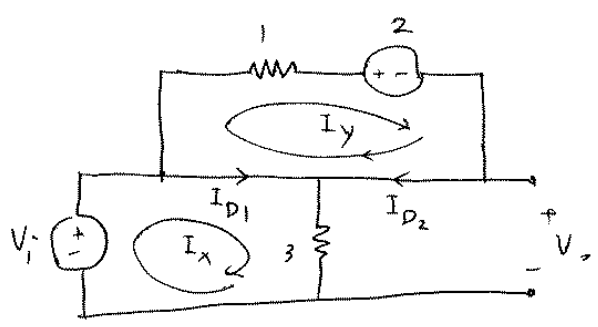
$V_i \geq 0$: اشتراک

KVL: $-V_i + 0 + 2 + V_o = 0 \Rightarrow V_o = V_i - 2$

(>) $D_1: ON, D_2: ON$

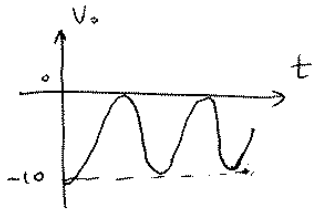
KVL: $1 I_y + 2 = 0 \Rightarrow I_y = -2$

$I_{D_2} = I_y = -2 \neq 0$
 هرگز شریعت برقرار نمی شود
 پس ناممکن است



شرط	D_1	D_2	$< V_i <$	$V_o =$
الف	OFF	OFF	$V_i < 0$	$V_i - 2$
ب	OFF	ON	هی	ناممکن
ج	ON	OFF	$V_i \geq 0$	$V_i - 2$
د	ON	ON	هی	ناممکن

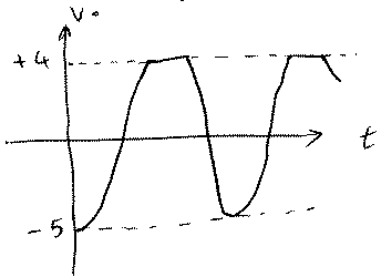
(الف)



قطر به پایین

۱۲
نشان

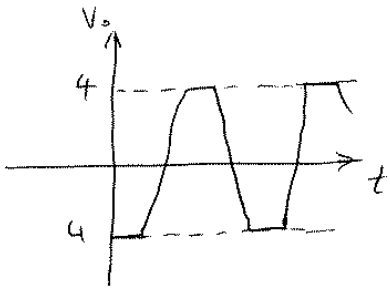
(ب)



$$V_Z + V_D = 3.3 + 0.7 = 4$$

قطر به پایین

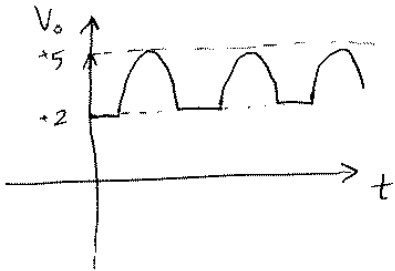
(ج)



$$V_Z + V_D = 4$$

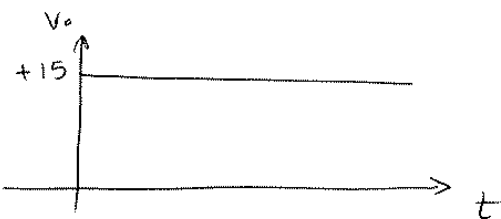
قطر دو طرفه متقارن

(د)



قطر به پایین

(ه)



سه برابر کننده ولتاژ

سؤال (۳)

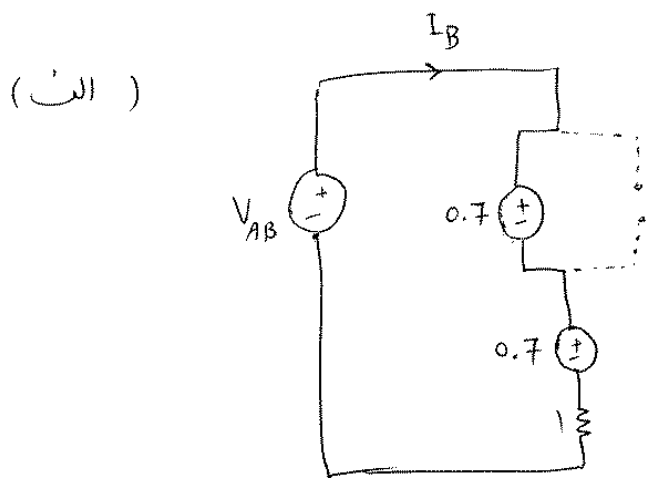
الف) اگر $D_1: ON$ در آن صورت $V_{D_2} = 0.7$ و چون $V_{Z_2} = 3.3V$ پس D_2

حتماً قطع است، و چون جریان I_{D_1} در جهت فلش I_{D_3} است یعنی باید D_3

حتماً ON باشد یعنی حالت قابل قبول اول $D_1: ON, D_2: OFF, D_3: ON$ است.

ب) اگر $D_1: OFF$ و $D_2: OFF$ و $D_3: OFF$ حالت قابل قبول دیگری حاصل می شود که تمام جریان در آن صورت است.

ج) اگر $D_1: OFF$ و $D_2: ON$ و (سنگت D_3) باشد نیز حالت قابل قبول دیگری است. بقیه حالت غیر قابل قبول است؛ اما بدست آوردن تابع V_{AB} در هر سه حالت:



$$V_{AB} = 1 I_B + 1.4$$

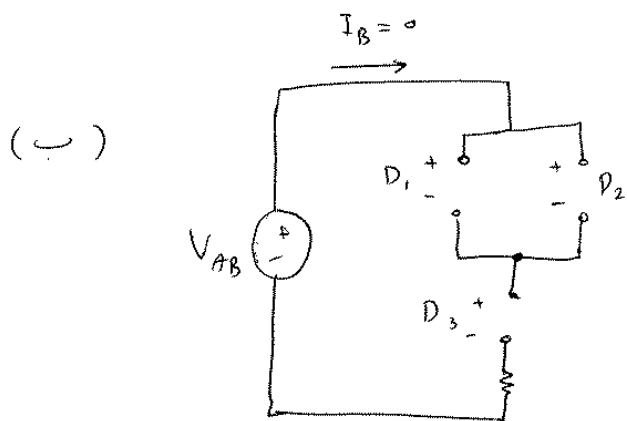
$$I_B = I_{D_1} = I_{D_3} \geq 0 \Rightarrow$$

$$V_{AB} - 1.4 \geq 0 \Rightarrow$$

$$V_{AB} \geq 1.4 \Rightarrow$$

حالت الف) $V_{AB} \geq 1.4$ و

$$I_{AB} = V_{AB} - 1.4$$



برای آنکه D_1 و D_3 ولتاژی

کمتر از 0.7 داشته باشند

باید $V_{AB} < 1.4$ باشد

اما مقدار منفی V_{AB} اگر از حدی بگذرد باعث برقرار شدن حالت (ج) می‌شود
 برای اینکه مقدار به حالت (ج) نرسد لازم است ولتاژ منفی V_{AB} کمتر از مقدار (لازم) برای
 برشکست شدن D_3 و (D_2 شدن) باشد یعنی

$$V_{AB} > -3.3 + 0.7 = -4 \Rightarrow V_{AB} > -4$$

باشد که ترکیب دیگری را می‌سازد:

$$\boxed{\text{(ب)} \quad -4 < V_{AB} < 1.4, \quad I_{AB} = 0}$$

حالت (ج) \downarrow

(ج)

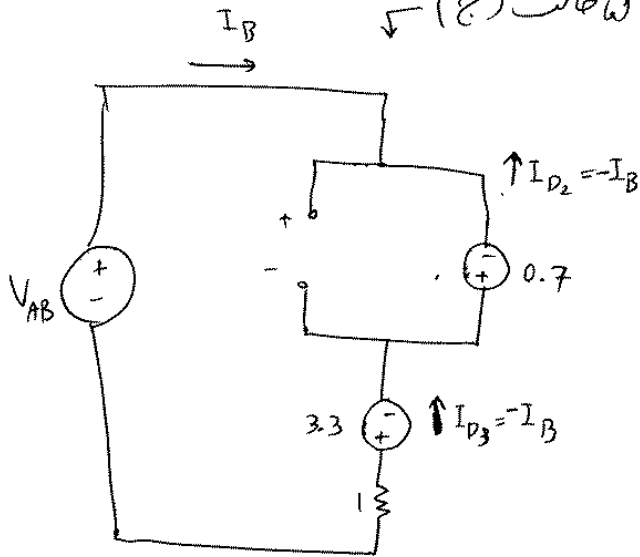
$$I_B = \frac{V_{AB} + 4}{1} = V_{AB} + 4$$

$$I_{D_2}, I_{D_3} \geq 0$$

$$I_{D_2}, I_{D_3} = -I_B$$

$$I_B \leq 0 \Rightarrow V_{AB} + 4 \leq 0$$

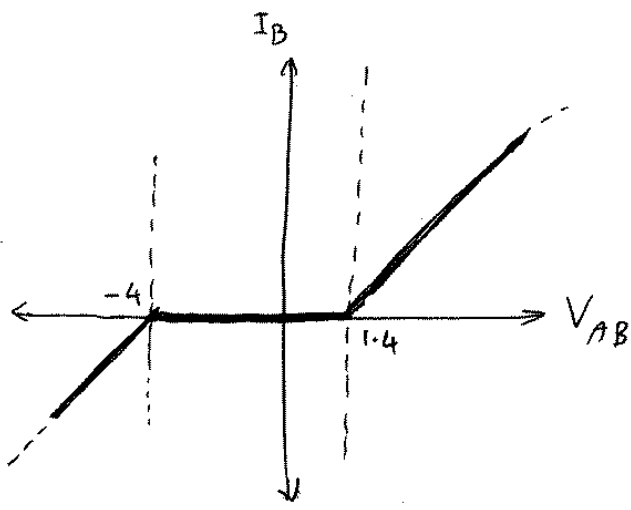
$$\Rightarrow V_{AB} \leq -4$$



$$\boxed{\text{(ج)} \quad V_{AB} \leq -4, \quad I_B = V_{AB} + 4}$$

ترکیب هر سه حالت:

	D_1	D_2	D_3	V_{AB}	I_{AB}
(الف)	ON	OFF	ON	$V_{AB} \geq 1.4$	$I_{AB} = V_{AB} - 1.4$
(ب)	OFF	OFF	OFF	$-4 < V_{AB} < 1.4$	$I_{AB} = 0$
(ج)	OFF	ON	شکست	$V_{AB} \leq -4$	$I_{AB} = V_{AB} + 4$



شکل جواب سوال (ب)

$$I_{Lmin} = \frac{3.3}{R_{Lmax}} = \frac{3.3}{\infty} = 0$$

سوال (ع)

$$I_{Lmax} = \frac{3.3}{R_{Lmin}} = \frac{3.3}{200} = 16.5 \text{ mA}$$

$$\frac{V_{smin} - V_Z}{R_s} - I_{Lmax} \geq I_K$$

شرط برنت رسیدن
دیود زبر

$$\Rightarrow \frac{V_{smin} - 3.3}{0.5 \text{ k}} - 16.5 \text{ m} \geq 0.5 \text{ m}$$

$$\Rightarrow V_s \geq (0.5 + 16.5) 0.5 + 3.3 = 11.8$$

$$\Rightarrow \boxed{V_s \geq 11.8 \text{ V}} \quad \text{شرط برنت رسیدن}$$

$$\frac{V_{smax} - V_Z}{R_s} - I_{Lmin} \leq I_{Zmax}$$

شرط نسوختن

$$\frac{V_{smax} - 3.3}{0.5 \text{ k}} - 0 \leq 20 \text{ m} \Rightarrow \boxed{V_s \leq 13.3 \text{ V}}$$

$$\boxed{11.8 \leq V_s \leq 13.3} \quad \text{شرط ایست درت اشراک در شرط فوق است یعنی}$$

سؤال 5: چون ترانزیستور BJT فعال است پس $I_E > I_C$ پس بود هم ON

خواهد بود ولتاژش 0.7 ولت خواهد بود، یعنی V_{BE} هم برابر 0.7 ولت است.

KVL:

$$+V_{GS} + V_{BE} + 0.7 = 0 \Rightarrow$$

$$V_{GS} + 0.7 + 0.7 = 0 \Rightarrow \boxed{V_{GS} = -1.4}$$

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 \Rightarrow$$

$$I_D = 16 \text{ mA} \left(1 - \frac{-1.4}{-4}\right)^2 = 6.76 \text{ mA}$$

$$I_D = 6.76 \text{ mA}$$

KVL:

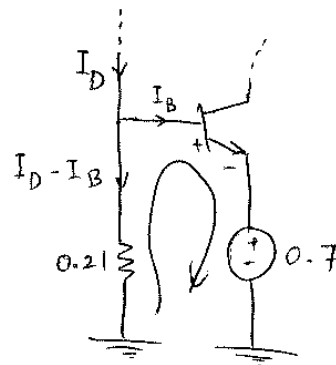
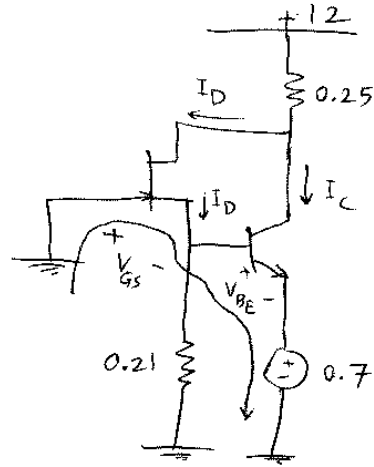
$$-0.21(I_D - I_B) + 0.7 + 0.7 = 0$$

$$\Rightarrow -0.21(6.76 - I_B) + 1.4 = 0$$

$$\Rightarrow I_B = 0.0933 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow I_E = 101 I_B = 9.43 \text{ mA}$$

$$I_C = 100 I_B = 9.33 \text{ mA}$$



$$\boxed{I_E = 9.43 \text{ mA}}$$

اما بررسی شرایط صحت: برای صحت فرض صواب است:

$$V_{CE} > 0.3, \quad |V_{GS}| < 4, \quad V_{DG} > 4$$

شده $|V_{GS}| < 4$ با توجه به اینکه $V_{GS} = -1.4$ برقرار است. (اما برای دومین مورد)

رنگی: در KVL نیاز داریم.

۵) جواب

$$KVL: 0.25(I_C + I_D) + V_{DG} = 12$$

$$\Rightarrow V_{DG} = 12 - 0.25(I_C + I_D)$$

$$= 12 - 0.25(9.33 + 6.76)$$

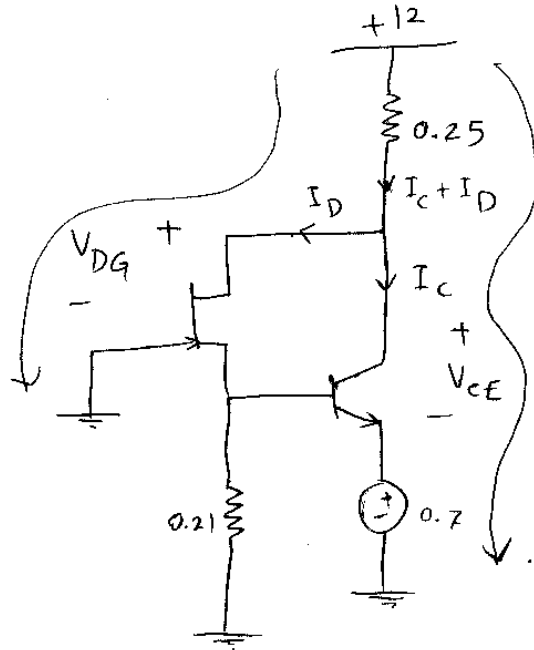
$$= 12 - 4.02 = 7.98 > 4 \checkmark$$

KVL:

$$0.25(I_C + I_D) + V_{CE} + 0.7 = 12$$

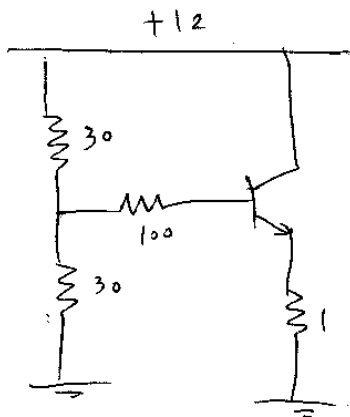
$$\Rightarrow V_{CE} = 7.28 > 0.3 \checkmark$$

پس فرض انجام شده درست است

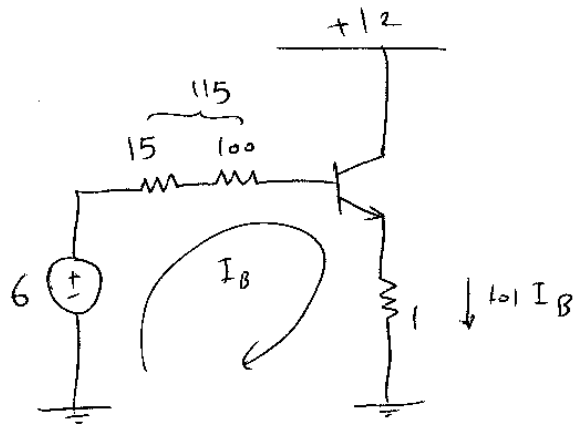


۶) طبقه اول و درایور سیگنال T_1 بوسیله خازن از بقیه مدار جدا شده اند اما در درایور سیگنال در حالت DC

دیگر در حالت DC بهم متصلند و نباید جدا از هم آنالیز شوند.



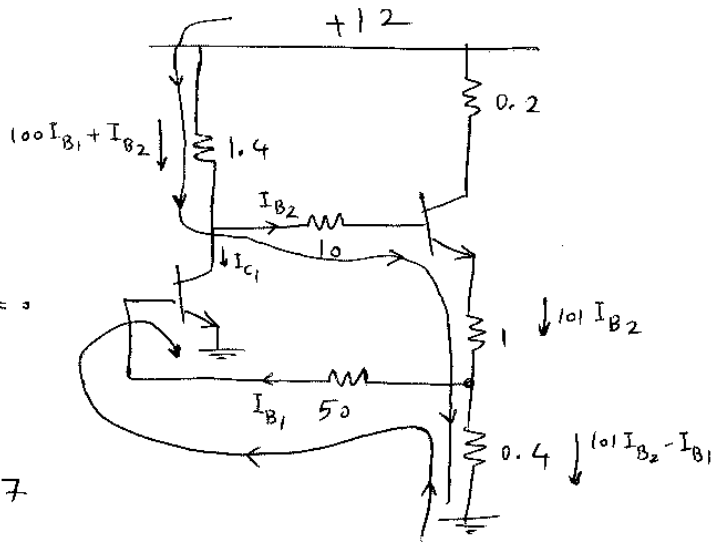
≡



KVL:

$$-6 + 115 I_B + 0.7 + 101 \times 1 I_B = 0 \Rightarrow I_B = \frac{5.3}{216}$$

$$\Rightarrow I_B = 24.5 \mu A, \Rightarrow \boxed{I_{CQ1} = 2.45 \text{ mA}}$$



KVL:

$$-0.4(10I_{B2} - I_{B1}) + 50I_{B1} - 0.7 = 0$$

KVL:

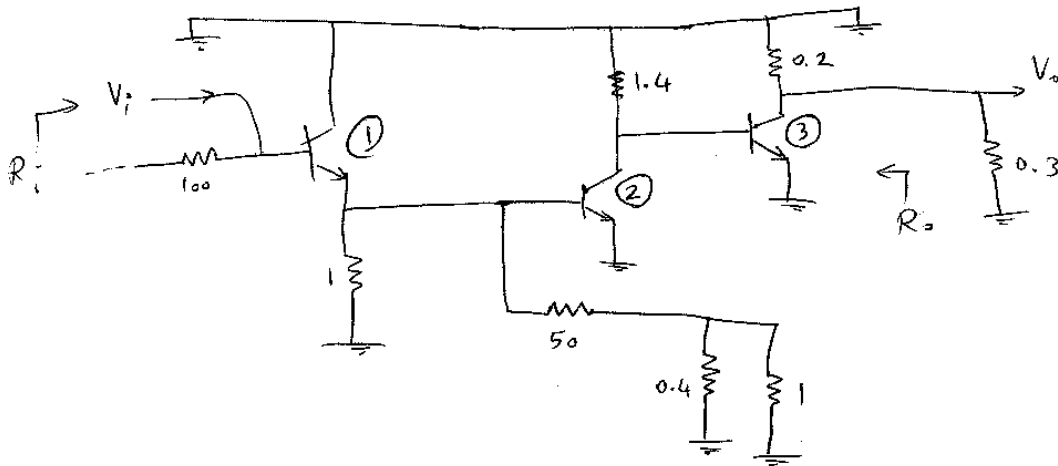
$$-12 + 1.4(100I_{B1} + I_{B2}) + 10I_{B2} + 0.7$$

$$+ 10I_{B2} + 0.4(10I_{B2} - I_{B1}) = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 50.4 I_{B1} - 40.4 I_{B2} = -0.7 \\ 139.6 I_{B1} + 152.8 I_{B2} = 11.3 \end{cases} \Rightarrow \begin{aligned} I_{B1} &= 26.2 \mu A \\ I_{B2} &= 50.0 \mu A \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} I_{CQ2} = 100 I_{B1} = 2.62 \text{ mA} \\ I_{CQ3} = 100 I_{B2} = 5.00 \text{ mA} \end{cases}$$

سوال (ب)
 طبقه اول: کلتور مشترک بوت استرپ
 طبقه دوم: امپد مشترک / طبقه سوم: امپد مشترک



طبقه سوم:

$$g_{m3} = \frac{I_{CQ3}}{V_T} = \frac{5.2^m}{26^m} = 200 \text{ mS}$$

$$r_{\pi3} = \frac{100}{200^m} = 0.5 \text{ K}\Omega, \quad r_{o3} = \frac{65}{5.2^m} = 12.5 \text{ K}\Omega$$

$$R_{o3} = 0.2 \text{ K} \parallel 12.5 \text{ K} = 0.197 \text{ K}\Omega$$

$$R'_{o3} = 0.197 \text{ K} \parallel 0.3 \text{ K} = 0.119 \text{ K}$$

$$A'_{V3} = -g_{m3} R'_{o3} = -200^m \times 0.119 \text{ K} = -23.8$$

$$R_{i3} = r_{\pi3} = 0.5 \text{ K}$$

$$g_{m2} = \frac{I_{CQ2}}{V_T} = \frac{2.6^m}{26^m} = 100 \text{ mS} \quad \text{طبقه دوم:}$$

$$r_{\pi2} = \frac{100}{100^m} = 1 \text{ K}, \quad r_{o2} = \frac{65 \text{ V}}{2.6} = 25 \text{ K}$$

$$R'_{o2} = 1.4 \text{ K} \parallel 25 \text{ K} \parallel R_{i3} = 1.4 \text{ K} \parallel 25 \text{ K} \parallel 0.5 \text{ K} = 0.363 \text{ K}$$

$$A'_{V2} = -g_{m2} R'_{o2} = -100^m \times 0.363 \text{ K} = -36.3$$

$$R_{i2} = [50 + (1 \parallel 0.4)] \parallel r_{\pi 2}$$

$$= (50 + 0.286) \parallel 1^k = 0.981^k$$

طريقه اول: بروت اسرب

$$g_{m1} = g_{m2} = 100 \text{ mS}$$

$$r_{\pi 1} = r_{\pi 2} = 1^k \Omega, \quad r_{o1} = r_{o2} = 25^k$$

$$R'_{o1} = R_{i2} \parallel 1^k \parallel \frac{r_{\pi 1}}{101} \parallel r_{o1} = 9.71 \Omega$$

$$A'_{v1} = g_{m1} R'_{o1} = 100^m \times 9.71 = 971^m = 0.971$$

$$R_{i1} = \frac{100^k}{1 - A'_{v1}} \parallel \left[r_{\pi 1} + 101 (1^k \parallel r_{o1} \parallel R_{i2}) \right]$$

$$= \frac{100}{1 - 0.971} \parallel 50^k = 49.3^k$$

$$A'_{v3} = A'_{v1} A'_{v2} A'_{v3} = 0.971 \times (-36.3) \times (-23.8)$$

$$\Rightarrow \boxed{A'_v = 839}$$

$$\boxed{R_o = R_{o3} = 0.197^k \Omega}$$

$$\boxed{R_i = R_{i1} = 49.3^k \Omega}$$