فصل ۲

تحلیل مدارهای الکترونیکی

در حال حاضر الکترونیک کلید فتح شگفتی‌های جهان است و با تمام علوم و فنون موجود به نحوی پیوند خورده است. علاوه بر وسائل الکترونیکی از جمله دستگاه‌های مخابراتی مثل رادیو، تلویزیون، ضبط صوت و تصویر، انواع وسایل پزشکی، صنعتی، نظامی، در دیگر وسایل غیرالکترونیکی هم، کمتر وسیله‌ای را می‌توان یافت که الکترونیک در آن دخالتی نکرده باشد. از جمله در اتومبیل و صنایع حمل و نقل، وسایل خانگی نقش الکترونیک بسیار فعال و جالب توجه شده است. با توجه به این مختصر می‌توان نتیجه گرفت که امروزه الکترونیک برای همه افرادی که به نحوی با امور فنی درگیرند لازم است و به فراخور حرفه خویش باید از این رشته اطلاعی داشته باشند. یکی از مصداق‌های عملی در اهمیت الکترونیک دفاع از امنیت ملی کشور است به‌طور مثال می‌توان به هواپیمای جاسوسی بدون سرنشین فوق پیشرفته آمریکایی به نام RQ-۱۷۰ اشاره کرد که به حریم کشور تجاوز کرده بود و توسط نیروهای جنگ الکترونیک سپاه پاسداران انقلاب اسلامی تحت کنترل درآمد و به‌صورت سالم به زمین نشانده شد و چندی بعد با تکیه بر دانش الکترونیک و هوا فضا نمونه ایرانی آن مهندسی معکوس و ساخته شد.

واحد یادگیری: تحلیل مدارهای الکترونیکی

آیا می‌دانید

- پرکاربردترین قطعه الکترونیکی چیست؟
- چگونه باید ترانزیستور را تغذیه کنیم؟
- انواع ترانزیستورها و کاربرد آنها را می‌شناسید؟
- انواع تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری به چه منظور استفاده می‌شوند؟
- چگونه ترانزیستور عمل تقویت را انجام می‌دهد؟
- مشخصات و ویژگی‌های تقویت‌کننده‌های مختلف چیست؟
- مدار مجتمع (آی سی) چیست؟
- تقویت‌کننده عملیاتی (op_Amp) چیست و کاربرد آن چگونه است؟

هدف از این شایستگی عبارت است از:

۱ بررسی نواحی کار ترانزیستورها
۲ ولتاژها و جریان‌های پایه‌های ترانزیستور را در مدار بایاس محاسبه کند.
۳ مقایسه سه نوع آرایش تقویت‌کننده ترانزیستوری
۴ بررسی تقویت‌کننده‌های خاص (تفاضلی، دارلینگتون و کامپلی منتاری)
۵ ساخت یک تقویت‌کننده صوتی عملی
۶ نماد و شکل ظاهری تقویت‌کننده عملیاتی
۷ بررسی و تحلیل مدارهای تقویت‌کننده عملیاتی و کاربرد آن
۸ ساختمان ترانزیستور اثر میدان(FET)، نماد و انواع آنها
۹ کاربرد ترانزیستور اثر میدان به‌عنوان سوئیچ

استاندارد عملکرد

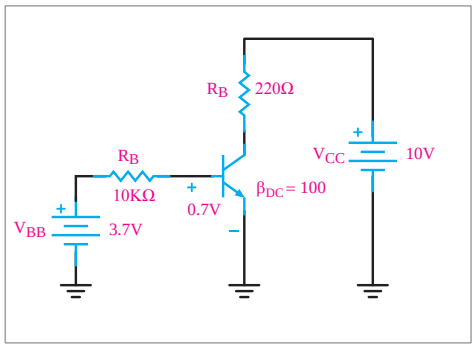
پس از اتمام واحد یادگیری و کسب شایستگی، هنرجویان می‌توانند تحلیل، طراحی و ساخت مدارات بایاس ترانزیستوری، تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری و تقویت‌کننده‌های عملیاتی را انجام دهند.

انواع مدارات بایاس

بایاس ثابت

۱

با توجه به شکل زیر مقادیر I_B و I_C و V_{CE} را محاسبه کنید.

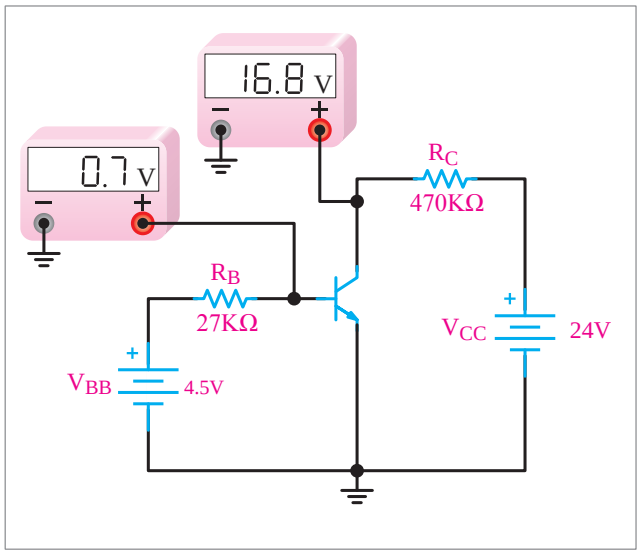


جواب:

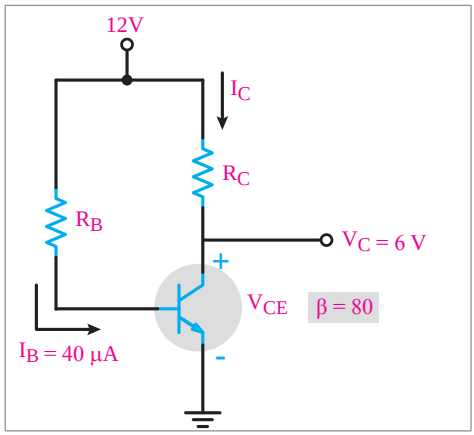
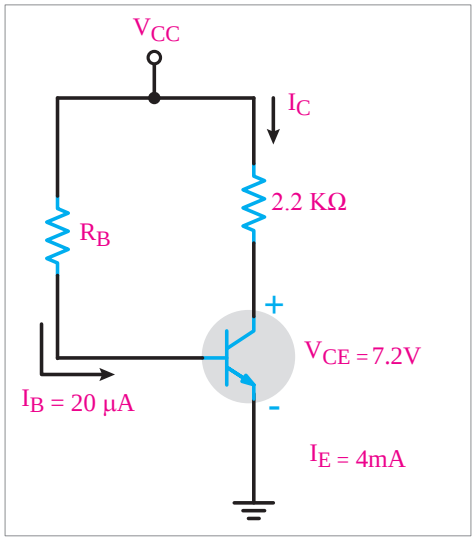
I_B = ۰/۳ mA I_C = ۳۰ mA V_{CE} = ۳/۴ ولت

۲

β را در شکل زیر محاسبه کنید.



جواب: β = ۱۱۰

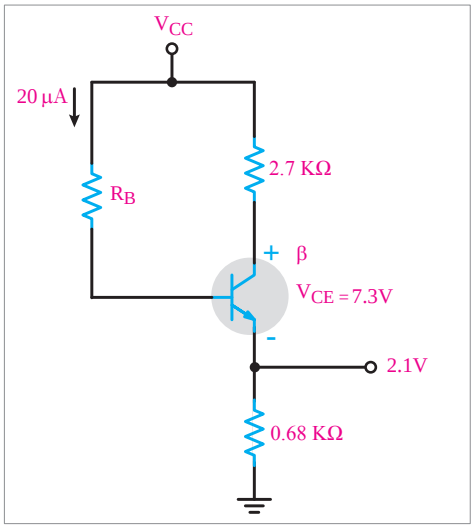
۳	با استفاده از اطلاعات شکل، مقادیر زیر را تعیین کنید: الف) I_C ب) R_C پ) R_B ت) V_{CE}  راهنمایی: ابتدا از رابطه $I_C = \beta I_B$ مقدار I_C را محاسبه و سپس KVL خروجی را بنویسید. جواب: I_C=۳/۲ mA R_C=۲/۸ kΩ R_B =۲۸/۵ kΩ V_{CE}= ۶ ولت
۴	با استفاده از اطلاعات شکل، مقادیر زیر را به‌دست آورید: الف)I_C ب)V_{CC} پ)β ت)R_B  جواب: I_C=۴ mA V_{CC} =۱۶ v β =۲۰ R_B=۷۶/۵kΩ
۵	R_C و R_B را در یک آرایش تغذیه ثابت به‌دست آورید به شرطی که V_{CC}=۱۲v، β =۸۰ و I_{CQ}=۲/۵ mA با V_{CQ}=۶v باشد. از مقادیر استاندارد استفاده کنید. (V_{BE}=۰/۶ v) جواب: R_C=۴/۲ kΩ R_B=۳۸۰ kΩ

بایاس ثابت با مقاومت امیتر

۱

با اطلاعات ارائه شده در شکل، مقادیر زیر را به‌دست آورید:

الف) β ب) V_{CC} پ) R_B



راهنمایی: $I_E = \frac{V_E}{R_E}$

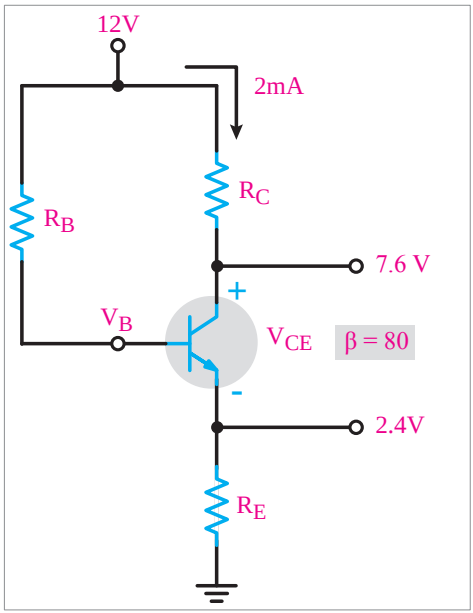
جواب: V_{CC}=۱۷/۵ β=۱۵

R_B=۷۴ kΩ

۲

با استفاده از اطلاعات ارائه شده در شکل، مقادیر زیر را به‌دست آورید: (V_{BE}=۰/۶)

الف) R_C ب) R_E پ) R_B ت) V_{CE}



راهنمایی: $R_E = \frac{V_E}{I_E}$

$R_C = \frac{V_{CC} - V_C}{I_C}$

جواب: R_C=۲/۲ kΩ R_E=۱/۲ kΩ

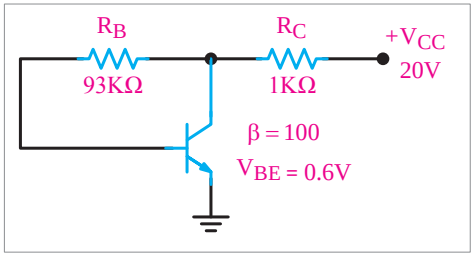
R_B=۳۶۰ kΩ V_{CE}=۵/۲ v

بایاس خودکار (بایاس فیدبک کلکتور)

۱

مقادیر نقطه کار (V_{CE} ،I_C ،I_B) را برای مدار زیر محاسبه کنید.

جواب: V_{CE} =۹/۹ v I_C=۱۰ mA I_B =۰/۱ mA



بایاس مقسم ولتاژ یا تغذیهٔ سرخود

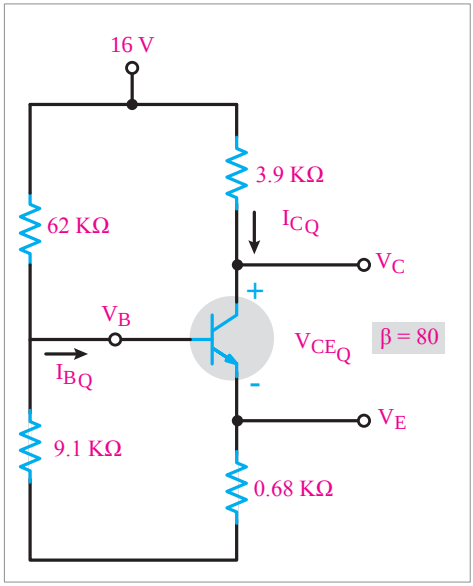
۱

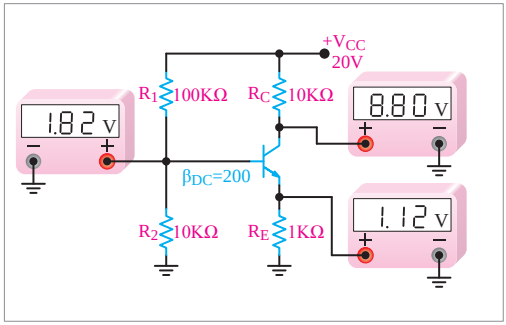
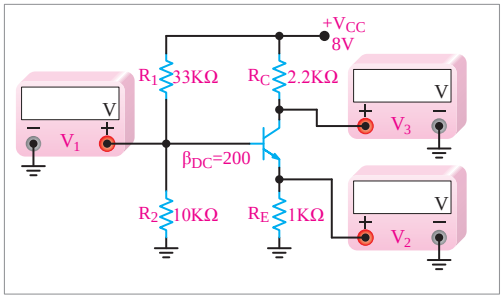
در مدار تغذیه مقسم ولتاژ شکل زیر را تعیین کنید: (V_{BE} =۰/۶v)

الف) I_C ب) V_{CE} پ) V_C ت) V_E ث) V_B

جواب: I_C=۲ mA V_E=۱/۴ V_B=۲v

V_{CE} =۶/۸v V_C = ۸/۲v



۲	با استفاده از روابط مربوط به بایاس سرخود اثبات کنید که مقادیر نشان داده شده توسط ولت‌مترهای شکل صحیح است. (V_{BE}=۰/۷V) 
۳	مقادیری که ولت‌مترهای V_1 و V_2 و V_3 در مدار زیر باید نشان بدهند را محاسبه کنید. (V_{BE}=۰/۷V)  جواب: ۱/۹ ≃ V_B=۱/۸۶ V_E=۱/۲V V_C=۵/۳۶ ≃ ۵/۴

منحنی مشخصه‌های ترانزیستور	
۱	منحنی مشخصه خروجی را رسم کنید و نواحی کار ترانزیستور را روی آن مشخص کنید.

تقویت کننده ترانزیستوری

۱ یک تقویت کنندهٔ تفاضلی در حالت تفاضلی، باید دارای بهرهٔ بسیار زیاد و در حالت سیگنال مشترک، بهرهٔ بسیار کم، در حدود صفر، داشته باشد. صحیح ☐ غلط ☐

جواب: صحیح

زوج دارلینگتون Darlington Pair

۱ با توجه به مدار شکل مقابل مطلوب است:

الف) نام مدار

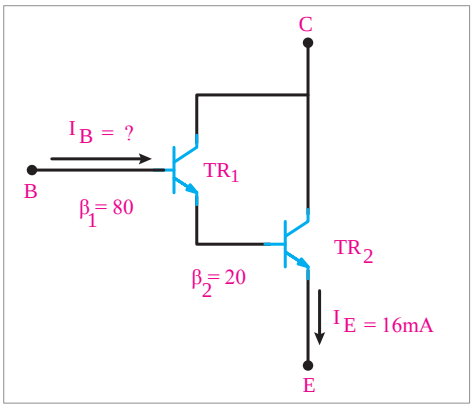
ب) بهرهٔ جریان (β_T)

ج) I_B

الف) زوج دارلینگتون

ب) $\beta_T = ۱۶۰۰$

$I_B = ۱۰\ \mu A$



۲ در مدار شکل زیر با فرض $\beta_۱=\beta_۲=۵۰$ و $V_{BE۱}= V_{BE۲} = ۰/۶v$ چه قدرتی در ترانزیستور $TR_۲$ تلف می شود؟

راهنمایی: قدرت تلف شده یعنی $P_C=V_{CE}\times I_C$

kvL ورودی

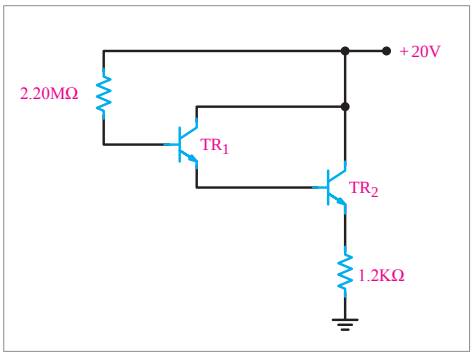
$-V_{CC}+R_BI_B+V_{BE۱}+V_{BE۲}+R_EI_E=۰$

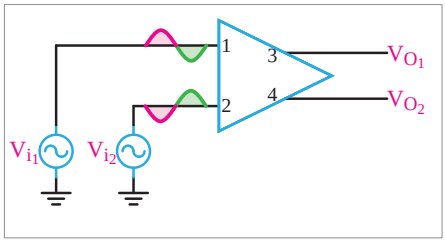
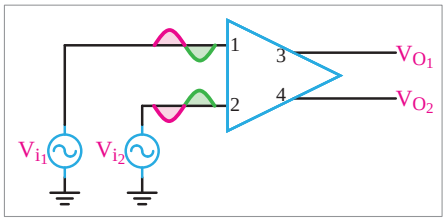
kvL خروجی

$-V_{CC}+V_{CE}+R_EI_E=۰$

جواب: $I_C = ۹\ mA$ $V_{CE} = ۹/۲\ v$

$P_C = ۸۲/۸\ mw$

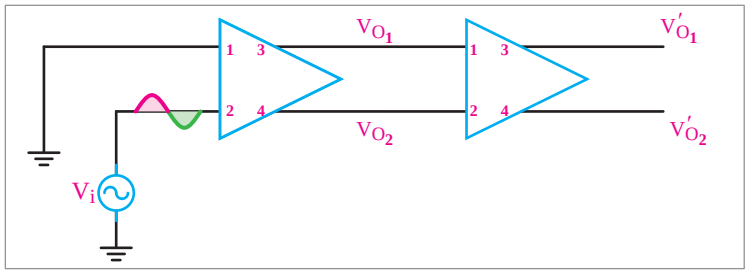


تقویت‌کنندهٔ تفاضلی	
۱	با توجه به مدار مقابل به سؤالات زیر پاسخ دهید: الف) تقویت‌کنندهٔ تفاضلی در چه حالتی استفاده شده است؟ ب)کاربرد مدار در کجاست؟ جواب: الف) در حالت سیگنال مشترک ب) حذف نویز 
۲	در تقویت‌کننده تفاضلی زیر شکل موج‌های V_{O_1} و V_{O_2} را رسم کنید. جواب: 
۳	تقویت کنندهٔ تفاضلی نمی‌تواند سیگنال را از نویز تفکیک کند. صحیح ☐ غلط ☐ جواب: غلط
۴	یک تقویت‌کنندهٔ تفاضلی در حالت تفاضلی، باید دارای بهرهٔ بسیار زیاد و در حالت سیگنال مشترک، بهره بسیار کم، در حدود صفر داشته باشد. صحیح ☐ غلط ☐ جواب: صحیح
۵	در تقویت‌کنندهٔ تفاضلی اگر بهرهٔ حالت تفاضلی ۱۲۵۰۰ و بهرهٔ حالت سیگنال مشترک ۰/۲۵ باشد. CMRR را محاسبه کنید. CMRR بر حسب دسی‌بل را به‌دست آورید. جواب: $CMRR = ۲۰ \log ۵۰۰۰۰ = ۹۴$

۶

با توجه به شکل زیر، شکل موج‌های V_{O1} و V_{O2} و V'_{O1} و V'_{O2} را با توجه به شکل سیگنال ورودی V_1 رسم کنید.

جواب:



۷

اگر به تقویت کنندهٔ تفاضلی شکل زیر سیگنال‌های هم دامنه و هم فاز اعمال شود:

الف) مقدار V_{O1} و V_{O2} را به‌دست آورید.

ب) با توجه به شکل، تقویت کنندهٔ تفاضلی در چه حالتی استفاده شده است؟

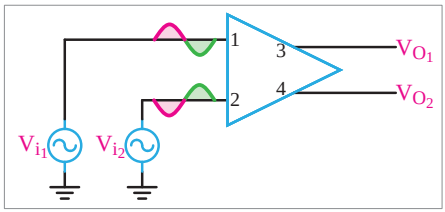
ج) از این حالت تقویت کننده تفاضلی به چه منظوری استفاده می‌شود؟

جواب:

الف) $V_{O1}=0$ $V_{O2}=0$

ب) حالت سیگنال مشترک

ج)حذف نویز



تقویت‌کننده (پوش ـ پول)

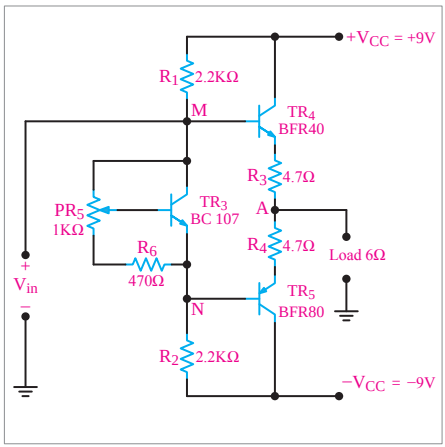
۱

با توجه به مدار مقابل، پاسخ دهید:

الف) نام مدار

ب) وظیفه ترانزیستور TR_3

ج)مقادیر V_{MN} و V_A



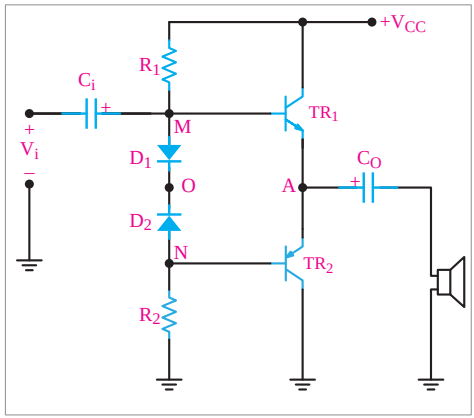
جواب:

الف) تقویت‌کننده پوش‌پول کلاس AB

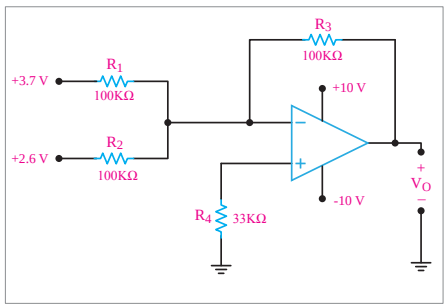
ب) ترانزیستورهای T_4 و T_5 را در آستانه هدایت قرار می‌دهد.

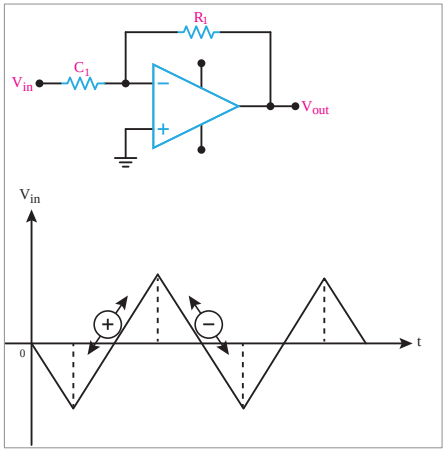
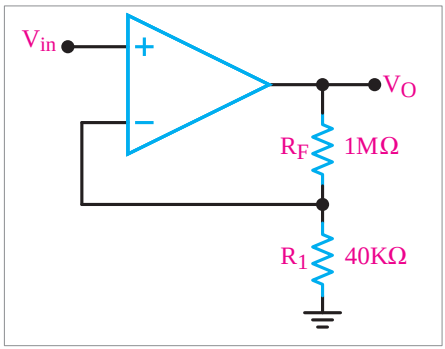
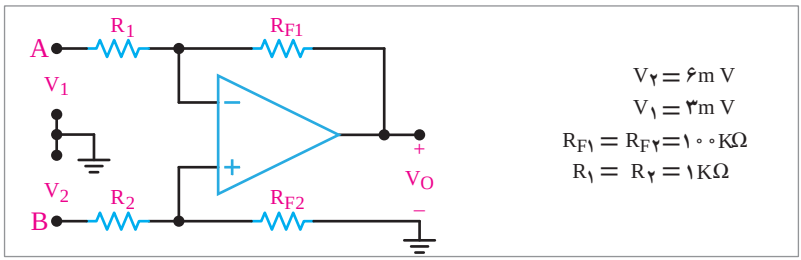
ج) $V_{MN}=2V_{BE}$

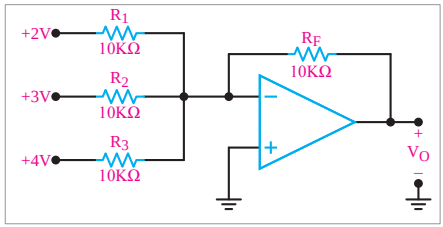
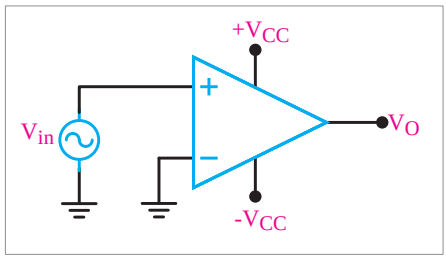
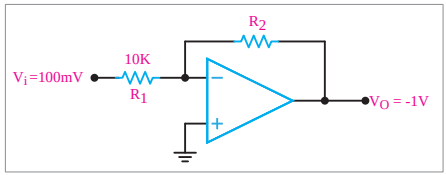
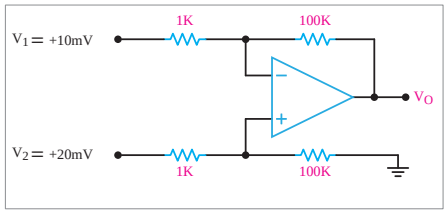
د) $V_A=0$

۲	با توجه به مدار مقابل، پاسخ دهید: الف) نام مدار ب) وظیفه D_1 , D_2 ج) ولتاژ V_A د) آرایش ترانزیستور TR_1  جواب: الف) تقویت کننده پوش پول کلاس AB ب) ترانزیستورهای T_1 و T_2 را در آستانه هدایت قرار می‌دهد. ج) $V_A = \frac{V_{CC}}{2}$ د) کلکتور مشترک
۳	روش‌های از بین بردن اعوجاج تقاطعی در تقویت‌کننده پوش پول را بنویسید و کدام روش بهترین است؟ جواب: ۱ـ پتانسیومتر ۲ـ دو عدد دیود ۳ـ رگولاتور موازی روش سوم بهترین روش است
۴	در تقویت‌کننده پوش پول استفاده از زوج دارلینگتون چه مزیتی دارد؟ جواب: بهره جریان را بالا می‌برد.

کاربردهای تقویت‌کنندهٔ عملیاتی

۱	در مدار روبه‌رو ولتاژ خروجی چند ولت است؟ جواب: V_o= -۶/۳v 
۲	یک مدار آشکارساز عبور از صفر می‌تواند موج سینوسی را به موج ..... تبدیل کند. جواب: مربعی

۳	نام مدار زیر چیست؟ و شکل موج خروجی آن را رسم کنید؟ جواب: مشتق‌گیر 
۴	با توجه به مدار مقابل، پاسخ دهید: الف) نام مدار ب) بهره تقویت‌کننده جواب: الف) تقویت‌کننده غیرمعکوس‌گر ب) A_v = ۲۶ 
۵	در مدار زیر ولتاژ خروجی چند ولت است؟ جواب: V_o= ۳۰۰mv  $V_۲ = ۶m\ V$ $V_۱ = ۳m\ V$ $R_{F۱} = R_{F۲} = ۱۰۰K\Omega$ $R_۱ = R_۲ = ۱K\Omega$

۶	در مدار روبه‌رو ولتاژ خروجی چند ولت است؟ جواب: $V_o = -18V$ 
۷	با توجه به مدار زیر، پاسخ دهید: الف) نام مدار ب) اگر شکل موج ورودی سینوسی باشد شکل خروجی را رسم کنید؟ جواب: الف) آشکارساز عبور از صفر ب) مربعی 
۸	با توجه به مدار مقابل، پاسخ دهید: الف) محاسبه مقدار R_2 ب) مقدار R_2 چقدر انتخاب شود تا مدار به بافر منفی تبدیل شود جواب: الف) $R_2 = 100k$ ب) $R_2 = 10k$ 
۹	در مدار روبه‌رو ولتاژ خروجی چند ولت است؟ جواب: $V_o = 1V$ 

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج مورد انتظار	شاخص تحقق	نمره
پودمان ۲: تحلیل مدارهای الکترونیکی	۱ـ تحلیل فنی ترانزیستورها، انواع آرایش آنها و تحلیل تقویت کننده‌های ترانزیستوری	بررسی مفاهیم و محاسبات مربوط به کاربرد ترانزیستورها و آپ امپ‌ها به عنوان تقویت کننده در مدارات الکترونیکی	بالاتر از حد انتظار	تعیین انواع بایاس ترانزیستور، منحنی مشخصه‌ها، محاسبات انواع آرایش‌های ترانزیستور تعیین میزان تقویت مدمشترک و تفاضلی، تعیین مشخصات پوش پول، تعیین خروجی آپ آمپ در کاربردهای مختلف، تحلیل Jfet و mosfet برای کار در ناحیه فعال، تعیین آرایش moseft برای کاربرد در مدارات مجتمع	۲
	۲ـتحلیل تقویت کننده‌های عملیاتی و کاربرد آنها		درحد انتظار	تعیین انواع بایاس ترانزیستور، منحنی مشخصه‌ها، محاسبات انواع آرایش‌های ترانزیستور، تعیین میزان تقویت مد مشترک و تفاضلی، تعیین مشخصات پوش پول، تعیین خروجی آپ آمپ در کاربردهای مختلف	۲
			پایین‌تر از حدانتظار	تعیین انواع بایاس ترانزیستور، منحنی مشخصه‌ها، محاسبات انواع آرایش‌های ترانزیستور، تعیین میزان تقویت مد مشترک و تفاضلی	۱
	نمره مستمر از ۵				
	نمره شایستگی پودمان				
	نمره پودمان از ۲۰				