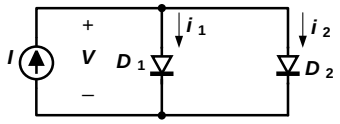
۱. با استفاده از یکسوساز نیم موج که در تمرین شماره ۳ آمده یک یکسوساز تمام موج طراحی کرده و طراحی خود را با اسپایس تایید کنید

مسایل 1-1 / 5-1 / 10-1 / 12-1 / 13-1 برای این مساله محاسبات خود را با اسپایس تایید کنید.

مسائل فصل ۱

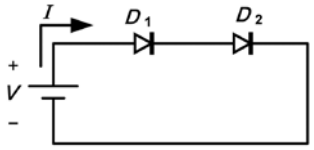
۱-۱ شکل ۱-۳۹ دو دیود موازی با جریان‌های معکوس اشباع I_{S1} و I_{S2} را نشان می‌دهد.
(الف) جریان هریک از دیودها بر حسب جریان کل ورودی، I، چقدر می‌باشد؟
(ب) نشان دهید که معادل دو دیود موازی D_1 و D_2 یک دیود معادل می‌باشد. رابطه $I-V$ دیود معادل را بدست آورید.



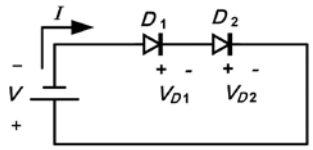
شکل ۱-۳۹

۲-۱ شکل ۱-۴۰ دو دیود سری شده با جریان‌های معکوس اشباع I_{S1} و I_{S2} را نشان می‌دهد. ثابت کنید که معادل این دو دیود سری شده نیز یک دیود با رابطه exponential می‌باشد. رابطه دیود معادل را بدست آورید.

۳-۱ اگر I_S مربوط به دیودهای D_1 و D_2 در شکل ۱-۴۱ برابر I_{S1} و I_{S2} باشد جریان مدار و ولتاژ دو سر دیودهای D_1 و D_2 یعنی V_{D1} و V_{D2} را بر حسب ولتاژ V و جریان‌های I_{S1} و I_{S2} محاسبه کنید.



شکل ۱-۴۰

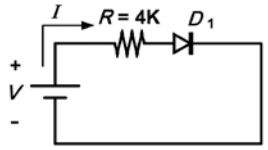


شکل ۱-۴۱

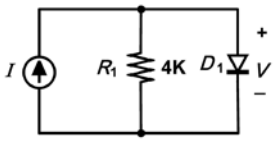
۴-۱ اگر در شکل ۱-۴۱ مقدار $I_{S1}=0.1\text{PA}$ و $I_{S2}=5\text{PA}$ بوده و $V=3\text{V}$ باشد مساله ۱-۳ را تکرار کنید.

۵-۱ در مدار شکل ۱-۴۲ مقدار $I_S=5\text{fA}$ می‌باشد، جریان مدار را به ازای مقادیری بین $V=0$ تا $V=1.5\text{V}$ بدست آورده و رسم کنید. نواحی تقریباً خطی و exponential منحنی $I-V$ را مشخص کنید و در آن بحث نمائید (می‌توانید از منحنی $I-V$ که محور I در آن لگاریتمی است هم کمک بگیرید).

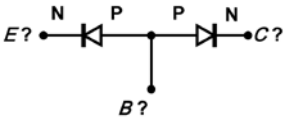
۶-۱ در مدار شکل ۱-۴۳ مقدار $I_S=5\text{fA}$ می‌باشد. ولتاژ V و جریان مقاومت R_1 را به ازای $I=0$ تا $I=1\text{mA}$ رسم کرده و در آنها بحث کنید.



شکل ۱-۴۲



شکل ۱-۴۳



شکل ۱-۴۴

۷-۱ آیا دو دیود پشت به پشت نظیر شکل ۱-۴۴ می‌تواند بصورت یک ترانزیستور NPN عمل کند؟ چرا؟

۸-۱ توضیح دهید که در یک ترانزیستور دوقطبی (bipolar) چه اتفاقی می‌افتد اگر (الف) ناخالصی بیس افزایش داده شود. (ب) عرض بیس افزایش داده شود. (ج) ناخالصی کالکتور افزایش داده شود.

۹-۱ نشان دهید که به ازای تقریباً هر 60mV افزایش ولتاژ V_{BE} ، جریان کالکتور ترانزیستور ده برابر می‌شود.

۱–۱۰ یک ترانزیستور بزرگ دارای $I_S = 10^{-12}\,\text{A}$ و ترانزیستور دیگری که کوچکتر است دارای $I_S = 10^{-15}\,\text{A}$ می‌باشد، مقدار $V_{BE}(\text{on})$ این دو ترانزیستور را در جریان $I_C = 1\text{mA}$ محاسبه و با هم مقایسه کنید.

۱–۱۱ مقدار $V_{BE}(\text{on})$ در جریان $I_C = 2\text{mA}$ برای یک ترانزیستور برابر 0.7V می‌باشد. مقدار I_S را برای این ترانزیستور حساب کنید.

۱–۱۲ رابطه I_S ترانزیستور با درجه حرارت را می‌توان با تقریب خوب به صورت $I_s = bT^{2.5}\exp(\frac{-1.120}{V_T})$ فرض کرد که در آن b یک ضریب ثابت و T درجه حرارت کلوین و V_T برحسب ولت می‌باشد. الف) اگر در درجه حرارت اتاق I_S یک ترانزیستور برابر $10^{-15}\,\text{A}$ باشد مقدار ضریب ثابت b را محاسبه کنید. ب) درجه حرارت T را از $T = 250^\circ\text{K}$ تا $T = 400^\circ\text{K}$ تغییر داده I_S را حساب کنید و از آنجا منحنی I_S بر حسب درجه حرارت را رسم کنید.

۱–۱۳ برای ترانزیستور شکل ۱–۴۵، $I_S = 10\text{fA}$ و ولتاژ اِرلی (Early voltage) خیلی بزرگ فرض می‌شود. (الف) مقدار I_C را برای $V_{BE} = 0.1, 0.2, ..., 0.7\text{V}$ محاسبه کرده و از آنجا منحنی $I_C - V_{BE}$ را رسم کنید. (ب) مقدار V_{BE} را برای هریک از جریان‌های کالکتور $I_C = 1, 2, 3\text{mA}$ بدست آورید. (ج) منحنی $I_C - V_{CE}$ را برای سه مقدار محاسبه شده V_{BE} در قسمت (ب) رسم کنید. فرض کنید که ترانزیستور برای $V_{CE} \geq 0.2\text{V}$ در ناحیه اکتیو قرار دارد.

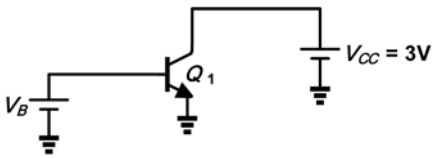
۱–۱۴ مساله ۱–۱۳ را با فرض $V_A = 30\text{V}$ تکرار کرده و نتایج را مقایسه و بحث کنید.

۱–۱۵ مساله ۱–۱۳ را با فرض $I_S = 1\text{pA}$ و $V_A = 100\text{V}$ تکرار کرده و نتایج را مقایسه و بحث کنید.

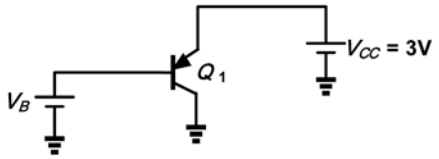
۱–۱۶ منحنی‌های $I_C - V_{BE}$ و $I_C - V_{CE}$ مربوط به مساله ۱–۱۴ را توسط SPICE رسم کنید.

۱–۱۷ اگر برای ترانزیستور شکل ۱–۴۵، $I_S = 1\text{fA}$ باشد مقدار V_B را برای آنکه $I_C = 1\text{mA}$ باشد یکبار با فرض $V_A \to \infty$ و یکبار با فرض $V_A = 30\text{V}$ محاسبه نمائید.

۱–۱۸ مساله ۱–۱۳ را برای مدار شکل ۱–۴۶ با همان مقادیر ولتاژ و جریان‌ها و با علامت مناسب تکرار کنید.



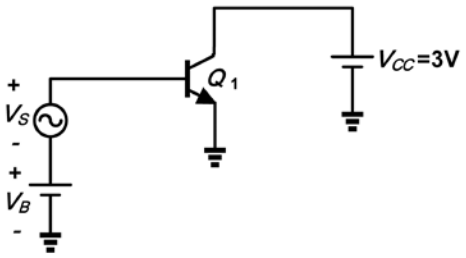
شکل ۱–۴۵



شکل ۱–۴۶

۱–۱۹ برای مدار شکل ۱–۴۶ با فرض $I_S = 1\text{fA}$ مقدار ولتاژ V_B را برای $I_C = 1\text{mA}$ یکبار با فرض $V_A \to \infty$ و یکبار با فرض $V_A = 30\text{V}$ محاسبه نموده و نتایج را مقایسه و بحث کنید.

۱–۲۰ در مدار شکل ۱–۴۷ مقدار $I_S = 10^{-15}\,\text{A}$ می‌باشد. ولتاژ V_B یک ولتاژ DC می‌باشد که با منبع ولتاژ سینوسی $V_S = \hat{V}_S \sin(\omega t)$ سری شده است. (الف) با فرض $V_S = 0$ ولتاژ V_B را برای $I_C = 1\text{mA}$ محاسبه کنید. (ب) با فرض $\hat{V}_S = 1\text{mV}$ و مقدار V_B محاسبه شده در قسمت (الف) شکل موج ولتاژ در گره بیس ترانزیستور و شکل موج جریان کالکتور را رسم کنید. شکل موج جریان کالکتور چقدر نزدیک به یک شکل موج سینوسی است؟ (ج) قسمت (ب) را برای $\hat{V}_S = 40\text{mV}$ تکرار و بحث کنید. (د) محاسبات خود را با SPICE تایید کنید.

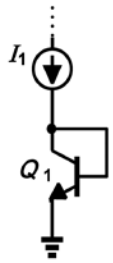


شکل ۱-۴۷

۱-۲۱ ترانزیستور شکل ۱-۴۷ دارای $\beta = 100$ و $V_A = 100\text{V}$ می‌باشد.
(الف) با فرض $I_C = 1\text{mA}$ مدل $h-\pi$ ترانزیستور را بدست آورید.
(ب) با استفاده از مدل $h-\pi$ که در قسمت (الف) بدست آمده شکل موج جریان AC کالکتور را برای موج سینوسی ورودی با دامنه‌های 40mV و $\hat{V}_S = 1\text{mV}$ بدست آورید و با نتایج مساله ۱-۲۰ مقایسه و بحث کنید.

۱-۲۲ پارامترهای مدل $h-\pi$ یک ترانزیستور با $\beta = 100$ و $V_A = 100\text{V}$ را در جریان‌های $I_C = 10\mu\text{A}, 0.1\text{mA}, 1\text{mA}, 10\text{mA}$ بدست آورده، در یک جدول بنویسید و آنها را با هم مقایسه کنید.

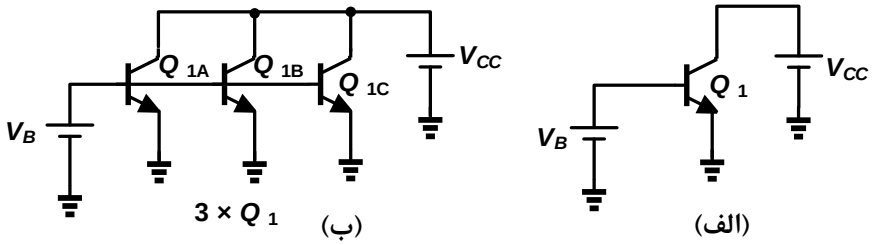
۱-۲۳ در مدار شکل ۱-۴۸، بیس مربوط به ترانزیستور Q_1 به کالکتور آن وصل شده است. به ترانزیستور با این نوع اتصال، ترانزیستور با اتصال دیودی (diode connected) می‌گوئیم. این ترانزیستور توسط یک منبع جریان ایده آل I_1 تغذیه می‌شود. (الف) ناحیه کار (اشباع، اکتیو یا قطع) ترانزیستور Q_1 چه می‌باشد؟ (ب) جریان کالکتور Q_1 را بر حسب β و I_1 محاسبه کنید. (ج) رابطه $I-V$ را برای ترانزیستور Q_1 نوشته و نشان دهید که Q_1 نظیر یک دیود عمل می‌کند. (د) مدل سیگنال کوچک را برای Q_1 بدست آورید. (هـ) با فرض $I_1 = 1\text{mA}$، $\beta = 100$ و $I_s = 10^{-15}\text{A}$ قسمت‌های (ب) و ج) را تکرار کنید.



شکل ۱-۴۸

۱-۲۴ برای مساله ۱-۲۳، شکل مدار را وقتی Q_1 از نوع PNP است رسم کرده و مساله را تکرار کنید.

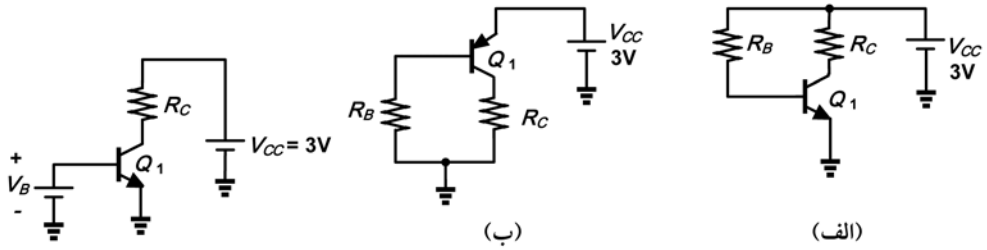
۱-۲۵ در مدار شکل ۱-۴۹(الف) مقدار I_S ترانزیستور برابر $5\times10^{-12}\text{A}$ و $\beta = 100$ می‌باشد. (الف) مقدار V_B را برای آنکه $I_C = 0.1\text{mA}$ باشد محاسبه کنید. (ب) مدار معادل $h-\pi$ را برای Q_1 بدست آورید. (ج) اگر هر سه ترانزیستور در شکل ۱-۴۹(ب) معادل Q_1 باشند و V_B همان مقدار محاسبه شده در قسمت (الف) را داشته باشد مدار معادل $h-\pi$ هر ترانزیستور و مدار حاصل از موازی کردن آن‌ها را بدست آورید. (د) مقدار V_B در شکل ۱-۴۹(ب) برای آنکه مدار معادل $h-\pi$ حاصل همان مدار معادل $h-\pi$ مدار شکل ۱-۴۹(الف) باشد را محاسبه کنید.



شکل ۱-۴۹

۱-۲۶ در مدار شکل ۱-۵۰ با فرض $I_S = 10^{-15}\text{A}$، الف) مقدار V_B را چنان محاسبه کنید که جریان کالکتور برابر 1mA باشد. (ب) مقدار ولتاژ کالکتور را به ازای $R_c = 2\text{K}\Omega$ محاسبه نمائید. (ج) اگر در مرز ناحیه اشباع مقدار V_{CE} برابر $V_{CE}(\text{sat}) = 0.2\text{V}$ باشد مقدار R_c برای آنکه Q_1 در مرز اشباع قرار گیرد را محاسبه کنید. (د) محاسبات خود را با SPICE تائید کنید.

۱-۲۷ برای مدارهای شکل ۱-۵۱ با فرض $|V_{BE}| = 0.7\text{V}$ و $\beta = 100$، (الف) مقدار R_B را برای آنکه $I_C = 1\text{mA}$ باشد محاسبه کنید. (ب) اگر $R_c = 2\text{K}$ و $|V_{CE}(\text{sat})| = 0.2\text{V}$ باشد مقدار R_B را برای آنکه ترانزیستور در مرز اشباع قرار گیرد حساب کنید.



شکل ۱-۵۱ **شکل ۱-۵۰**

۱-۲۸ قسمت‌های (الف) و (ب) مساله ۱-۲۷ را با فرض $\beta = 100$ و $I_S = 5\times10^{-15}\text{A}$ برای مدارهای شکل ۱-۵۱ تکرار کنید.

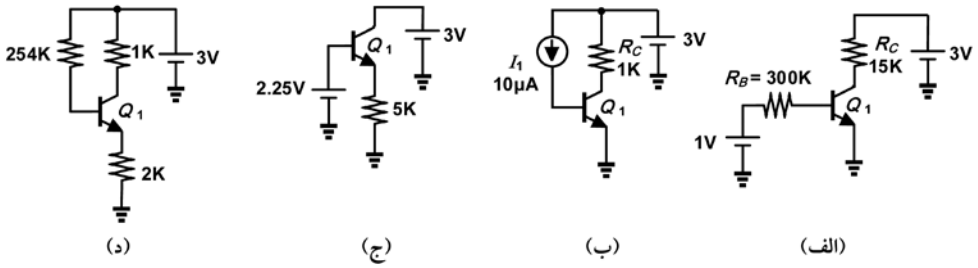
۱-۲۹ برای مدار شکل ۱-۵۲، $I_S = 1\text{fA}$ و $\beta = 100$ می‌باشد، مقدار V_B را برای آنکه $I_C = 1\text{mA}$ باشد به ازای $R_B = 0{,}1\text{K}, 10\text{K}, 100\text{K}$ حساب کنید.

۱-۳۰ برای مدار شکل ۱-۵۲ اگر $I_S = 1\text{fA}$ و $\beta = 100$ باشد مقدار جریان بایاس کالکتور I_C را برای $V_B = 0.9\text{V}$ و $R_B = 30\text{K}$ محاسبه کنید.

۱-۳۱ برای مدار شکل ۱-۵۳ با فرض $I_S = 1\text{fA}$ و $\beta = 100$ مقدار V_B را برای آنکه $I_C = 0.5\text{mA}$ باشد محاسبه کنید.

شکل ۱-۵۲ **شکل ۱-۵۳**

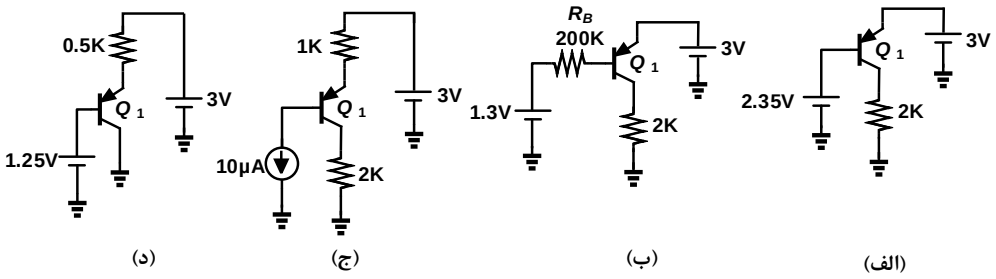
۱-۳۲ برای مدارهای شکل ۱-۵۴، $I_S = 10^{-16}\text{A}$ و $\beta = 100$ می‌باشد. (الف) نقطه کار ترانزیستورها (یعنی مقدار I_C و V_{CE}) را محاسبه کنید. (ب) پس از محاسبه نقطه کار با فرض $V_A = 30\text{V}$ مدل $\text{h}-\pi$ را برای ترانزیستورهای هر مدار بدست آورید.



شکل ۱-۵۴

۱-۳۳ مساله ۱-۳۲ را برای مدارهای شکل ۱-۵۵ با فرض $I_S = 5\text{fA}$ و $\beta = 50$ تکرار کنید.

۱-۳۴ (الف) مدار شکل ۱-۵۵(الف) از مساله ۱-۳۳ را در نظر بگیرید و جریان کالکتور را یکبار برای $V_T = 0.025\text{V}$ و یکبار برای مقدار دقیق‌تر $V_T = 0.0259\text{V}$ محاسبه و با هم مقایسه کنید. ب) قسمت (الف) را برای مدار شکل ۱-۵۵(ب) از مساله ۱-۳۳ تکرار کنید. (ج) چرا نتایج مدار اول برای دو مقدار V_T تا این حد متفاوت بوده ولی برای مدار دوم خیلی نزدیک به هم می‌باشند؟



شکل ۱-۵۵