۱)

<1

$$i_o(t) = I_E \tanh\left(\frac{V_1}{2V_T}\right)\tanh\left(\frac{V_2}{2V_T}\right)$$

$$i_o(t) = 1\text{mA}\tanh\left(\underbrace{\frac{1\cos 2\pi\times10^7 t}{2\times 26\text{mV}}}_{x}\right)\tanh\left(\boxed{\frac{10\text{mV}\, f(t)}{26\text{mV}}}\right)$$

$$i_o(t) \simeq 1\text{mA}\left(2\sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1}(x)\cos\left(2\pi(2n-1)\times10^7 t\right)\right)\frac{10}{26} f(t)$$

$x = 38.4$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2\pi\times10^7 \text{ rad/sec}$$

$n = 1$ هارمونی اصلی کاریر ورودی از فیلتر عبور می‌کنه

$$V_{out}(t) = \underset{\text{هارمونی اصلی}}{i_o(t)} \cdot R_L \simeq 2a_1(x)\cos(2\pi\times10^7 t)\times\frac{10}{26} f(t)$$

منحنی‌ها ۰.۶ ↑

$$V_{out}(t) = 0.4615\, f(t)\cos(2\pi\times10^7 t)$$

مدولاسیون DSB

(٢

$$v_o(t) = \alpha I_{Eo}\{1 + m f(t)\}\, a_3(x) R_L \cos 3\omega_o t$$

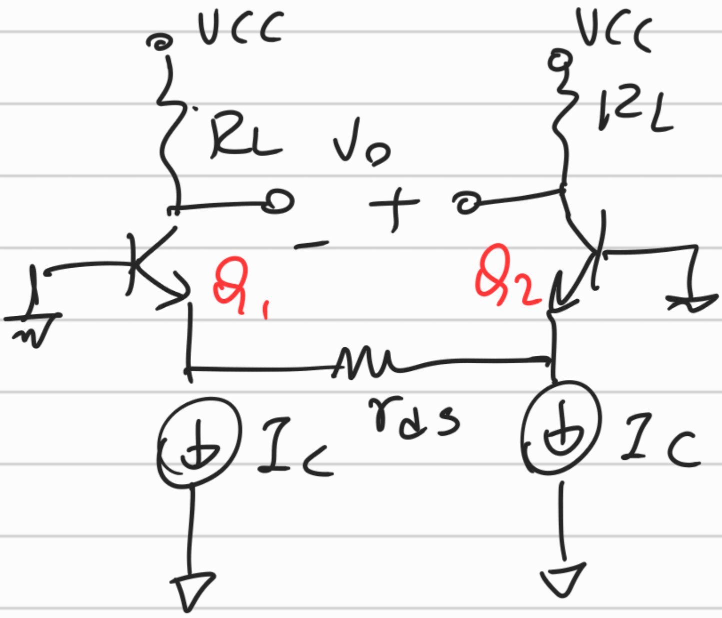
$$I_E(t) = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{(2-\alpha)R_B} + \frac{V_m f(t)}{(2-\alpha)R_B}$$

$$I_E(t) = \underbrace{\frac{V_{EE} - V_{BE}}{(2-\alpha)R_B}}_{I_{Eo}}\left[1 + \underbrace{\frac{V_m f(t)}{V_{EE} - V_{BE}}}_{m}\right]$$

$$x = \frac{V_1}{V_T}$$

$$v_o(t) = \alpha\, \frac{V_{EE} - V_{BE}}{(2-\alpha)R_B}\left[1 + \frac{V_m \quad f(t)}{V_{EE} - V_{BE}}\right] a_3\left(\frac{V_1}{V_T}\right) R_L \cos 3\omega_o t$$

۳)



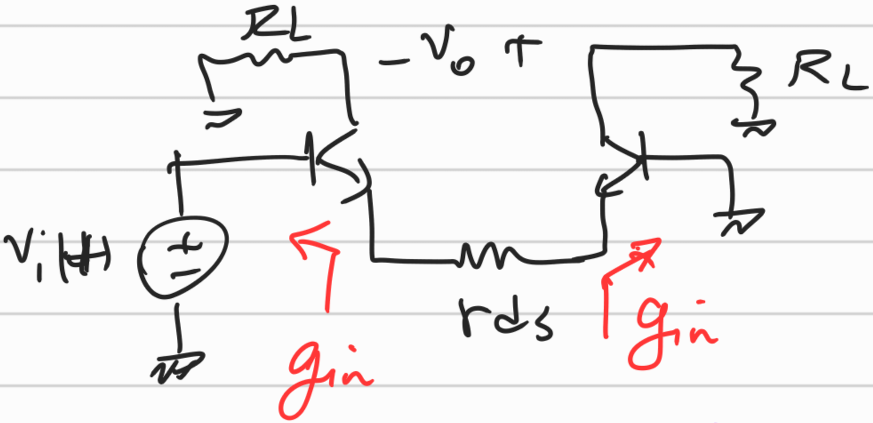
بررسی از لحاظ DC

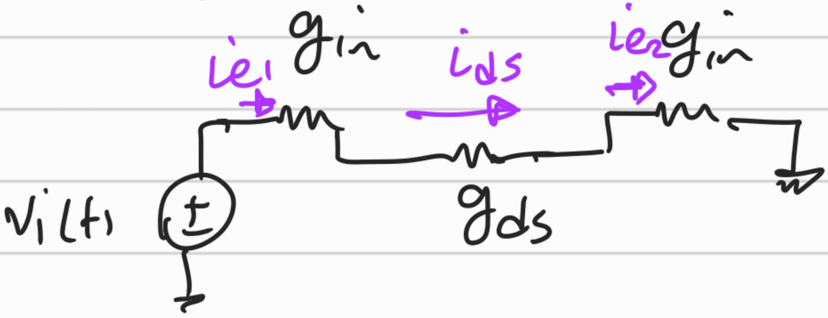
بدلیل تقارن جریان نقطه کار

Q1 و Q2 برابر Ic است.

$$g_{ds} = \frac{2I_{DSS}}{V_P}\left[\frac{V_2(t)}{V_P}\right]$$

هدایت درین سورس





$$i_{e2} = \frac{v_i}{2g_{in}+g_{ds}} = \frac{v_i}{2g_{in}\left(1+\frac{g_{ds}}{2g_{in}}\right)}$$

$g_{ds} \ll g_{in}$ مطابق صورت مسئله

از بسط $\frac{1}{1+x}$ استفاده می‌کنیم

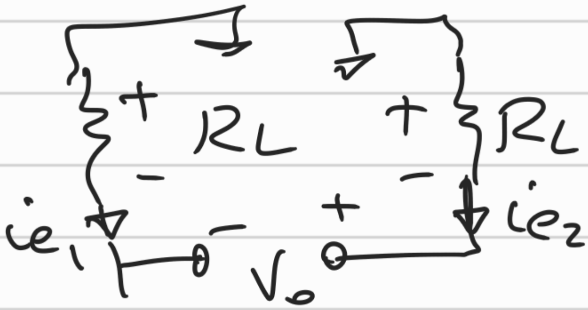
$$\frac{1}{1+x} \simeq 1 - x + x^2 - x^3 + \cdots \qquad x << 1$$

$$i_{e2} = \frac{v_i}{2g_{in}}\left(1 - \frac{g_{ds}}{2g_{in}} + \underbrace{\left(\frac{g_{ds}}{2g_{in}}\right)^2 + \cdots}_{\text{صرفنظر بدلیل کوچکی}}\right)$$

$$i_{e2} \simeq \frac{v_i}{2g_{in}}\left(1 - \frac{g_{ds}}{2g_{in}}\right)$$

$$i_{e1} = -i_{e2}$$

$$V_o(t) = R_L(i_{e1} - i_{e2})$$



$$V_o(t) = \frac{V_i}{g_{in}} R_L \left(1 - \frac{g_{ds}}{2g_{in}}\right)$$

$$V_o(t) = \frac{V_1 R_L}{g_{in}}\left(1 - \frac{2I_{DSS} V_2(t)}{2V_P^2 g_{in}}\right)\cos\omega_0 t$$

$$in = g_m = \frac{I_c}{V_T}$$

مطابق رابطه بدست آمده مدار یک

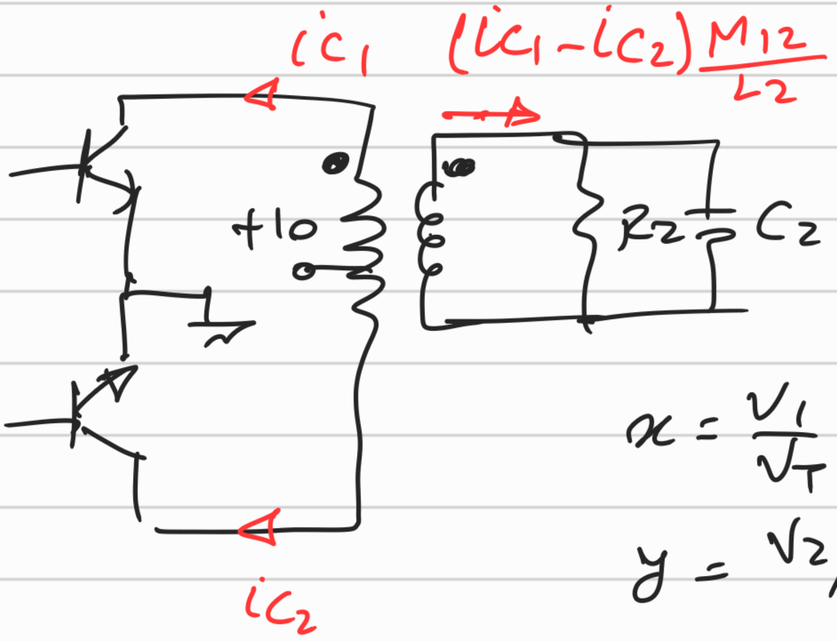
مدولاتور AM است.

$$i_{E_1}(t) = I_{ES}\, e^{v_{BE1}/V_T} \qquad v_{BE_1} = v_2 + v_1$$

$$i_{E_2}(t) = I_{ES}\, e^{v_{BE2}/V_T} \qquad v_{BE_2} = V_2 - V_1$$

$$i_{E_1}(t) = I_{ES}\, e^{\frac{V_2}{V_T}\cos 10^4 t} \cdot e^{V_1/V_T \cos 10^7 t}$$

$$i_{E_2}(t) = I_{ES}\, e^{-\frac{V_2}{V_T}\cos 10^4 t} \cdot e^{V_1/V_T \cos 10^7 t}$$



$x = \frac{V_1}{V_T}$ نرمالیزه شده کاریر

$y = V_2/V_T$ نرمالیزه شده پیام

$$i_{C_1} - i_{C_2} = \alpha\,(i_{E_1} - i_{E_2}) =$$

$$= \alpha I_{ES}\Big[\big(I_0(y) + 2\sum I_n(y)\cos n 10^4 t\big)\big(I_0(x) + 2\sum I_m(x)\cos m x 10^7 t\big)$$

$$- \big(I_0(-y) + 2\sum I_n(-y)\cos n x 10^4 t\big)\big(I_0(x) + 2\sum I_m(x)\cos m x 10^7 t\big)$$

$$y = \frac{10\,mV}{26\,mV} = 0.3846 \longrightarrow I_0(y) = 1$$ (فصل مشترک‌ها)

کوچک

$$I_1(y) = y/2$$

به دلیل کوچک بودن $I_n(y)$ برای $n \geq 2$ از آن صرف‌نظر می‌شود.

$$i_{C_1} - i_{C_2} = \alpha I_{ES}\Big\{(1+y)\big(I_0(x) + 2\sum I_m(x)\cos m\times 10^7 t\big) - (1-y)\big(I_0(x) + 2\sum I_m(x)\cos \times 10^7 t\big)$$

$$i_{C_1} - i_{C_2} = 2\alpha I_{ES}\, y\Big(I_0(x) + 2\sum_{m=1}^{\infty} I_m(x)\cos m\times 10^7 t\Big)$$

مدار تشدید خروجی

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_2}} = 5\times 10^7$$

سپس هارمونی پنجم کاریر در خروجی ظاهر می‌شود.

$$V_0(t) = R_2\,(i_{C_1} - i_{C_2})\,\boxed{\frac{M_{12}}{L_2}}$$

$$\updownarrow$$

$$V_0(t) = 200\,\Omega \times 2\times 10^{-4}\,A \times 0.3846 \times \cos(10^7 t) \times 2 I_5(12)\cos 5\times 10^7 t) \times \boxed{3.16}$$

I_{ES} ↗ y ↗

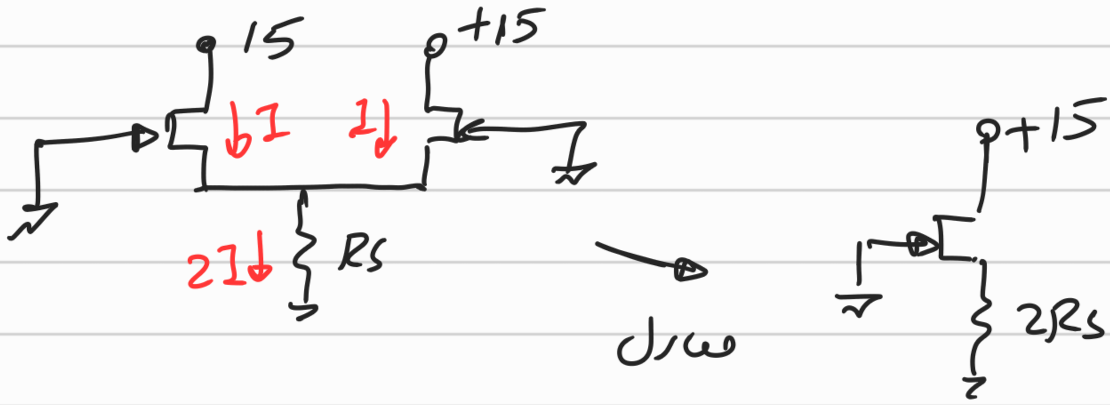
پیام ↑

$$x = \frac{V_1}{V_T} = \frac{312}{26} = 12$$

یک مدولاتور DSB داریم.

$I_0(x)$ از فیلتر LC عبور می‌کند.

(۸



$$I = I_{DSS}\left(1-\frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 = 10\left(1-\frac{-2R_SI}{-10}\right)^2$$

$V_{GS}=-5$

$I=2.5mA$

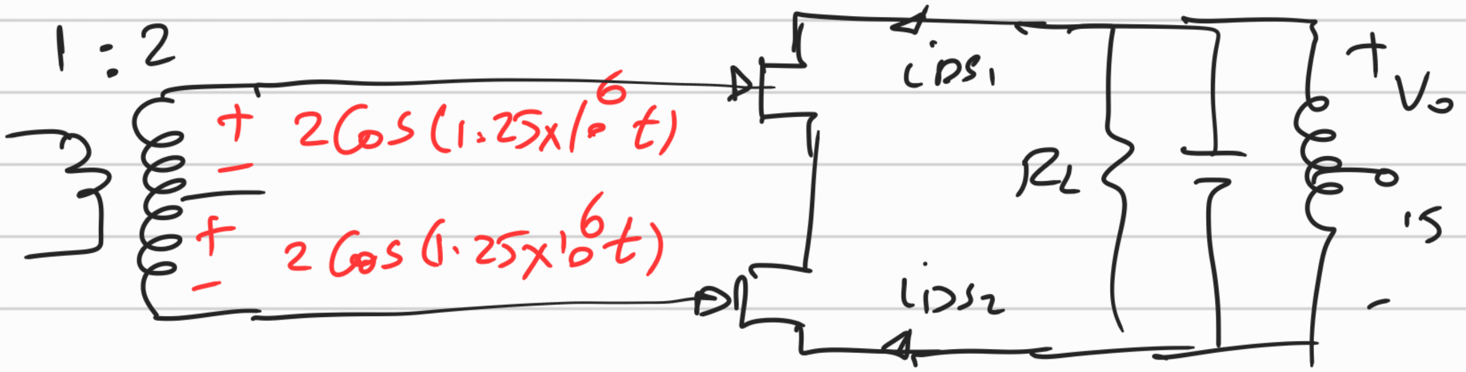
$V_{GS}=-2R_SI$

$-5=-2\times R_S(2.5)$

$\downarrow$

$R_S=1k\Omega$

$$v_s(t)=4mA\cos(10^8t)\times1.2k\Omega=4.8\cos(10^8t)$$



$$v_o(t)=(i_{DS2}-i_{D1})R_L$$

در فرکانس شده

$$i_{DS1}=I_{DSS}\left(1-\frac{2\cos(1.25\times10^6t)-(5+4.8\cos10^8t)}{V_P}\right)^2$$

$$i_{DS1}=I_{DSS}\left(1+\frac{5}{-10}-\frac{2\cos(1.25\times10^6t)-4.8\cos10^8t}{-10}\right)^2$$

$$i_{DS_1} = 2.5\,mA\,(0.25 + 0.04\cos^2(1.25\times 10^6 t) + 0.23\cos^2(10^8 t) - 0.2\cos(1.25\times 10^6 t) + 0.48\cos(10^8 t) - 1.92\cos(1.25\times 10^6)\cos(10^8$$

$$i_{DS_2} = 2.5(0.25 + 0.04\cos^2(1.25\times 10^6 t) + 0.23\cos^2(10^8 t) + 0.2\cos(1.25\times 10^6 t) + 0.48\cos(10^8 t + 1.92\cos(1.25\times 10^6)\cos 10^8 t$$

$$i_{DS_2} - i_{DS_1} = 2.5\times 2\times 0.2\cos(1.25\times 10^6 t) + 2.5\times 2\times 4.8\cos(1.25\times 10^6 t)\cos(10^8 t)$$

بخش گذرنده از فیلتر LC طبق روش است

$$V_o(t) = 2.5\times 2\times 4.8\times 4k\Omega\,\underbrace{\cos(1.25\times 10^6 t)}_{\text{پیام}}\underbrace{\cos(10^8 t)}_{\text{کاریر}}$$

مدولیشن DSB