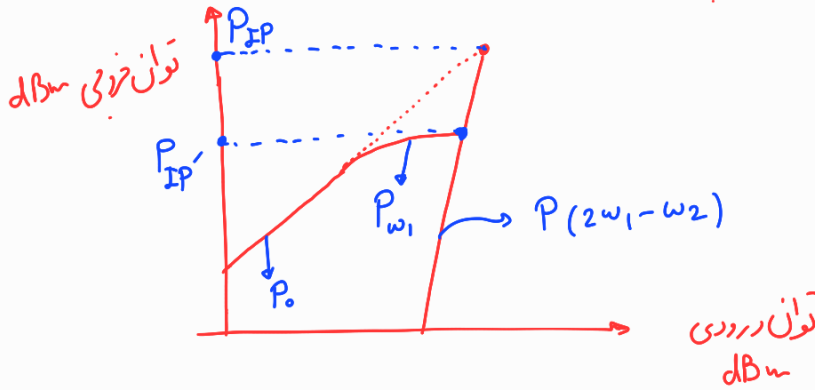


اشاره به حضور سیگنال در انتزاع اولامین بر سه  $(2\omega_1 - \omega_2)$  و  $(2\omega_2 - \omega_1)$  به راحتی نمی توان فیلتر حذف کرد.

نکته: اصل  $\omega_1$  باشد.



IP = Intercept Point

$$P_0 = 10 \log \left( \left( \frac{k_1 A}{\sqrt{2}} \right)^2 \frac{10^3}{R} \right) \text{ dBm}$$

$$P_{\omega_1} = 10 \log \left( \left( \frac{k_1 A + \frac{3}{4} k_3 A^3}{\sqrt{2}} \right)^2 \frac{10^3}{R} \right) \text{ dBm}$$

$$P_{(2\omega_1 - \omega_2)} = 10 \log \left( \left( \frac{\frac{3}{4} k_3 A^3}{\sqrt{2}} \right)^2 \frac{10^3}{R} \right) \text{ dBm}$$

$$P_0 = P_{IP} \quad \text{if } P_0 = P_{(2\omega_1 - \omega_2)} \Rightarrow A^2 @ P_{IP} = \frac{4}{3} \frac{k_1}{|k_3|}$$

$$\Rightarrow P_{IP} = 10 \log \left( \frac{2}{3} \frac{k_1^3}{|k_3|} \frac{10^3}{R} \right) \text{ dBm}$$

$$\text{if } R = 50 \Omega \Rightarrow P_{IP} = 10 \log \frac{k_1^3}{|k_3|} + 11.25 \text{ dBm}$$

$$A^2 @ P_{IP'} = \frac{2}{3} \frac{k_1}{|k_3|} \Rightarrow P_{IP'} = 10 \log \frac{1}{12} \frac{k_1^3}{|k_3|} \frac{10^3}{R} = P_{IP} - 9 \text{ dBm}$$

$$\Rightarrow P_{IP} = P_{1dB} + 10.63$$

$$P_{(2\omega_1 - \omega_2)} = 3P_0 - 2P_{IP} \quad \checkmark$$

در سطح توان پایین داریم  $P_{\omega_1} \approx P_0$

$$\Rightarrow P_{(2\omega_1 - \omega_2)} \approx 3P_{\omega_1} - 2P_{IP}$$

مثال: یک دردمانه با مشخصه تبدیل زیر در نظر بگیرید ( $R = 50 \Omega$ )

$$e_o = 15e_i - 2e_i^3$$

اگر برای این دردمانه داشته باشیم

$$P_{IP} = 43.52 \text{ dBm}$$

$$P_{w_1} = -10 \text{ dBm}$$

$$P_{dB} = 32.89 \text{ dBm}$$

مطلوبت ما به توان تم اثر میلایون رتبه سوم در خروجی در دهانه!

باقیه بماند  $P_{w_1}$  حدود  $42 \text{ dBm}$  از  $P_{dB}$  کمتر باشد در سطح پایین توان فرکانس در می توان از فرکانس فوق استاندارد در

$$P_{(2\omega_1 - \omega_2)} = 3P_{w_1} - 2P_{IP} = -117 \text{ dBm}$$

- رنج دینامیکی:

قابلیت پردازش سیگنال یک گیرنده جانبی توسط سطح نویز به عنوان حدی است که رانج دینامیکی را تعیین می کند. این رنج را رنج دینامیکی گیرنده جانبی گویند.

$$N_o = K T_o B G F \text{ watt}$$

$$B = \frac{1}{G} \int_{-\infty}^{\infty} G_f(f) df$$

$G_f(f)$  بهره در دهانه و  $G$  ضریب همبستگی آن می باشد.

$$\Rightarrow N_o = -174 \text{ dBm} + 10 \log B + G(\text{dB}) + F(\text{dB})$$

$$P_{w_1} - P_{(2\omega_1 - \omega_2)} = \frac{2}{3} (P_{IP} - P_{(2\omega_2 - \omega_1)})$$

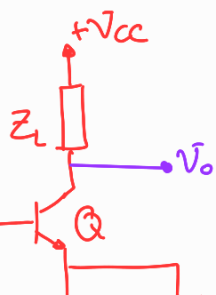
$$DR^{(\text{dB})} = \frac{2}{3} [P_{IP} + 174 - 10 \log B - G - F]$$

BJT در مدارهای زیر استفاده می گردد:

- ۱- تقویت کننده های باند وسیع و باند باریک
- ۲- ضرب کننده های فرکانس و مخلوط کننده ها
- ۳- امپدانسورها

- بررسی عملکرد غیر خطی BJT:

- معرفی مدار بسیار ساده تقویت کننده:





$$\begin{cases} I_C \approx I_E = I_{Es} e^{\frac{V_{be}}{V_T}} \\ V_T = \frac{KT}{q} \approx 25 - 26 \text{ mV} \end{cases}$$

$$I_{RB} = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_B} \Rightarrow I_{RB} = I_{E3} + (1 - \alpha) I_{E2} \Rightarrow I_{E2} = \frac{V_{EE} - 0.7}{(2 - \alpha) R_B} \approx \frac{V_{EE} - 0.7}{R_B}$$

$$\Rightarrow I_{C2} = \alpha I_{E2} = \frac{V_{EE} - 0.7}{R_B}$$

$V_{BE} \text{ (mV)}$	$I_C \text{ (}\mu\text{A)}$
700	0.1
760	1
820	10
880	100

$$I_C = I_{Es} e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

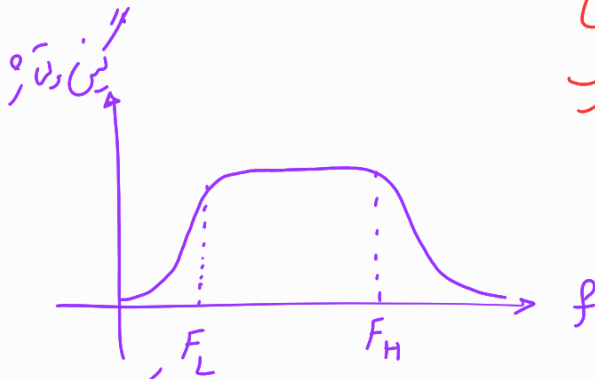
$2 \times 10^{-16} \text{ A}$  برای سیلیکون

انواع تقویت کننده ها:

- 1- تقویت کننده باند وسیع
- 2- تقویت کننده باند باریک

$$B.W. = \frac{F_H - F_L}{f_o}$$

$$f_o = \sqrt{F_H \cdot F_L}$$

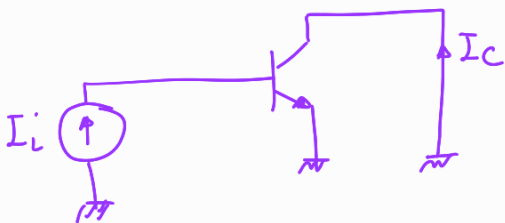


$$\text{if } B.W. > 10 \sim 20\%$$

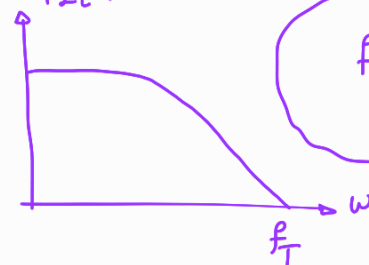
تقویت کننده باند وسیع

$$\text{if } B.W. < 10 \sim 20\%$$

تقویت کننده باند باریک



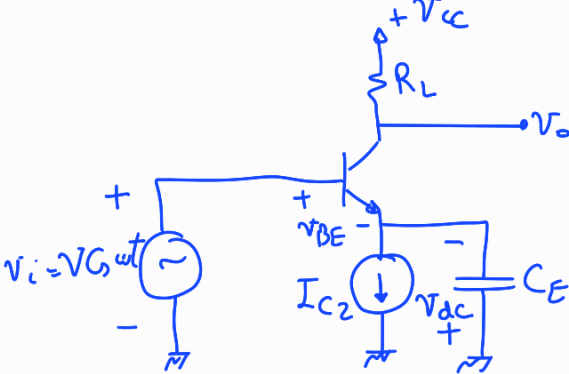
$$\left| \frac{I_c}{I_i} \right| = |A_i|$$



$$f_T = \frac{g_m}{2\pi(C_{\pi} + C_{\mu})}$$

- تقویت کننده های باند وسیع ( $Z_L = R_L$ )

در صورتی که ولتاژ ورودی را به صورت سینوسی در نظر بگیریم:



$$I_C = I_{ES} e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} \quad \left. \begin{array}{l} V_{BE} = V_i + V_{dc} \\ V_{BE} = V_{dc} \cos \omega t + V_{dc} \end{array} \right\} \Rightarrow I_C = I_{ES} e^{\frac{V_i + V_{dc}}{V_T}} = I_{ES} e^{\frac{V_{dc} \cos \omega t}{V_T} + \frac{V_{dc}}{V_T}}$$

$x$ : ولتاژ ورودی را به صورت سینوسی در نظر بگیریم

$$\Rightarrow I_C = I_{ES} e^{\frac{V_{dc}}{V_T}} \cdot e^{x \cos \omega t}$$

$$e^{x \cos \omega t} = I_0(x) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} I_n(x) \cos n \omega t$$

$I_n(x)$ : ضرایب بسط تیلور از  $e^{x \cos \omega t}$  در  $x=0$  می باشد.  
ویژگیهای  $I_n(x)$ :

1)  $I_n(0) = 1$

2)  $\text{if } x > 0 \Rightarrow I_n(x) > 0$

3)  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{I_n(x)}{I_0(x)} = \frac{x^n}{n!}$

$$\Rightarrow I_C = I_{ES} e^{\frac{V_{dc}}{V_T}} \left[ I_0(x) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} I_n(x) \cos n \omega t \right] = \underbrace{I_{ES} I_0(x) e^{\frac{V_{dc}}{V_T}}}_{I_{C2}} \left[ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{I_n(x)}{I_0(x)} \cos n \omega t \right]$$

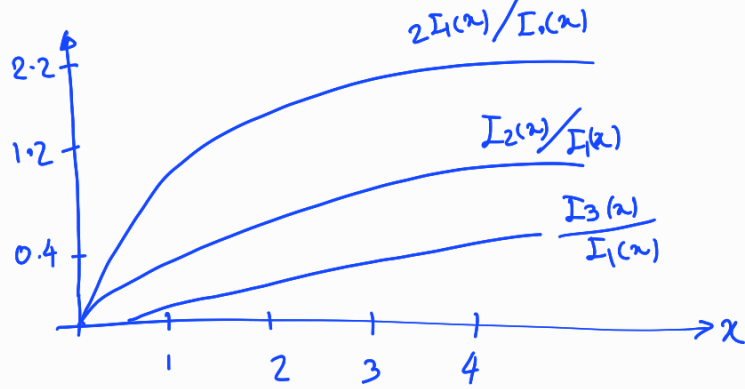
میانگین  $\bar{I}_C = I_{ES} e^{\frac{V_{dc}}{V_T}} I_0(x) = I_{C2}$

$$\Rightarrow V_{dc} = V_T \ln \frac{I_{C2}}{I_{ES} I_0(x)} = V_T \ln \frac{I_{C2}}{I_{ES}} - V_T \ln I_0(x)$$

if  $V_i = 0 \Rightarrow V_{BEQ} = V_{dcQ} = V_T \ln \frac{I_{C2}}{I_{ES}} \Rightarrow V_{dc} = V_{dcQ} - V_T \ln I_0(x)$

if  $V_i \neq 0 \Rightarrow V_{BE} = V_{dc}$

$x$	$\ln I_0(x)$	$2 \frac{I_1(x)}{I_0(x)}$	$\frac{I_2(x)}{I_1(x)}$
0	0	0	0
0.5	0.062	0.485	0.124
1	0.236	0.893	0.24
2	0.823	1.396	0.433
5	3.30	1.787	0.719
10	7.93	1.897	0.854
20	17.6	1.949	0.926



$$V_o(t) = V_{cc} - R_L I_C = V_{cc} - R_L I_{C2} \left( 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{I_n(x)}{I_0(x)} \cos n\omega t \right) = V_{ce} - \sum_{k=1}^{\infty} V_{ok} \cos k\omega t$$

$$V_{ok} = 2R_L I_C \frac{I_k(x)}{I_0(x)}$$

اعوجاج هارمونيك

$$THD = \sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} \left( \frac{V_{ok}}{V_{o1}} \right)^2} \Rightarrow THD = \sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} \left( \frac{I_k(x)}{I_1(x)} \right)^2}$$