



الکترونیک (۳)

فصل پنجم

تقویت کننده های باند باریک

استاد درس: دکتر رحمتی

<http://ee.iust.ac.ir/rahmati/>

آدرس Email و Website برای تکالیف و...:

rahmati@iust.ac.ir

<http://eel.iust.ac.ir/rahmati/>

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

1



Chapter five

Tuned Amplifiers

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

2



- تقویت کننده های باند باریک در گیرنده های رادیویی کاربرد دارند.

- فرکانس کار تقویت کننده های باند باریک از پهنای باند آن ها خیلی بیشتر است.

- تقویت کننده های باند باریک دارای مدار تیون یا رزونانس می باشند ، مدار RLC می تواند این نوع فیلترینگ را انجام دهد.

$$Q = \frac{2\pi \times (\text{حداکثر انرژی ذخیره شده})}{\text{انرژی تلف شده در یک دوره تناوب}}$$

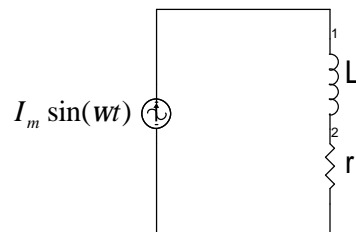
- Q برای مدارات با قابلیت نوسان تعریف می شود.

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

3



- ۲: نشان دهنده کلیه تلفات سلف (اهمی یا الکترومغناطیسی) است.

$$Q_L = 2p \times \frac{\text{Max. Stored Energy}}{\text{Energy Loss in T}} = 2p \frac{\frac{1}{2} L I_m^2}{r I_{rms}^2 T} = \frac{Lw}{r}$$

- Q_L سلف با w رابطه خطی دارد.

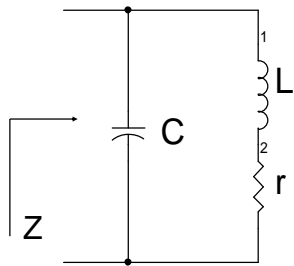
- سلف ها را برای مدار خاص و فرکانس کار مشخصی طراحی می کنند، در این مدارات w معلوم است و Q مدارات را مقایسه می کنند.

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

4



$$Z = \frac{-jx_C(r + jx_L)}{r + j(x_L - x_C)}$$

$$Z = \frac{x_C(r^2 + x_L^2)}{rx_C + j(r^2 - x_Lx_C + x_L^2)}$$

• فرکانس رزونانس :

فرکانسی که امپدانس Z مولفه موهومی ندارد.

$$(r^2 - x_Lx_C + x_L^2) = 0 \Rightarrow \frac{X_C}{X_L} = (1 + \frac{1}{Q^2})$$

$$f_r = \frac{1}{2p\sqrt{LC(1 + \frac{1}{Q_L^2})}}$$

فرکانس رزونانس مدار:

1/2/2006

تقویت کننده های باند باریک

5

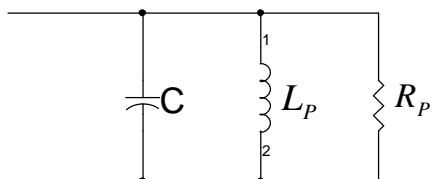


$$Q_L \gg 1 \Rightarrow f_r \cong \frac{1}{2p\sqrt{LC}}$$

$$Z|_{f=f_r} = r(1 + Q_L^2) = R_P$$

در سلف ایده آل: $R_P \rightarrow \infty$

- در فرکانس f_r مدار با مدار زیر معادل است.
- در فرکانس های نزدیک هم با تقریب خوبی برابرند.
- اما در فرکانس ها دور از (مثلا $f=0$) تفاوت زیادی وجود دارد.



$$L_P = L(1 + \frac{1}{Q_L^2})$$

1/2/2006

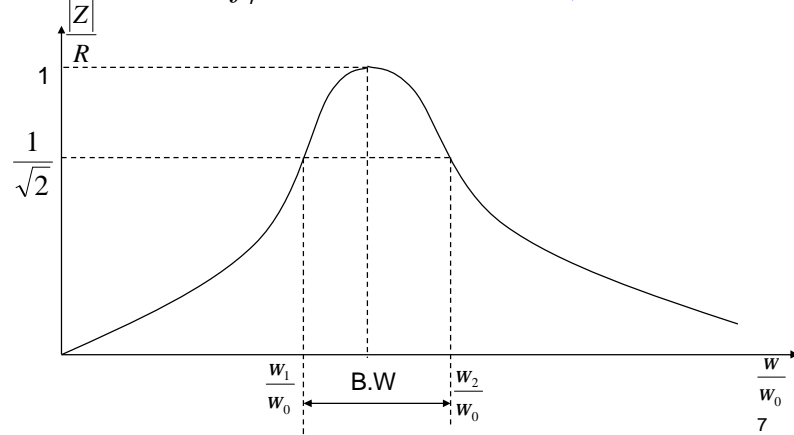
درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

6

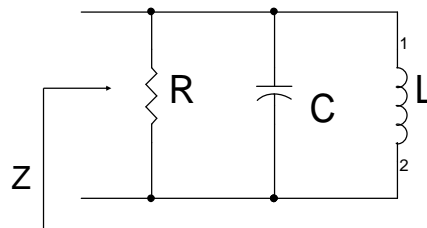


- اگر C ایده آل نبود ، مقاومتی هم با C موازی میشود که با R_p موازی شده و ادغام می شوند.
- هر L و C غیر ایده آل را می توان به یک RLC ایده آل تبدیل کرد (RLC غیر ایده آل را می توان در f_r با RLC ایده آل معادل قرارداد.) [در فرکانس های نزدیک f_r تقریباً معادلند.]



$$w_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad B.W = \frac{1}{RC}$$

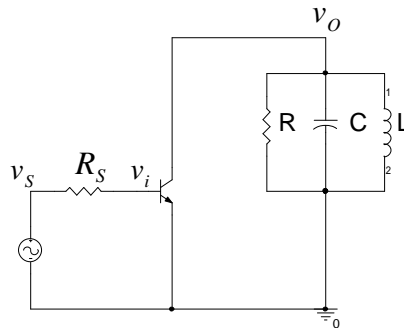
- با افزایش R، پهنای باند کاهش می یابد و این حالت مطلوب است، افزایش R، Q را زیاد می کند.
- مدار هیچ وقت (حتی با خازن ایده آل) از Q سلف بیشتر نخواهد شد.



بنا بر این از این به بعد فرض می کنیم با مدار RLC ایده آل سروکار داریم.



- مدار Tune می تواند در ورودی یا خروجی تقویت کننده قرار گیرد.



- می توان فرض کرد در فرکانس های f_c خازن های داخلی ترانزیستور باز هستند.

فرکانس f_c

✓ رادیو AM: 455kHz	}	فرکانس f_c
✓ رادیو FM: 10.7MHz		
✓ صوت تلویزیون: 33.4MHz		
✓ تصویر تلویزیون: 38.9MHz		

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

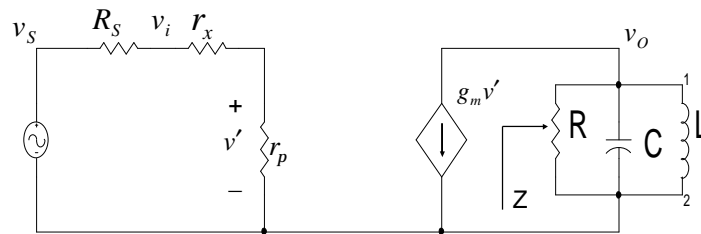
تقویت کننده های باند باریک

9



- تقویت کننده تیون فرکانس f_c (فرکانس میانی) را تقویت می کند.

- با صرف نظر از r_m و خازن ها خواهیم داشت:



$$v_o = -g_m Z v' = -g_m Z \frac{r_p}{r_x + r_x + R_S} v_s$$

$$A_v = \frac{-g_m r_p Z}{h_{ie} + R_S}$$

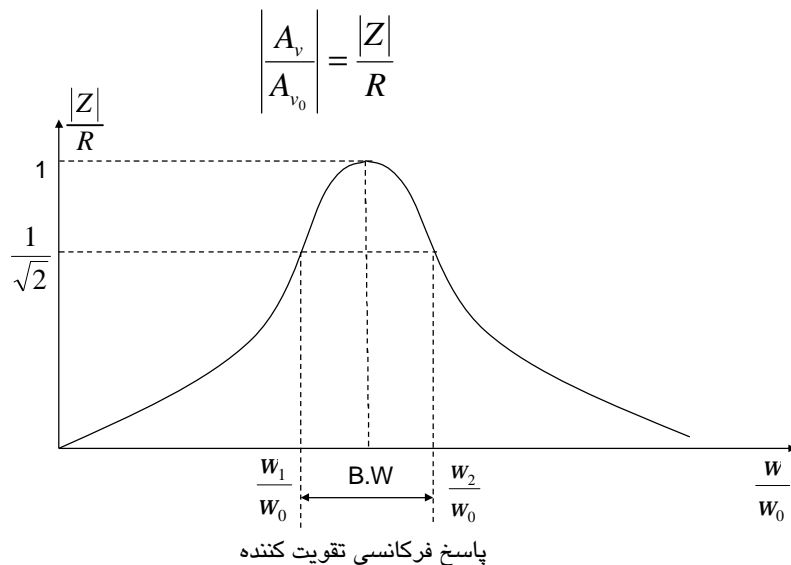
$$A_{v_0} = \frac{-g_m r_p R}{h_{ie} + R_S} = \frac{-h_{fe} R}{h_{ie} + R_S} \quad \text{بهره در فرکانس مرکزی}$$

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

10



• مدار Tune پهنای باند و فرکانس مرکزی را تعیین می کند.

1/2/2006

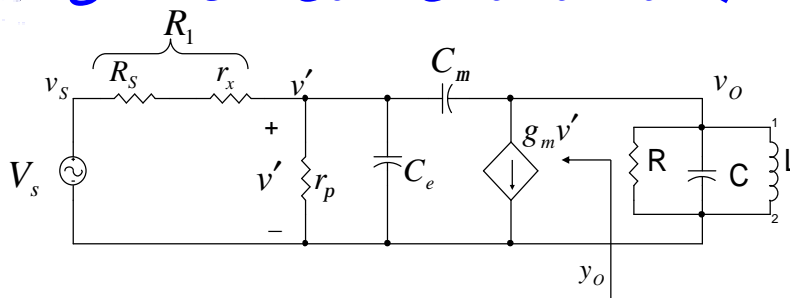
درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

11



با در نظر گرفتن خازن های داخلی



• با نوشتن KCL، و حذف V' ، A_{v_s} بدست می آید.

• A_{v_0} را محاسبه کرده، $\left| \frac{A_{v_s}}{A_{v_0}} \right|$ را برابر $\frac{1}{\sqrt{2}}$ قرار داده، دو فرکانس قطع 3dB به دست می آید.

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

12



راه حل دوم:

- در حالت عدم وجود C_e و C_m ، پهنای باند و فرکانس مرکزی، بوسیله مدار Tune می شود.
- اکنون یک امپدانس با مدار Tune موازی شده است. (امپدانس خروجی از دو سر مدار Tune)

$$y = \frac{1}{R} + j(\omega C - \frac{1}{\omega L}) \quad y_t = y + y_o$$

- فرکانس مرکزی و B.W با y_t تعیین می شود.

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

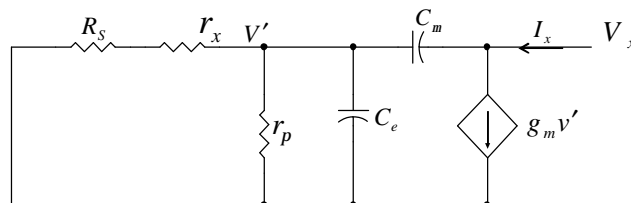
تقویت کننده های باند باریک

13



محاسبه Y_o

- منبع v_s را اتصال کوتاه می کنیم، با حذف مدار Tune از خروجی، I_x را اعمال کرده، V_x را بدست می آوریم.



$$R_1 = R_s + r_x$$

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

14



$$\begin{cases} I_x = g_m v' + (v_x - v') s C_m \\ v' = \frac{s C_m}{G_1 + g_p + s(C_e + C_m)} v_x \end{cases}$$

$$y_o = \frac{I_x}{v_x} = \frac{s C_m (g_m + g_p + G_1 + s C_e)}{g_p + G_1 + s(C_e + C_m)}$$

$G_1 + g_p$: قابلیت هدایت مقاومت های موازی $s(C_e + C_m)$: قابلیت هدایت دو خازن

- در فرکانس کار If، هدایت خازن ها در مقابل مقاومت ها قابل صرف نظر است.
- فرض: فرکانس کار Tune Amp در حدی باشد که قابلیت هدایت مقاومت ها در مقابل خازن ها خیلی بزرگتر است.

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

15



- در صورت هم همین حالت را داریم ، لذا:

$$y_o \cong \frac{s C_m (g_m + g_p + G_1)}{g_p + G_1}$$

$$y_o = J\omega C_m (1 + \frac{g_p R}{C_o})$$

$$R = \frac{1}{g_p + G_1} = r_p \parallel (r_x + R_s)$$

- C_o با C مدار RLC جمع می شود.

$$B.W = \frac{1}{R(C + C_o)}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{L(C + C_o)}}$$

- f_r کم می شود، B.W هم کاهش می یابد.
- C_o به C_m ، g_m ، R وابسته است که پارامتر های ترانزیستور هستند ، در نتیجه بی ثباتی C_o روی f_r و B.W اثر می گذارد.

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

16



- اگر $C_o \ll C$ تغییر پارامترهای ترانزیستور اثر ناچیزی دارد، در غیر این صورت اثر قابل توجهی بر روی پهنای باند و فرکانس رزونانس خواهد گذاشت.

- R به R_s ارتباط دارد، اگر به جای R_s ، Z_s قرار دهیم، مدار Tune ورودی در مدار Tune خروجی اثر می گذارد و بالعکس مدار Tune خروجی در مدار Tune ورودی هم اثر متقابل دارد.

- حتی الامکان باید از اثر متقابل طبقات بر روی یکدیگر اجتناب شود و مدار باید به گونه ای طراحی شود که هر یک از مدارات Tune قابلیت تنظیم جداگانه داشته باشند.

- اگر $C_m \rightarrow 0$ ، مدار Tune خروجی از مدار ورودی مستقل خواهد شد.

1/2/2006

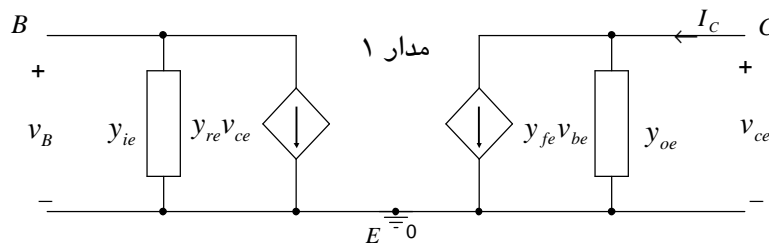
درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

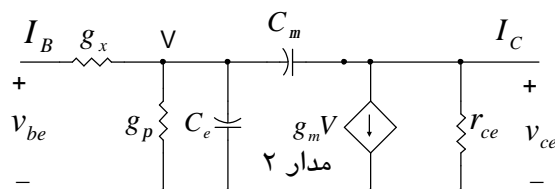
17



مدار معادل با پارامترهای Y



- می خواهیم مقادیر Y را بر حسب پارامترهای هایبرید p به دست آوریم:



1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

18



• خروجی اتصال کوتاه

$$1) \quad I_C = y_{fe} V_b \quad 2) \quad \left. \begin{aligned} I_C &= g_m V - sC_m V \\ V &= \frac{g_x V_b}{g_p + g_x + s(C_e + C_m)} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{I_C}{V_b}$$

$$y_{fe} = \frac{g_x (g_m - sC_m)}{g_x + g_p + s(C_e + C_m)}$$

$$1) \quad y_{ie} = \left. \frac{I_b}{V_b} \right|_{V_{ce}=0} \quad 2) \quad \left. \begin{aligned} I_b &= g_x (V_b - V) \\ V &= \frac{g_x V_b}{g_p + g_x + s(C_e + C_m)} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{I_b}{V_b}$$

$$y_{ie} = \frac{g_x [g_p + s(C_e + C_m)]}{g_x + g_p + s(C_e + C_m)}$$

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

19



اتصال کوتاه ورودی

$$1) \quad I_b = y_{re} V_C \quad 2) \quad I_b = -g_x V \quad y_{re} = \frac{I_b}{V_C}$$

$$V = \frac{sC_m V_C}{g_x + g_p + s(C_e + C_m)}$$

$$y_{re} = \frac{-g_x sC_m}{g_x + g_p + s(C_e + C_m)}$$

$$1) \quad I_C = y_{oe} V_C \quad 2) \quad \left. \begin{aligned} I_C &= g_{ce} V_{ce} + g_m V + (V_C - V) sC_m \\ V &= \frac{sC_m V_C}{g_x + g_p + s(C_e + C_m)} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{I_C}{V_C} = y_{oe}$$

$$y_{oe} = \frac{sC_m (g_m + g_p + g_x + sC_e)}{g_x + g_p + s(C_e + C_m)} + g_{ce}$$

قابل صرف نظر است

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

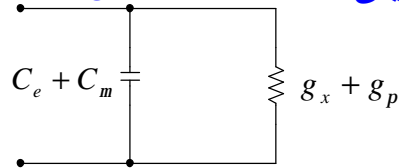
تقویت کننده های باند باریک

20



- مخرج هر چهار پارامتر یکسان است ، و هر چهار پارامتر یک قطب دارند.

- مولفه موهومی مخرج تابعی از فرکانس است، اما مولفه حقیقی مستقل از فرکانس است.



- در صورت برابر بودن هدایت الکتریکی دو شاخه خواهیم داشت:

$$|j\omega(C_e + C_m)| = g_x + g_p$$

$$w_b (C_e + C_m) = g_x + g_p \quad f_b = \frac{g_x + g_p}{2p(C_e + C_m)} = \frac{1}{2p(C_e + C_m)(r_p \parallel r_x)}$$

Transverse cut-off frequency f_b : فرکانس قطع عبوری

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

21



پارامترهای Y

$$y_{fe} = \frac{g_x(g_m - sC_m)}{g_x + g_p + s(C_e + C_m)}$$

$$y_{ie} = \frac{g_x[g_p + s(C_e + C_m)]}{g_x + g_p + s(C_e + C_m)}$$

$$y_{re} = \frac{-g_x s C_m}{g_x + g_p + s(C_e + C_m)}$$

$$y_{oe} = \frac{sC_m(g_m + g_p + g_x + sC_e)}{g_x + g_p + s(C_e + C_m)}$$

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

22



• هدایت شخه خازنی بیشتر از هدایت شاخه اهمی $f > f_b$ شود.

فرکانس 3dB بهره جریان اتصال کوتاه $f_b = \frac{1}{2p r_p (C_e + C_m)}$

حدود یک دهه با هم اختلاف دارند: $\frac{f_b}{f_b} = \frac{r_p}{(r_p \parallel r_x)} \cong \frac{r_p}{r_x} \geq 10$

از پارامتر های تقریبی y استفاده می کنیم. $f_0 < f_b \Rightarrow$

$$y_{fe} \cong \frac{g_x}{g_x + g_p} (g_m - sC_m) = \frac{r_p}{r_p + r_x} (g_m - sC_m) \cong g_m$$

$sC_m \ll g_m$
 $r_x \ll r_p$

1/2/2006

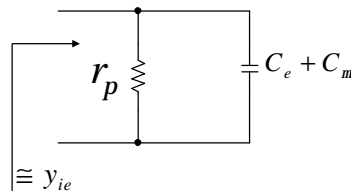
درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

23



$$y_{ie} \cong \frac{g_x}{g_x + g_p} (g_m - sC_m) = \frac{r_p}{r_p + r_x} [g_p + s(C_e + C_m)]$$



$$y_{re} \cong \frac{-g_x}{g_x + g_p} sC_m = \frac{-r_p}{r_p + r_x} sC_m \cong -sC_m$$

$$y_{oe} \cong sC_m \left(1 + \frac{g_m}{g_p + g_x}\right) = sC_m (1 + g_m R) \quad R = (r_p \parallel r_x)$$

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

24



ناپایداری (Instability) و قابلیت تنظیم (Alignability)

- اگر دو مدار Tune در ورودی و خروجی داشته باشیم ، با تغییر یکی دیگری هم تغییر می کند(این اثر متقابل از طریق مدار تقویت کننده است نه کوپلاژ سلف ها)
- قابلیت تنظیم یعنی حتی الامکان اثر متقابل ورودی و خروجی بر روی یکدیگر کم باشد (فیدبک از ورودی به خروجی ناچیز است و با حذف فیدبک ناپایداری پیش نمی آید).
- ناپایداری اثر قابل ملاحظه خروجی بر ورودی است.
- قابلیت تنظیم مطلوب منجر به پایداری سیستم می شود.

1/2/2006

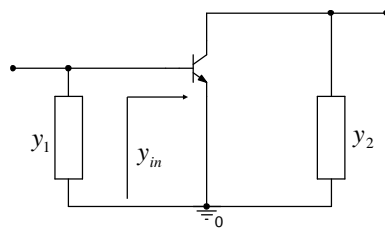
درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

25



قابلیت تنظیم در مدار C.E.



- دو مدار Tune یکی در ورودی و یکی در خروجی داریم.

$$y_1 = \frac{1}{R_1} + j(\omega C_1 - \frac{1}{\omega L_1})$$

$$y_2 = \frac{1}{R_2} + j(\omega C_2 - \frac{1}{\omega L_2})$$

- y_1 با y_{in} موازی شده که y_{in} مولفه حقیقی و موهومی دارد.

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

26



§ فرض کنید مولفه حقیقی y_{in} منفی باشد، در حالت خاص اگر مولفه حقیقی y_{in} برابر $-1/R_1$ شود، در این حالت مدار **Tune** در ورودی هدایت حقیقی صفر و مقاومت بی نهایت خواهد داشت در نتیجه در ورودی LC ایده آل به وجود خواهد آمد.

§ اگر شرایط فوق برقرار باشد، در ورودی نوسان دائم به وجود می آید و در خروجی هم نوسان دائم به وجود خواهد آمد.

§ اگر $\text{Re}[y_{in}] < -1/R_1$ دامنه خروجی نوسانی با دامنه افزاینده خواهد شد و سیستم ناپایدار می شود، در حقیقت مقاومت منفی انرژی می دهد، که این انرژی از منبع تغذیه تامین می گردد.

§ با بدست آوردن $\text{Re}[y_{in}]$ می توان پایداری را بررسی کرد.

§ برای بررسی اثر ترانزیستور و مدار خروجی در ورودی y_{in} را بدست می آوریم.

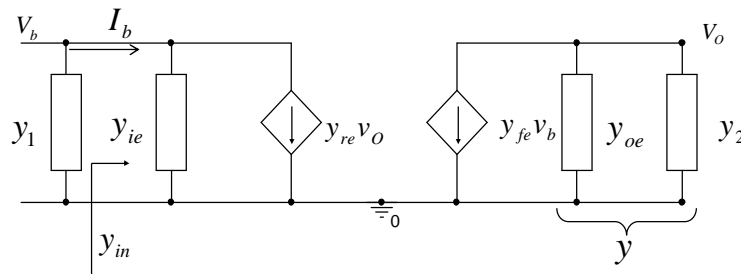
1/2/20

درس: د. سر رحمتی

نویس: سنده های پند باریک



اگر به جای ترانزیستور مدار معادل با پارامترهای y قرار دهیم:



$$I_b = y_{ie} V_b + y_{re} V_o$$

$$V_o = y_{fe} \frac{V_b}{y_{oe} + y_2}$$

$$y_{in} = y_{ie} - \frac{y_{fe} y_{re}}{y_{oe} + y_2}$$

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های پند باریک

28



در فرکانس های پایین تراز فرکانس رزونانس مدار خروجی، مقدار موهومی y منفی است

$$y = g - jb$$

$$y_{in} = y_{ie} - \frac{bwC_m g_m}{g^2 + b^2} + \frac{jwC_m g_m g}{g^2 + b^2}$$

اگر C_m صفر باشد، قسمت حقیقی منفی حذف می شود.

- اگر C_m صفر شود، فیدبک از خروجی به ورودی صفر است و مدار پایدار شده و قابلیت تنظیم خوبی دارد.

1/2/2006

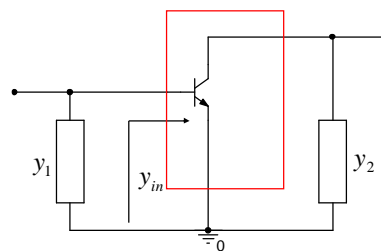
درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

29



مساله پایداری Tune Amp در اولویت دوم است، اولویت اول قابلیت تنظیم است زیرا اگر قابلیت تنظیم مطلوب باشد (اثر کم خروجی در ورودی) در نتیجه ناپایداری هم حاصل می شود.



$$y_{in} = y_{ie} - \frac{y_{fe} y_{re}}{y_{oe} + y_2}$$

$$y_1 + y_{in} = y_1 + y_{ie} - \frac{y_{fe} y_{re}}{(y_{oe} + y_2)}$$

جمله عامل مزاحمت

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

30



- اگر شرایط را به شکلی تنظیم کنیم که $|y_1 + y_{ie}| \gg \frac{y_{fe} y_{re}}{y_{oe} + y_2}$ در این حالت هم مدار پایدار است ، هم قابلیت تنظیم خوبی دارد.
- شرط لازم و کافی برای قابلیت تنظیم خوب و پایداری:

$$|y_1 + y_{ie}| \times |y_{oe} + y_2| \gg |y_{fe} y_{re}|$$

- ساده کردن رابطه:

$$|y_1 + y_{ie}| \gg G_1 \quad |y_{oe} + y_2| \gg G_2$$

$$G_1 G_2 \gg |y_{fe} y_{re}|$$

$$G_1 \cdot G_2 \gg g_m w_0 C_m$$

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

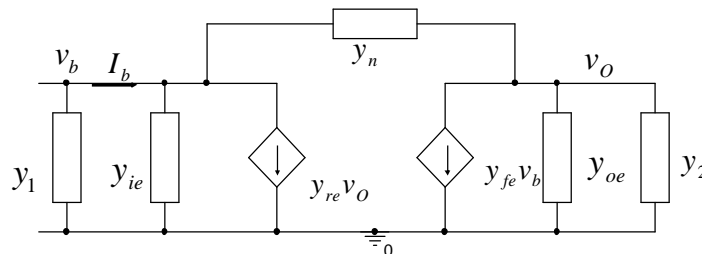
تقویت کننده های باند باریک

31



- خنثی سازی (Neutralization)
- عبارت است از خنثی کردن اثر خروجی در ورودی

– در عمل با اصلاح مدار سعی می شود اثر خروجی را در ورودی حذف کنند، این عمل را خنثی سازی گویند.



- با انتخاب y_n مناسب اثر خروجی در ورودی حذف می شود.

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

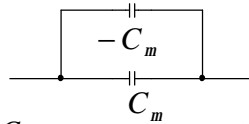
32



$$I_i = y_{ie} v_i + y_{re} v_o + (v_i - v_o) y_n$$

$$= (y_{ie} + y_n) v_i + (y_{re} - y_n) v_o$$

- با صفر کردن ضریب v_o ، اثر خروجی در ورودی حذف می شود. $y_n = y_{re}$
- از لحاظ مداری جریان $y_{re} v_o$ با $-y_n v_o$ خنثی می شود و اثر خروجی در ورودی از بین می رود.
- در عمل به دلیل اینکه y_{re} به راحتی قابل دستیابی نیست خنثی سازی مشکل است.
- باید یک خازن با ظرفیت $-C_m$ بین ورودی و خروجی قرار دهیم، که عملی نیست.



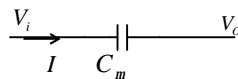
- حذف اثر خروجی بر ورودی $C_m \parallel -C_m \rightarrow$ جبران سازی به صورت ایده آل امکان پذیر نیست. سعی بر این است که جبران سازی تا حد امکان انجام شود.

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

33



$$I = sC (V_i - V_o)$$

در تقویت کننده امیتر مشترک

یا تقویت کننده ولتاژ: $V_i \ll V_o$

$$\Rightarrow I = sC_m (V_i - V_o) \cong -sC_m V_o$$

- اگر به جای $-C_m$ ، پلاریته ولتاژ خروجی را عوض کنیم، می توانیم جبران سازی را با خازنی برابر با C_m انجام دهیم.

1/2/2006

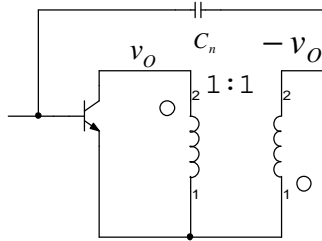
درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

34



ترانس ایده آل یک به یک



- می توان با تغییر نسبت ترانس به نسبت عکس خازن ها مقدار ترانس را هر مقداری قرار دهیم.
- در تقویت کننده تفاضلی خروجی کلکتور ها ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارند و نیازی به ترانس نیست ، می توان از کلکتور هر کدام به بیس ترانزیستور دیگر وصل کرد.

1/2/2006

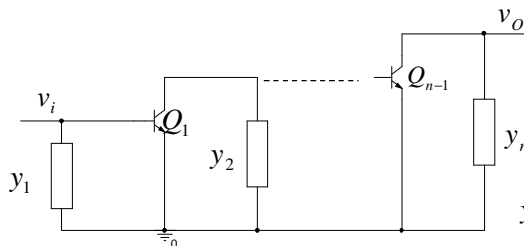
درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

35



- طبقات IF رادیو ها ، سیم پیچ اولیه و ثانویه دارند، با سیم پیچ اولیه یک خازن موازی است و هسته سیم پیچ فریت است، این مجموعه کار ترانس را انجام می دهد.
- خازن فوق و سیم پیچ هم کار مدار Tune خروجی را انجام می دهند و هم کار ترانس را انجام می دهند.
- در تقویت کننده های چند طبقه تعداد مدار های Tune افزایش می یابد.



y_1 مجموعه معادل مدار Tune ورودی و مقاومت ورودی طبقه اول است.

$$y_2 = (R_2 \text{ } PL_2 \text{ } PC_2) \parallel (R_{O_1}) \parallel (R_{i_2})$$

$$y_n = (R_n \text{ } PL_n \text{ } PC_n) \parallel R_{O_{n-1}}$$

- n مدار Tune داریم که در حالت کلی فرکانس مرکزی و پهنای باند های مختلف دارند.

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

36



مدار های Tune سنکرون

- اگر n مدار ، فرکانس مرکزی و پهنای باند برابر داشته باشند ، به این مدار مدارهای Tune سنکرون می گویند.
- اگر فرکانس مرکزی و پهنای باند طبقات با هم برابر باشد:

$$B = B_1 \sqrt{2^{\frac{1}{n}} - 1}$$

B_1 : پهنای باند هر طبقه

W_0 : فرکانس مرکزی هر مدار Tune

1/2/2006

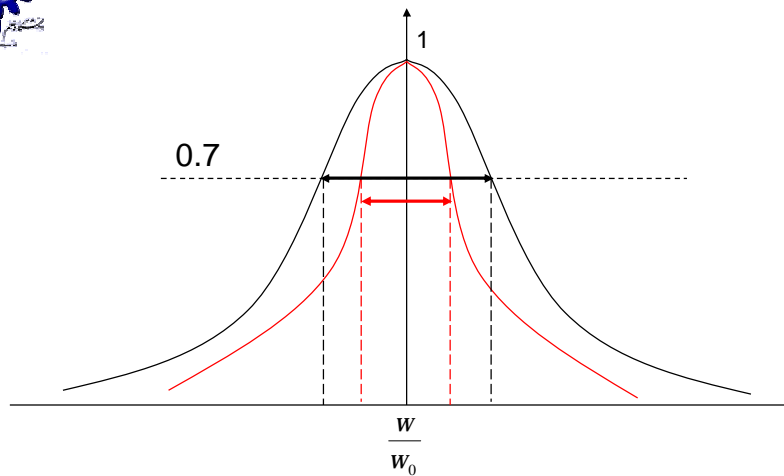
درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

37



پاسخ فرکانسی نرمالیزه



- در حالت سری ، پاسخ ها در هم ضرب می شوند ، در نتیجه با ضرب پاسخ ها منحنی پاسخ فرکانس سریعتر افت می کند و پهنای باند کلی کاهش می یابد.
- در رادیو های آنالوگ با افزایش طبقات If پهنای باند باریک تر شده ، طبقات مجاور بهتر از هم جدا می گردند، گهونده مطلوب تر می شود.

1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

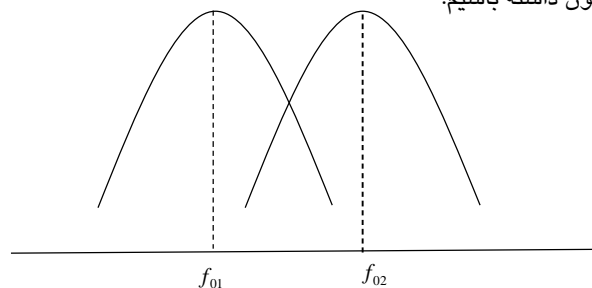
تقویت کننده های باند باریک

38



مدارهای Stagger Tune

- اگر مدارهای Tune دارای فرکانس مرکزی و پهنای باند مختلف باشند به آن ها Staggered Tune اطلاق می شود.
- در حالت Stagger قاعده کلی نداریم ، بسته به فاصله f_0 ها پاسخ فرکانسی حالات مختلف خواهند داشت.
- اگر دو مدار تیون داشته باشیم:



1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

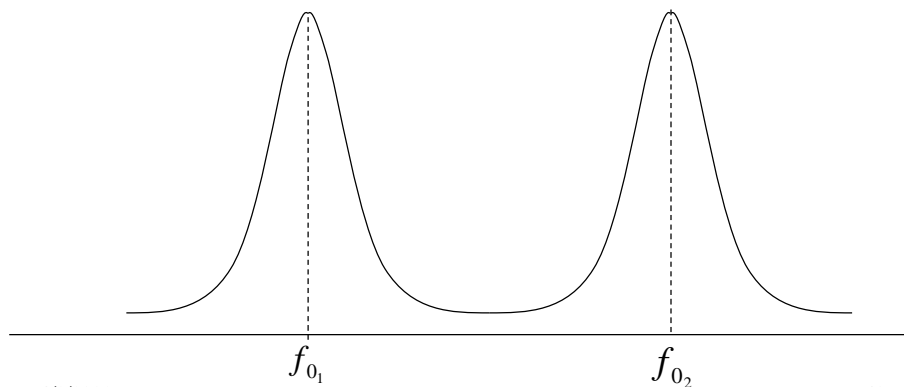
تقویت کننده های باند باریک

39



دو مدار Tune با فرکانس های مرکزی مختلف و پهنای باند برابر

(۱) حالتی که f_0 ها از هم دور باشند.



1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

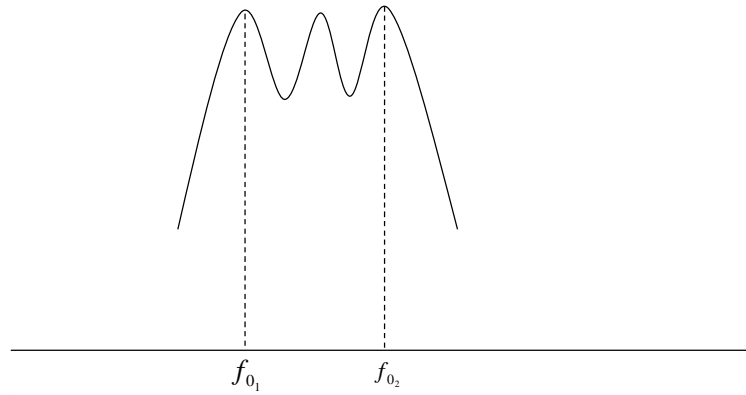
تقویت کننده های باند باریک

40



دو مدار Tune با فرکانس های مرکزی مختلف و پهنای باند برابر

(۲) حالتی که f_0 به هم نزدیک باشند.



1/2/2006

درس: دکتر رحمتی

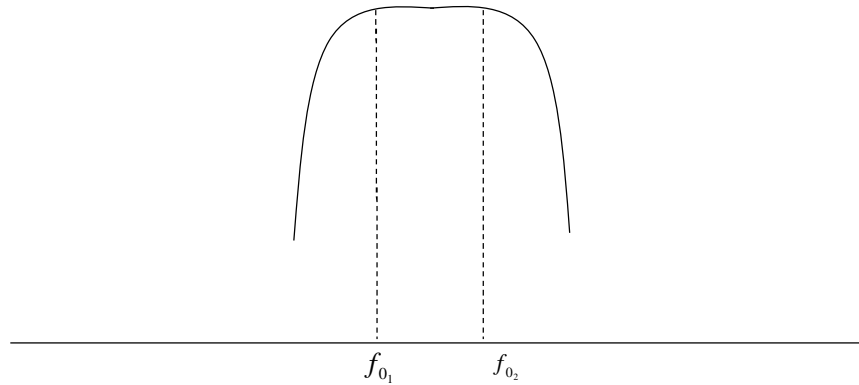
تقویت کننده های باند باریک

41



دو مدار Tune با فرکانس های مرکزی مختلف و پهنای باند برابر

(۳) حالت مناسب و عملی برای پهنای باند مسطح (در فاصله به خصوص f_0 ها) در این حالت شیب کتاره ها از شیب هر یک بیشتر است، و شکل پاسخ فرکانسی به فیلتر ایده آل نزدیک تر است.



1/2/2006

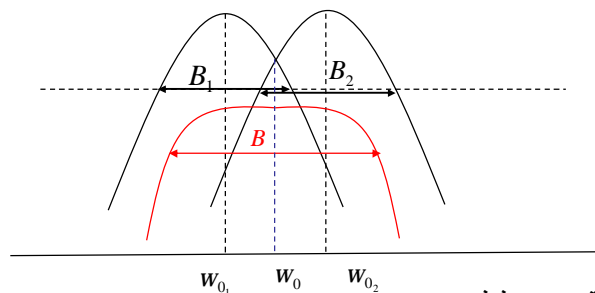
درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

42



دو مدار Tune با فرکانس های مرکزی مختلف و پهنای باند برابر



از روابط فیلتر چبی شف:

$$\begin{cases} w_{0_1} = w_0 - \frac{B}{2} \cos 45^\circ \\ w_{0_2} = w_0 + \frac{B}{2} \cos 45^\circ \end{cases}$$

$$w_0 = \frac{w_{0_1} + w_{0_2}}{2}$$

$$B = \sqrt{2} B_1$$

• همان طور که مشخص است B افزایش یافته ولی بهره کاهش یافته است.

1/2/2006

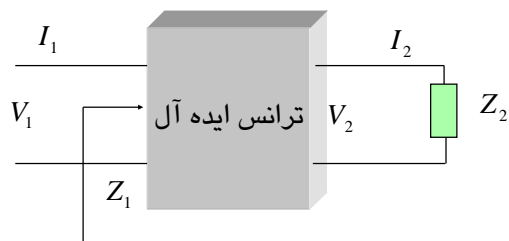
درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

43



قضیه انتقال امپدانس



$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{V_2}{V_1} = n \quad Z_1 = \frac{V_1}{I_1} \quad Z_2 = \frac{V_2}{I_2}$$

$$\Rightarrow Z_2 = n^2 Z_1$$

• از قضیه فوق برای کاهش یا افزایش سلف یا خازن در مدار Tune استفاده می شود.

$$L_2 = n^2 L_1 \quad C_2 = \frac{C_1}{n^2}$$

1/2/2006

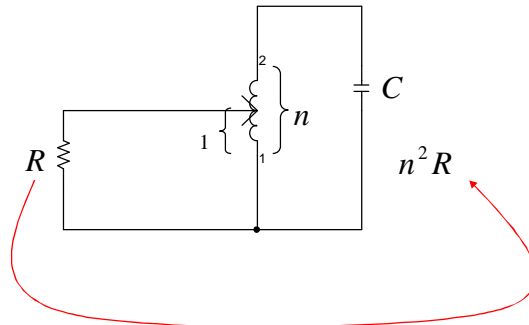
درس: دکتر رحمتی

تقویت کننده های باند باریک

44



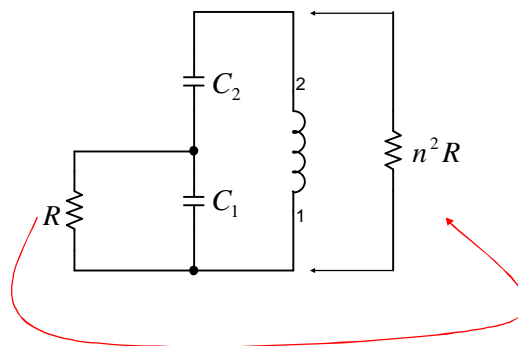
- به جای ترانس ، اتو ترانس (ایده آل) قرار می دهند



- با استفاده از قضیه انتقال امپدانس ، امپدانس ها منتقل می شوند.



می توان تقسیم پتانسیل را به جای سلف بوسیله خازن انجام داد.



$$n = \frac{C_1 + C_2}{C_2}$$



پایان