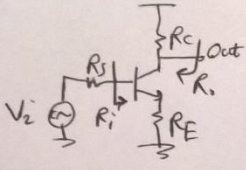
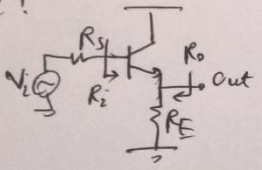
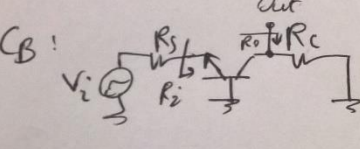


یادداشتی بر طبقات تقویت کننده ی AC – Coupled

تا اینجا کار به طور کامل با طبقات تک ترانزیستوری اصلی یعنی CE ، CB و CC آشنا شده اید و ویژگی های هر یک را بررسی کرده اید. در شکل زیر به طور خلاصه این ویژگی ها آورده شده اند:

	AV	R_i	R_o
<p>CE:</p> 	$\frac{-R_C}{R_E + \frac{r_\pi}{\beta} + \frac{R_S}{\beta}}$	$r_\pi + \beta R_E$	$R_C \parallel r_o \left(\frac{1 + g_m R_E + g_m R_S}{\beta} \right)$ $\approx R_C$
<p>CC:</p> 	$\frac{R_E}{R_E + \frac{r_\pi}{\beta} + \frac{R_S}{\beta}}$	$r_\pi + \beta R_E$	$R_E \parallel \frac{(r_\pi + R_S)}{\beta}$
<p>CB:</p> 	$\frac{R_C}{R_S + \frac{r_\pi}{\beta}}$	$\frac{r_\pi}{\beta}$	$R_C \parallel r_o \left(\frac{1 + g_m R_S}{\beta} \right)$ $\approx R_C$

حال تصور کنید که می خواهیم یک تقویت کننده طراحی کنیم با مشخصات زیر :

- 1- بهره ی زیاد (مثلا چیزی در حدود 10000)
- 2- مقاومت ورودی بزرگ (بزرگتر از 500 K Ω)
- 3- مقاومت خروجی کوچک (کوچکتر از 50 اهم)

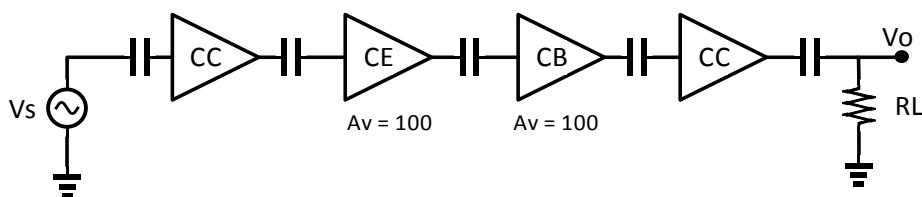
اگر بر مشخصات طبقات مذکور تسلط داشته باشید می دانید که چنین مشخصاتی از هر کدام از این انواع طبقه ها به تنهایی بر نمی آید. طبقات CB و CE دارای بهره هستند اما اولاً رساندن بهره ی یک طبقه از آنها به 10000 بسیار مشکل و نیازمند تغذیه خیلی بزرگ و ... است ضمن اینکه قطعا مقاومت خروجی اش در حدود اهم نخواهد بود و در ورودی نیز داشتن مقاومت ورودی 500 K اهم تقریبا غیر ممکن است. طبقه ی CC هم اگر مشخصات مقاومتی را ارضا کند دارای بهره نیست. پس نیاز داریم از همگی این طبقات در کنار هم بهره بگیریم. برای این کار می توان گام های زیر را ترسیم نمود :

- 1- طراحی دو یا چند طبقه ی تقویت کننده تک ترانزیستوری به گونه ای که حاصلضرب بهره شان بزرگتر یا مساوی 10000 باشد.

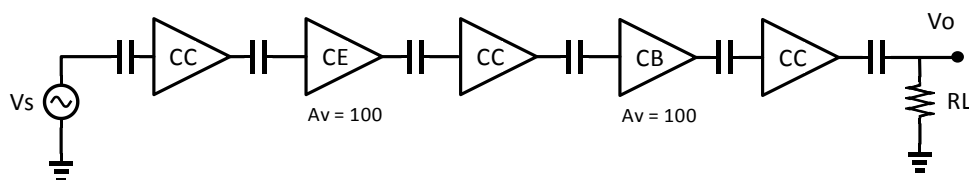
2- طرح ریزی برای داشتن مقاومت های ورودی و خروجی مطلوب. (قابل حدس است طبقه ی CC برای این کار مناسب است. اساسا به طبقه ای (ماژولی) نظیر طبقه ی CC که دارای بهره ی 1 بوده و مقاومت ورودی بزرگ و مقاومت خروجی پایین دارد بافر می گویند.)

3- پس از انجام طراحی و بایاس مناسب هر یک از طبقات نیاز است تا آنها را به دنبال هم به یکدیگر متصل کنیم. آنچه نیاز دارد در این طبقات از اول تا آخر منتقل شود سیگنال ac تحریک ورودی مدار است. اما بایاس مدارها ممکن است در نقاط اتصال با یکدیگر یکسان نباشد و لذا نمی توان ورودی یک طبقه را مستقیما به خروجی طبقه ی قبل وصل کرد. پس راه حل چیست ؟

در اینجاست که پای طبقات AC – Coupled به میان می آید. راه حل داشتن المانی است که در حالت DC امپدانس بی نهایت داشته باشد اما در حالت AC امپدانسش کوچک باشد. (ترجیحا شبیه سیم اتصال کوتاه باشد) با شناختی که از المان های پایه ی مدار های الکتریکی داریم می دانیم خازن چنین ویژگی دارد. پس به نظر می آید شکل زیر بتواند پاسخی برای مشکلمان باشد. (طبقات CC به گونه ای طراحی شده اند که شروط مقاومت ها را راضی کنند.)



اما اگر مدار فوق را ببندیم (بافرض بزرگ بودن خازن ها به اندازه ی کافی) خواهیم دید که ولتاژ خروجی با بهره ای کمتر از 10000 دیده می شود. (علت چیست؟) آنچه حقیقت دارد این است که هر یک از طبقات دوم و سوم به تنهایی دارای بهره ی 100 هستند اما وقتی آنها را پشت سر هم می بندیم دیگر لزوما بهره ی هریک از آنها 100 باقی نمی ماند بلکه یقینا کمتر از 100 خواهد بود (البته در اینجا بهره ی طبقه ی CE کمتر از 100 خواهد شد). با این اثر که اثر بارگذاری یا "Loading" گفته می شود آشنا هستیم و احتمالا راه حل را می دانید. می توان برای برطرف کردن اثر بارگذاری از یک طبقه ی بافر دیگر وسط طبقات CE و CB استفاده کرد. یعنی شکل زیر :

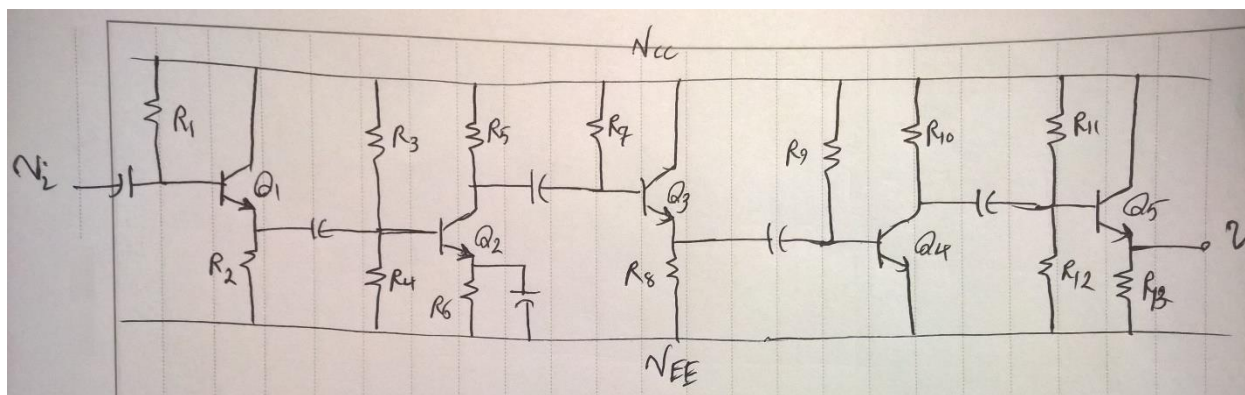


مدار فوق مشخصات مد نظر ما را تامین خواهد کرد اما اگر بخواهیم آن را ببندیم با چند مسئله مواجه می شویم. نخست اینکه بر اساس تئوری خازن ها در حالت ایده آل باید ظرفیت بی نهایت داشته باشند تا در حالت AC امپدانسشان بسیار کم باشد اما می دانیم چنین چیزی عملا میسر نیست و خازن های بزرگ نیز بسیار حجیم هستند خصوصا اگر بخواهیم تقویت کننده ی خود را روی چیپ به صورت آی سی بسازیم داشتن چنین خازن هایی ممکن نیست. پس مجبوریم به خازن هایی با اندازه معقول اکتفا کنیم.

حال مسئله ی دومی که به وجود می آید این است که خازن ها در حالت DC قطع هستند. پس ورودی ما هر مولفه ی DC داشته باشد اعمال نخواهد شد اما اگر سیگنال AC ما فرکانسش بالا نباشد چه ؟ یعنی اصولاً مرز میان حالت قطع در DC و حالت اتصال در AC کجاست ؟ در چه فرکانسی از ورودی می توان گفت که تقویت کننده با مشخصاتش کار میکند ؟ پاسخ این سوال به پیدا شدن یک فرکانس حداقل برای ورودی سیگنال کوچک ما منجر می شود. فرکانسی که از آن به f_L یاد می کنند. راه اصلی محاسبه های فرکانسی مدار جایگزین کردن مدل هایبیرید پای برای ترانزیستور ها و نوشتن تابع تبدیل خروجی به ورودی از معادلات KVL و KCL است. اما در مورد محاسبه ی فرکانس f_L راهی دیگر وجود دارد که "Short Circuit Time Constant Method" نامیده می شود. در این روش تک تک خازن های مدار در نظر گرفته می شوند هرکدام در یک مرحله. در هر مرحله یک خازن را در نظر گرفته و مقاومت دیده شده از دو سر آن را در حالی که بقیه ی خازن ها اتصال کوتاه فرض شده اند حساب می شود. پس از انجام این کار برای کلیه ی خازن ها داریم :

$$\omega_L \cong \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_{is}C_i}$$

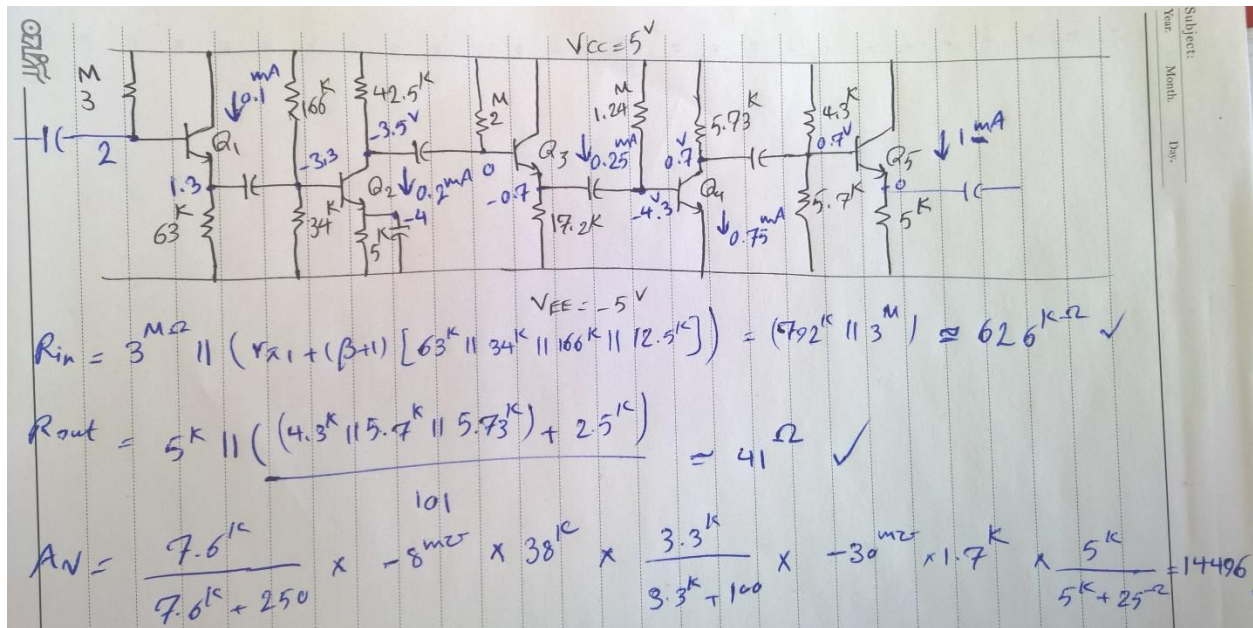
اما کدام خازن ها ؟ در این روش خازن هایی را در نظر می گیریم که دوست داریم در حالت AC اتصال کوتاه باشند. بنابراین خازن های Coupling و Bypass در نظر گرفته خواهند شد. طرح زیر یک مثال برای طرح کلی چنین تقویت کننده ای است. (در مثال های طراحی همواره بی اندازه طرح صحیح می توان ارائه کرد و هیچگاه راه حل یکتا نیست.)



در مثال بالا از 3 طبقه ی CC برای بافر کردن و دو طبقه ی CE برای تقویت استفاده شده است. به نوع بایاس های استفاده شده دقت کنید. مثلاً در مورد طبقه ی ورودی بایاس تثبیت جریان بیس به کار گرفته شده تا بزرگ بودن مقاومت R_1 و ضرب در β شدن مقاومت موجود در امیتر ، مقاومت بزرگ ورودی مورد نظر ما را تامین کند. با این حساب مقاومت های طبقه ی بعد نیز با اینکه طبقه قبل را لود میکنند اما چون در β ضرب میشوند ایجاد نگرانی نمی کنند.

در طبقه ی دوم سعی می کنیم بیشترین بهره را داشته باشیم. به همین دلیل مقاومت امیتر را Bypass کرده و در طبقه ی بعد نیز از یک بافر استفاده کرده ایم.

در طبقه ی چهارم مجدداً از یک طبقه ی CE برای گرفتن بهره استفاده شده است. یک نکته که در اینجا حائز توجه است این است که از نوع بایاس تثبیت جریان بیس استفاده شده است. با این کار در کلکتور سوئینگ بیشتری خواهیم داشت. از آنجا که سعی کرده بودیم در طبقه ی قبلی CE بهره ی بیشتری بگیریم در این طبقه به بهره ی بسیار زیاد نیاز نداریم. لذا می توان در بافر طبقه ی بعد از تثبیت جریان کالکتور استفاده کرد که معمولاً بیشتر از تثبیت جریان بیس طبقه ی قبل را لود می کند. به این ترتیب در خروجی مدار نیز مقاومت خروجی کوچکتري می توانیم داشته باشیم چرا که تمامی مقاومت های دیده شده قبل از بیس Q5 در خروجی بر β تقسیم می شود. با در نظر گرفتن کلیه ی این نکات در انتها می توان شرایط خواسته شده برای تقویت کننده را راضی نمود. برای مثال :



دیدید که طراحی تقویت کننده ی مورد نظر چندان دشوار نبود. این به نوعی مزیت طبقات تقویت کننده ی AC-Coupled است. گفتنی است طبقات AC-Coupled علیرغم طراحی ساده به دلیل نیاز داشتن به خازن های بزرگ قابل پیاده سازی ایده آل روی مدار مجتمع نیستند لذا به سوی طراحی های DC-Coupled می رویم. آیا می توانید یک طبقه ی DC-Coupled نام ببرید ؟