

«تحلیل فرکانسی»

هدف:

طراحی فیلترهای چند طبقه با بلوک‌های مرتبه اول
ساخت صفر و قطب حقیقی دلخواه
درک مفهوم تحلیل فرکانسی

وسایل مورد نیاز:

قطعات			تجهیزات	
تعداد	مقدار/مدل	نوع	تعداد	نوع
۲	U741	OPAmp	۱	اسیلوسکوپ
۲	بسته به طراحی	مقاومت	۱	فانکشن ژنراتور
۲	بسته به طراحی	خازن	۱	منبع تغذیه dc دوبل
			۱	بردبرد

مقدمه:

در حالت کلی تابع تبدیل را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$H(s) = \frac{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0}{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_1 s + b_0} \quad (1-2)$$

که در آن ضرایب صورت و مخرج (a_i, b_i) اعداد حقیقی هستند. به خاطر ملاحظات مربوط به پایداری درجه صورت باید کوچکتر یا برابر با درجه مخرج باشد. یعنی $n \leq m$
تابع تبدیل را همچنین می‌توان به شکل زیر نیز نوشت:

$$H(s) = K_0 \frac{\left(1 + \frac{s}{\omega_{z_1}}\right) \left(1 + \frac{s}{\omega_{z_2}}\right) \dots \left(1 + \frac{s}{\omega_{z_n}}\right)}{\left(1 + \frac{s}{\omega_{p_1}}\right) \left(1 + \frac{s}{\omega_{p_2}}\right) \dots \left(1 + \frac{s}{\omega_{p_m}}\right)} \quad (2-2)$$

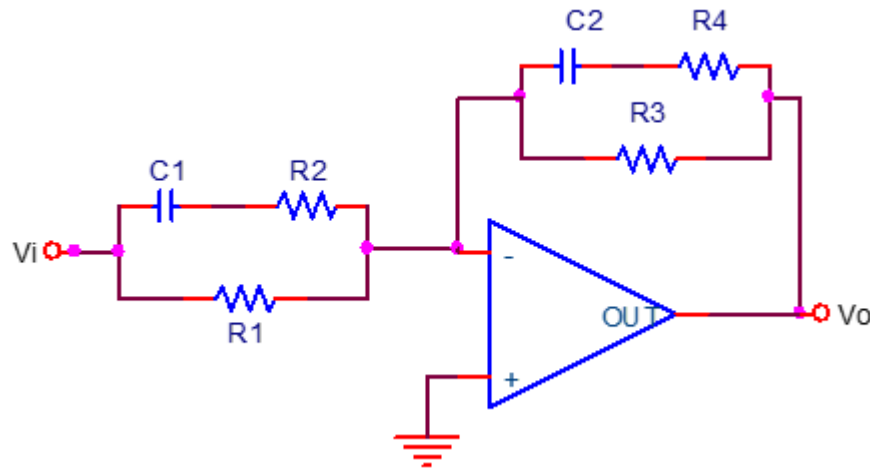
صفرها (ω_{z_i}) و قطبها (ω_{p_i}) می‌توانند اعداد حقیقی یا مختلط باشند.

برای تحقق^۱، یک تابع تبدیل بهتر است:

۱- به صورت رابطه (۲-۲) بازنویسی شود.

¹ realize

- ۲- مدار مناسب برای هر قسمت انتخاب شود.
 ۳- مدارات طراحی شده برای تحقق تابع تبدیل به صورت متوالی^۲ قرار گیرند. (اثر مقاومت ورودی و خروجی هر طبقه نادیده گرفته شود).



شکل (۱-۲): مدار پیشنهادی برای پیاده‌سازی صفر و قطب حقیقی

یکی از مداراتی که می‌توان با استفاده از آن توابع تبدیل را پیاده‌سازی نمود در شکل (۱-۲) آمده است. تابع تبدیل این مدار به صورت زیر است:

$$H(s) = -\frac{R_3}{R_1} \cdot \frac{(1 + s(R_1 + R_2)C_1)}{(1 + sR_2C_1)} \cdot \frac{(1 + sR_4C_2)}{(1 + s(R_3 + R_4)C_2)} \quad (۳-۲)$$

همانطور که دیده می‌شود هر بخش مدار شکل ۱-۲ (یک بخش شامل R_1, R_2, C_1 و یک بخش شامل R_3, R_4, C_2) یک صفر و یک قطب ایجاد می‌کند. برای تحقق تابع تبدیل براساس صفر و قطب، بهتر است صفر و قطب‌های مجاور مربوط به یک بخش باشند. مثال زیر به درک بهتر مساله کمک خواهد نمود.

مثال: تابع تبدیل زیر را محقق سازید. حداکثر اندازه خازن مجاز $0.2\mu F$ است.

$$H(s) = -\frac{(1 + T_2s)(1 + T_3s)}{(1 + T_1s)(1 + T_4s)} \quad (۴-۲)$$

$$T_1 = 22mS, T_2 = 2mS, T_3 = 0.165mS, T_4 = 0.15mS$$

حل:

گام اول: محاسبه صفر و قطب‌های مجاور هم برای انتخاب مناسب‌تر مقادیر المان‌ها

² cascade

با توجه به مقادیر داده شده برای ثابت زمانی، زوج (T_1, T_2) و (T_3, T_4) صفر و قطب‌های نزدیک هم هستند و بهتر است برای تحقق آن‌ها از یک بخش مدار شکل ۲-۱ استفاده نمود.
با مقایسه بین رابطه ۲-۳ و ۲-۴، یکی از انتخاب‌های ممکن عبارت است از:

$$T_1 = (R_3 + R_4)C_2, T_2 = R_4C_2, T_3 = (R_1 + R_2)C_1, T_4 = R_2C_1 \quad (۵-۲)$$

با توجه به اینکه بهره DC برابر یک است، داریم:

$$R_1 = R_3 \quad (۶-۲)$$

با فرض C_2 معلوم، داریم:

$$R_1 = R_3 = \frac{T_1 - T_2}{C_2}, C_1 = \frac{T_3 - T_4}{R_1}, R_2 = \frac{T_4}{C_1}, R_4 = \frac{T_2}{C_2} \quad (۷-۲)$$

گام دوم:

با توجه به اینکه لازم است تا مقادیری که برای المان‌های مختلف بدست می‌آید استاندارد باشد، داریم:

$$C_2 \leq 0.2\mu F \Rightarrow C_2 \cong 0.18\mu F \Rightarrow$$

$$R_1 = R_3 = 111.1K\Omega \cong 120K\Omega \Rightarrow$$

$$C_1 = 125pF \cong 120pF \Rightarrow$$

$$R_2 = 1.25M\Omega \cong 1.2M\Omega \Rightarrow$$

$$R_4 = 11.1K\Omega \cong 12K\Omega$$

همانطور که در حل مساله قابل مشاهده است برای جلوگیری از گسترش خطا، در هر مرحله مقادیر بدست آمده با نزدیکترین مقدار استاندارد (در اینجا با سری استاندارد E12 با خطای 10%) جایگزین شده است.

پیش‌گزارش:

- ❖ روابط ۲-۳، ۲-۵ و ۲-۷ را بدست آورید.
- ❖ آیا انتخاب دیگری غیر از رابطه ۲-۵ وجود دارد؟ در صورت مثبت بودن جواب براساس انتخاب جدید مثال را حل کنید.
- ❖ با فرض $R_2 = R_4 = 0$ در شکل ۲-۱، تابع ۲-۴ را پیاده‌سازی کنید.
- ❖ با در نظر گرفتن زوج‌های صفر و قطب به صورت (T_1, T_3) و (T_2, T_4) مثال حل شده را مجدداً حل کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟
- ❖ در رابطه با سری‌های استاندارد مقاومت تحقیق مختصری انجام دهید.
- ❖ تابع تبدیل زیر را در نظر بگیرید:

$$H(s) = -\frac{(s + 10^3)(s + 2 \times 10^4)}{(s + 2 \times 10^3)(s + 10^4)} \quad (۸-۲)$$

این تابع تبدیل را با فرض $R_2 = R_4 = 0$ در شکل ۲-۱ پیاده‌سازی کنید.

آزمایش ۱:

مدار طراحی شده تابع ۲-۸ را پیاده‌سازی کنید.

آزمایش ۲:

در بازه فرکانسی 30Hz-40KHz دامنه هر طبقه را در ۱۰ فرکانس به صورت جداگانه اندازه بگیرید.

آزمایش ۳:

دامنه مدار کامل را در فرکانس‌های آزمایش ۲ اندازه بگیرید.

گزارش کار:

فعالیت‌های زیر در گزارش کار آزمایشگاه علاوه بر موارد کلی باید انجام شود.

- ۱- نمودار اندازه و فاز تابع ۲-۸ را هم به صورت تحلیلی و هم با نرم افزار Matlab رسم کنید.
- ۲- چه نتیجه‌ای از آزمایش ۲ و ۳ می‌گیرید؟
- ۳- بین نتایج تحلیلی، شبیه‌سازی و آزمایشگاهی مقایسه انجام دهید.