|  |
| --- |
| Logo **دانشگاه صنعتی شریف****دانشکده مهندسی برق****آزمایشگاه اصول الکترونیک****بهار 1395****گروه درس دکتر فخارزاده** |

|  |
| --- |
| **شماره آزمایش ( 1 ) گروه ( )** |
|  |  | **نام و نام خانوادگی همکاران** |
|  |  | **شماره دانشجویی** |
|  | حضور به موقع | **ارزشیابی** |
|  | پيش گزارش |
|  | حضورفعال در كلاس |
|  | گزارش |
|  | **نمره کل** |  |

|  |  |
| --- | --- |
| **تاریخ:** | **نام دستیار تصحیح کننده:** |

**آزمایش اول**

**طراحی و پیاده سازی تقویت کننده‌ی ترانزیستوری**

**چکیده**

در این جلسه، از دانشجویان خواسته شده تا یک تقویت­کننده‌ی ترانزیستوری یک طبقه با مشخصات خواسته شده را طراحی، تحلیل و شبیه­سازی نموده و در آزمایشگاه طرح خود را پیاده­سازی و مشخصات آن را اندازه­گیری نمایند.

**وسایل مورد نیاز**

کامپیوتر و نرم افزار شبیه­سازی Hspice، منبع تغذیه، مولتی متر، اسیلوسکوپ، سیگنال ژنراتور، بردبورد، تعدادی مقاومت و خازن و ترانزیستور 2N3904.

**پیش گزارش**

(پیش­گزارش را باید قبل از جلسه آماده کرده و در ابتدای جلسه به دستیار مربوطه تحویل دهید).

**1-1**یک تقویت­کننده­ی ترانزیستوری یک طبقه با مشخصات زیر طراحی کنید:



ولتاژ منبع تغذیه را 12 ولت و ترانزیستور مورد استفاده را 2N3904 انتخاب کنید.

با پاسخ دادن به سوالات زیر مدار را قدم به قدم طراحی کنید:

 **1-1-1** انتخاب آرایش

کدام آرایش تقویت­کننده‌ی ترانزیستوری یک طبقه می­تواند خصوصیاتی مثل بهره‌ی ولتاژ نسبتا زیاد، مقاومت ورودی زیاد و مقاومت خروجی کم را تامین کند؟

**2-1-1** انتخاب بایاس

الف- دیتا شیت (برگه­ی مشخصات) ترانزیستور 2N3904 را در اینترنت جستجو کرده و دانلود کنید.

ب- از روی دیتاشیت حداکثر و حداقل مشخصه­ی بتا  ترانزیستور چقدر است؟ آیا بستگی به جریان کلکتور دارد؟ آیا بتای جریان مستقیم با بتا در فرکانس های بالا متفاوت است؟

پ- چنان که مشاهده می­کنید، مشخصه‌ی بتای ترانزیستور می­تواند در محدوده­ی وسیعی تغییر کند. بنابراین در یک بایاس مطلوب انتظار داریم که ولتاژ امیتر و جریان کلکتور (که تقریبا برابر جریان امیتر است) در هر دو مقدار حداکثر و حداقل بتا تقریبا یکسان باشد. با این ملاحظه آرایش بایاس ترانزیستور را انتخاب کرده و بطور خلاصه توجیه کنید.

 **1-1-3** سویینگ

در طراحی الکترونیک و بسیاری مسائل دیگر مهندسی اغلب دیده می­شود که خواسته­های مطلوب مختلف با هم در تضاد قرار می­گیرند و اصطلاحا بده­بستان[[1]](#footnote-1) دارند. یعنی نزدیک شدن به یکی باعث دور شدن از دیگری می­شود. هنر طراحی مهندسی اغلب رسیدن به جوابی است که تا ***حد ممکن*** مطلوب باشد و خواسته­ها را برآورده کند.

برای مثال در یک تقویت کننده‌ی ترانزیستوری امیتر مشترک، یک روش برای داشتن همزمان سویینگ سیگنال خروجی بالا و مقاومت ورودی بالا در یک طبقه، این است که ولتاژ منبع تقسیم بر سه شده و یک سوم آن بر روی مقاومت کلکتور، یک سوم بر روی کلکتور-امیتر ترانزیستور و یک سوم بر روی مقاومت امیتر انداخته شود. در آزمایش­های آتی روش­های بهتری برای به دست آوردن سویینگ بالا خواهیم دید.

با این ملاحظه و با فرض جریان بایاس 1 میلی­آمپر در امیتر، اندازه‌ی مقاومت­ها در مدار را تعیین کنید.

**4-1-1** تحلیل سیگنال کوچک

الف- مدار بدست آمده در قسمت قبل را با قرار دادن مدل ترانزیستور، تحلیل سیگنال کوچک کرده و مقادیر بهره‌ی ولتاژ، مقاومت وروردی و مقاومت خروجی را محاسبه کنید.

ب- اگر به بهره‌ی مورد نظر نمی­رسید، چه راهی وجود دارد که مقاومت امیتر را از دید سیگنال کوچک کاهش بدهیم، بدون اینکه بایاس مدار عوض شود؟

پ- مدار را نهایی کرده، خازنهای کوپلاژ و بای­پس را بزرگ (بیش از 10 میکروفاراد) انتخاب کرده و مقادیر مقاومت­ها را به نزدیک­ترین مقاومت از سری E12[[2]](#footnote-2) تبدیل کنید. تحلیل مدار را با مقاومتهای جدید تکرار کنید و مشخصات زیر را بدست آورید:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| $$R\_{o}$$ | $$R\_{i}$$ | $$A\_{v}$$ |
|  |  |  |

نکته: مقاومت‌های سری E12، یک نوع استاندارد تولید مقاومتی با گستره­ی ۱۲ شماره­ی اصلیِ مقاومتی هستند که به صورت $10^{\frac{n}{12}}×10^{m} Ω$ مشخص می‌شوند که در آن $m$ و $n$ اعدادی صحیح با شرط $0\leq n\leq 11$ و $0\leq m$ است.

ت- علت استفاده از خازن­های کوپلاژ را توضیح دهید. محاسبه کنید که مقاومت ورودی، مقاومت خروجی و بهره­ی ولتاژ بدون خازن کوپلاژ چه تغییری می­کنند.

ث- با توجه به نقطه­ی کار و بایاس و مشخصات ترانزیستور، حداکثر دامنه­ی ورودی برای خطی بودن مدار را به دست آورید.

**1-2 شبیه سازی**

الف- مدار نهایی طرح شده را با Hspice شبیه سازی کرده و مشخصات زیر را بدست آورید:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| $$R\_{o}$$ | $$R\_{i}$$ | $$A\_{v}$$ |
|  |  |  |

نکته: سیگنال ورودی را سینوسی بگیرید.

ب- از کدام روش تحلیل برای به دست آوردن مقادیر مقاومت­های ورودی و خروجی می­توان استفاده نمود؟ (با ذکر دلیل)

پ- از سیگنال خروجی تقویت­کننده تبدیل فوریه گرفته و با مقایسه با ورودی مقدار اعوجاج تقویت کننده را تعیین کنید. با استفاده از همین تحلیل، رابطه­ای ارائه دهید تا بتوان به کمک آن معیاری از عملکرد تقویت­کننده از لحاظ اعوجاج طیف به دست آورد.

**نیم‌نگاهی به تبدیل فوریه و FFT[[3]](#footnote-3)** : تبدیل فوریه، نوعی تبدیل یک‌به‌یک است که به نوعی پلی بین تحلیل زمانی و تحلیل فرکانسی مدار است. موج سینوسی و کسینوسی با فرکانس $f\_{0}$ در زمان، توسط تبدیل فوریه به دو دلتا (تابع دلتای دیراک) در فرکانس‌های $\pm f\_{0}$ تبدیل می‌شود؛ یعنی دامنه­ی معنی‌دار آن از $t\in (-\infty ,+\infty )$ به $f\in \left\{\pm f\_{0}\right\}$ تبدیل می‌شود. پس تبدیل فوریه­ی تابع $u\left(t\right)=A\cos(f\_{1}t)+B\sin(f\_{2}t)$ به صورت زیر است:

$$U\left(f\right)=Cδ\left(f-f\_{1}\right)+Dδ\left(f-f\_{2}\right)+Eδ\left(f+f\_{1}\right)+Gδ(f+f\_{2})$$

مفهوم اعوجاج، خارج‌شدن سیگنال از محدوده­ی خطی خود است؛ و این یعنی پیداشدن فرکانس‌های جدید، غیر از فرکانس اصلی $f\_{0}$ . پس با استفاده از گزینه­ی fft –که یک روش متداول برای به‌دست‌آوردن تبدیل فوریه­ی سیگنال است- می‌توانیم فرکانس‌های سیگنال خروجی را ببینیم.

ت- نتایج شبیه­سازی را با تحلیل دستی در موارد مقاومت ورودی و خروجی، بهره­ی ولتاژ و سویینگ خروجی مقایسه کنید. علت تفاوت­های احتمالی را بیان کنید.

**گزارش کار**

**توجه:** صفحات 6 تا 8 را پس از انجام آزمایش تکمیل کرده و به عنوان گزارش کار تحویل دهید.

|  |  |
| --- | --- |
| **نام و نام خانوادگی:****شماره دانشجویی:** | **نام و نام خانوادگی:****شماره دانشجویی:** |
| **شماره­ی گروه:** |
| **تاریخ انجام آزمایش:** |

**دستور کار**

**1-3 بستن مدار**

مداری را که قبل از جلسه، طراحی، تحلیل و شبیه سازی کرده اید، در آزمایشگاه بر روی بردبورد ببندید.

نکته: خازنهای بزرگی که در آزمایشگاه موجود است، از نوع خازن الکترولیت هستند. این خازن­ها جهت­دار هستند و سر مثبت و منفی آن­ها مشخص شده است. از این رو، باید به نحوی روی مدار بسته شوند که ولتاژ سر مثبت بیشتر از سر منفی باشد.

الف- بعد از روشن کردن منبع تغذیه و قبل از دادن سیگنال ورودی، با مولتی متر، بایاس مدار را چک کنید. اندازه‌ی ولتاژ کلکتور و امیتر و جریان کلکتور را یادداشت کنید:

  

ب- مقادیر  و  ترانزیستور را محاسبه کنید و با مقادیر به دست آمده در پیش­گزارش مقایسه کنید.

 

پ- ورودی سیگنال را با فرکانس 1 کیلوهرتز از سیگنال ژنراتور و از طریق یک خازن بزرگ (10 میکروفاراد یا بزرگتر) اعمال کرده و مقادیر زیر را اندازه بگیرید:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| $$R\_{o}$$ | $$R\_{i}$$ | $$A\_{v}$$ |
|  |  |  |

مشکلاتی را که برای رسیدن به جواب مطلوب در آزمایشگاه داشتید ذکر کنید:

ت- فرکانس را افزایش دهید تا جایی که افت شدیدی در بهره­ی مدار مشاهده شود. این فرکانس را یادداشت کنید و علت کاهش بهره را بیان کنید.

ث- حال دامنه را افزایش دهید تا جایی که مدار از حالت خطی خارج شود. این دامنه را با مقدار بدست آمده در پیش­گزارش مقایسه نمایید.

ج- برای اندازه گرفتن مقاومت ورودی و مقاومت خروجی از اثر بارگذاری در ورودی و خروجی استفاده کنید. چینش اجزای مورد استفاده را رسم کرده و نحوه‌ی محاسبه­ی مقاومت ورودی و خروجی مورد نظر را تشریح کنید.

1. Trade off [↑](#footnote-ref-1)
2. <http://www.radio-electronics.com/info/data/resistor/e-series-e3-e6-e12-e24-e48-e96.php> [↑](#footnote-ref-2)
3. <https://en.wikipedia.org/wiki/Fast_Fourier_transform> [↑](#footnote-ref-3)