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

|  |
| --- |
| **شماره آزمایش ( 3 ) گروه ( )** |
|  |  | **نام و نام خانوادگی همکاران** |
|  |  | **شماره دانشجویی** |
|  | حضور به موقع | **ارزشیابی** |
|  | پيش گزارش |
|  | گزارش |
|  | **نمره کل** |  |

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

 **آزمایش سوم**

**پیاده­سازی تقویت کننده چند طبقه**

**توجه: لطفا قبل از انجام آزمایش، متن دستور کار را به طور کامل مطالعه بفرمایید**

**چکیده**

در این جلسه، از دانشجویان خواسته شده تا مدار تقویت­کننده­ی چند طبقه­ای را طراحی کنند و آن را پیاده­سازی نمایند. این مدار ترکیبی از مدارهای طراحی شده در جلسات پیش بوده که یک تقویت­کننده­ی کامل کاربردی است.

**وسایل مورد نیاز**

بردبورد، تعدادی ترانزیستور NPN و PNP، خازن و مقاومت، منبع تغذیه، مولتی­متر، اسیلوسکوپ، سیگنال ژنراتور، بلندگو، میکروفون خازنی.

**پیش­گزارش**

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

**1-1** شماتیک ارائه شده در شکل1 طرح کلی یک تقویت­کننده­ی چند طبقه را مشخص کرده است. مقادیر المان­ها را طوری طراحی کنید تا به خواسته­های زیر برسیم.

****

****

شکل 1. شماتیک مدار تقویت کننده

**راهنمایی: ابتدا مشخصه­ی کاری ترانزیستورهای 2N3904** **و 2N3906 را که به ترتیب NPN و PNP هستند، با استفاده از دیتاشیت مقایسه کرده و تفاوت­های آن­ها را استخراج کنید.**

الف- **طراحی مدار:**

مدار را طراحی کنید و مقدار مقاومت­های محاسبه شده را در جدول 1 وارد کنید.

برای طراحی راهنمایی های زیر را در نظر بگیرید و به سوالات پاسخ دهید:

۱) برای طراحی طبقه اول ولتاژ امیتر تقویت­کننده امیتر مشترک را $-4 V$ انتخاب کنید و ولتاژ کلکتور را $1.5 V$ در نظر بگیرید. علت این انتخاب را توضیح دهید.

**راهنمایی: ولتاژ این نقطه را برای افزایش سویینگ مدار، صفر نمی­گیریم.**

۲) مقاومت های بیس را نه خیلی کوچک (مرتبه 1 kΩ) و نه خیلی بزرگ (مرتبه 100 kΩ) بگیرید. علت این انتخاب را شرح دهید.

۳) ولتاژ امیتر تقویت­کننده­ی امیتر مشترک دوم را $4 V$ در نظر بگیرید. تاثیر افزایش یا کاهش این مقدار بر سویینگ یا بهره چیست؟

۴) مقاومت امیتر بافر خروجی را 1 kΩ بگیرید.

**توجه: در طراحی خود فقط از مقاومت های سری E12 استفاده کنید.**

**جدول 1: مقادیر مقاومت های طراحی**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| R1 | R2 | Rc1 | Re1 | R3 | R4 | Re2 |
|  |  |  |  |  |  |  |
| R5 | R6 | Re3 | Rc3 | R7 | R8 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

ب- شبیه­سازی

مدار تقویت کننده­ی ترانزیستوری را شبیه­سازی نموده و نتایج را در جدول 2 وارد کنید. آن را با خواسته­های طراحی مقایسه نمائید.

**جدول 2: نتایج شبیه سازی**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Voltage Gain |
|  | Output Swing |
|  | IC1 |
|  | IC2 |
|  | IC3 |
|  | IC4 |
|  | FL |
|  | FH |

ج- تکرار شبیه­سازی با ملاحظات عملی

برای اینکه بهره مدار 4000 و سویینگ خروجی $7 V\_{p-p}$ باشد ورودی مدار باید کمتر از $1mV$ باشد. امکان تولید چنین ولتاژ ورودی در آزمایشگاه وجود ندارد، به همین خاطر یا باید بهره مدار را کاهش دهیم و یا از تقسیم مقاومتی استفاده کنیم تا دامنه­ی ولتاژ ورودی بتواند بزرگتر باشد.

برخی عناصر مدار شکل 1 تاثیر بیشتری در بهره­ی مدار دارند. دو روش برای کاهش بهره­ی کل بیان کنید.

🡨با استفاده از یکی از این روش­ها بهره­ی مدار فوق را به مقداری بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ کاهش دهید و مدار جدید را شبیه­سازی کنید.

توجه کنید که این مدار نهایی است که در آزمایشگاه پیاده سازی خواهید کرد.

**جدول 3: نتایج شبیه سازی با در نظر گرفتن ملاحظات عملی**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Voltage Gain |
|  | Output Swing |
|  | IC1 |
|  | IC2 |
|  | IC3 |
|  | IC4 |
|  | FL |
|  | FH |

ت- ولتاژ بیس Q3 را محاسبه کنید و دلیل وجود خازن C4 را بنویسید. آیا راهی وجود دارد که بتوان خازن C4 را از مدار حذف کرد؟ مزیت حذف این خازن چیست؟

**گزارش کار**

**توجه** صفحات 6 تا 9 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**

**1-2 بستن مدار**

مدار نهایی را که در پیش­گزارش طراحی و شبیه­سازی کردید (با بهره ولتاژ بین 100 تا 200) در آزمایشگاه پیاده­سازی کنید.

توصیه می­شود:

1- به دلیل پیچیدگی مدار و تعداد زیاد عناصر از تمام قسمت­های بردبورد به طور مناسب استفاده نمائید.

2- مدار را طبقه به طبقه تست کنید تا از عملکرد مناسب هر طبقه از مدار مطمئن شوید و سپس مدار طبقه بالاتر را پیاده­سازی کنید.

3- برای کاهش نویز مدار از حداقل طول سیم ممکن استفاده کنید.

**2-2 اندازه گیری مشخصات مدار**

در این قسمت مشخصات مدار را اندازه می­گیرید.

الف- مقدار ولتاژ دو سر مقاومت امیتر، ولتاژ بیس و ولتاژ کالکتور-امیتر هر ترانزیستور را در جدول 3 یادداشت کنید و از روی آن جریان کالکتور و gm هر ترانزیستور را محاسبه کنید.

در صورت مغایرت چشم­گیر با مقادیر طراحی، مدار را اصلاح کنید.

**جدول 4: مقادیر نقطه کار هر طبقه**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ترانزیستور | VRE | IC |  VB |  VCE |  gm |
| Q1 |  |  |  |  |  |
| Q2 |  |  |  |  |  |
| Q3 |  |  |  |  |  |
| Q4 |  |  |  |  |  |

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

**جدول 5: بهره­ی هر ترانزیستور**

|  |  |
| --- | --- |
| ترانزیستور | Av |
| Q1 |  |
| Q2 |  |
| Q3 |  |
| Q4 |  |
| Total Gain |  |

**راهنمایی: برای محاسبه‌ی بهره‌ی ولتاژ، تقویت کننده باید در ناحیه­ی خطی کار کند.**

پ- مقاومت ورودی و خروجی مدار را با استفاده از روش­های استفاده شده در آزمایش­های قبل اندازه­گیری کنید.

$R\_{in}=$$R\_{out}=$

ت- در حالیکه سیگنال خروجی را روی اسیلوسکوپ مشاهده می­کنید، اندازه ی سیگنال ورودی را به تدریج زیاد کنید. ماکزیمم سویینگ خروجی (یعنی اندازه ی سیگنال خروجی در آستانه‌ی تغییر شکل موج به خاطر اثرات اشباع و کات آف ترانزیستور) چقدر است؟

$$V\_{o\_{max}}=$$

ث- اندازه‌ی سیگنال ورودی را باز هم بیشتر کنید طوری که شکل موج خروجی کاملا معوج شود. اسیلوسکوپ را در مد محاسبه ی FFT قرار داده و تبدیل فوریه‌ی سیگنال خروجی را در این حالت ببینید و در زیر بکشید. همچنین مقدار THD را محاسبه نمائید.

ج- محدوده­ی فرکانس کاری مدار را بدست آورید.

$f\_{L}=$$f\_{H}=$

چ- **اختیاری:** از یک بلندگو برای شنیدن سیگنال صوتی تقویت شده استفاده کنید. همچنین در صورت امکان از یک میکروفون خازنی به عنوان ورودی مدار استفاده کنید. آیا کیفیت صوتی که می­شنوید مناسب است؟ از چه راهکارهایی می­توان برای بهبود عملکرد این مدار استفاده نمود؟

**مقایسه و نتیجه­گیری**

الف- نقش هر ترانزیستور در مدار مورد نظر را شرح دهید.

ب- توضیح دهید که در بایاس هر طبقه از چه روشی استفاده شده است؟ و اینکه آیا روش بهتری برای پیاده­سازی مدار بایاس وجود دارد؟ روش­های پیشنهادی را مقایسه نمائید.