



دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی برق
آزمایشگاه اصول الکترونیک
بهار ۱۳۹۶
گروه درس دکتر فخارزاده

شماره آزمایش (۵)		گروه ()
نام و نام خانوادگی همکاران		
شماره دانشجویی		
ارزشیابی	حضور به موقع	
	پیش گزارش	
	گزارش	
نمره کل		

نام دستیار تصحیح کننده:	تاریخ:
-------------------------	--------

آزمایش پنجم

فیدبک

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

چکیده

در این جلسه، از دانشجویان خواسته شده تا چند تقویت کننده ی ترانزیستوری با فیدبک را تحلیل و شبیه سازی نموده و در آزمایشگاه مدارها را پیاده سازی و مشخصات آنها را اندازه گیری نمایند.

وسایل مورد نیاز

کامپیوتر و نرم افزار شبیه سازی Hspice، منبع تغذیه، مولتی متر، اسیلوسکوپ، سیگنال ژنراتور، بردبورد، تعدادی مقاومت، خازن، ترانزیستور و تقویت کننده LM741.

پیش گزارش

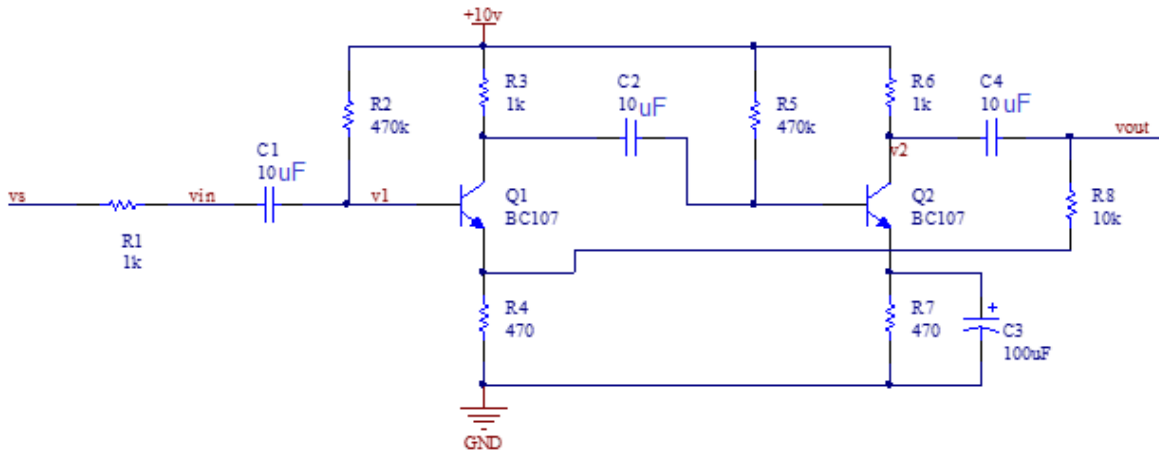
(پیش گزارش را باید قبل از جلسه آماده کرده و در ابتدای جلسه به دستیار مربوطه تحویل دهید.)

توجه: در مواردی که بهره‌ی مدار خواسته شده است، با توجه به نوع فیدبک، بهره‌ی مناسب را همراه با واحد

مناسب گزارش کنید.

۱-۱ مدار فیدبک اول

مدار شکل ۱ را در نظر بگیرید:



شکل ۱: مدار فیدبک اول

الف- نوع این فیدبک چیست و چرا؟

ب- مشخصات زیر را به روش تحلیلی (به کمک روش فیدبک) محاسبه کرده و در جدول ۱ وارد کنید:

جدول ۱- محاسبه‌ی تحلیلی مدار با فیدبک

A	R_{in}	R_{out}	$V_{out,max-PP}$

(راهنمایی- مدارهای شبکه‌ی فرورارد و شبکه‌ی فیدبک را جداگانه رسم کرده و طبق روش فیدبک، قدم به قدم محاسبات لازم را انجام دهید.)

(راهنمایی- برای محاسبه‌ی مقاومت ورودی مدار با فیدبک، باید مقاومت ورودی را که از v_1 به سمت راست دیده می‌شود، به همان روش فیدبک محاسبه کرد و از روی آن مقاومت ورودی مدار کلی را محاسبه نمود. یعنی ابتدا با مقاومت R_2 موازی و سپس با R_1 سری کرد. در غیر اینصورت نتیجه‌ی درستی به دست نمی‌آید. علت این امر آن است که مقاومت‌های R_1 و R_2 بیرون حلقه‌ی فیدبک هستند. یا می‌توان معادل تونن برای قسمت قبل از فیدبک را نوشت و محاسبات را انجام داد. برای توضیحات بیشتر به فایل NOTE-feedback.rar مراجعه کنید.)

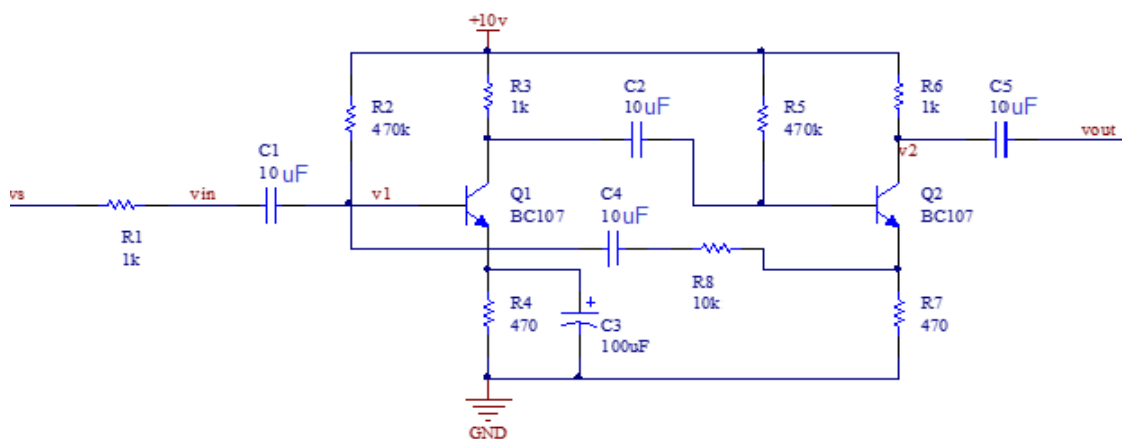
ج- مشخصات خواسته‌شده را از شبیه‌سازی با نرم‌افزار Hspice به دست آورده و جدول ۲ را کامل کنید. نتایج جدول ۱ و ۲ را با هم مقایسه کنید.

جدول ۲- شبیه‌سازی مدار با فیدبک

A	R_{in}	R_{out}	$V_{out,max-PP}$

۱-۲ مدار فیدبک دوم

مدار شکل ۲ را در نظر بگیرید:



شکل ۲: مدار فیدبک دوم

الف- نوع این فیدبک چیست و چرا؟

ب- مشخصات زیر را به روش تحلیلی (به کمک روش فیدبک) محاسبه کرده و در جدول ۳ وارد کنید:

جدول ۳- محاسبه‌ی تحلیلی مدار با فیدبک

A	R_{in}	R_{out}	$V_{out,max-PP}$

(راهنمایی- برای محاسبه‌ی مقاومت خروجی مدار با فیدبک، باید مقاومت خروجی را که از v_2 به سمت پایین دیده می‌شود، به همان روش فیدبک محاسبه کرد و از روی آن مقاومت خروجی مدار کلی را محاسبه نمود یعنی با مقاومت R_6 موازی نمود. در غیر اینصورت نتیجه‌ی درستی به دست نمی‌آید. علت این امر آنست که مقاومت R_6 بیرون حلقه‌ی فیدبک است.)

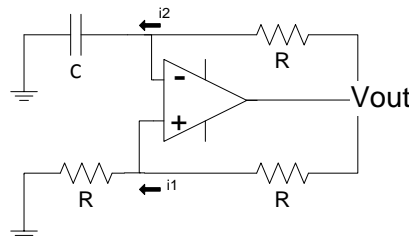
ج- برای این مدار، مشخصات خواسته شده را از شبیه سازی با نرم افزار Hspice به دست آورده و در جدول ۴ وارد کنید. نتایج جدول ۳ و ۴ را با هم مقایسه کنید.

جدول ۴- شبیه سازی مدار با فیدبک

A	R_{in}	R_{out}	$V_{out,max-PP}$

۱-۳ مدار فیدبک سوم

در این قسمت به بررسی یک مدار فیدبک مثبت می‌پردازیم. این نوع مدار فیدبک مثبت، نوسان‌ساز نام دارد. با آپ‌امپ در درس اصول مهندسی برق و آزمایشگاه آشنا شده‌اید. آپ‌امپ در واقع یک تقویت‌کننده ولتاژ به ولتاژ است. مدار شکل ۴، مدار یک نوسان‌ساز است:



شکل ۴: مدار نوسان‌ساز

حال این مدار را تحلیل می‌کنیم. با فرض این‌که جریان ورودی آپ‌امپ ایده‌آل صفر است، مسئله را پیش می‌بریم:

$$i_1 = \frac{v_{out} - v_+}{R} = \frac{v_+ - 0}{R} \Rightarrow v_{out} = 2v_+$$

$$i_2 = \frac{v_{out} - v_-}{R} = C \frac{dv_-}{dt} \Rightarrow v_{out} = 2v_+ = v_- + RC \frac{dv_-}{dt} \quad (۱) \text{ (معادله‌ی ۱)}$$

می‌دانیم اگر $v_+ > v_-$ آنگاه $v_{out} = VCC$ و اگر $v_+ < v_-$ آنگاه $v_{out} = VEE$ خواهد بود. پس داریم:

$$\text{If } v_{out} = 2v_+ > v_- \Rightarrow 2v_+ - v_- = RC \frac{dv_-}{dt} > 0 \Rightarrow v_- \text{ is increasing.}$$

پس مقدار v_- افزایش خواهد یافت. از طرفی ماکزیمم مقدار $v_+ = \frac{VCC}{2}$ است. تا زمانی که مقدار $v_- < \frac{VCC}{2}$ است، مقدار آن افزایش خواهد یافت. در نهایت مقدار آن با مقدار v_+ برابر می‌شود و داریم $v_+ = v_- = \frac{VCC}{2}$. در این لحظه $v_{out} = 0$ خواهد شد، زیرا ورودی‌های آپ‌امپ دقیقاً برابر شده‌اند. پس $v_+ = 0$ می‌شود. دقیقاً لحظه‌ای بعد، مقدار خروجی برابر با VEE خواهد شد؛ زیرا $v_+ < v_-$ است و $v_+ = \frac{VEE}{2}$ خواهد شد. این بار طبق

معادله ی ۱، مقدار v_- نزولی خواهد بود تا به مقدار $v_- = \frac{V_{EE}}{2}$ برسد. دوباره $v_{out} = 0$ خواهد شد و مشابه قسمت قبل پس از یک مرحله تغییر v_+ ، مقدار $v_{out} = 2v_+ = VCC$ خواهد شد و این جریان تکرار می شود.

تحلیل این فیدبک مثبت با روش کتاب گری قابل توجیه نیست. (امتحان کنید!)

آ- با توجه به توضیحات داده شده، شکل موج خروجی مدار و هردو ورودی تقویت کننده را تحلیل و رسم کنید.

ب- فرکانس سیگنال خروجی برحسب R و C چقدر است؟

پ- آیا می توان روشی پیدا کرد که خروجی را به سینوسی نزدیک ساخت؟ توضیح دهید.

گزارش کار

توجه: صفحات ۷ الی ۱۲ را پس از انجام آزمایش تکمیل کرده و به عنوان گزارش کار تحویل دهید.

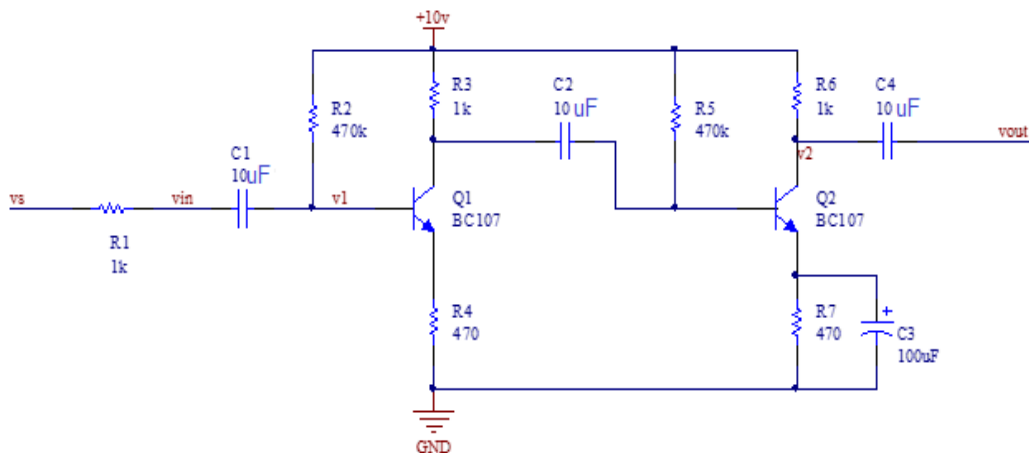
آزمایش شماره:	
نام و نام خانوادگی:	نام و نام خانوادگی:
شماره دانشجویی:	شماره دانشجویی:
شماره گروه:	
تاریخ انجام آزمایش:	

توجه: در مواردی که بهره‌ی مدار خواسته شده است، با توجه به نوع فیدبک، بهره‌ی مناسب را همراه با واحد

مناسب گزارش کنید.

۲-۱ مدار بدون فیدبک

مدار شکل ۵ را بر روی بردبرد ببندید.



شکل ۵: مدار بدون فیدبک

الف- ورودی را با فرکانس ۵ کیلوهرتز اعمال کنید و جدول ۵ را کامل کنید.

جدول ۵- اندازه‌گیری مدار بدون فیدبک

A	R_{in}	R_{out}	$V_{out,max-PP}$	f_H

۲-۲ مدار فیدبک اول

یک مقاومت ۱۰ کیلو اهم بین کلکتور خروجی و امیتر Q1 قرار دهید.

الف- ورودی را با فرکانس ۵ کیلوهرتز اعمال کنید و جدول ۶ را کامل کنید.

جدول ۶- اندازه‌گیری مدار با فیدبک ولتاژ

A	R_{in}	R_{out}	$V_{out,max-PP}$	f_H

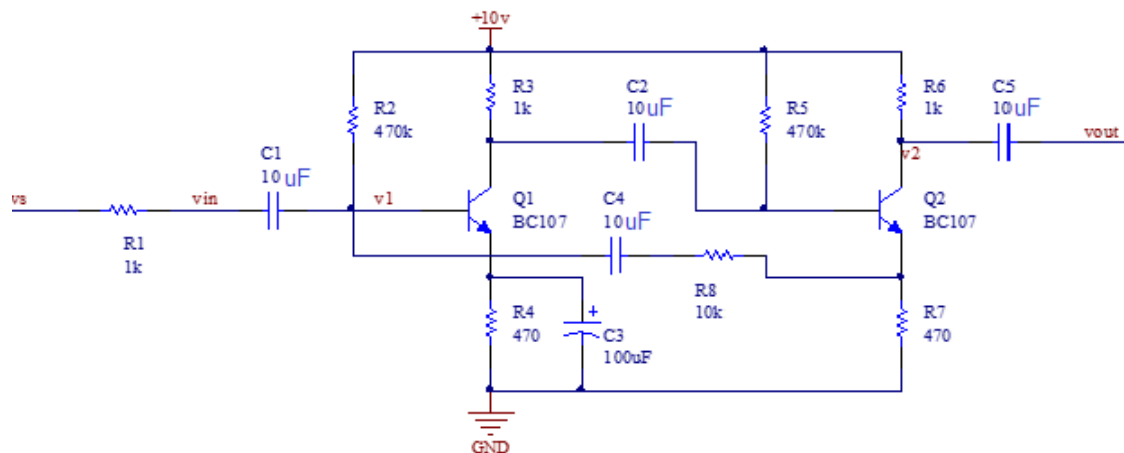
ب- نتایج را با شبیه‌سازی مقایسه کنید.

ج- رابطه‌ی میان بهره‌ی ولتاژ در دو مدار بدون فیدبک و با فیدبک چگونه است؟

د- رابطه‌ی میان پهنای باند در دو مدار بدون فیدبک و با فیدبک چگونه است؟

۳-۲ مدار بدون فیدبک

مدار شکل ۶ را بدون مقاومت R8 و خازن C4، بر روی بردبرد ببندید:



شکل ۶: مدار فیدبک دوم

الف- ورودی را با فرکانس ۵ کیلوهرتز اعمال کنید و جدول ۷ را کامل کنید.

جدول ۷- اندازه‌گیری مدار بدون فیدبک

A_I	R_{in}	R_{out}	$V_{out,max-PP}$	f_H

۲-۴ مدار فیدبک دوم

مقاومت R_8 و خازن C_4 را به مدار قبل اضافه کنید. (مدار شکل ۶ را به طور کامل، روی بردبورد ببندید.)

الف- ورودی را با فرکانس ۵ کیلوهرتز اعمال کنید و جدول ۸ را کامل کنید.

جدول ۸- اندازه‌گیری مدار با فیدبک جریان

A_I	R_{in}	R_{out}	$V_{out,max-PP}$	f_H

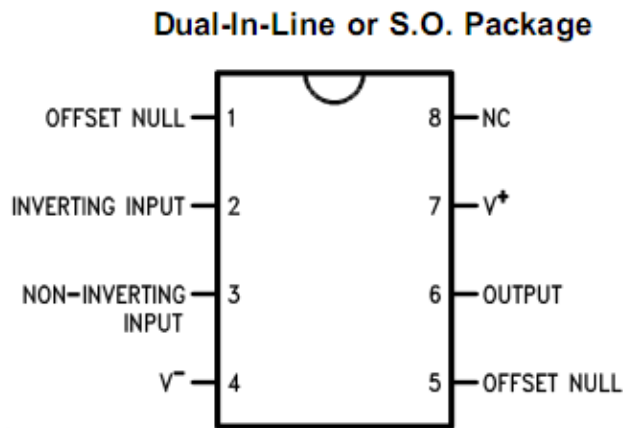
ب- نتایج را با شبیه‌سازی مقایسه کنید.

ج- رابطه‌ی میان بهره‌ی جریان در دو مدار بدون فیدبک و با فیدبک چگونه است؟

د- رابطه‌ی میان پهنای باند در دو مدار بدون فیدبک و با فیدبک چگونه است؟

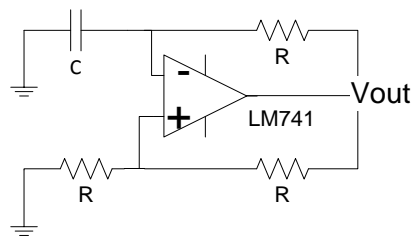
۲-۴ مدار فیدبک سوم

در این قسمت می‌خواهیم از تقویت‌کننده‌ی LM741 به‌عنوان یک آپ‌امپ برای ساختن نوسان‌ساز (Oscillator) استفاده کنیم. وضعیت قرارگیری پایه‌های آی‌سی در شکل ۷ نشان داده شده است. برای به دست آوردن اطلاعات بیشتر به دیتاشیت آی‌سی مراجعه کنید.



شکل ۷: آی‌سی LM741

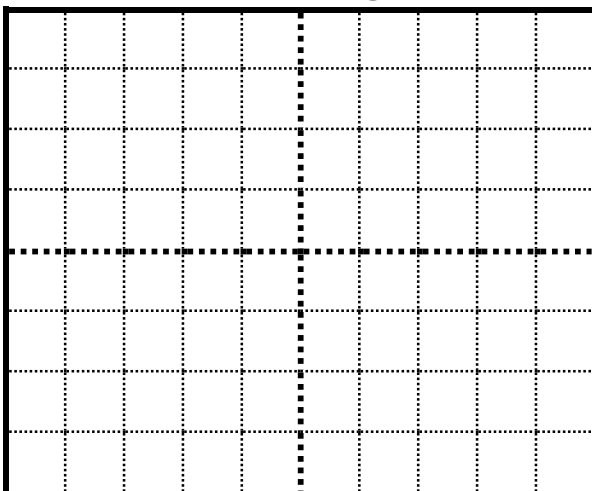
ابتدا تمام Function Generator ها را خاموش کنید! زیرا در این آزمایش خودتان موج تولید خواهید کرد! مقادیر R و C را به گونه‌ای محاسبه کنید که فرکانس خروجی در بازه‌ی 0.2KHz تا حدود 2KHz باشد. مدار نوسان‌ساز را به صورت زیر بر روی بردبرد ببندید:



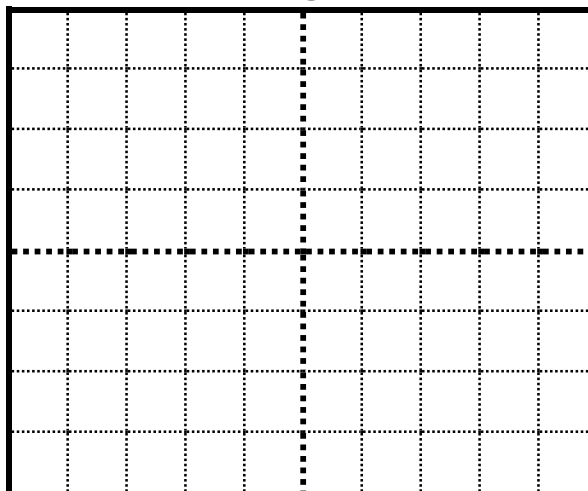
شکل ۸: مدار نوسان‌ساز به کمک آپ‌امپ ۷۴۱

الف- با قرار دادن مقادیر مناسب از R,C شکل موج خروجی و ورودی پایه‌ی منفی تقویت‌کننده را رسم کنید.

شکل موج پایه‌ی منفی آپ‌امپ

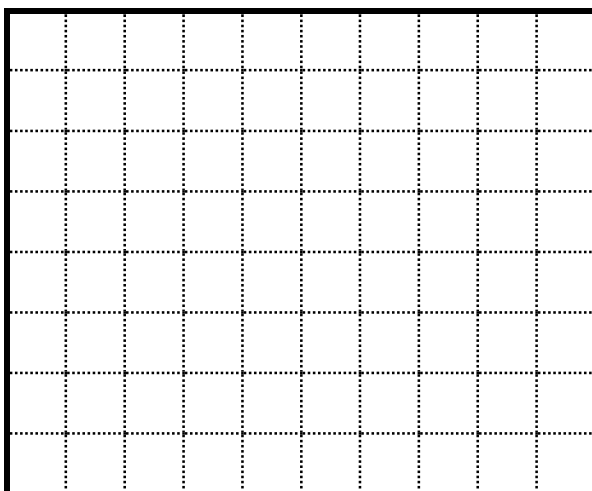


شکل موج خروجی



ب- مقدار THD خروجی را با گرفتن FFT به‌دست آورید.

شکل FFT خروجی



محاسبه‌ی THD