



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

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

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

آزمایش ششم

تقویت کننده ی توان

چکیده

در این جلسه، از دانشجویان خواسته شده تا ابتدا چند مدار اصلی تقویت کننده ی توان (طبقه ی خروجی) را تحلیل و شبیه سازی کنند و در آزمایشگاه مدارها را پیاده سازی و مشخصات آن را اندازه گیری نمایند.

وسایل مورد نیاز

کامپیوتر و نرم افزار شبیه سازی HSpice، منبع تغذیه، مولتی متر، اسیلوسکوپ، سیگنال ژنراتور، بردبرد، تعدادی مقاومت های با توان بالا و توان پایین، خازن، ترانزیستورهای نیمه قدرتی.

پیش‌گزارش

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

۷-۱ مشخصات ترانزیستورهای قدرت

الف- با مراجعه به دیتاشیت ترانزیستورهای سیگنال 2N3904/2N3906، نیمه‌قدرتی BD139/BD140 و ترانزیستورهای قدرتی 2N3055/MJ2955، جدول ۱ را کامل کنید:

جدول ۱- مشخصات ترانزیستورهای نیمه قدرتی و قدرتی

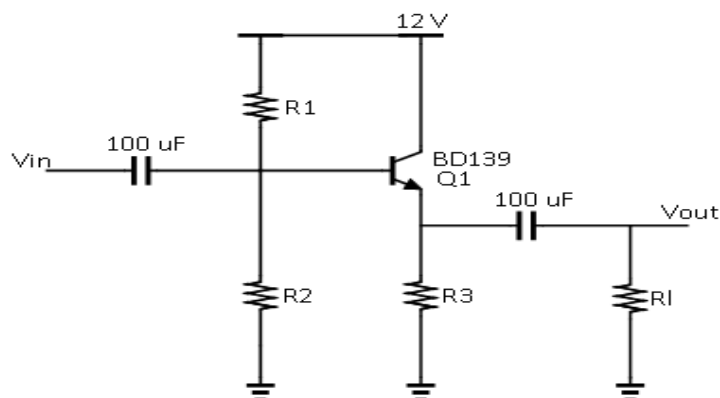
	$V_{CE,sat_{max}}$	$I_{C_{max}}$	$P_{D_{max}}$	β_{min}
2N3904 (nnp)				
2N3906 (pnp)				
BD139 (nnp)				
BD140 (pnp)				
2N3055 (nnp)				
MJ2955 (pnp)				

ب- بهره‌ی جریان ترانزیستورهای نیمه‌قدرتی و قدرتی چه تفاوتی با بهره‌ی جریان ترانزیستورهای سیگنال کوچک مثل 2N3904، که با آن آشنا هستید، دارد؟ بیشتر است یا کمتر؟

پ- با توجه به این تفاوت، به نظر شما چرا در اغلب مدارهای تقویت‌کننده همراه با طبقه‌ی خروجی از طبقات راه انداز بتا (beta-driver) استفاده می‌شود؟

۷-۲ تقویت کننده ی کلکتور مشترک کلاس A

مدار شکل ۱ را در نظر بگیرید: (مقاومت بار در همه ی سوال ها ۱۰۰ اهم است).



شکل ۱ - مدار کلکتور مشترک

الف- با معیار حداکثر کردن انتقال توان به بار و حداکثر کردن سوییچینگ ولتاژ خروجی، عناصر مدار را انتخاب کرده و در جدول ۲ وارد کنید.

جدول ۲ - انتخاب عناصر مدار کلکتور مشترک

R1	R2	R3

ب- با عناصری که انتخاب کرده اید، مدار حاصل را تحلیل کرده و جدول ۳ را کامل کنید.

جدول ۳ - تحلیل مشخصات مدار کلکتور مشترک

R_i	A_v	$P_L[W]$	$P_{DC}[W]$	η [%]

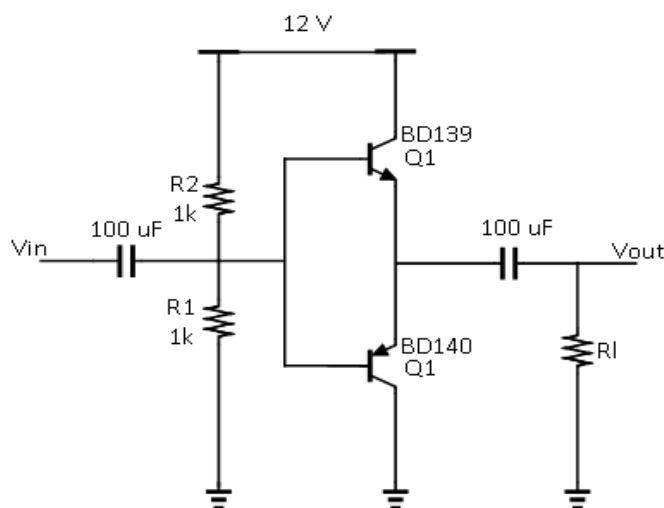
پ- با عناصری که انتخاب کرده اید، مدار حاصل را با Hspice شبیه سازی کرده و جدول ۴ را کامل کنید.

جدول ۴ - نتایج شبیه سازی مشخصات مدار کلکتور مشترک

R_i	A_v	$P_L[W]$	$P_{DC}[W]$	THD[%]	η [%]

۷-۳ تقویت کننده ی Push-Pull کلاس B

مدار شکل ۲ را در نظر بگیرید:



شکل ۲ - مدار Push-Pull

الف- مدار را تحلیل کرده و جدول ۵ را کامل کنید.

جدول ۵ - تحلیل مشخصات مدار Push-Pull

$P_L[W]$	$P_{DC}[W]$	$\eta [\%]$

ب- مدار را با Hspice شبیه سازی کرده و مشخصات جدول ۶ را کامل کنید.

جدول ۶ - نتایج شبیه سازی مشخصات مدار push-pull

$P_L[W]$	$P_{DC}[W]$	THD[%]	$\eta [\%]$

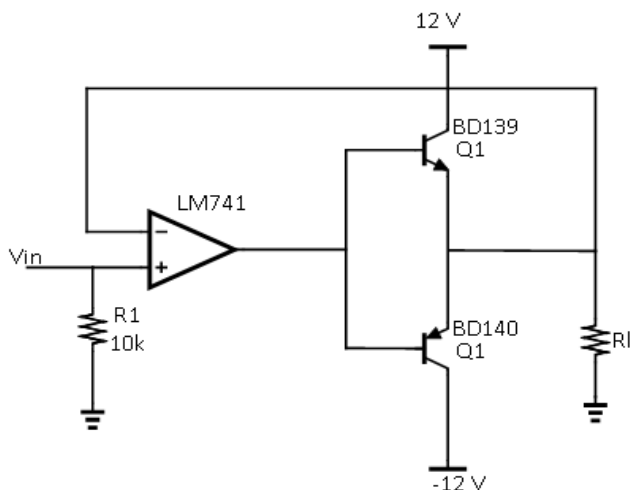
پ- با رسم شکل موج خروجی، ناحیه ی مرده (dead zone) را مشخص کنید.

ت- با رسم جریان هر کدام از ترانزیستورهای Q1 و Q2 مشخص کنید که در هر نیم پریود کدام ترانزیستور و در کدام مود (پوش یا پول) کار می کند.

ث- عملکرد این مدار را با تقویت کننده ی کلاس A مقایسه کنید.

۷-۵ تقویت کننده ی Push-Pull با فیدبک

مدار شکل ۳ را در نظر بگیرید:



شکل ۳- مدار Push-Pull با فیدبک

الف- مدار را با Hspice شبیه سازی کرده و جدول ۷ را کامل کنید. (Opamp را یک منبع ولتاژ وابسته با بهره ی ۱۰۰۰۰ در نظر بگیرید.) شکل موج ورودی و خروجی و همینطور جریان های هر دو منبع تغذیه را رسم کنید.

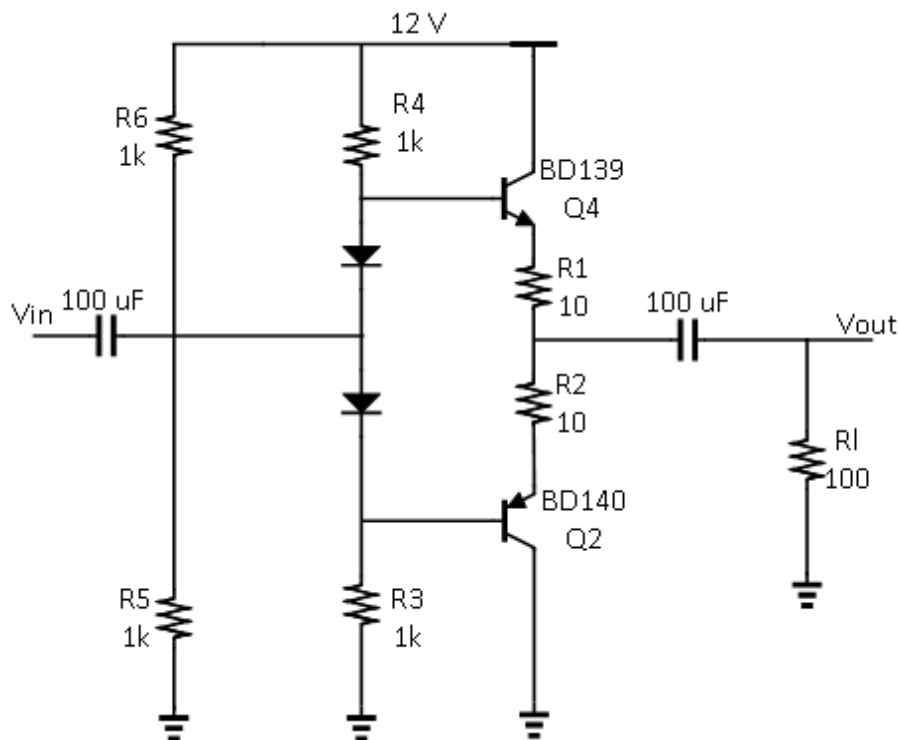
جدول ۷- نتایج شبیه سازی مشخصات مدار Push-Pull با فیدبک

A_v	$P_L[W]$	$P_{DC}[W]$	THD[%]	η [%]

ب- عملکرد مدار را تشریح کنید و توضیح دهید وجود فیدبک باعث ایجاد چه مزایایی در این مدار می شود؟

۷-۴ تقویت کننده ی Push-Pull کلاس AB

شکل ۴ را در نظر بگیرید.



شکل ۴ - مدار push-pull کلاس AB

الف- مدار را تحلیل کرده و مشخصات جدول ۸ را کامل کنید.

جدول ۸ - تحلیل مشخصات مدار push-pull کلاس AB

R_i	A_v	$P_L[W]$	$P_{DC}[W]$	η [%]

ب- مدار را با Hspice شبیه سازی کرده و مشخصات جدول ۹ را کامل کنید.

جدول ۹ - نتایج شبیه سازی مشخصات مدار Push-Pull کلاس AB

R_i	A_v	$P_{o_{max}} [W]$	$P_{CC} [W]$	THD[%]	η [%]

پ- با رسم شکل موج خروجی، ناپدید شدن ناحیه ی مرده را مشخص کنید.

ت- عملکرد این مدار را با تقویت‌کننده‌ی کلاس A و هم‌ینطور کلاس B مقایسه کنید.

ث- چرا به این مدار تقویت‌کننده‌ی توان کلاس AB می‌گویند؟

ج- امتیازی: توان مصرفی مدار در حالتی که به آن ورودی اعمال نشده است چقدر است؟ افزایش مقاومت‌های

R3 و R4 می‌تواند این توان مصرفی را کاهش دهد؛ این موضوع چه اثر نامطلوبی خواهد داشت؟

گزارش کار

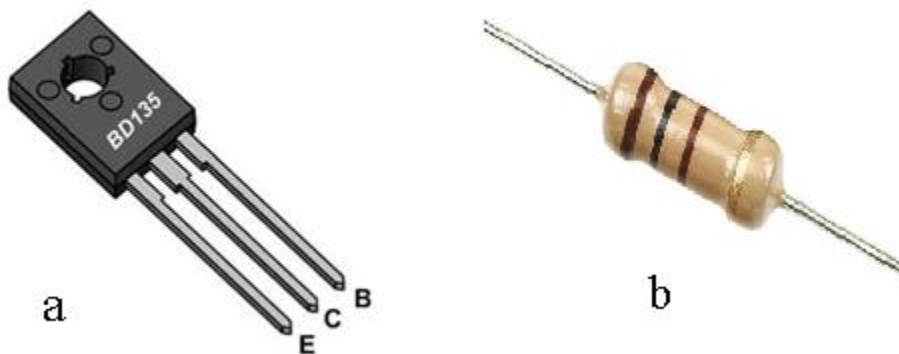
توجه: صفحه‌های ۸ تا ۱۵ را پس از انجام آزمایش تکمیل کرده و به عنوان گزارش کار تحویل دهید.

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

دستور کار

راهنمایی - مقاومت خروجی سیگنال ژنراتور ۵۰ اهم است. بنابراین در مدارهایی که مقاومت ورودی آنها کم باشد، ولتاژ ورودی سیگنال ژنراتور بعد از اتصال به مدار، طبق قاعده‌ی تقسیم مقاومتی افت می‌کند. اصطلاحاً گفته می‌شود که مدار سیگنال ژنراتور را لود (load) کرده است. بنابراین هر جا مقدار سیگنال ورودی ذکر شده، منظور اندازه‌ی سیگنال بعد از در نظر گرفتن اثر بارگذاری (لودینگ loading) است.

توجه: مقاومت بار و همین طور مقاومت‌هایی که جریان بالا از آنها می‌گذرد را از بین مقاومت‌های با توان بالا انتخاب کنید یا با موازی کردن تعداد مناسب از مقاومت‌های ۲۵۰ میلی وات، آنها را بسازید.



شکل ۵- (a) پایه‌های یک ترانزیستور نیمه‌قدرتی (b) مقاومت توان بالا

توجه: برای اندازه‌گیری جریان DC، باید یک آمپر متر در مسیر تغذیه‌ی تقویت‌کننده‌ی توان، به صورت سری قرار دهید و جریان DC را بخوانید.

راهنمایی - تعریف بازده به این صورت است:

$$\eta = \frac{P_{Load}}{P_{dissipated} + P_{Load}}$$

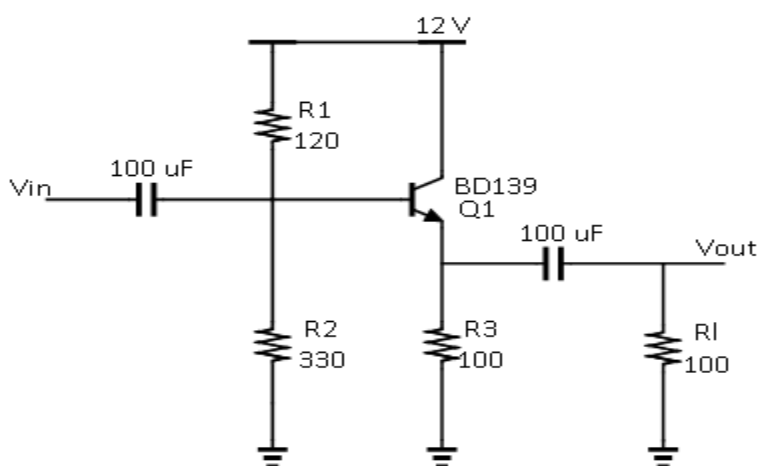
که در آن P_{Load} توان منتقل شده به بار و $P_{dissipated}$ توان تلف شده را نشان می‌دهد. مجموع توان منتقل شده به بار و توان تلف شده، در واقع توان تحویل داده‌شده توسط منبع را نشان می‌دهد. برای اندازه‌گیری بازده، از آنجا که اندازه‌گیری توان تحویل داده شده توسط منبع ساده‌تر است، از فرمول معادل زیر استفاده می‌کنیم:

$$\eta = \frac{P_{Load}}{P_{Supply}} = \frac{P_{Load}}{P_{DC}}$$

برای به دست آوردن توان منبع، کفایت مقدار جریان DC کشیده شده از منبع را در ولتاژ آن ضرب کنیم.

۷-۱ تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک کلاس A

مدار شکل ۶ را بر روی بردبرد ببندید.



شکل ۶- مدار کلکتور مشترک

الف- ورودی با دامنه‌ی ۲ ولت و فرکانس 1 kHz به مدار اعمال کرده و جدول ۱۰ را کامل کنید.

جدول ۱۰ - اندازه‌گیری مشخصات مدار کلکتور مشترک با ورودی $V_i=2V$

R_i	A_v	$P_L[W]$	$P_{DC}[W]$	η [%]

ب- دامنه‌ی ولتاژ ورودی را تا جایی افزایش دهید که خروجی بیشینه گردد. جدول ۱۱ را کامل کنید.

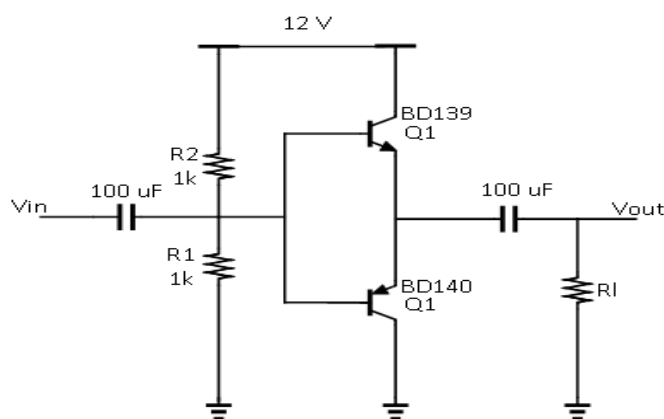
جدول ۱۱ - اندازه‌گیری مشخصات مدار کلکتور مشترک در حداکثر دامنه‌ی ولتاژ خروجی

$P_L[W]$	$P_{DC}[W]$	η [%]

پ- نتایج را با شبیه‌سازی مقایسه کنید و دلایل تفاوت را ذکر کنید.

۷-۲ تقویت کننده‌ی Push-Pull کلاس B

مدار شکل ۷ را بر روی بردبورد ببندید: (مقاومت بار در تمام این آزمایش ۱۰۰ اهم است).



شکل ۷- مدار Push-Pull کلاس B

الف- ورودی با دامنه‌ی ۲ ولت و فرکانس 1 kHz به مدار اعمال کرده و جدول ۱۲ را کامل کنید.

جدول ۱۲- اندازه‌گیری مشخصات مدار **Push-Pull** کلاس **B** با ورودی $V_i=2v$

$P_L[W]$	$P_{DC}[W]$	$\eta [\%]$

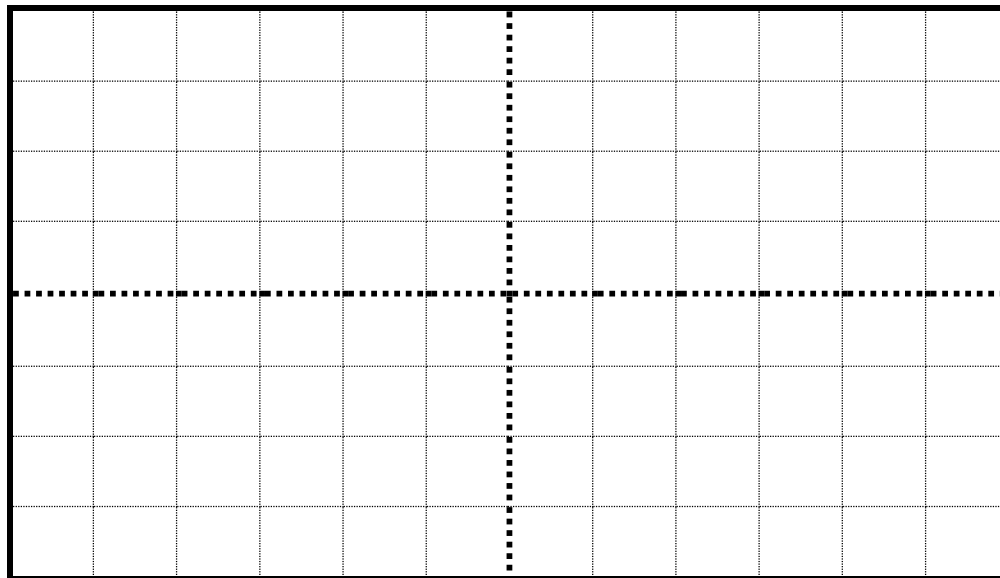
ب- دامنه‌ی ولتاژ ورودی را تا جایی افزایش دهید که خروجی ماکزیمم گردد. جدول ۱۳ را کامل کنید.

جدول ۱۳ - اندازه‌گیری مشخصات مدار **Push-Pull** کلاس **B** در حداکثر دامنه‌ی ولتاژ خروجی

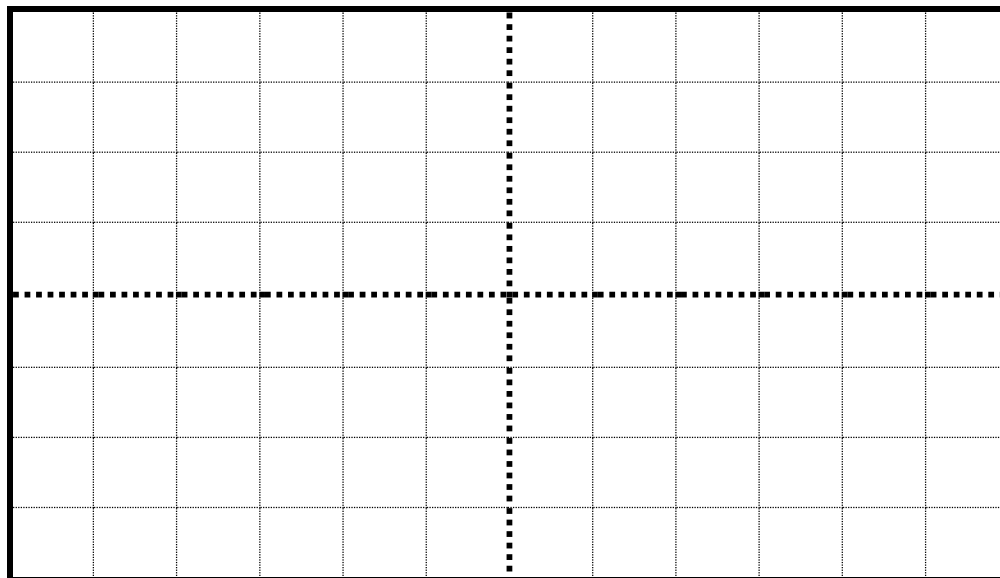
$P_L[W]$	$P_{DC}[W]$	$\eta [\%]$

پ- بیشینه بازده را در این حالت با کلاس **A** مقایسه کنید.

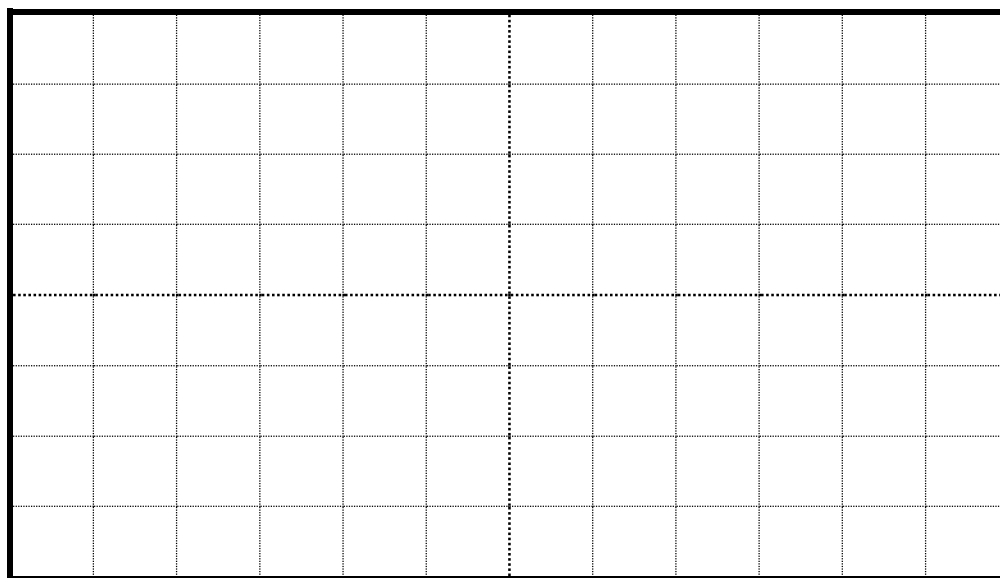
ت- ورودی و خروجی را بر روی دو کانال اسیلوسکوپ، مشاهده کنید و با رسم شکل ناحیه‌ی مرده را مشخص کنید.



ث- اسیلوسکوپ را در حالت x-y قرار داده (که x سیگنال ورودی و y سیگنال خروجی است) و مشخصه‌ی ولتاژ خروجی بر حسب ورودی را رسم کنید و ناحیه‌ی مرده و بهره را روی شکل مشخص کنید.



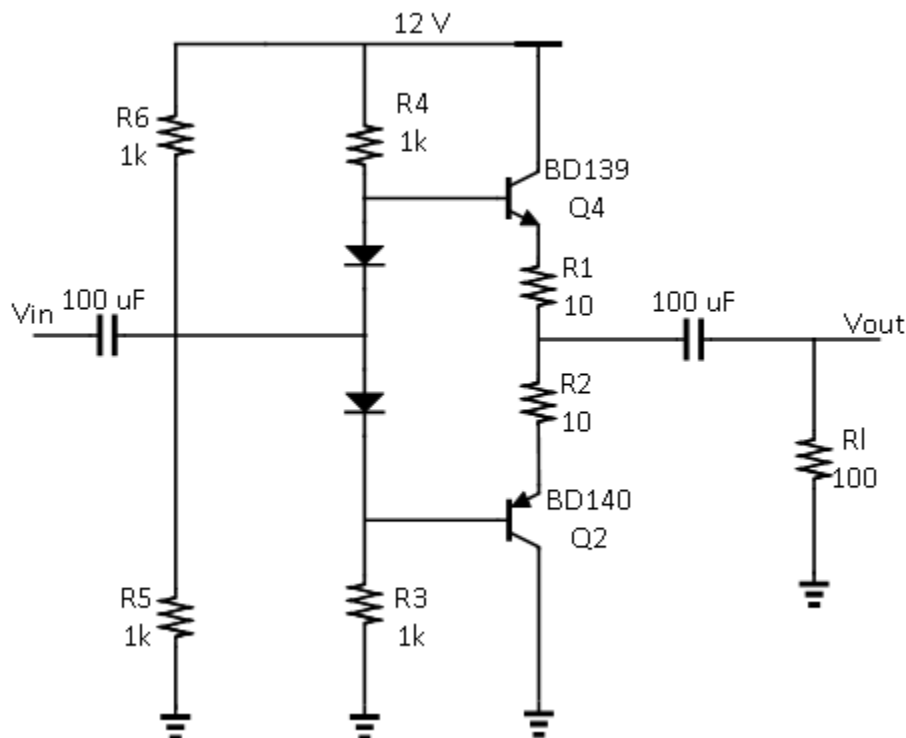
ج- با اعمال ورودی با دامنه‌ی ۲ ولت، FFT خروجی را رسم کرده و THD را محاسبه کنید.



THD =

۷-۳ تقویت کننده ی Push-Pull کلاس AB

مدار شکل ۸ را بر روی بردبورد ببندید. همه ی ترانزیستورها نیمه قدرتی هستند.



شکل ۸ - مدار Push-Pull کلاس AB

الف- ورودی با دامنه ی ۲ ولت و فرکانس 1 kHz به مدار اعمال کرده و جدول ۱۴ را کامل کنید.

جدول ۱۴ - اندازه گیری مشخصات مدار Push-Pull کلاس AB با ورودی $V_i=2v$

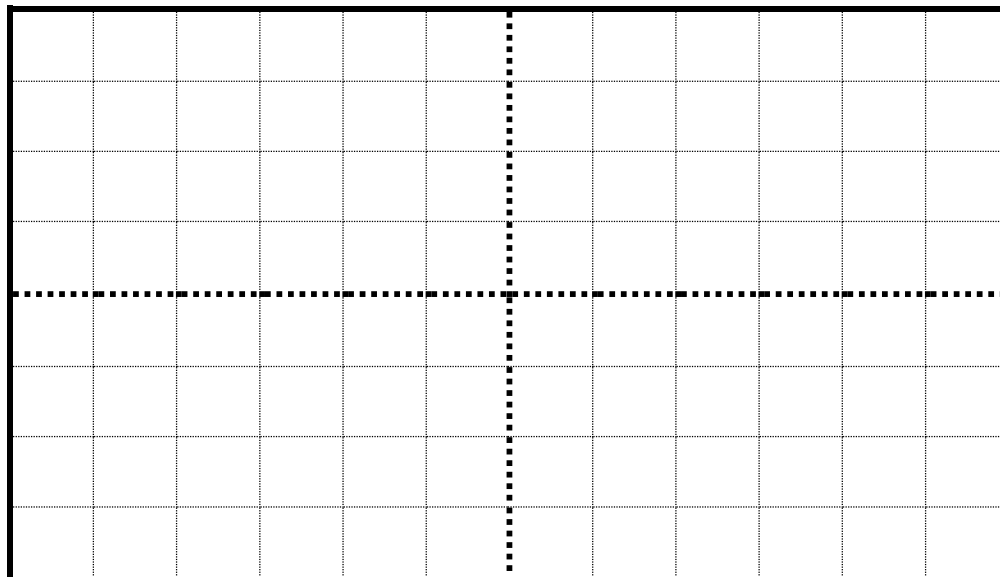
R_i	A_v	$P_L[W]$	$P_{DC}[W]$	η [%]

ب- دامنه ی ولتاژ ورودی را تا جایی افزایش دهید که خروجی بیشینه گردد. جدول ۱۵ را کامل کنید.

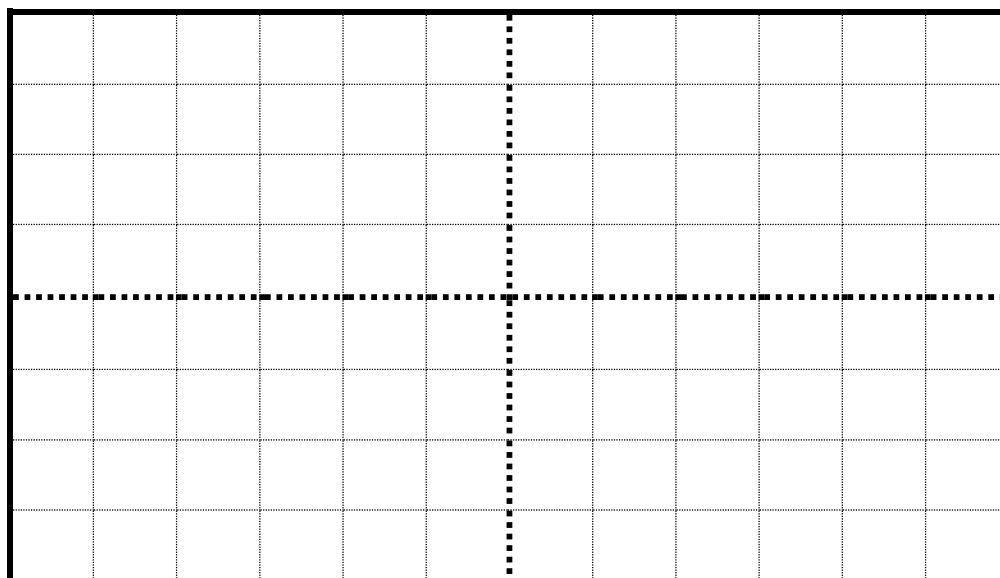
جدول ۱۵ - اندازه گیری مشخصات مدار Push-Pull کلاس AB در حداکثر دامنه ی ولتاژ خروجی

$P_L[W]$	$P_{DC}[W]$	η [%]

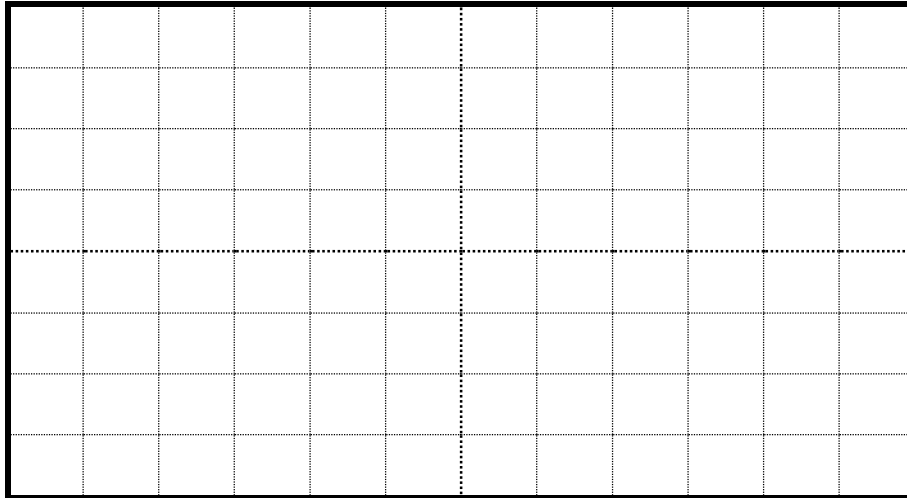
پ- ورودی و خروجی را بر روی دو کانال اسیلوسکوپ، مشاهده کنید و با رسم شکل موج‌ها، محو شدن ناحیه‌ی مرده را نشان دهید.



ت- اسیلوسکوپ را در حالت x-y قرار داده و مشخصه‌ی ولتاژ خروجی بر حسب ورودی را رسم کنید و با مشخصه‌ی کلاس B (قسمت ث بخش قبل) مقایسه کنید.



ث- با اعمال ورودی با دامنه‌ی ۲ ولت، FFT خروجی را رسم کرده و THD را محاسبه کنید و با کلاس B مقایسه کنید.



THD =

ج- ولتاژ دو سر مقاومت‌های R1 و R2 را رسم کنید. برای رسم هر کدام، باید از دو پروب اسکوپ استفاده کنید و خروجی‌ها را از هم کم کنید. در نهایت هر دو شکل را در پنجره‌ی زیر رسم کنید (یکی را با خط چین رسم کنید) و مشخص کنید در هر نیم‌پریود، کدام ترانزیستور روشن است.

