دانشگاه آزاد اسلامی واحد میـــــانه

گروه مهندسی برق و الکترونیک

دستورکار

آز- الکتـــــرونیک(۲)

تهیه وتنظیم: مهنـــدس نعمتی

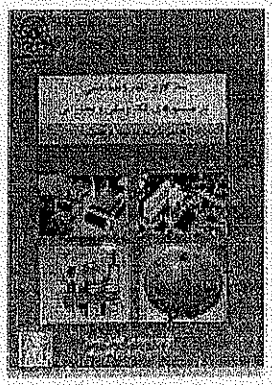
M.Sc – EEE

بسم الله الرحمن الرحیم

خدایا چنان کن سرانجام کار
تو خوشنود شوی و ما رستگار

معرفی کتاب:

سازگاری الکترومغناطیسی در سیستم‌های الکترونیکی و مخابراتی
(طراحی مدارهای دیجیتال فرکانس بالا)



تألیف: مهندس عباس نعمتی/ کارشناس ارشد برق و الکترونیک
ناشر: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) ISBN:978-964-463-336-2

Http://Nematia.Blogfa.com

ویژگی‌های برجسته کتاب:

- اولین منبع فارسی در ایران در زمینهٔ مهندسی **EMC** (سازگاری الکترومغناطیسی)، حاوی اصول، استانداردها و روش‌های صحیح طراحی مدارها و سیستم‌های الکترونیکی و مخابراتی؛
- کتابی بسیار مفید برای دانشجویان، مهندسین و طراحان در *طراحی و ساخت* مدارها یا سیستم‌های الکترونیکی و مخابراتی (بویژه مدارهای دیجیتال فرکانس بالا و کم‌نویز)؛
- قابل استفاده در مراکز آموزشی، علمی، تحقیقاتی، آزمایشگاهها و صنایع مرتبط با الکترونیک و مخابرات.

مطالب مهمی که این کتاب شامل می‌شود عبارتند از:

- تعریف و توضیح کامل سازگاری الکترومغناطیسی و استانداردهای مهم مربوط به آن؛
- بررسی و تشریح عوامل ایجاد تداخل و ناسازگاری ناشی از نویز در یک مدار یا سیستم؛
- ارائه تکنیک‌های کلی برای کاهش یا حذف تداخل و نویز در مدارها یا سیستم‌های الکترونیکی و مخابراتی.

سرفصل‌های کتاب:

فصل اول: *اساس سازگاری الکترومغناطیسی*(تعریف سازگاری الکترومغناطیسی، تداخل الکترومغناطیسی و استانداردهای مربوطه)

فصل دوم: *گسیلش و حساسیت‌پذیری تشعشعی*(تشعشعات الکترومغناطیسی از بردهای مدار چاپی و راههای کاهش آنها)

فصل سوم: *گسیلش و حساسیت‌پذیری هدایتی* (نویزهایی که از طریق سیمها یا تغذیه به مدار وارد شده یا از مدار خارج می‌شوند به همراه تکنیک‌های کاهش آنها)

فصل چهارم: *رفتار پنهان قطعات غیرفعال (مقاومت، سلف، خازن و...) در فرکانس‌های بالا*؛ (مدار معادل قطعات‌های غیرفعال در فرکانس‌های بالا و انواع المانهای پارازیتی در آنها به همراه راههای کاهش نویز)

فصل پنجم: *قطعات لاجیک در مدارهای دیجیتال* (مشخصات نویز قطعات لاجیک، رهنمودهایی در نحوه انتخاب قطعات لاجیک در زمان طراحی مدار به منظور طراحی استاندارد و کاهش نویز و...)

فصل ششم: *خطوط انتقال* (خطوط انتقال و مدار معادل آن، بازتاب سیگنال از خطوط انتقال، تکنیکهای کاهش نویز در خطوط انتقال)

فصل هفتم: *تداخل سیگنالی (همشنوایی یا کراستاک)*؛

فصل هشتم: *آنتن‌ها و تئوری الکترومغناطیس*

فصل نهم: *بردهای چند لایه(۴،۶،۸،۱۰لایه)*؛ بررسی انواع بردها، نحوه قرارگیری آنها برای کاهش نویز و افزایش کیفیت مدار

فصل دهم: *خازن‌های بای‌پسینگ و دکوپلینگ* (انواع خازنها، کاربرد آنها، محل قرارگیری و مقادیر آنها و...)

فصل یازدهم: *فیلترینگ* (انواع فیلترها و بررسی آنها به همراه طراحی فیلتر برای کاهش نویز در ورودی/خروجی ترانسفورمرها)

فصل دوازدهم: *پارتیشن‌بندی* بردهای مدار چاپی(PCB) برای کاهش نویز از مدار و کاهش حساسیت‌پذیری مدار نسبت به نویزهای موجود در محیط اطراف

فصل سیزدهم: *گراندینگ (زمین‌کردن)*؛ (خصوصیات سیستم زمین، انواع روش‌های زمین‌کردن در مدارها یا سیستمها و...)

فصل چهاردهم: *شیلدینگ(حفاظ‌گذاری)* در سیستمهای الکترونیکی و مخابراتی ؛ برای کاهش نویزهای تشعشعی(جلوگیری از تشعشع نویز از مدار یا سیستم به محیط اطراف و جلوگیری از تاثیر تشعشعات نویزهای محیط اطراف بر روی سیستم مورد نظر)

فصل پانزدهم: *پایان‌دهی* مسیر یا خطوط انتقال (برای برقراری تطبیق امپدانس در خطوط انتقال و کاهش بازتاب و نویز در آنها)

آدرس مرکز پخش: تهران- خ ولیعصر، بالاتر از چهارراه ولیعصر، روبروي خ بزرگمهر، مرکز فروش کتابهاي انتشارات دانشگاه صنعتي اميركبير - تلفن: ۶۶۴۹۸۸۶۸- ۰۲۱

مرکز فروش در میدان انقلاب تهران (انتشارات صانعی): خ انقلاب، مقابل انتشارات دانشگاه تهران، نرسیده به خ ۱۲ فروردین تلفن: ۰۲۱۶۶۴۰۵۳۸۵ --- ۰۲۱۶۶۴۰۹۹۲۴ (ارسال کتاب با پست سفارشی)

مرکز فروش میانه۱: خ امام، ساختمان امیر (جهاد دانشگاهي)، کتابسراي امير، تلفن: ۰۴۲۳-۲۲۲۲۴۹۲

مرکز فروش میانه۲: دانشگاه آزاد اسلامي ميانه- بخش فروش کتابهاي دانشگاهي

آزمایش اول:

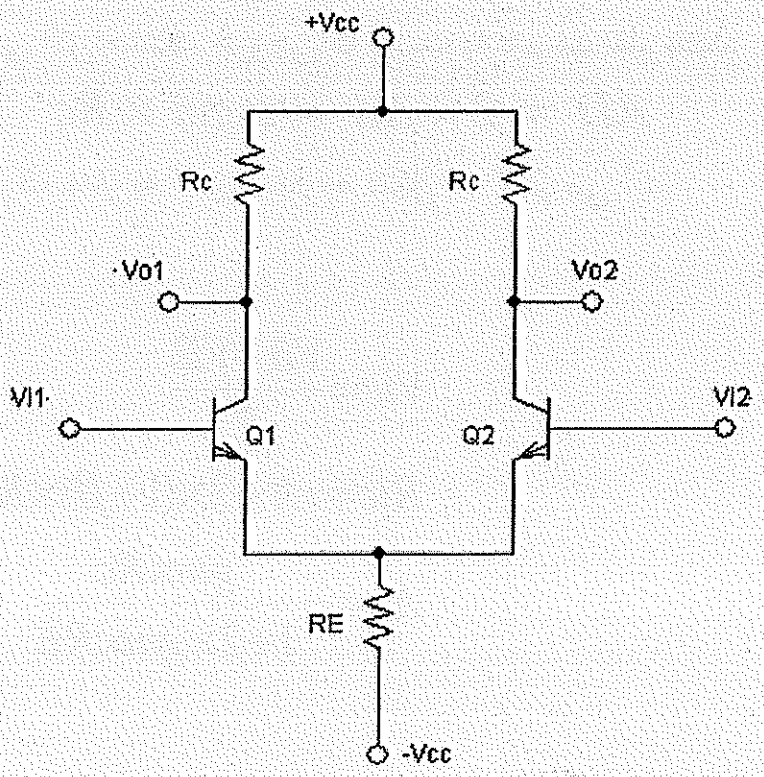
<< تقویت کننده تفاضلی >>

مقدمه و بخش تئوری:

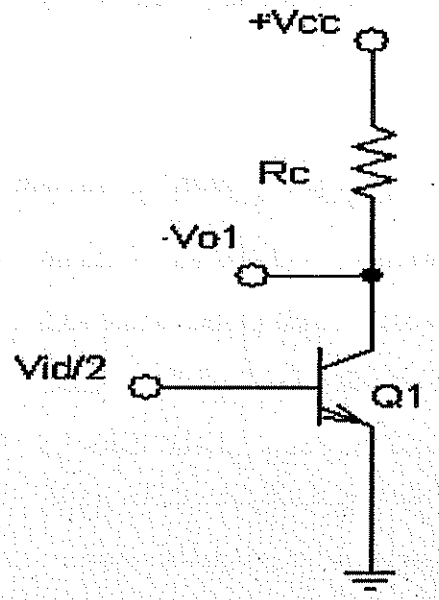
تقویت کننده تفاضلی از ۲ طبقه امیتر مشترک تشکیل شده که در شکل ۱-۱ نشان داده شده است. تحلیل تقویت کننده تفاضلی همانند تقویت کننده های یک طبقه می باشد.

تحلیل سیگنال کوچک تقویت کننده تفاضلی در دو حالت تفاضلی و مشترک انجام می‌گیرد، در حالت تفاضلی ورودی ها نسبت به هم دارای ۱۸۰ درجه اختلاف فاز می باشند درصورتی که در حالت مشترک هیچ اختلافی در دامنه و فاز ورودی ها نسبت به هم وجود ندارد.

جهت تحلیل در حالت تفاضلی کافی است مدار را به ۲ نیم مدار مطابق شکل ۲-۱ تبدیل نموده و پارامترهای مقاومت ورودی و بهره ولتاژ را محاسبه نماییم.



شکل ۱-۱: تقویت کننده تفاضلی



$$Vid = |Vi1 - Vi2| \qquad (۱-۱)$$

$$Rid = 2r\pi \qquad (۱-۲)$$

$$Ad1 = \frac{Vo1}{Vid} = \pm\frac{gm1 \times Rc1}{2} \qquad (۱-۳)$$

به علت مشابه بودن تمام المان های طبقه های تقویت کننده تفاضلی،پارامترهای طبقه ها با هم یکی می باشند.

شکل۱-۲ : تقویت کننده تفاضلی در حالت تفاضلی

در حالت تفاضلی اگر اختلاف خروجی ها نسبت به هم مد نظر باشد:

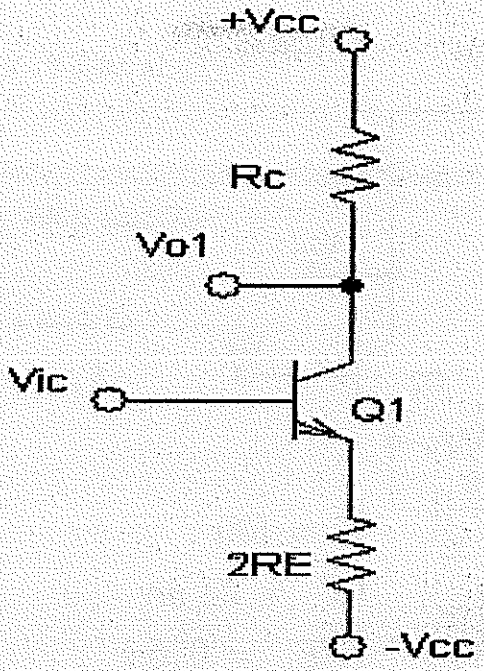
$$AD = 2 \times Ad = \pm gm \times Rc \qquad (۱-۴)$$

در حالت مشترک مدار به ۲ نیم مدار،به شکل ۱-۳ در می آید.

$$Vic = \frac{Vi1 + Vi2}{2} \qquad (۱-۵)$$

$$Ric = r\pi + 2 \times (1+\beta) \times RE \qquad (۱-۶)$$

$$Ac = -\frac{gm \times Rc}{1 + 2 \times gm \times RE} \qquad (۱-۷)$$



شکل۱-۳ تقویت کننده تفاضلی در حالت مشترک

در صورتی که ولتاژهای اعمالی به ورودی های تقویت کننده تفاضلی از نظر دامنه و فاز برابر نباشند میتوان ولتاژ خروجی را از رابطه ۱-۸ محاسبه نمود.

$$|Vo1| = |Vo2| = |Ad|.|Vid| + |Ac|.|Vic| \qquad (۱-۸)$$

پارامتر مهم،نسبت حذف حالت مشترک برای تقویت کننده های تفاضلی بیان می‌گردد که نسبت بهره تفاضلی به بهره مشترک را شامل می شود.این پارامتر نشان می دهد به چه میزان سیگنال های ناخواسته در خروجی تقویت کننده تفاضلی حذف می شوند.

$$CMRR = \frac{|Ad|}{|Ac|} \qquad (۱-۹)$$

به علت بزرگ بودن عدد نسبت حذف حالت مشترک،آنرا بر حسب دسی بل بیان می نمایند.

$$CMRR|dB = 20Log\frac{|Ad|}{|Ac|} \qquad (۱-۱۰)$$

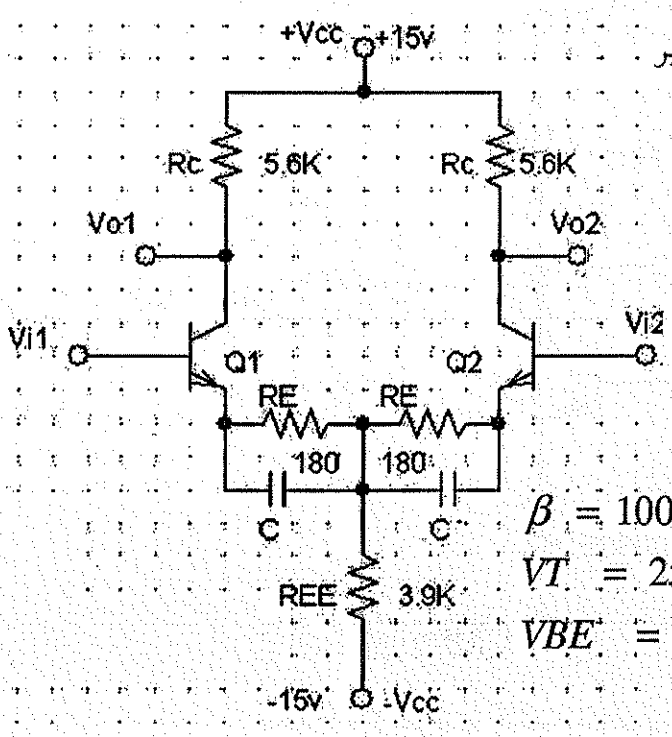
مثال : با توجه به مدار ۱-۴ پارامترهای زیر را محاسبه نمائید

الف) مقادیر DC

ب) مقاومت ورودی در حالت مشترک و تفاضلی

ج) بهره ولتاژ تفاضلی و مشترک

د) نسبت حذف حالت مشترک



$\beta = 100$

$VT = 25\ mv$

$VBE = 0.6\ v$

شکل ۱-۴

حل: الف)

$$VB1 = VB2 = 0v$$

$$VBE1 = VBE2 = VB - VBE = 0 - 0.6 = -0.6v$$

$$IEE = \frac{VE - (-Vcc)}{\frac{RE}{2} + REE} = \frac{15 - 0.6}{90 + 3.9k} = 3.6mA$$

$$Ic1 = Ic2 = \frac{IEE}{2} = \frac{3.6m}{2} = 1.8mA$$

$$Vc1 = Vc2 = Vcc - Rc \times Ic = 15 - 5.6k \times 1.8m = 4.92v$$

$$VCE1 = VCE2 = VC - VE = 4.92 - (-0.6) = 5.52v$$

ب)

$$gm1 = gm2 = \frac{Ic}{VT} = \frac{1.8m}{25m} = 72ms$$

$$r\pi 1 = r\pi 2 = \frac{\beta}{gm} = \frac{100}{72m} = 1388\Omega$$

$$Rid = 2 \times r\pi = 2 \times 1388 = 2777\Omega$$

$$Ric = r\pi + 2 \times (1+\beta) \times REE = 1388 + 2 \times (1+100) \times 3.9k = 789k\Omega$$

ج)

$$Ad = \pm \frac{gm \times Rc}{2} = \pm \frac{72m \times 5.6k}{2} = \pm 201.6$$

$$Ac = -\frac{gm \times Rc}{1 + 2 \times gm \times REE} = -\frac{72m \times 5.6k}{1 + 2 \times 72m \times 3.9k} = -0.716$$

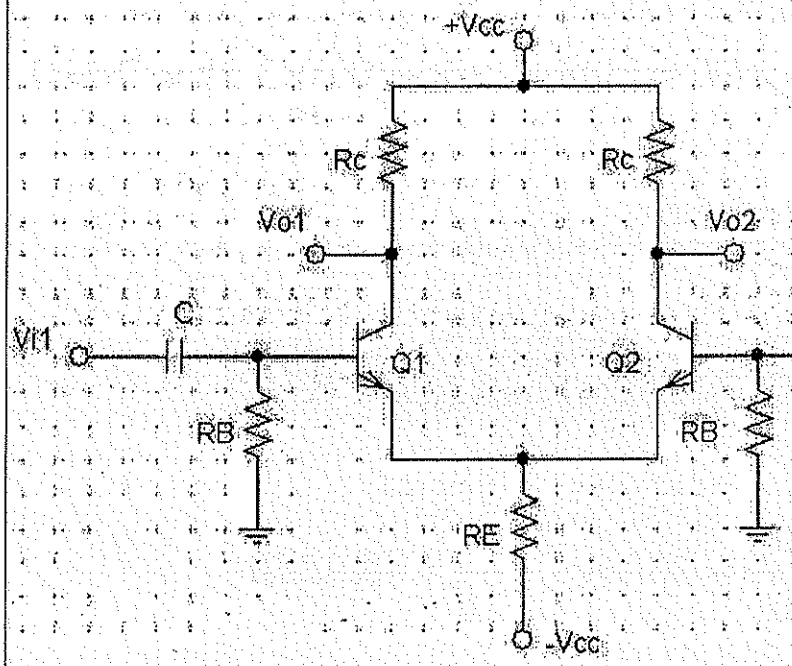
د)

$$CMRR|dB = 20Log \frac{|Ad|}{|Ac|} = 20Log \frac{201.6}{0.716} = 48.92dB$$

در تقویت کننده های تفاضلی عملی به علت عدم تشابه کامل ترانزیستورها و خطای مقادیر المانهای مدار،پارامترهای بایاس طبقات با هم یکی نمی باشند که توسط اتصال پتانسیومتری به پایه های امیتر و یا جایگزینی منبع جریان به جای مقاومت موجود در امیتر ترانزیستورها،پارامترهای بایاس طبقات را یکی می نمایندکه به این عمل متعادل نمودن تقویت کننده تفاضلی اطلاق می شود.

بخش عملی- انجام آزمایش:

۱- مدار شکل ۱-۵ را ببندید.



$Vcc = \pm 10\,v$

$Q1 = Q2 = BC\,107$

$C = 10\,\mu f$

$Rc = 5.6k\Omega$

$RE = 4.7k\Omega$

$RB = 3.3k\Omega$

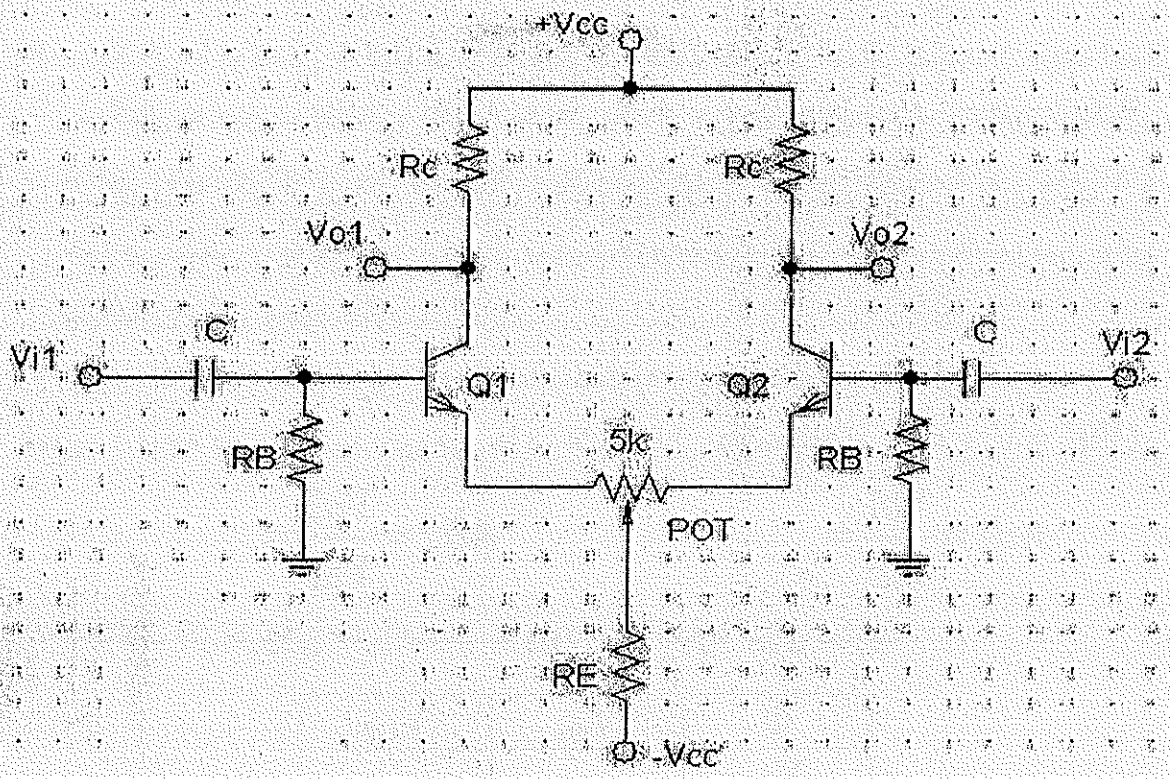
شکل ۱-۵

۲- پارامترهای نقطه کار ترانزیستورها را قبل از اعمال سیگنالی به مدار اندازه گیری نمایید.

پارامتر	VB	VE	VC	IC	IE
Q1					
Q2					

۳- آیا نقطه کار ترانزیستورها یکسان می باشد؟ .....

۴- در صورت یکی نبودن نقطه کار ترانزیستورها (در غیر اینصورت مراحل آزمایش را از بند ۶ ادامه دهید)،پتانسیومتری را بین پایه امیتر ترانزیستورها مانند شکل ۱-۶ قراردهید و پتانسیومتر را طوری تنظیم نمایید که اختلاف ولتاژ کلکتور ترانزیستورها صفر گردد. . . . . .



شکل۱-۶

۵- پارامتر نقطه کار ترانزیستورها را اندازه گیری نمایید.

پارامتر	VB	VE	VC	IC	IE
Q1					
Q2					

۶- سیگنالی با فرکانس ۱ کیلو هرتز به مدار در حالت تفاضلی اعمال نمایید. (جهت اعمال سیگنال به صورت تفاضلی کافی است هر یک از خروجی های مثبت و منفی سیگنال ژنراتور را به یکی از ورودی ها اعمال نمایید،می توانید خروجی مثبت را به ورودی ۱ و خروجی منفی را به ورودی ۲ اعمال نمایید،لازم به ذکر است در این حالت زمین برای سیگنال ژنراتور وجود ندارد)

۷- بهره ولتاژ مدار (هریک از خروجی ها نسبت به ورودی تفاضلی)را اندازه گیری نمایید.(توجه داشته باشید خروجی ها در اشباع قرار نداشته باشند.) $(Vid = Vsg)$

$$Ad1 = \frac{Vo1}{Vid} = \text{----------} \qquad Ad2 = \frac{Vo2}{Vid} = \text{----------}$$

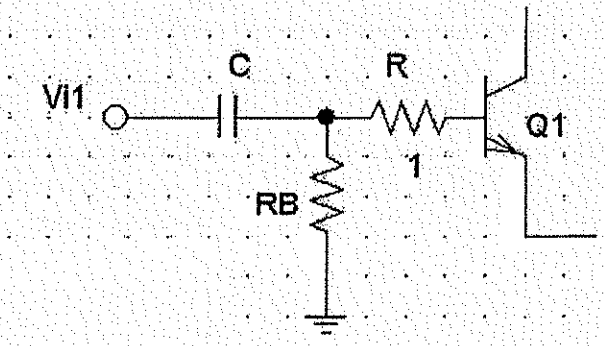
۸- اختلاف فاز خروجی ها را نسبت به ورودی ها اندازه گیری نمایید.

Φ	V_{O1}	V_{O2}
V_{i1}		
V_{i2}		

۹- مقاومت ورودی مدار را در حالت تفاضلی اندازه گیری نمایید.

$$Rid = \frac{Vid}{ib} = \text{----------}$$

برای اندازه گیری جریان بیس می توانید مانند شکل ۱-۷ ولتاژ مقاومت ۱ اهمی،که همان جریان بیس می باشد را اندازه گیری نمایید.



شکل ۱-۷

۱۰- حال سیگنال را در حالت مشترک به ورودی ها اعمال نمایید.(جهت اعمال سیگنال در حالت مشترک کافی است خروجی سیگنال ژنراتور را همزمان به هر دو ورودی اعمال کنید.)

۱۱- بهره ولتاژ مدار را در این حالت اندازه گیری کنید. $(Vic = Vsg)$

$$Ac1 = \frac{Vo1}{Vic} = \text{----------} \qquad Ac2 = \frac{Vo2}{Vic} = \text{----------}$$

۱۲- اختلاف فاز هریک از خروجی ها را نسبت به ورودی ها اندازه گیری نمایید.

Φ	V_{O1}	V_{O2}
V_{i1}		
V_{i2}		

۱۳- مقاومت ورودی مدار را در حالت مشترک اندازه گیری نمایید.(برای اندازه گیری مقاومت میتوانید همانند روش اندازه گیری مقاومت در حالت تفاضلی عمل نمایید.)

$$Ric = \frac{Vic}{ib} = \text{----------}$$

❋ سوالات:

۱- مقادیر اندازه گیری شده در هر مرحله از ازمایش را با مقادیر تئوری مقایسه نمایید.

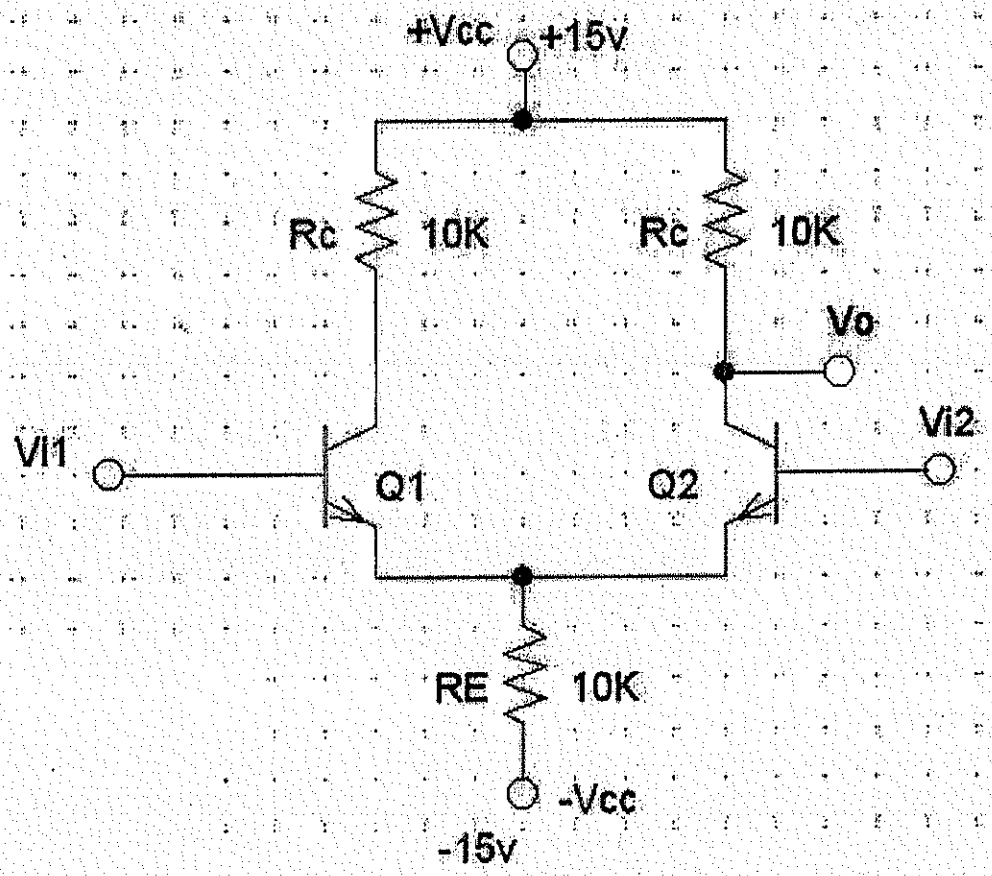
۲- برای هر یک از زوج سیگنالهای داده شده،سیگنال حالت مشترک و تفاضلی راتعیین نمایید.

$$A)\quad V1 = 10Sin\omega t \qquad V2 = 6Sin\omega t$$
$$B)\quad V1 = 4 + 0.1Sin\omega t \qquad V2 = 3 - 0.2Sin\omega t$$

۳- با توجه به مدار شکل ۱-۸

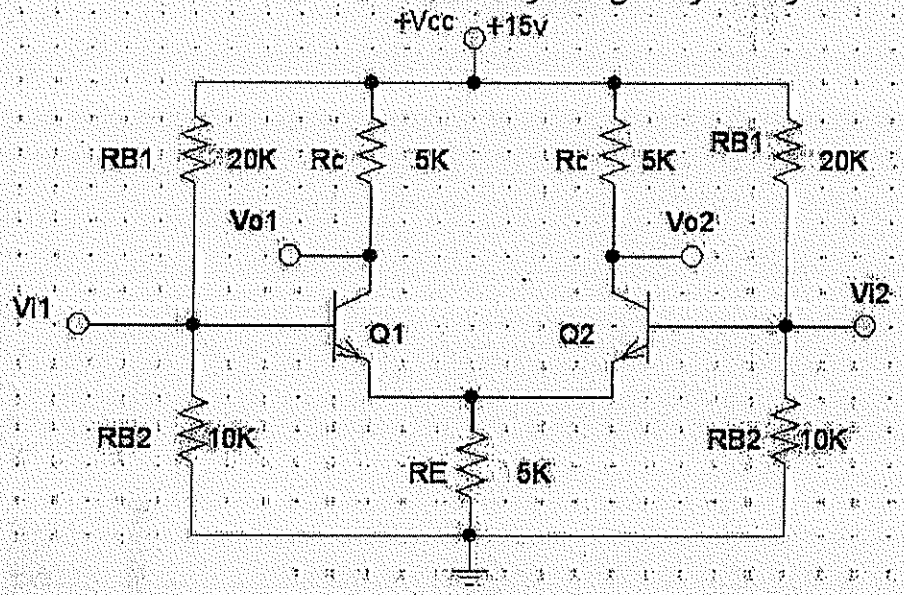
الف) جریان امیتر هر یک از ترانزیستورها

ب) بهره ولتاژ تفاضلی را محاسبه کنید.



شکل ۱-۸

۴- نسبت حذف حالت مشترک مدار شکل۱-۹ را محاسبه کنید.



شکل۱-۹

۵- آزمایش ۱ را توسط نرم افزارهای الکترونیک شبیه سازی نموده و نتایج بدست آمده را با نتایج عملی مقایسه کنید.

آزمایش دوم:

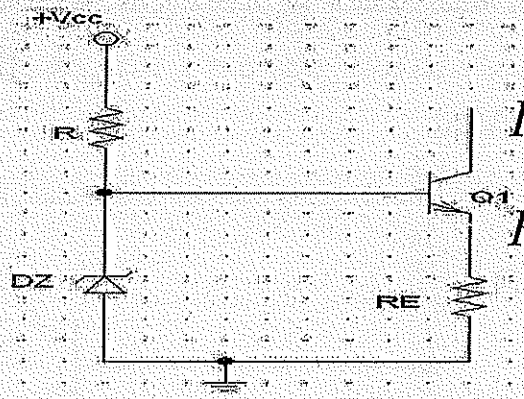
<<منبع جـریان>>

مقدمه و بخش تئوری:

منابع جریان،جریان ثابتی تولید می نمایند که با تغییر مقاومت بار مقدار آن تغییر نمی‌کند.

از منبع جریان می توان در مدار های مختلف جهت بایاس و در تقویت کننده تفاضلی به عنوان بار فعال جهت افزایش بهره نیز استفاده نمود.

ساده ترین منبع جریان در شکل۲-۱ نشان داده شده است که جریان خروجی آن از رابطه ۲-۱ و مقاومت خروجی از معادله ۲-۲ محاسبه می گردد.



شکل۲-۱ ساده ترین منبع جریان

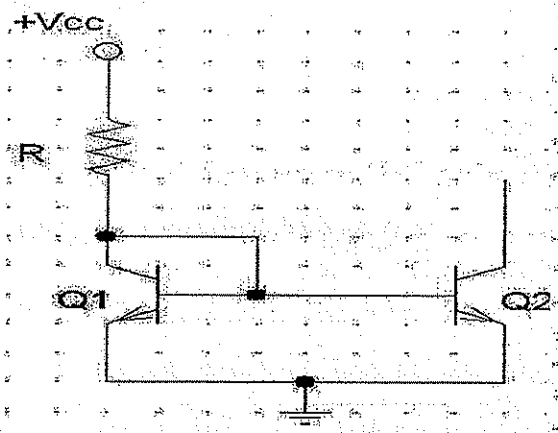
$$Io \cong IE = \frac{Vz - VBE}{RE} \qquad (۲-۱)$$

$$Ro \cong ro\left[1 + gm \times RE\right] \qquad (۲-۲)$$

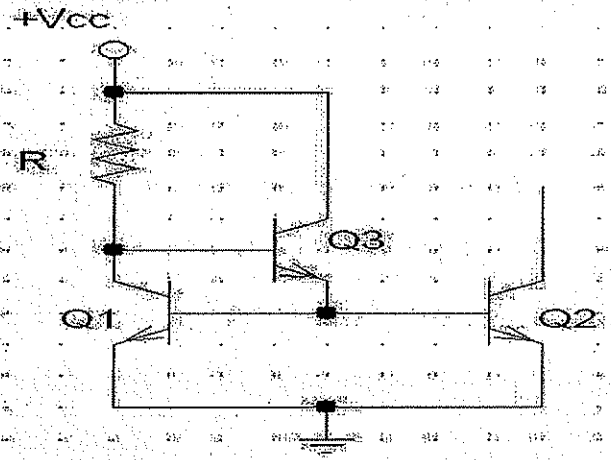
شکل ۲-۲ منبع جریان آئینه ای را نشان می دهد،در این منبع جریان،جریان خروجی وابستگی شدیدی به بتا ترانزیستور دارد که در شکل ۲-۳ با اضافه کردن ترانزیستوری این مشکل کمی مرتفع شده است.جریان خروجی منبع جریان آئینه ای از معادله ۲-۳ بدست می آید.

$$Io = \frac{I}{1 + \frac{2}{\beta}} \qquad (۲-۳)$$

$$I = \frac{Vcc - VBE}{R} \qquad (۲-۴)$$

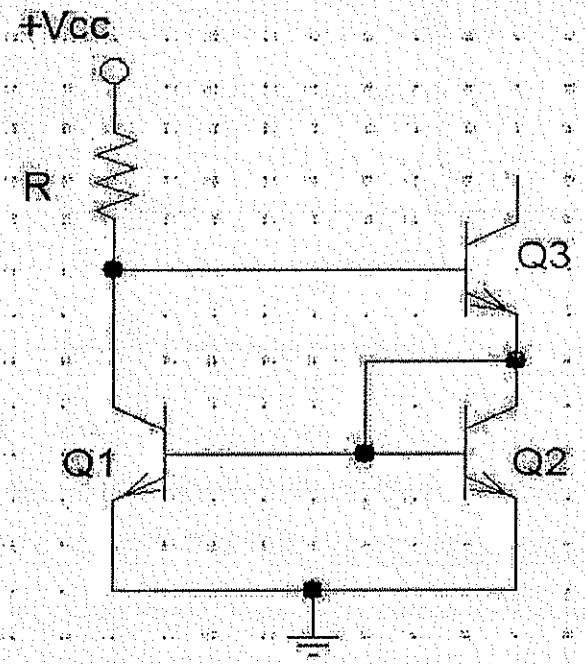


شکل۲-۲ منبع جریان آئینه ای

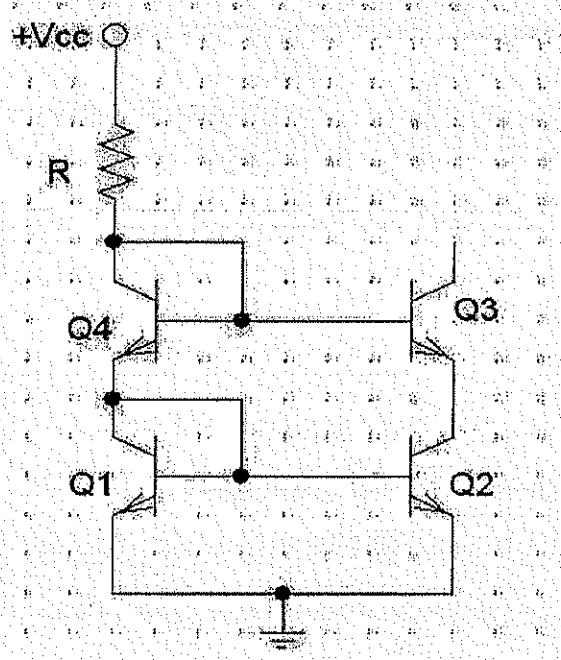


شکل۲-۳ منبع جریان آئینه ای اصلاح شده

آینه جریان های ویلسون و کسکد نمونه های دیگری از منبع جریان می باشند که در شکل های ۲-۴ و ۲-۵ نشان داده شده است.



شکل۲-۴ منبع جریان ویلسون



شکل۲-۵ منبع جریان کسکد

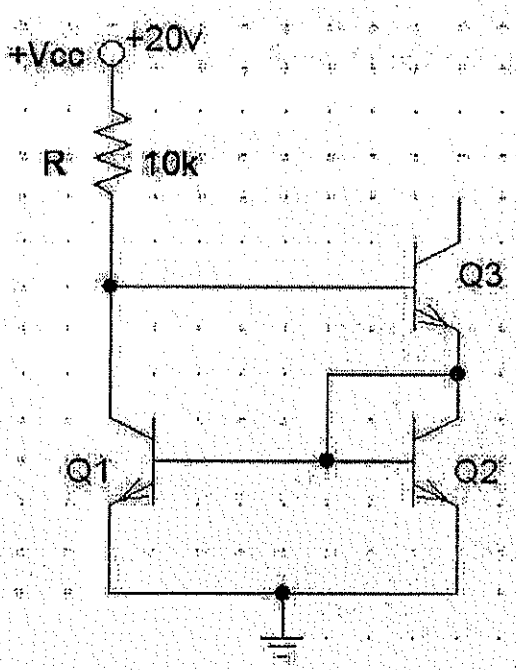
مقاومت خروجی آینه جریان های ویلسون و کسکد از رابطه ۲-۵ محاسبه می گردد و برای محاسبه جریان خروجی می توانید از معادله های ۲-۶ و ۲-۷ استفاده نماییم.

$$Ro \cong \beta \frac{ro}{2} \qquad (۵-۲)$$

$$Io = I\left[1 - \frac{2}{\beta^2 + 2\beta + 2}\right] \qquad (۶-۲)$$

$$Io \cong I = \frac{Vcc - 2.VBE}{R} \qquad (۷-۲)$$

مثال: پارامترهای مدار شکل۲-۶ را محاسبه کنید.



شکل۲-۶

$$hoe^{-1} = 50\,k$$
$$VBE = 0.7\,v$$
$$\beta = 100$$

حل:

$$ro = hoe^{-1} = 50\,k\Omega$$

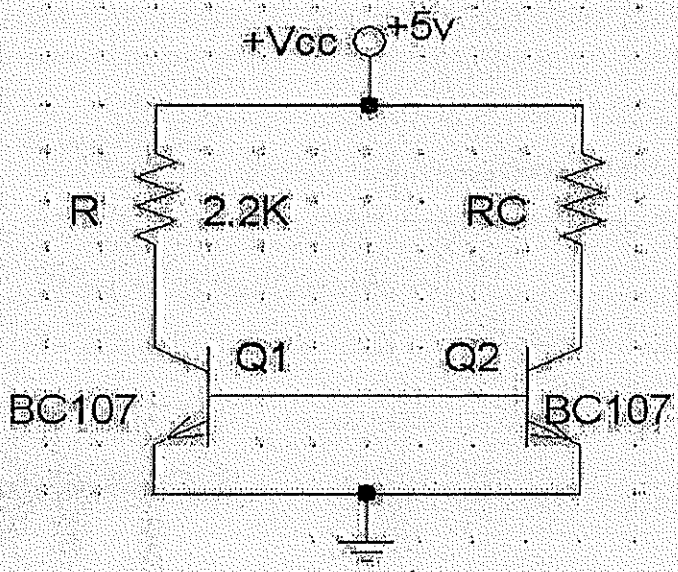
$$Ro = \beta \frac{ro}{2} = 100\ \frac{50\,k}{2} = 2.5\,M\Omega$$

$$I = \frac{Vcc - 2.VBE}{R} = \frac{20 - 1.4}{10\,k} = 1.86\,mA$$

$$Io = I\left(1 - \frac{2}{\beta^2 + 2\beta + 2}\right) = 1.86\,m\left(1 - \frac{2}{100^{\,2} + 200 + 2}\right) = 1.85\,mA$$

بخش عملی- انجام آزمایش:

۱- مدار شکل۲-۷ را ببندید.

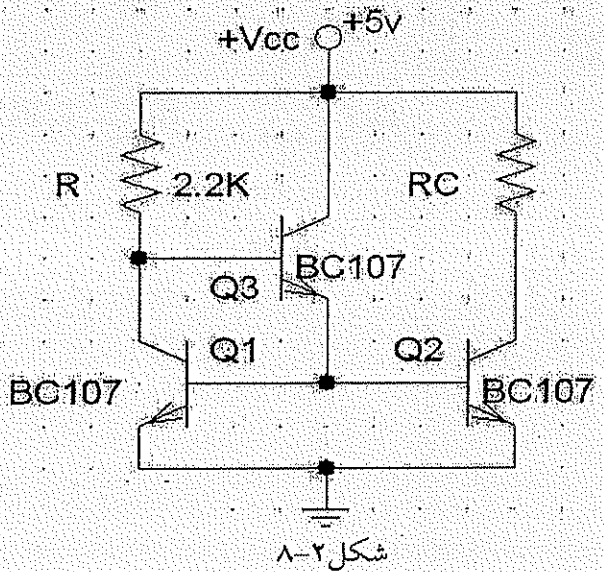


شکل۲-۷

۲- با تغییر مقاومت کلکتور،مقادیر جریان کلکتور و ولتاژ کلکتور-امیتر را اندازه گیری نمایید.

RC	100k	56k	39k	22k	15k	6.8k	2.2k	470	100	10
IC2										
VCE2										

۳- مدار شکل۲-۸ را ببندید و مرحله ۲ آزمایش را تکرار نمایید.



شکل۲-۸

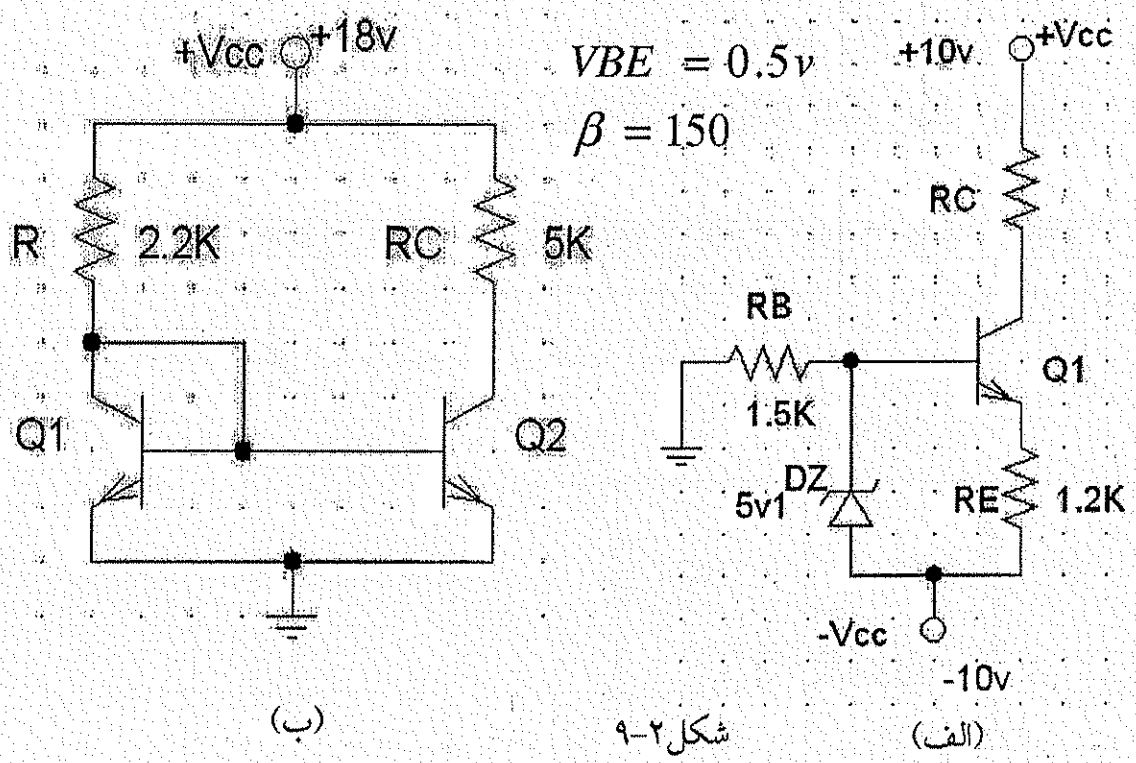
RC	100k	56k	39k	22k	15k	6.8k	2.2k	470	100	10
IC2										
VCE2										

❀ سوالات:

۱- با توجه به مقادیر اندازه گیری شده منحنی جریان کلکتور برحسب مقاومت کلکتور منابع جریان را رسم نمایید.

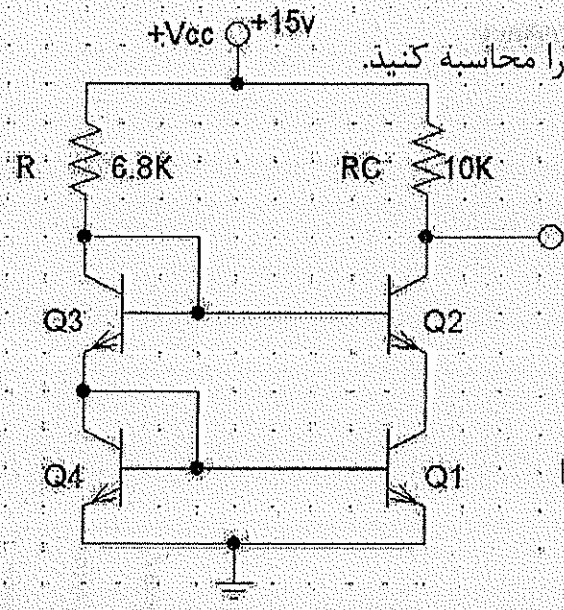
۲- مقادیر اندازه گیری شده در هر مرحله را با مقادیر تئوری مقایسه نمایید.

۳- جریان خروجی (جریان مقاومت کلکتور) هر یک از منبع جریان های شکل۲-۹ را محاسبه کنید.



(ب) شکل۲-۹ (الف)

۴- جریان و مقاومت خروجی مدار شکل۲-۱۰ را محاسبه کنید.



$V_A = 100\,v$

$VBE = 0.7v$

$\beta = 100$

۵- آزمایش انجام شده را توسط نرم افزارهای الکترونیک شبیه سازی و نتایج بدست آمده را با مقادیر عملی مقایسه کنید.

شکل۲-۱۰

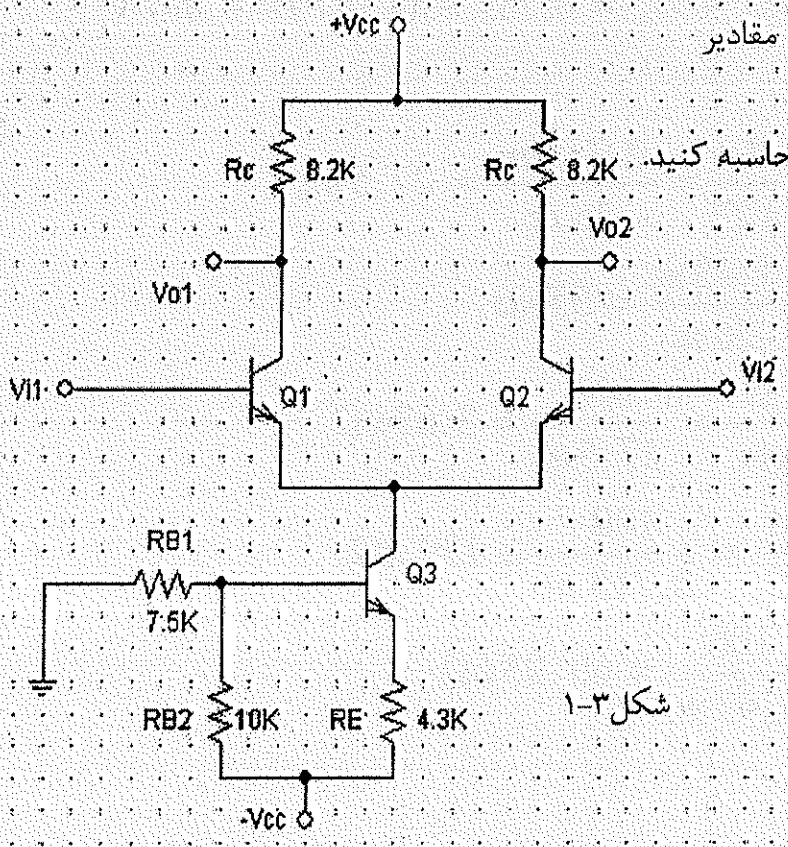
آزمایش سوم:

<< تقویت کننده تفاضلی با منبع جریان>>

مقدمه و بخش تئوری:

استفاده از منبع جریان جهت بایاس مدار تقویت کننده تفاضلی باعث‌می‌شود که مدار تقویت کننده تفاضلی به صورت خودکار متعادل شود و نیازی به اتصال پتانسیومتر نباشد
همچنین باعث افزایش مقاومت ورودی و نسبت حذف حالت مشترک نیز می‌گرددلازم به ذکر است که در مدارات عملی بسته به اینکه از کدام منبع جریان استفاده می نماییم ممکن است نیاز به اتصال پتانسیومتر جهت متعادل سازی مدار داشته باشیم.

مثال: با توجه به مدار شکل۳-۱ مقادیر
الف) DC
ب) سیگنال کوچک را محاسبه کنید.



شکل۳-۱

$V_A = 100\,v$

$VBE = 0.7\,v$

$\beta = 100$

$VT = 25\,mv$

حل: الف)

$$VB1 = VB2 = 0v$$

$$VE1 = VE2 = VB - VBE = 0 - 0.7 = -0.7v$$

$$VB3 = -Vcc \times \frac{RB1}{RB1 + RB2} = -12 \times \frac{7.5k}{10k + 7.5k} = -5.14v$$

$$VE3 = VB3 - VBE = -5.14v - 0.7v = -5.84v$$

$$IE3 = \frac{VE3 - (-Vcc)}{R} = \frac{12 - 5.84}{4.3k} = 1.43mA$$

$$IC1 = IC2 \cong \frac{IE3}{2} = \frac{1.43m}{2} = 0.715\ mA$$

$$VCE\ 3 = VC3 - VE3 = -0.7 - (-5.84) = 5.14$$

$$VC1 = VC2 = Vcc - Rc \times Ic = 12 - 8.2k \times 0.715\ m = 6.137\ v$$

$$VCE\ 1 = VCE\ 2 = VC - VE = 6.137 - (-0.7) = 6.837\ v$$

ب)

$$gm1 = gm2 = \frac{Ic}{VT} = \frac{0.715\ m}{26\ m} = 27.5ms$$

$$gm3 = \frac{IC3}{VT} = \frac{1.43m}{26m} = 55\ ms$$

$$r\pi 1 = r\pi 2 = \frac{\beta}{gm} = \frac{100}{27.5m} = 3.63k\Omega$$

$$ro1 = ro2 = \frac{VA}{IC} = \frac{100}{0.715\ m} \cong 139\ k\Omega$$

$$ro3 = \frac{VA}{IC3} = \frac{100}{1.43m} = 69.93k\Omega$$

$$Rid = 2.r\pi = 2 \times 3.63\,k = 7.27\,k\Omega$$

$$Ric = r\pi + 2.(1+\beta).[ro3(1+gm3.RE)]$$

$$Ric = 3.63\,k + 2 \times 101 \times [69.93\,k \times (1 + 55\,m \times 4.3k)] = 3.3G\Omega$$

$$Ro = ro \| Rc = 139\,k \| 8.2k = 7.743\,k\Omega$$

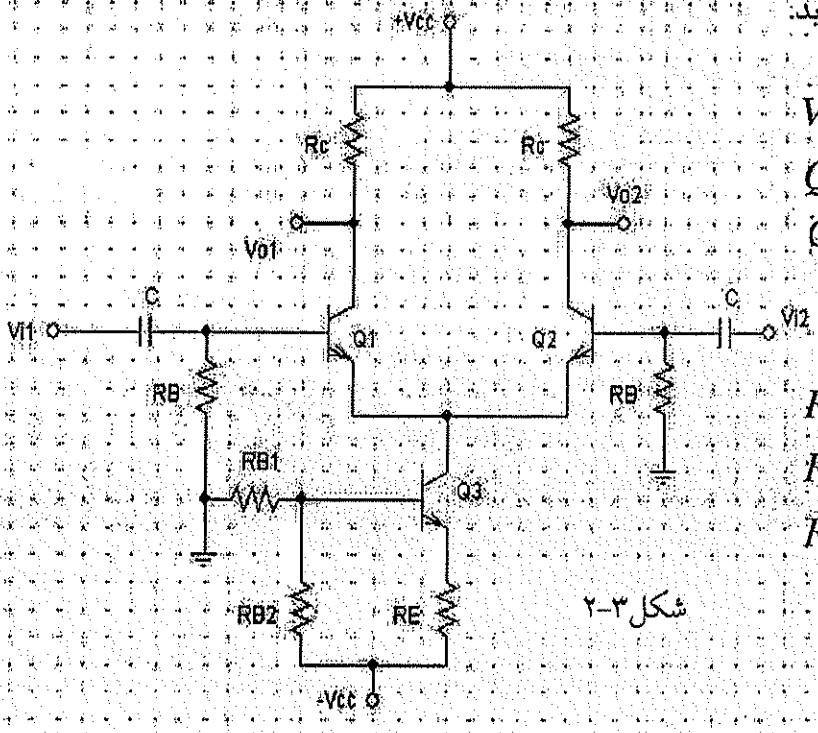
$$Ad = \pm \frac{gm.Rc}{2} = \pm \frac{27.5m \times 8.2k}{2} = \pm 112.75$$

$$Ac = -\beta \frac{Ro}{Ric} = -100 \times \frac{7.743\,k}{3.3G} = -230\,\mu$$

$$CMRR\,|dB = 20\,Log\,\frac{|Ad|}{|Ac|} = 20\,Log\,\frac{112.75}{230\,\mu} = 113\,dB$$

❀بخش عملی- انجام آزمایش:

۱- مدار شکل ۲-۳ را ببندید.



شکل ۳-۲

$$Vcc = \pm 10\,v$$
$$Q = BC\,107$$
$$C = 10\,\mu f$$

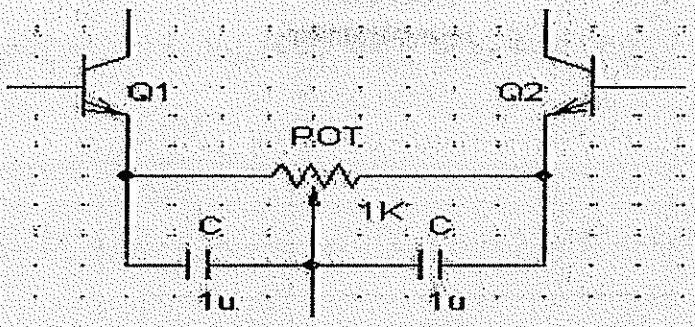
$$Rc = RE = 6.8k\Omega$$
$$RB = RB\,2 = 3.3k\Omega$$
$$RB\,1 = 1k\Omega$$

۲- پارامترهای نقطه کار ترانزیستورها را قبل از اعمال سیگنالی به مدار اندازه گیری نمایید.

پارامتر	VB	VE	VC	IC	IE
Q1					
Q2					

۳- آیا نقطه کار ترانزیستورها یکسان می باشد؟ .....

۴- در صورت یکی نبودن نقطه کار ترانزیستورها (در غیر اینصورت مراحل آزمایش را از بند ۶ ادامه دهید)،پتانسیومتری را بین پایه امیتر ترانزیستورها مانند شکل ۳-۳ قراردهید و پتانسیومتر را طوری تنظیم نماییدکه اختلاف ولتاژ کلکتور ترانزیستورها صفر گردد.



شکل۳-۳

۵- پارامتر نقطه کار ترانزیستورها را اندازه گیری نمایید.

پارامتر	VB	VE	VC	IC	IE
Q1					
Q2					

۶- سیگنالی با فرکانس ۱ کیلو هرتز به مدار در حالت تفاضلی اعمال نمایید.

۷- بهره ولتاژ مدار (هریک از خروجی ها نسبت به ورودی تفاضلی)را اندازه گیری نمایید.(توجه داشته باشید خروجی ها در اشباع قرار نداشته باشند.) $(Vid = Vsg)$

$$Ad1 = \frac{Vo1}{Vid} = \text{----------} \qquad Ad2 = \frac{Vo2}{Vid} = \text{----------}$$

۸- اختلاف فاز خروجی ها را نسبت به ورودی ها اندازه گیری نمایید.

Φ	V_{O1}	V_{O2}
V_{i1}		
V_{i2}		

۹- مقاومت ورودی مدار را در حالت تفاضلی اندازه گیری نمایید.

$$Rid = \frac{Vid}{ib} = \text{----------}$$

۱۰- حال سیگنال را در حالت مشترک به ورودی ها اعمال نمایید

۱۱- بهره ولتاژ مدار را در این حالت اندازه گیری کنید. $(Vic = Vsg)$

$$Ac1 = \frac{Vo1}{Vic} = \text{----------} \qquad Ac2 = \frac{Vo2}{Vic} = \text{----------}$$

۱۲- اختلاف فاز هریک از خروجی ها را نسبت به ورودی ها اندازه گیری نمایید.

Φ	V_{O1}	V_{O2}
V_{i1}		
V_{i2}		

۱۳- مقاومت ورودی مدار را در حالت مشترک اندازه گیری نمایید.

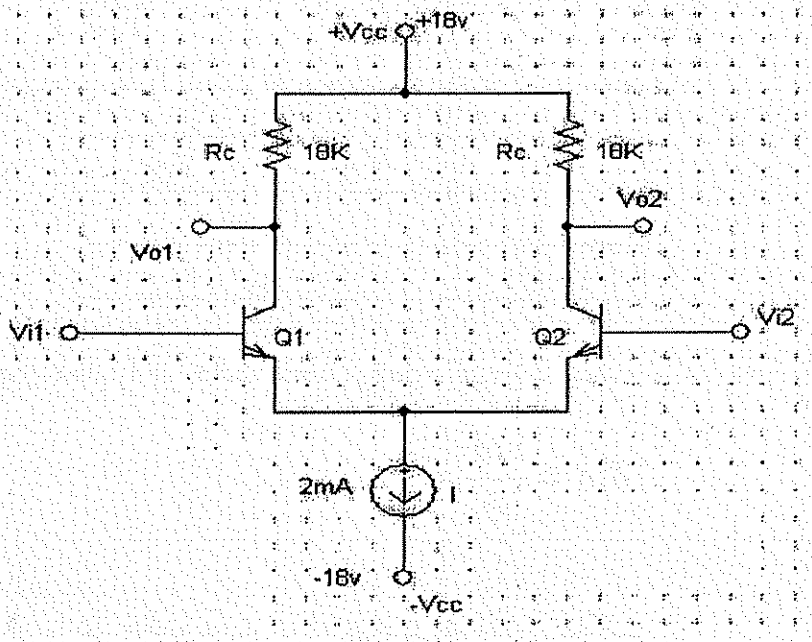
$$Ric = \frac{Vic}{ib} = \text{----------}$$

❀ سوالات:

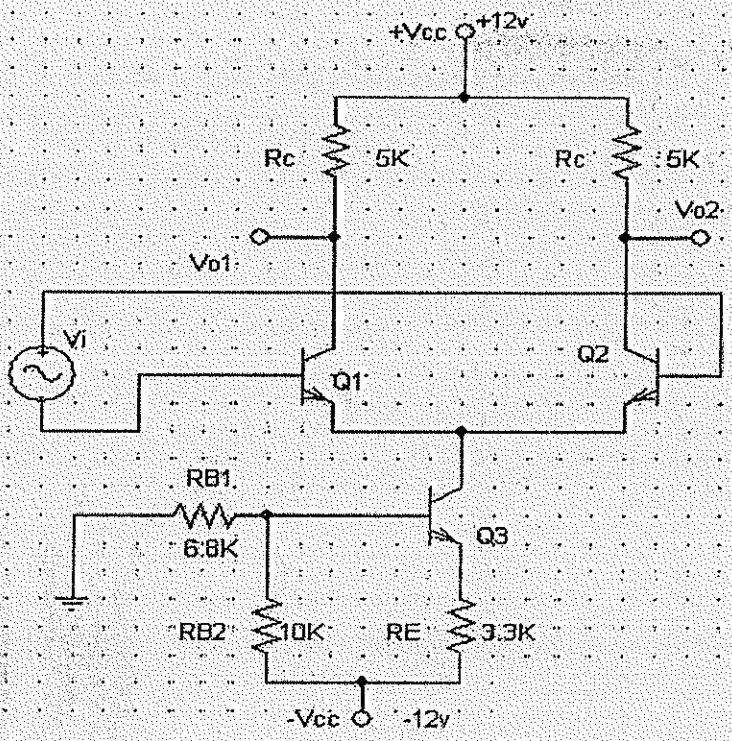
۱- در هر مرحله از آزمایش مقادیر اندازه گیری شده را با مقادیر تئوری مقایسه نمایید.

۲- بهره ولتاژ تفاضلی مدار شکل۳-۴ را بدست آورید.

۳- ولتاژ خروجی شکل۳-۵ را محاسبه نمایید.



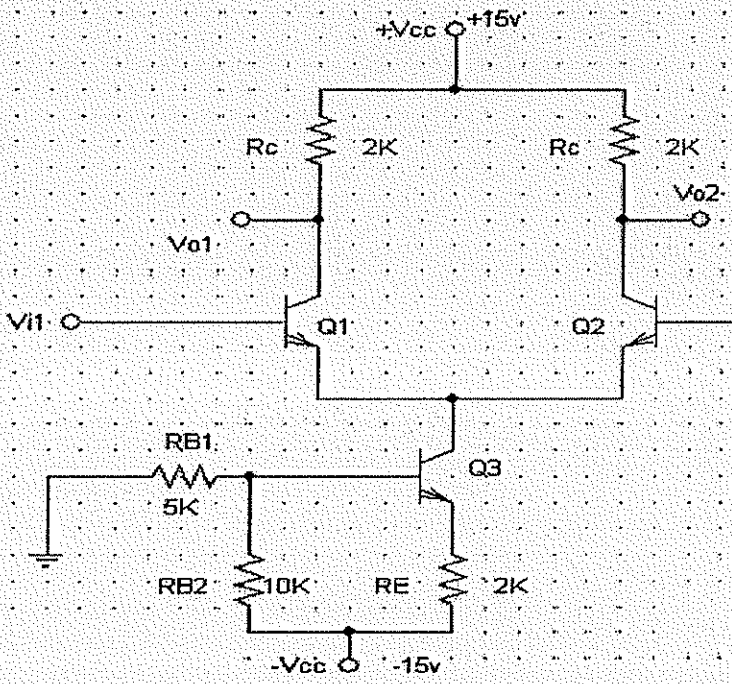
شکل۳-۴



$$\beta = 100$$
$$Vi = 10\,mv$$
$$VBE = 0.7\,v$$
$$VT = 25\,mv$$

شکل۳-۵

۴- با توجه به مدار شکل۳-۶ الف) مقاومت ورودی ب) نسبت حذف حالت مشترک را بدست آورید.



$$\beta = 100$$
$$VA = 100\,v$$
$$VBE = 0.7\,v$$
$$VT = 25\,mv$$

شکل۳-۶

۵- توسط نرم افزارهای الکترونیک مدار آزمایش ۳ را شبیه سازی نمایید و نتایج بدست آمده را با مقادیر اندازه گیری شده مقایسه کنید.

آزمایش چهارم:

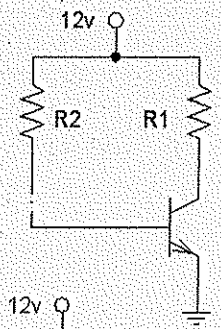
<<پایداری نقطه کار ترانزیستور#۱>>

مقدمه :

در این آزمایش به بررسی نقطه کار چند ترانزیستور مختلف پرداخته و پایداری آنها را نسبت به تغییرات مختلف بررسی خواهیم کرد.

مرحله اول آزمایش- بررسی تاثیر β در نقطه کار ترانزیستور :

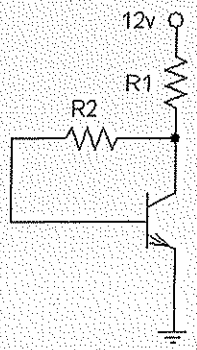
ابتدا مقاومت های متصل به ترانزیستور های زیر را برای $i_C = 1mA$ و $V_{ce} = 6v$ و $\beta = 200$ و $V_{BE(ON)} = 0.7v$ بصورت تئوری محاسبه نمائید:



$$-12 + R_1 I_C + 6 = 0 \Rightarrow R_1 = 6K\Omega$$

$$I_C = \beta I_B \Rightarrow I_B = \frac{1}{200} mA$$

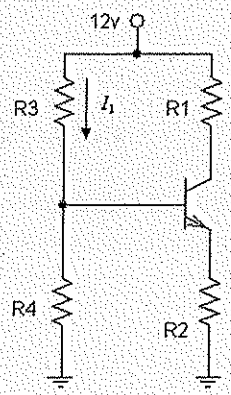
$$-12 + R_2 I_B + 0.7 = 0 \Rightarrow R_2 \approx 2.2M\Omega$$



$$-12 + R_1 I_C + 6 = 0 \Rightarrow R_1 = 6K\Omega$$

$$I_C = \beta I_B \Rightarrow I_B = \frac{1}{200} mA$$

$$-12 + R_1 I_C + R_2 I_B + 0.7 = 0 \Rightarrow R_2 \approx 1M\Omega$$



$$-12 + R_1 I_C + R_2 I_C + 6 = 0 \Rightarrow R_1 + R_2 = 6K\Omega$$

$$V_E = 0.1 V_{CC} \Rightarrow V_E = 1.2v$$

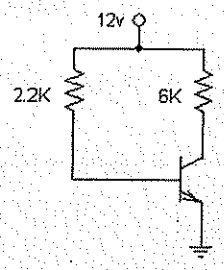
$$V_E = R_2 I_C \Rightarrow R_2 = 4.8K\Omega \xrightarrow{R_1 + R_2 = 6K\Omega} R_1 = 1.2K\Omega$$

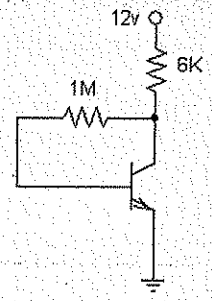
$$-V_B + 0.7 + V_E = 0 \Rightarrow V_B = 2v$$

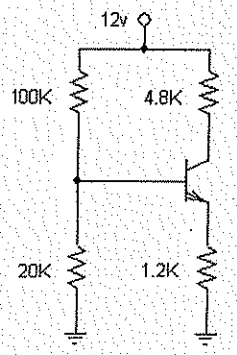
$$-12 + R_4 I_1 + 0.7 + 1.2 = 0 \xrightarrow{I_1 = 0.1 I_C} R_4 = 100K\Omega$$

$$12 \times \frac{R_3}{R_3 + R_4} = V_B \Rightarrow R_3 = 20K\Omega$$

در این مرحله به ترتیب با عوض کردن ترانزیستورها مقدار β آنها را تغییر داده و سپس مقدار مقاومت ها را نیز به ازای آزمایش قبلی قرار دهید اکنون نقطه کار هر کدام از ترانزیستورها را اندازه گیری نمائید:





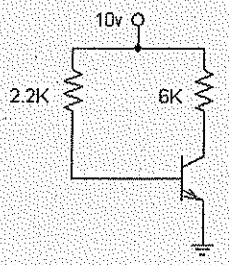


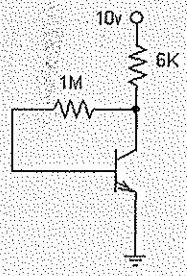
❊ سوال:d

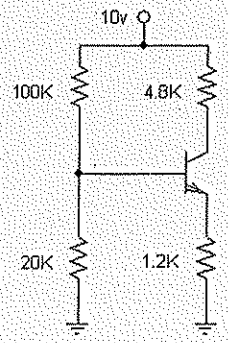
آیا نقطه کار ترانزیستورها به شدت وابسته به β است؟

مرحله دوم : بررسی تاثیر کاهش مقدار ولتاژ DC در نقطه کار ترانزیستور :

در این مرحله با کاهش مقدار ولتاژ DC به ۱۰ ولت اثر این منبع را روی نقاط کار ترانزیستورها بررسی می کنیم .





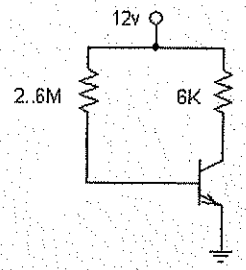


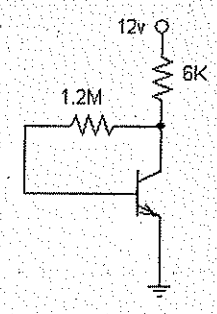
❊ سوال:d

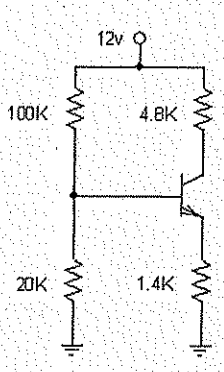
آیا تغییر مقدار V_{cc} نیز در نقطه کار تاثیر بسزایی دارد؟

مرحله سوم : بررسی تاثیر مقاومت R_2 در نقطه کار ترانزیستور :

در این مرحله مقاومت R_2 را به اندازه ٪ ۲۰ افزایش داده و دوباره نقاط کار ترانزیستور را بدست می آورید:







* سوال:n

آیا افزایش این مقاومت تاثیر زیادی در نقطه کار دارد؟

آزمایش پنجم:

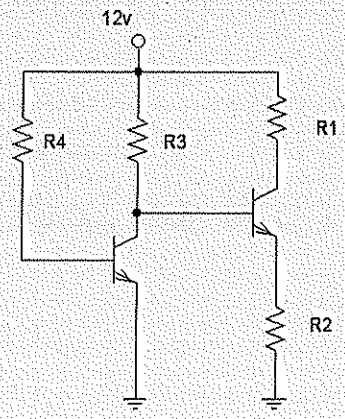
<< پایداری نقطه کار ترانزیستور# ۲>>

مقدمه :

در این آزمایش به بررسی نقطه کار چند ترانزیستور مختلف پرداخته و پایداری آنها را نسبت به تغییرات مختلف خواهیم سنجید .

مرحله اول آزمایش- بررسی تاثیر β در نقطه کار ترانزیستور :

ابتدا مقاومت های ترانزیستور های زیر را برای $i_C = 1mA$ و $V_{ce1} = 6v$ $V_{ce2} = 4v$ و $\beta = 300$ و $V_{BE(ON)} = 0.7v$ محاسبه نمائید:



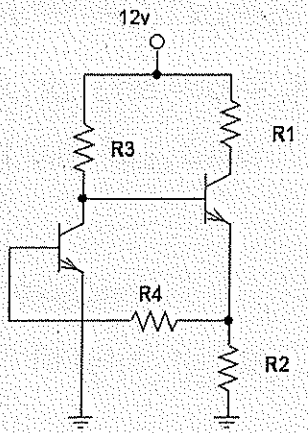
$$-12 + R_1 I_C + R_2 I_C + 6 = 0 \Rightarrow R_1 + R_2 = 6K\Omega$$

$$V_E = 0.1 V_{CC} \Rightarrow V_E = 1.2v$$

$$V_E = R_2 I_C \Rightarrow R_1 = 4.8K\Omega \xrightarrow{R_1+R_2=6K\Omega} R_2 = 1.2K\Omega$$

$$-12 + R_3 I_C + 4 = 0 \Rightarrow R_3 = 8K\Omega$$

$$-12 + R_4 I_B + 0.7 = 0 \xrightarrow{I_B=4\mu A} R_4 \cong 1M\Omega$$



$$-12 + R_1 I_C + R_2 I_C + 6 = 0 \Rightarrow R_1 + R_2 = 6K\Omega$$

$$V_E = 0.1 V_{CC} \Rightarrow V_E = 1.2v$$

$$V_E = R_2 I_C \Rightarrow R_1 = 4.8K\Omega \xrightarrow{R_1+R_2=6K\Omega} R_2 = 1.2K\Omega$$

$$I_B = 3\mu A \xrightarrow{V_E=1.2V} R_4 \cong 0.5M\Omega$$

$$-12 + R_3 I_C + 4 = 0 \Rightarrow R_3 = 8K\Omega$$

در این مرحله به ترتیب با عوض کردن ترانزیستورها مقدار β آنها را تغییر داده و سپس مقدار مقاومت ها را نیز به ازای آزمایش قبلی قرار دهید و نقطه کار ترانزیستورها را اندازه گیری نمائید:

* سوال:d

آیا نقطه کار ترانزیستورها وابسته به β است؟

مرحله دوم : بررسی تاثیر کاهش مقدار ولتاژ DC در نقطه کار ترانزیستور :

در این مرحله با کاهش مقدار ولتاژ **DC** به ۱۰ ولت اثر این منبع را روی نقاط کار ترانزیستور ها بررسی کنید

* سوال:

آیا تغییر مقدار V_{CC} نیز در نقطه کار تاثیر بسزایی دارد؟n

مرحله سوم : بررسی تاثیر مقاومت R_2 در نقطه کار ترانزیستور :

در این مرحله مقاومت R_2 را به اندازه ٪ ۲۰ افزایش دهید و دوباره نقاط کار ترانزیستور را اندازه گیری نمائید:

*سوال:a

آیا افزایش این مقاومت تاثیر زیادی در نقطه کار دارد؟

آزمایش ششم:

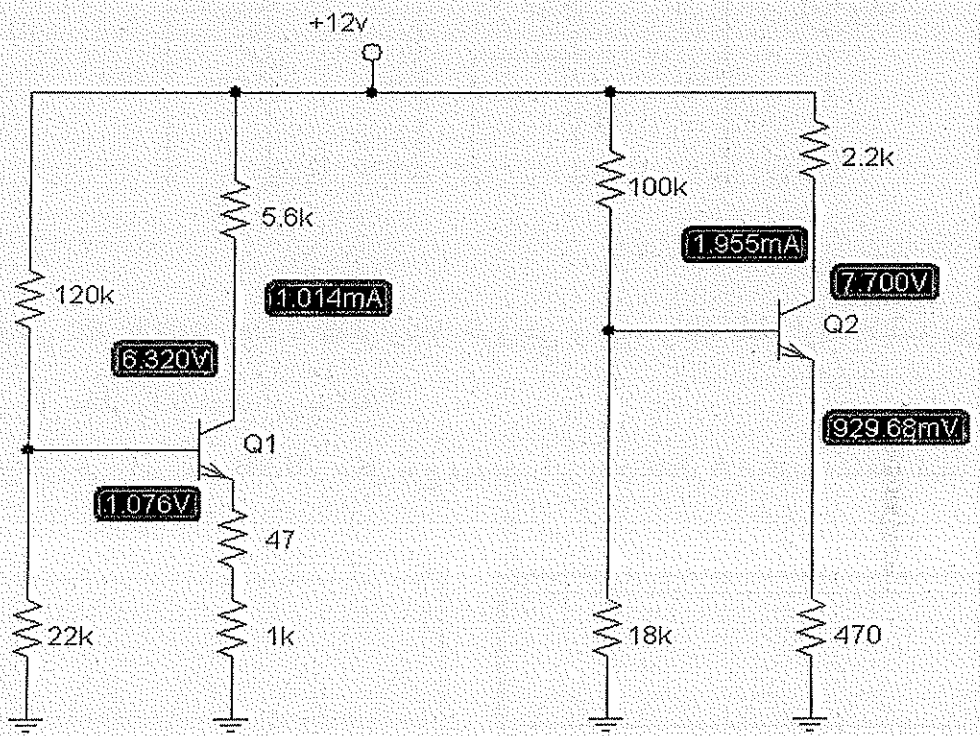
<< بررسی فیدبک در تقویت کننده‌ها >>

مقدمه :

در این آزمایش فیدبک ولتاژ – ولتاژ و اثر آن را روی مقاومت ورودی و خروجی و گین تقویت کننده بررسی می نماییم.

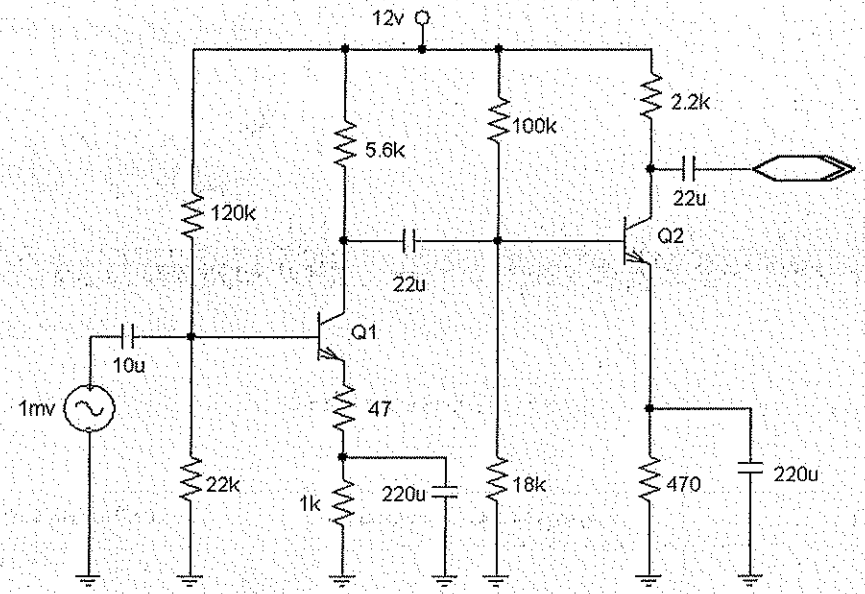
مرحله اول آزمایش :

ابتدا مدار زیر را روی بورد آزمایش بسته و سپس جریان پایه های ترانزیستور را اندازه گیری نموده و نقطه کار را بدست آورید.



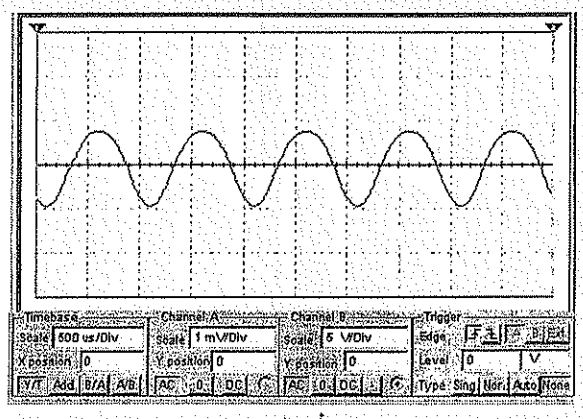
* سپس مطابق مدار زیر، به بیس ترانزیستور اول منبع $1mV$ را به همراه خازن متصل کرده و مقاومت $1K\Omega , 470\Omega$ را بای پس کرده و مقدار خروجی را بدست آورید؟

(در مدار زیر که در مد **ac** بررسی می شود مقاومتهای روی امیتر دو ترانزیستور بای پس شده و بیس های دو ترانزیستور توسط یک خازن به هم متصل می شود)

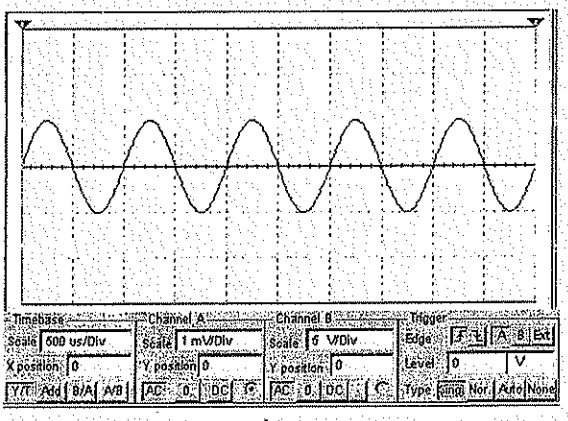


* با ورودی **ac** با دامنه $1mv$ ، مقدار ولتاژ خروجی و بهره ولتاژ طبقه اول، طبقه دوم و بهره ولتاژ کل مدار را بدست آورید؟۴/۵

(شکل موج خروجی را بر روی کانال**B** و شکل موج ورودی را بر روی کانال **A** اسکوپ مشاهده کنید)



خروجی



ورودی

* **اکنون فرکانس قطع پایین و بالای مدار را بدست آورده و سپس پهنای باند مدار را محاسبه کنید.**

(راهنمایی: برای بدست آوردن فرکانس قطع مدار آنقدر فرکانس ورودی را کم میکنیم که ولتاژ خروجی به ۰.۷ مقدار خود برسد همچنین فرکانس را تا حدی زیاد میکنیم که این اتفاق در فرکانس های بالا اتفاق بیفتد. در این حالت فرکانس بدست آمده در شرایط اول فرکانس قطع پایین مدار و فرکانس بدست آمده در مرحله دوم ، فرکانس قطع بالای مدار خواهد بود) 30, 180k

* **مقاومت خروجی مدار را بدست آورید؟** $R_{out} = ?$

(راهنمایی: برای بدست آوردن مقاومت خروجی، یک پتانسیومتر 10K در خروجی قرار داده و آن را به قدری تغییر می دهیم تا ولتاژ خروجی نصف شود، در این هنگام مقدار پتانسیومتر، مقدار مقاومت خروجی را نشان خواهد داد که توسط اهمتر قابل مشاهده است) ۲.۲k

5, 5.7v
1m,2.3m
1.8k

مرحله دوم آزمایش/ اعمال فیدبک به مدار :

در این مرحله مقاومت فیدبک(R_f) با مقدار 10K را از امیتر ترانزیستور اول به خروجی وصل نمائید با اعمال این مقاومت مقدار بهره ولتاژ کل مدار را بدست آورید (آیا بهره کاهش پیدا کرده است یا افزایش) ؟ k

- **فرکانس های قطع پایین و بالای مدار را نیز در این حالت بدست آورید:** 40 ,2M
- **نقطه کار ترانزیستورها و مقاومت خروجی مدار را نیز در این حالت بدست آورید.**

(راهنمایی: پارامتر های dc مدار نیز شامل تغییرات اندکی هستند)

آزمایش هفتم:

<< تقویت کننده های عملیاتی، Op- Amp >>

مقدمه :

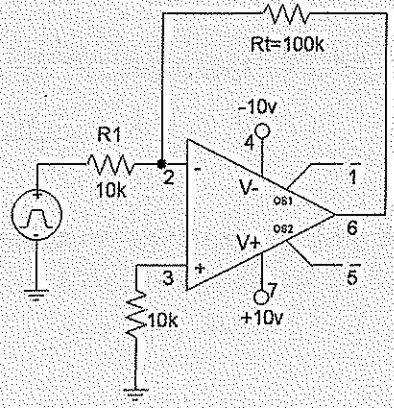
در این آزمایش با برخی از مشخصه های **OP – AMP** آشنا می شوید:

مرحله اول آزمایش :

مدار زیر را بورد آزمایش بسته و سپس به ورودی آن یک سیگنال با ولتاژ $1v_{P-P}$ با فرکانس $1KHZ$ اعمال نمائید.

- بهره ولتاژ تقویت کننده را بصورت تئوری بدست آورید:

$$|A_V| = \left| -\frac{R_f}{R_1} \right| = \frac{100}{10} = 10$$



- ولتاژ خروجی و بهره ولتاژ مدار تقویت کننده را بطور عملی اندازه گیری نموده و شکلهای ورودی/خروجی مشاهده شده روی اسلوسکوپ را رسم نمائید.

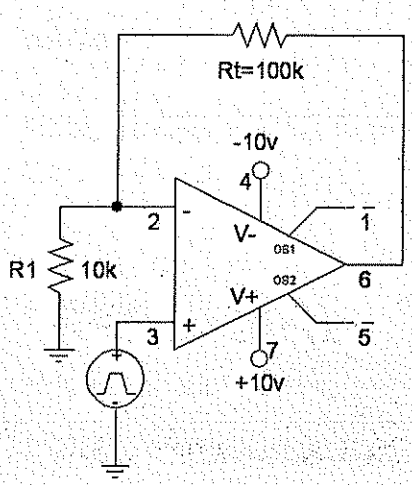
- بهره ولتاژ را برای فرکانس های ۱۰ کیلوهرتز و ۱۰۰ کیلوهرتز بدست آورید. چه تغییراتی مشاهده می کنید.

(راهنمایی: حداکثر دامنه ورودی برای نرفتن تقویت کننده به اشباع 1.6_{P-P} است که خروجی 15_{P-P} است . خروجی این مدار برای فرکانس ۱۰۰ کیلو هرتز برابر 3.2_{P-P} است.)

مرحله دوم آزمایش :

در مدار زیر به ورودی یک سیگنال با ولتاژ $1V_{P-P}$ با فرکانس $1KHZ$ اعمال نمائید:

- با ورودی مشخص شده خروجی و بهره ولتاژ را عملا بدست آورید.



$$A_V = \frac{V_O}{V_I}$$

بهره تقویت کننده به صورت تئوری از رابطه زیر بدست می آید:

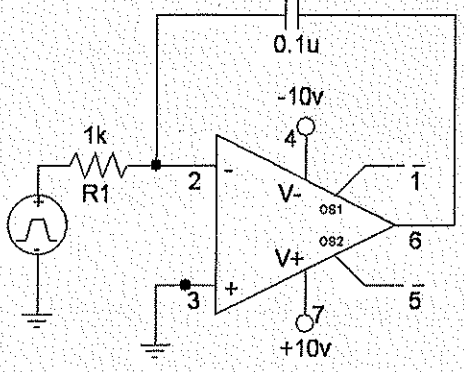
$$|A_V| = \left|1 + \frac{R_t}{R_1}\right| = 1 + \frac{100}{10} = 11$$

- ولتاژ خروجی و بهره ولتاژ این مدار را برای فرکانس ۱۰۰ کیلو هرتز اندازه گیری نمائید.

(راهنمایی: حداکثر دامنه ورودی برای نرفتن تقویت کننده به اشباع 1.45_{P-P} است که خروجی 18_{P-P} است خروجی این مدار برای فرکانس ۱۰۰ کیلو هرتز برابر 3.5_{P-P} است.)

مرحله سوم آزمایش :

- به مدار روبرو ورودی سینوسی با دامنه 2_{P-P} اعمال کرده و فرکانسی که در آن دامنه ورودی و خروجی با هم برابر می شود را بدست آورید. (به جای خازن $0.1\mu F$ می توان از خازن $1\mu F$ استفاده کرد.)۲۶۴



- حالت فوق را برای ورودی مربعی تکرار کنید.

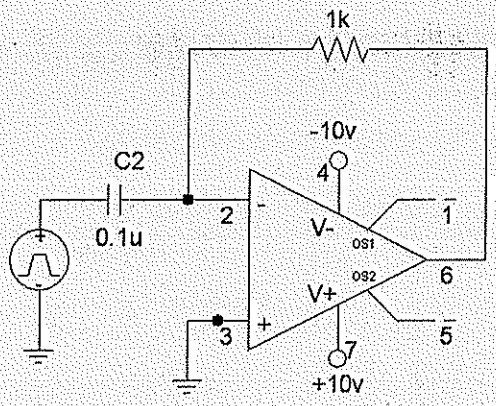
(راهنمایی: اگر موج سینوسی به مدار اعمال شود خروجی نیز سینوسی خواهد بود ولی اگر موج مربعی به عنوان ورودی به مدار اعمال شود خروجی مثلثی خواهد بود)

مرحله چهارم آزمایش :

به مدار زیر موج سینوسی با ولتاژ $2V_{P-P}$ اعمال نمائید و فرکانسی که در آن دامنـه ورودی و خروجی با هم برابر می شود را بدست آورید. ۱۶۰

(در این مدار نیز می توان به جای خازن $0.1\mu f$ از خازن $1\mu f$ استفاده نمود)

- حالت فوق را برای موج مثلثی تکرار نمائید.



آزمایش هشتم:

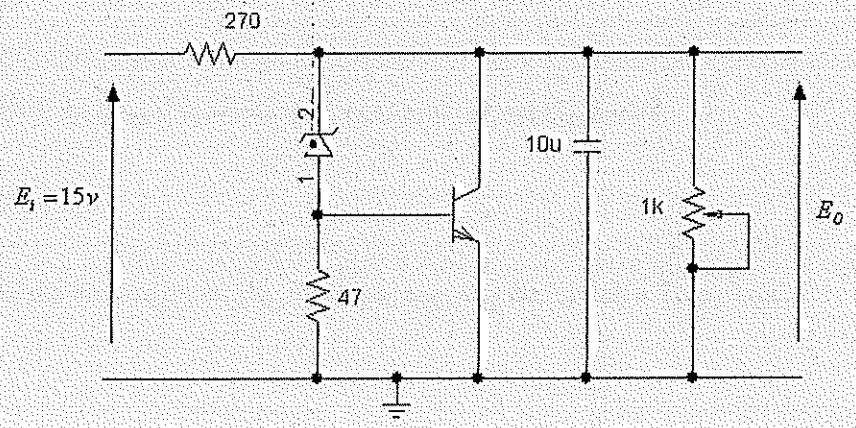
<<منابع تغذیه تنظیم شده / رگولاتور ولتاژ >>

مقدمه :

برای اینکه یک منبع تغـذیه بدون نوسان (ولتاژ صاف و بدون تغییر) داشته باشیم می توان از رگولاتورهای ولتاژ استفاده نمود:

مرحله اول آزمایش :

ابتدا مدار زیر را روی بورد آزمایش بسته و سپس با تغیر پتانـسیومتر **(10k)**، ولتـاژ خروجی، جریان کلکتور و جریان خروجی(پتانسیومتر) را اندازه گیری نمائید(مطابق جدول زیر):



R_L	500Ω	$1k\Omega$	$4K\Omega$	$7.4K\Omega$
E_O				
I_C				
I_L				

* تغییرات ولتاژ خروجی با تغییر بار به چه صورتی است؟

مرحله دوم آزمایش :

اکنون با ثابت نگه داشتن مقاومت بار(1k) ولتاژ ورودی را مطابق جدول زیر تغییر داده و در این حالت ولتاژ خروجی، جریان کلکتور و جریان خروجی(پتانسیومتر) را اندازه گیری نمائید

E_i	$10v$	$12v$	$15v$	$18v$	$20v$
E_O					
I_C					
I_L					

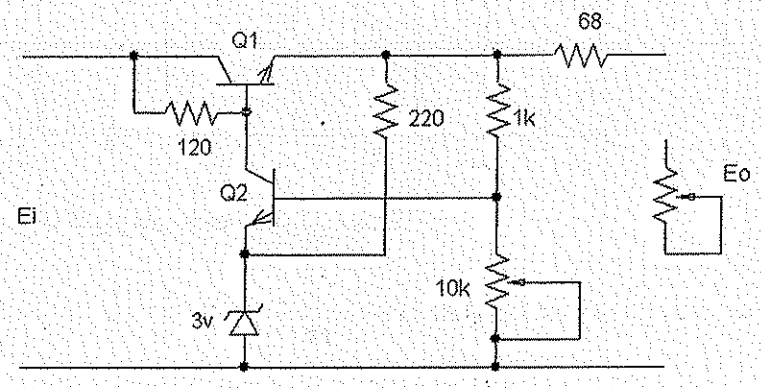
* تغییرات ولتاژ خروجی با نوسانات ولتاژ ورودی به چه صورتی است؟

* کمترین جریان و بیشترین جریانی که از زنر عبور می کند را اندازه گیری کنید.

مرحله اول آزمایش :

مدار زیر را روی بورد آزمایش بسته و مقدار پتانسیومتر را طوری تنظیم کنید تا مقدار ولتاژ خروجی بدون بار با ورودی ۸ ولت برابر ۶ ولت شود.

1.6k



*** اکنون با تغییر ولتاژ ورودی ، جدول زیر را تکمیل نمائید.**

E_i	$4v$	$5v$	$6v$	$7v$	$8v$	$9v$	$10v$	$11v$	$12v$
E_O									
V_Z									

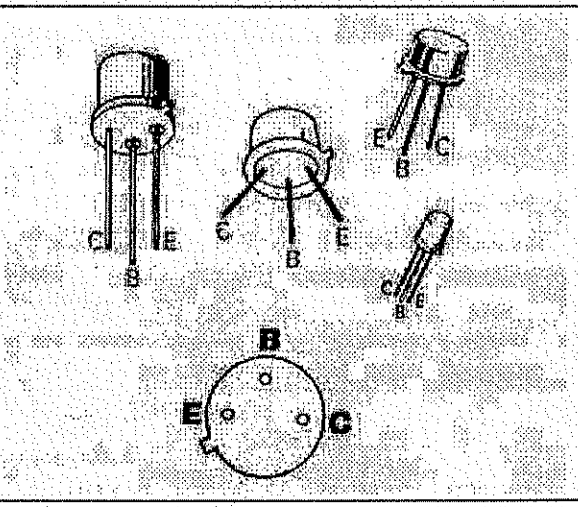
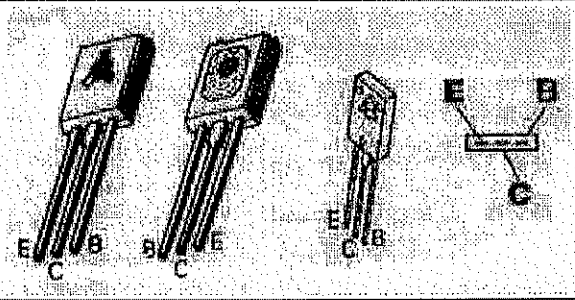
(راهنمایی: مدار به ازای ولتاژهای زیر ۷ ولت خروجی ثابت ندارد.)

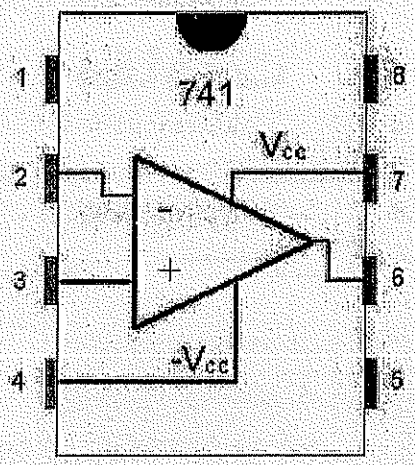
- اگر مقاومت بار را تغییر دهید چه اتفاقی می افتد:

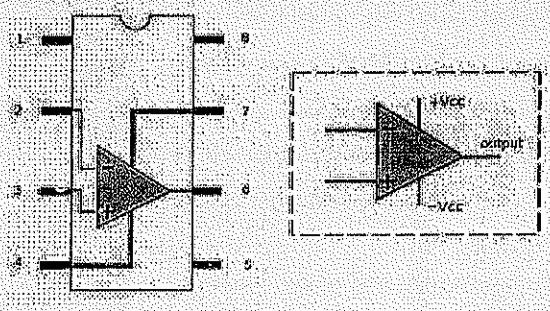
R_L	∞	$1K\Omega$	0
E_O			

ضمیمه‌ها:

شکل و پایه های ترانزیستورها

BC140 BC141 BC160 BC161 BC107 BC108 BC109 BC177	BC178 BC179 2N1711 2N1613 2N2907 2N2219 2N2222	
BD140 BD135 IE3055 2SA715	2SC1368 2SC1212 2SC1162 2SC1163	

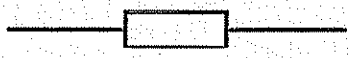




پایه های آپ امپ

مقاومت

تصویر یك مقاومت



نماي مقاومت در مدارات

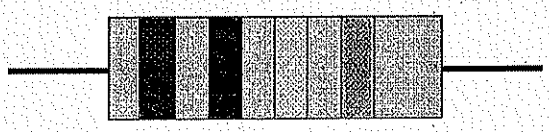
مقاومت: قطعه‌اي است كه از جنس كربن ساخته ميشود و بمنظور كم نمودن ولتاژ و جريان مورد استفاده قرار مي گيرد.

محاسبه مقدار أهمی يك مقاومت :

در مقاومتهاي با وات پائين معمولاً مقدار أهمي مقاومت بصورت كدهاي رنگي و بر روي بدنه آن چاپ مي شود ولي در مقاومتهاي با وات بالا بر مثلاً ۲ وات يا بيشتر، مقدار أهمي مقاومت بصورت عدد بر روي آن نوشته مي شود.

محاسبه مقدار أهم مقاومتهاي رنگي بر اساس جدول رمز مقاومتها و بسيار ساده انجام ميشود. بر روي بدنه مقاومت معمولاً ٤ رنگ وجود دارد. براي محاسبه از نوار رنگي نزديك به كناره شروع مي‌كنيم و ابتدا شماره دو رنگ اول را نوشته و سپس به ميزان عدد رنگ سوم در مقابل دو عدد قبلي صفر قرار مي دهيم. اينك مقدار مقاومت بر حسب أهم بدست مي آيد.

كد رنگي مقاومتها	
شماره	رنگ
0	سياه
1	قهوه اي
2	قرمز
3	نارنجي
4	زرد
5	سبز
6	آبي
7	بنفش
8	خاكستري
9	سفيد



بطور مثال در شكل مقابل ابتدا شماره رنگ اول و دوم يعني ۲ و ۷ را مي نويسيم و سپس به تعداد عدد رنگ سوم، در مقابل دو رقم قبلي صفر قرار ميدهيم. اينك مقدار مقاومت ۲۷۰۰۰ كيلو أهم يا ۲۷۰ كيلو أهم بدست مي آيد.

درصد خطاي يك مقاومت:

رنگ چهارم درصد خطاي مقاومت (تولرانس) را نشان مي دهد . و در مثال بالا رنگ چهارم طلائي است و لذا خطاي مقاومت فوق مثبت و منفي ٥ درصد است . يعني مقدار اين مقاومت ٥ درصد بيشتر يا ٥ درصد كمتر از ۲۷۰ كيلو اهم است. در زير ميزان خطا براي رنگ هاي قهوه اي ، قرمز ، طلائي و نقره اي نشان داده شده است .

±10% نقره ای	±5% طلائي	±2% قرمز	±1% قهوه ای

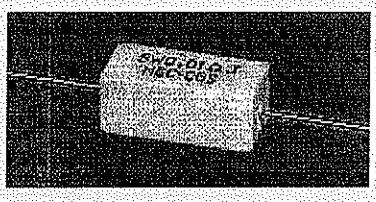
مختصر نويسي مقدار مقاومتها:

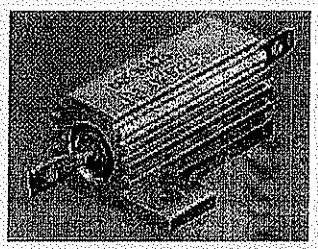
در نقشه ها معمولاً بمنظور تند نويسي و مختصر نويسي ممكن است از عبارات مخففي نظير R استفاده شود . در زير مثالهائي براي اطلاع علاقمندان آورده شده است.

560R means 560 Ω
2K7 means 2.7 kΩ = 2700 Ω
39K means 39 kΩ
1M0 means 1.0 MΩ = 1000 kΩ

مقاومت هاي وات بالا:

جنس اين مقاومت ها معمولاً از كرم بيكل است و معمولاً داراي يك روكش گچي يا آجري مي باشند و به همين دليل به مقاومتهاي گچي يا آجري نيز معروف هستند . ظرفيت اُهمي و توان اين مقاومتها بصورت عدد بر روي آنها چاپ مي شود .





خازن

خازنها انرژي الكتريكي را نگهداري مي‌كنند و به همراه مقاومتها، در مدارات تايمينگ مورد استفاده قرار مي‌گيرند. همچنين از خازن ها براي صاف كردن سطح تغييرات ولتاژ مستقيم و نيز در مدارات بعنوان فيلتر هم استفاده مي‌شوند. خازنها به راحتي سيگنالهاي غيرمستقيم AC را عبور مي دهند ولي مانع عبور سيگنالهاي مستقيم DC مي شوند.

ظرفيت:

ظرفيت معياري براي اندازه گيري توانائي نگهداري انرژي الكتريكي است . ظرفيت زياد بدين معني است كه خازن قادر به نگهداري انرژي الكتريكي بيشتري است. واحد اندازه گيري ظرفيت فاراد است . ۱ فاراد واحد بزرگي است و مشخص كننده ظرفيت بالا مي باشد. بنابراين استفاده از واحدهاي كوچكتر نيز در خازنها مرسوم است . ميكروفاراد µF ، نانوفاراد nF و پيكوفاراد pF واحدهاي كوچكتر فاراد هستند .

µ means 10^{-6} (millionth), so 1000000µF = 1F

n means 10^{-9} (thousand-millionth), so 1000nF = 1µF

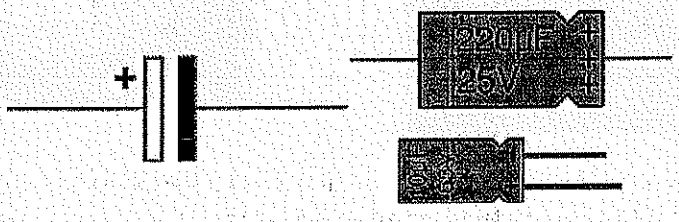
p means 10^{-12} (million-millionth), so 1000pF = 1nF

انواع مختلفي از خازن ها وجود دارند كه ميتوان از دو نوع اصلي آنها ، با پلاريته (قطب دار) و بـــدون پلاريته (بدون قطب) نام برد .

خازنهاي قطب دار:

الف - خازن هاي الكتروليت

در خازنهاي الكتروليت قطب مثبت و منفي بر روي بدنه آنها مشخص شده و بر اساس قطب ها در مدارات مورد استفاده قرار مي گيرند. دو نوع طراحي براي شكل اين خازن ها وجود دارد. يكي شكل آكسيل كه در اين نوع پايه‌هاي يكي در طرف راست و ديگري در طرف چپ قرار دارد و ديگري راديال كه در اين نوع هر دو پايه خازن در يك طرف آن قرار دارد. در شكل نمونه اي از خازن اكسيل و راديال نشان داده شده است.



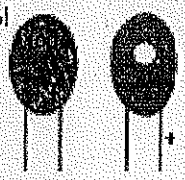
در خازن هاي الكتروليت ظرفيت آنها بصورت يك عدد بر روي بدنه شان نوشته شده است . همچنين ولتاژ تحمل خازن ها نيز بر روي بدنه آنها نوشته شده و هنگام انتخاب يك خازن بايد اين ولتاژ مد نظر قرار گيرد. اين خازنها آسيبي نمي بينند مگر اينكه با هويه داغ شوند.

ب - خازن هاي تانتاليوم

خازن هاي تانتاليم هم از نوع قطب دار هستند و مانند خازنهاي الكتروليت معمولاً ولتاژ كمي دارند. اين خازنها معمولاً در ساير هاي كوچك و البته گران تهيه مي شوند و بنابراين يك ظرفيت بالا را در سايزي كوچك ارائه مي دهند.

در خازنهاي تانتاليوم جديد ، ولتاژ و ظرفيت بر روي بدنه آنها نوشته شده ولي در انواع قديمي از يك نوار رنگي استفاده مي شود كه مثلا دو خط دارد (براي دو رقم) و يك نقطه رنگي براي تعداد صفرها وجود دارد كه ظرفيت بر حسب ميكروفاراد را مشخص مي كنند . براي دو رقم اول كدهاي استاندارد رنگي استفاده مي شود ولي براي تعداد صفرها و محل رنگي، رنگ خاكستري به معني × ۰.۰۱ و رنگ سفيد به معني × ۰.۱ است . نوار رنگي سوم نزديك به انتها، ولتاژ را مشخص مي‌كند بطوري كه اگر اين خط زرد باشد ۶/۳ ولت، مشكي ۱۰ ولت ، سبز ۱۶ ولت ، آبي ۲۰ ولت ، خاكستري ۲۵ ولت و سفيد ۳۰ ولت را نشان مي دهد .

براي مثال رنگهاي آبي - خاكستري و نقطه سياه به معني ۶۸ ميكروفاراد

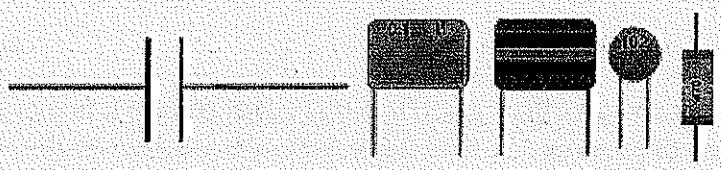


است.

آبي - خاكستري و نقطه سفيد به معني ۶/۸ ميكروفاراد است .

خازنهاي بدون قطب:

خازن هاي بدون قطب معمولا خازنهاي با ظرفيت كم هستند و ميتوان آنها را از هر طرف در مدارات مورد استفاده قرار داد. اين خازنها در برابر گرما تحمل بيشتري دارند و در ولتاژهاي بالاتر مثلا ۵۰ ولت ، ۲۵۰ ولت و ... عرضه مي شوند .



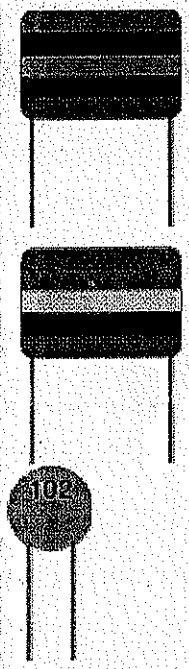
پيدا كردن ظرفيت اين خازنها كمي مشكل است چون انواع زيادي از اين نوع خازنها وجود دارد و سيستم هاي كد گذاري مختلفي براي آنها وجود دارد . در بسياري از خازن ها با ظرفيت كم، ظرفيت بر روي خازن نوشته شده ولي هيچ واحد يا مضربي براي آن چاپ نشده و براي دانستن واحد بايد به دانش خودتان

رجوع کنید. براي مثال ۰/۱ به معني ۰.۱ میکروفاراد یا ۱۰۰ نانوفاراد است. گاهي اوقات بر روي این خازنها چنین نوشته میشود (**4n7**) به معني ٤/۷ نانوفاراد.

*در خازن هاي کوچك چنانچه نوشتن بر روي آنها مشکل باشد از شماره هاي کد دار بر روي خازن ها استفاده مي شود. در این موارد عدد اول و دوم را نوشته و سپس به تعداد عدد سوم در مقابل آن صفر قرار دهید تا ظرفیت بر حسب **پیکوفاراد** بدست اید. بطور مثال اگر بر روي خازني عدد ۱۰۲ چاپ شده باشد ، ظرفیت برابر خواهد بود با ۱۰۰۰ پیکوفاراد یا ۱ نانوفاراد.*

کد رنگي خازن ها:

کد رنگي خازنها	
شماره	رنگ
0	سیاه
1	قهوه اي
2	قرمز
3	نارنجي
4	زرد
5	سبز
6	آبي
7	بنفش
8	خاکستري
9	سفید



در خازن هاي پلیستر براي سالهاي زیادي از کدهاي رنگي بر روي بدنه آنها استفاده مي شد. در این کدها سه رنگ اول ظرفیت را نشان مي دهند و رنگ چهارم تولرانس را نشان میدهد.

براي مثال قهوه اي - مشکي - نارنجي به معني ۱۰۰۰۰ پیکوفاراد یا 10 نانوفاراد است.

خازن هاي پلیستر امروزه به وفور در مدارات الکترونیك مورد استفاده قرار مي گیرند . این خازنها در برابر حرارت زیاد معیوب مي شوند و بنابراین هنگام لحیمکاري باید به این نکته توجه داشت.

خازن ها با هر ظرفیتي وجود ندارند . بطور مثال خازن هاي ۲۲ میکروفاراد یا ٤۷ میکروفاراد وجود دارند ولي خازن هاي ۲۵ میکروفاراد یا ۱۱۷ میکروفاراد وجود ندارند .

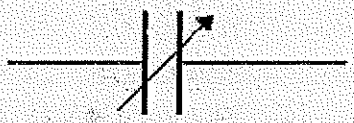
دلیل اینکار چنین است:

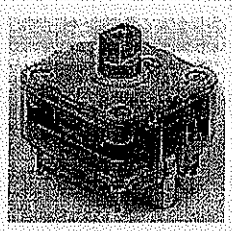
فرض کنیم بخواهیم خازن ها را با اختلاف ظرفیت ده تا ده تا بسازیم ، مثلاً ۱۰ و ۲۰ و ۳۰ و . . . به همین ترتیب . در ابتدا خوب بنظر مي رسد ولي وقتي که به ظرفیت مثلاً ۱۰۰۰ برسیم چه رخ مي دهد ؟

مثلاً ۱۰۰۰ و ۱۰۱۰ و ۱۰۲۰ و . . . که در اینصورت اختلاف بین خازن ۱۰۰۰ میکروفاراد با ۱۰۱۰ میکروفاراد بسیار کم است و فرقي با هم ندارند پس این مسئله معقول بنظر نمي رسد .

براي ساختن یك رنج محسوس از ارزش خازن ها ، میتوان براي اندازه ظرفیت از مضارب استاندارد ۱۰ استفاده نمود . مثلاً ٤/۷ - ٤۷ - ٤۷۰ و . . . و یا 2200 - 220 - 2/2 و . . .

خازن‌هاي متغير:

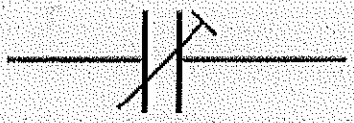


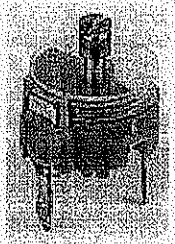


در مدارات تيونينگ راديوئي از اين خازنها استفاده مي‌شود و به همين دليل به اين خازنها گاهي خازن تيونينگ هم اطلاق مي‌شود. ظرفيت اين خازنها خيلي كم و در حدود ۱۰۰ تا ۵۰۰ پيكوفاراد است و بدليل ظرفيت پائين در مدارات تايمينگ مورد استفاده قرار نمي گيرند.

در مدارات تايمينگ از خازن‌هاي ثابت استفاده مي شود و اگر نياز باشد دوره تناوب را تغيير دهيم اين عمل بكمك مقاومت انجام مي شود.

خازن‌هاي تريمر:





خازنهاي تريمر خازنهاي متغير كوچك و با ظرفيت بسيار پائين هستند. ظرفيت اين خازنها از حدود ۱ تا ۱۰۰ پيكوفاراد است و بيشتر در تيونرهاي مدارات با فركانس‌بالا مورد استفاده قرار مي گيرند.

دانشگاه آزاد اسلامی واحد میـــــانه

گروه مهندسی برق و الکترونیک

دستور کار

آز- الکتـــــرونیک (۳)

استاد مربوطه: مهنـــدس نعمتی

M.Sc – EEE

بسم الله الرحمن الرحیم

خدایا چنان کن سرانجام کار
تو خوشنود شوی و ما رستگار

معرفی کتاب:

سازگاری الکترومغناطیسی در سیستم‌های الکترونیکی و مخابراتی
(طراحی مدارهای دیجیتال فرکانس بالا)

تألیف: مهندس عباس نعمتی/ کارشناس ارشد برق و الکترونیک
ناشر: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) ISBN:978-964-463-336-2

Http://Nematia.Blogfa.com

ویژگی‌های برجسته کتاب:

- اولین منبع فارسی در ایران در زمینهٔ مهندسی**EMC** (سازگاری الکترومغناطیسی). حاوی اصول، استانداردها و روش‌های صحیح طراحی مدارها و سیستم‌های الکترونیکی و مخابراتی؛
- کتابی بسیار مفید برای دانشجویان، مهندسین و طراحان در *طراحی و ساخت* مدارها یا سیستم‌های الکترونیکی و مخابراتی (بویژه مدارهای دیجیتال فرکانس بالا و کم‌نویز)؛
- قابل استفاده در مراکز آموزشی، علمی، تحقیقاتی، آزمایشگاهها و صنایع مرتبط با الکترونیک و مخابرات.

مطالب مهمی که این کتاب شامل می‌شود عبارتند از:

- تعریف و توضیح کامل سازگاری الکترومغناطیسی و استانداردهای مهم مربوط به آن؛
- بررسی و تشریح عوامل ایجاد تداخل و ناسازگاری ناشی از نویز در یک مدار یا سیستم؛
- ارائه تکنیک‌های کلی برای کاهش یا حذف تداخل و نویز در مدارها یا سیستم‌های الکترونیکی و مخابراتی.

سرفصل‌های کتاب:

فصل اول: *اساس سازگاری الکترومغناطیسی*(تعریف سازگاری الکترومغناطیسی، تداخل الکترومغناطیسی و استانداردهای مربوطه)

فصل دوم: *گسیلش و حساسیت‌پذیری تشعشعی*(تشعشعات الکترومغناطیسی از بردهای مدار چاپی و راههای کاهش آنها)

فصل سوم: *گسیلش و حساسیت‌پذیری هدایتی* (نویزهایی که از طریق سیمها یا تغذیه به مدار وارد شده یا از مدار خارج می‌شوند به همراه تکنیک‌های کاهش آنها)

فصل چهارم: *رفتار پنهان قطعات غیرفعال (مقاومت، سلف، خازن و...) در فرکانس‌های بالا*؛ (مدار معادل قطعات‌های غیرفعال در فرکانس‌های بالا و انواع المانهای پارازیتی در آنها به همراه راههای کاهش نویز)

فصل پنجم: *قطعات لاجیک در مدارهای دیجیتال* (مشخصات نویز قطعات لاجیک، رهنمودهایی در نحوه انتخاب قطعات لاجیک در زمان طراحی مدار به منظور طراحی استاندارد و کاهش نویز و...)

فصل ششم: *خطوط انتقال* (خطوط انتقال و مدار معادل آن، بازتاب سیگنال از خطوط انتقال، تکنیکهای کاهش نویز در خطوط انتقال)

فصل هفتم: *تداخل سیگنالی (همشنوایی یا کراستاک)*؛

فصل هشتم: *آنتن‌ها و تئوری الکترومغناطیس*

فصل نهم: *بردهای چند لایه(۲،۴،۶،۸،۱۰ لایه)*؛ بررسی انواع بردها، نحوه قرارگیری آنها برای کاهش نویز و افزایش کیفیت مدار

فصل دهم: *خازن‌های بای‌پسینگ و دکوپلینگ* (انواع خازنها، کاربرد آنها، محل قرارگیری و مقادیر آنها و...)

فصل یازدهم: *فیلترینگ* (انواع فیلترها و بررسی آنها به همراه طراحی فیلتر برای کاهش نویز در ورودی/خروجی ترانسفورمرها)

فصل دوازدهم: *پارتیشن‌بندی* بردهای مدار چاپی(PCB) برای کاهش نویز از مدار و کاهش حساسیت‌پذیری مدار نسبت به نویزهای موجود در محیط اطراف

فصل سیزدهم: *گراندینگ (زمین‌کردن)*؛ (خصوصیات سیستم زمین، انواع روش‌های زمین‌کردن در مدارها یا سیستمها و...)

فصل چهاردهم: *شیلدینگ(حفاظ‌گذاری)* در سیستمهای الکترونیکی و مخابراتی ؛ برای کاهش نویزهای تشعشعی(جلوگیری از تشعشع نویز از مدار یا سیستم به محیط اطراف و جلوگیری از تاثیر تشعشعات نویزهای محیط اطراف بر روی سیستم مورد نظر)

فصل پانزدهم: *پایان‌دهی* مسیر یا خطوط انتقال (برای برقراری تطبیق امپدانس در خطوط انتقال و کاهش بازتاب و نویز در آنها)

آدرس مرکز پخش: تهران- خ ولیعصر، بالاتر از چهارراه ولیعصر، روبروي خ بزرگمهر، مرکز فروش کتابهاي انتشارات دانشگاه صنعتي اميرکبير - تلفن: ۶۶۴۹۸۸۶۸- ۰۲۱

مرکز فروش در میدان انقلاب تهران (انتشارات صانعی): خ انقلاب، مقابل انتشارات دانشگاه تهران، نرسیده به خ ۱۲ فروردین تلفن: ۰۲۱۶۶۴۰۵۲۸۵ --- ۰۲۱۶۶۴۰۹۹۲۴ (ارسال کتاب با پست سفارشی)

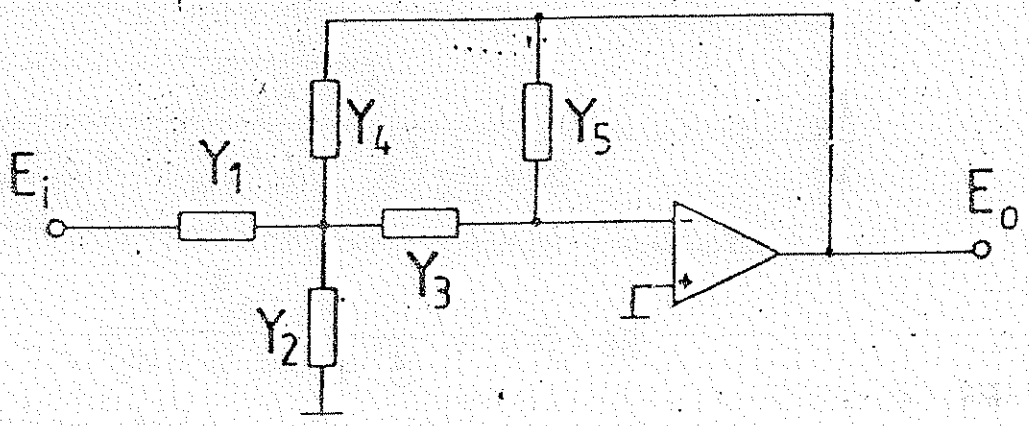
مرکز فروش میانه۱: خ امام، ساختمان امیر (جهاد دانشگاهي)، کتابسراي امير، تلفن: ۰۴۲۳-۲۲۲۲۴۹۲

مرکز فروش میانه۲: دانشگاه آزاد اسلامي ميانه- بخش فروش کتابهاي دانشگاهي

آزمایش شماره ۱ : فیلترهای فعال

مقدمه: درشکل ۱ مدار یک فیلترفعالی را ملاحظه کنید که دارای چندفیدبک وبهره نامحدود است (infinite-gain & multiple-feedback). درصورتیکه بهره حلقه باز تقویت کننده عملیاتی مورداستفاده را بی نهایت فرض کنیم ، تابع تبدیل ولتاژ مدار عبارتست از:

$$\frac{E_o(s)}{E_i(s)} = \frac{-Y_1 Y_3}{Y_5(Y_1+Y_2+Y_3+Y_4)+Y_3Y_4} \qquad (1)$$



شکل ۱

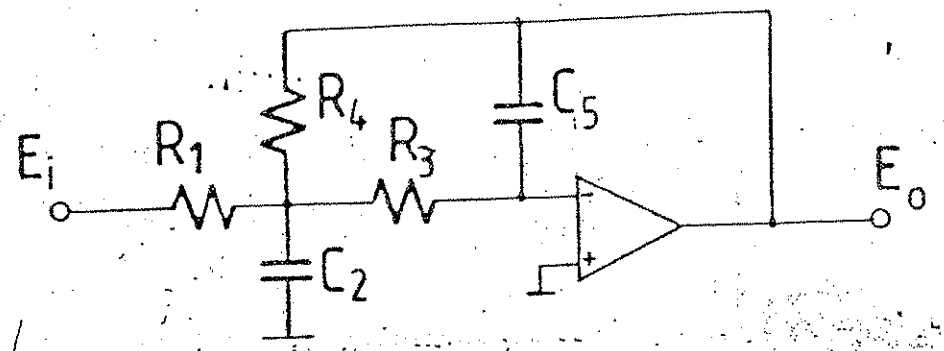
تابع تبدیل فوق را محاسبه کرده، وصحت آنرا تحقیق کنید.

دررابطه وشکل ۱ ادمیتانسهای Y_1 الی Y_5 نماینده ادمیتانس خازنی یا مقاومتی می باشند. با انتخاب مقادیر مناسب جهت ادمیتانسهای مذکور میتوان پاسخهای مختلف (پائین گذر، بالا گذر و یا میان گذر) بدست آورد.

الف ـ فیلترپائین گذردرجه ۲

درصورتیکه درشکل ۱ به جای Y_1 ، Y_3 و Y_4 مقاومت وبه جای Y_2 و Y_5

حال قرار دهیم ، مدار شکل ۲ بدست می آید که نمایانگر یک فیلتر درجه ۲ پائین گذر است :



شکل ۲

با استفاده از رابطه ۱ ، تابع تبدیل مدار شکل ۲ بصورت زیر بدست می آید :

$$\frac{E_o}{E_i}(S) = -\frac{\frac{1}{R_1 R_3 C_2 C_5}}{S^2 + \frac{1}{C_2}\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}\right)S + \frac{1}{R_3 R_4 C_2 C_5}} \qquad (۳)$$

با توجه به اینکه تابع تبدیل یک فیلتر پائین گذر درجه ۲ درحالت کلی بصورت :

$$H(S) = \frac{H_o \omega_o^2}{S^2 + \alpha\omega_o S + \omega_o^2} \qquad (۲)$$

می باشد ، مقادیر H_o (بهره مدار در فرکانس صفر) ، ω_o (فرکانس قطع فیلتر) و $\alpha = \frac{1}{Q}$ (عکس ضریب کیفیت مدار) بصورت زیر بدست می آیند :

$$H_o = R_4/R_1 \qquad (۴)$$

$$\omega_o = \sqrt{\frac{1}{R_3 R_4 C_2 C_5}} \qquad (۵)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{C_5}{C_2}}\left(\sqrt{\frac{R_3}{R_4}} + \sqrt{\frac{R_4}{R_3}} + \frac{\sqrt{R_3 R_4}}{R_1}\right) \qquad (۶)$$

آزمایش اول :

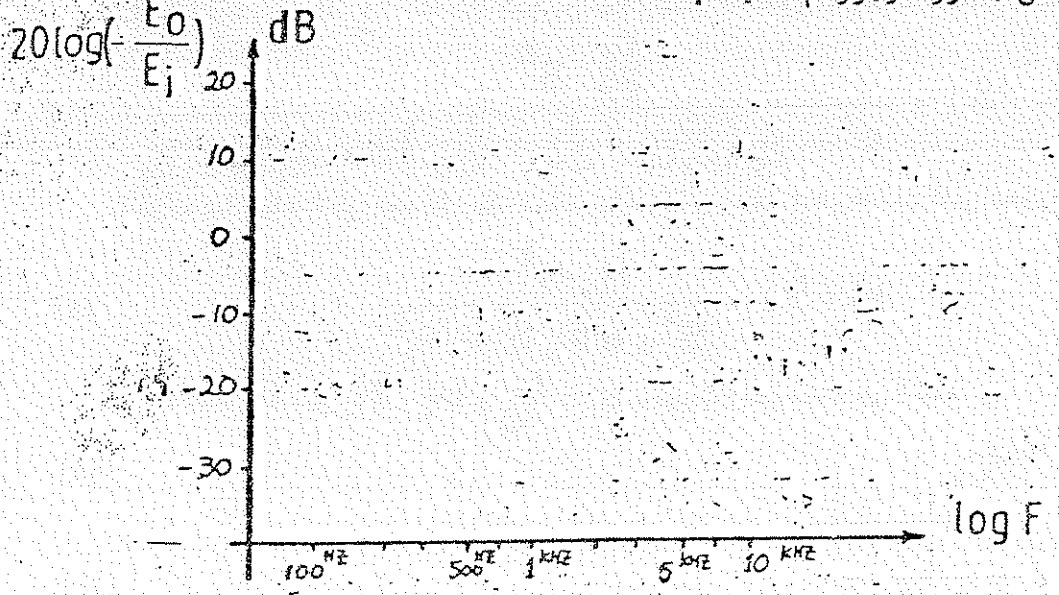
فیلتر پائین گذر شکل ۲ را برای دو حالت زیر طرح کنید :

حالت اول : $F_0 = 1\,KHZ \qquad H_0 = 1 \qquad \alpha = 1$

حالت دوم : $F_0 = 1\,kHZ \qquad H_0 = 1 \qquad \alpha = 1/10$

راهنمائی : برای طراحی ابتدا C_2 را یک مقدار مناسب گرفته و C_5 را بصورت $C_5 = KC_2$ (K عدد صحیح مناسب) انتخاب کرده و مطابق روابط ۴ ، ۵ و ۶ مقاومتها را بیابید .

— مشخصه خروجی به ورودی فیلتر طرح شده در هر دو حالت را روی نمودار نیمه لگاریتمی به صورت زیر رسم کنید :

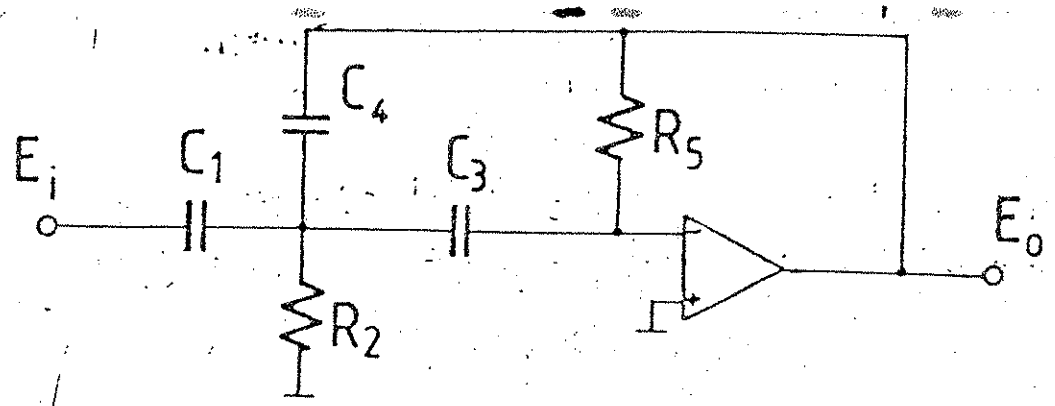


— با استفاده از نمودار بدست آمده ، ω_0 ، H_0 و α را در هر حالت محاسبه کرده و با مقادیر داده شده مقایسه و نتیجه گیری نمائید .

ب — فیلتر بالا گذر درجه ۲

درصورتیکه در شکل ۱ به جای Y_1 ، Y_3 و Y_4 خازن و به جای Y_2 و Y_5 مقاومت

قرار دهیم، مدار شکل ۲ بدست می آید که نمایانگر یک فیلتر بالا گذر درجه ۲ است.



شکل ۲

با استفاده از رابطه ۱ ، تابع تبدیل مدار شکل ۲ بصورت زیر بدست می آید :

$$\frac{E_o}{E_i}(S) = \frac{-\frac{C_1}{C_4}S^2}{S^2 + \frac{1}{R_5}\left(\frac{C_1}{C_3C_4} + \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_3}\right)S + \frac{1}{R_2R_5C_3C_4}} \qquad (۷)$$

با عنایت به اینکه تابع تبدیل یک فیلتر بالا گذر درجه ۲ در حالت کلی بصورت :

$$H(S) = \frac{H_o S^2}{S^2 + \alpha\omega_o S + \omega_o^2} \qquad (۸)$$

می باشد، مقادیر H_o ، ω_o و $\alpha = 1/Q$ بصورت زیر بدست می آیند :

$$H_o = C_1/C_4 \qquad (۹)$$

$$\omega_o = \sqrt{\frac{1}{R_2R_5C_3C_4}} \qquad (۱۰)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{R_2}{R_5}}\left(\frac{C_1}{\sqrt{C_3C_4}} + \sqrt{\frac{C_3}{C_4}} + \sqrt{\frac{C_4}{C_3}}\right) \qquad (۱۱)$$

آزمایش دوم :

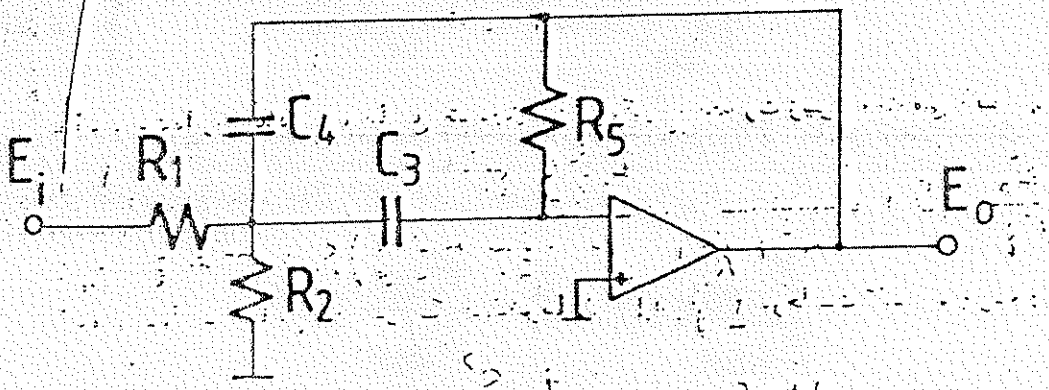
فیلتر بالا گذر شکل ۲ را همانند آزمایش اول برای دو حالت داده شده طرح کنید.

راهنمائی : برای طراحی ابتدا C_1 را معادل C_3 و برابر یک مقدار مناسب

گرفته وبقیه المانهای مدار را با استفاده از روابط ۹ ، ۱۰ و ۱۱ بدست آورید .
کلیه مراحل آزمایش اول را برای مدار بالا تکرار کنید .

ج ـ فیلترمیان گذردرجه ۲

درصورتیکه درشکل ۱ به جای Y_1 ، Y_2 و Y_5 مقاومت وبه جای Y_3 و Y_4 خازن قرار دهیم ، مدار شکل ۴ بدست می آید که نمایانگر فیلترمیان گذردرجه ۲ است :



شکل ـ ۴

با استفاده از رابطه ۱ ، تابع تبدیل مدار شکل ۴ بصورت زیر بدست می آید :

$$\frac{E_o}{E_i}(S) = \frac{-\frac{1}{R_1 C_4} S}{S^2 + 1/R_5\left(1/C_3 + 1/C_4\right) S + \frac{1}{R_5 C_3 C_4}\left(1/R_1 + 1/R_2\right)} \qquad (۱۲)$$

با توجه به اینکه تابع تبدیل یک فیلترمیان گذردرجه ۲ درحالت کلی بصورت :

$$H(s) = \frac{H_0 \alpha \omega_0 S}{S^2 + \alpha \omega_0 S + \omega_0^2} \qquad (۱۳)$$

می باشد ، مقادیر H_0 ، ω_0 و $\alpha = 1/Q$ بصورت زیر بدست می آیند :

$$H_0 = \frac{1}{R_1/R_5\left(1 + C_4/C_3\right)} \qquad (۱۴)$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{R_5 C_3 C_4}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)} \qquad (۱۵)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{R_5\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}}\left(\sqrt{\frac{C_3}{C_4}} + \sqrt{\frac{C_4}{C_3}}\right) \qquad (۱۶)$$

آزمایش سوم :

فیلترمیان گذرشکل ۴ را همانندآزمایش اول برای دوحالت داده‌شده‌طرح کنید .

راهنمائی : برای طراحی ابتداء C_3 را مساوی C_4 وبرابریک مقدارمناسب گرفته‌وبقیه‌المانهای مدار رامطابق روابط ۶۴، ۶۵ و ۶۶ بدست آورید .

کلیه مراحل آزمایش اول را برای مدارمیان گذرتکرارکنید .

د ـ فیلترمیان نگذردرجه ۲

یک فیلترمیان نگذربراحتی توسط یک فیلترمیان گذرویک تفریق کننده بصورت زیرقابل ساخت می باشد :

$$H_{BR}(S) = 1 - H_{BP}(S) \qquad (۱۷)$$

که‌دررابطه ۱۷، H_{BR} تابع تبدیل فیلترمیان نگذرو H_{BP} تابع تبدیل فیلترمیان گذرمی باشد . حال اگر ۱۷ رابصورت زیربیان کنیم :

$$\frac{E_{oBR}}{E_{iBR}}(S) = 1 - \frac{E_{oBP}}{E_{iBP}}(S) \qquad (۱۸)$$

واین مسئله‌رادرنظربگیریم که‌ورودیهای دوفیلترمساوی می باشندیعنی :

$$E_{iBR}(S) = E_{iBP}(S) \qquad (۱۹)$$

درآنصورت خروجی میان نگذربصورت زیوبرحسب خروجی میان گذربیان می شود :

$$E_{oBR}(S) = 1 - E_{oBP}(S) \qquad (۲۰)$$

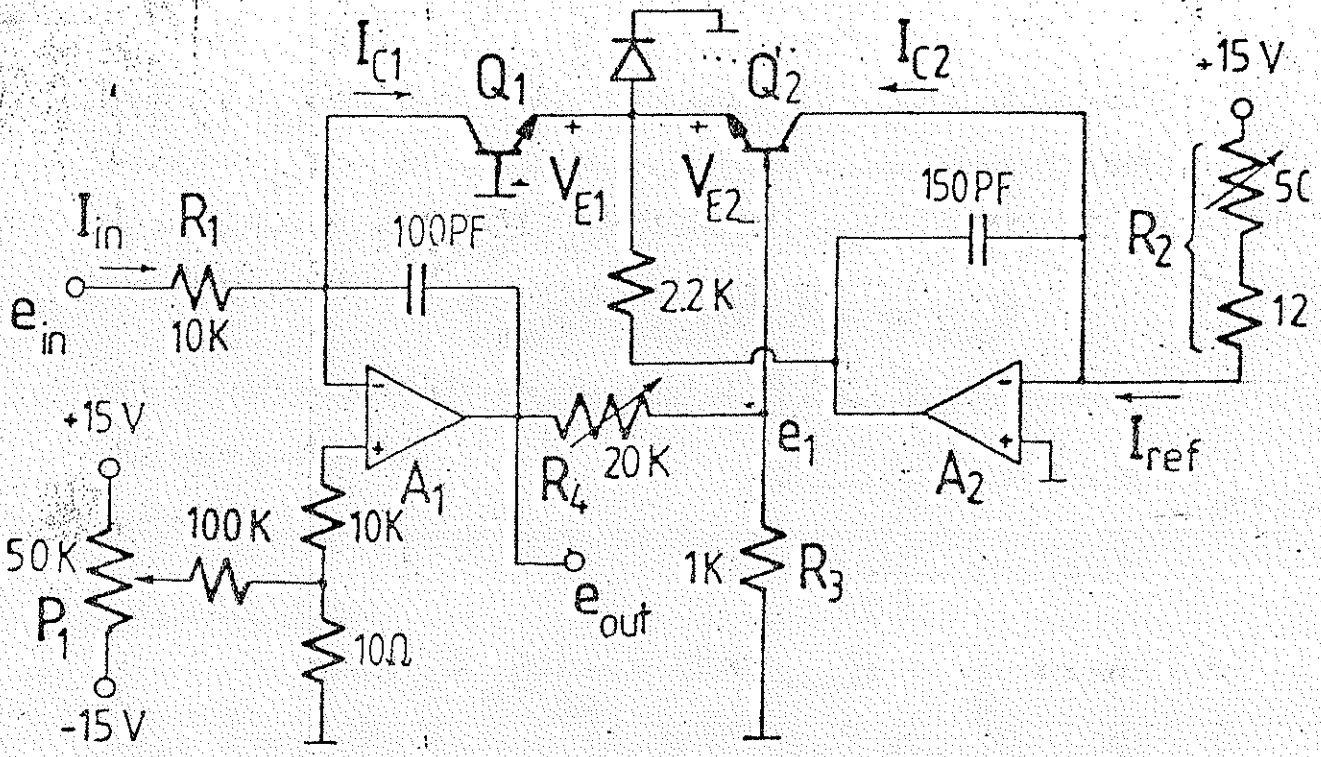
آزمایش چهارم

با استفاده‌ازرابطه ۲۰ فیلترمیان گذرآزمایش سوم رابا استفاده‌ازیک تفریق کننده به‌یک فیلترمیان نگذرتبدیل نموده‌ومشخصه‌ورودی به‌خروجی آن رابرروی نمودار نیمه‌لگاریتمی ترسیم نمائید . منحنیهای بدست آمده‌رابا منحنیهای آزمایش سوم مقایسه‌کرده‌ونتیجه‌گیری کنید .

آزمایش شماره ۲ : تقویت کننده‌های لگاریتمی و آنتی لگاریتمی

الف ـ تقویت کننده لگاریتمی :

شکل ۱ مداریک تقویت کننده لگاریتمی را نشان می دهد :



شکل ۱

با توجه به شکل داریم :

$$V_{E1} - V_{E2} = e_1 = e_{out} \frac{R_3}{R_3 + R_4} \qquad (1)$$

و با توجه به رابطه بین جریان کلکتور و ولتاژ بیس ـ امیتر که بصورت زیر بیان می گردد :

$$I_c \simeq I_o \exp\left(\frac{-qV_E}{kT}\right) \qquad I_o = \text{جریان اشباع معکوس} \qquad (2)$$

درصورتیکه ازطرفین (۲) لگاریتم گرفته و لگاریتم را در مبنای ده حساب کنیم ، خواهیم داشت :

$$V_E = -2.3 \frac{kT}{q} \log_{10} \frac{I_C}{I_S} \qquad (۳)$$

حال همانطورکه در شکل ۱ پیداست با تقریب خوب می توان

$$I_{C1} \simeq I_{in} \quad , \quad I_{C2} \simeq I_{ref} \qquad (۴)$$

را فرض نمود ، لذا با استفاده از (۱) و (۳) خواهیم داشت :

$$e_{out} = -\frac{R_3+R_4}{R_3} \cdot 2.3 \frac{kT}{q} \log_{10} \left(\frac{I_{in}}{I_{ref}} \cdot \frac{I_{02}}{I_{01}} \right) \qquad (۵)$$

که در آن I_{02} و I_{01} به ترتیب جریانهای اشباع معکوس Q_2 و Q_1 می باشند. حال با فرض آنکه $I_{01} = I_{02}$ (درصورت بکارگیری از دو ترانزیستور match-pair) می توان رابطه لگاریتمی e_{out} و e_{in} را به صورت زیر نوشت :

$$e_{out} = -K \log_{10}(e_{in}/e_{ref}) \qquad (۶)$$

حال با استفاده از روابط داده شده و شکل ۱ روابط K و e_{ref} را برحسب پارامترهای مدار بیابید.

$$K = 2.3 \frac{R_3+R_4}{R_3} V_T$$

$$e_{ref} = 15^{V} \frac{R_1}{R_2}$$

$R_4 = 16.$

$R_2 = 15$

آزمایش اول :

برای داشتن رابطه

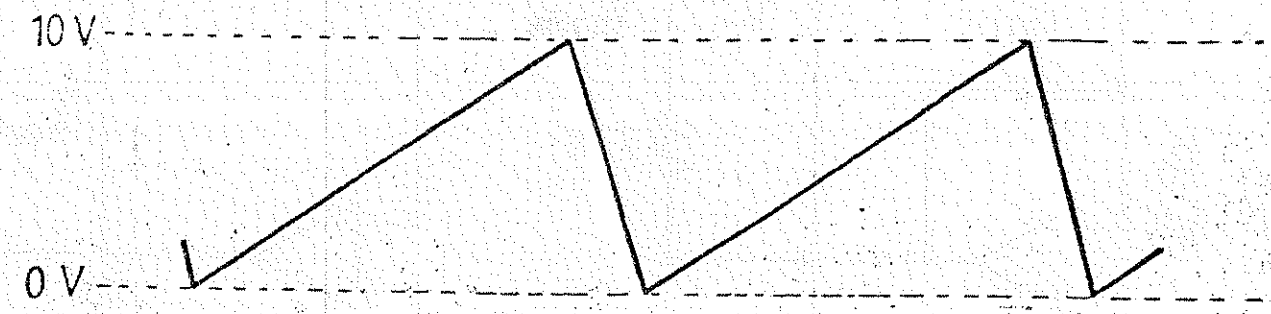
$$e_{out}(volt) = -\log_{10} e_{in}(volt) \qquad (۷)$$

یعنی $K = e_{ref} = 1$ و با فرض $R_1 = 10^{k\Omega}$ ، $R_3 \doteq 1^{k\Omega}$ مقادیر R_2 ، R_4 را بیابید.

ابتدا توسط تقویت کننده 741 و ترانزیستور match-pair از نوع ..... مدار را بسته و سپس توسط پتانسیومتر P_1 (که برای جبران آفست A_1 بکار می رود) کاری کنید که برای $e_{in} = 0$ ولتاژ خروجی در حدود ۴ ولت شود. حال توسط تنظیم R_4 و R_2 رابطه ۷ را ارضا نمایید.

ولتاژ خروجی e_{out} را برحسب لگاریتم ولتاژ ورودی (حداقل برای دو دهه) بر روی نمودار نیمه لگاریتمی رسم نمائید.

با اعمال یک موج دندانه‌اره‌ای با فرکانس $1\ KHz$ بصورت زیر



شکل ولتاژ خروجی را بدست آورده ودقیقا" رسم کنید. حال فرکانس ورودی را افزایش داده وحداکثر فرکانس قابل استفاده را بیابید.

حال با اعمال موج دندانه‌اره‌ای با لا به فرکانس $1\ KHz$ درورودی، خازنهای $100\ PF$ و $150\ PF$ را برداشته واثر آن برروی ولتاژ خروجی را بررسی کرده ونتیجه گیری کنید. ..../۲۰

با یک وسیله گرم کننده درجه حرارت مدار (بخصوص ترانزیستورهای Q_1 و Q_2) را بالا برده ومنحنی e_{out} برحسب لگاریتم e_{in} را حداقل برای دودهه بدست آورید وبا مقایسه آن با نمودار قبلی علت تفاوتها را بررسی کرده ونتیجه گیری کنید.

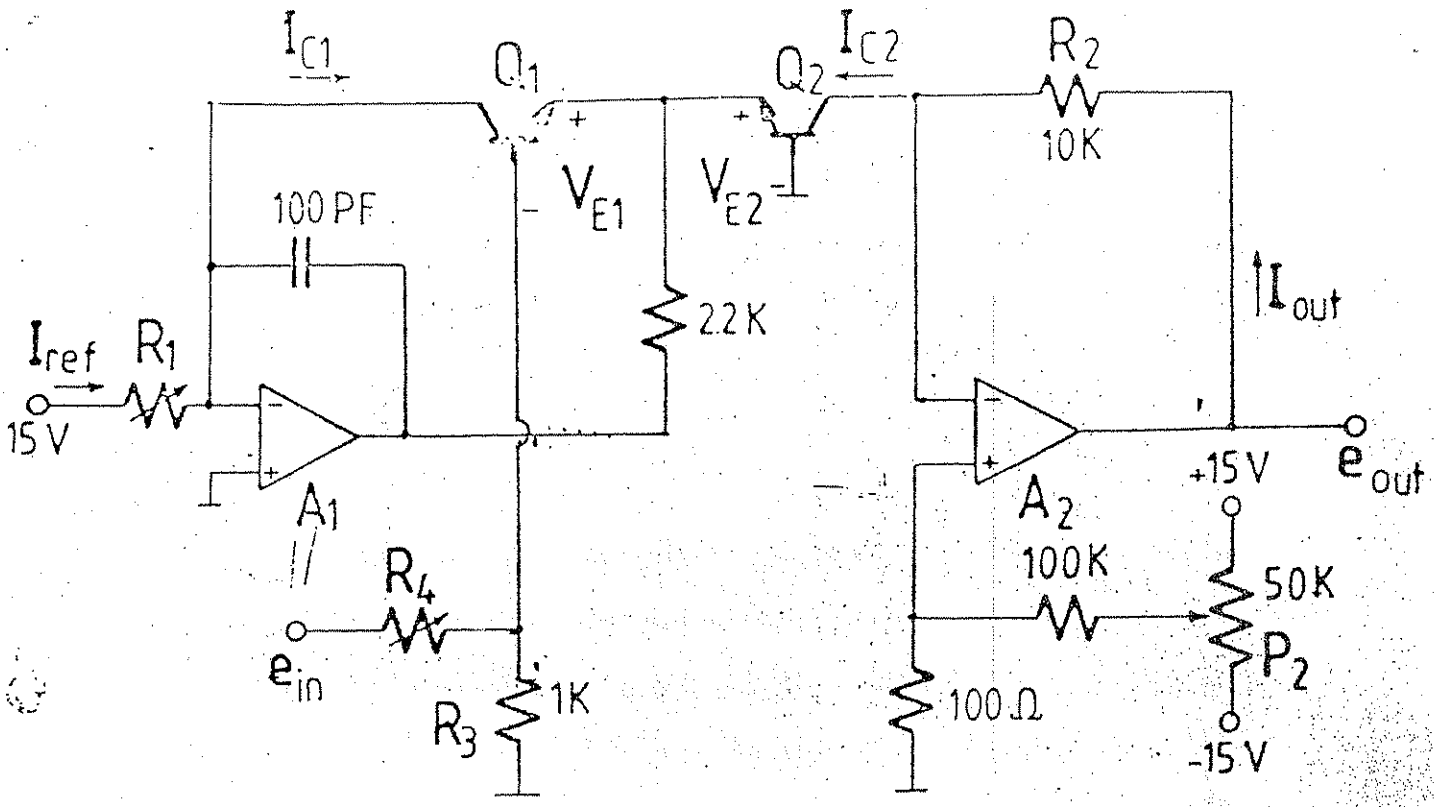
ب ـ تقویت کننده آنتی لگاریتمی :

شکل ۲ مدار یک تقویت کننده آنتی لگاریتمی را نشان می دهد: ..../۲۰

با توجه به شکل داریم :

$$V_{E2} - V_{E1} = e_{in} \frac{R_3}{R_3 + R_4} \qquad (8)$$

$$I_{C1} \simeq I_{ref} \quad , \quad I_{C2} \simeq I_{out} \qquad (9)$$



شکل ۲

و مطابق مطالب گفته شده در قسمت الف و در صورتیکه $I_{O2} = I_{O1}$ باشد میتوان رابطه توانی I_{out} و e_{in} را بصورت زیر بیان نمود:

$$I_{out} = I_{REF} \exp\left(\frac{-q}{KT}\,\frac{R_3}{R_3+R_4}\,e_{in}\right) \qquad (10)$$

که رابطه (۱۰) را می توان به فرم زیر نیز نوشت:

$$e_{out} = M\ 10^{-e_{in}/N} \qquad (11)$$

حال با استفاده از روابط داده شده و شکل ۲، روابط M و N را برحسب پارامترهای مدار بیابید.

آزمایش دوم:

برای داشتن رابطه،

$$e_{out}^{(volt)} = 10^{-e_{in}(volt)} \qquad (12)$$

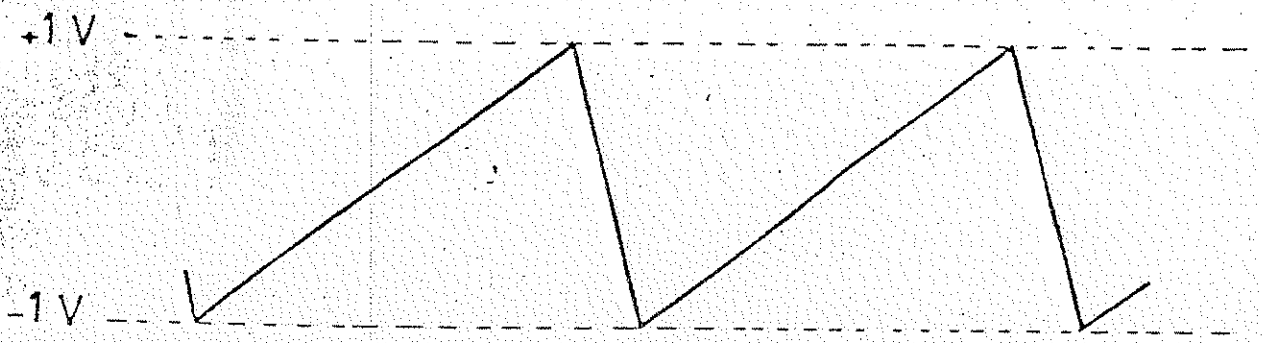
و درصورتیکه $R_2 = 10^{k\Omega}$ و $R_3 = 1^{k\Omega}$ باشد، مقادیر R_1 و R_4 را بیابید.

ابتدا توسط تقویت کننده 741 و ترانزیستور match-pair از نوع .....

مدار را توسط پتانسیومتر P_2 (که برای جبران افست A_2 بکار می‌رود) کاری کنید که برای $e_{in}=V_{cc}=15^{V}$ ولتاژ خروجی معادل صفر شود. حال توسط مقسم R_1 و R_4 رابطه ۱۲ را ارضا کنید.

لگاریتم ولتاژ خروجی را برحسب ولتاژ ورودی (حداقل برای دو دهه) بر روی نمودار نیمه لگاریتمی رسم نمائید.

با اعمال یک موج دندانه‌ارهای با فرکانس $1\ kHz$ را بصورت زیر



شکل ولتاژ خروجی را بدست آورده و دقیقاً رسم کنید. حال فرکانس ورودی را افزایش داده و حداکثر فرکانس قابل استفاده را بیابید.

حساسیت حرارتی مدار را همانند آزمایش اول بررسی نمائید.

آزمایش سوم:

خروجی تقویت کننده لگاریتمی را به ورودی تقویت کننده آنتی لگاریتمی متصل نموده و منحنی خروجی به ورودی را در حالیکه ورودی از یک الی ده ولت تغییر کند، بدست آورده و نتیجه‌گیری کنید.

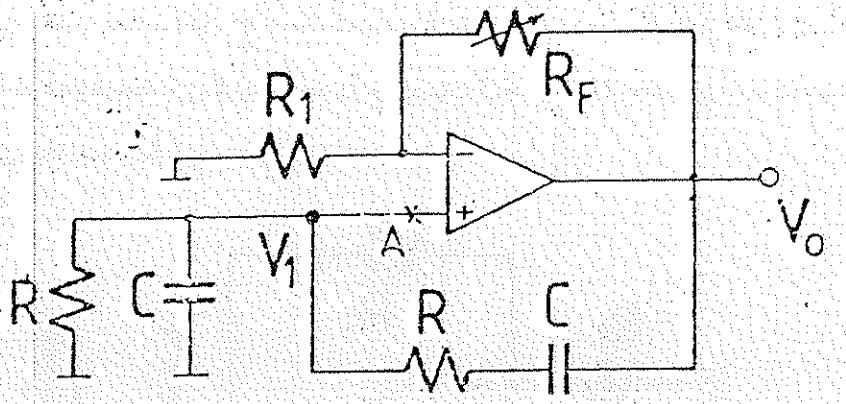
با اعمال موج دندانه‌ارهای $1\ kHz$ آزمایش اول در ورودی، شکل موج خروجی را بدست آورده و دقیقاً رسم کنید.

۲۰....

آزمایش شماره ۳ : نوسان سازهای سینوسی

الف : نوسان ساز پل وین :

شکل ۱ مدار ساده یک نوسان ساز پل وین را نشان می دهد :



شکل ۱

۱ - تابع انتقال را بدست آورده و با استفاده از آن شرط نوسان و فرکانس نوسان را بیابید .

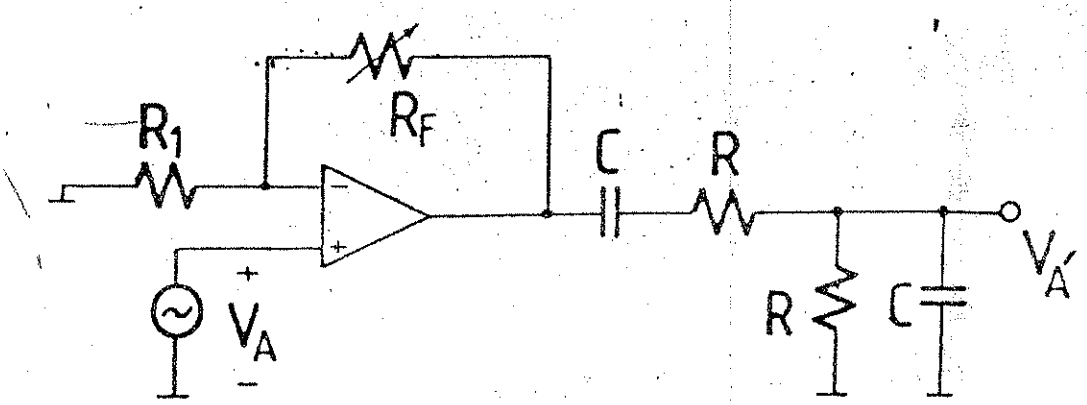
۲ - با استفاده از محاسبات انجام شده ، مقادیر مقاومتها و خازنها را برای فرکانس $F_o = 1\ KHZ$ محاسبه نمائید .

۳ - با مقادیر محاسبه شده ، مدار را بسته و با تنسومتر R_F را طوری تنظیم کنید که مدار با شدت اعوجاج شروع به نوسان کند . شکل موج را دقیقا" رسم نمود . فرکانس نوسان و مقدار R_F را اندازه گیری کرده و با مقادیر تئوری مقایسه کنید . میزان اعوجاج را توسط WAVE ANALYZER اندازه گیری نمائید .

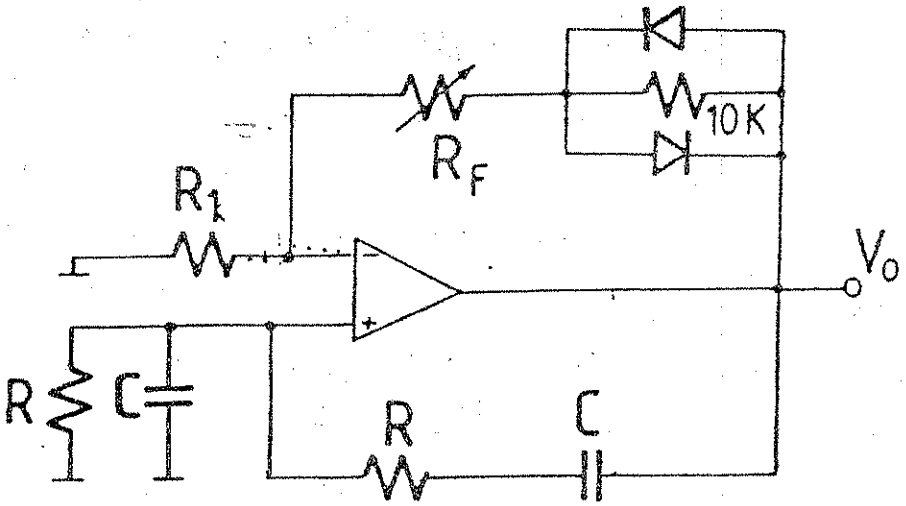
۴ - حال R_F را تغییر داده (یکبار کم و بار دیگر زیاد نمائید) و اثر آن را بر روی نوسان مدار مشاهده نموده و از لحاظ تئوری بحث نمائید .

د ـ حلقه فیدبک را از نقطه A قطع نموده و با اعمال یک موج سینوسی مطابق شکل ۲ ، نسبت دامنه و فاز V_A و $V_{A'}$ را در حوالی فرکانس نوسان ($F_0 \pm \%20$) بدست آورده و دیاگرام BODE مربوط به دامنه و فاز را رسم نمائید. با استفاده از دیاگرام علت نوسان را در فرکانس F_0 بیان نمائید.

۶ ـ استفاده از تقویت کننده های غیرخطی و یا به عبارت دیگر تقویت کننده هائی که بهره آنها به دامنه خروجی وابسته است ، در پایداری دامنه نوسانات کمک زیادی می کند. مدار شکل ۳ یک نمونه را نشان می دهد. اساس کار مدار را توضیح داده و توسط آزمایش اعوجاج بدست آمده را اندازه گیری نموده و با حالت قبل مقایسه نمائید.



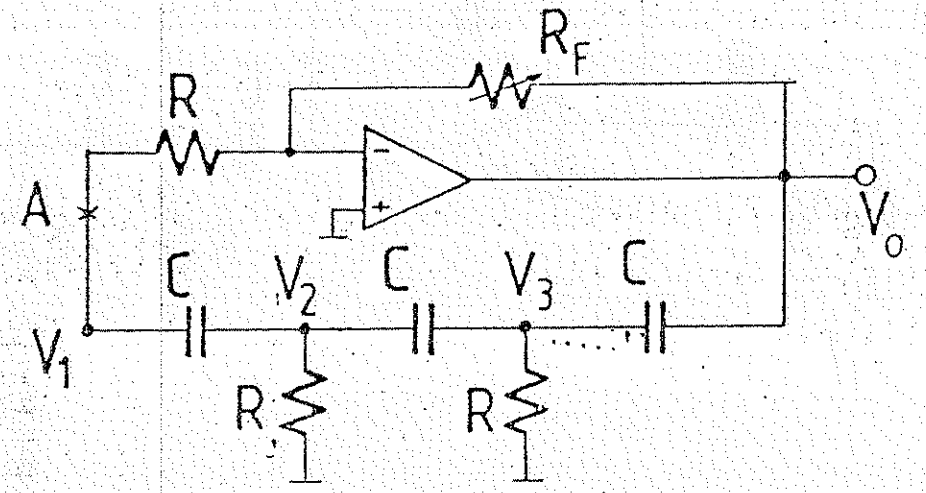
شکل ۲



شکل ۳

ب ـ نوسان ساز انتقال فاز :

شکل ۴ مدار ساده یک نوسان ساز انتقال فاز را نشان می دهد :



شکل ۴

۱ ـ تابع انتقال را بدست آورده و با استفاده از آن شرط و فرکانس نوسان را بیابید .

۲ ـ با استفاده از محاسبات انجام شده ، مقادیر مقاومتها و خازنها را برای فرکانس $F_0 = 1\ KHZ$ محاسبه نمائید .

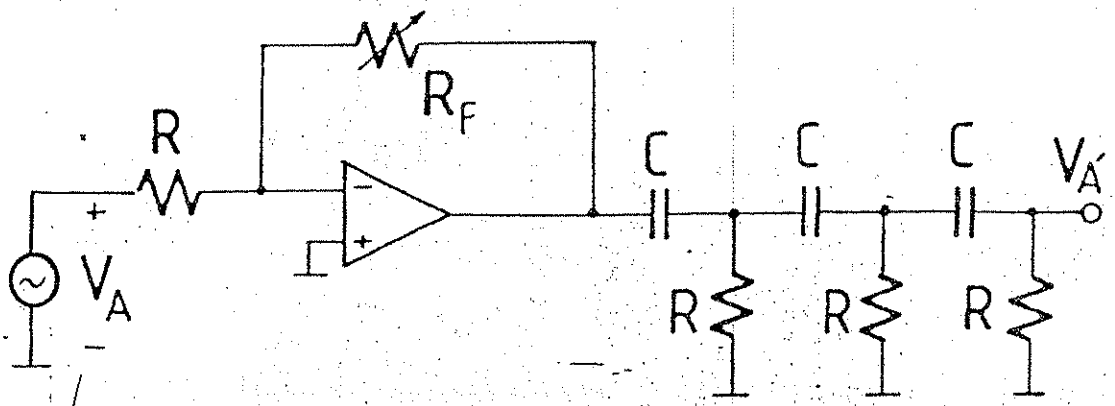
۳ ـ با مقادیر محاسبه شده مدار را بسته و پتانسیومتر R_F را طوری تنظیم کنید که مدار با حداقل اعوجاج شروع به نوسان کند . شکل موج را دقیقا" رسم نموده فرکانس نوسان و مقدار R_F را اندازه گیری کرده و با مقادیر تئوری مقایسه کنید . میزان اعوجاج را توسط WAVE ANALYZER اندازه گیری نمائید .

۴ ـ حال R_F را تغییر داده و همانند قبل اثر آن را بر روی نوسان مشاهده کرده و از نظر تئوری بحث نمائید .

۵ ـ نسبت دامنه ولتاژهای V_1 ، V_2 ، V_3 و V_0 و اختلاف فاز آنها با یکدیگر را اندازه گیری نموده و با حالت تئوری مقایسه نمائید .

$V_0 - V_1$ 1
$V_0 - V_2$ 7
$V_0 - V_3$ 7

۶ ـ حلقه فیدبک را از نقطه A قطع کرده و همانند شکل ۵ با اعمال موج سینوسی به ورودی نسبت دامنه و فاز V_A و $V_{A'}$ را در حوالی فرکانس نوسان ($\pm 20\%\ F_0$) بدست آورده و دیاگرام BODE مربوط به دامنه و فاز را رسم نمائید . با استفاده از دیاگرام علت نوسان را در فرکانس F_0 بیان کنید .

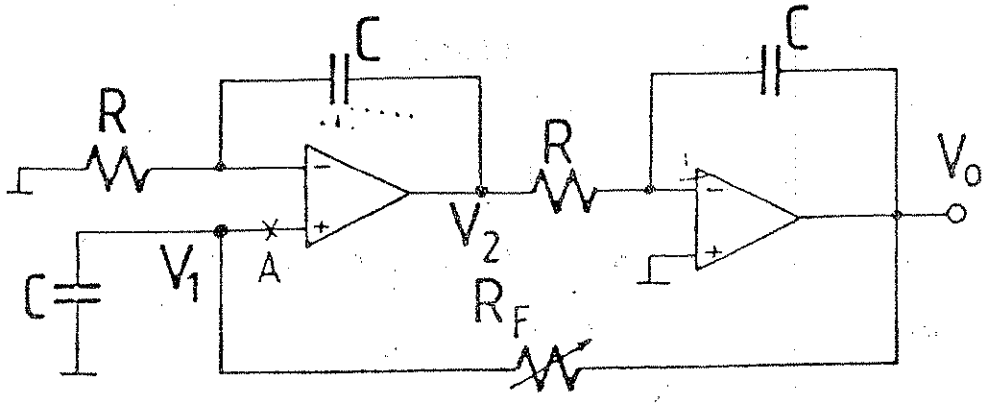


شکل ۵

۷ – با استفاده از دو عدد دیود زنر با ولتاژ شکست مناسب بصورت پشت به پشت بین خروجی و ورودی منفی تقویت کننده، پایداری دامنهٔ نوسان و در صد اعوجاج موج بدست آمده را بررسی کنید.

ج – نوسان ساز کواتز بجر :

شکل ۶ مدار سادهٔ یک نوسان ساز کواتز بجر را نشان می دهد :



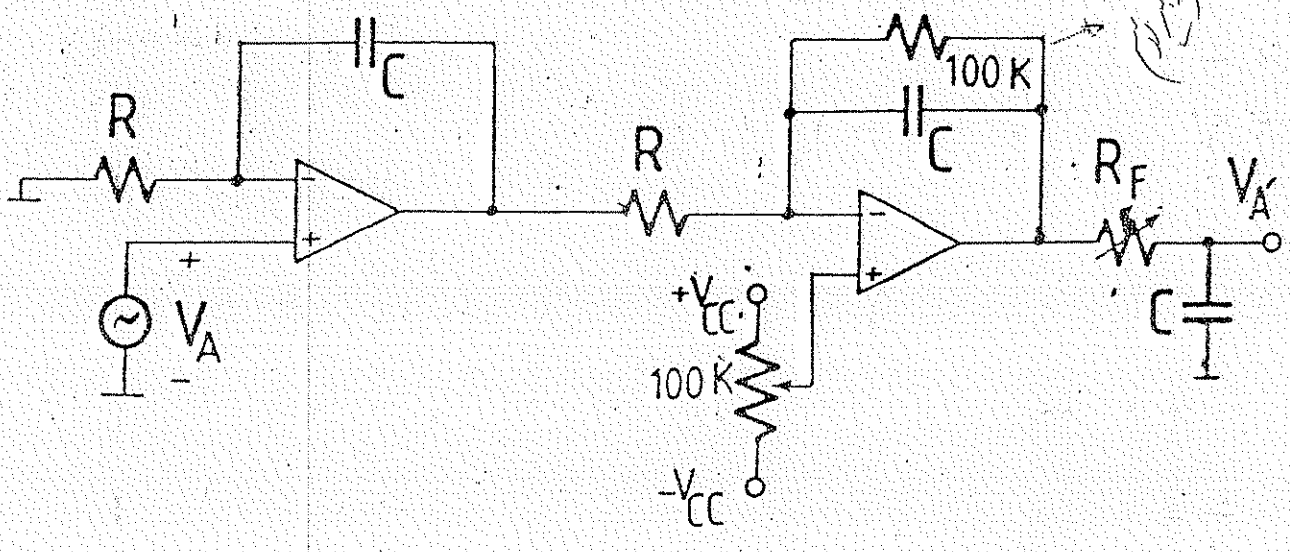
شکل ۶

۱ – تابع انتقال را بدست آورده و با استفاده از آن شرط و فرکانس نوسان را بیابید .

۲ ـ با استفاده از محاسبات انجام شده، مقادیر مقاومتها و خازنها را برای فرکانس $F_o = 1\ KHZ$ محاسبه نمائید.

۳ ـ با مقادیر محاسبه شده مدار را بسته و بتانسیومتر R_F را طوری تنظیم کنید که مدار شروع به نوسان با حداقل اعوجاج نماید. شکل موج V_o و V_2 را دقیقاً رسم نموده و رابطه بین آن دو را بیان نمائید. فرکانس نوسان و مقدار R_F را اندازه‌گیری کرده و با مقادیر تئوری مقایسه کنید. با اندازه‌گیری میزان اعوجاج V_2 و V_o نسبت اعوجاج آنرا بدست آورده و نتیجه‌گیری نمائید.

۴ ـ حلقه فیدبک را از نقطه A باز نموده و مطابق شکل ۷ با اعمال موج سینوسی نسبت دامنه و فاز V_A و $V_{A'}$ را در حوالی فرکانس نوسان ($\pm 20\%\ F_o$) بدست آورده و دیاگرام BODE مربوط به دامنه و فاز را رسم نمائید. با استفاده از دیاگرام علت نوسان در فرکانس F_o را بیان کنید.



شکل ۷

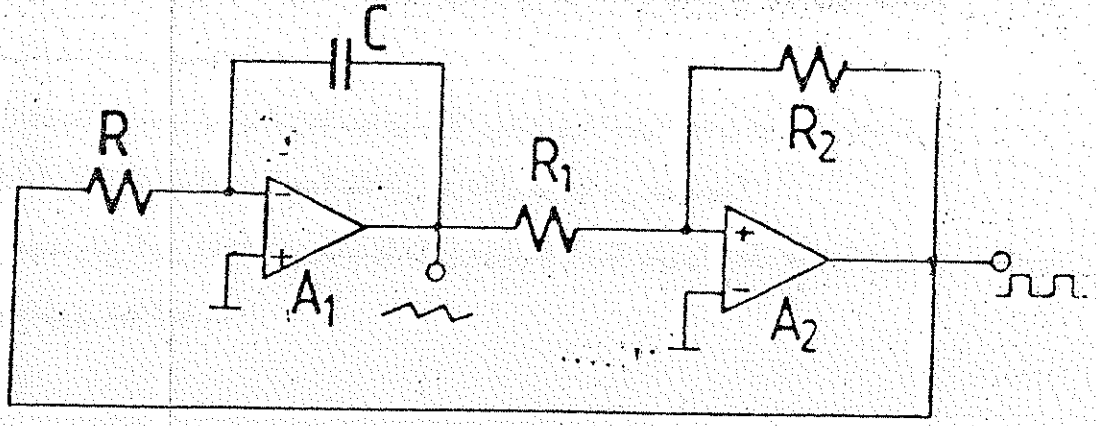
دقت کنید که برای هر فرکانس خاص با تنظیم بتانسیومتر $100^{K\Omega}$ کاری کنید که مولفه DC ولتاژ خروجی V_o حذف گردد. آیا می توانید دلیل استفاده از بتانسیومتر و مقاومت $100^{K\Omega}$ را توضیح دهید؟

۵ ـ با استفاده از دو عدد دیود زنر با ولتاژ شکست مناسب بصورت پشت به پشت بین خروجی و ورودی منفی تقویت کننده دوم پایداری نوسان و اعوجاج حاصل را بررسی نمائید.

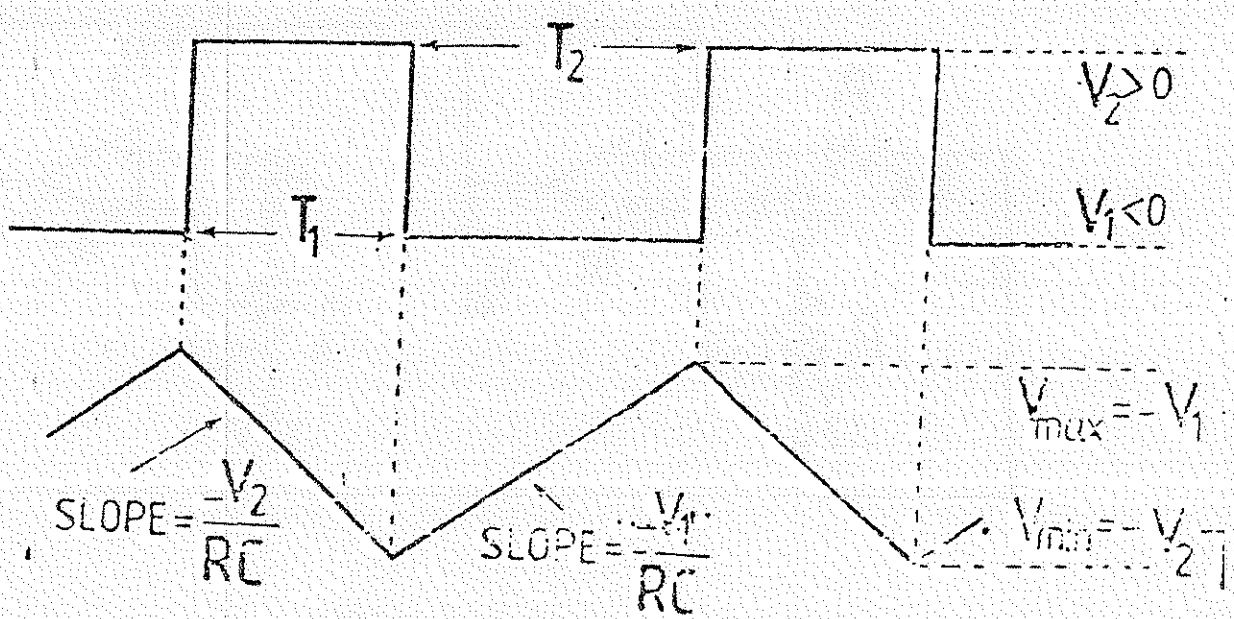
آزمایش شماره ۴ : مولد موج مربعی و مثلثی

مقدمه :

شکل ۱ مدار ساده یک مولد موج مربعی ـ مثلثی را نشان می دهد که در آن A_1 نقش انتگرال گیر و A_2 نقش یک مقایسه کننده با شمیت تریگر را دارد. در شکل ۲ خروجیهای دو تقویت کننده A_1 و A_2 را ملاحظه می کنید :



شکل ۱



شکل ۲

حال با توجه به استقلال ۱ و ۲ چگونگی کار کرد مدار را توضیح دهید.

درصورتیکه بخواهیم DUTY-CYCLE پنجاه درصد ($T_1 = T_2$) داشته باشیم، شرط و فرکانس نوسان را بدست آورید.

آزمایش اول :

حال با استفاده از ۲ تقویت کننده 741 وتغذیه آنها بصورت $\pm V_{cc} = \pm 12^V$ وانتخاب $C = 68^{nF}$ ، مقادیر مقاومتها را برای داشتن $F_o = 1\ KHZ$ و مثلثی $V_{P-P} = V_{max} - V_{min} = 4.8^V$

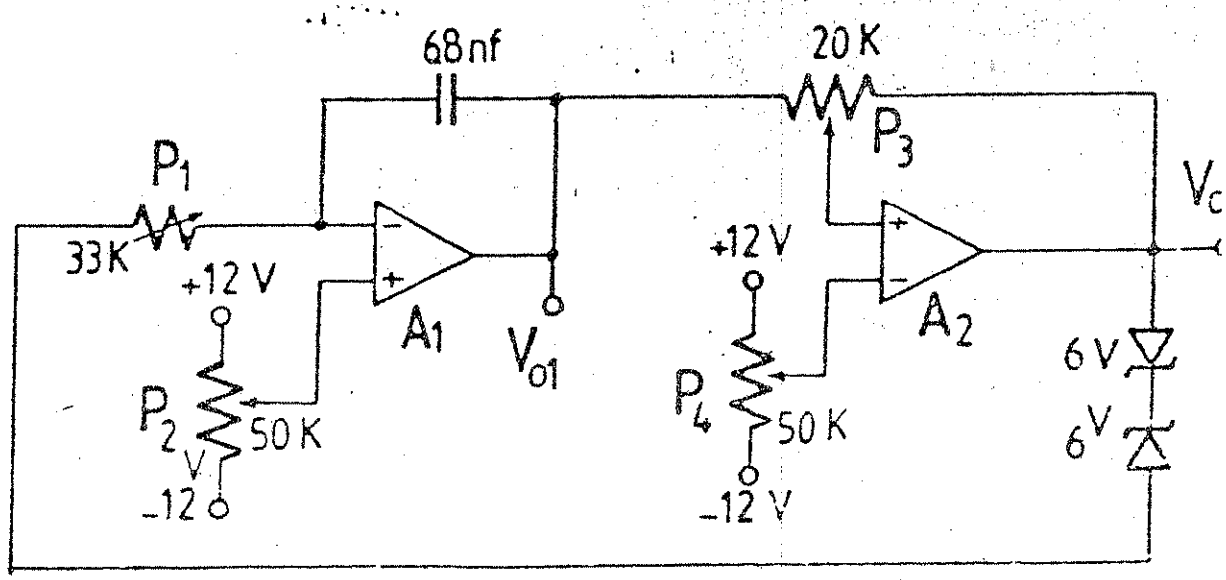
محاسبه نموده ومدار را بسته ومقادیر اندازه‌گیری شده را با حالت تئوری مقایسه نمائید. علت اختلاف در چیست؟

شکل موجها را دقیقا " رسم نموده وزمانهای بالا رفتن وپائین آمدن موج مربعی را دقیقا " اندازه‌گیری نمائید. چه اشکالی در شکل موجها می بینید؟

راه‌حلهائی جهت رفع این اشکالات پیشنهاد کرده وتوسط آزمایش راه‌حل خود را بررسی نموده ونتیجه‌گیری نمائید.

آزمایش دوم:

حال مدار شکل ۲ را ببندید.



شکل ۲

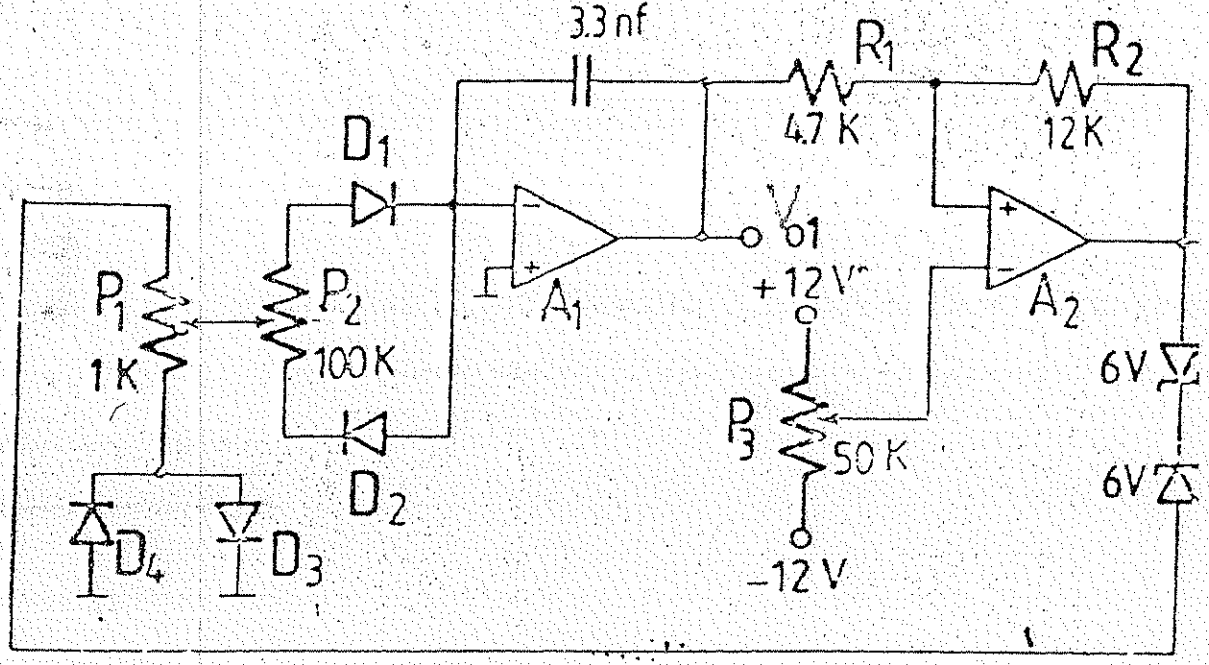
نقش پتانسیومترهای P_1 ، P_2 ، P_3 و P_4 را از لحاظ تئوری بررسی کرده و نتیجه را با آزمایش و اندازه‌گیری مقایسه نمائید.

مدار شکل ۳ چه تفاوتی با مدار شکل ۱ دارد؟

اشکال عمده مدار شکل ۳ در چیست؟

آزمایش سوم :

حال مدار شکل ۴ را ببندید.



شکل ۴

نقش پتانسیومترهای P_1 ، P_2 و P_3 را از لحاظ تئوری بررسی کرده و نتیجه را با آزمایش و اندازه‌گیری مقایسه نمائید.

علت این مدار نسبت به مدار قبلی در چیست؟ علت را توسط آزمایش و بحث تئوری بیان کنید.

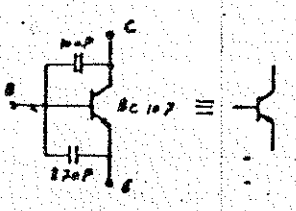
نقش دیودهای D_1 ، D_2 ، D_3 و D_4 را بیان نمائید.

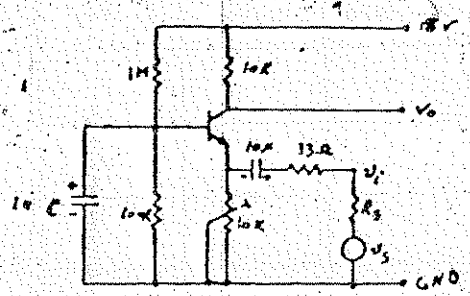
حال با تنظیم پتانسیومترها، کاری کنید که LIGHT-CYCLE موج مربعی را ردیابی نماید. راه حل پیدا شده را با شکل موجهای دست آمده را در گزارش تحقیق پتانسیومتر بیاورید. راه حل خود را توسط آزمایش بررسی نمائید.

شکل موجهای V_{o1} و V_{o2} درشکل ۴ را برای ... ی میانی ، ابتدائی وانتهائی هریک از بنا... مترها بدقت ترسیم نمائید.

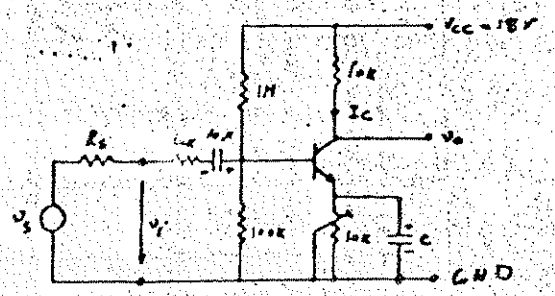
آزمایش شماره ۵

هدف این آزمایش بررسی پاسخ فرکانسی تقویت‌کننده‌های یک طبقه است. برای بررسی تقویت‌کننده در فرکانس بالا بعلت محدودیت امکانات آزمایشگاهی، فرکانس حد ترانزیستور را مانند مدار متناظر مصنوعاً پایین می‌آوریم. در مدارهای این آزمایش بجای ترانزیستور از ترکیب دکر شده استفاده کنید.



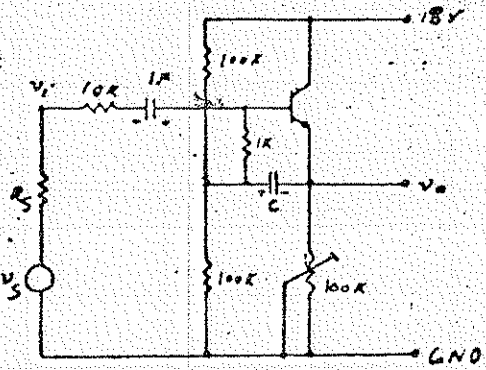


(ب)



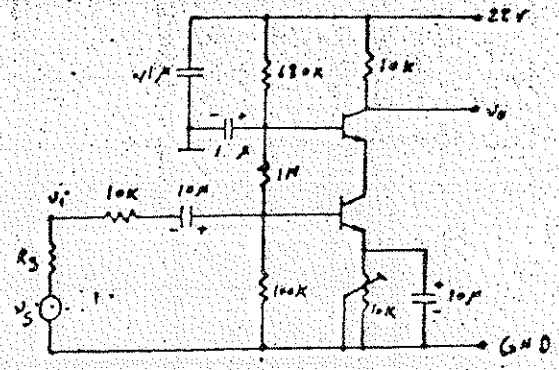
$C_E = 10\mu F$ و $C_E = 0$

(الف)



$C_E = 10\mu F$ و $C_E = 0$

(د)



(ج)

مدارهای فوق را بازاء $I_{C_1} = 0.1mA$ و $I_{C_2} = 1mA$ محاسبه نمایید.

مدارها را تهیه، پاسخ فرکانسی را بدست آورده، درباره هر یک بحث و نتیجه‌گیری نمایید.

توجه کنید که مدارهای الف، ب و ج شباهت زیاد باهم دارند. بنابراین برای آزمایشهای مختلف لازم نیست تمام مدار را تغییر دهید.

تذکر: در صورتیکه جلسه خارج از محدوده بودن R_S نداشته باشد نگاه تغییر مقدار پتانسیومتر نقطه کار مطلوب را بدست آورده و V_{CC} را ثابت نگهدارید.

بسمه تعالی گروه : نام و نام خانوادگی :

تاریخ : همکار :

$\beta =$

مدار			محاسبه تئوری			آزمایش		
			A_{vo} /dB	f_{L2} /Hz	f_{h1} /kHz	A_v /dB	f_{L2} /Hz	f_{h1} /kHz
الف	$I_C = 0.1mA$	$C = 10\mu$						
		$C = 0$						
	$I_C = 1mA$	$C = 10\mu$						
		$C = 0$						
ب	$I_C = 0.1mA$							
	$I_C = 1mA$							
ج	$I_C = 0.1mA$							
	$I_C = 1mA$							
د	$I_C = 0.1mA$	$C = 0$						
		$C = 10\mu$						
	$I_C = 1mA$	$C = 0$						
		$C = 10\mu$						

- رسم پاسخ فرکانسی هر مدار بر روی کاغذ نیم لگاریتمی جداگانه (منحنیهای حالات مختلف یک مدار همگی بر روی یک کاغذ)

- بحث و نتیجه گیری :

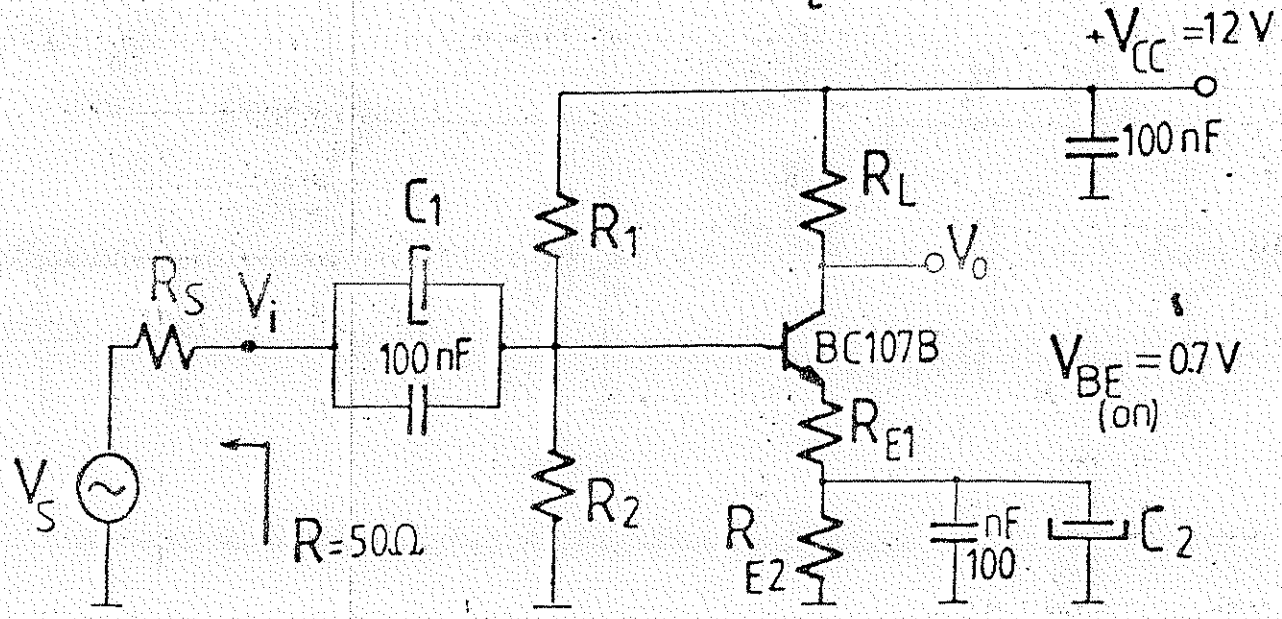
آزمایش شماره ۴ : تقویت کننده‌های باندعریض (Braidband Amplifiers)

آزمایش اول :

الف ـ تقویت کننده امیترمشترک شکل ۱ را درنظربگیرید. مدار را چنان طرح کنیدکه :

$$I_C = 1\ mA \quad , \quad f_L = 100\ HZ \quad , \quad |A_V| = \left|\frac{V_o}{V_i}\right| = 40$$

وحداکثربهنای باندممکن را داشته باشد. مقاومت اهمی بیس را معادل $r_b = 200\ \Omega$ درنظرگرفته وازمقاومت خروجی r_o صرف نظرکنید. برای داشتن پایداری حرارتی مناسب المانهای مدار را بگونه‌ای محاسبه کنیدکه ولتاژ بایاس امیترمعادل یک ولت شود ($V_E = 1\ V$).



شکل ۱

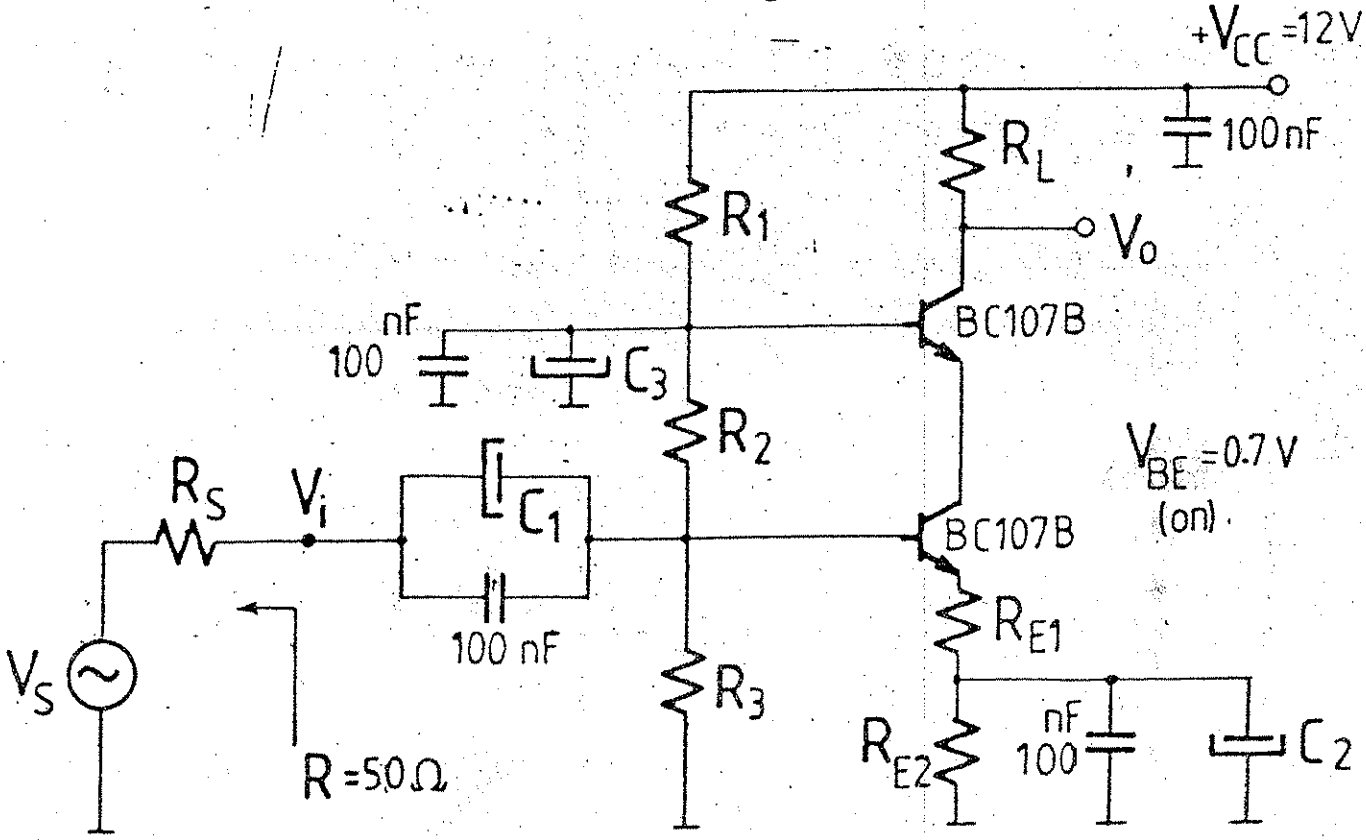
ب ـ نتایج محاسبات خودرا با برنامه کامپیوتری SPICE امتحان نموده ومقایسه کنید.

ج ـ مدار را بسته وبا آزمایش مشخصه فرکانسی بهره ولتاژ ($\left|\frac{V_o}{V_i}\right|$) مدار را بدست آورده وفرکانسهای قطع بالا وپائین وبهره ولتاژ در باند میانی را مشخص سازید. نتایج حاصل از آزمایش را با محاسبات تئوری وبرنامه کامپیوتری مقایسه کرده وعلت هرگونه اختلاف را توضیح دهید.

* دقت کنید که در اندازه‌گیری f_H (فرکانس قطع بالائی) اثر محدودیت فرکانسی اسیلوسکوپ را اندازه‌گیری نظر داشته باشید.

آزمایش دوم :

الف ـ تقویت کننده Cascode شکل ۲ را در نظر بگیرید. مدار را با داده‌های آزمایش اول و مطابق قسمت الف طرح کنید.



شکل ۲

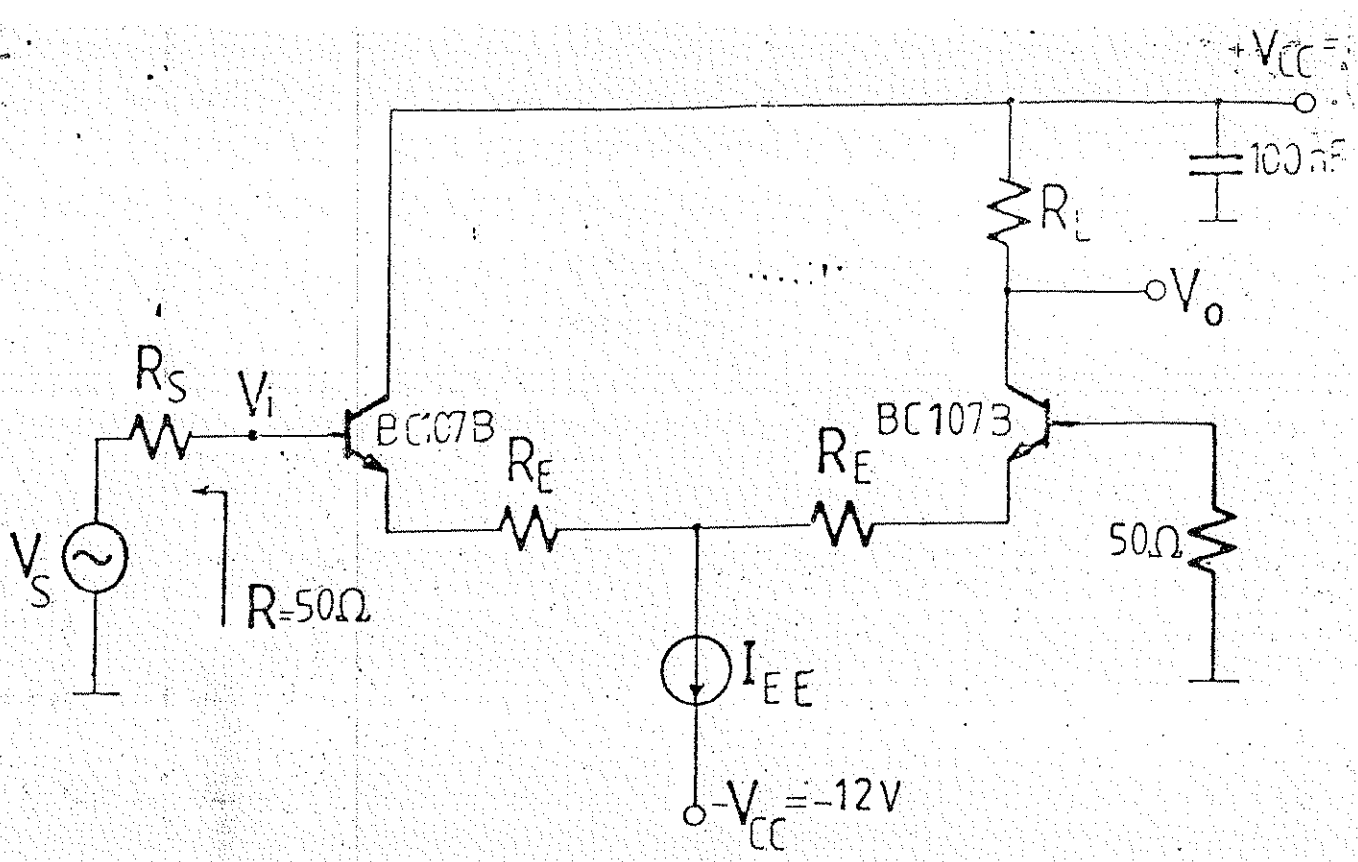
ب ـ مراحل برچ آزمایش اول را در این حالت نیز تکرار کنید.

آزمایش سوم :

الف ـ تقویت کننده دیفرانسیلی شکل ۳ را در نظر بگیرید. مدار را چنان طرح کنید که :

$$I_{EE} = 2\ mA \quad , \quad |A_v| = \left|\frac{V_o}{V_i}\right| = 40$$

و حداکثر پهنای باند ممکن را داشته باشد. مقاومت اهمی بیس را معادل $r_b = 200\ \Omega$ در نظر گرفته و از مقاومت خروجی r_o صرف نظر کنید.



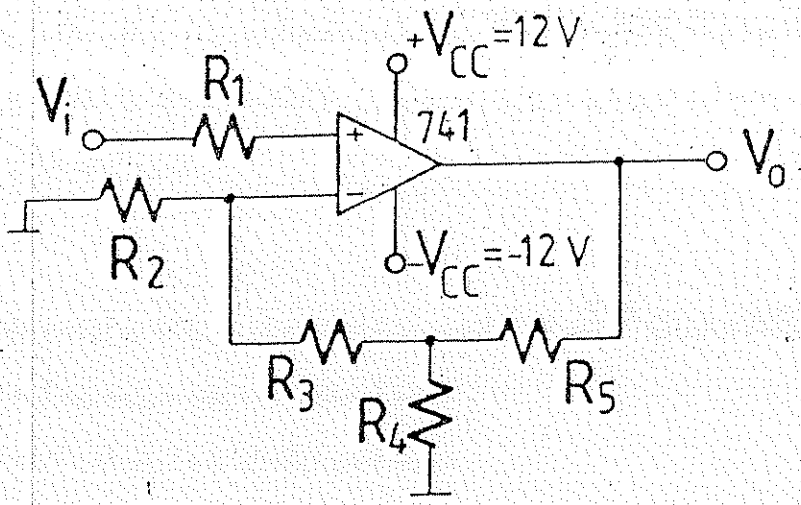
شکل ۳

ب ـ مراحل بند ج آزمایش اول را در این حالت نیز تکرار کنید.

ج ـ نتایج حاصل از سه آزمایش را با یکدیگر مقایسه کرده و نتیجه‌گیری کنید.

آزمایش شماره ۷ : فیدبک منفی و جبران فرکانسی در تقویت کننده ها

الف ـ در شکل ۱ یک تقویت کننده با فیدبک منفی نشان داده شده است. تابع انتقال op-amp را در حد یک فرض نموده و با مراجعه به کاتالوگ آن را بدست آورید:



شکل ۱

آزمایش اول :

۱ ـ مقادیر مقاومتهای شکل ۱ را جهت داشتن پهنای باند $BW=100\,KHZ$ بدست آورید. (از اثرات فیدبک منفی برروی تابع انتقال op-amp صرف نظر کنید). در اینصورت بهره مدار چقدر است؟

۲ ـ دیاگرام BODE (دامنه و فاز) را برای تقویت کننده توسط آزمایش بدست آورده و رسم کنید. در مورد نتایج بدست آمده توضیح دهید.

۳ ـ برای جبران فرکانسی تقویت کننده شکل ۱ خازنی بموازات R_4 چنان اضافه کنید که قطبی در مسیر فیدبک در محل قطب مسلط تقویت کننده بوجود آید، بطوریکه بهره در باند میانی ثابت بماند. مقدار این خازن را بدست آورید.

۴ ـ دیاگرام BODE را برای تقویت کننده جبران شده بدست آورید. بهنای باند مدار چقدر افزایش یافته است؟ تابع تبدیل کل تقویت کننده را محاسبه کرده و مکان صفرها و قطب ها را مشخص سازید. بنابراین بدست آمده از آزمایش را با تئوری مقایسه کرده و نتیجه گیری نمائید.

۵ ـ پاسخ به پله مدار جبران شده را بدست آورده و در مورد نتایج بدست آمده بحث کنید.

۶ ـ خازن بدست آمده در بند ۳ را به نصف کاهش داده و مراحل ۴ و ۵ را در این حالت انجام دهید.

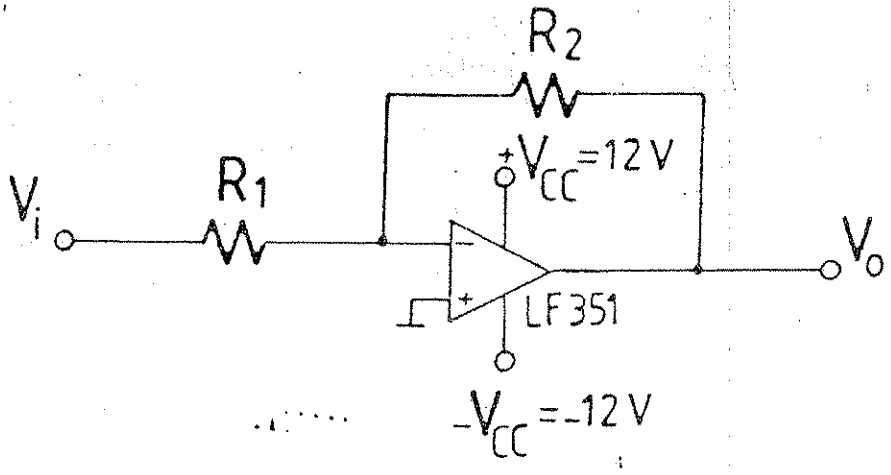
ب ـ در شکل ۱ درصورتیکه بجای تقویت کننده عملیاتی 741 از LF 351 استفاده نمائیم، تابع انتقال op-amp را درجه یک فرض نموده و با مراجعه به کاتالوگ آن را بدست آورید.

آزمایش دوم :

۱ ـ مقادیر مقاومتهای شکل ۱ را جهت داشتن پهنای باند $BW=400\ KHZ$ بدست آورید. در این صورت بهره مدار چقدر است؟

۲ ـ کلیه مراحل آزمایش اول را تکرار نمائید.

ج ـ در شکل ۲ تقویت کننده ای با فیدبک منفی نشان داده شده است. تابع انتقال op-amp را درجه یک فرض نموده و با مراجعه به کاتالوگ مقادیر R_1 و R_2 را چنان بیابید که پهنای باند کل تقویت کننده برابر $BW=500\ KHZ$ شود.

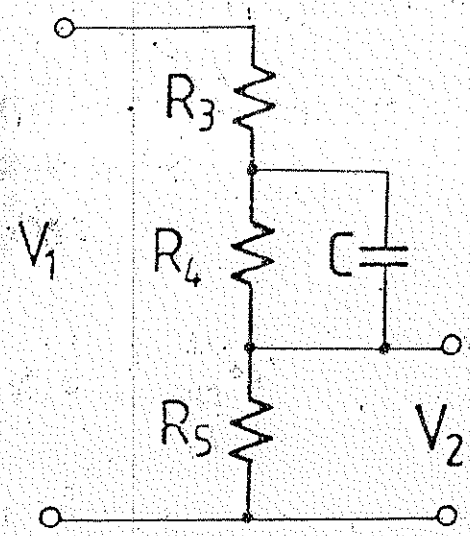


شکل ۲

آزمایش سوم :

۱ ـ دیاگرام BODE (دامنه و فاز) تقویت کننده شکل ۲ را در ضمن آزمایش بدست آورده و نتیجه گیری کنید .

۲ ـ حال می خواهیم از مدار شکل ۳ بعنوان فیدبک مثبت جهت تقویت کننده شکل ۲ استفاده کنیم .



$$\frac{V_2}{V_1}(S) = f(S) = f_0 \frac{1 + \frac{S}{Z}}{1 + \frac{S}{P}}$$

$$f_0 = \frac{R_5}{R_3 + R_4 + R_5}$$

$$Z = \frac{1}{R_4 C} \qquad P = \frac{R_3 + R_4 + R_5}{R_4 C (R_3 + R_5)}$$

شکل ۳

مدار حلقه فیدبک مثبت را طوری طراحی کنید که صفری در محل قطب مسلط تقویت کننده شکل ۲ داشته و قطب آن ده برابر صفرش باشد . بهره کل تقویت کننده با فیدبک مثبت و منفی را معادل $|A_V| = 10$ بگیرید .

۳ ـ دیاگرام BODE تقویت کننده جبران شده را بدست آورده و با محاسبه تابع تبدیل کل تقویت کننده مکان صفرها و قطبها را مشخص سازید . در مورد نتایج بدست آمده بحث کنید .

۴ ـ با تغییر مکان صفر و قطب شبکه فیدبک مثبت کاری کنید که تمام ترین مشخصه فرکانسی بدست آید . مقادیر المانها را در اینصورت بدست آورید .

۵ ـ دیاگرام BODE مربوط به حالت ۴ و تابع تبدیل کل تقویت کننده و

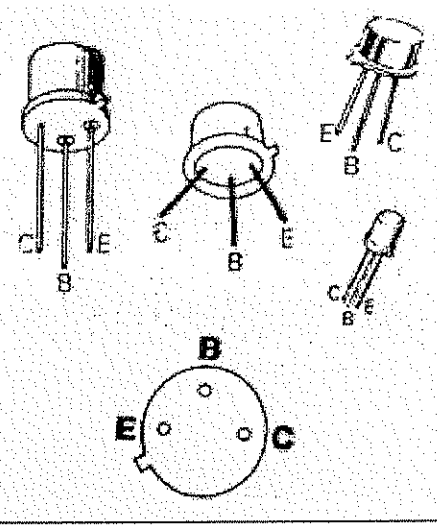
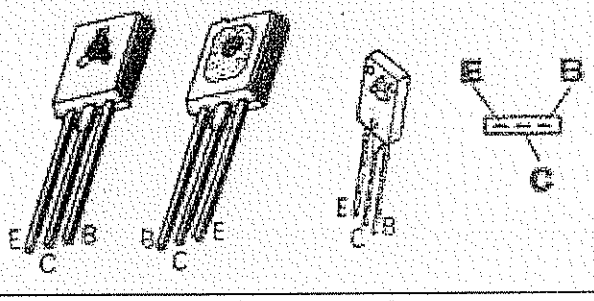
مکان صفرها وقطب ها را یافته ودر مورد نتایج بدست آمده بحث کنید .

۶ ـ پاسخ به پله سه حالت تقویت کننده را بدست آورده ودر مورد نتایج بدست آمده مقایسه وبحث نمائید .

۷ ـ نتایج حاصل از سه آزمایش را با یکدیگر مقایسه کرده ونتیجه گیری کنید .

ضمیمه‌ها:

شکل و پایه های ترانزیستورها

BC140 BC141 BC160 BC161 BC107 BC108 BC109 BC177	BC178 BC179 2N1711 2N1613 2N2907 2N2219 2N2222	
BD140 BD135 IE3055 2SA715	2SC1368 2SC1212 2SC1162 2SC1163	

بسم الله الرحمن الرحیم

خدایا جان کن سرانجام کار
تو خوشنود شوی و ما رستگار

معرفی کتاب:

سازگاری الکترومغناطیسی در سیستم‌های الکترونیکی و مخابراتی

(طراحی مدارهای دیجیتال فرکانس بالا)

تألیف: مهندس عباس نعمتی/ کارشناس ارشد برق و الکترونیک

ناشر: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) ISBN:978-964-463-336-2

Http://Nematia.Blogfa.com

ویژگی‌های برجسته کتاب:

- اولین منبع فارسی در ایران در زمینهٔ مهندسی**EMC** (سازگاری الکترومغناطیسی)، حاوی اصول، استانداردها و روش‌های صحیح طراحی مدارها و سیستم‌های الکترونیکی و مخابراتی؛
- کتابی بسیار مفید برای دانشجویان، مهندسین و طراحان در *طراحی و ساخت* مدارها یا سیستم‌های الکترونیکی و مخابراتی (بویژه مدارهای دیجیتال فرکانس بالا و کم‌نویز)؛
- قابل استفاده در مراکز آموزشی، علمی، تحقیقاتی، آزمایشگاهها و صنایع مرتبط با الکترونیک و مخابرات.

مطالب مهمی که این کتاب شامل می‌شود عبارتند از:

- تعریف و توضیح کامل سازگاری الکترومغناطیسی و استانداردهای مهم مربوط به آن؛
- بررسی و تشریح عوامل ایجاد تداخل و ناسازگاری ناشی از نویز در یک مدار یا سیستم؛
- ارائه تکنیک‌های کلی برای کاهش یا حذف تداخل و نویز در مدارها یا سیستم‌های الکترونیکی و مخابراتی.

سرفصل‌های کتاب:

فصل اول: *اساس سازگاری الکترومغناطیسی*(تعریف سازگاری الکترومغناطیسی، تداخل الکترومغناطیسی و استانداردهای مربوطه)

فصل دوم: *گسیلش و حساسیت‌پذیری تشعشعی*(تشعشعات الکترومغناطیسی از بردهای مدار چاپی و راههای کاهش آنها)

فصل سوم: *گسیلش و حساسیت‌پذیری هدایتی* (نویزهایی که از طریق سیمها یا تغذیه به مدار وارد شده یا از مدار خارج می‌شوند به همراه تکنیک‌های کاهش آنها)

فصل چهارم: *رفتار پنهان قطعات غیرفعال (مقاومت، سلف، خازن و...) در فرکانس‌های بالا*؛ (مدار معادل قطعات‌های غیرفعال در فرکانس‌های بالا و انواع المانهای پارازیتی در آنها به همراه راههای کاهش نویز)

فصل پنجم: *قطعات لاجیک در مدارهای دیجیتال* (مشخصات نویز قطعات لاجیک، رهنمودهایی در نحوه انتخاب قطعات لاجیک در زمان طراحی مدار به منظور طراحی استاندارد و کاهش نویز و...)

فصل ششم: *خطوط انتقال* (خطوط انتقال و مدار معادل آن، بازتاب سیگنال از خطوط انتقال، تکنیکهای کاهش نویز در خطوط انتقال)

فصل هفتم: *تداخل سیگنالی (همشنوایی یا کراستاک)*؛

فصل هشتم: *آنتن‌ها و تئوری الکترومغناطیس*

فصل نهم: *بردهای چند لایه(۲،۴،۶،۸،۱۰لایه)*؛ بررسی انواع بردها، نحوه قرارگیری آنها برای کاهش نویز و افزایش کیفیت مدار

فصل دهم: *خازن‌های بای‌پسینگ و دکوپلینگ* (انواع خازنها، کاربرد آنها، محل قرارگیری و مقادیر آنها و...)

فصل یازدهم: *فیلترینگ* (انواع فیلترها و بررسی آنها به همراه طراحی فیلتر برای کاهش نویز در ورودی/خروجی ترانسفورمرها)

فصل دوازدهم: *پارتیشن‌بندی* بردهای مدار چاپی(PCB) برای کاهش نویز از مدار و کاهش حساسیت‌پذیری مدار نسبت به نویزهای موجود در محیط اطراف

فصل سیزدهم: *گراندینگ (زمین‌کردن)*؛ (خصوصیات سیستم زمین، انواع روش‌های زمین‌کردن در مدارها یا سیستمها و...)

فصل چهاردهم: *شیلدینگ(حفاظگذاری)* در سیستمهای الکترونیکی و مخابراتی ؛ برای کاهش نویزهای تشعشعی(جلوگیری از تشعشع نویز از مدار یا سیستم به محیط اطراف و جلوگیری از تاثیر تشعشعات نویزهای محیط اطراف بر روی سیستم مورد نظر)

فصل پانزدهم: *پایان‌دهی مسیر* یا خطوط انتقال (برای برقراری تطبیق امپدانس در خطوط انتقال و کاهش بازتاب و نویز در آنها)

آدرس مرکز پخش: تهران- خ ولیعصر، بالاتر از چهارراه ولیعصر، روبروي خ بزرگمهر، مرکز فروش کتابهاي انتشارات دانشگاه صنعتي اميرکبير - تلفن: ۶۶۴۹۸۸۶۸- ۰۲۱

مرکز فروش در میدان انقلاب تهران (انتشارات صانعی): خ انقلاب، مقابل انتشارات دانشگاه تهران، نرسیده به خ ۱۲ فروردین تلفن: ۰۲۱۶۶۴۰۵۳۸۵ --- ۰۲۱۶۶۴۰۹۹۳۴ *(ارسال کتاب با صرفه پستی)*

مرکز فروش میانه۱: خ امام، ساختمان امیر (جهاد دانشگاهي)، کتابسراي امير، تلفن: ۰۴۲۳-۳۲۲۲۴۹۲

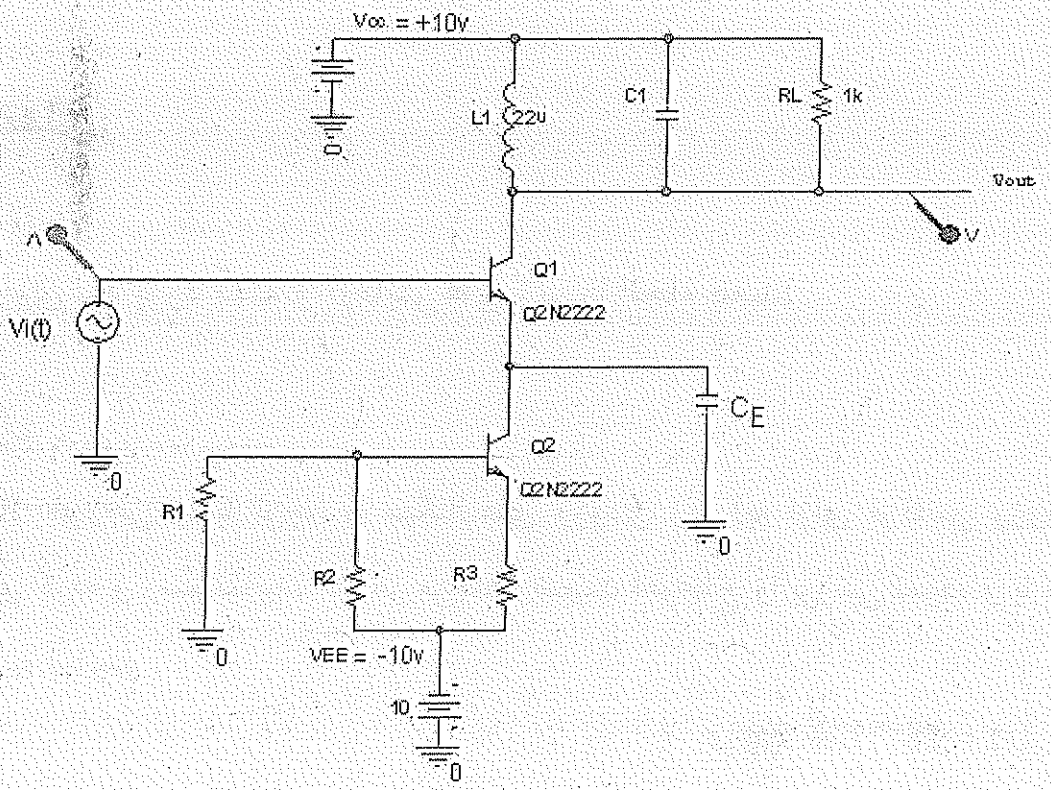
مرکز فروش میانه۲: دانشگاه آزاد اسلامي ميانه- بخش فروش کتابهاي دانشگاهي

آزمایش اول:

<< تقویت‌کننده باند باریک امیتر مشترک >>

(بررسی وضعیت اعوجاج در سیگنالهایی با فرکانس ثابت و دامنه متفاوت/ سیگنال بزرگ)

- مدار شکل زیر را نظر گرفته و مراحل ذیل را انجام دهید:



بخش تئوری:

مرحله اول: به ازای فرکانس تشدید 1MHz، C_1 را به دست آورید.

راهنمایی: اگر مقدار خازن به دست آمده استاندارد نباشد می‌توانید خازن مذکور را با چندین خازن استاندارد، فراهم کنید. (خازن های قابل استفاد برای ایجاد ساخت خازن مورد نظر: *1nf*، *220nf*، *100pf*، *33pf*)

مرحله دوم: به ازای جریان $I_O = 1mA$، منبع جریان را با فرض $V_{B2} = -3v$ طراحی کنید.

(مقادیر R_1، R_2 ، R_3 را به دست آورید)

راهنمایی: $R_2 << \beta R_3$

مرحله سوم: C_E را به ازای $f_L << 0.5MHz$ تعیین کنید.

بخش عملی:

مدار را روی برد بورد بسته و آزمایش‌های زیر را انجام دهید:

مرحله اول:

الف) ولتاژ خروجی را با توجه به سیگنال‌های ورودی زیر (به ازای فرکانس رزونانس) اندازه‌گیری کرده و رسم نمایید. در هر مرحله وضعیت اعوجاج را بررسی نموده و با مرحله قبلی مقایسه نمایید.

1) $V_i(t) = 28^{mv}\, Cos\, 2\pi f_0 t$

2) $V_i(t) = 40^{mv}\, Cos\, 2\pi f_0 t$

3) $V_i(t) = 60^{mv}\, Cos\, 2\pi f_0 t$

4) $V_i(t) = 80^{mv}\, Cos\, 2\pi f_0 t$

5) $V_i(t) = 100^{mv}\, Cos\, 2\pi f_0 t$

6) $V_i(t) = 140^{mv} Cos\, 2\pi f_0 t$

7) $V_i(t) = 350^{mv} Cos\, 2\pi f_0 t$

8) $V_i(t) = 400^{mv} Cos\, 2\pi f_0 t$

9) $V_i(t) = 1.5^{v} Cos 2\pi f_0 t$

10) $V_i(t) = 2^{v} Cos\, 2\pi f_0 t$

ب) وضعیت اعوجاج را با افزایش دامنه ورودی توضیح دهید.

مرحله دوم:

الف) ولتاژ خروجی را با توجه به سیگنال‌های ورودی زیر به ازای نصف فرکانس رزونانس (یعنی $f_0/2$) اندازه‌گیری کرده و رسم نمایید. در هر مرحله وضعیت اعوجاج را بررسی نموده و با مرحله قبلی مقایسه نمایید.

1) $V_i(t) = 28^{mv} Cos\, 2\pi \frac{f_0}{2} t$

2) $V_i(t) = 40^{mv} Cos\, 2\pi \frac{f_0}{2} t$

3) $V_i(t) = 60^{mv} Cos\, 2\pi \frac{f_0}{2} t$

4) $V_i(t) = 80^{mv} Cos\, 2\pi \frac{f_0}{2} t$

5) $V_i(t) = 100^{mv} Cos\, 2\pi \frac{f_0}{2} t$

6) $V_i(t) = 140^{mv} Cos\, 2\pi \frac{f_0}{2} t$

7) $V_i(t) = 350^{mv} Cos\, 2\pi \frac{f_0}{2} t$

8) $V_i(t) = 400^{mv} Cos\, 2\pi \frac{f_0}{2} t$

9) $V_i(t) = 1.5^{v} Cos 2\pi \frac{f_0}{2} t$

10) $V_i(t) = 2^{v} Cos 2\pi \frac{f}{2_0} t$

ب) وضعیت اعوجاج را با افزایش دامنه ورودی توضیح دهید.

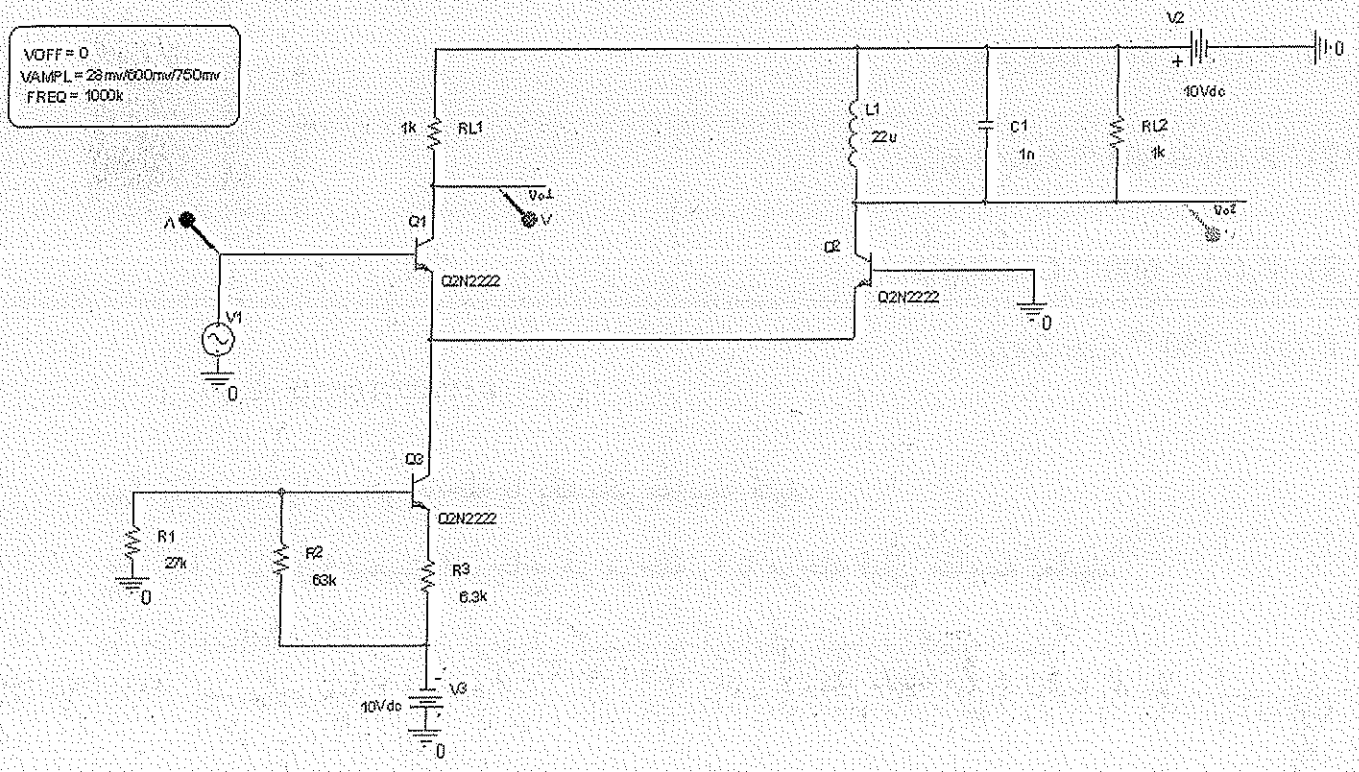
ج) بیان کنید چرا اعوجاج(Distortion) در این مرحله نسبت به مرحله قبل کمتر است.

آزمایش دوم:

<< تقویت‌کننده باند باریک تفاضلی >>

(بررسی وضعیت اعوجاج در سیگنالهایی با فرکانس ثابت و دامنه متفاوت/ سیگنال بزرگ)

- مدار شکل زیر را در نظر گرفته و مراحل ذیل را انجام دهید:



بخش تئوری:

مرحله اول: به ازای $L = 22\mu H$ و فرکانس تشدید 1MHz، **C** را به دست آورید.

راهنمایی: اگر مقدار خازن به دست آمده استاندارد نباشد می‌توانید خازن مذکور را با چندین خازن استاندارد، فراهم کنید. (خازن های قابل استفاده: $1nf$، $220nf$، $100pf$، $33pf$)

بخش عملی:

مدار را روی برد بورد بسته و آزمایش‌های زیر را انجام دهید:

مرحله اول:

الف) V_{01} و V_{02} را با توجه به سیگنال‌های ورودی زیر (به ازای فرکانس رزونانس) اندازه‌گیری کرده و رسم نمایید.

1) $V_i(t) = 28^{mv} Cos\ 2\pi f_0 t$

2) $V_i(t) = 500^{mv} Cos\ 2\pi f_0 t$

3) $V_i(t) = 600^{mv} Cos\ 2\pi f_0 t$

$V_i(t) = 750^{mv} Cos\ 2\pi f_0 t$

ب) V_{01} و V_{02} را در هر مرحله با یکدیگر مقایسه کنید.

ج) V_{01} ، V_{02} و وضعیت اعوجاج هر مرحله را با مرحله قبلی مقایسه نمایید.

د) چرا Distortion در این آزمایش نسبت به آزمایش شماره۱کمتر است.

مرحله دوم:

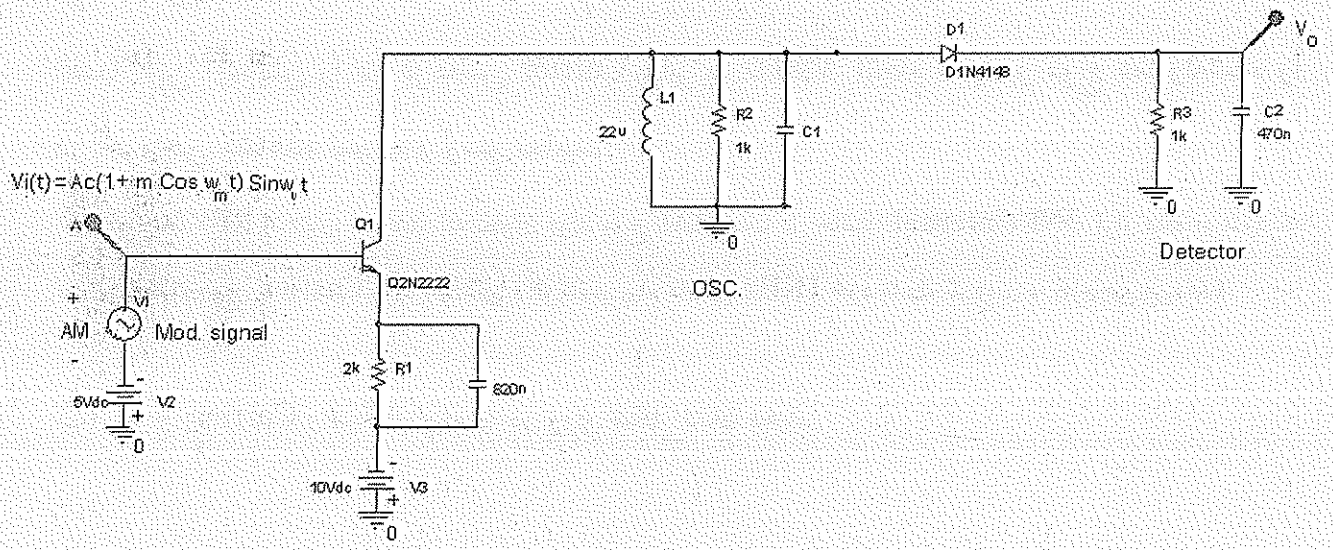
الف) یک خازن ۱۰۰ میکروفارادی را به بیس ترانزیستور Q_3 اعمال کنید و شکل موج خروجی را در این حالت مشاهده کرده و رسم نمایید(به ازای فرکانس رزونانس).

1) $V_{i\,Max} = 28^{mv}$

2) $V_{i\,Max} = 500^{mv}$

آزمایش سوم: << دمـــــــدولاتورAM >>

مدار شکل زیر را در نظر گرفته و مراحل ذیل را انجام دهید:



بخش تئوری:

مرحله اول: در مدار تیونر به ازای $L=22\mu H$ و فرکانس تشدید 1MHz، C را به دست آورید

راهنمایی: اگر مقدار خازن به دست آمده استاندارد نباشد می‌توانید خازن مذکور را با چندین خازن استاندارد، فراهم کنید (خازن های قابل استفاده: $1nf$، $220nf$، $100pf$، $33pf$)

بخش عملی:

مدار را روی برد بورد بسته و آزمایش‌های زیر را انجام دهید:

مرحله اول:

الف) این آزمایش را در فرکانس Carrier برابر با 1MHz انجام دهید و موج دمدوله‌شده را در خروجی مشاهده نموده و رسم نمایید.

☼ توجه: (RF ژنراتور، در مدار که بعنوان مولد موج **AM** است در حالت **INI (Internal)** قرار داده می‌شود که در این حالت موج **Carrier** را با سیگنالی با فرکانس پیام داخلی **1KHz** خود مدوله کرده و به خروجی می‌دهد)

ب) موج Carrier و سیگنال پیام را در روی شکل نشان دهید.

مرحله دوم:

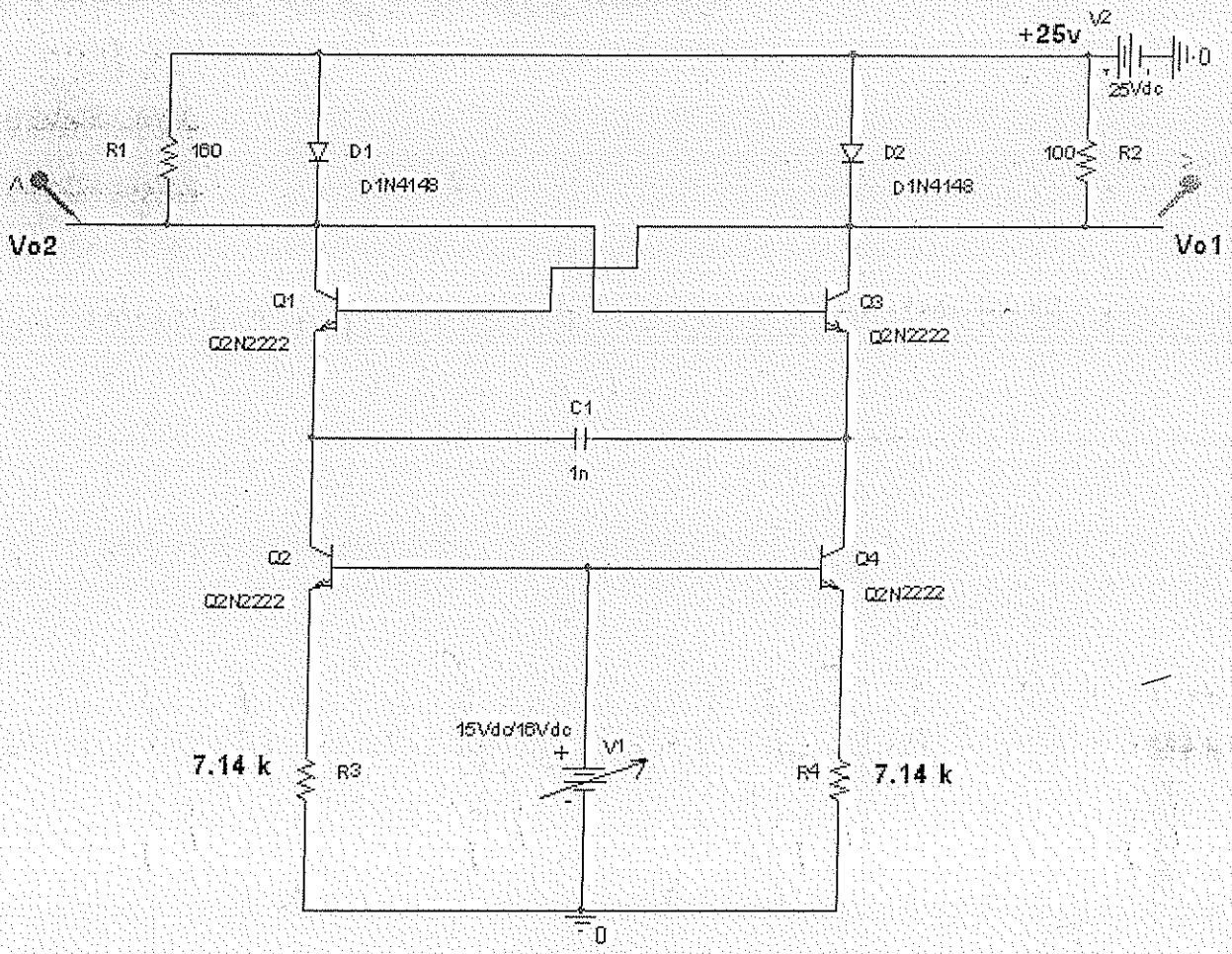
مرحله قبل را با فرکانس کریر ۱/۵ مگاهرتز و سیگنال پیام ۳ کیلوهرتز، تکرار کنید.

(برای این منظور، RF ژنراتور را در حالت EXT قرار دهید و Carrier را در فرکانس ۱/۵ مگاهرتز تنظیم نموده و سپس سیگنال پیام را با فرکانس۳ کیلوهرتز از طریق فانکشن ژنراتور به RF ژنراتور اعمال نمایید)

آزمایش چهارم:

<< اسیلاتور کنترل شونده با ولتاژ(VCO) >>

مدار شکل زیر را روی برد بورد بسته و مراحل ذیل را انجام دهید:



بخش عملی:

مدار فوق را روی برد بورد بسته و آزمایش‌های زیر را انجام دهید

مرحله اول:

الف) با تغییر منبع ولتاژ ۱۵-۱۶ ولت خروجی‌ها را مشاهده کرده و رسم نمایید.

ب) با تغییر ولتاژ، زمان شارژ و دشارژ خازن چه تغییری می‌کند؟

ج) وضعیت فرکانس خروجی به چه صورتی است، چرا؟

آزمایش پنجم:

<< فیلترهای فعال ۱>>

(بررسی عملکرد فیلترهای بالاگذر،پایین گذر و میان گذر)

وسایل موردنیاز:

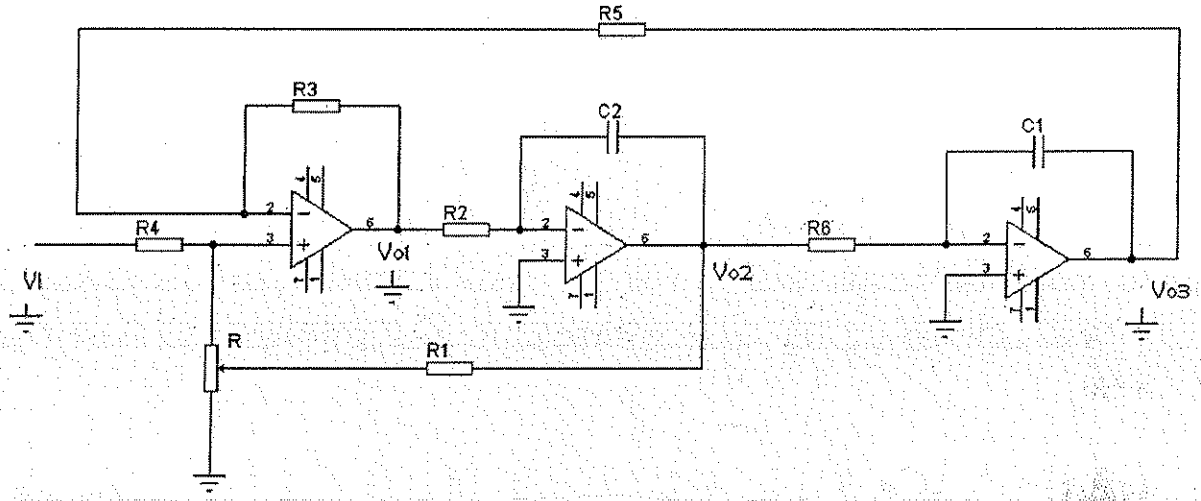
اسیلوسکوپ، منبع تغذیه، IC741(سه عدد)، خازن ۱۰nf(دو عدد)، مقاومت ۱۵kΩ(۵عدد)، مقاومت ۱۰kΩ(۴عدد)، مقاومت۲۲۰kΩ(یک عدد)، مقاومت۶/۲kΩ(یک عدد)، و پتانسیومتر۳۰kΩ(یک عدد).

بخش تئوری:

امروزه فیلترهای فعال بصورت گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرند. در ابتدا این فیلتر ها در فرکانس پائین بکار گرفته می شدند، ولی از آنجائی که در فرکانس پائین، سلف ها بخاطر حجم زیاد و کیفیت پائین نامناسب بودند، بنابرین با بکار گرفتن عناصر فعال محدوده فرکانس را به فرکانس های بالاتر گسترش دادند.
در ابتدا از لامپ های خلاء به عنوان عناصر فعال استفاده می شد. ولی به علت مصرف زیاد توان و همچنین هزینه بسیار ساخت فیلترهای فعال، با استفاده از لامپ در مقایسه با فیلترهای LC، غیر مطلوب به نظر می رسید. با ساخته شدن ترانزیستور، مشکل نیاز به توان بالا برطرف شد. سپس با پیشرفت تکنولوژی و ساخت تقویت کننده های عملیاتی، طراحان فیلتر توانستند به فیلترهای فعال با حساسیت کم، پایداری مناسب و محدوده فرکانسی مطلوب دست یابند.
همانطور که گفته شد در طراحی فیلتر های فعال می توانیم از Op-Amp استفاده کنیم، زیرا در فرکانس پائین بعد از طرح فیلتر، سلف هایی با مقادیر بزرگ به دست می آید که تعداد دور زیاد را نتیجه می دهد که این خود باعث حجم زیاد است و این علتی بود که به دنبال طراحی فیلترهای فعال رفتند تا بتوانند از وجود سلف خلاص شوند. به طور خلاصه فیلترهای فعال دارای حجم کم، وزن کم و بهره کافی می باشند. همچنین با توجه به این که مقاومت خروجی تقویت کننده های عملیاتی بسیار کم است می توان طبقات مختلف را به صورت cascade به هم بست و فیلتر با درجات بالاتری را ایجاد نمود.

بخش عملی:

مدار زیر را روی برد بورد بسته و آزمایش‌های مراحل ذیل را انجام دهید



$R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=15k\Omega$

$R_1=6.2k\Omega$

$R=30k\Omega$

$C_1=C_2=0.01\mu f$

۱- مدار را بدون وجود پتانسیومتر ۳۰kΩ ببندید و یک سر مقاومت ۶/۲kΩ را به پایه مثبت Op- Amp اول وصل نمائید.

۲- به ورودی مدار موج سینوسی با دامنه یک ولت اعمال نمائید سپس جدول زیر را تکمیل نمائید.

جدول(۱-۱)

F(Hz)	Vo1	Vo2	Vo3
100			
1k			
2k			
1M			

۳- خروجی هر Op-Amp را به ترتیب با پروب به اسیلوسکپ وصل نموده و با تغییر فرکانسی، فرکانس قطع(3dB) بالا و پائین را در هر خروجی تعیین نمائید.

۴- پتانسیومتر ۳۰kΩ را در مدار قرار دهید و به ورودی موج مربعی با دامنه یک ولت و فرکانس ۱۰۰Hz اعمال نمائید. سپس پتانسیومتر ۳۰kΩ را در سه وضعیت کم، متوسط و زیاد قرار داده و در هر حالت شکل موج های خروجی را ترسیم نمائید.

گزارش و سئوالات:

۱- روابط خروجی های Op-Amp های مدار شکل(۱-۱) از روش تئوری به دست بیاورید؟

۲- با توجه به نتایج جدول روند تغییر خروجی Op-Amp ها با فرکانس را چگونه تشریح می کنید؟

آزمایش ششم:

<< فیلترهای فعال ۲>>

(بررسی عملکرد مدار فیلتر میان گذر)

وسایل موردنیاز:

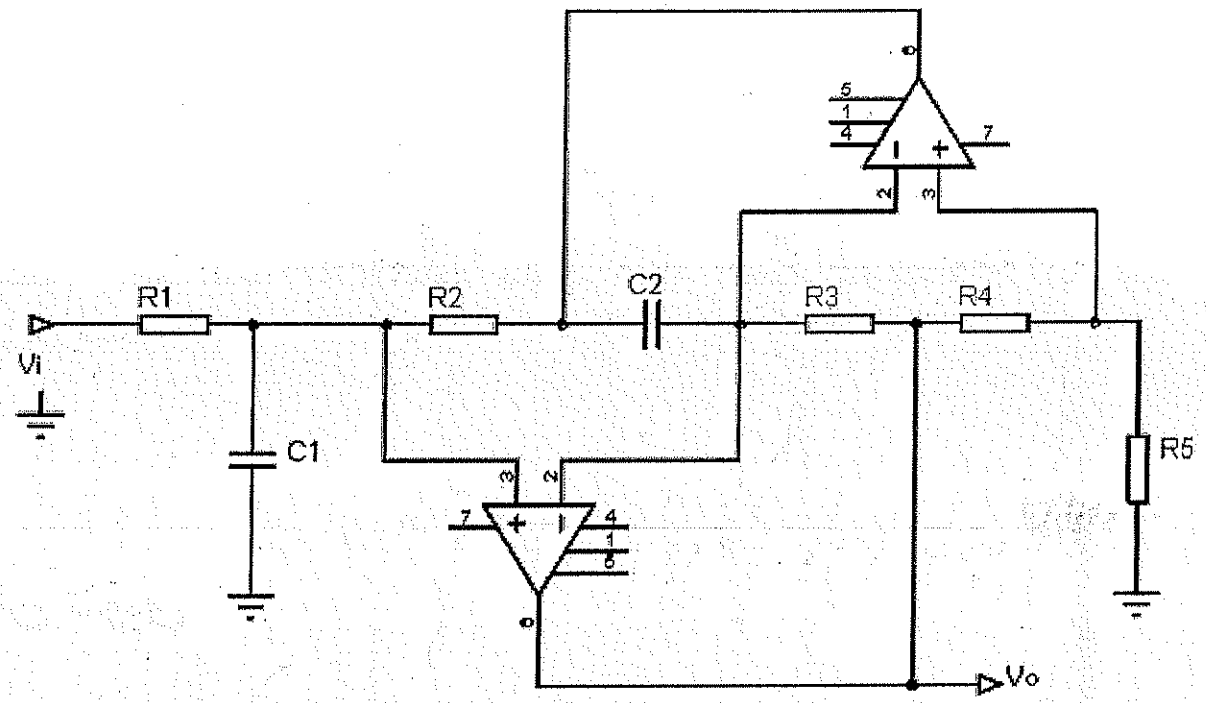
اسیلوسکوپ، منبع تغذیه، IC741(۲عدد)، مقاومت ۱۰kΩ (۴عدد)، مقاومت۲۲۰kΩ (یک عدد)، خازن۱۰nf(۲عدد)

بخش تئوری:

مدار شکل زیر فیلتر میان گذری با فرکانس مرکزی Fo را نشان می دهد. با اتصال خازن C1 بین گره و زمین می توان حالت تشدید را ایجاد نمود.سیگنال ورودی این تشدید کننده را می توان از طریق مقاومت R1 اعمال نمود. اگر خروجی از سر خازن C1 گرفته شود، تابع حاصل یک تابع میان گذر خواهد بود. ولی در این مدار خروجی را Vo در نظر می گیریم.

بخش عملی:

مدار زیر را روی برد بورد بسته و آزمایش‌های مراحل ذیل را انجام دهید



$R_1=220k\Omega$

$R_2=R_3=R_4=R_5=10k\Omega$

$C_1=C_2=10nf$

۱- بدون وصل نمودن خازن C1 ، ولتاژ ورودی با دامنه یک ولت اعمال کنید و فرکانس را بین ۲۰Hz تا ۱۵ kHz تغییر داده و جدول را کامل کنید.

۲- خازن C1 را وصل نموده و فرکانس های Fo و قطع بالا و پائین را به دست بیاورید.

۳- فرکانس ورودی را Fo در نظر گرفته و ولتاژ Vpp ورودی را افزایش دهید و ماکزیمم مقدار ورودی در حالتی که خروجی اعوجاج نداشته باشد را به دست آورید.

جدول(۱)

F(Hz)	300	600	1.5k	3k	5k	10k	12k	15k	30k	40k
Vo										

گزارش و سئوالات:

۱- فرکانس مرکزی این تشدید کننده را محاسبه کنید؟

۲- دلیل نا مناسب بودن شکل موج خروجی از سر خازن C1 در چیست؟

۳- پس از کامل کردن جدول تحلیل خودتان را بیان کنید؟

آزمایش هفتم:

<<نوسان ساز شکل موج های سینوسی، مربعی و مثلثی با استفاده از Op-Amp>>

(تولید شکل موج های سینوسی، مربعی و مثلثی)

وسایل موردنیاز:

اسیلوسکوپ، منبع تغذیه، IC741(۲عدد)، خازن µf۱(۲عدد)،مقاومت kΩ ۱/۵ (۲عدد)، مقاومت۵kΩ (۱عدد)، مقاومت kΩ ۱۰ (۲عدد)، مقاومت kΩ ۱۰۰ (۱عدد)، خازنµf ۰/۱ (۱عدد)، مقاومت kΩ ۱(۱عدد)، مقاومت kΩ ۵/۶ (۱عدد) و پتانسیومتر kΩ ۳۰ (۱عدد).

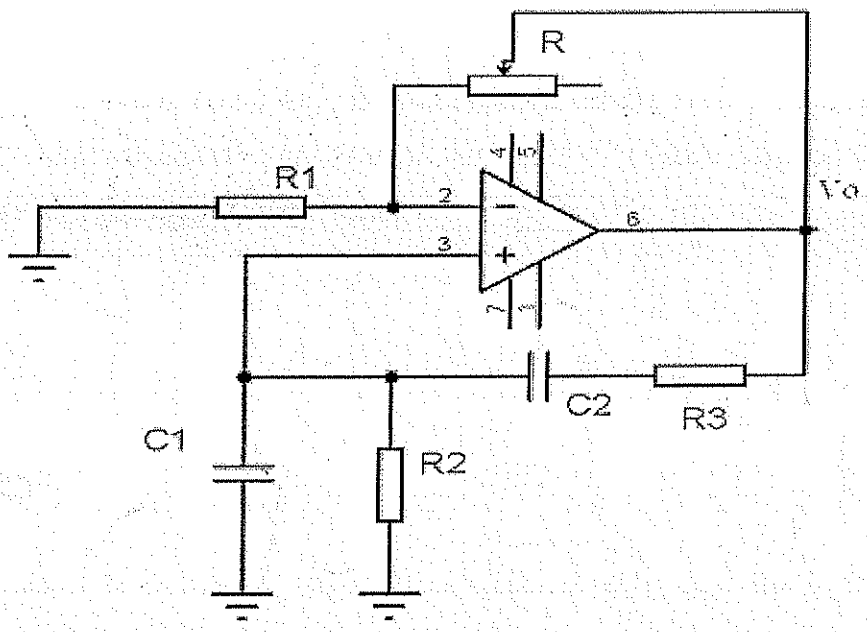
بخش تئوری:

استفاده از فیدبک مثبت که در نتیجه آن تقویت کننده فیدبک دار دارای بهره حلقه بزرگتر از یک و فاز مطلوب می باشد موجب می گردد تا مدار به عنوان یک نوسان گر عمل کند چنانچه در خروجی سیگنال متناوب سینوسی داشته باشیم مدار را به عنوان نوسان گر سینوسی می شناسیم و اگر ولتاژ خروجی تا سطح ولتاژ معینی به سرعت افزایش یابد و سپس تا سطح معینی به سرعت کاهش یابد مدار را به عنوان نوسان گر موج مربعی در نظر می گیریم.

بخش عملی:

* مدار نوسان ساز (اسیلاتور) موج سینوسی

مدار نوسان ساز پل وین شکل زیر را روی برد بورد بسته و آزمایش‌های مراحل ذیل را انجام دهید:



$R=30k\Omega$

$R_1=5k\Omega$

$R_2=R_3=1.5k\Omega$

۱- پتانسیومتر R را طوری تنظیم کنید که ولتاژ Vo سینوسی شودو سپس مقدار R و دامنه نوسان را اندازه گیری کنید.

۲- با تغییر خازن، مدار را برای فرکانس های 1kHz و 10kHz تنظیم کنید.

تنظیم در فرکانس 1kHz :

C=...... R=......

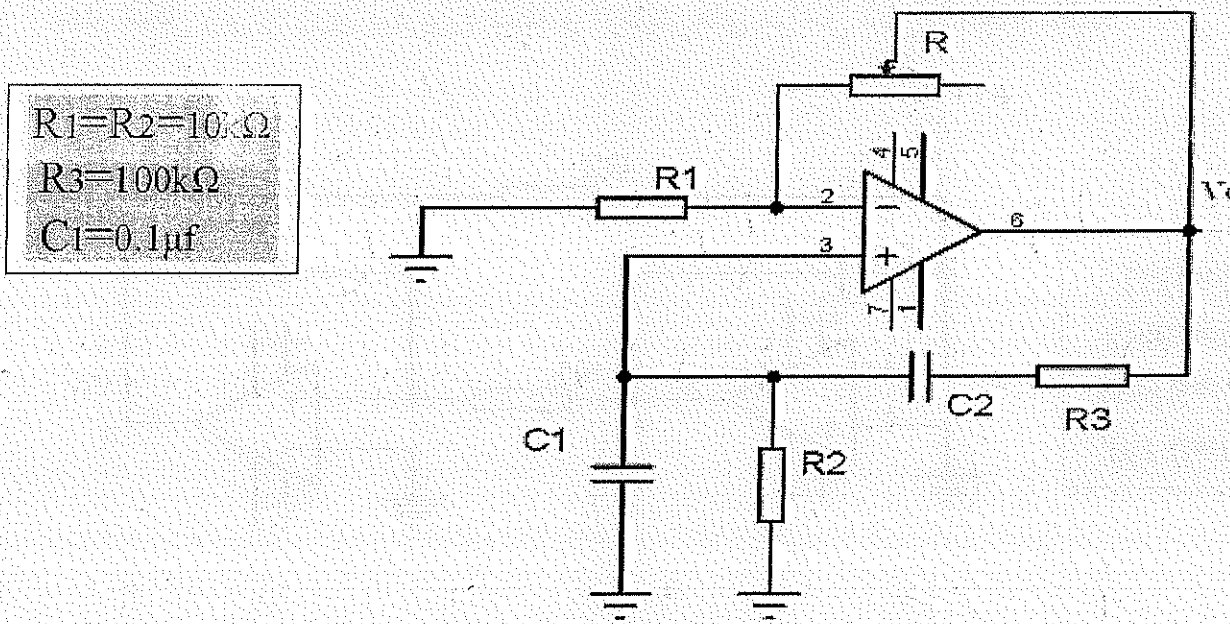
تنظیم در فرکانس 10kHz :

C=......... R=......

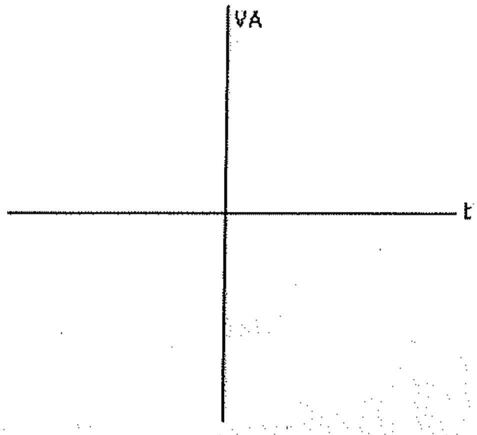
****

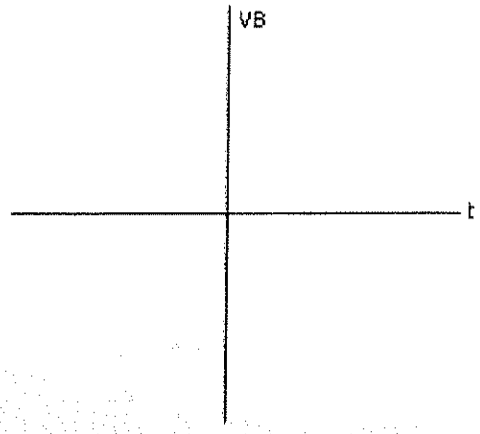
* مدار نوسان ساز موج مربعی

مدار نوسان ساز موج مربعی شکل زیر را روی برد بورد بسته و آزمایش‌های مراحل ذیل را انجام دهید:



۱- شکل موج های نقاط A و B را روی اسیلوسکوپ مشاهده نموده و ترسیم نمائید.





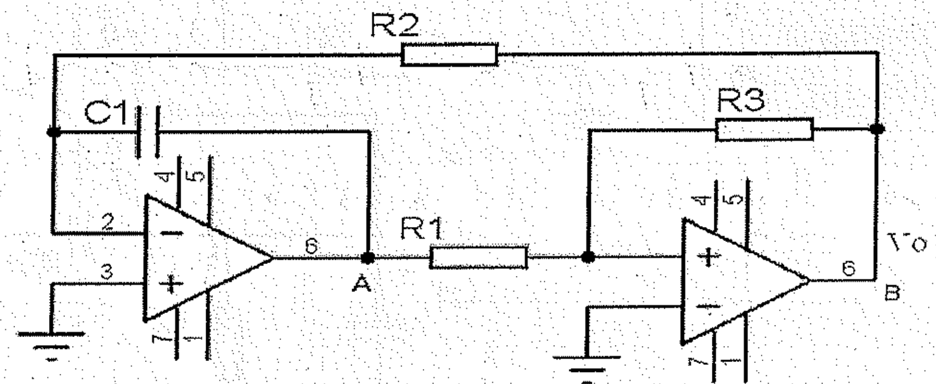
۲- فرکانس نوسان و دامنه شکل موج ها را اندازه گیری نمائید.

****

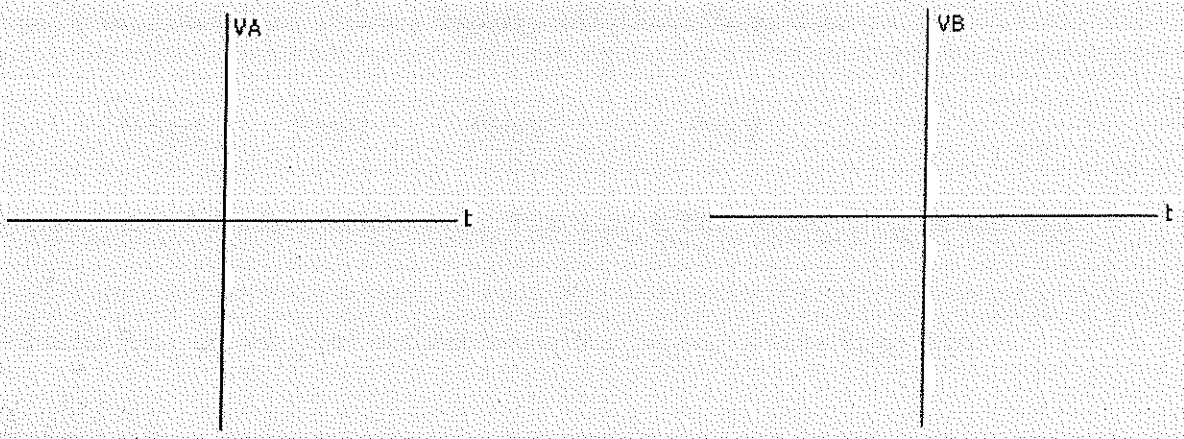
* مدار نوسان ساز مربعی- مثلثی

مدار شکل زیر را روی برد بورد بسته و آزمایش‌های مراحل ذیل را انجام دهید:

$R_1=1k\Omega$
$R_2=10k\Omega$
$R_3=5.6k\Omega$
$C_1=0.1\mu f$



۱- شکل موج های خروجی Op-Amp ها را با اسیلوسکوپ مشاهده و ترسیم نمائید.



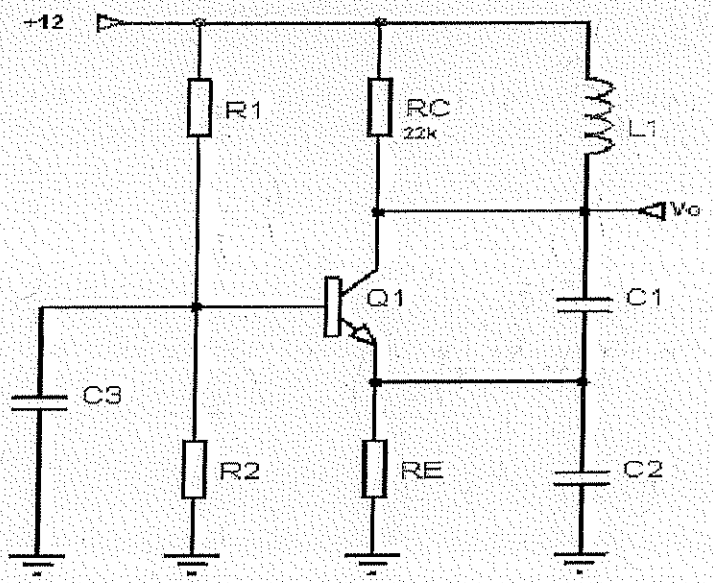
۲- فرکانس نوسان و دامنه شکل موج ها را اندازه گیری نمائید.

گزارش و سئوالات:

۱- شرایط ایجاد نوسان و فرکانس نوسان را در مدار پل وین بیابید؟

۲- مدارات فوق را تحلیل نمائید؟

۳- مدار شکل زیر که اسیلاتور کولپیتس می باشد را با استفاده از سلف موجود در آزمایشگاه طراحی کنید؟



۳-۱- مقادیر مقاومت ها و خازن های به دست آمده را استاندارد کرده و ترانزیستور لازم را انتخاب نمائید.

۳-۲- پس از تعیین المانها مدار را بسته و کمیتهای DC را اندازه گیری کنید.

V_C=? V_B=? V_E=? I_{EQ}=?

۳-۳- خروجی مدار را با اسکوپ مشاهده و رسم کنید سپس فرکانس خروجی را نیز یاداشت کنید.

۳-۴- با اضافه کردن یک خازن 1nf به C_2 دامنه و فرکانس خروجی را اندازه گیری کنید.

۳-۵- با اضافه کردن یک خازن 100pf به C_1 دامنه و فرکانس خروجی را یاداشت کنید.

۳-۶- یک مقاومت 33kΩ را موازی Rc نموده و دامنه و فرکانس خروجی را یاداشت کنید.

آزمایش هشتم:

<< مدولاسیون سوئیچینگ AM>>

(بررسی و مشاهده مدولاسیون AM)

وسایل موردنیاز:

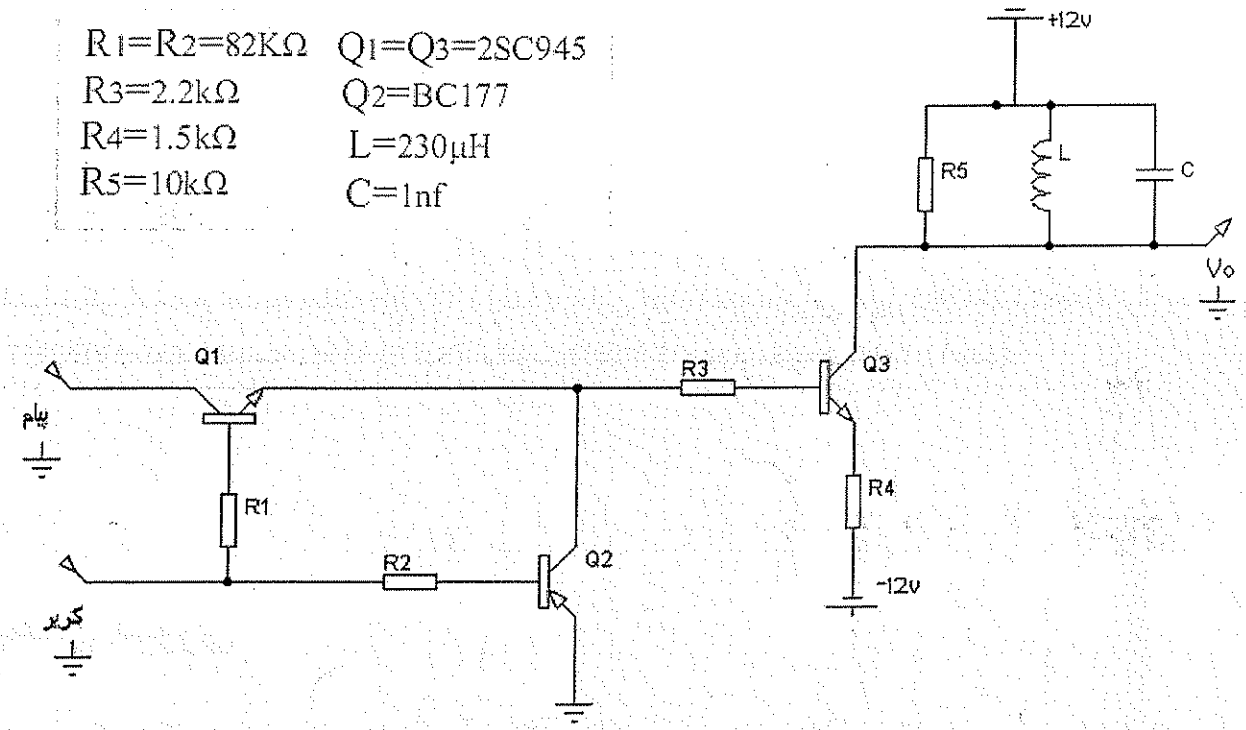
اسیلوسکوپ، منبع تغذیه، سلف ۲۳۰μH (۱عدد)، خازن ۱nf((۱عدد)، ترانزیستور 2SC945 (۲عدد)، ترانزیستور BC177 (۱عدد)، مقاومت ۸۲kΩ (۲عدد)، مقاومت۱/۵kΩ ((۱عدد)، مقاومت۱۰kΩ (۱عدد).

بخش تئوری:

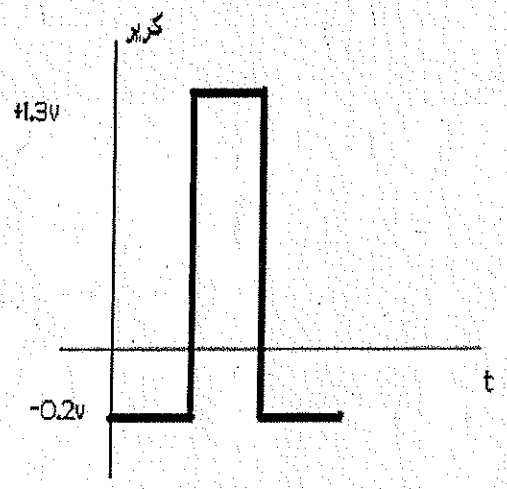
تغییر یک شکل موج به نام حامل به وسیله سیگنال پیام را مدولاسیون گویند و هدف از انجام عمل مدولاسیون ایجاد شکل موجی است که به توان به طریق مناسبی از کانال انتقال عبور داد. مدولاسیون انواع مختلفی دارد که در این آزمایش با نوع مدولاسیون AM آشنا می شویم. مدولاسیون AM یا دامنه، مدولاسیونی است که در آن دامنه موج کریر متناسب با موج پیام تغییر می کند و زاویه موج کریر ثابت می ماند.

بخش عملی:

مدار زیر را روی برد بورد بسته و آزمایش‌های مراحل ذیل را انجام دهید



۱- ابتدا C=1nf می باشد، سیگنال کریر را به صورت یک موج مربعی با دامنه 0.75v و فرکانس 200khz_400khz با مشخصات زیر تنظیم کرده سپس خروجی مدار را مشاهده کنید.



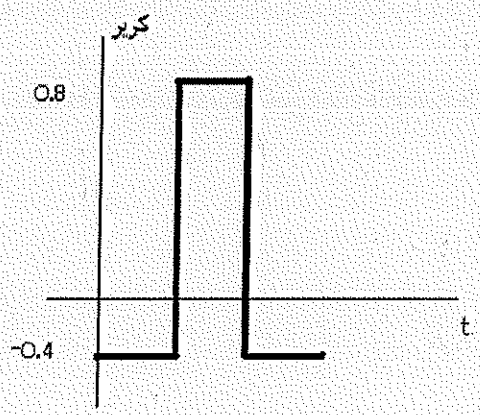
۲- در چه فرکانسی خروجی مدار ماکزیمم می شود. در این حالت یک سیگنال سینوسی با فرکانس 1khz و دامنه 0.15v به عنوان سیگنال پیام به مدار اعمال کنید.

۳- شکل موج خروجی را رسم کنید.آیا خروجی حاصل AM می باشد؟

۴- ضریب مدولاسیون را به دست بیاورید.

۵- با ثابت نگهداشتن دامنه موج مربعی مقدار لبه منفی را به صفر تغییر دهید، ولتاژ DC موج مربعی چه تاثیری بر شکل موج خروجی دارد؟

۶- خازن مدار تیون را به 11nf افزایش دهید سپس سیگنال کریر را با دامنه 0.6v و فرکانس 60khz- 110khz ومشخصات زیر تنظیم، سپس خروجی مدار را مشاهده کنید.



۷- تمام موارد ۲ الی ۵ را تکرار کنید.

گزارش و سئوالات:

۱- با افزایش خازن مدار تیون تغییرات را چگونه مشاهده می کنید؟

۲- تئوری مدار را بررسی و رابطه فرکانس خروجی با مشخصه مدار تانک را بدست آورید؟

۳- انواع مدولاسیون و دمدولاسیون را شرح دهید؟

آزمایش نهم:

<< مدولاسیون غیرخطی AM>>

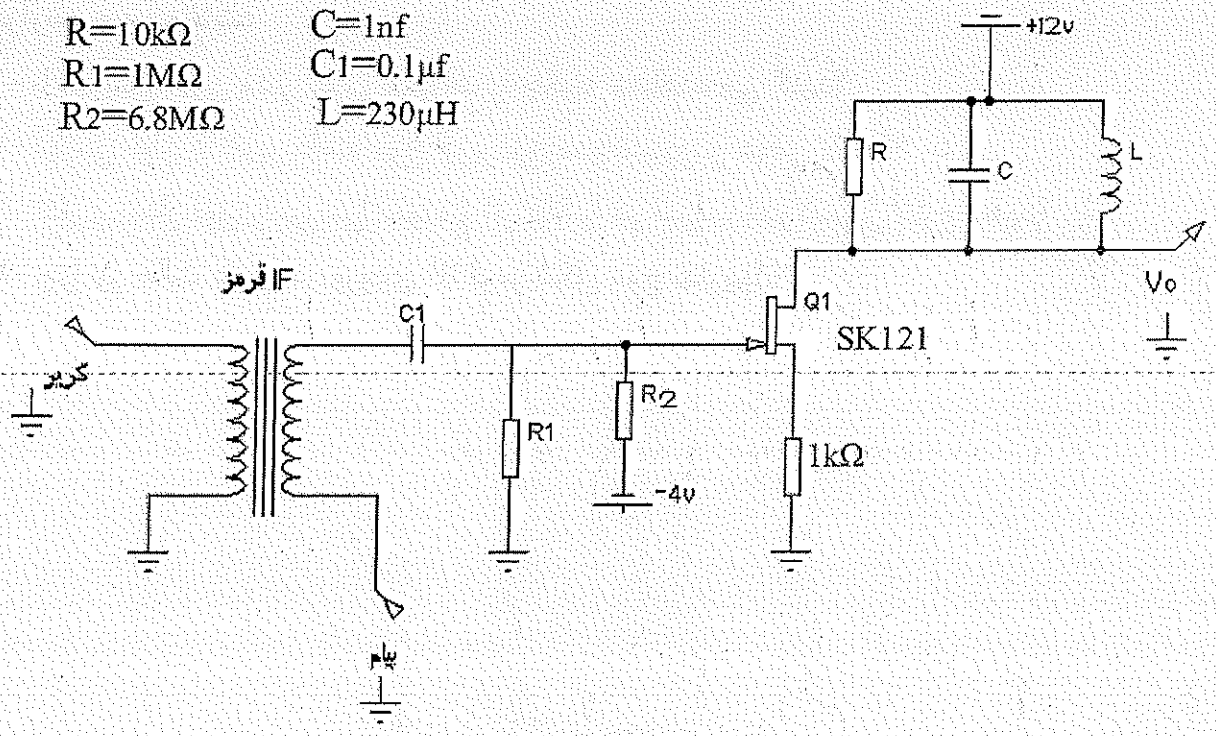
(بررسی و مشاهده مدولاسیون غیرخطی AM)

وسایل موردنیاز:

اسیلوسکوپ، منبع تغذیه، سلف ۲۳۰μH (۱عدد)، خازن ۱nf (۱عدد)، خازن ۰/۱ μf (۱عدد)، IF قرمز(۱عدد)، مقاومت ۱۰ kΩ (۱عدد)، مقاومت ۶/۸ MΩ (۱عدد)، مقاومت ۱ MΩ (۱عدد)، مقاومت ۱ kΩ (۱عدد).
ترانزیستور SK121 (۱عدد)

بخش عملی:

مدار شکل زیر را روی برد بورد بسته و آزمایش‌های مراحل ذیل را انجام دهید:



۱- خازن مدار تانک را 1nf قرار دهید. یک سیگنال سینوسی با فرکانس 200khz تا 400khz و دامنه 1.6 V p-p به عنوان سیگنال کریر به مدار اعمال کنید.

۲- در چه فرکانسی خروجی مدار ماکزیمم می شود.

۳- یک سیگنال سینوسی با دامنه 0.3 V p-p و فرکانس 1khz به عنوان سیگنال پیام به مدار اعمال کنید.

۴- شکل موج خروجی را رسم کنید.

۵- با تغییر دامنه سیگنال کریر ضریب مدولاسیون را ماکزیموم و مقدار آنرا تعیین کنید.

۶- خازن مدار تانک را به 11nf افزایش دهید و فرکانس را نیز از 0khz تا 100khz تغییر دهید سپس موارد ۳ تا ۶ را تکرار کنید.

گزارش و سئوالات:

۱- با افزایش خازن مدار تیون تغییرات را چگونه مشاهده می کنید؟
۲- آیا می توان با تغییر دامنه موج کریر نوع مدولاسیون را عوض نمود؟
۳- تئوری مدار فوق را بررسی نموده و اثر Vp را در ضریب مدولاسیون شرح دهید؟
۴- چرا در حالت عادی در ورودی IF قرمز شکل موج نداریم؟

آزمایش دهم:

<< مدولاسیون غیرخطی با مدولاتور LM1496>>

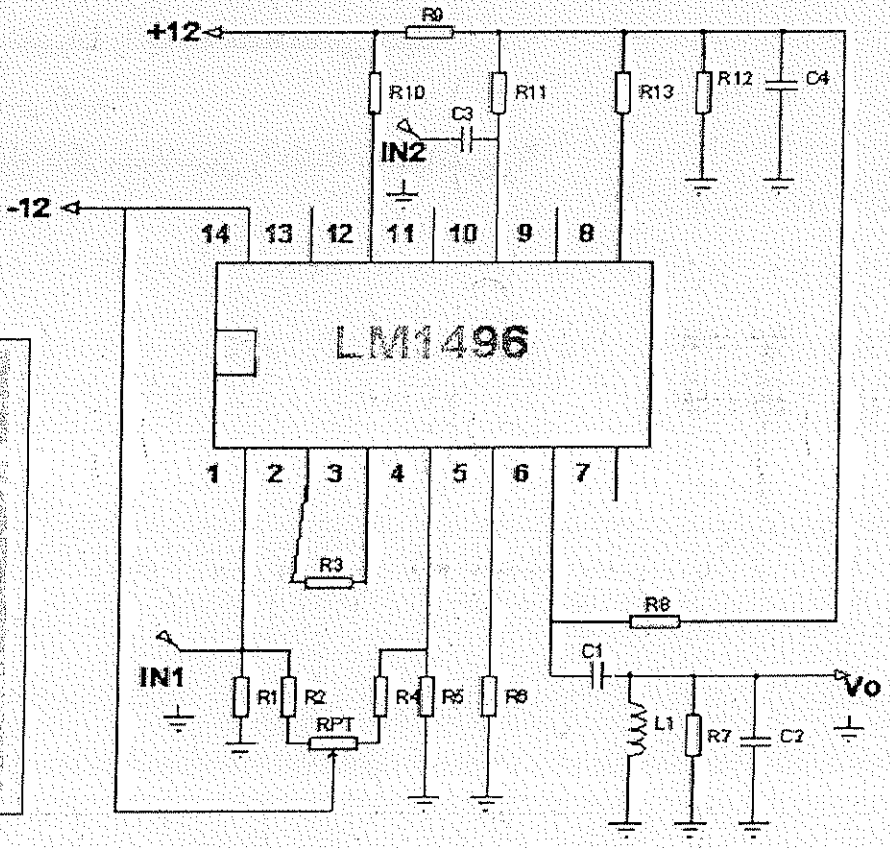
(آشنایی با IC مدولاتور LM1496 در کاربردهای مدولاسیون AM)

وسایل موردنیاز:

اسیلوسکوپ، منبع تغذیه، مقاومت۱kΩ(۵عدد)، مقاومت۴۷kΩ(۴عدد)، مقاومت۳/۹ kΩ (۲عدد)، مقاومت ۶/۸ kΩ (۱عدد)، مقاومت۱۰ kΩ (۱عدد)، خازن ۰/۱ µf (۲عدد)، خازن۱۰ µf (۱عدد)، خازن۱ nf (۱عدد)، سلف۲۳۰ µH (۱عدد)، پتانسیومتر ۵۰ kΩ (۱عدد)، آی سی LM1496 (۱عدد).

بخش عملی:

مدار شکل زیر را روی برد بورد بسته و آزمایش‌های مراحل ذیل را انجام دهید:



$R_1=R_5=R_{11}=R_{13}=47K\Omega$
$R_2=R_3=R_4=R_9=R_{12}=1k\Omega$
$R_8=R_{10}=3.9k\Omega$
$R_6=6.8k\Omega$
$R_7=10k\Omega$
$C_1=10\mu F$
$C_2=1nf$
$L_1=230\mu H$
$C_3=C_4=0.1\mu F$

۱- خازن مدار تانک را 1nf قرار داده و یک سیگنال سینوسی با دامنه 0.5 ولت و فرکانس 200khz تا 400khz به عنوان سیگنال کریر(IN2) به مدار اعمال کنید.

۲- در چه فرکانسی خروجی ماکزیمم می شود.

۳- یک سیگنال سینوسی با دامنه 0.2 ولت (مقدار افست 0.2-) و فرکانس 1khz را به عنوان سیگنال پیام(IN1) به مدار اعمال کنید.

۴- شکل موج خروجی را رسم کنید، سپس ضریب مدولاسیون ماکزیموم را نیز به دست بیاورید.

۵- اثر تغییرات پتانسیومتر را بر روی ضریب مدولاسیون و خروجی مدار شرح دهید.

۶- خازن مدار تانک را به 11nf افزایش داده و فرکانس سیگنال کریر را بین 50khz تا 100khz تغییر دهید سپس مراحل قبل را تکرار کنید.

گزارش و سئوالات:

۱- با افزایش خازن مدار تیون تغییرات را چگونه مشاهده می کنید؟

۲- تئوری کار مدار فوق را بررسی کنید؟

۳- آیا در این مدار می توان انواع دیگر مدولاسیون را داشته باشیم(تمرین)؟

آزمایش یازدهم:

<< دمدولاسیون AM >>

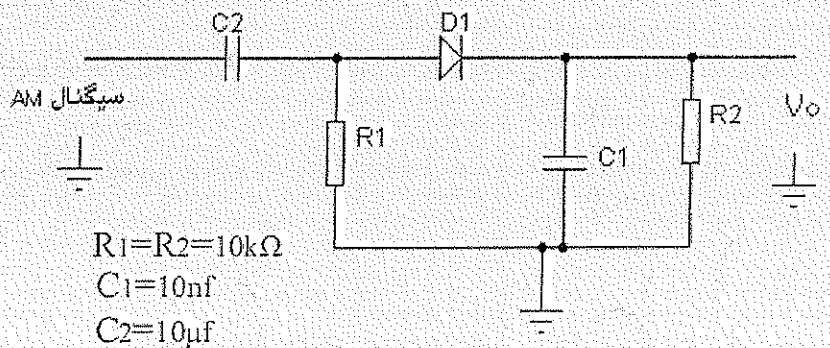
(آشنایی با مدار آشکارساز سیگنال پیام از مدولاسیون AM)

وسایل موردنیاز:

اسیلوسکوپ، منبع تغذیه، دیود آشکارساز، خازن ۱۰ μf (۱عدد)، خازن ۱۰ nf (۱عدد)، خازن ۱۰۰ nf (۱عدد)، مقاومت ۱۰ kΩ (۲عدد).

بخش عملی:

مدار شکل زیر را روی برد بورد بسته و آزمایش‌های مراحل ذیل را انجام دهید:



۱- مدار آزمایش شماره11 را با خازن 1nf ببندید و مدولاسیون AM به دست آمده را به ورودی مدار شکل زیر اعمال نموده و خروجی را توسط اسکوپ مشاهده و رسم کنید.

۲- دامنه و فرکانس خروجی حاصل را تعیین کنید.

۳- خازن مدار فوق (C1) را به 110nf افزایش داده و شکل موج خروجی را رسم کنید.

۴- خازن مدار آزمایش شماره ۱۱ را به 111nf افزایش بدهید و خروجی AM را به مدار فوق با خازن 10nf وصل کنید و موارد قبل را تکرار کنید.

۵- در مدار AM با تغییر ولوم مدولاسیون DSB بسازید و آن را به مدار فوق با خازن 10nf بدهید. شکل موج خروجی را رسم و فرکانس آنرا تعیین کنید.

گزارش و سئوالات:

۱- پس از افزایش خازن C1 آیا تفاوتی در شکل موج خروجی حاصل شد. علت را توضیح دهید؟

۲- تئوری کار مدار فوق را توضیح دهید؟

آزمایش دوازدهم:

مدولاسیون FM

(تولید و آشنایی با مدولاسیون FM)

وسایل موردنیاز:

اسیلوسکوپ، منبع تغذیه، آی سی VCO(LM566)، خازن nf ۱۰۰ (۱عدد)، خازنnf ۳۹ (۱عدد)، خازن nf ۱ (۱عدد)، خازن nf ۶/۸ (۱عدد)، مقاومت kΩ ۱۰ (۴عدد)، مقاومت kΩ ۶۸ (۱عدد)، مقاومت kΩ ۱/۵ (۱عدد).

بخش تئوری:

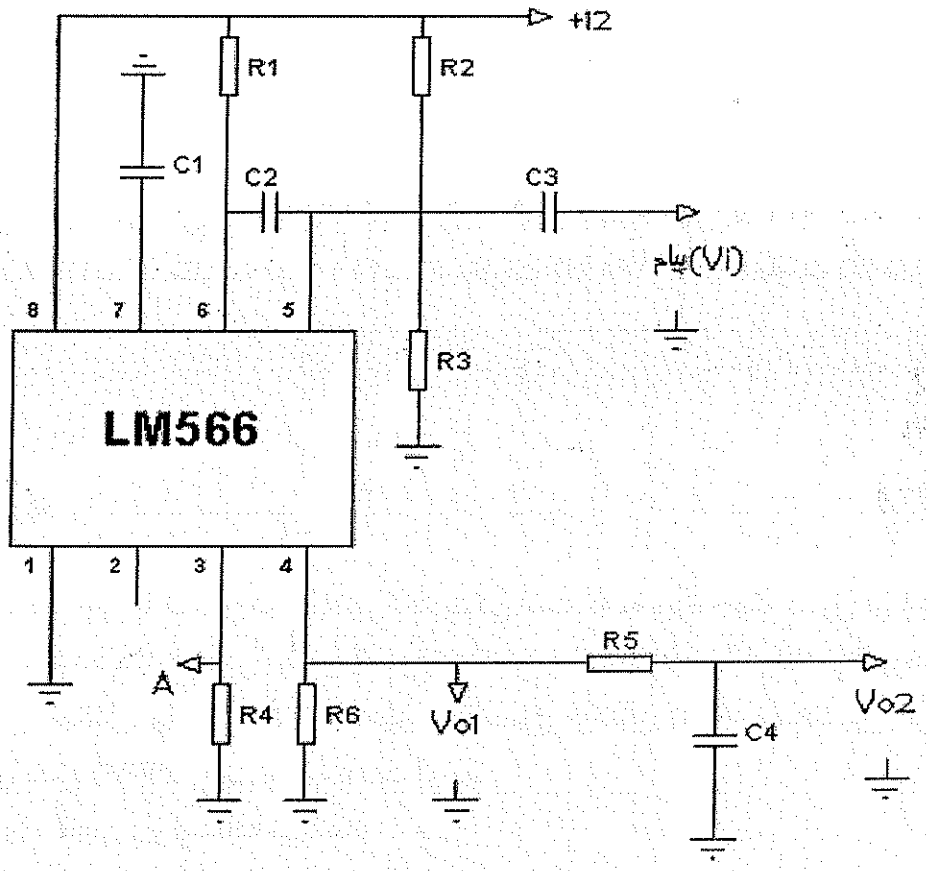
اسیلاتور کنترل شده با ولتاژ یا VCO یک اسیلاتور الکترونیکی است که به ویژه جهت کنترل فرکانس نوسان توسط ولتاژ، طراحی شده‌است. فرکانس نوسان یا سرعت تکرار در ثانیه متناسب با ولتاژ DC ورودی، تغییر می‌کند، پس وقتی سیگنال پیام را به VCO دهیم مدولاسیون فرکانس (FM)، مدولاسیون فاز (PM) و مدولاسیون پهنای پالس (PWM) را می‌توانیم، بدست آوریم.

VCOها در مواردی همچون زیر استفاده می‌شوند:

- فانکشن ژنراتور
- برای تغییر تن موزیک در تهیه موزیک الکترونیکی
- حلقه فاز قفل شونده (PLL)
- در مدارات مخابراتی سینتی سایزر

بخش عملی:

مدار شکل زیر را روی برد بورد بسته و آزمایش‌های مراحل ذیل را انجام دهید:



$R_1=R_3=R_4=R_6=10k\Omega$

$R_2=1.5k\Omega$

$R_5=68k\Omega$

$C_1=39nf$

$C_2=1nf$

$C_3=100nf$

$C_4=6.8nf$

۱- در مدار فوق ورودی Vi را به زمین متصل کرده و خروجی V_{o1} را توسط اسکوپ مشاهده و رسم کنید.

۲- فرکانس و دامنه آنرا تعیین کنید.

۳- سیگنال سینوسی با دامنه 10V p-p و فرکانس 85hz به ورودی مدار اعمال نموده و V_{o1} را مشاهده و رسم کنید.

۴- شکل موج های V_{o1} و V_{o2} و V_{o3} را زیر هم رسم کنید. نوع سیگنال V_{o1} را بیان کنید.

گزارش و سئوالات:

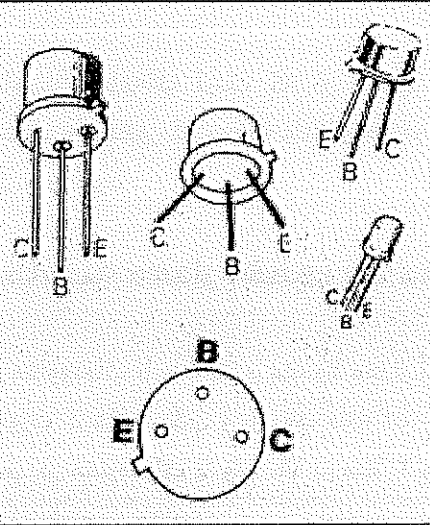
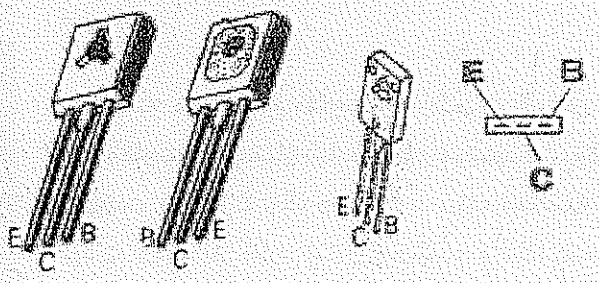
۱- فرکانس بدست آمده در مرحله ۳ به چه پارامتر های بستگی دارد و این مقدار طبق فرمول چقدر است؟

۲- ولتاژ نقطه A را مشاهده و رسم کنید. خروجی نقطه A چه سیگنالی است؟

۳- تئوری مدار فوق را بیان کنید؟

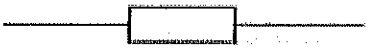
ضمیمه ها:

شکل و پایه های ترانزیستورها

BC140 BC141 BC160 BC161 BC107 BC108 BC109 BC177	BC178 BC179 2N1711 2N1613 2N2907 2N2219 2N2222	
BD140 BD135 IE3055 2SA715	2SC1368 2SC1212 2SC1162 2SC1163	

مقاومت

تصویر یك مقاومت



نماي مقاومت در مدارات

مقاومت: قطعه‌اي است كه از جنس كربن ساخته ميشود و بمنظور كم نمودن ولتاژ و جريان مورد استفاده قرار مي گيرد.

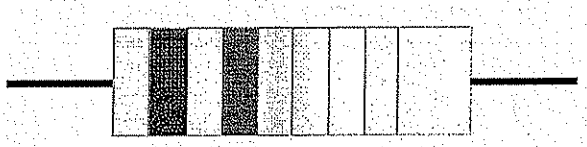
كد رنگي مقاومتها

شماره	رنگ
0	سياه
1	قهوه اي
2	قرمز
3	نارنجي
4	زرد
5	سبز
6	آبي
7	بنفش
8	خاكستري
9	سفيد

محاسبه مقدار اُهمي يك مقاومت:

در مقاومتهاي با وات پائين معمولاً مقدار اُهمي مقاومت بصورت كدهاي رنگي و بر روي بدنه ان چاپ مي شود ولي در مقاومتهاي با وات بالا تر مثلاً ۲ وات يا بيشتر ، مقدار اُهمي مقاومت بصورت عدد بر روي آن نوشته مي شود.

محاسبه مقدار اُهم مقاومتهاي رنگي بر اساس جدول رمز مقاومتها و بسيار ساده انجام ميشود. بر روي بدنه مقاومت معمولاً ٤ رنگ وجود دارد. براي محاسبه از نوار رنگي نزديك به كناره شروع مي‌كنيم و ابتدا شماره دو رنگ اول را نوشته و سپس به ميزان عدد رنگ سوم در مقابل دو عدد قبلي صفر قرار مي دهيم. اينك مقدار مقاومت بر حسب اُهم بدست مي اید .



بطور مثال در شكل مقابل ابتدا شماره رنگ اول و دوم يعني ۲ و ۷ را مي نويسيم و سپس به تعداد عدد رنگ سوم، در مقابل دو رقم قبلي صفر قرار ميدهيم. اينك مقدار مقاومت ۲۷۰۰۰ كيلو اُهم يا ۲۷۰ كيلو اُهم بدست مي اید.

درصد خطاي يك مقاومت:

رنگ چهارم درصد خطاي مقاومت (تولرانس) را نشان مي دهد . و در مثال بالا رنگ چهارم طلائي است و لذا خطاي مقاومت فوق مثبت و منفي ٥ درصد است . يعني مقدار اين مقاومت ٥ درصد بيشتر يا ٥ درصد كمتر از ٢٧٠ كيلو اهم است. در زير ميزان خطا براي رنگ هاي قهوه اي ، قرمز ، طلائي و نقره اي نشان داده شده است .

±10% نقره ای		±5% طلایی			±0.5% سبز	±0.25% آبی	±0.1% بنفش	±2% قرمز	±1% قهوه ای		

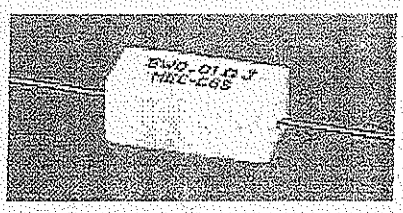
مختصر نويسي مقدار مقاومتها:

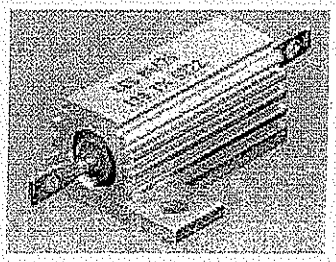
در نقشه ها معمولاً بمنظور تند نويسي و مختصر نويسي ممكن است از عبارات مخففي نظير R استفاده شود . در زير مثالهائي براي اطلاع علاقمندان آورده شده است.

560R means 560 Ω
2K7 means 2.7 kΩ = 2700 Ω
39K means 39 kΩ
1M0 means 1.0 MΩ = 1000 kΩ

مقاومت هاي وات بالا:

جنس اين مقاومت ها معمولاً از كرم نيكل است و معمولاً داراي يك روكش گچي يا آجري مي باشند و به همين دليل به مقاومتهاي گچي يا آجري نيز معروف هستند . ظرفيت اُهمي و توان اين مقاومتها بصورت عدد بر روي آنها چاپ مي شود .





خازن

خازنها انرژي الكتريكي را نگهداري مي‌كنند و به همراه مقاومتها، در مدارات تايمينگ مورد استفاده قرار مي‌گيرند. همچنين از خازن ها براي صاف كردن سطح تغييرات ولتاژ مستقيم و نيز در مدارات بعنوان فيلتر هم استفاده مي‌شوند. خازنها به راحتي سيگنالهاي غيرمستقيم AC را عبور مي دهند ولي مانع عبور سيگنالهاي مستقيم DC مي شوند.

ظرفيت:

ظرفيت معياري براي اندازه گيري توانائي نگهداري انرژي الكتريكي است . ظرفيت زياد بدين معني است كه خازن قادر به نگهداري انرژي الكتريكي بيشتري است. واحد اندازه گيري ظرفيت فاراد است . ۱ فاراد واحد بزرگي است و مشخص كننده ظرفيت بالا مي باشد. بنابراين استفاده از واحدهاي كوچكتر نيز در خازنها مرسوم است . ميكروفاراد µF ، نانوفاراد nF و پيكوفاراد pF واحدهاي كوچكتر فاراد هستند .

µ means 10^{-6} (millionth), so 1000000µF = 1F

n means 10^{-9} (thousand-millionth), so 1000nF = 1µF

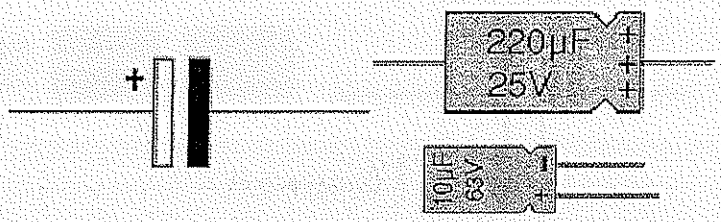
p means 10^{-12} (million-millionth), so 1000pF = 1nF

انواع مختلفي از خازن ها وجود دارند كه ميتوان از دو نوع اصلي آنها ، با پلاريته (قطب دار) و بـــدون پلاريته (بدون قطب) نام برد .

خازنهاي قطب دار:

الف - خازن هاي الكترولیت

در خازنهاي الكترولیت قطب مثبت و منفي بر روي بدنه آنها مشخص شده و بر اساس قطب ها در مدارات مورد استفاده قرار مي گيرند. دو نوع طراحي براي شكل اين خازن ها وجود دارد. يكي شكل آكسيل كه در اين نوع پايه‌هاي يكي در طرف راست و ديگري در طرف چپ قرار دارد و ديگري راديال كه در اين نوع هر دو پايه خازن در يك طرف آن قرار دارد. در شكل نمونه اي از خازن اكسيل و راديال نشان داده شده است.



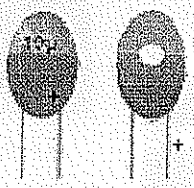
در خازن هاي الكتروليت ظرفيت آنها بصورت يك عدد بر روي بدنه شان نوشته شده است . همچنين ولتاژ تحمل خازن ها نيز بر روي بدنه آنها نوشته شده و هنگام انتخاب يك خازن بايد اين ولتاژ مد نظر قرار گيرد. اين خازنها آسيبي نمي بينند مگر اينكه با هويه داغ شوند.

ب - خازن هاي تانتاليوم

خازن هاي تانتاليم هم از نوع قطب دار هستند و مانند خازنهاي الكتروليت معمولاً ولتاژ كمي دارند. اين خازنها معمولاً در سايز هاي كوچك و البته گران تهيه مي شوند و بنابراين يك ظرفيت بالا را در سايزي كوچك ارائه مي دهند.

در خازنهاي تانتاليوم جديد ، ولتاژ و ظرفيت بر روي بدنه آنها نوشته شده ولي در انواع قديمي از يك نوار رنگي استفاده مي شود كه مثلا دو خط دارد (براي دو رقم) و يك نقطه رنگي براي تعداد صفرها وجود دارد كه ظرفيت بر حست ميكروفاراد را مشخص مي كنند . براي دو رقم اول كدهاي استاندارد رنگي استفاده مي شود ولي براي تعداد صفرها و محل رنگي، رنگ خاكستري به معني ×۰,۰۱ و رنگ سفيد به معني ×۰,۱ است . نوار رنگي سوم نزديك به انتها، ولتاژ را مشخص مي‌كند بطوري كه اگر اين خط زرد باشد ٦/٣ ولت، مشكي ١٠ ولت ، سبز ١٦ ولت ، آبي ٢٠ ولت ، خاكستري ٢٥ ولت و سفيد ٣٠ ولت را نشان مي دهد .

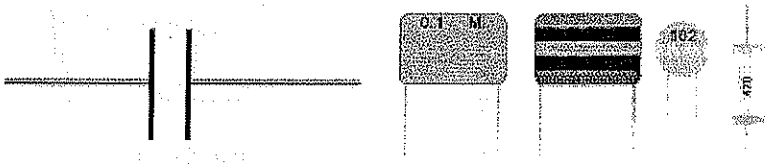
براي مثال رنگهاي آبي - خاكستري و نقطه سياه به معني ٦٨ ميكروفاراد است.



آبي - خاكستري و نقطه سفيد به معني ٦/٨ ميكروفاراد است .

خازنهاي بدون قطب:

خازن هاي بدون قطب معمولا خازنهاي با ظرفيت كم هستند و ميتوان آنها را از هر طرف در مدارات مورد استفاده قرار داد. اين خازنها در برابر گرما تحمل بيشتري دارند و در ولتاژهاي بالاتر مثلا ٥٠ ولت ، ٢٥٠ ولت و ...عرضه مي شوند .



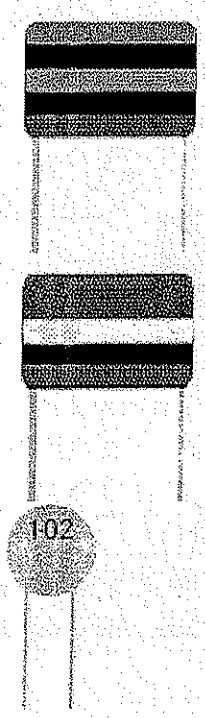
پيدا كردن ظرفيت اين خازنها كمي مشكل است چون انواع زيادي از اين نوع خازنها وجود دارد و سيستم هاي كد گذاري مختلفي براي آنها وجود دارد . در بسياري از خازن ها با ظرفيت كم، ظرفيت بر روي خازن نوشته شده ولي هيچ واحد يا مضربي براي آن چاپ نشده و براي دانستن واحد بايد به دانش خودتان رجوع كنيد. براي مثال ۰/۱ به معني ۰,۱ ميكروفاراد يا ۱۰۰ نانوفاراد است. گاهي اوقات بر روي اين خازنها چنين نوشته ميشود (**4n7**) به معني ٤/٧ نانوفاراد.

*در خازن هاي كوچك چنانچه نوشتن بر روي آنها مشكل باشد از شماره هاي كد دار بر روي خازن ها استفاده مي شود. در اين موارد عدد اول و دوم را نوشته و سپس به تعداد عدد سوم در مقابل آن صفر قرار دهيد تا ظرفيت بر حسب **پيكوفاراد** بدست ايد. بطور مثال اگر بر روي خازني عدد ۱۰۲ چاپ شده باشد ، ظرفيت برابر خواهد بود با ۱۰۰۰ پيكوفاراد يا ۱ نانوفاراد.*

كد رنگي خازن ها:

كد رنگي خازنها

شماره	رنگ
0	سياه
1	قهوه اي
2	قرمز
3	نارنجي
4	زرد
5	سبز
6	آبي
7	بنفش
8	خاكستري
9	سفيد



در خازن هاي پليستر براي سالهاي زيادي از كدهاي رنگي بر روي بدنه آنها استفاده مي شد. در اين كدها سه رنگ اول ظرفيت را نشان مي دهند و رنگ چهارم تولرانس را نشان ميدهد.

براي مثال قهوه اي - مشكي - نارنجي به معني ۱۰۰۰۰ پيكوفاراد يا 10 نانوفاراد است.

خازن هاي پليستر امروزه به وفور در مدارات الكترونيك مورد استفاده قرار مي گيرند . اين خازنها در برابر حرارت زياد معيوب مي شوند و بنابراين هنگام لحيمكاري بايد به اين نكته توجه داشت.

خازن ها با هر ظرفيتي وجود ندارند . بطور مثال خازن هاي ٢٢ ميكروفاراد يا ٤٧ ميكروفاراد وجود دارند ولي خازن هاي ٣٥ ميكروفاراد يا ١١٧ ميكروفاراد وجود ندارند .

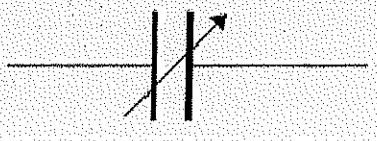
دليل اينكار چنين است:

فرض كنيم بخواهيم خازن ها را با اختلاف ظرفيت ده تا ده تا بسازيم . مثلاً ١٠ و ٢٠ و ٣٠ و . . . به همين ترتيب . در ابتدا خوب بنظر مي رسد ولي وقتي كه به ظرفيت مثلاً ١٠٠٠ برسيم چه رخ مي دهد ؟

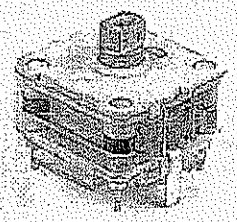
مثلاً ١٠٠٠ و ١٠١٠ و ١٠٢٠ و . . . كه در اينصورت اختلاف بين خازن ١٠٠٠ ميكروفاراد با ١٠١٠ ميكروفاراد بسيار كم است و فرقي با هم ندارند پس اين مسئله معقول بنظر نمي رسد .

براي ساختن يك رنج محسوس از ارزش خازن ها ، ميتوان براي اندازه ظرفيت از مضارب استاندارد ١٠ استفاده نمود . مثلاً ٤/٧ - ٤٧ - ٤٧٠ و . . . و يا 2200 - 220 - 2/2 و . . .

خازن‌هاي متغير:

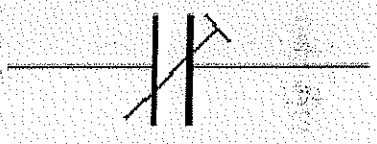


در مدارات تيونينگ راديوئي از اين خازنها استفاده مي‌شود و به همين دليل به اين خازنها گاهي خازن تيونينگ هم اطلاق مي‌شود. ظرفيت اين خازنها خيلي كم و در حدود ١٠٠ تا ٥٠٠ پيكوفاراد است و بدليل ظرفيت پائين در مدارات تايمينگ مورد استفاده قرار نمي گيرند .

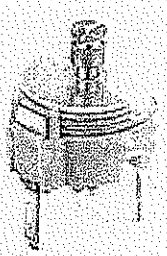


در مدارات تايمينگ از خازن‌هاي ثابت استفاده مي شود و اگر نياز باشد دوره تناوب را تغيير دهيم اين عمل بكمك مقاومت انجام مي شود.

خازن‌هاي تريمر:



خازنهاي تريمر خازنهاي متغير كوچك و با ظرفيت بسيار پائين هستند. ظرفيت اين خازنها از حدود ١ تا ١٠٠ پيكوفاراد است و بيشتر در تيونرهاي مدارات با فركانس‌بالا مورد استفاده قرار مي گيرند .



آزمایشگاه سیستم کنترل خطی

مقدمه

استاد: رضایی

در این آزمایشگاه شما با سیستمهای کنترل خطی آشنا خواهید شد. در این راستا آزمایشهایی طراحی گشته اند که شما را با تحلیل، پیاده سازی و شناسایی فرایندها و کنترل کننده های مختلف آشنا نموده و پس از آن با کاربرد این سیستمها در کنترل چند فرایند آشنا خواهید شد.

آزمایشها در دو بخش تدوین گشته اند، در بخش اول با پیاده سازی الکترونیکی فرایندهای خطی و جبران سازها آشنا شده و پس از بررسی آنها کاربرد جبران سازها به صورت حلقه باز و همچنین حلقه بسته را فرا خواهید گرفت. در انتها کاربرد کنترل کننده های متداول پیش فاز-پس فاز و تناسبی-انتگرالی-مشتق گیر را در کنترل فرایندهای خطی بررسی خواهیم کرد.

برای آشنایی بیشتر با کاربردهای کنترل کننده های بررسی شده در بخش اول، این کنترل کننده ها را برای کنترل فرایند حرارتی و سرو موتور DC به کار خواهیم برد. در این راستا ابتدا با این فرایندها آشنا شده و به شناسایی آنها می پردازیم سپس برای رسیدن به اهداف کنترلی، جبرانسازهای مناسب طراحی و پیاده سازی شده و بر این فرایندها اعمال خواهیم نمود.

برای استفاده بهتر از جلسات آزمایشگاه رعایت نکات زیر توصیه می شود:

- در جلسه اول آزمایشگاه عناصر لازم برای پیاده سازی الکترونیکی فرایندها و کنترل کننده ها در اختیار گروهها قرار می گیرد و لذا انتظار می رود در جلسات بعد متناسب با هر جلسه مدارهای لازم پیش از شروع آزمایش بسته شده و جهت کار کلاسی آماده باشند.
- مطالعات لازم جهت دنبال کردن مسیر آزمایش و کارهایی که باید انجام شود و مشاهدات مورد انتظار از قبل لازم بوده و در غیر این صورت شما قادر به انجام آزمایشها نخواهید بود.
- رعایت نظم و قوانین آزمایشگاه و حضور به موقع، نکته دیگری است که می تواند به استفاده مفید از جلسات آزمایشگاه کمک نماید.
- رعایت موارد ذکر شده و همچنین مطالبی که در بخش آموزشی صفحه اینترنتی آزمایشگاه در آدرس:

http://saba.kntu.ac.ir/eecd/lcsl

موجود است جهت بهره برداری بهتر از آزمایشها لازم و ضروری است، لذا توصیه می شود پیش از شروع آزمایشها، مطالب صفحه اینترنتی آزمایشگاه را مطالعه نمایید.

www.ir-micro.com

آزمایش اول: آشنایی با نحوه پیاده سازی الکترونیکی و شناسایی فرایندها و کنترل کننده ها

۱-۱- مقدمه

بسیاری از کنترل کننده ها در صنعت به صورت الکترونیکی پیاده سازی می شوند، این نوع پیاده سازی علیرغم ساختار نسبتا ساده کارایی بالای خود را اثبات نموده است. آزمایش اول با هدف آشنایی دانشجویان با نحوه پیاده سازی الکترونیکی طراحی شده و طی آن با اصول کلی پیاده سازی الکترونیکی جبرانسازها و فرایندها آشنا خواهند شد. در ضمن یک اصل اساسی در طراحی سیستمهای کنترلی که از بازخور استفاده می کنند را نیز عملاً بررسی خواهد گردید.

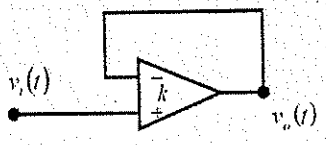
۱-۲- پیشنیاز

- آشنایی با طرز کار تقویت کننده های عملیاتی و نحوه بستن مدار بر روی برد آزمایشگاهی،
- بررسی روش تحقق الکترونیکی فیلترها،
- آشنایی با روشهای شناسایی پاسخ زمانی (نحوه محاسبه ثابت زمانی و بهره DC) و پاسخ فرکانسی (نحوه محاسبه بهره و اختلاف فاز).

۱-۳- آشنایی با تقویت کننده های عملیاتی

با استفاده از منبع تغذیه و پتانسیومتری که در اختیار دارید ولتاژ خروجی ۶ ولت بسازید. حال باری به اندازه $10k\Omega$ از خروجی بگیرید. ولتاژ خروجی چه تغییری می کند؟ پتانسیومتر را تغییر دهید تا دوباره ولتاژ ۶ ولت را در خروجی مشاهده نمایید. مجدداً باری به اندازه $10k\Omega$ از خروجی بگیرید. این بار ولتاژ خروجی به چه مقداری تغییری می کند؟ دلیل تغییرات ولتاژ خروجی را در چه می دانید؟

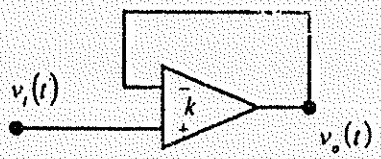
در این آزمایشها از تقویت کننده عملیاتی TL074 استفاده خواهد شد که دارای مقاومت ورودی بسیار بالایی می‌باشد. مشخصات این تقویت کننده در برگه ضمیمه آمده است. تقویت کننده عملیاتی را مطابق شکل زیر در حالت بافری بسته و خروجی پتانسیومتر را به ورودی بافر و بار را به خروجی بافر وصل کنید. حال آزمایش بالا را تکرار نموده و نتایج را با یکدیگر مقایسه نمایید.



آیا با قرار دادن بافر مشکل حالت قبل برطرف شده است؟ علت را توضیح دهید. این کار تا کجا به خوبی پیش می رود؟

www.ir-micro.com

- در ادامه برای جبران مشکل بالا از یک مدار بافری استفاده نمایید. برای این منظور، با استفاده از تقویت کننده عملیاتی $TL074$ ، که دارای مقاومت ورودی بسیار بالایی می باشد، مطابق شکل زیر یک مدار بافری بسته و خروجی ۶ ولت پتانسیومتر را به ورودی مدار بافر اعمال نمایید.



سپس بارهای $10k\Omega$ را به خروجی بافر وصل نمایید. نتایج را همانند جدول بالا یادداشت نموده و با حالت قبل مقایسه نمایید.

پرسش ۲ : آیا با قرار دادن بافر مشکل حالت قبل برطرف شده است؟ علت را توضیح دهید.

.....

.....

.....

پرسش ۳ : به نظر شما آیا محدودیتی در افزودن بار به خروجی بافر وجود دارد یا نه؟ توضیح دهید.

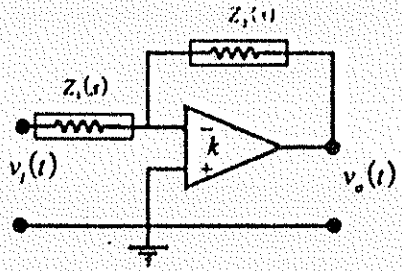
.....

.....

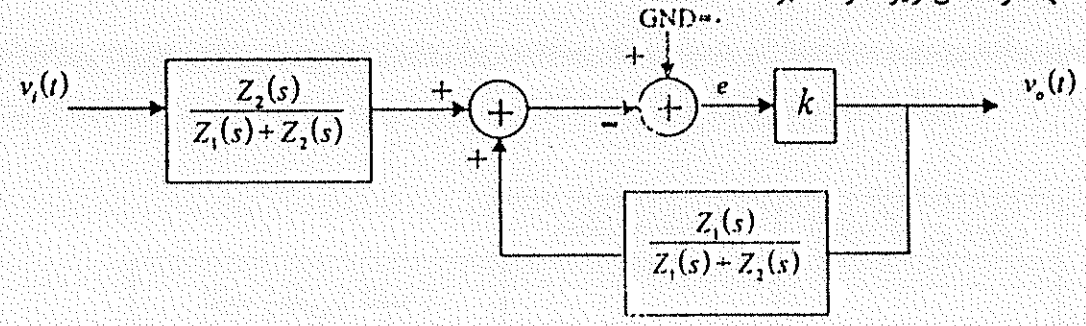
.....

۱-۳- پیاده سازی توابع تبدیل به کمک تقویت کننده های عملیاتی و نحوه شناسایی آنها

در صورتی که تقویت کننده عملیاتی را مانند شکل زیر در مدار به کار ببریم:



که در آن $Z_1(s)$ و $Z_2(s)$ امپدانسهای معادل هستند، ثابت می شود که نسبت $v_o(t)$ به $v_i(t)$ در مدار بالا معادل نسبت آنها در شکل زیر خواهد بود:



حال با توجه به بهره بالای تقویت کننده عملیاتی و وجود بازخور منفی در مدار، خطا یعنی اختلاف پتانسیل ورودیهای تقویت کننده در حد صفر باقی خواهد ماند و لذا درباره شکل بالا می توان نوشت:

$$v_i \frac{Z_2(s)}{Z_1(s)+Z_2(s)} + v_o \frac{Z_1(s)}{Z_1(s)+Z_2(s)} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{v_o}{v_i} = -\frac{Z_2(s)}{Z_1(s)}$$

با توجه به معادله بالا و با انتخاب مناسب $Z_1(s)$ و $Z_2(s)$ می توان توابع تبدیل مختلف را تحقق بخشید.

- ابتدا به منظور آشنایی بیشتر با نحوه عملکرد و محدودیت های سیستمی که با آن سروکار دارید، با استفاده از مطالب بالا مداری ببندید که توسط آن بتوان بهره های DC از ۰ تا ۲۰ را تحقق بخشید. عملکرد مدار را برای ورودی DC ۲ ولت امتحان کنید.

پرسش ۴ : آیا همواره رابطه خطی زیر بین ورودی و خروجی سیستم وجود دارد؟

ورودی سیستم * بهره کل سیستم = خروجی سیستم

.....

.....

.....

- در ادامه با انتخاب مقادیر مناسب برای $Z_1(s)$ و $Z_2(s)$ تابع تبدیل $G(s) = -\frac{1}{s+1}$ را تحقق دهید.

.....

.....

.....

.....

حال به منظور بررسی صحت طراحی خود تابع تبدیل مذکور را در حوزه زمانی و فرکانسی شناسایی نمایید.

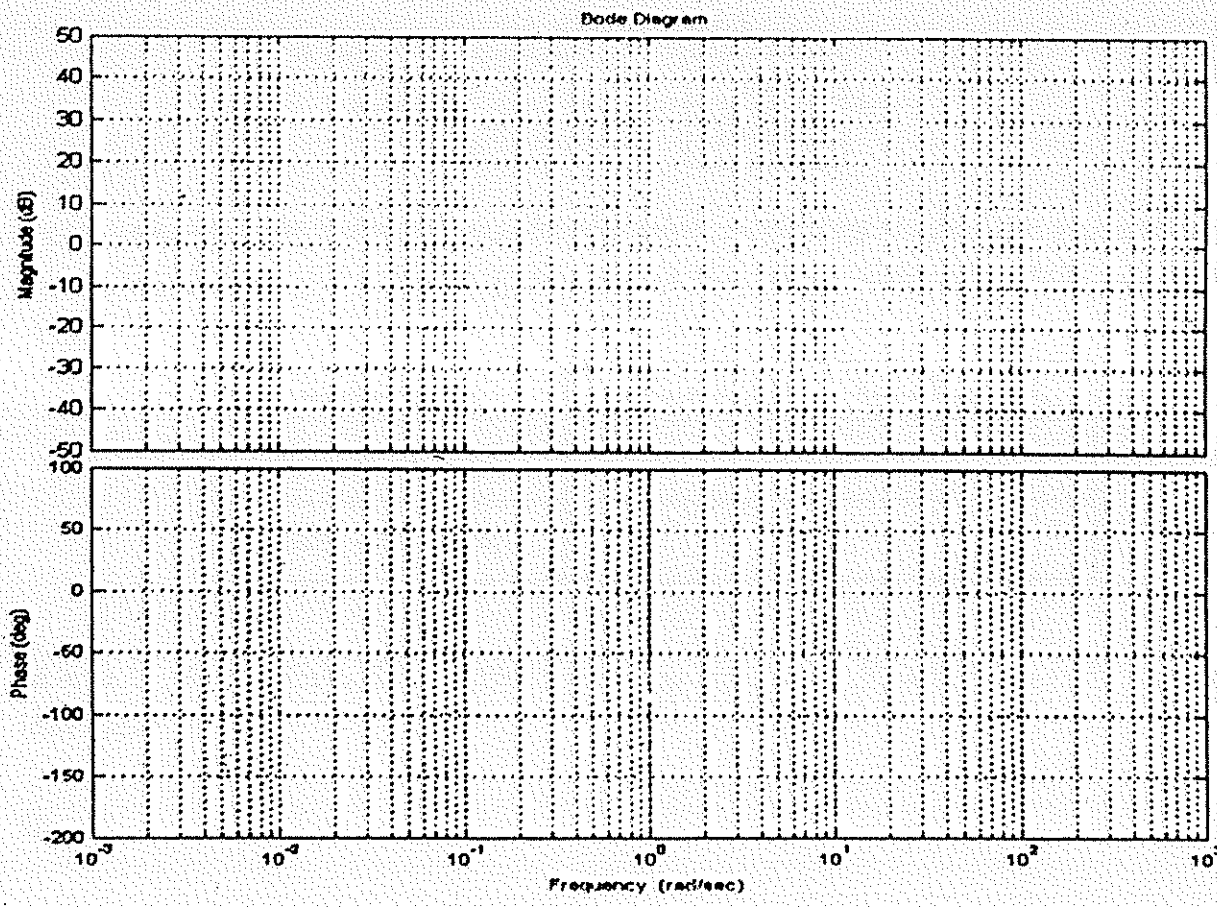
- **شناسایی حوزه زمانی سیستم** : برای این منظور لازم است با انتخاب ورودی مناسب، پاسخ زمانی سیستم را مشاهده نموده و پارامترهای لازم را به لحاظ تئوری و عملی محاسبه نمایید.

	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی
ثابت زمانی (ثانیه)		
بهره حالت ماندگار (DC)		

- **شناسایی حوزه فرکانسی سیستم :** هدف از این بخش رسم نمودار بود به طریق نقطه یابی است. برای این منظور لازم است ابتدا ورودی مناسب را انتخاب نموده و سپس فرکانسهای اصلی فیلتر مذکور را بیابید، از حدود ۰،۱ کوچکترین تا ۱۰ برابر بزرگترین آنها در چندین نقطهٔ مناسب بهره (نسبت دامنه خروجی به دامنه ورودی) و اختلاف فاز (اختلاف زاویه بین خروجی و ورودی) را اندازه گیری کنید و پاسخ فرکانسی را بدست آورید و سپس جدولی مطابق زیر تنظیم نمایید. مراقب باشید که در اندازه گیریها سیستم در ناحیهٔ خطی قرار داشته باشد.

فرکانس (Hz)							
نسبت دامنه (V_o/V_i)							
$20\log(V_o/V_i)$							
اختلاف فاز (درجه)							

حال با توجه به نتایج بدست آمده از جدول بالا نمودار بود سیستم مذکور را با روش نقطه یابی رسم کنید. بهتر است نمودار بود را از طریق شبیه سازی تئوری نیز بدست آورده و نتایج را با هم مقایسه نمایید.



آزمایش دوم: مقایسهٔ کنترل بدون بازخور(حلقه باز) و کنترل به کمک بازخور (حلقه بسته)

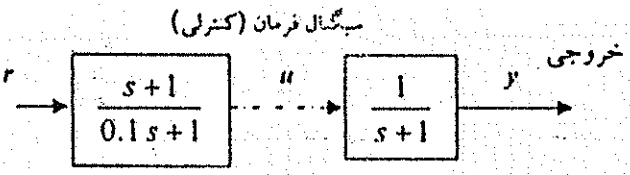
۲-۱- اهداف و پیشنیازها

هدف از آزمایش دوم مقایسه بین کنترل بدون بازخور (حلقه باز) و کنترل به کمک بازخور (حلقه بسته) است. بدین منظور ابتدا روش جبرانسازی حلقه باز را بررسی نموده و پس از آن کنترل با استفاده از بازخور را مشاهده می نمایید. در ادامه با انجام آزمایشهایی عملکرد کنترلی دو روش را نسبت به تغییر پارامترهای مختلف سیستم بررسی خواهید کرد. جهت نیل به اهداف بالا دانستن موارد زیر به لحاظ تئوری ضرورت دارد،

- درک مفهوم بازخور، کنترل حلقه باز و حلقه بسته و مزایا و معایب هر یک از روشها،
- تسلط به نحوه محاسبه ثابت زمانی و خطای حالت ماندگار در پاسخ پله سیستمهای مرتبه اول،
- آشنایی با اثر تغییر پارامترهای سیستم (بهره و قطب) بر روی پاسخ پله سیستم (در صورت لزوم می توان از روشهای شبیه سازی نیز کمک گرفت).

۲-۲- بررسی دو روش کنترلی حلقه باز و حلقه بسته

- سیستم حلقه باز: در این بخش سعی شده تا با استفاده از یک جبرانساز به روش حلقه باز سرعت و دقت سیستم را افزایش داد. بدین منظور سیستمی به شکل زیر پیاده سازی نمایید.



در این روش سعی شده تا با سری کردن یک فیلتر پیشفاز سرعت پاسخ ده برابر گردد. پس از پیاده سازی، درستی نحوه کار مدار را با مشاهده پاسخ پله و محاسبه ثابت زمانی و خطای حالت ماندگار سیستم بررسی کنید.

سیستم حلقه باز	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی
ثابت زمانی (ثانیه)		
خطای حالت ماندگار		

پرسش ۱ : سیگنال کنترلی u را مشاهده کنید و سعی کنید دریابید که روند افزایش سرعت چگونه انجام شده است ؟

.....

.....

.....

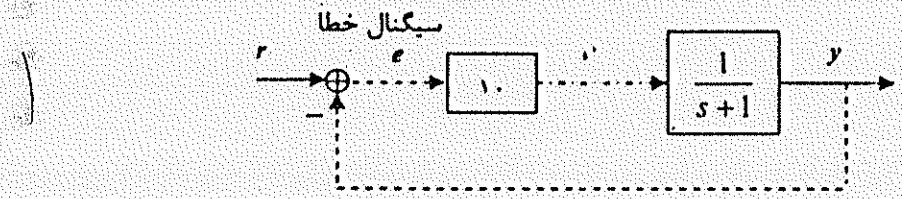
پرسش ۲ : با توجه به محدودیتهایی که وجود دارند به نظر شما روند افزایش سرعت تا کجا بـه خـوبی ادامـه خواهد داشت؟

.....

.....

.....

- **سیستم حلقه بسته:** سیستم زیر را در نظر بگیرید. این بار برای رسیدن به سرعت بیشتر از یـک سیـستم حلقه بسته استفاده شده است که در آن با مقایسه سیگنال مرجع و سیگنال بـازخور خروجـی، خطـا محاسـبه شده و سیگنال کنترلی از بزرگنمایی خطا به دست می آید که به ورودی سیستم اصلی اعمال می شود.



***توجه :** سعی کنید مدار کنترلی را به گونه ای پیاده سازی کنید که امکان جابجایی با روش کنترلی بدون بدون بازخور به سادگی فراهم گردد.*

پس از پیاده سازی، این بار نیز درستی این روش را با بررسی پاسخ پله و محاسبه ثابت زمانی و خطای حالت ماندگار سیستم مورد مطالعه قرار دهید و نتایج را با حالت تئوری مقایسه نمایید.

سیستم حلقه بسته	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی
ثابت زمانی (ثانیه)		
خطای حالت ماندگار		

پرسش ۳ : در اینجا نیز سیگنال کنترلی u را مشاهده کنید و سعی کنید نحوه افزایش سرعت را در روش حلقه بسته توجیه کنید. به نظر شما فلسفه کار در اینجا با بخش قبلی چه تفاوت اصولی دارد؟ آیا در اینجا هم محدودیت بالا برای افزایش سرعت وجود دارد ؟

.....

.....

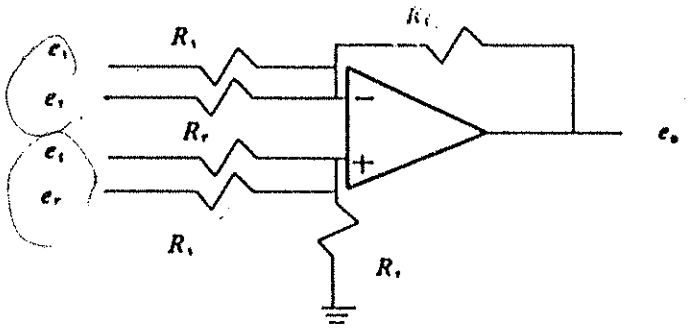
.....

.....

.....

.....

توجه: برای تفریق یا جمع نمودن سیگنالها می توانید از مدار ساده زیر استفاده کنید:



$$e_o = \frac{R_2}{R_1}(e_3 - e_1) + \frac{R_2}{R_3}(e_4 - e_2)$$

۲-۳- بررسی حساسیت کنترل حلقه باز و حلقد بسته در برابر تغییر پارامترهای سیستم

به منظور مشاهده اثر تغییر پارامترهای سیستم اصلی بر خروجی، چند حالت مختلف زیر را در نظر بگیرید و برای سیستم حلقه باز و حلقه بسته پیاده سازی کنید.

۱- اثر تغییرات قطب سیستم اصلی: ابتدا قطب سیستم اصلی را نصف کنید (ثابت زمانی و بهرهٔ DC دو برابر می شوند) نتیجه را یک بار با کنترل حلقه باز و بار دیگر با کنترل حلقه بسته، مشاهده کنید و رفتار سیستم کنترلی را از نظر سرعت و دقت (خطای حالت ماندگار) به لحاظ تئوری و عملی محاسبه و مقایسه نمایید و سپس جدولی مشابه جدول زیر تنظیم کنید.

مربوط به تغییرهای دوبرابر ⇐ قطب نصف

درحالت قطب نصف	ثابت زمانی (ثانیه)		خطای حالت ماندگار	
	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی
سیستم حلقه باز				
سیستم حلقه بسته				

پرسش ۴ – از مقایسه مشاهدات بالا چه نتیجه ای می گیرید؟

.....

.....

.....

.....

.....

سپس همین روند را برای حالتیکه قطب سیستم اصلی دو برابر گردد (ثابت زمانی و بهرهٔ DC نصف گردند) تکرار نموده و نتایج را همانند جدول زیر ثبت نمایید.

در حالت قطب دو برابر	ثابت زمانی (ثانیه)		خطای حالت ماندگار	
	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی
سیستم حلقه باز				
سیستم حلقه بسته				

پرسش ۵ – از مقایسه مشاهدات بالا چه نتیجه ای می گیرید؟

.....

.....

.....

.....

.....

۲- **اثر تغییرات بهره سیستم اصلی :** این بار فقط بهرهٔ سیستم را دو برابر و نصف کنید. نتیجه را یک بار با کنترل حلقه باز و بار دیگر با کنترل حلقه بسته، مشاهده کنید و رفتار سیستم کنترلی را از نظر سرعت و خطای ماندگار در دو حالت به لحاظ تئوری و عملی مقایسه کنید. و نتایج را در جداولی مشابه جداول زیر ثبت نمایید.

در حالت بهره دو برابر	ثابت زمانی (ثانیه)		خطای حالت ماندگار	
	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی
سیستم حلقه باز				
سیستم حلقه بسته				

در حالت بهره نصف	ثابت زمانی (ثانیه)		خطای حالت ماندگار	
	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی
سیستم حلقه باز				
سیستم حلقه بسته				

پرسش ۶ – از مقایسه مشاهدات بالا چه نتیجه ای می گیرید؟

.....

.....

.....

.....

پرسش ۷ - میزان مقاوم بودن دو روش کنترلی، حلقه باز و حلقه بسته، نسبت به تغییراتی که ممکن است در سیستم به وجود آید چگونه است؟ چرا؟

.....

.....

.....

.....

.....

.....

آزمایش سوم: پیاده سازی و شناسایی جبرانساز پیشفاز و چگونگی استفاده از آن در سیستمهای حلقه بسته

۳-۱- اهداف و پیشنیازها

در این آزمایش، ابتدا با استفاده از اصول کلی که در آزمایش اول آموخته اید، به پیاده سازی و شناسایی (حوزه زمان و حوزه فرکانس) جبرانساز پیشفاز، می پردازید. سپس با چگونگی کاربرد آن در سیستمهای حلقه بسته آشنا خواهید شد. جهت نیل به اهداف بالا دانستن موارد زیر به لحاظ تئوری ضرورت دارد،

- آشنایی با مشخصه حوزه زمانی، حوزه فرکانسی جبرانساز پیشفاز
- آشنایی با نحوه عملکرد جبرانساز پیشفاز در سیستمهای حلقه بسته (در صورت لزوم می توان از روشهای شبیه سازی نیز کمک گرفت)
- آشنایی با رفتار سیستمهای مرتبه دوم در مدار حلقه باز و حلقه بسته
- آشنایی با نحوه محاسبه پارامترهای مشخصه زمانی سیستم مرتبه دوم (زمان خیز، زمان نشست، میزان فراجهش)

۳-۲- پیاده سازی و شناسایی جبران ساز پیشفاز

- به منظور آشنایی با جبرانساز پیشفاز، تابع تبدیل زیر را در نظر بگیرید:

$$\frac{s+1}{0.1\,s+1}$$

با استفاده از خازنها و مقاومتهایی که در اختیار دارید جبرانساز را پیاده سازی نمایید. در صورتیکه نیاز می بینید، ورودی و یا خروجی را بافر کنید.

.....

.....

.....

- <u>شناسایی حوزه زمان:</u> برای این منظور پاسخ پله سیستم را مشاهده نمایید. با توجه به محدودیت اشباع تقویت کننده عملیاتی دامنهٔ پله را مناسب انتخاب نموده و آنرا اعمال کنید. انتظار دارید پاسخ پله سیستم چگونه باشد؟ نتایج را با حالت تئوری مقایسه کنید و در جدول زیر ثبت نمایید.

	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی
ثابت زمانی (ثانیه)		
بهره حالت ماندگار (DC)		
بهره فرکانس بالا		

- **شناسایی حوزه فرکانس:** در اینجا نیز مانند آزمایش اول هدف رسم نمودار بود به طریق نقطه یابی می باشد. برای این منظور ابتدا فرکانسهای اصلی این جبرانساز را بیابید و سپس با بکارگیری روشی که در آزمایش اول آموختید شناسایی حوزه فرکانس را انجام دهید. نتایج را در جدولی مشابه زیر تنظیم نمایید. مراقب باشید که در اندازه گیریها سیستم در ناحیهٔ خطی قرار داشته باشد.

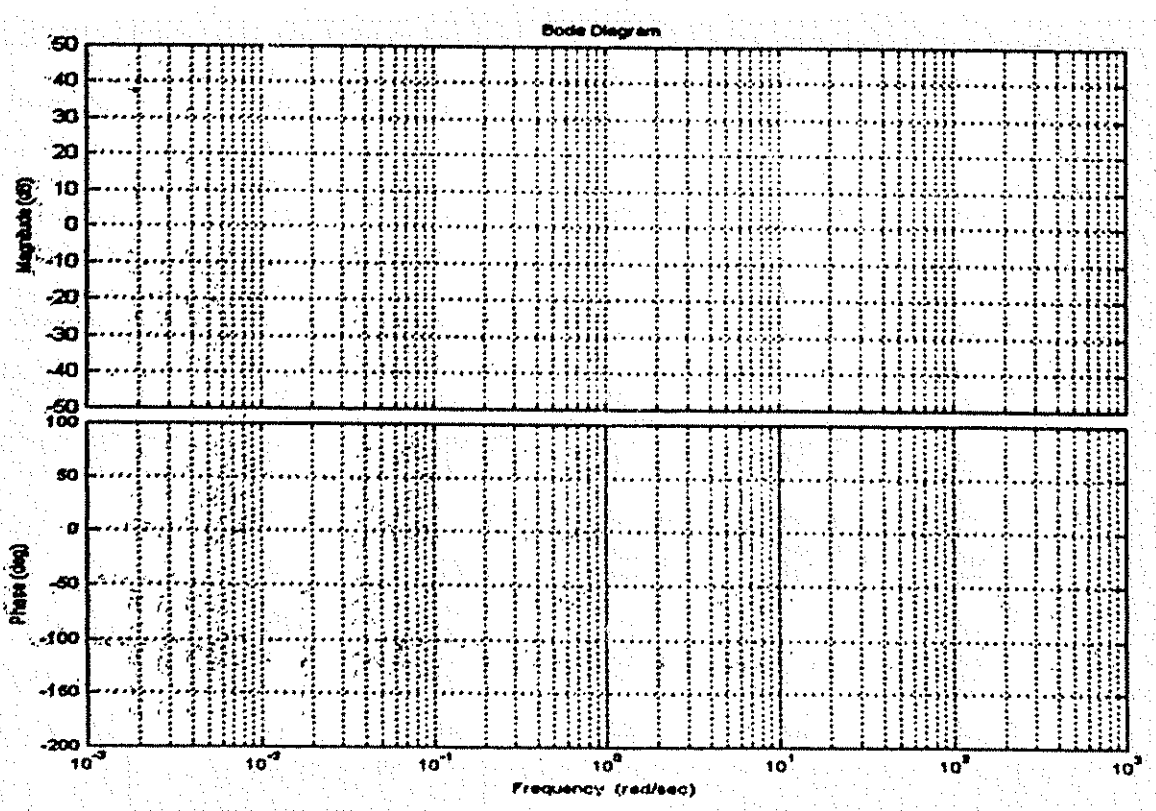
فرکانس (Hz)										
نسبت دامنه (V_o/V_i)										
$20\log(V_o/V_i)$										
اختلاف فاز (درجه)										

حال با توجه به نتایج بدست آمده از جدول بالا نمودار بود سیستم مذکور را با روش نقطه یابی رسم کنید. بهتر است نمودار بود را از طریق شبیه سازی تئوری نیز بدست آورده و نتایج را با هم مقایسه نمایید.

پرسش ۱ : چگونه پیشفاز بودن این فیلتر را توجیه می کنید؟

.....

.....



- **درک حس فیزیکی رفتار جبرانساز پیشفاز:** در این مرحله با آزمایشی ساده می خواهیم نسبت به رفتار این جبرانساز و کاری که انجام می دهد حس فیزیکی پیدا کنیم. برای این منظور از یک ورودی DC با سطح ولتاژ قابل تنظیم استفاده کنید و با تغییر دادن مقدار سطح ولتاژ آن رفتار خروجی را مشاهده کنید.

پرسش ۲ : این جبرانساز نسبت به تغییرات مختلف فرکانسی که در ورودی ممکن است رخ دهد چگونه عکس العمل نشان می دهد؟ سعی کنید که با تکرار این کار بتوانید در چند جمله کوتاه رفتار این جبرانساز را توصیف کنید.

.....

.....

.....

۳-۳- کاربرد جبرانساز پیشفاز در سیستمهای حلقه بسته

- سیستم مرتبهٔ دوم سادهٔ زیر را، در نظر بگیرید.

$$\frac{1}{(s+1)^2}$$

سیستم را پیاده سازی کرده و پاسخ پله آن را مشاهده نمایید.

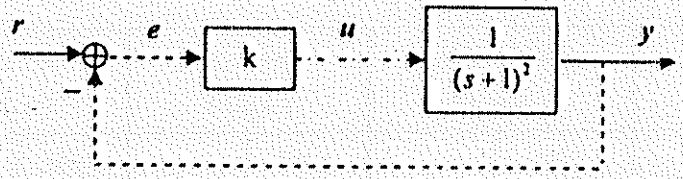
پرسش ۳ : رفتار سیستم مرتبه دوم را مشاهده نموده و با سیستم مرتبه اول مقایسه نمایید. چه تفاوتی دارند؟

.....

.....

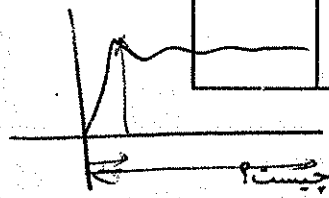
.....

- همانطور که از آزمایش دوم به یاد دارید، به وسیلهٔ جبرانساز تناسبی در سیستمهای با بازخور، می توان سرعت سیستم را افزایش داد. ابتدا با بستن سیستمی به شکل زیر این موضوع را بررسی کنید.



پاسخ پله سیستم را به ازاء بهره های ۲ ، ۵ و ۱۰ مشاهده نموده و در هر بخش پارامترهای **زمان خیز، زمان نشست، میزان فراجهش و خطای حالت ماندگار** را محاسبه نماید. نتایج را با حالت تئوری مقایسه کنید و جدولی مشابه زیر تنظیم نمایید.

سیستم حلقه بسته مرتبه دوم با بهره تناسبی	زمان خیز (ثانیه)		زمان نشست (ثانیه)		میزان فراجهش (درصد)		خطای حالت ماندگار	
	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی
$k = ۲$								
$k = ۵$								
$k = ۱۰$								



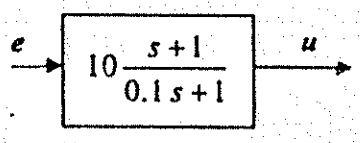
پرسش ۴ : با مقایسه نتایج بالا تا چه بهره ای رفتار سیستم قابل قبول است؟ مشکلات موجود چیست؟

.....

.....

.....

- در ادامه برای اینکه بتوان بدون برخورد به مشکل بالا سرعت سیستم را (نزدیک ۵ تا ۱۰ برابر) افزایش داد از یک جبرانساز پیشفاز به همراه بهرهٔ ۱۰ در مدار حلقه بسته بالا استفاده نمایید.



جبرانساز پیشفاز به همراه بهرهٔ ۱۰

.....

.....

.....

پاسخ پله را مشاهده نمایید و پارامترهای لازم را اندازه گیری نموده و جدولی مشابه زیر تنظیم کنید.

سیستم حلقه بسته مرتبه دوم با بهره تناسبی ۱۰ و جبرانساز پیشفاز	زمان خیز (ثانیه)		زمان نشست (ثانیه)		میزان فراجهش (درصد)		خطای حالت ماندگار	
	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی
$10\frac{s+1}{0.1s+1}$								

پرسش ۵ : نتایج را با حالتی که فقط بهره تناسبی ۱۰ داشتید مقایسه کنید. آیا جبرانساز پیشفاز مشکل موجود را رفع نموده است؟ با مشاهده همزمان سیگنال کنترلی u و سیگنال خطای e چگونگی کارکرد جبرانساز پیشفاز را توجیه کنید. آیا پیشفازی کنترل کننده را مشاهده می نمایید؟

.....

.....

.....

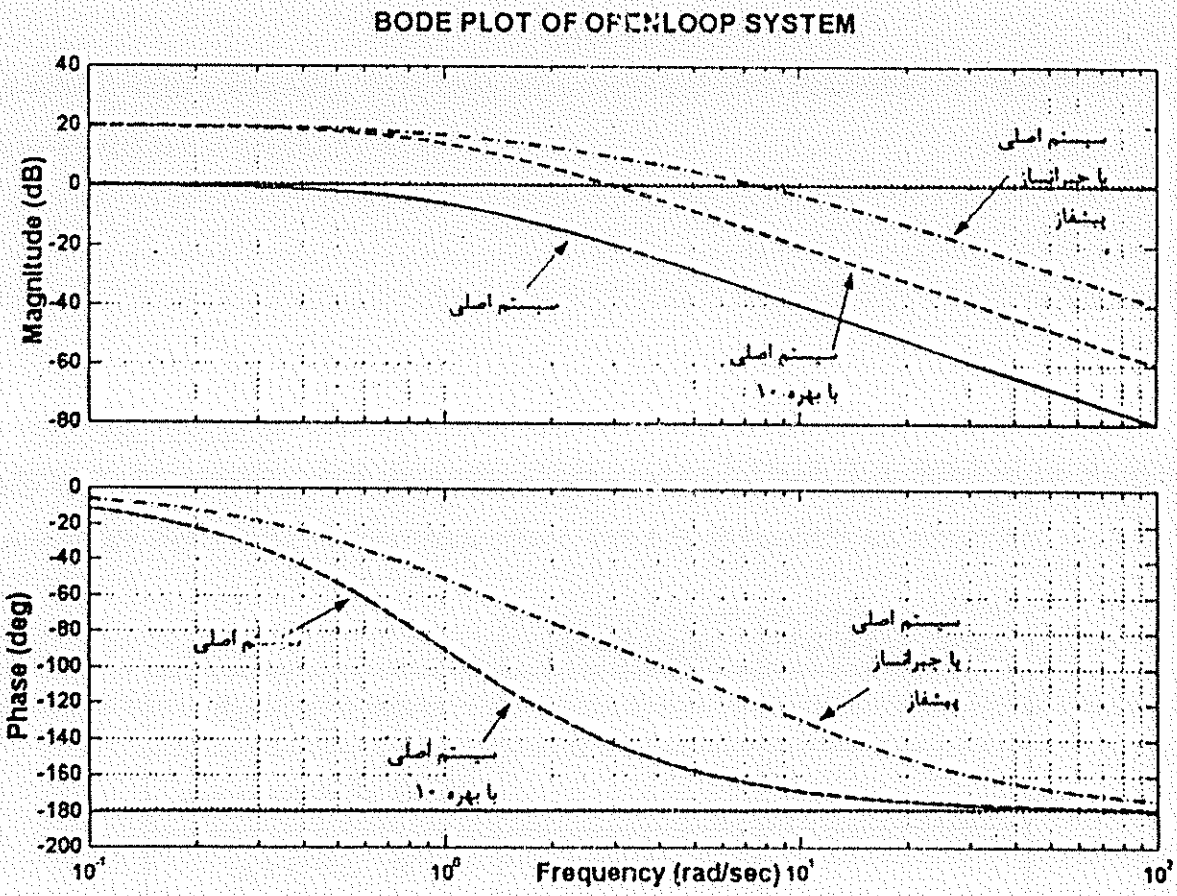
توجه: *به عنوان نمونه مشاهده می کنید که زمانهایی هست که خطا مثبت است ولی خروجی جبرانساز منفی است و بر عکس. به رابطه این رفتار با پاسخ فرکانسی پیش فاز که در ابتدای آزمایش بدست آورده اید فکر کنید و سعی کنید توضیح مناسبی بیابید.*

پرسش ۶ : با مقایسه نمودار بود حلقه باز سیستم اصلی، سیستم اصلی با بهره ۱۰ و نهایتاً سیستم اصلی به همراه جبرانساز کامل پیشفاز طراحی فوق را توجیه نمایید. به حد فاز توجه کنید. آیا می توانید به طور کلی بیان کنید، در چه مواقعی این جبرانساز می تواند کمک کند؟

.....

.....

.....



آزمایش چهارم: پیاده سازی و شناسایی جبرانساز پسفاز و چگونگی استفاده از آن در سیستمهای حلقه بسته

۴-۱- اهداف و پیشنیازها

در آزمایش چهارم، ابتدا به پیاده سازی و شناسایی حوزه زمان و حوزه فرکانس جبرانساز پسفاز، که در طراحی کنترل کننده ها نقش مهمی را ایفا می کند می پردازید. سپس با چگونگی کاربرد آن در سیستمهای حلقه بسته آشنا می گردید. جهت نیل به اهداف بالا دانستن موارد زیر به لحاظ تئوری ضرورت دارد،

- آشنایی با مشخصه حوزه زمانی، حوزه فرکانسی و نحوه عملکرد جبرانساز پسفاز در سیستمهای حلقه بسته (در صورت لزوم می توان از روشهای شبیه سازی نیز کمک گرفت)
- آشنایی با رفتار سیستمهای مرتبه دوم در مدار حلقه باز و حلقه بسته
- آشنایی با نحوه محاسبه پارامترهای مشخصه زمانی سیستم مرتبه دوم (زمان خیز، زمان نشست، میزان فراجهش)

۴-۲- پیاده سازی و شناسایی جبران ساز پسفاز

برای این منظور، تابع تبدیل زیر را در نظر بگیرید:

$$\frac{s+3}{s+0.3}$$

با استفاده از خازنها و مقاومتهایی که در اختیار دارید جبرانساز را پیاده سازی نمایید. در صورتیکه نیاز می بینید، ورودی و یا خروجی را بافر کنید.

.....

.....

.....

- **شناسایی حوزه زمان:** برای این منظور پاسخ پله سیستم را مشاهده نمایید. با توجه به محدودیت اشباع تقویت کننده عملیاتی دامنهٔ پله را مناسب انتخاب نموده و آنرا اعمال کنید. انتظار دارید پاسخ پله سیستم چگونه باشد؟ نتایج را با حالت تئوری مقایسه کنید و در جدولی همانند زیر ثبت نمایید.

	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی
ثابت زمانی (ثانیه)		
بهره حالت ماندگار (DC)		
بهره فرکانس بالا		

- **شناسایی حوزه فرکانس:** در اینجا نیز همانند آزمایش اول هدف رسم نمودار بود به طریق نقطه یابی است. برای این منظور ابتدا فرکانسهای اصلی این جبرانساز را بیابید و سپس با بکارگیری روشی که در آزمایش اول آموختید شناسایی حوزه فرکانس را انجام دهید. نتایج را در جدولی مشابه زیر تنظیم نمایید. مراقب باشید که در اندازه گیریها سیستم در ناحیهٔ خطی قرار داشته باشد.

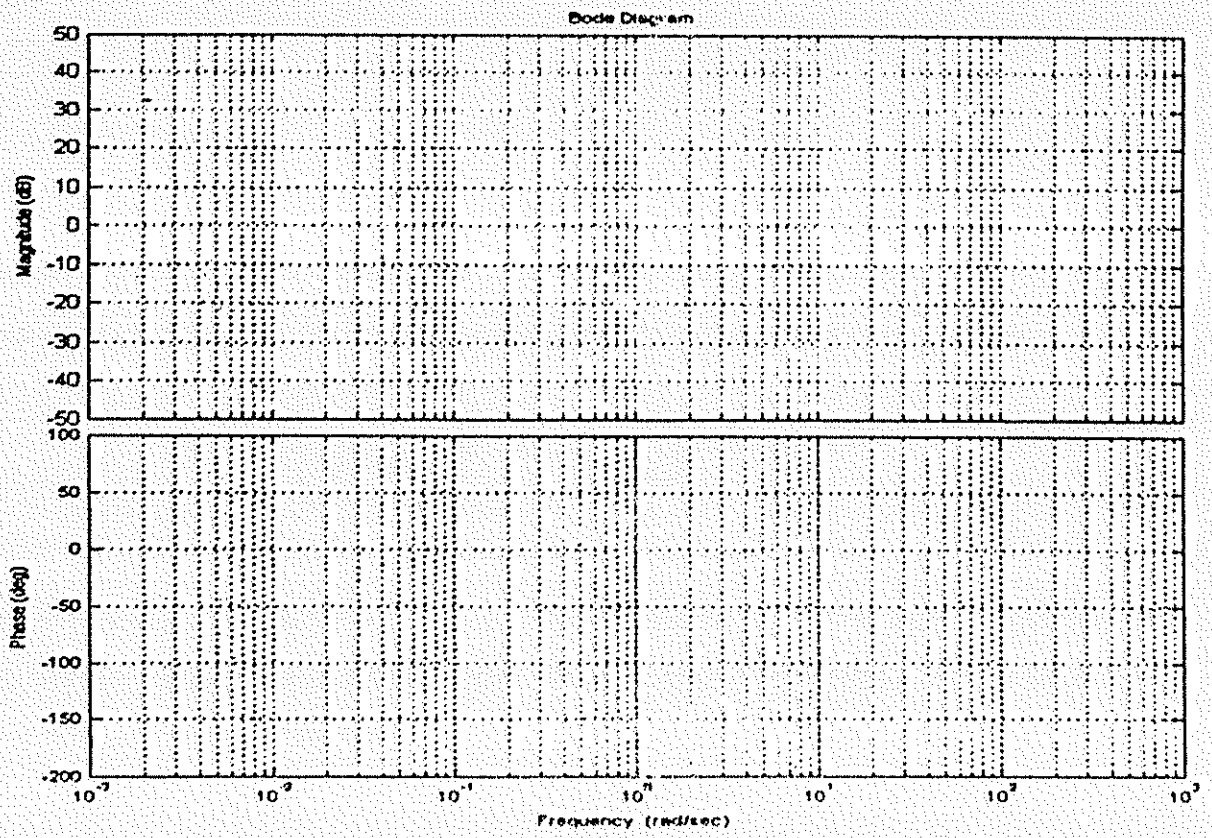
فرکانس (Hz)										
نسبت دامنه (V_o/V_i)										
$20\log(V_o/V_i)$										
اختلاف فاز (درجه)										

حال با توجه به نتایج بدست آمده از جدول بالا نمودار بود سیستم مذکور را با روش نقطه یابی رسم کنید. بهتر است نمودار بود را از طریق شبیه سازی تئوری نیز بدست آورده و نتایج را با هم مقایسه نمایید.

پرسش ۱ : چگونه پسفاز بودن این فیلتر را توجیه می کنید؟

.....

.....



- **درک حس فیزیکی رفتار جبرانساز پسفاز:** در این مرحله با آزمایشی ساده می خواهیم نسبت به رفتار این جبرانساز و کاری که انجام می دهد حس فیزیکی پیدا کنیم. برای این منظور از یک ورودی DC با سطح ولتاژ قابل تنظیم استفاده کنید و با تغییر دادن مقدار سطح ولتاژ آن رفتار خروجی را مشاهده کنید.

پرسش ۲ : این جبرانساز نسبت به تغییرات مختلف فرکانسی که در ورودی ممکن است رخ دهد چگونه عکس العمل نشان می دهد؟ سعی کنید که با تکرار این کار بتوانید در چند جمله کوتاه رفتار این جبرانساز را توصیف کنید.

.....

.....

.....

۴-۳- کاربرد جبرانساز پسفاز در سیستمهای حلقه بسته

سیستم مرتبهٔ دوم سادهٔ زیر را، در نظر بگیرید.

$$\frac{1}{(0.1s+1)^2}$$

سیستم را پیاده سازی کرده و پاسخ پله آن را مشاهده نمایید.

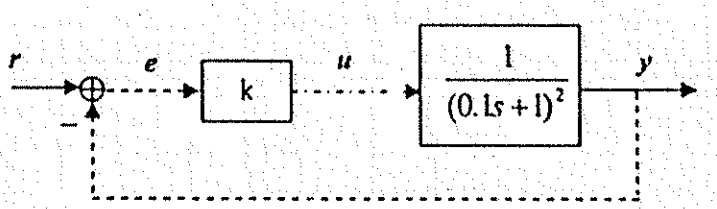
پرسش ۳ : رفتار سیستم مرتبه دوم را مشاهده نموده و با سیستم مرتبه اول مقایسه نمایید. چه تفاوتی دارند؟

.....

.....

.....

- همانطور که از آزمایش دوم بیاد دارید، به وسیلهٔ جبرانساز تناسبی در سیستمهای با بازخور، می توان سرعت سیستم را افزایش داد. ابتدا با بستن سیستمی به شکل زیر این موضوع را بررسی کنید.



پاسخ پله سیستم را به ازاء بهره های ۳ ، ۱۰ و ۳۰ مشاهده نموده و در هر بخش پارامترهای **زمان خیز، زمان نشست، میزان فراجهش و خطای حالت ماندگار** را محاسبه نماید. نتایج را با حالت تئوری مقایسه کنید و جدولی مشابه زیر تنظیم نمایید.

سیستم حلقه بسته مرتبه دوم با بهره تناسبی	زمان خیز (ثانیه)		زمان نشست (ثانیه)		میزان فراجهش (درصد)		خطای حالت ماندگار	
	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی
$k = ۳$								
$k = ۱۰$								
$k = ۳۰$								

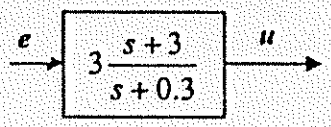
پرسش ۴ : با مقایسه نتایج بالا تا چه بهره ای رفتار سیستم قابل قبول است؟ مشکلات موجود چیست؟

.....

.....

.....

- در ادامه برای اینکه بتوان بدون برخورد به مشکل بالا دقت سیستم را افزایش داد از یک جبرانساز پسفاز به همراه بهرهٔ ۳ در مدار حلقه بسته بالا استفاده نمایید.



جبرانساز پسفاز با بهره ۳

.....

.....

.....

پاسخ پله را مشاهده نمایید و پارامترهای لازم را اندازه گیری نموده و جدولی مشابه زیر تنظیم کنید.

سیستم حلقه بسته مرتبه دوم با بهره تناسبی ۳ و جبرانساز پسفاز	زمان خیز (ثانیه)		زمان نشست (ثانیه)		میزان فراجهش (درصد)		خطای حالت ماندگار	
	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی
$3\frac{s+3}{s+0.3}$								

پرسش ۵ : نتایج را یکبار با حالتی که فقط بهره تناسبی ۳ داشتید و یکبار با حالتیکه فقط بهره تناسبی ۳۰ داشتید مقایسه کنید. آیا جبرانساز پسفاز مشکل موجود را رفع نموده است؟ با مشاهده همزمان سیگنال کنترلی u و سیگنال خطای e چگونگی کارکرد جبرانساز پسفاز را توجیه کنید. آیا پسفازی کنترل کننده را مشاهده می نمایید؟

.....

.....

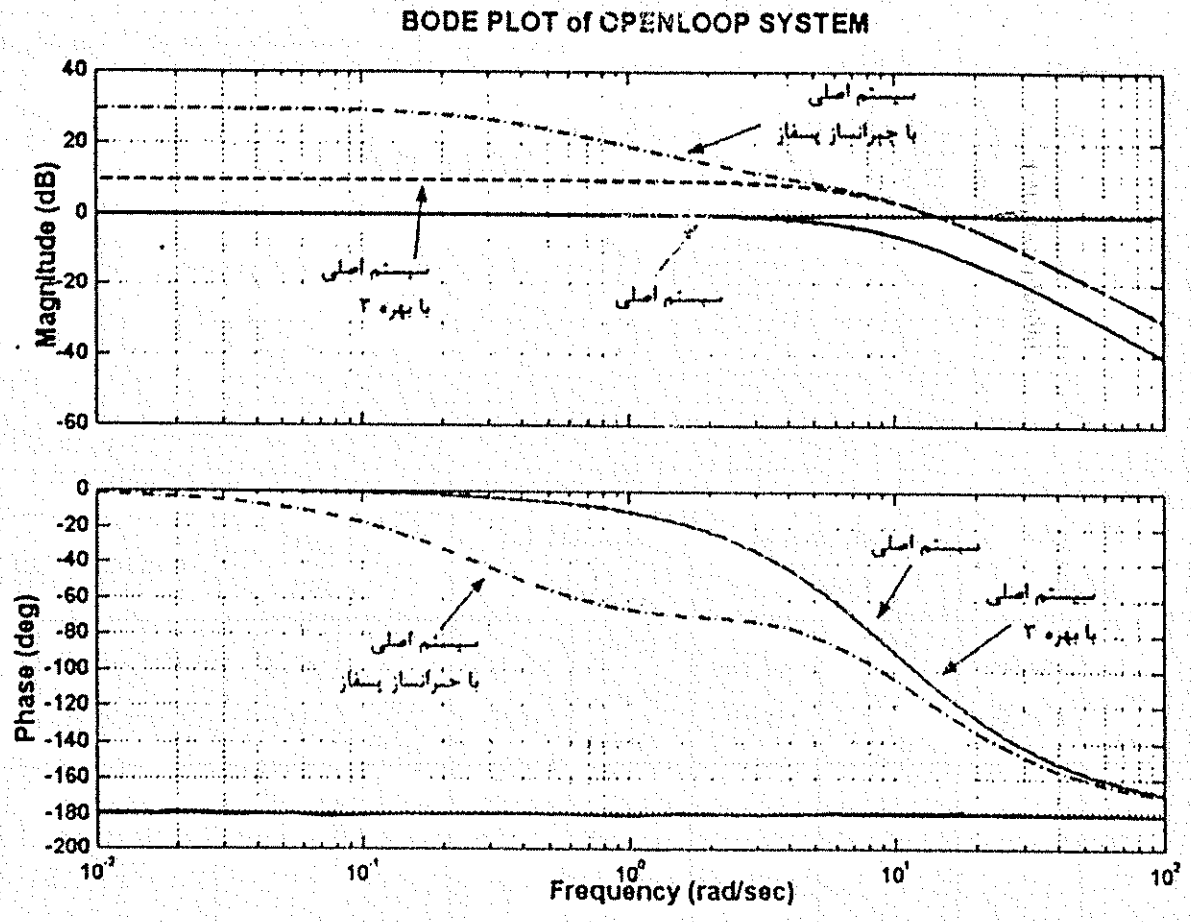
.....

توجه : لازم است این بار هم به بهره فرکانسهای بالا و هم به بهره فرکانسهای پایین در شرایط مختلف توجه کنید و قاعده کلی $e_{ss} = \frac{1}{1+k}$ *را در نظر بگیرید.*

پرسش ۶ : با مقایسه نمودار بود حلقه باز سیستم اصلی، سیستم اصلی با بهره ۳ و نهایتاً سیستم اصلی به همراه جبرانساز کامل پسفاز طراحی فوق را توجیه نمایید. به حد فاز توجه کنید. آیا می توانید به طور کلی بیان کنید، در چه مواقعی این جبرانساز می تواند کمک کند؟

.....

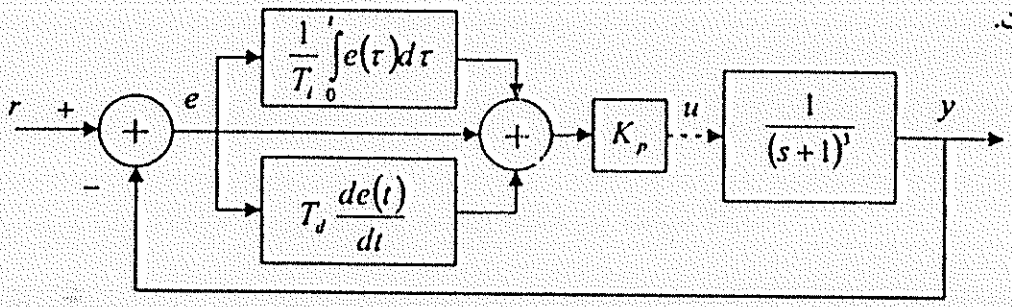
.....



آزمایش پنجم: کنترل کننده تناسبی-انتگرالی-مشتق گیر (PID)

۵-۱- اهداف و پیشنیازها

در آزمایش پنجم، با توجه به اهمیتی که کنترل کننده های PID در صنعت ایفا می کنند، با یک نوع پیاده سازی الکترونیکی و عملکرد این کنترل کننده آشنا می شوید. نمودار بلوکی کلی سیستم در شکل زیر آورده شده است.



$$u(t) = K_p\left(e(t) + \frac{1}{T_i}\int_0 e(\tau)d\tau + T_d\frac{de(t)}{dt}\right)$$

جهت درک بهتر مطالب و نیل به اهداف بالا دانستن موارد زیر ضروری است،

- آشنایی با رفتار سیستم مرتبه سوم و تفاوت آن با سیستم مرتبه دوم
- آشنایی با عملکرد اجزای کنترل کننده PID و اثر تغییر پارامترهای کنترل کننده بر پاسخ پله سیستم
- آشنایی با نحوه تنظیم ضرایب کنترل کننده PID به روش زیگلر- نیکولز

۵-۲- آشنایی با عملکرد کنترل کننده تناسبی

در این بخش اثر کنترل کننده تناسبی را به تنهایی در مدار مشاهده می نمایید. برای داشتن بهره های تناسبی متفاوت از یک پتانسیومتر استفاده نمایید. ابتدا از صفر شروع کرده و به آرامی بهره تناسبی را افزایش دهید و پاسخ پله سیستم را مشاهده نمایید.

پرسش ۱ : تاثیر تغییرات بهره تناسبی در مشخصه حالت گذرا و حالت ماندگار (زمان خیز- زمان نشست- میزان فراجهش- خطای حالت ماندگار) چگونه است؟

.....

.....

.....

پرسش ۲ : با توجه به مشاهدات خود بگویید آیا محدودیتی در افزایش بهره تناسبی وجود دارد؟ در صورت وجود، علت و مرز این محدوده را به لحاظ تئوری و عملی مشخص نمایید.

.....

.....

.....

.....

۵- ۳- آشنایی با عملکرد کنترل کننده تناسبی- انتگرالی

برای آنکه خطای حالت ماندگار را به صفر برسانیم در حالی که سرعت سیستم را نیز نسبت به حالت بهره تناسبی چندان متاثر نسازیم، از شبکه انتگرال گیر و تناسبی استفاده می کنیم. در ابتدا کنترل کننده را با پارامترهای کنترلی : $K_p = 2, T_i = 4$ پیاده سازی کنید و **پاسخ پله** را مشاهده نمایید.

پرسش ۳ : با توجه به مشاهدات خود بگویید علت صفر شدن خطای حالت ماندگار چیست؟

.....

.....

.....

.....

پارامترهای مورد نیاز را اندازه گیری نمایید و جدولی مشابه زیر تنظیم کنید.

سیستم حلقه بسته مرتبه سوم با کنترل کننده تناسبی- انتگرالی	زمان خیز (ثانیه)		زمان نشست (ثانیه)		میزان فراجهش (درصد)		خطای حالت ماندگار	
	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی
$K_p = 2, T_i = 4$								

پرسش ۴ : پاسخ سیستم را برای **ورودی شیب** نیز مشاهده نمایید. آیا خطای ماندگار در این حالت نیز صفر می شود؟ چرا؟

.....

.....

.....

مقدار خطا را به لحاظ تئوری و عملی محاسبه نموده و با هم مقایسه نمایید.

.....

.....

.....

.....

- به منظور بررسی اثر تغییر پارامترهای کنترل کننده انتگرالی در پاسخ سیستم مقدار پارامتر T_i را یکبار به نصف و بار دیگر به دو برابر تغییر دهید، با مشاهده **پاسخ پله** و اندازه گیری پارامترهای مورد نظر اثر آن را در پاسخ حالت گذرا و حالت ماندگار سیستم بررسی و نتایج را ثبت کنید.

سیستم حلقه بسته مرتبه سوم با کنترل کننده تناسبی- انتگرالی	زمان خیز (ثانیه)		زمان نشست (ثانیه)		میزان فراجهش (درصد)		خطای حالت ماندگار	
	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی
T_i نصف								
T_i دو برابر								

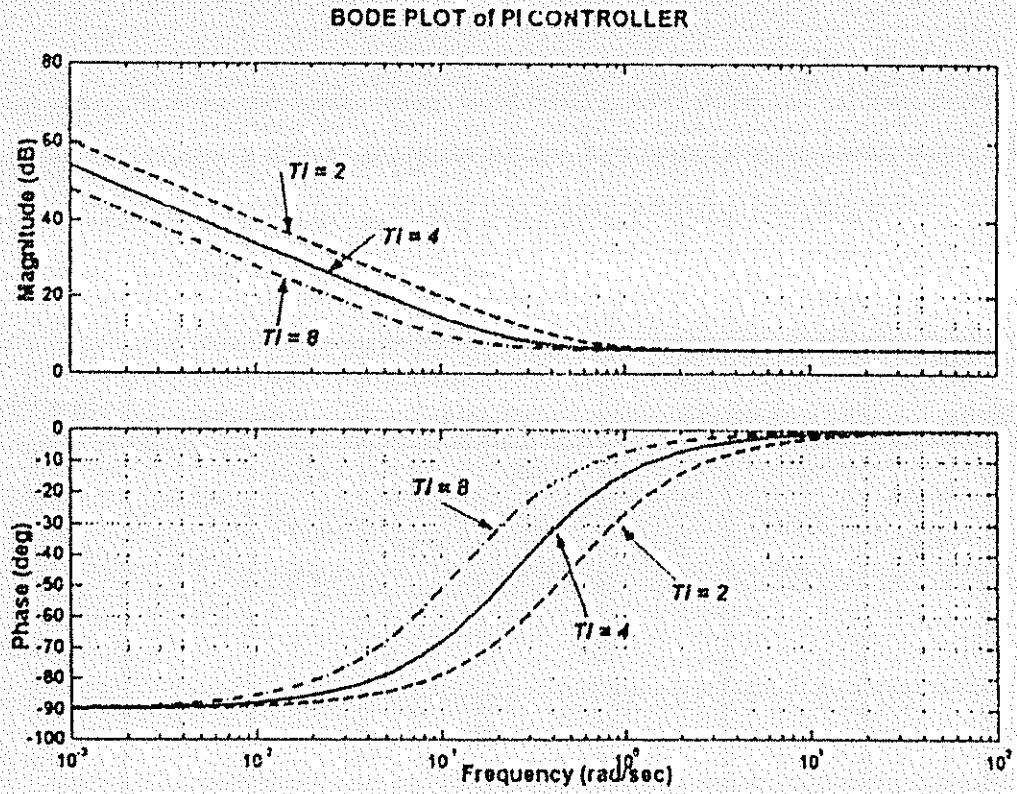
پرسش ۵ : با مقایسه نتایج مشاهدات خود بگویید. تغییر پارامتر T_i در کنترل کننده انتگرالی چه تاثیری بر **سرعت و پایداری** پاسخ سیستم دارد؟

.....

.....

.....

توجه : برای پاسخ دقیقتر به این پرسش می توانید از نمودار بود کنترل کننده تناسبی- انتگرالی کمک بگیرید و اثر تغییرات T_i را بر آن بررسی کنید. تابع تبدیل کنترل کننده عبارت است از : $K_p\left(1+\frac{1}{T_i s}\right)$



۵- ۴- آشنایی با عملکرد کنترل کننده تناسبی- مشتقگیر

به منظور افزایش سرعت پاسخ از شبکه تناسبی و مشتق گیر استفاده می نماییم. ابتدا کنترل کننده را با پارامترهای: $K_p = 4,\quad T_d = 1$ بسته و پاسخ پله را مشاهده کنید. پارامترهای مورد نیاز را اندازه گیری نمایید و جدولی مشابه زیر تنظیم کنید.

سیستم حلقه بسته مرتبه سوم با کنترل کننده تناسبی- مشتقگیر	زمان خیز (ثانیه)		زمان نشست (ثانیه)		میزان فراجهش (درصد)		خطای حالت ماندگار	
	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی
$K_p = 4,\quad T_d = 1$								

پرسش ۶: با توجه به مشاهدات خود رفتار کنترل کننده تناسبی- مشتقگیر را چگونه توجیه می کنید؟

.....

.....

.....

توجه: می توانید با مقایسه سیگنال کنترلی u و سیگنال خطا e اثر این کنترل کننده را بر حالت گذرا و حالت ماندگار سیستم بررسی کنید.

- به منظور بررسی اثر تغییر پارامترهای کنترل کننده انتگرالی مقدار پارامتر T_d را یکبار به یک دهم و بار دیگر به دو برابر تغییر دهید، با مشاهده پاسخ پله و اندازه گیری پارامترهای مورد نظر اثر آن را در پاسخ حالت گذرا و حالت ماندگار سیستم بررسی و نتایج را در جدولی مشابه زیر ثبت نمایید.

توجه : *سعی کنید β را ثابت و برابر ۱۰ نگاه دارید.*

سیستم حلقه بسته مرتبه سوم با کنترل کننده تناسبی- مشتقگیر	زمان خیز (ثانیه)		زمان نشست (ثانیه)		میزان فراجهش (درصد)		خطای حالت ماندگار	
	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی
T_d یک دهم								
T_d دو برابر								

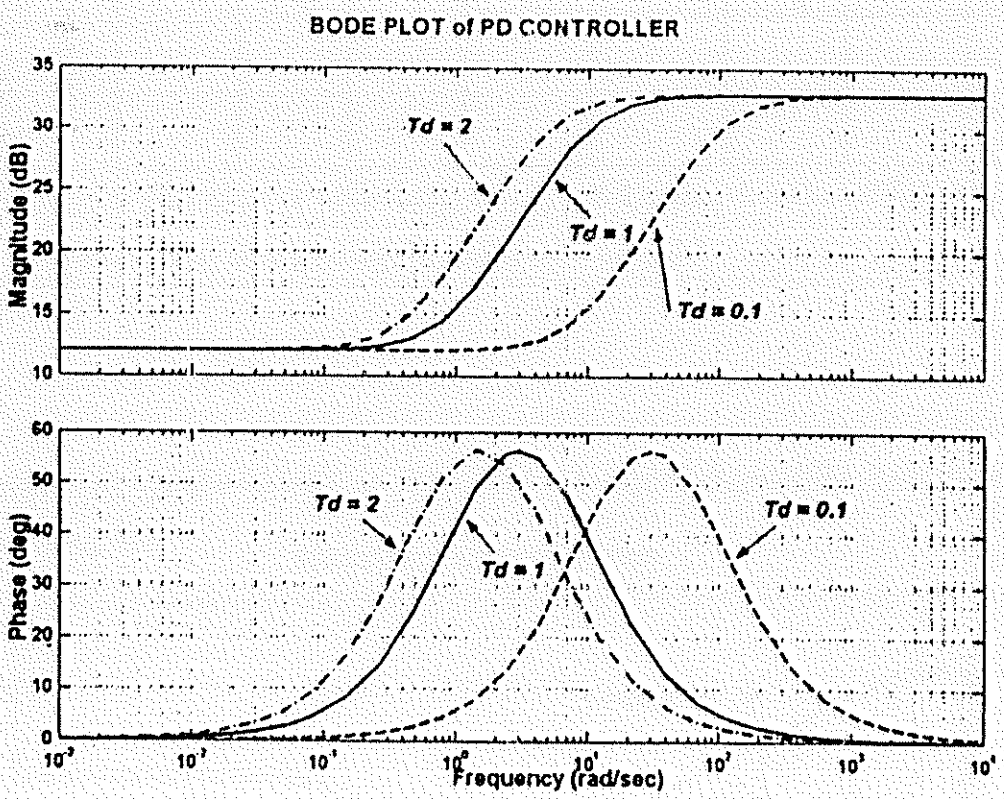
پرسش ۷ : با مقایسه نتایج مشاهدات خود بگویید تغییر پارامتر T_d در کنترل کننده مشتقگیر چه تاثیری بر **سرعت و پایداری** پاسخ سیستم دارد؟

.....

.....

.....

توجه : *برای پاسخ دقیقتر می توانید از نمودار بود کنترل کننده تناسبی- مشتقگیر کمک گرفته، اثر تغییرات* T_d *را بر آن بررسی کنید. تابع تبدیل کنترل کننده عبارت است از :* $K_p\left(1+T_d\Big/\left(\frac{T_d}{\beta}s+1\right)\right)$



پرسش ۸ : به نحوه پیاده سازی مدار مشتقگیر توجه نمایید. مقاومت R_3 به چه منظور استفاده شده است؟ مقدار پارامتر $\beta=\frac{R_D}{R_3}$ چه نقشی در کنترل کننده دارد؟

.....

.....

.....

.....

.....

توجه : *برای پاسخ می توانید از نتایج نمودار بود در پرسش ۷ بهره بگیرید.*

۵- ۵- آشنایی با عملکرد کنترل کننده تناسبی- انتگرالی - مشتقگیر

برای کاهش خطای حالت ماندگار در حالی که می خواهیم سرعت پاسخ را نیز افزایش دهیم از کنترل کننده تناسبی- انتگرالی- مشتقگیر استفاده می نماییم. در این بخش کنترل کننده را با پارامترهای: $K_p = 5,\quad T_i = 4,\quad T_d = 1$ بسته و **پاسخ پله** را مشاهده نمایید و پارامترهای لازم را در جدولی مشابه زیر تنظیم کنید.

سیستم حلقه بسته مرتبه سوم با کنترل کننده تناسبی- انتگرالی- مشتقگیر	زمان خیز (ثانیه)		زمان نشست (ثانیه)		میزان فراجهش (درصد)		خطای حالت ماندگار	
	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی
$K_p = 5,\quad T_i = 4$ $T_d = 1$								

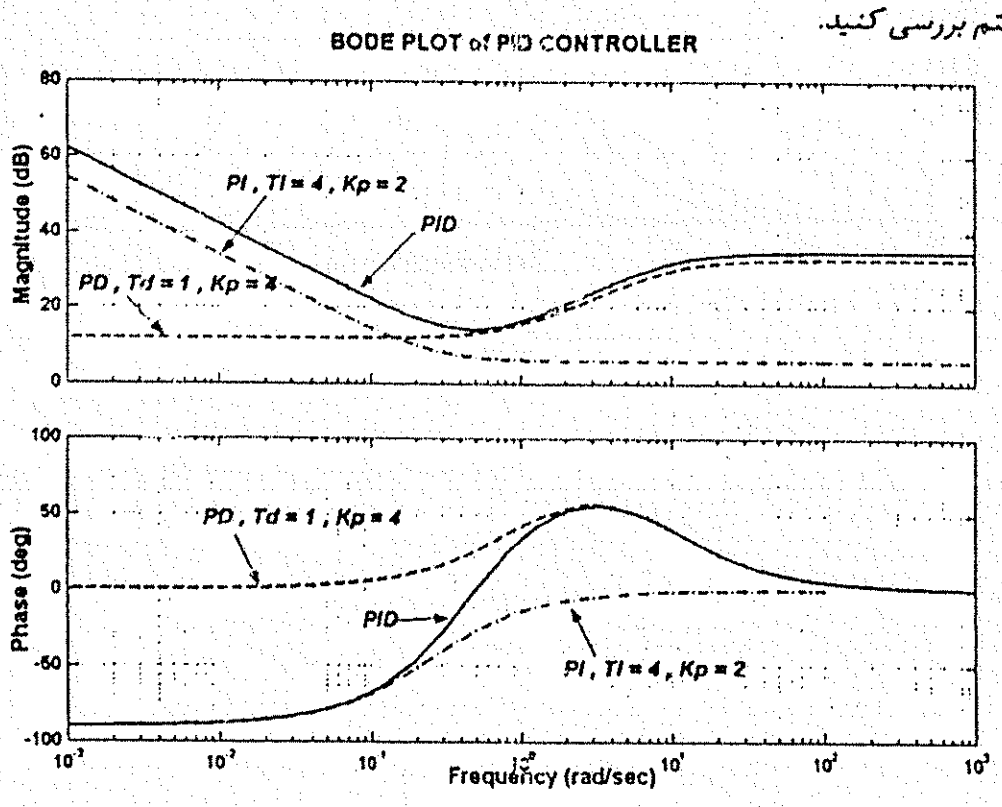
پرسش ۹ : آیا سرعت پاسخ نسبت به حالت کنترل تناسبی-انتگرالی بهتر شده است؟ آیا خطای حالت ماندگار نسبت به حالت کنترل تناسبی-مشتق گیر بهتر شده است؟ چرا ؟

.....

.....

.....

توجه : در صورت نیاز می توانید از نمودار بود کنترل کننده تناسبی-انتگرالی-مشتقگیر کمک گرفته و اثر آن را بر سیستم بررسی کنید.



۵- ۶- تنظیم کنترل کننده تناسبی- انتگرالی – مشتقگیر به روش زیگلر- نیکولز

عملاً در بسیاری از موارد امکان مدلسازی مناسب وجود ندارد، در این حالت نمی توان تابع تبدیل مشخصی ($G(s)$) برای سیستم در نظر گرفت بلکه فقط می توان برای بعضی ورودی ها خروجی را مشاهده نموده و از روی آن رفتار سیستم را تا حدودی مدل نمود. در بعضی موارد حتی این هم به صورت حلقه باز مقدور نیست بلکه می بایست در حالی که سیستم حلقه بسته در حال کار است با تغییر پارامترهای کنترلی و مشاهده خروجی، رفتار سیستم را مشاهده نمود و امکان قطع حلقه وجود ندارد. این امر موجب شد، روشهایی برای تنظیم پارامترهای کنترلی ابداع شود که در آنها تنظیم پارامترهای کنترلی صرفاً بر اساس دانش مختصری که از سیستم می توان کسب نمود، انجام می شود. یکی از کاربردی ترین روشها، ایده ای است که توسط زیگلر و نیکولز ارائه شد که بر اساس فرضیات و محاسبات نسبتاً دقیقی صورت پذیرفت و نهایتاً منجر به جدول تنظیم معروفی شد که در زیر می آید.

- در این روش ابتدا با افزایش بهره تناسبی تنها، سیستم حلقه بسته را به مرز ناپایداری برده و بهره تناسبی در این حالت (K_U) و دوره تناوب نوسانات (T_U) را به دست می آورید.

K_U بهره آستانه ناپایداری	.....
T_U دوره تناوب نوسانات	.....

سپس با استفاده از این مقادیر و با توجه به روابط زیر پارامترهای کنترل کننده را به دست آورده و با انتخاب المان های مناسب پیاده سازی نمایید.

$$K_p = 0.6K_U, \qquad T_i = 0.5T_U, \qquad T_d = 0.125T_U$$

.....

.....

.....

- حال پاسخ پله سیستم را مشاهده نموده و پارامترهای لازم را اندازه گیری نمایید و جدولی مطابق زیر تنظیم کنید.

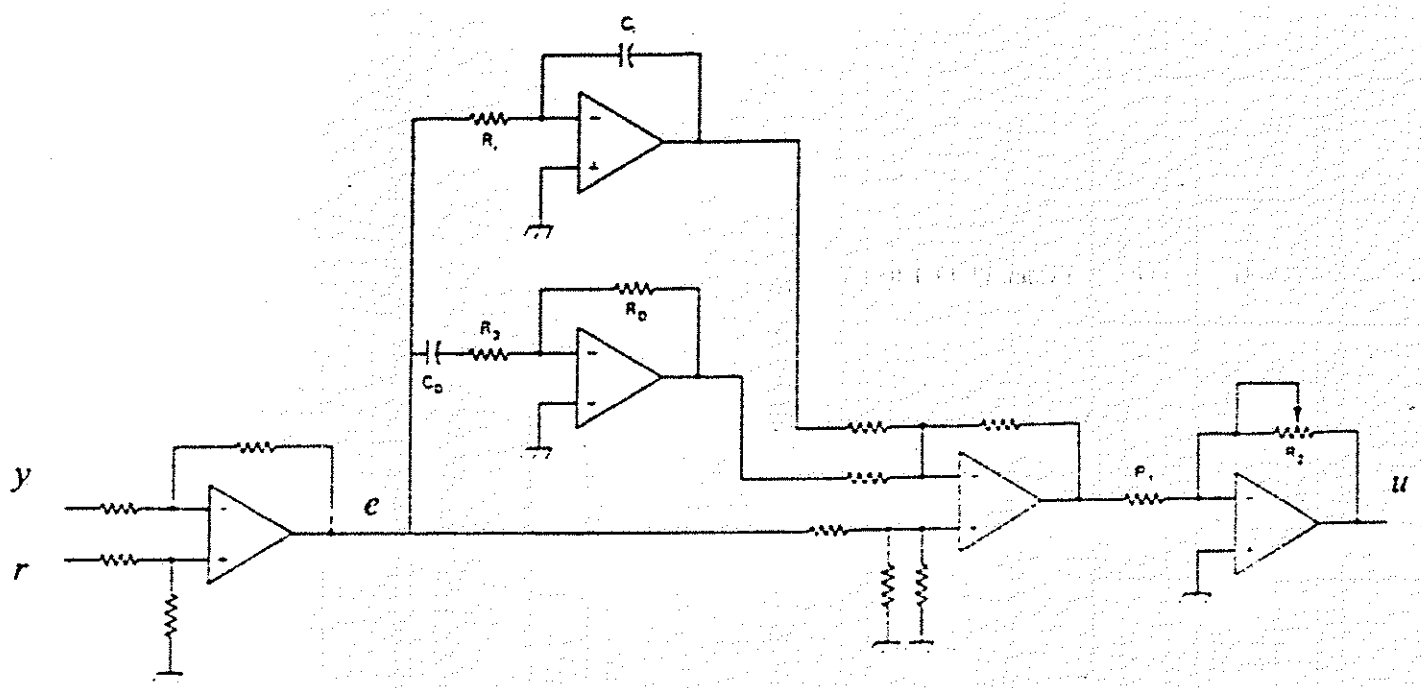
سیستم حلقه بسته مرتبه سوم با کنترل کننده تناسبی- انتگرالی- مشتقگیر	زمان خیز (ثانیه)		زمان نشست (ثانیه)		میزان فراجهش (درصد)		خطای حالت ماندگار	
	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی	محاسبه تئوری	اندازه گیری عملی
پارامترهای روش زیگلر-نیکولز								

پرسش ۲۰ : با توجه به اندازه گیری های خود نتایج را با بخش ۵-۵ مقایسه نمایید. کدام بهینه تر است؟

.....

.....

شکل مدار کنترل کننده تناسبی- انتگرالی- مشتقگیر (ساختار جمعی)



مدار بالا برای تحقق کنترل کننده PID به صورت جمعی مناسب است:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p\left(1+\frac{1}{T_i s}+\frac{T_d s}{\frac{T_d}{\beta}s+1}\right)$$

که در آن:

$$K_p=\frac{R_2}{R_1},\qquad T_i=R_iC_i,\qquad T_D=R_DC_D,\qquad \beta=\frac{R_D}{R_3}$$

برای مراحل مختلف آزمایش مقادیر عناصر مدار به شرح زیر خواهد بود:

کنترل کننده PI: $C_i=1\mu F+1\mu F$, $R_i=1M\Omega+1M\Omega$, $R_1=100k\Omega$, $R_2=100k\Omega+100k\Omega$,

کنترل کننده PD: $R_3=100k\Omega$, $C_D=1\mu F$, $R_D=1M\Omega$, $R_1=100k\Omega/2$, $R_2=100k\Omega+100k\Omega$,

کنترل کننده PID: $R_3=100k\Omega$, $C_D=1\mu F$, $R_D=1M\Omega$, $C_i=1\mu F+1\mu F$, $R_i=1M\Omega+1M\Omega$, $R_1=100k\Omega$, $R_2=1M\Omega/2$,

نکته: مقدار تمامی مقاومتهایی که اندازه آنها ذکر نشده $100k\Omega$ است.

آزمایش ششم: شناسایی و کنترل فرایند حرارتی

۶-۱-مقدمه

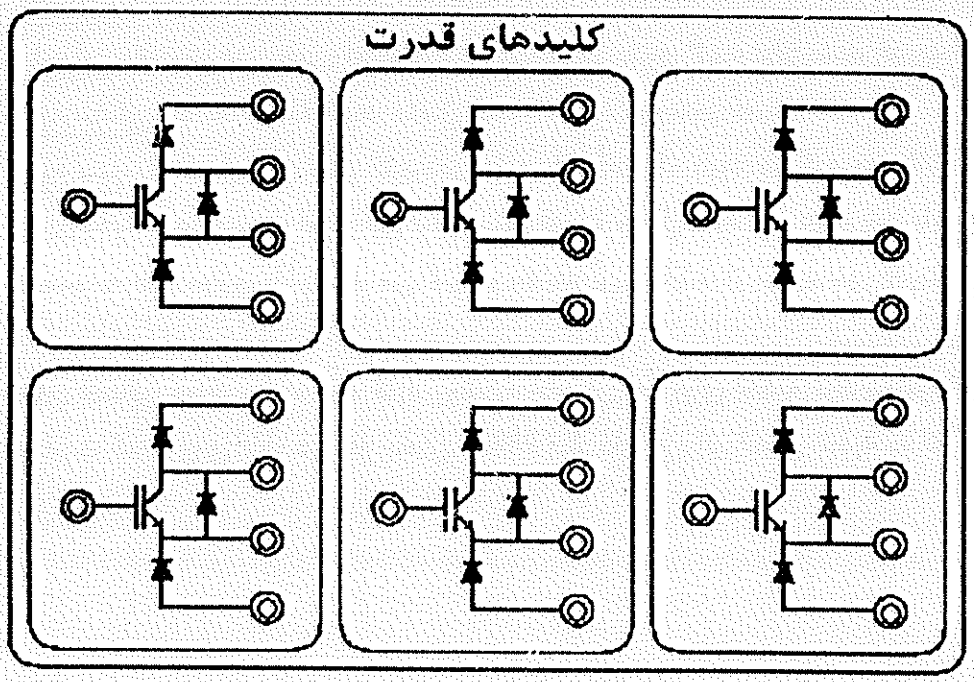
در این بخش با سیستم حرارتی که در اختیار شما قرار گرفته آشنا شده و به شناسایی و کنترل این فرایند می پردازیم. این سیستم از چهار بخش اصلی تشکیل شده است که با کمک این مجموعه می توانید با به کارگیری کنترل کننده هایی که در آزمایشهای قبل طراحی و پیاده سازی نموده اید، دمای فرایند حرارتی را در میزان دلخواه تنظیم نموده و سرعت سیستم را تا حد امکان افزایش دهید. با توجه به اینکه بر خلاف قبل در اینجا مدل دقیقی از فرایند در دست نداریم، ناچاریم در ابتدا به شناسایی آن بپردازیم. پس از آشنایی با بخشهایی که در زیر معرفی خواهند شد، اتصالات لازم را بسته و قبل از روشن نمودن منابع تغذیه مدار را به مربی خود نشان دهید.

۶-۲-۱- منبع تغذیه

این بخش از سیستم، تغذیه مورد نیاز برای سایر قسمتها را فراهم می آورد، که دارای کلید روشن- خاموش و فیوز منبع تغذیه می باشد. اتصالات منبع تغذیه بطور داخلی وصل بوده و نیازی به اتصال خارجی ندارد.

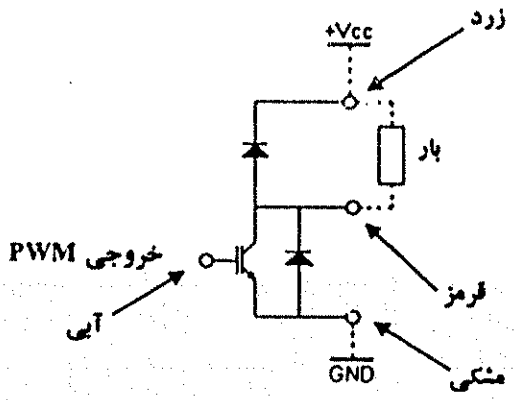
۶-۲-۲- کلید الکترونیکی (ترانزیستور قدرت IGBT[1])

در این بخش شش عدد ترانزیستور قدرت بر روی تابلو وجود دارد که از آنها می توان به عنوان کلیدهای قطع و وصل برای راه اندازی بارهای مختلف استفاده کرد



[1] Insulated Gate Bipolar Transistor

در این آزمایش با استفاده از یکی از کلیدهای قدرت برای تنظیم جریان گذرانده از سامانه حرارتی که دمای مورد نظر را زیاد یا کم می کند استفاده خواهیم کرد. برای استفاده از این کلید جهت راه اندازی بار، باید مداری مطابق شکل زیر بسته شود:



هر یک از ترانزیستورهای قدرت دارای پنج پایه به رنگهای (۱-(زرد) ، ۲-(قرمز) ، ۳-(آبی) ۴-(مشکی) ، ۵-(سبز)) می باشند، که شرح پایه ها به صورت زیر است:

۱- پایه زرد، که به Vcc+ قدرت وصل می شود، پایه کاتد یک دیود هرزگرد است. درصورتیکه باری به شکل بالا به این ترانزیستور متصل شود این دیود بین پایه های زرد و قرمز، موازی با آن قرار می گیرد و وظیفه آن حفاظت از ترانزیستور قدرت می باشد.
۲- پایه قرمز، کلکتور ترانزیستور قدرت است.
۳- پایه آبی، که خروجی بخش PWM به آن متصل می شود، گیت ترانزیستور قدرت است.
۴- پایه مشکی، که به GND قدرت متصل شده، امیتر ترانزیستور قدرت است.
۵- پایه سبز، که در این آزمایش کاربردی ندارد پایه آند یک دیود هرزگرد می باشد. درصورتیکه باری بخواهد در قسمت امیتر این ترانزیستور قدرت متصل شود این دیود بین پایه های مشکی و سبز به طور موازی با آن قرار می گیرد و وظیفه آن حفاظت از ترانزیستور قدرت می باشد.

علاوه بر پایه های اتصالی معرفی شده یک کلید روشن- خاموش هم برای تغذیه ترانزیستورهای قدرت در نظر گرفته شده است که بر روی تابلو در کنار بخش PWM قرار دارد و برای اتصال تغذیه به کلیدهای قدرت باید آن را روشن نمود.

۶-۲-۳- مولد سیگنال PWM[۲]

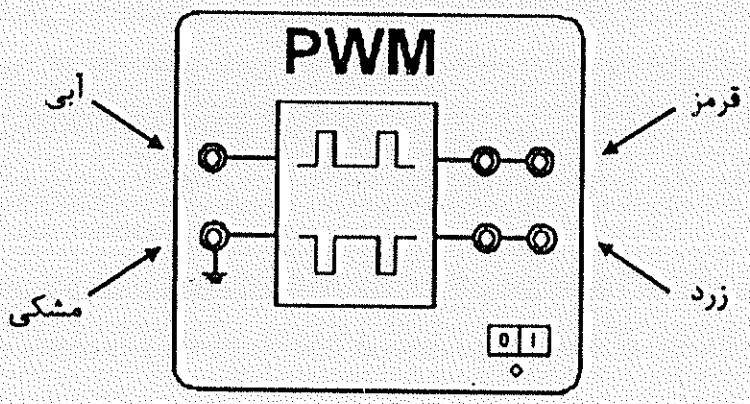
بخش PWM در حقیقت برای راه اندازی و کلید زنی ترانزیستور قدرت بکار می رود و دارای دو پایه ورودی (۱-(آبی) ، ۲-(مشکی)) در سمت چپ و چهار پایه خروجی (۳، ۴-(قرمز) ، ۵، ۶-(زرد)) در سمت راست می باشد. شرح این پایه ها به شکل زیر است،

۱- پایه آبی، که مقدار ولتاژ سیگنال ورودی سیستم به آن اعمال می شود.

۲- پایه مشکی، که به GND سیگنال متصل می گردد.

۳ و ۴ – پایه های قرمز، پالس خروجی ایجاد شده توسط PWM می باشد.

۵ و ۶- پایه های زرد، مقدار NOT پایه های ۳ و ۴ می باشد.



طرز کار بخش PWM به این ترتیب است که، خروجی PWM یک موج مربعی است و تغییر ولتاژ ورودی که از پایه آبی اعمال می شود می تواند پهنای پالس خروجی را تغییر دهد. به نحوی که اگر ورودی صفر اعمال شود زمان وظیفه[۱] برابر ۵۰٪ خواهد بود، اگر ورودی ۱۰V+ اعمال شود برابر ۱۰۰٪ بوده و اگر ورودی ۱۰V- باشد برابر صفر خواهد بود. می دانیم که هرچه پهنای پالس موج مربعی خروجی PWM بیشتر باشد، ترانزیستور قدرت بیشتر هدایت کرده و ولتاژ و توان متوسط بیشتری به بار منتقل می شود. در این آزمایش این امر موجب خواهد شد، از المنت گرم کننده جریان بیشتری عبور کرده و دمای سیستم حرارتی بیشتر شود.

۶-۲-۴- فرایند حرارتی

این بخش تشکیل شده است از:

- سیستم گرمایشی پیاده سازی شده با سیم المنت حرارتی که در روی تابلو قرار دارد،
- سیستم سرمایشی که به صورت مداوم کار می کند،
- حسگر دما به همراه مدارهای اندازه گیری و سیگنال خروجی،
- مدارهای حفاظتی مورد نیاز.

---

[۱] Duty Cycle [۲] Pulse Width Modulation

دمای سیم با عبور جریان از آن افزایش می یابد و مقدار آن توسط یک حسگر، اندازه گیری می گردد. این حسگر به ازای هر یک درجه سانتیگراد دما، ۰،۱ ولت خروجی نشان می دهد. علاوه بر این در داخل این جعبه یک رله وجود دارد که به محض اینکه دمای المنت به حدود ۸۵ درجه برسد، این رله عمل کرده و از افزایش دما جلوگیری می کند. این بخش دارای دو پایه ورودی (۱، ۲-(سبز)) در سمت چپ و دو پایه خروجی (۳-(قرمز) و ۴-(مشکی)) در سمت راست است.

۱و۲- پایه های سبز، در واقع دو سر المنت گرمایشی هستند که در مدار ترانزیستور قدرت به عنوان بار استفاده می شوند.

۳ – پایه قرمز، که خروجی دما می باشد.

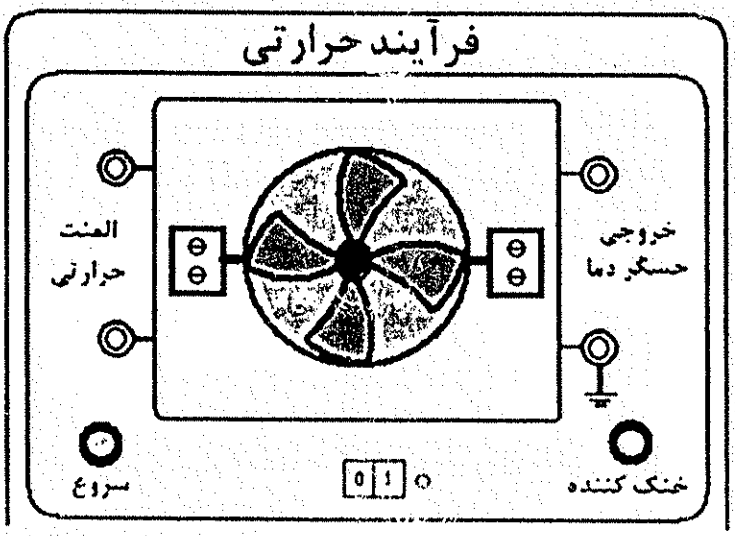
۴ – پایه مشکی، که پالس GND سیگنال خروجی می باشد.

علاوه بر این پایه های اتصالی سه کلید هم برای این بخش در نظر گرفته شده است که به شرح زیر می باشد،

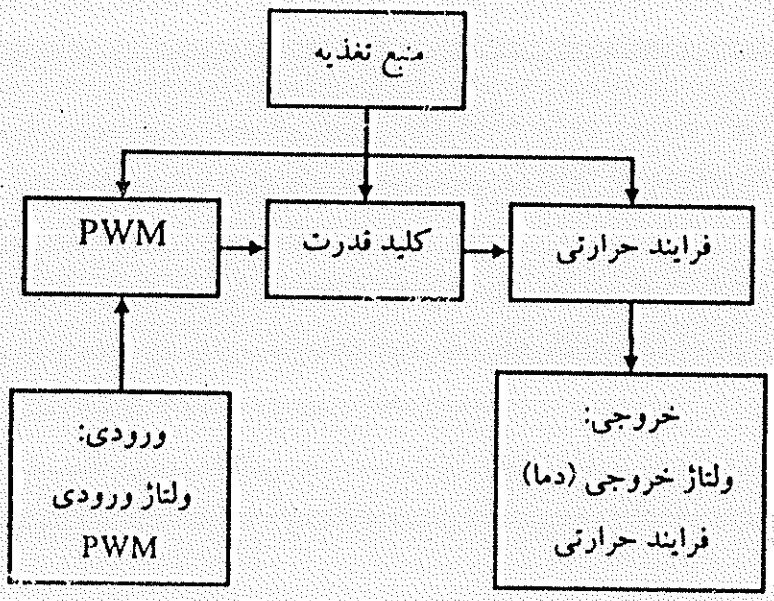
۱- کلید تغذیه، که یک کلید روشن- خاموش می باشد و با روشن کردن آن ولتاژهای تغذیه به مدار بخش فرآیند حرارتی وصل می شود.

۲- کلید خنک کننده، که یک کلید روشن- خاموش می باشد و برای روشن نمودن قسمت سرمایشی مدار استفاده می شود.

۳- کلید شروع، که یک سوئیچ برای اتصال رله حفاظتی می باشد، که در صورت عمل کردن رله حفاظتی و یا قطع ولتاژ تغذیه، رله قطع می شود و برای شروع کار باید مجدداً فشرده شود.



نمودار بلوکی کل سیستم حرارتی و نحوه ارتباط چهار بخش معرفی شده به صورت زیر است:



۶-۳- شناسایی فرایند حرارتی

همانطور که پیشتر گفته شد، هدف از این آزمایش کنترل دمای فرایند حرارتی است. برای انجام این کار ابتدا باید سیستم شناسایی و مدلسازی شود. برای این منظور دو مرحله شناسایی را در نظر می گیریم:

۶-۳-۱- شناسایی استاتیکی: در این روش که هدف شناسایی حالت ماندگار سیستم می باشد، باید یک ورودی ثابت با مقادیر مختلف اعمال کرده و مقدار ماندگار خروجی را ببینید، این امر موجب خواهد شد تا ناحیه مناسبی برای ورودی پله لازم برای شناسایی تعیین نمایید. برای ثبت نتایج خود جدولی مشابه زیر تنظیم نمایید.

پیشنهاد: با توجه به اینکه در این سیستم محدوده ورودی سیستم ۱۰- تا ۱۰+ ولت است، می توانید کل این بازه را به ده قسمت تقسیم نموده و با اختلاف ۲ ولت ورودی اعمال نمایید.

دمای خروجی (درجه)	ولتاژ خروجی (ولت)	ولتاژ ورودی (ولت)
.....	.....	.....

پرسش ۱: آیا با توجه به نتایج دیده شده می توانید بگوئید که سیستم خطی یا غیر خطی است؟

.....

.....

.....

۶-۳-۲- **شناسایی دینامیکی:** در شناسایی دینامیکی، **ورودی پله** مناسبی به سیستم اعمال کرده و پارامترهای مدل را شناسایی نمایید. در اینجا می خواهیم سیستم را بوسیله یک تابع تبدیل درجه اول با تاخیر $\frac{ke^{-T_D s}}{\tau s+1}$ مدلسازی کنیم. برای این کار یک سیگنال پله به سیستم اعمال می نماییم و مقدار k و τ و T_D را از روی پاسخ زمانی سیستم به دست می آوریم. برای اینکه بدانیم سیستم مورد بررسی تا چه اندازه غیر خطی می باشد، این آزمایش را با ورودیهای مناسب دیگر در نقاط کار مختلف تکرار نمایید و نتایج را مقایسه نمایید و جدولی همانند زیر تنظیم نمایید.

نکته۱ : از آنجاییکه در این سیستم فرایند خنک شدن المنت حرارتی تحت کنترل نمی باشد، لذا در شناسایی دینامیکی ورودی های پله را از سطح ولتاژ کمتر به سطح ولتاژ بیشتر اعمال نمایید تا شناسایی در جهت افزایش دمای المنت صورت گیرد نه در جهت کاهش دما.

نکته۲ : در انتخاب محدوده ورودی اعمالی بهتر است ابتدا ورودی پله را به نحوی اعمال نمایید که کل محدوده کار را در بر گیرد (از ۱۰- به ۱۰+ ولت) و سپس چند ورودی دیگر در بازه های کوچکتر در نظر بگیرید.

محدوده ورودی انتخاب شده	بهره (k)	ثابت زمانی (τ)	تاخیر (T_D)	تابع تبدیل
.....	.....	.....	.....	.....

حال با توجه به شناسایی های انجام شده یک تابع تبدیل کلی برای این سیستم بدست آورید.

.....

.....

۶-۴- کنترل فرآیند حرارتی

در این مرحله پس از شناسایی سیستم در مرحله قبل، سعی نمایید تا کنترل کننده مناسبی جهت رسیدن به دمای مطلوب طراحی نمایید.

پرسش ۲ : با توجه به شناسایی انجام شده و تابع تبدیل بدست آمده در مرحله قبل به نظر شما عمده مشکل این سیستم چیست؟ برای رفع آن چه کنترل کننده ای پیشنهاد می کنید؟

.....

.....

.....

پرسش ۳ : پارامترهای کنترل کننده انتخابی خود را بر چه اساسی تنظیم می نمایید؟

.....

.....

نکته : جهت سهولت در طراحی کنترل کننده می توانید ابتدا از یک کنترل کننده ساده تناسبی شروع نموده و در صورتی که لازم دیدید بخش انتگرالگیر و مشتق گیر نیز به آن اضافه نمایید.

آزمایش هفتم : شناسایی و کنترل سیستم سرو موتور DC

۷-۱- مقدمه

در این بخش با سیستم سرو موتور DC که در اختیار شما قرار گرفته آشنا شده و به شناسایی این فرایند می پردازیم. این سیستم از چهار بخش اصلی تشکیل شده است که با کمک این مجموعه شما قادر خواهید بود با به کارگیری کنترل کننده هایی که در آزمایشهای قبل طراحی و پیاده سازی نموده اید، سرعت سرو موتور DC را در حد دلخواه تنظیم نموده و موقعیت زاویه ای محور آن را تا حد امکان کنترل نمایید. با توجه به اینکه در اینجا مدل دقیقی از سیستم در دست نداریم، ناچاریم در ابتدا به شناسایی آن بپردازیم. پس از آشنایی با بخشهای مختلف مجموعه، اتصالات لازم را بسته و قبل از روشن نمودن منابع تغذیه مدار را به مربی خود نشان دهید.

۷-۲-۱- بخش سرو موتور DC

مجموعه سرو موتور شامل بخشهای زیر است:

۱- موتور جریان مستقیم (DC)، که پایانه های آن در اختیار قرار داده شده و با اعمال ولتاژ به این پایانه ها می توان سرعت و مکان محور موتور را کنترل نمود.

۲- تاکومتر، که در واقع حسگر سرعت موتور بوده و ولتاژی متناسب با سرعت موتور(۱۷/۵۰۰rpm) در پایانه های آن تشکیل می شود که از آن می توان به عنوان سیگنال بازخور استفاده نمود.

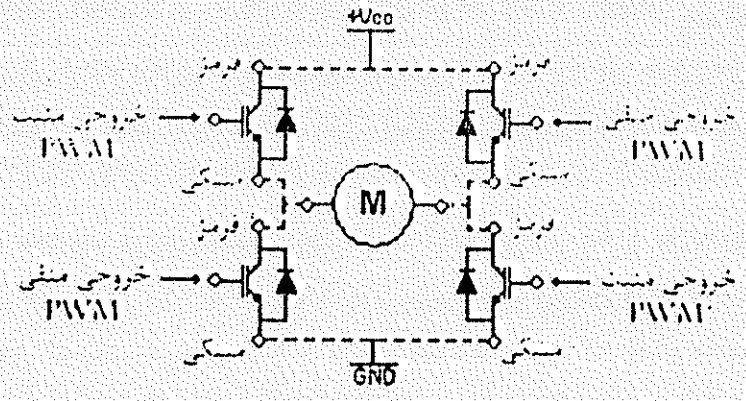
۳- پایه های نگه دارنده، که سامانه مناسب جهت اتصال بخشهای بالا را فراهم می آورد.

۷-۲-۲- بخش منبع تغذیه، ترانزیستورهای قدرت (IGBT) و مولد سیگنال PWM

عملکرد این سه بخش در شرح آزمایش ششم به تفصیل آورده شده است.

۷-۲-۳- راه اندازی سرو موتور DC

برای راه اندازی سرو موتور DC لازم است تا مداری مطابق شکل زیر بسته شود:



مطابق این مدار با اعمال ولتاژ Vcc+ به مدار، بسته به عرض پالسی که توسط PWM ایجاد می شود موتور به یک سمت می چرخد. اگر انرژی که همان سطح زیر پالس است در یک جهت بیشتر باشد موتور در آن جهت می چرخد و حالت دیگر به عنوان ترمز برای موتور به حساب می آید و سرعت آن را کمتر می کند، اما جهتش را تغییر نمی دهد، زیرا موتور به علت لختی قابلیت تغییر جهت سریع را ندارد.

۷-۳- شناسایی سیستم

ابتدا برای آنکه با کارکرد سیستم آشنا شوید لازم است آنرا شناسایی کنید. همانند آزمایش ششم در اینجا نیز فرایند شناسایی شامل دو بخش شناسایی استاتیک و دینامیک خواهد بود.

۷-۳-۱- شناسایی استاتیک: در این روش ابتدا سرعت نهایی موتور به ازاء ورودیهای مختلف را مشاهده نموده و جدولی مشابه زیر تنظیم نمایید.

پیشنهاد: *با توجه به اینکه در این سیستم محدوده ورودی سیستم ۱۰- تا ۱۰+ ولت است، می توانید کل این بازه را به ده قسمت تقسیم نموده و با اختلاف ۲ ولت ورودی اعمال نمایید.*

سرعت خروجی (rpm)	ولتاژ خروجی (ولت)	ولتاژ ورودی (ولت)
.....	.....	.....

پرسش ۱ : با توجه به نتایج شناسایی استاتیکی آیا برای به حرکت در آوردن محور موتور محدودیتی وجود دارد؟ چرا؟ این محدودیت در چه مواردی می تواند مشکل ساز باشد؟

.....

.....

.....

۷-۳-۲- شناسایی دینامیکی : در این مرحله نیز همانند آزمایش ششم به بررسی پاسخ پله سیستم می پردازید و با محاسبه مقدار k و τ یک تابع تبدیل درجه یک به صورت: $\frac{k}{\tau s+1}$ برای سیستم به دست آورید. در اینجا هم برای اینکه بدانیم سیستم مورد بررسی تا چه اندازه غیر خطی می باشد، این آزمایش را با ورودیهای مناسب دیگر در نقاط کار مختلف تکرار نمایید و نتایج را مقایسه نمایید و جدولی همانند زیر تنظیم نمایید.

توجه: *: در انتخاب محدوده ورودی اعمالی بهتر است ابتدا ورودی پله را به نحوی اعمال نمایید که کل محدوده کار را در بر گیرد (از ۱۰- به ۱۰+ ولت) و سپس چند ورودی دیگر در بازه های کوچکتر در نظر بگیرید. برای بازه های کوچکتر ورودی ها را به نحوی انتخاب نمایید که یکبار محور موتور فقط راستگرد و یکبار فقط چپگرد بچرخد. دقت کنید تا سیگنال ورودی در محدوده ناحیه مرده قرار نگیرد.*

دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه

"دستورکار آزمایشگاه تکنیک پالس"

استاد: مهندس علیزاده

قبل از انجام آزمایشها توجه دانشجویان به نکات زیر جلب می‌گردد:

۱-طراحی‌های مربوط به هر آزمایش را قبل از آزمایشگاه در منزل آماده نمائید.

۲-درمورد گزارشها:

الف- مهلت دریافت گزارش هر آزمایش، یک هفته بعد از اتمام آن آزمایش می‌باشد.

ب- برای هر گروه، از هر آزمایش یک گزارش کافی است. روی گزارش اسم افراد گروه را ذکر ونویسنده را نیز مشخص نمائید.

۳- غیبت، تاخیر، ترک آزمایشگاه بدون اطلاع و تاخیر در تحویل گزارشها در نمرهٔ نهایی اثر منفی خواهدداشت.

٤- نمرهٔ نهایی براساس:

- رعایت نظم در آزمایشگاه
- کیفیت انجام آزمایشات
- کیفیت گزارشات
- و امتحان پایان‌ترم

تعیین خواهد شد.

فهرست دستورکار آزمایشگاه تکنیک پالس:

آزمایش اول : مدارهای RC و پاسخ زمانی ترانزیستور

آزمایش دوم : بررسی مدار امیتر مشترک و کلکتور مشترک با بار خازنی

آزمایش سوم : مولتی‌ویبراتور بی‌استابل

آزمایش چهارم : مولتی‌ویبراتور مونواستابل

آزمایش پنجم : مولتی‌ویبراتور آستابل

آزمایش ششم : اشمیت تریگر

آزمایش هفتم : آشنایی با کاربردهای تایمر ۵۵۵

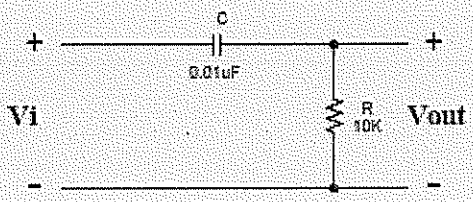
آزمایش هشتم : کاربرد تقویت‌کننده‌های عملیاتی در پالس

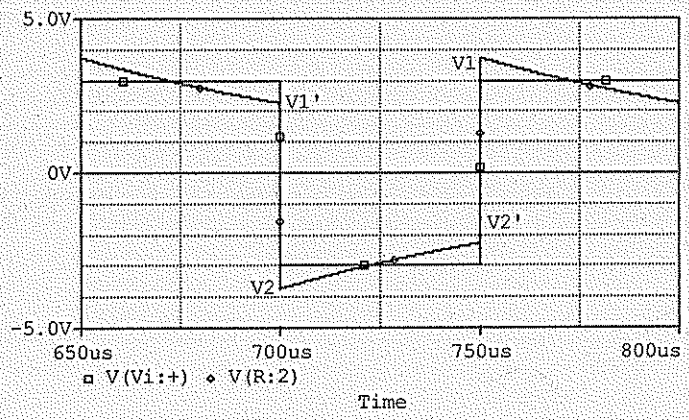
آزمایش اول :

مدارهای RC و پاسخ زمانی ترانزیستور

۱- بررسی مدار RC بالاگذر

الف- به ورودی مدار شکل(۱-۱) موج مربعی با فرکانس 10KHz و دامنهٔ $\pm 3V$ اعمال کرده و شکل موج ورودی و خروجی را همزمان با اسیلوسکوپ مشاهده کرده و با حفظ رابطهٔ زمانی و اندازه‌گیریهای لازم آنها را رسم کنید. مقادیر V_1 ، V_1' ، V_2 و V_2' را یادداشت نمائید.



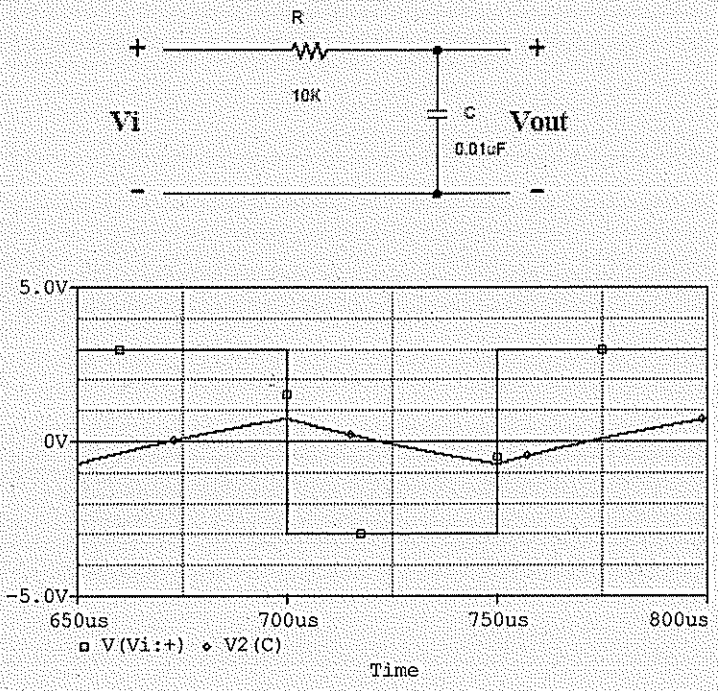


شکل(۱-۱)

ب- آزمایش (الف) را با فرکانس 1KHz تکرار کنید.

۲- بررسی مدار RC پائین‌گذر

الف- به ورودی مدار شکل(۲-۱) موج مربعی با فرکانس 10KHz و دامنهٔ $\pm 1V$ اعمال کرده و شکل موج ورودی و خروجی را همزمان با اسیلوسکوپ مشاهده کرده و با اندازه‌گیریهای لازم آنها را رسم کنید.



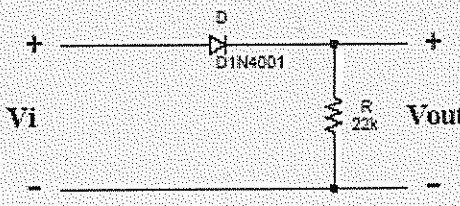
شکل(۲-۱)

ب- آزمایش قبل را با فرکانس 1KHz تکرار کنید.

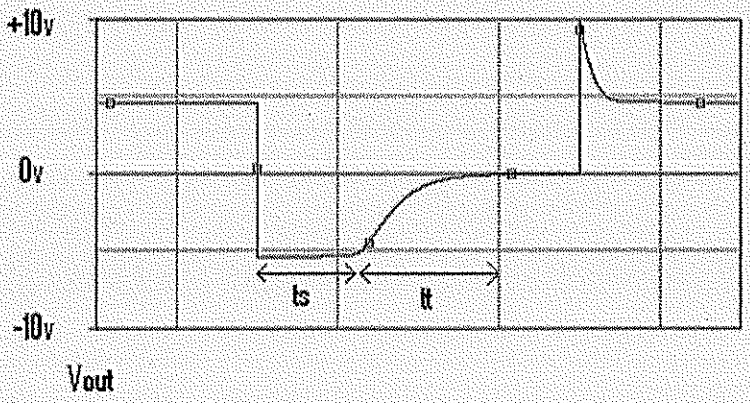
۳- بررسی مشخصهٔ زمانی دیود

الف- مدار شکل(۳-۱) را بسته و به ورودی آن یک موج مربعی با فرکانس 10KHz و دامنهٔ $\pm 5V$ اعمال کنید. شکل موج ورودی و خروجی را همزمان مشاهده کرده و بدقت رسم کنید. مقادیر t_s و t_t را روی شکل مشخص نمائید.

ب- خازن 100pf را یکبار موازی مقاومت $22K\Omega$ و یکبار دیگر موازی دیود قرار داده و اثر آنرا روی t_s و t_t ملاحظه و یادداشت نمائید.



شکل(۳-۱)

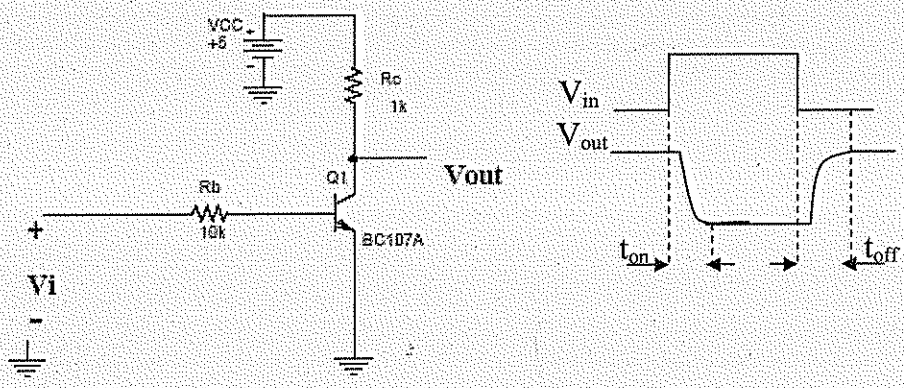


شکل(٤-١)

٤- بررسی مشخصهٔ زمانی ترانزیستور

الف- مدار شکل(٥-١) را بسته و به ورودی آن یک موج مربعی با فرکانس 10KHz و دامنهٔ $\pm 5V$ اعمال کنید. شکل موج ورودی و خروجی را همزمان مشاهده کرده و بدقت رسم کنید. مقادیر t_{ON} و t_{OFF} را اندازه‌گیری نمائید.

ب- خازن 100pf را موازی مقاومت $10K\Omega$ قرار داده و اثر آنرا روی t_{ON} و t_{OFF} ملاحظه و یادداشت نمائید.



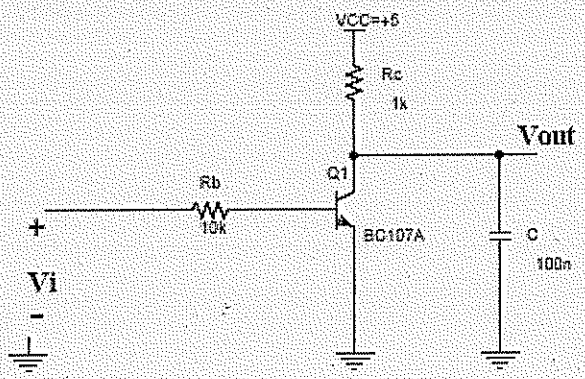
شکل(٥-١)

آزمایش دوم :

بررسی مدار امیتر مشترک و کلکتور مشترک با بار خازنی

۱- امیتر مشترک با بار خازنی

مدار شکل(۱-۲) را بسته و به ورودی آن یک موج مربعی با فرکانس 1KHz و دامنهٔ $\pm 5V$ اعمال کنید. شکل موج ورودی و خروجی را همزمان مشاهده کرده و زمان صعود و زمان نزول را اندازه‌گیری کنید.زمان صعود تقریبا مدت زمانی است که طول می‌کشد تا خروجی از $V_{CE}(sat)$ به V_{CC} برسد و زمان نزول نیز مدت زمانی است که طول می‌کشد تا خروجی از V_{CC} به $V_{CE}(sat)$ برسد.



شکل(۱-۲)

با توجه به مقادیر المانها در مدار فوق با تقریب خوبی می‌توان زمان نزول را از رابطهٔ زیر بدست آورد.(اثبات شود)

$$t_f = \frac{C}{I}(V_{CC} - V_{CE}(sat))$$

$$I = \beta \frac{V_{i,m} - V_{BE}}{R_B}$$

تاثیر R_C بر زمان صعود بیشتر است یا نزول؟ چرا؟

حال با تغییر فرکانس سیگنال ورودی، شکل موج خروجی را به ازای فرکانس 10KHz رسم نمائید.

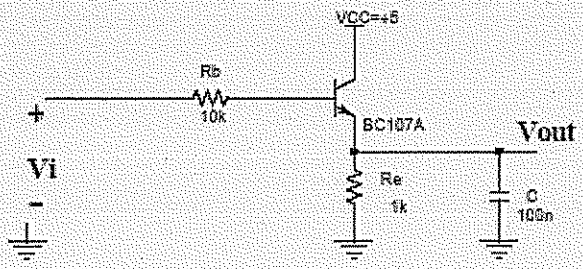
۲- کلکتور مشترک با بار خازنی

مدار شکل(۲-۲) را بسته و به ورودی آن یک موج مربعی با فرکانس 1KHz و دامنهٔ $\pm 5V$ اعمال کرده و شکل موج خروجی را همزمان با شکل موج ورودی بدقت رسم کنید. زمان صعود و زمان نزول این مدار را با مدار قبل مقایسه کنید. نشان دهید که:

$$t_r = 5R'C$$

$$t_f = 5R_E C$$

$$R' = R_E \left\| \frac{R_B + h_{ie}}{\beta + 1} \right.$$

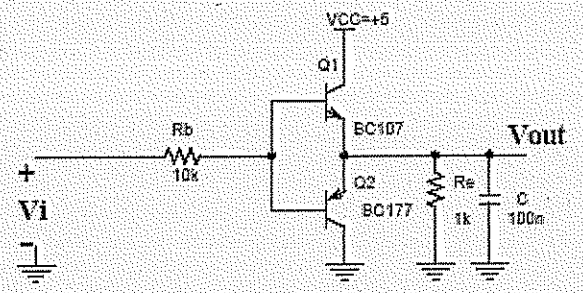


شکل(۲-۲)

۳- پوشپول با بار خازنی

دو مدار قبل فقط قادرند یکی از دو زمان صعود و یا نزول را کاهش دهند. جهت کاهش هر دو زمان می‌توان از مدار شکل(۳-۲) استفاده نمود.

مدار زیر را بسته و با اعمال یک موج مربعی با فرکانس 1KHz و دامنهٔ $\pm 5V$ ، زمان صعود و نزول را اندازه‌گیری نمائید.



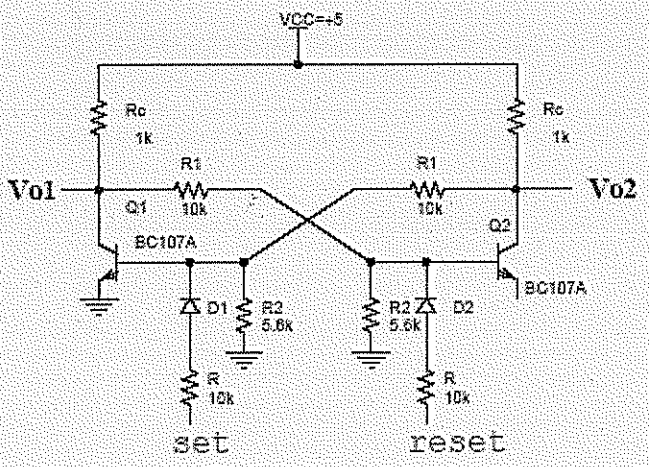
شکل(۳-۲)

آزمایش سوم :

مولتی‌ویبراتور بی‌استابل

۱- RS flip-flop

مداری مطابق شکل(۱-۳) را ببندید.جهت ست و ری‌ست کردن فلیپ‌فلاپ می‌توانید ورودی مربوطه را برای یک لحظهٔ کوتاه به $5V+$ وصل کرده و دوباره آنرا زمین کنید در این حالت ورودی دیگر باید به زمین وصل شده باشد.



شکل(۱-۳)

ابتدا ورودی ست را فعال کرده و بعد ورودی ری‌ست را فعال کنید. ولتاژ بیس و کلکتور ترانزیستورها را در دو حالت پایدار اندازه‌گیری کرده و در جدول زیر یادداشت کنید.

حالت پایدار	Q_1		Q_2		وضعیت	
	V_B	V_C	V_B	V_C	Q_1	Q_2
I						
II						

علت استفاده از مقاومت R_2 را توضیح دهید. افزایش یا کاهش این مقاومت چه اثری در مدار می‌تواند داشته باشد؟

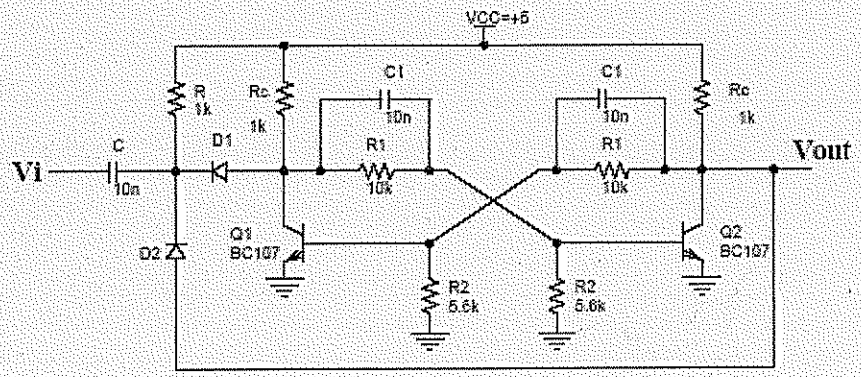
با متصل کردن ورودیهای ست و ری‌ست بهم و اعمال یک سیگنال مربعی با دامنهٔ $5V\pm$ و فرکانس 1KHz، هر یک از خروجیها چه وضعیتی خواهند داشت؟ چرا؟

در صورتیکه خازن کوچکی روی یکی از مقاومتهای R_1 قرار گیرد خروجیها چه تغییری می‌کنند. چرا؟

افزایش فرکانس چه اثری در مدار دارد؟

۲- Edge Triggered flip-flop

حال مطابق شکل زیر به مدار قبل مقاومت Rو خازن C را اضافه کنید.به ورودی مدار یک سیگنال مربعی با دامنهٔ $5V\pm$و فرکانس 1KHz اعمال کرده و شکل موج نقاط مختلف آنرا رسم کنید. توسط این شکل موجها طرز کار مدار را توضیح دهید. حداقل دامنهٔ سیگنال تریگر را تعیین کنید. انتخاب مقاومت Rو خازن C چه محدودیتهایی دارد؟ با افزایش سیگنال تریگر، حد نهایی فرکانس کار مدار را بدست آورید.



شکل(۲-۳)

آزمایش چهارم :

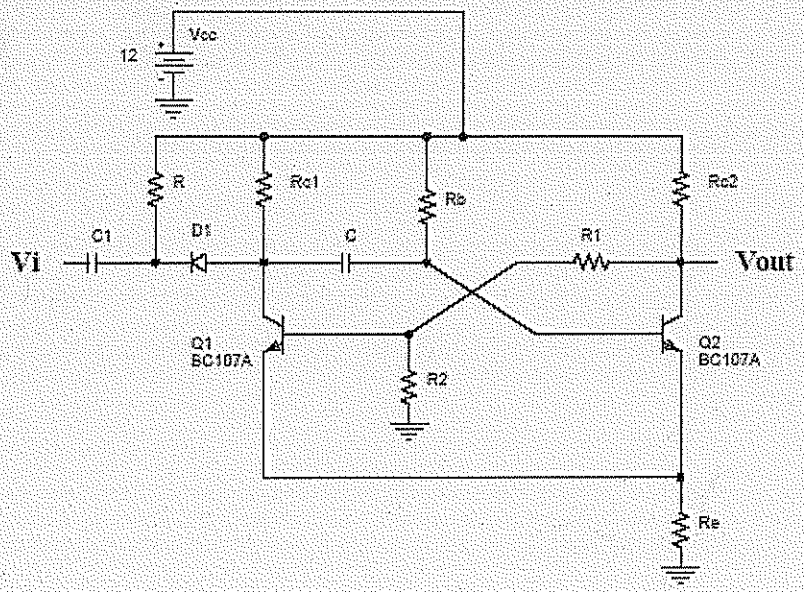
مولتی‌ویبراتور مونواستابل

مدار شکل(۱-٤) را برای مشخصات داده شده طراحی کنید.

$V_{OL} = 2Volt$ $\qquad$ $\beta \min = 100$

$V_{OH} = 10Volt$ $\qquad$ $V_{\gamma} = .5Volt$

$T = 1ms$ $\qquad$ $V_{BE}(on) = .7Volt$



شکل(۱-٤)

بعد از بستن مدار به ورودی آن یک موج مربعی با دامنهٔ $\pm 5V$ و فرکانس $500Hz$ اعمال نمائید.

شکل موج ورودی و شکل موجهای کلکتور و بیس هر دو ترانزیستور را با حفظ رابطهٔ فازی و اندازه‌گیریهای لازم رسم کنید.

الف- در مدار فوق برای کاهش زمان بازیابی چه مداری را پیشنهاد می‌کنید.

ب- تا چه فرکانسی مدار بخوبی عمل می‌کند؟ در چه محدوده‌ای از فرکانس، مدار بصورت یک تقسیم کنندهٔ فرکانس بر دو و یا سه عمل می‌کند؟

ج- حداقل دامنهٔ تریگر مدار چقدر می‌باشد؟

د- برای افزایش سرعت سوئیچینگ بین ترانزیستورها چه پیشنهادی دارید.

ح- برداشتن مقاومت R_2 چه اثری در مدار دارد؟

آزمایش پنجم :

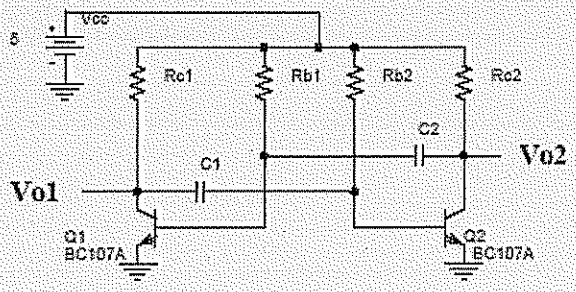
مولتی‌ویبراتور آستابل

مولتی‌ویبراتور آستابل امیترکوپله

مدار شکل(۱–۵) را برای مشخصات داده شده طراحی کنید و در آزمایشگاه ببندید. شکل موج بیس و کلکتور ترانزیستورها را با حفظ رابطهٔ فازی رسم کنید و زمانهای T_1 و T_2 را نیز اندازه‌گیری کنید.

مدت زمانی که کلکتور ترانزیستور Q_1 High می‌شود: $T_1 = 5\mu s$

مدت زمانی که کلکتور ترانزیستور Q_2 High می‌شود: $T_2 = 10\mu s$



شکل(۱–۵)

چرا لبهٔ بالا روندهٔ شکل موج کلکتورها تیز نیست؟ برای رفع این مشکل چه راه حلی را پیشنهاد می‌کنید.

آزمایش ششم :

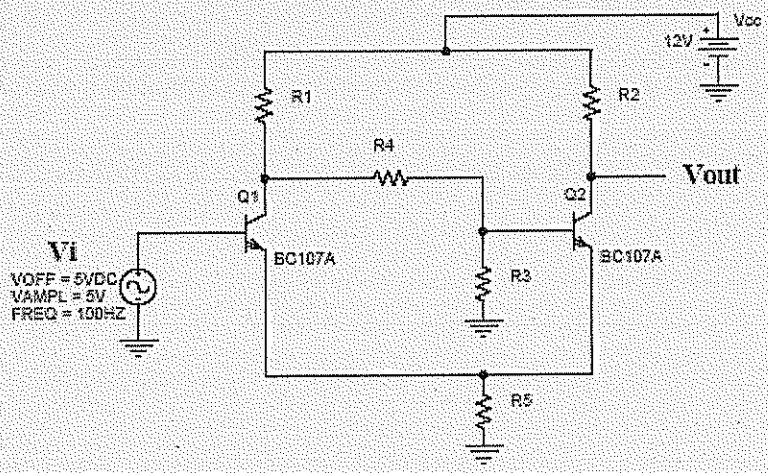
اشمیت تریگر

مدار شکل(۱-٦) را برای مشخصات داده شده طراحی کنید:

$UTP = 5V$ $\quad V_{O,\max} = 12V$

$LTP = 3V$ $\quad V_{O,\min} = 6V$

$\beta_{\min} = 100$ $\quad V_{BE} = 0.5V$ (آستانهٔ هدایت) $\quad V_{BE} = 0.7V$ (هدایت و اشباع)



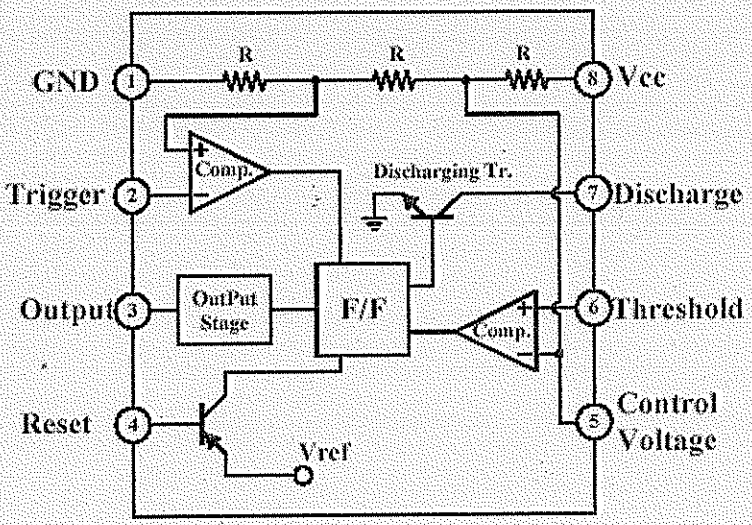
شکل(۱-٦)

پس از طراحی مدار را بسته و به ورودی آن یک موج سینوسی با دامنهٔ $5Volt$ و فرکانس $100Hz$ و ولتاژ آفست dc 5v+ اعمال کنید.(در صورتیکه سیگنال ژنراتور موجود در آزمایشگاه آفست dc نداشته باشد می‌توانید خروجی ثانویه یک ترانسفورماتور $220V-6V$ را یکسو کرده و به ورودی مدار اعمال کنید). ورودی را به کانال X و خروجی را به کانال Y اسیلوسکوپ اعمال کرده و شکل موجها را همزمان مشاهده کرده و رسم کنیدو از روی آنها مقادیر طراحی شده را تحقیق نمائید. اسیلوسکوپ را در وضعیت $X-Y$ قرار داده و منحنی مشخصهٔ ورودی- خروجی را مشاهده کرده و رسم کنید. از روی منحنی مشخصه بهتر می‌توانید پارامترهای اشمیت تریگر را بدست آورید.در صورتیکه فرکانس ورودی افزایش یابد، آیا تغییری در خروجی مشاهده خواهد شد. اگر چنین باشد چه پیشنهادی برای بهبود آن دارید.

آزمایش هفتم :

آشنایی با کاربردهای تایمر ۵۵۵

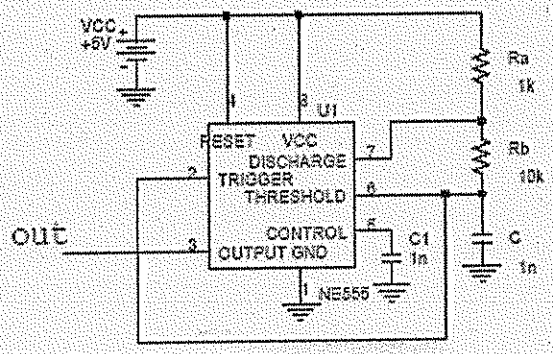
تایمر۵۵۵ جزء آی‌سی‌های پرکاربردی می‌باشد که با اتصال مناسب پایه‌های آن می‌توان آنرا بصورت انواع مولتی‌ویبراتورها و مدار اشمیت‌تریگر بکار گرفت. بلوک دیاگرام ساختمان داخلی این تایمر در شکل(۱-۷) نشان داده شده است. هدف از این آزمایش آشنایی با این آی‌سی است.



شکل(۱-۷)

۱- مولتی‌ویبراتور آستابل

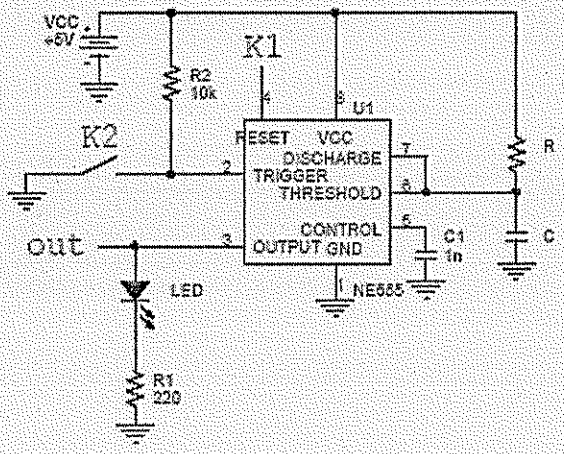
مدار زیر را ببندید.شکل موج خروجی را بدقت رسم کرده و زمانهای High و Low و فرکانس خروجی آنرا اندازه‌گیری کرده و با مقادیر تئوری مقایسه کنید.



شکل(۲-۷)

۲- مولتی‌ویبراتور مونواستابل

مدار زیر را ببندید.



شکل(۲-۷)

پایهٔ ٤ (k_1 ورودی ری‌ست) را برای مدت کوتاهی Low کرده (به زمین وصل کنید) و بعد آنرا High کنید.با اعمال پالس منفی به پایهٔ۲ (k_2 را برای یک لحظهٔ خیلی کوتاه به زمین وصل کنید.) مونواستابل را تریگر کرده و با ساعت و ملاحظهٔ LED یا اسیلوسکوپ که به خروجی وصل است عرض پالس تولید شده را اندازه‌گیری کرده و در جدول زیر یادداشت کنید.

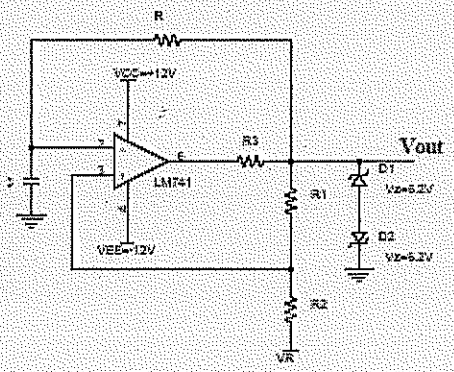
R	C	$T_C = 1.1RC$
$120K\Omega$	$10\mu F$	
$120K\Omega$	$100\mu F$	

آزمایش هشتم :

کاربرد تقویت‌کننده‌های عملیاتی در پالس

۱- اشمیت‌تریگر

مدار زیر را برای ولتاژ آستانهٔ بالا $V_{TH} = 2V$ و ولتاژ هیسترزیس $V_H = 0.5V$ طراحی کنید.

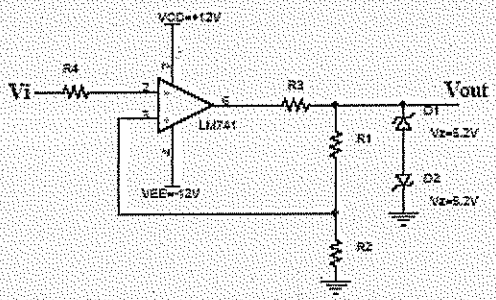


شکل(۱-۸)

مشاهده می‌شود که اشمیت تریگر فوق از نوع معکوس کننده است. چه تغییری در مدار انجام گیرد تا اشمیت‌تریگر از نوع غیرمعکوس کننده داشته باشیم.

۲- مولد موج مربعی

مدار شکل(۲-۸) را برای $T_1 = T_2 = 0.5ms$ طراحی نمائید.



شکل(۲-۸)

چه تغییراتی لازم است در مدار ایجاد شود تا $T_1 = 0.5ms$ و $T_2 = 0.1ms$ شود. همهٔ روشهای ممکن را از نظر تئوری و عملی بررسی کنید.

National Semiconductor

February 1995

LM555/LM555C Timer

General Description

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For astable operation as an oscillator, the free running frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200 mA or drive TTL circuits.

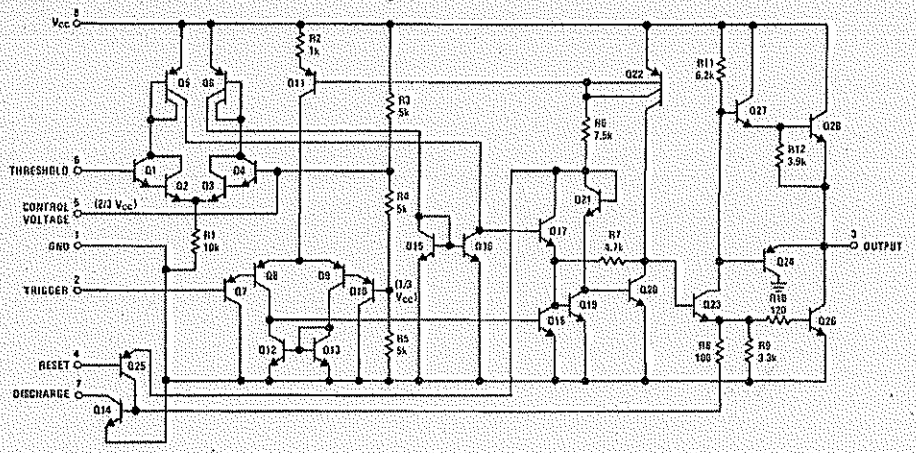
Features

- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes
- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output

Applications

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

Schematic Diagram



TL/H/7851–1

©1995 National Semiconductor Corporation TL/H/7851

RRD-B30M115/Printed in U. S. A.

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage +18V

Power Dissipation (Note 1)
- LM555H, LM555CH 760 mW
- LM555, LM555CN 1180 mW

Operating Temperature Ranges
- LM555C 0°C to +70°C
- LM555 −55°C to + 125°C

Storage Temperature Range −65°C to +150°C

Soldering Information
- Dual-In-Line Package
  - Soldering (10 Seconds) 260°C
- Small Outline Package
  - Vapor Phase (60 Seconds) 215°C
  - Infrared (15 Seconds) 220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics (T_A = 25°C, V_{CC} = +5V to +15V, unless otherwise specified)

Parameter	Conditions	Limits						Units
		LM555			LM555C			
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Supply Voltage		4.5		18	4.5		16	V
Supply Current	V_{CC} = 5V, R_L = ∞ V_{CC} = 15V, R_L = ∞ (Low State) (Note 2)		3 10	5 12		3 10	6 15	mA mA
Timing Error, Monostable								
Initial Accuracy			0.5			1		%
Drift with Temperature	R_A = 1k to 100 kΩ, C = 0.1 μF, (Note 3)		30			50		ppm/°C
Accuracy over Temperature			1.5			1.5		%
Drift with Supply			0.05			0.1		%/V
Timing Error, Astable								
Initial Accuracy			1.5			2.25		%
Drift with Temperature	R_A, R_B = 1k to 100 kΩ, C = 0.1 μF, (Note 3)		90			150		ppm/°C
Accuracy over Temperature			2.5			3.0		%
Drift with Supply			0.15			0.30		%/V
Threshold Voltage			0.667			0.667		x V_{CC}
Trigger Voltage	V_{CC} = 15V V_{CC} = 5V	4.8 1.45	5 1.67	5.2 1.9		5 1.67		V V
Trigger Current			0.01	0.5		0.5	0.9	μA
Reset Voltage		0.4	0.5	1	0.4	0.5	1	V
Reset Current			0.1	0.4		0.1	0.4	mA
Threshold Current	(Note 4)		0.1	0.25		0.1	0.25	μA
Control Voltage Level	V_{CC} = 15V V_{CC} = 5V	9.6 2.9	10 3.33	10.4 3.8	9 2.6	10 3.33	11 4	V V
Pin 7 Leakage Output High			1	100		1	100	nA
Pin 7 Sat (Note 5)								
Output Low	V_{CC} = 15V, I_7 = 15 mA		150			180		mV
Output Low	V_{CC} = 4.5V, I_7 = 4.5 mA		70	100		80	200	mV

Electrical Characteristics $T_A = 25°C$, $V_{CC} = +5V$ to $+15V$, (unless otherwise specified) (Continued)

Parameter	Conditions	Limits						Units
		LM555			LM555C			
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage Drop (Low)	$V_{CC} = 15V$							
	$I_{SINK} = 10$ mA		0.1	0.15		0.1	0.25	V
	$I_{SINK} = 50$ mA		0.4	0.5		0.4	0.75	V
	$I_{SINK} = 100$ mA		2	2.2		2	2.5	V
	$I_{SINK} = 200$ mA		2.5			2.5		V
	$V_{CC} = 5V$							
	$I_{SINK} = 8$ mA		0.1	0.25				V
	$I_{SINK} = 5$ mA					0.25	0.35	V
Output Voltage Drop (High)	$I_{SOURCE} = 200$ mA, $V_{CC} = 15V$		12.5			12.5		V
	$I_{SOURCE} = 100$ mA, $V_{CC} = 15V$	13	13.3		12.75	13.3		V
	$V_{CC} = 5V$	3	3.3		2.75	3.3		V
Rise Time of Output			100			100		ns
Fall Time of Output			100			100		ns

Note 1: For operating at elevated temperatures the device must be derated above 25°C based on a +150°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 164°c/w (T0-5), 106°c/w (DIP) and 170°c/w (S0-8) junction to ambient.

Note 2: Supply current when output high typically 1 mA less at $V_{CC} = 5V$.

Note 3: Tested at $V_{CC} = 5V$ and $V_{CC} = 15V$.

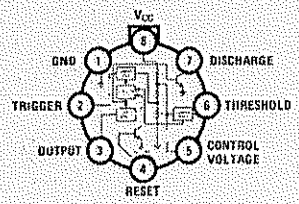
Note 4: This will determine the maximum value of $R_A + R_B$ for 15V operation. The maximum total ($R_A + R_B$) is 20 MΩ.

Note 5: No protection against excessive pin 7 current is necessary providing the package dissipation rating will not be exceeded.

Note 6: Refer to RETS555X drawing of military LM555H and LM555J versions for specifications.

Connection Diagrams

Metal Can Package

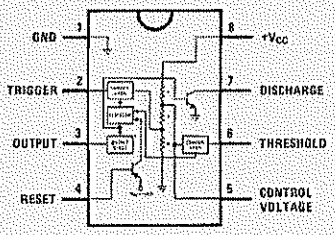


TL/H/7851–2

Top View

Order Number LM555H or LM555CH
See NS Package Number H08C

Dual-In-Line and Small Outline Packages



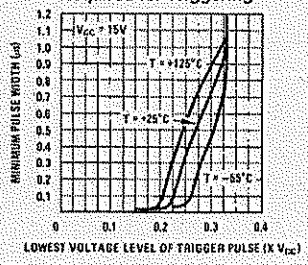
TL/H/7851–3

Top View

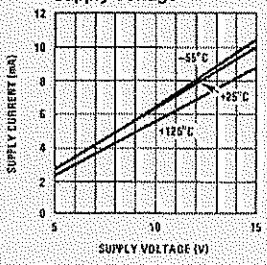
Order Number LM555J, LM555CJ, LM555CM or LM555CN
See NS Package Number J08A, M08A or N08E

Typical Performance Characteristics

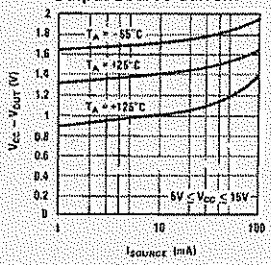
Minimuim Pulse Width Required for Triggering



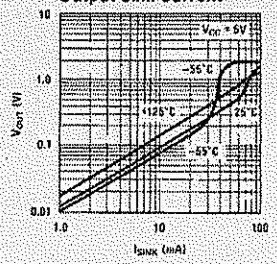
Supply Current vs Supply Voltage



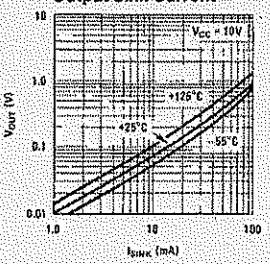
High Output Voltage vs Output Source Current



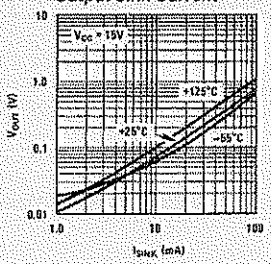
Low Output Voltage vs Output Sink Current



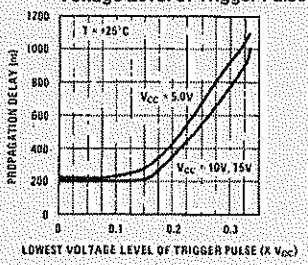
Low Output Voltage vs Output Sink Current



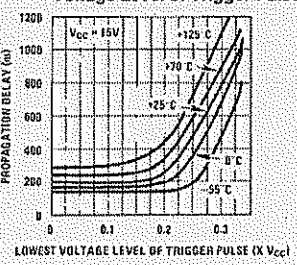
Low Output Voltage vs Output Sink Current



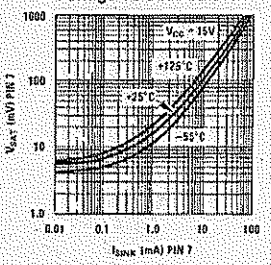
Output Propagation Delay vs Voltage Level of Trigger Pulse



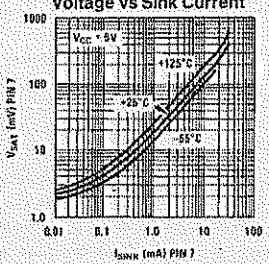
Output Propagation Delay vs Voltage Level of Trigger Pulse



Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs Sink Current



Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs Sink Current

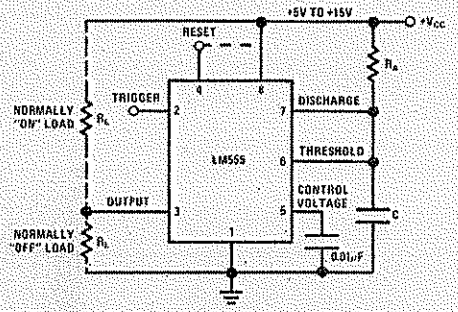


TL/H/7851–4

Applications Information

MONOSTABLE OPERATION

In this mode of operation, the timer functions as a one-shot *(Figure 1)*. The external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer. Upon application of a negative trigger pulse of less than 1/3 V_{CC} to pin 2, the flip-flop is set which both releases the short circuit across the capacitor and drives the output high.



TL/H/7851–5

FIGURE 1. Monostable

The voltage across the capacitor then increases exponentially for a period of $t = 1.1\ R_A\ C$, at the end of which time the voltage equals 2/3 V_{CC}. The comparator then resets the flip-flop which in turn discharges the capacitor and drives the output to its low state. *Figure 2* shows the waveforms generated in this mode of operation. Since the charge and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing internal is independent of supply.

TL/H/7851–6

V_{CC} = 5V
TIME = 0.1 ms/DIV.
R_A = 9.1 kΩ
C = 0.01 μF

Top Trace: Input 5V/Div.
Middle Trace: Output 5V/Div.
Bottom Trace: Capacitor Voltage 2V/Div.

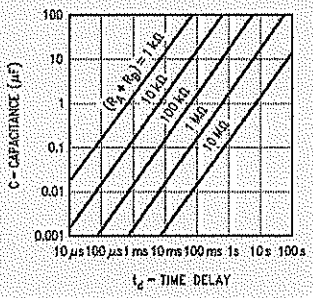
FIGURE 2. Monostable Waveforms

During the timing cycle when the output is high, the further application of a trigger pulse will not effect the circuit so long as the trigger input is returned high at least 10 μs before the end of the timing interval. However the circuit can be reset during this time by the application of a negative pulse to the reset terminal (pin 4). The output will then remain in the low state until a trigger pulse is again applied.

When the reset function is not in use, it is recommended that it be connected to V_{CC} to avoid any possibility of false triggering.

Figure 3 is a nomograph for easy determination of R, C values for various time delays.

NOTE: In monostable operation, the trigger should be driven high before the end of timing cycle.

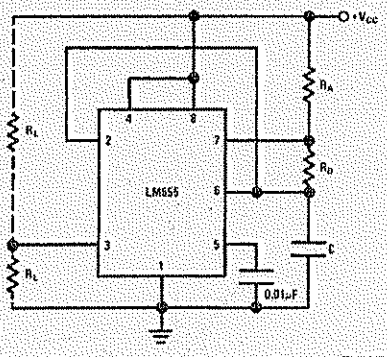


TL/H/7851–7

FIGURE 3. Time Delay

ASTABLE OPERATION

If the circuit is connected as shown in *Figure 4* (pins 2 and 6 connected) it will trigger itself and free run as a multivibrator. The external capacitor charges through $R_A + R_B$ and discharges through R_B. Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.



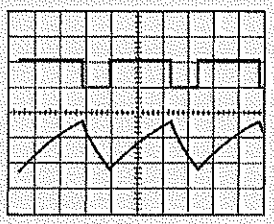
TL/H/7851–8

FIGURE 4. Astable

In this mode of operation, the capacitor charges and discharges between 1/3 V_{CC} and 2/3 V_{CC}. As in the triggered mode, the charge and discharge times, and therefore the frequency are independent of the supply voltage.

Applications Information (Continued)

Figure 5 shows the waveforms generated in this mode of operation.



TL/H/7851–9

V_{CC} = 5V Top Trace: Output 5V/Div.
TIME = 20 μs/DIV. Bottom Trace: Capacitor Voltage 1V/Div.
R_A = 3.9 kΩ
R_B = 3 kΩ
C = 0.01 μF

FIGURE 5. Astable Waveforms

The charge time (output high) is given by:

$$t_1 = 0.693\,(R_A + R_B)\,C$$

And the discharge time (output low) by:

$$t_2 = 0.693\,(R_B)\,C$$

Thus the total period is:

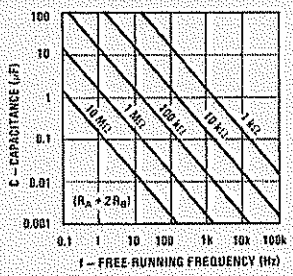
$$T = t_1 + t_2 = 0.693\,(R_A + 2R_B)\,C$$

The frequency of oscillation is:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)\,C}$$

Figure 6 may be used for quick determination of these RC values.

The duty cycle is: $D = \dfrac{R_B}{R_A + 2R_B}$

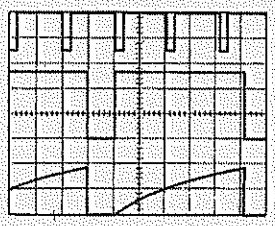


TL/H/7851–10

FIGURE 6. Free Running Frequency

FREQUENCY DIVIDER

The monostable circuit of *Figure 1* can be used as a frequency divider by adjusting the length of the timing cycle. *Figure 7* shows the waveforms generated in a divide by three circuit.



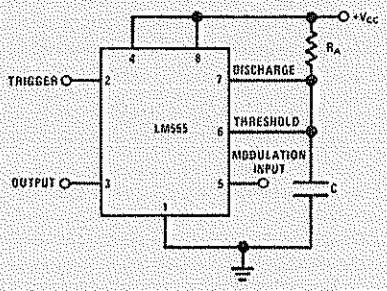
TL/H/7851–11

V_{CC} = 5V Top Trace: Input 4V/Div.
TIME = 20 μs/DIV. Middle Trace: Output 2V/Div.
R_A = 9.1 kΩ Bottom Trace: Capacitor 2V/Div.
C = 0.01 μF

FIGURE 7. Frequency Divider

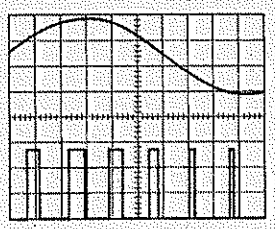
PULSE WIDTH MODULATOR

When the timer is connected in the monostable mode and triggered with a continuous pulse train, the output pulse width can be modulated by a signal applied to pin 5. *Figure 8* shows the circuit, and in *Figure 9* are some waveform examples.



TL/H/7851–12

FIGURE 8. Pulse Width Modulator



TL/H/7851–13

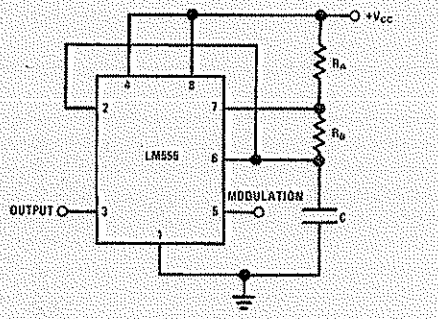
V_{CC} = 5V Top Trace: Modulation 1V/Div.
TIME = 0.2 ms/DIV. Bottom Trace: Output Voltage 2V/Div.
R_A = 9.1 kΩ
C = 0.01 μF

FIGURE 9. Pulse Width Modulator

PULSE POSITION MODULATOR

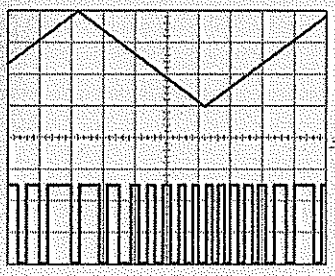
This application uses the timer connected for astable operation, as in *Figure 10*, with a modulating signal again applied to the control voltage terminal. The pulse position varies with the modulating signal, since the threshold voltage and hence the time delay is varied. *Figure 11* shows the waveforms generated for a triangle wave modulation signal.

Applications Information (Continued)



TL/H/7851–14

FIGURE 10. Pulse Position Modulator



TL/H/7851–15

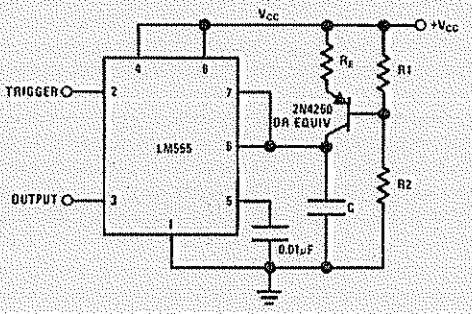
V_{CC} = 5V
TIME = 0.1 ms/DIV.
R_A = 3.9 kΩ
R_B = 3 kΩ
C = 0.01 μF

Top Trace: Modulation Input 1V/Div.
Bottom Trace: Output 2V/Div.

FIGURE 11. Pulse Position Modulator

LINEAR RAMP

When the pullup resistor, R_A, in the monostable circuit is replaced by a constant current source, a linear ramp is generated. *Figure 12* shows a circuit configuration that will perform this function.



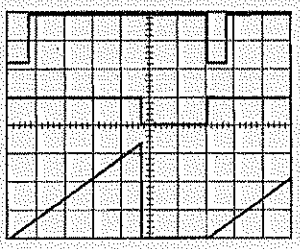
TL/H/7851–16

FIGURE 12

Figure 13 shows waveforms generated by the linear ramp. The time interval is given by:

$$T = \frac{2/3\, V_{CC}\, R_E\, (R_1 + R_2)\, C}{R_1\, V_{CC} - V_{BE}\, (R_1 + R_2)}$$

$$V_{BE} \cong 0.6V$$



TL/H/7851–17

V_{CC} = 5V
TIME = 20 μs/DIV.
R_1 = 47 kΩ
R_2 = 100 kΩ
R_E = 2.7 kΩ
C = 0.01 μF

Top Trace: Input 3V/Div.
Middle Trace: Output 5V/Div.
Bottom Trace: Capacitor Voltage 1V/Div.

FIGURE 13. Linear Ramp

50% DUTY CYCLE OSCILLATOR

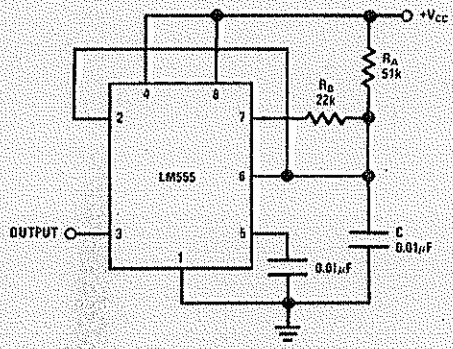
For a 50% duty cycle, the resistors R_A and R_B may be connected as in *Figure 14*. The time period for the out-

Applications Information (Continued)

put high is the same as previous, $t_1 = 0.693\ R_A\ C$. For the output low it is $t_2 =$

$$\left[(R_A R_B)/(R_A + R_B)\right] C\ \ell n \left[\frac{R_B - 2R_A}{2R_B - R_A}\right]$$

Thus the frequency of oscillation is $f = \frac{1}{t_1 + t_2}$



TL/H/7051–18

FIGURE 14. 50% Duty Cycle Oscillator

Note that this circuit will not oscillate if R_B is greater than $1/2\ R_A$ because the junction of R_A and R_B cannot bring pin 2 down to $1/3\ V_{CC}$ and trigger the lower comparator.

ADDITIONAL INFORMATION

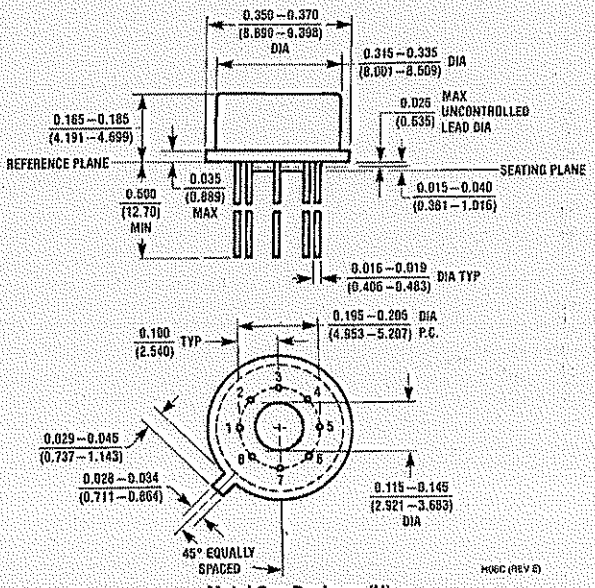
Adequate power supply bypassing is necessary to protect associated circuitry. Minimum recommended is 0.1 μF in parallel with 1 μF electrolytic.

Lower comparator storage time can be as long as 10 μs when pin 2 is driven fully to ground for triggering. This limits the monostable pulse width to 10 μs minimum.

Delay time reset to output is 0.47 μs typical. Minimum reset pulse width must be 0.3 μs, typical.

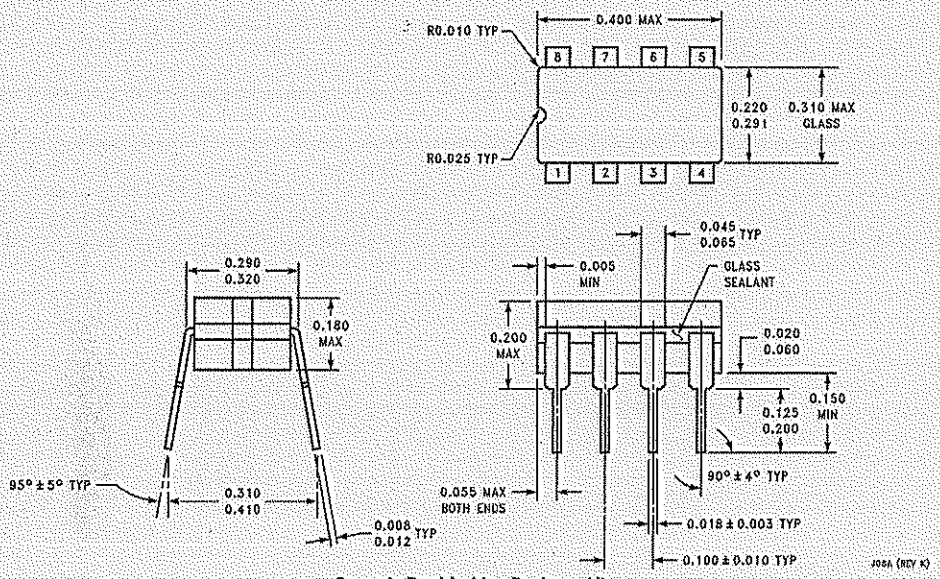
Pin 7 current switches within 30 ns of the output (pin 3) voltage.

Physical Dimensions inches (millimeters)

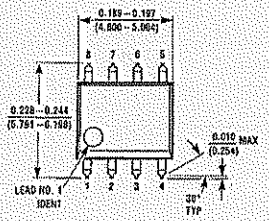


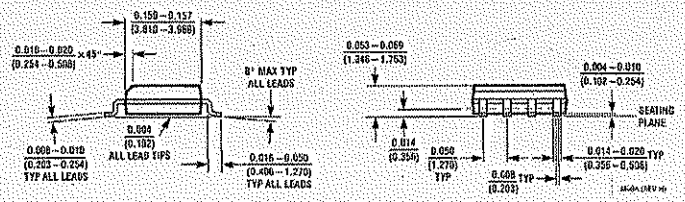
Metal Can Package (H)
Order Number LM555H or LM555CH
NS Package Number H08C

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



Ceramic Dual-In-Line Package (J)
Order Number LM555J or LM555CJ
NS Package Number J08A





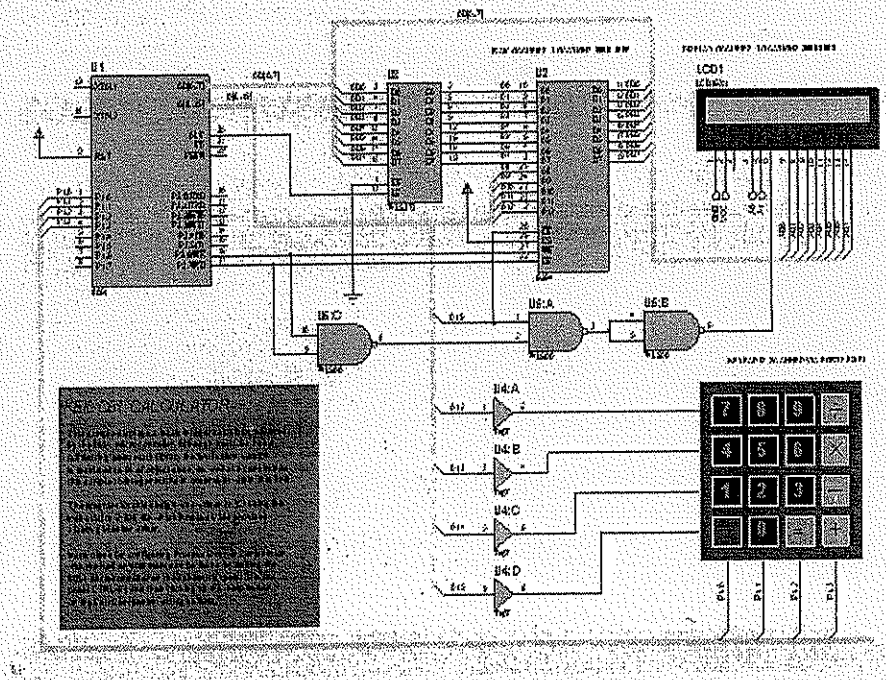
Small Outline Package (M)
Order Number LM555CM
NS Package Number M08A

بسمه تعالی

واحد میانه

دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه

جزوه آز-میکروپروسسورها



تهیه و تدوین

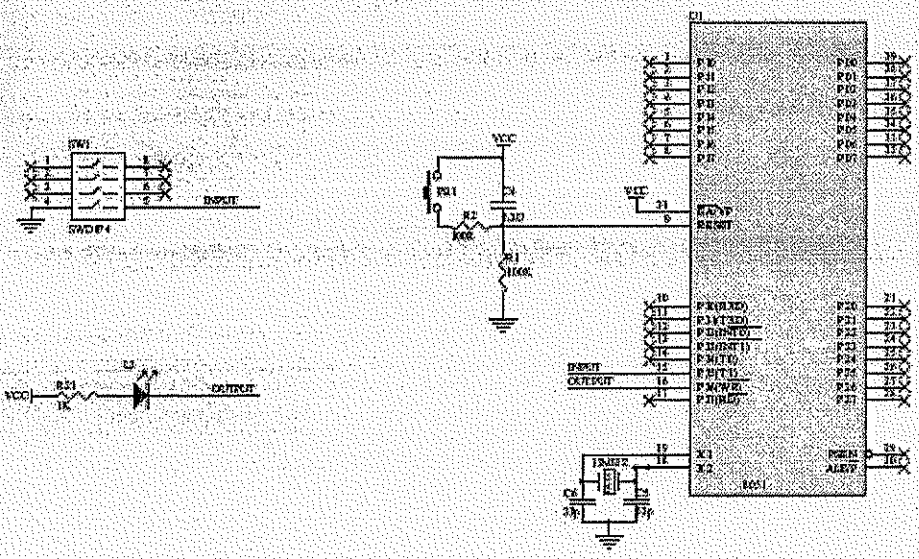
مهندس جمشید محمدی

اسفند ۸۷

« تمرین ۱ : روشن و خاموش کردن LED »

جهت یادگیری ابتدایی ترین نکات در مورد برنامه نویسی برای میکروکنترلر ابتدا تمرین بسیار ساده زیر را مطرح می کنیم .

یک Dipswitch به پورت P3.5 متصل است و یک LED به پورت P3.6 ، می خواهیم با وصل شدن Dipswitch (صفرشدن پورت) LED روشن و با قطع شدن Dipswitch , LED خاموش شود .



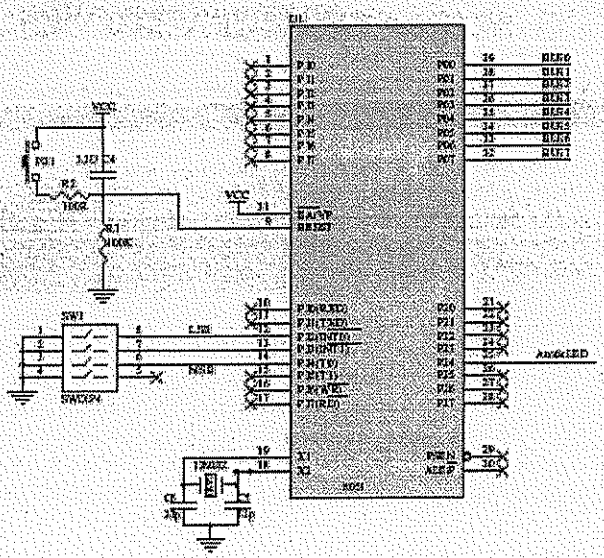
« تمرین ۲ : LED چشمک زن»

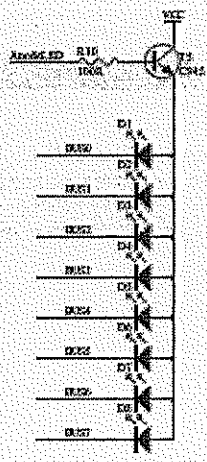
تابعی (به نام Delay_2ms) بنویسید که به اندازه 2ms تاخیر تولید کند .

با استفاده از تابع فوق برنامه ای بنویسید که LED متصل به پورت P3.6 را با فرکانس 1HZ روشن و خاموش کند . (0.5 ثانیه روشن و 0.5 ثانیه خاموش)

« تمرین ۳ : شبیه سازی Decoder 3- 8 »

تابعی بنویسید که بیت های ورودی از کم ارزش به پر ارزش را از پورت های P3.2 , P3.3 , P3.4 متناظر با عدد دریافتی را روی پورت LED صفر روشن نماید . LED های مزبور Active Low می باشند .

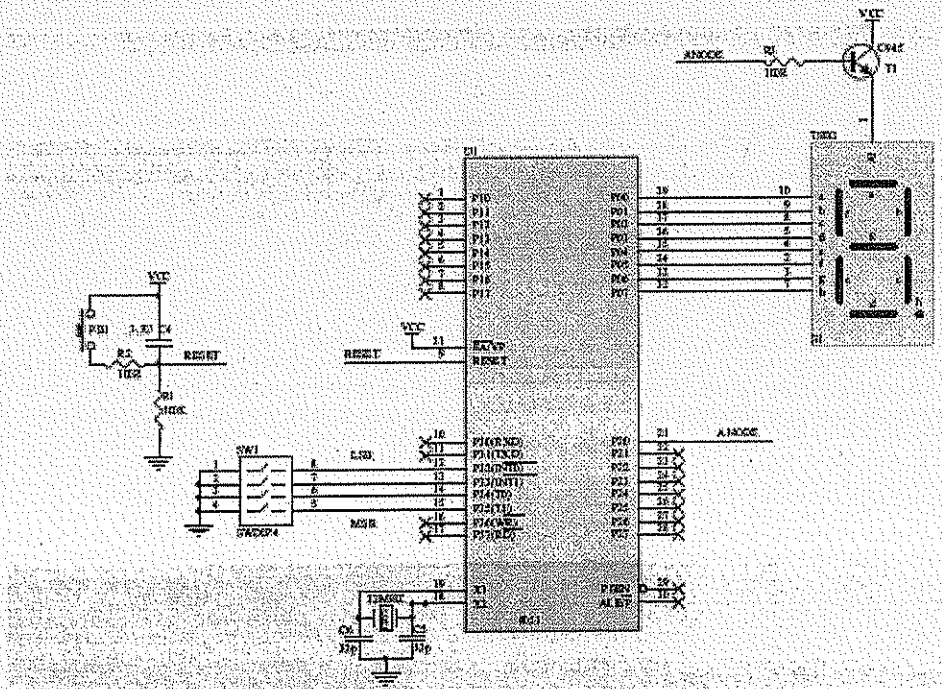




« تمرین۴ : ساخت Hexadecimal To 7-SEG Decoder »

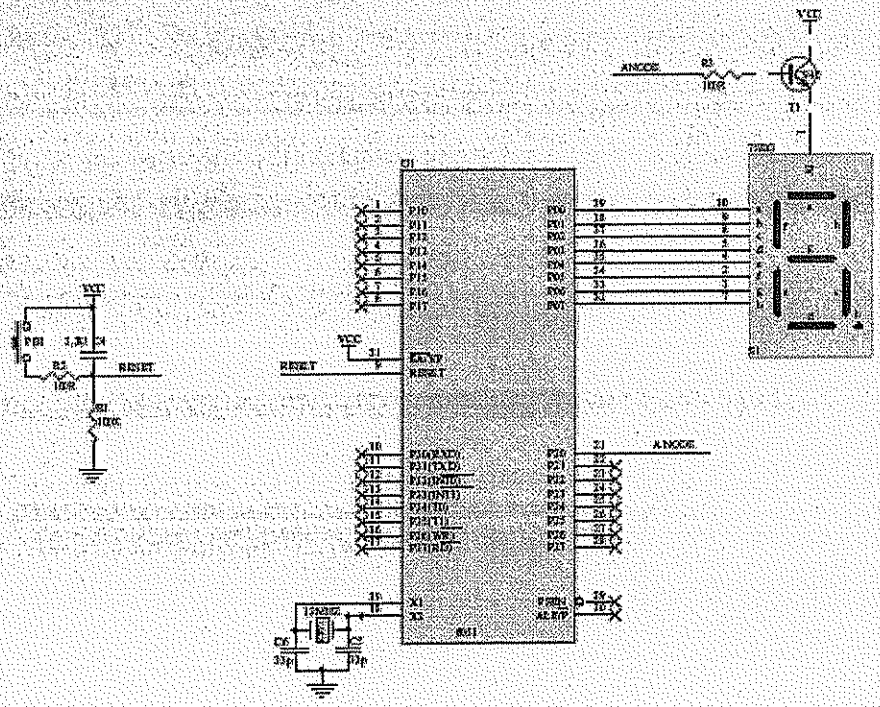
تابعی به نام HexToBCD بنویسید که عدد موجود در حافظه DisplayBuffer (بین 0H تا FH) را روی 7- SEG متصل به پورت P0 نمایش دهد .

با استفاده ازتابع HexToBCD نرم افزاری بنویسید که۴ بیت ورودی را به ترتیب از Least به Most روی پورتهای p3.2 تا p3.5 دریافت نماید و عدد ورودی را روی 7-SEG متصل به P0 بر حسب HexaDecimal نمایش دهد .



« تمرین ۵ : ساخت تایمر یک رقمی Hex To BCD »

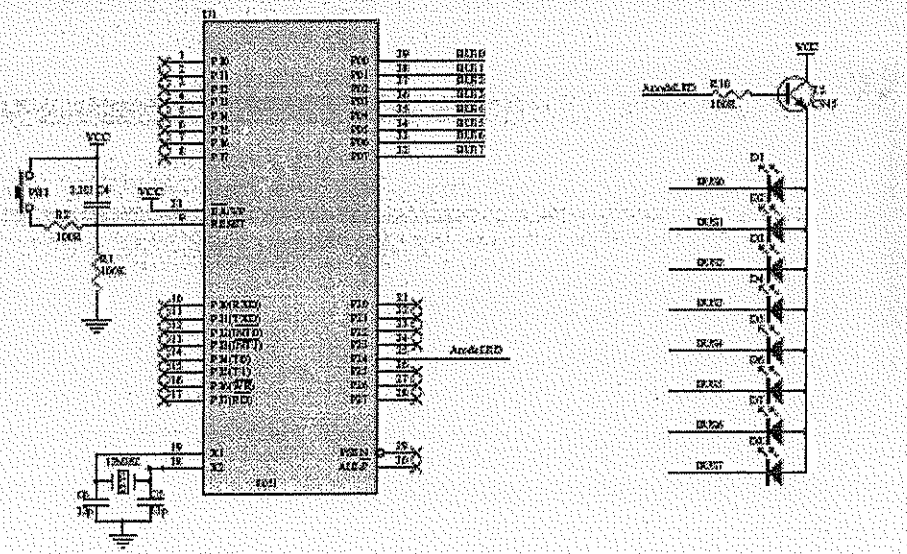
نرم افزاری بنویسید که روی 7-SEG متصل بـه P0 اعـداد 0 h تـا F h را بصورت مـتناوب با تاخیر 1S برای هر عدد نمایش دهد .



«تمرین ٦ : رقص نور»

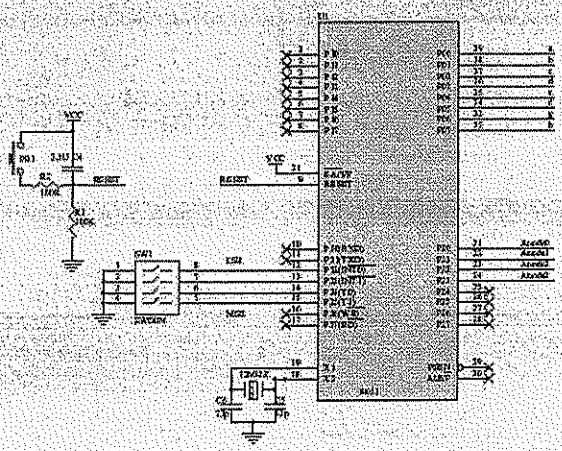
تعداد ۸ عدد LED روی برد موجود است کـه Anode تمـام LED هـا ازطریق P2.4 و کاتد آن ها از طریق باس P0 دردسترس اسـت .

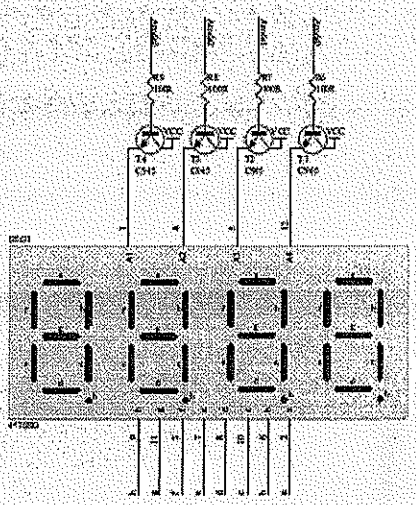
برنامـه ای بنویسید که LED های مزبور به ترتیب از D1 تا D8 با تـاخیر 1 S روشن و خاموش شوند .



« تمرین ۱ : شبیه سازی کانتر 8 بیت »

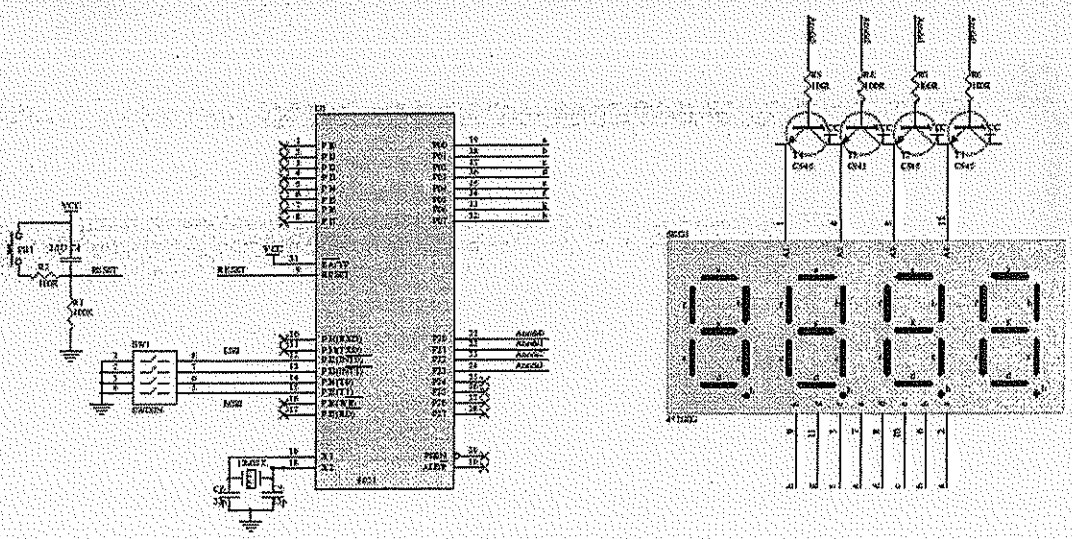
روی LED های متصل به پورت P0 ، خروجی یک کانتر 8 بیت با پریود پالس ساعت 100 ms را نمایش دهید .





« تمرین ۸ : Scan کردن 7-SEG های مالتی پلکس »

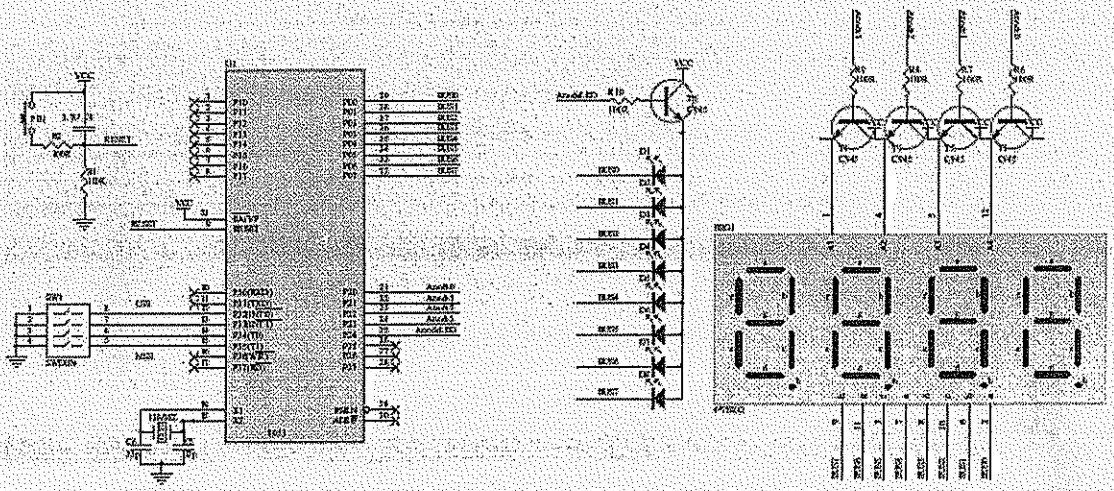
تابعی بنویسید که بتواند مقادیر موجود در ۴ خانه حافظه بنامهای DisplayBuffer 0-3 را به ترتیب روی SEG 1-4 نمایش دهد . (فرض کنید مقادیر حافظه های DisplayBuffer 0-3 مقادیر بین 0 تا 9 را دارا باشند). سپس با مقدار متناظر به DisplayBuffer 0-3 برنامه خود را تست کنید .توجه نمایید که باید به صورت پریودیک و پریودهای حدود میلی ثانیه دیتا مربوط به هر SEG روی باس قرار گرفته و Anode آن نیز روشن شود .



تمرین ۹ : تابع فوق را به این صورت تکمیل کنید .

علاوه بر نمایش مقادیر DisplayBuffer 0-3 روی 7-SEG ها نقطه هر SEG را متناسب با بیتهای Display Flag 0-3 روشن یا خاموش کند . که مقادیر این flag ها را متناظراً از چهار عدد Dipswitch (P3.2 - P3.6) دریافت کند .

تمرین ۱۰ : علاوه بر 7-SEG ها ، LED ها نیز به باس P0 متصل هستند . تابع فوق را به گونه ای تکمیل کنید که علاوه بر دارا بودن تمام توانایی های قبل ، بتواند مقادیر بیتهای LED1 تا LED8 را روی LED های متناظر نمایش دهد . ضمناً برای تست LED 1 با فرکانس 1 HZ چشمک بزند .



«تمرین ۱۱ : ساخت تایمر با دقت ثانیه»

شرح : با استفاده از فانکشن Display که در تمرین قبلی نوشته اید و با استفاده ازتابع Delay-2ms یک برنامه تایمر بنویسید وکه از00:00 تا 59:59 را شمارش کند . (دو رقم اول ثانیه و دو رقم دوم دقیقه را نمایش می دهند .) نقطه SEG 3 به صورت پریودیک با پریود Sec 1 (0.5 ثانیه روشن ، 0.5 ثانیه خاموش) روشن و خاموش شود .

تمرین ۱۲ : با استفاده از تایمرهای داخلی میکروکنترلرجهت تولید Delay نرم افزارخود را اصلاح کنید .

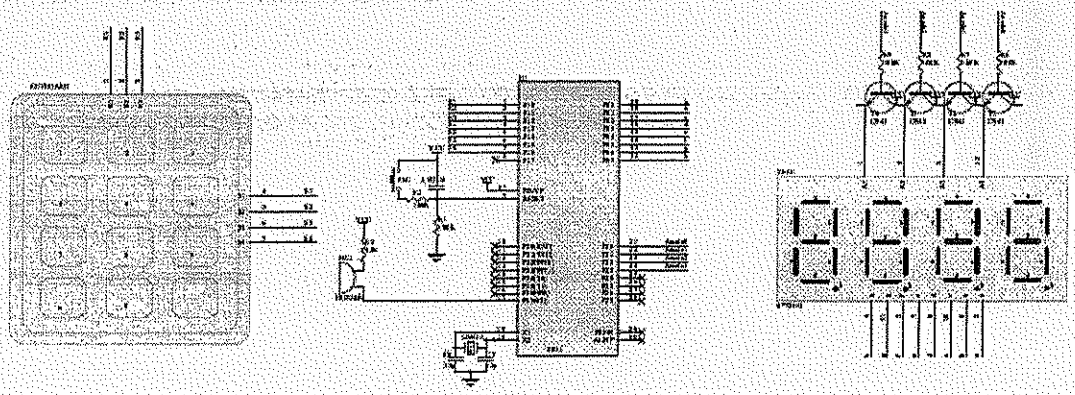
تمرین ۱۳ : با استفاده از روتین اینتراپت تایمر صفر که با پریود 2 ms عمل می کند . نرم افزار را مجدداً بازنویسی کنید .

« تمرین ۱۴ : کار با Keyboard ۴×۳»

شرح : تابعی بنویسید که بصورت پریودیک یک Keyboard ۴×۳ را Scan کرده ودر صورت فشرده شدن کلید ،مقدار متناسب با آن کلید(0-11) را در یک حافظه خاص با نام KeyBuffer قرار دهد و یک Flag را Set کند که توابع دیگر از دریافت یک کلید مطلع گردند.

در هر بار فشرده شدن یک کلید مستقل از زمان فشرده شدن تنها یک کلید دریافت کند.

جهت تست تابع خود از تابع Display تمرین ۲ کمک بگیرید و مقادیر دریافتی از کی بورد را روی SEG - 7*4 به صورت SCROLL نمایش دهید.



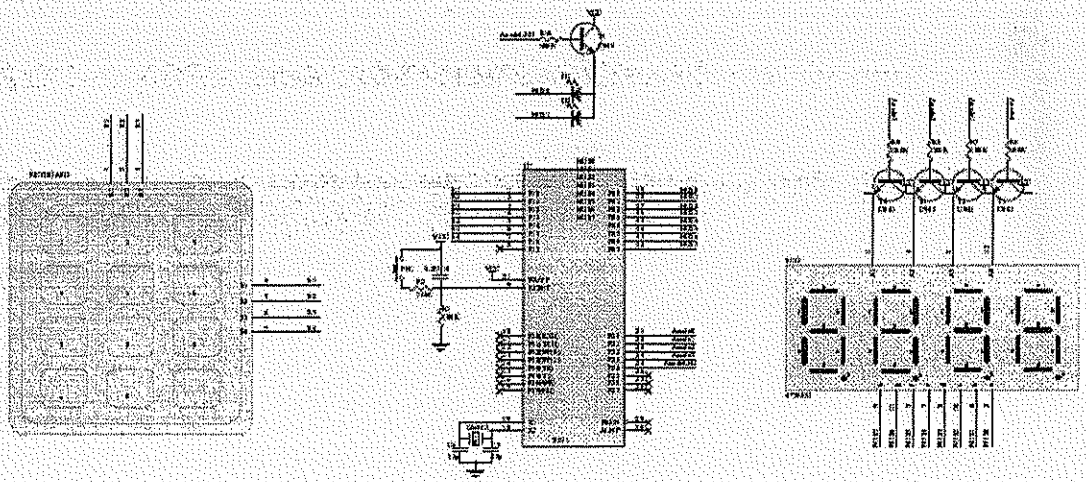
«تمرین ۱۵ :تکمیل پروژه ساخت تایمر با دقت ثانیه»

با در اختیار داشتن Keyboard می توانید بسیاری از پروژه های قبلی را بهبود بخشید.(برای مثال پروژه ساخت تایمر را اصلاح می کنیم)

برنامه ای بنویسید که یک عدد ۴ رقمی را از کاربر دریافت کرده و پس از زدن کلید * رله متصل به P1.7 را فعال کرده و شروع به شمارش معکوس نماید تا صفر گردد، به محض پایان زمان بازر را بصورت پریودیک با فرکانس ۱ هرتز(نیم ثانیه روشن و نیم ثانیه خاموش)بصدا درآورد و درضمن به محض زدن کلیدی از صفحه کلید به حالت اولیه بازگردد.

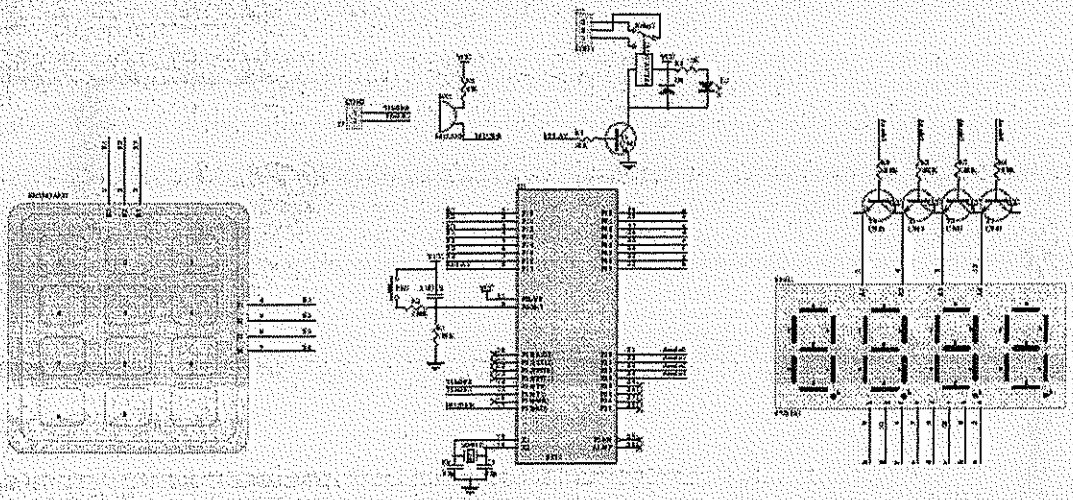
« تمرین ۱۶ : ساخت ساعت دیجیتال »

با در اختیار داشتن زیربرنامه های Keyboard و Disply و روتین وقفه یک برنامه ساعت بنویسید که دارای دو مود کاری باشد، در مود اول LED1 فعال و ساعت و دقیقه نمایش داده شوند و نقطه ممیز وسط با فرکانس یک هرتز روشن و خاموش گردد، اگر کلید# فشرده شود وارد مود ۲ گردد، که در این مود چشمک زن نقطه وسط خاموش، LED1 خاموش و LED2 روشن و چهار عدد وارد شده از صفحه کلید بر روی سون سگمنت نمایش داده شود و با زدن مجدد# به حالت نمایش ساعت باز گردد.



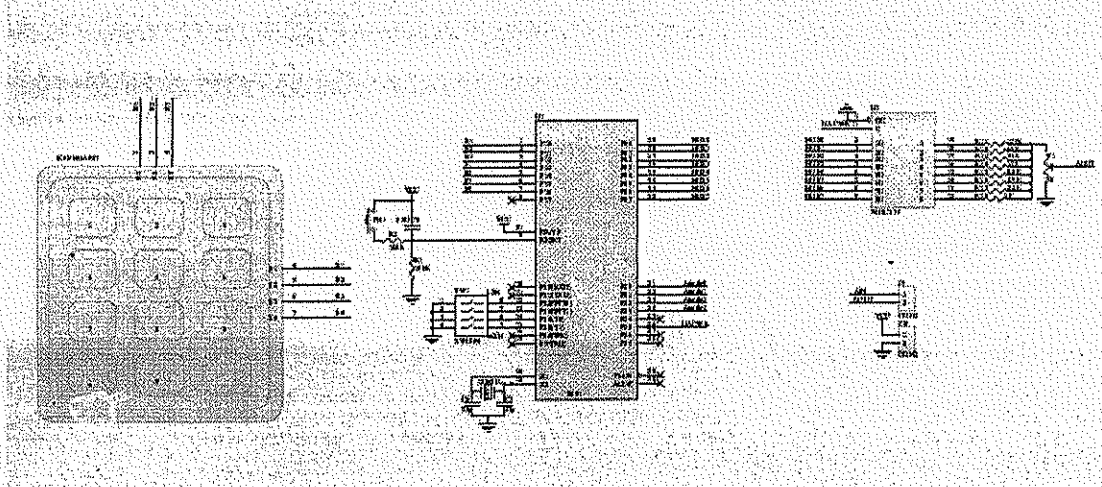
« تمرین ۱۷ : ساخت Counter »

باستفاده از Counter میکروکنترلر و توابع Keyboard و Disply برنامه ای بنویسید که عددی را که از طریق صفحه کلید دریافت نماید و با فشرده شدن کلید* شروع به شمارش پالسهای وارده به P3.4 و نمایش آنها بر روی سون سگمنتها نماید. با دریافت تعداد پالسهای وارده از کاربر رله متصل به P1.7 را فعال نموده و ۵ بوق با فرکانس ۱ هرتز را بر روی بازری که به P3.7 متصل گردیده است ارسال نماید.



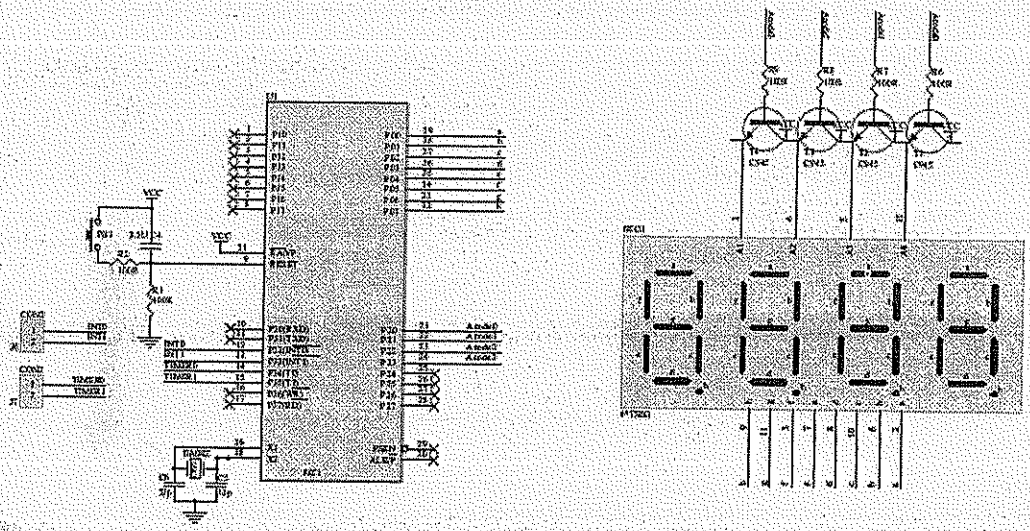
« تمرین ۱۸ : ساخت تولید کننده موج مربعی »

با استفاده از امکانات میکرو و توابع آماده برنامه ای بنویسید که یک فرکانس ثابت ۵۰۰ هرتز را روی پین Analogout با دامنه متغیر تولید کرده، که دامنه خروجی از طریق Dipswitch در ۱۶ Level مختلف قابل تنظیم می باشد. در ضمن شروع و پایان تولید شکل موج با زدن کلید * باشد.



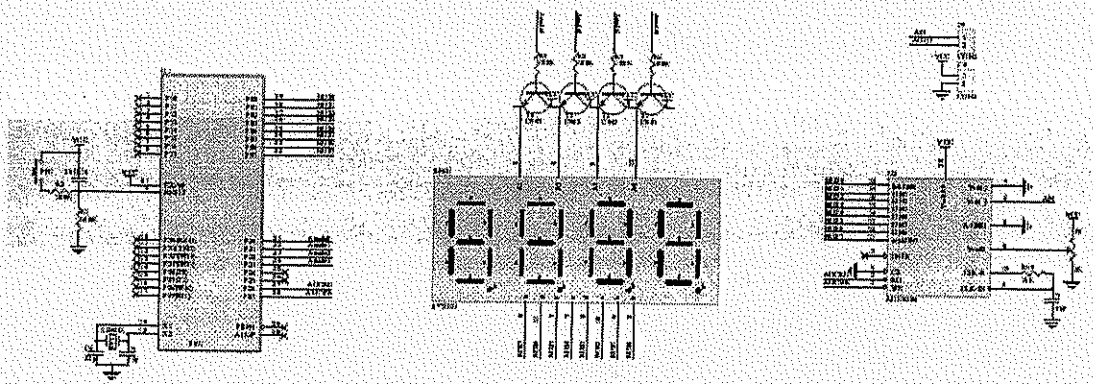
«تمرین ۱۹ : ساخت فرکانس متر»

با استفاده از تایمر و یا انتراپت و با استفاده از تابع Disply یک فرکانس متر طراحی کنید که توانایی اندازه گیری و نمایش فرکانس در بازه ۱KHz-۲۰Hz را برحسب هگزادسیمال داشته باشد.(برنامه را بصورتی تکمیل نمایید که نمایش بصورت دسیمال باشد)



«تمرین ۲۰ : ساخت ولتمتر DC دیجیتال»

با استفاده از A/D که به پورت P0 وصل می گردد و سیگنالهای کنترلی مقدار ولتاژ اعمالی به Analoginput را گرفته و با دو رقم هگزا دسیمال بر روی سون سگمنت نشان داده شود.(برنامه را بصورتی تکمیل نمایید که نمایش بصورت دسیمال باشد)

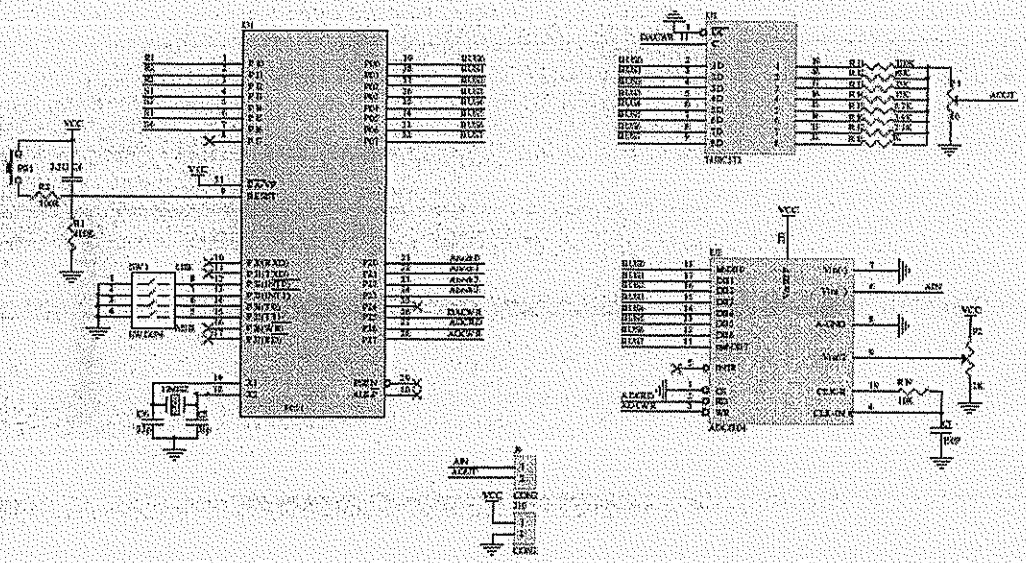


تمرین تکمیلی۱: تمرین ۲۰ را بصورتی تکمیل کنید، که بصورت نمایش ۲۵۵-۰ دسیمال نمایش دهد.

تمرین تکمیلی۲: تمرین ۲۰ را بصورتی تکمیل کنید، که نمایش بصورت واقعی ولتاژ بصورت عددی ممیز شناور (۵.۰۰ -۰.۰۰ ولت)نمایش داده شود.

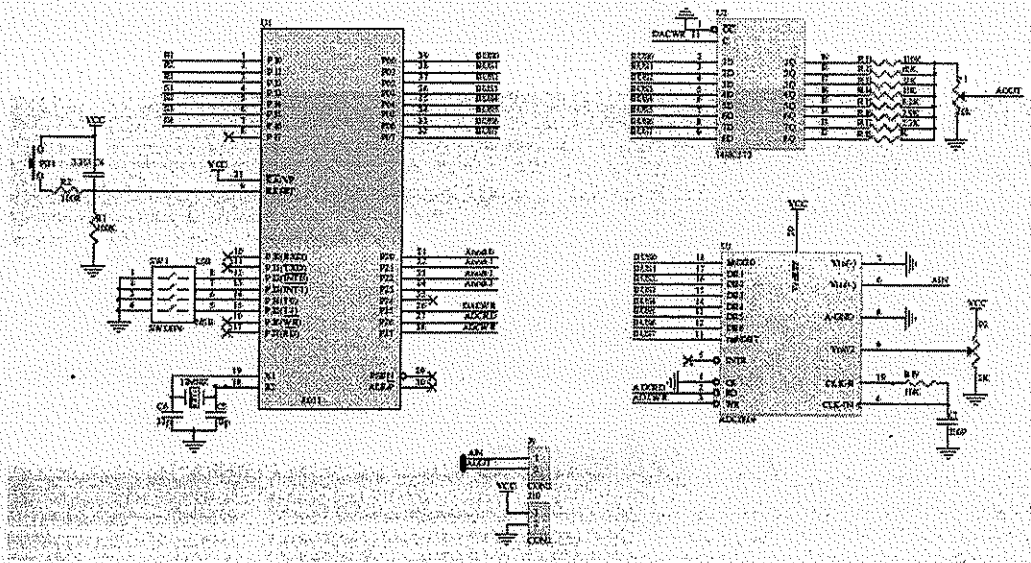
«تمرین ۲۱ : ساخت سیگنال ژنراتورسینوسی»

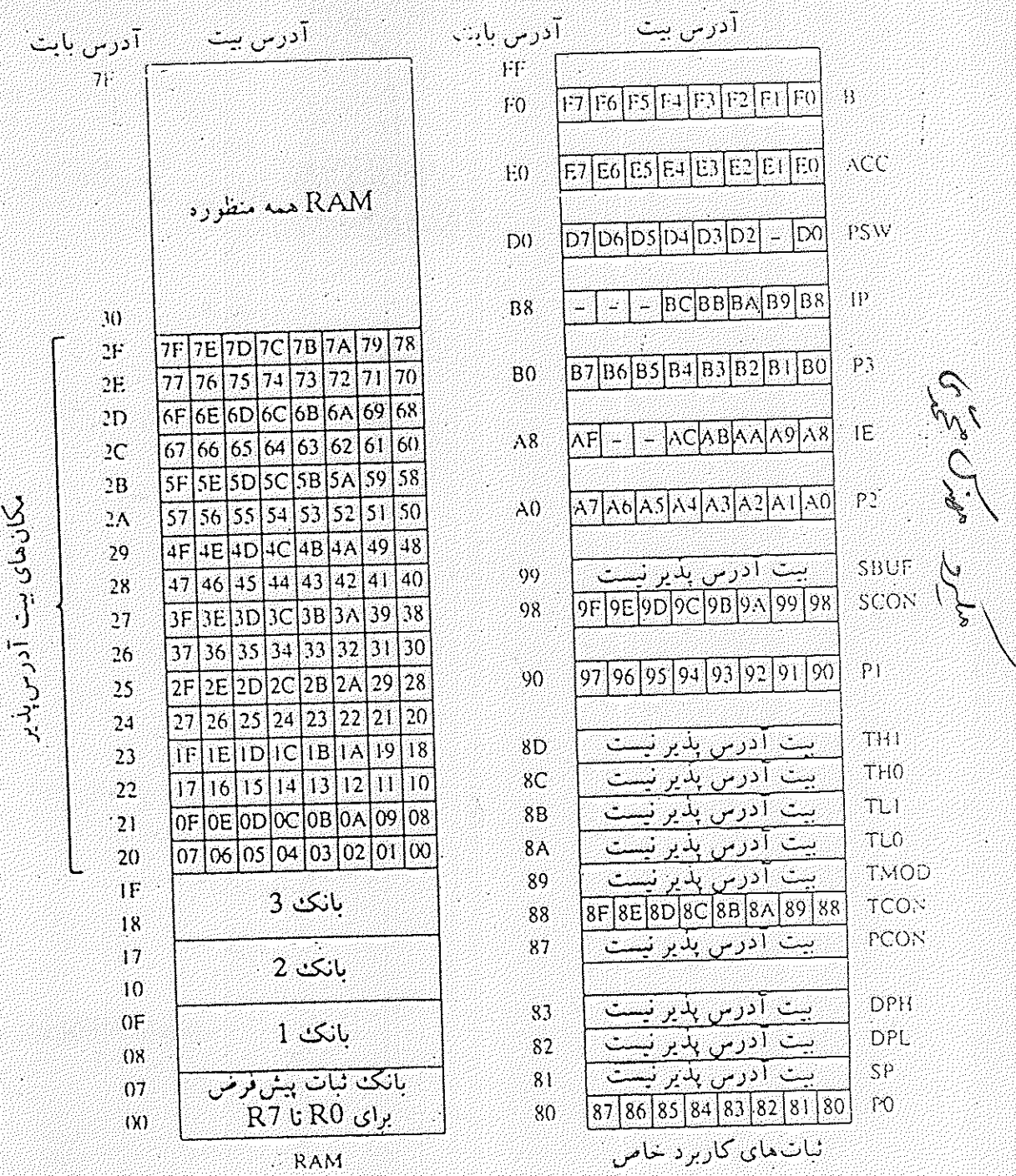
برنامه ای بنویسید که یک شکل موج سینوسی ۵۰ هرتز با دامنه ۵ ولت پیک-پیک را روی پین Analogout ایجاد نمایید.



«تمرین ۲۲ : کار با سیگنال های آنالوگ»

سیگنال DC ، Analog In از طریق A/D خوانده و روی SEG -7*4 نمایش دهید ، یک سیگنال DC معادل روی پین Analog Out تولید نمایید.





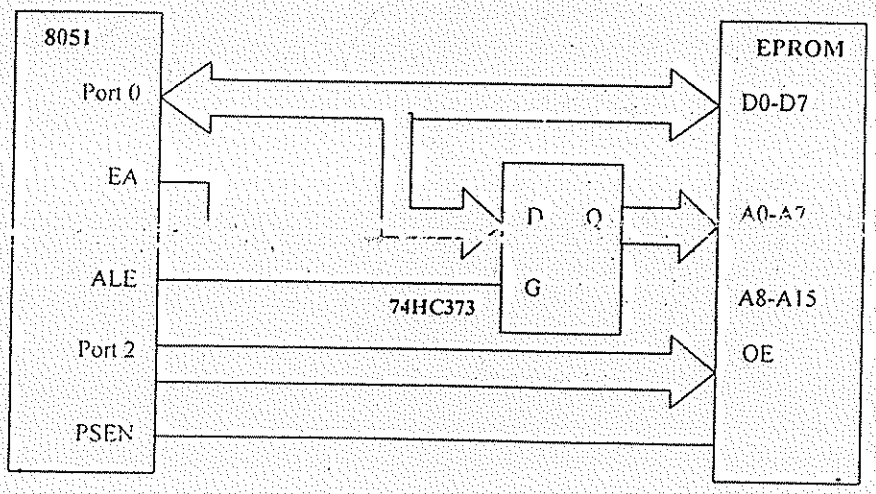
شکل ۶-۲ خلاصه حافظه داده‌ی تراشه‌ی 8051

جدول (۱-۱). مشخصات تعدادی از اعضای خانواده MCS-51

شماره قطعه	نوع و اندازه ROM	RAM	I/O Pins	Timers	منابع وقفه	VCC	خواص ویژه
8051	4k / ROM	128	32	2	6	5	_
8032	0k	256	32	3	6	5	_
89LV51	4k / Flash	128	32	2	6	3	قفل کردن حافظه برنامه
89C1051	1k	64	15	1	3	3	
89C52	8k / Flash	128	32	3	8	5	
DS5000-8	8k/NVRM	128	32	2	6	5	NVRAM, In-system Programing via PC-Serial Port
DS5000-32	32k / NV	128	32	2	6	5	
DS5000-8	8k / NV	128	32	2	6	5	Real time clock برای نگهداری تاریخ وساعت، مواردفوق
87C51FB	16k/EPROM	256	?	4	7	?	مدولاتورعرض پالس، watchdog، تشخیص reset سرد وگرم، مود عیب یابی(ONCE)، رمزگذاری روی ROM

دستیابی به حافظه برنامه خارجی:

درصورت low یا زمین بودن پایه EA، حافظه برنامه بصورت خارجی بوده وحافظه داخلی کنار گذاشته می‌شود. نحوه کلّی اتصال حافظه خارجی درشکل زیر نشان داده شده است.

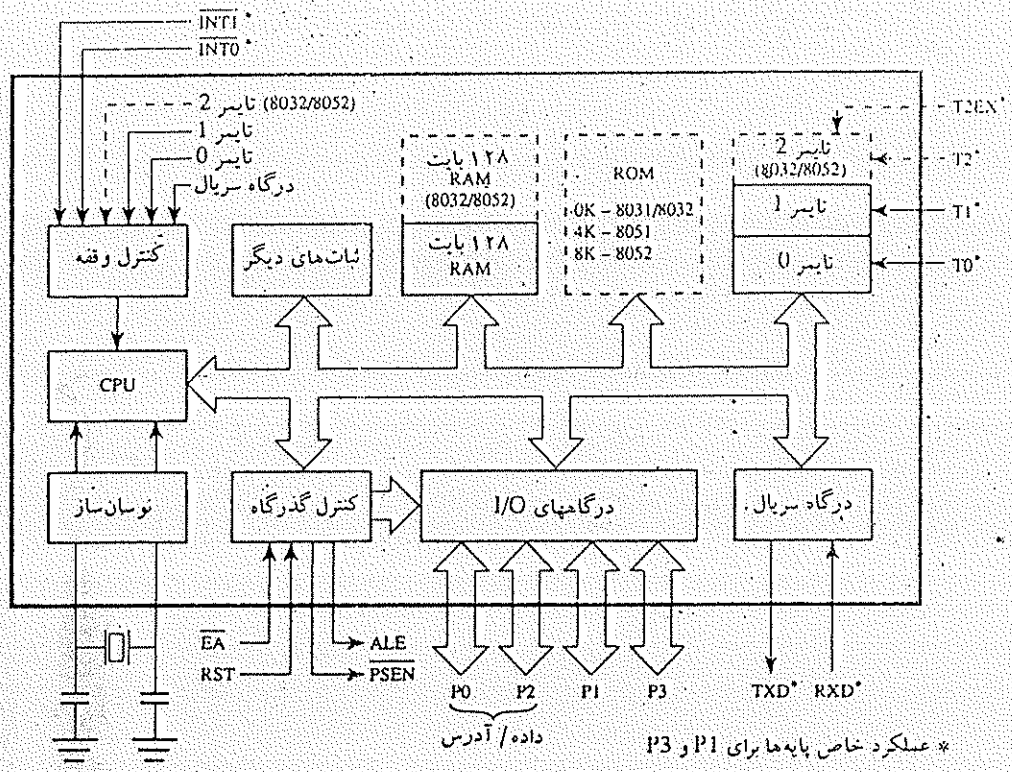


شکل (۱-۳). اتصال حافظه برنامه خارجی به باسهای آدرس و داده میکرو

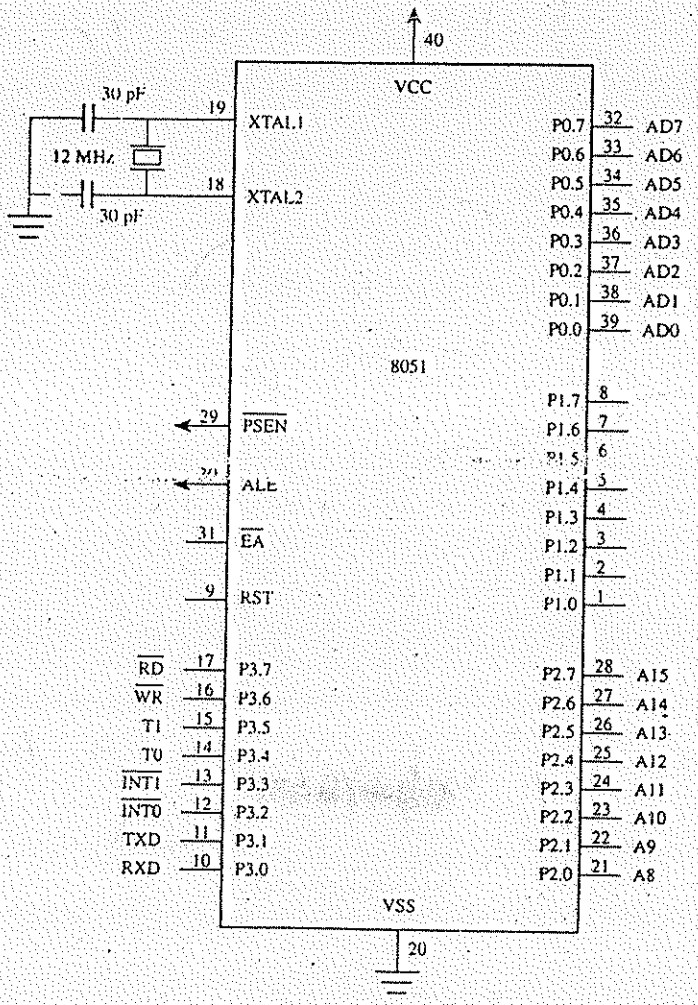
H / L	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NOP	JBC bit, rel	JB bit, rel	JNB bit, rel	JC rel	JNC rel	JZ rel	JNZ rel	SJMP rel	MOV DPTR, # data 16	ORL C, /bit	ANL C, /bit	PUSH dir	POP dir	MOVX A, @DPTR	MOVX @DPTR, A
1	AJMP (P0) *	ACALL (P0)	AJMP (P1)	ACALL (P1)	AJMP (P2)	ACALL (P2)	AJMP (P3)	ACALL (P3)	AJMP (P4)	ACALL (P4)	AJMP (P5)	ACALL (P5)	AJMP (P6)	ACALL (P6)	AJMP (P7)	ACALL (P7)
2	LJMP addr16	LCALL addr16	RET	RETI	ORL dir, A	ANL dir, A	XRL dir, A	ORL C, bit	ANL C, bit	MOV C, bit	MOV C, bit	CPL bit	CLR bit	SETB bit	MOVX A, @R0	MOVX @R0, A
3	RR A	RRC A	RL A	RLC A	ORL dir, # data	ANL dir, # data	XRL dir, # data	JMP @A+DPTR	MOVC A, @A+PC	MOVC A, @A+DPTR	INC DPTR	CPL C	CLR C	SETB C	MOVX A, @R1	MOVX @R1, A
4	INC A	DEC A	ADD A, # data	ADDC A, # data	ORL A, # data	ANL A, # data	XRL A, # data	MOV A, # data	DIV AB	SUBB A, # data	MUL AB	CJNE A, # data, rel	SWAP A	DA A	CLR A	CPL A
5	INC dir	DEC dir	ADD A, dir	ADDC A, dir	ORL A, dir	ANL A, dir	XRL A, dir	MOV dir, # data	MOV dir, dir	SUBB A, dir		CJNE A, dir, rel	XCH A, dir	DJNZ dir, rel	MOV A, dir	MOV dir, A
6	INC @R0	DEC @R0	ADD A, @R0	ADDC A, @R0	ORL A, @R0	ANL A, @R0	XRL A, @R0	MOV @R0, # data	MOV dir, @R0	SUBB A, @R0	MOV @R0, dir	CJNE @R0, # data, rel	XCH A, @R0	XCHD A, @R0	MOV A, @R0	MOV @R0, A
7	INC @R1	DEC @R1	ADD A, @R1	ADDC A, @R1	ORL A, @R1	ANL A, @R1	XRL A, @R1	MOV @R1, # data	MOV dir, @R1	SUBB A, @R1	MOV @R1, dir	CJNE @R1, # data, rel	XCH A, @R1	XCHD A, @R1	MOV A, @R1	MOV @R1, A
8	INC R0	DEC R0	ADD A, R0	ADDC A, R0	ORL A, R0	ANL A, R0	XRL A, R0	MOV R0, # data	MOV dir, R0	SUBB A, R0	MOV R0, dir	CJNE R0, # data, rel	XCH A, R0	DJNZ R0, rel	MOV A, R0	MOV R0, A
9	INC R1	DEC R1	ADD A, R1	ADDC A, R1	ORL A, R1	ANL A, R1	XRL A, R1	MOV R1, # data	MOV dir, R1	SUBB A, R1	MOV R1, dir	CJNE R1, # data, rel	XCH A, R1	DJNZ R1, rel	MOV A, R1	MOV R1, A
A	INC R2	DEC R2	ADD A, R2	ADDC A, R2	ORL A, R2	ANL A, R2	XRL A, R2	MOV R2, # data	MOV dir, R2	SUBB A, R2	MOV R2, dir	CJNE R2, # data, rel	XCH A, R2	DJNZ R2, rel	MOV A, R2	MOV R2, A
B	INC R3	DEC R3	ADD A, R3	ADDC A, R3	ORL A, R3	ANL A, R3	XRL A, R3	MOV R3, # data	MOV dir, R3	SUBB A, R3	MOV R3, dir	CJNE R3, # data, rel	XCH A, R3	DJNZ R3, rel	MOV A, R3	MOV R3, A
C	INC R4	DEC R4	ADD A, R4	ADDC A, R4	ORL A, R4	ANL A, R4	XRL A, R4	MOV R4, # data	MOV dir, R4	SUBB A, R4	MOV R4, dir	CJNE R4, # data, rel	XCH A, R4	DJNZ R4, rel	MOV A, R4	MOV R4, A
D	INC R5	DEC R5	ADD A, R5	ADDC A, R5	ORL A, R5	ANL A, R5	XRL A, R5	MOV R5, # data	MOV dir, R5	SUBB A, R5	MOV R5, dir	CJNE R5, # data, rel	XCH A, R5	DJNZ R5, rel	MOV A, R5	MOV R5, A
E	INC R6	DEC R6	ADD A, R6	ADDC A, R6	ORL A, R6	ANL A, R6	XRL A, R6	MOV R6, # data	MOV dir, R6	SUBB A, R6	MOV R6, dir	CJNE R6, # data, rel	XCH A, R6	DJNZ R6, rel	MOV A, R6	MOV R6, A
F	INC R7	DEC R7	ADD A, R7	ADDC A, R7	ORL A, R7	ANL A, R7	XRL A, R7	MOV R7, # data	MOV dir, R7	SUBB A, R7	MOV R7, dir	CJNE R7, # data, rel	XCH A, R7	DJNZ R7, rel	MOV A, R7	MOV R7, A

2Byte 3Byte
2Cycle 4Cycle

شکل ۱-ب نقشه کدعملیاتی



شکل ۱-۲ نمودار بلوکی 8051



شکل ۲-۲ پایه‌های 8051

نماد		توصیف
عملیات حسابی		
ADD	A,source	جمع A با Source
ADD	A,#data	
ADDC	A,#source	جمع با رقم نقلی
ADDC	A,#data	
SUBB	A,source	تفریق از A
SUBB	A,#data	با رقم قرضی
INC	A	افزایش
INC	source	
DEC	A	کاهش
DEC	source	
INC	DPTR	افزایش DPTR
MUL	AB	ضرب A و B
DIV	AB	تقسیم A بر B
DA	A	تطبیق دهدهی انباره
عملیات منطقی		
ANL	A,source	AND منطقی
ANL	A,#data	
ANL	direct,A	
ANL	direct,#data	
ORL	A,source	OR منطقی
ORL	A,#data	
ORL	direct,A	
ORL	direct,#data	
XRL	A,source	XOR منطقی
XRL	A,#data	
XRL	direct,A	
XRL	direct,#data	
CLR	A	پاک کردن A
CPL	A	متمم کردن A
RL	A	چرخش A به چپ
RLC	A	(از طریق C)
RR	A	چرخش A به راست
RRC	A	(از طریق C)
SWAP	A	تعویض در چهاربیت

راهنما

Rn	آدرس دهی ثبات با استفاده از R0-R7
direct	آدرس داخلی ۸ بیتی (00H-FFH)
@Ri	آدرس دهی غیرمستقیم با استفاده از R0 یا R1
source	یکی از نمادهای [@ri,direct,Rn]
dest	یکی از نمادهای [@ri,direct,Rn]
#data	ثبات ۸ بیتی در دستورالعمل
#data 16	ثابت ۱۶ بیتی
bit	آدرس هشت بیتی مستقیم
rel	افست هشت بیتی علامتدار
addr11	آدرس ۱۱ بیت در صفحه جاری 2K
addr16	آدرس ۱۶ بیتی مستقیم

نماد		توصیف
عملیات انتقال داده		
MOV	A,source	انتقال source
MOV	A,#data	به مقصد
MOV	dest,A	
MOV	dest,source	
MOV	dest,#data	
MOV	DPTR,#data16	
MOVC	A,@A+DPTR	انتقال از
MOVC	A,@A+PC	حافظهٔ کد
MOVX	A,@Ri	انتقال از
MOVX	A,@DPTR	حافظهٔ داده
MOVX	@Ri,A	
MOVX	@DPTR,A	
PUSH	direct	PUSH در پشته
POP	direct	POP از پشته
XCH	A,source	تعویض بایتها
XCHD	A,@Ri	تعویض ترتیب
		رقمهای پایین
عملیات متغیر بولی		
CLR	C	پاک کردن بیت
CLR	bit	
SETB	C	ست کردن بیت
SETB	bit	
CPL	C	متمم کردن بیت
CPL	bit	
ANL	C,bit	AND بیت با C
ANL	C,/bit	AND NOT بیت با C
ORL	C,bit	OR بیت با C
ORL	C,/bit	OR NOT بیت با C
MOV	C,bit	انتقال بیت به بیت
MOV	bit,C	
JC	rel	پرش در صورت 1 بودن C
JNC	rel	پرش در صورت 1 نبودن C
JB	bit,rel	پرش در صورت 1 بودن بیت
JNB	bit,rel	پرش در صورت 1 نبودن بیت
JBC	bit,rel	پرش در صورت 1 بودن بیت
		و سپس پاک کردن آن
انشعاب برنامه		
ACALL	addr11	فراخوانی زیرروال
LCALL	addr16	
RET		بازگشت از زیرروال
RETI		بازگشت ازوقفه
AJMP	addr11	پرش
LJMP	addr16	
SJMP	rel	
JMP	@A+DPTR	
JZ	rel	پرش اگر A = 0 است
JNZ	rel	پرش اگر A = 0 نیست
CJNE	A,direct,rel	مقایسه و پرش در
CJNE	A,#data,rel	صورت مساوی نبودن
CJNE	Rn,#data,rel	
CJNE	@Ri,#data,rel	
DJNZ	Rn,rel	کاهش و
		پرش
DJNZ	direct,rel	اگر صفر نباشد
NOP		انجام ندادن عملیات

نمودار مرجع سریع