

# فصل ۵

## نوسان سازها

### هدف کلی

### تحلیل ساده اصول نوسان سازی و انواع نوسان سازها

کل زمان اختصاص داده شده به فصل: ۱۲ ساعت آموزشی

#### زمان پیشنهادی

#### هدف های رفتاری : در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که :

- ۱- اصول نوسان سازی را تعریف کند. .... ۱۰'
- ۲- انواع نوسان ساز را از نظر تولید شکل موج نام ببرد. .... ۱۰'
- ۳- نیازهای اولیه را برای نوسان سازی شرح دهد. .... ۲۵'
- ۴- اصل بارک هاووزن را توضیح دهد. .... ۱۰'
- ۵- نحوه تولید نوسان ها را در نوسان سازها از لحظه کلید زنی تا پایدار شدن نوسانات توضیح دهد. .... ۲۵'
- ۶- انواع نوسان سازها را از نظر مدار تولید کننده فرکانس نام ببرد. .... ۱۵'
- ۷- انواع نوسان سازهای LC و RC (پل وین) را از نظر شبکه فیدبک نام ببرد. .... ۱۵'
- ۸- مدار نوسان ساز آرمسترانگ را با توجه به اصول نوسان سازی تشریح کند. .... ۳۰'
- ۹- فرمول های مربوط به محاسبه فرکانس نوسان ها در مدار نوسان ساز آرمسترانگ را بنویسد. .... ۱۵'
- ۱۰- مدار نوسان ساز هارتلی را با توجه به اصول نوسان سازی تشریح کند. .... ۳۰'
- ۱۱- فرمول های مربوط به محاسبه فرکانس نوسان ها در مدار نوسان ساز هارتلی را بنویسد. .... ۱۵'
- ۱۲- مدار نوسان ساز کول پیتس را با توجه به اصول نوسان سازی تشریح کند. .... ۳۰'
- ۱۳- فرمول های مربوط به محاسبه فرکانس نوسان ها در مدار نوسان ساز کول پیتس را بنویسد. .... ۱۰'
- ۱۴- مدار نوسان ساز کلاپ را با توجه به اصول نوسان سازی تشریح کند. .... ۳۰'
- ۱۵- فرمول های مربوط به محاسبه فرکانس نوسان ها در مدار نوسان ساز کلاپ را بنویسد. .... ۱۰'
- ۱۶- مدار نوسان ساز پل وین را با توجه به اصول نوسان سازی تشریح کند. .... ۳۰'
- ۱۷- نوسان ساز موج مربعی (مولتی ویراتور) را با ترازیستور و آی سی ۵۵۵ شرح دهد. .... ۹۰'
- ۱۸- اصول کار یک نوع نوسان ساز کریستالی را شرح دهد. .... ۲۵'
- ۱۹- اصول کار یک نوع نوسان ساز VCO را شرح دهد. .... ۲۵'
- ۲۰- با استفاده از نرم افزارهای مولتی سیم یا مشابه آن مدارهای شبیه سازی شده نوسان سازها را مشاهده کند و در صورت امکان آن مدارها را شبیه سازی کند. .... ۹۰'
- ۲۱- در فرایند اجرای آموزش متناسب با شرایط و محتوا، به آزمون های تشخیصی، تکوینی و پایانی پاسخ دهد. .... ۹۰'
- ۲۲- هدف های رفتاری در حیطه عاطفی که در فصل اول آمده است را در این فصل نیز اجرا نماید. .... ۹۰'

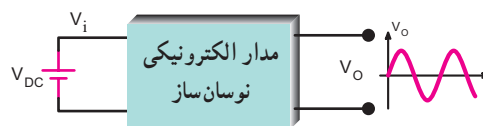
## پیشگفتار

نوسان سازها مدارهای ویژه‌ای هستند که کاربرد نسبتاً گسترده‌ای در مدارهای مخابراتی دارند. بدون نوسان سازها ارسال و دریافت پیام‌های رادیویی امکان پذیر نیست. نوسان سازها یا مولدهای شکل موج، در دستگاه‌هایی نظیر مولتی مترهای دیجیتالی، اسیلوسکوپ، گیرنده و فرستنده‌های رادیویی، رایانه‌ها و وسایل دیجیتالی نظیر شمارنده‌ها، تایمرها، ماشین‌های حساب و دستگاه‌های فراوان دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. لذا می‌توان گفت نوسان ساز یکی از اجزاء اساسی دستگاه‌های الکترونیکی است.

## ۱-۵- اصول نوسان سازی

۱-۱-۵- نوسان ساز چیست؟ نوسان ساز، مداری است که بدون اعمال سیگنال متناوب به ورودی آن، در خروجی، سیگنال متناوب تولید کند.

شکل ۱-۵ نقشه بلوکی (بلوک دیاگرام) نوسان ساز سینوسی را نشان می‌دهد.

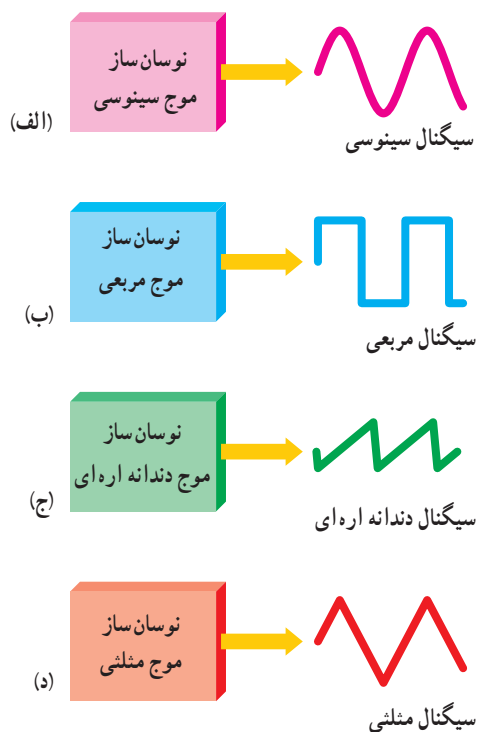


شکل ۱-۵- نقشه بلوکی یک نوسان ساز سینوسی

همان‌طور که مشاهده می‌شود به مدار الکترونیکی نوسان ساز، ولتاژ DC داده شده است و مدار ولتاژ DC را به ولتاژ متناوب سینوسی تبدیل نموده است. به نوسان ساز، اسیلاتور (oscillator) نیز می‌گویند.

## ۲-۵- انواع نوسان ساز از نظر شکل موج تولیدی

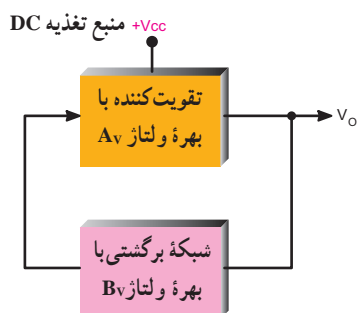
نوسان سازها می‌توانند انواع شکل موج‌ها را به وجود آورند. در شکل ۲-۵ چهار نمونه نوسان ساز به صورت بلوک دیاگرام با توجه به شکل موج آن ترسیم شده است. این نوسان سازها شامل نوسان ساز موج سینوسی (الف)، نوسان ساز موج مربعی (ب)، نوسان ساز موج دندانه اره‌ای (ج) و نوسان ساز موج مثلثی (د) است.



شکل ۲-۵ - انواع نوسان سازها با توجه به شکل موج تولیدی

## ۳-۵- اصول کار مدارهای الکترونیکی نوسان ساز

اغلب نوسان سازها از یک طبقه تقویت کننده و طبقه‌ای به نام شبکه برگشتی یا فیدبک (Feed Back) تشکیل شده‌اند. شبکه برگشتی معمولاً بخشی از سیگنال خروجی تقویت کننده را به ورودی تقویت کننده برگشت می‌دهد. شکل ۳-۵ بلوک دیاگرام کلی نوسان ساز را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۵ - بلوک دیاگرام کلی نوسان ساز

## ۴-۵- نیازهای اولیه برای نوسان سازی

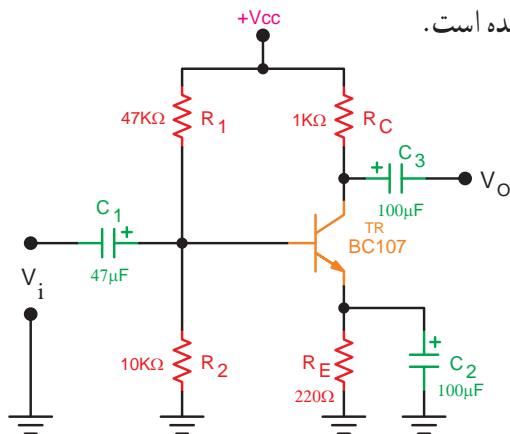
در کلیه نوسان سازها باید شرایط و عوامل زیر وجود داشته باشد تا مدار به نوسان درآید.

الف) منبع انرژی: منبع انرژی می تواند منبع تغذیه، باتری شیمیایی یا باتری نوری باشد. شکل ۴-۵ چند نمونه باتری را به عنوان منبع انرژی نشان می دهد.



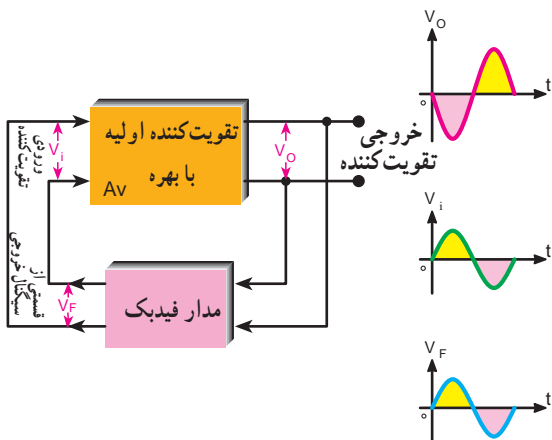
شکل ۴-۵- چند نمونه باتری

ج) تقویت کننده: مدار تقویت کننده معمولاً یکی از انواع تقویت کننده های ترانزیستوری BJT، FET یا IC است. سیگنال های اولیه توسط مدار تعیین کننده فرکانس تولید می شود و به وسیله مدار تقویت کننده تقویت می گردد. در شکل ۶-۵ یک نمونه تقویت کننده رسم شده است.



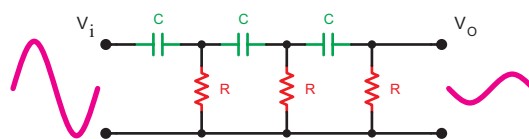
شکل ۶-۵- تقویت کننده ترانزیستوری

د) مدار فیدبک یا بازخورد (Feed Back): فیدبک به مفهوم انتقال بخشی از سیگنال خروجی به ورودی مدار است. در نوسان سازها قسمتی از سیگنال خروجی طوری به ورودی منتقل می شود که با آن هم فاز باشد. در این حالت فیدبک را مثبت (Positive Feed Back) می نامند. در صورتی که سیگنال برگشتی با سیگنال ورودی  $180^\circ$  درجه اختلاف فاز داشته باشد آن را فیدبک منفی (Negative Feed Back) می نامند. شکل ۷-۵ فیدبک مثبت را نشان می دهد.

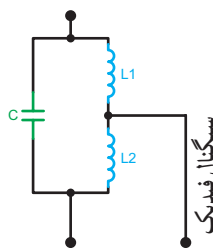


شکل ۷-۵- ایجاد فیدبک مثبت توسط شبکه برگشتی

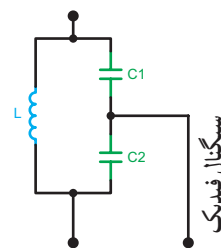
ب) مدار تعیین کننده فرکانس: این مدار معمولاً یک مدار رزونانس LC یا مدار RC یا مدارهایی با مشخصات ویژه است. نوسان های اولیه، در این مدارها تولید می شود. شکل ۵-۵ الف، ب، ج مدار تعیین فرکانس RC و LC را نشان می دهد.



الف- مدار رزونانس RC



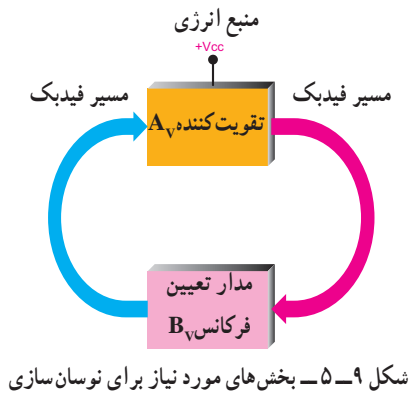
ج- مدار رزونانس LC



ب- مدار رزونانس LC

شکل ۵-۵- مدارهای رزونانس RC و LC

می‌شود. در شکل ۵-۹ بخش‌های مورد نیاز جهت نوسان‌سازی به صورت بلوک دیاگرام ترسیم شده است.



شکل ۵-۹- بخش‌های مورد نیاز برای نوسان‌سازی

### ۵-۵- اصل بارک‌هاوزن (Barkhausen Criterion)

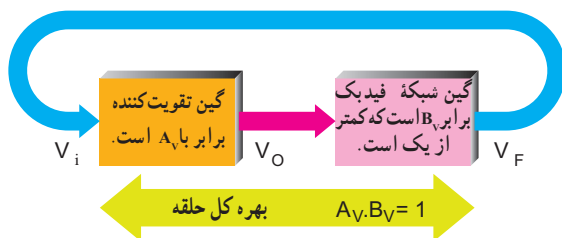
بنابر اصل بارک‌هاوزن، زمانی نوسان‌های یک نوسان‌ساز پایدار می‌شود که حاصل ضرب بهره و لتاژ تقویت‌کننده ( $A_V$ ) در  $B_V$  که ضرب بهره و لتاژ مدار فیدبک نامیده می‌شود برابر یک شود. معادله ۵-۱ رابطه بین  $A_V$  و  $B_V$  را در شرایطی که مدار دارای نوسان‌های پایدار می‌شود، نشان می‌دهد.

$$A_V \cdot B_V = 1 \quad 5-1$$

$A_V$  = بهره تقویت‌کننده

$B_V$  = بهره مدار فیدبک

مفهوم اصل بارک‌هاوزن در شکل ۵-۱۰ نشان داده شده است. بهره کل سیستم باید برابر با یک باشد تا نوسان‌های مدار تداوم یابد. در این مدار مقدار  $A_V = \frac{V_O}{V_i}$  و  $B_V = \frac{V_F}{V_O}$  است. ولتاژ ورودی تقویت‌کننده  $V_i$  و لتاژ خروجی تقویت‌کننده  $V_O$  و لتاژ خروجی مدار فیدبک  $V_F$

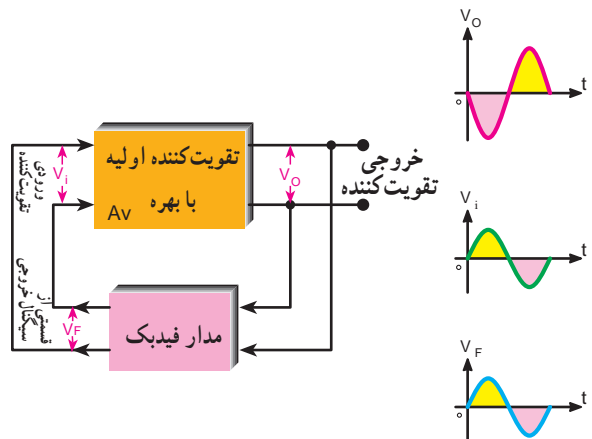


شکل ۵-۱۰- بررسی اصل بارک‌هاوزن

مشاهده می‌شود که سیگنال خروجی مدار فیدبک با سیگنال ورودی تقویت‌کننده هم‌فاز است. در شکل ۵-۷ بین ورودی و خروجی تقویت‌کننده هیچ اختلاف فازی وجود ندارد. مدار فیدبک هم سیگنال خروجی را بدون اختلاف فاز به ورودی تقویت‌کننده برگشت می‌دهد.

در نوسان‌سازها لازم است سیگنال خروجی مدار فیدبک با سیگنال ورودی تقویت‌کننده هم‌فاز باشد یعنی نوع فیدبک مثبت باشد. همچنین مدار تعیین فرکانس معمولاً در بخش مدار فیدبک قرار دارد.

اما در شکل ۵-۸ تقویت‌کننده سیگنال ورودی خود را با  $180^\circ$  درجه اختلاف فاز در خروجی و به صورت تقویت شده ظاهر می‌کند. در این حالت مدار فیدبک، سیگنال خروجی را  $180^\circ$  درجه اختلاف فاز می‌دهد تا سیگنال برگشتی با سیگنال ورودی تقویت‌کننده هم‌فاز شود.



شکل ۵-۸- ایجاد فیدبک مثبت توسط شبکه برگشتی

معمولاً مدار تعیین فرکانس در بخش مدار فیدبک یا بازخورد نوسان‌ساز قرار دارد.

نوسان‌های اولیه برای نوسان‌سازی به وسیله مدار تعیین‌کننده فرکانس تولید می‌شود. این نوسان‌ها توسط مدار تقویت‌کننده تقویت می‌شود و سپس از طریق مدار فیدبک به ورودی منتقل می‌شود. اگر فیدبک مثبت باشد نوسان‌ها تداوم می‌یابد و پایدار

برای تولید نوسان پایدار دو شرط  $A_V \cdot B_V = 1$  و فیدبک مثبت ضروری است.

### مثال ۵-۱

در صورتی که ضریب تقویت مدار تقویت کننده به کار رفته در یک نوسان ساز برابر با  $10^\circ$  باشد، مقدار بهره مدار فیدبک را طوری به دست آورید که مدار دارای نوسان های پایدار باشد.

#### پاسخ:

با استفاده از اصل بارک هاوزن داریم:

$$A_V \cdot B_V = 1 \Rightarrow 10^\circ \times B_V = 1 \Rightarrow B_V = 0.1$$

بهره مدار فیدبک باید  $0.1$  باشد تا مدار به نوسان های پایدار خود ادامه دهد.

### ۵-۶ - یک اسیلاتور چگونه به نوسان در می آید؟

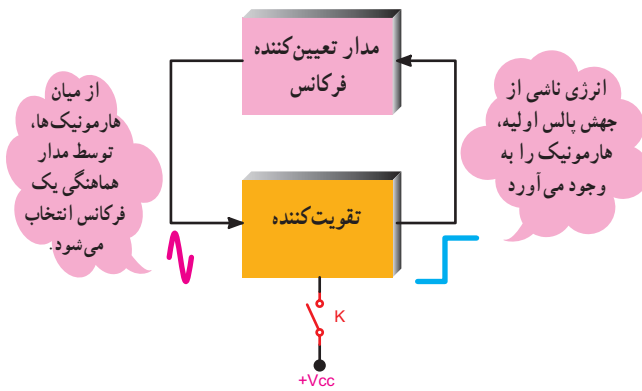
در شکل ۵-۱۱ الی ۵-۱۳ سه مرحله از تولید نوسان ها در نوسان ساز نشان داده شده است. این سه مرحله به ترتیب عبارت اند از:

الف) مرحله روشن کردن دستگاه با زدن کلید

ب) مرحله تولید سیگنال اولیه

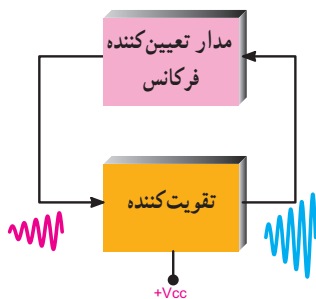
ج) مرحله پایدار شدن نوسان ها

هنگامی که منبع انرژی به مدار متصل می شود، در لحظه برقراری جریان، به علت افزایش ناگهانی ولتاژ و به وجود آمدن حالت گذرا، ضربه ای به مدار وارد می شود که به منزله اعمال یک پالس به مدار است (شکل ۵-۱۱). با وارد شدن پالس به مدار، هارمونیک های مختلف موجود در پالس در مدار هماهنگی ظاهر می شود. هارمونیک انتخاب شده، برابر با فرکانس رزونانس مدار هماهنگی است.



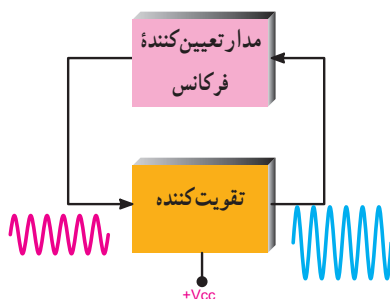
شکل ۵-۱۱ - مرحله روشن شدن دستگاه یا زدن کلید K

هارمونیک انتخاب شده از طریق مدار فیدبک به صورت هم فاز به ورودی مدار تقویت کننده برمی گردد. سیگنال برگشتی پس از تقویت، دوباره در خروجی ظاهر می شود و از طریق مدار فیدبک به ورودی برمی گردد (شکل ۵-۱۲). نوسان ها، زمانی تداوم می یابد که حاصل ضرب بهره مدار تقویت کننده و بهره مدار فیدبک بر اساس اصل بارک هاوزن برابر با یک شود. این شرایط زمانی رخ می دهد که عناصر مدار به طور صحیح انتخاب شده باشند.



شکل ۵-۱۲ - سیگنال اولیه ساخته می شود.

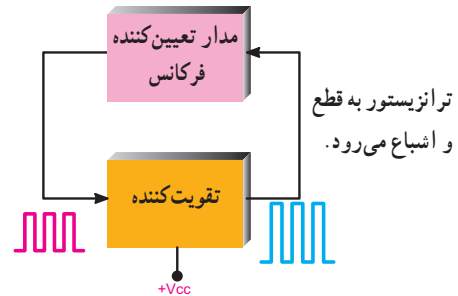
در صورتی که چنین شرایطی پدید آید می توانیم سیگنال سینوسی داشته باشیم (شکل ۵-۱۳).



شکل ۵-۱۳ - نوسانات پایدار می شود (موج سینوسی)

## ۵-۷- تولید نوسان مربعی

اگر شرایط مدار طوری تنظیم شود که تقویت کننده مدار به قطع و اشباع برود سیگنال مربعی تولید می شود (شکل ۱۴-۵). این حالت زمانی اتفاق می افتد که مدار رزونانس LC در مدار وجود نداشته باشد.



شکل ۱۴-۵- ترانزیستور به قطع و اشباع می رود و نوسان ها تداوم می یابد.

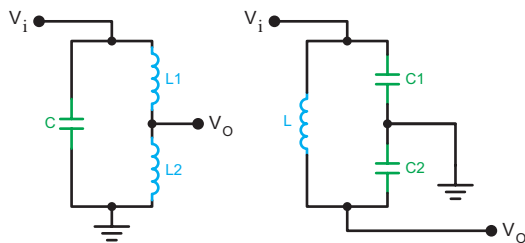
## ۵-۹- انواع نوسان سازهای سینوسی

در زمان های قدیم از لامپ های خلاً به عنوان تقویت کننده در نوسان سازها استفاده می کردند. امروزه استفاده از ترانزیستورهای BJT، FET، تقویت کننده های عملیاتی (Op Amp)، مدارهای منطقی و سایر آی سی ها در مدارهای نوسان ساز بسیار متداول است.

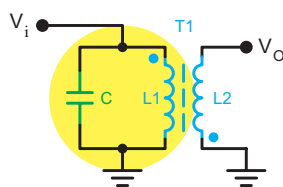
مدارهای نوسان ساز را از نظر نوع مدار تعیین کننده فرکانس و نحوه انجام فیدبک، تقسیم بندی می کنند.

### ۱-۹-۵- انواع نوسان سازها از نظر مدار

**تعیین کننده فرکانس:** نوسان سازها را از نظر نوع مدار تعیین کننده فرکانس به دو دسته RC و LC تقسیم می کنند. در مدارهای LC مدار تعیین کننده فرکانس یک مدار هماهنگی موازی LC است. این مدار انرژی را در خود ذخیره می کند، لذا مدار تانک نامیده می شود. در مدارهای RC مدار تعیین کننده فرکانس یک مدار ترکیبی RC است. به علت کاربرد مدارهای نوسان ساز LC در فرستنده ها و گیرنده های رادیویی در این فصل، به تشریح نوسان ساز با شبکه تولید فرکانس LC می پردازیم و سپس یک یا چند مدار نوسان ساز RC را تشریح می نمایم. شکل های ۱۵-۵، ۱۶-۵ و ۱۷-۵ انواع شبکه های تعیین فرکانس LC و RC را نشان می دهد.



شکل ۱۵-۵- دو نمونه مدار تعیین فرکانس LC



شکل ۱۶-۵- مدار تعیین فرکانس LC

## ۸-۵- الگوی پرسش

### تشریحی

- ۱- اسیلاتور چیست؟ شرح دهید.
- ۲- نیازهای اولیه برای نوسان سازی را نام ببرید و تشریح کنید.
- ۳- اصل بارک هاوزن را شرح دهید.
- ۴- سه مرحله از تولید نوسان را در نوسان ساز شرح دهید.

۵- شرط تولید موج مربعی را در نوسان ساز شرح دهید.

### کامل کردنی

۶- در نوسان سازها نوع فیدبک ..... است.

### چهار گزینه ای

۷- در صورتی که مقدار بهره مدار فیدبک در یک

نوسان ساز ۲٪ باشد، ضریب تقویت مدار تقویت کننده را چقدر

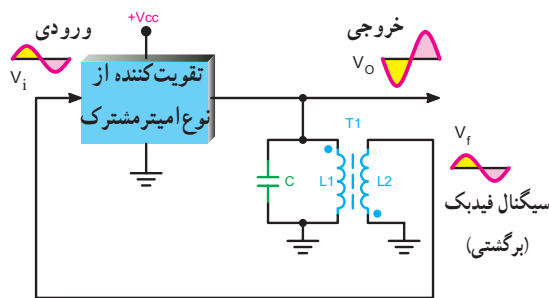
انتخاب کنیم تا نوسان مدار پایدار شود؟

- ۱) ۱۰۰ (۲) ۵۰ (۳) ۲۰۰ (۴) ۷۵

### کوتاه پاسخ

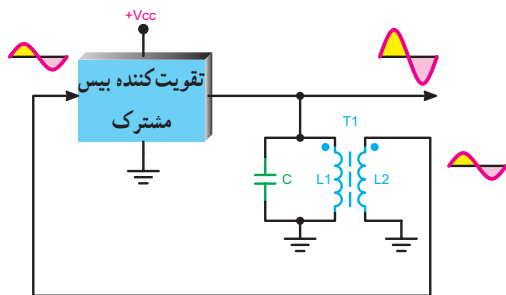
۸- اگر تقویت کننده مربوط به مدار نوسان ساز در قطع و

اشباع کار کند، چه نوع سیگنالی تولید می شود؟



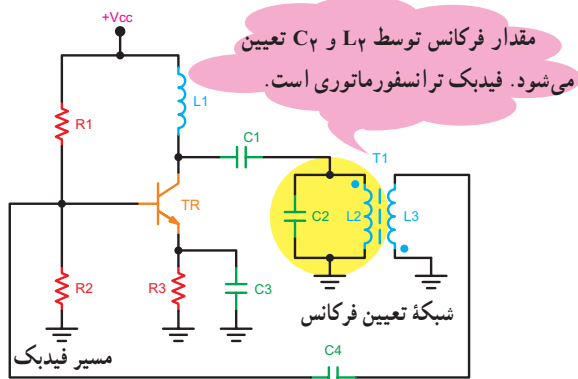
شکل ۱۹-۵- اختلاف فاز بین ورودی و خروجی ۱۸۰ درجه است.

اگر تقویت کننده از نوع بیس مشترک باشد چون بین ولتاژ ورودی و خروجی تقویت کننده اختلاف فازی وجود ندارد، شبکه برگشتی نباید بین سیگنال ورودی و خروجی خود اختلاف فاز ایجاد نماید. شکل ۲۰-۵ شبکه برگشتی را برای تقویت کننده بیس مشترک نشان می دهد.

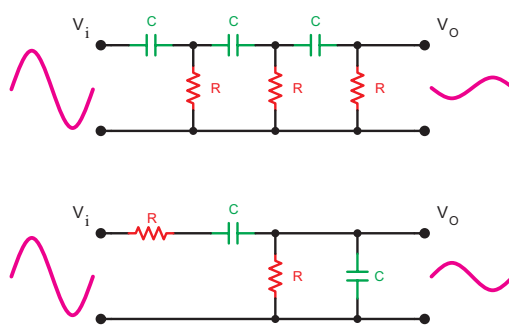


شکل ۲۰-۵- شبکه برگشتی برای تقویت کننده بیس مشترک

در شکل ۲۱-۵ یک نمونه مدار آرمسترانگ ترسیم شده است. مدار تقویت کننده در این نوسان ساز از نوع امیتر مشترک است. مقاومت های  $R_1$  و  $R_2$  با یاسینگ DC مدار را تأمین می کنند. مقاومت  $R_3$  مقاومت تثبیت حرارتی است. خازن  $C_1$  مقاومت امیتر را از نظر AC به شاسی، بای پاس می کند.



شکل ۲۱-۵- مدار نوسان ساز آرمسترانگ



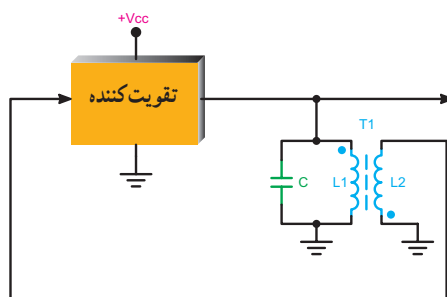
شکل ۱۷-۵- دو نمونه مدار تعیین فرکانس RC

## ۲-۹-۵- انواع نوسان سازهای LC از نظر شبکه

**فیدبک:** نوسان سازها را با توجه به مدار فیدبک، به سه دسته به شرح زیر تقسیم می کنند:

### ۳-۹-۵- نوسان ساز با شبکه فیدبک ترانسفورماتوری:

در این مدار عمل فیدبک از طریق یک ترانسفورماتور صورت می گیرد. این نوع مدارها را مدار آرمسترانگ (Armstrong) می نامند. در شکل ۱۸-۵ مدار کلی نوسان ساز آرمسترانگ را که شبکه فیدبک آن ترسیم شده است، مشاهده می کنید. اگر در تقویت کننده بین سیگنال ورودی و خروجی ۱۸۰° اختلاف فاز ایجاد شود مدار تعیین فرکانس نیز باید بین سیگنال ورودی و خروجی خود ۱۸۰° اختلاف فاز ایجاد نماید تا فیدبک از نوع مثبت شود.



شکل ۱۸-۵- مدار کلی نوسان ساز آرمسترانگ

در ترانسفورماتورها محل های نقطه گذاری شده (.) نشانه هم فاز بودن سیگنال ها است. همان طور که مشاهده می شود، شبکه برگشتی به سیگنال ورودی خود ۱۸۰° اختلاف فاز می دهد تا نوع فیدبک مثبت شود. اگر بهره ولتاژ تقویت کننده  $A_V$  باشد، ترانسفورماتور که کاهنده است دامنه سیگنال ورودی را کاهش می دهد. به این ترتیب اصل بارک هاوزن ( $A_V \times B_V = 1$ ) برقرار می شود و مدار نوسان پایدار ایجاد می نماید (شکل ۱۹-۵).

سیم پیچ  $L_3$ ، که با سیم پیچ  $L_2$  به صورت ترانسفورماتور بسته شده است، شبکه فیدبک را تشکیل می دهد. یک سر این سیم پیچ به شاسی متصل است و سر دیگر آن از طریق خازن  $C_4$  به ورودی تقویت کننده (بیس ترانزیستور) برمی گردد. به عبارت دیگر، سیگنال دو سر این سیم پیچ به ورودی تقویت کننده اعمال می شود. از طرف دیگر، سیم پیچ  $L_2$  و خازن  $C_2$  بار خروجی مدار را تشکیل می دهند. بنابراین، قسمتی از سیگنال خروجی به ورودی برگشت داده می شود. در صورتی که اصل بارک هاوزن برقرار باشد نوسان های مدار تداوم خواهد یافت. این نوع سیم پیچ فیدبک را گاهی تیکلر کویل (سیم پیچ تحریک) نیز می نامند.

— نحوه نوسان سازی در اسیلاتور آرمسترانگ: بازدن

کلید و اعمال ولتاژ DC منبع تغذیه به مدار، ولتاژ بیس ترانزیستور شروع به رشد می کند. این رشد ولتاژ پس از تقویت، با  $180^\circ$  درجه اختلاف فاز روی کلکتور ظاهر می شود و از طریق خازن کوپلاژ  $C_1$  به مدار تانک  $L_2$  و  $C_2$  می رسد. درست مانند این است که مدار تانک توسط پالس DC تحریک شده باشد. توسط مدار تانک یکی از هارمونیک های تشکیل دهنده پالس، که فرکانس آن برابر با فرکانس رزونانس مدار تانک است، انتخاب می شود و به صورت میرا شروع به نوسان می کند. نوسان های میرا شونده از طریق کوپلاژ ترانسفورماتوری با اختلاف فاز  $180^\circ$  درجه در سیم پیچ  $L_3$  القا می شود و از طریق خازن کوپلاژ  $C_4$  به بیس ترانزیستور می رسد. چون در مجموع  $360^\circ$  درجه، اختلاف فاز، به وجود می آید ( $180^\circ$ )، درجه در اثر مدار امیتر مشترک و  $180^\circ$  درجه در اثر ترانس  $(T_1)$ ، فیدبک مثبت است. در صورتی که اصل بارک هاوزن برقرار باشد نوسان های مدار تداوم می یابد.

مقدار فرکانس رزونانس مدار با تقریب قابل قبول

از رابطه ۲-۵ به دست می آید.

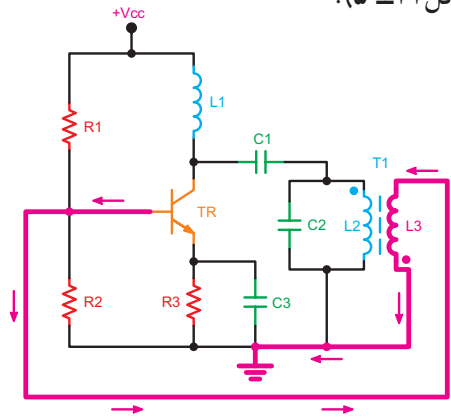
فرکانس نوسان اسیلاتور برحسب هرتز  $F_T =$

ضریب خودالقا برحسب هانزی  $L_2 =$

مقدار ظرفیت خازن برحسب فاراد  $C_2 =$

$$F_T = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}} \quad (5-2)$$

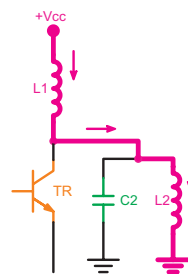
خازن  $C_4$  به منظور کوپلاژ سیگنال خروجی از بوبین  $L_3$  به بیس ترانزیستور به کار رفته است؛ ضمن این که این خازن مانع اتصال کوتاه شدن DC بیس ترانزیستور از طریق  $L_3$  به شاسی می شود (شکل ۲۲-۵).



شکل ۲۲-۵ اتصال کوتاه شدن بیس به زمین در اثر نبودن خازن  $C_4$

بار کلکتور ترانزیستور شامل سیم پیچ  $L_1$  و مجموعه مدار تانک (تشدید) موازی  $L_2$  و  $C_2$  است. سیم پیچ  $L_1$  را سیم پیچ RFC (چوک فرکانس رادیویی - Radio Frequency choke) نیز می نامند. این سیم پیچ در فرکانس های کار مدار، مانع ورود سیگنال AC به خط تغذیه می شود.

اگر خازن کوپلاژ  $C_1$  در مدار نباشد کلکتور از طریق مسیر مشخص شده در شکل ۲۳-۵ به زمین اتصال کوتاه می شود و عملاً قطب مثبت منبع تغذیه را به قطب منفی آن از طریق سیم پیچ متصل می کند.



شکل ۲۳-۵ اتصال کوتاه شدن کلکتور در اثر نبودن خازن  $C_1$

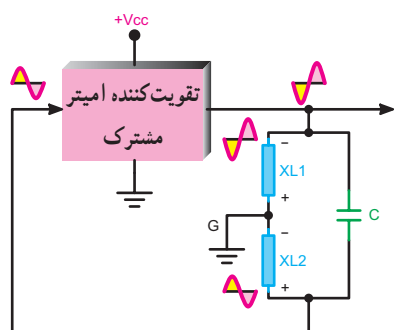
## کار با نرم افزار

### مربی محترم

توصیه می شود، مدار نوسان ساز آرمسترانگ را با استفاده از نرم افزار مولتی سیم شبیه سازی کنید و سیگنال های نقاط مختلف مدار را ملاحظه نمایید.

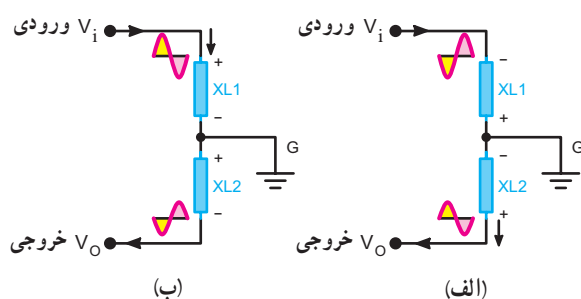


(شکل ۲۶-۵) سیگنال ورودی شبکه برگشتی نسبت به زمین، سیگنال دوسر  $XL_1$  و سیگنال خروجی نسبت به زمین سیگنال دو سر  $XL_2$  است که این دو سیگنال در فاز مخالف هم قرار دارند.



شکل ۲۶-۵ - شبکه فیدبک در مدار امپتر مشترک

در صورتی که سیگنال‌های ورودی و خروجی شبکه فیدبک مدار امپتر مشترک شکل ۲۶-۵ را در دو حالت ورودی و خروجی به طور جداگانه بررسی کنیم، شکل‌های ۲۷-۵. الف و ب به وجود می‌آید. این شکل‌ها سیگنال‌های ورودی و خروجی دوسر سیم پیچ  $LF_1$  و  $LF_2$  را در دو نیم سیکل منفی و مثبت نشان می‌دهد که نسبت به نقطه  $G$  در فاز مخالف هم قرار دارند. سیگنال دوسر  $XL_2$  که تضعیف شده، سیگنال خروجی است و به ورودی تقویت کننده برگشت داده می‌شود.



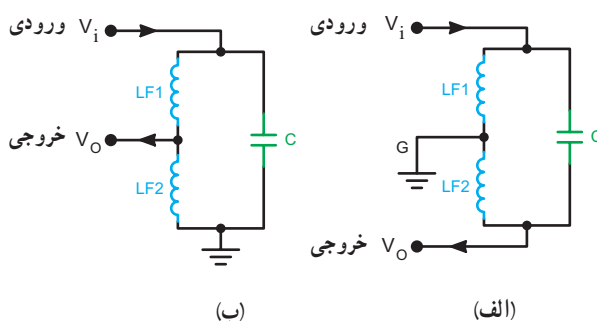
شکل ۲۷-۵ - سیگنال‌های ورودی و خروجی برای دو حالت مدار امپتر مشترک

اگر تقویت کننده دارای آرایش بیس مشترک باشد در این صورت بین سیگنال ورودی و خروجی آن اختلاف فازی وجود ندارد در این صورت شبکه برگشتی هم نباید اختلاف فازی بین سیگنال ورودی و خروجی ایجاد نماید. شکل ۲۸-۵ تقویت کننده

#### ۴-۹-۵ - نوسان ساز با شبکه فیدبک از طریق تقسیم

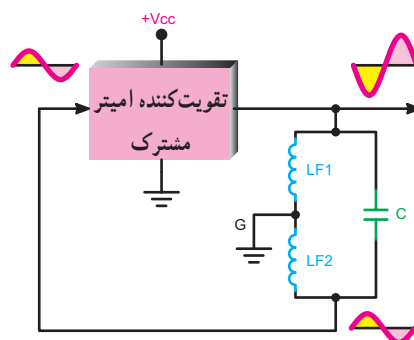
**ولتاژ سلفی:** در صورتی که ولتاژ فیدبک از طریق تقسیم ولتاژ روی سلف صورت گیرد نوسان ساز را هارتلی (Hartly) می‌نامند. این نوسان ساز در فرکانس‌های بالا بهتر عمل می‌کند. در شکل‌های ۲۴-۵ الف و ب دو نمونه شبکه فیدبک مدار نوسان ساز هارتلی ترسیم شده است.

اگر تقویت کننده در مدار نوسان ساز دارای آرایش امپتر مشترک باشد بین سیگنال ورودی و خروجی آن  $180^\circ$  اختلاف فاز وجود دارد.



شکل ۲۴-۵ - دو نمونه مدار تعیین فرکانس در نوسان ساز هارتلی

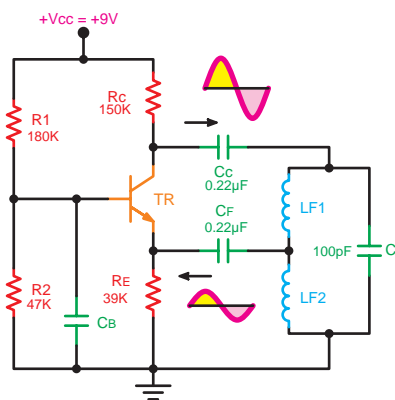
شکل ۲۵-۵ تقویت کننده را به صورت بلوکی و شبکه برگشتی نوسان ساز هارتلی را نشان می‌دهد. لازم است شبکه برگشتی نیز به سیگنال خروجی تقویت کننده  $180^\circ$  اختلاف فاز بدهد تا نوع فیدبک را مثبت کند و تضعیف لازم را ایجاد نماید، در نهایت برای پایداری نوسان باید اصل بارک هاوزن ( $A_V \cdot B_V = 1$ ) برقرار شود.



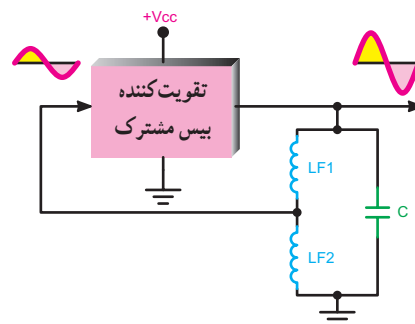
شکل ۲۵-۵ - تقویت کننده و شبکه برگشتی در نوسان ساز هارتلی

این دو شرط توسط  $LF_1$  و  $LF_2$  صورت می‌گیرد. چنانچه در فرکانس کار دو سیم پیچ را معادل  $XL_1$  و  $XL_2$  در نظر بگیریم

را به صورت بلوکی و مدار تعیین فرکانس را برای آرایش بیس مشترک نشان می‌دهد.



شکل ۳-۵- مدار نوسان ساز هارتلی



شکل ۲۸-۵- تقویت کننده بیس مشترک و شبکه برگشتی

## کار با نرم افزار

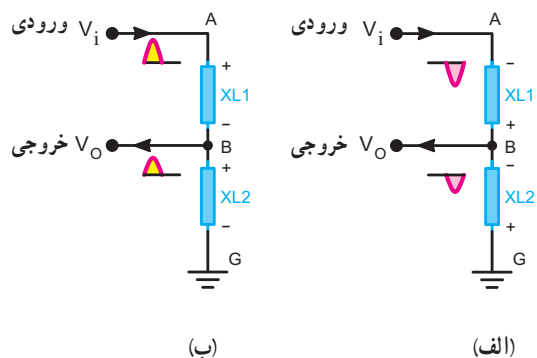
### مربی محترم

توصیه می‌شود، انواع مدارهای تقسیم کننده ولتاژ را با استفاده از نرم افزار مولتی سیم شبیه سازی کنید و به هنرجویان نشان دهید.

### تشریح عملکرد مدار: مدار تقویت کننده این نوسان ساز

به صورت بیس مشترک بسته شده است. خازن های  $C_C$  و  $C_F$  خازن های کوپلاژند که مانع تداخل ولتاژ DC بین ورودی و خروجی می شوند. قسمتی از سیگنال خروجی توسط شبکه تقسیم ولتاژ  $LF_1$  و  $LF_2$  انتخاب و به ورودی اعمال می شود. در این مدار یک سرسیم پیچ  $LF_2$  دقیقاً به شاسی متصل شده است و سر دیگر آن به ورودی برمی گردد. یک سرسیم پیچ  $LF_1$  نیز با  $LF_2$  مشترک می شود و سر دیگر آن از طریق خازن کوپلاژ  $C_C$  به خروجی وصل می شود. بدین ترتیب قسمتی از سیگنال خروجی به ورودی فیدبک می شود. چون مدار به صورت بیس مشترک است از این رو، اختلاف فازی بین ورودی و خروجی به وجود نمی آید و دریافت سیگنال به طور مستقیم از مدار تانک موجب فیدبک مثبت می شود و مدار به نوسان درمی آید. خازن پایه بیس را از نظر AC به زمین متصل می کند.

در صورتی که سیگنال های ورودی و خروجی شبکه فیدبک مدار بیس مشترک شکل ۲۸-۵ را در دو حالت ورودی و خروجی به طور جداگانه بررسی کنیم، شکل ۲۹-۵ الف و ب به وجود می آید. در این شکل ها  $LF_1$  و  $LF_2$  در فرکانس کار معادل راکتانس  $XL_1$  و  $XL_2$  در نظر گرفته شده اند. مشاهده می شود همواره پتانسیل A نسبت به G با پتانسیل B نسبت به G هم فاز است.



شکل ۲۹-۵- پتانسیل نقاط A و B نسبت به G برای دو حالت مدار بیس مشترک

در شکل ۳-۵ مدار یک نوسان ساز هارتلی ترسیم شده است.

مدار تعیین کننده فرکانس در نوسان ساز هارتلی پیچیدگی خاصی دارد. در شکل ۳-۵ سیم پیچ های  $LF_1$  و  $LF_2$  دارای تأثیر متقابل روی یکدیگر هستند چرا که روی یک هسته پیچیده شده اند.

### مخترعین



رالف هارتلی



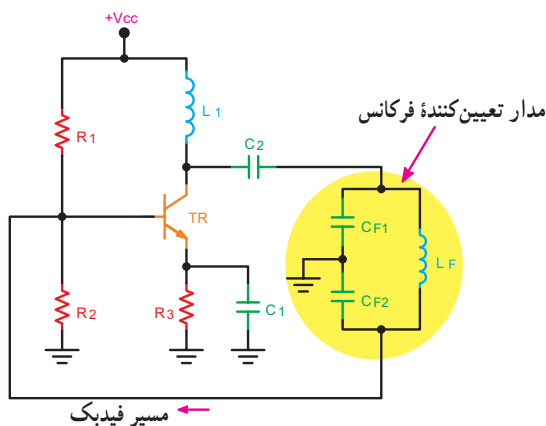
اولین نوسان ساز هارتلی لامپی ساخته شده توسط آقای رالف هارتلی

آقای رالف وینتون لیون هارتلی Ralf Vinton Lyon Hartly در سال ۱۸۸۶ در ایالت نوادای آمریکا به دنیا آمد. وی تحصیلات خود را در طی دوره‌های کاردانی در دانشگاه یوتا و کارشناسی را در دانشگاه آکسفورد گذراند و پس از بازگشت به آمریکا به عنوان محقق در کمپانی وسترن الکتریک شروع به کار کرد. وی در سال ۱۹۱۵ نوسان ساز هارتلی را اختراع کرد که باعث تغییرات اساسی در سیستم‌های رادیو تلفن شد. او همکاری‌های خود را با شرکت بل ادامه داد. هارتلی در سال ۱۹۷۰ درگذشت.

با مراجعه به منابع مختلف درباره آرمسترانگ Armstrong و کول پیتس Colpitts

تحقیق کنید.

خازن صورت گیرد، مدار نوسان ساز را کول پیتس (Colpitts) می‌نامند. در شکل ۳۱-۵ یک نمونه مدار نوسان ساز کول پیتس ترسیم شده است. مدار تقویت کننده این نوسان ساز از نوع امیتری مشترک است و مشابه مدار آرمسترانگ و هارتلی است. مدار تعیین کننده فرکانس، مجموعه خازن‌های  $C_{F1}$ ،  $C_{F2}$  و سیم پیچ  $L_F$  است. محل اتصال  $C_{F1}$  و  $C_{F2}$  به شاسی متصل شده است تا اختلاف فاز به وجود آمده توسط مدار امیتری مشترک را جبران کند. قسمتی از سیگنال خروجی که در دوسر  $C_{F2}$  قرار دارد به ورودی برگشت داده شده است و یک سر خازن  $C_{F2}$  به ورودی اتصال دارد.

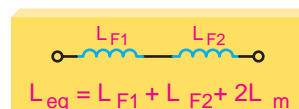


شکل ۳۱-۵- مدار نوسان ساز کول پیتس

نحوه محاسبه فرکانس مدار: فرکانس تولید شده توسط

$$F_T = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq}C}} \text{ به دست می‌آید.}$$

$L_{eq}$  سیم پیچ معادل مدار است.



۵-۳

$L_{eq} =$  ضریب خودالقایی معادل

$L_m =$  ضریب القای متقابل

$L_{F1}$  و  $L_{F2} =$  ضریب خودالقایی هر

سیم پیچ برحسب هانری است.

مقدار  $L_m$  از رابطه ۴-۵ قابل محاسبه است.

$$L_m = K\sqrt{L_{F1}L_{F2}} \quad 5-4$$

$L_m =$  ضریب القای متقابل برحسب هانری

$K =$  ضریب کوپلاژ بین دو سیم پیچ است.

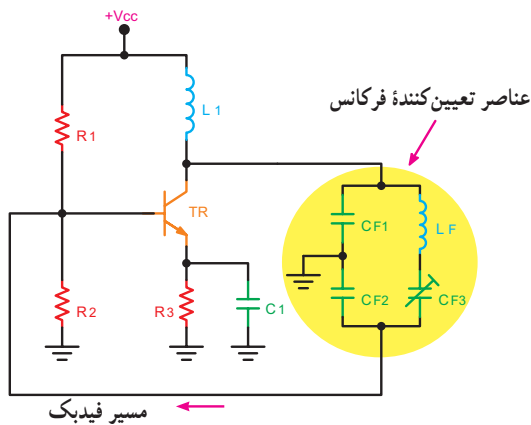
$K = \frac{\Phi_2}{\Phi_1}$  = شار مغناطیسی سیم پیچ دوم

$\Phi_1$  = شار مغناطیسی سیم پیچ اول

### ۵-۹-۵- نوسان ساز با فیدبک از طریق تقسیم ولتاژ

خازنی: در صورتی که فیدبک مدار از طریق تقسیم ولتاژ توسط

و با سلف  $L_F$  به صورت سری قرار می گیرد. اصطلاحاً این خازن را تریمر Trimer می نامند. خازن تریمر را با نماد  $\nabla$  نشان می دهند و برای تنظیم فرکانس تولید شده توسط نوسان ساز به کار می رود. به علت وجود خازن  $C_{F3}$ ، نیازی به خازن کوپلاژ در مسیر کلکتور به شبکه برگشتی (مدار تعیین فرکانس) نیست. این نوع نوسان ساز را نوسان ساز اصلاح شده کول پیتس می نامند.



شکل ۳۳-۵ - نوسان ساز کلاپ

### فرکانس نوسان ساز کلاپ: مقدار فرکانس رزونانس

این نوسان ساز تابع هر سه خازن  $C_{F1}$ ،  $C_{F2}$ ،  $C_{F3}$  می شود. مقدار فرکانس این نوسان ساز از رابطه ۵-۶ محاسبه می شود.

$$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_F C_{eq}}} \quad 5-6$$

$F_r =$  فرکانس رزونانس برحسب هرتز  
 $L_F =$  ضریب خودالقای مدار تانک برحسب هانری  
 $C_{eq} =$  ظرفیت خازنی معادل برحسب فاراد

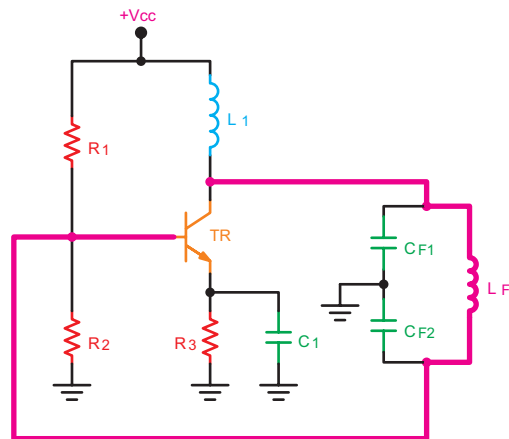
$$C_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{C_{F1}} + \frac{1}{C_{F2}} + \frac{1}{C_{F3}}}$$

### کار با نرم افزار

#### مربی محترم

توصیه می شود، مدار نوسان ساز کول پیتس و کلاپ را با استفاده از نرم افزار مولتی سیم یا هر نوع نرم افزار دیگر شبیه سازی کنید و نتایج را برای هنرجویان نمایش دهید.

خازن کوپلاژ  $C_F$  مانع عبور DC می شود اگر خازن  $C_F$  در مدار وجود نداشته باشد، کلکتور ترانزیستور از طریق مسیر مشخص شده در شکل ۳۲-۵ به بیس اتصال می یابد و مدار تقویت کننده از نظر DC به درستی بایاس نمی شود.



شکل ۳۲-۵ - وجود نداشتن خازن کوپلاژ  $C_F$  کلکتور را به بیس اتصال می دهد.

### فرکانس نوسان ساز کول پیتس: مقدار فرکانس

نوسان ساز از رابطه ۵-۵ قابل محاسبه است.

$$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_F C_{eq}}}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_{F1}} + \frac{1}{C_{F2}} \Rightarrow C_{eq} = \frac{C_{F1}C_{F2}}{C_{F1} + C_{F2}} \quad 5-5$$

$F_r =$  فرکانس نوسان ساز برحسب هرتز  
 $L_F =$  مقدار اندوکتانس برحسب هانری  
 $C_{eq} =$  مقدار ظرفیت معادل برحسب فاراد

$$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_F C_{eq}}} \quad C_{eq} = \frac{C_{F1}C_{F2}}{C_{F1} + C_{F2}}$$

$\swarrow$  فرکانس رزونانس     $\swarrow$  اندوکتانس مدار     $\swarrow$  خازن معادل مدار     $\swarrow$  خازن تقسیم ولتاژ

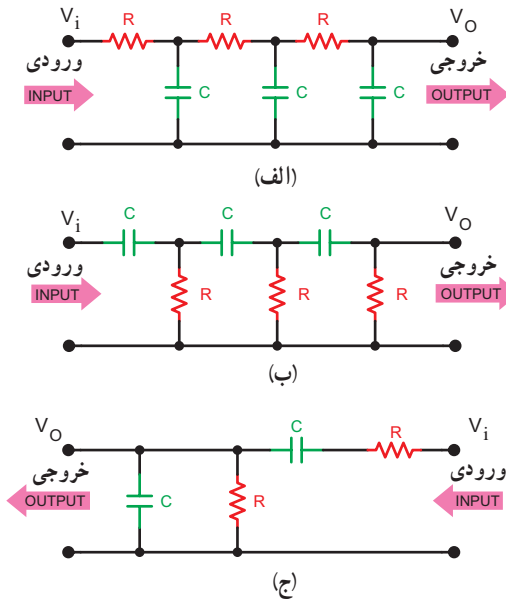
### ۵-۹-۶ - نوسان ساز کلاپ (Clapp): با تغییر کوچکی

در نوسان ساز کول پیتس، نوسان ساز جدیدی به وجود می آید که آن را نوسان ساز کلاپ (Clapp) می نامند. در شکل ۳۳-۵ مدار نوسان ساز کلاپ را ملاحظه می کنید. در این مدار خازن  $C_{F3}$  به صورت سری با  $L_F$  قرار دارد. این خازن دارای ظرفیت کم است

مانند سایر نوسان سازها لازم است دو شرط اصلی ایجاد نوسان یعنی اصل بارک هاووزن و فیدبک مثبت برقرار شود تا مدار نوسان پایداری را ایجاد کند.

شکل های ۵-۳۵- الف، ب و ج آرایش های مختلف شبکه RC را نشان می دهد.

این نوسان سازها برای تولید فرکانس های تا حدود ۱۰۰ KHZ مناسب هستند.



شکل ۵-۳۵- شبکه RC

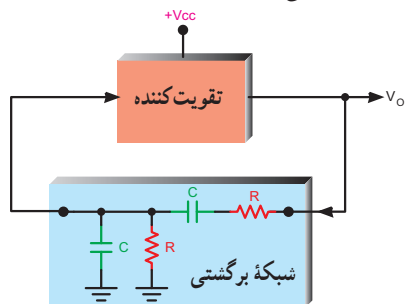
### ۱-۱-۵- نوسان ساز پل وین

(Wein Bridge Oscillator): نوسان ساز پل وین یک

مولد سیگنال سینوسی با اعوجاج کم است. مدار این نوسان ساز از یک تقویت کننده و شبکه برگشتی RC تشکیل می شود.

شکل ۵-۳۶- نماد بلوکی تقویت کننده و شبکه برگشتی

نوسان ساز را نشان می دهد.



شکل ۵-۳۶- نماد بلوکی و شبکه برگشتی نوسان ساز پل وین

در جدول ۵-۱ مشخصات انواع نوسان سازهای LC به اختصار آمده است.

جدول ۵-۱- مشخصات انواع نوسان سازهای LC

نوسان ساز	مشخصه ویژه	مقدار فرکانس
آرمسترانگ Armstrong شکل ۵-۲۱	فیدبک خروجی به ورودی از طریق ترانسفورماتور صورت می گیرد. سیم پیچ ثانویه را تیکلر کوئل نیز می نامند.	$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r C_r}}$
هارتلی Hartly شکل ۵-۳۰	استفاده از تقسیم کننده ولتاژ سلفی در مدار فیدبک	$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq} C}}$
کول پیتس Colpitts شکل ۵-۳۱	استفاده از تقسیم کننده ولتاژ خازنی در مدار فیدبک	$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_F C_{eq}}}$
کلاپ Clapp شکل ۵-۳۳	نوع اصلاح شده نوسان ساز کول پیتس. اضافه شدن یک خازن به صورت سری با سیم پیچ مدار تانک	$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_F C_{eq}}}$

### برای هنرجویان علاقه مند

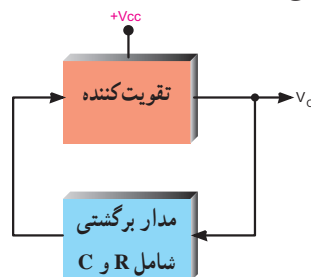
اگر تاب را به عنوان یک نوسان ساز در نظر بگیریم عناصر این سیستم مکانیکی را با مدار نوسان ساز الکترونیکی مقایسه کنید. چه عامل یا عواملی باعث توقف نوسان های تاب می شود؟ این عامل یا عوامل با کدام عامل یا عوامل در مدار الکترونیکی قابل مقایسه است؟

### ۱-۱-۵- نوسان ساز RC

در این نوسان سازها دو قسمت تقویت کننده و مدار برگشتی

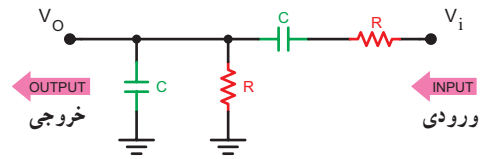
وجود دارد. مدار برگشتی معمولاً از R و C تشکیل می شود.

شکل ۵-۳۴- مدار بلوکی این نوع نوسان سازها را نشان می دهد.



شکل ۵-۳۴- مدار بلوکی نوسان ساز RC شامل R و C

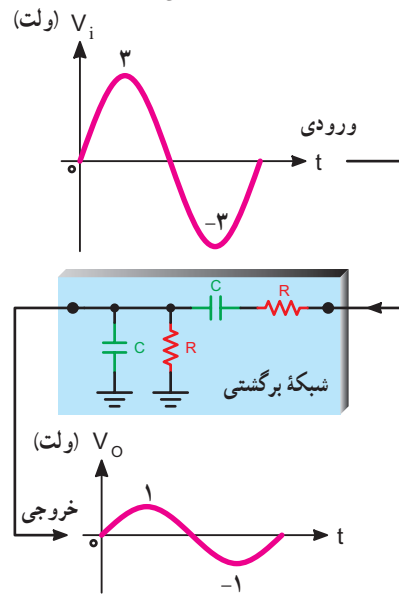
شبکه برگشتی شامل یک مدار R و C سری و یک مدار C و R موازی مطابق شکل ۵-۳۷ است.



شکل ۵-۳۷- شبکه برگشتی نوسان ساز

این مدار دامنه سیگنال ورودی خود را در فرکانس خاص نوسان ساز به اندازه  $\frac{1}{3}$  تضعیف می کند، در این مدار بین سیگنال های ورودی و خروجی هیچ اختلاف فازی به وجود نمی آید.

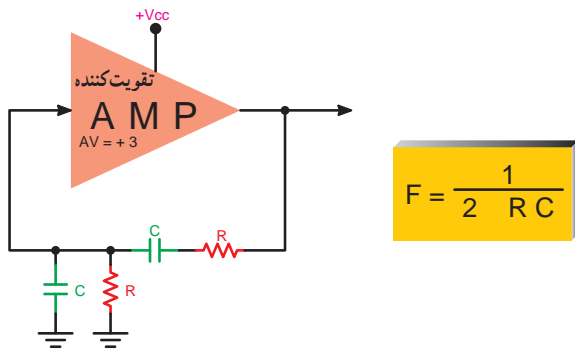
یعنی اگر به عنوان مثال دامنه سیگنال ورودی شبکه برگشتی ۳ ولت باشد سیگنال خروجی دارای دامنه ۱ ولت است و بین سیگنال ورودی و خروجی هیچ اختلاف فازی وجود ندارد. شکل ۵-۳۸ این مطلب را نشان می دهد.



شکل ۵-۳۸- موج ورودی و خروجی شبکه RC

برای برقراری اصل بارک هاوزن ( $A_v \cdot B_v = 1$ ) باید تقویت کننده مدار دارای بهره ولتاژ +۳ باشد تا مدار نوسان کند. شکل ۵-۳۹ مدار کلی نوسان ساز پل وین را نشان می دهد.

فرکانس نوسان ساز پل وین از رابطه  $f = \frac{1}{2\pi RC}$  به دست می آید.



شکل ۵-۳۹- مدار کلی نوسان ساز پل وین

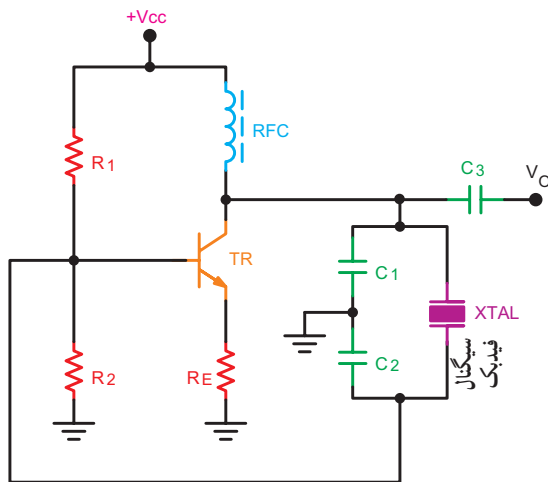
### ۵-۱-۱- نوسان ساز کریستالی (Crystal oscillator)

عواملی نظیر درجه حرارت، تغییرات ولتاژ و سایر کمیت ها می تواند فرکانس نوسان را در یک نوسان ساز تغییر دهد. برای پایداری فرکانس از نوسان ساز کریستالی استفاده می کنند.

هر قطعه کریستال با توجه به برش و شکل مکانیکی آن می تواند در یک فرکانس کاملاً ثابت به ارتعاش درآید.

در نوسان ساز کریستالی، کریستال در مدار تعیین فرکانس یا در مسیر فیدبک قرار می گیرد و فقط به فرکانس رزونانس خود اجازه عبور می دهد.

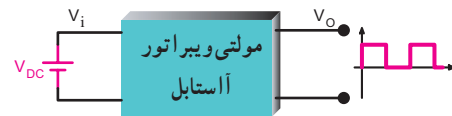
شکل ۵-۴۰ یک نوسان ساز کریستالی که کریستال در مدار تعیین فرکانس قرار گرفته است را نشان می دهد.



شکل ۵-۴۰- یک نمونه نوسان ساز کریستالی

## ۵-۱۲-۱ - نوسان ساز موج مربعی (مولتی ویراتور) (multivibrator)

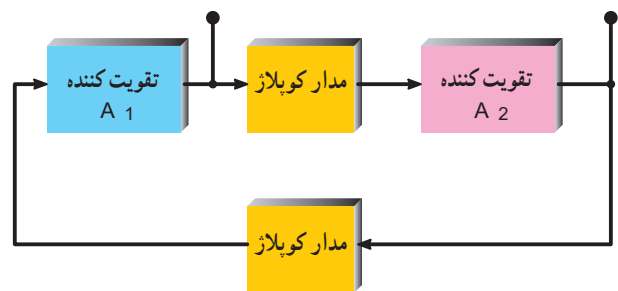
یکی از اجزاء اصلی مدارهایی که با پالس سروکار دارند و عمل کلیدزنی در آنها انجام می‌شود، مولتی ویراتور است. مولتی ویراتورها بسته به نوعشان کارهای مختلفی از قبیل تولید موج مربعی، ایجاد پالس‌هایی با عرض معین و غیره انجام می‌دهند. شکل ۵-۴۱ یک نوع مولتی ویراتور را به صورت بلوکی و شکل موج خروجی آن را نشان می‌دهد. به مولتی ویراتور چند ارتعاشگر نیز می‌گویند. مولتی ویراتورها انواع مختلف دارند که یک نوع آن مولتی ویراتور بی‌ثبات یا آستابل (Astable) نام دارد که به تشریح مدار آن می‌پردازیم:



شکل ۵-۴۱ - بلوک دیاگرام مولتی ویراتور آستابل و موج خروجی آن

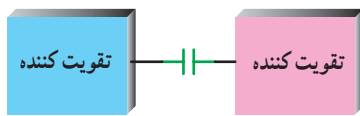
## ۵-۱۲-۱ - بلوک دیاگرام کلی مولتی ویراتورها:

در شکل ۵-۴۲ بلوک دیاگرام کلی مولتی ویراتورها ترسیم شده است. هر مولتی ویراتور از دو تقویت کننده و دو مدار کوپلاژ تشکیل شده است.

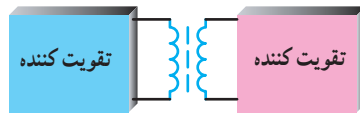


شکل ۵-۴۲ - بلوک دیاگرام کلی مولتی ویراتور

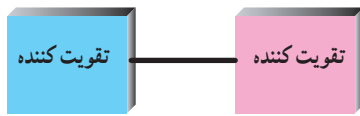
نوع کوپلاژ می‌تواند خازنی، سلفی (ترانسفورماتوری) یا مستقیم باشد. شکل‌های ۵-۴۳ تا ۵-۴۵ انواع کوپلاژ را بین دو طبقه تقویت کننده، نشان می‌دهد.



شکل ۵-۴۳ - کوپلاژ خازنی



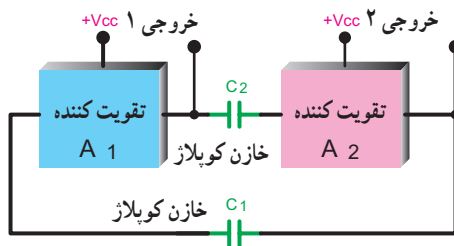
شکل ۵-۴۴ - کوپلاژ ترانسفورماتوری



شکل ۵-۴۵ - کوپلاژ مستقیم

## ۵-۱۲-۲ - بلوک دیاگرام مولتی ویراتور آستابل

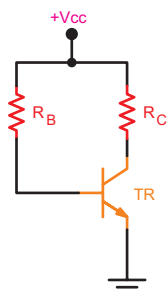
(Astable Multivibrator): در مولتی ویراتور آستابل معمولاً کوپلاژ دو طبقه تقویت کننده از نوع خازنی است. شکل ۵-۴۶ تقویت کننده را به صورت بلوکی و خازن کوپلاژ بین دو طبقه تقویت کننده را نشان می‌دهد. سیگنال خروجی هر تقویت کننده به وسیله خازن کوپلاژ به ورودی تقویت کننده دیگر اتصال می‌یابد.



شکل ۵-۴۶ - مولتی ویراتور و خازن کوپلاژ بین دو طبقه

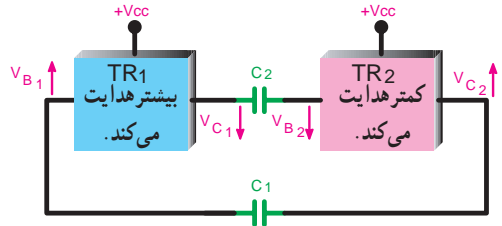
## ۵-۱۲-۳ - مدار تقویت کننده در مولتی ویراتور

**آستابل:** تقویت کننده مولتی ویراتور آستابل معمولاً یک تقویت کننده با بایاس بیس با یک منبع ولتاژ مطابق شکل ۵-۴۷ است. نقطه کار این تقویت کننده در منطقه فعال و نزدیک به اشباع در نظر گرفته می‌شود.

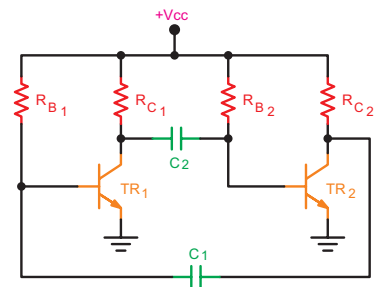


شکل ۵-۴۷ - تقویت کننده در مولتی ویراتور

۴-۱۲-۵- مدار مولتی ویراتور آستابل: مدار مولتی ویراتور آستابل به صورت شکل ۴۸-۵ است. می توان این مدار را به صورت شکل ۴۹-۵ هم ترسیم نمود.

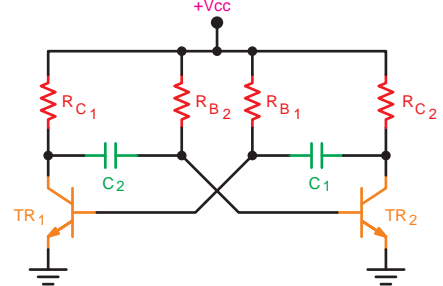


شکل ۵۱-۵- TR<sub>۱</sub> هدایت بیشتر دارد و TR<sub>۲</sub> کمتر هدایت می کند.

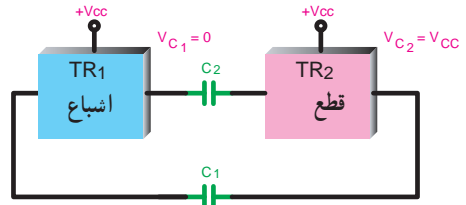


شکل ۴۸-۵- مدار مولتی ویراتور آستابل

(↑ معرف افزایش ولتاژ ↓ معرف کاهش ولتاژ) افزایش ولتاژ کلکتور TR<sub>۲</sub> از طریق خازن C<sub>۱</sub> پتانسیل بیس TR<sub>۱</sub> را زیاد می کند و TR<sub>۱</sub> هادی تر می گردد تا سرانجام TR<sub>۱</sub> به اشباع می رود و TR<sub>۲</sub> قطع می گردد (شکل ۵۲-۵).



شکل ۴۹-۵- مدار مولتی ویراتور آستابل

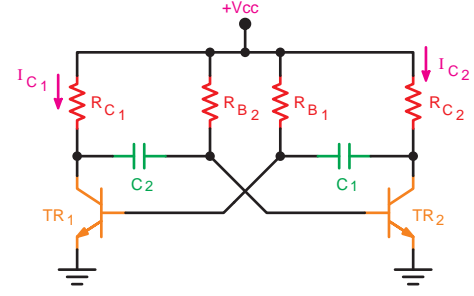


شکل ۵۲-۵- TR<sub>۱</sub> اشباع و TR<sub>۲</sub> قطع است.

۵-۱۲-۵- طرز کار مدار: بعد از وصل منبع تغذیه هر دو ترانزیستور می توانند به طور یکسان در ناحیه هدایت کار کنند. اگر کلیه شرایط و مشخصات در مدار تقویت کننده یکسان باشد مدار بدون نوسان باقی می ماند (شکل ۵۰-۵).

در زمان اشباع بودن TR<sub>۱</sub> و قطع بودن TR<sub>۲</sub> مقدار ولتاژ کلکتور- امیتر (V<sub>CE</sub>) ترانزیستورها به صورت زیر است:

$$V_{CE\ TR_1} \approx 0 \quad V_{CE\ TR_2} = V_{CC}$$



شکل ۵۰-۵- هر دو تقویت کننده از منبع تغذیه جریان می کشند.

قطع و اشباع بودن ترانزیستورها پایدار نمی ماند و از طریق شارژ و دشارژ خازن های مدار، ترانزیستوری که در حالت قطع قرار دارد به اشباع می رود و ترانزیستوری که به صورت اشباع است به حالت قطع بر می گردد. در شکل ۵۳-۵ تغییر وضعیت ترانزیستور در بلوک مدار تقویت کننده نشان داده شده است.

اما در عمل چنین پدیده ای امکان پذیر نیست زیرا عواملی نظیر خطای مقاومت ها یا یکسان نبودن  $\beta$  ترانزیستورها سبب می گردد یک ترانزیستور بیشتر از ترانزیستور دیگر هدایت کند و از کلکتور آن جریان بیشتری عبور نماید. مثلاً ترانزیستور TR<sub>۱</sub> هادی تر از ترانزیستور TR<sub>۲</sub> باشد در این صورت ولتاژ کلکتور TR<sub>۱</sub> (V<sub>C1</sub>) کم می شود و از طریق خازن C<sub>۲</sub> ولتاژ



## نکته مهم

ولتاژ قطع منفی بیس ترانزیستورها از طریق ولتاژ شارژ خازن‌ها به دست می‌آید.

### ۷-۱۲-۵- فرکانس مولتی ویراتور بی ثبات: پرورد

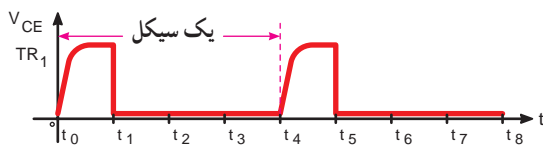
نوسان‌های ایجاد شده توسط مولتی ویراتور از رابطه نوسان‌ها از رابطه  $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\sqrt{(R_{B1}C_1 + R_{B2}C_2)}}$  به دست می‌آید. لذا فرکانس می‌گردد.

اگر  $R_{B1} = R_{B2} = R_B$  و  $C_1 = C_2 = C$  باشد موج مربعی ایجاد شده کاملاً متقارن است: در این صورت می‌توان فرکانس موج را از رابطه  $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\sqrt{4R_B C}}$  به دست آورد.

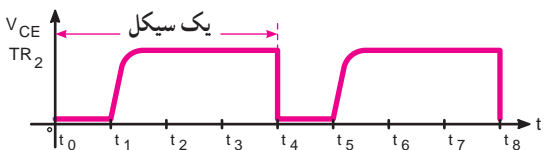
## برای هنرجویان علاقه‌مند

تحقیق کنید، به چه دلیل ولتاژهای نشان داده شده در شکل ۵-۵۴ ظاهر می‌شود.

چنانچه  $R_{B1}$  با  $R_{B2}$  یا  $C_1$  با  $C_2$  برابر نباشد موج مربعی نامتقارن و به صورت شکل‌های ۵-۵۵ و ۵-۵۶ است.

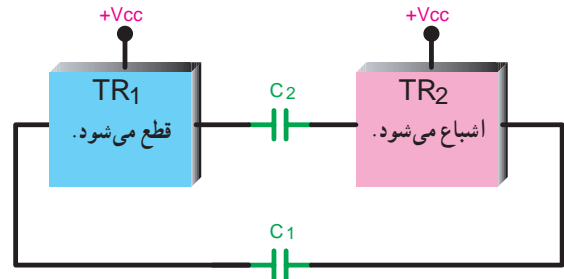


شکل ۵-۵۵ - شکل موج کلکتور-امیتر ترانزیستور  $TR_1$



شکل ۵-۵۶ - شکل موج کلکتور-امیتر ترانزیستور  $TR_2$

مولتی ویراتورهای مونواستابل و بی‌استابل نیز وجود دارند که با توجه به نیاز در مورد آنها بحث خواهد شد.



شکل ۵-۵۳ - قطع  $TR_1$  اشباع شده است.

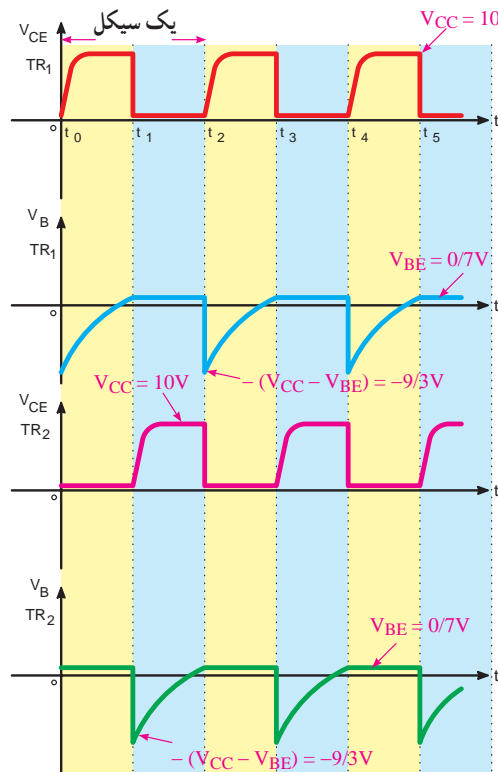
در این حالت ولتاژ کلکتور ترانزیستورها به صورت زیر است.

$$V_{CE TR_1} = V_{CC} \quad V_{CE TR_2} \approx 0$$

این سیکل به طور نامحدود تکرار می‌شود. به دلیل پیچیدگی موضوع از تشریح بیشتر مدار و وضعیت پتانسیل بیس ترانزیستورها در حالت‌های مختلف صرف نظر نموده‌ایم.

### ۶-۱۲-۵- شکل موج کلکتور و بیس ترانزیستورها در

مولتی ویراتور: چون ولتاژ کلکتور ترانزیستور قطع برابر  $V_{CC}$  و ولتاژ کلکتور ترانزیستور اشباع تقریباً صفر است لذا از کلکتور ترانزیستورها می‌توان موجی مربعی مطابق شکل ۵-۵۴ دریافت نمود. در این شکل، ولتاژ بیس ترانزیستورها رسم شده است.



شکل ۵-۵۴ - شکل موج‌های ولتاژ نقاط مختلف مولتی ویراتور

## کار با نرم افزار

### مربعی محترم

توصیه می شود، انواع مولتی ویراتور را با استفاده از شبیه سازی مورد بررسی قرار دهید.

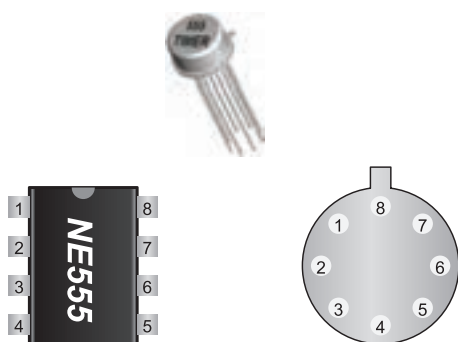
مدار شکل ۵-۵۷ صرفاً به خاطر آشنایی آمده است و توضیحات آن منوط به کسب اطلاعات بیشتر است که به تدریج در درس الکترونیک عمومی ۲ و دیجیتال فراخواهید گرفت. لذا از این مدار در سؤالات امتحانی پرسش نخواهد شد.

## ۱۳-۵- مولد موج مربعی توسط آی سی ۵۵۵

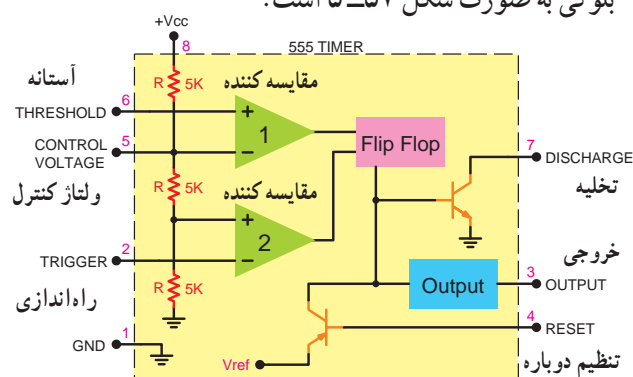
یکی از آی سی های نسبتاً مشهور که مولد موج مربعی است و در صنعت الکترونیک کاربرد زیادی دارد، آی سی ۵۵۵ است. از این آی سی می توان در مدار نوسان سازهای مربعی، در تایمرها، در مدارهای آژیر و غیره استفاده نمود. مدار داخلی آی سی از نظر بلوکی به صورت شکل ۵-۵۷ است.

**محفظه آی سی:** آی سی ۵۵۵ به دو صورت TO-۹۹ و DIP

(دوطرفه) (Dual inline package) ساخته می شود. در شکل ۵-۵۸ نوع محفظه ها و شماره پایه های آی سی مشخص شده است. شماره و نام پایه ها و شرح مختصر عملکرد پایه ها در آی سی ۵۵۵ در جدول ۲-۵ آمده است.



شکل ۵-۵۸- نوع محفظه ها و شماره پایه های آی سی ۵۵۵

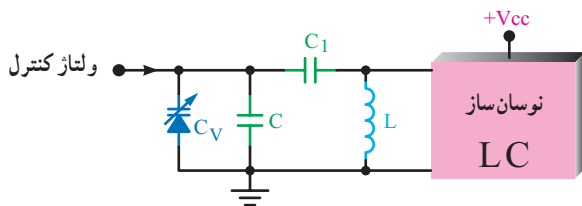


شکل ۵-۵۷- بلوک دیگر مدار داخلی آی سی ۵۵۵

## برای مطالعه

جدول ۲-۵- شماره و نام پایه های آی سی ۵۵۵

شماره پایه	نام پایه	معادل انگلیسی پایه	عملکرد پایه به اختصار
۱	مشترک یا زمین	GND	پایه زمین یا پایه مشترک آی سی است.
۲	راه انداز	Trigger	ولتاژ این پایه سطح خروجی آی سی را در پایین یا بالا تعیین می کند.
۳	خروجی	output	از این پایه سیگنال خروجی آی سی دریافت می شود.
۴	تنظیم دوباره	Reset	از طریق ولتاژ این پایه می توان اثر فرمان داده شده از پایه ۲ را خنثی نمود. اگر از این پایه استفاده نشود پایه باید به +VCC وصل شود.
۵	ولتاژ کنترل	control voltage	از این پایه می توان سطح ولتاژ راه انداز و آستانه را تغییر داد.
۶	آستانه	threshold	از طریق این پایه می توان میزان شارژ خازن C <sub>1</sub> را کنترل نمود. (شکل ۵-۵۷)
۷	تخلیه	Discharge	تخلیه خازن C <sub>1</sub> از طریق این پایه انجام می گیرد. (شکل ۵-۵۷)
۸	تغذیه مثبت یا +VCC	+VCC	محل اتصال تغذیه (+VCC) مقدار VCC بین ۵ تا ۱۸ ولت است.



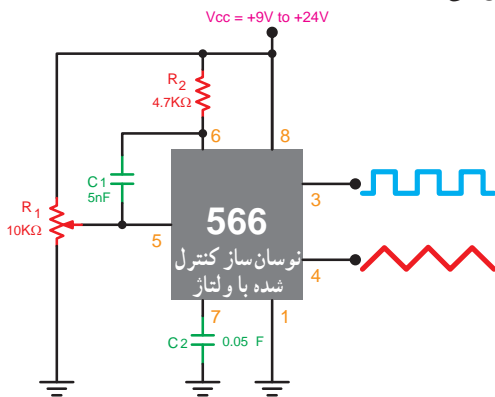
شکل ۵-۶۱- نوسان ساز با دیود خازنی

شکل ۵-۶۲ یک نوسان ساز VCO را که توسط آی سی ۵۶۶

دو نوع موج مربعی و مثلثی را تولید نموده است، نشان می دهد.

ولتاژ کنترل از طریق پتانسیومتر  $R_1$  به پایه ۵ آی سی

اعمال می شود.



شکل ۵-۶۲- نوسان ساز کنترل شده با ولتاژ (VCO)

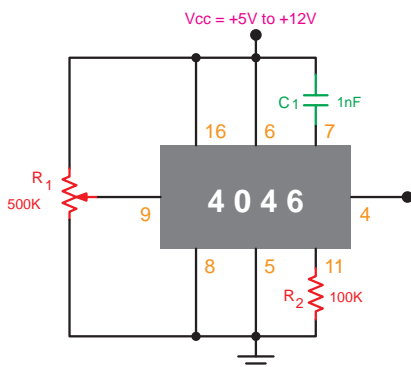
مدار یک نمونه دیگر نوسان ساز VCO با استفاده از آی سی

۴۰۴۶ در شکل ۵-۶۳ رسم شده است. فرکانس سیگنال خروجی

در محدوده شنوایی و حدود ۱ کیلوهرتز تا ۱۸ کیلوهرتز است. با تغییر

پتانسیومتر می توان فرکانس موج خروجی را تغییر داد. برای شنیدن

سیگنال صوتی، خروجی مدار را باید به آمپلی فایر وصل نمود.



شکل ۵-۶۳- یک نمونه نوسان ساز VCO با آی سی ۴۰۴۶

### ۱-۱۳-۵- مدار مولد موج مربعی توسط آی سی

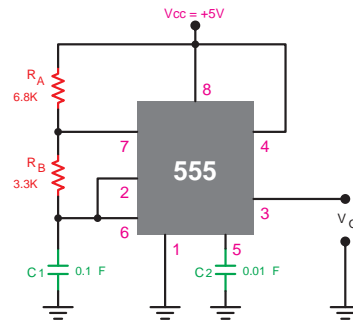
۵۵۵: در شکل مدار ۵۹-۵ یک مولتی ویراتور آستابل توسط

آی سی ۵۵۵ ترسیم شده است. عملکرد قطعات این IC تا حدودی

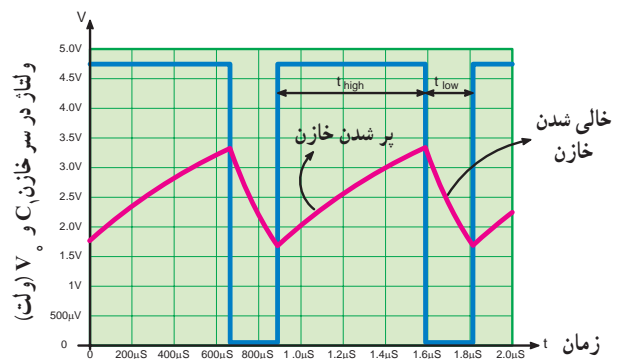
مشابه عملکرد مولتی ویراتورها است.

شکل موج ولتاژ خازن  $C_1$  و  $V_O$  به صورت شکل ۵-۶۰

است.



شکل ۵-۵۹- مدار یک نوسان ساز موج مربعی با آی سی ۵۵۵



شکل ۵-۶۰- شکل موج دو سر خازن  $C_1$  و خروجی مدار

### ۱۴-۵- نوسان ساز

### (Voltage Controlled oscillator) VCO

اسیلاتور VCO یک نوع نوسان ساز الکترونیکی است که

فرکانس آن توسط ولتاژ DC ورودی تغییر می یابد. در فرکانس های

بالا عنصر کنترل شونده با ولتاژ معمولاً دیود و رکتور است. این

دیود به مدار تانک اسیلاتور LC متصل است.

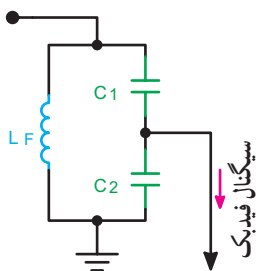
در شکل ۵-۶۱ نوسان ساز LC به صورت بلوکی و مدار

رزونانس آن همراه با دیود خازنی رسم شده است.

با تغییر ولتاژ کنترل، ظرفیت دیود خازنی تغییر می کند و خازن

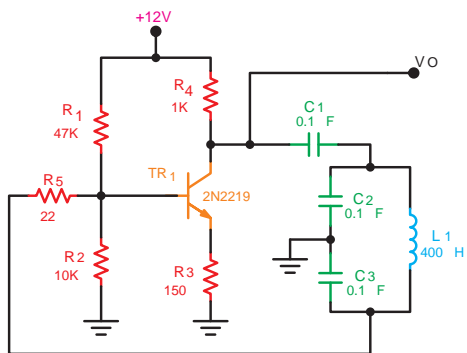
معادل مدار تانک را تغییر می دهد و فرکانس نوسان ساز تغییر می کند.

تقویت کننده این مدار تعیین فرکانس، چه آرایشی باید داشته باشد تا مدار نوسان کند؟



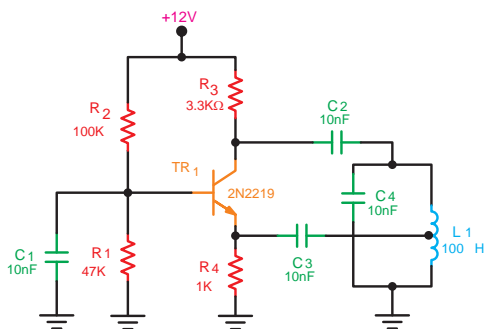
شکل ۵-۶۴

۱۰- فرکانس کار نوسان ساز شکل ۵-۶۵ را محاسبه کنید.



شکل ۵-۶۵

۱۱- نقش خازن های  $C_1$ ،  $C_2$  و  $C_3$  را در نوسان ساز شکل ۵-۶۶ توضیح دهید.



شکل ۵-۶۶

۱۲- مدار تعیین فرکانس نوسان ساز RC پل وین را رسم کنید.  
بهره و ولتاژ تقویت کننده در این نوع نوسان سازها چه قدر است؟

در صورتی که در کلاس پرسشی مطرح می شود، سعی کنید در مورد آن فکر کنید و داوطلبانه به آن پاسخ دهید. هرگز از این هراس نداشته باشید که ممکن است پاسخ شما درست نباشد.

## کار با نرم افزار

### مربی محترم

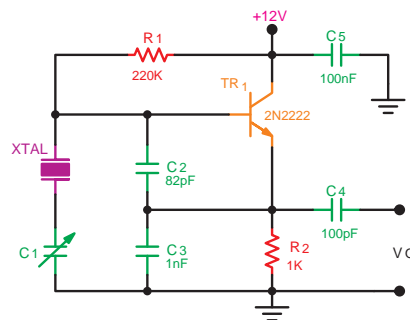
توصیه می شود، انواع نوسان ساز را با استفاده از IC شماره ۵۵۵ به وسیله نرم افزارهای در دسترس شبیه سازی کنید و نتایج را برای هنرجویان نمایش دهید.

## ۱۵-۵- الگوی پرسش

- ۱- انواع نوسان سازها را از نظر شبکه تعیین کننده فرکانس نام ببرید.
- ۲- انواع نوسان سازها را از نظر نوع فیدبک نام ببرید.
- ۳- در نوسان ساز آرمسترانگ مسأله اختلاف فاز  $180^\circ$  درجه ناشی از تقویت کننده امیتر مشترک را چگونه جبران می کنند؟
- ۴- تفاوت نوسان ساز هارتلی را با آرمسترانگ شرح دهید.
- ۵- تفاوت نوسان ساز کلاپ با کول پیتس در چیست؟ شرح دهید.
- ۶- اختلاف فاز ناشی از تقویت کننده امیتر مشترک در نوسان سازهای هارتلی و کول پیتس چگونه جبران می شود؟ شرح دهید.
- ۷- مدار شکل ۵-۳ را به طور کامل مورد تجزیه و تحلیل قرار دهید.
- ۸- فرکانس نوسان سازهای هارتلی، آرمسترانگ، کول پیتس و کلاپ براساس چه روابطی تعیین می شوند؟
- ۹- مدار تعیین فرکانس شکل ۵-۶۴ مربوط به چه نوع نوسان سازی است؟

۱۳- نوسان ساز شکل ۵-۶۷ از نظر شبکه تعیین فرکانس

و از نظر نوع فیدبک چه نام دارد؟

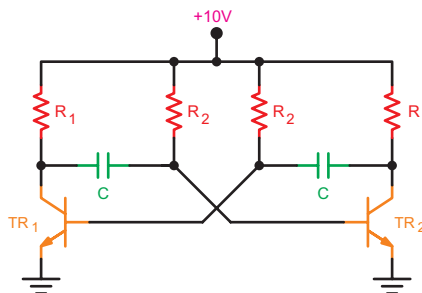


شکل ۵-۶۷

کامل کردنی

۱۴- عوامل تعیین فرکانس نوسان ساز شکل ۵-۶۸

عناصر ..... هستند.



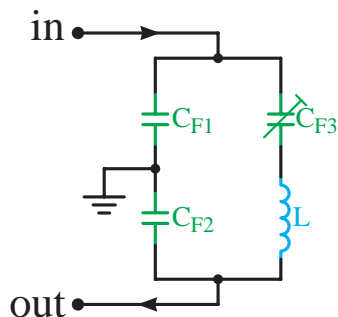
شکل ۵-۶۸

چهارگزینه‌ای

۱۵- مدار تعیین فرکانس شکل ۵-۶۹ مربوط به چه نوع

نوسان سازی است؟

- (۱) هارتلی
- (۲) کول پیتس
- (۳) آرمسترانگ
- (۴) کلاپ



شکل ۵-۶۹