

# فصل ۷

## فرستنده‌ها و گیرنده‌های رادیویی FM

### هدف کلی

### آشنایی با طبقات تشکیل دهنده فرستنده و گیرنده رادیویی FM

کل زمان اختصاص داده شده به فصل : ۹ ساعت آموزشی

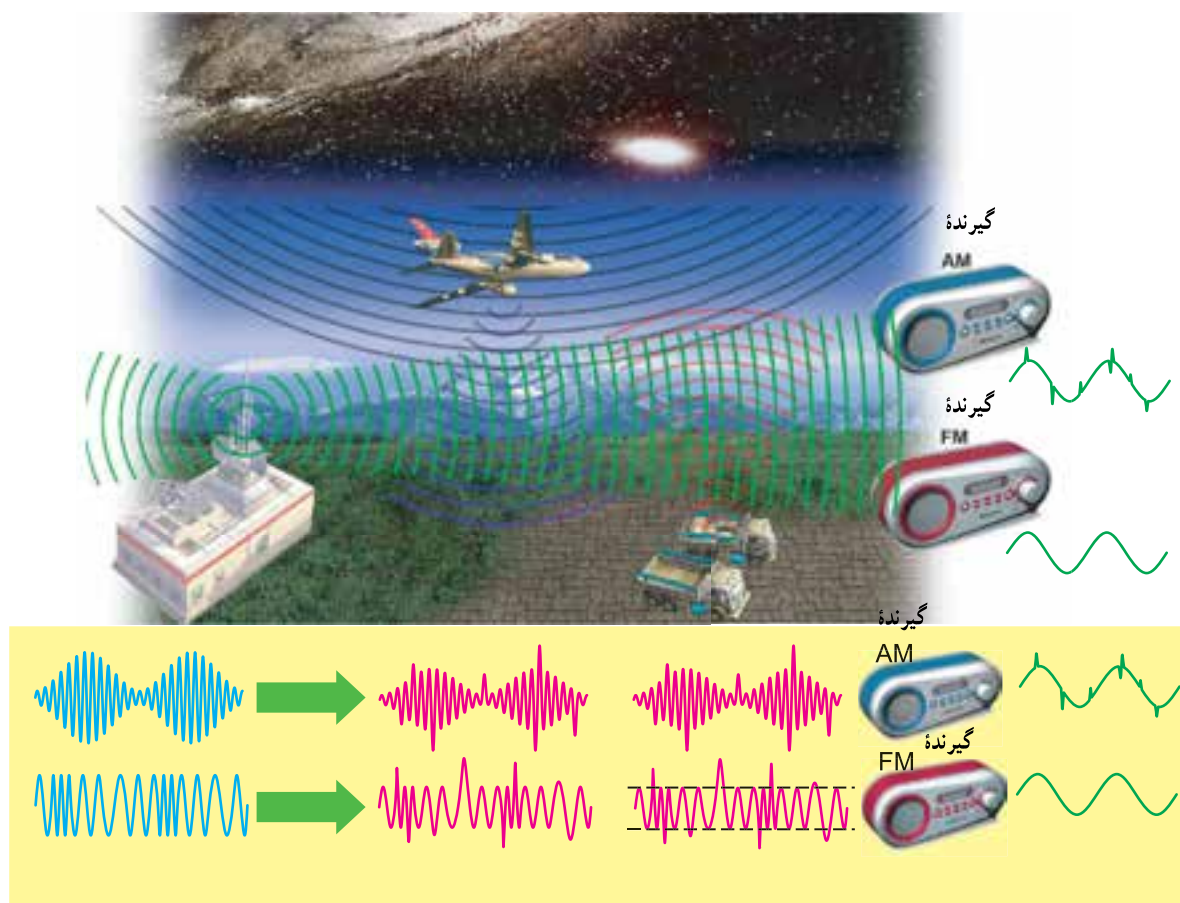
### زمان پیشنهادی

### هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که :

- ۱- مزایای سیگنال FM را نسبت به AM شرح دهد. ۱۰'
- ۲- اساس کار مدولاتور FM را توضیح دهد. ۲۰'
- ۳- انحراف فرکانس ( $F_D$ ) را توضیح دهد. ۱۰'
- ۴- مقدار  $F_L$  و  $F_H$  را در مدولاسیون FM محاسبه کند. ۱۰'
- ۵- سرعت تغییرات سیگنال FM را شرح دهد. ۱۰'
- ۶- ضریب مدولاسیون FM را محاسبه کند. ۱۰'
- ۷- پهنای باند و طیف فرکانس FM را شرح دهد. ۱۵'
- ۸- بلوک دیاگرام فرستنده FM را رسم کند. ۱۰'
- ۹- کار هر بلوک در فرستنده FM را شرح دهد و با سایر بلوک‌ها مقایسه کند. ۱۵'
- ۱۰- چند برابر کننده فرکانس را شرح دهد. ۱۰'
- ۱۱- FM استریو را توضیح دهد. ۱۰'
- ۱۲- مدارهای تأکید کننده و تضعیف کننده فرکانس بالا را شرح دهد. ۱۵'
- ۱۳- مدار مجتمع فرستنده FM را با استفاده از برگه اطلاعات شناسایی کند. ۱۰'
- ۱۴- بلوک دیاگرام گیرنده FM را رسم کند. ۱۰'
- ۱۵- کار هر بلوک گیرنده FM را شرح دهد و آن‌ها را با هم مقایسه کند. ۲۵'
- ۱۶- آشکارساز FM کوین سیدنس را شرح دهد. ۳۵'
- ۱۷- یک یا چند نمونه آی سی گیرنده FM را شناسایی و کار پایه‌های آن را توضیح دهد. ۳۵'
- ۱۸- آشکارساز FM مونو (مدار مجتمع) را تشریح کند. ۳۰'
- ۱۹- یک یا چند نمونه مدار مجتمع گیرنده چند موج AM و FM را با استفاده از کتاب اطلاعات شناسایی کند. ۳۰'
- ۲۰- مدار سکوت را در گیرنده FM شرح دهد. ۱۰'
- ۲۱- با استفاده از نرم افزارهای مولتی سیم یا مشابه آن، مدارهای شبیه سازی شده مدولاتور FM را مشاهده کند و در صورت امکان، آن مدارها را شبیه سازی کند. ۷۵'
- ۲۲- در فرایند اجرای آموزش متناسب با شرایط و محتوا، آزمون‌های تشخیصی، تکوینی و پایانی را پاسخ دهد.

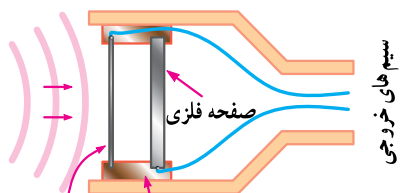
در فصل سوم شکل موج سیگنال FM را مورد بررسی قرار دادیم، همان طور که ملاحظه کردید، تغییر دامنه پیام باعث تغییر فرکانس حامل می شود. چون تغییرات فرکانس حامل نشان دهنده تغییرات دامنه پیام است، لذا نویز پذیری سیگنال FM نسبت به AM فوق العاده کمتر خواهد شد زیرا نویز روی دامنه سیگنال مدوله شده اثر می گذارد. در شکل ۷-۱ ارتباط بین فرستنده و گیرنده رادیویی AM و FM را ملاحظه می کنید. در این تصویر نحوه تأثیر نویز خارجی بر مدولاسیون AM و FM نشان داده شده است.

یکی از انواع مدولاسیون که در فرستنده های رادیویی به کار می رود مدولاسیون FM است. این نوع مدولاسیون، به دلیل پیچیدگی های خاصی که دارد، در موارد ویژه مورد استفاده قرار می گیرد. ضمن این که مدولاسیون FM دارای مزایای خاصی است که کاربرد آن را اجتناب ناپذیر می کند. در این قسمت به تحلیل فرستنده ها و گیرنده های FM می پردازیم.



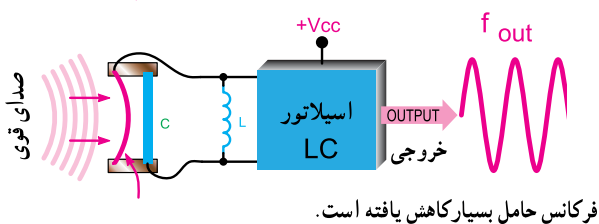
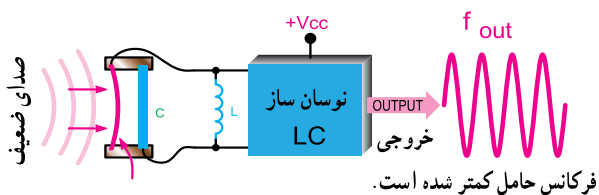
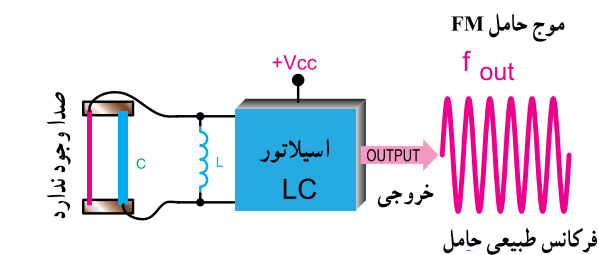
شکل ۷-۱- اثر نویز روی سیگنال های AM و FM

با تغییر هر یک از کمیت‌های  $L$  و  $C$  می‌توان فرکانس خروجی اسیلاتور را تغییر داد. اگر به جای خازن  $C$  از یک میکروفون خازنی طبق شکل ۷-۴ استفاده کنیم، چون در اثر برخورد صوت به میکروفون فاصله  $d$  تغییر می‌کند، براساس رابطه  $C = \frac{KA}{d}$ ، ظرفیت خازن  $C$  نیز تغییر می‌کند، در این شرایط اسیلاتور به مدولاتور FM تبدیل می‌شود.



شکل ۷-۴- ساختمان یک میکروفون خازنی  
ماده عایق دیافراگم (صفحه) نازک فلزی

تغییر ظرفیت میکروفون خازنی براساس تغییر فاصله دو جوشن آن صورت می‌گیرد. برای مثال با کم شدن  $d$ ، مقدار  $C$  زیاد و طبق رابطه  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  مقدار  $f$  کم می‌شود. در شکل ۷-۵ چگونگی تغییر فرکانس اسیلاتور را متناسب با تغییرات ظرفیت خازنی میکروفون خازنی ملاحظه می‌کنید.

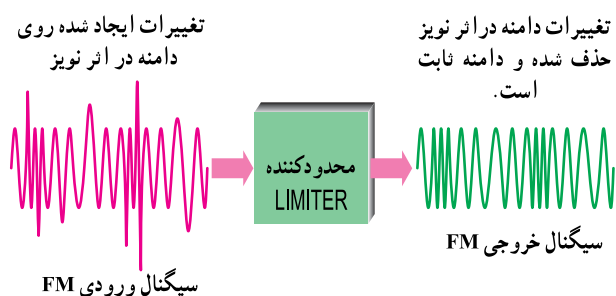


شکل ۷-۵- تغییر فرکانس حامل در اثر تغییر ظرفیت میکروفون خازنی

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، اثر نویز در خروجی گیرنده AM به صورت افزایش لحظه‌ای روی دامنه سیگنال صوتی به شکل پالس‌های بلند دیده می‌شود. در صورتی که در خروجی گیرنده FM هیچ‌گونه اثری از نویز وجود ندارد. در تلویزیون صوت با مدولاسیون FM و تصویر با مدولاسیون AM ارسال می‌شود. به همین سبب است که نویز روی تصویر تلویزیون اثر می‌گذارد، در صورتی که روی صوت تلویزیون تقریباً اثری ندارد.

یکی از روش‌های کاهش نویز در گیرنده‌های FM وجود مدارهای محدودکننده دامنه است. در این مدارها به سبب محدود کردن دامنه سیگنال‌های FM، اثر نویز تقریباً حذف می‌شود.

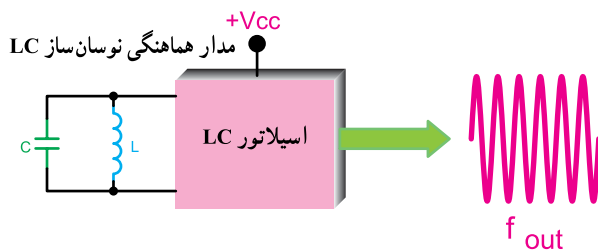
در شکل ۷-۲ سیگنال‌های ورودی و خروجی یک محدودکننده نشان داده شده است. مدار محدودکننده می‌تواند یک محدودکننده دیودی یا مشابه آن باشد.



شکل ۷-۲- بلوک دیاگرام یک محدودکننده با سیگنال‌های ورودی و خروجی

## ۷-۲- اساس کار مدولاتورهای FM

شکل ۷-۳ یک اسیلاتور فرکانس بالا با مدار هماهنگ LC را نشان می‌دهد. در این اسیلاتور فرکانس خروجی از رابطه  $f_{out} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  به دست می‌آید.



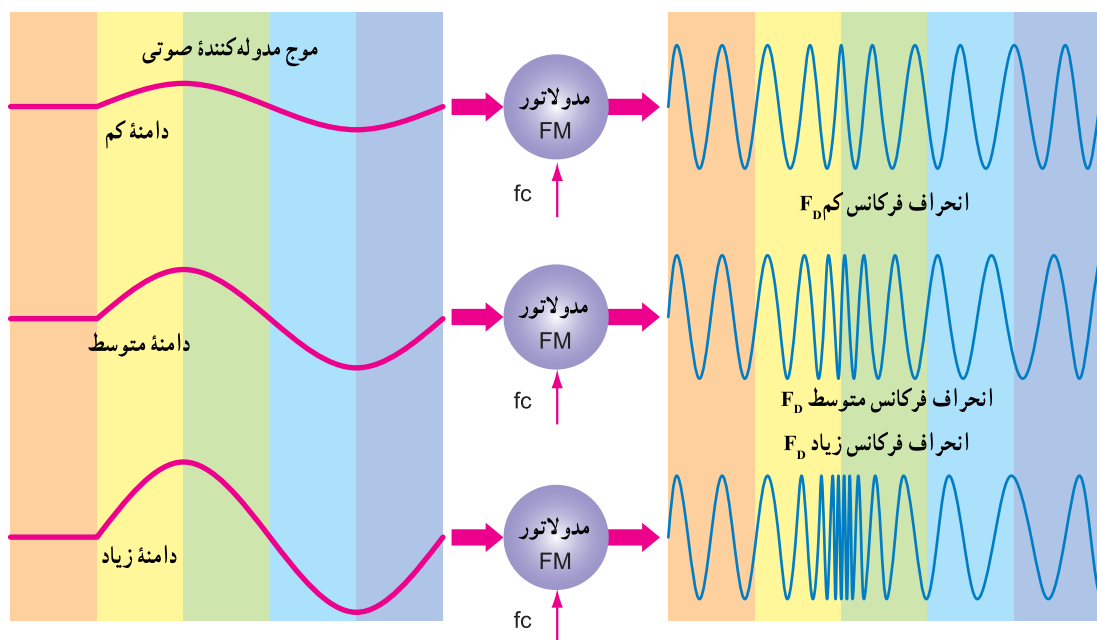
شکل ۷-۳- اسیلاتور LC

فرکانس، انحراف فرکانس می‌نامند. انحراف فرکانس حامل به علت تغییرات دامنه سیگنال مدوله کننده یعنی پیام است. همان طور که در شکل ۶-۷ ملاحظه می‌کنید، دامنه سیگنال مدوله کننده در محدوده‌های کم، متوسط و زیاد باعث تغییرات  $f_D$  در محدوده‌های کم، متوسط و زیاد می‌شود. بنابراین، مقدار انحراف فرکانس در مدولاسیون فرکانس متناسب با دامنه سیگنال مدوله کننده است.

در این مدار، صدای قوی (با دامنه زیاد) باعث کاهش فاصله دو جوشن خازن و افزایش ظرفیت خازنی آن می‌شود. بنابراین براساس رابطه  $f_{out} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  فرکانس مدار کاهش می‌یابد. در صورتی که صدا ضعیف (با دامنه کم) باشد عکس حالت بالا رخ می‌دهد و فرکانس خروجی اسبیلاتور زیاد می‌شود.

### ۷-۳-۲. انحراف فرکانس $F_D$ (Frequency Deviation)

تغییر فرکانس حامل را، نسبت به مقدار طبیعی آن در مدولاسیون



شکل ۶-۷-۲ ارتباط دامنه سیگنال مدوله کننده با انحراف فرکانس ( $F_D$ )

است  $(f_{CS} = 2f_D)$ . مثلاً اگر انحراف فرکانس مساوی ۵ کیلوهرتز باشد حداکثر تغییرات فرکانس مدولاتور مساوی ۱۰ کیلوهرتز خواهد شد. اگر فرکانس بالای حامل را با  $f_H$  و فرکانس پایین حامل را با  $f_L$  نشان دهیم، آن گاه خواهیم داشت:

$$f_H = f_C + f_D \quad \text{فرکانس بالای حامل}$$

$$f_L = f_C - f_D \quad \text{فرکانس پایین حامل}$$

حداکثر تغییرات فرکانس مدولاتور ( $f_{CS}$ ) با استفاده از مقادیر  $f_L$  و  $f_H$  محاسبه می‌شود.

$$f_{CS} = f_H - f_L = f_C + f_D - (f_C - f_D) = 2f_D$$

در شکل ۷-۷ تغییرات فرکانس مدولاتور FM را متناسب با تغییرات دامنه سیگنال مدوله کننده در ۵ نقطه از دامنه سیگنال پیام مشاهده می‌کنید. در نقاط ۱، ۳ و ۵ که دامنه سیگنال مدوله کننده (پیام) برابر با صفر است، فرکانس مدولاتور مساوی با  $f_C$  می‌شود.

در نقطه ۲ که دامنه سیگنال مدوله کننده حداکثر است فرکانس مدولاتور نیز حداکثر خواهد شد. در نقطه ۴ که دامنه سیگنال مدوله کننده حداقل است، فرکانس مدولاتور نیز حداقل می‌شود.

حداکثر تغییرات فرکانس حامل (Frequency Swing) را با  $f_{CS}$  نشان می‌دهند. مقدار  $f_{CS}$  مساوی دو برابر انحراف فرکانس ( $f_D$ )

## پاسخ:

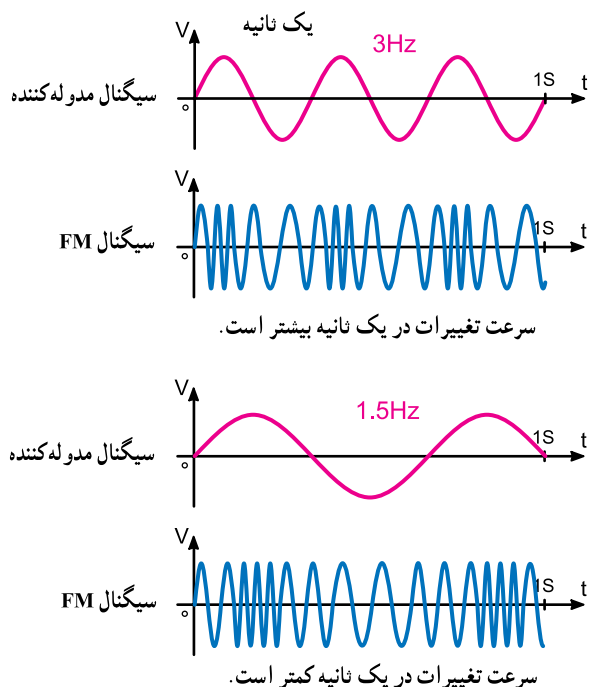
$$f_{CS} = 2f_D = 2 \times 20 = 40 \text{ کیلوهرتز}$$

$$f_H = f_C + f_D = 1000 + 20 = 1020 \text{ کیلوهرتز}$$

$$f_L = f_C - f_D = 1000 - 20 = 980 \text{ کیلوهرتز}$$

## ۷-۴- سرعت تغییرات سیگنال FM (Rate of change)

سرعت تغییرات سیگنال FM بستگی به فرکانس سیگنال مدوله کننده دارد. هر قدر فرکانس سیگنال مدوله کننده بیشتر باشد، سرعت تغییرات سیگنال FM نیز بیشتر می شود. در شکل ۸-۷ فرکانس سیگنال صوتی و سرعت تغییرات سیگنال FM برای دو حالت ۳ هرتز و ۱/۵ هرتز نشان داده شده است.

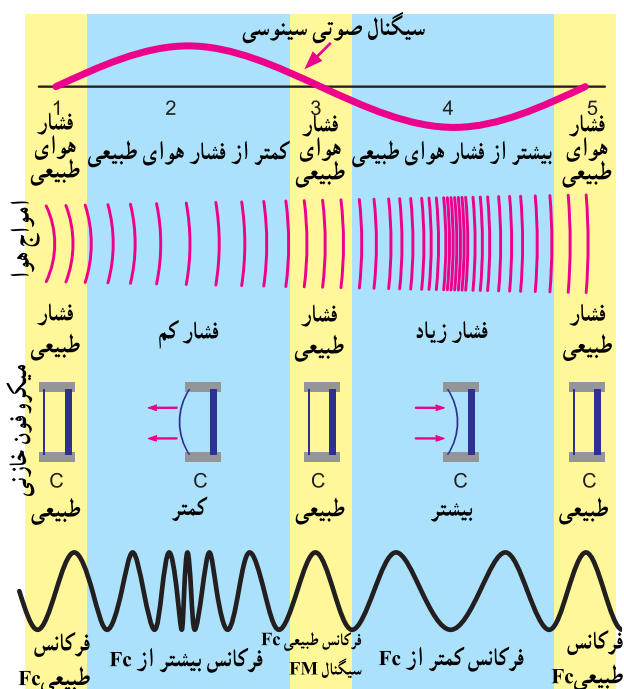


شکل ۸-۷ اثر سیگنال مدوله کننده بر سرعت تغییرات سیگنال FM

## ۷-۵- شاخص مدولاسیون سیگنال FM (Modulation index)

شاخص مدولاسیون یا ضریب مدولاسیون برای سیگنال FM از رابطه صفحه بعد به دست می آید:

با توجه به نکته مهم صفحه ۴۱ یادآور می شود که بازشدگی مولکول های هوا ناشی از نیم سیکل مثبت و فشرده گی مولکول های هوا ناشی از نیم سیکل منفی، فرضی است. لذا مطابق شکل ۲۵-۱ می توان بازشدگی را در اثر نیم سیکل منفی و فشرده گی را در اثر نیم سیکل مثبت در نظر گرفت.



شکل ۷-۷ ارتباط فرکانس صوتی با کاربرد سیگنال FM

## مثال ۱-۷

فرکانس حامل یک سیگنال FM برابر با ۱۰۰ کیلوهرتز است در صورتی که انحراف فرکانس آن مساوی ۲۰ کیلوهرتز باشد:

الف - حداکثر تغییرات فرکانس را محاسبه کنید.

ب - مقادیر فرکانس  $f_H$  و  $f_L$  را به دست آورید.

فرکانس سیگنال مدوله کننده (پیام) = شاخص مدولاسیون

$$m_i = \frac{f_D}{f_m}$$

## مثال ۲-۷

در یک سیگنال FM، حداکثر تغییرات فرکانس مساوی ۱۰ کیلوهرتز است. اگر فرکانس سیگنال مدوله کننده مساوی ۸ کیلوهرتز باشد، شاخص مدولاسیون چه قدر است؟

## پاسخ:

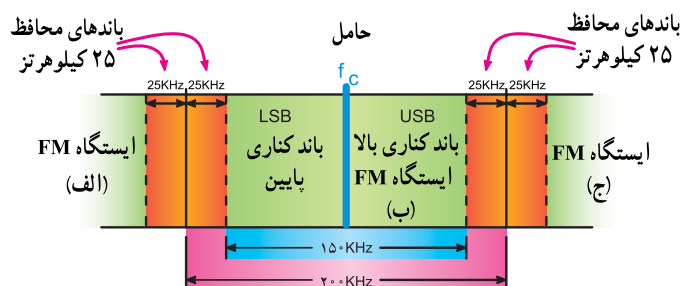
$$f_{CS} = 2f_D \Rightarrow 10 = 2f_D \Rightarrow f_D = 5 \text{ kHz}$$

$$m_i = \frac{f_D}{f_m} = \frac{5}{8} = 0.625$$

## ۶-۷- پهنای باند هر ایستگاه در FM

FM تجارتي در محدوده فرکانسی ۸۸-۱۰۸ مگاهرتز قرار دارد. پهنای باند هر ایستگاه رادیویی معمولاً ۱۵۰ کیلوهرتز و باند محافظ بالا و پایین آن هر کدام ۲۵ کیلوهرتز است. در شکل ۹-۷ پهنای باند یک ایستگاه رادیویی FM و باند محافظ آن نشان داده شده است. به این پهنای باند سیگنال FM با باند وسیع (Wide Band) می‌گویند. پهنای باند FM به دو دلیل زیر افزایش می‌یابد:

- پهنای باند پیام در FM نسبت به AM بیشتر است. (در AM، ۵ کیلوهرتز و در FM، ۱۵ کیلوهرتز است)
- در FM تغییرات ولتاژ دامنه پیام به تغییرات فرکانس تبدیل می‌شود و باندهای کناری متعددی را به وجود می‌آورد.



شکل ۹-۷- پهنای باند یک ایستگاه رادیویی FM و باند محافظ آن

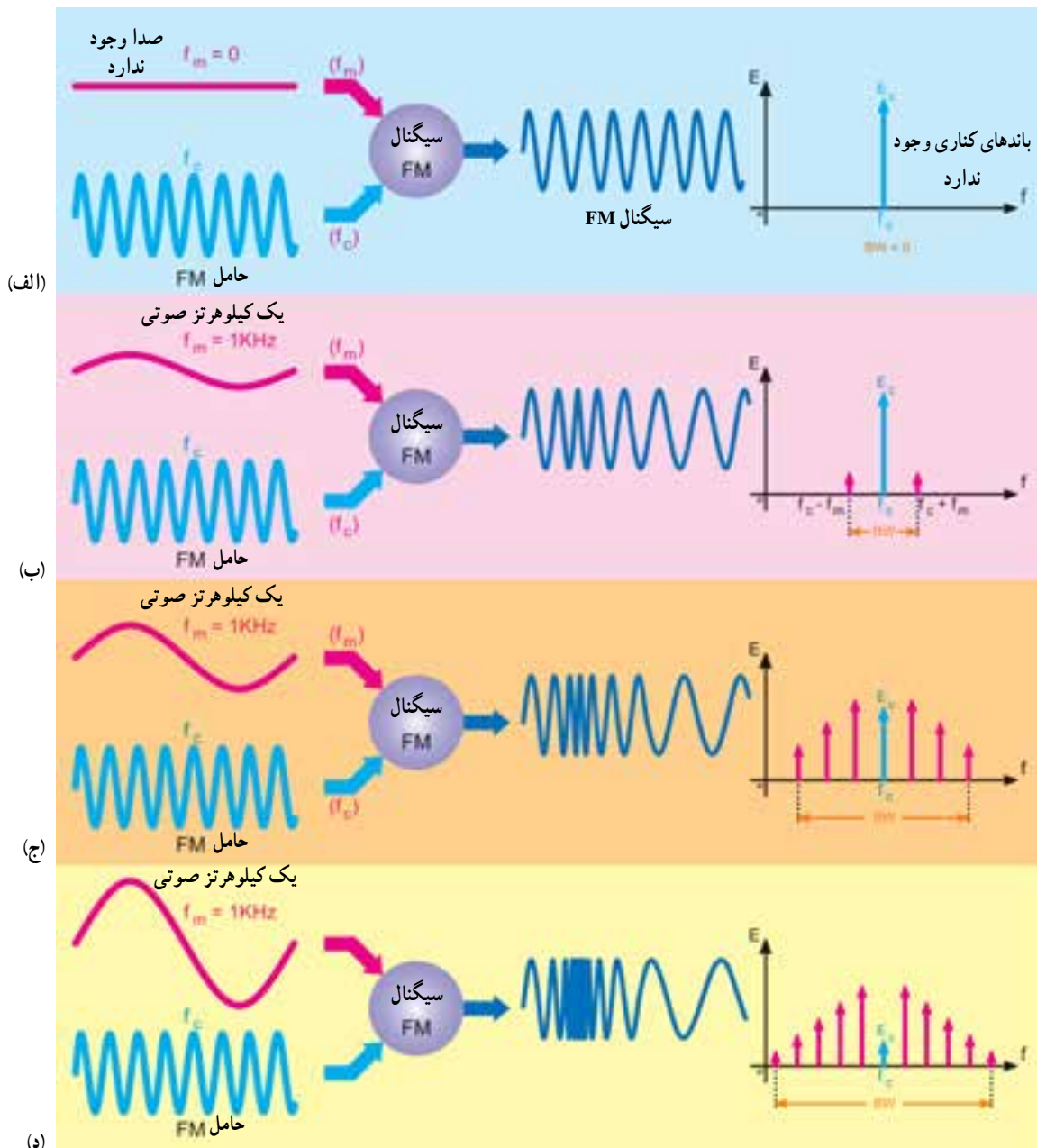
## ۷-۲- طیف فرکانسی سیگنال FM

با اتصال سیگنال FM به ورودی یک دستگاه طیف‌نما، می‌توان طیف فرکانسی سیگنال FM را مشاهده کرد. در شکل ۱-۷ طیف فرکانسی سیگنال FM را، که در آن دامنه سیگنال پیام متغیر و فرکانس آن مساوی ۱ کیلوهرتز است، مشاهده می‌کنید. در حالت الف، چون دامنه سیگنال مدوله کننده مساوی صفر است، انحراف فرکانس نیز مساوی صفر می‌شود ( $f_D = 0$ ).

با توجه به رابطه  $m_i = \frac{f_D}{f_m}$  مقدار شاخص مدولاسیون صفر خواهد شد. در این حالات در طیف فرکانسی سیگنال FM فقط فرکانس کاری وجود دارد و هیچ گونه باند کناری ظاهر نمی‌شود. در حالت «ب» دامنه سیگنال پیام باعث تغییر در فرکانس کاری شده است و مانند طیف فرکانس AM، علاوه بر فرکانس کاری، دو فرکانس کناری  $f_c + f_D$  و  $f_c - f_D$  به وجود آمده است.

در حالت‌های «ج و د»، افزایش دامنه سیگنال پیام، موجب افزایش تعداد فرکانس‌های کناری و کاهش دامنه کاری شده است. با افزایش تعداد فرکانس‌های کناری پهنای باند نیز افزایش یافته است. رابطه افزایش فرکانس‌های کناری با افزایش دامنه کاری، با استفاده از توابع بسل در ریاضیات مهندسی قابل بیان است که خارج از برنامه آموزشی متوسطه است.





شکل ۱۰-۷. باندهای کناری و پهنای باند سیگنال FM

### مثال ۳-۷

در یک سیگنال FM با انحراف فرکانس  $3^\circ$  کیلوهرتز اگر فرکانس سیگنال مدوله کننده مساوی  $1^\circ$  کیلوهرتز باشد، شاخص مدولاسیون چه قدر است؟ شاخص مدولاسیون چه نقشی در پهنای باند و طیف فرکانسی  $f_m$  دارد توضیح دهید.

پاسخ:

$$m_i = \frac{f_D}{f_m} = \frac{3^\circ}{1^\circ} = 3$$

افزایش شاخص مدولاسیون موجب افزایش پهنای باند و تعداد طیف فرکانسی می شود.

## ۸-۷- درصد مدولاسیون

### (Modulation Percent)

درصد مدولاسیون برای یک سیگنال FM طبق تعریف از رابطه زیر به دست می آید :

$$M_{FM} = \frac{\text{فرکانس انحراف واقعی}}{\text{ماکزیمم فرکانس انحراف تعریف شده}} \times 100 = \frac{f_D(\text{actual})}{f_D(\text{Max})} \times 100$$

### مثال ۴-۷

در یک فرستنده FM تجارتي اگر انحراف فرکانس مساوی ۲۰ کیلوهرتز باشد، درصد مدولاسیون چه قدر است؟

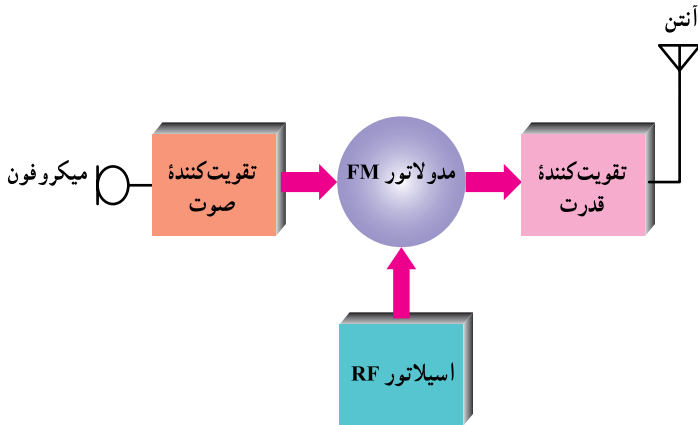
**پاسخ :**

$$M_{FM} = \frac{20}{75} \times 100 = 26.67\%$$

برای یک فرستنده FM تجارتي ماکزیمم انحراف فرکانس مساوی ۷۵ کیلوهرتز است.

## ۱۰-۷- فرستنده FM (FM Transmitter)

فرستنده FM تشابه زیادی با فرستنده AM دارد. اختلاف اساسی بین فرستنده FM و AM در نوع مدولاسیون است. در شکل ۷-۱۱ بلوک دیاگرام یک فرستنده رادیویی FM نشان داده شده است.



شکل ۷-۱۱- بلوک دیاگرام فرستنده رادیویی FM

در این بلوک دیاگرام، میکروفون ارتعاشات مکانیکی را به سیگنال الکتریکی تبدیل می کند. تقویت کننده صوتی، عمل تقویت دامنه سیگنال خروجی میکروفون را انجام می دهد. در بلوک مدولاتور FM و اسیلاتور RF، فرکانس اسیلاتور براساس تغییرات دامنه و فرکانس صوت تغییر می کند و سیگنال FM تولید می شود. قسمت تقویت کننده توان نیز قدرت لازم را برای فرستنده تأمین می کند.

## ۱۱-۷- چند برابر کننده فرکانس

### (Frequency Multiplier)

می دانیم باند رادیویی FM در محدوده فرکانس ۸۰-۸۸ مگاهرتز قرار دارد. به سبب بالا بودن فرکانس، امکان ایجاد تغییر ناخواسته در فرکانس اسیلاتور و تغییر ایستگاه در این محدوده فرکانسی وجود دارد. برای رفع این مشکل، در فرستنده FM از اسیلاتورهای فرکانس پایین استفاده می کنند و با استفاده از مدارهای چند برابر کننده فرکانس، فرکانس اسیلاتور را به محدوده FM می رسانند.

**تحقیق کنید :** انحراف فرکانس در سیگنال

FM مونو و استریو تجارتی چند کیلوهرتز است؟ نتایج را با ذکر منابع به کلاس ارائه دهید.

## ۹-۷- FM باند باریک (Narrow Band FM)

در FM باند باریک پهنای باند مشابه AM از رابطه زیر به دست می آید.

$$BW_{FM(Narrow)} = 2f_m$$

تذکر : ثابت شده است که در FM باند باریک ضریب مدولاسیون کمتر از  $\frac{1}{4}$  است.

### مثال ۵-۷

برای یک سیگنال FM باند باریک، اگر فرکانس سیگنال مدوله کننده مساوی ۶ کیلوهرتز باشد مقدار پهنای باند را محاسبه کنید.

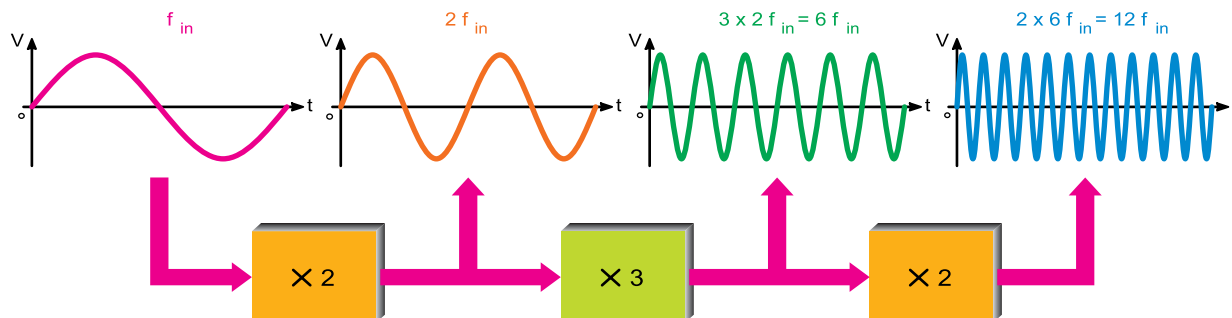
**پاسخ :**

$$BW_{FM(Narrow)} = 2f_m = 2 \times 6 = 12 \text{ KHz}$$



در شکل ۷-۱۲ سیگنال‌های ورودی و خروجی مدارهای دو برابرکننده و سه برابرکننده فرکانس نشان داده شده است. در عمل ممکن است برای افزایش فرکانس سیگنال حامل از مدارهای چند برابرکننده چندطبقه استفاده شود.

در شکل ۷-۱۲ به منظور افزایش فرکانس به میزان دوازده برابر، سه بلوک چند برابرکننده فرکانس به کار رفته است.



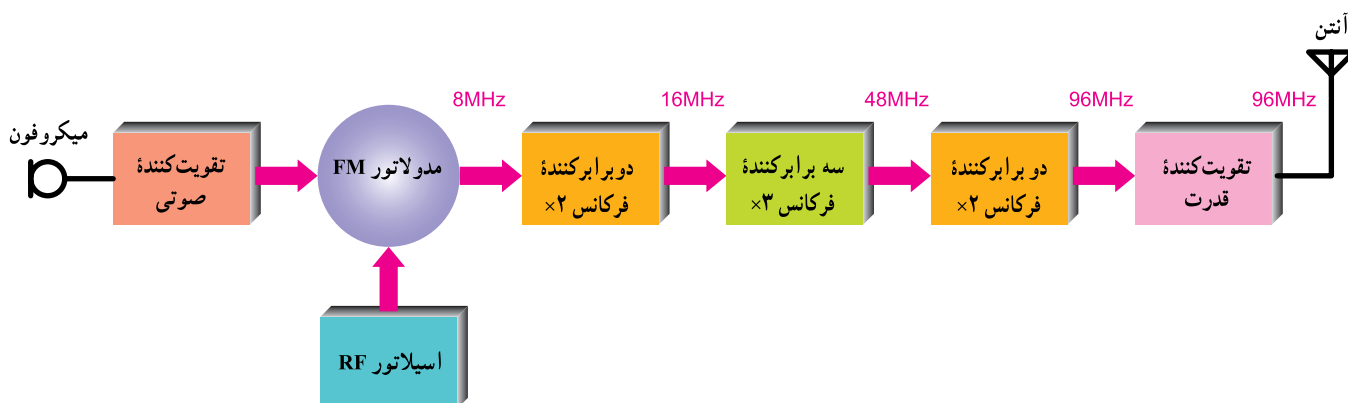
شکل ۷-۱۲ چند برابرکننده سه طبقه

مشاهده می‌کنید. در این حالت فرکانس اسیلاتور از ۸ مگاهرتز به ۹۶ مگاهرتز افزایش یافته است.

$$f_c(\text{out}) = 2 \times 3 \times 2 \times 8 = 96 \text{ MHz}$$

## ۷-۱۲ یک نمونه بلوک دیگرام فرستنده FM

در شکل ۷-۱۳ یک نمونه بلوک دیگرام فرستنده FM را، که در آن چند طبقه چند برابرکننده فرکانس به کار رفته است،



شکل ۷-۱۳ فرستنده FM با چند برابرکننده‌های فرکانس اسیلاتور

انحراف فرکانس = ضریب افزایش طبقات × انحراف فرکانس در طبقه خروجی

$$f_D(\text{out}) = N_f \cdot f_D$$

ضریب افزایش طبقات چند برابرکننده با حاصل ضرب ضرایب مربوط به طبقات چند برابرکننده‌های فرکانس برابر است.

## ۷-۱۳ رابطه انحراف فرکانس و ضریب افزایش چند برابرکننده‌های فرکانس

اگر ضریب افزایش چند برابرکننده‌های فرکانس را با  $N_f$  و فرکانس انحراف سیگنال FM را با  $F_D$  نشان دهیم مقدار انحراف فرکانس در طبقه خروجی فرستنده FM از رابطه زیر به دست می‌آید.

## مثال ۶-۷

در شکل ۷-۱۳ اگر مقدار  $f_c$  بعد از مدولاتور FM برابر با ۷/۵ مگاهرتز و  $f_D$  برابر با ۶ کیلوهرتز باشد مقادیر فرکانس کاری خروجی و انحراف فرکانس خروجی را به دست آورید.

$$N_f = 2 \times 2 \times 3 = 12$$

**پاسخ:**

$$f_c(\text{out}) = N_f \times 7/5 = 90 \text{ MHz}$$

$$f_D(\text{out}) = N_f \times f_D = 12 \times 6 = 72 \text{ KHz}$$

## برای هنرجویان علاقه مند

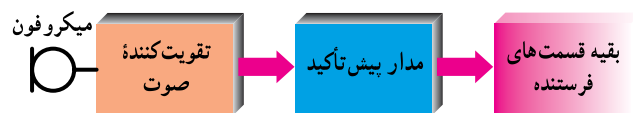
تحقیق کنید باند II VHF در چه محدوده‌ای قرار دارد و با کدام یک از باندهای فرکانسی که تاکنون آشنا شده‌اید انطباق دارد؟

در یک آشکارساز FM، نسبت سیگنال به نویز در فرکانس‌های پایین، بزرگتر از این نسبت در فرکانس‌های بالاست. اگر سیگنال مدوله کننده قبل از مدولاسیون به وسیله فیلتری پردازش شود نسبت سیگنال به نویز موج دمدوله شده در تمام فرکانس‌ها یکسان خواهد بود. در فرستنده FM سیگنال مدوله کننده قبل از مدولاسیون توسط یک فیلتر بالا گذر به نام پیش تأکید پردازش می‌شود. این فیلتر، فرکانس‌های بالاتر را با دامنه بیشتر عبور می‌دهد. در گیرنده FM برای جلوگیری از ایجاد اعوجاج در سیگنال دمدوله شده، باید توسط یک فیلتر پایین گذر به نام باز تضعیف، فرکانس‌های بالاتر را تضعیف نمود در شکل ۷-۱۵ مدارهای پیش تأکید و باز تضعیف و پاسخ فرکانسی هر یک نشان داده شده است.

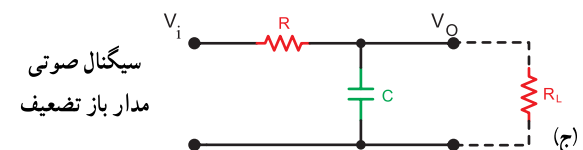
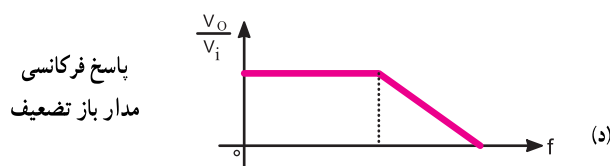
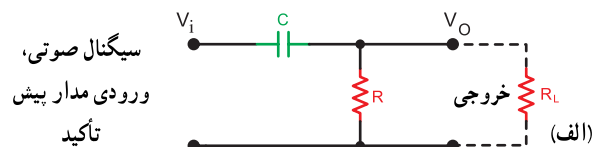
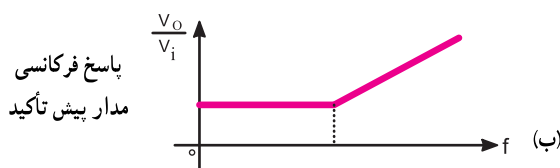
## ۷-۱۴- مدارهای پیش تأکید (Pre Emphasis) و باز تضعیف (De Emphasis)

در مدولاسیون FM، نویز به طور خطی با فرکانس افزایش می‌یابد و باعث اعوجاج (distortion) در سیگنال FM می‌شود. برای جلوگیری از نویز از مدار پیش تأکید فرکانس بالا استفاده می‌شود تا ضریب مدولاسیون در فرکانس بالا افزایش یافته و باعث کاهش نویز شود.

در شکل ۷-۱۴ قسمتی از بلوک دیاگرام فرستنده FM با استفاده از مدار پیش تأکید نشان داده شده است.



شکل ۷-۱۴- قسمتی از فرستنده FM با پیش تأکید فرکانس بالا

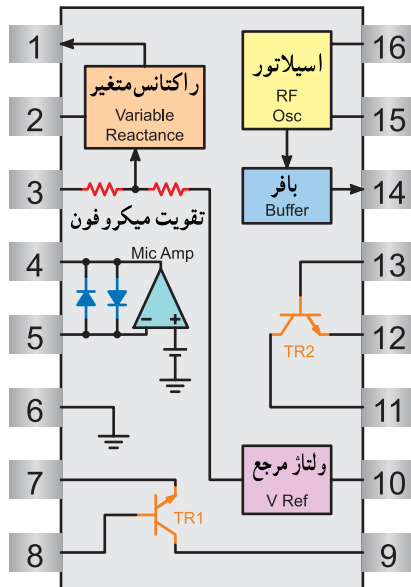


شکل ۷-۱۵- مدارهای پیش تأکید و باز تضعیف و پاسخ فرکانسی آنها

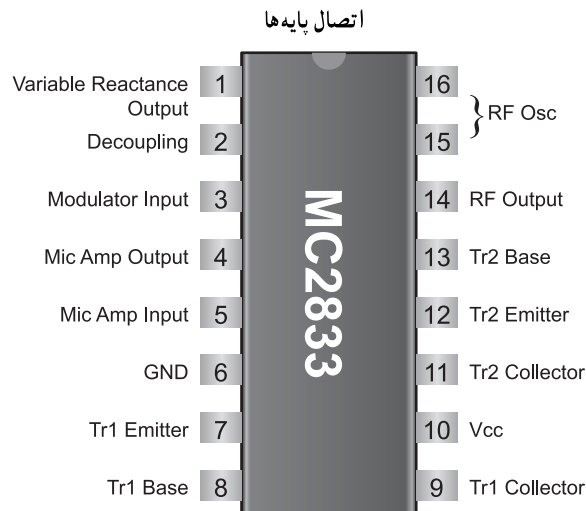
## ۷-۱۵- فرستنده FM با آی سی

را مشاهده می کنید.  
در شکل های ۷-۱۶ ب و ۷-۱۶ ج شماره پایه های  
آی سی و بلوک دیاگرام داخل آی سی رسم شده است.

یک نوع فرستنده FM با آی سی دارای شماره فنی  
MC۲۸۳۳ است. در شکل ۷-۱۶ الف شکل ظاهری آی سی

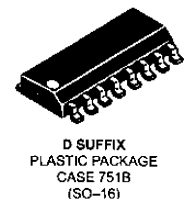
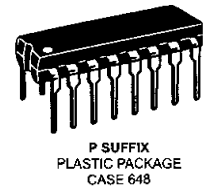


ج - بلوک دیاگرام مدار داخلی آی سی



ب - شماره پایه های آی سی

شکل ۷-۱۶



الف

همواره کار تیمی نتایج بهتری را برای گروه به همراه  
دارد. سعی کنید مطالب درسی را به صورت گروهی و  
مشارکتی فرا بگیرید.

متغیر

- پایه ۳: ورودی مدولاتور
- پایه ۴: خروجی تقویت کننده صوتی
- پایه ۵: ورودی تقویت کننده صوتی
- پایه ۶: زمین
- پایه ۷: آمیتر ترانزیستور تقویت کننده خطی خروجی (TR<sub>۲</sub>)
- پایه ۸: بیس ترانزیستور تقویت کننده خطی خروجی (TR<sub>۲</sub>) به عنوان ورودی تقویت کننده

### ۷-۱۵-۱ مدار فرستنده FM با آی سی: در

شکل ۷-۱۷ مدار کامل یک فرستنده FM با آی سی  
MC۲۸۳۳ نشان داده شده است.

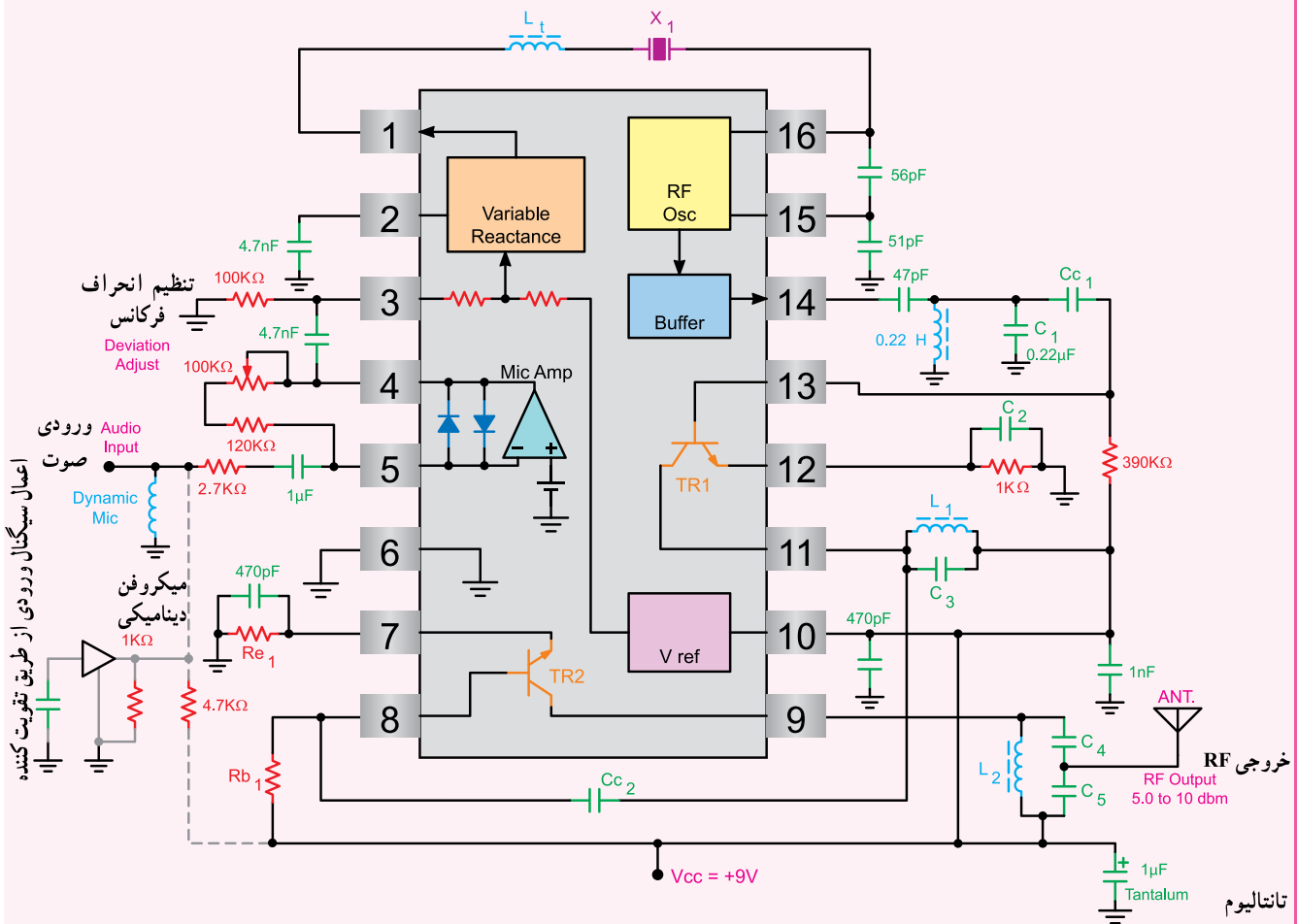
این آی سی با ولتاژ تغذیه ۲/۸۷ تا ۹ ولت کار  
می کند.

وظایف هر یک از پایه های آی سی به شرح زیر  
است:

- پایه ۱: خروجی مدار راکتانس متغیر
- پایه ۲: دی کپلینگ مربوط به مدار راکتانس

پایه ۹ : کلکتور ترانزیستور تقویت کننده خطی خروجی (TR<sub>۱</sub>) به عنوان خروجی تقویت کننده پایه ۱۰ : ولتاژ  $V_{CC}$  که مقدار آن بین ۲/۸ ولت تا ۹ ولت است.  
پایه ۱۱ : کلکتور ترانزیستور چند برابر کننده فرکانس (TR<sub>۱</sub>) به عنوان خروجی پایه ۱۲ : امیتر ترانزیستور چند برابر کننده فرکانس (TR<sub>۱</sub>)

پایه ۱۳ : بیس ترانزیستور چند برابر کننده فرکانس (TR<sub>۱</sub>) به عنوان ورودی تقویت کننده پایه ۱۴ : خروجی RF که سیگنال مدوله شده FM از این پایه دریافت می شود.  
پایه ۱۵ : اسپلاتور محلی که از نوع VCO است.  
پایه ۱۶ : اسپلاتور محلی که از نوع VCO است.



شکل ۱۷-۷ مدار کامل یک فرستنده FM با آی سی MC2833

برای اطلاعات بیشتر در مورد آی سی می توانید به سایت های مرتبط از قبیل [alldatasheet.com](http://alldatasheet.com) مراجعه کنید.