



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

سیستمهای مخابراتی

جلسه ۱۴

مدرس: دکتر سید علی حسینی



مدولاسیون SSB

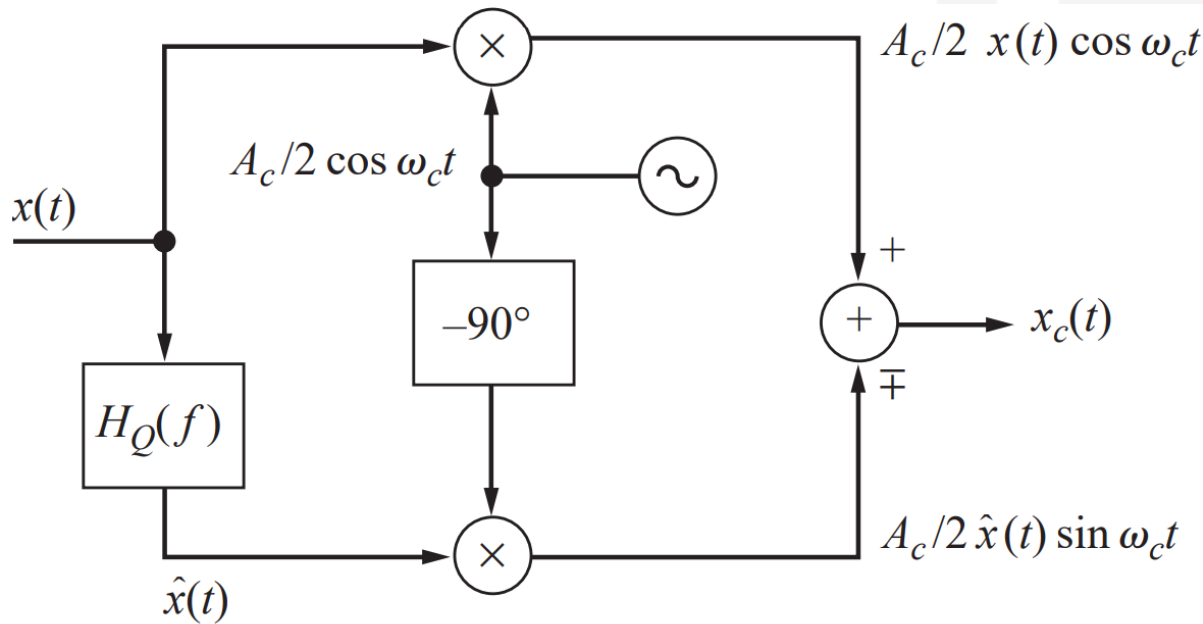
• سؤال: مؤلفه‌های $A(t), \phi(t), v_i(t), v_q(t)$ چگونه محاسبه می‌شوند؟

• جواب: $v(t) = v_i(t) \cos \omega_c t - v_q(t) \sin \omega_c t$

• در این سیستم:

$$v(t) = \frac{A_c}{2} [x(t) \cos \omega_c t \pm \hat{x}(t) \sin \omega_c t]$$

که در اینجا مؤلفه‌های in-phase و quadrature مشخص شده‌اند. که علامت منفی مربوط به USSB و مثبت مربوط به LSSB است.

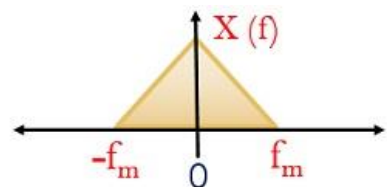


Phase-shift method for SSB generation.

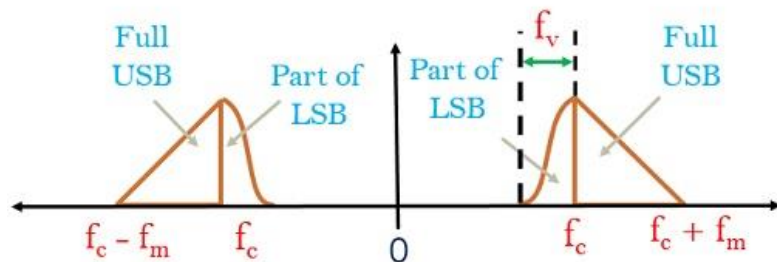


مدولاسیون VSB

- حالت میانی بین SSB و DSB وجود دارد که به آن VSB می‌گویند.
- برای اینکه بتوانیم از آشکارساز پوش استفاده کنیم باید مولفه کاریر به SSB اضافه کنیم.
- اگر سیگنال کاریر را به SSB اضافه کنیم کاریر لب مرز قرار می‌گیرد.
- چون در مسیر از فیلتر استفاده می‌شود ممکن است حذف شود و روش قابل اطمینانی نیست.
- از VSB در ارسال ویدیوی تلویزیون آنالوگ استفاده می‌شود.



Spectrum of message signal

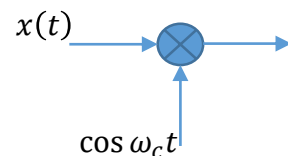


Spectrum of VSB signal

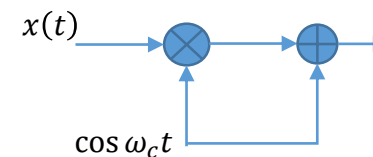
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت



مدارهای مدولاتور



• DSB (ساده‌ترین) : فقط یک ضرب کننده نیاز است.



• AM:

• SSB: فیلتر پایین گذر (یا بالا گذر) یا مدار HF

• در همه این موارد دو مدار وجود دارد:

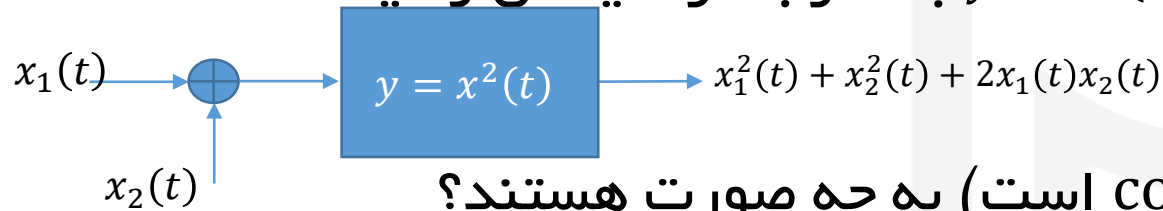
1 مدار ضرب کننده ← یکی از روش‌های سنتی استفاده از مدارات خیرخطی است $y = x^2(t)$.

2 مدار تولید سیگنال کاری ← سیگنال تک فرکانس تولید می‌کند. مدار اوسیلاتور (مدارات LC یا کریستال)

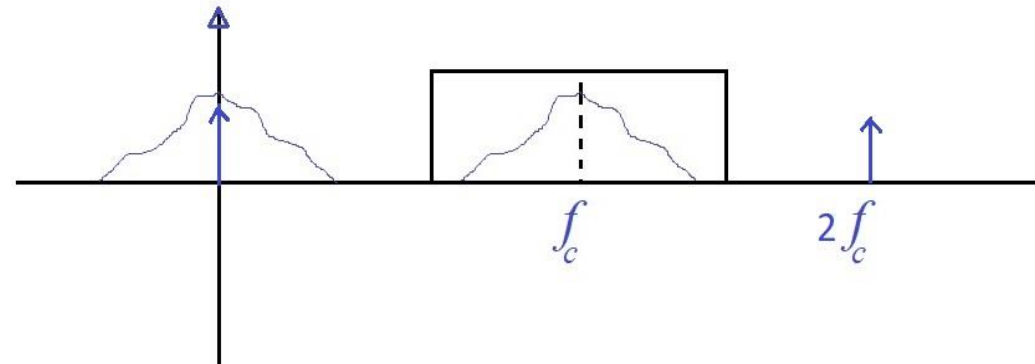


ضرب کنند

- چگونه می‌توان با استفاده از سیستم غیر خطی $y = x^2(t)$ به ضرب دو سیگنال رسید؟

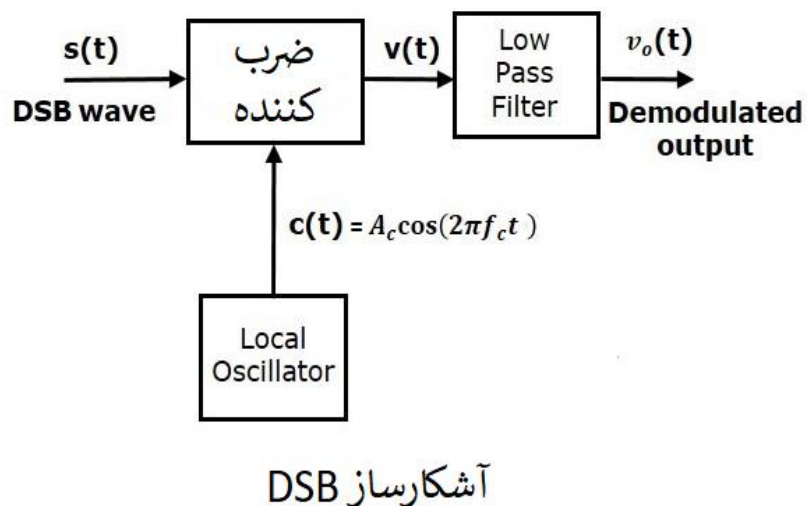


- مؤلفه‌های فرکانسی x_1^2 و x_2^2 (در مدار ما $\cos \omega_c t$ است) به چه صورت هستند؟
- طیف x_1^2 هم دو برابر پهن تر می‌شود ($2W$). یعنی حول صفر پهن می‌شود و مؤلفه x_2^2 که یک **کسینوس** است سه تا ضربه است که یکی روی صفر و دو تا روی $\pm f_c$ است. و مؤلفه $x_1 x_2$ حول f_c است. پس با گذاشتن فیلتر حول این نقطه، حاصلضرب جدا می‌شود.





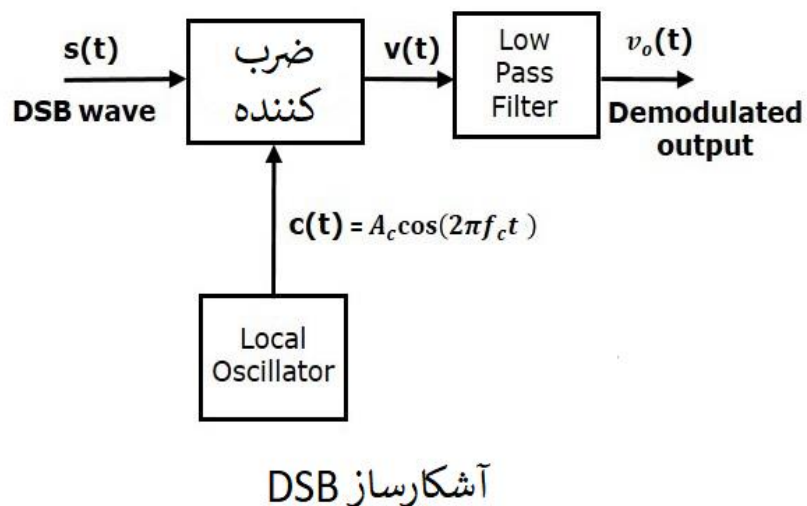
مدارهای آشکارساز



- $DSB: x_c(t) = x(t) \cos \omega_c t$
- حالت کلی همه مدولاسیونها که همه حالت‌های AM، DBS، SSB و USB را پوشش می‌دهد به این صورت است:
$$x_c(t) = [k_c + k_m x(t)] \cos \omega_c t - k_m x_q(t) \sin \omega_c t$$
- حال اگر این سیگنال را به آشکارساز DSB بدهیم خروجی چه می‌شود؟
- خروجی مؤلفه $[k_c + k_m x(t)] \cos \omega_c$ مقدار $k_c + k_m x(t)$ است. کسینوس در کسینوس ضرب شده است.



مدارهای آشکارساز



• $DSB: x_c(t) = x(t) \cos \omega_c t$

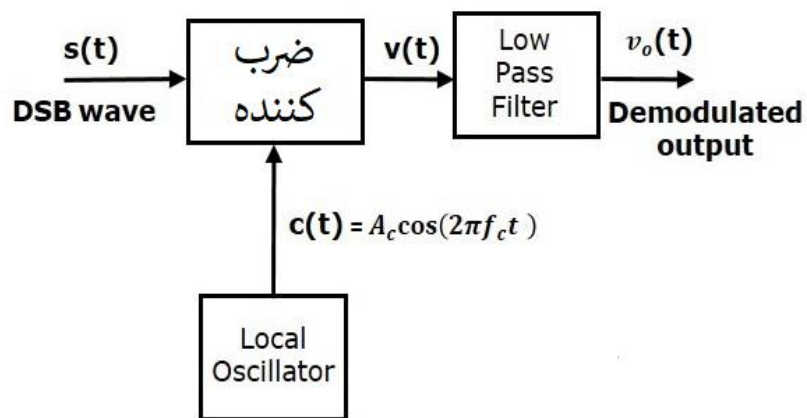
• مؤلفه $k_m x_q(t) \sin \omega_c t$ که در کسینوس ضرب شود $k_m x_q(t) \sin \omega_c t \cos \omega_c t$ حاصل می‌شود که طیف آن به f_c رفته است (محاسبه از رابطه مثلثاتی) که در فیلتر پایین گذر حذف می‌شود. پس خروجی $k_c + k_m x(t)$ است که از بخش حذف DC عبور می‌کند و $k_m x(t)$ می‌ماند.

• لذا این یک آشکارساز کلی است برای تمام مدولاسیون‌های دامنه!

• نکته: $k_m x_q(t) \sin \omega_c t$ را ایجاد کردیم و در گیرنده بلافاصله حذف کردیم! چه کاری است؟



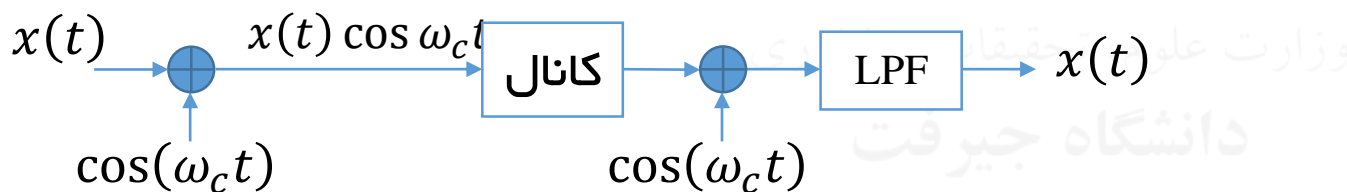
مدارهای آشکارساز



آشکارساز DSB

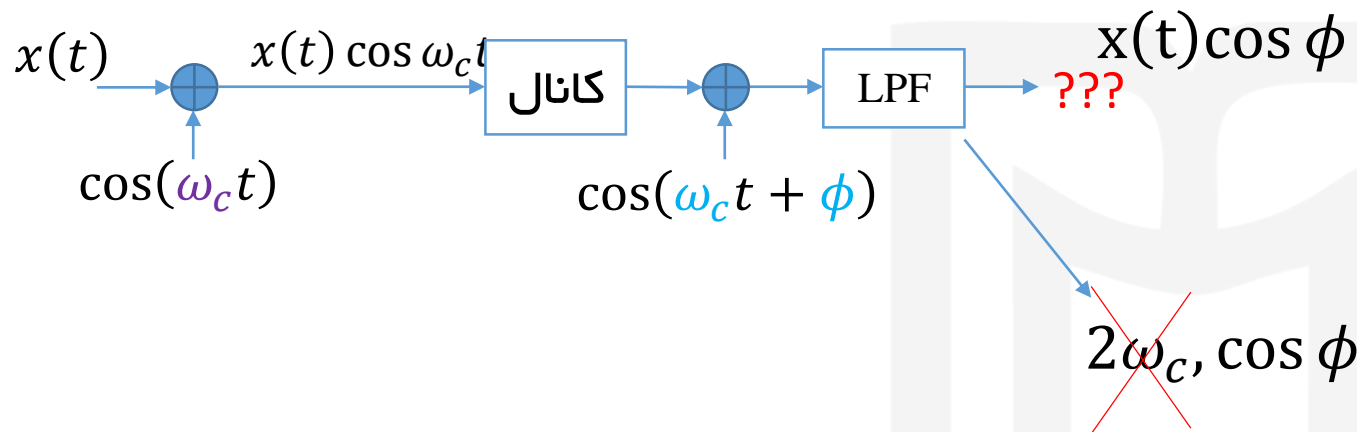
- همانگونه که قبلا گفته شد در SSB:
گیرنده \rightarrow کانال $\rightarrow x(t) \cos \omega_c t \pm \hat{x}(t) \sin \omega_c t$

- وظیفه جمله دوم این است که پهنای باند را کم کند.
- آشکارساز فوق یک مشکل زیربنایی دارد! چنین مداری هیچ وقت کار نمی‌کند. چی؟
- مشکل مربوط به $\cos \omega_c t$ است که مشخص نیست در گیرنده و فرستنده همزمان باشند و صفرشان روی هم باشد (هم فاز نیستند). پس به این صورت هیچ وقت کار نمی‌کند.





مدارهای آشکارساز



اسیلاتور فرستنده $1\text{MHz} \rightarrow 1.00435, 0.99499$

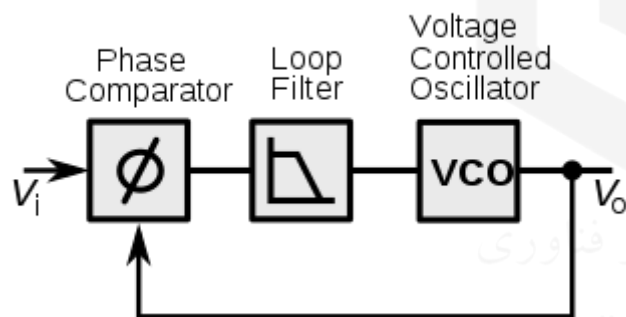
اسیلاتور گیرنده $1\text{MHz} \rightarrow 1.00435, 0.99499$

- در نتیجه این ضرب یک $2\omega_c t$ ظاهر می‌شود که در فیلتر حذف می‌شود
- یک قسمت دیگر که متناسب است با $x(t) \cos(\phi)$ که اگر ۹۰ درجه باشد سیگنال کلاً حذف می‌شود.
- مشکل اصلی این است که فاز ثابت نیست و نمی‌شود آن را حذف کرد.
- راه حل: همزمان سازی اوسیلاتورهای فرستنده و گیرنده



همزمان سازی

- در اینجا مفهوم synchronization یا همزمان سازی مطرح می‌شود. که در آن مداری باید داشته باشیم که همزمان بودن یا نبودن سیگنال فرستنده و اوسیلاتور را تشخیص می‌دهد و آنها را سنکرون می‌کند. به آن Phase Lock Loop (PLL) می‌گویند.
- PLL فاز اوسیلاتور را روی فاز فرستنده (سیگنال دریافتی) قفل می‌کند.
- هیچ چیزی در دنیا بدون فیدبک کار نمی‌کند!
- به این مدار آشکار ساز سنکرون می‌گویند.

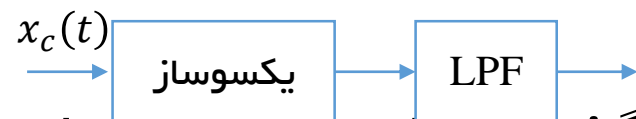




مدار آشکارساز پوش

• مدار آشکارساز پوش:

- $x_c(t) = A_c(1 + \mu x(t)) \cos \omega_c t$
- در AM، SSB+C و VSB+C که C نشان دهنده Carrier است می‌توان از آشکارساز پوش استفاده کرد.



- یکسو سازی می‌تواند با استفاده از دیود انجام شود و فیلتر پایین گذر در ساده‌ترین حالت با استفاده یک مقاومت و یک خازن است.
- ساختن گیرنده AM بسیار کم هزینه و ساده است به همین دلیل است که در گذشته از این روش استفاده می‌شده.
- در صورتی که چند سیگنال با هم بود نیاز به یک سیستم چند فیلتری داریم که بتوانیم برای هر سیگنال فیلتر خاص آن کانال را انتخاب کنیم.



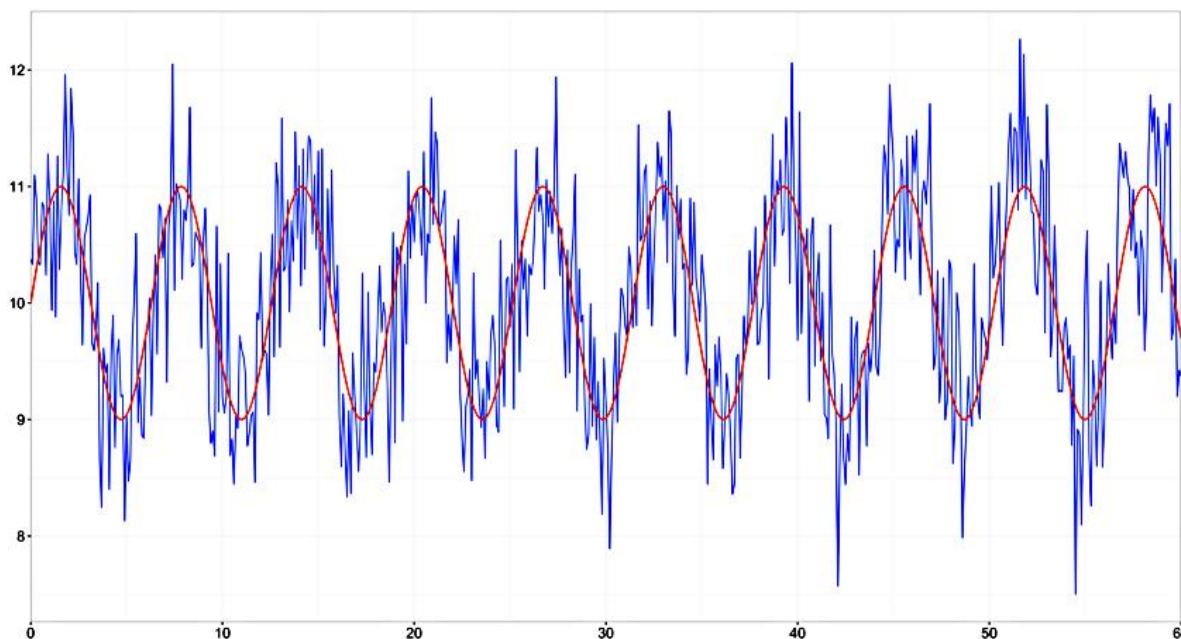
مدولاسیون‌های آنالوگ فرکانس (مدولاسیون‌های زاویه‌ای)



- هدف اصلی مدولاسیون تغییر فرکانس به فرکانس حامل است به گونه‌ای که بتوان در گیرنده سیگنال پیام اصلی را بازیابی کرد.
 - در مدولاسیون‌های زاویه‌ای اطلاعات به صورت تغییر در فرکانس یا فاز منتقل می‌شوند
 - مهمترین سؤال زیربنایی که در اینجا مطرح می‌شود: چرا سراغ فرکانس می‌آییم؟
 - مزایای احتمالی مدولاسیون فرکانس:
- 1 اگر کانال غیرایده‌آل باشد چه می‌شود؟ آیا مدولاسیون فرکانس بهتر عمل می‌کند؟ فعلا وارد این بحث نمی‌شویم و فرض می‌کنیم کانال ایده‌آل است.
 - 2 آیا ممکن است در روش‌های آشکارسازی ساده‌تر باشد؟ باید بررسی شود.
- آیا در مواجهه با اثر نویز بهتر عمل می‌کند؟



مدولاسیون‌های آنالوگ فرکانس (مدولاسیون‌های زاویه‌ای)



- در مدولاسیون‌های دامنه نویزی که با سیگنال جمع می‌شود چنین اثری را روی سیگنال می‌گذارد. پس آشکارسازی پوش منجر به خطا می‌شود.

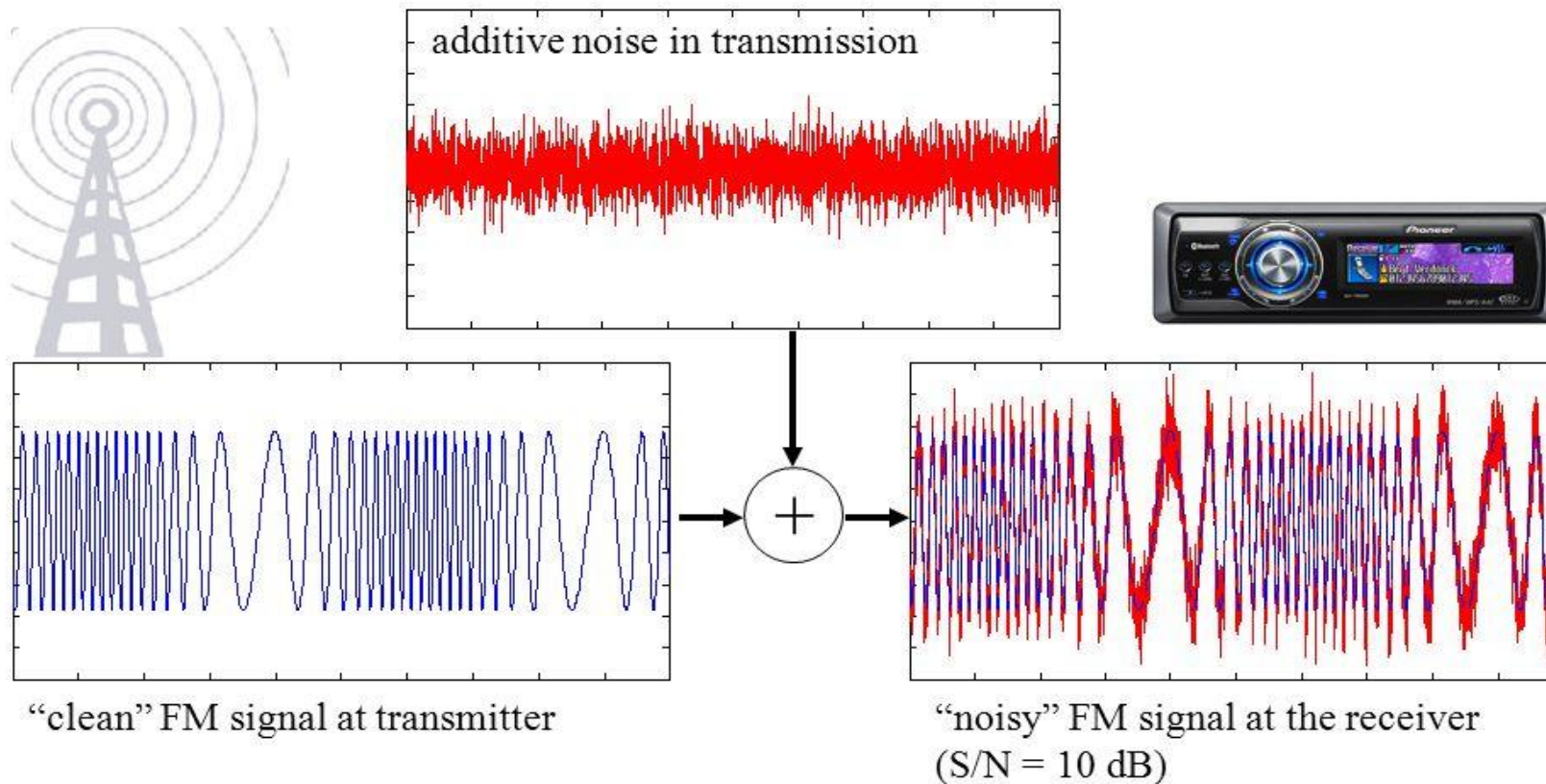


وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جی رف

مدولاسیون های آنالوگ فرکانس (مدولاسیون های زاویه ای)



Noise in an FM signal





مدولاسیون های آنالوگ فرکانس (مدولاسیون های زاویه ای)



- اثر نویز روی کدام یک از این سیگنال ها بیشتر است؟ برای پاسخ به این سؤال باید ببینیم آشکارساز FM چگونه عمل می کند. در FM اطلاعات در عبور از صفر (Zero-crossing) است. آنچه به نظر می رسد این است که اثر نویز در این حالت می تواند کمتر باشد.
- در مدولاسیون های دامنه پهنای باند، W یا $2W$ بود ولی در مدولاسیون فرکانس که اثر غیر خطی دارد هنوز برای ما مشخص نیست که پهنای باند چقدر است!
- سوال: آیا احتمال اثر نویز در FM کاهش می یابد؟
- پیچیدگی آشکارساز چقدر است؟
- پهنای باند سیگنال مدوله شده روی کانال چقدر است؟