



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

سیستمهای مخابراتی

جلسه ۱۷

مدرس: دکتر محمد علی شهبازی



اثر تداخل



• اثر تداخل در مدولاسیون‌های آنالوگ

$$v(t) = \underbrace{A_c \cos(\omega_c t)}_{\text{سیگنال اصلی}} + \underbrace{A_i \cos[(\omega_c + \omega_i)t + \phi]}_{\text{سیگنال تداخلی}}$$

• سوال: اثر تداخل روی آشکارسازهای مختلف به چه صورت است؟

1. آشکارساز سنکرون

2. آشکارساز پوش

3. آشکارساز فاز و فرکانس

• برای ورودی صفر ← خروجی غیر صفر ← ناشی از تداخل سیگنال‌ها



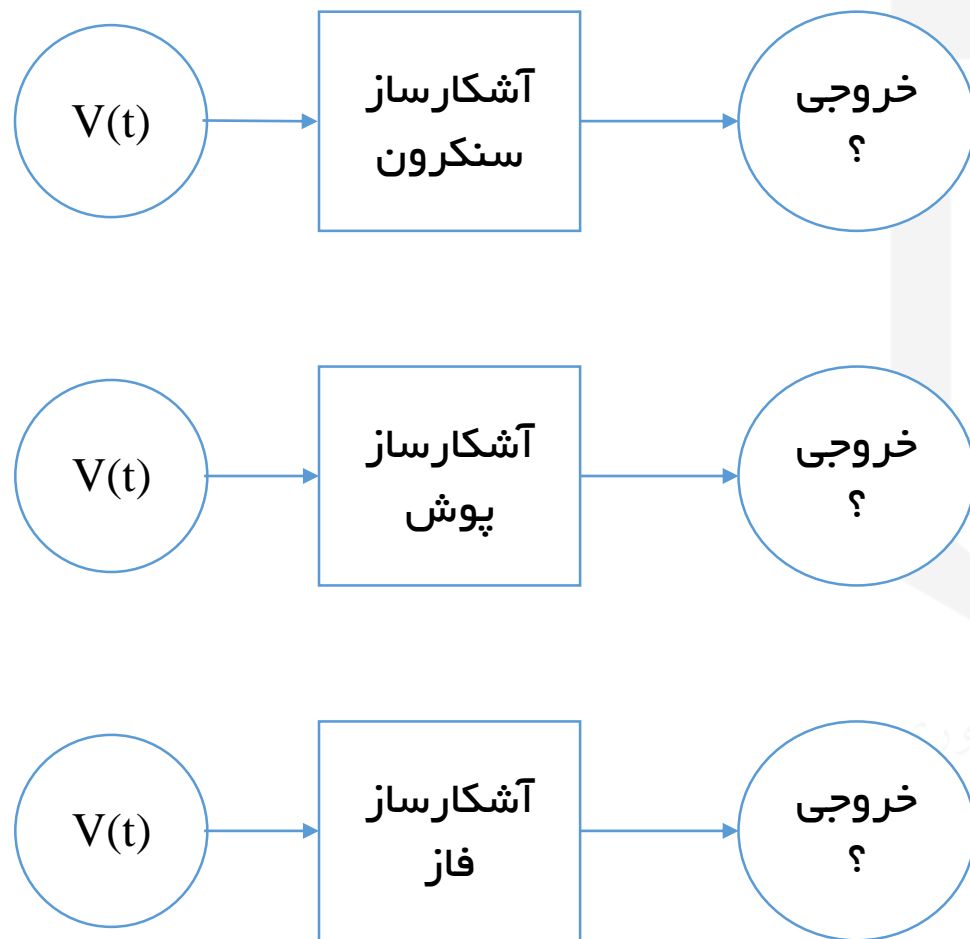
اثر تداخل



- فرض کنید یک سیگنال حامل داریم
- و سیگنال ارسالی ما صفر است اگر سیگنال مدوله شده با سیگنال تداخلی جمع شود و وارد آشکارساز شود می خواهیم ببینیم آشکارساز چه خروجی خواهد داشت.
- قاعدتاً باید خروجی صفر شود. خروجی غیر صفر مربوط به سیگنال تداخلی خواهد بود
- فرض بر این است که مقدار DC را حذف می کنیم.
- پس سوال کلی ما این است که خروجی آشکارساز ها را چگونه باید به دست آوریم. فرض میکنیم آشکارساز ما ایده آل باشد .



خروجی آشکار ساز



- برای محاسبه خروجی آشکار ساز باید $v(t)$ به صورت زیر باشد:

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

- نکته مهم: وقتی این $v(t)$ را به آشکار ساز سنکرون می‌دهیم $v_i(t)$ را به ما می‌دهد

- - آشکار ساز پوش در خروجی $\sqrt{v_i^2 + v_q^2}$ را به ما می‌دهد

- - آشکار ساز فاز در خروجی $\tan^{-1} \left(\frac{v_q}{v_i} \right)$ را به ما می‌دهد.



خروجی آشکارساز



- در کل ما هر جور آشکارساز را بسازیم باید آشکارساز سنکرون پوش و فاز به این صورت به ما خروجی بدهند
- مسئله دیگری که از این به بعد داریم به این صورت است:
- بیان سیگنال ورودی آشکارساز بر حسب مولفه های v_i و v_q یا پوش و فاز
- مسئله حیاتی تر بیان نویز ورودی بر اساس این مولفه ها است
- محاسبه خروجی حاصل از ترکیب سیگنال و نویز که ممکن است به صورت غیر خطی در خروجی آشکارساز ظاهر شود.



مثال



• مثال تداخل: فرض کنیم سیگنال اصلی ما با سیگنال تداخلی جمع شده باشد خروجی هر سه نوع آشکار ساز را به دست آورید

• حل: برای همین مسئله کافیست $v(t)$ را به شکل گفته شده بسط دهیم:

$$v(t) = \underbrace{A_c \cos(\omega_c t)}_{\text{سیگنال اصلی}} + \underbrace{A_i \cos[(\omega_c + \omega_i)t + \phi]}_{\text{سیگنال تداخلی}}$$

$$v(t) = A_c \cos(\omega_c t) + A_i \cos(\omega_c t) \cos(\omega_i t + \phi_i) - A_i \sin(\omega_c t) \sin(\omega_i t + \phi_i)$$

$$= \underbrace{A_c(1 + \rho \cos \theta_i(t))}_{v_i(t)} \cos \omega_c t - \underbrace{A_c \rho \sin \theta_i(t)}_{v_q(t)} \sin \omega_c t$$

• که در آن:

$$\rho = \frac{A_i}{A_c}, \theta_i(t) = \omega_i t + \phi_i$$



ادامه مثال



- $v(t) = A_c \cos(\omega_c t) + A_i \cos(\omega_c t) \cos(\omega_i t + \phi_i) - A_i \sin(\omega_c t) \sin(\omega_i t + \phi_i)$
- $= \underbrace{A_c(1 + \rho \cos \theta_i(t))}_{v_i(t)} \cos \omega_c t - \underbrace{A_c \rho \sin \theta_i(t)}_{v_q(t)} \sin \omega_c t$

- حال اگر با حالت بدون تداخل ($v(t) = A_c \cos(\omega_c t)$) مقایسه کنیم می بینیم که در حالت با تداخل یک مؤلفه v_q اضافه شده است و همچنین در v_i یک مؤلفه ρ که نشانگر حالت تداخلی است.

- خروجی آشکارساز سنکرون با حذف DC:

- در حالت با تداخل: $A_c \rho \cos \theta_i(t)$

- در حالت بدون تداخل: **صفر** است



ادامه مثال



- خروجی آشکارساز پوش با حذف DC:

- در حالت با تداخل: $A_V(t) = A\sqrt{1 + \rho^2 + 2\rho \cos \theta_i(t)}$

- خروجی آشکارساز فاز با حذف DC:

- در حالت با تداخل:

- $\phi_V(t) = tg^{-1} \left(\frac{\rho \sin \theta_i(t)}{1 + \rho \cos \theta_i(t)} \right)$

- در حالت $\rho \ll 1$:

- $A_V(t) \simeq A_c(1 + \rho \cos(\omega_i t + \phi_i))$



ادامه مثال



- قبلاً سیگنال اصلی یک پوش A_c داشت (در حالتی که ورودی صفر است). در اینجا پوش A_c است که با یک مؤلفه دیگر که با $\omega_i(t)$ تغییر می‌کند. این مشابه سیگنال مدوله شده AM است.

$$\phi_V(t) \simeq \rho \sin(\omega_i t + \phi_i)$$

- همچنین فاز را به صورت سینوسی تغییر می‌کند. این سیگنال مدوله شده فاز است. هم فازش تغییر میکند هم فرکانسش و هم پوش آن.
- اضافه کردن یک مؤلفه فرکانسی نزدیک فرکانس اصلی باعث شده است که پوش، فاز و فرکانس آن تغییر کند.



آشکارساز FM



- خروجی آشکارساز FM چه می‌شود؟
- باید از این فاز $(\phi_V(t))$ مشتق بگیریم:
- $\simeq f_i \sin(2\pi f_i t + \phi_i)$
- پس در خروجی آشکارساز FM فرکانس f_i هم ظاهر می‌شود.
- فرض کنید یک فرکانس حامل f_c داشته باشیم.
- یک مؤلفه تداخلی هم که اختلافش با فرکانس حامل f_i است ظاهر می‌شود. اگر این مؤلفه از f_c دور شود، دامنه خروجی آشکارساز FM زیاد می‌شود پس اثر تداخلی بیشتر می‌شود.



آشکارساز FM



- در حقیقت آشکارساز FM دارد درست عمل می‌کند چون قرار بود تغییرات فرکانس نشان دهنده دامنه سیگنال باشد.
- سوال: محدوده‌ای که آشکارساز به فرکانس حساس است تا کجاست؟ **تا یک باند مشخص که توسط یک فیلتر از محدوده خارج آن جدا می‌شود.**
- مؤلفه‌ها در دو مرحله حذف می‌شوند. یکی در پهنای باند مشخص شده و یکی در انتها که خارج از W را فیلتر می‌کند.



اثر نویز در مدولاسیون های آنالوگ

