وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه جیرفت

سیستمهای مخابراتی

جلسه ۵

مدرس: دکتر محمد هاشمی‌نژاد

سرفصل‌های این جلسه

- سوالات اصلی مخابرات
  - آیا برای ارسال یک سیگنال تغییر شکل آن لازم است؟
  - نحوه ارسال همزمان چند سیگنال Multiple-access
    - تعامد Orthogonality (ریاضیات – برای این درس در زمان و فرکانس بررسی می‌شود)
  - پارامترها مهم در طراحی یک سیستم مخابراتی (متریک‌های اندازه‌گیری)
    - هزینه
    - زمان طراحی
    - کارایی یا performance (امنیت، Relaibility، Robustness، ...)
  - پارامترهای محدود کننده یک سیستم مخابراتی چه هستند

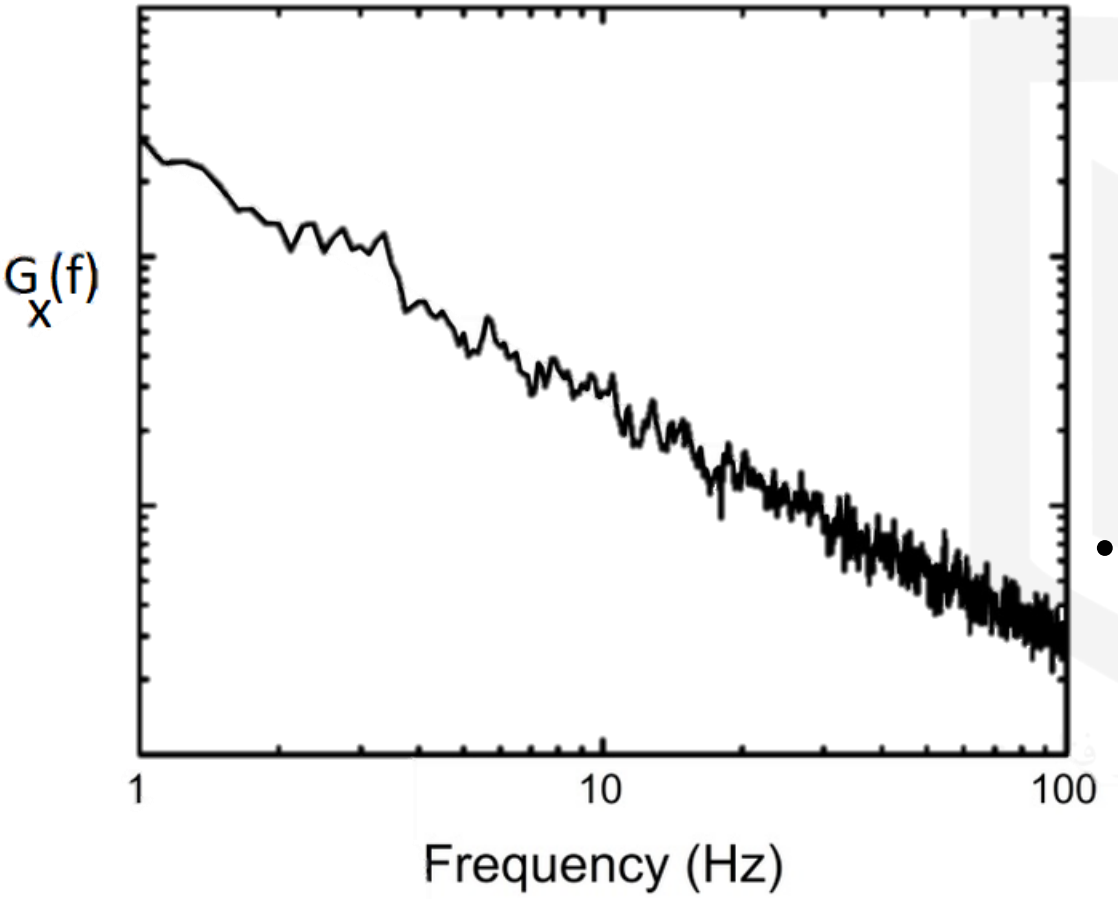
- معمولا در طراحی زمان طراحی و کارایی در یک سطح در نظر گرفته می‌شود و هزینه نشان دهنده طراحی خوب خواهد بود. (Design spec.)

هزینه طراحی سیستم مخابراتی

- در این درس تأکید بر هزینه است.
- پارامترهای اصلی در تعیین هزینه:
  - توان (توان کمتر هزینه کمتر دارد)
  - پهنای باند (پهنای باند کمتر هزینه کمتر دارد)
  - پیچیدگی (پیچیدگی کمتر هزینه کمتر دارد)
    - RLC و ترانزیستور — آنالوگ
    - میکروپروسسور و حافظه — دیجیتال

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

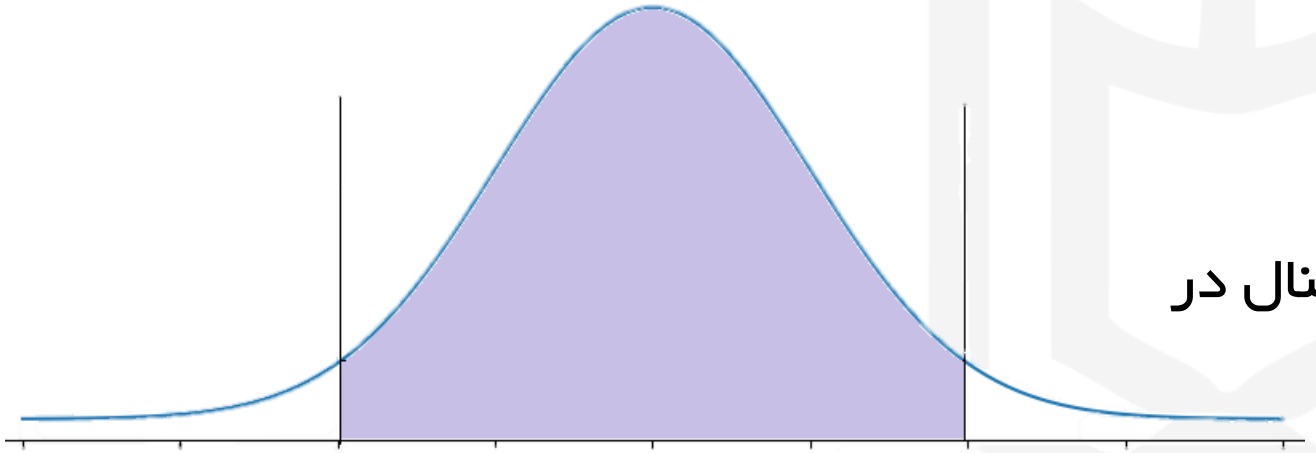
چگالی طیف توان(انرژی)



- مفهومی است در بر دارنده توان و پهنای باند
- چگالی طیف توان $G_x(f)$
- سیگنالهای معین
- سیگنالهای تصادفی و غیر معین non-deterministic
- توان سیگنالی که چگالی طیف توان آن را داریم:
- $P = \int_{-\infty}^{\infty} G_x(f)df$
- برای سیگنالهای نامعین چگالی را مشخص می‌کنیم

چگالی طیف توان

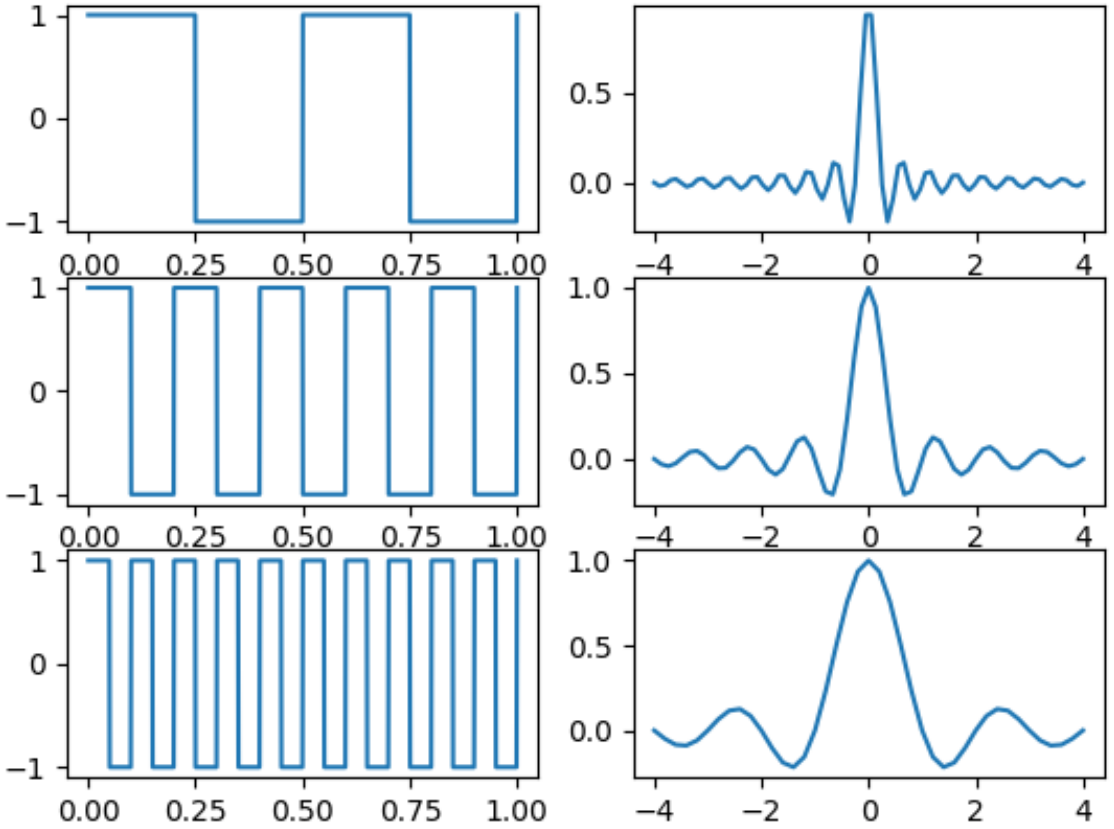
- نامحدود در فرکانس (تعریف پهنای باند از این وضعیت!)
- توان مصرفی بین دو فرکانس f_1 و f_2:
- $P = \int_{f_1}^{f_2} G_x(f)df$
- پهنای باند: محدوده‌ای که اکثر انرژی سیگنال در آن است
- مهمترین تابع در مخابرات: $G_x(f)$



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

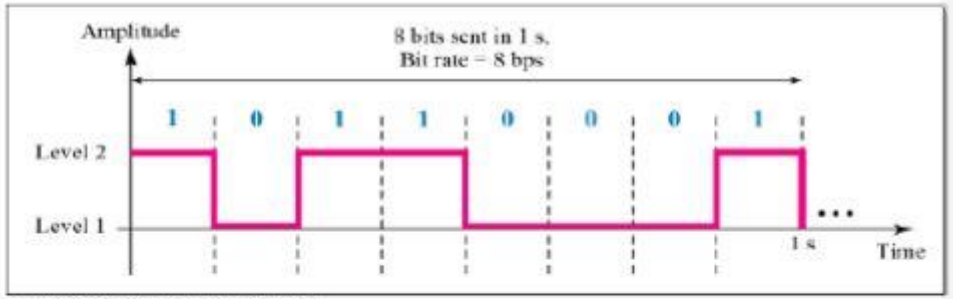
پارامترهای محدود کننده

- به دلیل توان و پهنای باند کارایی سیستم محدود می‌شود.
- پهنای باند نرخ بیت را محدود می‌کند.
- این تنها راه برای افزایش نرخ بیت نیست!



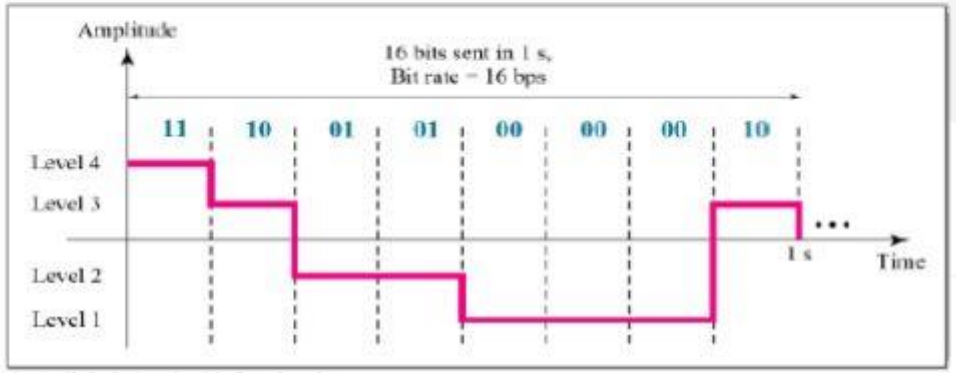
سیگنال دیجیتال چند سطحی

- افزایش توان: هر سطح نشان دهنده یک کد عددی سطوح تا ولتاژهای بالا
- پهنای باند ثابت است.



a. A digital signal with two levels

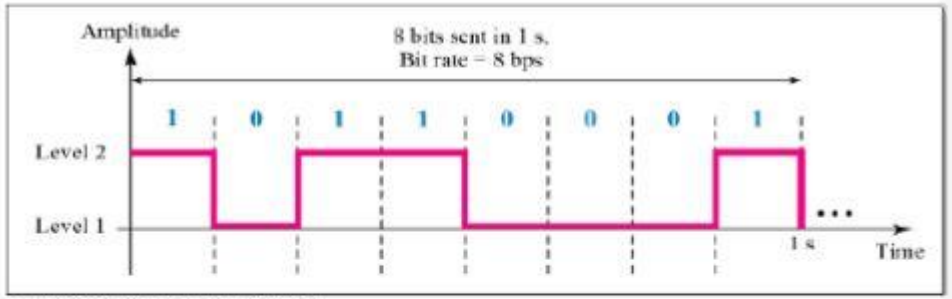
ارسال یک بیت به ازاء هر سطح



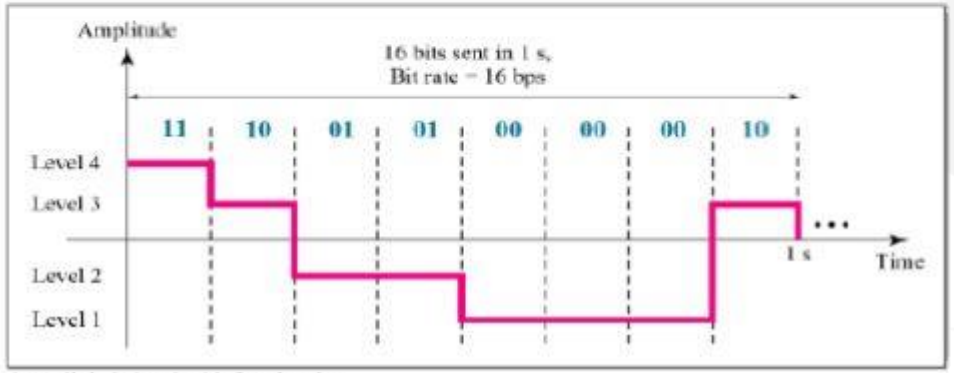
b. A digital signal with four levels

ارسال دو بیت به ازاء هر سطح

تقسیم بندی سطحی با توان ثابت



a. A digital signal with two levels



b. A digital signal with four levels

- حداکثر ثابت باشد
- سطوح بین صفر و این مقدار واقع شوند
- **محدود کننده**: اشتباه شدن سطوح مجاور
- نویز و اثرات کانال دو دلیل این محدودیت

افزایش نرخ بیت

توان ثابت – افزایش پهنای باند

پهنای باند ثابت – افزایش توان

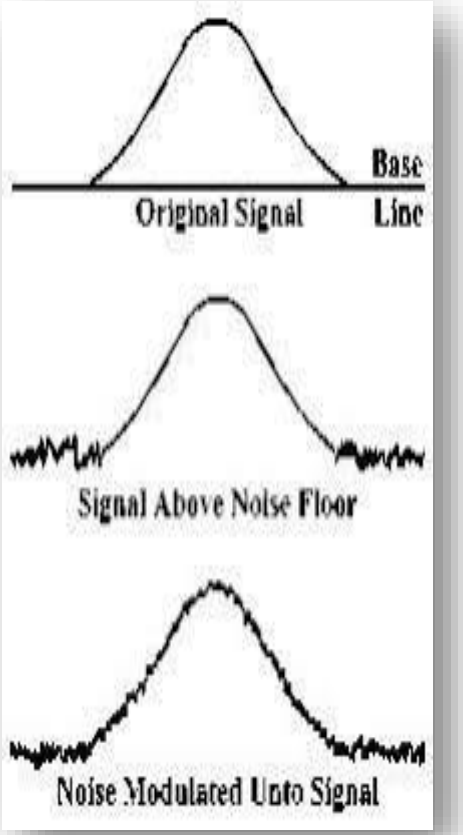
پهنای باند ثابت + افزایش نرخ بیت

عوامل اصلی محدود کننده

- ۲_اثرات کانال
  - تغییرات دامنه یا تلفات (ایده‌آل)
  - تغییر شکل سیگنال (غیر ایده‌آل)
- ۳_تداخل
  - غیر عمدی
  - پارازیت ها یا JAMMING

پس از دانستن این عوامل می‌توان نرخ داده را تعیین کرد!

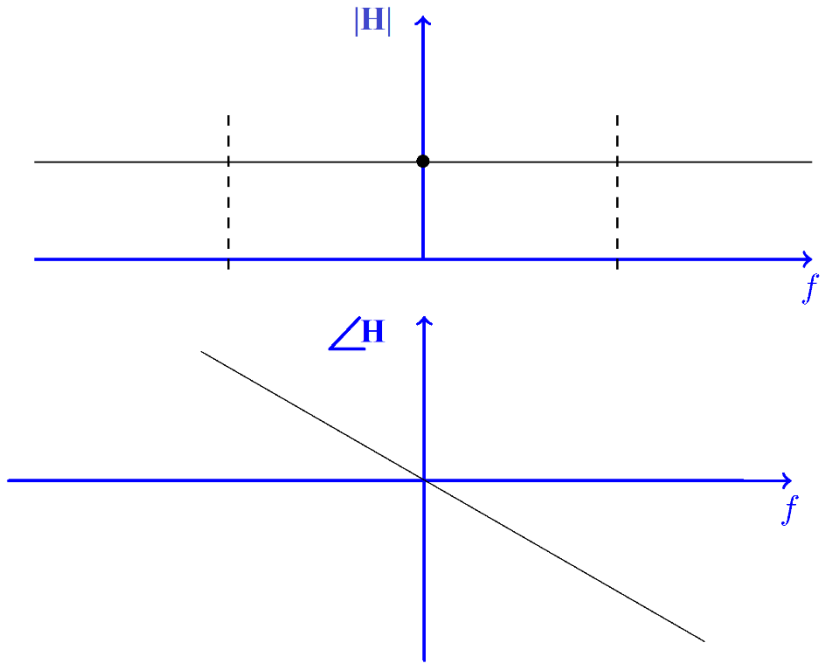
نویز



کانال ایده‌آل

کانال ایده آل : به کانالی میگویند که هیچ تغییر شکلی در سیگنال نمی دهد

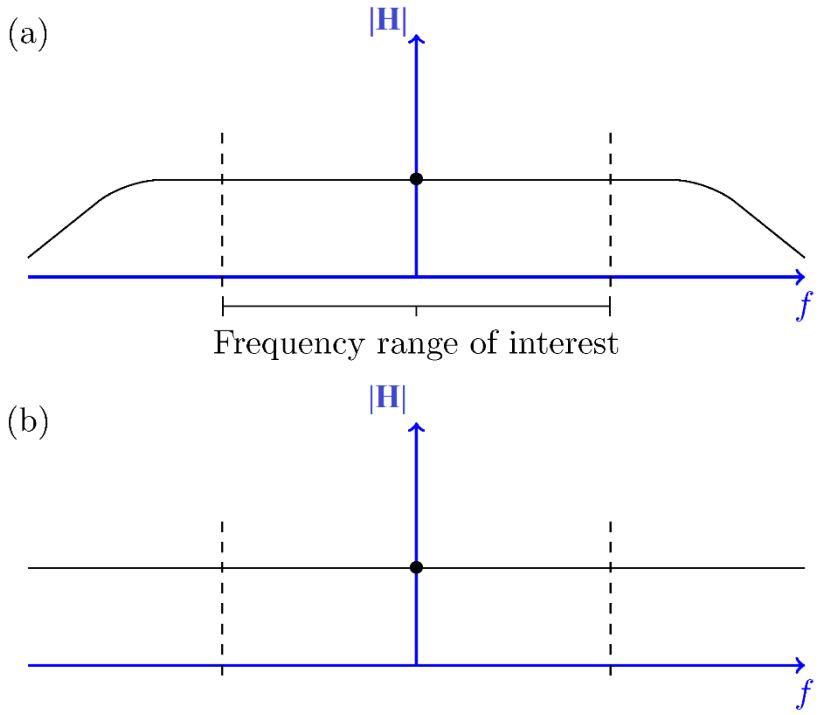
فقط (تاخیر داریم + تلفات کانال)



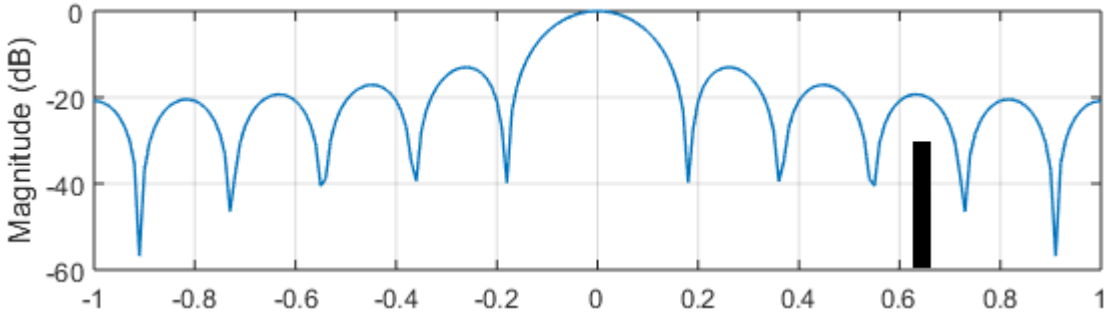
$$H_c(f) = ke^{-j2\pi f t_d}$$

نکته: فاز غیر خطی هم شکل سیگنال را تغییر می‌دهد.

کانال ایده‌آل در عمل



- ممکن است یک کانال غیر ایده‌آل برای یک استفاده ایده‌آل باشد
- مثال صوت: گوش انسان به فاز حساس نیست
- پس در تشخیص ایده‌آل بودن محتوای فرکانسی سیگنال مهم است.
- فاز در ویدیو مهم است.

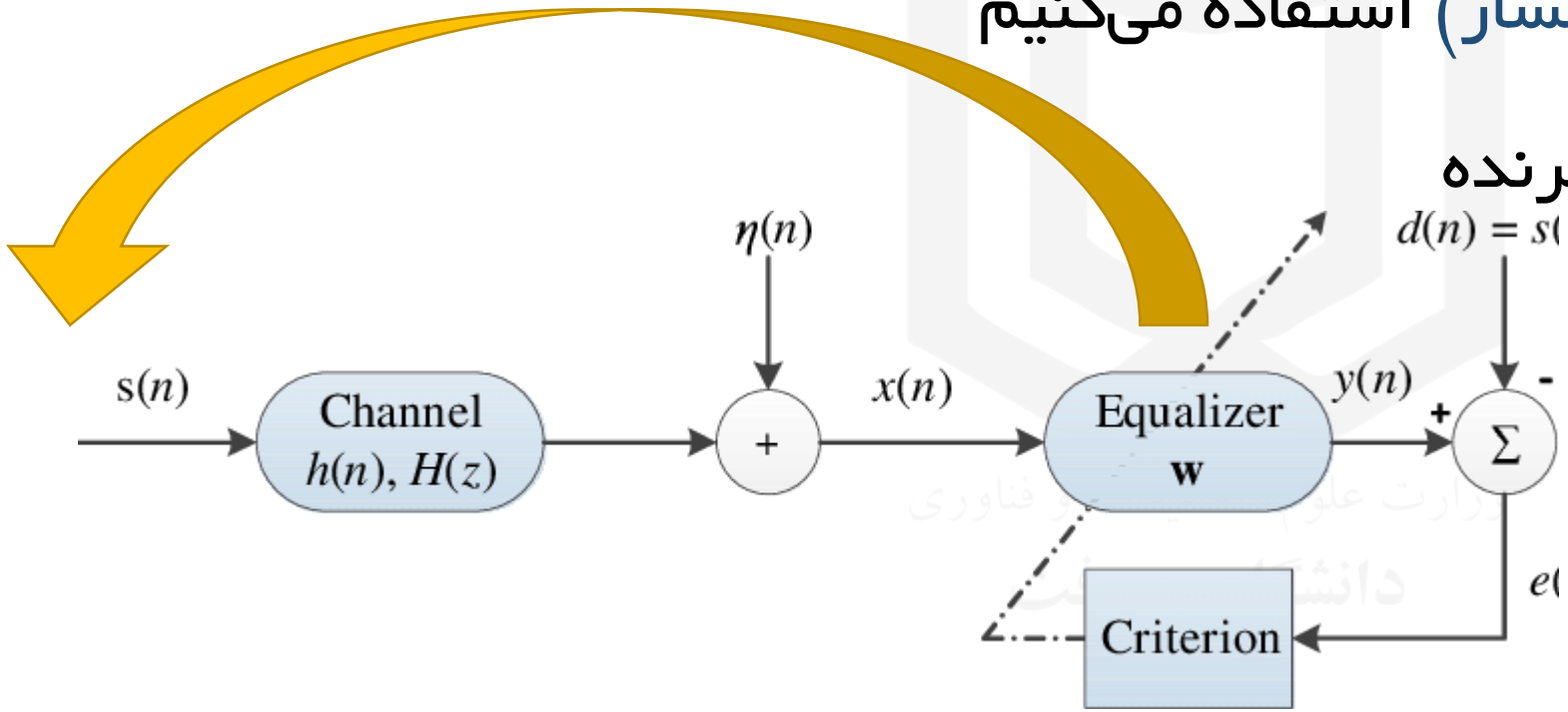


اگر کانالی ایده آل نباشد چه کنیم؟

اگر کانال ایده‌ال نباشد سیگنال را اصلا داخل این کانال نمی‌فرستیم یا از

مدار equalizer (جبرانساز) استفاده می‌کنیم

جبرانساز در فرستنده یا گیرنده



$$E_{eq}(f)E_c(f) = ke^{-j2\pi f t_d}$$

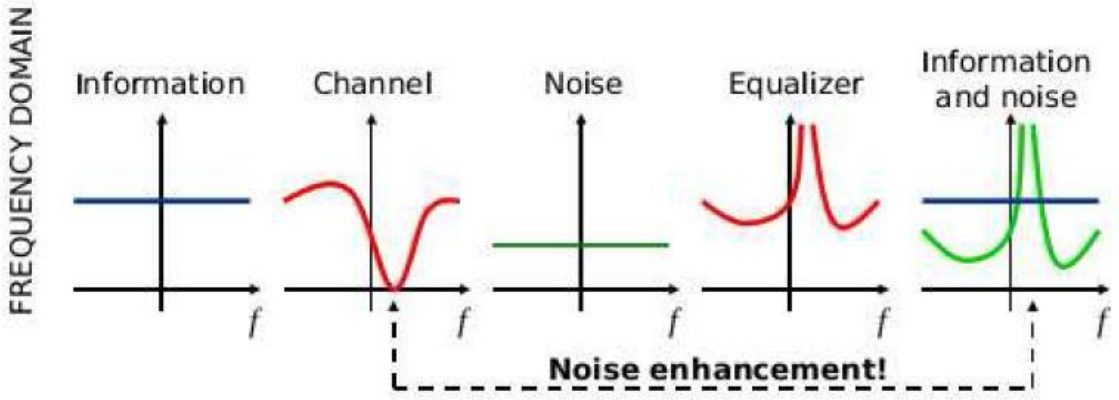
$$E_{eq} = \frac{ke^{-j2\pi f t_d}}{E_c(f)}$$

Zero forcing equalizer

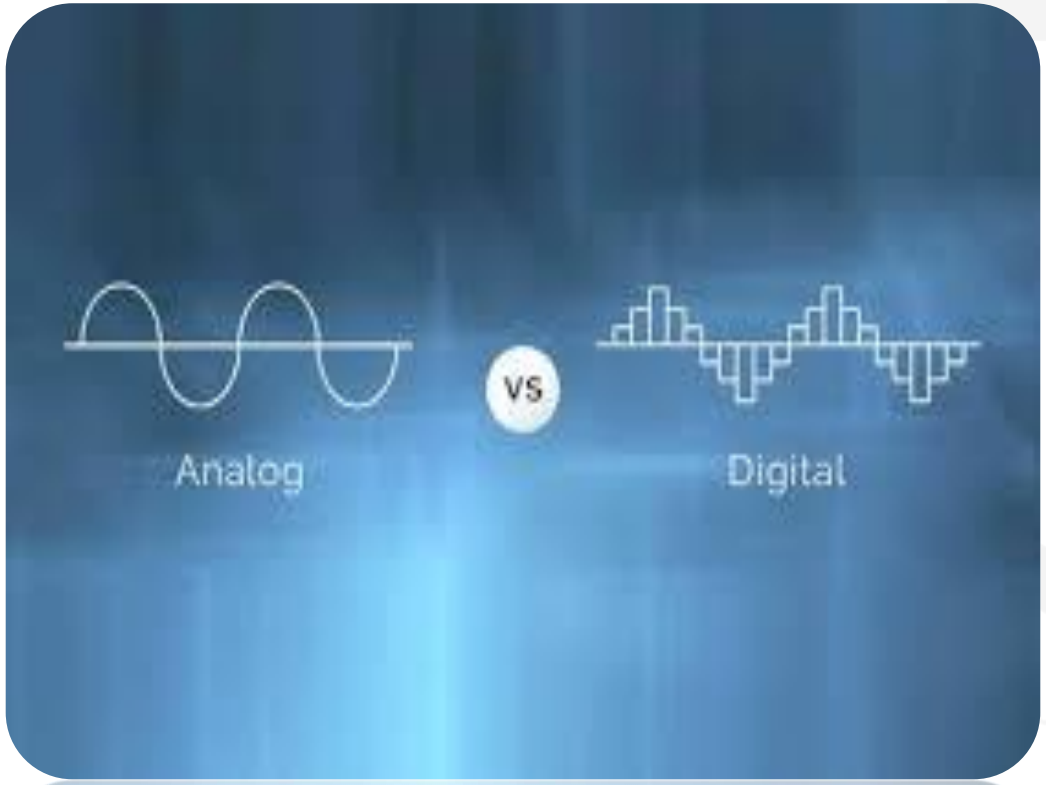
$$E_{eq}(f)E_c(f) = ke^{-j2\pi f t_d}$$

$$E_{eq} = \frac{ke^{-j2\pi f t_d}}{E_c(f)}$$

- اثر کانال را به طور کلی از بین می‌برد
- مشکلات این نوع جبرانساز
  - ۱) مدل کانال باید LTI باشد تا به این صورت بتوان آن را جبران کرد
  - ۲) لزوم دانستن $H_c(f)$
  - ۳) پیچیدگی
  - ۴) جایی که $H_c = 0$ باشد E_{eq} بینهایت می‌شود.
  - ۵) تقویت نویز



پیاده سازی جبرانساز یا equalizer



- آنالوگ (مدار $\mathcal{RLC}$)
- دیجیتال
  - کد C (پردازشگر)
  - مدار لاجیک ($\mathcal{FPGA}$)

وزارت علوم، تحقیقات و فن
دانشگاه جیرفت