Principles of Mechatronic Systems
مبانی سیستم های مکاترونیکی (جلسه دوم)

By: Reza Tikani
Mechanical Engineering Department
Isfahan University of Technology

سیستم بلادرنگ و غیربلادرنگ

در سیستم بلادرنگ زمان اجرای پردازشها از اهمیت بحرانی برخودار است و تعیین کننده موفقیت یا عدم موفقیت در کنترل سیستم است.

مثال: جدا کردن قطعات معیوب عبوری از نوار نقاله

در سیستم غیربلادرنگ زمان در آن اهمیت بحرانی ندارد.

مثال: جدا کردن قطعات معیوب نگه داشته شده در انبار

کنترل آنالوگ و کنترل دیجیتال

در کنترل آنالوگ کمیات ورودی به صورت پیوسته دریافت و بر اساس آن کمیات خروجی نیز به صورت پیوسته تنظیم می گردد. در این نوع کنترل علاوه بر پیوسته بودن عملکرد حسگرها و عملگرها، کنترلر نیز بایستی به صورت آنالوگ عمل کند. این نوع کنترلر می تواند مدارهای الکتریکی و یا تقویت کننده های عملیاتی باشد.

- Analog system: A system that operates continuously, with infinite precision and infinitesimal time spacing between signaling points

کنترل آنالوگ و کنترل دیجیتال

در کنترل دیجیتال با توجه به استفاده از سیستمهای کامپیوتری و کنترلر دیجیتال بایستی سیگنالهای وارده از سنسور قبل از ارسال به کنترلر به صورت دیجیتال تبدیل شود. همچنین سیگنالهای فرمان به عملگر نیز بایستی به آنالوگ تبدیل شود.

- Digital system: A system that operates continuously, with finite precision and discrete spacing between signaling points

کنترل منطقی (گسسته) و کنترل پیوسته

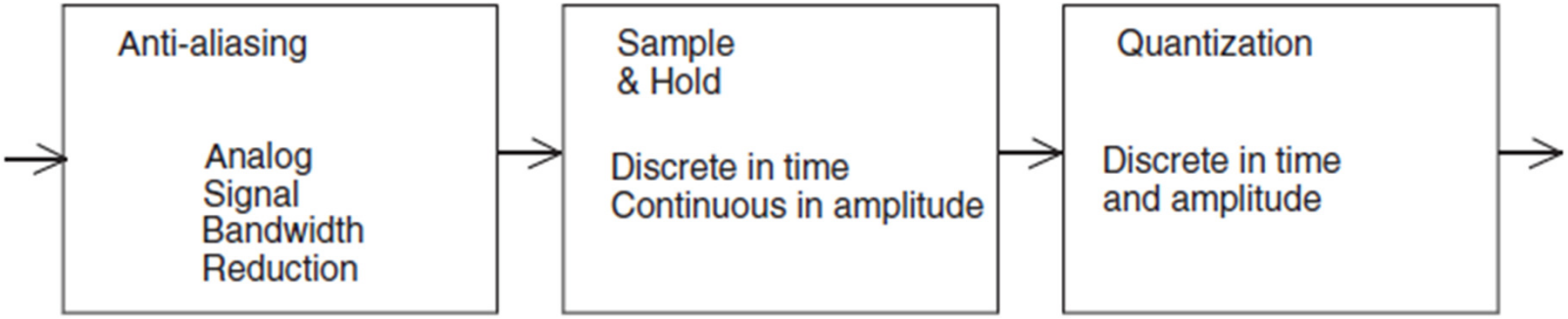
در سیستم پیوسته کمیتهای ورودی به صورت پیوسته اندازه گیری می شوند و مقادیر آن در هر لحظه اهمیت دارد. کمیتهای خروجی نیز به صورت پیوسته تغییر داده می شوند.

در سیستم منطقی ورودیها به صورت **ON/OFF** است و خروجی نیز به همین صورت اعمال می گردد.

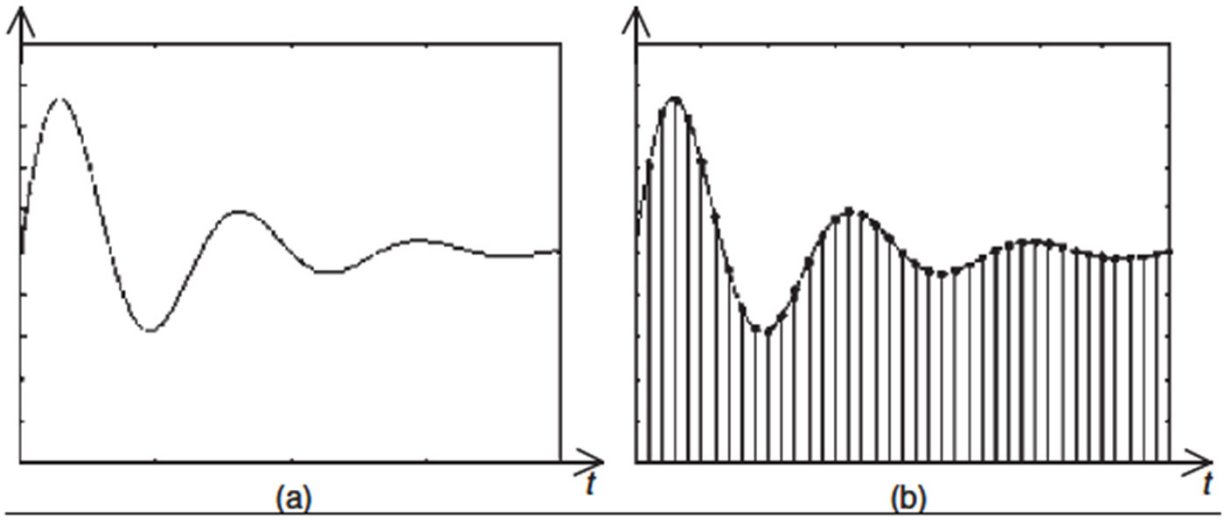
سیستم اکتساب داده

در یک سیستم مکاترونیکی، سیستم تجهیز شده با اجزا الکترونیکی توسط بخش کامپیوتری کنترل می شود.
سیستم الکترونیکی و کامپیوتری اطلاعات مربوط به فرایند دینامیکی را به صورت لحظه به لحظه دریافت نموده، پردازش کرده و دستور مناسب را به سیستم صادر می نماید.

مراحل داده برداری

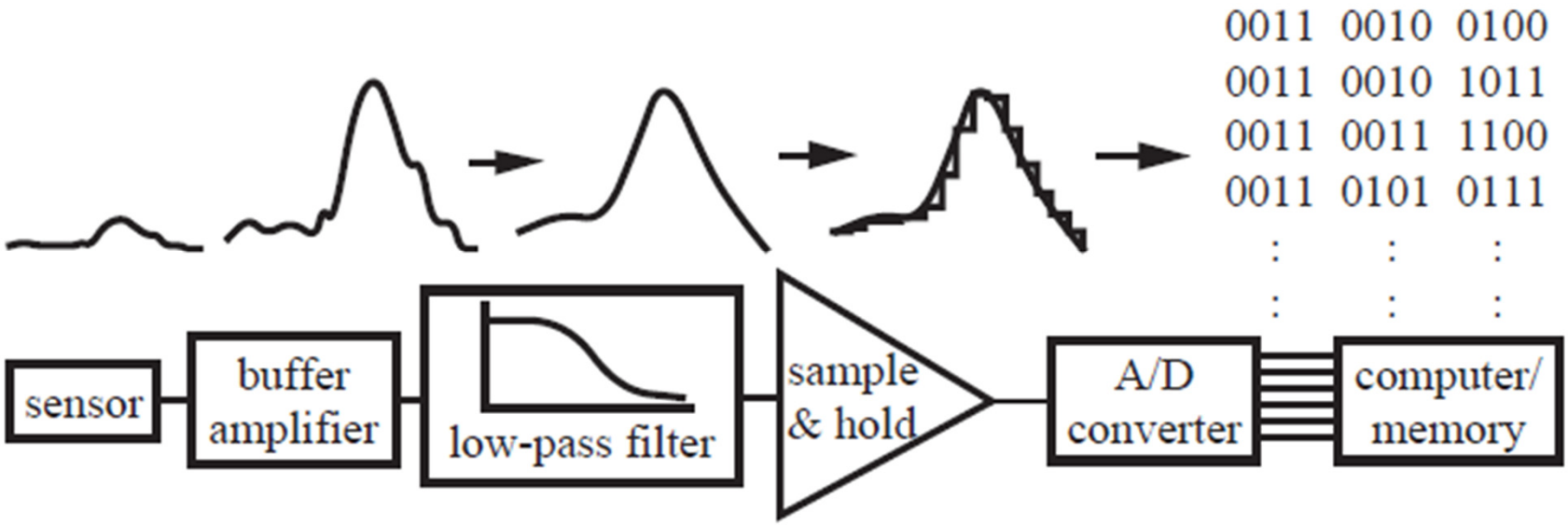


سیگنال آنالوگ و داده برداری شده



(a) analog signal (b) sampled equivalent

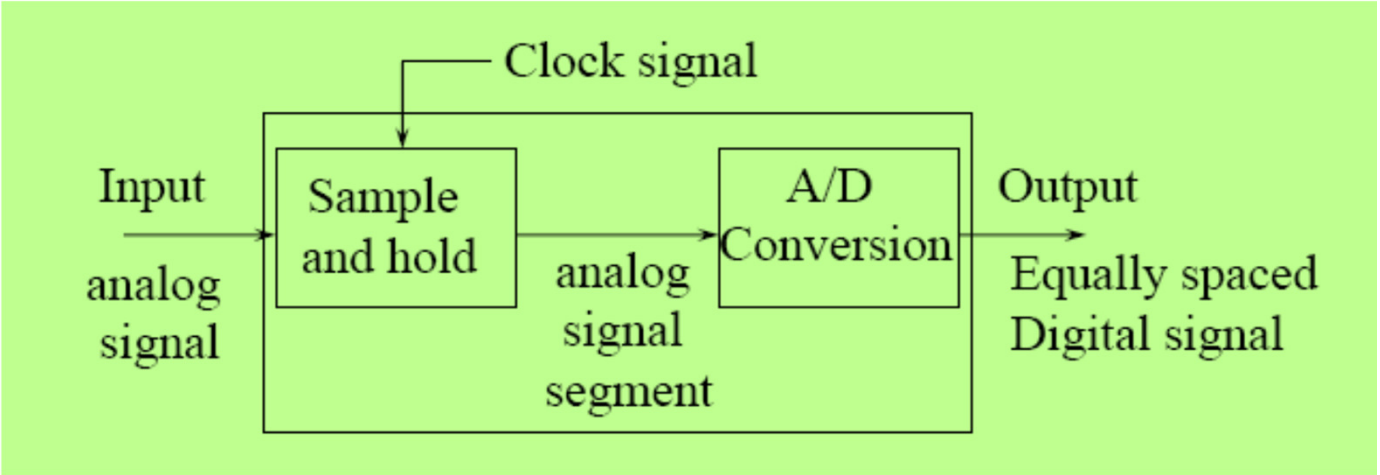
تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)



یک فیلتر پایین گذر سیگنالهای با فرکانسهای پایین تر از یک فرکانس خاص را با ضریبی ثابت عبور می دهد، در حالیکه سیگنالهای با فرکانسهای بالاتر از آن را عبور نمی دهد (در صفر ضرب کند.)

تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

روال مورد استفاده در مبدل **A/D** آن است که یک ساعت، پالس های سیگنال زمانی یکنواختی برای مبدل آنالوگ نمونه برداری می کند.



تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

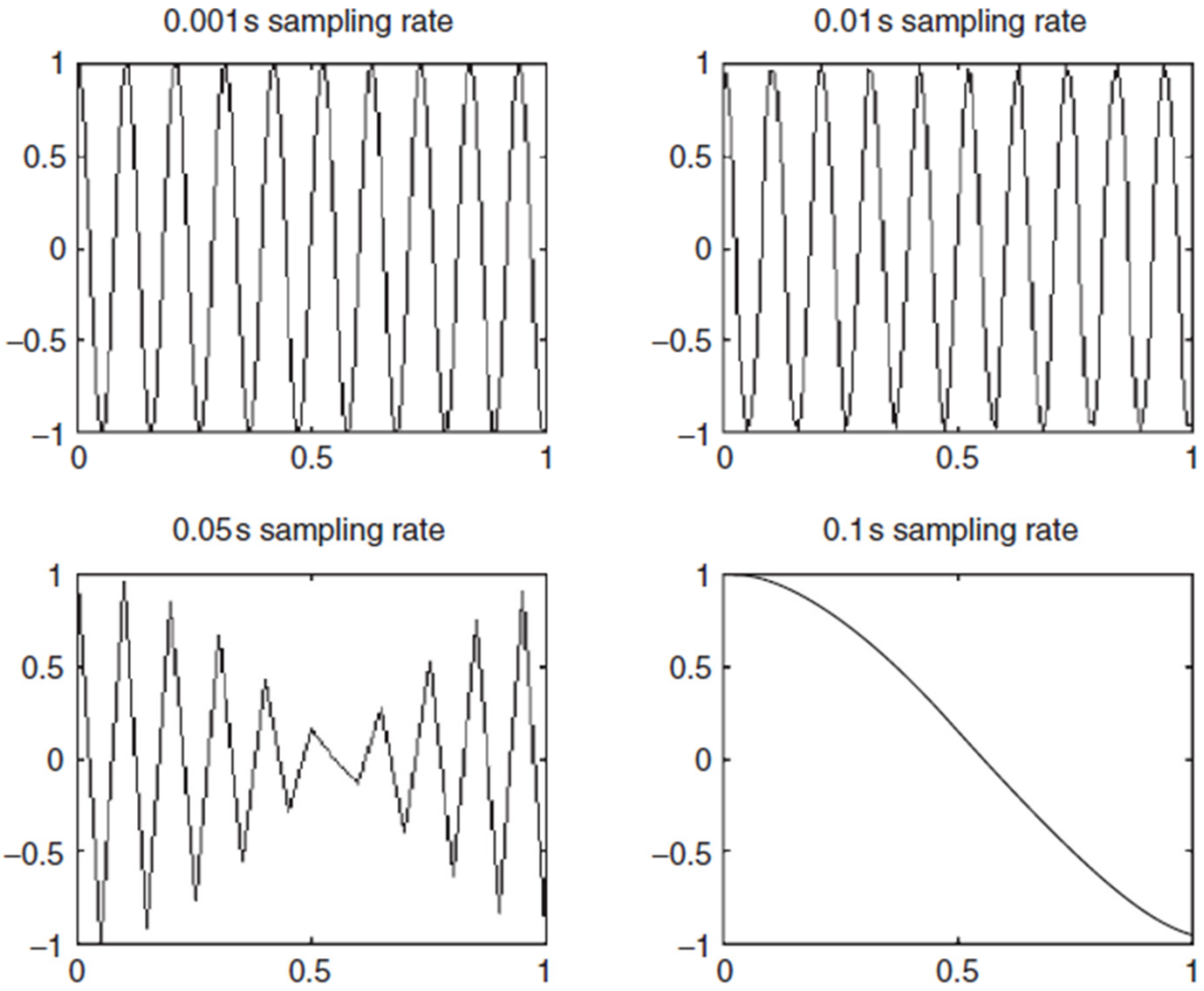
قضیه نمونه برداری:
همانگونه که ذکر شد مبدلهای آنالوگ به دیجیتال در دوره های زمانی منظم از سیگنال آنالوگ نمونه برداری کرده و این مقادیر را به کلمه های باینری تبدیل می کنند.

سوال: برای ایجاد یک خروجی دیجیتال که به درستی نشان دهنده سیگنال آنالوگ باشد، فواصل زمانی نمونه برداری چگونه باشد؟

تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

قضیه نمونه برداری!!!

تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

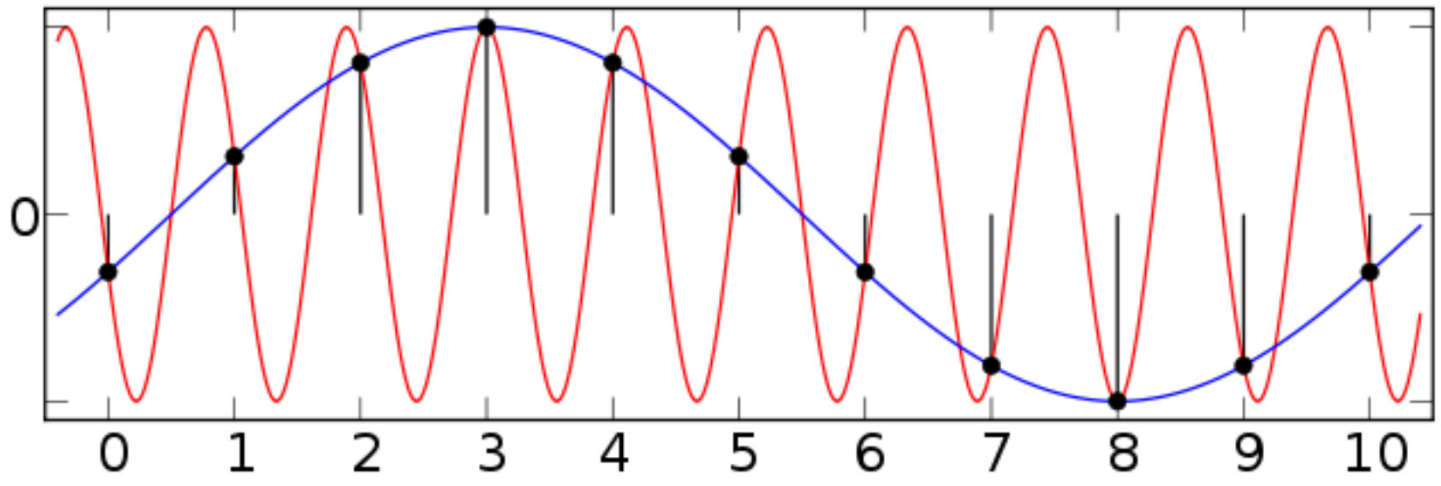


The effect of different sampling rates when sampling the waveform cos(60t)

تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

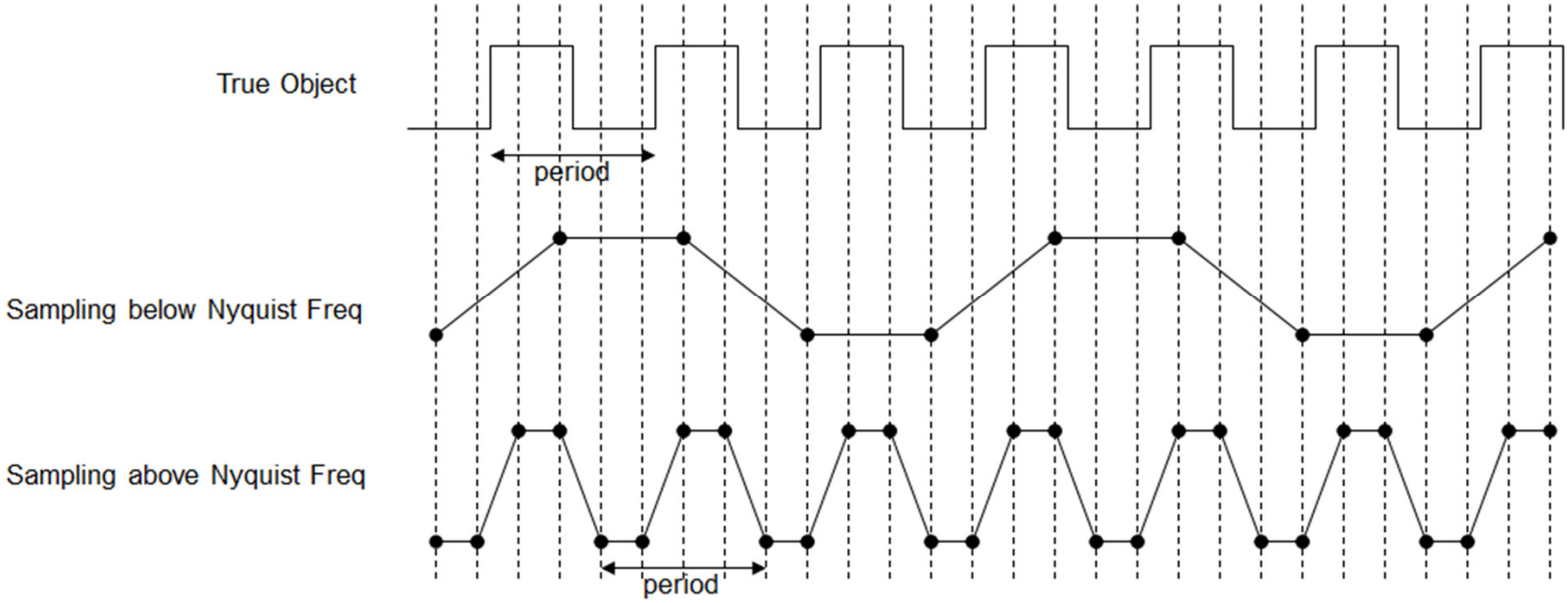
قضیه نمونه برداری، معیار نایکوئیست:
به هنگام بازسازی سیگنال از نمونه ها تنها هنگامی که نرخ نمونه برداری حداقل دو برابر بالاترین فرکانس موجود در سیگنال آنالوگ باشد، نمونه برداری فرم اصلی سیگنال را می سازد.

در حالتی که نرخ نمونه برداری از دو برابر بالاترین فرکانس کمتر باشد، بازسازی، تصویر نادرستی از سیگنال واقعی خواهیم داشت. به این پدیده بدنمایی (Aliasing) گویند.



تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

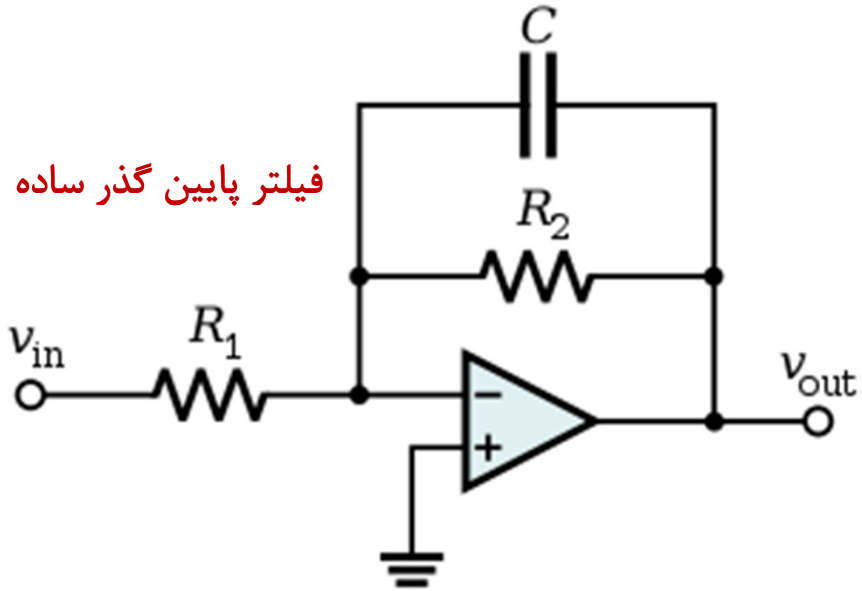
در حالتی که نرخ نمونه برداری از دو برابر بالاترین فرکانس کمتر باشد، بازسازی، تصویر نادرستی از سیگنال واقعی خواهیم داشت. به این پدیده بدنمایی (Aliasing) گویند.



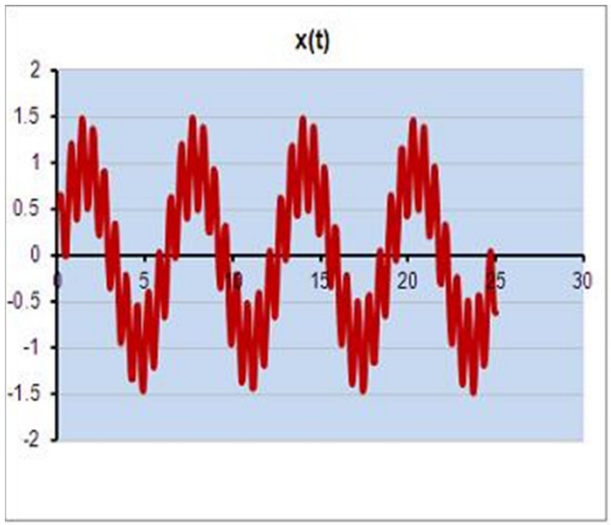
برای حداقل کردن خطای ناشی از بدنمایی و نویز فرکانس بالا، معمولاً از یک فیلتر پایین گذر قبل از ADC استفاده می شود.

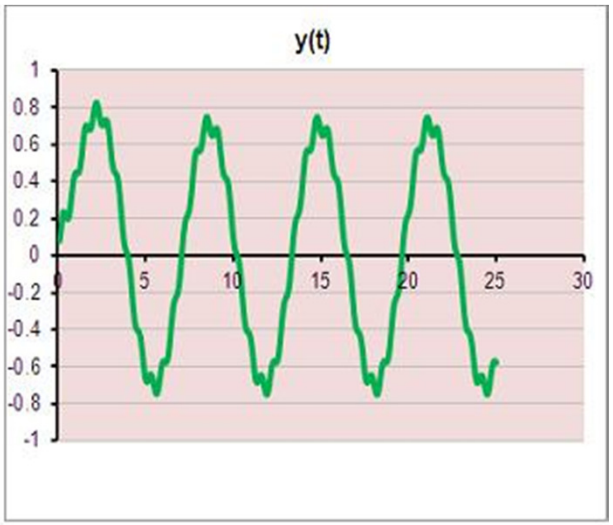
تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

فیلتر پایین گذر ساده

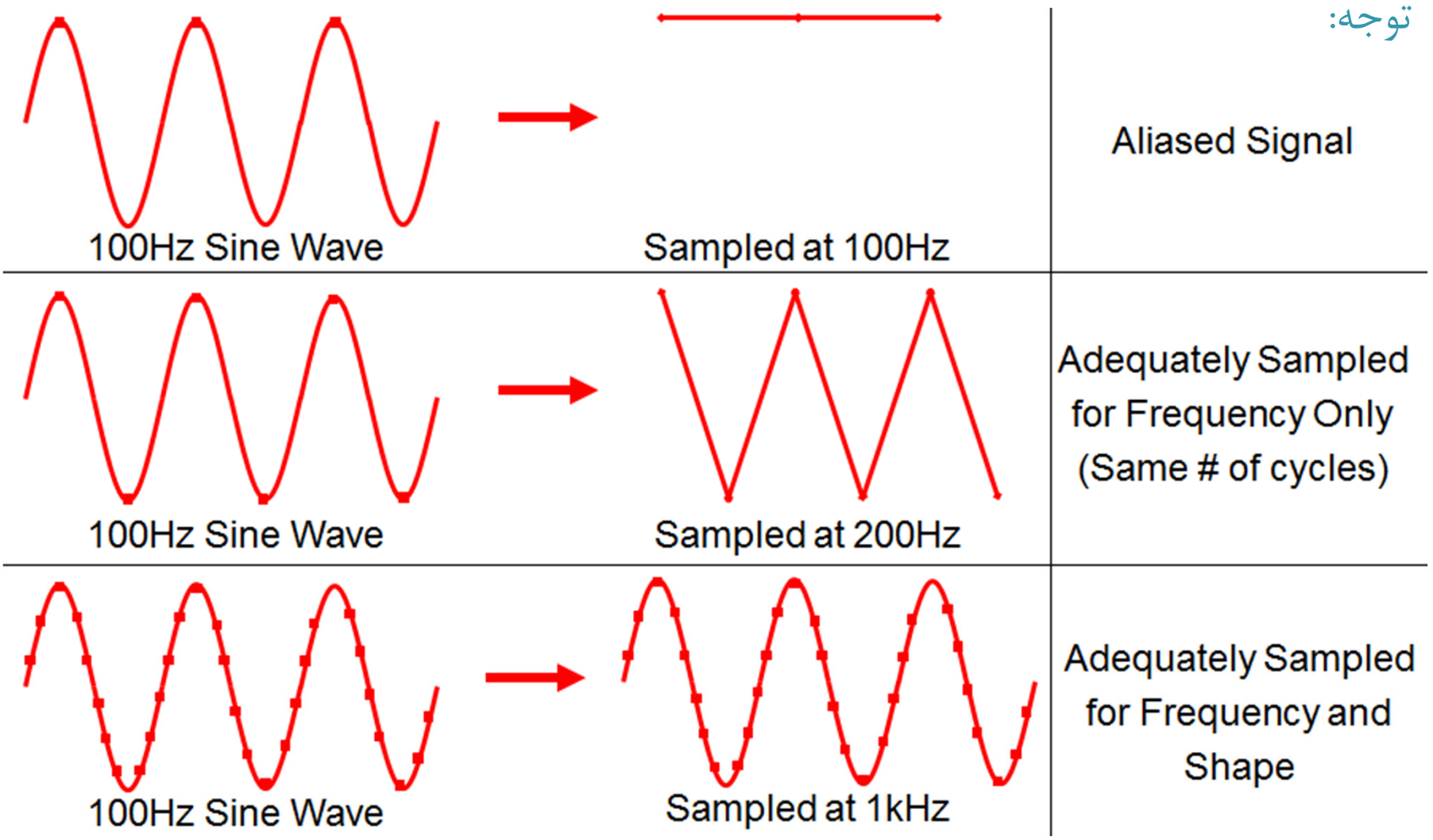


یک فیلتر پایین گذر سیگنالهای با فرکانسهای پایین تر از یک فرکانس خاص را با ضریبی ثابت عبور می دهد، در حالیکه سیگنالهای با فرکانسهای بالاتر از آن را عبور نمی دهد (در صفر ضرب کند.)





تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

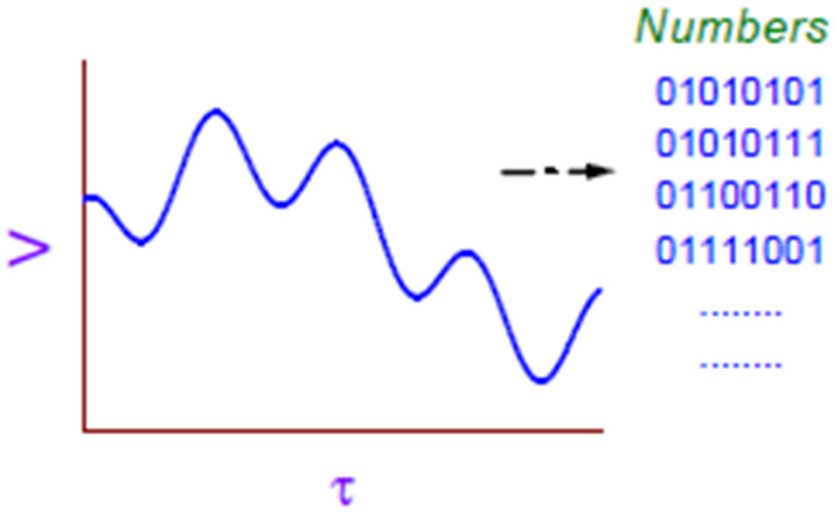


توجه:

تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

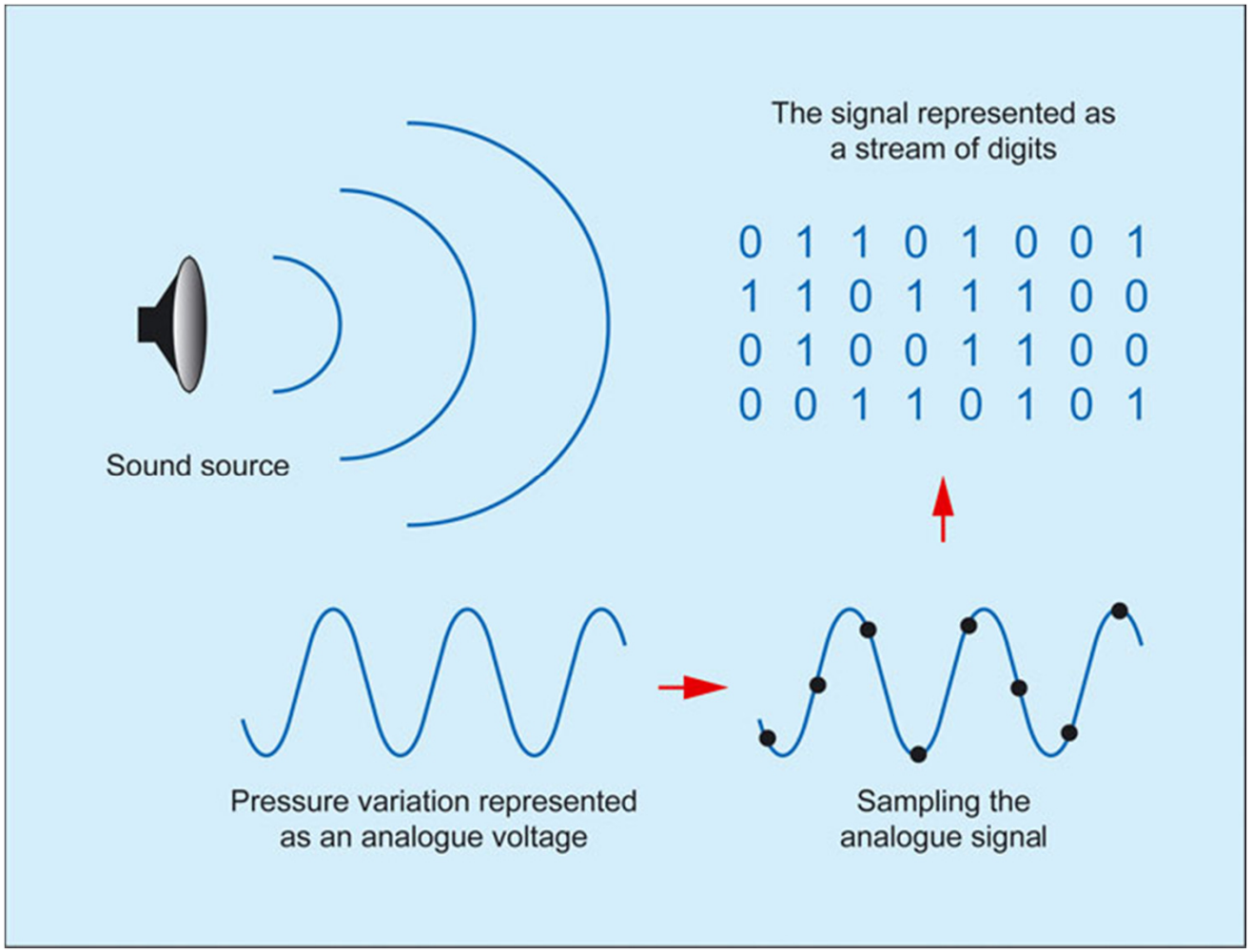
در یک مبدل **A/D** سیگنال الکتریکی پیوسته به زبان دیجیتال تبدیل می شوند.

برای مثال، در یک مبدل ۸ بیتی با گستره سیگنال ورودی **0** تا **2.55V**، ورودی **0V** به خروجی **0000000** تبدیل شده و **2.55V** به **11111111** تبدیل می شود.



http://teacher.buet.ac.bd/zahurul/

تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)



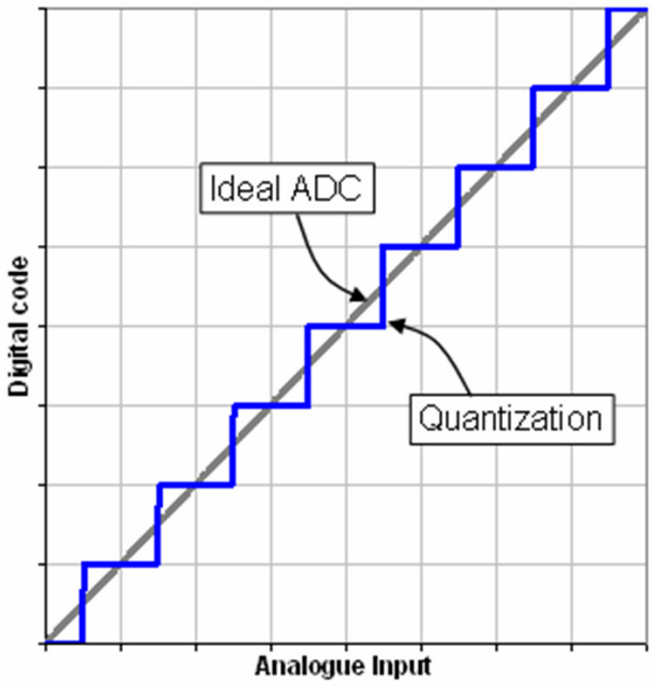
http://www.soundonsound.com/sos/sep07/articles/digitalmyths.htm

تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

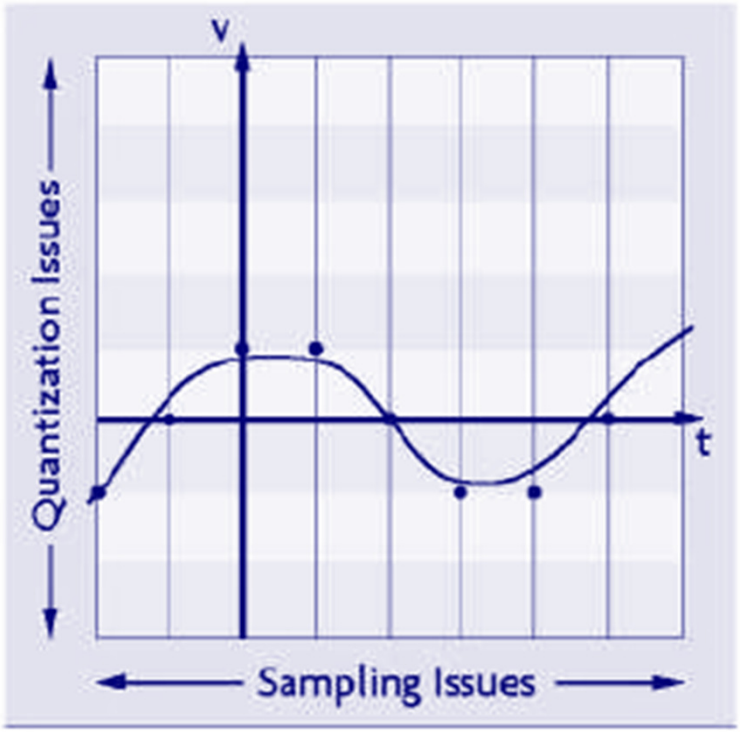
مبدل A/D دارای دو چالش است:

۱- تفکیک سازی: به خاطر طبیعت پله مانند رابطه و مربوط به عدم قطعیت ایجاد شده از تبدیل ولتاژ آنالوگ به عدد دیجیتال.

۲- نمونه برداری: مربوط به داده برداری در دوره های زمانی گسسته، بدون اطلاع از زمانهای میانی



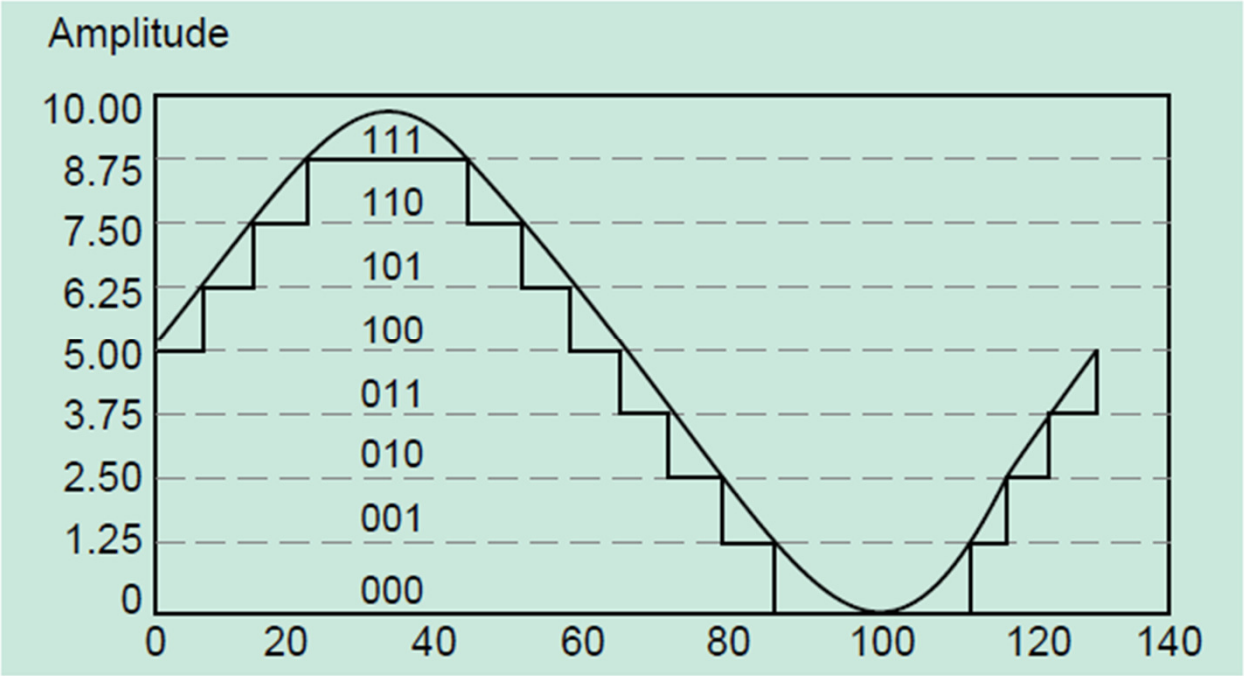
http://www.diracdelta.co.uk/science/source/q/u/quantization%20error/source.html



http://teacher.buet.ac.bd/zahurul/

تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

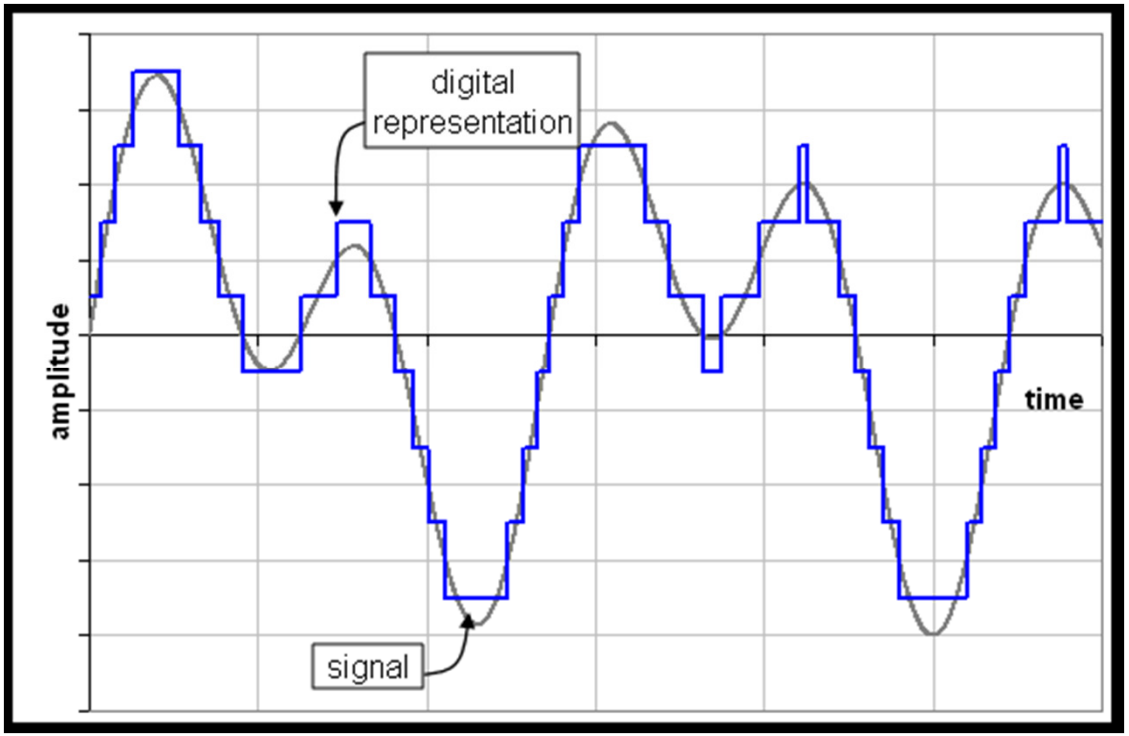
مثالی از تبدیل یک تابع سینوسی به دیجیتال:



http://teacher.buet.ac.bd/zahurul/

تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

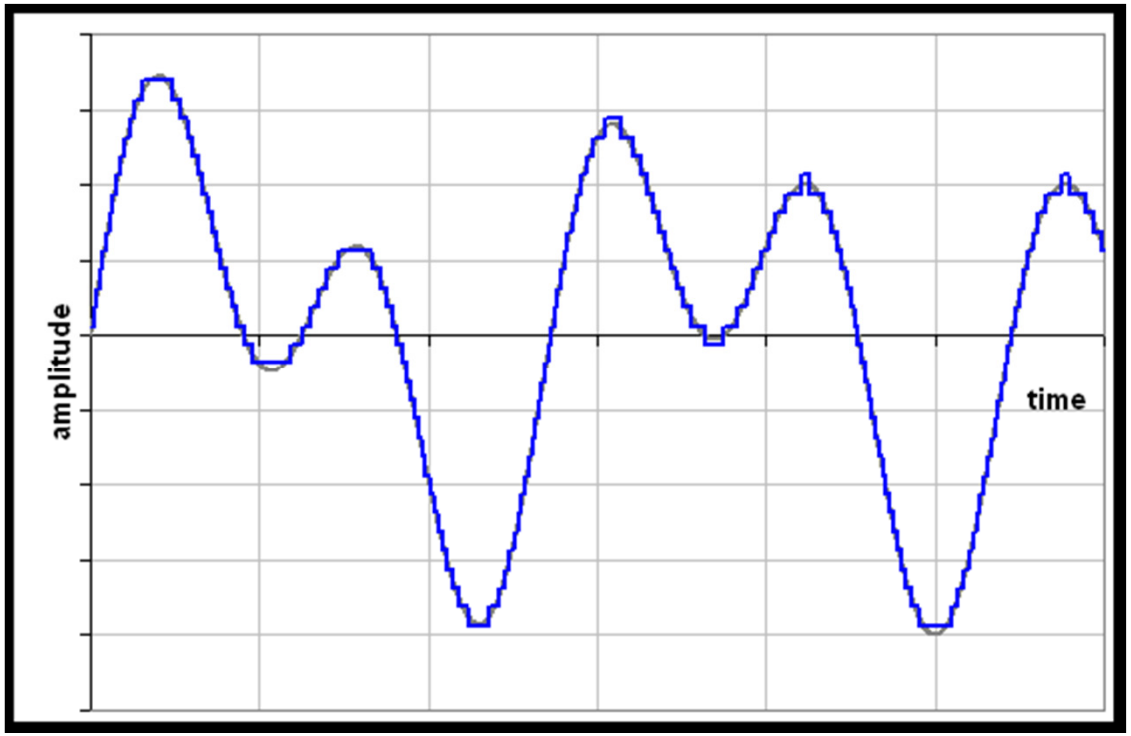
For a real signal digitizing this with a 3 bit ADC gives a very poor representation of the signal.



http://www.diracdelta.co.uk/science/source/q/u/quantization%20error/source.html

تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

Increase the ADC to 5 bit and the digital representation is much closer to the original signal



http://www.diracdelta.co.uk/science/source/q/u/quantization%20error/source.html

تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

تفکیک پذیری (Resolution):

تفکیک پذیری به کوچکترین سیگنال قابل شناسایی توسط سیستم اندازه گیری گفته می شود.
به عبارت دیگر کوچکترین تغییر ورودی که منجر به تغییر در خروجی دیجیتال شود (یک بیت در موقعیـت کم ارزش می شود).

$$Resolution \equiv Q = \frac{E_{\text{Full Scale}}}{2^{\text{Number of Bits}}}$$

در یک سیستم ۱۲ بیتی، تفکیک پذیری یک قسمت از ۴۰۹۶ است، یا به عبارتی $\mathbf{0.0244\%}$.

در یک مبدل **A/D** ، ۸ بیتی با ولتاژ نهایی ۱۰ ولت، کمترین ولتاژ قابل شناسایی $\frac{10}{256} = \mathbf{0.0391}\ \boldsymbol{V}$ می باشد.

- برای رسیدن به تفکیک پذیری $\mathbf{0.01\%}$ چه تعداد بیت لازم است؟

تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

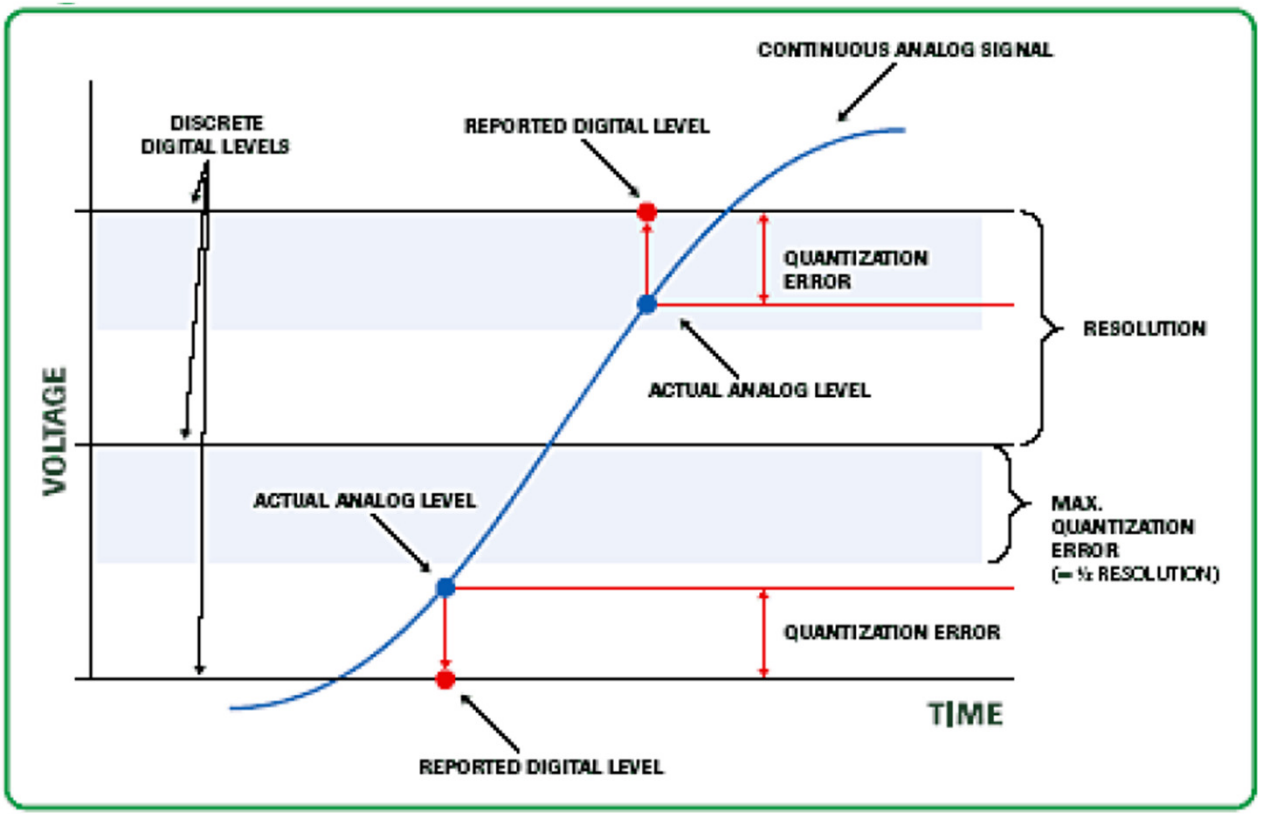
Resolution:

No of bits	Number of States	Resolution (%)
1	$2^1 = 2$	50
2	$2^2 = 4$	25
3	$2^3 = 8$	12.5
4	$2^4 = 16$	6.25
8	$2^8 = 256$	0.391
10	$2^{10} = 1024$	0.098
12	$2^{12} = 4096$	0.024
16	$2^{16} = 65536$	0.001526
20	$2^{20} = 1048576$	0.000095

تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

خطای تفکیک:

این خطا برابر اختلاف بیـن سیگنال واقعی و سیگنال دیجیتال است و حداکثر خطا برابر یک دوم بازه است.



http://www.bb-elec.com/Learning-Center/All-White-Papers/Data-Aquisition-and-IO/The-Fine-Art-of-Analog-Signal-Sampling.aspx

تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

مثال:

ترموکوپلی را در نظر بگیرید که یک خروجی $0.5\ mV/°C$ می دهد. طول کلمه مورد نیاز برای اندازه گیری دماهای ۰ تا ۲۰۰ درجه با تفکیک پذیری ۰/۵ درجه توسط یک مبدل آنالوگ به دیجیتال چقدر است؟

$$200 * 0.5 = 100\ mV$$

$$0.5 \frac{mV}{°C} * 0.5°C = 0.25\ mV$$

$$0.25 = 100/2^{\,n}$$

$$\boldsymbol{n = 8.6 \Rightarrow n = 9}$$

تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

در بررسی مشخصات فنی ADCها به عبارات زیر برخورد می کنیم:

۱- زمان تبدیل: زمان مورد نیاز برای تکمیل تبدیل سیگنال ورودی. این مشخصه حد بالای فرکانس سیگنال را مشخص می کند که می تواند بدون بدنمایی نمونه برداری شود. فرکانس بیشنه برابر است با (زمان تبدیل×۲)/۱.

۲- تفکیک پذیری: برابر است با حداکثر مقدار سیگنال تقسیم بر ۲ به توان n.