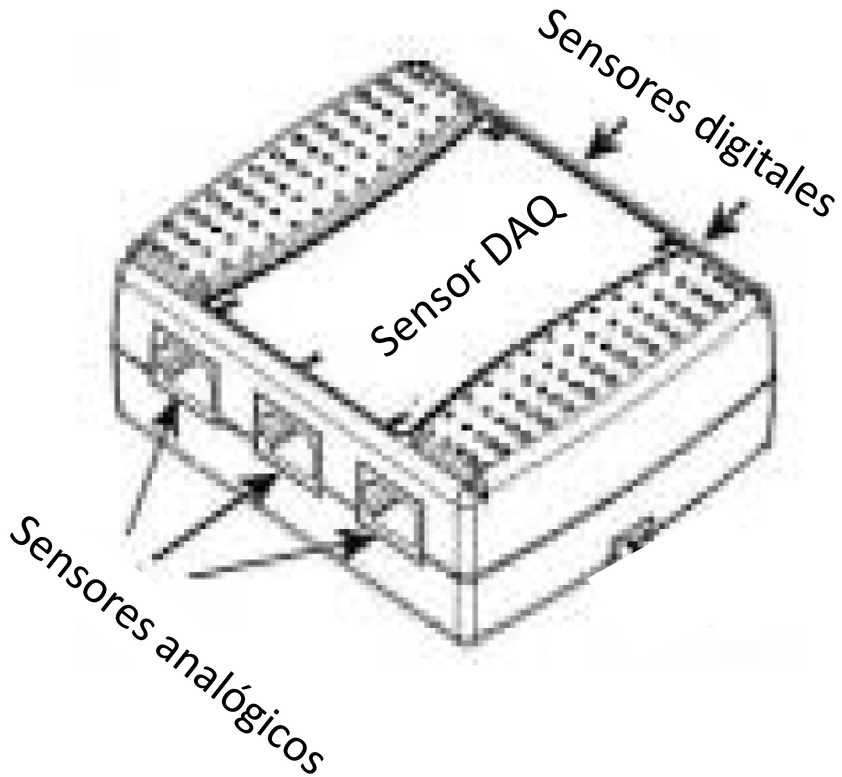
Mediciones indirectas

Adquisición de señales

Sensor DAQ



Especificaciones:

Resolución en tiempo: 41.67ns
(Base de tiempo 24MHz)

Máxima frecuencia de muestreo:
1 canal: 48 kS/s (20 μs e/ puntos)
3 canales: 10 kS/s (100 μs e/ puntos)

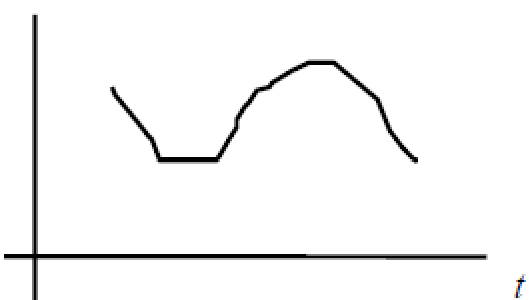
Resolución canal ananlógico: 13 bit
Para ± 10V $\rightarrow$ 1,2 mV
Incertidumbre absoluta 10.5mV

https://www.vernier.com/files/manuals/sdaq-specifications.pdf

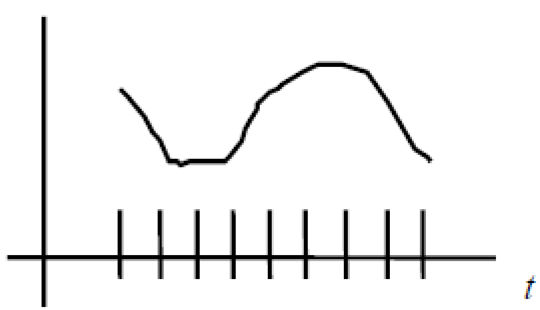
Frecuencia de muestreo

Muestreo

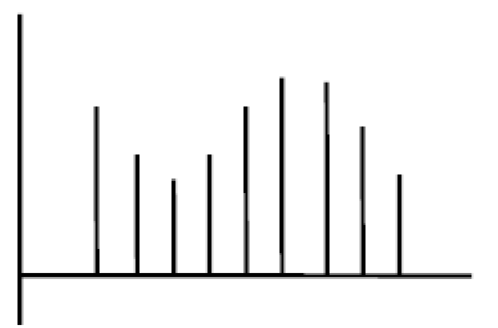
- Proceso de toma del valor de la señal analógica y conversión en una señal digital
- Velocidad de muestreo: Frecuencia en que se muestrea la señal analógica
- A mayor velocidad de muestreo mayor cantidad de puntos por unidad de tiempo



Señal original



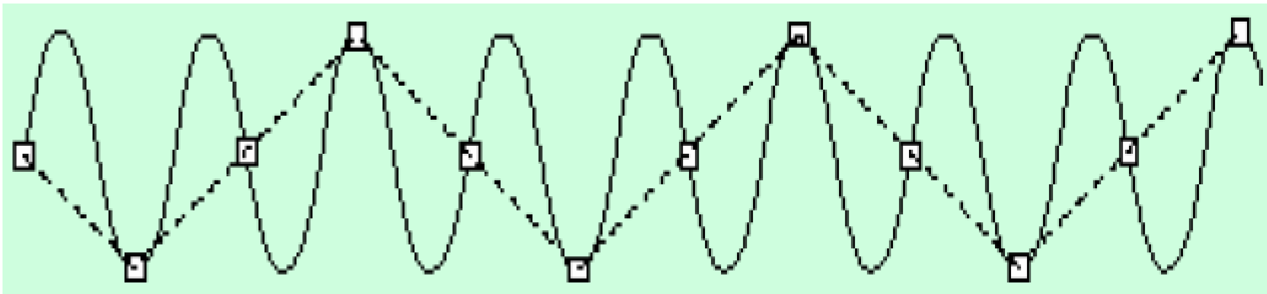
Tiempos muestreo



Señal muestreada

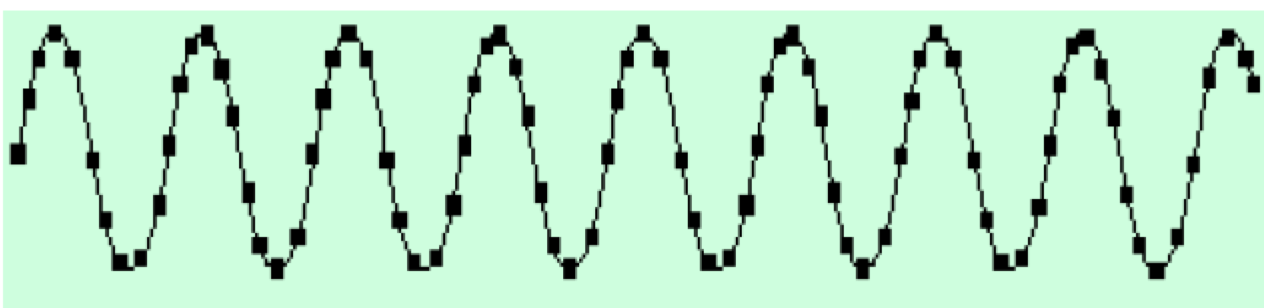
Criterio de Nyquist

Ej: señal senoidal



Aliasing debido al submuestreo

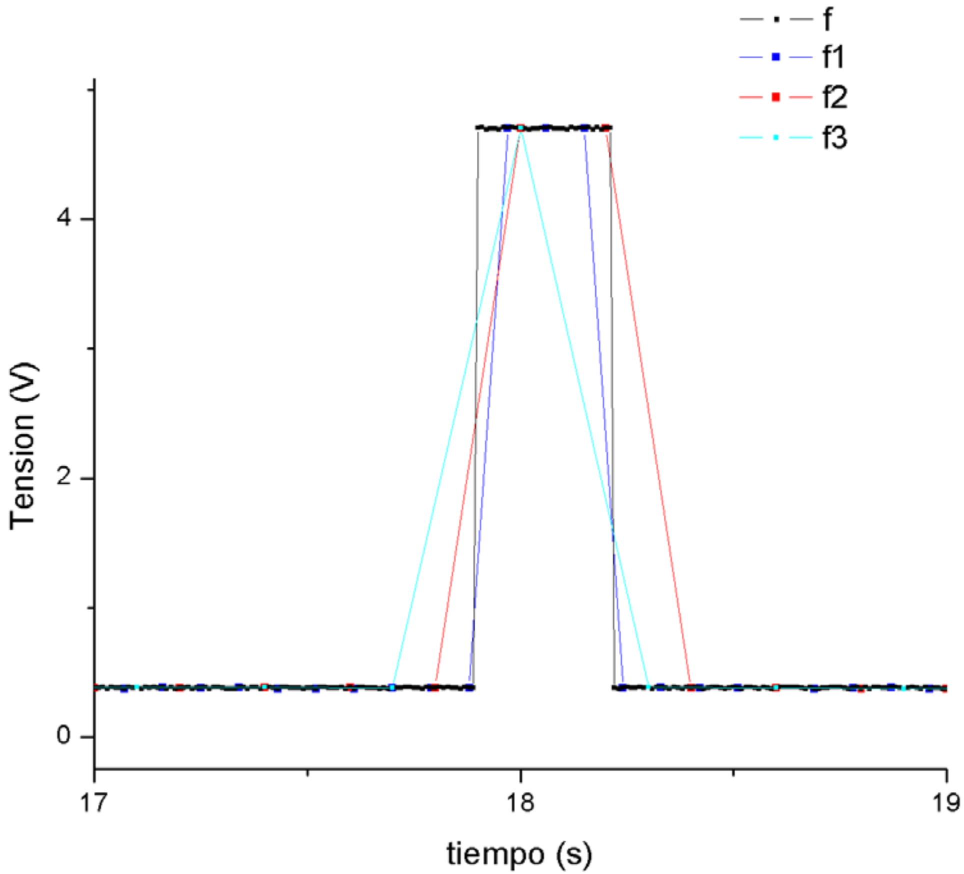
$$f_{muestreo} > 2*f_{señal}$$



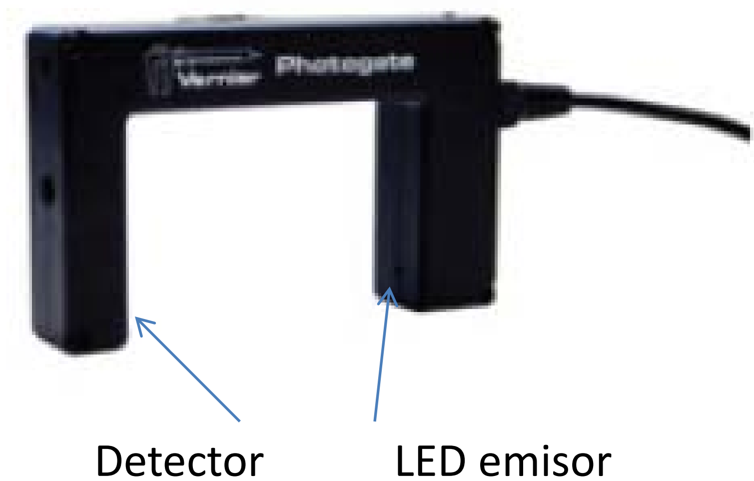
Velocidad de Muestreo Adecuada

$$f_{muestreo} \sim 10*f_{señal}$$

Elección de frecuencia de muestreo



Fotosensor (photogate)

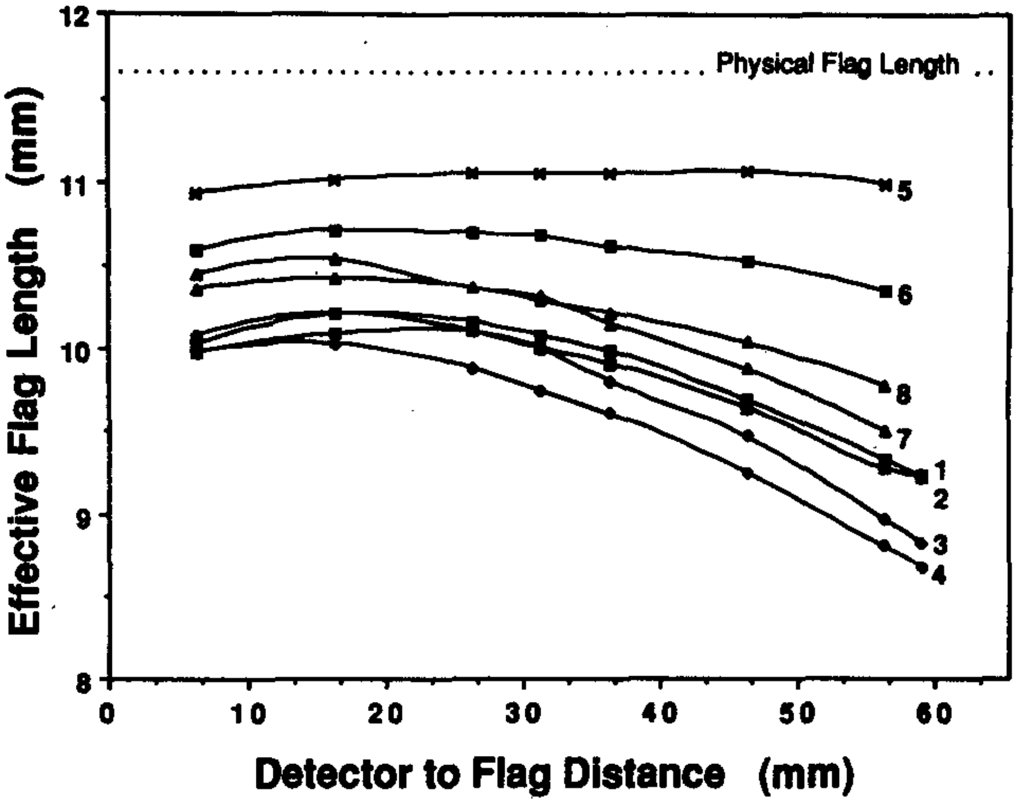


More Information on Geometric Aspects of Photogate Timing
Photogates have geometric complications that result in the effective length of an object passing through the gate being slightly less than the actual length.

Photogate Specifications
Detector rise time: < 500 ns
Detector fall time: < 50 ns
Parallax error: For an object passing within 1 cm of the detector, with a velocity less than 10 m/s, the difference between the true and effective length is less than 1 mm.

For a good discussion of these issues, see “Photogates: An instrument evaluation,” Eugene P. Mosca and John P. Ertel, *Am. J. Phys. 57 (9), 840–844 (1989).*

Longitud de obturación



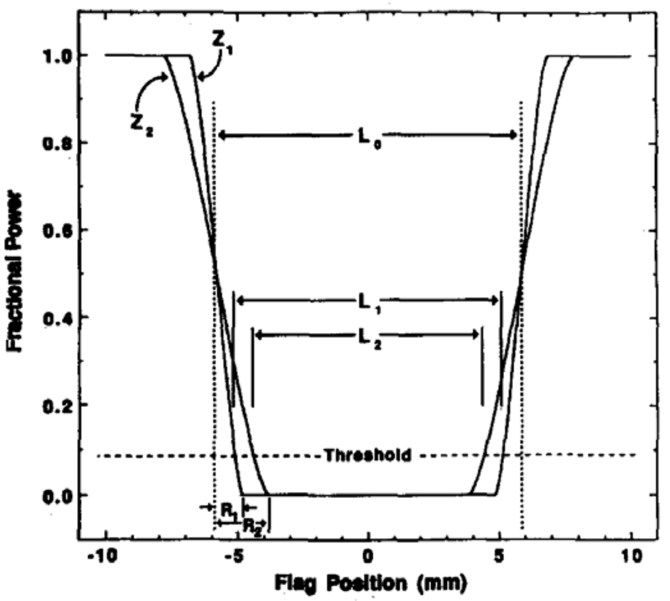
L_{real}

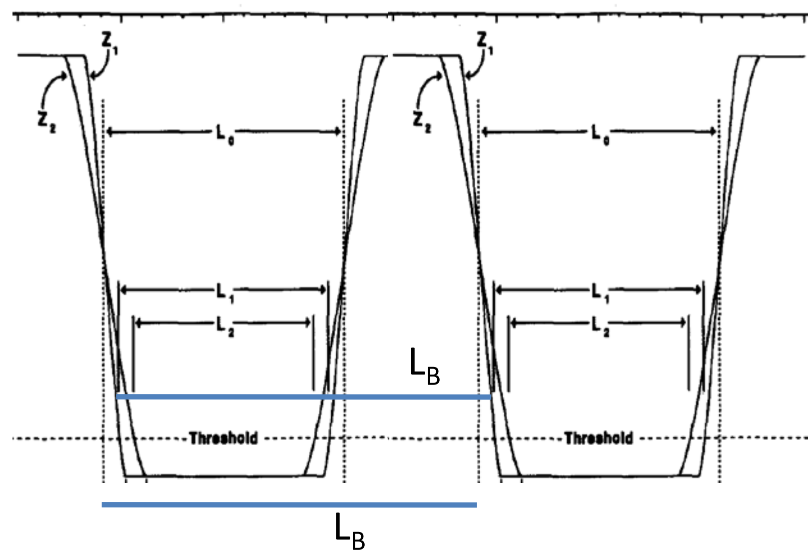
$L_{ef} < L_{real}$

Distancia obturador – detector:

La menor posible que se mantenga constante en el experimento

Longitud de obturación





Un obturador: medir distancia efectiva

Una grilla: medir distancia de borde delantero a borde delantero

Mediciones indirectas a partir de magnitudes con variación aleatoria

u y v magnitudes medidas directamente con fluctuaciones aleatorias

$$x = f(u,v)$$

combinado mediciones individuales de u y v

$$x_i = f(u_i, v_i)$$

Podemos determinar:

$$\overline{x} = \frac{\sum x_i}{N} \qquad s^2 = \frac{\sum (x_i - \overline{x})^2}{N-1}$$

Podemos expresar $\overline{x}$ y s^2 en función de las mediciones individuales de u_i y v_i y sus valores medios u y v

$$\overline{x} = f(\overline{u}, \overline{v})$$

$$x_i - \overline{x} = (u_i - \overline{u})\frac{\partial x}{\partial u} + (v_i - \overline{v})\frac{\partial x}{\partial v}$$

$$s_x{}^2 = \frac{\sum\left((u_i - \overline{u})\frac{\partial x}{\partial u} + (v_i - \overline{v})\frac{\partial x}{\partial v}\right)^2}{N-1}$$

$$s_x{}^2 = \frac{\sum\left[\left((u_i - \overline{u})\frac{\partial x}{\partial u}\right)^2 + \left((v_i - \overline{v})\frac{\partial x}{\partial v}\right)^2 + 2\left((u_i - \overline{u})(v_i - \overline{v})\frac{\partial x}{\partial u}\frac{\partial x}{\partial v}\right)\right]}{N-1}$$

$$s_x{}^2 = \left(s_u \frac{\partial x}{\partial u} \right)^2 + \left(s_v \frac{\partial x}{\partial v} \right)^2 + 2\left(s_{uv}{}^2 \frac{\partial x}{\partial u} \frac{\partial x}{\partial v} \right)$$

$$s_{uv}{}^2 = \frac{\sum (u_i - \overline{u})(v_i - \overline{v})}{N - 1}$$

Covarianza de uv

La covarianza es una medida de la correlación entre u y v

Si u y v son variables independientes s_{uv} =0

$$\sigma^2 \simeq \sigma_u^2 \left(\frac{\partial x}{\partial u} \right)^2 + \sigma_v^2 \left(\frac{\partial x}{\partial v} \right)^2 + \cdots$$

Desviación estándar del promedio

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}$$

$$\sigma_{\bar{x}}{}^2 = \sum \left(\sigma_{x_i} \frac{\partial \bar{x}}{\partial x_i} \right)^2$$

Si $\quad \sigma_x = \sigma_{x_1} = \sigma_{x_2} = \sigma_{x_i} = \ldots$

$$\sigma_{\bar{x}}{}^2 = \sigma_x{}^2 \sum \left(\frac{1}{N} \right)^2 = \frac{\sigma_x{}^2}{N}$$

Incertidumbre de mediciones indirectas

- Si algunas mediciones indirectas no presentan variación aleatoria

Por ejemplo una magnitud w :

$$\sigma_w = 0{,}68\Delta w \approx \Delta w$$

x es determinada a partir de la medición de v y w :

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial v}\sigma_v\right)^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial w}\sigma_w\right)^2}$$

$$\Delta x = \sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial v}\Delta v\right)^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial w}\Delta w\right)^2} \approx \left|\frac{\partial x}{\partial v}\Delta v\right| + \left|\frac{\partial x}{\partial w}\Delta w\right| \qquad \text{con } \Delta v = \sigma_v$$

Medición de la velocidad de un móvil

$$V = \frac{L}{t}$$

$$V = V_o \pm \Delta V$$

$$L = L_o \pm \Delta L \qquad\qquad t = t_o \pm \Delta t$$

$$V_o = \frac{L_o}{t_o}$$

$$\Delta V = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial L}\Delta L\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial t}\Delta t\right)^2} \approx \left|\frac{\partial V}{\partial L}\Delta L\right| + \left|\frac{\partial V}{\partial t}\Delta t\right|$$

Experimento

Determinar la velocidad de un móvil en MRU

- Usando un obturador de $L \sim 5$ cm
- Usando una grilla con varios obturadores