

VIBRACIONES MECANICAS Y ESTRUCTURALES

TITULAR: Ing. E. Alvarez

Alumno: Germán Fuschetto

Instrumentos de medida de la vibración

La fig.1 muestra un sistema de medida típico, consistente en:

- Preamplificador de entrada
- Acondicionador de señal (Integrador)
- Detector
- Medidor

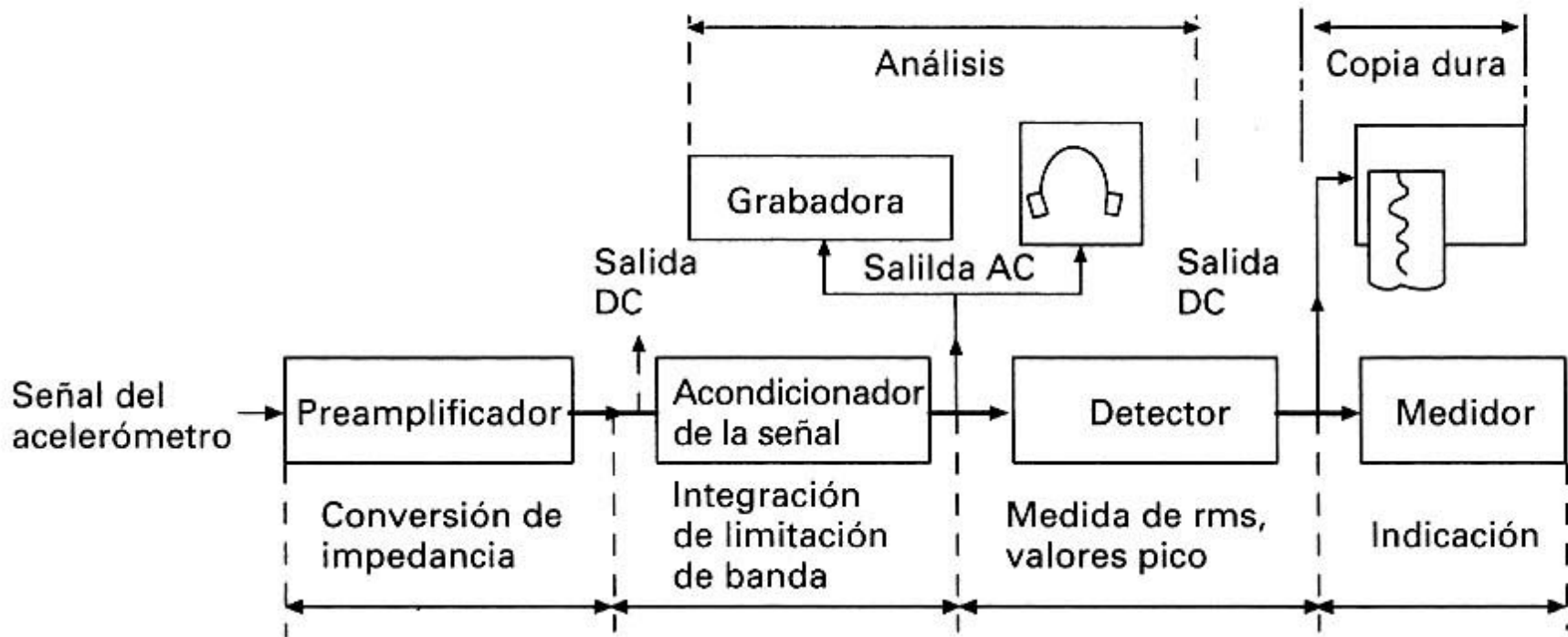


Diagrama en bloques de un típico sistema de medida de la vibración

- El preamplificador es necesario para convertir la señal débil de alta impedancia del transductor piezoeléctrico típico en una señal de voltaje de baja impedancia.
- El acondicionador (integrador) de la señal se utiliza para limitar el rango de frecuencias de la misma y para llevar a cabo una simple (aceleración a velocidad) o doble integración (aceleración a desplazamiento).
- El detector se emplea para extraerle a la señal aquellos parámetros que le caracterizan (valor RMS, valor pico, factor de cresta, etc).

Preamplificadores acelerómetros

Existen tres tipos básicos:

- **Preamplificadores de voltaje.**

La sensibilidad al voltaje esta relacionada con la longitud del cable.

- **Preamplificadores de carga.**

Un amplificador de carga utiliza un amplificador operacional que esta acoplado a través de un condensador de manera que las capacidades del circuito derivado (acelerómetro, cable y entrada) son comparativamente insignificante y el voltaje de salida es proporcional al voltaje aplicado a la entrada.

La sensibilidad al voltaje es virtualmente independiente de la longitud del mismo, como inconveniente el ruido aumenta a medida que aumenta la longitud del cable

- **Preamplificadores conductores de línea.**

Representa una excelente solución al problema anterior y ha sido posible mediante el desarrollo de circuitos miniaturizados con el grosor de una película.

La sensibilidad al voltaje es virtualmente independiente de la longitud del mismo.

Alta inmunidad a la captación de ruido electromagnético.

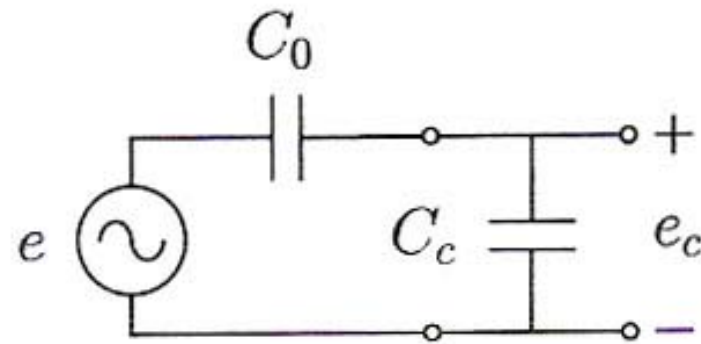
Ambos preamplificadores poseen una sección de acondicionamiento de señal para limitarla por bandas y ajustarla en ganancia. Habitualmente se requiere que los filtros de pasa altos y pasa bajos eliminen las señales extrañas de frecuencias altas y bajas y restrinjan la medida al rango de interés.

Dependencia de la sensibilidad del voltaje de la capacidad de derivacion

- La SENSIBILIDAD de un acelerómetro se define como la salida eléctrica por unidad de aceleración.
- Se la puede expresar como sensibilidad de carga [C/g] o como sensibilidad de voltaje [V/g].

Suele colocarse un elemento de capacidad eléctrica en los terminales de salida de un transductor piezoeléctrico simbolizando el resultado de la conexión de un cable eléctrico .

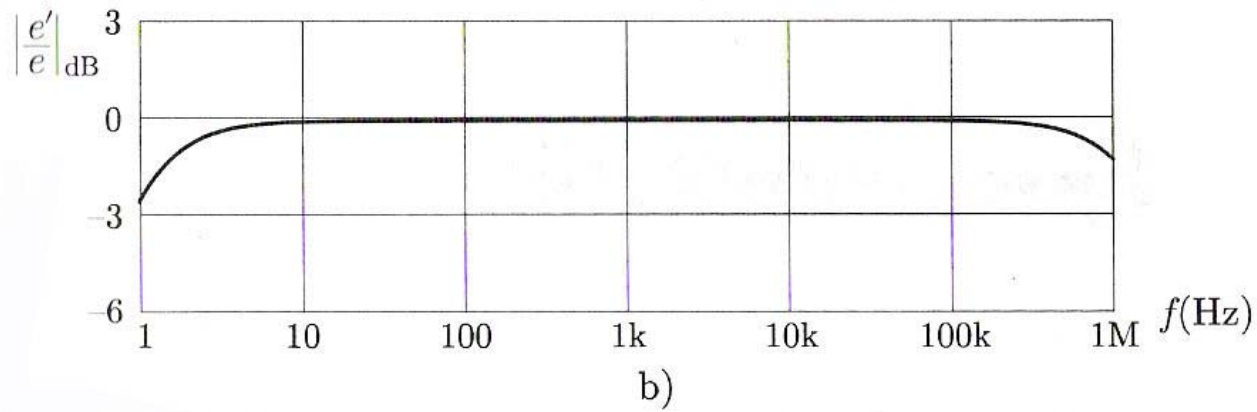
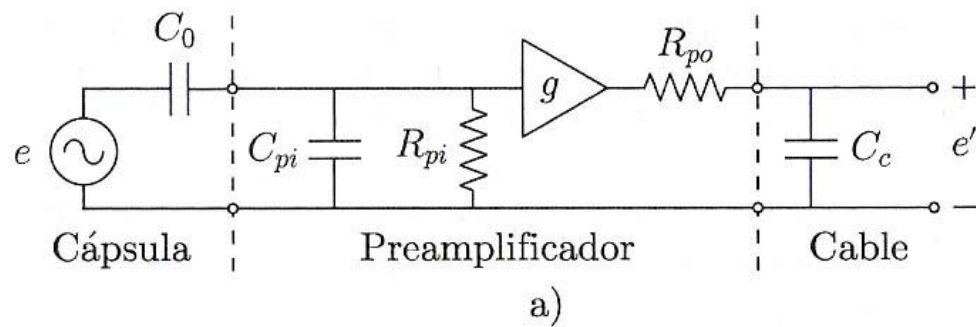
- El efecto de la capacidad en derivación se traduce en una disminución de la sensibilidad de voltaje en un factor:



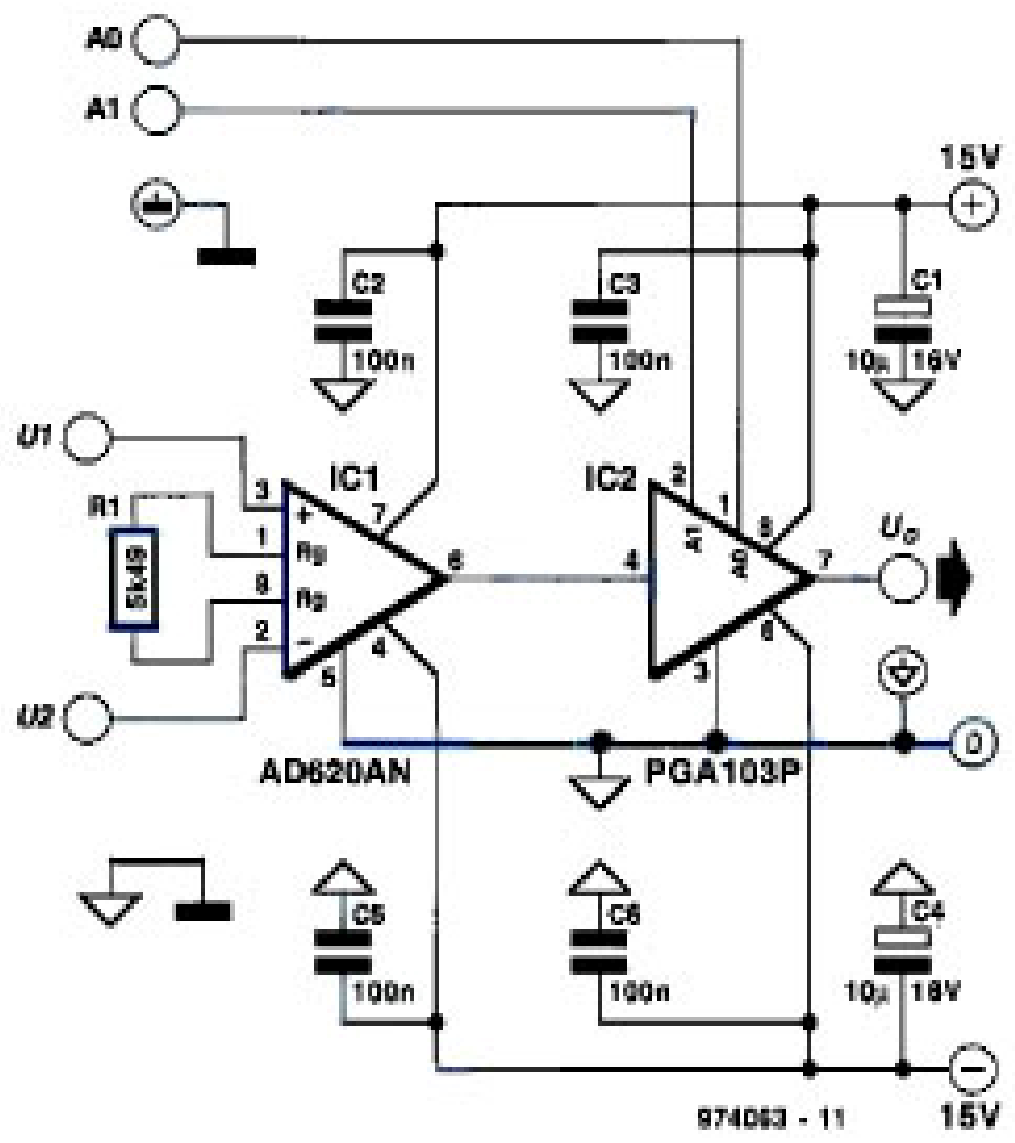
$$e_c = e \frac{\frac{1}{\omega C_c}}{\frac{1}{\omega C_c} + \frac{1}{\omega C_0}} = e \frac{C_0}{C_0 + C_c}$$

- El preamplificador es el encargado de adaptar la alta impedancia de la capsula a un bajo valor para ser acoplado al resto de los equipos.

La tensión de salida esta relacionada con la tensión de entrada mediante:



$$e' = e \frac{C_0}{C_0 + C_{pi}} \cdot \frac{j\omega(C_0 + C_{pi})R_{pi}}{1 + j\omega(C_0 + C_{pi})R_{pi}} \cdot g \cdot \frac{1}{1 + j\omega C_c R_{po}}$$



Acondicionador de señal

- Las señales de aceleración pueden integrarse electrónicamente para obtener las señales de velocidad y/o desplazamiento.

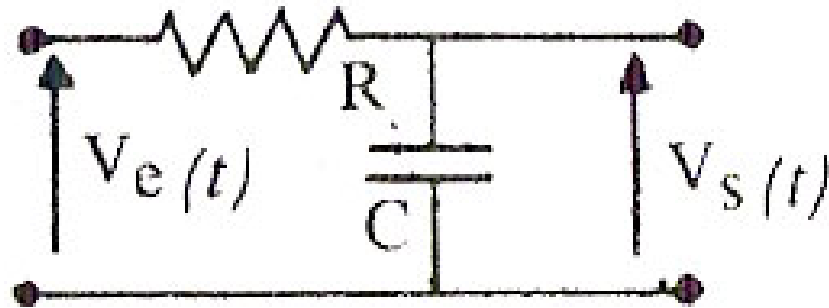
Un componente típico de vibración puede representarse mediante el término:

$$A \cdot e^{j\omega t}$$

Realizando una integración simple (velocidad) obtenemos:

$[1/(j\omega)] \cdot A \cdot e^{j\omega t}$ y de esta forma la integración corresponde en el campo de la frecuencia con una división entre $j\omega$.

Uno de los circuitos integrantes más sencillos es el RC, con una resistencia en serie y un condensador en derivación. Para su análisis consideraremos nula la corriente de salida.



$$V_e(t) = R \cdot i_e(t) + \frac{1}{C} \int i_e(t) \cdot dt + v_{C(0^-)} \quad -1-$$

Imponiendo la condición que:

$$V_r(t) \gg V_c(t) \quad -2-$$

Es decir,

$$R \cdot i_e(t) \gg \frac{1}{C} \int i_e(t) \cdot dt + v_{C(0^-)}$$

Por lo tanto la ecuación -1- se reduce a:

$$V_e(t) = R \cdot i_e(t)$$

$$i_e(t) = V_e(t) / R$$

Por otra parte la tensión de salida que corresponde a la tensión sobre C es:

$$V_s(t) = 1/C \int V_e(t)/R \cdot dt + v_{C(0^-)}$$

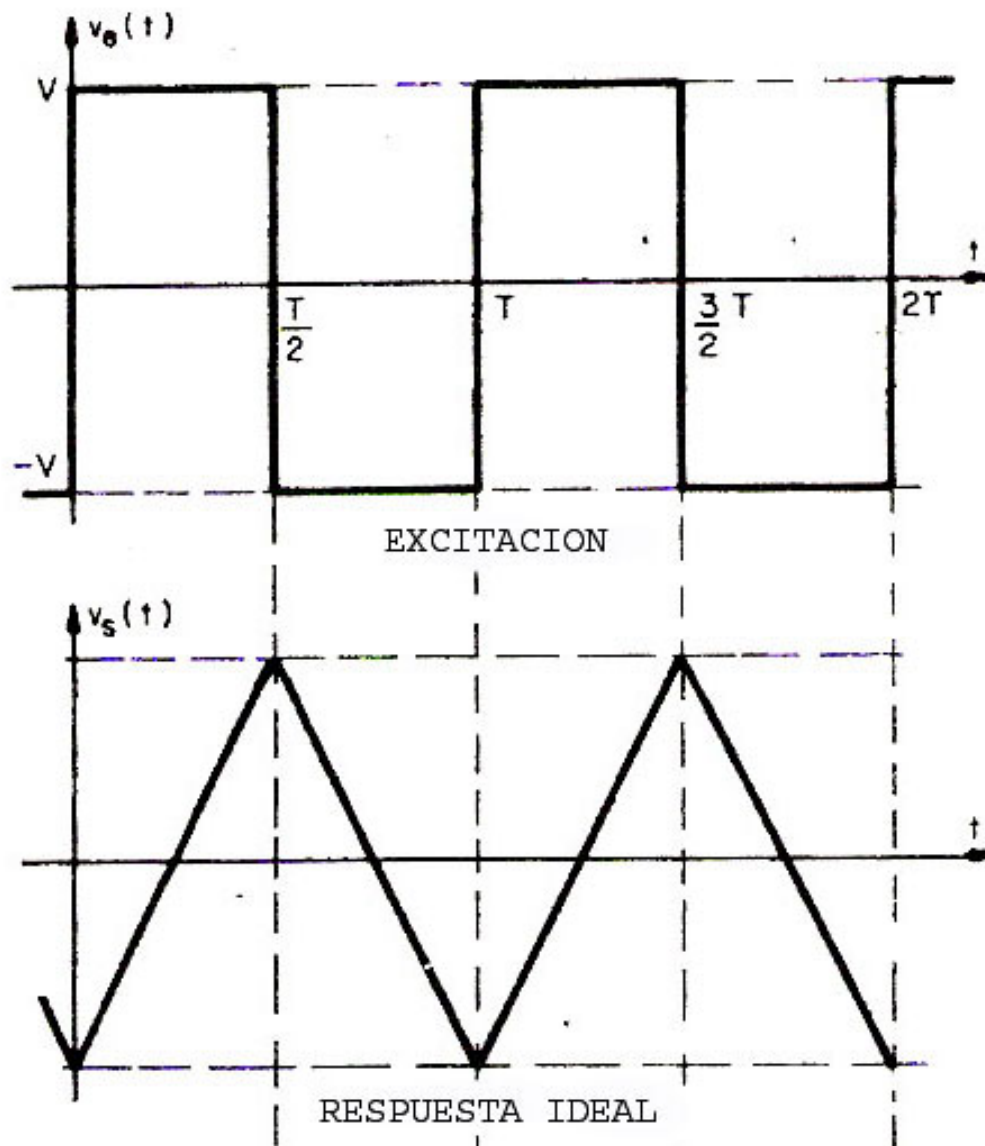
Por lo tanto:

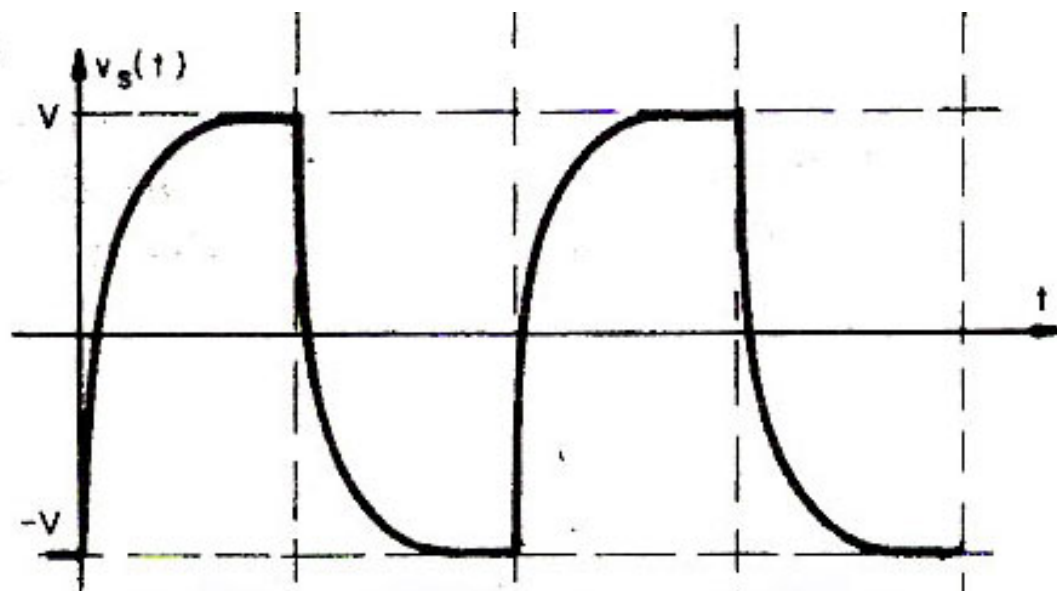
$$V_s(t) = 1/(R \cdot C) \int V_e(t) \cdot dt + v_{C(0^-)}$$

$$V_s(t) = 1/(R \cdot C) \int V_e(t) \cdot dt$$

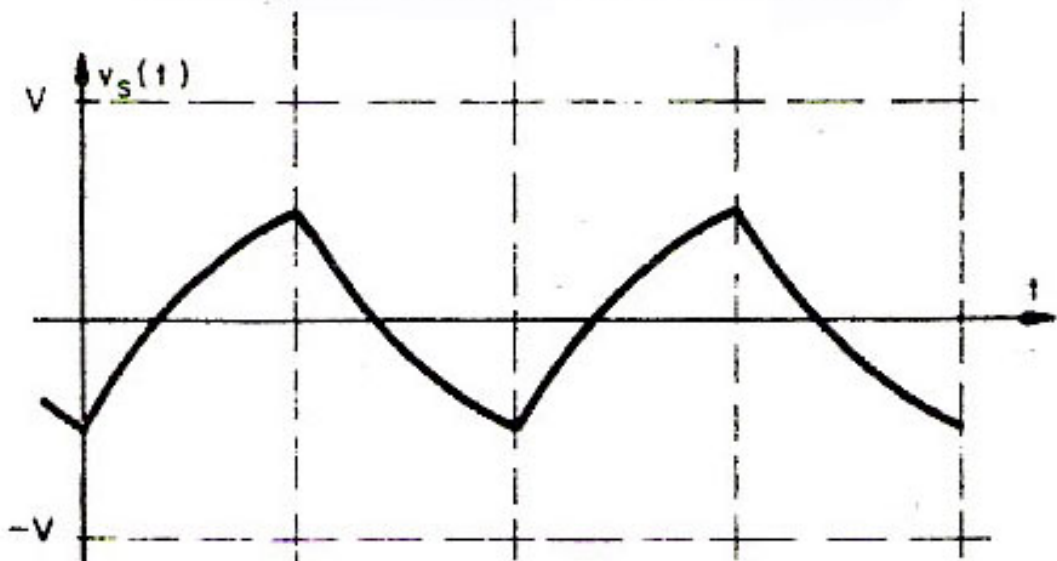
- ***Cuando se cumple la condición -2-, en la salida del circuito se dispone de una tensión proporcional a la integral de la tensión de entrada.***
- ***Del análisis del circuito se desprende que a medida que el producto $R \cdot C$ se hace mayor respecto de $T/2$, el circuito integra mejor.***
- ***En otras palabras para que el circuito actúe como integrador la constante de tiempo del mismo debe ser mucho mayor que el semiperiodo de excitación.***

$$R \cdot C \gg T/2$$





TENSION DE SALIDA PARA $T/2 \gg R.C$



TENSION DE SALIDA PARA $T/2 = R.C$

Limitación: El costo de una mejor integración es una tensión de salida más pequeña.

La característica del circuito anterior es la de un filtro pasa-bajos con una pendiente de atenuación de 20db/década (6db/octava) y una frecuencia de cierre de:

$$f_n = 1/2 \cdot \pi \cdot R \cdot C$$

Los límites de f_l (por debajo del cual no tiene lugar la integración) y f_t (por encima del cual se lleva a cabo la misma) pueden tomarse como un factor de 3 a ambos lados de f_n .
Para una integración única (aceleración a velocidad)

$$f_t < 1/30 \cdot f_n$$

Para una integración doble (aceleración a desplazamiento)

$$f_t < 1/50 \cdot f_n$$

Donde t_p es el tiempo desde el comienzo del pulso al máximo medido.

DETECTORES

- Se utilizan para extraer los valores que caracterizan la señal (media aritmética, media cuadrática, raíz cuadrática media, etc).

Obtención de los cuadrados (squaring)

Utilizan la característica logarítmica que poseen los diodos para lograr el cuadrado mediante la duplicación del valor logarítmico de la señal rectificada.

Obtención de la media (promedio)

El proceso actúa como un filtro de pasa bajos, para retirar los componentes de ondulación de frecuencias altas y dejar las DC.

Detectores de pico

Capturan el mayor valor encontrado y bien lo mantienen hasta que son reinicializados o hacen que descienda lentamente.

Factor de cresta

Relación entre el valor pico y el valor RMS

- Aporta una medida de cuan puntiaguda es la señal.
- Ejemplos (vibraciones en maquinas alternativas y fallas en engranajes y elementos rodantes de cojinetes)

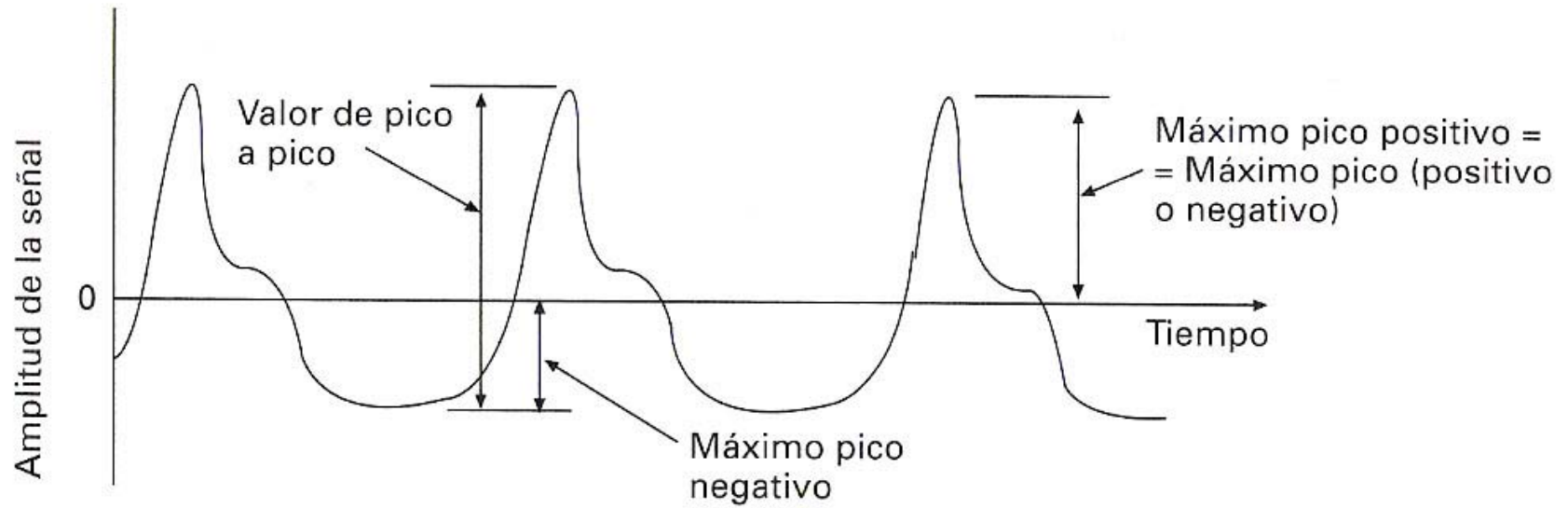
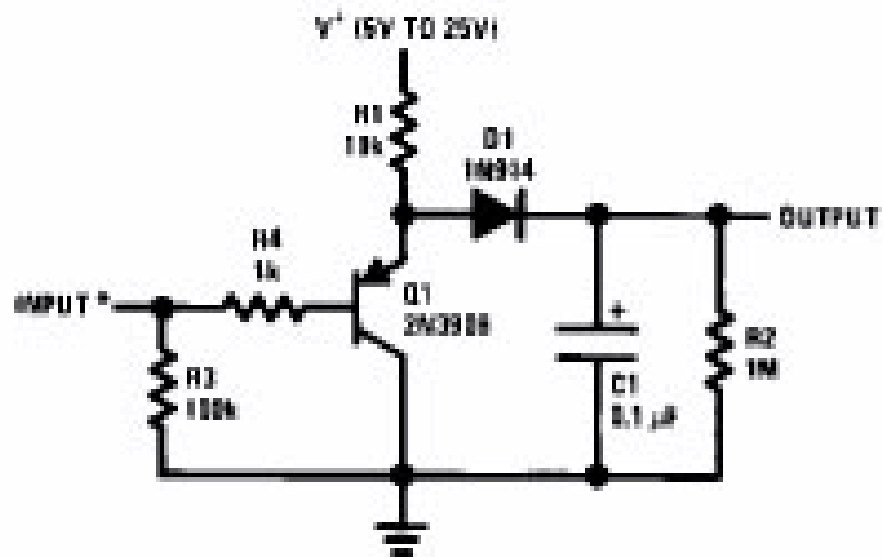
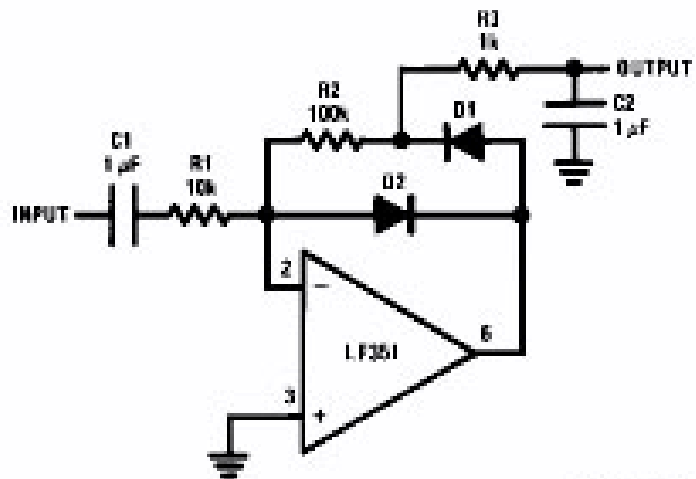


Ilustración de varios valores pico.



Half-Wave Peak Detector



D9967671-11

D1, D2: 1N914 or 1N4148

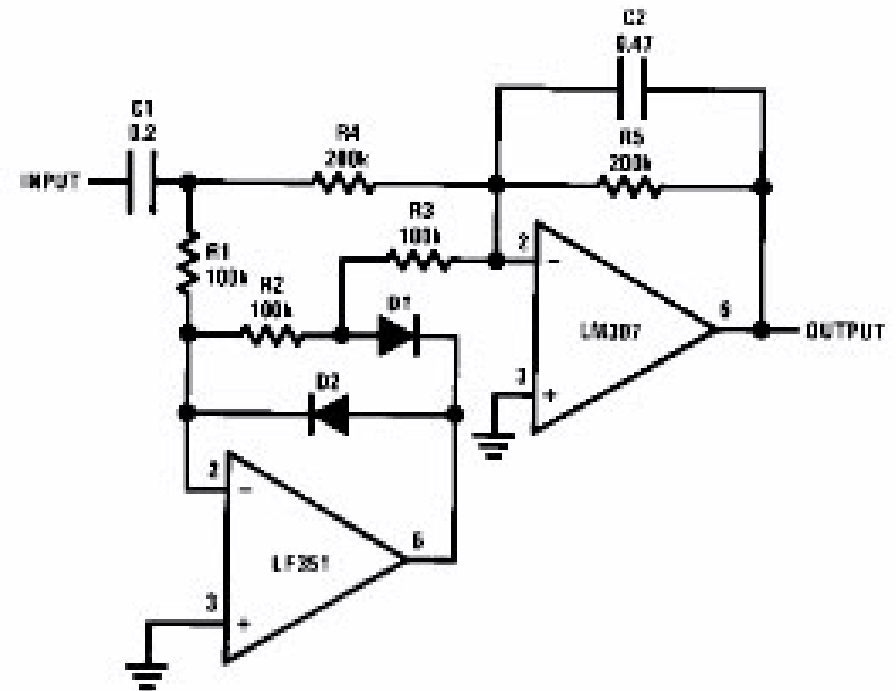
	Average	Peak
R2	1k	100k
R3	100k	1k

$R1 = R2$ for $A_v = 1$

$R1 = R2/10$ for $A_v = 10$

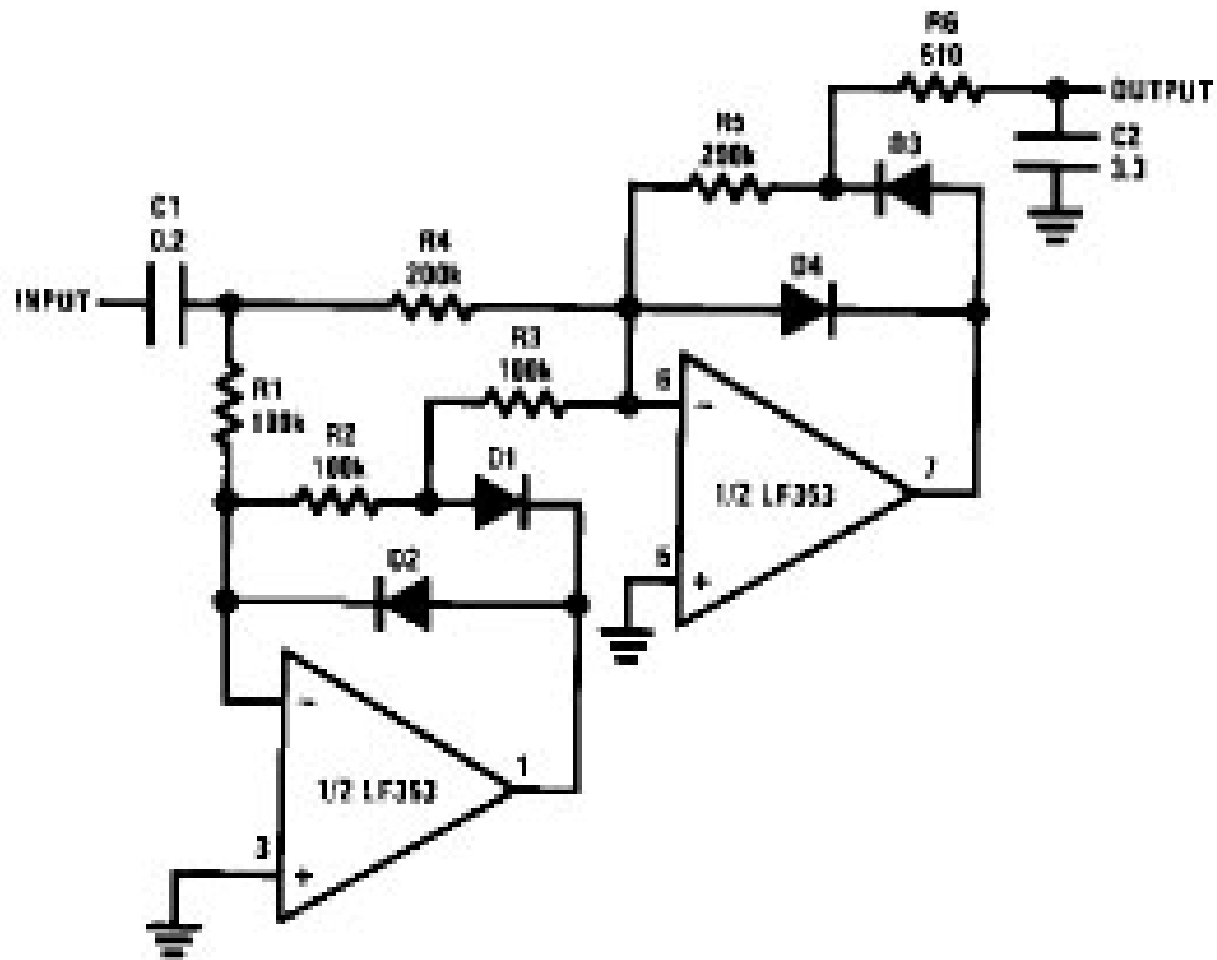
$C1 = 10R1$

Precision Half-Wave Rectifier



D1, D2: 1N914 or 1N4148

Precision Full-Wave Average Detector



D1, D2, D3, D4: 1N914 OR 1N4148

Precision Full-Wave Peak Detector

Detectores de envolventes

El análisis directo de la frecuencia de una señal no siempre ofrece información sobre la frecuencia de repetición, sobre todo cuando las resonancias excitadas son de alta frecuencia .

Estas frecuencias son fáciles de medir mediante la envolvente de la señal.

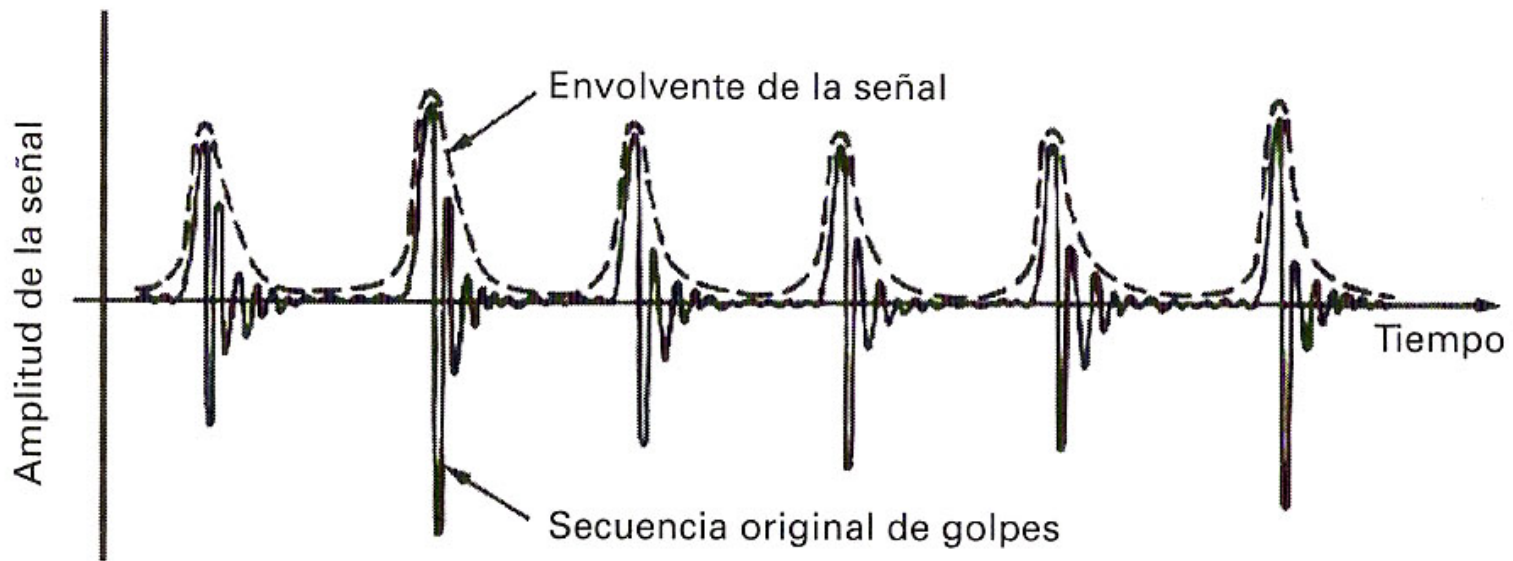


Ilustración de la envolvente de la señal para una señal impulsiva que contiene golpes de frecuencia alta muy repetitivos.

La envolvente de la señal se obtiene usando un detector de picos con un tiempo de descenso constante fijado lo suficientemente corto como para seguir las variaciones relativamente lentas en la envolvente de la señal.

Un circuito de aplicación simple es el detector de envolvente a diodo.

MEDICION DE LA VIBRACION

- Son instrumentos que reciben una señal de un transductor y la procesan para dar una indicación de los parámetros relevantes de ella.
- Se los construyen específicamente para satisfacer alguna norma: Deterioro por vibración de máquinas alternativas (ISO 2372), Vibración humana (ISO 2631).

Los aparatos de medida de vibración los podemos distinguir en:

- Indicadores de aguja
- Grabadoras:
 - Grabación directa
 - Grabación por modulación de FM
 - Grabación digital
- Indicación a través de TRC
 - Analógicos
 - Digitales (análisis de espectros, diagramas en 3D)

BIBLIOGRAFIA

- Manual de medidas acústicas y control del ruido-Cyril M.Harris
- Análisis de modelos circuitales-Hector Pueyo/Carlos Marco
- Amplificadores operacionales y circuitos amplificadores lineales-Robert Coughlin
- Datasheet LM3915-National Semiconductors