

---

Universidad Central de Venezuela  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Eléctrica  
Depto. de Electrónica Computación y Control  
Asignatura Electrónica II (2217)

# Pautas del Laboratorio de Electrónica II

**Rafael E. Rivero Navarro**

**21 de octubre de 2017**

## Parte I. Mecánica del Laboratorio

A la hora de entrada al laboratorio, comienza un quiz de 10min, dicho quiz será entregado junto la hoja de datos preparada y en blanco, misma que el instructor fechará, firmará y devolverá al estudiante.

Un instructor verificará al momento de comenzar la experiencia de laboratorio que el equipo disponga de:

- El montaje de la práctica, completo y observando buenos hábitos de montaje.
- Las puntas de osciloscopio y cables de conexión necesarios para realizar la práctica.
- Herramienta básica pinzas, pela-cables y destornillador plano pequeño
- El prelaboratorio, completo, de la práctica a realizar, este es individual y debe contener todos los datos teóricos y metodologías a utilizar en el laboratorio.
- Las hojas de datos para anotar los resultados.

Los integrantes del equipo serán solidariamente responsables por el material.

Juntos el quiz, el prelaboratorio debidamente firmado por el instructor, en señal de visto bueno del material, constituyen la prueba de asistencia a la practica.

En caso de ausencia de alguno o mas de los materiales anteriores, el equipo se retirará del laboratorio y perderá la practica. Si se pierden o deja de asistir a dos o mas prácticas, el laboratorio será reprobado por inasistencia.

Diez minutos (10 min) antes de finalizar la hora de practica, se entregará al instructor la hoja de datos. Esta deberá ser previamente copiada para la realización del informe. Antes de salir del laboratorio, el equipo ordenará y aseará el puesto que uso. Apagará todos los equipos, los desenchufará y apagará el mesón. El equipo solidariamente es responsable de todos estos aspectos.

Por cada práctica realizada, se deberá presentar un informe, cuya fecha de presentación es la semana siguiente a la realización del laboratorio. Si el informe se realiza en formato digital, se

consignara vía email al instructor, hasta el día 7 (días calendario) posterior a la realización de la práctica. Si se realiza en físico deberá consignarse en el laboratorio junto con el quiz. De no realizarse una sesión de laboratorio, deberá consignarse, sellarse y fecharse en la secretaría del Depto. de Electrónica Computación y Control. De no entregar el informe en la fecha indicada, se reprueba la práctica.

En el Prelaboratorio o pre-informe, se presentan todos los cálculos previos necesarios para la realización de la práctica. Todos los valores teóricos que involucran la realización de la práctica y se acompaña con la preparación de una hoja de datos para recoger los resultados y mediciones de la experiencia. El prelaboratorio se integrará posteriormente al informe, en la sección de metodología.

## Parte II. Evaluación

El laboratorio se evaluará con base a las siguientes ponderaciones:

40 % Promedio de informes (PI).

10 % Promedio de pruebas cortas (PQ).

25 % 1er. Control (C1).

25 % 2do. Control (C2).

-----

100 % Componente Laboratorio (CT).

## Parte III. Informes

### 1. Aspectos Físicos

Los informes pueden ser enviados en formato .pdf sin otros archivos adjuntos e identificados de la siguiente manera:

E2217-P#-<cédula>.pdf,

donde P# es el número de la práctica y <cédula> es el número de la cédula de identidad del estudiante (solo caracteres 0-9). Ejemplo: **E2217-P3-29101453.pdf**

También podrán ser presentados en físico (tamaño Carta, bond 20) manuscritos (letra de molde legible) por un solo lado de la hoja, siguiendo los mismos lineamientos, de forma y fondo, antes descritos

Se usará letra Times, tamaño 11 (tamaño normal), con interlineado de 1.5 líneas y Margenes de 25 mm en todos los bordes. Páginas numeradas en la parte inferior central.

Títulos en Negritas, título del Informe en tamaño 16, de las secciones en tamaño 14 y el resto en tamaño normal. títulos de las figuras en tamaño 10 y precedidos de la etiqueta Figura. # <título de la figura>.

Secciones numeradas, jerárquicamente hasta nivel 3 Ejemplo: 2.4.1

## 2. Estructura del informe

### 2.1. Portada

- Institución, en la parte superior central
- Número de la práctica, centrado en tamaño de título
- Título de la práctica, centrado
- Integrantes: nombres y cédulas , a 25 % de la pagina del borde inferior
- Fecha de entrega, centrado en el borde inferior (20AA/MM/DD)

### 2.2. Introducción:

Breve escrito en el que se pretende informar del contenido de la práctica, indicando el propósito de la práctica. No debe ser igual a la que se encuentra en la guía de laboratorio.

### 2.3. Marco Teórico:

Conceptos importantes a desarrollar en la práctica, fundamentos del método de medición, desarrollo teórico de técnicas específicas de medición o topologías, diferentes a las impartidas en clase.

### 2.4. Objetivos:

Están constituidos por el objetivo general y todos los específicos que se deben llevarse a cabo en la práctica

### 2.5. Resumen:

El resumen es un sumario de todo el contenido del reporte, la información debe ser presentada de forma clara con la intención de invitar al lector a leer todo el documento. El resumen debe cumplir con los siguientes aspectos:

- Propósito del experimento
- Resultados claves del experimento-
- Puntos más importantes en la discusión de resultados-
- La mas importante conclusión.

El resumen debe ser escrito en un solo párrafo que no tenga una extensión mayor a 250 palabras. Adicionalmente el resumen se puede colocar una breve descripción de la metodología utilizada así como el basamento teórico.

## 2.6. Metodología

Es una descripción de todos los pasos y etapas con las que se van a cumplir los objetivos y cálculos previos de preparación ( o pre-laboratorio). Deben contener las predicciones teóricas de cada resultado. Indicar las precauciones a tomar en cuenta al llevar a cabo algún procedimiento. También debe incluirse el detalle del montaje utilizado indicando cualquier modificación sobre el esquema incluido en la guía de la práctica. Es claro que la metodología es el trabajo del pre-laboratorio, por lo que, ya hecho con anterioridad a la practica solo resta transcribirlo al informe

## 2.7. Equipos e Instrumentos

Para cada uno de los equipos e instrumentos utilizados en la realización de la experiencia de indicarse, en una tabla: marca, modelo y serial o No. de inventario UCV.

Equipo	Marca	Modelo	Serial
Generador de Funciones	Hewlett Packard	3311A	12456781234
⋮	⋮	⋮	⋮
Transformador 120VAC 60HZ / 12V,12V CT	Transmagneca	-	No 2

Tab. 1: Relación de Equipos e Instrumentos

## 2.8. Componentes y materiales

Es lo que en la industria Electrónica se denomina BOM (Bill of Materials), especifique para cada componente al menos : Designación, tipo de elemento y tecnología, valor y parámetro secundario, observaciones si fuese el caso.

Ejemplo:

Referencia	Descripción	Especificaciones
R103	Resistencia de película de carbón	10k 1/4W montaje TH
C204	Condensador de Poliéster	10nF 250V
Q5,Q6	Transistor de señal NPN	2N3904
U3,U4	Amplificador Operacional	TL084, DIP14

Tab. 2: Relación de Componentes y Materiales (BOM)

## 2.9. Presentación de Resultados:

En esta sección se presentan las tablas y figuras necesarias para expresar los resultados obtenidos en el experimento, estos deben mostrarse de forma organizada y clara. Las figuras y tablas deben ser explícitas y estar etiquetadas.

Todos las lecturas recabadas se presentarán tabuladas y/o graficadas, en exhibiendo sus unidades y niveles de incertidumbre y deben se comparadas con las predicciones teóricas (pre-laboratorio), en términos de desviación absoluta o relativa.

Las mediciones indirectas deberán mostrar sus expresiones de cálculo y propagación de error. En el caso de cálculos repetitivos es suficiente mostrar la expresión o bien un cálculo tipo.

### 2.9.1. Gráficos

Los gráficos se realizarán, siguiendo los lineamientos del Laboratorio de Física General, indicando las incertidumbres de los puntos experimentales.

En el caso de usar fotos de señales en el osciloscopio, preséntelas en escala de grises, con el fondo claro y los trazos oscuros.

### 2.10. Análisis de los Resultados o Discusiones:

Es la parte más importante del informe, dado que hay que demostrar que se ha comprendido el experimento realizado, los resultados obtenidos y que se ha realizado una correcta interpretación de los resultados.

De forma más precisa la discusión de resultados se puede dividir en dos grandes áreas: Análisis: en esta sección debe establecerse ¿Qué indican los resultados? Interpretación: ¿Qué es importante de los resultados obtenidos? Algunos aspectos importantes que pueden ser abordados en los análisis son: Comparación entre los resultados esperados (estimaciones) y resultados obtenidos. Si existen diferencias es necesario explicar por qué.

Explicar los resultados en función de los planteamientos teóricos. Cómo se ajustan los resultados obtenidos a los planteamientos teóricos. Relacionar los resultados con los objetivos del experimento.

### 2.11. Conclusiones

En función y solo aquellas que se desprenden de los resultados obtenidos y sus análisis, es fundamental pronunciarse sobre la veracidad o no de cada medida realizada, haciendo las consideraciones del caso con el fin de reducir los errores sistemáticos.

### 2.12. Anexos

- Imagen de la hoja de datos
- Hojas de datos técnicos de cualquier componente, equipo o material utilizado y no especificado en la práctica o provisto por el laboratorio.

## Parte IV. APÉNDICES

### 3. Incertidumbre en Medición indirectas

Prácticamente todo lo que se mide en los laboratorios de Electrónica, son medidas indirectas, obtenidas a partir de condiciones impuestas al sistema ( o circuito) y medidas directas de tensión o tiempo con el osciloscopio.

Una medida indirecta se basa en una expresión matemática cuyas variables son todas mediciones y en algunos casos hasta las constantes. Considerando un medida indirecta  $f(\bar{X})$  donde  $\bar{X}$  simboliza un vector cuyas coordenadas son las variables medidas directamente o cuyas incertidumbre ha sido estimada u obtenida de un documento como es el caso de las resistencias patrón.

La incertidumbre viene dada según establece la “Guide of Uncertain Measurements” de la ISO o GUM

$$\Delta f^2 = \sum \left( \frac{\delta f(\bar{X})}{\delta X_i} \Delta X_i \right)^2$$

Puede definirse la Sensibilidad, que muestra cual es el cambio relativo de la función respecto al cambio relativo de la variable de influencia

$$S_{X_i}^f = \frac{\delta f(\bar{X})}{\delta X_i} \frac{X_i^N}{f(\bar{X}_N)}$$

y mediante la matriz de Sensibilidades estudiar la influencia de cada variable en la medición o incluso en varias mediciones:

$$S = [S_{X_i}^{f_j}]$$

$$\left[ \left( \frac{\Delta f_j}{f_j} \right)^2 \right] = [S^2] \cdot \left[ \left( \frac{\Delta X_i}{X_i} \right)^2 \right] = \begin{bmatrix} (S_{X_1}^{f_1})^2 & \dots & (S_{X_n}^{f_1})^2 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ (S_{X_1}^{f_m})^2 & \dots & (S_{X_n}^{f_m})^2 \end{bmatrix} \cdot \left[ \left( \frac{\Delta X_i}{X_i} \right)^2 \right]$$

Esta última forma resulta muy cómoda en el caso de disponer de las incertidumbre relativas de los parámetros como es el caso de las resistencias y otros elementos pasivos, pues:

$$[Tol_{f_j}^2] = [S_{j,i}^2] \cdot [Tol_{X_i}^2]$$

El siguiente código en máxima y en particular la función “incertidumbre”, puede ayudar a la realización de estos cálculos:

```

sqr(L):=map(lambda([x],x^2),L);
vars(F):=listofvars(F);
sens(F,X):=block([o,J],
J:jacobian(F,X),
o:matrix_size(J),
sg[i,j]:=J[i,j]*X[j]/F[i],
genmatrix(sg,o[1],o[2])
);
incertidumbre(F,var,dX):=block([S],S:sens(F,var),sqrt(sqr(S).sqr(dX)));

```

Es conveniente recordar que las tolerancias en los elementos pasivos son reportadas con un 95 % de confianza por lo que corresponden a  $Tol_{X_i} = \frac{2\sigma_{X_i}}{X_i^N}$

En el caso de medidas indirectas  $f(\bar{X})$  cuyo valor esperado ( y postulado) es cero solo es posible determinar y reportar la incertidumbre absoluta.

#### 4. Expresión de Resultados de la Medición

Se debe expresar el resultado de la medición acompañado de, bien sea la incertidumbre estándar combinada  $u_c(y)$  incertidumbre expandida  $U$ , (tomado de: E. CUARTIN; C, PELAEZ, PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE, inédito).

En el primer caso las normas recomiendan:

- Describir clara y completamente la forma en que se ha definido el mensurando  $Y$ .
- Expresar la estimación de la estimación y del mensurando así como de la incertidumbre estándar combinada  $u_c(y)$  indicando las unidades utilizadas.
- Dar el valor de cada uno de los estimadores de entrada  $x_i$  y de su correspondiente incertidumbre  $u(x_i)$  describiendo la manera en que han sido obtenida.
- Indicar la relación funcional  $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$  así como los coeficiente de sensibilidad o derivadas parciales.
- Cualquier otro argumento que considere necesario.

En este primer caso es preferible dar el resultado numérico, mediante una de las cuatro formas siguientes, suponiendo que es el caso del ejemplo de expresar una masa patrón de 100 g :

a)  $m_s = 100,0215g$  con  $u_c = 0,4mg$

b)  $m_s = 1000,0215(4)g$  donde el numero dentro del paréntesis es el valor de  $u_c$  referido a los últimos dígitos del resultado.

c)  $m_s = 100,0215(0,0004)g$  donde el numero dentro del paréntesis es el valor de  $u_c$  expresada en la misma unidad que el resultado de la medición.

d)  $m_s = (100,0215 \pm 0,0004)g$  donde el número que sigue al símbolo  $\pm$  es el valor numérico de  $u_c$  y no un intervalo de confianza.

Tal cual se debe escribir así, como una de las cuatro formas anteriores, sin embargo la expresión  $\pm$  debe evitarse ya que este símbolo se usa habitualmente para indicar un intervalo correspondiente a un nivel de confianza grande.

#### 4.0.1. Cifras significativas

El número de cifras significativas del resultado de una medición indirecta depende de la incertidumbre absoluta calculada.

Se llama cifra significativa a todo dígito que tenga significado físico. El número de cifras contado desde la izquierda hasta la primera cifra afectada por la incertidumbre, inclusive, se llama número de cifras significativas.

La última cifra del resultado de la medición se aproxima por exceso si la cifra significativa que sigue es  $>5$  y por defecto si es  $<5$  y si es igual a 5 se aproxima, por convención, al número par más cercano. Extracto de la guía: Fényes H.I., Angol, M., Juzga, J. y Walker, V. "Laboratorio Introductorio de Física - manual de practicas - Física I", Edit 1990.

#### 4.0.2. Comparación de Mediciones y Predeterminaciones

Al reportar el resultados de una medición es conveniente, compararlo con su predeterminación (la cual es posible de obtener en prácticamente todos los casos de un laboratorio de docencia). Para ello y en primera instancia se acostumbra calcular y reportar la desviación relativa.

Si la desviación es pequeña es fácil justificar que la predeterminación se ve confirmada en la practica, si esta no es tan pequeña y sobrepasa la incertidumbre relativa de la medición, podría indicar que la predeterminación no se ve corroborada por la practica, en cuyo caso podría ser el producto de una mala estimación (o simplemente un error en la predeterminación) o un error en la medición.

Sin embargo podría darse el caso que la predeterminación tenga asociada una gran incertidumbre y que el intervalo de magnitudes posibles envuelva al rango de la medición (valor postulado más menos la incertidumbre). En este caso la medición corrobora la predeterminación.

Si los rangos de magnitudes de la predeterminación y de la medición solo se solapan, no hay plena seguridad que la predeterminación se corrobore y por supuesto si estos rangos no se solapan en lo absoluto la predeterminación debería rechazarse, previa verificación de las mediciones.

Por ejemplo:

Se practica un ensayo a un amplificador instrumental y se determina que su Ganancia Diferencial es de :

$$V_O = 4,4(2) V \quad V_{in} = 18(2) mV$$

$$G = \left( \frac{4,4V}{18mV} \right) \pm 100 \cdot \sqrt{(2/18)^2 + (0,2/4,4)^2} \% = 244V/V \pm 12 \%$$

La predeterminación es arroja un resultado de  $G = 201V/V$ , así entonces:



$G_{Exp}[V/V]$	$G_{Teo}[V/V]$	$Desv[\%]$
$240 \pm 10\%$	201	19,4

Lo cual indica que el valor de la predeterminación no se ve corroborado por la experiencia, sin embargo, debe determinarse la incertidumbre en la predeterminación, esto es, el rango de posibles valores que podría tomar la magnitud de la Ganancia considerando las dispersiones de cada parámetro considerado en el modelo de la ganancia:

$$Av = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_2} \cdot \frac{R_5}{R_4}$$

Sabiendo que :  $R_1 = R_3 = R_4 = R_5 = 10k\Omega \pm 5\%$   $R_2 = 100\Omega \pm 5\%$   
y que las sensibilidades son:

$$S = \begin{bmatrix} -\frac{R_3+R_1}{R_1+R_2+R_3} & \frac{R_1}{R_1+R_2+R_3} & \frac{R_3}{R_1+R_2+R_3} & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

Con un vector de parámetros

$$X = \begin{bmatrix} R_1 & R_2 & R_3 & R_4 & R_5 \end{bmatrix}$$

la incertidumbre esperada es: 9,33%

de manera tal que ahora, asegurarse que la medición no corrobora la predeterminación, pues sus intervalos a penas se tocan y no se interceptan en lo absoluto. La tabla de resultados anterior debería reportarse como:

$G_{Exp}[V/V]$	$G_{Teo}[V/V]$	$Desv[\%]$
$240 \pm 10\%$	$200 \pm 9\%$	20

## 5. Representación Gráfica

(extraído de la guía del Laboratorio de Física General de la FI/UCV)

En este capítulo abordaremos los aspectos más frecuentemente utilizados en la representación gráfica de datos experimentales, en este curso.

### 5.1. Principales Aplicaciones De La Representación Gráfica

Las aplicaciones mas importantes en relación a las actividades experimental comprenden:

- Comportamiento de una relación analítica tal como  $y = f(x)$ .
- Representación de la interdependencia entre datos experimentales.
- Determinación de la ecuación empírica que mejor describe la dependencia entre datos experimentales.

- Representación de valores tabulados con la finalidad de obtener interpolaciones y extrapolaciones.
- Comparar el comportamiento de datos experimentales bajo diversas condiciones o entre éstos y el resultado de una modelación numérica o un resultado teórico.
- Curvas de calibración de instrumentos.
- Comportamiento estadístico de un conjunto de datos experimentales (histograma).

El uso de la representación gráfica como recurso para la determinación de la relación empírica entre conjuntos de datos experimentales ha perdido importancia debido a la gran difusión de métodos estadísticos computarizados para la realización de ajustes y regresiones. Sin embargo, es importante destacar la importancia de aplicar diversos procedimientos manualmente, para la comprensión del fundamento de métodos más avanzados.

## 5.2. Representación de datos experimentales

Los puntos experimentales están sujetos a errores y además, cada uno tiene asociada una incertidumbre experimental que se puede representar mediante cruces. Los puntos experimentales corresponden mas bien a una región rectangular de lados  $2\Delta x$  por  $2\Delta y$ . En algunos casos, no es posible representar en la gráfica la incertidumbre correspondiente a los datos experimentales debido a que los mismos son menores que la resolución de las escalas.

## 5.3. Escalas logarítmicas

Las escalas logarítmicas son utilizadas en uno o en ambos ejes de coordenadas, básicamente en los siguientes casos:

- Cuando el rango de variación de los datos abarca varios ordenes de magnitud.
- Cuando se desee verificar o destacar un tipo de comportamiento específico, tal como en el caso de las funciones potencial y exponencial.

### 5.3.1. Representación de una función exponencial ( $f(x) = a b^x$ )

Este tipo de función se linealiza al ser graficada en escalas semilogarítmicas.

### 5.3.2. Representación de una función potencial ( $f(x) = a x^b$ )

Consideramos a continuación el caso de la representación de una función potencial, tal como  $f(x) = a x^b$ , en este caso, utilizando escalas logarítmicas en ambos ejes,

### 5.4. Trazando el Gráfico

Como hacer gráficos de datos experimentales, como este:

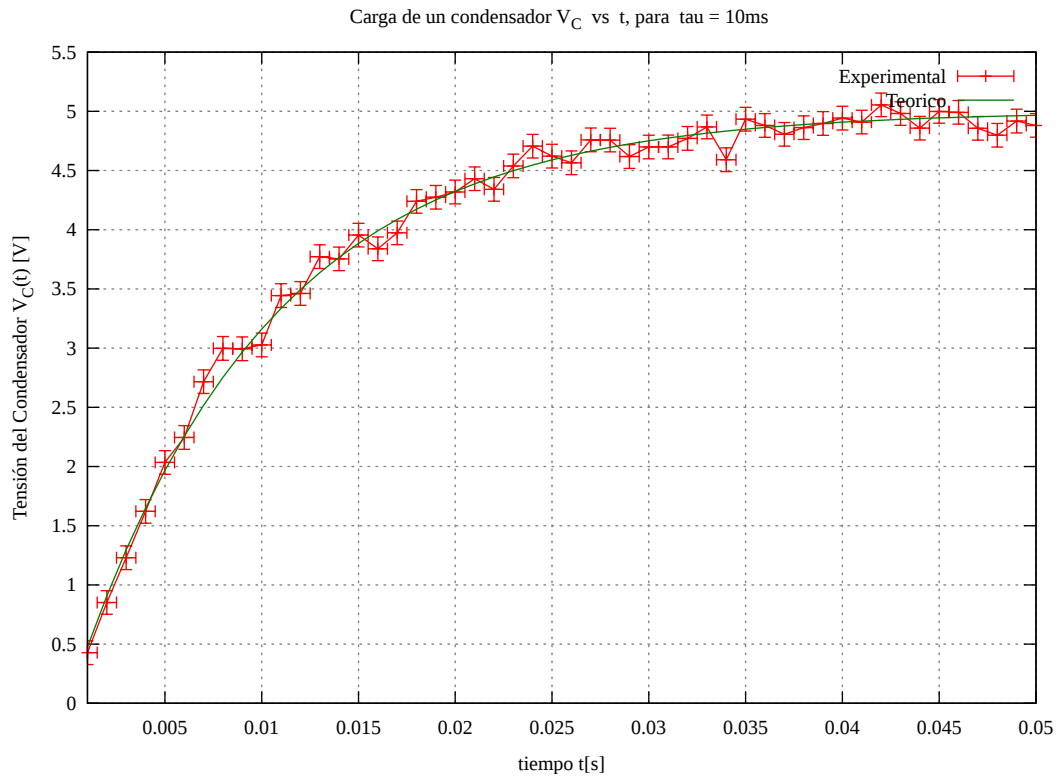


Fig. 1: Ejemplo de Gráfico de datos experimentales

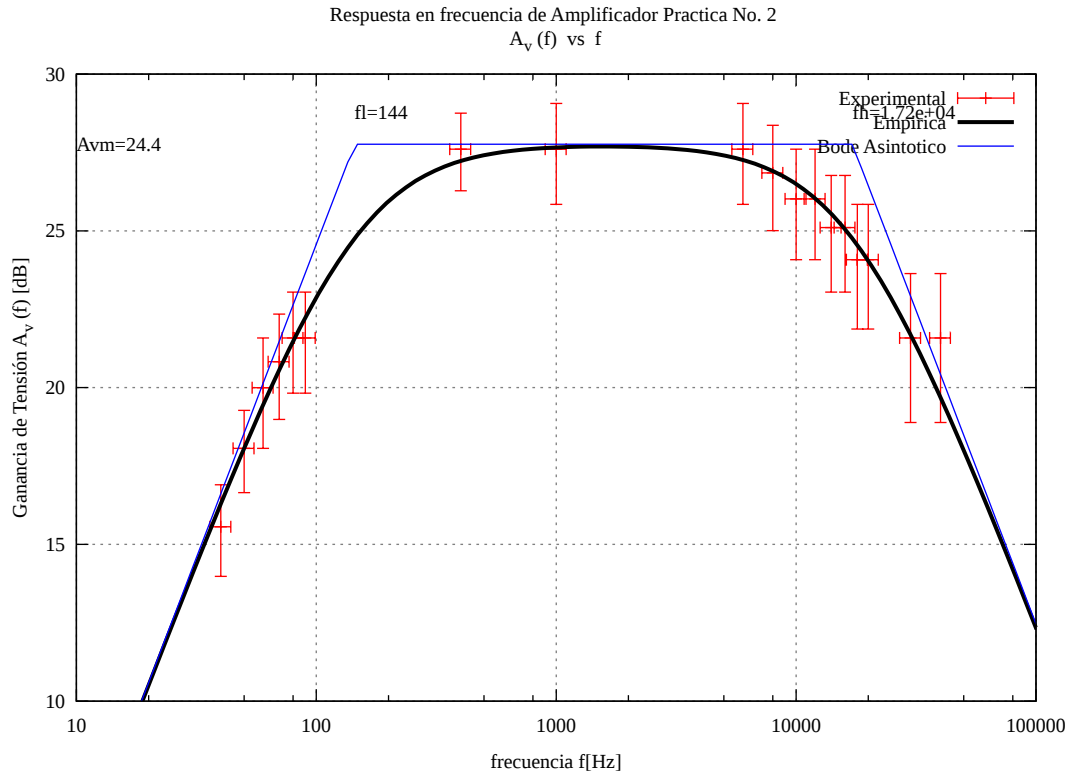


Fig. 2: Ejemplo de Respuesta en frecuencia experimental

que se genera mediante el programa gnuplot (cuyo manual es muy fácil de obtener en la web) con el script `plotdatosexp.plt` / `plotdatosexprf.plt` que usa los datos en el archivo `datosexp.csv` / `datosexprf.csv`, (estos archivos acompañan a este documento) y produce el archivo `Grafico.svg` / `GraficoRespFrec.svg` (pero puede ser en otros formatos), es fácil, sigue el ejemplo.

Una vez tabulados los pares de medidas experimentales y sus incertidumbres, para representar gráficamente los resultados experimentales correspondientes a una función  $y=f(x)$  es necesario realizar los siguientes pasos:

- Seleccionar e identificar los ejes de coordenadas
- Seleccionar e identificar las escalas para cada eje
- Representar los puntos experimentales
- Trazar la curva Colocar el título del gráfico

#### 5.4.1. Seleccionar e identificar los ejes de coordenadas:

Las variables independientes se representan como abscisas paralelas al eje  $x$  y las variables dependientes como ordenadas paralelas al eje  $y$ . La elección de la dependencia corresponde al planteamiento de la experiencia.

Se acostumbra en muchos casos a hacer una primera representación en un sistema de coordenadas rectangulares, con escalas lineales en ambos ejes.

Los ejes se dibujan preferiblemente respetando un margen de la hoja,

Cada eje se identifica con la variable correspondiente y se indican las unidades usadas entre paréntesis o corchetes como se indica en la figura.

#### 5.4.2. Selección e identificación de las escalas.

Al elegir las escalas se debe tomar en cuenta la precisión de las medida obtenidas. Se elige, de ser posible, una escala donde la menor división sea igual o menor a la incertidumbre registrada en la tabla de datos. Para facilitar la lectura del gráfico, sus escalas debe tener divisiones múltiplos o submúltiplos de 1,2 y 5. Cualquier otro valor hace engorrosa la determinación de un valor en el gráfico. Debe considerarse además si el punto (0,0) debe aparecer o no en el gráfico, si no es necesario que aparezca, elegir el valor de comienzo del eje. Al indicar las escalas elegidas no es necesario escribir el valor en cada división solo una pocas que permitan visualizar rápidamente la escala.

#### 5.4.3. Representación de un punto experimental

Los resultados de las mediciones no son valores exactos sino intervalos de valores, determinados por la incertidumbres. Al representar estos resultados experimentales es necesario indicar la incertidumbre de cada medida sobre el gráfico. Esto se logra indicando el punto mediante una cruz, cuyos brazos son del tamaño de la incertidumbre. De esta manera se indica que el punto experimental es en realidad un área con forma elíptica cuyos semiejes son los brazos de la cruz. Si por alguna circunstancia no es posible representar las incertidumbre, esta deberá indicarse expresamente mediante un comentario y los puntos se indicaran mediante figuras geométricas

#### 5.4.4. Trazar de curva

La curva trazada para representar una serie de puntos experimentales debe cumplir:

Pasar por las áreas de incertidumbre de todos o la mayoría de los puntos experimentales. Si las variables que representan son continuas su representación deben serlo también. En ausencia de criterios teóricos, se intenta que la función de interpretación sea la mas sencilla que pueda trazarse por los puntos experimentales. Los puntos experimentales o los centros de las áreas deben estar distribuidos con igual peso a ambos lados de curva.

**Título del gráfico** El título debe colocarse dentro del margen del papel del gráfico, en una posición donde no interfiera con la curva y debe incluir una descripción precisa del propósito de gráfico.

Para los gráficos del laboratorio el título debe ser:

Nombre de la experiencia

Variable dependiente en función de (ó vs.) Variable independiente

**Determinación empírica de parámetros de una expresión potencial ( $f(x)=ax^n$ )** Para determinar el valor del exponente es importante observar que la representación logarítmica ( loglog ) de la función potencial, es una recta, debido a que en este tipo de representación, las distancias entre los valores en las escalas son proporcionales a la diferencia de los logaritmos de estos valores. En efecto, tomando logaritmo a ambos lados de la expresión  $f(x) = ax^n$  tenemos:

$$\log(f(x)) = \log(a) + n\log(x)$$

por consiguiente, reemplazar los valores de la función y de su argumento sobre una escala lineal, por distancias proporcionales a sus logaritmos, conduce a la linealización de la gráfica.

El valor de n se determina como la pendiente, tomando en cuenta los factores de escala (longitud de los ciclos en cm u otra unidad)  $K_x$  y  $K_y$ .

$$n = \frac{\Delta Y / K_Y}{\Delta X / K_X}$$

### **Determinación empírica de la relación entre los datos cuando la representación**

**semilogarítmica es una recta.** En este caso, como vimos más arriba (figura 4,6), los datos se ajustan a una función

exponencial de la forma  $f(x) = ab^x$  en donde es fácil demostrar que :  $a = f(0)$  por otra parte, tomando logaritmo (decimal) de la expresión  $f(x) = ab^x$  tenemos:

$$\log(f(x)) = \log(a) + x \log(b)$$

Mediante un razonamiento similar al realizado a la sección anterior y definiendo  $K_y$  se tiene:

$$\log(b) = \frac{\Delta Y / K_Y}{\Delta X}$$

$$n = \frac{\Delta Y / K_Y}{\Delta X}$$

Listado del programa plotdatosexp.plt para la graficación de datos experimentales

```

reset
#Establece el tipo y nombre del archivo de salida
# para archivos de salida svg set terminal svg size 800, 600
enhanced fname 'Times New Roman' set output "./Grafico.svg"

## Resp. en frecuencia
#set output "./GraficoRespFrec.svg"

# para archivos de salida png
#set term png size 800, 600 #set output "./Grafico.png"
# para archivos de salida epslatex #set term epslatex size 800, 600
#set output "./Grafico.eps"
set style data lines
# establece el rango de la grafica set xrange [1e-3:50e-3] set yrange [1e-3:5.5]

## Resp. en frecuencia
#set xrange [10:100e3]
#set yrange [10:30]

# pone todas las marcas en los ejes
#set xtics 10e-3 add 50e-3
set ytics 0,0.5
## Resp. en frecuencia
#set ytics 0,0.5

# pone el formato en las marcas de los ejes set format '%g'
# Escribe el titulo en los ejes y en la grafica
set title "Carga_de_un_condensador_V_C vs t, para tau=10ms"
set ylabel 'Tension_del_Condensador_V_C(t) [V]'
set xlabel 'tiempo_t [s]'

## Resp. en frecuencia
#set title "Respuesta en frecuencia de Amplificador Practica No. 2 | n A_v (f) vs
f "
#set ylabel 'Ganancia de Tension A_v (f) [dB]'
#set xlabel 'frecuencia f [Hz]'

##set key 2800,2800
# Establece la cuadrícula set grid #set logscale x
# Dibuja la grafica
set dummy t f(t)=5*(1-exp(-t/10e-3)) set samples 50
plot 'datosexp.csv' using 1:2:($1-$3):($1+$3):($2-$4):($2+$4) \ with xyerrorlines title 'Experimental'

## Resp. en frecuencia
# f Delta f Vi Delta Vi Vo Delta Vo
#plot 'datosexprf.csv' using 1:(20*log10($5/$3)):($1-$2):($1+$2):|
#(20*log10(($5/$3)*(1-($6/$5+$4/$3)))):(20*log10(($5/$3)*(1+($6/$5+$4/$3))))|
# with xyerrorlines title 'Experimental'

```

## 6. Recomendaciones para el montaje

La técnica recomendada para realizar los montajes del laboratorio, esta basada en el uso de un tablero de montaje rápido de prototipos ( o Proto Board, en la jerga de área) y aunque es muy sencillo su uso, son necesarias algunas recomendaciones, que deben ser adoptadas como normas:

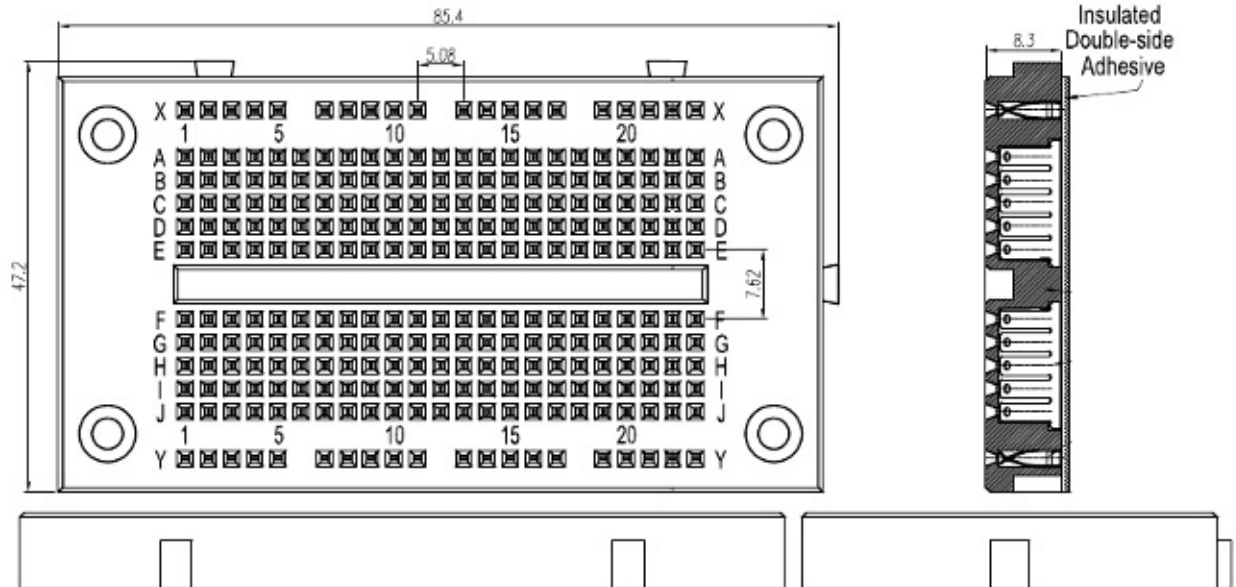


Fig. 3: Representación esquemática de un tablero de montaje rápido

Recomendaciones:

1. Haga un diagrama esquemático previamente e indique en el, el número de los terminales de los dispositivos.
2. Ubique los componentes en la misma disposición que en el esquemático
3. Haga la menor cantidad de conexiones, pues cada conexión aumenta la probabilidad de fallas.
4. Utilice los cables mas cortos posibles, en lo posible, adáptelos al lugar donde van. Pueden construirse previamente juegos de cables de diferentes medidas. Los cables deben mantener su aislamiento y descubrirse unos 6mm ( 1/4") en cada extremo. El espesor adecuado de los cables es AWG #22, la utilización de cables de mayor galga (mas pequeños) producirán malos contactos y componentes mecánicamente flojos, la utilización de galgas menores, producirá posible deterioro en los elementos de contacto, si la galga es aun menor puede modificar (romper) la apertura del tablero, lo que producirá juegos mecánicos en posteriores montajes.
5. Emplace cada componente con un perfil bajo (corte los terminales) y en la forma en la que esta prevista su instalación en un circuito impreso. El cortar los terminales, no hará perder el componente, si siempre se lo instala de la manera adecuada. Recuerde dejar unos 6mm ( 1/4")



de terminal para que el componente se introduzca adecuadamente en el tablero de montaje rápido.

6. Utilice alfileres o terminales de prueba, para una rápida ubicación e instalación de los clip de las puntas del osciloscopio sin necesidad de intervenir en el circuito.
7. Los elementos con muy alta disipación de calor deberían ubicarse en los bordes del tablero.
8. Los elementos ajustables deben ser fácilmente accesibles por la herramienta (destornillador), especialmente si su accionamiento es horizontal.
9. Aquellos componentes cuyos terminales tienen un calibre muy grueso, deberán proveerse de cables debidamente soldados y recordar que el tablero y en especial el contacto no soporta grandes corrientes sin que se produzcan puntos calientes y el correspondiente deterioro del tablero de montaje rápido.
10. Utilice las barras de alimentación, siendo recomendable el emplazamiento de condensadores de filtro de línea (0.1uF de Plástico) en al menos cada segmento.
11. Utilice bornes de fijación o los bornes del propio tablero de montaje rápido para conectar los cables que conectan su prototipo al exterior.
12. Las principales causas de falla en los montajes son : Contactos sucios, cables partidos dentro del aislante o fuera pero sin separación visible y componentes conectados en forma incorrecta.

## 7. Componentes a utilizar

Para todas las resistencias utilice y considere tolerancias del 5 % y potencias máximas de  $1/4W$ , a menos que se especifique explícitamente otra cosa.

Por razones de índole económico y académico se recomienda escoger uno entre los siguientes transistores:

NPN	PNP	Encapsulado
BC107	BC177	Metálico
BC167	BC257	Plástico
BC237	BC307	Plástico
2N2222	2N2907	Metálico
PN2222	PN2907	Plástico
2N3904	2N3906	Plástico
2N4401	2N4403	Plástico

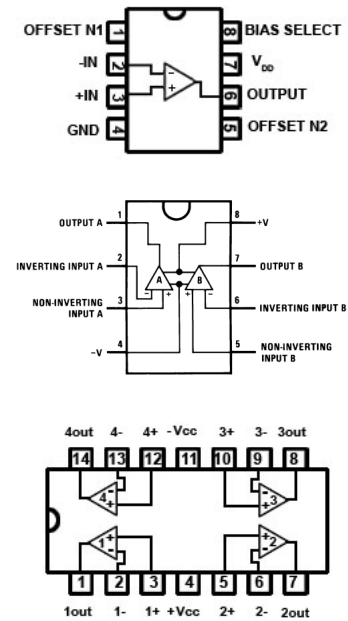
Tab. 3: Lista de transistores sugeridos

En todo caso ubique la hoja de datos correspondiente al modelo y al fabricante de los transistores que adquirió.

De manera análoga para los Amplificadores Operacionales:

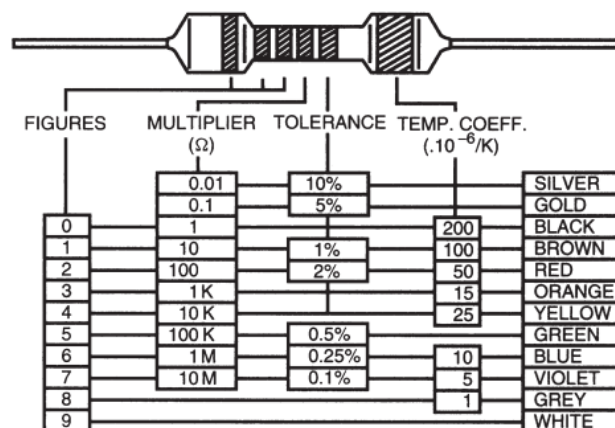
Simple	Dual	Cuádruple	Observ.
MC1741MC	1458	LM348	
LF411/441	412/442	LF444	JFET
LM308	LM833	LF347	Precisión/Audio
LF351	LF353		
TL071	TL072	TL074	Low Noise
TL081	TL082	TL084	JFET
CA3130	CA3260		BiMOS

Tab. 4: Lista de A.O. sugeridos



### 7.1. Valores estándar para las resistencias

Estándar	Tol							
E3	5 %	<b>E6</b>	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8
E6	20	<b>E12</b>	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8
E12	10	<b>E24</b>	1.1	1.6	2.4	3.6	5.1	7.5
E24	5 %	<b>E12</b>	1.2	1.8	2.7	3.9	5.6	8.2
E48	2 %	<b>E24</b>	1.3	2.0	3.0	4.3	6.2	9.1
E96	1 %							



DISCRETE	TYPE	ADVANTAGES	DISADVANTAGES
	Carbon Composition	Lowest Cost High Power/Small Case Size Wide Range of Values	Poor Tolerance (5%) Poor Temperature Coefficient (1500 ppm/°C)
	Wirewound	Excellent Tolerance (0.01%) Excellent TC (1ppm/°C) High Power	Reactance is a Problem Large Case Size Most Expensive
	Metal Film	Good Tolerance (0.1%) Good TC (<1 to 100ppm/°C) Moderate Cost Wide Range of Values Low Voltage Coefficient	Must be Stabilized with Burn-In Low Power
	Bulk Metal or Metal Foil	Excellent Tolerance (to 0.005%) Excellent TC (to <1ppm/°C) Low Reactance Low Voltage Coefficient	Low Power Very Expensive
	High Megohm	Very High Values ( $10^8$ to $10_{14}\Omega$ ) Only Choice for Some Circuits	High Voltage Coefficient (200ppm/V) Fragile Glass Case (Needs Special Handling) Expensive
NETWORKS	Thick Film	Low Cost High Power Laser-Trimable Readily Available	Fair Matching (0.1%) Poor TC (>100ppm/°C) Poor Tracking TC (10ppm/°C)
	Thin Film	Good Matching (<0.01%) Good TC (<100ppm/°C) Good Tracking TC (2ppm/°C) Moderate Cost Laser-Trimable Low Capacitance Suitable for Hybrid IC Substrate	Often Large Geometry Limited Values and Configurations

Resistor Types	Resistance Range	Watt Range	Operating Temp. Range	$\alpha$ , ppm/°C
Wire-wound resistor				
Precision	0.1 to 1.2 M $\Omega$	1/8 to 1/4	-55 to 145	10
Power	0.1 to 180 k $\Omega$	1 to 210	-55 to 275	260
Metal-film resistor				
Precision	1 to 250 M $\Omega$	1/20 to 1	-55 to 125	50-100
Power	5 to 100 k $\Omega$	1 to 5	-55 to 155	20-100
Composition resistor				
General purpose	2.7 to 100 M $\Omega$	1/8 to 2	-55 to 130	1500

Fig. 4: Características de algunos tipos de Resistencias

Capacitor Type	Range	Rated Voltage, $V_R$	TC ppm/ $^{\circ}$ C	Tolerance, $\pm\%$	Insulation Resistance, $M\Omega\mu F$	Dissipation Factor, %	Dielectric Absorption, %	Temperature Range, $^{\circ}$ C	Comments, Applications	Cost
Polycarbonate	100 pF–30 $\mu F$	50–800	$\pm 50$	10	$5 \times 10^5$	0.2	0.1	–55/+125	High quality, small, low TC	High
Polyester/Mylar	1000 pF–50 $\mu F$	50–600	+400	10	$10^5$	0.75	0.3	–55/+125	Good, popular	Medium
Polypropylene	100 pF–50 $\mu F$	100–800	–200	10	$10^5$	0.2	0.1	–55/+105	High quality low absorption	High
Polystyrene	10 pF–2.7 $\mu F$	100–600	–100	10	$10^6$	0.05	0.04	–55/+85	High quality, large, low TC, signal filters	Medium
Polysulfone	1000 pF–1 $\mu F$		+80	5	$10^5$	0.3	0.2	–55/+150	High temperature	High
Parylene	5000 pF–1 $\mu F$		$\pm 100$	10	$10^5$	0.1	0.1	–55/+125		High
Kapton	1000 pF–1 $\mu F$		+100	10	$10^5$	0.3	0.3	–55/+220	High temperature	High
Teflon	1000 pF–2 $\mu F$	50–200	–200	10	$5 \times 10^6$	0.04	0.04	–70/+250	High temperature lowest absorption	High
Mica	5 pF–0.01 $\mu F$	100–600	–50	5	$2.5 \times 10^4$	0.001	0.75	–55/+125	Good at RF, low TC	High
Glass	5 pF–1000 pF	100–600	+140	5	$10^6$	0.001		–55/+125	Excellent long-term stability	High
Porcelain	100 pF–0.1 $\mu F$	50–400	+120	5	$5 \times 10^5$	0.10	4.2	–55/+125	Good long-term stability	High
Ceramic (NPO)	100 pF–1 $\mu F$	50–400	$\pm 30$	10	$5 \times 10^3$	0.02	0.75	–55/+125	Active filters, low TC	Medium
Ceramic	10 pF–1 $\mu F$	50–30,000						–55/+125	Small, very popular selectable TC	Low
Paper	0.01 $\mu F$ –10 $\mu F$	200–1600	$\pm 800$	10	$5 \times 10^3$	1.0	2.5	–55/+125	Motor capacitors	Low
Aluminum	0.1 $\mu F$ –1.6 F	3–600	+2500	–10/+100	100	10	8.0	–40/+85	Power supply filters short life	High
Tantalum (Foil)	0.1 $\mu F$ –1000 $\mu F$	6–100	+800	–10/+100	20	4.0	8.5	–55/+85	High capacitance small size, low inductance	High
Thin-film	10 pF–200 pF	6–30	+100	10	$10^6$	0.01		–55/+125		High
Oil	0.1 $\mu F$ –20 $\mu F$	200–10,000				0.5			High voltage filters, large, long life	
Vacuum	1 pF–1000 pF	2,000–3,600							Transmitters	

Fig. 5: Características de algunos tipos de condensadores, fte: Whitaker, J.

## 8. Probando los transistores bipolares BJT

Un transistor BJT es fundamentalmente un arreglo de dos uniones PN en oposición, en consecuencia se pueden probar como diodos, con un ohmetro mida entre la base y el emisor y luego invierta la polaridad de las puntas y vuelva a medir. Las lecturas deben ser muy diferentes. Repita el procedimiento para la unión de Base a Colector y el resultado debe ser análogo. Si repite el procedimiento entre Colector y Emisor habrá diferencia entre las lecturas pero no sera tan marcada. Si en algún parte de terminales las resistencias es alta o baja en ambos sentido el transistor esta deteriorado. Note que si no conoce los terminales del transistor, puede hacer las mediciones dos a dos terminales y si alguno da igual ( alto o baja resistencia) el transistor esta deteriorado.

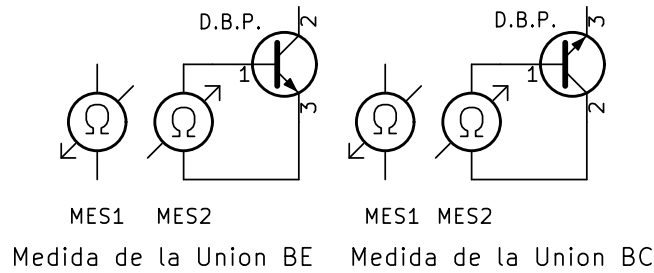


Fig. 6: Prueba de BJT con ohmetro

Otra forma de verificarlo, es hacer un pequeño montaje, sin resistencia de emisor, buscando que el transistor quede en zona lineal para cualquier valor probable del beta. Por ejemplo para un transistor con  $\beta$  entre 100 y 300, pudiera utilizarse una resistencia de base de  $470k$  y una de colector de  $1,1k$  lo cual utilizando una fuente de  $5V$  como se muestra en la figura arroja valores de tensión de colector de:

$$V_C = V_{CC} - R_C \cdot \left( \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \right) \beta$$

$$V_C = 5V - 10,2mV \cdot \beta$$

que usando los componentes indicados y tomando un  $V_{BE} = 0,65V$  arroja valores en el rango de  $V_C = 3,98V$  y  $V_C = 1,95V$

Lo cual puede verificarse con un voltímetro o un osciloscopio.

En el caso de un transistor PNP, aplican las mismas consideraciones y ensayos y el montaje sera,claro, el simétrico. Siendo la tensión de colector :

$$V_C = 10,2mV \cdot \beta$$

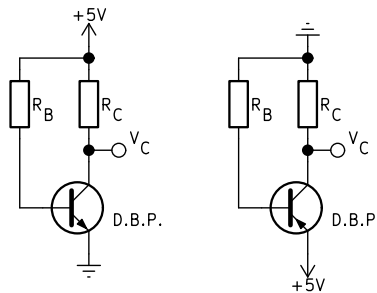


Fig. 7: Montaje de pruebas para BJT

Si estas usando transistores que te suministro un compañero, primero agradézcalo y luego pruébelos, por que un transistor deteriorado o complementemente quemado, puede traducirse en mucho tiempo perdido y frustración en el laboratorio.

## 9. Amplificador Complemente Cargado Modelo Natural

Asumiendo  $r_x = 0$ ,  $r_\mu = \infty$

$$\begin{bmatrix} v_b \\ v_c \\ v_e \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} Z_E[Z_C + r_\pi + r_o(g_m r_\pi + 1)] + r_\pi(r_o + Z_C) & Z_B Z_E & Z_B(r_\mu + Z_C) \\ Z_C(Z_E - g_m r_o r_\pi) & Z_E[Z_B + r_\pi + r_o(g_m r_\pi + 1)] + r_o(Z_B + r_\pi) & Z_C(g_m r_o r_\pi + Z_B + r_\pi) \\ Z_E(Z_C + r_o(g_m r_\pi + 1)) & Z_E(Z_B + r_\pi) & (Z_B + r_\pi)(Z_C + r_o) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_B \\ V_C \\ V_E \end{bmatrix}$$

$$\Delta = Z_E[Z_C + Z_B + r_\pi + r_o(g_m r_\pi + 1)] + (Z_B + r_\pi)(r_o + Z_C)$$

Asumiendo  $r_x = 0$ ,  $r_\mu = \infty$ ,  $r_o = \infty$

$$\begin{bmatrix} v_b \\ v_c \\ v_e \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} Z_E(g_m r_\pi + 1) + r_\pi & 0 & Z_B \\ -g_m r_\pi Z_C & 1 & g_m r_\pi Z_C \\ Z_E(g_m r_\pi + 1) & 0 & Z_B + r_\pi \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_B \\ V_C \\ V_E \end{bmatrix}$$

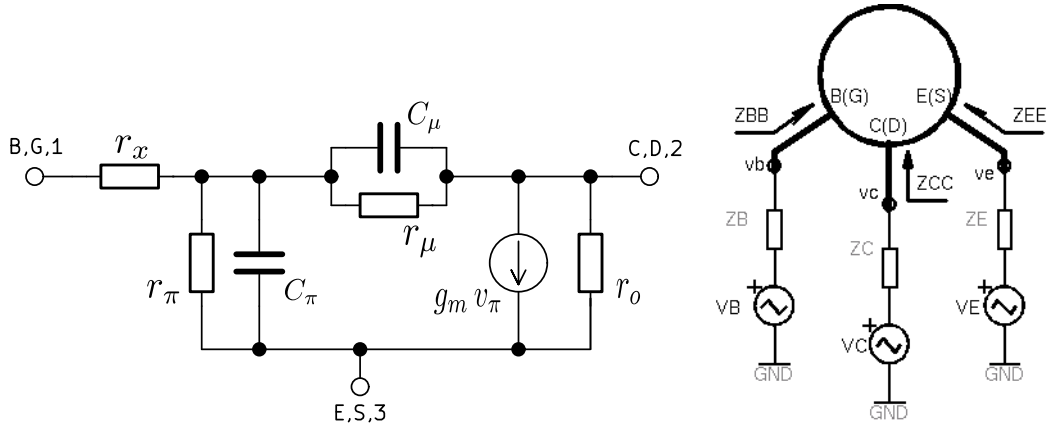
$$\Delta = Z_E(g_m r_\pi + 1) + Z_B + r_\pi$$

Impedancias

$$\begin{bmatrix} Z_{BB} \\ Z_{CC} \\ Z_{EE} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_E(g_m r_\pi + 1) + r_\pi \\ \frac{r_o(r_\pi + Z_B + Z_E(g_m r_\pi + 1)) + Z_E(Z_B + r_\pi)}{Z_E + Z_B + r_\pi} \\ \frac{(Z_B + r_\pi)(r_o + Z_C)}{Z_C + Z_B + r_\pi + r_o(g_m r_\pi + 1)} \end{bmatrix} \simeq \begin{bmatrix} Z_E(g_m r_\pi + 1) + r_\pi \\ \infty \\ \frac{Z_B + r_\pi}{g_m r_\pi + 1} \end{bmatrix}$$

transformaciones:

$$g_m = \frac{h_{fe}}{h_{ie}} r_\pi = h_{ie}^{-1} r_\pi r_o = h_{oe}^{-1} r_\mu = \frac{r_\pi}{h_{re}}$$



## 10. Medición de Ganancias Diferenciales

Sabiendo que las tensiones de entrada pueden expresarse en términos de la señales de modo común  $v_c$  y de modo diferencial  $v_d$ :

$$\begin{cases} v_1 = v_c + \frac{1}{2}v_d \\ v_2 = v_c - \frac{1}{2}v_d \end{cases}$$

dado que

$$\begin{cases} v_d = v_1 - v_2 \\ v_c = \frac{1}{2}(v_1 + v_2) \end{cases}$$

Por otro lado la salida de cualquier Amplificado Diferencial, vendrá dada por

$$v_o = A_d v_d + A_c v_c \text{ o bien } v_o = A_d \left( v_d + \frac{A_c}{A_d} v_c \right)$$

$$v_o = A_d \left( v_d + \frac{1}{\rho} v_c \right)$$

Entonces para medir, las ganancias de modo diferencial y común es necesario aplicar dos fuentes de señal y utilizar el teorema de superposición, esto es apagar una fuente y medir excitando con la otra. En el caso del modo común, esto no constituye ningún problema, pues se aplica con un generador de funciones la misma señal a ambas entradas y se procede a la medición de la ganancia como es usual.

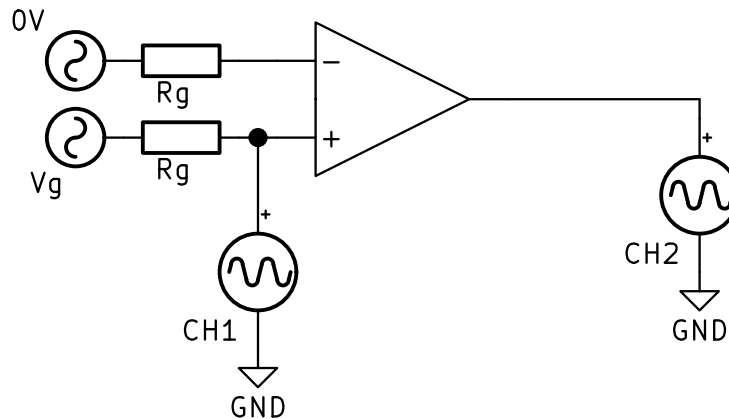


Fig. 8: Medición de Ganancia Diferencial

En el caso del modo diferencial, es necesario dos fuentes, dos generadores. Pero además estos deben estar sincronizados y en contrafase, lo cual no es tan fácil o implicaría un montaje adicional. Para soslayar este inconveniente nos permitiremos un error sistemático y mediremos aplicando una señal en una de las entradas y una señal nula (0V , en dinámico) en la otra. Veamos que se obtiene:

$$\begin{cases} v_d = v_g - 0V \\ v_c = \frac{1}{2} (v_g + 0V) \end{cases}$$

sustituyendo

$$v_o = A_d \left( v_g + \frac{1}{\rho} \frac{v_g}{2} \right)$$

lo que resulta en:

$$v_o = A_d v_g \left( 1 + \frac{1}{2\rho} \right)$$

entonces decir que :

$$\frac{V_o}{V_g} = A_d \text{ introduce un error sistemático de } \frac{100}{2\rho} \%$$

Pero claro, al estar identificando el error sistemático, puede ser corregido, midiendo antes la ganancia de modo común

y corrigiendo  $A_d$  al sumando  $\frac{\pm A_c}{2}$  ( el signo, con arreglo a las fases entre las ganancias)

## 11. Medición de la Respuesta en frecuencia de Amplificadores y otros circuitos lineales

Son muchas las oportunidades en las que es necesario establecer como varia la ganancia de un circuito, en una banda de frecuencias, esto es, la Respuesta en frecuencia, para verificar por ejemplo la respuesta de un amplificador o como se modifica el contenido espectral en un filtro.

Obtener la Respuesta en frecuencia de un Circuito Lineal Bajo Ensayo (CLBE), equivale a medir la función de transferencia. Esto puede hacerse, utilizando como excitación señales sinusoidales (armónicas) y midiendo la salida del CLBE para un conjunto de frecuencias que muestreen, lo suficientemente el rango de frecuencias considerado, en particular aquellos subrangos que exhiban cambios de la respuesta, esto es, a la frecuencia de los polos y de los ceros.

Asumiendo un número N de muestras en frecuencia (mediciones de la respuesta) y en ausencia de otra información se puede repartir las frecuencias a medir, con arreglo a una progresión geométrica, de manera de muestrear uniformemente en una escala logarítmica.

$$f_i = k^i \cdot f_{min}$$

donde :

$f_i$  son cada una de las N frecuencias a considerar desde  $f_{min}$  hasta  $f_{max}$  e  $i \in (0, N - 1)$

k es un factor, que puede ser determinado mediante:

$$\log(f_i) = i \cdot \log(k) + \log(f_{min})$$

entonces, evaluando en el ultimo punto y despejando k:



$$k = 10^{\frac{\log(f_{max}/f_{min})}{N-1}}$$

Lo cual no restringe, aumentar la densidad de muestras, en aquellos rangos donde se quieran determinar mejor la respuesta, como en las cercanías de las frecuencias de corte o en otros casos frecuencias de resonancia.

Como se muestra en el circuito de la figura 9, las impedancias tanto de entrada como de salida, como la impedancia de salida del generador, como también la impedancia de carga, pueden cambiar con la frecuencia y por ende cambiar los efectos de carga. Por otro lado, no hay garantía que los generadores de excitación, mantengan con exactitud el nivel de tensión en la entrada del CLBE, mas aun, cuando es necesario cambiar el selector de rango de frecuencia en el generador.

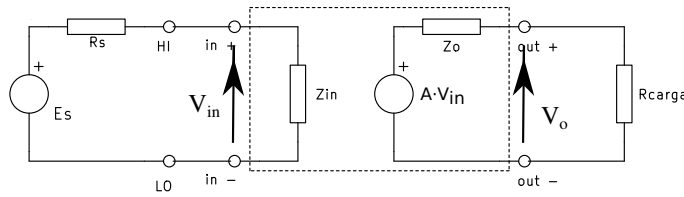


Fig. 9: Diagrama esquemático del montaje para medición de Respuesta en frecuencia

En virtud de lo anterior es necesario, medir para cada frecuencia, tanto la tensión de salida, como la de entrada y claro, el desfase entre ellas. La ganancia de tensión  $A_V$  vendrá dada por:

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} \pm \frac{V_o}{V_i} \sqrt{\left(\frac{\Delta V_o}{V_o}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_i}{V_i}\right)^2}$$

Notese que tanto  $\frac{\Delta V_o}{V_o}$  como  $\frac{\Delta V_i}{V_i}$  son inversamente proporcionales al número de divisiones del osciloscopio en las lecturas de  $V_o$  y  $V_i$ .

Por otro lado la fase de la función de transferencia, puede determinarse del desfase  $\phi$  de las señal  $V_o$  con  $V_i$ . Recordando, para medir el desfase con el osciloscopio, se mide la diferencia de tiempos del cruce por cero de las señales  $t_\phi$  y el periodo  $T$  de la señal, entonces el desfase vendrá dado por:

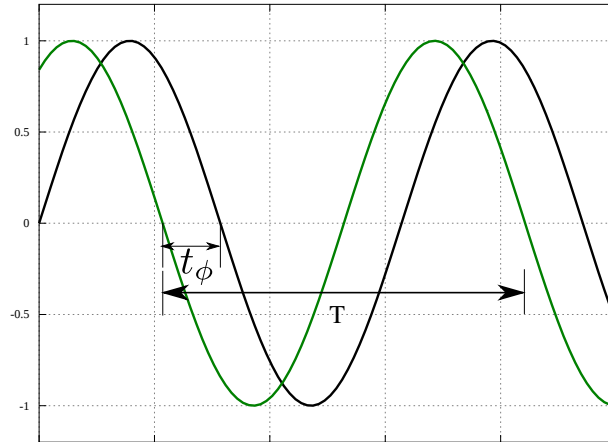


Fig. 10: Medición del Desfase entrada-salida

$$\phi = 2\pi \frac{t_\phi}{T}$$

en consecuencia la lectura será:

$$\phi = 2\pi \frac{t_\phi}{T} \pm 2\pi \frac{t_\phi}{T} \sqrt{\left(\frac{\Delta t}{t_\phi}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{T}\right)^2}$$

donde  $\Delta t$  corresponde con la resolución ( el valor de la subdivisión en el osciloscopio) al medir los tiempos.

Por su lado la frecuencia, claro esta, también involucra un proceso de medición y su lectura será:

$$f = \frac{1}{T} \pm \frac{\Delta t}{T^2}$$

Para reportar los datos se sugiere utilizar una tabla como la siguiente:

i	$T$ [ms]	$\Delta T$ [ms]	$t_\phi$ [ms]	$\Delta t_\phi$ [ms]	$V_i$ [V]	$\Delta V_i$ [V]	$V_o$ [V]	$\Delta V_o$ [V]
0	10,0	0,4	1,0	0,4	0,1	0,01	1,0	0,1
1	⋮		⋮		⋮		⋮	

i	$f$ [Hz]	$\Delta f$ [Hz]	$\phi$ [rad]	$\Delta \phi$ [rad]	$A$ [V/V]	$\Delta A_V$ [V/V]
0	100	4			10	1
1	⋮		⋮		⋮	

Tab. 5: Datos Experimentales de la medición de Respuesta en frecuencia

## 12. Medición de frecuencias de corte

La medición de frecuencias de corte puede realizarse de la siguiente manera:

1. Colocar en el generador de señales una onda sinusoidal a frecuencias medias y con una amplitud que no sature la salida del amplificador.

2. Medir con el osciloscopio en forma DUAL la amplitud de la señal de entrada ( $V_i$ ) y la señal de salida del circuito ( $V_o$ ), como se muestra en la Figura 11.

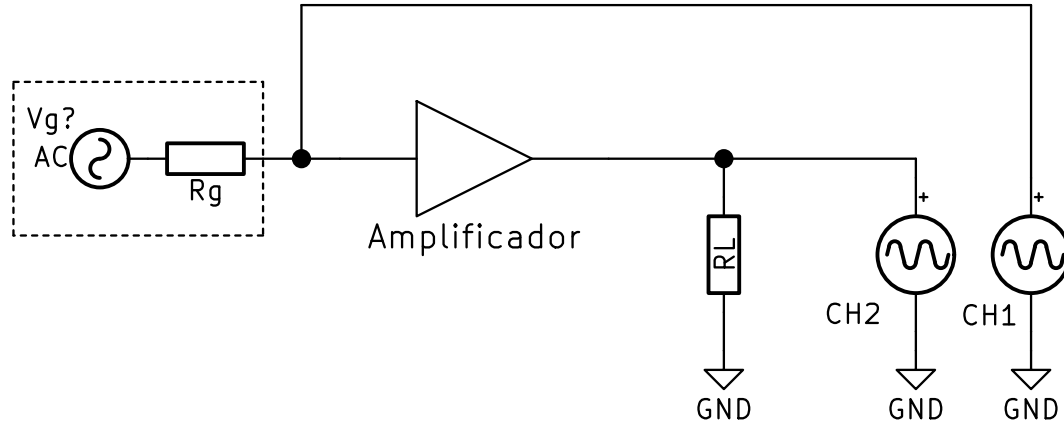


Fig. 11: Diagrama de conexiones para la Medición de frecuencias de corte

3. Calcular la ganancia de tensión ( $V_o/V_i$ ).

4. Para hallar frecuencia de corte de baja  $f_L$ : disminuir la frecuencia del generador hasta que la ganancia de tensión obtenida mediante el osciloscopio disminuya en 3dB, esto es lo mismo que:

$$G_2 = \frac{G_1}{\sqrt{2}}$$

Donde  $G_1$  corresponde a la ganancia de tensión a frecuencias medias y  $G_2$  la ganancia en la frecuencia de corte.

5. Una vez que esto ocurra, se debe tomar nota del periodo de la señal, en esta condición, para calcular la frecuencia de corte y su incertidumbre, como se indica en la sección de Medición de Frecuencia.:

6. Para hallar la frecuencia de corte de alta  $f_H$ : se debe repetir el proceso anterior hasta el punto, solo que en esta oportunidad se debe ir aumentando la frecuencia del generador, hasta encontrar el punto de potencia mitad.

Una alternativa a este método es, superponer la traza de ambas señales en el osciloscopio, a una frecuencia en el rango de frecuencias medias, para ello descalibre uno de los canales hasta lograr trazas de igual amplitud y que además coincidan con las marcas de medición de la pantalla. Varíe la frecuencia de excitación ( aumentando en el caso de medir  $f_H$  y disminuyendo para  $f_L$  ) hasta que la traza de la salida disminuya a 0.7 veces la de la entrada. Si la señal de entrada también cambio de amplitud, debe ir determinando al relación de amplitud entre ambas trazas hasta conseguir el punto de potencia mitad (0.7 veces ).

Cuando existen polos dominantes puede, alternativamente buscarse mediante figuras de Lissajous desfases de  $45^\circ$  o  $-45^\circ$  según el caso ( pues se forma una elipse con el eje mayor a  $\pm 45^\circ$ ) lo cual permite una ubicación gruesa de la frecuencia de corte y luego afinar con los procedimientos anteriores.

Una ultima técnica menos precisa, solo para estimación, en sistemas con polos dominantes, se basa en la medición de la ganancia y frecuencia en la región de frecuencias medias ( $f_m, Av_m$ ) y fuera de esta ( $f_1, A_1$ ), veamos:

Para altas frecuencias:

$$A_1 = Av_m \cdot \frac{\omega_H}{s + \omega_H} \Big|_{s=j\omega_1 \gg j\omega_H} \simeq Av_m \cdot \frac{\omega_H}{s}$$

despejando

$$\omega_H = \frac{A_1}{\sqrt{A_{vm}^2 + A_1^2}} \cdot \omega_1 \simeq A_1 \cdot \frac{\omega_1}{Av_m}$$

análogamente para bajas frecuencias:

$$A_1 = Av_m \cdot \frac{s}{s + \omega_L} \Big|_{s=j\omega_L \gg j\omega_1} \simeq Av_m \cdot \frac{s}{\omega_L}$$

y entonces:

$$\omega_L = \frac{\sqrt{A_{vm}^2 + A_1^2}}{A_1} \cdot \omega_1 \simeq Av_m \cdot \frac{\omega_1}{A_1}$$

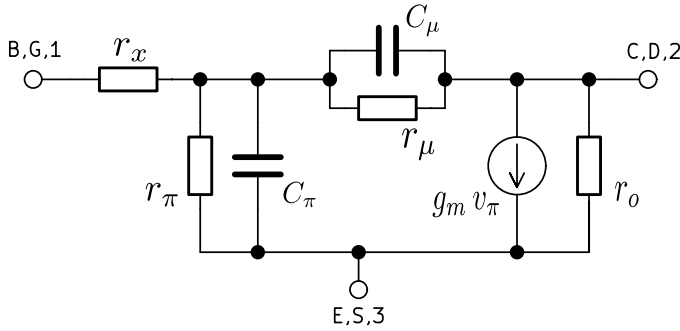
La tabla de mediciones del laboratorio debe tener las siguientes columnas:

$T$ [ms]	$\Delta T$ [ms]	$V_i$ [V]	$\Delta V_i$ [V]	$V_o$ [V]	$\Delta V_o$ [V]	$f$ [Hz]	$\Delta f$ [Hz]
10,0	0,4	0,1	0,01	1,0	0,1	100	4
$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$	

Tab. 6: Datos Experimentales de la medición de Respuesta en frecuencia

### 13. Análisis en alta frecuencia

#### 13.1. Modelo de Giaccolleto



$$r_\pi = h_{ie} - r_x = \frac{m V_T}{I_{CQ}} \beta$$

$$r_o = \frac{1}{h_{oe} - g_m h_{re}} = \frac{V_A + V_{CE}^Q}{I_C^Q}$$

$$r_\mu = \frac{1 - h_{re}}{h_{re}} r_\pi$$

$$g_m = \frac{I_{CQ}}{m V_T}$$

$$\omega_T = \beta \cdot \omega_\beta = \frac{g_m}{C_\pi + C_\mu}$$

#### 13.2. Polos aproximados producidos por las capacitancias parásitas

$$r_o \rightarrow \infty$$

$$\omega_\pi = \frac{r_\pi + r_x + R_B + R_E (g_m r_\pi + 1)}{C_\pi (R_E + r_x + R_B) r_\pi}$$

$$\omega_\mu = \frac{r_\pi + r_x + R_B + R_E (g_m r_\pi + 1)}{C_\mu ((r_x + R_B) ((R_C + R_E) (g_m r_\pi + 1) + r_\pi) + (r_\pi + R_E (g_m r_\pi + 1)) R_C)}$$

$$r_o \ll \infty$$

$$\omega_\pi = \frac{R_E (g_m r_\pi + 1) + r_x + r_\pi + R_B + ((R_C + R_E) (r_x + r_\pi) + R_C (R_C + R_E) + R_B R_E) \frac{1}{r_o}}{C_\pi ((1 + R_C/r_o) (R_E + r_x + R_B) + R_E/r_o (r_x + R_B)) r_\pi}$$

$$\omega_\mu = \frac{(R_C + r_o) (r_\pi + r_x + R_B + R_E) + R_E r_\pi (g_m r_o + 1)}{C_\mu ((r_x + R_B) (R_E r_o + (R_C + R_E + r_o) r_\pi + g_m r_\pi (R_C + R_E) r_o) + ((r_x + R_B + R_E + r_\pi) r_o + R_E r_\pi (1 + g_m r_o)) R_C)}$$

#### 13.3. Aproximaciones globales de alta frecuencia en el modelo de Banda Ancha

$$\omega_L^2 = \sum \omega_i^2 - 2 \cdot \sum z_j^2$$

$$\omega_H^2 = \left( \sum \frac{1}{\omega_i^2} \right)^{-1}$$

## 14. Diseño de Filtro Activos

### 14.1. Topología Sallen-Key para Filtro Pasa Bajos

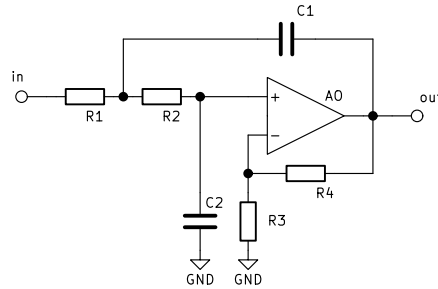


Fig. 12: Filtro pasa bajos con topología Sallen Key

$$H_{lp}(s) = \frac{A_{vm} \omega_0^2}{s^2 + \left(\frac{\omega_0}{Q}\right) \cdot s + \omega_0^2}$$

$$\frac{V_O(s)}{V_i(s)} = \frac{\frac{K}{R_1 R_2 C_1 C_2}}{s^2 + \left(\frac{1}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_2 C_1} + \frac{(1-K)}{R_2 C_2}\right) \cdot s + \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

$$A_{vm} = K = \frac{R_4}{R_3} + 1 \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad Q = \frac{1}{\sqrt{\frac{R_2 C_2}{R_1 C_1} + \sqrt{\frac{R_1 C_2}{R_2 C_1} + \sqrt{\frac{R_1 C_1}{R_2 C_2} \cdot (1-K)}}}}$$

Dentro de las múltiples formas de diseñar, la siguiente es solo una posible:

1. Elija un valores convenientes para los condensador  $C = C_1 = C_2$  y para las resistencias  $R = R_1 = R_2$
2. Calcular  $RC = 1/\omega_0$   $K = 3 - \frac{1}{Q}$  y claro  $R_4 = (K - 1)R_3$
3. Ajuste a valores comerciales y evalúe las especificaciones
4. Modifique  $C$ ,  $R$  y  $K$  para acercarse lo mas posible con valores comerciales a las especificaciones.

Ejemplo:

Considere un FPB con  $A_{vm} = |30|$   $Q = 0,707$   $\omega_0 = 1kHz$

1. Se toma  $RC = 1/\omega_0 = 1/(6,28 \cdot 1e3) = 1,591e-4$  entonces pueden ser  $C = 16nF$  y  $R = 10k\Omega$  asignado valores de la serie del 5 %
2. La ganancia no puede garantizarse de esta manera pues afecta el factor de calidad  $K = 3 - 1,414 = 1,586$ , entonces  $R_4 = 16k\Omega$  y  $R_3 = 10k\Omega$  ( serie E24 del 5 %)
3. Las especificaciones resultan en :  $A_{vm} = 1,6$   $\omega_0 = 995Hz$   $Q = 0,7143$  las cuales tienen desviaciones menores al 1 %

## 14.2. Topología de Realimentaciones Múltiples para Filtro Pasa Bajos

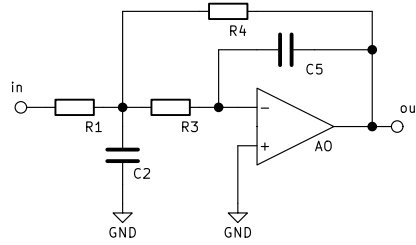


Fig. 13: Filtro pasa bajos con topología de Realimentaciones Múltiples

$$H_{lp}(s) = \frac{A_{vm} \omega_0^2}{s^2 + \left(\frac{\omega_0}{Q}\right) \cdot s + \omega_0^2}$$

$$\frac{V_O(s)}{V_i(s)} = \frac{-\frac{1}{R_1 R_3 C_2 C_5}}{s^2 + \frac{1}{C_2} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) \cdot s + \frac{1}{R_4 R_3 C_2 C_5}}$$

$$A_{vm} = \frac{-R_4}{R_1} \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{R_4 R_3 C_2 C_5}} \quad Q = \frac{\sqrt{C_2/C_5}}{\sqrt{R_3/R_4} + \sqrt{R_4/R_3} + \frac{\sqrt{R_3 R_4}}{R_1}}$$

Dentro de las múltiples formas de diseñar, la siguiente es solo una posible:

1. Elija un valor conveniente para el condensador  $C_5$
2. Calcular  $C_2$  como  $C_2 = n C_5$ , donde  $n \geq 4Q^2 (1 + A_{vm})$
3. Las resistencias se calculan como :  $R_4 = \frac{1 + \sqrt{1 - 4Q^2(1 + A_{vm})/n}}{2\omega_0 Q C_5}$   $R_1 = \frac{R_4}{A_{vm}}$   $R_3 = \frac{1}{\omega_0^2 R_4 C_2 C_5}$
4. Ajuste a valores comerciales y evalúe las especificaciones
5. Modifique  $C_2$ ,  $C_5$  y  $n$  para acercarse lo mas posible con valores comerciales a las especificaciones.

Ejemplo :

Considere un FPB con  $A_{vm} = |-30|$   $Q = 0,707$   $\omega_0 = 1kHz$

1. Se toma  $C_5 = 10nF$
2.  $n \geq 61,98 = 4Q^2 (1 + A_{vm})$  se toma  $C_2 = 680nF$
3. Las resistencias son resultan en  $R_4 = 91761$   $R_1 = 3059$   $R_3 = 1602$
4. Cuyos valores nominales en la serie E24 del 5 % de tolerancia serían  $R_4 = 91k\Omega$   $R_1 = 3,0k\Omega$   $R_3 = 1,6k\Omega$
5. Las especificaciones resultan en :  $A_{vm} = -30,33$   $\omega_0 = 1005Hz$   $Q = 0,705$  las cuales tienen desviaciones menores al 1 %

## 15. Medición de Impedancias de Entrada

Para medir impedancia de entrada de un circuito amplificador en el laboratorio se deben seguir los siguientes procedimientos:

1. Colocar en el generador de señales una onda sinusoidal a frecuencias medias y cuya amplitud no sature la salida del amplificador.
2. Medir con el osciloscopio la amplitud de dicha señal ( $V_g$ ).
3. Colocar una resistencia  $R_p$  (de igual magnitud a la impedancia de entrada teórica) entre el generador de señales y la entrada del circuito amplificador. Esto se hace con el objeto de minimizar la incertidumbre asociada a la medición.
4. Medir con el osciloscopio la amplitud de dicha señal ( $V_g$ ) y la amplitud de la señal ( $V_i$ ) como lo indica la figura 1. Donde  $V_g$  es la amplitud de la señal a la salida del generador de señales y  $V_i$  es la amplitud de la señal que entra al circuito amplificador.

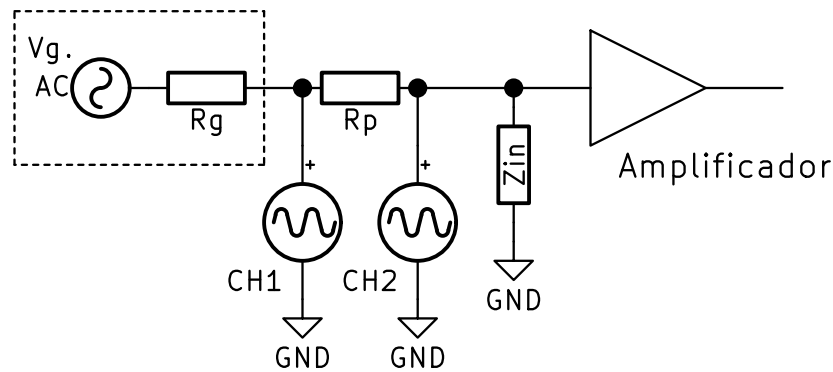


Fig. 14: Diagrama de Conexiones para la Medición de Impedancias de Entrada

Calcular la impedancia de entrada con la siguiente ecuación.

$$Z_{in} = \frac{R_p}{\frac{V_g}{V_i} - 1}$$

Buscando el diferencial total

$$\Delta Z_{in} = \frac{R_p V_g \Delta V_i}{\left(\frac{V_g}{V_i} - 1\right)^2 V_i^2} - \frac{R_p \Delta V_g}{\left(\frac{V_g}{V_i} - 1\right)^2 V_i} + \frac{\Delta R_p}{\frac{V_g}{V_i} - 1}$$

$$\Delta Z_{in} = \frac{Z_{in}^2 V_g \Delta V_i}{R_p V_i} - \frac{Z_{in}^2 V_g \Delta V_g}{R_p V_i} + Z_{in} \frac{\Delta R_p}{R_p}$$

Notese que si  $R_p$  es igual a  $Z_{in}$  entonces la incertidumbre se reduce a la incertidumbre de la resistencia patrón, por eso se debe ser cuidadoso en su escogencia y además seleccionarla con la menor incertidumbre.

Entonces, buscando el caso mas probable, la incertidumbre se reduce a:



$$\left(\frac{\Delta Z_{in}}{Z_{in}}\right)^2 = \left(\frac{Z_{in} V_g \Delta V_i}{R_p V_i V_i}\right)^2 + \left(\frac{Z_{in} V_g \Delta V_g}{R_p V_i V_g}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_p}{R_p}\right)^2$$

La tabla de mediciones del laboratorio deberá tener las siguientes columnas:

$V_g$	$\Delta V_g$	$V_i$	$\Delta V_i$	$R_p$	$\Delta R_p$	$Z_{in}$	$\Delta Z_{in}$

Tab. 7: Tabulación de la Medición de Impedancia de Entrada

## 16. Medición de Impedancias de Salida

Para medir impedancia de salida de un circuito amplificador en el laboratorio se deben seguir los siguientes procedimientos:

1. Colocar en el generador de señales una onda sinusoidal a frecuencias medias y cuya amplitud no sature la salida del amplificador.
2. Medir con el osciloscopio la amplitud de la señal a la salida del amplificador sin carga  $V_{o1}$  o  $V_o^{sc}$  como se muestra en la figura 15.

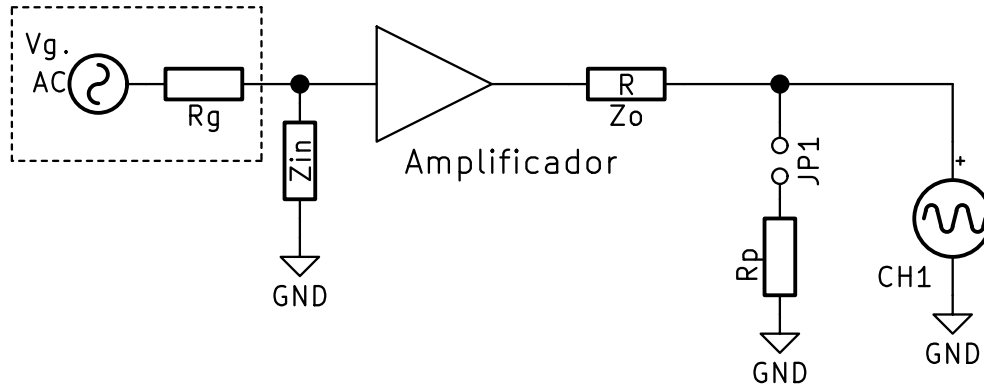


Fig. 15: Diagrama de Conexiones No. 1 para la Medición de Impedancias de Salida

3. Colocar una resistencia  $R_p$  (igual a la impedancia de salida teórica) entre la salida del amplificador y tierra, a modo de carga.
4. Medir la amplitud de la señal en la salida del circuito amplificador  $V_{o1}$  o  $V_o^{cc}$  como se muestra en la figura 15.
5. Calcular la impedancia de salida con la siguiente ecuación.

$$Z_o = R_p \left( \frac{V_o^{sc}}{V_o^{cc}} - 1 \right)$$

entonces su diferencial total es:

$$\Delta Z_o = -\frac{Rp}{V_o^{cc}} \frac{V_o^{sc}}{V_o^{cc}} \frac{\Delta V_o^{cc}}{V_o^{cc}} + Rp \frac{\Delta V_o^{sc}}{V_o^{cc}} + \left( \frac{V_o^{sc}}{V_o^{cc}} - 1 \right) \Delta Rp$$

nuevamente si  $Rp$  es igual a  $Z_o$  la incertidumbre tiene un mínimo

Para el caso mas probable, se tiene:

$$\left( \frac{\Delta Z_o}{Z_o} \right)^2 = \left( \frac{Rp}{Z_o} \frac{V_o^{sc}}{V_o^{cc}} \frac{\Delta V_o^{cc}}{V_o^{cc}} \right)^2 + \left( \frac{Rp}{Z_o} \frac{V_o^{sc}}{V_o^{cc}} \frac{\Delta V_o^{sc}}{V_o^{sc}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta Rp}{Rp} \right)^2$$

$V_o^{sc}$	$\Delta V_o^{sc}$	$V_o^{cc}$	$\Delta V_o^{cc}$	$Rp$	$\Delta Rp$	$Z_o$	$\Delta Z_o$

Tab. 8: Tabulación de la Medición de Impedancia de Entrada

## 17. Descripción de Procedimientos para Medición de Frecuencia y Fase Experimentalmente.

Paola Aguirre

### 17.1. Medición de Frecuencia

La frecuencia es la tasa de recurrencia de un evento periódico. En una forma de onda digital o analógica, se puede invertir el periodo  $T$  de la señal para obtener la frecuencia (Ec. 1). Para realizar cálculos de frecuencia con el osciloscopio, se debe tomar en cuenta lo antes expuesto, debido a que la medida tomada entre dos puntos equivalentes de la onda que se muestra en la pantalla, corresponde al periodo de esa señal. Para calcular su frecuencia, primero se debe multiplicar esta longitud medida por el factor de escala que indique la perilla de base de tiempos, y luego calcular el inverso de este valor.

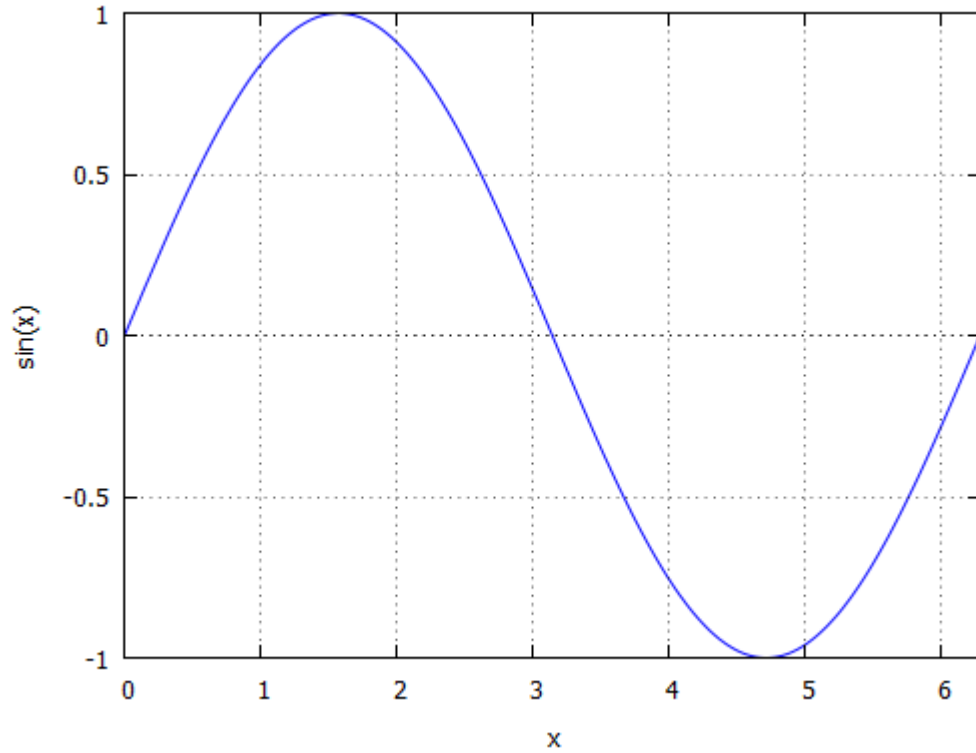


Fig. 16: Forma de onda en un osciloscopio, con periodo  $T$  señalado.

Debido que a cada medición realizada con el osciloscopio viene asociada una desviación se tiene que la frecuencia será de la forma:

$$f = f \pm \Delta f \quad (1)$$

En donde el término  $f$  será el valor de frecuencia calculado y  $\Delta f$  es la incertidumbre asociada a dicho cálculo. En la Figura 1, se muestra una forma de onda con un periodo  $T$  de 10 divisiones, por lo tanto:

$$T = 10 \cdot \text{Escala de la perilla de base de tiempos}$$

Si la perilla de base de tiempos se encuentra en  $0,5 \text{ ms/div}$ , la frecuencia de la señal será:

$$T = 10 \text{ div} \cdot 0,5 \frac{\text{ms}}{\text{div}} = 5 \text{ ms}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5 \text{ ms}} = 200 \text{ Hz}$$

Para el cálculo de la incertidumbre de la frecuencia se tiene que:

$$\Delta f = \frac{df}{dT} f \Delta T = \left| -\frac{1}{T^2} \Delta T \right|$$

En donde  $\Delta T$  corresponde a la desviación de la medida del periodo realizada en el osciloscopio, la cual en este caso es igual a  $0,1ms$ . Evaluando se tiene:

$$\Delta f = \left| -\frac{1}{(5ms)^2} \cdot 0,1ms \right| = 4Hz$$

El resultado final será:  $f = (200 \pm 4)Hz$ .

## 17.2. Medición de desfase entre dos señales

Al tener dos señales de la misma frecuencia,

$$X_1(t) = A_1 \cdot \cos(\omega t + \varphi_1) \text{ y } X_2(t) = A_2 \cdot \cos(\omega t + \varphi_2)$$

Se denomina desfase a la diferencia de fase entre ellas,

$$\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$

Esta diferencia puede ser medida de dos formas en el osciloscopio, las cuales se detallan a continuación.

### 17.2.1. a) Representación dual de ambas señales.

Como se observa en la Figura 2, las señales se anulan en los puntos  $t_1$  y  $t_2$ , respectivamente, por lo tanto:

$$\omega t_1 + \varphi_1 = \pi/2 \text{ y } \omega t_2 + \varphi_2 = \pi/2$$

Al restar las ambas ecuaciones, se obtiene

$$\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = -\omega(t_2 - t_1)$$

Teniendo en cuenta que  $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$  :

$$\varphi = 2\pi \frac{(t_1 - t_2)}{T}$$

o si se quiere expresar en grados sexagesimales:

$$\varphi = 360 \frac{(t_1 - t_2)}{T}$$

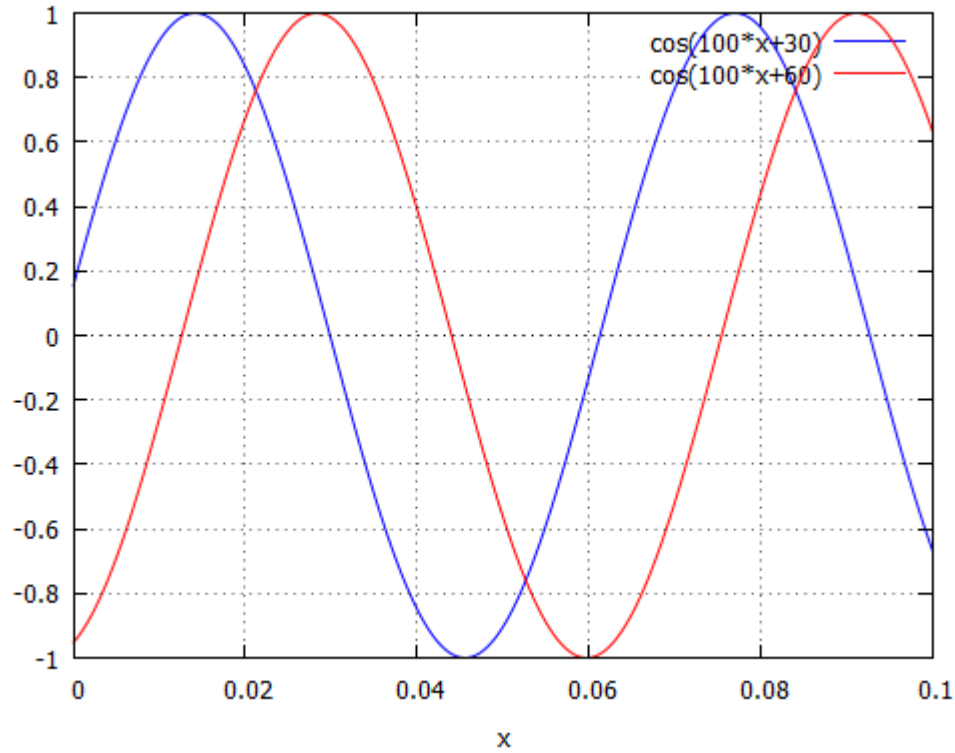


Fig. 17: Formas de onda en modo dual.

Para el cálculo de la incertidumbre asociada al ángulo de desfase se toma en cuenta que:

$$\left(\frac{\Delta\varphi}{\varphi}\right)^2 = \left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t_2}{t_2} \cdot \frac{t_2}{(t_2 - t_1)}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t_1}{t_1} \cdot \frac{t_1}{(t_2 - t_1)}\right)^2$$

y claro puede reducirse, tomando como referencia de tiempo el cruce por cero de la señal 1, entonces  $t_1 = 0$ , pero la incertidumbre  $\Delta t_2$  debe duplicarse.

$T$	$\Delta T$	$t_1$	$\Delta t_1$	$t_2$	$\Delta t_2$	$\varphi$	$\Delta\varphi$

Tab. 9: Tabulación de la Medición de Desfase

### 17.2.2. Figuras de Lissajous.

Las figuras de Lissajous se pueden observar en el modo X-Y del osciloscopio, en donde el canal X representa el eje horizontal y el canal Y el eje vertical. Al tener señales similares a  $x(t)$  y  $y(t)$ , se mostrará en el modo X-Y señales parecidas a las de la Figura 18.

Para hallar el desfase entre ambas señales, se miden a y b (Ver Figura 18 segundo ejemplo), considerando en un instante lo siguiente:

$$x = Ax \cdot \sin(\omega t) \quad y = Ay \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

Cuando  $x = 0$ , es por que  $\omega t$  es múltiplo de  $\pi$  y  $y = a = b \cdot \sin(\varphi)$

Entonces

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{a}{b}\right)$$

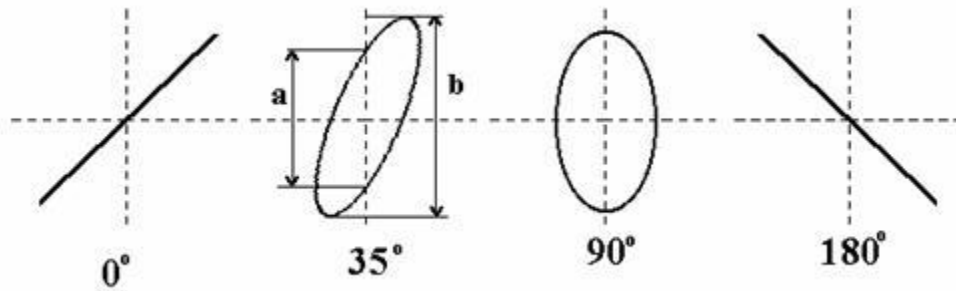


Fig. 18: Ejemplos de figuras de Lissajous.

En este caso, para hallar la incertidumbre correspondiente al cálculo del ángulo de desfase se toma en cuenta:

$$\Delta\varphi^2 = \left(\frac{d\varphi}{da} \Delta a\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{db} \Delta b\right)^2$$

$$\Delta\varphi^2 = \left(\frac{\frac{a/b}{\sqrt{1 - (a/b)^2}} \frac{\Delta a}{a}}\right)^2 + \left(\frac{\frac{-a/b}{\sqrt{1 - (a/b)^2}} \frac{\Delta b}{b}}\right)^2$$

$a$	$\Delta a$	$b$	$\Delta b$	$\varphi$	$\Delta\varphi$

Tab. 10: Tabulación de la Medición de Desfase

## 18. Funcionamiento del Osciloscopio

Un osciloscopio es un dispositivo electrónico que gráfica la tensión que se conecte en sus bornes ( o canal) en función del tiempo. También puede graficar la tensión en un canal en función de la tensión en otro canal, una gráfica paramétrica donde el parámetro es el tiempo. En la actualidad existen y coexisten dos tipos de osciloscopio los analógicos y los digitales, los cuales comparten un gran numero de características, funciones, de subsistemas y fundamentalmente su ergonomía, por ello nos referiremos en este aparte al osciloscopio analógico.

En un osciloscopio analógico, se utiliza un haz de electrones para trazar sobre una pantalla fosforescente una curva paramétrica, donde el parámetro es el tiempo y las coordenadas son en la

vertical la señal que se quiere visualizar y en la horizontal una señal diente de sierra, esto es, una señal que cambia linealmente con el tiempo hasta llegar a un máximo, donde retorna abruptamente a un mínimo. La intensidad de la corriente electrónica que constituye el haz, es graduada desde el panel en el ajuste de Intensidad, y el ancho y difusión del haz se gradúa en el foco, este ajuste literalmente ajusta la forma de la sección de haz que impacta la pantalla.

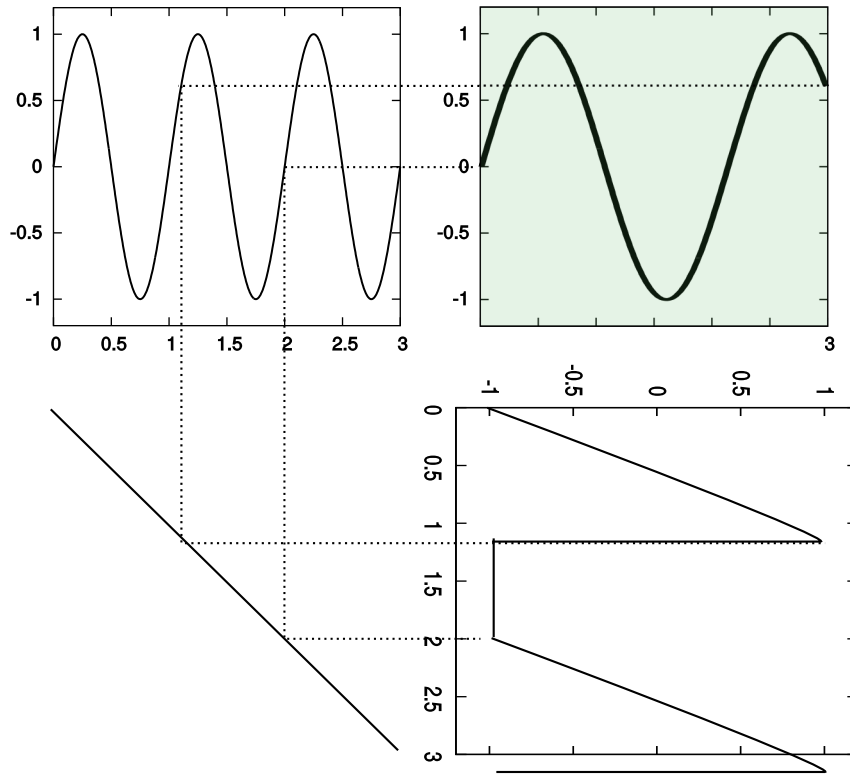


Fig. 19: Composición del trazo en la pantalla del osciloscopio

Como se puede ver en la Figura 20, cada canal vertical tiene un mecanismo de selección entre un acoplamiento directo o DC uno a través de una capacitancia (filtro pasa altos) o AC y la conexión a tierra GND, seguidamente tiene un selector de ganancia, que ajusta la ganancia o atenuación de la señal en la etapa de amplificación, el cual es un amplificador de acoplamiento directo, por lo cual se le agrega una señal DC llamada Offset y ajustable desde el panel como POS (posición vertical), con el cual se ajusta el nivel de referencia.

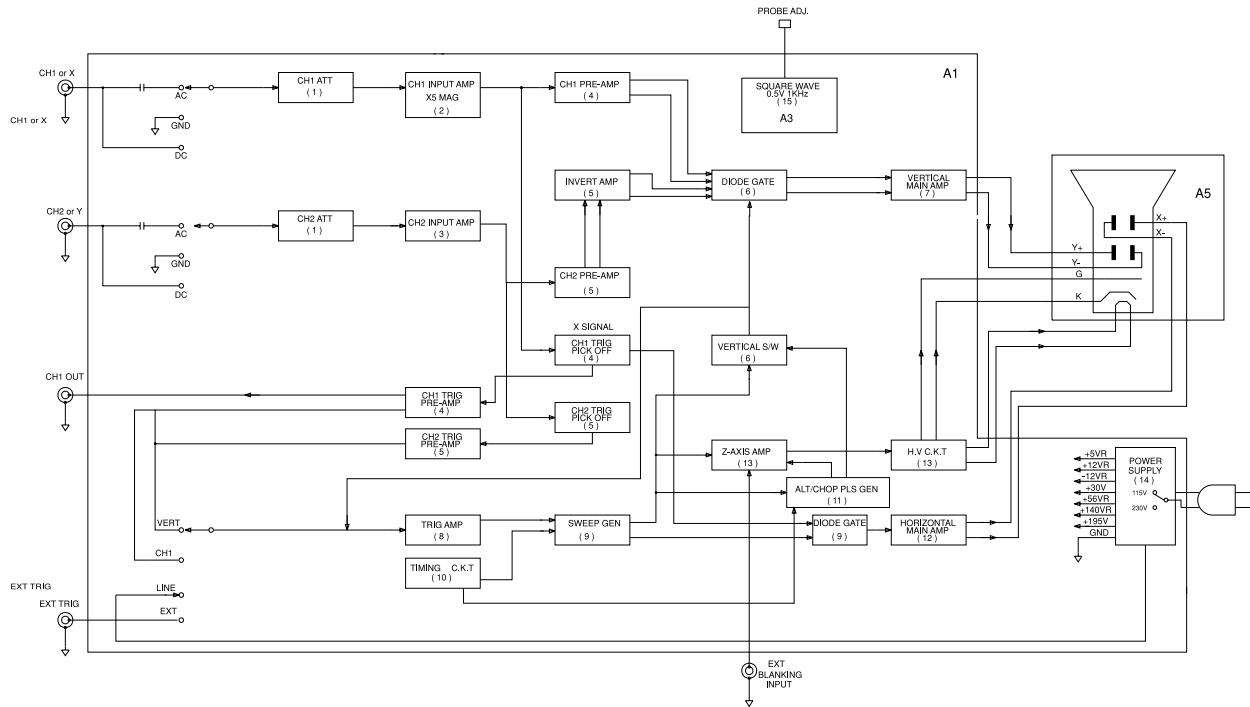


Fig. 20: Diagrama de Bloques de un Osciloscopio Analógico

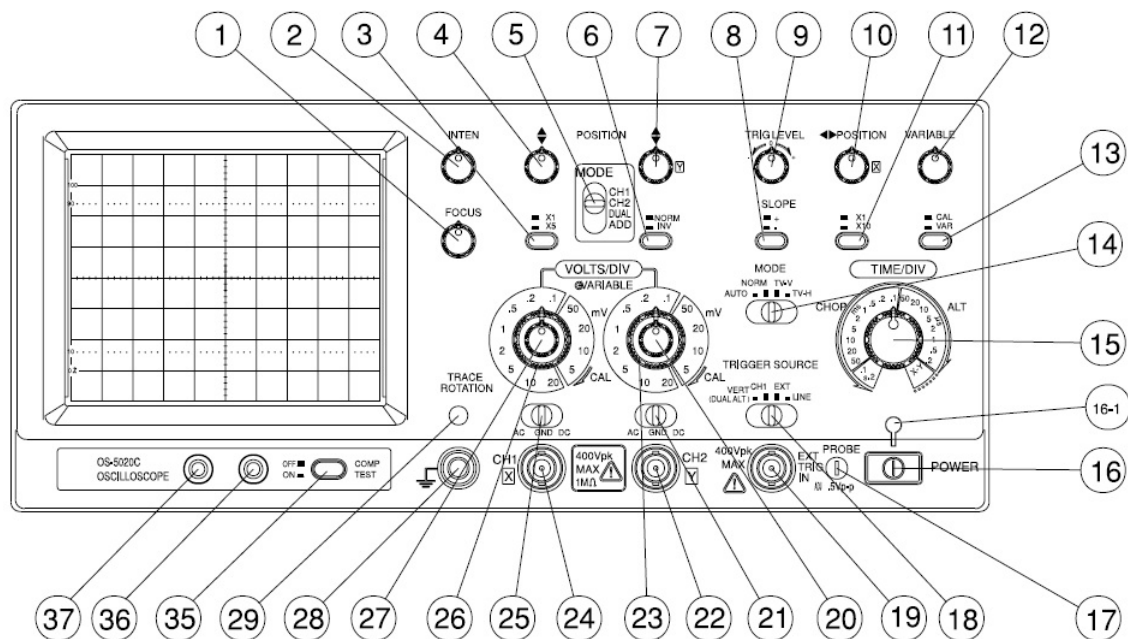


Fig. 21: Panel Frontal de un Osciloscopio

El Disparo: Cuando realizamos una medida en una señal periódica, el inicio de muestreo de la señal se produce por el lado izquierdo de la pantalla, de forma que empieza a mostrar la señal desde un nivel de tensión determinado, siendo éste el nivel elegido para el Trigger (o disparo) , es decir,



el nivel de disparo para el sincronismo. Este término indica el nivel de tensión en que se inicia el sincronismo de captura y visualización de la señal en la pantalla. El momento de disparo se produce cuando la forma de onda (tensión) cruza con el nivel de tensión de disparo predeterminado o elegido. Además, este nivel de tensión puede estar en el flanco ascendente como en el flanco descendente, por tanto, también existirá la posibilidad de ser elegido este flanco. Esta opción es denominada Slope +/-.

Observe la Figura 22, los recuadros muestran la imagen en pantalla, si el osciloscopio comienza el barrido (el trazo en pantalla) en el mismo punto de la señal, la imagen es constante y la señal queda detenida. Si no es así, la imagen del trazo en pantalla parece desplazarse.

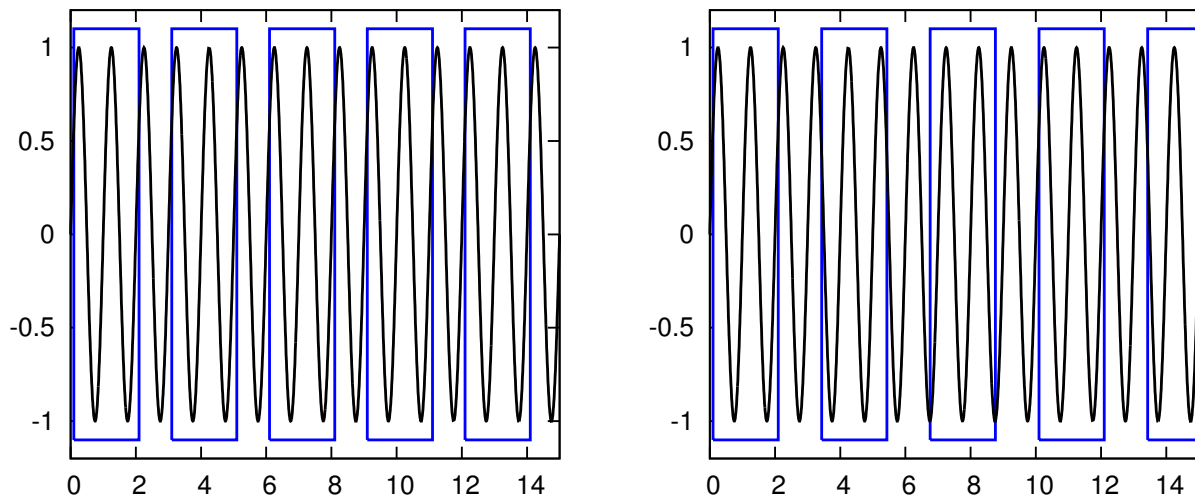


Fig. 22: Disparo en diferentes momentos (izq) Sincronizado, (der) No sincronizado.

## 19. Medición de Tensión con el Osciloscopio

Antes de comenzar verifique la alineación de rotación es correcta

Para medir tensiones con el osciloscopio se distinguen dos casos, tensiones constantes y tensiones variables en tiempo periódicas.

Para medir tensiones constantes, primeramente se revisará y ajustará la traza de referencia (es buena practica hacerlo cada vez que se cambie de escala vertical), esto se hace, cortocircuitando los terminales de señal y tierra de las puntas del osciloscopio o seleccionado GND en el selector de entrada (25) con el mismo resultado. Con ayuda de la graduación (4) ajuste la posición de la traza a la línea que va a usar como referencia, usualmente la línea horizontal central, pero dependiendo de la resolución que se quiera obtener puede, ubicarse la traza en cualquiera de las paralelas y medir respecto a ella. Note que al ajustar la traza esta midiendo y asignando a ese nivel el valor  $0 \pm res$  donde  $res$  es la resolución en la escala correspondiente  $V/div \cdot \frac{1}{10}$  ya que el el numero de subdivisiones por cada división es 5 universalmente, sin embargo se puede distinguir entre la parte de arriba y a de abajo. Para medir conectaremos la señal al osciloscopio al canal correspondiente (el 1 para el

presente ejemplo), se escogerá la entrada DC en el selector de entrada (25) y ubicaremos el cruce de la traza, en la escala vertical graduada al centro de la pantalla. Para ello contaremos cuantas divisiones y subdivisiones  $N$  hay de diferencia respecto a la referencia, esta nueva medición tiene la misma incertidumbre ( $0 \pm V/div \cdot \frac{1}{10}$ ), de manera que la medición que es la diferencia al nivel de referencia tendrá una incertidumbre de  $V/div \cdot \frac{1}{5}$  entonces la medición será  $(N \pm \frac{1}{5}) V/div$ .

Para medir tensiones periódicas, deberá definirse primero la magnitud que se quiere medir, es el valor de tensión pico-pico, es el valor pico, una variación abrupta parte de la señal. En general es la diferencia entre dos rasgos de la señal. En todo caso y como en la medición de señales constante se comenzara por ajustar la traza a un valor de referencia seleccionar como entrada AC en el selector de entrada (4) y entonces con la señal ya, sincronizada, en pantalla y del tamaño mas grande que sea posible ajustando la escala vertical, mida la diferencia entre el rasgo mas alto de la señal y el mas bajo y como en el caso de señal constante la medición será  $(N \pm \frac{1}{5}) V/div$ .

## 20. Reguladores Monolíticos

Existen varios modelos de reguladores en el Mercado, entre ellos los mas populares son los de la serie del 78XX, reguladores positivos, los de la serie del 79XX, reguladores negativos con las mismas características y el par LM317 y 337 como reguladores ajustables (positivo y negativo). En ellos existen comúnmente tres variedades en cada fabricante, de 100mA, de 700mA y 1A y diversas tensiones de salida, entre las cuales se cuentan como mínimo 5V, 12V y 15V, por ello esas tensiones de alimentación son tan ampliamente usadas. Las hojas de datos técnicos de estos componentes sugieren como una de sus aplicación típicas reguladores de tensión fija como el que se muestra a continuación (extraída de la hoja de datos técnicos, en formato pdf, de la Nacional Semiconductor de 04/9

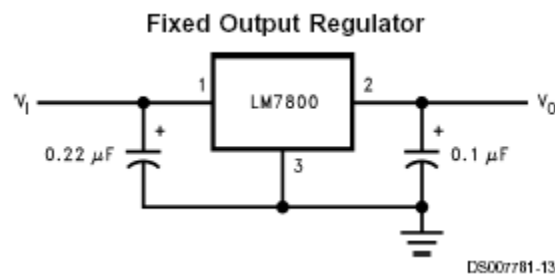


Fig. 23: Montaje Básico de Reguladores Monolíticos

Obviamente existen diferentes encapsulados, dependiendo de la capacidad de disipación de potencia del dispositivo (corriente de salida máxima) y de las condiciones ambientales y de ensamblaje a las que serán sometidos. Por ejemplo los LM7800C en sus encapsulados TO-220 y TO-3 son ambos de 1 A de corriente máxima.

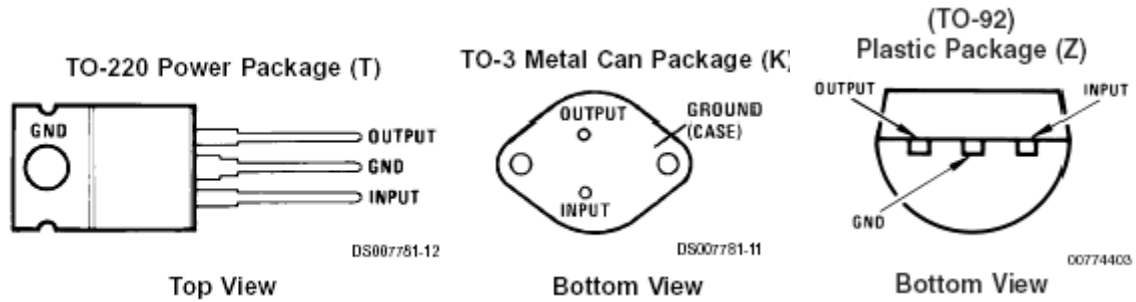


Fig. 24: Encapsulados usuales en los reguladores

No así para el encapsulado TO-92 (Plástico) mismo que solo permite 100mA de corriente de salida, siendo este dispositivo el más barato y por supuesto, el más pequeño. Aun que, para fines de la practica el 78L05 resulte el más económico y suficiente, se sugiere al estudiante adquirir uno de 1 A. ( TO- 220 ) de corriente de salida por que puede ser más versátil en un futuro. Note que solo el encapsulado TO-92 puede instalarse directamente en el tablero de montaje, sin embargo el TO- 220.puede instalarse también, si se doblan sus patas a 45º de su dirección original, de manera tal, que entren en el agujero del protoboard por su diagonal y a aun así en algunos modelos de protoboard, entrarán ligeramente forzados.

## 21. Uso de Unidades, SI

Prefijo	Nombre	Valor
<b>a</b>	atto	$10^{-18}$
<b>f</b>	femto	$10^{-15}$
<b>p</b>	pico	$10^{-12}$
<b>n</b>	nano	$10^{-9}$
<b>μ</b>	micro	$10^{-6}$
<b>m</b>	mili	$10^{-3}$
<b>k</b>	kilo	$10^3$
<b>M</b>	Mega	$10^6$
<b>G</b>	Giga	$10^9$
<b>T</b>	Tera	$10^{12}$
<b>P</b>	Peta	$10^{15}$

Tab. 11: Prefijos para múltiplos y submúltiplos en ingeniería

Magnitud Derivada	Nombre de Unidad	Símbolo	Expresión en otras unidades
ángulo plano	radian	<b>rad</b>	$m/m = 1$
ángulo solido	steradian	<b>sr</b>	$m^2/m^2 = 1$
<b>frecuencia</b>	hertz	<b>Hz</b>	$s^{-1}$
fuerza	newton	<b>N</b>	$mkgs^{-2}$
presión, esfuerzo	pascal	<b>Pa</b>	$N/m^2 = m^{-1}kgs^{-2}$
energía, trabajo, cantidad de calor	joule	<b>J</b>	$Nm = m^2kgs^{-2}$
<b>potencia, flujo radiante</b>	watt	<b>W</b>	$J/s = m^2kgs^{-3}$
<b>carga eléctrica</b>	coulomb	<b>C</b>	$sA$
<b>diferencia de potencial eléctrico</b>	volt	<b>V</b>	$W/A = m^2kgs^{-3}A^{-1}$
<b>capacitancia</b>	farad	<b>F</b>	$C/V = m^{-2}kg^{-1}s^4A^2$
<b>resistencia eléctrica</b>	ohm	<b><math>\Omega</math></b>	$V/A = m^2kgs^{-3}A^{-2}$
<b>conductancia eléctrica</b>	siemens	<b>S</b>	$A/V = m^{-2}kg^{-1}s^3A^2$
flujo magnético	weber	<b>Wb</b>	$Vs = m^2kgs^{-2}A^{-1}$
densidad de flujo magnético	tesla	<b>T</b>	$Wb/m^2 = kgs^{-2}A^{-1}$
<b>inductancia</b>	henry	<b>H</b>	$Wb/A = m^2kgs^{-2}A^{-2}$
temperatura Celsius	degree Celsius	<b><math>^{\circ}C</math></b>	$K$
flujo luminoso	lumen	<b>lm</b>	$cdsr = cd$
luminancia	lux	<b>lx</b>	$lm/m^2 = m^{-2}cd$
activity referred to a radionuclide	becquerel	<b>Bq</b>	$s^{-1}$
dosis absorbida	gray	<b>Gy</b>	$J/kg = m^2s^{-2}$
dosis equivalente	sievert	<b>Sv</b>	$J/kg = m^2s^{-2}$
actividad catalítica	katal	<b>kat</b>	$s^{-1}mol$

Tab. 12: Unidades Derivadas del Sistema Internacional

## Bibliografía

Gonzalez, C.; Juzga, J.; Morales, L.; Hernández, A.; *Guía del Laboratorio de Física General*. FIUCV, Caracas, 2002.

E. CUARTIN; C. PELAEZ; *Procedimiento Para El Calculo De La Incertidumbre*, inédito.

Pfaff, C.; *Pautas para Cuadernos e Informe de LQA*

Guía de laboratorio de electrónica II - universidad autónoma de nuevo león. <http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/10201>