

INSTRUMENTOS ELECTRÓNICOS

1. Introducción

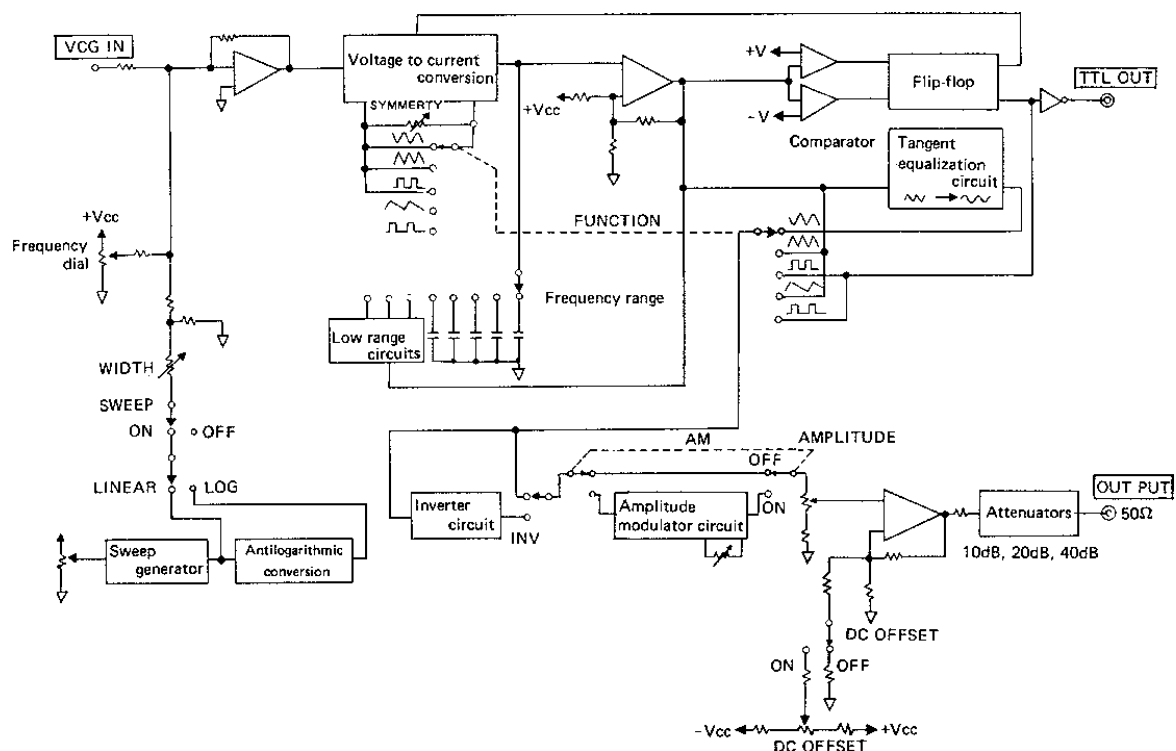
Se incluyen dentro de la categoría de instrumentos electrónicos a todos aquellos aparatos destinados a la medición de una amplia variedad de señales desde las clásicas en electricidad y electrónica como tensión y corriente hasta las más específicas como ser temperatura, presión, humedad, velocidad, etc. Estos equipos normalmente dan una indicación directa a su operador del resultado de su medición, pero en ciertos casos los instrumentos también pueden almacenar dicho resultado o transmitirlo a un sistema de cómputo.

Pero también se incluyen dentro de la categoría de instrumentos electrónicos los generadores de señales y las fuentes de alimentación de laboratorio.

En la presente publicación describiremos los instrumentos más importantes (excluyendo al osciloscopio que es motivo de otra publicación de la Cátedra), a saber: los generadores de señales, los contadores universales y los multímetros digitales. Finalmente veremos un cómodo instrumento múltiple que realiza las tres funciones mencionadas, con el agregado de una fuente triple de alimentación de corriente continua.

2. Generador de funciones

El esquema muestra un típico generador de funciones comercial. El esquema se suministra a título ilustrativo, aunque se espera que tras el cursado de las asignaturas Electrónica I y II el alumno pueda comprender el funcionamiento de algunos de los bloques que allí figuran.



Se trata básicamente de un oscilador de forma de onda triangular provisto de conversores que permiten transformar la onda triangular en otras formas de onda como senoidal, rectangular y cuadrada, y que posee los siguientes controles:

Rango de frecuencia

Permite elegir el rango de frecuencia de funcionamiento con control grueso.

Dial de frecuencia

Permite elegir la frecuencia de funcionamiento con control fino.

Barrido de frecuencia

Permite efectuar un barrido mediante una señal interna con selección logarítmica / lineal o con una señal externa a través del conector VCG IN.

Control de simetría

Permite controlar la simetría que posee la señal generada.

Control de amplitud

Permite ajustar la amplitud de la señal generada.

Control de offset

Permite ajustar un nivel de continua superpuesto a la señal generada.

Atenuador de salida

Permite obtener niveles atenuados de la señal de salida generada.

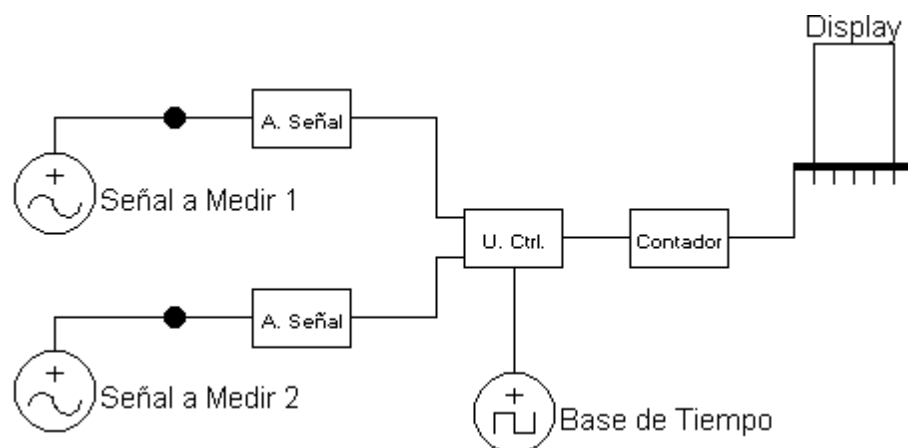
Salidas

Se cuenta con una salida analógica de 50 Ohm (o 600 Ohm en algunos casos) y una salida digital con niveles de lógica TTL.

Control de forma de onda

Permite seleccionar entre las diferentes formas de onda generadas por el instrumento

3. Contador universal



La unidad se basa en un contador digital que cuenta los pulsos que una Unidad de Control deja pasar a través de una compuerta mostrando dicha cuenta en un visor (display) electrónico.

Mediante la combinación adecuada de la/s señal/es a medir y la de base de tiempo, la Unidad de Control debe decidir cómo se habilita la cuenta de pulsos.

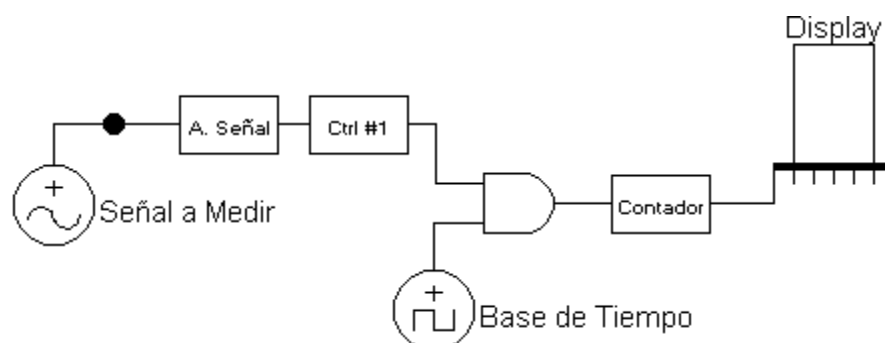
Tanto la/s señal/es a medir como la interna (base de tiempo) deben ingresar a la compuerta con niveles digitales de tensión, razón por la que es necesario acondicionar las señales (convertirlas a pulsos) donde corresponda.

La señal generada por la base de tiempo se deriva de un oscilador muy estable controlado por cristal que entrega una señal con una frecuencia entre 1 y 10 MHz, seguido por una cadena divisora que puede alcanzar valores de 1 Hz.

Modos de operación

Medición de frecuencia

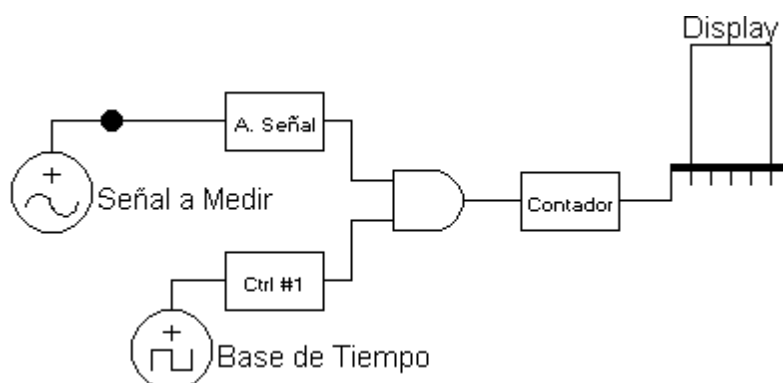
A la salida del acondicionador de señal se tiene una señal de pulsos con la misma frecuencia que la señal de entrada. Durante el tiempo de cuenta, determinado por la señal que proviene de la base de tiempo a través del control de compuerta, el contador cuenta la cantidad de pulsos que arriban desde la señal de entrada.



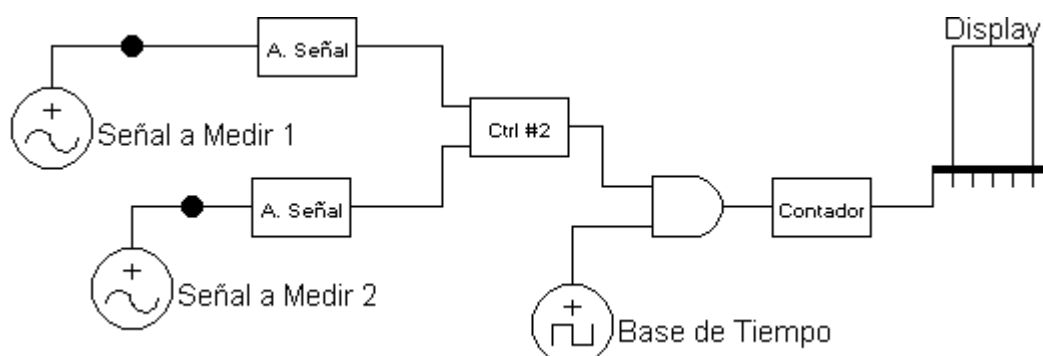
Si la frecuencia a medir fuera muy baja es conveniente efectuar la medición en el modo Medición de períodos.

Medición de período

Ahora es la señal a medir la que controla el tiempo en que se efectúa la cuenta de pulsos provenientes de la base de tiempo.

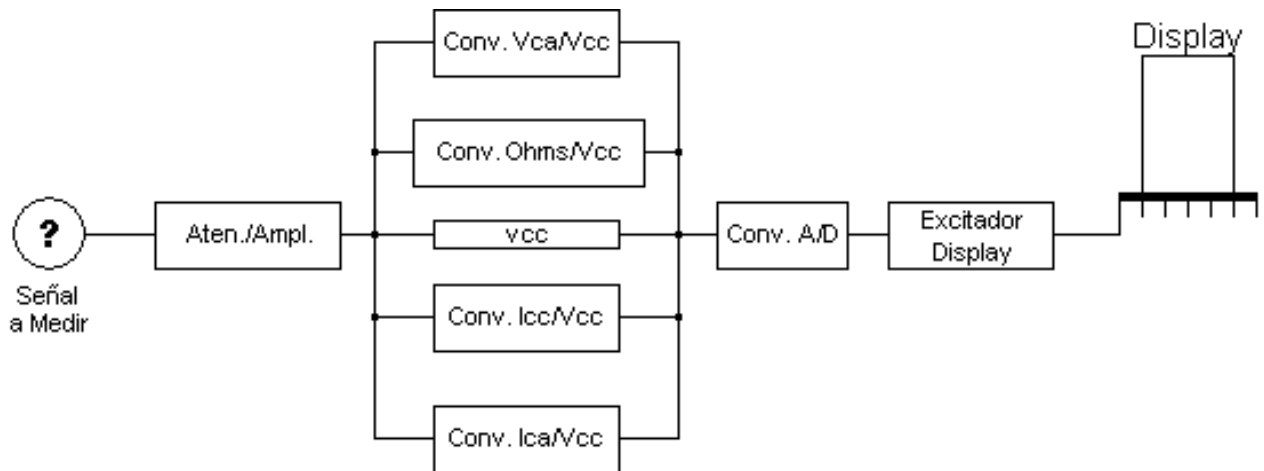


Medición de intervalos de tiempo



En este modo una señal se utiliza para comenzar la cuenta y la otra para detenerla.

4. Multímetro digital



Estos instrumentos, que miden en forma digital diversas variables eléctricas, son más apropiadamente denominados polímetros. Sin embargo, en esta publicación usaremos la denominación de multímetros que es, por lejos, la más común en nuestro país.

Los multímetros digitales están basados en un voltímetro digital de continua generalmente de 1 Volt a fondo de escala. (También los hay de 2 ó 4 Volt).

Como se puede observar en el diagrama, una tensión continua a medir se aplica a un nivelador formado por un atenuador si la señal supera 1 V, o un amplificador si ésta fuera de una amplitud insuficiente como para lograr una lectura precisa. A continuación la señal se aplica a un conversor analógico a digital cuya salida digitalizada puede ser procesada y mostrada por un visor (display).

Para las otras funciones una llave selectora permite elegir el conversor adecuado para cada medición.

- El conversor de tensión alterna a continua es un rectificador de precisión.
- El conversor de corriente a tensión se basa en la medición de la caída de tensión sobre un resistor o shunt.

En los instrumentos denominados auto-rango el atenuador / amplificador es controlado internamente por un microprocesador que sobre la base de los niveles de entrada ajusta automáticamente el rango a utilizar. En los instrumentos manuales el usuario mediante una llave selectora se encarga de fijar al mismo.

5. Sistema universal METEX® MS-9150

Este instrumento cuenta con los siguientes módulos:

- Generador de funciones
- Contador universal
- Fuente de alimentación de corriente continua
- Multímetro digital

5.1 Resumen de características

Generador de funciones

Están disponibles siete formas de onda, todas ellas disponibles desde 0,2 Hz hasta 2 MHz: Senoidal – Cuadrada – Triangular – Senoidal skewed – Rampa – Pulsos rectangulares – Cuadrada con niveles TTL.

Contador universal

Permite medir desde 5 Hz hasta 1,3 GHz

Fuente de alimentación de corriente continua

Suministra 3 tensiones reguladas:

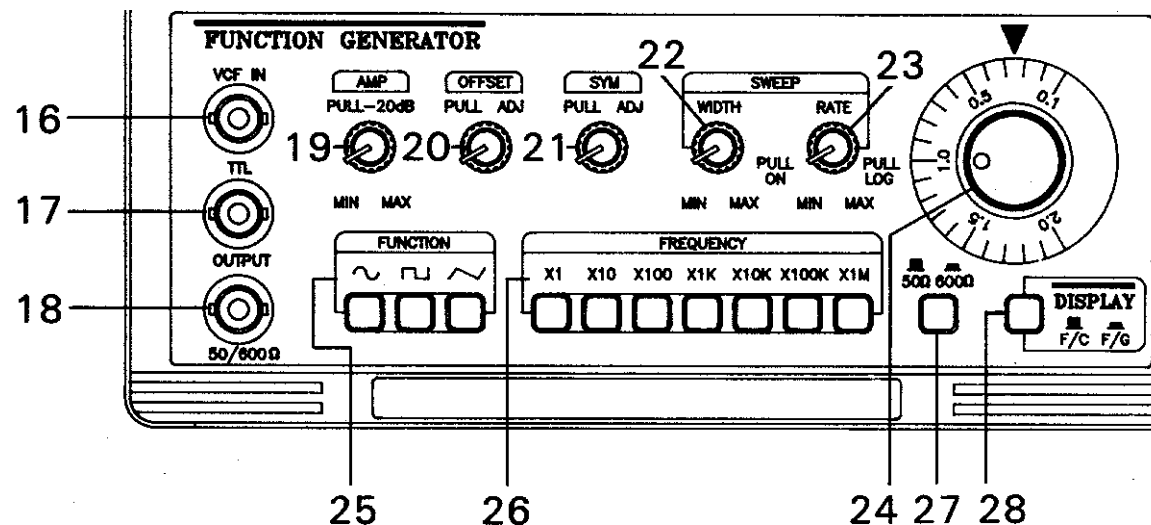
- Fija de 5 V hasta 2 A

- Fija de 15 V hasta 1 A
- Variable desde 0 a 30 V y 0 a 2 A

Multímetro digital

- Permite efectuar las siguientes mediciones:
- Tensión continua hasta 1000 V DC
- Tensión alterna hasta 750 V AC
- Corriente continua o alterna hasta 20 A
- Resistencias hasta 40 M Ω
- Capacidades hasta 400 μ F
- Punta lógica CMOS/TTL

5.2 Generador de funciones



Procedimiento para generar una forma de onda

- Con la llave selectora de función (25) elegir la forma de onda.
- Con la llave selectora de rango de frecuencias (26) elegir el factor de multiplicación.
- Con el dial de frecuencia (ajuste fino) (24) colocar el valor exacto de frecuencia.
- Llevar el control de amplitud (19) al valor deseado.
- Si es necesario, ajustar los controles de desplazamiento (offset) (20), de simetría (SYM) (21), de ancho del barrido WIDTH (22) y velocidad del barrido RATE (23) a los valores deseados.
- Equilibrar las impedancias del instrumento y del circuito a medir mediante la tecla selectora de impedancia de salida (50 / 600 Ohm) (27).
- Conectar el cable de salida al terminal BNC (18) y conectarlo al circuito que requiere dicha forma de onda.

Rangos de frecuencia

Llave selectora	Rango
x 1	0,1 Hz a 2 Hz
x 10	1 Hz a 20 Hz
x 100	10 Hz a 200 Hz
x 1 K	100 Hz a 2 kHz
x 10 K	1 kHz a 20 kHz
x 100 K	10 kHz a 200 kHz
x 1 M	100 kHz a 2 MHz

El valor de frecuencia de salida se puede calcular como la multiplicación entre el control de frecuencia (24) y la llave selectora de rango (26).

Características

VCF

Aplicando una tensión externa a esta entrada se varía la frecuencia entregada por el generador.

Control de amplitud

La máxima amplitud de la tensión entregada por el generador es de 20 V a circuito abierto y aproximadamente 10 V con carga de 50 o 600 Ohms.

Control de desplazamiento de continua

El nivel de tensión continua puede variarse continuamente entre ± 10 V tirando de la perilla correspondiente al potenciómetro a tal fin. Con la perilla oprimida el nivel de continua es 0V y solo entrega la señal alterna.

Control de simetría

Se puede variar el ciclo de actividad de la señal de salida en una relación 1:3 ó 3:1. Para realizar el ajuste se debe tirar de la perilla y girar en contra de las agujas del reloj.

Control de barrido

Para habilitar la señal de barrido interno se debe tirar de la perilla Sweep Width Control y se puede variar en forma continua en un rango de 100 a 1.

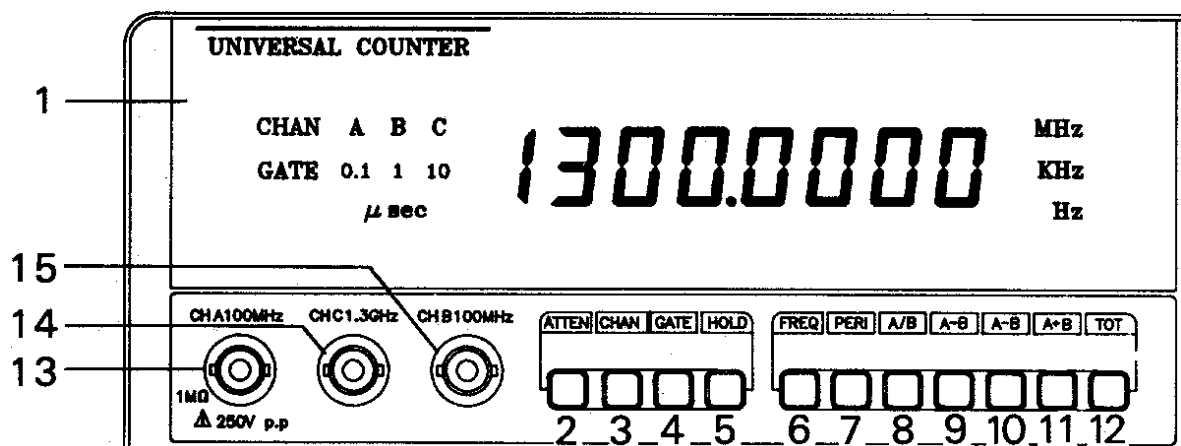
Salida TTL

Existe un terminal de salida compatible con los niveles de la lógica TTL que puede manejar el equivalente a 30 cargas en nivel alto y 20 en el estado bajo.

Impedancia de salida

La impedancia de salida se puede variar entre los valores normalizados de 50 ó 600 Ohm.

5.3 Contador Universal



Especificaciones

Parámetro	Valor
Rango de medición (canal A y B)	5 Hz a 100 MHz con autorango
Rango de medición (canal C)	100 MHz a 1,3 GHz
Tensión de entrada (A y B)	70 mV senoidales RMS o 100 mVp
Tensión de entrada (C)	35 mV senoidales RMS o 70 mVp
Tensión de entrada máxima (A, B y C)	3 V
Impedancia de entrada (A y B)	1 MΩ
Impedancia de entrada (C)	50 Ω
Atenuador (A)	1 o 1/10 (-20dB)
Base de tiempo (A, B y C)	Seleccionable
Resolución 100 MHz o mayor	10 Hz / 0,1 s 1Hz / 1 s 0,1Hz / 10 s
Resolución 10 MHz o menor	6 dígitos / 0,1 s 7 dígitos / 1 s 8 dígitos / 10 s
Indicación de sobrerango	Titila el LED indicado como OVER
Cable coaxial	RG-58 C/U de 50 Ohm de impedancia

Para otras especificaciones referirse al manual del instrumento.

Procedimiento para efectuar una medición

- Aplicar alimentación del módulo mediante el interruptor ubicado en el panel trasero. A continuación el equipo efectúa una autoverificación.
- Colocar la llave (28) de selección de display en la posición Contador Universal (U/C).
- Colocar la llave de Tiempo de Compuerta en 1 S.
- Colocar la llave Selectora de Canal (3) a la posición A.
- Colocar la llave Data-Hold y la llave de Atenuación a la posición extraída. La lectura en el visor del frecuencímetro será "GATE" "0.0000000" "MHz"

Controles

Llave de Tiempo de Compuerta GATE (4)

Seleccionar el tiempo de compuerta adecuado para efectuar la medición, según la siguiente tabla:

Tiempo de compuerta	100 ms	1 s	10 s
Rango bajo	10 Hz	1 Hz	0,1 Hz
Rango alto	100 Hz	10 Hz	1 Hz

Llave de Almacenamiento HOLD (5)

Al activar esta opción se captura la lectura del visor manteniéndose aún retirando las puntas del circuito a medir.

Llave de atenuación ATEN (2)

Si la señal es mayor a 700 mV oprima esta llave. De esta forma la señal será atenuada 10 veces disminuyendo la sensibilidad y por lo tanto disminuyen los errores.

Procedimiento para medir la frecuencia de la señal de salida del generador de funciones.

- Colocar la tecla de Opción de Display (28) en la posición F/G.
- Se deberá preparar la medición para el Canal A en el rango de 5 Hz a 100 MHz.

Mientras se encuentra en este modo de operación la unidad no podrá efectuar mediciones desde el conector de entrada de señal.

Uso de los modos aritméticos

Medición de período

- Seleccionar el canal deseado.
- Oprimir la tecla PERI (7) para seleccionar el modo de operación.
- Inyectar la señal a medir y efectuar la lectura del visor.

Medición de la relación A/B (señal Canal A dividida por señal Canal B)

- Oprimir la tecla A/B (8) para seleccionar el modo de operación.
- Inyectar las señales a medir en los conectores del Canal A (13) y B (15), y efectuar la lectura del visor.

Medición del intervalo de tiempo entre A y B (el canal A comienza la medición y el B la finaliza)

- Oprimir la tecla A=>B (9) para seleccionar el modo de operación.
- Inyectar las señales a medir en los conectores del Canal A (13) y B (15), y efectuar la lectura del visor.

Medición de la diferencia A - B (resta de pulsos entre canal A y el B)

- Oprimir la tecla A-B (10) para seleccionar el modo de operación.
- Inyectar las señales a medir en los conectores del Canal A (13) y B (15), y efectuar la lectura del visor.

Medición de la suma $A + B$ (suma de pulsos del canal A y el B)

- Oprimir la tecla A+B (11) para seleccionar el modo de operación.
- Inyectar las señales a medir en los conectores del Canal A (13) y B (15), y efectuar la lectura del visor.

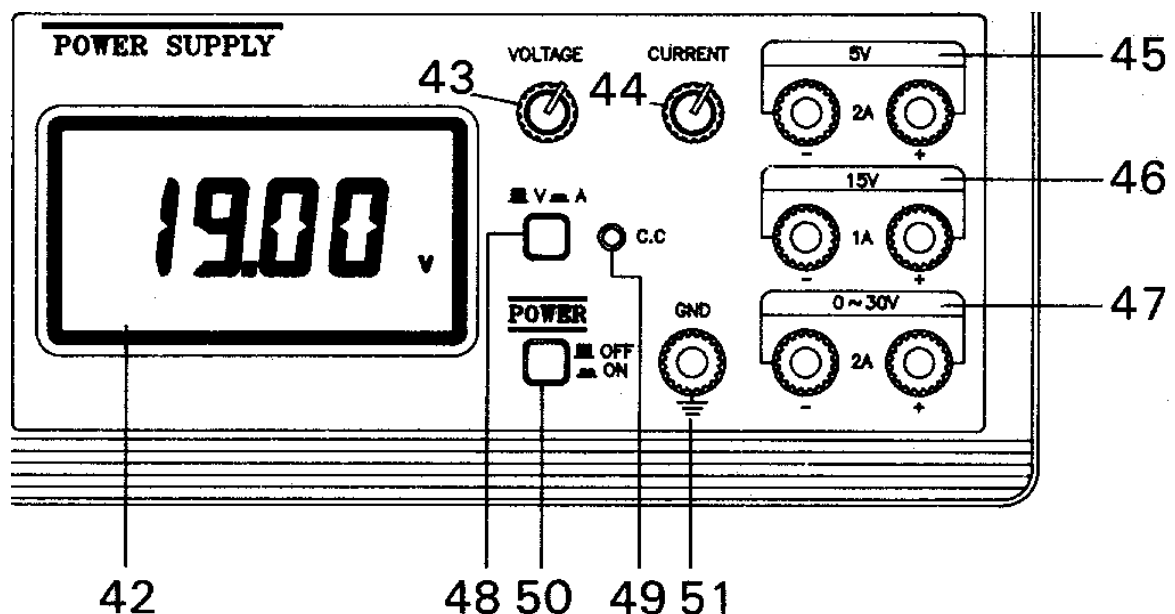
Medición como totalizador

- Oprimir la tecla TOT (12) para seleccionar el modo de operación.
- Inyectar las señales a medir en los conectores del Canal A (13) ó B (15).
- Oprimir HOLD y efectuar la lectura de la cuenta acumulada en el visor.

Llave de Puesta a Cero FREQ (6)

Permite volver al modo de frecuencia normal luego de haber utilizado el modo aritmético.

5.4 Fuente de alimentación



Especificaciones

El instrumento presenta tres salidas, las que se describen en el siguiente cuadro:

Parámetro	Fuente #1	Fuente #2	Fuente #3
Terminales	(45)	(46)	(47)
Tensión de salida	5V fijos	15V fijos	0-30V
Corriente de salida	2A	1A	0-2A
Ondulación (ripple)	2mV máx	2 mV máx	1 mV máx
Regulación de carga	0,1% +70 mV	0,1%+35mV	0,1%+5mV
Regulación de línea	0,1% +30 mV	0,1%+30mV	0,1%+5mV
Corriente de salida (máx)	2,2A	1,2A	2A
Visor (display)	LED	LED	3 1/2 dígitos V/A

Como se puede apreciar el instrumento cuenta con tres fuentes independientes de tensión (45), (46), (47), una de las cuales (47) puede actuar como fuente de corriente.

El nivel de la tensión y/o corriente entregada por la fuente puede medirse con el visor (display) incorporado (42).

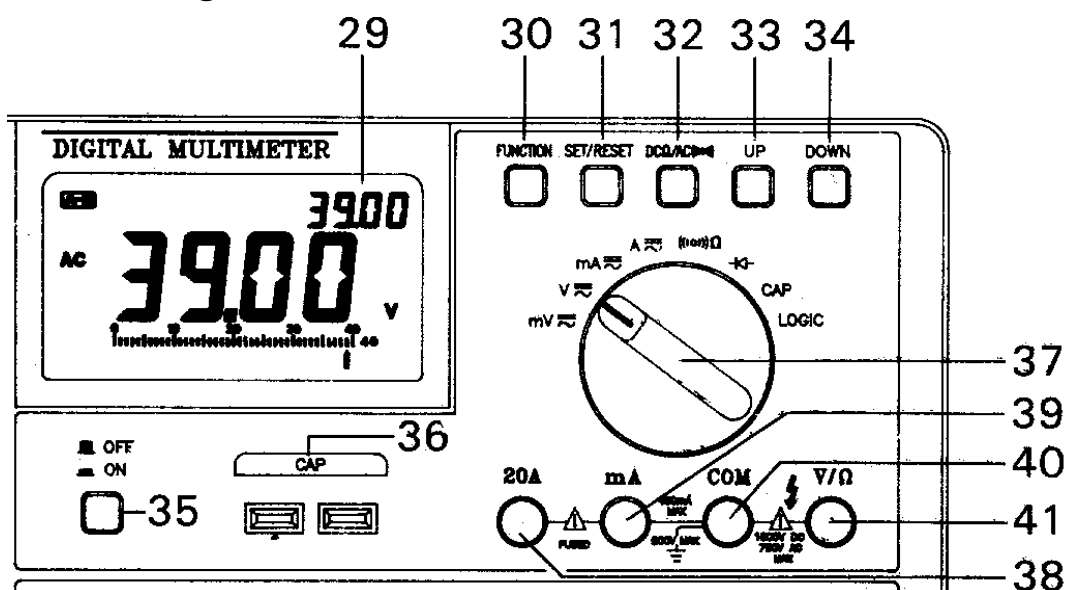
La fuente #3 puede utilizarse como fuente de tensión o de corriente cambiando de posición la llave correspondiente (48).

Modificando el potenciómetro (43) se puede fijar la tensión de trabajo. En el caso de necesitar una limitación de corriente para proteger el dispositivo bajo prueba establecer la misma mediante el potenciómetro (44).

Al producirse un consumo excesivo se provocará una caída de la tensión y el LED indicador de límite de corriente se encenderá (49).

Los terminales de salida de la fuente se encuentran sin referencia al gabinete del equipo (chasis). De fábrica se coloca un corto entre el terminal negativo de la fuente regulable (47) y el de chasis (51).

5.5 Multímetro digital



Precauciones importantes antes de operar el instrumento

- **No realizar** mediciones por encima de los límites especificados.
- **Desconectar** las puntas del punto de medición antes de cambiar el rango o la función.
- Extremar las **precauciones** al trabajar con **altas tensiones** debido a la posible formación de arcos eléctricos.
- **No aplicar tensión** a los terminales (20A o mA) y COM.
- **Nunca** conectar el instrumento a equipos que posean una tensión respecto a masa mayor de 500 Volt.
- **Evitar tocar** las puntas del instrumento o el circuito bajo prueba cuando esté presente la tensión de alimentación.

- **No usar** multímetros digitales para realizar mediciones en equipos que operen con altas tensiones de alta frecuencia como ser las aplicadas a los TRC (tubos de rayos catódicos).
- Al circuitos con **altas tensiones**
 - No intentar colocar las dos puntas simultáneamente. Es preferible fijar primero una punta al punto de masa del circuito mediante una pinza cocodrilo y luego medir con la otra punta.
 - Como precaución del usuario en estos casos conviene colocar una mano en un bolsillo o retirarla hacia la espalda, de esta forma en caso de shock eléctrico será más fácil librarse.
 - Nunca colocar la punta negativa (negra) del medidor a un cable o equipo con alta tensión (vivo) pues al tocar la otra punta se recibirá una descarga.
- Respetar las precauciones adicionales que se citan más abajo al ver los procedimientos específicos de medición

Procedimiento general para efectuar una medición

- Encender el multímetro con el interruptor (35). (El multímetro se alimenta mediante una batería de 9 Volt y está totalmente aislado del resto de los módulos y del chasis (gabinete metálico) del equipo.)
- Seleccionar la función (y rango en el caso de tensión) con la llave (37) cuidando de no superar las entradas máximas admisibles de acuerdo a la tabla.
- Insertar las puntas de medición en los terminales (38), (39), (40) y (41) de acuerdo a la siguiente tabla:

FUNCIÓN	TERMINALES	LIMITE
V (DC)	V/ Ω + COM	1000 VDC
V (AC)	V/ Ω + COM	750 VAC
Ω	V/ Ω + COM	250 DC/AC
mA DC/AC	mA + COM	400 mA DC/AC
20A DC/AC	20 A + COM	20 A DC/AC
Digital	V/ Ω + COM	250 V DC/AC

- Efectuar la medición en el visor digital o, si así se prefiere, utilizar el visor analógico de barras que permite comparar la medición con un fondo de escala (al estilo de los instrumentos de aguja).
- Tener en cuenta que si las puntas están sin conexión al circuito bajo prueba, debido a la elevada impedancia de entrada del instrumento se podrían obtener lecturas erráticas en el visor (display).
- Para más detalles, ver más abajo los procedimientos específicos de medición para las distintas funciones.

Controles

Auto-Hold

Automáticamente congela la lectura registrada 3 segundos antes.

Min/Max/Data-Hold

Permite registrar una lectura de mínimo, máximo y valor capturado.

Range-Hold

Cambia la medición de autorango a manual. En el modo manual al oprimir las teclas UP/DOWN se aumenta o reduce el rango quedando reflejado por el indicador de rango.

Relative Offset

Muestra la diferencia entre el valor almacenado y las lecturas siguientes.

Para establecer un valor de referencia se procede como sigue:

- Llevar la selectora al modo REL.
- Guardar la polaridad, valores y rango de los valores de referencia que desee mediante UP DOWN y SET/RESET.

- c) Oprimir SET/RESET para el ajuste final, quedando el instrumento en modo manual con un rango total de offset relativo de 3999 cuentas.

Memory & Memory recall

Permite almacenar hasta 10 mediciones con la posibilidad de observarlas en el visor a través de las teclas UP/DOWN y SET/RESET.

Comparison

Permite realizar ensayos del tipo HIGH LOW en sucesivas lecturas comparando con la referencias máxima y mínima almacenadas.

Logic Test Function

Permite medir niveles digitales sin necesidad de puntas especiales.

Procedimientos específicos de medición para las distintas funciones

Mediciones de tensiones

- Elegir el rango mV / V mediante la llave selectora.
- Oprimir la tecla DC Ω /AC para seleccionar tensión continua o alterna.
- Colocar el cable negro al terminal COM y el rojo a V/ Ω .
- Por tratarse de tensión, colocar el medidor en paralelo con el circuito a medir.
- Si la polaridad es negativa en el visor aparece el signo -
- Seleccionar el alcance más bajo que le permita hacer las mediciones más precisas sin alcanzar una condición de sobrerango.

Precaución: No efectuar mediciones de una tensión alterna superpuesta a una continua si el valor pico de la alterna supera los 1000 V.

Mediciones de corrientes

- Elegir el rango VCC / VCA mediante la llave selectora.
- Oprimir la tecla DC Ω /AC para seleccionar tensión continua o alterna.
- Colocar el cable negro al terminal COM y el rojo a mA o 20A
Si se desconoce el nivel de corriente a medir, comenzar por el alcance de 20A, si la lectura es menor a 400 mA usar el terminal de mA.
- Por tratarse de corriente, colocar el medidor en serie con el circuito a medir.
- La tensión que se desarrolla sobre el resistor de sensado (shunt) interno al instrumento, aunque baja, puede afectar la precisión del circuito bajo prueba.
- Si la polaridad es negativa en el visor aparece el signo -

Precaución: No efectuar mediciones de corriente en circuitos que entreguen una tensión superior a 250 V a circuito abierto. El terminal de 20 A contiene un fusible en serie para evitar que la corriente supere dicho valor.

Mediciones de capacidades

- Si se trata de un capacitor que ha funcionado en un circuito alimentado, se deberá descargar al mismo provocando un cortocircuito en sus terminales teniendo precaución.
- Elegir el rango CAP mediante la llave selectora.
- Colocar al capacitor en los conectores + y - a tal fin (36) cuidando la polaridad en el caso de los capacitores polarizados (electrolíticos, tantalio)

Mediciones de resistencias

- Elegir el rango (((o))) Ω mediante la llave selectora.
- Oprimir la tecla DC Ω /AC(((o))) para seleccionar medición de resistencia o continuidad.
- Colocar el cable negro al terminal COM y el rojo a V/ Ω .

- Seleccionar el alcance más bajo que le permita hacer las mediciones más precisas sin alcanzar una condición de sobre-rango. La condición de sobre-rango también se presenta con las puntas abiertas (resistencia idealmente infinita) y se simboliza en el visor con OL.
- En los alcances bajos pueden provocarse errores debidos a la resistencia de las puntas de medición. Dicho error se determina colocando en cortocircuito a las puntas.
- En los alcances altos las lecturas pueden demorar en estabilizarse. Dicho funcionamiento es normal debido a las grandes constantes de tiempo puestas en juego.

Precaución: No efectuar mediciones de resistencias estando alimentado el circuito a medir. Cualquier capacitor que integre el circuito debe ser descargado.

Medición de continuidad

Permite verificar continuidad de un componente o circuito emitiendo en caso de que la resistencia medida sea menor a 30 Ohm una señal audible proveniente de un zumbador interno.

- Elegir el rango (((o))) Ω mediante la llave selectora.
- Oprimir la tecla DC Ω /AC(((o))) para seleccionar medición de resistencia o continuidad.

Precaución: No efectuar mediciones de resistencias estando alimentado el circuito a medir.

Verificación de diodos

Permite verificar diodos, junturas de transistores y otros semiconductores para las condiciones de cortocircuito o circuito abierto. Asimismo mide la tensión directa en junturas de semiconductor.

- Elegir el rango Diodo mediante la llave selectora.
- Colocar el cable negro al terminal COM y el rojo a V/ Ω .
Si se desconoce el nivel de corriente a medir, comenzar por el alcance de 20A, si la lectura es menor a 400 mA usar el terminal de mA.
- Colocar el diodo a medir entre las puntas de medición.

Una correcta medición debe arrojar resultados como los siguientes:

- Si en un sentido (positivo al ánodo) la lectura es aproximadamente 0,7 V se trata de una juntura de silicio polarizada en directa. Si se invierten las puntas el resultado debe ser sobrerango .
- Si en ambos sentidos la medición da valores el dispositivo está en corto.
- Si en ambos sentidos la medición da sobre-rango el dispositivo está en circuito abierto.

Mediciones con la punta lógica

Permite verificar circuitos digitales determinando el estado lógico en diferentes parte de los mismos. En lugar de indicar valores absolutos el instrumento señala tres estados: LO bajo, HI alto y - - - indeterminado. Para efectuar una medición:

- Elegir el rango LOGIC mediante la llave selectora.
- Colocar el cable negro al terminal COM y el rojo a V/ Ω .
- Colocar la punta negra a masa y la roja a +V del circuito a medir oprimiendo la tecla SET/RESET.
- Si al efectuar las mediciones el valor excede el 70% indica HI, si está por debajo del 30% indica LO. Entre el 30% y el 70% indica - - -

Importante: Oprimir nuevamente la tecla SET/RESET antes de pasar la selectora de rango a otra función.