

M E D I D A S E L É C T R I C A S

Unidad Temática Nro. 2

**Estudio de un voltímetro digital.
Errores de forma de onda.**

**Guía del Trabajo Práctico Nro. 2
Problemas propuestos**

*Asignatura Medidas Eléctricas
Curso 2024*

Trabajo Práctico N° 2

Estudio de un voltímetro digital.

Errores de forma de onda.

1. Objetivos

En esta práctica se estudiará el comportamiento de multímetros digitales, en los siguientes casos:

- * *Efecto de las tensiones de modo común y modo serie:* en un voltímetro digital, con conversor analógico-digital del tipo doble rampa, se determinará el rechazo de modo normal a una señal parásita de 50 Hz, y el rechazo de modo común a una tensión continua.
- * *Formas de ondas:* se verificará experimentalmente la existencia del error de forma de onda, midiendo señales no sinusoidales (tensiones y corrientes) con dos instrumentos, uno cuya indicación de valor eficaz está basada en el valor medio de una onda sinusoidal, y otro de valor eficaz verdadero. También se calculará el valor eficaz de una señal con una componente de continua, mediante la lectura de su valor de continua y el valor de alterna, en un aparato con separación de la continua en la función de medición de alterna.

2. Efecto de las tensiones de modo común y modo serie

2.1.- Estudio de un voltímetro digital.

2.1.1 Descripción del circuito

Las principales características del voltímetro a estudiar son las siguientes:

- conversor doble rampa con autocero,
- presentación de tres dígitos y medio,
- un alcance de tensión continua,
- rango de medición: -199.9 a +199.9 mV
- entradas diferenciales (“Hi” y “Lo”),
- terminal de guarda,
- dos velocidades de conversión: lenta y rápida (tiempo de integración de la señal de entrada, T, aproximadamente 300 ms y 100 ms, respectivamente),
- tensión de referencia nominal: 100 mV,
- impedancia de entrada: $> 10 \text{ M}\Omega$,
- exactitud: $\pm[1\% U_m + 1 \text{ dígito}]$,
- alimentación: 1 batería de 9 V.

En el Anexo I se presenta la hoja de características del circuito integrado publicada por su fabricante.

2.1.2 Planteo del problema

Para la realización de la práctica se contará, en cada mesa de trabajo, con un equipo cuyo esquema se muestra en la figura 1. En ella se pueden reconocer las siguientes partes:

1- circuito del voltímetro,

2- batería de 9 V,

3- llave de encendido del voltímetro

4- transformador auxiliar de relación 220/7 V,

5- transformador auxiliar de relación 220/0,2 V,

6- tensión auxiliar fija de continua:

a- +5 V,

b- común,

7- salida tensión auxiliar variable de continua:

a- perilla de regulación (de 0 a 200 mV),

b- salida de tensión positiva,

c- común,

8- salida de la tensión auxiliar de alterna (200 mV),

9- entrada del voltímetro

a- alta ("Hi")

b- baja ("Lo")

c- guarda

10- llave de selección del tiempo de conversión (lento o rápido)

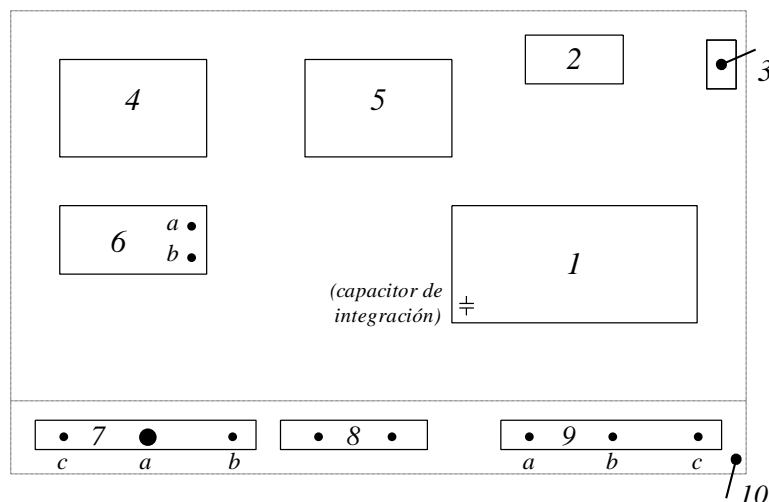


Figura 1: Esquema en bloques del circuito a emplear para el estudio del voltímetro digital.

2.1.2.1.- Determinación del rechazo de modo normal (NMRR) del voltímetro para una señal de 50 Hz. Para ello se puede utilizar la fuente auxiliar de tensión alterna (8).

¿Qué condiciones debe cumplir el período de integración para que el rechazo sea bueno a una frecuencia en particular?

2.1.2.2.- Determinación del rechazo de modo común del voltímetro (CMRR). Si bien la señal de modo común puede ser una tensión continua o alterna, por una cuestión de tiempo se medirá en el laboratorio solo el CMRR para tensión continua, en las tres configuraciones sugeridas en el Capítulo 11 de la publicación de la Cátedra.

2.1.2.3.- ¿Cómo procedería para determinar el error de indicación en continua del aparato?

3.- Errores de forma de onda

3.1.- Planteo del problema

Se dispone en cada mesa de dos instrumentos, uno de indicación del valor eficaz basado en el valor medio para onda sinusoidal y otro de valor eficaz verdadero, cuyos datos de interés para los objetivos aquí planteados se encuentran en la lista de elementos disponibles, punto 4 de este Trabajo Práctico.

Se pretende medir:

- el valor eficaz de la tensión de salida de un generador de onda sinusoidal, de 5 V de valor pico, frecuencia 50 Hz e impedancia de salida 50 Ω ;
- el valor eficaz de la tensión de salida de un generador de onda triangular, de 5 V de valor pico, período 20 ms e impedancia de salida 50 Ω ;
- el valor eficaz de la corriente total de funcionamiento de equipos que representan cargas alineales. Se trata de lámparas fluorescentes compactas con balasto electrónico.

En la Figura2 se muestra la forma de onda de corriente delas lámparas:

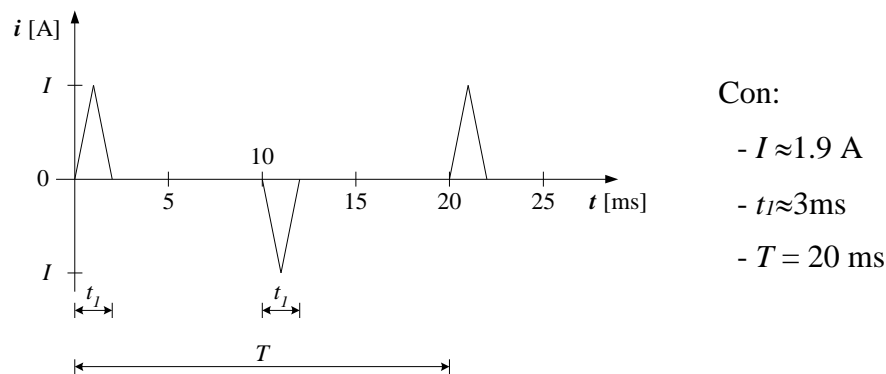


Figura 2

- Dada una señal en la salida del generador de funciones, formada por una tensión de 3V de continua con una alterna de 1V superpuesta, obtener su valor eficaz utilizando el voltímetro HEWLETT PACKARD®, modelo HP972A, con indicación de valor eficaz basado en el valor medio y con desacople de continua en su función de medición en alterna.

3.1.1. ¿Qué indicación espera obtener en cada uno de los instrumentos, al medir una señal de las características indicadas en 3.1.a)? Al efectuar la medición, ¿puede suceder que las indicaciones de los instrumentos difieran respecto del valor teórico más allá de los límites del error fortuito? Justifique su respuesta.

3.1.2. Ídem 3.1.1, para el caso de la señal del punto 3.1.b).

3.1.3. Ídem 3.1.1, para el caso de la señal del punto 3.1.c).

3.1.4. ¿Cómo procedería para realizar la medición del punto 3.1.d)? Calcule el error presente en la determinación del valor eficaz de esta tensión.

4.- Elementos Disponibles para el desarrollo del Trabajo Práctico Nro. 2

- **Generador de funciones:** Los utilizados en el Trabajo Práctico permiten obtener a su salida señales de varias formas de onda (como ser: senoidal, cuadrada, triangular, etc.), de tensión y frecuencias variables, pudiendo agregarle una componente de continua entre otras prestaciones más elaboradas. La impedancia de salida es de $50\ \Omega$, con tensiones variables de hasta alguna decena de Volts y varios MHz dependiendo del aparato específico utilizado.
- **Multímetro marca HEWLETT PACKARD®, modelo HP972A**, $3\frac{3}{4}$ dígitos (4000 cuentas), con indicación de valor eficaz basado en el valor medio (FFO=1,11): ver información de tallada en el Anexo I al Trabajo Práctico Nro. 1.
- **Multímetro marca Kyoritsu, modelo KEW1061**, $4\frac{3}{4}$ dígitos (50000 cuentas), con indicación de valor eficaz verdadero: ver información de tallada en el Anexo I al Trabajo Práctico Nro. 1.
- **Multímetro marca Yokogawa, modelo TY720**, $4\frac{3}{4}$ dígitos (50000 cuentas), con indicación de valor eficaz verdadero: ver información de tallada en el Anexo I al Trabajo Práctico Nro. 1.

ANEXO I

Circuito integrado ICL7106

3½ Digit A/D Converter

ICL7106/7107

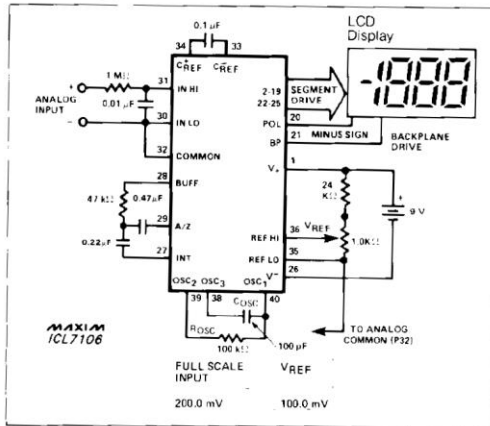


Figure 1. Maxim ICL7106 Typical Operating Circuit

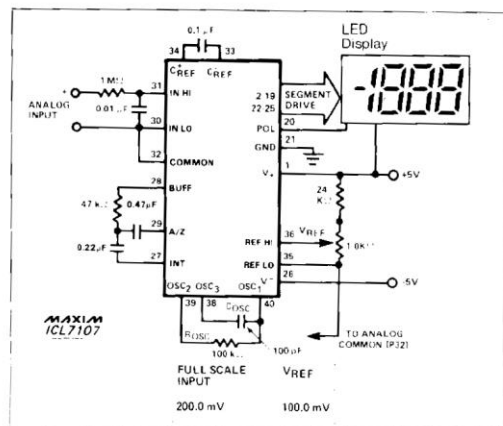


Figure 2. Maxim ICL7107 Typical Operating Circuit

Analog Section

Figure 3 shows the Block Diagram of the Analog Section for the ICL7136. Each measurement cycle is divided into four phases:

1. Auto-Zero (A-Z)
2. Signal Integrate (DI)
3. Reference De-Integrate (DI)
4. Zero Integrator (ZI)

Auto-Zero Phase

Three events occur during auto-zero. The inputs, IN-HI and IN-LO, are disconnected from the pins and internally shorted to analog common. The reference capacitor is charged to the reference voltage. And lastly, a feedback loop is closed around the system to charge the auto-zero capacitor C_{AZ} to compensate for offset voltages in the comparator, buffer amplifier and integrator. The inherent noise of the system determines the A-Z accuracy.

Signal Integrate Phase

The internal input high (IN-HI) and input low (IN-LO) are connected to the external pins, the internal short is removed and the auto-zero loop is opened. The converter then integrates the differential voltage between IN-HI and IN-LO for a fixed time. This differential voltage can be within a wide common-mode range (within one volt of either supply). If, however, the input signal has no return with respect to the converter power supply, IN-LO can be tied to analog common to establish the correct common-mode voltage. The polarity of the integrated signal is determined at the end of this phase.

Reference De-Integrate

IN-HI is connected across the previously charged reference capacitor and IN-LO is internally connected to analog common. Circuitry within the chip ensures that the capacitor will be connected with the correct polarity to cause the integrator output to return to zero. The input signal determines the time required for the output to return to zero. The digital reading displayed is:

$$1000 \times \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

4

Zero Integrator Phase

Input low is shorted to analog COMMON and the reference capacitor is charged to the reference voltage. A feedback loop is closed around the system to input high, causing the integrator output to return to zero. This phase normally lasts between 11 and 140 clock pulses but is extended to 740 clock pulses after a "heavy" over-range conversion.

Differential Reference

The reference voltage can be generated anywhere within the power supply voltage of the converter. The main source of common-mode error is a rollover voltage. This is caused by the reference capacitor losing or gaining charge to stray capacitance on its nodes. The reference capacitor can gain charge (increase voltage) if there is a large common-mode voltage. This happens during de-integration of a positive signal. In contrast, the reference capacitor will lose charge (decrease voltage) when de-integrating a negative input signal. Rollover error is caused by this difference in reference for positive or negative input voltages. This error can be held to less than half a count for the worst-case condition by selecting a reference capacitor that is large enough in comparison to the stray capacitance. (See component value selection.)

Differential Input

Differential voltages anywhere within the common-mode range of the input amplifier can be accepted by the input (specifically from 1V below the positive supply to 1.5V above the negative supply). The system has a CMRR of 86dB (typ) in this range. Care must be exercised, however, to ensure that the integrator output does not saturate, since the integrator follows the common-mode voltage. A large positive common-mode voltage with a near full-scale negative differential input voltage is a worst-case condition. When most of the integrator output swing has been used up by the positive common-mode voltage, the negative input signal drives the integrator more positive. The integrator swing can be reduced to less than the recommended 2V full-scale swing with no loss of accuracy in these critical

MAXIM

3½ Digit A/D Converter

ICL7106/7107

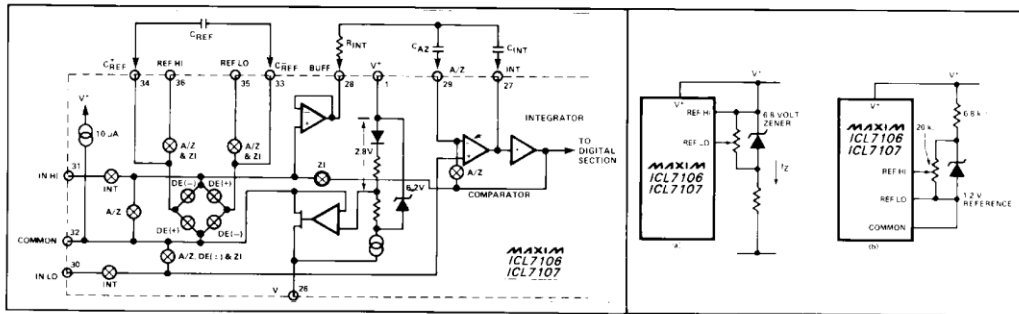


Figure 3. Analog Section of ICL7106/ICL7107

Figure 4. Using an External Reference

applications. The integrator output can swing within 0.3V of either supply without loss of linearity.

Analog Common

The primary purpose of this pin is to set the common-mode voltage for battery operation. This is useful when using the ICL7106, or for any system where the input signals are floating with respect to the power supply. A voltage of approximately 2.8V less than the positive supply is set by this pin. The analog common has some of the attributes of a reference voltage. If the total supply voltage is large enough to cause the zener to regulate ($> 7V$), the common voltage will have a low output impedance (approximately 15Ω), a temperature coefficient of typically $80\text{ppm}/^\circ\text{C}$, and a low voltage coefficient ($.001\%$).

The internal heating of the ICL7107 by the LED display drivers degrades the stability of Analog Common. The power dissipated by the LED display drivers changes with the displayed count, thereby changing the temperature of the die, which in turn results in a small change in the Analog Common voltage. This combination of variable power dissipation, thermal resistance, and temperature coefficient causes a $25\text{--}80\mu\text{V}$ increase in noise near full scale. Another effect of LED display driver power dissipation can be seen at the transition between a full scale reading and an overload condition. Overload is a low power dissipation condition since the three least significant digits are blanked in overload. On the other hand, a near full scale reading such as 1999 has many segments turned on and is a high power dissipation condition. The difference in power dissipation between overload and full scale may cause a ICL7107 with a negative temperature coefficient reference to cycle between overload and a near full scale display as the die alternately heats and cools. An ICL7107 with a positive TC reference will exhibit hysteresis under these conditions: once put into overload by a voltage just barely more than full scale, the voltage must be reduced by several counts before the ICL7107 will come out of overload.

None of the above problems are encountered when using an external reference. The ICL7106, with its low power dissipation, has none of these problems with either an external reference or when using Analog Common as a reference.

During auto-zero and reference integrate the internal input low is connected to Analog Common. If IN-LO is different from analog-common, a common-mode voltage exists in the system and is taken care of by the excellent CMRR of the converter. In some applications, however, IN-LO will be set at a fixed known voltage (e.g., power supply common). Whenever possible analog common should be tied to the same point, thus removing the common-mode voltage from the converter. The same holds true for the reference voltage. If convenient, REF-LO should be connected to analog common. This will remove the common-mode voltage from the reference system.

Analog Common is internally tied to an N-channel FET that can sink 30mA or more of current. This will hold the Analog Common voltage $2.8V$ below the positive supply (when a source is trying to pull the common line positive). There is only $10\mu\text{A}$ of source current, however, so COMMON may easily be tied to a more negative voltage, thus over-riding the internal reference.

Test

Two functions are performed by the test pin. The first is using this pin as the negative supply for externally generated segment drivers or any other annunciators the user may want to include on the LCD. This pin is coupled to the internally generated digital supply through a 500Ω resistor. This application is illustrated in Figures 5 & 6.

A lamp test is the second function. All segments will be turned on and the display should read -1888 , when TEST is pulled high ($V+$).

Caution: In the lamp test mode, the segments have a constant dc voltage (no square wave). This can burn the LCD if left in this mode for several minutes.

MAXIM

5

3½ Digit A/D Converter

Component Value Selection

Auto-Zero Capacitor

The noise of the system is influenced by the auto-zero capacitor. For the 2V scale, a 0.047 μ F capacitor is adequate. A capacitor size of 0.47 μ F is recommended for 200mV full scale where low noise operation is very important. Due to the ZI phase of Maxim's ICL7106/7, noise can be reduced by using a larger auto-zero capacitor without causing hysteresis or overrange hangover problems seen in other manufacturers' ICL7106/7 which do not have the ZI phase.

Reference Capacitor

For most applications, a 0.1 μ F capacitor is acceptable. However, a large value is needed to prevent rollover error where a large common-mode voltage exists (i.e., the REF-LO pin is not at analog common) and a 200mV scale is used. Generally, the roll over error will be held half a count by using a 1.0 μ F capacitor.

Integrating Capacitor

To ensure that the integrator will not saturate (at approximately 0.3V from either supply), an appropriate integrating capacitor must be selected. A nominal ± 2 V full-scale integrator swing is acceptable for the ICL7106 or ICL7107 when the analog common is used as a reference. A nominal ± 3.5 to 4 volt swing is acceptable for the ICL7107 with a ± 5 V supply and analog common tied to supply ground. The nominal values for C_{INT} is 0.22 μ F for three readings per second. (48kHz clock). These values should be changed in inverse proportion to maintain the same output swing if different oscillator frequencies are used.

The integrating capacitor must have low dielectric absorption to minimize linearity errors. Polypropylene capacitors are recommended for this application.

Integrating Resistor

The integrator and the buffer amplifier both have a class A output stage with 100 μ A of quiescent current. 20 μ A of drive current can be supplied with negligible non-linearity. This resistor should be large enough to maintain the amplifiers in the linear region over the entire input voltage range. The resistor value, however, should be low enough that undue leakage requirements are not placed on the PC boards. For a 200mV scale, a 47K Ω resistor is recommended; (2V scale/470K Ω).

Oscillator Components

A 100K Ω resistor is recommended for all ranges of frequency. By using the equation $f = 0.45/RC$, the capacitor value can be calculated. For 48kHz clock, (3 readings/second), the oscillator capacitor plus stray capacitance should equal 100pF.

Reference Voltage

An analog input voltage of V_{IN} equal to 2 (V_{REF}) is required to generate full scale output of 2000 counts. Thus, for 2V and 200mV scales, V_{REF} should equal 1V and 100mV respectively. However, there will exist a scale factor other than unity between the input voltage and the digital reading in many applications where the A/D is connected to a transducer.

As an example, the designer may like to have a full scale reading in a weighing system when the voltage from the transducer is 0.682V. The designer should use the input voltage directly and select V_{REF} at 0.341V instead of dividing the input down to 200mV. Suitable values of the capacitor and integrating resistor would be 0.22 μ F and 120K Ω . This provides for a slightly quieter system and also avoids a divider network on the input. The ICL7107 can accept input signals up to ± 3.5 V with ± 5 V supplies. Another advantage of this system occurs when the digital reading of zero is desired for $V_{IN} \neq$ zero. Examples are temperature and weighing systems with variable tare. By connecting the voltage transducer between V_{IN} positive and common, and the variable (or fixed) offset voltage between common and V_{IN} negative, the offset reading can be conveniently generated.

ICL7107 Power Supplies

The ICL7107 is designed to operate from ± 5 V supplies. However, when a negative supply is not available it can be generated from a clock output with two diodes, two capacitors, and an inexpensive IC. Refer to Figure 10. Alternatively a -5 V supply can be generated using Maxim's ICL7660 and two capacitors.

A negative supply is not required in selected applications. The conditions to use a single $+5$ V supply are:

- ◆ An external reference is used.
- ◆ The signal is less than ± 1.5 V.
- ◆ The input signal can be referenced to the center of the common-mode range of the converter.

See Figure 18.

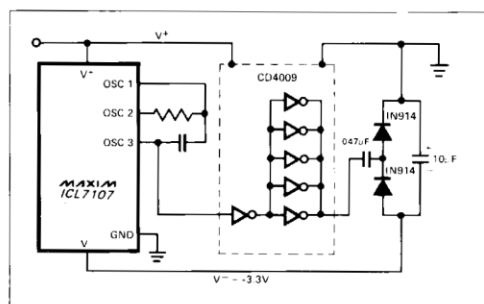


Figure 10. Generating Negative Supply from +5V

MAXIM

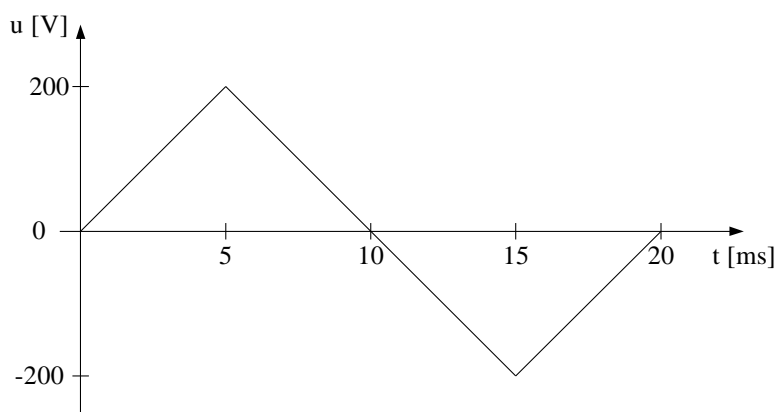
UNIDAD TEMÁTICA N° 2 - PROBLEMAS PROPUESTOS

Instrumentos digitales. Errores.

Problema N° 2.1:

Se busca conocer el valor eficaz de la onda triangular de la figura. Como se aprecia en ella, su frecuencia fundamental es de 50 Hz y su valor cresta es de 200 V. Se dispone de los siguientes aparatos digitales:

- voltímetro de 3½ dígitos, presentación máxima 1999, indicación en alterna basada en el valor medio de la onda sinusoidal, con desacople de continua (factor de forma 1,11), error en tensión $E_u = \pm [0,5\% U_m + 1 \text{ dígito}]$ si la frecuencia de la señal está comprendida entre 45 Hz y 1 kHz, impedancia de entrada 10 MΩ;
- voltímetro de 3½ dígitos, presentación máxima 1999, de valor eficaz verdadero, $E_u = \pm [0,8\% U_m + 2 \text{ dígitos}]$ si la frecuencia de la señal está comprendida entre 40 Hz y 2 kHz, impedancia de entrada 10 MΩ, factor de cresta 10 a fondo de escala.
- ambos instrumentos poseen un ancho de banda de 200 kHz (pasa-bajo de un polo)



- ¿Qué indicaría el primer voltímetro si se lo conecta a la señal propuesta? ¿De qué naturaleza son los errores?
- ¿Qué indica el segundo voltímetro?
- ¿Cuál de ellos considera que es el más apropiado para efectuar la medición?
- ¿La indicación de los instrumentos mencionados sería afectada en algo si la frecuencia fundamental de la onda triangular fuera de 1 kHz?

Problema N° 2.2:

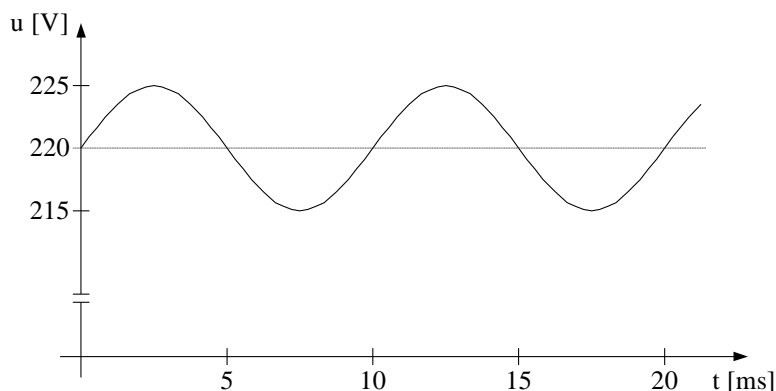
Se dispone de un voltímetro de valor medio del tipo integrador, de 3½ dígitos, factor de forma de onda 1,11, con desacople de continua, impedancia de entrada 10 MΩ en paralelo con 25 pF, $E_u = \pm (0,5\% U_m + 2 \text{ dígitos})$ si la frecuencia de la señal está comprendida entre 45 Hz y 2 kHz.

Se desea medir el valor eficaz de una tensión alterna, que puede ser expresada como: $U = \sqrt{2} \cdot (220 \cdot \sin \omega t + 10 \cdot \sin 3\omega t)$, con $\omega = 314 \text{ rad/s}$. La fuente que suministra esta tensión, tiene una resistencia de salida de 1 kΩ.

- ¿Cuánto indicaría el voltímetro, y qué valor posee el error por forma de onda? ¿Es despreciable este error?
- ¿Es posible desafectar los errores por forma de onda?

Problema N° 2.3:

Un rectificador alimenta a una carga de corriente continua por medio de una línea de 20m de longitud de 1mm^2 de cobre. La salida del aparato tiene un valor medio de 220 V, al que se le suma la ondulación ("ripple"), de forma que puede imaginarse sinusoidal, de 100 Hz, con valor cresta de 5 V, como se aprecia en la figura.



Para medir el valor de continua se pretende utilizar un voltímetro digital de $3\frac{1}{2}$ dígitos, presentación máxima 3199 (3200 cuentas), con un error $E_u = \pm[0,5\%U_m + 1 \text{ dígito}]$, de doble rampa, impedancia de entrada $10 \text{ M}\Omega$ en paralelo con 30 pF , rechazo de modo normal (NMRR) 50 dB a 100 Hz, rechazo de modo común (CMRR) 90 dB a 100 Hz con $1 \text{ k}\Omega$ de desbalance en el borne "low".

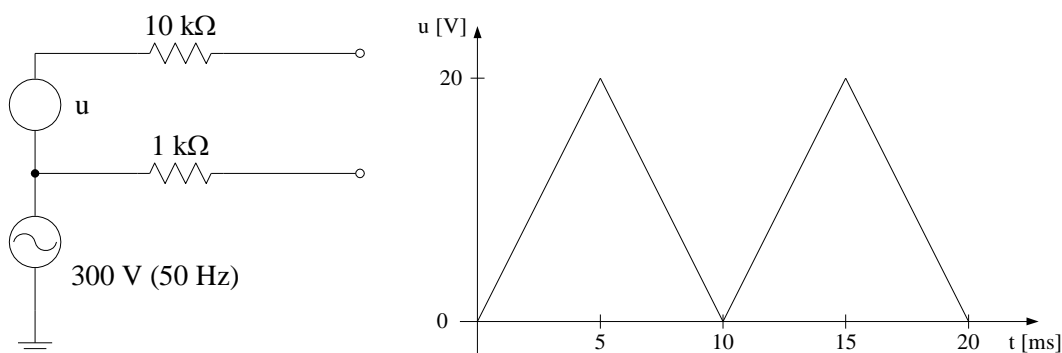
- Indique si el valor de continua indicado por el instrumento está afectado de un error significativo debido a la señal de alterna superpuesta a la continua.
- Para determinar la caída de tensión entre los extremos de la línea, un operador propone, sabiendo que la instalación es absolutamente estable, hacer dos mediciones con otros tantos aparatos como el indicado, uno en la salida, y con otro en la llegada. Si los valores leídos fueron 221,0 y 218,0 V, respectivamente, calcule el valor de la caída de tensión, con el error que la afecta, exprese correctamente el resultado y efectúe la crítica del método propuesto por el citado operador.
- Idem b) pero si las mediciones se realizan con un único aparato en un intervalo de tiempo reducido.

Problema N° 2.4:

En el manual de un multímetro digital de $4\frac{1}{2}$ dígitos, indicación de valor eficaz verdadero, sin desacople de la componente de continua, se lee lo siguiente:

- rechazo de modo normal: $> 60 \text{ dB}$ a 50 o 60 Hz;
- rechazo de modo común: $> 80 \text{ dB}$ en CC, 50 o 60 Hz, con $1 \text{ k}\Omega$ de desbalance en el borne "low";
- factor de cresta: 4 a fondo de escala;
- impedancia de entrada: $10 \text{ M}\Omega$ en paralelo con 50 pF ;
- error en los rangos de 20 y 200 V (CA): $\pm[0,5\% U_m + 10 \text{ dígitos}]$, si la frecuencia de excitación está comprendida entre 45 Hz y 10 kHz.
- ancho de banda 200 kHz

Con él se desea medir el valor eficaz de la tensión en el dispositivo de la figura siguiente.



El borne "low" admite hasta 600 V respecto de tierra.

- Enumere las distintas fuentes posibles de error presentes.
- Diga si el error debido a la presencia de alguna de las fuentes de error señaladas alterará la indicación de manera significativa.

Problema N° 2.5:

Se desea medir el valor eficaz de una onda cuyo valor cresta es del orden de los 75 V. Se sabe que dicho valor eficaz es de aproximadamente 15 V. Para ello se dispone del siguiente voltímetro: 3½ dígitos, alcances 200 mV, 2 - 20 - 200 - 1000 V, TRMS, impedancia de entrada 10 MΩ en paralelo con 30 pF, $E_u = \pm [0,8 \% U_m + 3 \text{ díg.}]$, CMRR = 90 dB en continua, 80 dB desde 20 hasta 100 Hz, con 1 kΩ en el borne "Low", NMRR = 60 dB a 50 o 60 Hz, factor de cresta 3 a fondo de escala. Indique, justificando sus respuestas, qué alcance debe elegir para efectuar la medición con el mínimo error, y exprese correctamente el resultado de la misma.

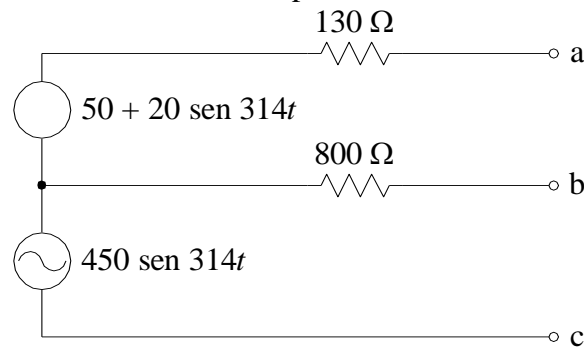
Problema N° 2.6:

En la hoja de características de un multímetro digital de 4½ dígitos se lee lo siguiente:

- indicación de valor eficaz verdadero;
- alcances de tensión: 200 mV, 2 - 20 - 200 - 1000 V; (750 V en C.A.);
- impedancia de entrada: 10 MΩ en paralelo con una capacidad < 100 pF;
- NMRR > 60 dB a 50 o 60 Hz;
- CMRR > 90 dB en DC, 50 o 60 Hz, con 1 kΩ de desbalance en el borne "Low";
- máxima tensión de modo común admisible: 500 V (continua + pico de alterna);
- máxima tensión de entrada admisible: 1000 V (continua + pico de alterna);
- exactitud para todos los rangos de tensión continua: $\pm [0,03 \% U_m + 2 \text{ díg.}]$;
- exactitud para todos los rangos de tensión alterna: $\pm [0,5 \% U_m + 10 \text{ díg.}]$, si la frecuencia de la señal está comprendida entre 45 Hz y 1 kHz;
- acoplamiento de la señal de entrada en el modo de alterna: vía un dispositivo de bloqueo de la continua;

- alimentación: pila de 9 V.

Se planea emplearlo para medir el valor medio de la señal que aparece entre los bornes a y b del circuito de la figura, donde las tensiones están expresadas en volts.



Justificando su respuesta diga:

- a) ¿Considera que el instrumento es capaz de medir el valor medio de la tensión U_{ab} con un error que no exceda el $\pm 0,3 \%$. ¿Por qué?
- b) Arme un circuito que le permita efectuar la medición si el valor de la señal U_{bc} fuera de 630 V(DC). ¿Cuál sería el error resultante de la medición con la solución por Ud. propuesta? Exprese correctamente el resultado de la medida.

Problema N° 2.7:

Una fuente de alimentación tiene las siguientes características de placa:

- Tensión de entrada: 220V, 50 Hz
- Tensión de salida: 125 V, continua
- Corriente nominal: 0,5 A
- “Ripple”: $< 2 \text{ mV}$ (valor eficaz, con frecuencias que no exceden los 250 Hz) a plena carga.
- Caída de tensión al pasar de vacío a plena carga: $< 0,5 \%$

Con el fin de comprobar si su funcionamiento cumple con las indicaciones del fabricante, se planea efectuar una medición del “ripple” y de la caída de tensión, para lo que se cuenta con dos multímetros digitales, idénticos, de $3\frac{1}{2}$ dígitos, valor eficaz verdadero, con desacople de la componente de continua, con las siguientes características relevantes:

- alcances como voltímetro de continua: 20 y 200 mV, 2, 20, 200 y 1000 V, $E_U = \pm [0,1\% U_m + 1 \text{ díg.}]$;
- alcances como voltímetro de alterna: 20 y 200 mV, 2, 20, 200 y 750 V, $E_U = \pm [0,8\% U_m + 2 \text{ díg.}]$;
- impedancia de entrada $10 \text{ M}\Omega$ en paralelo con 25 pF ;
- amperímetro de continua: 200 μA , 2, 20, 200, 2000 mA, $E_I = \pm [0,5\% I_m + 1 \text{ díg.}]$
- CMRR: 90 dB, desde continua hasta 300 Hz, con $1 \text{ k}\Omega$ de desbalance en “Low”, en todas sus funciones;
- NMRR: 60 dB, 25...100 Hz

Suponiendo que dispone de todos los elementos necesarios para lograr que la fuente entregue 0,5 A, diga si con los aparatos indicados puede determinar los parámetros pedidos, indicando como lo haría y los errores de las medidas.

Indique además, como procedería si el instrumento no posee desacople de la componente de continua.

a) las razones que justifican su respuesta;

b) el error que afectará a la determinación de la caída de tensión, definida como:

$$\Delta U = U_{\text{vacío}} - U_{\text{plena carga}}$$