

Solución - Examen Medidas Eléctricas 2026

FEBRERO 2026

Problema 1

- a) La pantalla tiene $H = 10$ divisiones horizontales. Cada división es de $div_t = 200 \mu s$. La frecuencia de muestreo se indica en el recuadro Acquisition, es $f_s = 25.0 \text{ MSa/s}$.
Número total de puntos: $N = H \times div_t \times f_s = 50.000$ puntos.
- b) Ángulo de desfase: El periodo de las señales corresponde a 2π y ocupa 5 divisiones. El desfase entre una y otra es de 1 división. Se observa que CH1 pasa por un valor dado (dentro del periodo) antes que CH2. Entonces, el desfase es
 $\varphi = \varphi_{CH1} - \varphi_{CH2} = 2\pi/5$.
- c) Para adquirir la señal en AVG8, tienen que completarse 8 pantallas, por lo tanto:
 $t_{adquisición} = 8 \times H \times div_t = 16 \text{ ms}$.
- d)
- El largo de la señal a transmitir es de $2 \times N + 10 \text{ bytes} = 100.010 \text{ bytes}$.
 - La señal que se transmite ya es el promedio de las 8 señales adquiridas: la cantidad de promedios utilizada no influye en este punto.
 - Como se utiliza configuración 8N1, a cada byte se le agrega un bit de parada y uno de inicio, por lo que la conversión de bytes que se desea transmitir a bits que efectivamente se transmiten es $\times 10$, entonces se transmiten $1.000.100$ bits.
 - La velocidad de transmisión es de 115.200 bits/s , entonces **se necesitan 8,7 s para transmitir la señal completa**.
 - Observar que el *overhead* del encabezado de configuración no es significativo.



Problema 2

a)

Se calcula el voltaje que da overflow al conversor: $V_{ov} = \frac{V_{ref}N}{1000} = 200 \text{ mV}$, donde N es el número máximo de cuentas.

Observando las corrientes a medir, el fondo de escala más razonable es $I_{fe} = 2000 \text{ mA}$ (estrictamente, 1999 mA).

En la práctica, las corrientes medidas no superarían los 1000 A, pero es necesario considerar que el conversor tiene 2000 cuentas (muestra 1999 antes de dar overflow) y la cantidad de cuentas debe representar de forma directa el valor medido.

La apreciación entonces es de 1 mA.

Si quiero un fondo de escala de 2000 mA, la resistencia de acondicionamiento es:

$$R = \frac{V_{ov}}{I_{fe}} = \frac{200 \text{ mV}}{1999 \text{ mA}} = 0,1 \, \Omega \text{ (pertenece a la serie E24)}$$

La potencia máxima por esta resistencia es: $P = RI^2 = 0,4 \text{ W}$. Como este valor ya contempla un peor caso de corriente, que no se dará en la realidad, por usar la corriente de fondo de escala del amperímetro diseñado y no la máxima corriente a medir, es seguro utilizar una resistencia de $\frac{1}{2} \text{ W}$.

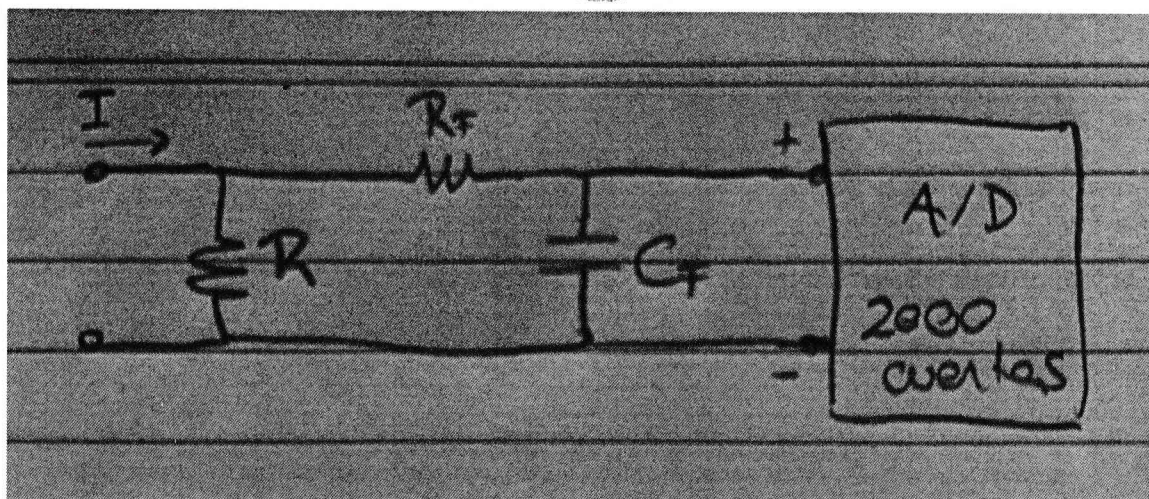
Se utiliza un filtro pasa bajo para estabilizar la medida. Como la letra sugiere que se lee cada 0.5 s, tomo la frecuencia de corte del filtro en 20 Hz.

$$f = \frac{1}{2\pi R_F C_F}$$

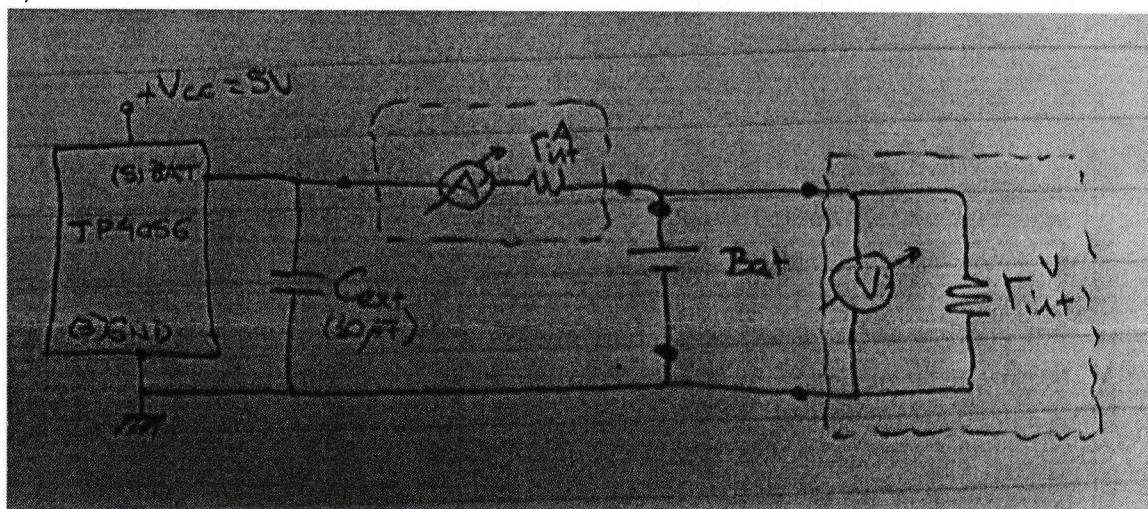
Elijo $C_F = 100 \text{ nF}$, entonces $R_F = 82 \text{ k}\Omega$ (serie E24).

No entra corriente hacia el instrumento A/D. La corriente que se está midiendo es casi DC, entonces la corriente por el filtro es casi nula, alcanza con usar R que soporte potencias mínimas ($\frac{1}{8} \text{ W}$).

El condensador siempre está sometido a menos de 200 mV, elijo uno que soporte 10 V (el más chico).



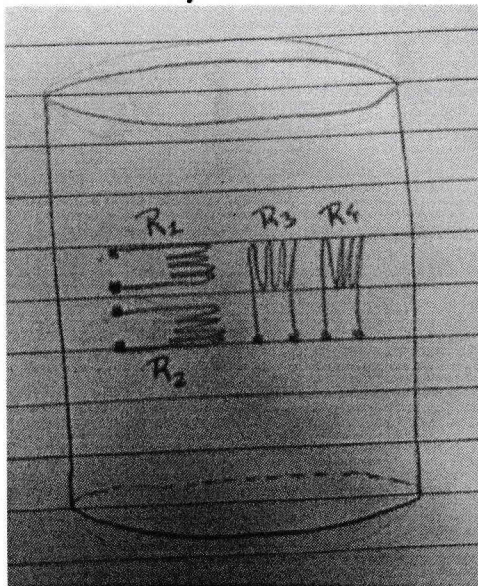
b)



Donde $r_{int}^A = 0,1 \Omega$ y $r_{int}^B = 2 M\Omega$.

Problema 3

a)



Le llamo R_1 y R_2 a las galgas que siguen el perímetro del cilindro y R_3 y R_4 a las que siguen en eje del cilindro.

- b) El peso se colocará sobre la tapa superior del cilindro, estando la tapa inferior apoyada, por lo que el cilindro se comprime verticalmente, acortando las galgas 3 y 4, por lo que disminuyen R_3 y R_4 .

$$R_3 = R_4 = R_0 - \Delta R_L$$

A su vez, el radio del cilindro crece, entonces el perímetro crece, estirando las galgas 1 y 2, aumentando R_1 y R_2 .

$$R_1 = R_2 = R_0 + \Delta R_P$$

Se le llama deformación ε al cambio de longitud por unidad de longitud:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Siendo K la constante de galga dada en la letra, la variación en la resistencia para las galgas que están dispuestas de forma longitudinal es:

$$\Delta R_L = R_0 K \varepsilon.$$

El módulo de Poisson indica la relación entre las deformaciones en la dirección radial ε_r y longitudinal ε_L .

$$|\mu| = \left| \frac{\frac{\Delta r}{r}}{\frac{\Delta L}{L}} \right| = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon}$$

Observar que la deformación en el radio es igual que en el perímetro, $\varepsilon_r = \varepsilon_p$, porque la constante multiplicativa 2π se cancela.

Entonces, la variación de resistencia para las galgas que están dispuesta siguiendo el perímetro del cilindro es:

$$\Delta R_p = R_0 K \mu \varepsilon$$

Para evitar errores de signo, recordar que al apretar el cilindro una dirección crece y la otra disminuye.

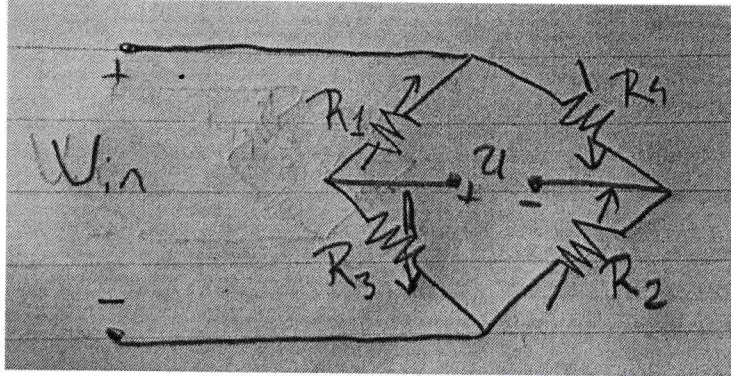
Entonces:

$$R_1 = R_2 = R_0(1 + \mu K \varepsilon)$$

$$R_3 = R_4 = R_0(1 - K \varepsilon)$$



Se colocan las galgas de la siguiente forma en el puente de Wheatstone:



$$\text{Entonces } u = V_{in} \left(\frac{R_3}{R_1 + R_3} - \frac{R_2}{R_4 + R_2} \right)$$

$$\text{Sustituyendo se obtiene: } u = V_{in} \left(\frac{-K\varepsilon - \mu K\varepsilon}{2 + \mu K\varepsilon - K\varepsilon} \right) = V_{in} \left(\frac{-K\varepsilon(1 + \mu)}{2 + \mu K\varepsilon - K\varepsilon} \right)$$

Dados los valores de K y μ y que se trata de la deformación de un cilindro de aluminio, es evidente que $\mu K\varepsilon - K\varepsilon \ll 2$, por lo que se tiene:

$$u = -V_{in} K\varepsilon \left(\frac{1 + \mu}{2} \right)$$

Si se quisiera evitar el signo negativo, alcanza con tomar al revés los bornes de u .

$$\text{Numéricamente: } u = -V_{in} \times 2,1 \times \varepsilon \times 0,665 = -1,4 V_{in} \varepsilon.$$

No se pide seleccionar la fuente V_{in} y la deformación dependerá de la carga aplicada.

c) Se tiene $\sigma = Y\varepsilon = \frac{F}{A} = \frac{mg}{r^2\pi} = 607 \text{ kPa}$

$$\text{Entonces } \varepsilon = 8,67 \mu\text{m}/\text{m}$$

$$u = -V_{in} 12,1 \mu\text{m}/\text{m}$$

d) El estrés límite es de $\pm 2\%$, o sea $\varepsilon = 20.000 \frac{\mu\text{m}}{\text{m}}$

Esto corresponde a un acortamiento de 3,6 mm en el cilindro de aluminio. Podemos hacer el cálculo directamente sobre el cilindro, porque la galga se deforma proporcionalmente al estar perfectamente pegada a él.

Como $\mu < 1$, las galgas que podrían alcanzar primero el estrés límite son las colocadas en sentido longitudinal.

$$m = \frac{Y\varepsilon r^2\pi}{g} = 1616 \text{ t}$$



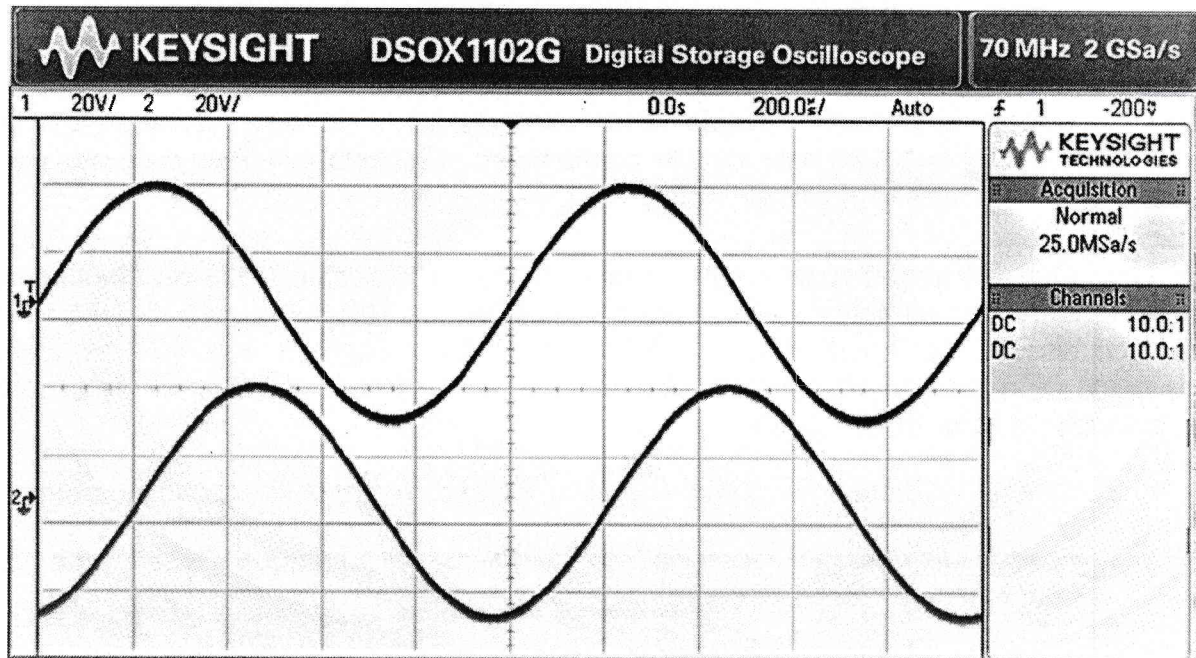
· **Nota:** Este valor es superior a la carga de fluencia del aluminio. Durante la lectura de la prueba se dijo que consideraran el aluminio como ideal independiente de su límite de rotura. La idea era que evaluaran el valor equivalente de la carga de rotura, en la práctica el aluminio se rompería primero.

**Examen de Medidas Eléctricas
Febrero 2026**

Importante: La letra del examen está acompañada por un instructivo que debe ser tenido en cuenta para la resolución de los problemas.

Problema 1 (30 p)

Se dispone de un osciloscopio digital Keysight DSOX1102G, como se muestra en la figura adjunta. La señal de la pantalla se transmite a la computadora utilizando comunicación serial con configuración 115200 8N1. Cada punto de la señal transmitida se codifica en dos bytes, y cada señal tiene un encabezado de 10 bytes donde se informa la configuración.



- a) Determinar el número de puntos que se adquiere en la pantalla (5)
- b) Determinar el ángulo de desfase entre la señal del canal 1 y la señal del canal 2. (10)
- c) Determinar el tiempo que lleva en el osciloscopio adquirir en su memoria interna una señal en modo AVERAGE 8. No incluye el tiempo de transmisión a la computadora. (5)
- d) Determinar el tiempo que lleva transmitir una señal a la computadora. (10)

Problema 2 (30 p)

El proceso de carga de una batería LiPo consiste en una etapa de corriente constante y una de voltaje constante, como se muestra en la figura 1 a.

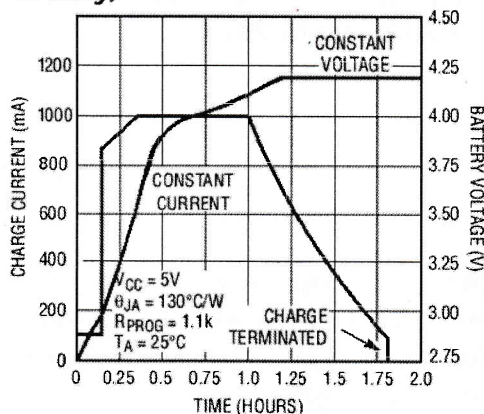
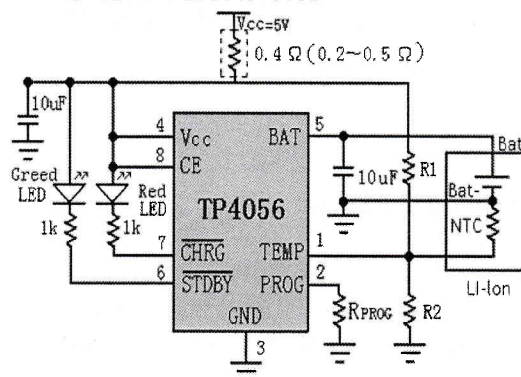
Complete Charge Cycle (1000mAh Battery)**TYPICAL APPLICATIONS**

Figura 1 - a) Proceso de carga de batería; b) circuito acondicionador sugerido para el circuito integrado TP4056.

Utilizará el circuito integrado TP4056 acondicionado como se sugiere en la figura 1 b, con $R_{prog} = 1.1 k\Omega$ para que la corriente sea regulada como se presenta en la gráfica.

Quiere agregarle a este sistema un elemento de medida externo para monitorear la corriente, actualizando el valor cada aproximadamente 0.5 s. Para ello dispone de un conversor A/D de 3 y $\frac{1}{2}$ dígitos, 2000 cuentas. Asuma que el conversor tiene como voltaje de referencia 100 mV y el ciclo de integración (donde el conversor trabaja con tiempo fijo) es de 1000 cuentas.

- a) Diseñar un amperímetro para la medida de la corriente de la batería indicando:

Fondo de escala, apreciación, diagrama esquemático, diseño de los componentes. (20 p)

- b) Además del instrumento diseñado dispone de un voltímetro de 6 V de fondo de escala y resistencia interna $2 M\Omega$. Indicar cómo se conectan el voltímetro y el amperímetro sobre el diagrama esquemático de la figura 1 b. Representar los instrumentos de medida mediante sus circuitos equivalentes (instrumento ideal + resistencia interna calculada). (10p)

**Problema 3 (40p)**

Para construir una celda de carga, se dispone de un cilindro de 6 cm de radio y 18 cm de alto. El material es aluminio (módulo de Young $Y = 70 \text{ GPa}$ y de Poisson $\mu=0,33$).

El cilindro se instrumenta con dos galgas extensométricas colocadas en la dirección del eje del cilindro y dos galgas que se encuentran siguiendo el perímetro del cilindro.

Todas las galgas son del modelo BF350-3AA80(23)M2-C del fabricante AGS-TECH. Considerar como factor de galga el valor medio del rango nominal.

Características:

- Resistencia de galga: $350.0 \Omega \pm 0.1 \%$
- Geometría angosta
- Patrón lineal
- Factor de galga: 2 a 2.2
- Auto compensada en temperatura, self temperature compensated (S-T-C)
- Coeficiente nominal de expansión térmica (Número S-T-C): 23 ppm/°C. Optimizado para aluminios, latón, estaño, y otras aleaciones que tengan coeficiente de expansión térmico similar
- Estrés límite: $\pm 2\%$ (20000 $\mu\epsilon$)
- Longitud de la región activa: 3 mm
- Temperatura de operación: -30°C a $+80^\circ\text{C}$
- Tamaño total: 7.4 mm x 4.4 mm aprox.

- Realizar un croquis en el que se identifiquen el cilindro y la forma y posición de las galgas. Numerar las galgas **de forma consistente para el cálculo posterior**. (5p)
- Realizar un diagrama esquemático con un puente de Wheatstone que utilice estas cuatro galgas y dar la expresión para la salida del puente (voltaje en función de la deformación ϵ , utilizando valores nominales para las galgas). (20p)
- Estime la tensión de salida del puente si la carga aplicada es una masa de 700 kg. Considere valores nominales para los componentes. (5p)
- ¿Qué carga aplicada rompería uno de los pares de galgas? Indicar cuál es el par que se rompe primero. (10p)

10/10