



# Contenido

Ficha 1 - Principios del LVDT	3
Ficha 2 - Control de sensores capacitivos	5
Investigación opcional - Oscilador de relajación	7
Ficha 3 - Controlador de motor	8
Ficha 4 - Sistema de control realimentado	10
Preguntas de revisión	12
Notas del tutor	14
Respuestas	20

Desarrollado por Mike Tooley en colaboración con Matrix Technology Solutions Ltd.

# Ficha 1

## Principios de LVDT

Los transformadores diferenciales variables lineales (LVDT) se utilizan ampliamente para detectar la posición, por ejemplo, de superficies de control de aeronaves, como alerones, elevadores o timones.

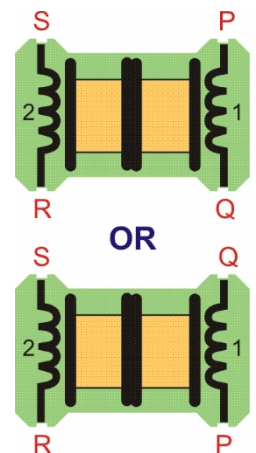
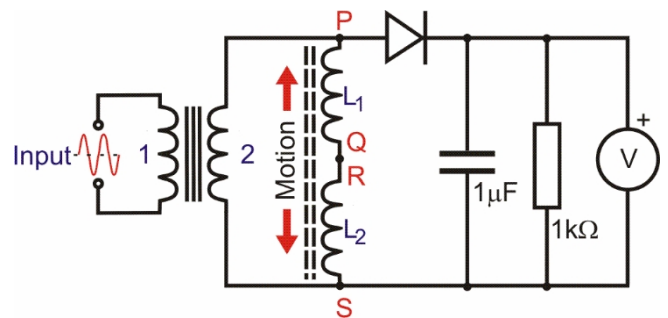
Producen una señal de salida que contiene información sobre la dirección y la distancia.

En esta hoja de trabajo investigarás el principio de una disposición simple de LVDT basada en dos bobinas acopladas inductivamente.



### Te toca a ti:

- Construye el circuito que se muestra al lado.
- Asegúrese de que el núcleo de ferrita está exactamente centrado en el conjunto de las dos bobinas.
- Conecte las bobinas de forma que la tensión de salida aumente cuando el núcleo se mueva en un sentido y disminuya cuando se mueva en el otro. Las dos formas posibles de conectarlas se muestran en el segundo diagrama.  
(Si es incorrecto, la tensión es máxima cuando el núcleo está en el centro, y desciende independientemente de hacia dónde se mueva el núcleo).
- Conecta la entrada a un generador de señales, ajustado para dar una salida de entre 10V y 20V pico a pico a una frecuencia de 2kHz.
- Coloque el medidor en el intervalo de 20 V CC.
- Mueva lentamente el núcleo de ferrita primero en una dirección y luego en la otra. Observa lo que ocurre con la lectura del medidor al hacerlo.



### Más investigación:

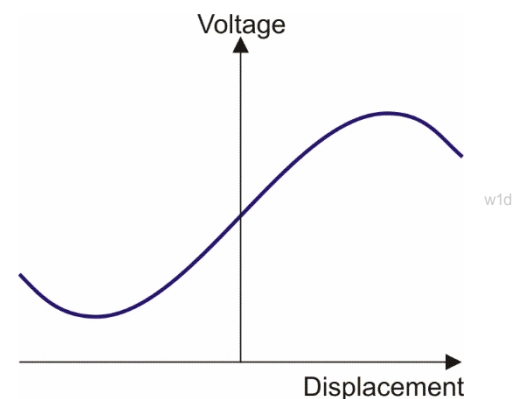
- Conecta un osciloscopio de doble traza para investigar las tensiones inducidas en las dos bobinas al mover el núcleo.
- Para ello, conecte el terminal común del osciloscopio al punto Q (o R). y los dos canales a los puntos P y S respectivamente.

# Ficha 1

## Principios de LVDT

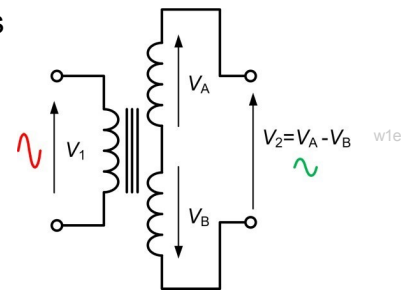
### ¿Y qué?

- El comportamiento del sistema debe ser como el que se muestra en el gráfico de al lado.



El LVDT es un transformador en miniatura con un primario y un dos bobinados secundarios. El primario está centrado entre bobinas secundarias idénticas.

El conjunto de bobinas suele ser fijo. Un núcleo de ferrita o hierro dulce, unido al sensor/actuador, se mueve dentro de las bobinas, a medida que el sensor/actuador se mueve. Idealmente, no hay contacto físico entre el núcleo y la bobina, por lo que no se produce desgaste mecánico.



El LVDT requiere una entrada de CA, de unos pocos voltios de amplitud con un frecuencia generalmente de unos pocos kilohercios. Esto genera un campo magnético alterno que se intensifica en el núcleo. Esto, a su vez, induce una tensión alterna en las bobinas secundarias. Cuanto mayor sea el solapamiento entre el núcleo y la bobina secundaria, mayor será la tensión inducida.

Las dos bobinas secundarias están conectadas en serie de forma que las tensiones inducidas

se oponen entre sí. Así, la tensión de salida,  $V_2$ , es cero cuando  $V_A = V_B$ . La fase de la tensión de salida indica la dirección en la que se ha movido el núcleo y la amplitud indica cuánto se ha movido. Esta tensión alterna de salida se convierte en una tensión continua mediante un circuito rectificador y un alisador. La salida de CC puede detectarse de varias maneras, la más sencilla es mediante un medidor de centro-cero de CC.

### Para que lo sepas:

- Describe y explica el comportamiento del circuito con tus propias palabras.
- ¿Produce el LVDT una salida lineal y, en caso afirmativo, en qué intervalo es lineal?
- ¿Cómo se podría mejorar el LVDT? ¿Qué lo haría más sensible?
- Sugiera cómo podría utilizarse el LVDT en un sistema de control de posición. ¿Qué componentes y dispositivos adicionales serían necesarios?

# Ficha 2

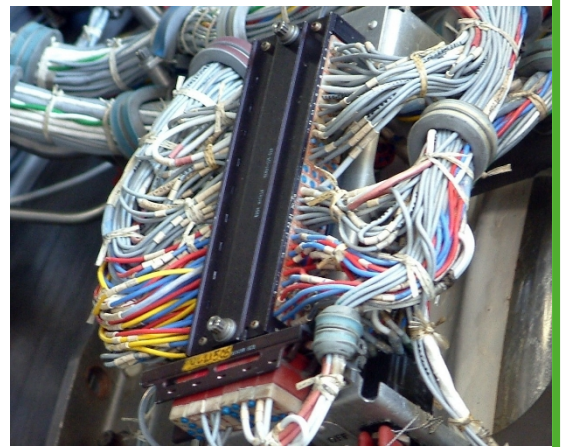
## Control de sensores capacitivos

Una gran variedad de transductores se utilizan para proporcionar señales de entrada a los sistemas de control y servo utilizados en una gran aeronave.

Algunos sensores son inductivos (como en el caso del LVDT), mientras que otros son resistivos o utilizan elementos sensores semiconductores.

Los transductores capacitivos se utilizan ampliamente para la detección del nivel de combustible, pero suelen implicar pequeños valores de capacitancia.

En esta hoja de ejercicios investigarás el principio de funcionamiento de un sensor capacitivo conectado en un circuito de puente de CA simple.

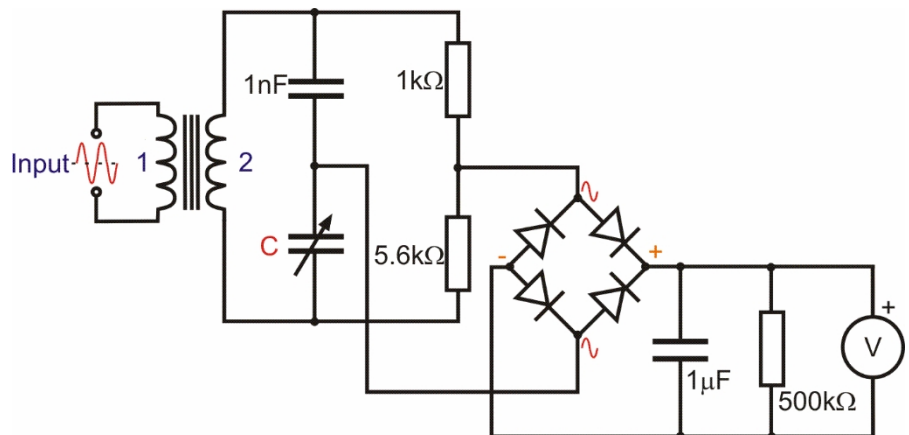


### Te toca a ti:

- Construye el circuito que se muestra al lado. El condensador variable representa un sensor capacitivo, como un sensor de nivel de combustible.
- Se conecta en un circuito de puente de CA. La salida se rectifica, y se utiliza para mantener una tensión a través de un condensador. El  $500\text{k}\Omega$  descarga lentamente el condensador de  $1\mu\text{F}$ .
- Conecta la entrada a un generador de señales, ajustado para dar una salida de entre 20V pico a pico a una frecuencia de 2kHz.
- Ajuste el medidor en el intervalo de 2 V CC.
- Ajuste lentamente el condensador variable.
- Observa lo que ocurre con la lectura del voltímetro al hacerlo.

### Más investigación:

- Conecta un osciloscopio para investigar las tensiones en las dos "mitades" del puente a medida que se ajusta el condensador variable.
- Para ello, conecte el osciloscopio a través de las entradas de CA al puente rectificador.
- Cambia la resistencia de  $5,6\text{ kW}$  por una de  $10\text{ kW}$  y repite la investigación.



# Ficha 2

## Control de sensores capacitivos

¿Y qué?

### Circuitos

#### puente:

son subsistemas de circuitos comunes, que se ven en una variedad de formas.

El diagrama muestra el principio. Cuatro dispositivos, **A**, **B**, **C** y **D**, están dispuestos como dos divisores de tensión. Uno comprende **A** y **C**, el otro **B** y **D**. Están "puenteados" por un dispositivo sensor, a menudo un galvanómetro **G**, un amperímetro sensible.

Del mismo modo, se puede tomar una salida de los puntos medios del divisores de tensión.

Cuando el puente está "equilibrado", es decir, el galvanómetro marca cero:

$$A/C = B/D$$

La entrada puede ser una fuente de alimentación de CC o de CA. Los dispositivos **A** a **D** pueden ser resistencias, condensadores, inductores o combinaciones de ellos.

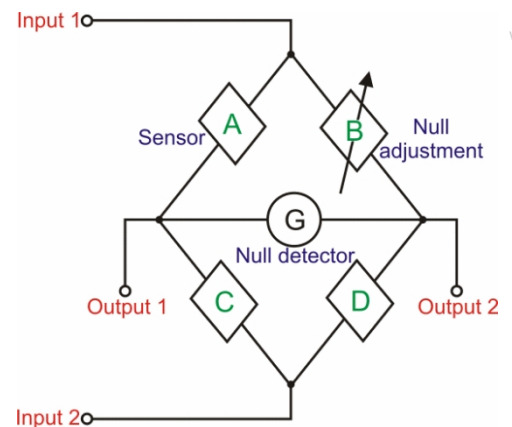
Cuando la entrada es CA y hay inductores o condensadores implicados, hay que tener en cuenta tanto la fase como la magnitud. Cuando las magnitudes se "equilibran" por sí solas, puede quedar una tensión residual en el dispositivo de detección de nulos.

Entre las ventajas del circuito puente se incluyen:

- la tensión de alimentación es irrelevante, ya que es la misma para ambas "patas";
- la calibración del galvanómetro es irrelevante. Lo único que tiene que hacer es detectar corriente, no medirla.

#### Para que lo sepas:

- Describe y explica el comportamiento del circuito con tus propias palabras.
- ¿Produce el puente una salida lineal y, en caso afirmativo, en qué rango es lineal?
- ¿Cómo podría mejorarse el puente de corriente alterna? ¿Qué lo haría más sensible?
- Sugiere cómo podría utilizarse el sensor capacitivo en un sistema indicador de combustible. ¿Qué componentes y dispositivos adicionales serían necesarios?
- Interpreta las señales que se ven en el osciloscopio al ajustar el condensador variable.



# Ficha 2

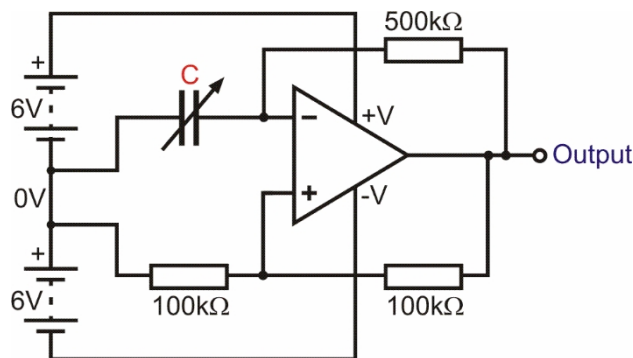
## Control de sensores capacitivos

### Investigación opcional:

El circuito construido anteriormente convertía los cambios de capacitancia en un cambio de voltaje. Otro enfoque utiliza un cambio en la capacitancia para cambiar la frecuencia a la que oscila un circuito. Este es el enfoque utilizado en esta investigación opcional

### Te toca a ti:

- Construye un oscilador de relajación, basado en un op-amp. El circuito se muestra a continuación.



- Utiliza dos fuentes de alimentación de CC, ajustadas a 6 V CC, para alimentar el circuito.
- Conecta la salida a un osciloscopio.
- Ajuste lentamente el condensador variable.
- Observe el efecto que esto tiene sobre la frecuencia de oscilación, mostrada en el osciloscopio.
- Puedes utilizar un frecuencímetro para controlar el efecto.

### Más investigación:

- La salida puede rectificarse utilizando una bomba de diodos de media onda, como la que se muestra en la página 3, o un puente rectificador de onda completa, como el que se muestra en la página 5. La salida puede controlarse con un voltímetro de CC. La salida puede controlarse con un voltímetro de CC.

# Ficha 3

## Controlador del motor

Los motores se utilizan mucho como transductores de salida en los sistemas de control de las aeronaves, al igual que los controladores de motores.

Controlan tanto la velocidad como el sentido de giro. Para ello se utiliza un controlador de motor basado en un par de transistores y un amplificador operacional.

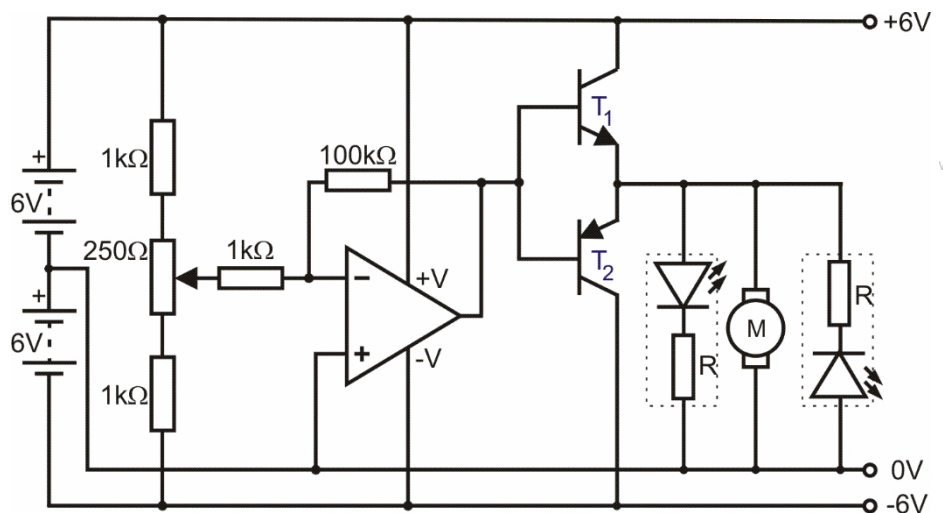
En esta hoja de ejercicios investigarás el funcionamiento de un sencillo controlador de motor de "bucle abierto", es decir, que no utiliza realimentación.



w3a

### Te toca a ti:

- Construye el circuito que se muestra al lado.
- Utilice dos fuentes de alimentación de CC, ajustadas a 6 V, conectadas al soporte de la fuente de alimentación de doble raíl, para suministrar los raíles de alimentación +6 V / 0 V / -6 V.
- Dos diodos emisores de luz, conectados en 'anti paralelo', indican la polaridad de la tensión de salida suministrada al motor y, por tanto, también el sentido de giro del motor: en el sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario.
- Ajuste el 'pote' para producir una salida de 0V. (El motor no debe estar en marcha).
- Varía el ajuste del 'pote', primero en una dirección y luego en la otra y observa el efecto sobre el motor y los dos indicadores LED.



w3b



# Ficha 3

## Controlador del motor

### ¿Y qué?

- El op-amp está configurado como un amplificador inversor, con una ganancia de tensión de 100x. Su impedancia de entrada es de aproximadamente 1 k $\Omega$ , es decir, relativamente pequeña, por lo que afecta a la tensión tomada de la unidad de detección, el "pote".
- Los transistores T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> forman un seguidor push-pull, investigado en un módulo anterior. Copian la tensión de entrada a la salida y son capaces de suministrar corriente suficiente para accionar el motor.
- La fuente de alimentación está configurada para crear, aparentemente, una fuente de alimentación dividida +6V / 0V / -6V. La op  
-El amplificador y la etapa de salida están referidos a 0V. La salida de los transistores puede oscilar por encima y por debajo de esta tensión de referencia del sistema.
- No hay ningún bucle de realimentación que informe al sistema de la velocidad a la que gira el motor, o si está girando, o incluso si hay un motor conectado. Esta limitación se abordará en la siguiente hoja de trabajo.
- Este tipo de controlador no es energéticamente eficiente, por dos razones. El "pote" y las resistencias de equilibrio de 1k $\Omega$  tienen corriente que fluye a través de ellos en todo momento, por lo que disipan energía. Los transistores "siguen" la tensión de entrada. Cuando la salida de T<sub>1</sub> es de +2V, el resto de la alimentación de +6V, es decir, 4V, cae a través del transistor. El transistor puede estar suministrando una corriente considerable al motor, por lo que está disipando una cantidad importante de energía.

### Para que lo sepas:

- Explica, con tus propias palabras, cómo funciona el circuito.
- ¿En qué intervalo aproximado de ajuste de la resistencia variable permanece inmóvil el motor?
- ¿Se mueve el motor en ambas direcciones? ¿Cómo lo sabes?
- ¿Proporciona la resistencia variable un control eficaz de la velocidad? ¿Es posible ajustar la para que el motor funcione lenta y constantemente a la misma velocidad?
- ¿Cómo podría mejorarse el controlador del motor? ¿Qué haría que proporcionara un control más suave de la velocidad?
- Proponga cómo podría utilizarse el controlador del motor en una aplicación práctica aeronáutica. ¿Qué componentes y dispositivos adicionales serían necesarios?

# Ficha 4

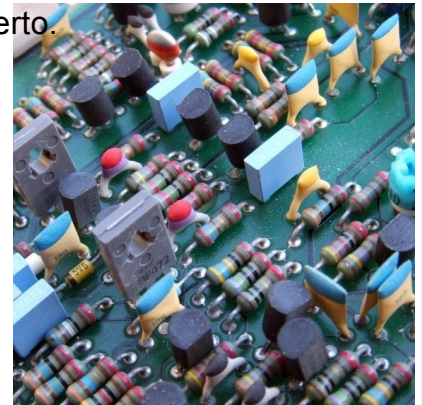
## Sistema de control realimentado

Antes has visto las limitaciones del control del motor en bucle abierto.

No hay comparación automática del valor de salida real con el valor deseado ni compensación de las diferencias.

Los sistemas aeronáuticos modernos utilizan sistemas de control de "bucle cerrado", en los que se utiliza la retroalimentación negativa para regular el sistema. En la mayoría de los casos es totalmente automático. La única intervención humana consiste en fijar el valor de salida deseado.

En esta hoja de trabajo se investiga el comportamiento de un sistema con y sin esta retroalimentación.

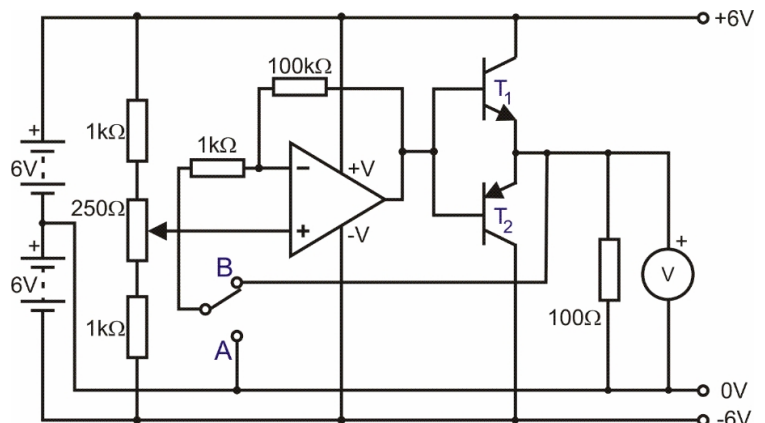


### Te toca a ti:

- Construye el circuito que se muestra al lado.

- De nuevo, utilice dos fuentes de alimentación de CC, ajustadas a 6 V, conectadas al soporte de doble raíl, para alimentar el Carriles de alimentación +6V / 0V / -6V.

- Una resistencia de 100Ω actúa como "carga". La tensión desarrollada a través de ella se mide utilizando el medidor ajustado en el rango de 20 V CC.



- El enlace en la entrada puede ajustarse a En la posición A no se produce realimentación, por lo que el sistema de control funciona en bucle abierto. En la posición B, la realimentación es negativa y el sistema funciona en bucle cerrado.
- Gire el "potenciómetro", primero en un sentido y luego en el otro, y observe el efecto en la tensión de salida de CC. Registre el rango de tensión de salida producido,
- Ahora haz lo mismo con el enlace en la posición B.
- Por último, repita estos pasos con la carga de 100Ω eliminada. Una vez más, registre el rango de tensión de salida tanto para el funcionamiento en bucle abierto como en bucle cerrado.

Funcionamiento en bucle abierto	100Ω carga	Sin carga
Tensión máx. de salida		
Tensión de salida mín.		

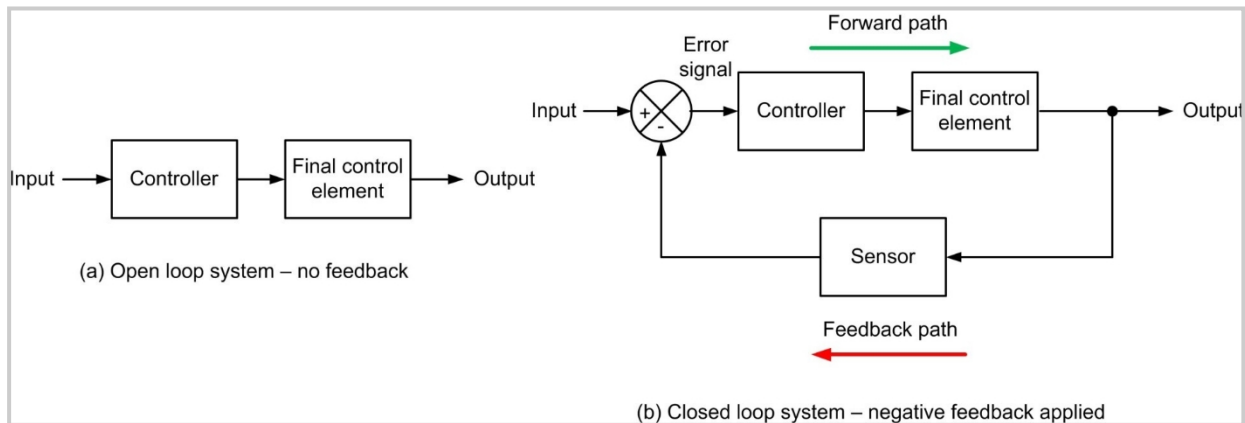
Funcionamiento en bucle cerrado	100Ω carga	Sin carga
Tensión máx. de salida		
Tensión de salida mín.		

# Ficha 4

## Sistema de control realimentado

### ¿Y qué?

El diagrama muestra la diferencia entre los sistemas de control de bucle abierto y de bucle cerrado:



Esta diferencia puede ilustrarse con el sistema de calefacción del habitáculo de un coche.

En un sistema de control de bucle abierto, el conductor gira el control de temperatura a una posición probable y espera. Si el habitáculo está demasiado caliente, el conductor baja la temperatura. Si está demasiado frío, lo sube. La temperatura real dentro del coche depende de la temperatura exterior y de la temperatura del agua que circula por el calefactor. El conductor debe realizar los ajustes necesarios para tener en cuenta estos factores.

En un sistema de control de bucle cerrado, el conductor fija la temperatura deseada. Un sensor de temperatura situado en el habitáculo informa al sistema de calefacción sobre la temperatura actual. Cuando la temperatura real es inferior a la temperatura fijada, el sistema de calefacción calienta el habitáculo. Cuando la temperatura es superior al valor ajustado, el sistema de calefacción se apaga, o incluso enfría el habitáculo. La única intervención del conductor es ajustar la temperatura deseada.

### Para que lo sepas:

- Explica, con tus propias palabras, cómo funciona el circuito.
- Comente los resultados obtenidos tanto para el funcionamiento en bucle abierto como en bucle cerrado del sistema. ¿Qué configuración proporciona el control más suave de la salida?
- ¿Qué configuración produjo el mayor cambio en la producción y cuál el menor? ¿A qué se debe?
- ¿Qué configuración mantenía una salida más constante con y sin la carga conectada? ¿Por qué?

# Preguntas

## Sobre estas preguntas

Estas preguntas son las típicas que deberá responder en el examen EASA Parte 66.

Dedica 15 minutos a responder a estas preguntas y luego comprueba tus respuestas con las que figuran en la página 19.

Recuerde que **TODAS** estas preguntas deben intentarse **sin** utilizar calculadora y que la nota mínima para aprobar todos los exámenes tipo test de la Parte 66 es del 75%.

1. ¿Qué tipo de excitación se utiliza con un transformador diferencial variable lineal (LVDT)?

- (a) corriente alterna (CA)
- (b) corriente continua (CC)
- (c) no se requiere excitación.

2. ¿Qué tipo de excitación se utiliza con un transductor de puente capacitivo?

- (a) corriente alterna (CA)
- (b) corriente continua (CC)
- (c) no se requiere excitación.

3. ¿Cuál de las siguientes es una aplicación de un LVDT?

- (a) detección del nivel de combustible
- (b) detección de posición
- (c) detección de la velocidad aerodinámica.

4. En un sistema de control, un aumento de la retroalimentación de velocidad:

- (a) disminuir la velocidad a la que se mueve la carga
- (b) aumentar la velocidad a la que se mueve la carga
- (c) no afectan a la velocidad.

5. En un sistema de control de velocidad, la realimentación de velocidad puede obtenerse de un:

- (a) tacogenerador
- (b) transformador
- (c) potenciómetro.

w2b

6. En un sistema de control, una reducción de la retroalimentación de velocidad:

- (a) disminuir la velocidad a la que se mueve la carga
- (b) aumentar la velocidad a la que se mueve la carga
- (c) no afectan a la velocidad.

7. En un sistema de control, la realimentación posicional puede obtenerse de un:

- (a) tacogenerador
- (b) transformador
- (c) potenciómetro.

w2b

8. El tipo de realimentación utilizado en un sistema de servocontrol es:

- (a) comentarios negativos

# Preguntas

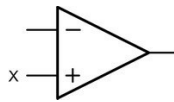
- (b) comentarios positivos
- (c) los sistemas de control no utilizan retroalimentación.

9. Si se invierten las conexiones eléctricas al generador de realimentación en un sistema de control, el:

- (a) el motor funcionaba en la dirección equivocada
- (b) señal de entrada al amplificador se reduciría
- (c) el sistema se volvería inestable.

10. La conexión marcada con una "X" en el símbolo es la:

- (a) entrada inversora
- (b) entrada no inversora
- (c) carril de alimentación positivo.



rq1

11. El componente mostrado es:

- (a) un modulador en anillo
- (b) una unión sumadora
- (c) un puente rectificador.



rq2

12. Cuando se aplica retroalimentación negativa en un

- (a) la ganancia global aumenta
- (b) la ganancia global se reduce
- (c) no hay cambios en la ganancia global.

13. ¿Cuál de las siguientes es una aplicación de un sensor de puente capacitivo?

- (a) detección del nivel de combustible
- (b) detección de posición
- (c) detección de la velocidad aerodinámica.

14. La función de un amplificador operacional dentro de un sistema de realimentación es:

- (a) forman la señal de error
- (b) alimentar el transductor de salida
- (c) convertir la señal de realimentación de CA en CC equivalente

15. Que un puente está equilibrado la tensión de salida será:

- (a) cero
- (b) igual a la oferta positiva
- (c) igual a la oferta negativa.

**Respuestas en la página 19**

# Notas del tutor

## Sobre este curso

### Introducción

Este cuaderno de ejercicios está pensado para reforzar el aprendizaje que tiene lugar en el aula o en la sala de conferencias. Proporciona una serie de actividades prácticas e investigaciones que complementan la sección 4.3 del módulo 4 de la parte 66 de la EASA, Fundamentos de electrónica.

Los equipos Locktronics permiten construir e investigar circuitos eléctricos de forma rápida y sencilla. El resultado final puede ser exactamente igual al diagrama del circuito, gracias a los símbolos impresos en cada soporte de componentes.

### Objetivo

El objetivo de este cuaderno es introducir a los estudiantes en los principios y conceptos básicos de los equipos eléctricos y electrónicos de las aeronaves. También proporciona una introducción útil a las mediciones eléctricas y al uso de amperímetros, voltímetros y osciloscopios.

### Conocimientos previos

Los alumnos deberán haber cursado previamente (o estar cursando simultáneamente) el Módulo 3 de la EASA (Fundamentos eléctricos) o tener conocimientos equivalentes a nivel 3.

### Objetivos de aprendizaje

Al finalizar con éxito este curso el alumno habrá aprendido:

- la estructura y los principios de funcionamiento de un transformador de tensión diferencial variable lineal (LVDT) típico;
- cómo puede utilizarse un LVDT para detectar la posición lineal;
- cómo se utilizan los transductores capacitivos para detectar los niveles de combustible;
- cómo se conectan los sensores y transductores en una configuración de puente de CA;
- las ventajas de utilizar redes puente;
- cómo afecta a la linealidad de un transductor las limitaciones físicas;
- cómo funcionan los sistemas de servocontrol de bucle abierto y cerrado y las diferencias esenciales entre ellos;
- cómo puede utilizarse la retroalimentación negativa para mejorar el rendimiento de un sistema de servocontrol;
- cómo pueden utilizarse los amplificadores operacionales como dispositivo de formación de errores;
- cómo pueden utilizarse los transistores push-pull para aumentar la corriente de carga en un servosistema.

# Notas del tutor

## Qué necesitarán los alumnos:

Este paquete está diseñado para trabajar con el Kit de Mantenimiento de Aeronaves Locktronics. Las piezas eléctricas / electrónicas necesarias para este libro de trabajo se enumeran en la página siguiente.

Los estudiantes también necesitarán:

- bien dos multímetros, como el LK1110, capaces de medir corrientes en el intervalo de 0 a 200 mA, y tensiones en el intervalo de 0 a 200 V;
- o amperímetros y voltímetros equivalentes.

Para otros módulos de la serie, necesitarán:

- un generador de funciones, como el LK8990, o equivalente;
- y un osciloscopio capaz de monitorizar las señales que produce, como el osciloscopio virtual LK6730 Pico 4000.

Si le falta algún componente o necesita artículos adicionales, póngase en contacto con Matrix o con su distribuidor local.

## Fuentes de energía:

Los estudiantes tendrán que utilizar una fuente de alimentación de CC de bajo voltaje ajustable. La tensión de salida de la fuente de alimentación de CC suministrada puede ajustarse para proporcionar salidas de 3 V, 4,5 V, 6 V, 7,5 V, 9 V o 13,5 V, con corrientes típicas de hasta 1 A. La tensión se cambia girando el dial selector situado justo encima de la clavija de masa hasta que la flecha señale la tensión deseada.

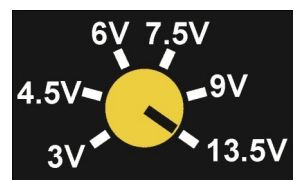
Los tutores pueden decidir realizar cualquier ajuste necesario en el voltaje de la fuente de alimentación, o pueden permitir que los alumnos realicen esos cambios.

Cada ejercicio incluye un voltaje recomendado para ese circuito en particular.

En el ejemplo de al lado, la fuente de alimentación de CC se ha ajustado para proporcionar una salida de 13,5 V CC.



p28a



p28b

# Notas del tutor

La tabla de la derecha muestra las piezas necesarias para los 4 libros de ejercicios de la serie Fundamentos de electrónica.

Qty	Code	Description	Qty	Code	Description
2	HP2666	12V adjustable DC power supply	4	LK5603	Lead, red 500mm, 4mm to 4mm stackable
1	HP3728	AC power supply, 12VAC, 1.5A, UK	4	LK5604	Lead, black, 500mm, 4mm to 4mm stackable
1	LK2340	AC voltage source carrier	4	LK5607	Lead, yellow, 500mm, 4mm to 4mm stackable
1	LK3548	Fibre optic Transmitter	4	LK5609	Lead, blue, 500mm, 4mm to 4mm stackable
1	LK3982	Voltmeter, 0V to 16V	1	LK8202	Capacitor, 100uF, Electrolytic, 25V
1	LK4002	Resistor, 100ohm, 1W, 5% (DIN)	1	LK8205	Capacitor, 1uF, Polyester
1	LK4003	Capacitor, 1000 uF, Electrolytic 30V	3	LK8206	Capacitor, 4.7uF, electrolytic, 25V
1	LK4123	Transformer, 2:1 turns ratio	2	LK8207	Switch, push to make, metal strip
1	LK4663	Low power solar motor	1	LK8209	Switch, on/off, metal strip
3	LK5202	Resistor, 1k, 1/4W, 5% (DIN)	1	LK8214	Capacitor, VARIABLE, 0-200pF
3	LK5203	Resistor, 10k, 1/4W, 5% (DIN)	3	LK8216	Capacitor, 0.47 uF, Polyester
1	LK5205	Resistor, 270ohm, 1/2W, 5% (DIN)	1	LK8218	Resistor, 2.2k, 1/4W, 5% (DIN)
2	LK5207	Resistor, 180ohm, 1/2W, 5% (DIN)	1	LK8224	Switch, changeover, toggle
1	LK5208	Potentiometer, 250 ohm (DIN)	1	LK8224	Changeover switch
1	LK5209	Resistor, 5k6 ohm, 1/2W, 5% (DIN)	1	LK8232	Resistor, 500k, 1/4W, 5% (DIN)
2	LK5214	Potentiometer, 10k (DIN)	1	LK8234L	Op Amp Carrier (TL081) with 2mm to 4mm Leads
2	LK5218	Resistor, 10k, 1/4W, 5% (DIN)	1	LK8238	Resistor, 200k, 1/4W, 5% (DIN)
2	LK5224	Capacitor, 47uF, Electrolytic, 25V	1	LK8239	Capacitor, 1nF, Polyester
2	LK5240	Transistor RHF, NPN	2	LK8635	LED, red 5V (SB)
1	LK5241	Transistor LHF, NPN	1	LK8706	Motor 3to 12V DC, 0.7A
1	LK5242	Diode, germanium	1	LK8774	Fibre optic cable - 1m
4	LK5243	Diode, power, 1A, 50V	1	LK8860	AND gate carrier (ANSI)
1	LK5247	Zener diode, 4.7V	1	LK8861	OR gate carrier (ANSI)
1	LK5248	Thyristor	2	LK8862	NOT gate carrier (ANSI)
24	LK5250	Connecting Link	1	LK7409	AA batteryholder carrier
1	LK5254	Zener diode, 8.2V	1	LK7483	1:1 transformer with retractable ferrite core
1	LK5255	Transistor RHF, PNP	2	LK8275	Power supply carrier with battery symbol
1	LK5256	Transistor LHF, PNP	1	LK8275	Fibre optic receiver
1	LK5266	Bridge rectifier	1	LK8492	Dual rail power supply carrier
1	LK5402	Thermistor, 4.7k, NTC (DIN)	2	LK8900	7 x 5 metric baseboard with 4mm pillars
			2	LK9381	Ammeter, 0mA to 100mA



# Notas del tutor

## Usando este curso:

Se espera que las hojas de trabajo se impriman / fotocopien, preferiblemente en color, para uso de los alumnos. Los alumnos deben conservar su propia copia de todo el cuaderno de ejercicios.

Las hojas de trabajo suelen contener:

- una introducción al tema investigado y a su aplicación aeronáutica;
- instrucciones paso a paso para la investigación práctica que sigue;
- una sección titulada "¿Y qué?", cuyo objetivo es poner a prueba a los alumnos cuestionando su comprensión de un tema y también ofrecer un resumen útil de lo que se ha aprendido. Puede utilizarse para desarrollar ideas y como desencadenante de debates en clase.
- una sección titulada "Preguntas", en la que se propone a los alumnos un trabajo complementario. Las respuestas a estas preguntas figuran al final del cuaderno.

Este formato fomenta el autoaprendizaje y permite a los alumnos trabajar al ritmo que mejor se adapte a sus capacidades. Corresponde al tutor comprobar que la comprensión de los alumnos sigue el ritmo de su progreso a través de las hojas de ejercicios y proporcionarles trabajo adicional que suponga un reto para los alumnos más brillantes. Una forma de hacerlo es "dar el visto bueno" a cada ficha a medida que el alumno la completa y, de paso, mantener una breve charla con cada alumno para evaluar su comprensión de las ideas contenidas en los ejercicios.

Por último, se ha incluido una serie de "preguntas de repaso" para concluir el trabajo sobre cada tema. Estas preguntas son de dificultad mixta y son las típicas a las que se enfrentarán los alumnos cuando realicen los exámenes del Módulo 4 de la CAA. Se recomienda a los alumnos que realicen estas preguntas en condiciones de examen y sin utilizar apuntes ni calculadoras.

## Hora:

La mayoría de los alumnos tardarán entre ocho y diez horas en completar todas las fichas. Se prevé que se necesitará un tiempo similar para apoyar el aprendizaje en un entorno de clase, tutoría o autoaprendizaje.

# Notas del tutor

Hoja de trabajo	Notas para el tutor	Cronometraje
1	<p>En esta hoja de ejercicios, los alumnos investigarán el principio de un transformador diferencial variable lineal simple (LVDT).</p> <p>Los LVDT se utilizan ampliamente como medio de detección de la posición de la carga (como una superficie de control) accionada por un actuador. El LVDT suele constar de un transformador en miniatura con dos bobinados secundarios y un núcleo móvil de ferrita o hierro dulce unido a un émbolo. En esta investigación, el LVDT consta de dos bobinas acopladas inductivamente y alimentadas en serie con una fuente de CA. Debido a la frecuencia de excitación y al valor relativamente bajo de la inductancia de las bobinas individuales, el núcleo ajustable debe adoptar la forma de una barra de ferrita en lugar de un núcleo de hierro o acero.</p> <p>Los estudiantes necesitarán un generador de forma de onda que produzca una salida sinusoidal de al menos 10V pico-pico y con una impedancia de salida de <math>50\Omega</math>, o menos. Además, necesitarán un voltímetro capaz de leer 20 V a escala completa.</p> <p>Los alumnos deben comprobar que el rango lineal del LVDT investigado es bastante pequeño, de unos 20 mm. Deberán ser capaces de relacionarlo con las dimensiones físicas del conjunto de la bobina.</p> <p>Antes de abordar esta hoja de ejercicios, los alumnos se beneficiarán de una introducción al LVDT y su aplicación como sensor de posición lineal. También sería útil hablar de las aplicaciones prácticas en aeronaves.</p>	45 - 60 minutos
2	<p>Una vez conocido el LVDT, esta ficha presenta a los alumnos otro tipo de transductor, el transductor de capacitancia variable. Los transductores capacitivos se utilizan ampliamente para la detección del nivel de combustible y las señales que proporcionan son esenciales para el sistema de gestión de combustible del avión.</p> <p>Los alumnos investigarán el principio de funcionamiento de un sensor capacitivo conectado en un circuito de puente de CA simple.</p> <p>Una vez más, los estudiantes necesitarán un generador de forma de onda que produzca una salida sinusoidal de alrededor de 20V pico-pico y con una impedancia de salida de <math>50\Omega</math>, o menos. Además, necesitarán un voltímetro capaz de leer 2 V a escala completa.</p> <p>Los estudiantes deben encontrar que el rango lineal del puente es bastante pequeño y para valores muy bajos de capacitancia también puede verse afectado por la capacitancia parásita asociada con el cableado.</p> <p>Sin embargo, hay que subrayar que la linealidad absoluta no es esencial, ya que el nivel de combustible también se ve afectado por las dimensiones del depósito y será necesaria una calibración para corregirlo.</p> <p>Al final de la ficha hay una introducción a los circuitos puente. Normalmente están "equilibrados", de modo que la salida inicial es cero. El que se investiga aquí es diferente, ya que siempre está desequilibrado. La sección "Investigación complementaria" permite a los alumnos examinar un puente equilibrado. Puede ser necesario desconectar el puente rectificador para "descargar" el puente de capacidad.</p>	45 - 60 minutos

# Notas del tutor

Hoja de trabajo	Notas para el tutor	Cronometraje
2 cont...	<p>A continuación se realiza una investigación opcional en la que los alumnos construyen un oscilador de relajación basado en un op-amp. Cuando se ajusta el condensador variable, cambia la frecuencia de oscilación. Esto se observa directamente en un osciloscopio conectado a la salida. Los estudiantes más capaces pueden investigar el efecto de cambiar los valores de las resistencias, aunque deben ser advertidos de que la ganancia de voltaje del op-amp cae significativamente a altas frecuencias.</p>	
3	<p>Los motores de corriente continua se utilizan ampliamente como transductores de salida en los sistemas de control de las aeronaves. En esta hoja de ejercicios, los alumnos investigarán el funcionamiento de un controlador sencillo de motor de CC. Esta disposición proporciona control tanto para la velocidad como para la dirección, pero funciona sin retroalimentación negativa y, por lo tanto, proporciona a los estudiantes un ejemplo de un sistema de bucle abierto.</p> <p>Antes de iniciar esta investigación, los alumnos deben recordar el trabajo que han realizado anteriormente sobre amplificadores operacionales, etapas de salida de transistores push-pull y diodos emisores de luz. También deben familiarizarse con los conceptos básicos de los sistemas de bucle abierto y bucle cerrado.</p> <p>Para proporcionar los raíles de alimentación positivo y negativo, los alumnos necesitarán dos fuentes de alimentación de 6 V CC. Deberán asegurarse de que la conexión común se realiza al carril de alimentación de 0 V del amplificador operacional.</p> <p>Debido a la falta de retroalimentación negativa, los estudiantes deben encontrar que el ajuste preciso de la velocidad del motor es extremadamente difícil y puede requerir ajustes repetidos. También deben observar la banda muerta en la que el motor permanece inmóvil y el rápido aumento de velocidad a ambos lados de este intervalo. Todas estas son características de los sistemas de bucle abierto y los alumnos deben ser capaces de observarlas sin ninguna ayuda adicional.</p>	60 - 90 minutos

# Notas del tutor

4	<p>En esta hoja de trabajo final, los alumnos investigan el funcionamiento de un sistema que puede configurarse como un sistema de bucle abierto o como un sistema de bucle cerrado. También podrán realizar algunas mediciones comparativas del sistema que muestren cómo se comporta con y sin realimentación aplicada.</p> <p>Al igual que en la hoja de ejercicios anterior, los alumnos necesitarán dos fuentes de alimentación independientes de 6 V CC. En lugar de utilizar un motor como carga (como en la hoja de trabajo anterior), la salida del sistema de control se aplica a una resistencia de <math>100\Omega</math>.</p> <p>Para configurar el sistema de control en bucle abierto o en bucle cerrado, la entrada inversora de IC1 puede conectarse directamente a 0V (bucle abierto) o a la salida (bucle cerrado), utilizando el conmutador. Estas conexiones están marcadas como A y B respectivamente en el diagrama del circuito.</p> <p>El estudiante debe medir el rango de voltaje de salida producido al conducir una carga de <math>100\Omega</math> con y sin realimentación aplicada. A continuación, deben repetir esta operación sin carga aplicada.</p> <p>A partir de las mediciones que realicen, deberían poder deducirlo:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• la ganancia de tensión global del sistema se reduce considerablemente cuando se aplica la realimentación (es decir, en bucle cerrado)</li><li>• el cambio en la tensión de salida, con y sin carga aplicada, se reduce significativamente cuando se aplica realimentación (es decir, bucle cerrado).</li></ul>	60 - 90 minutos
---	---	-----------------

## Cuestionario de revisión

1. (a)
2. (a)
3. (b)
4. (a)
5. (a)
6. (b)
7. (c)
8. (a)
9. (c)
10. (b)
11. (c)
12. (b)
13. (a)
14. (a)
15. (a)

31 07 23 Reformateado al nuevo estilo