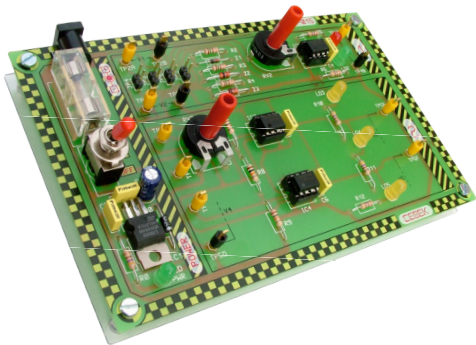


## MÓDULOS EDUCACIONALES

Para la ENSEÑANZA y la PRÁCTICA de la ELECTRÓNICA





[www.cebek.com](http://www.cebek.com)

### EDU-015. El Comparador



-  La EDU-015 analiza al 741 como comparador, una configuración y funcionalidad básica en el empleo de amplificadores operacionales en circuitos no lineales.

La EDU-015 expone una aproximación inicial al 741 y los operacionales, compensación de offset, el comparador inversor, comparador con punto de conmutación en cero, o diferente a cero, comparador inversor o el comparador de ventana, empleando diversas prácticas para contrastar y facilitar la comprensión del funcionamiento del comparador.

-  **Práctica 0.** Introducción al amplificador operacional y el 741. Estructura del amplificador operacional y funcionamiento. El operacional 741, compensación del offset, parámetros del operacional.
-  **Práctica 1.** Clases de circuitos con operacionales. Operacionales y la comparación, Comparador con punto de conmutación en cero. El detector de cruce por cero.
-  **Práctica 2.** Comparador con punto de conmutación distinto de cero. Comparador alimentado con una sola fuente de alimentación y distintas tensiones de referencia.
-  **Práctica 3.** Comparador de ventana. Repuesta y configuración del umbral de respuesta y configuración para establecer tres puntos de conmutación.

## **Garantía y Consideraciones.**

Los módulos Educativos Cebek de la serie EDU contienen distintas prácticas para analizar, experimentar y aprender los conocimientos básicos del tema tratado. No obstante, su función no es la representar un mini-curso de cada materia, sino la de complementar, servir de base y permitir la experimentación para el material teórico del profesor. Por este motivo, aconsejamos el uso de los módulos EDU bajo la supervisión y atención del personal docente correspondiente.

Cebek no asumirá ni prestará servicio a consultas relacionadas con la teoría o principios de funcionamiento de la materia tratada por el módulo. Solamente facilitará asistencia técnica respecto a aquellas consultas o problemas derivados del funcionamiento intrínseco del circuito.

Todos los módulos Cebek de la serie EDU gozan de 3 años de garantía total en componentes y mano de obra.

Quedarán exentos de la ésta, averías o fallos producidos por causas ajenas al circuito, conexión, instalación o funcionamiento no especificados en la documentación del módulo, o por trato o manipulación inadecuados. Además será necesario presentar la factura de compra del equipo para cualquier incidencia.

Para contactar con el dep. técnico remítase a:

sat@cebek.com ó al fax. 93.432.29.95 ó por correo a la dirección: c/Quetzal, 17-21. (08014), Barcelona.

## **Normativa e Identificación de Elementos de la serie EDU.**

Para facilitar una rápida identificación y una normativa única para las distintas prácticas y circuitos de los módulos educativos Cebek, todos los elementos comunes responden a un código de colores o forma determinado.

### **Test Point, (TP) / Inject Point, (IJ).**

Para facilitar una rápida identificación y una normativa única para las distintas prácticas y circuitos de los módulos educativos Cebek, todos los elementos comunes responden a un código de colores o forma determinado.

 **TP. + circuito**  
Rojo

 **TP. - circuito**  
Negro

 **TP. Tensión**  
Amarillo

 **TP. Corriente**  
Azul

 **TP. Sin corriente ó TP. C.A.**  
Blanco

 **IJ. Terminal unión entre puntos**  
Aluminio, sin color.

### **Conmutador / Interruptor.**

Según el color del capuchón controlará tensión, corriente, o alimentación.

 **Alimentación**  
Rojo

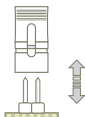
 **Corriente**  
Azul

 **Tensión**  
Amarillo

 **Lógica**  
Verde

### **Jumper.**

Permite cerrar o abrir una señal o circuito eléctrico.



### **Punto Destacable.**

Punto de especial relevancia, recordatorio o parte para memorizar.



## EDU-015. El Comparador

### Antes de empezar...

Antes de iniciar cualquiera de las prácticas, por favor lea detenidamente las instrucciones e indicaciones de la práctica.

Construya conexiones seguras en aquellos puntos de contacto indicados, de lo contrario las mediciones dependientes de estas conexiones serán confusas o incorrectas.

No realice, cortocircuite o una conexiones no especificadas en estas instrucciones. Podría averiar el circuito.

Si el led de alimentación "PWR" no se ilumina o cesa repentinamente en su función, desconecte rápidamente la alimentación del dispositivo y compruebe que no se está produciendo ningún cortocircuito, así como el estado del fusible.

Aunque las prácticas descritas pueden realizarse siguiendo las indicaciones del manual, aconsejamos se acompañe de la supervisión de personal docente que permita la consulta, ampliación y ayuda de los conceptos aquí descritos.

En el circuito, cada práctica quedará delimitada por un rectángulo con el correspondiente número. Sobre ésta podrán describirse uno o diversos experimentos.

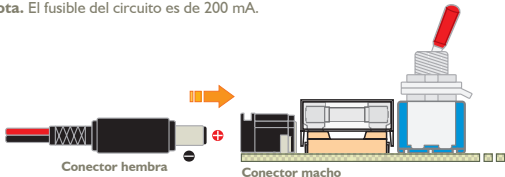
### Alimentación del módulo.

El módulo requiere 14 V.C.C. para su alimentación. Debe emplearse una fuente estabilizada de laboratorio o si se prefiere, la fuente Cebek FE-113.

La alimentación del circuito se realiza únicamente a través del conector macho de la placa, **no debe inyectarse ningún tipo de señal sobre cualquier otro terminal del circuito.** Una vez alimentado, el circuito proporciona las tensiones necesarias para experimentar en cada práctica.

Para la conexión de alimentación el módulo incluye un cable con conector macho en un extremo y los terminales desnudos del cable en el otro.

Conecte cada uno de los terminales, respetando la polaridad del conector, a la salida correspondiente de la fuente de alimentación. Finalmente podrá insertarlo en el módulo. **Nota.** El fusible del circuito es de 200 mA.



### Material necesario.

No precisará de ningún material ni componentes adicionales para utilizar y experimentar con éste módulo. Únicamente se requieren los instrumentos de medida necesarios para poder obtener y contrastar los valores de las prácticas.

Para este módulo serán necesarios uno o varios multímetros en su función como voltímetro. Si se dispone un Osciloscopio también podría utilizarse en sustitución del voltímetro.

### Bibliografía.

- En Google: 741
- En Google: LM741
- Principios de Electrónica, (Mc Graw Hill).

# EDU-015. El Comparador

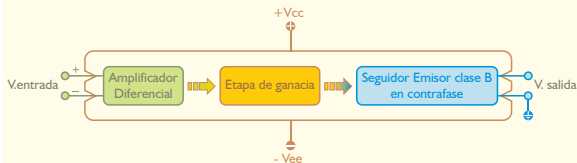
## Introducción al Amplificador Operacional

Los primeros amplificadores operacionales se fabricaron mediante circuitos discretos para su empleo en computadoras analógicas, su función era la de realizar operaciones matemáticas: sumas, restas, multiplicaciones, etc. De aquí su terminología, (op amp).

Actualmente los op amp, u “operacionales”, como son denominados de forma coloquial, están integrados en un CI, estructurados en un bloque con terminales externos. La mayoría de operacionales tienen una limitación de potencia cercana al vacío, y aunque existen algunos destinados a potencias altas, el amplio número de ellos que existe en el mercado se distinguen por su especialización en la optimización de una determinada característica, como la corriente offset de entrada, el ancho de banda, ruido mínimo, etc. Esta versatilidad, precio y fiabilidad ha permitido innumerables desarrollos y aplicaciones, constituyendo uno de los componentes activos más básicos en un sistema analógico.

La estructura interna de un amplificador operacional, aunque es sumamente compleja, pues engloba cargas activas, espejos de corriente, etc, puede representarse gráficamente como un bloque compuesto por un amplificador diferencial, una etapa/s adicionales de ganancia y normalmente un seguidor emisor clase B en contrafase, aunque en algunos esta última fase puede estar constituida en su lugar por una salida diferencial.

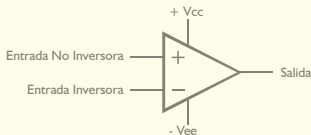
### Diagrama en bloques del amplificador operacional



El amplificador diferencial está constituido por una fuente de corriente que controla y provoca la polarización del amplificador diferencial. La resistencia de colector es substituida por una carga activa, actuando como fuente de corriente de impedancia muy alta lo que permite obtener una ganancia de tensión considerablemente mayor. Un seguidor emisor final, excitado por la señal amplificada incrementa el nivel de la impedancia, que permiten al EC una alta ganancia de tensión.

El seguidor emisor en contrafase clase B recoge la señal amplificada. Si la alimentación es simétrica, idealmente la tensión de salida es igual a cero cuando lo es también la tensión de entrada. El valor de salida siempre se aproximará a valor máximo de la alimentación simétrica, positiva o negativa, según se polarice la entrada, disminuido entre 1 y 2 V debido a la caída de tensión interna del operacional. Si la tensión de entrada se polariza inversamente, la salida es negativa. Si se polariza sin invertir, la salida es positiva.

### Símbolo Eléctrico del Amplificador Operacional

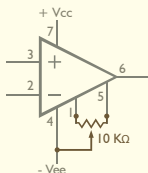


# EDU-015. El Comparador

## Introducción al Amplificador Operacional, (continuación)

Por definición un amplificador operacional idealmente proporciona una ganancia de tensión e impedancia de entrada infinitas y al mismo tiempo una impedancia de salida igual a cero.

### Anulación del offset en el 741



También la tensión de salida debe ser igual a cero cuando no existe señal de entrada. En la práctica, esto no es posible debido a las polarizaciones y offsets de un amplificador diferencial.

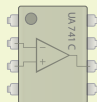
Para eliminar esta deriva, que en algunos circuitos se hará absolutamente indispensable, el fabricante normalmente representa un circuito de compensación en la hoja de característica del integrado.

## El 741

Fairchild denominó uA741 a su primer amplificador monolítico mejorado, para uso genérico. Su facilidad y bajo coste lo catapultó hasta la categoría de estándar, y desde entonces diversos fabricantes desarrollan el mismo operacional bajo denominaciones ligeramente distintas, como MC741, LM741, etc. No obstante es comúnmente conocido e identificado simplemente como 741.

### Patillaje del 741

Offset Null. 1	8. Nc
Inverting Input. 2	7. + Vcc
Non-Inverting Input. 3	6. Output
- Vee. 4	5. Offset Null



Sus características dotan al 741 de la categoría de genérico, puede ser de enorme utilidad en multitud de aplicaciones pero también resulta insuficiente para determinadas exigencias, donde debe buscarse un operacional más especializado. Empleándolo como comparador, principalmente debe tenerse en cuenta la velocidad de respuesta. El 741 incorpora un condensador de compensación interno contra oscilaciones sobre la señal, pero al mismo tiempo reduce y establece a qué velocidad puede variar la respuesta de tensión, (SR). En la EDU-015, no obstante es despreciable. comparadores de la EDU-015 éste factor no se hace necesario contemplarlo.

### Tabla de características y parámetros básicos del 741 común

Resistencia de salida	$R_o$	Output Resistance	75 $\Omega$
Resistencia de entrada	$R_i$	Input Resistance	2 M $\Omega$
Tensión de Offset de entrada	$V_{io}$	Input Offset Voltage	2 mV
Corriente de Offset de entrada	$I_{io}$	Input Offset Current	20 nA
Corriente de polarización de entrada	$I_{ib}$	Input Bias Current	80 nA
Frecuencia de ganancia unidad	GBP	Gain Bandwidth Product	1 MHz
Ganancia de tensión en lazo abierto	$A_{vd}$	Large Signal Voltage Gain	200 V/mV
Relación de rechazo al modo común	CMR	Common Mode Rejection Ratio	90 dB
Velocidad de respuesta	SR	Slew Rate	0.5 V/ $\mu$ s

## Práctica I. El Comparador.

Por su aplicación, el operacional puede distinguirse en dos tipos de circuitos, lineales y no lineales.

En los circuitos lineales constituidos por un operacional, la salida tiene la misma forma de señal que la entrada, sin que en ningún momento se produzca la saturación del operacional. Algunos ejemplos de circuitos lineales desarrollados con amplificador operacional serían amplificadores diferenciales, amplificadores no inversores, inversores, amplificadores de corriente, filtros, circuitos de control automático de ganancia, etc.

Circuitos no lineales constituidos por operacionales son aquellos en los que normalmente la forma de señal de la salida es distinta a la de entrada, a causa del entrar en saturación en algún momento del ciclo de entrada. En la presente práctica se describirá el proceso de trabajo del operacional como Comparador, un ejemplo de aplicación no lineal. En otros pueden citarse los convertidores de forma de onda, el integrador, el diferenciador, generador de señal, etc.



El comparador, como especifica su denominación, permite comparar dos tensiones e identificar la menor o mayor, según sea configurado.

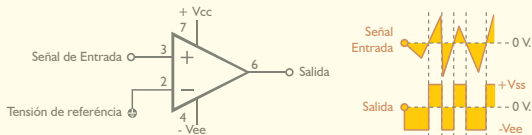
La salida opera entre dos únicos estados, nivel alto o nivel bajo. Ambos siempre se corresponden respectivamente con la tensión de alimentación positiva, (+Vcc), y con la negativa (-Vee). Una u otra aparecerán en la salida como resultado de la comparación.

No todas las operaciones son aptas para operar como Comparador. Como se describía anteriormente, el 741 dispone de un condensador de compensación interno destinado a protegerlo de interferencias sobre el resultado de la señal. Una protección que en un comparador además de innecesaria limita la velocidad de respuesta en la comparación. Éste parámetro es decisivo en aplicaciones donde el comparador debe ser muy rápido, como por ejemplo un convertidor A/D. Por ésta causa algunos operacionales prescinden del condensador de compensación o permiten establecerlo externamente sobre un pin del integrado.

Mientras que la velocidad de respuesta, (SR), es de 0,5 V/us en el 741, existen otros integrados especializados, como el LM361, ME521, LT1016 o el AM-685, donde la SR se encuentra por debajo de 14ns.

No obstante, para aplicaciones donde la comparación no es rápida como en las prácticas de la EDU-015, el 741 será más que suficiente.

### Detector de Cruce Por Cero



Un comparador puede trabajar con dos tensiones de entrada variables, o respecto a una tensión de referencia. La tensión de referencia se establece sobre una de las dos entradas, mientras que la tensión variable a comparar se aplica a la entrada libre.

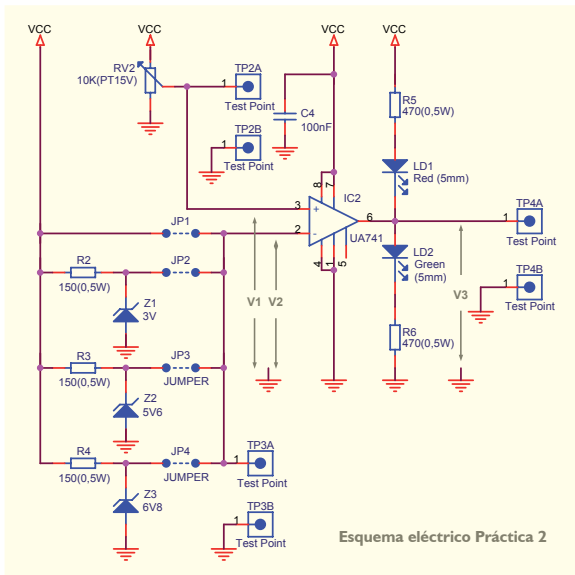
El ejemplo básico sería el detector de cruce por cero. Si se lleva la entrada inversora a masa, cualquier señal positiva provocará una salida a nivel alto, mientras que una entrada de señal negativa situará la salida a nivel bajo. Dicho de otro modo, idealmente, la salida conmutará de nivel alto a bajo, cada vez que la entrada pase por cero.

# EDU-015. El Comparador

## Práctica 2. Punto de conmutación distinto a cero.

Cuando la tensión de referencia no es cero, el comparador ya no opera como detector de cruce. Si además la referencia de tensión cambia, y por tanto ambas entradas están sometidas a valores variables, el comparador se hace más complejo. La práctica 2 y 3 además emplean una sola fuente de alimentación, (-Vee conecta a masa), por lo que la diferencia de respuesta respecto al ejemplo anterior es aún mayor.

La práctica 2 muestra como funciona un operacional con punto de conmutación distinto de cero y con una sola fuente de alimentación, qué ocurre cuando solo varía la señal de entrada respecto a la de referencia, o que sucede cuando la entrada de referencia se establece sobre la entrada no inversora.



- Para monitorizar la entrada de tensión, (V1), aplíquese un canal de osciloscopio entre TP2A y TP2B. Sitúese otro canal en la salida, entre TP4A y TP4B, (V3). Por último, la tensión de referencia, (V2), mediante un voltímetro entre TP3A y TP3B. El jumper permite seleccionar entre cuatro, la tensión de referencia. Tres quedan fijadas por zeners y una última conectada directamente a Vcc, (9 V. aprox.). El potenciómetro RV2, ajusta entre 0 y Vcc la tensión sobre la entrada no inversora. El objetivo de la práctica es comprobar para cada tensión de referencia, elaborando una gráfica de entrada/salida, en que punto el comparador cambia de nivel bajo a alto. **Nota.** Al ser alimentado con una sola fuente, y por la caída interna, los niveles de salida alto y bajo del 741 se sitúan aprox. entre 2,5 y 7 V. Por éste motivo, a nivel alto se iluminará solo el led LD2, mientras que a nivel bajo lo hará LDI y parcialmente LD2.

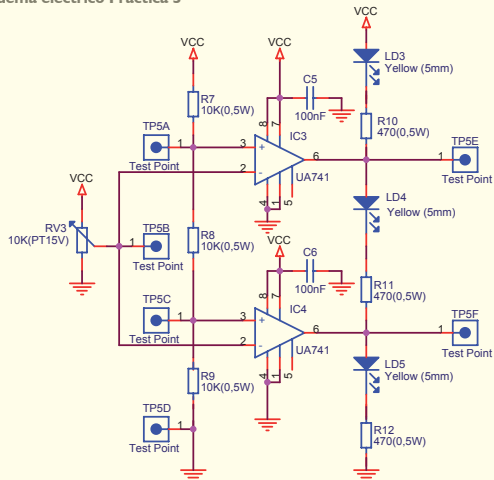
# EDU-015. El Comparador

## Práctica 3. Comparador de Ventana.

El comparador de ventana permite establecer mediante dos tensiones de referencia, un umbral o ventana de tensión únicamente entre el cual operará la salida.

El circuito se obtiene conectando dos comparadores cada uno de los cuales con distinta tensión de referencia.

Esquema eléctrico Práctica 3



La tensión de entrada común, ajustable entre 0 y Vcc es inyectada a las entradas inversoras de ambos operacionales mediante el potenciómetro RV3. Las tensiones de referencia quedan establecidas mediante un divisor de tensión 1 a 3 por R7, R8 y R9. A través de esta red, la tensión de ref. en IC3 es de  $2/3 V_{cc}$ , mientras que la tensión de ref. en IC4 es de  $1/3 V_{cc}$ .

La monitorización de las distintas tensiones se realiza respecto a un solo negativo o masa, (TP5D). La V.ref. del primer operacional, (IC3) deber ubicarse en TP5A. La V.ref. del segundo operacional, (IC4), en TP5C. La tensión de entrada se obtiene a través de TP5B. La lectura de la salida de IC3 se consigue en TP5E, y la de IC4 sobre TP5F.

Aunque el resultado o ventana del comparador se obtendría entre las dos salidas de los dos comparadores, (entre TP5E y TP5F). No obstante la práctica se ha configurado con objeto de establecer una tabla de la verdad, donde se refleje entre que márgenes de tensión de entrada se sitúa a nivel alto IC3, IC4 o ambos, iluminándose consecuentemente cada led e ilustrando más ampliamente el funcionamiento del comparador de ventana.