

EJEMPLOS DE CIRCUITOS
LABORATORIO ELECTRÓNICA
ANALÓGICA

Rev: 2.0 (Octubre/2016)

Autor: Unai Hernández (unai@labsland.com)

Contenido

1.	Circuitos con resistencias	3
1.1	Experimentar con asociaciones de resistencias	4
1.2	Experimentos con la Ley de Ohm	7
2.	Circuitos con diodos	9
2.1	Curva característica del diodo	9
2.2	Rectificador de media onda	11
2.3	Rectificador de media onda con filtro a la salida.....	12
2.4	Regulador de tensión mediante diodo Zener.....	13
3.	Circuitos RC	15
3.1	Análisis de carga y descarga del condensador.....	15
3.2	Filtro paso bajo y paso alto RC	16
4.	Circuitos RLC.....	18
4.1	Circuito CRL.....	19
5.	Circuitos con amplificadores operacionales.....	22
5.1	Amplificador operacional en configuración no inversor.....	22
5.2	Amplificador operacional en configuración inversor.	23
5.3	Amplificador operacional en configuración derivador	24
5.4	Amplificador operacional en configuración integrador	25
5.5	Amplificador operacional en configuración comparador	25
6.	Circuitos con transistores	26

El presente documento únicamente trata de mostrar los diferentes circuitos que pueden ser montados y testeados sobre el laboratorio remoto de electrónica. No es por tanto un guion de clases de laboratorio, si no la base sobre la que construir dichas clases prácticas.

1. Circuitos con resistencias

El laboratorio de electrónica analógica dispone de un juego de 4 resistencias (2 resistencias de $1k\Omega$ y 2 resistencias de $10k\Omega$) para realizar cualquier configuración posible.

La elección de estos dos valores, no se ha realizado bajo un criterio especial. El laboratorio emplea componentes reales los cuales se colocan en la matriz de conmutación encargada de crear las conexiones físicas entre ellos y con los instrumentos, por lo que tiene una capacidad limitada. Por lo tanto no es posible disponer de todos los valores de resistencias disponibles en el mercado.

Aun así, el objetivo didáctico de los circuitos con resistencias es experimentar con las diferentes configuraciones posibles (paralelo, serie) y experimentar con la ley de Ohm.

Consideraciones para la experimentación de la ley de Ohm:

1. La fuente de alimentación a emplear será siempre la de +25VDC.
2. El valor de tensión con el que alimentar el circuito bajo prueba será como máximo 20VDC.
3. El circuito siempre deberá estar conectado a tierra.
4. La fuente de alimentación siempre deberá estar conectada a tierra.
5. Medidas de tensión: se podrá medir la tensión con el multímetro en cualquier punto del circuito.
6. Medidas de corriente: debido al espacio finito de la matriz de conmutación y a la propia configuración de medida requerida, solo se podrá medir corriente al comienzo de cada rama del circuito y delante del primer componente de dicha rama¹.

¹ Consultar manual de usuario del laboratorio. Sección 5

1.1 Experimentar con asociaciones de resistencias

Como se indicaba anteriormente, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones a la hora de realizar circuitos con resistencias:

1. Únicamente se pueden emplear simultáneamente como máximo 2 resistencias de $1k\Omega$ y 2 resistencias de $10k\Omega$
2. Se puede realizar cualquier combinación posible. Los ejemplos indicados a continuación son únicamente una muestra de ejemplo.

Asociaciones en serie

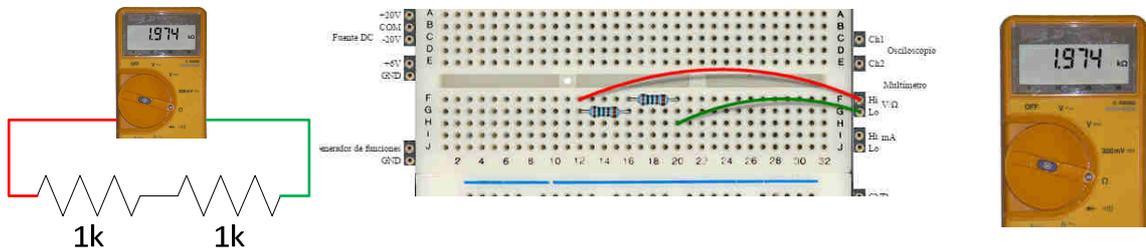


Figura 1. 2 resistencias $1k\Omega$ en serie. Circuito e implementación

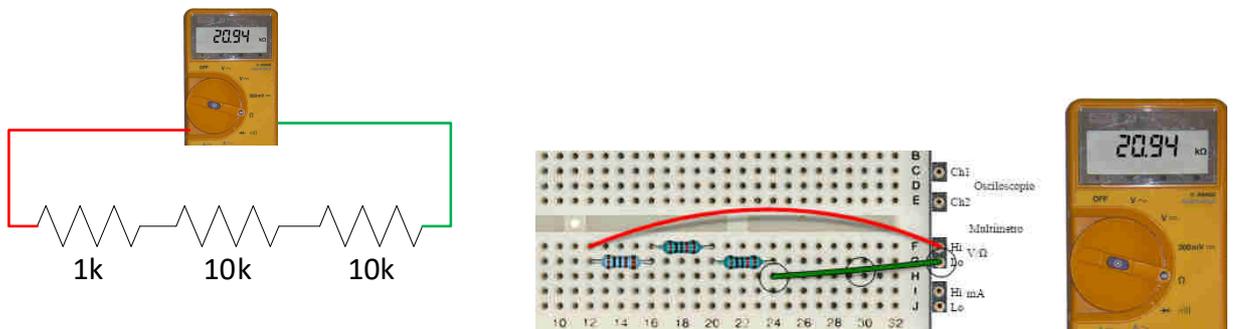


Figura 2. 1 resistencia $1k\Omega$ en serie con 2 resistencias de $10k\Omega$. Circuito e implementación

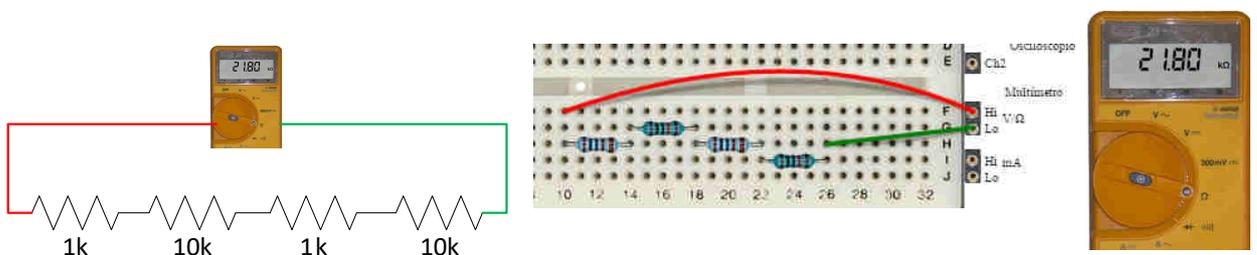


Figura 3. 2 resistencias $1k\Omega$ en serie con 2 resistencias de $10k\Omega$. Circuito e implementación

Las cuatro resistencias pueden combinarse en serie como se quiera, colocándolas en cualquier orden.

Recordar que los componentes son reales, por lo que sus valores, según el fabricante tienen cierta tolerancia. Esa es la razón de que por ejemplo, en el circuito de la Figura 1, el valor medido no sea exactamente $2k\Omega$ sino $1,974k\Omega$. Si se miden los valores de las resistencias de $1k\Omega$ disponibles, sus valores son aproximadamente $986,5\Omega$ y $988,2\Omega$, de ahí que el equivalente paralelo no sea exactamente $2k\Omega$.

Asociaciones en paralelo

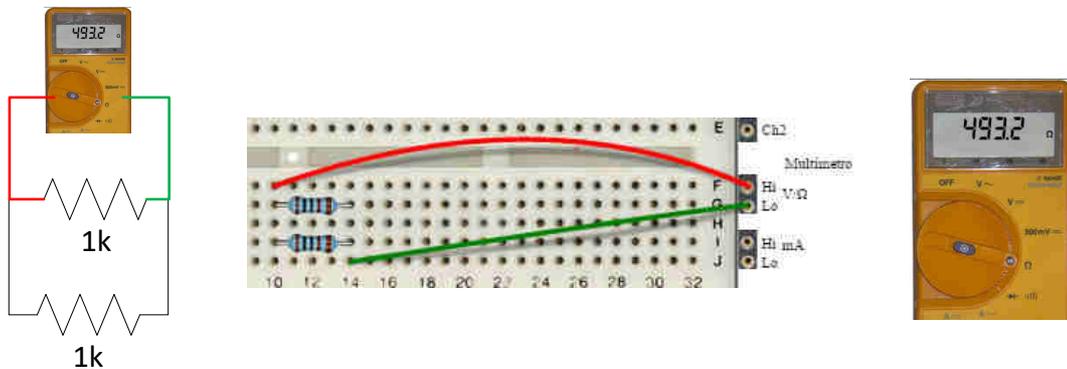


Figura 4. 2 resistencias $1k\Omega$ en paralelo. Circuito e implementación

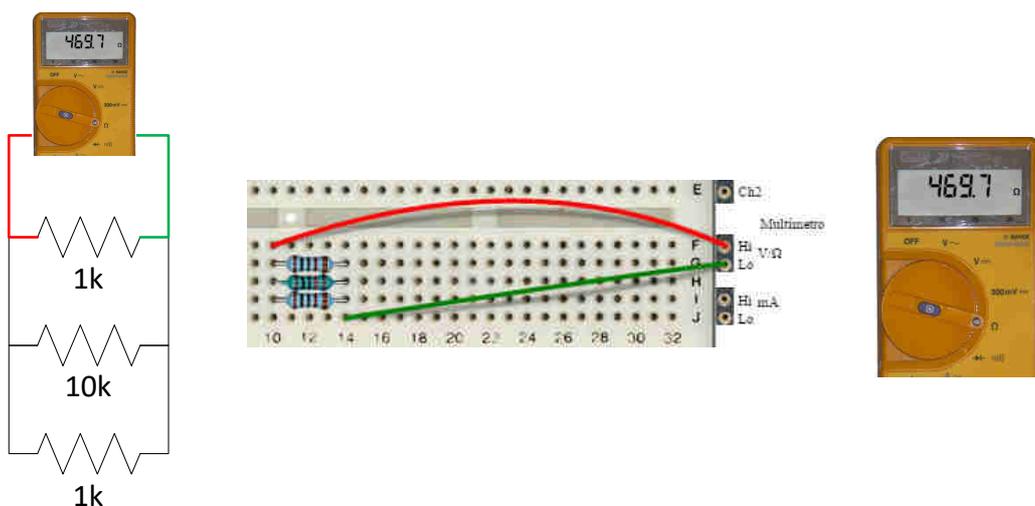


Figura 5. 3 resistencias $1k\Omega || 10k\Omega || 1k\Omega$. Circuito e implementación

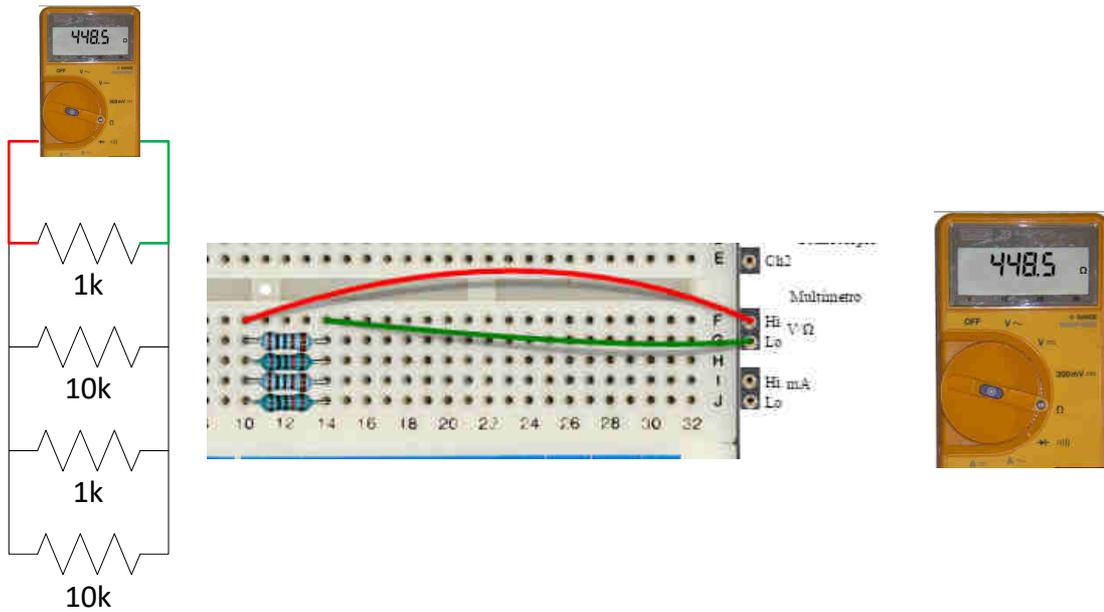


Figura 6. 4 resistencias $1k\Omega \parallel 10k\Omega \parallel 1k\Omega \parallel 10k\Omega$. Circuito e implementación

Como en el caso de la asociación serie de resistencias, se pueden conectar en el orden que se deseen, recordando que como máximo se pueden emplear 2 resistencias de $1k\Omega$ y 2 resistencias de $10k\Omega$.

Asociaciones en serie y paralelo

El laboratorio remoto de electrónica analógica también permite crear circuitos combinando asociaciones serie y paralelo. A continuación se muestran algunos ejemplos.

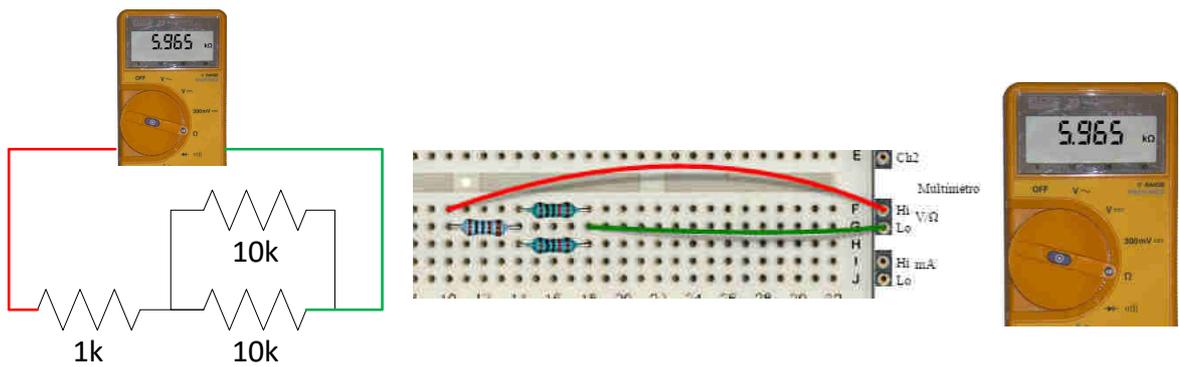


Figura 7. Resistencia $1k\Omega$ serie con $10k\Omega \parallel 10k\Omega$. Circuito e implementación

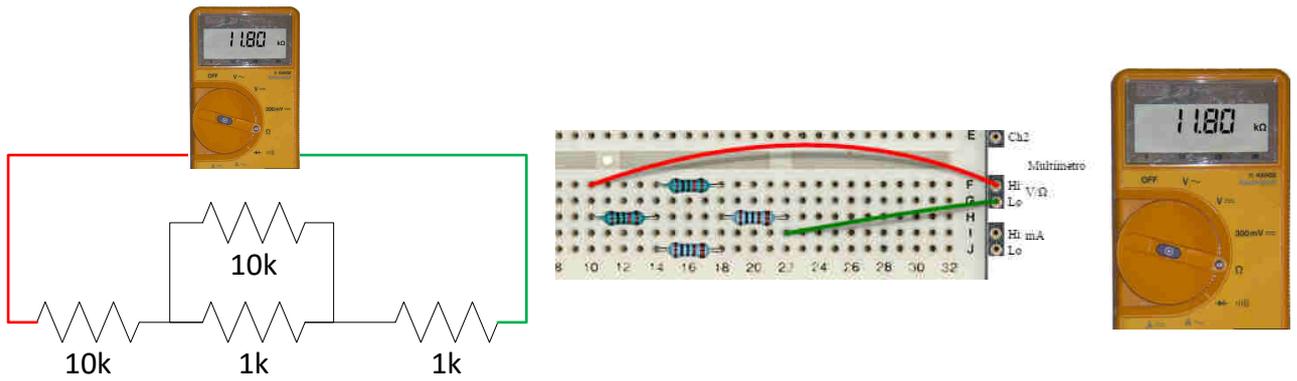


Figura 8. Resistencia 10kΩ serie con 10kΩ || 1kΩ serie 1kΩ. Circuito e implementación

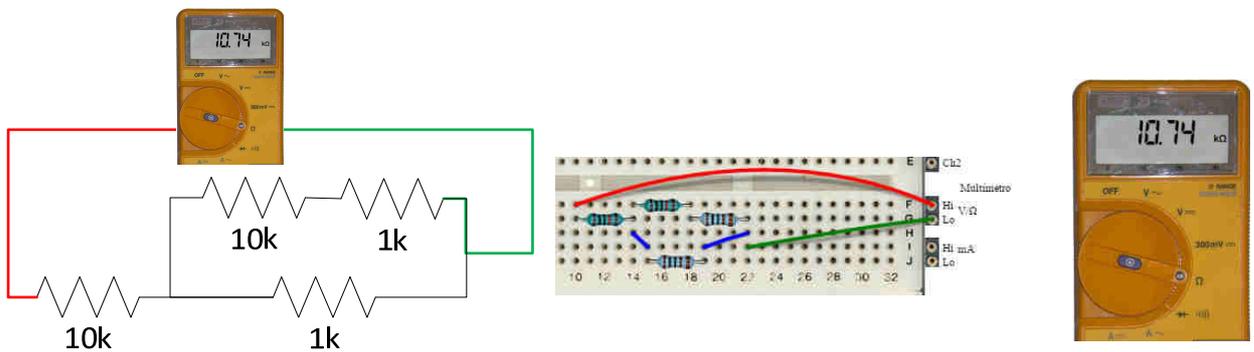


Figura 9. Resistencia 10kΩ paralelo con 10kΩ serie 1kΩ || 1kΩ. Circuito e implementación

Como en los casos anteriores, se puede realizar la configuración que se desee y colocando las resistencias en el orden que se desee. De este modo, el circuito de la Figura 9 se puede configurar también como el indicado en la

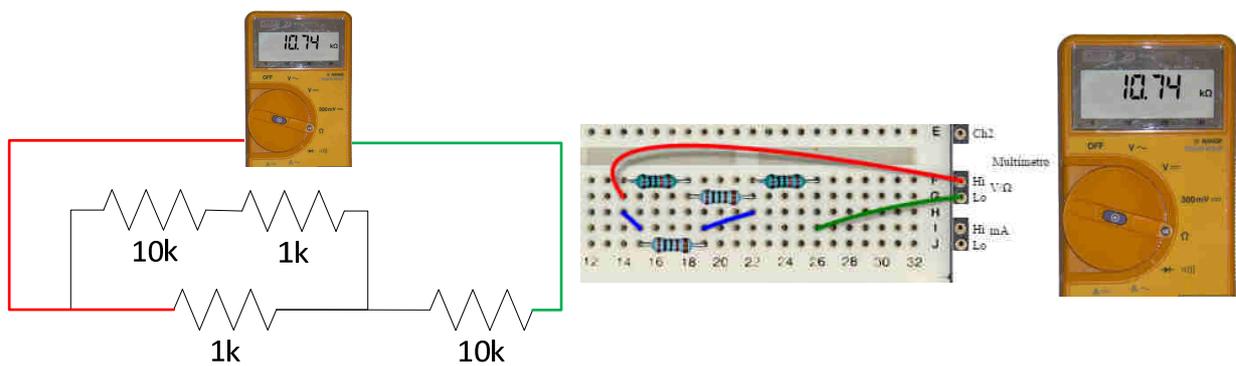


Figura 10. 10kΩ serie 1kΩ || 1kΩ serie con 10kΩ. Circuito e implementación

1.2 Experimentos con la Ley de Ohm y Ley de Kirchhoff

En esta serie de experimentos, podemos emplear los mismos circuitos construidos en la sección anterior, solo que ahora los alimentaremos con una tensión de continua y podremos medir la caída de tensión en cualquier parte

del circuito. Es decir, se pueden crear circuitos con las combinaciones de hasta 4 resistencias (2 de $1k\Omega$ y 2 de $10k\Omega$) que se quieran.

También podremos medir sobre el circuito las corrientes que circulen por cada rama. Recordar que para realizar esta medida hay que colocar el multímetro al comienzo de cada rama que se quiera medir, delante del primer componente de la rama tal y como muestra el ejemplo de la Figura 11².

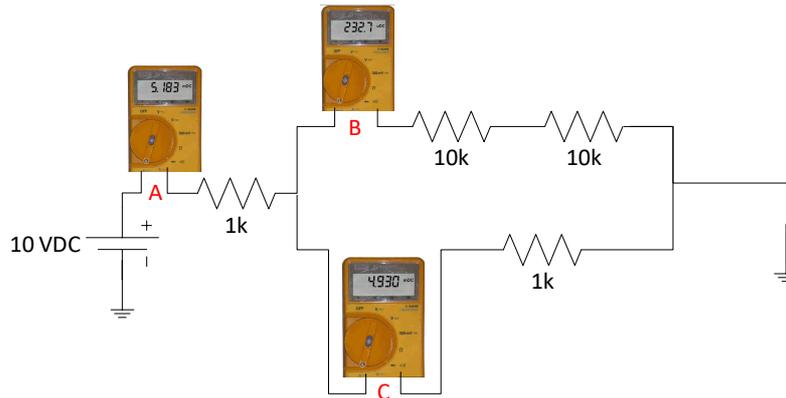


Figura 11. Ejemplo de circuito para la medida de corrientes

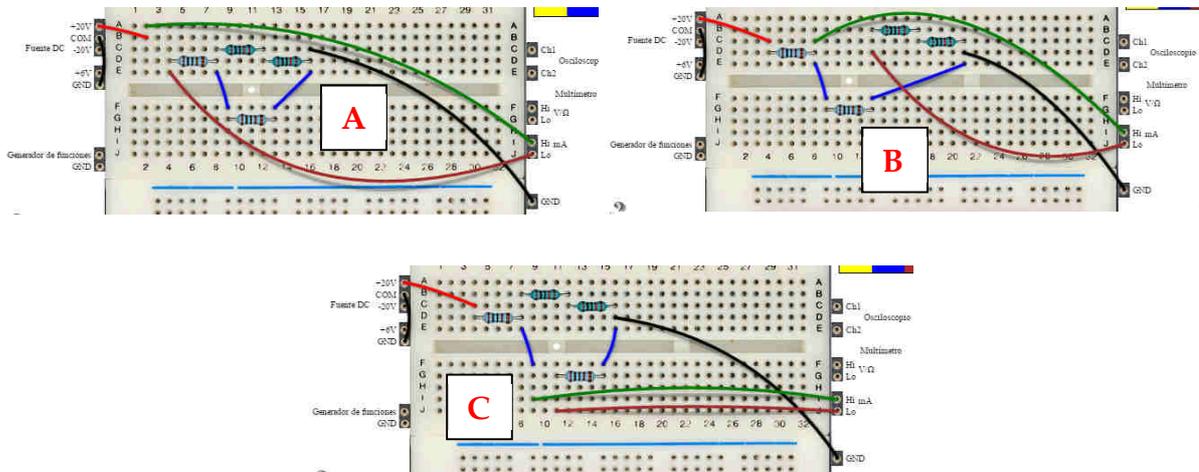


Figura 12. Implementación de las medidas en los puntos A, B y C de la Figura 11

² Revisar el manual de usuario adjunto para recordar cómo medir intensidades en el laboratorio remoto de electrónica analógica

2. Circuitos con diodos

Los componentes disponibles para experimentar con diodos son:

- 1 diodo 1N4007
- 1 diodo Zener 5.1V
- Resistencias de $1k\Omega$ y $10k\Omega$
- Condensadores de $1\mu F$, $10\mu F$ y $0.1\mu F$

2.1 Curva característica del diodo

El laboratorio de electrónica analógica puede ser usado para obtener la curva característica del diodo. En la experiencia se puede comprobar que sucede cuando el diodo está polarizado en directa y en inversa. Para ello:

1. Realizar el siguiente montaje
2. Configurar la tensión de alimentación. Emplear la fuente de +25VDC.
3. Medir la tensión caída en el diodo

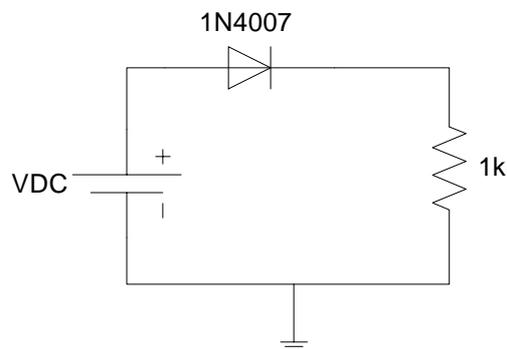


Figura 13. Circuito curva característica del diodo

Implementación sobre el laboratorio remoto

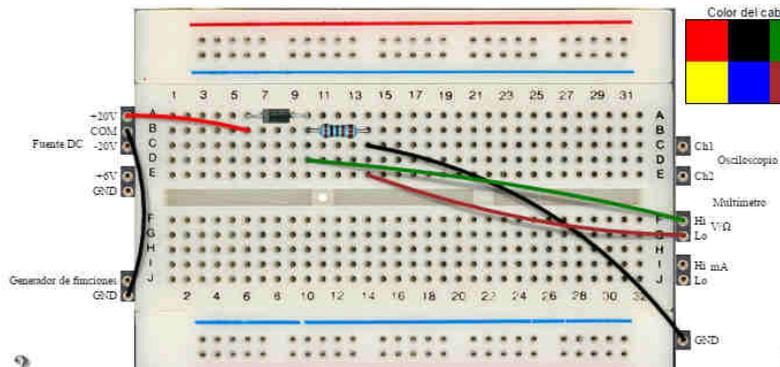


Figura 14. Implementación en el laboratorio remoto. Diodo en inversa

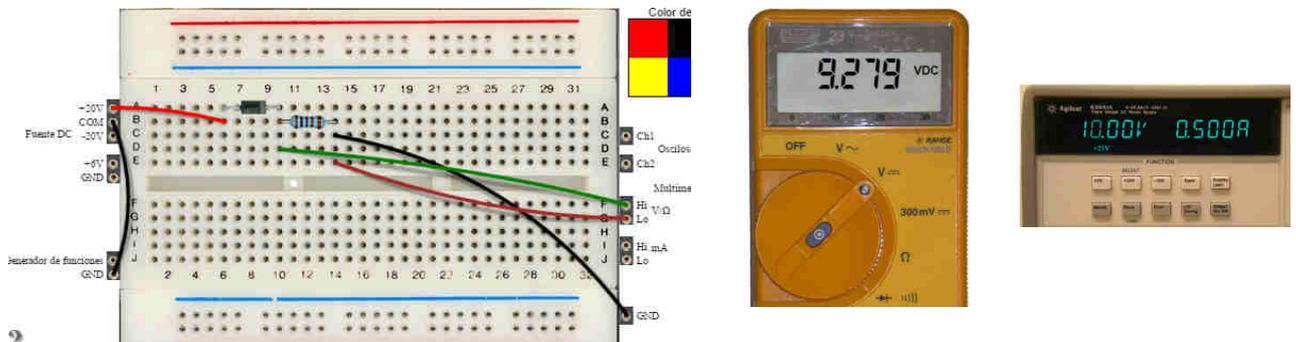


Figura 15. Implementación en el laboratorio remoto. Diodo en directa

En este circuito también es posible conocer la corriente que circula por el diodo. Para ello, conectar el multímetro entre el diodo y la resistencia o antes del diodo.

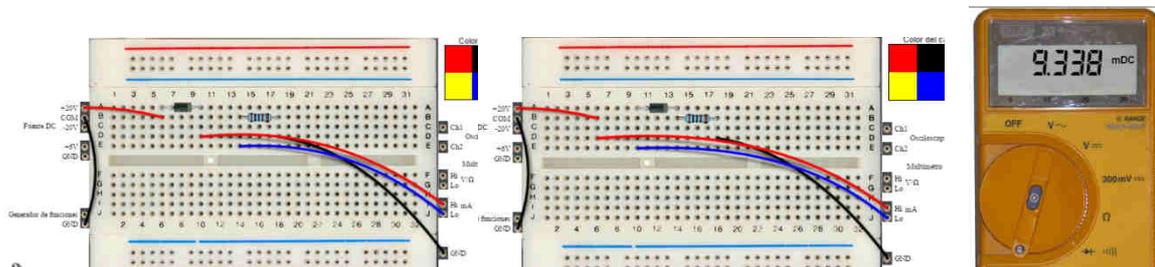


Figura 16. Medida de corriente en el diodo. VDC=+10V

2.2 Rectificador de media onda

Si en el circuito anterior se reemplaza la fuente de continua por el generador de funciones y se alimenta el circuito con una señal senoidal, podemos observar el funcionamiento como rectificador de media onda.

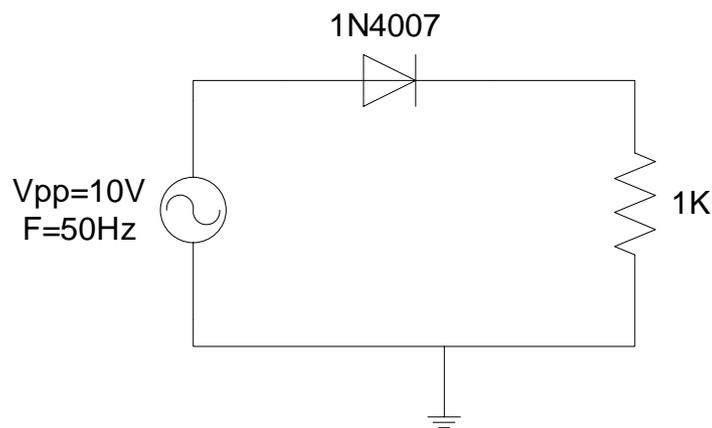


Figura 17. Circuito rectificador media onda

En el circuito anterior, el diodo puede estar conectado en directa o en inversa y observar como el diodo rectifica el semiciclo positivo o negativo de la señal de entrada en cada caso.

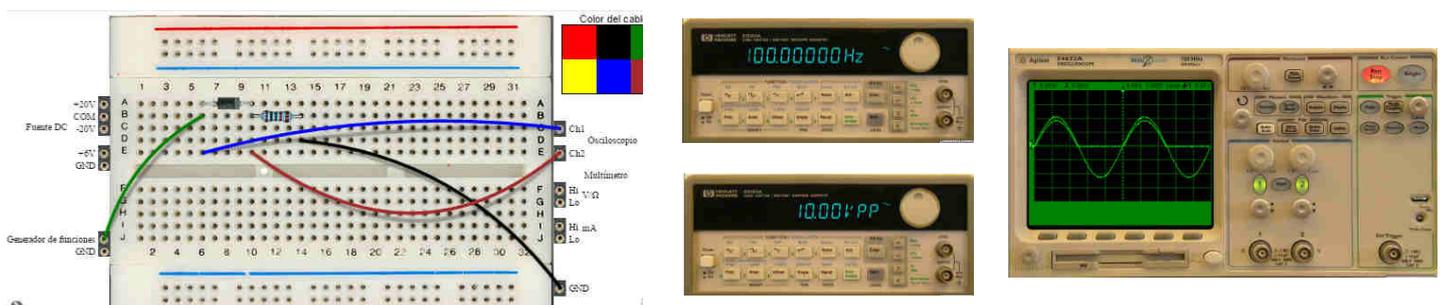


Figura 18. Implementación del rectificador de media onda positiva en el lab. remoto.

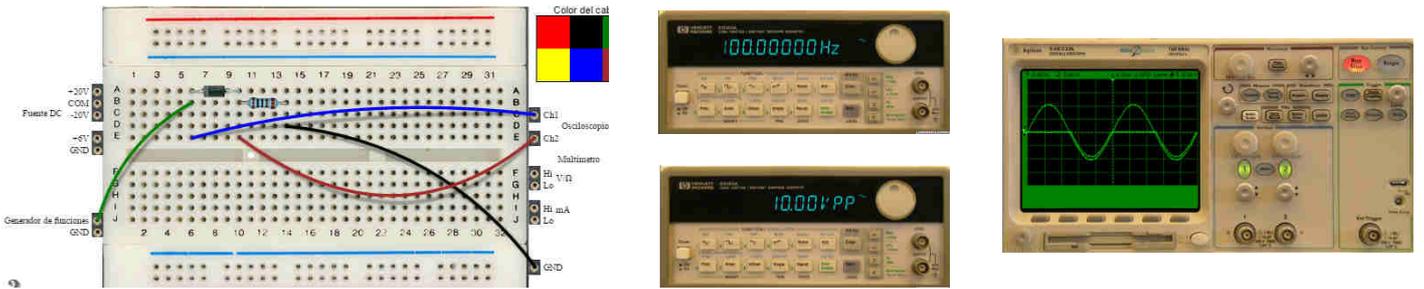


Figura 19. Implementación del rectificador de media onda negativa en el lab. remoto.

2.3 Rectificador de media onda con filtro a la salida

Al circuito anterior se le puede añadir un filtro a la salida para obtener una señal continua a la salida. Para ello basta con añadir un condensador en paralelo a la resistencia de $1k\Omega$. Los valores de condensador disponibles son $1\mu F$, $10\mu F$ y $0.1\mu F$.

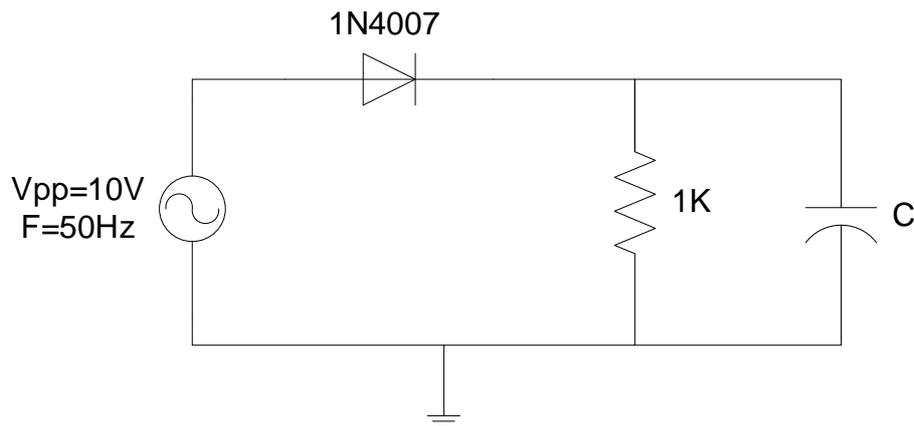


Figura 20. Circuito rectificador media onda con filtro a la salida

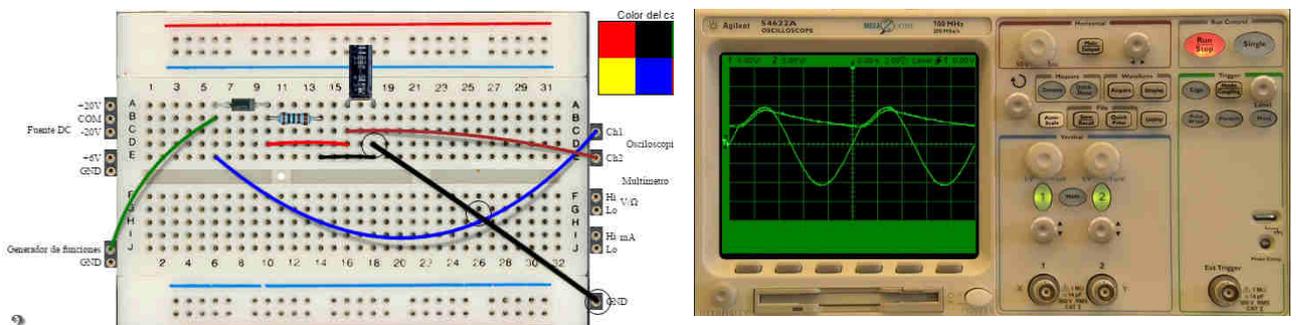


Figura 21. Implementación del rectificador de media onda con filtro a la salida. $C=10\mu F$

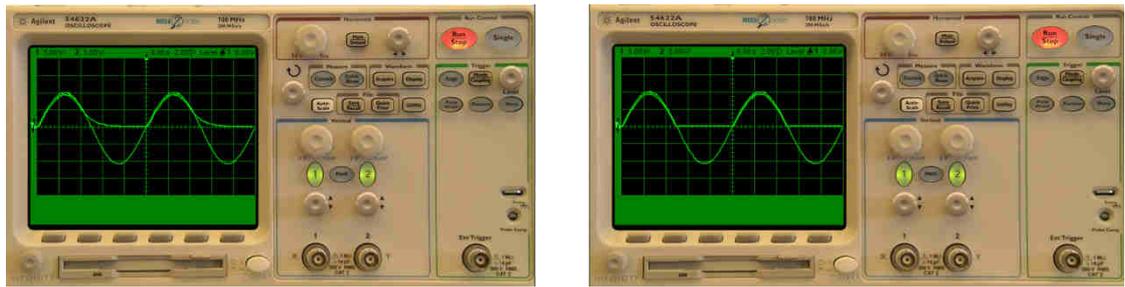


Figura 22. Salidas con $C=1\mu\text{F}$ y $C=0.1\mu\text{F}$ respectivamente

2.4 Regulador de tensión mediante diodo Zener

Mediante este experimento se puede analizar el funcionamiento de un diodo Zener, ya sea con polarización directa o inversa. Para ello el laboratorio remoto de electrónica analógica dispone de un diodo Zener de 5.1V , una resistencia de 470Ω y una de $1\text{k}\Omega$, los cuales pueden ser conectados con la configuración de la Figura 23, en la cual se puede eliminar el diodo y ver cómo afecta a la caída de tensión entre ambas resistencias.

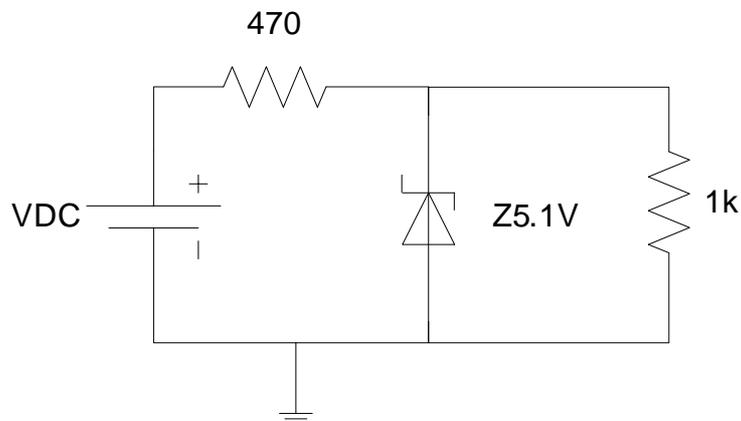


Figura 23. Circuito con diodo Zener

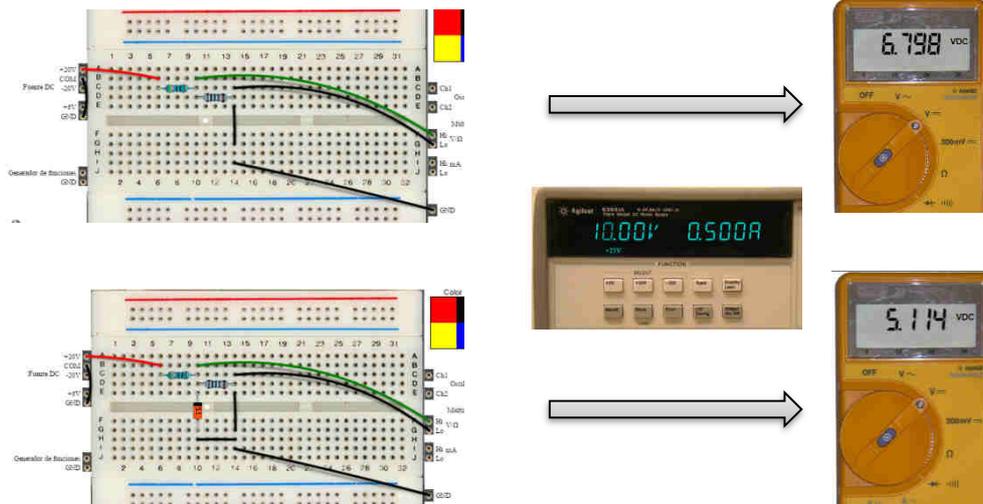


Figura 24. Implementación del circuito sin diodo y con diodo Zener

En el circuito anterior también es posible conectar el multímetro antes de la resistencia de 470Ω y delante del diodo Zener para obtener su curva característica I-V variando progresivamente el valor de la tensión de alimentación VDC y tomando medidas de tensión e intensidad sobre el circuito.

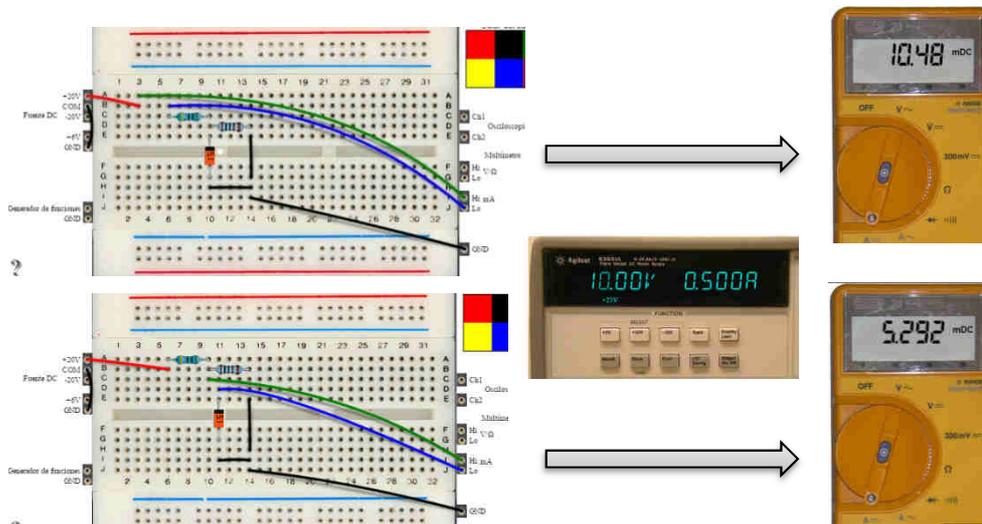


Figura 25. Medida de corriente a la entrada del circuito y en la rama del diodo Zener

3. Circuitos RC

3.1 Análisis de carga y descarga del condensador

El laboratorio remoto de Electrónica Analógica permite comprobar y calcular los tiempos de carga y descarga de un condensador (constante τ). Para ello dispone de:

- 1 resistencia 1Ω y otra de $10k\Omega$
- Condensadores de $1\mu F$, $10\mu F$ y $0.1\mu F$

Para llevar a cabo el experimento, los componentes pueden ser conectados tal y como se indica en la Figura 26.

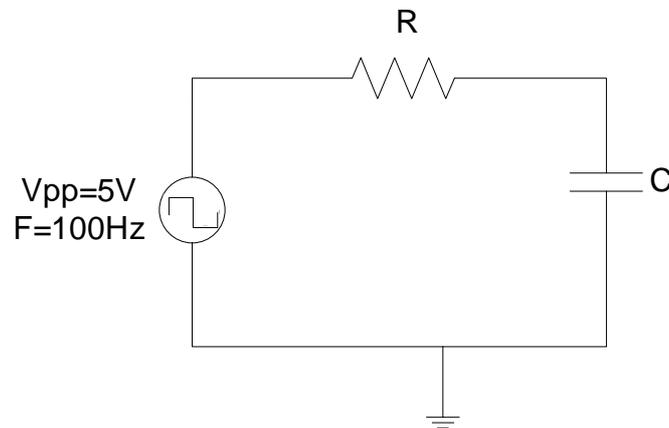


Figura 26. Circuito para experimentar carga y descarga del condensador

Conectando en la entrada del circuito el generador de funciones y configurándolo para generar una señal cuadrada de $5V_{pp}$ y $F=100Hz$, es posible observar en el osciloscopio las señales a la entrada y a la salida. Suponiendo $1k\Omega$ y $1\mu F$, la constante de carga del condensador será $\tau = R \cdot C = 1 \text{ ms}$.

Se considera que el condensador está cargado cuando el voltaje de caída en el condensador es igual a un 63% del valor final. Si la señal es de $10V_{pp}$ ³, este valor será de $6,3V$. Como la señal generada va de $-5V$ a $+5V$, este valor medido sobre el osciloscopio será $1,3V$. De manera análoga, su valor de descarga será $-1,3V$.

³ El generador de funciones genera el doble de tensión V_{pp} que la configurada por el usuario. Ver el manual de instrucciones del laboratorio.

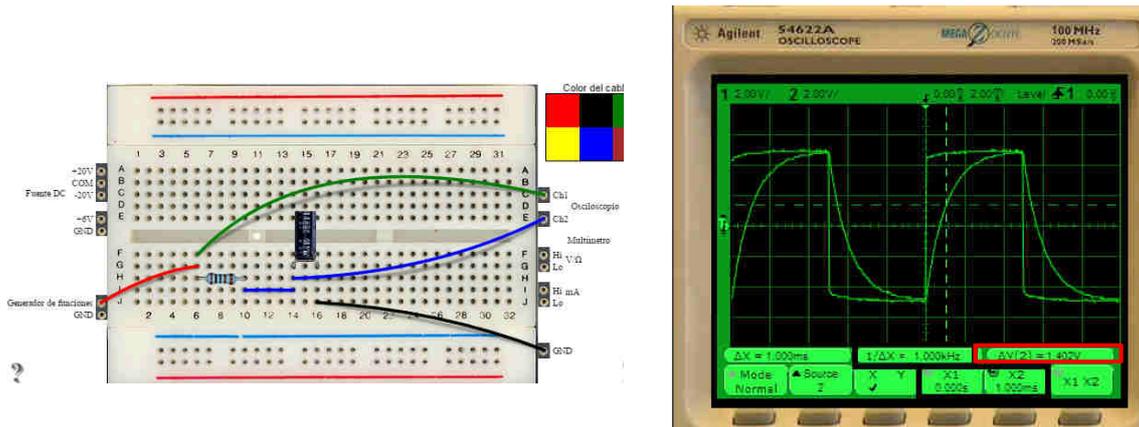


Figura 27. Implementación en el laboratorio remoto para cálculo de tiempo de carga τ

3.2 Filtro paso bajo y paso alto RC

Mediante el laboratorio remoto de Electrónica Analógica es posible comprobar el funcionamiento de filtros paso bajo y paso alto RC. Para ello el laboratorio remoto dispone de:

- 1 resistencia 1Ω y otra de $10k\Omega$
- Condensadores de $1\mu F$, $10\mu F$ y $0.1\mu F$

Para llevar a cabo el experimento, los componentes pueden ser conectados tal y como se indica en la Figura 28.

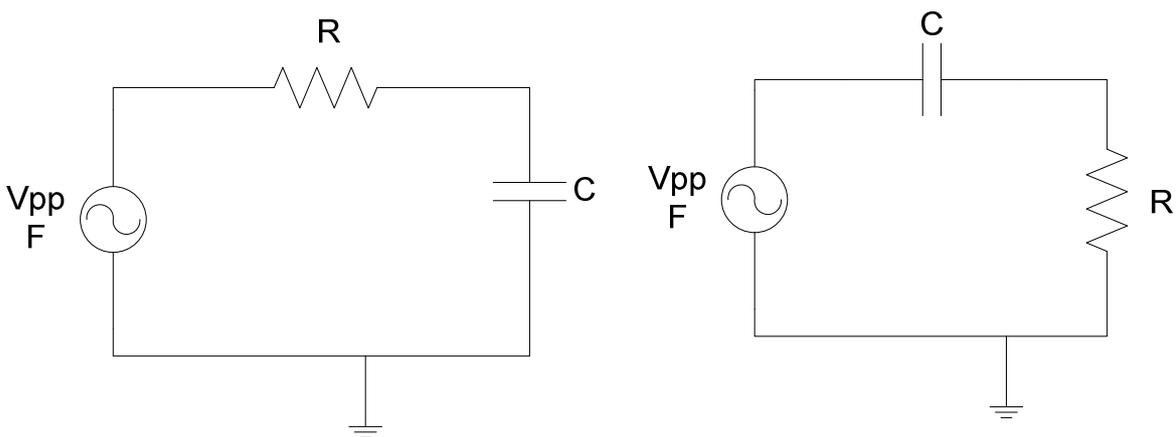


Figura 28. Circuitos filtros paso bajo y paso alto

Los valores de R y C pueden ser combinados como se quiera, dando lugar a hasta 6 filtros paso bajo diferentes, cada uno con una frecuencia de corte distinta. Manteniendo la tensión V_{pp} de la señal de entrada y variando su

frecuencia, se podrá comprobar la respuesta en frecuencia del filtro, calculando por ejemplo, su frecuencia de corte.

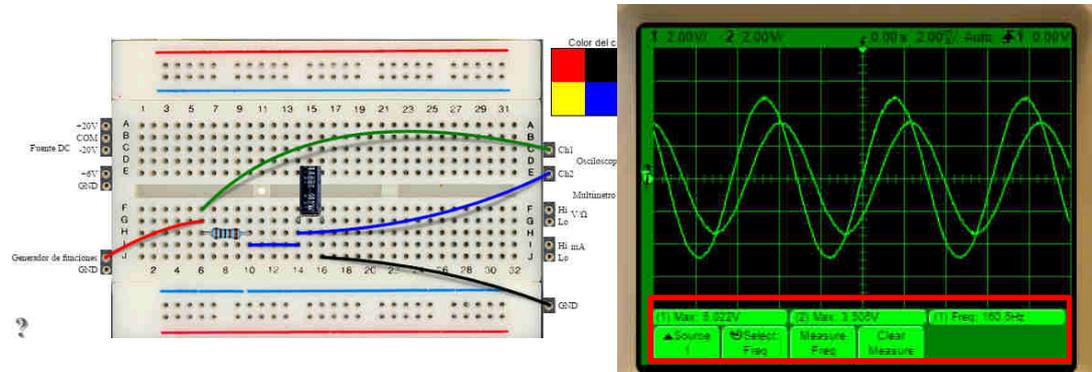


Figura 29. Implementación filtro paso bajo $R=1k\Omega$ y $C=1\mu F$. Frecuencia de entrada 160Hz.

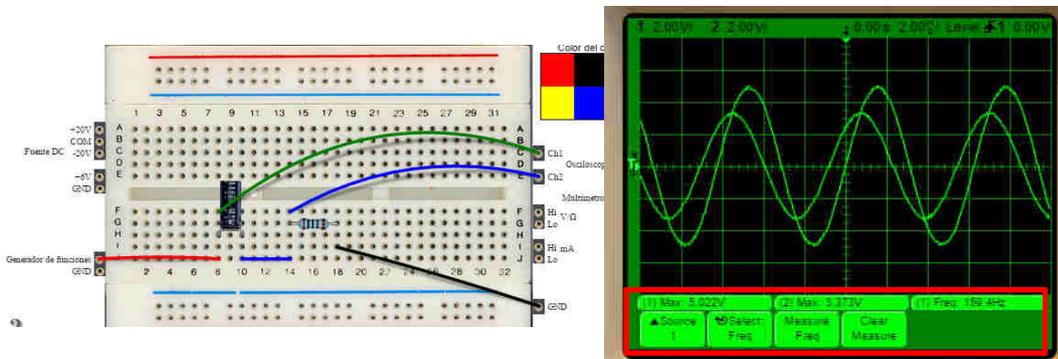


Figura 30. Implementación filtro paso alto $R=1k\Omega$ y $C=1\mu F$. Frecuencia de entrada 160Hz.

4. Circuitos RLC

En el VISIR también podemos comprobar cuál es el comportamiento de los circuitos RLC. Para ello es posible realizar dos experimentos, los cuales describen a continuación.

4.1 Circuito LR.

Para este circuito vamos a emplear los siguientes componentes:

- Resistencia de 100Ω
- Bobina de 10mH

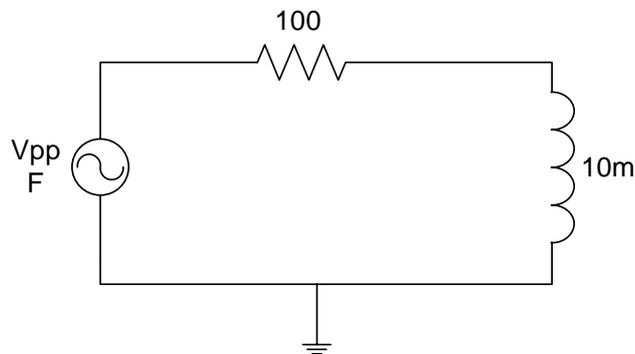


Figura 31. Circuito LR

Sobre este circuito se pueden analizar la tensión y la corriente en la bobina, pudiéndose analizar tanto sus amplitudes como los desfases existentes. Recuerda que puedes medir la corriente al comienzo de cada rama, es este caso, delante de la bobina de 10mH .

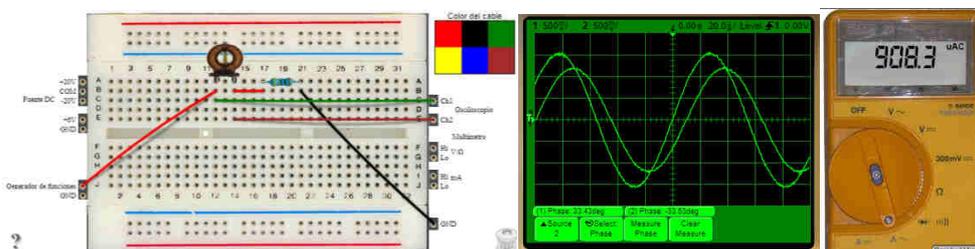


Figura 32. Implementación circuito LR. Frecuencia de entrada $9,109\text{Hz}$ Hz $1,41\text{Vpp}$. Lectura en el DMM de la I_{RMS} en el circuito.

4.2 Circuito CRL.

Para este circuito vamos a emplear los siguientes componentes:

- Condensador de 2.2nF
- Resistencia de 100Ω
- Bobina de 10mH

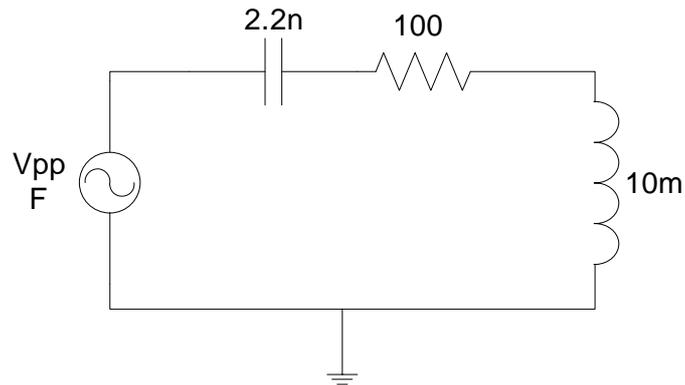


Figura 33. Circuito CRL

Sobre este circuito se pueden analizar cómo son las tensiones tanto en el condensador y en la bobina sobre la señal de entrada, pudiéndose analizar tanto sus amplitudes como los desfases existentes.

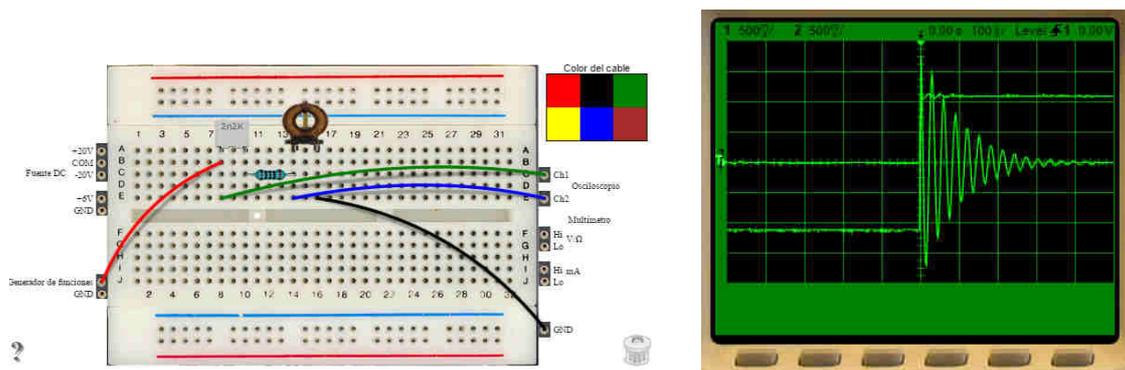


Figura 34. Implementación circuito CRL. Frecuencia de entrada 500Hz 1Vpp

4.3 Circuito RLR.

Para este circuito vamos a emplear los siguientes componentes:

- Resistencia de 100Ω
- Bobina de 10mH
- Resistencia de 820Ω

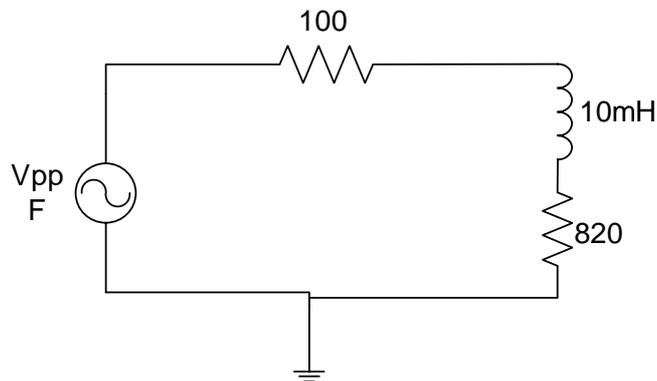


Figura 35. Circuito RLR

Sobre este circuito sería posible medir la tensión y corriente en cada uno de los elementos, calcular el desfase de tensión entre cada uno de los elementos, medir valores eficaces de tensión y corriente. Recuerda que podrás medir la corriente al comienzo de la rama con el multímetro. Como referencia la V_{pp} puede ser $1,41\text{V}$ y la frecuencia $9,109\text{Hz}$.

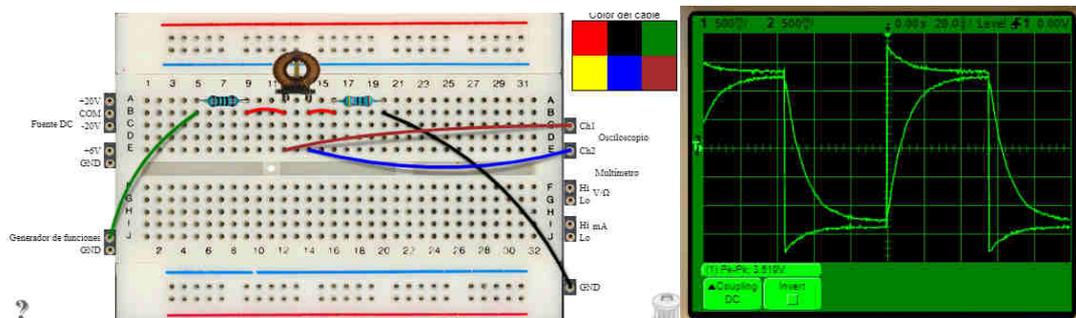


Figura 36. Implementación circuito RRL. Frecuencia de entrada $9,109\text{Hz}$ $1,41\text{V}_{pp}$

4.4 Circuito RLR con C en paralelo.

Para este circuito vamos a emplear los siguientes componentes:

- Resistencia de 100Ω
- Bobina de 10mH
- Resistencia de 820Ω
- Condensador 10nF

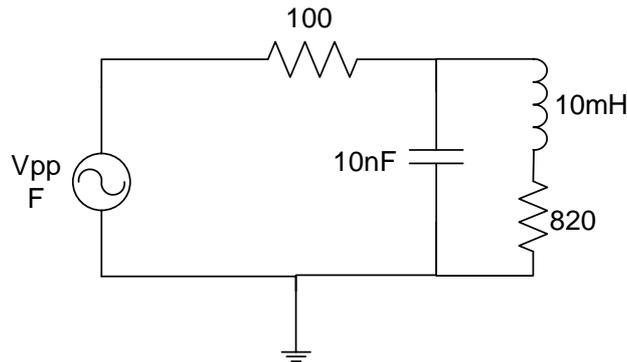


Figura 37. Circuito RLR con condensador en paralelo en la carga

Sobre este circuito sería posible medir la tensión y corriente en cada uno de los elementos, calcular el desfase de tensión entre cada uno de los elementos, medir valores eficaces de tensión y corriente. Recuerda que podrás medir la corriente al comienzo de la rama con el multímetro, por ejemplo delante de la resistencia de 100Ω y delante del condensador de 10nF . Como referencia la V_{pp} puede ser $1,41\text{V}$ y la frecuencia $9,109\text{Hz}$.

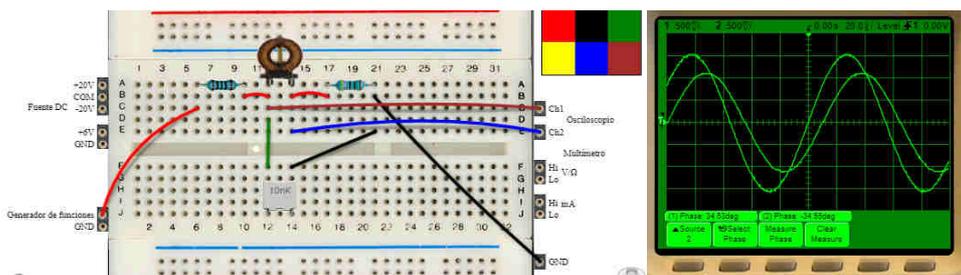


Figura 38. Implementación circuito RLR y condensador en paralelo. Frecuencia de entrada $9,109\text{Hz}$ Hz
 $1,41\text{V}_{pp}$

5. Circuitos con amplificadores operacionales

A través del laboratorio remoto de electrónica analógica también se puede experimentar con circuitos más complejos, incluyendo incluso circuitos integrados. A modo de demostración se incluyen algunos ejemplos posibles a implementar empleando amplificadores operacionales, en concreto el U741, cuyo esquema aparece en la Figura 39

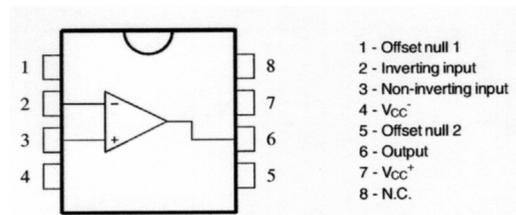


Figura 39. Circuito integrado UA741

5.1 Amplificador operacional en configuración no inversor.

La Figura 40 muestra el esquema electrónico del amplificador operacional UA741 funcionando como amplificador no inversor. Para comprobar el efecto de amplificación, es posible que la resistencia colocada en la rama de realimentación tome los valores indicados en la Figura 40

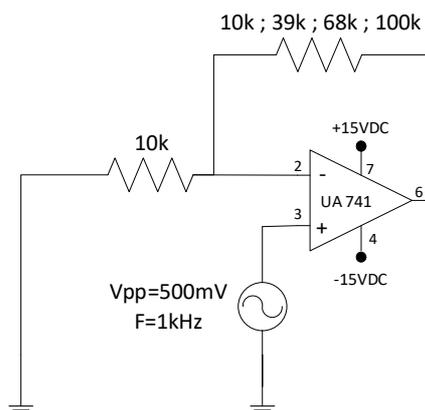


Figura 40. Amplificador operacional funcionando como no inversor

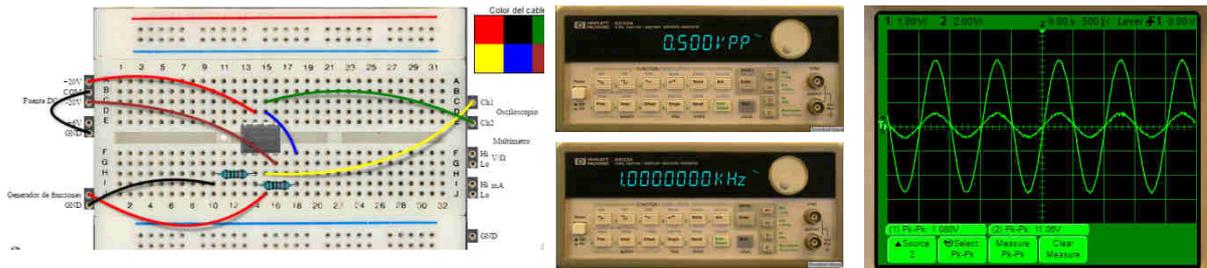


Figura 41. Implementación del circuito no inversor, siendo $R_{realimentación}=100k\Omega$

Recordad que el generador de funciones genera una señal de amplitud doble que la configurada en su panel de frontal⁴.

Muy importante: alimentar correctamente el circuito con +15VDC y -15VDC para su correcto funcionamiento.

5.2 Amplificador operacional en configuración inversor.

La Figura 42 muestra el esquema electrónico del amplificador operacional UA741 funcionando como amplificador inversor. Para comprobar el efecto de amplificación, es posible que la resistencia colocada en la rama de realimentación tome los valores indicados en la Figura 42.

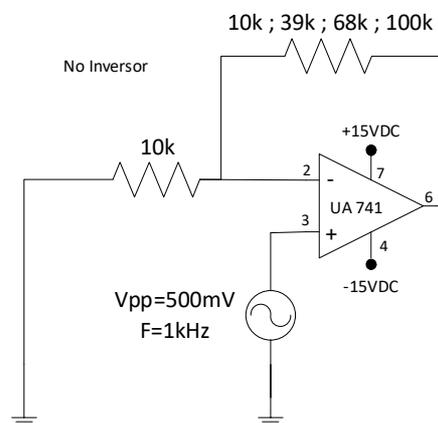


Figura 42. Amplificador operacional funcionando como inversor

⁴ La explicación completa aparece en el manual de usuario, sección 4.1

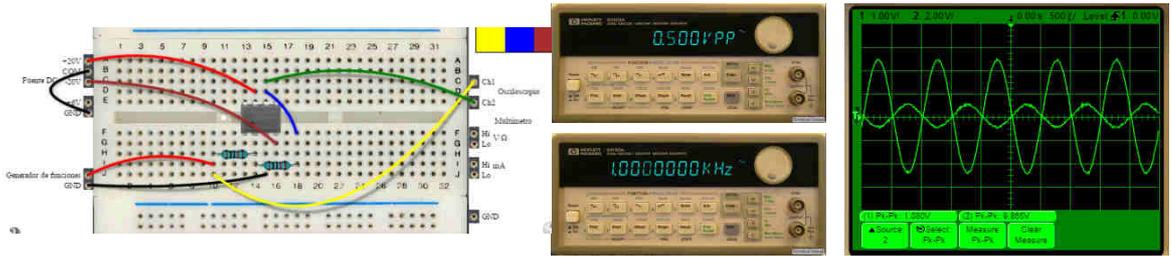


Figura 43. Implementación del circuito inversor, siendo $R_{realimentación}=100k\Omega$

5.3 Amplificador operacional en configuración derivador

La Figura 42 muestra el esquema electrónico del amplificador operacional UA741 funcionando como derivador. Al igual que en los circuitos anteriores, es posible que la resistencia colocada en la rama de realimentación tome los valores indicados en la Figura 42.

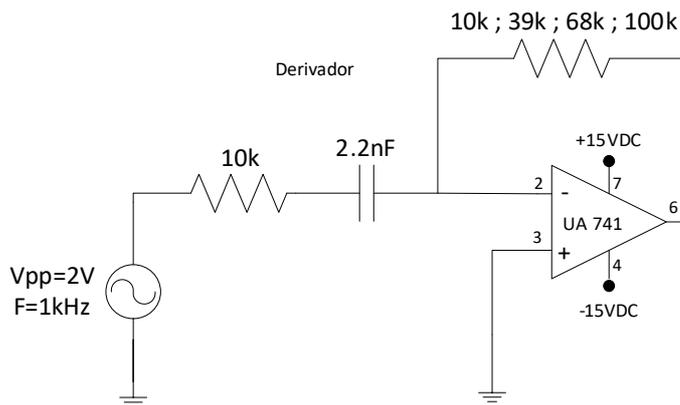


Figura 44. Amplificador operacional funcionando como derivador

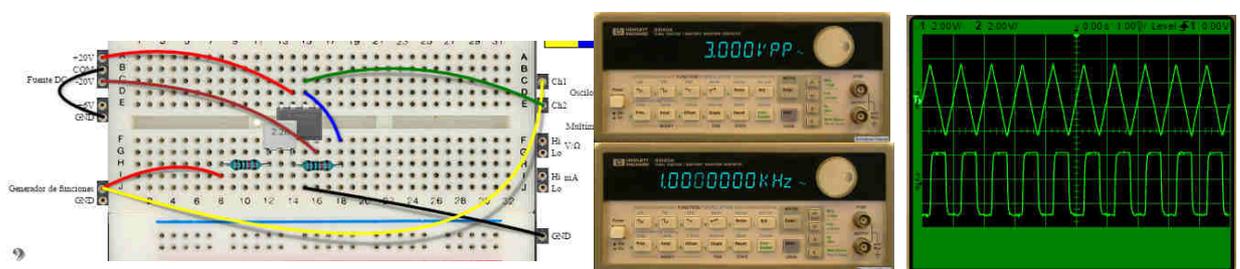


Figura 45. Implementación del circuito derivador, siendo $R_{realimentación}=100k\Omega$ e introduciendo una señal triangular a la entrada

5.4 Amplificador operacional en configuración integrador

La Figura 46 muestra el esquema electrónico del amplificador operacional UA741 funcionando como integrador. Al igual que en los circuitos anteriores, es posible que la resistencia colocada en la rama de realimentación tome los valores indicados en la Figura 46.

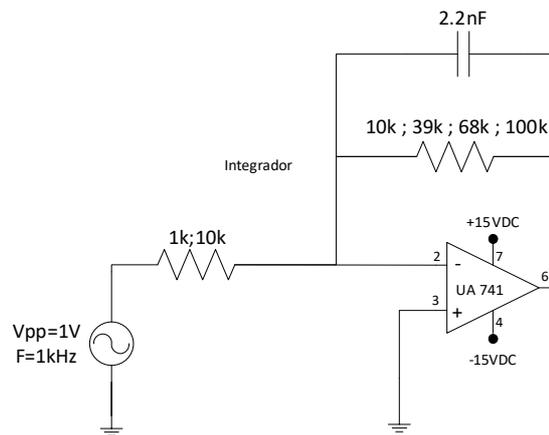


Figura 46. Amplificador operacional funcionando como integrador

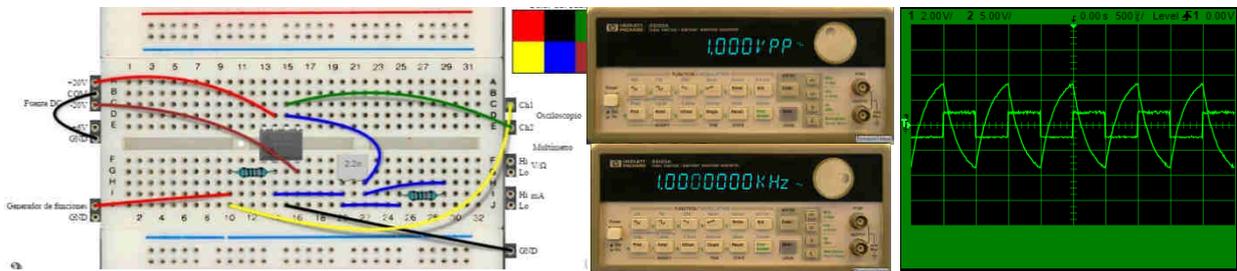


Figura 47. Implementación del circuito integrador, siendo $R_{realimentación}=100k\Omega$ e introduciendo una señal cuadrada a la entrada

5.5 Amplificador operacional en configuración comparador

La Figura 48 muestra el esquema electrónico del amplificador operacional UA741 funcionando como integrador. Al igual que en los circuitos anteriores, es posible que la resistencia colocada en la rama de realimentación tome los valores indicados en la Figura 48.

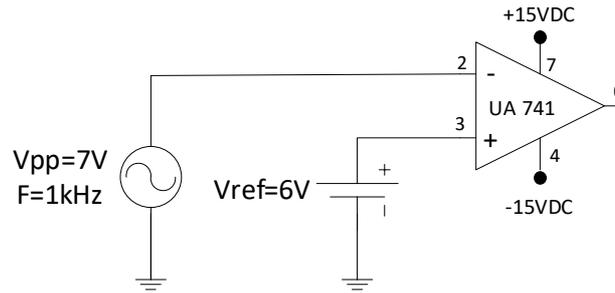


Figura 48. Amplificador operacional funcionando como comparador

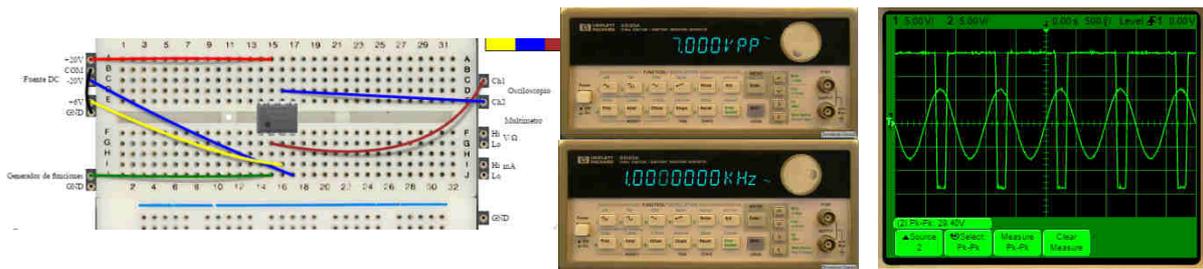


Figura 49. Implementación del circuito comparador, introduciendo una señal senoidal de 14Vpp y una señal de referencia de 6VDC

6. Circuitos con transistores

En el laboratorio remoto de electrónica también es posible realizar circuitos con transistores, tal y como recoge el ejemplo de la Figura 50

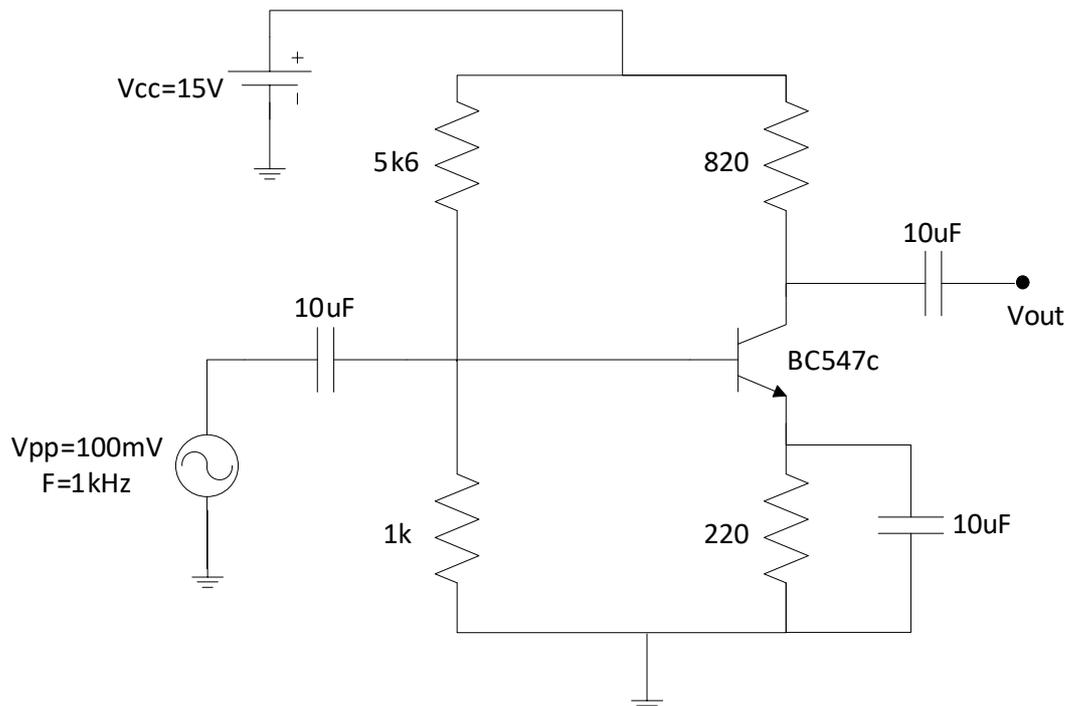


Figura 50. BJT en configuración en Emisor Común

La implementación del circuito en el laboratorio remoto sería la indicada en la Figura 51, sobre la cual se pueden realizar medidas de tensión en todos los puntos del circuito, así como obtener la señal de salida respecto a la de entrada, tal y como se indica en la Figura 51.

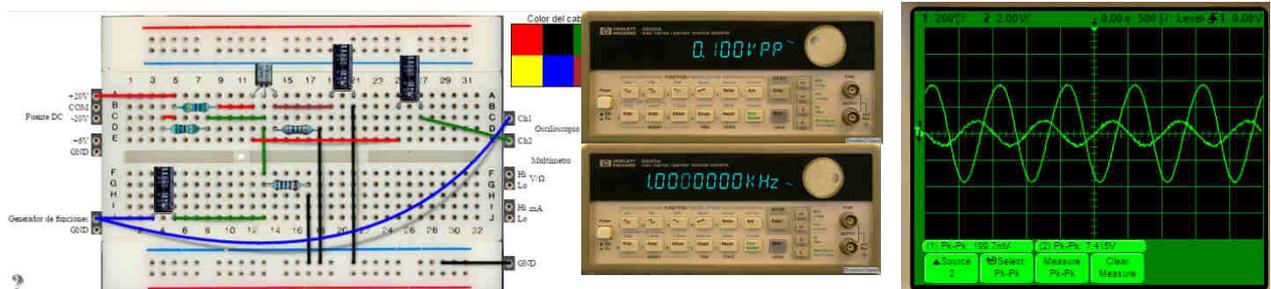


Figura 51. Implementación del circuito BJT en configuración en Emisor Común