

## Voltímetro para la medición del consumo

A la hora de medir el consumo del hogar partiremos de la ecuación básica de potencia:

$$P = V \cdot I \text{ (W)}$$

Y en ella nos vamos a fijar, sobre todo, en la **intensidad consumida**. Debido a esto, en muchos sistemas de medición de potencia ‘caseros’ se opta por estimar cual será el voltaje medio que se va a tener en los enchufes del hogar, es decir, unos 230 V.

Pero ¿por qué se considera menos importante al voltaje? De manera muy generalizada, podríamos utilizar el símil de un sistema de tuberías con agua: queremos saber cuánta agua estamos consumiendo y para ello estimaremos cuánta agua sale por el grifo. De normal, vamos a suponer que la presión del agua será la misma en todos los grifos y que, además, será de un valor estable, pero si queremos una medición más exacta tendremos que saber el **valor real** de esa misma presión.

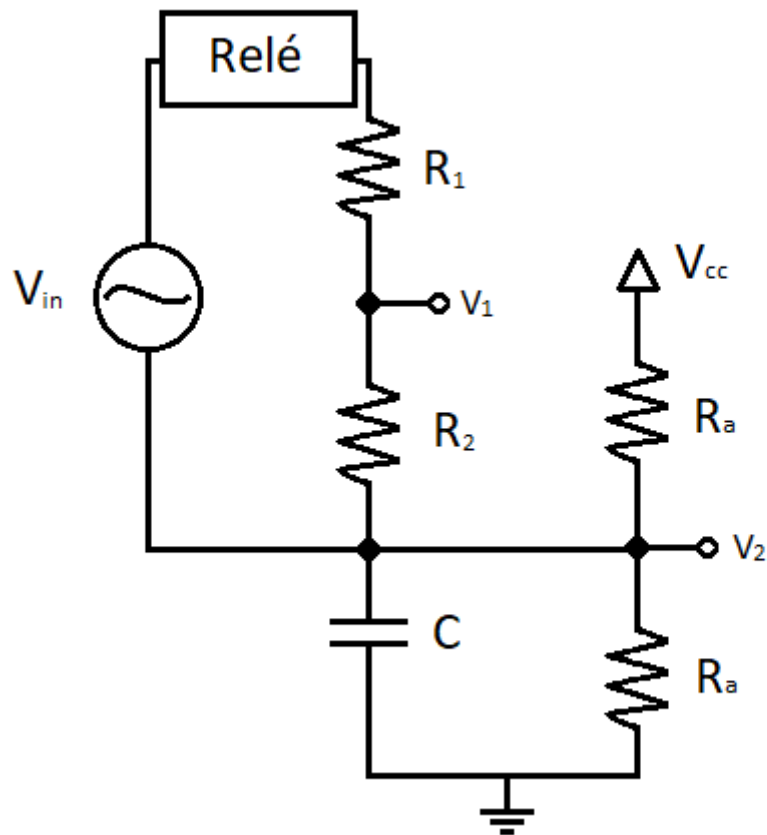
En nuestro caso, la intensidad de corriente se correspondería a ese flujo de agua, la potencia al consumo de la misma y el voltaje sería la presión. Realmente, la magnitud que nos va a indicar cuánto estamos consumiendo va a ser la **intensidad** (flujo de agua) y por ello se puede considerar bastante importante. Aun así, el voltaje también forma parte de la ecuación (presión), por lo que si buscamos una medida más precisa del consumo tendremos que saber cuál es el voltaje en tiempo real: no es lo mismo decir que estamos consumiendo 10 amperios con un valor de voltaje estimado de 230 voltios, lo que nos daría unos 2.3 kilovatios de consumo, a si estamos consumiendo 10 A con 243 V reales, es decir, 2.43 kilovatios. A la larga el error va a ser notable. Además, medir el voltaje en tiempo real nos permite acceder a otros valores de potencia a los que entraremos más adelante (**potencia reactiva**).

Por otro lado, tenemos que plantearnos **dónde medimos** esa intensidad y dónde ese voltaje: en nuestro símil, podríamos poner un medidor de flujo a la salida de cada grifo de la casa, además de la lavadora y la toma del lavavajillas o, mucho más fácil, podríamos colocar un sensor de campo en la **tubería principal** que alimente a toda la casa (así tendríamos en cuenta posibles fugas también). Respecto a la electricidad, que es el tema que nos compete, nos convendría colocar un sensor de corriente en el propio cuadro de la casa, mejor que un sensor en cada enchufe de ésta.

En cuanto al voltaje, la medida es mucho más fácil: el voltaje que gobierne en nuestra casa va a ser el mismo en todos los enchufes o, en teoría, debería serlo (en la realidad, las cosas cambian), al igual que deberíamos tener la misma presión de agua en todos los grifos. Por ello, a la hora de medir el voltaje del hogar podemos permitirnos el lujo de hacerlo en cualquier enchufe de la misma.

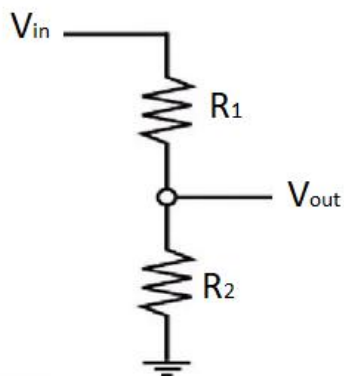
A la hora de solucionar el problema que se nos plantea he optado por diseñar dos circuitos que se adapten a dos situaciones diferentes: una medida de tensión directa desde un enchufe o el cuadro eléctrico o una medida menos fiable a la salida de un transformador que coloquemos a la pared.

## Circuito medidor



### División de tensión

Antes de comentar el circuito en sí voy a hacer un breve apunte sobre cómo funciona un elemento clave en el mismo: el **divisor de tensión**.



Tal y como vemos en la figura, un divisor de tensión no es más que dos resistencias colocadas en serie, una conectada a la tensión de entrada y otra conectada a tierra. La tensión que tendremos en el punto que une a las dos resistencias obedece, siguiendo a las leyes de Kirchoff, la siguiente ecuación:

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in}$$

### Consideraciones previas

Además, hay que tener en cuenta un par de puntos: estamos trabajando con unos voltajes y corrientes muy elevados, por lo que tenemos que reducirlos a un valor que sea compatible con nuestra placa ESP32:

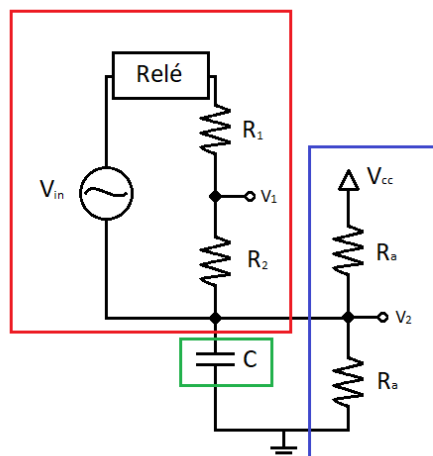
- Por un lado, las entradas CAD del ESP32 permiten un **voltaje máximo de 3.3 voltios**. Un valor mayor a eso va a ser leído como un 0, y puede dañar la placa.
- Por otro, vamos a suponer que los pines no admiten valores negativos: la lectura de un valor negativo va a ser de 0 voltios (y no sabemos hasta qué punto dañaría la placa).

El hecho de estar 'jugando' con valores altos de tensión/corriente nos obligará a utilizar componentes de seguridad y, siempre que se pueda, con una categoría CAT III.

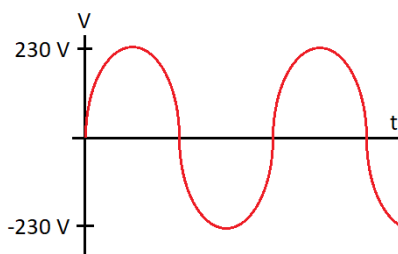
Por último, se ha añadido un relé para dejar el circuito en abierto mientras no se estén tomando medidas.

### Funcionamiento del circuito

El circuito va a estar compuesto por tres elementos principales: un divisor de tensión a la entrada, un divisor de tensión a la salida de la placa y un condensador.



Para entender el circuito vamos a apoyarnos en unas gráficas. En primer lugar, del exterior obtendremos un voltaje de unos 230 voltios eficaces:



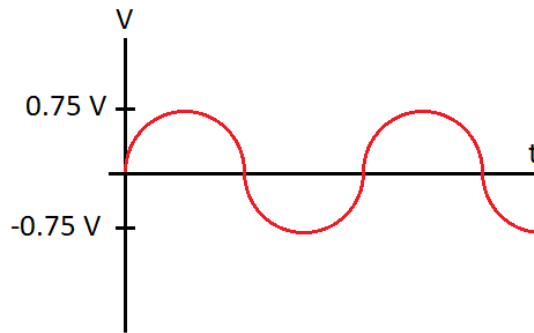
Como ya hemos comentado, esta tensión es demasiado alta para nuestra placa. **Debemos reducirla.**

Con la ayuda del primer divisor de tensión buscaremos unas resistencias que nos permitan reducir el nivel de tensión al soportado por nuestra placa. Además, aprovecharemos para reducir el consumo asegurándonos que dichos **valores sean elevados.**

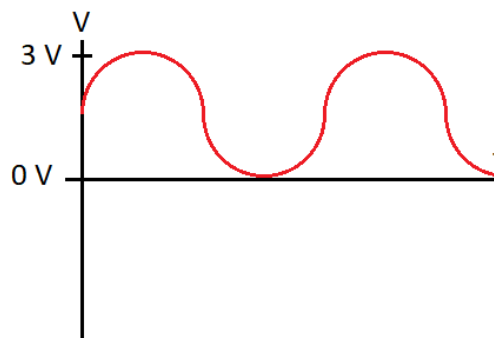
Gracias a esta primera etapa obtendremos la siguiente gráfica:

Ahora tenemos unos valores de voltaje aceptables, los cuales puede admitir nuestra placa sin llegar a dañarla.

Pero ¿por qué solo estamos cogiendo 1.5 voltios de pico? Es aquí donde introducimos nuestra **segunda etapa**: recordamos que a la entrada del pin del ESP32 **no podemos poner valores negativos**, por lo que tenemos que aumentar el nivel de continua.



Para ello nos vamos a ayudar de la **salida de 3.3 V** que nos ofrece la ESP32: colocando dos resistencias con el mismo valor a la salida de la misma conseguimos **reducir a la mitad** el valor de voltaje, es decir, en torno a 1.5 V (para comprobarlo solo hay que sustituir la  $R_1$  y  $R_2$  de la ecuación del divisor de tensión por un valor  $R$  genérico, y veremos que nos queda  $\frac{1}{2}$ ). Además, elegiremos dichas resistencias con un valor elevado, con el objetivo de **reducir su consumo de corriente**. De esta manera llegamos a nuestra última gráfica:



Una vez llegados a este punto podemos observar que obtendremos un valor comprendido entre 0 y 3 voltios, límites incluidos. Además, dicho valor ha sido **estabilizado y suavizado** gracias a nuestro **condensador**, el cual nos permite también reducir el ruido.

Ahora nos tocará procesar esa medición para poder llegar al punto de partida: la tensión de nuestro hogar. Para ello, mediante software, revertiremos todo el proceso. Primero restaremos 1.5 V a la medida (lo que nos deja con un valor comprendido entre -1.5 V y 1.5 V), para luego multiplicar el resultado por un **factor** que relacione los 1.5 V con el hipotético valor máximo que nos encontraremos en la casa (hablaremos sobre esto más adelante). Y con esto hemos obtenido la medida de tensión.

Debido a que la salida de 3.3 V del ESP32 no es completamente estable no podemos asegurar que estemos sumando exactamente 1.65 V en todo momento. Por ello hemos tomado dos medidas:  $V_1$ , el valor comprendido entre 0 y 3 V que incluye la información que buscamos, y  $V_2$ , el valor real que estamos añadiendo a la gráfica.

Gracias a esto evitamos restar por una constante elegida por nosotros. De manera dinámica el valor final se restará con cada muestra, lo cual nos permitirá una medida mucho más precisa.

**Conexionado**

Las conexiones con la ESP32 se realizarán de la siguiente manera:

- **GND:** corresponde a la tierra de la placa. A ella irán conectados todos los terminales de tierra.
- **3.3:** al pin de 3.3 V se conectará Vcc además de la alimentación del relé.
- **ADCX:**  $V_1$  se conectará a un pin ADC cualquiera.
- **ADCY:**  $V_2$  se conectará a otro pin ADC libre.
- **GPIOX:** Utilizaremos una conexión GPIO adicional para controlar el relé.