

Universidad Rey Juan Carlos

**Grado en Ingeniería de Software:
Fundamentos físicos de la informática**

Práctica 2:

■ Circuitos con diodos

Stefano Tomasini Hoefner

1. OBJETIVOS

El objetivo de la práctica es la familiarización del alumno con la Ley de Ohm, que relaciona la caída de tensión en una resistencia con la intensidad que la recorre. De igual forma se pretende mostrar el funcionamiento de las Leyes de Kirchhoff y lo relativo a los circuitos equivalentes Thévenin-Norton.

2. MATERIAL USADO

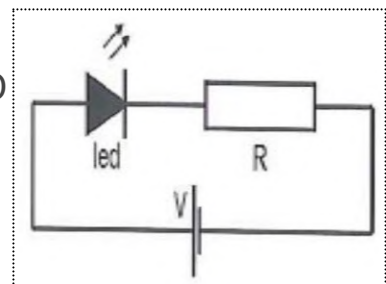
- Placa de inserción
- Cables
- Polímetro
- Resistencias de 1 k Ω (tres unidades), 2 k Ω , 10 k Ω , 20 k Ω y 47 k Ω
- Fuente de voltaje
- Diodos LED
- Diodo Zener

3. INTRODUCCIÓN AL MANEJO DE DIODOS

- Identificación del cátodo y ánodo de un LED

$$V = 5V$$

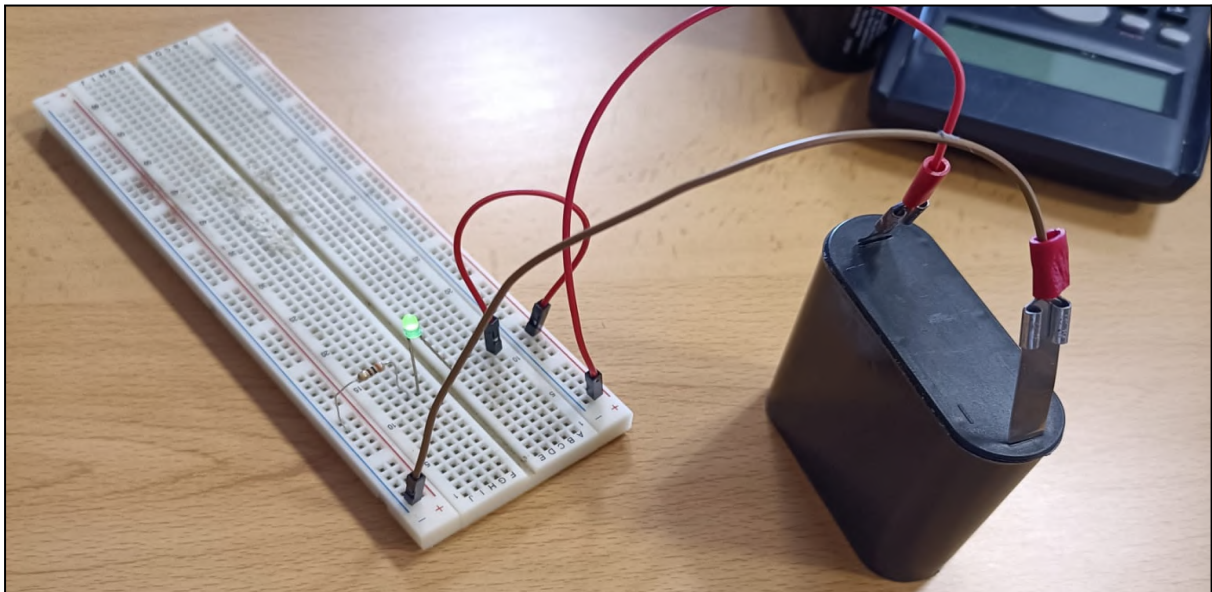
$$R = 300\Omega$$



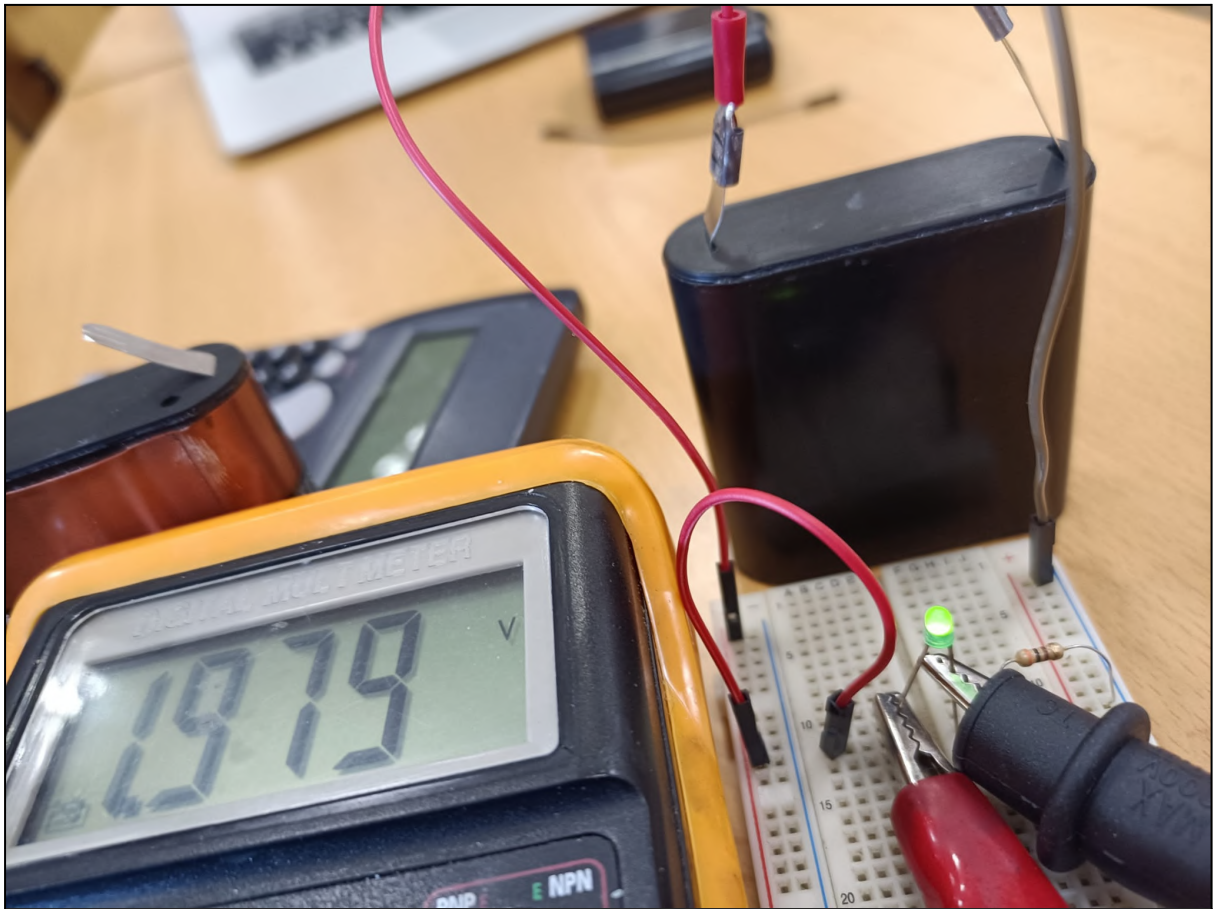
| | Ánodo (+) | Cátodo (-) | Hay corriente |
|--|-----------|------------|---------------|
| Conectado al polo de la pila (con una resistencia puesta): | + | - | Sí |
| | - | + | No |

Ánodo: terminal larga del diodo LED.

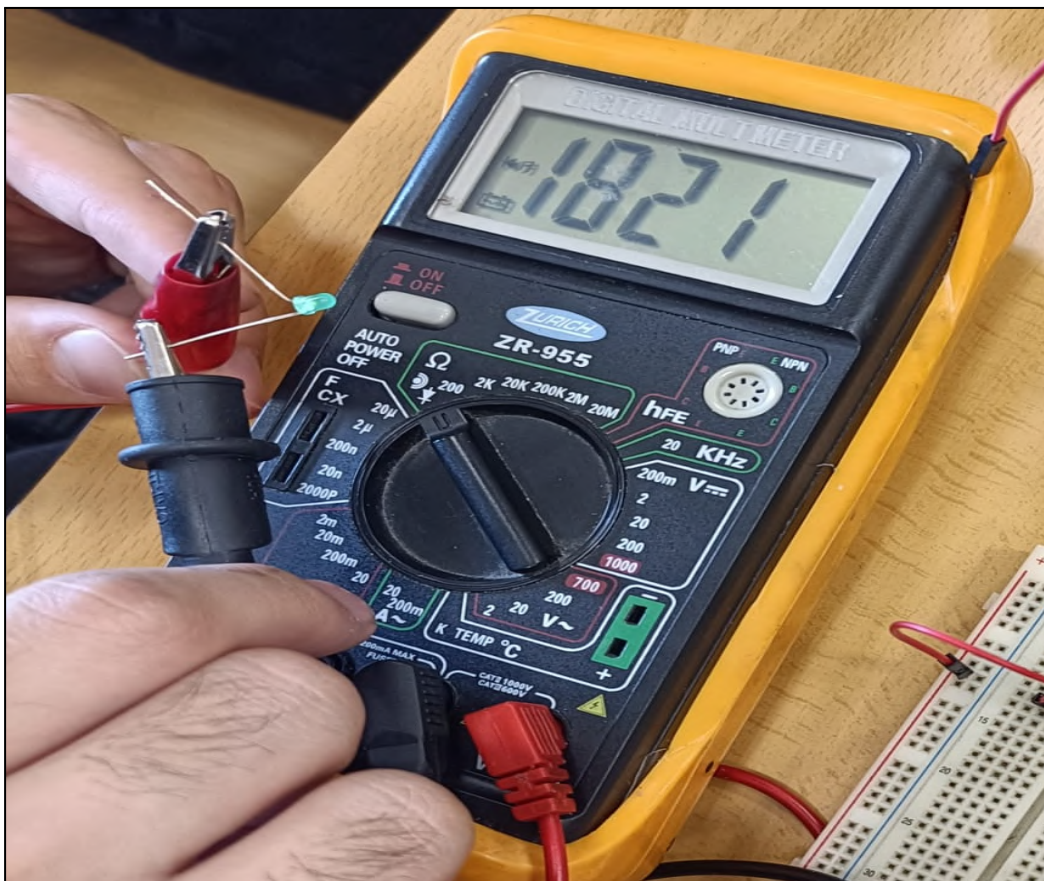
Cátodo: terminal corta del diodo LED.



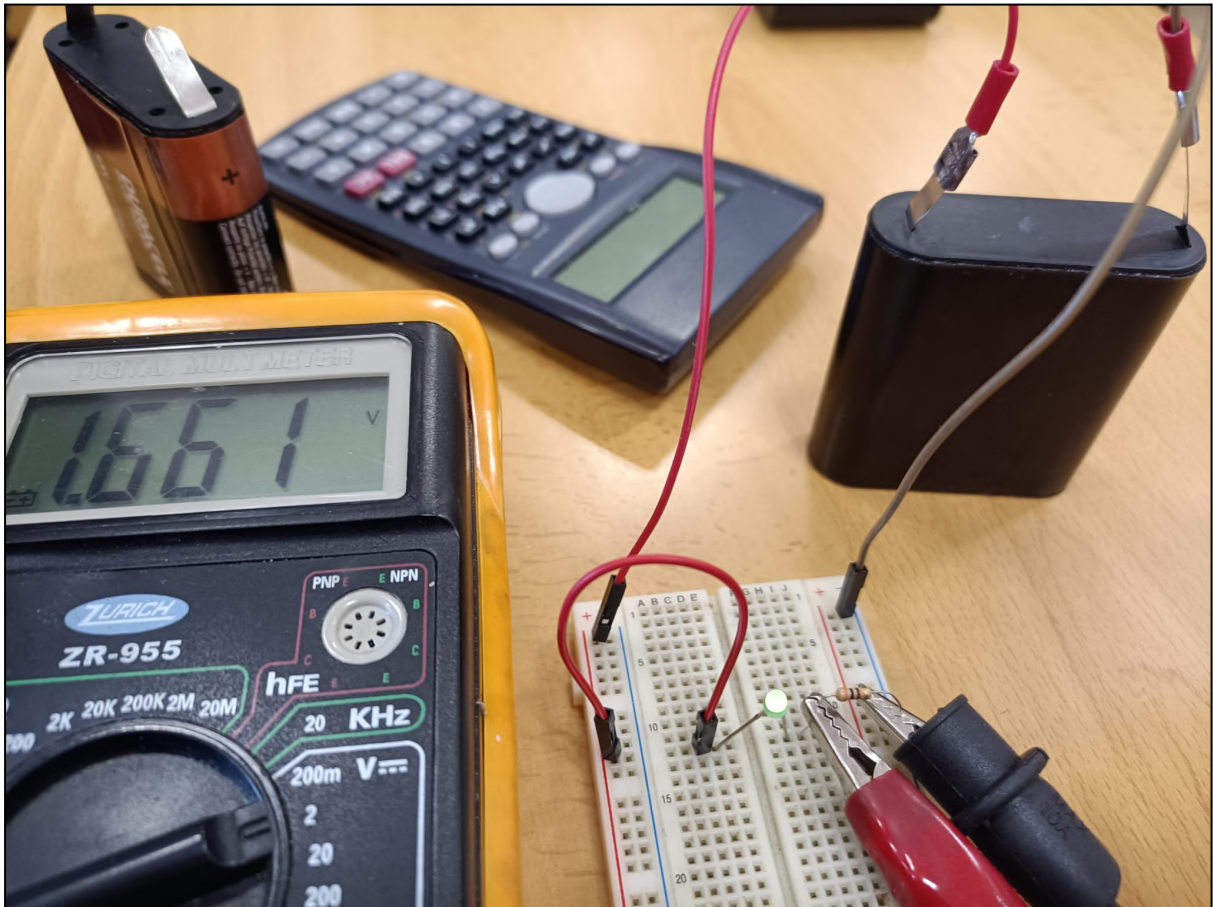
Medida del voltaje del diodo LED cuando está conduciendo dentro de un circuito:



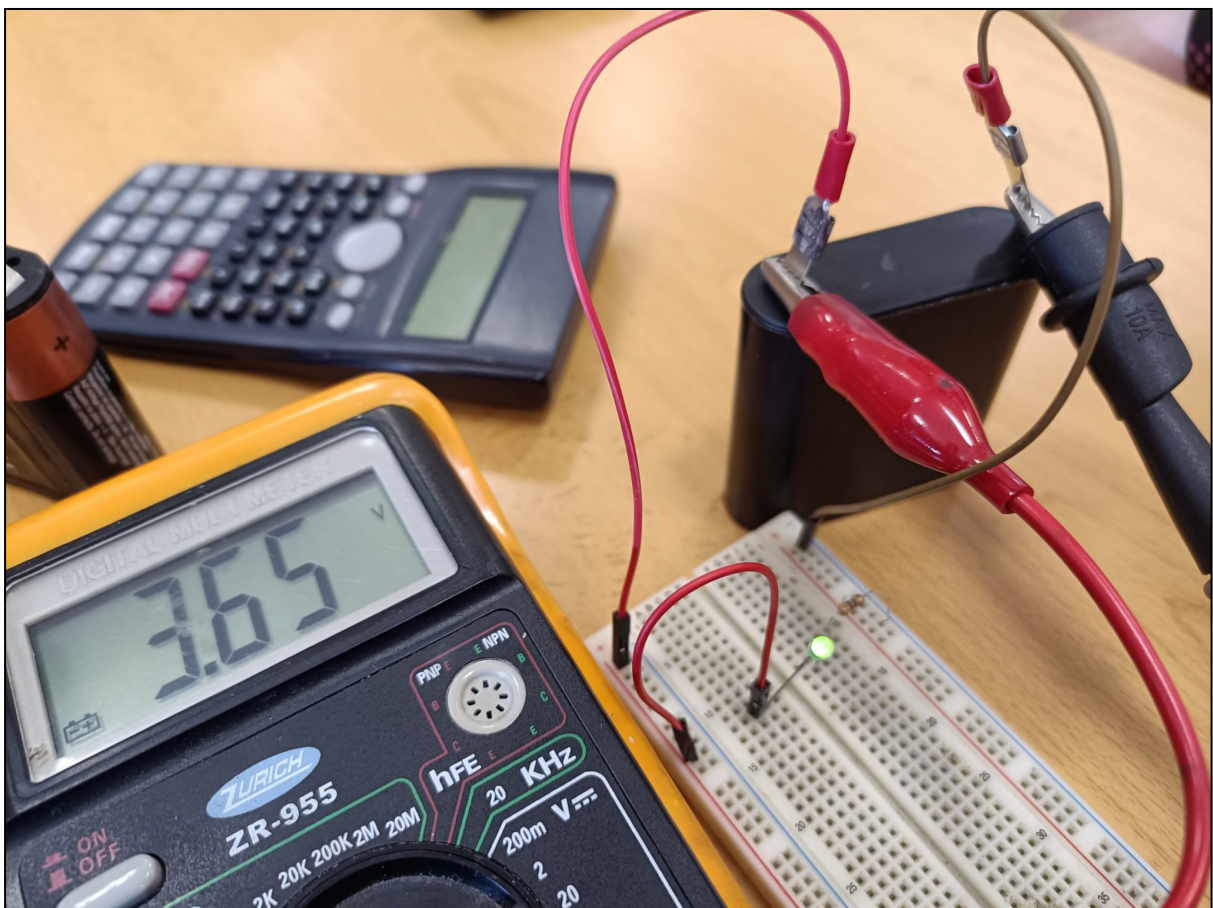
Medida del voltaje del mismo LED sin conducir (en milivoltios):



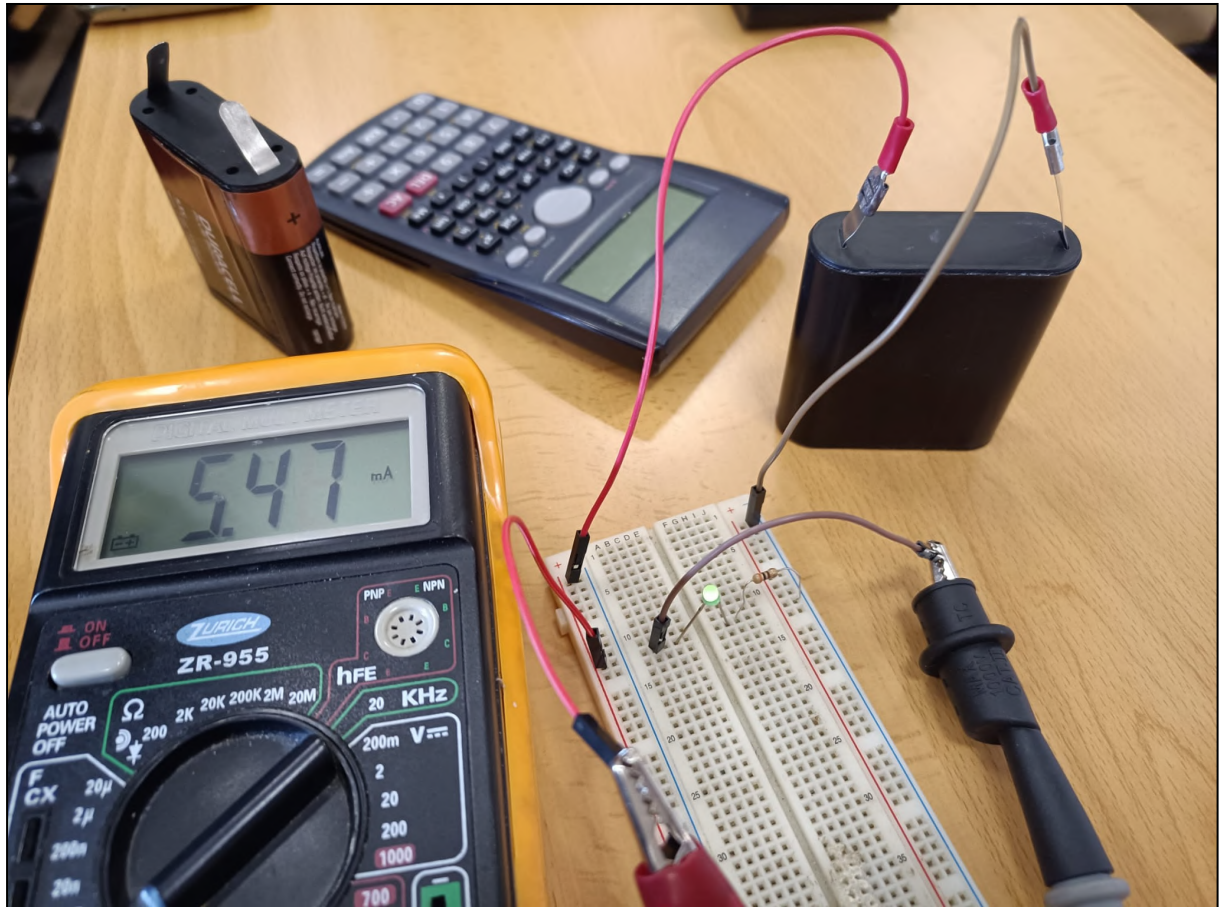
Medida de la caída de tensión en la resistencia de 300Ω :



Medida del voltaje de la pila:



Medida de la intensidad de corriente del circuito simple:



4. PUERTAS LÓGICAS CON DIODOS

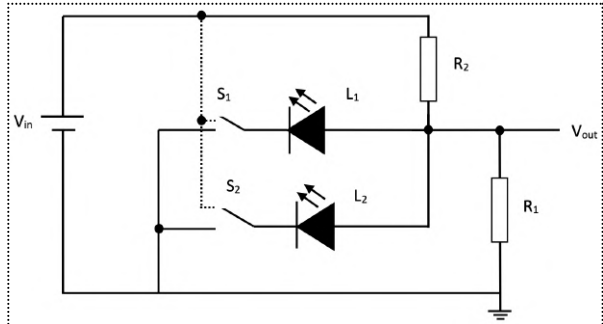
- 4.1 Construcción de una puerta lógica AND

$$R1 = 10k\Omega$$

$$R2 = 2k\Omega$$

$$V_{in} = 4,5V$$

Nota: los cátodos de los diodos LED están conectados a tierra, no al polo positivo de la pila.



Medir con el polímetro el valor de V_{out} (caída de tensión en la resistencia $R1$) para cada una de las combinaciones de las cuatro entradas en los interruptores y completar la tabla. Comprobar los cálculos teóricos con los valores experimentales tomados con el polímetro, incluyéndolos también en la tabla.

| L_1 | | L_2 | | $V_{out \text{ exp.}}$ | $V_{out \text{ teórico}}$ | Output _{log} |
|--------|----------------------|--------|----------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Estado | Input _{log} | Estado | Input _{log} | | | |
| Off | 1 | Off | 1 | 3,73V | 3,75V | 1 |
| On | 0 | Off | 1 | 2,60V | V_{LED} | 0 |
| Off | 1 | On | 0 | 2,59V | V_{LED} | 0 |
| On | 0 | On | 0 | 2,58V | V_{LED} | 0 |

VOLTAJE MEDIDO DEL LED AZUL USADO: 2,65V.

Explicar brevemente el funcionamiento de la puerta y el papel jugado por cada uno de los componentes del circuito (resistencias y diodos).

Si uno de los dos interruptores (en nuestro caso, cables desconectables) se conecta; (0,1) ó (1,0), empieza a circular corriente por el diodo LED asociado. Al estar el cátodo del LED conectado a tierra, esto ocasiona que haya obligatoriamente V_{LED} en el ánodo de este (en nuestro caso 2,65 V), voltaje que comparte el punto V_{out} . Eso sería V_{low} , un 0 lógico.

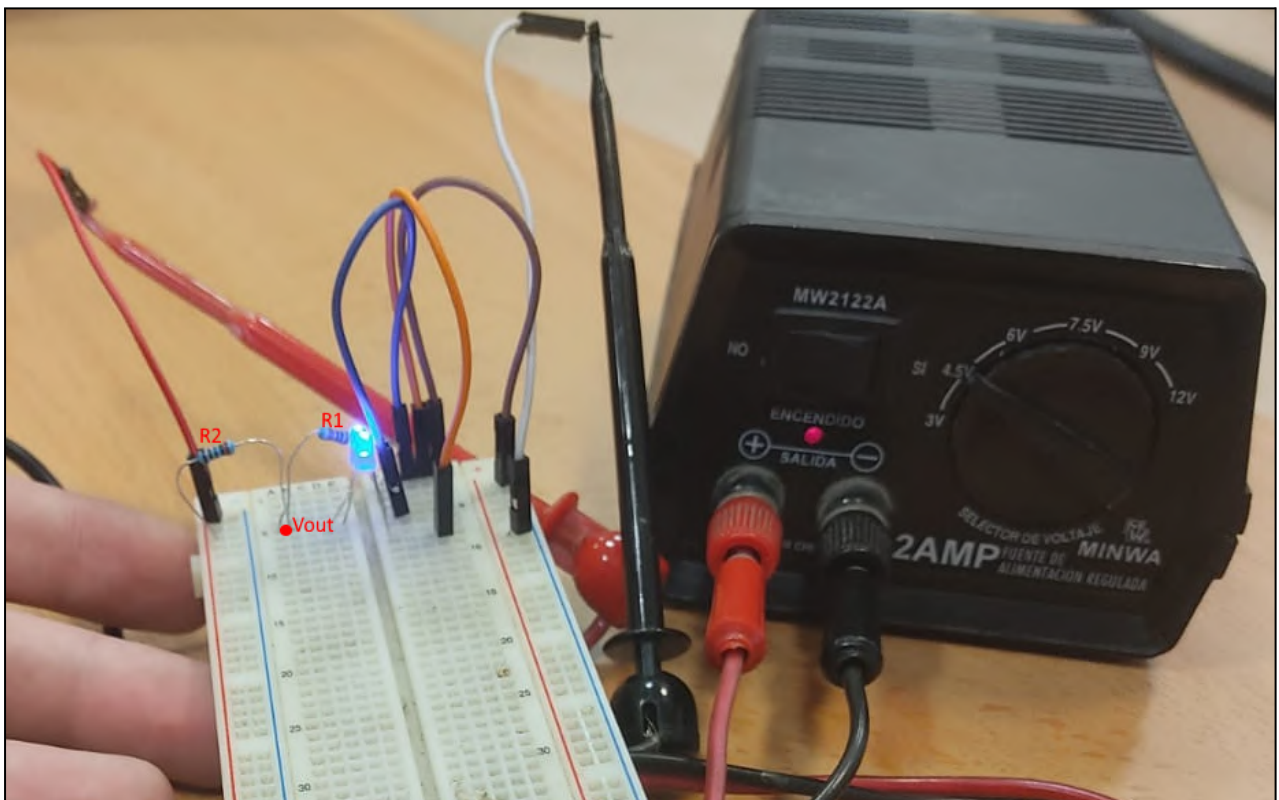
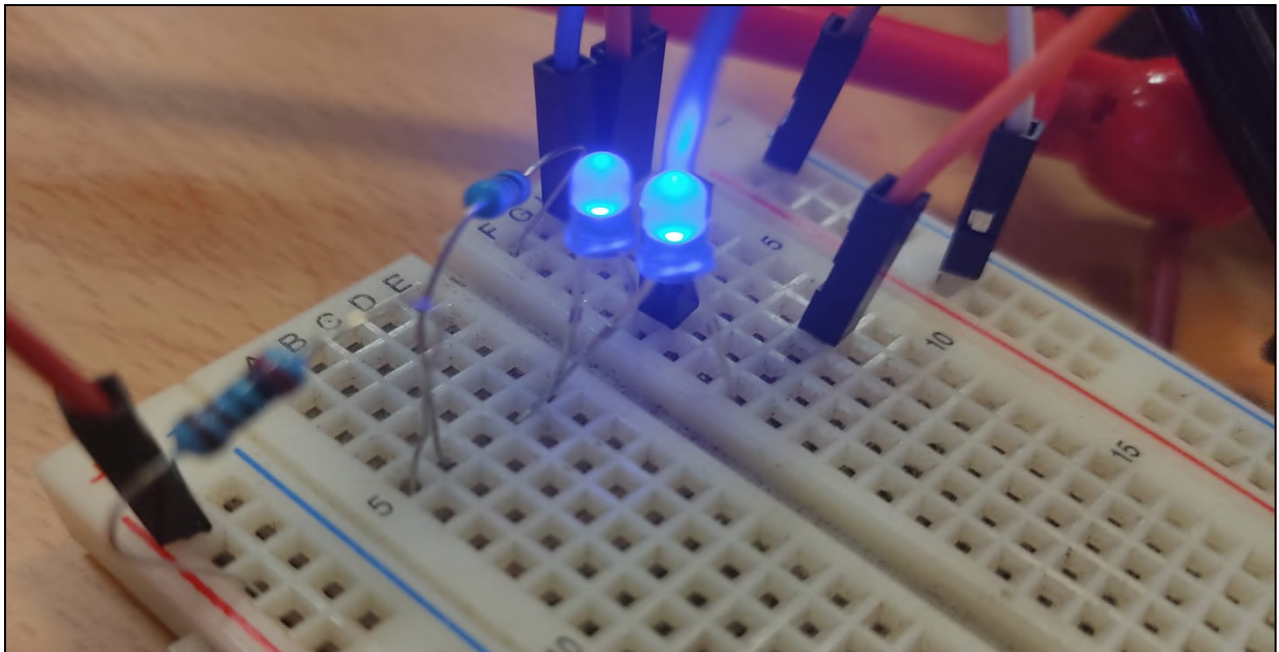
Al estar los dos diodos iguales en paralelo, si están los dos conectados al mismo tiempo (0,0); sigue habiendo el mismo voltaje en V_{out} que si solo estuviera uno conectado.

Pero, si no hay ningún diodo conectado (1,1), los diodos están “fuera de juego” y es la diferente magnitud de las resistencias lo que decide el voltaje en V_{out} . Para producir un voltaje alto en V_{out} , se hace la primera resistencia pequeña, y la segunda grande. De esta forma, la alta caída de tensión en la segunda resistencia hace que en el punto anterior a esta resistencia (V_{out}) haya un voltaje alto, V_{high} (1 lógico).

Más precisamente, el valor de este V_{high} sería:

$$V_{out} = \frac{R1}{R1+R2} \cdot V_{in} = \frac{10k\Omega}{10k\Omega+2k\Omega} \cdot 4,5V = 3,75V \text{ (fórmula divisor de tensión)}$$

Circuito 4.1 armado:



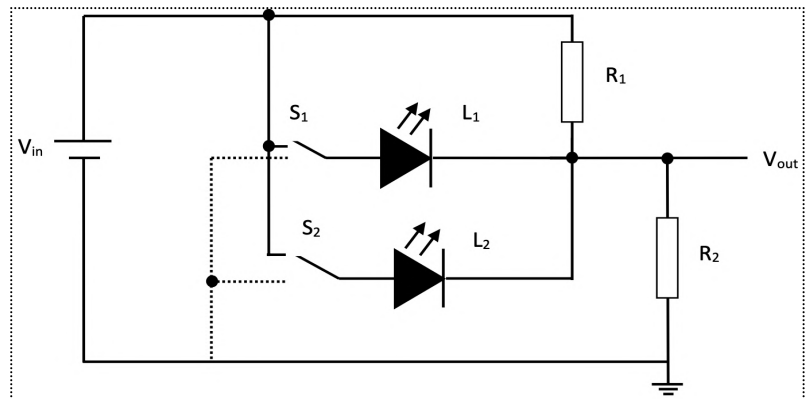
El cable azul y el cable naranja funcionan como interruptores para sus respectivos diodos LED. R1 se conecta por su borne derecho a la fila de cables superior derecha (columna 1), fila que a su vez se conecta a tierra mediante el cable marrón claro. Para medir V_{out} , habría que conectar la pinza roja del voltímetro a uno de los bornes que hay en V_{out} , y la pinza negra a la columna de tierra, o a la fila superior derecha de cables.

- 4.2 Construcción de una puerta lógica OR

$$R1 = 10k\Omega$$

$$R2 = 2k\Omega$$

$$V_{in} = 4,5V$$



Medir con el polímetro el valor de V_{out} (caída de tensión en la resistencia $R2$) para cada una de las combinaciones de las cuatro entradas en los interruptores y completar la tabla.

Comprobar los cálculos teóricos con los valores experimentales tomados con el polímetro, incluyéndolos también en la tabla.

| L_1 | | L_2 | | $V_{out} \text{ exp.}$ | $V_{out} \text{ teórico}$ | Output lóg |
|--------|----------------------|--------|----------------------|------------------------|---------------------------|---------------|
| Estado | Input _{lóg} | Estado | Input _{lóg} | | | |
| Off | 0 | Off | 0 | 0,732V | 0,75V | 0 |
| On | 1 | Off | 0 | 1,864V | $4,5V - V_{LED}$ | 1 |
| Off | 0 | On | 1 | 1,840V | $4,5V - V_{LED}$ | 1 |
| On | 1 | On | 1 | 1,886V | $4,5V - V_{LED}$ | 1 |

VOLTAJE DEL LED AZUL USADO: 2,65V.

Los cálculos teóricos concuerdan con los experimentales, esos ~1,86 V medidos son iguales al voltaje de la fuente usada (4,5V) menos el voltaje del diodo LED usado (2,65V). En el caso de que haya un 0 lógico de salida, el valor experimental también concuerda con el valor teórico, 0,75V.

Explicar brevemente el funcionamiento de la puerta y el papel jugado por cada uno de los componentes del circuito (resistencias y diodos).

Con uno de los dos diodos LEDs conectados (1,0) ó (0,1), se obliga a que haya $4,5V - V_{LED}$ de voltaje en V_{out} , que sería V_{high} (1 lógico).

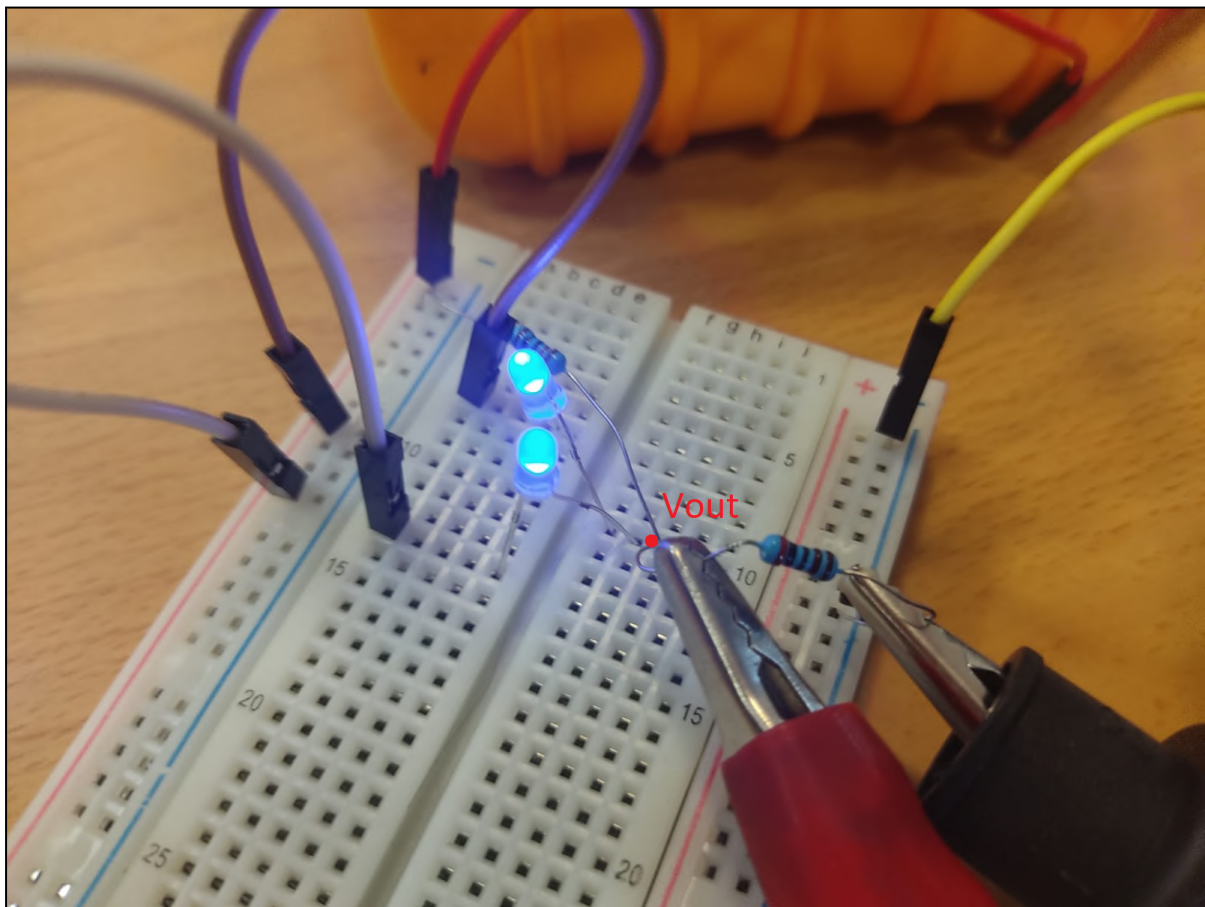
Con los dos diodos LEDs conectados a la vez (1,1), sucede exactamente lo mismo que en la situación anterior, ya que están puestos en paralelo. Entonces paralelamente fuerzan el mismo voltaje en V_{out} .

Sin embargo, si se desconectan los dos diodos LEDs (0,0), son las resistencias las que deciden el voltaje en V_{out} . Y, al estar esta vez R1(10kΩ) y R2(2kΩ) intercambiadas de lugar, la mayor caída de tensión se produce antes de V_{out} (en R1), mientras que la caída de tensión pequeña la recibe R2. Ya que el valor de V_{out} está totalmente ligado al valor de esta pequeña caída de tensión, V_{out} se vuelve un V_{low} (un 0 lógico).

Más precisamente, el valor de este V_{low} sería:

$$V_{out} = \frac{R2}{R1+R2} \cdot V_{in} = \frac{2k\Omega}{10k\Omega+2k\Omega} \cdot 4,5V = 0,75V \text{ (fórmula divisor de tensión)}$$

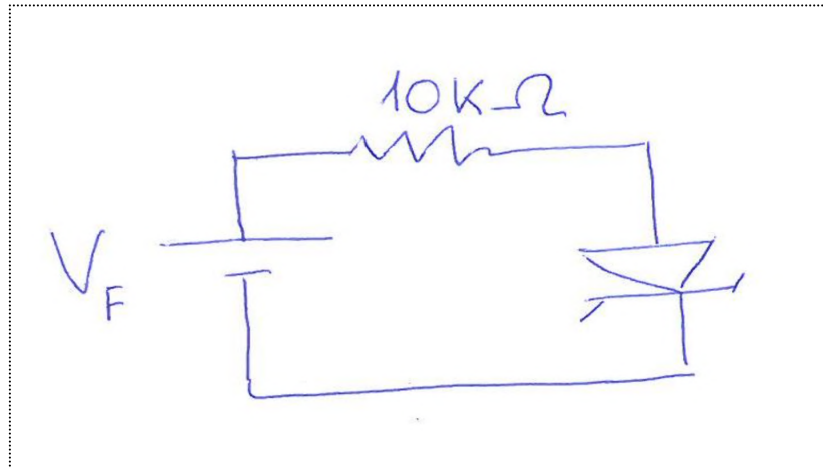
Circuito 4.2 armado:



El diodo LED de arriba está conectado a c-7. La resistencia de la izquierda es de

10k Ω y está conectada a la columna positiva. El cable blanco y el cable púrpura funcionan como interruptores para los diodos LEDs. En esta fotografía se estaba midiendo V_{out} cuando hay (1,1) de entrada.

5. CIRCUITO CON DIODOS ZENER

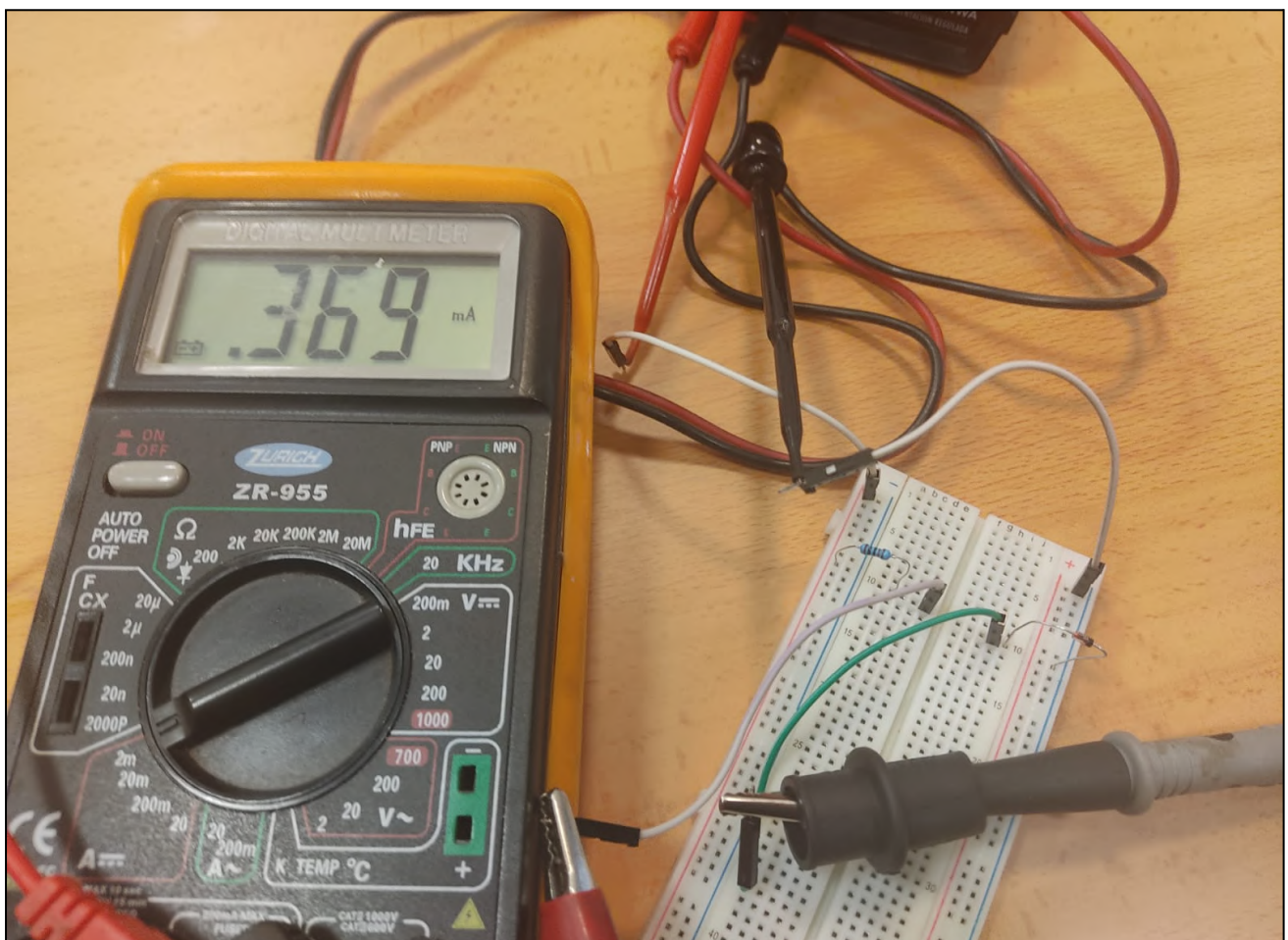
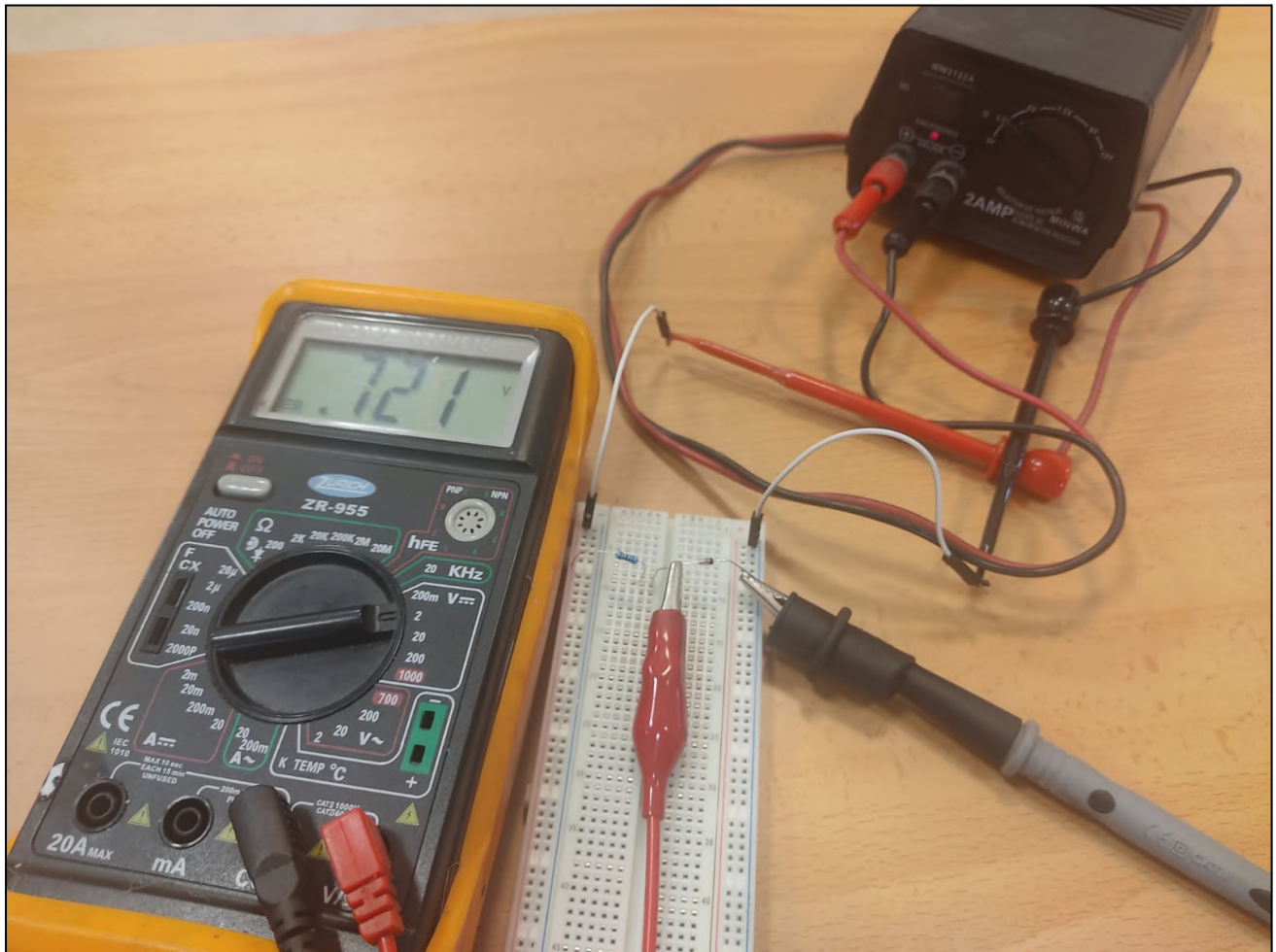


Estados del diodo zener:

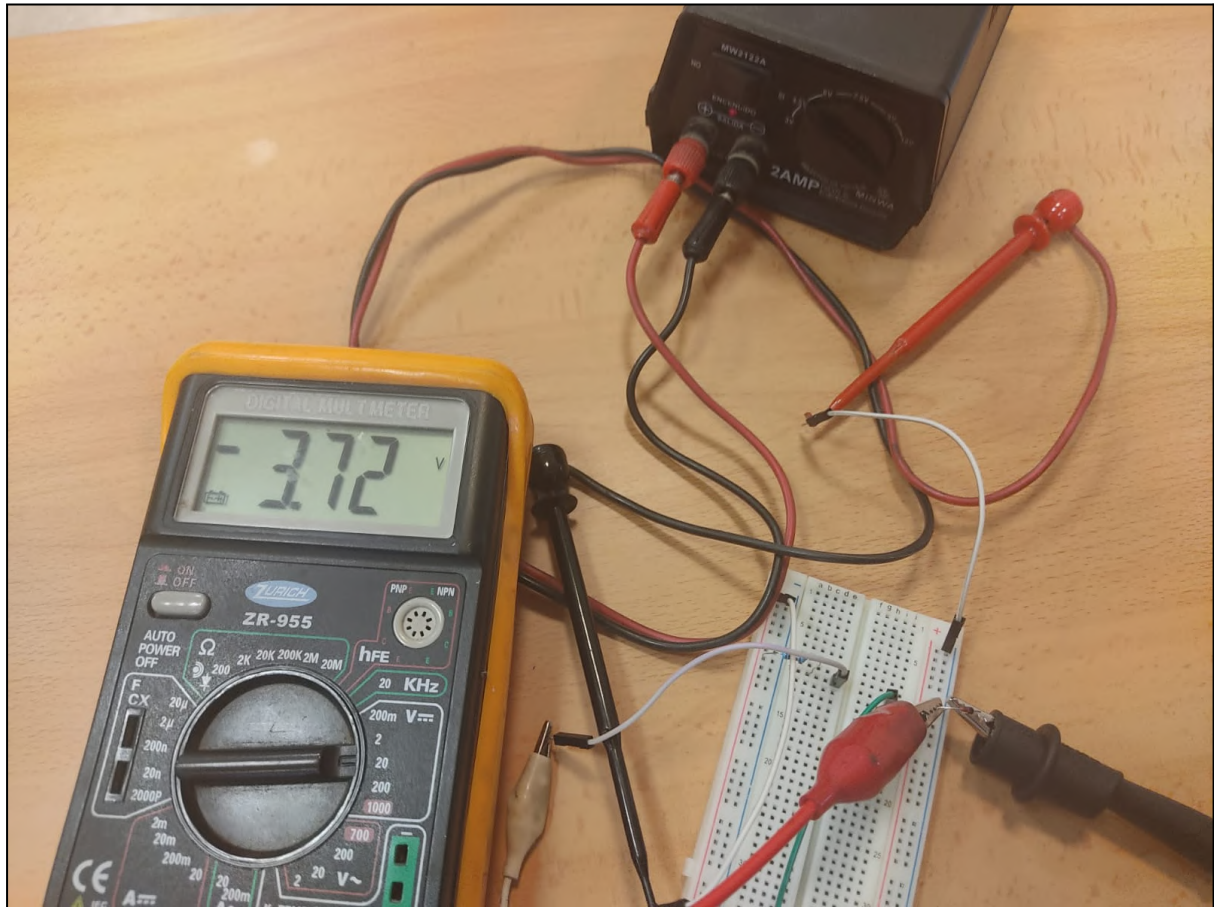
| V_F | Voltaje ánodo-cátodo Zener | Estado del diodo Zener | Intensidad de corriente |
|---------------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|
| 4,5V | 0,717V | Directa | 0,37 mA |
| -4,5V (4,5V en sentido opuesto) | -3,72V | Inversa | -0,073 mA |
| 0,47V* | 0,463V | Corte | 0,00 mA |

*(pila gastada de ~4V menos el voltaje de 2 LEDs de ~1,8V puestos en serie con esta)

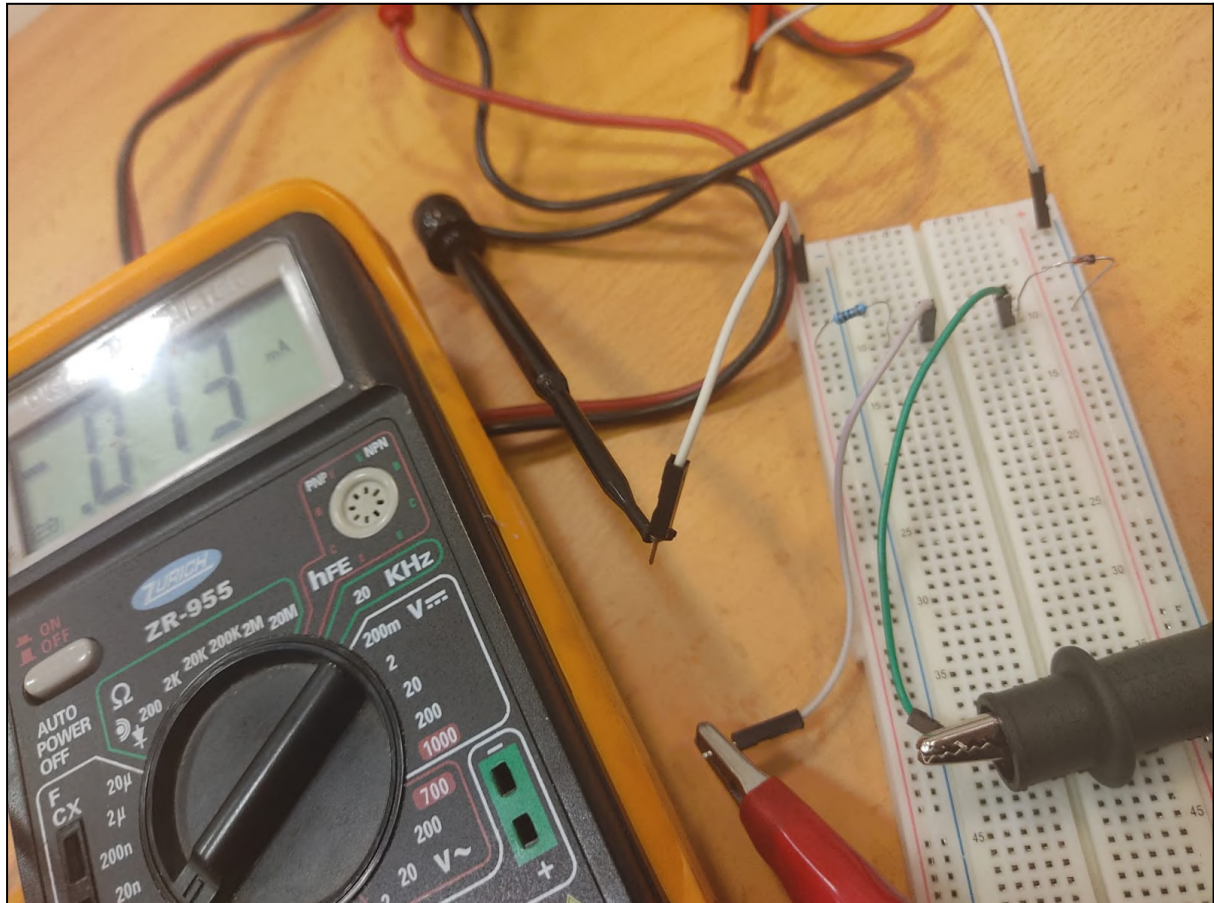
Circuito 5.0.a armado:



Circuito 5.0.b armado:

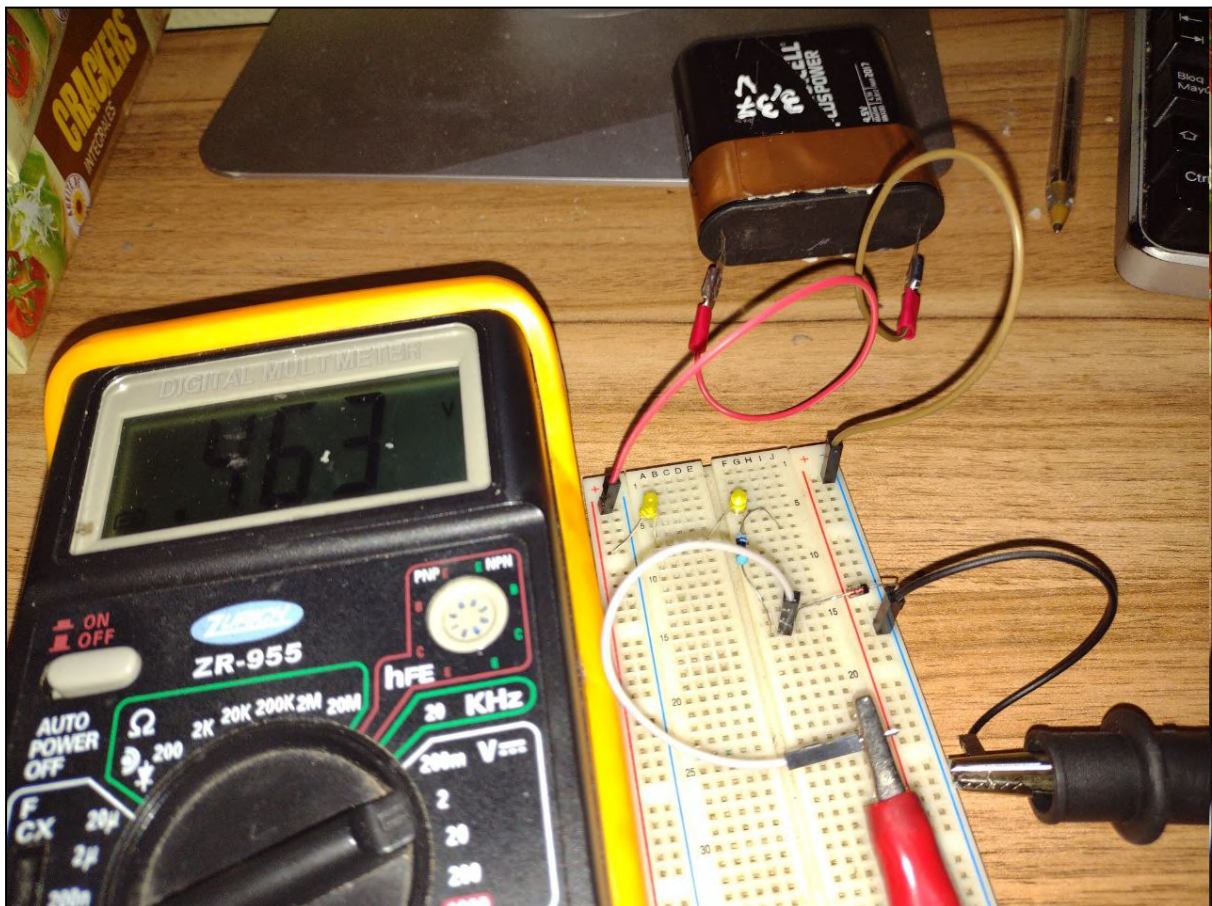
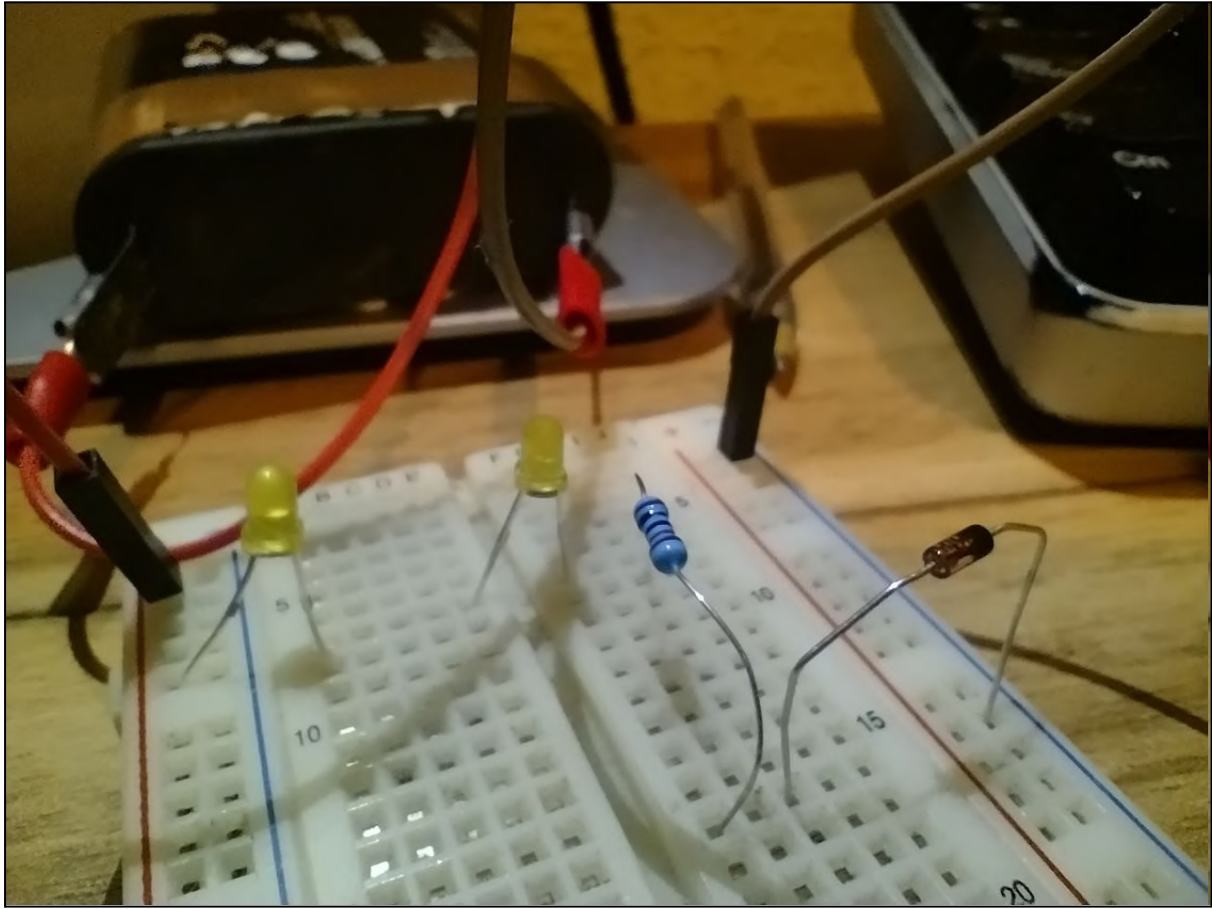


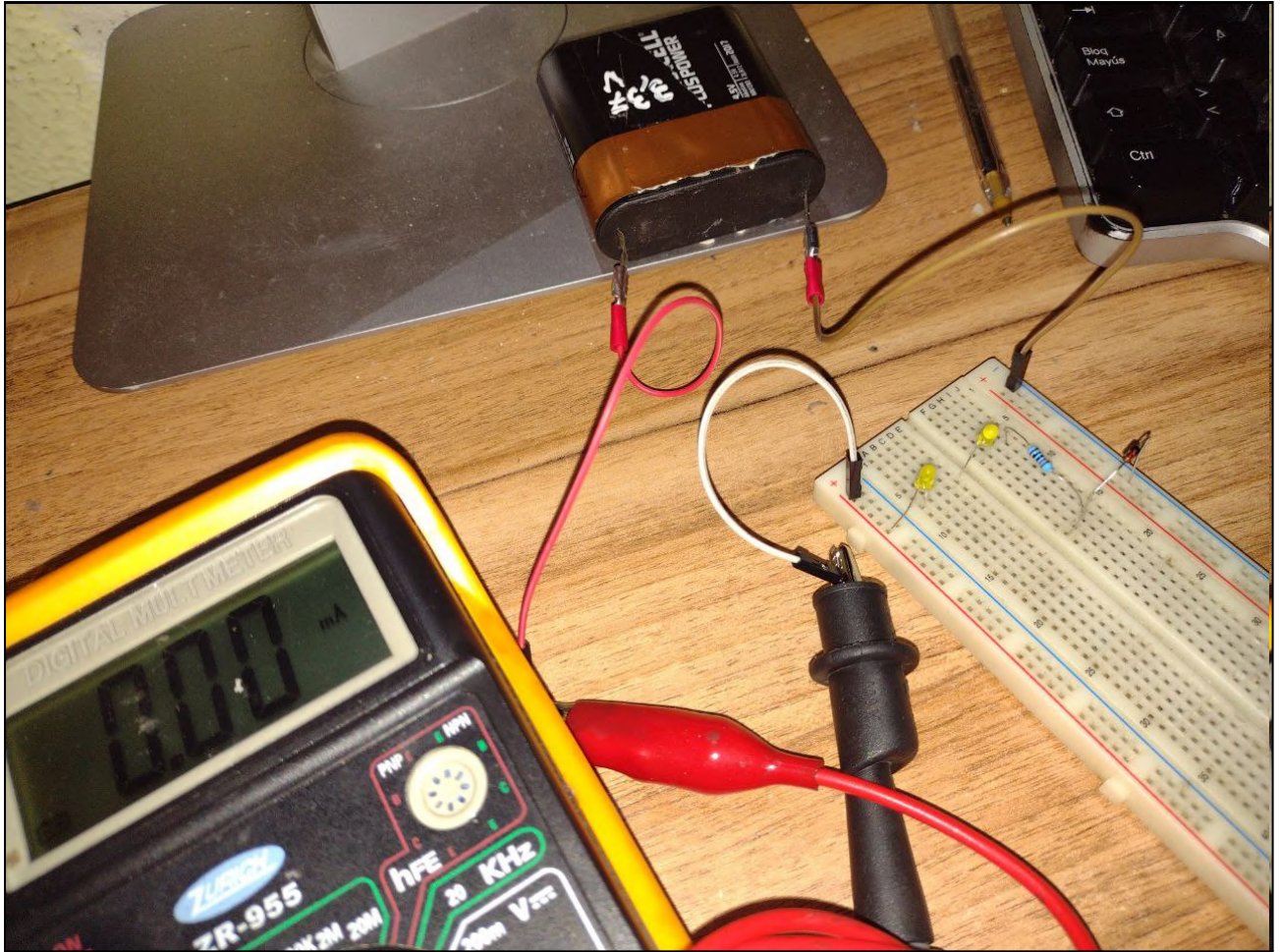
Nota: el cable blanco e-10 está conectado al cable verde i-10 mediante un cable-cocodrilo. Lo hicimos así para poder reemplazar fácilmente el cable-cocodrilo por un amperímetro.



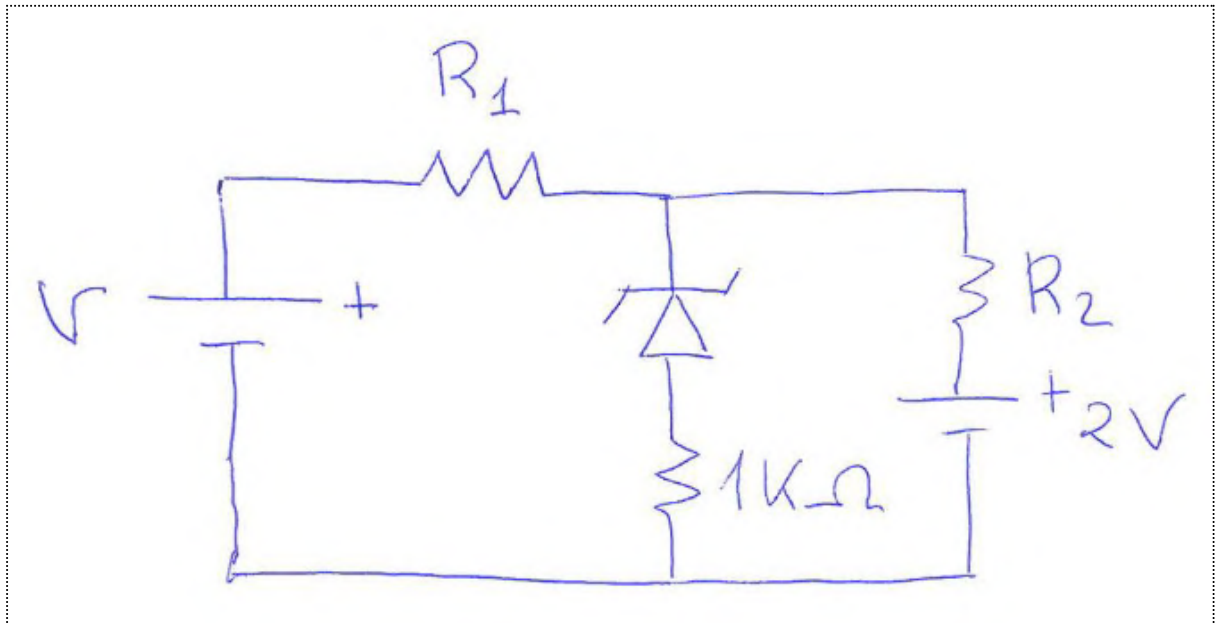
Circuito 5.0.c armado:

(algunos LEDs parecen brillar, pero eso es en realidad el reflejo del flash de la cámara)





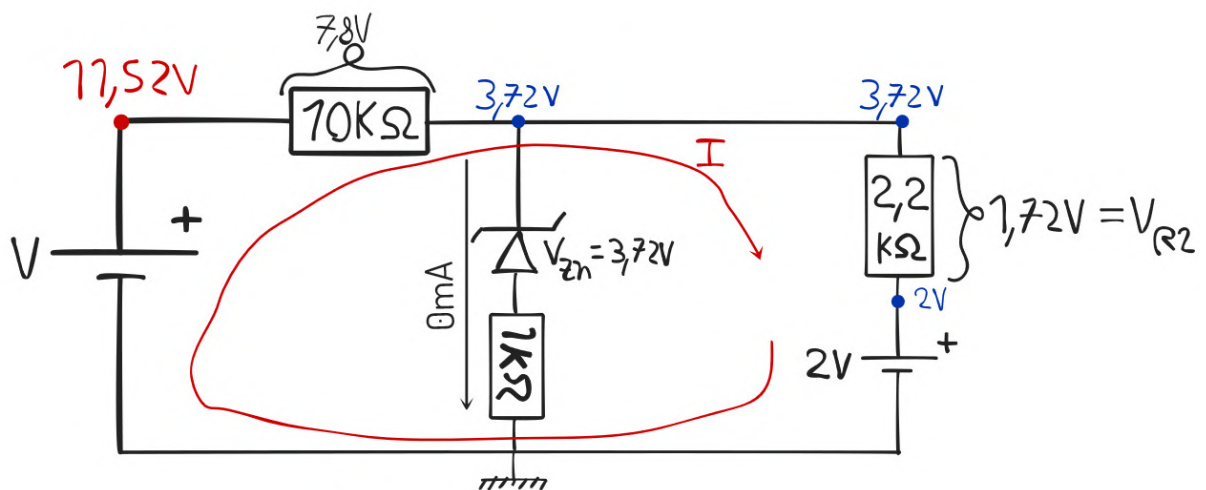
A continuación, monta el circuito de la figura y mide la intensidad que atraviesa al diodo zener. De inicio, vamos a suponer 3 situaciones:



Situación 1: Vamos a suponer una $R1$ de $10k$ y una $R2$ de $2.2K$ y vamos a calcular teóricamente cuál sería el valor límite de V que hace que el diodo Zener empiece a conducir. Comprobar empíricamente dicha situación.

Situación 1: $R1=10k\Omega$, $R2=2.2k\Omega$.

Hallar valor mínimo de V para que el Zener conduzca en polarización inversa

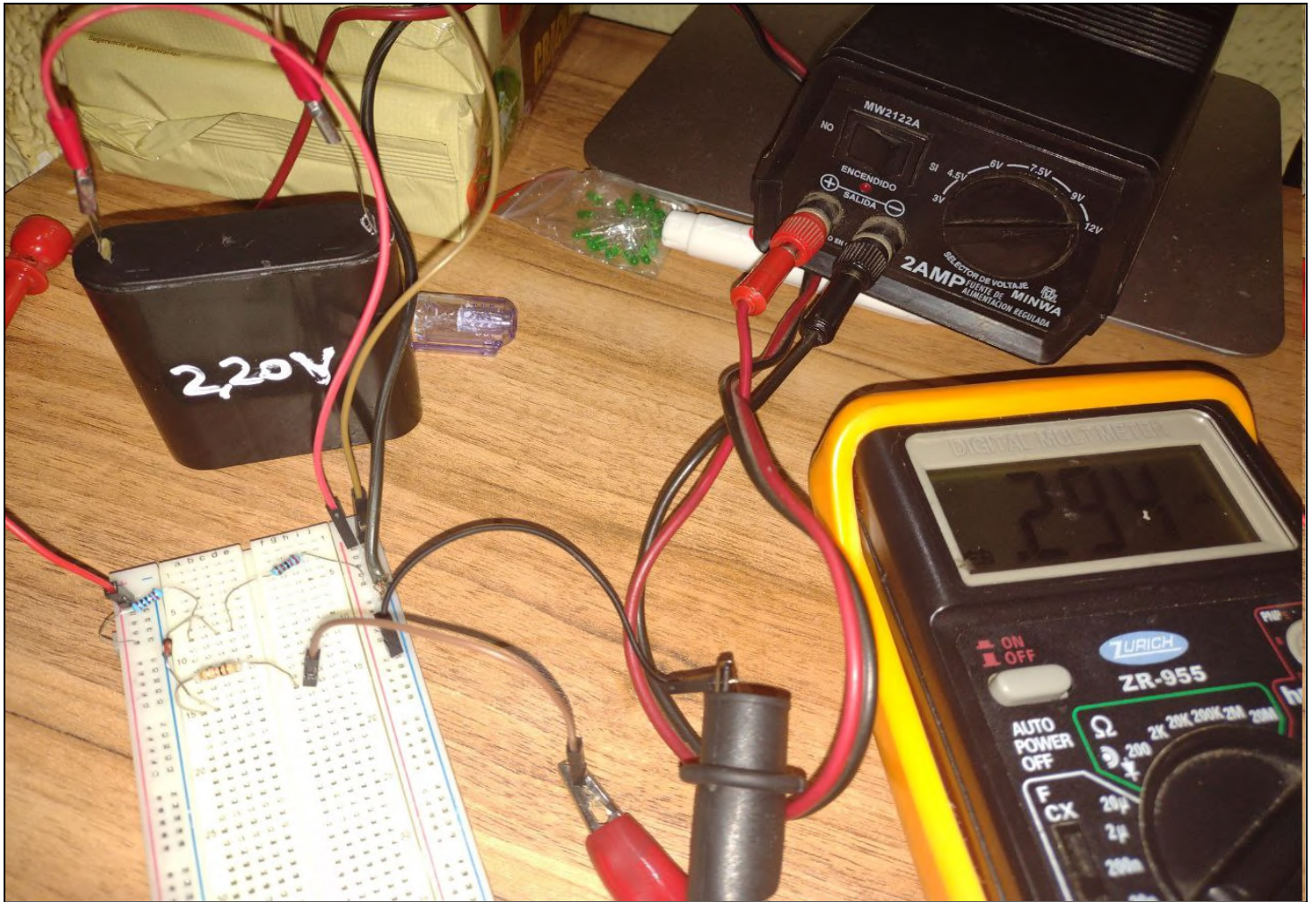


$$I = I_{R2} = \frac{1,72V}{2,2K\Omega} = 0,78mA$$

$$V_{R1} = 0,78mA \cdot 10K\Omega = 7,8V$$

$$V = 3,72V + 7,8V = 11,52V = V$$

Montaje del circuito de la situación 1 (muy impreciso):



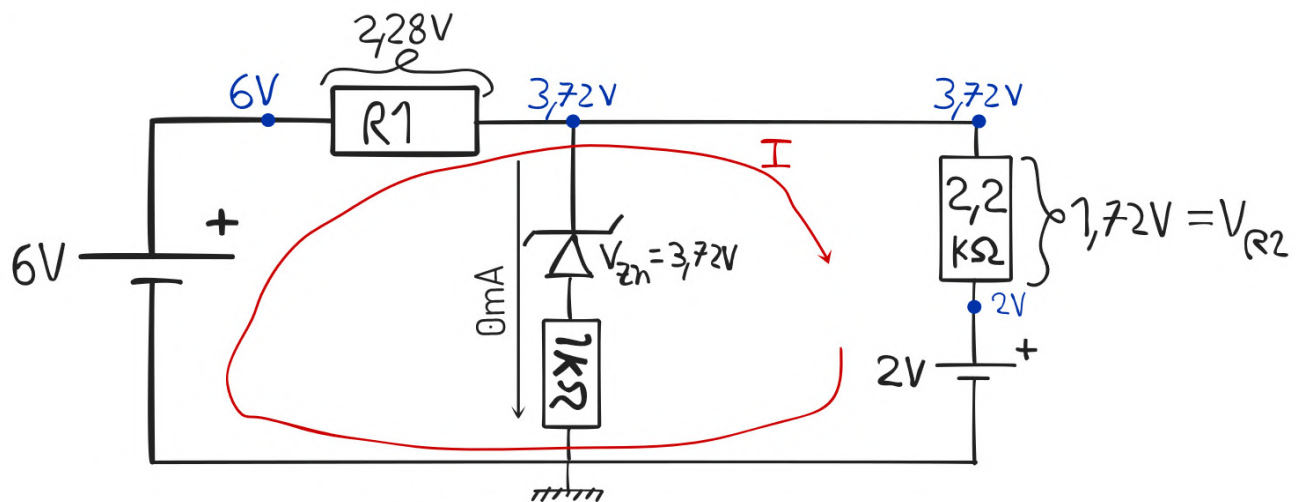
Descripción del montaje: el polo positivo de la fuente de voltaje está conectado a la columna positiva de la izquierda, mientras que su polo negativo está conectado a la columna de tierra de la derecha. La pila muy gastada de 3,5V*(no 2,2V) tiene su polo positivo conectado a la columna positiva de la derecha, y su polo negativo a la misma columna de tierra que la fuente de voltaje. La resistencia azul izquierda es de 10k Ω y está conectada al cátodo del diodo zener, y al extremo izquierdo de la resistencia azul de la derecha de 2,2k Ω . Esta resistencia azul de 2,2k Ω está conectada a la columna positiva de la derecha. El ánodo del zener está conectado a una resistencia marrón de 1k Ω , la cual está conectada al polo positivo del amperímetro. El polo negativo del amperímetro está conectado a la tierra común del circuito. Nota: el botón de la fuente de voltaje funciona al revés (puesto en “no” se enciende).

Conclusión: Ya que tanto la pila como la fuente de voltaje tienen más voltaje que el que deberían tener (y las resistencias son ~2% carentes en su valor), hay 0,3 mA de corriente en vez de algo muy cercano a 0 mA.

Situación 2: Vamos a suponer una V de 6V y una R_2 de 2.2K y vamos a calcular teóricamente cuál sería el valor límite de R_1 que hace que el diodo Zener empiece a conducir. Comprobar empíricamente dicha situación

Situación 2: $V=6V$, $R_2=2,2k\Omega$.

Hallar valor límite de R_1 para que el Zener conduzca en polarización inversa



$$I = I_{R_2} = \frac{1,72V}{2,2k\Omega} = 0,78mA = I$$

$$V_{R_1} = 6V - 3,72V = 2,28V \rightarrow R_1 = \frac{2,28V}{0,78mA} = 2,93k\Omega$$

2,93k Ω es el valor máximo que puede tener la resistencia R_1 para que circule corriente por el diodo Zener, en polarización Zener.

Montaje del circuito de la situación 2:



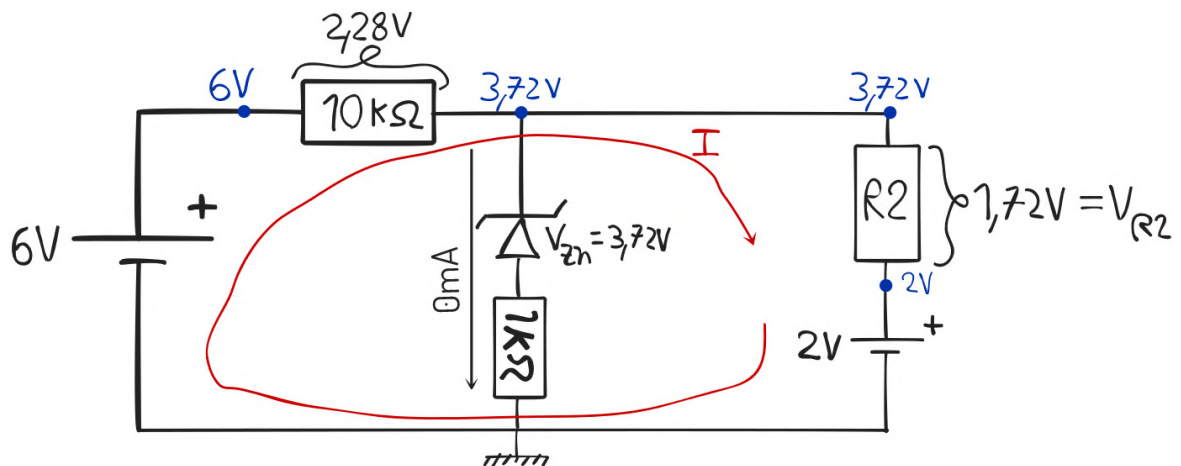
Descripción del montaje: las conexiones son exactamente iguales, pero se bajó el voltaje de la fuente de voltaje a 6V, y se cambió la resistencia de $10k\Omega$ de la suposición 1 por dos resistencias en serie: una resistencia de $1k\Omega$ unida a otra de $2k\Omega$. Estas dos resistencias carentes, en serie tienen $2,94k\Omega$ de resistencia (medido con polímetro). Y otra vez, esa pila en realidad es de $\sim 3,5V$.

Conclusión: da una intensidad de corriente muy baja. Pero no es tan cercana a 0, esto es porque la pila de 3,5 V difiere bastante de la pila teórica de 2 V.

Situación 3: Vamos a suponer una V de 6V y una $R1$ de 10K y vamos a calcular teóricamente cuál sería el valor límite de $R2$ que hace que el diodo Zener empiece a conducir. Comprobar empíricamente dicha situación.

Situación 3: $V=6V$, $R1=10k\Omega$.

Hallar valor límite de $R2$ para que el Zener conduzca en polarización inversa



$$I = I_{R1} = \frac{2,28V}{10k\Omega} = 0,228mA = I$$

$$R2 = \frac{1,72V}{0,228mA} = 7,54k\Omega$$

7,54kΩ es el valor mínimo que puede tener la resistencia $R1$ para que circule corriente por el diodo Zener, en polarización Zener.

Montaje: no hecho (no tengo esa resistencia).