

Reducción de resistencias.

Para el circuito mostrado en la figura 1.

- Halle la resistencia equivalente desde los puntos A y B, quitando cada uno de los interruptores presentes.
- Halle la resistencia equivalente con el interruptor S1 activo, S2 y S3 abiertos.
- Halle la resistencia equivalente con el interruptor S2 activo, S1 y S3 abiertos.
- Halle la resistencia equivalente con el interruptor S3 activo, S1 y S2 abiertos.

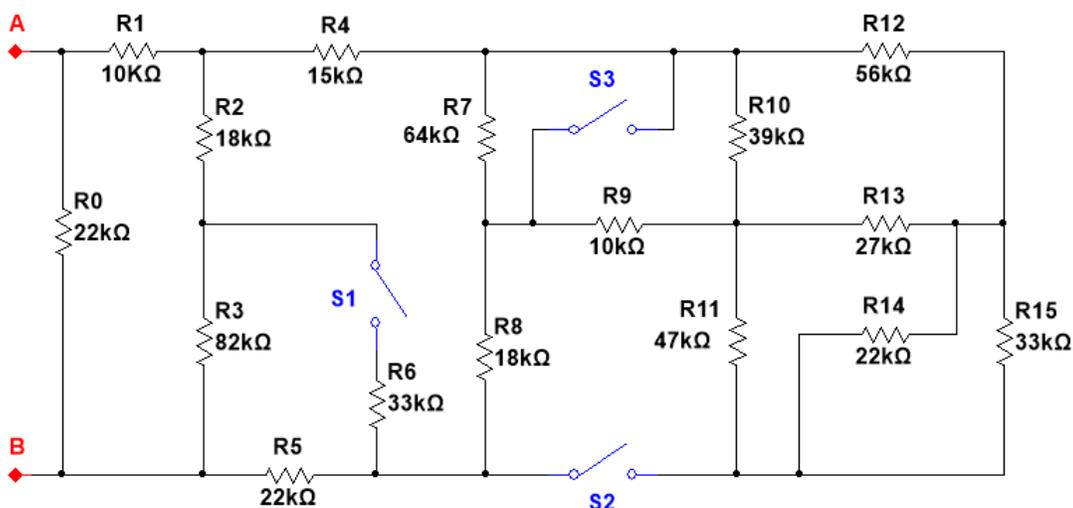


Figura 1

Solución:

Inicialmente se propone realizar cada una de las reducciones posibles tales como resistencias en serie o paralelo. Seguidamente iremos reagrupando nuestro circuito y mostrando cada una de las reducciones a partir de imágenes donde se visualizará el estado final de cada nueva resistencia.

MEDICIÓN DE A-B

Empezamos retirando todos los interruptores donde para obtener el estado final del circuito a reducir.

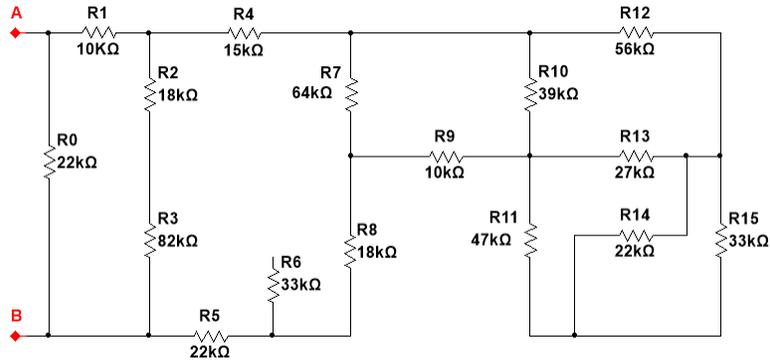


Figura 2

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_{14} y R_{15} conectadas en paralelo.

$$R_{T1} = R_{14} || R_{15}$$

$$R_{T1} = \frac{22 \times 10^3 \cdot 33 \times 10^3}{22 \times 10^3 + 33 \times 10^3}$$

$$R_{T1} = 13.2 [k\Omega]$$

Resistencias en serie.

Sumamos las resistencias R_2 y R_3 conectadas en serie.

$$R_{T2} = R_2 + R_3$$

$$R_{T2} = 18 \times 10^3 + 82 \times 10^3$$

$$R_{T2} = 100 [k\Omega]$$

$$R_{T3} = R_5 + R_8$$

$$R_{T3} = 22 \times 10^3 + 18 \times 10^3$$

$$R_{T3} = 40 [k\Omega]$$

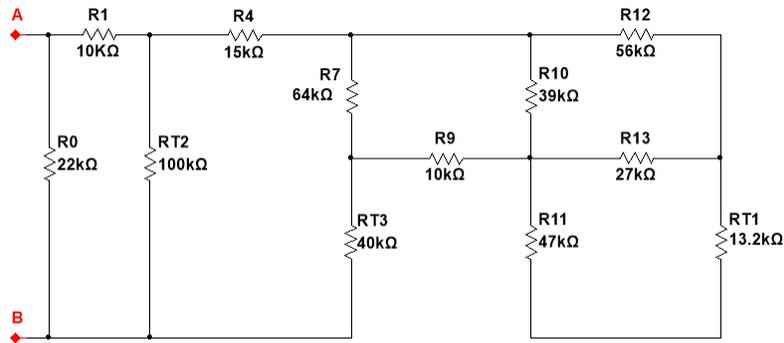


Figura 3

Resistencias en serie.

Sumamos las resistencias R_{11} y R_{T1} conectadas en serie.

$$R_{T4} = R_{11} + R_{T1}$$

$$R_{T4} = 47 \times 10^3 + 13.2 \times 10^3$$

$$R_{T4} = 60.2 [k\Omega]$$

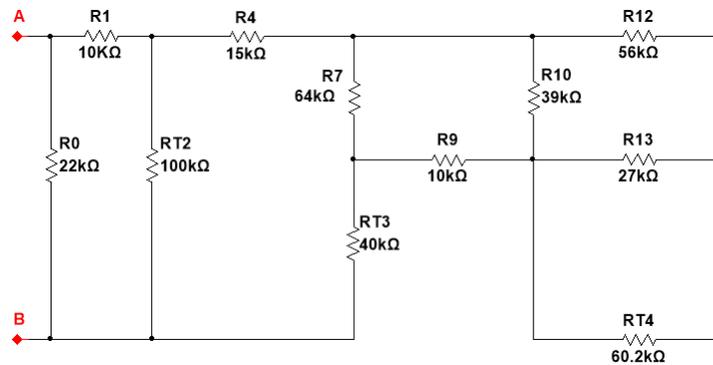


Figura 4

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_{13} y R_{T4} conectadas en paralelo.

$$R_{T5} = R_{13} || R_{T4}$$

$$R_{T5} = \frac{27 \times 10^3 \cdot 60.2 \times 10^3}{27 \times 10^3 + 60.2 \times 10^3}$$

$$R_{T5} = 18.64 [k\Omega]$$

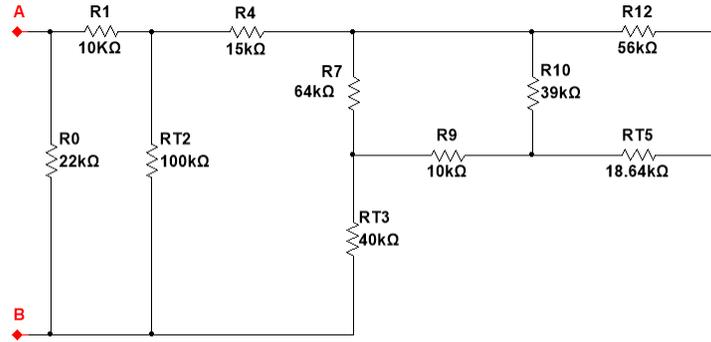


Figura 5

Resistencias en serie.

Sumamos las resistencias R_{12} y R_{T5} conectadas en serie.

$$R_{T6} = R_{12} + R_{T5}$$

$$R_{T6} = 56 \times 10^3 + 18.64 \times 10^3$$

$$R_{T6} = 74.64 [k\Omega]$$

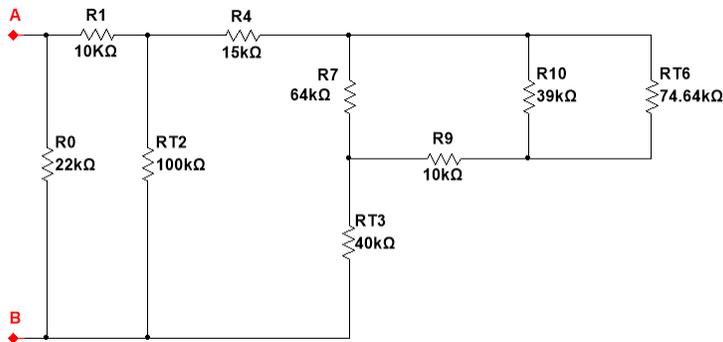


Figura 6

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_{10} y R_{T6} conectadas en paralelo.

$$R_{T7} = R_{10} || R_{T6}$$

$$R_{T7} = \frac{39 \times 10^3 \cdot 74.64 \times 10^3}{39 \times 10^3 + 74.64 \times 10^3}$$

$$R_{T7} = 25.616 [k\Omega]$$

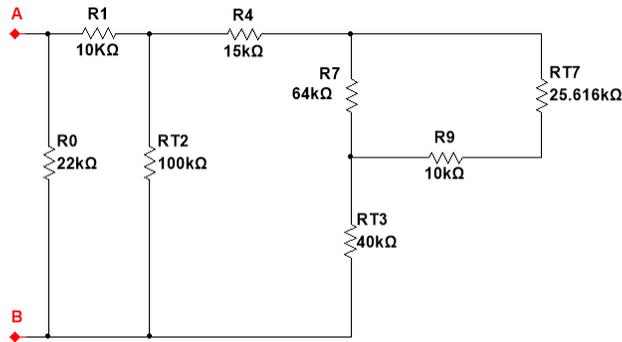


Figura 7

Resistencias en serie.

Sumamos las resistencias R_9 y R_{T7} conectadas en serie.

$$R_{T8} = R_9 + R_{T7}$$

$$R_{T8} = 10 \times 10^3 + 25.616 \times 10^3$$

$$R_{T8} = 35.616 [k\Omega]$$

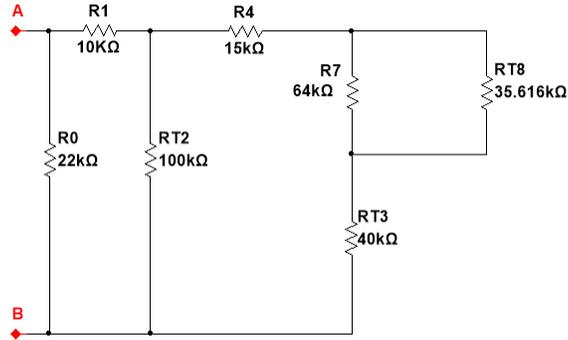


Figura 8

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_7 y R_{T8} conectadas en paralelo.

$$R_{T9} = R_7 || R_{T8}$$

$$R_{T9} = \frac{64 \times 10^3 \cdot 35.616 \times 10^3}{64 \times 10^3 + 35.616 \times 10^3}$$

$$R_{T9} = 22.882 [k\Omega]$$

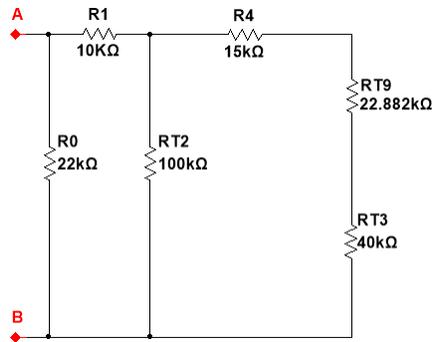


Figura 9

Resistencias en serie.

Sumamos las resistencias R_4 , R_{T13} y R_{T9} conectadas en serie.

$$R_{T10} = R_4 + R_{T3} + R_{T9}$$

$$R_{T10} = 15 \times 10^3 + 40 \times 10^3 + 22.882 \times 10^3$$

$$R_{T10} = 77.882[k\Omega]$$

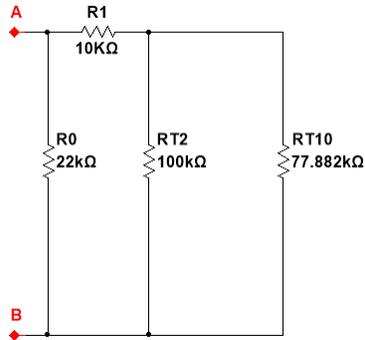


Figura 10

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_{T2} y R_{T10} conectadas en paralelo.

$$R_{T11} = R_{T2} || R_{T10}$$

$$R_{T11} = \frac{100 \times 10^3 \cdot 77.882 \times 10^3}{100 \times 10^3 + 77.882 \times 10^3}$$

$$R_{T11} = 43.783[k\Omega]$$

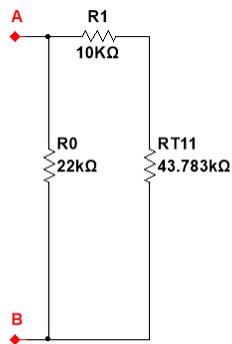


Figura 11

Resistencias en serie.

Sumamos las resistencias R_1 y R_{T11} conectadas en serie.

$$R_{T12} = R_1 + R_{T11}$$

$$R_{T12} = 10 \times 10^3 + 43.783 \times 10^3$$

$$R_{T12} = 53.783 [k\Omega]$$

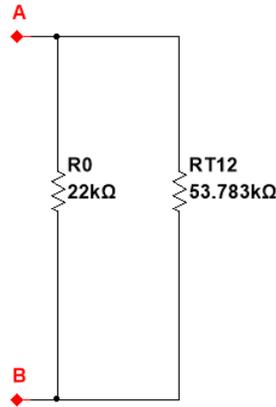


Figura 12

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_0 y R_{T12} conectadas en paralelo.

$$R_{equ} = R_0 || R_{T12}$$

$$R_{equ} = \frac{22 \times 10^3 \cdot 53.783 \times 10^3}{22 \times 10^3 + 53.783 \times 10^3}$$

$$R_{equ} = 15.613 [k\Omega]$$

Medición de A-B S1 Cerrado.

Activamos el interruptor S1, donde esperamos que con un simple cambio en la interacción con nuevos elementos en el circuito nos presentes nuevos valores para las resistencias equivalente.

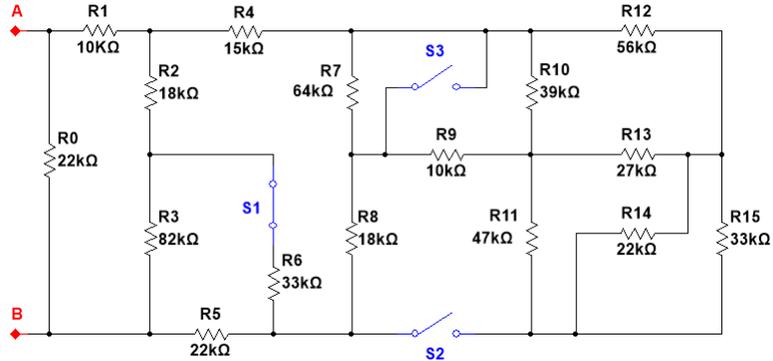


Figura 13

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_{14} y R_{15} conectadas en paralelo.

$$R_{T1} = R_{14} || R_{15}$$

$$R_{T1} = \frac{22 \times 10^3 \cdot 33 \times 10^3}{22 \times 10^3 + 33 \times 10^3}$$

$$R_{T1} = 13.2 [k\Omega]$$

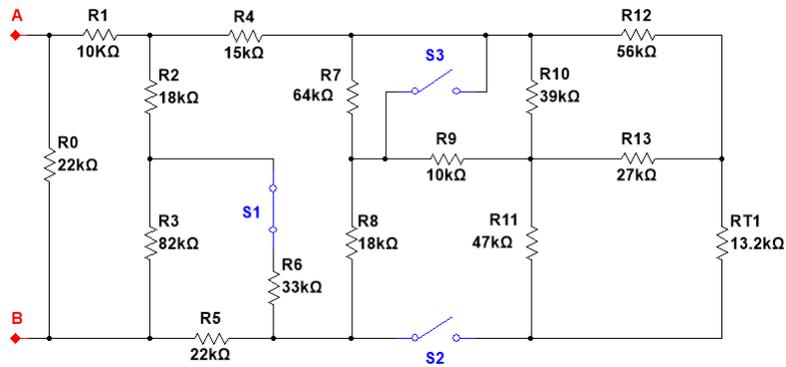


Figura 14

Resistencias en serie.

Sumamos las resistencias R_{11} y R_{T1} conectadas en serie.

$$R_{T2} = R_{11} + R_{T1}$$

$$R_{T2} = 47 \times 10^3 + 13.2 \times 10^3$$

$$R_{T2} = 60.2 [k\Omega]$$

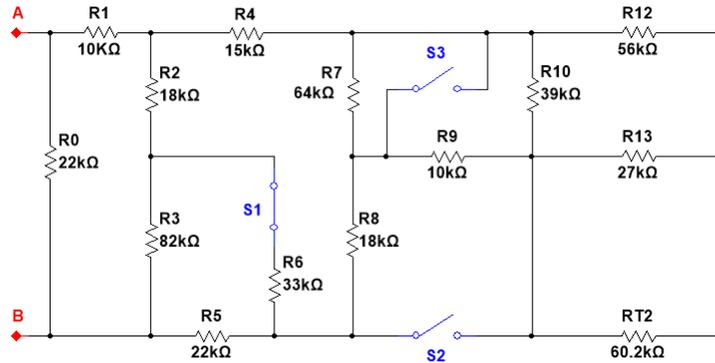


Figura 15

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_{13} y R_{T2} conectadas en paralelo.

$$R_{T3} = R_{13} || R_{T2}$$

$$R_{T3} = \frac{27 \times 10^3 \cdot 60.2 \times 10^3}{27 \times 10^3 + 60.2 \times 10^3}$$

$$R_{T3} = 18.64 [k\Omega]$$

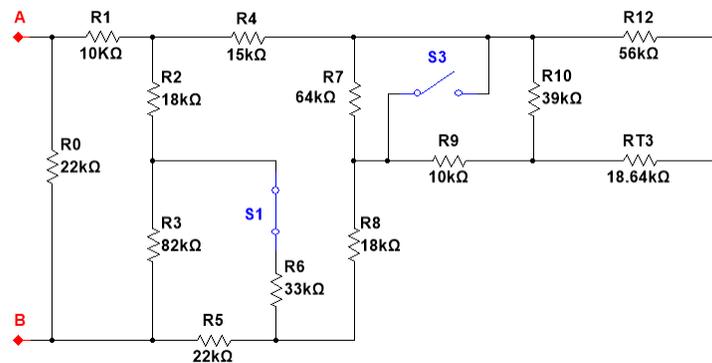


Figura 16

Resistencias en serie.

Sumamos las resistencias R_{12} y R_{T3} conectadas en serie.

$$R_{T4} = R_{12} + R_{T3}$$

$$R_{T4} = 56 \times 10^3 + 18.64 \times 10^3$$

$$R_{T4} = 74.64 [k\Omega]$$

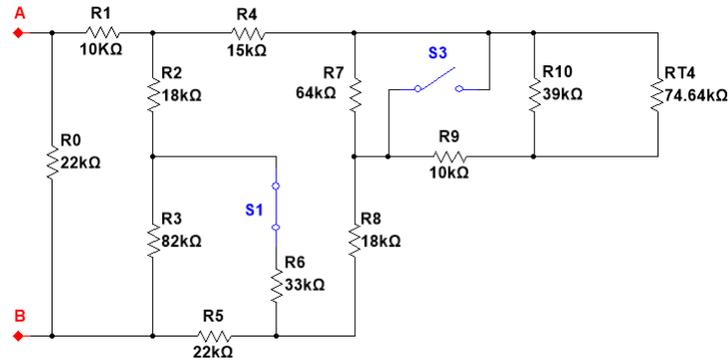


Figura 17

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_{10} y R_{T4} conectadas en paralelo.

$$R_{T5} = R_{10} || R_{T4}$$

$$R_{T5} = \frac{39 \times 10^3 \cdot 74.64 \times 10^3}{39 \times 10^3 + 74.64 \times 10^3}$$

$$R_{T5} = 25.616 [k\Omega]$$

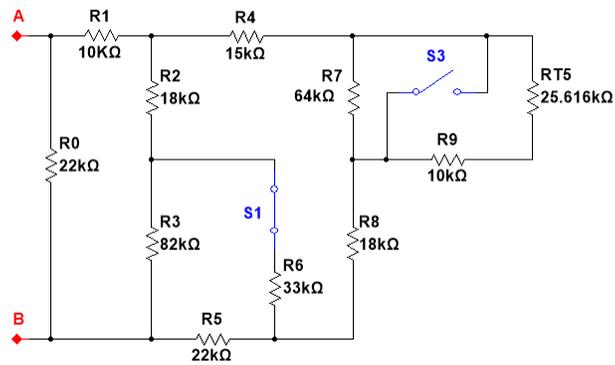


Figura 18

Resistencias en serie.

Sumamos las resistencias R_9 y R_{T5} conectadas en serie.

$$R_{T6} = R_9 + R_{T5}$$

$$R_{T6} = 10 \times 10^3 + 25.616 \times 10^3$$

$$R_{T6} = 35.616 [k\Omega]$$

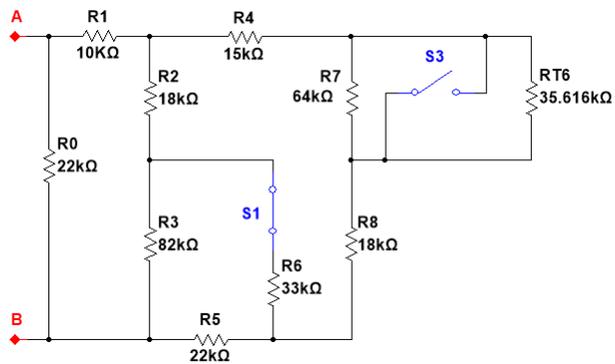


Figura 19

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_7 y R_{T6} conectadas en paralelo.

$$R_{T7} = R_7 || R_{T6}$$

$$R_{T7} = \frac{64 \times 10^3 \cdot 35.617 \times 10^3}{64 \times 10^3 + 35.617 \times 10^3}$$

$$R_{T7} = 22.882[k\Omega]$$

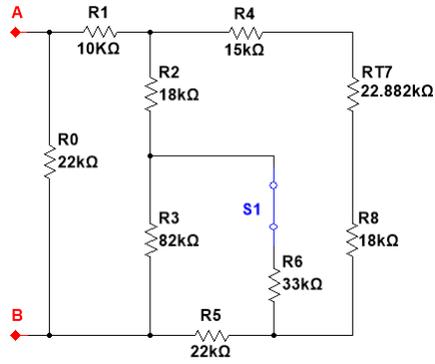


Figura 20

Resistencias en serie.

Sumamos las resistencias R_4, R_8 y R_{T7} conectadas en serie.

$$R_{T8} = R_4 + R_8 + R_{T7}$$

$$R_{T8} = 15 \times 10^3 + 18 \times 10^3 + 22.882 \times 10^3$$

$$R_{T8} = 55.882[k\Omega]$$

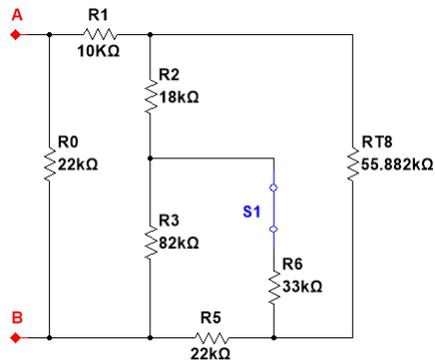


Figura 21

Transformación Estrella-Delta .

Transformamos las resistencias R_2 , R_3 y R_6 conectadas en estrella para convertir en un arreglo en delta.

$$R_{T9} = \frac{R_3 R_6 + R_6 R_2 + R_2 R_3}{R_3}$$

$$R_{T9} = \frac{(82 \times 10^3 \cdot 33 \times 10^3) + (33 \times 10^3 \cdot 18 \times 10^3) + (18 \times 10^3 \cdot 82 \times 10^3)}{82 \times 10^3}$$

$$R_{T9} = 58.244 [k\Omega]$$

$$R_{T10} = \frac{R_3 R_6 + R_6 R_2 + R_2 R_3}{R_6}$$

$$R_{T10} = \frac{(82 \times 10^3 \cdot 33 \times 10^3) + (33 \times 10^3 \cdot 18 \times 10^3) + (18 \times 10^3 \cdot 82 \times 10^3)}{33 \times 10^3}$$

$$R_{T10} = 144.73 [k\Omega]$$

$$R_{T11} = \frac{R_3 R_6 + R_6 R_2 + R_2 R_3}{R_2}$$

$$R_{T11} = \frac{(82 \times 10^3 \cdot 33 \times 10^3) + (33 \times 10^3 \cdot 18 \times 10^3) + (18 \times 10^3 \cdot 82 \times 10^3)}{18 \times 10^3}$$

$$R_{T11} = 265.33 [k\Omega]$$

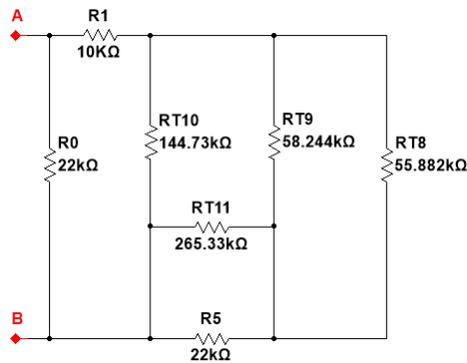


Figura 22

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_5 y R_{T11} conectadas en paralelo.

$$R_{T12} = R_5 || R_{T11}$$

$$R_{T12} = \frac{22 \times 10^3 \cdot 265.33 \times 10^3}{22 \times 10^3 + 265.33 \times 10^3}$$

$$R_{T12} = 20.316 [k\Omega]$$

$$R_{T13} = R_{T8} || R_{T9}$$

$$R_{T13} = \frac{55.882 \times 10^3 \cdot 58.244 \times 10^3}{55.882 \times 10^3 + 58.244 \times 10^3}$$

$$R_{T13} = 28.519 [k\Omega]$$

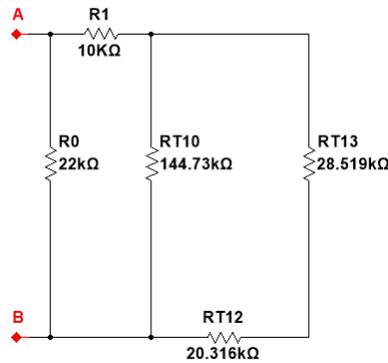


Figura 23

Resistencias en serie.

Sumamos las resistencias R_{T12} y R_{T13} conectadas en serie.

$$R_{T14} = R_{T12} + R_{T13}$$

$$R_{T14} = 20.316 \times 10^3 + 28.519 \times 10^3$$

$$R_{T14} = 48.835 [k\Omega]$$

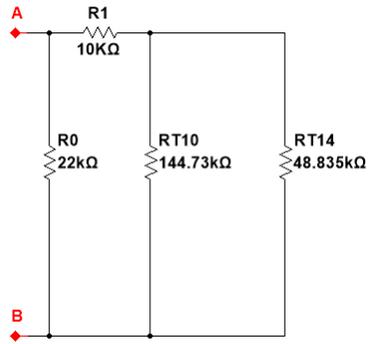


Figura 24

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_{T10} y R_{T14} conectadas en paralelo.

$$R_{T15} = R_{T10} || R_{T14}$$

$$R_{T15} = \frac{144.73 \times 10^3 \cdot 48.835 \times 10^3}{144.73 \times 10^3 + 48.835 \times 10^3}$$

$$R_{T15} = 36.514 [k\Omega]$$

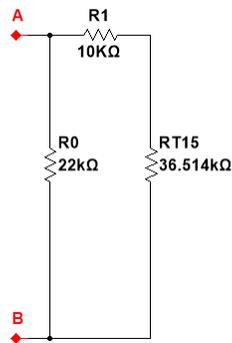


Figura 26

Resistencias en serie.

Sumamos las resistencias R_1 y R_{T15} conectadas en serie.

$$R_{T16} = R_1 + R_{T15}$$

$$R_{T16} = 10 \times 10^3 + 36.514 \times 10^3$$

$$R_{T16} = 46.514[k\Omega]$$

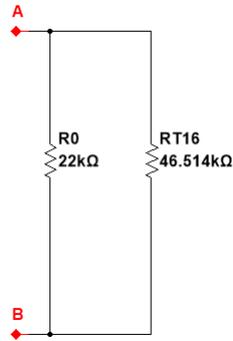


Figura 27

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_0 y R_{T16} conectadas en paralelo.

$$R_{equ} = R_0 || R_{T16}$$

$$R_{equ} = \frac{22 \times 10^3 \cdot 46.514 \times 10^3}{22 \times 10^3 + 46.514 \times 10^3}$$

$$R_{equ} = 14.936[k\Omega]$$

MEDICIÓN DE A-B S2 CERRADO

Activamos el interruptor S2 y S1 vuelve a su estado natural, donde ya visto anterior mente el circuito puede presentar diversos arreglos para su respectiva reducción.

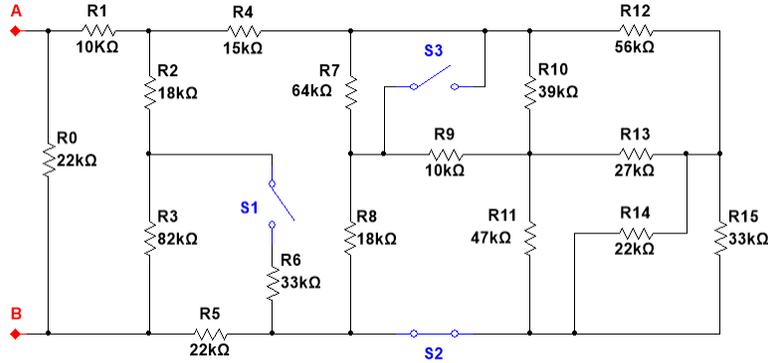


Figura 28

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_{14} y R_{15} conectadas en paralelo.

$$R_{T1} = R_{14} || R_{15}$$

$$R_{T1} = \frac{22 \times 10^3 \cdot 33 \times 10^3}{22 \times 10^3 + 33 \times 10^3}$$

$$R_{T1} = 13.2 [k\Omega]$$

Resistencias en serie.

Sumamos las resistencias R_2 y R_3 conectadas en serie.

$$R_{T2} = R_2 + R_3$$

$$R_{T2} = 18 \times 10^3 + 82 \times 10^3$$

$$R_{T2} = 100 [k\Omega]$$

Transformación Estrella-Delta

Transformamos las resistencias R_7 , R_8 y R_9 conectadas en estrella para convertir en un arreglo en delta.

$$R_{T3} = \frac{R_7 R_8 + R_8 R_9 + R_9 R_7}{R_7}$$

$$R_{T3} = \frac{(64 \times 10^3 \cdot 88 \times 10^3) + (88 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^3) + (10 \times 10^3 \cdot 64 \times 10^3)}{64 \times 10^3}$$

$$R_{T3} = 30.813 [k\Omega]$$

$$R_{T4} = \frac{R_7 R_8 + R_8 R_9 + R_9 R_7}{R_8}$$

$$R_{T4} = \frac{(64 \times 10^3 \cdot 88 \times 10^3) + (88 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^3) + (10 \times 10^3 \cdot 64 \times 10^3)}{88 \times 10^3}$$

$$R_{T4} = 109.5 [k\Omega]$$

$$R_{T5} = \frac{R_7 R_8 + R_8 R_9 + R_9 R_7}{R_9}$$

$$R_{T5} = \frac{(64 \times 10^3 \cdot 88 \times 10^3) + (88 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^3) + (10 \times 10^3 \cdot 64 \times 10^3)}{10 \times 10^3}$$

$$R_{T5} = 197.2 [k\Omega]$$

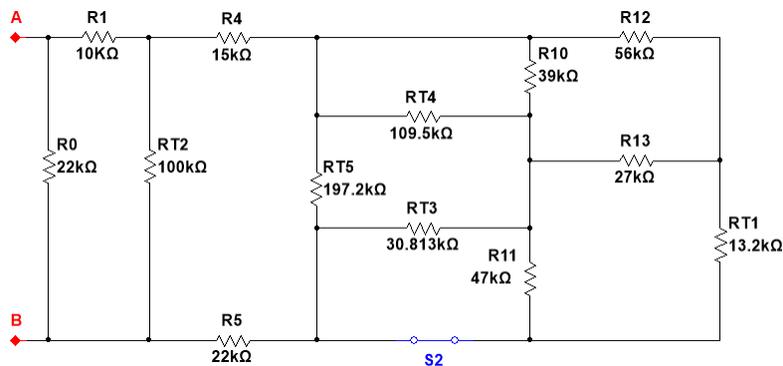


Figura 29

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_{11} y R_{T3} conectadas en paralelo.

$$R_{T6} = R_{11} || R_{T3}$$

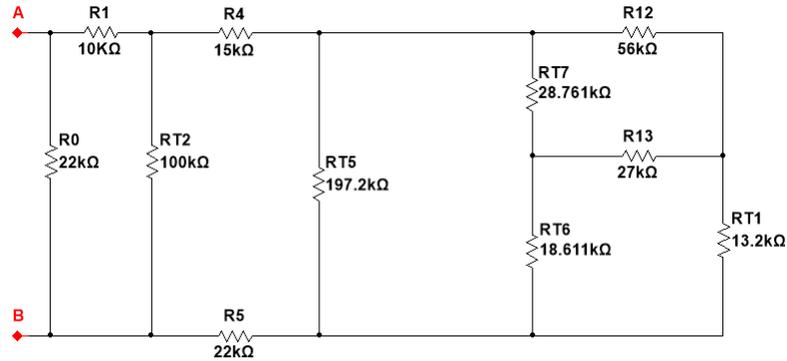
$$R_{T6} = \frac{47 \times 10^3 \cdot 30.812 \times 10^3}{47 \times 10^3 + 30.812 \times 10^3}$$

$$R_{T6} = 18.611 [k\Omega]$$

$$R_{T7} = R_{10} || R_{T4}$$

$$R_{T7} = \frac{39 \times 10^3 \cdot 109.555 \times 10^3}{39 \times 10^3 + 109.555 \times 10^3}$$

$$R_{T7} = 28.761 [k\Omega]$$



Transformación Delta Estrella

Transformamos las resistencias R_{12} , R_{13} y R_{T7} conectadas en delta para convertir en un arreglo en estrella.

$$R_{T8} = \frac{R_{13} R_{T7}}{R_{12} + R_{13} + R_{T7}}$$

$$R_{T8} = \frac{27 \times 10^3 \cdot 28.761 \times 10^3}{56 \times 10^3 + 27 \times 10^3 + 28.761 \times 10^3}$$

$$R_{T8} = 6.948 [k\Omega]$$

$$R_{T9} = \frac{R_{12} R_{13}}{R_{12} + R_{13} + R_{T7}}$$

$$R_{T9} = \frac{56 \times 10^3 \cdot 27 \times 10^3}{56 \times 10^3 + 27 \times 10^3 + 28.761 \times 10^3}$$

$$R_{T9} = 13.529 [k\Omega]$$

$$R_{T10} = \frac{R_{12} R_{T7}}{R_{12} + R_{13} + R_{T7}}$$

$$R_{T10} = \frac{56 \times 10^3 \cdot 28.761 \times 10^3}{56 \times 10^3 + 27 \times 10^3 + 28.761 \times 10^3}$$

$$R_{T10} = 14.411 [k\Omega]$$

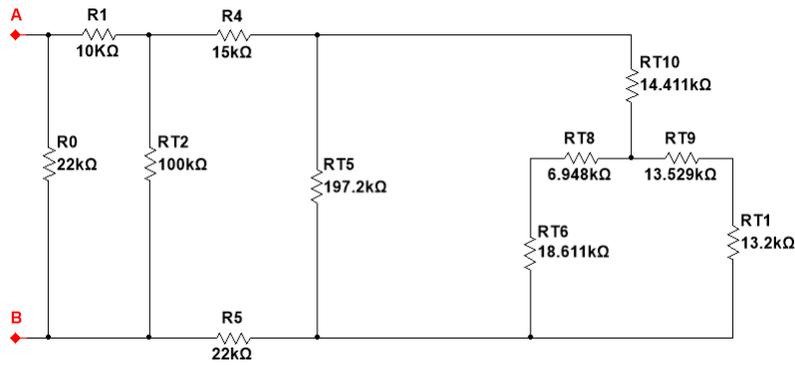


Figura 30

Resistencias en serie.

Sumamos las resistencias R_{T6} y R_{T8} conectadas en serie.

$$R_{T11} = R_{T6} + R_{T8}$$

$$R_{T11} = 18.611 \times 10^3 + 6.948 \times 10^3$$

$$R_{T11} = 25.56 [k\Omega]$$

$$R_{T12} = R_{T1} + R_{T9}$$

$$R_{T12} = 13.2 \times 10^3 + 13.529 \times 10^3$$

$$R_{T12} = 26.729 [k\Omega]$$

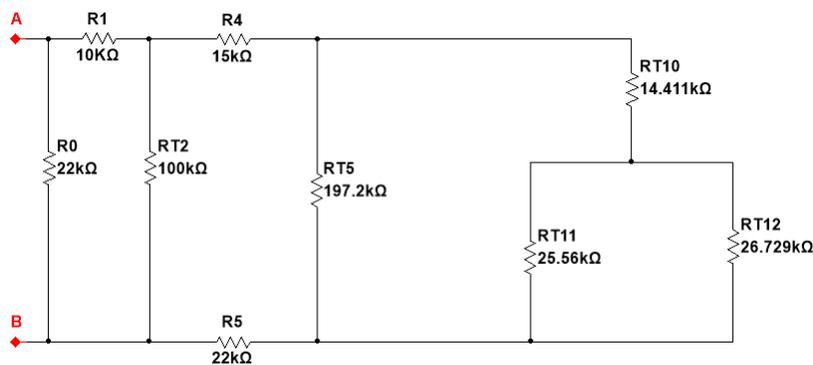


Figura 31

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_{T11} y R_{T12} conectadas en paralelo.

$$R_{T13} = R_{T11} || R_{T12}$$

$$R_{T13} = \frac{25.56 \times 10^3 \cdot 26.729 \times 10^3}{25.56 \times 10^3 + 26.729 \times 10^3}$$

$$R_{T13} = 13.066 [k\Omega]$$

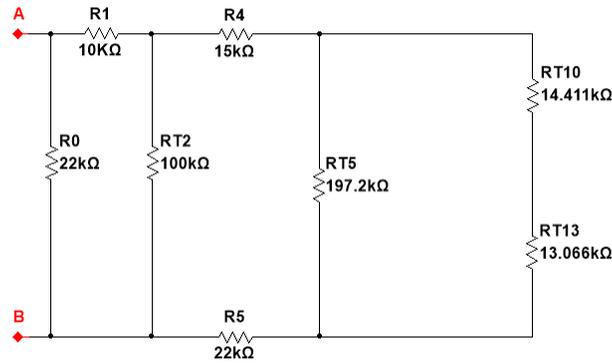


Figura 32

Resistencias en serie.

Sumamos las resistencias R_{T10} y R_{T13} conectadas en serie.

$$R_{T14} = R_{T10} + R_{T13}$$

$$R_{T14} = 14.411 \times 10^3 + 13.066 \times 10^3$$

$$R_{T14} = 27.477 [k\Omega]$$

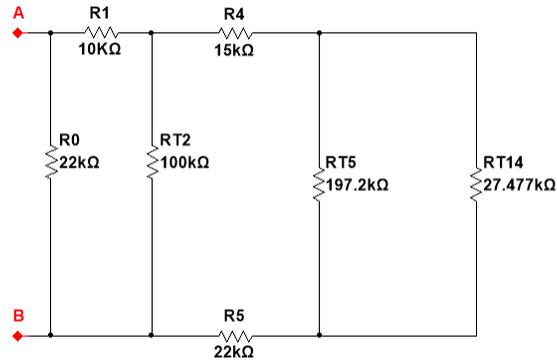


Figura 33

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_{T5} y R_{T14} conectadas en paralelo.

$$R_{T15} = R_{T5} || R_{T14}$$

$$R_{T15} = \frac{197.2 \times 10^3 \cdot 27.477 \times 10^3}{197.2 \times 10^3 + 27.477 \times 10^3}$$

$$R_{T15} = 24.117 [k\Omega]$$

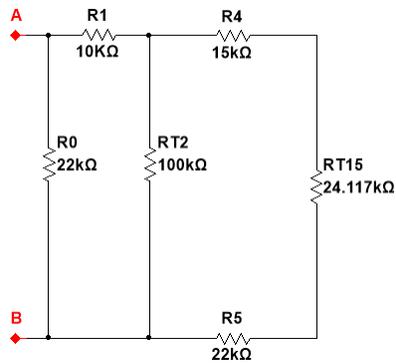


Figura 34

Resistencias en serie.

Sumamos las resistencias R_4 , R_5 y R_{T15} conectadas en serie.

$$R_{T16} = R_4 + R_5 + R_{T15}$$

$$R_{T16} = 15 \times 10^3 + 22 \times 10^3 + 24.117 \times 10^3$$

$$R_{T16} = 61.117[k\Omega]$$

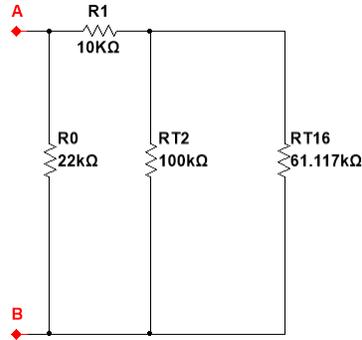


Figura 35

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_{T12} y R_{T16} conectadas en paralelo.

$$R_{17} = R_{T2} || R_{T16}$$

$$R_{T17} = \frac{100 \times 10^3 \cdot 61.117 \times 10^3}{100 \times 10^3 + 61.117 \times 10^3}$$

$$R_{T17} = 37.933[k\Omega]$$

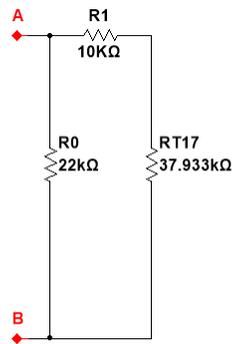


Figura 36

Resistencias en serie.

Sumamos las resistencias R_1 y R_{T17} conectadas en serie.

$$R_{T18} = R_1 + R_{T17}$$

$$R_{T18} = 10 \times 10^3 + 37.933 \times 10^3$$

$$R_{T18} = 47.933 [k\Omega]$$

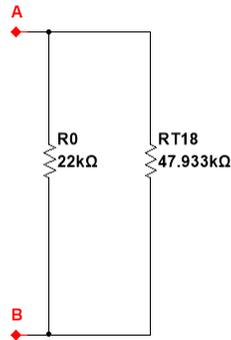


Figura 37

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_0 y R_{T18} conectadas en paralelo.

$$R_{equ} = R_0 || R_{T18}$$

$$R_{equ} = \frac{22 \times 10^3 \cdot 47.933 \times 10^3}{22 \times 10^3 + 47.933 \times 10^3}$$

$$R_{equ} = 15.079 [k\Omega]$$

MEDICIÓN DE A-B S3 CERRADO

Activamos el interruptor S3 y S2 vuelve a su estado natural, gracias a este tipo de arreglos es donde se puede evidenciar lo necesario que es evaluar un circuito antes de empezar con su respectiva solución.

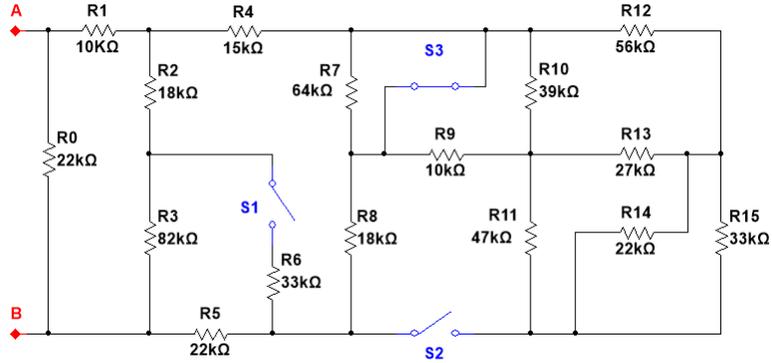


Figura 38

Resistencias en serie.

Sumamos las resistencias R_4 , R_5 y R_8 conectadas en serie.

$$R_{T1} = R_4 + R_5 + R_8$$

$$R_{T1} = 15 \times 10^3 + 22 \times 10^3 + 18 \times 10^3$$

$$R_{T1} = 55 [k\Omega]$$

$$R_{T2} = R_2 + R_3$$

$$R_{T2} = 18 \times 10^3 + 82 \times 10^3$$

$$R_{T2} = 100 [k\Omega]$$

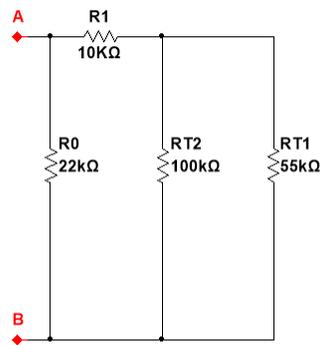


Figura 39

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_{T1} y R_{T2} conectadas en paralelo.

$$R_{T3} = R_{T1} || R_{T2}$$

$$R_{T3} = \frac{55 \times 10^3 \cdot 100 \times 10^3}{55 \times 10^3 + 100 \times 10^3}$$

$$R_{T3} = 35.483 [k\Omega]$$

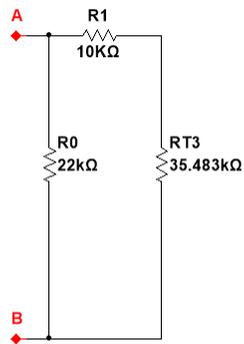


Figura 40

Resistencias en serie.

Sumamos las resistencias R_1 y R_{T3} conectadas en serie.

$$R_{T4} = R_1 + R_{T3}$$

$$R_{T4} = 10 \times 10^3 + 35.483 \times 10^3$$

$$R_{T4} = 45.483 [k\Omega]$$

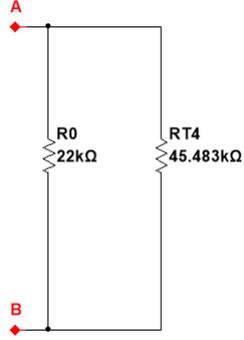


Figura 41

Resistencias en paralelo.

Sumamos las resistencias R_0 y R_{T4} conectadas en paralelo.

$$R_{equ} = R_0 || R_{T4}$$

$$R_{equ} = \frac{22 \times 10^3 \cdot 36.483 \times 10^3}{22 \times 10^3 + 36.483 \times 10^3}$$

$$R_{equ} = 14.827 [k\Omega]$$

Al obtener los diferentes valores se logra comparar como un pequeño cambio en un circuito varia notablemente el valor final de la resistencia total.

	Sin interruptor	S1-Cerrado	S2-Cerrado	S3-Cerrado
Resistencia equivalente	15.613 [kΩ]	14.936 [kΩ]	15.079 [kΩ]	14.827 [kΩ]

Tabla 1: Resultados de las resistencias equivalentes.