66.44 – Instrumentos Electrónicos

2° Cuatrimestre 2013

Reflectometría

Docente: Ing. DALMATI, Daniel

Alumnos:

- ABAURRE, Nicolás – 78.208
- FERNANDEZ BARCIA, Gonzalo – 80.544
- LEVI HADID, Lucas – 90.406
- MULLER, Miguel – 86.130
- VILLALBA, Nahuel – 88.605

Introducción teórica
En una línea de transmisión donde se introducen pulsos de tensión se generan reflexiones en los puntos donde se produce un cambio en la impedancia característica de esta. Estos cambios de impedancia pueden deberse a cambios en la geometría de la línea o a discontinuidades en la misma. Por lo tanto, interpretando correctamente las reflexiones observadas se puede extraer información sobre estos cambios y discontinuidades.
Se utiliza el coeficiente de reflexión (en la carga) para conocer la relación entre los valores picos de tensión entre el pulso incidente y el reflejado en las discontinuidades donde Zo es la impedancia característica de la línea y ZL la impedancia donde ocurre la discontinuidad.

$$\rho=\frac{V_-}{V_+}=\frac{Z_L-Z_0}{Z_L+Z_0}$$

La variación de tensión esta dada por:

$\Delta V = V+ - V- = V+ - \rho V+ = V+ (1 - \rho)$

Notemos que cuando ZL= 0

$\Rightarrow \rho = -1$ y $\Delta V = 2V+$

y por lo tanto la amplitud de la onda reflejada es $-V+$

En cambio cuando ZL= ∞

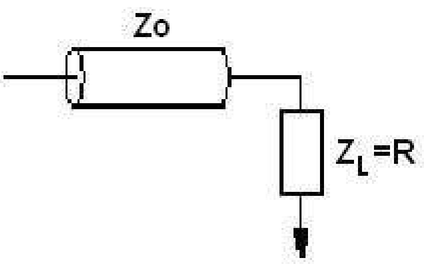
$\Rightarrow \rho = 1$ y $\Delta V = 0$ y por lo tanto la amplitud de la onda reflejada es V+ .

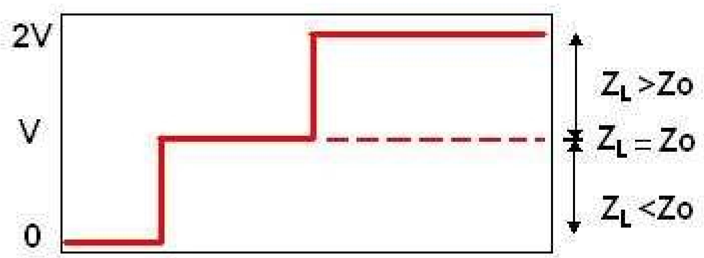
Cuando ZL= ZO (línea adaptada) $\Rightarrow \rho = 0$ y $\Delta V = V+$ y por lo tanto la amplitud de la onda reflejada es 0 (no hay onda reflejada).

Para el caso en que ZL = R (carga resistiva) se puede obtener dicho valor de resistencia a partir de la ecuación

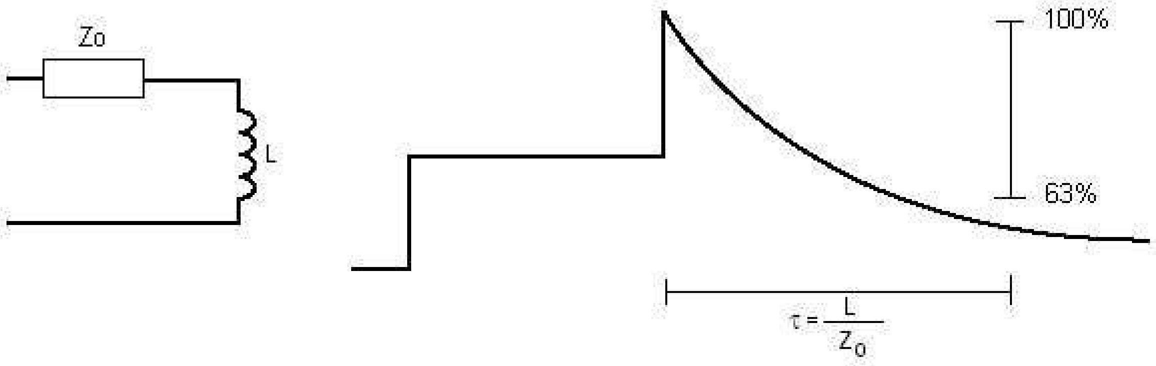
$$Z_L=R_L=Z_0\frac{1+\rho}{1-\rho}$$

Las curvas de respuestas del sistema para distintas cargas resistivas serían:





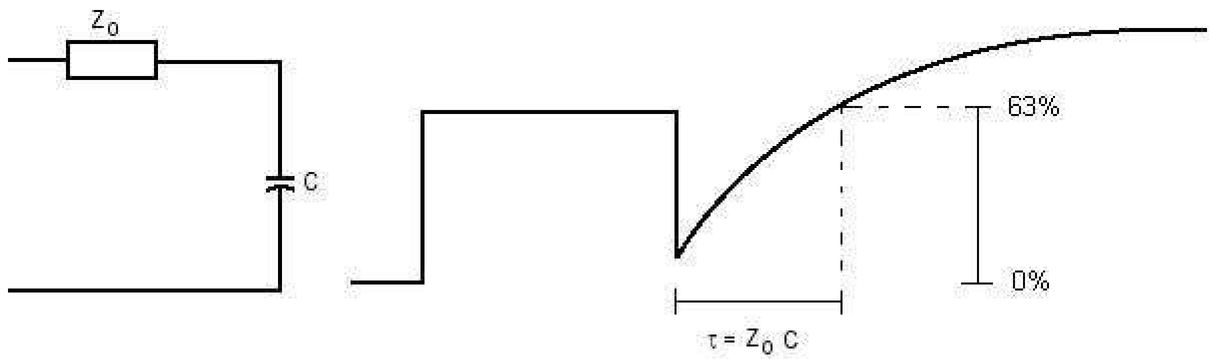
Otro posible caso es el de una carga inductiva. En esta situación la curva que se obtendría sería:



En este caso al medir el valor dela constante de tiempo se puede calcular el valor de la inductancia como:

$$L = \tau Z_0$$

La carga también puede consistir en una carga capacitiva en donde la respuesta del sistema sería:



y el valor del capacitor se obtiene a partir de la constante de tiempo como:

$$C = \tau / Z_0$$

Banco de medición:

Se conectó en uno de los canales del osciloscopio un T en la cual, en una de las bocas se conectó un generador de pulsos, mientras que en la otra boca se conectó una linea de transmisión con una determinada carga.

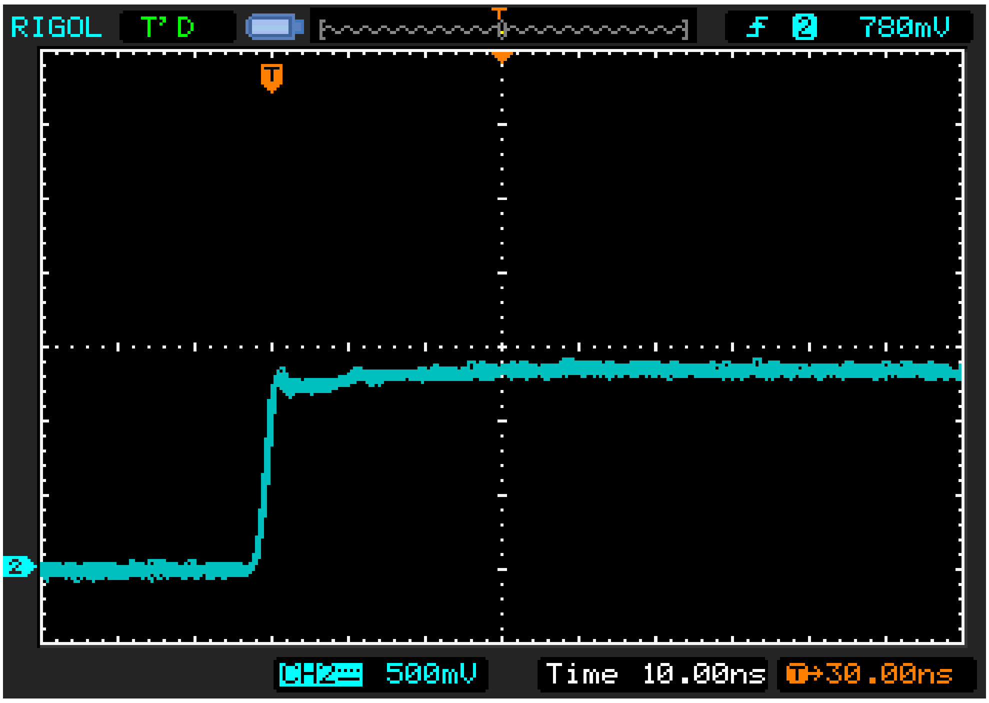
Caso 1:

Longitud de la linea: L = 4m

Impedancia característica de la linea: $Z_0 = 50\, ohms$

Impedancia de carga: $Z_L = 50\, ohms$

Imagen obtenida en el osciloscopio:



Se puede observar que como la impedancia de carga coincide con la impedancia característica del cable, la linea se encuentra adaptada y por lo tanto no se generan reflexiones. Esto se debe a que el coeficiente te reflexión es:

$$\rho = \frac{V_-}{V_+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{50-50}{50+50} = 0$$

Caso 2:

Longitud de la linea: L = 4m

Impedancia característica de la linea: $Z_0=50\,ohms$

Impedancia de carga: $Z_L=\infty$ (Circuito abierto)

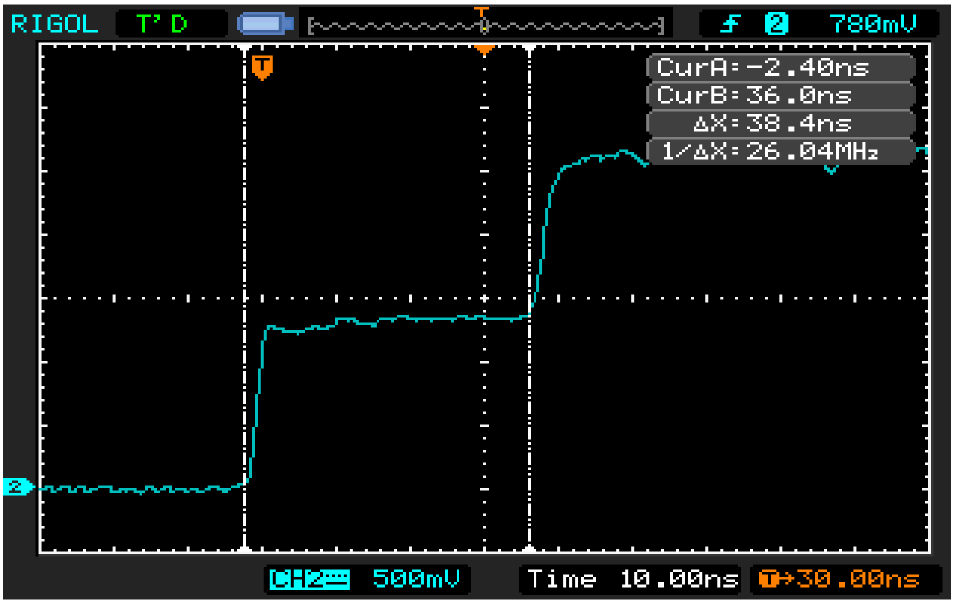
En este caso tenemos que:

$$\rho=\frac{V_-}{V_+}=\frac{Z_L-Z_0}{Z_L+Z_0}=1$$

Es decir que el pulso transmitido se refleja completamente y la tensión total, una vez que el pulso reflejado llega al osciloscopio, será:

$$V_{total}=V_+ + V_- = V_+ + \rho V_+ = V_+ (1+\rho) = 2V_+$$

Imagen obtenida en el osciloscopio:



Se puede observar de la imagen que la tensión total, una vez que llega el pulso reflejado, es el doble que la tensión del pulso incidente, por lo que se verifica el valor teórico esperado.
Se midió el tiempo que tarda el pulso para viajar de un extremo de la linea al otro (en el que se encuentra el circuito abierto) y volver, obteniéndose un retardo de:

$$\Delta t=38.4\,ns$$

Por lo que con este dato y con la longitud de la linea (L=4m), se puede medir la velocidad de propagación en la linea como:

$$V_p=\frac{2L}{\Delta t}=\frac{2\cdot 4\text{m}}{38.4\,ns}=2{,}08\cdot 10^8\frac{m}{s}$$

Caso 3:

Longitud de la linea: L = 1,15 m (Guía de onda)

Impedancia característica de la linea: $Z_0 = 50\, ohms$

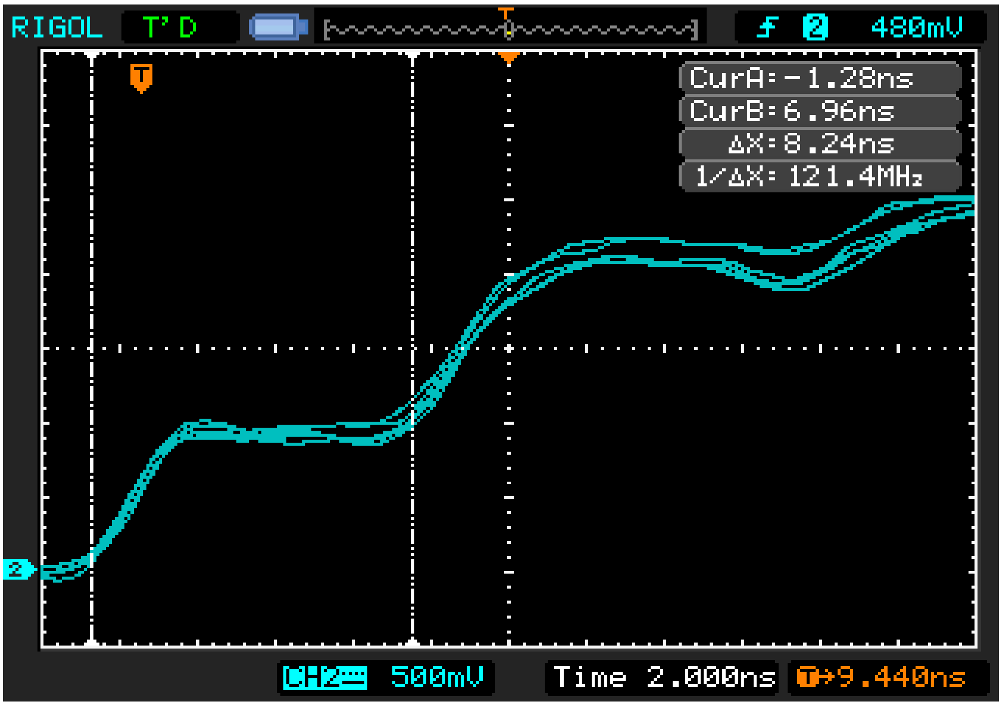
Impedancia de carga: $Z_L = \infty$ (Circuito abierto)

En este caso tenemos que:

$$\rho = \frac{V_-}{V_+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = 1 \quad \text{(Reflexión total)}$$

$$V_{total} = V_+ + V_- = V_+ + \rho V_+ = V_+ (1 + \rho) = 2 V_+$$

Imagen obtenida en el osciloscopio:



En este caso el comportamiento es similar al caso anterior: la onda se refleja completamente en el extrema de la guía de onda y se suman la tensiones de los pulsos incidente y reflejado. Las distorsiones que se observan son debidas a deformaciones en la guía de onda, que hace que la impedancia característica varíe, produciendo discontinuidades en ésta, y en consecuencia reflexiones parciales no deseadas en estas discontinuidades.

Se midió el tiempo que tarda el pulso para viajar de un extremo de la linea al otro (en el que se encuentra el circuito abierto) y volver, obteniéndose un retardo de:

$$\Delta t = 8.24\, ns$$

Por lo que con este dato y con la longitud de la linea (L=1,15m), se puede medir la velocidad de propagación en la linea como:

$$V_p = \frac{2L}{\Delta t} = \frac{2 \cdot 1{,}15\, m}{8.24\, ns} = 2{,}79 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$

Caso 4:

Longitud de la linea: L = 1,15 m (Guía de onda)

Impedancia característica de la linea: $Z_0 = 50\, ohms$

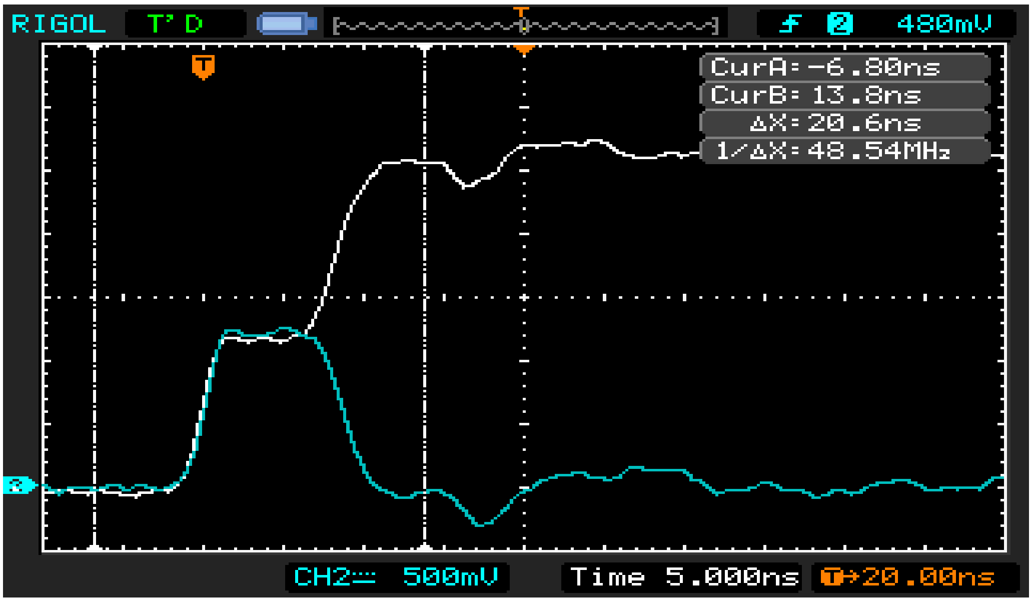
Impedancia de carga: $Z_L = 0$ (Cortocircuito)

En este caso tenemos que:

$$\rho = \frac{V_-}{V_+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = -1$$ (Reflexión total con tensión de signo contrario a la incidente)

$$V_{total} = V_+ + V_- = V_+ + \rho V_+ = V_+ (1 + \rho) = 0$$

Imagen obtenida en el osciloscopio:



En la imagen se observa, en azul, la tensión debida a la suma de los pulsos incidente y reflejado, que como como tienen amplitudes iguales y de polaridad opuesta, se anulan entre sí. En trazo blanco se observa la tensión obtenida debido a un circuito abierto en el extremo de la guía de onda para contrastar con el caso de cortocircuito. Nuevamente, las distorsiones observadas son debida a discontinuidades en la guía de onda, que producen reflexiones parciales no deseadas.

La velocidad de propagación en la linea se midió en el caso anterior con un circuito abierto en el extremo de la linea.

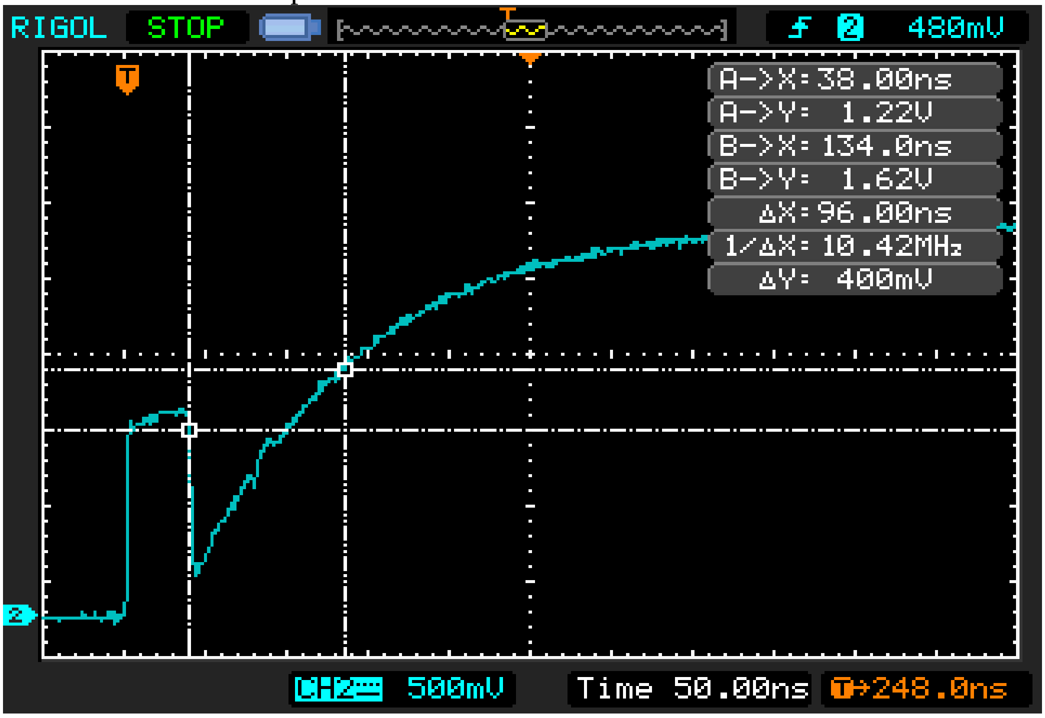
Caso 7:

Longitud de la linea: L = 4 m

Impedancia característica de la linea: $Z_0 = 43\, ohms$

Impedancia de carga: Capacitor : C= 2,2 nF

Imagen obtenida en el osciloscopio:



A partir de este imagen obtenida con el osciloscopio, procedemos a medir el valor del capacitor que actúa como carga al final de la linea:

Primero se mide la constante de tiempo τ del transitorio. Cuando transcurra una constante de tiempo, la señal transitoria habrá llega a un 63% del valor final. En este caso el valor del 63% del valor máximo es 1,62V. Y midiendo el tiempo desde que comienza el transitorio hasta que se llega a 1,62V se obtiene:

$$\tau = 96 ns$$

Y debido a que $\tau = Z_0 C$, se obtiene que:

$$C = \frac{\tau}{Z_0} = \frac{96\, ns}{43 \Omega} = 2,23\, nF$$ que se se corresponde con el valor esperado.

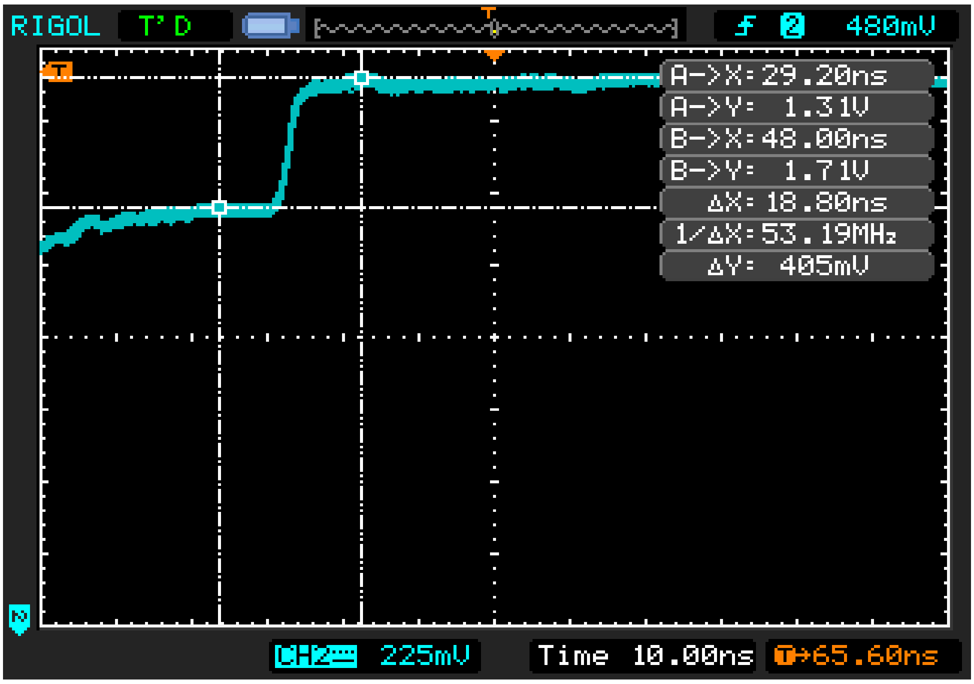
Caso 8:

Longitud de la linea: L = 4 m

Impedancia característica de la linea: $Z_0 = 43\, ohms$

Impedancia de carga: $Z_L = 100\,\Omega$

Imagen obtenida en el osciloscopio:



En este caso tenemos que por la forma de la señal se sabe que la carga es resistiva pura con un valor mayor a la impedancia característica. Del gráfico se obtiene que:

$$V_+ = 1{,}31\,V$$
$$V_{total} = 1{,}71\,V$$
$$V_- = V_{total} - V_+ = 0.4\text{V}$$
$$\rho = \frac{V_-}{V_+} = 0{,}3$$

Por lo que obtenemos que la resistencia de carga es:

$Z_L = R_L = Z_0 \dfrac{1+\rho}{1-\rho} = 81\,\Omega$ que se encuentra dentro de la tolerancia de la resistencia que se quería medir.

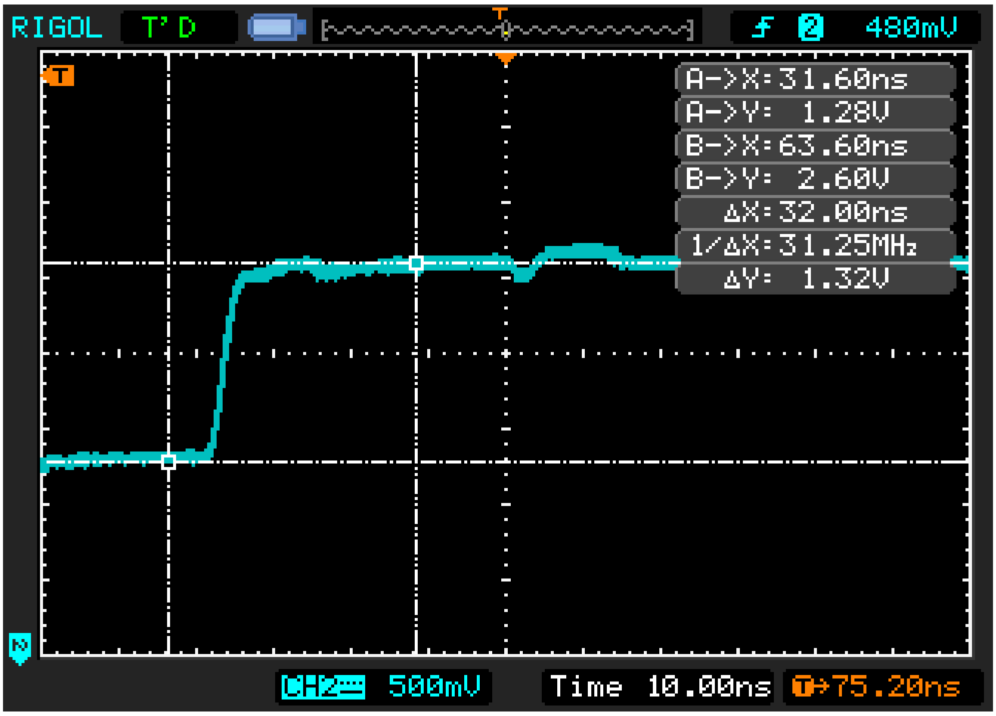
Caso 9:

Longitud de la linea: L = 4 m

Impedancia característica de la linea: $Z_0 = 43\,ohms$

Impedancia de carga: $Z_L = 10\,k\,\Omega$

Imagen obtenida en el osciloscopio:



En este caso tenemos que como la resistencia de carga es mucho mayor que la impedancia característica de la linea, esta se comporta como si fuera un circuito abierto. Podemos medir en la imagen:

$$V_+ = 1{,}28\,V$$
$$V_{total} = 2{,}6\,V$$
$$V_- = V_{total} - V_+ = 1{,}32\,V$$
$$\rho = \frac{V_-}{V_+} = 1{,}03 \approx 1$$

Este valor del coeficiente de reflexión es el mismo que el obtenido para el caso en que hay un circuito abierto en el extremo de la linea.

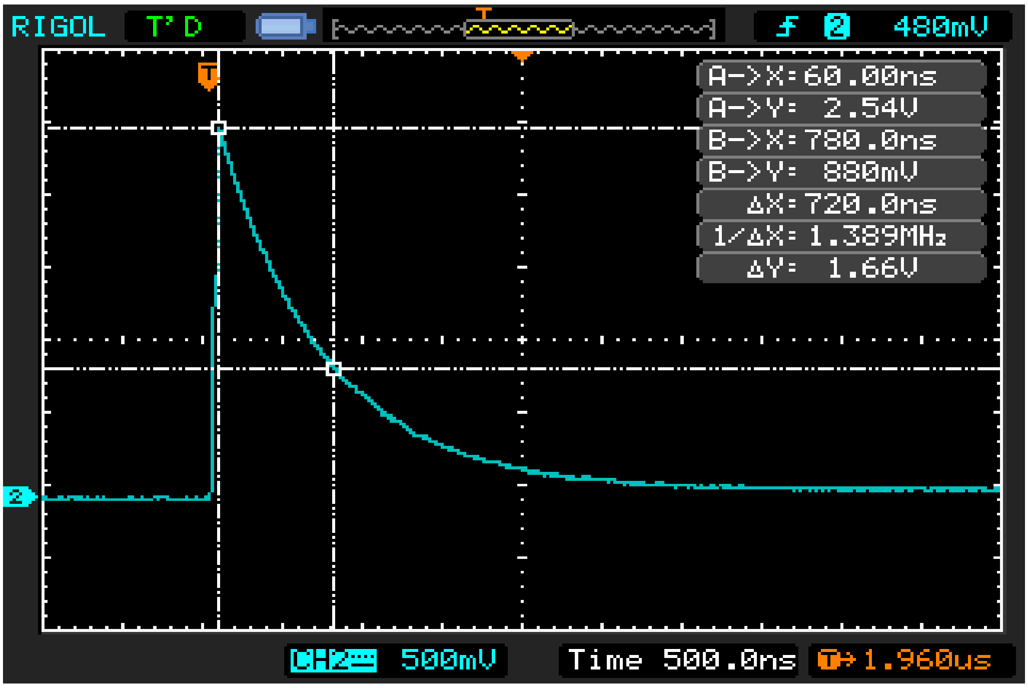
Caso 10:

Longitud de la linea: L = 4 m

Impedancia característica de la linea: $Z_0 = 43\, ohms$

Impedancia de carga: Inductor

Imagen obtenida en el osciloscopio:



A partir de este imagen obtenida con el osciloscopio, procedemos a medir el valor del inductor que actúa como carga al final de la linea:

Primero se mide la constante de tiempo τ del transitorio. Cuando transcurra una constante de tiempo, la señal transitoria habrá llega a un 37% del valor máximo (inicial). En este caso se puede observar que el valor máximo es de 2.54V y el valor de tensión en el tiempo τ es de 880mV. Observamos que:

$$\tau = 720\, ns$$

$$L = \tau Z_0 = 720\, ns \cdot 43\, \Omega = 31\, \mu H$$

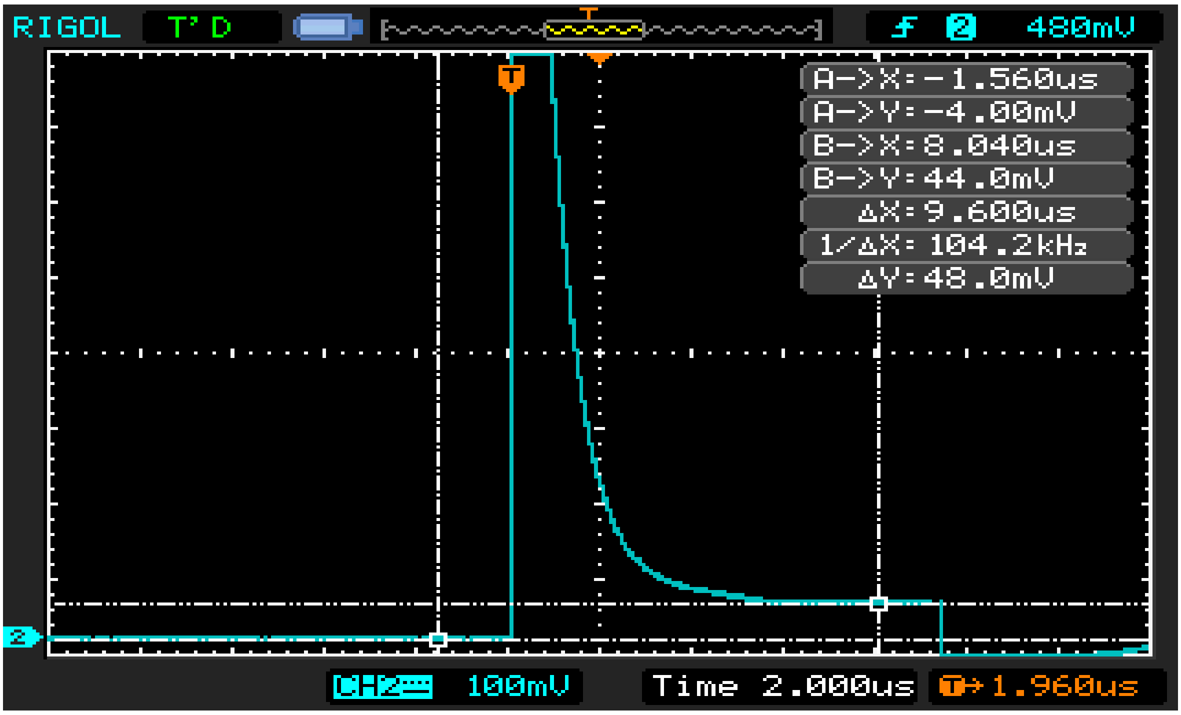
Caso 11:

Longitud de la linea: L = 4 m

Impedancia característica de la linea: $Z_0 = 43\, ohms$

Impedancia de carga: Inductor

Imagen obtenida en el osciloscopio:



La diferencia entre el valor de tensión del pulso incidente y el valor final del pulso reflejado (luego de haber pasado el transitorio) nos permitirá medir la resistencia que tiene el inductor.

Teniendo en cuenta que la amplitud del pulso incidente es de 1,3V:

$$V_+ = 1{,}3V$$

$$V_{total-final} = 44\, mV$$

$$V_{-final} = V_{total-final} - V_+ = -1{,}256V$$

$$\rho = \frac{V_{-final}}{V_+} = -0.97$$

Por lo que obtenemos que la resistencia del inductor es:

$$Z_L = R_L = Z_0 \frac{1+\rho}{1-\rho} = 0{,}74\,\Omega$$