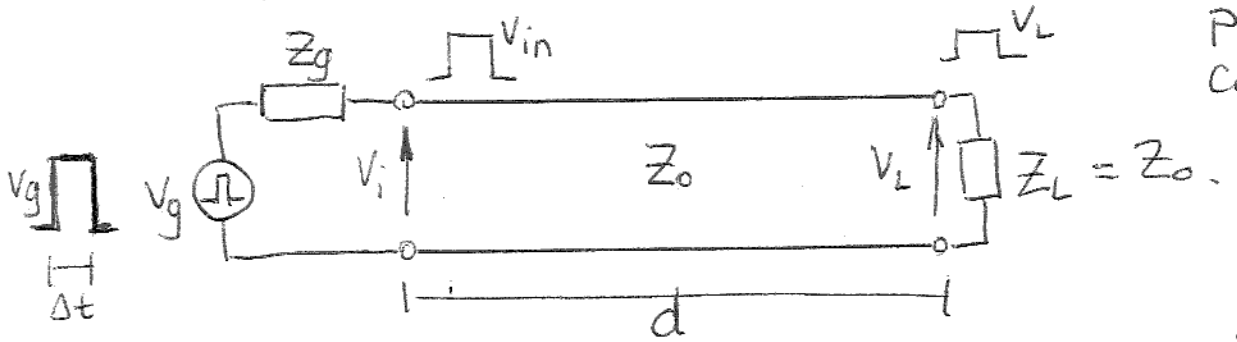
PROPAGACIÓN PULSOS EN LÍNEAS DE TRANSM.



PULSOS CORTOS. $\Delta t \ll t_p$.

CONSIDERE LA VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN EN LA LÍNEA

$$v_p = \frac{d}{t_p} \quad [m/s]$$

t_p: ES EL TIEMPO DE PROPAGACIÓN EN LA LÍNEA

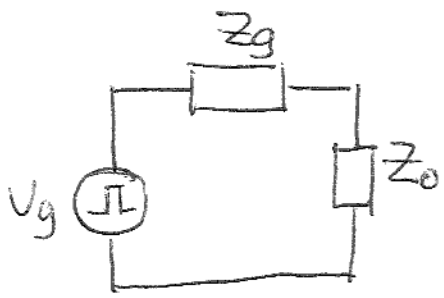
d: LA DISTANCIA O LONGITUD DE LA LÍNEA.

$$v_p = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

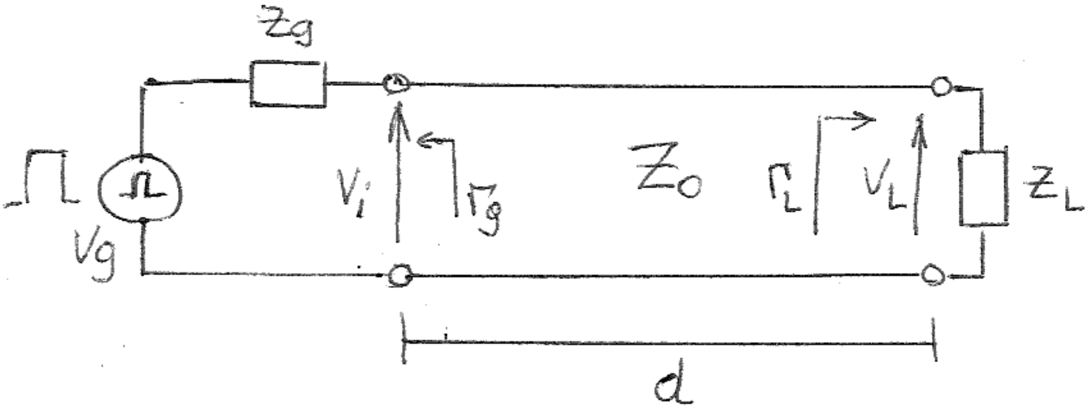
PARA LA LÍNEA SIN PÉRDIDAS, TODAS LAS FRECUENCIAS IRAN A LA MISMA VELOCIDAD.

$$V^+ = V_g \frac{Z_0}{Z_0 + Z_g} \qquad I^+ = \frac{V^+}{Z_0} = \frac{V_g}{Z_0 + Z_g}.$$

EL CIRCUITO EQUIVALENTE ES:



Si $Z_L = Z_0 \qquad \Gamma_L = 0$.



Si $Z_L \neq Z_0$

EN $t=0$ EL PULSO VA A LA LÍNEA DE TRANS.

$$\Gamma_L = \frac{V^-}{V^+} = -\frac{I^-}{I^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}.$$

COMO $\qquad T_L = 1 + \Gamma_L$

$$T_L = 1 + \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{2 Z_L}{Z_L + Z_0}$$

POR LO TANTO LA V REFLEJADA ES:

$$V_1^- = V^+ \Gamma_L = V^+ \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = V_g \frac{Z_0}{(Z_0 + Z_g)} \cdot \frac{(Z_L - Z_0)}{(Z_L + Z_0)}$$

$$I_1^- = -\Gamma_L I^+ = -\frac{(Z_L - Z_0)}{(Z_L + Z_0)} \frac{V_g}{(Z_0 + Z_g)}$$

LUEGO DE UN TIEMPO t_p EN LA CARGA $(t_p = d/v_p)$

EN LA CARGA SE TIENE:

$$V_{L1} = V^+ + V_1^- = V^+ + V^+ \Gamma_L = V^+ (1 + \Gamma_L)$$

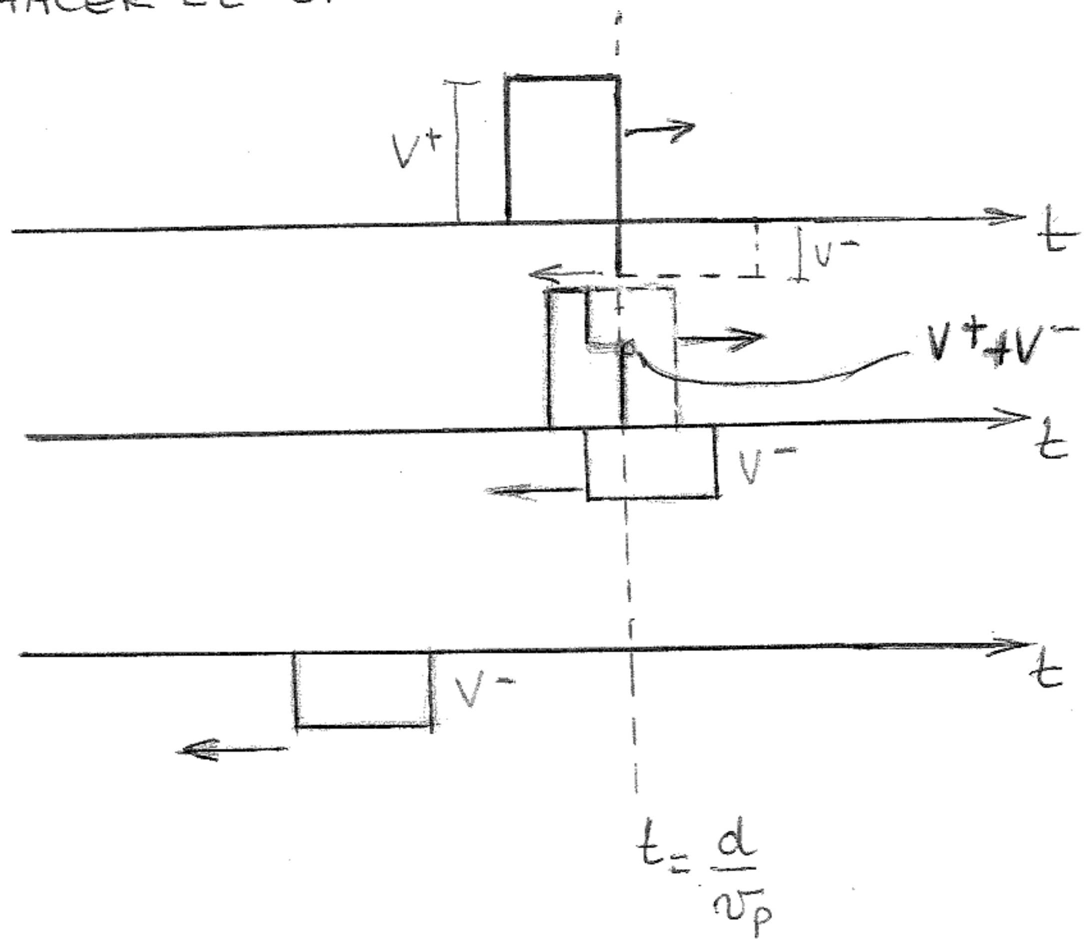
V_1^-: ES LA PRIMER REFLEXION EN LA CARGA

I_1^-

LA CORRIENTE EN LA CARGA

$$I_L = \frac{V^+}{Z_0}(1-\Gamma_L)$$

PARA OBSERVAR EL FENÓMENO ES CONVENIENTE HACER EL GRÁFICO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.



CUANDO LA ONDA REFLEJADA EN LA CARGA LLEGA AL GENERADOR SE VUELVE A REFLEJAR

$$\Gamma_g = \frac{V_1^+}{V_1^-} = -\frac{I_1^+}{I_1^-} = \frac{Z_g - Z_0}{Z_g + Z_0}$$

$$V_1^+ = \Gamma_g V_1^- = \Gamma_g V^+ \Gamma_L$$

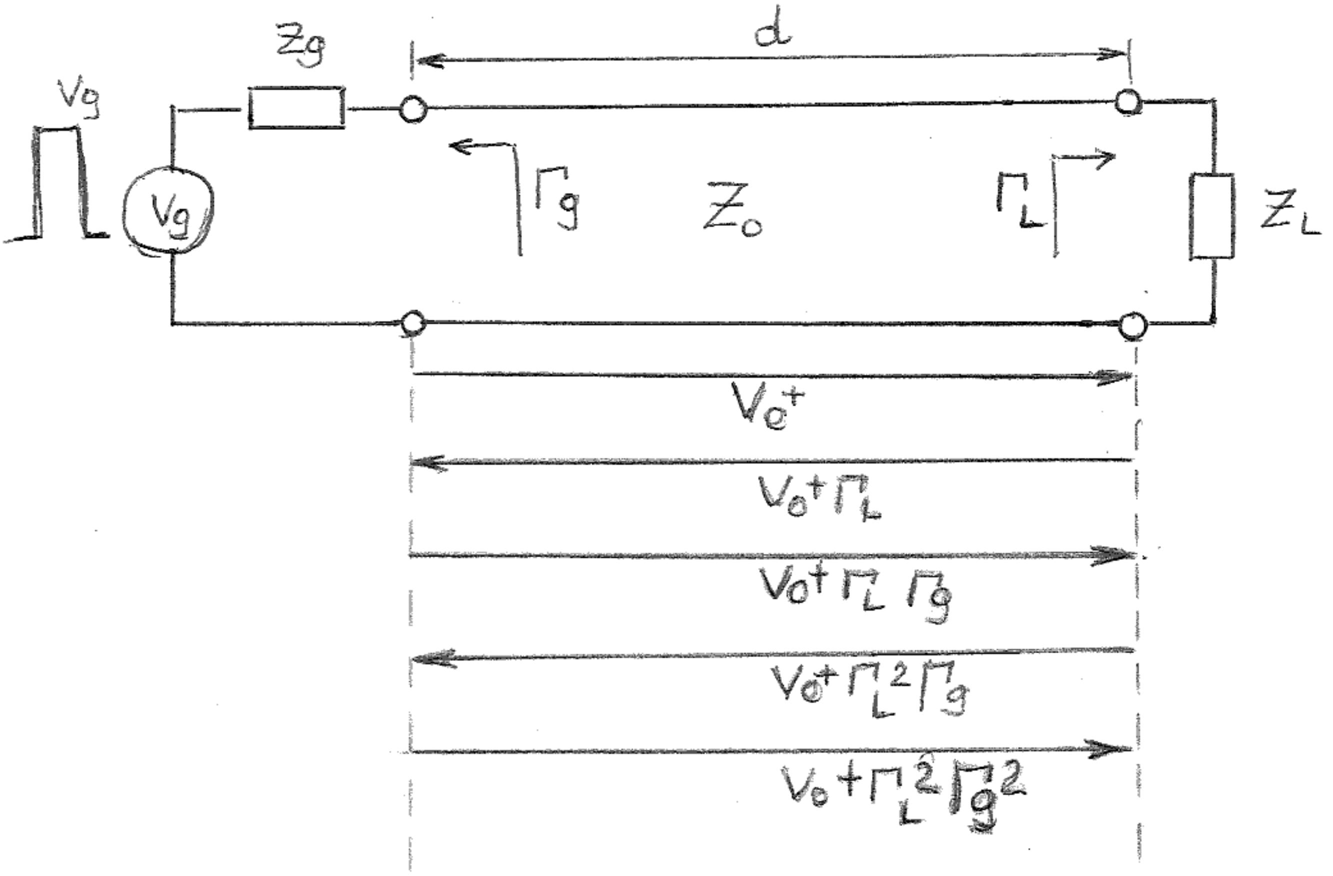
$$I_1^+ = -\Gamma_g I_1^- = -\Gamma_g(-\Gamma_L)\, I^+ = \Gamma_g \Gamma_L \frac{V^+}{Z_0}$$

LA V, I EN EL GENERADOR TOTALES, DURANTE UN TIEMPO Δt SERÁ:

$$V_{in_1} = V_1^- + V_1^+$$

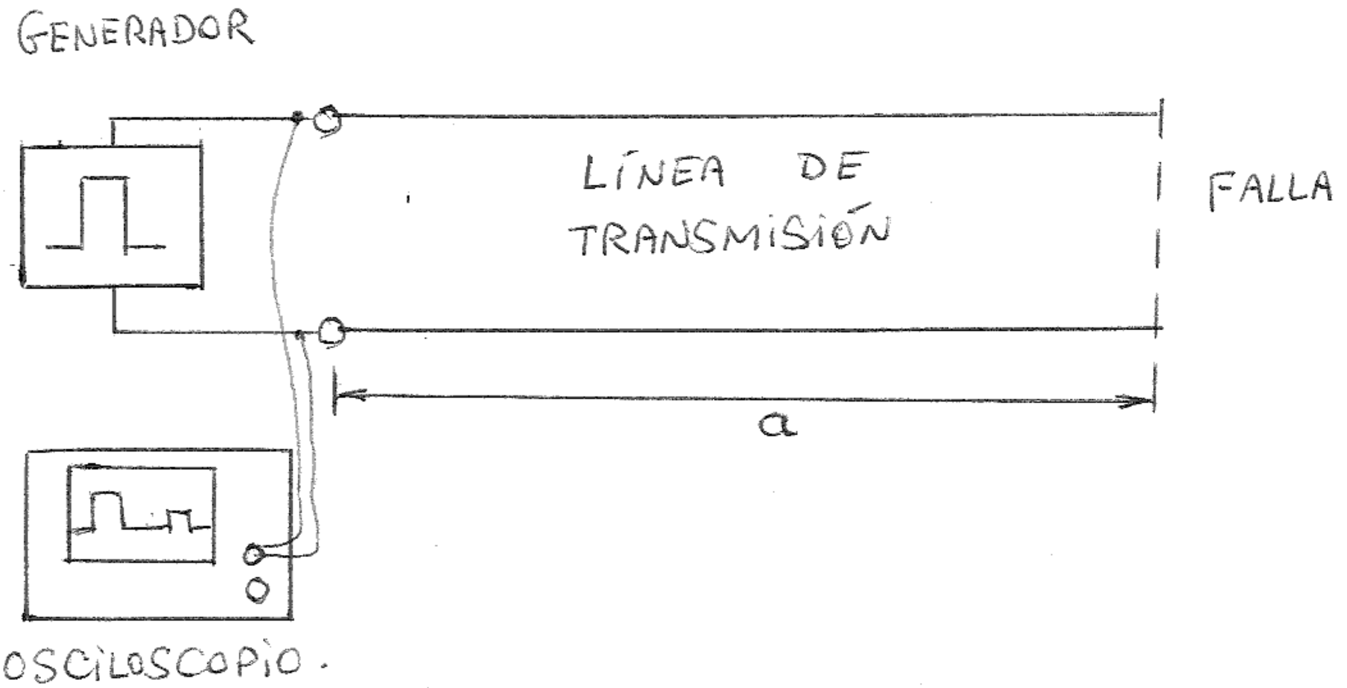
$$V_{in_1} = V^+\Gamma_L + \Gamma_g V_1^- = V^+\Gamma_L + \Gamma_g V^+\Gamma_L = V^+\Gamma_L(1+\Gamma_g)$$

$$I_{in_1} = I_1^- + I_1^+ = -\Gamma_L I^+ + \Gamma_g \Gamma_L I^+ = -I^+\Gamma_L(1-\Gamma_g)$$

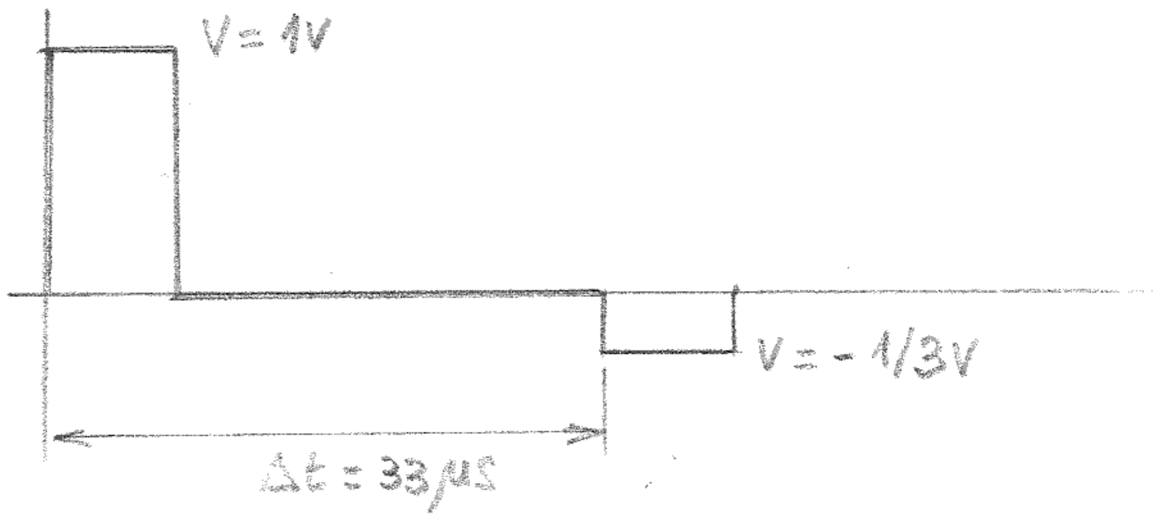


REFLEXIONES EN LA CARGA Y EN EL GENERADOR DE LOS PULSOS EN EL TIEMPO. OBSERVE QUE LA REFLEXIÓN ES CADA VEZ MENOR EN AMPLITUD, A MEDIDA QUE MAS SE REFLEJA.

APLICACION



CONSIDERE UN CABLE TELEFÓNICO SIN PÉRDIDAS DE $L = 1\,\mu H/m$ Y $C = 25\,pF/m$. EL GENERADOR ESTÁ CONECTADO A LA LÍNEA, Y EL OSCILOSCOPIO SE ENCUENTRA EN PARALELO. LA LECTURA SOBRE EL OSCILOSCOPIO ES



a) ENCONTRAR LA DISTANCIA DEL GEN. A LA FALLA

b) ¿QUE CLASE DE FALLA EL CABLE TIENE?

LA VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN EN LA LÍNEA ES:

$$v_p = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{1.10^{-6}.\ 25.10^{-12}}} = 2.10^{8}\,m/s$$

LA DISTANCIA A LA FALLA PUEDE CALCULARSE COMO:

$$d = \frac{v_p \Delta t}{2} = \frac{2.10^{8}.\ 33.10^{-6}}{2} = 3300\,m$$

EL COEFICIENTE DE REFLEXIÓN EN LA CARGA ES:

$$\Gamma_L = \frac{V^-}{V^+} = -\frac{1}{3} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \Rightarrow$$

$$(Z_L - Z_0) = \Gamma_L (Z_L + Z_0)$$

$$Z_L - \Gamma_L Z_L = Z_0 + \Gamma_L Z_0.$$

$$Z_L = \frac{Z_0 + \Gamma_L Z_0}{(1 - \Gamma_L)} = Z_0 \frac{(1 + \Gamma_L)}{(1 - \Gamma_L)} = 200\,\Omega \left(\frac{1 - 1/3}{1 - (-1/3)} \right)$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{1.10^{-6}}{25.10^{-12}}}\,\Omega = 200\,\Omega$$

$$Z_L = 200\,\Omega \; \frac{\overset{1}{\cancel{2}}/\cancel{3}}{\underset{2}{\cancel{4}}/\cancel{3}} = 100\,\Omega$$

LA FALLA TIENE UNA IMPEDANCIA DE

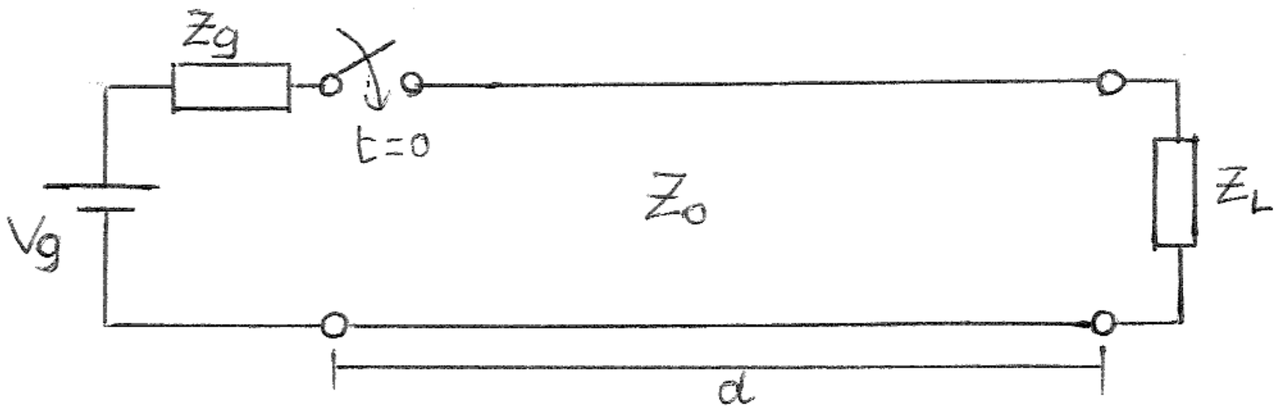
$$Z_L = 100\,\Omega$$

PULSOS LARGOS

$\Delta t \gg t_p = d/v_p$.

$Z_g \neq Z_0$

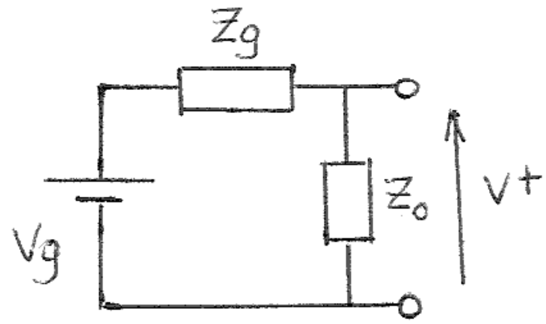
$Z_L \neq Z_0$



EN $t=0$ SE CIERRA LA LLAVE, EL GENERADOR VE UNA IMPEDANCIA Z_0

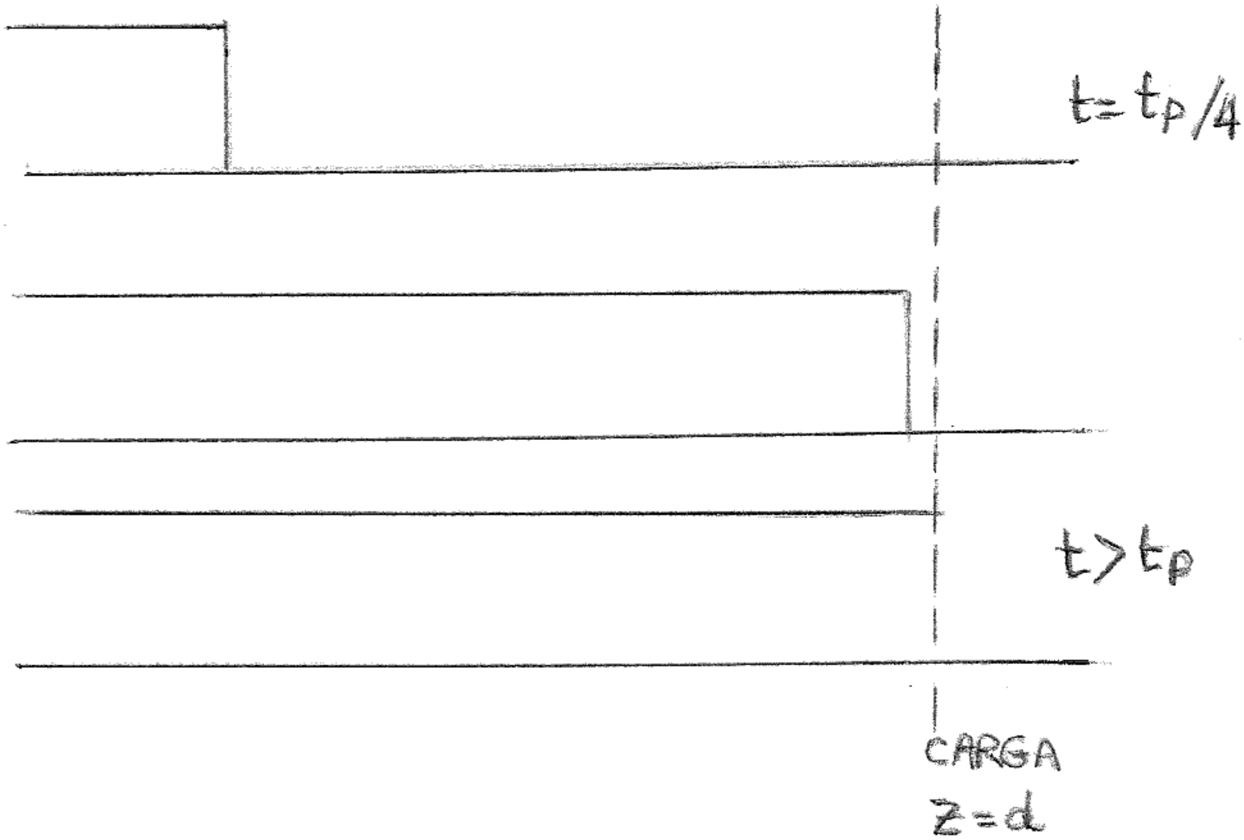
$$V^+ = V_g \frac{Z_0}{Z_0 + Z_g} \quad [V]$$

$$I^+ = \frac{V_g}{Z_0 + Z_g} \quad [A]$$



CUANDO SE CIERRA LA LLAVE, SE CREA UNA PERTURBACIÓN EN LA LÍNEA.
LUEGO EN $t = d/v_p$ EL PULSO LLEGA A LA CARGA.
PUEDEN OCURRIR 3 SITUACIONES DE ACUERDO A LA IMPEDANCIA Z_L:

1) $Z_L = Z_0$ EL COEFICIENTE DE REFLEXION ES $\Gamma_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = 0$.



LA CARGA SE ENCUENTRA ADAPTADA Y NO HABRÁ REFLEXIONES.

2) Si $Z_L > Z_0$ $\Gamma_L > 0$ LA TENSION DE LA ONDA REFLEJADA SE SUMA A LA INCIDENTE
LA CORRIENTE REFLEJADA SE RESTA A LA INCIDENTE

3) Si $Z_L < Z_0$ $\Gamma_L < 0$ LA TENSION DE LA ONDA REFLEJADA SE OPONE A LA INCIDENTE.
LA CORRIENTE REFLEJADA SE SUMA A LA INCIDENTE

PARA LOS CASOS 2) Y 3) SE DEBERÁ CALCULAR LAS CONTRIBUCIONES DE LAS ONDAS Y SUS TENSIONES.

CUANDO LA ONDA LLEGA A LA CARGA:

$V_1^- = \Gamma_L V^+ \qquad I_1^- = -\Gamma_L I^+$

SI $\underline{t_p < t < 2t_p}$. SE TIENE

$V_1 = V^+(1+\Gamma_L) \qquad I_1 = I^+(1-\Gamma_L)$

SI $Z_g \neq Z_0$ SE PRODUCEN REFLEXIONES EN EL GENERADOR

$V_2^+ = \Gamma_g V_1^- = \Gamma_g \Gamma_L V^+$

$I_2^+ = -\Gamma_g I_1^- = \Gamma_g \Gamma_L I^+$

PARA $\underline{2t_p < t < 3t_p}$.

$V_2 = V^+(1+\Gamma_L+\Gamma_L\Gamma_g)$

$I_2 = I^+(1-\Gamma_L+\Gamma_L\Gamma_g)$

CUANDO LAS ONDAS V_2^+ E I_2^+ ALCANZAN LA CARGA SE REFLEJARAN NUEVAMENTE

$V_3^- = \Gamma_L V_2^+ = \Gamma_g \Gamma_L^2 V^+$

$I_3^- = -\Gamma_L I_2^+ = -\Gamma_g \Gamma_L^2 I^+$

PARA $\underline{3t_p < t < 4t_p}$.

$V_3 = V^+(1+\Gamma_L+\Gamma_L\Gamma_g+\Gamma_L^2\Gamma_g)$

$I_3 = I^+(1-\Gamma_L+\Gamma_L\Gamma_g-\Gamma_L^2\Gamma_g)$

LA FORMA SE ENTIENDE, POR LO TANTO:

$$V = V^+(1+\Gamma_L+\Gamma_L\Gamma_g+\Gamma_L^2\Gamma_g+\Gamma_L^2\Gamma_g^2+\dots)$$

$$I = I^+(1-\Gamma_L+\Gamma_L\Gamma_g-\Gamma_L^2\Gamma_g+\Gamma_L^2\Gamma_g^2+\dots)$$

$$V = V^+(1+\Gamma_L\Gamma_g+\Gamma_L^2\Gamma_g^2+\Gamma_L^3\Gamma_g^3+\dots)+$$
$$\Gamma_L V^+(1+\Gamma_L\Gamma_g+\Gamma_L^2\Gamma_g^2+\Gamma_L^3\Gamma_g^3+\dots)$$

$$I = I^+(1-\Gamma_L+\Gamma_L\Gamma_g-\Gamma_L^2\Gamma_g+\Gamma_L^2\Gamma_g^2-\Gamma_L^3\Gamma_g^2$$

$$I = I^+(1+\Gamma_L\Gamma_g+\Gamma_L^2\Gamma_g^2+\Gamma_L^3\Gamma_g^3+\dots)+$$
$$-I^+\Gamma_L(1+\Gamma_L\Gamma_g+\Gamma_L^2\Gamma_g^2+\Gamma_L^3\Gamma_g^3+\dots)$$

LOS TÉRMINOS ENTRE PARÉNTESIS SON SERIES GEOMÉTRICAS:

$$1+\Gamma_L\Gamma_g+\Gamma_L^2\Gamma_g^2+\Gamma_L^3\Gamma_g^3+\dots = \frac{1}{1-\Gamma_L\Gamma_g}.$$

$|\Gamma_L|<1$ y $|\Gamma_g|<1$

POR LO TANTO:

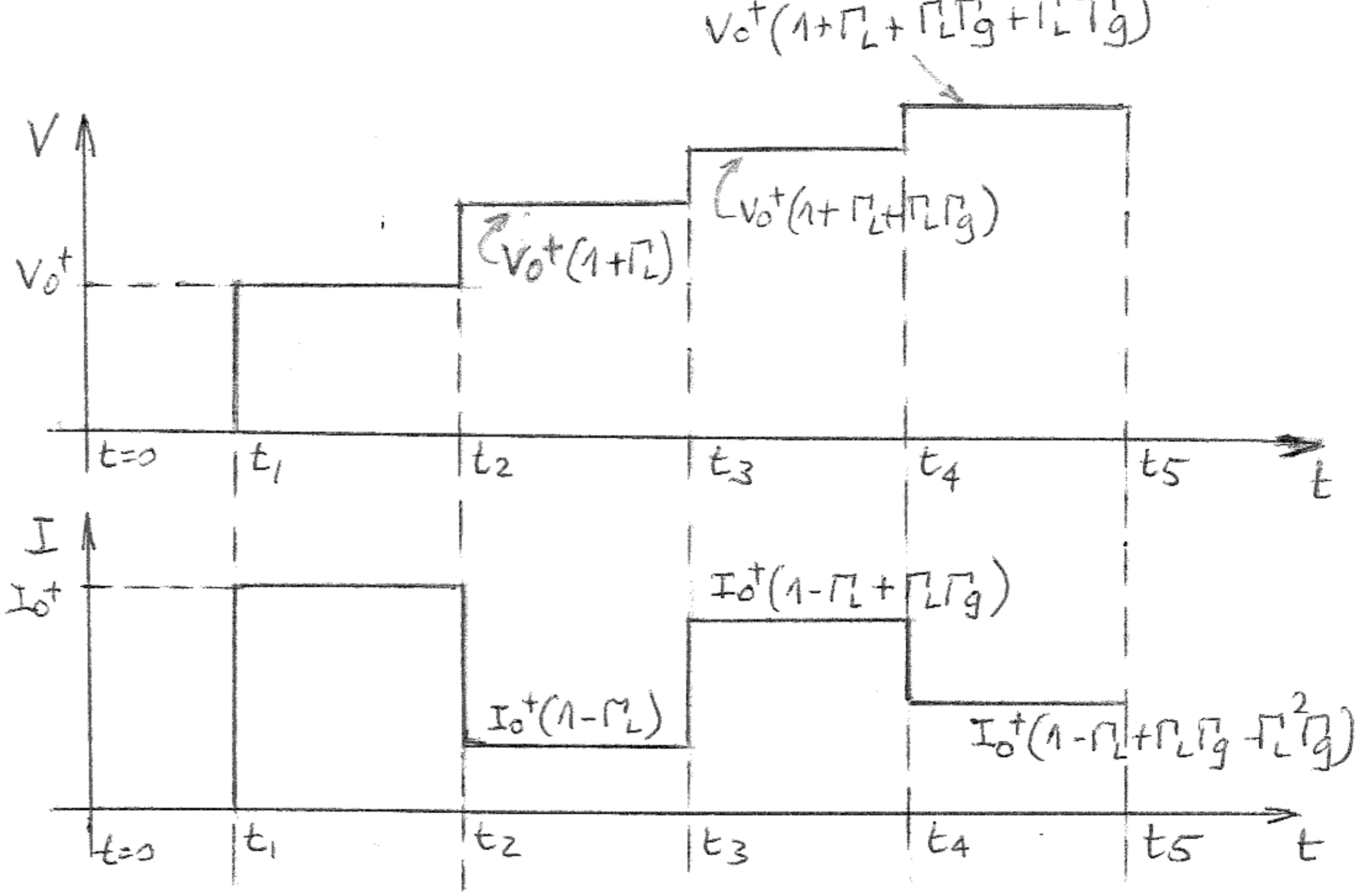
$$V_\infty = V^+\frac{1}{1-\Gamma_L\Gamma_g} + V^+\Gamma_L\frac{1}{1-\Gamma_L\Gamma_g} = V^+\left(\frac{1+\Gamma_L}{1-\Gamma_L\Gamma_g}\right)$$

ANALOGAMENTE:

$$I_\infty = I^+\left(\frac{1-\Gamma_L}{1-\Gamma_L\Gamma_g}\right)$$

$$\boxed{V_\infty = V_g\frac{Z_L}{Z_g+Z_L} \qquad I_\infty = \frac{V_g}{Z_g+Z_L}}$$

ES LA TENSIÓN Y LA CORRIENTE EN RÉGIMEN PERMANENTE



TENSIONES Y CORRIENTES EN UN PUNTO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.