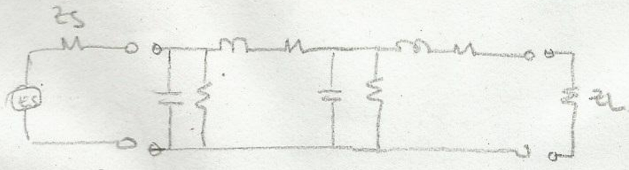
TDR

Parecidas: AN 62 (HP), AN 1304-2 (Agilent), AN-75 → teoría + aplicaciones

①

Líneas de transmisión



$Z_{in} = Z_0 = \sqrt{\dfrac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$ Imp. CARACTERISTICA.

FASE DE V → ATRASA resp. a ES "β" rad/unid. long. β = velocidad de fase.

MAGNITUD de V → ATENUADA "α" nepers/unid. long.

$\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$ cte de prop.

$V_p = \dfrac{\omega \left[\frac{rad}{sec}\right] \text{unid. long}}{\beta \left[\frac{rad}{\text{unid. long}}\right] sec}$ vel. de propagación $V_p = \dfrac{V_c}{\sqrt{\varepsilon_r}}$ velóc. de la LUZ (c), cte DIELECTRICA

$E_x = E_{in}\, e^{-\gamma x}$ y $I_x = I_{in}\, e^{-\gamma x}$ a distancia "x" del generador.

$\Rightarrow Z_0 = \dfrac{E_{in}\, e^{-\gamma x}}{I_{in}\, e^{-\gamma x}} = \dfrac{E_{in}}{I_{in}} = Z_{in}$ la E y la I EN CUALQUIER PUNTO están relacionados x la IMPEDANCIA CARACTERISTICA.

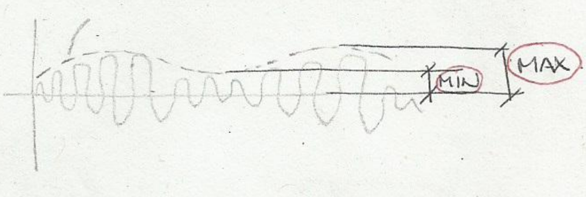
Esto se cumple → a) p/ LINEAS DE LONG ∞
→ b) p/ LINEAS DE LONG FINITA pero con CARGA $Z_L = Z_0$ (ADAPTADAS)

✱ Si $Z_L \neq Z_0 \Rightarrow$ p/ aplicar estas ecs considero otra onda REFLEJADA.

RELACIÓN $\rho = \dfrac{\text{onda REFLEJADA}}{\text{onda INCIDENTE}}$ = COEF. DE REFLEXION

$\boxed{\rho =} \dfrac{E_r}{E_i} = \dfrac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$ $\quad \rho \leq 1$

onda ESTACIONARIA

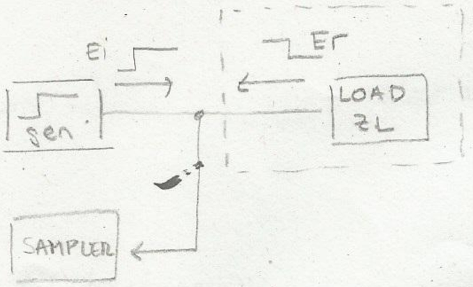


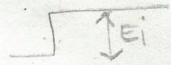
ONDA ESTACIONARIA → producida x las RELACIONES DE FASE incidente/reflejada.

$\boxed{SWR} = \sigma = \dfrac{1 + |\rho|}{1 - |\rho|}$ RELACION DE ONDA ESTACIONARIA $= \dfrac{MAX}{MIN}$

La ROE mide la calidad de TODO el sistema. NO INDICA CUAL de los componentes del sistema es el causante de la reflexión, o si hay CANCELACIONES de reflexiones. Además, se debería medir a ≠ FRECUENCIAS.

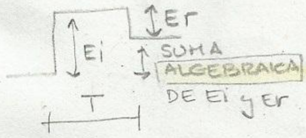
MEDICIONES CON TDR



a) 

$Z_L = Z_0$

$Er = \emptyset$

b) 

$Z_L \neq Z_0$ Desadaptac. de carga

$Er \neq \emptyset$

Casos
- a) $Z_L = Z_0 \rightarrow Er = \emptyset \rightarrow$ se ve en el osciloscopio el escalón Ei a medida q' pasa x el punto de monitoreo.
- b) $Z_L \neq \cancel{Z_0} \rightarrow Er \neq \emptyset \rightarrow$ la ~~tensión~~ tensión de la onda reflejada aparecerá en el osciloscopio SUMADA ALGEBRAICAMENTE a Ei.

1) Localización de la carga / discont.

$$D = \frac{V_p \, T}{2}$$

som

lo conozco — lo mido (es IDA y VUELTA)

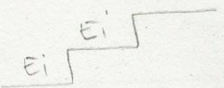
$\boxed{\text{Distancia}}$ del PUNTO DE MONITOREO al PUNTO DE DESADAPTACION.

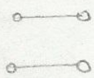
$V_p \rightarrow$ lo puedo medir c/ un tramo de LONG. CONOCIDA.

2) $\boxed{\text{FORMA}}$ de la onda reflejada $\rightarrow$ NATURALEZA y MAGNITUD de la desadaptación

Recordamos $\rho = \frac{Er}{Ei} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$

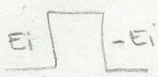
a) desadaptaciones $\boxed{\text{RESISTIVAS}}$





$\boxed{Er = Ei}$

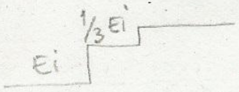
$\frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = +1 \Rightarrow Z_L \rightarrow \infty$ (open)



$\boxed{Er = -Ei}$

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

$\Rightarrow Z_L = \emptyset$ (SHORT)



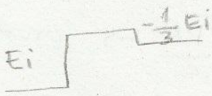
$Er = \frac{1}{3} Ei$

$\frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{Er}{Ei} = \frac{1}{3} \Rightarrow$

$(Z_L - Z_0) = \frac{Z_L + Z_0}{3}$

$Z_L \left(1 - \frac{1}{3}\right) = Z_0 \left(\frac{1}{3} + 1\right)$

$Z_L \cdot \frac{2}{3} = \frac{4}{3} Z_0 \Rightarrow \boxed{Z_L = 2 Z_0}$



$\frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = -\frac{1}{3}$

$Z_L \left(1 + \frac{1}{3}\right) = Z_0 \left(-\frac{1}{3} + 1\right)$

$\frac{4}{3} Z_L = \frac{2}{3} Z_0 \Rightarrow \boxed{Z_L = \frac{1}{2} Z_0}$

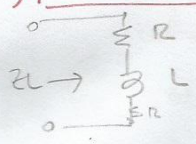
(*) Repasar CTES DE TIEMPO! RL-RC serie y paralelo. ②

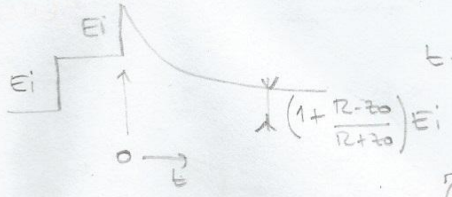
b) Cargas COMPLEJAS

a) Escribo $\rho(s)$ y antitransformando x Laplace → COMPLICADO

b) Análisis MAS DIRECTO → evalúo Er en $t=\emptyset$ y $t=\infty$ y SUPONGO q' las TRANSICIONES SON EXPONENCIALES ($t=\emptyset$ cuando la onda reflejada llega al punto de MONITOREO)

a) SERIES R-L





$t=\emptyset \rightarrow Er = Ei$ (L se comporta como CIRCUITO ABIERTO)

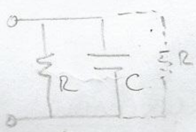
$t\rightarrow\infty \rightarrow$ L se comporta como UN CORTO)

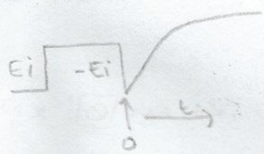
$\Rightarrow \rho = \frac{Er}{Ei} = \frac{R - Z_0}{R+Z_0}$

τ = CTE DE TIEMPO $= \frac{L}{(R+Z_0)}$ Resist efectiva VISTA X EL INDUCTOR!

$= \boxed{\frac{L}{Req}}$

b) SHUNT R-C





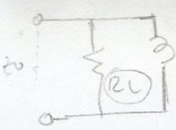
$t=\emptyset \rightarrow Er = -Ei$ (C es un CORTO) → $\rho = -1$

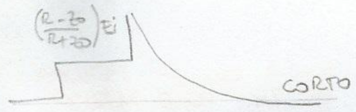
$t\rightarrow\infty \rightarrow Z_L =$ CIRC ABIERTO; $\rho = \frac{R - Z_0}{R+Z_0}$

$\tau = \frac{Z_0 R}{Z_0+R} \cdot C$ (C ve a R en // con Z_0)

$= \boxed{Req \cdot C}$

c) SHUNT R-L



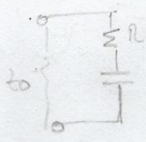


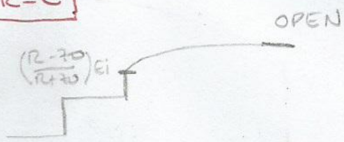
$t=0 \rightarrow Er = \frac{R-Z_0}{R+Z_0} Ei$ (L = circ abierto)

$t\rightarrow\infty \rightarrow Er = -Ei$ (L = CORTO)

$\tau = \frac{L}{R//Z_0} = \frac{(R+Z_0)}{RZ_0} L = \frac{L}{Req}$

d) SERIES R-C





$t=0 \rightarrow Er = \frac{R-Z_0}{R+Z_0} Ei$

$t\rightarrow\infty \rightarrow Er = +Ei$ (ABIERTO)

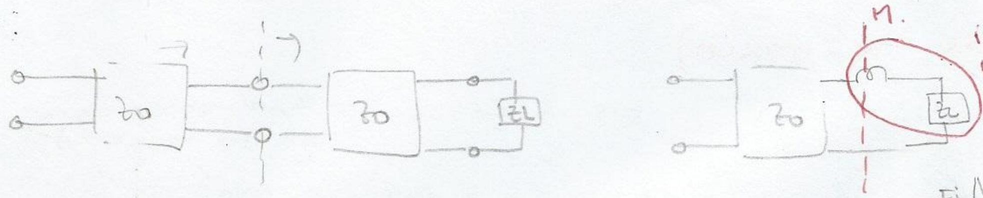
$\tau = C \cdot Req = C \cdot (R+Z_0)$

$= \boxed{C \cdot Req}$

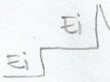
Medición de DISCONTINUIDADES en la línea

- No solo nos interesa la CARGA sino POSICIONES INTERMEDIAS a lo largo de la línea.

Ejemplo → CONECTOR q' introduce un pequeño INDUCTOR EN SERIE.



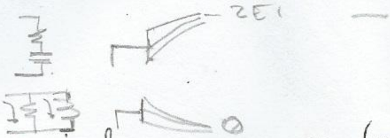
impedi. de carga EFECTIVA en el punto (M) ⇒ CASO SERIES R-L.



$\tau = \frac{L}{Z_0+Z_0} = \frac{L}{2Z_0}$

* si $Z_L = Z_0$;

PERDIDAS en cables (suponemos CARGA ADAPT.) Serie → τ = (RC) ∥ → τ = (GL)



- Si predominan PERDIDAS SERIE → exponencial CRECIENTE (TENSION)
- Si predominan PERDIDAS PARALELO → tension con CAIDA EXPONENCIAL.

1) $\boxed{\text{Pérd. SERIE;}}$ → trabajamos con $\boxed{\text{IMPEDANCIAS}}$

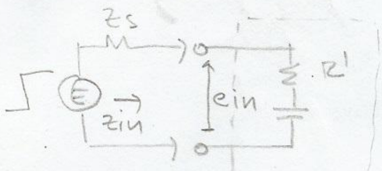
ojo! (R no despreciable) PARECIDO al CASO (D) pero t=0 es en $\boxed{0}$! x q' es del CABLE!

$Z_{in} = Z_0 = \sqrt{\frac{R+j\omega L}{G+j\omega C}}$ (Línea ∞ larga) si $G \ll$ (perds ∥ muy chicas) $\Rightarrow Z_{in} \simeq \sqrt{\frac{R+j\omega L}{\cancel{G}+j\omega C}} = \sqrt{\frac{L}{C}}\left(1+\frac{R}{j\omega L}\right)^{1/2}$

$\Rightarrow$ como $(1+x)^a \simeq 1+ax \big|_{x\ll 1} \Rightarrow Z_{in} \simeq \sqrt{\frac{L}{C}}\left(1+\frac{R}{j2\omega L}\right) \Big|_{R\ll\omega L}$ (cierto p/ el flanco del escalón donde tengo $\omega\uparrow\uparrow$)

$\boxed{Z_{in} \simeq \underbrace{\sqrt{\frac{L}{C}}}_{R'}\left(1+\frac{R}{j\underbrace{2\omega L}_{1/C'}}\right)}$ $(R\ll\omega L)$ y $G\ll$ ⇒ ESTA ES LA FORMA DE UN R-C SERIE!

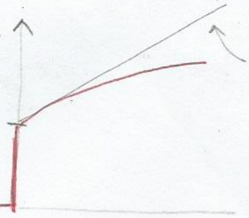
⇒ Circuito eq. para $t=0^+$:



$\begin{cases} R' = \sqrt{\frac{L}{C}} \\ C' = \frac{2L}{R}\cdot\sqrt{\frac{C}{L}} \end{cases}$

Respuesta al escalón.

$\frac{\sqrt{\frac{L}{C}}}{Z_s+\sqrt{\frac{L}{C}}} = \frac{R'}{Z_s+R'}\cdot E$ (C → CORTO)



$\tau = (R'+Z_s)\,C'$

$C' = \frac{2L}{R}\cdot\sqrt{\frac{C}{L}}$

RC

$\boxed{Z_{in} = R' + \frac{1}{j\omega C'}}$

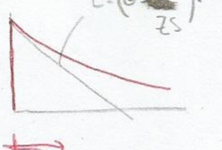
* SI $Z_s = R'$, $\tau = 2Z_sC'$ y (t=0) (a diferencia de antes).

2) $\boxed{\text{Pérdidas PARALELO,}}$ (en "DERIVACION") → trabajamos con $\boxed{\text{ADMITANCIAS!}}$

ojo! (G no despreciable) PARECIDO al caso (C), pero ARRANCANDO DE t=0!

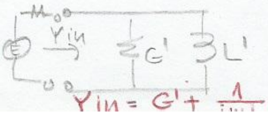
$\frac{1}{1+G'Z_s}\cdot E$

$\tau = \left(G' \frac{1}{Z_s}\right) \cdot L'$



$Y_{in} = \frac{1}{Z_{in}} = \sqrt{\frac{G+j\omega C}{R+j\omega L}}$; si $R\ll \Rightarrow Y_{in} \simeq \sqrt{\frac{G+j\omega C}{j\omega L}} = \sqrt{\frac{C}{L}}\left(1+\frac{G}{j\omega C}\right)^{1/2}$. (t=0)

$\boxed{Y_{in} \simeq \sqrt{\frac{C}{L}}\left(1+\frac{G}{j2\omega C}\right)}$ $G\ll\omega C$, $R\ll$



$Y_{in} = G' + \frac{1}{j\omega L'}$

$\begin{cases} G' = \sqrt{\frac{L}{C}} \\ L' = \frac{2C}{G}\sqrt{\frac{L}{C}} \end{cases}$

$Y_{in} = G' + \frac{1}{j\omega L'}$

Otras mediciones importantes.

* Atenuación (corto) → mostrar su EFECTO cuando hago las OTRAS mediciones (ya como un efecto de ERROR) (apunte Mza. y Zozaya).

- Uso del ESCALON vs. PULSO (Mza/Lacoste).

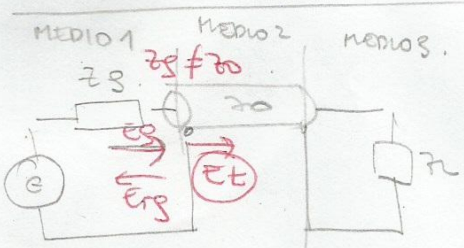
- Vp vs. tiempo prop (según el que conozca) (Mza, HP)
  ↓
  Factor de VELOCIDAD, long ELECTRICA vs. long. FISICA (Mza)

* Efecto del GENERADOR DESADAPTADO (Zozaya)

* Errores (Melian)
  - resolución ESPACIAL (t gen, t osc, t sistema) ← capacidad de carga del GEN → pulso / ESC.
  - exactitud en AMPLITUD — atenuación

Generador desadaptado (Zozaya)

SI sabemos cuanto es PODRIAMOS considerarlo, pero es COMPLICADO, sobre todo en REFLEXIONES MULTIPLES.



$$\frac{E_{rg}}{E_g} = \frac{Z_0 - Z_g}{Z_g + Z_0} = \rho_g$$ esto es $\emptyset$ si el generador está ADAPTADO.

⇒ La señal TRANSMITIDA a la línea es:

$$\frac{E_t}{E_g} = (1+\rho_g)\,E_g = \left(1 + \frac{Z_0 - Z_g}{Z_0 + Z_g}\right) E_g = \frac{Z_0 + \cancel{Z_g} + Z_0 - \cancel{Z_g}}{Z_0 + Z_g}$$

$$\boxed{\frac{E_t}{E_g} = \frac{2Z_0}{Z_g + Z_0}}$$ Esto es lo q' entra a la línea

- Si $Z_g < Z_0$ ⇒ → $\frac{2Z_0}{Z_g+Z_0} > 1$
- Si $Z_g > Z_0$ ⇒ → $\frac{2Z_0}{Z_g+Z_0} < 1$

$$\frac{E_{RL}}{E_t} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

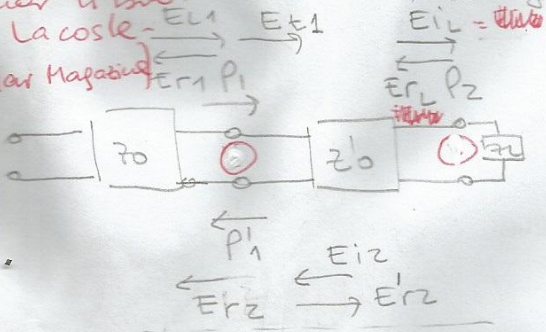
En func. de E_g:

$$\frac{E_{RL}}{E_g} = \frac{(Z_L - Z_0)}{Z_L + Z_0} \times \frac{2Z_0}{Z_g + Z_0} = \frac{E_{RL}}{E_t} \cdot \frac{E_t}{E_g}$$

* Si $Z_g = Z_0$, esto se reduce a: $$\frac{E_{RL}}{E_g} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \times \frac{2\cancel{Z_0}}{2\cancel{Z_0}} = \boxed{\frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}}$$ (como siempre)

Discontinuidades MULTIPLES → veremos ② discont, podrían ser MAS tamb.
↳ en gral, $\boxed{Z_0 \neq Z_0' \neq Z_L}$

(mencionar libro y zip de La coste - Circuit Cellar Magazine)



$$\rho_1 = \frac{Z_0' - Z_0}{Z_0' + Z_0} = -\rho_1'$$

$$\rho_2 = \frac{Z_L - Z_0'}{Z_L + Z_0'}$$

en ESTA SECCION quedan las reflexiones que se van AMORTIGUANDO.

* Las dos reflexiones se pueden analizar EN FORMA SEPARADA:

$$\boxed{E_{r1} = \rho_1 . E_i = \left(\frac{Z_0' - Z_0}{Z_0' + Z_0}\right) E_i}$$

Primera onda REFLEJADA

* La Eincidente en RL ahora NO ES E_i sino:

$$E_{t1} = (1+\rho_1) E_i = \frac{Z_0' + \cancel{Z_0} + Z_0' - \cancel{Z_0}}{Z_0' + Z_0} E_i$$

$$\boxed{E_{t1} = \frac{2 Z_0'}{Z_0' + Z_0} = E_{iL}}$$

$$\boxed{E_{rL} = \rho_2 . \underbrace{(1+\rho_1)\, E_i}_{E_{iL}}}$$

* Nuevamente, la 2da onda reflejada NO ES E_{rL} ya que hay OTRA REFLEXION en la UNION:

seria una "E_{t2}" pero de REGRESO AL GRADOR.

$$E_{r2}' = E_{i2} . \rho_1' = E_{rL} \times \rho_1' \Rightarrow E_{r2} = (1+\rho_1') E_{rL}$$

$$\boxed{E_{r2} = (1+\rho_1') \underbrace{[\rho_2 \underbrace{(1+\rho_1) E_i}_{E_{iL} = E_{t1}}]}_{E_{rL}}}$$

* Pero $\rho_1 = -\rho_1'$; $\Rightarrow E_{r2} = (1-\rho_1)(1+\rho_1)\rho_2 . E_i = \rho_2 . (1-\rho_1^2) E_i$

$$\boxed{E_{r2} = \rho_2 (1-\rho_1^2) E_i}$$

* NUEVAMENTE, la parte de $E_{rL} = E_{i2}$ q' NO pasó hacia el grador VUELVE a la carga y se refleja:

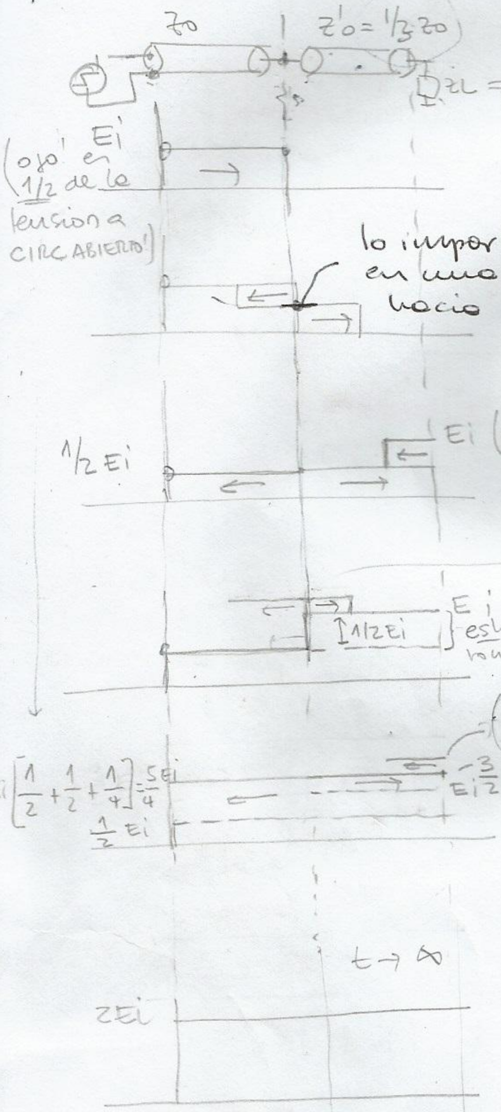
$$E_{r2}' = E_{rL} . \rho_1' = \overset{-\rho_1}{\rho_1'} . \rho_2 . (1+\rho_1) = (-\rho_1) . \rho_2 . (1+\rho_1) = \rho_2 (-\rho_1 - \rho_1^2)$$

✱ Esto continúa generando retornos hacia el grador, pero CADA VEZ MENORES. En $t \to \infty$, el sistema actúa como si Z_L estuviera en la PRIMERA DISCONT, es decir $\rho = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$

(+ el efecto de α sobre MULTIPLES RECORRIDOS!)

Ejemplo (ver "uml dis2. sch")

$$\begin{cases} Z_0 = 50\Omega \\ Z'_0 = \frac{1}{3} Z_0 \approx 16\Omega \\ Z_L \approx \infty \quad (1M\Omega) \end{cases}$$



lo importante es q' el NIVEL en una transición es SOLO UNO hacia AMBOS LADOS! $\underbrace{(1+\rho)\,Ei}$

$$\frac{Z_0 - \frac{1}{3}Z_0}{Z_0 + \frac{1}{3}Z_0} = \frac{\frac{2}{3}Z_0}{\frac{4}{3}Z_0} = +\frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4} Ei$$

ojo!

$$\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4}\right) Ei = \boxed{\frac{3}{2} Ei}$$

$$\frac{3}{2} Ei = Ei + \frac{1}{2} Ei = (1 + \rho'_1) \cdot Er_L$$