

TEOREMA DI THEVENIN GENERALIZZATO 21-24-25 GEN

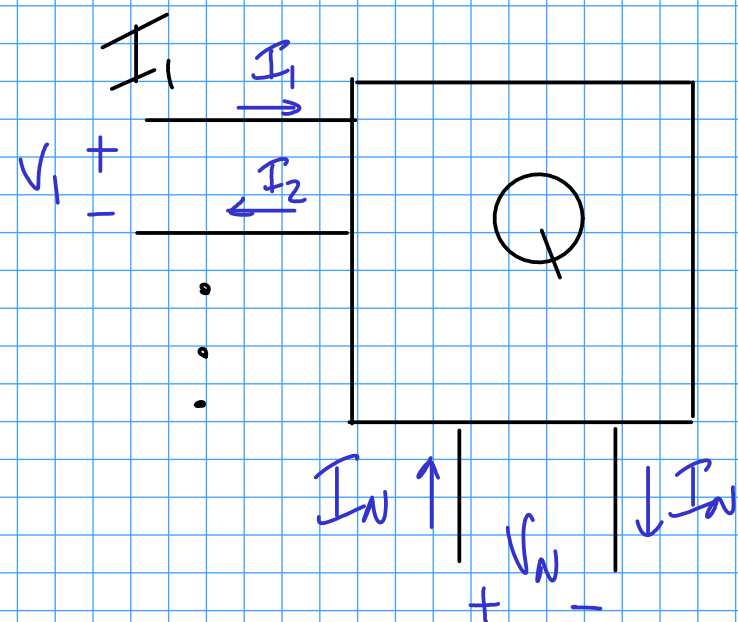
DA THEVENIN:

→ EQUIVALENTE CIRCUITALE A PORTA, EQUIVALENZA
ALLE GRANDEZZE CIRCUITALE ESTERNE ALLA PORTA

DA THEVENIN GENERALIZZATO:

→ EQUIVALENTE A N PORTE
PERCHÉ?

→ SI VOGLIANO "SPOSTARE" EFFETTI DEI GENERATORI DI
RUMORE DA DOVE FISICAMENTE SI GENERANO ALLA
PORTA DI INGRESSO DEL DISPOSITIVO



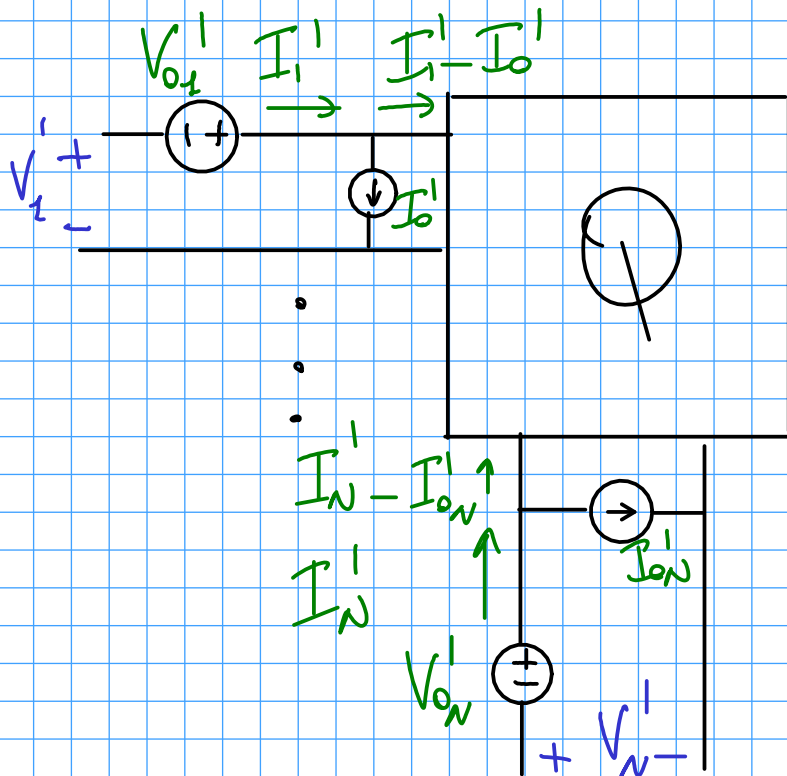
INIZIAMO CON RETE RESISTIVA

↳ MATRICE DELLE RESISTENZE

$$\underline{V} = \underline{R} \cdot \underline{I} + \underline{V_0} \quad *$$

↑
VETTORE DELLE TENSIONI A
VUOTO SULLE VARIE PORTE

SPENGO GENERATORI INTERNI, INSERISCO 2 GENERATORI FITTI
PER PORTA



↳ APICE INDICA GRANDEZZE
A GENERATORI INTERNI
SPENTI

$$\begin{cases} \underline{V_i} = \underline{V_0} + \underline{V_i} \\ \underline{I_i} = \underline{I_0} + \underline{I_i} \end{cases}$$

CERCO RELAZIONE
TRA \underline{V} E \underline{I}

RIPRENDO RELAZIONE

$$\underline{V_i} = \underline{R} \cdot \underline{I_i} + \underline{V_0}$$

SONO SPENTI

(LASCUO SOTTOINTESO REDICE i)

$$\frac{V}{I} = \frac{V'}{I'} - \frac{V_0'}{I_0'} \longrightarrow \underline{V} - \underline{V_0'} = \underline{R}(\underline{I'} - \underline{I_0'})$$
$$\underline{I} = \underline{I'} - \underline{I_0'}$$

$$\underline{V'} = \underline{R}(\underline{I'} - \underline{I_0'}) + \underline{V_0'}$$

$$\underline{V'} = \underline{R} \underline{I'} + (\underline{V_0'} - \underline{R} \underline{I_0'})$$

$$\underline{V'} = \underline{R} \underline{I'} + \underline{V_0} \quad * \uparrow$$

SE IMPONGO

$$\underline{V_0'} - \underline{R} \underline{I_0'} = \underline{V_0}$$

OTTENGO CHE LA RELAZIONE ORIGINALE
TRA V ED I È EQUIVALENTE ALLA

RELAZIONE V' ED I' NELLA NUOVA RETE!

| 2 i INCOGNITE IN
| i EQUATIONI

RETE CON GENERATORI V_0' E I_0' È EQUIVALENTE
ALL'ORIGINALE SE E SOLO SE È VERIFICATA L'ESPRESSIONE:

$$\underline{V_0'} - \underline{R} \underline{I_0'} = \underline{V_0}$$

VERIFICA OBIETTIVO UTILIZZO DEL NUOVO
TEOREMA \rightarrow 2 GEN DI RUMORE IN INGRESSO

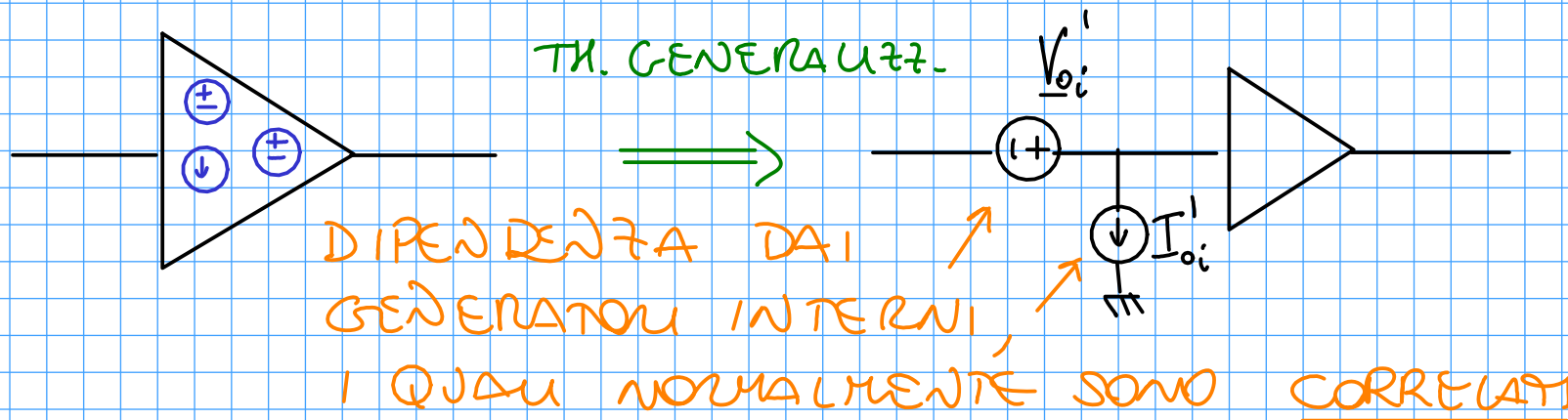
APPLICAZIONE RISULTATO

24 GEN

$$\underline{V_{oi}} = \underline{V_{oi}'} - \underline{R} \underline{I_{oi}'} \quad \text{i EQ., 2i INCOGNITE} \rightarrow \text{IMPONGO } \underline{\frac{i}{2} \text{ VAR.}}$$

RIPORTO SORGENTI DI RUMORE IN INGRESSO,
SOTTO FORMA DI $\underline{V_{oi}'}$ E $\underline{I_{oi}'}$

IN PRATICA
i/2 GRADI DI
LIBERTÀ



$$C_{yz} = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T/2}^{T/2} \Delta y(t) \Delta z(t-\tau) dt$$

CORRELAZIONE TRA
GENERATORI

$$S_{yz} = \int_{-\infty}^{+\infty} C_{yz}(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau$$

TRASFORMATA DI FOURIER DI C_{xy}

SI DEFINISCE IL COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE:

$$C = \frac{S_{yz}}{\sqrt{S_{yy} S_{zz}}}$$

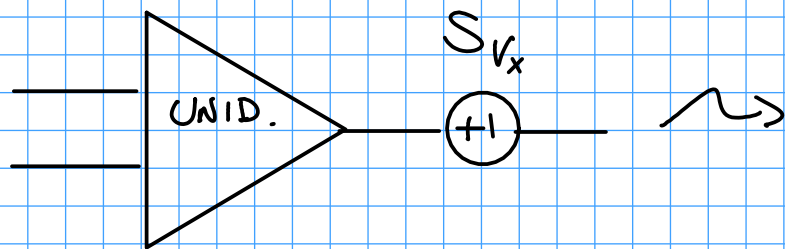
→ INDICA PRESENZA DI CORRELAZIONE
($C = 1$ SE SEGNALE IDENTICI O
PROPORZIONALI)

OSSERVAZIONI:

- 1) NELLA PORTA DI INGRESSO HO EQUIVALENTE TOTALE,
QUALUNQUE IMPEDENZA CONEGO IN INGRESSO HO IN USCITA
LO STESSO EFFETTO CHE SI AVREBBE CON LA RETE ORIGINALE

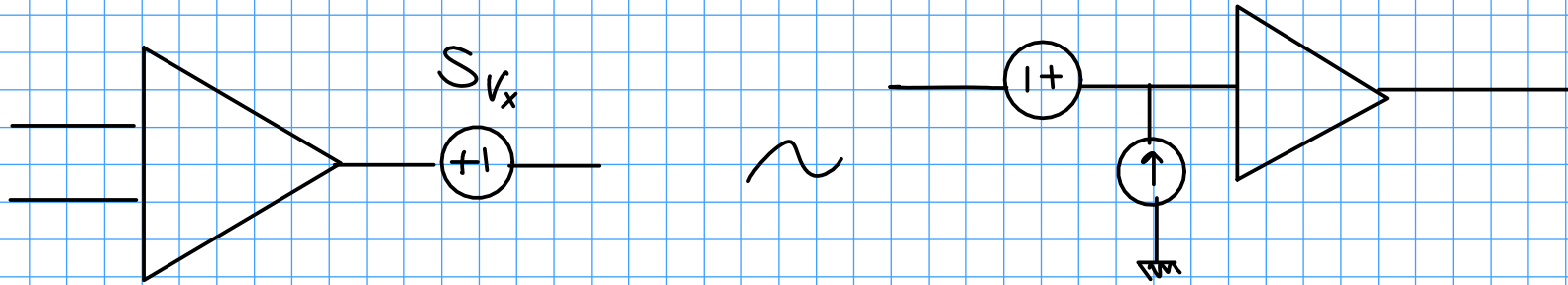
→ COSA CHE INVECE NON AVIENE SE CONSIDERO UN SOLO
GENERATORE EQUIVALENTE

- 2) RUMORE IN USCITA DIPENDE DA IMPEDENZA DI INGRESSO;
MA COME È POSSIBILE RIPORTARE GEN. EQUIVALENTI IN
INGRESSO A PARTIRE DA GEN. INTERNI SULL'USCITA?



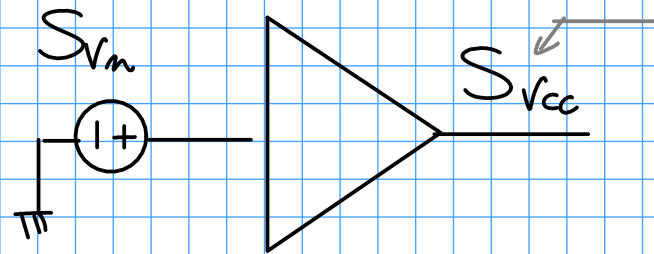
SE UNIDIREZIONALE V_x NON
INFLUISCE SU INGRESSO, IN PRATICA
AVRÒ GEN. EQUIVALENTI CORRELATI
IN MODO TALE DA ANNULLARE EFFETTI

NON UNI DIREZIONALE



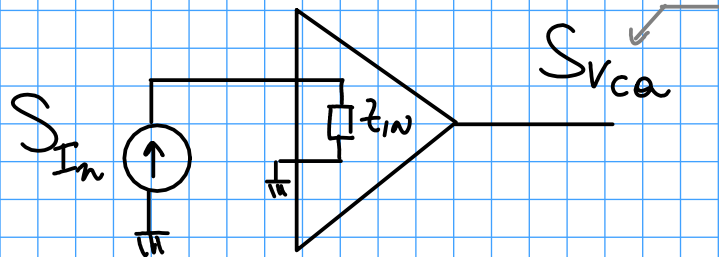
SE NON SONO CORRELATI (IN PRATICA NON ACCADE MAI)
PER CALCOLARE GEN. EQUIVALENTI CERCO DI APPUGARE LA
SOPRAPPOLTAZIONE DEGLI EFFETTI

$$S_{V_m} = \frac{S_{V_{cc}}}{|A|^2}$$



GUADAGNO IN TENSIONE
CON INGRESSO
CORTOCIRCUITATO

$$S_{I_n} = \frac{S_{V_{ca}}}{|A^2| |Z_{IN}|^2}$$



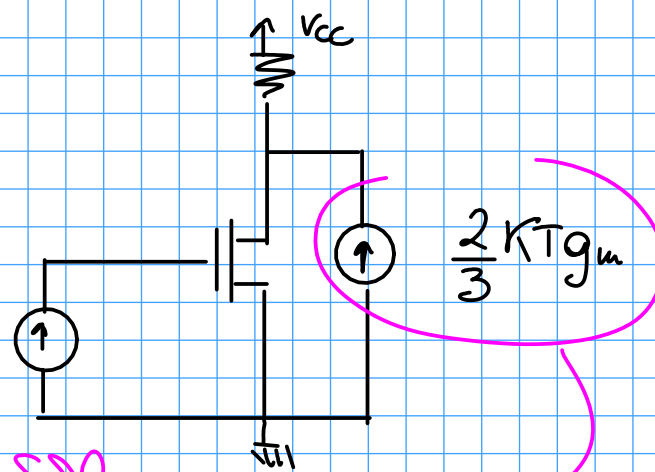
GUADAGNO IN TENSIONE
CON INGRESSO APERTO

NOTA SPESSE NELLA PRATICA SI IGNORA CORRELAZIONE, "NORMALMENTE"
SI COMMETTE UN ERRORE IN ECESSO SUL RUMORE

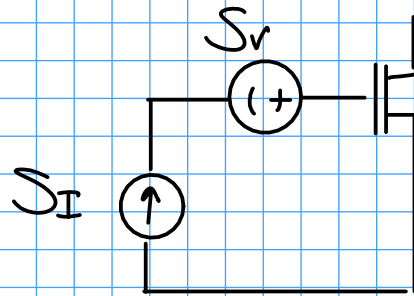
ESEMPIO

AMPLIFICATORE A MOS

$$S_I = 2q I_G$$



RUMORE SULL'INGRESSO
COME GENERATORE DI TENSIONE



$$S_V = 4 \frac{2}{3} \frac{KT}{g_m} \rightarrow S_{en} = \frac{8}{3} \frac{KT}{g_m}$$

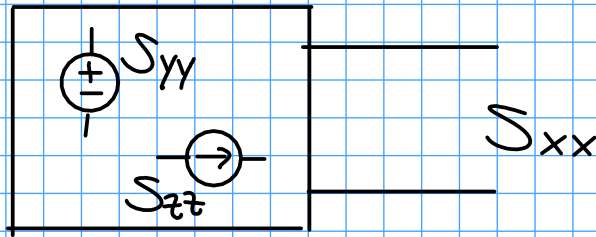
$$I_D = g_m v_{gs} \rightarrow \frac{v_{gs}}{I_D} = \frac{1}{g_m}$$

→ RUMORE IN INGRESSO → DIVISO PER $|H(f)|$ CANALE
(TRASCURRO CAPACITÀ)

$$S_V = 4 \cdot \frac{2}{3} \frac{KT}{g_m}$$

NOTA S_V E S_I IN CORRELATI

LEGGE USCITA INGRESSO



$$S_{xx} = S_{yy} |H_y|^2 + S_{zz} |H_z|^2 \quad \text{CON CORRELAZIONE NULLA}$$

CON CORRELAZIONE TRA S_{yy} E S_{zz} :

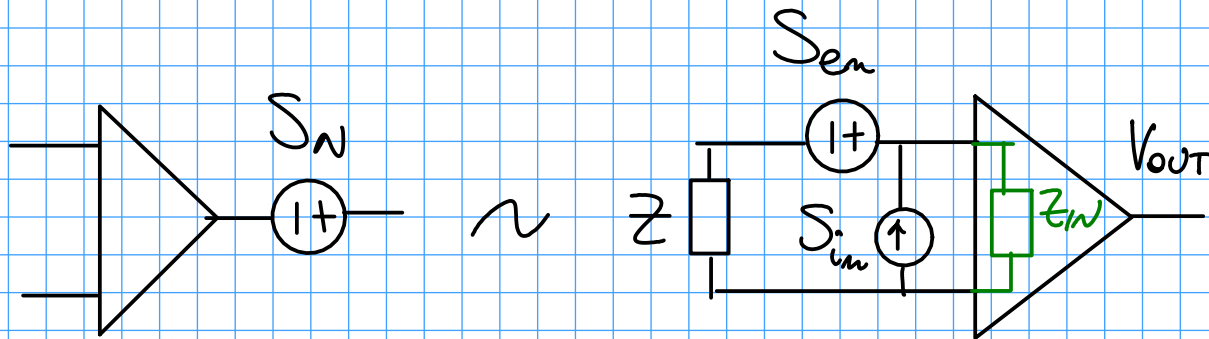
$$S_{xx} = S_{yy} |H_y|^2 + S_{zz} |H_z|^2 + 2 \operatorname{Re} \{ S_{yz} H_y H_z^* \}$$

→ RISCOVO IL NITRO (USO C IDENTITÀ PURA)

$$S_{xx} = S_{yy} |H_y|^2 + S_{zz} |H_z|^2 + 2 \sqrt{S_{zz} S_{yy}} \operatorname{Re} \{ c H_y H_z^* \}$$

CORRELAZIONE TRA GENERATORI EQUIVALENTI

25 GEN



SICCOME S_N UNICO, A LOGICA POSSIAMO SUPPORRE CORRELAZIONE TRA S_{en} E S_{in}

$$S_{OUT} = S_{en} |H_{en}|^2 + S_{in} |H_{in}|^2 + 2 \operatorname{Re} \{ S_{en} H_{en} H_{in}^* \}$$

APPENA
CALCOLATA

$$e_n \left\{ \begin{array}{l} V_{IN} = \frac{Z_{IN}}{Z_{IN} + Z}, \quad V_{OUT} = V_{IN} A \\ \frac{V_{OUT}}{e_n} = \frac{Z_{IN}}{Z_{IN} + Z} A \leadsto |H_{en}|^2 = \frac{|Z_{IN}|^2}{|Z_{IN} + Z|^2} |A|^2 \end{array} \right.$$

$$i_n \left\{ \begin{array}{l} V_{IN} = Z_{IN} // Z, \quad V_{OUT} = V_{IN} A \\ \frac{V_{OUT}}{i_n} = Z_{IN} // Z \leadsto |H_{in}|^2 = \frac{|Z_{IN} Z|^2}{|Z_{IN} + Z|^2} |A|^2 \end{array} \right.$$

RESTA L'ULTIMO ADDENDO $\rightarrow \dots + 2 \operatorname{Re} \left\{ S_{enin} H_{en} H_{in}^* \right\}$

$$S_{out} = \frac{|z_{in}|^2}{|z_{in} + z|^2} |A|^2 S_{en} + \frac{|z_{in} z|^2}{|z_{in} + z|^2} |A|^2 S_{in} +$$

$$+ 2 \operatorname{Re} \left\{ S_{enin} \frac{z_{in}}{z_{in} + z} A \frac{z^* z_{in}^*}{(z_{in} + z)^*} A^* \right\}$$

SOSTITUISCO VALORI S_{en} E S_{in} \rightarrow TROVATI CON
SOPRAPPOSIZIONE

$$S_{out} = \frac{|z_{in}|^2}{|z_{in} + z|^2} \cancel{|A|^2} \frac{S_N}{\cancel{|A|^2}} + \frac{\cancel{|z_{in}|^2} \cancel{|z|^2}}{|z_{in} + z|^2} \cancel{|A|^2} \frac{S_N}{\cancel{|A|^2} \cancel{|z_{in}|^2}}$$

$$+ 2 \operatorname{Re} \left\{ S_{enin} z_{in} |A|^2 \frac{z^* z_{in}^*}{|z_{in} + z|^2} \right\}$$

ESTRAGGO S_N

$$S_N = S_N \left(\frac{|z_{in}|^2 + |z|^2}{|z + z_{in}|^2} \right) + 2 \operatorname{Re} \left\{ S_{enin} \frac{z_{in}}{|z_{in} + z|^2} |A|^2 \frac{z^* z_{in}^*}{|z + z_{in}|^2} \right\}$$

PER VERIFICARE EGUAGUANZA $S_N = S_N$

$$|z + z_{in}|^2 = (z + z_{in})(z^* + z_{in}^*) = |z|^2 + |z_{in}|^2 + 2 \operatorname{Re} \{ z z_{in}^* \}$$

IMPOGO CHE
SIA UGUALE Δ

$$\cancel{2 \operatorname{Re} \left\{ S_{enin} \frac{z_{in}}{|z_{in} + z|^2} |A|^2 \frac{z^* z_{in}^*}{|z + z_{in}|^2} \right\}} = \cancel{2 \operatorname{Re} \left\{ \frac{z^* z_{in}}{|z + z_{in}|^2} \right\}} S_N$$

TOLGO SIMBOLI Re

CORRELAZIONE TRA e_m e i_m

$$S_{enin} \cancel{z_{in}} \cancel{z_{in}^*} \cancel{z^*} |A|^2 = \cancel{z^* z_{in}} S_N \rightarrow S_{enin} = \frac{S_N}{|A|^2 z_{in}^*}$$

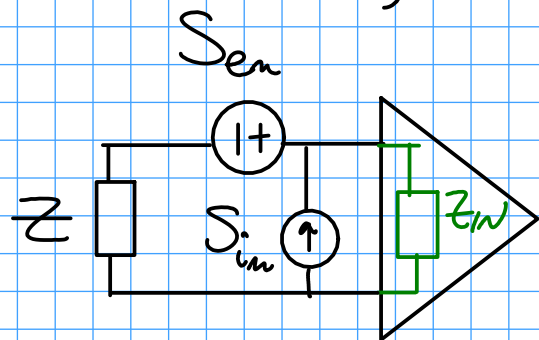
$$S_{\text{emin}} = \frac{S_N}{|A|^2 Z_{IN}^*} = \frac{S_{en}}{Z_{IN}^*}$$

$$C = \frac{S_{\text{emin}}}{\sqrt{S_{en} S_{im}}} = \frac{|Z_{IN}|}{Z_{IN}^*} \rightarrow \text{MODULO UNITARIO, SE } Z_{IN} \text{ REALE } C = 1$$

CON UN SINGOLO GENERATORE DI RUMORE
I DUE GENERATORI EQUIVALENTI ALL'INGRESSO
SONO CORRELATI

$$\rightarrow \text{SE } Z_{IN} \in \mathbb{R} \implies \underline{C = 1}$$

SE È PRESENTE IMPEDENZA ASSIEME A GENERATORI EQUIVALENTI, VIENE MODIFICATA LA S_{en} O LA S_{in} ?



NOTA

Z DEVE ESSERE NOISE-FREE

EFFETTI OPPOSTI

SULLA Z

$$S_{V_Z} = S_{en} \frac{|Z|^2}{|Z + Z_{in}|^2} + S_{in} \frac{|Z Z_{in}|^2}{|Z + Z_{in}|^2} + 2 \operatorname{Re} \left\{ -S_{en in} \frac{Z}{Z + Z_{in}} \frac{Z^* Z_{in}^*}{(Z + Z_{in})^*} \right\}$$

$$S_{V_Z} = \frac{|Z|^2}{|Z_{in} + Z|^2} \cancel{|A|^2} \frac{S_N}{\cancel{|A|^2}} + \frac{|Z_{in}|^2 |Z|^2}{|Z_{in} + Z|^2} \cancel{|A|^2} \frac{S_N}{\cancel{|A|^2} |Z_{in}|^2} + 2 \operatorname{Re} \left\{ -\frac{S_N}{\cancel{|A|^2} \cancel{Z_{in}^*}} \frac{|Z|^2 \cancel{Z_{in}^*}}{|Z_{in} + Z|^2} \right\}$$

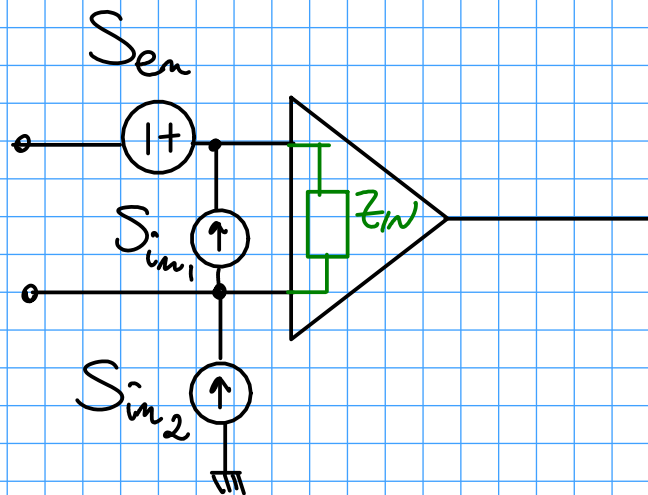
$$S_{V_z} = \frac{S_N}{|A|^2} \left\{ \frac{|Z|^2}{|z_N + z|^2} + \frac{|z|^2}{|z + z_N|^2} - 2 \frac{|z|^2}{|z + z_N|^2} \right\} = \phi$$

NOI HO DENSITA' SPETTRALE INTRODOTTA DA IMPEDENZA
INSERITA \rightarrow PUO' ESSERE SCELTA "A CASO"

OSSERVAZIONE:

2 PORTE \rightarrow 2 GENERATORI

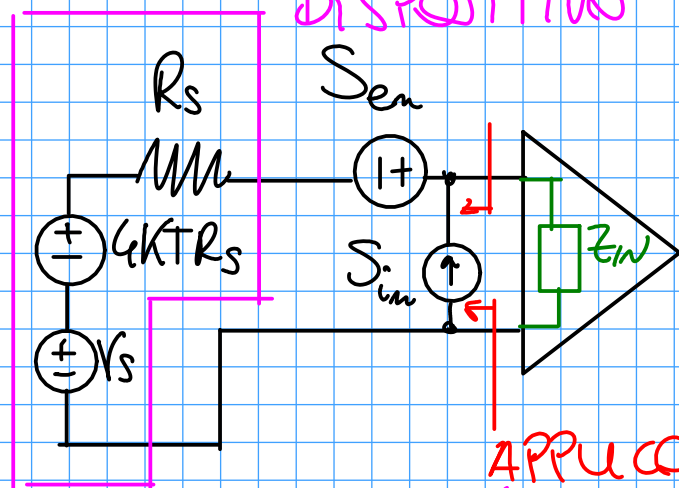
3 PORTE (AMPU DIFFERENZIALE) \rightarrow 3 GENERATORI



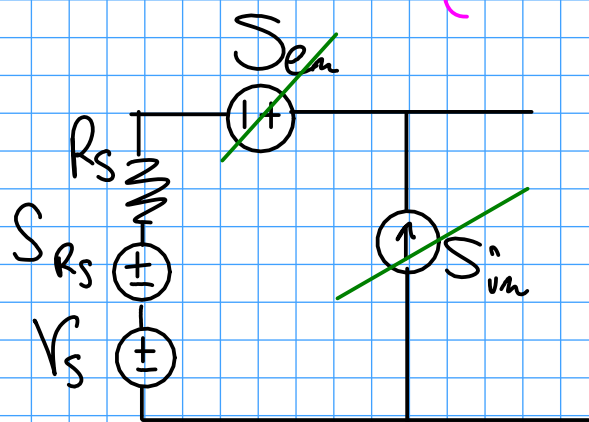
GENERATORI EQUIVALENTI
FORNITI DA DATASHEET UA741
 \rightarrow HANUALE SEU
(Hp INCORRELAZIONE)

SU UNA DATA IMPEDENZA, CALCOLO 1 SOLO GENERATORE EQUIVALENTE

DISPOSITIVO ESTERNO



APPLICAZIONE THEVENIN
($4kTR_s$ NON CORRELATO)



SPENGO INDIPENDENTI $\rightarrow H = R_s$

$$S_{V_{IN}} = S_{R_s} + S_{en} + R_s^2 S_{in} + 2 \operatorname{Re}\{S_{enim} R_s\}$$

NOTA

ATTENZIONE:

IMP. IN QUESTO NON
RUMOROSA

+ IMP. RUMOROSA LEGATA
A R DISSIPAZIONE
+ RUMORE COSMICO

SI DEFINISCE IMPEDENZA DI CORRELAZIONE

$$Z_c = \frac{S_{en}}{S_{in}} \quad \leadsto \quad S_{en} = S_{in} Z_c$$

$$\begin{aligned} S_{V_{IN}} &= S_{R_S} + S_{en} + R_S^2 S_{in} + 2 \operatorname{Re} \{ S_{in} Z_c R_S \} \\ &= S_{R_S} + S_{en} + R_S^2 S_{in} + 2 S_{in} R_S \operatorname{Re} \{ Z_c \} \end{aligned}$$

QUINDI :

