Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio

Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

Elettronica ed Elettrotecnica

Elettronica ed Elettrotecnica

03/10/11
Lezione I

Libro di Testo
↳ CIRCUITI ELETTRICI
↳ Charles K. ALEXANDER
Matthew SADIKU
↳ Mc GRAW-HILL

Elettrotecnica → energia elettrica, riguarda ~~dei~~ circuiti elettrici dedicati a particolari condizioni
Elettronica → trasmettere e fornire informazioni

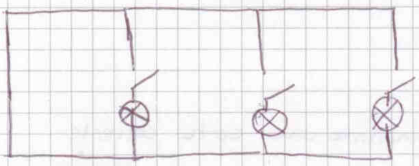
il vero sviluppo dell'elettrotecnica è nato con la creazione e lo sviluppo del motore elettrico

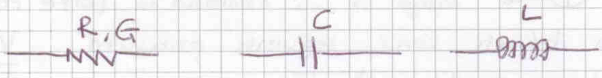
l'elettronica è nato con la radio (di Marconi)

un resistore può avere < resistenza, ~~induttanza~~, conduttanza } effetti generati

la batteria è un bipolo attivo

55 volt → compromesso perfetto tra luminosità e longevità della lampadina
↳ LAMPADINA DI EDISON





il campo elettrico si genera con una giunzione P-N
il campo elettrico e magnetico possono essere visti separatamente ~~se solo e solo~~ se e solo se il regime è quasi stazionario

$f = 50\ Hz$ $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{50}\ m/s = \frac{300000}{50} = 6000\ km$

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio

Lezione II
10/10/11

TEORIA DEI CIRCUITI

↳ iniziamo con le reti resistive:

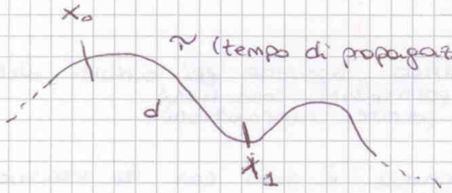
CONDIZIONI QUASI STAZIONARIE: → $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \, m/s}{50} = 6000 \, Km$

f: 30-60

↳ teoria a parametri concentrati
→ il moto degli elettroni è rapido

la densità è costante
si mantiene nel tempo

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$



τ (tempo di propagazione)

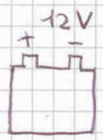
$i = 5A$
$i = f(t)$
↳ $= I \operatorname{sen}(\omega t)$

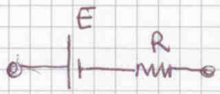
$$i_{x_1} = I \operatorname{sen} \omega t$$

$$i_{x_1} = I \operatorname{sen}(\omega(t-\tau)) = I \operatorname{sen}\left(\omega t - \omega \frac{d}{c}\right) = I \operatorname{sen}\left(\omega t - \frac{2\pi d}{\lambda}\right)$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$i_{x_1} = I \operatorname{sen}\left(\omega t - \frac{2\pi d}{\lambda}\right)$$ → se questo è uguale a 0 mi trovo in condizioni stazionarie





↳ esempio di modello a parametri concentrati

BIPOLI ATTIVI:

→ imprimo una certa corrente
→ imprimo una certa tensione
luogo in cui esistono le forze elettromotrici

vengono definiti con i seguenti parametri. V (tensione) I (corrente)

posso dire o che c'è una tensione o che c'è una spinta di corrente

BIPOLI PASSIVO: non imprime corrente, ne genera tensioni
Ex: Resistenza.

Tensione (V) → Voltage → volt
Corrente (i) → Ampere →
Potenziale (ϕ)

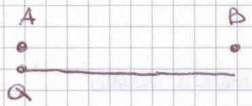
sono sinonimi solo in regime quasi stazionario (tensione, differenza di potenziale)

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Professore: Paolo Del Vecchio
Anno di produzione: 2012-2013

Elettronica ed elettrotecnica

lezione II
10/10/11

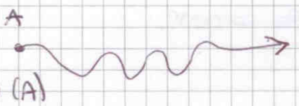
la tensione è fra due punti
la corrente è attraverso due punti



$v = 200\,V = 200 \left(\frac{Joule}{Coulomb}\right) \quad \left(\frac{L}{Q}\right)$

↳ lavoro riferito all'unità di carica.

osservazione: il lavoro non dipende dal percorso → sto in un campo elettrico conservativo



$\phi(A)$
(potenziale)
+100 V
+q

se c'è il (+) significa che è il campo elettrico (li fornisce)

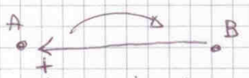
B

$\phi(B) = -80V$ (è il campo che si prende 80 J per unità di carica)

$$(\phi(A) - \phi(B)) = +180V$$

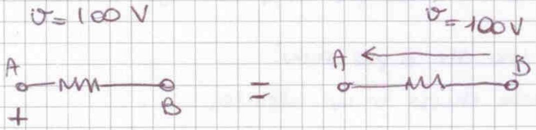
$$\boxed{v_{AB} = \frac{L}{q}} \qquad \boxed{i = \frac{Q}{t}} \qquad \boxed{P = v \cdot i}$$

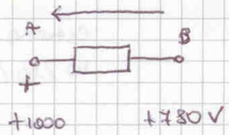
TENSIONE (Volt) — CORRENTE (Ampere) — POTENZA (Watt)



$\phi(A) - \phi(B)$

il (+) o la punta della freccia hanno lo stesso significato





$v = 220\ V$ (campi stazionari)

$1000 - 780$

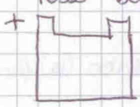
Esempio di regime quasi stazionario

$v = 320\ \text{sen}\left(100\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ valore medio nullo

(1) la somma e la differenza di funzioni sinusoidali se è una funzione sinusoidale $\Leftrightarrow$ sono isofrequenziali

se sono in fase con gli zeri non prendo la corrente

Ex



$v = 12V$

rosso − blu = 12V

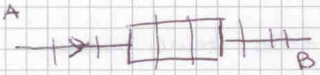
CORRENTE ELETTRICA: i (Ampere − coulomb/sec)

$i = \frac{dq}{dt}$ → non ha senso fisico $\Rightarrow \frac{\partial q}{\partial t}$ perché sotto è entità dell'elettrone non posso andare

la densità di carica non cambia all'interno del conduttore $\Rightarrow \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$

$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{nq}{\Delta t}$ il verso convenzionale della corrente

$\vec{J} = n q \vec{v}$



$i = 10$

↳ sistema di riferimento che mi da

RAMO: rappresenta un singolo elemento, quale per esempio, un generatore di tensione oppure un resistore

NODO: è il punto di connessione tra due o più rami

MAGLIA: è un qualunque percorso chiuso in un circuito

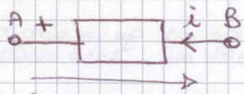
Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio

Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

Elettronica ed Elettrotecnica

Lezione III
11/10/12

$v, i \begin{cases} v = 10\,V \\ i = 5\,A \end{cases}$



$v i = p = +50\,W$ → è una batteria o generatore elettrico

se fosse stato $-50\,W$ vuol dire che sto prendendo energia dal sistema elettrico

vuol dire che sto fornendo io l'energia al campo elettrico

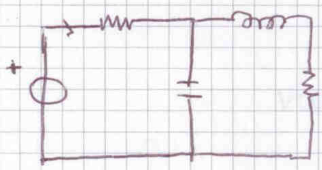
$p > 0$ fornisco energia alla rete
$p < 0$ assorbo dalla rete

- CONVENZIONE DEI GENERATORI: se il verso della tensione e della corrente sono concordi
- CONVENZIONE DEGLI UTILIZZATORI: verso della tensione e della corrente sono discordi

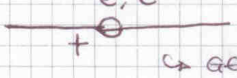
ci sono due convenzioni perchè sono riferiti alla vita quotidiana

Una volta che abbiamo una rete la prima cosa che dobbiamo fare è orientare una rete

i bipoli attivi hanno come simbolo un cerchio



I GENERATORI (bipoli attivi)

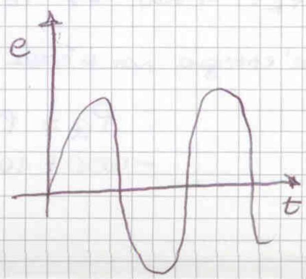


→ forza elettromotrice
$e = 10\,V$

↳ GENERATORE INDIPENDENTE DI TENSIONE

$e(t) = 10\sqrt{2}\,\text{sen}(\overset{\omega t}{2\pi 50\, t})$

nel generatore non c'è relazione tra tensione e corrente → è invariabile → la i è indeterminata, mentre la tensione è univocamente data



Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

bipolo duale attivo : imprime la i e la v sono quindi un'incognita

GENERATORE INDIPENDENTE

la batteria non è ne un generatore di tensione, ne un generatore di corrente (quest'ultimi sono solo astrazioni circuitali)

BIPOLI PASSIVI

- RESISTORE (R, G)

resistenza   conduttanza

sono le facce della stessa medaglia

$R = 10\,\Omega$

$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{10}\,\Omega^{-1} \rightarrow$ (SIEMENS)

Nei bipoli passivi è importante definire la legge costitutiva. La tensione e la corrente sono univocamente determinati

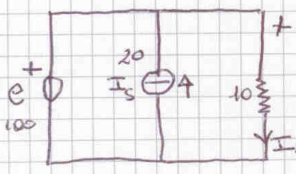
$i = 10\,A$

LEGGE DI OHM : (legge costitutiva)

$$\boxed{V = Ri}$$

RETI RESISTIVE

lezione IV
13/10/12



$R = 10\,\Omega$
$I_S = 20\,A$
e (tensione) $= 100V$

$V = RI \qquad I = GV$

$I_R = ? \Rightarrow G \cdot V = \frac{1}{10} \cdot 100 = 100\,A$

$I_1 = -10\,A$

$P_e = v \cdot i = 100\,(-10) = -1000\,W = -1\,KW$

$P_{I_S} = 100 \cdot 20 = +2000\,W = 2\,KW$

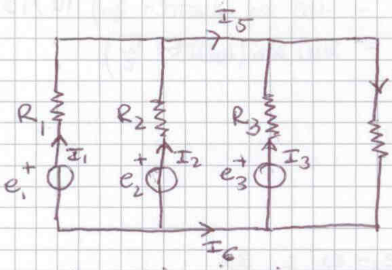
$P_R = 1\,KW \rightarrow$ (è bipolo passivo

l'energia non si crea ne si distrugge

$P_G = P_U$

$-1000 + 2000 = 1000$

Elettronica ed Elettrotecnica   Lezione IV
13/10/11



lati = 4
$n = 2$

PRINCIPI DI KIRKHHOFF

① LEGGE DEI NODI : $\Sigma I = 0$ (la densità di carica non può cambiare)

② LEGGE DELLE MAGLIE : $\Sigma V = 0$ (la tensione tra due punti non dipende dal percorso)

$I_1 + I_2 - I_5 = 0$ le equazioni indipendenti sono $(n-1)$

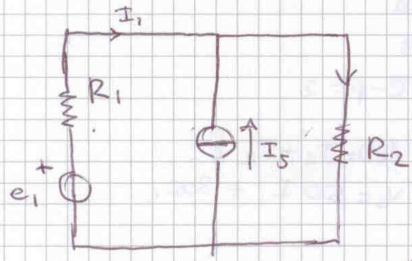
$p = n - 1$ (n° eq. indipendenti ai nodi)

maglie = percorso chiuso

le maglie indipendenti sono $\ell - p$

$+e_1 - V_{R_1} + V_{R_2} - e_2 = 0$ $e_1 - e_2 = V_{R_1} - V_{R_2}$

per scriverla direttamente ~~a~~ in questo modo faccio due volte il giro, la prima volta mi occupo dei generatori la seconda dei resistori $e_1 - e_2 = R_1 I_1 - R_2 I_2$



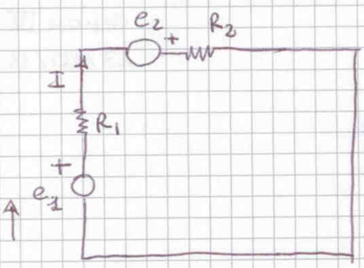
$$\begin{cases} +e_1 - V_S = R_1 I_1 \\ V_S = R_2 I_2 \\ I_1 + I_S - I_2 = 0 \end{cases}$$

$V_S = ?$
I

abbiamo tante incognite quanti sono i lati

$\ell - p$ alle maglie $p = 2 - 1 = 1$
p ai nodi $\ell - p = 3 - 1 = 2$

le soluzioni sono una combinazione lineare dell'eccitazione del sistema ~~delle soluzioni~~ dei termini noti lezione V 14/10/11



$e_1 = 10V - 120 \, sen\left(100\pi t + \frac{3}{4}\pi\right)$

$e_2 = 20V - 240 \, sen\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$

$R_1 = 6\,\Omega$

$R_2 = 4\,\Omega$

$e_1 + e_2 = R_1 I_1 + R_2 I$ $\qquad I = \frac{e_1 + e_2}{R_1 + R_2} = 3A$

le soluzioni sono combinazione lineare delle cause

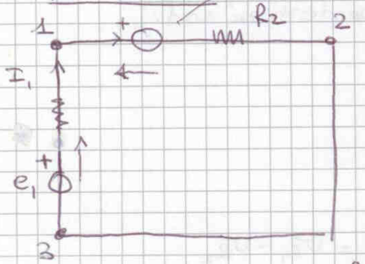
$V_{R_2} = R_2 I = 4 \cdot 3 = 12V$

$P_{e_1} = 10 \cdot 3 = 30$ Watt $\qquad P_{e_2} = 20 \cdot 3 = 60$ Watt

Potenza prodotta $= P_{e_1} + P_{e_2} = 90W$

$\boxed{P = RI^2}$

per questo generatore utilizzo la convenzione degli utilizzatori



$P_{e_1} = 10(-1) = -10W$ (utilizzatore si sta caricando)

$P_{e_2} = 20(-1) = -20W$ (questo ha lo stesso segno ma utilizzo la convenzione degli utilizzatori)

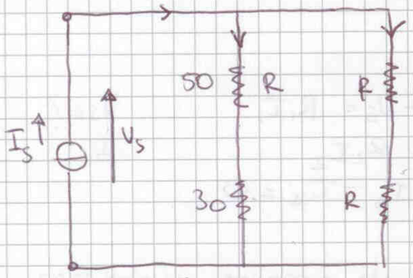
$P_G = 10W$

$n = 3$

$\ell = 3$

$\ell - (n-1) = 3 - (3-1) = 1$

PARTITORE CORRENTE

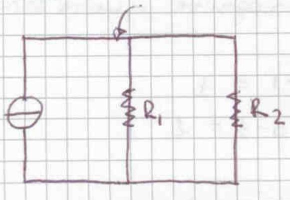


$p = 1$

$\ell = 3$

$m = \ell - p = 2$

$$\begin{cases} 100 = I_1 + I_2 \\ V_S = 50 I_1 + 30 I_1 \end{cases}$$

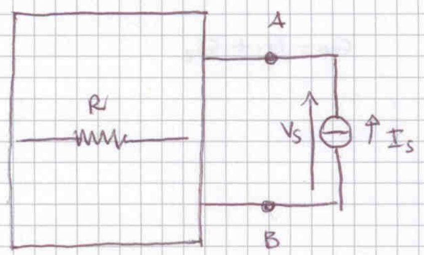


PARTITORE DI CORRENTE: la corrente totale si ripartisce tra i due resistori in proporzione inversa al valore della loro resistenza

Elettronica ed Elettrotecnica

Lezione V
14/10/11

Bipolo passivo:



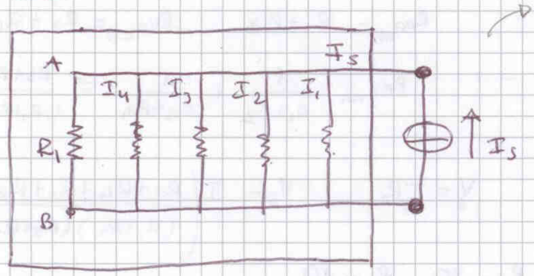
$$V_S = \alpha I_S$$

$$V_S = R I_S$$

ad ogni rete passiva deve esistere una resistenza equivalente dalla somma opportuna delle resistenze

PARALLELO

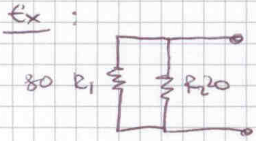
da svolgere



$$I_S = G_1 V_S + G_2 V_S + G_3 V_S$$

$$G = \frac{I_S}{V_S}$$

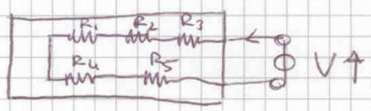
Ex :



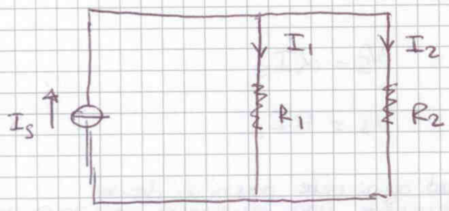
$$G_1 = \frac{1}{80} \; ; \; G_2 = \frac{1}{20}$$

$$G_P = \frac{1}{80} + \frac{1}{20} = \frac{20+80}{20 \cdot 80}$$

$$R_P = \frac{1}{G_P} = \frac{20 \cdot 80}{20+80} = 16\ \Omega$$



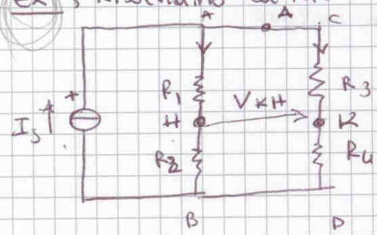
Risolviamo la rete



$G_P = G_1 + G_2$

da fare

Ex: Risolviamo la rete

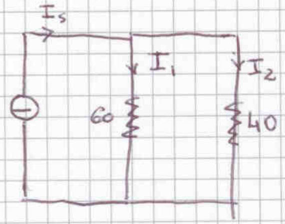


$Req_{AB} = R_1 + R_2$ $Req_{CD} = R_3 + R_4$

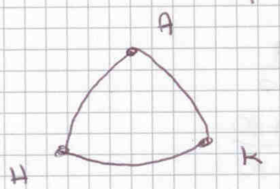
$$Req_{TOT} = \frac{1}{R_1+R_2} + \frac{1}{R_3+R_4} = \frac{R_3+R_4+R_1+R_2}{(R_1+R_2)(R_3+R_4)} =$$

$V_s = I_s R$ $V_s = I\left(\frac{R_3+R_4+R_1+R_2}{(R_1+R_2)(R_3+R_4)}\right)^{-1}$

$I_s = 10A$ $R_1 = 40$ $R_2 = 20$ $R_3 = 30$ $R_4 = 10$



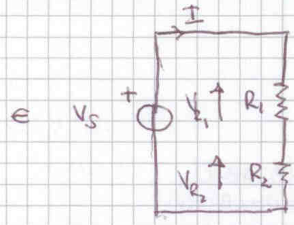
$I_1 = I_s \frac{40}{60+40}$ $I_2 = I_s \frac{60}{100}$



$V_{KH} = -R_3 I_2 + R_1 I_1$

Elettronica ed Elettrotecnica

lezione VI
17/10/11



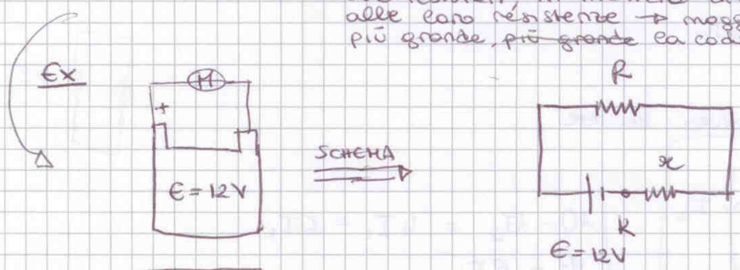
$$V_s = (R_1 + R_2) I$$

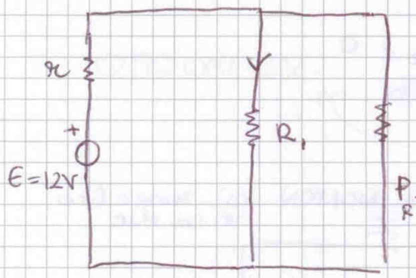
$$V_{R_1} = R_1 \left(V_s \frac{1}{R_1+R_2} \right)$$

$$V_{R_1} = V_s \frac{R_1}{R_1+R_2}$$

PARTITORE DI TENSIONE: la tensione v del generatore si ripartisce fra i due resistori, in maniera direttamente proporzionale alle loro resistenze → maggiore è la resistenza più grande, ~~più grande~~ la caduta di tensione

Ex





$$I = \frac{\mathcal{E}}{r+R} = \frac{12}{r+R} = 4A$$

$$P_R = R I^2$$

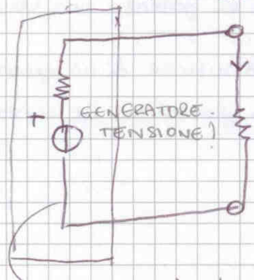
① nelle reti resistive il massimo trasferimento di potenza si ha quando la resistenza esterna è uguale a quella interna

$$r = 1\Omega \quad R = 1\Omega$$

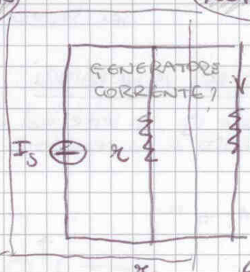
$I_{cc} = 400A$ (corrente di corto circuito)

RAPPRESENTAZIONE THEVENIN

NORTON: si utilizza quando le R esterne sono molto minori di quelle interne



$$I = \frac{\mathcal{E}}{r+R}$$

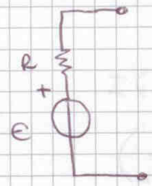


$$I = I_s \frac{r}{r+R} = \frac{\mathcal{E}}{r} \cdot \frac{r}{r+R}$$

→ in corto ho una dissipazione molto alta

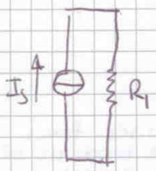
→ questo generatore in corto non soffre

$E = 100V$
$R = 10\,\Omega$



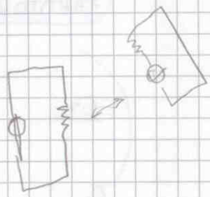
THEVENIN

SONO INTERCAMBIABILI
EQUIVALENZA BIPOLI ATTIVI



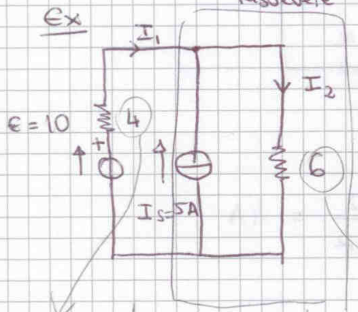
NORTON

$I_s = 10A$
$R_1 = 10\,\Omega$



Ex

Risolvere la rete

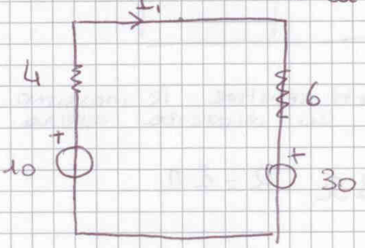


$$\begin{cases} 10 - V_s = 4 I_1 \\ V_s = 6 I_2 \\ I_1 - I_s - I_2 = 0 \\ I_1 + 5 - I_2 = 0 \end{cases}$$

x3 = PACIOTTO

PACCIO!

rappresentazione NORTON mi semplifica la rete



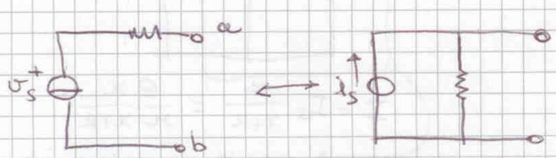
$10 - 30 = 10 I_1$
$I_1 = -2A$

$V_s = 18 \quad I_1 = -2 \quad I_2 = 3$

$$\begin{cases} P_{E_1} = -20W \\ P_{I_s} = 90W \end{cases}$$

nei bipoli attivi i conti con le potenze non tornano

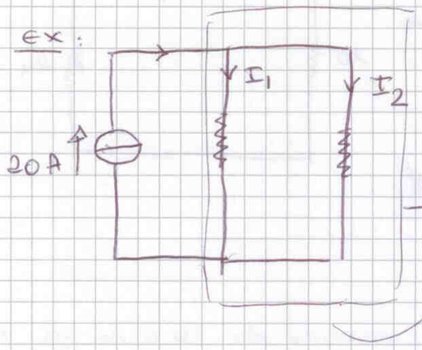
TRASFORMAZIONE DEI GENERATORI: è l'operazione di sostituzione di un generatore di tensione v_s, in serie ad un resistore R, con un generatore di corrente i_s in parallelo a un resistore R o viceversa



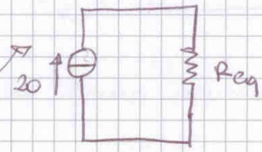
Elettronica ed elettrotecnica

VII lezione
18/10/11

Ex:

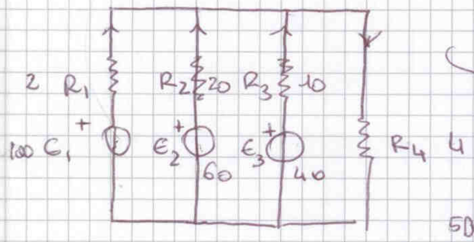


→ equivalenza tra bipoli passivi

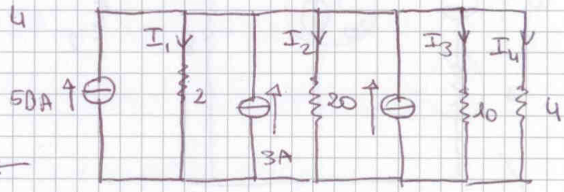


→ le potenze qui si mantengono

Ex



trasformo tutti i generatori THEVENIN in NORTON



tensione unica tra ogni bipolo

→ reti di distribuzione di energia elettrica

TENSIONE NODALE

DIMOSTRAZIONE MILMANN:

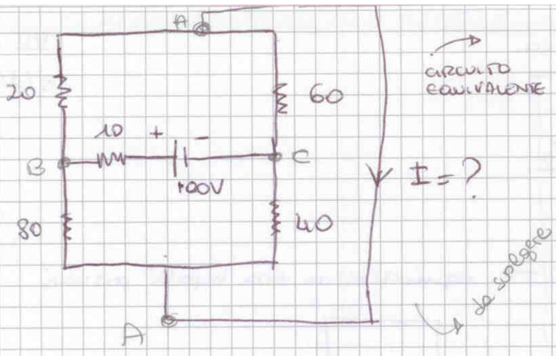
$$50+3+4 = I_1+I_2+I_3+I_4$$

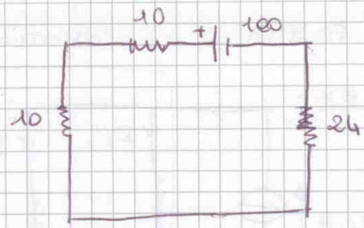
$$I_{s_1}+I_{s_2}+I_{s_3} = \frac{V_n}{R_1}+\frac{V_n}{R_2}+\frac{V_n}{R_3}+\frac{V_n}{R_4} = V_n(G_1+G_2+G_3+G_1)$$

$$\boxed{V_n = \frac{\Sigma I_s}{\Sigma G_i}}$$ (tensione nodale) → MILMANN

$$\boxed{V_n = \frac{\Sigma \frac{E_i}{R_i}}{\Sigma G_i}}$$

Reti di fase vuol dire con più generatori (3 generatori trifase)

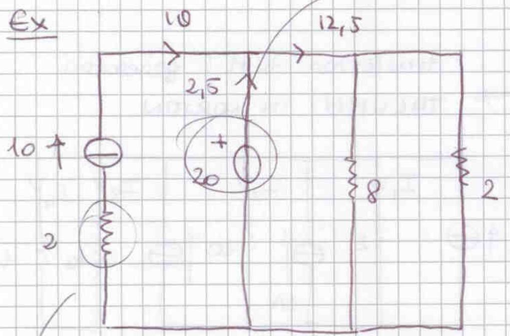




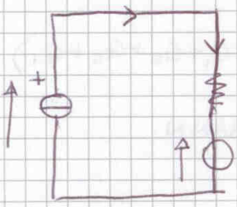
Visto che B è in comune quindi le resistenze da 20 e da 80 sono in parallelo

questo mi impone una tensione di 20

Ex



e' inferente di questa resistenza sta nel fatto che cambia la tensione che sta nel generatore

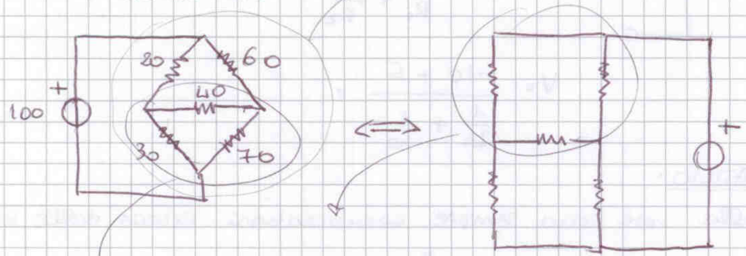


Elettronica ed elettrotecnica

VII lezione
18/10/11

Ex
Risolvere la rete

circuito a ponte



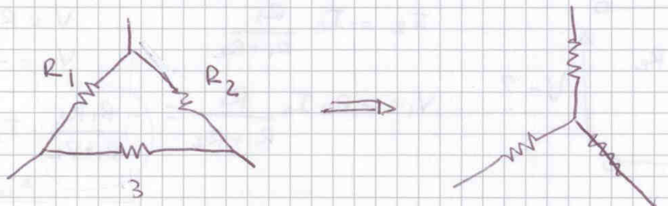
STRUTTURA A TRIANGOLO

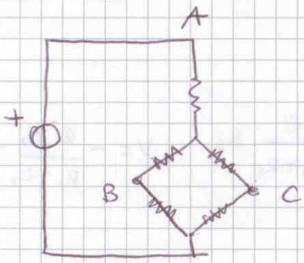
Δ → ⅄

TRIANGOLO STELLA

queste strutture sono intercambiabili

STRUTTURA A TRIANGOLO

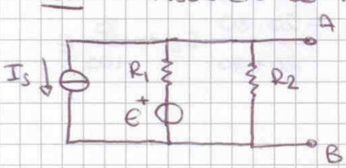




ESERCITAZIONE

VIII lezioni
20/10/11

Ex: Risolvere la seguente rete



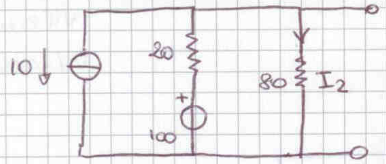
RETE vista da A, B

(!) la tensione nodale la applico solamente quando sono i ponti

tensione a vuoto vista da A, B ? → calcolare

$$V = \frac{-I_S + \frac{E}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

o utilizzo la sostituzione / sostituzione NORTON / TEVENIN



$$V = \frac{-I_S + \frac{\epsilon}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{\Sigma I_n}{\Sigma G}$$

$$V = \frac{-10 + 5}{\frac{1}{20} + \frac{1}{80}} =$$

METODO ALTERNATIVO:

le soluzioni della rete sono sempre combinazioni lineari delle eccitazioni

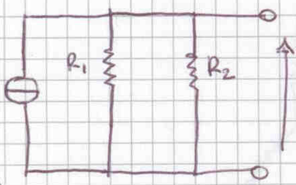
$$V = c_1 I_S + C_2 \epsilon = \underbrace{R I_S}_{V_1} + \underbrace{A \epsilon}_{V_2} = V_1 + V_2$$

Se pongo $\epsilon = 0$ $\quad V_1 = R I_S$

Se pongo $I_S = 0$ $\quad V_2 = A\epsilon$

PRINCIPIO SOVRAPPOSIZIONE DEGLI EFFETTI:

pongo a 0 e' eccitazione

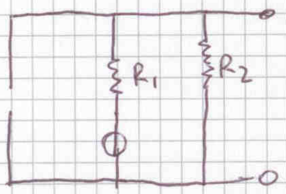


$$I_2 = I_S \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V = RI$$
$$V_1 = -RI$$

$$V_1 = -R_2 I_S \frac{R_1}{R_1 + R_2} = -\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \cdot I_S$$

coeff



$$I_S = 0$$

$$V_2 = R_2 I_2 = \frac{\epsilon}{R_1 + R_2} R_2 \qquad V = -\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} I_S + \frac{R_2}{R_1 + R_2} \epsilon$$

RISULTATO : $V = -\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} I_S + \frac{R_2}{R_1 + R_2} \epsilon = \frac{-20 \cdot 80}{20 + 80} I_S + \frac{80}{100} \epsilon$

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/

Autore : Holsi Hasanaj | Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre

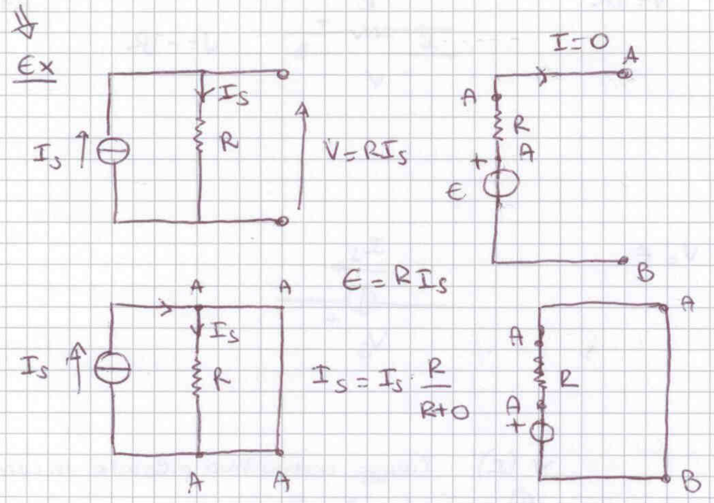
Professore: Paolo Del Vecchio | Anno di produzione: 2012-2013

Elettronica ed Elettrotecnica

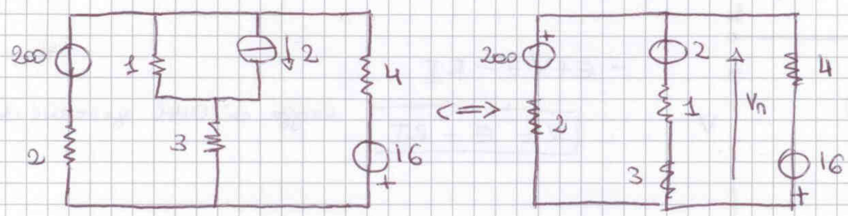
VIII edizione

20/10/11

Ex



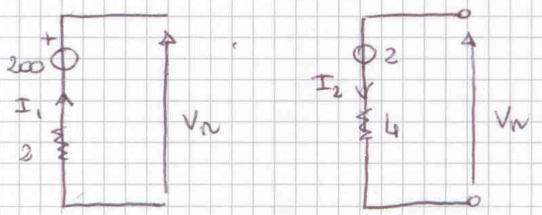
Ex



Posso fare in due modi ① principio di sovrapposizione degli effetti

oppure ② tensione nodali

$$V_n = \frac{\frac{200}{2} - \frac{2}{4} - \frac{16}{4}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4}}$$

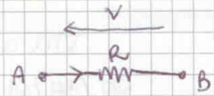


$$2 + V_n = +4I_2$$

$$I_2 = \frac{2 + V_n}{4}$$

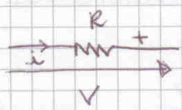
$$200 - V_n = 2 \cdot I_1$$

IX lezione
21/10/11

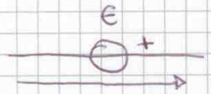


$V = IR$

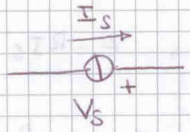
$\Phi(A) - \Phi(B)$



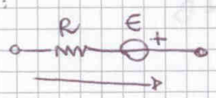
$V = -IR$



$V = \epsilon$



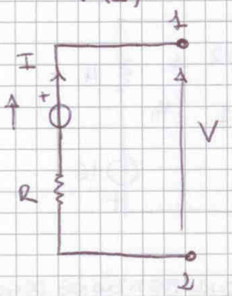
Ex :



V (I) (legge costitutiva pilotata in corrente)

(!) se il bipolo è opposto o so la convenzione

V (I)



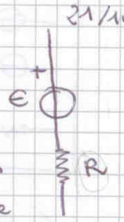
$-\epsilon + V = -RI$

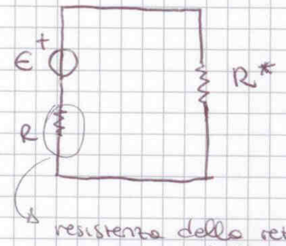
$\boxed{V = \epsilon - RI}$ legge di OHM generalizzato

Elettronica ed Elettrotecnica

IX lezione
21/10/11

TEOREMA DI THEVENIN: qualunque rete vista da due punti si può rappresentare con un generatore di tensione e una resistenza interna del generatore

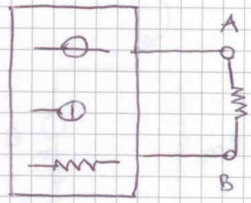


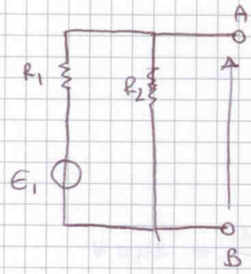


resistenza della rete passiva equivalente

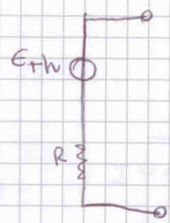
$\mathcal{E} = 0$ e $I = 0$

definizione: il teorema di Thevenin afferma che un circuito lineare con due terminali può essere sostituito con un circuito equivalente formato da un generatore di tensione V_{th} in serie con un resistore R_{th}, in cui V_{th} è la tensione a vuoto ai terminali e R_{th} è la resistenza di ingresso, o equivalente, vista agli stessi terminali, quando i generatori indipendenti sono spenti.





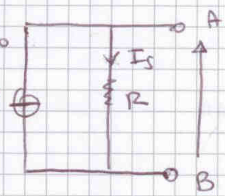
$$V = \mathcal{E}_{Th} = \mathcal{E}_1 \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2}$$

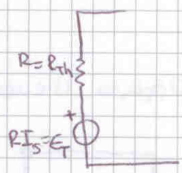


$$\mathcal{E}_1 \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2} = \mathcal{E}_{th}$$

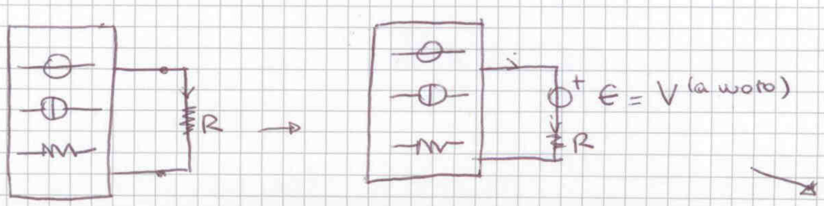
TEOREMA DI NORTON: è un teorema duale rispetto a thevenin

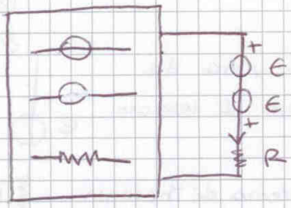
afferma che un circuito lineare con due terminali può essere sostituito da un circuito equivalente formato da un generatore di corrente I_N, in parallelo a un resistore R_N, in cui I_N è la corrente di corto circuito ai terminali e R_N è la resistenza equivalente, o resistenza di ingresso ai terminali, quando i generatori indipendenti sono spenti





dimostrazione TEOREMA THEVENIN

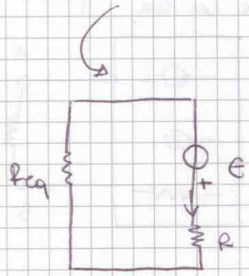




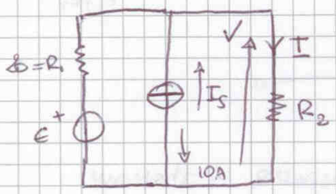
APPLICO IL PRINCIPIO DI SOVRAPPOSIZIONE

thevenin lo applico prima agli n-1 elementi e poi ad n

$I_1 = 0$



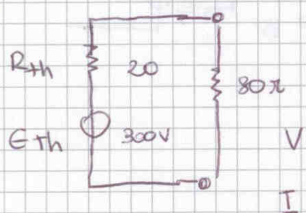
Ex



$$I = \frac{240}{80} = 3A$$

$$V = \frac{\frac{100}{20} + 10}{\frac{1}{20} + \frac{1}{80}} = \frac{5+10}{\frac{1}{16}} = 240\,V$$

applico Thevenin



$$V = E + R_1 I = 100 + 20 \cdot 10 = 300$$

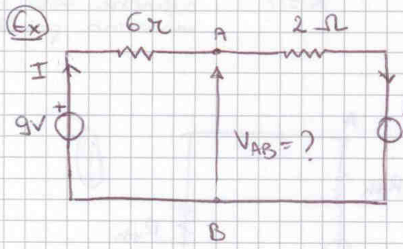
$$I = \frac{300}{100} = 3A$$

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj — Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Professore: Paolo Del Vecchio — Anno di produzione: 2012-2013

Elettronica ed Elettrotecnica

X lezione
24/10/11

Ex

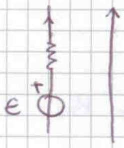


$V_{AB} = ?$ $\quad P_{9V} = ?$

$+9 - 3 = 6I + 2I$

$I = \frac{6}{8} = 0{,}75$ A

USO LEGGE DI OHM GENERALIZZATA



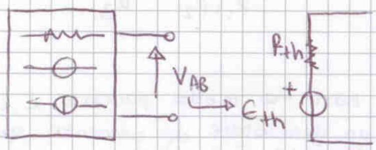
$V = \varepsilon - RI$

$$\left.\begin{aligned} V_{AB} &= +9 - 6 \cdot \frac{3}{4} = \\ V_{AB} &= +3 + 2 \cdot \frac{3}{4} \end{aligned}\right\}$$

PRINCIPIO SOVRAPPOSIZIONE: $\quad V_{AB} - 9 = -6 \cdot \frac{3}{4}$

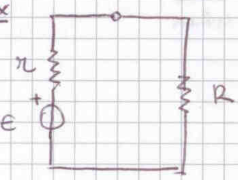
$P_{9V} = 9 \cdot \frac{3}{4} = \frac{27}{4}$ Watt $\qquad P_{3V} = 3 \cdot \frac{3}{4} = -\frac{9}{4}$

TEOREMA DI THEVNIN:



Come ottengo la massima potenza?

Ex



$$P_R = R \cdot I^2 = R\left(\frac{\varepsilon}{r+R}\right)^2 = \frac{R\,\varepsilon^2}{(r+R)^2} =$$

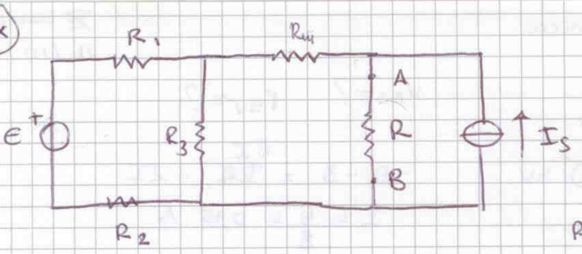
$$= \frac{R\,\varepsilon^2}{r^2 + R^2 + 2rR} = \frac{\varepsilon^2}{\left(\frac{r^2}{R} + R + 2r\right)}$$

$$\frac{\partial P}{\partial R} = -\frac{r^2}{R^2} + 1 = 0 \qquad \frac{r^2}{R^2} = 1 \iff r = R$$

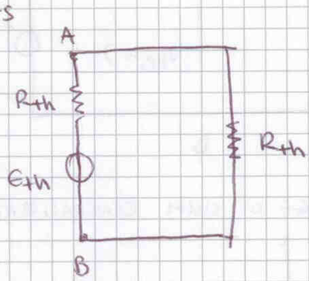
$$\boxed{P_{MAX} = r\left(\frac{\varepsilon^2}{4r^2}\right) = \frac{\varepsilon^2}{4r}}$$

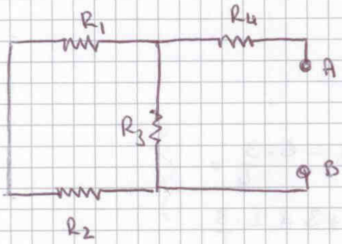
// potenza massima che la batteria può fornire

Ex



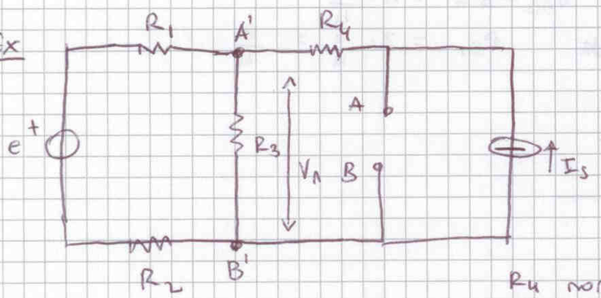
$R = ?$ affinché assorba la massima potenza





$$\left(\frac{1}{R_1+R_2}+\frac{1}{R_3}\right)^{-1}+R_4 = R$$

Ex

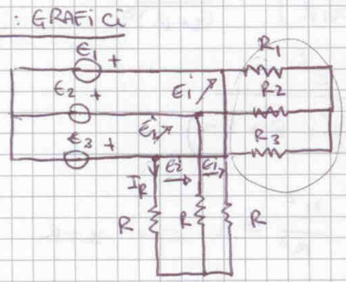


$$V_n = \frac{\frac{E}{R_1+R_2}+I_s}{\frac{1}{R_1+R_2}+\frac{1}{R_3}}$$

R_4 non la metto poiché è collegata ad un generatore di corrente quindi la corrente è la stessa

$V_n = V_s - R_4 I_s$ $\quad V_s = V_n + R_4 I_s = \frac{E^2}{4R_{th}}$

Ex : GRAFICI



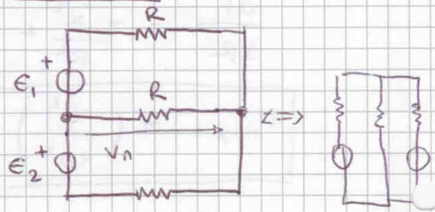
$I_R = ?$

$E_1' - E_1 + E_2 = 0$

$E_1' = E_1 - E_2$

$E_2' = E_2 - E_3$

OSSERVAZIONE

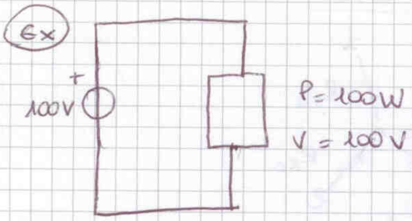


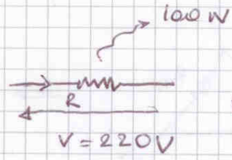
le tensioni di correnti dipendono dalle tensioni

Elettronica ed Elettrotecnica

X lezione
24/10/11

Ex

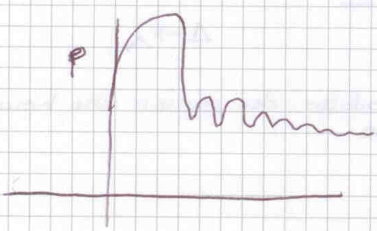




$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{220^2}{100} = 484\Omega$$

resistenza quando la lampadina è accesa

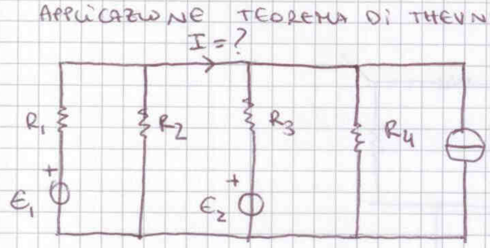
è 45 Ω (non in funzione)



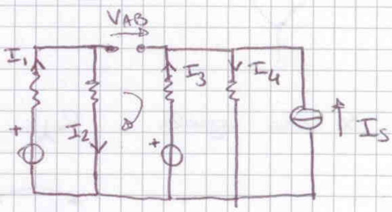
$$P = \frac{V^2}{45} = \frac{48400}{45}$$

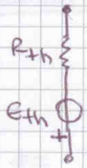
XI lezione
25/10/11

APPLICAZIONE TEOREMA DI THEVNIN



la cosa più semplice in questo caso è di togliere





applico KIRCHOFF:

$$V_{AB} - \mathcal{E}_2 = -R_3 I_3 - R_2 I_2$$

$$V_{AB} = \mathcal{E}_2 - R_3 I_3 - R_2 I_2 = \mathcal{E}_{th}$$

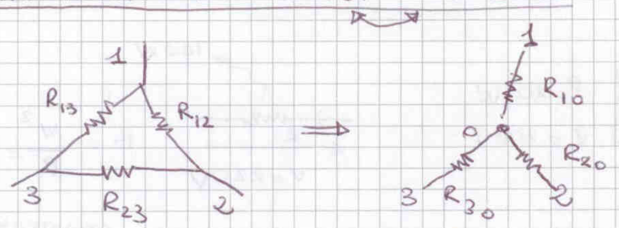
kirchoff alla stessa maglia

$$\mathcal{E}_1 = R I_2 + R_2 I_2 \qquad I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2}$$

per trovare I_3 faccio la trasformazione NORTON - THEVNIN

$$\mathcal{E}_2 - R_4 I_S = R_3 I_3 + R_4 I_3$$

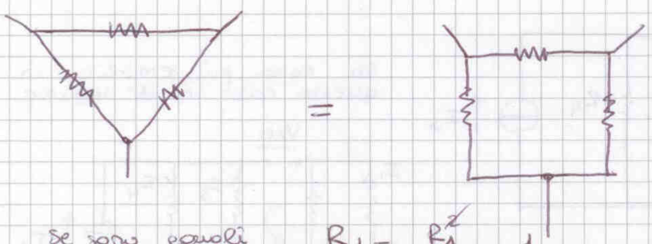
TRASFORMAZIONI STELLA TRIANGOLO



$$R_{10} = \frac{R_{13} \cdot R_{12}}{R_{13} + R_{12} + R_{23}} = \frac{R_{13} \cdot R_{12}}{\Sigma R} \qquad \Delta \to \lambda$$

REGOLA MNEMONICA : faccio il prodotto dei resistori che hanno lo stesso vertice

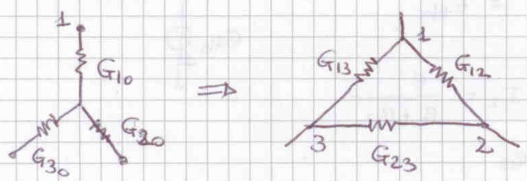
$$R_{20} = \frac{R_{12} \cdot R_{23}}{\Sigma R_{R}} \qquad R_{30} = \frac{R_{13} \cdot R_{23}}{\Sigma R}$$



se sono eguali $R_\lambda = \frac{R_\Delta^{\cancel{2}}}{3\cancel{R_\Delta}} = \frac{1}{3} R_\Delta$

TRASFORMAZIONE TRIANGOLO - STELLA

porlo in conduttanze



(!) la resistenza a triangolo è maggiore di quella a stella

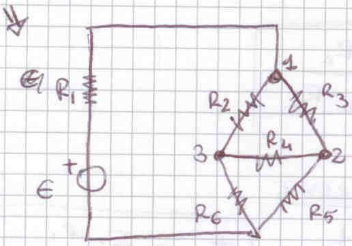
$$G_{12} = \frac{G_{10}\, G_{20}}{\sum_n G_{n0}} \qquad G_{23} = \frac{G_{20}\, G_{30}}{\sum_n G_{n0}} \qquad G_{13} = \frac{G_{10}\, G_{30}}{\sum_n G_{10}}$$

se sono eguali $G_\Delta = \frac{1}{3} G_\lambda \iff \frac{1}{R_\Delta} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{R_\lambda}$

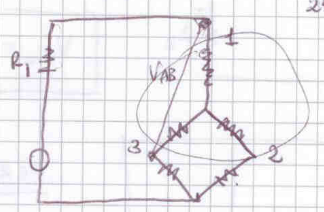
Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

Elettronica ed Elettrotecnica

XI lezione
25/10/11



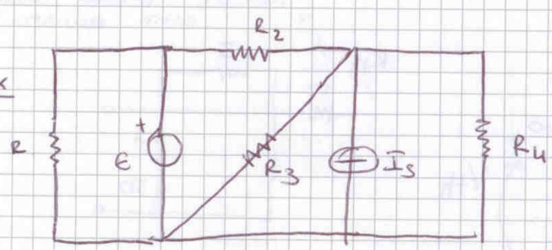
copio la rete non scrivendo le resistenze che voglio sostituire



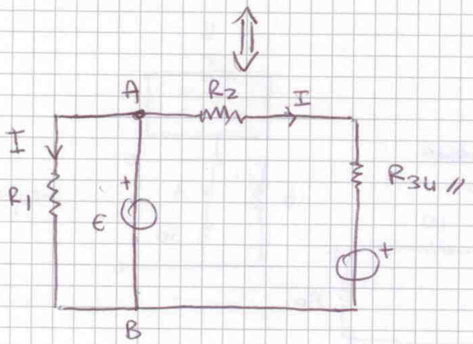
Per trovare le nuove correnti conosco V_{AB} e applico Kirkooff

La potenza della rete passiva equivalente alla somma delle 3

Ex

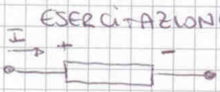


$R_4 // R_3$



ESERCITAZIONE

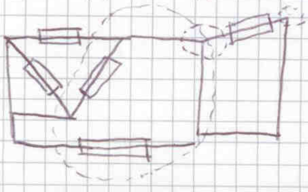
XII lezione
26/10/11



$V = R \cdot I = V_A - V_B$

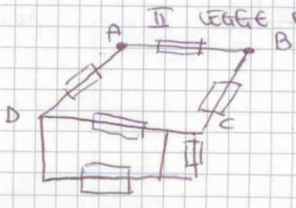
CIRCUITO PASSIVO: causa limitata nel tempo → effetto limitato

I LEGGE DI KIRKHHOFF



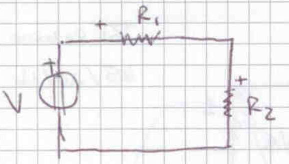
$\Sigma I_n = \Sigma I_{tot}$

II LEGGE DI KIRCHHOFF



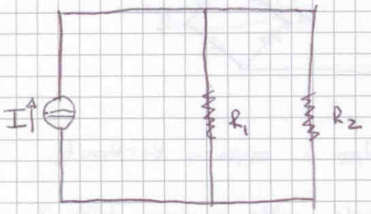
$\Sigma V_i = \emptyset$

$V_{AB} + V_{BC} + V_{CD} + V_{DA} = \emptyset$



PARTITORE DI TENSIONE

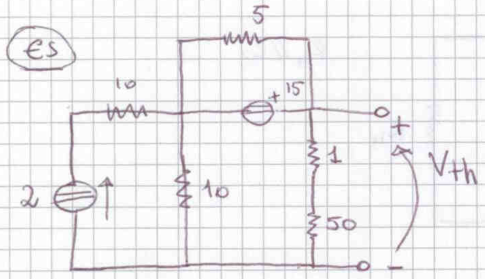
$$\boxed{V_{R_2} = R_2 I = V \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}}$$



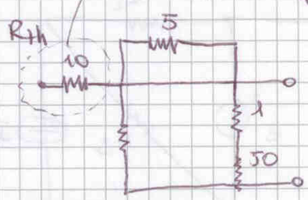
PARTITORE DI CORRENTE

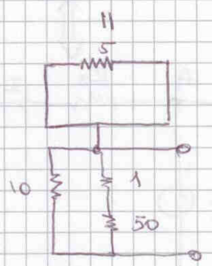
$$I_{R_2} = I \cdot R_P \cdot \frac{1}{R_2} \qquad \boxed{I_{R_2} = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}}$$

ES



non c'è poiché tanto corrente entra quanto ne esce



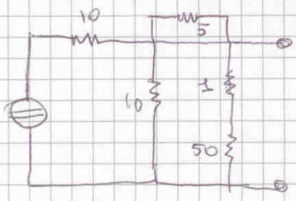


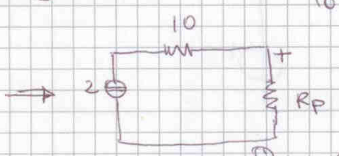
$R_{eq} = 8{,}36\ \Omega$

PRINCIPIO DI SOVRAPPOSIZIONE

ANNULLO IL GENERATORE DI TENSIONE

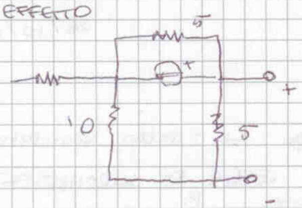
① EFFETTO





$V_{th}^{①} = R_P \cdot I$

② EFFETTO

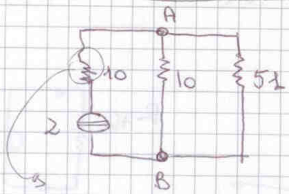


$$V_{th}^{②} = \frac{R_S}{10 + R_S} \cdot V = 12{,}54$$

Elettronica ed Elettrotecnica

XII lezione
26/10/11

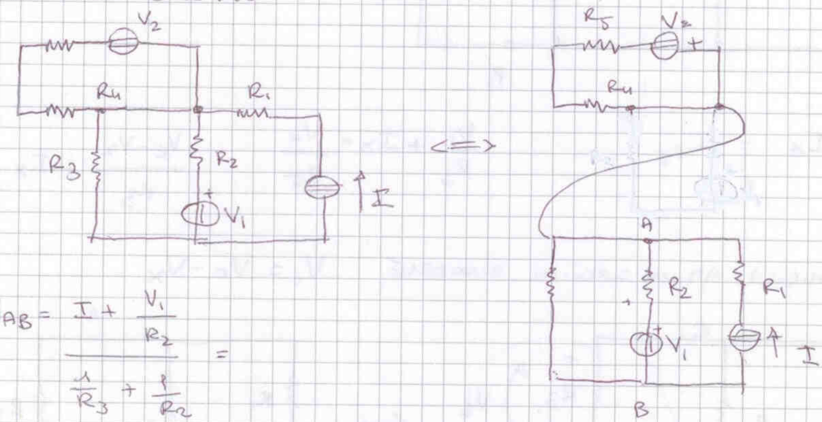
TENSIONE NODALE O TEOREMA DI MILLMANN



$$V_{AB} = \frac{2}{\frac{1}{10} + \frac{1}{51}}$$

non bisogna mai considerare questa resistenza poiché

ESERCIZIO D'ESAME

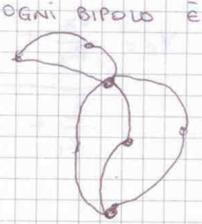


$$V_{AB} = \frac{I + \frac{V_1}{R_2}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2}} =$$

$$V'_{R_2} = V_1 - V_{AB} \qquad P_{R_2} = \frac{(V_{R_2})^2}{R_2}$$

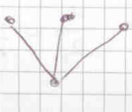
GRAFO

OGNI BIPOLO È UN RAMO

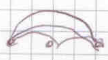


NODI: COLLEGAMENTI TRA BIPOLI

ALBERO

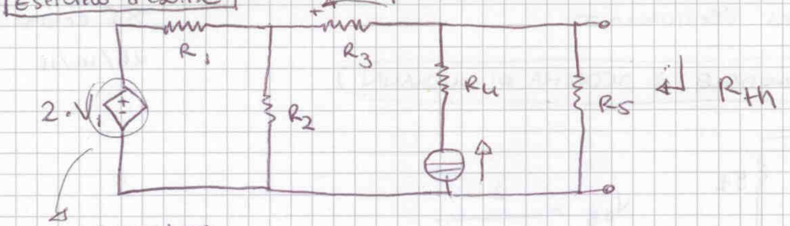


CO-ALBERO

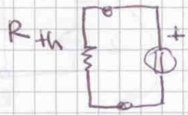


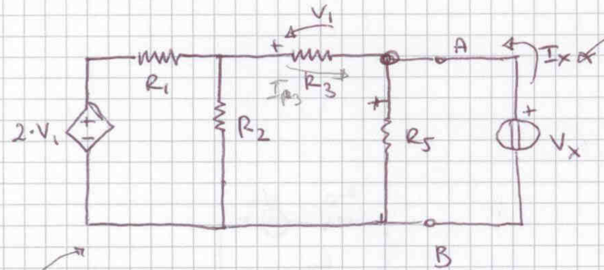
Esercizio d'esame

XIII lezione
27/10/11



generatore controllato in corrente





$V_x = R_{th} \cdot I_x$

la impongo io

$R_{th} = \frac{V_x}{I_x}$

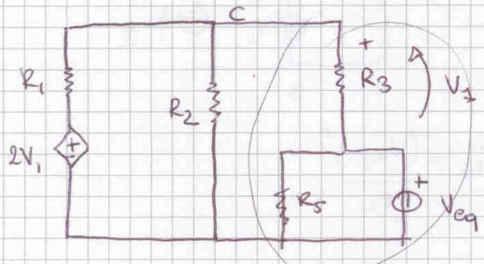
$I_{R_3} + I_x = I_{R_5}$

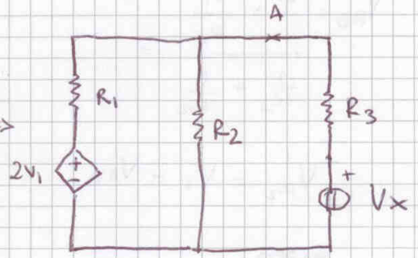
$\frac{V_1}{R_3} + I_x = \frac{V_x}{R_5}$

$\frac{V_c - V_x}{R_3} + I_x = \frac{V_x}{R_5}$

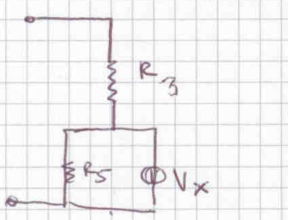
ASSOMIGLIA AD UN CIRCUITO BINODALE

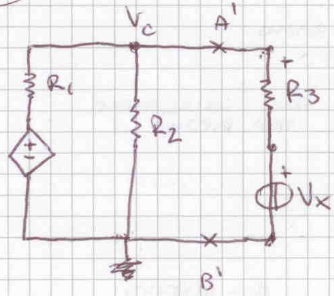
$V_1 = V_c - V_x$





corto circuito





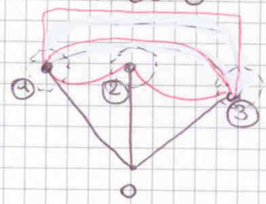
$$V_c = \frac{\frac{V_x}{R_3} + \frac{2V_1}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{\frac{V_x}{R_3} + \frac{2(V_c - V_x)}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

Elettronica ed Elettrotecnica

XIII lezione
27/10/11

GRAFO

ALBERO



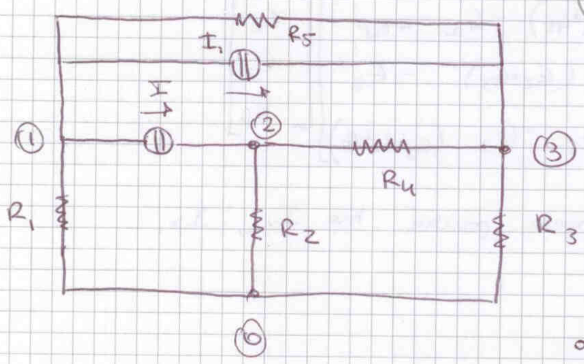
n nodi $= 4$

r rami $= 7$

~~ab~~ albero $\Rightarrow (n-1)$ rami $= 3$

co-albero $\Rightarrow (r-n+1)$ rami $= 4$

Ex :



METODO DEI NODI

$V = R \cdot I$

$I = \frac{1}{R} V$

$I = G \cdot V$

le sisteme nelo dice $n-1$

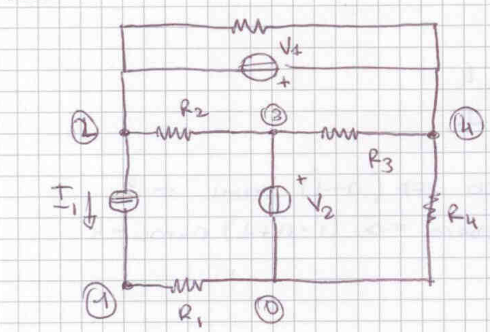
ogni bipolo è un ramo

sulla diagonale è sempre positivo, fuori è sempre negativo

$$[I] = [G]\,[V]$$

$$\begin{bmatrix} -I_1-I_2 \\ I_2 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (G_1+G_5) & 0 & -G_5 \\ 0 & (G_2+G_4) & -G_4 \\ -G_5 & -G_4 & (G_5+G_4+G_3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix}$$

Ex



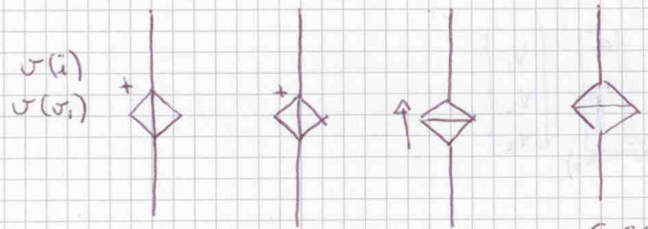
$$\begin{bmatrix} I_1 \\ -I_1 - I_{x_1} \\ I_{x_2} \\ I_{x_1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (G_2+G_5) & -G_2 & -G_5 \\ 0 & -G_2 & (G_2+G_3) & -G_3 \\ 0 & -G_5 & -G_3 & (G_3+G_4+G_5) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \\ E_4 \end{bmatrix}$$

+ 2 equazioni da aggiungere poiché ho I_{x_2}, I_{x_1}

$$\begin{cases} V_1 = E_4 - E_2 \\ V_2 = E_3 \end{cases}$$

XIV lezione
28/10/11

GENERATORI DIPENDENTI



non sono bipoli!
perché dipendono da qualcos'altro

Generatore di tensione controllato in corrente
GTCC

GTCT

GCCC

GCCT

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

Elettronica ed Elettrotecnica

XIV Lezione

28/10/11

Reti resistive non esistono poiché non tengono conto del flusso del campo magnetico

CONDENSATORI : ("FARAD") → unità di misura

$C = 100\ mF$

$v_0 = 3V$

2 LEGGI COSTITUTIVE

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\text{quantità di carica}}{\text{quantità di tensione}}$$

non può essere considerato né come utilizzatore che come generatore in media è neutro

$$C = \frac{dq}{dV} = \frac{i\,dt}{dV} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \int_{v_0}^{v} dv = \int_0^t \frac{1}{C} i\,dt \Rightarrow \boxed{v = \frac{1}{C}\int_0^t i\,dt + v_0 \qquad v(i)}$$

condensatore controllato in corrente

$$\boxed{i = C\frac{dv}{dt}} \quad (i(t))$$

(configurazione ~~NORTON~~ THEVENIN)

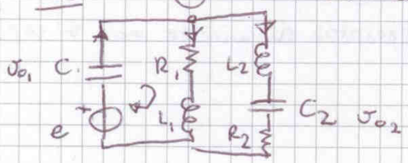
INDUTTORE

(configurazione ~~THEVENIN~~ NORTON)

è duale con il condensatore

$$\boxed{v = L\frac{di}{dt}} \quad v(i) \qquad \boxed{i = C\frac{dv}{dt}} \quad i(v)$$

Es ① Risolvere con rete



$$i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

KIRKOFF

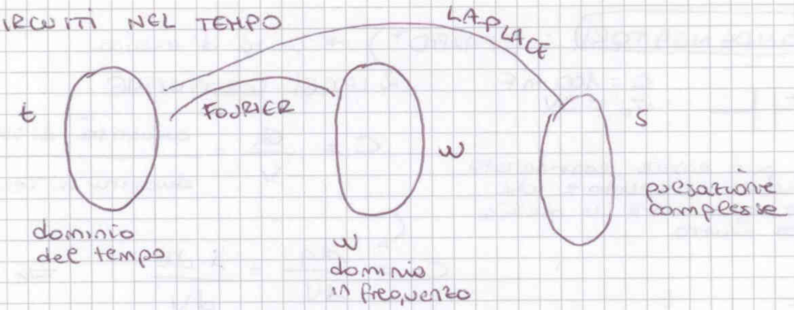
$$\begin{cases} e + v_{o_1} = \frac{1}{C}\int_0^t i\,dt + R_1 i_2 + L\frac{di_2}{dt} \\ -v_{o_2} = -L_1\frac{di_2}{dt} - R_1 i_2 + i_2\frac{di_3}{dt} + \frac{1}{C}\int i_3\,dt + R_2 i_3 \end{cases}$$

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio

Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

$\sqrt[3]{100} \longrightarrow \frac{1}{3} \log_3 100$

CIRCUITI NEL TEMPO

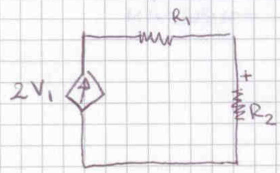


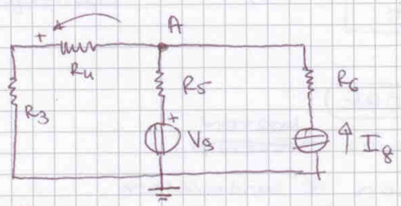
ES 1 : sinusoidali - isofrequenziali (condizioni di base)

SOLUZIONE NEL REGIME PERMANENTE → dopo un po' di tempo diventano sinusoidali - isofrequenziali

XV lezione
3/11/11

ESERCITAZIONE





$V_{R_2} = ?$

$V_{R_2} = R_2 \cdot 2V_1$

$V_A = \dfrac{I_g + \dfrac{V_g}{R_5}}{\dfrac{1}{R_3+R_4} + \dfrac{1}{R_5}}$

$I_{34} = \dfrac{V_A}{R_3 + R_4}$

$V_1 = -I_{34} \cdot R_4$

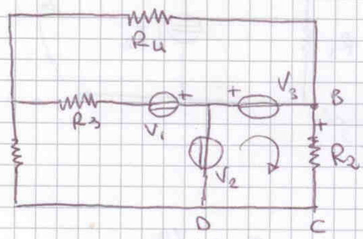
① In MILMANN le resistenze in serie con i generatori di corrente non si considerano

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

Elettronica ed Elettrotecnica

XV lezione
3/11/11

Es

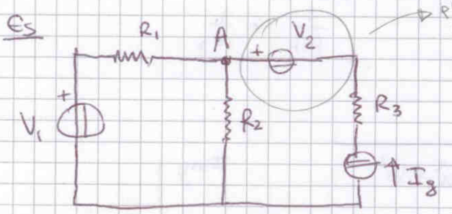


Pot. R_2 = ?

$V_2 - V_3 = R_2 I_2 \Rightarrow I_2 = \dfrac{V_2 - V_3}{R_2}$

$P = R_2 (I_2)^2$

Es



perché V_2 non conta è come se non ci fosse

il generatore I_g impone a la corrente nodale

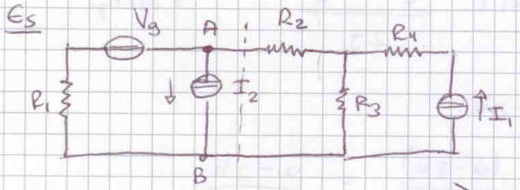
$P_{tot} = ?$

$$V_A = \frac{\frac{V_1}{R_1} + I_g}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

$P_{tot} = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3}$

$P_{R3} = R_3 I_g^2 \qquad P_{R2} = \dfrac{V_A^2}{R_2} \qquad P_{R1} = \dfrac{(V_A - V_1)^2}{R_1}$

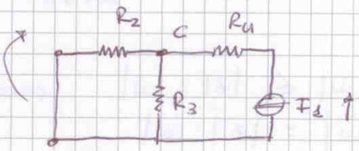
Es

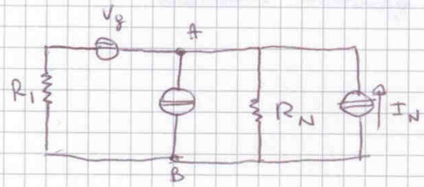


$P_{I_2} = ?$

$P_{I_2} = -V_A \cdot I_2$

cortocircuito



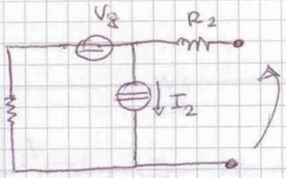


$R_N = R_2 + R_3$

$$I_N = \frac{1}{R_2} V_C = \frac{1}{R_2} \cdot \frac{I_1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$V_A = \frac{\frac{V_g}{R_1} + I_N - I_2}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_N}}$$

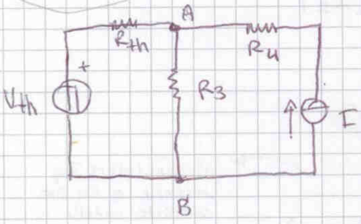
e se volessi sapere $V_{R_3} = ?$



$R_{th} = R_2 + R_1$

$V_{I_2} + V_g = R_1 I_2$ → non c'è una caduta di potenziale ai capi di R_2?

$V_{I_2} = V_{th} = R_1 I_2 + V_g$



$$V_{A'} = V_{R_3} = \frac{I_1 + \frac{V_{th}}{R_{th}}}{\frac{1}{R_{th}} + \frac{1}{R_3}}$$

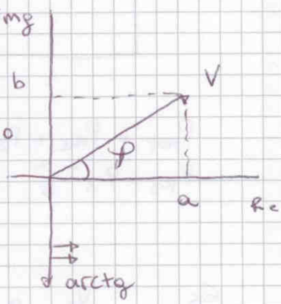
Richiamo NUMERI COMPLESSI

$\boxed{V = a + jb}$

$|V| = \sqrt{a^2 + b^2}$

$\varphi = \text{arctg}\left(\frac{b}{a}\right)$ se $a > 0$

$\varphi = \pi + \cancel{\text{argt}}\ \text{arctg}\left(\frac{b}{a}\right)$ se $a < 0$



NUMERO COMPLESSO

$$\boxed{V = |V| \cdot e^{j\varphi}} = |V|\left(\cos(\varphi) + j \sin(\varphi)\right)$$

$$\cos\varphi = \frac{e^{j\varphi} + e^{-j\varphi}}{2} \qquad \sin\varphi = \frac{e^{j\varphi} - e^{-j\varphi}}{2j}$$

$V = a + jb \Rightarrow V^* = a - jb$

$$\frac{1}{V} = \frac{1}{a+jb} = \frac{1}{a+jb} \cdot \frac{(a-jb)}{(a-jb)} = \frac{a-jb}{a^2+b^2}$$

$|z + w| \leq |z| + |w|$ poiché sono grandezze vettoriali

$|z \cdot w| = |z| \cdot |w|$

$|V|^2 = V \cdot V^* \qquad (V^*)^* = V$

Elettronica ed Elettrotecnica

Lezione XVI
4/11/11

nelle reti RLC non vale più il principio della combinazione delle eccitazioni (delle reti resistive) (!)

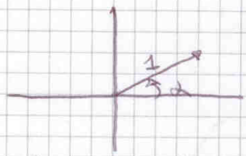
→ la somma di funzioni sinusoidali isofrequenziali sono sempre sinusoidali

(!) ~~Guardiamo~~ studiamo le reti dopo il transitorio

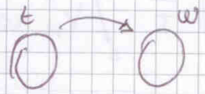
$$V_C(t) = v_0 + \frac{1}{C}\int i(t)\,dt \qquad i_C(t) = C\frac{dv}{dt}$$

$$V_L(t) = L\frac{di}{dt} \qquad i_L(t) = i_0 + \frac{1}{L}\int v(t)\,dt$$

PASSIAMO ~~DATTA~~ DAL DOMINIO DEL t a quello della PULSAZIONE



sen α



$$\operatorname{sen}\left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right) = \cos\alpha$$

$$\operatorname{sen}\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = \cos(\omega t)$$

Esprimo tutte le funzioni in SENO (elettrotecnica)

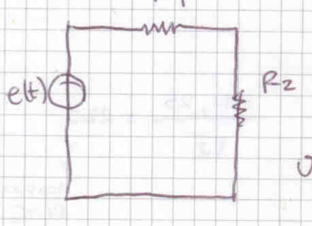
$$y(t) = \cos(\omega t)$$
$$y(t) = \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

tensione $v(t) = V_{MAX}\operatorname{sen}(\omega t + \alpha_V)$
corrente $i(t) = I_M \operatorname{sen}(\omega t + \alpha_I)$

se sono sfasate di 90 sono in QUADRATURA

se sono 180 in OPPOSIZIONE DI FASE

Ex



$$P_{R_2} = V_{R_2}\cdot I_{R_2} = R_2\, i_{R_2}^2$$

$$v_{R_2} = e(t)\cdot\frac{R_2}{R_1+R_2}$$

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

VALOR MEDIO DELLE FUNZIONI SINUSOIDALI

$v(t) = V_M \cdot \sin(\omega t + \alpha_v)$

$V_m = \int_0^T V_M \sin(\omega t)\, dt$

$f = 50\ Hz \rightarrow$ 50 cicli al secondo

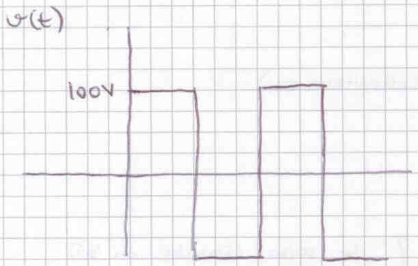
flicker = variazione di intensità

$\omega = 2\pi f = 100\pi$

$\omega = 314$

ROOT MEAN SQUARE = RMS
radice quadratica media → calcolare il valore efficace

$$\boxed{V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T V_M^2 \operatorname{sen}^2(\omega t)\,dt} = \frac{V_M}{\sqrt{2}}}$$



$V_M = V_{RMS}$

$T = \frac{1}{f}$ $\qquad \omega = 2\pi f$

$$= V_M \sqrt{\frac{1}{\omega T}\int_0^{\omega T = 2\pi} \operatorname{sen}^2(\omega t)\, d(\omega t)} = V_M\sqrt{\frac{1}{2\pi}\left[\frac{2\pi}{2}\right]} = \frac{V}{\sqrt{2}}$$

($\omega T \rightarrow 2\pi$)

FUNZIONE DI RETE

$v(t) = 311{,}25 \operatorname{sen}\left(100\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$

$\frac{311{,}25}{\sqrt{2}} = 220$ → tensione di RETE

$v(t) = 220\sqrt{2} \operatorname{sen}(100\pi t + \alpha_v)$

$$\begin{cases} i_s(t) = I_s\sqrt{2}\operatorname{sen}(\omega t + \alpha_i) \\ e(t) = E\sqrt{2}\operatorname{sen}(\omega t + \alpha) \end{cases}$$

Elettronica ed Elettrotecnica

Lezione XVI
4/11/11

$e(t) \Rightarrow \bar{E} = E\, e^{j\alpha_v}$

$230\sqrt{2}\ \mathrm{sen}\left(100\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$

$v(t) = 100 \cdot \sqrt{2}\ \mathrm{sen}\left(100\pi t - \frac{\pi}{4}\right)$

TRASFORMAZIONE NEL DOMINIO DI ω

$\bar{V} = 100\, e^{-j\frac{\pi}{4}} = 100\left[\cos\left(-\frac{\pi}{4}\right) + j\ \mathrm{sen}\left(-\frac{\pi}{4}\right)\right]$

Lezione XVII
7/11/11

$\mathrm{sen}\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = \cos(\omega t)$

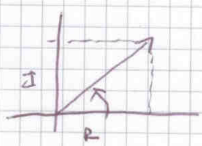
$e(t) = 30\sqrt{2}\ \mathrm{sen}\left(100\pi t + \frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow \bar{E} = 30\, e^{j\left(\frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{2}\right)}$

$e(t) = 30\sqrt{2}\cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{3}\right) \qquad \bar{E} = E\, e^{\alpha i}$

$\begin{cases} i(t) \\ v(t) \end{cases} \Rightarrow$ soluzione sinusoidali $\rightarrow \bar{I}$, $\rightarrow \bar{V}$

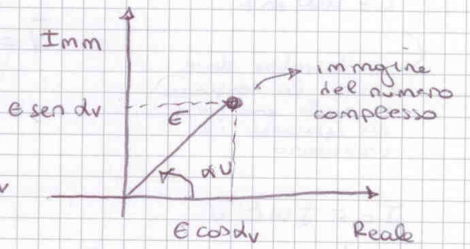
$\begin{cases} e(t) \\ i_s(t) \end{cases} \Rightarrow$ eccitazioni $\rightarrow \bar{E}$, $\rightarrow \bar{I}_s$

FASORI



$\bar{E} = E_R + j\, E_{im}$
$= E\, e^{j\alpha_v} = E\cos\alpha_v + j\, E\,\mathrm{sen}\,\alpha_v$

$\alpha_v = \mathrm{arctg}\left(\frac{Imm}{Reale}\right) \qquad \frac{Im}{R} = \mathrm{tg}\,\alpha_v$



(!) arg → è una tg mi dice auto[n]omaticamente in che quadrante sto

$t \qquad \omega = 100\pi$

$e(t)$, $i(t)$ → $\bar{E}$, $\bar{I}$

$v_c = \frac{1}{C}\int i\, dt$

(!) è integrale di una funzione sinusoidale è sinusoidale

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/

Autore : Holsi Hasanaj — Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre

Professore: Paolo Del Vecchio — Anno di produzione: 2012-2013

$v_C(t) = \frac{1}{C}\int i(t)\,dt$ (LEGGE COSTITUTIVA CONDENSATORE)

$= \frac{1}{C}\int I\sqrt{2}\,\text{sen}(\omega t)\,dt = I\sqrt{2}\,\frac{1}{C}\int \text{sen}(\omega t)\,dt = I\sqrt{2}\,\frac{1}{C}\,\frac{1}{\omega}\int \text{sen}(\omega t)\,\omega dt$

$= I\sqrt{2}\,\frac{1}{C}\,\frac{1}{\omega}\int \text{sen}(\omega t)\,d(\omega t) = -I\sqrt{2}\,\frac{1}{C}\cdot\frac{1}{\omega}\cos(\omega t) + c$

dove $c = 0$

$\overline{V}_C = -\,I\,\frac{1}{C}\,\frac{1}{\omega}\,e^{j\frac{\pi}{2}} = -I\cdot\frac{1}{C}\cdot\frac{1}{\omega}\,j = \frac{1}{j\omega}\cdot\frac{1}{C}\,I$

$\boxed{j = \frac{j\cdot j}{j} = \frac{j^2}{j} = -\frac{1}{j}}$

$\begin{cases} v = R\,i \\ \overline{V} = \frac{1}{j\omega C}\,\overline{I} \end{cases} \Rightarrow$ analogie

INDUTTORI

$v_L = L\,\frac{di}{dt}$

$= L\,\frac{d}{dt}\,I\sqrt{2}\,\text{sen}(\omega t) \rightarrow$

$v_L = \omega L\,I\sqrt{2}\cos(\omega t)$

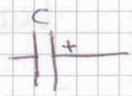
$v_L = \omega L I\sqrt{2}\,\text{sen}\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$

$v_L(t) = \omega L I\,e^{j\frac{\pi}{2}}$

$\overline{V}_L = j\omega L\,\overline{I}$

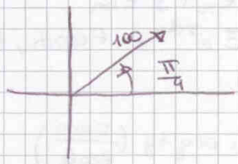
Ex

$C = 100\,mF$ $\rightarrow$ soluzione a regime permanente



$\overline{V} = 100\,e^{j\frac{\pi}{4}}$

(mi dovrebbe dare anche la tensione iniziale ma non mi interessa il transitorio



$I_C = j\omega C\,\overline{V}$

$= j\,\underbrace{10^2\pi}_{\omega}\cdot\underbrace{10^2\cdot 10^{-3}}_{C}\cdot 100\,e^{j\frac{\pi}{4}} = j\,10^3\pi\,e^{j\frac{\pi}{4}}$

$i_C(t) = 10^3\cdot\sqrt{2}\cdot\text{sen}\left(100\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$

$|\overline{I}_C| = \omega C\,|\overline{V}|$

$I_C = \omega C V$

(!) per passare nel dominio di ω devo prendere il valore efficace

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Professore: Paolo Del Vecchio Anno di produzione: 2012-2013

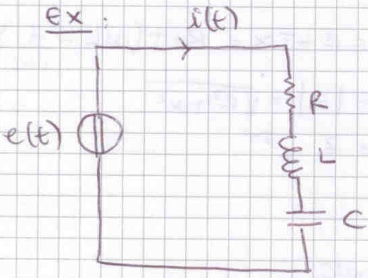
Elettronica ed Elettrotecnica Lezione XVII 7/11/11

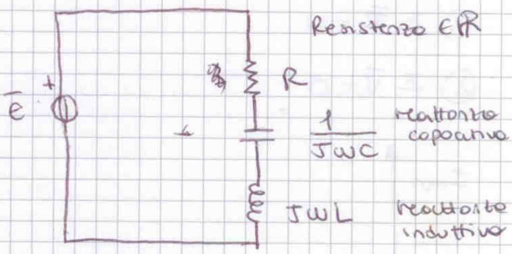
$I = \omega C V = 100\pi \cdot 10 \cdot 10^{-12} \cdot 2{,}3 \cdot 10^{2} = 7 \cdot 10^{-7}$

RESISTORE : $\xrightarrow[i(t)]{} R$

$v(t) = R\, i(t) = \quad \bar{V} = R \bar{I}$

Ex :





$\bar{V}_R = R\bar{I} \qquad \bar{V}_C = \frac{1}{J\omega C}\bar{I} \qquad \bar{V}_L = J\omega L \bar{I}$

$\bar{e} = R\bar{I} + \frac{1}{J\omega C}\bar{I} + J\omega L \bar{I} \quad = \quad \frac{\bar{e}}{R + \frac{1}{J\omega C} + J\omega L} = \bar{I}$

$\bar{e} = \left[R - J\frac{1}{\omega C} + J\omega L \right] \bar{I} \quad = \underbrace{R + JX}$

$\dot{Z}$ = impedenza

NEL REGIME PERMANENTE FACCIO QUESTO SCAMBIO

R $\longrightarrow$ Z $Z = R + JX$

Lezione XVIII 8/11/11

$X = \omega L - \frac{1}{\omega C} = X_L + X_C$

ωL → reattanza induttiva

$\frac{1}{\omega C}$ → Reattanza capacitiva

Risonanza se $L = \frac{1}{C}$

$Z = R + JX$

Z → impedenza

R → può essere sempre positivo

JX → può essere sia positivo che negativo

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Professore: Paolo Del Vecchio
Anno di produzione: 2012-2013

LEGGE COSTITUTIVA: $\bar V = \dot z \bar I$ convenzione utilizzatori

$\bar V = -\dot z \bar I$ convenzione dei generatori

(!) $\dot z$ è un numero complesso come $\bar V$ e $\bar I$ tuttavia lo indico con il pallino perché non deriva dalle funzioni sinusoidali (non ha valore efficace)

$$I = \frac{1}{\dot z}\cdot \bar V = \dot y \cdot \bar V$$

$\dot y$ → ammettenza

$\dot z$ → impedenza

$$|\dot z| = \sqrt{R^2+x^2}$$

LEGGI DI KIRBHOOFF

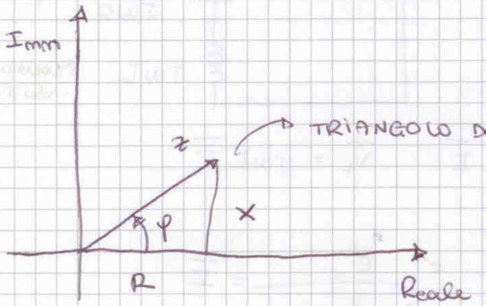
① $\Sigma \bar I = 0$

② $\Sigma \bar V = 0$

$$\dot z = R + jx = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

$$z = |\dot z| = \sqrt{R^2+x^2}$$

$$\dot z = z\, e^{j\varphi}$$



fase = anomali

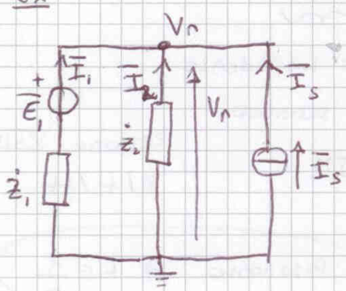
TRIANGOLO DELL'IMPEDENZA

$R = z\cdot\cos\varphi$

$x = z\cdot \text{sen}\,\varphi$

La Reattanza è il coefficiente della parte immaginaria

Ex



UTILIZZO MILMANN

$$\bar V_n = \frac{\text{somma correnti nodali}}{\text{somma delle conduttanze}}$$

$$\bar I_1 + \bar I_2 + \bar I_s = 0$$

$$\bar V_n = \frac{\frac{\bar E_1}{\dot z_1} + I_s}{\frac{1}{\dot z} + \frac{1}{\dot z_2}}$$

$V_n = -\dot z_2 \bar I_2$

$\bar I_2 = -\frac{V_n}{\dot z_2}$

$\bar V_n = \bar E_1 - \dot z I_1$

$\bar I_1 = \frac{\bar V_n - \bar E_1}{-\dot z_1}$

$$\bar I_1+\bar I_2+\bar I_s = \frac{\bar E_1 - \bar V_n}{z_1} - \frac{\bar V_n}{\dot z_2} + I_s = 0$$

→

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

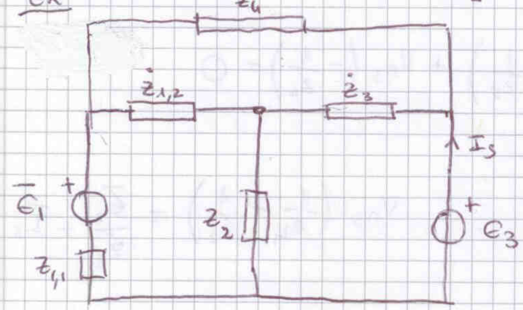
Elettronica ed Elettrotecnica

Lezione XVIII
8/11/11

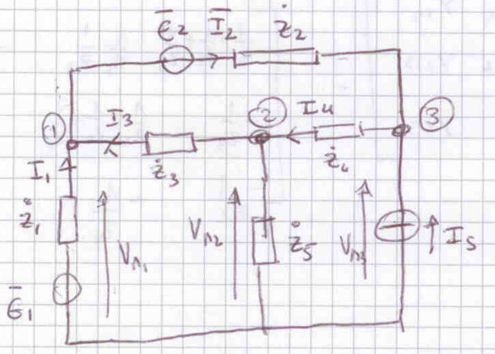
$$\frac{\bar{E}_1}{\dot{Z}_1} - \frac{\bar{V}_n}{\dot{Z}_2} + I_S = 0$$

$$\frac{\bar{E}_1}{\dot{Z}_1} + \bar{I}_S = \frac{\bar{V}_n}{\dot{Z}_1} + \frac{\bar{V}_n}{\dot{Z}_2} = \bar{V}_n\left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}\right)$$

EX



EX



$$V_{n_1} = \bar{E}_1 - \dot{Z}_1\bar{I}_1$$

$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{E}_1 - \bar{V}_{n_1}}{\dot{Z}_1}$$

$$\bar{I}_3 = \frac{\bar{V}_{n_2} - \bar{V}_{n_1}}{\dot{Z}_3}$$

$$\bar{V}_{n_3} - V_{n_1} = \bar{E}_2 - \dot{Z}_2\bar{I}_2$$

1 $\rightarrow I_1 + I_3 - I_2 = 0$

$$\frac{E_1 - \bar{V}_{n_1}}{\dot{Z}_1} + \frac{\bar{V}_{n_2} - \bar{V}_{n_1}}{\dot{Z}_3} + \frac{\bar{V}_{n_3} - \bar{V}_{n_1} - \bar{E}_2}{\dot{Z}_2} = 0$$

$$\frac{\bar{E}_1}{\dot{Z}_1} - \frac{\bar{V}_{n_1}}{\dot{Z}_1} + \frac{\bar{V}_{n_2}}{\dot{Z}_3} - \frac{\bar{V}_{n_1}}{\dot{Z}_3} + \frac{\bar{V}_{n_3}}{\dot{Z}_2} - \frac{\bar{V}_{n_1}}{\dot{Z}_2} - \frac{\bar{E}_2}{\dot{Z}_2} = 0$$

$$\frac{\bar{E}_1}{\dot{Z}_1} - \frac{\bar{E}_2}{\dot{Z}_2} = \frac{V_n}{\dot{Z}_1} + \frac{V_{n_1}}{\dot{Z}_2} - \frac{\bar{V}_{n_2}}{\dot{Z}_3} - \frac{\bar{V}_{n_3}}{\dot{Z}_2}$$

① $$\bar{V}_{n_1}\underbrace{\left(\frac{1}{Z_1}+\frac{1}{Z_2}+\frac{1}{Z_3}\right)}_{\text{AUTO AMMETTENZA}} + \bar{V}_{n_2}\left(-\frac{1}{Z_3}\right) + \bar{V}_{n_3}\left(-\frac{1}{Z_2}\right) = \frac{\bar{E}_1}{\dot{Z}_1} - \frac{\bar{E}_2}{\dot{Z}_2}$$

② $$\bar{V}_{n_1}\left(-\frac{1}{\dot{Z}_3}\right) + \bar{V}_{n_2}\left(\frac{1}{Z_3}+\frac{1}{Z_4}+\frac{1}{Z_5}\right) + V_{n_3}\left(-\frac{1}{Z_4}\right) = 0$$

③ $$\bar{V}_{n_1}\left(-\frac{1}{\dot{Z}_2}\right) + V_{n_2}\left(-\frac{1}{\dot{Z}_4}\right) + V_{n_3}\left(\frac{1}{Z_4}+\frac{1}{\dot{Z}_2}\right) = \frac{\bar{E}_2}{\dot{Z}_2} + \bar{I}_S$$

MATRICE DELLE AMMETTENZE NODALI :

$$\bar{V} = \dot{Z}\,\bar{I}$$

$$[\bar{I}] = [\dot{Y}][\bar{V}]$$

$$\underset{\substack{p,p \\ \text{n° nodi indipend.}}}{[\dot{Y}_n]} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} \\ Y_{21} & Y_{2,2} & Y_{2,3} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{Z_1}+\frac{1}{Z_2}+\frac{1}{Z_3} & -\frac{1}{Z_3} & -\frac{1}{Z_2} \\ -\frac{1}{Z_3} & \frac{1}{Z_3}+\frac{1}{Z_4}+\frac{1}{Z_5} & -\frac{1}{Z_1} \\ -\frac{1}{Z_2} & -\frac{1}{Z_4} & \frac{1}{Z_4}+\frac{1}{Z_2} \end{bmatrix}$$

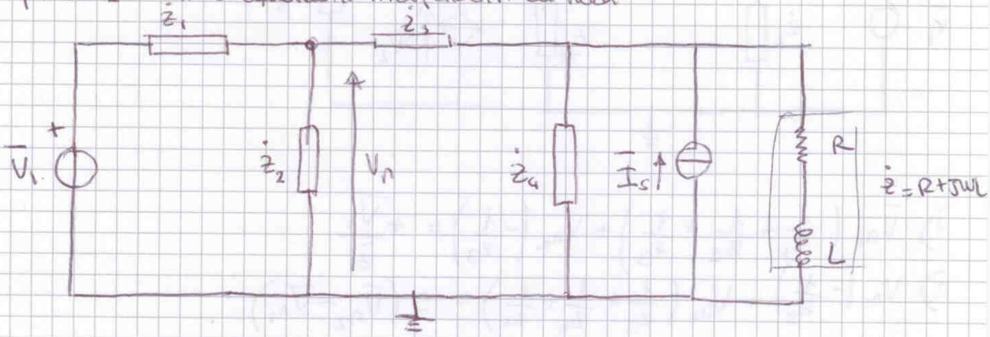
$$[I_n] = \begin{bmatrix} \frac{\bar{E}_1}{Z_2} - \frac{\bar{E}_2}{Z_2} \\ 0 \\ I_S + \frac{\bar{E}_2}{Z_2} \end{bmatrix}$$

Elettronica ed Elettrotecnica

Lezione XIX
10/11/11

Ex

$p = n - 1$ n° di equazioni indipendenti ai nodi



$$\dot{z}_4 = R_4 + j\left(\omega L_4 - \frac{1}{\omega C_4}\right)$$

$$[\dot{Y}_n] = \begin{bmatrix} \dot{Y}_{11} & \dot{Y}_{12} \\ \dot{Y}_{21} & \dot{Y}_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\dot{z}_1} + \frac{1}{\dot{z}_2} + \frac{1}{\dot{z}_3} & -\frac{1}{\dot{z}_3} \\ -\frac{1}{\dot{z}_3} & \frac{1}{\dot{z}_3} + \frac{1}{\dot{z}_4} + \frac{1}{\dot{z}_5} \end{bmatrix}$$

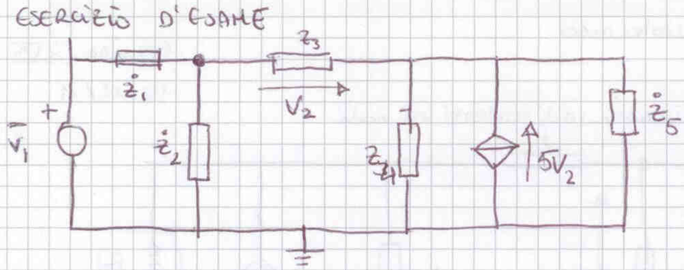
$$[\overline{I}_n] = [\dot{Y}_n] \cdot [V_n]$$

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{\dot{z}_1} + \frac{1}{\dot{z}_2} + \frac{1}{\dot{z}_3} & -\frac{1}{\dot{z}_3} \\ -\frac{1}{\dot{z}_3} & \frac{1}{\dot{z}_3} + \frac{1}{\dot{z}_4} + \frac{1}{\dot{z}_5} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_{n_1} \\ V_{n_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\overline{V}_1}{\dot{z}_1} \\ I_s \end{bmatrix}$$

$\overline{V}_1 = 1 + j2$ $\dot{z}_1 = j5$ $\dot{z}_2 = 2 + j4$ $\dot{z}_3 = 3 - j1$

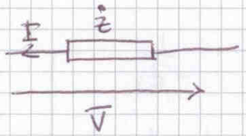
$\dot{z}_5 = j$

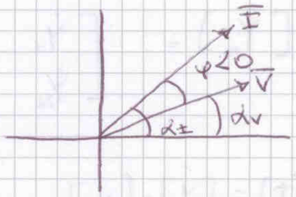
ESERCIZIO D'ESAME



1) $\bar V_{n_1}\left(\frac{1}{\dot z_1}+\frac{1}{\dot z_2}+\frac{1}{z_3}\right)+V_{n_2}\left(-\frac{1}{z_3}\right)=+\frac{\bar V_1}{\dot z_1}$

2) $V_{n_1}\left(-\frac{1}{z_3}\right)+V_{n_2}\left(\frac{1}{z_3}+\frac{1}{z_4}+\frac{1}{z_4}\right)=5\left(\bar V_{n_2}-\bar V_{n_1}\right)$

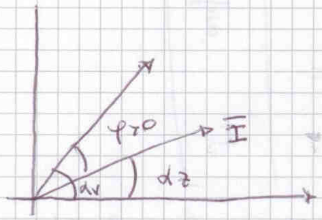




$\bar V = V e^{J\alpha_V}$ $\quad \bar I = I e^{J\alpha_I}$

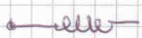
$\dot z = \frac{\bar V}{\bar I} = \frac{V e^{J\alpha_V}}{I e^{J\alpha_V}} = \frac{V}{I} e^{J(\alpha_V-\alpha_I)}$

Impedenza capacitiva



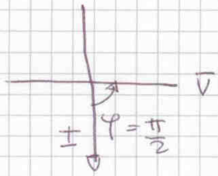
impedenza induttiva

Ex



induttore

$\dot z = J\omega L = \omega L e^{+J\frac{\pi}{2}}$

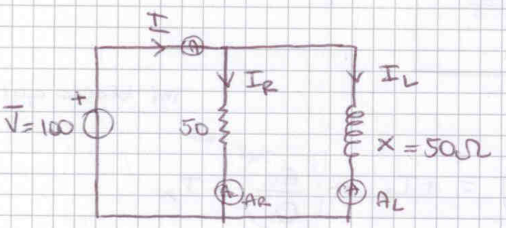


corrente in quadratura ed in ritardo

Elettronica ed Elettrotecnica lezione XIX

10/11/11

Ex



$\dot{Z}_R = R$

$\bar{V} = \dot{Z}\bar{I}$ $\bar{V} = R \cdot \bar{I}$

$V_L = Z_L \cdot I_L$ $I = \frac{V}{R} = \frac{100}{50}\ 2A$

$\bar{V}_L = J50 \cdot \bar{I}_L$

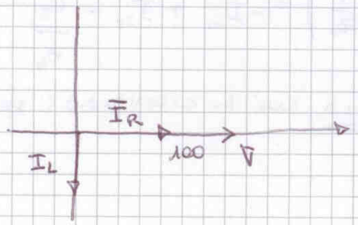
$V_L = 50\ I_L$ $I_L = \frac{V_L}{50} = \frac{100}{50} = 2A$

$\bar{I}_L = \frac{100}{J50} = \frac{1}{J}\ 2 = -J2A$

$I = I_R + I_L$ $\Rightarrow$ SBAGLIATO devono esser complessi

$\bar{I} = \bar{I}_R + \bar{I}_L$ $\bar{I} = 2 - J2$ $|\bar{I}| = \sqrt{2^2 + 2^2}$

FASORI

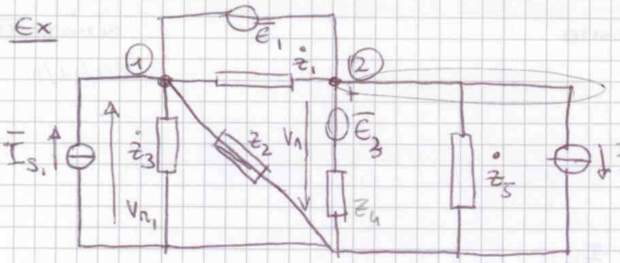


(!) la somma dei moduli non è uguale al modulo della somma nei complessi!!!

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Professore: Paolo Del Vecchio
Anno di produzione: 2012-2013

Ex

lezione XX
11/11/11



mi blocco qui

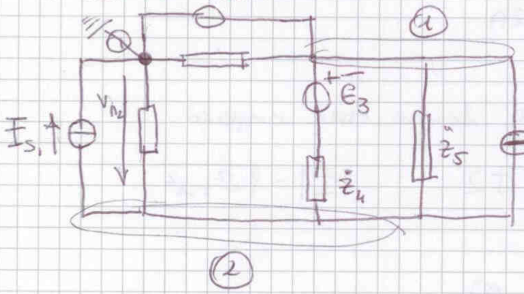
$\dot{Z}_3 \,//\, \dot{Z}_2 = Z_P$

$$① \quad \bar{V}_{n_1}\left(\frac{1}{\dot{Z}_1}+\frac{1}{\dot{Z}_P}\right) + V_{n_2}\left(-\frac{1}{\dot{Z}_1}\right) = +I_S + \frac{\bar{E}_1}{0} - I_X \qquad (\to \infty)$$

$$② \quad \bar{V}_{n_1}\left(-\frac{1}{\dot{Z}_1}\right) + V_{n2}\left(\frac{1}{\dot{Z}_1}+\frac{1}{\dot{Z}_4}+\frac{1}{\dot{Z}_5}\right) = \bar{I}_X + \frac{\bar{E}_3}{\dot{Z}_4} - I_{S_2}$$

$$3) \quad \bar{E}_1 = \bar{V}_{n_2} - \bar{V}_{n_1}$$

↳ METODO ALTERNATIVO



$\bar{E}_1 = \bar{V}_{n_1}$

$$② \quad \bar{V}_{n2}\left(\frac{1}{\dot{Z}_P}+\frac{1}{\dot{Z}_4}+\frac{1}{\dot{Z}_5}\right) + \bar{E}_1\left(-\frac{1}{\dot{Z}_4}-\frac{1}{\dot{Z}_5}\right) = -\bar{I}_{S_1} + \bar{I}_{S_2} - \frac{\bar{E}_3}{\dot{Z}_4}$$

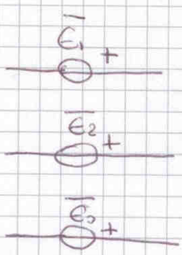
$$② \quad \bar{V}_{n2}\left(\frac{1}{Z_P}+\frac{1}{\dot{Z}_4}+\frac{1}{\dot{Z}_5}\right) + \bar{E}_1\left(-\frac{1}{Z_4}-\frac{1}{\dot{Z}_5}\right) = -\bar{I}_{S_1} + \bar{I}_{S_2} - \frac{\bar{E}_3}{\dot{Z}_4}$$

① è nodo di riferimento → nodo in cui si accentrano i generatori di tensione

Elettronica ed Elettrotecnica

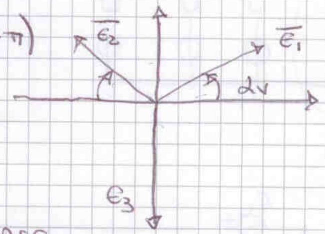
lezione XX

11/11/11

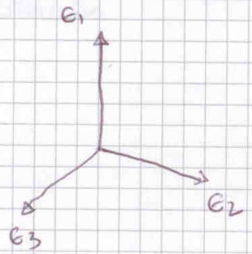


GENERATORE TRIFASE SIMMETRICO

$$\begin{cases} \overline{E}_1 = E \cdot e^{j\alpha v} \\ \overline{E}_2 = E \cdot e^{j(\alpha v + \frac{2}{3}\pi)} \\ \overline{E}_3 = E\, e^{j(\alpha v + \frac{4}{3}\pi)} \end{cases}$$



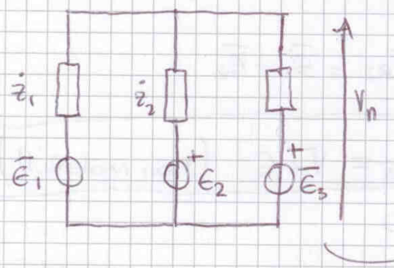
GENERATORE TRIFASE



sequenza $\overline{E}_1, \overline{E}_2, \overline{E}_3$ → sequenza ~~diretta~~ indiretta

Tutti i generatori sono 3 fase (trifase) perché ho un rendimento elettromeccanico massimo

RETE TRIFASE



GENERATORI TRIFASE: sono di uguale modulo ma sfasati

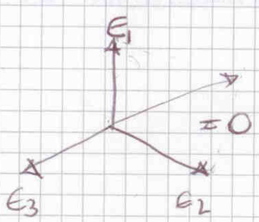
$\dot{Z}_1 = \dot{Z}_2 = \dot{Z}_3$

$Z_1 = Z_2 = Z_3$

→ simmetrico nella tensione ~~equili~~ equilibrato nei carichi

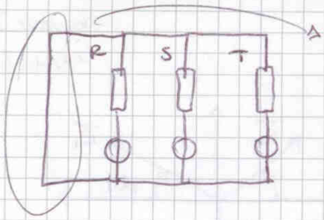
$$V_n = \frac{\frac{\overline{E}_1}{\dot{Z}_1} + \frac{\overline{E}_2}{\dot{Z}_2} + \frac{\overline{E}_3}{\dot{Z}_3}}{\frac{1}{\dot{Z}_1} + \frac{1}{\dot{Z}_3} + \frac{1}{\dot{Z}_3}} = \frac{\overline{E}_1 \dot{Y}_1 + \overline{E}_2 \dot{Y}_2 + \overline{E}_3 Y_3}{3\dot{Y}} = \frac{\dot{Y}(\overline{E}_1 + \overline{E}_2 + \overline{E}_3)}{3\dot{Y}} = 0$$

$V_n = 0$



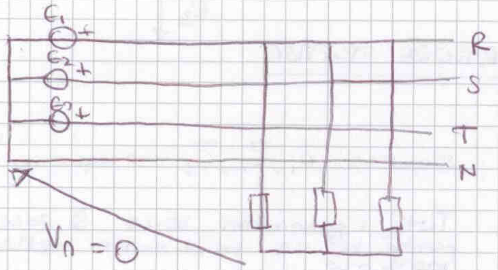
La corrente non è 0!

$0 = \overline{E}_3 - \dot{Z}_3 \overline{I}_3 \qquad \overline{I}_3 = \frac{\overline{E}_3}{\dot{Z}_3}$



questo lato non influente per a nulla il circuito!! poiché $V_n = 0$!

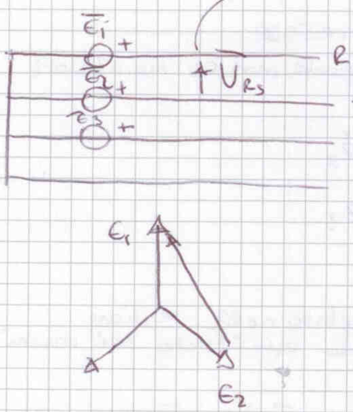
Ex



simmetrico nelle tensione equilibrato nei carichi

Ex

tensione concatenata



$E_1 = E_2 = E_3$ (moduli uguali)

$\overline{V}_{RS} = \overline{E}_1 - \overline{E}_2$

$\boxed{V_{RS} = \sqrt{3}\, E \quad \text{(fra i moduli!!)}}$

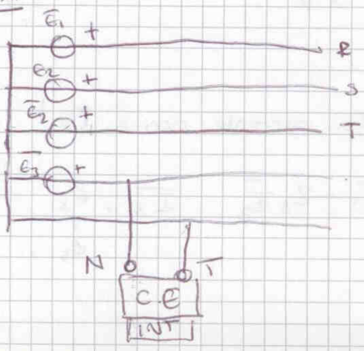
230/400

LA TENSIONE TRA fase e neutro c'è 230

Sistema di distribuzione a 2 tensioni 230/400

- Tra due generatori c'è una tensione di 400 V
- Tra generatore e neutro è di 230 V

Ex

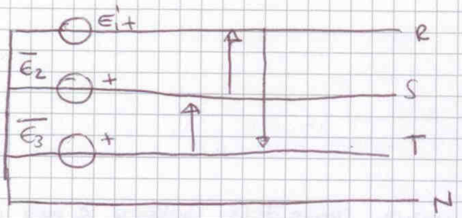


DISTRIBUZIONE BT. (BASSA TENSIONE)

Elettronica ed Elettrotecnica

Lezione $\overline{XXI}$

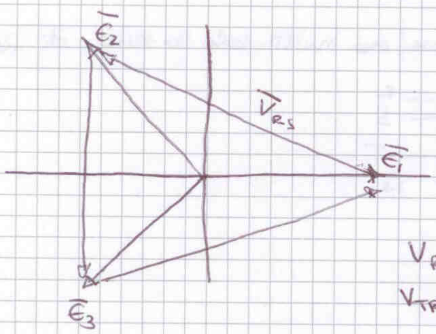
14/11/11



$e_1(t) = E \cdot \sqrt{2}\ \text{sen}(\omega t)$

$e_2(t) = E \cdot \sqrt{2}\ \text{sen}(\omega t + \frac{2}{3}\pi)$

$e_3(t) = E \cdot \sqrt{2}\ \text{sen}(\omega t + \frac{4}{3}\pi)$



$\overline{E_1} = E$

$\overline{E_2} = E \cdot e^{j\frac{2}{3}\pi}$

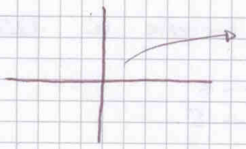
$\overline{E_3} = E \cdot e^{j\frac{4}{3}\pi}$

$V_{RS}(t) = E\sqrt{3} \cdot \sqrt{2}\ \text{sen}(\omega t - \frac{\pi}{6})$

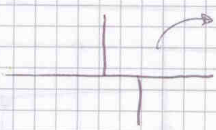
$V_{TR}(t) = E \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{2}\ \text{sen}(\omega t - \frac{\pi}{6} - \frac{2}{3}\pi)$

$220 \cdot \sqrt{3} \simeq 380$

$230 \cdot \sqrt{3} \simeq 400$



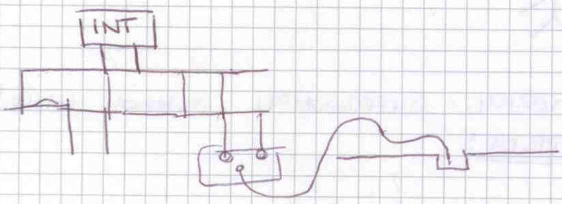
significa che non si intersecano i due cavi

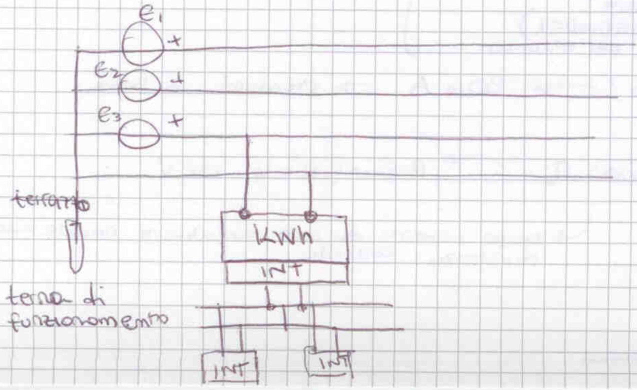


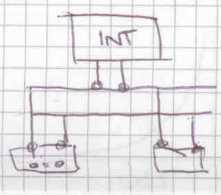
cavi si intersecano

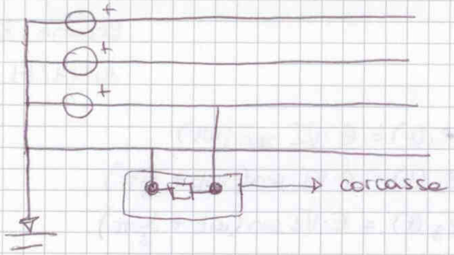
RESISTENZA DI TERRA

$R_T \leq 20\,\Omega$



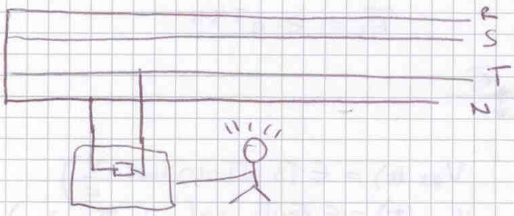




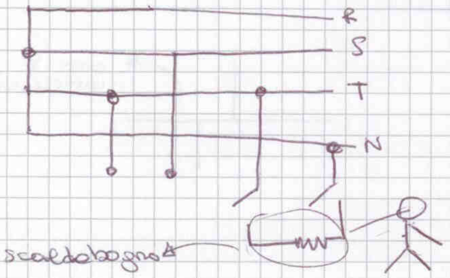


metto la messa a terra per capire come devo isolare il mio CAVO

→ se non metto la terra di protezione ma metto solo la terra di funzionamento



nei vecchi sistemi di corrente a 125 - 127 V



INTERRUTTORI DIFFERENZIALI: si collega una spira è per MAXWELL la somma delle correnti concatenate deve essere 0 → quindi scattano se la somma non è uguale → SALVAVITE

INTERRUTTORI MAGNETO-TERMICI-DIFFERENZIALI: protezione totale!!

RISCHI DELLA CORRENTE ELETTRICA:

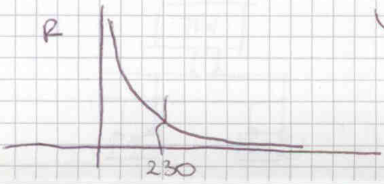
→ TETANIZZAZIONE DEI MUSCOLI
→ DISSOCIAZIONE ELETTROLITICA
→ FIBRILLAZIONE (CASO PEGGIORE!)
50 Hz → caso peggiore per l'uomo

$\Big\}$ RI^2

CORRENTE DI RISCHIO: → 30 mA → standard in base

Resistenza umana 500 000 Ω → R è in funzione di V

→ corpo umano da non scambiare come una resistenza costante.



Elettronica ed Elettrotecnica

lezione XXII
15/11/11

$v(t) = A \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \varphi) \longrightarrow \overline{V} = A \cdot e^{j\varphi}$

$\omega = 2\pi f$

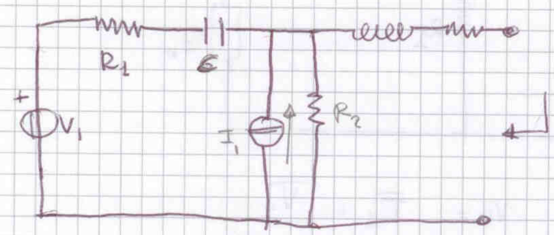
R $\longrightarrow Z_R = R$

C $\longrightarrow Z_C = \dfrac{1}{j\omega C}$

L $\longrightarrow Z_L = j\omega L$

$\overline{V} = Z \cdot \overline{I}$

EX D'ESAME



$V_{th} = ?$ $R_{th} = ?$

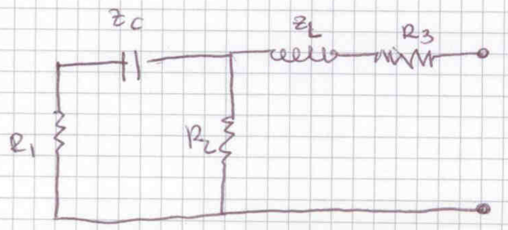
$R_1 = 4$ $R_2 = 1$ $R_3 = 6$

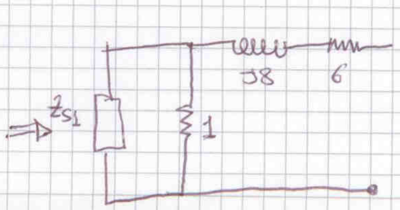
$L = 2$ $C = \dfrac{1}{12}$ $V_1 = 16 \sin(4t)$ $I_1 = 2 \sin(4t)$

① DOMINIO DEI FASORI

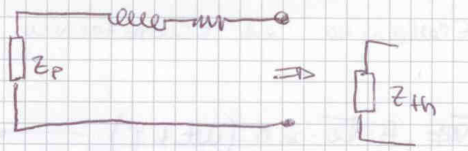
$Z_L = j\omega L = j8$ $V_1 = \dfrac{16}{\sqrt{2}}$ $Z_C = \dfrac{1}{j\frac{4}{12}} = -j3$

$I_1 = \sqrt{2} = \dfrac{2}{\sqrt{2}}$





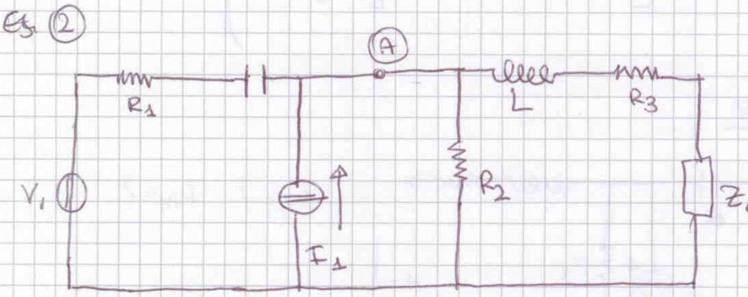
$Z_{S1} = (4 - j3)$ $\Rightarrow$



$$Z_p = \frac{4-j3}{5-j3} = \frac{(4-j3)(5+j3)}{34}$$

$$Z_{th} = Z_p + j8 + 6 = \frac{233}{34} + \frac{269}{34}j$$

Es. 2



$$\overline{I}_{R_3} = \frac{\overline{V}_A}{j8+6+Z_0}$$

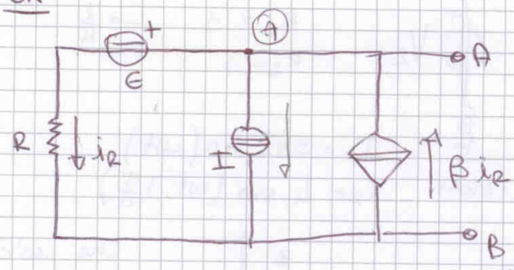
$$V_A = \frac{\overline{I}_1 + \dfrac{\overline{V}_1}{R_1 - j3}}{\dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{j8+6+Z_0} + \dfrac{1}{R_1 - j3}} = a + ib$$

$$= \sqrt{a^2+b^2}\, e^{j\,\mathrm{arctg}\left(\frac{b}{a}\right)}$$

Elettronica ed Elettrotecnica

lezione XXII
15/11/11

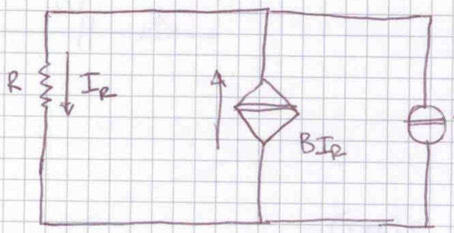
Ex



$E = 2\sin(2t)$ $\quad I = 2\sin\left(2t + \frac{\pi}{4}\right)$ $\quad Z_{th} = ?\quad V_{th} = ?$

$\overline{E} = \sqrt{2}$ $\quad \overline{I} = \frac{2}{\sqrt{2}} e^{j\frac{\pi}{4}} = \sqrt{2}\cdot\left(\cos\frac{\pi}{4} + j\sin\frac{\pi}{4}\right) = (1+j)$

$\overline{I}_c = \beta \overline{I}_R$



$\overline{I}_R = \beta \overline{I}_R + I_0$

$\overline{I}_R = \frac{\overline{I}_0}{1-\beta} \Rightarrow \overline{V}_0 = \overline{I}_R \cdot R$

$\Rightarrow \frac{\overline{V}_0}{\overline{I}_0} = Z_{th} = \frac{R}{I_0}\cdot\frac{\overline{I}_0}{(1-\beta)} = \frac{R}{(1-\beta)}$

② $\overline{V}_A = \dfrac{-\overline{I} + \beta\overline{I}_R + \frac{\overline{E}}{R}}{\frac{1}{R}} = \overline{V}_{th}$

$\overline{I}_R = \dfrac{\overline{V}_A - \overline{E}}{R}$

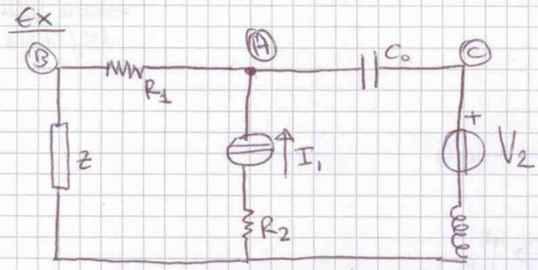
$V_{th} = \overline{E} - R\overline{I} + \beta(\overline{V}_{th} - \overline{E})$

$V_{th} = \dfrac{\overline{E} - R\overline{I} - \beta\overline{E}}{1-\beta} = \overline{E} + \dfrac{R\overline{I}}{(\beta-1)} =$

$= \sqrt{2} + \dfrac{R(1+j)}{\beta - 1} = \left[\sqrt{2} + \dfrac{R}{\beta-1}\right] + j\dfrac{R}{(\beta-1)}$

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

Ex



$\omega = 2$ $C_0 = 1$

$R_1 = 1$ $L = \frac{1}{4}$

$R_2 = 3$

$I_1 = 3\sqrt{2}\sin(\omega t)$

$V_2 = 4\sin(\omega t + \frac{\pi}{4})$

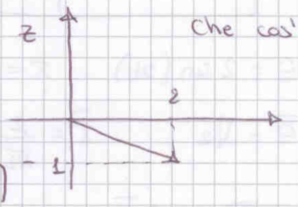
TRASFORMO i COMPONENTI IN FASORI

$Z_{C_0} = \frac{1}{J2} = -J\frac{1}{2}$

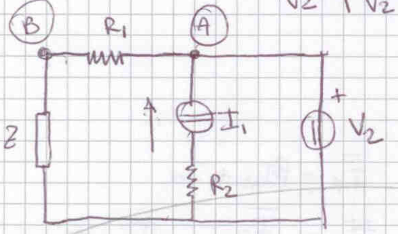
$Z_L = J2 \cdot \frac{1}{4} = J\frac{1}{2}$

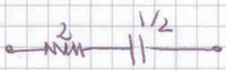
$\bar{I}_1 = 3$ $\bar{V}_2 = \frac{4}{\sqrt{2}}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} + J\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 2(1+J)$

Che cos'è Z



$Z = 2 - J$





$\bar{V}_A = \bar{V}_2$

$\bar{V}_B = \bar{I}_Z \cdot Z$ $\bar{I}_Z = \frac{\bar{V}_2}{R_1 + Z} = \frac{2(1+J)}{1+2-J}$

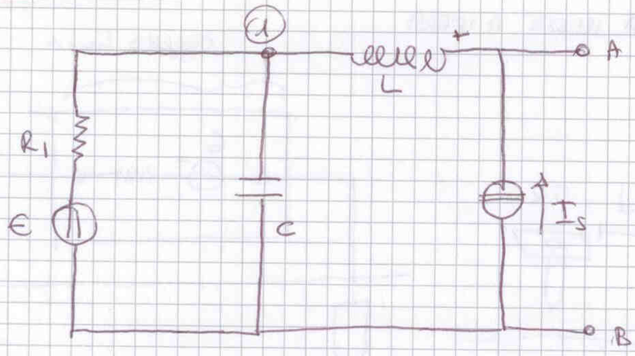
$V_B = \frac{(2+2J)}{(3-J)} \cdot (2-J) = \frac{2(1+J)(2-J)(3+J)}{10} = 1{,}6 + 1{,}2J$

$V_B = 2e^{J0{,}64} \Longrightarrow V_B(t) = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(2t + 0{,}64)$

Elettronica ed Elettrotecnica

lezione XXII
15/11/11

Ex D'ESAME



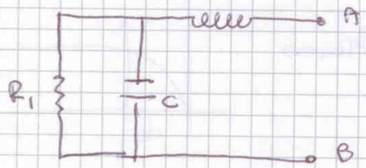
$Z_{th} = ?$ $V_{th} = ?$

$R_1 = 10$
$L = 1\,mH$
$C = 500\,\mu F$

$e(t) = 10\sqrt{2}\,\sin(100\pi t) \Rightarrow \bar{E} = 10$

$i_s(t) = 20\,\sin\left(100\pi t + \frac{\pi}{4}\right) \qquad \bar{I} = 10(1+J)$

$Z_L = J\frac{\pi}{10} \qquad Z_C = -J \cdot \frac{1}{100\pi \cdot 500 \cdot 10^{-6}}$



$Z_{th} = J\omega L + \frac{R_1}{1 + J\omega R_1 C} = 2{,}8 - 4{,}2J$

$$\bar{V}_1 = \frac{\bar{I}_s + \frac{\bar{E}}{R_1}}{\frac{1}{Z_C} + \frac{1}{R_1}}$$

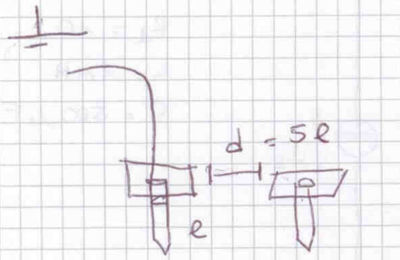
$$\bar{V}_{th} = \bar{V}_1 + \bar{V}_L = \bar{V}_1 + J\omega L \cdot \bar{I}_s$$

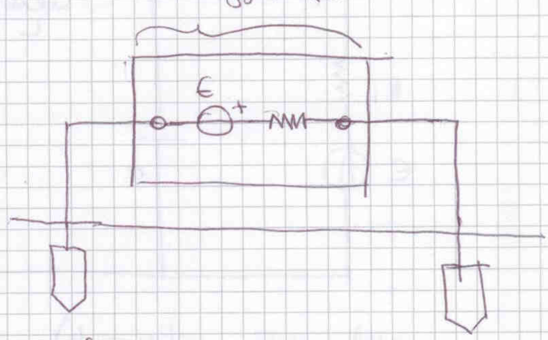
NOTA: $\bar{V}^+ - \bar{V}^- = Z \cdot \bar{I}$

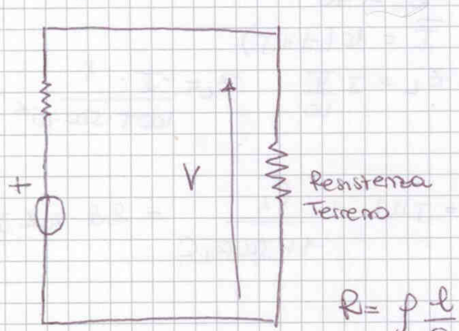
XXIII lezione
17/11/11

La terra può essere messa o in centro stella oppure alle carcasse

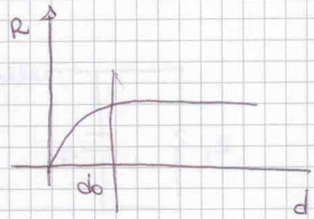
COSTRUZIONE DELLA MESSA A TERRA





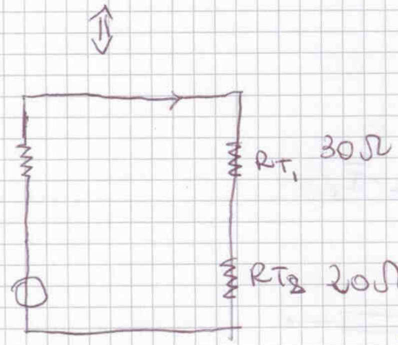


$$\frac{V}{i} = R_{Terreno}$$

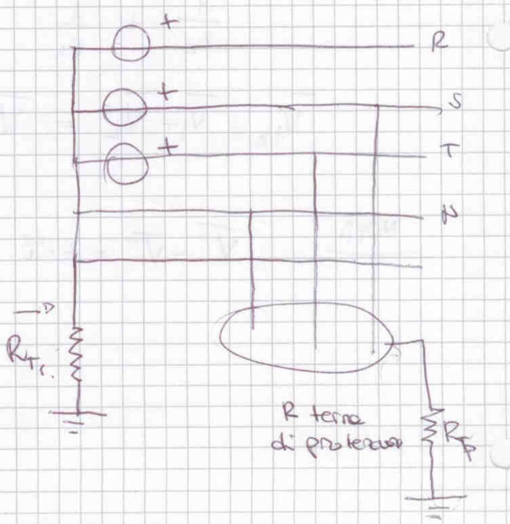


$$R = \rho \frac{l}{S}$$

d_0 è uguale 5-10 volte la lunghezza del per caratteristica
↳ la distanza da 5-10 diventa influente



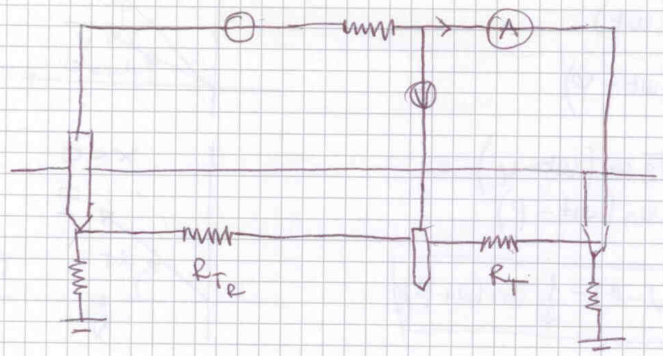
$$I = \frac{230}{40} \simeq 5{,}5\ A$$



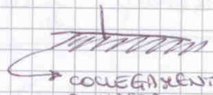
Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

Elettronica ed Elettrotecnico

~~XXIII~~ lezione
17/11/11

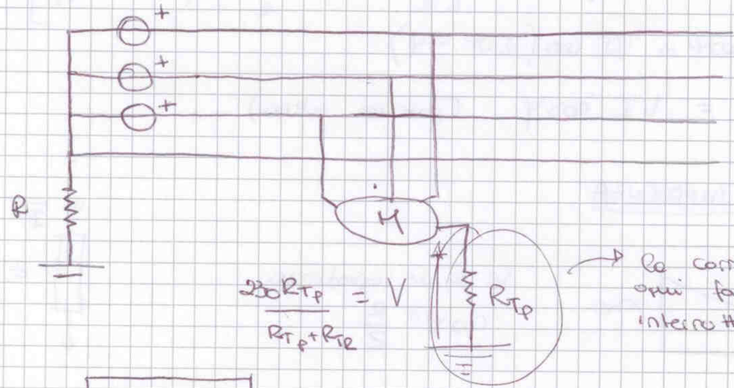


diodi connettono bene in un verso e male nell'altro



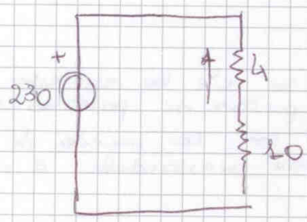
COLLEGAMENTO A MASSA COMUNE

Ex



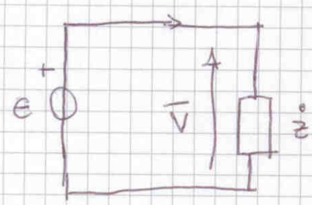
$$\frac{230 R_{T_P}}{R_{T_P}+R_{T_R}} = V$$

la corrente che passa qui fa intervenire gli interrottori differenziali



(!) il prodotto tra due funzioni sinusoidali non è una funzione sinusoidale

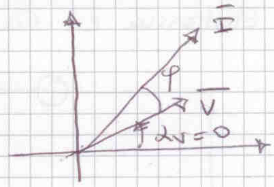
POTENZA IN REGIME PERMANENTE SINUSOIDALE



$p(t) = v(t)\, i(t)$

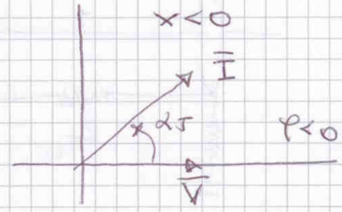
$v(t) = V\sqrt{2}\ \text{sen}(\omega t)$

$i(t) = I\sqrt{2}\ \text{sen}(\omega t - \varphi)$



$p(t) = V\sqrt{2}\ \text{sen}(\omega t)\, I\sqrt{2}\ \text{sen}(\omega t - \varphi) =$

$p(t) = 2VI\ \text{sen}(\omega t)\ \text{sen}(\omega t - \varphi)$



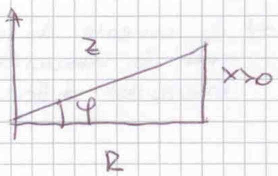
$$\boxed{\text{sen}\,\alpha\, \text{sen}\,\beta = \frac{1}{2}\cos(\alpha - \beta) - \frac{1}{2}\cos(\alpha + \beta)}$$

$p(t) = 2VI\ \text{sen}(\omega t)\,\text{sen}(\omega t - \varphi) = 2VI\left[\frac{1}{2}\cos(\varphi) - \frac{1}{2}\cos(2\omega t - \varphi)\right]$

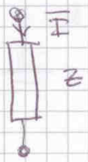
$p(t) = V \cdot I \cos\varphi - VI\cos(2\omega t - \varphi)$

P (valore medio) $= VI \cos\varphi$ (potenza attiva)

TRIANGOLO DELL' IMPEDENZA



se è un impedenza $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$



$P = \cancel{Z} \cdot I \cdot I \cdot \frac{R}{\cancel{Z}} = RI^2$

! solo se c'è la resistenza posso parlare di potenza media perché sen la media di una funzione sinusoidale è = 0

Elettronica ed Elettrotecnica

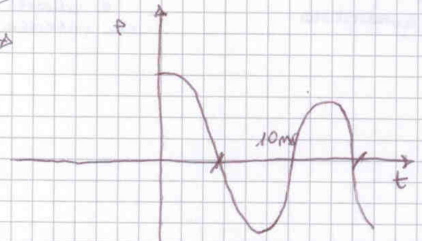
XXIV lezione
18/11/11

$$p(t) = \underbrace{VI\cos\varphi}_{\text{POTENZA ATTIVA}} - \underbrace{VI\cdot\cos(2\omega t-\varphi)}_{\text{POTENZA FLUTTUANTE}}$$

$P = VI\cos\varphi$ $\quad$ $p(t) = VI\,\overset{sen}{\cancel{cos}}(2\omega t)$

$\dot{z} = jX$ L

$\dot{z} = -jX$

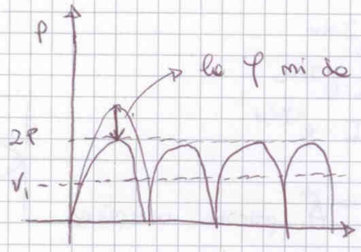


potenza che è stata convertita in campo elettrico

la media non è esaustiva

SE IL BIPOLO È UN RESISTORE PURO

$p(t) = VI - VI\cos(2\omega t)$ $\quad$ $P_{MAX} = 2VI$ $\quad$ $P_M = VI$



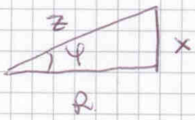
la φ mi da le escursioni tem

POTENZA REATTIVA: dipende solamente dalla reattanza

$Q = VI\,\text{sen}\,\varphi$ $\quad$ Volt Ampere Reattivi $\quad$ VAR

$P = VI\cos\varphi$ $\quad$ KWatt $\rightarrow RI^2$

$Q = VI\,\text{sen}\,\varphi$ $\quad$ KVAR $\rightarrow XI^2$



$$p(t) = v(t) \cdot i(t) = 2VI \, sen(\omega t) \, sen(\omega t - \varphi)$$

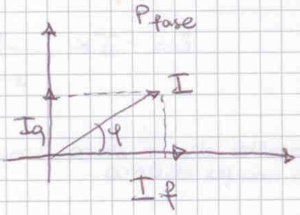
$$p(t) = 2VI \, sen(\omega t) \, sen(\omega t) \cos(\varphi) - 2VI \, sen(\omega t) \cos(\omega t) \, sen(\varphi)$$

$sen(\alpha - \beta) =$

$sen(\alpha - \beta) = sen\alpha \cos\beta - \cos\alpha \, sen\beta$

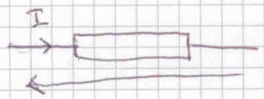
$$p(t) = \underbrace{2VI \cos\varphi \, sen^2(\omega t)}_{P_{fase}} - \underbrace{2VI \, sen\varphi \, sen(\omega t) \cos(\omega t)}_{P_{quadratura}}$$

il valore massimo è la potenza reattiva

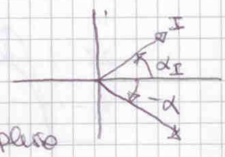


P , Q
RI^2 , XI^2
$VI\cos\varphi$ $VI \, sen\varphi$

Ex



$\bar{V} = V e^{j\alpha_V}$
$\bar{I} = I \cdot e^{j\alpha_I}$
$\bar{I}^* = I \cdot e^{-j\alpha_V}$



$$\bar{V}\bar{I} = V e^{j\alpha_V} \cdot I e^{-j\alpha_I} = VI e^{j\underbrace{(\alpha_V - \alpha_I)}_{\varphi}} = \bar{A} \text{ potenza complessa}$$

$$\bar{A} = \underbrace{VI\cos\varphi}_{\text{potenza attiva}} + j \underbrace{VI \, sen\varphi}_{\text{potenza reattiva}} = VI \cdot e^{j\varphi}$$

Elettronica ed Elettrotecnica

XXIV lezione
28/11/11

Ex

$\bar{I} = 1 + J$

$\bar{V} = 1 - J$

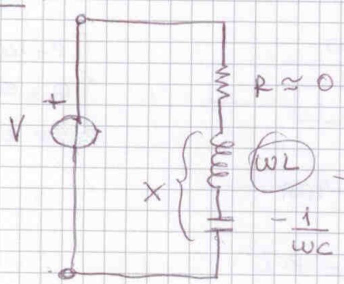
MODELLO CIRCUITALE DI QUESTO

$\bar{V} \cdot \bar{I} = (1-J)(1-J) = -2J = (0 - 2J)$ → è capacitivo

ESEMPIO:

$\bar{V} \cdot I^* = -6 + J4$

Ex



$\frac{1}{wC} = \frac{V}{s^{-1} C} = \frac{V}{A} = \Omega$

$wL = s^{-1} \Omega \cdot s$

le impedenze dipendono dal generatore non posso stabilire il valore se non ho un generatore

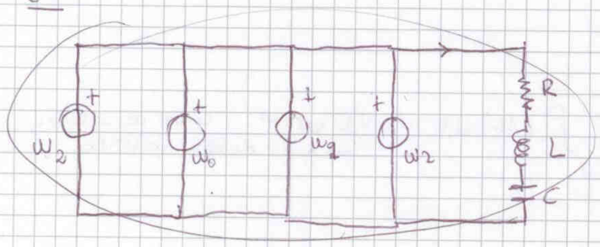
$\bar{V} = \dot{Z} \bar{I}$

$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + x^2}}$

$\dot{X} = wL - \frac{1}{wC}$

$w_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ → m'azzero la reattanza

Ex



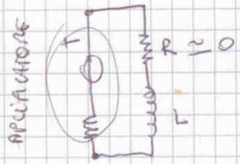
ANTENNA con pulsazione diversa

sfrutto il fenomeno della risonanza

VARICAP: diodi a CAPACITÀ speciale

DIFFUSORE quando la frequenza è alta con $R \simeq$ non la sento

quando ho $R \simeq$ alto L diventa ininfluente



$|\dot{Z}| = 8\,\Omega$

$\dot{Z} = 7{,}99 + J(0{,}1)$

XV lezione
21/11/11

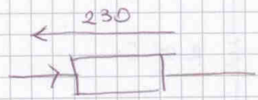
$\bar{A} = \bar{V}\,\hat{\bar{I}} = P + JQ$ (apparente, reattiva, attiva)

$P \rightarrow VI\cos\varphi$ $\qquad Q \rightarrow VI\,\text{sen}\,\varphi$

$A = V \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2}$ [VOLT AMPERE]

VALORI NOMINALI → 100 Watt 220V → ci posso collegare a più o a meno → mi cambia il rendimento

EX.



$$\begin{cases} P = 1000\ W \\ Q = 500\ VAR \\ V = 230\ V \end{cases}$$

$VI = \sqrt{P^2 + Q^2}$

$I = \dfrac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{V}$ $\qquad P = 1000 = RI^2$

$R = \dfrac{P}{I^2}$ $\qquad X = \dfrac{Q}{I^2}$ $\qquad \omega L - \dfrac{1}{\omega C} = X$

EX

$$\begin{cases} P = 1000\,W \\ \cos\varphi = 0{,}58 \\ V = 230\ V \end{cases}$$

$\dfrac{Q}{P} = \dfrac{VI\,\text{sen}\,\varphi}{VI\,\cancel{\text{sen}\,\varphi}\cos\varphi}$ $\qquad \dfrac{Q}{P} = tg\,\varphi$ $\qquad Q = P\,tg\,\varphi$

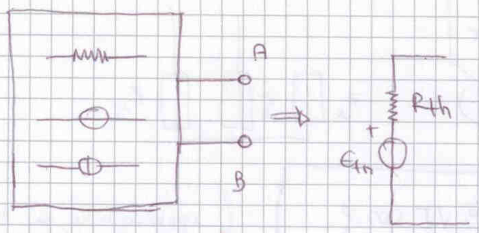
$P = VI\cos\varphi$

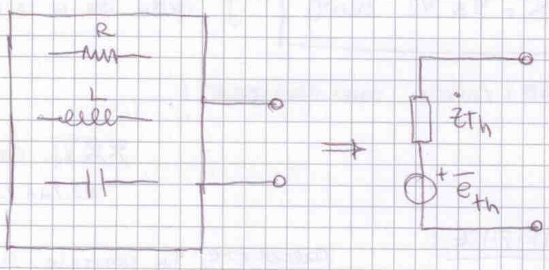
$p(t) = v(t)\,i(t)$ $\qquad \dfrac{1}{T}\displaystyle\int_0^T p(t)\,dt = VI\cos\varphi$ cioè il valore medio della potenza

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

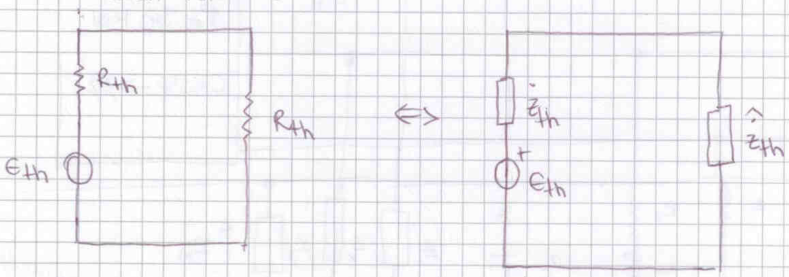
Elettronica ed Elettrotecnica

XXV lezione
21/11/11

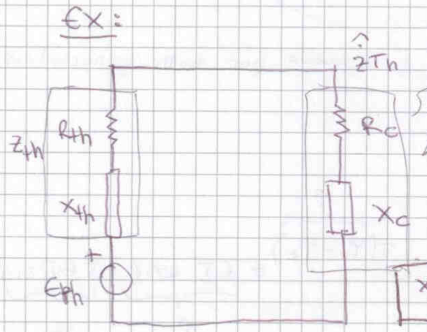




POTENZA MASSIMA



Ex:

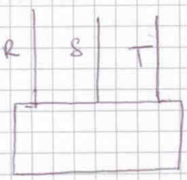


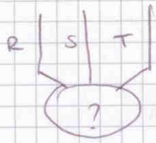
$$P = R_C I^2 = R_C \left| \frac{\bar{E}}{\underbrace{\dot{Z}_{th} + \dot{Z}_C}_{(R_{th}+R_L)+j(x_{th}+x_C)}} \right|^2 = R_C \frac{E_{th}^2}{(R_{th}+R_C)^2 + (X_{th}+X_C)^2}$$

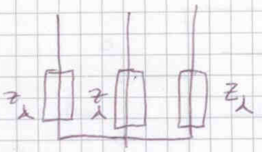
$$\boxed{x_C = -x_{th}}$$

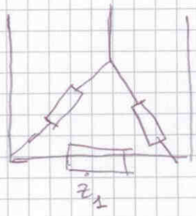
Sia le reattanze che le resistenze devono essere uguali se si vuole ~~che~~ la massima POTENZA

CARICHI TRIFASE









$$\boxed{\begin{aligned} P &= \sqrt{3}\, V I \cos\varphi \\ Q &= \sqrt{3}\, V I \,\mathrm{sen}\,\varphi \end{aligned}}$$

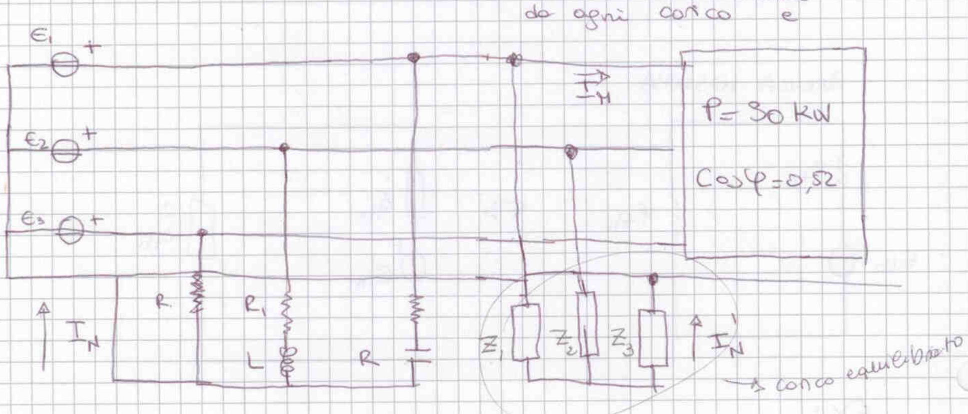
applicabile a tutte e due le forme sia a stella che a triangolo

SE I CARICHI SONO EQUILIBRATI!

XXVI lezione
22/11/11

ESERCITAZIONE SUL TRIFASE:

Calcolare la corrente assorbita da ogni carico e



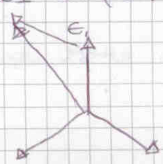
Motore → ~~a~~ carico equilibrato I_m è uguale per tutti generatori

$$I_M = \frac{\sqrt{P^2+Q^2}}{\sqrt{3}\,V} = \frac{P}{\sqrt{3}\,V\cos\varphi}$$

$$\bar{E} \cdot \bar{I}^* = E \cdot e^{j\varphi_V} \cdot I e^{-j\varphi_I} = E \cdot I \cdot e^{j\overbrace{(\varphi_V-\varphi_I)}^{\varphi}} = \underbrace{EI\cos\varphi}_{P} + j\underbrace{EI\sin\varphi}_{Q}$$

$3EI\cos\varphi = P$

V è la differenza tra due poli di gen diversi (è in modulo)



Elettronica ed elettrotecnica — XXVI lezione 22/11/11

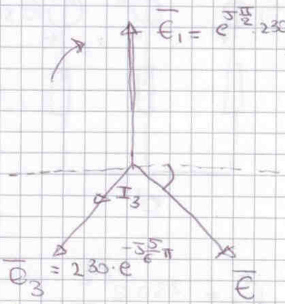
$Z = 10 + 20j$ $\quad R = 10\,\Omega$ $\quad R_1 = 10\,\Omega$ $\quad R_2 = 2\,\Omega$

$L = 27{,}57\ mH$ $\quad C = 324{,}87$

$\bar{I}'_z = \dfrac{\bar{E}_1}{Z}$ $\quad \bar{I}''_z = \dfrac{\bar{E}_2}{Z}$ $\quad \bar{I}'''_z = \dfrac{\bar{E}_3}{Z}$

$\bar{I}'_z = \dfrac{j230}{10+20j}$ $\quad \bar{I}''_z = \dfrac{230\,e^{-j\frac{\pi}{6}}}{10+20j}$ $\quad \bar{I}'''_z = \dfrac{230\cdot e^{-j\frac{5}{6}\pi}}{10+20j}$

$\bar{I}'_z = 9{,}2 + 4{,}6j$ $\quad \bar{I}''_z = -0{,}61 - 10{,}2j$ $\quad \bar{I}'''_z = \dfrac{\bar{E}_3}{Z} = -8{,}58 + 5{,}66j$



$\bar{E}_1 = e^{j\frac{\pi}{2}}\,230 = j230$

$\bar{E}_3 = 230\cdot e^{-j\frac{5}{6}\pi}$

$\bar{E}_2 = 230\,e^{-j\frac{\pi}{6}}$

$\bar{I}_N = \bar{I}'_z + \bar{I}''_z + \bar{I}'''_z = \emptyset + j\emptyset$

stesso modulo

$\bar{I}'_z = \dfrac{230\,e^{j\frac{\pi}{2}}}{10\cdot\sqrt{5}\,e^{j\varphi_z}} = 10{,}3\,e^{j\alpha_1}$

$\bar{I}''_z = 10{,}3\cdot e^{j\alpha_2}$

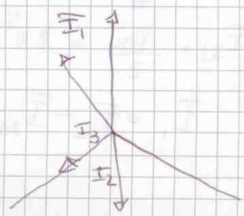
$\bar{I}'''_z = 10{,}3\cdot e^{j\alpha_3}$

$$\begin{cases} \alpha_1 = \dfrac{\pi}{2} - \varphi_z \\ \alpha_2 = -\dfrac{\pi}{6} - \varphi_z \\ \alpha_3 = -\dfrac{5}{6}\pi - \varphi_z \end{cases}$$

$\bar{I}_N = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3$ (Resistente)

$\bar{I}_3 = \dfrac{\bar{E}_3}{R} = 23\cdot e^{-j\frac{5}{6}\pi}$ $\quad \bar{I}_2 = \dfrac{\bar{E}_2}{R_1 + j\omega L} = \dfrac{230\cdot e^{-j\frac{\pi}{6}}}{10 + j8{,}6} = 17{,}4\cdot e^{-j1{,}23}$

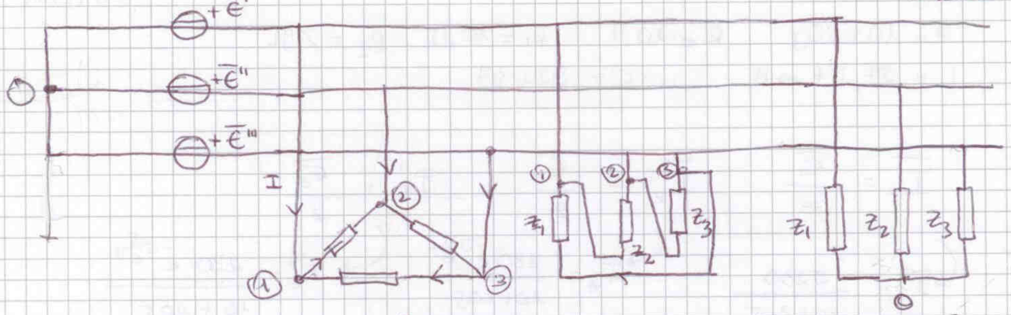
$\bar{I}_1 = \dfrac{\bar{E}_1}{R_2 - \frac{j}{\omega C}} = \dfrac{230\cdot e^{j\frac{\pi}{2}}}{2 - j9{,}8} = 23\,e^{j2{,}94}$



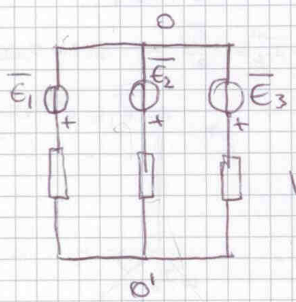
$\bar{I}_N = 43{,}5\cdot e^{-j2{,}57}$

ES TRIFASE : Risolvere la rete

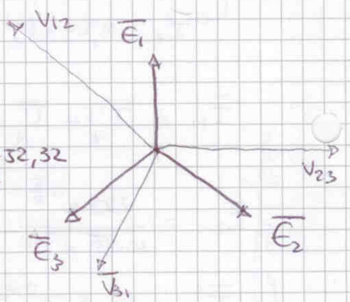
24/11/11
XXVII lezione



$Z = 30 + j40$ $\quad Z_1 = 10 + 5j$ $\quad Z_2 = 20 + j15$ $\quad Z_3 = 10 + 10j$



$$V_{OO'} = \frac{\frac{\overline{E}_1}{Z_1} + \frac{\overline{E}_2}{Z_2} + \frac{\overline{E}_3}{Z_3}}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3}} = 48{,}5 \cdot e^{-j2{,}32}$$



$\overline{E}_1 = 230\, e^{j\frac{\pi}{2}}$

$\overline{E}_2 = 230\, e^{j-\frac{\pi}{6}}$

$\overline{E}_3 = 230\, e^{j-\frac{5}{6}\pi}$

$Z = 50\, e^{j0{,}92}$

$Z_2 = 25\, e^{j0{,}64}$

$Z_3 = 10\cdot\sqrt{2}\, e^{j\pi/4}$

$Z_1 = \dots$

$$\overline{I}_1 + \overline{I}_2 + \overline{I}_3 = 0$$

$$\overline{I}_1 = \frac{\overline{E}_1 - \overline{V}_{OO'}}{Z_1} = \frac{j230 - (-33{,}2 - j35{,}4)}{10 + 5j} = 23{,}9\, e^{j\dots}$$

Se il carico ~~è~~ fosse $\neq$ simmetrico la tensione nodale al centro stella ~~è~~ sarebbe $\neq 0$ (~~col neutro~~)

$\overline{V}_{12} = \overline{E}_1 - \overline{E}_2 \qquad \overline{V}_{23} = \overline{E}_2 - \overline{E}_3 \qquad \overline{V}_{31} = \overline{E}_3 - \overline{E}_1$

$V_{12} = 400\, e^{j\frac{2}{3}\pi} \qquad V_{23} = 400 \qquad V_{31} = 400 \cdot e^{-j\frac{2}{3}\pi}$

$$\overline{I}_{12} = \frac{\overline{V}_{12}}{Z} = 8 e^{j(\varphi_{12} - \varphi_Z)} \qquad \overline{I}_{23} = \frac{\overline{V}_{23}}{Z} = 8 e^{j(\varphi_{23} - \varphi_Z)}$$

$$\overline{I}_{31} = \frac{\overline{V}_{31}}{Z} = 8 e^{j(\varphi_{31} - \varphi_Z)}$$

$$\overline{I}_1 = \overline{I}_{12} - \overline{I}_{31} = \frac{V \cdot e^{j\frac{2}{3}\pi}}{|Z|\, e^{j\varphi_Z}} - \frac{V \cdot e^{-j\frac{2}{3}\pi}}{|Z| \cdot e^{j\varphi_Z}} = \frac{V}{|Z|} e^{-j\varphi_Z}\left(e^{j\frac{2}{3}\pi} - e^{-j\frac{2}{3}\pi}\right)$$

Elettronica ed Elettrotecnica

XXVII lezione
24/11/11

$$= \frac{V}{|Z|} e^{-j\varphi} \cdot 2j \left(\frac{e^{j\frac{2}{3}\pi} - e^{-j\frac{2}{3}\pi}}{2j} \right) = \frac{V}{|Z|} \sqrt{3} \cdot e^{j\frac{\pi}{2}} e^{-j\varphi} = I_z \cdot \sqrt{3} \cdot e^{j(\frac{\pi}{2} - \varphi)}$$

Intensità

$$\boxed{J = e^{j\frac{\pi}{2}}}$$

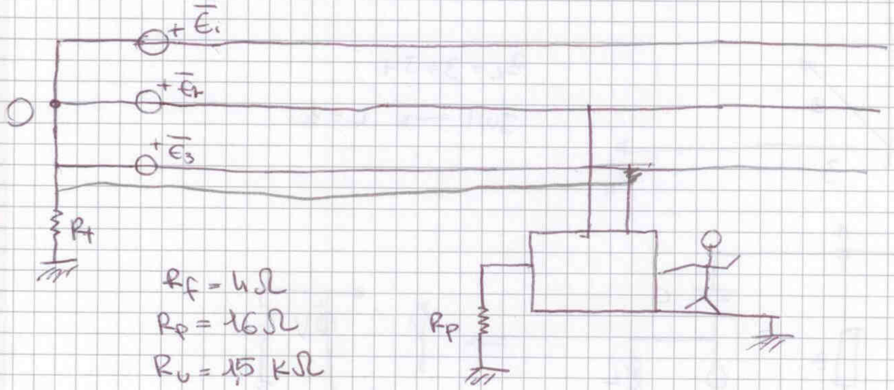
nel caso fosse non equilibrato

$$\bar{I}'_{12} = \frac{\bar{V}_{12}}{Z_2} = \frac{400\, e^{j\frac{2}{3}\pi}}{25\, e^{j0,64}} = 16\, e^{j(\frac{2}{3}\pi - 0,64)}$$

$$\bar{I}'_{31} = \frac{\bar{V}_{31}}{Z_3} = \frac{400\, e^{-j\frac{2\pi}{3}}}{10\sqrt{2}\, e^{j\pi/4}}$$

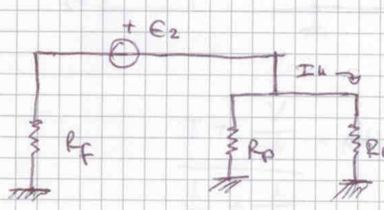
$$I'_{12} + I'_{31} + I'_{23} = 0$$

Es d'esame



$R_f = 4\,\Omega$
$R_p = 16\,\Omega$
$R_u = 1,5\ k\Omega$

$$I = \frac{E_2}{R_f + R_u} = 0,15\ A$$

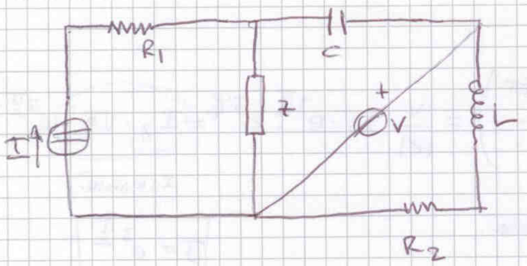


$V_u \simeq 230\ V$

$$R_{/\!/} = \frac{R_p \cdot R_u}{R_p + R_u} \qquad I = \frac{E_2}{R_f + R_{/\!/}} \qquad I_u = \frac{E_2}{R_f + R_{/\!/}} \left(\frac{R_p}{R_p + R_u} \right) = 0,12 A$$

$V'_u = 183\ V$

ES D'ESAME



$\overline{P}_L = ?$

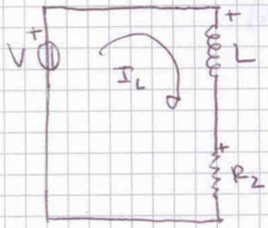
$C = 0,1 \rightarrow Z_C = \frac{1}{J\frac{4}{10}}$

$L = 3H \quad Z_L = J12$

$R_2 = 8$

$V = 16 \sin(4t)$

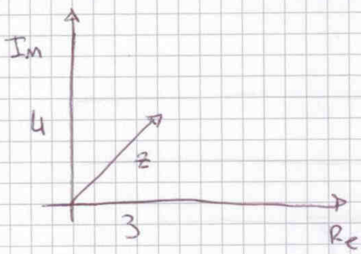
$\overline{V} = \frac{16}{\sqrt{2}}$



$$\overline{I}_C = \frac{\overline{V}}{R_2 + JwL} = \frac{8\sqrt{2}}{8 + J12} = \frac{64\sqrt{2} - J96}{152}$$

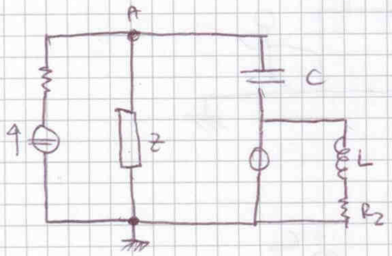
$$P_L = \overline{V} \cdot \overline{I}_L^* = Z_L \cdot |I_L|^2 = J12 |I_L|^2$$

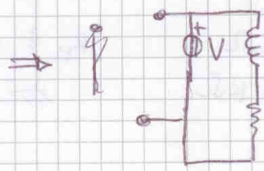
Ex : Det. elementi circuitali se Z è quello in figura



$Z_L = 3 + J4$

$JwL \rightarrow L = 1$





$$V_A = \frac{\frac{V}{Z_C} + I}{\frac{1}{Z} + \frac{1}{Z_C}}$$

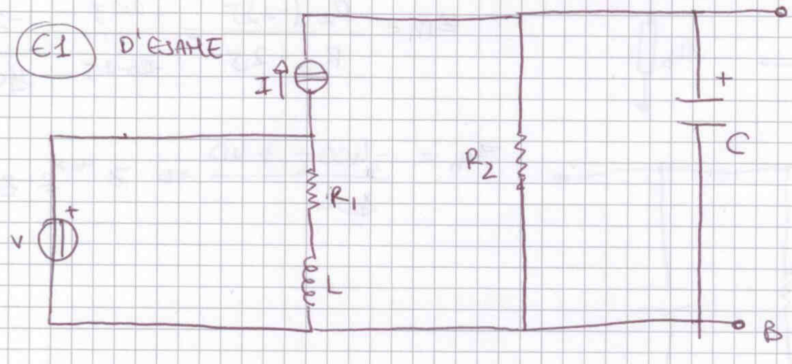
Elettronica ed Elettrotecnica

XXVIII lezione

25/11/11

ESERCITAZIONE:

E1 D'ESAME



$\bar{V}_C = ?$

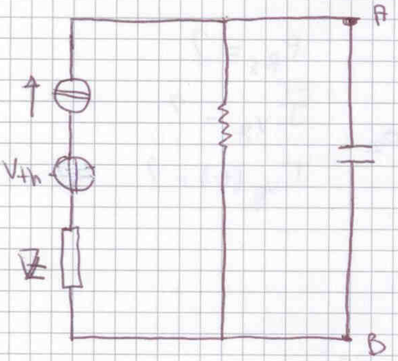
$P_I = ?$

$Z_{AB}^{MAX} = ?$ massimo trasferimento di potenza attiva

$I = 2\sqrt{2}\sin(2t)$ $R_1 = 5\Omega$ $R_2 = 10\Omega$ $C = 1/4\,F$

$V = 1 + J$ $L = 2H$

$\bar{I} = 2$ $Z_C = \frac{1}{J\omega C} = -2J$ $Z_L = -J\omega L = 4J$

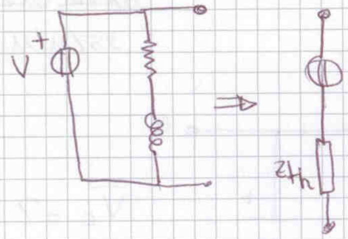


$$\bar{V}_A = \frac{\bar{I}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{-2J}} = \frac{2}{\frac{2-10J}{20}} =$$

$$\bar{V}_A = \frac{40}{2-10J} = \frac{40}{104}(2 \quad 0J) = V_C$$

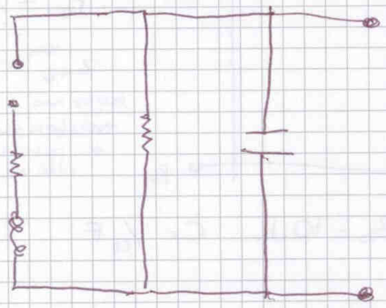
$$P = \bar{V}_I \cdot \bar{I}^* = (\bar{V}_A - \bar{V}) \cdot \bar{I}^* = \left[\frac{40}{104}(2-10J) - 1 - J\right] \cdot 2$$

Per vedere se il generatore eroga o assorbe la vedo solamente dalla parte reale (positivo

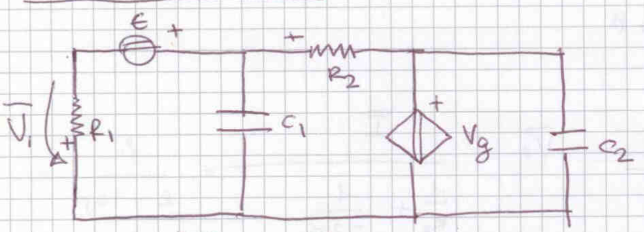


$$Z_{th} = \frac{R_2 \cdot (-2)J}{R_2 - 2J} = \frac{-20J}{20-2J} = \frac{-20J}{404}(20+2J)$$

$$Z_{th} = \frac{-400J + 40}{404} \Rightarrow Z^{max} = Z_{th}^{*}$$



ESERCIZIO D'ESAME



$P_{R_2} = ?$

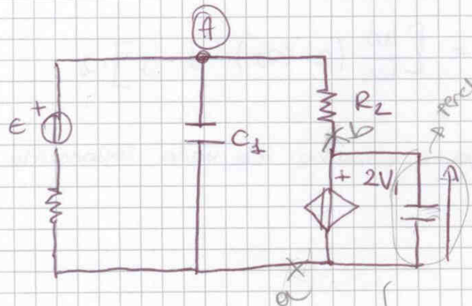
$\overline{I}_{V_g} = ?$

$I_{V_g}(t) = ?$

$\overline{V_g} = 2\overline{V_1}$ $\quad \overline{E} = 1 + J$ $\quad \omega = 2$

$R_1 = 5\Omega$ $\quad C_1 = \frac{1}{4} F$

$R_2 = 10\Omega$ $\quad C_2 = \frac{1}{2} F$



perché non lo calcolo?

$$V_A = \frac{\frac{2V_1}{R_2} + \frac{\overline{E}}{R_1}}{\frac{1}{Z_{C_1}} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

$$V_1 = \overline{V_A} - \overline{E}$$

$$V_A = \frac{\frac{2(\overline{V_A} - \overline{E})}{R_2} + \frac{\overline{E}}{R_1}}{\frac{1}{Z_{C_1}} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

non lo calcolo perché applico thevenin

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

Elettronica ed Elettrotecnica

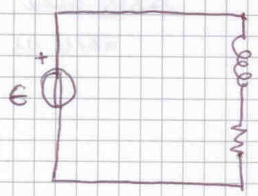
XXVIII lezione
25/11/11

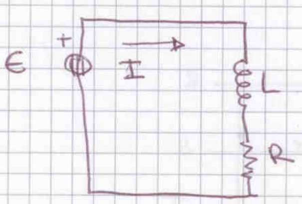
$$\bar I_{V_g} + \bar I_{R_2} = \bar I_{C_2}$$

$$\bar I_{C_2} = \frac{2\bar V_1}{-j} = 2(\bar V_A - \bar E)j \qquad I_{R_2} = \frac{V_A - 2V_1}{R_2}$$

$$\begin{bmatrix} R_1 + Z_{C_1} & -Z_C & 0 \\ -Z_C & R_2 + Z_{C_1} & 0 \\ 0 & 0 & Z_{C_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E \\ -V_g \\ +V_g \end{bmatrix}$$

ESERCIZIO D'ESAME:





$P_{RL} = ?$ parte attiva

$Q_{RL} = ?$ parte reattiva

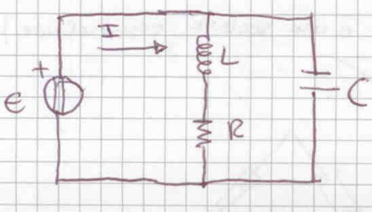
$E = 10 \cdot \sqrt{2} \sin(2t) \rightarrow \bar E = 10$

$L = 2H \rightarrow Z_L = j\omega L = j4$

$R = 3\Omega$

$$\bar I = \frac{10}{3 + j4} = \frac{10}{5} e^{j\,\mathrm{arctg}\left(-\frac{4}{3}\right)} = 2e^{j\,1{,}33}$$

$$Z_{RL} \cdot |I|^2 = P_{RL} + jQ_{RL} = (3 + 4j) \cdot 4 = 12 + j16$$



stessi dati con $C = 50\,mF \rightarrow Z_C = -j10$

$P_{RL} = 12$

$Q_{RL} = 16$

$|I| = 2$

$$\bar{I}' = \frac{\bar{E}}{Z_p} \qquad Z_p = \frac{(3+j4)\,j10}{3+j4-10j} = \frac{-30j+40}{3-6j}$$

$$\bar{I}' = \frac{\bar{E}}{Z_p} = 10 \cdot \frac{3-6j}{40-30j} = \frac{10(3-6j)(40+30j)}{50^2} =$$

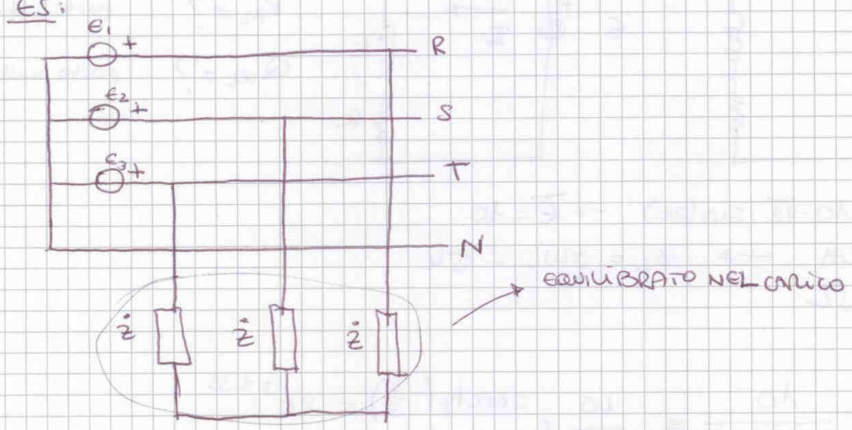
$$\bar{I}' = 1{,}34 \cdot e^{-j\varphi_{zp}}$$

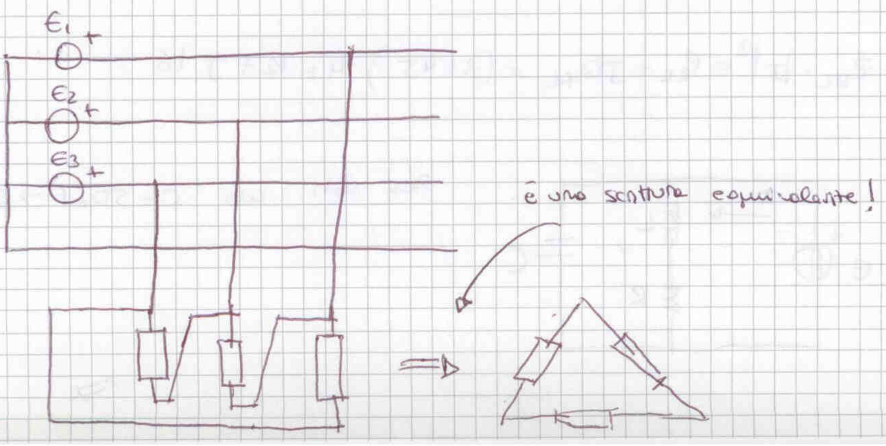
$$Z_p \cdot |I|^2 = \frac{50}{\sqrt{45}}\, e^{j0{,}46} \cdot (1{,}34)^2 = 12 + j\,5{,}94$$

$P'_{RL} = 12 \qquad Q'_{RL} = 5{,}94$

XXIX lezione
28/11/12

Es:

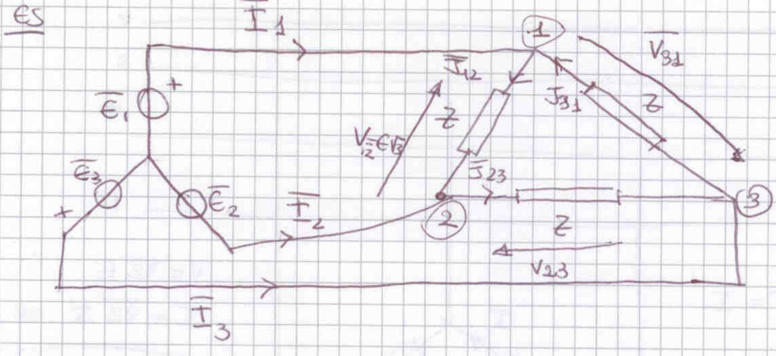




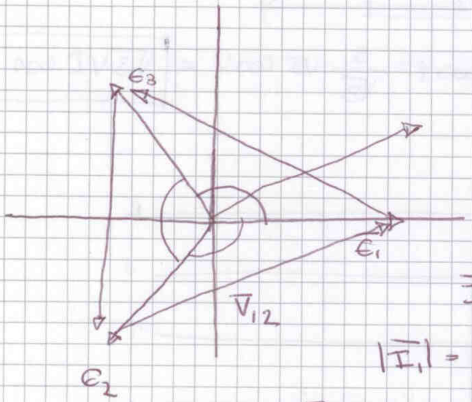
Elettronica ed Elettrotecnica

XXIX lezione
28/11/11

ES

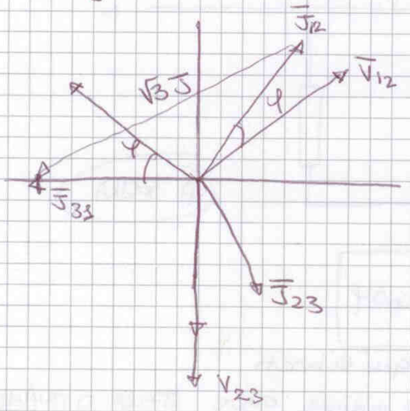


$$\overline{V}_{12} = \overline{E}_1 - \overline{E}_2$$



$$\overline{E}_1 = 230 e^{j0}$$
$$\overline{E}_2 = 230 e^{-j\frac{2}{3}\pi}$$
$$\overline{E}_3 = 230 e^{-j\frac{4}{3}\pi}$$

$$\overline{I}_1 + \overline{J}_{31} - \overline{J}_{12} = 0$$
$$\overline{I}_1 = \overline{J}_{12} - \overline{J}_{31}$$
$$|\overline{I}_1| = |\overline{J}_{12} - \overline{J}_{31}|$$



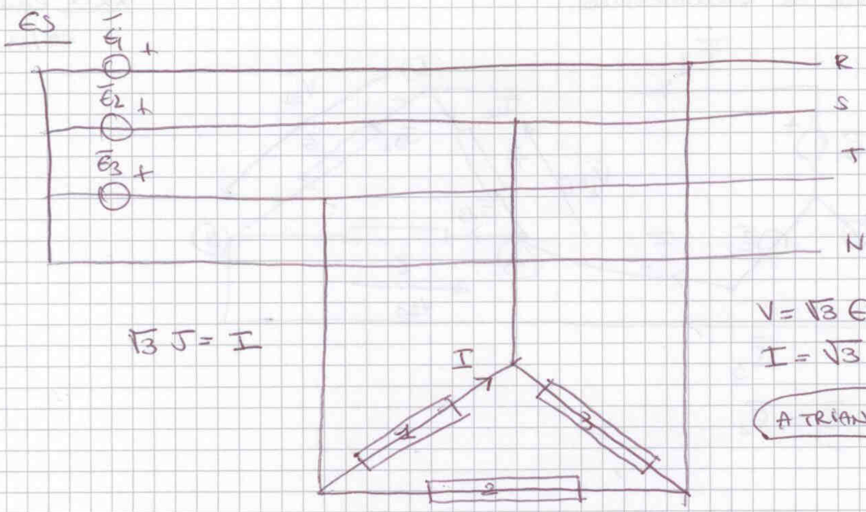
$$\boxed{I = \sqrt{3} J}$$

Se i carichi sono equilibrati la corrente di linea $= \sqrt{3}$ la corrente dei singoli carichi

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio

Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

Es



$\sqrt{3}\, J = I$

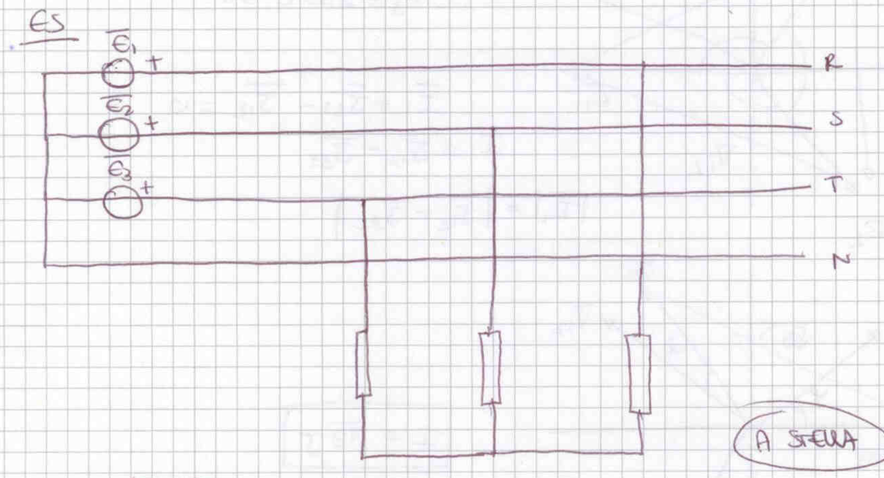
$V = \sqrt{3}\, E$

$I = \sqrt{3}\, J$ se Δ

A TRIANGOLO

$$P = 3 V J \cos\varphi = 3 V \frac{I}{\sqrt{3}} \cos\varphi = \frac{3}{\sqrt{3}} V I \cos\varphi = \boxed{\sqrt{3}\, V I \cos\varphi}$$

Es



A STELLA

$$\boxed{P = 3 \frac{V}{\sqrt{3}} I \cos\varphi = \sqrt{3}\, V I \cos\varphi}$$

se i carichi sono ~~bilanciati~~ equilibrati
Visto dai tre fili entranti è uguale avere STELLA o TRIANGOLO
per quanto riguarda la relazione tra I e J!

Elettronica ed Elettronica

XXIX lezione
28/11/11

$$\boxed{\frac{Q}{P} = \frac{\sqrt{3}VI\,\text{sen}\varphi}{\sqrt{3}VI\cos\varphi} = \tan\varphi}$$

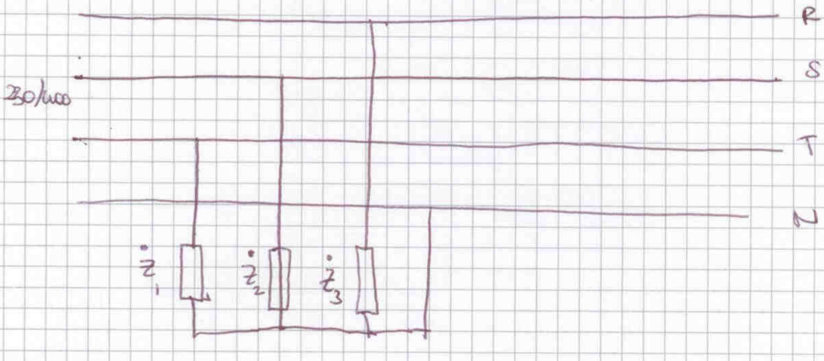
$$I = \frac{5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0{,}6} = 12\,A$$

$$\begin{cases} P = \sqrt{3}\; VI\cos\varphi \\ Q = \sqrt{3}\; VI\,\text{sen}\varphi \end{cases}$$

$$\sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3}\,VI = |\bar{A}|$$

$$I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3}\,V} \rightarrow 400$$

Es



230 /400

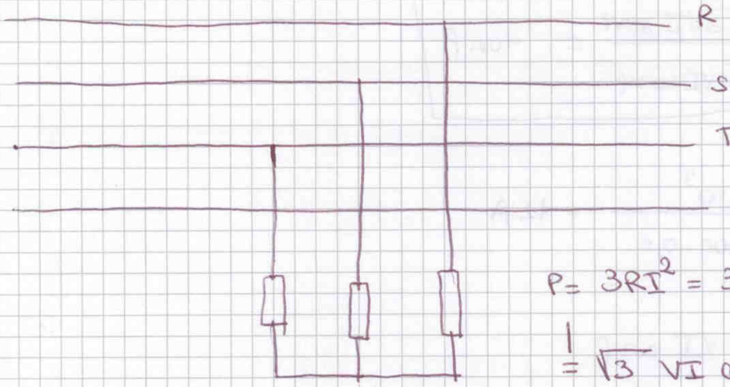
$$\begin{cases} z_1 = 1 + j \\ z_2 = 2 \\ z_3 = j6 \end{cases}$$

$$I_1 = \frac{V}{z} = \frac{230}{\sqrt{2}} \qquad P_{z_1} = \frac{230^2}{2}$$

$$I_2 = \frac{230}{2} \qquad P_{z_2} = 2 \cdot \frac{230}{4} = \frac{230}{2}$$

$$I_3 = \frac{230}{6} \qquad P_{z_3} = 0$$

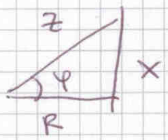
Esercizio



$$P = 3RI^2 = 3 \cdot 2 \cdot \frac{230^2}{\sqrt{4+9}^2}$$

$$= \sqrt{3}\, VI \cos\varphi$$

$$I^2 = \frac{V^2}{R^2}$$



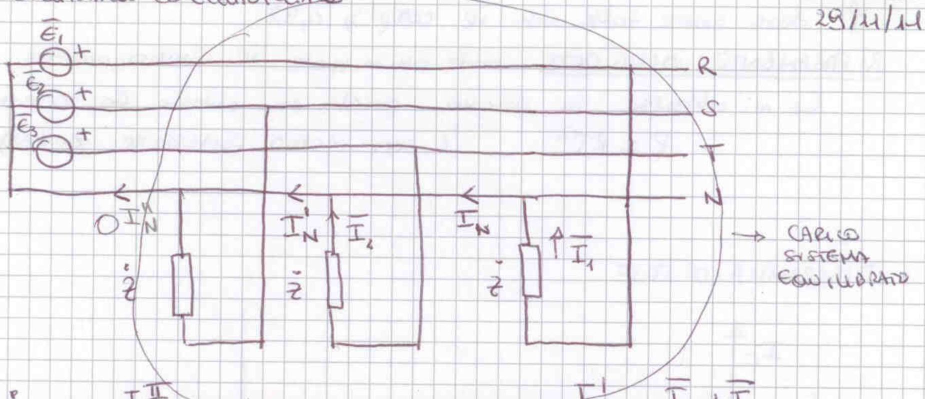
$$\cos\varphi = \frac{230^2}{(\sqrt{4+9})^2}$$

$$\cos\varphi = \frac{2}{\sqrt{4+9}}$$

$$P = VI \underbrace{\cos\varphi}_{\frac{R}{Z}} = Z \cdot I \cdot I \cdot \frac{R}{Z}$$

Elettronica ed Elettrotecnica

~~XXX~~ lezione 29/11/11

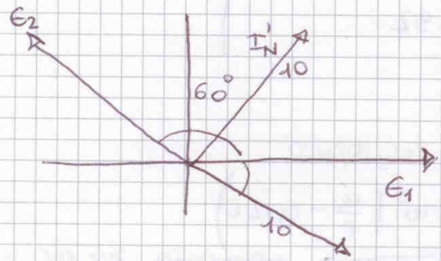


$\dot{z} = 23\, e^{j\frac{\pi}{3}} = 11{,}5 + j\,19{,}19$ $\qquad \bar{I}_N' = \bar{I}_1 + \bar{I}_2$

$I_N = \dfrac{V}{z} = \dfrac{230}{23} = 10\,A$

In I_N'' la corrente è 0 poiché ~~faccio~~ sto facendo la somma vettoriale di tre correnti sfasate di 120°

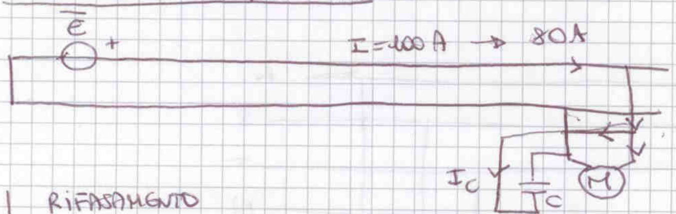
DIAGRAMMA DEI FASORI



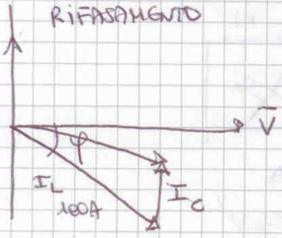
φ = è anche l'angolo di sfasamento tra i e V

$\bar{I} = \dfrac{\bar{V}}{\dot{z}} = 10 \cdot e^{-j\frac{\pi}{3}}$

ESERCIZIO MOTORE MONOFASE



RIFASAMENTO



$I_C = \dfrac{V}{z_C} = \dfrac{V}{\frac{1}{\omega C}} = \omega C V$

$\bar{I}_C = \dfrac{\bar{V}}{\dot{z}_C} = j\omega C \bar{V}$

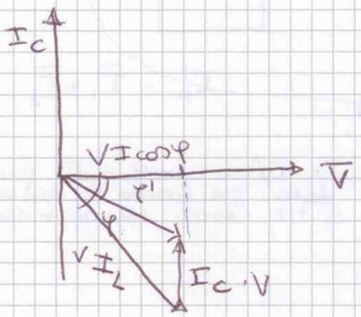
φ deve essere tale che il $\cos\varphi' \geq 0{,}92$

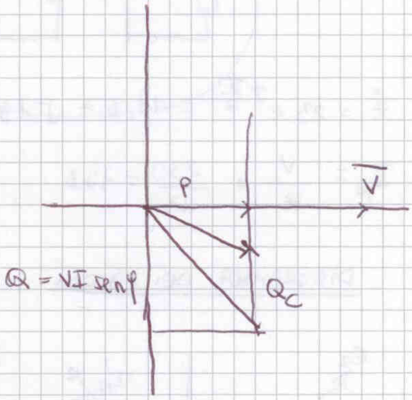
RIFASAMENTO DELLA RETE → ottimizzare il funzionamento della rete

↳ mi abbassa la potenza poiché mi abbasso la corrente

$P = RI^2$ (con motori fortemente induttivi)

DIAGRAMMA DI FASE





POTENZA per trovare $\varphi = 0{,}92$

$$Q = P\cdot\cancel{X}\mathrm{tg}\varphi - P\cdot \mathrm{tg}\,\varphi'$$

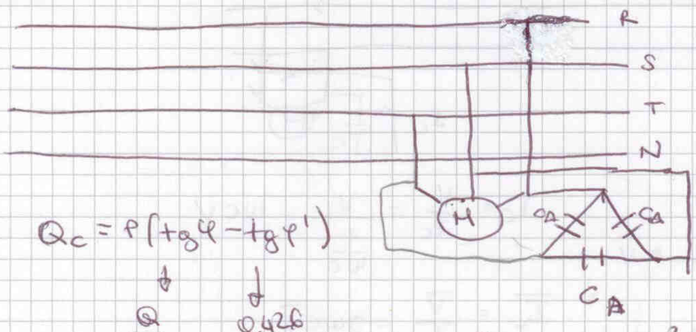
V, P, Q → Dati di TARGA DEL TORNIO

$$\boxed{Q_C = P(\mathrm{tg}\varphi - \mathrm{tg}\varphi')} = 2\cdot 10^3\left(\frac{Q}{P} - 0{,}426\right)$$

→ ~~volse~~ vale sia per un TRIFASE CHE PER UNO MONOFASE

$$Q_C = \omega C V^2 = VI =$$

ES



$$Q_C = P(\mathrm{tg}\varphi - \mathrm{tg}\varphi')$$

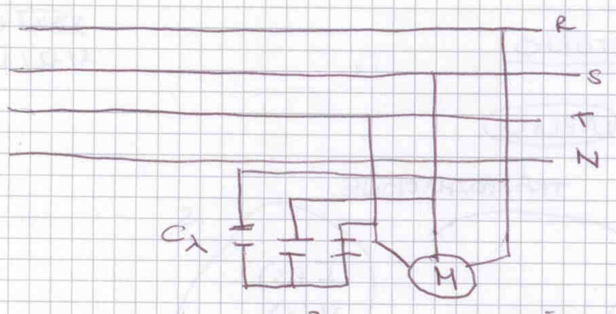
$\downarrow$ $\frac{Q}{P}$ $\downarrow$ 0,426

$$Q_C = 3\omega C_\Delta V^2$$

$$\boxed{C_\Delta = \frac{Q_C}{3\omega V^2}}$$

Elettronica ed Elettrotecnica

~~xxx~~ lezione 29/11/11



$$C_1 = \cancel{3}\,\omega C_\lambda \frac{V^2}{\cancel{3}}$$

mi conviene metterle a stella!! a parità di prestazioni ho 3 cond in meno

$E_p = P \cdot t$ KWh
$E_Q = Qt$ KVARh

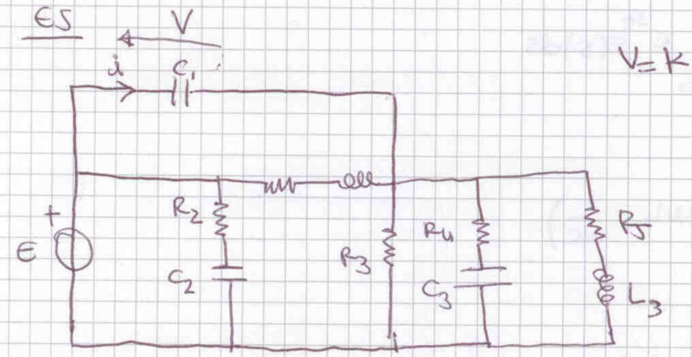
si misurano tutti e due perché faccio il rapporto

$$\boxed{\frac{E_Q}{E_p} = \frac{Qt}{Pt}} = \tan\varphi' \rightarrow \cos\varphi'$$

REGIME PERMANENTE CONTINUO: studio regime con sole eccitazioni costanti

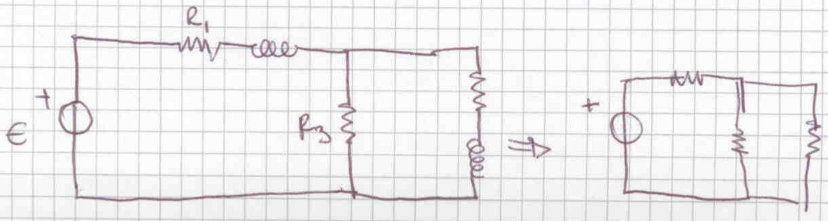
trovo le soluzioni in a regime correnti e tensioni sono costanti!!

ES



$V = K$

$$i = C\frac{dV}{dt} = 0$$



RETI DIVERSE → STESSA SOLUZIONE NEL TRANSITORIO

XXXI lezione
1/12/12

REGIMI CON TRANSITORIO

TRASFORMATA DI LAPLACE

t $\xrightarrow{\text{TRASFORMAZIONE}}$ s

$i(t)$
$v(t)$
$v = Ri$
$v = \frac{1}{C}\int_0^t i(t)\,dt + v_0$
$i = \frac{1}{L}\int_0^t v(t)\,dt + i_0$

$I(s)$
$V(s)$

$$L[\varphi(t)] = F(s)$$

s pulsazione complessa
$s = \alpha + j\omega$

$$L[\varphi(t)] = \int_{0^-}^{\infty} e^{-st}\varphi(t)\,dt = F(s)$$

$$\varphi(t) = \frac{1}{2\pi j}\int_{\alpha+j\infty}^{\alpha-j\infty} e^{st}F(s)\,ds$$

$\dot{z} = R + jx$
$z(\omega) = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$
$z(s) = ?$

Elettronica ed elettrotecnica

XXXI lezione
1/12/2011

$$\boxed{f_n(t) = \frac{1}{(n-1)!} t^{n-1} e^{at}}$$

$$\boxed{L[f_n(t)] = \frac{1}{(s-a)^n}}$$

a questioni
$n \in \mathbb{N}$

LINEARITÀ

$\varphi_1(t) = F_1(s)$

$\varphi_2(t) = F_2(s)$

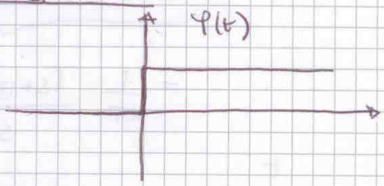
$c_1\varphi_1(t) + c_2\varphi_2(t) = c_1F_1(s) + c_2F_2(s)$

Es

per $n = 1$, $a = 0$ per $t \geq 0$

$\varphi_1(t) = 1 \cdot 1 \cdot 1$

0^- → FUNZIONE GRADINO

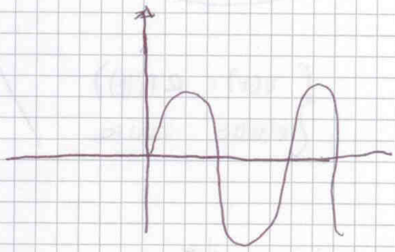


questa funzione rappresenta un interruttore

$$\boxed{\varphi(t) \Rightarrow u_{-1}(t)}$$

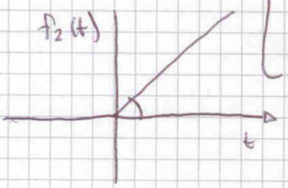
$$L[u_{-1}(t)] = \frac{1}{s}$$

$\boxed{\text{SEN}(\omega t)}$ (SINUSOIDI)



$\varphi(t) = 1 \cdot \text{sen}(\omega t) \cdot u_{-1}(t)$

per $n = 2$



$$\begin{cases} f_2(t) = t \cdot u_{-1}(t) \\ F(s) = L[\varphi_n(t)] = \frac{1}{s^2} \end{cases}$$

TUTTE LE TRASFORMATE del TIPO

$$L[u_{-n}(t)] = \frac{1}{s^n} = s^{-n}$$

$$L[u_n(t)] = s^n$$

→ per $n=1$ $\quad a$

$$f_1(t) = e^{at} \cdot u_{-1}(t)$$

$$L[f_1(t)] = \frac{1}{s-a}$$

$$L[e^{at}] = \frac{1}{s-a}$$

$$\begin{cases} e^{j\omega t} = \cos(\omega t) + j\,\mathrm{sen}(\omega t) \\ e^{-j\omega t} = \cos(\omega t) - j\,\mathrm{sen}(\omega t) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dfrac{e^{j\omega t} + e^{-j\omega t}}{2} = \cos(\omega t) \\ \dfrac{e^{j\omega t} - e^{-j\omega t}}{2j} = \mathrm{sen}\,\omega t \end{cases}$$

$$L[\mathrm{sen}\,\omega t] \Rightarrow \overbrace{\frac{1}{2j} e^{j\omega t} - \frac{1}{2j} e^{-j\omega t}}^{\mathrm{sen}(\omega t)}$$

$$\searrow \underbrace{\frac{1}{2j} \cdot \frac{1}{s-j\omega} - \frac{1}{2j} \cdot \frac{1}{s+j\omega}}$$

$$= \frac{1}{2j} \frac{(s+j\omega)-(s-j\omega)}{s^2+\omega^2} = \frac{\omega}{s^2+\omega^2}$$

t → s

$e(t) = 10\,\mathrm{sen}(\omega t)$ → $E(s) = 10 \dfrac{\omega}{s^2+\omega^2}$

$e(t) = 4t$ → $E_1(s) = 4 \cdot \dfrac{1}{s^2}$

$$\begin{cases} v(t) = R(i(t)) \\ \text{effetto} \quad \text{causa} \end{cases} \Big/ \quad V(s) = R\,i(s)$$

LA LEGGE DI OHM RIMANE TALE E QUALE

$$i = c\frac{dv}{dt} \Rightarrow \int_{v_0}^{v(t)} dv = \int_{0^-}^{t} \frac{1}{c}\, i\, dt$$

$$v(t) = \frac{1}{c}\int_0^t i(t)\,dt + v_0 \xrightarrow{L}$$

$$\boxed{L[f(t)] = F(s)}$$

$$\boxed{L\left[\int_{0^-}^{t} f(t)\,dt\right] = \frac{1}{s}F(s)}$$

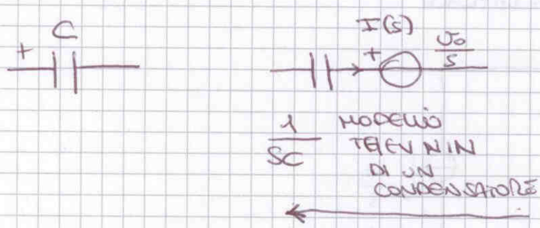
REGOLE di LA PLACE ↘

Elettronica ed Elettrotecnica

XXXI esercizio
1/12/2011

LEGGE COSTITUTIVA DEL CONDENSATORE NEL DOMINIO DI LAPLACE

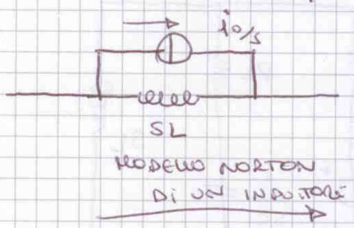
$$\boxed{V(s) = \frac{1}{sC} I(s) + \frac{v_0}{s}}$$



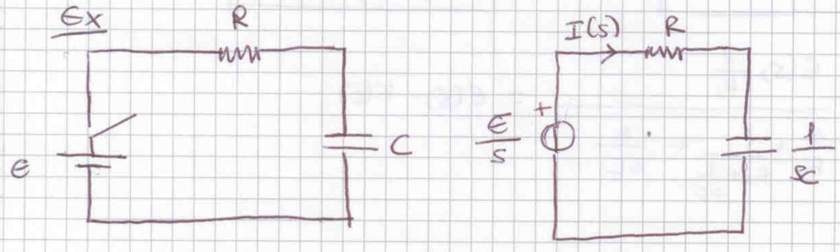
LEGGE COSTITUTIVA DELL'INDUTTORE NEL DOMINIO DI LA LAPLACE

da $i(t) = \frac{1}{L}\int_0^t v(t)\,dt + i_0$

$$\boxed{I(s) = \frac{1}{sL} V(s) + \frac{i_0}{s}}$$



Ex

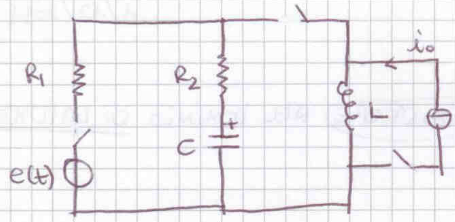


$$I(s) = \frac{\frac{E}{s}}{R + \frac{1}{sC}} = \frac{E}{sR + \frac{1}{C}} = \frac{E}{R} \cdot \frac{1}{s + \frac{1}{RC}}$$

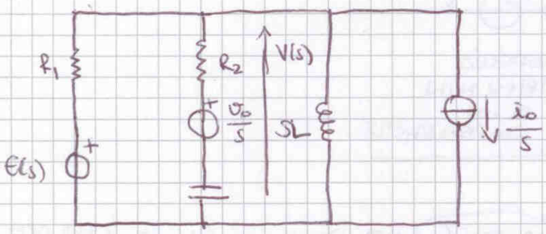
$$i(t) = \frac{E}{R} e^{-\frac{1}{RC}t}$$

XXXII lezione
5/12/11

Ex



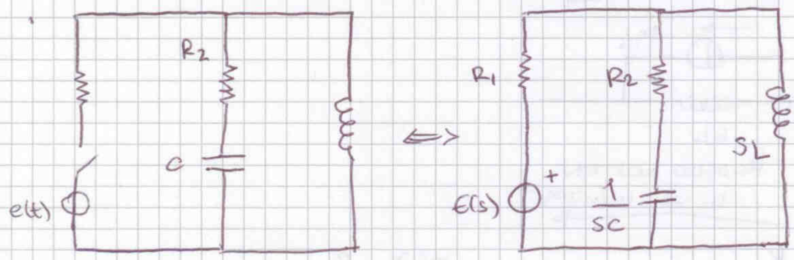
⇕ dominio di LAPLACE



$$V(s) = \frac{E(s)\frac{1}{R_1} + \frac{v_0}{s}\cdot\frac{1}{R_2+\frac{1}{sC}} - \frac{i_0}{s}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2+\frac{1}{sC}} + \frac{1}{sL}}$$

(!) se non metto i generatori costanti significa che posso

Ex



$$V(s) = \frac{E(s)\frac{1}{R_1}}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2+\frac{1}{sC}}+\frac{1}{sL}} = E(s)\cdot F(s)$$

Elettronica ed elettrotecnica XXX (1) Lez.

5/12/11

$$I(s) = \frac{3s+20}{s(s+5)(s+2)}$$

s

(1) non conviene che sviluppo il polinomio

$$I(s) = \frac{N(s)}{D(s)}$$ (se sono di pari grado o superiore posso fare la divisione)

polinomio in cui gli 0 devono essere tutti distinti

$s_1 = 0 \quad s_2 = -5 \quad s_3 = -2$

$$i(t) = K_1 e^{s_1 t} + K_2 e^{s_2 t} + K_3 e^{s_3 t}$$

un circuito per essere stabile deve avere soluzioni o pari a 0 o pari a un numero negativo

$$i(t) = K_1 + K_2 e^{-5t} + K_3 e^{-2t}$$

$$\boxed{K(s) = \frac{N(s)}{D'(s)}} = \frac{3s+20}{\dots}$$

poi pongo s_1, s_2, s_3 ed ottengo le correnti

METODO ALTERNATIVO

$$\boxed{K_1 = (s-s_1)\frac{N(s)}{D(s)}\Bigg|_{s=s_1}}$$

quanto dura il transitorio?

$$i(t) = K_1 + K_2 e^{-5t} + K_3 e^{-2t} + \dots$$

$e^{-\frac{t}{\tau}} \qquad \tau = \frac{1}{s}$

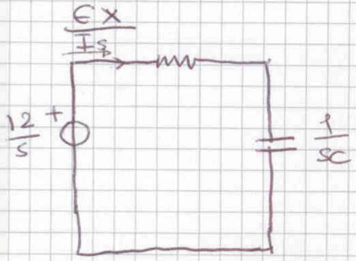
dopo un tempo $t = \tau$

$\frac{1}{e} \simeq$

$4 - 5\tau = t \rightarrow$ tempo del transitorio

$$\boxed{\tau = \frac{1}{s_1}}$$

Ex



$R = 1\Omega$

$C = 1F$

$$I(s) = \frac{E(s)}{Z(s)} = \frac{\frac{12}{s}}{1+\frac{1}{s}} = \frac{12}{s\left(1+\frac{1}{s}\right)} = \frac{12}{s+1}$$

$\tau = RC$

$$i(t) = K_1 e^{-t}$$

$$i(t) = 12e^{-t} \cdot u_{-1}(t)$$

$$i(t) = \frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio

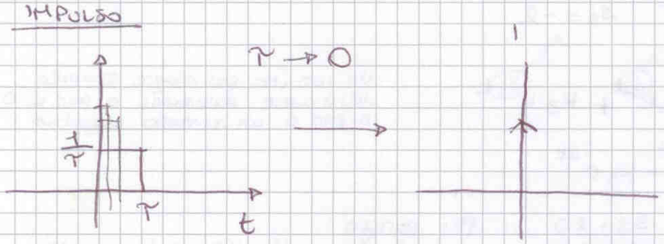
(!) se esistono soluzioni complesse devono essere complex e coniugate

esponenziali complex ⟶ sinusoidali decrescenti

ESTENDIAMO LE TRASFORMATE DI LAPLACE

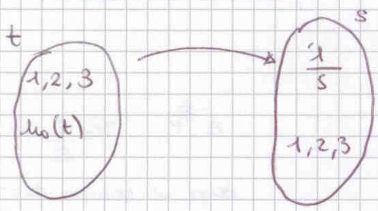
$$\begin{cases} f_n(t) = \dfrac{1}{(n-1)!} t^{n-1} \cdot e^{at} u_{-1}(t) \\ F_n(s) = \dfrac{1}{(s-a)^n} \end{cases}$$

IMPULSO



$F(s) = 1 = s^0$

FUNZIONE IMPULSIVA



$L[u_n(t)] = s^n$

Elettronica ed elettrotecnica ~~XXXIII~~ lezione 6/12/11

ANTITRASFORMATA CON SOLUZIONI IMMAGINARIE

$$f(t) = \left[k_1 e^{s_1 t} + k_2 e^{s_2 t} + \dots + k_n e^{s_n t}\right] \cdot \mu_{-1}(t)$$

→ $D(s) = 0$

$$k_1 e^{s_1 t} + k_2 e^{s_2 t} = k_1 e^{(\alpha + j\omega)t} + k_2 e^{(\alpha - j\omega)t}$$

$$= \bar{k} e^{\alpha t} \cdot e^{j\omega t} + \hat{\bar{k}} \cdot e^{\alpha t} e^{-j\omega t}$$

→ se le soluzioni sono complex

$$\begin{cases} s_i = \alpha_i + j\omega_i \\ s_{i+c} = \alpha_i - j\omega_i \end{cases}$$

se avessi anche lo sfasamento

$$= k e^{j\vartheta} \cdot e^{\alpha t} e^{j\omega t} + k e^{-j\vartheta} e^{\alpha t} \cdot e^{-j\omega t}$$

$$k(s) = \frac{N(s)}{D'(s)}$$

$$= k e^{\alpha t}\left[e^{j(\vartheta + \omega t)} + e^{-j(\vartheta + \omega t)}\right]$$

$$\bar{k} = k \cdot e^{j\vartheta}$$
$$\hat{\bar{k}} = k e^{-j\vartheta}$$

sempre positiva

$$= 2ke^{\alpha t} \cos(\omega t + \vartheta)$$ → soluzione

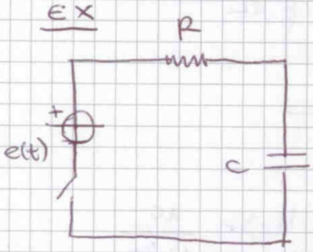
$$\vartheta = \operatorname{arctg}\left(\frac{\text{parte immaginaria}}{\text{reale}}\right)$$

→ coefficiente di smorzamento

per k prendo quello con la + le numero complex

(!) facciamo il discorso solo con L o C

EX



$$I(s) = \frac{E(s)}{R + \frac{1}{sC}} = E(s)\frac{1}{R + \frac{1}{sC}}$$ → F(s) (funzione di rete)

$R = 1$

$C = 1$

$$= E(s)\frac{sC}{sRC + 1} \to F(s) = E(s)\frac{s}{1+s} = E(s)F(s)$$

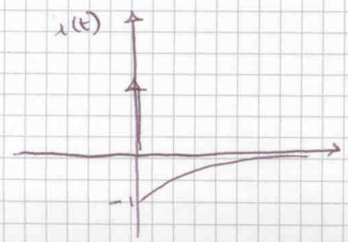
se $E(s)$ valesse 1

$$\frac{s}{1+s} = 1 - \frac{1}{1+s}$$

$$\begin{array}{r|l} s & s+1 \\ \hline s+1 & 1 \\ -1 & \end{array}$$

→ $i(t) = \mu_0(t) - \left[k_1 e^{s_1 t}\right]$

$$k(s) = \frac{N(s)}{D'(s)} = \frac{1}{1} = 1$$

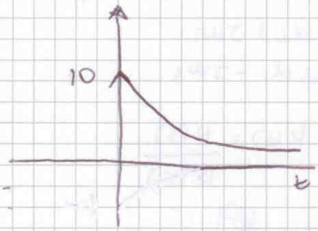


se e(t) fosse $u_{-1}(t)$

$e(t) = 10\mu_{-1}(t)$

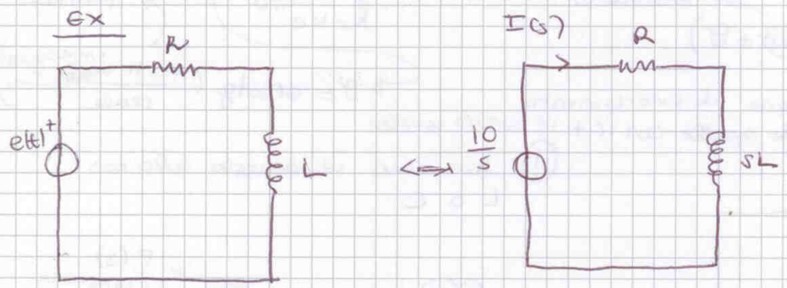
$$I(s) = \frac{10}{1+s}$$

$$i(t) = Ke^{s_0 t} = Ke^{-t} = 10e^{-t}$$



$$i(t) = 10e^{-t}\mu_{-1}(t) \quad \left[I(s) = \frac{10}{1+s} \right]$$

Ex

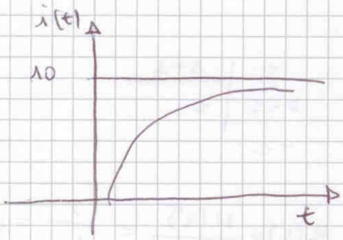


$$I(s) = \frac{E(s)}{R+sL} = E(s)\cdot\frac{1}{R+sL}$$

$$i(t) = K_1 + K_2 e^{-t} = \frac{10}{s}\cdot\frac{1}{1+s}$$

$$i(t) = 10(1-e^{-t})$$

$$K(s) = \frac{10}{1+2s}$$



per $t \to 0^+$ L è un circuito aperto

per $t \to \infty$ L è cortocircuitato

Elettronica ed Elettrotecnica

~~XXXIII~~ lezione
6/12/11

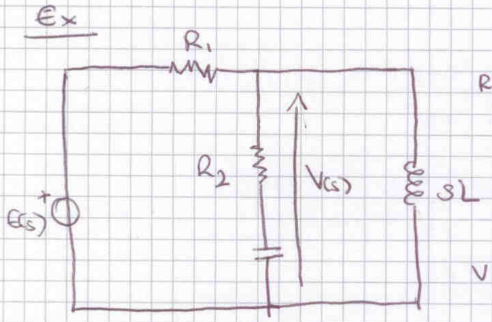
posso osservare i tempi al limite $0, +\infty$ anche solo vedendo la funzione di Laplace

$$I(s) = \frac{10}{1+s} \cdot \frac{s}{s} = \frac{10s}{\frac{1}{s}+1}$$

$$\lim_{s \to \infty} \frac{10s}{1+s} = \frac{10}{\frac{1}{s}+1} = 10$$

$\frac{1}{s} \to 0$

Ex



$R_1 = R_2 = 1 \quad L = 1 \quad c = 1$

$$V(s) = \frac{\frac{E(s)}{R_1}}{Y_1(s) + Y_2(s) + Y_3(s)}$$

$$V(s) = \frac{\frac{E(s)}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + \frac{1}{sC}} + \frac{1}{sL}} =$$

$$V(s) = E(s) \cdot \frac{1}{R_1\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + \frac{1}{sC}} + \frac{1}{sC}\right)} = E(s) \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{1+\frac{1}{s}} + \frac{1}{s}} =$$

$$E(s) \frac{s}{s + \frac{s^2}{s+1} + 1} = E(s) \frac{s^2 + s}{2s^2 + 2s + 1}$$

$$\begin{array}{l|l} s^2 + s + 0 & 2s^2 + 2s + 1 \\ \hline s^2 + s + \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \hline 0 \quad 0 \quad -\frac{1}{2} & \end{array}$$

$$\frac{s^2 + s}{2s^2 + 2s + 1} = \frac{1}{2} - \frac{\frac{1}{2}}{2s^2 + 2s + 1}$$

$$v(t) = \frac{1}{2} u_0(t) - 2|\overline{K}| e^{-\frac{1}{2}t} \cdot \cos\left(\frac{1}{2}t + \theta\right)$$

$$\overline{K}(s) = \frac{\frac{1}{2}}{4s+2} = -\frac{1}{4} j$$

$$s = -\frac{1}{2} + \frac{1}{2} j$$

$$2s^2 + 2s + 1 = 0$$
$$s_1 = -\frac{1}{2} + \frac{1}{2} j$$
$$s_2 = -\frac{1}{2} - \frac{1}{2} j$$

$$v(t) = \frac{1}{2} u_0(t) - \frac{1}{2} e^{-\frac{1}{2}t} \cos\left(\frac{1}{2}t - \frac{\pi}{2}\right) = \left[\frac{1}{2} u_0(t) - \frac{1}{2} e^{-\frac{1}{2}t} \operatorname{sen}\left(\frac{1}{2}t\right)\right] u_{-1}(t)$$

Elettronica ed Elettrotecnica

~~XXXIV~~ lezione
12/12/11

$$I(s) = \frac{3s+20}{s(s+5)(s+2)} \qquad i(t) = ?$$

$$i(t) = k_1 e^{s_1 t} + k_2 e^{s_2 t} + k_3 e^{s_3 t}$$

$s_1 = 0 \quad s_2 = -5 \quad s_3 = -2$ → FUNZIONE STABILE POICHÉ $s_1, s_2, s_3 \leq 0$

$$i(t) = k_1 + k_2 e^{-5t} + k_3 e^{-2t}$$

$s_1 = 0$ → esponenziale degenere

$\tau_2 = \frac{1}{5} \qquad \tau_3 = \frac{1}{2}$

$\tau = \frac{1}{s_n}$

$k_2 \cdot e^{-5t}$ → dopo ~~circa~~ 1 sec vale circa zero, quindi non lo calcoliamo

$k_3 \cdot e^{-2t}$ → dopo $5 \cdot \frac{1}{2} = 2{,}5$ sec va a 0 ⇒ Dopo 2,5 sec il transitorio è finito

VALORE FINALE

$I(0) = ?$ → lo posso sapere a priori da k_1 (rimango in s)

lo posso dire a priori senza calcolare k_1, k_2, k_3

$$I(0) = \lim_{s \to 0} s \cdot I(s) = \lim_{s \to 0} \frac{\cancel{s} \cdot (3s+20)}{\cancel{s}(s+5)(s+2)}$$

$$= \frac{20}{5(2)} = 2A$$ → valore limite → mi dice che $k_1 = 2$

VALORE INIZIALE DI I

$$\lim_{s \to \infty} \frac{s \cdot (3s+20)}{s(s+5)(s+2)} = 0$$ → oppure chiudo il circuito è 0

→ lo trovo sempre in s → senza passare per il tempo

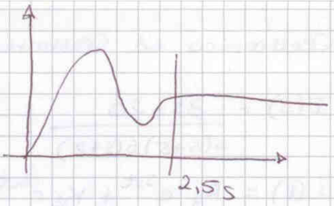
$$k_1 = \frac{3s+20}{s(s+5)(s+2)} \cdot (s - s_1) \qquad k_1 = \left.\frac{3s+20}{(s+5)(s+2)}\right|_{s=0} = 2$$

$$k_2 = \left.\frac{(s+5)(3s+20)}{s(s+5)(s+2)}\right|_{s=-5} = \frac{1}{3}$$

$$k_3 = \left.\frac{\cancel{(s+2)}(3s+20)}{s(s+5)\cancel{(s+2)}}\right|_{s=-2} = -\frac{7}{3}$$

⇒

$\Longrightarrow \quad i(t) = 2 + \frac{1}{3}e^{-5t} - \frac{7}{3}e^{-2t}$

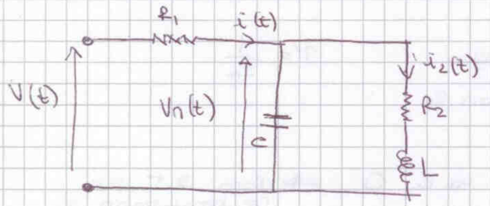


i K ci potevo trovare anche così

$$K(s) = \frac{3s+20}{\cancel{D}\,(s^3+7s^2+10s)}$$

$$K(s) = \frac{3s+20}{3s^2+k_1 D+10}$$

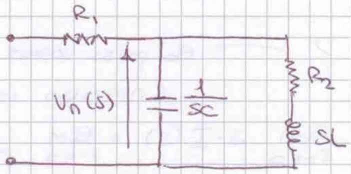
ESERCIZIO 2 : RISOLVERE LA RETE



$R_1 = 30\,\Omega \qquad R_2 = 2\,\Omega$

$C = 250\,\mu F \qquad L = 100\,mH$

trasferiamoci nel dominio di s



$$V_n(s) = V(s)\cdot\frac{1}{R_1\left(\frac{1}{R_1}+sC+\frac{1}{R_2+sL}\right)}$$

$$= V(s)\cdot\underbrace{\frac{400\,(20+s)}{3s^2+460s+128\cdot 10^3}}_{F(s)}$$

al tempo ZERO metto una batteria da 100 V : $v(t) = 100\, u_{-1}(t) \Rightarrow V(s) = \frac{100}{s}$

$$V_n(s) = \frac{100}{s}\cdot\frac{400\,(20+s)}{3s^2+460s+120\cdot 10^3}$$

$s_1 = 0 \qquad s_2 = -\frac{230}{3} + j\cdot\frac{10}{3}\sqrt{3311} \simeq -76{,}7 + j\,19$

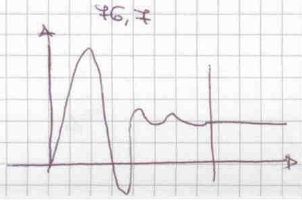
$s_3 = -76{,}7 - j\,19$

$s = \alpha + j\omega$

$$V_n(t) = \left[k_1 + 2\,|k_2|\cdot e^{-76{,}7t}\cdot\cos\left(191{,}8t + \angle k_2\right)\right] u_{-1}(t)$$

se $t = \frac{5}{76{,}7} \Longrightarrow e^{-5} \to 0$ il transitorio è concluso

decidiamo noi −5 (può essere anche −4)



Elettronica ed Elettrotecnica

XXXIV lezione
12/12/11

$K_1 = \frac{25}{4}$ $\quad K_2 = -3,13 - J\,33,51$

$\theta_{K_2} = -1,66$ rad

si trovano con la regola dell'esercizio precedente

$$\Rightarrow V_n(t) = \left[\frac{25}{4} + 2 \cdot 33,65 \cdot e^{-76,7t} \cdot \cos(191,8t - 1,66)\right] \cdot U_{-1}(t)$$

$I = \frac{100}{32}$ $\quad V_n = \frac{100}{32} \cdot 2 = \frac{25}{4}$

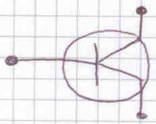
NEL REGIME PERMANENTE CONTINUO

$R_2 \cdot I$

se $v(t) = 100\sqrt{2}\,\sin(200t)\,U_{-1}(t)$ e $V(s) = 100 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{200}{s^2 + (200)^2}$

calcolo $V_n(t)$ x caso

TRANSISTOR

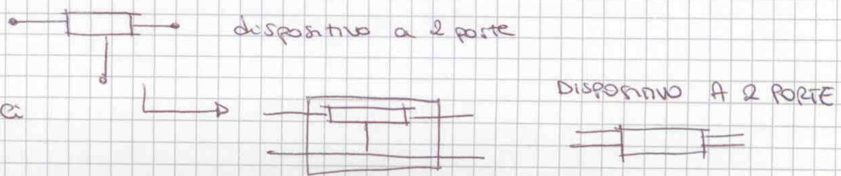


BJT → TRANSISTOR A GIUNZIONE BIPOLARE

TRANSISTOR:
- BJT
- FET
- J FET
- MOSFET
- IGBT
- SCR

DISPOSITIVI
- UNIPOLARI — TIPO IL RAME
- BIPOLARI — TIPO GLI ELETTRONI — ci sono i portatori di cariche

Come si può analizzare un dispositivo di questo tipo?

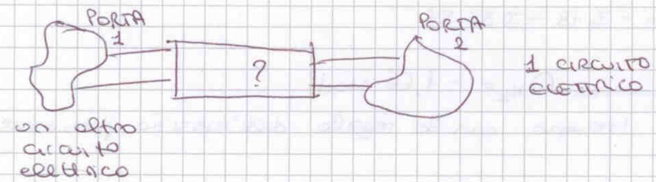


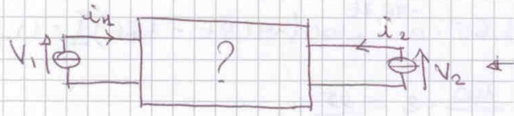
dispositivo a 2 porte

n-poli

DISPOSITIVO A 2 PORTE

RETE A 2 PORTE (doppio bipolo)





convenzionalmente i versi di V_1, V_2, i_1 e i_2 sono questi

$$\begin{cases} V_1 = k_1 i_1 + k_2 i_2 \\ V_2 = k_3 i_1 + k_4 i_2 \end{cases}$$

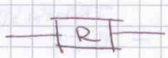
k_1 ~~dolle~~ deve avere le dimensioni di una resistenza (anche k_2, k_3, k_4)

$\Downarrow$

$$\begin{cases} V_1 = R_{11} i_1 + R_{12} i_2 \\ V_2 = R_{21} i_1 + R_{22} i_2 \end{cases}$$

$$\begin{vmatrix} V_1 \\ V_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} i_1 \\ i_2 \end{vmatrix}$$

$$[V] = [R] \cdot [I]$$

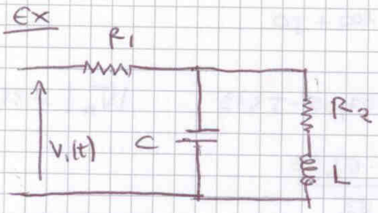


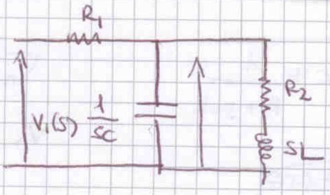
Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

Elettronica ed Elettrotecnica

~~XXXV~~ lezione
13/12/11

Ex

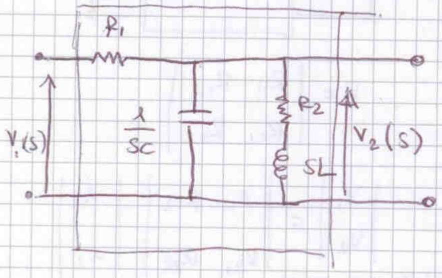




$R_1 = 30\,\Omega$
$R_2 = 2\,\Omega$
$C = 250\,\mu F$
$L = 100\ mH$

$$F(s) = \frac{1}{R_1\left(\frac{1}{R_1}+sC+\frac{1}{R_2+sL}\right)} = \frac{400\,(20+s)}{3s^2+460s+128\cdot 10^3}$$

$[V_n(s)]$



→ RETE A DUE PORTE

$V_2(s) = V_1(s)\,F(s)$
$V_n(s) = V_1(s)\cdot F(s)$

$a + bi = \sqrt{a^2+b^2}\left(e^{\operatorname{arctg}\left(\frac{b}{a}\right)}\right)$

$v_1(t) = 100\sqrt{2}\ \operatorname{sen}(200t)\,u_{-1}(t)$

$$V_n(s) = V_1(s)\cdot F(s) = \left[100\sqrt{2}\cdot\frac{200}{s^2+(200)^2}\cdot\frac{400\,(20+s)}{3s^2+460s+128\cdot 10^3}\right]$$

s^2+200^2 $\begin{cases} s_1 = j200 \\ s_2 = -j200 \end{cases}$

$s_3 = -76{,}7 + j\,191{,}8$
$s_4 = -76{,}7 - j\,191{,}8$

regime permanente sinusoidale

$s_i = \alpha_i + j\omega_i$ ← coefficiente di smorzamento

$$V_n(t) = 2|K_1|\cos(200t+\arg K_1) + 2|K_3|\cdot e^{-76{,}7t}\cdot\cos(191{,}8t+\arg K_3)$$

$$K_1(s_1) = \frac{100\cdot\sqrt{2}\cdot 80\cdot 10^3\,(20+s)}{12s^3+1380s^2+496\cdot 10^3 s+19{,}4\cdot 10^6}$$

$K_1 = -0{,}796 - j\,61{,}56$
$|K_1| = 61{,}56 \qquad \vartheta_{K_1} = +1{,}58$

$K_3 = 0{,}796 + j\,63{,}87$
$|K_3| = 63{,}87$

$$V_{n_{eff}} = \frac{2\cdot 61{,}56}{\sqrt{2}}$$

risolvo lo stesso circuito nel regime permanente sinusoidale

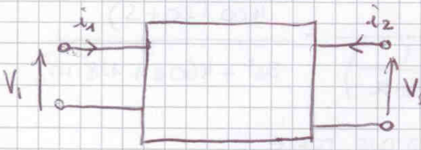
$$\overline{V_n} = \frac{\frac{100}{30}}{\frac{1}{R_1} + j\omega C + \frac{1}{R_2 + j\omega L}}$$

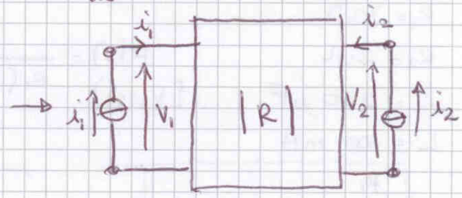
$\overline{V_1} = 100 + j0$

$\overline{V_n} = 87{,}05 - j1{,}13$ $\quad |\overline{V_n}| = 87{,}06$

$V_n = \frac{2 \cdot 61{,}56}{\sqrt{2}}$

RETI A DUE PORTE





$|V| = |R| \cdot |I|$

$$R = \begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{vmatrix}$$

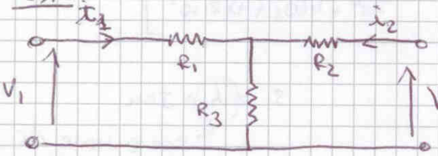
$$\begin{vmatrix} V_1 \\ V_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} i_1 \\ i_2 \end{vmatrix}$$

ω, s

$$\begin{cases} \overline{V_1} = \dot{Z}_{11} \overline{I}_1 + \dot{Z}_{12} \overline{I}_2 \\ \overline{V_2} = Z_{21} \overline{I}_1 + \dot{Z}_{22} \cdot \overline{I}_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_1(s) = Z_{11}(s) I_1(s) + Z_{12}(s) I_2 \\ V_2(s) = Z_{21}(s) I_1 + Z_{22}(s) I_2 \end{cases}$$

Ex



pongo in alternanza $i_1 = 0$ e $i_2 = 0$ per trovarmi R_{11} & R_{12}

$R_1 = R_1 + R_3$

$$\begin{cases} v_1 = R_{11} i_1 + R_{12} i_2 = \\ v_2 = R_{21} i_1 + R_{22} i_2 \end{cases}$$

$R_{11} = \left.\frac{v_1}{i_1}\right|_{i_2=0}$ $\quad R_{21} = \left.\frac{v_2}{i_1}\right|_{i_2=0} \rightarrow R_3$

$R_{22} = \left.\frac{v_2}{i_2}\right|_{i_1=0} \rightarrow R_2 + R_3$

$$|R| = \begin{vmatrix} R_1 + R_3 & R_3 \\ R_3 & R_2 + R_3 \end{vmatrix}$$

Elettronica ed Elettrotecnica

XXXV lezione
13/12/11

$$|R| = \begin{vmatrix} 6 & 4 \\ 4 & 7 \end{vmatrix} \qquad \boxed{R_{12} = R_{21}}$$

→ se accade questo caso posso trasformare in sole resistenze

→ CONDIZIONI DI RECIPROCITÀ

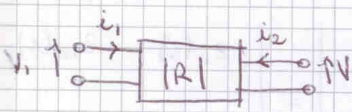
$$|R| = \begin{vmatrix} 0 & -R \\ R & 0 \end{vmatrix}$$

→ non può essere solo resistivo

→ quando ho una matrice del genere chiedo un GIRATORE

$$\begin{cases} V_1 = -R i_2 \\ V_2 = R i_1 \end{cases}$$

XXXVI lezione
15/12/11



$$|R| = \begin{vmatrix} 0 & -R \\ R & 0 \end{vmatrix}$$

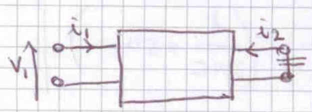
matrice del giratore

→ ci devono essere dei transistors

$$|V| = |R| \cdot |i|$$

$$\begin{vmatrix} V_1 \\ V_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & -R \\ R & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} i_2 \\ i_2 \end{vmatrix}$$

utilizziamo questo oggetto perché?



$$\begin{cases} V_1 = -R i_2 \\ V_2 = R i_1 \end{cases}$$

$$v_1 = -R i_2 = -R$$

$$i_2 = -c \frac{dv_2}{dt}$$

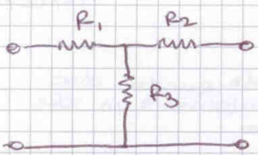
$$v_1 = -R i_2 = -R\left(-c \frac{dv_2}{dt}\right) = -R\left(-c \frac{dR i_1}{dt}\right) = R^2 c \frac{di_1}{dt}$$

$$\boxed{v_1 = L \frac{di_1}{dt}}$$

→ è un induttore!! schema costitutivo dell'induttore

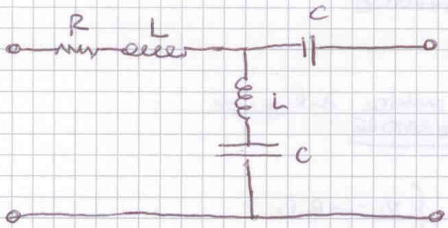
VANTAGGI: posso costruire un induttore monodimensionale attraverso te una rete a due porte è un condensatore così realizzo un induttore che non è una bobina!!

ES



$$|R| = \begin{vmatrix} R_1+R_3 & R_3 \\ R_3 & R_2+R_3 \end{vmatrix}$$

ES



mi trasferisco nel dominio di ω e di s

$$|Z(s)| = \begin{vmatrix} (R+sL)+\left(sL+\frac{1}{sC}\right) & sL+\frac{1}{sC} \\ sL+\frac{1}{sC} & \left(\frac{1}{sC}\right)+\left(\frac{1}{sC}+sL\right) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} Z_{11}(s) & Z_{12}(s) \\ Z_{21}(s) & Z_{22}(s) \end{vmatrix}$$

$$|Z(\omega)| = \begin{vmatrix} (R+j\omega L)+\left(j\omega L+\frac{1}{j\omega C}\right) & j\omega L+\frac{1}{j\omega C} \\ j\omega L+\frac{1}{j\omega C} & \left(\frac{1}{j\omega C}\right)+\left(\frac{1}{j\omega C}+j\omega L\right) \end{vmatrix}$$

ES

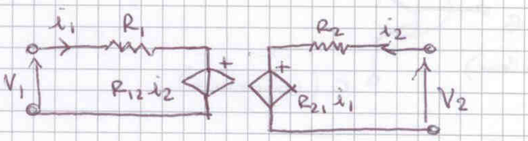
$$|R| = \begin{array}{c} \begin{array}{cc} R_1+R_3 & R_3 \end{array} \\ \begin{vmatrix} 8 & 3 \\ 3 & 10 \end{vmatrix} \\ \begin{array}{cc} R_3 & R_2+R_3 \end{array} \end{array}$$

$$\begin{cases} V_1 = R_{11} i_1 + R_{12} i_2 \\ V_2 = R_{21} i_1 + R_{22} i_2 \end{cases}$$

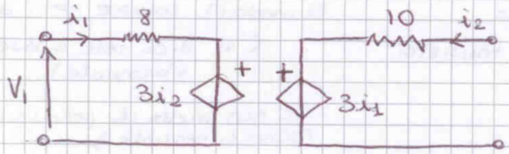
Elettronica ed Elettrotecnica

XXXVI lezione
15/12/11

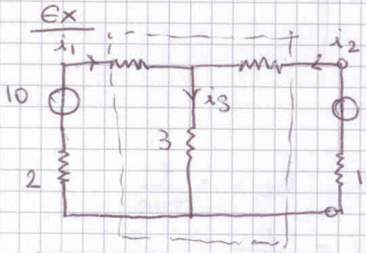
$$\begin{cases} V_1 = R_{11} i_1 + R_{12} i_2 \\ V_2 = R_{21} i_1 + R_{22} i_2 \end{cases}$$

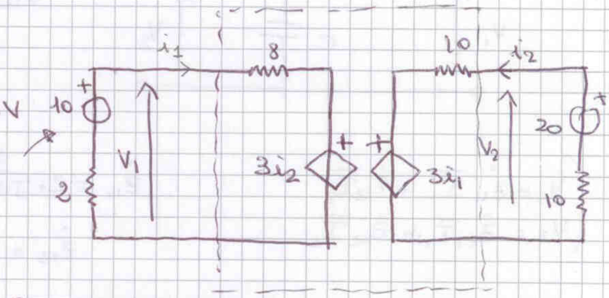


due generatori di Thevenin



Ex





METODO 1

$$\begin{cases} 10 - 3i_2 = 10 i_1 \\ 20 - 3i_1 = 20 i_2 \end{cases} \qquad \begin{cases} 10 i_1 + 3 i_2 = 10 \\ 3 i_1 + 20 i_2 = 20 \end{cases}$$

METODO 2 (MILLMANN)

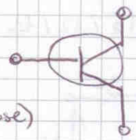
$$V_n = \frac{\frac{10}{7} + \frac{20}{17}}{\frac{1}{7} + \frac{1}{3} + \frac{1}{17}} = 4,869$$

$$V_n = 10 - 7 \cdot i_1 \qquad i_1 = \frac{10 - V_n}{7} = 0,733$$

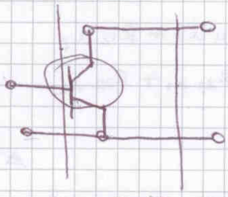
$$i_2 = \frac{20 - V_n}{17} = 0,89$$

! I parametri controllati ci dicono solo informazioni viste dall'esterno

BJT (TRANSISTORE)



EMETTITORE COMUNE

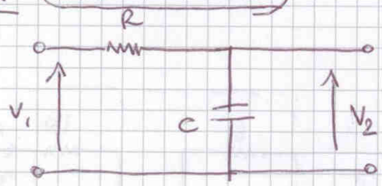


→ si costruisce la matrice solo quando lo alimento → polarizzare un transistor

se metto in comune un polo → i due punti (si dice rete a due porte sbilanciate)

se non metto il polo in comune (sono bilanciate)

EX FILTRO REALE



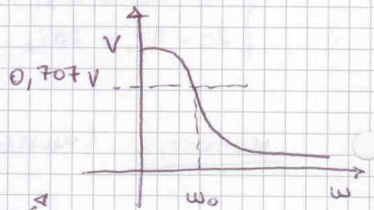
$Z(\omega) = \Big|$

$$\begin{cases} V_1 = \dot z_{11}\bar I_1 + \dot z_{12}\bar I_2 \\ V_2 = \dot z_{21}\bar I_1 + \dot z_{22}\bar I_2 \end{cases}$$

$\dot z_{11} = R + \frac{1}{j\omega C}$ $\quad \dot z_{22} = +\frac{1}{j\omega C}$

$\dot z_{12} = \dot z_{21} = \frac{1}{j\omega C}$

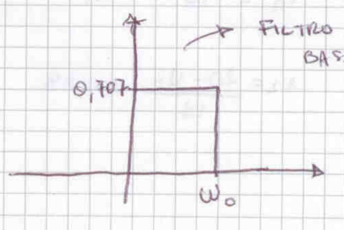
$$\dot z_{11} = \frac{\bar V_1}{\bar I_1}\Big|_{\bar I_2 = 0}$$



$$\bar V_2 = \bar V_1 \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \bar V_1 \frac{1}{1 + j\omega RC} = \bar V \frac{1}{1 + j\omega\tau}$$

$RC = \Omega \cdot F$ = secondi

$$V_2 = V_1 \frac{1}{1 + j\omega\tau} \qquad |\bar V_2| = \frac{1 \cdot V_1}{\sqrt{1 + \omega^2\tau^2}}$$



→ FILTRO PASSA BASSO

perché è importante 0,707? $\quad 0,707 = \frac{1}{\sqrt{2}}$

valore di taglio

$\omega_0 = \frac{1}{RC}$ → Frequenza di taglio

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Professore: Paolo Del Vecchio
Anno di produzione: 2012-2013

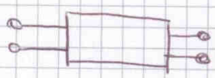
Elettronica ed Elettrotecnica

XXXVI lezione
15/12/11

punto in cui le frequenze trasmesse si dimezzano

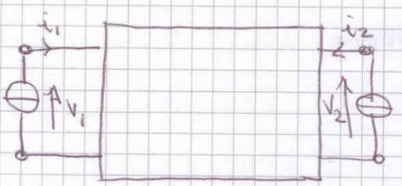
$(0{,}707)^2 = \frac{1}{2}$ $\qquad \frac{V^2}{R} \propto P$

XXXVII lezione
16/12/11

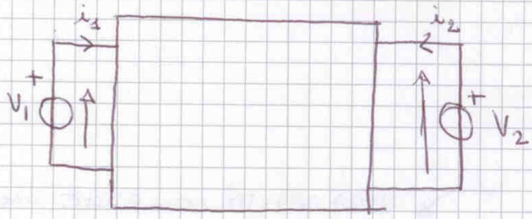


$|V| = |R|\,|I|$

$|\bar{V}(\omega)| = |\bar{Z}(\omega)|\,|\bar{I}(\omega)| \qquad |V(s)| = |Z(s)|\,|I(s)|$

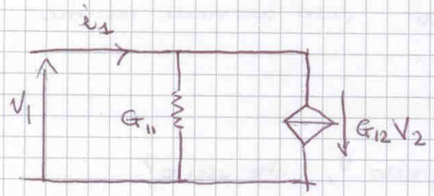


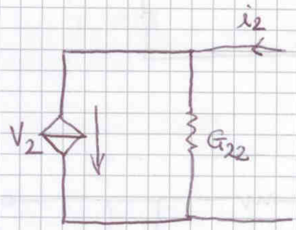
$$\begin{cases} V_1 = R_{11} i_1 + R_{12} i_2 \\ V_2 = R_{21} i_1 + R_{22} i_2 \end{cases}$$



$$\begin{cases} i_1 = G_{11} V_1 + G_{12} V_2 \\ i_2 = G_{21} V_1 + G_{22} V_2 \end{cases}$$

quanto vale G in funzione di R





$|I| = |G|\,|V|$

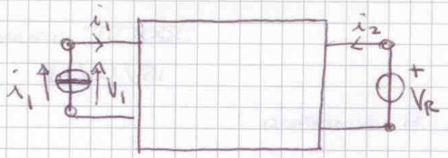
$|V| = |R| \cdot |I|$

$|R|^{-1} = |G|$

(1) la matrice delle conduttanze è l'inverso della matrice delle RESISTENZE

↳ l'inverso di una matrice non è uguale al reciproco di ogni elemento

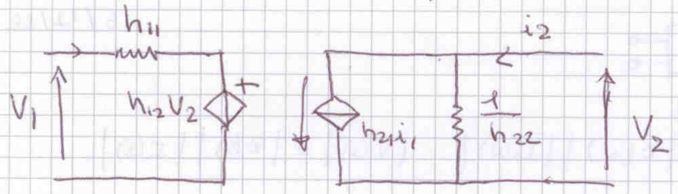
Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Professore: Paolo Del Vecchio
Anno di produzione: 2012-2013



$$\begin{cases} V_1 = h_{11} i_1 + h_{12} V_2 \\ i_2 = h_{21} i_1 + h_{22} \cdot V_2 \end{cases}$$

ALIMENTAZIONE IBRIDA

$$\begin{vmatrix} V_1 \\ i_2 \end{vmatrix} = |H| \begin{vmatrix} i_1 \\ i_2 \end{vmatrix}$$

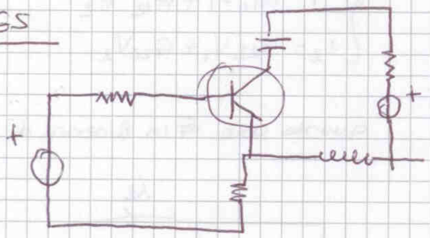


THEVENIN NORTON

c'è anche l'ibrido inversa

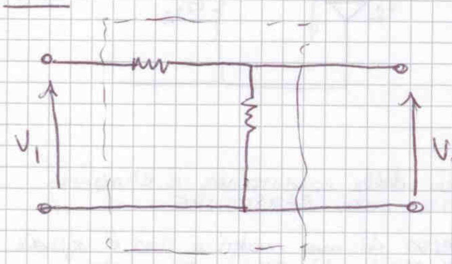
$$\begin{vmatrix} i_1 \\ V_2 \end{vmatrix} = |H'| \begin{vmatrix} V_1 \\ V_2 \end{vmatrix}$$

ES



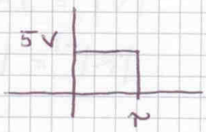
NELLA REALTÀ NON ESISTE UNA rete puramente resistiva

Ex



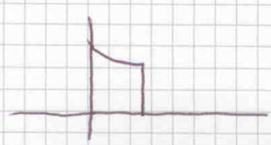
ingresso V_1 che uscita?

$$V_2 = V_1 \frac{R_2}{R_1+R_2}$$



se il filo è troppo lungo non ottengo più l'impulso

perchè non esistono reti puramente resistive

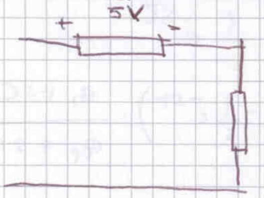


Elettronica ed Elettrotecnica

XXXVII lezione
16/12/11

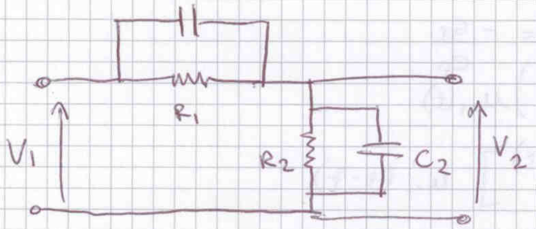
PARTITORE COMPENSATO → mi trasmette l'impulso anche a distanze (correttamente)
lunghe

LA RESISTENZA PUÒ ESSERE VISTA come un condensatore



applicazione pratica

ES

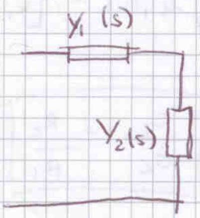


$Z_1(s) = R_1$

$Z_2(s) = \frac{1}{sC_1}$

$Y(s) = \frac{1}{R_1}$

$Y_2(s) = sC$



$Y_1(s) = \frac{1}{R_1} + sC_1$

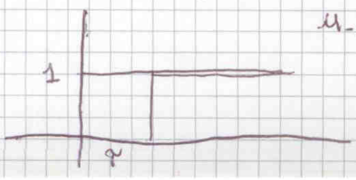
$V_2(s)$

(!) Attenzione quando parlo di ammettenze / conduttanze il partitore di corrente ~~diventa~~ si calcola come quello di tensione e viceversa

$$V_2(s) = \frac{Y_1(s)}{Y_1(s) + Y_2(s)} V_1(s) \qquad F(s) = \frac{G_1 + sC_1}{G_p + sC_p}$$

$$\begin{cases} G_p = G_1 + G_2 \\ C_p = C_1 + C_2 \end{cases}$$

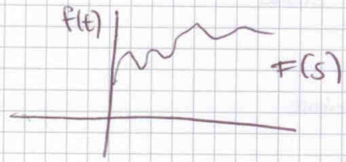
$u_{-1}(t) \Rightarrow \frac{1}{s}$



impulso differenza di due gradini

$u_{-1}(t-\tau) \Rightarrow$

$$\boxed{\begin{aligned} f(t) &= u_{-1}(t) - u_{-1}(t-\tau) \\ f(s) &= \frac{1}{s} - \frac{1}{s}e^{-s\tau} \end{aligned}}$$



$$V_1(s) = \frac{1}{s} - \frac{1}{s}e^{-s\tau}$$

$$V_2(s) = \left(\frac{1}{s} - \frac{1}{s}e^{-s\tau}\right) \cdot \frac{G_1 + sC_1}{G_p + sC_p}$$

$$V_2(s) = \frac{1}{s}\frac{G_1 + sC_1}{G_p + sC_p} - e^{-s\tau}\frac{1}{s}\frac{G_1 + sC_1}{G_p + sC_p}$$

$\cancel{V_2(t)}$ $s_1 = 0$; $s_2 = -\frac{G_p}{C_p}$

$$V_2'(t) = \left(k_1 + k_2 e^{-\frac{G_p}{C_p}t}\right) u_{-1}(t)$$

$$V_2''(t) = \left[k_1 + k_2 e^{-\frac{G_p}{C_p}(t-\tau)}\right] u_{-1}(t-\tau)$$

$$V_2(t) = V_2'(t) + V_2''(t) = \left(k_1 + k_2 e^{-\frac{G_p}{C_p}t}\right) u_{-1}(t) - \left[k_1 + k_2 e^{-\frac{G_p}{C_p}(t-\tau)}\right] u_{-1}(t-\tau)$$

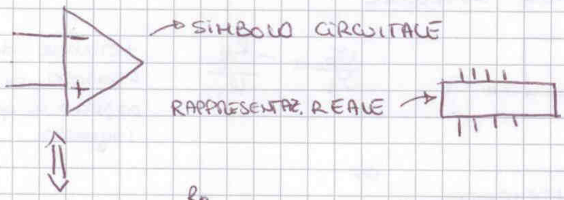
per $k_2 = 0$

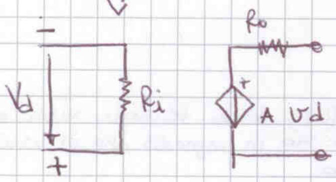
$$k_2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \quad \frac{R_2}{R_1 + R_2} \qquad \boxed{\frac{C_1}{C_2} = \frac{R_2}{R_1}}$$

$\boxed{\text{PARTITORE COMPENSATO}}$

Elettronica ed Elettrotecnica — XXXVIII lezione 9/01/12

AMPLIFICATORE OPERAZIONALE: → operazioni diverse





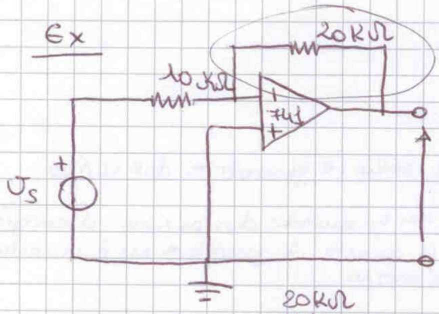
$A = \text{guadagno} = 2 \cdot 10^5 \to \infty$

$R_i = 2 \cdot 10^6\ \Omega = 2\,M\Omega \to \infty$

$R_o = 50\ \Omega \to 0$

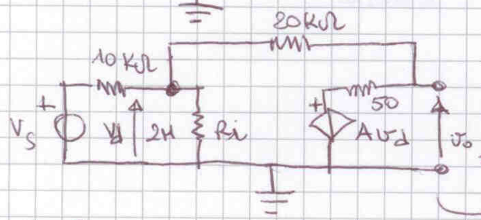
AMP. IDEALE

Ex



$A = \frac{v_o}{v_s} = -1,99\ldots = -2$ ↳ guadagno ad anello chiuso

$v_s = 2V$



$$V_n\left(\frac{1}{10^4} + \frac{1}{2 \cdot 10^6} + \frac{1}{20 \cdot 10^3 \cdot 50}\right) = \frac{V_s}{10^4} + \frac{\overset{-2\cdot 10^5}{A} V_d}{20 \cdot 10^3 + 50}$$

→ MODELLO REALE DI UN AMPLIFICATORE OPERAZIONALE

$v_o = ?$

Legge alla maglia

$V_n + (20 \cdot 10^3 + 50)\, i + 2 \cdot 10^5 \cdot V_n = 0$

$V_o = AV_d + R_o i \Rightarrow V_o = -AV_n + R_o i$

Ideale → resistenza ingresso infinito + guadagno infinito

↳ se faccio le approssimazioni ideali devo dire che che $v_d = 0$

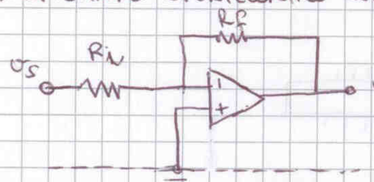
— PROPRIETÀ AMPLIFICATORE OPERAZIONALE —

1. La differenza di tensione in ingresso è uguale a 0 (sottoposti quindi alla stessa tensione)
2. Le correnti entranti sono uguali a 0

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

$$\begin{cases} v_s = R_1 i \\ v_0 = -R_f i \end{cases} \qquad i = -\frac{v_0}{R_f} \qquad \frac{v_0}{v_s} = -\frac{R_f}{R_1}$$

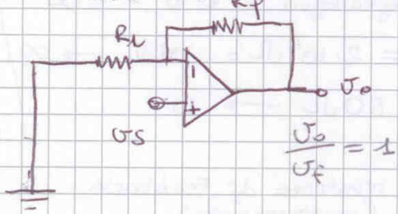
— AMPLIFICATORE OPERAZIONALE INVERTENTE —



$$\frac{v_0}{v_s} = -\frac{R_f}{R_1}$$

tensione di orato sfasato di 180° rispetto a quella di ingresso

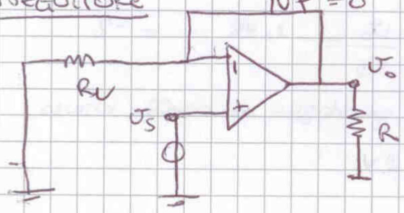
— AMPLIFICATORE NON-INVERTENTE —



$$\frac{v_0}{v_f} = 1 + \frac{R_F}{R_1}$$

la fase della tensione viene mantenuta ~~alla~~ sia in ingresso che in uscita la stessa

INSEGUITORE

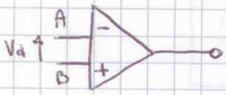


BUFFER: isola il generatore dal carico

non ho quindi dissipazione di energia in quanto il generatore non è in contatto con l'esterno

Elettronica ed Elettrotecnica — XXXIX lezione 20/01/12

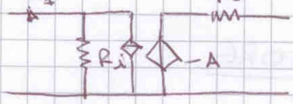
$v_d = 0 \quad R_i = \infty$



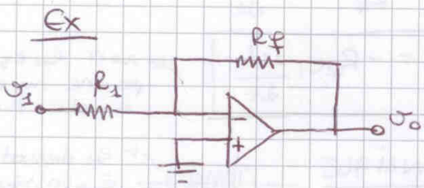
$$H' \begin{cases} i_1 = \\ v_2 = \end{cases} \qquad H \begin{cases} v_1 \\ i_2 \end{cases}$$

$g = H'$ → riportato in molti testi

$$\begin{cases} i_1 = g_{11} v_1 + g_{12} i_2 \\ v_2 = -A v_1 + R_o i_2 \end{cases} \qquad |g| = \begin{vmatrix} \frac{1}{R} & 0 \\ -A & R_o \end{vmatrix}$$



Ex

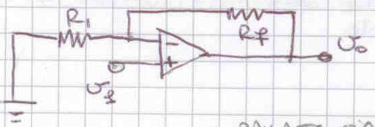


AMPLIF. INVERTENTE

$$\frac{v_o}{v_1} = -\frac{R_f}{R_1}$$

Ex

AMPLIF. NON-INVERTENTE

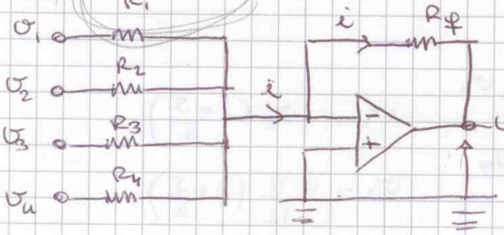


$$\frac{v_o}{v_1} = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right)$$

(→ 0, → ∞)

→ PAY ATTENTION

Ex $\quad \frac{v_1}{R_1}$ — SOMMATORE

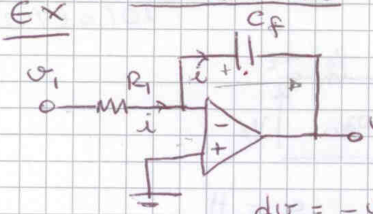


$$-\frac{v_o}{R_f} = \frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2} + \frac{v_3}{R_3} + \frac{v_4}{R_4}$$

$$v_o = -\frac{R_f}{R_1} v_1 - \frac{R_f}{R} v_2 - \frac{R_f}{R_3} \dots$$

$$= -A(v_1 + v_2 + v_3)$$

Ex INTEGRATORE



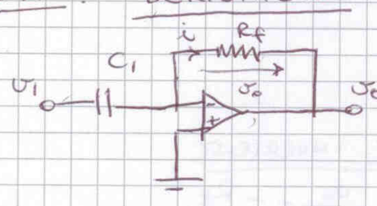
$$\boxed{i = -C_f \frac{dv}{dt} = \frac{v_1}{R_1}}$$

$$dv_o = \frac{-v_1}{R_1} \cdot \frac{1}{C} dt \qquad \int_0^{v_o} dv_o = \int_0^t -\frac{v_1}{R_1} \frac{1}{C} dt$$

considero il condensatore scarico

$$\boxed{v_o = -\frac{1}{R_1 C_f} \int_0^t v_1 dt}$$

Ex : DERIVATORE

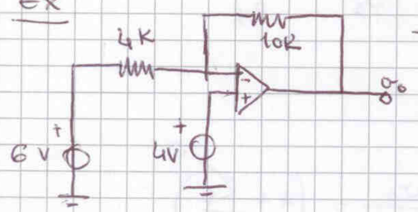


$$i = -\frac{v_o}{R_f} = C_1 \frac{dv_1}{dt}$$

$$\boxed{v_o = -R_f C_1 \frac{dV_1}{dt}}$$

non lo uso perché mi amplifica anche il rumore

Ex



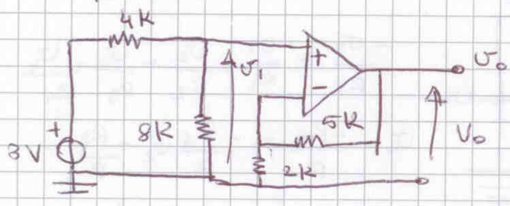
DIFFERENZIALE

la derivata è altissima

CON LA sovrapposizione degli effetti mi trovo ~~un op~~ la somma di un amplificatore ~~opera~~ non-invertente con uno invertente

$$v_o = -6 \cdot \frac{10}{4} + 4\left(1 + \frac{10}{4}\right) = -1V$$

Es $\boxed{5.5 \ p}$



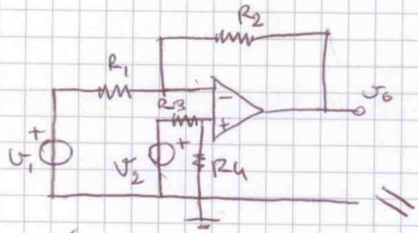
$$v_o = v_1 \left(1 + \frac{5}{2}\right)$$

$$v_o = \frac{3 \cdot 8}{12} \left(1 + \frac{5}{2}\right)$$

Elettronica ed Elettrotecnica

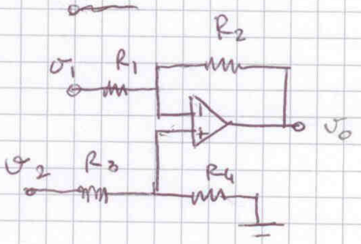
XXXIX lezione
10/01/12

AMPLIFICATORE DIFFERENZIALE



più proferni

sono uguali



per calcolare utilizzo la sovrapposizione degli effetti

$$v_o = -v_1 \frac{R_2}{R_1} + v_2 \frac{R_4}{R_3+R_4}\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)$$

Proprietà dell'amp. differenziale $\boxed{v_1 = v_2}$ (se fosse così)

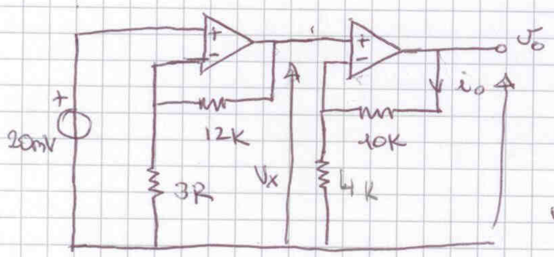
$$v_o = 0$$

$$0 = -\frac{R_2}{R_1} + \frac{R_4}{R_3+R_4}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3+R_4} \to \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

allora

Ex



$v_o = ?$

$i_o = ?$

$$v_o = V_x\left(1+\frac{10}{4}\right)$$

$$v_o = 100\cdot10^{-3}\left(1+\frac{10}{4}\right) = 3.50$$

$$V_x = 20\cdot10^{-3}\left(1+\frac{12}{3}\right)$$

$$i_o = \frac{v_o}{14K} = \frac{350\cdot10^{-3}}{14\cdot10^{3}} = \cancel{25\,m}\ \frac{350}{14}\mu A$$

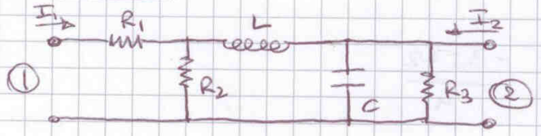
Elettronica ed Elettrotecnica

~~XXXX~~ lezione

ESERCITAZIONE

12/01/12

ESERCIZIO 1



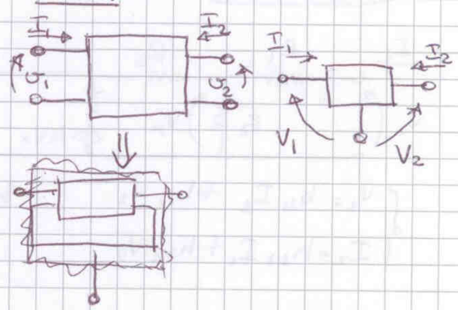
$R_1 = 4\Omega$ $R_2 = 6\Omega$

$R_3 = 2\Omega$ $L = 4H$

$C = 1F$ $\omega = 1$

$z_L = J4$ $z_C = -J$

NOTA



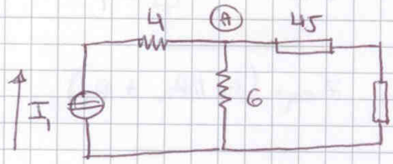
$$[Z] = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{bmatrix}$$

$$z_{11} = \frac{V_1}{I_1}\Big|_{I_2=0} \qquad z_{21} = \frac{V_1}{I_2}\Big|_{I_1=0}$$

$$z_{21} = \frac{V_2}{I_1}\Big|_{I_2=0} \qquad z_{22} = \frac{V_2}{I_2}\Big|_{I=0}$$

$I_2 = 0$

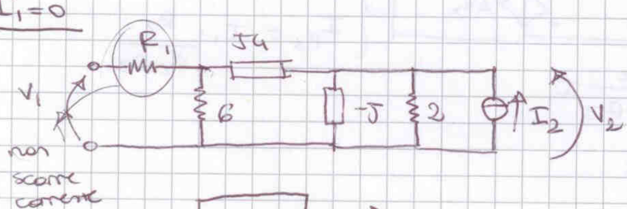
$$z_{eq} = (((R_3 // C) + L) // R_2) + R_1 = \frac{9J + 22}{4}$$

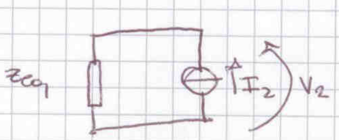


$$V_a = \frac{I_1}{\frac{1}{6} + \frac{1}{z' + 4J}}$$

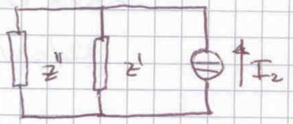
$$V_2 = \frac{V_a}{4J + z'} \cdot z'$$

$I_1 = 0$





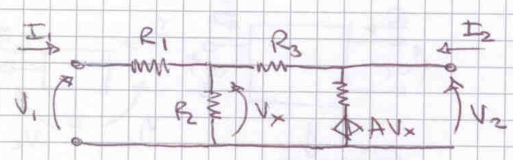
Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013



$z = \dfrac{-2j}{2-j}$ $\qquad z'' = 6+4j$

$$Z_{eq} = \frac{(6+4j)\cdot\frac{-2j}{2-j}}{6+4j-\frac{2j}{2-j}} = \frac{-3j+2}{4}$$

ESERCIZIO 2

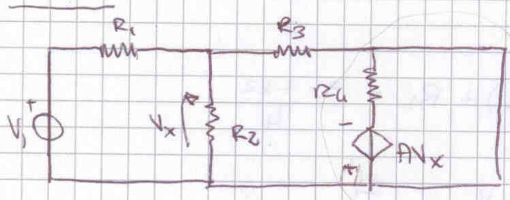


$[H] = ?$

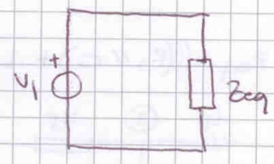
$$\begin{cases} V_1 = h_{11} I_1 + h_{12} V_2 \\ I_2 = h_{21} I_1 + h_{22} V_2 \end{cases}$$

$h_{11} = \dfrac{V_1}{I_1}\Big|_{V_2=0}$ $\qquad h_{21} = \dfrac{I_2}{I_1}\Big|_{V_2=0}$

$V_2 = 0$

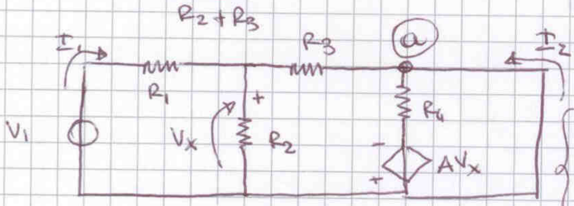


$\Longrightarrow$



$Z_{eq} = (R_3 // R_2 + R_1)$

$$Z_{eq} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2+R_3}$$



al nodo (a)

$$\begin{cases} I_2 = I_{R4} - I_{R3} \\ I_{R3} = I_1 \cdot \dfrac{R_2}{R_2+R_3} \end{cases}$$

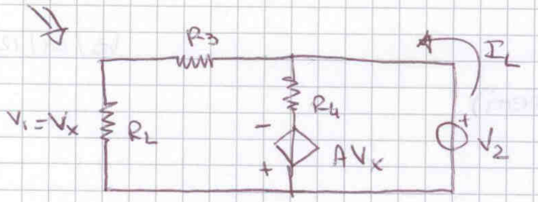
$$I_2 = I_{R4} - \frac{R_2}{R_2+R_3} I_1$$

$$0 = R_4 I_{R4} - AV_x$$

$$V_x = R_2 I_{R2} = R_2 \cdot \frac{R_3}{R_2+R_3} I_1$$

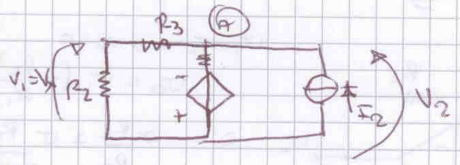
Elettronica ed Elettrotecnica

~~XXXX~~ lezione 12/01/12



$$h_{12} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_x}{V_2} \qquad V_x = V_2 \cdot \frac{R_2}{R_3+R_2} \qquad h_{12} = \frac{R_2}{R_3+R_2}$$

$$h_{22} = \left.\frac{I_2}{V_2}\right|_{I_1=0} =$$



al nodo 3

$$V_a = V_2 = \frac{I_2 - \frac{AV_x}{R_4}}{\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_3+R_2}} \qquad V_x = V_2 \frac{R_2}{R_3+R_2}$$

ESERCIZIO 3

TRASFORMAZIO DA MATRICE $H \rightarrow Y$

$$[H] = \begin{bmatrix} 1/2 & -3/2 \\ 1/2 & 1/2 \end{bmatrix} \Rightarrow [Y]$$

$$\begin{cases} V_1 = h_{11} I_1 + h_{12} V_2 \\ I_2 = h_{21} I_1 + h_{22} V_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = Y_{11} V_1 + Y_{12} V_2 \\ I_2 = Y_{21} V_1 + Y_{22} V_2 \end{cases}$$

$$Y_{21} = \left.\frac{I_2}{V_1}\right|_{V_2=0} = \frac{h_{21} \cdot \cancel{I_1}}{h_{11} \cdot \cancel{I_1}} = 1$$

$$\begin{cases} Y_{11} = \left.\frac{I_1}{V_1}\right|_{V_2=0} = \frac{1}{h_{11}} = 2 \\ V_1 = h_{11} I_1 \rightarrow h_{11} = \frac{V_1}{I_1} \\ I_2 = h_{21} I_1 \end{cases}$$

$$Y_{12} = \left.\frac{I_1}{V_2}\right|_{V_1=0}$$

$$\frac{I_1}{V_2} = -\frac{h_{12}}{h_{11}} = Y_{12}$$

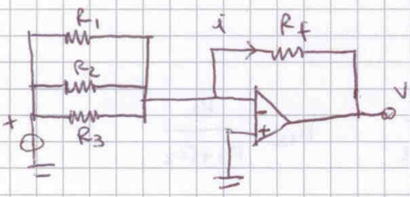
$$0 = h_{11} I_1 + h_{12} V_2$$

$$I_2 = h_{21} I_1 + h_{22} V_2$$

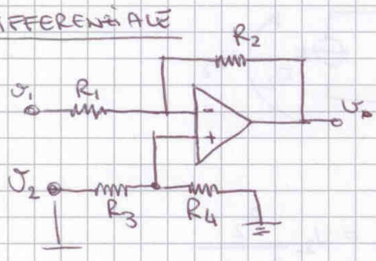
$$\frac{I_2}{V_2} = h_{21}\frac{I_1}{V_2} + h_{22} = h_{21}\cdot Y_{12} + h_{22} = Y_{22}$$

13/01/12

SOMMATORE (SOVR. EFFETTI)



DIFFERENZIALE



$v_1 = v_2 \Rightarrow v_0 = 0$

$$v_0 = v_1\left(-\frac{R_2}{R_1}\right) + v_2\frac{R_4}{R_3+R_4}\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$0 = -v\frac{R_2}{R_1} + v\frac{R_4}{R_3+R_4}\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right) =$$

$$= \frac{-R_2}{R_1} + \frac{R_4}{R_3+R_4} + \frac{R_4R_2}{R_1(R_3+R_4)} =$$

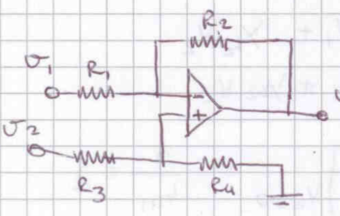
Per la soluzione procedo sempre con la sovrapposizione degli effetti

$$= \frac{-\cancel{R_2R_3} - R_2R_4 + R_1R_4 + \cancel{R_2R_4}}{R_1(\cancel{R_3+R_4})} = 0$$

$$\boxed{\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}}$$

se $\boxed{v_0 = \frac{R_2}{R_1}(v_2 - v_1)}$

Ex: Progettare un circuito $\Rightarrow$ affinché $v_0 = -5v_1 + 3v_2$



$$v_0 = -v_1\frac{R_2}{R_1} + v_2\cdot\frac{R_4}{R_3+R_4}\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$v_0 = -\frac{R_2}{R_1}v_1 + \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)v_2\frac{R_4}{R_3+R_4}$$

$\frac{R_2}{R_1} = 5$ $R_1 = 10k$ $R_2 = 50k$

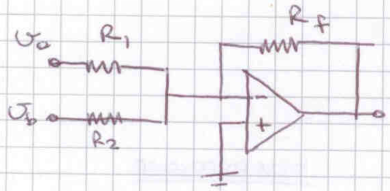
$$\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\cdot\frac{R_4}{R_3+R_4} = 3 \Rightarrow \frac{R_3+R_4}{R_4} = 2 \quad \frac{R_3}{R_4}+1 = 2$$

$R_3 = R_4$

Elettronica ed Elettrotecnica

XXXXI lezione
13/01/12

EX: Progettare un circuito tale che $v_o = -5v_1 + 3v_2$

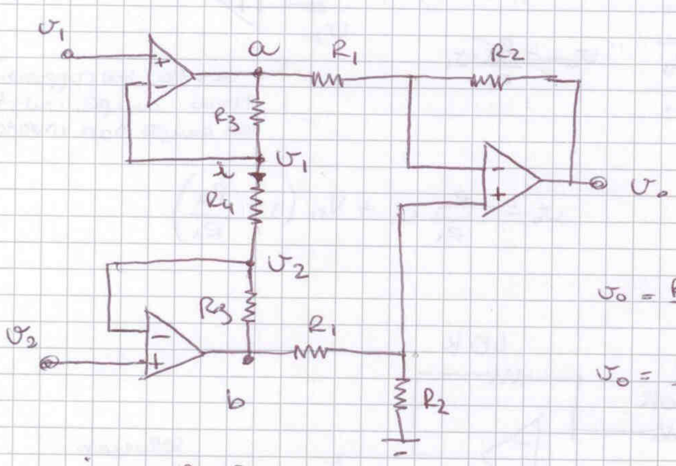


$-5V_1$

$$v_o = -\frac{R_f}{R_1} v_a - \frac{R_f}{R_2} v_b$$

$$V_x = v_2 \left(-\frac{R_{f2}}{R_2}\right)$$

EX: rapporto $v_1 \neq v_o$



$$v_o = \frac{R_2}{R_1}\left(1+\frac{2R_3}{R_4}\right)(v_2-v_1)$$

$$v_o = \frac{R_2}{R_1}(v_b - v_a)$$

$$i_{R_4} = \frac{v_1-v_2}{R_4}$$

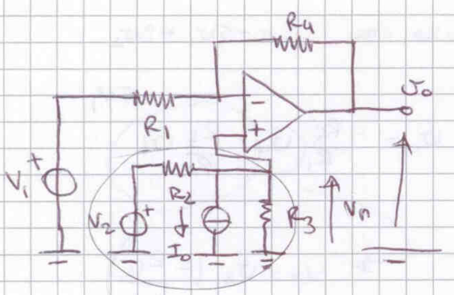
è la stessa su tutto il lato

$$v_a - v_b = (2R_3+R_4)\,i$$

$$v_a - v_b = \frac{(2R_3+R_4)}{R_4}(v_1-v_2)$$

ESERCIZIO D'ESAME (4 LUGLIO)

$v_o = ?$

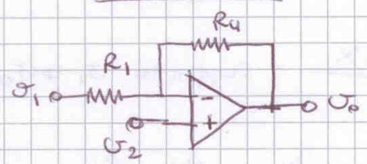


↳ MILLMANN

$$V_n = \frac{\frac{V_2}{R_2} - I_o}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{\frac{V_2}{R_2} - I_o}{\frac{R_2+R_3}{R_2 R_3}}$$

$$\cancel{v_o = -\frac{R_4}{R_1} v_1}$$

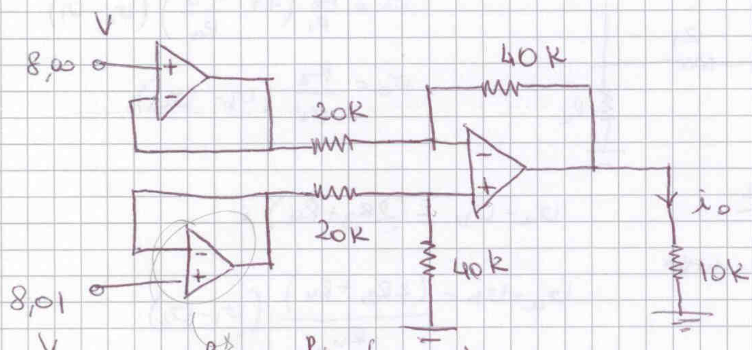
OSSERVAZIONE



↳ con la sovrapposizione trovo ampl. invertente con ampl non invertente

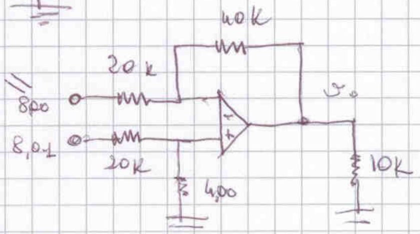
$$v_o = -\frac{R_4}{R_1} v_1 + V_n \left(1 + \frac{R_4}{R_1}\right)$$

Ex (CASA)



SOLUZIONE

$i_o = 2 \mu A$



$$v_o = -v_1 \frac{R_2}{R_1} + v_2 \frac{R_4}{R_3+R_4} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$v_o = -v_1(2) + 2v_2 = 0,02$$

$$i_o = \frac{0,02}{10000} = 2 \mu A$$

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio

Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

Elettronica ed Elettrotecnica

XXXXII lezione
15/01/12

METODO DEI NODI

$$|V_n| = |G_n|^{-1} \cdot |I_n| =$$

$$|Y_n|^{-1} \cdot |I_n| = |V_n|$$

$$\hookrightarrow |Y_n(s)|^{-1} \cdot |I_n(s)| = |V_n(s)|$$

(!) utilizzabile solo se ci sono tutti generatori di corrente

(!) voglio tutti i generatori di corrente

METODO DELLE MAGLIE

$$|R_m|^{-1} \cdot |\mathcal{E}_m| = |I_m|$$

→ n° di maglie indipendenti

(!) nel metodo delle maglie voglio tutti generatori di tensione

$$|R_m| = \begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{vmatrix}$$

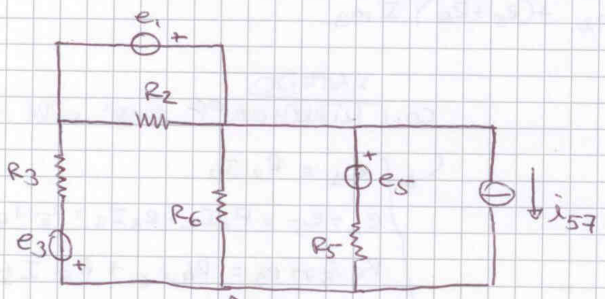
→ autoresistenze: somma delle resistenze alla maglia

→ tran-resistenze: resistenze tra 2 maglie

R_{HK} → il segno è determinato dal segno delle correnti

1. per risolvere una rete con KIRK → ci vogliono ℓ equazioni
2. con il metodo dei nodi ce ne vogliono $p = n-1$
3. con il metodo delle maglie ce ne vogliono m

ES 1: (MAGLIE)

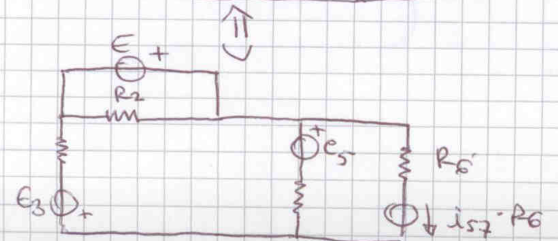


METODO PER TROVARE MAGLIE INDIPENDENTI → SOLO NELLE RETI PIANE

$\ell = 6$

$n = 3 \quad p = 2$

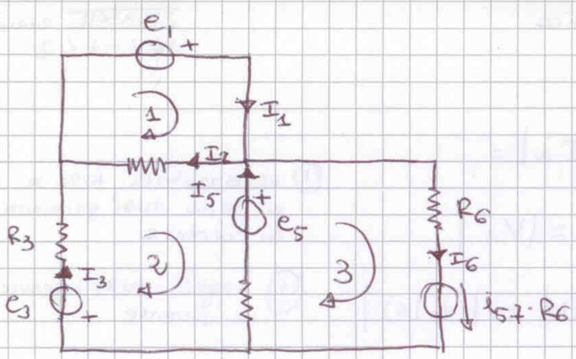
$m = \ell - p = 4$



$\ell = 5$

$n = 3$

$p = 2$



$$\begin{cases} I_{m_1} \\ I_{m_2} \\ I_{m_3} \end{cases}$$

se le correnti di maglia sono opposte ci metto meno

3×3

$$|R_m| = \begin{vmatrix} R_2 & -R_2 & 0 \\ -R_2 & (R_2+R_3+R_5) & -R_5 \\ 0 & -R_5 & R_5+R_6 \end{vmatrix}$$

forze elettromotrici di maglia

$$\begin{vmatrix} R_2 & -R_2 & 0 \\ -R_2 & (R_2+R_3+R_5) & -R_5 \\ 0 & -R_5 & R_5+R_6 \end{vmatrix}^{-1} \begin{vmatrix} e_1 \\ -e_3-e_5 \\ R_6 \cdot i_{57}+e_5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} I_{m_1} \\ I_{m_2} \\ I_{m_3} \end{vmatrix}$$

$$\begin{cases} e_1 = R_2 I_{m_1} - R_2 I_{m_2} + 0 \\ -e_3 - e_5 = -R_2 I_{m_1} + (R_2+R_3+R_5) I_{m_2} \cancel{+E} - R_5 I_{m_3} \\ R_6 i_{57} + e_5 = -R_5 I_{m_2} + (R_5+R_6) I_{m_3} \end{cases}$$

$I_{m_1}, I_{m_2}, I_{m_3}$

$$\begin{cases} I_1 = I_{m_1} \\ I_2 = I_{m_1} - I_{m_2} \\ I_3 = I_{m_2} \\ I_5 = I_{m_3} - I_{m_2} \\ I_6 = I_{m_3} \end{cases}$$

METODO CON KIRCHHOFF leggi alle MAGLIE

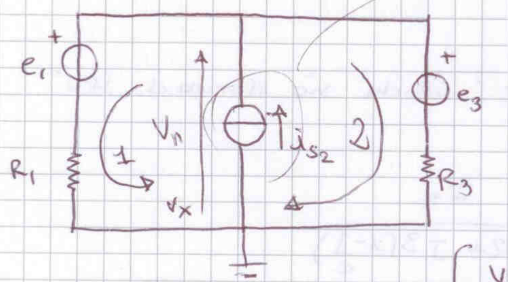
$$\begin{cases} e_1 = R_2 I_2 \\ e_3 + e_5 = R_2 I_2 - R_3 I_3 + R_5 I_5 \\ R_6 i_{57} + e_5 = R_6 i_6 + R_5 I_5 \end{cases}$$

Elettrotecnica ed Elettronica

XXXXII lezione 16/01/12

ESERCIZIO

generatore di corrente non trasformabile



$$V_n = \frac{\frac{e_1}{R_1} + \frac{e_3}{R_3} + i_{s_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3}}$$ (MET. NODI)

$$\begin{cases} V_x - e_1 = R_1 I_m \\ V_x - e_3 = R_3 I_{m_2} \\ i_{s_2} = I_{m_1} + I_{m_2} \end{cases}$$

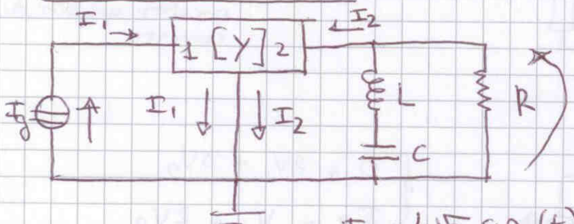
EQ. AGGIUNTIVA

$i_{s_2} = I_{m_1} + I_{m_2}$

$$V_x = \frac{i_s + \frac{e_1}{R_1} + \frac{e_3}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3}}$$

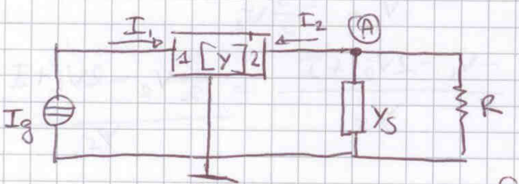
ESERCIZIO D'ESAME

XXXXIII lezione 17/01/12



$$[Y] = \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$$

$I_g = 4\sqrt{2}\sin(t)$ $R = 1\Omega$ $L = 1H$



$$V_A = \frac{-I_2}{\frac{1}{R} + Y_S}$$

$$Y_S = \frac{1}{j(1 - \frac{1}{c})}$$

$$[Y] = \begin{cases} I_1 = 2v_1 + 3V_2 \\ I_2 = v_1 + 2v_2 \end{cases}$$

$$V_A = \frac{-V_1 - 2V_2}{\frac{1}{R} + Y_S} = \frac{-V_1 - 2V_A}{\frac{1}{R} + Y_S}$$

$$V_1 = \frac{I_g - 3V_A}{2}$$

$I_g = 2V_1 + 3V_A$

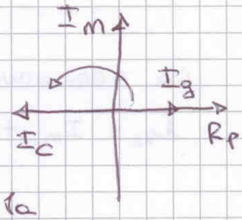
$$V_A = \frac{\frac{-I_g + 3V_A}{2} - 2V_A}{\frac{1}{R} + Y_s}$$

② Determinare la capacità $C = ?$ affinché sia sfasato di 180°

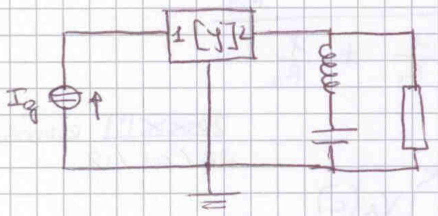
$$\bar{I}_g = 4 = \cancel{4e^{J0}} \; 4e^{J0}$$

$$I_C = V_A \cdot Y_s = -\frac{I_g}{2 + J3(1-\frac{1}{C})}$$

$$3\left(1-\frac{1}{C}\right) = 0$$



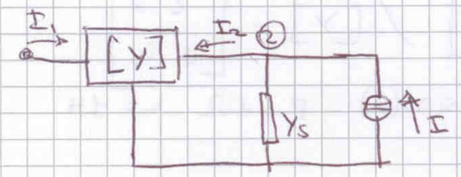
③ se metto ($Y_M \rightarrow$ massimo trasferimento di potenza attiva)



d) Max. trasferimento la

$$\boxed{Y_{th}^* = Y_m}$$

con Y conviene mettere quello di corrente



$$\begin{cases} 0 = 2V_1 + 3V_2 \\ I_2 = V_1 + 2V_2 \end{cases}$$

$$V_1 = -\frac{3}{2}V_2$$

$$V_2 = \frac{-I_2 + I}{Y_s} \qquad V_2 = \frac{-V_1 - 2V_2 + I}{Y_s} = \frac{\frac{3}{2}V_2 - 2V_2 + I}{Y_s}$$

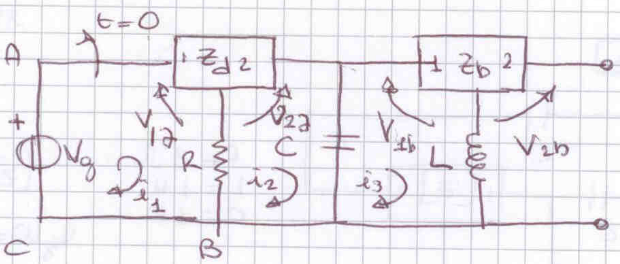
$$V_2 = \frac{-\frac{1}{2}V_2 + I}{Y_s} \Rightarrow Y_{th} = \frac{I}{V} = \frac{1}{2} - 2J$$

$$Y_m = \frac{1}{2} + 2J$$

Elettronica ed Elettrotecnica

XXXXIII lezione 17/01/12

ESERCIZIO D'ESAME



APPLICO LA LEGGE DEGLI ANELLI

$$Z_a = Z_b = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} V_1 = I_1 + I_2 \\ V_2 = 2I_1 + 3I_2 \end{cases}$$

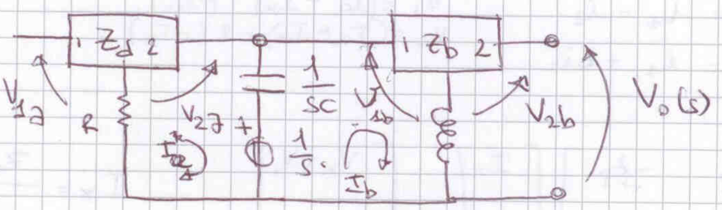
ANELLO 1
$$\begin{cases} V_g - V_{1a} = RI_1' - R_2 I_2' \\ V_{1a} = 1I_1' - 1I_2' \end{cases}$$

ANELLO 2
$$\begin{cases} V_{2a} = (R+C)i_2' - Ri_1 - ZC I_3' \\ V_{2a} = -3I_2' + 2i_1' \end{cases}$$

attenzione ai segni perché devo vedere se entrano oppure escono dalla scatola

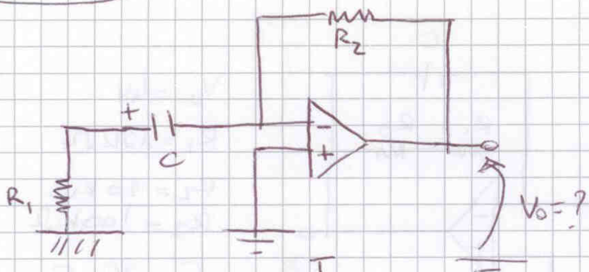
ANELLO 3
$$\begin{cases} V_{2a} - V_{1b} = (Z_L + Z_C)i_3' - Z_C i_2' \\ V_{1b} = I_3' + \varnothing \end{cases}$$

Ex



$$\begin{bmatrix} R+\frac{1}{sC} & -\frac{1}{sC} \\ -\frac{1}{sC} & sL+\frac{1}{sC} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{s} + V_{2A} \\ \frac{1}{s} - V_{1b} \end{bmatrix} \Rightarrow$$

ESERCIZIO 3

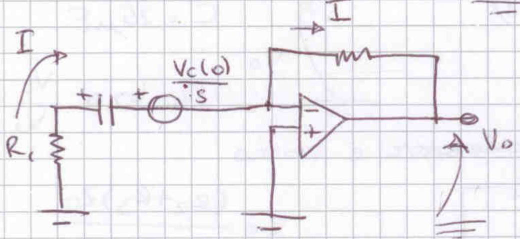


$V_C(0) = 3V$

$R_1 = 20K\Omega$

$R_2 = 80K\Omega$

$C = 5\mu F$



$$V_0 = -R_2 I$$

$$I = -\frac{V_c(0)}{s} \cdot \frac{1}{\left(R_1 + \frac{1}{sC}\right)}$$

$$\Rightarrow V_0 = \frac{R_2 V_c(0)}{s\left(R_1 + \frac{1}{sC}\right)} = \frac{R_2 C}{sR_1 C + 1} V_c(0)$$

$$\left[\frac{1}{s+\alpha}\right] \xrightarrow{\mathcal{L}^{-1}} e^{-\alpha t} u_{-}(t)$$

$$\frac{N(s)}{D(s)} = \frac{N(s)}{(s+\alpha_1)(s+\alpha_2)} \Longleftrightarrow \frac{A}{(s+\alpha_1)} + \frac{B}{(s+\alpha_2)}$$

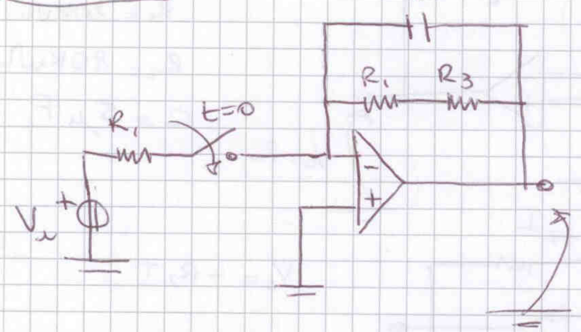
$$A = \frac{N(s)}{D(s)} \cdot (s+\alpha_1)\Big|_{s=-\alpha_1} \Longrightarrow A$$

$$B = \frac{N(s)}{D(s)} (s+\alpha_2)\Big|_{s=-\alpha_2}$$

Elettronica ed Elettrotecnica

XXXXIV lezione
19/01/12

Esercizio 2



$V_i = 4V$

$R_1 = 10k\Omega$

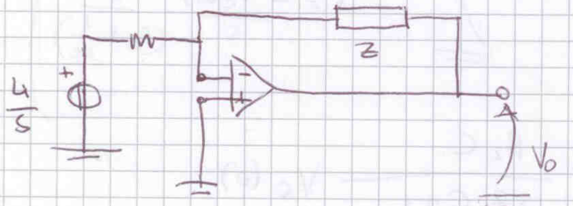
$R_2 = 20k\Omega$

$R_3 = 100k\Omega$

$C = 25\mu F$

Per $t > 0$ $\frac{V_o}{V_i} = ?$

devo scrivere che il condensatore è scarico



$$Z = \frac{(R_2+R_3)Z_C}{R_2+R_3+Z_C}$$

$$Z_C = \frac{1}{sC}$$

$$Z = \frac{R_2+R_3}{1+sC(R_2+R_3)}$$

$$I = \frac{V_i}{R_1}$$

$$V_o = -ZI = -\frac{Z}{R_1}V_i =$$

$$0 - V_o = ZI$$

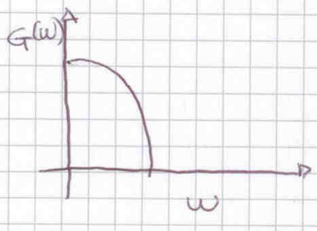
$$V_o = \left[\frac{-(R_2+R_3)}{1+sC(R_2+R_1)} \cdot \frac{1}{R_1}\right] \cdot V_i$$

(2) $\rightarrow$ $V_1 = \sin(\omega t)$ $\quad \omega = 100\pi$

$$G(\omega) = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{(R_2+R_3)}{R_1[1+j\omega C(R_2+R_3)]}$$

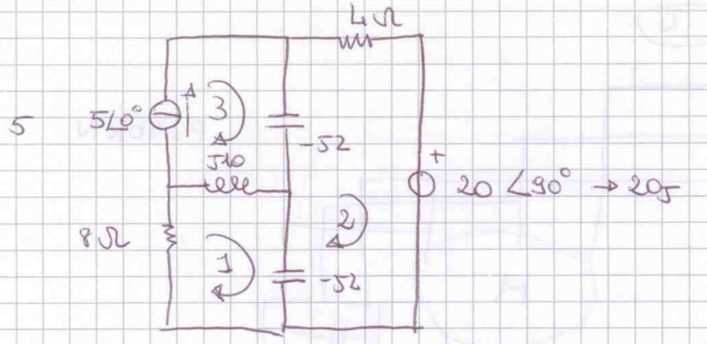
(3) modulo e fase di $G(\omega)$

$$|G(\omega)| = \approx 0{,}012$$



XXXXV lezione
20/01/12

ESERCIZIO



$|G_n|^{-1}|I_n| = |V_n|$

$|R_m|^{-1}|E_m| = |I_m|$

$0 = (8 - j2 + 10j)\, i_1 - j2\, i_2 - j10\, i_3$

$$\begin{cases} 0 = (8 - j2 + j10)\, i_1 + j2\, i_2 - j10\, i_3 \\ V_x = (-j2 + 10j)\, i_3 + j2\, i_2 - j10\, i_3 \\ -20j = (-j2 - j2)\, i_2 + j2\, i_1 + j2\, i_3 \end{cases}$$

metto V_x ! per la tensione ai capi di un gen di corrente

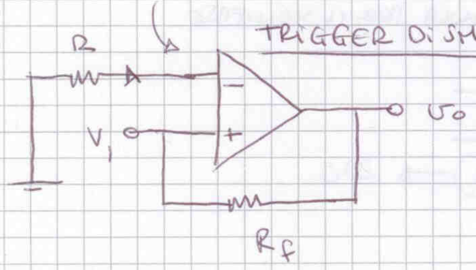
$$\begin{cases} 0 = (8 + 8j)\, i_1 - j2\, i_2 - j10\, i_3 \\ v_x = (8j)\, i_3 + j2\, i_2 - j10\, i_3 \\ -20j = -4j\, i_2 + j2\, i_1 + j2\, i_3 \end{cases}$$

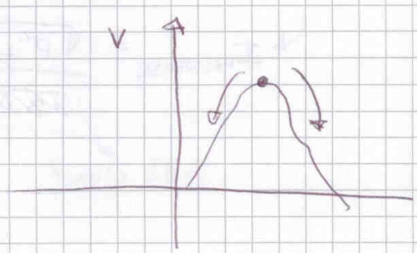
$i_3 = 5$

AMPLIFICATORE

Ex (SBAGLIATO → perché è instabile)

TRIGGER DI SMITH



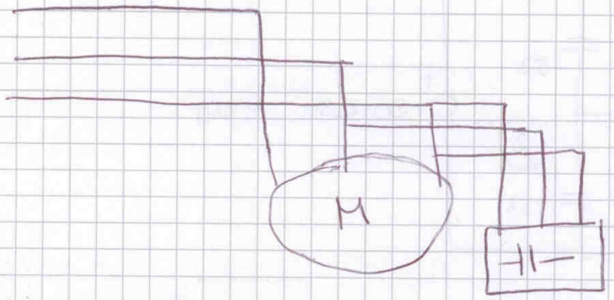


$v_0 = v_1\left(1 + \frac{R_f}{R}\right)$

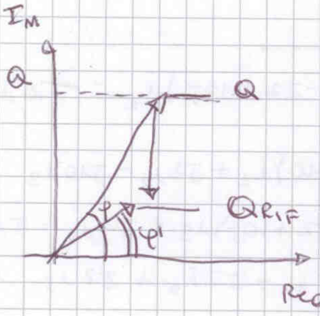
Elettronica ed Elettrotecnica

XXXXIV lezione
19/01/12

ESERCIZIO 4



$P = 50 kW$



$Q' = Q - Q_{RIF}$

$Q' = P(tg\varphi - tg\varphi')$

$\frac{Q}{P} = \tan\varphi \rightarrow Q = P\tan\varphi$

$\varphi = a\cos(0{,}55)$

$Q = 75{,}9$ ~~kW~~ kVar

$Q_{RIF} = P\tan(\varphi')$

$C = \frac{Q'}{3\omega V^2}$

$V = \sqrt{3}\,E$

$I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3}\,V} \rightarrow$

$I = 131\ A$

$I_{RIF} = 78A$

(!) ATTENZIONE

UTILIZZO QUESTA FORMULA PER IL MONOFASE

$I_{MONOFASE} = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{E} \rightarrow 230$

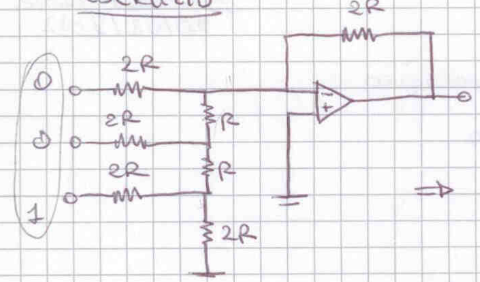
la $\sqrt{3}$ civa?

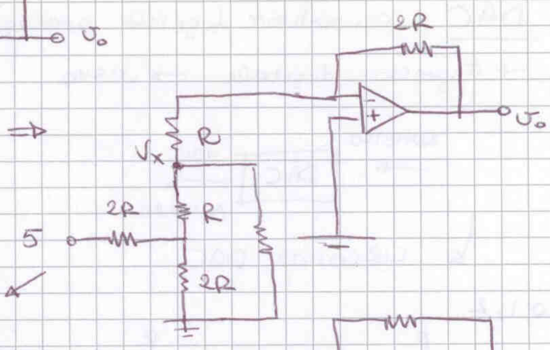
Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio

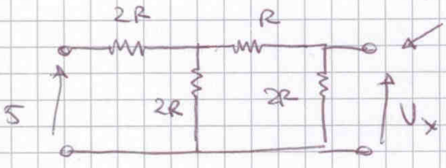
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

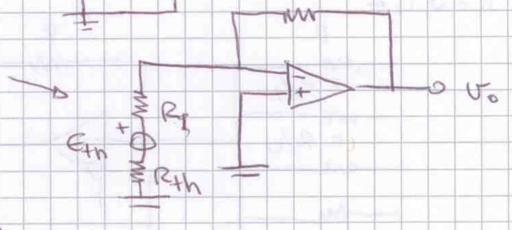
Esercizio

v_i: 0 0 1 $\rightarrow$ v_o



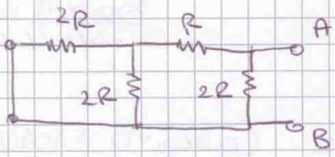






0 0 1 $\rightarrow$ $V_o = -\dfrac{2R}{R+R_{th}} \cdot E_{th}$ $\rightarrow$ R_{th} è sempre $= R$ nelle reti a scala

$R_{th} = R$ $\qquad$ V_{th}



$$V_A = \frac{\frac{5}{2R}}{\frac{1}{2R}+\frac{1}{2R}+\frac{1}{3R}} = \frac{\frac{5}{2R}}{\frac{3R+3R+2R}{6R}} = \frac{5}{2R}\cdot\frac{6\cancel{R}}{8\cancel{R}} = \frac{30}{16R}$$

$$V_A = 3R\,i \qquad i = \frac{\frac{30}{16\cancel{R}}}{3\cancel{R}} = \frac{90}{16} \qquad V_{th} = \frac{90}{\cancel{16}}\cdot \cancel{2}R = \frac{\overset{45}{\cancel{90}}}{\cancel{8}4}R$$

$$V_x = \frac{10}{16R}\cdot 2R$$

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

Elettronica ed Elettrotecnica

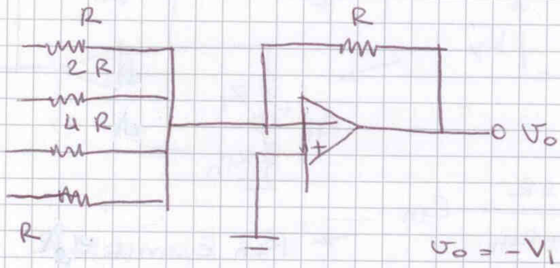
XXXXV lezione
20/01/2012

DAC: convertitore digitale analogico

→ Ingresso digitale → uscita

CIRCUITO DAC

$n = 0, 1, 2$

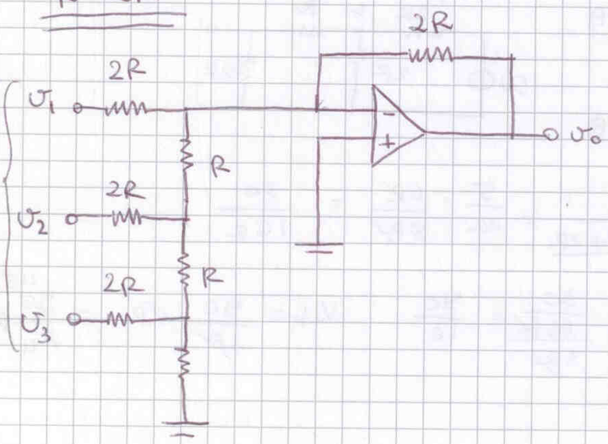


$$v_o = -V_1 \frac{R}{R} - V_2 \frac{R}{2R} - V_3 \frac{R}{4R}$$

DAC-LADDER

R-2R

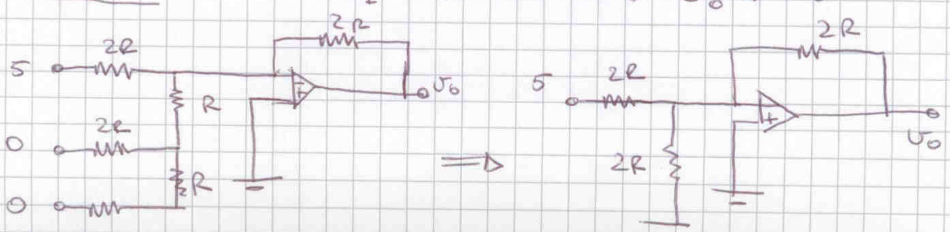
XXXXVI lezione
23/01/2012

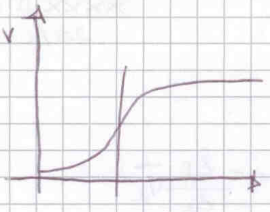


(CIRCUITO A SCALA)

$R - 2^n R$

ESERCIZIO se ho $v_1 = 1\ 0\ 0 \rightarrow v_o \rightarrow -5$



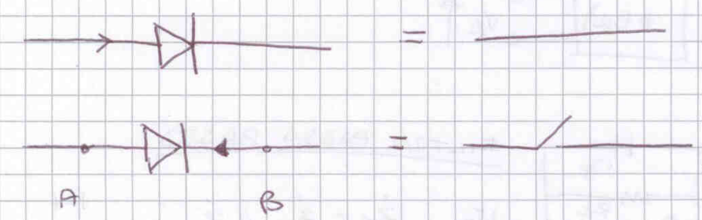


$$\omega = \frac{1}{R_1 C_1}$$

XXXXVII lezione
24/01/12

DIODI

CORTO CIRCUITO

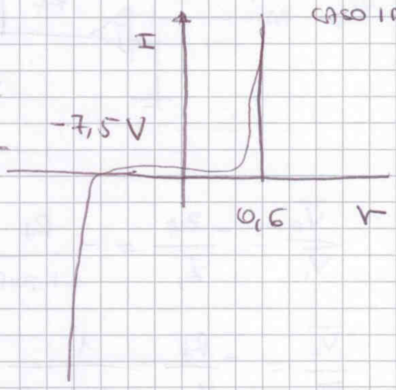


è un interruttore che si apre e si chiude

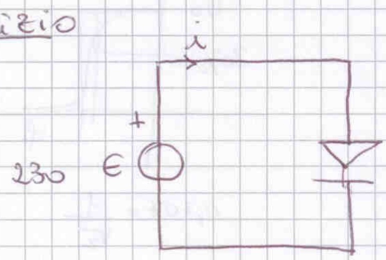
$V_{AB} = 0,6\ V$ nei diodi reali

tensione di BREAK-DOWN

CASO IDEALE

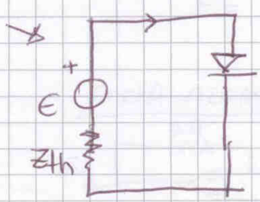


ESERCIZIO



CIRCUITO CHE NON FUNZIONA

forma giusta

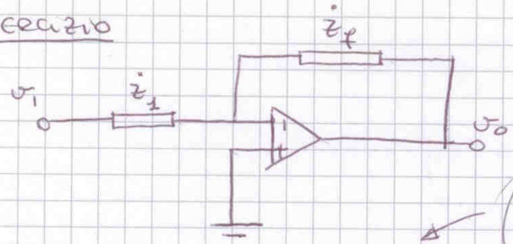


$$I = \frac{|E|}{|Zth|} = \frac{230}{10^{-6}}$$

Elettronica ed Elettrotecnica

XXXXVI lezione
23/01/12

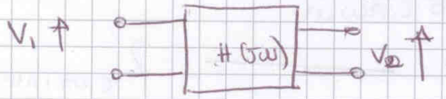
ESERCIZIO



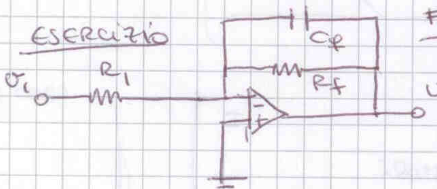
$$\overline{V_0} = -\frac{\dot{Z}_f}{\dot{Z}_1}\overline{V_1}$$

$$\frac{\overline{V_0}}{\overline{V_1}} = -\frac{\dot{Z}_f}{\dot{Z}_1}$$

funzione di TRASFERIMENTO



ESERCIZIO



FILTRO PASSA BASSO

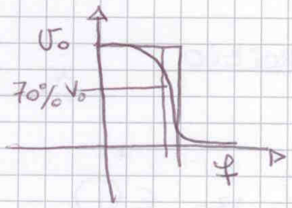
$$\dot{Z}_f = \dot{Z}_{R_f} \parallel \dot{Z}_{C_f} = \frac{R_f}{1+j\omega R_f C_f}$$

$$\dot{Z}_R = R$$

$$\dot{Z}_{C_f} = \frac{1}{j\omega C_f}$$

$$\frac{\overline{V_0}}{\overline{V_1}} = -\frac{\dot{Z}_f}{\dot{Z}_1} = -\frac{R_f}{1+j\omega R_f C_f}\cdot\frac{1}{R_1}$$

$$\frac{\overline{V_0}}{\overline{V_1}} = -\frac{R_f}{R_1}\cdot\frac{1}{1+j\omega R_f C_f}$$

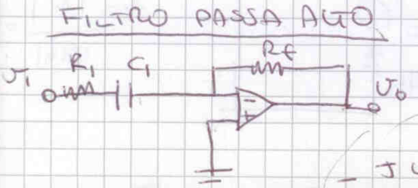


~~il~~ PASSA BASSO
il FILTRO TAGLIA QUANDO

$$\omega R_f C_f = 1$$

$$0{,}707 = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

FILTRO PASSA ALTO

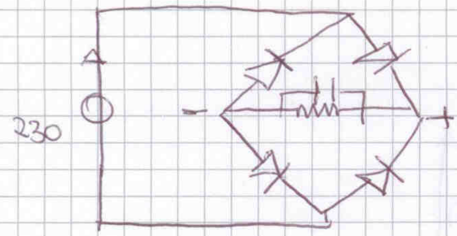


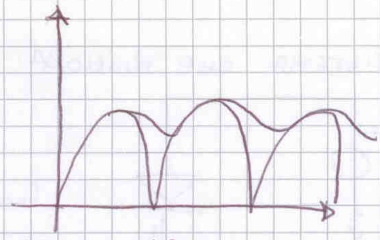
FUNZIONE TRASF

$$H(j\omega) = -\frac{\dot{Z}_f}{\dot{Z}_i} = -\frac{R_f}{R_1+\frac{1}{j\omega C_1}} = -\frac{j\omega C_1 R_f}{1+j\omega C_1 R_1}$$

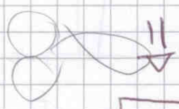
$$\lim_{\omega\to\infty} \quad 1$$

CONVERTITORE ALTERNATA – CONTINUA → non esiste il controllo

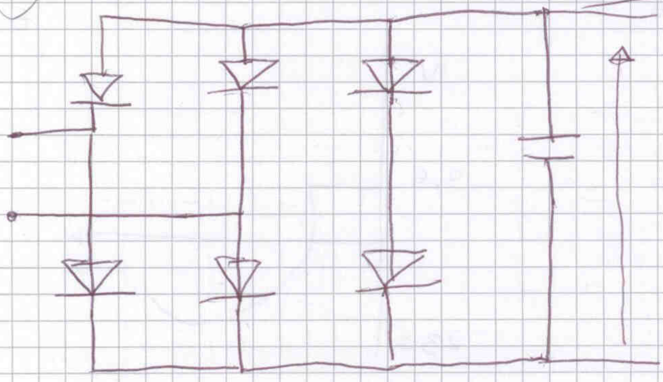




con un condensatore in parallelo stabilizzo il sistema.



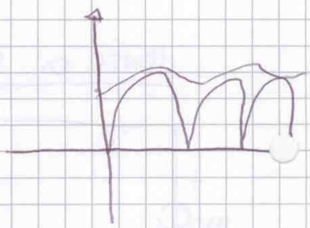
BUS DC



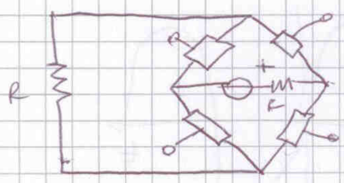
$400 \cdot \sqrt{2} = 600V$

in continua

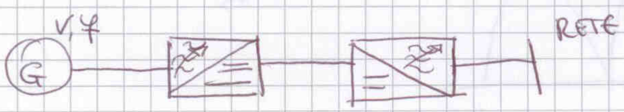
MODULAZIONE =
= RIPPLE



TRANSISTORS (IGBT)



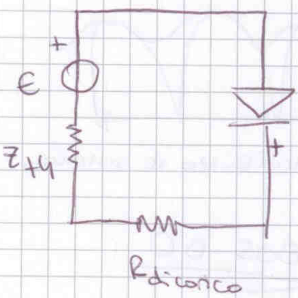
AFE (active front end) CONVERTITORI

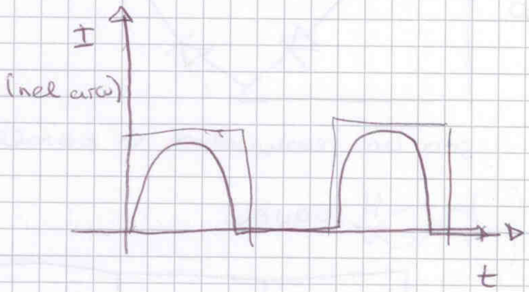


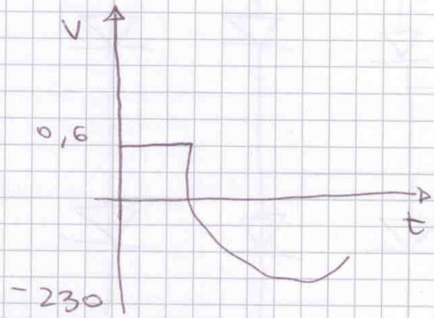
Elettronica ed Elettrotecnica

XXXVII lezione 24/01/12

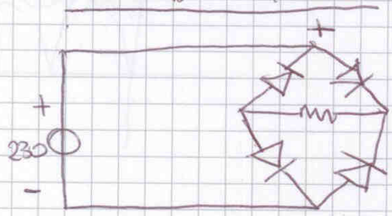
SISTEMA CHE FUNZIONA

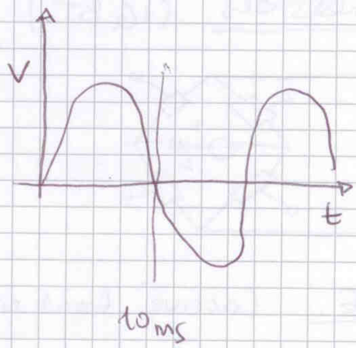


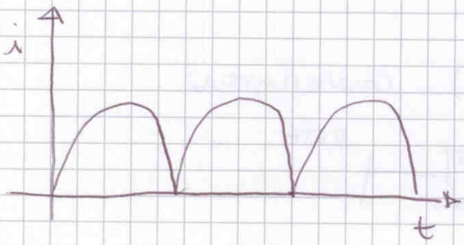




PONTE DI GRAETZ







$\overline{A}_1 = 120 \cdot \overline{I}_1 = 120 \cdot 20 = 2400 \ \text{VAR}$

POTENZA APPARENTE COMPLESSA

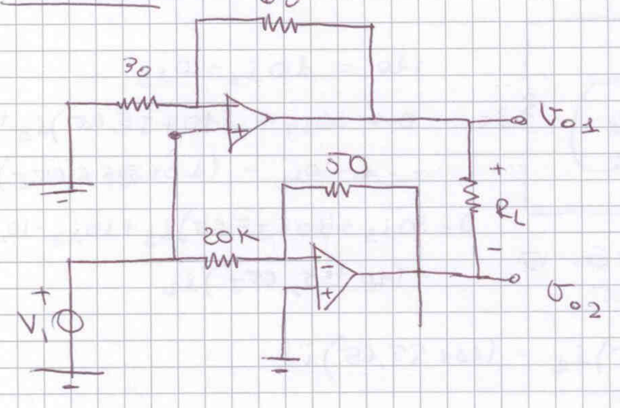
$\overline{P} = \overline{V} \cdot \overline{I}^* = P + jQ$

$\overline{A}_2 = 120 \cdot \overline{I}_2^* = 2051 + j\,616 \ \text{VA}$

$\overline{A} = \overline{A}_1 + \overline{A}_2 = 4451 + j\,617$

$\cos\varphi = \cos\left(\operatorname{arctg}\frac{Q}{P}\right)$

ESERCIZIO



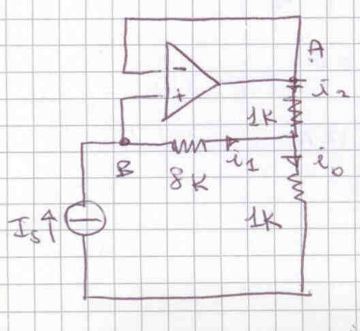
$A_V = \frac{V_o}{V_1}$

$v_o = v_{o1} - v_{o2} = (1+2)\,v_1 - \left(-\frac{5}{2}\right)v_1 = 3\,v_1 + \frac{5}{2}v_1 =$

$= \frac{11}{2} = 5{,}5\,v_1$

$A = 5{,}5$

ESERCIZIO



$V_A = V_B$

$A_i = \frac{i_o}{i_S}$ $i_1 = i_S$

$i_1 = i_S$

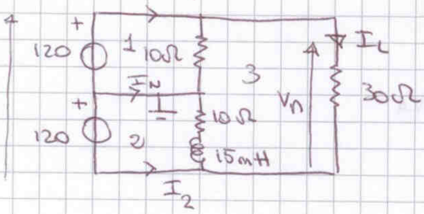
$i_o = i_1 + i_2$

$R_1\,i_1 = R_2\,i_2$ $i_2 = \frac{R_1}{R_2}\,i_1$

$i_o = i_S + i_S\frac{R_1}{R_2} = i_S\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$

Elettronica ed elettrotecnica — XXXXVIII lezione — 30/01/12

ESERCIZIO



$V_n = 240$

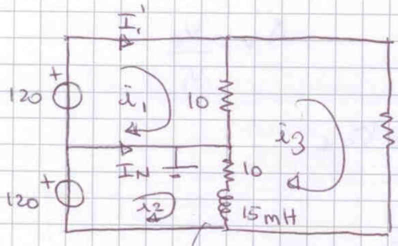
$f = 60Hz$

$I_1 = ?$ $I_2 = ?$ $I_N = ?$

Potenza apparente complessa =

$\bar{A}_1 = 120 \cdot \bar{I}_1^*$

$I_L = \frac{240}{30}$ → mi calcolo I_L poi con la legge dei nodi mi calcolo I_1



→ $j\,2\cdot\pi\cdot60\cdot15$

$j5,65$

$120 = 10 i_1 - 10 i_3$

$0 = 30 i_3 + (10 + j5,65) i_3 + 10 i_3 - 10 i_1 - (10 + j5,65) i_2$

$0 = 30 i_3 + (10 + j5,65) i_3 + 10 i_3 - 10 i_1 - (10 + 5,65 j) i_2$

$120 = (10 + j5,65) i_2 - (10 + j5,65) i_3$

$$\begin{cases} 120 = 10 i_1 - 10 i_3 \\ 0 = 30 i_3 + (10 + j5,65) i_3 + 10 i_3 - 10 i_1 - (10 + 5,65 j) i_2 \\ 120 = (10 + j5,65) i_2 - (10 + j5,65) i_3 \end{cases}$$

$$\begin{vmatrix} I_{M_1} \\ I_{M_2} \\ I_{M_3} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 10 & 0 & -10 \\ 0 & 10 + 5,65 j & -10 - 5,6 j \\ \dots & & \end{vmatrix} \begin{vmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{vmatrix}$$

$\bar{I}_1 = I_{M_1}$

$\bar{I}_N = I_{M_2} - \bar{I}_{M_1}$

$\bar{I}_2 = -\bar{I}_{M_2}$

$\bar{I}_L = \frac{240}{30} = 8$

$\bar{I}_A = \frac{120}{10} = 12 A$

$\bar{I}_1 = 20$

$V_R = 2 \cdot 2 V_0$

$\overline{A} = \overline{V_S} \cdot \overline{I}_S^*$

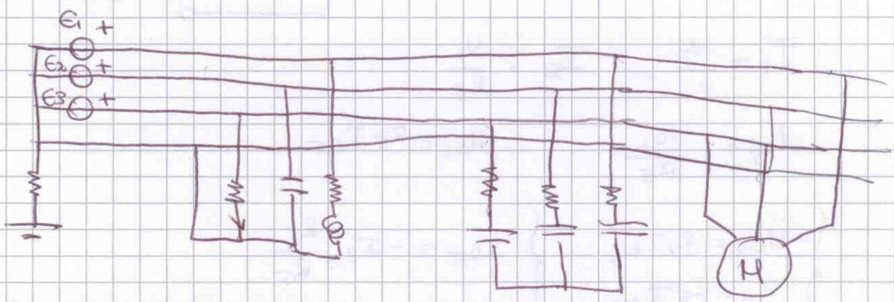
$\overline{V_1} + \overline{V_R} - \overline{V_S} = 0$

A

$\overline{V_S} = \overline{V_1} + \overline{V_R}$

$$\overline{V_S} = \frac{-24(6 - J4)}{11 + J4}$$

ESERCIZIO



CARICO SQUILIBRATO IN MODULO CON NEUTRO

$\overline{I_R} = \frac{\overline{E_3}}{R}$ $\overline{I_R} = \frac{\overline{E_3}}{R}$ attenzio $P = R_1|I_1|^2 + R_2|I_2|^2$

CARICO EQUILIBRATO

$P = \sqrt{3} \cdot VI\cos\varphi = 3R|I|^2$

CARICO SQUILIBRATO SENZA NEUTRO

– applico MILMANN

$V_n - E_1 = Z_{carico} \cdot I$

– MODULO POTENZA COMPLESSA –

$|\overline{A}| = P + JQ$

CARICO MOTORE EQUILIBRATO

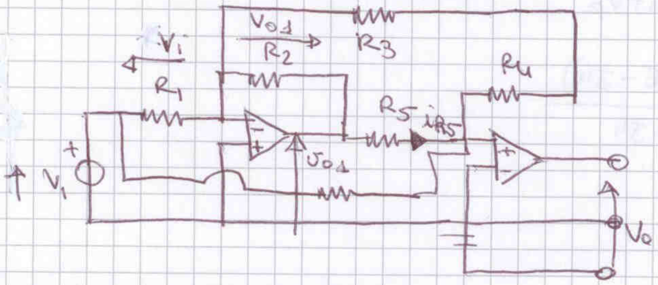
Elettronica ed Elettrotecnica

XXXXVIII lezione 30/01/12

$$\Rightarrow \frac{i_0}{i_S} = 1 + \frac{R_1}{R_2} = 1 + \frac{8}{1} = 9$$

XXXXIX lezione 31/01/12

ESERCIZIO 2 → 20/09/2010



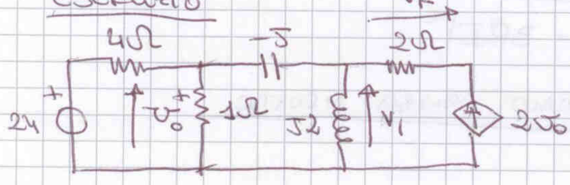
$$I_1 = \frac{V_i}{R_1} ; \quad I_6 = \frac{V_1}{R_6}$$

$$i_{R5} = \frac{V_{o1}}{R_5} \qquad V_{o1} = R_5 I_{R5}$$

$$\begin{cases} -V_{o1} = R_2 I_{R2} \\ V_{o1} = R_5 I_{R5} \end{cases} \qquad \left\{ I_{R5} = -I_{R2}\frac{R_2}{R_5} \right.$$

$$I_{R3} = -\frac{V_o}{R_3}$$

ESERCIZIO



$P_{2v_o} = ?$

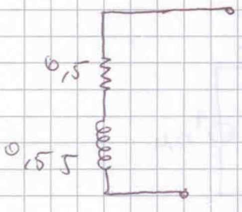
$$\begin{cases} V_0\left(\frac{1}{4}+\frac{1}{1}+\frac{1}{-j}\right) + V_1\left(-\frac{1}{-j}\right) = \frac{24}{4} \rightarrow V_0\left(\frac{1}{4}+1+j\right) - jV_1 = 6 \\ V_1\left(\frac{1}{-j}+\frac{1}{j2}\right) + V_0(-j) = 2v_0 \end{cases}$$

$$\overline{V_1} = \frac{-24(2-j4)}{11+j4} \qquad \overline{V_0} = \frac{-24}{11+j4}$$

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio

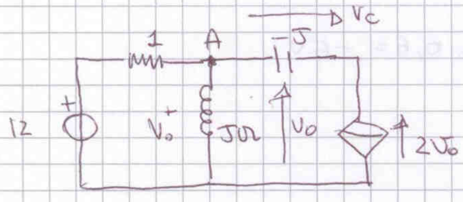
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

$Z_{th} = \frac{V_2}{1} = +\frac{1}{2} + \frac{1}{2}j$



$Z_{L_{MAX}} = Z_{th}^*$

$Z_{L_{MAX}} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}j$



$V_A = \frac{\frac{12}{1} + 2v_A}{1 + j} =$

$V_A(1+j) = 12 + 2v_A$

$v_A(1+j-2) = 12$

$v_A = \frac{12}{j-1} = -6+6i$

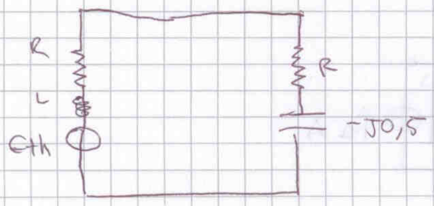
$\cancel{v_A = I(-j)}$

$\cancel{v_A = I(1/j)}$ $\cancel{v_A = 2v_A j}$

$\cancel{I = \frac{v_A}{j} =}$

$V_C = -j2V_0$

$V_2 = V_0 + V_C = V_0 - j2V_0 = \cancel{\ }$

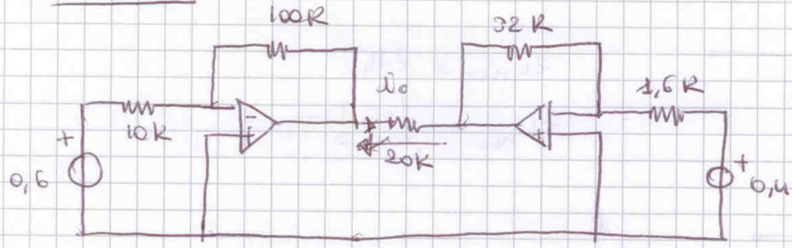


$P_{MAX} = \frac{|V_{th}|^2}{4R} = 90\,w$

Elettronica ed Elettrotecnica

~~XXXXIX~~ lezione
31/01/12

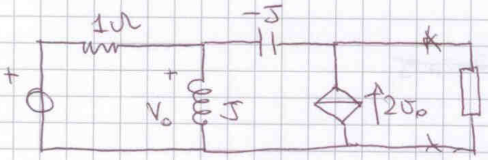
ESERCIZIO



$$i_o = \frac{V_{o1} - V_{o2}}{20K} \qquad V_1 = -\frac{100}{10}\cdot 0,6 = -6V$$

$$i_o = -\frac{-6+8}{20K} = 100\,\mu A$$

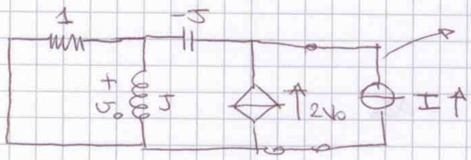
ESERCIZIO



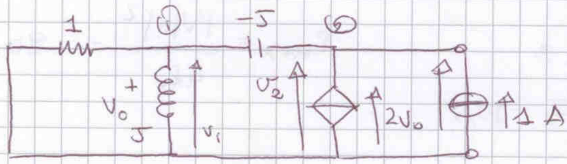
$Z_{th} = ?$

$Z_L \rightarrow$ max pot

$P_{max} = ?$



Spengo tutti i generatori
→ metto un generatore di corrente



$$V_o\left(\cancel{1}+\frac{1}{J}\cancel{+J}\right)$$

$$\begin{cases} V_o\left(1+\frac{1}{J}+\frac{1}{-J}\right) + V_2\left(-\frac{1}{-J}\right) = 0 \\ V_o(1-J+J) - J V_2 = 0 \\ V_2\left(\frac{1}{-J}\right) + V_o\left(-\frac{1}{-J}\right) = 2V_o + 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_2 = \frac{1}{1-J} = \frac{1}{2} + J\frac{1}{2} \\ V_o = -\frac{1}{2} + J\frac{1}{2} \end{cases}$$

Sorgente : http://holsi.hasanaj.com/
Autore : Holsi Hasanaj
Professore: Paolo Del Vecchio

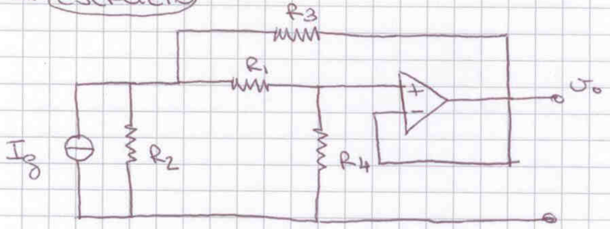
Corso di Ingegneria Informatica Roma Tre
Anno di produzione: 2012-2013

Elettronica ed elettrotecnica

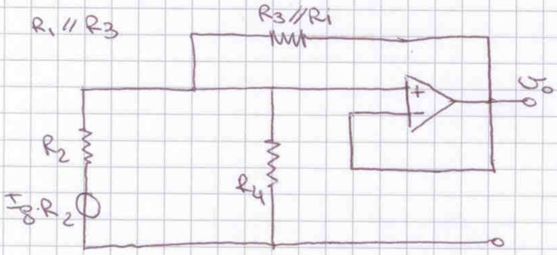
~~XXXXX~~ lezione

3/02/12

ESERCIZIO



$I_{R4} = ?$



$\frac{v_0}{R_4} = I_{R4}$

NOTA Volt-ampere → è il modulo della potenza complessa