NUMERO: 1211

DATA: 27/10/2014

A P P U N T I

STUDENTE: Bettale

MATERIA: Elettronica

Prof. Canavero

canavero

ELETTROTECNICA

Fenomeni elettrici dal punto di vista ingegneristico

* Dipartimento Elettronica

* ORARIO:

LUNEDÌ / MERCOLEDÌ = 8,30 / 11,30 — 8,30 / 11,30 + 11,30/13,00

SQUADRE X ESERCITAZIONE AL - MZ

* CONSULTAZIONE:

GIOVEDÌ 18,00 / 19,00 dal 18 ottobre

* ESAME:

CALCOLATRICE SCRITTO < DOMANDE (ESERCIZI DI TEORIA) (NO DIMOSTRAZIONI - RISP. APERTE) / ESERCIZI (ASPETTO NUMERICO)

* LIBRO: (NO TERZO, PRIMO O SECONDO)

AVVISO

VENERDÌ NO ESERCITAZIONE 5 OTTOBRE (~~11~~ ~~18~~)

MERCOLEDÌ 10 OTTOBRE NO LEZIONE,

MA SI ESERCITAZIONE

1 Ottobre 2012

Cariche elettriche

nella materia tutti i fenomeni elettrici sono basati sulla presenza di cariche elettriche:
due proprietà diverse delle cariche
+ -

la carica elettrica è misurabile ma non visibile direttamente (ne vediamo solo gli effetti)

unità elementare = carica elettrone e^-
(x convenzione associata alla specie -)
misura $\boxed{e^- = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ COULOMB}}$

NB mettere sempre l'unità di misura!!
esempio: COULOMB = C (maiuscola)

Interazione delle cariche

le cariche tra di loro interagiscono in due modi:

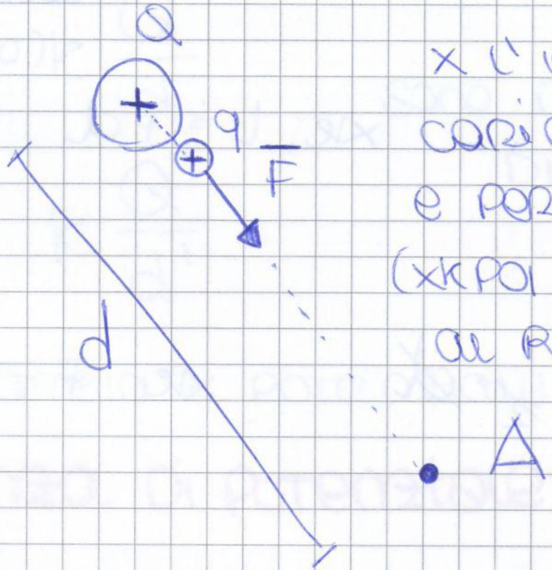
- attrazione (specie/segno diverso)
- repulsione (stessa specie/segno)

la legge dell'interazione (valore quantitativo) dice con quanta forza si attr/resp le cariche:

POTENZIALE e TENSIONE e INTENSITÀ
O MEGLIO CORRENTE

PRENDO 2 CARICHE DELLA STESSA SPECIE (+)

- LA PRIMA È FISSA (Q)
- LA SECONDA È MOLTO VICINA ALLA PRIMA ED È LIBERA DI MUOVERSI (q)



X L'INTERAZIONE TRA CARICHE, q SI MUOVE E PERCORRE 1 DISTANZA d (XK POI LA FERMIAMO) FINO AL PUNTO A

IL **LAVORO** $\mathcal{L}$ DELLA CARICA q È

$$\boxed{\mathcal{L} = F \cdot d}$$

FORZA x SPOSTAMENTO UNIDIMENSIONALE ! (NO VETTORI MA LINEA RETTA)

UNITÀ DI MISURA DEL LAVORO: JOULE (J)

anche se cambio la specie delle cariche, la dimostrazione è uguale!

NB TIPICA DOMANDA DA ESAME!

IL LAVORO LEGATO DALL' ARRIVO IN UN CERTO PUNTO È INDIPENDENTE DA COME CI SI ARRIVA DIPENDE SOLAMENTE DAL PUNTO xké IL CAMPO ELETTRICO È UNA FORZA CONSERVATIVA

LAVORO IN B ATTRAVERSO d' O ATTRAVERSO IL PERCORSO TORTUOSO È UGUALE!

$$\phi_A = k\frac{Q}{d}$$

SONO DUE QUANTITÀ DIVERSE!

$$\phi_B = k\frac{Q}{d'}$$

COME CAMBIA IL POTENZIALE DAL PUNTO A a B?

DIFFERENZA DI POTENZIALE

DIFFERENZA TRA POTENZIALE ALL'ARRIVO E POTENZIALE ALLA PARTENZA (x CONVENZIONE)

$$\boxed{\phi_B - \phi_A = V}$$

TENSIONE (VOLTAGE)

INDICI VICINO ALLA V x SPECIFICARE PUNTO DI ARRIVO E PARTENZA:

ESEMPIO: V_{BA} (ARRIVO/PARTENZA)

NB GLI INDICI BISOGNA METTERLI SEMPRE!!

OPPURE NEL CAMMINO METTO LA FRECCIA DI

Supponiamo che il punto A sia pieno di cariche, che si incamminano nel percorso da A a B sotto l'azione della carica Q

Metto una freccia x sapere la direzione di attraversamento delle cariche e, stabilita la direzione convenzionale delle cariche, definisco un intervallo di tempo Δt e misura la quantità di carica Δq !

$$\boxed{i_m = \frac{\Delta q}{\Delta t}}$$

INTENSITÀ DI CORRENTE

ovvero il flusso delle cariche

corrente elettrica media

Se riduco il tempo $\Delta t \to 0$

$$\boxed{i = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta t}}$$

definizione di derivata

$$\boxed{i_{is} = \frac{dq}{dt}}$$

corrente elettrica istantanea

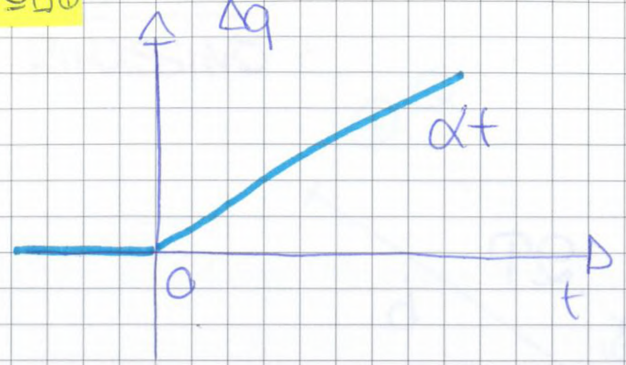
NB Devo sempre stabilire la direzione convenzionale delle cariche!

In particolare:

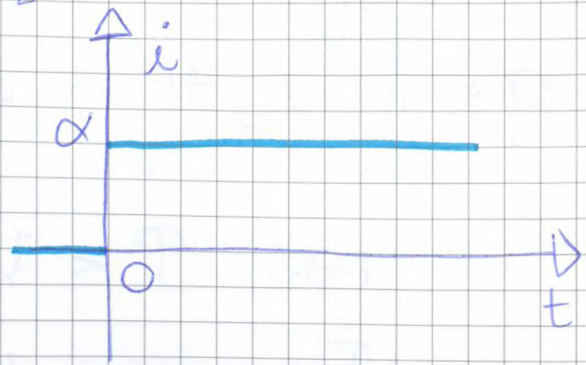
INTEGRAZ. DERIVAZIO GRAFICI

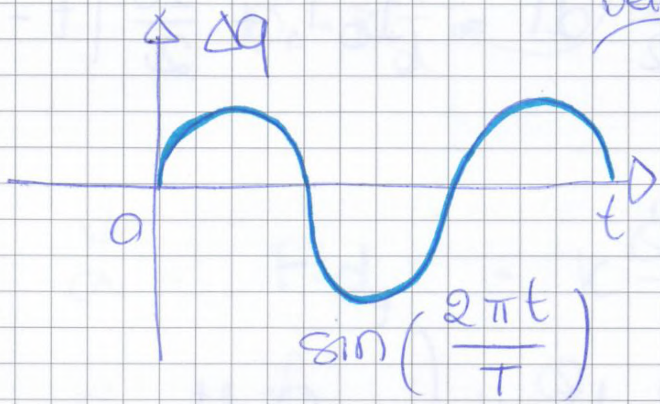
ESERCIZI DA ESAME

ESEMPIO:



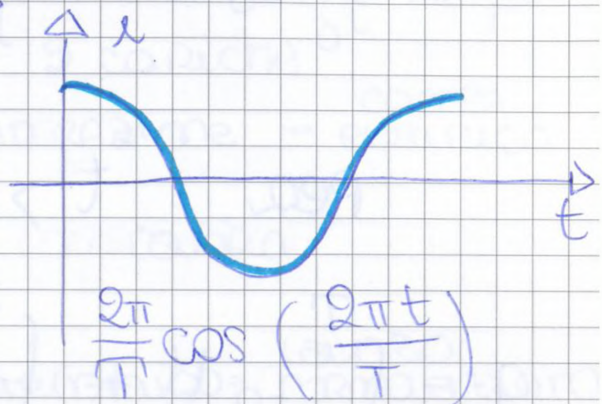
DERIVO





$\sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$

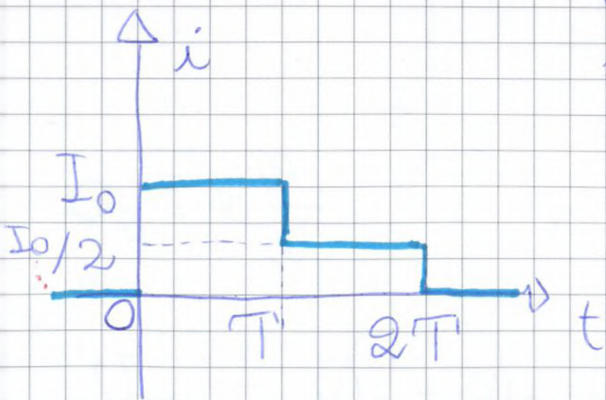
DERIVO



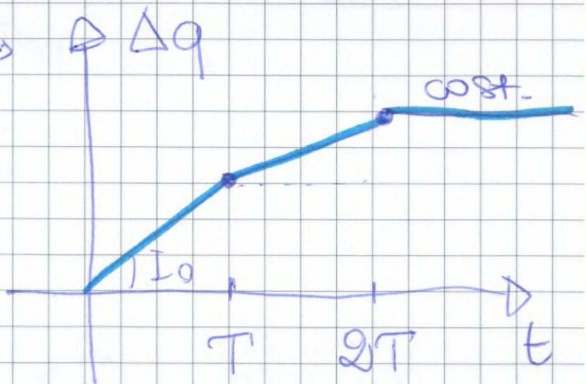
$\frac{2\pi}{T}\cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$

CORRENTE FLUTTUANTE:
ANDAMENTO DELLA CARICA
PULSANTE O ALTERNATO

ESEMPIO:



INTEGRO



© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 13 di 218

POTENZA e CONVENZIONE

3 ottobre 2012

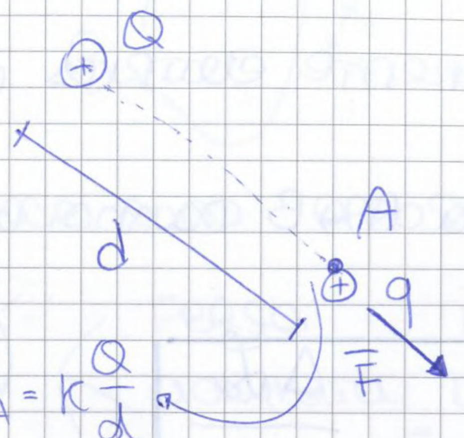
ESEMPIO:

RIPASSINO

Q = SORGENTE CAMPO

q = CARICA PROVA

CARICHE DELLO STESSO SEGNO (MA POSSO CAMBIARLO COME VOGLIO!)



$\phi_A = k\dfrac{Q}{d}$

FORZA REPULSIVA DOVUTA ALL'INTERAZIONE TRA LE 2 CARICHE

INTERAZIONE = CAMPO ELETTRICO

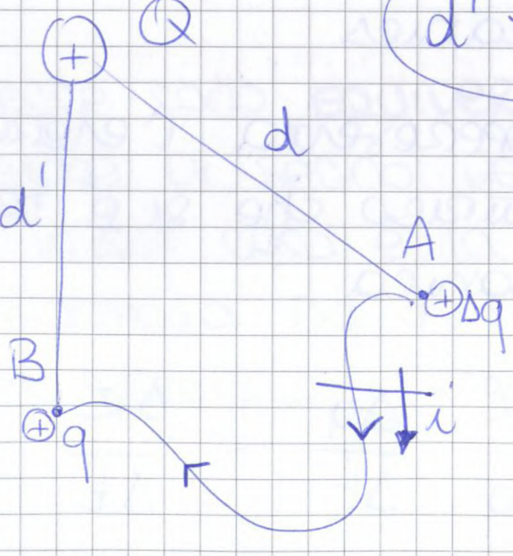
$\mathcal{L} = F \cdot d = k\dfrac{Qq}{d}$ LAVORO

$\phi = \dfrac{\mathcal{L}}{q} = k\dfrac{Q}{d}$ POTENZIALE = LAVORO NORMALIZZATO

CARICA DI PROVA

$d' > d \rightarrow \phi_B < \phi_A$

$\phi_B - \phi_A < 0$



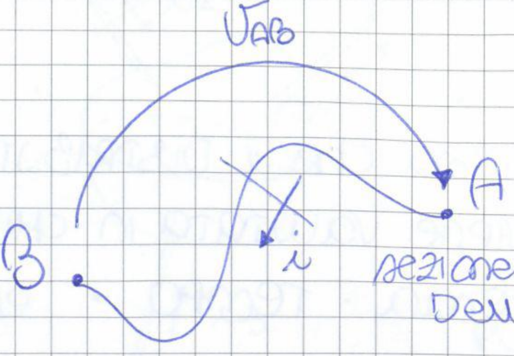
$\phi_A = k\dfrac{Q}{d}$

$\phi_B = k\dfrac{Q}{d'}$

$V_{BA} = \phi_B - \phi_A = k\dfrac{Q}{d'} - k\dfrac{Q}{d}$ TENSIONE

OGGI INVECE:

$V_{AB} = \phi_A - \phi_B \Rightarrow \phi_B < \phi_A \Rightarrow V_{AB} > 0$



sezione x contare il flusso delle cariche

le 2 frecce sono opposte !

Potenza se $p>0$
- persa dal punto di vista elettrico
- acquisita dal punto di vista meccanico
- energia che il campo elettrico trasforma

> se le due frecce sono **opposte** abbiamo una convenzione di segno degli **utilizzatori**

NB Bisogna utilizzare sempre qst convenzione !!

se le due frecce sono **equiverse** abbiamo una convenzione di segno dei **generatori** e la potenza in qst caso è la variazione di energia trasformata da un sistema qualsiasi verso il sistema elettrico (energia che lo arricchisce)

NB mai da usare !!

NB Potenza negativa → stiamo guardando un generatore

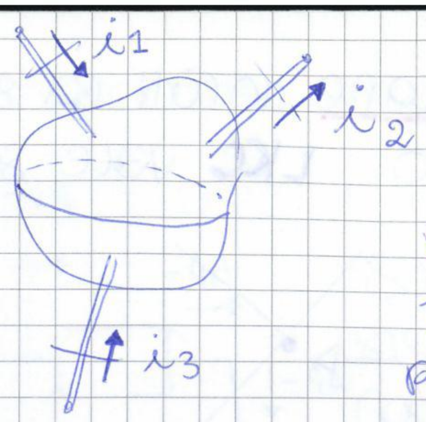
x la convenzione degli utilizz

$p = iv$ Potenza < assorbita / dissipata / fornita a / consumata / utilizzata

$p = -iv$ erogata / generata / fornita dal

ES

IMPIANTO ELETTRICO



non c'è movimento di carica nell'aria ma c'è solo nei tubi ed essa non si può accumulare lì dentro

se da una parte le cariche elettriche entrano → di sicuro da un'altra parte escono → x il ⇓ bilanciamento:

CONSERVAZIONE DELLA CARICA

devo avere

- bilanciamento della carica
- bilanciamento della corrente:

$$\underbrace{i_1 + i_3}_{\text{ENTRANTE}} = \underbrace{i_2}_{\text{USCENTE}}$$

LEGGE DEL BILANCIAMENTO DELLE CORRENTI
= LEGGE DI KIRCHOFF DELLE CORRENTI
= KCL

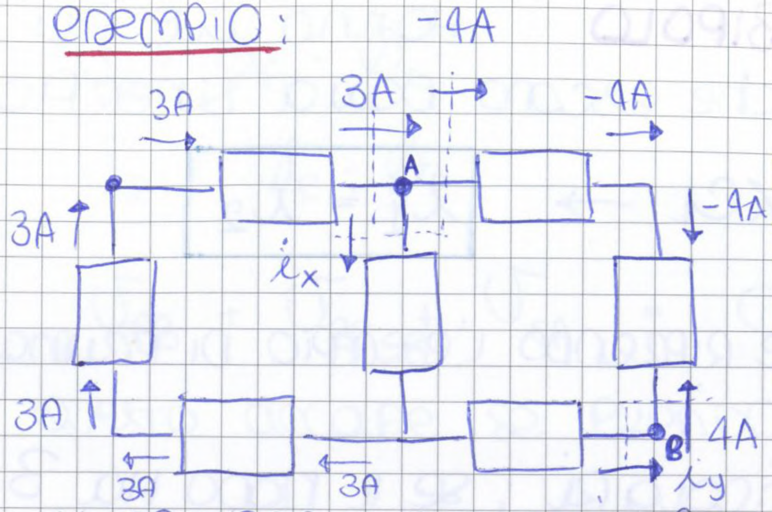
KCL 1 = data una superficie chiusa attraversata da correnti, la somma di tutte le correnti entranti deve essere uguale alla somma di tutte le correnti uscenti

$$\boxed{\sum_{n} i_n = \sum_{m} i_m}$$

entranti — uscenti

NB x i calcoli sono utili entrambe le leggi

ESEMPIO:



Suppongo di avere un sistema elettrico così e di aver misurato le correnti elettriche ......

x trovare le correnti rimanenti LKC

* i_x = devo trovarla

applico il KCL_1 sul nodo A (uso la 1)

$$3 = -4 + i_x$$

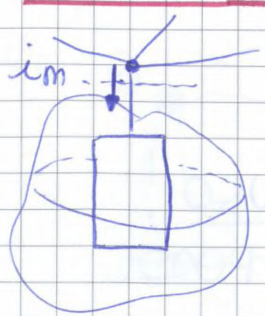
$$i_x = 3 + 4 = 7A$$

* i_y = devo trovarla

applico il KCL_1 sul nodo B

$$i_y = 4A$$

CASO PARTICOLARE:



elementi a **monopòlo**: hanno un unico filo che esce dalla superficie

KCL → $\boxed{i_m = 0}$ corrente uguale a zero

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 21 di 218

$V_{AB} = \phi_A - \phi_B$

$V_{BC} = \phi_B - \phi_C$

$V_{CA} = \phi_C - \phi_A$

LA PRIMA LETTERA DELL'INDICE È IL PUNTO DI PARTENZA
SOMMO LE TENSIONI

$V_{AB} + V_{BC} + V_{CA} = 0$ a 2 a 2 i potenziali si annullano

QUESTO ACCADE SE PRENDO 3, 4, ... n PUNTI !

LEGGE DELLE TENSIONI o
LEGGE DI KIRCHOFF DELLE TENSIONI = KVL

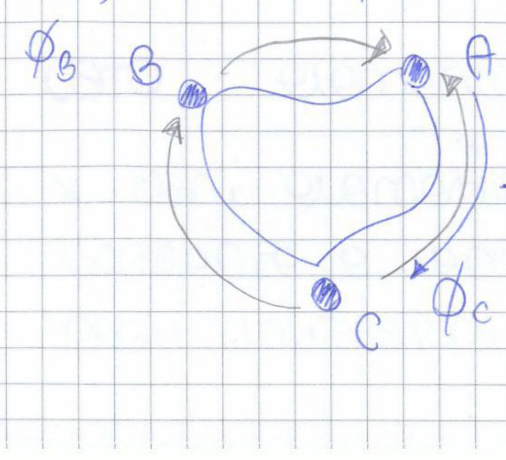
KVL 1: DATO UN PERCORSO CHIUSO, LA SOMMA DELLE TENSIONI DEVE ESSERE UGUALE A ZERO:

$$\boxed{\sum_n V_n = 0}$$

EQUIVERSE !

NB LE FRECCE DELLE TENSIONI DEVONO ESSERE **EQUIVERSE**, ALLINEATE UNA DIETRO L'ALTRA

SE, INFATTI, DEFINISCO A CASO LE TENSIONI:



$V_{AB} = \phi_A - \phi_B$

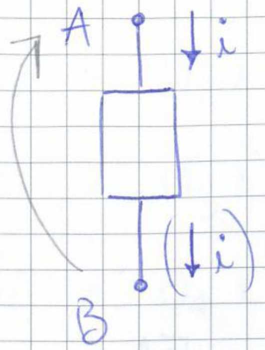
$V_{BC} = \phi_B - \phi_C$

$V_{AC} = \phi_A - \phi_C \rightarrow$ ERRATA!!

$V_{AB} + V_{BC} + V_{AC} = 2\phi_A - 2\phi_C \neq 0$

CIRCUITI e TELLEGEN

ELEMENTO ELETTRICO:



DOVE AVVIENE TRASFORMAZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

X IL MOMENTO SONO BIPOLI

FRA I TERMINALI AB DI UN ELEMENTO ELETTRICO IO POSSO SEMPRE DEFINIRE UNA TENSIONE (V_{AB})

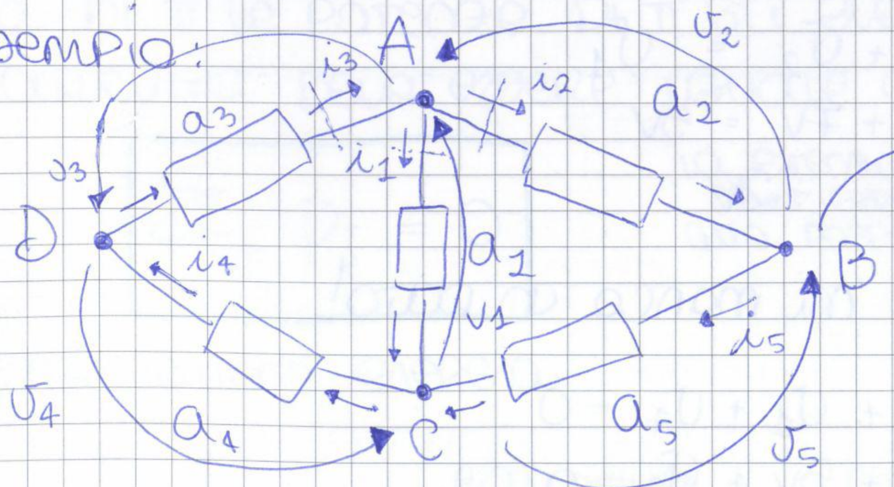
⊕ CONVENZIONE DEGLI UTILIZZATORI

(COSÌ CONTROLLO DI AVERE FRECCE OPPOSTE i/v)

SISTEMA ELETTRICO O CIRCUITO:

INSIEME DI ELEMENTI ELETTRICI COLLEGATI TRA LORO

ESEMPIO:



NODI: PUNTI DI COLLEGAMENTO DI 2 O PIÙ ELEMENTI ELETTRICI

LATO: ELEMENTO ELETTRICO NEL CIRCUITO

X OGNI ELEMENTO ELETTRICO DEFINISCO CORRENTE E TENSIONE (RICORDO LA CONVENZIONE DEGLI UTILIZZATORI!)

ORA CALCOLIAMO LE POTENZE SU TUTTI GLI ELEMENTI:

$p_1 = v_1 i_1 = 5 \cdot 3 = 15\,W$

$p_2 = v_2 i_2 = 7 \cdot 2 = 14\,W$

$p_3 = v_3 i_3 = 2 \cdot 5 = 10\,W$

POTENZA UTILIZZATA $p > 0$

$p_4 = v_4 i_4 = 5 \cdot (-7) = -35\,W$

$p_5 = v_5 i_5 = 2 \cdot (-2) = -4\,W$

POTENZA GENERATA $p < 0$

SOMMIAMO LE POTENZE:

$p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 = 0$!

LEGGE O TEOREMA DI TELLEGEN

DATI TENSIONI E CORRENTI CHE SODDISFANO LE LEGGI DI KIRCHOFF (KVL e KCL), LA SOMMA DI TUTTE LE POTENZE DI TUTTI GLI ELEMENTI DEL CIRCUITO DEVE ESSERE UGUALE A ZERO

$$\boxed{\sum_j p_j = 0}$$

LA POTENZA UTILIZZATA DEVE ESSERE UGUALE ALLA POTENZA GENERATA

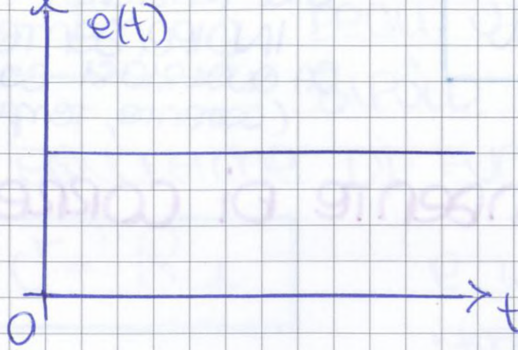
≅ CONSERVAZIONE ENERGIA

CERCO POTENZA:	CONV. UTILIZ.	CONV. GEN.
– UTILIZZATA, ASSORBITA, CONSUMATA, FORNITA A	$p = vi$	$p = -vi$
– GENERATA, FORNITA DA, EROGATA	$p = -vi$	$p = vi$

QST GENERATORE PRODUCE UNA TENSIONE CALCOLATA CON LA FUNZIONE : $\boxed{V = e(t)}$

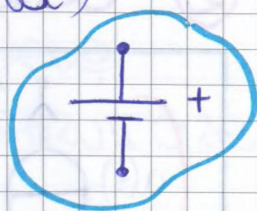
esempi:

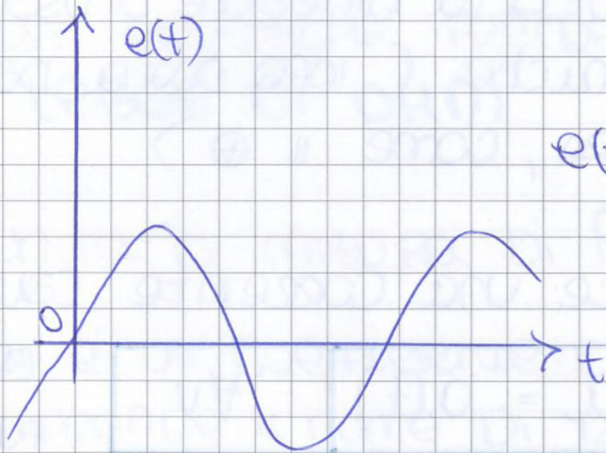
la tensione può essere prodotta in diversi modi:



E = tensione costante (batteria/pila)

simbolo particolare :





$$e(t) = A \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$$

tensione oscillante/alternata (presa)

solito simbolo

e(t) = è sempre una funzione del tempo, anche se strana

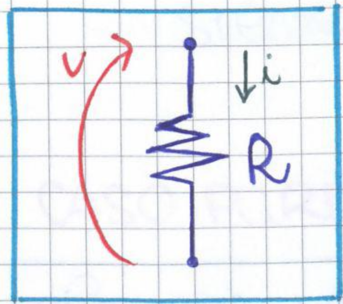
solito simbolo

e(t): prende il nome di grandezza impressa!

V = e(t): è l'equazione di funzionamento del generatore

③ RESISTORE

PEZZO DI METALLO CHE RENDE DIFFICILE IL PASSAGGIO DELLE CARICHE → ATTRITO → CALORE
→ POTENZA SEMPRE ASSORBITA



TENSIONE E CORRENTE SONO COLLEGATE! QUINDI È MOLTO IMPO LA CONVENZIONE DI SEGNO DEGLI UTILIZZATORI

BIPÒLO

L'EQUAZIONE DI FUNZIONAMENTO È

$$\boxed{v = Ri}$$

E IL VALORE DI R DEVE ESSERE DATO DAL COSTRUTTORE

QST EQUAZIONE PRENDE IL NOME DI

LEGGE DI OHM

UNITÀ DI MISURA DI R: OHM $\Omega = \frac{V}{A}$

R È UN COEFFICIENTE DI PROPORZIONALITÀ E PRENDE IL NOME DI RESISTENZA

⚠ RESISTENZA ≠ RESISTORE
↓ COEFFICIENTE ↓ BIPOLO

LA POTENZA ASSORBITA DAL RESISTORE È

$$p = vi = Ri \cdot i = Ri^2$$

$$\boxed{p = i^2 R}$$

$i^2 > 0$, X MATEMATICA

$p > 0$, X DEFINIZIONE È SEMPRE ASSORBITA !

MAI PUÒ EROGARE POTENZA

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 31 di 218

UNITÀ DI MISURA DELLA CONDUTTANZA:

siemens $S = \frac{A}{V} = \frac{1}{\Omega}$

CASO PARTICOLARE

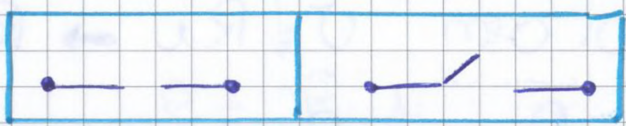
$\boxed{G = 0 \ , \ G \to 0}$ $R \to \infty$

$\Rightarrow$ $i = 0$ corrente nulla

$\Rightarrow$ $p = 0$ potenza assorbita nulla

elemento che crea tantissimo attrito da non far più passare le cariche!

situazione chiamata **CIRCUITO APERTO**



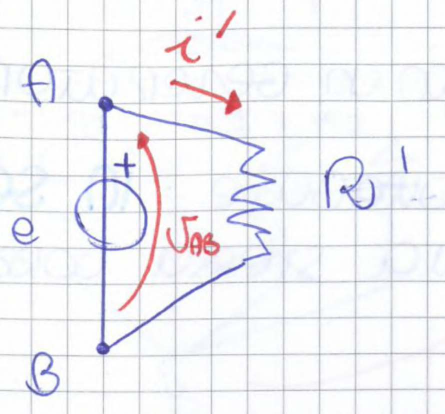
SIMBOLI

v c'è comunque!

la corrente in un corto circuito può essere qualsiasi.
la tensione ai capi di un circuito aperto può essere qualsiasi.
i valori effettivi dipendono dal resto del circuito.

corto circuito e circuito aperto sono 2 elementi duali!

ESERCIZIO:



RISOLVO IL CIRCUITO:

- v_{AB} x il generatore
- v_{AB} è anche la tensione sul resistore
- la corrente è bloccata dal resistore
- equazioni:

$$v_{AB} = R' i' \quad \text{ma} \quad v_{AB} = e$$

$$\downarrow$$

$$e = R' i'$$

$$i' = \frac{e}{R'}$$

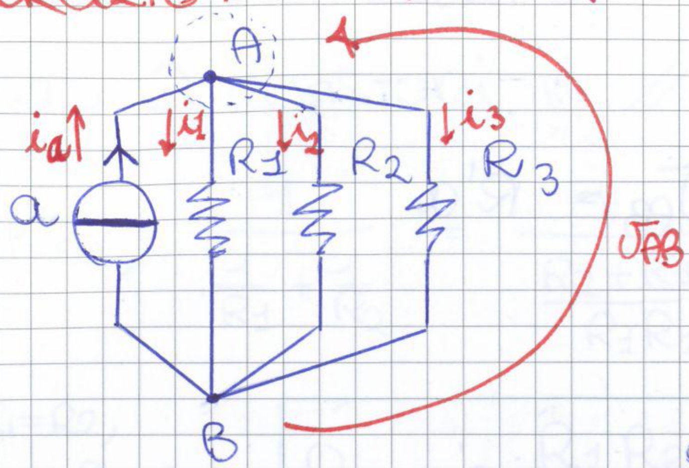
CONFRONTIAMO GLI ESERCIZI:

* in comune:
- stesso generatore (di tensione)
- percorso chiuso

* differenza:
- numero di resistori

LA FORMULA PER LA CORRENTE È LA STESSA!

ESERCIZIO: PARTITORE DI CORRENTE



I RESISTORI NON SONO COLLEGATI IN SERIE!

DEFINISCO 1 TENSIONE TRA I 2 PUNTI (V_{AB} O V_{BA})

ORA X LA TENSIONE E I RESISTORI METTO LE CORRENTI

V_{AB} VALE X TUTTI E 4 I PERCORSI AB!

NODO A → KCL (SUPERFICIE CHIUSA)

$$i_a = i_1 + i_2 + i_3$$

X IL GENERATORE DI CORRENTE $i_a = a$

$$a = i_1 + i_2 + i_3$$

X I RESISTORI $a = \frac{V}{R}$

$$a = \frac{V_{AB}}{R_1} + \frac{V_{AB}}{R_2} + \frac{V_{AB}}{R_3} = V_{AB}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)$$

QUINDI $V_{AB} = \dfrac{a}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3}$ ✓ TROVATA LA TENSIONE TRA GLI UNICI 2 NODI DEL CIRCUITO

SE VOGLIO LE CORRENTI:

$$i_3 = \frac{V_{AB}}{R_3} = \frac{a}{R_3\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)}$$ ✓

QST CIRCUITO SI DICE **PARTITORE DI CORRENTE**

IDEM X LE ALTRE

CASO PARTICOLARE:

SOLO 2 RESISTORI IN // (R_1, R_2)

$$R_{EQ_{//}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}} = \frac{1}{\frac{R_2+R_1}{R_1 R_2}} = \frac{R_1 R_2}{R_1+R_2}$$

se $R_1 = R_2$,
$R_{EQ} = \frac{R_1}{2} = \frac{R_2}{2}$

$$\boxed{R_{EQ_{//}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}$$

$\frac{\text{PRODOTTO}}{\text{SOMMA}}$

REGOLA DEL PARTITORE DI CORRENTE

DATO UN GENERATORE DI CORRENTE E RESISTORI COLLEGATI TUTTI IN PARALLELO
$\Rightarrow$ LA CORRENTE PARZIALE SUL RESISTORE k È DATA DA:

$$i_k = \frac{a/R_k}{\sum_n \frac{1}{R_n}} = \frac{a/R_k}{1/R_{EQ}} = \frac{a}{R_k} R_{EQ_{//}}$$

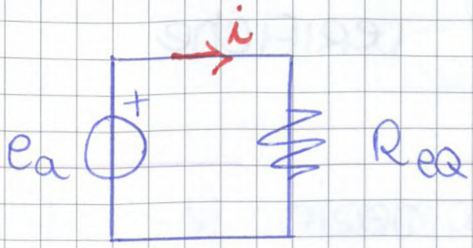
CASO PARTICOLARE

SOLO 2 RESISTORI IN // (R_1, R_2)

$$i_2 = \frac{a/R_2}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}} = \frac{a/R_2}{\frac{R_2+R_1}{R_1 R_2}} = \frac{a}{\cancel{R_2}} \frac{R_1 \cancel{R_2}}{R_2+R_1} = a\frac{R_1}{R_1+R_2}$$

$$\boxed{i_2 = a\frac{R_1}{R_1+R_2} \quad \text{e} \quad i_1 = a\frac{R_2}{R_1+R_2}}$$

HO RIDOTTO TUTTO a un CIRCUITO :



e_a NOTO
R_{EQ} NOTO } DATI DEL COSTRUTTORE

$\rightarrow \quad i = \dfrac{e_a}{R_{EQ}}$

COMPATTARE SEMPRE I CIRCUITI E RIDURLI AL MINIMO INDISPENSABILE!

COROLLARIO : $e_{eq} = \sum_m e_m$ x i GENERATORI DI TENSIONE IN SERIE

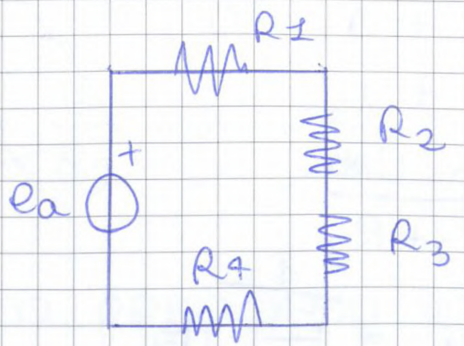
SUPPONGO CHE UN RESISTORE (ex: R_3) SIA MOLTO PIÙ GRANDE DI TUTTI GLI ALTRI RESISTORI

$R_3 \gg R_1, R_2 \rightarrow R_{EQ} \approx R_3$

$\searrow R_{EQ} \geq R_3$

x LE VERIFICHE

COROLLARIO SE NELLA SERIE $R_J \gg R_K$ $(K = 1, 2, \ldots N) \rightarrow R_{EQ} \geq R_J$



x IL PARTITORE DI TENSIONE :

$$V_3 = e_a \frac{R_3}{R_{EQ}} \leq e_a$$

x LE VERIFICHE

COROLLARIO: $a_{eq} = \sum_n a_n \times i$ somma normale!
GENERATORI DI CORRENTE IN PARALLELO (//)

SUPPONGO UN RESISTORE MOLTO PIÙ PICCOLO DEGLI ALTRI (R_J)

$$R_{//} = \frac{1}{\sum_n \frac{1}{R_n}} \approx R_J \text{ O MEGLIO } R_{//} \leq R_J$$

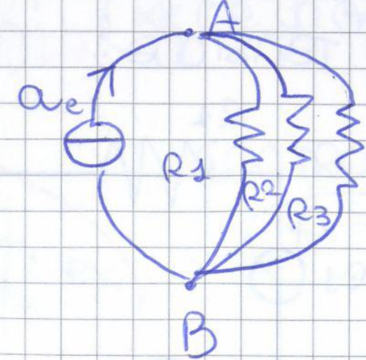
COROLLARIO se nel //, $R_J << R_i$ $(i=1,2,\dots N) \rightarrow R_{//} \leq R_J$

LA RESISTENZA PIÙ PICCOLA POSSIBILE È ZERO, OVVERO IL CORTO CIRCUITO

COROLLARIO se nel //, una resistenza è un corto circuito, $R=0 \rightarrow R_{//}=0$!!!

$$\cancel{i_2 = \frac{\frac{a}{R_2}}{\frac{1}{R_1+R_2+R_3}}}$$

$$\cancel{i_2 = \frac{a}{R_2}(R_1+R_2+R_3)}$$

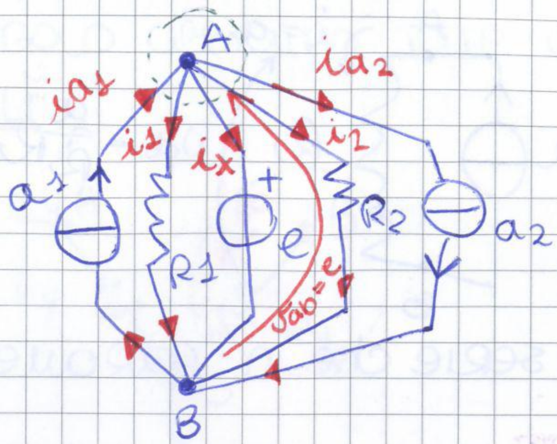


$$i_2 = \frac{\frac{a}{R_2}}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}}$$

$$i_2 = \frac{a}{R_2\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)}$$

se una resistenza è in // a un cortocircuito, allora posso eliminarla perché $R_{//}=0$

CIRCUITO // CON GENERATORE DI TENSIONE



LA TENSIONE È GIÀ IMPOSTA! DAL GENERATORE, MA DEVO TROVARE LA CORRENTE

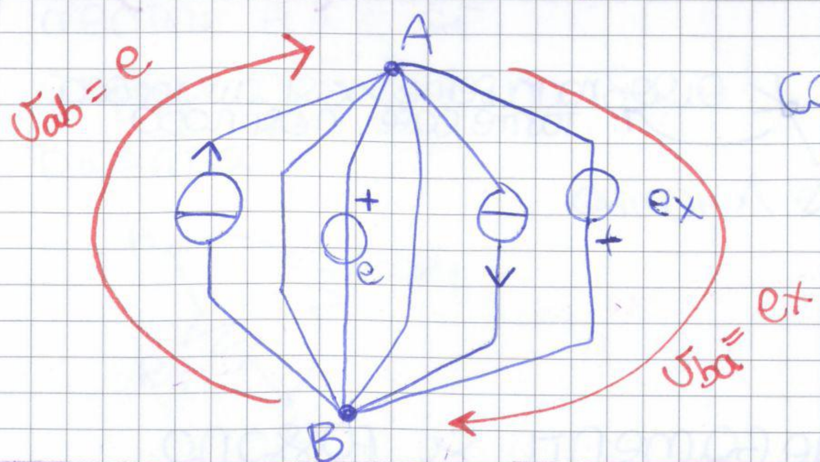
NODO A, KCL

$$a_1 - i_1 - i_x - i_2 - a_2 = 0$$

$$a_1 - a_2 = \frac{e}{R_1} + \frac{e}{R_2} + i_x$$ SONO TUTTI DATI DEL PROBLEMA! TRANNE i_x

$$i_x = a_1 - a_2 - e\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$ ✓

QUI XO' $\boxed{\text{NON}}$ POSSO APPLICARE LA REGOLA DEL PARTITORE DI CORRENTE! (XK C'È UN GEN. DI TENSIONE)



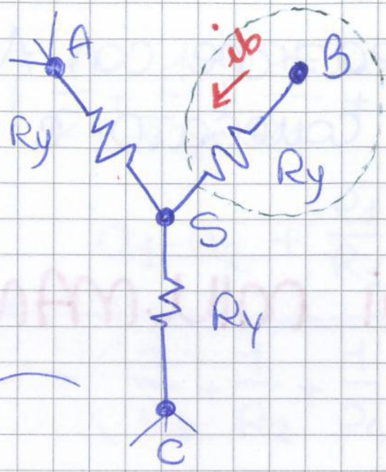
CONTRADDIZIONE

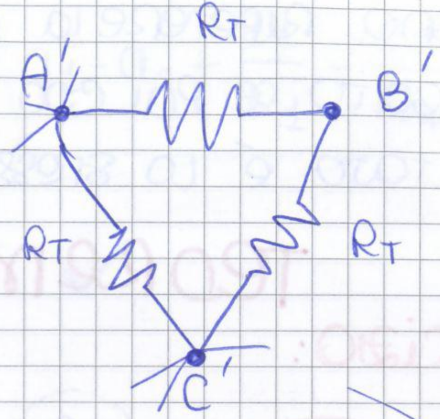
$e = -e_x$!

PARALLELI DI GENERATORI DI TENSIONI POSSONO ESISTERE SOLO SE HANNO FUNZIONI IMPRESSE UGUALI!

CASO PARTICOLARE:

se in un collegamento a stella o a triangolo abbiamo tutte e 3 le resistenze uguali





* ipotizzo B non connessa a niente, mentre A e C sì

in B abbiamo un monopolo $\rightarrow$ $i_b = 0$
anche la sua resistenza non serve a nulla e si può buttare via ($v_b = 0$)

se la taglio, rimangono A e C in serie!

$$R_{AC} = 2R_y$$

* ipotizzo B' non connesso a niente, mentre A e C sì

allora in B' c'è una serie!

diventa:

quindi A e C sono in //

$$R_{EQ\,AC} = R_{//}\, 2R_T = \frac{R_T\, 2R_T}{R_T + 2R_T} = \frac{2R_T^{\cancel{2}}}{3\cancel{R_T}} = \frac{2}{3} R_T$$

EQUIVALENZA: $R_{AC} = R_{AC} \rightarrow \cancel{2}R_y = \frac{\cancel{2}}{3} R_T$

$$\frac{V_{ab}}{R_1}-\frac{e_1}{R_1}+\frac{V_{ab}}{R_2}+a_2-a_1+\frac{V_{ab}}{R_4}+\frac{e_2}{R_4}+\frac{V_{ab}}{R_5}=0$$

V_{AB} È L'UNICA INCOGNITA!

$$V_{ab}\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5}\right)=a_1-a_2+\frac{e_1}{R_1}-\frac{e_2}{R_4}$$

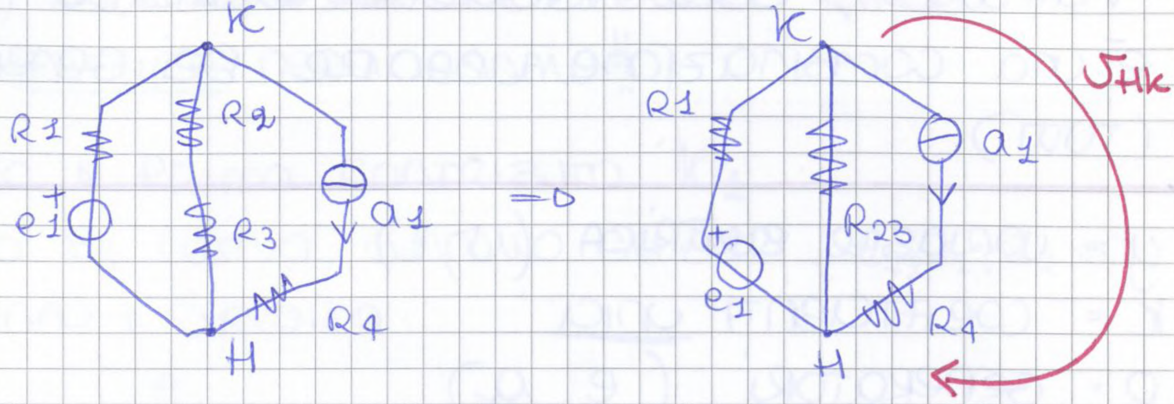
$$V_{ab}=\frac{a_1-a_2+\frac{e_1}{R_1}-\frac{e_2}{R_2}}{\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5}\right)}$$ ✓

DIMOSTRAZIONE

- NODO A KCL
- CON KVL CERCO i
- TENGO COME UNICA INCOGNITA V_{ab}

nei rami con il generatore di tensione devo avere un resistore altrimenti non vale la formula, infatti ho subito la $v_{ab} = e$.

esercizio di esempio:



- risolvo la serie di resistenze: R_{23}
- $R_{23} = R_2 + R_3$
- uso Millman:

$$v_{HK} = \frac{-\frac{e_1}{R_1} + a_1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{23}}}$$

REGOLA GENERALE

se al posto del denominatore avessimo

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} = G_e$$

$$v_{AB} = \frac{e_1}{R_1 G_e} + \frac{a_1}{G_e} - \frac{e_2}{R_4 G_e} - \frac{a_2}{G_e}$$

$$v_{ab} = \left(\frac{1}{G_e R_1}\right) e_1 + \frac{1}{G_e} a_1 + \left(-\frac{1}{G_e R_4}\right) e_2 + \left(-\frac{1}{G_e}\right) a_2$$

coefficienti moltiplicati x i generatori $\rightarrow$

SE $e_1 = 0,\ e_2 = 0,\ a_2 = 0 \Rightarrow v_{ab}\Big| = k_2 a_1$

SE $e_1 = 0,\ a_1 = 0,\ a_2 = 0 \Rightarrow v_{ab}\Big| = k_3 e_2$

SE $e_1 = 0,\ e_2 = 0,\ a_1 = 0 \Rightarrow v_{ab}\Big| = k_4 a_2$

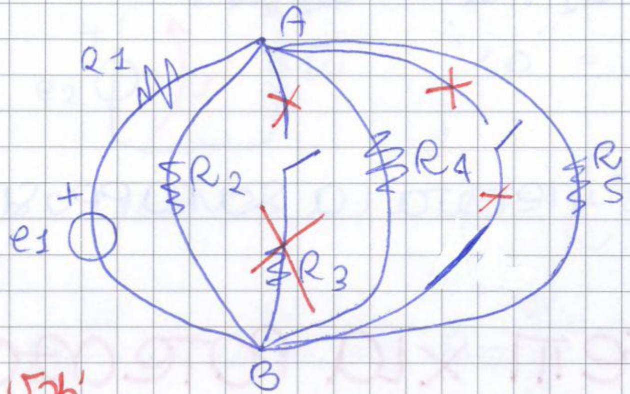
REGOLA DI CALCOLO DEI CIRCUITI PER SOVRAPPOSIZIONE DEGLI EFFETTI

(DA <u>EVITARE</u> NEGLI ESAMI !!)

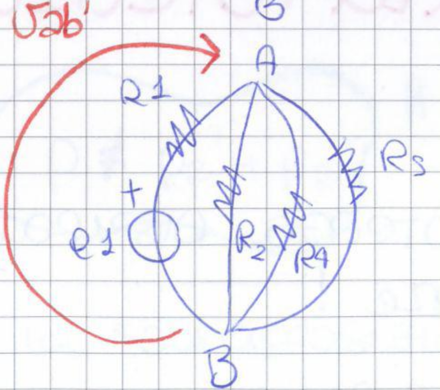
CERCO IL PRIMO CONTRIBUTO k_1:

LASCIO e_1 ATTIVO, ANNULLO GLI ALTRI $e_2, a_1, a_2 = 0$

RIDISEGNO IL CIRCUITO:

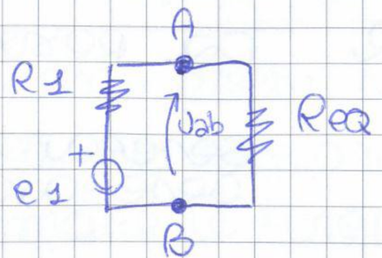


R_3 = MONOPOLO, LO CANCELLO



R_4, R_2, R_S SONO IN //

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_S}$$

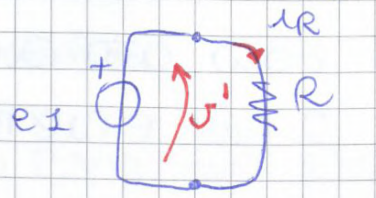


PARTITORE DI TENSIONE

$$v_{ab}' = e_1 \frac{R_{eq}}{R_1 + R_{eq}} = e_1 k_1$$

se voglio x forza usare la sovrapposizione degli effetti:

- 1° contributo: $i_R' = k_1 e_1$, $e_2 = 0$

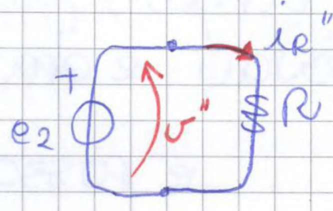


$$i_R' = \frac{v'}{R} = \frac{e_1}{R}$$

$$k_1 = \frac{1}{R}$$

$$p_R' = v' i_R' = e_1 \frac{e_1}{R} = \frac{e_1^2}{R}$$

- 2° contributo: $i_R'' = k_2 e_2$, $e_1 = 0$



$$i_R'' = \frac{v''}{R} = \frac{e_2}{R}$$

$$k = \frac{1}{R}$$

$$p_R'' = v'' i_R'' = e_2 \frac{e_2}{R} = \frac{(e_2)^2}{R}$$

$p \neq p_R' + p_R''$!! $p = \frac{(e_1+e_2)^2}{R}$ $p_R' + p_R'' = \frac{e_1^2 + e_2^2}{R}$

La sovrapposizione degli effetti NON vale x le potenze, ma solo x le tensioni e le correnti
=> non posso sommare le potenze!!
xk la potenza è un prodotto $v \cdot i$, cioè non è un'operazione lineare! (come la somma)

HO APPLICATO LA REGOLA DELLA COMBINAZIONE LINEARE DEI GENERATORI!

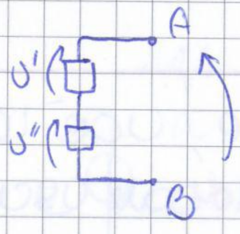
RICORDO CHE K_S HA LE DIMENSIONI DI R $\Rightarrow$ $K_S = R_E$ PERCHÉ $v = K_S i = R i$

I CONTRIBUTI INTERNI $K_1 e_1 + K_2 e_2 + K_3 a_1 + K_4 a_2 = v_0$ SONO SICURAMENTE UNA TENSIONE!

QUINDI SOSTITUENDO: $\boxed{v = v_0 + R_E i}$ $\longrightarrow$ LA TENSIONE v È LA SOMMA DI 2 PEZZI

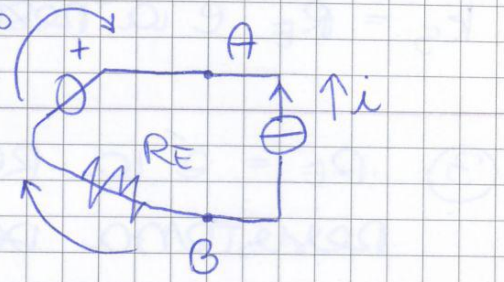
RAPPRESENTA LA RELAZIONE CARATTERISTICA DEL BIPOLO ①

NOI SAPPIAMO CHE:



$v = \underbrace{v'}_{v_0} + \underbrace{v''}_{R_E i}$

NELLA NOSTRA SITUAZIONE



IL NOSTRO SOTTO-CIRCUITO 1 PUÒ ESSERE INTERPRETATO COME UN GENERATORE DI TENSIONE E UN RESISTORE CONNESSI TRA A E B (+ LA PARTE ESTERNA DEL GENERATORE DI CORRENTE)

TEOREMA DI THÉVENIN

DATI 2 SOTTOCIRCUITI CONNESSI SOLO ATTRAVERSO 2 CONDUTTORI (BIPOLO) $\Rightarrow$ ALLORA:

① OGNI SOTTOCIRCUITO È EQUIVALENTE (OVVERO È RAPPRESENTABILE) ALLA SERIE DI UN GENERATORE DI TENSIONE E UN RESISTORE

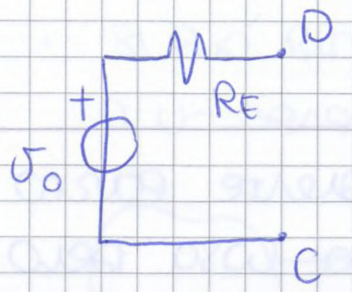
(CONSEGUENZA DEL PRINCIPIO DI SOVRAPPOSIZIONE)

CERCO $V_x = V_{dc}$

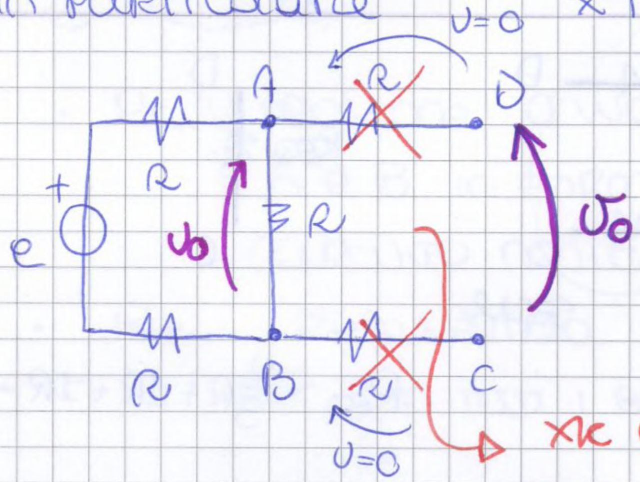
USO IL TEOREMA DI THÉVENIN

COMPATTO LA ZONA VERDE CON GEN. TENS + RES.

EQUIVALENTE DEL SOTTO-CIRCUITO 1



IN PARTICOLARE X TROVARE V_0



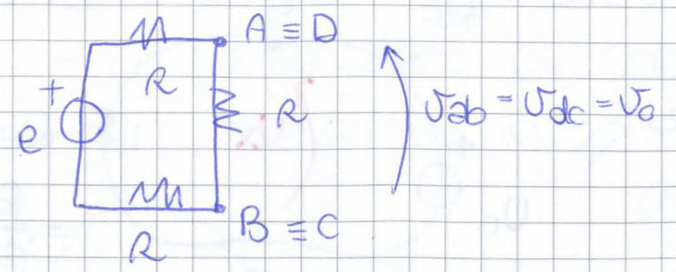
XK MONOPOLI $(i=0)$

EQUINDI ANCHE $V = iR = 0$

D È EQUIVALENTE AL PUNTO A (STESSO POTENZIALE)

C È EQUIVALENTE AL PUNTO B (STESSO POTENZIALE)

$v_0 = v_{DC} = v_{AB}$!! ORA DEVO CALCOLARLO



CIRCUITO X IL PARTITORE DI TENSIONE

$v_{ab} = \frac{e}{3}$ PER VERIFICA: $v_{ab} = e\frac{R}{R+R+R} = e\frac{\cancel{R}}{3\cancel{R}}$

ABBIAMO TROVATO $\left\{ V_0 = \frac{e}{3} \right\}$

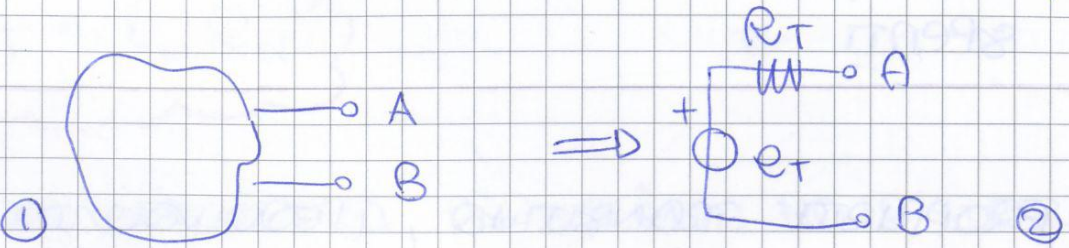
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 59 di 218

29 ottobre 2012

~RIPASSINO~

TEOREMA DI THEVENIN

- SOTTOCIRCUITO CONNESSO AL RESTO ATTRAVERSO SOLO 2 CONDUTTORI (BIPOLO)
- SI PUÒ RIDURRE A UN RESISTORE IN SERIE A UN GENERATORE DI TENSIONE INDIPENDENTE:

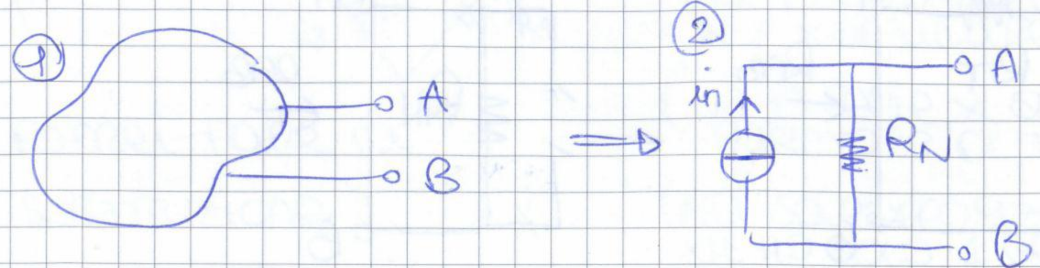


- e_T: TENSIONE A VUOTO, CALCOLATA TRA A e B IN FORMA 1 (CON USCITA IN UN CIRCUITO APERTO) (CIRCUITO NON CONNESSO A NULLA)
- R_T: RESISTENZA EQUIVALENTE IN FORMA 1 CON TUTTI I GENERATORI INDIPENDENTI SPENTI

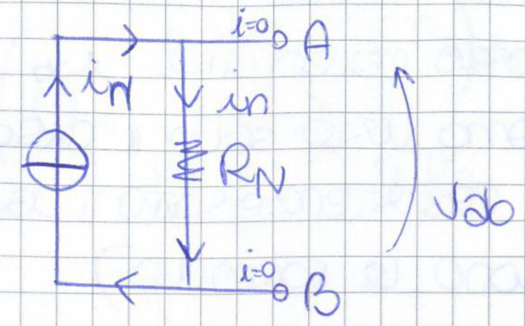
IL SUO DUALE È:

TEOREMA DI NORTON

DATO UN SOTTOCIRCUITO CONNESSO AD ALTRO SOLO ATTRAVERSO 2 CONDUTTORI (BIPOLO) ALLORA UN SUO EQUIVALENTE È FORMATO DA
- UN GENERATORE DI CORRENTE i_N e
- UN RESISTORE IN //



al contrario:

• 

$\rightarrow V_{ab} = i_n R_N$

$$\boxed{e_T = i_N R_N}$$

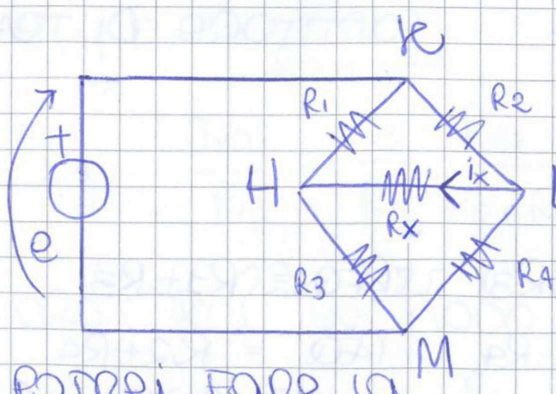
• x la resistenza equivalente ho lo stesso discorso di prima (↑)

In particolare:

$$i_n = \frac{e_T}{R_T} \rightarrow \boxed{R_T = \frac{e_T}{i_N} = R_N}$$

Resistenza equivalente = $\dfrac{\text{tensione a vuoto di ①}}{\text{corrente di cortocircuito di ①}}$

Esempio di applicazione:



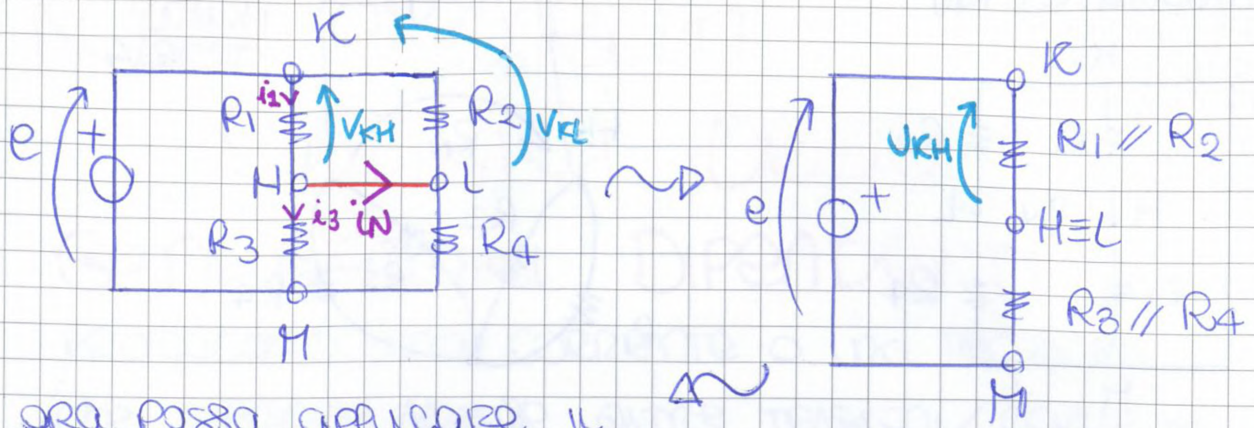
i metodi tradizionali falliscono!

(Rx distrugge la struttura N // x applicare Millmann)

(no in serie x applicare il partitore di tensione)

(no sovrapposizione effetti xk ho solo 1 generatore)

Potrei fare la sostituzione stella / triangolo (ma mi scompare ix)



ORA POSSO APPLICARE IL PARTITORE DI TENSIONE

$$V_{KH} = e \frac{R_1 // R_2}{R_1 // R_2 + R_3 // R_4} = \frac{R_{12}}{R_{12} + R_{34}} e$$

$$R_{12} = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_{34} = R_3 // R_4 = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$$

$V_{KH} = V_{KL}$!!

POSSO RICAVARE i_1:

$$i_1 = \frac{V_{KH}}{R_1} = \frac{e}{R_1} \cdot \frac{R_{12}}{R_{12} + R_{34}}$$

ORA CERCO i_3 NELLO STESSO MODO:

$$V_{HM} = e \frac{R_{34}}{R_{12} + R_{34}} \rightarrow V_{HM} = V_{LM}$$

$$i_3 = \frac{V_{HM}}{R_3} = \frac{e}{R_3} \frac{R_{34}}{R_{12} + R_{34}}$$

ORA KCL SU NODO H!

$$i_N = i_1 - i_3 = \frac{e}{R_1} \frac{R_{12}}{R_{12} + R_{34}} - \frac{e}{R_3} \frac{R_{34}}{R_{12} + R_{34}} =$$

$$i_N = \frac{e}{R_{12} + R_{34}} \left(\frac{R_{12}}{R_1} - \frac{R_{34}}{R_3} \right)$$

NUOVI ELEMENTI ELETTRICI IDEALI

non esistono in realtà, servono x spiegare la fisica di elementi più complicati

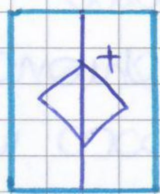
GENERATORI DIPENDENTI (PILOTATI) (CONTROLLATI)

PRODUCONO UNA CORRENTE O UNA TENSIONE CHE DIPENDE DALLE ALTRE TENSIONI/CORRENTI PRESENTI NEI CIRCUITI

SONO DI 2 TIPI
- TENSIONE
- CORRENTE

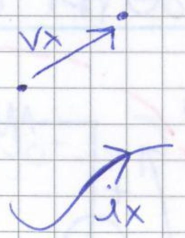
① GENERATORE DIPENDENTE DI TENSIONE

Genera una tensione



che può dipendere:

- da una tensione: $\boxed{\hat{e} = \alpha V_x}$
- da una corrente: $\boxed{\hat{e} = r_m i_x}$



α coefficiente di proporzionalità, adimensionata, costante

r_m coefficiente di proporzionalità dimensionata → Ω OHM, costante

α, r_m sono dati noti, dati dal costruttore x cui $V_3 = \hat{i} R_3 = g_m e \frac{R_2 R_3}{R_1+R_2}$ ✓

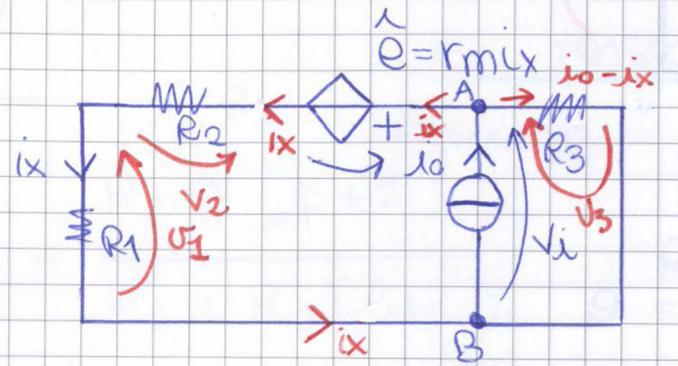
REGOLA x LA SOLUZIONE DI CIRCUITI CON GENERATORI PILOTATI (in 3 passi)

① TROVO LA QUANTITÀ PILOTANTE → con generatore pilotato come indipendente

② GENERATORE DIPENDENTE NOTO (⇒ GENERATORE INDIPENDENTE)

③ TROVO L'INCOGNITA DEL CIRCUITO

②



Devo trovare alla fine V_i

$V_i = V_{ab}$

i_x sta nello stesso ramo del suo generatore che pilota → GUAI!

① Cerco i_x

$V_1 = R_1 i_x$ $\qquad (i_3 = i_0 - i_x)$

$V_2 = R_2 i_x$

$V_3 = R_3 i_3 = R_3 (i_0 - i_x)$

$\Rightarrow V_{ab} = V_1 + V_2 + \hat{e}$

$V_{ab} = R_1 i_x + R_2 i_x + r_m i_x$

$\Rightarrow V_{ab} = V_3 = R_3 (i_0 - i_x)$

Eguaglio e trovo i_x

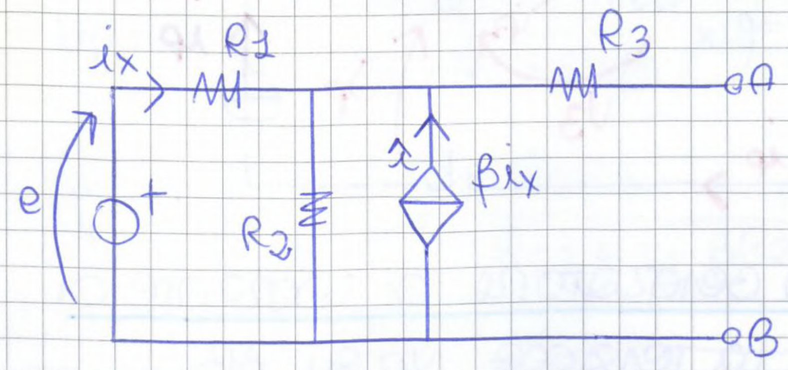
$R_1 i_x + R_2 i_x + r_m i_x = R_3 i_0 - R_3 i_x$

$i_x (R_1 + R_2 + r_m + R_3) = R_3 i_0$

① $i_x = \frac{R_3 i_0}{R_1 + R_2 + R_3 + r_m} \Rightarrow$ ② $\hat{e} = \frac{r_m R_3 i_0}{R_1 + R_2 + R_3 + r_m}$ ✓

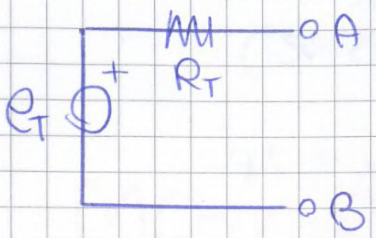
ESERCIZIO

31 ottobre 2012



$\Longrightarrow$ equivalente Thev.

Thevenin con generatori dipendenti!



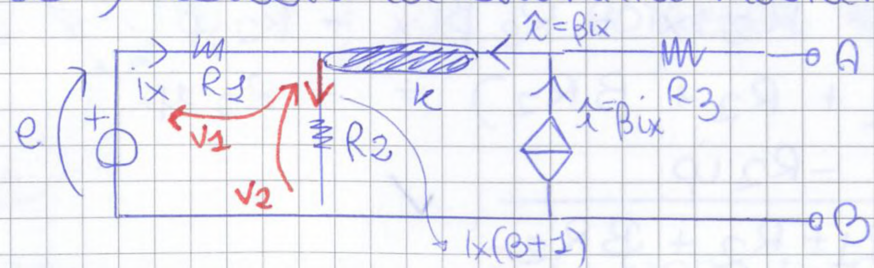
R_T: Req con tutti i gen. spenti (solo quelli indipendenti)

e_T: tensione a vuoto tra AB

Risultati:

$$e_T = \frac{R_2 e (\beta + 1)}{R_1 + R_2(\beta+1)} \qquad R_T = R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + \beta R_2}$$

e_T 1a) calcolo la quantità pilotante i_x



KVL a sx $\longrightarrow$ $e = R_1 i_x + R_2 i_x (\beta + 1)$

$e = V_1 + V_2$

$$i_x = \frac{e}{R_1 + R_2(\beta+1)}$$

1b) $$\hat{\imath} = \beta \frac{e}{R_1 + R_2(\beta + 1)}$$

1c) $$V_{ab} = V_2 = R_2 \frac{e}{R_1 + R_2(\beta+1)} (\beta+1)$$

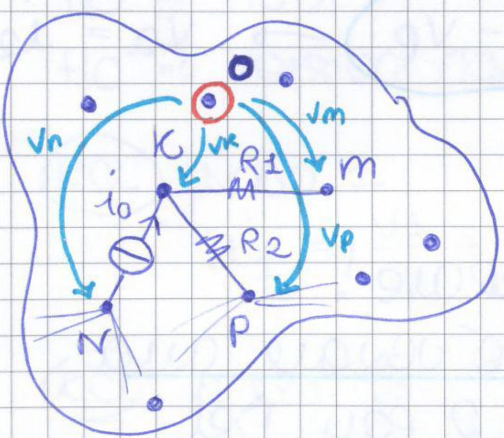
$$V_p + R_1\left(-\frac{R_2 i_p}{R_1+R_2+R_2\beta}\right) = R_3 i_p$$

$$V_p = i_p \underbrace{\left(R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1+R_2+\beta R_2}\right)}$$ ✓

$V_p = R_T I_p$ QUESTA È LA RESISTENZA EQUIVALENTE (R_T)

NON DIPENDE PIÙ DA INCOGNITE!

METODO dei NODI



• • • : NODI

: CIRCUITO

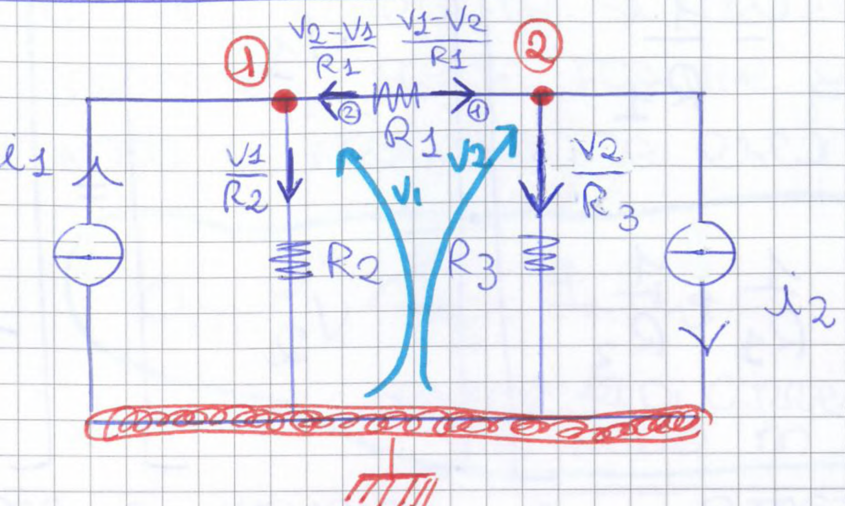
esempi di cosa ci potrebbe essere dentro

- seleziono un nodo ⊙ (IL NODO DI RIFERIMENTO) a cui attribuisco il numero '0' (simbolo ⏚ ⏚)
- x tutti gli altri nodi, definisco la tensione rispetto al nodo di riferimento, con freccia sempre ⊙ ⟶ •

se ho un circuito con **N** nodi, vuol dire che definisco **N−1** tensioni nodali (xké uno è il nodo zero)

$\Rightarrow$ SISTEMA DI N − 1 EQUAZIONI CON LE TENSIONI NODALI (N − 1) COME INCOGNITE

ESEMPIO DI ESERCIZIO



HO 3 NODI
HO 2 TENSIONI NODALI } SISTEMA DI 2×2

KCL NODO 1

$$i_1 = \frac{V_1}{R_2} + \frac{V_1 - V_2}{R_1}$$

$\rightarrow$ CORRENTE PENSATA COME USCENTE SU 1

KCL NODO 2

$$i_2 + \frac{V_2}{R_3} + \frac{V_2 - V_1}{R_1} = 0$$

$\rightarrow$ CORRENTE PENSATA COME USCENTE SU 2

SISTEMA DI EQUAZIONI

$$\begin{cases} V_1\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)+V_2\left(-\frac{1}{R_1}\right) = i_1 \\ V_1\left(-\frac{1}{R_1}\right)+V_2\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_3}\right) = -i_2 \end{cases}$$

INCOGNITE ORDINATE = TERMINI NOTI

MATRICE DI VETTORI!

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 75 di 218

la matrice dei coefficienti è una matrice SIMMETRICA

se invece considero il vettore $\underline{b}$: contiene le correnti collegate al loro generatore di corrente, prese positive se entrano nel nodo o negative se escono nel nodo

$$b_m = \sum_{s} \pm i_s \quad \begin{matrix} + \text{ entrante} \\ - \text{ uscente} \end{matrix}$$

generatori di corrente sul nodo m

Questo metodo viene anche chiamato metodo automatico (SPICE)

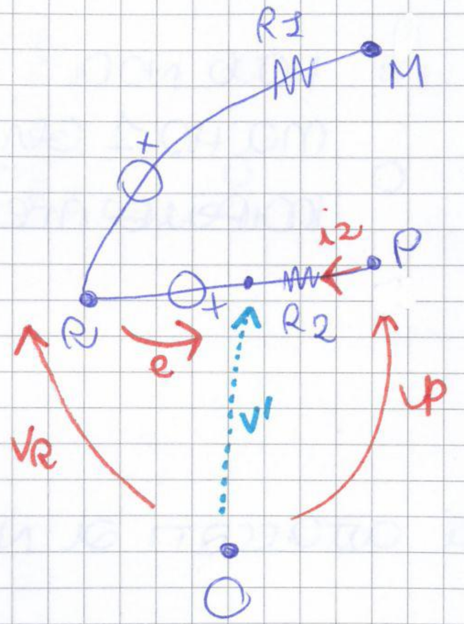
Tutte le regole sono date dalla scrittura x ispezione.

non chiederà mai la soluzione della matrice → calcolatore

CIOÈ NON POSSO PIÙ SCRIVERE N-1 EQUAZIONI INDIPENDENTI E IL SISTEMA NON FUNZIONA PIÙ

SI RISOLVE IL PROBLEMA MODIFICANDO IL CIRCUITO DI PARTENZA, x FAR SALTARE UN NODO (QUELLO CON IL GENERATORE DI TENSIONE) E AVERE IL NUMERO GIUSTO DI EQUAZIONI.

PER OGNI GENERATORE DI TENSIONE, DEVO RIDURRE DI UN NODO (CIOÈ RIDUCO DI UNA EQUAZIONE)



QUESTA TRASFORMAZIONE È EQUIVALENTE?
HO TOLTO IL NODO K

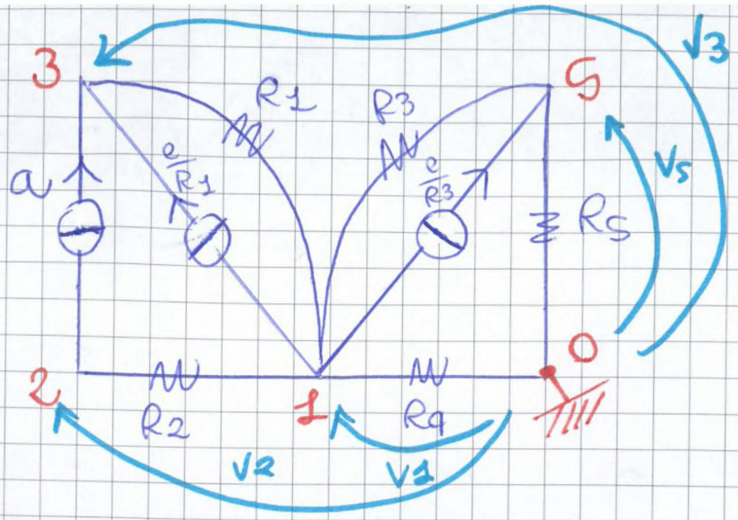
QUINDI $i_2 = \frac{V_P - V'}{R_2}$ ★ MA $V' = V_R + e$

SE NEL DISEGNO PRIMA CERCO i_2:

$i_2 = \frac{V_P - V_K}{R_2}$ MA $V_K = V_R + e \implies i_2 = \frac{V_P - V_R - e}{R_2}$ ★

SONO UGUALI!! ★ x CUI QSTA PARTE DEL CIRCUITO È EQUIVALENTE!

UN GENERATORE DI TENSIONE CON IN SERIE UN RESISTORE È UN'EQUIVALENTE DI THEVENIN,



ORA POSSO FARE LA MATRICE 4x4

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_3} & -\frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_1} & -\frac{1}{R_3} \\ -\frac{1}{R_2} & \frac{1}{R_2} & 0 & 0 \\ -\frac{1}{R_1} & 0 & \frac{1}{R_1} & 0 \\ -\frac{1}{R_3} & 0 & 0 & \frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_5} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{e}{R_1}-\frac{e}{R_3} \\ -a \\ a+\frac{e}{R_1} \\ \frac{e}{R_3} \end{bmatrix}$$

FASORI
- INDUTTORI
- CONDENSATORI
- SOVRAPP EFFETTI
- OHM
- IMPEDENZA / AMMETTENZA
- RESISTENZA / SUSCETTANZA

(GRAFICI)

- VALORE EFFICACE
- FATTORE DI POTENZA

POTENZA DEI FASORI:
\ CONSERVAZ TEOREMA
1 COR: T. BOUCHEROT
2 COR

- ISTANTANEA
- MEDIA (R, C, L) < ATTIVA / REATTIVA
- COMPLESSA < APPARENTE / MEDIA / REATTIVA

FORMULE DAI DATI DI TARGA (TRIANGOLO DELLE POTENZE)

APPLICAZIONI: POTENZA SPRECATA
REGOLA
CONDENSATORE DI RIFASAMENTO

SERIE DI FOURIER → FDT, H + GRAFICI E DIAGRAMMI DI BODE

FILTRI PASSA ALTO/BASSO (1° ORD)

FILTRO PASSA BANDA (2° ORD)

SISTEMI MAGNETICI:

LEGGE INDUTTORE (OHM)

INDUTTANZA / INDUTTANZA/ MUTUO ACCOPPIAMENTO

ELETTROCALAMITA

TRASFORMATORE IDEALE (OHM) ← INDUTTORI ACCOPPIATI
(APPLICAZIONE)

NO LEZIONE 17/12, 9/1, 16/1

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 83 di 218

La prima equazione sarebbe:

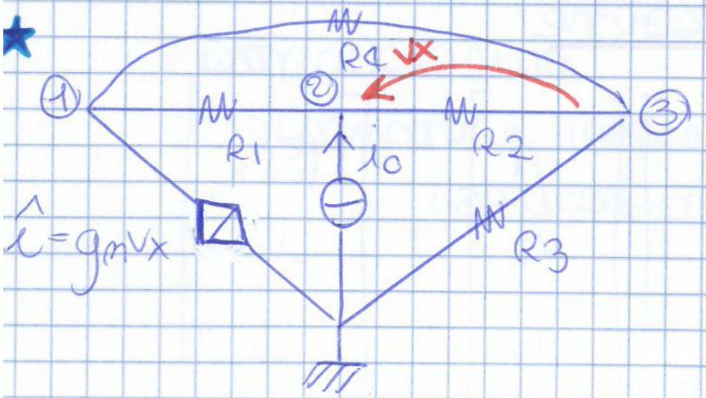
$$\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_4}\right)V_1-\frac{1}{R_1}V_2-\frac{1}{R_4}V_3=\beta\frac{V_2}{R_2}-\beta\frac{V_3}{R_2}$$

$$\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_4}\right)V_1+\left(-\frac{1}{R_1}-\frac{\beta}{R_2}\right)V_3+\left(\frac{\beta}{R_2}-\frac{1}{R_4}\right)V_3=0$$

Riscrivo la matrice

$$\begin{bmatrix}\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_4} & -\frac{1}{R_1}-\frac{\beta}{R_2} & \frac{\beta}{R_2}-\frac{1}{R_4}\\ -\frac{1}{R_1} & \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_2}\\ -\frac{1}{R_4} & -\frac{1}{R_2} & \frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}V_1\\V_2\\V_3\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0\\i_0\\0\end{bmatrix}$$

La matrice non è più simmetrica!

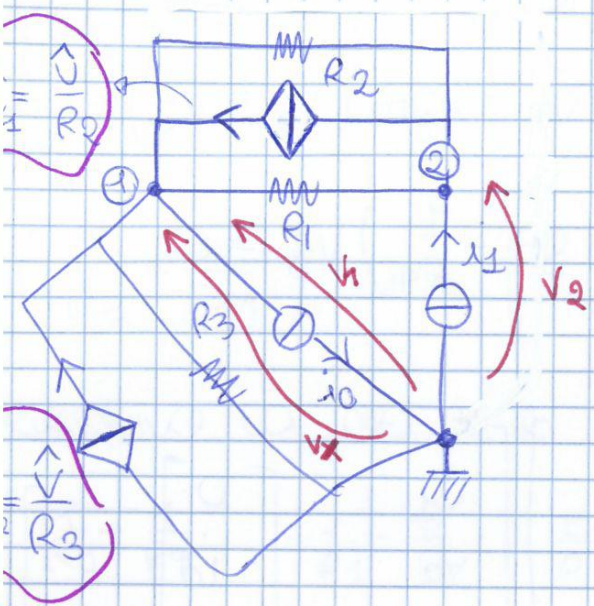


- Generatore pilotato di corrente che dipende da una tensione

Il primo passaggio rimane uguale!

$$\begin{bmatrix}\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_4} & -\frac{1}{R_1} & -\frac{1}{R_4}\\ -\frac{1}{R_1} & \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_2}\\ -\frac{1}{R_4} & -\frac{1}{R_2} & \frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}V_1\\V_2\\V_3\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\hat{i}=g_mV_x=g_m(V_2-V_3)\\i_0\\0\end{bmatrix}$$

RIDISEGNO:



ORA POSSO SCRIVERE x ISPEZIONE LA MATRICE DEL CIRCUITO

HO 2 NODI → MATRICE 2x2

REGOLE T-N

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3} & -\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2} \\ -\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2} & \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\hat{V}}{R_2}+\frac{\hat{V}}{R_3}-i_0 \\ i_1-\frac{\hat{V}}{R_2} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} \alpha V_x\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)-i_0 \\ i_1-\frac{\alpha V_x}{R_2} \end{bmatrix}}_{b}$$

MA $\boxed{V_x = V_1}$

PER CUI b DIVENTA

$$\begin{bmatrix} \alpha V_1\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)-i_0 \\ i_1-\frac{\alpha V_1}{R_2} \end{bmatrix}$$

RISCRIVO LE 2 EQUAZIONI E LA MATRICE FINALE:

$$\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)V_1+\left(-\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)V_2 = \alpha V_1\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)-i_0$$

$$\left(-\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)V_1+\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)V_2 = i_1-\frac{\alpha V_1}{R_2}$$

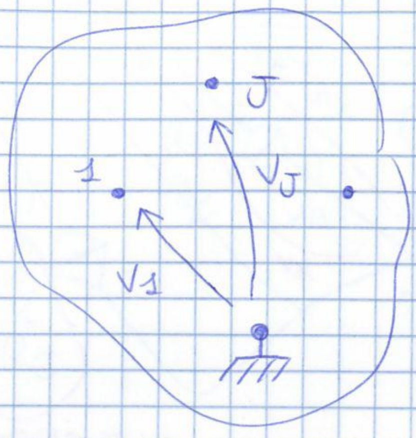
$$\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}-\frac{\alpha}{R_2}-\frac{\alpha}{R_3}\right)V_1+\left(-\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)V_2 = -i_0$$

$$\left(-\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}+\frac{\alpha}{R_2}\right)V_1+\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)V_2 = i_1$$

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1}+\frac{1-\alpha}{R_2}+\frac{1-\alpha}{R_3} & -\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2} \\ \frac{\alpha-1}{R_2}-\frac{1}{R_1} & \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} -i_0 \\ +i_1 \end{pmatrix}}_{b} \quad ✓$$

DIMOSTRAZIONE DELLE PROPRIETÀ DEI SISTEMI LINEARI

DATO UN CIRCUITO QUALSIASI:



USO IL METODO DEI NODI:

$$\boxed{\underline{\underline{A}}\ \underline{v} = \underline{b}}$$

$\underline{v}$ = VETTORE INCOGNITE

$\underline{b}$ = TERMINI NOTI: GENERATORI INDIPENDENTI

$\underline{\underline{A}}$ = RESISTORI E COEFF. GEN. PILOTATI

X RISOLVERE IL SISTEMA, USO IL METODO DI KRAMER!

$$V_J = \frac{\det\left[\begin{array}{l}\underline{\underline{A}} \text{ SENZA COLONNA } J, \\ \text{SOSTITUITA DA } \underline{b}\end{array}\right]}{\det\left[\underline{\underline{A}}\right] = \Delta_A}$$

$$\underline{b} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}$$

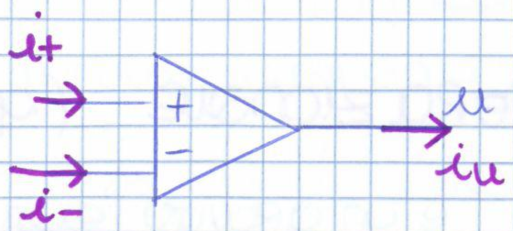
$$V_J = \frac{\det\begin{bmatrix} A_{11} \ \dots & b_1 & A_{m1} \\ \vdots & \vdots & \\ A_{m1} & b_n & A_{mn} \end{bmatrix}}{\Delta_A}$$

CALCOLO IL DETERMINANTE RISPETTO ALLA COLONNA b DEI GENERATORI

$$V_J = \frac{b_1 \begin{vmatrix} A_{21} & \dots \\ & \dots \end{vmatrix} - b_2 \begin{vmatrix} A_{11} & \dots \\ A_{31} & \dots \\ & \dots \end{vmatrix} \pm \dots \ b_n \begin{vmatrix} A_{11} & \dots \\ & \dots \end{vmatrix}}{\Delta_A}$$

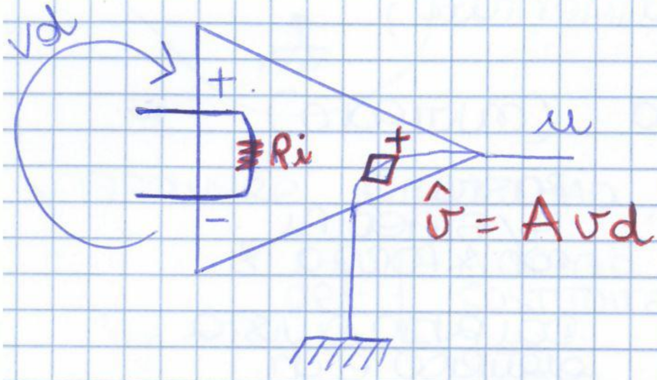
$$\boxed{\text{UNA QUALSIASI TENSIONE NODALE È UNA COMBINAZIONE LINEARE DI TUTTI I GENERATORI (PROPRIETÀ DEI SISTEMI LINEARI)}}$$

x OGNI PIEDINO HA UNA CORRENTE



CONVENZIONE!

MODO SEMPLIFICATO x DESCRIVERE IL FUNZIONAMENTO DEL DISPOSITIVO:



A / Ri, MISURATI NEGLI AMPLIFICATORI USUALI, HANNO DEI VALORI MOLTO GRANDI:

$A = 10^5 / 10^8$

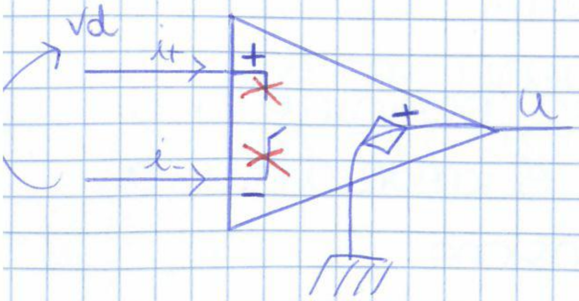
$R_i = 10^6 / 10^{13}$

$(V_{cc} = 5/24)$

$A \to \infty$

$R \to \infty$

SE R_i È GRANDISSIMA LA CORRENTE NON PASSA → DIVENTA UN CIRCUITO APERTO!



x CUI

$\boxed{i_+ = i_- = 0}$

(MENTRE vd È DEFINITA)

$$-V_d\left(\frac{1}{R_T}+\frac{1}{R_F}\right)=\frac{e_T}{R_T}+\frac{AV_d}{R_F}$$

$$-V_d\left(\frac{1}{R_T}+\frac{1}{R_F}-\frac{A}{R_F}\right)=\frac{e_T}{R_T}$$

$$V_d=-\frac{e_T/R_T}{\frac{1}{R_T}+\frac{1}{R_F}+\frac{A}{R_F}}$$

$$\boxed{\hat{v}=AV_d=-\frac{A\,e_T/R_T}{\frac{1}{R_T}+\frac{1}{R_F}+\frac{A}{R_F}}}$$ ✓

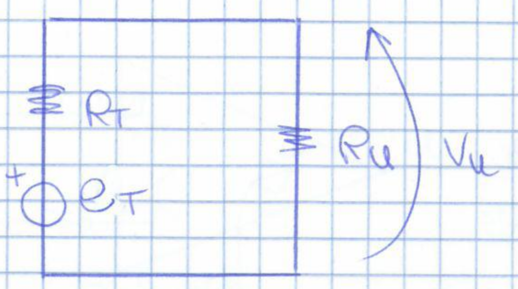
se $A \to \infty$ (FACCIO IL LIMITE)

$$\hat{v}\cong-\frac{\cancel{A}\,e_T/R_T}{\cancel{A}/R_F}=-\frac{e_T}{R_T}R_F$$

$$\boxed{\hat{v}\cong-\frac{e_T}{R_T}R_F}$$ ✓ CONFIGURAZIONE INVERTENTE

(se $R_F > R_T$, $\frac{R_F}{R_T} > 1$ QUINDI e_T è STATA AMPLIFICATA)

ANALIZZANDO QST CIRCUITO SEMPLIFICATO:



X IL PARTITORE DI TENSIONE:

$$V_u = e_T\frac{R_u}{R_u+R_T}$$

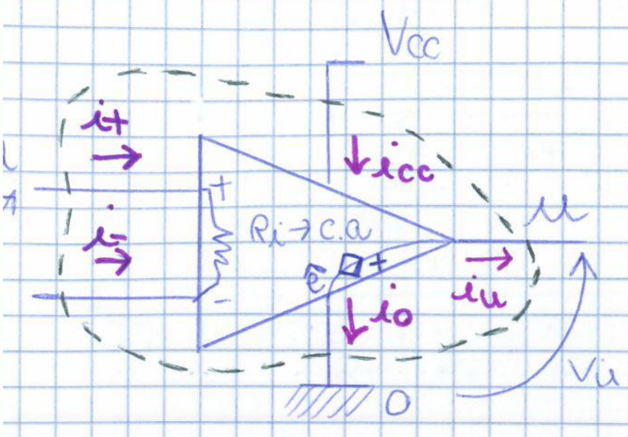
$V_u < e_T$ SEMPRE!

RIDUCO SEMPRE IL SEGNALE

QUINDI USO GLI AMPLIFICATORI OPERAZIONALI!
(ECCO SPIEGATO A COSA SERVONO)

Ripassino + continuazione

7 Novembre 2012



* $R_i \to \infty$ diventa un circuito aperto, per cui $i_+ = 0$, $i_- = 0$
* $\hat{e} = A v_d$

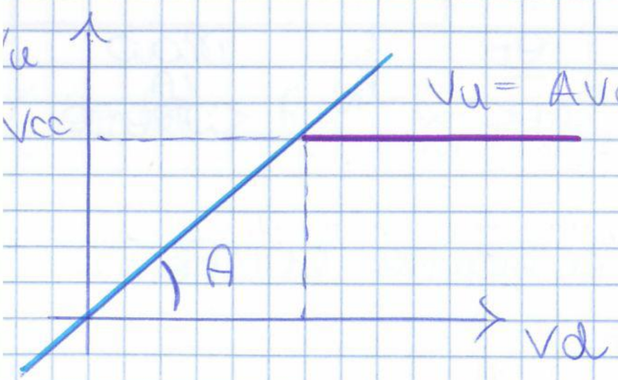
se lo racchiudo in una superficie chiusa ( ) e applico KCL:

$$\underbrace{i_+ + i_- + i_{cc}}_{\text{entranti}} = \underbrace{i_o + i_u}_{\text{uscenti}}$$

(segni ent. usc. a caso)

$\boxed{i_{cc} = i_o + i_u}$ → si devono bilanciare

se applico KVL sul percorso 0u0: la tensione a vuoto dell'uscita è $\boxed{V_u = A v_d}$



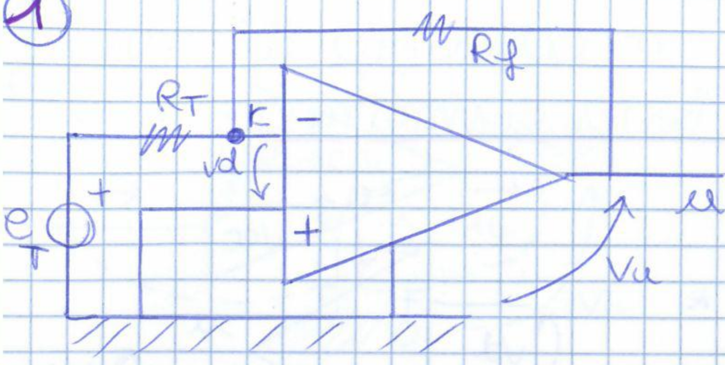
(xké A è una costante)
questo grafico si chiama caratteristica dell'operazionale (Op Amp)

più A è grande più la retta si avvicina a essere verticale, cioè basta poco vd x creare una vu molto alta.

questa è una caratteristica ideale, in realtà vale solo fino a Vcc (non arriva a valori più alti)

CONFIGURAZIONE INVERTENTE ("OPPONENTE")

1



Rf è una resistenza a ponte

se vd = 0

$V_K = 0$ rispetto al riferimento

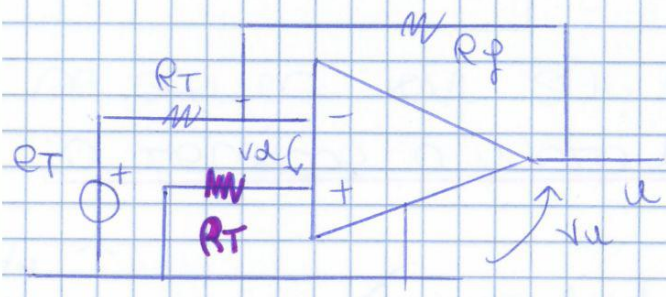
la corrente su Thevenin passa anche su Rf

RISULTATO:

$$\boxed{V_u = -e_T \frac{R_F}{R_T}}$$

se $R_F > R_T \rightarrow V_u > e_T$ (amplificazione segnale)

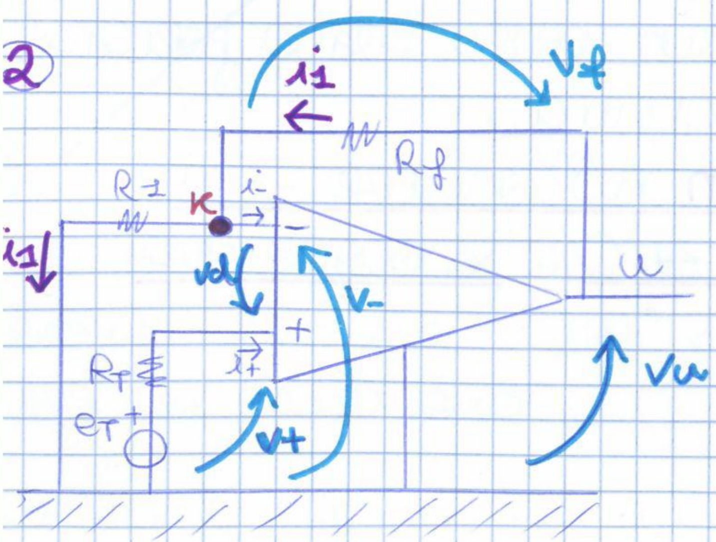
se:



la formula non cambia xk la tensione è sempre 0 xk $i_+ = 0$

CONFIGURAZIONE NON INVERTENTE

2



cerco sempre Vu

$i_- = i_+ = 0$, $V_d = 0$

$V_+ = e_T$ (xk su R_T $i_+ = 0$ e $V_{RT} = 0$)

$V_- = V_+ = e_T$ (xk $V_d = 0$)

$V_{R1} = V_- = V_+ = e_T$

cerco i_{R1}