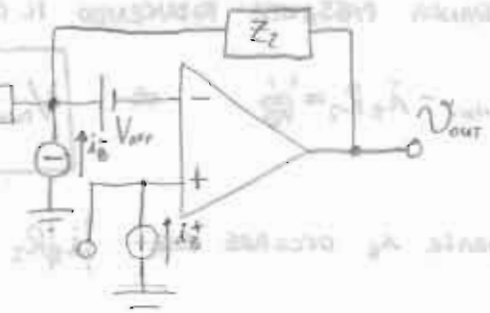


AMPLIFICATORI OPERAZIONALI REAZIONATI NEGATIVAMENTE: FORMULE

→ SCHEMATIZZAZIONE USATA:

- i_B^- CORRENTE DI BIAS SUL RAMO INVERTENTE
- i_B^+ CORRENTE DI BIAS SUL RAMO NON-INVERTENTE
- V_{OFF} TENSIONE DI OFFSET



LE ORIENTAZIONI DI CORRENTI E TENSIONI SONO QUELLE INDICATE NEL DIAGRAMMA
SI USERÀ SEMPRE IL PRINCIPIO DI MASSA VIRTUALE

→ MISURA DELLE CORRENTI DI BIAS TRAMITE INTEGRATORI

TUTTA i_B^- PASSERÀ NEL RAMO DI REAZIONE IN BASE AL PRINCIPIO DI MASSA VIRTUALE PER CUI IL NODO P È A POTENZIALE NULLO MA TRA ESSO E LA MASSA REALE VI È UN'IMPEDENZA INFINITA. PERTANTO, SUPPONENDO i_B^- COSTANTE NEL TEMPO:

$$V_{OUT} = V_{OFF} - \frac{Q_0}{C} - \frac{i_B^- t}{C} \quad \text{DOVE:}$$

- Q_0 È LA CARICA RESIDUA EVENTUALE DEL CONDENSATORE



DALLA FORMULA SI RICAVA i_B^- TRAMITE STIMA GRAFICA O STATISTICA: TROVATO IL COEFF. ANGOLARE DELLA RETTA, M, SARÀ $i_B^- = -m \cdot C$

i_B^+ CIRCOLERÀ INTERAMENTE NEL RAMO DEL CONDENSATORE, ANDANDOLO A CARICARE: $v^+ = \frac{Q_0}{C} + \frac{i_B^+ t}{C}$

PER IL PRINCIPIO DI MASSA VIRTUALE $v^+ = v^-$
PERTANTO:

$$V_{OUT} = V_{OFF} + \frac{Q_0}{C} - i_B^- R + \frac{i_B^+ t}{C}$$

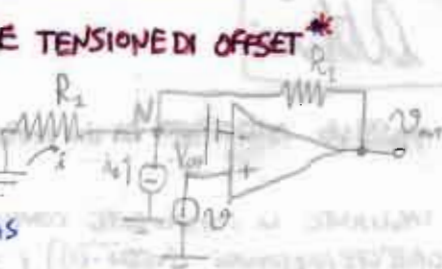
- R PUÒ ANCHE NON ESSERE PRESENTE



COME IN PRECEDENZA, RICAVALO M SARÀ $i_B^+ = m \cdot C$

→ AMPLIFICATORE IN CONFIGURAZIONE NON INVERTENTE E TENSIONE DI OFFSET

IL NODO N SI TROVA A POTENZIALE $v^+ + V_{OFF}$, QUINDI, IN BASE AL PRINCIPIO DI MASSA VIRTUALE, CIRCOLA UNA CORRENTE $\frac{v^+ + V_{OFF}}{R_1}$, CHE, INSIEME ALLA CORRENTE DI BIAS



VIENE INCANALATA NEL RAMO DI REAZIONE: $v_{OUT} = v^+ + V_{OFF} - \left(\frac{v^+ + V_{OFF}}{R_1} + i_B \right) R_2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow v_{OUT} = (v^+ + V_{OFF}) \cdot G_{NINV} - i_B R_2 \quad \text{con } G_{NINV} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \quad (1)$$

i_B PUÒ ESSERE TRASCURATA SE $|i_B| \cdot \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \ll |v| \Rightarrow \Delta V > |i_B| \cdot \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ QUINDI $v_{OUT} = (v^+ + V_{OFF}) \cdot G_{NINV}$

V_{OFF} PUÒ ESSERE TRASCURATA SE $|V_{OFF}| \ll |v| \Rightarrow \Delta V > |V_{OFF}|$ QUINDI $v_{OUT} = v^+ \cdot G_{NINV} - i_B R_2$

* DA ORA IN AVANTI SE LA CORRENTE DI BIAS SUL RAMO NON INVERTENTE NON PROVOCA EFFETTI NON SARÀ DISEGNATA E SARÀ INDICATA CON i_B QUELLA SUL RAMO INV.
IN CORSO LE QUANTITÀ COMPLESSE, IL LORO MODULO IN STAMPA È $|v| = v$

COMUNQUE, NEL CASO CHE V_{OFF} E/O i_B NON SIANO TRASCURABILI E SI LAVORI CON CORRENTI ALTERNATE, SI PUÒ AGGIUNGERE IL PROBLEMA LAVORANDO CON UN OSCILLOSCOPIO IN MODALITÀ AC PER GLI SFASAMENTI.

CON LO STESSO CIRCUITO SI MISURANO ANCHE V_{OFF} CORTOCIRCUITANDO IL GENERATORE V , ED IL PRODOTTO GUADAGNO-BANDA PASSANTE RIDUCENDO IL GUADAGNO AL 70% PER TROVARE LA FREQUENZA DI TAGLIO

$$V_{OUT} \xrightarrow{V \rightarrow 0} V_{OFF} \cdot G_{NINV} - i_B R_2 = V_0 \Rightarrow V_{OFF} = \frac{V_0 + i_B R_2}{G_{NINV}}$$

STAVOLTA, PER TRASCURARE i_B OCCORRE CHE $|i_B| R_2 \ll V_0 \Rightarrow \Delta V_0 > |i_B| R_2 \Rightarrow V_{OFF} = \frac{V_0}{G_{NINV}}$

NON ESSENDO UN COMPONENTE IDEALE, IL VERO GUADAGNO DI UN AMPLIFICATORE È DATO DA $G' = G \frac{1}{1 + j \frac{\nu}{\nu_c}}$

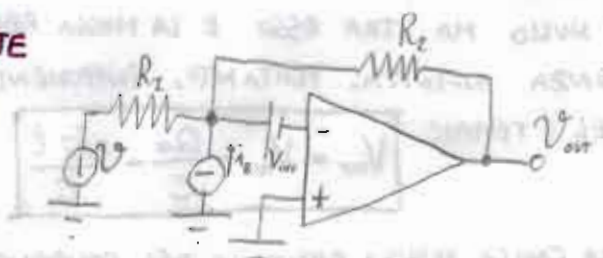
ED È TALE DA MANTENERE COSTANTE IL PRODOTTO $G \cdot \nu_c = GBW$

• ν È LA FREQUENZA DELLA TENSIONE IN INGRESSO. NELLE APPLICAZIONI SI DOVRÀ FARE ATTENZIONE CHE $G \cdot \nu \ll GBW$

→ AMPLIFICATORE IN CONFIGURAZIONE INVERTENTE

IN BASE A TUTTE LE CONSIDERAZIONI GIÀ SVOLTE:

$$V_{OUT} = V_{OFF} - R_2 \left(i_B + \frac{V - V_{OFF}}{R_1} \right)$$



$$V_{OUT} = V \cdot G_{NINV} + V_{OFF} \cdot G_{NINV} - i_B R_2$$

con $G_{NINV} = -\frac{R_2}{R_1}$
 $G_{NINV} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$

i_B PUÒ ESSERE TRASCURATA SE

$$|i_B| R_1 \ll V \Rightarrow \Delta V > |i_B| R_1 \Rightarrow V_{OUT} = V \cdot G_{NINV} + V_{OFF} \cdot G_{NINV}$$

V_{OFF} PUÒ ESSERE TRASCURATA SE

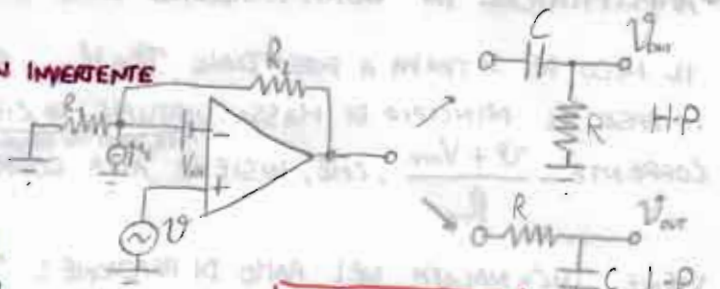
$$\left| \frac{V_{OFF} \cdot G_{NINV}}{G_{NINV}} \right| \ll V \Rightarrow \Delta V > \left| \frac{V_{OFF} \cdot G_{NINV}}{G_{NINV}} \right| \Rightarrow V_{OUT} = V \cdot G_{NINV} - i_B R_2$$

Filteri Attivi

→ FILTRO PASSIVO ANTICIPATO DA UN AMPLIFICATORE NON INVERTENTE

HIGH-PASS: TAGLIANDO LA COMPONENTE CONTINUA IN USCITA DALL'OPERAZIONALE (VEDI (3)) E SENTENDO UN'IMPIEDENZA IN USCITA DELL'OP-AMP APPROSSIMABILE A 0;

$$V_{OUT} = V \cdot G_{NINV} \frac{1}{1 - j \frac{\nu_c}{\nu}} \quad \text{con} \quad \nu_c = \frac{1}{2\pi RC}$$



QUESTO FINCHÉ $V \cdot G_{NINV} \ll GBW$

LOW-PASS: CONSERVANDO LA COMPONENTE CONTINUA;

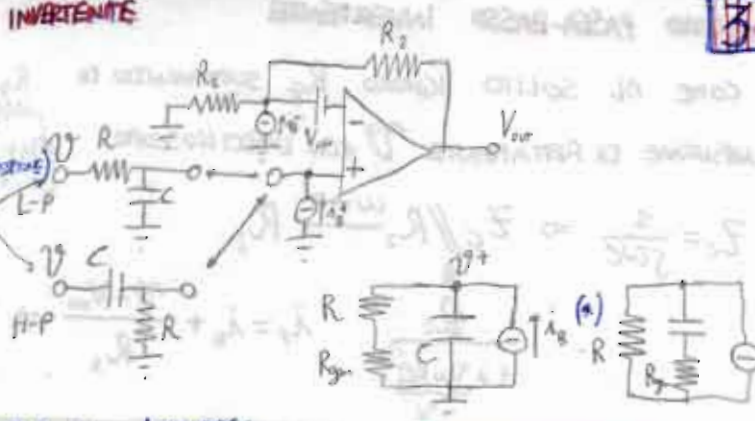
$$V_{OUT} = V_{OFF} \cdot G_{NINV} - i_B R_2 + V \cdot G_{NINV} \frac{1}{1 + j \frac{\nu}{\nu_c}} \quad \text{con} \quad \nu_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

SEMPRE CON LA LIMITAZIONE SULLA BANDA PASSANTE DATA DAL GBW

NOTARE CHE L'IMPIEDENZA IN USCITA DI QUESTI FILTRI È TUTT'ALTRO CHE TRASCURABILE ED IL FUNZIONAMENTO VIENE INFIACCIATO DA UN EVENTUALE CARICO.

→ **FILTRO PASSIVO SEGUITO DA UN AMPLIFICATORE NON INVERTENTE**

LA PARTE DI AMPLIFICAZIONE È GIÀ STATA TRATTATA. STAVOLTA, i_B^+ , CIRCOLANDO NELLA MAGLIA (+) PRODUCA UNA DIFFERENZA DI POTENZIALE (APPLICHO IL PRINCIPIO DI SOVRAPPONIBILITÀ)



$$V^{+(i)} = i_B^+ R_{tot}$$

$$V^+ = V \cdot A + i_B^+ \cdot R_{tot} \text{ con}$$

$$A = \frac{1}{1 + j \frac{V}{V_c}} \text{ PER IL LOW-PASS}$$

$$= \frac{1}{1 - j \frac{V}{V}} \text{ PER IL HIGH-PASS}$$

$$V_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$R_{tot} = R \text{ NELL' HIGH-PASS}$$

$$L = R + R_{gen} \text{ NEL LOW-PASS}$$

RIPRENENDO LA (1) VALE QUINDI

$$V_{out} = (V_{off} + i_B^+ \cdot R_{tot} + V \cdot A) \cdot G_{MINV} - i_B^- \cdot R_2$$

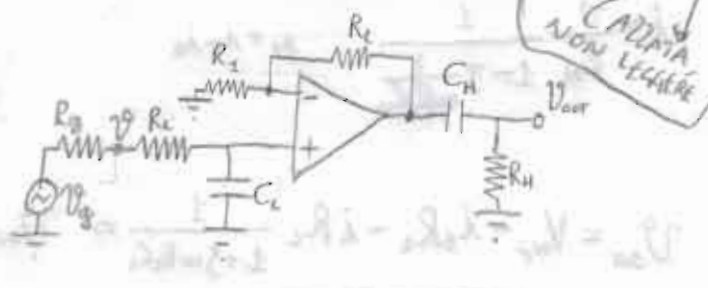
$$V \cdot G_{MINV} \ll GBW$$

IN QUESTO CASO L'IMPEDENZA IN USCITA È DA CONSIDERARSI INFINITA ED UN EVENTUALE CARICO NON INFIACCIEREBBE SUL FUNZIONAMENTO DEL FILTRO A MENO CHE NON RICHIEDA ALL'OPERAZIONALE UNA CORRENTE CHE NON È IN GRADO DI EROGARE. IN INGRESSO È CONVENIENTE PORRE UNA SONDA DELL'OSCILLOSCOPIO, POICHÉ, NON ESSENDO INFINITA L'IMPEDENZA IN INGRESSO, SI PUÒ FORMARE UN PARTITORE CON L'IMPEDENZA IN USCITA DEL GENERATORE ANDANDO A CAMBIARE LA TENSIONE V . CON PARTICOLARI

GENERATORI SI PUÒ OSSERVARE UNO STRANO EFFETTO A FREQUENZE NELLA ZONA TAGLIATA: MODIFICANDO L'AMPIEZZA DEL SEGNALE, ALL'USCITA DEL FILTRO SI OSSERVA UNA VARIAZIONE NELL'ENTITÀ DEL GRADINO IN CC. QUESTO È DOVUTO AL CONTRIBUTO $i_B^+ \cdot R_{tot}$, CON R COSTANTE ED R_{gen} VARIABILE IN BASE AD UN RAPPORTO DI PARTIZIONE ADEGUATO PER FORNIRE LA TENSIONE DI AMPIEZZA RICHIESTA. (NON TORNA QUANTITATIVAMENTE)

→ **FILTRO PASSA-BANDA CON AMP. NON-INV. CENTRALE**

È MOLTO PIÙ CONVENIENTE PORRE IL FILTRO PASSA ALTO DOPO L'AMPLIFICATORE COSÌ DA TAGLIARE I CONTRIBUTI IN CONTINUA DOVUTI A i_B E V_{off} . USANDO LE FORMULE PRECEDENTI AVRÒ



$$V_{out} = V_{AC} \cdot G_{MINV} \cdot \frac{1}{1 - \frac{V_{CH}}{V}}$$

$$V_{out} = V \cdot G_{MINV} \cdot \frac{1}{1 + j \frac{V}{V_{CL}}} \cdot \frac{1}{1 - j \frac{V_{CH}}{V}}$$

$$V_{CL} = \frac{1}{2\pi R_L C_L}$$

$$V_{CH} = \frac{1}{2\pi R_H C_H}$$

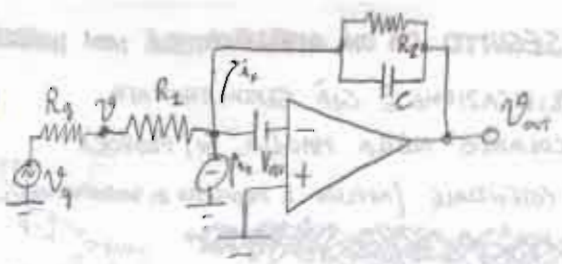
$$V_{CH} \ll V_{CL}$$

$$G_{MINV} \cdot V \ll GBW$$

VALGONO I SUMENTOVATI ACCORGIMENTI INERENTI L'IMPEDENZA IN INGRESSO E QUELLA IN USCITA.

→ **FILTRO PASSA-BASSO INVERTENTE**

COME AL SOLITO IGNOTO R_g SUPPONENDO DI MISURARE DI RETTAMENTE V CON L'OSCILLOSCOPIO.



$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} \Rightarrow Z_C // R_2 \xrightarrow{\omega \rightarrow 0} R_2$$

$$i_F = i_0 + \frac{V - V_{off}}{R_1} \Rightarrow V_{out} = V_{off} - (i_0 - \frac{V_{off}}{R_1}) R_2 - \frac{V}{R_1} R_2 \frac{1}{1 + j \frac{\omega}{\omega_c}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{1 + j \frac{\omega}{\omega_c}} \Rightarrow V_{out} = V_{off} \cdot G_{INV} - i_0 R_2 + V G_{INV} \frac{1}{1 + j \frac{\omega}{\omega_c}}$$

$$-V \cdot G_{INV} \ll GBW$$

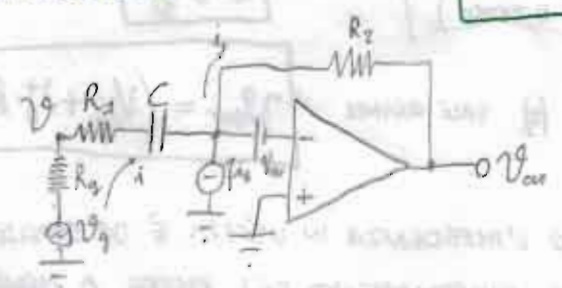
$$\omega_c = \frac{1}{2\pi R_2 C}$$

LAVORANDO IN AC SI ELIMINANO I CONTRIBUTI IN CONTINUA.

→ **FILTRO PASSA-ALTO INVERTENTE**

$$\frac{V - V_{off}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C}} = i \rightarrow i = \frac{V}{R_1} \frac{1}{1 - j \frac{1}{\omega R_1 C}}$$

$$i_F = i + i_0$$



$$V_{out} = V_{off} - i_F R_2 = V_{off} - \frac{R_2}{R_1} V \frac{1}{1 - j \frac{\omega}{\omega_c}} - i_0 R_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{out} = V_{off} - i_0 R_2 + G_{INV} \cdot V \frac{1}{1 - j \frac{\omega}{\omega_c}}$$

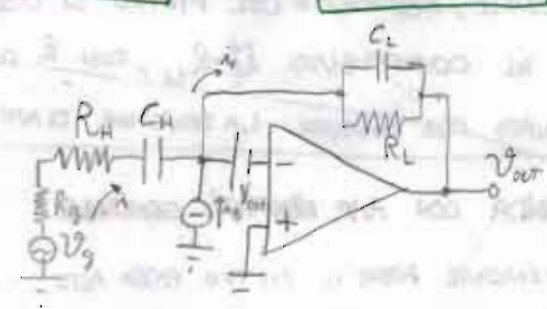
$$-V G_{INV} \ll GBW$$

$$\omega_c = \frac{1}{2\pi R_1 C}$$

→ **FILTRO PASSA-BANDA INVERTENTE**

RIPRENDERÒ I CONTI PRECEDENTI:

$$i = \frac{V}{R_H} \frac{1}{1 - j \frac{1}{\omega R_H C_H}} \quad i_F = i + i_0$$



$$V_{out} = V_{off} - i_0 R_L - i R_L \frac{1}{1 + j \omega R_L C_L} \Rightarrow V_{out} = V_{off} - i_0 R_L + V \cdot G_{INV} \frac{1}{1 + j \frac{\omega}{\omega_{cl}}} \cdot \frac{1}{1 - j \frac{\omega}{\omega_{ch}}}$$

$$\omega_{cl} = \frac{1}{2\pi R_L C_L}$$

$$\omega_{ch} = \frac{1}{2\pi R_H C_H}$$

con

$$G_{INV} = -\frac{R_L}{R_H}$$

$$\omega_{ch} \ll \omega_{cl}$$

$$-V \cdot G_{INV} \ll GBW$$

$$\omega_{cl} \gg \omega_{ch}$$

$$\omega_{cl} \gg \omega_{out}$$