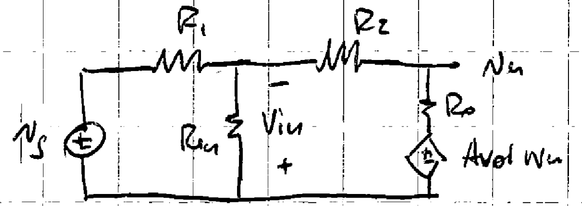
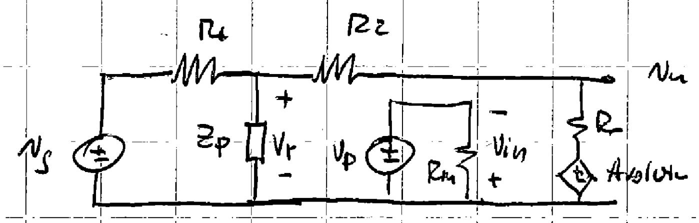
ESERCIZIO 1

1.1 - Circuito equivalente - scomposizione





$$f = 0 \Rightarrow Z_p = Z_i = \left.\frac{v_p}{i_p}\right|_{v_s=0} = R_{in}$$

$$A = \left.\frac{v_u}{v_p}\right|_{v_s=0} = -A_{vol}(f)\frac{R_2 + (R_1 \parallel Z_p)}{R_o + R_2 + (R_1 + Z_p)} = A_0 \frac{1}{1 + j\, f/f_p}$$

$$A_0 = -A_{vol0}\frac{R_2 + (R_1 \parallel Z_p)}{R_o + R_2 + (R_1 \parallel Z_p)} = -148.64 \qquad f_p = 15\,Hz$$

$$\gamma = \left.\frac{v_u}{v_s}\right|_{v_p=0} = \frac{Z_p}{Z_p + R_1}\;\frac{R_o}{R_o + R_2 + (R_1 \parallel Z_p)} = 8.26 \times 10^{-3}$$

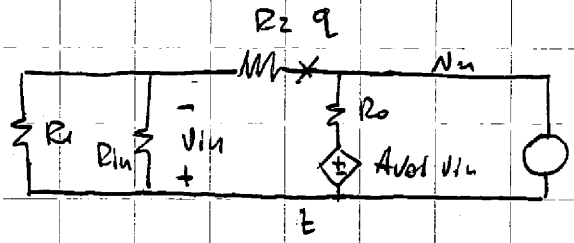
$$\alpha = \left.\frac{v_r}{v_s}\right|_{v_p=0} = \frac{Z_p \parallel (R_2 + R_o)}{R_1 + [Z_p \parallel (R_2 + R_o)]} = 0.834$$

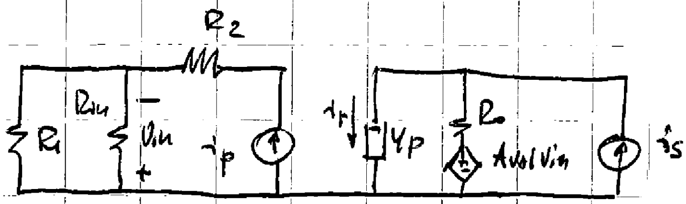
$$\beta = \left.\frac{v_r}{v_u}\right|_{v_s=0} = \frac{R_1 \parallel Z_p}{R_2 + (R_1 \parallel Z_p)} = 83.3 \times 10^{-3} = \beta_0$$

(catene separate)

1.2 – Resistenza d'uscita a centro banda

Circuito equivalente – scomposizione





$$\rho = \left.\frac{v_p}{i_s}\right|_{i_p=0} = 0 \Rightarrow Y_p = Y_{in} = \left[R_2 + (R_1 /\!/ R_{in})\right]^{-1} = 91,67\ \mu S$$

$$Y_B = R_o^{-1} = 10\ mS$$

$$\beta A = \left.\frac{i_r}{i_p}\right|_{i_s=0} = -\frac{A_{vol0}}{R_o + Y_p^{-1}} (R_1 /\!/ R_{in})$$

$$= -A_{vol0}\frac{R_1 /\!/ R_{in}}{R_o + R_2 + (R_1 /\!/ R_{in})} = -12,39$$

Così $Y_{out} = (Y_p + Y_b)(1-\beta A) = 135,1\ mS$

Reazione negativa di tensione

e $R_{out} = Y_{out}^{-1} = 7.4\ \Omega$

1.3 – $A_f(f)$ (con $R_o = 0$)

le funzioni di taglio sono quelle calcolate al punto 1.1; con $R_o = 0$ si ha $\rho = 0$ e

$$\alpha = \frac{Z_p /\!/ R_2}{R_1 + (Z_p /\!/ R_2)} = 0,833 = \alpha_0$$ (β non cambia)

$$A(f) = -A_{vol}(f) = -A_{vol0}\frac{1}{1+j\,f/f_p}$$

20.XII.14
3/10

Corr

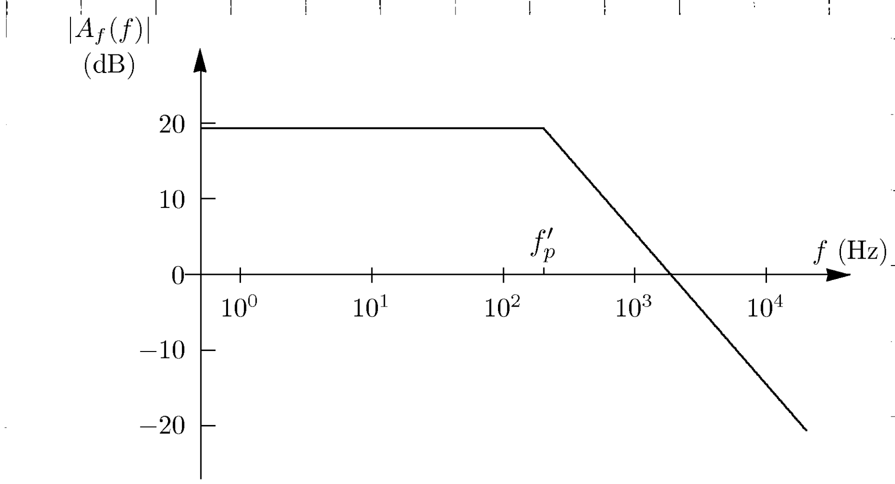
$$A_f(f) = \frac{\alpha_0 A(f)}{1 - \beta_0 A(f)} = \frac{-\alpha_0 A_{vol0}}{1+\beta_0 A_{vol0}} \; \frac{1}{1 + j\dfrac{f}{f_p(1+\beta_0 A_{vol0})}}$$

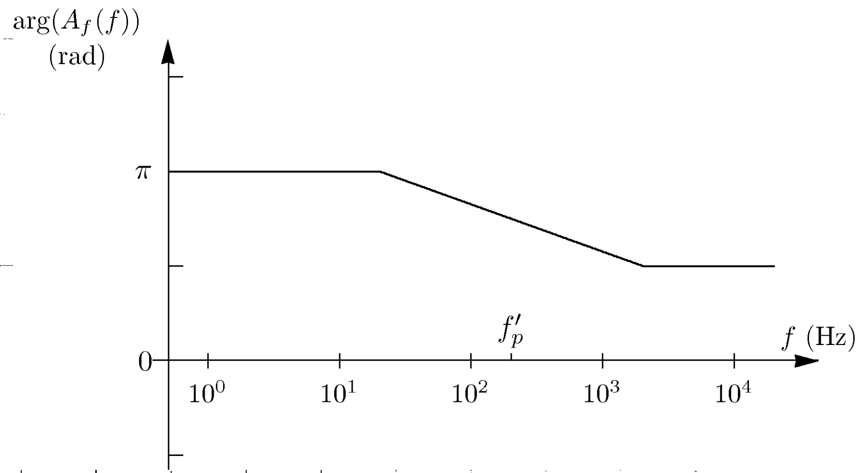
$$= A_{f0} \frac{1}{1+j\, f/f_p'}$$

$$A_{f0} = \frac{-\alpha_0 A_{vol0}}{1+\beta_0 A_{vol0}} = -9.26$$

$$f_p' = f_p(1+\beta_0 A_{vol0}) = 202.5\ \text{Hz}$$

Diagramme de Bode

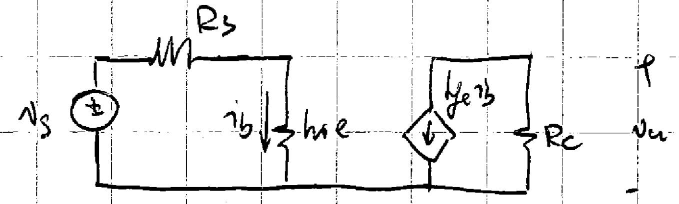




ESERCIZIO 2

2.1 - Guadagno a centro banda

Circuito equivalente (a c. banda - C agisce ad alte ff.)

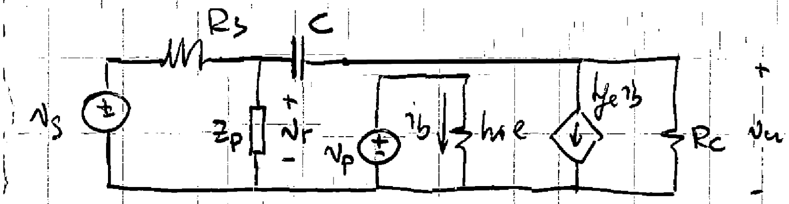


$$A_{CB} = \frac{-h_{fe} R_c}{R_s + h_{ie}} = -195{,}97$$

(ampl. a em. comune)

2.2. - Studio a min. e ax. frequenze

Poiché il transistor è resistivo, è possibile usare indifferentemente il circuito di Giacoletto (senza C_e e C_c) o quello a parametri h:



$$\rho = \left.\frac{v_p}{v_s}\right|_{v_p=0} = 0$$

$$\Rightarrow Z_p = Z_0 = \left.\frac{v_p}{i_p}\right|_{v_s=0} = h_{ie}$$

Le funzioni di taglio α, β, γ ed A dipendono tutte dalla frequenza ed hanno tutte - al più - un polo e uno zero

$$\alpha_0 = \frac{Z_p}{Z_p + R_s} = 0{,}839 \qquad \alpha_\infty = \frac{Z_p /\!/ R_c}{R_s + (Z_p /\!/ R_c)} = 0{,}726$$

$$f_{P\alpha} = \frac{1}{2\pi C\left[R_c + (R_s /\!/ Z_p)\right]} = 51{,}02\ \text{kHz} \qquad f_{Z\alpha} = \frac{1}{2\pi C R_c} = 58{,}94\ \text{kHz}$$

$$\alpha(f) = \alpha_0 \frac{1 + j\, f/f_{Z\alpha}}{1 + j\, f/f_{P\alpha}}$$

$\gamma_0 = 0 \qquad \gamma_\infty = \alpha_\infty \qquad f_{p_\gamma} = f_{p_\alpha}$ zero nell'origine

$$\gamma(f) = \gamma_\infty \frac{j\, f/f_{p\alpha}}{1 + j\, f/f_{p\alpha}}$$

$\beta_0 = 0$ (zero nell'origine) ; $\beta_\infty = 1$

$$f_{p_\beta} = \frac{1}{2\pi C (R_S /\!/ Z_p)} = 379.52 \text{ kHz}$$

$$\beta(f) = \frac{j\, f/f_{p\beta}}{1 + j\, f/f_{p\beta}}$$

$$A(0) = -\frac{h_{fe} R_C}{h_{ie}} = -233.65 \qquad A_\infty = -\frac{h_{fe}(R_C /\!/ Z_p /\!/ R_S)}{h_{ie}} = -31.41$$

$$f_{p_A} = f_{p\alpha} \qquad f_{z_A} = \frac{A(0)}{A_\infty} f_{p_A} = 379.52 \text{ kHz } (= f_{p\beta})$$

ESERCIZIO 3

la tensione v_u ha andamento a onda rettangolare con valore "alto" $V_H = V_{Z1} + V_f = 5.4\,V$ e

valore "basso" $V_L = -(V_{Z2} + V_f) = -4\,V$

Detto $\beta = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0.454$ la durata della fase "alta" è

$$\tau_H = RC \ln \frac{\beta V_L - V_H}{V_H(\beta - 1)} = 224.1\ \mu s$$

e quella della fase "bassa" è

$$\tau_L = RC \ln \frac{\beta V_H - V_L}{V_L(\beta - 1)} = 271.6\ \mu s$$

Così il periodo T è $T = \tau_L + \tau_H = 495.2\ \mu s$ e la frequenza è $f = T^{-1} = 2.02\ kHz$.

$\delta = \frac{\tau_H}{T} = 0.453$ (45.3 %) ; $V_M = \frac{\tau_H V_H + \tau_L V_L}{T} = 253.3\ mV$

Con l'uscita alta ($v_u = V_H$) la corrente nei diodi (scelta positiva nel verso in cui si desidera che scorra, cioè da v_u verso "massa") è

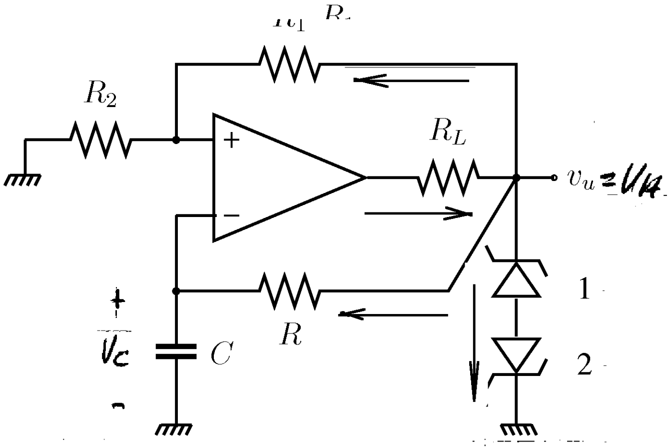
$$I_Z = \frac{V_{sat}^{+} - V_H}{R_L} - \frac{V_H}{R_1 + R_2} - \frac{V_H - V_C}{R}$$

, in cui V_C è la tensione sul condensatore (rispetto a massa).

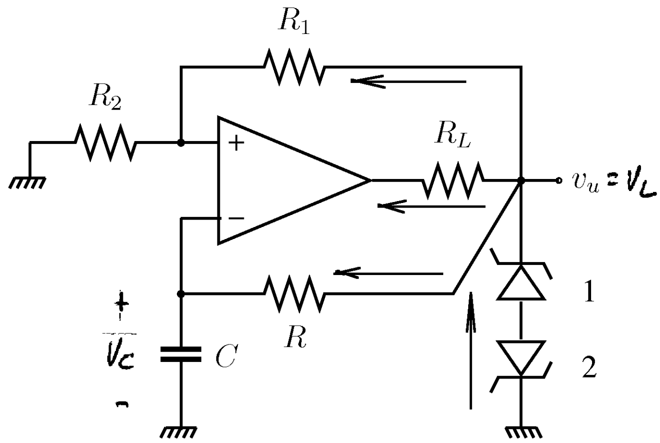
I_Z è minima quando V_C è minima, cioè nell'istante immediatamente successivo alla commutazione (verso l'alto), quando si ha $V_C = -\beta V_L$

Così, con l'uscita alta, il valore minimo di corrente nei diodi è $I_{Zmin} = \frac{V_{sat}^{+} - V_H}{R_L} - \frac{V_H}{R_1+R_2} - \frac{V_H + \beta V_L}{R} = 58{,}5\ mA$

Poiché $I_{Zmin} > 0$ è assicurato il corretto funzionamento dei diodi con $v_u = V_H$.



Correnti con $v_u = V_H$



Correnti con $v_u = V_L$

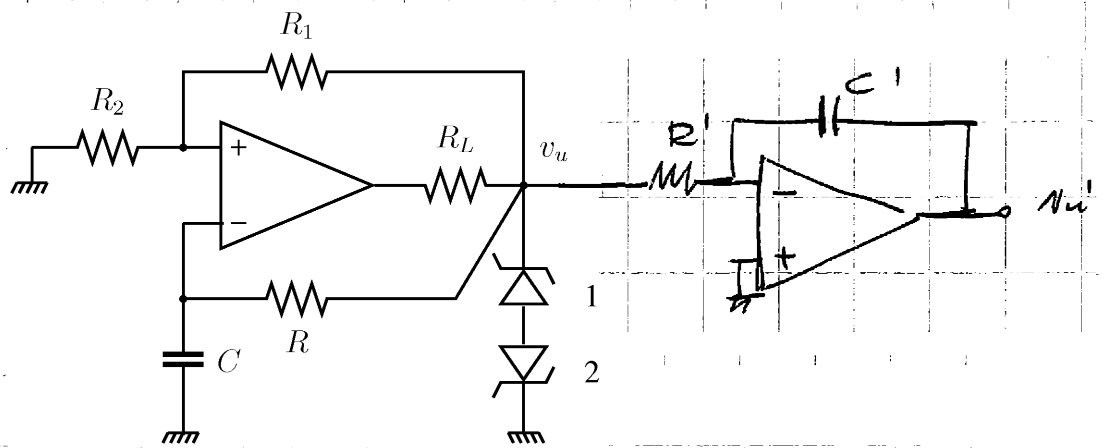
Con l'uscita bassa ($v_u = V_L$, vedi figura a destra),

$$I_Z = \frac{V_L - V_{sat}^{-}}{R_L} + \frac{V_L}{R_1+R_2} + \frac{V_L - V_C}{R}$$

Poiché è richiesto che sia $I_Z > 0$, il valore minimo (>0) si ha per V_C massimo (con $v_u = V_L$), e dunque nell'istante immediatamente successivo alla commutazione verso il basso, quando $v_C = \beta V_H$; in queste condizioni

$I_{Zmin} = \frac{V_L - V_{sat}^{-}}{R_L} + \frac{V_L}{R_1+R_2} + \frac{V_L - \beta V_H}{R} = 73.36\ mA$; anche in questo caso è assicurato il corretto funzionamento dei diodi.

3.5 - Integratore in cascata al generatore di onde rettangolari



$R' = 10\,k\Omega$
$C' = 150\,nF$

Se la tensione v_u assume valore V_H all'istante $t=0$, allora la tensione v_u' (che è nulla per $t=0$), decresce con pendenza $-\frac{V_H}{R'C'} = -3.6\,V/ms$ per un tempo pari a τ_H;

dunque per $t = \tau_H$ si ha $v_u' = -\frac{V_H}{R'C'}\tau_H = -806.7\,mV = V_A$

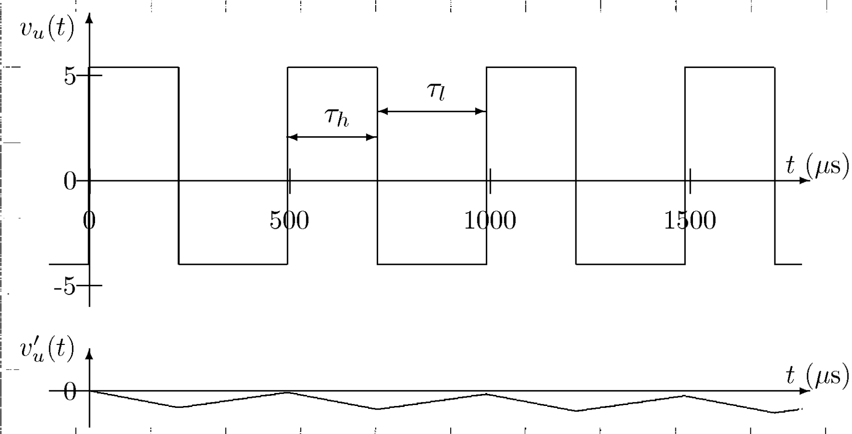
A questo punto si ha la commutazione in basso dell'uscita del generatore ($v_u = V_L$) e dunque da questo istante la tensione v_u' aumenta linearmente con pendenza

$p_s = -\frac{V_L}{R'C'} = +2.67\,V/ms$, assumendo, dopo un tempo τ_L,

valore $V_B = V_A + p_s \tau_L = -82.5\,mV$

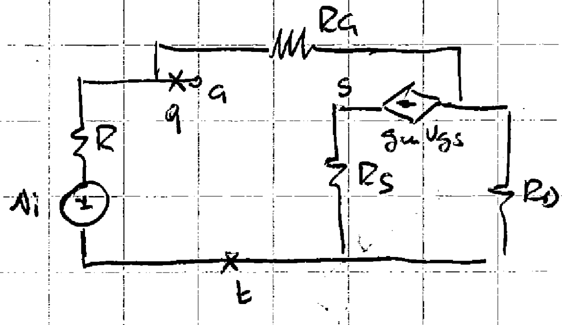
Dunque, perché in ogni periodo $T = \tau_H + \tau_L$ la tensione d'uscita diminuisce più di quanto aumenta, alla fine di ogni periodo T successivo si ha un'ulteriore diminuzione della tensione d'uscita di $+82.5\,mV$; questo porterà alla saturazione (in basso) dell'uscita dell'integratore.

(v. figura a pag. seguente)

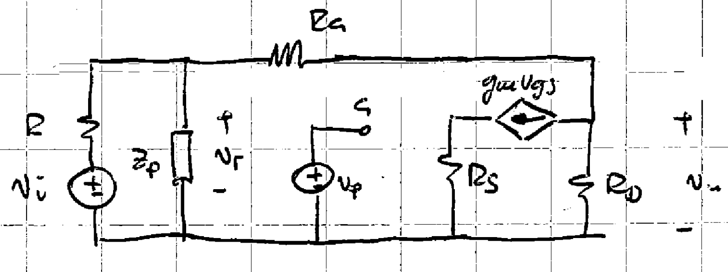


ESERCIZIO 4

Circuito equivalente a centro banda



1° sovrapposizione
(tra q e t)



$$\rho = 0 \qquad Z_p = Z_i = \infty$$

$$\alpha = \left.\frac{v_r}{v_i}\right|_{v_p=0} = \frac{Z_p /\!/ (R_a + R_D)}{R + [Z_p /\!/ (R_a + R_D)]} = 0.957$$

$$\gamma = \left.\frac{v_u}{v_i}\right|_{v_p=0} = \alpha \cdot \frac{R_D}{R_D + R_a} = 0.114$$

$$A = \left.\frac{v_u}{v_p}\right|_{v_i=0} = -\frac{g_m \{R_D /\!/ [R_a + (R /\!/ Z_p)]\}}{1 + g_m R_s} = -1.305$$

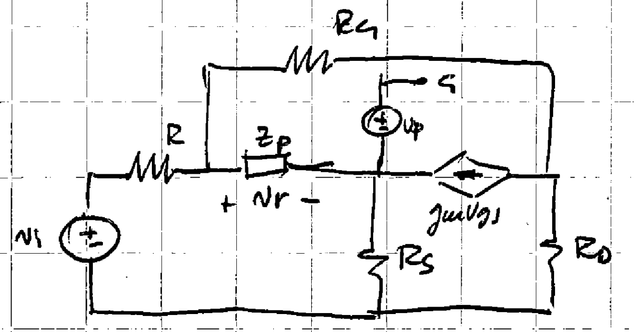
20.XII.14

10/10

$$\beta = \frac{R /\!/ Z_p}{R_a + (R /\!/ Z_p)} = 47.02 \times 10^{-3}$$ (catene separate)

$$A_f = \frac{\alpha A}{1-\beta A} + \gamma = -1.063$$

2ª scomposizione (tra g ed s)



$\rho = 0 \quad Z_p = Z_i = \infty$

$$\alpha = \frac{R_a + R_D}{R + R_a + R_D} = 0.958 \qquad \gamma = \frac{R_D}{R_D + R_a}\alpha = 0.114$$

con $v_i = 0 \qquad v_{gs} = v_p$

$$v_u = -\left[R_D /\!/ (R_a + R)\right] g_m V_{gs}$$

$$A = -\left[R_D /\!/ (R_a + R)\right] g_m = -7.177$$

$$v_r = \frac{R}{R + R_a} v_u - R_S\, g_m V_{gs}$$

$$= -g_m V_{gs} \left[\frac{R}{R + R_a}\left[R_D /\!/ (R + R_a)\right] + R_S\right]$$

$$\beta = \left\{\frac{R}{R + R_a}\left[R_D /\!/ (R + R_a)\right] + R_S\right\}\left[R_D /\!/ (R + R_a)\right]^{-1} = 0.675$$

$$A_f = \frac{\alpha A}{1-\beta A} + \gamma = -1.063$$