



Elettronica Applicata
a.a. 2017/2018



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIPARTIMENTO DI
INGEGNERIA
DELL'INFORMAZIONE

AMPLIFICATORI OPERAZIONALI (2):

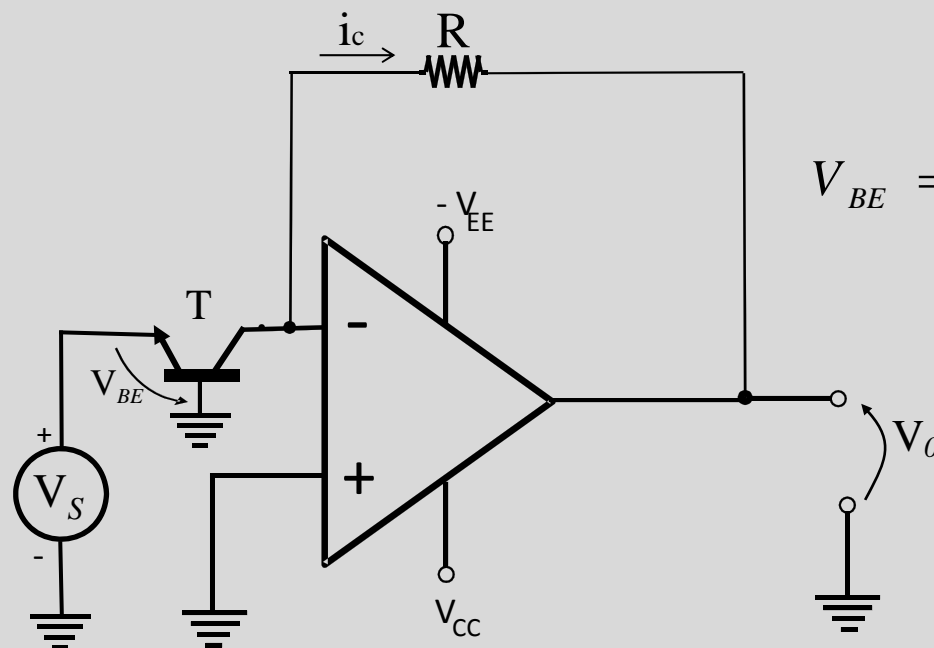
- applicazioni in funzionamento non lineare
- applicazioni con diodi e transistor

www.uscndlab.dinfo.unifi.it



Amplificatore esponenziale

Utilizzabile per espandere una dinamica compressa



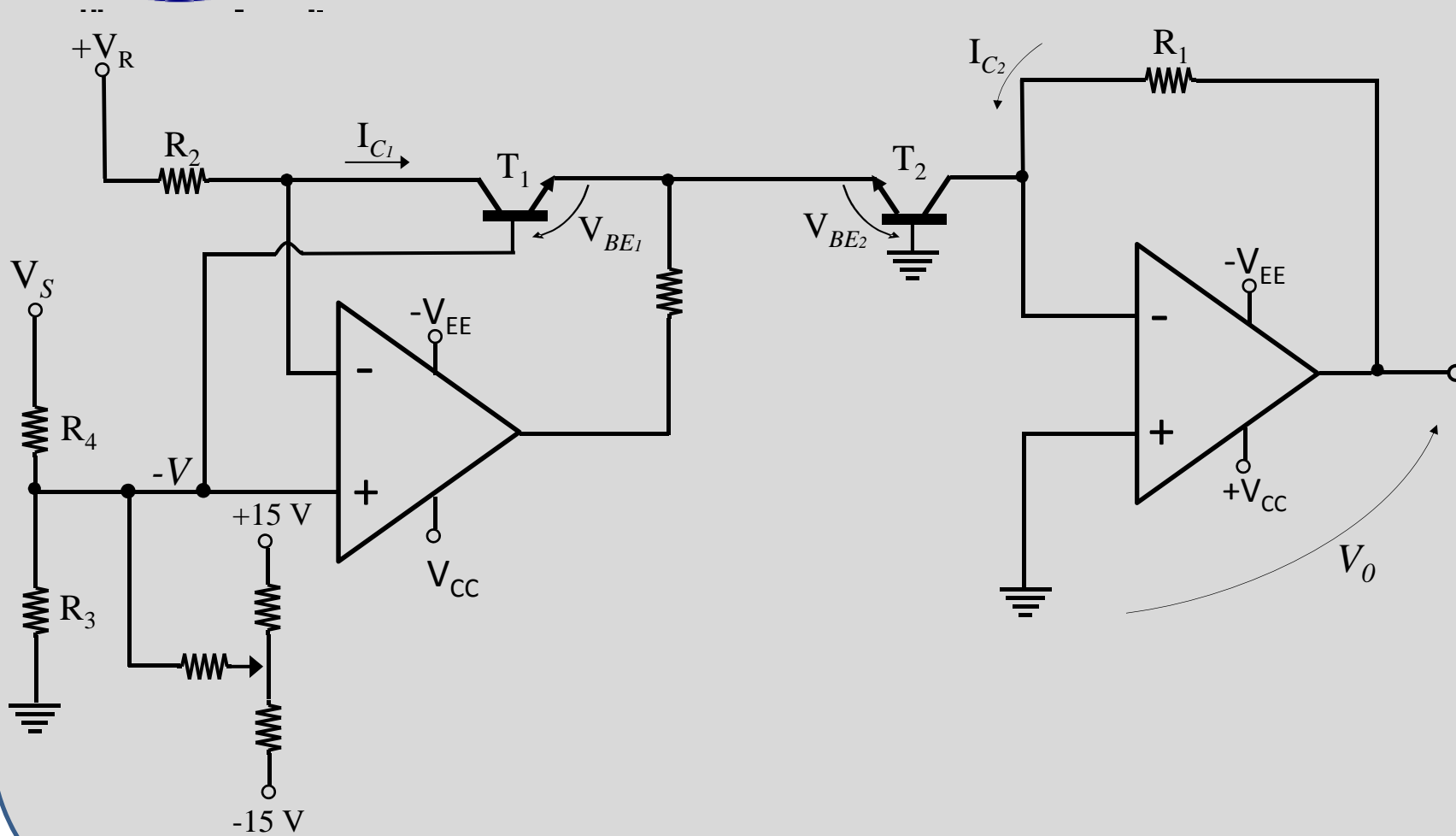
$$V_{BE} = V_S \quad i_C = I_{CS} \cdot e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

Se $i_B \cong 0 \Rightarrow i_C = i_E$
(funzionamento a Diodo)

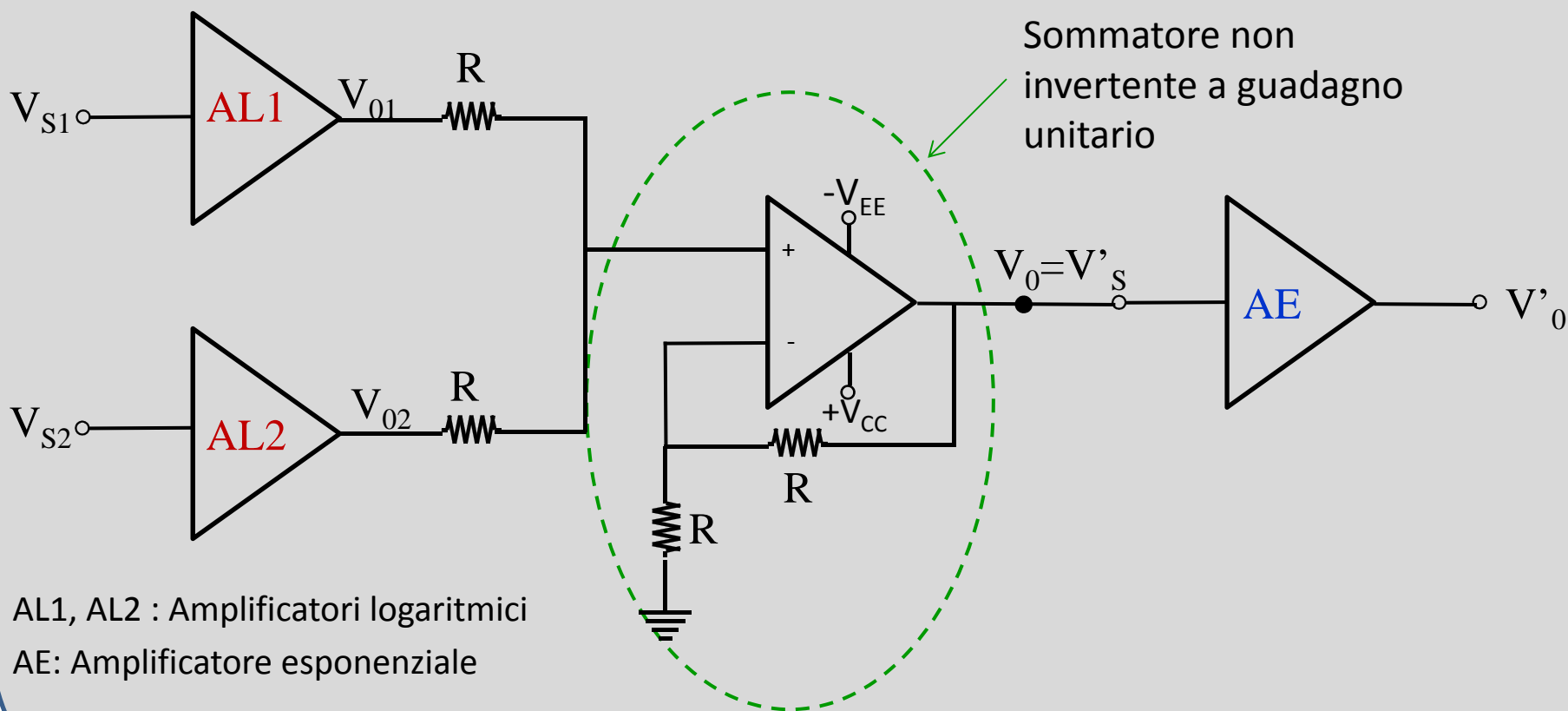
$$\Rightarrow V_0 = -R i_C = -R I_{CS} e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} = -R I_{CS} e^{\frac{V_S}{V_T}}$$



Amplificatore esponenziale Compensato a Transistor



Esempi di di moltiplicatore e divisore analogici con Amplificatori logaritmici ed esponenziali

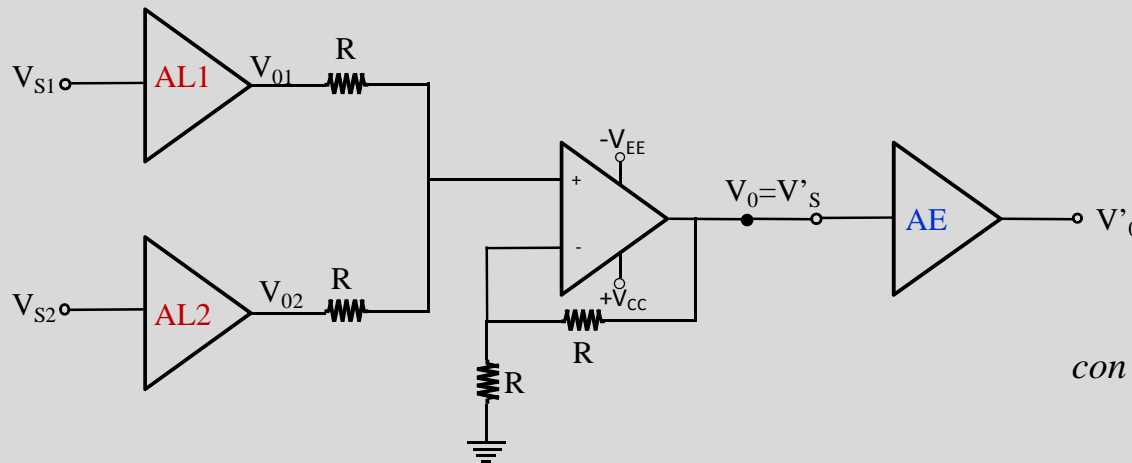


AL1, AL2 : Amplificatori logaritmici
AE: Amplificatore esponenziale



Moltiplicatore Logaritmico

Esempio di applicazione degli amplificatori logaritmici ed esponenziali



In uscita a AL1 e AL2:

$$V_{01} = -K_1 \ln K_2 V_{S1}$$

$$V_{02} = -K_1 \ln K_2 V_{S2}$$

con

$$K_1 = V_T \frac{R_3 + R_4}{R_3}$$

$$K_2 = \frac{R_2}{R_1 V_R}$$

In uscita al sommatore:

$$V_0 = -K_1 \ln K_2 V_{S1} - K_1 \ln K_2 V_{S2} = -K_1 \ln K_2^2 V_{S1} V_{S2}$$

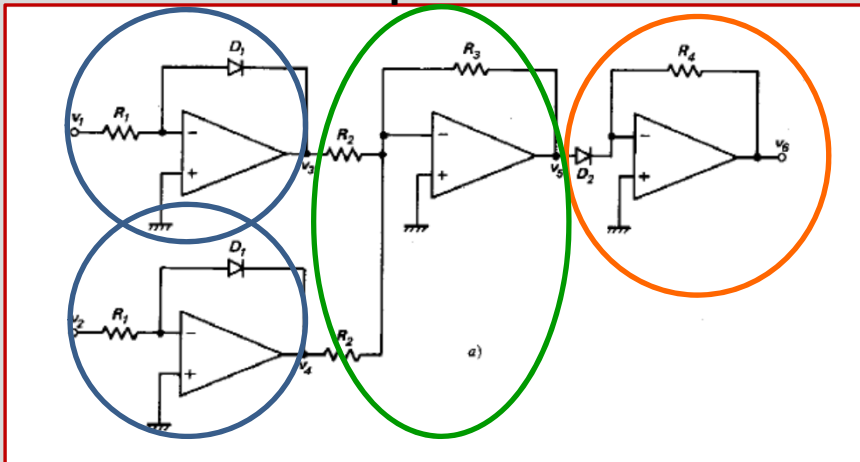
In uscita a AE:

$$V_0 = \frac{1}{K_2} e^{(\ln K_2^2 V_{S1} V_{S2})} = K_2 V_{S1} V_{S2}$$

Moltiplicatore Analogico con Amplificatore logaritmico ed esponenziali

Esempio di applicazione degli amplificatori logaritmici ed
esponenziali

Moltiplicatore



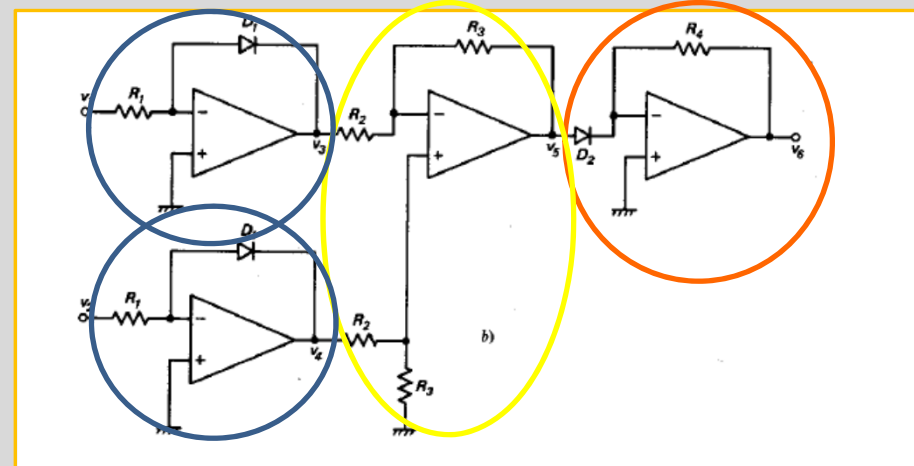
$$v_5 = k_1 (v_3 + v_4) = k_2 (\ln v_1 + \ln v_2) = k_2 \ln v_1 v_2,$$

$$v_5 = k_3 \ln v_6;$$

$$v_6 = k_4 v_1 v_2.$$

- Amplificatore logaritmico
- Amplificatore esponenziale
- Amplificatore sommatore

Divisore



$$v_5 = k_1 (v_4 - v_3) = k_2 (\ln v_2 - \ln v_1) = k_2 \ln \frac{v_2}{v_1},$$

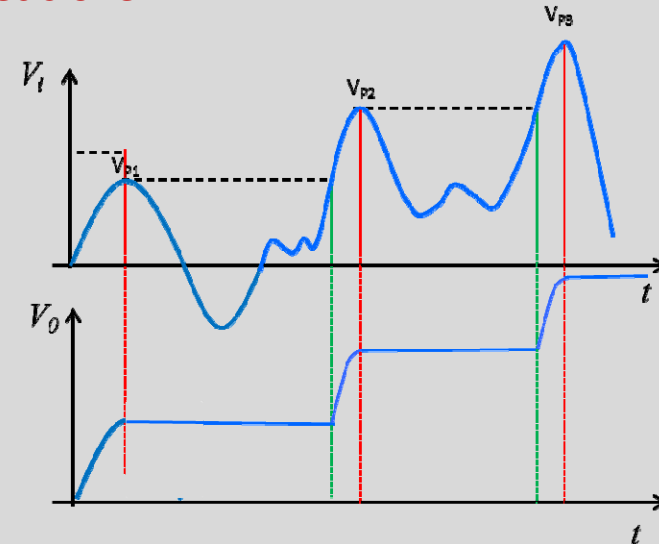
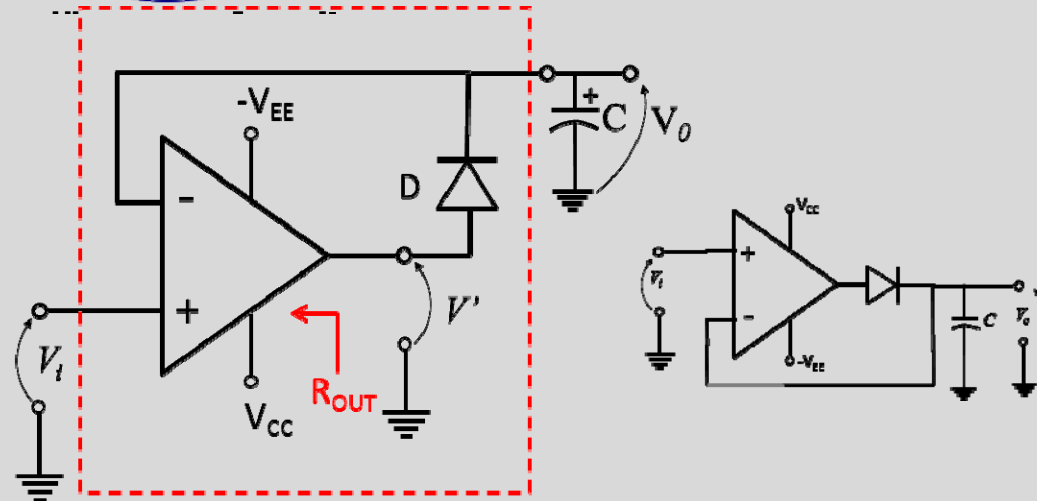
$$v_5 = k_3 \ln v_6;$$

$$v_6 = k_4 \frac{v_2}{v_1}$$

- Amplificatore logaritmico
- Amplificatore esponenziale
- Amplificatore di differenze

Active Peak Detector

Applicazione del Diodo di Precisione



$$\tau = R_{OUT} \cdot C$$

(senza carico)

$$\text{Se } V_i > \frac{V_\gamma}{A} + V_0 = V_0 + V_\gamma'$$

$$\text{Se } V_i < V_0 + V_\gamma' = V_{Pn} + V_\gamma'$$

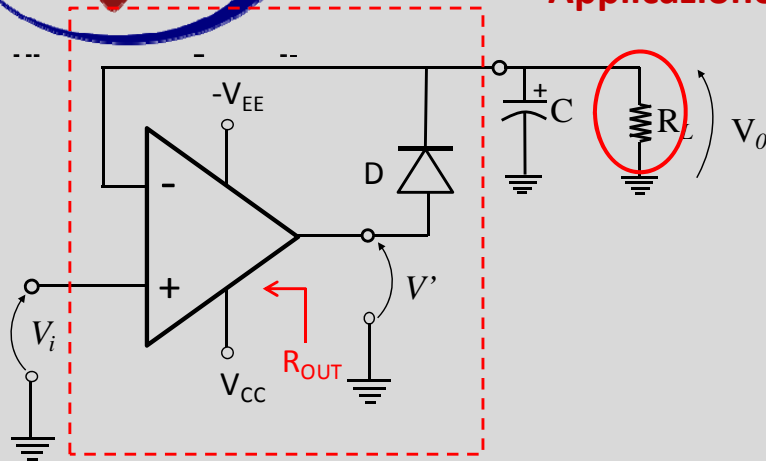
l'AO satura positivamente, mandando D in conduzione
C si carica fino a V_{pn} e la differenza ai capi di AO si riduce in quanto $V_i = V_0$, AO entra in regione lineare e V' (dalla saturazione positiva) inizia diminuire e D ad un certo punto si interdice. C non si carica più.

l'AO satura negativamente e D interdetto, impedendo al C di scaricarsi mantenendo la sua carica e $V_0 = V_{Pi}$



Active Peak Detector

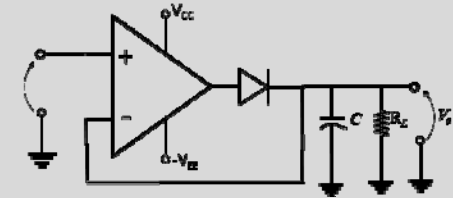
Applicazione del Diodo di Precisione



Effetti di carico: τ dipende anche da R_L

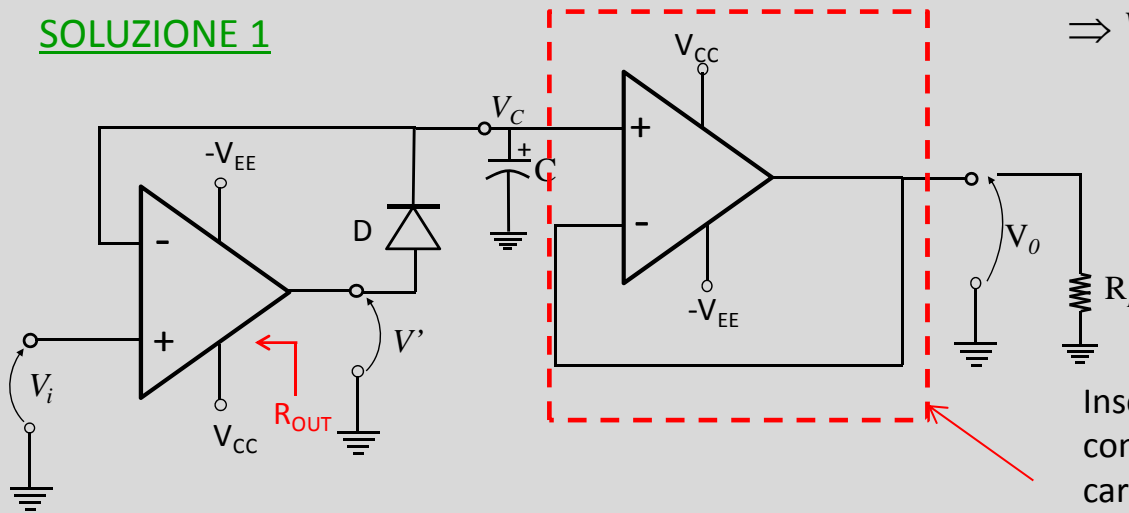
$$\tau = (R_{OUT} // R_L) \cdot C$$

PROBLEMA 1: Il carico assorbe corrente dal condensatore



PROBLEMA 2: Per $V' < V_C$ D è interdetto

SOLUZIONE 1



$$\Rightarrow V^+ < V^- \Rightarrow V' = -V_{EE}$$

saturation

Inseguitore di tensione che disaccoppia il condensatore dal carico impedendo che il carico assorba da esso corrente e lo scarichi variando il livello di picco "memorizzato" 8

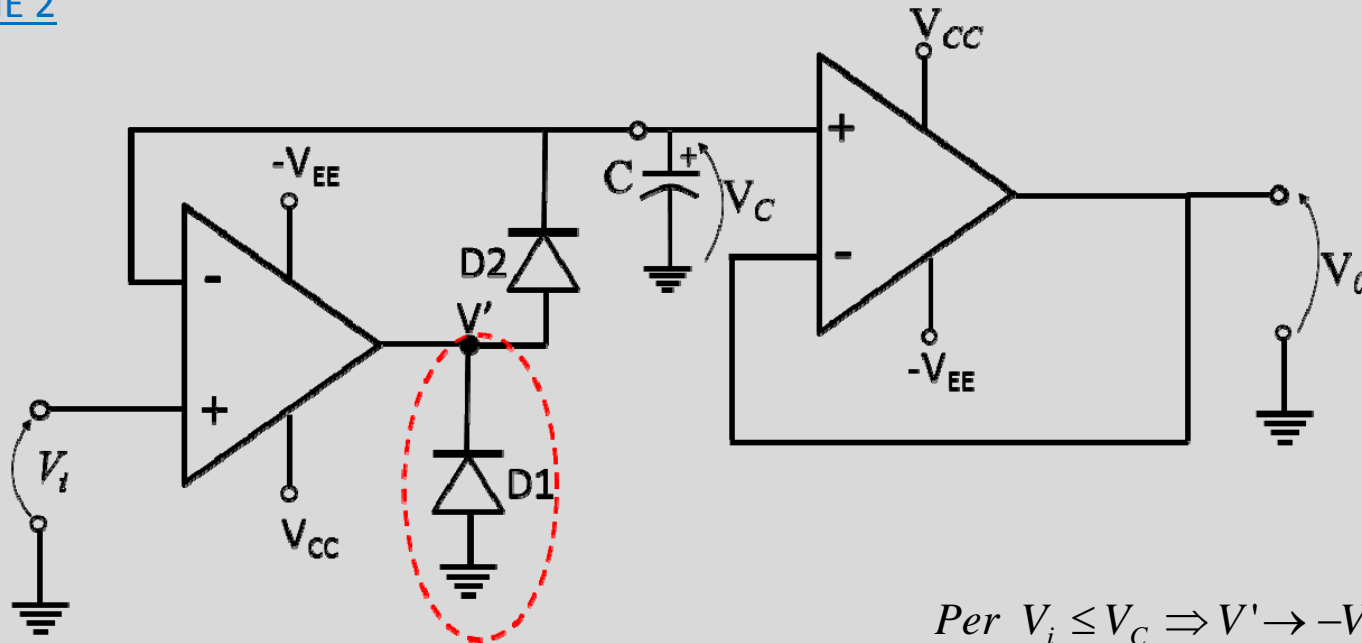


SOLUZIONE 2



Active Peak Detector

Applicazione del Diodo di Precisione



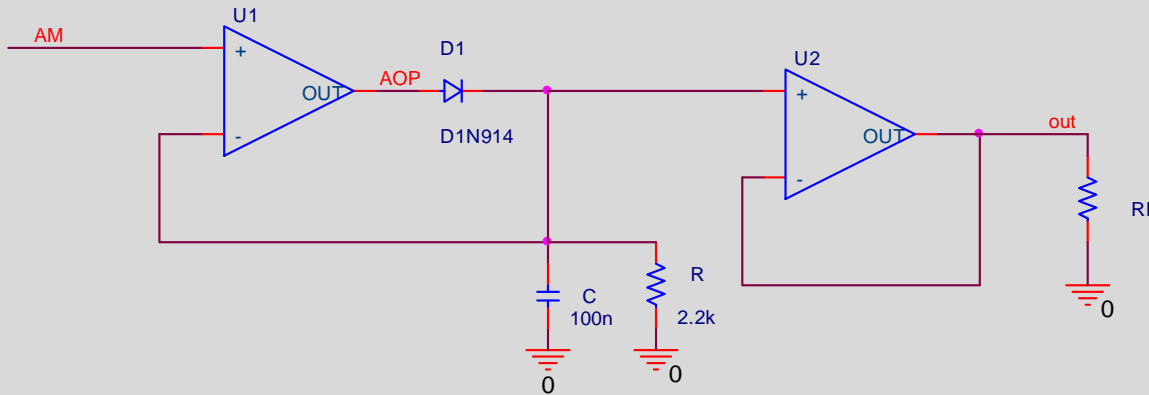
Per $V_i \leq V_C \Rightarrow V' \rightarrow -V_{EE}$

D1 conduce $\Rightarrow V' = -V_\gamma \cong 0$

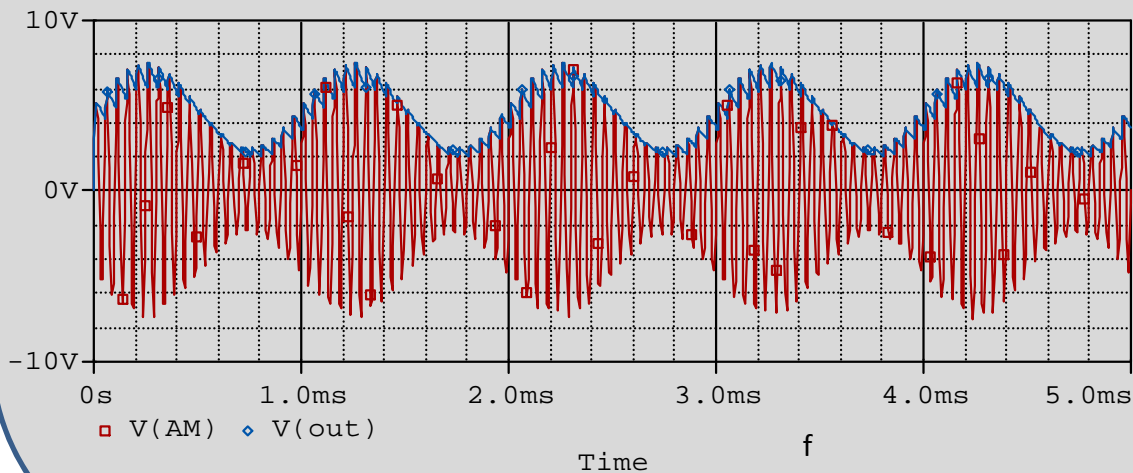
Active Peak Detector

Applicazione del Diodo di Precisione

Esempio di applicazione: Rivelatore di inviluppo di segnale AM (Amplitude Modulation)



Se vogliamo rivelare l'inviluppo di un segnale AM, basta inserire, nel circuito del rivelatore di picco, una resistenza in parallelo al condensatore per fare in modo che esso possa anche scaricarsi; in queste condizioni il circuito è in grado di seguire il picco del segnale di ingresso anche in discesa



La costante di $\tau = R \cdot C$ va scelta in modo che essa sia:

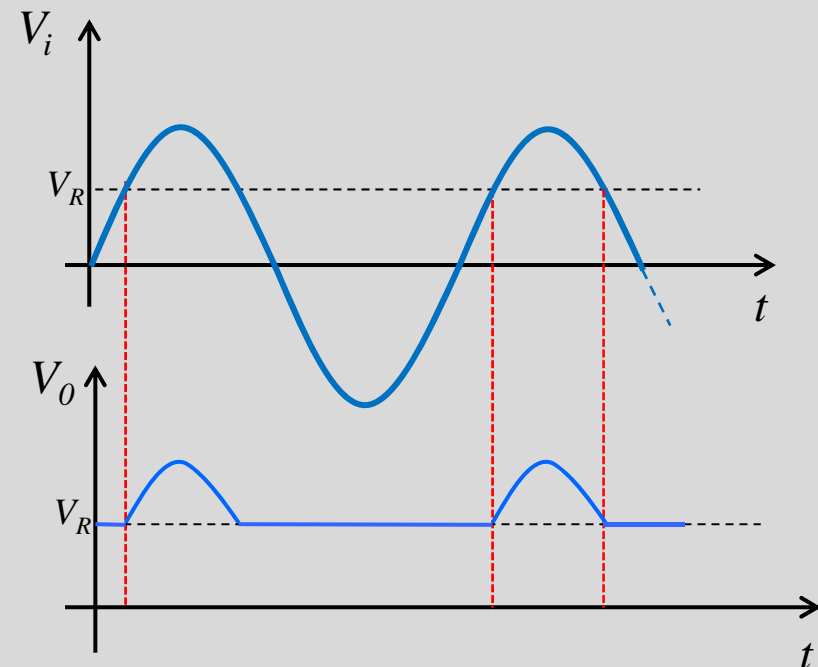
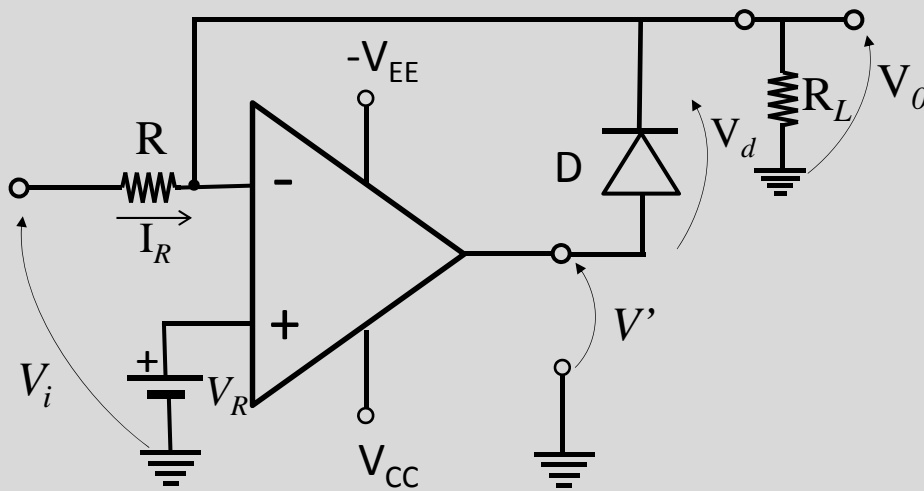
- decisamente più grande del periodo del segnale portante (a frequenza maggiore rispetto al modulante) T_c , affinché il condensatore non si scarichi eccessivamente tra un picco e l'altro del segnale portante
- sensibilmente più piccola del periodo del segnale modulante (segnale contenente l'informazione) T_m , affinché il condensatore possa seguire le evoluzioni del segnale modulante.

Deve essere: $T_c \ll CR \ll T_m$



Limitatore di Precisione

Applicazione del Diodo di Precisione

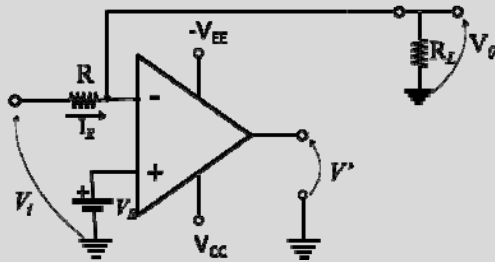


Per il principio di massa virtuale si ha: $V^- \cong V_R$

1. Se $V_i > V_R \Rightarrow V^- > V_R$ e $I_R > 0$
2. Se $V_i < V_R \Rightarrow V^- < V_R$ e $I_R < 0$

Limitatore di Precisione

Applicazione del Diodo di Precisione



$$1. V^- > V_R$$

$$V' \rightarrow V_{CC} \Rightarrow V_D = V' - V^- > 0 \Rightarrow \text{D conduce (Inseguitore di tensione)}$$

$$\Rightarrow V' = (V^+ - V^-) \cdot A$$

$$V_R - V_0 = \frac{V'}{A}$$

$$V' \rightarrow -V_{EE} \Rightarrow V_D = V' - V^- < 0 \Rightarrow \text{D interdettato}$$

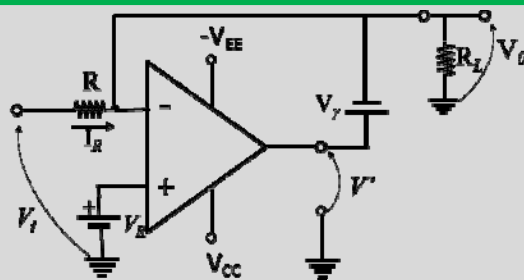
$$V^- = V_0 = V_i \frac{R_L}{R + R_L}$$

Ma come già visto parlando del diodo di precisione:

$$V_0 = V' - V_\gamma \Rightarrow V_R - V_0 = \frac{V_0 + V_\gamma}{A}$$

$$V_R - \frac{V_\gamma}{A} = \frac{V_0}{A} + V_0 \Rightarrow V_0 \left(1 - \frac{1}{A} \right) = V_R - \frac{V_\gamma}{A}$$

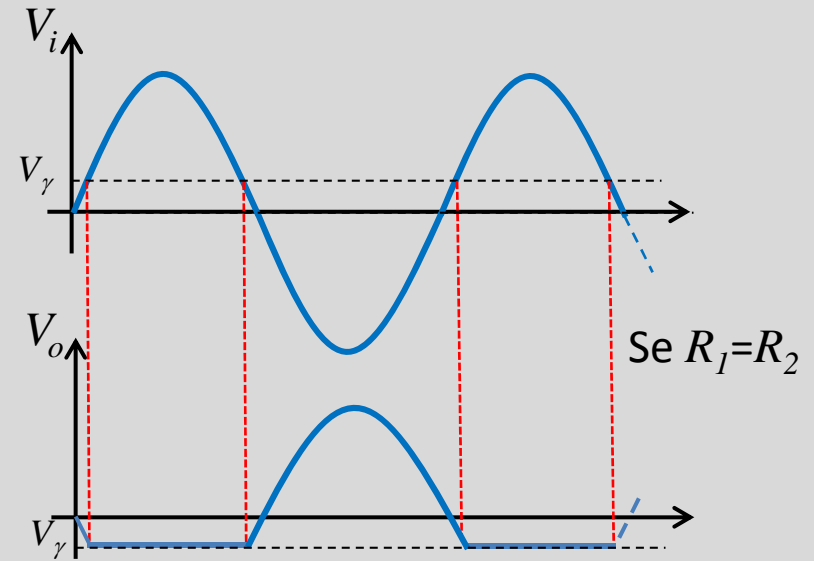
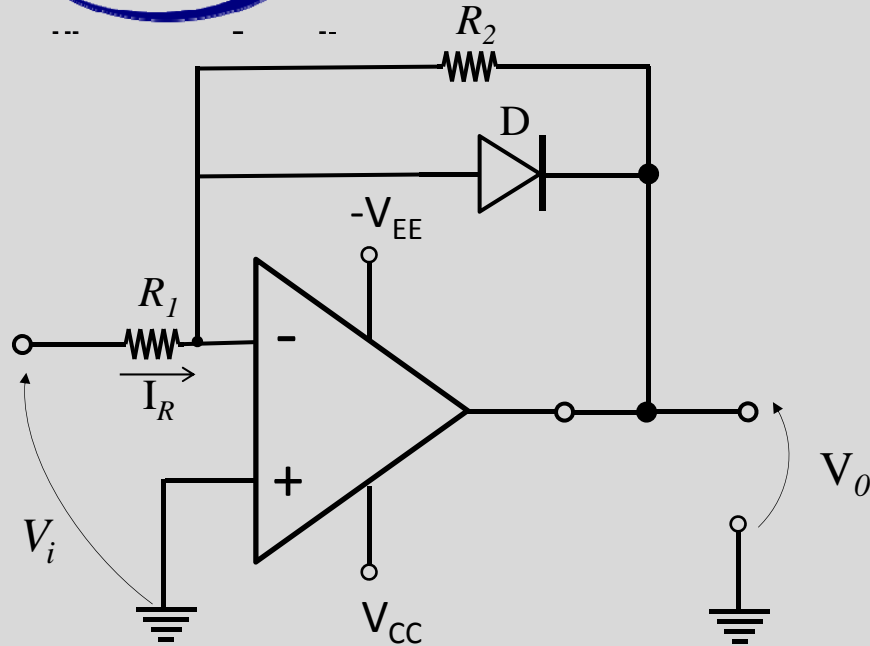
$$V_0 \cong V_R$$



$$2. V^- < V_R$$



Tosatori asimmetrici

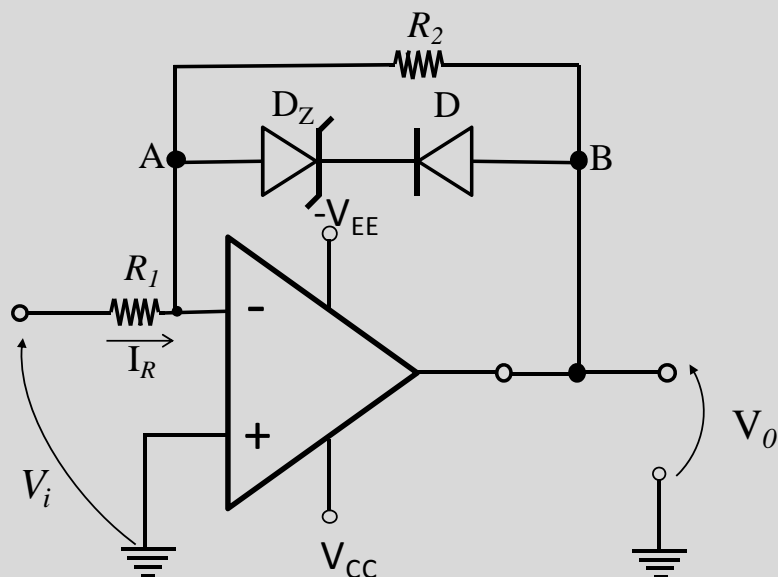


Se D è interdetto $\Rightarrow V_0 = \frac{R_2}{R_1} V_i$ D è interdetto se : $V_i < 0$ perché $V_0 > 0$

D conduce se : $V_0 \leq -V_\gamma$ $\Rightarrow -\frac{R_2}{R_1} V_i \leq -V_\gamma$ $\Rightarrow V_i \geq \frac{R_1}{R_2} V_\gamma$



Tosatori asimmetrici (con Diodo Zener)



Se il ramo A-B è un circuito è aperto

⇒ Configurazione invertente

$$V_0 = -\frac{R_2}{R_1} V_i$$

Se $V_0 \leq V_Z + V_\gamma \Rightarrow$ A-B è un circuito è aperto

$$\frac{R_2}{R_1} V_i \leq V_Z + V_\gamma \Rightarrow V_i \geq -\frac{R_1}{R_2} (V_Z + V_\gamma)$$



Uscita invertita

$$\text{Se } V_i \leq -\frac{R_1}{R_2} (V_Z + V_\gamma)$$



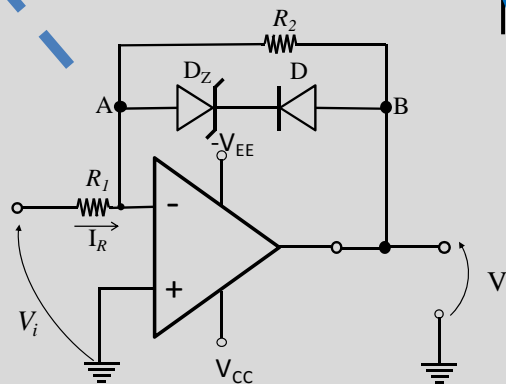
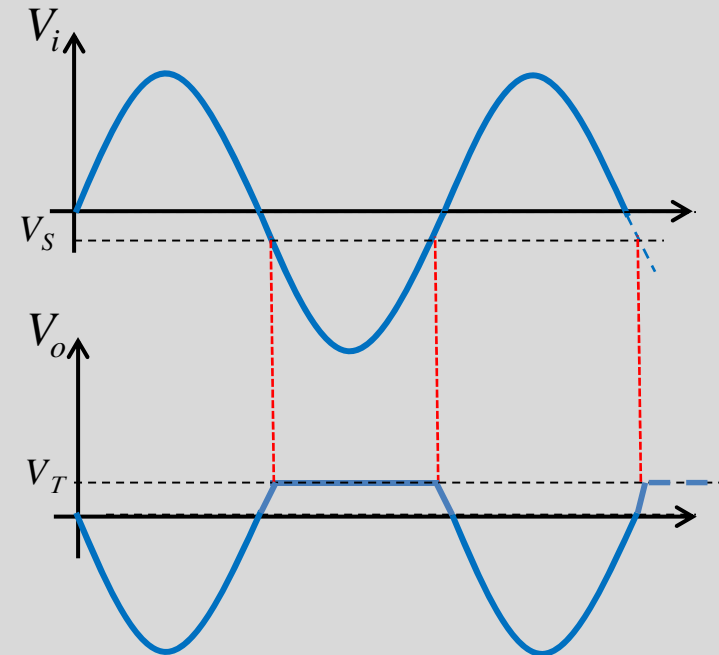
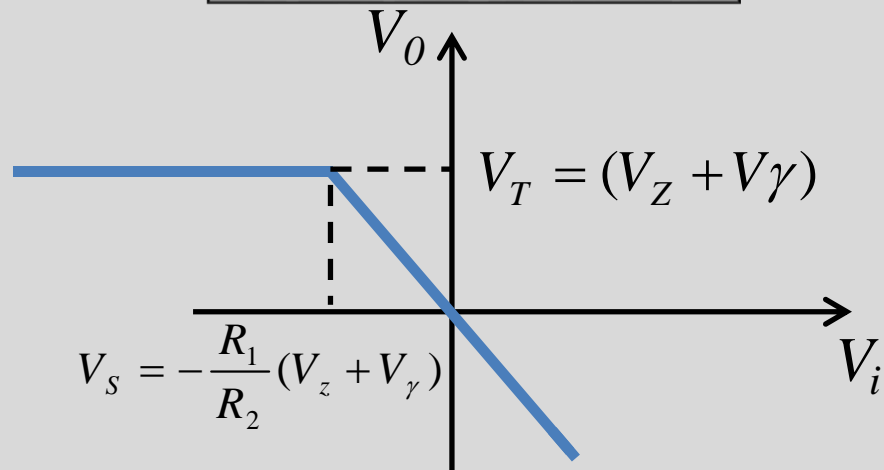
Uscita tosata a $V_0 = (V_Z + V_\gamma)$

il ramo A-B è IN CONDUZIONE



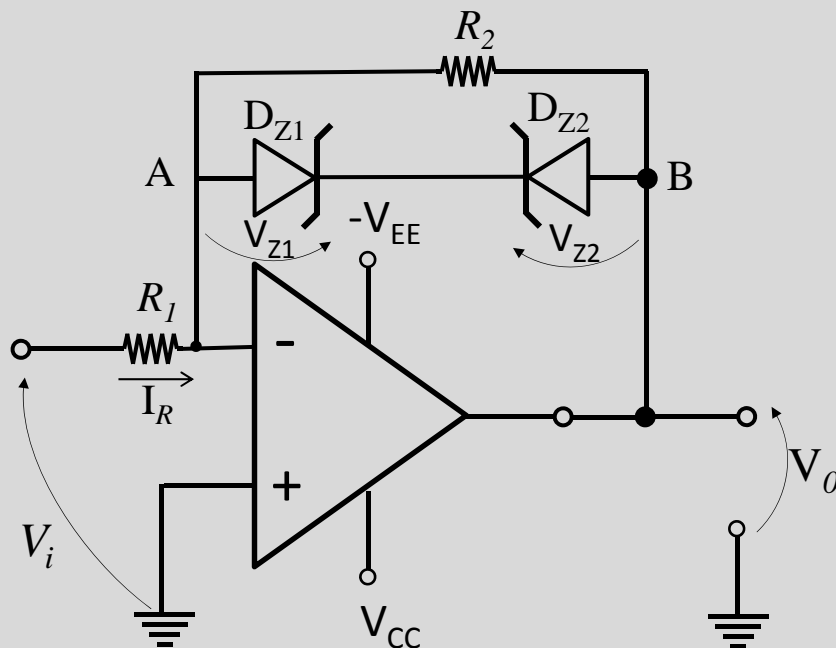
Tosatori asimmetrici (con Diodo Zener)

TRANSCARATTERISTICA





4. Tosatori simmetrici (con Diodi Zener Simmetrico)



Se il ramo A-B è un circuito è aperto

$$\Rightarrow V_0 = -\frac{R_2}{R_1} V_i$$

A-B è un circuito è aperto

$$\text{Se } -V_{Z2} - V_{\gamma 1} \leq V_0 \leq V_{Z1} + V_{\gamma 2} \Rightarrow$$

$$\text{Se } -\frac{R_1}{R_2} (V_{Z1} + V_{\gamma 2}) \leq V_i \leq \frac{R_1}{R_2} (V_{Z2} + V_{\gamma 1}) \Rightarrow$$

$$V_0 = -\frac{R_2}{R_1} V_i$$

$$\text{Se } V_i \leq -\frac{R_1}{R_2} (V_{Z1} + V_{\gamma 2}) \Rightarrow V_0 = V_{Z1} + V_{\gamma 2}$$

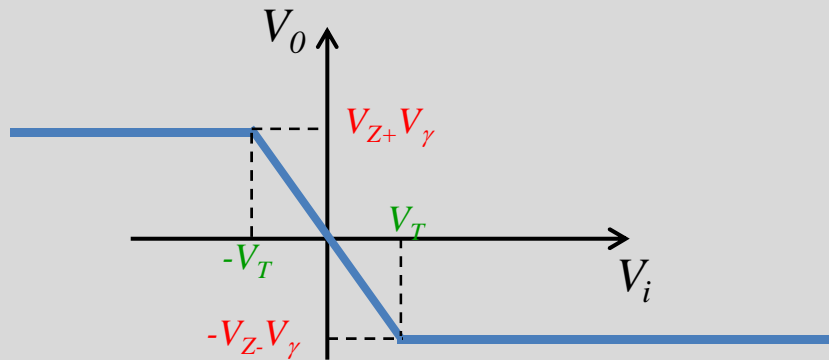
$$\text{Se } V_i \geq \frac{R_1}{R_2} (V_{Z2} + V_{\gamma 1}) \Rightarrow V_0 = -(V_{Z2} + V_{\gamma 1})$$

➔ Uscita tosata



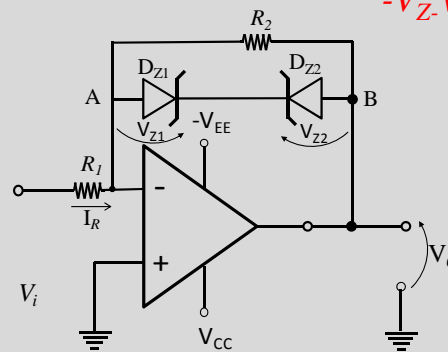
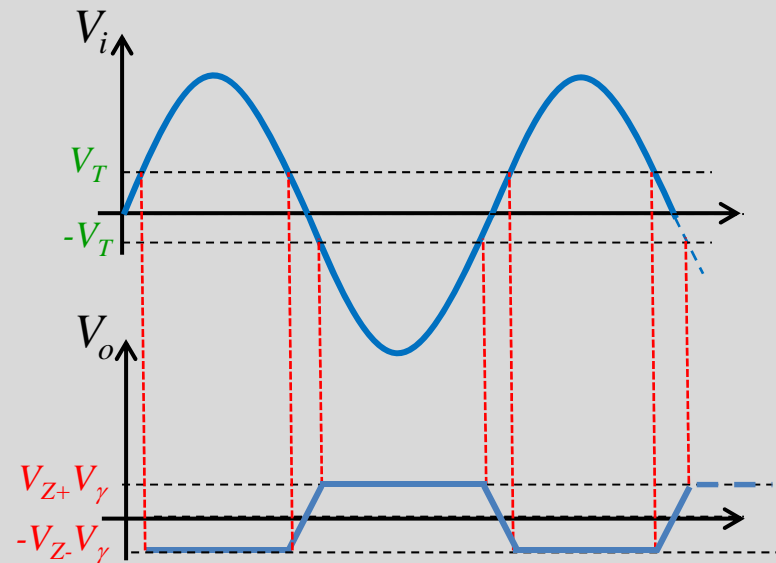
Tosatori (con Diodi Zener Simmetrico)

TRANSCARATTERISTICA

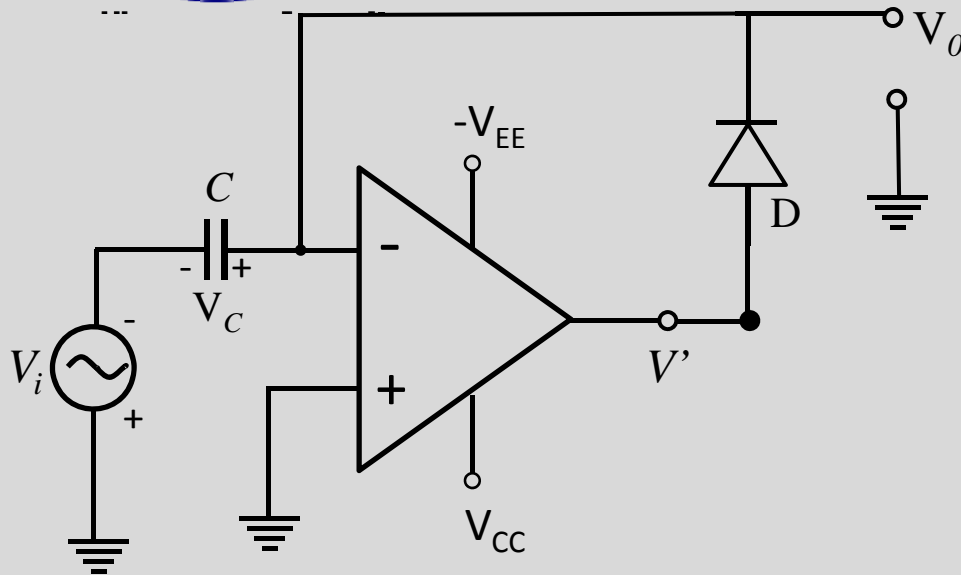


$$V_T = \frac{R_2}{R_1} (V_Z + V_\gamma)$$

Se $V_{\gamma 1} = V_{\gamma 2} = V_\gamma$ e $V_{Z1} = V_{Z2} = V_Z$



Clamper di precisione



Inizialmente per $V_i > 0 \Rightarrow D \text{ OFF}$ e C scarico non può caricarsi

Per $V_i < 0 \Rightarrow V' > 0$ e $D \text{ ON} \Rightarrow V_o = 0$

C inizia a caricarsi fino a quando $V_i \cong -V_p$

$\Rightarrow V^- \cong 0 \Rightarrow V' \rightarrow -V_{EE} \Rightarrow D \text{ OFF}$

Da qui in poi AO resta aperto

C non può scaricarsi $\Rightarrow V_o \cong V_i + V_p$

