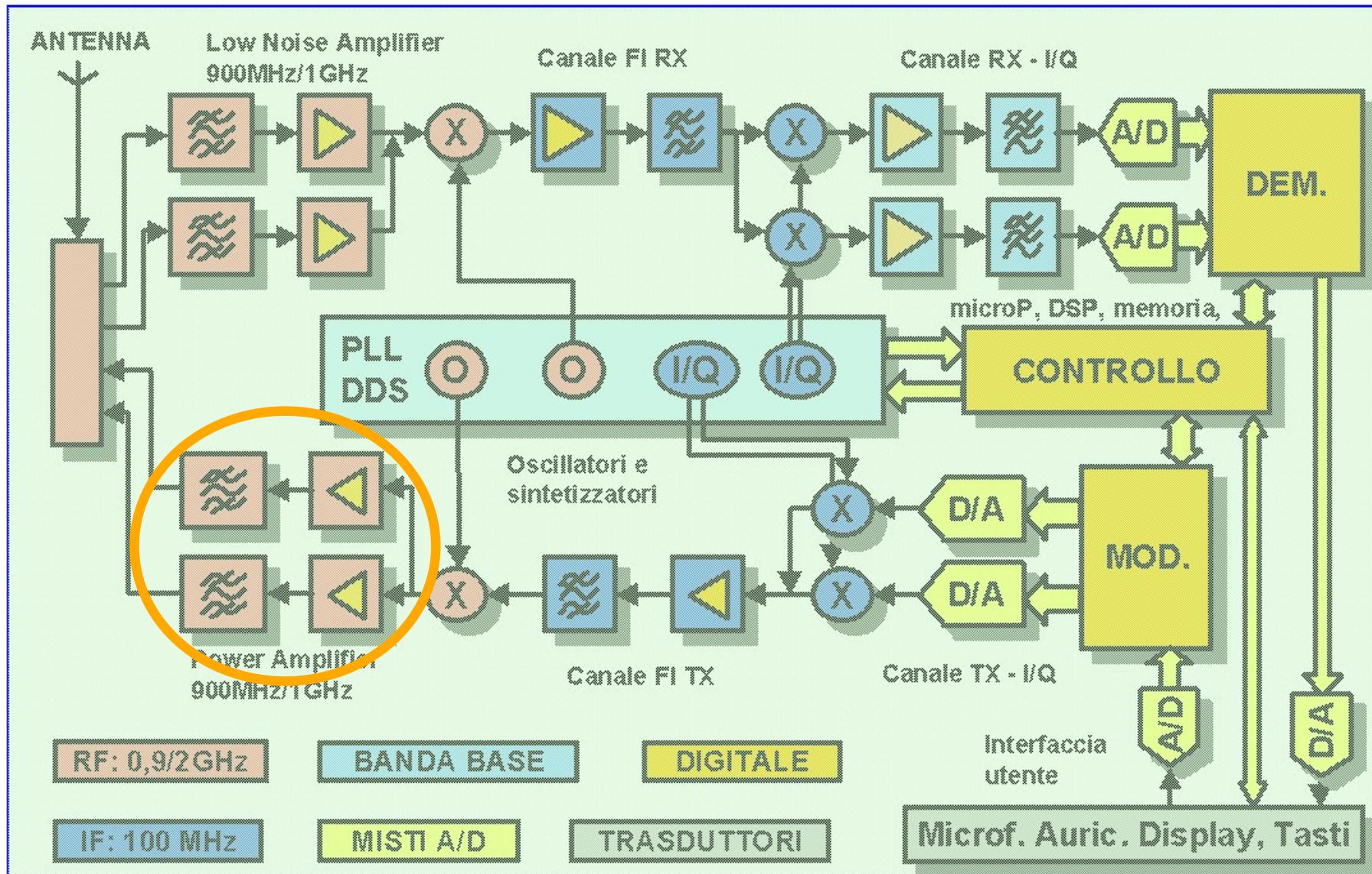
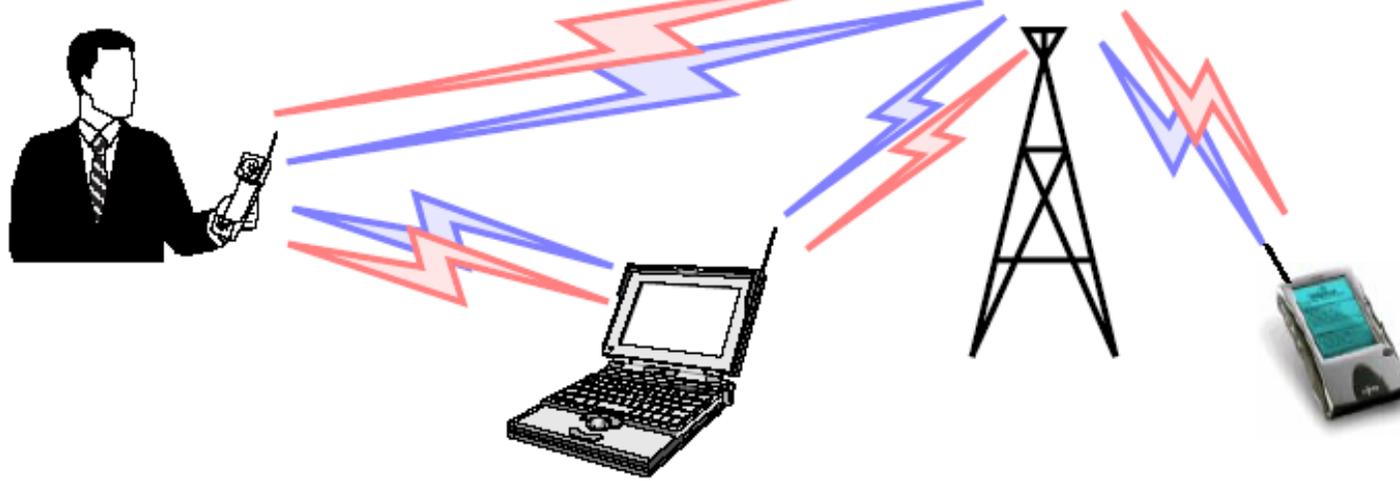


Amplificatori di potenza



Utilizzo degli Amplificatori di Potenza a RF



- Telefoni cellulari
- Palmari
- Computer portatili
- Stazione radio base

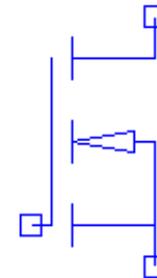
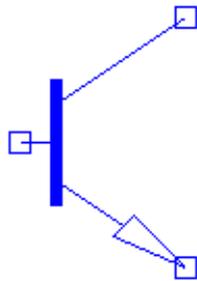
Gli amplificatori di potenza

Dispositivi a controllo di corrente

realizzati con

BJT

MOS



Classificazione degli Amplificatori

- Guadagno** → Rapporto tra l'ampiezza del segnale d'uscita e l'ampiezza del segnale d'ingresso
- Efficienza** → Rapporto percentuale tra la potenza al carico e la potenza erogata dall'alimentazione
- Distorsione** → Un sistema distorcente genera in uscita componenti non presenti nel segnale d'ingresso

Guadagno

- Il guadagno di un amplificatore è definito come il rapporto tra l'ampiezza del segnale di uscita (X_o) e l'ampiezza del segnale di ingresso (X_i), come mostrato nella seguente formula:

$$G = \frac{X_o}{X_i}$$

- dove G , a seconda della natura di X_o e di X_i , può essere guadagno in tensione o in corrente o in potenza.

Efficienza

- L'efficienza di un amplificatore è definita come il rapporto percentuale tra la potenza al carico rispetto alla potenza erogata dall'alimentazione:

$$\eta = \frac{P_L}{P_S} \%$$

- dove P_L è proprio la potenza trasferita al carico e P_S è la potenza assorbita dall'alimentazione. La differenza tra la potenza di alimentazione e quella trasferita al carico è definita **potenza dissipata**:

- Da questa definizione si evince che tanto più è maggiore la potenza dissipata sul transistor, tanto più bassa sarà l'efficienza dell'amplificatore.

Qualità

- La qualità di un amplificatore viene misurata da una *cifra di merito* F_m definita come

$$F_m = \frac{P_{C(\max)}}{P_{L(\max)}}$$

- dove $P_{c(\max)}$ è la massima dissipazione di potenza sul collettore e $P_{L(\max)}$ è la massima potenza in uscita

Distorsione

- Un sistema si dice distorcete se in uscita genera componenti non presenti nel segnale di ingresso. La distorsione è misurata da un fattore di qualità noto come *distorsione armonica totale* THD (Total Harmonic Distortion). Per definire questa quantità introduciamo il *coefficiente di distorsione di k-esima armonica*

$$D_k = \sqrt{\frac{(2A_k)^2 / 2}{(2A_1)^2 / 2}} = \frac{A_k}{A_1}, \quad k \geq 2$$

- che rappresenta la radice quadrata del rapporto tra la potenza $(2A_k)^2/2$ della k-esima armonica prodottasi per distorsione, e la potenza $(2A_1)^2/2$ della prima armonica, che viene considerata come la replica non distorta del segnale d'ingresso.
- In teoria esistono infiniti coefficienti di distorsione, in pratica però sono rilevanti soltanto quelli di ordine inferiore (seconda e terza armonica).

Distorsione

- Possiamo ora definire THD come il rapporto tra la potenza del residuo di distorsione $d(t)$ e quella della componente utile

$$D = \sqrt{\frac{P_d}{(2A_1)^2 / 2}} = \frac{d_{eff}}{\sqrt{2}A_1}$$

- dove abbiamo definito il *segnale distorsione* come “residuo” del segnale d’uscita, tolta la componente utile e quella continua:

$$d(t) = y(t) - A_0 - 2A_1 \cos(2\pi f_0 t + \theta_1) = 2 \sum_{k=2}^{+\infty} A_k \cos(2\pi k f_0 t + \theta_k)$$

Effetti non Lineari

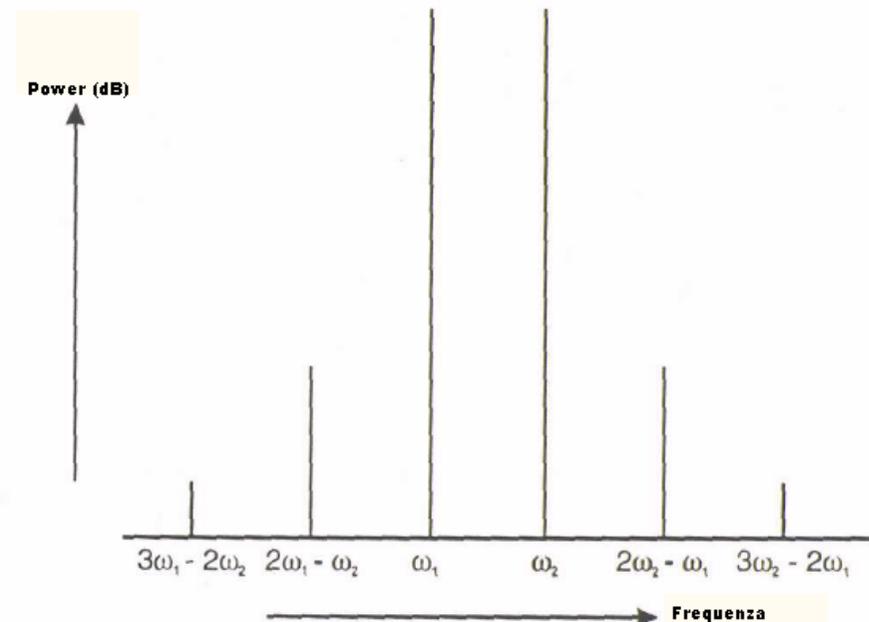
$$v_o = a_1 v_i + a_2 v_i^2 + a_3 v_i^3 + a_4 v_i^4 + a_5 v_i^5 + \dots$$

Segnale d'ingresso
a 2 toni

$$v_i(t) = v \cos(\omega_1 t) + v \cos(\omega_2 t)$$

Presenza di componenti spurie
nella banda del segnale

Distorsione di intermodulazione



Distorsione

- Ai sistemi non distorcenti è associato il concetto di **risposta in frequenza** e come vedremo nel seguito, la classe che meglio si comporta è, senza dubbio la classe A in quanto ha una risposta in frequenza costante su un ampio intervallo di frequenze.
- L'estensione della banda passante, detta **banda intermedia**, è fissata dalle due frequenze f_L e f_H . Queste sono le frequenze per cui il guadagno scende di 3dB sotto il valore assunto nella banda intermedia. E' possibile definire la **larghezza di banda** di un amplificatore come:

$$BW = f_H - f_L$$

Classificazione degli Ampl. di Potenza

CLASSE A	→	Guadagno elevato Efficienza bassa.
CLASSE B	→	Guadagno buono Efficienza Media
CLASSE AB	→	Guadagno molto buono Efficienza medio bassa
CLASSE C	→	Guadagno Basso Efficienza Elevata

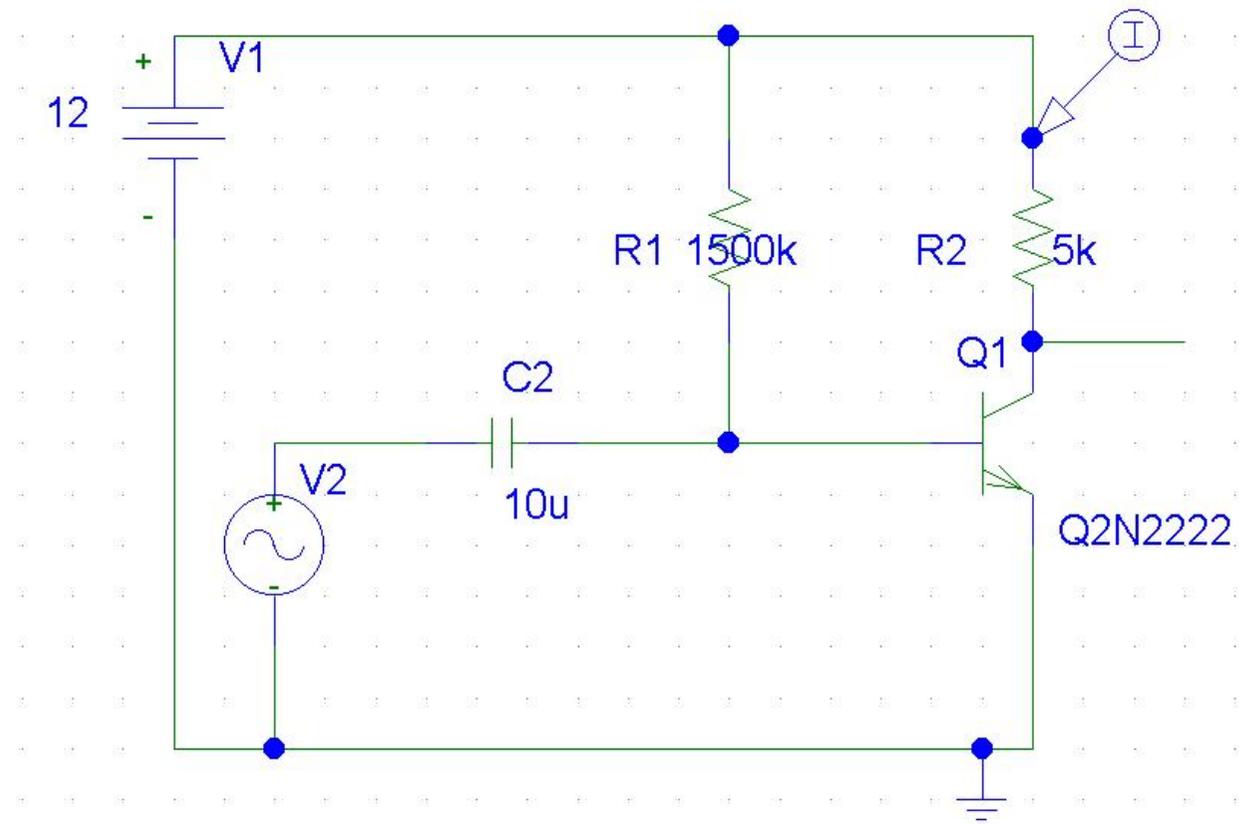
Amplificatori in classe A

- Negli amplificatori in classe A, la I_c : corrente di polarizzazione statica del collettore, è maggiore dell'ampiezza di picco della corrente di uscita alternata I_p . Pertanto, in questi amplificatori, il transistor conduce per tutto il periodo del segnale d'ingresso; si può quindi definire un angolo di conduzione.

$$\theta = \theta_t = 360^\circ$$

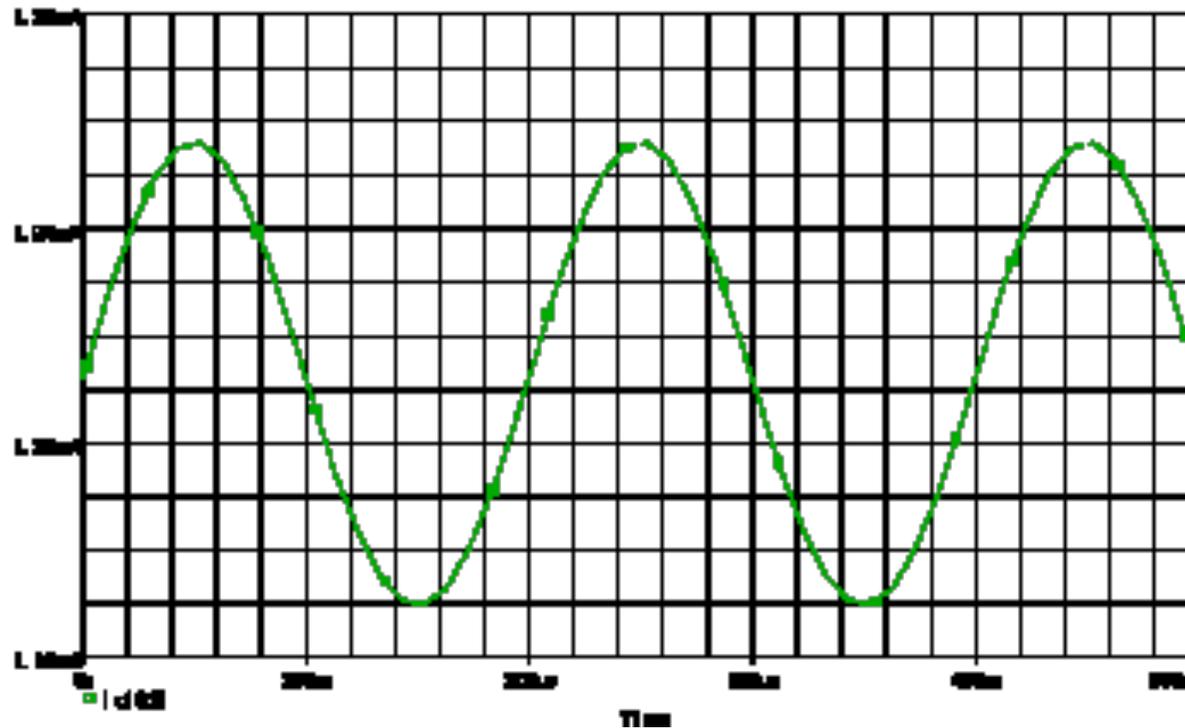
- Data questa caratteristica, gli amplificatori in classe A sono quelli che dissipano più potenza e quindi anche i meno efficienti

Un semplice schema di classe A



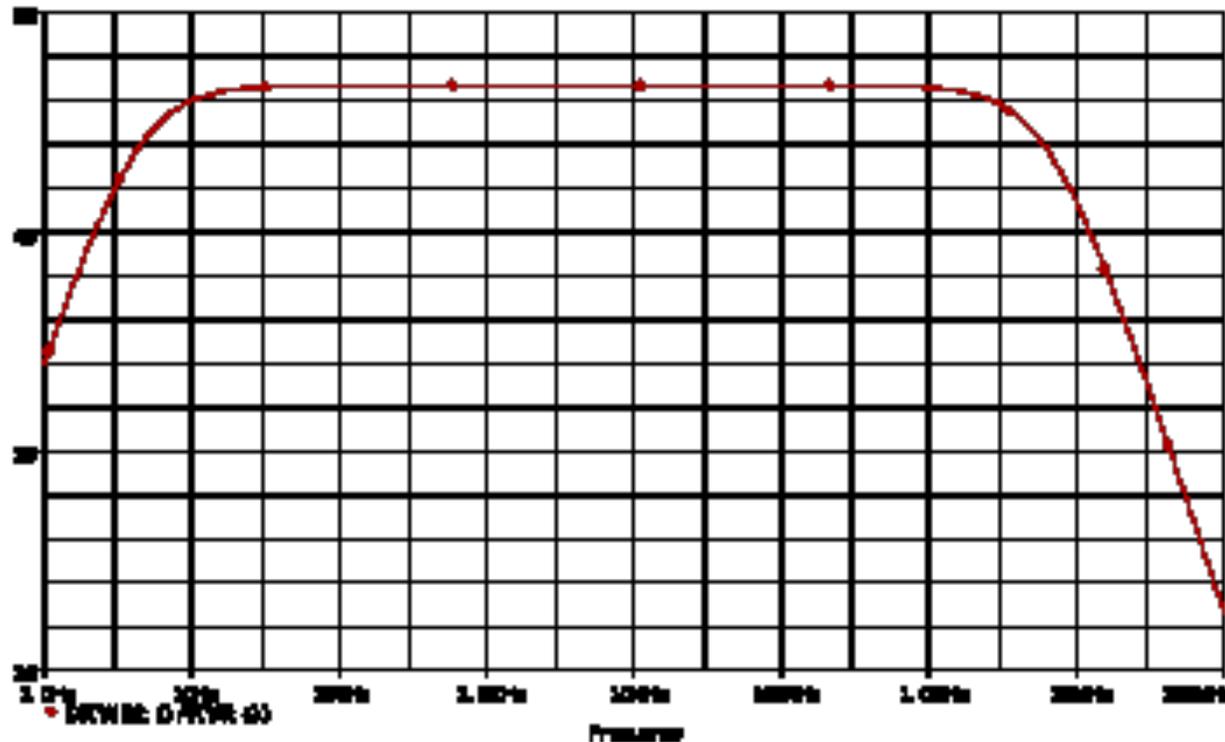
Corrente di Collettore

- Anche se l'efficienza è scadente, punto di forza degli amplificatori in classe A è la **risposta in frequenza**



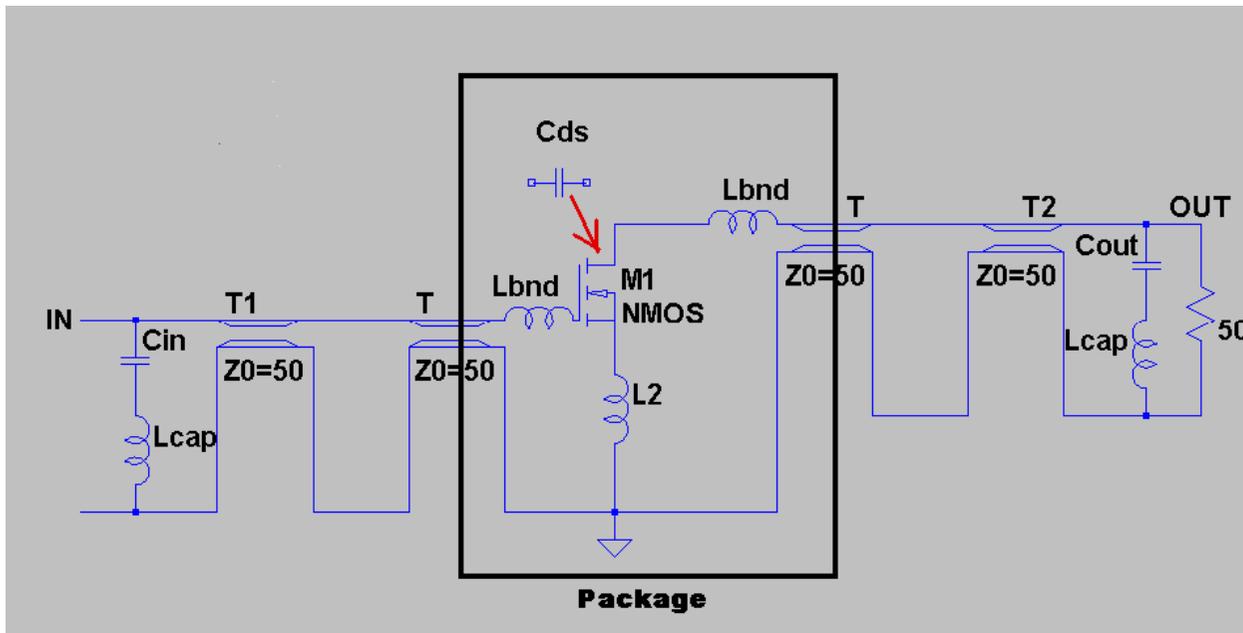
Risposta in frequenza

- è possibile notare come la risposta in frequenza sia piatta su un ampio range di frequenze e abbia un elevato guadagno in dB



Amplificatore RF in classe A

- È possibile, tuttavia, costruire amplificatori in classe A per segnali a radiofrequenza utilizzando tecniche a **carico lineare**.
- È riportato lo schema di un amplificatore di potenza in classe A con caratteristica lineare a 1.9 GHz e la relativa tabella dei valori



Elemento	Valore
Cout	2.7pF
Cin	4.7pF
Lcap	0.6nH
Cds (drain source)	1.5pF
Ls	0.08nH
Lbnd	0.2nH
T	40mil ($\epsilon_r=10$, $h=10$)
T1	150mil ($\epsilon_r=4.5$, $h=31$ mil)
T2	180mil ($\epsilon_r=4.5$, $h=31$)

Calcolo dell'efficienza di un amplificatore in classe A

Come detto, l'efficienza è data dal rapporto percentuale tra la potenza trasferita al carico e quella assorbita dall'alimentazione che viene espressa come

$$\eta = \frac{P_L}{P_S} \%$$

La potenza media continua richiesta all'alimentazione è data da

$$P_S = V_{CC} I_C$$

La potenza media fornita al carico, è data da

$$P_L = \left(\frac{V_P}{\sqrt{2}} \right) \left(\frac{I_P}{\sqrt{2}} \right) = \frac{V_P I_P}{2} = \frac{I_P R_L I_P}{2} = \frac{I_P^2 R_L}{2}$$

$$V_P = \frac{V_{CE(\max)} - V_{CE(\min)}}{2}$$

$$I_P = \frac{I_{C(\max)} - I_{C(\min)}}{2}$$

Efficienza ideale del classe A

Considerando il caso ideale nel quale

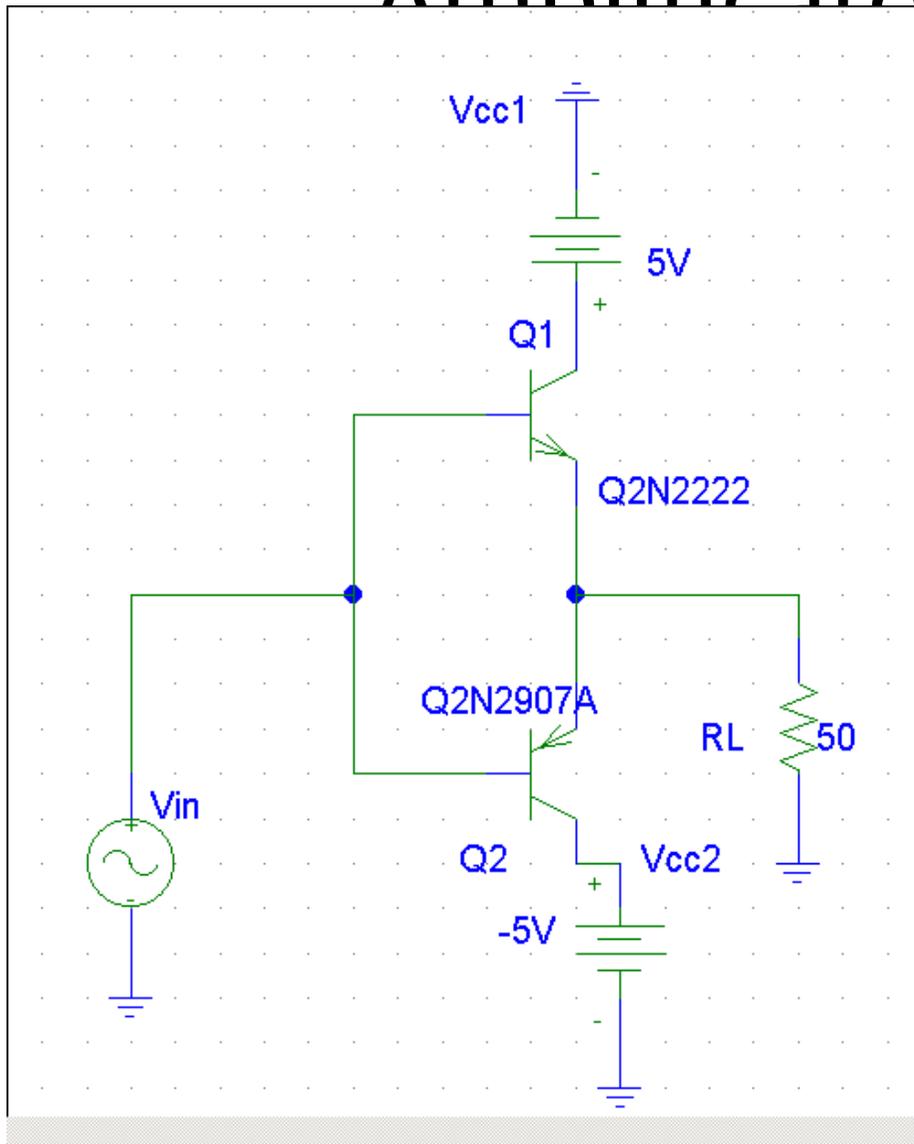
$$V_{CE(\min)} = 0, I_{C(\min)} = 0, \quad V_{CE(\max)} = V_{CC}, \quad I_{C(\max)} = 2I_C$$

otteniamo un'efficienza massima

$$\eta_{\max} = \frac{V_{CE(\max)} I_{C(\max)}}{8V_{CC} I_C} = \frac{V_{CC} 2I_C}{8V_{CC} I_C} = \frac{1}{4} = 25\%$$

Questo valore, quindi, può essere considerato come limite massimo dell'efficienza oltre il quale non è possibile salire. Nella realtà l'efficienza è più bassa in quanto le ipotesi fatte non sono pienamente rispettate. Ad esempio nell'amplificatore in classe A analizzato precedentemente, si è riscontrata una $P_s = 14,544\text{mW}$ e una $P_L = 3,600\text{mW}$ ottenendo un valore dell'efficienza molto vicino al massimo teorico e pari a 24,7%

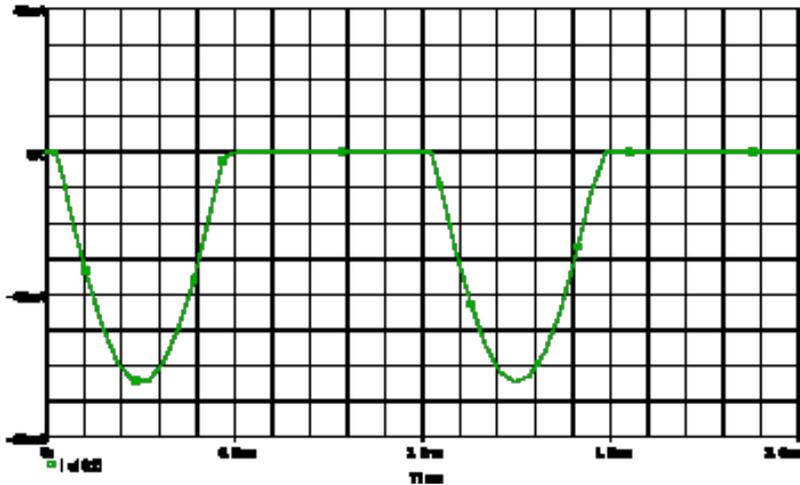
Amplificatori in classe B



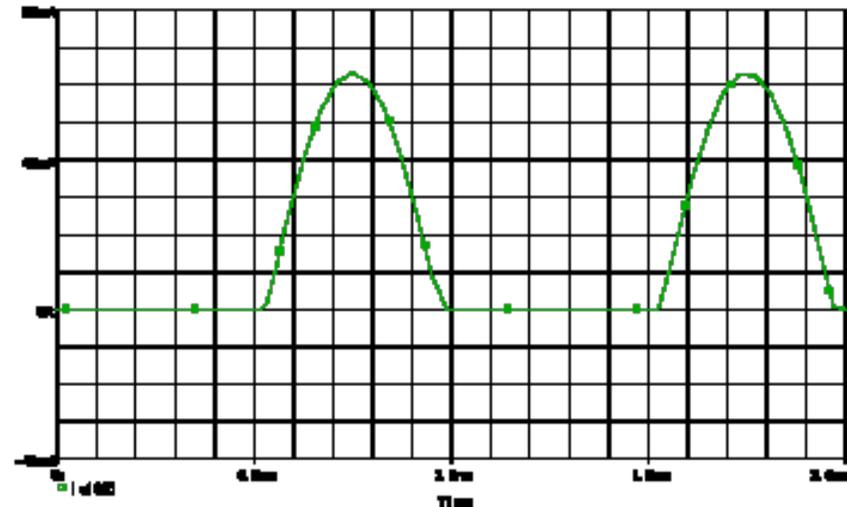
- Negli amplificatori in classe B, il transistore è polarizzato con una corrente di collettore continua nulla ed è in regione di conduzione solo per un semiperiodo del segnale d'ingresso; quindi l'angolo di conduzione è pari a 180° . Un esempio di amplificatore in classe B è l'amplificatore **PushPull a simmetria complementare**.
- Questo tipo di amplificatore è formato da due stadi emitter follower che operano in contofase attraverso l'impiego di una coppia di BJT, uno *nnp* e l'altro *npn*

Correnti nei collettori

- Quando il transistoro conduce, la corrente di collettore è $i_c = I_p \sin \omega t$

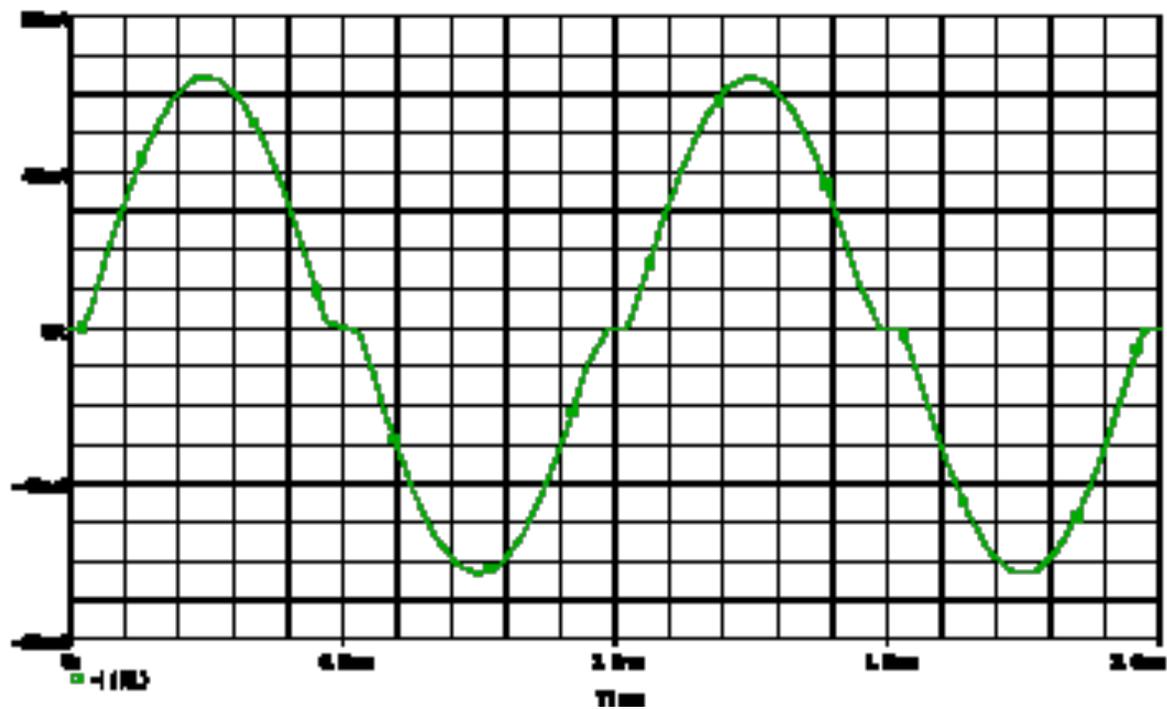


Forma d'onda della corrente del transistoro NPN



Forma d'onda della corrente del transistoro PNP

Corrente sul carico



Forma d'onda della corrente sul carico

Calcolo dell'efficienza di un amplificatore in classe B

Per poter calcolare l'efficienza di un amplificatore in classe B assumiamo che

$$V_{CE1(sat)} = V_{CE2(sat)} = 0V$$

$$I_{C(min)} = 0A$$

e che i_c abbia variazioni sinusoidali; allora possiamo ricavare la corrente media di collettore sul transistoro:

$$I_{C1} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} i_{c1} dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} I_P \sin(\omega t) d\omega t = \frac{I_P}{\pi}$$

Efficienza del classe B

La potenza media fornita dall'alimentazione è

$$P_S = I_{dc} V_{CC} = \frac{2I_P V_{CC}}{\pi}$$

e la potenza in uscita

$$P_L = \frac{I_P V_P}{2}$$

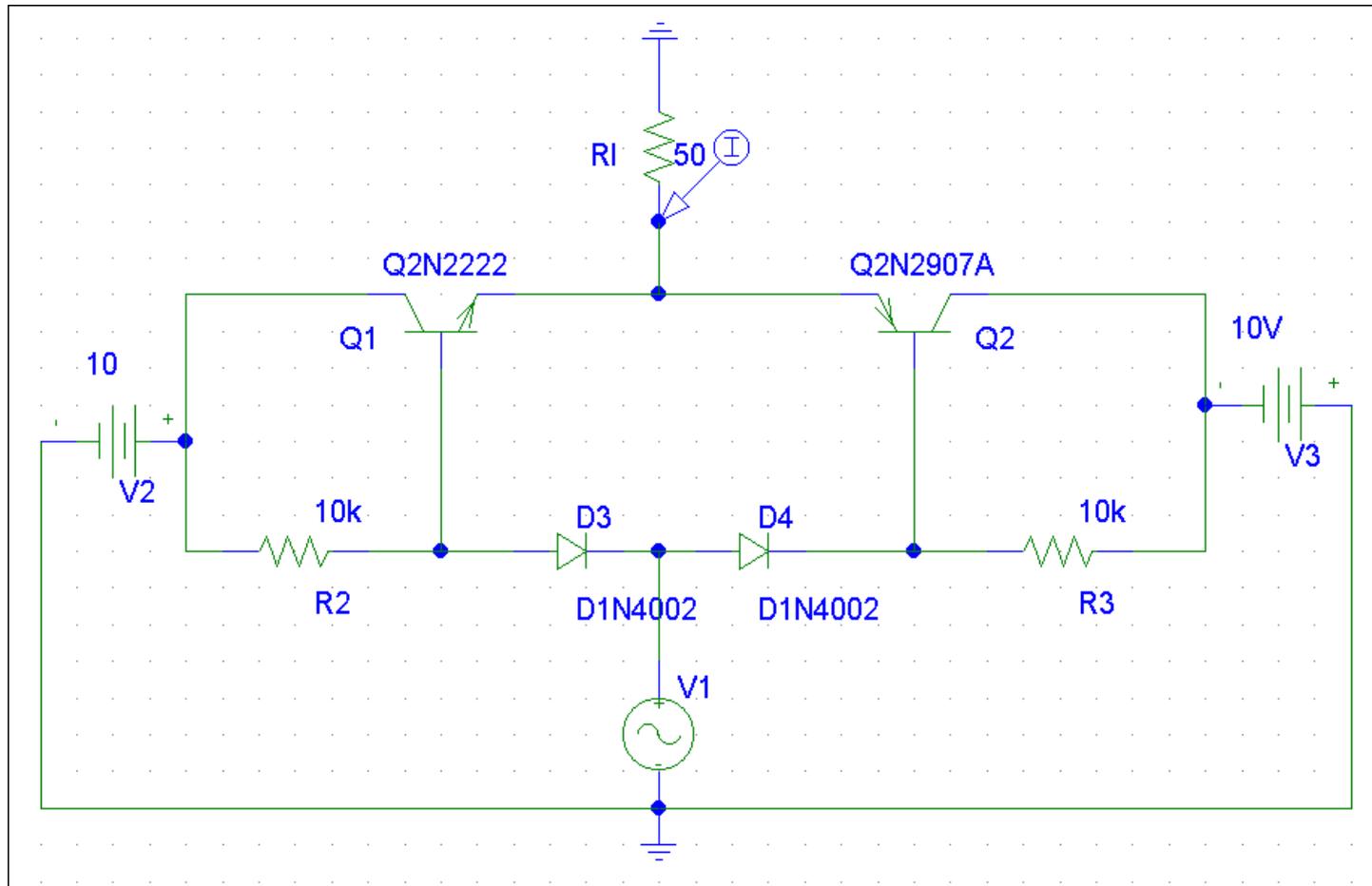
ottenendo un'efficienza

$$\eta = \frac{I_P V_P / 2}{2I_P V_{CC} / \pi} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{V_P}{V_{CC}} \right)$$

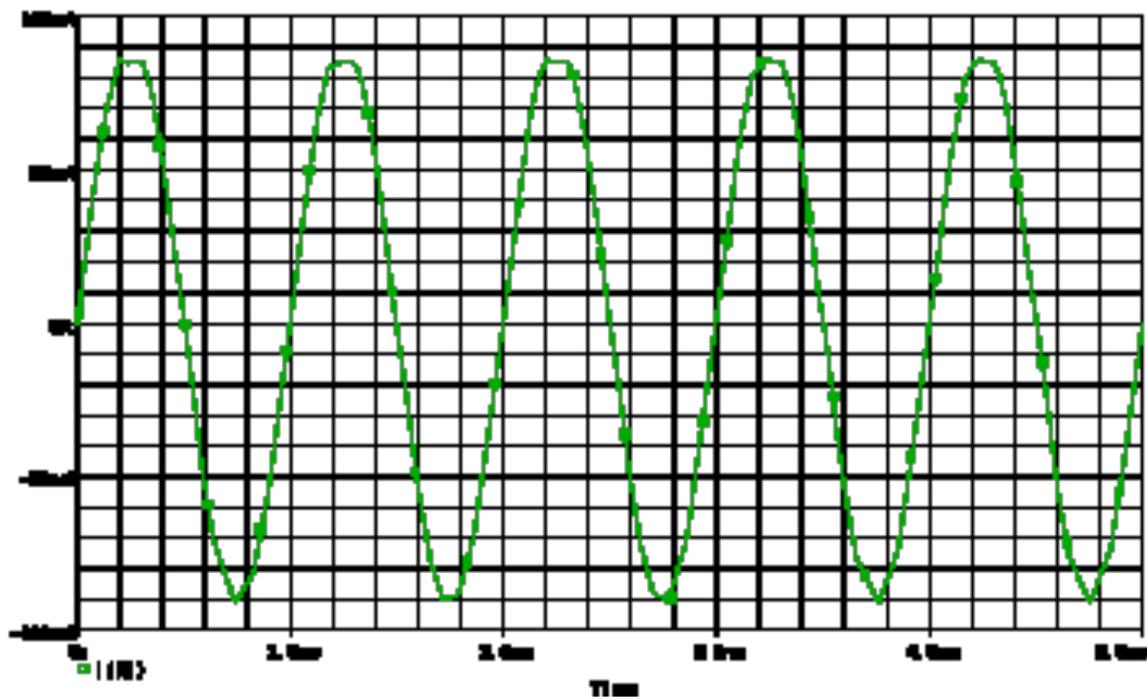
che sarà massima scegliendo

$$V_P = V_{CC} \quad \longrightarrow \quad \eta = 78,5\%$$

Amplificatori in classe AB



Corrente sul carico



Calcolo dell'efficienza di un amplificatore in classe AB

- L'efficienza di un amplificatore in classe AB è molto simile a quella di uno in classe B a parte il fatto che il circuito in classe AB dissipa una potenza di riposo di $I_Q V_{CC}$ per transistor, dove I_Q è la corrente che scorre nel transistor quando il segnale di ingresso sulla base è nullo.
- Quindi la potenza media fornita dall'alimentazione in continua è

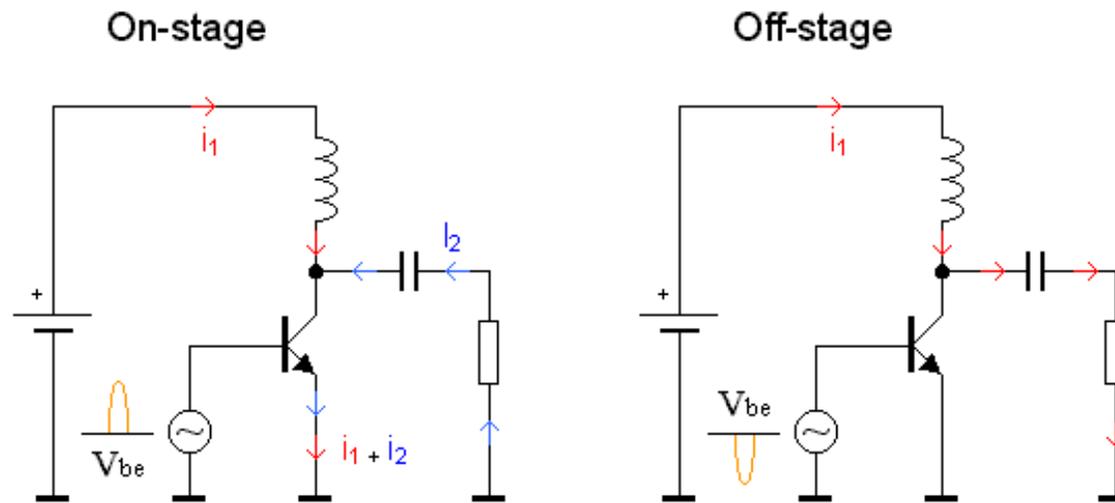
$$P_s = \frac{2I_P V_{CC}}{\pi} + I_Q V_{CC} = V_{CC} \left(\frac{2I_P}{\pi} + I_Q \right)$$

- Questo termine aggiuntivo porta ad un peggioramento dell'efficienza rispetto alla classe B

Amplificatori in classe C

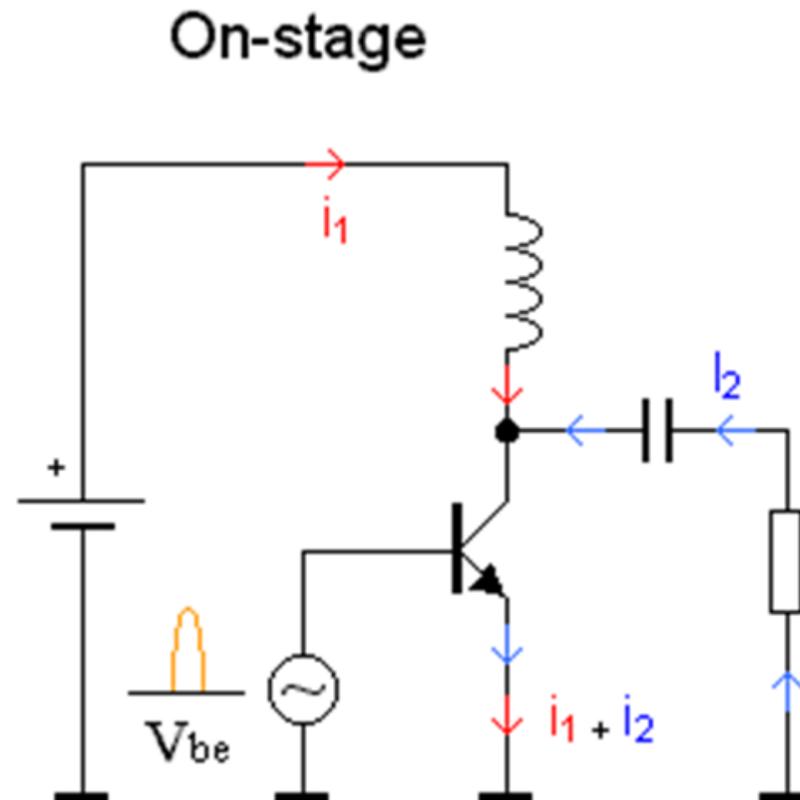
Gli amplificatori in classe C possono essere costruiti in diverse configurazioni circuitali.

Prima di analizzarne qualcuna, si noti la figura seguente che mostra i 2 stati di funzionamento del più semplice schema di amplificatore in classe C



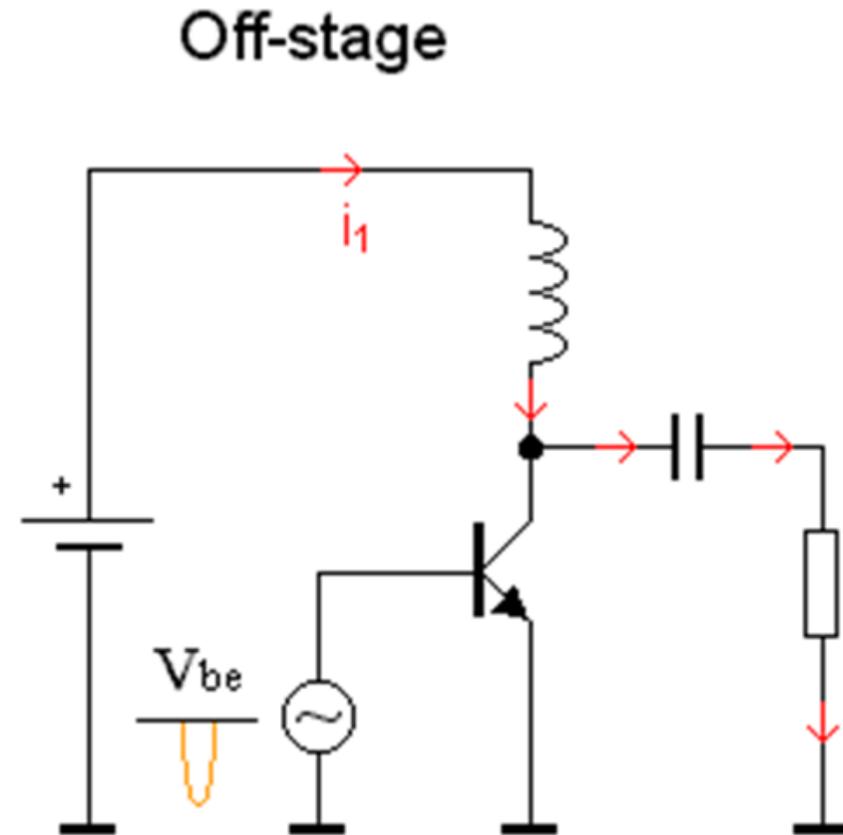
Fase Acceso

- Durante il periodo *positivo* del segnale d'ingresso il transistor conduce: On-stage.
- E' possibile immaginare il transistor come un interruttore tra collettore ed emettitore.
- Succede che la corrente i_1 (in rosso) fluisce attraverso l'induttore e attraverso il transistor fino a massa. L'induttore crea un campo magnetico dipendente dell'ampiezza della corrente. Allo stesso tempo la tensione sul condensatore scarica attraverso il resistore facendo scorrere un'altra corrente I_2 (in blu) attraverso il transistor; così la corrente I_2 passa nel carico (antenna) e irradia energia.



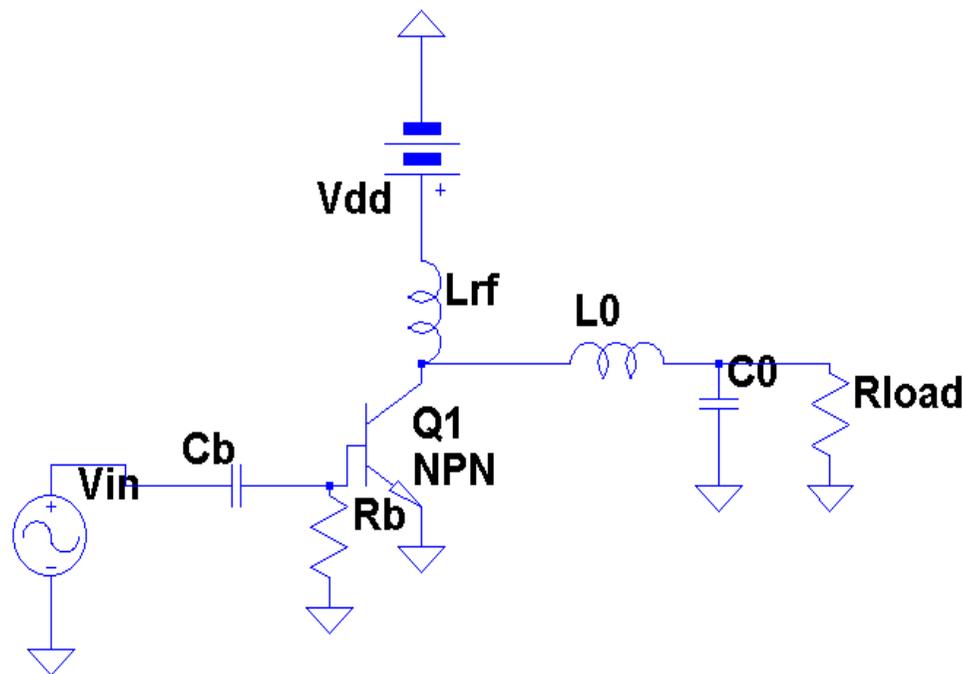
Fase spento

- Durante il periodo *negativo* del segnale d'ingresso il transistor non conduce (Off-state).
- Il transistor lavora come un circuito aperto e quindi non passa corrente tra il collettore e l'emettitore.
- La bobina e il condensatore accordati alla frequenza fondamentale del segnale d'ingresso generano una corrente I_1 (in rosso) con frequenza pari alla frequenza del segnale d'ingresso che scorrerà nel carico (antenna).



Analisi del Classe C

- L'amplificatore è costruito in tecnologia BJT e presenta un circuito accordato alla frequenza della fondamentale formato da L_0 e C_0 . In questo modo l'energia immagazzinata nella rete viene fornita al carico quando il transistor è spento per garantire continuità alla potenza irradiata.



Analisi dell'efficienza di un amplificatore in classe C

- Se il circuito accordato è in risonanza per una particolare componente della corrente I_N , dove N è un particolare valore di n , allora I_N è il picco dell'ampiezza della corrente sinusoidale fornita al carico
- in questo modo la potenza in uscita sarà

$$\frac{1}{2} V_{dd} I_N$$

- dove V_{dd} è la tensione di alimentazione

Efficienza

- La potenza fornita dall'alimentazione sarà

$$V_{dd} I_0$$

- dove I_0 è il valor medio della corrente di alimentazione

Efficienza

- Possiamo ora definire l'efficienza ideale detta anche **plate efficiency**

$$\eta = \frac{P_0}{P_{dd}} = \frac{V_{dd} I_N / 2}{V_{dd} I_0}$$

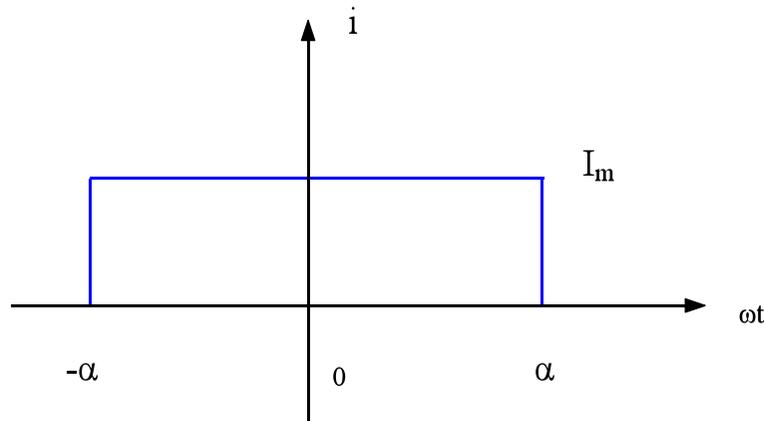
- Quindi

$$\eta = \frac{I_N}{2I_0}$$

- risulta che l'efficienza è nota una volta nota la

Analisi della corrente nel transistor

- Avendo definito il transistor un interruttore ideale, è possibile analizzare l'andamento della corrente attraverso un modello che simuli gli stati dell'interruttore, chiamato modello ad impulso quadrato



$$i = I_m \quad -\alpha \leq \omega t \leq \alpha$$

- Attraverso questo modello la corrente

d'interruttore sarà

$$I_0 = \frac{\alpha}{\pi} I_m$$

- dove I_m è l'ampiezza della corrente $\sin N\alpha$ d'interruttore e α è pari alla metà dell'angolo di conduzione

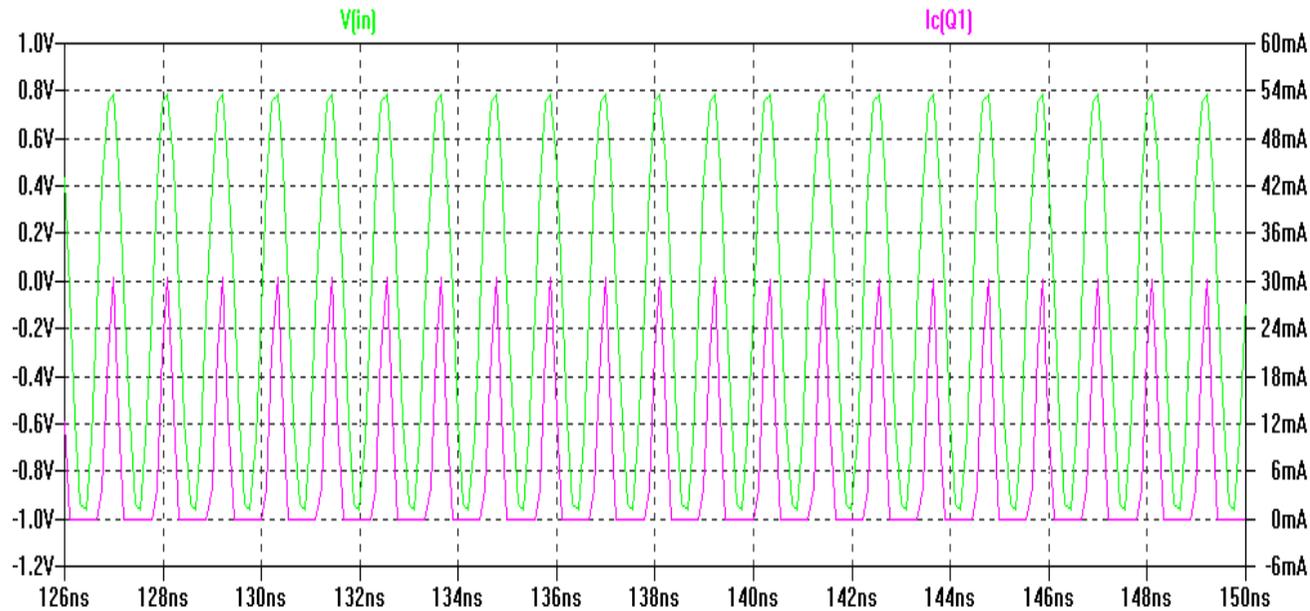
Efficienza ideale

- l'efficienza ideale del modello quadrato è rappresentata come

$$\eta = \frac{\sin N\alpha}{N\alpha}$$

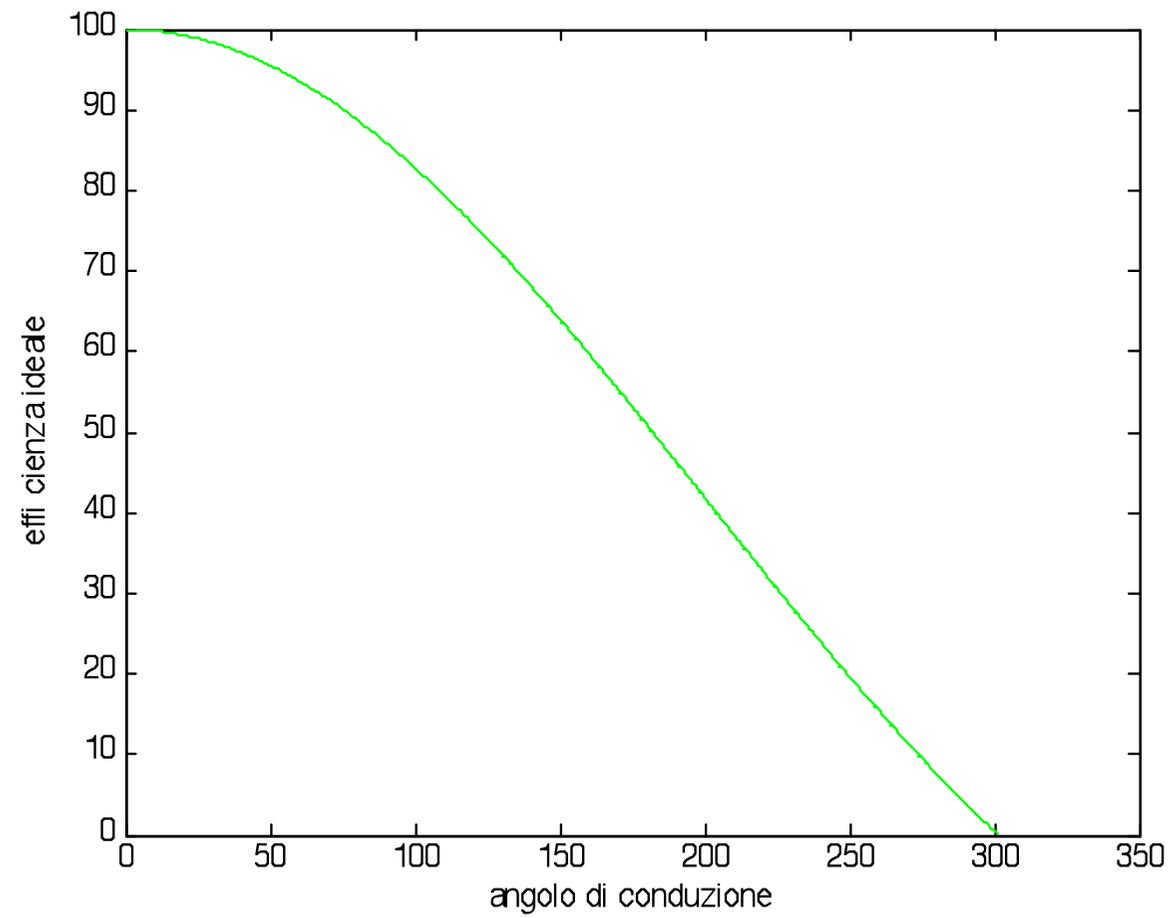
Isocronia

Guardando alle frequenze, si può notare che la frequenza degli impulsi di corrente è pari alla frequenza della sinusoide della tensione di ingresso



Andamento del segnale d'ingresso (in verde) e della corrente di collettore (in viola)

l'efficienza in funzione dell'angolo di conduzione θ



Limiti dell'efficienza di un amplificatore in classe C

- L'analisi dei limiti d'efficienza degli amplificatori in classe C è effettuata attraverso lo studio di I_N che è la componente della corrente di collettore alla frequenza di uscita, calcolata come

$$I_N = 2\eta I_0$$

- Inoltre è possibile introdurre la potenza dissipata sul collettore in relazione alla potenza di alimentazione e all'efficienza sul collettore, η_c

$$P_c = P_{dd} (1 - \eta_c)$$

- In questo modo è possibile individuare due fattori che contribuiscono a rendere differenti i valori η e V_{dc} da quelli effettivi:
 - Se la tensione di fondo, V_{min} , non è trascurabile, allora può essere utilizzata per analisi sulle approssimazioni, considerando il fattore

$$H = 1 - \frac{V_{min}}{V_{dd}}$$

dove $\eta_c = \eta H$ e quindi il fattore H pone un limite superiore all'efficienza

- Se Q non è molto grande, la tensione di picco del collettore potrebbe essere minore o maggiore di $2V_{dd}$ a causa della presenza di pulsazioni di taglio superiore; quindi per una buona progettazione della rete di carico è d'obbligo un alto Q.

Guadagno in potenza di un amplificatore in classe C

- Analizzando il guadagno in potenza degli amplificatori di classe C, si nota che ad un aumento di potenza del segnale di ingresso P_{in} , non si producono sensibili guadagni di potenza in uscita; inoltre il guadagno di potenza non è facilmente determinabile per amplificatori a piccolo segnale. Di solito, la potenza viene quasi tutta assorbita dalla sorgente di alimentazione e dagli elementi attivi, in quantità molto simili. Per questi motivi è possibile dare solo un risultato approssimato del guadagno in potenza degli amplificatori ad alta frequenza.
- In aggiunta, sempre per le alte frequenze, dato che la maggior parte della potenza è dissipata sulla resistenza di carico della base $r_{bb'}$, allora la potenza in ingresso può essere definita come

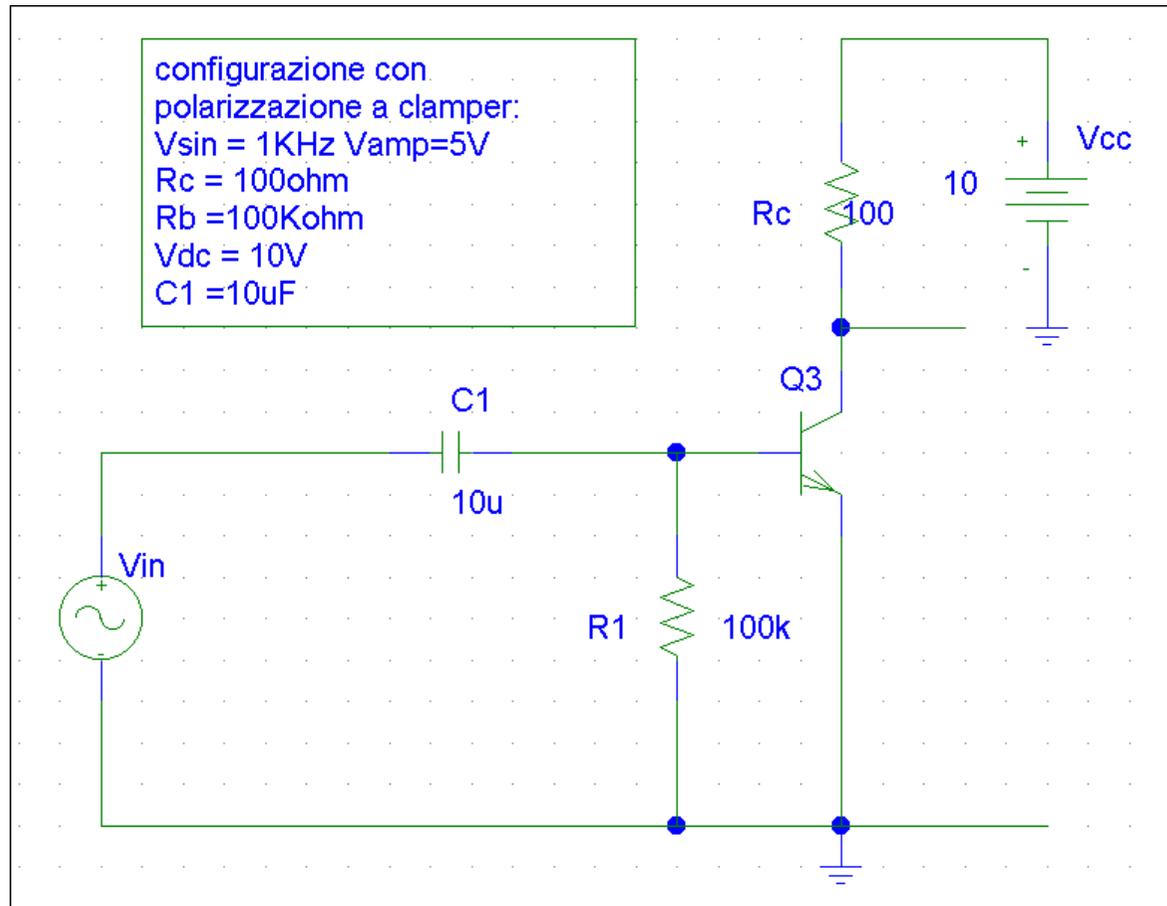
$$P_{in} \approx P_{bb'} = (i_{bb'})^2 r_{bb'}$$

- Inoltre dato che l'amplificatore è ad alta efficienza, la potenza fornita dall'alimentazione P_{dc} è all'incirca pari alla potenza in uscita e il guadagno in potenza è approssimativamente

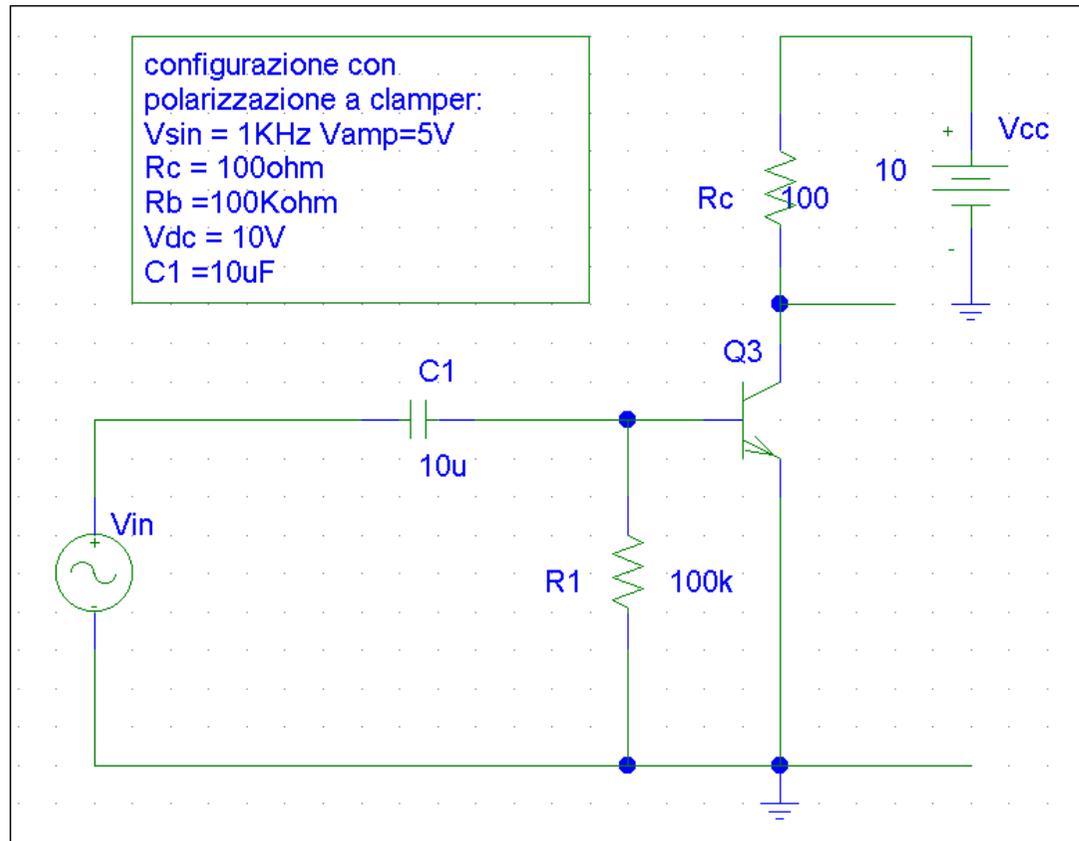
$$\frac{P_{dd}}{P_{bb'}} = \frac{V_{dd} I_0}{(i_b^2) r_{bb'}}$$

Amplificatori in classe C con polarizzazione clamper

Spesso gli amplificatori di potenza in classe C vengono realizzati usando una polarizzazione a clamper come mostrato nella figura:

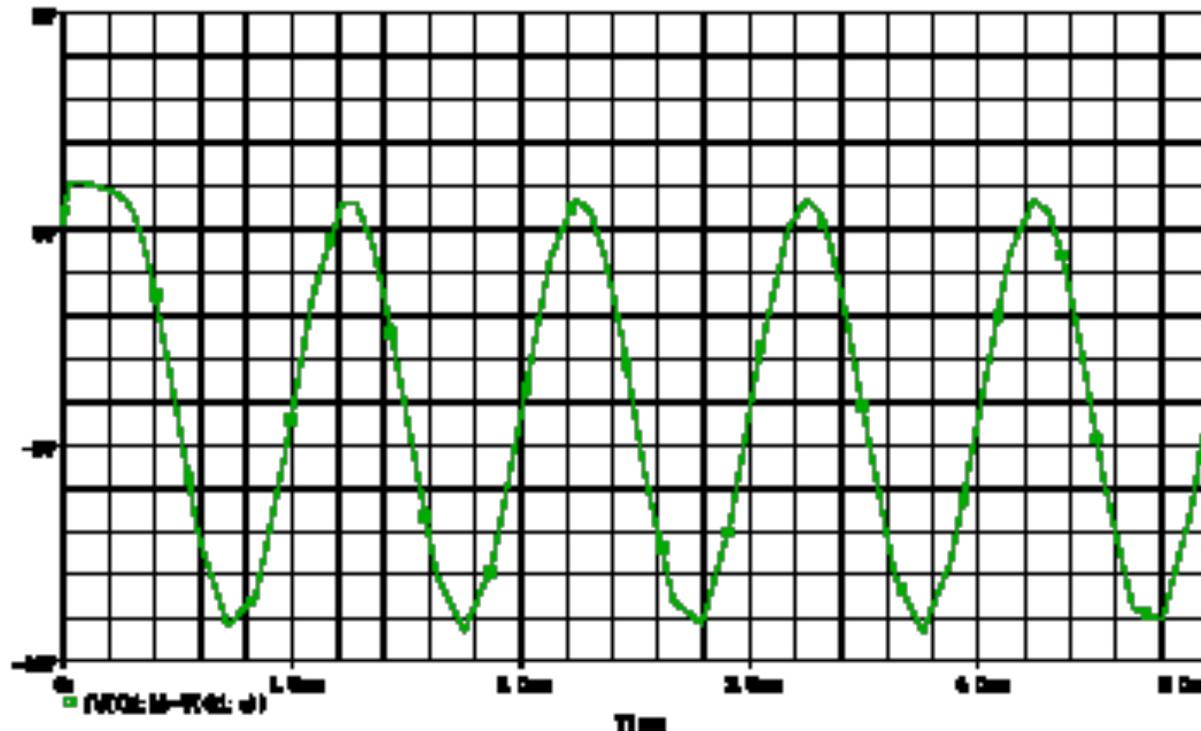


- Il clamper in questione è quello individuato dal condensatore C_1 e dal diodo base-emettitore del BJT. Questa configurazione ha lo scopo di limitare il tempo in cui il BJT si trova in zona attiva. Affinché ciò avvenga bisogna limitare il tempo in cui la tensione sulla giunzione base-emettitore assuma un valore maggiore della tensione di soglia, cioè della minima tensione per la quale fluisce corrente nel transistor.



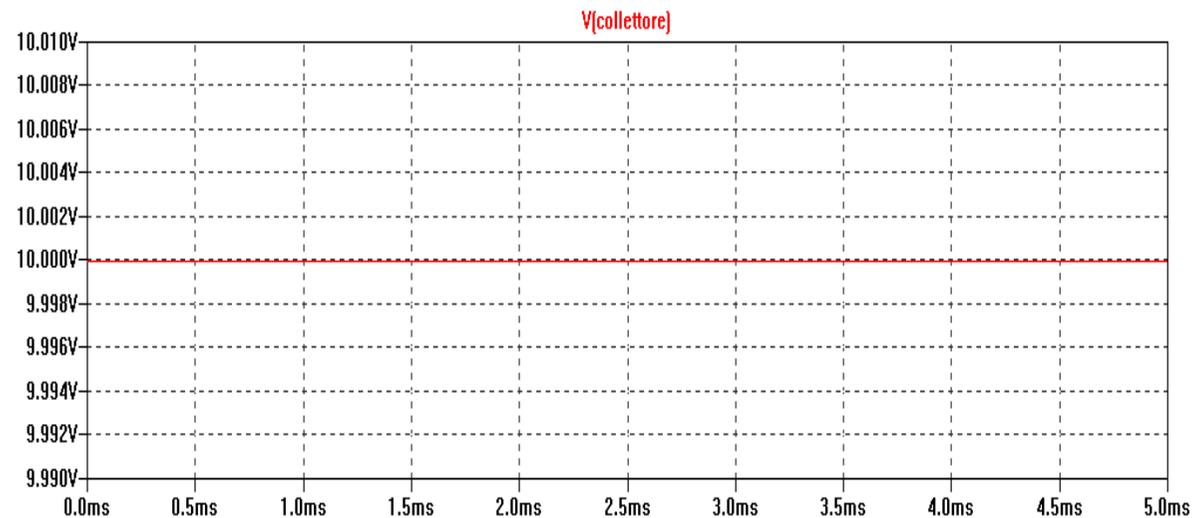
Scelta dei parametri del clamper

- Per garantire il comportamento del transistor secondo le caratteristiche descritte precedentemente, bisogna scegliere bene i parametri del clamper.
- Nel caso in cui la resistenza in ingresso R_1 sia nulla, il condensatore si carica ad una tensione continua data dal picco di V_{in} diminuita della tensione di soglia del diodo; in questo modo, a regime, ritroviamo sulla giunzione B-E il segnale d'ingresso V_{in} traslato verso il basso e con un picco positivo agganciato all'incirca a 0.5V:



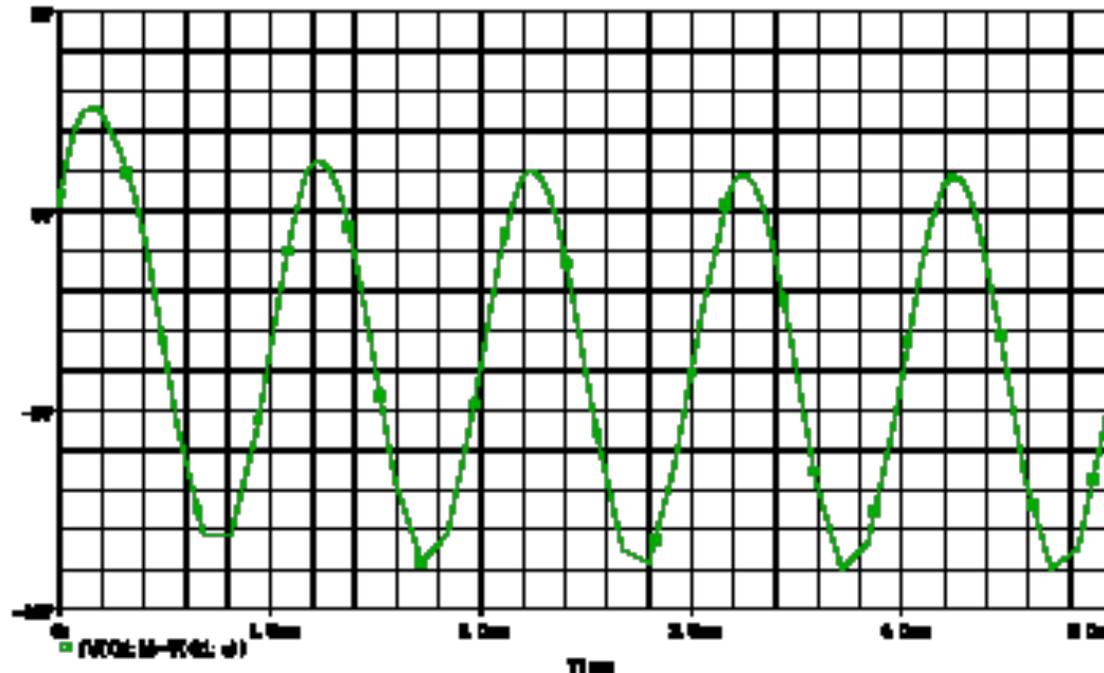
Tensione di Collettore

- Se la tensione tra base ed emettitore (V_{be}) non supera mai la tensione di soglia, il transistor rimane interdetto per tutta la durata del segnale d'ingresso e la corrente che scorre è nulla.
- Per un corretto funzionamento dell'amplificatore, questo non deve accadere altrimenti il collettore rimane polarizzato alla tensione di alimentazione per l'intero ciclo del segnale d'ingresso



Tensione v_{be}

- In presenza di R1, il condensatore C1 si scarica più o meno rapidamente a seconda della costante di tempo τ , cioè dipendentemente dal valore di R1. In questo caso, il picco positivo di v_{be} viene agganciato ad un valore maggiore di 0.5V.



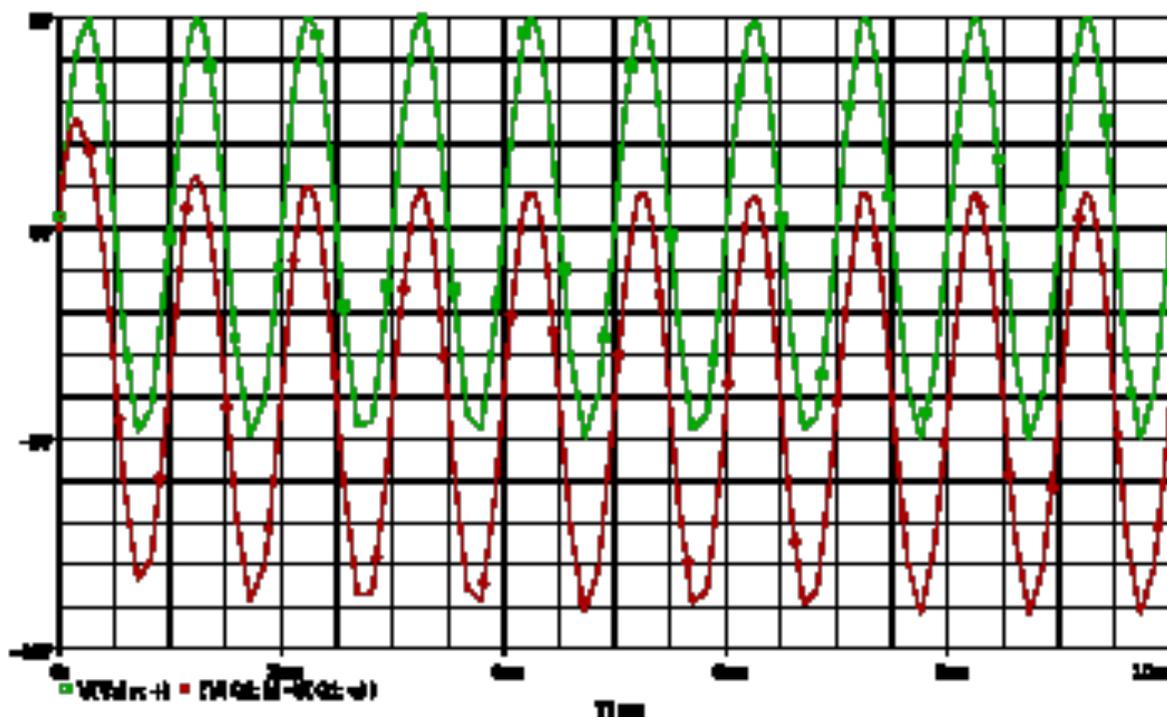
- Questo porta periodicamente il BJT in regione di conduzione in quanto deve ricaricare la capacità C1 che si scarica attraverso R1; questo avviene in prossimità del picco positivo di v_{in} .

Dimensionamento del Clamper

- Si può notare che più $R1$ diminuisce, più $C1$ si scarica rapidamente, e più aumentano:
 - il tempo di conduzione del BJT
 - il picco della corrente di base
 - il picco della corrente v_{be} .
- Quindi per un corretto funzionamento del clamper, bisogna progettare il circuito in modo che la costante di tempo sia molto più grande del periodo del segnale di ingresso

Tensione in ingresso e sulla base

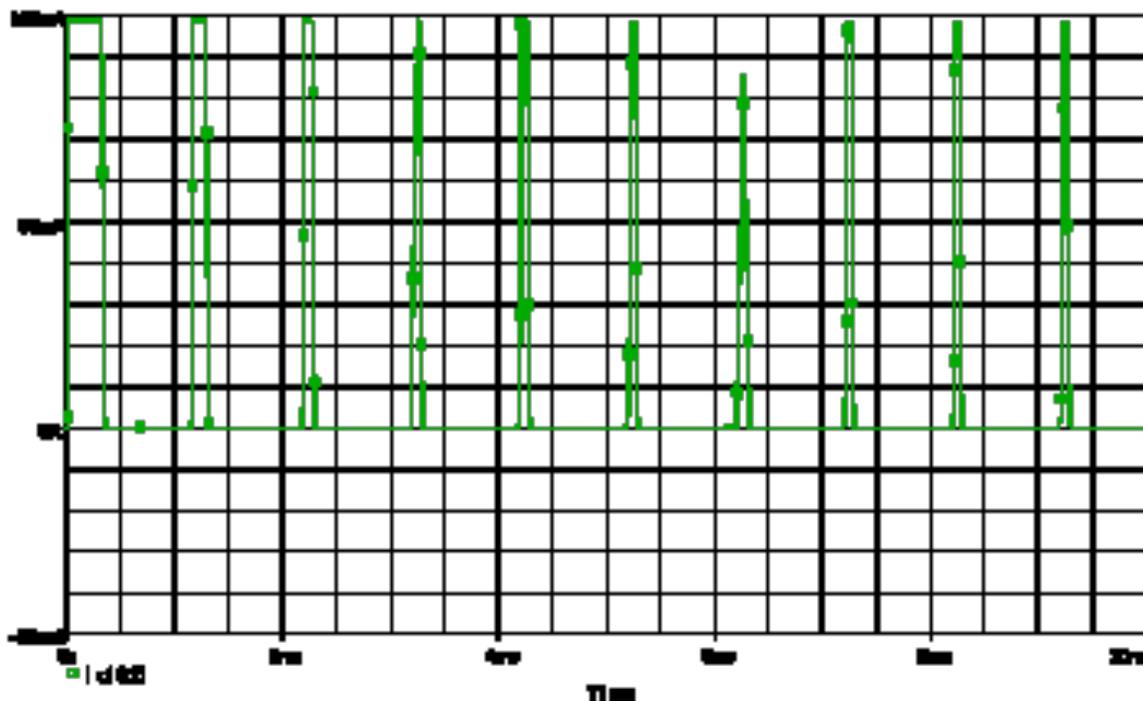
- tensione di ingresso e della tensione v_{be} del transistor per un valore di $R1$ pari a $100k\Omega$



Andamento del segnale di ingresso (in verde)
e della tensione v_{be} (in rosso)

v_{be} ha la stessa forma d'onda della tensione di ingresso ed i valori di picco delle due tensioni vengono raggiunti nello stesso istante di tempo. Nei brevi intervalli di tempo in cui v_{be} supera il valore di soglia, il BJT entra in conduzione e circola corrente dissipando potenza.

Analisi della corrente sul collettore

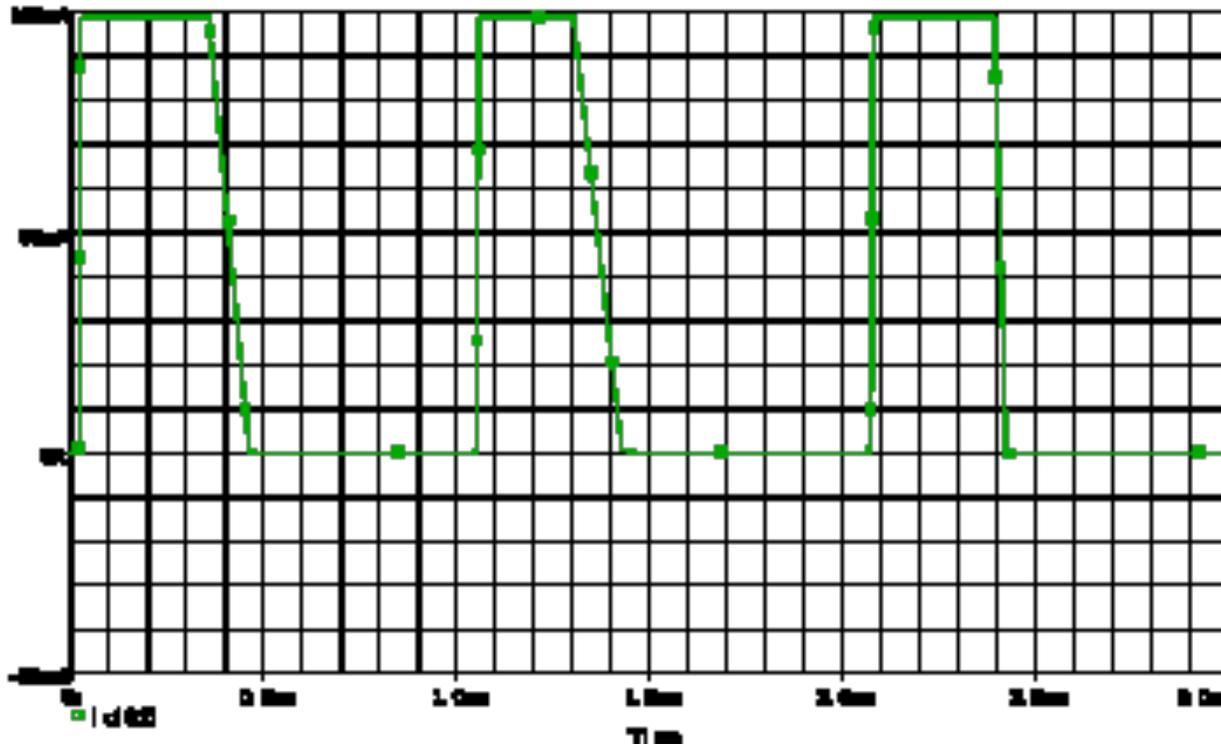


Andamento della corrente nel collettore

L'ampiezza degli impulsi è pari a 100mA mentre la durata è pari al periodo in cui il BJT si trova nella regione di conduzione. Come si nota dalla figura, la frequenza degli impulsi di corrente è uguale alla frequenza del segnale d'ingresso che, nell'analisi, è stata scelta pari ad 1KHz.

Tempo di Conduzione

- La durata degli impulsi è fortemente influenzata dalla capacità del clamper in quanto a parità della resistenza, una capacità più grande richiede un tempo maggiore di carica e quindi un periodo di conduzione del BJT maggiore.
- Ad esempio nella figura seguente è stata analizzata la corrente di collettore scegliendo la capacità pari a 100uF.



Capacità (μF)	Durata Impulso (ms)
100	0.36
10	0.33
1	0.31
0.1	0.27

Come scelgo il transistoro

- La scelta del transistoro è importante perché a seconda della scelta, c'è un limite sulla minima dimensione della capacità del clamper che può essere utilizzata. In particolare questo limite dipende dalle capacità base-collettore e base-emettitore secondo le relazioni

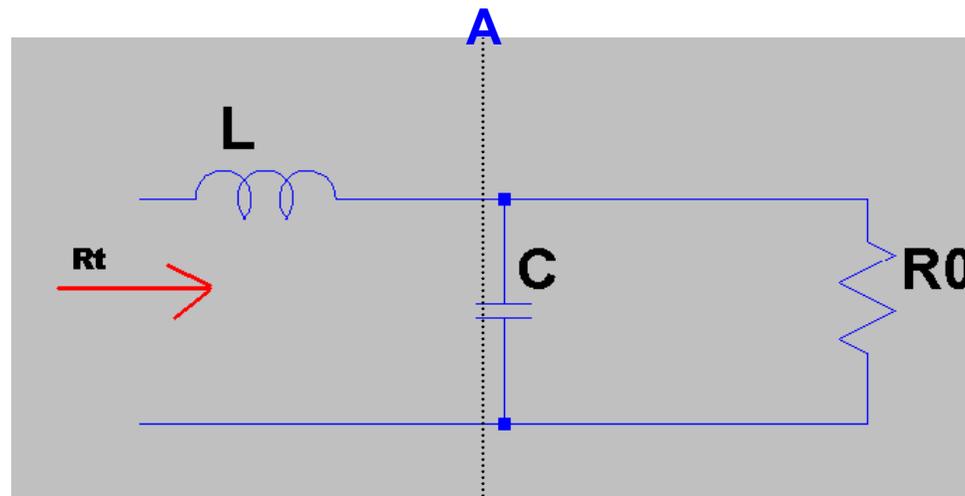
$$C_C \gg C_{BC}$$

$$C_C \gg C_{BE}$$

- dove C_C è la capacità del clamper e C_{BC} e C_{BE} sono le capacità base-collettore e base-emettitore

Filtri accordati per amplificatori in classe C

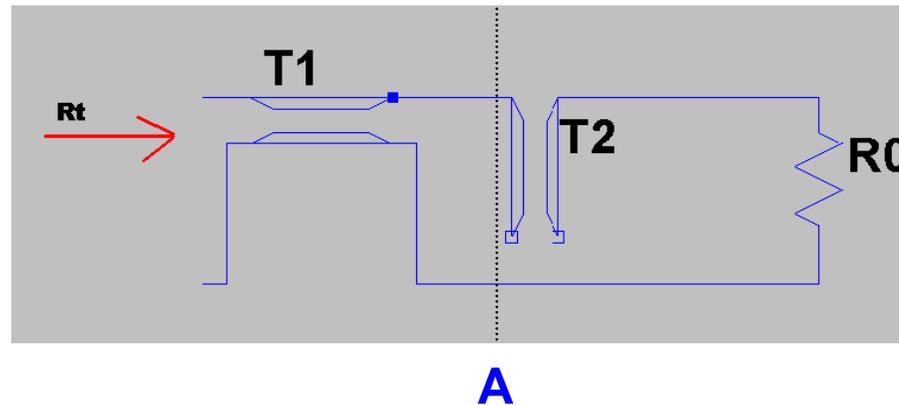
- Dato che il BJT si trova in regione d'interdizione per quasi tutta la durata del segnale d'ingresso, il segnale di uscita avrà una forma alterata, dovuta all'introduzione di nuove componenti armoniche, conservando però lo stesso periodo del segnale di ingresso.
- Ciò può essere neutralizzato con l'utilizzo di reti passa basso costituite da un capacitore in parallelo al carico e da una induttanza serie risonante alla frequenza fondamentale del segnale.



$$m = R_0 / R_t$$

Filtri a microstriscia

- Alle alte frequenze è possibile realizzare il filtro con parametri distribuiti: la sezione serie può essere realizzata con una linea di trasmissione che adatta il carico R_0 all'impedenza di ingresso R_T , mentre la sezione parallela può essere realizzata con un stub di lunghezza adeguata e ad impedenza caratteristica più bassa di quella della linea trasmissiva serie.
- In circuito aperto tale rete, che è definita "*Occam's razor*", permette soluzioni semplici utilizzabile per un largo range di frequenze senza ricorrere a particolari e costosi dispositivi concepiti esclusivamente per le radiofrequenze; inoltre è standard per tutte le classi di amplificatori a radiofrequenza, anche se gli elementi concentrati risultano altrettanto validi nelle applicazioni RF a frequenze più basse.



$$m=R_0/R_t$$

Banda di risonanza

- La banda passante della rete è fortemente influenzata dal rapporto di trasformazione

$$m = \frac{R_0}{R_T}$$

- che diventa molto stretta quando per **$m > 10$** , situazione comune quando si progettano amplificatori di potenza in RF; quindi queste reti vengono impiegate molto nella progettazione di amplificatori RF a banda

Calcolo dei parametri

- Per realizzare una rete passa-basso va calcolata l'impedenza all'ascissa "A":

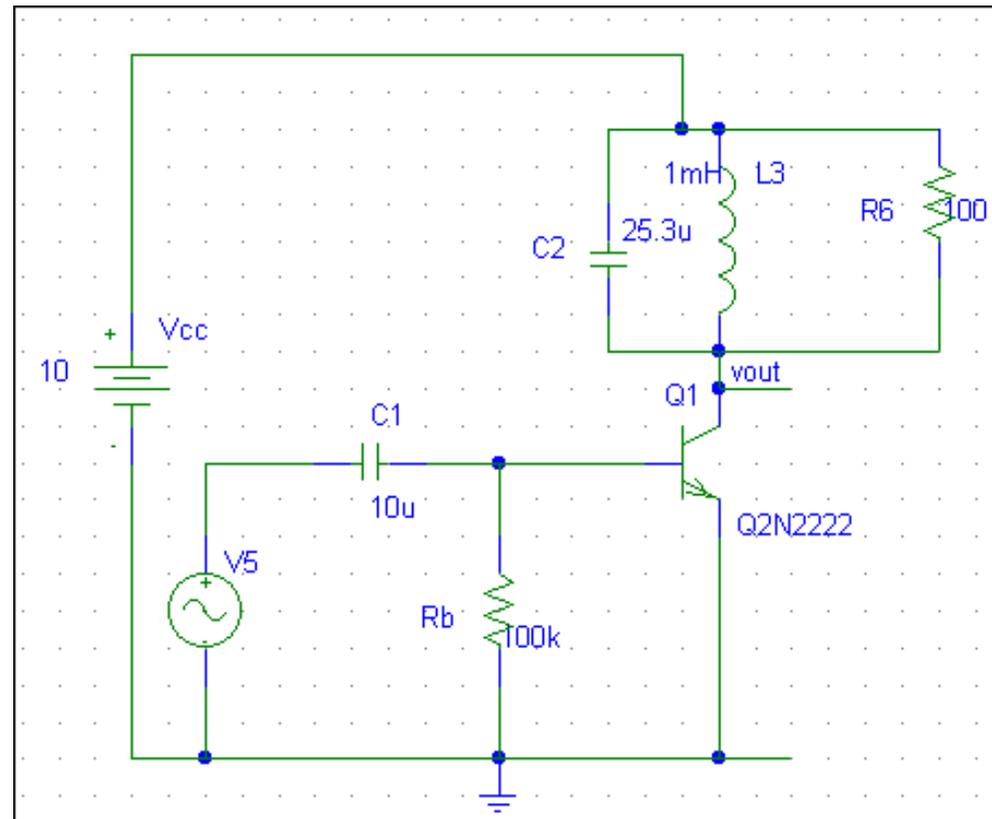
$$Z_A = \frac{R_0}{1 + jR_0\omega C} = \frac{R_0(1 - jR_0\omega C)}{1 + (R_0\omega C)^2}$$

- così la parte reale dell'impedenza a tale ascissa sarà: $\text{Re}(Z_A) = \frac{R_0}{1 + (R_0\omega C)^2} = \frac{R_0}{\left(\frac{R_0}{X_C}\right)^2}$ dove $R_T = \text{Re}(Z_A)$

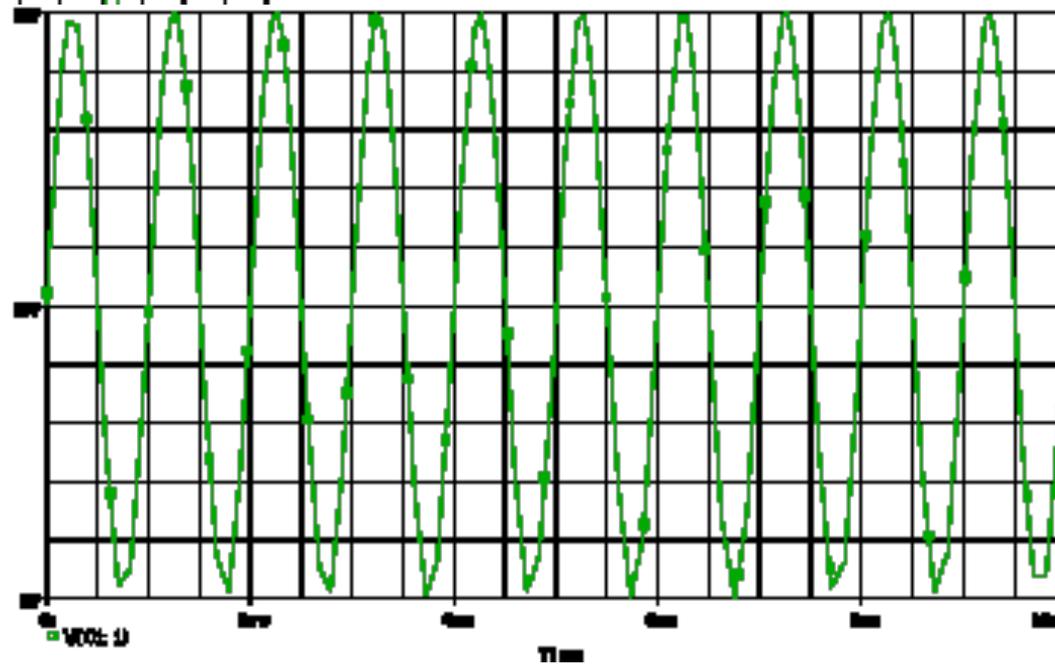
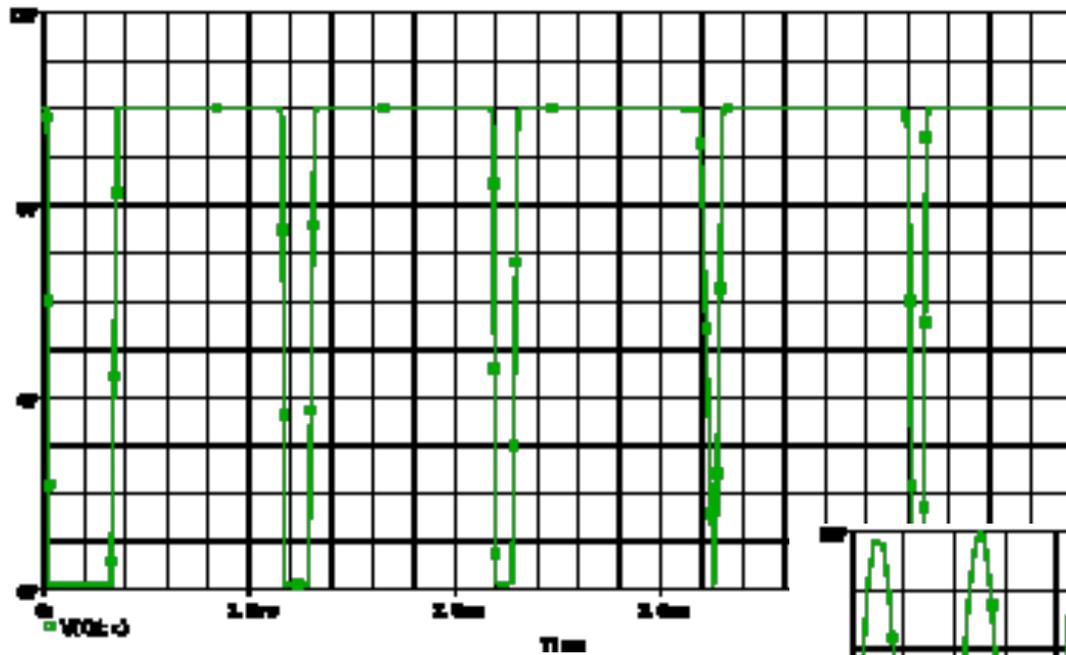
$$X_L = R_T \sqrt{m-1}$$

- Ad esempio una rete con impedenze di 50Ω al carico e 1Ω all'ingresso della rete, alla frequenza centrale di 1.9GHz , richiede i seguenti valori:
 $m = 50$ $X_c = 50 / 7\Omega$ $C = 11.7 \text{ pF (1.9GHz)}$
Induttanza:
 $R_L = 7\Omega$ $L = 0.59\text{nH (1.9GHz)}$

- Nelle applicazioni di comunicazione senza filo portatili, le reti in linee di trasmissione vengono evitate principalmente per motivi di spazio in quanto va mantenuta una regione di spazio libera intorno alle linee per evitare effetti di accoppiamento



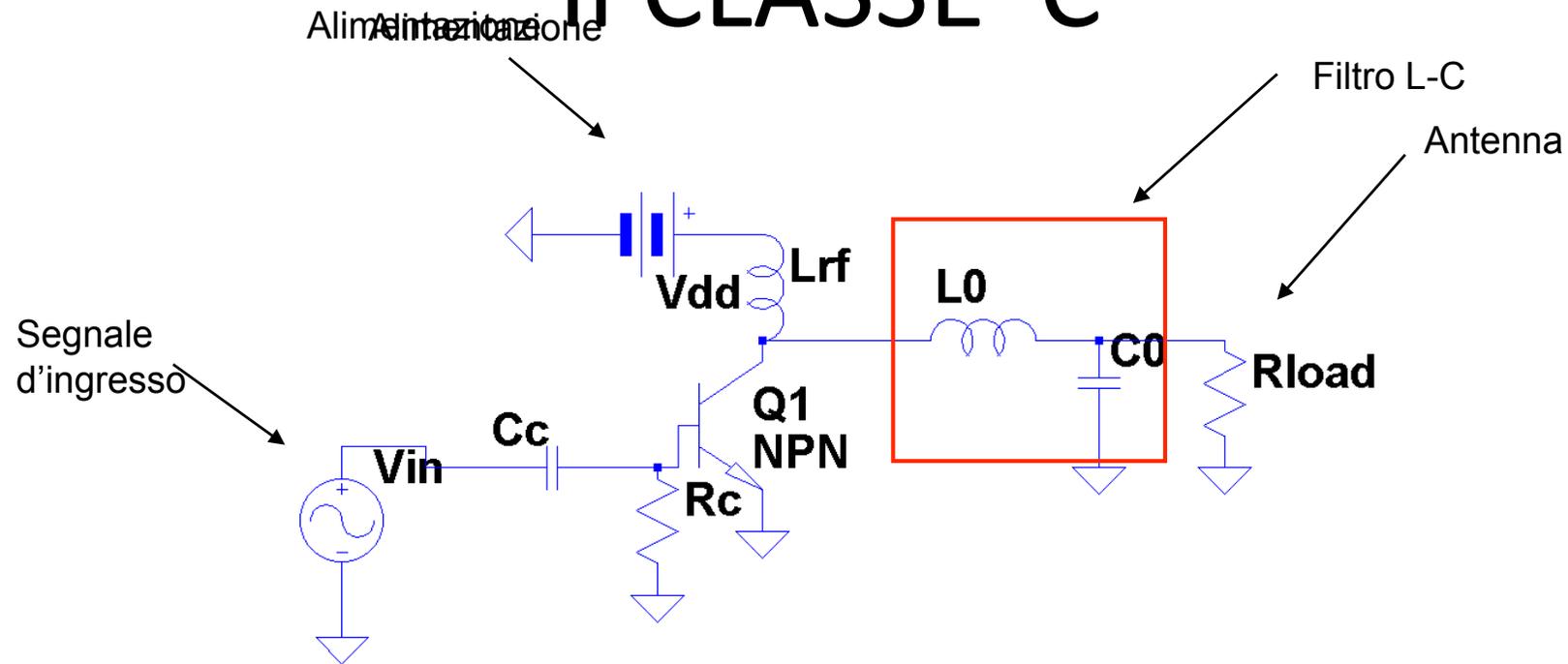
Distorto e filtrato



Calcolo dell'efficienza

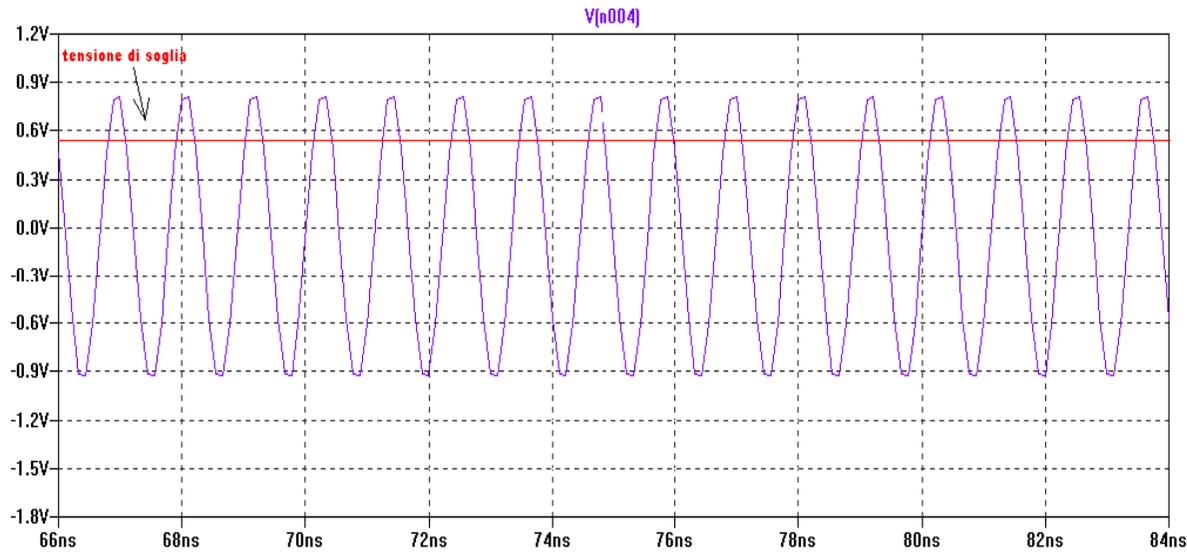
- Dalla definizione data, l'efficienza è fornita dal rapporto tra la potenza al carico e la potenza di alimentazione. Nel nostro caso, l'efficienza ha assunto un valore poco inferiori al 50%. Purtroppo in questa configurazione non è possibile superare di molto questo valore in quanto parte della potenza viene dissipata nel transistore.
- Per eliminare la potenza dissipata sul transistore sono stati progettati nuovi amplificatori che vengono classificati in nuove classi.

II CLASSE C

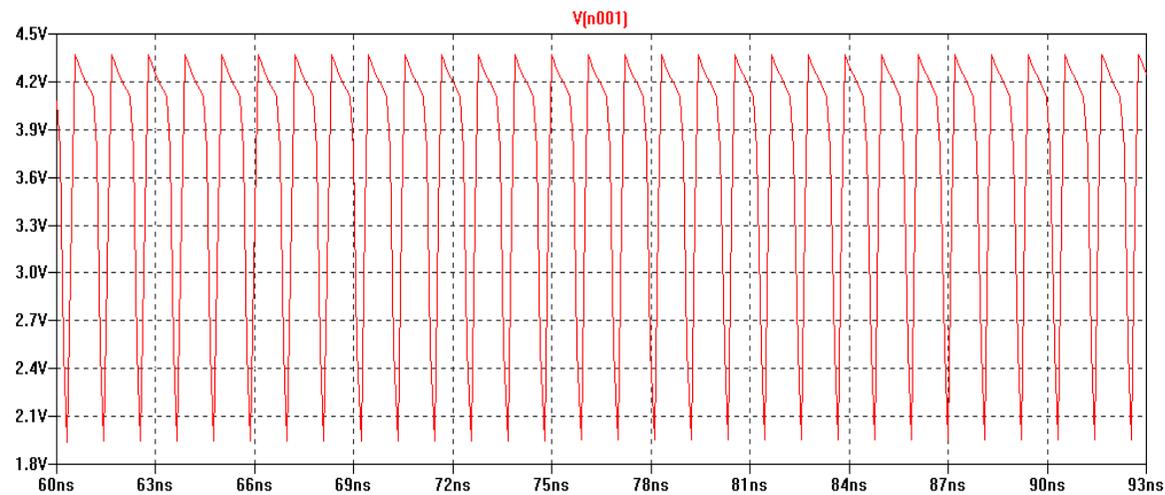


- Scelta della potenza fornita all'antenna dall'amplificatore.
- Capacità dell'amplificatore di consegnare al carico la potenza richiesta.
- Garantire alta efficienza.

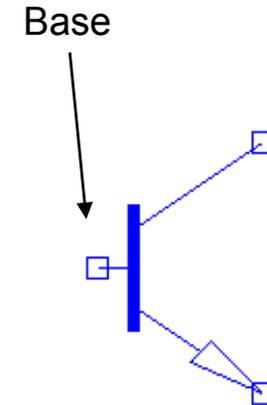
Andamento delle tensioni



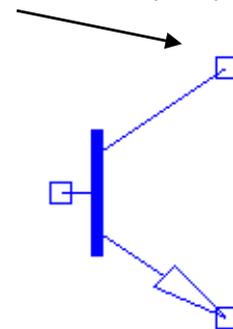
Tensione d'ingresso



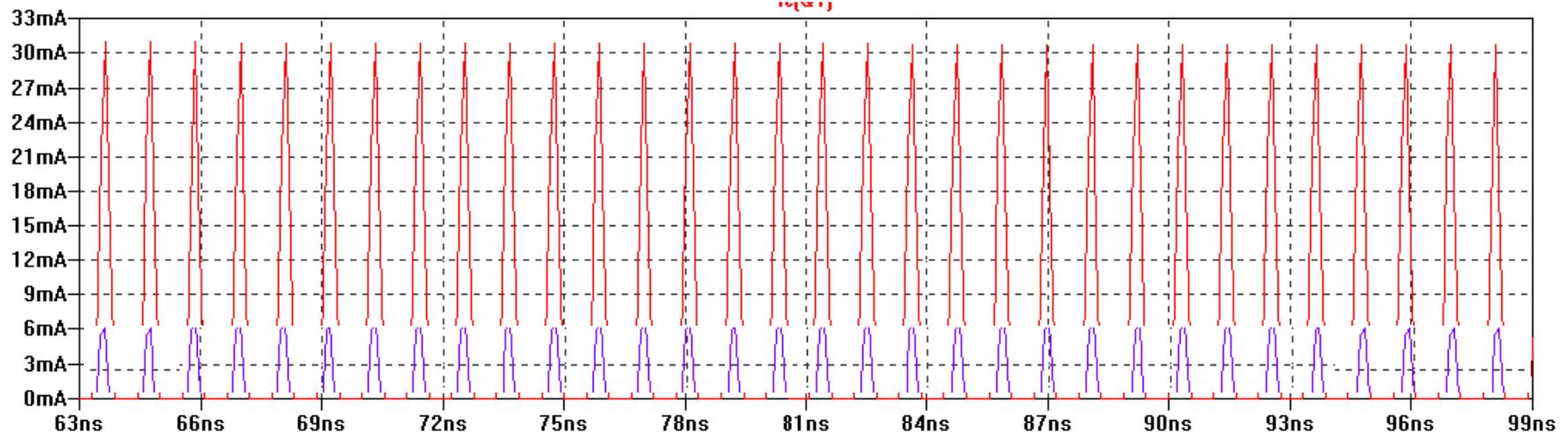
Tensione sul collettore



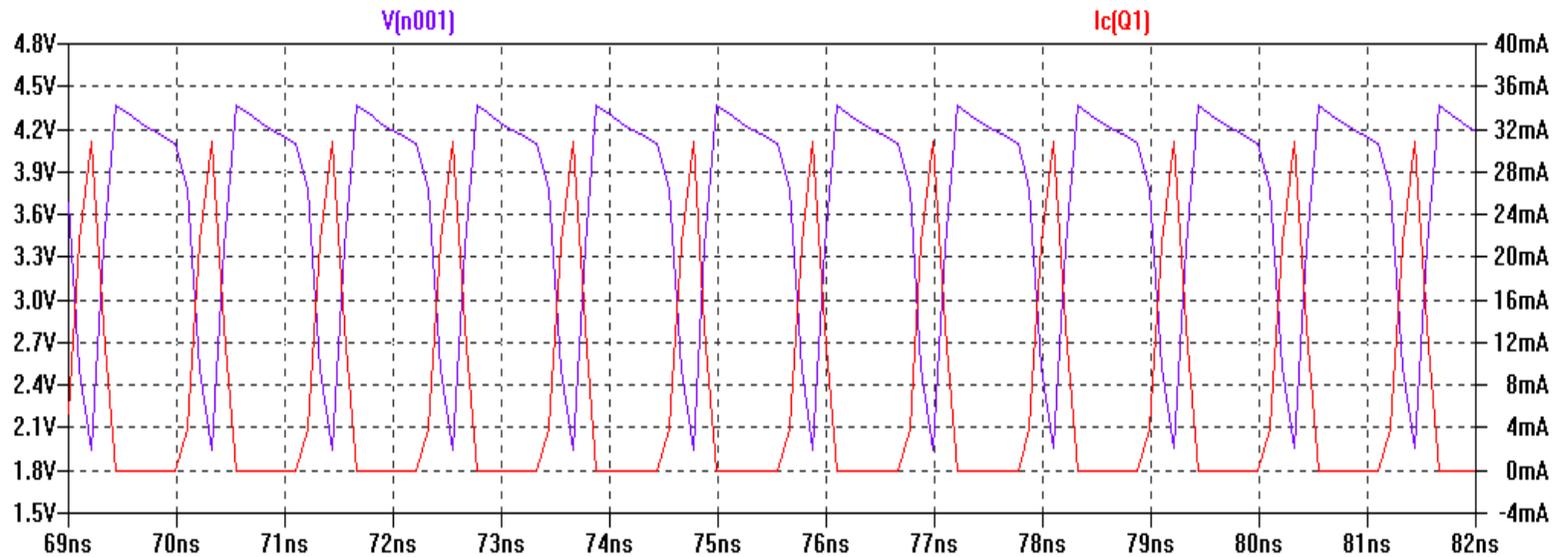
Collettore (out)



Andamento delle correnti



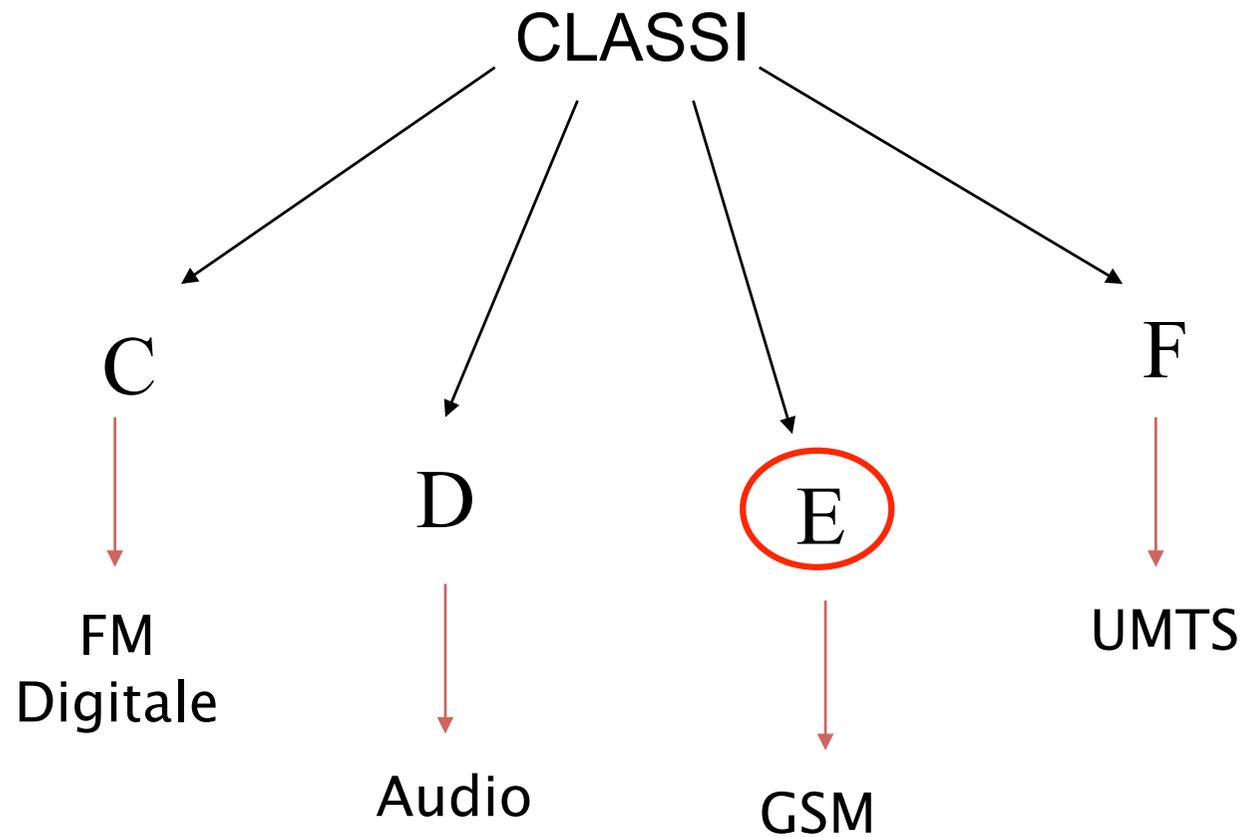
Comportamento impulsivo della corrente di collettore



Tensione e corrente sul collettore

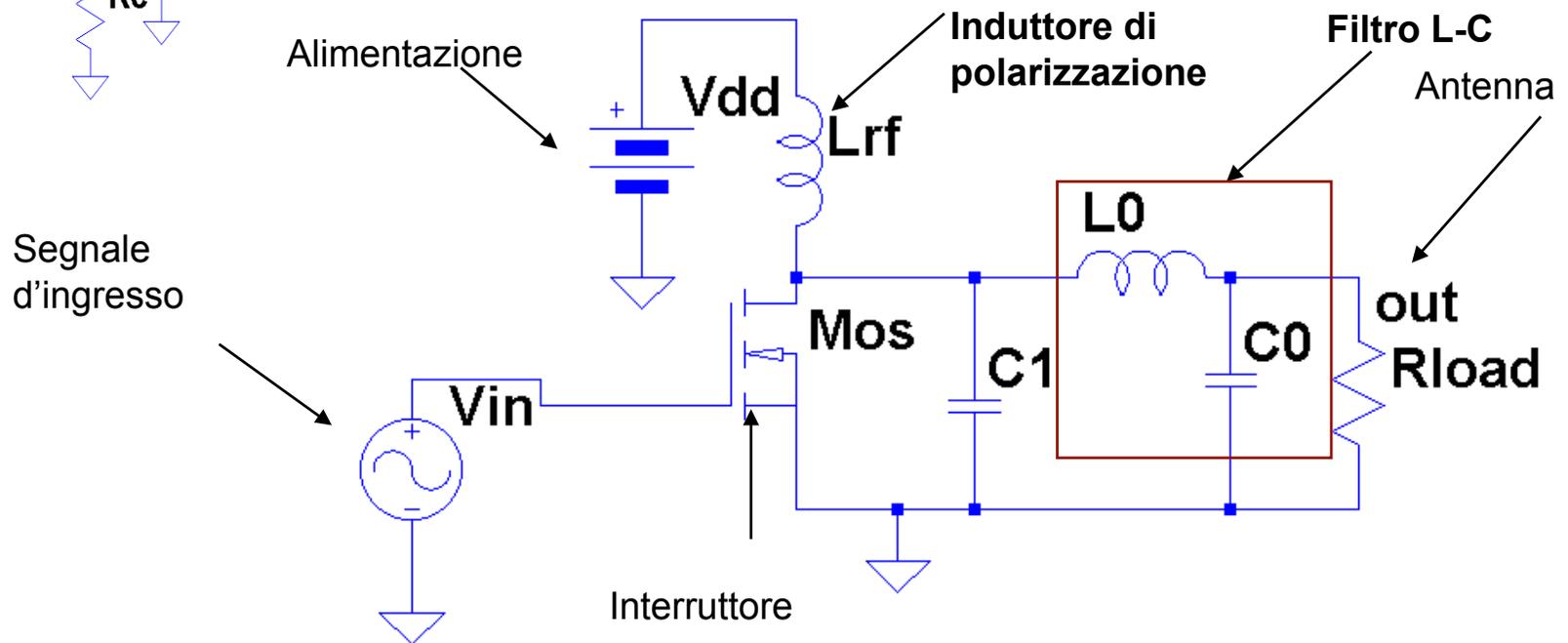
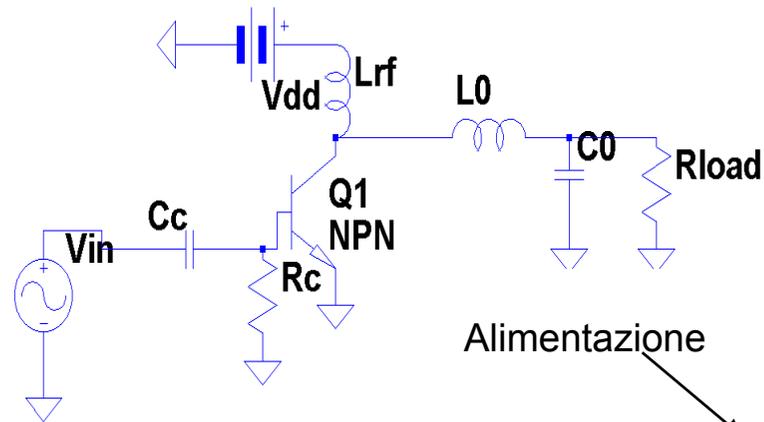
Amplificatori ad alta efficienza

SWITCHED MODE AMPLIFIERS



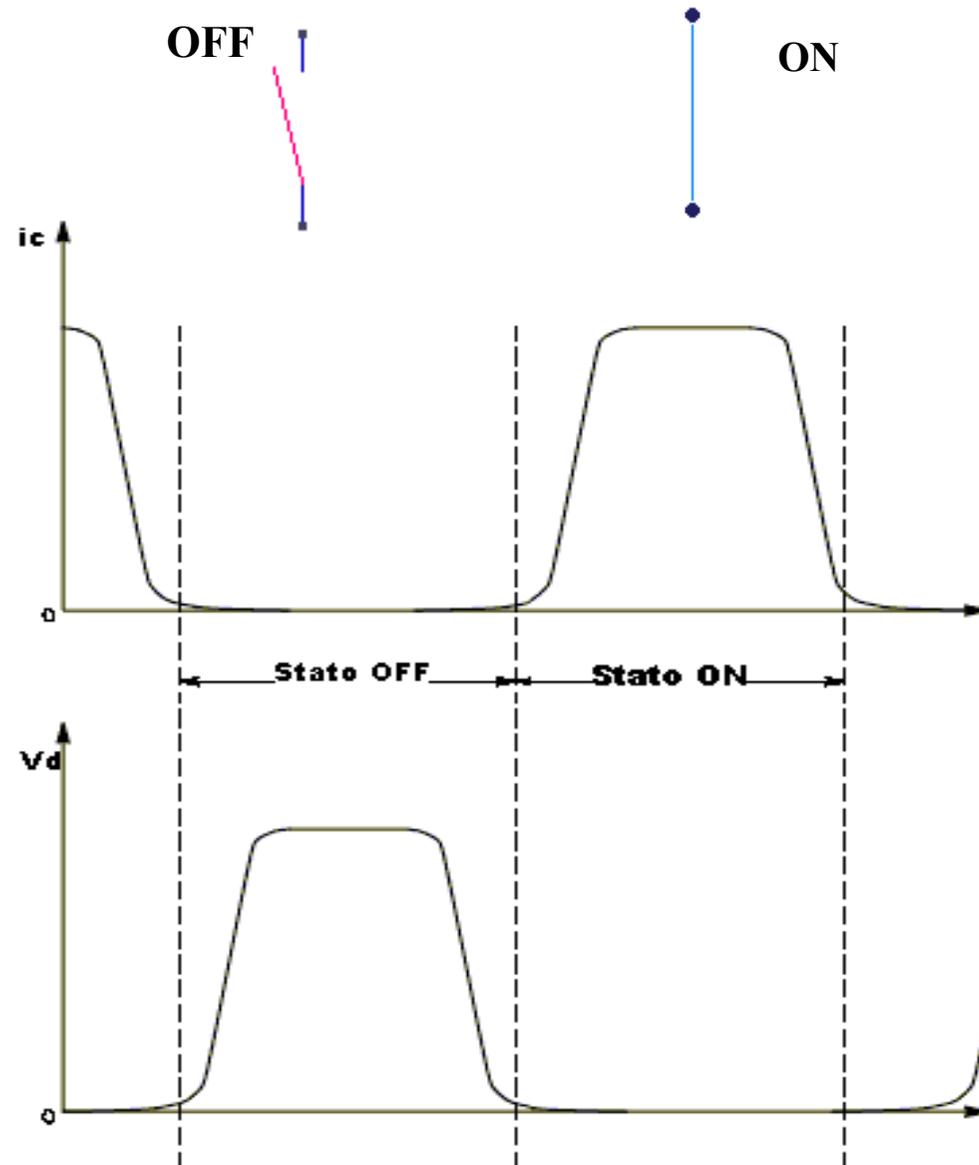
Amplificatore classe E

CLASSE C



- Maggiore Efficienza
- Prestazioni migliori con le moderne tecniche di modulazione

STATI DI FUNZIONAMENTO DEL TRANSISTORE

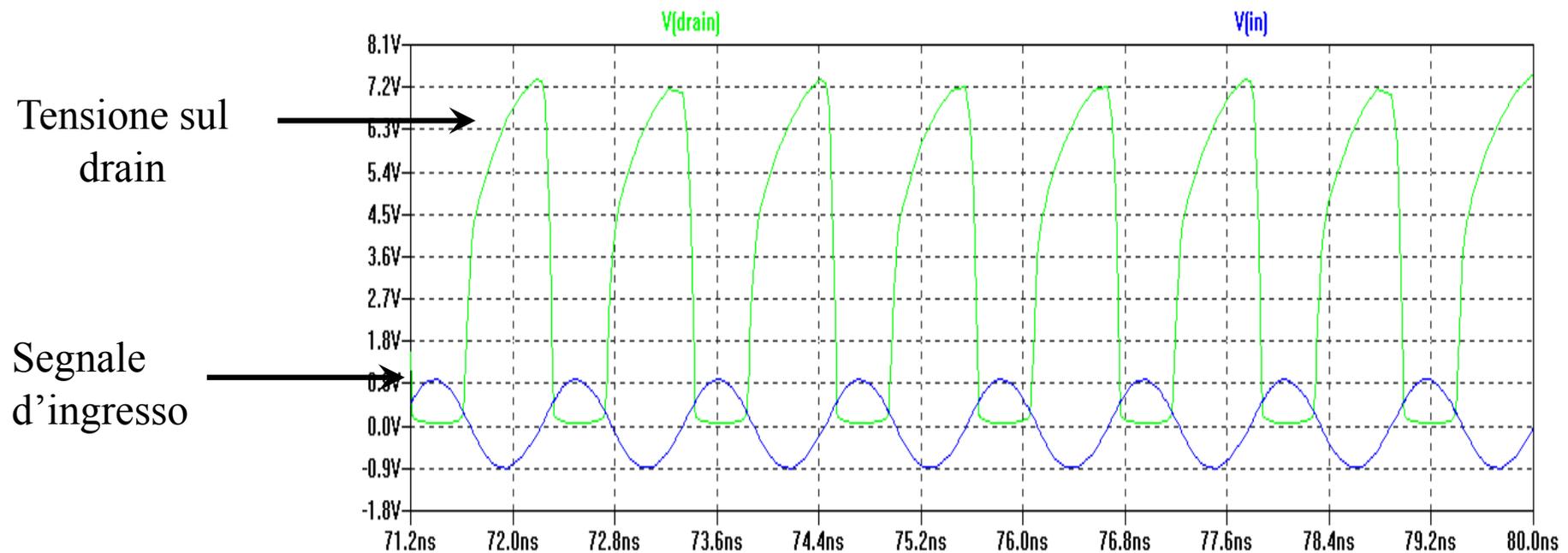
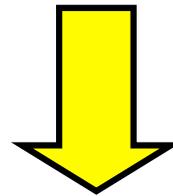


Assenza di overlap tra i segnali di tensione e corrente



EFFICIENZA DEL 100%

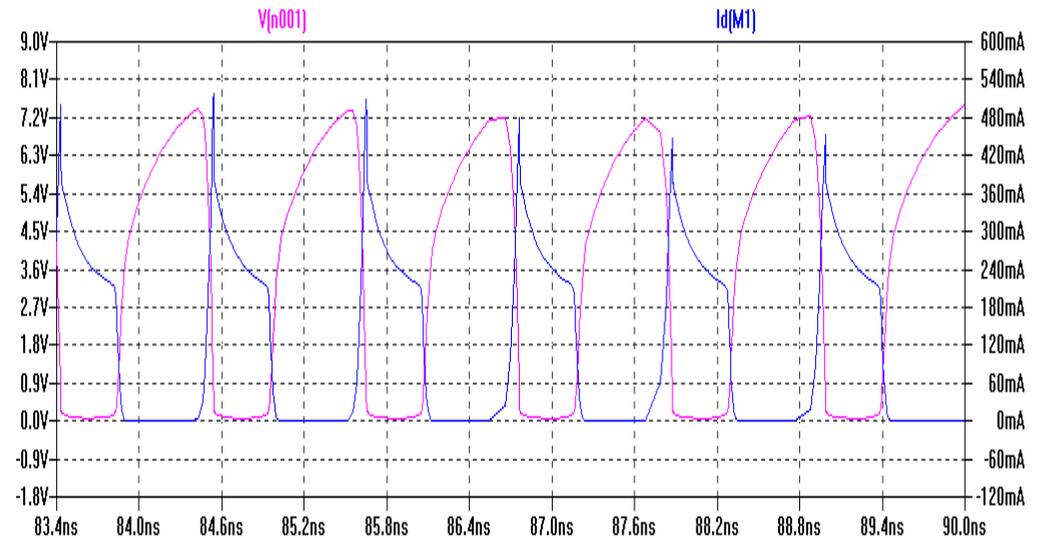
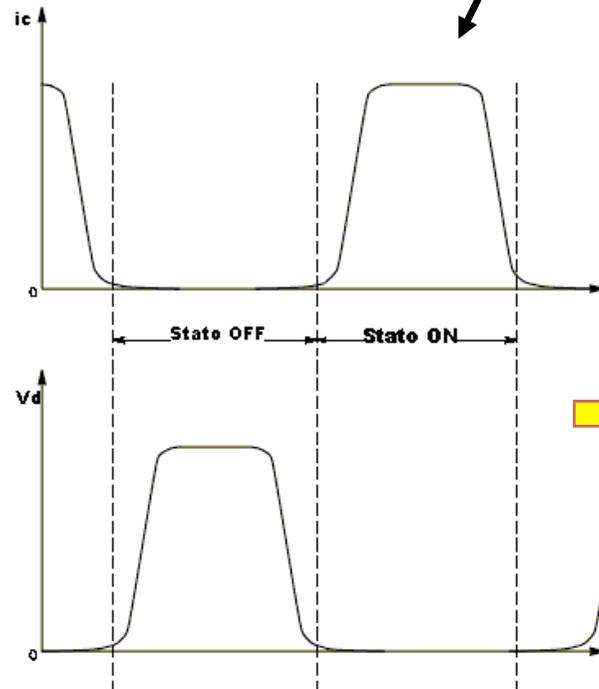
Tensione e corrente sul drain devono risuonare
in maniera opposta in fase



Andamento della tensione e della corrente sul drain

Caso ideale

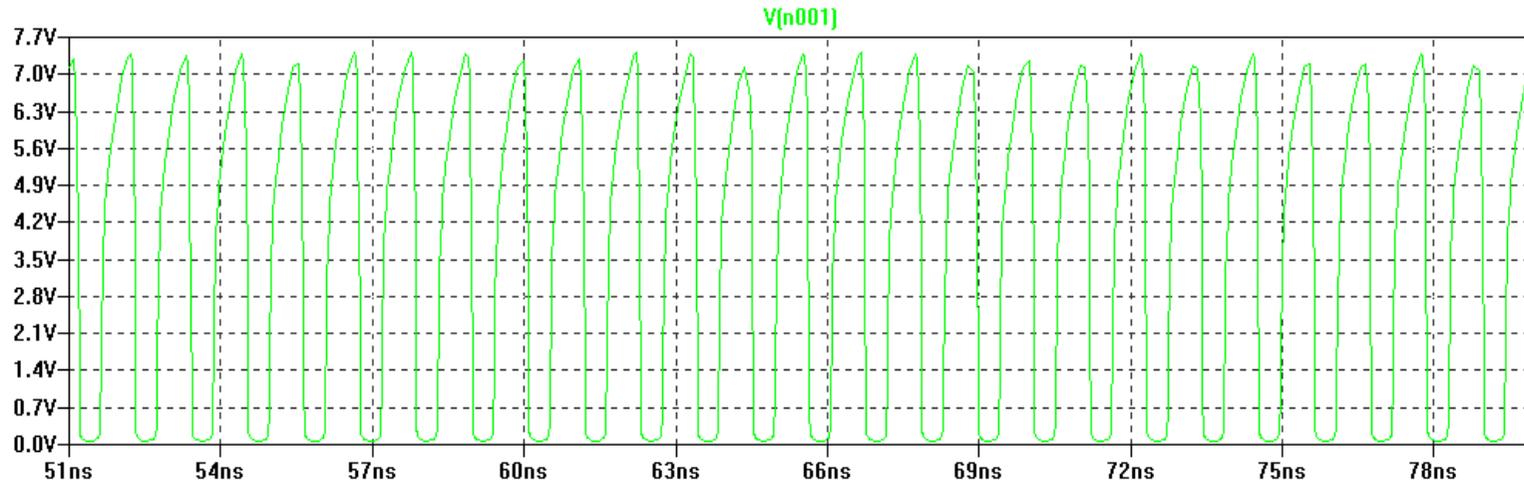
Caso reale



**EFFICIENZA
INFERIORE AL 100%**

Presenza di overlap dovuto alla non idealità del MOS

Filtro L-C

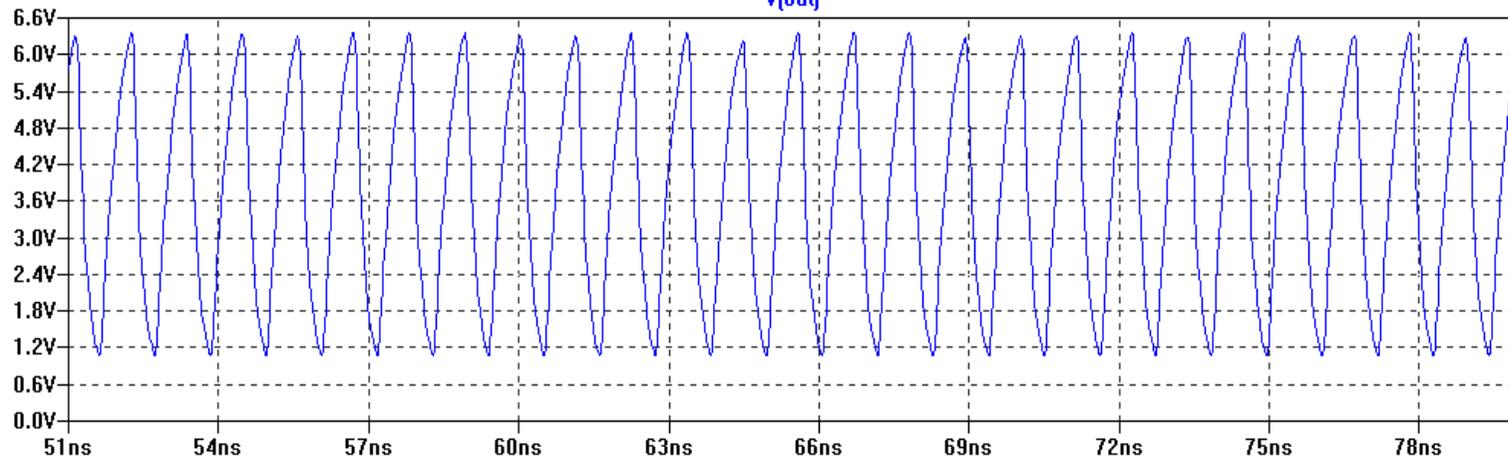


Tensione sul drain



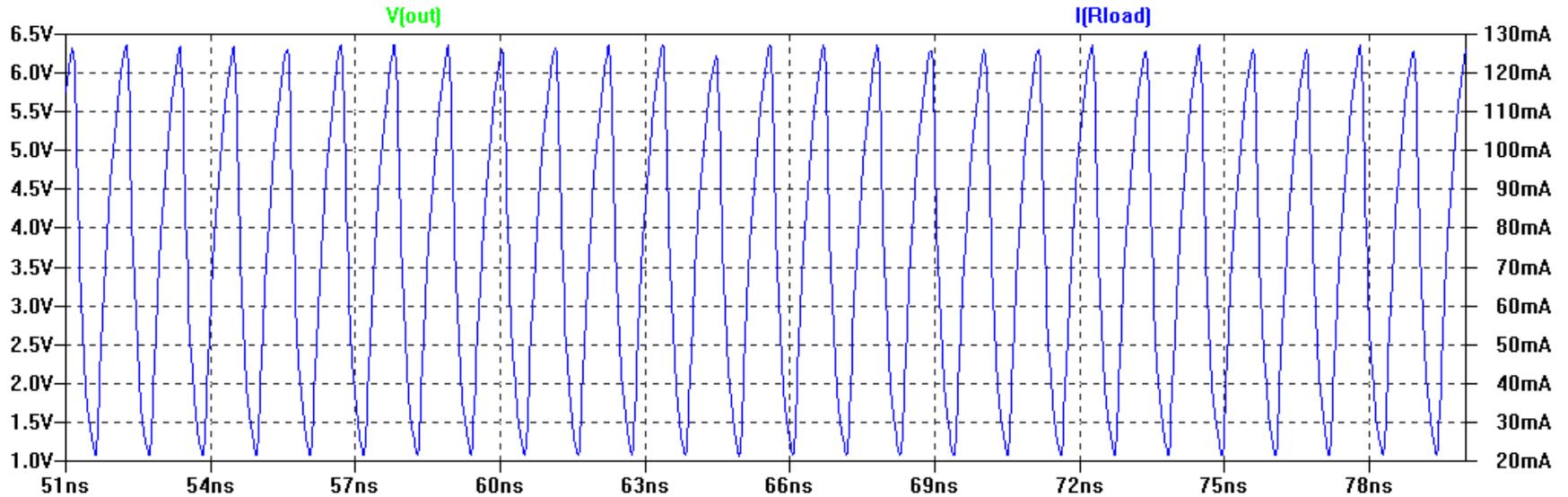
L-C

$V[out]$



Tensione sul carico

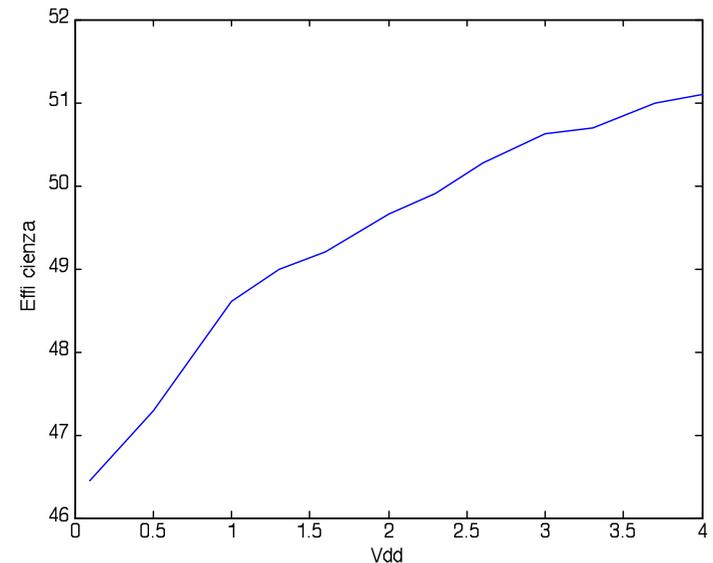
Andamento della corrente sul carico



EFFICIENZA

$$\eta = \frac{\text{Potenza dissipata sul carico}}{\text{Potenza fornita dall'alimentazione}} \%$$

Efficienza al variare della tensione di alimentazione



Confronto

Classi di amplificatori	Pout (mW)	Efficienza %	Guadagno (dB)	3 rd IM dBc	5 th IM dBc
A	265	20	22	-51	-55
E	235	51	16	-16.5	-34.5
F	220	56	15.5	-26	-34

- Non è possibile scegliere una classe di amplificatori migliore delle altre
- Si sceglie la classe di amplificatori in base all'applicazione