



POLITECNICO DI BARI

DEE

DIPARTIMENTO
ELETTROTECNICA
ELETTRONICA

Via E. Orabona, 4 70125 Bari (BA)

Tel. 080/5460266 - Telefax 080/5460410

LABORATORIO DI ELETTRONICA APPLICATA

ESERCITAZIONE 3

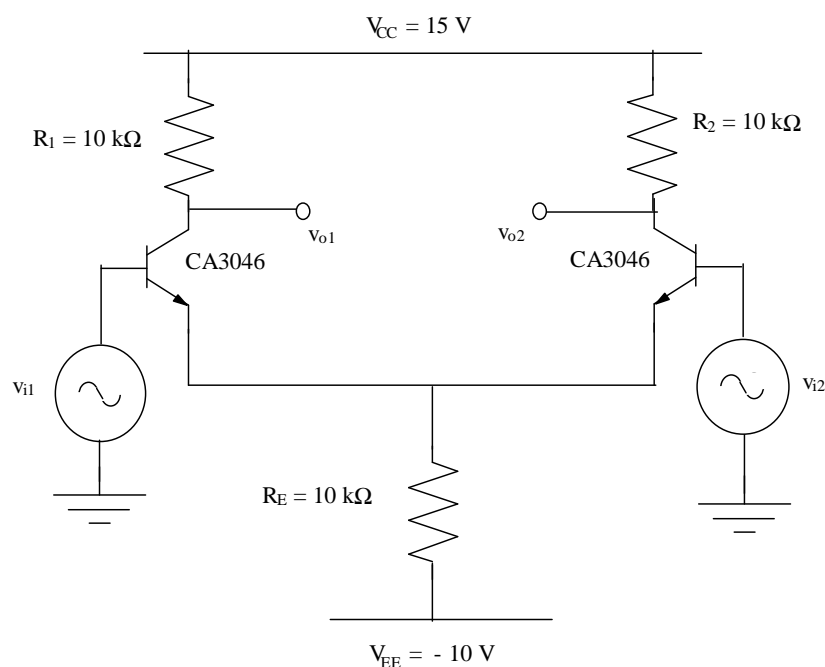
- Stadio differenziale a BJT con carico resistivo
- Stadio differenziale con specchio di corrente
- Stadio differenziale con carico attivo e specchio di corrente
- Specchio di Wilson

GRUPPO 22

DE MICHELE Manuel
DINOI Andrea
LETIZIA Gabriele
LO VECCHIO Antonio
MARIGGIÒ Fabio
NACCI Marcello
NARDELLI Graziano
PITRELLI Nicola

STADIO DIFFERENZIALE A BJT CON

CARICO PASSIVO E POLARIZZAZIONE REALIZZATA CON RESISTENZA DI EMETTITORE



Il circuito è stato realizzato utilizzando due BJT npn del tipo CA3046 integrati in un array di transistor bipolari allo scopo di avere uno stadio il più simmetrico possibile.

I valori dei resistori misurati con il multimetro digitale sono stati:

$$R_E = 9930\Omega \quad R_1 = 10000\Omega \quad R_2 = 9940\Omega$$

Una volta realizzato il circuito, la prova consiste nel verificare il punto di lavoro con il multimetro digitale, misurare il guadagno di modo comune A_{cm} mediante l'oscilloscopio, utilizzando il generatore di funzione, quindi misurare il guadagno v_{o2} / v_{i1} quando v_{i2} è posta a zero. Successivamente calcolare il guadagno di modo differenziale, il CMRR e confrontare le grandezze sperimentali con quelle valutate con il circuito equivalente per piccoli segnali.

I valori misurati col multimetro del punto di polarizzazione sono stati:

$$\begin{array}{lll}
 V_{C1}=5.52V & V_{C2}=5.46V & V_{E2}=V_{E1}=-0.698V \\
 I_{C1}=460\mu A & & I_{B1}=3.17\mu A \\
 I_{C2}=462\mu A & & I_{B2}=3.08\mu A
 \end{array}$$

Successivamente utilizzando in ingresso un generatore sinusoidale di tensione la cui ampiezza è $0.8V_{pp}$ e frequenza di 1KHz, in uscita si osserva una tensione sinusoidale la cui ampiezza è $0.4V_{pp}$, e quindi otteniamo un guadagno di modo comune $A_{cm} = 0.5$.

Posto $v_{i2} = 0$ e imponendo in ingresso $v_{i1} = 20mV_{pp}$, mediante un partitore resistivo (tale artificio si è reso necessario in quanto il generatore di segnale usato non permette di ottenere tensioni così piccole) abbiamo rilevato una tensione di uscita $v_{o2}=1.65V_{pp}$ ottenendo un guadagno di tensione $v_{o2} / v_{i1} = 82.5$ e quindi un guadagno di modo differenziale $A_{dm} = 164.5$.

Utilizzando il guadagno di modo differenziale e quello di modo comune abbiamo ottenuto:

$$CMRR = A_{dm} / A_{cm} = 329$$

I parametri del circuito equivalente per piccolo segnale sono:

$$g_m = I_C / V_T = 17.73 \text{ mA/V}$$

$$r_\pi = \beta / g_m = 5640 \Omega$$

Da questi si sono ricavati i valori teorici dei guadagni di modo comune e di modo differenziale:

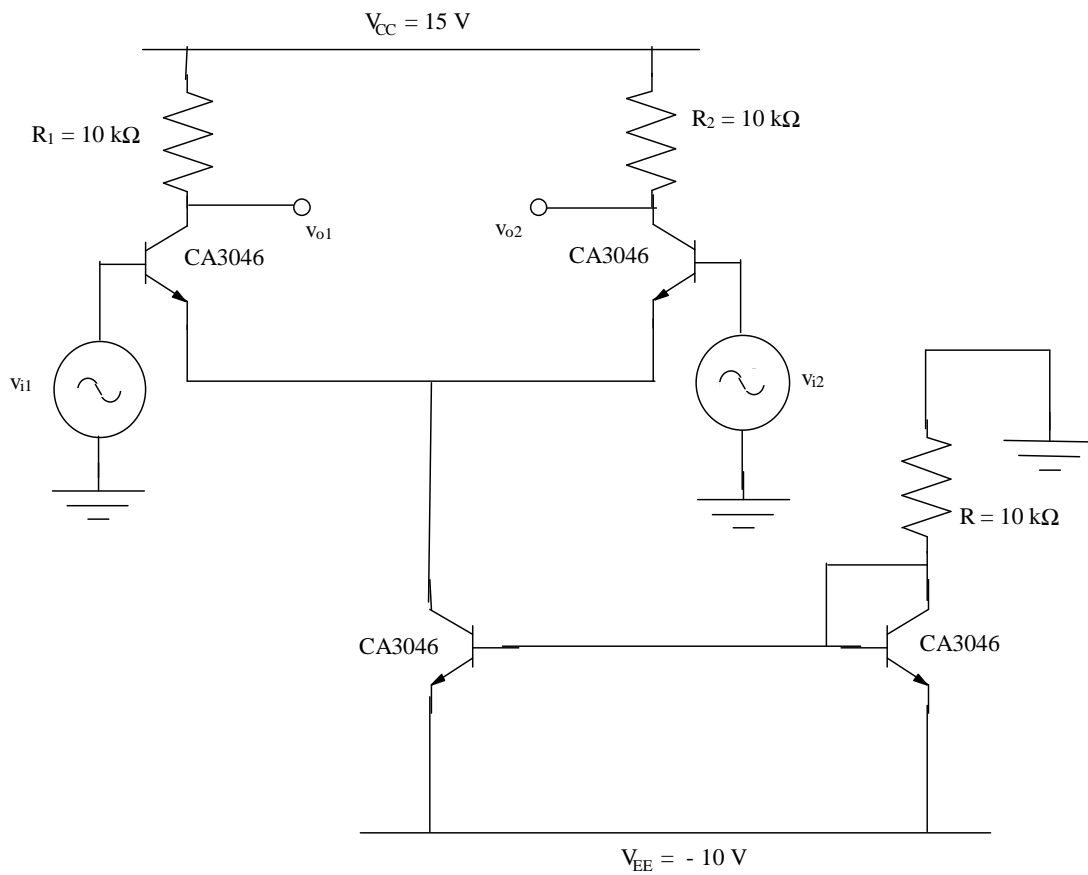
$$A_{cm} = g_m R_1 / (1 + 2g_m R_E) = 0.50$$

$$A_{dm} = -g_m R_2 = -176$$

Valori questi che si accordano abbastanza bene con quelli sperimentali .

STADIO DIFFERENZIALE A BJT CON CARICO PASSIVO E POLARIZZAZIONE REALIZZATA CON SPECCHIO DI CORRENTE

Tutti e quattro i BJT usati sono contenuti nell'integrato CA3046.



I valori dei resistori misurati con il multimetro digitale sono:

$$R=9930\Omega$$

$$R_1=10000\Omega$$

$$R_2=9940\Omega$$

La prova consiste nel verificare il punto di lavoro, misurare il guadagno di modo comune A_{cm} mediante l'oscilloscopio, utilizzando il generatore di funzione; quindi misurare il guadagno

v_{02} / v_{i1} quando v_{i2} è posta a zero. Dai dati ottenuti si stima poi il guadagno di modo differenziale, il CMRR, li si confronta con quelli ottenuti dal circuito precedente nonché con quelli ottenuti dal circuito equivalente per piccolo segnale. Infine si stima la resistenza di uscita dello specchio di corrente.

I valori misurati del punto di polarizzazione sono stati:

$$\begin{array}{lll} V_{C1}=5V & V_{C2}=4.93V & V_{E2}=V_{E1}=-0.697V \\ I_{C1}=496\mu A & & I_{B1}=3.37\mu A \\ I_{C2}=499\mu A & & I_{B2}=3.28\mu A \end{array}$$

Ritenendo le transconduttanze dei 2 BJT uguali, si ha:

$$\begin{aligned} g_m &= I_C / V_T = 19.1 \text{ mA/V} \\ r_\pi &= \beta / g_m = 5235 \Omega \end{aligned}$$

Successivamente utilizzando in ingresso un generatore sinusoidale di tensione la cui ampiezza è $0.8V_{pp}$ e frequenza di 1KHz, in uscita si osserva una tensione sinusoidale la cui ampiezza è $40mV_{pp}$, e quindi otteniamo un guadagno di modo comune $A_{cm}=0.05$.

Posto $v_{i2}=0$ e imponendo in ingresso $v_{i1}=20mV_{pp}$, mediante lo stesso partitore di tensione precedentemente utilizzato, abbiamo rilevato una tensione di uscita $v_{02}=1.7V_{pp}$ ottenendo un guadagno di tensione $v_{02} / v_{i1} = 85$.

Come prima, dai dati ottenuti si calcola :

$$\begin{aligned} A_{dm} &= 169.5 \\ CMRR &= 3390 \end{aligned}$$

In definitiva abbiamo ottenuto grossomodo lo stesso valore di guadagno di modo differenziale mentre il guadagno di modo comune risulta notevolmente abbattuto e quindi notevolmente piu' elevato il CMRR grazie all'uso dello specchio di corrente.

Possiamo stimare la resistenza di uscita dello specchio dalla relazione:

$$R_0 = R_1 / (2 * A_{cm}) = 100 \text{ K}\Omega$$

Dal circuito equivalente per piccolo segnale abbiamo ottenuto i seguenti valori di guadagno di tensione:

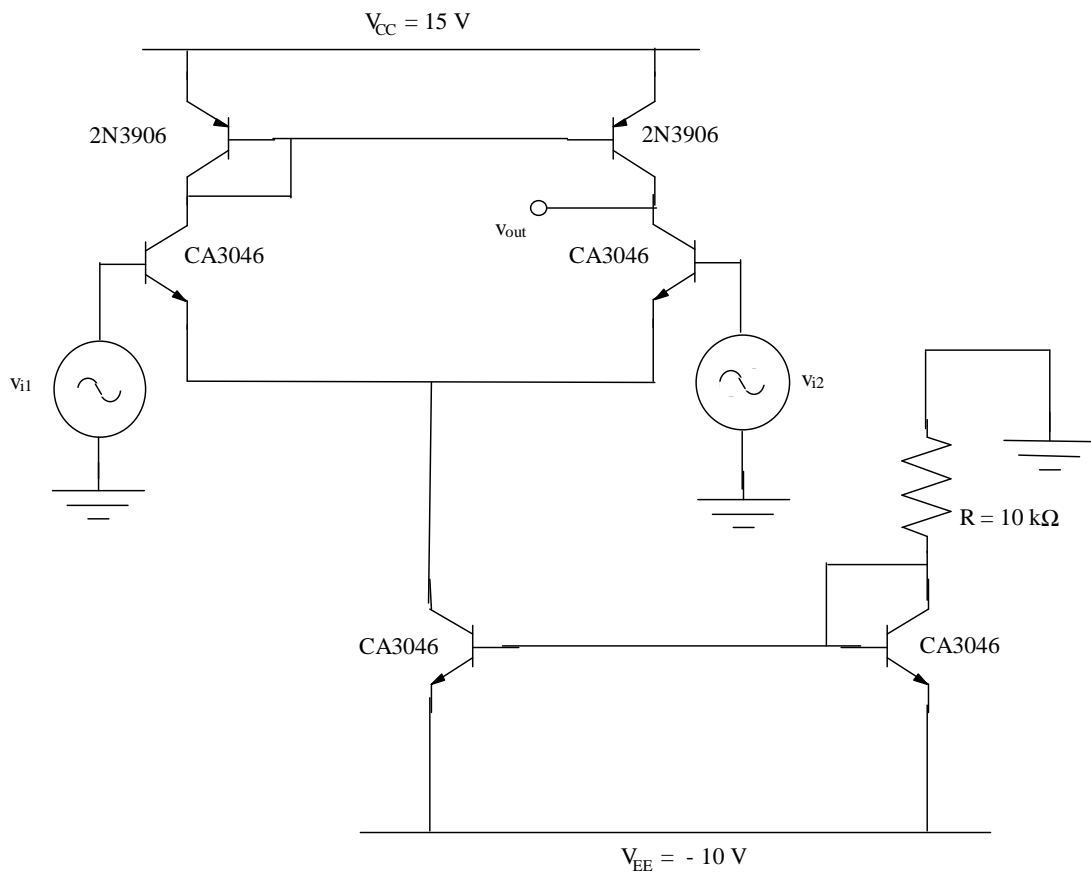
$$A_{cm} = g_m R_1 / (1 + 2g_m R_0) = 0.05$$

$$A_{dm} = -g_m R_1 = -189.8$$

Ottenendo ancora un buon accordo con i dati sperimentali (tranne per il guadagno di modo differenziale che risulta superiore a quello trovato sperimentalmente).

STADIO DIFFERENZIALE A BJT CON CARICO ATTIVO E POLARIZZAZIONE REALIZZATA CON SPECCHIO DI CORRENTE

Nel precedente circuito abbiamo sostituito i due carichi passivi con un carico attivo costruito con due BJT pnp del tipo 2N3906.



Il valore della resistenza misurata con il multimetro digitale è:

$$R=9930\Omega$$

Non essendo possibile prelevare una tensione differenziale e quindi definire un guadagno di modo differenziale ed uno di modo comune l'unico guadagno misurabile è v_{out} / v_{i1} quando v_{i2} è posta a zero.

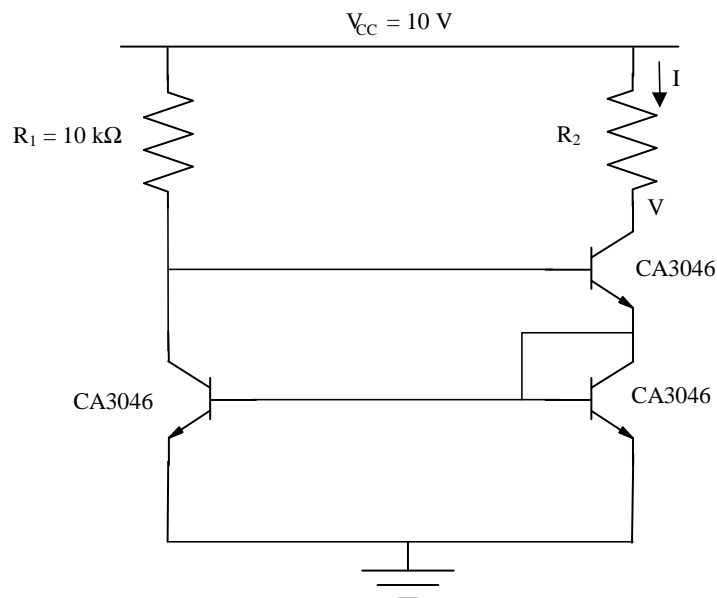
Imponendo in ingresso $v_S=500\text{mV}_{pp}$, e utilizzando un partitore di tensione in modo tale che $v_{i1}=5\text{mV}$, abbiamo rilevato una tensione di uscita $v_{out}=5.2\text{V}_{pp}$ ottenendo un guadagno di tensione:

$$v_{out} / v_{i1} = 1040$$

notevolmente piu' elevato rispetto a quelli trovati precedentemente a causa dell'utilizzo del carico attivo che simula una resistenza di collettore estremamente elevata, pari alla resistenza r_o del BJT.

SPECCHIO DI WILSON

La configurazione circuitale dello specchio di Wilson è la seguente:



Esercitazione 3

Il valore misurato di R_1 è 9930Ω . La prova consiste nel valutare la resistenza di uscita di uno specchio di corrente attraverso l'interpolazione lineare di coppie di punti (V,I) ottenute in corrispondenza di diversi valori della resistenza R_2 .

I risultati ottenuti sono:

R_2	V	I
100Ω	9.94V	$853\mu\text{A}$
$1\text{K}\Omega$	9.18V	$851\mu\text{A}$
$3.3\text{K}\Omega$	7.17V	$850\mu\text{A}$
$10\text{K}\Omega$	1.48V	$849\mu\text{A}$

Interpolando i valori ottenuti delle coppie (V,I) otteniamo un valore della resistenza di uscita dello specchio di Wilson di circa $R_O = 3.3\text{M}\Omega$.