

Amplificatori operazionali

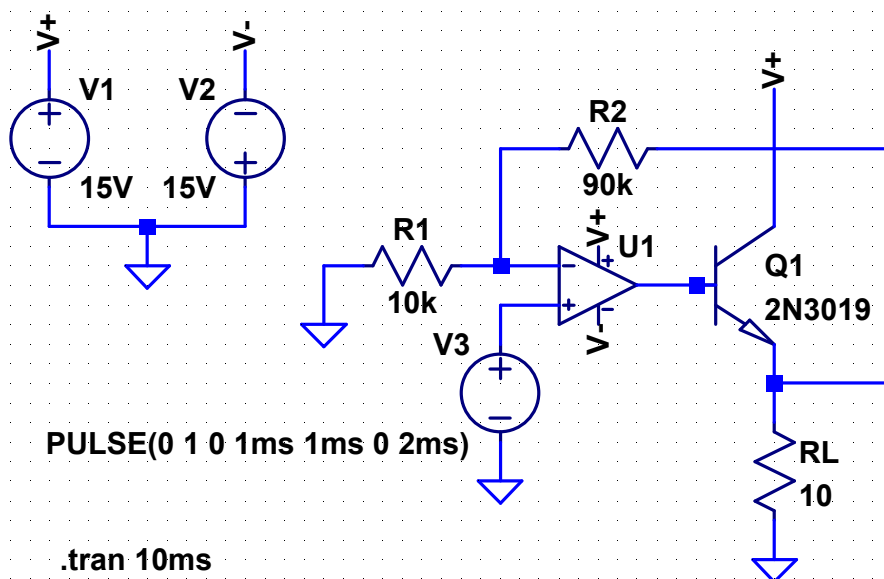
Parte 5

Circuiti con operazionali e BJT

www.die.ing.unibo.it/pers/mastri/didattica.htm
(versione del 21-5-2019)

53-BJT-buffer.asc

Impiego di un transistor per aumentare la massima corrente di uscita

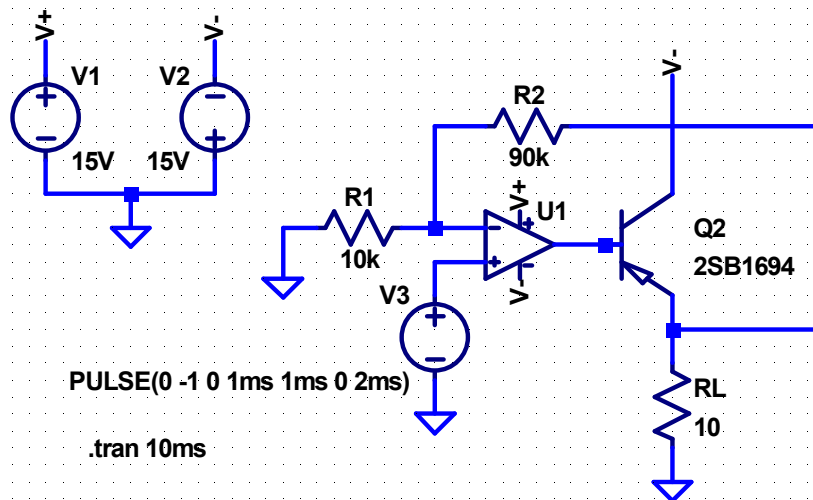


Il transistor è collegato a collettore comune
(elevato guadagno di corrente e elevata resistenza di ingresso).

Inserendo il transistor nell'anello di retroazione si evita
la caduta di tensione dovuta alla giunzione BE
(la tensione dell'emettitore è fissata dall'operazionale)

Il circuito può fornire solo correnti positive.

Impiego di un transistor per aumentare la massima corrente di uscita



Utilizzando un transistor PNP si ottiene un circuito in grado di fornire in uscita solo correnti negative.

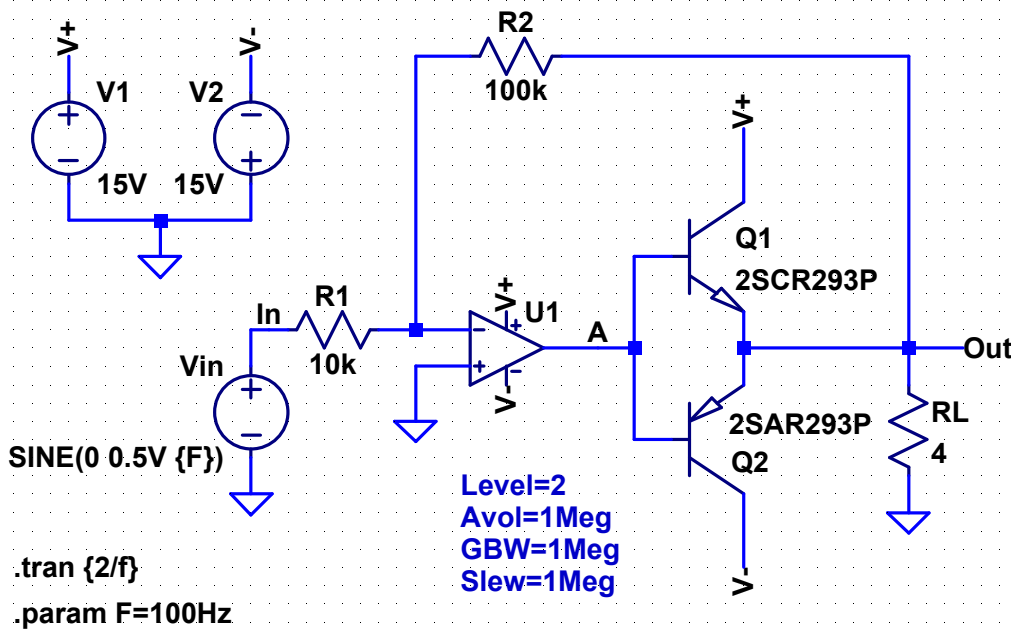
3

Uso di una coppia di transistor in simmetria complementare

- Utilizzando un solo transistor si può ottenere solo una corrente unidirezionale (sempre positiva o sempre negativa a seconda che si utilizzi un NPN o un PNP)
- Si può ottenere una corrente bidirezionale utilizzando una coppia di transistor (un NPN e un PNP) con caratteristiche uguali (transistor complementari)
- Se all'ingresso dell'amplificatore viene applicato un segnale sinusoidale, come nell'esempio seguente, durante ogni semionda uno dei transistor è in conduzione, mentre l'altro è interdetto

4

Impiego di due transistor in simmetria complementare per alimentare carichi che richiedono correnti elevate



Il circuito è in grado di fornire al carico correnti positive e negative

Il collegamento in retroazione permette di avere un comportamento lineare.

All'uscita dell'operazionale si ha una distorsione della tensione che compensa la distorsione introdotta dai transistor.

A causa della limitazione di slew rate, l'operazionale è in grado di compensare la distorsione solo se la frequenza non è troppo elevata

Se si porta la frequenza a valori dell'ordine dei kHz si può osservare una "distorsione di incrocio".

5

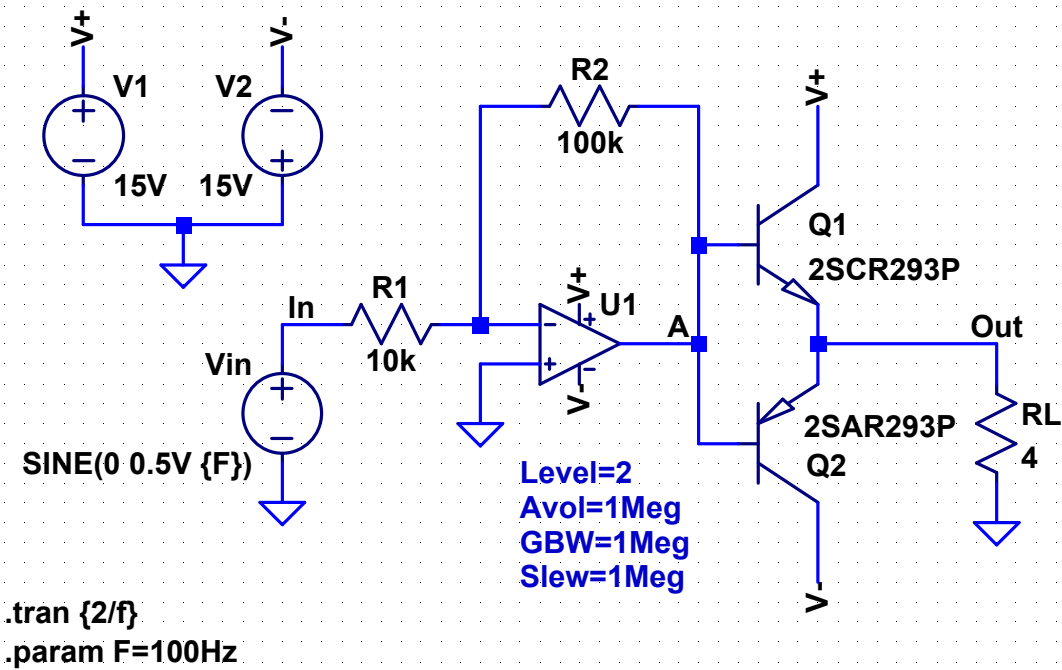
Distorsione di incrocio (o di cross-over)

- Se i transistor non vengono inseriti all'interno dell'anello di retroazione si ha un intervallo in cui la tensione all'uscita dell'operazionale è inferiore (in modulo) alle tensioni di soglia dei transistor e quindi entrambi i transistor sono interdetti
- In queste condizioni la tensione di uscita è distorta (distorsione di incrocio)
- Se i transistor sono inseriti nell'anello di retroazione la tensione all'uscita dell'operazionale ha un andamento tale da compensare la distorsione dovuta ai transistor
- Questo è possibile fino a quando la frequenza è relativamente bassa
- Per frequenze elevate a causa dei limiti della larghezza di banda e dello slew rate, la tensione di uscita dell'operazionale non può variare abbastanza rapidamente da compensare la distorsione di incrocio, come si può vedere modificando il valore di F nell'esempio precedente

6

56-Compl-2.asc

Effetto della retroazione sulla distorsione di incrocio

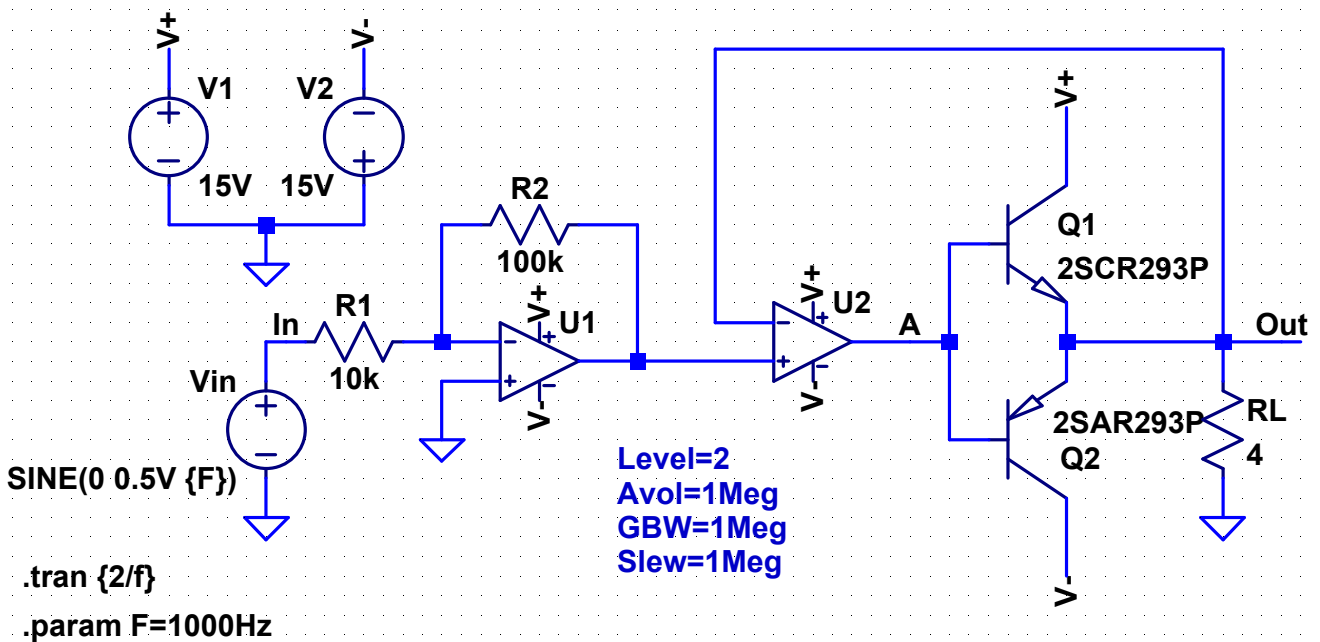


In questo caso si osserva sempre una distorsione di incrocio dovuta al fatto che, quando la tensione all'uscita dell'operazionale è minore, in valore assoluto, della tensione di soglia dei transistor entrambi i transistor sono in interdizione.

7

57-Compl-3.asc

Effetto della retroazione sulla distorsione di incrocio

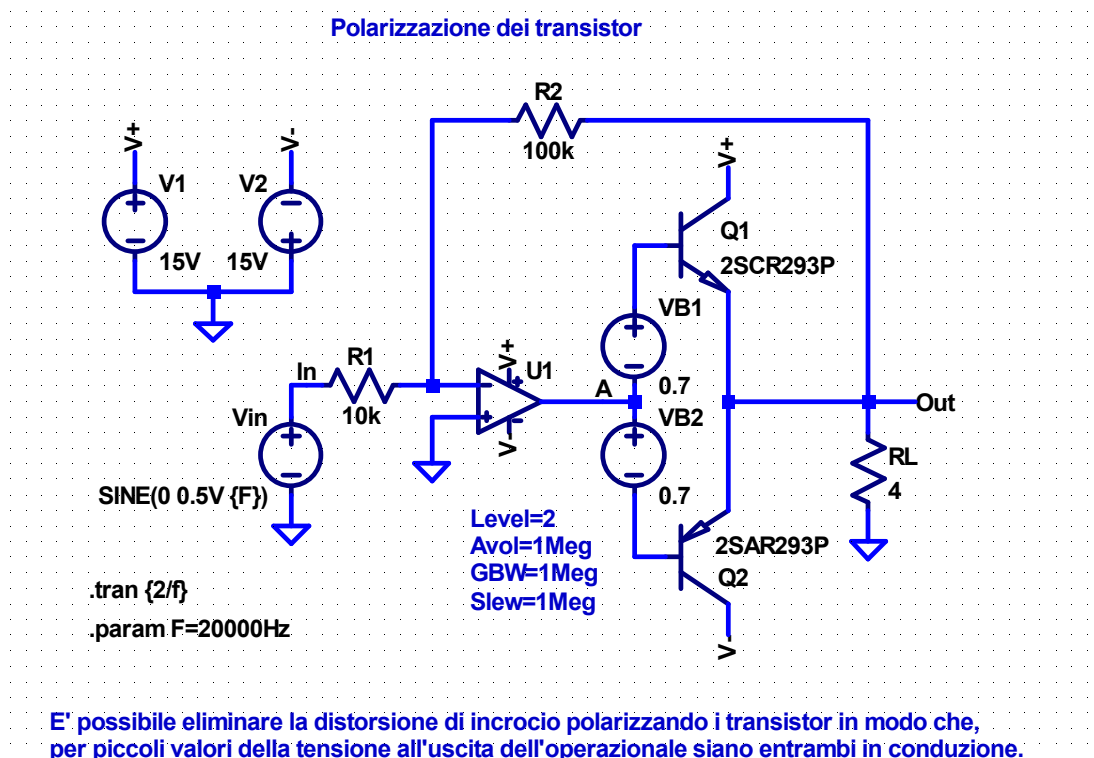


E' possibile aumentare la massima frequenza per cui non si ha distorsione riducendo il guadagno di anello.

In questo esempio si utilizzano due stadi:
il primo fornisce il guadagno di tensione voluto,
il secondo ha guadagno unitario e ha lo scopo di fornire la corrente richiesta dal carico.

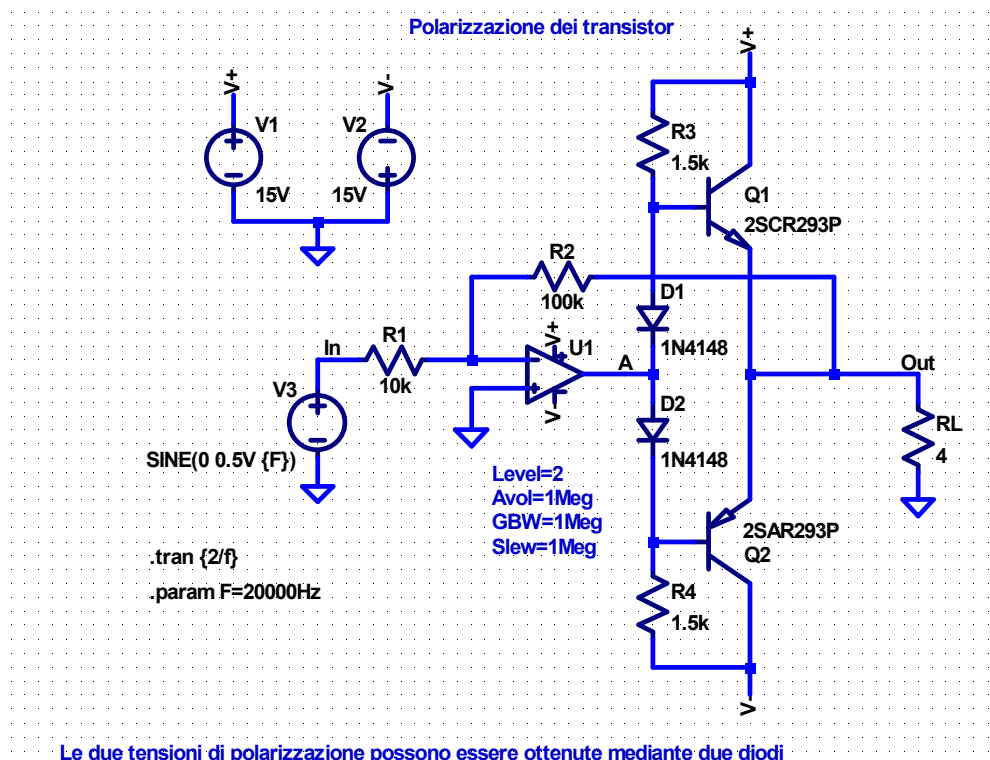
8

58-Compl-4.asc



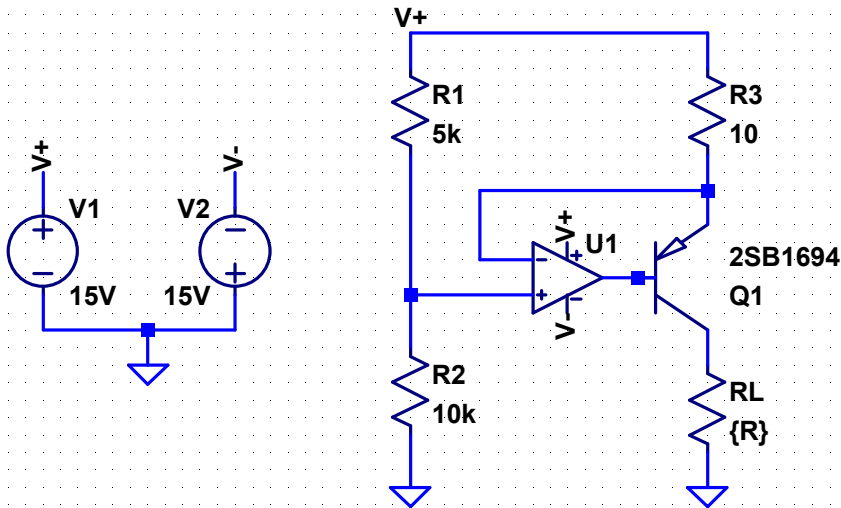
9

59-Compl-5.asc



10

Generatore di corrente costante per carichi riferiti a massa



```
.op .step dec param R 0.1 100 100
```

La tensione di R3 è fissata al valore $V+ * (1-R2/(R1+R2))$
 Il valore di R3 determina il valore della corrente di emettitore IE del transistor e quindi il valore della corrente di RL (praticamente uguale a IE se si trascura la corrente di base)

Il circuito può fornire solo correnti positive.

Al crescere di RL la tensione di RL aumenta e la VEC del transistor si riduce.
 Quindi per RL grande il transistor va in saturazione e la corrente diminuisce.