



## Fondamenti di Elettronica – C. Guazzoni

Anno Accademico 2023/2024 – Laboratorio in presenza e “Tutorato Sperimentale” –  
Maggio 2024

**Oggetto: Stadio amplificante a singolo transistor** in configurazione source a massa e con degenerazione di source (misure su prototipo: polarizzazione, analisi di piccolo segnale, dinamica, non-linearita').

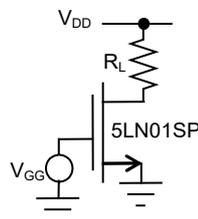
Si consideri uno stadio amplificante a singolo transistor realizzato con il transistor 5LN01SP (vedi *datasheet*) in configurazione source a massa e source a massa con degenerazione di source, come mostrato nella figura seguente. Ci si propone di analizzare tale circuito sia mediante analisi “carta e penna”, che con misure sperimentali su prototipo. Si lascia all’iniziativa personale di realizzare successivamente a casa le simulazioni pSpice delle misure eseguite e confrontare i risultati ottenuti. Il modello Spice del transistor semplificato puo’ essere ricostruito dal datasheet sulla scorta di quanto gia’ visto.



Data l’elevata variabilita’ dei parametri del transistor ci si propone innanzitutto di caratterizzare i parametri dell’esemplare di transistor utilizzato, andando a tracciarne le caratteristiche di uscita e la transcaratteristica. Si procedera’ quindi alla determinazione del punto di lavoro desiderato per il proprio amplificatore e all’analisi di piccolo segnale. Si concludera’ l’analisi delle prestazioni del circuito studiando sperimentalmente la funzione di trasferimento dello stadio.

### A. Caratteristiche del transistor

Si consideri un esemplare del transistor 5LN01SP. La resistenza  $R_L$  di valore pari a  $100\ \Omega$  ( $0.75\ W$ ) e’ necessaria per poter misurare la corrente di *drain*. Si tragga indicazione dal *datasheet* per l’intervallo di tensioni da esplorare.



- Misurare e tracciare il grafico delle caratteristiche  $I_D-V_{DS}$  ( $V_{DS} = 0-10V$ ) al variare della tensione  $V_{GS}$ . Riconoscere le regioni di funzionamento del transistor.
- Misurare la transcaratteristica  $I_D-V_{GS}$  del transistor fissata la tensione  $V_{DS} = 5V$ , da questa misura ricavare l’andamento della transconduttanza  $g_m$ , in funzione della corrente di *drain*.

### B. Polarizzazione del transistor in configurazione source a massa.

Considerare un transistor 5LN01SP in configurazione *source* comune polarizzato attraverso un partitore di resistenze (trimmer da  $200\ k\Omega$  e una o due resistenze in serie da  $100\ k\Omega$ ) e con una sola tensione di alimentazione,  $V_{DD} = 10V$ . La resistenza di carico e’ pari a  $R_d = 390\Omega$ .

- a) Calcolare il punto di polarizzazione desiderato per il circuito, sulla base delle caratteristiche misurate al punto A, selezionare il corretto valore di resistenze con il trimmer e misurare le tensioni ai morsetti del transistor e le correnti circolanti nei rami del circuito (corrente di partitore e di *drain*). Confrontare i risultati ottenuti con quanto atteso con conti cartacei.

### **C. Analisi su segnale in configurazione source a massa.**

Nel circuito del punto B applicare un generatore di tensione di segnale sinusoidale in ingresso, disaccoppiando il segnale con una capacità da  $100nF$ . Scegliere opportunamente l'ampiezza del segnale perché sia soddisfatta la condizione di piccolo segnale ed il circuito resti in dinamica.

- a) Misurare l'ampiezza del segnale in uscita sul *drain* del transistor.  
b) Dal risultato del punto precedente calcolare il guadagno dello stadio *source* comune considerato alla frequenza in esame.  
c) Analizzare la risposta in uscita al variare dell'ampiezza del segnale di ingresso, ponendo particolare attenzione a misurare sia l'ampiezza dell'ansa positiva della sinusoide che di quella negativa, apprezzando al crescere dell'ampiezza la distorsione subita dalla sinusoide di uscita.

### **D. Funzione di trasferimento in configurazione source a massa.**

Considerare nuovamente il circuito del punto C.

- a) Misurare la funzione di trasferimento tra ingresso e nodo di gate. Tracciare il diagramma di Bode del modulo e della fase. A chi sono dovute le singolarità?  
b) Misurare la funzione di trasferimento complessiva tra nodo di ingresso e nodo di uscita sul *drain*. Tracciare il diagramma di Bode del modulo e della fase (in funzione della frequenza). A chi sono dovute le singolarità?

### **E. Polarizzazione del transistor in configurazione source a massa degenerato.**

Considerare un transistor 5LN01SP in configurazione *source* a massa con degenerazione di *source*, polarizzato attraverso un partitore di resistenze (trimmer da  $200k\Omega$  e due resistenze in serie da  $100k\Omega$ ) e con una sola tensione di alimentazione,  $V_{DD} = 10V$ . La resistenza di carico è pari a  $R_d = 390\Omega$ . La resistenza di degenerazione sul *source* è pari a  $51\Omega$ , a piacere si ponga in parallelo alla resistenza di degenerazione una capacità da  $100nF$  oppure da  $1\mu F$ .

- a) Calcolare il punto di polarizzazione desiderato per il circuito, sulla base delle caratteristiche misurate al punto A, selezionare il corretto valore di resistenze con il trimmer e misurare le tensioni ai morsetti del transistor e le correnti circolanti nei rami del circuito (corrente di partitore e di *drain*). Confrontare i risultati ottenuti con quanto atteso con conti cartacei.

### **F. Analisi su segnale in configurazione source a massa degenerato.**

Nel circuito del punto E applicare un generatore di tensione di segnale sinusoidale in ingresso, disaccoppiando il segnale con una capacità da  $100nF$ . Scegliere opportunamente l'ampiezza del segnale perché sia soddisfatta la condizione di piccolo segnale ed il circuito resti in dinamica.

- a) Misurare l'ampiezza del segnale in uscita sul *drain* del transistor.  
b) Dal risultato del punto precedente calcolare il guadagno dello stadio *source* a massa con degenerazione di *source* considerato, alla frequenza in esame.  
c) Analizzare la risposta in uscita al variare dell'ampiezza del segnale di ingresso, ponendo particolare attenzione a misurare sia l'ampiezza dell'ansa positiva della sinusoide che di quella negativa, apprezzando al crescere dell'ampiezza la distorsione subita dalla sinusoide di uscita. Che cosa cambia rispetto a quanto già misurato al punto C? Se si è posta la capacità in parallelo alla resistenza di degenerazione esplorare il comportamento del circuito al variare anche della frequenza del segnale in ingresso.

### **G. Funzione di trasferimento in configurazione source a massa con degenerazione.**

Considerare nuovamente il circuito del punto F.

- a) Misurare la funzione di trasferimento complessiva tra nodo di ingresso e nodo di uscita sul *drain*. Tracciare il diagramma di Bode del modulo e della fase (in funzione della frequenza). A chi sono dovute le singolarità?