



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Attività sperimentale 2015

Elettronica

**Simulazione elettronica analogica
con Spice e progettazione di un
amplificatore reazionato**

Caratteristiche generali del simulatore:

I programmi di simulazione circuitale costituiscono uno strumento di estrema utilità per chi si occupa di progettazione di circuiti elettronici

Essi semplificano le verifiche funzionali di un progetto

Il simulatore SPICE “Simulation program With Integrated circuit Emphasis” è utilizzato universalmente per la simulazione di circuiti elettronici analogici e digitali

Indice:

Funzioni generali del simulatore

Tipologie di analisi possibili con Spice:

- DC Operating point
- AC Analysis
- Transient Analysis
- Temperature Sweep
- DC Sweep
- Parameter Sweep

Progetto finale:

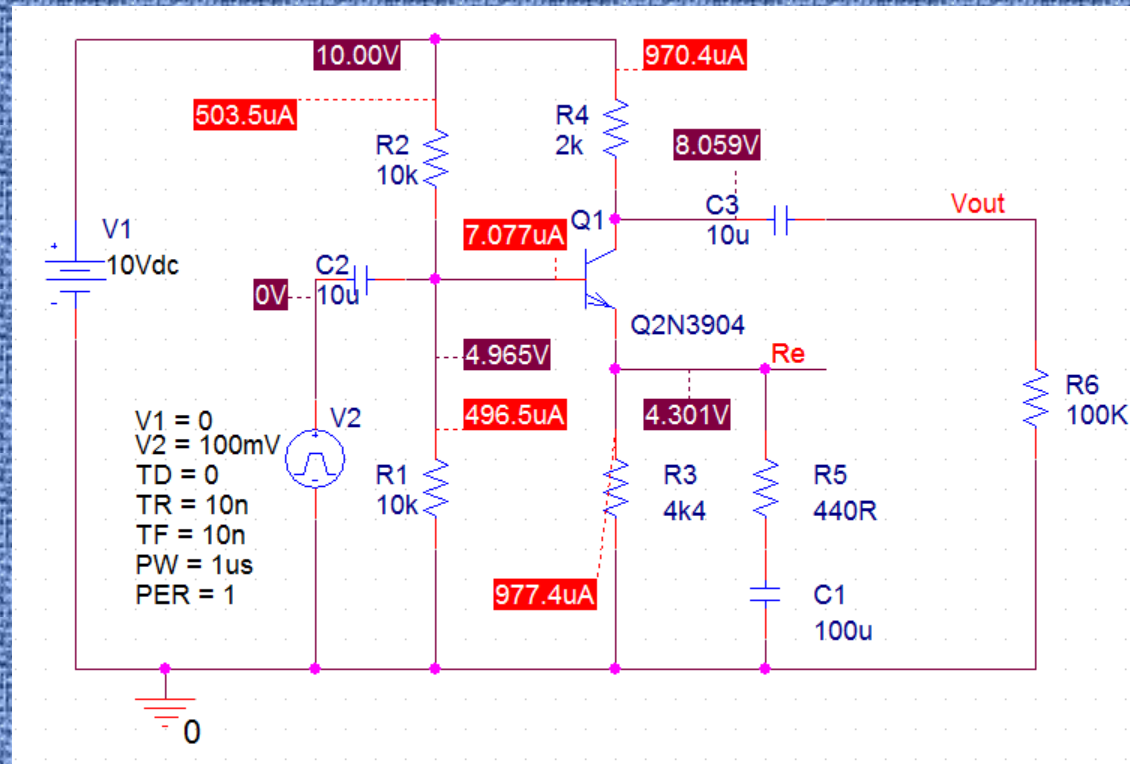
- Studio di un amplificatore reazionato

DC operating point:

Questo tipo di analisi definisce il punto di lavoro “in regime continuo” di un circuito elettrico:

- è usata per determinare le condizioni di lavoro di uno o più dispositivi elettronici;
- per osservare le funzioni di trasferimento degli elementi non lineari (es: diodi, transistor, MOS);
- per determinare le condizioni iniziali degli elementi reattivi nel dominio del tempo.

DC operating point:



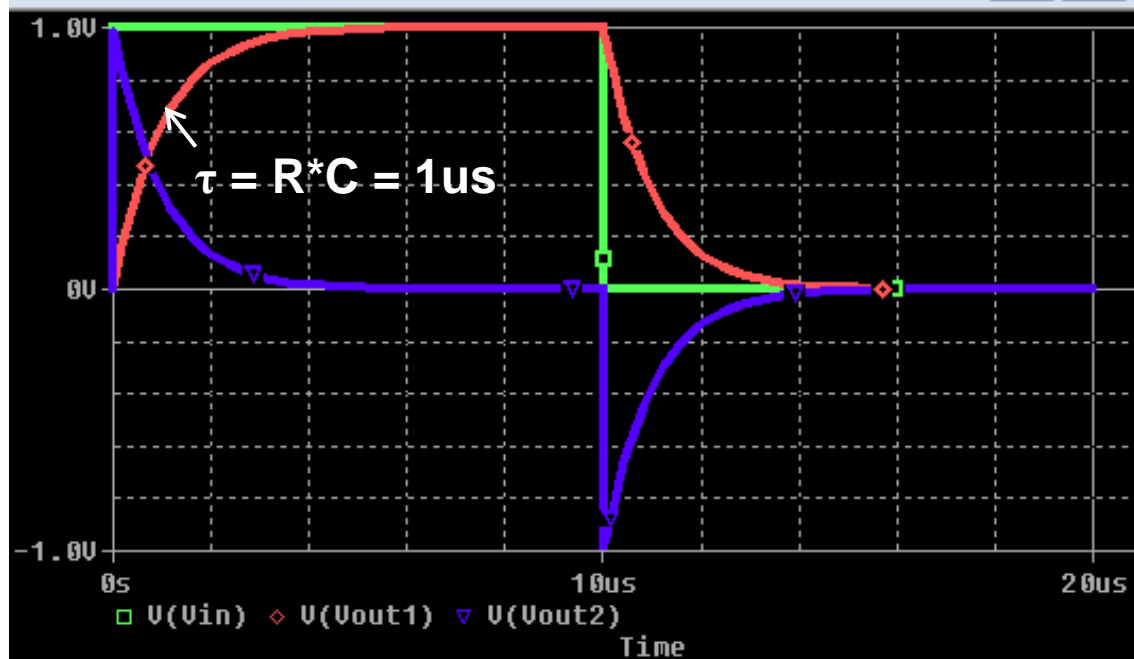
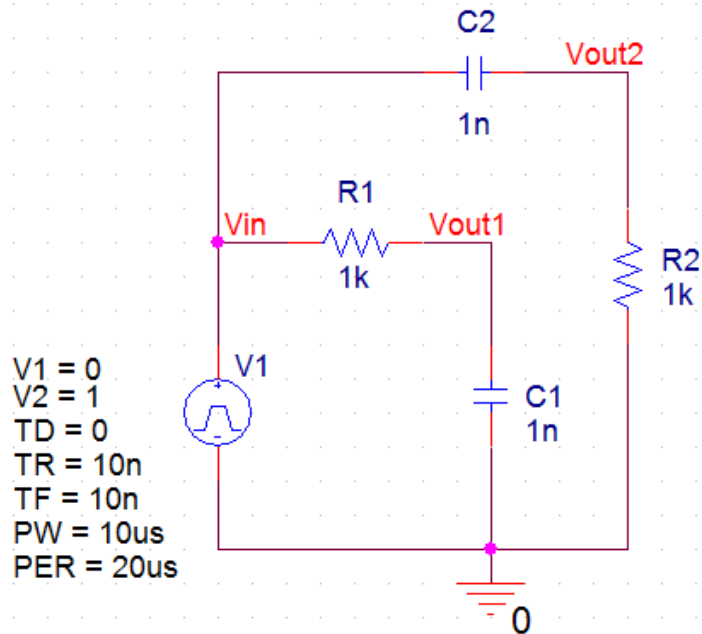
Si notino nello schema di un amplificatore (emettitore comune con guadagno dinamico = 5) le tensioni e le correnti di polarizzazione.

Transient analysis

L'analisi al transiente, elabora la risposta nel dominio del tempo di un circuito elettronico.

Permette quindi di valutare il comportamento di un circuito elettrico, come lo si farebbe con uno oscilloscopio su un circuito reale.

Transient analysis



Studio della risposta al gradino di un RC (**passa-basso**) – CR (**passa-alto**)

Si osserva che il comportamento del passa-basso è opposto al passa-alto

τ (il prodotto fra R e C) definisce il tempo che impiega il condensatore a caricarsi al 63% della tensione finale.

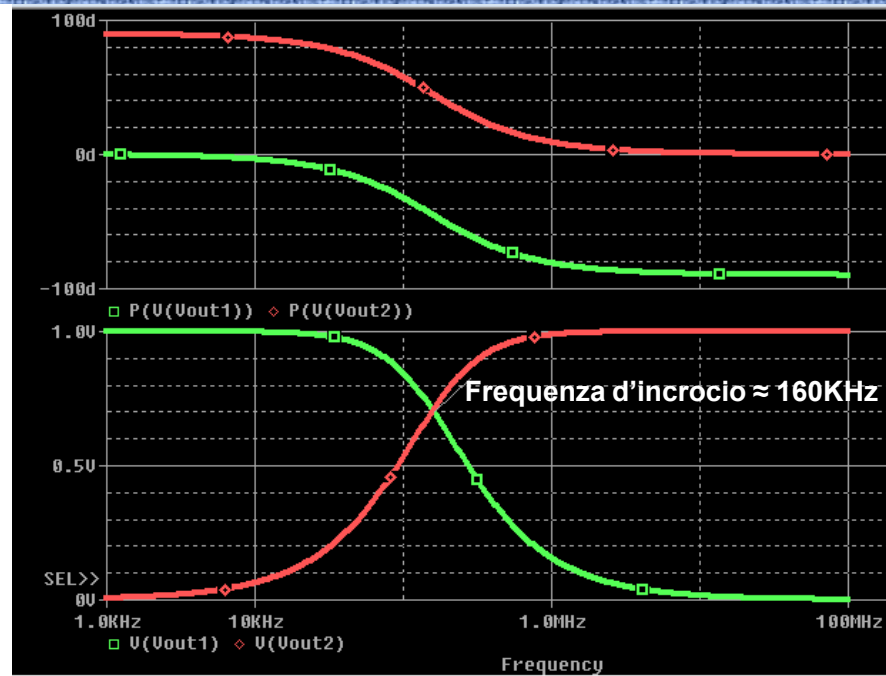
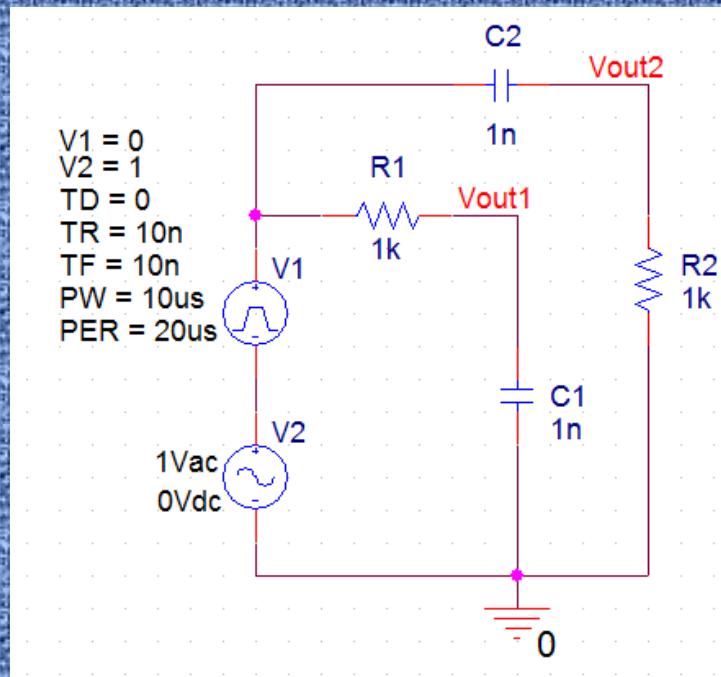
Il completo caricamento del condensatore avviene praticamente dopo 5τ .

AC analysis

Questo tipo di analisi, elabora la risposta in frequenza di un circuito elettrico, costituito da elementi lineari (es: resistenza, induttanza, capacità, trasformatore, generatore di tensione e di corrente), ed elementi non lineari, linearizzandoli.

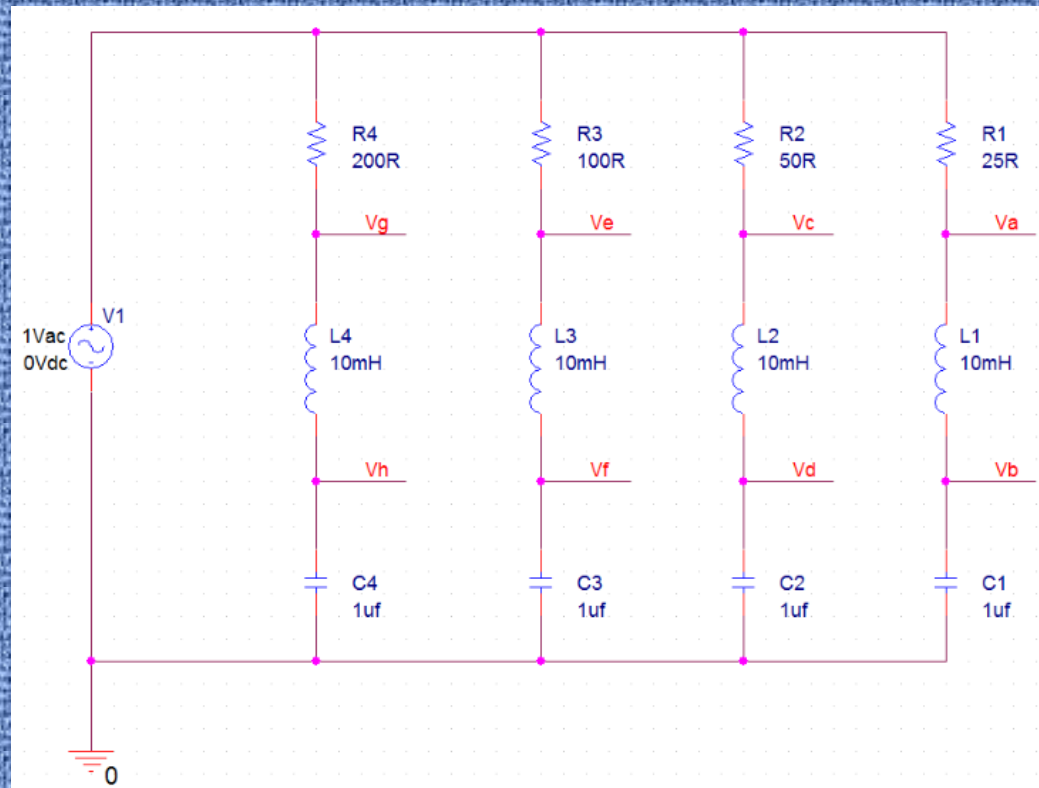
La sorgente genera un segnale sinusoidale la cui frequenza varia in un range definito dal progettista.

AC analysis



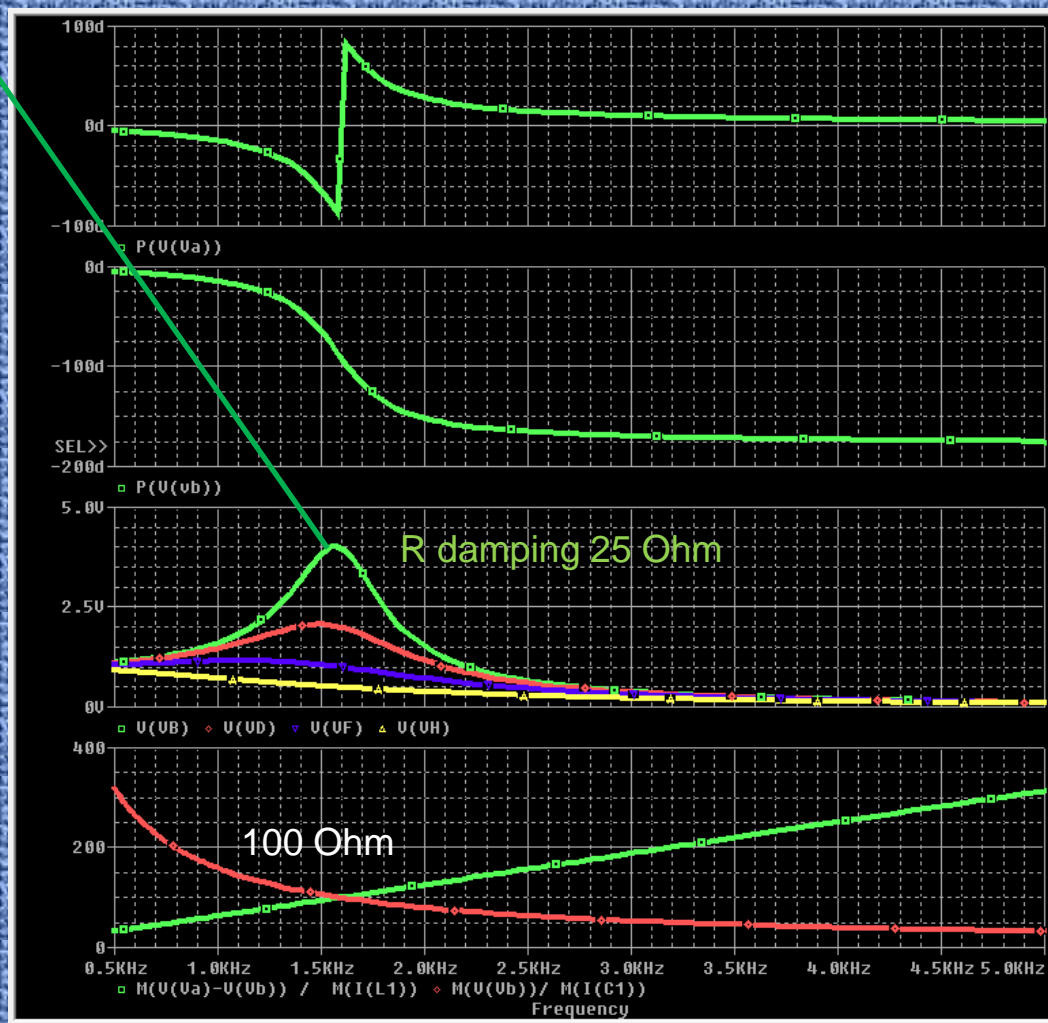
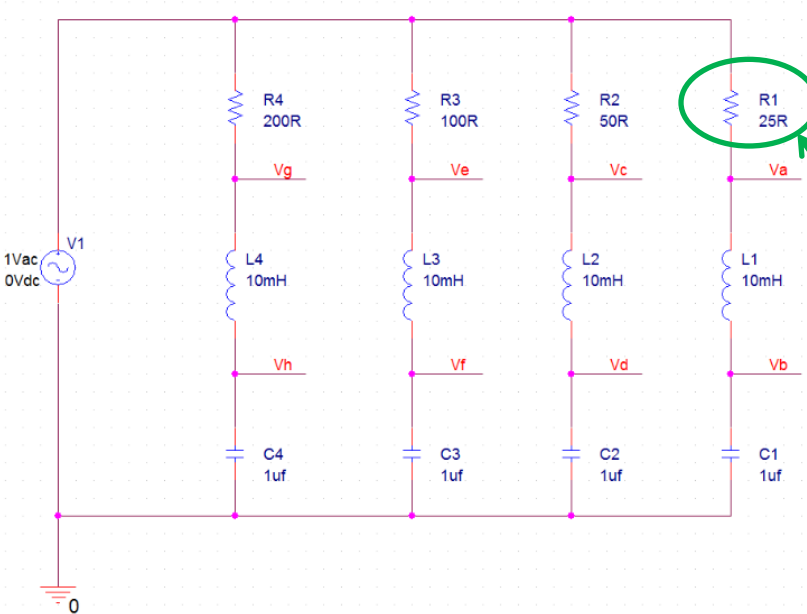
Analisi in frequenza di un **passa-basso** e **passa-alto**
Comportamento del modulo e della fase
Verifica della risposta teorica tramite SPICE

AC analysis



Simulazione di un circuito risonante serie.
Andamento del Q.

AC analysis



Nel grafico si osserva l'andamento della tensione in uscita, funzione della resistenza di damping.

Si noti come il fattore di qualità Q, che corrisponde al rapporto tra l'impedenza di LC alla frequenza di risonanza f_r (in questo caso 100 ohm) e il valore della resistenza di damping

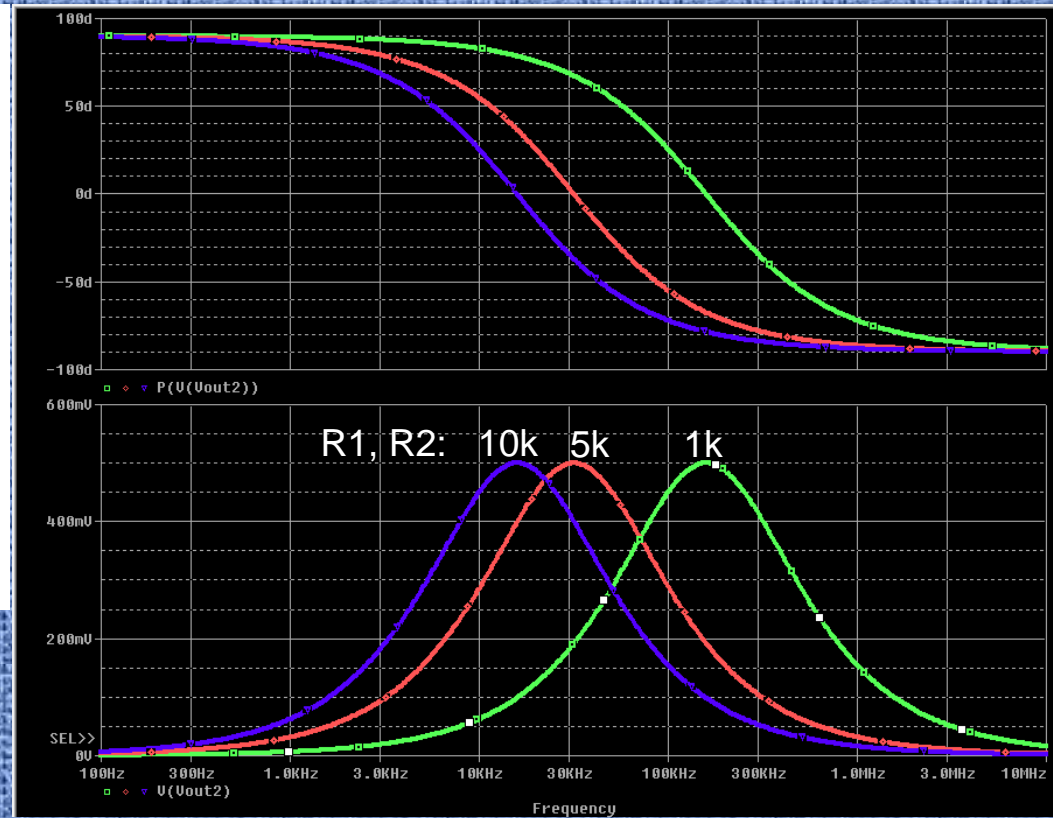
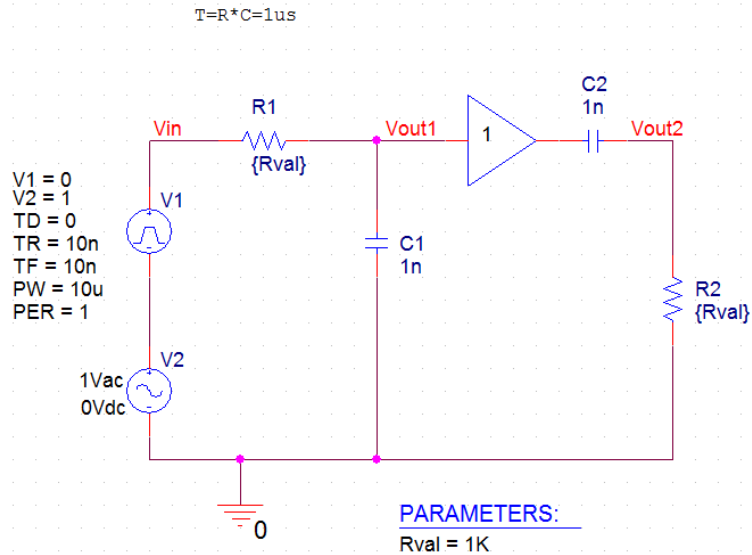
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Parameter sweep

Questo tipo di analisi permette di variare le sorgenti di tensione e corrente, modelli, parametri globali e temperature di un circuito elettronico.

I parametri si cambiano nel pannello di controllo "Simulation profile".

Parameter sweep

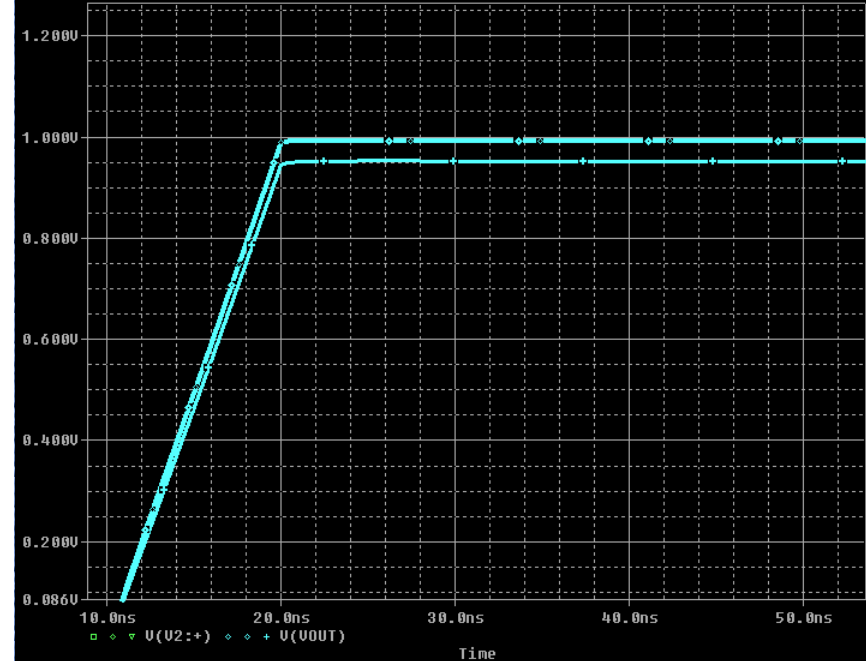
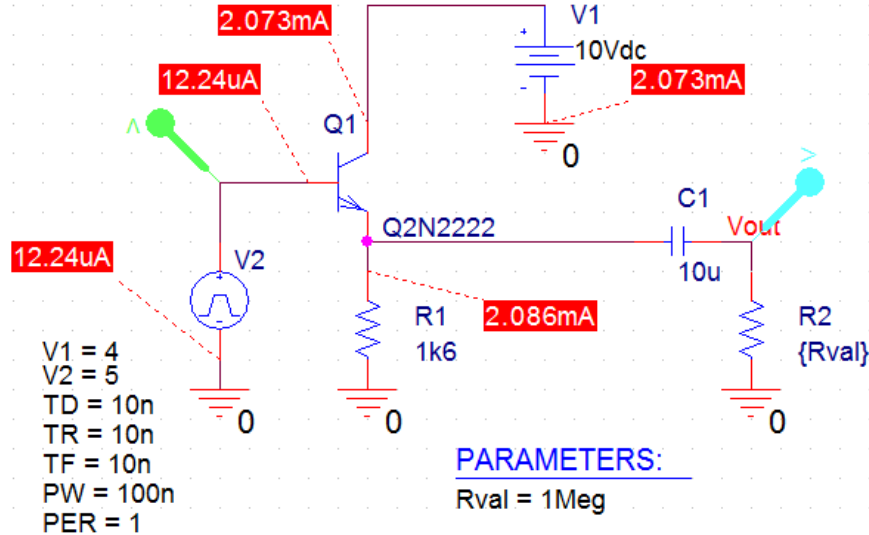


Dal grafico si nota che, variando il valore della

resistenza sia nel circuito integratore (R1) che nel derivatore (R2), tramite la simulazione parametrica, varia la costante di tempo τ e di conseguenza la frequenza centrale del filtro passa banda. Si noti come la fase, alla frequenza d'incrocio, sia pari a zero.

Parameter sweep

$$g_m = \Delta I_C / K_t$$



Abbiamo verificato il guadagno statico $g_m = I_C / K_T = 40 \text{ mA/V}$ per ogni mA di polarizzazione statica, dimostrando così che tutti i semiconduttori al silicio sono «uguali».

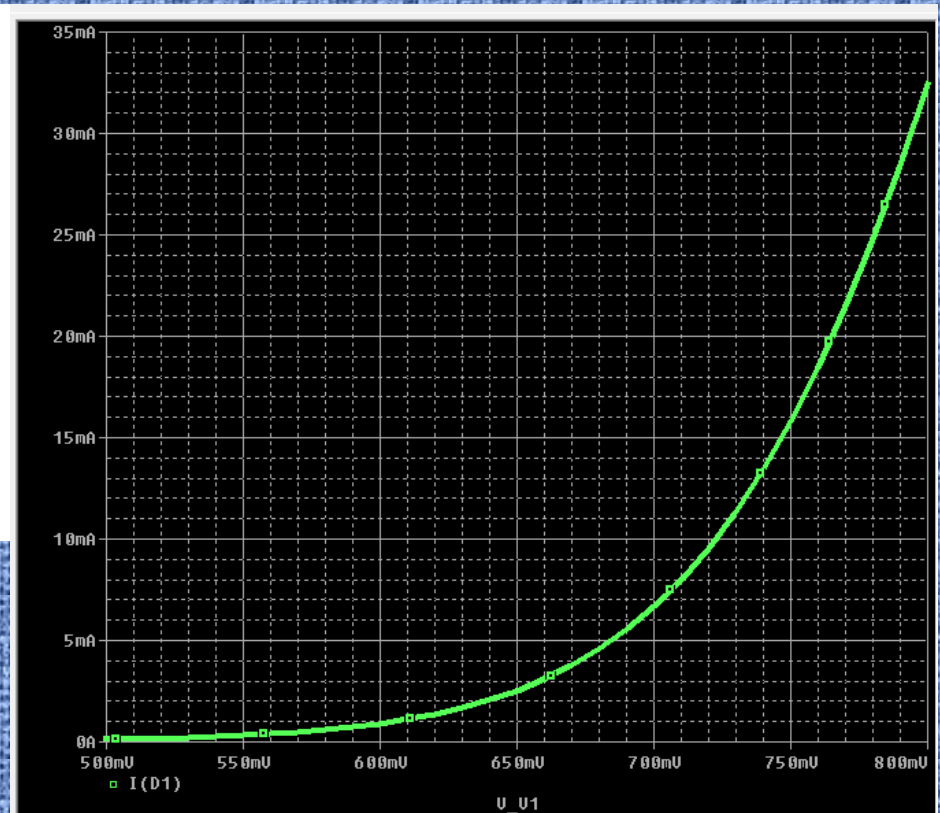
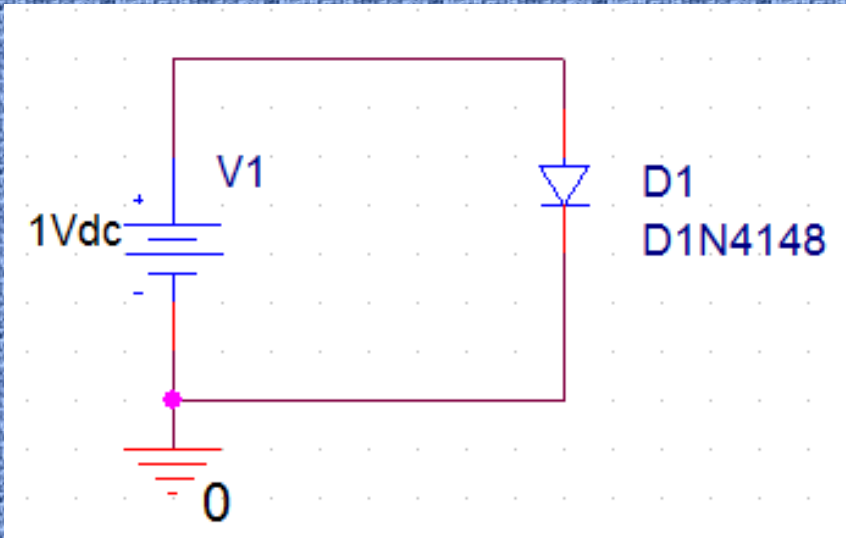
La resistenza d'uscita = $(1/g_m) // R_E$

DC sweep

Questo tipo di analisi consente di simulare il circuito variando il valore delle sorgenti DC.

Permette di visualizzare la funzione di trasferimento in DC di un dispositivo attivo o di un quadripolo.

DC sweep



Da notare:

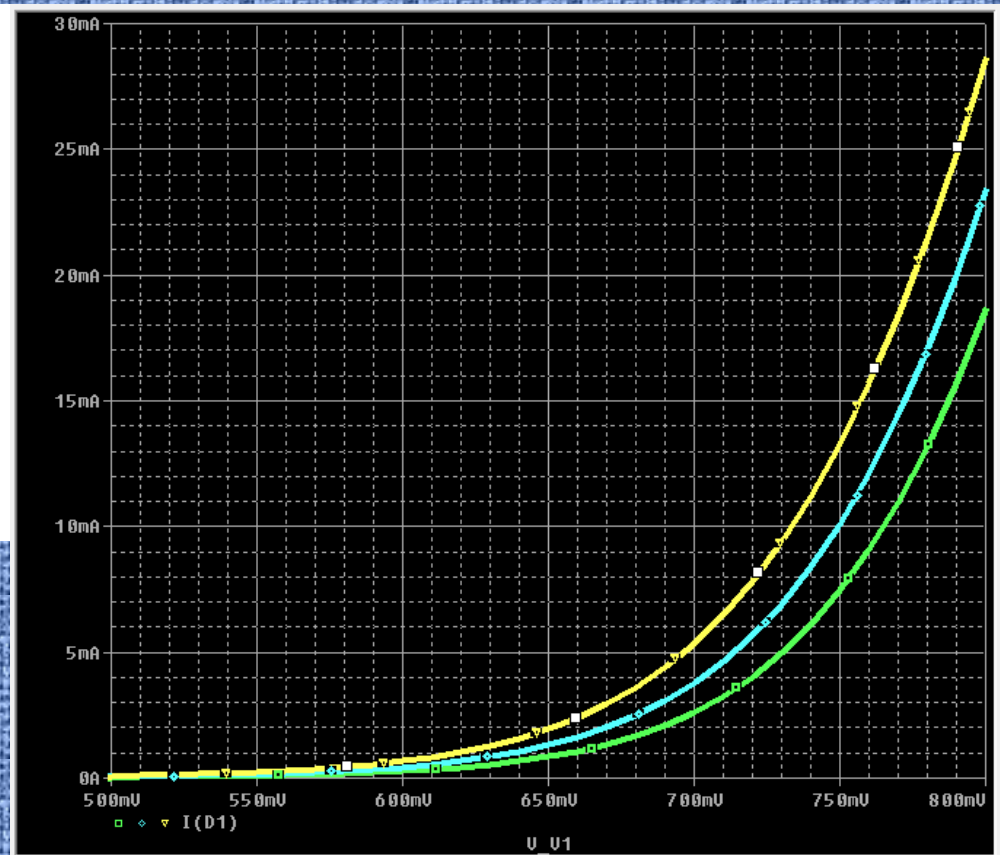
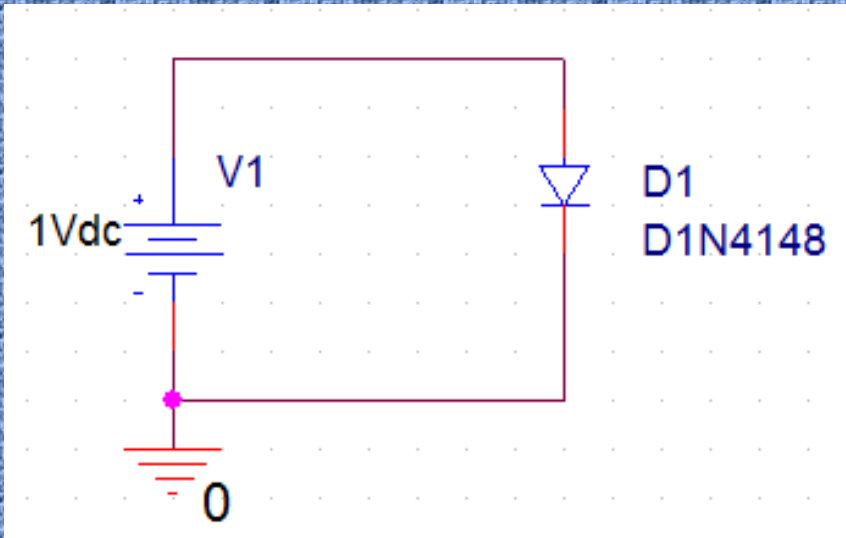
- l'andamento esponenziale della corrente nel diodo;
- la tensione di accensione = 0,6 Volt;
- ad ogni incremento di Kt (25mV) I_D raddoppia.

Temperature sweep

Questa opzione di analisi ha come parametro variabile la temperatura a cui si trova il circuito

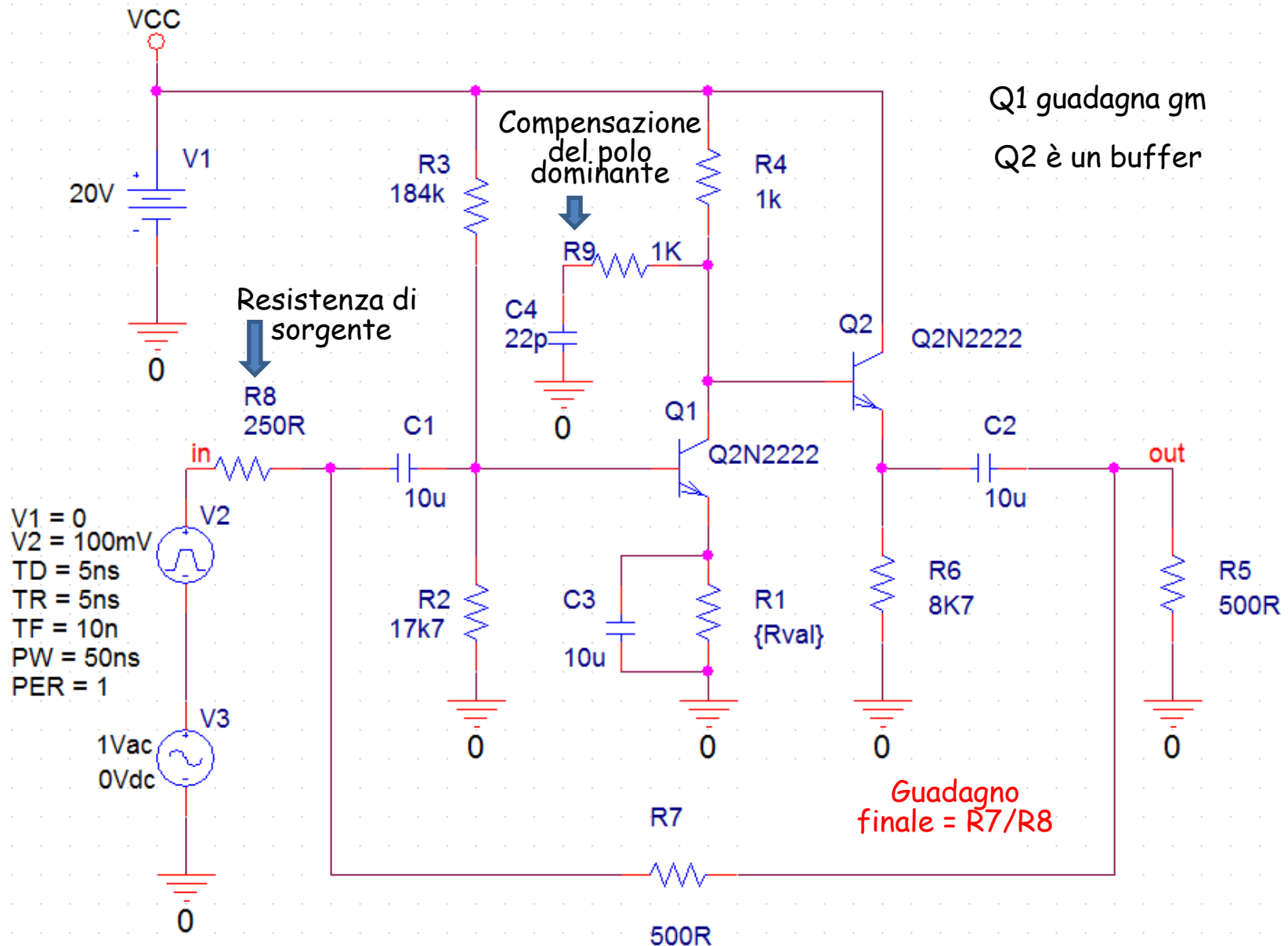
Permette di valutare i cambiamenti delle variabili elettriche di un componente al variare della temperatura

Temperature sweep



Variando la temperatura si ottengono diverse caratteristiche del diodo, infatti la tensione di giunzione, diminuisce di circa 2.2mV per grado centigrado.

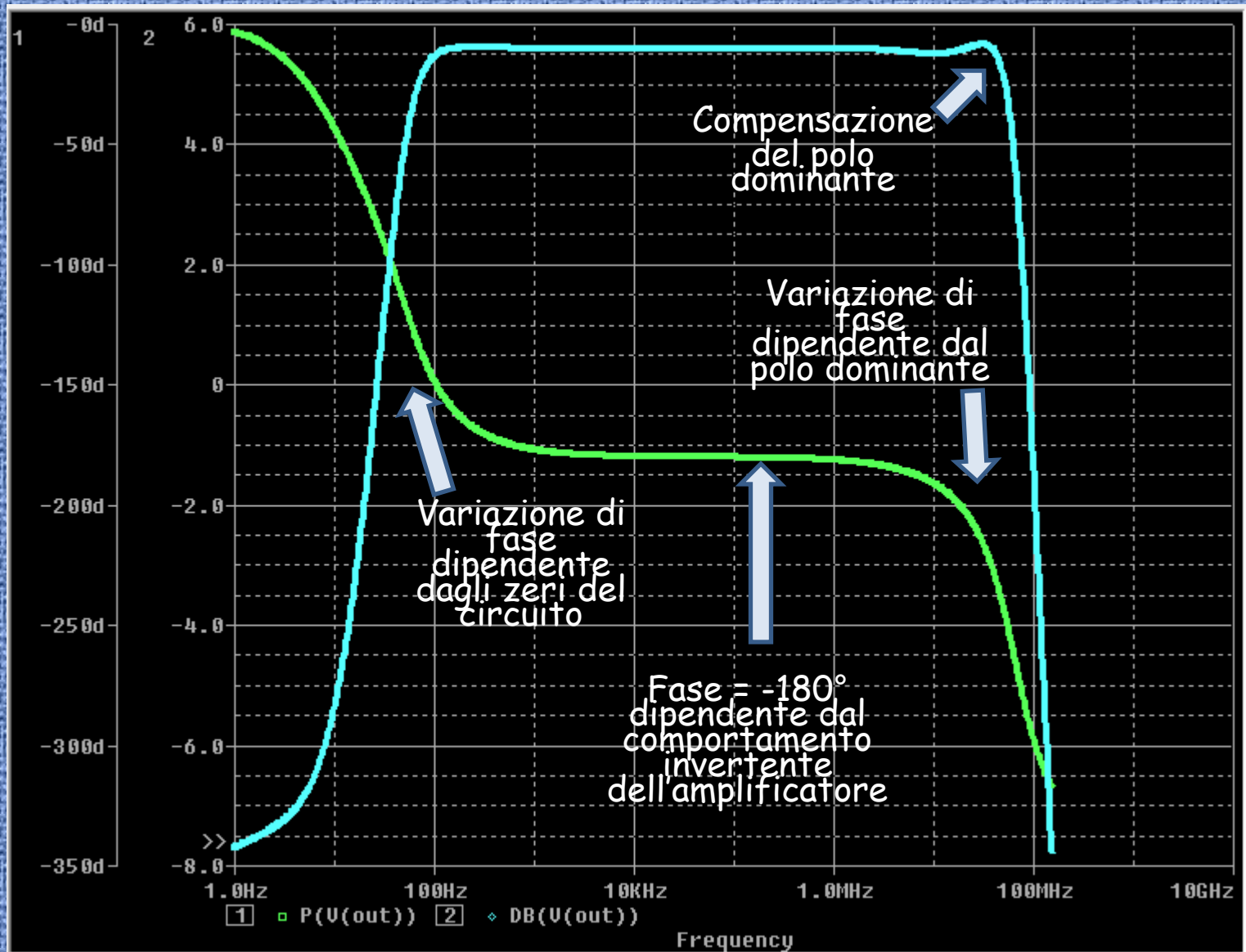
Amplificatore reazionato a BJT



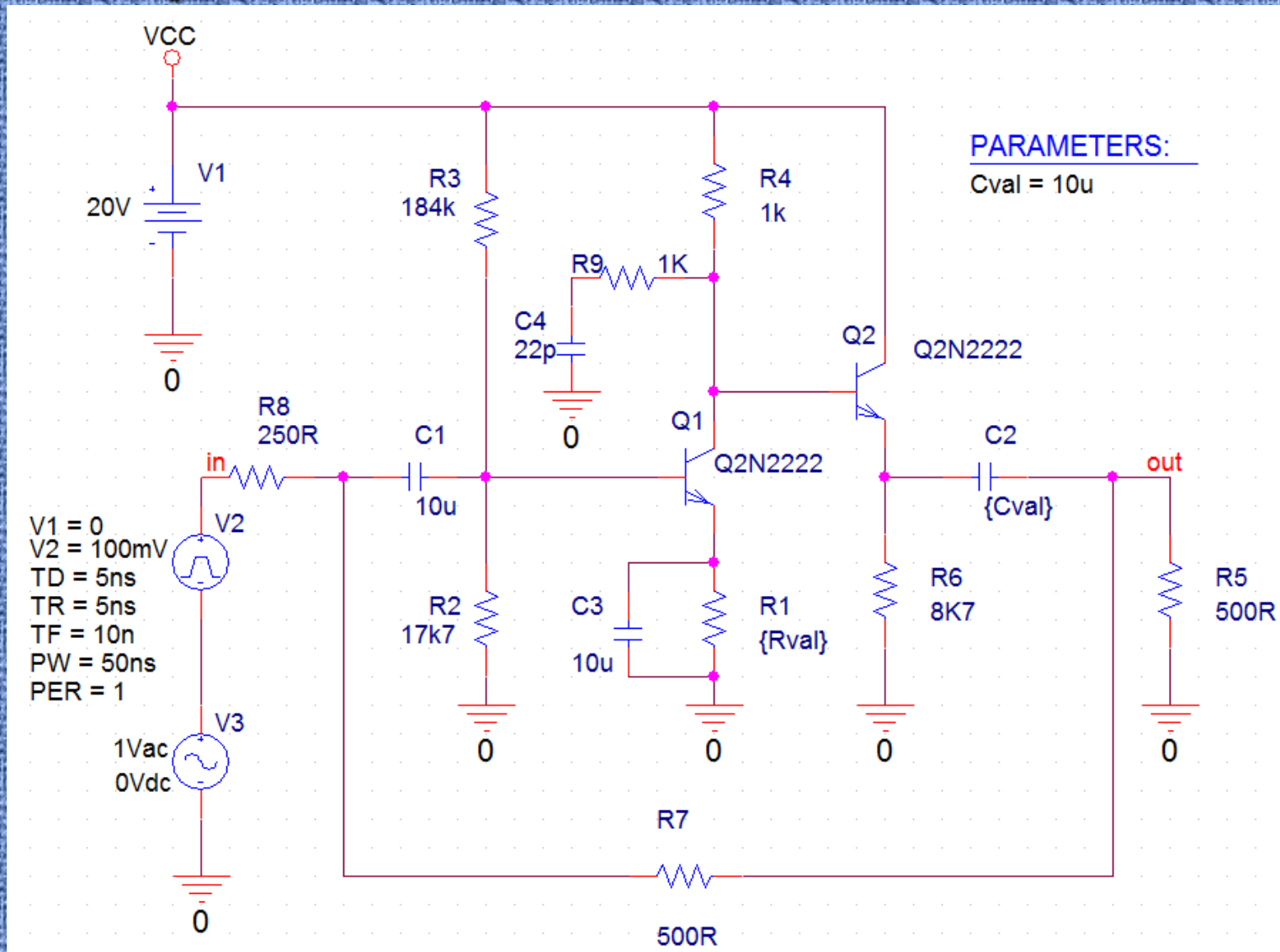
Q1 guadagna gm

Q2 è un buffer

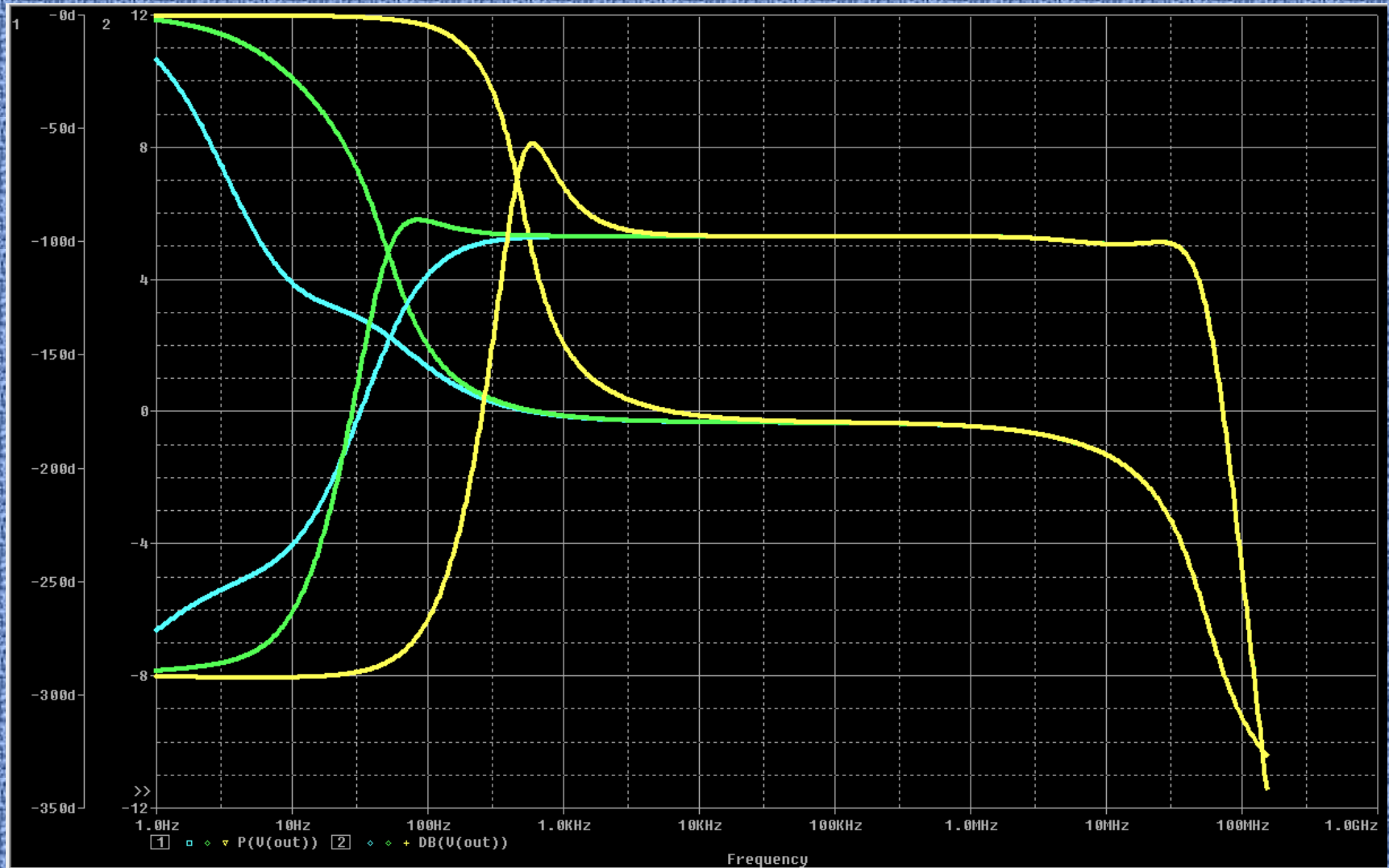
Amplificatore reazionato a BJT



Amplificatore reazionato a BJT



Amplificatore reazionato a BJT



Studenti partecipanti:

ABBALLE RICCARDO, ANTONELLI GIANNI,
BOCCOLUCCI ADRIANO, CASTELLI LORENZO,
CORRADINI ALESSANDRO,
DE ANGELIS CRISTIAN, DUMEA DENIS
EMANUEL, GUGLIELMI FEDERICO,
LA MALFA GIAMMARCO, LOLLETTI DAMIANO,
MAFFEI ALESSANDRO, MELORIO SIMONE,
PALOMBI LEONARDO, PROIA CRISTIAN,
TRISTANO DANIELE, VALLETTA DANIELE,
VASILACHE MIREL GEORGE, ZOLEA ILARIO

Riconoscimenti

All' organizzazione del SIS-Di divulgazione, per l'efficienza dell'organizzazione e l'accoglienza;

Al Professore Umberto Dosselli Direttore dell'INFN per la sua disponibilità allo svolgimento dei corsi;

Ai nostri professori per essersi impegnati nella realizzazione dello stage.

TUTORI

Giovanni Corradi

Sergio Ceravolo