



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Attività sperimentale 2014

Elettronica

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

Studenti partecipanti:

Alfieri Marco

Bartolome Antonio

Battilocchi Valerio

Calabria Antonio

Caporro Alberto

Carducci Luca

Chilelli Marco

Cifra Pierfrancesco

Colaneri Francesco

Consiglio Simone

Imperatori Davide

Intrigilla Samuel Francesco

Magnanimiti Riccardo

Martini Fabrizio

Mattoni Silvano

Paone Andrea

Papalia Lorenzo

Pitt Marek Aleksander

Polidori Simone

Profumo Federico

Sabatini Simone

Indice:

- Funzioni generali del simulatore
- Tipologie di analisi possibili con Spice:
 - DC Operating point
 - AC Analysis
 - Transient Analysis
 - Temperature Sweep
 - DC Sweep
 - Parameter Sweep
- Studio dei circuiti a BJT
- Progetto finale:
 - Amplificatore audio

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

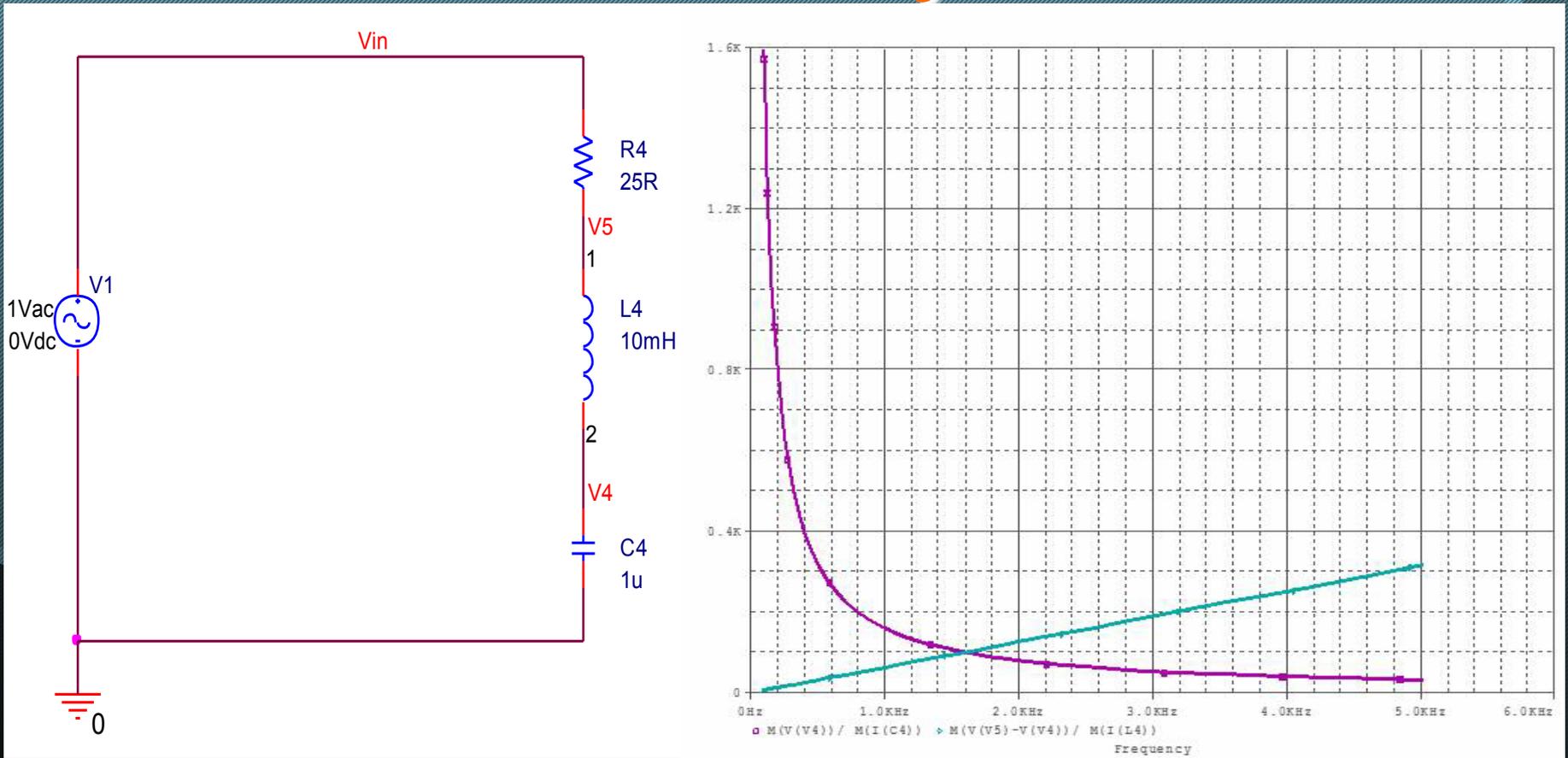
DC operating point:

- 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.

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

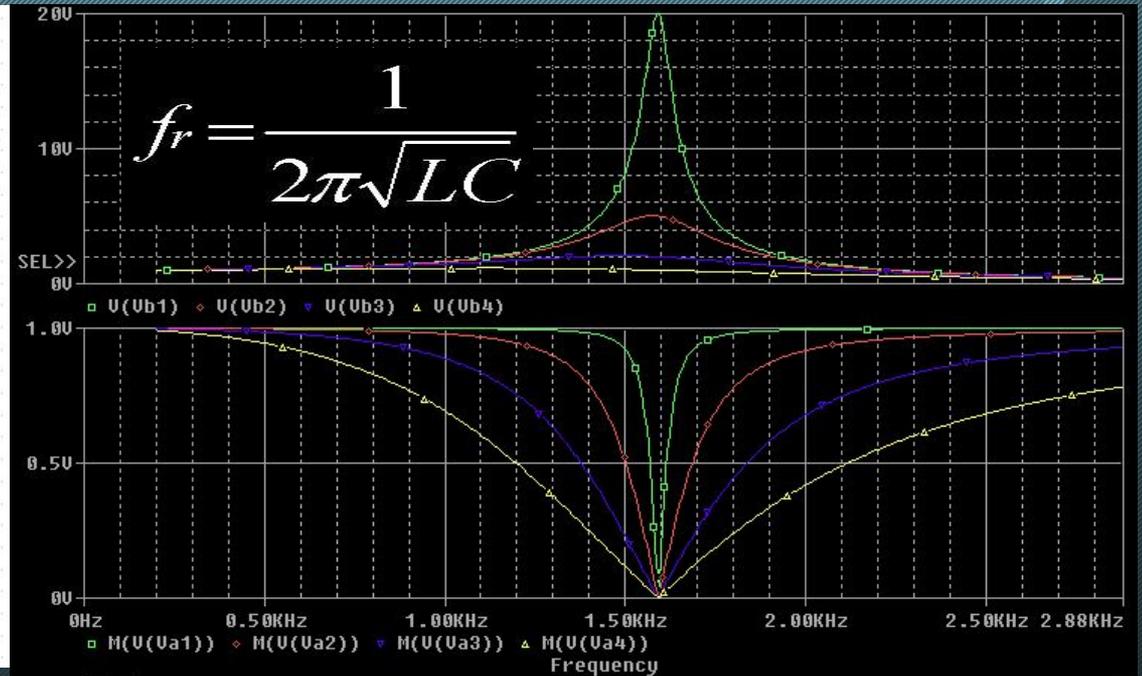
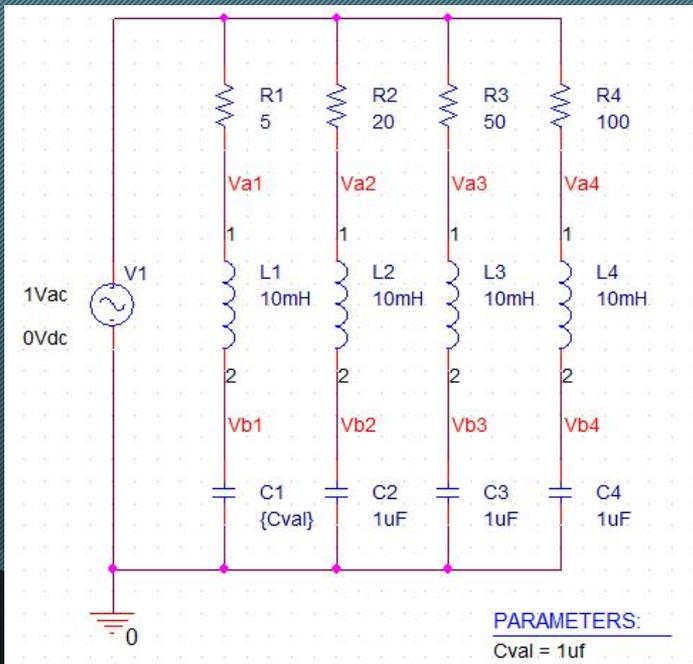


Misura dell'impedenza induttiva e capacitiva

$$Z_L = j\omega L \quad Z_C = -j/\omega C$$

AC analysis

- Simulazione di un circuito risonante serie
- Andamento del Q e del coefficiente di smorzamento



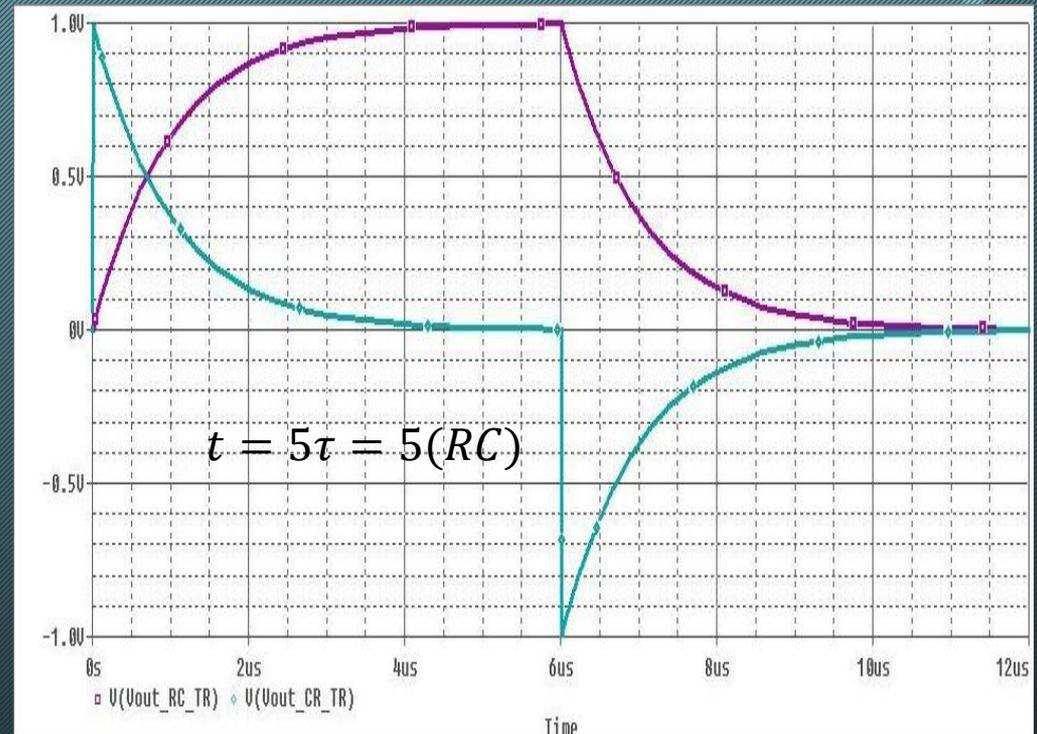
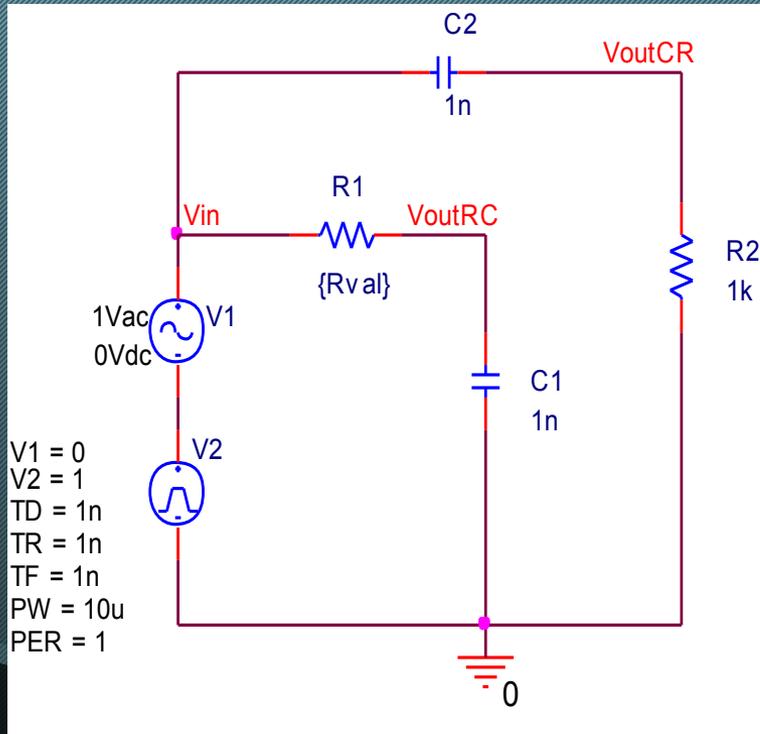
Nel grafico in alto si osserva l'andamento della tensione tra gli elementi reattivi.

Nel grafico in basso si osserva l'andamento del modulo della tensione sulle resistenze di damping

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



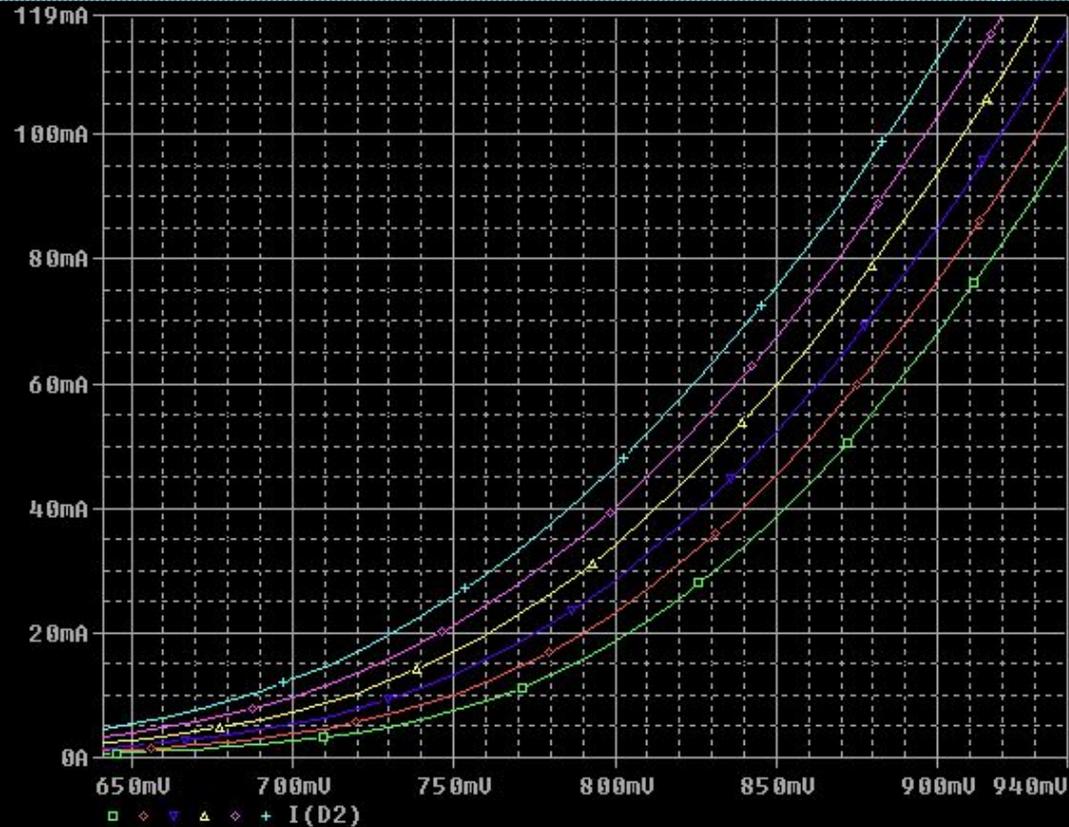
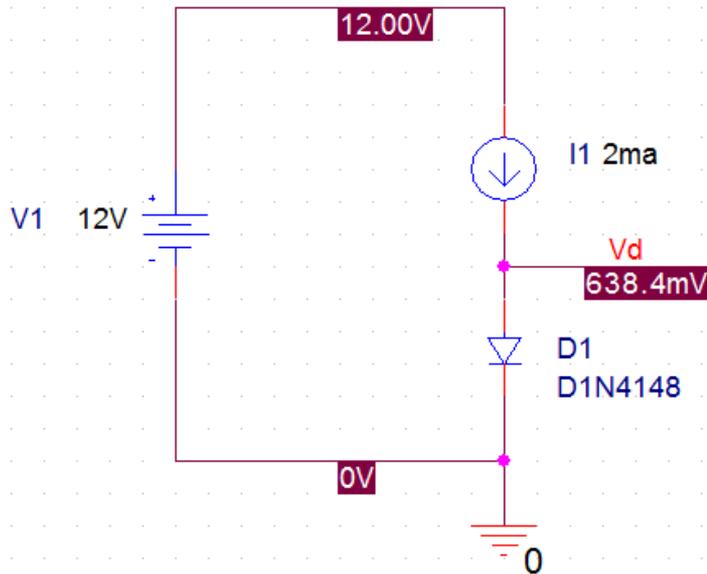
- Studio della risposta al gradino di un RC-CR
- Si osserva che:
 - il comportamento di un RC è opposto al CR

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

Tensione termica (V_t o K_t) = $26 \cdot 10^{-3}$ (25mV per facilità di calcolo);
La corrente nel diodo aumenta quadraticamente con l'aumento di V_t .
Bisogna tuttavia considerare la resistenza interna di un diodo reale (pochi ohm).
La tensione scende all'aumentare della temperatura di circa 2,2 mV per °C

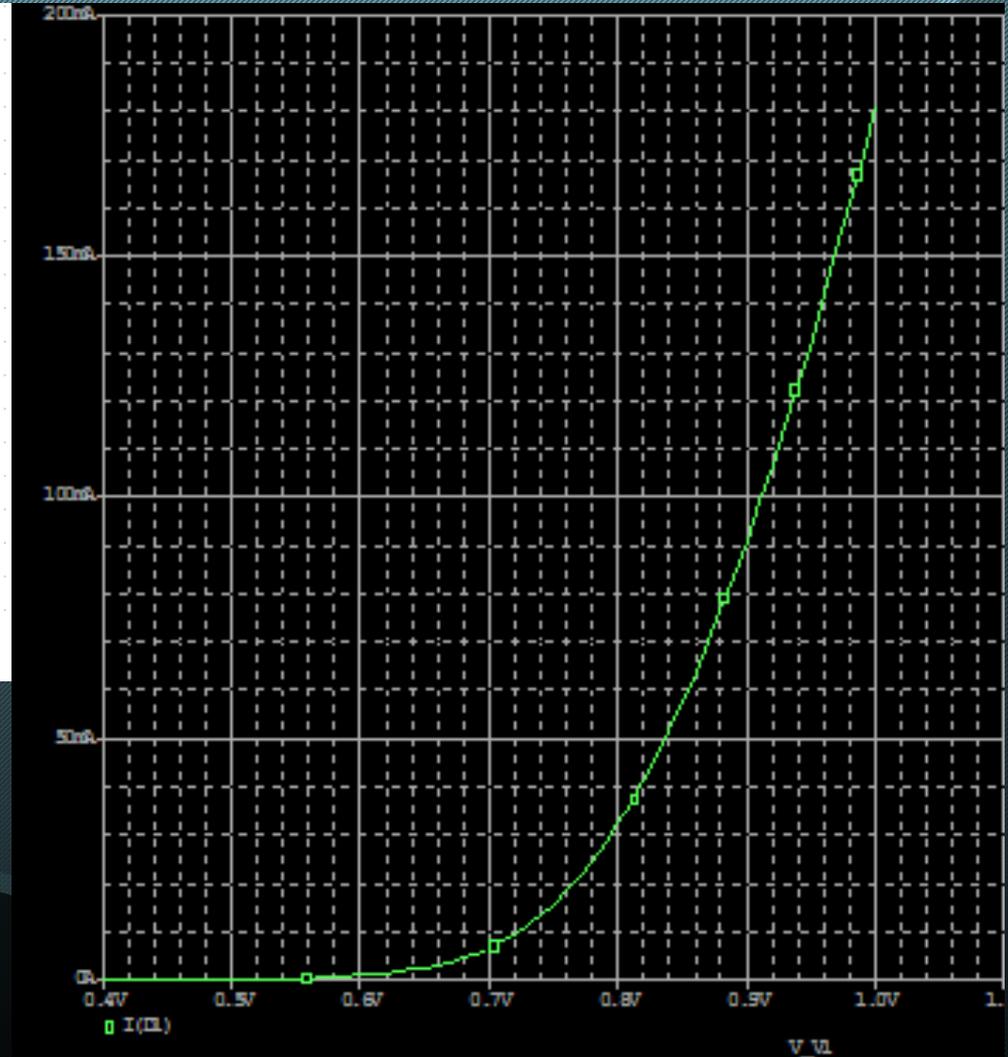
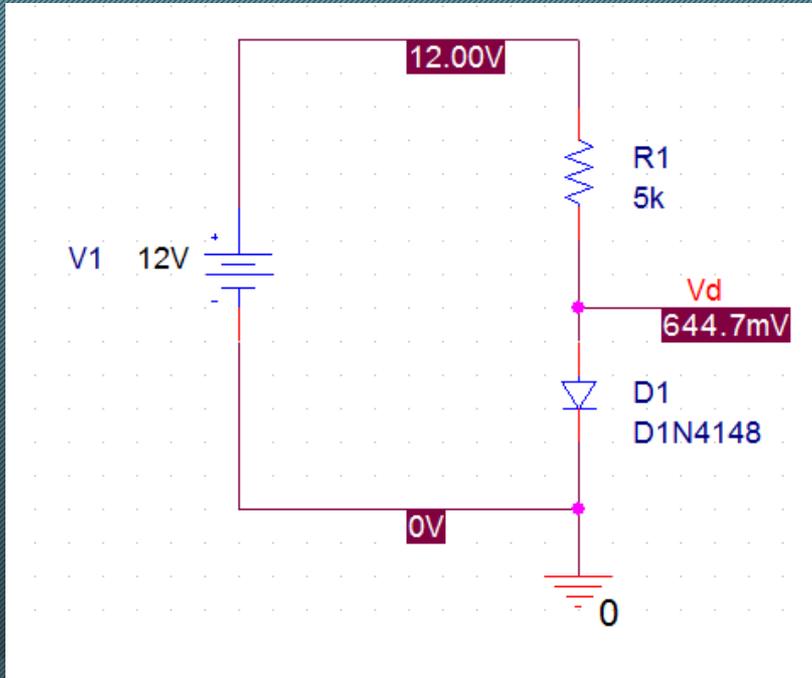


- Variando la temperatura (0, 10, 20, 30, 40, 50°C) si ottengono diverse caratteristiche del diodo, infatti la tensione di giunzione, diminuisce di 2.2mV per grado centigrado.

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

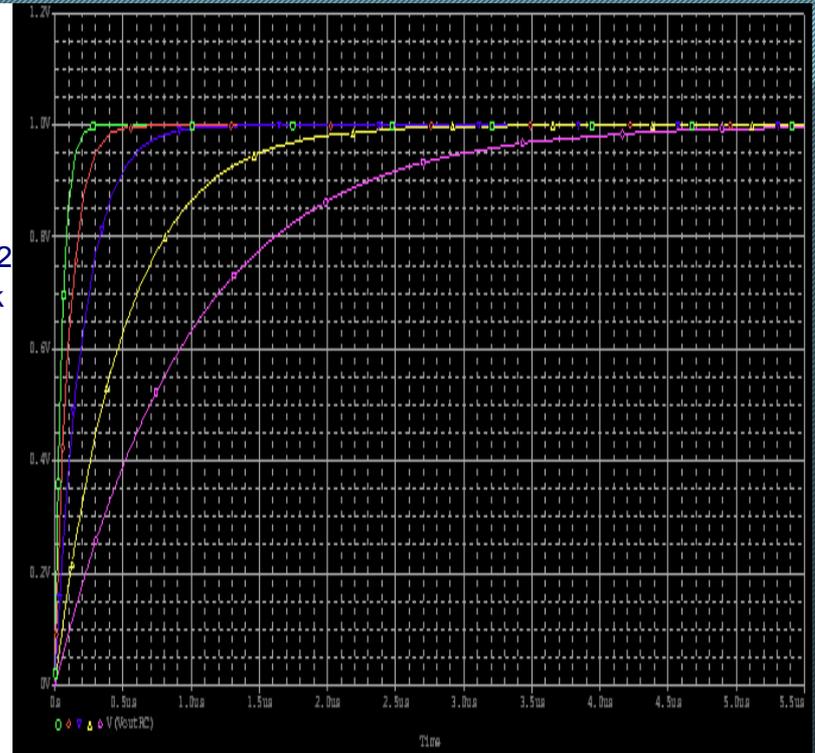
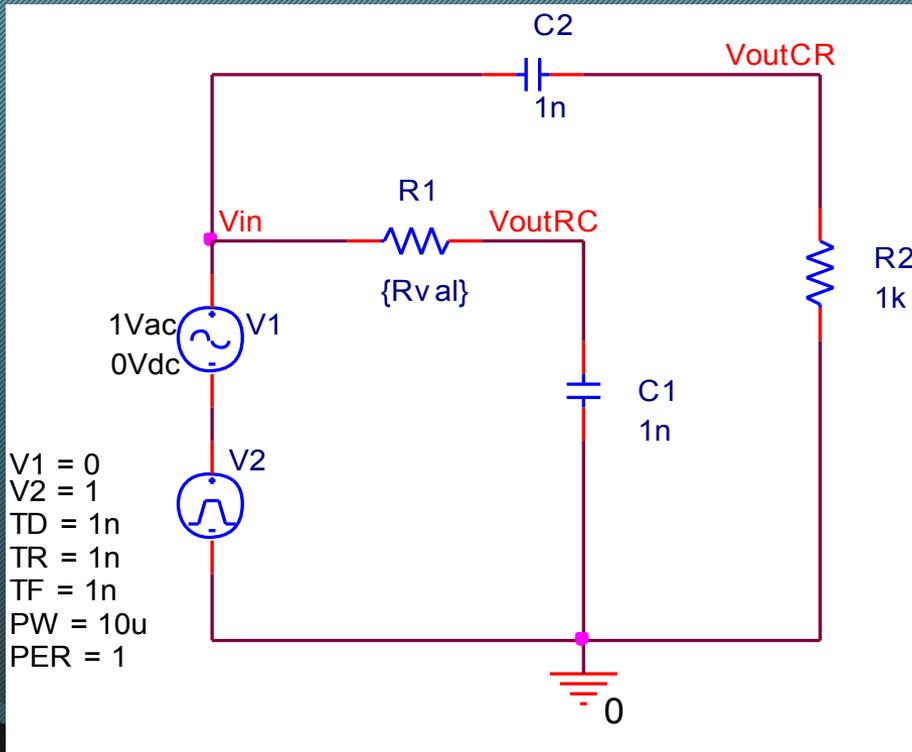


➤ Da notare:
L'andamento della corrente
esponenziale e la
tensione di accensione 0.6 Volt.

Parameter sweep

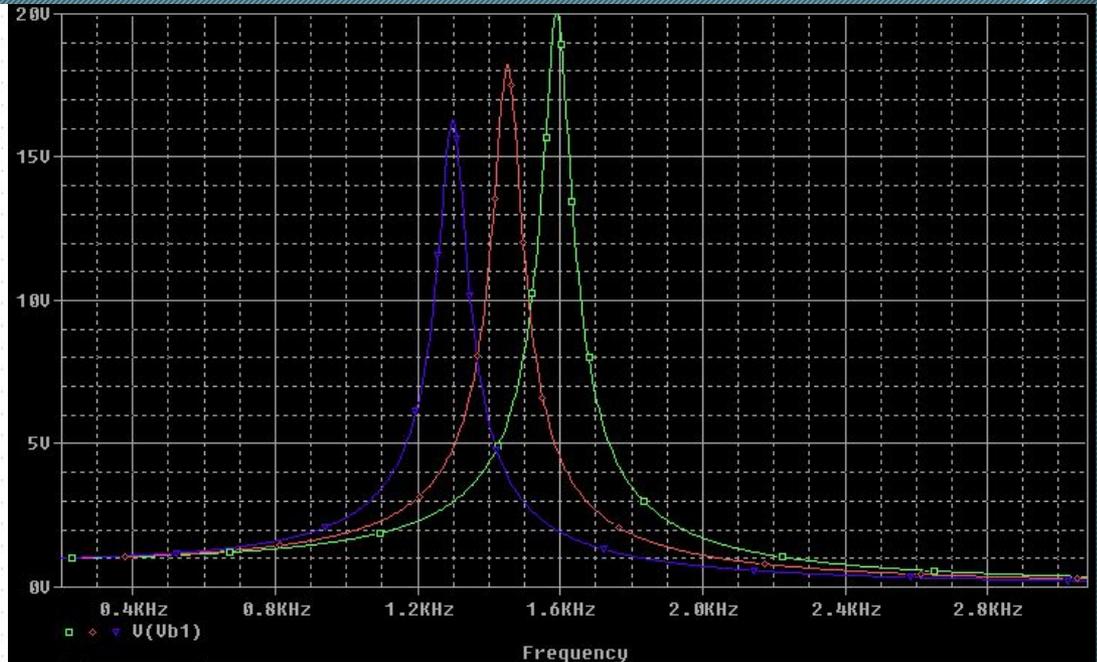
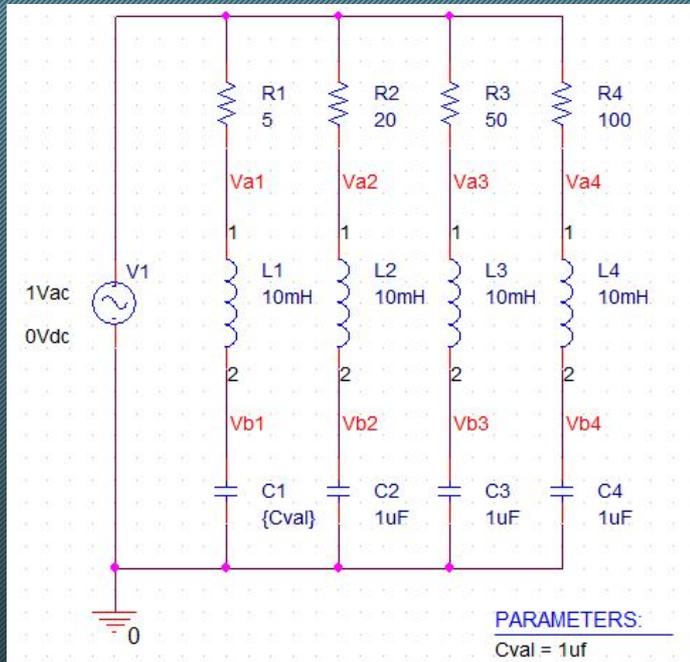
- Questo tipo di analisi permette di variare le sorgenti di tensione e corrente, modelli, parametri globali e temperature di un circuito elettronico.
- I parametri si cambiano nel pannello di controllo “Simulation profile”.

Parameter sweep



- Dal grafico si nota che, variando la resistenza $R1$ del circuito RC, tramite la simulazione parametrica, varia la costante di tempo τ . Essa è data dal prodotto fra R e C , definendo il tempo che impiega il condensatore a caricarsi al 63% della tensione finale.
- Il completo caricamento del condensatore avviene praticamente dopo 5τ .

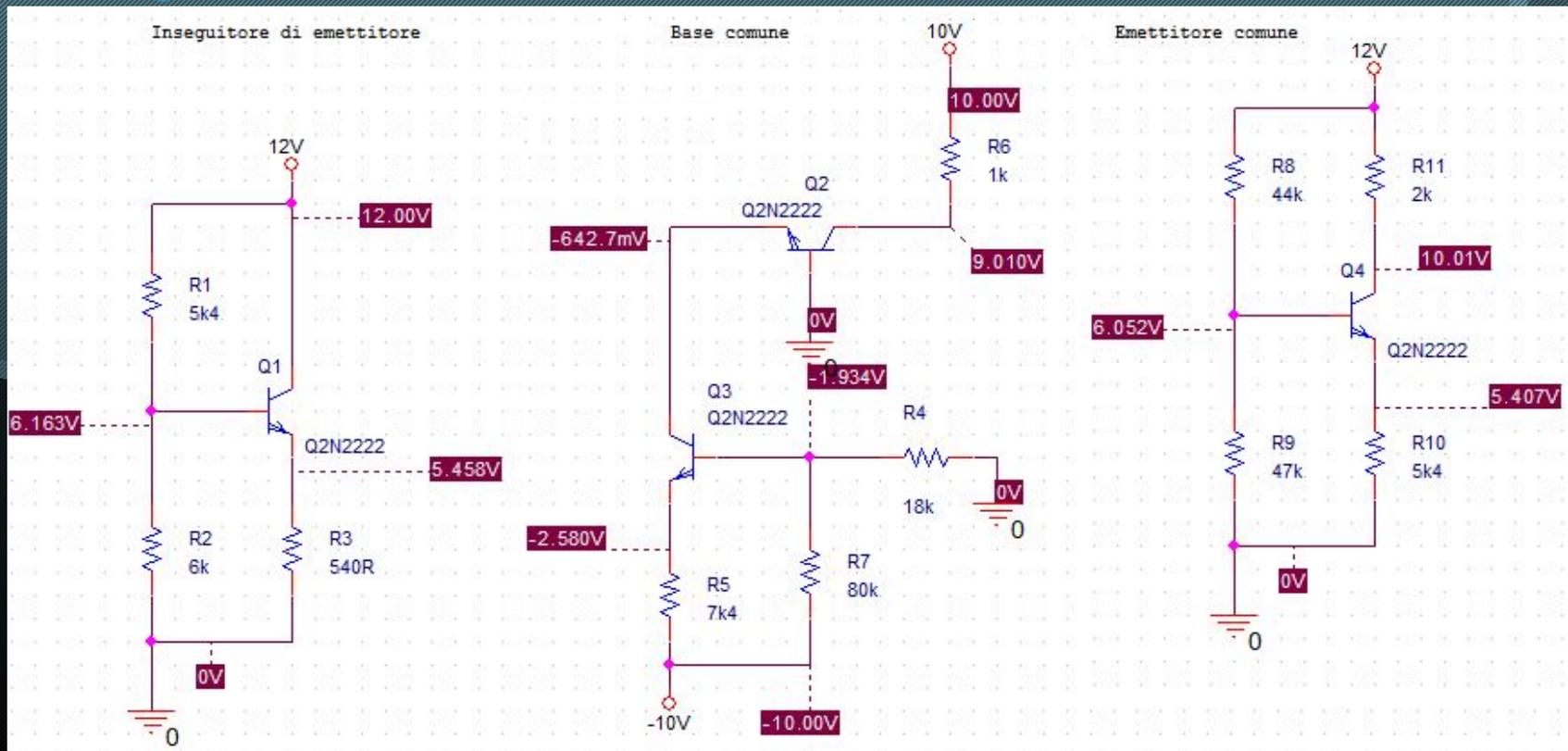
Parameter sweep



- Dal grafico si nota che, variando la capacità del circuito R1L1C1, tramite la simulazione parametrica, varia la frequenza di risonanza.
- Questa simulazione ci dà un'idea di quanto avviene in un circuito di sintonia di un radio con ricerca della frequenza tramite condensatore variabile.

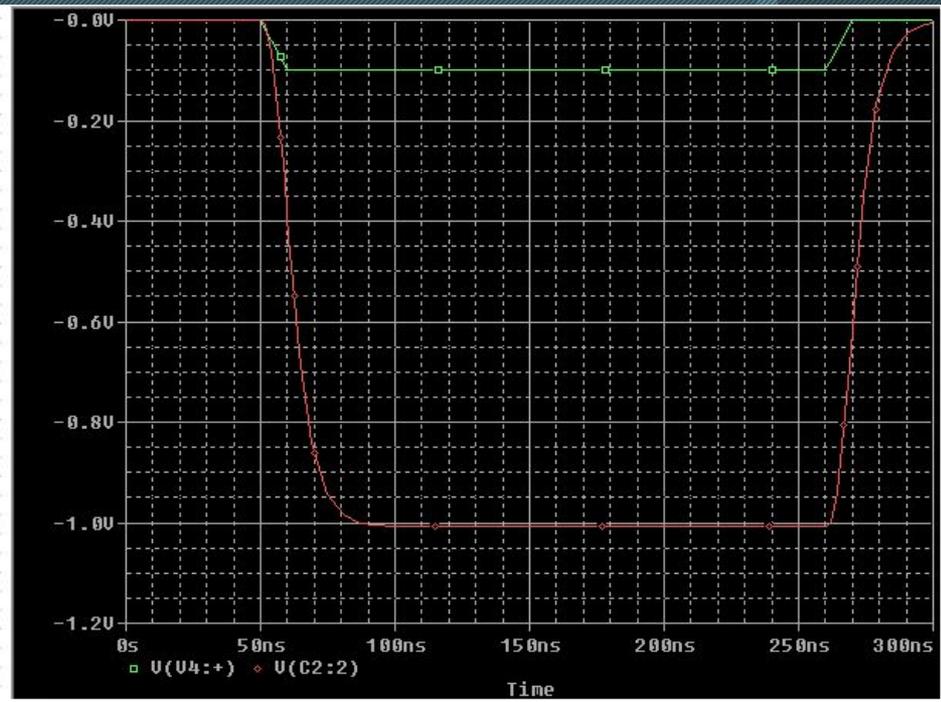
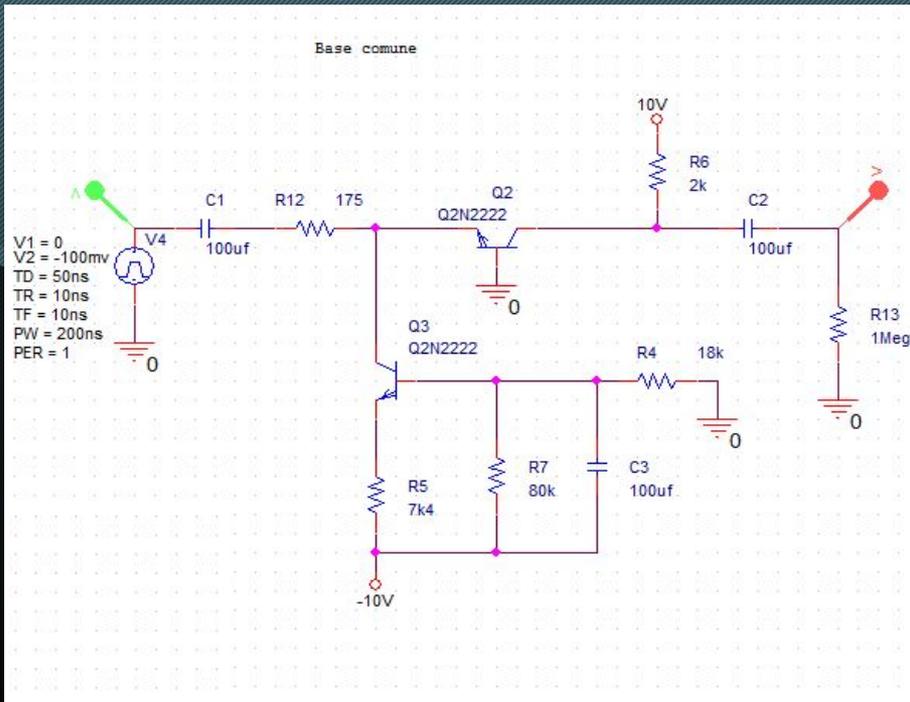
Studio dei circuiti a BJT

- Lo schema riporta le tre configurazioni più importanti a transistor bigiunzione
- Nelle configurazioni inseguitore di emettitore e base comune ingresso e uscita sono in fase
- Nella configurazione emettitore comune l'uscita è sfasata di 180° rispetto all'ingresso

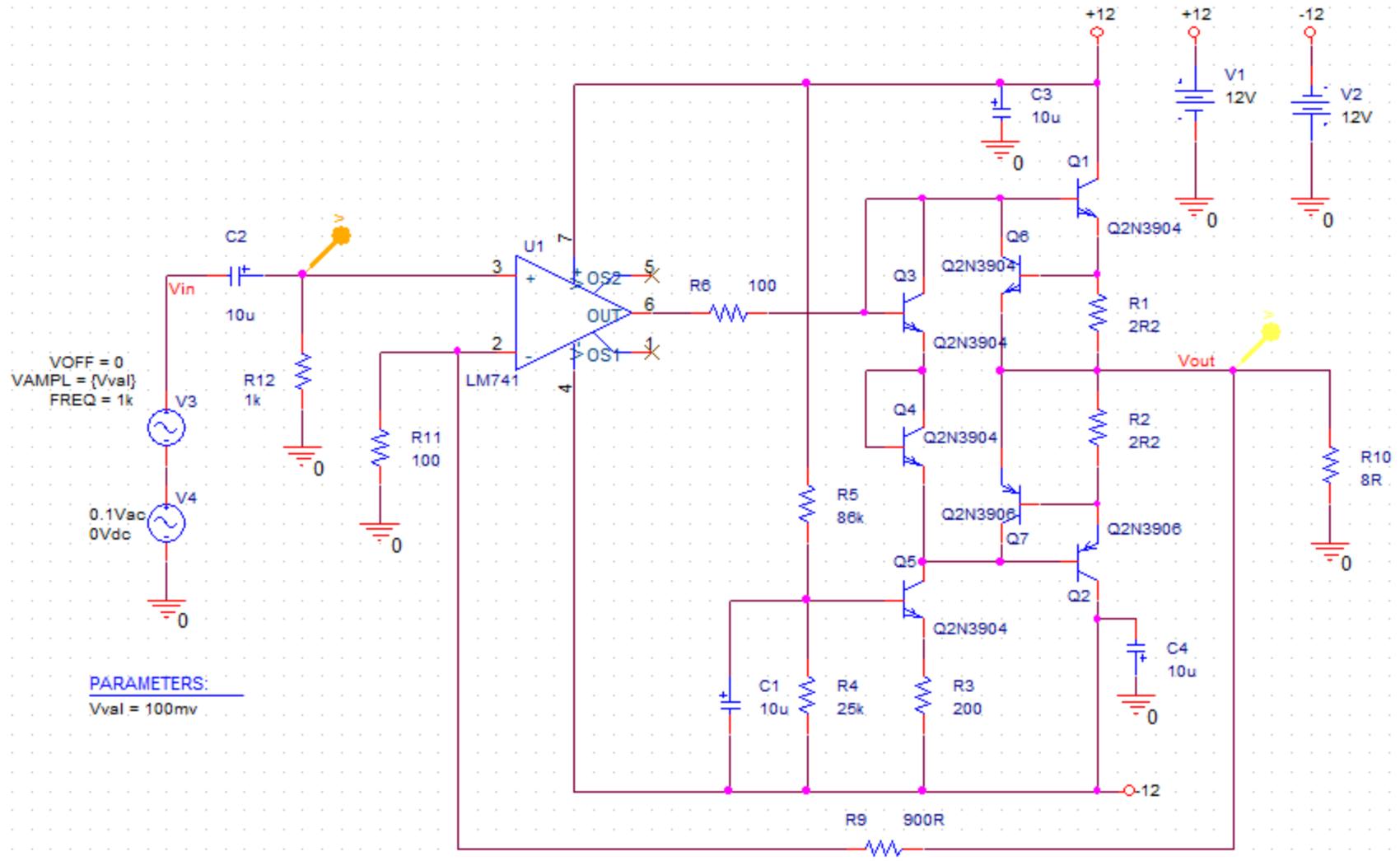


Studio del BJT a base comune

- Si noti che il segnale d'ingresso è in fase con quello d'uscita
- L'amplificazione $g_m = I_c / K_t$ dove I_c è la corrente di polarizzazione e K_t (26mV) è la tensione termica
- L'impedenza vista sull'emettitore è circa $1/g_m$
- Il guadagno totale è circa R_6/R_{12}

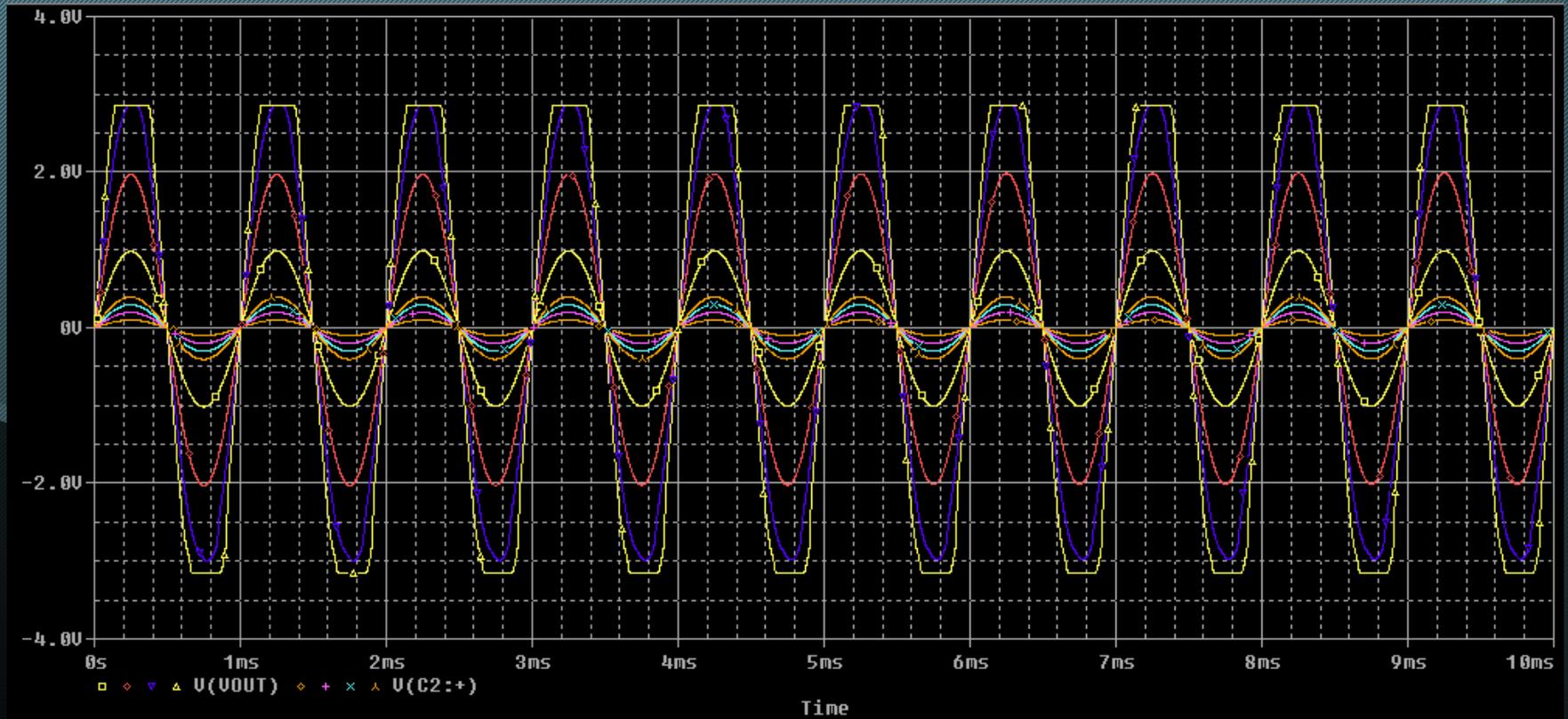


Progetto: amplificatore audio in classe B



Amplificatore: simulazione

- Andamento della tensione in uscita in funzione della tensione in ingresso.
funzionale



Riconoscimenti

- All'organizzazione del SIS-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

Igor Scaramuzza

Sergio Ceravolo