

# Moment 1 - Analog elektronik

## Föreläsning 3 Transistorförstärkare

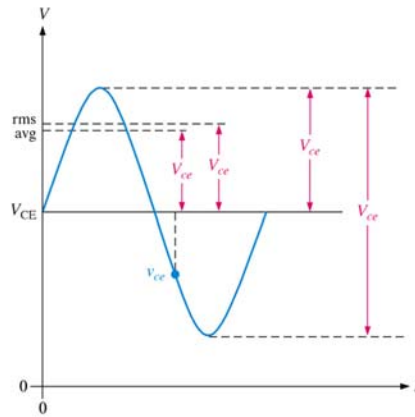
Jan Thim

## F3: Transistorförstärkare

- Innehåll:
  - Introduktion
  - GE-steget
  - EF-steget
  - GB-steget
  - Flerstegsförstärkare
  - Felsökning

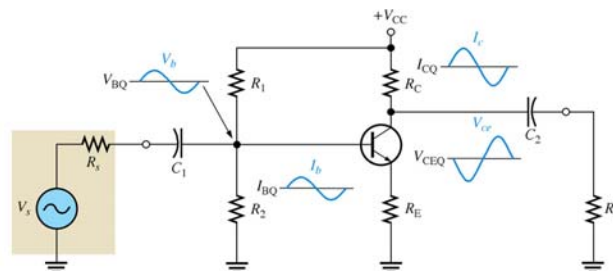
## Förstärkare

- När man analyserar en förstärkarkrets från både DC och AC perspektiv, är AC komponenten skriven med små bokstäver.
- I detta fall  $v_{ce}$  för ett enstaka värde på kurvan.
- Hela signalen beskrivs som  $v_{ce}(t)$ .



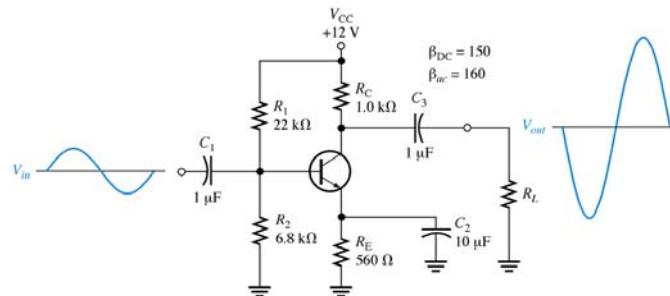
## Förstärkare

- En förstärkare som arbetar i det linjära området kallas en linjär förstärkare.
- I förstärkaren på bilden når endast AC komponenten lasten på utgången på grund av den kapacitiva kopplingen.
- Utgångssignalen är också 180 grader ur fas.



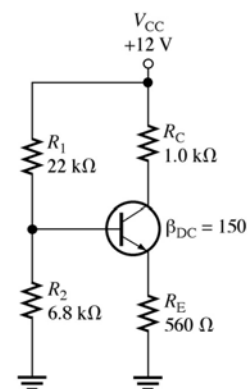
## GE-steget

- GE-steget (gemensam emitter) är en förstärkarkoppling som ger hög spännings- och strömförstärkning.
- Utgångssignalen är fasvriden 180 grader.



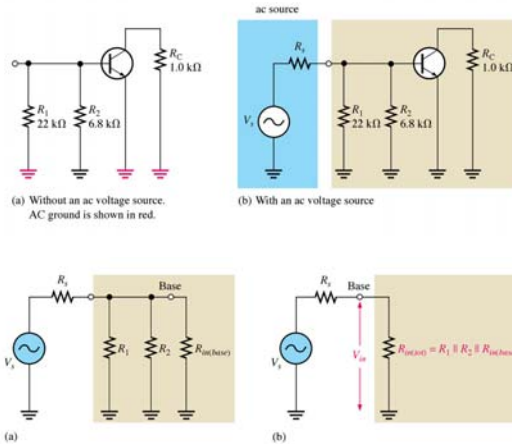
## GE-steget DC analys

- DC delen av kretsen "ser" bara vad som finns innanför kondensatorerna, eftersom likström inte går genom dessa komponenter.
- Figuren visar den ekvivalenta kretsen för DC analys.
- DC analys görs på samma sätt som med en spänningsdelare.



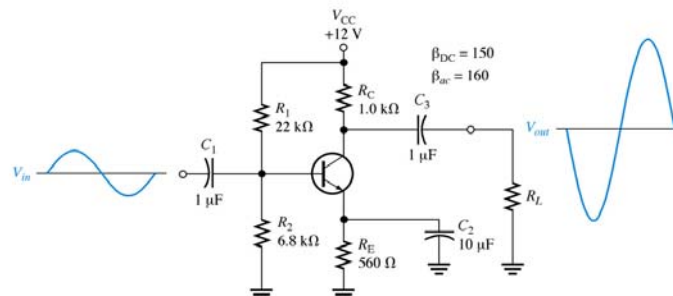
## GE-steget AC ekvivalent krets

- Vid AC analys byter man ut kondensatorerna mot kortslutningar, eftersom likström passerar lättare "genom" kondensatorer än motstånd.
- Matningskällor ses som kortslutningar mot jord.
- Vi kan bestämma ingångsspänningen med hjälp av det ekvivalenta schemat för basen. Här blir det enkel serie-parallell koppling för analys.



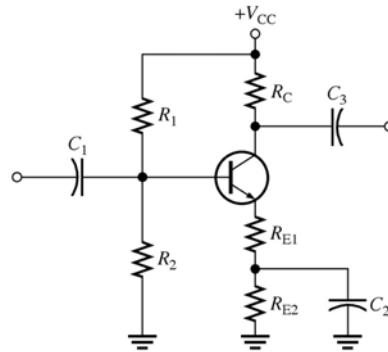
## GE-steget

- Kondensatorn på emittersidan hjälper AC förstärkningen att bli högre på grund av att AC passerar lättare genom  $C_2$  än genom  $R_E$ .

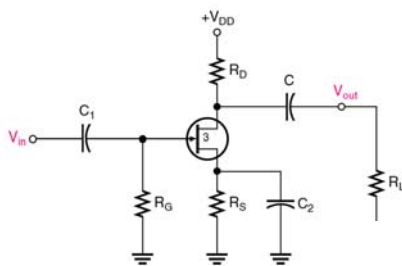


## GE-steget

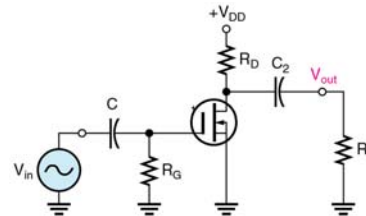
- "Bypass-kondensatorn"  $C_2$  kan göra förstärkningen ostabil, eftersom  $R_E$  åsidosätts för AC. Förstärkaren blir då mera beroende av  $I_E$ .
- Denna effekt kan dämpas eller undvikas genom att sätta in en till (mindre) resistor på emittersidan (se figur).



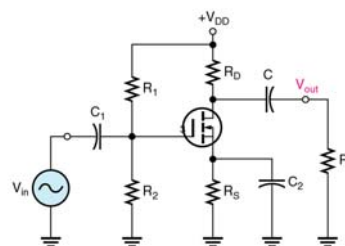
## Motsvarigheter för FET



JFET



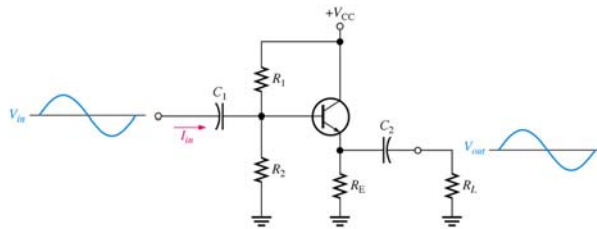
D-MOSFET



E-MOSFET

## EF-steget

- EF-steget (emitterföljare) kallas också gemensam kollektor förstärkare.
- Det kallas emitterföljare för att ingen fasinvertering sker och ingen spänningsförstärkning erhålls.
- EF-stegets stora fördelar är dess höga strömförstärkning och den höga ingångsresistansen.



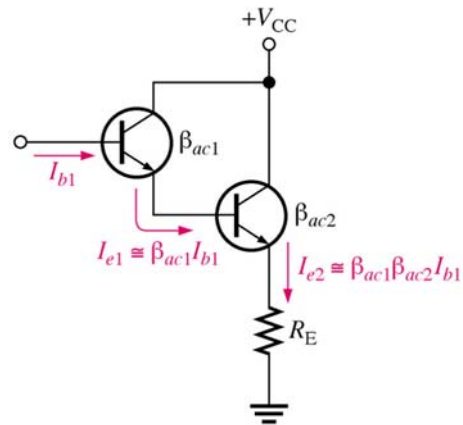
## EF-steget

- Med hög ingångsresistans och låg utgångsresistans används EF-steget oftast som en buffer till laster med låg impedans.
- Stegets strömförstärkning  $A_i$  är ungefär lika med  $\beta_{ac}$ .
- Spänningsförstärkningen är ungefär 1.
- Effektförstärkningen är därför ungefär  $A_i$ .

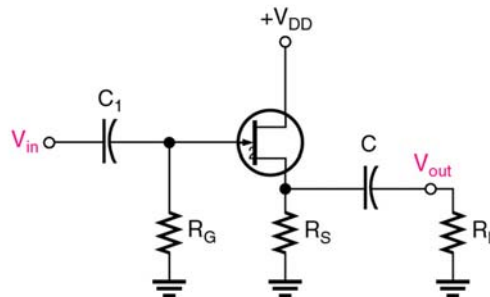
## EF-steget

- Darlington-kopplade transistorer används för att höja ingångsimpedansen, för att kunna reducera belastning av kretsar med hög utgångsimpedans.
- Kollektorn på bägge transistorer är hopkopplad.
- Emittern på ingångstransistorn är kopplad till basen på utgångstransistorn.
- Ingångsimpedansen blir:

$$R_{in} = \beta_{ac1}\beta_{ac2}R_e$$

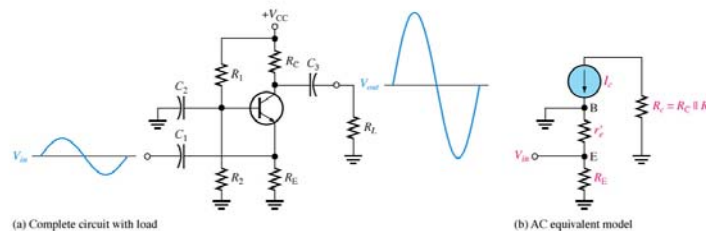


## Motsvarighet för FET



## GB-steget

- GB-steget (gemensam bas) däremot har hög spänningsförstärkning och en strömförstärkning på ungefär 1.
- Det har låg ingångsresistans, vilket gör det möjligt att använda det för ingångskällor med låg utgångsimpedans.
- Ingången för AC läggs på emittern och utgången tas från kollektorn.

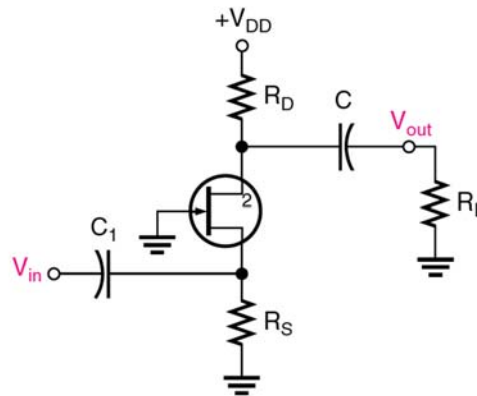


## GB-steget

- GB-stegets spänningsförstärkning  $A_v$  är ungefär lika med  $R_C/r'_e$ , där  $r'_e$  är transistorens interna emitterresistans.
- Strömförstärkningen är ungefär lika med 1.
- Effektförstärkningen är därför ungefär densamma som spänningsförstärkningen.
- Ingångsresistansen är ungefär lika med  $r'_e$ .
- Utgångsresistansen är ungefär lika med  $R_C$ .



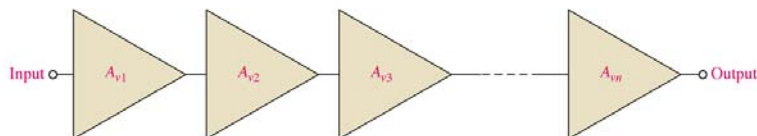
## Motsvarighet för FET



## Flerstegsförstärkare

- Två eller fler förstärkare kan kopplas ihop för att öka förstärkningen på en AC signal.
- Den sammanlagda förstärkningen fås genom att multiplicera ihop förstärkningsfaktorerna.

$$A_{v(\text{tot})} = A_{v1} * A_{v2} * A_{v3} * \dots * A_{vn}$$



## Flerstegsförstärkare

- Förstärkning räknas i decibel (dB).
- Omvandling till decibel sker genom:

$$A_{V(\text{dB})} = 20 \cdot \log A_V \quad \text{för spänningsförstärkning}$$

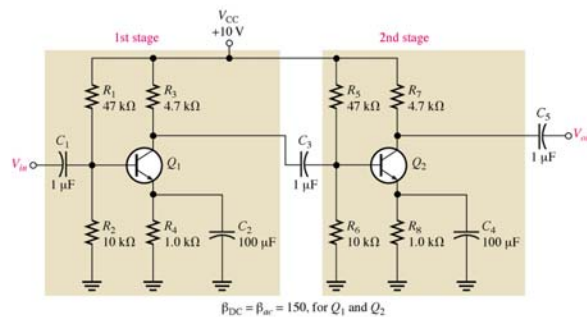
$$(A_{P(\text{dB})} = 10 \cdot \log A_P \quad \text{för effektförstärkning})$$

- Använder man decibel adderar man istället ihop förstärkningsfaktorerna:

$$A_{V(\text{tot})} = A_{V1} + A_{V2} + A_{V3} + \dots + A_{Vn}$$

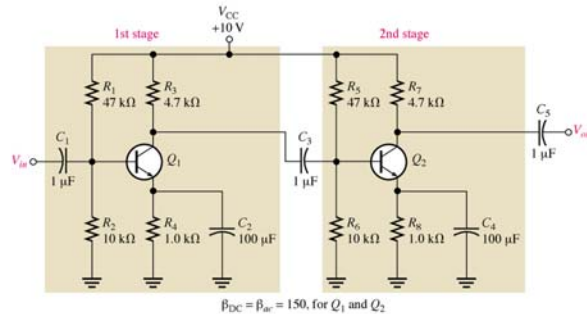
## Flerstegsförstärkare

- Den kapacitiva kopplingen gör att DC matningen separeras till de olika stegen men att AC signalen tar sig igenom från steg till steg.



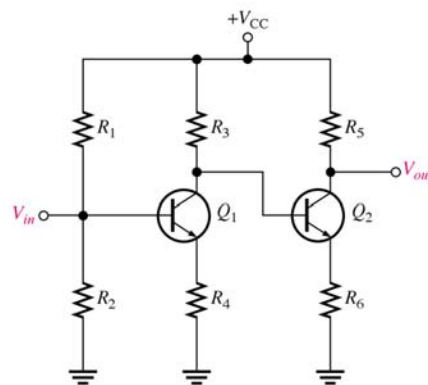
## Flerstegsförstärkare

- Utgången på det första steget lastas med ingången på det andra steget.
- Detta sänker förstärkningen något i det första steget.



## Flerstegsförstärkare

- En direkt koppling mellan stegen ger en bättre förstärkning i de låga frekvenserna.
- Nackdelen är att små förändringar i DC matningsspänningen pga. temperaturförändringar eller andra variationer i matningen går igenom mer och förstärks.



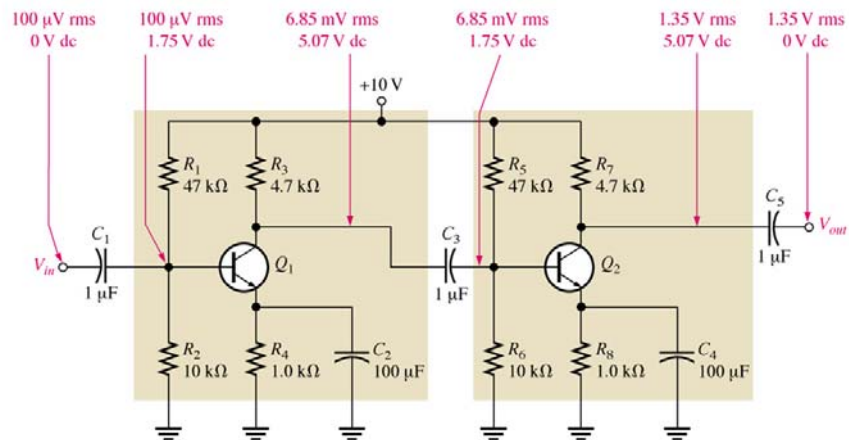
## Felsökning

- En bra förståelse för hur transistorer och transistorförstärkare fungerar är en god grund vid felsökning.
- Erfarenhet vid felsökning kommer naturligtvis att underlätta och snabba upp processen. Glöm bara inte att tänka igenom funktionen hos den krets som felsöks. Erfarenhet ersätter inte helt en god kretsförståelse.

## Felsökning

- Följande bild är ett diagram för en tvåstegs GE koppling med korrekta spänningar på olika ställen.
- En bra övning kan vara att titta igenom diagrammet och fundera över vad som händer med olika spänningar om olika komponenter falierar, t.ex. om det blir avbrott i en resistor eller kortslutning i en kondensator.

## Felsökning



## Sammanfattning

- Om det finns en kapacitiv koppling i en förstärkarkoppling går endast AC komponenten igenom.
- GE-steget ger hög spännings- och strömförstärkning.
- EF-steget ger ingen spänningsförstärkning (=1) men hög strömförstärkning.
- GB-steget ger ingen strömförstärkning (=1) men hög spänningsförstärkning.
- I flerstegsförstärkare har man kopplat ihop flera steg för att ändra på förstärkarens egenskaper och/eller höja förstärkningen.