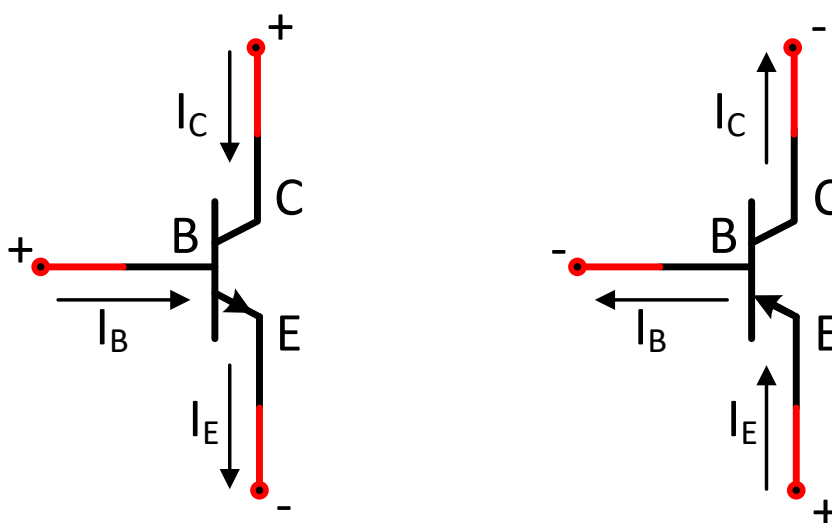


Rafbók



Rafeindafraeði 8. hefti

BJT transistorar

Sigurður Örn Kristjánsson

Bergsteinn Baldursson

Þetta hefti er án endurgjalds á rafbókinni.

www.rafbok.is

Allir rafiðnaðarmenn og rafiðnaðarnemar geta fengið aðgang án endurgjalds að rafbókinni.

Heimilt er að afrita textann til fræðslu í skólum sem reknir eru fyrir opinbert fé án leyfis höfundar eða Rafmenntar fræðsluseturs rafiðnaðarins. Hvers konar sala á textanum í heild eða að hluta til er óheimil nema að fengnu leyfi höfundar og Rafmenntar fræðsluseturs rafiðnaðarins.

Höfundar eru Sigurður Örn Kristjánsson og Bergsteinn Baldursson.

Umbrot í rafbók, uppsetning og teikning Báru Halldórsdóttir.

Vinsamlegast sendið leiðréttingar og athugasemdir til höfundar Sigurðar Arnar sigurdurornk@gmail.com og Báru Halldórsdóttur á netfangið bara@rafmennt.is

Efnisyfirlit

1. BJT transistorar	3
2. Uppbygging BJT - transistorsins	3
3. Straumar í transistorum.....	5
4. Að forspenna transistora	5
5. Straummögnunarstuðull h_{FE} og h_{FB}	6
6. Straum og spennugreining transistors.....	6
7. Kennilínur collectors.....	8
8. Rof (<i>Cut off</i>).....	11
9. Mettun (<i>Saturation</i>)	11
10. DC álagslína transistors	12
11. Meira um straummögnunarstuðulinn h_{FE}	14
12. Hámarksgildi transistors	14
13. Transistor upplýsinga blöð.....	17
14. Transistor sem magnari.....	18
15. Jafnstraums (DC)- og riðstraums (AC) stærðir	19
16. Transistor mögnun	20
17. Transistor sem rofi	22
18. Skilyrði rofs (<i>cut off</i>).....	23
19. Skilyrði mettunar (<i>saturation</i>)	23
20. Einfalt dæmi um transistor sem rofa.....	24
21. Hús transistora og merkingar skauta.....	25
22. Transistor prófun með stafrænum mæli.....	28
23. Aðferð til að finna skaut og gerð BJT transistora.....	29
24. Dæmi.....	31

1. BJT transistorar

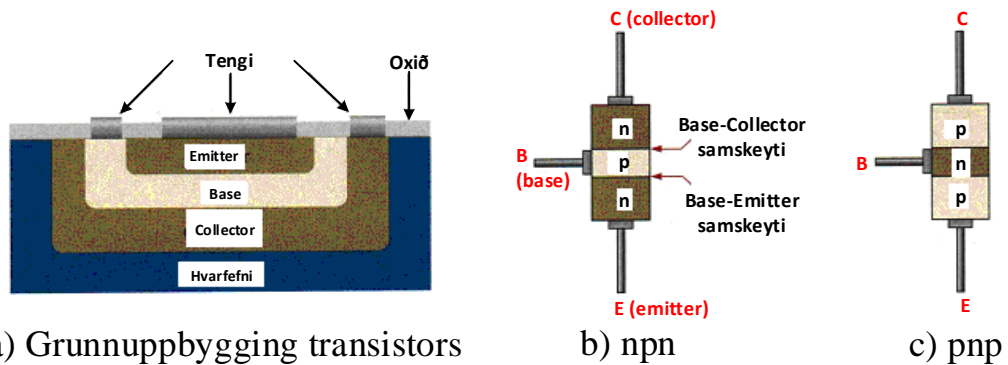
Transistor var kynntur af þremur einstaklingum sem störfuðu við *Bell* tilraunarstofuna árið 1947. Fyrsti transistorinn var ekki eiginlegur **BJT** íhlutur heldur byrjun á byltingarkenndri tækni sem enn er að þróast. Allir lifandi (*active*) rafeindaíhlutir eru afrakstur þróunar á hálfleiðaratækni samanber fyrsta transistorinn. Tvær grunngerðir transistora eru BJT-transistorinn, sem byrjað verður á að skoða og sviðstransistorinn (FET-transistorinn). Notkun BJT-transistora er umfangsmikil í tækjum svo sem í formögnurum, kraftmögnurum eða rofum. Þessa tækni skoðum við í þessum kafla. Eftir lestur átt þú að vera fær um að skýra:

- ✓ uppbyggingu á BJT-transistorum,
- ✓ hvernig BJT-transistor er forspenntur,
- ✓ strauma í BJT- transistorum og tengsl þeirra,
- ✓ einkennisferla BJT-transistora og fasta,
- ✓ hvernig BJT-transistor er notaður sem spennumagnari,
- ✓ hvernig BJT-transistor er notaður sem rofi,
- ✓ mismunandi gerð húsa.

2. Uppbygging BJT - transistorans

BJT transistorinn er settur saman af þremur menguðum kísillögum. Þau mynda tvenn *pn*-samskeyti eins og sýnt er á *mynd 1a*. Þessi þrjú lög eru kölluð *emitter*, *base* og *collector*. Eðlisfræðileg samsetning beggja gerða BJT- transistora er sýnd á *mynd 1b (npn)* og *mynd 1c (pnp)*. Önnur gerðin samanstendur af tveimur *n*-lögum aðskilin af *p*-lagi (*npn*) en hin gerðin samanstendur af tveimur *p*-lögum aðskilin af *n*-lagi (*pnp*). *Pn* samskeytin milli base og emitter kallast base-emitter samskeyti. *Pn* samskeytin milli base og collector kallast base-collector samskeyti. Sýnt á *mynd 1b*. Eins og sýnt er á *mynd 1*, mynda þrjú lög efna, þrenn skaut sem fá heitin *E*, *B*, og *C* sem stendur fyrir *emitter*, *base* og *collector*. Base hluti transistorans er lítið mengaður og mjög þunnur í samanburði við emitter sem er mjög mikið mengaður. Collector er hóflega mengaður.

Rafeindataekni 8. hefti – BJT - transistorar -



Mynd 1. Uppbygging BJT transistora.

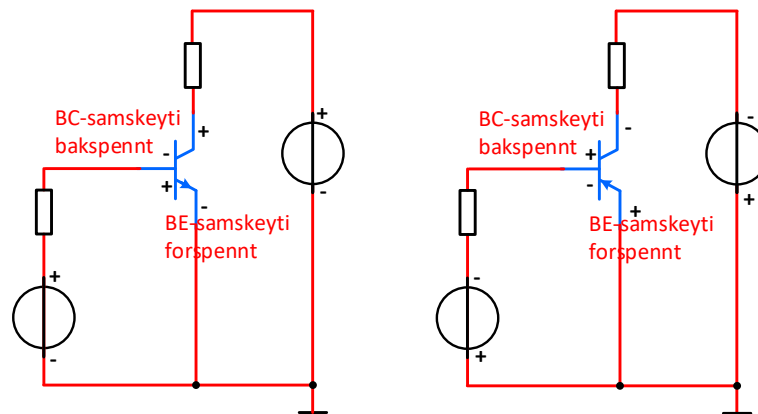


npn-transistor

pnp-transistor

Mynd 2. Teiknitákn fyrir npn og pnp BJT- transistorinn.

Til að transistor vinni eðlilega til dæmis sem magnari verða bæði p-n samskeyti hans að vera spennt rétt með ytri spennugjafa. Í þessum hluta notum við npn transistor sem dæmi. Vinnsla pnp transistora er eins og npn en pólun spennu og straumstefnum er snúið við miðað við npn gerð. Mynd 3 sýnir réttar spennutengingar á npn og pnp transistora. Takið eftir að í báðum tilfellum er base-emitter (BE) samskeytin forspennt á meðan base-collector (BC) samskeytin eru bakspennt.



Mynd 3. Sýnir hvernig samskeyti fyrir npn og pnp BJT- transistorinn eru forspennt.

3. Straumar í transistorum

Straumáttir í npn transistor og teiknitákn eru eins og sýnd eru á mynd 4a. Mynd 4b sýnir pnp transistora. Takið eftir að örin á emitter transistornum táknað jákvæða straumstefnu hans. Myndirnar sýna að emitter straumurinn I_E er summa collector straumsins I_C og base straumsins I_B , táknað á eftirfarandi hátt:

$$I_E = I_C + I_B$$



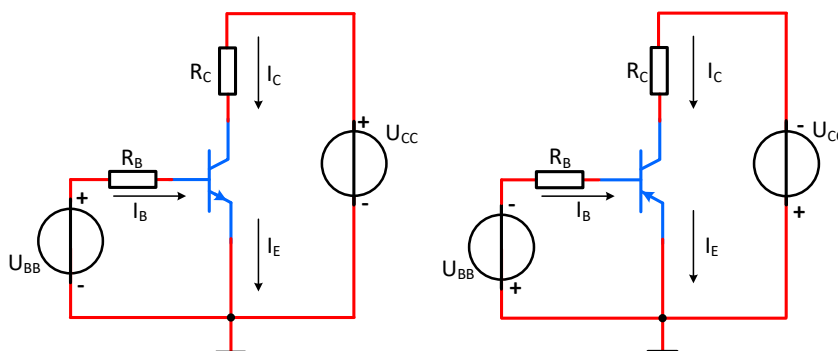
Mynd a. npn-transistor.

Mynd b. pnp-transistor

Mynd 4. Straumar og straumstefnur í BJT-transistorum.

4. Að forspenna transistora

Þegar transistor er tengdur við spennugjafa eins og sést á mynd 5 fyrir npn og pnp þá forspennir spennugjafinn U_{BB} base-emitter samskeytin og U_{CC} bakspennir base-collector samskeytin. Þótt notuð séu tvö spennugjafatákn til að sýna spennugjafana sem tengjast transistor rásinni þá er algengara að forspenna og bakspenna transistors með einum spennugjafa þannig að U_{CC} spennan er tengd beint í gegn um collector mótstöðu á collector og spennudeilir sér um að forspenna base rétt.



Mynd 5. Spennufæðing npn og pnp transistora með tvennum spennugjöfum.

5. Straummögnunarstuðull h_{FE} og h_{FB}

h -fastar (h -parameters) eru gildi sem túlka virkni BJT₁- transistora við mismunandi aðstæður. h -fastarnir eru fjórir og eru gefnir upp af framleiðundum transistoranna. Hlutfall collector straums I_C og base straums I_B er **straummögnunarstuðull** transistors í emitter tengingu og er skilgreindur sem:

$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}$$

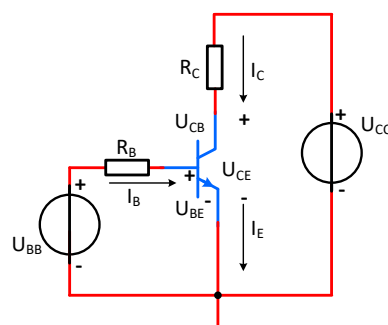
Gildi h_{FE} liggur á milli 20 til 200 eða hærra. h_{FE} er jafngildi fyrir h -fasta (*parameter*), h_{FE} , sem túlkaður er á upplýsingablöðum yfir transistora. Hlutfall collectorstraums I_C og emitter straums I_E er **straummögnunarstuðull** transistors í base tengingu og er skilgreindur sem fastinn h_{FB} og er skilgreindur sem:

$$h_{FB} = \frac{I_C}{I_E}$$

Gildi á h_{FB} er á bilinu 0.95 til 0.99 eða stærri en alltaf minni en 1. Ástæðan er sú að straumurinn I_C er ætíð minni en I_E . Þar munar I_B . Til dæmis ef $I_E = 100$ mA og $I_B = 1$ mA þá er $I_C = 99$ mA og $h_{FB} = 0.99$.

6. Straum og spennugreining transistors

Hægt er að skilgreina þrjá strauma og þrjú spennuföll fyrir transistorrás eins og sýnt er á mynd 6.



Mynd 6.

I_B : dc base straumur	U_{BE} : dc spenna milli base að emitter
I_E : dc emitter straumur	U_{CB} : dc spenna milli collectors að base
I_C : dc collector straumur	U_{CE} : dc spenna milli collectors að emitter

Rafeindataekni 8. hefti – BJT - transistorar -

Sýnidæmi:

Reiknið h_{FE} og I_E fyrir transistor þar sem $I_B = 50 \mu A$ og $I_C = 3,65 \text{ mA}$

Lausn:

$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{3,65(\text{mA})}{50(\mu A)} = 73$$

$$I_E = I_C + I_B = 3,65\text{mA} + 50\mu A = 3,7\text{mA}$$

Spennugjafinn U_{BB} forspennir base-emitter samskeytin og spennugjafinn U_{CC} bakspennir base-collector samskeytin. Þegar base-emitter samskeytin eru forspennt hafa þau sér eins og forspennt díóða sem fær yfir sig spennufall sem er U_{BE} . Þó að U_{BE} í transistor geti orðið allt að 0,9 V. Við komum til með að nota spennuna U_{BE} sem:

$$U_{BE} = 0,7V$$

Þar sem emitter er jarðaður (0V), sjá mynd 6, kveður Kirchhoff's spennulögmál á að spennufallið yfir R_B sé:

$$U_{R_B} = U_{BB} - U_{BE}$$

Einnig fæst með Ohm's lögmáli að:

$$U_{R_B} = I_B \cdot R_B$$

Ef sett er inn í fyrir U_{R_B} fæst:

$$I_B \cdot R_B = U_{BB} - U_{BE} \Rightarrow I_B = \frac{U_{BB} - U_{BE}}{R_B}$$

Spennan á collector með emitter sem viðmið er:

$$U_{CE} = U_{CC} - U_{R_C}$$

Þar sem spennufallið yfir R_C er:

$$U_{R_C} = I_C \cdot R_C$$

verður spennan á collector:

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C \cdot R_C$$

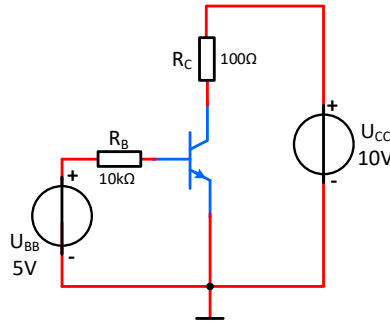
Spennan yfir collector-base samskeytin er:

$$U_{CB} = U_{CE} - U_{BE}$$

Rafeindataekni 8. hefti – BJT - transistorar -

Sýnidæmi:

Reiknaðu I_B , I_C , I_E , U_{BE} , U_{CE} , og U_{CB} fyrir rásina á mynd 7. Transistorinn er með $h_{FE} = 150$ og $U_{BE} = 0,7\text{ V}$.



Mynd 7.

Lausn:

$$I_B = \frac{U_{BB} - U_{BE}}{R_B} = \frac{5\text{V} - 0,7\text{V}}{10\text{k}\Omega} = 430\mu\text{A}$$

$$I_C = h_{FE} \cdot I_B = 150 \cdot 430\mu\text{A} = 64,5\text{mA}$$

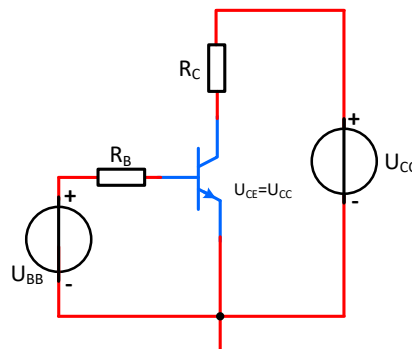
$$I_E = I_C + I_B = 64,5\text{mA} + 430\mu\text{A} = 64,9\text{mA}$$

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C \cdot R_C = 10\text{V} - 64,5\text{mA} \cdot 100\Omega = 3,55\text{V}$$

$$U_{CB} = U_{CE} - U_{BE} = 3,55\text{V} - 0,7\text{V} = 2,85\text{V}$$

7. Kennilínur collectors

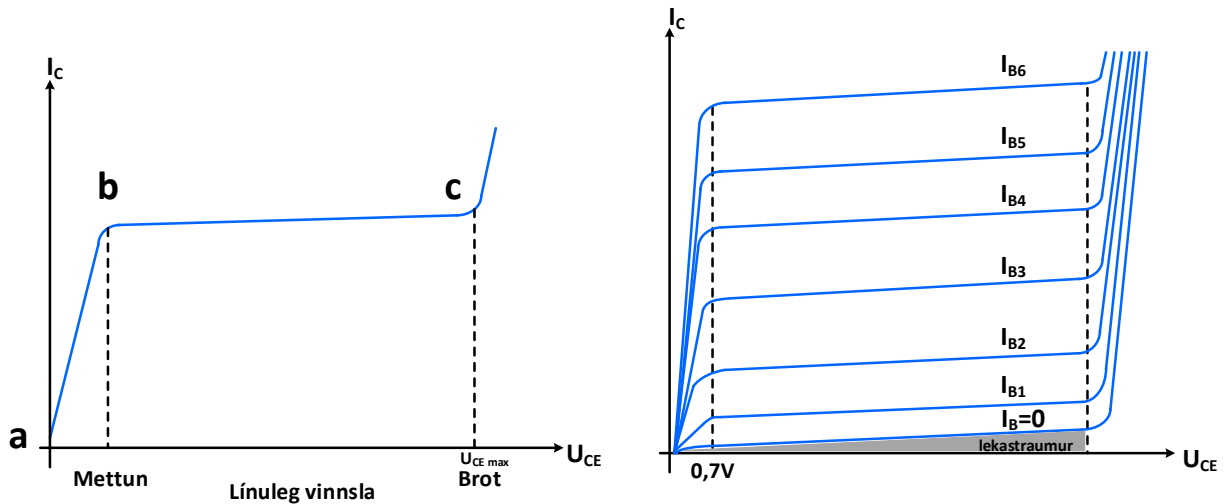
Með hjálp rásarinnar á mynd 8 er hægt að sjá hvernig straumurinn I_C breytist við spennubreytinguna á U_{CE} þegar straumurinn í base I_B er hafður stöðugur (fasti).



Mynd 8.

Rafeindatækni 8. hefti – BJT - transistorar -

Ferillinn sem myndast er kallaður útgangslínurit transistors og er sýndur á mynd 9(a). Gerum í upphafi ráð fyrir að U_{BB} ákvarði base strauminn I_B og spennuna $U_{CC} = 0$. Við þetta ástand eru bæði base-emitter samskeytin og base-collector samskeytin forspennt þar sem spennan U_{BE} er um það bil 0,7 V en emitter og collector transistorsins er 0V.



Mynd 9a.

Mynd 9b.

Mynd 9. Útgangsferrill BJT-transistors.

Þegar U_{CC} er aukinn þá hækkar U_{CE} spennan og collectorstraumurinn I_C vex. Þetta sést á milli punkta A og B á mynd 9 (a). I_C eykst vegna þess að þegar U_{CC} er aukið og U_{CE} er lægra en 0,7 V er base collector samskeytin forspennt en ekki bakspennt. Aftur á móti þegar spennan U_{CE} fer yfir 0,7 V verður base-collector samskeytin bakspennt og transistorinn nær línulegri vinnslu. Þegar base-collector samskeytin verða bakspennt, verður straumurinn I_C næstum stöðugur fyrir gefinn base straum, þó að U_{CE} spennan haldi áfram að aukast. Í raunveruleikanum eykst straumurinn I_C smá vegna þess að tæmingarsvæði base-collector samskeytanna víkkar. Þetta veldur því að færri holur eru til staðar og þess vegna geta færri rafeindir sameinast holum en eru í þess stað að auka straummögnunarstuðul transistorsins h_{FE} . Þetta sést á milli punkta B og C mynd 9(a). Á þessum hluta línuritsins er stærð straumsins I_C eingöngu ákvarðaður af samhenginu að:

$$I_C = h_{FE} \cdot I_B$$

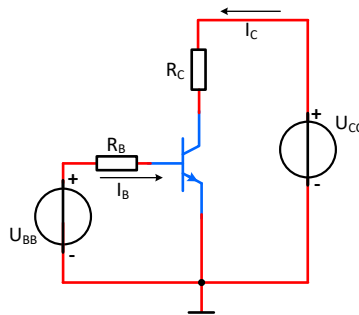
Rafeindatækni 8. hefti – BJT - transistorar -

Ef U_{CE} spennan nær brotspennugildi eykst collector straumurinn mikið eins og sýnt er á mynd 9 í punkti C og transistorinn eyðileggst. Það á aldrei að láta transistora vinna fyrir ofan brotspennu þeirra. Brotspenna er það spennugildi sem eyðileggur transistorinn.

Hægt er að fá fram margar útgangslínur í collector línurit ef þau eru mæld við mismunandi base strauma I_B eins og sýnt er á mynd 9(b). Þegar $I_B = 0$ er transistorinn rofinn (*cut off*) og aðeins mjög lítill lekastraumur rennur í honum. Á línuritinu er stærð lekastraumsins ýktur eingöngu til skýringar.

Sýnidæmi:

Teiknað útgangslínur inn í collector útgangslínuritum fyrir mynd 10 ef I_B liggur á milli $5 \mu\text{A}$ til $25 \mu\text{A}$. Gerðu ráð fyrir að $h_{FE} = 100$ og spennan U_{CE} nái ekki brotspennu?

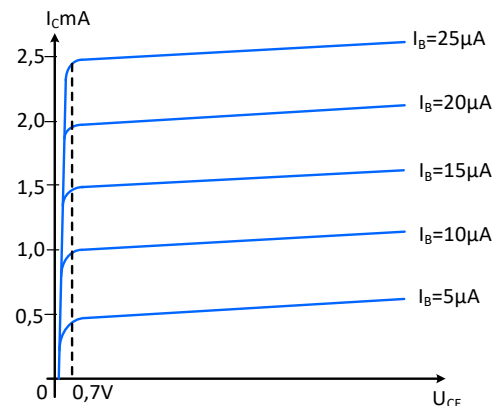


Mynd 10.

Lausn:

Með því að nota jöfnuna $I_C = h_{FE} \cdot I_B$ fást eftirfarandi straumgildi: Út frá töflunni er teiknað línuritið sem sést á mynd 11.

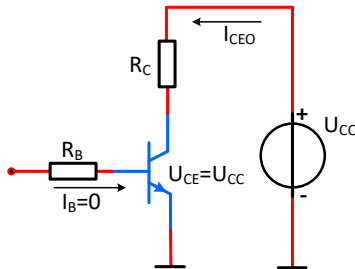
I_B	I_C
$5 \mu\text{A}$	$0,5 \text{ mA}$
$10 \mu\text{A}$	$1,0 \text{ mA}$
$15 \mu\text{A}$	$1,5 \text{ mA}$
$20 \mu\text{A}$	$2,0 \text{ mA}$
$25 \mu\text{A}$	$2,5 \text{ mA}$



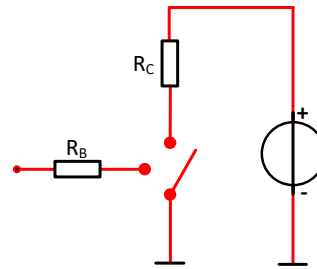
Mynd 11.

8. Rof (*Cut off*)

Eins og áður hefur verið sagt að þegar $I_B = 0$ vinnur transistorinn sem opinn rofi (*cut off*). Þetta er sýnt á mynd 12a og 12b þar sem base er hafður straumlaus.



Mynd 12a.



Mynd 12b.

Í þessu ástandi rennur mjög lítill lekastraumur í collector I_{CE0} . Þar sem I_{CE0} er mjög lítill má horfa burt frá honum og sýna fram á að eftirfarandi gildir að:

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C \cdot R_C$$

$$\text{þar sem } I_C = 0 \Rightarrow U_{CE} = U_{CC}$$

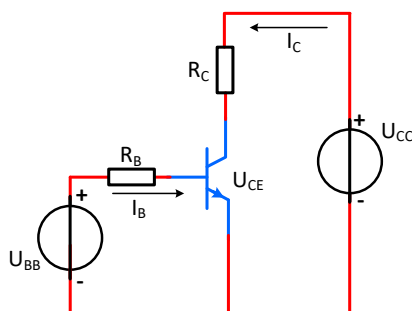
9. Mettun (*Saturation*)

Þegar base-emitter samskeytin forspennast og base straumurinn er aukinn, eykst collector straumurinn samkvæmt jöfnunni:

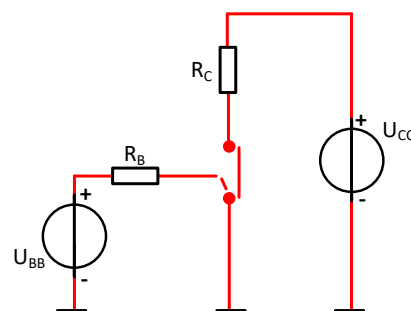
$$I_C = h_{FE} \cdot I_B$$

og spennan U_{CE} minnkar samkvæmt jöfnunni:

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C \cdot R_C$$



Mynd 13A.



Mynd 13b.

Rafeindatækni 8. hefti – BJT - transistorar -

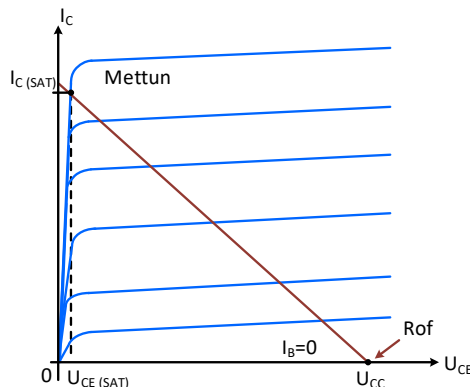
Þegar U_{CE} nær mettnarástandi $U_{CE(sat)}$ verða base-collector samskeytin forspennt og collector straumurinn I_C getur ekki aukist meira, jafnvel þó að base straumurinn sé aukinn. Í þessu ástandi gildir ekki lengur að $I_C = h_{FE} \cdot I_B$. Við mettnun er spennan U_{CE} mjög lítil eða frá 0V til 0,6 voltum. Algeng stærð á $U_{CE(sat)}$ er 0,2V.

10. DC álagslína transistors

Rof (*cut off*) og mettnun (*saturation*) transistors er hægt að sýna á útgangslínuriti sem sýnir collector strauminn I_C í samhengi við collector emitter spennuna U_{CE} . Einnig er hægt að finna dc álagslínu transistorsins með hjálp fallsins sem skýrt er með:

$$I_C = f(U_{CE})$$

Mynd 14 sýnir álagslínuna tengjast mettnarpunkti transistorsins og rofpunkti hans með beinni línu sem er dc álagslína transistorsins.



Mynd 14.

Álagslínan er bein þar sem hnit hennar (U_{CE} , I_C) fylgir jöfnu beinnar línu sem er:

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C \cdot R_C$$

Á milli rofs (*cut off*) og mettnar (*saturation*) er vinnusvið transistorsins sem magnari. Þegar transistorinn vinnur eingöngu í rofi (*cut off*) og mettnun (*saturation*) vinnur hann sem rofi.

Rafeindatækni 8. hefti – BJT - transistorar -

Til að finna álagaslínu transistora má nota eftirfarandi aðferð:

Við rof gildir:

$$I_B = 0 \Rightarrow I_C = h_{FE} \cdot I_B = 0 \text{ og}$$

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C \cdot R_C = U_{CC} - 0 \cdot R_C \Rightarrow U_{CE} = U_{CE(sat)} = U_{CC}$$

Og hnitin við rof (*cut off*) verða:

$$U_{CE(cut\ off)} = (U_{CC}, I_C = 0)$$

Við metnun gildir:

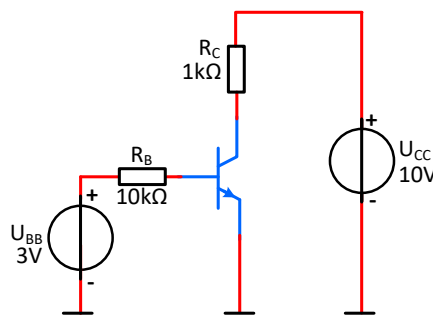
$$U_{CE} = 0 \text{ og } U_{CE} = U_{CC} - I_C \cdot R_C \Rightarrow I_C = I_{C(sat)} = \frac{U_{CC}}{R_C}$$

og hnitin við metnun (*saturation*) eru:

$$I_{C(sat)} = \left(U_{CE} = 0, \frac{U_{CC}}{R_C} \right)$$

Sýnidæmi:

Reiknið hvort transistorinn á mynd 15 sé í metnun. Gerum ráð fyrir að $U_{CE(sat)}$ sé 0,2 V og $h_{FE} = 50$.



Mynd 15.

Lausn:

Finnum $I_{C(sat)}$:

$$I_{C(sat)} = \frac{U_{CC} - U_{CE(sat)}}{R_C} = \frac{10V - 0,2V}{1k\Omega} = 9,8mA$$

Könnum hvort I_B sé nægjanlega stór til að fá fram $I_{C(sat)}$:

$$I_B = \frac{U_{BB} - U_{BE}}{R_B} = \frac{3V - 0,7V}{10k\Omega} = 0,23mA$$

$$I_C = h_{FE} \cdot I_B = 50 \cdot 0,23mA = 11,5mA$$

Rafeindatekni 8. hefti – BJT - transistorar -

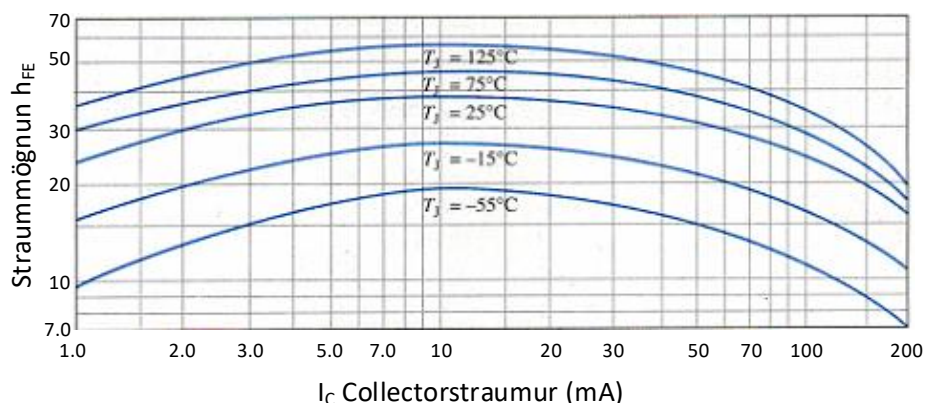
Það sést að við uppgefna h_{FE} er base straumurinn nægjanlega stór til að collector straumurinn I_C sé hærri en $I_{C(sat)}$ þannig að **transistorinn er í mettun**.

11. Meira um straummögnunarstuðullinn h_{FE}

h_{FE} er mjög mikilvægur fasti (*parameter*) í BJT transistorum og hafa nokkrir þættir áhrif á hann. Fastinn h_{FE} eru í raun ekki stöðugir heldur breytist hann með collector straum I_C og hita sem myndast í samskeytum transistorsins. Ef hita er haldið stöðugum en collector straumnum breytt veldur það því að straummögnunarstuðullinn h_{FE} eykst. Ef haldið er áfram að auka strauminn minnkar straummögnunarstuðullinn h_{FE} aftur.

Ef collector straumnum I_C er haldið stöðugum og hiti transistorsins aukinn, eykst straummögnunarstuðullinn h_{FE} . Ef hitinn er lækkaður lækkar straummögnunarstuðullinn h_{FE} .

Mynd 16 sýnir samhengi þessara þátta fyrir transistora.



Mynd 16.

Upplýsingasíða transistors sýnir h_{FE} fyrir ákveðinn collector straum I_C . h_{FE} getur verið mismunandi fyrir sömu gerð transistora vegna framleiðslu ónákvæmni og þess vegna gefur framleiðandi oftast upp lágsta og hæsta gildi á h_{FE} .

12. Hámarksgildi transistors

Transistor, eins og allir íhlutir, hefur takmarkaða vinnslugetu. Þessi takmörk ná til ýmissa spennu-, afl- og straumþátta. Þetta er sýnt í upplýsingum um transistorinn með lágmarks og hámarksstærðum. Sem dæmi þá er gefið

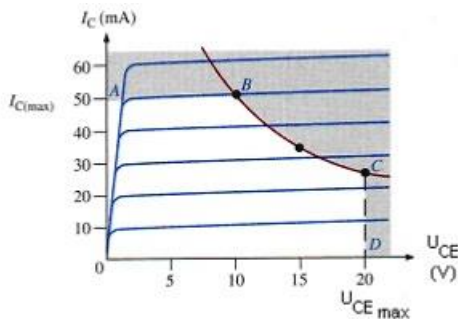
Rafeindatækni 8. hefti – BJT - transistorar -

hámarksgildi á collector-base spennunni ($U_{CB(max)}$), collector-emitter spennunni ($U_{CE(max)}$), collector straum ($I_{C(max)}$) og aflþoli transistorsins (*Power dissipation*) ($P_{D(max)}$).

Margfeldið U_{CE} og I_C má aldrei verða meira en hámarksafþol transistorsins $P_{D(max)}$. Bæði U_{CE} og I_C geta ekki verið í hámarki á sama tíma. Samhengi $P_{D(max)}$ við I_C og U_{CE} er:

$$P_{D(max)} = I_C \cdot U_{CE}$$

Fyrir sérhvern transistor er hægt að teikna afllínu inn í útgangslínurit og sjá leyfilegt vinnusvæði hans. Þetta er sýnt á mynd 17.



$P_{D(max)}$	V_{CE}	I_C
500 mW	5 V	100 mA
500 mW	10 V	50 mA
500 mW	15 V	33 mA
500 mW	20 V	25 mA

Mynd 17.

Gerum ráð fyrir að aflþol transistors $P_{D(max)}$ sé 500 mW, $U_{CE(max)} = 20$ V og $I_{C(max)} = 50$ mA. Þetta þýðir að vinnsla transistorsins liggur innan við gráu svæðin á mynd 17. Takmörkun $I_{C(max)}$ miðast við línu A til B á línuriti. $P_{D(max)}$ afmarkast af punktum B og C og punktaða línun milli C og D takmarkar U_{CE} spennuna.

Sýnidæmi:

Transistor á að vinna við $U_{CE} = 6$ Volt. Ef hámarks aflþol transistorsins er 250 mW hver er þá hámarks straumurinn I_C sem hann þolir?

Lausn:

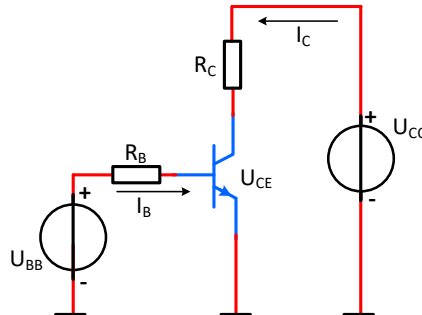
$$I_C = \frac{P_{D(max)}}{U_{CE}} = \frac{250mW}{6V} = 41,7mA$$

Sýnidæmi:

Transistorinn á mynd 18 hefur eftirfarandi hámarksgildi. $P_{D(max)} = 800$ mW, $U_{CE(max)} = 15$ V og $I_{C(max)} = 100$ mA. Reiknaðu hámarksgildi á U_{CC} þannig að

Rafeindatækni 8. hefti – BJT - transistorar -

transistorinn eyðileggist ekki þegar $U_{BB} = 5\text{ V}$, $R_B = 22\text{ k}\Omega$, $R_C = 1\text{ k}\Omega$ og $h_{FE} = 100$?



Mynd 18.

Lausn:

$$I_B = \frac{U_{BB} - U_{BE}}{R_B} = \frac{5\text{V} - 0,7\text{V}}{22\text{k}\Omega} = 195\mu\text{A}$$

$$I_C = h_{FE} \cdot I_B = 100 \cdot 195\mu\text{A} = 19,5\text{mA}$$

I_C reiknuð er miklu minni en $I_{C(\text{max})}$ og breytist ekki með U_{CC}

$$U_{CC} = U_{CE} + I_C \cdot R_C \Rightarrow$$

$$U_{CC(\text{max})} = U_{CE(\text{max})} + U_C \cdot R_C = 15\text{V} + 19,5\text{mA} \cdot 1\text{k}\Omega$$

U_{CC} getur mest orðið 34,5 Volt.

Athuga $P_{D(\text{max})}$.

$$P_D = U_{CE(\text{max})} \cdot I_C = 15\text{V} \cdot 19,5\text{mA} = 293\text{mW}$$

Þar sem $P_{D(\text{max})}$ transistorsins er 800 (mW) er þetta í lagi.

13. Transistor upplýsinga blöð

Upplýsingar um *npn* transistora 2N3903 og 2N3904 eru sýnd á mynd 19. Takið sérstaklega eftir upplýsingum um collector-emitter spennuna U_{CE0} sem er 40 V. U_{CE0} táknar að spennan U_{CE} sé mæld þegar base er hafður ótengdur.

Hámarks vinnustærðir fyrir 2N3903 og 2N3904

	Tákn	Gildi	Eining
Collector-Emitter spenna	U_{CE0}	40	V dc
Collector-Base spenna	U_{CB0}	60	V dc
Emitter-Base spenna	U_{EB0}	6.0	V dc
Collector straumur - stöðugur	I_C	200	mA dc
Heildaraflþol @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Yfir 25°C	P_D	625 5.0	mW mW/°C
Heildaraflþol @ $T_c = 25^\circ\text{C}$ Yfir 25°C	P_D	1.5 12	Wött mW/°C
Vinnu- og geymsluhitastig	T_j, T_{stg}	-55 að +150	°C

Hita einkenni

	Tákn	MAX	Eining
Hitamótstaða	$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W
Hitamótstaða	$R_{\theta JA}$	200	°C/W

Rafmagnseinkenni ($T_A = 25^\circ\text{C}$ nema annað sé tekið fram)

	Tákn	Min	Max	Eining
Við rof (CUT OFF)				
Collector-Emitter brotspenna ($I_C = 1,0$ mA dc, $I_B = 0$)	$U_{(BR)CEO}$	40	-	V dc
Collector-Base brotspenna ($I_C = 10$ μA dc, $I_E = 0$)	$U_{(BR)CBO}$	60	-	V dc
Emitter-Base brotspenna ($I_E = 10$ μA dc, $I_C = 0$)	$U_{(BR)EBO}$	6.0	-	V dc
Baserof (cut off) straumur ($U_{CE} = 30$ V dc, $U_{EB} = 3,0$ V dc)	I_{BL}	-	50	nA dc
Collectorrof (cut off) straumur ($U_{CE} = 30$ V dc, $U_{EB} = 3,0$ V dc)	I_{CEX}	-	50	nA dc

Rafeindataækni 8. hefti – BJT - transistorar -

Á (On) einkenni

Straummögnun	h_{FE}	MIN	MAX	
($I_C = 0.1 \text{ mA dc}$, $U_{CE} = 1,0 \text{ V dc}$)				
2N3903		20	-	
2N3904		40		
($I_C = 1.0 \text{ mA dc}$, $U_{CE} = 1,0 \text{ V dc}$)				
2N3903		35	-	
2N3904		70		
($I_C = 10 \text{ mA dc}$, $U_{CE} = 1,0 \text{ V dc}$)				
2N3903		50	150	
2N3904		100	300	
($I_C = 50 \text{ mA dc}$, $U_{CE} = 1,0 \text{ V dc}$)				
2N3903		30	-	
2N3904		60		
($I_C = 100 \text{ mA dc}$, $U_{CE} = 1,0 \text{ V dc}$)				
2N3903	15	-		
2N3904	30			
Collector - Emitter mettnarspenna ($I_C = 10 \text{ mA dc}$, $I_B = 1,0 \text{ mA dc}$) ($I_C = 50 \text{ mA dc}$, $I_B = 5,0 \text{ mA dc}$)	$U_{CE(sat)}$	-	0,2 0,3	U dc
Base - Emitter mettnarspenna ($I_C = 10 \text{ mA dc}$, $I_B = 1,0 \text{ mA dc}$) ($I_C = 50 \text{ mA dc}$, $I_B = 5,0 \text{ mA dc}$)	$U_{BE(sat)}$	0,65 -	0,85 0,95	U dc

Mynd 19.

14. Transistor sem magnari

Mögnun er ferli línulegrar aukningar á styrk rafmerkis. Eins og fyrr hefur verið sagt hefur transistor straummögnun. Þegar transistor er forspenntur þannig að hann vinni á línulega hluta sínum eru BE-samskeytin með mjög litla mótstöðu, þar sem þau eru forspennt og BC-samskeytin hafa háa mótstöðu vegna þess að þau eru bakspennt.

15. Jafnstraums (DC)- og riðstraums (AC) stærðir

Áður en tekið er til við ýmsa reikninga á magnara verður að skilgreina ýmiss hugtök þar sem bæði er reiknað á jafnstraums- og riðstraumsstærðir. Í þessum texta merkja hástafir (dc) stærðir og einnig er það notað fyrir rms-, meðal- og topp - til - topp ac - gildi á spennum og straumum.

Riðstraumsstærðir (ac) straums og spennu eru alltaf rms gildi nema annað sé tekið fram.

Augnabliksstærðir spennu (u) og straums (i) eru táknaðir með litlum stöfum. Skilgreining stærða hvort hún sé dc eða ac er gerð með fótsskrift.

Jafnstraumsstærðir eru alltaf skilgreindar með stórum stöfum í fótsskrift t.d. jafnstraumar transistorsins I_B , I_C og I_E . U_{BE} , U_{CB} , og U_{CE} túlka jafnspennur transistora milli skauta hans.

Spennur sem táknaðar eru með einum staf í fótsskrift eins og U_B , U_C , og U_E eru jafnstraumsspennur sem eru mældar eða reiknaðar miðað við jörð.

Ac og augnabliksgildi hafa alltaf lágstafi sem fótsskrift, t.d. straumarnir I_b , I_c og I_e eða spennurnar U_{be} , U_{cb} og U_{ce} .

Spennurnar U_b , U_c , og U_e eru riðstraumsspennur sem eru mældar eða reiknaðar miðað við jörð.

Innri mótstöður transistors eru táknaðar með litlum bókstöfum ef þær eru riðstraumsstærðir, t.d. r'_e .

Mótstöður með stórum bókstöfum í fótsskrift eru ytri aðliggjandi mótstöður sem áhrif hafa á jafnstraumsstærðir transistors, t.d. R_C eða R_E .

Ef mótstöðurnar taka þátt í riðstraumsútreikningum transistors fá þær fótsskrift með litlum stöfum R_c eða R_e .

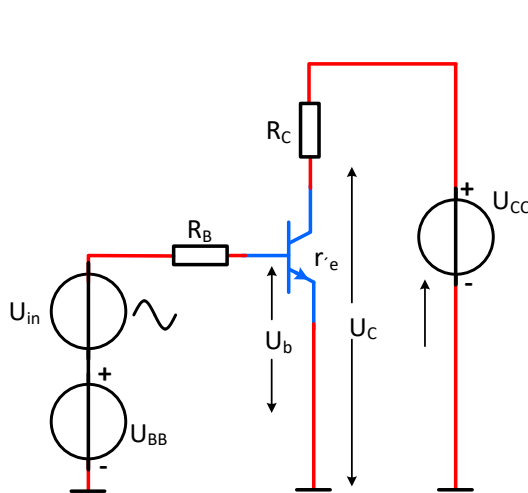
16. Transistor mögnun

Transistor magnar straum þar sem collector straumurinn er fenginn sem margfeldi af base straum eða:

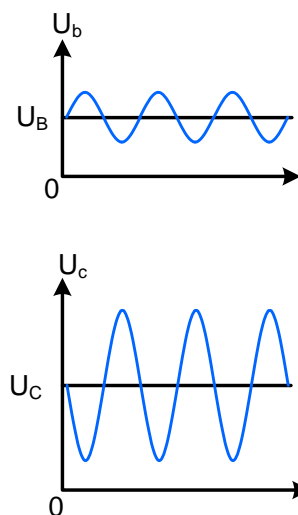
$$I_C = h_{FE} \cdot I_B$$

Base straumurinn er mjög lítil í samanburði við collector- eða emitter-strauminn. Þess vegna má segja að collector straumurinn sé um það bil jafn stór emitter straumnum eða $I_B \ll I_C \Rightarrow I_E \approx I_C$

Skoðum mynd 20a með þetta í huga.



Mynd 20a.



Mynd 20b bylgjuform.

Riðspennugjafi U_{in} er tengdur við jafnspennuna U_{BB} sem tengist mótstöðunni R_B . Spennugjafinn U_{CC} er tengdur mótstöðunni R_C .

Riðspennan veldur straumbreytingu í base sem veldur straumbreytingu í collector. Collector straumbreytingin veldur spennubreytingu yfir collector mótstöðuna R_C . Þar sem collector straumbreytingin er miklu meiri en base straumbreytingin verður spennubreytingin yfir collector mótstöðuna R_C stærri en riðspennan U_{in} og transistorinn magnar eins og sýnt er á mynd 20b.

Rafeindataekni 8. hefti – BJT - transistorar -

Þar sem mjög lítil riðstraumsmótstaða r'_e er í forspennu base- emitter samskeytunum verður ac emitter spennan:

$$U_b = I_e \cdot r'_e = I_c \cdot r'_e$$

Ac spennufallið U_c yfir collectormótstöðuna R_C er:

$$U_c = I_c \cdot R_C$$

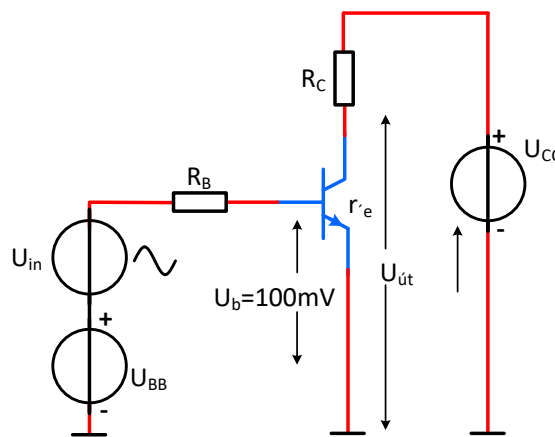
Út frá þessum jöfnum fæst spennumögnun transistorsins A_U :

$$A_u = \frac{U_c}{U_b} = \frac{I_c \cdot R_C}{I_e \cdot r'_e} \cong \frac{I_c \cdot R_C}{I_c \cdot r'_e} \cong \frac{R_C}{r'_e}$$

Mögnunarjafnan sýnir að mögnun þessa magnarategundar er eingöngu háð mótstöðunum R_C og r'_e . Einnig sést að þar sem R_C er alltaf stærri en r'_e verður mögnunin alltaf stærri en 1 og útgangsspennan er stærri en inngangsspennan.

Sýnidæmi:

Reiknið spennumögnun og útspennu magnarans á mynd 21 ef $r'_e = 50 \Omega$ og $R_C = 1 \text{ k}\Omega$



Lausn:

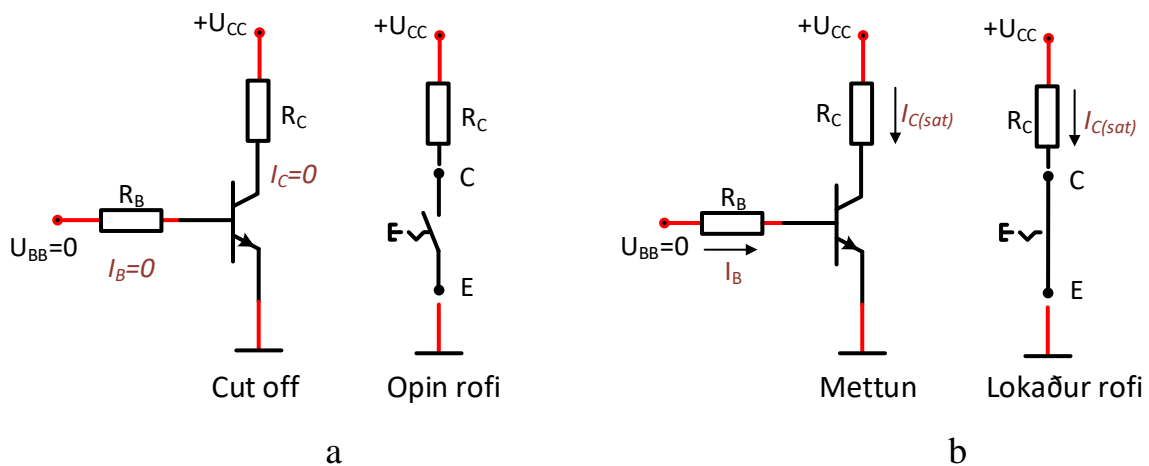
$$A_u \cong \frac{R_C}{r'_e} \cong \frac{1 \text{ k}\Omega}{50 \Omega} = 20 \Rightarrow U_{\text{út}} = U_b \cdot A_u = 100 \text{ mV} \cdot 20 = 2 \text{ V}$$

17. Transistor sem rofi

Við höfum séð hvernig transistorinn er notaður sem magnari. Önnur notkun transistorsins er að láta hann virka sem rofa. Þegar hann er notaður sem rofi vinnur hann, ýmist rofinn (*cut off*) eða í metnun (*saturation*). Stafrænar rásir nýta sér þennan notkunarmöguleika transistorsins.

Mynd 22 sýnir einfalda rofarás. Í *a* hluta myndarinnar er transistorinn rofinn (*cut off*) vegna þess að base emitter samskeytin eru ekki forspennt. Í þessum ham er rof milli collectors og emitters. Þetta er sýnt sem opin rofi á *mynd 22a*.

Mynd 22b sýnir þegar transistorinn er í metnun (*saturation*) þar sem base-emitter samskeytin eru forspennt og base straumurinn er nægjanlega stór til að valda metnun (*saturation*) collector straumsins. Í þessum ham, ef allt væri eðlilegt, er skammhlaup milli collector og emitters eins og sýnt er sem lokaður rofi á *mynd 22b*. Í raunveruleikanum er ekki fullkomið skammhlaup í collector samskeytunum heldur er þar lítil mótstaða sem veldur spennufalli sem kallað er $U_{CE(sat)}$ og er um það bil 0,2 Volt. Venjulega er þessi stærð gefin í gagnablöðum.



Mynd 22.

18. Skilyrði rofs (*cut off*)

Eins og áður hefur verið sagt er transistorinn í rofi (*cut off*) þegar base emitter samskeytin eru ekki forspennt. Ef horft er burt frá lekastraumum þýðir þetta að U_{CE} spennan er jöfn spennunni U_{CC} eða:

$$I_C = 0 \Rightarrow U_{CE(\text{raf})} = U_{CC}$$

19. Skilyrði mettunar (*saturation*)

Þegar base-emitter samskeytin eru forspennt og það er nægjanlegur base straumur til að fá fram mettunarstraum í collector, er transistorinn í mettun. Þessi hamur verður til þegar:

$$I_{C(\text{sat})} = \frac{U_{CC} - U_{CE(\text{sat})}}{R_C}$$

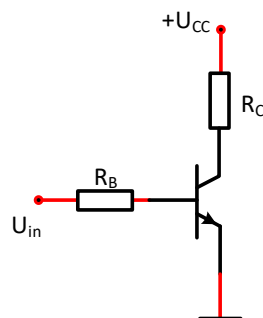
og minnsti base straumurinn sem þarf til að koma transistornum í mettun er:

$$I_{B(\text{min})} = \frac{I_{C(\text{sat})}}{h_{FE}}$$

Þar sem spennan $U_{CE(\text{sat})}$ er venjulega miklu minni en spennan U_{CC} er $U_{CE(\text{sat})}$ venjulega sett 0. Aftur á móti á I_B að vera stærri en $I_{B(\text{min})}$ til að transistorinn sé örugglega í mettun (*saturation*).

Sýnidæmi:

1. Hver er spennan U_{CE} fyrir transistorinn á mynd 23 ef U_{in} er 0 V og $U_{CC} = 10$ V?
2. Hver er minnsti base straumurinn sem kemur transistornum í mettun ef $h_{FE} = 200$ ef $R_C = 1$ k Ω ?
3. Reiknaðu mótstöðuna R_B ef $U_{IN} = 5$ V?



Mynd 23.

Lausn:

$$U_{CE} = U_{CC} = 10V$$

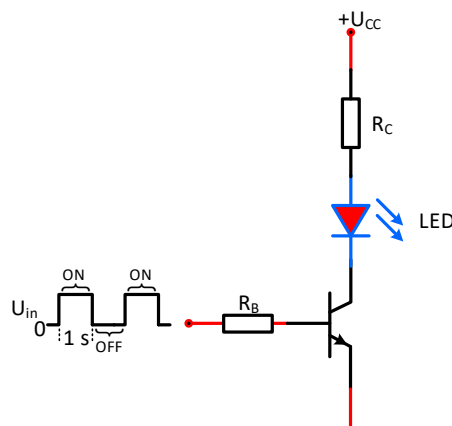
$$I_{C(sat)} = \frac{U_{CC} - U_{CE(sat)}}{R_C} = \frac{10V - 0V}{1k\Omega} = 10mA$$

$$I_{B(min)} = \frac{I_{C(sat)}}{h_{FE}} = \frac{10mA}{200}$$

$$R_B = \frac{U_{IN} - U_{BE}}{I_{B(min)}} = \frac{5V - 0,7V}{50\mu A} = 86k\Omega$$

20. Einfalt dæmi um transistor sem rofa

Mynd 24 sýnir transistor sem rofa í rás þar sem ljósdíóða ýmist lýsir eða ekki. Kassabylgja með sveiflutíma sem er 2 sec. er notuð á inngang transistorsins. Þegar spenna kassabylgjunnar er 0 V er transistorinn rofinn (*cut off*), þar sem enginn collector straumur rennur og ljósdíóðan slökkt. Þegar kassabylgjan nær hágildi lýsir ljósdíóðan þar sem transistorinn fer í metnun (*saturation*).



Mynd 24.

Sýnidæmi:

Ljósdíóðan á mynd 24 þarf 27 mA straum til að lýsa. Reiknið fyrir myndina hágildi innspennunnar ef $U_{CC} = 9\text{ V}$, $U_{CE(sat)} = 0,3\text{ V}$, $U_D = 1,4\text{ V}$, $R_C = 270\ \Omega$, $R_B = 3,3\text{ k}\Omega$ og $h_{FE} = 50$? (Hafið base strauminn í rásinni tvöfaldan $I_{B(min)}$ til að rásin sé örugglega í metnun)

Rafeindatækni 8. hefti – BJT - transistorar -

$$I_{C(sat)} = \frac{U_{CC} - U_D - U_{CE(sat)}}{R_C} = \frac{9V - 1,4V - 0,3V}{270\Omega} = 27mA$$

$$I_{B(min)} = \frac{I_{C(sat)}}{h_{FE}} = \frac{27mA}{50} = 540\mu A$$

$$I_B = 2 \cdot I_{B(min)} = 2 \cdot 540\mu A = 1,08mA$$

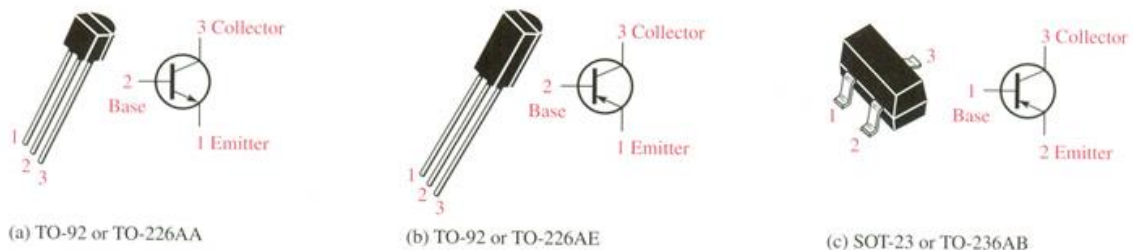
$$U_{In} = I_B \cdot R_B + U_{BE} = 1,08mA \cdot 3,3k\Omega + 0,7V = 4,3V$$

21. Hús transistora og merkingar skauta

Til eru transistorar fyrir mismunandi notkun og af mismunandi gerðum í mismunandi húsum. Þeir transistorar sem eru fyrir skrúfufestingar eða kæliplötur eru flestir afltransistorar. Afltransistorar fyrir lítið- eða meðal afl eru yfirleitt til í málm eða plast húsum. Aðrar þakkingar eru fyrir hátíðni transistora.

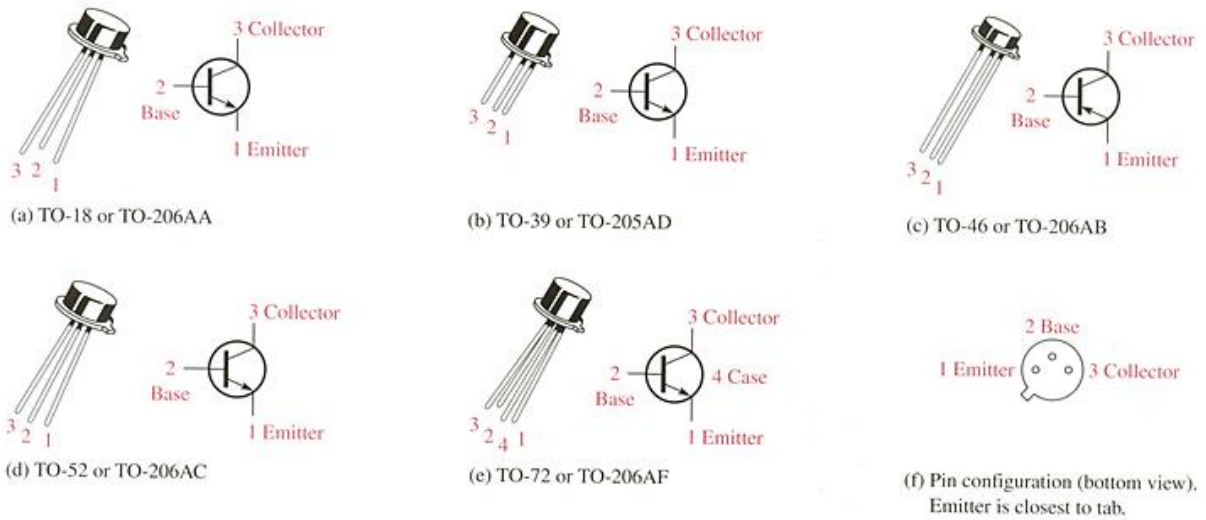
Framleiðendur grófflokka BJT transistora í þrennt:

- **Almenna smá signal transistora, afltransistora og RF-transistora**
Þó að hver flokkur hafi sín eigin einkenni af húsum skarast þau milli flokka. Skoðum hvern flokk transistora með það í huga að flokkarnir skarast.
- **Almennir transistorar / Smá signal transistorar** eru notaðir í lá- og meðal aflmögnum og sveiflurásum. Hús þessara transistora eru annaðhvort úr plasti eða málm. Sum hús hýsa marga transistora. Myndirnar hér að neðan sýna ýmsar tegundir transistora og heiti skautanna.

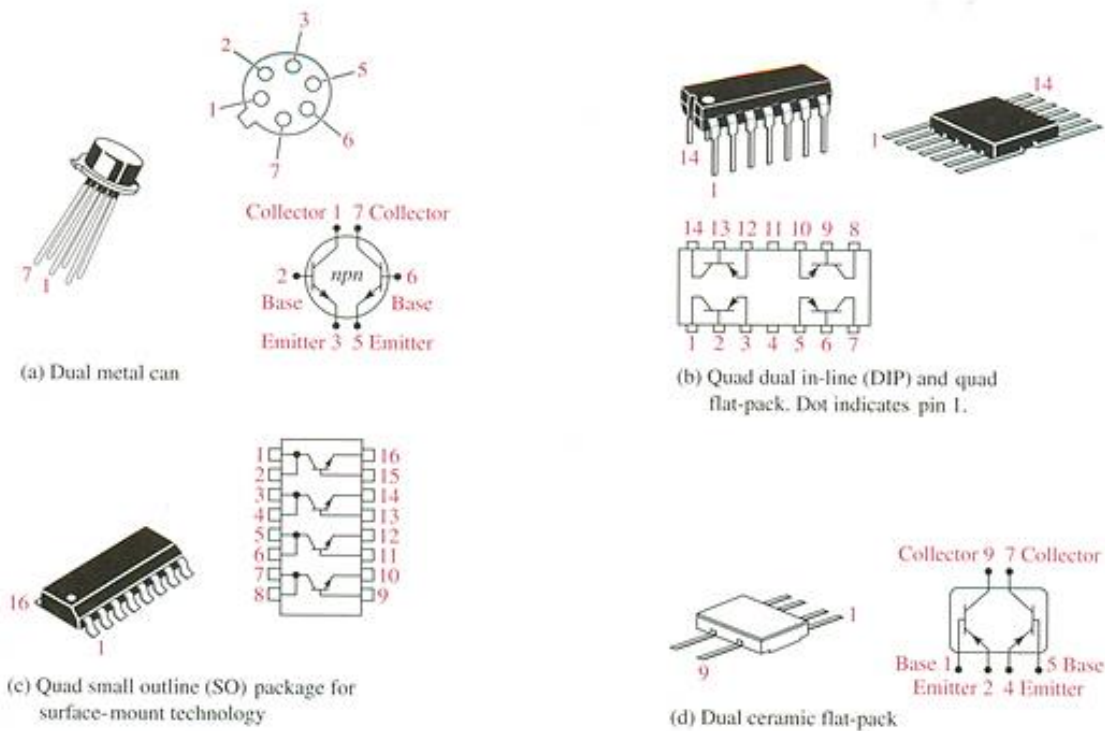


Mynd 25 sýnir algeng plast hús.

Rafeindataekni 8. hefti – BJT - transistorar -



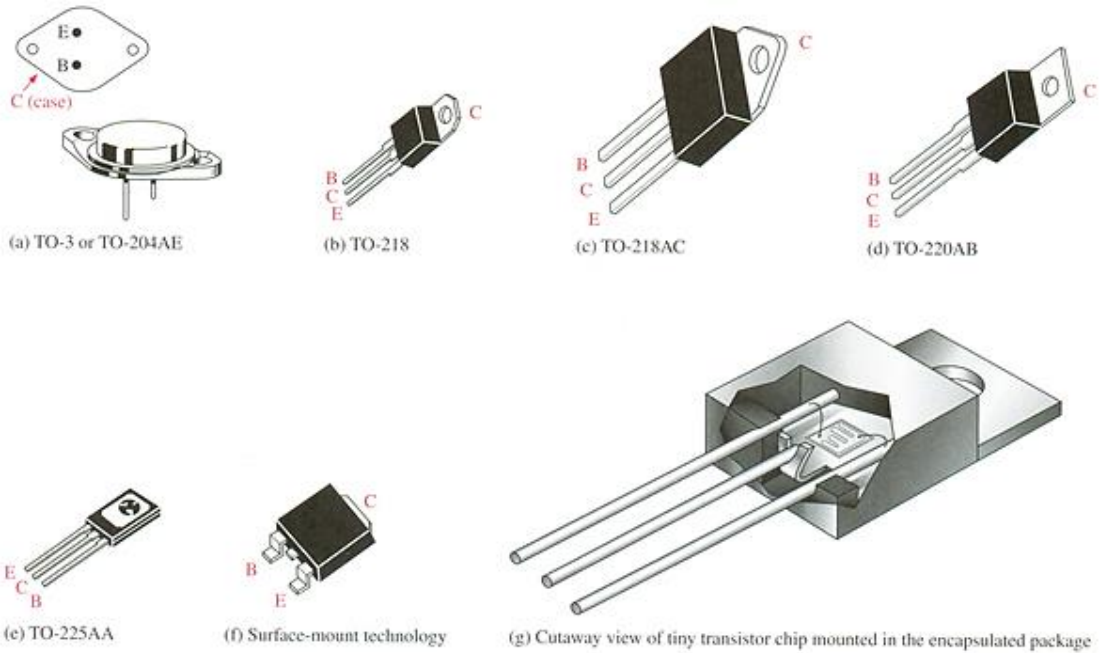
Mynd 26 sýnir transistora í málm húsum.



Mynd 27 sýnir hús sem hýsa marga transistora.

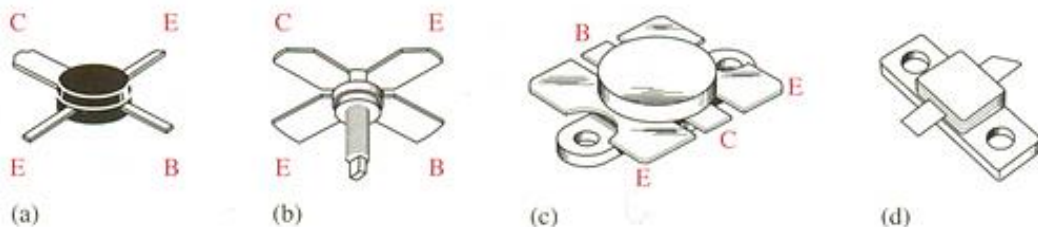
Rafeindatækni 8. hefti – BJT - transistorar -

- **Afl transistorar** eru fyrir mikinn straum, venjulega meira en 1A, og / eða háar spennur. Sem dæmi er útgangsstig í aflmagnara. Flestir afltransistorar nota hús sem jörð og er húsið tengt collector transistorsins. Húsið er einnig notað til að leiða hita frá transistornum út í kæliplötu. Á mynd 28 sjást nokkur algeng hús.



Mynd 28.

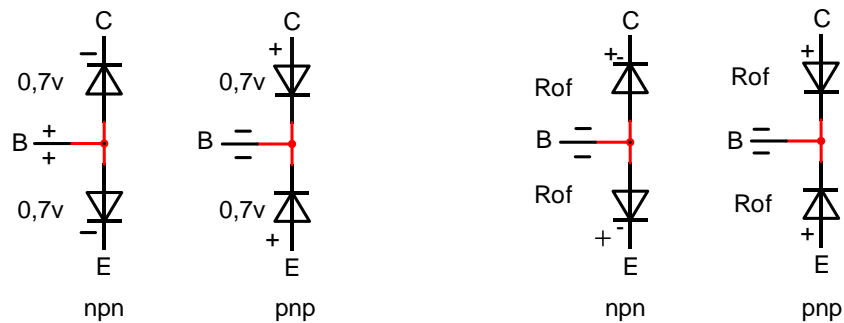
- **RF transistorar** eru hannaðir fyrir mjög háar tíðnir og eru notaðir í mismunandi samskiptakerfum. Form þeirra og skaut eru þannig gerð til að hámarka nýtingu þeirra. Nokkur dæmi eru sýnd á mynd 29.



Mynd 29.

22. Transistor prófun með stafrænum mæli

Hægt er að nota stafrænan mæli til að sjá hvort transistor er rofin eða skammhleypur. Til að nota þessa aðferð þarf að átta sig á að hægt er að líta á transistorinn sem tvær díóður. *Mynd 30* sýnir þetta fyrir bæði **npn** og **pnp** transistora. Base-collector samskeytin er önnur díóðan á meðan base-emitter samskeytin eru hin díóðan.

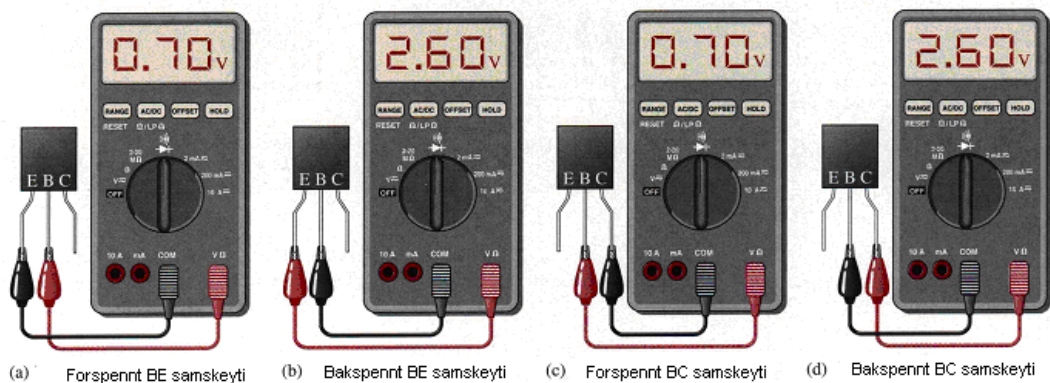


(a) Bæði samskeytin eiga að sýna 0,5-0,7 volt þegar þau eru tengd í leiðandi

(b) Bæði samskeytin eiga að sýna mælingu eins og þau séu rofin enda er mælt í hindrunarátt.

Mynd 30.

Flestir stafrænir mælar hafa díóðuprófun. Þegar það er notað á transistora sýna þeir spennufall um 0,5 til 0,7 volt yfir díóðurnar í leiðandi átt, annars sýna þær óbreytta stöðuspennu mælisins 2,5 til 3 Volt eða mælir sýnir “OL”. *Mynd 31* sýnir hvernig heill transistor á að mælast. Ef aðrar mælingar fást má gera ráð fyrir að transistorinn sé ónýtur.

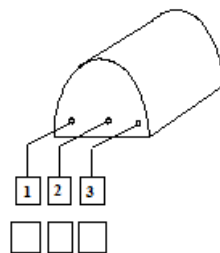


Mynd 31.

23. Aðferð til að finna skaut og gerð BJT transistora

Eftirfarandi aðferð sýnir hvernig hægt er að ákvarða hvaða gerð transistor er, **nnp** eða **pnp**, úr hvaða efni hann er, *Si* eða *Ge* og hvernig hægt er að finna skaut hans (*B*, *E*, *C*). Aðferðin gengur út á það að nota **díóðumælisvið stafræns mælis**.

1. Merkið transistorinn eins og sýnt er á mynd 32.
2. Stillið stafræna mælinn á díóðumælisviðið.
3. Mælið spennur transistorsins og færið inn í töflu 1.



Mynd 32.

Tafla 1	Plús skaut á mæli			
	Skaut	1	2	3
Mínus skaut á mæli	1			
	2			
	3			

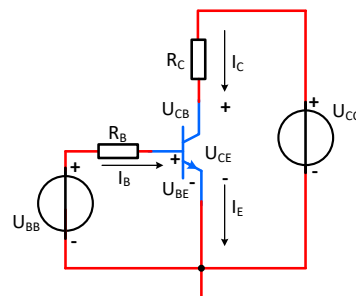
4. Eftir mælingu ætti taflan að sýna sömu mælingu milli tveggja skauta, óháð pólun. Hvorugt þeirra skauta er base (*B*). Á grundvelli þessarar niðurstöðu, merkið base-skautið inn á mynd 32.
5. Ef þú tengir plússkaut mælis á fundið base-skaut og mínusskaut mælis á hin tvö skaut transistorsins til skiptis og mælirinn sýnir tölur á bilinu 0,5 V til 0,7 V ert þú með **kísil (Si)** transistor af gerðinni **nnp**. Ef mælirinn sýnir spennu á bilinu 0,2V - 0,3 V er transistorinn úr **germaníum (Ge)** og af gerðinni **pnp**.

Rafeindatækni 8. hefti – BJT - transistorar -

6. Ef þú tengir mínus skaut mælis á base skautið og plúspól mælis á hin tvö skaut transistorsins til skiptis á mælirinn að sýna tölur á bilinu 0,5 V til 0,7 V ef þú ert með **kísil (Si)** transistor og hann er af gerðinni **pnp**. Ef mælirinn sýnir spennu á bilinu 0,2V - 0,3V er transistorinn úr **germaníum (Ge)** af gerðinni **pnp**.
7. **Eftirfarandi gildir fyrir npn transistor**. Tengdu plússkaut mælis á baseskaut transistorsins og mínuspól á hin skaut transistorsins til skiptis. **Lægri spennan** sem mælist sýnir tengingu milli base og collector skauta. Þess vegna er emitter þriðja skautið. Á grundvelli þessarar niðurstöðu merkið emitter- og collector skautið inn á *mynd 32*.
8. **Eftirfarandi gildir fyrir pnp transistor**. Tengdu mínuspól mælis á baseskaut transistorsins og plúspól á hin skaut transistorsins til skiptis. **Lægri spennan** sem mælist sýnir tengingu milli base- og collector skauta. Þannig hlýtur emitter að vera þriðja skautið. Á grundvelli þessarar niðurstöðu merkið collector- og emitter skautið inn á *mynd 32*.

24. Dæmi

1. Nefnið tvær gerðir af BJT- transistorum?
2. BJT-transistorinn er þriggja skauta íhlutur. Hvað heita skautin?
3. Hver eru skilyrði fyrir forspennur á base - emitter og base -collector samskeytum transistora þannig að hann vinni sem magnari?
4. Hvaða transistorstraumur er stærstur?
5. Er base straumurinn minni eða stærri en emitter straumurinn?
6. Er base hluti transistorsins miklu minni en collector- og emitter svæðin?
7. Hve stór er emitter straumurinn ef collector straumurinn er 1 mA og base straumurinn $10\mu\text{A}$?
8. Skilgreinið h_{FE} og h_{FB} ?
9. Hver er h_{FB} transistors ef straummögnun hans h_{FE} er 100?
10. Hvaða tvær breytistærðir þarf að færa inn í útgangslínurit til að fá fram kennilínur collectors?
11. Hvernig verða samskeyti transistors að vera forspennt þannig að hann vinni sem magnari?
12. Minnkar h_{FE} eða eykst með hitastigsbreytingu?
13. Er hægt að segja að h_{FE} sé stöðug fyrir einhvern gefinn transistor?
14. Transistor hefur $h_{FE} = 200$. Hver er collectorstraumurinn ef base straumurinn er $50\mu\text{A}$?



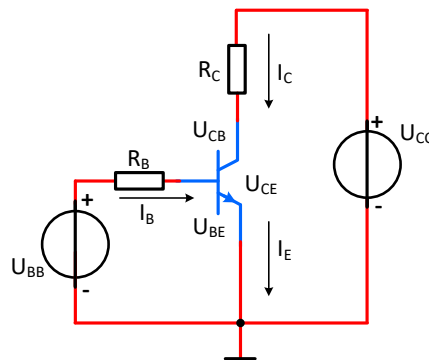
Mynd 33.

Rafeindatækni 8. hefti – BJT - transistorar -

15. Reiknið I_B , I_C , I_E , U_{CE} , og U_{CB} fyrir mynd 33 ef $R_B = 220 \text{ k}\Omega$, $R_C = 2,2 \text{ k}\Omega$, $U_{BB} = 6 \text{ V}$, $U_{CC} = 9 \text{ V}$ og $h_{FE} = 150$?
16. Hvar myndi línuritið fyrir $I_B = 0$ sjást í mynd 11 ef lekastraumur transistoransins er 0?
17. Hve mörg volt U_{CE} þolir transistorinn ef $P_{D(\max)} = 1 \text{ W}$ og í honum rennur collectorstraumur sem er 100 mA?
18. Reiknaðu hámarksgildi á U_{CC} þannig að transistor eyðileggist ekki þegar transistorinn í mynd 18 hefur eftirfarandi hámark. $P_{D(\max)} = 500 \text{ mW}$, $U_{CE(\max)} = 25 \text{ V}$ og $I_{C(\max)} = 200 \text{ mA}$?
19. Hve stór þarf collectormótstaðan í mynd 21 að vera þannig að mögnun magnarans verði 50 sinnum ef $r'_e = 20 \Omega$?
20. Hver er spennumögnun magnara sem hefur útspennu U_c sem er 5 V_{rms} og innspennu U_b sem er $250 \text{ mV}_{\text{rms}}$?
21. Hver er mögnun í transistor tengdur eins og í mynd 21 er með $r'_e = 20 \Omega$ og R_C er 1200Ω ?
22. Reiknið minnsta gildið á I_B þannig að transistorinn á mynd 21 fari í mettun ef $h_{FE} = 200$, $U_{CE(\text{sat})} = 0,2 \text{ V}$, $R_C = 5 \text{ k}\Omega$ og $U_{CC} = 10 \text{ V}$?
23. Hvað heita stöður transistora þegar hann er notaður sem rofi?
24. Hvað heitir staða transistors þegar collectorstraumurinn er í hámarki?
25. Í hvaða stöðu er transistor þegar collectorstraumurinn er um núll?
26. Í hvaða stöðu er transistor þegar $U_{CE} = U_{CC}$?
27. Í hvaða stöðu er transistor þegar U_{CE} er minnstur?
28. Í hvaða flokka flokkast transistorar?
29. Í afltransistorum tengist eitt skautið húsínu. Hvað heitir skautið?

Rafeindatækni 8. hefti – BJT - transistorar -

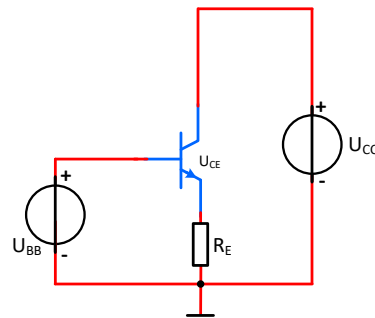
30. Finnið strauminn I_B ef $I_E = 30 \text{ mA}$ og $h_{FE} = 50$?
31. Hvað er straumurinn I_C stór ef $I_E = 5,34 \text{ mA}$ og $I_B = 475 \text{ }\mu\text{A}$?
32. $I_C = 8,23 \text{ mA}$ og $I_E = 8,69 \text{ mA}$. Hvað er h_{FB} ?
33. $I_C = 25 \text{ mA}$ og $I_B = 200 \text{ }\mu\text{A}$. Hvað er h_{FE} ?
34. $h_{FB} = 0,96$. Hvað er h_{FE} ?
35. $h_{FE} = 30$. Hvað er h_{FB} ?
36. $h_{FB} = 0,96$ og $I_E = 9,35 \text{ mA}$. Hvað er I_C ?



Mynd 34.

37. Base straumur fyrir transistorinn á mynd 34 er $50 \text{ }\mu\text{A}$ og $R_C = 1 \text{ k}\Omega$ og $U_{RC} = 5 \text{ V}$. Hver er strømmögnunarstuðull h_{FE} transistorsins? Hvað er h_{FB} stór?
38. Reiknaðu alla strauma fyrir mynd 34 og strømmögnunarstuðul h_{FE} transistorsins ef $U_{CC} = 24 \text{ V}$, $R_C = 470 \text{ }\Omega$, $R_B = 4,7 \text{ k}\Omega$, $U_{BB} = 4 \text{ V}$ og U_{CE} er 8 V .
39. Reiknaðu U_{CE} , U_{BE} og U_{CB} fyrir mynd 34 ef $U_{CC} = 15 \text{ V}$, $R_C = 180 \text{ }\Omega$, $R_B = 3,9 \text{ k}\Omega$, $U_{BB} = 5 \text{ V}$ og h_{FE} er 50 ?
40. Er transistorinn á mynd 34 í metnun ef $U_{CC} = 8 \text{ V}$, $R_C = 390 \text{ }\Omega$, $R_B = 27 \text{ k}\Omega$, $U_{BB} = 3 \text{ V}$ og h_{FE} er 125 ?

Rafeindatækni 8. hefti – BJT - transistorar -

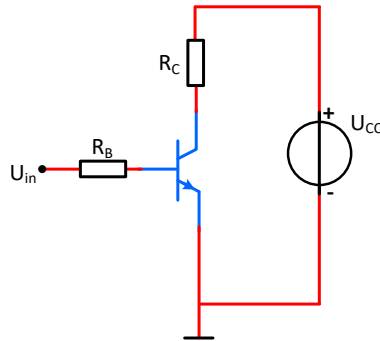


Mynd 35.

41. Reiknaðu I_C, I_B, I_E , fyrir mynd 35 ef $U_{CC} = 10 \text{ V}$, $R_E = 1 \text{ k}\Omega$, $U_{BB} = 2 \text{ V}$ og $h_{FB} = 0,96$?
42. Reiknaðu U_{CE}, U_{BE}, U_{BC} , fyrir mynd 35 ef $U_{CC} = 20 \text{ V}$, $R_E = 10 \text{ k}\Omega$, $U_{BB} = 10 \text{ V}$?
43. Reiknaðu U_{CE}, U_{BE}, U_{BC} , fyrir mynd 35 ef $U_{CC} = 12 \text{ V}$, $R_E = 2,2 \text{ k}\Omega$, $U_{BB} = 4 \text{ V}$?
44. Transistor vinnur við collector straum sem er 50 mA . Hve háa U_{CE} spennu þolir transistorinn ef aflþol hans er $1,2 \text{ W}$?
45. Transistor hefur spennumögnun sem er $A_u = 50$. Hver er útgangsspenna hans ef inngangsspennan er 100 mV ?
46. Hvaða spennumögnun þarf í magnara til að fá útgangsspennu sem er 10 V þegar inngangsspennan er 100 mV ?

Rafeindatækni 8. hefti – BJT - transistorar -

47. Hver er útgangsspenna magnara ef 50 mV spenna er sett á inngang magnarans sem hefur $r'_e = 10 \Omega$ og $R_C = 560 \Omega$?



Mynd 36.

48.a) Finndu $I_{C(sat)}$ fyrir transistorinn á mynd 36 ef $U_{CC} = 5 \text{ V}$, $R_C = 10 \text{ k}\Omega$, $R_B = 1 \text{ M}\Omega$ og $h_{FE} = 150$?

b) Finndu lágsta straum I_B sem veldur straummettun transistorsins?

c) Hver er lágsta spennan á U_{in} sem kemur transistornum í mettun?

49. Finndu R_B fyrir transistorinn á mynd 36 sem kemur honum í mettun ef $U_{CC} = 15 \text{ V}$, $R_C = 1,2 \text{ k}\Omega$, og $h_{FE} = 50$?