

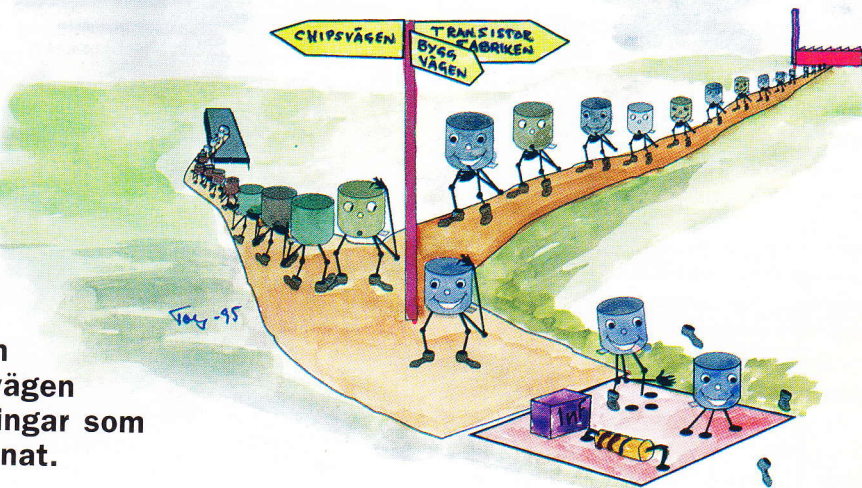
Bygg själv med transistorer:

TEMPERATURSTYRD FLÄKT

BYGG SJÄLV

Att bygga med transistorer är något som passar både nybörjaren och den mera erfarna elektronikern. Det här är ett bygge som främst passar nybörjaren och den som vill lära sig hur man kan använda transistorn. Resultatet är en temperaturstyrd fläkt men vägen dit går över praktiska kopplingar som kan användas till mycket annat.

Av Nils-Åke Petersson



Bygga och experimentera med transistorer! Kan det vara något idag när man integrerar över 4 miljoner transistorer i ett enda chip? Svaret får du om du tittar i vilken som helst elektronisk apparat i hemmet eller i industrin. Tillsammans med mikroprocessorer och andra mindre IC-kretsar, bland motstånd och kondensatorer, hittar man dessa trebeningar. I och för sig kan en trebening idag lika väl vara en regulator eller en hel förstärkare. Många är dock transistorer och de finns i de modernaste apparaterna.

De sitter oftast där för att det inte finns något funktionellt alternativ men kanske lika ofta för att det är den billigaste eller enklaste lösningen på ett problem.

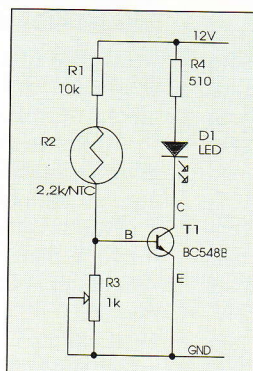
Förutom att transistorn är en utmärkt komponent att experimentera med om man vill lära sig elektronik från grunden kan den vara en riktig problemlösare. Den är fullt användbar! Lär dig nu att använda den!

Strömförstärkaren

Vi gör en första bekantskap med transistorn genom denna koppling. (figur 1).

På ingångssidan sitter en spänningsdelare med ett fast och ett variabelt motstånd samt ett så kallat NTC-motstånd.

Figur 1: Ingångssteg för temperatur-regulator.



NTC står för Negativ Temperatur Coefficient och dess resistans minskar snabbt med ökande temperatur. NTC-motståndet är därför mycket användbart för temperaturmätning eller -reglering. NTC-motståndet i vår koppling har resistansen 2,2 kohm vid 25 °C.

Transistorn är en standard NPN transistor BC548B eller liknande. Transistorns bas (B) är kopplad till en spänningsdelare som ligger mellan 12 V och jord (GND). Transistorns kollektor (C) är också kopplad till 12 V via ett motstånd och en lysdiod. Emittern (E) slutligen är kopplad till 0V.

Avsikten med kopplingen är att lysdioden skall tändas när en viss temperatur passerar.

Lysdioder finns för olika strömstyrkor 2, 5 eller 20 mA är vanligt. I det här fallet har vi valt en billig en som lyser som bäst om den får 20 mA.

Det man nu behöver veta om transistor är att om det flyter en ström in på basen har transistorn förmågan att förstärka denna ström 200 - 450 ggr. Detta är transistorns just nu viktigaste egenskap: **strömförstärkaren**.

Vi säger nu att vi råkat ut för ett dåligt exemplar av den här transistor: den förstärker bara 200 ggr.

Med dessa uppgifter kan vi bakvägen räkna ut hur mycket ström som behöver flyta in på basen för att vi verkligen skall få 20 mA genom lysdioden.

Eftersom transistorn förstärker basströmmen 200 ggr behövs det 20 mA / 200 = 0,1 mA.

Resultat av

tidig experiment

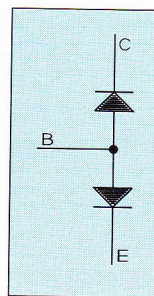
För att förstå hur vi får fram basströmmen tar vi ett litet steg bakåt och plockar fram resultatet av ett tidigare experiment. Enbart med resistansmätning kan man nämligen hitta två dioder i en NPN-transistor. (figur 2).

Att det inte kan bli en förstärkare av de här två dioderna är lätt att konstatera. Bilden avslöjar inte hela sanningen om transistorn men det viktigaste just nu är att ta fasta på att det faktiskt finns en diod som sitter mellan basen och emittern.

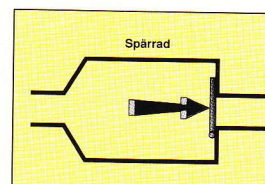
Ett tidigare experiment med vanliga dioder har visat att dioden kan liknas vid en backventil.

Den spärrar för strömmen åt ena hållet. (figur 3).

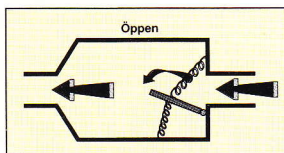
Den öppnar (leder) strömmen åt andra hållet om kraften dvs den spän-



Figur 2: Dioderna i transistorn



Figur 3: Dioden spärrar som en backventil.



Figur 4:
Dioden leder
om trycket
är tillräckligt

ning som skall öppna är tillräcklig. (figur 4).

Experimentellt är det lätt att komma fram till att det tryck (spänning) som krävs ligger i trakterna 0,6 - 0,7 V. Vi vet också från tidigare experiment att när väl dioden öppnat, finns det nästan ingen hejd på strömmen. Om inget stopp införs forslar mer ström än den klarar av. Dvs den går sönder. Dessutom har experimenten visat att spänningen över dioden, när den leder, ligger i det närmaste konstant runt 0,65 V.

Dioden leder

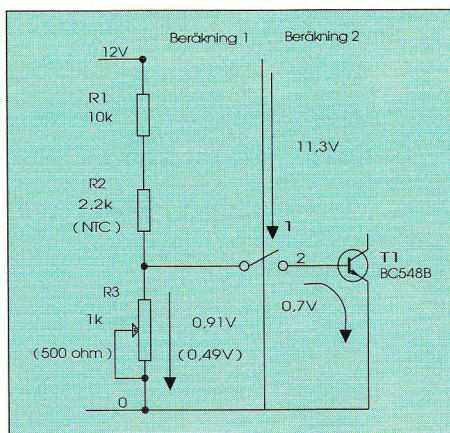
och allt förändras!

För att det skall kunna flyta någon ström in på transistorens bas måste således bas-emitterdioden öppna och det är alltså fråga om att en viss spänningsnivå dvs 0,6 - 0,7 V måste uppnås. Först därefter är det någon mening i att undersöka om det finns 0,1 mA ström att tillgå!

Vi undersöker spänningsdelaren utan transistorer inkopplad.

Vi antar att det variabla motståndet R_3 är inställt på 1 kohm och får på så sätt fram spänningen över R_3 (spänningen fördelar sig proportionellt över motstånden): $12 \text{ V} \cdot 1 \text{ kohm} / (10 \text{ kohm} + 2,2 \text{ kohm} (25 \text{ C})) = 0,91 \text{ V}$. (figur 5).

Den här spänningen räcker alldeles utmärkt för att bas-emitterdioden skall börja släppa igenom ström. Vi kan också konstatera att med en annan inställning på vridmotståndet till exempel 500 ohm (som ger 0,49 V) kan vi hålla dioden stängd.



Figur 5: Hur ledande diod påverkar spänningen.

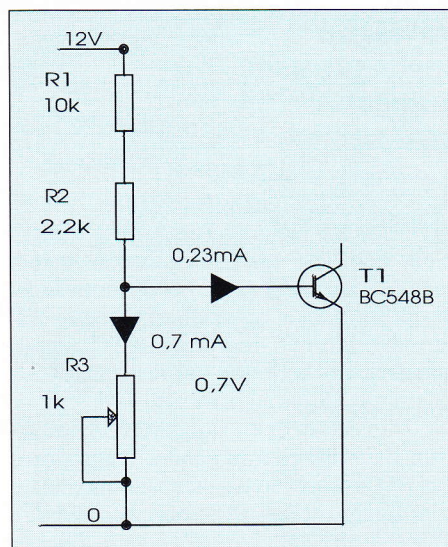
Nu vet vi att när väl bas-emitterdioden börjar leda ström blir det ungefär 0,7 V spänningsfall över dioden dvs även över vridpotentiometern. Över resten av spänningsdelaren dvs R_1 och R_2 (NTC - motståndet) blir det $12 - 0,7 = 11,3 \text{ V}$.

Vi kan använda ohms lag för att se vilken ström det kommer att bli in på basen nu när bas-emitterdioden väl öppnar.

All strömmen kommer att gå genom $R_1 + R_2$ (NTC). $I = U / R$ ger oss $I = 11,3 / 12,2 \text{ kohm} = 0,93 \text{ mA}$.

Vi behöver bara 0,1 mA så det räcker väl med råge? Nja, man måste se upp här! All ström går inte in i basen utan en del tar vägen genom R_3 . Strömmen delar upp sig (figur 6). Vid första anblick kan det verka lite lurigt att räkna ut detta men ett tidigare experiment har visat att strömmen genom ett motstånd parallellkopplat med en diod som leder är en baggis att räkna ut. Eftersom man vet att spänningen över dioden är 0,7 V (den är samma över det parallellkopplade motståndet) ger ohms lag att $I = 0,7 / R$.

Om vi antar att vridmotståndet är inställt på 1 kohm blir således strömmen $I = 0,7 / 1 \text{ kohm} = 0,7 \text{ mA}$ och bilden klarnar. (figur 6).



Figur 6: Strömfördelning när bas-emitterdioden leder.

Så fördelar sig alltså strömmen med 0,7 mA genom R_3 och 0,23 mA in genom bas-emitterdioden.

Vad innebär detta för lysdioden? Vi har ju tidigare sagt att transistoren förstärker minst 200 ggr. Det skulle innebära $200 \cdot 0,23 \text{ mA} = 46 \text{ mA}$. Det verkar i mesta laget för lysdioden eller?

Du bestämmer strömmen!

Jodå, lysdioden klarar sig. Det blir inga 43 mA! Det är nämligen inte transistoren som bestämmer utan du! Visserligen vill transistoren förstärka minst 200 ggr men du som bestämmer om detta skall utnyttjas eller ej med hjälp av motståndet R_4 i serie med lysdioden. (figur 8).

En transistor som har öppnat för strömmen (leder) har trots allt en viss resistans vilket ger ett litet spänningsfall. I de flesta fall kan man räkna med mindre än 0,2 V. Detta spänningsfall är inte samma slags konstanta spänningsfall som man har över

en diod eller en lysdiod. När man räknar på denna typen av kopplingar är denna bild en bra utgångspunkt. (figur 7).

För att beräkna vilken ström det blir genom lysdioden är det lämpligt att se R_4 , lysdioden och transistoren som en spänningsdelare. (Figur 8).

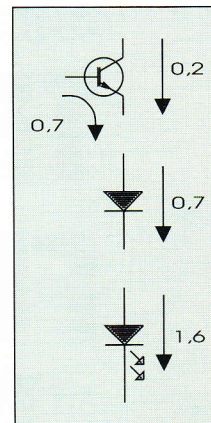
Det är inte svårt att beräkna strömmen genom lysdioden när vi vet allt detta!

Spänningen över R_4 blir $12 - 1,6 - 0,2 = 10,2 \text{ V}$. Ohms lag ger som vanligt strömmen $I = 10,2 / 510 = 20 \text{ mA}$.

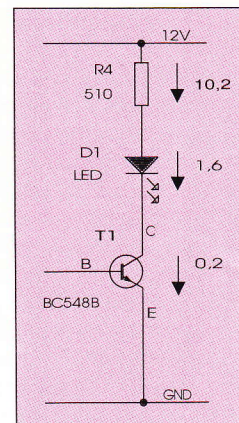
Utvärdera kopplingen

En verklig uppkoppling kommer att uppenbara en viktig egenskap hos den här kopplingen. När temperaturen stiger och motståndet minskar i NTC - motståndet kommer såväl lysdioden som lampans ljusstyrka att öka successivt.

Detta kan vara både till fördel och nackdel beroende på vad man vill uppnå. Om transistoren skall koppla in ett relä istället för en lysdiod blir det problem. Eftersom strömmen ökar sakta, styrd av stigande temperatur finns det ett läge då reläet brummar men slår ej till. Ännu större blir problemet om man kopplar in en fläkt. Om strömmen ökar sakta genom fläkten är det inte säkert att den drar igång alls. Lite längre fram skall vi se hur man slutgiltigt fixar till detta.



Figur 7: Spänningsfall som är bra att komma ihåg.



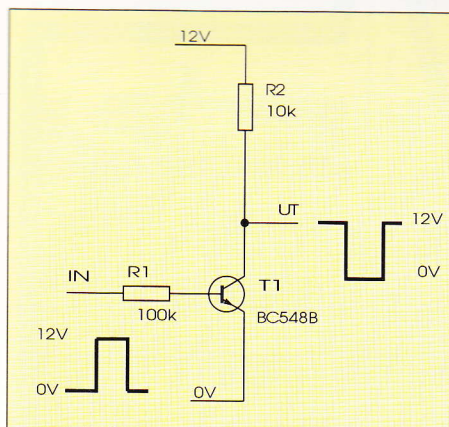
Figur 8: Spänningsfördelning på utgångssidan.

Inverteraren

Nu skall vi titta på en annan egenskap som är mycket användbar och som man kan plocka ut ur samma koppling.

Antag att du har en köpt någon typ av givare som du skall koppla till ett ditt larm eller ett reglersystem.

Det visar sig att givaren visserligen fungerar men på fel sätt! Du vill att givarens utsignal skall vara 12V när den aktiveras inte 0 V. Givaren stänger av när den skall sätta på och vice versa. Detta fixas enkelt med en transistor! (figur 9).



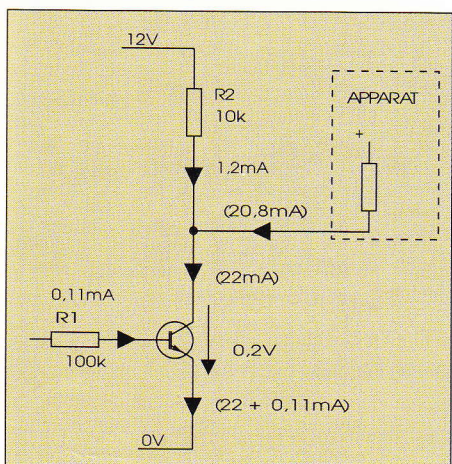
Figur 9: Transistorn som inverterare

Signalen från givaren kopplas in på basen via basmotståndet R_1 och den plockas ut på transistorns kollektor.

När givaren aktiveras blir det 12V ut från givaren. Det går då en ström genom basmotståndet som du valt till 100 kohm.

Du kan lätt räkna ut att 100 kohm ger basströmmen $(12 - 0,7) / 100 \text{ k} = 0,11 \text{ mA}$. Med samma transistor som tidigare ger detta en möjlig kollektorström på $200 * 0,11 \text{ mA} = 22 \text{ mA}$. Hur vet jag att det räcker?

På kollektorsidan har du ett motstånd på 10 kohm till 12 V. Det innebär att det ser ut så här med strömmarna. (figur 10).



Figur 10: Strömmarna på utgångssidan.

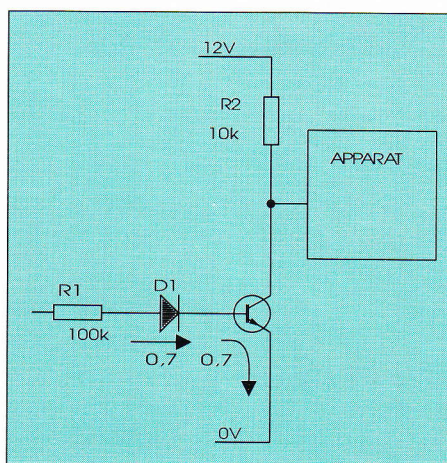
Den beräknade kollektorströmmen kommer från två håll. Dels från motståndet R_2 och dels från apparaten.

Strömmen genom R_2 kan vi lätt beräkna. Om vi förutsätter att transistorns restspänning blir det vanliga dvs 0,2 V blir strömmen $(12 - 0,2) / 10 \text{ k} = 1,2 \text{ mA}$. Resten av kollektorströmmen dvs 20,8 mA kommer från apparaten. Troligtvis kommer det mindre än 1 mA från apparaten och så här långt är därför allt frid och fröjd.

För säkerhets skull skall man också kontrollera hur det ser ut när givaren inte är aktiverad dvs ger låg utsignal. Först och främst måste spänningen vara så låg att bas-emitterdioden inte leder. För säkerhets skull bör den vara lägre än 0,4 V.

Om man vill ha ett system som fungerar säkert bör man mäta upp detta och inte bara prova om det funkar. Om nivån ligger runt 0,6V kan det bli vilket resultat som helst, oftast när man minst önskar det!

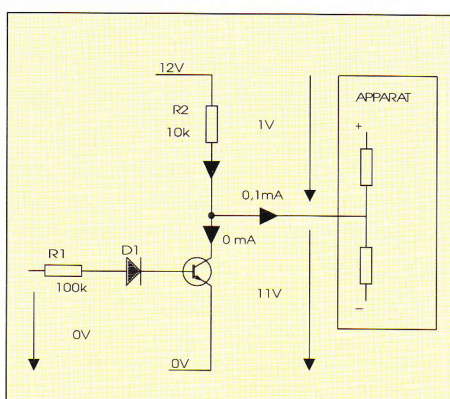
Om nu den låga signal från givaren ligger över 0,4 V ja, kanske till och med 0,8 V så är det inte kört för det. Då tar vi till knepet med en extra diod. (figur 11).



Figur 11: Diod höjer nivån.

Från tidigare experiment vet du att två dioder i serie kräver dubbelt så mycket spänning för att leda dvs 1,2 - 1,4V. Nu är det inte längre något problem med 0,8 V ut från givaren.

När transistorn nu säkert är spärrad kommer det att flyta en ström genom kollektormotståndet R_2 och in i apparaten. (figur 12).



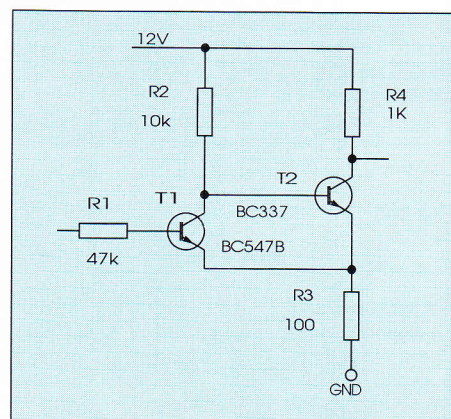
Figur 12: Apparaten drar ström.

Om apparaten kräver 0,1 mA är det inget problem. Spänningsfallet över R_2 blir då $U = I * R = 0,1 \text{ mA} * 10 \text{ kohm} = 1 \text{ V}$. Det innebär 11 V som inspanning istället för 12 V - troligtvis inget problem alls. Om däremot apparaten kräver 1 mA blir det värre. $U = 1 \text{ mA} * 10 \text{ kohm} = 10 \text{ V}$. Det blir bara 2 V in till apparaten och det räcker säkert inte. Om detta inträffar är det ingen katastrof.

Du har säkert redan räknat ut att om du sänker värdet på R_2 till 1 kohm kommer det att fungera.

Schmitttriggern

Som vi sett ovan förändras utsignalen relativt långsamt om insignalen ändras långsamt. Nu skall vi se hur man kan få en mera distinkt utsignal. (figur 13).



Figur 13: Standard Schmitttriggern-koppling.

Detta är en mycket trevlig och användbar koppling om än något besvärligare att analysera. Vi gör ett försök utifrån det vi hittills lärt oss.

Om det flyter en basström in i T_1 kommer denna att förstärkas 200 ggr. Det betyder att det blir ett spänningsfall över R_3 . Det är först och främst R_2 som bestämmer strömmen. Antag att den blir 1 mA. Spänningsfallet över R_3 blir då $U = I * R = 1 \text{ mA} * 1 \text{ k} = 1 \text{ V}$.

För att detta skall vara möjligt måste alltså inspanningen till basen på T_1 vara $0,7 + 1 \text{ V} = 1,7 \text{ V}$.

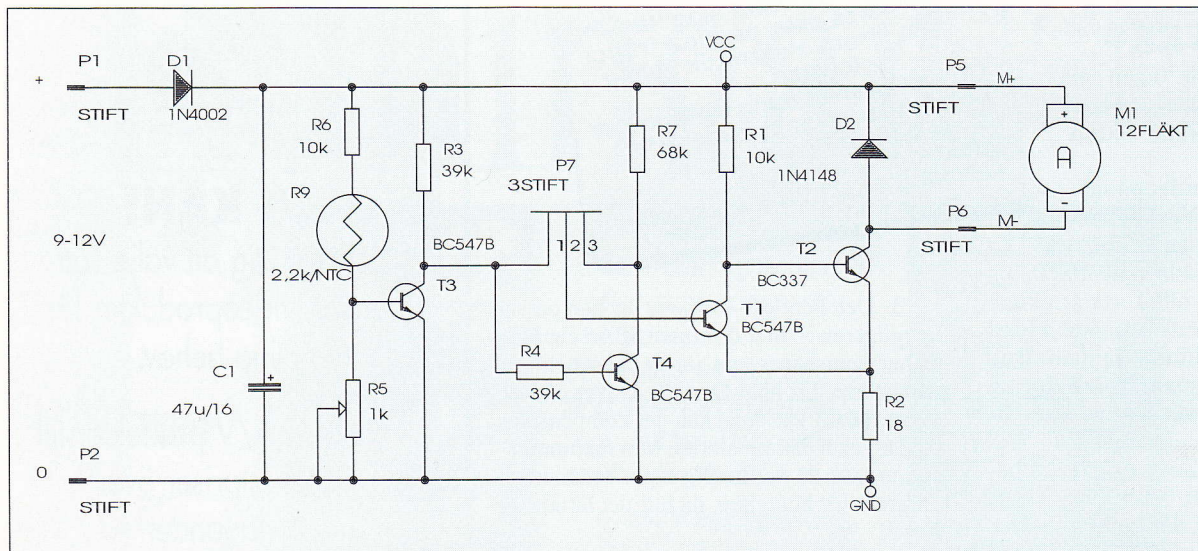
Samtidigt är det helt klart att om T_1 leder kan inte T_2 göra detsamma. 0,2 V över T_2 's bas-emitterdiod innebär en säker strypning. Utspanningen från kopplingen är därför hög.

Antag nu att vi sakta sänker inspanningen på basen till T_1 . Detta innebär att basströmmen minskar men i ännu högre grad kollektorströmmen (200 ggr fortare!) och därmed spänningsfallet över R_3 . Det innebär att ju närmare man kommer det läge där bas-emitterdioden i T_1 skulle spärra desto lägre spänning krävs för att detta verkligen skall inträffa. Så kan det givetvis bara hålla på till en viss punkt. Under 0,7 V kommer man inte!

Det intressanta är emellertid att det ögonblick T_1 verkligen börjar att sluta leda (!). I detta läget släpper spärren på T_2 som då öppnar (leder) eftersom strömmen genom R_2 nu tar vägen genom T_2 's bas-emitterdiod. Eftersom R_3 bara är på 1 kohm blir det nu högre ström även genom R_3 och plötsligt är spänningen till T_1 alldeles för låg. När denna process sätter igång blir det därför ett mycket snabbt omslag.

Fundera nu själv hur det fungerar när T_1 spärrar och du sakta höjer inspanningen på dess bas. Först händer inget, sedan ing-

Fortsättning sidan 60 ➤



Figur 14: Schema på temperaturstyrd fläkt med transistorer.

et. Allt händer i det ögonblick T_2 börjar sluta leda. Då blir det ett snabbt omslag.

Fläktstyrningen

De tre grundkopplingarna ingångssteget, inverteraren och Schmitttriggern är mycket användbara var för sig. De kan också användas tillsammans till exempel för temperaturstyrning av en liten 12 V:s fläkt. (figur 14).

I schemat känner du igen ingångssteget uppbyggt runt transistorn T_3 , inverteraren runt T_4 och Schmitttriggern runt T_1 och T_2 . Inverteraren kopplas in genom en bygel mellan $P_7:2-3$ och innebär att fläkten startar när temperaturen sjunker under den omslagstemperatur som ställts in med R_5 . Om P_7 istället byglas $P_7:1-2$ startar fläkten när temperaturen kommer över samma omslagspunkt.

Detta är en okritisk och tålig koppling.

Det ställs inga stora krav på layout eller ledningsdragning. Transistorn T_2 (BC337) måste dock klara den ström som fläkten drar. Dioden D_1 skyddar vid eventuell felpolariserad inkoppling av matningsspänning.

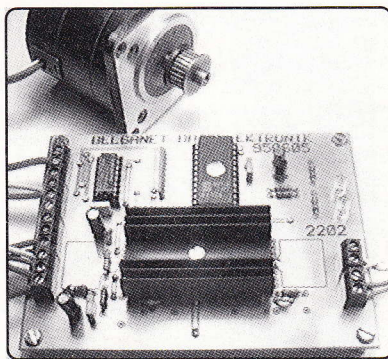
Artikeln är ett utdrag ur handboken "Utforska transistorer – med experiment och bygge".

ev

Beställ och bygg

Handboken ingår i ett paket "Transistorprojekt" som innehåller 12 kompletta byggen och ett 50 - tal experiment med transistorer. Kan beställas direkt från **Belganet Dataelektronik AB, 370 12 HALLABRO. Tel 0457-52175** (Pris: 980 kr inkl. moms.)

Elektronikbyggsats med handbok

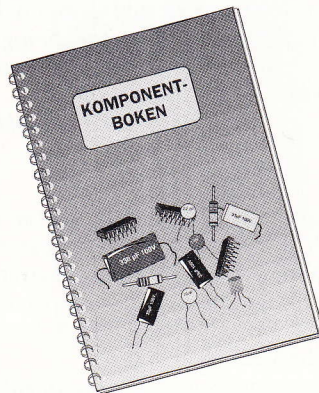


Stegmotorstyrning

Ett komplett styrkort för stegmotorstyrning med drivkretsar PBL3717, förprogrammerad EPROM, kylare, mönsterkort, samt övriga ingående komponenter på kretskortet. I experimentsatsen ingår även stegmotor (surplus med garanti!). Tillsammans med den utförliga handboken är detta den perfekta byggsatsen för dig som vill göra något själv med stegmotorer.

Pris 380:-

Komponent-boken Våra byggsatser är inte bara något man bygger ihop !!!



Komponentboken är framtagen för Dig som tycker det är svårt att identifiera komponenter, färgkoder m.m. Boken är på 46 sidor och beskriver utförligt olika egenskaper och karakteristika av olika elektronikkomponenter. Illustrationer, foto och tabeller underlättar identifieringen. Den vänder sig i första hand till våra byggare, men kan givetvis vara till glädje för alla intresserade.

Pris 50:-

Den medföljande bygghandboken är en pedagogiskt genomarbetade handledningar där byggets ingående komponenter presenteras. Experiment och praktiska tips vägleder bygget. Till schema och experiment hör tekniska beskrivningar där ingående funktioner behandlas på ett sätt som passar såväl nybörjaren som den mera erfarna elektronikern. Byggsatser för såväl hobby som skola.



**BELGANET
DATAELEKTRONIK AB**

**Beställ direkt från:
Belganet DataElektronik AB
370 12 HALLABRO
Tel 0457-521 75
eller Fax 0457-521 76**