

Augusti 1980

LABORATION **ET15 B**

KYLNING AV EFFEKTTRANSISTORER

INNEHÅLL:

1. Effektförlust i transistorer.
2. Beräkning av transistorers kylning.
3. Temperaturmätning på effektt transistorer.
4. Uppgifter.
5. Appendix.

Integrerad temperaturgivare AD590.

Datablad.

Handledare:

Namn: Nr: Labplats:

Laborationen utförd den

Laborationen inlämnad den

Godkänd den av

1. TEMPERATURMÄTNING PÅ EFFEKTTRANSISTOR.

Effekten från en förstärkare är normalt för liten för att driva en effektkrävande belastning, exempelvis en högtalare. Man använder då speciella effektförstärkare, effektsteg, som kan avge stora växelströmseffekter, från några watt till flera hundra watt.

Ur fysikalisk synpunkt arbetar ett effektsteg på samma sätt som ett vanligt transistorförstärkarsteg (Fig. 1), dvs växelnsignalen mellan bas-emitter (insignalen) åstadkommer en variation i basströmmen (Se utgångskaraktistikan i Fig. 2) och styr emitter-kollektorströmmen vilken i sin tur orsakar ett växelspanningsfall över belastningsimpedansen. Kollektorström flyter under hela perioden (effektförstärkare i klass A). Skillnaden ligger i storleken på kollektorströmmarna

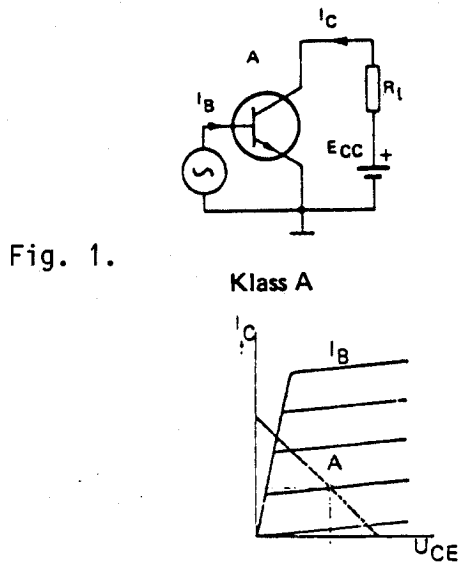


Fig. 1.

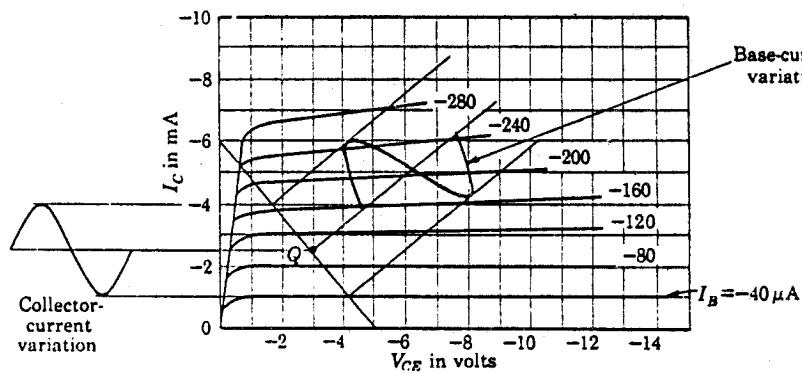


Fig. 2.

vilka för effektt transistorer rör sig om flera ampere. Egentligen bör man inte tala om effektförstärkare utan om effektomvandlare eftersom den styrande insignalen omvandlar stegets likströmmar och likspänningar till växelströmmar och växelspanningar (Fig. 3).

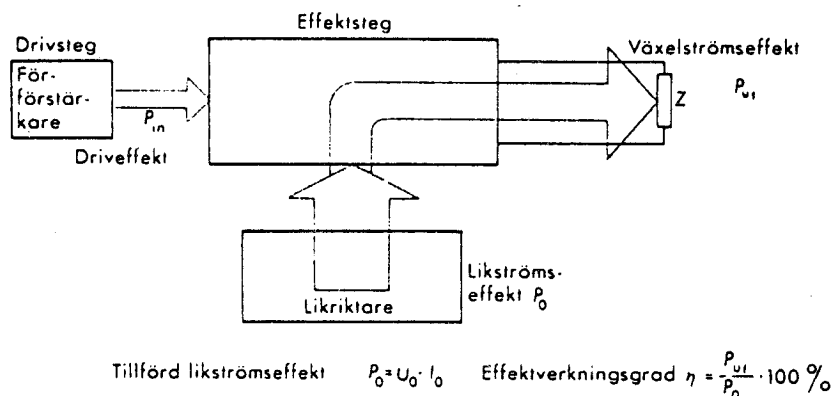


Fig. 3.

I Fig. 4 visas schematiskt ett effektsteg med fördelen att kollektorströmmen ej flyter genom belastningen.

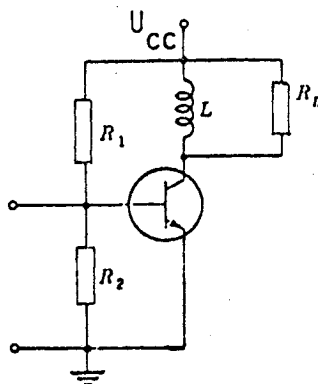


Fig. 4.

Det kan visas att den genomsnittliga effekten uttagen från strömförsörjningskällan vid spänningen U_{CC} kan skrivas: $P_p = U_{CC} I_C$, där I_C är kollektorströmmen. Är medelvärdet av den i belastningen angivna effekten P_L så blir den sk kollektorförlusten ^{*)}, P_C , för transistorer:

$$P_C = P_o - P_L$$

Kollektorförlusten avgives i själva transistorn och orsakar uppvärmning.

Utan insignal är $P_L = 0$ och den största kollektorförlusten, $P_{C \max}$ erhålles med enbart viloström.

$$P_{C \max} = P_o = U_{CC} I_C$$

Detta effektbelopp måste ledas bort via något kylsystem (kylplåt, plåtchassi etc).

Tre processer svarar för värmeavgivningen till omgivningen:

Värmeledning (atomerna transporterar värme utan materialtransport).

Konvektion (tvåstegsprocess där värme först leds från materialet till den närmaste omgivningen och sedan transporteras vidare genom omgivningsmediets rörelse).

*) Effektförlusten i en transistor sker nästan helt vid kollektor-spärrskiktet. ($P_C = U_{CE} I_C$.)

Strålning (utsändning av elektromagnetisk strålning huvudsakligen infraröd strålning).

Vilka av de tre processerna är väsentliga vid värmetransport från effekttransistorn?

Varför?

Transistorn är tillverkad av halvledarmaterial som har negativ temperaturkoefficient: Med stigande temperatur ökar transistormaterialets elektriska ledningsförmåga. Detta leder till en ökning av kollektorströmmen vilket i sin tur leder till ytterligare temperaturhöjning osv. Temperaturen kan stiga till ett sådant värde att transistorns spärrskikt förstörs. Den maximalt tillåtna spärrskiktstemperaturen, T_j , är för Ge-transistorer 75 - 90^o C och för Si-transistorer 150 - 200^o C.

Jämviktstillstånd inställer sig vid en temperatur vid vilken den avgivna värmeeffekten är lika med den tillförda effekten och tillståndet är stabilt om en av yttre inflytande orsakad temperaturstegring medför att den avgivna värmeeffekten ökar.

Beräkning av transistorns kylning.

Vid studium av kylproblemet skall vi använda en analogi mellan termiska och elektriska begrepp.

Antag en resistanskedja enligt Fig. 5 ansluten till en potentialskillnad $\Delta U = U_2 - U_1$ som driver en ström genom resistanserna.

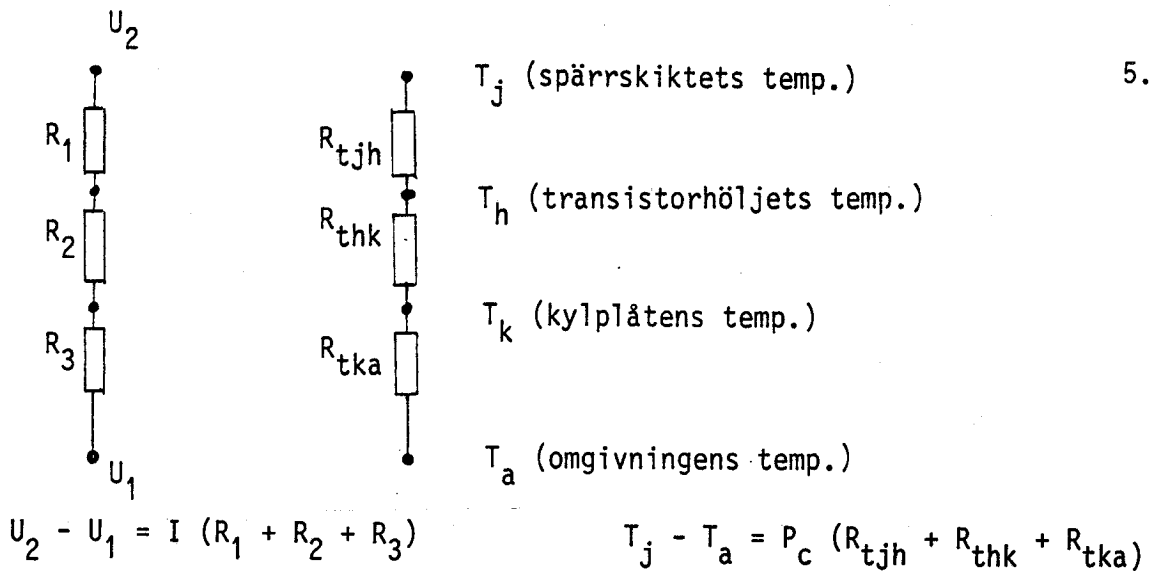


Fig. 5.

Den termiska analogin är en temperaturskillnad $\Delta T = T_j - T_a$ som driver förlusteffekten genom de termiska resistanserna $R_{tja} = R_{tjh} + R_{thk} + R_{tka}$ där R_{tjh} är termiska resistanser mellan kollektorns spärrskikt ($j = \text{junction}$) och transistorhöljet och anges på datablad (0,5 ä 2,5 C/W), R_{thk} är termiska resistansen mellan transistorhöljet och kylplåten (0,2 ä 0,5⁰ C/W), R_{tka} termiska resistansen kylplåt - omgivande luft ($a = \text{ambient}$). Temperaturfallen framgår av Fig. 6.

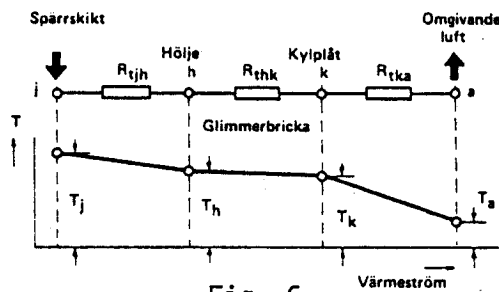


Fig. 6.

Transistorn är placerad i ett hölje som skyddar kristallen från den omgivande luften och mekanisk åverkan, Emitter, bas och kollektoranslutningarna dras ut genom botten på höljet som tillverkas av metall så kylflänsar kan fästas på det. I effekttransistorer är kollektorn ofta kopplad direkt till metallhöljet. En elektriskt isolerande isolerande glimmerskiva får då användas mellan kåpa och kylbleck (Fig. 7).

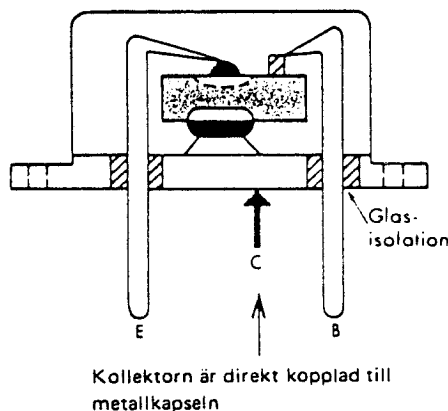


Fig. 7.

Delar värmeströmmen upp sig i en direkt gren från kåpan till den omgivande luften och i en annan gren över kåpa, kylplåt och omgivande luft kan de vanliga reglerna för parallellkoppling av motstånd användas (Fig. 8).

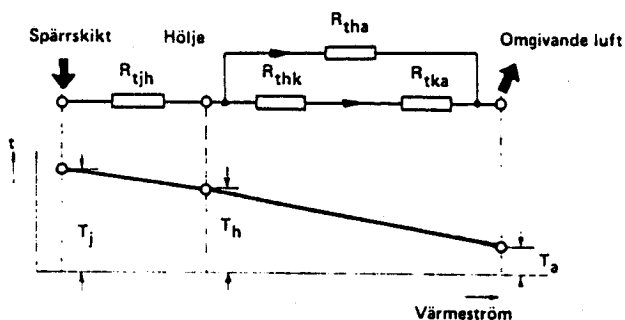


Fig. 8.

Några vanliga kapseltyper använda för effekttransistorer visas i Fig. 9.

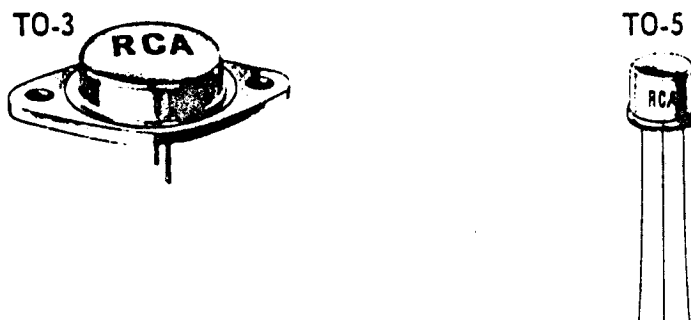


Fig. 9.

Termiska resistansen R_{tha} för kyldon avsedda att sättas på transistorkåpor av typ T05 visas i Fig. 10. I samma figur anges också termiska

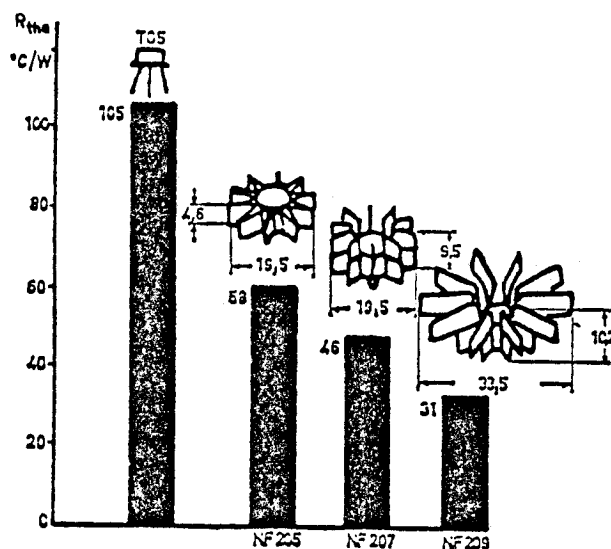


Fig. 10.

resistansen R_{ca} för transistorkåpan T05 (c = case). Termiska övergångsresistansen R_{tha} för kåpa-kyldon är av storleksordningen $3^0/W$ med silikonfett (innehåller metalloxid) mellan kåpa och kyldon.

För effekttransistorer fordras kylplåtar med stor värmeavledande förmåga. Kylplåten bör monteras vertikalt. Exempel på kyldon i gjuten svartoxiderad aluminium med kylflänsar visas i Fig. 11. Genom forcerad värmeavledning med fläkt kan R_{ca} nedbringas till 1/3 av det värde som erhålles vid kylning med naturlig värmeledning.

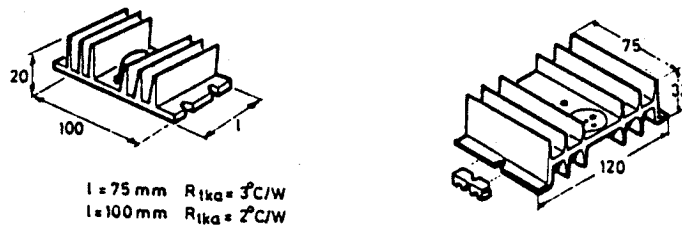


Fig. 11.

Temperaturmätning på effekttransistorer.

Uppgift 1.

Till Ditt förfogande står fyra effekttransistorer, 2N3055 med T03 kapsel monterade på kylplåtar av olika typ. Välj en av dessa. Varje kylplåt har en temperaturgivare AD590 inbyggd. Ställ in en kollektor-förlust, $P_{C1} = 10 \text{ W}$ med hjälp av instrumenten på strömförsörjningsaggregatet och potentiometern (se Fig. 12). Beräkna kristalltemperatur och temperatur för kylplåten utgående från uppgifter i datablad (se appendix).

$$T_j = \dots\dots\dots^{\circ}\text{C}$$

$$T_k = \dots\dots\dots^{\circ}\text{C}$$

Kontrollera beräkningen genom att mäta kylplåtens temperatur. Observera att Du i detta fall före mätningen får justera in givarens temperatur till omgivningen.

$$T_{k \text{ exp}} = \dots\dots\dots^{\circ}\text{C}$$

Kommentar : _____

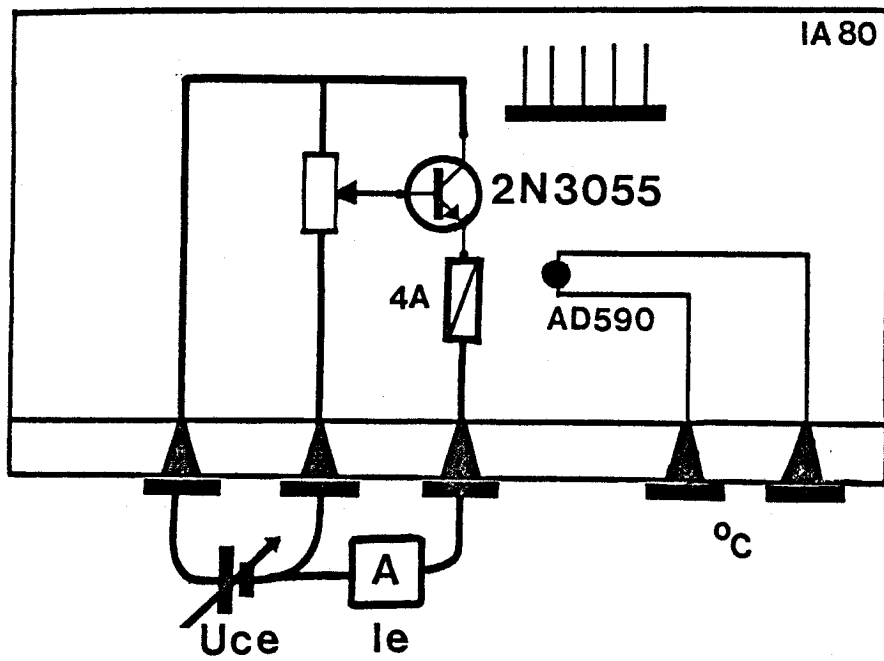


Fig. 12.

Uppgift 2.

Till Ditt förfogande står en liten effektt transistor, 40360, med T05 kapsel monterad på en termiskt isolerande skiva. Till transistoren finns tre olika typer av lösa kylflänsar med olika värden på $R_{tka} = 3 \cdot 58^{\circ}\text{C/W}$.

Välj en av kylflänsarna och beräkna den högsta tillåtna kollektor-förlusteffekten. Kontrollera beräkningen genom att mäta temperaturen på kylflänsen.

Vid mätningen av temperaturen bör Du använda den givare Du anser lämpligast.

Val: _____

Skäl: _____

Givaren bör försiktigt fästas på kylflänsen med hjälp av silikonfett.

$P_{c\ max} = \dots\dots\dots\text{ W}$ för $T_j = \dots\dots\dots^{\circ}\text{C}$ (ur datablad)

$T_k = \dots\dots\dots^{\circ}\text{C}$ (beräknad)

$I_k = \dots\dots\dots^{\circ}\text{C}$ (uppmätt)

Kommentar: _____

Appendix.

INTEGRERAD TEMPERATURGIVARE (AD590).

Om två identiska transistorer arbetar med ett konstant förhållande mellan kollektorströmtätheterna så blir skillnaden mellan deras bas-emitter-spänningar direkt proportionell mot absoluta temperaturen T . Den temperaturberoende parameter som är av betydelse för funktionen är således skillnaden i bas-emitter-spänningarna hos de två transistorerna. Man kan tillgripa flera metoder för att uppnå det önskade förhållandet mellan strömtätheterna. Det mest praktiska är att utnyttja två transistorer med olika emitterytor och låta kollektorströmmarna vara lika. Den större emittern kan exempelvis bestå av ett antal parallellkopplade emittrar av samma storlek som den mindre.

AD590 (Fig. 13) är en monolitisk IC temperaturgivare arbetande enligt de tidigare angivna principerna.

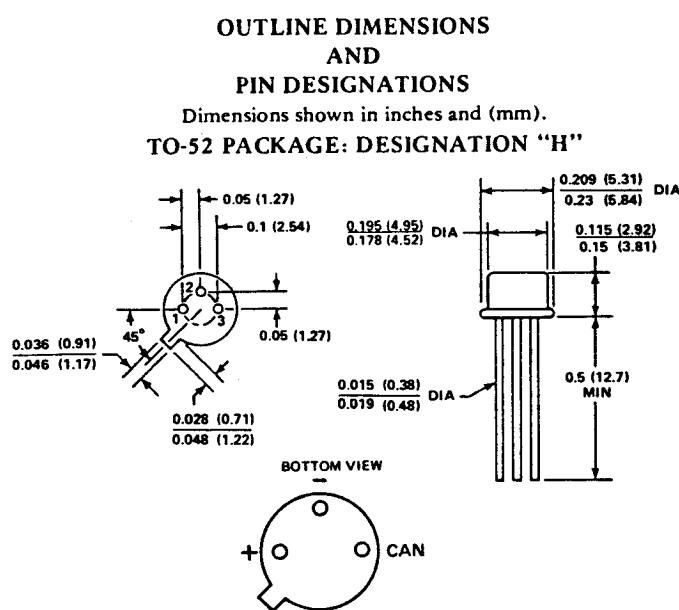
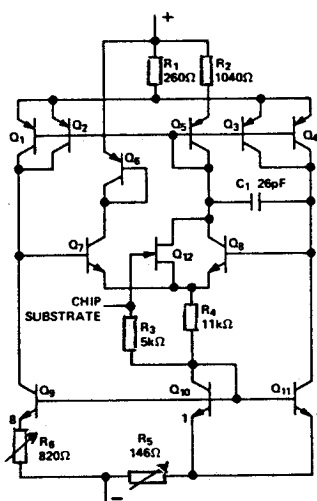


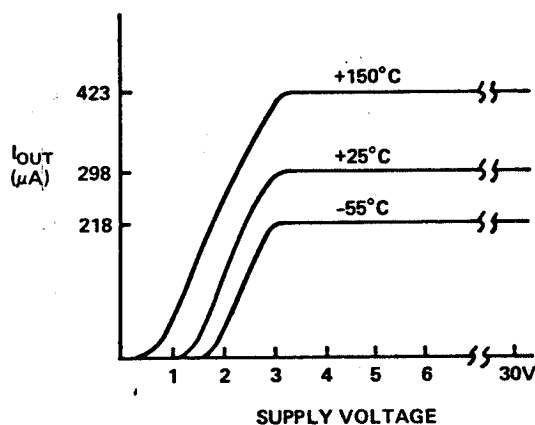
Fig. 13.

Den fungerar som en s k PTAT (Proportional To Absolute Temperature) strömregulator dvs den producerar en utström som är proportionell mot den absoluta temperaturen ($1 \mu\text{A}/\text{K}$). Kretsen fungerar som en konstant strömgenerator med hög impedans. Funktionen är praktiskt taget oberoende av terminalspänningen från c:a $+4 \text{ V}$ till $+30 \text{ V}$.

AD 590 är kalibrerad för att ge en utström av $298,2 \mu\text{A}$ vid $298,2 \text{ K}$ ($+25^\circ\text{C}$). Se Fig. 14. Temperaturområdet är från -55°C till $+150^\circ\text{C}$ med en max. olinjaritet av $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Jämfört med konventionella temperaturgivare krävs för AD590 ingen korrektion för olinjaritet vid termometeranvändning.



Schematic Diagram

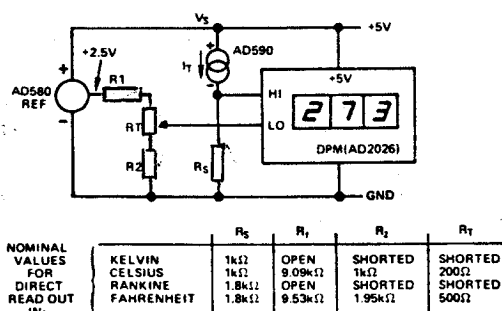


V-I Plot

Fig. 14.

Uppgift 4.

I Fig. 15 visas en standardkoppling för temperaturmätning med AD 590.



NOMINAL
VALUES
FOR
DIRECT
READ OUT
IN:

Fig. 15.

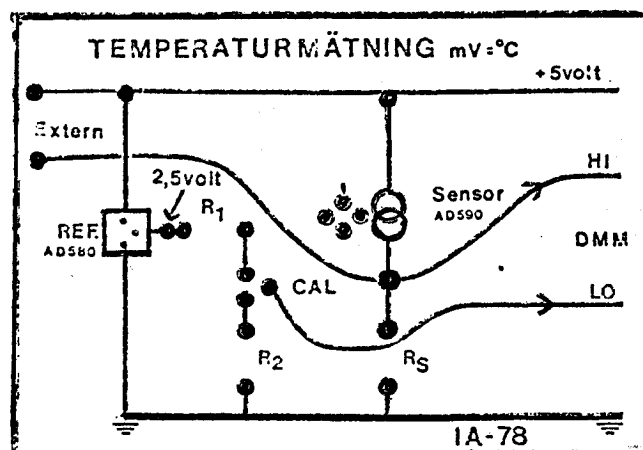


Fig. 16. Lab.koppling.

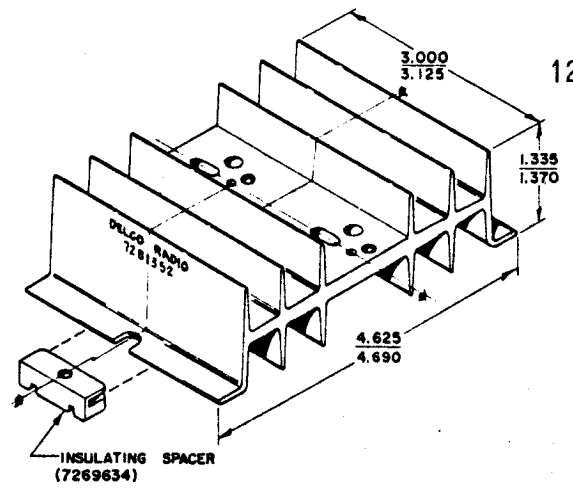
Kopplingsplattan har två möjligheter för anslutning av givaren. Dels en anslutning direkt på plattan, dels en extern anslutning.

Vid mätning skall Du använda en digital DC voltmeter exempelvis PM 2443. Denna skall anslutas till HI och LO. OBS LO och GND får ej vara sammankopplade när kalibreringspunkten då förskjuts. Se Fig. 15.

- Kalibrera kopplingen genom att sänka den externa givaren i 0^o vatten (smältande is). Låt den vara där några minuter. Avläs instrumentet, korrigera om nödvändigt med trimpot CAL tills dess instrumentet visar 0,000 V
- Hur stor är omgivningstemperaturen?
- Vilken temperatur har Du när givaren kyls med kylspray?

GENERAL DESCRIPTION

Delco Radio heat sinks are made of extruded aluminum. The 7270725 heat sink has a single set of universal holes to accommodate either a TO-3 or TO-36 transistor. The 7281352 heat sink is punched as shown in the hole detail and like the 7270725 is painted flat black except for the area between the two center fins on the top side. Nominal weight of this heat sink is approx. 7 oz. and its surface area is approx. 65 square inches. The 7270606 blank heat sink is similar to the 7281352 except that it is unpainted and not machined in any way.



THERMAL CHARACTERISTICS

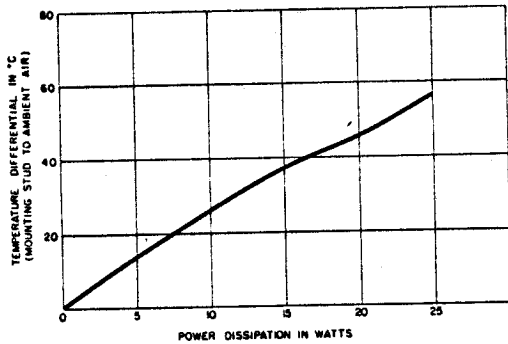


Figure 2

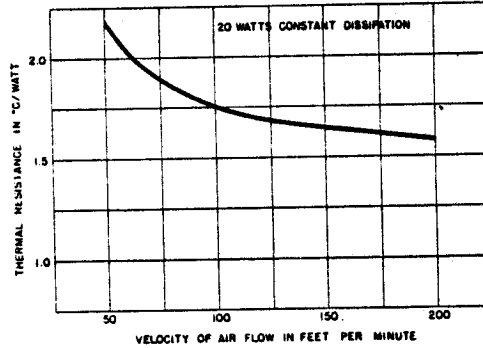
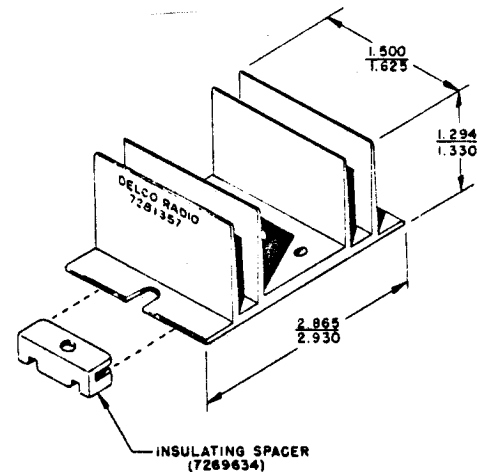


Figure 3

The graphs of figures 2 and 3 portray the thermal characteristics of the 7281352 heat sink with the transistor mounted directly on the heat sink with silicone oil used to promote heat transfer. Figure 2 shows thermal resistance of the sink when it is mounted so that the length of its fins is in a vertical plane, with air flow resulting from convection only. Figure 3 shows the effect on thermal resistance of forced air blown along the length of the fins.

GENERAL DESCRIPTION

Delco Radio heat sinks are made of extruded aluminum. The 7281357 heat sink is punched as shown in the hole detail and painted flat black except for the bottom surface and area between the two center fins on the top side. Nominal weight of this heat sink is approx. 2 oz. and its surface area is approx. 20 square inches. The 7281360 heat sink is similar to the 7281357 except that it is unpainted and not machined in any way.



THERMAL CHARACTERISTICS

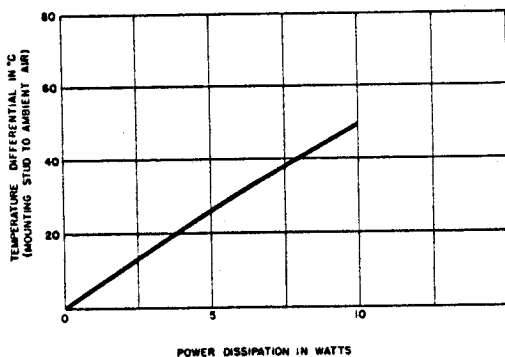


Figure 2

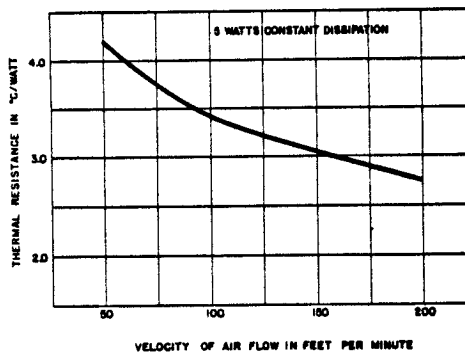


Figure 3



Kylelent. Svarteloxerat. $K_h = 2,7^\circ/W$. Oborrat. Storlek 88x75x26 mm.

The graphs of figures 2 and 3 portray the thermal characteristics of the 7281357 heat sink with the transistor mounted directly on the heat sink with silicone oil used to promote heat transfer. Figure 2 shows thermal resistance of the sink when it is mounted so that the length of its fins is in a vertical plane, with air flow resulting from convection only. Figure 2 shows the effect on thermal resistance of forced air blown along the length of the fins.

Instuderingsfrågor till laboration:

ET15B KYLNING AV EFFEKTTRANSISTORER

1. Var i en transistor sker effektförlusterna?
2. Vilka processer svarar för värmeavgivningen från en transistor till omgivningen?
3. Skriv upp en ekvation som definierar termisk resistans.
4. Hur kan man minska den termiska resistansen?