

Constantinescu Vlad, Ionița Alexandra

Laboratorul 3.

Tranzistorul bipolar. Caracteristici statice, aplicații în curent continuu. Montaje practice uzuale.

1 Scopul lucrării

Utilizarea tranzistorului bipolar de tip NPN în aplicații uzuale specifice montajelor de curent continuu. Familiarizarea cu circuitele practice bazate pe tranzistorul bipolar. Observarea experimentală, calitativă a caracteristicilor circuitelor de tip senzor tactil, senzor tactil îmbunătățit cu grupare Darlington senzor crepuscular, generator de curent constant pentru comanda LED-urilor.

2 Noțiuni teoretice

2.1 Tranzistorul bipolar - aspecte fundamentale simplificate

Tranzistorul bipolar(en. Bipolar Junction Transistor - BJT) este o componentă de circuit activă care poate produce la ieșire un semnal de o putere mai mare (semnal comandat) decât semnalul de comandă (de la intrarea lui). Această putere suplimentară provine dintr-o sursă externă (o sursă de tensiune). În montajele electronice, tranzistoarele sunt poziționate în schemă astfel încât, în funcție de semnalul de comandă, acestea distribuie către ieșire a semnalului direct de la alimentare, pastrând pe intrare o impedanță mare (consumă un curent foarte mic din semnalul de la intrare).

Tranzistorul are trei terminale: bază, emitor și colector. Pentru a evita confuziile, vom nota potențialul dintr-un terminal cu V și indice numele terminalului:

V_B pentru potențialul din bază (măsurat față de GND), analog pentru emitor și colector.

V_{CC} este tensiunea de alimentare care intră în colector; este mereu pozitivă;

V_{EE} este tensiunea de alimentare care intră în emitor; este, de obicei, negativă.

Tensiunea dintre două potențiale este indicată de un dublu indice:

U_{BE} pentru tensiunea bază-emitor;

U_{CE} pentru tensiunea colector-emitor, etc.

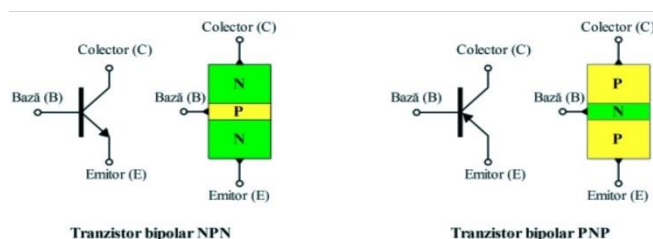


Figura 1: Simbolul și structura tranzistorului bipolar

2.2 Regimurile de funcționare ale tranzistorului bipolar

Tranzistoarele bipolare sunt de două tipuri: NPN și PNP (Figura 1). Ele pot funcționa în patru regimuri distincte:

1. Blocaj (BL - en. cut-off) - ambele joncțiuni sunt polarizate invers. Tranzistorul nu conduce curentul. Îl putem asemăna cu un întrerupător deschis, care nu conduce curentul (stare logică OFF).
2. Regiunea Activă Normală (RAN - en. Forward-active sau active) - joncțiunea BE este polarizată direct, joncțiunea BC este polarizată invers. Acest regim de funcționare este în mod uzual utilizat în montajele analogice, unde tranzistorul se comportă ca o sursă de curent comandată în curent.
3. Saturația (SAT - en. saturation) - ambele joncțiuni sunt polarizate direct. Curentul de comandă nu mai poate fi "transpus" într-un curent comandat. Explicație: I_C a atins valoarea maximă când $U_{CE} = 0$. Curentul de colector nu va putea fi crescut mai mult decât această limită. Altfel spus, tranzistorul, indiferent de factorul de supracomandă (orice curent de bază mai mare decât cel necesar obținerii valorii maxime a curentului de colector) el nu mai poate incrementa curentul din colector. În saturație tranzistorul poate fi asemănat cu un întrerupător închis, care conduce curentul electric (stare logică ON)
4. Regiunea Activă Inversă (RAI - en. Reverse active region, inverse active sau inverted) - Colectorul interschimbă rolul cu Emitorul, astfel joncțiunea BE este polarizată invers, iar joncțiunea BC este polarizată direct. Putem spune că acest regim nu este optimal, din cauză că, din asimetria construcției, a dopajului terminalelor de Colector, respectiv Emitor și din cauza geometriei sale, amplificarea va fi chiar și cu un ordin de mărime mai mic decât în RAN. Acest regim este rar utilizat, în circuite de fail-safe și în unele circuite logice ce utilizează tranzistoare bipolare (TTL)

2.3 Creșterea amplificării folosind tranzistoare compuse: grupările uzuale Darlington și Sziklai (Super-G)

Uneori, în montajele electronice, din motive tehnice (e.g. utilizarea curenților de comandă - de bază - de ordinul μA pentru comanda curenților de colector/emitor mult mai mari - ordinul sutemlor de mA sau chiar A) nu putem realiza amplificarea în curent folosind un singur tranzistor. Este, așadar, necesar să utilizăm montaje complexe, compuse din mai multe tranzistoare cascade. Tranzistoarele pot fi compuse și pot fi echivalate matematic cu un singur tranzistor.

2.3.1 Tranzistorul compus Darlington

Tranzistorul compus Darlington reprezintă o grupare de 2 tranzistoare de același tip comandate în cascadă (a nu se confunda cu amplificatorul tip "cascodă"). Curentul comandat al primului devine curent de comandă pentru următorul.

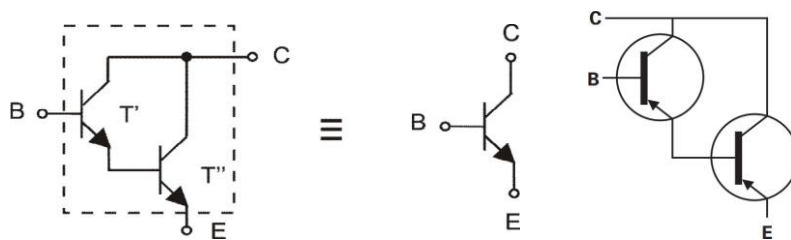


Figura 3: Tranzistorul compus Darlington NPN (sus) și PNP (jos)

Observație: Un tranzistor Darlington are ca avantaje: simplitatea, amplificare în curent egală cu produsul amplificărilor tranzistoarelor compuse, iar ca dezavantaje căderea de tensiune dublă pe jonțiunea BE, comutația mai lentă (ce generează un defazaj al semnalului).

2.3.2 Tranzistorul compus Sziklai - Super-G

Tranzistorul compus Sziklai reprezintă o grupare de 2 tranzistoare PNP și NPN tip comandate în cascadă, similar cu gruparea Darlington. Similar cu Darlington, și în cazul Sziklai, curentul comandat al primului tranzistor devine curent de comandă pentru următorul.

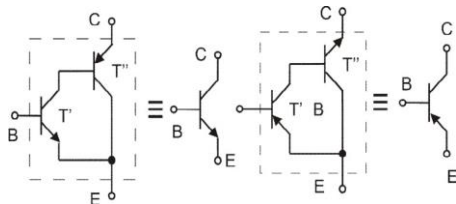


Figura 4: Tranzistorul compus Sziklai (Super-G) tip NPN (stânga) și PNP (dreapta)

Observație: Un tranzistor Sziklai are ca avantaje față de Darlington stabilitatea în relația cu sarcina și o bandă de frecvență mai mare în care poate funcționa. Amplificarea în curent este egală cu produsul amplificărilor tranzistoarelor compuse, iar ca dezavantaje: necesitatea utilizării a două tranzistoare de tipuri diferite.

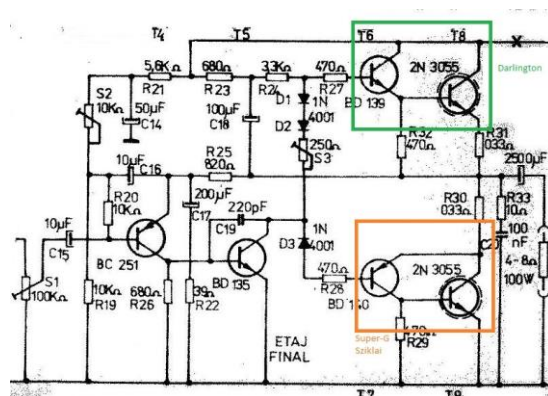


Figura 5: Amplificator audio cu etajul final combinat: Darlington (verde, sus), Sziklai-Super-G (portocaliu, jos)

2.4 Circuite practice cu tranzistoare bipolare

2.4.1 Tranzistorul bipolar folosit ca intrerupător - amplificator de curent - senzor de atingere

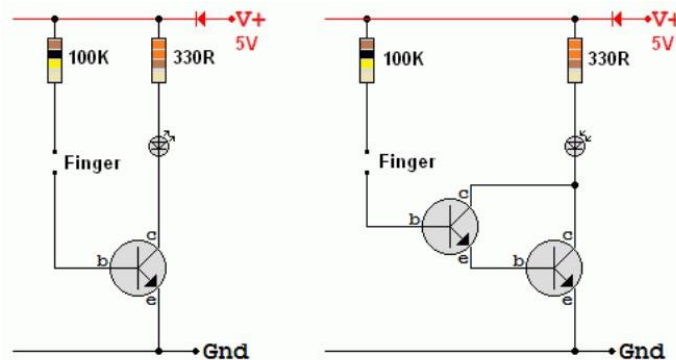


Figura 7: Circuite de realizare a întrerupătorului electronic declanșat prin atingere

În diferite dispozitive electronice tranzistorul este utilizat cu rolul de senzor de atingere. În momentul în care o persoană atinge cele 2 contacte din dreptul marajului "Finger" rezistența degetului (de obicei de ordinul sutelor de $k\Omega$ sau de ordinul $M\Omega$) conduce curentul de la linia V+ de alimentare către baza tranzistorului. Acesta amplifică curentul și LED-ul se aprinde. În circuitul din dreapta este utilizat tranzistorul compus Darlington a cărui amplificare în curent este mai mare decât în cazul folosirii unui singur tranzistor. În acest caz curentul este amplificat cu o valoare mai mare, astfel că, și pentru rezistențe mari la atingere, LED-ul se aprinde puternic. Circuitul poate fi folosit, de asemenea și pentru a semnaliza atingerea către microprocesoare.

3 Desfășurarea lucrării

3.1 Senzor de atingere folosind tranzistori bipolari

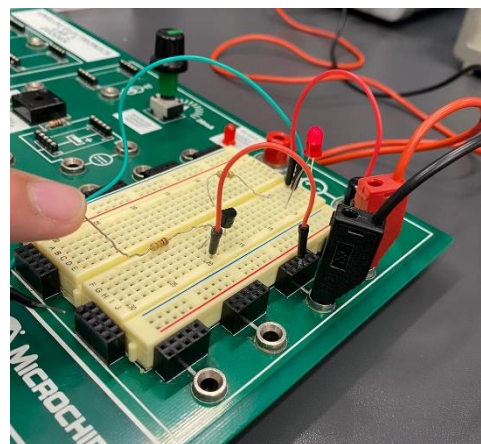
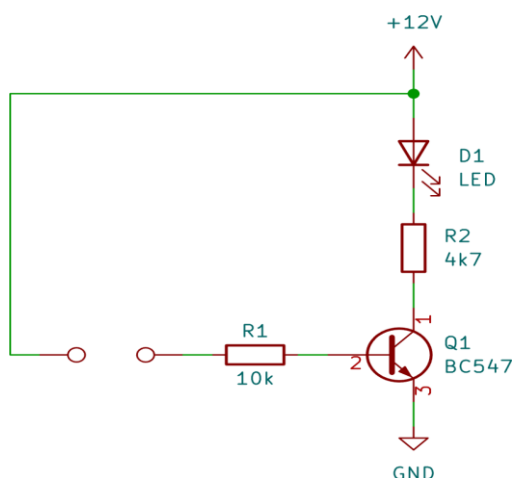


Figura 11: Senzor de atingere cu TBIP simplu

3.2 Întrerupător crepuscular folosind fotorezistorul ca traductor

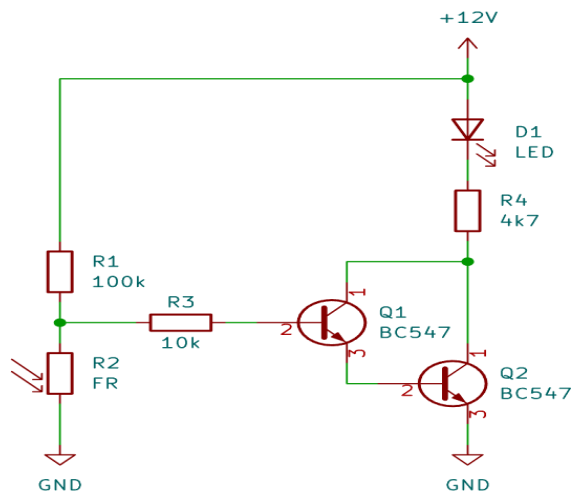
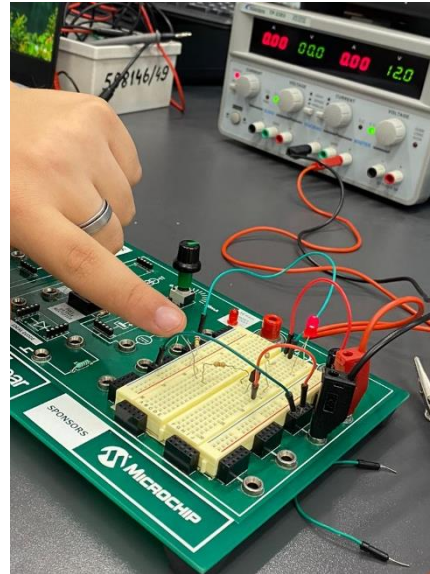


Figura 13: Senzor crepuscular



Concluzii: folosim tranzistoarele bipolare în diverse montaje, cum ar fi senzorul tactil și senzorul crepuscular. Într-un senzor tactil, tranzistorul este utilizat pentru a detecta atingerea sau apropierea unui obiect și a emite un semnal corespunzător, de exemplu, aprinderea unui LED. În cazul unui senzor crepuscular, fotorezistorul, în combinație cu un tranzistor, poate detecta nivelurile de lumină ambientală și poate controla, de exemplu, aprinderea sau stinsul unor becuri.