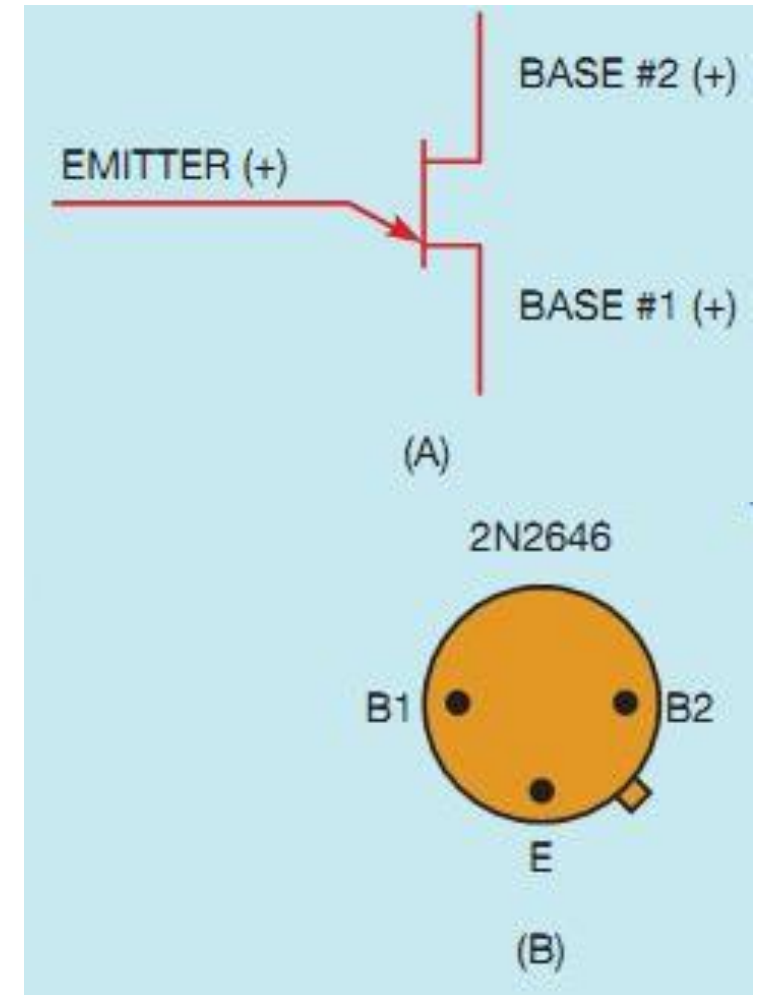


# DISPOZITIVE ELECTRONICE ÎN ELECTRONICA APLICATĂ

Tema 6:

## TRANZISTORUL UNIJONCTIUNE



# TUJ-Tranzistorul unijonțiune

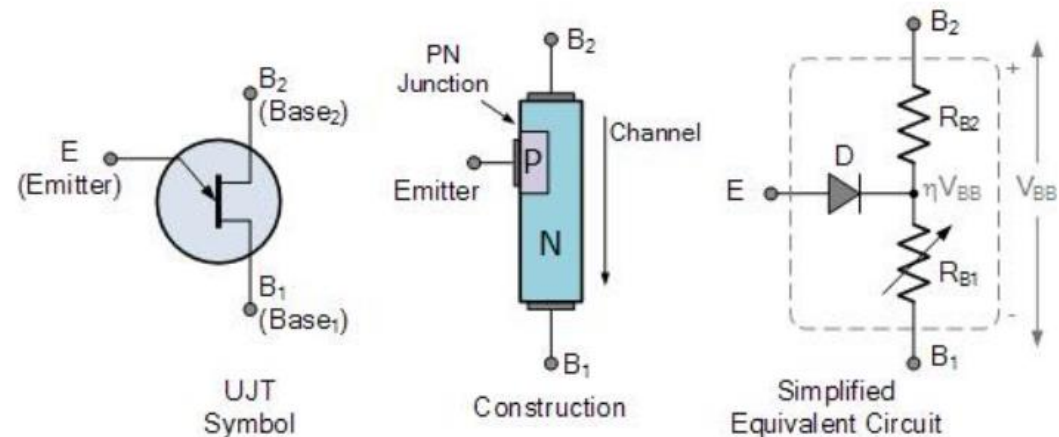
- TUJ este un dispozitiv semiconductor cu trei terminale care prezintă rezistență negativă și caracteristici de comutare pentru utilizarea ca oscilator de relaxare în aplicațiile de control al fazei.
- Tranzistorul unijonțiune sau TUJ pe scurt, este un alt dispozitiv semiconductor cu trei terminale, care poate fi utilizat pentru impuls pe poartă, circuite de sincronizare și aplicații cu generator de declanșare pentru a comuta și controla tiristoare și triacuri, pentru aplicații de tip control al puterii AC.
- Ca și diodele, tranzistoarele unijonțiune sunt construite din materiale semiconductoare separate tip-P și tip-N, care formează o singură jonțiune-PN (denumită Uni-Jonțiune) în cadrul canalului tip-N de conducție principal al dispozitivului.
- Deși tranzistorul unijonțiune are numele unui tranzistor, caracteristicile sale de comutare sunt foarte diferite de cele ale unui tranzistor convențional bipolar sau cu efect de câmp, deoarece nu poate fi folosit pentru a amplifica un semnal, ci este folosit ca tranzistor de comutare ON-OFF. TUJ are conductivitate unidirecțională și caracteristici de impedanță negativă acționând mai mult ca un divizor de tensiune variabilă în timpul străpunerii.

# TUJ-Tranzistorul unijonctiune

- La fel ca FET cu canal-N, TUJ constă dintr-o singură bucată solidă de material semiconductor tip-N care formează canalul principal de transport al curentului, cu cele două conexiuni exterioare marcate ca Baza 2 (B2) și Baza 1 (B1). Cea de-a treia conexiune, marcată cu risc de confuzie ca emitor (E), este situată de-a lungul canalului. Terminalul emitor este reprezentat de o săgeată care arată de la emitorul tip-P la baza tip-N.
- Jonctiunea P-N de redresare emitor a TUJ este formată prin fuziunea materialului tip-P în canalul de siliciu tip-N. Totuși, sunt disponibile și TUJ-uri cu canal-P, cu un terminal emitor tip-N, dar acestea sunt puțin utilizate.
- Jonctiunea emitor este poziționată de-a lungul canalului astfel încât să fie mai aproape de terminalul B2 decât de B1. Se utilizează o săgeată în simbolul TUJ care indică spre bază arătând faptul că terminalul emitor este pozitiv, iar bara de siliciu este material negativ. Mai jos este prezentat simbolul, construcția și circuitul echivalent al TUJ.

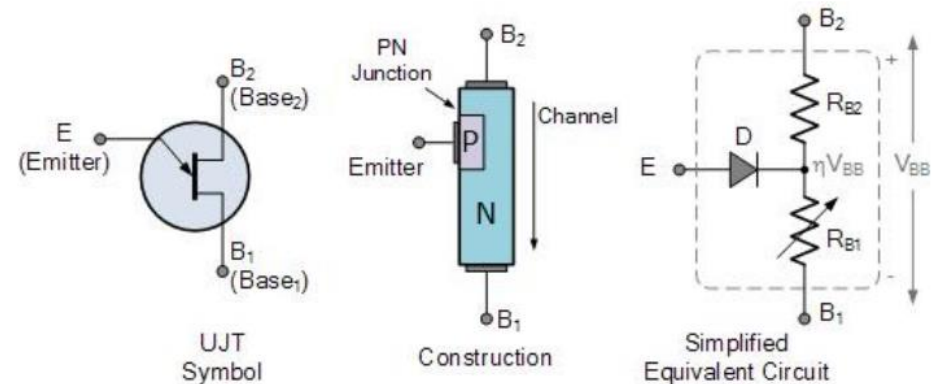
# Simbolul și construcția tranzistorului unijonctiune

- Observați că simbolul tranzistorului unijonctiune pare foarte asemănător cu cel al tranzistorului cu efect de câmp cu jonctiune JFET, cu excepția faptului că are o săgeată îndoită reprezentând intrarea Emitter (E). În timp ce sunt similare în privința canalelor lor ohmice, JFET și TUJ funcționează foarte diferit și nu trebuie confundate.
- Putem vedea din circuitul echivalent de mai sus că, în principiu, canalul tip-N constă din două rezistoare  $R_{B2}$  și  $R_{B1}$  în serie cu o diodă (ideală) echivalentă  $D$  reprezentând jonctiunea P-N conectată la punctul lor central. Această jonctiune P-N emitor este fixată în poziție de-a lungul canalului ohmic în timpul fabricației și, prin urmare, nu poate fi modificată.
- Rezistența  $R_{B1}$  este dată între emitor E și terminalul  $B_1$ , în timp ce rezistența  $R_{B2}$  e dată între emitor E și terminalul  $B_2$ . Deoarece poziția fizică a jonctiunii P-N este mai aproape de terminalul  $B_2$  decât de  $B_1$ , valoarea rezistivă a lui  $R_{B2}$  va fi mai mică decât  $R_{B1}$ .



# Simbolul și construcția tranzistorului unijonctiune

- Rezistența totală a barei de siliciu (rezistența sa ohmică) va depinde de nivelul real de dopaj al semiconductorilor, precum și de dimensiunile fizice ale canalului de siliciu tip-N, dar poate fi reprezentată de  $R_{BB}$ . Dacă este măsurată cu un ohmmetru, această rezistență statică ar fi de obicei undeva între aproximativ 4 k $\Omega$  și 10 k $\Omega$  pentru cele mai comune TUJ, cum ar fi [2N1671](#), [2N2646](#) sau [2N2647](#).
- Aceste două rezistențe serie produc o rețea de divizare a tensiunii între cele două terminale bază ale TUJ și deoarece acest canal se întinde de la B2 la B1, când se aplică o tensiune pe dispozitiv, potențialul în orice punct de-a lungul canalului va fi proporțional cu poziția sa între terminalele B2 și B1. Nivelul gradientului de tensiune, prin urmare, depinde de valoarea tensiunii de alimentare.
- Când este utilizat într-un circuit, terminalul B1 este conectat la masă, iar Emitterul servește ca intrare pentru dispozitiv. Să presupunem că o tensiune  $V_{BB}$  este aplicată pe TUJ între B2 și B1 astfel încât B2 este polarizată pozitiv față de B1. dezvoltată pe  $R_{B1}$  (rezistența inferioară) a divizorului



# Tensiunea pe RB1 a TUJ

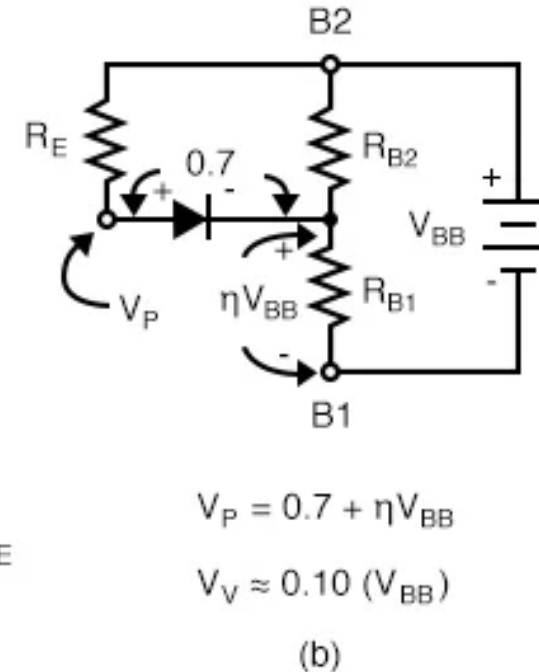
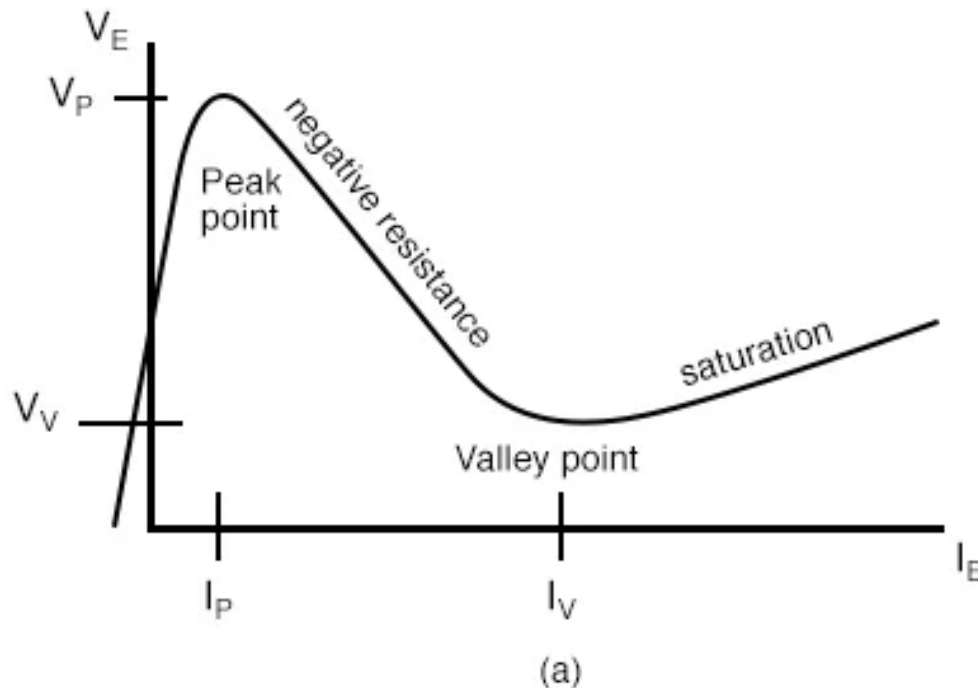
- Pentru un TUJ, raportul rezistiv dintre RB1 și RBB prezentat mai sus se numește raportul **stand-off intrinsec** și este dat de simbolul grecesc:  $\eta$  (eta). Valorile tipice standard ale lui  $\eta$  variază de la 0,5 la 0,8 pentru cele mai comune TUJ-uri.
- Dacă o tensiune de intrare pozitivă mică, care este mai mică decât tensiunea dezvoltată pe rezistența RB1 ( $\eta V_{BB}$ ) este acum aplicată la terminalul Emitter, joncțiunea P-N a diodei este polarizată invers, oferind astfel o impedanță foarte mare și dispozitivul nu conduce. TUJ este comutat "**OFF**" și nu circulă curent.
- Dar, atunci când tensiunea de intrare pe emitor este crescută și devine mai mare decât  $V_{RB1}$  (sau  $\eta V_{BB} + 0,7$  V, unde 0,7 V este căderea de tensiune pe joncțiunea P-N a diodei), joncțiunea P-N devine polarizată direct și TUJ începe să conducă. Rezultatul este că  $\eta I_E$  (curentul de Emitter) acum curge de la Emitter în regiunea Bază.
- Efectul curentului de Emitter suplimentar care curge în Bază reduce porțiunea rezistivă a canalului între joncțiunea Emitter și terminalul B1. Această reducere a valorii rezistenței RB1 la o valoare foarte scăzută înseamnă că joncțiunea emitor devine și mai mult polarizată direct, rezultând un flux de curent mai mare. Efectul acestuia rezultă într-o rezistență negativă la terminalul Emitter.

# Tensiunea pe RB1 a TUJ

- De asemenea, în cazul în care tensiunea de intrare aplicată între emitor și terminalul B1 scade la o valoare mai mică decât străpungerea, valoarea rezistivă RB1 crește la o valoare ridicată. Atunci, **TUJ** poate fi considerat ca un dispozitiv de străpungere în tensiune.
- Deci, putem vedea că rezistența prezentată de RB1 este variabilă și este dependentă de valoarea curentului de Emitor IE. Atunci, polarizând direct joncțiunea Emitor în raport cu B1 se produce o curgere mai mare de curent, ceea ce reduce rezistența dintre emitor E și B1.
- Cu alte cuvinte, fluxul de curent în emitorul TUJ determină scăderea valorii rezistive a lui RB1, iar căderea de tensiune pe acesta VRB1 trebuie și ea să scadă, permițând flux mai mare de curent ce conduce la o stare de rezistență negativă.

# Caracteristica Volt-Amperică

- Curba caracteristică curent vs tensiune emițător Unijonction (Figura (a) de mai jos) arată că pe măsură ce  $V_E$  crește, curentul  $I_E$  crește în sus la punctul de vârf. Dincolo de punctul de vârf, curentul crește pe măsură ce tensiunea scade în regiunea de rezistență negativă. Tensiunea atinge un minim în punctul de vale. Rezistența lui  $R_{B1}$ , rezistența la saturație este cea mai scăzută în punctul de vale.



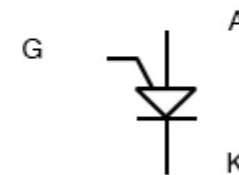
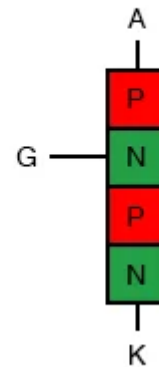
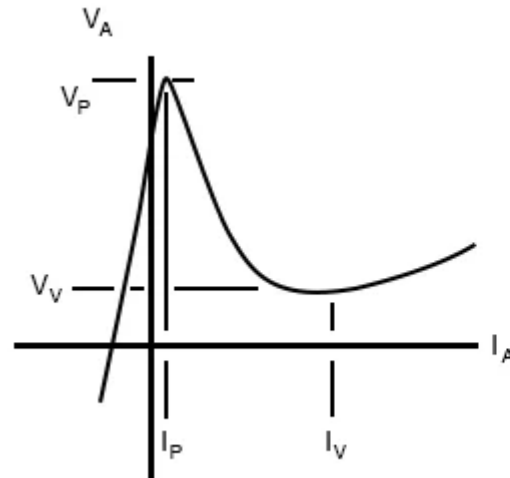
$$V_P = 0.7 + \eta V_{BB}$$

$$V_V \approx 0.10 (V_{BB})$$



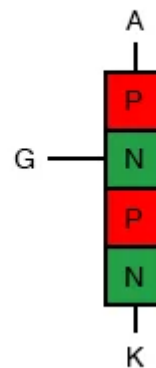
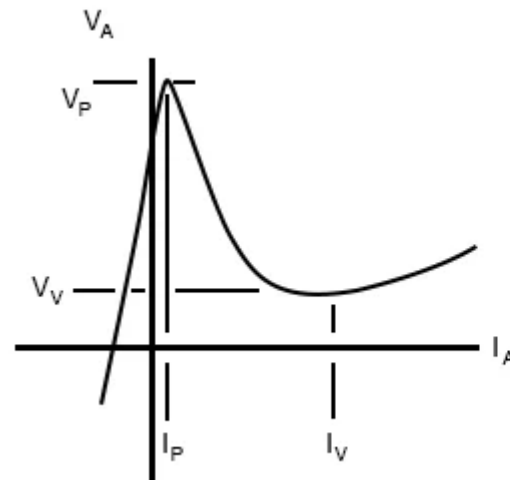
# Tranzistor unijunction programabil (PUT)

- Tranzistor unijunction programabil (PUT): deși tranzistorul unijunction este listat ca învechit (se citește scump dacă se poate obține), tranzistorul unijunction programabil este viu și bine. Este ieftin și în producție. Deși servește o funcție similară cu tranzistorul unijunction, PUT-ul este un tiristor cu trei terminale. PUT-ul împărtășește structura cu patru straturi tipică tiristoarelor prezentate în figura de mai jos. Rețineți că poarta, un strat de tip N lângă anod, este cunoscută sub numele de „poarta anodului”. Mai mult, cablul de poartă de pe simbolul schematic este atașat la capătul anodului simbolului.

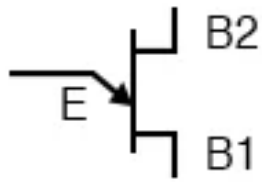


# Tranzistor unijunction programabil (PUT)

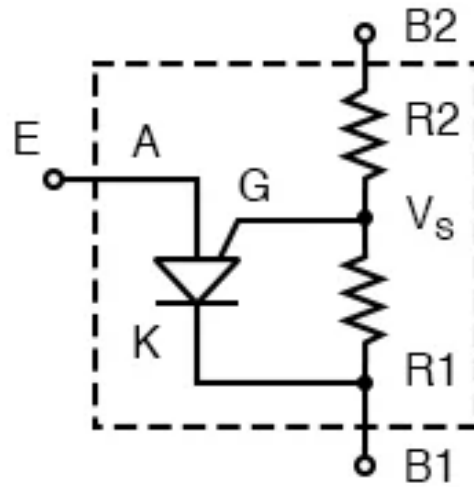
- Curba caracteristică pentru tranzistorul cu unijuncție programabilă din figura de mai sus este similară cu cea a tranzistorului cu unijuncție. Acesta este un grafic al curentului anodic  $I_A$  în funcție de tensiunea anodului  $V_A$ . Tensiunea de plumb de poartă setează, programează, tensiunea de vârf a anodului  $V_P$ . Pe măsură ce curentul anodului crește, tensiunea crește până la punctul de vârf. După aceea, creșterea curentului are ca rezultat scăderea tensiunii, până la punctul de vale.
- Echivalentul PUT al tranzistorului unijuncție este prezentat în figura de mai jos. Rezistoarele externe PUT  $R_1$  și  $R_2$  înlocuiesc rezistențele interne  $R_{B1}$  și, respectiv,  $R_{B2}$  ale tranzistorului unijonct. Aceste rezistențe permit calculul raportului de distanță intrinsec  $\eta$ .



# Tranzistor unijunction programabil (PUT)



Unijunction



PUT equivalent

$$R_{BB0} = R1 + R2$$

$$\eta = \frac{R1}{R1 + R2}$$

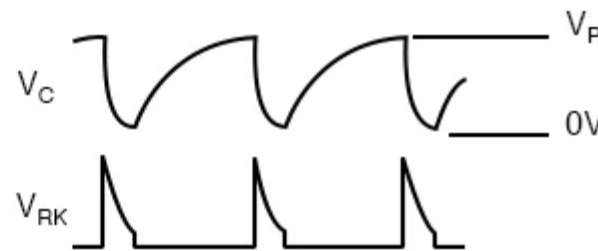
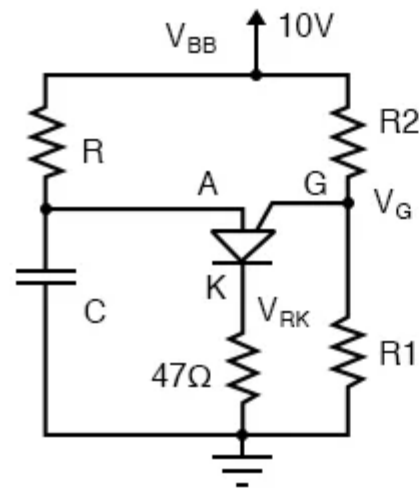
$$V_S = \eta V_{BB}$$

$$V_P = V_T + V_S$$

$$R_G = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$

# Tranzistor unijunction programabil (PUT)

- Figura de mai jos arată versiunea PUT a oscilatorului de relaxare unijunction. Rezistorul  $R$  încarcă condensatorul până la punctul de vârf, apoi conducția grea mută punctul de funcționare în jos pe panta rezistenței negative până la punctul de vale. Un vârf de curent trece prin catod în timpul descărcării condensatorului, dezvoltând un vârf de tensiune peste rezistențele catodice. După descărcarea condensatorului, punctul de funcționare revine la panta până la punctul de vârf.



# Problemă

- Care este intervalul de valori adecvate pentru  $R$  din figura de mai sus, un oscilator de relaxare? Rezistorul de încărcare trebuie să fie suficient de mic pentru a furniza suficient curent pentru a ridica anodul la  $V_p$  punctul de vârf în timpul încărcării condensatorului. Odată atins  $V_p$ , tensiunea anodului scade pe măsură ce curentul crește (rezistență negativă), ceea ce mută punctul de funcționare în vale. Este sarcina condensatorului de a furniza curentul de vale  $I_v$ . Odată ce este descărcat, punctul de operare se resetează înapoi la panta ascendentă până la punctul de vârf. Rezistorul trebuie să fie suficient de mare astfel încât să nu furnizeze niciodată curentul de vale mare  $I_p$ . Dacă rezistorul de încărcare ar putea furniza vreodată atât de mult curent, rezistorul ar furniza curentul de vale după ce condensatorul a fost descărcat, iar punctul de operare nu s-ar reseta niciodată la starea de rezistență ridicată din stânga punctului de vârf.

# Rezolvare

Selectăm același  $V_{BB} = 10V$  folosit pentru exemplul de tranzistor unijonctie. Selectăm valorile lui  $R1$  și  $R2$  astfel încât  $\eta$  este aproximativ  $2/3$ . Se calculează  $\eta$  și  $V_S$ . Echivalentul paralel al lui  $R1$ ,  $R2$  este  $R_G$ , care este folosit doar pentru a face selecții din tabelul de mai jos. Împreună cu  $V_S = 10$ , cea mai apropiată valoare de  $6,3$ , găsim  $V_T = 0,6V$  și calculăm  $V_P$ .

$$\eta = \frac{R1}{R1 + R2}$$

$$V_S = \eta V_{BB}$$

$$R_G = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$

$$V_P = V_T + V_S$$

$$R1 = 27k \quad R2 = 16k \quad V_{BB} = 10V$$

$$\eta = \frac{27}{27 + 16} = 0.6279$$

$$V_S = 0.6279(10) = 6.279V$$

$$R_G = \frac{27k \cdot 16k}{27k + 16k} = 10k$$

$$\text{For } R_G = 10k \text{ and } V_S = 10V, V_T = 0.6V$$

$$V_P = 0.6 + 6.3 = 6.9V$$

# Rezolvare

Găsim și  $I_P$  și  $I_V$ , curenții de vârf și respectiv de vale, în Tabel. Mai avem nevoie de  $V_V$ , tensiunea de vale. Am folosit 10% din  $V_{BB} = 1V$ , în exemplul de unijoncție anterior. Consultând fișa tehnică, găsim tensiunea directă  $V_F = 0,8V$  la  $I_F = 50mA$ . Curentul de vale  $I_V = 70\mu A$  este mult mai mic decât  $I_F = 50mA$ . Prin urmare,  $V_V$  trebuie să fie mai mic decât  $V_F = 0,8V$ . Cu cât mai puțin? Pentru a fi în siguranță, setăm  $V_V = 0V$ . Acest lucru va crește puțin limita inferioară a domeniului de rezistență.

$$V_V = 0.10(V_{BB}) \text{ not used}$$

$$\frac{V_{BB} - V_V}{I_V} < R_E < \frac{V_{BB} - V_P}{I_P}$$

$$\text{For } R_G = 10k \text{ and } V_S = 10V, I_P = 4.0\mu A$$

$$\text{For } R_G = 10k \text{ and } V_S = 10V, I_V = 70\mu A$$

$$V_V = 0V$$

$$\frac{10 - 0}{70\mu A} < R_E < \frac{10 - 6.9}{4\mu A}$$

$$143k < R_E < 755k$$

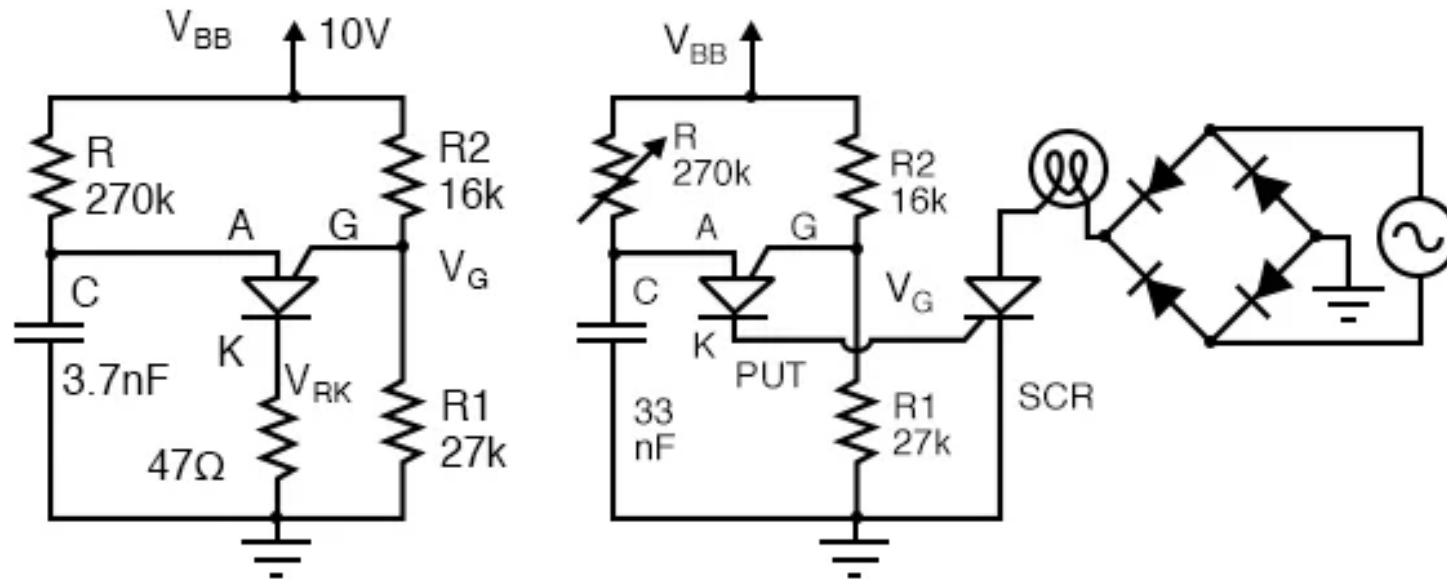
# Parametrii PUT 2n6027 selectați, adaptați din fișa de date 2n6027.

Parametru	Condiții	min	tipic	max	unitati
$V_T$					V
	$V_S = 10\text{ V}, R_G = 1\text{ Mega}$	0,2	0,7	1.6	
	$V_S = 10\text{V}, R_G = 10\text{k}$	0,2	0,35	0,6	
$e_u P$					$\mu\text{A}$
	$V_S = 10\text{ V}, R_G = 1\text{ Mega}$	-	1.25	2.0	
	$V_S = 10\text{V}, R_G = 10\text{k}$	-	4.0	5.0	
$I_V$					$\mu\text{A}$
	$V_S = 10\text{ V}, R_G = 1\text{ Mega}$	-	18	50	
	$V_S = 10\text{V}, R_G = 10\text{k}$	70	150	-	
	$V_S = 10\text{V}, R_G = 200\Omega$	1500	-	-	
$V_F$	$I_F = 50\text{mA}$	-	0,8	1.5	V



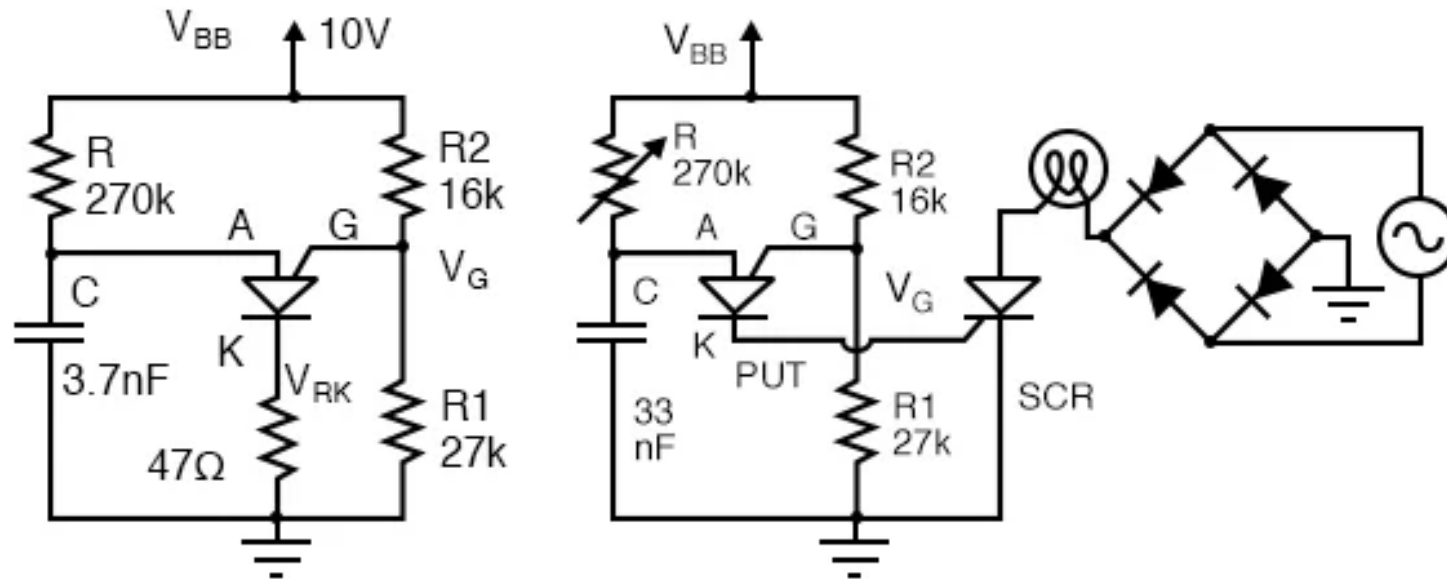
# Rezultate

- Figura de mai jos arată oscilatorul de relaxare PUT cu valorile finale ale rezistenței. Este prezentată și o aplicație practică a unui PUT care declanșează un SCR. Acest circuit are nevoie de o sursă nefiltrată  $V_{BB}$  (nefigurată) împărțită de redresorul în punte pentru a reseta oscilatorul de relaxare după fiecare trecere la zero a puterii. Rezistorul variabil ar trebui să aibă un rezistor minim în serie cu acesta pentru a preveni o setare scăzută a oală să atârne în punctul de vale.



# Rezultate

Se spune că circuitele de sincronizare PUT pot fi utilizabile până la 10 kHz. Dacă este necesară o rampă liniară în loc de o rampă exponențială, înlocuiți rezistența de încărcare cu o sursă de curent constant, cum ar fi o diodă de curent constant bazată pe FET. Un PUT înlocuitor poate fi construit dintr-un tranzistor de siliciu PNP și NPN, omițând poarta catodică și folosind poarta anodului.

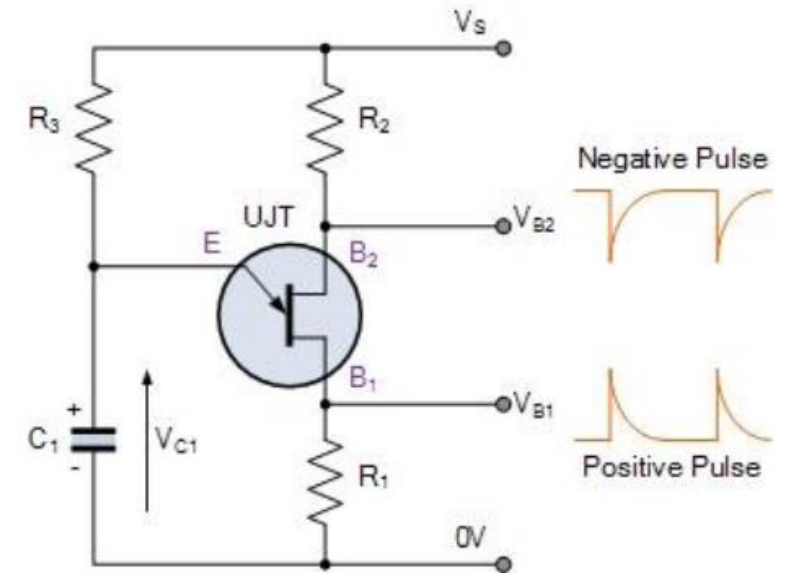


# Aplicații ale TUJ

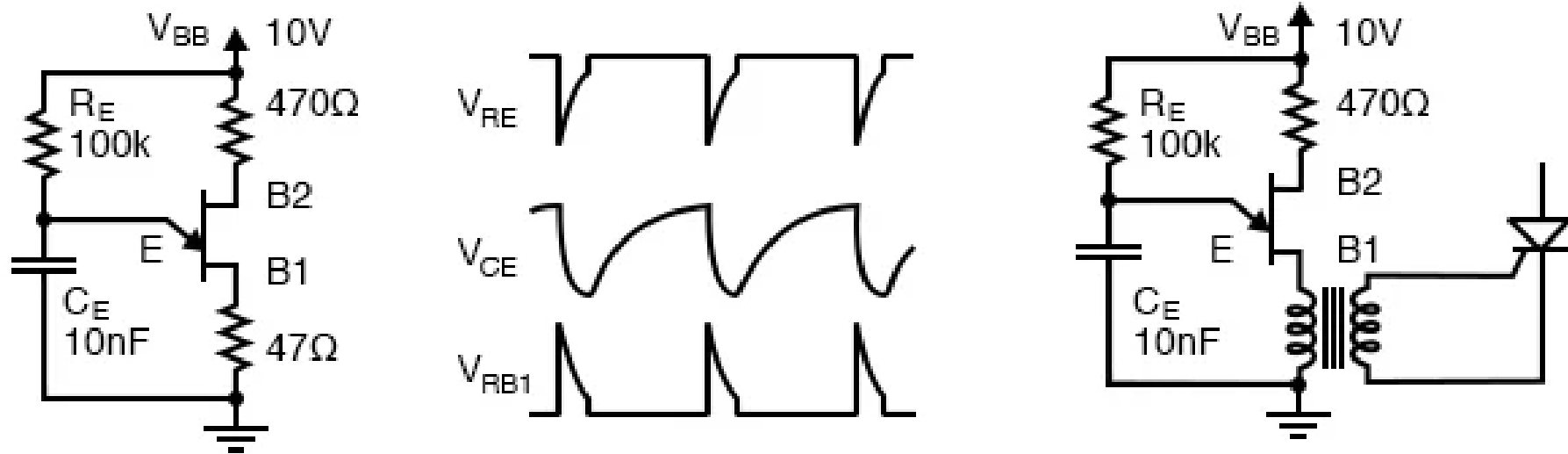
- Acum, când știm cum funcționează un TUJ, pentru ce poate fi folosit? Aplicația cea mai comună a unui TUJ este ca dispozitiv de declanșare pentru SCR-uri și Triacuri, dar alte aplicații TUJ includ generatoare dinți de fierăstrău, oscilatoare simple, controlul fazei și circuite de temporizare. Cel mai simplu dintre toate circuitele TUJ este Oscilatorul de relaxare care produce forme de undă nesinusoidale.
- Într-un circuit oscilator de relaxare TUJ tipic, terminalul Emitter al TUJ este conectat la joncțiunea unui rezistor conectat în serie cu un condensator, circuit RC, după cum se arată mai jos.

# Oscilator de relaxare cu TUJ

- Când se aplică prima dată o tensiune ( $V_s$ ), TUJ este "OFF", iar condensatorul  $C_1$  este complet descărcat, dar începe să se încarce exponențial prin rezistorul  $R_3$ . Deoarece emitorul UJT este conectat la condensator, când tensiunea de încărcare  $V_c$  pe condensator devine mai mare decât valoarea căderii de tensiune pe diodă, joncțiunea P-N se comportă ca o diodă normală și devine polarizată direct, declanșând TUJ în conducție. Tranzistorul unijoncțiune este "ON". În acest moment, impedanța emitor- $B_1$  scade brusc deoarece emitorul trece într-o stare saturată cu impedanță scăzută, și are loc circulația de curent Emitor prin  $R_1$ .
- Deoarece valoarea ohmică a rezistorului  $R_1$  este foarte mică, condensatorul se descarcă rapid prin TUJ și un impuls de tensiune în creștere rapidă apare pe  $R_1$ . Deoarece condensatorul se descarcă mai repede prin TUJ decât se încarcă prin rezistorul  $R_3$ , timpul de descărcare este mult mai mic decât timpul de încărcare.
- Când tensiunea pe condensator scade sub punctul de menținere al joncțiunii P-N ( $V_{OFF}$ ), TUJ comută OFF și nu intră curent în joncțiunea emitorului, astfel încât din nou condensatorul se încarcă prin rezistorul  $R_3$  și acest proces de încărcare și descărcare între  $V_{ON}$  și  $V_{OFF}$  este repetat constant cât timp există o tensiune de alimentare  $V_s$  aplicată.



# Oscilator de relaxare cu TUJ

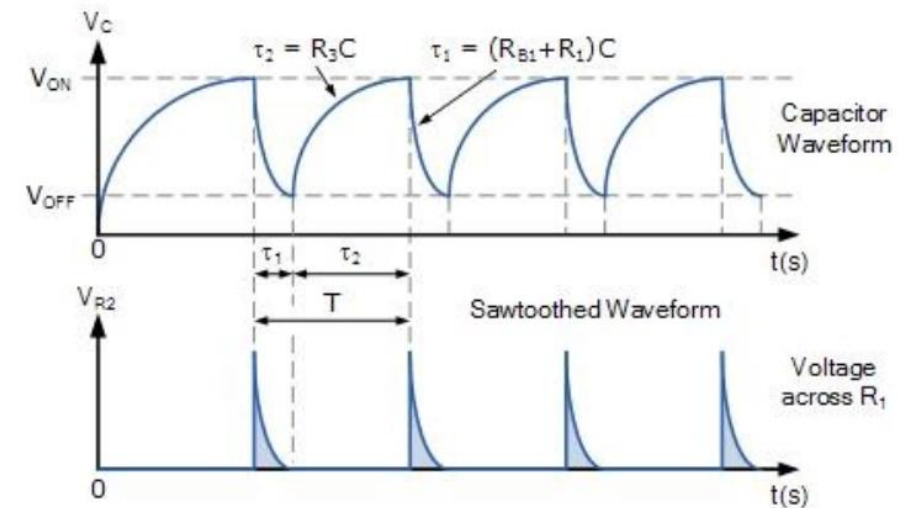


2n2647  $R_{BB0} = 4.7 - 9.1k$   $\eta = 0.68 - 0.82$   $I_V = 8mA$   $I_P = 2\mu A$

$$f = \frac{1}{RC \ln(1/(1 - \eta))} = \frac{1}{(100k)(10nF) \ln(1/(1-0.75))} = 1.39kHz$$

# Forme de undă ale Oscilatorului TUJ

- Vedem că oscilatorul unijonțiune comută continuu "ON" și "OFF" fără feedback. Frecvența de operare a oscilatorului este direct afectată de valoarea rezistenței de încărcare  $R_3$ , în serie cu condensatorul  $C_1$  și valoarea lui  $\eta$ . Forma impulsului de ieșire generat de la terminalul B1 este cea a unei forme de undă dinte de fierăstrău și pentru reglarea perioadei de timp, trebuie doar să modificați valoarea ohmică a rezistenței  $R_3$ , deoarece ea stabilește constanta de timp  $RC$  pentru încărcarea condensatorului.
- Perioada de timp  $T$  a formei de undă dinte de fierăstrău va fi dată ca timpul de încărcare plus timpul de descărcare al condensatorului. Deoarece timpul de descărcare  $\tau_1$  este, în general, foarte scurt în comparație cu timpul de încărcare  $RC$  mai mare  $\tau_2$  perioada de oscilație este mai mult sau mai puțin echivalentă cu  $T \cong \tau_2$ . Prin urmare, frecvența de oscilație este dată de  $f = 1/T$ .



# Oscilator TUJ. Exemplul nr.1

Foaia de date pentru un TUJ [2N2646](#) dă raportul stand-off intrinsec  $\eta$  ca 0,65. Dacă se folosește un condensator de 100 nF pentru a genera impulsuri de sincronizare, calculati rezistorul de temporizare necesară pentru a produce o frecvență de oscilație

1. Perioada de temporizare este dată de:

$$f = \frac{1}{T}, \quad \therefore T = \frac{1}{f} = \frac{1}{100} = 10\text{ms}$$

2. Valoarea rezistorului de temporizare R3 se calculează după cum urmează:

$$T = R_3 C \ln\left(\frac{1}{1-\eta}\right)$$

$$\therefore R_3 = \frac{T}{C \times \ln\left(\frac{1}{1-\eta}\right)} = \frac{10\text{ms}}{100\text{nF} \times \ln\left(\frac{1}{1-0.65}\right)}$$

$$\therefore R_3 = 95.238\Omega \text{ or } 95.3\text{k}\Omega$$

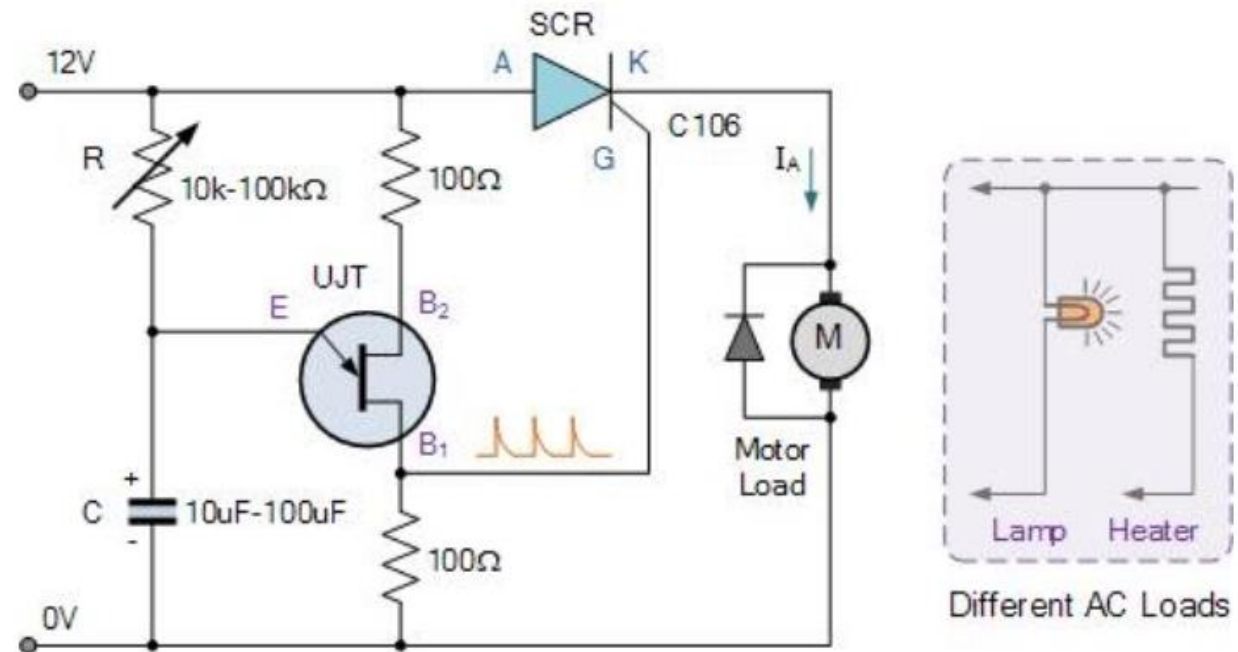
# Oscilator TUJ. Exemplul nr.1

- Atunci, valoarea rezistorului de încărcare cerut în acest exemplu simplu este calculată la 95,3 k $\Omega$  la cea mai apropiată valoare standard. Totuși, există anumite condiții necesare pentru ca oscilatorul de relaxare TUJ să funcționeze corect, deoarece valoarea rezistivă a lui R3 poate fi prea mare sau prea mică.
- De exemplu, dacă valoarea R3 a fost prea mare, (Megohmi), condensatorul nu se poate încărca suficient pentru a declanșa emitorul unijonțiune în conducție, dar trebuie să fie suficient de mare pentru a se asigura că TUJ comută "OFF" odată ce condensatorul a fost descărcat sub tensiunea de declanșare inferioară.
- De asemenea, dacă valoarea R3 era prea mică (câteva sute de ohmi), o dată declanșat, curentul care circulă în terminalul Emitter poate fi suficient de mare pentru a conduce dispozitivul în regiunea sa de saturație, împiedicându-l să comute complet "OFF". Oricum, circuitul oscilator unijonțiune nu va oscila.



# Circuit de control al vitezei cu TUJ

- O aplicație tipică a circuitului cu TUJ de mai sus este de a genera o serie de impulsuri de aprindere și de a controla un tiristor. Utilizând TUJ ca circuit de declanșare a controlului de fază împreună cu un SCR sau Triac, putem regla viteza unui motor universal AC sau DC așa cum se arată.
- Folosind circuitul, putem controla viteza unui motor serie universal (sau orice tip de sarcină dorim, lămpi, încălzitoare, etc.) prin reglarea curentului care curge prin SCR. Pentru a controla viteza motoarelor, schimbați pur și simplu frecvența impulsului dinte de fierăstrău, care se realizează prin modificarea valorii potențiometrului.



# Rezumat: Tranzistor Unijonctiune

- Am văzut că un **tranzistor Unijonctiune**, sau **TUJ** pe scurt, este un dispozitiv semiconductor electronic care are o singură jonctiune p-n într-un canal ohmic ușor dopat tip-N (sau tip-P). TUJ are trei terminale, unul etichetat Emitor (E) și două baze (B1 și B2).
- Două contacte ohmice B1 și B2 sunt atașate la fiecare extremitate a canalului semiconductor cu rezistența dintre B1 și B2, atunci când emitorul este circuit deschis, denumită rezistența interbază RBB. Dacă măsoarăți cu un ohmmetru, această rezistență statică ar fi, de obicei, undeva între aproximativ 4 kΩ și 10 kΩ pentru cele mai comune TUJ-uri.
- Raportul dintre RB1 și RBB este numit raportul *stand-off intrinsec* și este dat de simbolul grec:  $\eta$  (eta). Valorile tipice standard ale lui  $\eta$  variază de la 0,5 la 0,8 pentru cele mai comune TUJ-uri.
- TUJ este un dispozitiv de declanșare care poate fi utilizat într-o varietate de circuite și aplicații, de la aprinderea tiristoarelor și triacurilor până la utilizarea în generatoare de dinte de fierăstrău pentru circuitele de control al fazei. Rezistența negativă caracteristică TUJ este foarte utilă ca un simplu oscilator de relaxare.
- Când este conectat ca un oscilator de relaxare, acesta poate oscila independent fără un circuit rezervor sau o rețea de feedback RC complicată. Când este conectat în acest fel, TUJ este capabil să genereze un tren de impulsuri de durată variată, pur și simplu, prin modificarea valorilor unui singur condensator (C) sau rezistor (R).
- TUJ frecvent disponibile includ [2N1671](#), [2N2646](#), [2N2647](#), etc, cu [2N2646](#) fiind cel mai popular TUJ pentru utilizare în generatoare de impuls și dinte de fierăstrău și circuite de întârziere. Alte tipuri de dispozitive TUJ disponibile se numesc **TUJ-uri programabile**, care pot avea parametrii de comutare stabiliți de rezistențe externe. Cele mai comune sunt 2N6027 și 2N6028.