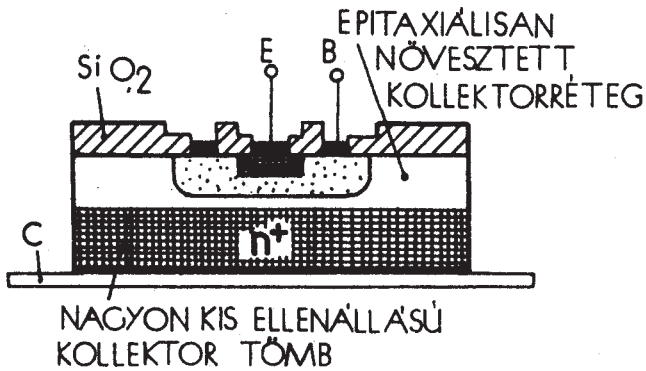


4-82. ábra
Szilícium planártranszisztor



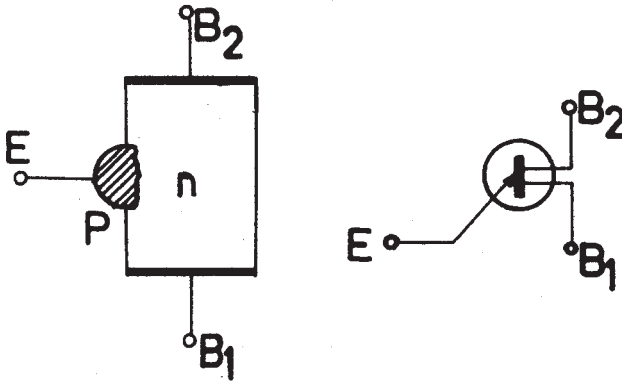
4-83. ábra
Szilícium planártranszisztor epitaxiálisan növesztett kollektorréteggel

4-7. Különleges félvezető eszközök

4-7.1. A kétbázisú dióda

A kétbázisú dióda vagy másnéven egyrétegű tranzisztor (angol nevén Unijunction Transistor, rövidítve UJT) olyan, két végén ohmikus kontakttal rendelkező, félvezető hasáb vagy lemez (általában kis szennyezettségű n típusú 4...10 kohm ellenállású szilícium), amelynek a közepén erős p típusú szennyezéssel pn átmenetet képeznek ki. Az ohmikus

kontaktusokat bázisoknak, a p réteg kontaktusát emitternek nevezzük. A kétbázisú dióda felépítését és szokásos rajzjelét a 4-84. ábrán láthatjuk.



4-84. ábra
Az UJT felépítése és szokásos jelölése

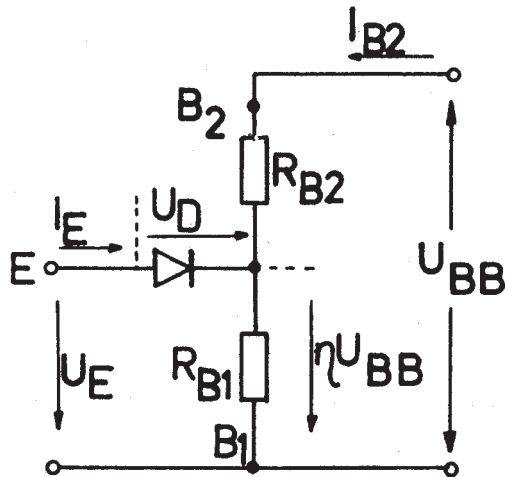
Működésének leírásához, megértéséhez tekintsük meg a 4-85. ábrán levő földelt B₁ kapcsolásban

felrajzolt helyettesítő képét.

A szilícium rud, ha nem folyik emitteráram, ohmos ellenálláshoz hasonlóan leosztja a két bázis közé kapcsolt U_{BB}

feszültséget $\eta = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}}$

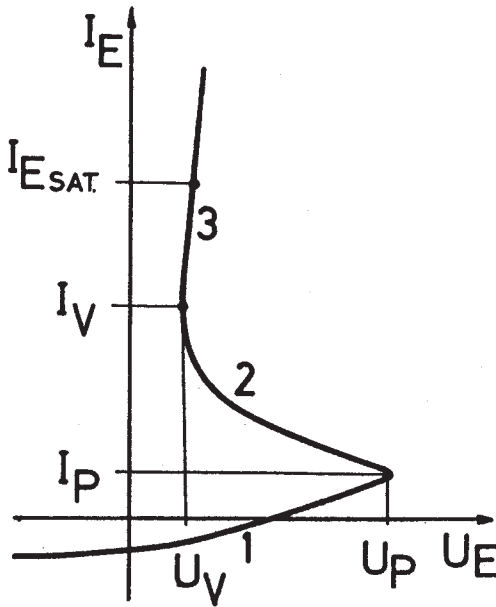
arányban. Így az R_{B1} ellenállásszakaszon ηU_{BB} feszültség jelenik meg. η -t belső feszültségosztási aránynak nevezik, értéke a gyakorlatban 0,4...0,8 között van. A feszültségosztást a kristály geometriája szabja meg, értéke ezért rendkívül stabil. Amíg az U_E emitterfeszültség az ηU_{BB} értéket el nem éri, az emitter-



4-85. ábra
Az UJT helyettesítő képe

diódán csak a dióda záróirányú árama folyik. Ha az emitterfeszültség na-

nagyobb lesz, mint $\eta U_{BB} + U_D$ (ahol U_D a szilícium pn átmenet nyitóirányu feszültsége, értéke 0,5 V alatt van), az emitter dióda nyit és lyukakat kezd injektálni az n típusu szilíciumba. Mivel az injektált



4-86. ábra

Az UJT feszültség-áramkarakterisztikája

(peak point) és az I_V völgypont (valley point) - segítségével:

1. $I_E < I_P$ lezárási tartomány,
2. $I_P < I_E < I_V$ a negatív differenciális ellenállású tartomány,
3. $I_E > I_V$ a telítési tartomány.

Az emitteráram növekedése a negatív differenciális ellenállású szakasz mentén rendkívül gyorsan megy végbe.

Az előbbieken vázolt működési alapelvnek megfelelően a következő jellemző mennyiségeket és fogalmakat kell definiálni a kétbázisú diódával kapcsolatban, amelyeket rendszerint a katalógusok is megadnak:

R_{BB} Bázisközi (interbázis) ellenállás: a B_1 - B_2 bázispontok között mérhető ohmos ellenállás nyitott (szabad) emitter mellett. Az R_{BB} -nek mintegy 0,8%/°C pozitív hőmérséklet függése van;

kisebbségi töltéshordozók száma igen nagy, lényegesen csökken a félvezető ellenállása, az emitter és a B_1 közötti R_{B1} ellenállás értéke 10 ohm nagyságrendű lesz. Ez maga után vonja az emitteráram növekedését. Ennek következtében a kétbázisú dióda $U_E - I_E$ karakterisztikájában egy negatív differenciális ellenállású szakasz jelenik meg, amely az emitter dióda teljes kinyitásáig tart. Ekkor a diódán átfolyó áram eléri a telítési értéket, és az UJT $U_E - I_E$ karakterisztikája egy dióda nyitóirányu karakterisztikájához hasonló görbébe megy át (4-86. ábra).

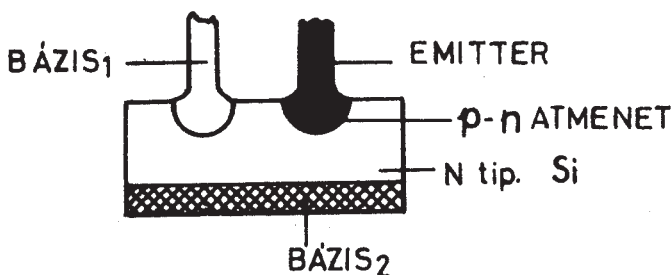
A karakterisztikát tehát három jól elkülöníthető tartományra bonthatjuk két kitüntetett pont - az I_P csúcspont

- η belső feszültségosztási arány, amelynek értelmezését a működés elemzésénél már leirtuk;
- I_P emitter csucsáram: az az emitteráram érték, amely a maximális U_P emitterfeszültségénél folyik. A csucsáram értéke fordítottan arányos az U_{BB} interbázis feszültséggel és csökken a hőmérséklet növekedésével;
- U_P emitter csucsfeszültség: az emitterkarakterisztika csucsponti feszültsége. Ez a legnagyobb feszültség, amely egy adott beállítás mellett az UJT emitterén kialakulhat, a bil- lenést közvetlen megelőzően. Értéke, mint láttuk, szoros összefüggésben van az interbázis feszültséggel:

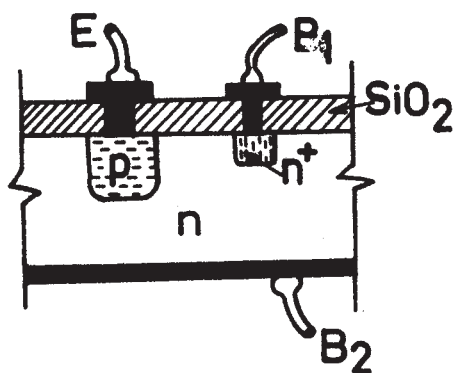
$$U_P = \eta \cdot U_{BB} + U_D ;$$
- U_{Esat} emitter telítési feszültség: a karakterisztika telítési tartományában mérhetjük, amikor a karakterisztika alakja már a nyitott diódához hasonlít. Általában definíció szerint az $I_E = 50 \text{ mA}$ és $U_{BB} = 10 \text{ V}$ paramétereknél mérik;
- R_{sat} az emitterkör dinamikus telítési ellenállása. Értéke meghatározza a karakterisztika hajlásszögét a nagyáramu tartományban;
- I_{E0} A záróirányban előfeszített emitterátmenet maradékárama szabadon hagyott B_1 esetén. Hőmérsékletfüggése a konvencionális Si tranzisztor I_{CB0} maradékáramához hasonló;
- U_V Emitter völgyfeszültség, az az U_E feszültség, ahol az UJT $I_E - U_E$ karakterisztika átmegy a negatív ellenállásu tartományból a telítési tartományba adott U_{BB} esetén. U_V értékét a külső R_1 és R_2 ellenállásokkal változtani lehet.
- I_V emitter völgyáram: az emitteráram értéke a völgyponban. U_{BB} növelésével nő, és csökken, ha ellenállást kapcsolunk a bázisok körébe;
- I_B modulált bázisáram: ezt a mennyiséget az $U_{BB} = 10 \text{ V}$ interbázis feszültség és az $I_E = 50 \text{ mA}$ áramérték mellett mérik a B_2 áramkörében. Ez a jellemző a kimenő jelek szempontjából fontos;

- t_{on} az UJT bekapcsolási ideje tisztán ohmos emitterkör esetén;
- t_{off} az emitterátmenet kikapcsolási (feléledési) ideje;

Az egyrétegű tranzisztorokat három különféle felépítésben hozzák forgalomba. A BAR típusu UJT, amelyet a 4-84. ábrán mutattunk be, a legrégebb és legegyszerűbb felépítésű. A CUBE technikával készült UJT-nél (4-87. ábra) a bázislemez egyik oldalán helyezkedik el az egyik bázis- és az emitterkivezetés, míg a másik bázist a másik oldalon levő ohmikus kontaktus adja. Ezek kiváltképp tirisztor gyújtására, valamint



4-87. ábra
CUBE technikával készült UJT felépítése



4-88. ábra
Planár technikával készült UJT felépítése

kis telepfeszültséggel történő működtetésre alkalmasak. A modern és egyre népszerűbb planártechnikával készülnek a Planar UJT-k (4-88. ábra), amelyek lehetővé teszik olcsó és nagy tömegben való gyártásukat.

A kétbázisú dióda speciálisan impulzustechnikai célokra kifejlesztett félvezető eszköz. Alkalmazása a digitális technika térhódításával szinte mindenhol lehetséges. Előnyösen használhatók oszcillátorokban, időzítő áramkörökben, bistabil körökben stb. Mindezen áramköri funkciók ellátásakor legalább két konvencionális tranzisztort képesek helyettesíteni.

A 4-2. táblázatban bemutatjuk a három alaptípus legfontosabb paramétereit.

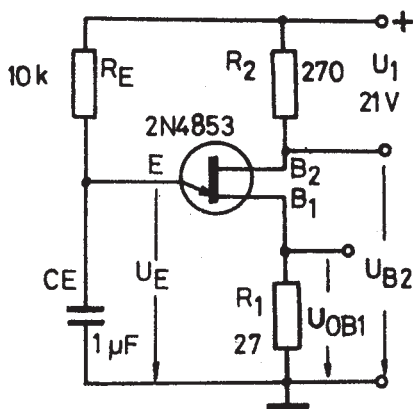
Az egyrétegű tranzisztorok legfontosabb paramétereit

4-2. táblázat

UJT paraméterek	Tipikus értékek		
	BAR	CUBE	PLANAR
Belső leosztási tényező, η	0,80	0,65	0,70
Interbázis ellenállás, R_{BB}	7 kohm	7 kohm	7 kohm
Emitter telítési feszültség, U_{Esat}	3,5 V	1,5 V	2,5 V
Csucsonti áram, I_p	2 μA	0,5 μA	0,1 μA
Völgyonti áram, I_V	15 mA	10 mA	7 mA
Emitter maradékáram	8 nA	2 nA	1 nA

A kétbázisú dióda klaszikus alapkiosztása az impulzus generátor (4-89. ábra).

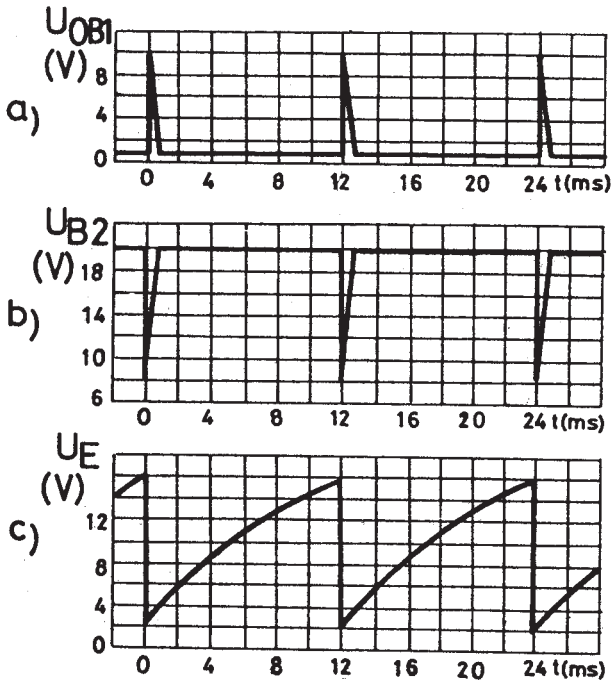
Működési elve a következő: az U_1 tápfeszültség bekapcsolását követően az emitter záróirányban előfeszített - ezért nem vezet. Ezzel egyidőben viszont a C_E kondenzátor az R_E ellenálláson keresztül, időben exponenciális jelleggel töltődik a tápfeszültség adta végérték felé. Abban a pillanatban azonban, amikor a kondenzátor feszültsége eléri a



4-89. ábra

Impulzusgenerátor alapkiosztás

kétfázisú dióda U_p gyújtási feszültségét, kinyit az emitterátmenet, az UJT emitter-bázis közötti ($E-B_1$) dinamikus ellenállása hirtelen több nagyságrenddel csökken, s így az R_1 ellenálláson eső feszültség ug-rásszerűen megnő. Ezután az U_p feszültségértékre töltött kondenzátor kisével a telítésnek megfelelő R_{sat} és az R_1 ellenállások soros eredő-jén. A B_1 elektródán tehát pozitív impulzus jelenik meg (4-90. ábra).



4-90. ábra

Impulzusgenerátor (relaxációs oszcillátor) tipikus oszcillogramjai: a) a B_1 bázison, b) a B_2 elektródán, c) és az emitteren mérhető feszültség hullámformája

A billenést megelőzően a B_2 bázisárama közelítőleg:

$$\frac{U_1}{R_2 + R_{BB}}$$

Amikor kinyit az emitter, B_2 árama megnő, hiszen a bázisok között mérhető ellenállás ilyenkor jelentősen lecsökken. A B_2 elektródán ezért negatív irányba induló feszültségimpulzusok mérhetőek (4-90.b) ábra).

Ha a kondenzátor feszültsége kislülés közben - az eszközre jellemző - U_{Emin} érték alá csökken, megszűnik, az emitter vezetése és az UJT visszabilen a lezárási tartományba, szemléletesen mondva "kialszik" (4-90.c) ábra). (U_{Emin} Cube és Planár diódáknál gyakorlatilag U_V -vel azonos, értéke a legtöbb esetben 1,2-2,4 V.)

Az előzőekben vázolt folyamat - R_E alkalmas megválasztásával - periódikusan ismétlődik. Ehhez szükséges, hogy adott tápfeszültség esetén R_E munkaegyenese metsze az I_E/U_E karakterisztika negatív tartományát és ezáltal ne tudjon kialakulni stabil munkapont.

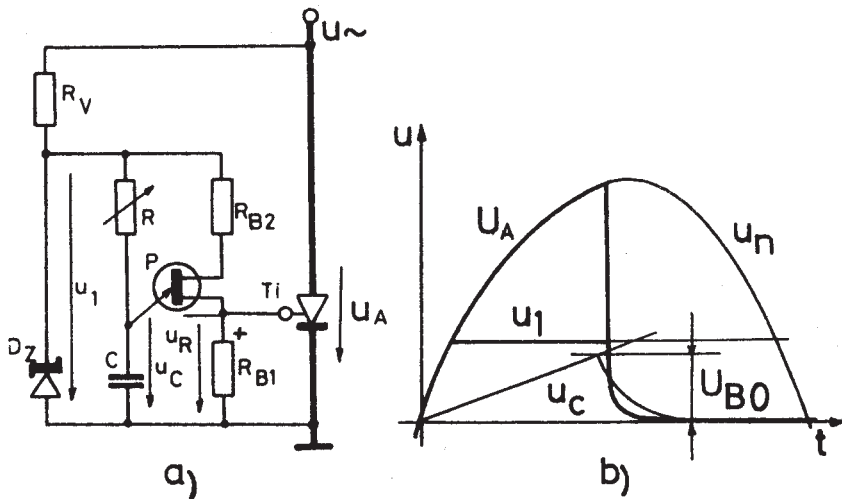
Az impulzusok ismétlődési frekvenciáját az

$$f = \frac{1}{R_E C_E \frac{1}{1-\eta}} \quad (4-42)(4-42)$$

egyenlet alapján számíthatjuk ki.

A 4-90. ábrából látható, hogy ha a jelet az R_1 ellenálláson vesszük le, akkor pozitív, viszonylag meredek felfutási impulzusokat kapunk, amelyek kiválóan alkalmasak tirisztorok gyújtására is. Ha az R_E ellenálláson levő feszültséget vizsgáljuk, akkor ez egy fűrészfog-generátor jelének felel meg és erre a célra is használható. A fűrészfogok linearizálására ajánlatos az R_E -t konstansáramu töltőkörrel (áramgenerátorral) helyettesíteni. (Az áramgenerátoros töltésről a későbbiekben még beszélni fogunk.)

Egy UJT-val felépített impulzusgenerátor elvi kapcsolását tirisztor gyújtásszög-vezérlésére a 4-91. ábrán mutatjuk be. Az U_1 feszültséget, amely a C kondenzátort tölti az R ellenálláson keresztül, a D_Z Zener-dióda korlátozza. Amikor a kondenzátor U_C feszültsége eléri az R_{B1} és R_{B2} bázis-előtétellenállások által meghatározott $U_{Bo} = U_p + U_R$ billenési feszültséget, a C kondenzátor az előzőekben vázolt módon kislús és az R_{B1} ellenálláson fellépő impulzus begyűjti a tirisztor. A gyújtás időpontjának beállítása az R változtatható ellenállás segítségével történik. Az R helyett tranzisztort is alkalmazhatunk, ezáltal a gyújtásszöget egy szabályozó áramkör kimenő áramával is változtathatjuk.

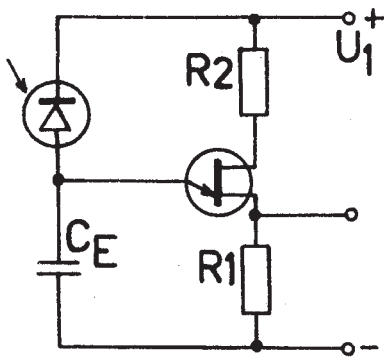


4-91. ábra

Tirisztor gyújtásszög-vezérlése kétbázisú dióddal:

a) elvi kapcsolási rajz, b) az U_1 és U_C feszültsé-

gek időbeni változása



4-92. ábra

Fotodiódás fényerő-frekvencia
átalakító

Ha az UJT-s fűrészfog-generátor töltőellenállását olyan elemmel helyettesítjük, amely valamilyen fizikai, kémiai (nem villamos) mennyiséget ellenállásváltozóssá alakít át és a mérendő mennyiséggel arányosan változtatja ellenállását, akkor a valamelyik bázison megjelenő jelsorozat frekvenciája a mérendő mennyiséggel lesz arányos. A 4-92. ábrán egy fotodiódás fényerő-frekvencia átalakítót mutatunk be. Hasonló kapcsolások könnyen készíthetők hőmérsékletmérésre és egyéb problémák megoldására is.