tartóáram jellemzi, gyújtóáramuk is nagyobb, mint a közönséges tirisztoroké.

Ami a záróképességüket illeti, gyakorlatilag a közönséges tirisztoroktól nem különböznek. Mivel nagy áramsűrűség mellett nehezen vezérelhetők, e tirisztorok jóval kisebb kihasználással működnek a szokásos tirisztorokhoz képest, üzemeltetésük kevésbé gazdaságos.

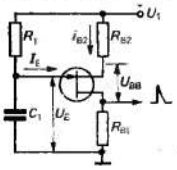
Annak oka, hogy a kikapcsolható tirisztorok iránti érdeklődés csökken – a nagyfeszültségű, nagyteljesítményű szilícium tranzisztorok kidolgozása terén elért eredményekben keresendő, amelyeknek erősítési tényezője nagy és telítési paramétereik jobbak.

1.7. Kisteljesítményű kapcsolóeszközök a tirisztorok vezérlőrendszereiben

1.7.1. Egyátmenetű tranzisztor (UJT)

Az egyátmenetű tranzisztor (1.2. táblázat) negatív ellenállástartományú kapcsolóelem. Szilícium-lemezből készül, amely N vezetőtípusú, s abba P vezető emitter réteg van (színtereléssel) beiktatva. Az N lemezből – bázisnak nevezett – két elektródát vezetnek ki, s azokat B_1, B_2-vel jelölik.

Normális üzem közben a B_2–B_1 bázisok között 20...30 V értékű pozitív egyenfeszültség van. Ha az U_E feszültség az E emitter és a B_1 bázis között az $U_{(BO)}$ billenési feszültségnél nagyobb értékű, a B_1–E ellenállás rohamosan csökken és az emitteráram lavinaszerűen nő (l. a jelleggörbét). Az emitter áramforrása rendszerint a C_1 kondenzátor az 1.18. ábrán feltüntetett rendszerben.



1.18. ábra. Egyátmenetű tranzisztor tipikus kapcsolása
$R_1 = 10\ k\Omega$; $R_{B2} = 100\ \Omega$; $R_{B1} = 20\ \Omega \pm 1\%$;
$C_1 = 0.2\ \mu F \pm 5\%$; $U_1 = 20\ V \pm 5\ V$

Az egyátmenetű tranzisztorokat (pl. 2N 2646 és a 2N 2647 típusú) különösen javasolják a tirisztorok gyújtására, tekintettel arra, hogy:

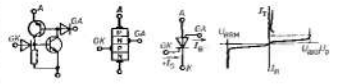
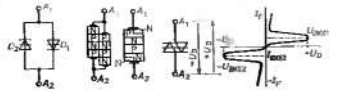
— az U_V vezetési feszültség kicsi,
— kicsi az I_V „völgy"-áram és az $I_{(BO)}$ billenési áram,
– nagy a megengedett U_{B1} tápfeszültség,
– rövid a kapcsolási idő.

1.2. táblázat

Kisteljesítményű kapcsolóeszközök

	Elnevezés	Helyettesítő vázlat	Szerkezet	Grafikus jelölés	Áram–feszültség jelleggörbe
1	Egyátmenetű tranzisztor (UJT)				
	Unijunction				
2	Háromrétegű, kétirányú kapcsolódióda (trigger-diak)				
	Trigger diac				
3	Egyirányú tirisztor-dióda (dinisztor)				
	Shockley dióda				
	Si-PNPN Vierschicht diode				
4	Egyirányú szilícium-kapcsoló (LK)				
	Silicon unilateral switch (SUS)				
5	Kétirányú szilícium-kapcsoló (LKD)		Az előző (4) ellenpárhuzamos kapcsolásban		
	Silicon bilaterale switch (SBS)				

1.2. táblázat folytatása

	Elnevezés	Helyettesítő vázlat	Szerkezet	Grafikus jelölés	Áram—feszültség jelleggörbe
6	Tirisztor-tetróda (Két vezérlőelektródás)				
	Silicon controlled switch (SCS)				
7	Kétirányú tirisztor-dióda. Kétirányú dinisztor				
	Bidirectional diode-tyristor (Diac)				

E tulajdonságokkal a gyújtóáramkörökben az egyátmenetű tranzisztorral nagy növekedési sebességű és nagy amplitúdójú áramimpulzust lehet elérni.

A 2N 2647 egyátmenetű tranzisztort főleg ott használják, ahol a billenési pontban kis emitteráramra van szükség, például kisfrekvenciájú, hosszú idejű multivibrátoros időrelé kapcsolásokban, egy- és kétirányú tirisztorok gyújtóáramkörében, stb.

A 2N 2646 és a 2N 2647 egy átmenetű tranzisztorok névleges adatai $\vartheta = 25$ °C hőmérsékleten:

P_{tot}	veszteségi teljesítmény	300 mV
I_E	emitteráram (effektív érték)	50 mA
I_{FRM}	emitteráram (legnagyobb értéke)	2 A
U_{EM}	az emitter negatív zárófeszültsége	30 V
U_{BB}	a bázisközti feszültség	35 V
ϑ_j	üzemi hőmérséklet	– 65-től +125 °C-ig

1.7.2. Trigger-diak (PNP-diak)

A trigger-diak (1.2. táblázat) szimmetrikus kétirányú kapcsolódióda, háromrétegű szerkezettel. Feszültség—áram-jelleggörbéje, amelynek negatív differenciális ellenállású tartománya van, váltakozó polaritású

1.3. táblázat

2N2646 és 2N2647 egyátmenetű tranzisztorok adatai

	Paraméter	Egység	Jelölés	2N2646 Minimum	2N2646 Tipikus	2N2646 Maximum	2N2647 Minimum	2N2647 Tipikus	2N2647 Maximum
1	Egyátmenetű tranzisztor, állandó U_{BB} = 10 V mellett [4]		η	0,56	0,65	0,75	0,68	0,72	0,82
2	Bázis közti ellenállás, $U_{BB} = 3$ V, $I_E = 0$	kΩ	R_{BB}	4,7	7	9,1	4,7		9,1
3	Emitter telítési feszültsége $U_{BB} = 10$ V, $I_E = 50$ mA [2]	V	U_E		2			2	
4	Módosult bázis közti feszültség, $U_{BB} = 10$ V, $I_E = 50$ mA	mA	I_{BB} mod		12			12	
5	Az emitter negatív záróárama, $U_{BEM} = 30$ V, $I_{B1} = 0$ [1]	μA	I_{E0}		0,05	12		0,01	0,2
6	Az emitter billenési árama, $U_{BB} = 25$ V	μA	I_{E0}		0,4	5		0,4	2
7	Völgyáram, $U_{BB} = 20$ V, $R_{B2} = 100\,\Omega$	mA	I_V	4	6		8	11	18
8	Csúcsfeszültség B_1 [3]	V	U_{B1max}	3	6,5		6	7,5	

[1] A környezeti hőmérséklet 25 °C fölé emelkedésekor a hatásos megengedett P_{tot} teljesítményt 3 mW/°C értékkel kell csökkenteni. A teljes hatásos teljesítményt az emitter és a B_2 bázis árammal és feszültséggel határozzák meg.

[2] Az emitter legnagyobb vezetési feszültsége a kondenzátor kisülésekor 0 μF vagy kisebb 30 V feszültségig való feltöltésekor.

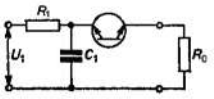
[3] Ezt a feszültséget az 1.18. ábrán feltüntetett kapcsolásban jelölik, a feszültség ismerete szükséges annak a meghatározásához, hogy a tranzisztor alkalmas-e az impulzus szerkezetekben.

[4] Az η együttható az $U_{(B0)} = \eta U_{BB} + \Delta U_D$ összefüggésből határozható meg.

impulzusok előállítását teszi lehetővé. A jelleggörbéből az is kitűnik, hogy minden $I_{(BO)}$ billenési áramot meghaladó áramértékre negatív az ellenállása; ezért a névleges adatokban az I_H tartóáram nem szerepel.

A trigger-diakot gyakran használják egyszerű relaxációs oszcillátor kapcsolásban (1.19. ábra) az egy- és kétirányú tirisztorok (triakok) vezérlésére.

Az impulzus amplitúdót az 1.19. ábrán bemutatott rendszerben mérik $R_0 = 20\,\Omega$ és $C_1 = 0{,}04\,\mu F$ mellett. A General Electric cég által gyártott



1.19. ábra. Egyszerű relaxációs oszcillátor trigger-diak alkalmazásával

ST 2 típusú trigger diak névleges paraméterei a következők $\vartheta_j = +50$ °C-on:

I_{FM}	a legnagyobb áram (az impulzus szélessége 10 µs, az ismétlődés frekvenciája 100 Hz)	±2 A
U_O	a kimeneti feszültség amplitúdója (az 1.19. ábrán bemutatott rendszerben)	±3 V
$U_{(BO)}$	a billenési feszültség	32±4 V
	a billenési feszültség hőmérsékleti tényezője	0,1 %/°C
$I_{(BO)}$	billenési áram	200 µA
	a billenési feszültség asszimetriája	±10%

1.7.3. A dinisztor (négyrétegű dióda)

Dinisztornak (1.2. táblázat) nevezzük a PNPN négyréteges szerkezetű, miniatűr kapcsolókészüléket, amely két PNP és NPN tranzisztor kapcsolásaként mutatható be, amelyeket pozitívan visszacsatoltunk.

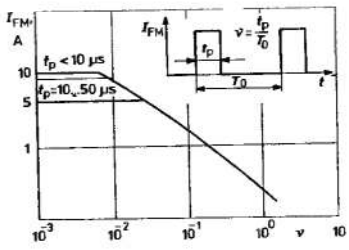
A dinisztor működési elve azonos a vezérlőelektróda nélküli egyirányú tirisztoréval. Az átmenet a zárt állapotból a vezetési állapotba az $U_{(BO)}$ billenési feszültség túllépésekor következik be. A zárt állapotba akkor tér vissza, amikor az anódáram a tartóáram értéke alá csökken, ill. az anódfeszültség pozitívról negatívra változik, avagy ha a katódra az anódhoz képest pozitív feszültséget kapcsolnak.

A dinisztorokat az NSZK-ban (ITT cég) gyártják Silizium Vierschichtdioden elnevezéssel, 4E típusjellel vagy Si-Triggerdioden elnevezéssel 4EX típusjellel, és a Szovjetunióban tirisztorok vezérlőáramköreihez.

Az ITT cég 4E 20...4F 200 típusú és a Si-Triggerdioden 4EX 580...4EX 582 típusú dinisztorok alapparaméterei:

I_F	vezetési áram (középérték)	150 mA
I_{FM}	csúcsáram	10 A
P_{tot}	veszteségi teljesítmény $\vartheta_j = 50$ °C	150 mV
$U_{(BO)}$	billenési feszültség	20...200 V
$I_{(BO)}$	billenési áram	152 µA
I_H	tartóáram (a ϑ_j hőmérséklettől függ)	1...15 mA és 14...15 mA
I_R	negatív záróáram 0,75 U_s mellett	15 µA
r_f	dinamikus ellenállás *(r)*	2 Ω
U_H	tartófeszültség	0,5...1,2 V
U_R	negatív zárófeszültség	0,75 U_s
t_{gt}	bekapcsolás ideje	0,1 µs
t_{rr}	a záráskésési idő	5 µs
ϑ_a	a környezet hőmérséklete	−40...+60 °C

Ha a hőmérséklet −40 °C-tól +60 °C-ig emelkedik, a 4E dinisztor tartóárama mintegy 2%/°C-kal csökken, névleges értékét 25 °C-nál érve el.

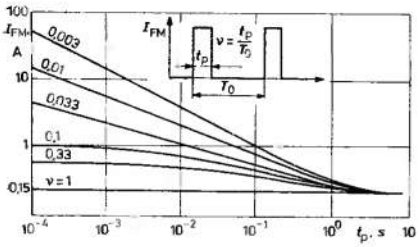


1.20. ábra. A 4E és 4EX dinisztor I_{FM} túlterhelési áramának függése a ν kitöltési tényezőtől, állandó t_p impulzusidő mellett

A 4E és a 4EX típusok I_{FM} csúcsárama az impulzus t_P időtartamától és a kitöltési tényezőtől függ, az 1.20. és az 1.21. ábrákon feltüntetett görbéknek megfelelően.

A 4EX típusú dinisztorok abban különböznek a 4E típusúaktól, hogy az $U_{(BO)}$ billenési feszültségük kisebb (15...50 V), valamint az I_H tartóáram paramétereket nem adják meg.

A négyrétegű diódákat multivibrátorokban, triggerekben, relaxációs (sorozatimpulzusú) tirisztor gyújtóegységekben, relés automatika

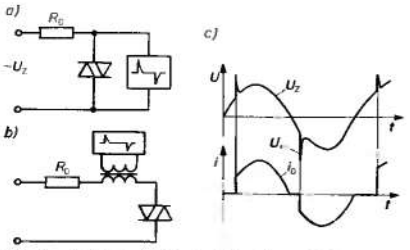


1.21. ábra. A 4E és 4EX dinisztor I_{FM} túlterhelési áramának függése az impulzus t_p időtartamától, állandó ν kitöltési tényező mellett

rendszerekben, frekvenciaosztókban és más kapcsolásokban alkalmazzák.

1.7.4. Diak (kétirányú dinisztor)

A diak megalkotható két dinisztorból ellenpárhuzamos kapcsolásban (1.2. táblázat). A D_1 és a D_2 szerkezet PNP szerkezete összekapcsolható, így ötrétegű eszköz alakítható ki, amely ugyanazt a funkciót teljesítheti, mint két ellenpárhuzamos dinisztor. A feszültség–áram jelleggörbe az áram mindkét irányában szimmetrikus. A Transitron Electronic cég 200...400 V tartományba eső kapcsolási feszültségű, 3...25 A vezetési



1.22. ábra. A kétirányú dinisztor tipikus kapcsolásai

a, b a hálózati feszültség időbeli változása (túlfeszültség impulzusokkal vezérelve) és *c* a terhelőáram

áramú diakokat gyárt a típustól függően. Az $I_{(BO)}$ kapcsolási áram és az I_H tartóáram 25 °C-on körülbelül 25 mA. A vezetési feszültségesés mintegy 1,5 V.

Ezeket az eszközöket sokszor tirisztorokként alkalmazzák, bekapcsolásukat 350 V körüli, rövid idejű túlfeszültséggel végzik, melyet a hálózati feszültséghez adnak hozzá (1.22. ábra). A túlfeszültség ideje hosszabb kell, hogy legyen, mint 5 μs. Hasonló szerepet tölthet be a kétirányú tirisztor-trióda (triak), ezért egyre kevésbé alkalmazzák a dinisztorokat. Kisteljesítményű rendszerekben helyettesítik őket a miniatűr kapcsolókészülékek: a trigger-diak és a kétirányú szilícium kapcsoló, amit az 1.7.6. pontban ismertetünk.

1.7.5. Egyirányú szilícium-kapcsoló (SUS)

Az egyirányú szilícium-kapcsoló (1.2. táblázat) négyrétegű miniatűr tirisztor, amit planár eljárással, az anód oldaláról kivezetett N típusú vezérlőelektródával készítenek. A grafikus jelölés, a helyettesítő kapcsolás és az áram–feszültség jelleggörbe kikapcsolt vezérlőelektródával az 1.2. táblázatban látható. Az $U_{(BO)}$ kapcsolási feszültséget a vezérlőelektróda és a tirisztor katód közé bekötött kisfeszültségű Zener-dióda határozza meg. Az egyirányú szilícium kapcsoló $U_{(BO)}$ billenési feszültsége közel állandó (körülbelül 0,05%/°C) széles üzemi hőmérsékleti tartományban.

Az egyenirányú szilícium-kapcsoló alapparaméterei:

$U_{(BO)}$	billenési feszültség	6...10 V
$I_{(BO)}$	billenési áram	0,15...0,5 mA
U_{RRM}	legnagyobb negatív zárófeszültség	30 V
I_{TRM}	impulzusáram ($t \leq 10$ μs)	1 A
I_T	vezetési áram	100...200 mA
U_H	a tartófeszültség	0,7 V körül
I_H	a tartóáram	1,5 mA körül
U_{ki}	kimenő impulzus feszültségamplitúdója	3,5 V
U_F	vezetési feszültség	1,7 V körül

Az egyirányú szilícium-kapcsoló relaxációs generátorkapcsolásban való felhasználásakor az U_{ki} paraméter jellemzi a töltésátadás képességét a kondenzátorról a tirisztor bemeneti áramkörébe.

Az U_{ki} amplitúdót a generátor rendszerben az R_0 ellenálláson mérik (1.19. ábra), ahol $U_1 = +15$ V; $R_1 = 100$ kΩ; $C_1 = 0{,}1$ μF és $R_0 = 20$ Ω. Az U_{ki} amplitúdó az $U_{(BO)}$ és az U_H feszültségkülönbségtől és a kapcsolási időtől függ.

Az alapvető külső különbségek az egyirányú szilícium kapcsoló és az UJT egyátmenetű tranzisztor között a következők:

— Az egyirányú szilícium-kapcsoló bekapcsolási árama nagyobb, mint az UJT-é, s emellett az egyirányú szilícium-kapcsoló bekapcsolási áramának értéke közel van a tartóáramhoz (e tényezők befolyásolják a generátor rezgési frekvenciájának tartományát, meghatározva a billenési frekvenciájának felső és alsó határát). A vezérlőelektróda kivezetése az egyirányú szilícium-kapcsolóban lehetővé teszi az előfeszítést, ami csökkenti a zavar érzékenységét és lehetővé teszi az egyirányú szilícium kapcsoló szinkronizálását;

— Az egyirányú szilícium-kapcsoló a belső Zener-dióda által meghatározott azonos $U_{(BO)}$ feszültségen kapcsol be, viszont az UJT kapcsoló esetében a billenési feszültség változtatható.

Az ismertetett eszközöket az egy- és a kétirányú tirisztorok vezérlő rendszereiben alkalmazzák, továbbá logikai-időzítő és más kapcsolásokban.

Az egyirányú szilícium-kapcsoló példája a 2N4984 (GEC, USA) elem, amelynek a következő paraméterei vannak:

$U_{(BO)}$	billenési feszültség	7,5...9 V
U_{RRM}	a legnagyobb negatív zárófeszültség	30 V
I_F	nyitóáram	200 mA
I_{FRM}	impulzusáram ($t \leqq 10\ \mu s$) ($\nu \leqq 1$ kHz ismétlési frekvencián)	1 A
I_{FM}	nem ismétlődő túlterhelőáram ($t \leqq 10\ \mu s$)	5 A
U_T	vezetési feszültségesés	1,5 V
I_H	tartóáram	0,5 mA
ϑ_j	a szerkezet hőmérséklete	−55...+150 °C

1.7.6. Kétirányú szilícium-kapcsoló (SBS)

A kétirányú szilícium-kapcsoló miniatűr szimmetrikus tirisztor, amelyet két egyirányú szilícium-kapcsolóból alakítanak ki, ellenpárhuzamos kapcsolással. Az 1.2. táblázat a grafikus jelölést, a két egyirányú szilícium-kapcsoló kötésmódját, az egyirányú szilícium-kapcsoló tranzisztor-dióda helyettesítő rendszerét és a kétirányú kapcsoló szimmetrikus feszültség—áram jelleggörbéjét szemlélteti.

Az idézett kétirányú kapcsoló példája a 2N4992 típusú kapcsoló, amelynek a paraméterei: az áram átfolyás mindkét irányára azonosak a 2N4984 típusú egyirányú kapcsolóéval. Nem különböztetnek meg a kétirányú szilícium-kapcsolóban negatív zárófeszültséget, tekintettel az I. és a III. negyedben a jelleggörbe szimmetriájára. A D1301 típusú

eszköz planár technikával készül, a rétegek egyoldali felvitelével. Integrált szilícium szerkezete lehetővé teszi a mintegy 8 V-os kapcsolási feszültség típusértékének elérését a jelleggörbék mindkét irányú elég nagy szimmetriája mellett. A billenési feszültség hőmérsékleti tényezője 0,05%/°C-nál kisebb.

A kivezetett vezérlőelektróda lehetővé teszi a külső szikronizálást. Mivel a kétirányú szilícium-kapcsoló a tápfeszültség mindkét iránya mellett átkapcsol különösen a kétirányú tirisztorok (triakok) vezérlése esetében hasznos, amihez a váltakozó polaritású impulzusokkal való gyújtást ajánlják. Eredményesen lehet alkalmazni az egyirányú tirisztorok vezérlésére is.

A kétirányú szilícium-kapcsolót különösen az olyan rendszerekben alkalmazzák, amelyekben széles hőmérsékleti tartományban megkövetelik a billenési feszültség stabilitását és a jelleggörbe szimmetriáját mind a két irányban.

1.7.7. Tirisztor-tetróda (SCS)

A tirisztor-tetróda (1.2. táblázat) PNPN miniatűr szerkezet, négyrétegű felépítéssel, amelyet epitaxiális-planáris technikával állítanak elő. Működési elve és felépítése a negatív irányban záró konvencionális tirisztor-triódáéval azonos. A tirisztor-tetródának a közönséges tirisztor-triódától eltérően két vezérlőelektródája van: a katód oldali, amelyet a P rétegből vezetnek ki és *GK*-val jelölnek és az anód oldali, amelyet az N rétegből vezetnek ki és *GA*-val jelölnek.

A terhelést a tirisztor anódja és katódja között kapcsolják rá. Az Intermall cég által gyártott tirisztort—tetródát a *GK* vezérlőelektródán fellépő pozitív impulzusokkal vagy a *GA* vezérlőelektródán fellépő negatív impulzusokkal kapcsolják ki. A tirisztor akkor kapcsol ki, ha az anódáram az I_H tartóáram értéke alá csökken, vagy ha az anódfeszültség polaritása megváltozik.

A tetródás tirisztort a fényjelző rendszerekben, hőmérséklet-szabályozókban, gerjesztéses időrendszerekben, feszültség és áram stabilizátorokban, mono- és bistabil multivibrátorokban, tirisztor vezérlőáramkörökben és más kapcsolásokban alkalmazzák.

Az ITT cég BRY 46 típusú tetródás tirisztor határértékű paraméterei:

U_D	pozitív zárófeszültség	$R_{GKK} = 4{,}7$ kΩ mellett	20 V
		$R_{GAA} = 4{,}7$ kΩ mellett	15 V
U_R	negatív zárófeszültség		15 V
$I_{T(AV)}$	vezetési áram $\vartheta_j = 85$ °C középérték mellett		50 mA