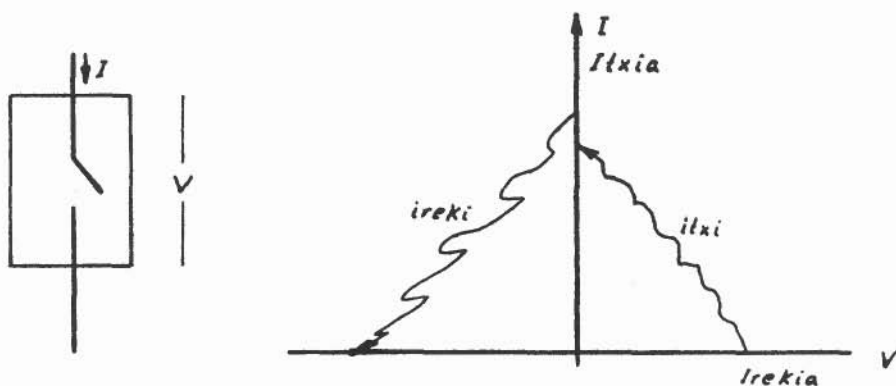


KONMUTAZIO ELEKTRONIKOA

Sistema erreal baten baliotasuna jakiteko, erreferentzia idealeko sistema batekin gonbaratu ohi dugu kasu gehienetan; beraz, konmutadoreen kasu honetan ere berdin egingo dugu.

Konmutadore ideal bat biterminale bat bezala kontsideratuz, eta bertan tentsio eta korronte bat definitzen badugu, bi egoera izango ditu: irekia ala itxia.

Diagrama batez errepresentatzen bada, zera dugu:









Egoera irekia zuzen horizontalean dago errepresentatuta, eta itxia berriz zuzen bertikalean.

Konmutadore idealen propietate nagusiak hauk dira:

1. Aipatutako bi egoera hauetariko edozeinetan ez da potentziarik kontsumitzen, zeren eta beti $V_{xl} = 0$ izanen da eta.
2. Egoera batetik bestera pasatzerakoan ez da potentziarik kontsumitzen, trantsizioa instantekoa da eta.
3. Ez du ez tentsio (egoera irekian) ez korrante (egoera itxian) mailako limitaziorik.

Konmutadore idealen karakteristika nagusienak definituta dauzkagunez, beste konmutadoreen funtzionaltasuna jakiteko honekin gonbaratzea komeni da, eta horretarako ikus 1. Taula.

(1. Taula) KONMUTATORE KONPARAZIOA

KARAKTERISTIKAK				KONMUTATOREAK					
				IDEALA	MEKANIKOAK	ELEKTRAMEKANIKOAK	ELEKTRONIKOAK		
							DIODOAK	TIRISTOR.	TRANSIS.
EGOERAK	Irekia	i		0	T.T.	T.T.	T	T	T
		V limitazioa	Gor.	$+\infty$	V_M (T.H.)	V_M (T.H.)	0	V_M (H)	V_M (T)
		Beh.	$-\infty$	$-V_M$	$-V_M$	$-V_M$ (H)	$-V_M$	$-V_M$	
	Itxia	v		0	T.T.	T.T.	T	T	T
i limitazioa		Gor.	$+\infty$	I_M (T.H.)	I_M (T.H.)	I_M (T.H.)	I_M (H)	I_M (T)	
		Beh.	$-\infty$	$-I_M$	$-I_M$	0	0	0	
TRANTSIZIOAK	Kontrol-tasuna	Irekitasuna	BAI	BAI	BAI	EZ	EZ	BAI	
		Itxitasuna	BAI	BAI	BAI	EZ	BAI	BAI	
	Instant zehaztasuna		∞	T.T.	T.T.	H	H	T.H.	
	Azkartasuna		∞	T.T.	T	H	H	T.H.	
	Energia beharra		0	T	T	-	T	T	
Besteak	Bolumena		-	H	H	T	T	T	
	Tenperatur limitazioa		EZ	A	A	B	B	B	
SINBOLOAK									

Erabilitako laburdurak: T.T. txit ttikia A ahula $V_M > 0$
 T. ttikia B bortitza $I_M > 0$
 H. handia
 T.H. txit handia

Ondorio bezala, zera atera genezake: Elektronikoak direla posibilitate ge-

hiena eskaintzen digutenak, eta hauetatik segun eta ze aplikaziotarako transistoreak dira erabilienak; beraz hauen portakera ikusiko dugu laburzki.

TRANSISTOREA KONMUTAZIOAN

Pultsu-erregimen batetan transistore bati aplikatutako seinaleak modu hauetakoak dira:

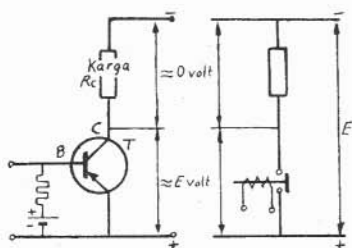
—Alde batetik, seinale ahulak amplifikatzeko asmoarekin edo eta seinale bortitzak, transistorea egoera blokeatu batetik egoera saturatu batera oso azkar pasa dadin.

Nahiz eta transistoreak etengailu edo rele baten antzeko «gutziz ala deusezko» funtzionamendu bat izan, bere benetako funtzionamendua oso konplexua da.

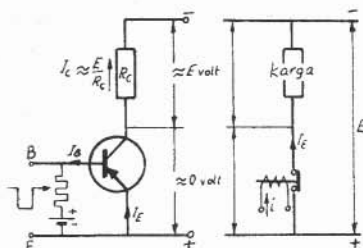
Alor honetako transistorearen aplikazio nagusi batzu aipatzekotan, releen agintea, kalkuladoreentzako zirkuitu logikoak, errelajazio-muntaiak, korrante zuzenezko amplifikadoreentzako «bibragailuak» e.a. lirateke garrantzizkoenak.

TRANSISTORE ETENGAILUA

Rele elektromekaniko baten eta transistore baten arteko analogia 1. eta 2. irudian ikus genezake.



1. irudia



2. irudia

Lehen kasuan (1. irudia) relearen bobinatik ez da korronterik pasatzen. Beraz, etengailu ireki bat bezala jokatzen du elikadur-tentsioa etengailuari aplikatzen zaiolarik; bigarreanean, aldiz, etengailuarekin serien dagoen kargari (2. irudia).

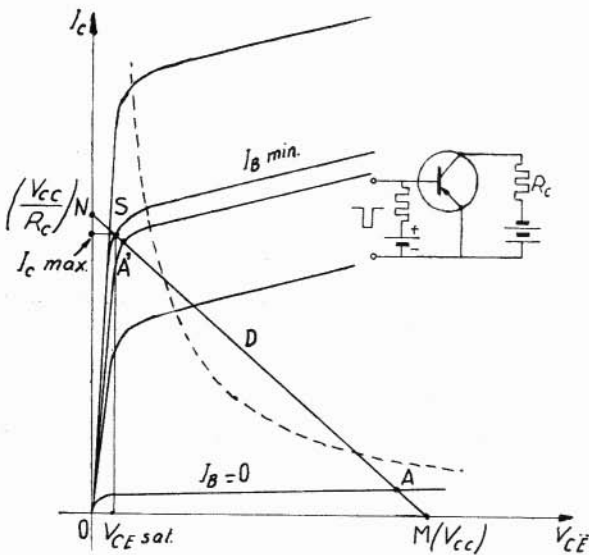
Transistoreak guzti ala deusez funtzionatzen du; hots, egoera blokeatu

batetan ala kargak bakarrik limitatutako korrante batez. Beraz, konmutadore (etengailu) bat bezala funtzionatzen duela esan genezake.

Rele elektromagnetikoarekiko transistorearen abantaila nagusienak hauek dira: erantzun azkarrogoa, biziraupen handiagoa (kontaktu eza), dimentsio txikiagoak eta, aginte-eta kontsumo-potentzia txikiagoak.

ETENGAILU PERFEKTUA

Etengailu perfektu batek erresistentzia infinito bat du egoera irekian, eta hutsa egoera itxian. Beraz, transistorea ere hein batean etengailu perfektu bat bezala kontsideratzen da zenbait kalkulu sinplifikatzeko.



Karga Zuzena konmutazioan, blokeatze puntua A eta M bitartean situaturiko puntu batek errepresentatzen du; eta $I_B > I_{B \text{ min}}$ batentzako, S puntua baino goraxeago situaturiko puntu batek errepresentatzen du saturazioa.

3. irudia

Emisore amankomuneko muntaia batean (3. irudia):

$$I_C = I_{CE0} = (\beta + 1) I_{CB0}$$

A puntuan potentzia galdua $V_{CC} \cdot I_{CE0}$ da. I_{CE0} txikia da, baina V_{CC} .

Transistore blokeatu bat egoera saturatura iragateko nahikoa da bere baseari tentsio bat aplikatzea: transistorea NPN bada, tentsio horrek positiboa izan beharko du; eta PNP bada, negatiboa.

Laburpen gisa esan genezake egoera bakoitzean bete behar diren baldintzak hauek direla:

$$\begin{array}{l} \text{Egoera saturatua} \\ \text{Egoera blokeatua} \end{array} \quad \begin{array}{l} V_{CEs} \leq V_{BE} \\ I_C \leq \beta I_B \\ I_B = 0 = I_C \\ V_{BE} \leq V_{BE_H} \end{array}$$

V_{BE_H} atari- edo harlax-tentsioa delarik.

KARAKTERISTIKA ESTATIKO ETA DINAMIKOAK

KARAKTERISTIKA ESTATIKOAK:

Egoera blokeatu eta egoera saturatuetan dauden transistoreen propietateei dagozkie karakteristika hauek.

a) Transistore blokeatua:

- **Korronte inbertsua:** Ahalik eta ttikiena izan behar du; alderantziz polarizatutako J_E eta J_C juntura bakoitzak pasatzen uzten duten korrontea da.

J_E eta J_C batera blokeaturik daudenean, korronte inbertsu hauk I_{CBO} eta I_{EBO} baino zerbait tikiagoak dira, eta zenbait μA balio dute.

I_{CBO} (I_{EBO}) korrontea, emisore (kolektore) irekiarekin dugun kolektoreko (emisoreko) «hondar korrontea» izendatzen da.

- Kolektore eta emisorearen arteko erresistentzia: I_{CBO} ttititzen denean handitzen da; beraz, siliziozko transistoreentzat germaniozko transistorearentzat baino handiagoa da, eta zenbait hamarkada megaohmioraino hel daiteke.

b) Transistore saturatua:

- Baseko korrontea eta kolektoreko korrontearen funtzioa da.

- Motaren arabera, 0,1 V.tik 1 V.raino balio dezake.

eta saturatur-erresistentziak, berriz

$$R_{CE \text{ sat}} = \frac{V_{CE \text{ sat}}}{I_{C \text{ max}}}$$

- Egoera blokeatua M puntu batez errepresentatuta dator ($I_C = 0$) eta $V_{CE} = V_{CC}$ elikadur tentsioa delarik.

- Egoera eroankorra berriz, N puntu batez, bertan $I_C = \frac{V_{CC}}{R_C}$ eta $V_{CE} = 0$ direlarik.

Puntu hauetan transistoreak kontsumitutako potentzia ($V_{CE} \cdot I_C$) hutsa da. (V_{CE} edo I_C hutsa delako). Instanteko konmutazio batentzat ($\Delta t = 0$), Mtik Nrako egoera-aldaketari dagokion energia ere ($V_{CE} I_C \Delta t$) hutsa da.

TRANSISTORE SATURATUA (edo etengailu itxia)

Egoera honetan korrantea kargatik iragaten da, eta etengailuaren biterminaleetako tentsio erorpene oso ttikia da.

Transistorearen funtzionamenduari begiratzen badiogu, bere makur karakteristikoaren ukondoan funtzionatzen duela konturatuko gara (3. irudia A puntuan hain zuzen). Baseko korrantea piska bat handitzen bada, $I_{B \min}$, S puntuan funtzionatuko du I_C kolektoreko korrantea gehiago handitu ezin delarik.

Egoera honetan (saturazioan) $V_{CE \text{ sat}}$ ttikia da eta 0,1 V balio du gutxi gora-behera; eta kolektoreko korranteak aldiz:

$$I_{C \text{ max}} = \frac{V_{CC} - V_{CE \text{ sat}}}{R_C} \approx \frac{V_{CC}}{R_C}$$

Saturazioan, transistorearen kanpotiko zirkuituak bakar bakarrik limitatzen du I_C kolektoreko korrantea.

Saturazioari dagokion baseko korrante minimoa zera da:

$$I_{B \text{ min}} = \frac{I_{C \text{ max}}}{\beta_N} = \frac{V_{CC}}{\beta_N R_C}$$

Bertan, emisore amankomunezko muntaia batean, β_N korrante irabazpen estatikoa delarik. ($\beta_N = h_{ZIE} = \frac{I_C}{I_B}$).

Muntaia praktikoetan, transistorea saturatzeko nahikoa da $I_{BI} = 2 \div 10 I_{B \text{ min}}$ desblokeatze-korrante bat.

TRANSISTORE BLOKEATUA (etengailu irekia)

3. irudiko A eta M bitartean situaturiko punturen batek errepresentatzen du egoera hau, eta karga R_C bada ez da bertatik korronterik iragango.

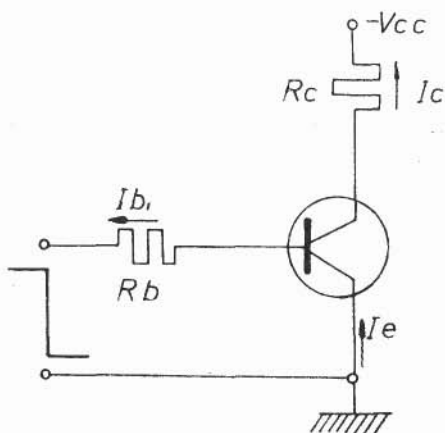
Transistorea blokeatzeko baseko zirkuitua irekitzen bada, $I_B = 0$ izango da (A puntua) eta:

- Ohmio-hamarren gutti batzuetatik (potentzia handiko transistoreentzat) zenbait ohmio-hamarkada arte balio dezake.

KARAKTERISTIKA DINAMIKOAK:

Egoera blokeatutik egoera saturatura (eta alderantziz) igarotzearen modalitatei dagokie. Transizio hauk oso azkarrak izatea benetan inportantea da, zeren eta horrela, sarrerara bidalitako pultsu batek, irteeran deformazio minimo bat ukanen du.

Kontsidera dezagun, adibidez, PNP transistore bat, eta I_B , I_E , I_C korronteen norantzak errealak (4. irudian) direlarik, base eta emisorearen artean ipinitako sorgailu batek tentsio errektangeluar periodiko bat (V_{BE}) ematen duela.



$V_{BE} < 0$ tentsioak produzitzen duen desblokeatze-korrontea I_B da (5. irudia). Korronteen norantza errealak, bertan errepresentaturikoak dira.

4. irudia

I_B korronteak eragiten duen bitartean, I_C anodo-korrontea zerotik hazten da, maximo horizontal bat heltzen du eta zerora itzultzen da. Beraz, aginte-seinale errektangeluar batek ondoren adierazten ditugun lau denboren bitartez karakterizaturiko irteera-seinale bat ematen du (ikus 5. irudia).

Atzerapen denbora (t_d): Sarrera-seinalea instantean agertzen denean, I_C korronteak ez du bere balio maximoa bat-batean erdiesten; hasiera batean poliki hazten da.

Beraz, sarrera-seinalearen hasieratik I_C korronteak bere balio maximoaren % 10 erdiesten duen instanteraino igarotako denbora-tarteari «erantzun denbora» esaten zaio, eta erabiltzen den tentsioetarako mesprezagarria da kasu gehienetan.

Haziera-denbora (t_r): korrontearen balio maximoaren % 10tik % 90ra balio arte igarotako denbora-tartea.

Bi denbora hauen baturari «ixte denbora» (t_{on}) esaten zaio:

$$t_{on} = t_d + t_r$$

Metatze-denbora (t_s): Aginte-seinalea bukatu ondoren I_C korroneak bere balio maximoaren % 90tik gora balio duen denbora-tartea.

Guttitze-denbora (t_f): korroneak bere balio maximoaren % 90tik % 10 barioa erdietsi arte igarotako denbora-tartea.

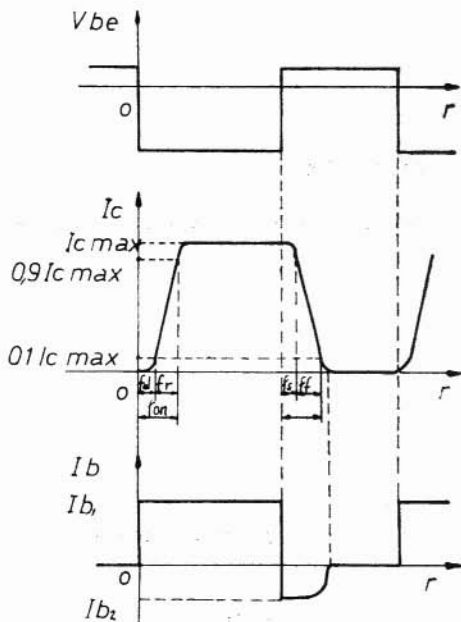
Azken bi denbora hauen baturari «irekitze-denbora» (t_{off}) esaten zaio:

$$t_{off} = t_s + t_f$$

Denboren notazio hau ondorengo hitz anglosaxoniarretik datoz, eta internazionalki onhartuak daude:

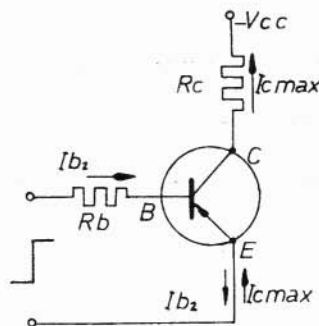
t_d : delay time	t_s : storage time
t_r : rise time	t_f : falle time
t_{on} : torn-on time	t_{off} : torn-off time

Gogora dezagun, «pultsu baten iraupena» bere balio maximoaren % 90tik gora balio duen denbora-tartea dela.



5. irudia

Emisore amankomunezko E.A muntaia batean aginte-tentsio errektangeluar bati emandako erantzuna.



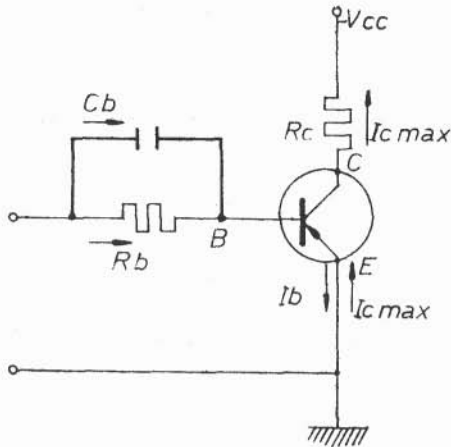
6. irudia

$V_{BE} > 0$ tentsio batek eragindako blokeatze korronea (I_{B2}). (PNP).

Aginte-tentsioaren inbertsio unean, kondensatore honen inpedantzia txikiak, metatutako kargen joatea txit azkarra erraztuko du.

«Metatze-denbora» ttikitzeo eta horrela konmutazioaren errepikazio-maiztasuna haunditzeko, bi sistema erabil daitezke:

Bata, tentsio inbertsu handi bat erabiliaz; eta bestea, R_B erresistentzia-rekin paraleloan C_B kondentsatore bat ipiniaz (7. irudia).



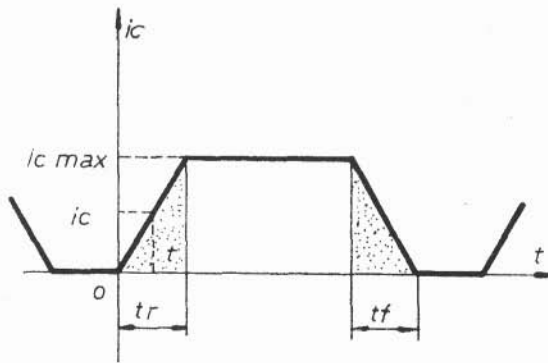
«Metatze-denboraren» ttikitzea, kondensatorea erabiliaz.

7. irudia

KONMUTAZIO-TRANSISTOREA. GALERAK

Konmutazio-transistorearen galerak hauek dira:

- Konmutazio bidezko galerak: Egoera-aldaketan « t_r » eta « t_f » denborartean produktutakoak.



Konmutaziozko galerak.

8. irudia

- Egoera saturatuko galerak: Egoera honetan irauten duen denboraren, eta $V_{CE \text{ sat}} : I_{C \max}$ biderkaduraren proportzionalak dira.

— Egoera blokeatuko galerak: Kolektoreko hondar-korronteari, elikatur-tentsioaren eta egoera horretan irauten duen denboraren proportzionalak.

— Baseko zirkuituaren galerak.

Erraz kalkulatzeko diren azken hiru galera hauek, **konmutazio-galerak** baino inportantzia gutxiagokoak dira.

Konmutazio-galerak kalkulatzeko, « t_r » «haziera-denbora» eta « t_f » «guttitze-denbora»-ko bitartean kolektoreko « i_c » korrontea linealki aldatzen dela suposatzen da (ikus 8. irudia).

«Haziera-denboran» duguna zera da:

$$i_c = \frac{I_{C \max}}{t_r} \cdot t$$

eta « t » eta « $t + dt$ » bitartean, berriz, zera:

korrontea	i_c	
transistoreko		
borneetako tentsioa	$V_{CE} = V_{CC} - R_C i_c$	
energia galdua	$dW = V_{CE} \cdot i_c \cdot dt = \left(V_{CC} - \frac{R_C I_{C \max}}{t_r} t \right) \frac{I_{C \max}}{t_r} t dt$	

Baina, $R_C I_{C \max} = V_{CC} - V_{CE \text{ sat}} \approx V_{CC}$ beraz, $\frac{R_C I_{C \max}}{V_{CC}} \approx 1$

$$dW = V_{CC} I_{C \max} \left(1 - \frac{t}{t_r} \right) \frac{t}{t_r} dt$$

Expresio hau $t = 0$ eta $t = t_r$ artean integratzen bada:

$$W_r = \frac{V_{CC} \cdot I_{C \max}}{6} t_r$$

Halaber, guttitze-denborakako:

$$W_f = \frac{V_{CC} I_{C \max}}{6} t_f$$

Beraz, periodo bakoitzeko energia galdua:

$$W_T = W_r + W_f = \frac{V_{CC} I_{C \max}}{6} (t_r + t_f)$$

eta errepikazio-maiztasuna «f» bada, konmutazio-galerak zera dira:

$$P_c = \frac{V_{cc} \cdot I_{c \max}}{6} (t_r + t_f) f$$

Adibidez: baldin

$$t_r = 0,1 \mu s \quad t_f = 0,2 \mu s \quad f = 1.000 \text{ hz} \quad V_{cc} = 24 \text{ V} \quad I_{c \max} = 1 \text{ A}$$

baldio badute

$$P_c = \frac{24 \cdot 1}{6} \cdot 20 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 = 80 \cdot 10^{-3} \text{ W} = 80 \text{ mW}$$

Ikusten den bezala, konmutazio-galerak potentzia konmutatua baino askoz ere txikiagoak dira.

J. SAIZAR