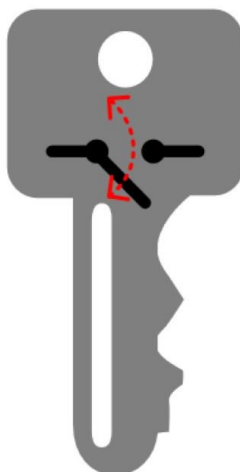
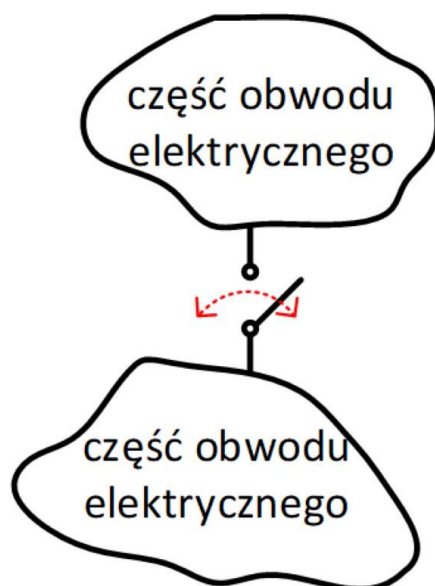


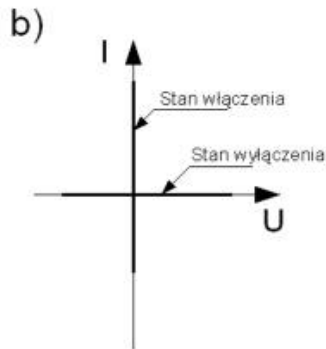
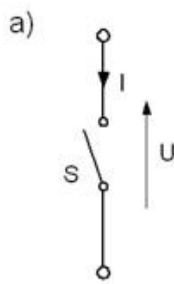
KLUCZ TRANZYSTOROWY



Klucz (inaczej przełącznik) jest elementem umożliwiającym naprzemienne zwieranie i rozwieranie wybranej części obwodu elektrycznego.



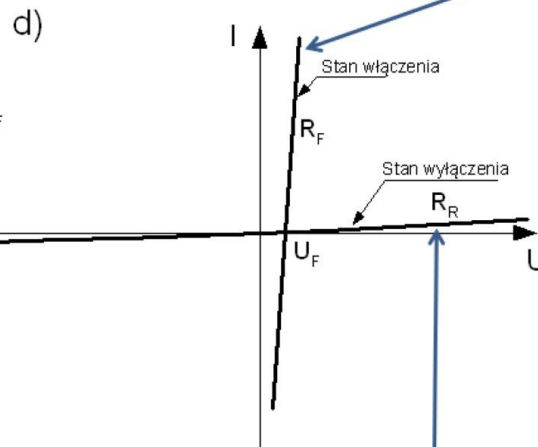
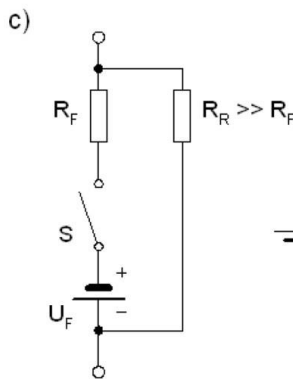
W najprostszej postaci klucz jest kojarzony z dwupołożeniowym przełącznikiem



- charakterystyka**
- w stanie włączenia (zwarcia) pokrywa się z osią rzędnych (napięcie na kluczu wynosi wtedy zero voltów) a prąd w obie strony nieskończenie duży
 - w stanie wyłączenia (rozwarcia) pokrywa się z osią odciętych (prąd w tym stanie równa się zero amperów) a napięcie w obie strony nieskończenie duże

Model klucza idealnego: a) schemat;
b) charakterystyka prądowo - napięciowa

marzenie elektronika
praktycznie nieosiągalne

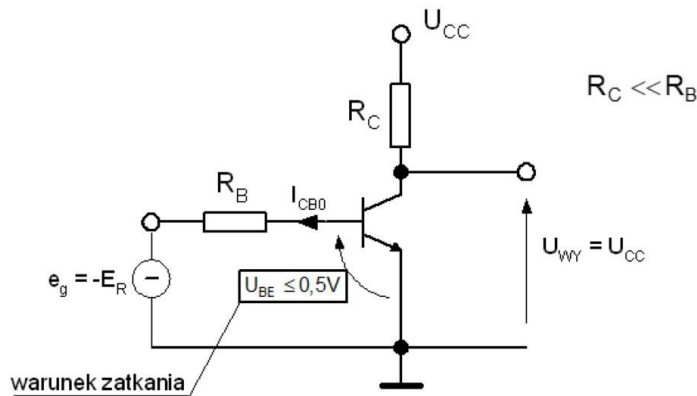


Modele klucza rzeczywistego:
c) schemat,
d) charakterystyka prądowo - napięciowa

W stanie włączenia prąd płynie przez rezystancję R_F (symbolizującą rezystancję szeregową klucza), przez idealny klucz S i poprzez źródło U_F (symbolizujące spadek napięcia na kontaktach klucza rzeczywistego)

w stanie wyłączenia prąd płynie przez rezystancję zrównoleglającą R_R

TRANZYSTOR BIPOLARNY JAKO KLUCZ



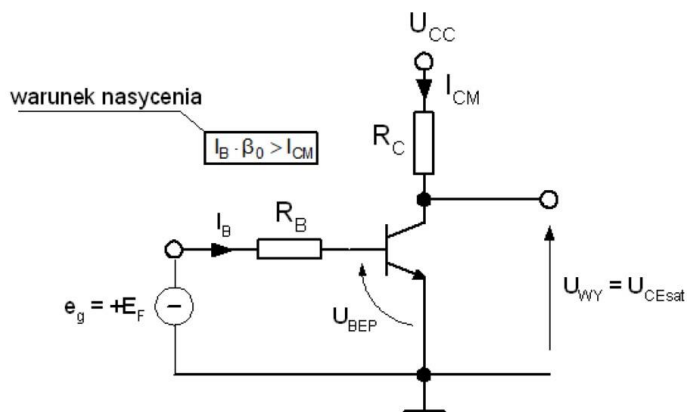
Klucz tranzystorowy:
tranzystor w stanie zatkania

Warunek zatkania jest napięciowy

- o przestaje płynąć prąd bazy sterujący wejściem tranzystora: dokładnie: wypływa z bazy niewielki prąd zerowy I_{CB0} zaporowo spolaryzowanego złącza kolektor - baza
- o nie płynie prąd kolektora
- o nie ma spadku napięcia na rezystorze R_C zatem z obu stron tego rezystora jest taka sama wartość napięcia równa napięciu zasilania U_{CC}

Wniosek: napięcie wyjściowe wyłączanego klucza tranzystorowego jest równe napięciu zasilania U_{CC} .

TRANZYSTOR BIPOLARNY JAKO KLUCZ

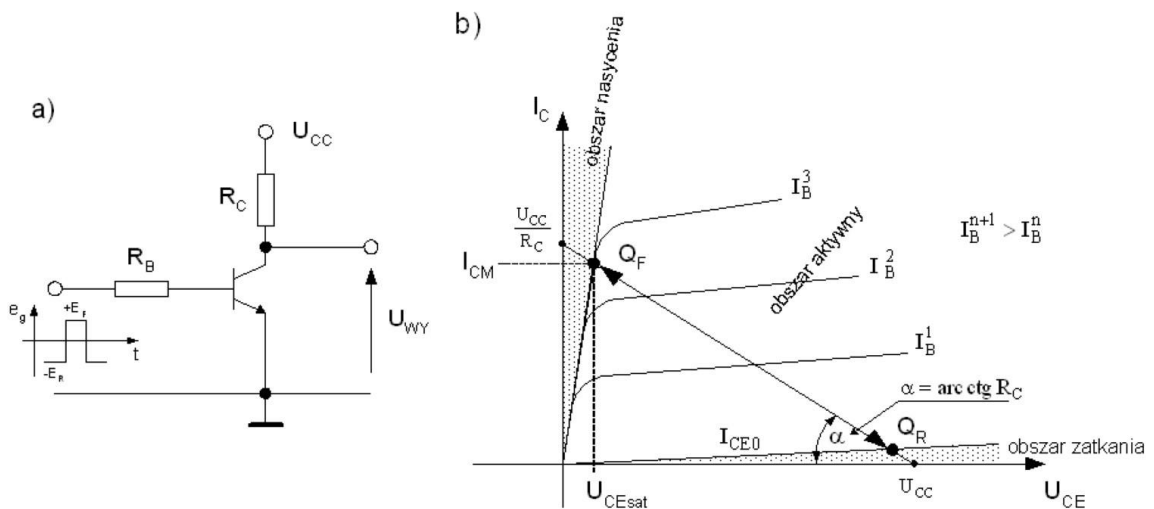


Klucz tranzystorowy:
tranzystor w stanie nasycenia

Warunek nasycenia tranzystora bipolarnego jest prądowy. Prąd I_{CM} jest maksymalnym prądem kolektora określanym jako:

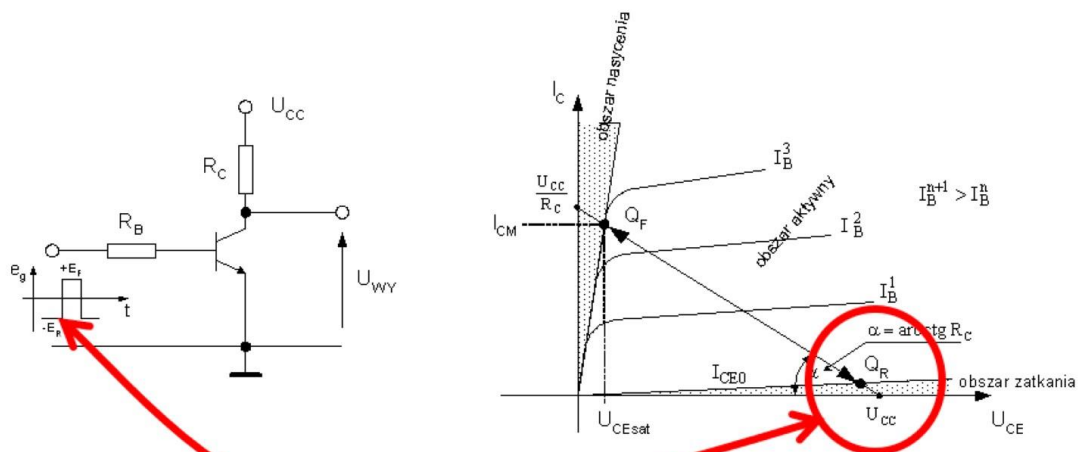
$$I_{CM} = \frac{U_{CC} - U_{CEsat}}{R_C}$$

U_{CEsat} - napięcie nasycenia (dla tranzystorów małej mocy wynosi około 0,2 V)



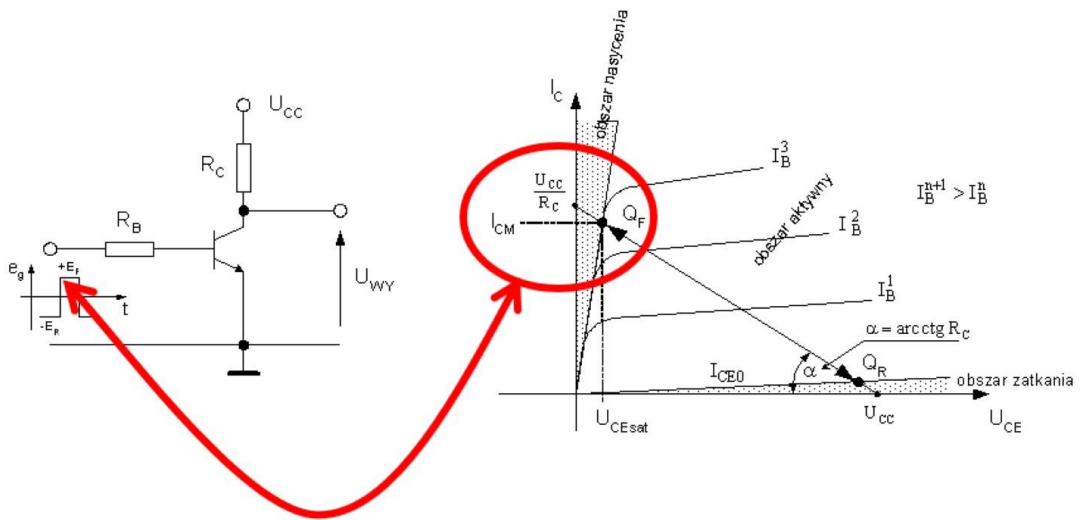
Przełączanie tranzystora bipolarnego:

- a) typowy układ klucza sterowanego przebiegiem prostokątnym,
- b) charakterystyki wyjściowe z zaznaczeniem zmian położenia punktu pracy



$$e_g = -E_R$$

tranzystor jest zatkany, punkt pracy znajduje się w Q_R ;
 w obwodzie wyjściowym płynie niewielki prąd zerowy I_{CE0} , który
 w praktyce pomijamy;

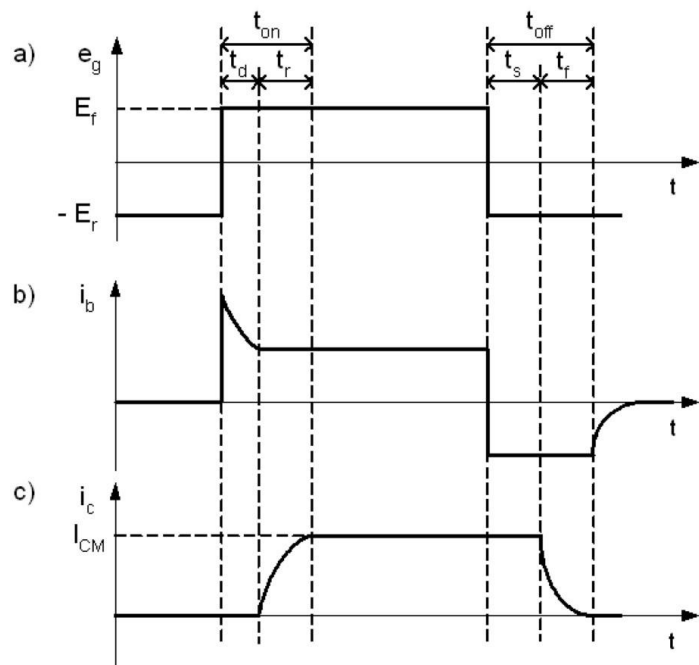
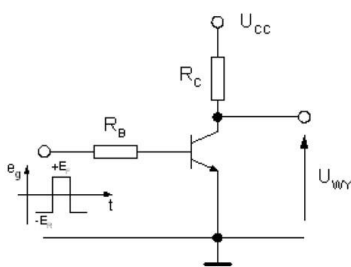


$$e_g = +E_F$$

tranzystor jest nasycony; punkt pracy znajduje się w punkcie Q_F ;

napięcie wyjściowe określa $U_{wy} = U_{CEsat} = 0,2 \text{ V}$.

właściwości dynamiczne klucza z tranzystorem bipolarnym

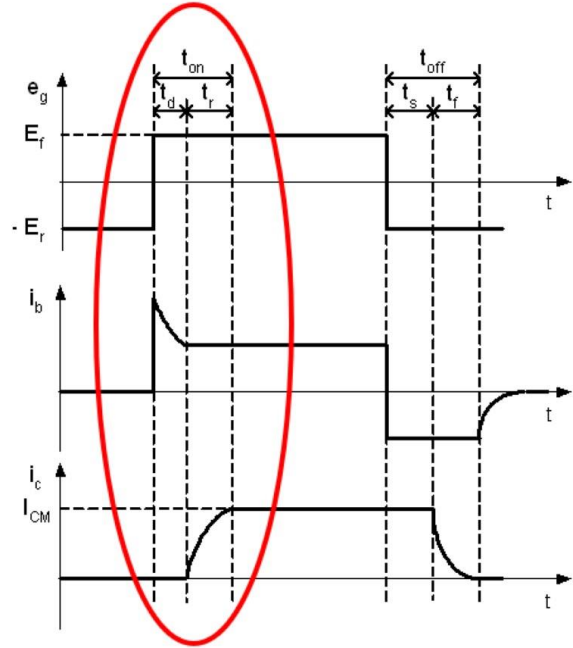


Szkic przebiegów czasowych prądów i napięć przy przełączaniu klucza tranzystorowego:

- przebieg prostokątny wymuszenia napięciowego w obwodzie bazy,
- przebieg prądu bazy,
- przebieg prądu kolektora

$$t_{on} \text{ czas włączania (turn-on time)} = t_d \text{ czas opóźnienia (delay time)} + \\ + t_r \text{ czas narastania (rise time)}$$

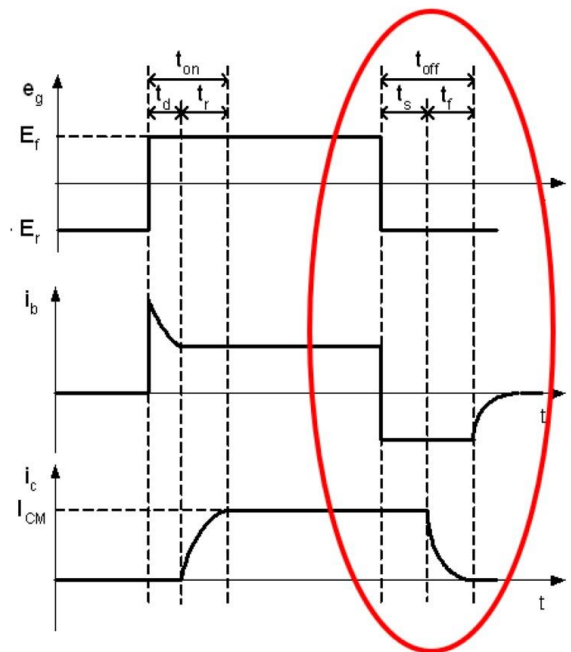
t_d pomimo wzrostu prądu bazy kolektor tranzystora jeszcze nie reaguje (nie płynie prąd);
 powód: konieczność przeładowania pojemności złączowych baza - emiter i baza - kolektor co ilustrowane jest stromym wzrostem prądu bazy;
 po czasie opóźnienia t_d tranzystor przechodzi do stanu aktywnego i zaczyna przewodzić prąd między kolektorem a emiterem;
 t_r rośnie prąd kolektora do wartości maksymalnej;
 tranzystor przechodzi przez obszar aktywny i dąży do stanu nasycenia osiągając go;



klucz jest włączony

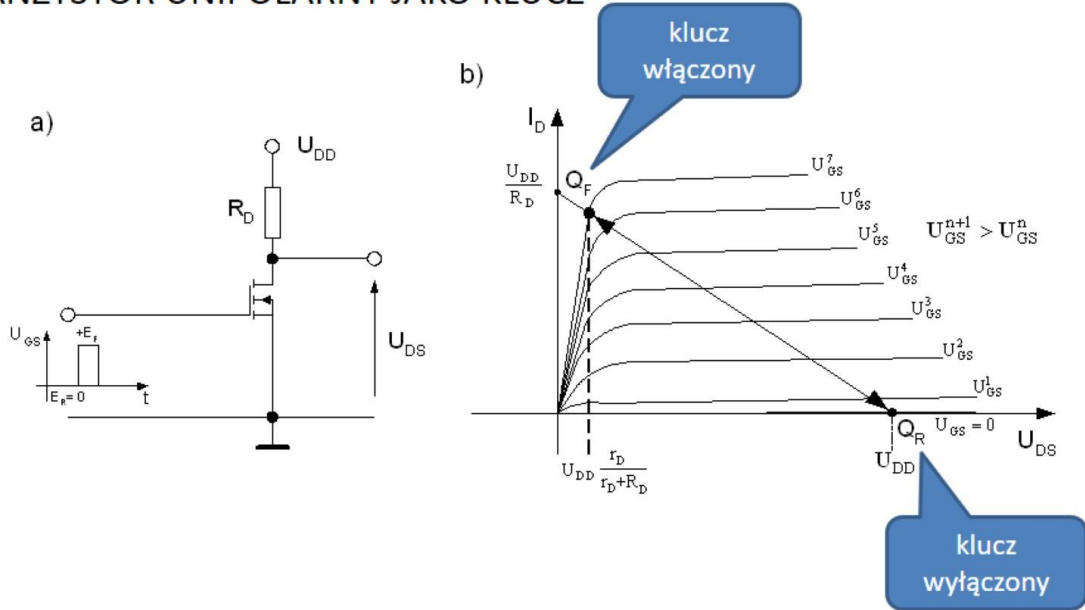
$$t_{off} \text{ wyłączania (turn-off time)} = t_s \text{ czas przeciągania inaczej} \\ \text{magazynowania (storage time)} + t_f \text{ czas opadania (fall time)}$$

t_s prąd bazy na skutek wymuszenia zewnętrznego zmienia kierunek, a prąd kolektora płynie w dalszym ciągu w taki sam sposób;
 źródłem prądu bazy jest ładunek nagromadzony w jej wnętrzu podczas trwania nasycenia;
 prąd kolektora nie zmienia się dopóki ładunek zawarty w bazie nie wyczerpie się;
 t_f zanikanie prądu kolektora;
 tranzystor przechodzi przez obszar aktywny od nasycenia do zatkania;
 prąd bazy płynie jednak nieco dłużej i zaczyna zanikać po upływie czasu t_f ;
 powód: nadmiar ładunków gromadzonych w bazie jest większy od strony bazy niż od strony kolektora



klucz jest wyłączony

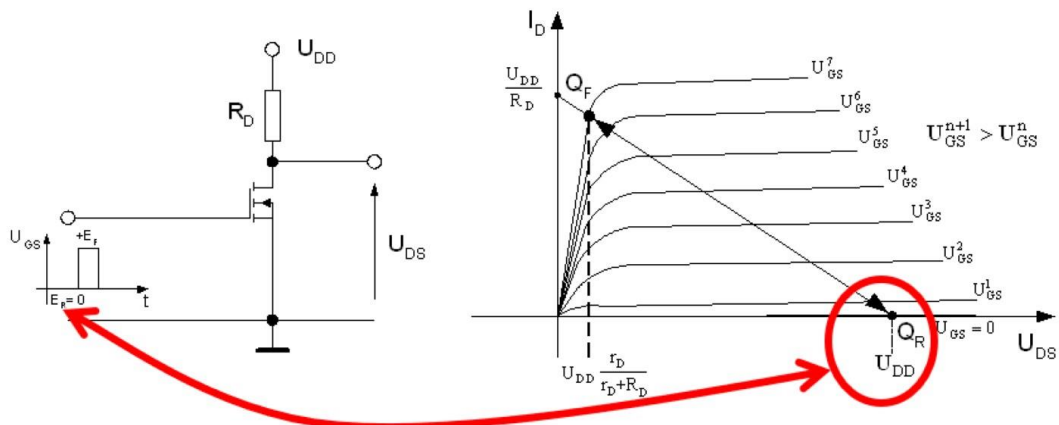
TRANZYSTOR UNIPOLARNY JAKO KLUCZ



Przełączania tranzystora unipolarnego (MOSFET z kanałem typu n normalnie wyłączony):

- a) układ klucza,
- b) charakterystyki z zaznaczeniem zmian położenia punktów pracy

TRANZYSTOR UNIPOLARNY JAKO KLUCZ

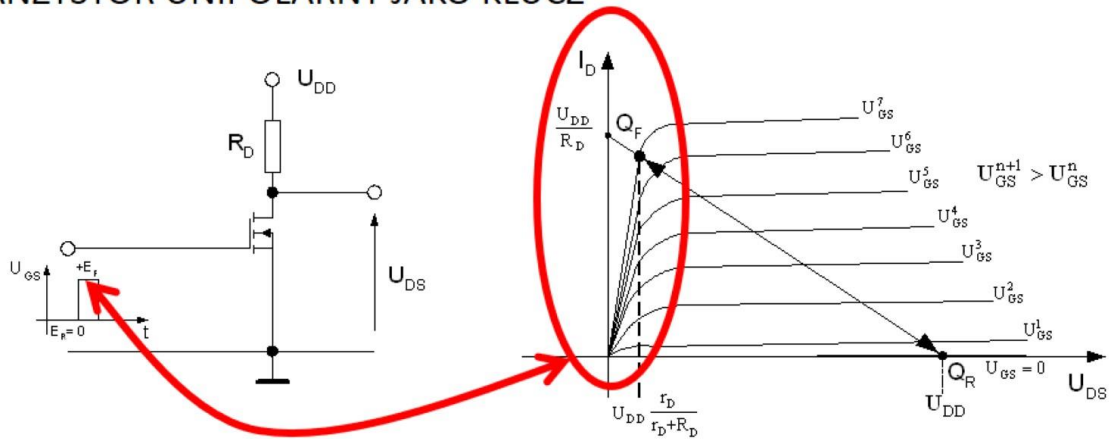


$$U_{GS}=E_R=0V$$

brakysterowania bramki powoduje brak możliwości przepływu prądu drenu przez rezystor drenu R_D ; z obu stron rezystora drenu R_D jest to samo napięcie równe napięciu zasilania $+U_{DD}$, które jest podawane na wyjście;

klucz jest w stanie wyłączenia, a na charakterystyce wyjściowej odpowiada to osiągnięciu punktu pracy Q_R

TRANZYSTOR UNIPOLARNY JAKO KLUCZ



$$U_{GS} = +E_F$$

całkowite otwarcie kanału pomiędzy drenem a źródłem; rezystancja kanału spada do najniższej możliwej wartości i płynie duży prąd drenu;

Klucz jest w stanie włączenia
i osiąga punkt pracy Q_F

napięcie wyjściowe osiąga wartość:

$$U_{DS} = U_{DD} \frac{r_D}{r_D + R_D}$$

U_{DD} - napięcie zasilania

r_D - rezystancja kanału w stanie włączenia

R_D - rezystancja rezystora drenu

KLUCZ TRANZYSTOROWY KONIEC

przełączanie tranzystora polowego (właściwości dynamiczne klucza z tranzystorem unipolarnym) na osobnych slajdach

jako materiał nieobowiązkowy