



Politechnika Wroclawska

Koło Naukowe Robotyków „KoNaR”



Tranzystory polowe

Łukasz Juskiewicz

Koło Naukowe Robotyków „KoNaR”

Wrocław, 1 czerwca 2011



Plan prezentacji

- Wstęp
- Tranzystory JFET
- Tranzystory MOSFET — jak to działa?
- MOSFET jako przełącznik mocy
- Podsumowanie



Wstęp

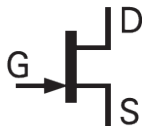
Motto

„W teorii nie ma różnicy między praktyką a teorią.
W praktyce jest.”

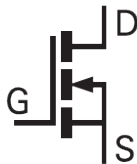


Wstęp

Symbole



JFET N



MOSFET N



MOSFET P



Wstęp

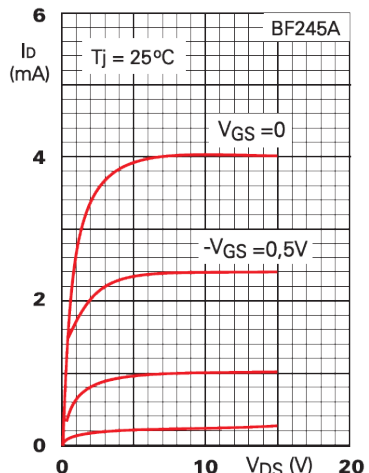
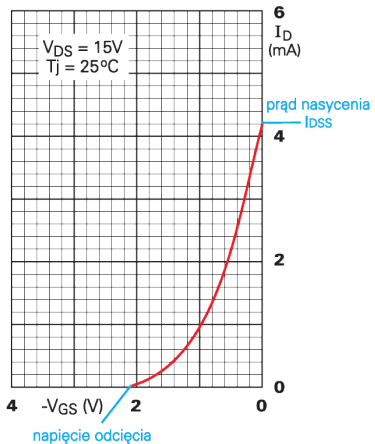
Tranzystory polowe

- Wszystkie tranzystory polowe są sterowane napięciowo
 $I_D = f(V_{GS})$
- W warunkach pracy **statycznej** w obwodzie bramki nie płynie prąd.
- Rezystancja wejściowa jest ogromna



Tranzystory JFET

Charakterystyki: przejściowa i wyjścia





Tranzystory JFET

Charakterystyki: przejściowa i wyjścia. Wnioski

- Tranzystory JFET N są normalnie otwarte, do ich zatknięcia należy przyłożyć ujemne napięcie V_{GS}
- Podstawowe parametry:
 - Prąd nasycenia I_{DSS} ($V_{GS} = 0$),
 - Napięcie odcięcia V_{GS0} ($I_D = 0$),
 - Transkonduktancja, czyli nachylenie charakterystyki przejściowej $g = \frac{di_D}{dv_{GS}} \left[\frac{mA}{V} = mS = mmho \right]$.
- Przy odpowiednio dużym V_{DS} obwód drenu zachowuje się jak źródło prądowe.
- Przyłożenie dodatniego napięcia V_{GS} spowoduje przepływ prądu bramki.



Tranzystory JFET

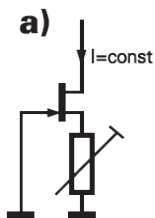
Tranzystory JFET — parametry graniczne

- Maksymalny prąd drenu I_D
- Maksymalne napięcie V_{DS}
- Maksymalne napięcie V_{GS}
- Maksymalny prąd bramki I_G
- Moc admisyjna

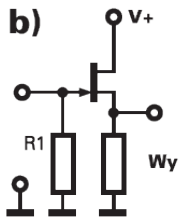


Tranzystory JFET

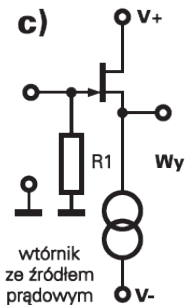
Przydatne układy



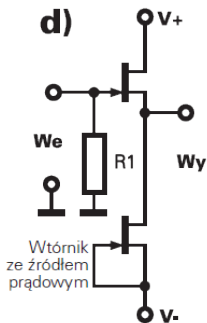
źródło prądowe



wtórnik prosty



wtórnik ze źródłem prądowym

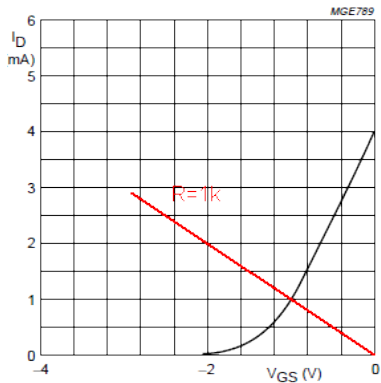


Wtórnik ze źródłem prądowym



Tranzystory JFET

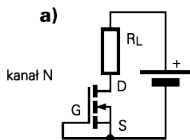
Jak wyznaczyć prąd źródła?



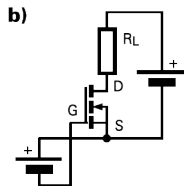
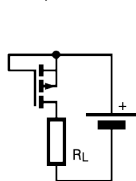


Tranzystory MOSFET

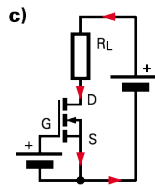
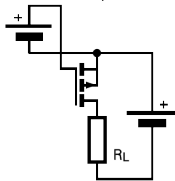
Podstawowe układy pracy



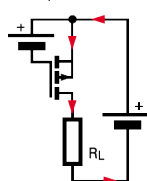
nie przewodzi



nie przewodzi



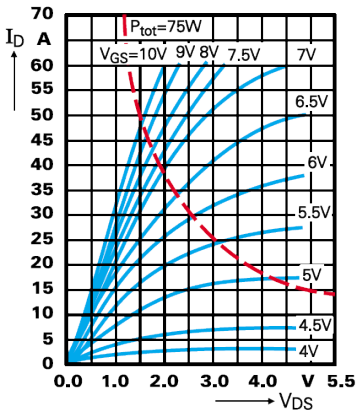
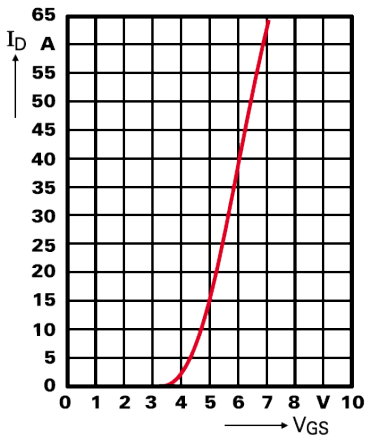
przewodzi





Tranzystory MOSFET

Charakterystyki: przejściowa i wyjścia





Tranzystory MOSFET

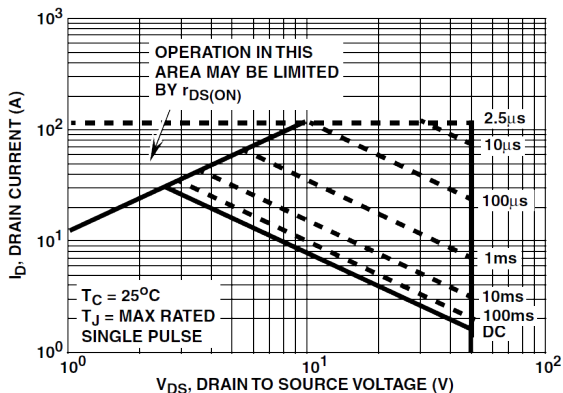
Tranzystory MOSFET — parametry

- Maksymalny prąd drenu I_D
- Maksymalne napięcie V_{DS}
- Maksymalne napięcie V_{GS}
- Moc admisyjna
- Napięcie progowe V_{GSth}
- Rezystancja między drenem a źródłem w stanie (całkowitego) otwarcia $R_{DS(on)}$



Tranzystory MOSFET

Bezpieczny obszar pracy





Tranzystory MOSFET

Kilka wniosków

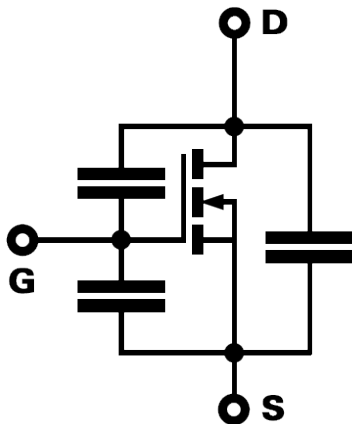
- W stanie pełnego otwarcia obwód drenu zachowuje się jak rezystor o bardzo małej wartości $R_{DS(on)}$ (ułamki oma).
- Napięcie potrzebne do całkowitego otwarcia tranzystora jest dużo większe (zwykle około 2.5 raza) niż napięcie progowe V_{GSth} !
- $R_{DS(on)}$ rośnie wraz ze wzrostem temperatury \Rightarrow MOSFETy można łączyć równolegle.
- W tranzystorach MOSFET nie występuje zjawisko wtórnego przebicia.
- Uwaga na niskie napięcie przebicia bramka-źródło!



MOSFET jako przełącznik mocy

Pojemności pasozytne

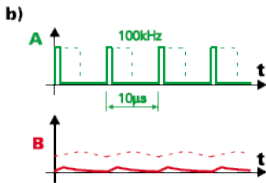
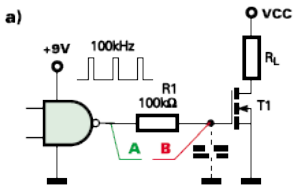
- Pojemności:
 - wejściowa
 $C_{ISS} = C_{GS} + C_{GD}$
 - oddziaływania wstecznego
 $C_{RSS} = C_{GD}$
 - wyjściowa
 $C_{OSS} = C_{DS} + C_{GD}$
- Wartość C_{GD} jest powielana przez efekt Millera!





MOSFET jako przełącznik mocy

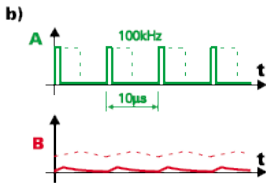
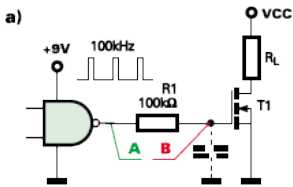
$R + C = \text{filtr dolnoprzepustowy}$





MOSFET jako przełącznik mocy

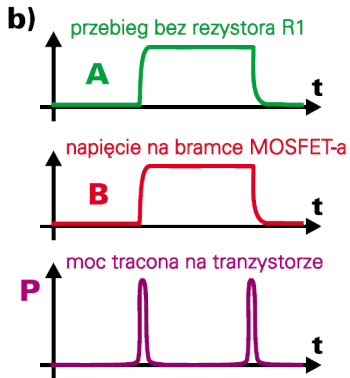
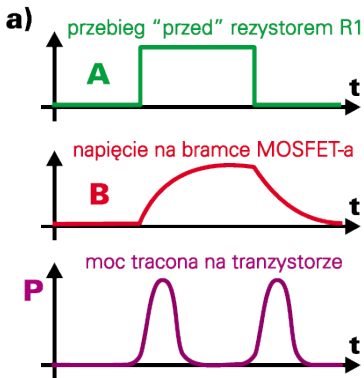
$R + C = \text{filtr dolnoprzepustowy}$





MOSFET jako przełącznik mocy

Straty mocy podczas przełączania

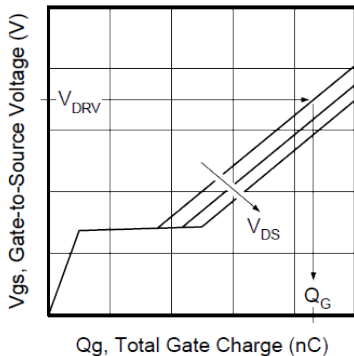




MOSFET jako przełącznik mocy

Szybkość przełączania

- Ładowanie kondensatora:
$$t = \frac{CU}{I} = \frac{Q_G}{I}$$
- Straty mocy w obwodzie sterującym:
$$P_G = U_{DRV} Q_G f_{DRV}$$





MOSFET jako przełącznik mocy

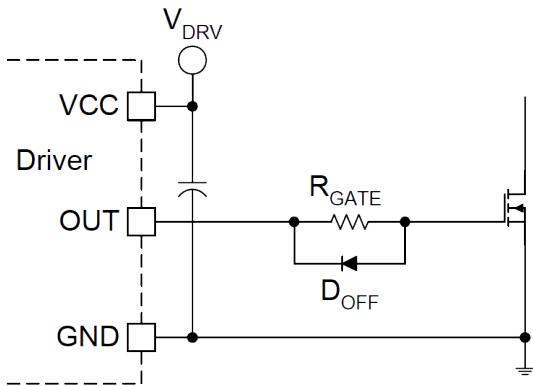
Straty mocy podczas przełączania. Wnioski.

- Szybsze przełączanie MOSFETA pozwala ograniczyć straty mocy.
- Ze względu na bardzo duże pojemności wejściowe (nawet ponad 2 nF!) wydajność prądowa sterownika musi być tym większa im większa jest częstotliwość przełączania.
- Im „większy” MOSFET tym większe pojemności. Nie przesadzamy z parametrami maksymalnymi!



MOSFET jako przełącznik mocy

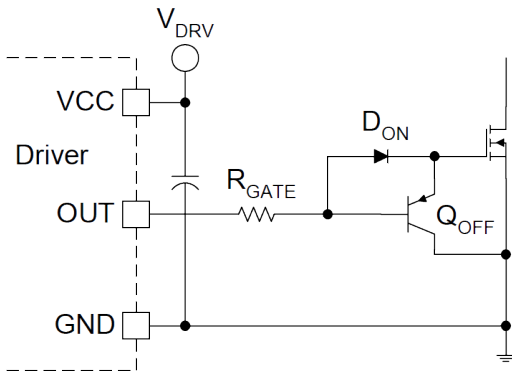
Przyspieszamy!





MOSFET jako przełącznik mocy

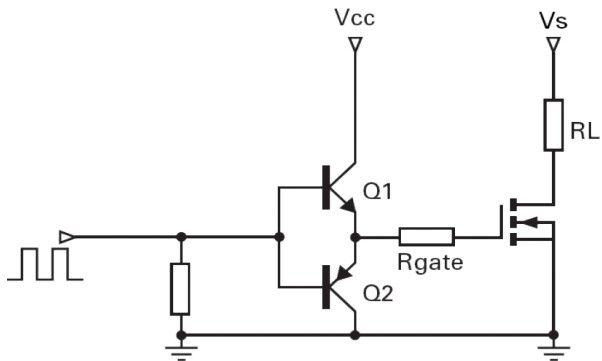
Przyspieszamy!





MOSFET jako przełącznik mocy

Przyspieszamy!





MOSFET jako przełącznik mocy

Straty mocy w układzie sterującym

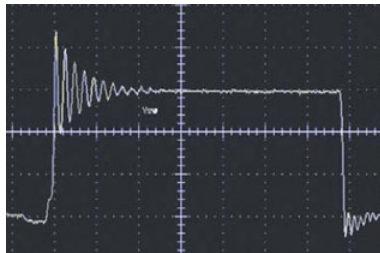
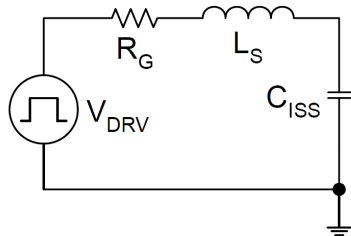
$$P_{D(npn)} = \left(V_{CC} - \frac{V_G}{2} \right) Q_G f + V_{BE} I_B t f$$

$$P_{D(pnp)} = \frac{V_G}{2} Q_G f + V_{BE} I_B t f$$



MOSFET jako przełącznik mocy

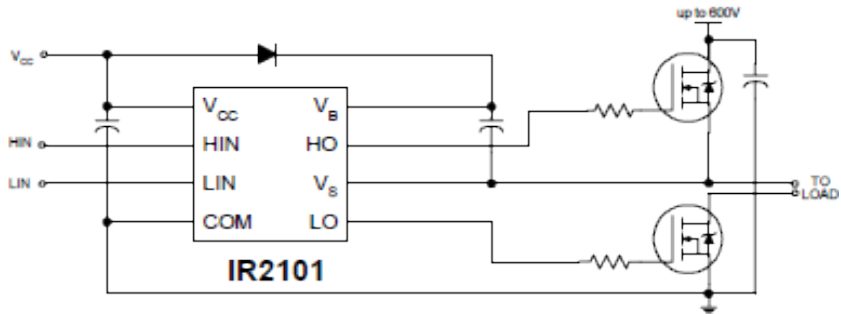
Nie zmniejszamy R_G do zera!





MOSFET jako przełącznik mocy

Sterowniki MOSFETów





Podsumowanie

Dziękuję za uwagę.