

# Tranzystory polowe

## MOSFET

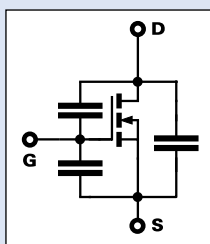
TRANZYSTORY dla POCZĄTKUJĄCYCH Część 23

**W niniejszym odcinku podane są informacje na temat specyficznych cech tranzystorów MOSFET, które trzeba znać i uwzględnić w niektórych zastosowaniach. Wiadomości te są niezbędne każdemu elektronikowi do prawidłowego wykorzystania tych użytecznych elementów.**

Prawdopodobnie jesteś zachwycony właściwościami MOSFET-ów, omówionych w poprzednim odcinku. Rzeczywiście, do wielu zastosowań są to wymarzone tranzystory, zdecydowanie lepsze niż zwykłe tranzystory bipolarne. Ale nie myśl, że MOSFET-y to elementy idealne. Muszę Ci zwrócić uwagę na dwie istotne cechy, które często dają o sobie znać, i to w bolesny sposób.

### Pojemności

Po pierwsze chodzi o pojemności, a zwłaszcza pojemność między bramką a pozostałymi elektrodami – zobacz rysunek 20. W MOSFET-ach mocy pojemności te są rzędu 1nF. Czy ten jeden nanofarad to znikoma pojemność i nie ma się czym przejmować? Wprost przeciwnie!

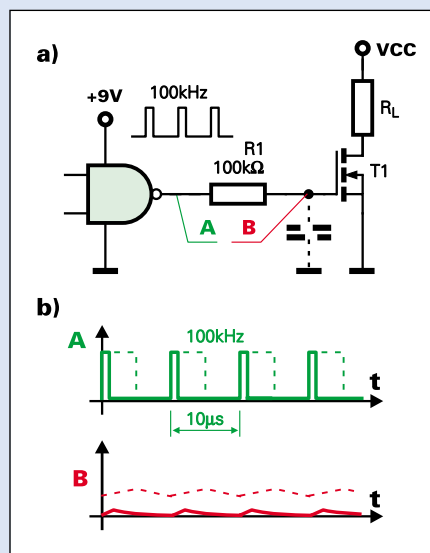


Rys. 20 Pojemności wewnętrzne

Wiesz, że MOSFET-y często pracują w układach impulsowych przy częstotliwościach rzędu dziesiątek, a nawet setek kiloherców. Cieszyłeś się, że obwód bramki nie pobiera prądu – słusznie, ale dotyczy to tylko pracy statycznej. Przeanalizujmy teraz, co dzieje się w układzie z rysunku 21, gdzie przy częstotliwości 100kHz bramka tranzystora sterowana jest przez rezystor R1 o dużej wartości 100kΩ. Jeśli w obwodzie bramki nie płynie prąd, to chyba obecność tego re-

zystora nie powinna przeszkadzać... Widzisz problem?

Rezystancja R1 z pojemnością bramki-źródło tranzystora daje stałą czasową rzędu 100μs (100kΩ\*1nF) i tworzy filtr – obwód uśredniający. W rzeczywistości jest jeszcze gorzej ze względu na tzw. zjawisko Millera i pojemność dren-bramka, ale nie wchodzimy w szczegóły.



Rys. 21 Przykładowy układ pracy

Okazuje się, że przy wąskich impulsach o częstotliwości 100kHz, czemu odpowiada okres 10μs, tranzystor w ogóle nie zdoła się otworzyć, bo w czasie impulsu dodatniego napięcia na bramce nie zdoła wzrosnąć powyżej progu włączania tranzystora (linie ciągle na rysunku

21b). Gdyby impulsy miały wypełnienie 50%, na bramce panowałoby napięcie stałe rzędu 4,5V, a więc tranzystor byłby ciągle otwarty (linie przerywane na rysunku 21b).

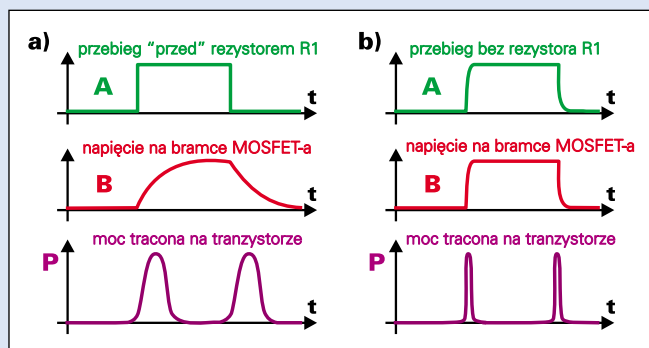
Koniecznym jest zmniejszyć wartość R1. Zmniejszyć, by przebiegi wyglądały przynajmniej jak na rysunku 22a, a najlepiej całkowicie usunąć, by wyglądały jak na rysunku 22b. Przecież w pojemności bramkowej MOSFET-a gromadzi się pewna ilość energii. Najpierw tę pojemność trzeba jak najszybciej naładować, a potem jak najszybciej rozładować. Dlaczego jak najszybciej? Jeśli proces ładowania i rozładowania będzie przebiegał wolno, wtedy przełączanie będzie powolne i w tranzystorze będzie się wtedy wydzielala znaczna moc – wystąpią duże straty przełączania – pokazano to na rysunku 22. Jeśli ładowanie i rozładowywanie będzie szybkie, jak na rysunku 22b, straty mocy w tranzystorze będą niewielkie. Jeśli czasy te będą znaczne (rysunek 22a), tranzystor będzie się silnie grzał.

Policzmy teraz, w ciągu jakiego czasu prąd 10mA naładuje pojemność 1nF do napięcia 10V:

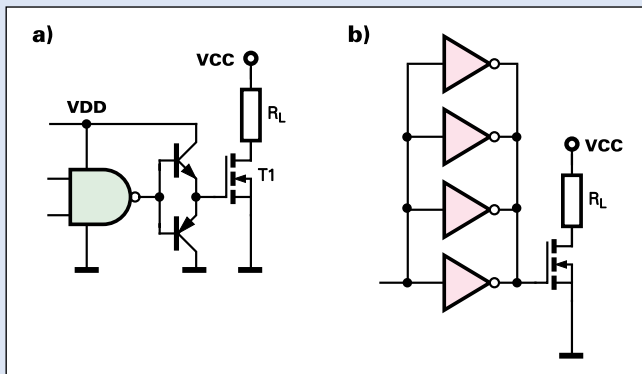
$$t = CU/I$$

$$t = 1nF \cdot 10V / 10mA = 100ns$$

Rys. 22 Straty mocy podczas przełączania



1000ns, czyli jedna mikrosekunda – to dużo, bardzo dużo, jak na szybkie układy impulsowe. Dlatego zapamiętaj raz na zawsze, że przy pracy impulsowej obwody sterujące bramkę MOSFET-a muszą mieć jak największą wydajność prądową. Naprawdę nie zaszkodzi, gdy wydajność będzie rzędu nawet 1A. Właśnie dlatego często stosuje się tranzystorowy wtórnik symetryczny jak na rysunku 23a, bądź równoległe łączy bramki wg rysunku 23b.



Rys. 23 Stopnie sterujące w szybkich układach

Początkujący się dziwią, bo wiedzą tylko, iż MOSFET-y są sterowane napięciowo, a tu widzą stopnie sterujące silniejsze niż w zwykłych tranzystorach.

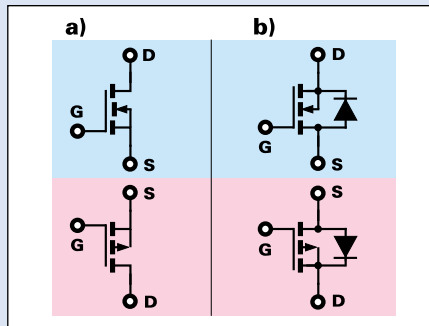
Ale uwaga – problem pojemności i jej przeladowania ma znaczenie tylko przy większych częstotliwościach. Przy pracy statycznej i przy małych częstotliwościach nie trzeba się nim przejmować i bramka MOSFET-a może być sterowana przez obwód o dużej oporności.

Niemniej stosując MOSFET-y w różnych nietypowych układach również warto pamiętać o pojemnościach między bramką a pozostałymi elektrodami. Czasem niespodziankę sprawia pojemność bramka-dren, przez którą do obwodu drenu przenikają impulsy sterujące bramkę.

### Dioda

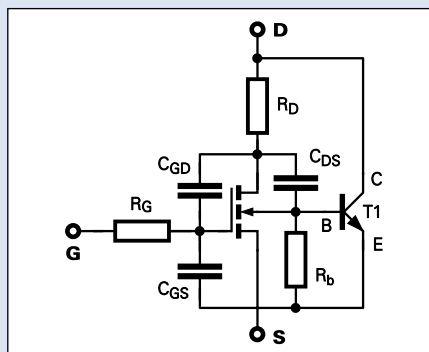
Drugą bardzo ważną sprawą to obecność pasożytniczej diody między drenem a źródłem. Wbij sobie do głowy raz na zawsze, że choć używamy symbolów MOSFET-ów z rysunku 24a, w rzeczywistości zawsze zawierają diodę, jak pokazano na rysunku 24b. W normalnych warunkach pracy nie przeszkadza ona, bo jest spolaryzowana zaporowo. Jednak MOSFET-y są bardzo często stosowane w nietypowych układach, choćby jako przełączniki sygnałów zmiennych. Wtedy obowiązkowo trzeba uwzględnić obecność tej diody. Czasem nawet bywa ona wykorzystywana (jej prąd przewodzenia jest taki sam jak tranzystora).

Skąd ta dioda? W procesie produkcyjnym powstają nieodłączne pasożytnicze złącza oraz struktury i w rezultacie dokładniejszy schemat zastępczy wygląda jak na rysunku 25.



Rys. 24 Schematy zastępcze

Nie musisz wgłębiać się w szczegóły - tranzystor z rysunku 25 w rzeczywistości zachowuje się jak dioda z rysunku 24. ZAWSZE WIĘC PAMIĘTAJ O OBECNOŚCI TEJ DIODY! Dotyczy to jednak tylko MOSFET-ów, a nie JFET-ów.

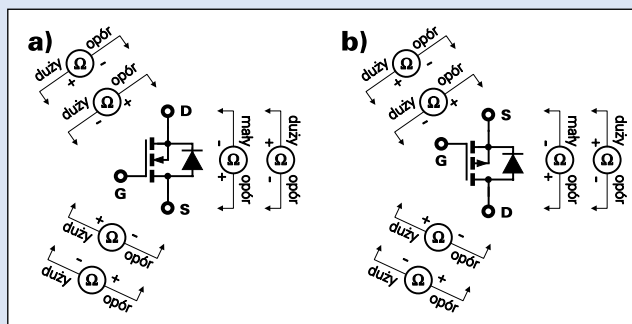


Rys. 25 Szczegółowy schemat zastępczy

### Podsumowanie

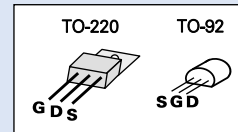
Ogólnie biorąc, MOSFET-y to bardzo użyteczne elementy. Nie ma najmniejszego powodu, żebyś się ich bał i nie wykorzystywał ich wspaniałych zalet. Jeśli do tej pory miałeś jakiegokolwiek obawy – śmiało zacznij je stosować. Nie bój się - jeśli chodzi o podatność na uszkodzenia, to MOSFET-y mocy, np. BUZ10, BUZ11, IRF540, itd., sprawują się bardzo dobrze. Naprawdę niełatwo je zepsuć. Uszkodzenia wywo-

Rys. 26 Sprawdzanie za pomocą omiornierza



lane ładunkami statycznymi zdarzają się niemiernie rzadko. Znacznie gorzej z małymi MOSFET-ami typu BS170, BS107, BS250. Są one delikatne i naprawdę łatwo je uszkodzić. Należy obchodzić się z nimi bardzo ostrożnie: przechowywać je wetknięte w czarną przewodzącą gąbkę, uziemić stanowisko pracy, uziemić grot lutownicy, rozładowywać swe ciało często dotykając uziemienia i czarnej gąbki, itd. Ze względu na tę wrażliwość zalecam taką właśnie ostrożność podczas testowania małych MOSFET-ów za pomocą omiornierza wg rysunku 26 - w czasie takich prób można je nieoczekiwanie bezpowrotnie zepsuć (duży opór wg rysunku 26 oznacza, że omiornierz pokazuje wartość nieskończenie wielką).

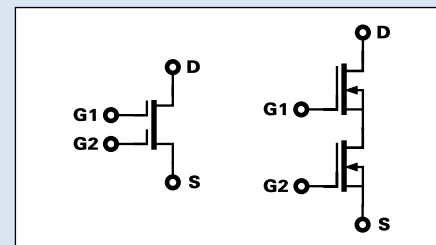
Na koniec mam dla Ciebie jeszcze jedną dobrą wiadomość - generalnie wyprowadzenia MOSFET-ów są znormalizowane - typowy układ wyprowadzeń znajdziesz na rysunku 27. MOSFET-y mocy zawsze mają podany rozkład wyprowadzeń. Bardzo rzadko można spotkać małe MOSFET-y w obudowie TO-92, gdzie kolejność wyprowadzeń jest inna (DGS albo GDS zamiast SGD).



Rys. 27 Układ wyprowadzeń

Cenne informacje katalogowe dotyczące MOSFET-ów i JFET-ów zamieszczone były na wkładce w EdW 11/98.

Oprócz klasycznych MOSFET-ów z kanałem N i P spotkasz też MOSFET-y z dwoma bramkami. Są używane w układach w.c.z. jako stopnie wejściowe, wzmacniacze o napięciowo regulowanym wzmocnieniu, mieszacze, itd. Nie będziemy wgłębiać się w ten temat, ale są to jedne z nielicznych MOSFET-ów zubożonych (depletion mode). Możesz traktować takiego diwola jako kaskodowe połączenie dwóch zubożonych MOSFET-ów według rysunku 28.



Rys. 28 MOSFET dwubramkowy

I tyle na początek powinienś wiedzieć o tranzystorach polowych. Jeśli czegoś nie rozumiałeś, napisz do Redakcji. Jeśli rozumiałeś i przestałeś się bać wszelkich FET-ów, również napisz!

Piotr Górecki