

KLUCZ TRANZYSTOROWY - ćwiczenie symulacyjne

1. WSTĘP

Niniejsze ćwiczenie ma na celu zapoznać nas z podstawowymi układami i parametrami kluczy elektronicznych, zrealizowanych w oparciu o tranzystor bipolarny NPN oraz unipolarny N-MOS z kanałem wzbogacanym. W pierwszej kolejności poznajemy podstawowe charakterystyki napięciowo-prądowe obydwu tranzystorów, pozwalające wyjaśnić, dlaczego w/w elementy mogą spełniać funkcję klucza (zwarcie-rozwarcie). Następnym krokiem jest zaznajomienie się z wybranymi układami kluczy oraz pomiar ich podstawowych parametrów. Na zakończenie podany jest przykład zastosowania klucza bipolarnego do sterowania przekaźnikiem, który jest elementem indukcyjnym o niezerowej rezystancji. Wszystkie symulacje są zaprojektowane dla programu MULTISIM2001. Wyniki symulacji można będzie zapamiętywać na dyskietce.

Używane oznaczenia:

I_B - prąd bazy

I_C - prąd kolektora

I_D - prąd drenu

U_{CE} - napięcie kolektor-emiter

U_{DS} - napięcie dren-źródło

U_{GS} - napięcie

$U_{GS(th)}$ - napięcie progowe bramka-źródło

$R_{DS(on)}$ - rezystancja kanału włączonego tranzystora MOS

t_{on} - czas włączania tranzystora

t_{off} - czas wyłączenia tranzystora

2. KLUCZ BIPOLARNY NPN

2.1. Charakterystyka wyjściowa $I_C=f(U_{CE})_{I_B=const}$

Na początek wyznaczmy charakterystykę wyjściową $I_C=f(U_{CE})_{I_B=const}$, tranzystora pracującego w konfiguracji WE (wspólny emiter). W tym celu otwieramy zbiór symulacyjny o nazwie Klucz_NPN_1. Po uruchomieniu symulacji, na oscyloskopie XSC1 jest generowana interesująca nas rodzina charakterystyk, dla ośmiu różnych wartości prądów bazy I_B (zakres od 0mA do 17.5mA z krokiem 2.5mA). Napięcie U_{CE} zmienia się w zakresie od 0V do 20V. Na osi X są wartości napięcia U_{CE} w [V], a na osi Y są wartości prądu I_C w [mA]. W menu View otworzyć Show Grapher i odpowiednio dopasować osie X i Y. Następnie przerysować charakterystykę, zachowując jej kształt i najważniejsze punkty odniesienia. Dane można również zapamiętać na dyskietce, otwierając File → Save As. Otrzymaną charakterystykę przerysować do sprawozdania, zaznaczając obszar, w którym tranzystor może pracować jako klucz.

2.2. Wpływ wartości elementów na jakość klucza

Otworzyć zbiór symulacyjny o nazwie Klucz_NPN_2. Uruchomić symulację. Na oscyloskopie obserwować wpływ wartości parametrów elementów: rezystora w kolektorze (R_1 lub R_2), rezystora w bazie (R_3 lub R_4) i kondensatora przyspieszającego (C_1 lub C_2) na czas włączania i wyłączenia klucza. Ustawienie wyzwalania oscyloskopu w pozycji

"opadające zbocze" pozwala obserwować czas wyłączenia klucza, a pozycja "narastające zbocze" czas włączania klucza. Zmierzyć czas włączania t_{on} i wyłączenia t_{off} klucza dla wszystkich kombinacji elementów, a w sprawozdaniu spróbować wyjaśnić wpływ poszczególnych elementów na otrzymane wyniki. Klawisz A przełącza rezystory kolektorowe, klawisz B rezystory bazowe, a klawisz Spacja pojemności przyspieszające. Czas t_{on} jest liczony od narastającego zbocza sygnału przełączającego do punktu, w którym amplituda sygnału wyjściowego (napięcia na tranzystorze) osiąga 10% swojej maksymalnej wartości. Natomiast czas t_{off} jest liczony od opadającego zbocza sygnału przełączającego do punktu, w którym amplituda sygnału wyjściowego (napięcia na tranzystorze) osiąga 90% swojej maksymalnej wartości.

2.3. Zastosowanie klucza NPN do sterowania przekaźnikiem

Uruchomić symulację Klucz_NPN_3. Przekaznik jest symulowany indukcyjnością połączoną w szereg z rezystorem. Klawiszem Spacja dołączać i odłączać diodę D_1 . Na oscyloskopie obserwować przebieg napięcia U_{CE} tranzystora oraz napięcia przełączającego. Zaobserwować pojawienie się "szpilek" wysokiego napięcia na kolektorze tranzystora, w czasie, gdy dioda D_1 jest odłączona. W sprawozdaniu wyjaśnić rolę diody D_1 .

3. KLUCZ UNIPOLARNY N-MOS

3.1. Charakterystyka wyjściowa $I_D=f(U_{DS})|_{U_{GS}=const}$

Wyznamy charakterystykę wyjściową $I_D=f(U_{DS})|_{U_{GS}=const}$, tranzystora pracującego w konfiguracji WS (wspólne źródło). W tym celu otwieramy zbiór symulacyjny o nazwie Klucz_MOS_1. Po uruchomieniu symulacji, na oscyloskopie XSC1 jest generowana interesująca nas rodzina charakterystyk, dla szesnastu różnych wartości napięć bramka-źródło U_{GS} (zakres od 0V do 6V z krokiem 0.4V). Napięcie U_{DS} zmienia się w zakresie od 0V do 20V. Na osi X są wartości napięcia U_{DS} w [V], a na osi Y są wartości prądu I_D w [A]. W menu View otworzyć Show Grapher i odpowiednio dopasować osie X i Y. Następnie przerysować charakterystykę, zachowując jej kształt i najważniejsze punkty odniesienia. Dane można również zapamiętać na dyskietce, otwierając File → Save As. Otrzymaną charakterystykę przerysować do sprawozdania, zaznaczając obszar, w którym tranzystor może pracować jako klucz. Następnie wyznaczyć wartość rezystancji kanału $R_{DS(on)}$ dla $U_{GS}=6V$ i $I_D=12A$.

3.2. Charakterystyka przejściowa $I_D=f(U_{GS})|_{U_{DS}=const}$

Z kolei wyznaczymy charakterystykę przejściową $I_D=f(U_{GS})|_{U_{DS}=const}$, w celu określenia wartości napięcia progowego $U_{GS(th)}$. W tym celu otwieramy zbiór symulacyjny o nazwie Klucz_MOS_2. Po uruchomieniu symulacji, na oscyloskopie XSC1 jest generowana interesująca nas rodzina charakterystyk, dla szesnastu różnych wartości napięć dren-źródło U_{DS} (zakres od 0V do 7.5V z krokiem 0.5V). Napięcie U_{GS} zmienia się w zakresie od 0V do 6V. Na osi X są wartości napięcia U_{GS} w [V], a na osi Y są wartości prądu I_D w [A]. W menu View otworzyć Show Grapher i odpowiednio dopasować osie X i Y. Następnie przerysować charakterystykę, zachowując jej kształt i najważniejsze punkty odniesienia. Dane można również zapamiętać na dyskietce, otwierając File → Save As. Otrzymaną charakterystykę przerysować do sprawozdania, a następnie wyznaczyć wartość napięcia progowego $U_{GS(th)}$. Zwrócić uwagę na kształt charakterystyki dla małych wartości napięcia U_{DS} . Porównać z charakterystyką z pkt. 3.1. Spróbować wyjaśnić jej kształt.

3.3. Klucz N-MOS w konfiguracji WS wspólne źródło

Wczytać zbiór Klucz_MOS_3. Na oscyloskopie obserwować wpływ wartości parametrów rezystora obciążenia R_2 lub R_3 na czas włączania t_{on} i wyłączania t_{off} klucza. Zmierzyć czas włączania i wyłączania klucza dla obu kombinacji elementów, a w sprawozdaniu spróbować wyjaśnić wpływ wartości rezystancji obciążenia na otrzymane wyniki. Klawisz Spacja przełącza rezystory drenowe.

3.4. Klucz N-MOS w konfiguracji WG wspólna bramka

Na koniec zbadamy zachowanie się klucza N-MOS działającego jak łącznik. Należy wczytać zbiór Klucz_NMOS_4 i uruchomić symulację. Na wejście klucza podajemy sygnał sinusoidalny V_1 bez składowej stałej lub V_2 ze składową stałą tak dobraną, aby napięcie wejściowe nie przyjmowało wartości ujemnych (patrz oscyloskop). Klawiszem Spacja przełączamy źródła wejściowe, klawiszami A (zwiększanie) i a (zmniejszanie) ustawiamy wartość napięcia na bramce tranzystora (od 0V do 15V), a klawiszem B (b) odłączamy bramkę o źródła polaryzacji. Należy zatrzymać symulację przed każdym przełączeniem klawisza B (b). Zaobserwować jak jest przenoszony sygnał z wejścia na wyjście w zależności od napięcia na bramce. W przypadku źródła V_1 zaobserwować włączanie się diody zabezpieczającej, znajdującej się wewnątrz tranzystora (przy spolaryzowanej bramce i bez polaryzacji). Na woltomierzu odczytać wartość napięcia bramki, przy którym nie występują zniekształcenia (obcięcie sygnału). Zwrócić uwagę, że napięcie na bramce (względem masy) nie jest równe napięciu U_{GS} . W sprawozdaniu zamieścić odpowiednie wnioski na temat przydatności powyższej konfiguracji jako klucza typu łącznik (zwróć uwagę na napięcie progowe $U_{GS(th)}$ i kształt charakterystyki przejściowej).

4. ZAKOŃCZENIE

Należy się zastanowić, jak wyglądałoby ćwiczenie w przypadku tranzystorów PNP i P-MOS. Jakich generalnych zmian powinno się dokonać w układach symulacyjnych, aby można było przeprowadzić pomiary wg niniejszej instrukcji.