

Stanisław Pietraszek, Jacek Tylec

PROJEKTOWANIE UNIWIBRATORÓW
Z WYKORZYSTANIEM PRZERZUTNIKÓW SCALONYCH TTL

Streszczenie. W artykule podano opis pracy i zasady projektowania uniwibratorów z wykorzystaniem przerzutników scalonych typu D lub JK serii TTL, elementu negacji oraz kilku elementów dyskretnych. Zaletą układu jest pełna zdolność współpracy z układami scalonymi TTL.

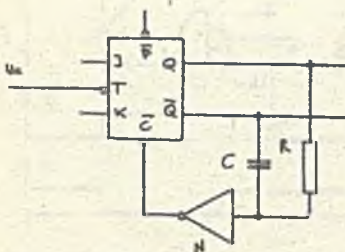
Uniwibrator zapewnia zakres czasów trwania impulsu wyjściowego od 60 ns do kilku μ s. Impuls ten ma zbocza o czasie narastania krótszym niż 20 ns.

Opisano sposoby zmniejszania czasu martwego układu. Uniwibrator może być wyzwalany narastającym lub opadającym zboczem sygnału wejściowego.

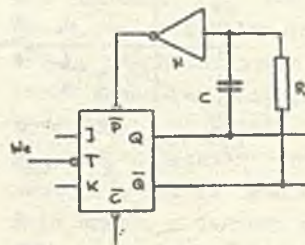
Przedstawiono wybór układów oraz podano wskazówki przydatne przy projektowaniu uniwibratorów tego typu.

1. Wstęp

Istnieją dwa równoważne połączenia przerzutnika jako uniwibratora. Są one przedstawione na rys. 1 i rys. 2. Działanie obu układów jest identycz-



Rys. 1



Rys. 2

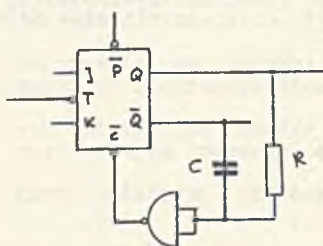
ne, różnice zaś polegają na zamianie wejść P i C oraz wyjść Q i Q-bar. Jako element negacji można zastosować inwertor TTL, bramkę TTL lub tranzystor typu npn. Ze względu na pewne różnice w działaniu układu występujące w zależności od użytego elementu negacji oddzielnie omówiony zostanie układ uniwibratora z bramką i tranzystorem.

Czas trwania impulsu wyzwalającego powinien być dłuższy od 40 ns. W końcowej części artykułu przedstawiono wybór układów zbudowanych w oparciu

o różne typy elementów, wyzwalanych dodatnim lub ujemnym zboczem impulsu wejściowego oraz zalecenia przydatne przy projektowaniu monowibratorów tego typu.

2. Monostabilne połączenia przerzutnika i bramki

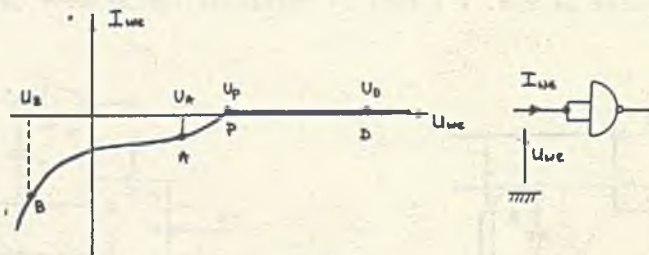
Schemat układu przedstawia rys. 3. Jako przerzutnika użyto 1/2 SN 7476 zaś jako bramki 1/4 SN 7400. Możliwe jest oczywiście użycie innych elementów.



Rys. 3

Przyjmuję oznaczenia:

- U_L - napięcie na wyjściu przerzutnika, bramki w stanie "0" log,
- U_H - napięcie na wyjściu przerzutnika, bramki w stanie "1" log,
- U_{WE} - napięcie na wejściu bramki, na bazie tranzystora,
- U_C - napięcie na wejściu \bar{C} przerzutnika,
- U_A, U_B, U_P, U_D - napięcie na wejściu bramki, bazie tranzystora, odpowiadające punktom A, B, P, D,
- U_P - napięcie progowe elementu negacji.

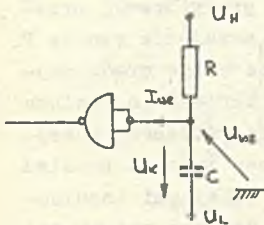


Rys. 4

Układ posiada tylko jeden stan stabilny: zero logiczne na wyjściu Q i jedynka logiczna na wyjściu \bar{Q} . Na wejście bramki poprzez rezystor R podane jest z wyjścia Q zero logiczne co powoduje podanie jedynki logicznej na wejście \bar{C} przerzutnika. W przeciwnym wypadku tzn. gdyby $Q = 1$ i $\bar{Q} = 0$ jedynka logiczna z wyjścia Q spowodowałaby poprzez rezystor R i bramkę podanie zera logicznego na wejście \bar{C} i przejście przerzutnika do stanu $Q = 0$ i $\bar{Q} = 1$ czyli ustawienie go w stan stabilny. W stanie stabilnym napięcia w poszczególnych punktach układu są następujące:

$$U_Q = U_L, \quad U_{\bar{Q}} = U_H, \quad U_{WE} = U_A \quad (\text{rys. 4})$$

Na rys. 4 przedstawiono charakterystykę wejściową bramki. U_A jest 1-1,4 V i zależy głównie od wartości rezystancji R i charakterystyki wejściowej bramki. Wartość rezystancji R winna być mniejsza od 2 k Ω , aby umożliwić utrzymanie napięcia wejściowego bramki poniżej napięcia progowego. W stanie stabilnym ($U_Q = U_L$, $U_{\bar{Q}} = U_H$) kondensator C naładowany jest do napięcia $U_K = U_H - U_A$. Ujemne zbocze impulsu wejściowego powoduje zmianę stanu wyjść przerzutnika i wówczas napięcia w poszczególnych punktach układu są następujące:

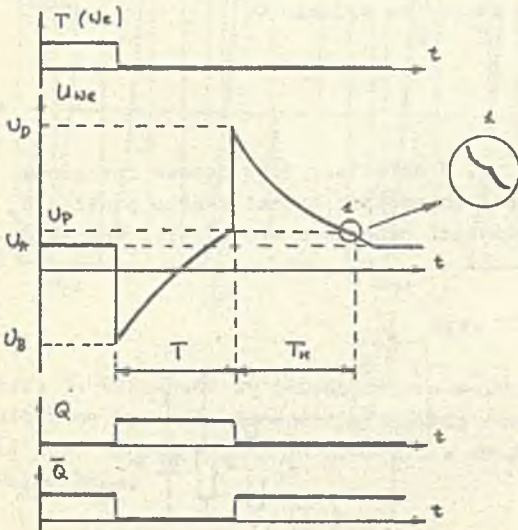


Rys. 5

$$U_Q = U_H, \quad U_{\bar{Q}} = U_L, \quad U_{WE} = U_L - U_K = U_L - U_H + U_A$$

Napięcie na wejściu bramki zmienia się skokowo na ujemne - przeskok do punktu B (rys. 4). Następuje okres przeładowania się pojemności C do napięcia zgodnego z aktualnym stanem wyjść przerzutnika przez rezystor R i wejście bramki (rys. 5).

Czasowy przebieg napięcia na wejściu bramki przedstawia rys. 6. Analityczny opis $U_{WE}(t)$ jest dość skomplikowany ze względu na nieliniową zależność I_{WE} od U_{WE} (rys. 4). Napięcie U_{WE} rośnie i punkt pracy bramki przesuwają się po charakterystyce w kierunku dodatnich napięć wejściowych. W chwili, gdy $U_{WE} = U_P$ - punkt P (rys. 4) następuje zmiana stanu wyjścia bramki z jedynki na zero logiczne co powoduje zmianę stanu wyjść przerzutnika



Rys. 6

na $U_Q = U_L$ i $U_{\bar{Q}} = U_H$ czyli ustawienie go w stan stabilny. Napięcie na wejściu bramki zmienia się skokowo do wartości $U_H + (U_P - U_L)$ punkt D na charakterystyce wejściowej bramki. Czas przeładowania się pojemności C od napięcia $-U_B$ do $+U_P$ określa czas trwania impulsu na wyjściach przerzutnika.

Czas T jest więc funkcją U_H , U_L , U_P , R, C oraz zależy od charakterystyki wejściowej bramki. U_H , U_L , U_P oraz charakterystyka wejściowa bramki są stałe i ustalone zaś R i C mogą być zmieniane w celu otrzymaniażądanego czasu trwania impulsu. W okresie, gdy U_{WE} jest większe od U_P uniwibrator

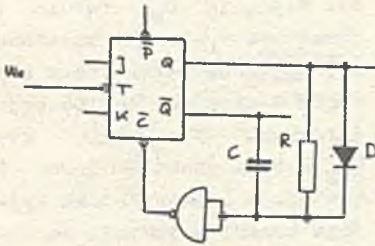
jest nieczuły na impulsy wyzwajające ze względu na trwałe podanie zera logicznego na wejście \bar{C} . Jest to tzw. czas martwy uniwibratora T_M . Napięcie wejściowe zmienia się w tym czasie wykładniczo ze stałą czasową RC (prąd wejściowy bramki dla $U_{WE} > U_P$ jest bardzo mały). Punkt pracy bramki przesuwa się w kierunku mniejszych napięć wejściowych. Po przejściu punktu P następuje zmniejszenie się stałej czasowej ze względu na wpływ prądu wejściowego bramki (szczegół 1 na rys. 6). Zjawisko czasu martwego ogranicza maksymalne wypełnienie przebiegu na wyjściu przerzutnika. Liczbowo maksymalny współczynnik wypełnienia równy jest ilorazowi czasu trwania impulsu na wyjściu przerzutnika i najmniejszego czasu pomiędzy kolejnymi impulsami wyzwajającymi, zapewniającego poprawną pracę układu. Sposoby zmiany tej własności układu opisano poniżej.

Pomiary układu z rys. 3 wykazały, że maksymalny współczynnik wypełnienia zależy od wartości R i jest dla: $R = 1 \text{ k}\Omega - 33\%$ $R = 1,5 \text{ k}\Omega - 28\%$ $R = 2 \text{ k}\Omega - 14\%$.

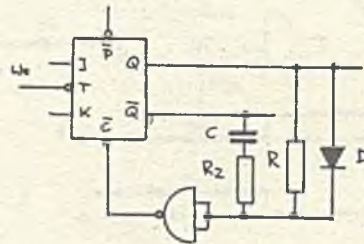
Zmniejszanie wartości R poniżej $1 \text{ k}\Omega$ jest nie zalecane ze względu na pogorszenie się kształtu opadającego zbocza na wyjściu Q.

3. Przyspieszona regeneracja

Czas martwy dla uniwibratora z rys. 3 określony jest czasem rozładowania się pojemności C, tak by napięcie na wejściu bramki spadło poniżej U_P tzn. do odzyskania przez układ możliwości ponownego wyzwolenia. Wprowadze-



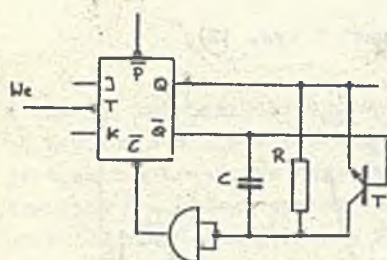
Rys. 7



Rys. 8

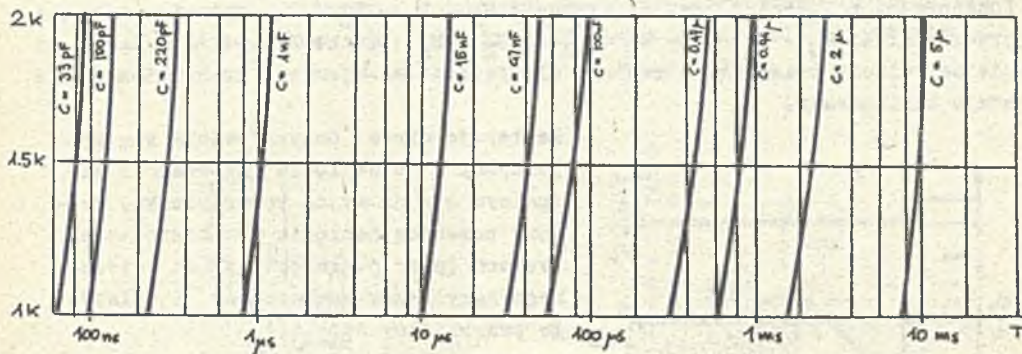
nie dodatkowych elementów pozwala na znaczne przyspieszenie przeładowania pojemności, tj. skrócenie czasu martwego i uzyskanie znacznie większych współczynników wypełnienia. Jedno z rozwiązań przedstawiono na rys. 7. W czasie trwania impulsu wyjściowego dioda spolaryzowana jest w kierunku zaporowym i rozładowanie pojemności odbywa się przez rezystor R i bramkę. Powtórne przeładowanie pojemności odbywa się przez równoległe połączenie rezystora R i małej rezystancji diody w kierunku przewodzenia. Czas martwy jest teraz znacznie krótszy. Układ z rys. 7 pozwala na zwiększenie

współczynnika wypełnienia do 60%. Jego wadą jest jednak pogorszenie kształtu tylnego zbocza impulsu wyjściowego wskutek nadmiernego obciążenia wyjścia Q (będącego w stanie logicznej jedynki) w okresie przeładowania pojemności przez diodę. Rozwiązanie kompromisowe pozwalające na uzyskanie większego wypełnienia bez pogorszenia kształtu zbocza impulsu wyjściowego przedstawia rys. 8.



Rys. 9

Jeśli nie jest ważny kształt impulsów wyjściowych, a potrzebne są znaczne wypełnienia impulsów wyjściowych, zaleca się stosować układ z rys. 9. Pozwala on uzyskać wypełnienie 90%. Zmierzono zależność czasu trwania impulsu wyjściowego od wartości R i C dla układu z



Rys. 10

rys. 3. Zależność tę przedstawiono w formie dogodnego do projektowania wykresu na rys. 10. Zaleca się zgrubny dobór T za pomocą C a dokładny, jeśli jest to potrzebne, za pomocą R z uwzględnieniem wyżej podanych własności układu.

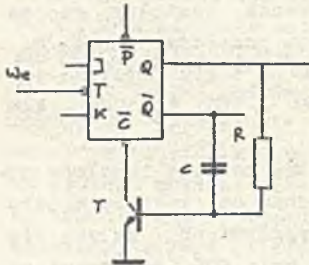
4. Monostabilne połączenie przerzutnika i tranzystora

Schemat układu przedstawia rys. 11. Różni się on tym od układu z rys. 3, że bramkę zastąpiono tranzystorem. Jako przerzutnika użyto 1/2 SN 7476, a tranzystor to BC527 III.

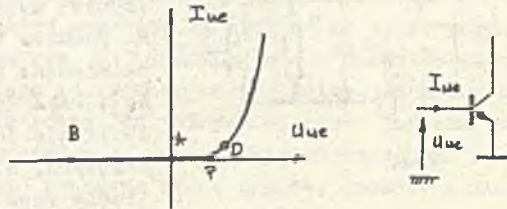
Rys. 12 przedstawia charakterystykę wejściową tranzystora. Zasada działania: stan stabilny jest identyczny jak dla układu z rys. 3. Różna jednak charakterystyka wejściowa elementu negacji powoduje, że przebiegi na bawie

transystora są jak na rys. 13. W stanie stabilnym napięcia w poszczególnych punktach są następujące:

$$U_Q = U_L, \quad U_{\bar{Q}} = U_H, \quad U_{WE} = U_L \quad (\text{punkt A rys. 12})$$



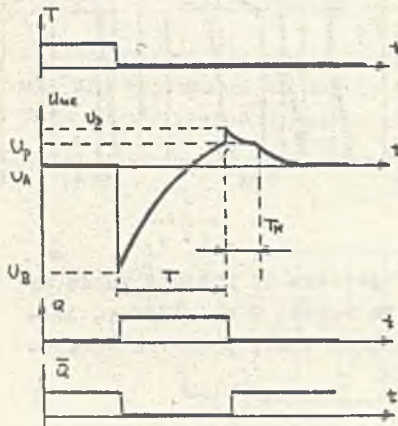
Rys. 11



Rys. 12

Kondensator naładowany jest do napięcia $U_K = U_H - U_L$. Po zmianie stanu przerzutnika: $U_Q = U_H$, $U_{\bar{Q}} = U_L$, $U_{WE} = 2U_L - U_H$ (punkt B rys. 12). Napięcie na wejściu tranzystora zmienia się skokowo na ujemne i tranzystor zostaje zablokowany.

Następuje okres przeładowania się pojemności C do napięcia zgodnego z aktualnym stanem wyjść przerzutnika. Czasowy przebieg napięcia na bazie tranzystora (przy pominięciu prądu wstecznego bazy) jest wykładniczy i opisuje go przybliżony wzór (1).



Rys. 13

$$U_{WE}(t) = U_H - 2(U_H - U_L)(1 - \exp \frac{-t}{RC}) \quad (1)$$

W momencie, gdy U_{WE} spada poniżej U_P (punkt P rys. 12) następuje wysterowanie tranzystora, co powoduje podanie zera logicznego na wejście \bar{C} przerzutnika. Przerzutnik wraca do stanu $U_Q = U_L$, $U_{\bar{Q}} = U_H$ czyli do stanu stabilnego. W tym momencie napięcie na bazie tran-

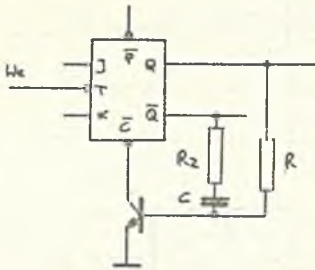
zystora powinno zmienić się skokowo do wartości $U_H + (U_P - U_L)$ jednak ze względu na charakterystykę wejściową tranzystora i ograniczoną wydajność prądową wyjść przerzutnika następuje jedynie skok do wartości $U_D = 0,8 V$. Czas trwania impulsu na wyjściu przerzutnika można w przybliżeniu określić z równania (2).

$$U_{WE}(t) = U_P \quad (2)$$

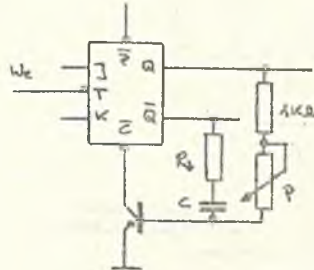
Z (1) i (2) otrzymujemy:

$$T = RC \ln \frac{2(U_H - U_L)}{U_H - U_P} \quad (3)$$

W czasie, gdy napięcie U_{WE} spada od U_D do U_P uniwibrator jest niewrażliwy na impulsy sterujące (czas martwy). Analityczny opis $U_{WE}(t)$ w tym czasie jest skomplikowany ze względu na nieliniową charakterystykę wejściową tranzystora. Dalszy spadek napięcia wejściowego odbywa się z inną większą stałą czasową i ma przebieg wykładniczy. Wielkość rezystora może być od 1 k Ω do 100 k Ω . Stosowanie R poniżej 1 k Ω jest nie zalecane ze względu na pogorszenie się kształtu tylnego zbocza impulsu wyjściowego. Górna wartość R ograniczona jest wartością wzmacnienia prądowego użytego tranzystora. Wprawdzie stosowanie R o wartości 100-1000 k Ω jest możliwe (dla tranzystorów o dużym β) jednak nie jest zalecane ze względu na gorszą stałość czasu trwania generowanego impulsu. Z powodu silnego obciążenia wyjścia Q podczas przeładowania pojemności następuje pogorszenie tylnego zbocza impulsu wyjściowego. Aby temu przeciwdziałać zaleca się stosowanie układu z rys. 14. Minimalna wartość oporu R_Z wynosi 200 Ω .



Rys. 14



Rys. 15

Pomiary układu z rys. 11 wykazały, że maksymalny współczynnik wypełnienia zależy od wartości rezystora R i wynosi: dla $R = 1$ k Ω - 40%, dla $R = 10$ k Ω - ponad 90%.

Stosowanie układu z rys. 14 pogarsza maksymalny współczynnik wypełnienia, przy czym wpływ ten jest istotny dla R mniejszych od 10 k Ω .

Cenną zaletą układu jest możliwość płynnego regulowania czasu trwania impulsu przez zmianę rezystora R. Maksymalny zakres regulacji może być większy od 1:50 (1:100). W tym przypadku zaleca się stosowanie zamiast rezystora R potencjometru liniowego i do 100 k Ω połączonego w szereg z rezystorem 1 k Ω , (rys. 15). Zmierzone zależności czasu trwania impulsu wyjściowego od wartości R i C dla układu z rys. 11. Zależność ta dla impulsów

dłuższych od $1 \mu s$ pokrywa się wzorem (3). Po wstawieniu danych liczbowych otrzymujemy:

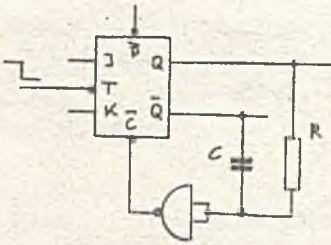
$$T = 0,9 RC \quad (4)$$

gdzie T w μs , R w $k\Omega$, C w nF .

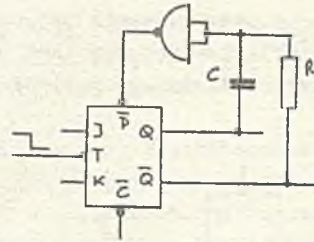
Dla $T \ll 1 \mu s$ rzeczywiste czasy trwania impulsów są nieco dłuższe od obliczonych z wzoru (4).

5. Przegląd podstawowych rozwiązań uniwbulatorów z przerzutnikami typu JK i D

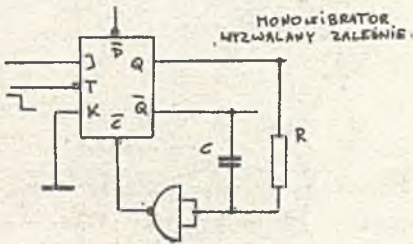
Podstawowe układy uniwbulatorów z wykorzystaniem przerzutników JK przedstawiają rys. 16 i 17. Układy te wyzwalane są opadającym zboczem sygnału



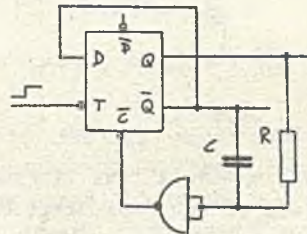
Rys. 16



Rys. 17



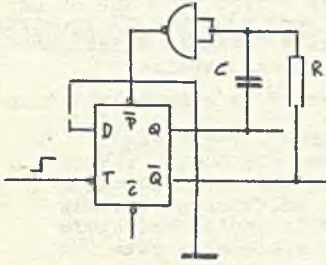
Rys. 18



Rys. 19

wejściowego podawanego na wejście T. Niewykorzystane wejścia JK można dołączyć do $+5 V$ przez rezystor $1 k\Omega$ lub w układzie z rys. 16 wejście K uzemieć i J połączyć z \bar{Q} a w układzie z rys. 17 wejścia J i K połączyć z \bar{Q} . Jako przerzutniki można użyć SN 7473 lub SN 7476, stosowanie SN 7472 wydaje się być mało ekonomiczne. Podstawowe układy z wykorzystaniem prze-

rzutników D przedstawione są na rys. 19 i 20. Układy wyzwalane są narastającym zboczem sygnału wejściowego.



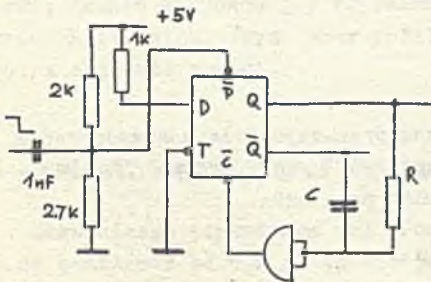
Rys. 20

Układy z rys. 21 i 22 przedstawiają modyfikacje układów z rys. 19 i 20, tak by mogły być one wyzwalane opadającym zboczem sygnału wejściowego. Wymaga to zastosowania paru dodatkowych elementów.

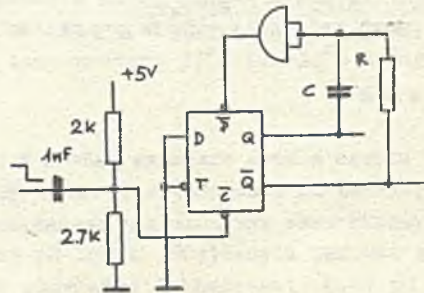
W każdym z układów przedstawionych na rys. 16 i 22 zamiast bramki jako element negacji można zastosować tranzystor npn. Własności dotyczące maksymalnego współczynnika wypełnienia dla układów z rys. 16-20, w których elementem negacji jest bramka, są identyczne jak dla układu z rys. 3, zaś gdy elemen-

tem negacji jest tranzystor odpowiadają własnościom układu z rys. 11.

Jeśli zależy nam na dużych współczynnikach wypełnienia można stosować w układach z rys. 16-20 modyfikacje pokazane na rys. 7, 8, 9, 14.



Rys. 21



Rys. 22

6. Wskazówki praktyczne przy projektowaniu przerzutników układów monostabilnych

Sygnały wejściowe powinny spełniać konwencję sygnałów w układach TTL. Stosując kryterium maksymalnej prostoty układów zaleca się:

- jako uniwibratory wyzwalane zboczem narastającym stosować układy z rys. 19 i 20,
- jako uniwibratory wyzwalane zboczem opadającym stosować układy z rys. 16 i 17,

- w układach z bramką wartość R przyjmować $1\text{ k}\Omega$ ($1-2,0\text{ k}\Omega$) a w układach z tranzystorem $5-10\text{ k}\Omega$ ($1-100\text{ k}\Omega$),
- dla uzyskania czasów ponad 1 ms stosować układ z tranzystorem (dla R większych od $100\text{ k}\Omega$ używać tranzystorów o dużym h_{21e}),
- dla uzyskania dużego wypełnienia stosować układy z rys. 7, 9 lub układy z tranzystorem ($R \geq 10\text{ k}\Omega$). Sprawdzić zdolność współpracy z następującymi układami ze względu na przeciąganie tylnego zbocza impulsu,
- strome tylne zbocze impulsu zapewnia układ z rys. 8 (z bramką lub z tranzystorem).

LITERATURA

- [1] Design of monostable multivibrators using MECL Integrated Circuits. Motorola Semiconductor Products Inc. Application Note AN-233.
- [2] TTL Integrated Circuits from Texas Instruments Catalog 1969.
- [3] Transistor - transistor Logic and its Interconnections. A practical Guide to Micro electronic Circuits. J.A. Scarlett, Van Nostrand Reinhold Company, London 1972.
- [4] Anderson W.D. i in.: Projektowanie układów TTL obwodami scalonymi OIEF Warszawa 1973.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОНОВИБРАТОРОВ
НА ОСНОВЕ ТРИГГЕРОВ ТИПА D ИЛИ JK

Р е з ю м е

В статье даётся описание работы и принципы проектирования моновибраторов построенных на основе интегральных триггеров типа D или JK серии TTL. Даются практические указания для реализации такого рода схем.

THE DESIGNING OF MONOSTABLE MULTIVIBRATORS WITH TTL TRIGGERS

S u m m a r y

This article contains some construction principles of monostable multivibrators using D and JK TTL triggers. A set of practical circuits and some of the authors suggestions can help in the designing of this kind of multivibrators.