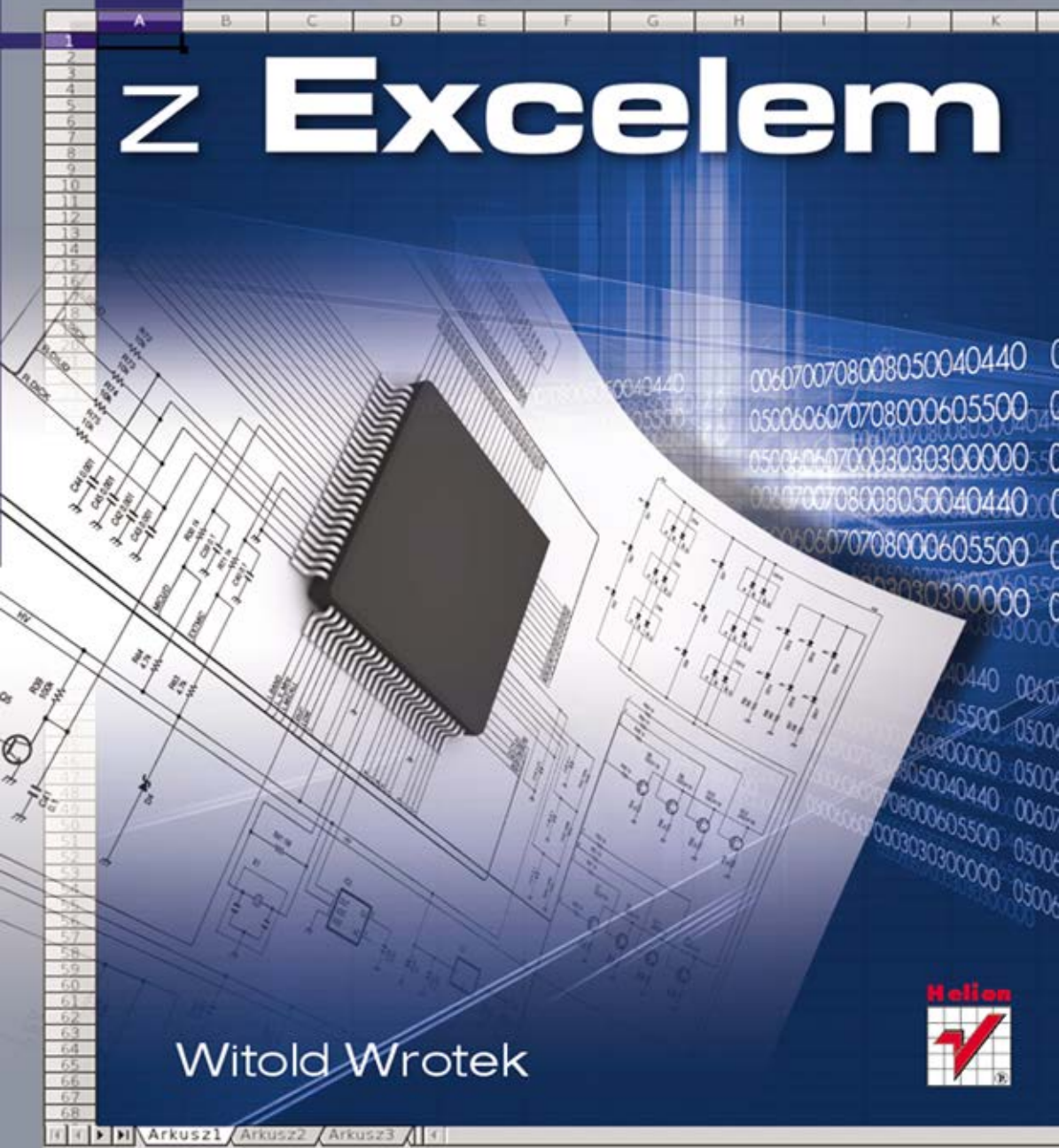


Naucz się elektroniki z programem Excel!

- Poznaj podstawy elektroniki na konkretnych przykładach
- Naucz się wyznaczać charakterystyki układów za pomocą Excela
- Dowiedz się, jak przy użyciu arkusza rozwiązywać elektroniczne problemy projektowe

Elektronika z Excelem



Witold Wrotek



Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz Wydawnictwo HELION dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz Wydawnictwo HELION nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Redaktor prowadzący: Michał Mrowiec

Projekt okładki: Maciej Pasek

Materiały graficzne na okładce zostały wykorzystane za zgodą Shutterstock.

Wydawnictwo HELION
ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE
tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
WWW: <http://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<http://helion.pl/user/opinie?eleexc>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Kody źródłowe wybranych przykładów dostępne są pod adresem:

<ftp://ftp.helion.pl/przyklady/eleexc.zip>

ISBN: 978-83-246-4301-1

Copyright © Helion 2012

Printed in Poland.

- [Kup książkę](#)
- [Poleć książkę](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)

Spis treści

Wstęp	9
Rozdział 1. Tranzystor bipolarny	11
1.1. Aproksymacja wyników pomiarów	13
1.2. Charakterystyka przejściowa	14
1.3. Charakterystyka wyjściowa	17
1.4. Punkt pracy tranzystora	18
1.5. Stabilizacja punktu pracy tranzystora	21
Pytania sprawdzające	23
Rozdział 2. Elementy optoelektroniczne	25
2.1. Źródła promieniowania	25
2.1.1. Zasilanie diody LED	26
2.1.2. Szeregowe połączenie diod LED	30
2.1.3. Równoległe połączenie diod LED	31
2.1.4. Sterowanie z bramki logicznej	32
2.2. Odbiorniki promieniowania	34
2.2.1. Fotorezystor	35
2.2.2. Fotodiody	38
2.2.3. Fototranzystor	40
Pytania sprawdzające	42
Rozdział 3. Wzmacniacze	43
3.1. Wzmacniacz m.cz	43
3.2. Badanie pasma przenoszenia wzmacniacza	49
3.3. Wzmacniacz odwracający	51
Pytania sprawdzające	52
Rozdział 4. Generatory	53
4.1. Generator przebiegu sinusoidalnego z tranzystorami	54
4.2. Generator fali prostokątnej ze wzmacniaczem operacyjnym	55
4.3. Generator fali prostokątnej z układem czasowym 555	56
4.4. Generator fali prostokątnej z bramką NAND	59
Pytania sprawdzające	61
Rozdział 5. Kształtowanie przebiegów	63
5.1. Przeliczanie mierzonej wartości na decybele	63
5.2. Przeliczanie mierzonej wartości na nepery	64
5.3. Reaktancja pojemnościowa	65

5.4. Filtr dolnoprzepustowy	66
5.4.1. Charakterystyka przenoszenia	67
5.4.2. Charakterystyka fazowa	67
5.4.3. Częstotliwość odcięcia	69
5.5. Filtr górnoprzepustowy	69
5.5.1. Charakterystyka przenoszenia	70
5.5.2. Charakterystyka fazowa	70
5.5.3. Częstotliwość odcięcia	70
5.6. Układ całkujący	71
5.7. Układ różniczkujący	72
5.8. Klucz diodowy	74
5.9. Stabilizator z diodą Zenera	76
Pytania sprawdzające	77
Rozdział 6. Układy cyfrowe kombinacyjne	79
6.1. Sygnał cyfrowy	79
6.1.1. Analysis ToolPak	81
6.1.2. Konwersja liczb dziesiętnych	82
6.1.3. Konwersja liczb dwójkowych	83
6.1.4. Konwersja liczb szesnastkowych	83
6.1.5. Konwersja liczb ósemkowych	83
6.2. Funktory logiczne	83
6.2.1. Negacja	84
6.2.2. Suma logiczna	84
6.2.3. Iloczyn logiczny	85
6.3. Detektory stanów	86
6.3.1. Detektor Y(6)	86
6.3.2. Detektor Y(9)	87
6.3.3. Detektor Y(6,9)	88
6.4. Tabela prawdy — siatka Karnaugha	89
Pytania sprawdzające	90
Rozdział 7. Układy cyfrowe sekwencyjne	93
7.1. Przerzutnik RS	94
7.2. Przerzutnik D	97
7.2.1. Latch	97
7.2.2. Przerzutnik D wyzwalany zboczem	98
7.3. Przerzutnik J-K	100
7.4. Przerzutnik JK-MS	101
7.5. Sterowanie sygnalizacją świetlną	103
Pytania sprawdzające	104
Rozdział 8. Liczniki i rejestry	105
8.1. Licznik asynchroniczny	107
8.1.1. Licznik modulo n	108
8.2. Licznik synchroniczny	110
8.3. Rejestr	112
Zadania sprawdzające	114
Rozdział 9. Przetworniki A/C i C/A	115
9.1. Przetwornik A/C	116
9.1.1. Parametry podstawowe	116
9.2. Przetwornik C/A	117
9.2.1. Parametry podstawowe	118
9.3. Próbkowanie	118

9.4. Aliasing	119
9.5. Harmoniczne	119
9.6. Błąd kwantowania	121
Pytania sprawdzające	122
Rozdział 10. Systemy mikrokomputerowe	123
10.1. Arytmetyka binarna	124
10.1.1. Sumowanie binarne	124
10.1.2. Odejmowanie binarne	125
10.1.3. Mnożenie binarne	126
10.1.4. Dzielenie binarne	127
10.2. Wybrane rozkazy	130
10.2.1. Przesuwanie w lewo	130
10.2.2. Przesuwanie w lewo z przeniesieniem	131
10.2.3. Przesyłanie danych	132
Pytania sprawdzające	133
Rozdział 11. Komunikacja radiowa i telewizyjna	135
11.1. Propagacja fal elektromagnetycznych	136
11.2. Zakresy fal radiowych	137
11.3. Natężenie pola	138
11.4. Dipole UKF	139
11.5. Widoczność bezpośrednia	140
11.6. Kabel współosiowy	141
11.7. Zrozumiałość mowy	143
11.8. Modulacja amplitudy	143
Pytania sprawdzające	144
Dodatek A Odpowiedzi do pytań	145
Rozdział 1.	145
Rozdział 2.	145
Rozdział 3.	146
Rozdział 4.	147
Rozdział 5.	148
Rozdział 6.	150
Rozdział 7.	150
Rozdział 8.	151
Rozdział 9.	153
Rozdział 10.	154
Rozdział 11.	156
Zakończenie	157
Skorowidz	159

Rozdział 3.

Wzmacniacze

3.1. Wzmacniacz m.cz

Punkt pracy jest tylko jednym z parametrów opisujących pracę wzmacniacza. W tym rozdziale zajmiemy się zaprojektowaniem wzmacniacza o następujących parametrach (rysunek 3.1).

Rysunek 3.1.

Założenia
projektowe

	A	B	C	D	E
1	Dane				
2	K_u =	150	V/V przy $R_o=100k\Omega$		wzmacniacz m.cz.
3	R_{we} =	2	$k\Omega$		tranzystor bipolarny
4	f_d =	50	Hz		
5	U_{we} =	1	mV		
6	E_g =	12	V		
7	R_g =	20	Ω		

Symbole oznaczają:

K_u — wzmacnienie napięciowe przy zadanej wartości rezystancji obciążenia R_o ,

R_{we} — oporność wejściowa wzmacniacza,

f_d — częstotliwość graniczna dolna,

U_{we} — amplituda napięcia wejściowego,

E_g — napięcie generatora,

R_g — oporność wewnętrzna generatora.

Układ taki można wykonać na jednym tranzystorze, np. BC107. Do projektowania będzie potrzebna karta katalogowa elementu (rysunek 3.2).



Uwaga

Karty katalogowe większości elementów dostępne są w internecie. Poszukiwania najlepiej zacząć od wpisania w oknie wyszukiwarki symbolu elementu, np. BC107.

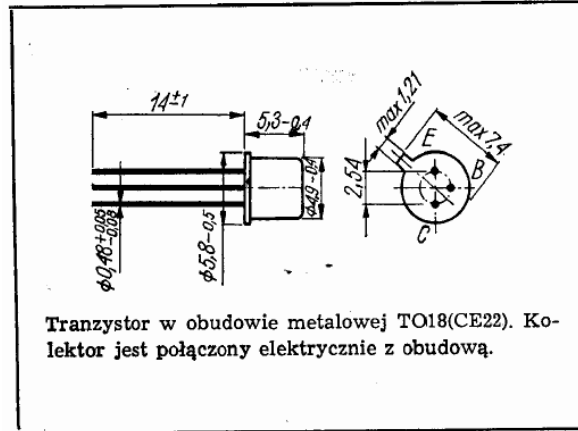
Rysunek 3.2.

Tranzystor BC107
świetnie będzie się
nadawał do
projektowanego
układu

Tranzystory krzemowe epiplanarne małej mocy małej częstotliwości.

Tranzystory BC107 i BC108 są przeznaczone do stosowania w układach stopni wejściowych i sterujących małej częstotliwości. Tranzystor BC109 jest przeznaczony do stosowania we wzmacniaczach m.c. o niskim poziomie szumów.

Tranzystory BC107, BC108 i BC109 są komplementarne do tranzystorów BC177, BC178 i BC179.



Kolejnym krokiem jest wyznaczenie punktu pracy elementu. Warto odczytać, dla jakiego punktu pracy podawana jest większość parametrów (rysunek 3.3).

Rysunek 3.3.

Większość
parametrów
podawana jest dla
 $I_C = 2 \text{ mA}$
oraz $U_{CE} = 5 \text{ V}$

Napięcie stałe między

bazą a emiterem

przy $I_C = 2 \text{ mA}$,

$U_{CE} = 5 \text{ V}$

U_{BE}

0,55

0,64

0,7

V

Współczynnik

wzmocnienia prądowego*

przy $I_C = 10 \mu\text{A}$,

$U_{CE} = 5 \text{ V}$

h_{21E}

kl. A

—

60

—

—

kl. B

40

90

—

—

przy $I_C = 100 \mu\text{A}$,

$U_{CE} = 5 \text{ V}$

h_{21E}

kl. A

—

100

—

—

kl. B

—

160

—

—

przy $I_C = 2 \text{ mA}$,

$U_{CE} = 5 \text{ V}$

h_{21E}

kl. A

—

180

—

—

kl. B

—

290

—

—

przy $I_C = 20 \text{ mA}$,

$U_{CE} = 5 \text{ V}$

h_{21E}

kl. A

—

220

—

—

kl. B

—

350

—

—

Dla zalecanego przez producenta punktu pracy można odczytać wzmocnienie prądowe $h_{21E} = 180$ (rysunek 3.3).

Potrzebne będą jeszcze dwie wartości: częstotliwość graniczna $f_T = 150 \text{ MHz}$ (rysunek 3.4) oraz napięcie $U_{BE} = 0,64 \text{ V}$ (rysunek 3.3).

Rysunek 3.4.

Częstotliwość graniczna tranzystora

Częstotliwość graniczna przy $I_C = 10 \text{ mA}$, $U_{CE} = 5 \text{ V}$, $f = 100 \text{ MHz}$

f_T	150	400	—	MHz
-------	-----	-----	---	-----



Uwaga

Malenie wzmocnienie prądowego tranzystora wraz ze wzrostem częstotliwości sygnału ogranicza zakres stosowalności elementu. Dlatego określono pasmo częstotliwości, w jakim tranzystor może pracować. Częstotliwość graniczna ogranicza to pasmo od góry.



Uwaga

Dla układu WE częstotliwość graniczna tranzystora f_T powinna być minimum 100 razy większa niż przewidywana górna granica pasma przenoszenia wzmacniacza.

Aby nie zaciemniać rysunków, pokazane zostały na nich tylko fragmenty tabel z karty katalogowej. W nagłówkach widnieją nazwy kolumn. Z tabeli pokazanej na rysunku 3.3 odczytano wartość $U_{BE} = 0,64 \text{ V}$, ponieważ jest to wartość średnia. Z tabeli pokazanej na rysunku 3.4 odczytano wartość $f_T = 150 \text{ MHz}$, ponieważ dotyczy ona tranzystora BC107. W kolejnych kolumnach zapisane są dane tranzystorów BC108 i BC109.



Uwaga

Im tranzystor ma wyższą górną częstotliwość pracy, tym bardziej finezyjne ma wykonanie i wyższą podatność na spalenie lub uszkodzenie. W trosce o niezawodność układu nie należy stosować elementów o bardziej wygórowanych parametrach niż to wynika z wymagań projektu.

Wzmacniacz może zostać wykonany w układzie OE, OC i OB.

Wzmacniacz o wspólnym emiterze OE:

- ♦ Prąd wyjściowy jest prądem kolektora, jest więc h_{21E} -krotnie większy od prądu wejściowego — prądu bazy. Dlatego wzmocnienie prądowe tego układu jest duże.
- ♦ Stosując odpowiednio duży rezystor włączony między zasilaniem i kolektorem, można uzyskać na nim duży spadek napięcia, a więc i duże wzmocnienie napięciowe.
- ♦ Wzmacniacz ten charakteryzuje się więc dużym wzmocnieniem mocy.

- ◆ Wzrost napięcia wejściowego powoduje zwiększenie prądu bazy tranzystora, a więc zmniejszenie jego rezystancji między emiternem i kolektorem, czyli (z zasady dzielnika napięcia) spadek napięcia wyjściowego. Analogicznie, przy zmniejszającym się napięciu wejściowym nastąpi wzrost napięcia wyjściowego. Zachodzi więc odwrócenie fazy napięcia wyjściowego względem wejściowego.

Wzmacniacz o wspólnym kolektorze OC:

- ◆ Ponieważ $U_{WE} = U_{BE} + U_{WY}$, układ ten ma wzmocnienie napięciowe $(U_{WY} / U_{WE}) = (U_{WY} / (U_{WY} + U_{BE})) < 1$.
- ◆ Prąd wyjściowy jest prądem emitera, jest więc $h_{21E} + 1$ razy większy od prądu wejściowego — prądu bazy. Wzmocnienie prądowe jest więc duże.

Wzmacniacz o wspólnej bazie OB:

- ◆ Prąd wejściowy jest prądem emitera $I_{WE} = I_B * (h_{21E} + 1)$.
- ◆ Prąd wyjściowy jest prądem kolektora $I_{WY} = I_B * h_{21E}$.
- ◆ Wzmocnienie prądowe opisane jest zależnościami $(I_{WY} / I_{WE}) = (h_{21E} / (h_{21E} + 1)) < 1$.
- ◆ Stosując odpowiednio duży rezystor włączony między zasilaniem i kolektorem, można uzyskać na nim duży spadek napięcia, a więc i duże wzmocnienie napięciowe.

Właściwości będzie łatwiej analizować, gdy ujęte zostaną w tabeli (tabela 3.1).

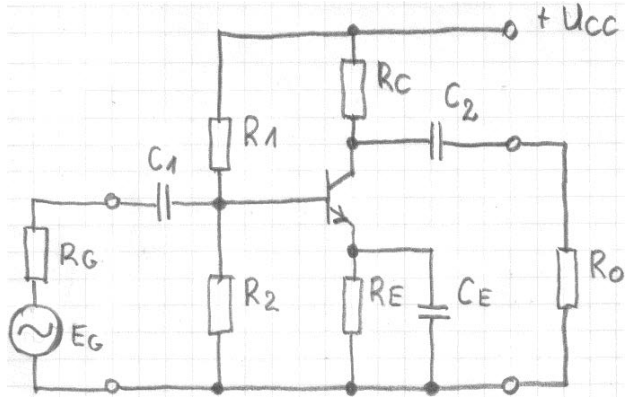
Tabela 3.1. Zakresy wartości parametrów wzmacniaczy tranzystorowych bipolarnych w zależności od układu pracy

Parametr \ Układ pracy	OE	OB	OC
Wzmocnienie napięciowe	50 i więcej	50 i więcej	< 1
Wzmocnienie prądowe	100 i więcej	< 1	100 i więcej
Rezystancja wejściowa	kilka kΩ	do 500 Ω	kilkadziesiąt kΩ
Rezystancja wyjściowa	kilka kΩ	kilkadziesiąt kΩ	do 500 Ω
Przesunięcie fazowe między sygnałem wejściowym i wyjściowym	180°	0°	0°
Pasma przenoszenia	małe	średnie	duże

W założeniach (rysunek 3.1) są narzucone: wzmocnienie napięciowe i rezystancja wejściowa. Tylko układ OE (rysunek 3.5) spełnia jednocześnie oba te wymagania.

Rysunek 3.5.

Schemat wzmacniacza w układzie OE

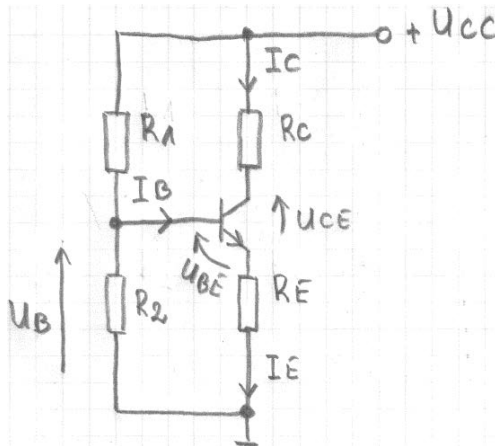


Warto jeszcze narysować dwa schematy:

- ♦ dla składowej stałej (rysunek 3.6),

Rysunek 3.6.

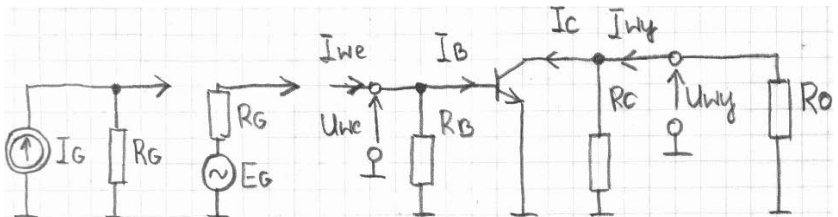
Schemat do wyznaczenia punktu pracy



- ♦ dla zakresu częstotliwości średnich (rysunek 3.7).

Rysunek 3.7.

Schemat dla częstotliwości średnich



Przy rysowaniu schematu dla składowej stałej, indukcyjności zastępuje się zwarcie, a pojemności rozwarciem.



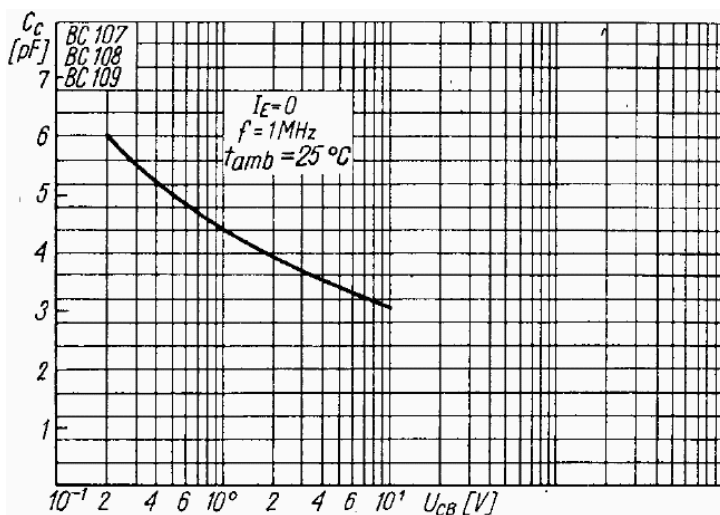
Uwaga

Przy rysowaniu schematu dla składowej zmiennej źródło napięcia stałego zastępuje się zwarcie do masy. Wszystkie elementy podłączone do źródła napięciowego na schemacie zastępczym podłącza się do masy.

Do obliczenia górnej częstotliwości granicznej wzmacniacza potrzebna jest znajomość pojemności złącza kolektora. Jest ona zależna od napięcia U_{CB} . Należy odczytać ją z charakterystyki (rysunek 3.8).

Rysunek 3.8.

Zależność
pojemności złącza
 C_c od napięcia U_{CB}



Mamy już komplet danych i schematów. Można przystąpić do obliczeń.

W arkuszu *wzmacniacz_mcz_z_tranzystorami_bipolarnymi.xls* (rysunki 3.9 i 3.10) znajdują się dane i zależności umożliwiające zaprojektowanie wzmacniacza i obliczenie parametrów układu z rysunku 3.5.

	A	B	C	D	E	F
1	Dane					
2	Ku=	150	V/V przy $R_o=100k\Omega$		wzmacniacz m.cz.	
3	Rwe=	2	k Ω		tranzystor bipolarny	
4	fd=	50	Hz		OE	
5	Uwe=	1	mV		Ucc=	12 V
6	Eg=	12	V		Cc=	4,5 pF
7	Rg=	0,02	k Ω			
8	h21e=	180				
9	ft=	150	MHz			
10	Ube=	0,64	V			
11	Ut=	0,026	V			
12	ie=	2	mA			
13	Uce=	5	V			
14	Ro=	100	k Ω			

Rysunek 3.9. Dane umożliwiające zaprojektowanie wzmacniacza i obliczenie parametrów układu

Rysunek 3.10.

Wyliczone
wartości
elementów
i parametrów
wzmacniacza

B37		$f_n = 1000 \cdot (B8+1) / (2 \cdot \pi I) \cdot (B28 \cdot B7) / (B8+B7)+B32$		
	A	B	C	D
15	Obliczenia			
16	Rt=	2,34	kΩ	Rezystancja wejściowa tranzystora
17	Rc=	1,9887812	kΩ	Rezystancja w obwodzie kolektora
18	Re=	1,5112188	kΩ	Rezystancja w obwodzie emitera
19	Rb=	13,764706	kΩ	Rezystancja w obwodzie bazy
20	R2=	19,749361	kΩ	Rezystancja R2 dzielnika w obwodzie bazy
21	R1=	45,423529	kΩ	Rezystancja R2 dzielnika w obwodzie bazy
22	R1+R2=	65,17289	kΩ	Suma rezystancji dzielnika
23	$h_{21e} \cdot U_{cc} / 10 I_c =$	108	kΩ	Rezystancja obwodu bazy, aby $I_c \Rightarrow 10 \cdot I_c$
24	$(R1+R2) < h_{21e} \cdot U_{cc} / 10 I_c$	TAK		Warunek, aby prąd dzielnika $\geq 10 I_b$
25	Ce>	244,1275	μF	Pojemność emiterowa
26	C1>	15,757915	μF	Pojemność szeregową wejściową
27	C2>	0,3121028	μF	Pojemność szeregową wyjściową
28	Rb=	13,764706	kΩ	Rezystancja w obwodzie bazy
29	Eb=	3,6363636	V	Napięcie bazy - punkt pracy
30	Ic=	1,8773208	mA	Prąd kolektora - punkt pracy
31	Uce=	5,4293771	V	Napięcie kolektor-emiter - punkt pracy
32	Rt=	2,4929143	kΩ	Rezystancja wejściowa tranzystora
33	Rwe=	2,1106553	kΩ	Rezystancja wejściowa wzmacniacza
34	Rwy=	1,9887812	kΩ	Rezystancja wyjściowa wzmacniacza
35	Ku=	140,79906	V/V	Wzmocnienie napięciowe
36	Ki=	2,9717829	A/A	Wzmocnienie prądowe
37	fd=	43,451226	Hz	Dolna częstotliwość graniczna
38	fp=	833,33333	kHz	Górna częstotliwość graniczna tranzystora
39	fg=	100,73911	kHz	Górna częstotliwość graniczna wzmacniacza

Zmieniać możesz dane znajdujące się w części arkusza pokazanej na rysunku 3.9.

Wyniki obliczeń nie uwzględniają rzeczywistej wartości elementów dostępnych w szeregu. Aby układ rzeczywisty był jak najbardziej zgodny z projektem, zalecane jest stosowanie elementów z ciągu E24 o tolerancji do 5%.

3.2. Badanie pasma przenoszenia wzmacniacza

Wzmacniacz po zaprojektowaniu należy zmontować, uruchomić i przetestować.

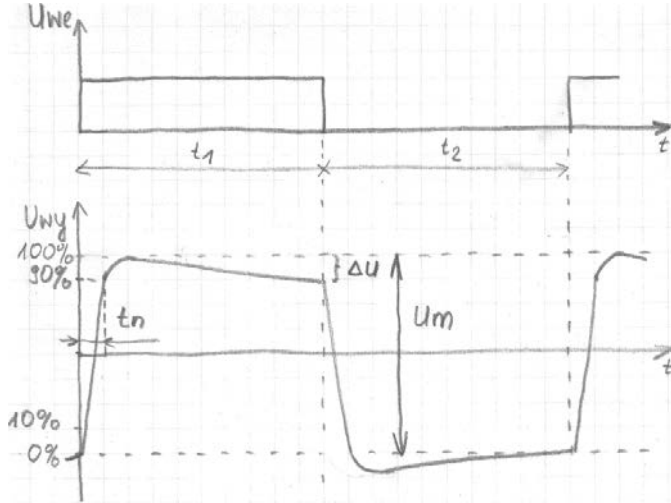
Istnieje prosta metoda określenia pasma przenoszenia układu. Polega ona na podawaniu na wejście wzmacniacza sygnału prostokątnego. Im bardziej odkształcony jest przebieg na wyjściu wzmacniacza, tym pasmo przenoszenia mniejsze. W przypadku wzmacniacza elektroakustycznego istotne są również kształt charakterystyki amplitudowej i fazowej oraz zawartość harmonicznych w sygnale wyjściowym. Samo testowanie przebiegiem impulsowym nie daje pełnej informacji o wzmacniaczu, ale pozwala na szybkie zorientowanie w jego paśmie przenoszenia i porównanie kilku układów.

Im bardziej wzmacniacz ogranicza pasmo przenoszonych sygnałów, tym deformacja zboczy impulsu wyjściowego jest większa. Na rysunku 3.11 pokazano przebiegi wejściowy i wyjściowy. Należy z niego odczytać dwie wartości:

- ♦ t_n (czas narastania przebiegu wyjściowego), który jest zależny od górnej częstotliwości granicznej wzmacniacza,
- ♦ ΔU (zwis przebiegu wyjściowego), które jest zależne od dolnej częstotliwości granicznej wzmacniacza.

Rysunek 3.11.

Przebiegi wejściowy i wyjściowy wzmacniacza



Na rysunku 3.12 pokazano arkusz *pasmo_wzmacniacza.xls*. W polach od B2 do B5 należy wpisać wyniki pomiarów z zachowaniem jednostek miary podanych w kolumnie C.

Rysunek 3.12.

Arkusz do wyznaczania częstotliwości granicznych wzmacniacza na podstawie odpowiedzi układu na przebieg impulsowy podany na wejście

B11		$f_c = 1000 / (2 * \text{PI}() * \text{B10})$		
	A	B	C	D
1	Dane			
2	$t_n =$	0,02	μs	
3	$t_1 =$	3	μs	
4	$\Delta U =$	0,006	V	
5	$U_m =$	5	V	
6				
7	Obliczenia			
8	$f_g =$	17,5	MHz	górna częstotliwość graniczna
9	$\Delta U \leq 0,0095 U_m$	Tak		warunek na wzór uproszczony
10	$t =$	2,5	ms	stała czasowa
11	$f_d =$	63,6619772	Hz	dolna częstotliwość graniczna

3.3. Wzmacniacz odwracający

Wzmacniacze oprócz realizacji na elementach dyskretnych mogą być wykonane przy wykorzystaniu układów scalonych. Często do tego celu używane są wzmacniacze operacyjne, stosowane m.in. we wzmacniaczach odwracających.



Uwaga

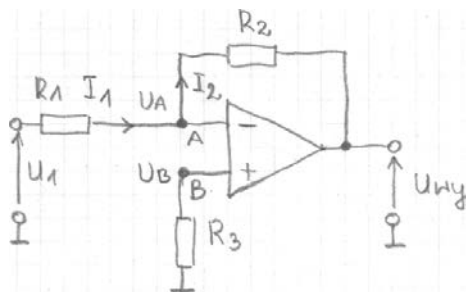
Wzmacniacz operacyjny jest skonstruowany tak, że jego obwód wyjściowy stara się zrobić wszystko, co konieczne, aby różnica napięć pomiędzy wejściami A i B była równa zero.

Na rysunku 3.13 pokazano schemat wzmacniacza odwracającego. Sygnał wejściowy przez rezystor R_1 zostaje doprowadzony do wejścia odwracającego. Do tego samego wejścia przez rezystor R_2 doprowadza się z wyjścia napięcie ujemne sprzężenia zwrotnego. Wejście nieodwracające zostaje uziemione.

Impedancja wejściowa wzmacniacza jest bardzo duża, zatem wejście wzmacniacza operacyjnego nie pobiera żadnego prądu. Prąd o natężeniu I_1 płynący przez rezystor R_1 musi być równy prądowi I_2 płynącemu przez rezystor R_2 .

Rysunek 3.13.

Wzmacniacz odwracający



Zaprojektujemy wzmacniacz odwracający o następujących parametrach: wzmocnienie napięciowe $k_U = 50 [V/V]$, oporność wejściowa układu $1 \text{ k}\Omega$, częstotliwość graniczna wzmacniacza 1 MHz .

Na rysunku 3.14 pokazano arkusz *wzmacniacz_odwracajacy.xls*. Pozwala on na wyliczenie wartości rezystorów i górnej częstotliwości granicznej układu.

Rysunek 3.14.

Arkusz do obliczeń parametrów wzmacniacza odwracającego

B11		fx =B4/B2		
	A	B	C	D
1	Dane			
2	$k_U =$	50	V/V	
3	$R_{we} =$	1	k Ω	
4	$f_t =$	1	MHz	
5				
6				
7	Obliczenia			
8	$R_1 =$	1	k Ω	rezystor R1
9	$R_2 =$	50	k Ω	rezystor R2
10	$R_3 =$	0.98039216	k Ω	rezystor R3
11	$f_g =$	0.02	MHz	górna częstotliwość graniczna

Pytania sprawdzające

1. Który z typów tranzystorów (rysunek 3.15) przeznaczony jest do pracy w zakresie niższych częstotliwości?

Rysunek 3.15.

Fragment karty katalogowej tranzystorów BC107, BC108, BC109

DANE TECHNICZNE

Wartości dopuszczalne parametrów eksploatacyjnych

Typ		BC107	BC108	BC109	
Napięcie kolektor-baza	U_{CB0}	45	20	20	V
Napięcie kolektor-emi- ter	U_{CE0}	45	20	20	V
Napięcie emiter-baza	U_{EB0}	5	5	5	V
Prąd kolektora	I_C	100	100	100	mA
Prąd szczytowy kolek- tora	I_{CM}	200	200	200	mA
Prąd bazy	I_B	20	20	20	mA
Temperatura złącza	t_j	448 K	(175°C)		
Temperatura składo- wania	t_{stg}	218...398 K			(-55...+125°C)
Moc tracona w kolek- torze	P_C	300	300	300	mW

2. Jak zmieni się wartość rezystancji R_b , gdy w układzie zastosowany zostanie tranzystor klasy C (rysunek 3.16)?

Rysunek 3.16.

Zależność współczynnika wzmocnienia prądowego od punktu pracy i klasy tranzystora BC107

Współczynnik wzmocnienia prądowego*					
przy $I_C = 10 \mu A$, $U_{CE} = 5 V$		h_{21E}	kl. A	kl. B	kl. C
			60	90	130
przy $I_C = 100 \mu A$, $U_{CE} = 5 V$		h_{21E}	100	160	300
przy $I_C = 2 mA$, $U_{CE} = 5 V$		h_{21E}	180	290	450
przy $I_C = 20 mA$, $U_{CE} = 5 V$		h_{21E}	220	350	600

3. Który z układów pracy tranzystora najmniej obciąża źródło sygnału i daje najwyższe wzmocnienie prądowe?
4. Co jest kryterium podziału układów pracy na OE, OC i OB?

Rozdział 4.

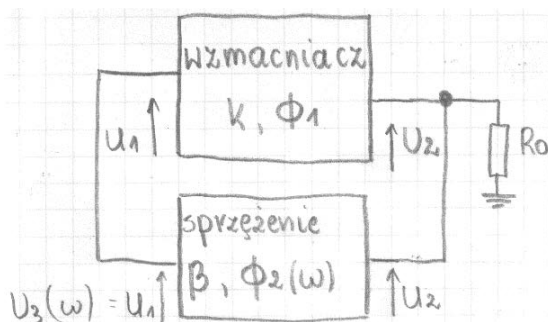
Generatory

Generatory są układami służącymi do wytwarzania zmiennych przebiegów elektrycznych bez konieczności doprowadzania z zewnątrz jakiegokolwiek sygnału pobudzającego. Przetwarzają energię prądu stałego (z zasilacza) na energię drgań.

Na rysunku 4.1. pokazano schemat blokowy generatora. Składa się on z:

- ♦ wzmacniacza o wzmocnieniu $k = U_2 / U_1$,
- ♦ obwodu sprzężenia zwrotnego β .

Rysunek 4.1.
Schemat blokowy generatora



Wzmacniacz pomiędzy napięciem wejściowym U_1 a napięciem wyjściowym U_2 wprowadza przesunięcie fazowe Φ_1 . Wynosi ono zazwyczaj 0° lub 180° .

Do wyjścia wzmacniacza dołączone są:

- ♦ obciążenie R_0 ,
- ♦ obwód sprzężenia zwrotnego β .

Zadaniem układu sprzężenia zwrotnego jest podanie części sygnału wyjściowego na wejście wzmacniacza.

Obwód sprzężenia zwrotnego β powinien być zaprojektowany tak, aby przesunięcie fazy pomiędzy sygnałami U_3 i U_2 , równe Φ_2 , było zależne od częstotliwości, zatem $\Phi_2 = \Phi_2(\omega)$. Właściwość taką wykazuje np. obwód rezonansowy LC .

W układzie będzie zachodziła generacja, gdy spełnione zostaną jednocześnie dwa warunki:

- ◆ warunek amplitudy $\beta k = 1$,
- ◆ warunek fazy $\Phi_1(\omega_0) + \Phi_2(\omega_0) = 0$.



Uwaga

Warunek amplitudy zostanie spełniony, gdy sygnał na wejściu wzmacniacza podawany z układu sprzężenia zwrotnego będzie na tyle duży, aby na wyjściu wzmacniacza otrzymać sygnał o takim samym lub większym poziomie.



Uwaga

Warunek fazy zostanie spełniony, gdy maksimum sygnału na wejściu wzmacniacza, po przejściu przez wzmacniacz i układ sprzężenia zwrotnego, będzie wypadło zawsze w tym samym momencie.

Przy częstotliwości ω_0 wzmacniacz musi kompensować tłumienie wprowadzane przez obwód sprzężenia zwrotnego. Charakterystyka fazowa $\Phi_1(\omega) + \Phi_2(\omega)$ musi przechodzić przez zero przy pulsacji ω . Aby częstotliwość generowanego przebiegu była określona jednoznacznie, warunek fazy musi być spełniony tylko przy częstotliwości ω_0 .



Uwaga

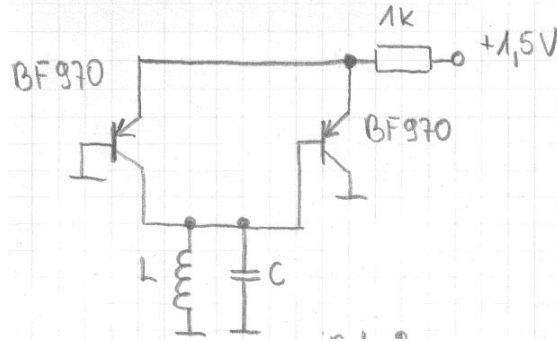
Warunek fazy decyduje o częstotliwości generacji.

Spełnienie warunku amplitudy decyduje o amplitudzie generowanego napięcia. Jeśli warunek amplitudy spełniony jest z nadmiarem, wzmacniacz ulega przesterowaniu. Napięcie wyjściowe zostaje zniekształcone — w skrajnym przypadku ma kształt prostokątny.

4.1. Generator przebiegu sinusoidalnego z tranzystorami

Na rysunku 4.2 pokazano schemat generatora. Znajduje się w nim równoległy układ rezonansowy. Wartości elementów L i C ustalają, przy jakiej częstotliwości nastąpi rezonans prądów. Gdy prąd cewki równa się prądowi kondensatora, obwód rezonansowy przestaje pobierać prąd ze źródła. Staje się przerwą w obwodzie, czyli ma nieskończenie dużą oporność. Prądy w kondensatorze i cewce nie są równe zero.

Rysunek 4.2.
Prosty generator
 tranzystorowy



Częstotliwość generowanych drgań zależy od wartości pojemności i indukcyjności. Na rysunku 4.3 pokazano arkusz kalkulacyjny *czestotliwosc_rezonansowa.xls* umożliwiający wyliczenie częstotliwości rezonansowej obwodu. Przyjęto następujące wartości elementów: $L = 390 \text{ mH}$, $C = 1 \text{ nF}$.

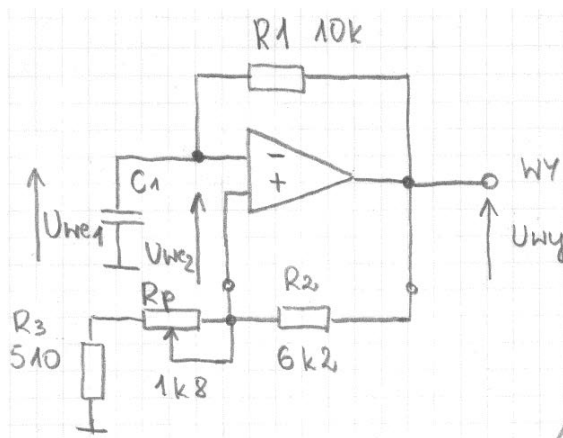
Rysunek 4.3.
Po wpisaniu pojemności
liczonej w faradach,
a indukcyjności w henrach
otrzymujemy częstotliwość
w hercach

B6		$f_r = 1/(2*\pi()*(\text{PIERWIASTEK}(B2*B3)))$	
	A	B	C
1	Dane		
2	C=	0,000000001 F	
3	L=	0,39 H	
4			
5	Obliczenia		
6	f=	8059,123817	Hz częstotliwość rezonansowa obwodu

4.2. Generator fali prostokątnej ze wzmacniaczem operacyjnym

Na rysunku 4.4 pokazano generator fali prostokątnej (tzw. multiwibrator).

Rysunek 4.4.
Generator fali
prostokątnej



Elementem czynnym jest wzmacniacz operacyjny. Pracuje on jako komparator. Porównuje napięcie U_{WE2} ustalone przez dzielnik napięciowy z napięciem U_{WE1} panującym na kondensatorze C_1 .

Elementy C_1 i R_1 tworzą układ całkujący. Ich wartości określają częstotliwość powtarzania sygnału generatora.

Rezystory R_2 , R_3 i R_P połączone są w układzie dzielnika napięcia. Tworzy on pętlę dodatniego sprzężenia zwrotnego.

Na rysunku 4.5 pokazano arkusz kalkulacyjny *multiwibrator.xls* umożliwiający wyliczanie częstotliwości przebiegu generowanego. Zmieniając położenie suwaka potencjometru R_P , można regulować poziom napięcia U_{WE2} , a pośrednio częstotliwość przebiegu generowanego.

Rysunek 4.5.

Format naukowy
ułatwia
zorientowanie się
w rzędzie wielkości
wartości widniejącej
w komórce

	B12	fx = (2*B2*B3)*LN(((1+B10)/(1-B10)))	
	A	B	C
1	Dane		D
2	C1=	1,00E-09 F	
3	R1=	1,00E+04 Ω	
4	R2=	6,20E+03 Ω	
5	R3=	5,10E+02 Ω	
6	Rpmin=	0,00E+00 Ω	
7	Rpmax=	2,00E+03 Ω	
8			
9	Obliczenia		
10	βmin=	7,60E-02	minimalny współczynnik sprzężenia
11	βmax=	2,88E-01	maksymalny współczynnik sprzężenia
12	Tmin=	3,05E-06 s	okres generowanego przebiegu minimalny
13	Tmax=	1,19E-05 s	okres generowanego przebiegu maksymalny
14	f1=	3,28E+05 Hz	częstotliwość generowanego przebiegu maksymalna
15	f2=	8,43E+04 Hz	częstotliwość generowanego przebiegu minimalna

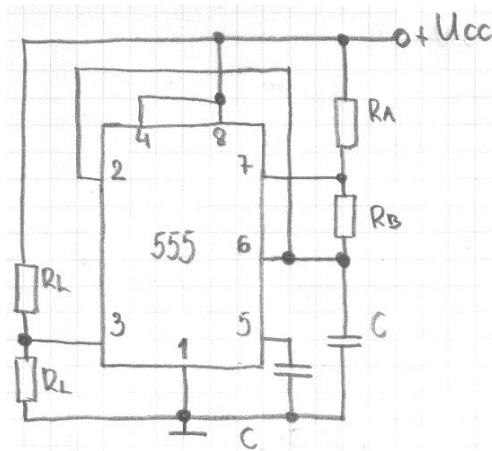
4.3. Generator fali prostokątnej z układem czasowym 555

Na rysunku 4.6 pokazano generator fali prostokątnej zbudowany przy wykorzystaniu układu czasowego 555 (źródło <http://www.national.com/ds/LM/LM555.pdf>).

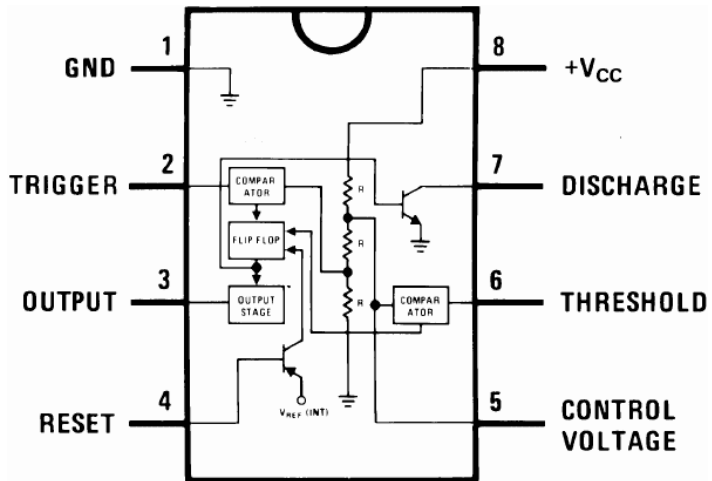
Symbol układu scalonego jest „czarną skrzynką”. Aby lepiej zrozumieć zastosowane rozwiązanie, należy zapoznać się z budową schematu blokowego i przeznaczeniem wyprowadzeń (rysunek 4.7).

Układ pokazany na rysunku 4.6 ma zwarte wyprowadzenia 2. oraz 6. Dzięki temu wyzwała on sam siebie i może pracować jako multiwibrator.

Rysunek 4.6.
Multiwibrator
zbudowany przy
wykorzystaniu
układu 555



Rysunek 4.7.
Schemat blokowy
układu 555



Kondensator C ładuje się prądem płynącym przez rezystory R_A i R_B , zaś rozładowuje przez R_B . Długość cyklu pracy może być więc regulowana przez zmianę proporcji między wartościami obu rezystorów.

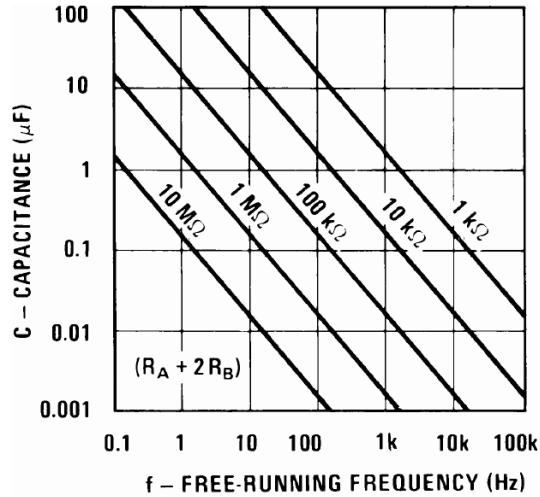
Kondensator pracuje w zakresie napięć od $1/3 U_{CC}$ do $2/3 U_{CC}$. Czasy ładowania i rozładowania zależne są od wartości napięcia zasilającego.

Na rysunku 4.8 pokazano wykres służący do szybkiego dobierania wartości elementów. Oś pionowa wyskalowana jest w wartościach pojemności C liczonej w μF . Oś pozioma wyskalowana jest w częstotliwości przebiegu generowanego liczonej w Hz.

Chcemy zaprojektować układ, który będzie generował przebieg o częstotliwości 15 kHz. Stan wysoki na wyjściu ma trwać około dwóch razy dłużej niż stan niski.

Rysunek 4.8.

Wykres do szybkiego projektowania multiwibratora z wykorzystaniem układu 555



Projektowanie rozpoczynamy od rysunku 4.8. Z przecięcia linii poprowadzonej dla częstotliwości 15 kHz i prostej dla $R_A + 2R_B = 10\text{ k}\Omega$ odczytujemy wartość pojemności C .

Na rysunku 4.9 pokazano fragment arkusza *multiwibrator_555.xls*. Zostały w nim wpisane wartości odczytane z rysunku 4.8.

Rysunek 4.9.

Dla przyjętych wartości elementów układ będzie generował przebieg o częstotliwości 14,6 kHz

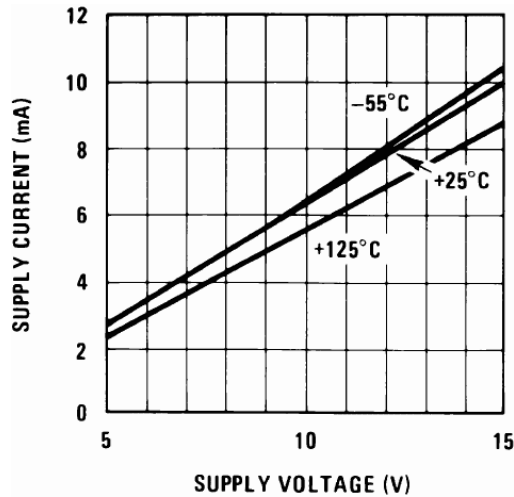
B10		$f_x = 1/B9$	
	A	B	C
1	Dane		
2	Ra=	3,90E+03 Ω	
3	Rb=	3,00E+03 Ω	
4	C=	1,00E-08 F	
5			
6	Obliczenia		
7	t1=	4,78E-05 s	czas ładowania (stan wysoki na wyjściu)
8	t2=	2,08E-05 s	czas rozładowania (stan niski na wyjściu)
9	T=	6,86E-05 s	okres generowanego przebiegu
10	f=	1,46E+04 Hz	częstotliwość generowanego przebiegu

W obliczeniach nie zostały uwzględnione rzeczywiste wartości elementów. Aby generowany przebieg miał parametry maksymalnie zbliżone do założeń, należy jako R_A i R_B zamontować potencjometry wraz z rezystorami szeregowymi. Zmieniając położenie suwaka potencjometru, należy uzyskać oczekiwane parametry przebiegu.

Układ 555 może pracować przy napięciu zasilającym w przedziale od +5 V do +15 V. Wraz ze wzrostem wartości U_{CC} rośnie również pobór prądu (rysunek 4.10). Oś pozioma została wyskalowana w wartościach napięcia zasilającego. Oś pionowa została wyskalowana w wartościach natężenia prądu pobieranego ze źródła.

Rysunek 4.10.

Zużycie energii
warto wziąć pod
uwagę przy
urządzeniach
o zasilaniu
baterijnym

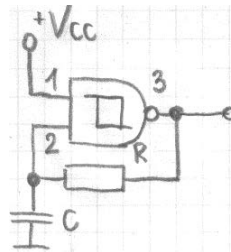


4.4. Generator fali prostokątnej z bramką NAND

Jednym z najprostszych generatorów składających się z układu scalonego, rezystora i kondensatora jest układ pokazany na rysunku 4.11.

Rysunek 4.11.

Generator
z bramką NAND

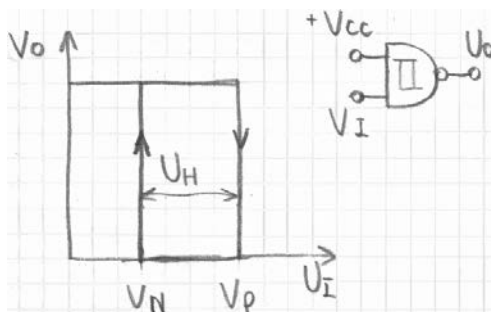


Zastosowanie inwertera w układzie Schmitta CMOS zabezpiecza generator przed wzbudzeniem się na częstotliwościach harmonicznych.

Użycie układu wykonanego w technologii CMOS jest warunkiem wzbudzenia generatora. Oporność wejściowa TTL jest bardzo mała w porównaniu z CMOS. Włączona jest równolegle do pojemności. W efekcie nie dojdzie do naładowania kondensatora.

Przerzutnik Schmitta ma dwa progi przełączania. Dla napięcia narastającego obowiązuje próg górny U_P , dla opadającego dolny U_N . Odległość między progami określa się mianem szerokości pętli histerezy U_H (rysunek 4.12).

Rysunek 4.12.
Charakterystyka
przełajciowa
przerzutnika
Schmitta



Histereza zabezpiecza przed wpływem szumu na funkcjonowanie układu. Szum mógłby bowiem powodować ciągle przełączanie między dwoma przeciwnymi stanami w sytuacji, gdy sygnał wejściowy oscyluje wokół poziomu progowego.

Z karty katalogowej układu CD4093B (źródło <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4093b.pdf>) można odczytać wartości napięć określających pętlę histerezy (rysunki od 4.13 do 4.15).

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

CHARACTER- ISTIC	CONDITIONS			LIMITS AT INDICATED TEMPERATURES (°C)							UNITS
	V _O (V)	V _{IN} (V)	V _{DD} (V)	-55	-40	+85	+125	+25			
								MIN.	TYP.	MAX.	
Quiescent Device Current, I _{DD} Max.	-	0,5	5	1	1	30	30	-	0.02	1	μA
	-	0,10	10	2	2	60	60	-	0.02	2	
	-	0,15	15	4	4	120	120	-	0.02	4	
	-	0,20	20	20	20	600	600	-	0.04	20	

Rysunek 4.13. Nagłówek tabeli

Negative Trigger Threshold Voltage V _N Min.	-	a	5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.9	-	V
	-	a	10	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.9	-	
	-	a	15	4	4	4	4	4	5.8	-	
	-	b	5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	2.3	-	
	-	b	10	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	5.1	-	
	-	b	15	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	7.3	-	

Rysunek 4.14. Wartości napięcia V_N

Dane odczytujemy dla napięcia zasilania $U_{CC} = 5 \text{ V}$ i temperatury otoczenia $+25^\circ\text{C}$. Przyjmujemy wartości $R = 50 \text{ k}\Omega$ oraz $C = 100 \text{ nF}$.

Positive Trigger Threshold Voltage V_p Min.	-	a	5	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.9	-	V
	-	a	10	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	5.9	-	
	-	a	15	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	8.8	-	
	-	b	5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	3.3	-	
	-	b	10	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	7	-	
	-	b	15	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	9.4	-	

Rysunek 4.15. Wartości napięcia V_p . Na rysunku 4.16 pokazano fragment arkusza Schmitt.xls. Umożliwia on obliczenie częstotliwości przebiegu generowanego przez układ z rysunku 4.11.

Rysunek 4.16.

Arkusz do wyznaczania częstotliwości przebiegu generowanego w układzie z rysunku 4.11

B9		fx = (B5*B6)*LN(((B4-B3)/(B4-B2)))		
	A	B	C	D
1	Dane			
2	V_p =	2,90E+00 V		
3	V_n =	1,90E+00 V		
4	V_{cc} =	5,00E+00 V		
5	R =	5,00E+04 Ω		
6	C =	1,00E-07 F		
7				
8	Obliczenia			
9	t_w =	1,95E-03 s		czas trwania stanu wysokiego na wyjściu
10	t_n =	2,11E-03 s		czas trwania stanu niskiego na wyjściu
11	T =	4,06E-03 s		okres generowanego przebiegu
12	f =	2,46E+02 Hz		częstotliwość generowanego przebiegu



Uwaga

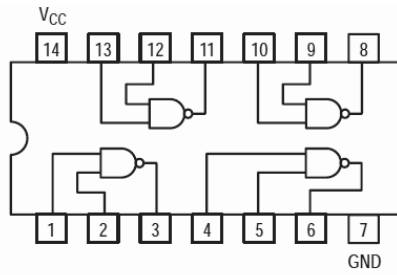
Ponieważ wartości napięć progowych histerezy zależą od wielu czynników (producenta i egzemplarza układu, napięcia zasilania, temperatury itp.), generator zbudowany według schematu z rysunku 4.11 nie może pełnić funkcji precyzyjnego źródła przebiegów impulsowych.

Pytania sprawdzające

1. Kiedy zostanie spełniony warunek amplitudy?
2. Kiedy zostanie spełniony warunek fazy?
3. Na czym polega rezonans prądów?
4. Gdzie należy stosować przerzutnik Schmitta?
5. Korzystając z fragmentu karty katalogowej pokazanej na rysunku 4.17 i szkicu układu z rysunku 4.18, podaj:
 - a) wartość napięcia U_{CC} ,
 - b) wejście układu,
 - c) wyjście układu,
 - d) przeznaczenie układu.

Rysunek 4.17.

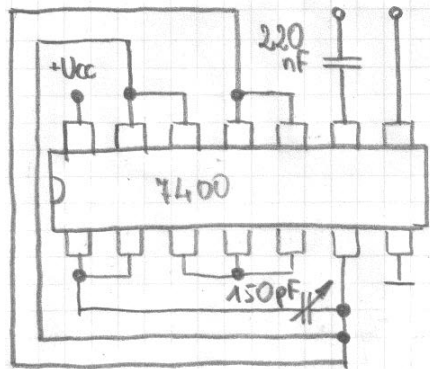
Fragment karty katalogowej układu SN74LS00

**GUARANTEED OPERATING RANGES**

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
V_{CC}	Supply Voltage	4.75	5.0	5.25	V
T_A	Operating Ambient Temperature Range	0	25	70	°C
I_{OH}	Output Current – High			-0.4	mA
I_{OL}	Output Current – Low			8.0	mA

Rysunek 4.18.

Szkic układu



Skorowidz

β , 19, 21, 65

ΔU , 50

λ , 137

φ , 137

0110.xls, 86

'163, 105

'195, 112, 153

1N4148, 75

-3 dB, 69, 70

45° przesunięcie fazowe, 69, 70

515 nm (długość fali), 35

555, 56

dobieranie wartości elementów, 57

zużycie energii, 59

730 nm (długość fali), 35

7493, 152

74LS00, 32, 34

'93, 109

A

A/C, 115

absorpcja, 136

aliasing, 118

aliasing.xls, 154

AM, 143

amplituda napięcia wejściowego, 43

analogowy sygnał, 79

Analysis ToolPak, 80

instalacja, 81, 82

AND, 85

and.xls, 85

anoda, 25

antena_natezenie_pola.xls, 138

arkusz kalkulacyjny, korzyści z użytkowania, 9

arytmetyka binarna, 124

asynchroniczny układ, 93

B

B, 64

baza tranzystora, polaryzacja, 18

BC107, 43, 45

BC108, 45

BC109, 45

bel, 64

bezpośrednie przetwarzanie częstotliwości
na napięcie, 117

BIN, 82

bin2.xls, 83

binarna arytmetyka, 124

binarne

dzielenie, 127

mnożenie, 126

odejmowanie, 125

sumowanie, 124

bit znaku liczby, 126

błąd

bezwzględny, przetwornik C/A, 118

kwantyzacji, 153

przetwornik A/C, 117

względny, przetwornik C/A, 118

bramka

logiczna, 32, 84

NAND, 59

prąd wyjściowy, 32

C

C/A, 115, 117

carry, 131

CD4093B, 60

CdS, 35

CdSe, 35

- charakterystyka
 - dioda Zenera, 76
 - fazowa,
 - filtr górnoprzepustowy, 70
 - filtr, 67
 - prądowo-napięciowa fototranzystora, 40
 - przejściowa, 14
 - przenoszenia,
 - filtr dolnoprzepustowy, 70
 - filtr, 67
 - statyczna tranzystora, 11
 - tranzystora bipolarnego, 13
 - wejściowa, 13
 - wyjściowa, 13
 - tranzystora, 12, 17
 - złącza półprzewodnikowego, 18
 - clock, 94
 - CMOS
 - bramka NAND, 59
 - cyfrowy sygnał, 79
 - czas
 - konwersji, przetwornik A/C, 116
 - narastania, 72
 - przebiegu wyjściowego, 50
 - reakcji
 - fotorezystora, 35
 - funktora, 87
 - czestotliwosc_rezonansowa.xls, 55
 - częstotliwości harmoniczne, 119
 - wzbudzenie, 59
 - częstotliwość, 137
 - generacji, 54
 - graniczna dolna, 43
 - odcinka, filtr, 69, 70
 - pobierania próbek, 118
 - przebiegu generowanego, 56
 - czułość fototranzystora, 40
- D**
- D, 97, 98
 - dB, 64
 - DEC, 82
 - dec2.xls, 82
 - DEC2BIN, 125, 129
 - decybel.xls, 63
 - detektor
 - promieniowania świetlnego, 40
 - stanów logicznych, 86
 - dex2bin, funkcja, 80
 - dioda
 - elektroluminescencyjna, 25
 - układ pracy, 26
 - IR, 25
 - LED, 25, 26
 - charakterystyka, 26
 - połączenie równoległe, 31
 - połączenie szeregowo, 30
 - sterowanie, 32
 - prąd, 26
 - świecąca, 25
 - unkt pracy, 29
 - Zenera, 76
 - dioda_LED_punkt_pracy_01, 27
 - dioda_LED_punkt_pracy_02, 29
 - dioda_LED_punkt_pracy_04, 31
 - dioda_LED_punkt_pracy_05, 33
 - dipol
 - pętlowy z reflektorem i direktorem, 139
 - pętlowy, 139
 - prosty, 139
 - dipol_petlowy.xls, 139
 - dipol_petlowy_r_d.xls, 140
 - dipol_prosty.xls, 139
 - długość fali, 137
 - dokładność wykonania rezystora, 28
 - dolna częstotliwość graniczna wzmacniacza, 50
 - drabinka rezystorowa, 116, 117
 - drżania zestyków, 151
 - dwójkowy system, 82
 - dzielenie binarne, 127
 - zasady, 128
 - dzielnik napięciowy sterowany częstotliwością, 66, 69
 - dziesiętny system, 82
- E**
- E12 (szereg), 28
 - E24 (szereg), 28
 - E3 (szereg), 28
 - E6 (szereg), 28
 - E_B, 11
 - E_C, 11
 - efekt pamięciowy fotorezystora, 35
 - Eq, 43
 - elektroluminescencja, 26
- F**
- fala
 - elektromagnetyczna, 135
 - nośna, 144
 - prostokątna, generator, 55
 - fala_elektromagnetyczna_czas_propagacji.xls, 136
 - fala_elektromagnetyczna_okres_czestotliwosc.xls, 137

fala elektromagnetyczna_zakresy_dekadowo.xls, 137
 fala elektromagnetyczna_zakresy_tradycyjnie.xls, 137
 Fałsz, 83
 fd, 43
 fdp.xls, 67
 fdp_charakterystyka.xls, 67
 fdp_czo.xls, 69
 fdp_faza.xls, 67
 fgp.xls, 69
 fgp_charakterystyka.xls, 70
 fgp_czo.xls, 70
 fgp_faza.xls, 70
 filtr
 dolnoprzepustowy, 66, 71
 górnoprzepustowy, 69, 72
 flip flop, 94
 fotodioda, 38
 fotodioda_kierunek_przewodzenia.xls, 39
 fotodioda_kierunek_zaporowym.xls, 39
 fotoprzewodnictwo, 40
 fotorezystor, 35
 czas reakcji, 35
 efekt pamięciowy, 35
 fotorezystor_zmiana_pradu_kolektora_01.xls, 37
 fotorezystor_zmiana_pradu_kolektora_02.xls, 37
 fototranzystor, 40
 stan nasycenia, 41
 fototranzystor_tryb_nasycenia.xls, 42
 f_T , 45
 funkcja, minimalizacja, 89
 funktor
 czas reakcji, 87
 logiczny, 84

G

generacja
 częstotliwość, 54
 warunki, 54
 generator
 fali prostokątnej, 55, 56, 59
 schemat blokowy, 53
 tranzystorowy, 55
 german, 21, 22
 górna częstotliwość graniczna wzmacniacza, 50
 Graya kod, 89

H

H, 83
 h_{21E} , 45
 harmoniczne, 119

hazard, 87
 herc, 137
 HEX, 82
 hex2.xls, 83
 High, 83
 histereza, 59
 Hz, 137

I

I_B , 11, 13, 19
 I_C , 11, 13
 I_{CB0} , 21
 I_{CE0} , 40
 idealny sygnał cyfrowy, 119
 I_E , 11, 19
 iloczyn logiczny, 85
 iloczyn_binarnie.xls, 127
 iloraz_binarnie.xls, 128
 iloraz_niecałkowity_binarnie.xls, 129
 indukcyjności zwarte na schemacie, 19
 inwerter w układzie Schmidta, 59
 I_{OH} , 32
 I_{OL} , 33
 I_p , 40
 IR, 25

J

jaka_C_dla_Xc.xls, 65
 jaka_f_dla_Xc.xls, 65
 JK-MS, 101

K

kabel
 koncentryczny, 141
 współosiowy, 141
 Karnaugh_2.xls, 89
 Karnaugh_3.xls, 89
 Karnaugh_4.xls, 90
 katoda, 25
 klucz diodowy, 149
 szeregowy, 74
 klucz_diodowy.xls, 74
 kod
 Graya, 89
 z uzupełnieniem do dwóch, 126
 kombinacyjny układ, 79
 komparator, 116
 koncentryczny.xls, 141
 kondensator
 krzywa ładowania, 72
 w obwodzie prądu zmiennego, 65

konwersja

częstotliwości na napięcie, 117

liczb dziesiętnych na dwójkowe, 80

Kreator wykresów, 14

krzem, 21, 22

krzywa ładowania kondensatora, 72

krzywizna Ziemi, 140

Ku, 43

kwantowanie.xls, 121

kwantyzacja, 121

L

L, 83

latch, 97

LDR, 35

LED, 25, 26

sterowanie, 32

liczba ujemna w systemie binarnym, 126

licznik, 105

asynchroniczny, 107

modulo n, 108

synchroniczny, 110

licznik_mod_n_bin.xls, 108

Licznik_synchro.xls, 110

Light Dependent Resistor, 35

logiczna 1, 79

logiczne 0, 79

logotomy, 143

Low, 83

Ł

ładowanie kondensatora, 72

M

Master, 98, 102

minimalizacja funkcji, 89

mnożenie

binarne, 126

pod kreską, 126

moc wydzielana przez płynący prąd, 27

modulacja amplitudy, 143

modulo 13, 152

n, 108

Most Significant Bit, 116

MOV, 132

MOV_R3_A.xls, 132

mowa_pasma.xls, 143

MSB, 116

multiwibrator, 55

multiwibrator.xls, 56

multiwibrator_555.xls, 58

N

nachylenie prostej obciążenia dla prądu stałego,
18

najbardziej znaczący bit, 116

NAND, 59, 98, 100

zastosowanie, 94

napięcie

baza-emiter, 21

generatora, 43

kolektor-emiter, 13

przewodzenia, 26

wejściowe, baza-emiter, 13

zasilania, 33

natężenie

oświetlenia, 35

poła elektrycznego, 138

prądu kolektora, 13

negator, 84

neper, 64

neper.xls, 64

niewidzialne promieniowanie, 25

NOR, 95, 96

not.xls, 84

Np, 64

O

OB, 46

obwód sprzężenia zwrotnego, 53

OC, 46

OCT, 82

oct2.xls, 83

odbiornik promieniowania, 25, 34

odczyt danych z urządzenia zewnętrznego, 112

odejmowanie binarne, 125

odwroćcie fazy napięcia, 46

OE, 45, 46

okres, 137

oporność

falowa, 141

wejściowa wzmacniacza, 43

wewnętrzna generatora, 43

OR, 84

or.xls, 84

ostrość zboczy impulsów, 119

oświetlenie

natężenie, 35

wykrywanie, 36

oznaczenia wejść układów scalonych, 97

P

pamięć
 operacyjna, 123
 stała, 123

pasmo przenoszenia, 46, 49

pasmo_wzmacniacza.xls, 50

pętla
 dodatniego sprzężenia zwrotnego, 56
 histerezy, 59

pobieranie próbek, częstotliwość, 118

pojemności
 rozwarne na schemacie, 19
 złącza kolektora, 48

polaryzacja bazy tranzystora, 18

pole elektromagnetyczne, 135

pole elektryczne, natężenie, 138

połączenie równoległe diod LED, 31

połączenie szeregowo diod LED, 30

potencjometryczny układ zasilania, 18

prawa Murphy'ego, 157

Prawda, 83

prawo Ohma, 27

prąd
 bazy, 13
 ciemny, 38, 40
 diody, 26
 fotoelektryczny, 40
 jasny, 40
 kolektora, zmiana, 21
 wsteczny, 38
 wyjściowy bramki, 32
 zerowy kolektora, 21, 22

prędkość rozchodzenia się fali elektromagnetycznej, 136

promieniowanie
 niewidzialne, 25
 odbiornik, 25, 34
 w kolorze czerwonym, 27
 widzialne, 25
 źródło, 25

próbkowanie, 118

przełączanie przełącznika mechanicznego, 150

przerzutnik, 94
 D, 97, 98
 dwutaktowy, 102
 J-K, 100
 JK-MS, 101
 RS, 94
 Schmitta, 59
 T, 111

przesunięcie
 bitowe w lewo, 130, 131
 fazowe, 46, 67

przesyłanie danych, 132

przetwornik
 A/C, 116
 analogowo-cyfrowy, 115
 C/A, 117
 cyfrowo-analogowy, 115
 typu „flash”, 116
 z bezpośrednim porównaniem napięć, 116

przewodnik_natezenie_pola.xls, 138

punkt pracy, 44
 diody, 29
 stabilizacja, 21
 tranzystora, 19
 współczynnik stałości, 21

R

R-2R, 117

RAM, 123

R_C , 18

R_E , 18

reaktancja pojemnościowa, 65

reaktancja_pojemnościowa.xls, 65

reflektometr, 136

rejestr, 112
 przesuwny, 112
 równoległy, 113

RESET, 100

rezonans prądów, 54

rezystancja
 obciążenia, 43
 wejściowa, 46
 wyjściowa, 46

rezystor
 dokładność wykonania, 28
 ograniczający, 30, 31
 sterowany częstotliwością, 65

R_g , 43

RL A, 130

RL.xls, 130

RLC A, 131

RLC.xls, 131

R_o , 43

rozdzielczość.xls, 154

ROM, 123

Rotate Left Accumulator, 130
 with Carry, 131

rozdzielczość
 przetwornik A/C, 116
 przetwornik C/A, 118

roznica_binarnie.xls, 125

rozwiązanie technologicznie poprawne, 29

równoległy układ rezonansowy, 54

RS, 94
 RS-NAND.xls, 94
 RS-NAND-WYKR.xls, 95, 96
 RS-SYNCHR-TCH.xls, 97
 Rwe, 43
 rzeczywiste wartości elementów, 58

S

schemat
 blokowy generatora, 53
 dla
 częstotliwości średnich, 47
 składowej stałej, 19
 wzmacniacz OE, 47
 do wyznaczenia punktu pracy, wzmacniacz
 OE, 47
 wzmacniacza tranzystorowego, 18
 Schmitta przerzutnik, 59
 sekwencyjny układ, 93
 selenek kadmu, 35
 SET, 100
 siarczek kadmu, 35
 siatka Karnaugha, 89
 składowa stała, separacja, 18
 Slave, 98, 102
 SN74LS00, 62
 spadek napięcia na
 diodzie, 33
 wyjściu bramki, 33
 sprzężenie zwrotne, 53
 stabilizator z diodą Zenera, 76
 stan
 na szynach magistrali, zapisanie, 112
 nasycenia, 41
 niski, 79, 83
 odcięcia, 41
 poprzedni, 93
 wewnętrzny, 93
 wysoki, 79, 83
 sterowanie diody LED, 32
 stosunek
 mocy, 64
 napięć, 64
 prądów, 64
 strumień
 elektronów, 12
 wody, 12
 suma logiczna, 85
 suma_binarnie.xls, 124
 sumowanie binarne, 124
 sygnalizacja świetlna, 103
 sygnalizator.xls, 103

sygnał
 analogowy, 79
 cyfrowy, 79
 idealny, 119
 modulujący, 144
 zegarowy, 94
 synchroniczny układ, 94
 synteza.xls, 119
 system
 binarny, 80
 liczba ujemna, 126
 dwójkowy, 80, 82
 dziesiętny, 82
 szeregi główne rezystorów, 28
 szerokość pętli histerezy, 59
 szesnastkowy układ, 82
 szybkie mnożenie przez liczbę 2, 130

T

T, 137
 tabela prawdy, 89
 tablica charakterystyczna, 98
 temperatura, wpływ na parametry tranzystora, 21
 tłumienie_kabla.xls, 142
 tłumienosc_triset.xls, 141
 tłumienie kabla, 141
 tn, 50
 transkoder, 116
 tranzystor bipolarny,
 charakterystyka, 13
 przejściowa, 14
 statyczna, 11
 wyjściowa, 12
 wyjściowa, 17
 działanie, 12
 germanowy, 22
 krzemowy, 22
 punkt pracy, 19
 rola wzmacniająca, 12
 tryb przełącznika, 41
 właściwości, 11
 wpływ temperatury, 21
 wyniki pomiarów, 13
 tranzystor_pomiary_01.xls, 13
 tranzystor_punkt_pracy_01.xls, 20
 tranzystor_zmiana_pradu_kolektora_01.xls, 22
 twierdzenie
 Kotelnikowa-Shannona, 118
 Nyquista-Shannona, 118

U

U₂, 126
 U_{BE}, 11, 13, 19, 21, 36, 45
 U_{BEP}, 19, 36
 U_C, 27, 33
 U_{CB}, 11, 48
 U_{CC}, 19
 U_{CE}, 11, 13, 19
 U_D, 33
 U_E, 19
 układ_calkujacy.xls, 72
 układ_rozniczkujacy.xls, 73
 układ

- asynchroniczny, 93, 97
- całkujący, 56, 71
- dwójkowy, 82
- dziesiętny, 82
- kombinacyjny, 79, 86
- liczbowy, 82
- rezonansowy równoległy, 54
- różniczkujący, 72
- sekwencyjny, 93
- sprężenia zwrotnego, 53
- synchroniczny, 94, 97
- szesnastkowy, 82
- WE, 18
- wejścia-wyjścia, 123
- zasilania potencjometryczny, 18

U_{OL}, 33
 urządzenia zewnętrzne, 123
 Uwe, 43
 uzupełnienie do dwóch, kod, 126

W

wartości elementów rzeczywiste, 58
 wartość binarna, 80
 warunek

- amplitudy, 54
- fazy, 54
- wzbudzenia generatora, 59

WC, 40
 WE, 11, 18, 40
 widocznosc_bezposrednia.xls, 140
 widoczność bezpośrednia, 140
 widzialne promieniowanie, 25
 właściwości tranzystora bipolarnego, 11
 wpływ natężenia oświetlenia na wartość prądu

- fotodiody, 38

wspólny emiter, 11
 współczynnik

- stabilizacji,
 - dioda Zenera, 77
 - zalecane wartości, 22

stałości punktu pracy, 21
 wzmocnienia prądowego, 20, 21
 wygładzenie wierzchołków impulsów, 119
 wykrywania oświetlenia, 36
 wyniki pomiarów tranzystora, 13
 wyzwalanie

- poziomem, 97
- zbozcem, 97

wzbudzenie na częstotliwościach harmonicznych, 59
 wzmacniacz

- małych częstotliwości, 18
- odwracający, 51
- operacyjny, 51, 56
- tranzystorowy, 18
- WE, obwód
 - wejściowy, 11
 - wyjściowy, 11

wzmacniacz_mcz_z_tranzystorami_bipolarnymi.xls, 48
 wzmacniacz_odwracajacy.xls, 51
 wzmacniająca rola tranzystora, 12
 wzmocnienie

- mocy duże, 45
- napięciowe, 43, 46
 - <1, 46
 - duże, 45, 46
- prądowe, 45, 46
 - <1, 46
 - duże, 45, 46

wzory, zestaw podręczny, 27

X

X_C, 65

Z

z uzupełnieniem do dwóch, kod, 126
 zależności pomiędzy prądem, napięciem, rezystancją i mocą, 27
 zamiana

- liczby dwójkowej, 83
- liczby ósemkowej, 83
- liczby szesnastkowej, 83

zapamiętywanie

- bitów, 112
- informacji, 93

zasięg fal decymetrowych, 140
 zbocza impulsów, 119
 Zener1.xls, 76
 Zener1.xls, 77
 zjawisko

- elektroluminescencji, 26
- fotoprzewodnictwa, 40

złącze
 emiterowe, 11
 kolektorowe, 11
 pojemność, 48
 półprzewodnikowe, charakterystyka, 18
zmiana
 prądu kolektora, 21
 napięcia wyjściowego, dioda Zenera, 77
znacznik przeniesienia, 131
zniekształcenia, 119

zrozumiałość
 mowy, 143
 sylabowa, 143
ZU2, 126
zwiększenie ostrości zboczy impulsów, 119
zwis przebiegu wyjściowego, 50

Ż

źródło
 prądu o wydajności zależnej od natężenia
 oświetlenia, 38
 promieniowania, 25
 sygnału, 11

PROGRAM PARTNERSKI

GRUPY WYDAWNICZEJ HELION



- 1. ZAREJESTRUJ SIĘ**
- 2. PREZENTUJ KSIĄŻKI**
- 3. ZBIERAJ PROWIZJĘ**

Zmień swoją stronę WWW
w działający bankomat!

Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA WYDAWNICZA

 **Helion SA**

Elektronika z Excelem

- Budowa i zasada działania podstawowych elementów elektronicznych
- Przegląd najczęściej wykorzystywanych układów analogowych
- Sposoby przetwarzania sygnałów analogowych na cyfrowe i na odwrot
- Podstawy techniki cyfrowej i mikroprocesorowej
- Zagadnienia związane z nadawaniem, propagacją i odbiorem sygnałów radiowych oraz telewizyjnych

Excel na dobre zagościł w szkołach, firmach i instytucjach naukowych, w których wykorzystywany jest do rozwiązywania różnorodnych problemów obliczeniowych: od przeprowadzania symulacji, wyznaczania trendów i wskaźników, poprzez generowanie różnych zestawień, porównań i podsumowań danych, aż po tworzenie na ich podstawie charakterystyk i wykresów. Aplikacja ta znajduje też zastosowanie w wielu dziedzinach techniki, wspomagając zarówno proste rachunki czy działania związane z wyceną kosztów realizacji projektów, jak i zaawansowane obliczenia inżynierskie.

Jeśli chcesz poznać podstawy elektroniki i dowiedzieć się, jak wykorzystać arkusz kalkulacyjny do rozwiązywania typowych problemów z tej dziedziny, sięgnij po książkę *Elektronika z Excelem*. Dzięki niej łatwo zrozumiesz działanie najważniejszych elementów i układów elektronicznych analogowych oraz cyfrowych, a także nauczysz się wykorzystywać program Excel do wyznaczania parametrów układów elektronicznych, wykreślenia charakterystyk czy prezentacji otrzymanych wyników. Książka okaże się nieocenioną pomocą, jeśli chcesz poznać metodykę eksperymentów elektronicznych bez angażowania laboratorium i nauczyć się wykonywać solidne sprawozdania z zajęć laboratoryjnych.

**Przekonaj się, jak wiele możesz zrobić w Excelu
— bez laboratorium elektronicznego!**

helion.pl
księgarnia
internetowa

Nr katalogowy: 7726



Księgarnia internetowa:
<http://helion.pl>



Zamówienia telefoniczne:
0 801 339900



0 601 339900



Helion

Sprawdź najnowsze promocje:

• <http://helion.pl/promocje>

Książki najchętniej czytane:

• <http://helion.pl/bestsellery>

Zamów informacje o nowościach:

• <http://helion.pl/nowosci>

Helion SA

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel.: 32 230 98 63

e-mail: helion@helion.pl

<http://helion.pl>



ISBN 978-83-246-4301-1



Cena 34,90 zł

Informatyka w najlepszym wydaniu