
1. Wstęp	7
2. Pierwsze kroki z programem Multisim	11
2.1. Instalacja i wymagania sprzętowe	12
2.2. Pierwsze uruchomienie	12
2.2.1. Główne ustawienia programu	14
2.2.2. Ustawienia wyglądu schematu	16
2.3. Pierwsza symulacja	17
2.3.1. Wykorzystanie bazy komponentów	17
2.3.2. Symulacja prostego obwodu	19
3. Wybrane właściwości programu Multisim	23
3.1. Zalety oprogramowania	24
3.2. Wady oprogramowania	25
3.3. Wirtualna szyna połączeniowa	26
3.4. Podobwoły	27
3.5. Tworzenie, drukowanie, zapis i eksport wyników symulacji	28
3.5.1. Przeglądanie i zapis wykresów	28
3.5.2. Drukowanie schematu i wykresów	30
3.5.3. Współpraca pakietu Multisim z innymi programami	30
4. Przykłady symulacji	31
4.1. Parametry symulacji	32
4.2. Wykorzystanie przyrządów pomiarowych w symulacjach	35
4.2.1. Wskaźniki napięcia i prądu	37
4.2.2. Charakterystyki częstotliwościowe	37
4.2.3. Symulacja układu cyfrowego	38
4.2.4. Analiza częstotliwościowa Fouriera	42
4.2.5. Pomiar parametrów przebiegów zmiennych	44
4.2.6. Obserwacja sygnałów o różnych parametrach	45
5. Wirtualne laboratorium techniki cyfrowej	47
5.1. Bramki TTL i CMOS	48
5.1.1. Podstawowe operacje i funkcje algebry Boole'a	48
5.1.2. Bramka NAND	50
5.1.3. Bramka AND	52
5.1.4. Bramka NOR	53
5.1.5. Bramka OR	55
5.1.6. Parametry dynamiczne bramek TTL oraz CMOS	56
5.1.7. Parametry statyczne bramek TTL i CMOS	61
5.1.8. Zadania do samodzielnego rozwiązania	64

5.2.	Bloki komutacyjne	66
5.2.1.	Transkoder kodu Graya + 3 na kod Aikena	66
5.2.2.	Koder kodu 1 z 10 na kod wskaźnika 7-segmentowego	67
5.2.3.	Układ realizujący funkcję $y(d, c, b, a) = \sum(3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15)$	71
5.2.4.	Układ realizujący funkcję $y = f(a, b, c, d, e) = \sum(0, 1, 3, 4, 8, 11, 12, 13, 17, 19, 21, 22, 24, 25, 26, 27)$	72
5.2.5.	Konwerter funkcji pracujący według określonej charakterystyki	74
5.2.6.	Zadania do samodzielnego wykonania	75
5.3.	Bloki arytmetyczne	77
5.3.1.	Sumator pełny jednobitowy	77
5.3.2.	Układ mnożący liczbę wejściową przez 9	78
5.3.3.	Subtraktor jednobitowy	79
5.3.4.	Sumator/subtraktor czterobitowy	80
5.3.5.	Sumator BCD	81
5.3.6.	Zadania do samodzielnego wykonania	82
5.4.	Przerzutniki bistabilne	83
5.4.1.	Konwersja przerzutnika RS na JK	83
5.4.2.	Konwersja przerzutnika JK na D	84
5.4.3.	Konwersja przerzutnika D na JK	85
5.4.4.	Konwersja przerzutnika T na JK	86
5.4.5.	Konwersja przerzutnika JK na SR	87
5.4.6.	Przerzutnik D-zatrząsk	88
5.4.7.	Zadania do samodzielnego rozwiązania.....	89
5.5.	Układy sekwencyjne	89
5.5.1.	Licznik synchroniczny pracujący według określonego grafu	90
5.5.2.	Licznik synchroniczny modulo 16 z wejściem <i>Enable</i>	92
5.5.3.	Układ wykrywający w wejściowym ciągu binarnym sekwencję 1010.....	95
5.5.4.	Licznik pierścieniowy modulo 8	99
5.5.5.	Układ wykrywający w sekwencji wejściowej liczbę zer podzielną przez 3	101
5.5.6.	Licznik synchroniczny pracujący według grafu $3 \rightarrow 6 \rightarrow 9 \rightarrow 12 \rightarrow 18 \rightarrow 27 \rightarrow 9 \dots$	103
5.5.6.1.	Realizacja projektu za pomocą przerzutników typu D oraz dowolnych bramek	103
5.5.6.2.	Realizacja projektu na przerzutnikach typu T oraz demultiplekserach.....	106
5.5.6.3.	Realizacja projektu na przerzutnikach typu JK oraz multiplekserach	108
5.5.6.4.	Projekt licznika z wykorzystaniem przerzutników RS, multiplekserów i demultipleksersa	108
5.5.7.	Układ wykrywający sekwencję trzech jedynek przedzielonych co najwyżej jednym zerem	112
5.5.8.	Układy arytmetyczne jako układy sekwencyjne	112
5.5.8.1.	Sumator dwóch liczb n -bitowych	113
5.5.8.2.	Układ dzielący n -bitową liczbę binarną przez 3	117

5.5.9.	Minimalizacja liczby stanów wewnętrznych w układach sekwencyjnych	121
5.5.9.1.	Opis układu sekwencyjnego	121
5.5.9.2.	Definicje i twierdzenia	124
5.5.9.3.	Metody minimalizacji liczby stanów	125
5.5.9.4.	Sklejanie stanów w tablicy przejść	125
5.5.9.5.	Metoda trójkątnej tablicy zgodności Unger-Paulla	126
5.5.9.6.	Metoda graficzna	127
5.5.9.7.	Redukcja rodziny stanów niesprzecznych do rodziny minimalnej	128
5.5.10.	Zadania do samodzielnego wykonania	130
5.6.	Liczniki scalone	131
5.6.1.	Najpopularniejsze liczniki scalone wykonane w technologii TTL i CMOS	131
5.6.2.	Licznik pracujący według grafu: $5 \rightarrow 6 \rightarrow \dots \rightarrow 11 \rightarrow 12 \rightarrow 5\dots$ na bazie 74193	142
5.6.3.	Licznik pracujący według grafu: $12 \rightarrow 11 \rightarrow \dots \rightarrow 6 \rightarrow 5 \rightarrow 12\dots$ na bazie 74193	143
5.6.4.	Licznik pracujący według grafu $0 \rightarrow 1 \rightarrow \dots \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 12 \rightarrow 13 \rightarrow 14 \rightarrow 10\dots$	145
5.6.5.	Licznik modulo 69 w kodzie BCD na bazie 7490	148
5.6.6.	Licznik modulo 69 pracujący w kodzie BCD na bazie 74193 oraz dowolnych bramek	148
5.6.7.	Licznik modulo 69 pracujący w kodzie BCD z wykorzystaniem układów 7493 oraz dowolnych bramek	149
5.6.8.	Licznik modulo 69 pracujący w kodzie binarnym naturalnym z wykorzystaniem układów 7493	150
5.6.9.	Generator fali trójkątnej	151
5.6.10.	Licznik modulo 160 zbudowany na układzie 4520	152
5.6.11.	Kaskadowe łączenie liczników 4022	153
5.6.12.	Licznik modulo 100 pracujący w kodzie BCD na bazie układu 4518	154
5.6.13.	Licznik modulo 10 pracujący w kodzie BCD z sygnalizacją przepełnienia	155
5.6.14.	Rozdzielacz 18 impulsów	156
5.6.15.	Zadania do samodzielnego wykonania	156
5.7.	Układy relaksacyjne	159
5.7.1.	Układ całkujący opóźniający impuls wejściowy	159
5.7.2.	Układ różniczkujący dwuzboczowy	160
5.7.3.	Przerzutnik monostabilny z układem RC i sprzężeniem zwrotnym	161
5.7.4.	Przerzutnik astabilny z dwoma układami różniczkującymi	162
5.7.5.	Przerzutnik 74121	163
5.7.6.	Przerzutnik 74123	165
5.7.7.	Generator astabilny zbudowany z układów 74121	167
5.7.8.	Generator astabilny zbudowany z układów 74123	167
5.7.9.	Układ opóźniający ujemny impuls wejściowy	167
5.7.10.	Układ podwajający częstotliwość zbudowany na przerzutnikach 74123	170

5.7.11. Prosty autoalarm.....	172
5.7.12. Timer 555.....	173
5.7.13. Zadania do samodzielnego wykonania.....	177
6. Wirtualne laboratorium elektroniki i elektrotechniki.....	179
6.1. Obwody rezystancyjne.....	180
6.1.1. Łączenie rezystorów.....	180
6.1.2. Generatory zastępcze.....	182
6.1.3. Zadania do samodzielnego rozwiązania.....	184
6.2. Obwody prądu zmiennego.....	185
6.2.1. Podstawowe obwody z elementami R , L i C	185
6.2.2. Obwody zawierające wzmacniacz operacyjny.....	189
6.2.3. Filtry aktywne.....	191
6.2.4. Zadania do samodzielnego rozwiązania.....	194
6.3. Układy zawierające elementy półprzewodnikowe.....	195
6.3.1. Dioda półprzewodnikowa.....	195
6.3.2. Tranzystor bipolarny.....	197
6.3.3. Zadania do samodzielnego rozwiązania.....	203
Zakończenie.....	205
Literatura.....	207