

Spis treści

Streszczenie	7
Abstract	9
Podziękowania	11
Spis rysunków	12
Spis tabel	18
1. Wstęp	21
1.1. Temat pracy	21
1.2. Cel pracy	24
1.3. Ultrasonografia wysokiej częstotliwości	25
1.3.1. Ograniczenia poziomów nadawania	26
1.3.2. Zastosowania	29
1.3.2.1. Dermatologia	29
1.3.2.2. Aparaty komercyjne	32
1.3.2.3. Oftalmologia	32
1.3.2.4. Inne zastosowania	34
1.3.3. Podsumowanie	35
2. Transmisja kodowana	37
2.1. Sygnały kodowane	37
2.1.1. Rodzaje kodów	38
2.1.1.1. Sygnał chirp	40
2.1.1.2. Kody Barkera	41
2.1.1.3. Kody Golaya	42
2.1.1.4. Inne kody	44
2.1.2. Filtracja dopasowana	45
2.2. Sygnały kodowane w ultrasonografii	46
2.2.1. Aspekty techniczne	48
2.2.2. Wpływ pasma głowicy na sygnały kodowane	50
2.2.3. Rozkłady pola dla pobudzeń kodowanych	51
2.2.4. Podsumowanie	53

3. Układy i systemy cyfrowego przetwarzania sygnałów	57
3.1. Systemy cyfrowego przetwarzania sygnałów	58
3.1.1. Programowalne układy logiczne	59
3.1.1.1. Architektura wewnętrzna FPGA	60
3.1.1.2. Projektowanie układów FPGA	63
3.1.1.3. Zastosowania FPGA	68
3.1.2. Procesory sygnałowe	70
3.1.2.1. Architektura DSP	71
3.1.2.2. Zastosowania DSP	72
3.1.3. Procesory uniwersalne	73
3.1.3.1. Jednostki wektorowe	76
3.1.4. Procesory graficzne	77
3.1.4.1. Potok przetwarzania 3D	78
3.1.4.2. Architektura GPU	80
3.1.4.3. Wydajność GPU	83
3.1.4.4. Języki programowania GPU	83
3.2. Układy przetwarzania analogowo-cyfrowego	84
3.2.1. Zasada działania przetworników A/C	84
3.2.2. Architektura przetworników A/C	85
3.2.3. Specyfikacja przetworników A/C	88
3.2.3.1. Parametry statyczne	88
3.2.3.2. Parametry dynamiczne	89
3.2.3.3. Jitter w układach przetwarzania A/C	93
3.2.4. Pomiary układów przetworników	94
3.2.4.1. Pomiar parametrów dynamicznych metodą FFT	95
3.3. Budowa ultrasonografu	96
3.3.1. Tor przetwarzania sygnału w ultrasonografii obrazowej	96
3.3.2. Technologie cyfrowe w polskich aparatach	97
4. Projekt systemu	101
4.1. Architektura systemu	101
4.1.1. Tor przetwarzania ultrasonografu z transmisją kodowaną	101
4.1.2. Analiza rozwiązań	102
4.2. Moduł kodera-digitizera	106
4.2.1. Przetwornik analogowo-cyfrowy	107
4.2.2. Przetworniki cyfrowo-analogowe	109
4.2.3. Układ FPGA	110
4.2.3.1. Projekt wewnętrzny układu FPGA	110
4.2.4. Układ zegara	113
4.2.5. Interfejs USB	114
4.2.5.1. Budowa i cechy kontrolera FX2	114
4.2.5.2. Oprogramowanie kontrolera interfejsu USB	115
4.2.6. Zasilanie modułu	116
4.3. Analogowe układy wej./wyj.	116

4.3.1. Wzmacniacz mocy	116
4.3.2. Wzmacniacz odbiorczy	117
4.4. Układy zasilania	117
4.5. Panel regulacyjny	117
4.5.1. Budowa panelu	118
4.6. Głowica ultradźwiękowa	119
4.6.1. Przetwornik ultradźwiękowy	120
4.6.2. Geometria głowicy	121
4.7. Oprogramowanie sterujące i przetwarzające	122
4.7.1. Architektura strumieniowa	123
4.7.2. Przetwarzanie cyfrowe CPU	125
4.7.2.1. Modelowy algorytm przetwarzania	125
4.7.2.2. Zoptymalizowany algorytm przetwarzania	126
4.7.2.3. Detekcja obwiedni	126
4.7.3. Przetwarzanie cyfrowe GPU	128
4.7.3.1. Konwersja geometrii sektora	129
4.7.3.2. Funkcje pre- i post-processingu	133
4.7.3.3. Wyświetlanie i reprodukcja odcieni	133
4.7.4. Oprogramowanie użytkowe	136
4.8. Podsumowanie	139
5. Wyniki	141
5.1. Testy modułu	141
5.1.1. Komunikacja moduł ↔ komputer PC	141
5.1.2. Parametry systemu akwizycji	142
5.1.3. Weryfikacja w pętli elektrycznej	144
5.1.4. Sygnały od reflektora w wodzie	144
5.1.5. Geometria systemu obrazującego	146
5.1.6. Testy oprogramowania przetwarzania i wizualizacji	147
5.1.6.1. Wydajność toru przetwarzania i wyświetlania	148
5.1.6.2. Wydajność scan-convertera	148
5.2. Porównanie kodów	149
5.2.1. Rozdzielczość podłużna i stosunek sygnał-szum	149
5.2.2. Badania <i>in vivo</i>	151
5.2.2.1. Porównanie z mikrosonografem z 1998	151
5.3. Zastosowania kliniczne	153
5.3.1. Badania cellulitu	153
5.3.2. Pomiary grubości kompleksu intima-media	154

6. Podsumowanie	157
6.1. Systemy elektroniczne	158
6.2. Systemy przetwarzania	159
6.3. Rozbudowa i inne aplikacje systemu	160
6.3.1. Rozbudowa systemu	160
6.3.2. Inne aplikacje	163
6.3.3. Perspektywy rozwoju ultrasonografii wysokiej częstotliwości	164
6.4. Możliwości komercjalizacji ultrasonografu	164
6.4.1. Zintegrowane głowice USB	165
6.4.2. Optymalizacja systemu	165
6.4.2.1. Minimalizacja poboru prądu	166
6.4.2.2. Minimalizacja rozmiarów	166
Schemat ideowy systemu	167
Bibliografia	175