



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



POLITECHNIKA WARSZAWSKA

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



**Zbigniew Staroszczyk**  
**Andrzej Kalicki**

# **KOMPUTEROWE SYSTEMY WBUDOWANE**

**Warszawa 2011**

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



**PROGRAM ROZWOJOWY**  
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

Politechnika Warszawska  
Instytut Elektrotechniki Teoretycznej i  
Systemów Informacyjno Pomiarowych



## SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie .....	4
1.1. Podstawowe pojęcia i klasyfikacja systemów wbudowanych .....	5
1.2. Technologie realizacji (RISC, CISC i DSP) .....	7
1.2.1. CISC (complex instruction set computers) .....	8
1.2.2. RISC (reduced instruction set computers).....	8
1.3. Interfejsy systemów wbudowanych .....	10
1.3.1. Interfejsy lokalne komputerów wbudowanych .....	10
1.3.2. Interfejsy rozległe komputerowych systemów wbudowanych.....	11
1.4. Wsparcie aplikacji wbudowanej przez system operacyjny .....	12
1.4.1. DOS .....	12
1.4.2. Linux.....	12
1.4.3. Windows CE.....	13
2. Technologie procesorów dla systemów wbudowanych .....	14
2.1. Procesory klasyczne .....	14
2.1.1. Procesor 8086.....	15
2.1.2. Procesor 8051 .....	19
2.2. Procesory AVR.....	23
2.3. Procesory x86 .....	27
2.4. Procesory ARM .....	32
2.4.1. Własności architektury RISC w procesorach ARM.....	32
2.4.2. Rozwój architektury procesora ARM .....	33
2.4.3. Szczegóły realizacyjne procesorów.....	36
2.4.4. Porównanie procesorów RISC i CISC .....	46
2.5. Procesory specjalizowane.....	47
2.5.1. Procesor MSP430 .....	47
2.5.2. Procesor PIC .....	49
2.5.3. Porównanie poboru energii przez procesory specjalizowane.....	51
2.6. Zarządzanie pamięcią (MMU) .....	55
2.6.1. Zasada działania układu zarządzania pamięcią.....	55
2.6.2. Układ zarządzania pamięcią procesorów ARM .....	57
3. Oprogramowanie platform wbudowanych .....	61
3.1. Narzędzia programowania systemów małoskalowych .....	62
3.2. Programowanie systemów średnioskalowych .....	68
3.2.1. Oferta kompletnego oprogramowania (IDE + r-t) .....	68
3.2.2. Oferta jąder czasu rzeczywistego.....	69
3.3. Systemy wielkoskalowe.....	72
3.3.1. System jednozadaniowy DOS.....	73
3.3.2. Systemy wielozadaniowe: Linux, Windows CE .....	78
3.3.3. Standaryzacja sprzętu.....	88
4. System operacyjny Windows CE .....	96
4.1. Wprowadzenie .....	96
4.1.1. Podstawowe właściwości systemów CE 3.0-5.0 .....	97
4.1.2. Zmiany wprowadzone w Windows CE 6.0 .....	98



4.2. Korzystanie z dokumentacji MSDN .....	98
5. Wprowadzenie do programowania aplikacji dla Windows CE .....	103
5.1. Programowanie aplikacji Windows CE w języku C++ .....	105
5.1.1. Programowanie w Embedded Visual C++ .....	107
5.1.2. Programowanie C++ w Visual Studio 2005 .....	133
5.2. Programowanie C# w Visual Studio .....	140
5.2.1. Program konsolowy .....	140
5.2.2. Prosta aplikacja okienkowa - timer .....	141
5.2.3. Użytkowe aplikacje startowe - łącze szeregowo .....	144
5.2.4. Przykładowa aplikacja - wykrywanie portów COM .....	145
5.2.5. Przykładowa aplikacja - korzystanie z portów COM .....	147
5.2.6. Użytkowa aplikacja startowa - grafika .....	149
5.2.7. Projekty przykładowe środowiska VS .....	151
6. Podsumowanie .....	154