

# Łagodne wprowadzenie do systemów wbudowanych

Bartłomiej Sięka  
tur@semihalf.com

Instytut Informatyki UJ, Kraków 24.11.2009

# Plan

- Wstęp
  - definicja, zastosowania
  - charakterystyka
- Sprzęt
  - pojęcia, przykładowe platformy
- Oprogramowanie
  - warstwy oprogramowania, przykłady
- Praca z systemami wbudowanymi
- Podsumowanie i pytania

# Definicja systemu wbudowanego

- System wbudowany (embedded)
  - system komputerowy
  - dedykowany dla jednej (lub małej liczby) funkcji
  - część większej całości
- System czasu rzeczywistego (real time)
  - gwarancja czasu odpowiedzi na zdarzenie zewn.
  - soft i hard real time
  - RT to temat na osobną serię wykładów

# Wachlarz zastosowań wbudowanych

- Telefon komórkowy, PDA, GPS
- Telewizor, PVR, router, punkt dostępowy WLAN
- Pralka, zmywarka, kuchenka mikrofalowa
- Obrabiarki, linie produkcyjne, systemy sterujące
- Przemysł samochodowy (multimedia, ABS, ...)
- Lotnictwo i zastosowania kosmiczne
- Medycyna (tomograf, respirator, stetoskop)
- Telekomunikacja (infrastruktura, terminale)
- Wojsko (nie możemy powiedzieć)

# Cechy charakterystyczne

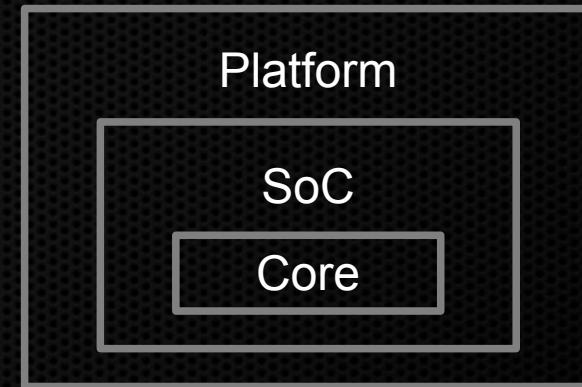
- Silnie zintegrowany, niewielkich rozmiarów
- Ograniczone interfejsy (często brak GUI)
- Niezawodność i trwałość
- Niski pobór energii
- Bezobsługowy, działanie bez dozoru
- Odporność mechaniczna
- Praca w trudnych warunkach środowiskowych

# Dlaczego systemy wbudowane?

- Ogromny rynek i potencjał
  - 1 mld układów ARM sprzedanych w II kw. 2009
  - 90 - 100 mln procesorów x86 sprzedanych w III kw. 2009
- Szerokie spektrum zagadnień (arch., OS, sieć)
- Blisko sprzętu
- Nietrywialne problemy
- Satysfakcja z pracy
  - open source
  - efekty pracy w rzeczywistych produktach

# Sprzęt dla systemów wbudowanych

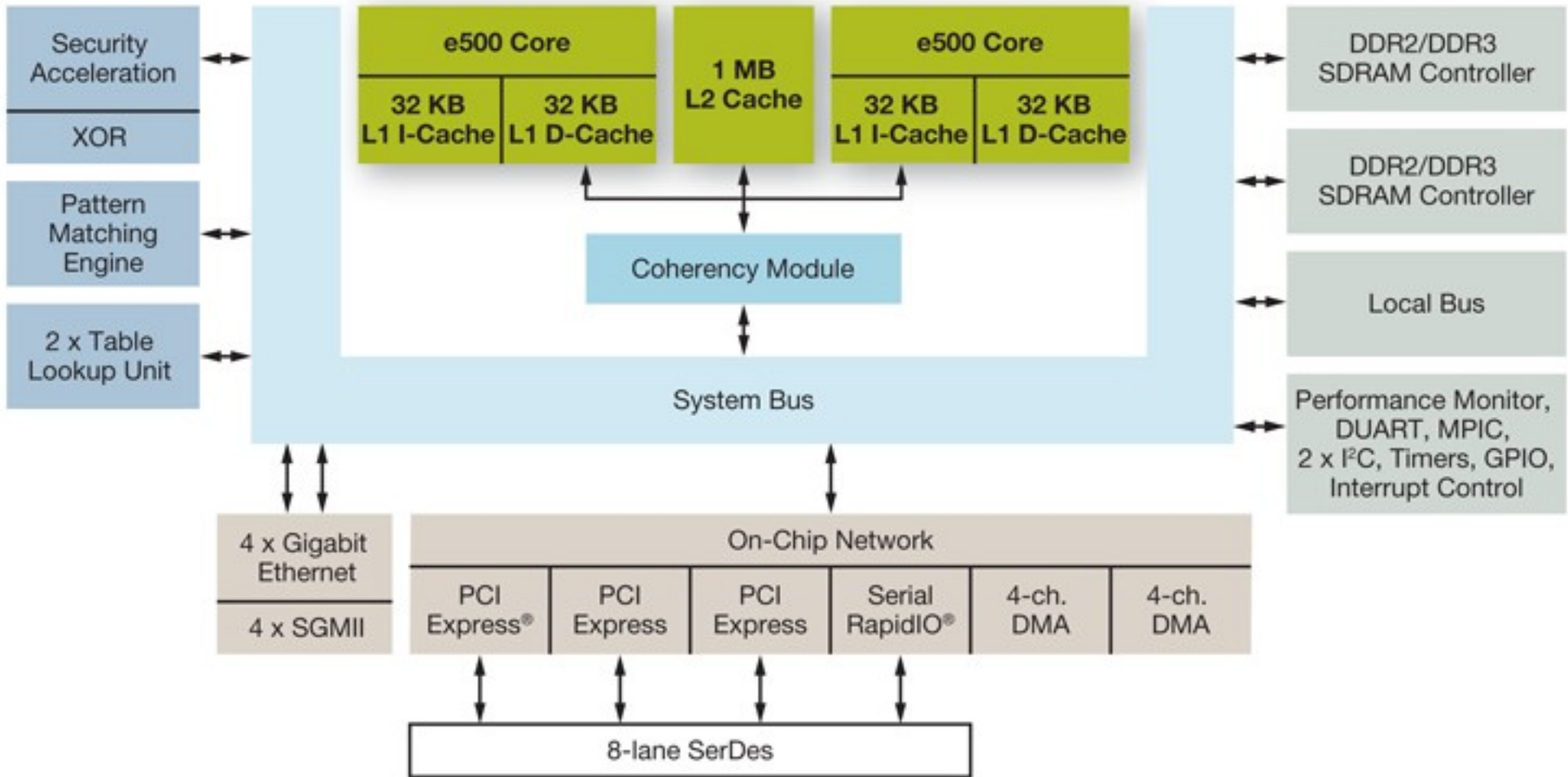
- Hierarchia
  - CPU, core
  - System on Chip (SoC)
  - platforma
- Rodzaje systemów
  - zestaw uruchomieniowy
  - urządzenie dedykowane
- Przykłady



# System on Chip (SoC)

- Silnie zintegrowany układ mikroprocesorowy
  - CPU, cache
  - magistrale lokalne
  - kontrolery pamięci zewn. (RAM, Flash, ...)
  - układy peryferyjne
    - UART, Ethernet, PCI, PCI-E, USB, audio, video
    - DMA, XOR, crypto, pattern matching
- Producenci: AMCC, Freescale, Marvell, TI,...

# Przykładowy SoC: MPC8572E



Core Accelerators I/O

[http://www.freescale.com/files/graphic/block\\_diagram/MPC8572\\_BLKDIA.jpg](http://www.freescale.com/files/graphic/block_diagram/MPC8572_BLKDIA.jpg)

# Platforma

Główny układ SoC, oprócz niego:

- pamięć (RAM, Flash)
- obwody zasilania i kontrolne
- układy dostosowujące (PHY, itd)
- magistrale przemysłowe (I2C, CAN, SPI, RapidIO)
- peryferia na magistralach PCI, PCI-E, USB, ...
- logika programowalna
- DSP, układy ASIC, inne układy SoC

# Logika programowalna

- CPLD/FPGA
- Funkcje kontrolne i konfiguracyjne
- Szybkie prototypowanie
- Elastyczność i rozszerzalność
- Implementacja algorytmów specjalnych (szyfry)
- Producenci: Altera, Lattice, Xilinx, ...

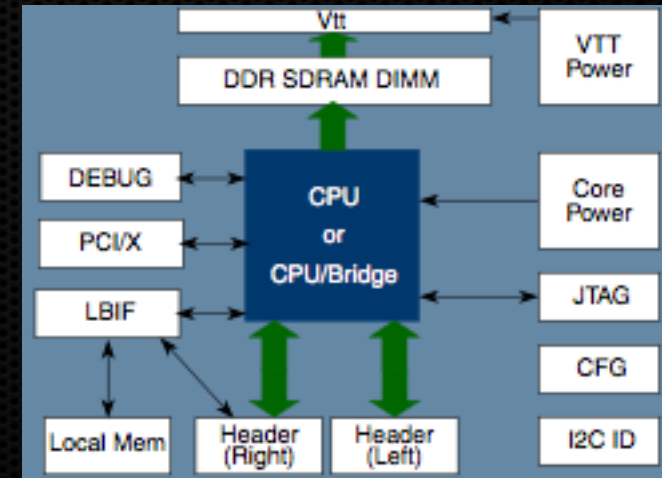
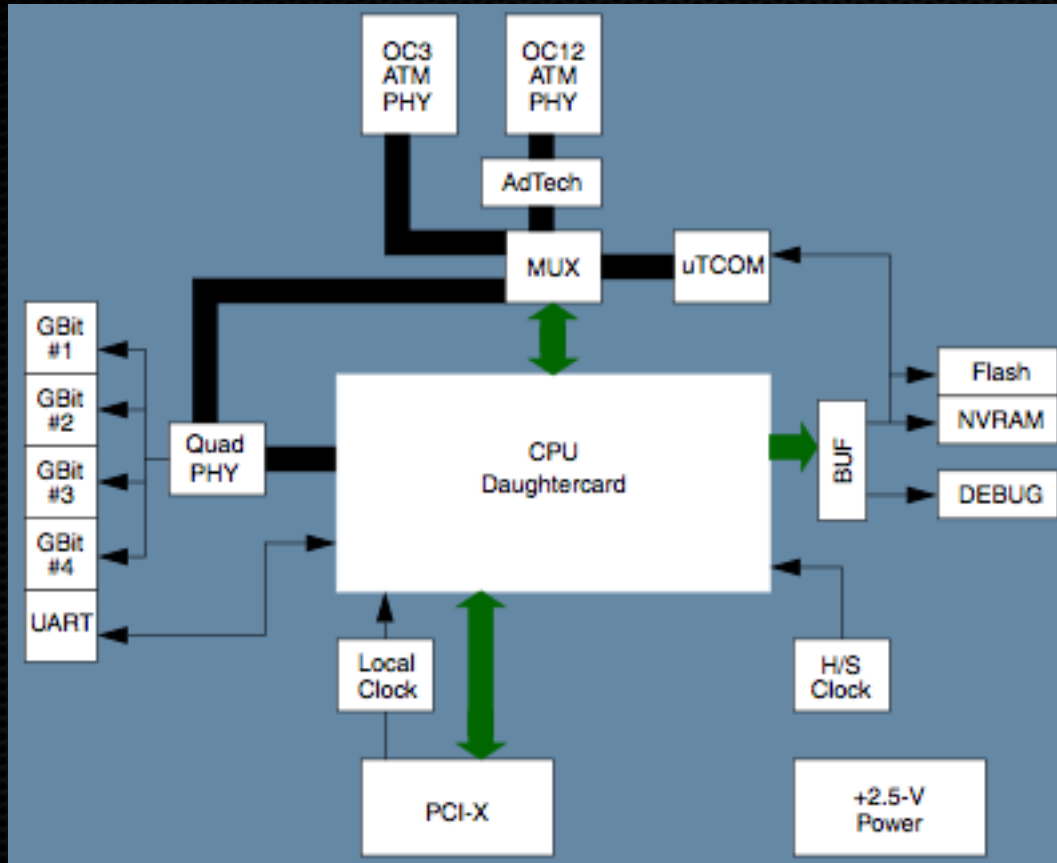
# Rodzaje platform

- Zestaw uruchomieniowy
  - ogólnego przeznaczenia
  - przeznaczony do eksperymentów, prototypów
  - uniwersalna płytką drukowana
  - łatwy dostęp do I/O
  - dodatkowe układy logiki programowalnej
  - udostępnia interfejs JTAG
- Prototyp urządzenia lub produkt końcowy
  - dedykowany dla konkretnego rozwiązania

# Platforma MPC8555E CDS

- Freescale Configurable Development System
- Modularny, SoC na karcie-córcie
- MPC85XX (PowerQUICC III)
  - Core E500
  - kontroler DDR/SDRAM
  - kontroler przerwań
  - Ethernet (TSEC)
  - DUART
  - PCI
  - I2C
  - silnik DMA
  - silnik kryptograficzny
  - CPM (dedykowany procesor komunikacyjny RISC)

# MPC8555E CDS – schemat

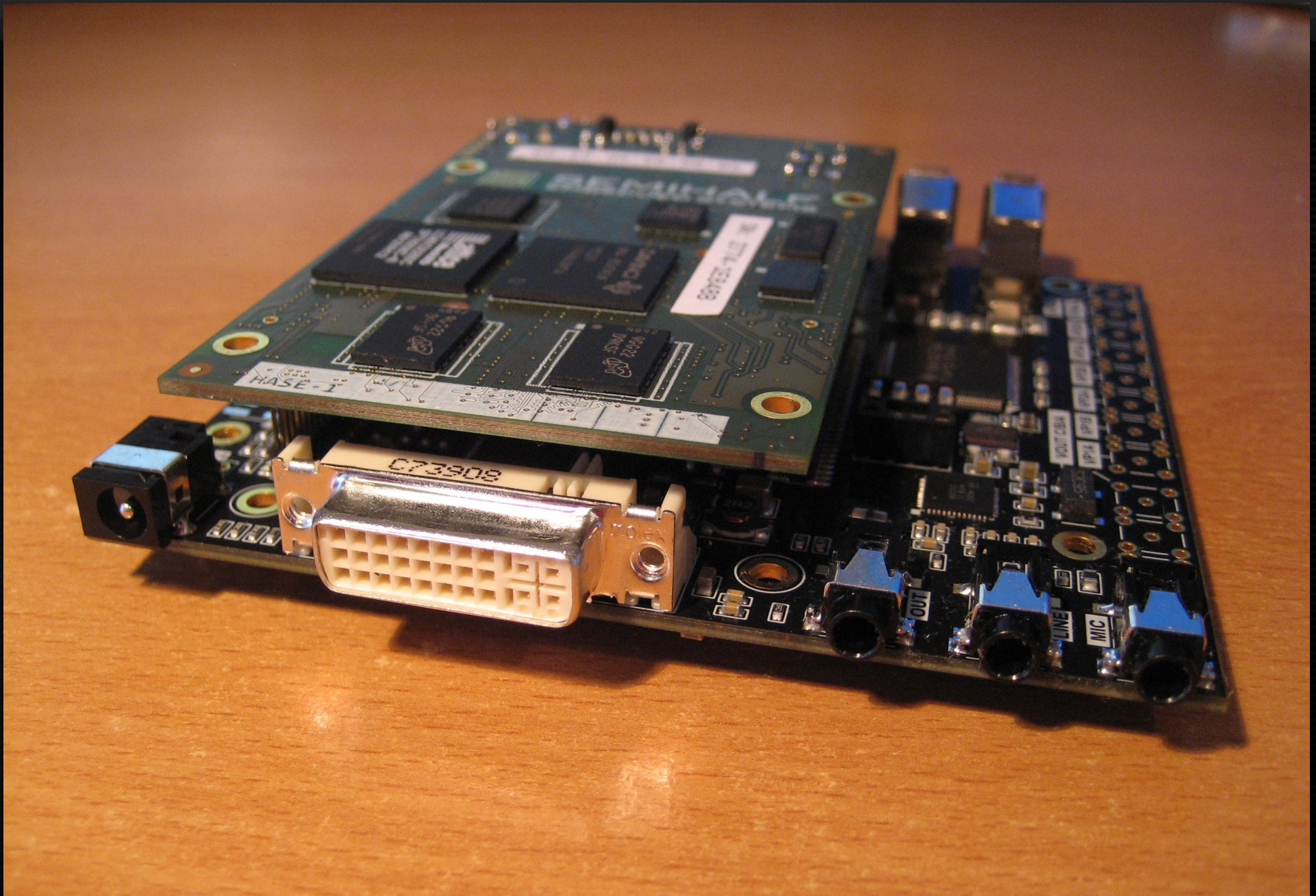


[http://www.freescale.com/files/netcomm/doc/ref\\_manual/MPC8555CDSX3RM.pdf](http://www.freescale.com/files/netcomm/doc/ref_manual/MPC8555CDSX3RM.pdf)



# HASE-IB

- Modułarna platforma do przetwarzania video
- HASE-I
  - TI DaVinci SoC (ARM 257 MHz + DSP 513 MHz + VPSS)
  - Ethernet, USB, RAM 256MiB, NAND 2GiB, NOR 8MiB
- DB-IB
  - analogowe video i audio
  - FireWire, DVI, CameraLink, LCD, CMOS/CCD
  - miniSD
  - FPGA
- $\text{HASE-IB} = \text{HASE-I} + \text{DB-IB}$



# Platforma D-Link DIR-615

- Produkt końcowy
- Marvell 88F5180N (Orion) SoC
- 8MB Flash (FS28F640)
- 32MB DDR (2 x P2S28D40CTP)
- 5 x Ethernet (88E6061)
- 802.11n WiFi (88W8361P)

# Systemy wbudowane: oprogramowanie

- Software kluczową kwestią
- Warstwy oprogramowania
  - firmware/bootloader
  - system operacyjny
    - kernel
    - root file system
  - aplikacje
- Wiele architektur



# Firmware/bootloader

- Najbliżej sprzętu
- Działa na samym początku
- Przechowywane w pamięci nieulotnej
- Ograniczone możliwości
- Wykonuje podstawowe czynności
  - inicjalizacja (pamięć, konsola, ew. sieć, inne)
  - uruchomienie jądra systemu operacyjnego
- Przykłady: CFE, EFI, OpenFirmware (IEEE-1275), U-Boot, wiele, wiele innych

# Systemy operacyjne do zastosowań wbudowanych

- Podstawa na której działają aplikacje właściwe dla danego zastosowania
- Istotna stabilność i wydajność
- Rosnące zainteresowanie open source kosztem systemów dostępnych komercyjnie
- Dlaczego FreeBSD
  - nowoczesny, zaawansowany technologicznie system
  - prosta i przyjazna dla przemysłu licencja

# Przykłady systemów operacyjnych

- eCos
- FreeBSD, NetBSD
- Linux
- LynxOS
- QNX
- Symbian
- Windows CE
- VxWorks
- ...

# Warstwa aplikacji

- Definiuje funkcję systemu wbudowanego
- Często rozwijana wewnętrznie, zamknięta (IP)
- Istnieją też rozwiązania open source
  - Asterisk
  - freeNAS
  - GStreamer
  - m0n0wall
  - pfSense
  - ... wiele innych

# Specyfika pracy z systemami wbudowanymi

- Blisko sprzętu
- Wczesne wersje układów
- Defekty sprzętowe
- Niedostateczna lub błędna dokumentacja
- Komunikacja przez RS232, brak GUI
- Osprzęt pomocniczy
  - debugger sprzętowy (JTAG)
  - oscyloskop, analizator logiczny

# Środowisko deweloperskie

- Host i target
- Kompilacja skrośna
- Instalacja oprogramowania na targecie
- Bootowanie systemu
  - Flash
  - TFTP/NFS
  - USB/HDD/CF/MMC
- Techniki debugowania

# Wstępne fazy uruchamiania systemu

- Dostosowanie kompilatora, asemblera, linkera
- Wczesna inicjalizacja CPU
- Konfiguracja/inicjalizacja
  - MMU
  - cache
  - magistrala
  - zegary
  - kontroler pamięci
- Uzyskanie dostępu do konsoli

# Problemy optymalizacyjne

- Wymagana wysoka wydajność
  - obliczeniowa
  - pamięci
  - urządzeń zewn. (dysków, USB), sieci
- Rozmiar zajmowanej pamięci
  - storage
  - runtime
- Czas uruchomienia systemu

# Przykłady naszych wdrożeń

- Własne, specjalizowane rozwiązania (projekt sprzętu, PCB, software): HASE-I, ...
- Software wbudowany do popularnych produktów m.in.:
  - Apple
  - Huawei
  - Juniper Networks
  - Pacomp

# Systemy wbudowane: podsumowanie

- Ogólne wprowadzenie w tematykę
- Sprzęt i oprogramowanie
- Przykłady urządzeń
- Dziedzina interesująca, warta uwagi
- Praca w środowisku wbudowanym
  - wymagająca
  - intrygująca
  - dająca satysfakcję (złożone problemy do pokonania)

# Łagodne wprowadzenie do systemów wbudowanych

Bartłomiej Sięka  
tur@semihalf.com

Dziękuję za uwagę.

Pytania?

Instytut Informatyki UJ, Kraków 24.11.2009