



Mikroradiče

1. cvičenie

Informácie o predmete a úvod do problematiky

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY
ÚSTAV ELEKTRONIKY A FOTONIKY
Laboratórium DSP a mikroradičov



:: Informácie o predmete

Prednášky a cvičenia:

- prednášky:
 - Peter Fuchs (B-011, peter.fuchs@stuba.sk)
 - miestnosť: **B-004**
 - termín: **pondelok, 8.00 - 11.00**
- cvičenia:
 - Branislav Lojko (B-104, branislav.lojko@stuba.sk)
 - miestnosť: **B-004**
 - termín: **utorok, 11.00 - 13.00, B-004**

Všetky informácie o predmete a zadania na cvičenia:

www.dsplab.elf.stuba.sk

:: Úvodné poznámky

Mikroradič (mikrokontrolér, jednočipový mikropočítač)

- *mikroradič* (tiež MCU alebo μC) je IO obsahujúci centrálnu riadiacu jednotku (CPU – Central Processing Unit), programovú a dátovú pamäť a programovateľné periférne moduly (porty, AD a DA prevodník, sériové rozhrania (SCI, SPI, I2C, USB), časovače)
- v odbornej literatúre sa často definuje ako „*computer system-on-a-chip (SOC)*“

Vznik prvých mikroprocesorov

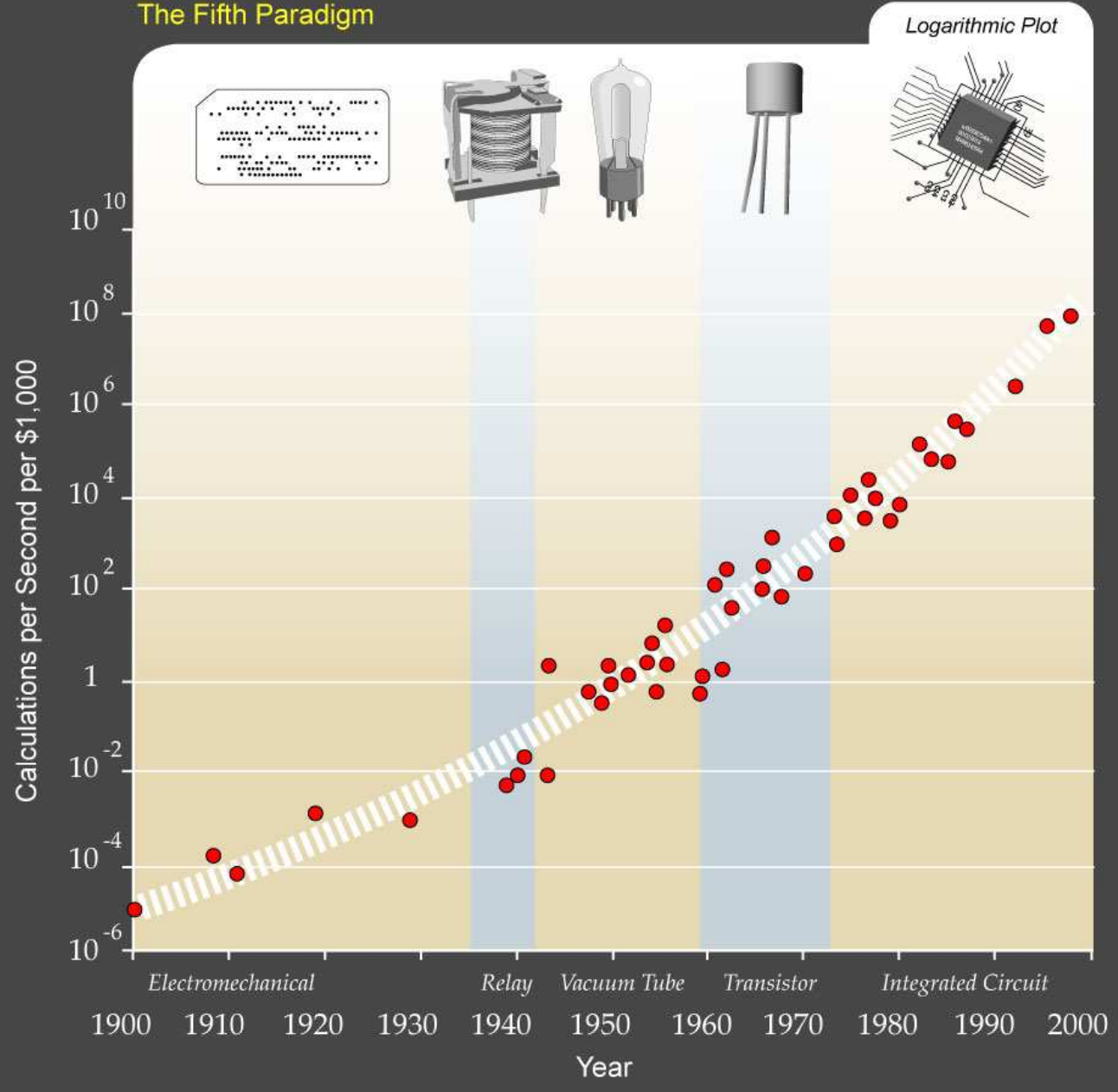
- rok 1971: prvý jednočipový mikropočítač: 4 bitový Intel 4004,
- rok 1975: prvý 8-bitový mikroradič, Intel 8048, obsahoval RAM a ROM na jednom čipe
- popularita mikroradičov vzrástla potom, ako došlo k nahradeniu PROM pamätí, pamäťami EEPROM (FLASH)

Zvyšovanie výpočtovej kapacity (Moore's Law)

- od začiatku 70-tych rokov prudko narastala výpočtová kapacita mikroprocesorov
- "zložitosť IO so zreteľom na minimálnu cenu komponentov, sa zdvojnásobí každých 18 mesiacov"
- od začiatku 90-tych rokov sú určujúcim obmedzením pri napĺňaní Mooreovho zákona tepelné straty na čipe mikroprocesora

Moore's Law

The Fifth Paradigm





:: Základné pojmy

- **inštrukcia**
 - najjednoduchší príkaz strojového kódu, ktorý je CPU schopná vo forme operačného kódu interpretovať a vykonať
- **inštrukčná sada (INSTRUCTION SET)**
 - zoznam všetkých inštrukcií, ktoré je CPU schopná vykonať
- **mikrokód (MICROCODE)**
 - spôsob realizácie niektorých "vyšších" inštrukcií
- **zreťazenie inštrukcií (PIPELINING)**
 - metóda zvýšenia výkonu procesorov (priepustnosť algoritmov)
- **FLASH, EEPROM, RAM**
 - verzie pamätí integrovaných na čipe procesora, resp. externých IO
- **CPU**
 - jadro procesora interpretujúce inštrukcie
- **ALU**
 - aritmeticko-logická jednotka
- **adresová a dátová zbernica (BUS)**
 - realizácia prepojení medzi jednotkami procesora
- **I/O port (GPIO – General Purpose Input/Output)**
 - piny procesora, obvyčajne organizované ako 8-bitová, alebo 16-bitová zbernica, ktoré môžeme jednotlivo konfigurovať ako vstupy alebo výstupy



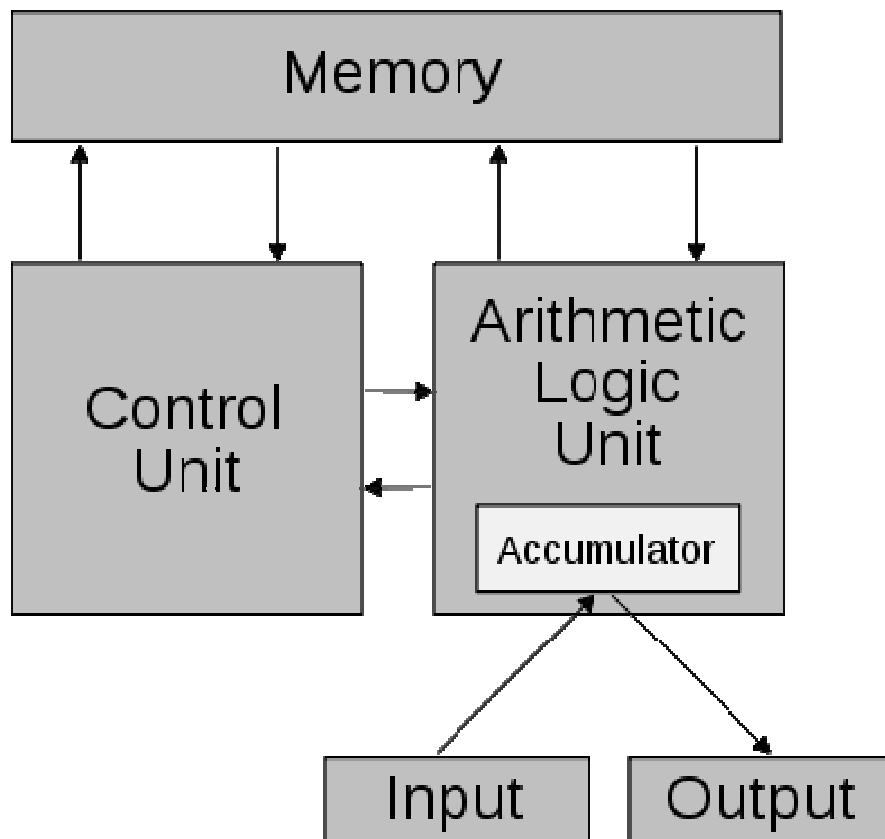
:: Základné pojmy

- **adresovanie**
 - metódy prístupu k dátam uloženým v internej alebo externej pamäti
- **prerušená**
 - spôsob ošetrenia reakcií procesora na špeciálne interné alebo externé udalosti
- **jazyk symbolických adres (assembler)**
 - jazyk zápisu inštrukcií vo forme programu, ktorý môžeme preložiť kompilátorom pre daný procesor do podoby operačných kódov
- **kompilátor**
 - program schopný preložiť program v asembleri do strojového kódu
- **linker**
 - program schopný zlúčiť viacero preložených súborov v asembleri
- **direktíva**
 - príkaz pre kompilátor alebo assembler
- **vložené systémy (embedded systems)**
 - elektronické systémy na báze procesorov, ktoré majú presne špecifikovanú funkciu v rámci vyššieho celku (napr. palubný počítač v automobile)
- **firmware**
 - vo všeobecnosti každý program určený pre procesor vo vloženom systéme

:: Rozdelenie mikroprocesorov

- **podľa počtu bitov**
 - 4, 8, 16, 32-bitové
- **podľa architektúry inštrukčnej sady (ISA - Instruction Set Architecture)**
 - CISC (Complex Instruction Set Computer)
 - rozsiahly súbor inštrukcií
 - inštrukcie vykonávajú viacero nízkoúrovňových operácií (problém hardvér vs. kompilátor)
 - RISC (Reduced Instruction Set Computer)
 - malý súbor jednoduchých inštrukcií, ktoré je CPU schopná vykonávať veľmi rýchlo
- **podľa účelu**
 - všeobecne použiteľné procesory
 - signálové procesory
 - nízkopríkonové mikroradiče
- **podľa architektúry**
 - von Neumannova architektúra (princetonská)
 - harvardská architektúra

:: von Neumannova architektúra

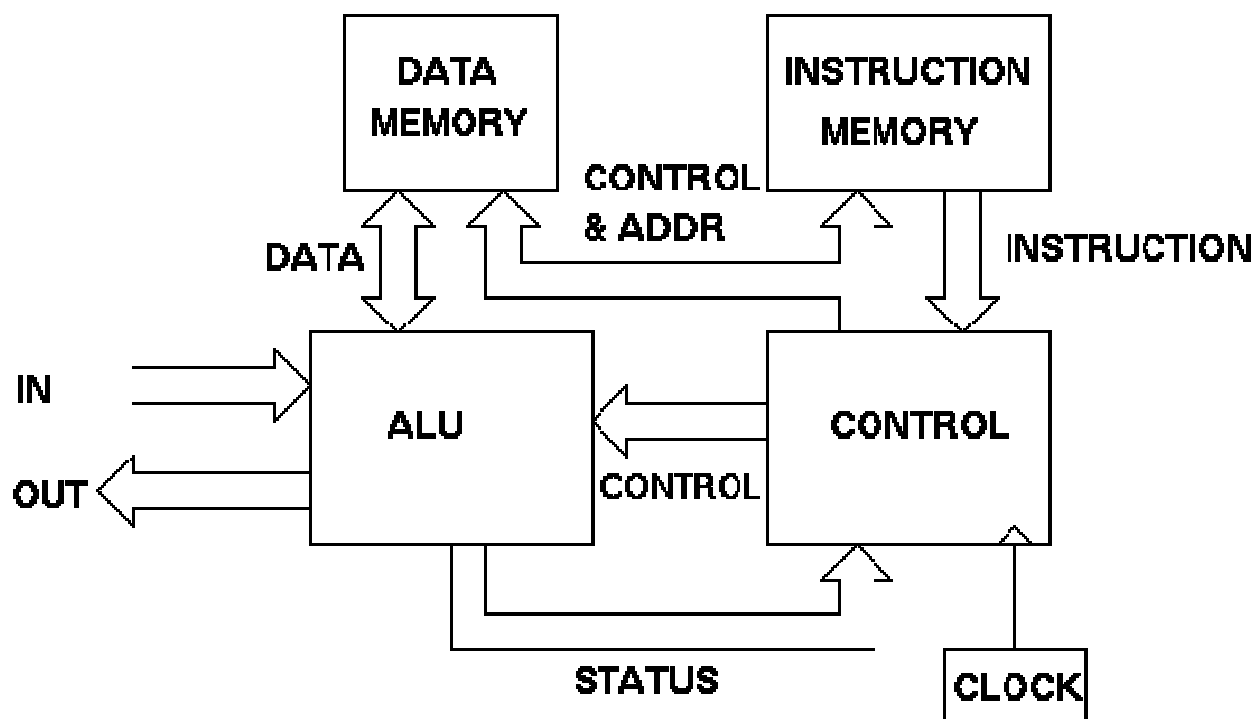


- návrhový model číslicového počítača s vnútorným riadením (stored-program digital computer)
- využíva oddelený pamäťový priestor RAM, v ktorom sú uložené inštrukcie aj dáta
- je pomenovaný po matematikovi a počítačovom vedcovi Johnovi von Neumannovi
- takéto procesory implementujú univerzálny Turingov stroj (stroj schopný spracovať akúkoľvek ľubovoľnú sekvenciu vhodne formátovaných inštrukcií) a majú sekvenčnú architektúru
- nevýhoda von Neumannovej architektúry: **limitovaná dátová priepustnosť medzi CPU a pamäťou v porovnaní s veľkosťou pamäte**

:: Harvardská architektúra

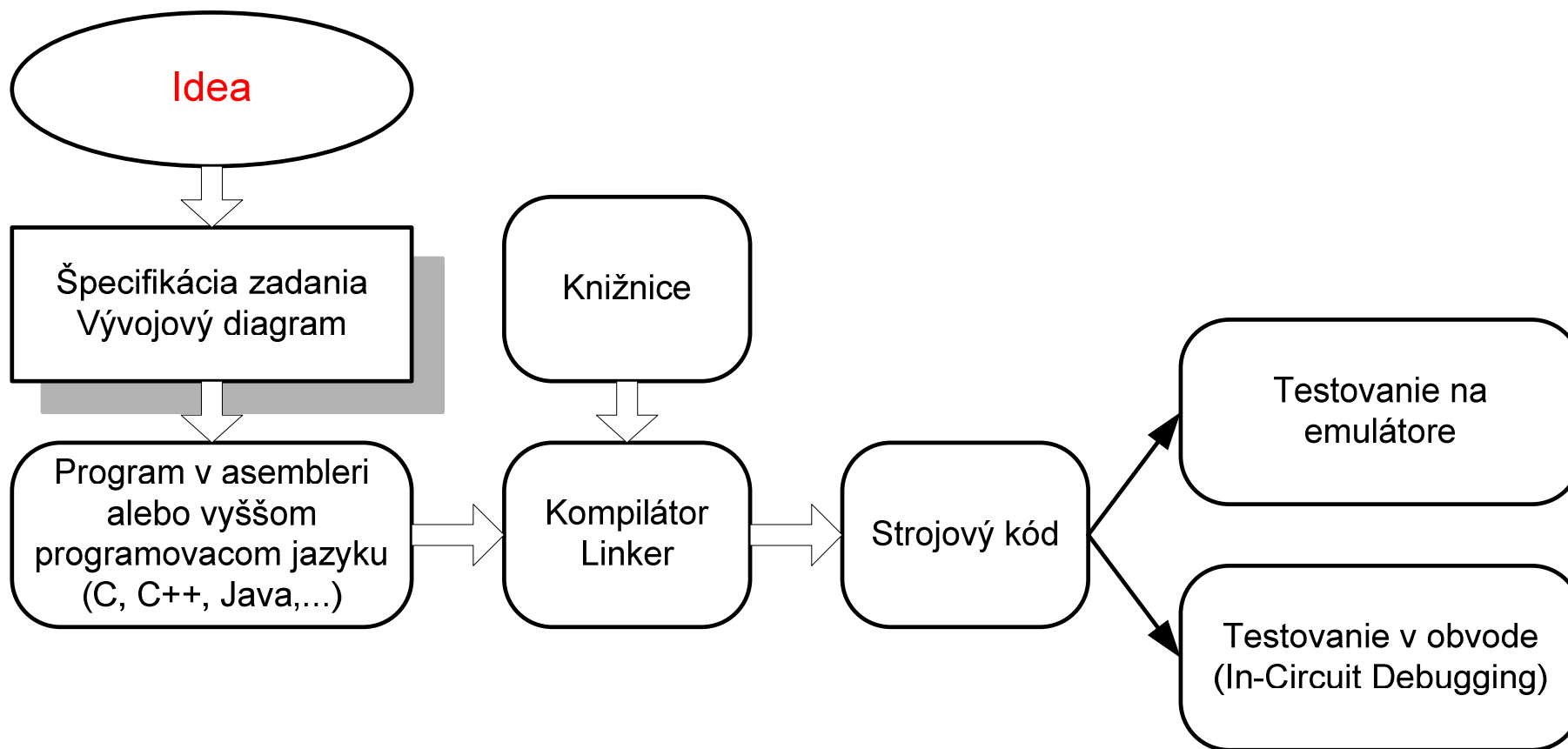
HARVARD ARCHITECTURE

MICROPROCESSOR



- harvardská architektúra sa vyznačuje fyzickým oddelením pamäťového priestoru pre inštrukcie od pamäťového priestoru pre dáta ako aj oddelenými zbernicami
- výhoda harvardskej architektúry: **spočíva v možnosti čítať inštrukcie aj dáta zároveň, t.j. významne sa zvýši priepustnosť algoritmov**

:: Vývoj aplikácie pre mikroprocesory





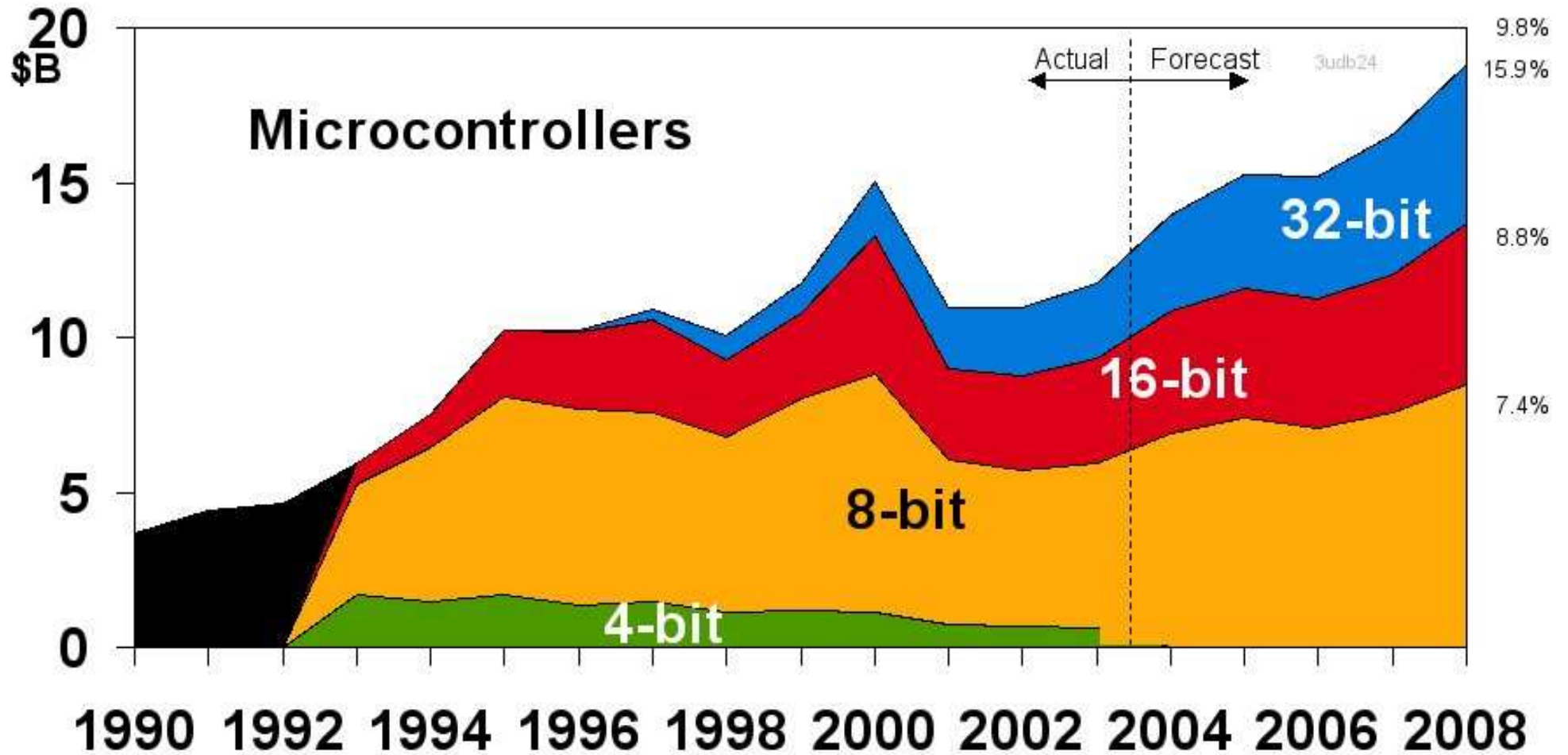
:: Hlavní výrobcovia mikroprocesorov

- 1 AMCC
- 2 **Altera**
- 3 Analog Devices
- 4 **Atmel**
- 5 Charmed Labs
- 6 Cypress MicroSystems
- 7 Dallas Semiconductor
- 8 ELAN Microelectronics Corp.
- 9 EPSON Semiconductor
- 10 **Freescale Semiconductor**
- 11 Fujitsu
- 12 Holtek
- 13 Infineon
- 14 **Intel**
- 15 **Lattice Semiconductor**
- 16 **Microchip Technology**
- 17 National Semiconductor
- 18 NEC
- 19 Parallax
- 20 **Philips Semiconductors**
- 21 Rabbit Semiconductor
- 22 **Renesas Technology**
- 23 Silabs
- 24 Silicon Motion
- 25 **STMicroelectronics**
- 26 **Texas Instruments**
- 27 Toshiba
- 28 Ubicom
- 29 Xemics
- 30 **Xilinx**
- 31 ZiLOG



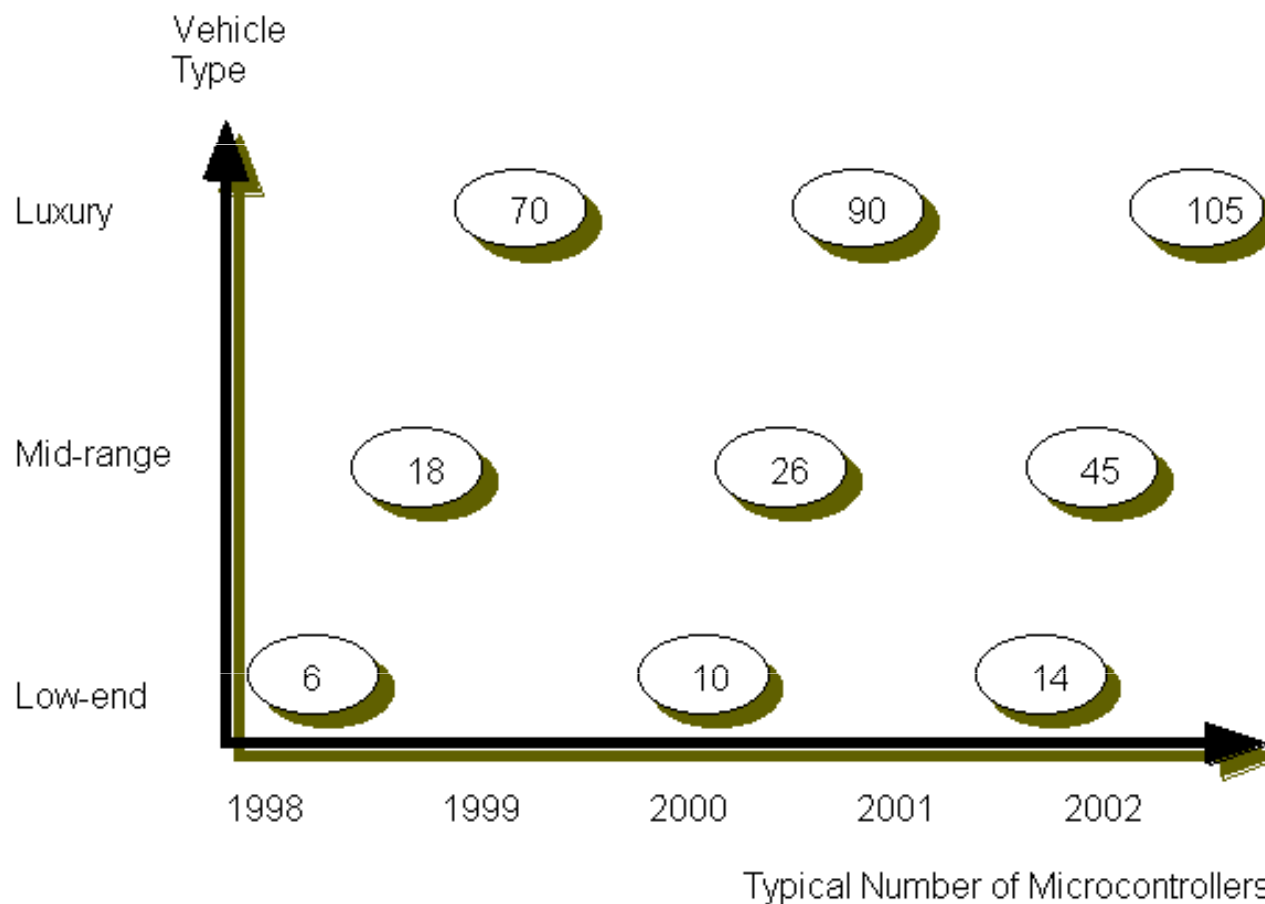
:: Rozvoj obchodu s mikroprocesormi

S T U . .
.
. F E I .
.



Source: Gartner Dataquest

:: Mikroprocesory v automobilovom priemysle



:: Informácie k cvičeniam

- cvičenia sú orientované na mikroradiče rodiny **MSP430** firmy Texas Instruments
- platforma MSP430 predstavuje nízkopríkonové 16-bitové mikroradiče typu RISC kategórie MSP (**M**ixed-**S**ignal **P**rocessors)
- typické aplikácie mikroradičov MSP430
 - *bezdrôtové aplikácie*
 - *prenosné meracie prístroje*
 - *prenosné medicínske prístroje*
 - *zabezpečovacie systémy*
 - *zariadenia zdrojov obnoviteľnej energie*
- konkrétne sú cvičenia venované architektúre a programovaniu mikroradiča



MSP430F169

- všetky informácie o mikroradičoch MSP430 je možné nájsť na stránke výrobcu:

www.ti.com

:: Vývoj a testovanie programov

- vývoj zdrojového kódu by mal začať nákrešom *vývojového diagramu*
- na základe vývojového diagramu, znalostí špecifikácie procesora a hardvérového riešenia cieľovej aplikácie napíšeme *zdrojový kód v asembleri alebo jazyku C*
- v súčasnosti sa vývoj zdrojového kódu takmer výhradne uskutočňuje v tzv. *integrovaných vývojových prostrediach IDE* (Integrated Development Environment), ktoré v sebe integrujú
 - *editor zdrojového kódu*
 - *assembler*
 - *kompilátor vyššieho programovacieho jazyka (C, C++)*
 - *linker*
 - *simulátor*
 - *knižnice a hlavičkové súbory*
 - *podporu pre ladiace rozhrania*
 - *podporu pre programátory*
- na cvičení budeme používať IDE **Code Composer Studio v. 4.2** od firmy TI



:: IDE Code Composer Studio v. 4.2

- Code Composer Studio v.4.2 je v súčasnosti najmodernejší nástroj firmy TI pre vývoj aplikácií pre mikroradiče a procesory
- je založené na otvorenej platforme Eclipse (open source)
- platforma Eclipse je dnes široko využívaná v mnohých rôznych aplikáciách, ale pôvodne bola vyvinutá práve pre vývojové nástroje
- CCS podlieha licenčným podmienkam, ale **je k dispozícii v rámci voľnej licencie pre zdrojový kód do veľkosti 16kB**
- podrobné informácie o CCS a možnosť stiahnuť si tento nástroj je na stránke:

http://processors.wiki.ti.com/index.php/Category:Code_Composer_Studio_v4

:: IDE Code Composer Studio v.4.2



Debug - modemt.c - Code Composer Studio (Licensed)

File Edit View Navigate Project Target Scripts Tools Window Help

Debug [main] (Suspended)

- 0 main() at modemt.c:313 0x00001704
- 1 c_int00() at boot.c:27 0x00001c00

C6455 Device Cycle Accurate Simulator, Little Endian/TMS320C64X+ (10:03:28 AM)

C6455 Device Cycle Accurate Simulator, Little Endian/TMS320C64X+: CIO (10:03:28 AM)

Local (1) Watch (1)

Name	Value	Address	Type
g_ModemData	{...}	0x00000080	struct MODEM_PARAME...
(*)= samplesPerBaud	0	0x00000080	int
(*)= phase	0	0x00000084	int
(*)= carrierFreq	0	0x00000088	int
(*)= noiseLevel	0	0x0000008C	int
dataSymbols	0x00000090	0x00000090	int[1]
(*)= [0]	0	0x00000090	int

modemt.c

```

306 Main loop for modem transmitter example program.
307
308 *****/
309 void main(void)
310 {
311     int i;
312
313     g_test.i = -16;
314     g_test.j = 0x12345678;
315     g_test.j <<= 4;
316     g_test.i *= g_test.j;
317
318     /* Initialize modem transmitter */
319     Initialize();
320

```

Memory (1) main

Hex 32 Bit - TI Style L1D Cache L1P Cache L2 Cache

Address	Disassembly	Comment
0x000016FC	main	
0x000016FC	01BC54F6 00002000 0184D028 01800069 0240A35B 02807FAA 020C0346 00002000	
0x0000171C	022B3C28 02091A69 018D0059 02800040 020C0344 00002000 030C1FDA 021803E6	
0x0000173C	00006000 02108C22 021803C6 00002000 018F0059 02180FDA 021003E7 020C0364	
0x0000175C	00006000 0310BD80 02909B80 03949E81 02909B82 03109F83 02109380 0214B07B	
0x0000177C	0298E078 021204A3 02148078 0210C53A 0290B07A 020C0346 00002000 0FFF6A10	
0x0000179C	01888162	
0x000017A0	CSRL6	
0x000017A0	0180A358 01BC22F4 00002000 020C1FDA 01801028 001078F8 D021A120	
0x000017BC	CSDW\$LS_main\$2\$B, CSL23	
0x000017BC	01804428 01800068 018C0264 00006000 02107880 028C9883 0FFF0410 01907F80	
0x000017DC	0290B07A 02160CA2 01830162 02107078	
0x000017EC	CSRL7	
0x000017EC	023C22E6 02844E2A 0280006A 00002000 02148AF4 00002000 023C22E6 00006000	
0x0000180C	0210205A 023C22F6 00002000 0280102A 00148AFA 2FE7A120	

Console Disassembly (main)

Enter location here

Address	Disassembly	Comment
0x000016fc:	01BC54F6 STW.D2T2 B3,*SP--[2]	
0x00001700:	00002000 NOP 2	
313	g_test.i = -16;	
0x00001704:	0184D028 MVK.S1 0x09a0,A3	
0x00001708:	01800069 MVKH.S1 0x0000,A3	
0x0000170c:	0240A35B MVK.L2 -16,B4	
0x00001710:	02807FAA MVK.S2 0x00ff,B5	

Registers (1)

Name	Value	Description
Core Registers		
A0	0x00000001	
A1	0x00000001	
A2	0x00000004	
A3	0x00000000	
A4	0x00000000	
A5	0xFFFFFFFF	

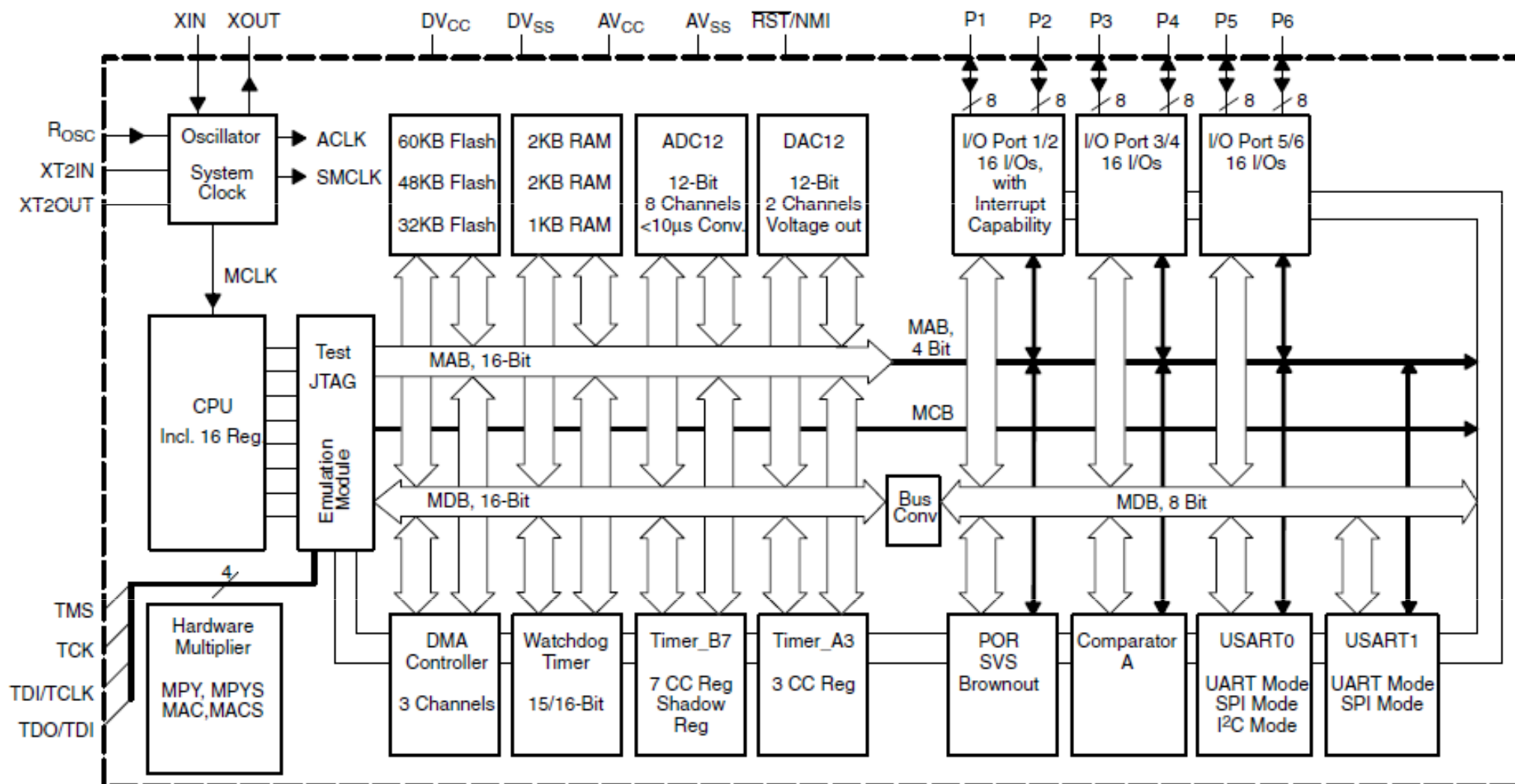
LE



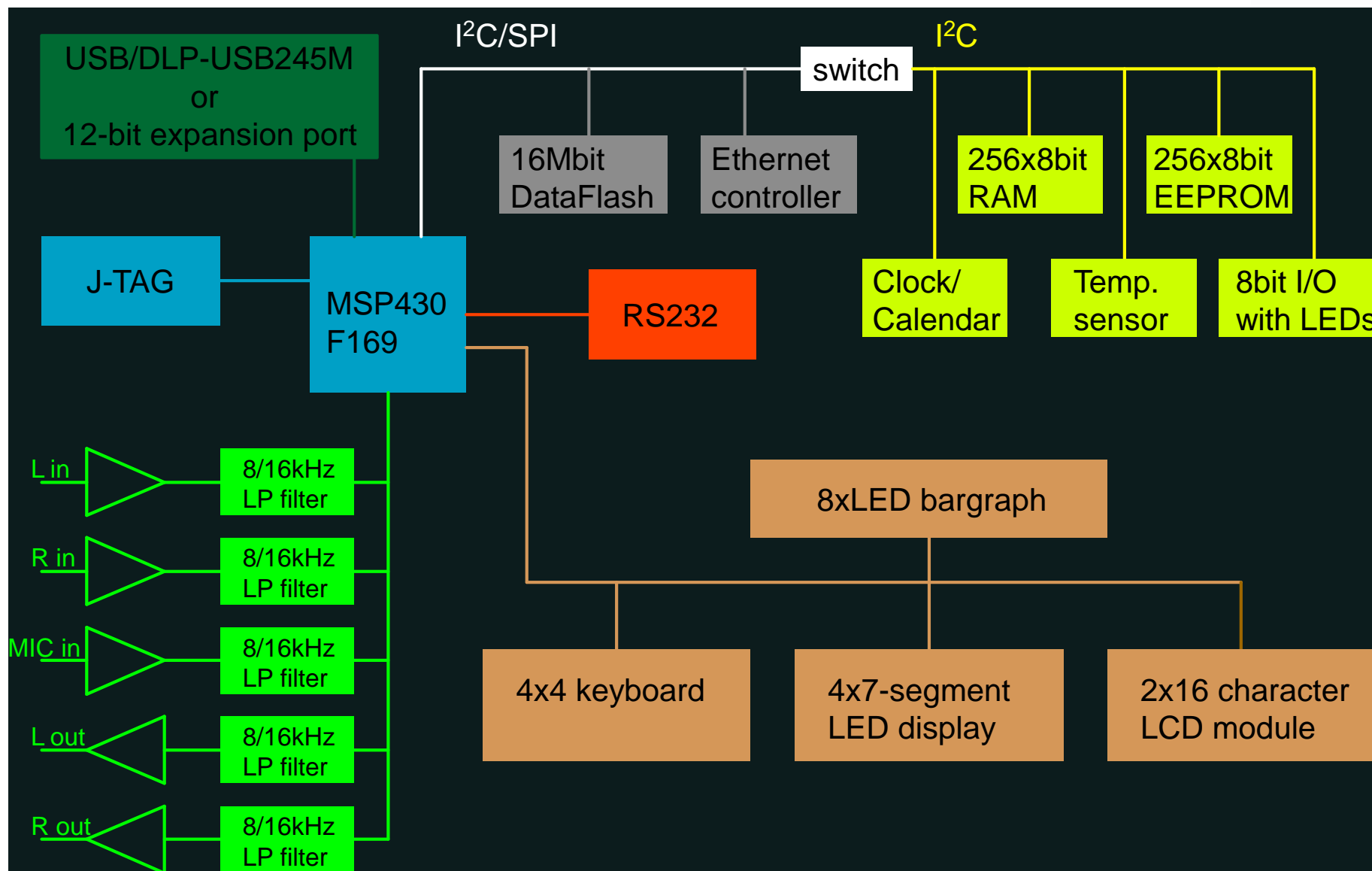
:: Základné vlastnosti mikroradiča MSP430F169

- dva externé oscilátory plus vnútorné DCO (taktovanie do 8MHz)
- 5 low-power režimov
- 16 - bit CPU
- hardvérova násobička
- 60kB flash pamäte pre program a 2kB RAM
- vektorovo organizované prerušenia
- dva zo šiestich portov môžu slúžiť ako zdroje ext. prerušení
- 2 × sériové rozhranie (UART, SPI, I²C)
- časovač watchdog
- časovače - Timer A3 a Timer B7
- 3 kanály DMA
- 12-bitový SAR AD prevodník - 8 multiplexovaných vstupov
- 12-bitový DA prevodník - 2 výstupy

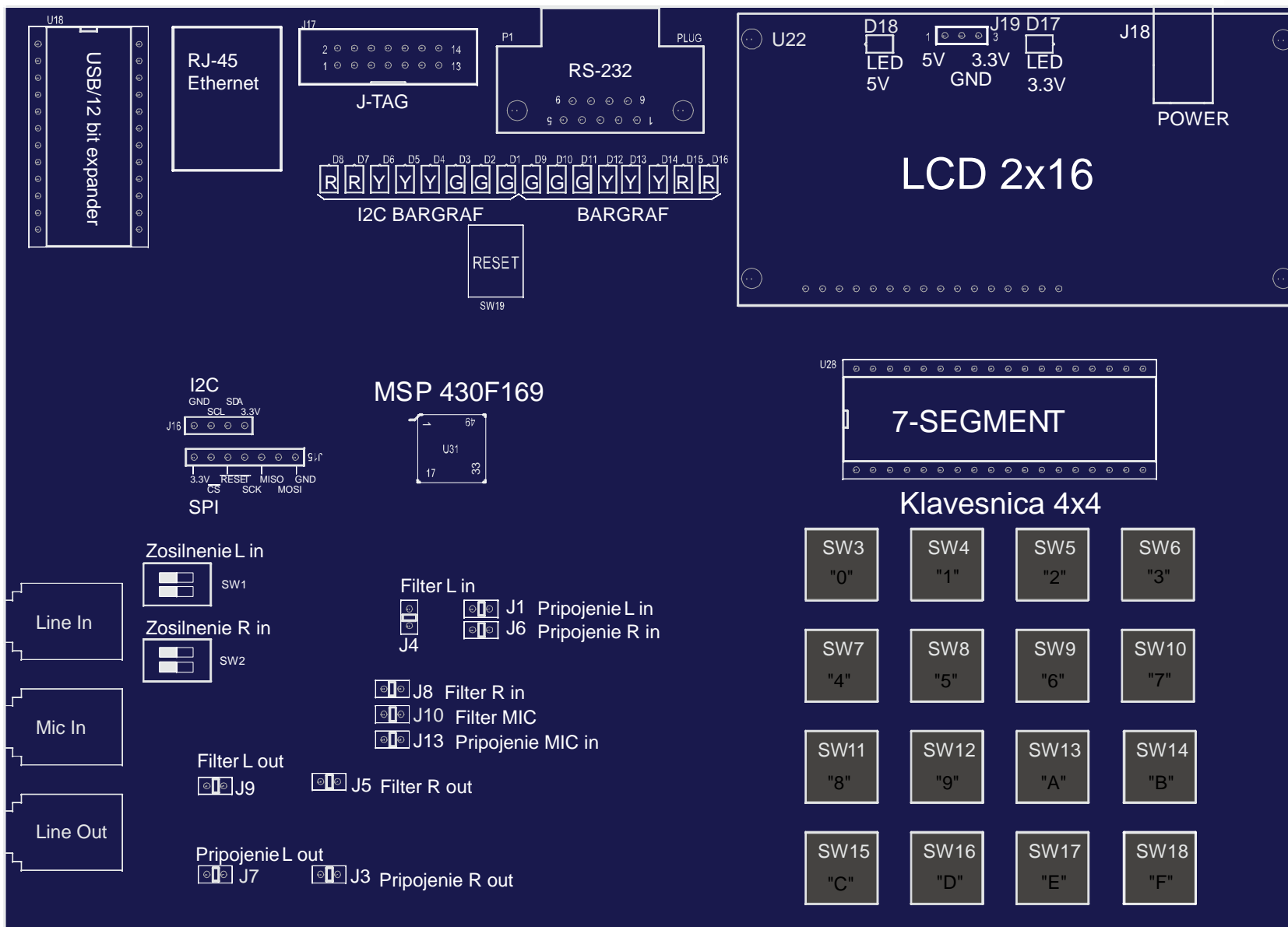
:: Bloková schéma mikroradiča MSP430F169



:: Vývojová doska na báze MSP430F169



:: Rozloženie súčastí na vývojovej doske



:: Realizácia vývojovej dosky

