

### 3 Programovatelné automaty (PLC)

Programovatelný logický automat neboli PLC (z anglického *Programmable Logic Controller*) je relativně malý průmyslový počítač používaný pro automatizaci procesů v reálném čase – řízení strojů nebo výrobních linek v továrně. Pro PLC je charakteristické, že program se vykonává v tzv. cyklech. PLC automaty jsou odlišné od běžných počítačů nejen tím, že zpracovávají program cyklicky ale i tím, že jejich periferie jsou přímo uzpůsobeny pro napojení na technologické procesy. Převážnou část periferií v tomto případě tvoří digitální vstupy (DI) a digitální výstupy (DO). Pro další zpracování signálů a napojení na technologii jsou určeny analogové vstupy (AI) a analogové výstupy (AO) pro zpracování spojitých signálů.

#### 3.1 Dělení PLC

Programovatelné logické automaty lze dělit podle různých kritérií.

##### 3.1.1 Dle počtu vstupů a výstupů

Z hlediska počtu obslužených vstupů a výstupů dělíme PLC do skupin:

- **Velmi malé** jednotky I/O např. tepelné regulátory
- **Malé** obsluhují kolem 300 I/O např. Wago
- **Střední** obsluhují cca 1028 I/O např. Simatic S7-300
- **Velké** více jak 2056 I/O např. Simatic S7-400

##### 3.1.2 Dle konstrukce

Z hlediska konstrukce PLC je můžeme rozdělit do skupiny dle konstrukce.

- **Kompaktní** systém je takový systém, který v jednom modulu obsahuje například řídicí jednotku CPU (*Central Processor Unit*), digitální a analogové vstupy/výstupy a základní podporu komunikace, v některých případech i zdroj. Rozšiřitelnost kompaktních systémů je omezena.



Obrázek 3-1 STEHFUN. Wikipedia.cz [online]. [cit. 23. 11. 2012]. Dostupný na WWW: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Siemens\\_Logo.jpg](http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Siemens_Logo.jpg)

- **Modulární** systém je takový systém, kde jsou jednotlivé komponenty celku rozděleny do modulů. Celý systém PLC se potom skládá z modulů: zdroje, CPU, vstupů/výstupů, funkčních modulů. Modulární systém je možno dále rozšiřovat (s ohledem na limity výstavby systému) a to v nepoměrně větším rozsahu než u kompaktních systémů



Obrázek 3-2 ULL1105. Wikipedia.cz [online]. [cit. 23. 11. 2012]. Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:S7300.JPG>

## 3.2 Programování PLC

Je mnoho výrobců PLC a každý typ má svoje specifika, ale všechny trochu dobré splňují požadavky normy ČSN EN 61131, a tak je možné různé druhy PLC programovat pomocí různých prostředků, které splňují stejnou normu. V podstatě jde o společné prvky a základní programovací jazyky, které definuje tato norma.

### 3.2.1 Datové typy

Aby různé programovací prostředky mohly pracovat s různými PLC je zapotřebí používat stejné základní datové typy. Mezi tyto datové typy je možné zahrnout následující.

typ	sepnuto	rozepnuto
BOOL	TRUE	FALSE

typ	dolní mez	horní mez	délka v bit
BYTE	0	255	8
WORD	0	65535	16
DWORD	0	4.29E+09	32
SINT	-128	127	8
USINT	0	255	8
INT	-32768	32767	16
UINT	0	65535	16
DINT	-2.1E+09	2.15E+09	32
UDINT	0	4.29E+09	32

typ	délka	příklad zápisu
REAL/LREAL	32/64 bit	-10,13
STRING	bez omezení	
TIME	DWORD	t#12h34m15s
TIME_OF_DAY (zkratka TOD)	DWORD	tod#10:59:33
DATE	DWORD	d#1972-03-29
DATE_AND_TIME (zkratka DT)	DWORD	dt#1972-03-29-00:00:00

pozn.: STRING-fce pracují pouze s max. 255 znaky

Při vlastním programování je však možné použít i další datové tzv. datové typy odvozené. Ty můžeme ještě rozdělit na datové typy odvozené:

- Jednoduché odvozené datové typy
- Odvozené datové typy pole
- Odvozený datový typ struktura
- Kombinace struktur a polí
- Datový typ pointer

### 3.2.2 Funkce

IEC 61 131-3 definuje standardní funkce a uživatelem definované funkce. Mezi standardní funkce můžeme zařadit např. ADD pro sčítání, ABS pro absolutní hodnotu, SQRT pro odmocninu, SIN pro sinus a COS pro cosinus. Jakmile jsou jednou definovány nové uživatelské funkce, mohou být používány opakovaně.

Standardní funkce jsou rozděleny do několika základních skupin:

- Funkce pro konverzi typu
- Numerické funkce
  - numerické funkce jedné proměnné
  - aritmetické funkce více proměnných
- Funkce nad řetězcem bitů
  - rotace bitů
  - boolovské funkce
- Funkce výběru
- Funkce porovnávání
- Funkce nad řetězcem znaků
- Funkce s typy datum a čas
- Funkce nad datovými typy „výčet“

### 3.2.3 Funkční bloky

Na funkční bloky se můžeme dívat jako tzv. černou skříňku, která má jasně definované rozhraní, skryté proměnné, algoritmy a data a tedy si mohou pamatovat předchozí stav a tím se liší od funkcí. Klasickými příklady funkčního bloku jsou např. regulační smyčka pro teplotu nebo PID regulátor.

Jakmile je jednou funkční blok definován, může být používán opakovaně v daném programu, nebo v jiném programu, nebo dokonce i v jiném projektu. Je tedy univerzální a mnohonásobně použitelný. Funkční bloky mohou být zapsány v libovolném z jazyků, podporovaném normou. Mohou být tedy plně definovány uživatelem.

### 3.2.4 Programy

Na základě výše uvedených definic lze říci, že program je vlastně sítí funkcí a funkčních bloků. Program může být zapsán v libovolném z jazyků definovaných v normě IEC 61 131-3.

### 3.3 Programovací jazyky

V rámci standardu jsou definovány čtyři základní programovací jazyky. Jejich sémantika i syntaxe je přesně definována. Zvládnutím těchto jazyků se tak otevírá cesta k používání široké škály řídicích systémů, které jsou na tomto standardu založeny.

Programovací jazyky se dělí do dvou základních kategorií:

- **Textové jazyky**
  - **IL - Instruction List** - jazyk seznamu instrukcí
  - **ST - Structured Text** - jazyk strukturovaného textu
- **Grafické jazyky**
  - **LD - Ladder Diagram** - jazyk příčkového diagramu (jazyk kontaktních schémat)
  - **FBD - Function Block Diagram** - jazyk funkčního blokového schématu

Tento standart bývá u některých vývojových prostředí ještě doplňován o další grafické jazyky.

- **SFC- Sequential Function Chart** - jazyk sekvenčního diagramu (Grafcet)
- **CFC- Continuous Function Chart** - jazyk kontinuálního sekvenčního diagramu.

#### 3.3.1 Základní ukázky z programovacích jazyků

##### Příklad 1: binární operace

Všechny uvedené příklady řeší stejnou činnost a to:

**vystup\_1=(vstup\_1 or vstup\_2)**

Na výstupu bude logická jednička, když alespoň jeden vstup bude logickou jedničkou.

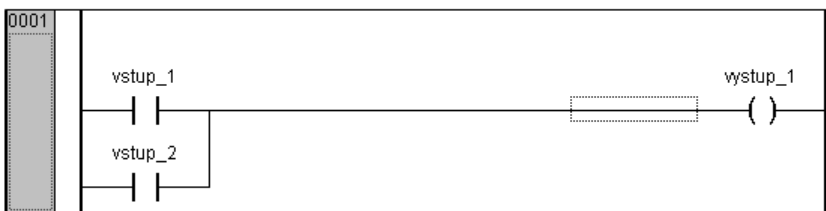
**IL:**

0001	LD	vstup_1
0002	OR	vstup_2
0003	ST	vystup_1

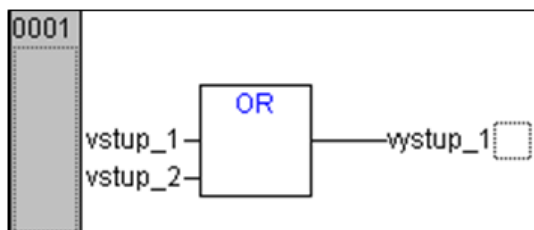
**ST:**

0001	vystup_1:=vstup_1 OR vstup_2;
0002	

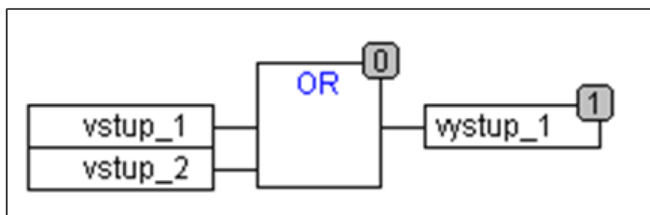
**LD:**



**FBD:**



**CFC:**



### Příklad 2: operace s reálnou hodnotou

Dělení proměnné „namerena“ typu WORD deseti s desetinou čárkou. Výsledkem je proměnná „teplota“ typu REAL

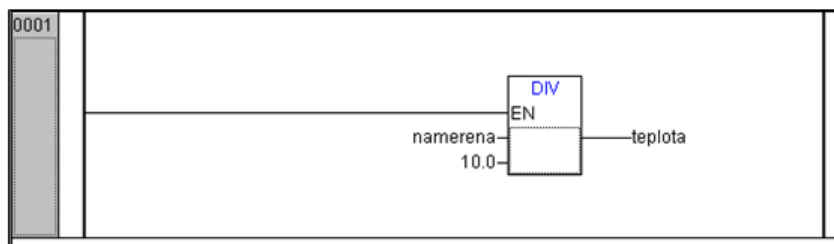
**IL:**

0001	LD	namerena
0002	DIV	10.0
0003	ST	teplota

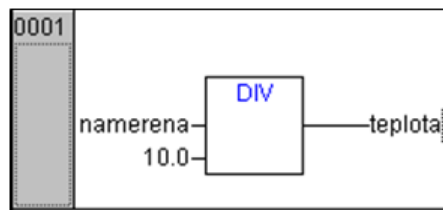
**ST:**

0001	teplota:=namerena/10.0;
------	-------------------------

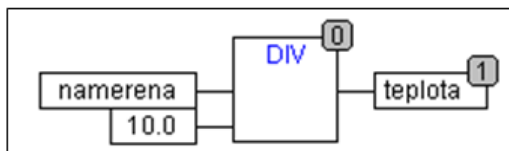
**LD:**



**FBD:**



**CFC:**

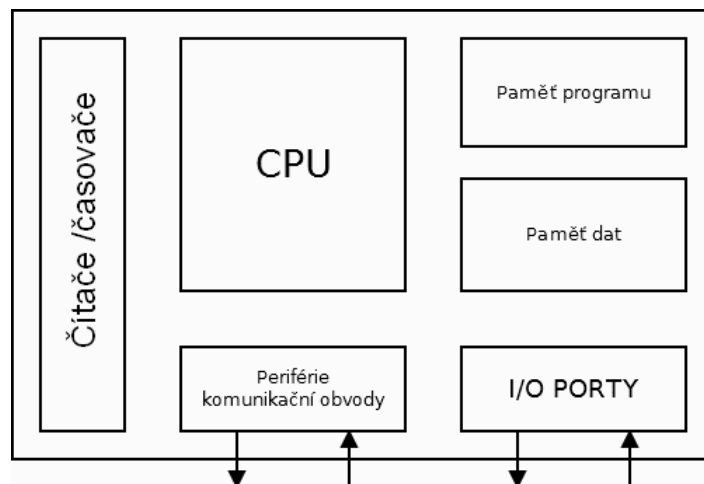


### 3.4 Otázky

1. Pomocí čeho dělíme PLC
2. Jaké jsou základní programové jazyky používané v PLC
3. Jak se liší funkční bloky od funkcí
4. Jaké jsou textové jazyky
5. Jaké jsou grafické jazyky

## 4 Mikrokontroléry

Mikrokontrolér (angl. microcontroller, používané zkratky:  $\mu$ C, uC nebo MCU) je programovatelná elektronická součástka, která má nejčastěji podobu integrovaného obvodu. Mikrokontrolér, někdy rovněž jednočipový mikropočítač, je miniaturní počítač, který je integrován na jediném čipu a který obsahuje procesor CP, paměť, programovatelné vstupně-výstupní rozhraní a další periferní obvody.



Obrázek 4-1

Mikrokontrolér je vhodný především jako řídicí jednotka nějakého přístroje nebo je součástí nějakého dalšího zařízení, kde plní určitou specifickou funkci (na rozdíl od běžných počítačů, které jsou určeny k univerzálnímu použití). Mikrokontrolér je proto navržen především tak aby byl schopen komunikace a interakce s okolím. Nejdůležitějším prvkem MCU jsou I/O obvody, které jsou integrovány přímo na čip, ale i mnohé další periferní obvody, např. čítače, časovače, sériové porty, analogově-digitální, příp. digitálně-analogové převodníky, USB, I2C, PWM (pulsně-šířkový modulátor), paměť EEPROM a další. Důležitým parametrem mikrokontroleru je jeho nízká spotřeba. Mikrokontrolér tak obvykle disponuje různými úspornými režimy, umožňuje řídit kmitočet oscilátoru nebo vypínat jednotlivé moduly. Některé typy mikrokontrolerů mohou být dále speciálně navrženy pro zvětšený rozsah pracovních teplot (např.  $-40$  až  $150^{\circ}\text{C}$ ) a to zejména u mikrokontrolerů určených k řízení motorů automobilů apod.

Velkou výhodou při použití mikrokontroleru je to, že dokáže nahradit velké množství logických obvodů a diskrétních součástek a snížit tak cenu zařízení, ale rovněž díky použití mikrokontroleru navrhnout např. uživatelsky přívětivější rozhraní nebo implementovat funkce, které zvyšují komfort celého zařízení. Při použití mikrokontroleru můžeme rovněž celé zařízení zdokonalovat nebo přidávat další funkce pouhou změnou programu bez nutnosti zásahu do jeho konstrukce.

### 4.1 Mikrokontroléry PIC

Mikrokontroléry PIC jsou programovatelné polovodičové součástky - jednočipové mikropočítače (mikrořadiče, mikrokontroléry) vyráběné firmou Microchip Technology sídlící v USA. Jsou založeny na harvardské architektuře, tj. paměti pro data a pro program jsou navzájem oddělené.

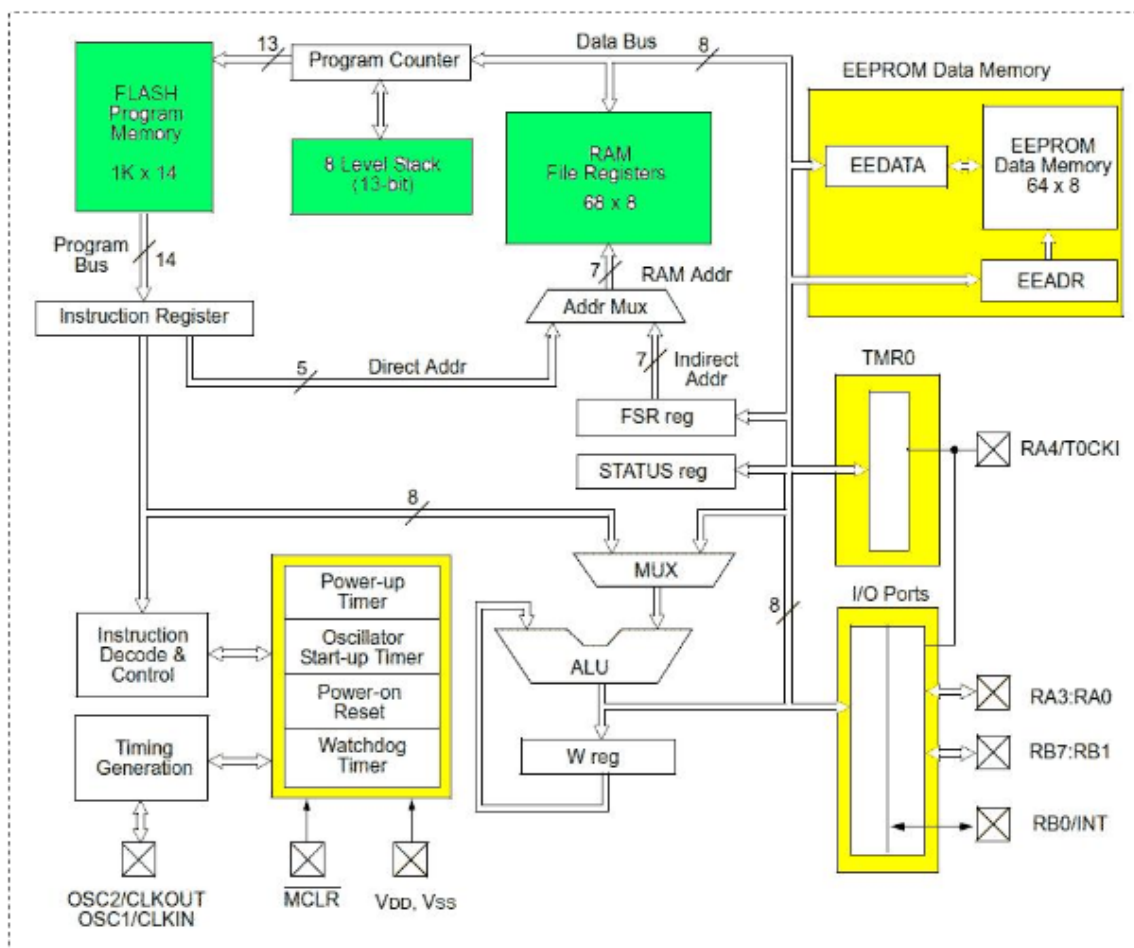
Mikrokontroléry PIC jsou vyráběny ve 3 základních provedeních:

- Jednorázově programovatelné (OTP) součástky - písmeno C v názvu typu
- Vícenásobně programovatelné s EPROM pamětí
- Vícenásobně programovatelné s FLASH pamětí - písmeno F v názvu typu

## Základní dělení mikrokontrolérů

- 8-bit PIC<sup>®</sup> MCU
  - PIC10
  - PIC12
  - PIC16
  - PIC18
- 16-bit PIC<sup>®</sup> MCU
  - PIC24F
  - PIC24H
  - PIC24E
- 16-bit dsPIC<sup>®</sup> DSC
  - dsPIC30F
  - dsPIC33F
  - dsPIC33E
- 32-bit PIC<sup>®</sup> MCU
  - PIC32

Příklad blokového schéma MCU PIC16F84A



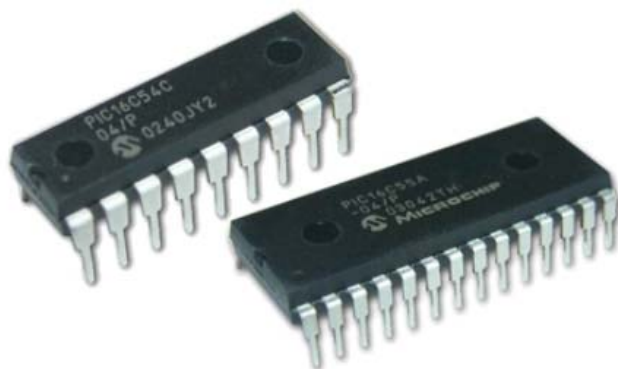
Obrázek 4-2

### 4.1.1 PIC16C5X

Jde o řadu poměrně levných, výkonných 8bitových CMOS mikrořadičů. Jsou založeny na jednoduché architektuře podobné procesorům typu RISC. Mikrořadiče série PIC16C5X jsou



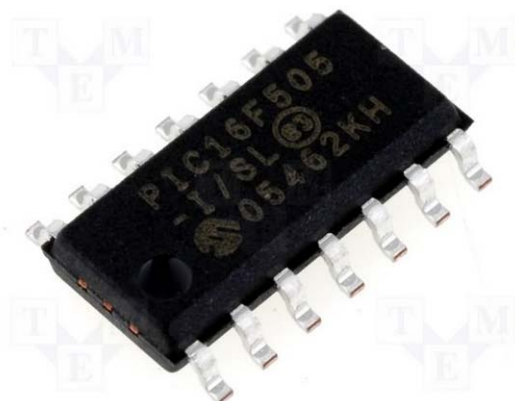
určeny pro zařízení s různým požadavkem na rychlost procesoru až 20MHz, velkou výhodou je minimální odběr proudu, lze tedy napájet pomocí baterie. Další výhodou je integrovaný nezávislý WATCHDOG obvod, který je výhodný v zařízeních s dlouhou dobou nepřetržitého provozu nebo v zařízeních pracujících v prostředí s velmi silným rušením.



Obrázek 4-3

#### 4.1.2 PIC12C5XX

Jde o řadu využívající důsledné miniaturizace v technice monolitických mikropočítačů. Obvody PIC12C5XX vznikly zapouzdřením upravených mikrořadičů PIC16C5X do pouzdra s 8 vývody. Ve srovnání s nimi se liší především počtem vstupních/výstupních linek. Mikrořadiče PIC12C5XX mají pouze 5 obousměrných jednobitových vstupů či výstupů a jednu zvláštní linku, která je pouze vstupní. Pro výhradní funkci vstupu a výstupu jsou určeny pouze vývody GPO a GP1. Zbývajícím vývodům (mimo napájení) je možné při programování přiřadit alternativní funkci. Vývod GP2 může být nahrazen vstupem do čítače/časovače.



Obrázek 4-4



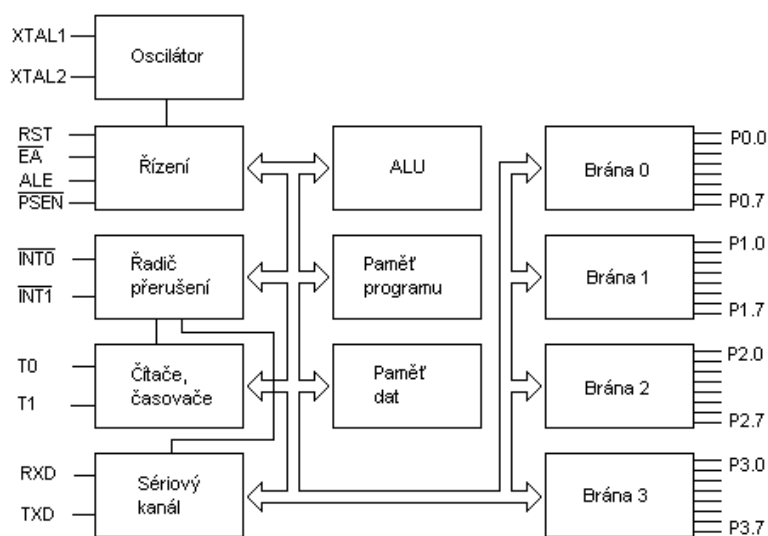
## 4.2 Mikroprocesory ATMEL

Mikrokontroléry firmy Atmel můžeme rozdělit na

- architekturu x51
- architekturu AVR
- architekturu ARM

### 4.2.1 Architektura 51

Architektura x51 je založena na procesoru 8051 a 8052, což byly svého času velmi hojně používané procesory, zejména pak pro svoji jednoduchost. Bylo možné je programovat pomocí JSI nebo pomocí jazyka C51 obdoba jazyka C. Uspořádání vychází z harvardské architektury, která se vyznačuje oddělenými paměťovými prostory pro program a pro data.



Obrázek 4-5

### 4.2.2 Architektura AVR

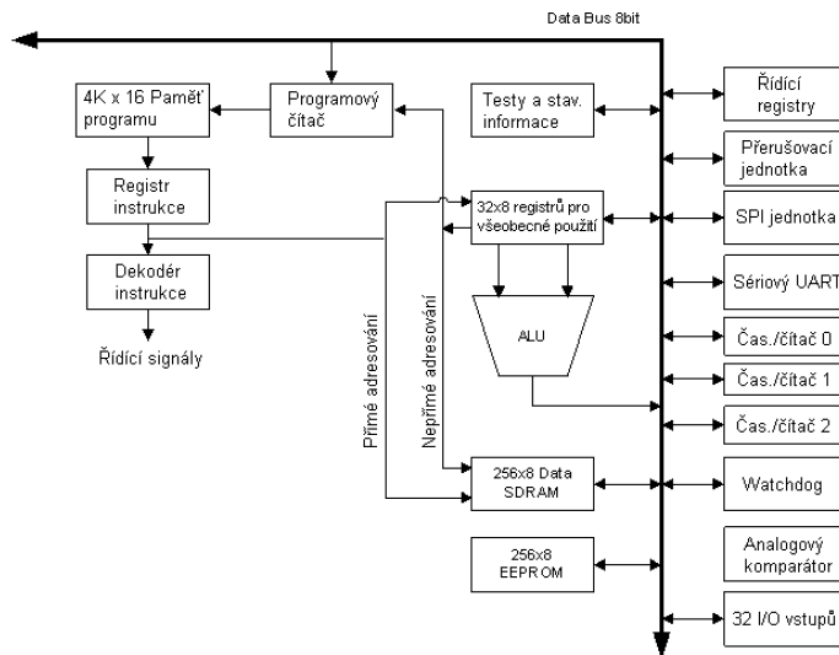
Struktura mikrořadičů fy ATMEL zejména pak progresivní typy AVR jsou navrženy tak, aby co nejvíce vyhovovaly i překladačům vyšších programovacích jazyků, zejména široce používaného jazyka C. Optimalizované jádro mikrořadičů je s harvardskou architekturou typu RISC.

Celou rodinu mikrořadičů AVR je možno rozdělit na 3 podskupiny:

- AT90S
- ATtiny
- ATmega

Typy mikrořadičů AT90S navazuje na předchozí řadu AT89S, zatímco další dvě podskupiny se liší určením. Řada ATtiny je vhodnější pro menší a jednodušší aplikace, zatímco dále navazující podskupina ATmega je předestlána pro složitější a komplexnější aplikace.

Osmibitové mikrořadiče ATtiny i ATmega mají i přes velké výkonnostní rozdíly (nehledě již na zcela odlišný počet vstupně-výstupních pinů) do značné míry podobnou architekturu – jsou totiž založeny na shodné aritmeticko-logické jednotce i řadiči, což mj. znamená i dopřednou kompatibilitu programů psaných v assembleru při převodu programů z čipů ATtiny na čipy ATmega. Zpětná kompatibilita je ovšem poněkud složitější, protože u mikrořadičů ATtiny nejsou implementovány některé instrukce, počet pracovních registrů se zmenšil z 32 na 16 a i další parametry, například bitová šířka programového čítače PC, je u čipů ATtiny menší, než u mikrořadičů ATmega, což může znamenat nutnost netriviálních změn v programech.



Obrázek 4-6

#### Základní vlastnosti

- obousměrné brány (32 b)
- jednosměrné brány (16 b)
- 32 registrů pro všeobecné použití
- čítač reálného času (RTC)
- 4 flexibilní čítače/časovače s porovnávacím módem PWM
- obousměrný UART
- programovatelný časovač watchdog s interním oscilátorem
- 3 volitelné úsporné režimy napájení

#### 4.2.3 Architektura ARM

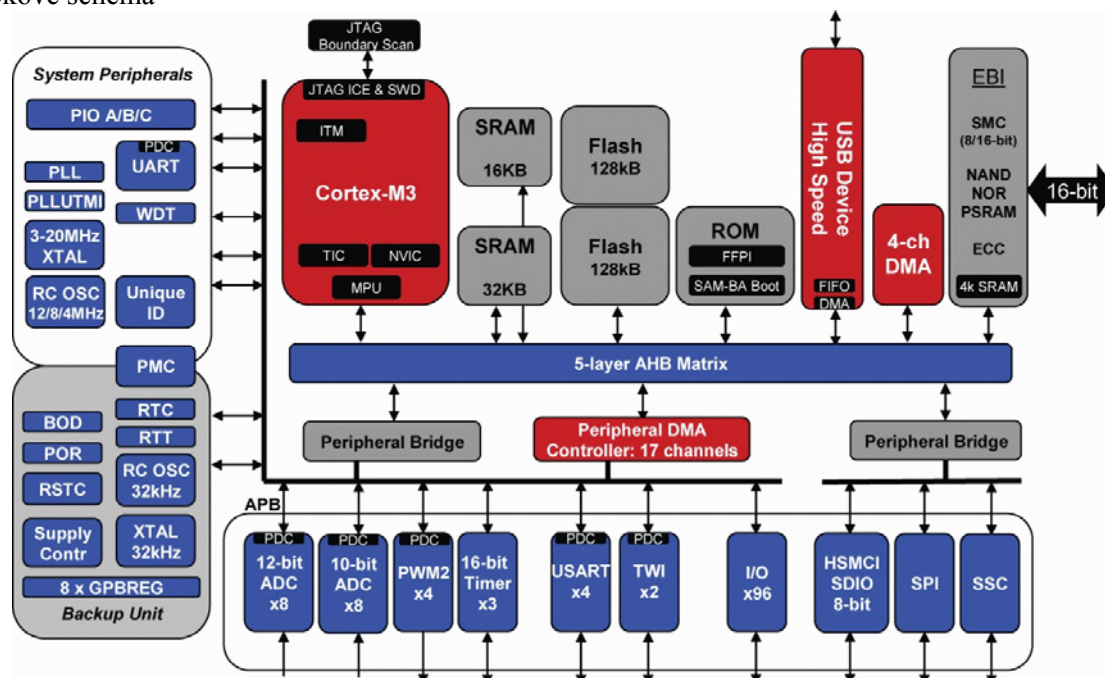
Procesory ARM firmy Atmel jsou založeny na architektuře M3 a M4 v rozmezí od 8 kB do 2MB Flash.

##### Architektura ARM M3.

Procesor Cortex-M3 je první z řady procesorů ARM, které jsou založeny na architektuře **ARMv7**. Mezi základní vlastnosti procesoru Cortex-M3 patří

- harvardská architektura, která umožňuje paralelní čtení instrukce a čtení/uložení dat
- instrukční sada Thumb-2
- tříúrovňové zřetězení zpracování instrukcí (three-stage pipelining)
- dva provozní režimy provádění kódu (Handler, Thread)
- dvě úrovně přístupových práv (Privileged, User)
- dva provozní stavy (Thumb, Debug)
- deterministická reakce na přerušení

## Blokové schéma



Obrázek 4-7

Chcete-li zvýšit výkon, musíme procesory donutit pracovat buď s vyšší taktovací frekvencí, nebo použít sofistikovanější metody zvyšování výkonnosti algoritmů. Zvýšením hodinové frekvence lze v zásadě zvyšovat produktivitu, ale zároveň tímto krokem dojde i ke zvýšení spotřeby energie a tím spojené složitosti celé aplikace, vycházející ze zajištění potřebného napájení. Naproti tomu zvýšení efektivity zpracování strojového kódu na nižší taktovací frekvenci je mnohem výhodnější. Ve svém jádru pracují procesory Cortex-M3 v závislosti na použité Harvardské technologii se třemi fázemi zpracování dat (pipeline), které nabízí řadu příležitostí. Množství jedno-cyklových operací přináší až 1,25 MIPS / MHz (v praktickém testu).

V procesorech Cortex-M3 je k dispozici nová sada příkazů s označením Thumb-2, která programátorovi umožňuje dosažení až o 70 % vyššího výkonu na jeden megahertz než klasické ARM procesory, založené na jádře ARM7TDMI a vybavené pouze klasickou Thumb instrukční sadou. Navíc je možné dosáhnout až o 35 % vyššího výkonu, než u shodných procesorů, které vykonávají základní sadu instrukcí ARM (testováno na shodném testu).

## Architektura M4

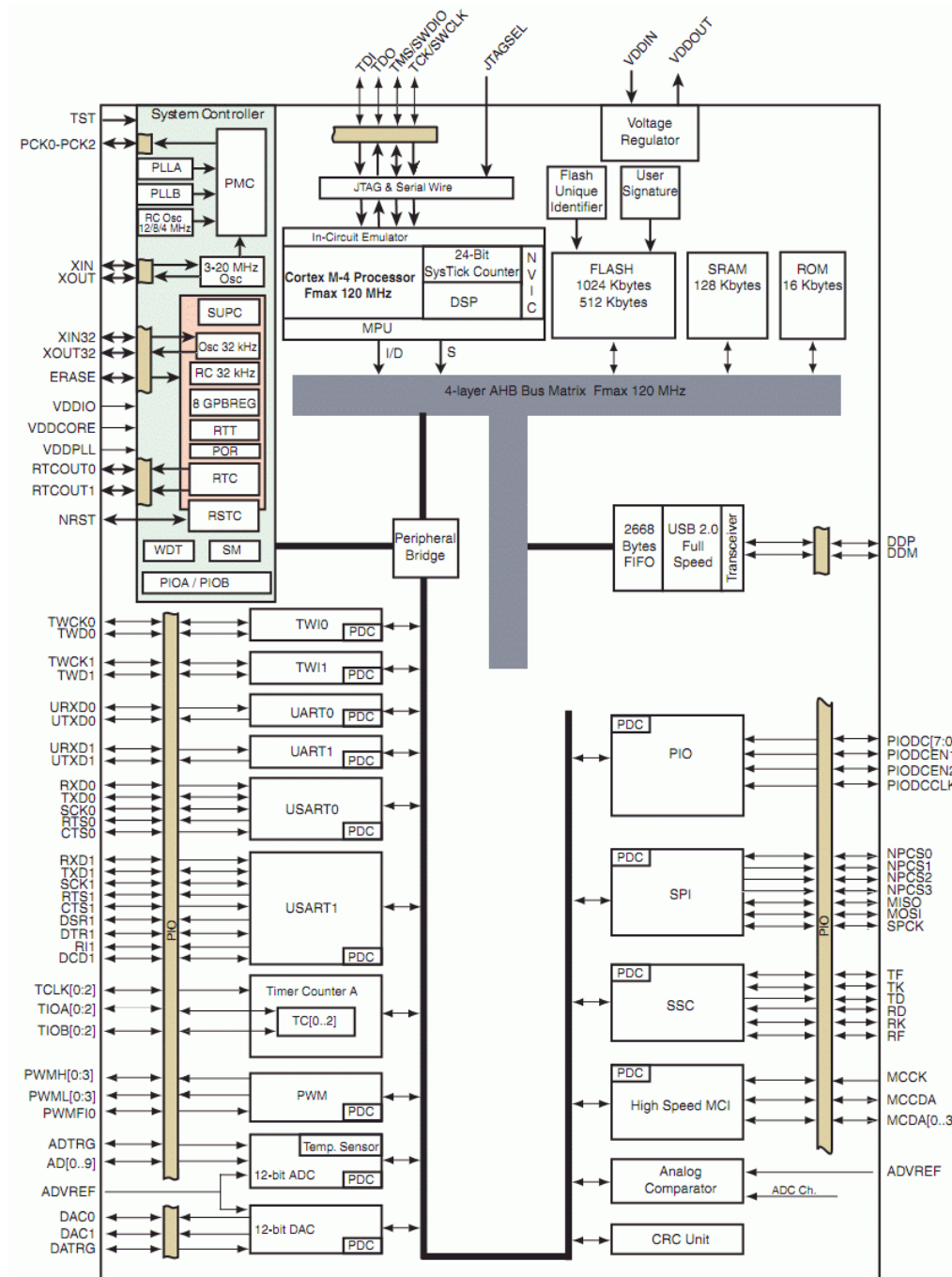
Atmel SAM4S16 je procesor s jádrem ARM Cortex™-M4. Jde v pořadí již o pátou generaci výkonných mikrokontrolérů, založených na technologii procesorů ARM® s integrovanou programovou pamětí Flash. až 2 MB Flash, 192 kB SRAM přinese velké množství integrovaných periférií, včetně High-speed USB a dalších.

Základní vlastnosti:

- 32-bit jádro ARM Cortex-M4s maximální provozní frekvencí 120 MHz
- Modul s podporou floating-point aritmetiky
- Vestavěný šifrovací blok AES
- Programová paměť Flash s kapacitou 512 kB až 1 MB s podporou pro vlastní programování
- Až 128 kB paměti RAM
- Externí sběrnice rozhraní
- Full Speed USB 2.0 Device s integrovaným USB transceiverem
- Ethernet IEEE1588 MAC
- 3x SPI
- 2x TWI (I2C)

- 2-kanálová sběrnice CAN
- 4x UART
- Analogové periferie: dva 16-bitové ADC (až 24 kanálů), komparátor, dvojitý 12-bit DAC
- Podpora dotykových kapacitních snímačů (až 32 kanálů)
- Až 117 I/O linek
- 2-kanálový kvadrurní enkodér
- Interface pro Card SD / MMC
- Devět časovačů
- Rozsah napájecího napětí: 1,6 až 3,6 V

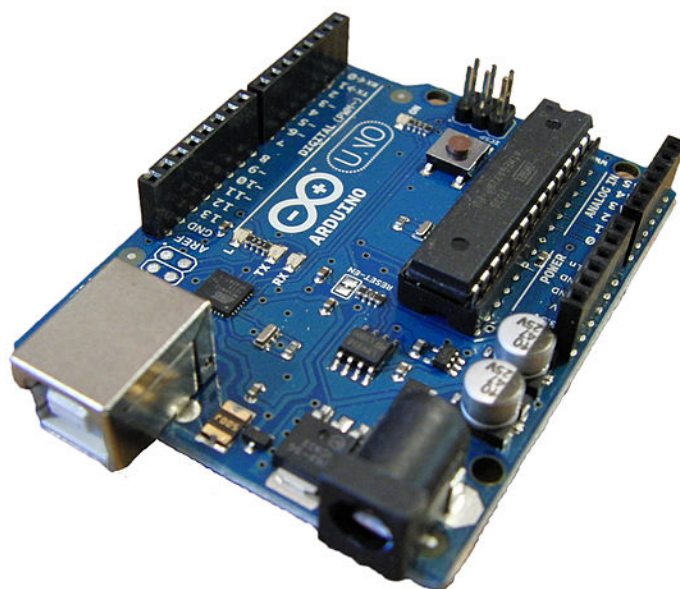
Blokové schéma:



Obrázek 4-8

### 4.3 Arduino

Arduino je open-source platforma založená na mikrokontroleru ATmega od firmy Atmel a grafickém vývojovém prostředí, které vychází z prostředí Wiring (podobný projekt jako Arduino, tedy deska s mikrokontrolerem a IDE) a Processing (prostředí pro výuku programování). Arduino může být použito k vytváření samostatných interaktivních zapojení nebo může být připojeno k software na počítači (např. Macromedia Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider). Momentálně lze koupit verze, které jsou už zkompleťované; schéma a návrh plošného spoje je dostupný pro ty, kteří si chtějí postavit Arduino sami. Desky arduino obsahují 8-bitové mikrokontrolery z rodiny AVR od firmy Atmel a množství dalších podpůrných obvodů. Oficiální vydání Arduina, které vyrábí a prodává Italská firma Smart Projects, používají čipy ATmega8, ATmega168, ATmega328, ATmega1280 a ATmega2560. Každá deska má většinu I/O pinů přístupných přes precizní patice, do kterých se jednoduše připojují další obvody, kterým ve světě Arduino říká Shieldy. Na deskách bývá několik diod, resetovací tlačítko, konektory pro ICSP programování, napájecí konektor, oscilátor a obvod zprostředkovávající komunikaci po USB. Základní verze Arduino, Arduino Uno, poskytuje celkem 14 I/O digitálních pinů a 6 pinů analogových. Šest digitálních pinů je také možné použít na softwarově řízený PWM výstup.



Obrázek 4-9

Hlavní mikrokontroler, který je uživatelsky programovatelný, již má bootloader (kód, který se po spuštění postará o základní nastavení mikrokontroleru, jako jsou interní časovače, nastavení rozhraní USART a další) a nastavené potřebné fuses bajty (těmi se nízkourovňově nastavují některé vlastnosti čipu). Díky tomu se uživatel nemusí starat o detaily a své programy píše v jazyce podobném C/C++. Ačkoliv je Arduino připojeno k počítači pomocí rozhraní USB, je softwarově simulována sériová komunikace přes linku RS-232. Ve starších deskách, jako je například Duemilanove nebo Diecimila, se pro tyto účely používaly FTDI čipy, v nejnovější desce Uno toto obstarává ATmega8U2 s před programovaným firmware (ten je, jako vše ostatní, volně dostupný v podobě zdrojových kódů).

## Základní typy desek

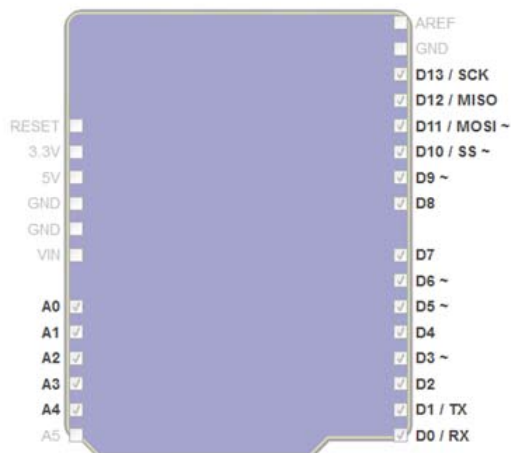
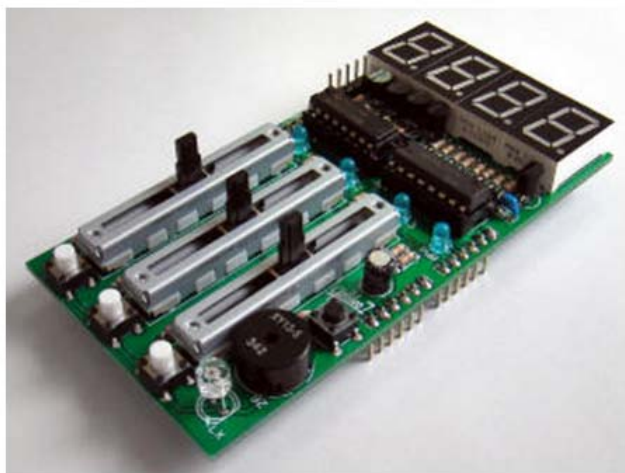
Arduino ↕	Procesor ↕	Flash KiB ↕	EEPROM KiB ↕	SRAM KiB ↕	Digitální I/O piny ↕	...s PWM ↕	Analogové vstupy ↕	Typ USB rozhraní ↕	Rozměry mm ↕
Diecimila ↗	ATmega168	16	0.5	1	14	6	6	FTDI	68.6mm x 53.3mm
Duemilanove ↗	ATmega168/328P	16/32	0.5/1	1/2	14	6	6	FTDI	68.6mm x 53.3mm
Uno ↗	ATmega328P	32	1	2	14	6	6	ATmega8U2	68.6mm x 53.3mm
Due <sup>[7][8]</sup>	ATMEL SAM3U	256		50			16		
Mega ↗	ATmega1280	128	4	8	54	14	16	FTDI	101.6mm x 53.3mm
Mega2560 ↗	ATmega2560	256	4	8	54	14	16	ATmega8U2	101.6mm x 53.3mm
Leonardo <sup>[9]</sup>	ATmega32u4	32	1	2	14	6	12	Atmega32u4 ↗	68.6mm x 53.3mm
Fio ↗	ATmega328P	32	1	2	14	6	8	Žádné	40.6mm x 27.9mm
Nano ↗	ATmega168 or ATmega328	16/32	0.5/1	1/2	14	6	8	FTDI	43mm x 18mm
LilyPad ↗	ATmega168V or ATmega328V	16	0.5	1	14	6	6	Žádné	50mm ø

K modulům Arduino je možné připojit různé periférie, uvádím alespoň ty nejzákladnější. Ostatní na adrese <http://shieldlist.org/>

### 4.3.1 4 Digits Shield

Kombinace vstupních a výstupních zařízení, které jsou užitečné pro celou řadu projektů:

- 3 x jezdec vstupy
- 3 x tlačítko vstupy
- 4-místný 7-segmentový LED displej
- Teplotní čidlo
- Světelný senzor
- Bzučák.



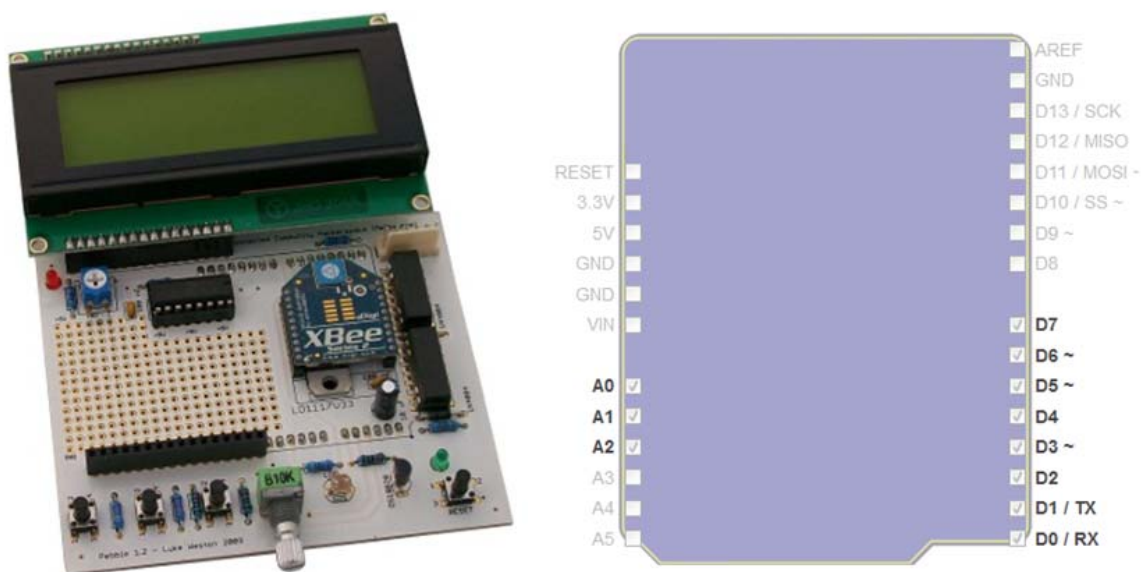
Obrázek 4-10

Odkaz: <http://shieldlist.org/galileo7/4digits>

### 4.3.2 Více účelový modul

Víceúčelový modul určený pro výuku a vytváření nejrůznějších projektů.

- 20x4 LCD.
- XBee module.
- Button inputs.
- Analog inputs.
- Temperature sensor (DS18B20 on 1-wire bus)
- Light sensor.
- 2 x relay outputs.



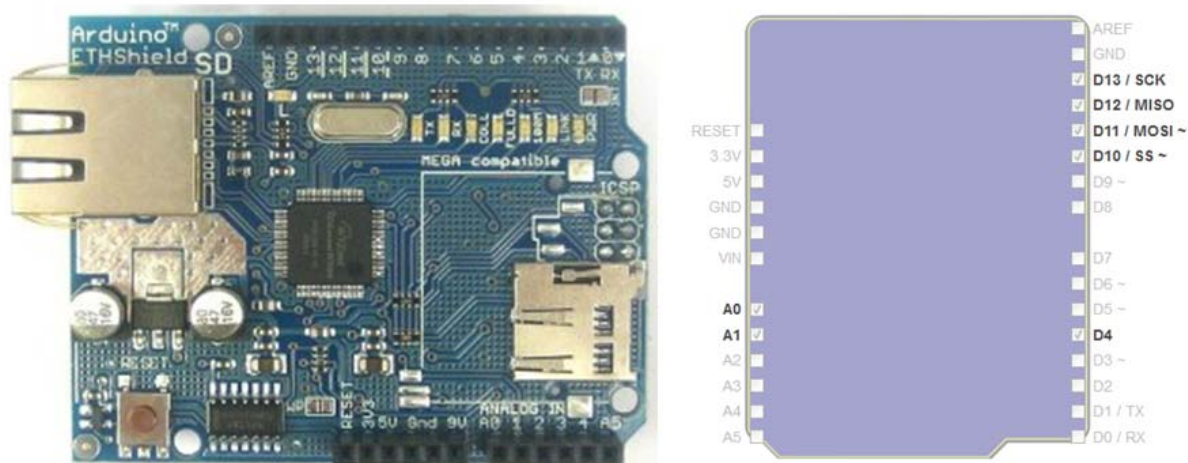
Obrázek 4-11

Odkaz: <http://shieldlist.org/luke-weston/pebble>



### 4.3.3 Ethernet Shield v5.0

Arduino Ethernet Shield umožňuje Arduino desky připojit k internetu. Je založen na ethernet čipu Wiznet W5100. Verze 5.0 obsahuje microSD slot namísto slotu SD používaný v předchozích verzích.

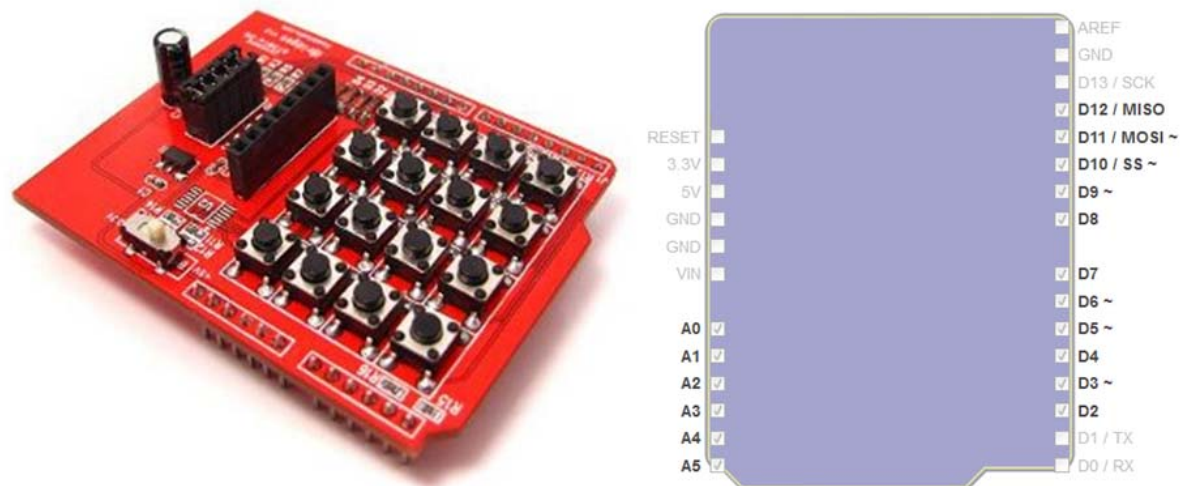


Obrázek 4-12

Odkaz: <http://shieldlist.org/arduino/ethernet-v5>

### 4.3.4 IBridge 4x4 Keypad Shield

IBridge je maticová klávesnice 4x4 s možností připojit grafický LCD displej 5110.

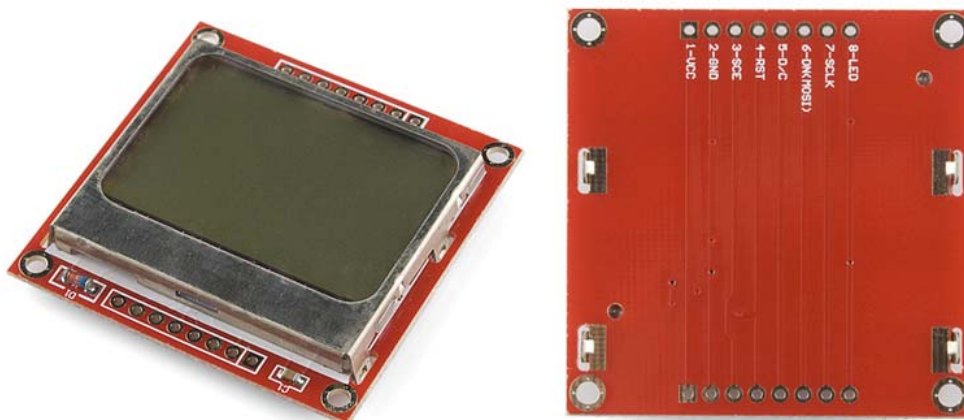


Obrázek 4-13

Odkaz: <http://shieldlist.org/itead-studio/ibridge>

#### 4.3.5 Graphic LCD 84x48 - Nokia 5110

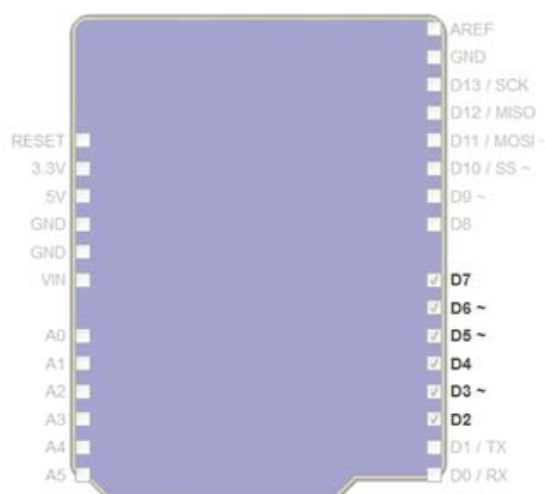
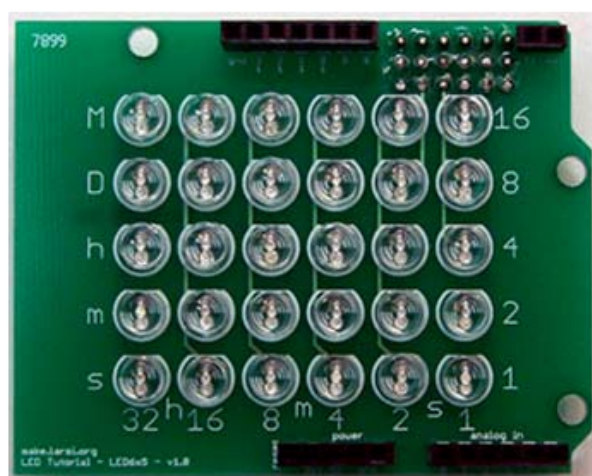
Grafický displej Nokia 5110 je základní grafický LCD displej pro mnoho aplikací, původně byl určen jako obrazovka mobilního telefonu.



Obrázek 4-14

#### 4.3.6 LED 6x5 Shield

Maticový displej 6x5 LED pro zobrazování



Obrázek 4-15

Odkaz: <http://shieldlist.org/larsschumann/led6x5>