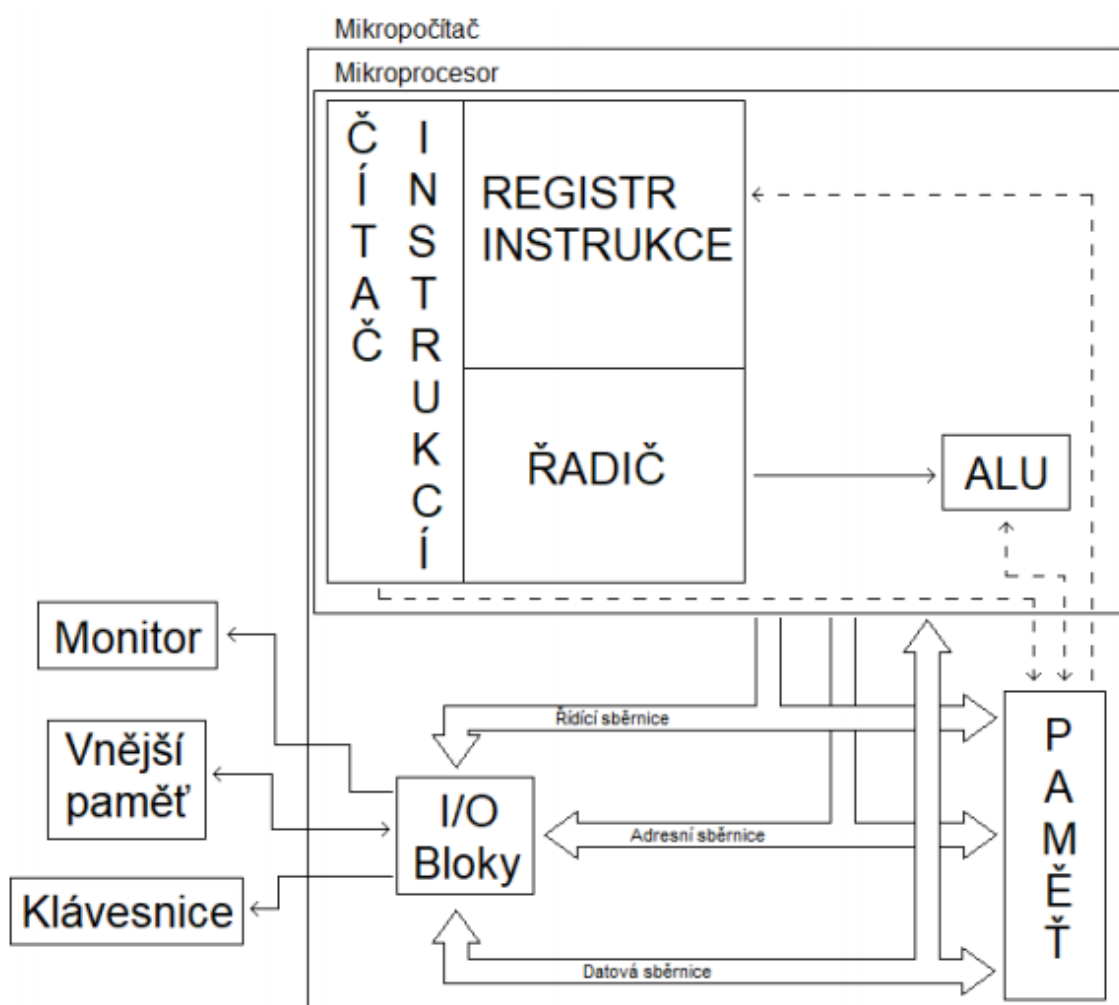

VNITŘNÍ STRUKTURA MIKROPROCESORŮ A MIKROPOČÍTAČŮ

- Co je to mikroprocesor a jeho obecný popis
 - Řadič, ALU
- Charakteristika procesoru ARM STM32F4
 - Architektura
 - Velikost a typ paměti
 - Registry
- Popis
 - Porty
 - Čítače/časovače, včetně realizace časových smyček
 - Přerušovací systém
- Charakteristika školního kitu
- Konfigurace projektu a práce v prostředí Keil v.5

Mikroprocesor a jeho popis

- Mikroprocesor lze definovat jako sekvenční automat vyrobený technologií Very large Scale Integration
- Mikroprocesor se skládá z řadiče a aritmetické logické jednotky (ALU)
 - o Řadič ovládá ALU, která je dána instrukcemi
 - o Instrukce jsou zpracovávány sekvenčně
- Bez podpůrných obvodů není schopen provozu
- Mikroprocesor je integrován do pouzdra jediného integrovaného obvodu
- Mikropočítač je složen z mikroprocesoru, který je rozšířen o paměť a vstupně výstupní bloky
- Mikropočítačový systém je pak doplněn o periferie umožňující komunikaci s uživatelem



Řadič

- Elektronická řídící jednotka
- Realizována sekvenčním obvodem
 - Řídí činnost všech částí PC
- Řízení je prováděno pomocí řídících signálů, které jsou zasílány jednotlivým modulům – dílčím částem PC
- Reakce na řídící signály – stavy jednotlivých modulů
 - Zasílány zpět řadiči pomocí stavových hlášení
- Dílčí části PC (například OP)
 - Taky obsahují řadič, který je podřízen hlavnímu řadiči PC, který je součástí CPU

ALU

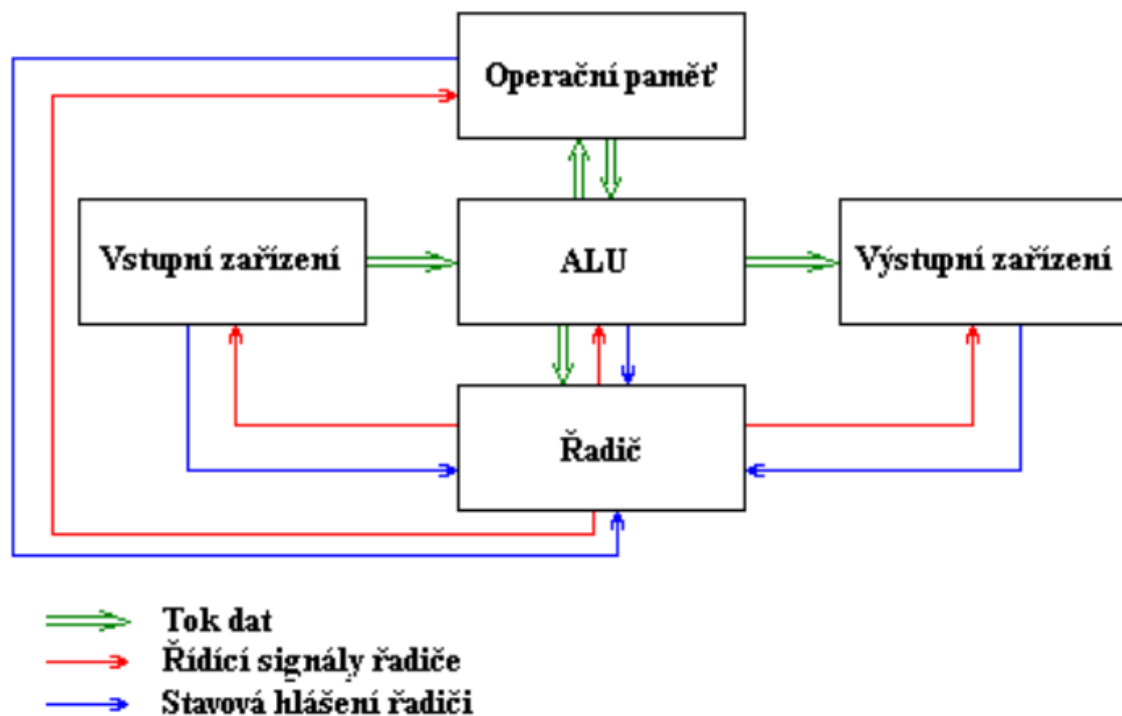
- Aritmetická logická jednotka (Arithmetic Logic Unit)
- Základní komponenta procesoru
- Provádí všechny výpočty (aritmetické a logické)
- V mnoha procesorech je na jednom CPU více než jedna ALU
 - Obvykle rozdělené na jednotky pro práci s celočíselnými operandy a jednotky pro práci s operandy v plovoucí řadové čárce
- Jednotlivé ALU pracují nezávisle, takže CPU může v jednom CLK provést více instrukcí ve více jednotkách současně
- Jednotlivé operace jsou prováděny nad operandy s pevně daným rozsahem závislým na architektuře
- Výpočty s libovolnou přesností je tak zapotřebí provádět pomocí SW knihoven

Druhy mikroprocesoru

- CPU = Central Processing Unit
 - Hlavní procesor PC
- GPU = Graphic Processing Unit
 - Hlavní mikroprocesor pro grafické karty
- APU = Accelerated Processing Unit
 - CPU a GPU v jednom pouzdře
- FPU = matematický procesor
- Zvukový procesor

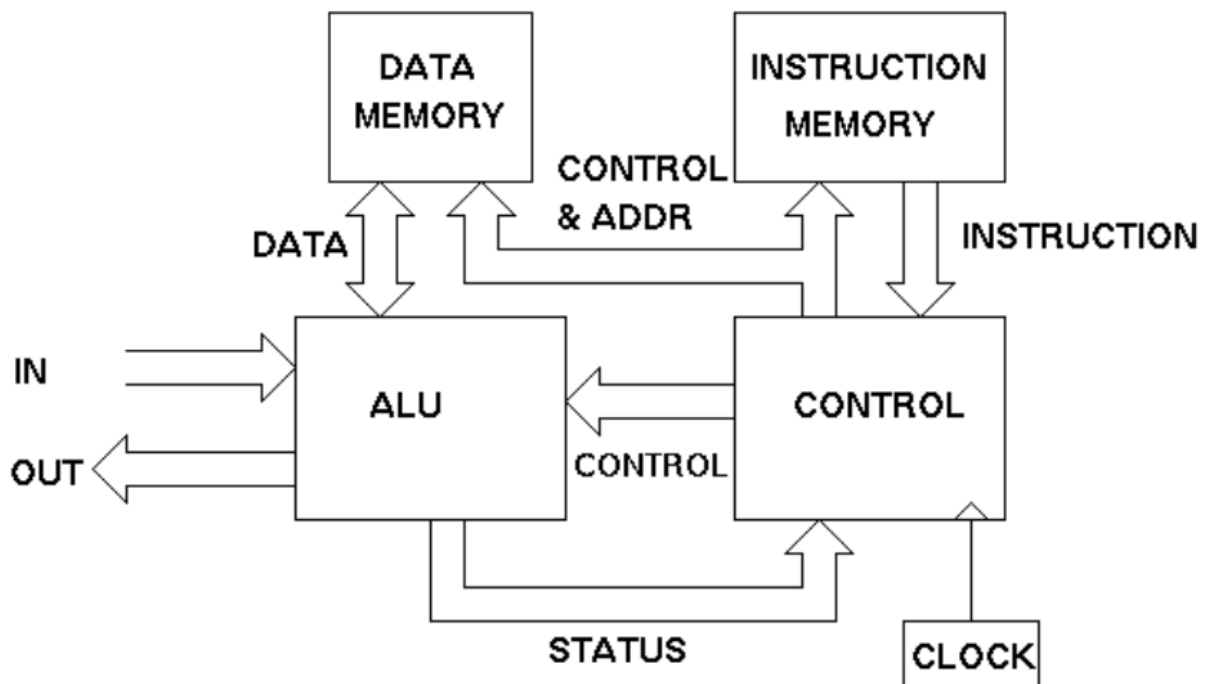
Von Neumannová architektura

- Základem současných PC s určitými změnami (multitasking, víceprocesorové systémy,...)
- Není nutné zadávat celý zdrojový kód do OP
- Vymyšlený v roce 1945
- Struktura PC je nezávislá na řešeném problému
- Sekvenční zpracování (posloupnost instrukcí) oproti Harwardské architektuře
- Instrukce i data členěny do slov/slabik stejného formátu
 - o Uloženy do společné paměti
- V paměti jsou data uložena společně s instrukcemi v binární podobě
 - o Společné uložení dat a programu může mít za následek při chybě přepsání vlastního programu
- Paměť je rozdělena na buňky stejné velikosti a přistupuje se k nim pomocí adresy
- Skládá se z pěti hlavních částí
 - o Řadič
 - o ALU
 - o Paměť
 - o Vstupní zařízení
 - o Výstupní zařízení



Harvardská architektura

- PC architektura, která odděluje paměť programu a data, jde o fyzické oddělení
 - o Potřeba dvou sběrnic pro čipy
- Není nutné mít paměť stejných parametrů
- Snaha o odstranění nedostatků Von Neumannové architektury
 - o Hrozilo tam přespání programu
 - o V této architektuře nemůže nastat situace, kdy by program přepsal sám sebe
- Lze přistupovat současně k datům i programům
- Použití dvou sběrnic klade vyšší nároky na vývoj řídicí jednotky
- Nevyužitou část z paměti pro data nelze použít pro instrukce a naopak
- Řízení procesoru je odděleno od řízení vstupně výstupních jednotek
 - o Nejsou přímo připojeny na ALU
- Název odvozený od PC Harvard Mark 1, který je na této architektuře postaven
- Atmel 8051, ARM
 - o Většinou kombinace obou architektur



Architektura CISC

- Complex Instruction Set Computer
- Počítač se složitým souborem instrukcí
- Velmi složitý
 - Snaha pokrýt co největší okruh funkcí
- Starší než RISC
- Intel x86, Motorola 68000
- Instrukce nemají stejnou délku
 - Různá délka jejich vykonávání
- Pomalejší
 - CPU řízen mikroprogramově
- Složitější na výrobu

Architektura RISC

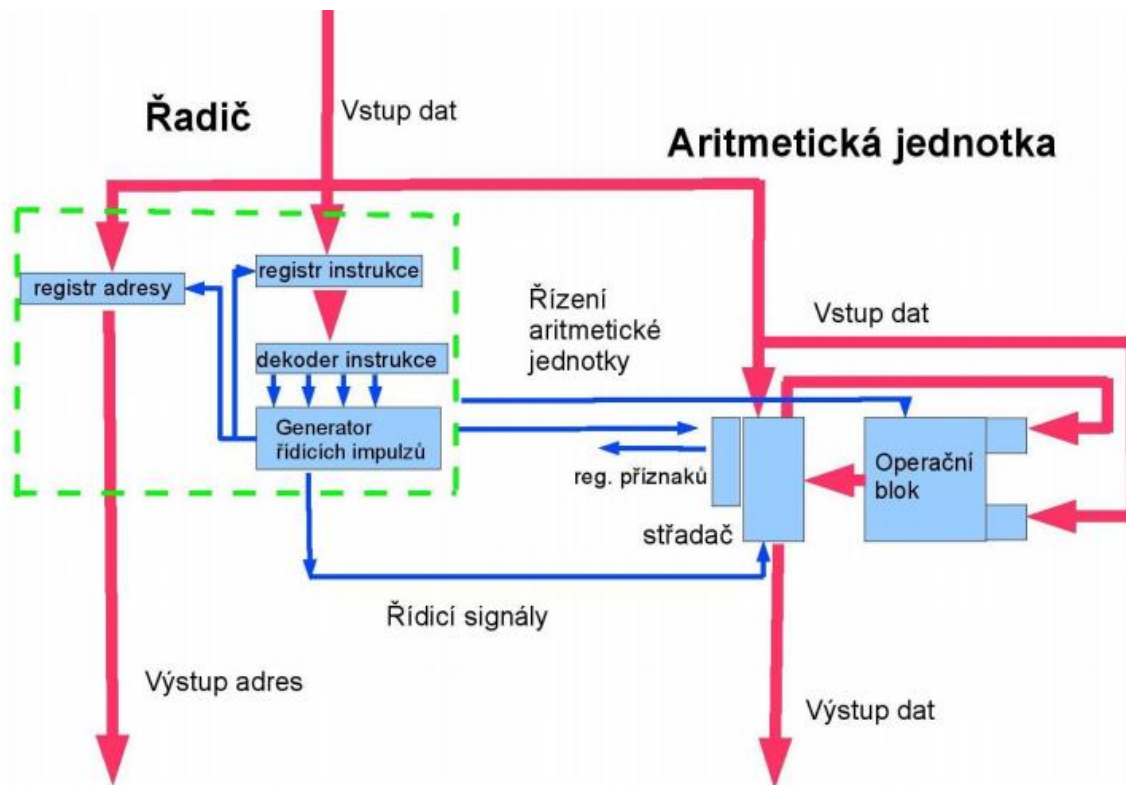
- Reduced Instruction Set Computer
- Počítač s redukováným souborem instrukcí
- Rychlejší
 - CPU řízen obvodově
- Instrukce mají stejnou délku
- Klade větší důraz na SW
- ARM, Atmel, Intel
- Možnost zvyšování pracovního kmitočtu
 - Jednoduché instrukce -> jednoduchá řídicí jednotka
- Zřetěžené zpracování instrukcí bez odkazů do paměti
- Implementace instrukcí logickými obvody
- Co bylo u CISC jako jedna složitá instrukce, je zde řešeno jako posloupnost jednoduchých instrukcí
 - Jeden cyklus na jednu instrukci oproti několika cyklům na jednu instrukci

Shrnutí obou architektur

- Procesory RISC s redukovanou sadou strojových instrukcí a CISC procesory s velkým počtem strojových instrukcí. Jako výhodnější se ukazují instrukční sady typu RISC, avšak některé architektury z důvodu zachování zpětné kompatibility pracují i se strojovým kódem typu CISC (Intel x86). Procesory RISC jsou velmi úspěšné např. v mobilních telefonech nebo v superpočítačích, protože jednodušší architektura se projevuje nižší spotřebou energie

Mikropočítač

- Složen z mikroprocesoru, paměti a vstupně výstupních zařízení



- Výstup adres jde na adresní sběrnici, ze které se vyčte instrukce
- Tato instrukce přes vstup dat do registru instrukce, tam se uloží
- Odtud putuje do dekodéru instrukce, který slouží k převedení instrukce na strojový kód a pokračuje do generátoru řídicích impulsů
- Registr příznaků (PSV) hlídá, jestli nedošlo k přetečení, s jakou bankou se pracovalo, možnost uživatelského bitu (FO-flag), doplnění o sudou lichou paritu
- Střadač je akumulátor (aritmeticko-logické funkce)
 - o Může do něj vstoupit jen jedna instrukce
- V operačním bloku se instrukce zpracují a jdou do střadače, ze kterého se pak odebírají

Charakteristika procesoru ARM STM32F4

- Založen na vysoce výkonném 32 bitovém jádru RISC Cortex M4 pracujícím s frekvencí až 168 MHz
 - o Podporuje všechny instrukce a datové typy s jednorozměrným zpracováním dat
 - o Implementuje kompletní sadu instrukcí DSP a jednotku ochrany paměti, která zvyšuje bezpečnost
- STM32 je rodina 32 bitových mikrořadičů integrovaných obvodů od STMicroelectronics
- Každý mikroprocesor se skládá z procesorového jádra, statické paměti RAM, flash paměti
- STM32 běží na 2-3,6V
- Paměť flash o kapacitě 1 MB a paměť RAM o kapacitě 192 kB, která je teoreticky rozšiřitelná až na 4 GB
- Procesory ARM obsahují moderní vývojové prostředí a díky podpoře jazyka C i snadné programování
- Load/Store architektura
 - o S pamětí pracují pouze instrukce typu load a store
 - o Všechny ostatní instrukce pracují s vnitřními registry
 - o Rozdělení na dvě kategorie (práce s pamětí a práce s registry)

Sběrnice

- AHB
 - Advanced High Performance Bus
 - Pro velmi rychlou komunikaci mezi CPU, RAM a DMA
 - Podpora dávkového přenosu dat
 - Most pro komunikaci s APB
- APB
 - Advanced Peripheral Bus
 - Nabízí jednoduchý interface pro připojení pomalejší a low-power periférií k CPU
 - Časovače, UART, I2C, SPI
 - Periferie komunikují s CPU prostřednictvím mostu mezi AHB a APB
- RCC -> AHB1ENR
 - Využíváno pro aktivaci příslušného portu

Registry

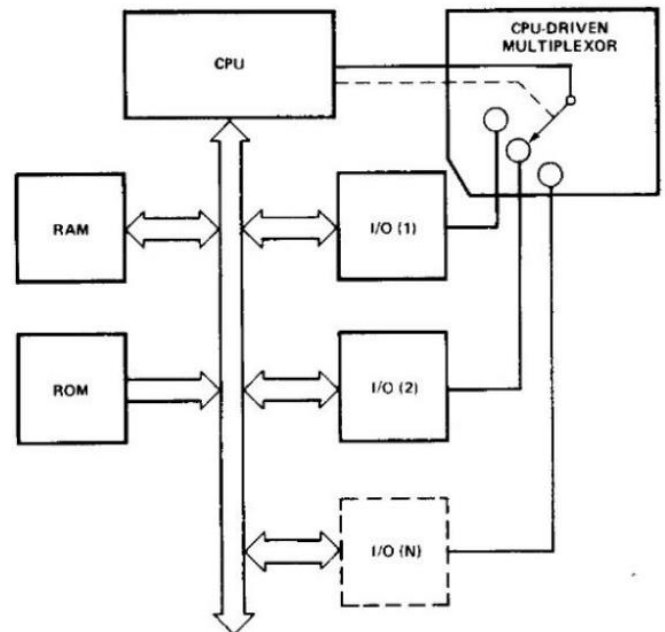
- GPIOx -> MODER
- GPIOx -> IDR
 - Input data register (tlačítko)
- GPIOx -> ODR
 - Output data register (LED)

Časovač

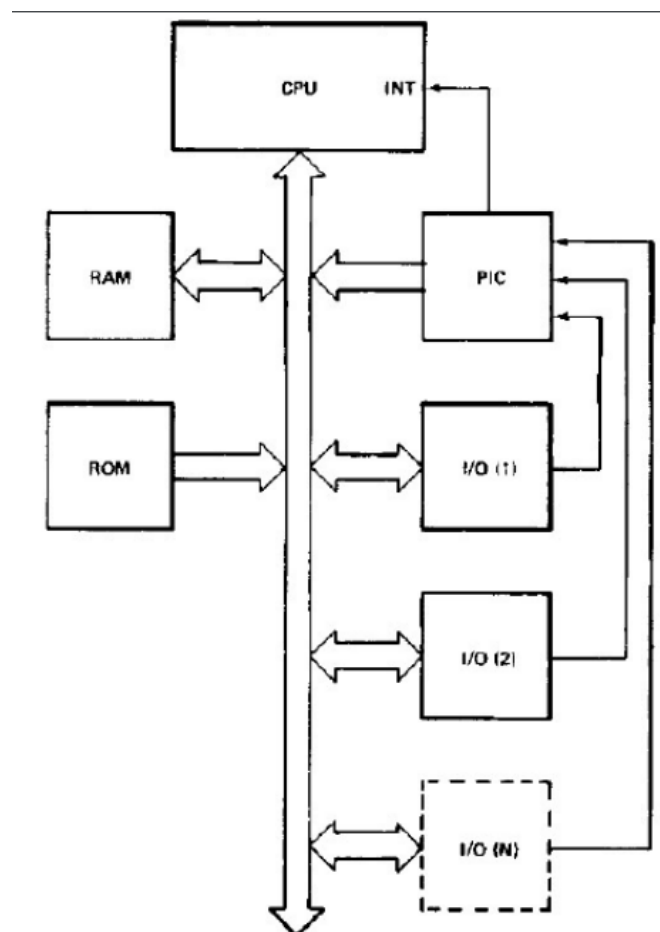
- Umožňuje s vysokou přesností odměřovat čas
- Obecně slouží k asynchronnímu vykonávání strojového kódu
- Hardwarové časovače využívá OP pro řízení multitaskingu a plánování dalších důležitých událostí, které jsou závislé na reálném čase
- Časovač může být umístěn ve specializovaném integrovaném obvodu, v čipsetu nebo přímo v CPU
- většina počítačů obsahuje jeden nebo více hardwarových časovačů
- obvykle jsou to čítače, které program nastaví na nějakou hodnotu, která se následně automaticky snižuje
- v okamžiku, kdy dosáhne nuly, je vyvoláno přerušení, které je doručeno procesoru
- časovač umožňuje procesoru zpracovávat během měření času jiné úlohy, čímž snižuje režii systému a zvyšuje jeho výkon
 - o odstraňuje tedy tzv. aktivní čekání pomocí naprogramovaného cyklu nebo specializované instrukce (například RDTSC v procesorech x86), během kterého nelze jinou činnost vykonávat
- **System Tick Timer = SysTick**
 - o Jednoduchý interní systémový časovač
 - o Součástí jádra Cortex
 - o Při přetečení vyvolá přerušení
 - Periodicky odečítá 1 od uživatelem definované hodnoty
 - o Využití pro
 - Pravidelnou kontrolu sériového kanálu, klávesnice, tlačítek
 - Práce s LCD
 - Začátek blikání LED
 - o Není možné přidělit prioritu
 - O vše se stará SysTick_Config();
- **TIM6 a TIM7**
 - o 16 bitový časovač, respektive vzestupný čítač s možností auto-reload
 - o Součástí je i 16 bitový programovatelný prescaler
 - Využití jako dělič frekvence
 - o Při přetečení nebo auto-reload může být generováno přerušení nebo signál pro DMA
 - o Možnost využít také pro řízení DAC

Přerušovací systém

- Metoda Polling
 - Postupné dotazování periférií
 - Obsahuje multiplexor, který řídí CPU
 - Zatěžuje CPU

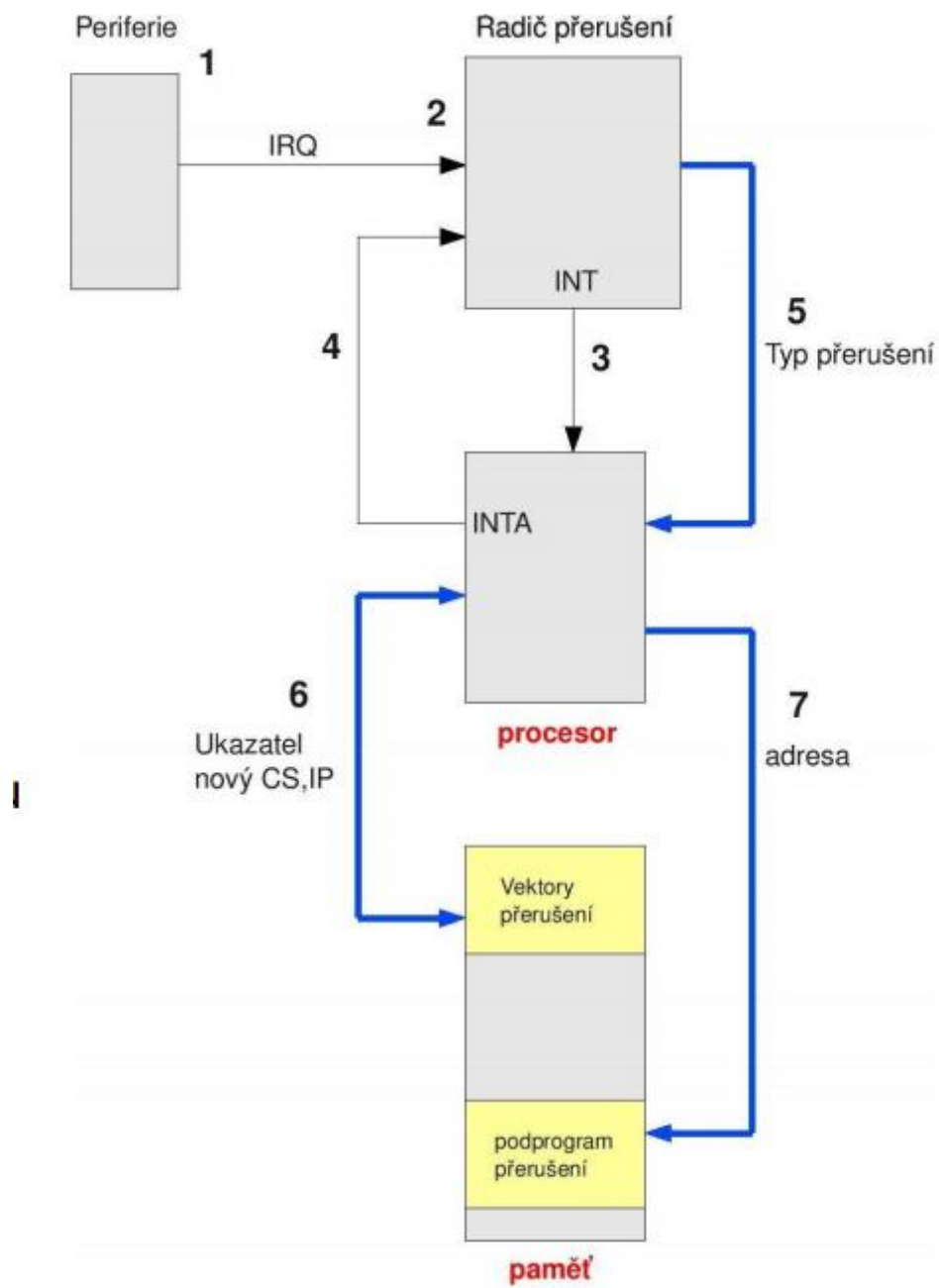


- Metoda Interrupt
 - O veškerou činnost se stará PIC
 - Programable interrupt controler = řadič přerušení
 - Příjem, výběr, ukončení
 - Periferie samy pošlou signál do PIC
 - Nedochází k dotazování
 - Nezatěžuje CPU



○ Činnost přerušení řadiče

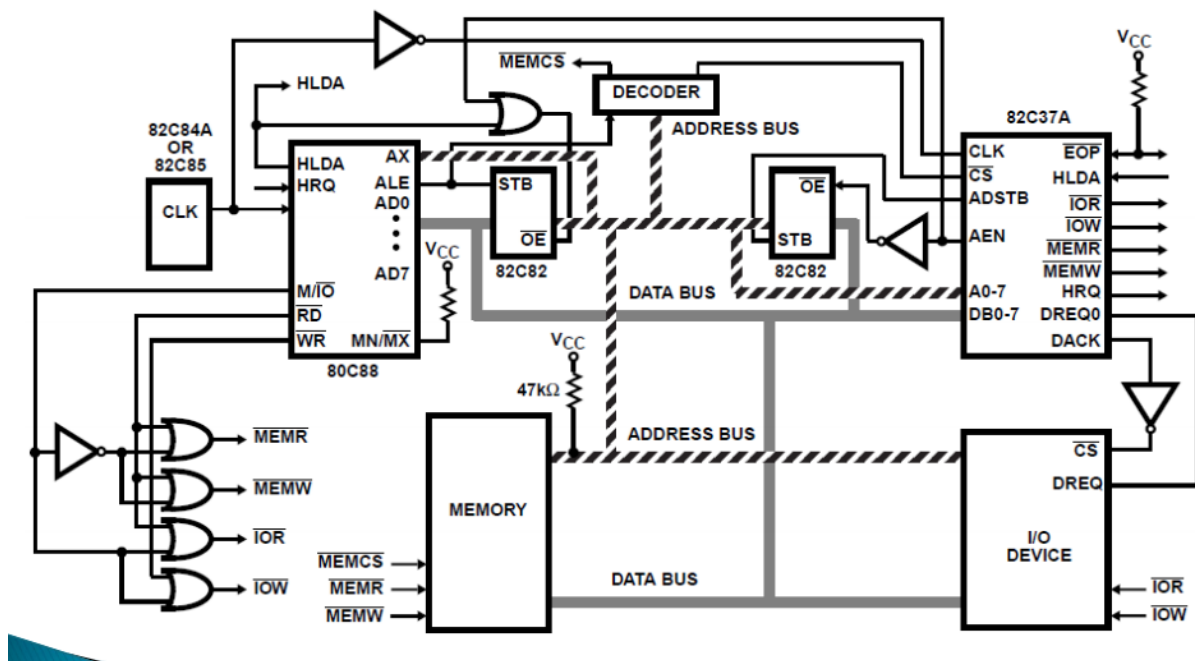
- Periferie pošle přes signál IRQ (interrupt request) žádost o přerušení
- Řadič tento požadavek přijme (žádostní může přijít i více najednou)
- Pokud je povolen přerušovací obvod, řadič vyšle požadavek na přerušení činnosti procesoru
- Procesor přijal požadavek, přerušil svou činnost a uvolnil datovou a adresní sběrnici a posílá INTA (interrupt acknowledge) zpět řadiči
- Řadič požadavek vyhodnotí, zvolí typ přerušení a ten z největší prioritou a pošle zpět procesoru
- Procesor ho přijme a přepočítá na ukazatel v tabulce vektoru přerušení, ten převede na adresu (a zálohuje ji – uloží veškeré informace)
- Posledním krokem je obsluha samotného přerušení (podprogram)



- DMA = DIRECT MEMORY ACCESS
 - Přímý přístup do paměti
 - Periferie <-> RAM
 - Periferie <-> Periferie
 - Dnes součástí základní desky, dříve jako samostatný obvod
 - DMA ulehčí práci procesoru
 - Pouze uvolní sběrnice
 - DMA má vlastní registry pro adresy a přenos dat
 - Počáteční inicializace
 - Softwarově před samotným přenosem
 - Režim, typ a směr přenosu
 - Adresy odkud kam
 - Délka přenosu
 - Způsob synchronizace a indikace konce přenosu

○ PRINCIP DMA

- Periferie aktivací signálu DREQ (DMA REQUEST) požádá řadič DMA o přenos slova z nebo do paměti
- Řadič zkontroluje nastavení kanálu
- Aktivací signálu HOLD (HRQ) řadič DMA požádá CPU o přidělení sběrnice
- Pokud CPU sběrnici nepotřebuje, odpojí se od sběrnice a signalizuje HLDA
- Po přijetí HLDA řadič připraví sběrnici pro přenos
 - Vystaví adresu v paměti a řídící signály pro čtení/zápis z/do paměti/periferie
- A0-A7 jdou přímo na adresní sběrnici, posílají nadvakrát, nižších 8 bitů a vyšších 8 bitů
 - vyšší A jdou na datovou sběrnici přes STB (strobe register)
- Řadič DMA aktivuje signál DACK, kterým vyzve periferii k vystavení/přečtení dat na/ze sběrnice
- Přenos bude pokračovat dalším slovem, dokud je DREQ aktivní
- Při posledním slově řadič aktivuje signál EOP
- Při ukončení přenosu řadič uvolní signál HOLD
- Procesor uvolní HLDA a připojí se ke sběrnici
- Pro čtení dat z paměti musí být aktivní v 0 \MEMR (memory read) a \IOW (input output write)
- Pro zápis do paměti musí být aktivní v 0 \MEWR (memory write) a \IOR (input output read)



Charakteristika STM32F4 + školního kitu

- STM32F407G Discovery
- 32 bit ARM Cortex M4
 - o RISC architektura
 - o 5ti stupňový pipeline
- 1 MB flash paměť
- 192 + 4 kB RAM
- Frekvence CLK až 168 MHz
 - o Vnitřní 36 MHz
- Debug nástroj ST-LINK
- 3x 12 bitový AD převodník
- 2x 12 bitový DA převodník
- 14 časovačů
- 140 vstupně výstupních pinů s možností přerušení
- 3x sběrnice I2C a SPI
- Podpora USB 2.0
- Síťová karta 10/100 Mb/s
- Skutečný generátor náhodných čísel
- Vstup 3 nebo 5 V
- 8x LED diody
- 2x tlačítko
- Napájení 5 V
 - o Přes USB
- **Školní kit má navíc**
 - o LCD 8x2
 - o Maticová klávesnice 4x3
 - o 4x LED
 - o Port COM sériový kanál
 - o Fotorezistor
 - o Reproduktor

Konfigurace projektu v keil 5 – příklad konfigurace portu

- Abychom k portu mohli něco připojit, musíme ho nakonfigurovat
- K tomu slouží registry (moder)
- Všechny registry jsou 32 bitové

