

PROCESOR

Processor (CPU – Central Processing Unit) je ústřední výkonnou jednotkou počítače, která čte z paměti instrukce a na jejich základě vykonává program. Primárním úkolem procesoru je řídit činnost ostatních částí počítače včetně vlastních jednotek a provádět matematické a logické operace s operandy (čísla ve dvojkovém vyjádření) na základě instrukcí.

Protože procesor, který by vykonával program zapsaný v nějakém vyšším programovacím jazyku by byl příliš složitý, má každý procesor svůj vlastní jazyk - tzv. strojový kód. Ten se podle typu procesoru skládá z jednodušších nebo složitějších instrukcí, které jsou řadičem procesoru přeloženy (dekódovány) na tzv. mikroinstrukce, pomocí kterých jsou řízeny ostatní části procesoru a počítače. Instrukce, které dokáže procesor rozpoznat a zpracovat pak tvoří tzv. instrukční sadu procesoru.

Současné procesory jsou dnes realizovány jako integrovaný obvod s vysokou hustotou integrace součástek na čipu.

Typy procesorů

- a) MCU (*Micro Controller Unit*) - nejjednodušší skupina procesorů, tzv. mikrořadiče, jejichž uplatnění je velmi široké, od běžné spotřební elektroniky až po výkonné počítače. Mezi výhody těchto čipů patří nízká cena, malé rozměry a nízká spotřeba energie. Tyto procesory jsou vyráběny pro přesně určenou specifickou činnost a mají jen malou možnost rozšíření. Rovněž ve výkonnosti nedosahují vysokých hodnot.
- b) CPU (*Central Processor Unit*) - tvoří základní řídicí jednotku počítače. Oproti předcházející skupině mají mnohem vyšší výkon, větší rozměry, je možné je díky jejich otevřené architektuře a velkému množství vyvedených signálů lépe rozšiřovat. Samozřejmě tyto výhody jsou zaplacené vyšší spotřebou a ztrátovým výkonem, rovněž cena je vyšší než v předchozím případě.
- c) DSP (*Digital Signal Processor*) - je určitým kompromisem mezi oběma předcházejícími skupinami procesorů. Signálové procesory se většinou vyznačují vysokým výkonem v oblasti zpracování matematických výpočtů a schopností zpracovávat velké objemy dat. Součástí těchto procesorů jsou často i digitálně-analogové a analogově-digitální převodníky. DSP se používají například v oblasti měřicí techniky (digitální osciloskop, atd.), ve zvukových kartách, atd.
- d) NPU (*Network Processors Units*) - jsou nedílnou součástí všech přepínačů, směrovačů a dalších síťových zařízení. Vedoucí pozici ve výrobě síťových procesorů má společnost Broadcom.

Rozdělení procesorů

1. Podle instrukční sady

- a) CISC (*Complex Instruction Set Computer*) – jedná se o procesor s velkou sadou instrukcí. Instrukční sada je rozšířena o nové a složitější instrukce tak, aby pro celou operaci stačilo načtení jen jediné instrukce z paměti. Zjednodušeně řečeno platí, že na každou operaci bude existovat odpovídající instrukce.

- b) RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) – jedná se o procesor s redukovanou instrukční sadou. Instrukční sada obsahuje pouze jednoduché a nejčastěji používané instrukce. Instrukcí se provádí během jednoho strojového cyklu. Mikroinstrukce jsou hardwarově implementovány v procesoru, čímž je velmi výrazně zvýšena rychlost jejich provádění.
- c) EPIC (*Explicitly parallel instruction computer*) – jedná se o moderní architekturu 64-bitových procesorů, která je charakteristická paralelním zpracováním instrukcí, přičemž optimální provádění instrukcí neurčuje hardwarová jednotka procesoru, ale softwarový kompilátor.

2. Podle šířky operandu v bitech (resp. šířka slova)

Jedním ze základních ukazatelů procesoru je počet bitů, tj. šířka operandu, který je procesor schopen zpracovat v jednom kroku. Zjednodušeně se dá říci, že např. osmibitový procesor umí počítat s čísly od 0 do 255, 16bitový s čísly od 0 do 65535 atd.

- a) *4-bitové, 8-bitové procesory* – určené pro velmi jednoduché aplikace (spotřební elektronika, domácí spotřebiče, kalkulačky, jednodušší periferní zařízení, atd.)
- b) *16-bitové procesory* – určené pro středně složité aplikace (programovatelné automaty, mobilní telefony, PDA, přenosné videohry, atd.)
- c) *32-bitové, 64-bitové procesory* – určené pro velmi složité aplikace (osobní počítače, servery, tiskárny, řídicí počítač automobilu, atd.)

3. Podle výrobce procesoru

Na poli procesorů pro osobní počítače dominují v současnosti pouze dva výrobci – firma INTEL a AMD. Existuje však spousta dalších výrobců procesorů určených pro jiné aplikace než osobní počítače – firmy MOTOROLA, ATMEL, NexGen, Texas Instruments, Broadcom, IBM, atd.

Významné parametry procesoru

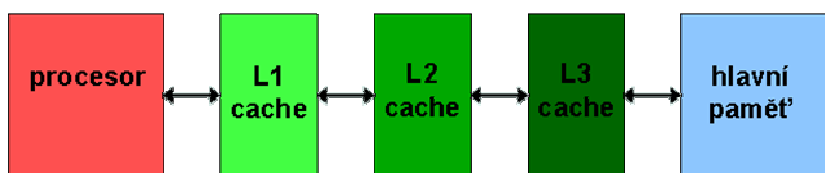
- a) Rychlost procesoru – jedná se především o frekvenci jádra procesoru odvozenou od generátoru hodinových impulsů, který je řízen krystalovým oscilátorem umístěným na základní desce (zjednodušeně řečeno: 1 takt = 1 činnost vykonaná procesorem). Udává se v [Hz], resp. [MHz], [GHz]. Procesor je prostřednictvím patice (socket) připojen k lokální procesorové sběrnici (FSB, QPI, popř. HyperTransport), pomocí níž komunikuje s čipovou sadou a tedy s ostatními částmi počítače. Frekvence procesoru je pak dána násobkem frekvence této procesorové sběrnice.

MIPS (Milion Instructions Per Second) - jednotka označující počet instrukcí vykonaných procesorem za jednu sekundu v násobku miliónů.

FLOPS (Floating Point Operations Per Second) - jednotka označující počet operací s čísly v pohyblivé řádové čárce (reálná čísla) za jednu sekundu.

- b) Počet jednotek FPU (Floating Point Unit) – jednotka uvnitř procesoru zpracovávající operace s reálnými čísly. Čím více jednotek FPU tím vyšší FLOPS.

- c) Šířka slova – šířka vnitřní datové sběrnice v bitech. Neboli, jak velké číslo dokáže procesor zpracovat během jedné operace. Podle šířky datové sběrnice se říká, že procesor je 8-bitový, 16-bitový, 32-bitový, 64-bitový
- d) Napájecí napětí jádra procesoru
- e) TDP (Thermal Design Power) – tepelný výkon procesoru. Jednotkou je watt [W]. AMD udává TDP jako maximální dosažitelný tepelný výkon, INTEL jako typický, tedy dosažitelný při pracovní zátěži procesoru.
- f) Patice (Socket) – slouží k uchycení procesoru na základní desce. Některé jednodušší procesory jsou strojově připájeny k základní desce bez možnosti pozdější výměny. Jednotlivé patice nejsou ve většině případů vzájemně kompatibilní (zaměnitelné).
- g) Počet fyzických jader uvnitř procesoru – více fyzických jader procesoru umožňuje paralelní zpracování instrukcí a dat během jednoho hodinového taktu. Výrazně zvyšuje výkon procesoru, pokud paralelní zpracování podporuje operační systém a programová aplikace. (jádro = core)
- h) Počet instrukčních kanálů (pipelines) - maximální počet instrukcí proveditelných v jednom taktu.
- i) Instrukční sada – CISC, RISC, EPIC
- j) Účinnost mikrokódu – je to počet kroků, které procesor musí vykonat pro provedení jedné instrukce (např. vynásobení nebo sečtení dvou čísel).
- k) Velikost adresovatelné paměti – udává velikost operační paměti, kterou je procesor schopen používat (adresovat). Maximální velikost adresovatelné paměti jsou 4 GB pro 32-bitovou adresovou sběrnici ($2^{32} = 4.294.967.296$, tedy 4 GB).
- l) Velikost vyrovnávací paměti (cache paměť) – uvnitř procesoru je umístěna vyrovnávací statická paměť RAM, která urychluje komunikaci procesoru s operační pamětí. Jde v podstatě o velmi rychlý paměťový zásobník, určený k dočasnému ukládání dat a instrukcí, které bude procesor s největší pravděpodobností požadovat. Vyrovnávací paměť procesoru bývá obvykle dvoustupňová (u některých procesorů třístupňová).



První stupeň (L1) paměti cache má malou kapacitu (řádově desítky kB), je přímo součástí procesoru a je stejně rychlá jako vlastní procesor. Dělí se na instrukční a datovou cache. Slouží k ukládání právě zpracovávaných instrukcí a dat v procesoru..

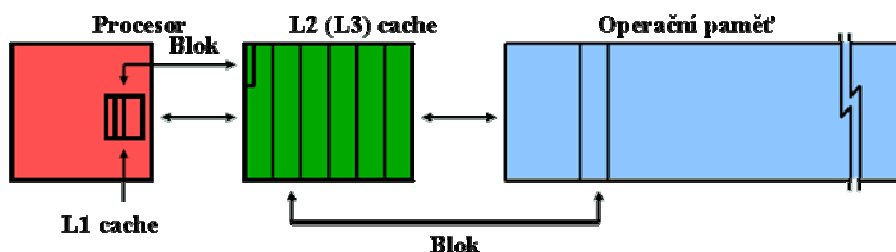
Druhý a třetí stupeň (L2, L3) paměti cache je pomalejší, ale s větší kapacitou (řádově jednotky MB), je mezi L1 cache a operační pamětí (dnes se již umísťuje do pouzdra společně s jádrem procesoru). Obsahuje data a instrukce, které procesor aktuálně nepoužívá, ale pravděpodobně bude potřebovat. Protože cena paměti stoupá s její

rychlostí a kapacitou, je možné tímto uspořádáním najít kompromis mezi cenou a rychlostí.

Princip vyrovnávací paměti L2

Vyrovnávací paměť L2 je fyzicky umístěna na datové sběrnici mezi procesorem a operační pamětí. Paměť je rozdělena do bloků o konstantní velikosti, které se nazývají *cache line*. Velikosti těchto bloků jsou různé, v praxi se pohybují od 8 bajtů do 1 kB. Například vyrovnávací paměť o kapacitě 512 kB a velikosti bloku 32 bajtů obsahuje celkem 16384 bloků.

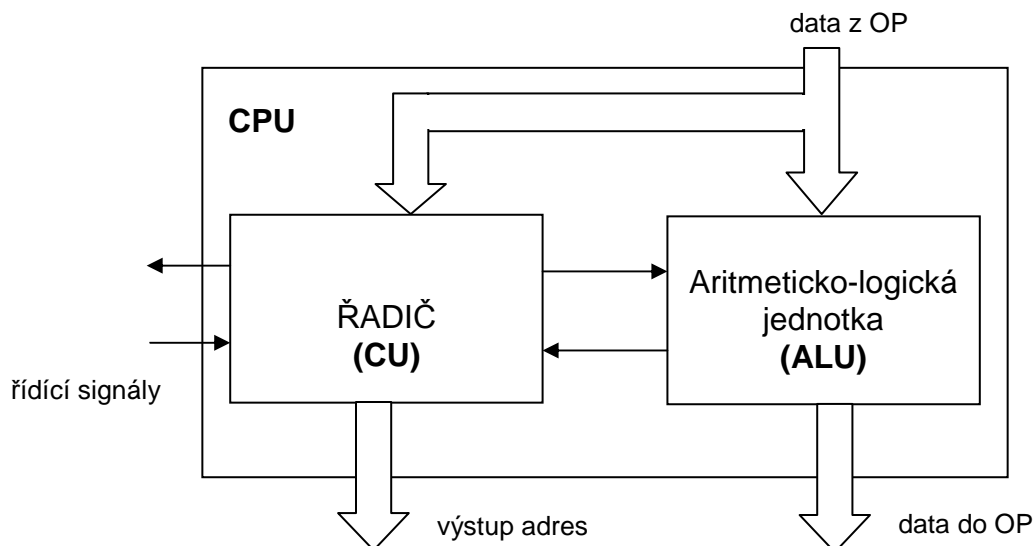
Operační paměť je také rozdělena na bloky o stejné velikosti, těchto bloků je však mnohem více, než bloků ve vyrovnávací paměti cache. Z tohoto vyplývá, že zdaleka ne všechny bloky operační paměti mohou být obsaženy ve vyrovnávací paměti. Na strategii výběru bloků je závislá efektivita vyrovnávací paměti.



Požaduje-li procesor načíst určitý obsah paměťové buňky na určité adrese v operační paměti (může se jednat jak o instrukce, tak o zpracovávaná data), provede se kontrola, zda se tato data nachází ve vyrovnávací paměti. Pokud ano, jsou data z vyrovnávací paměti přečtena a předána procesoru mnohem rychleji, než v případě čtení dat přímo z operační paměti. Ovšem ve chvíli, kdy potřebná data nejsou nalezena ve vyrovnávací paměti, musí do ní být přenesena. Dojde k uvolnění bloku ve vyrovnávací paměti a data jsou do tohoto bloku načtena (přenáší se vždy celý blok) a dále se pokračuje v přenosu do procesoru.

Základní části procesoru

Každý procesor obsahuje 2 základní části: **řadič** a **aritmeticko-logickou jednotku**.

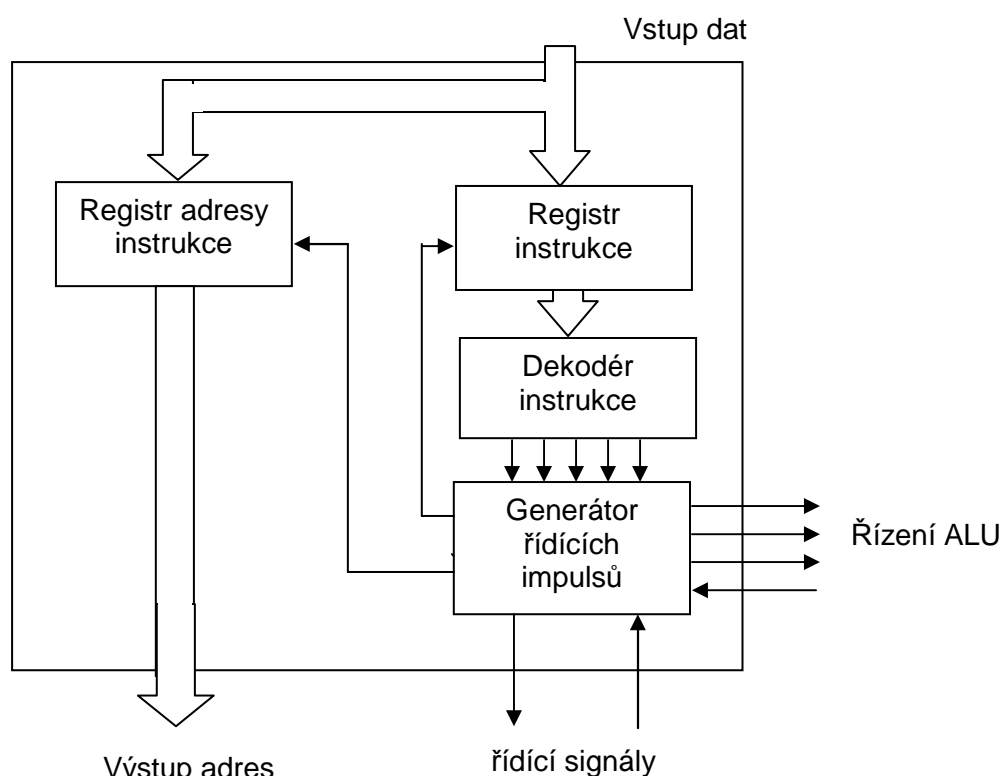


Současné procesory obsahují navíc několik jednotek ALU, dále jednotky FPU, které provádějí operace s reálnými čísly (kdysi zajišťováno pomocí samostatného obvodu na základní desce, který se nazýval *Matematický koprocessor*). Dále obsahuje Vyrovnávací paměti (CACHE) první a druhé úrovně urychlující práci uvnitř CPU (L1) a komunikaci mezi CPU a operační pamětí (L2).

Řadič (CU – Control Unit)

Je aktivní částí procesoru. Jeho úkolem je řídit pořadí v němž jsou prováděny instrukce programů, dekóduje instrukce, vysílá do ostatních částí počítače a procesoru řídicí signály, čímž instrukce provádí.

Blokové schéma řadiče:



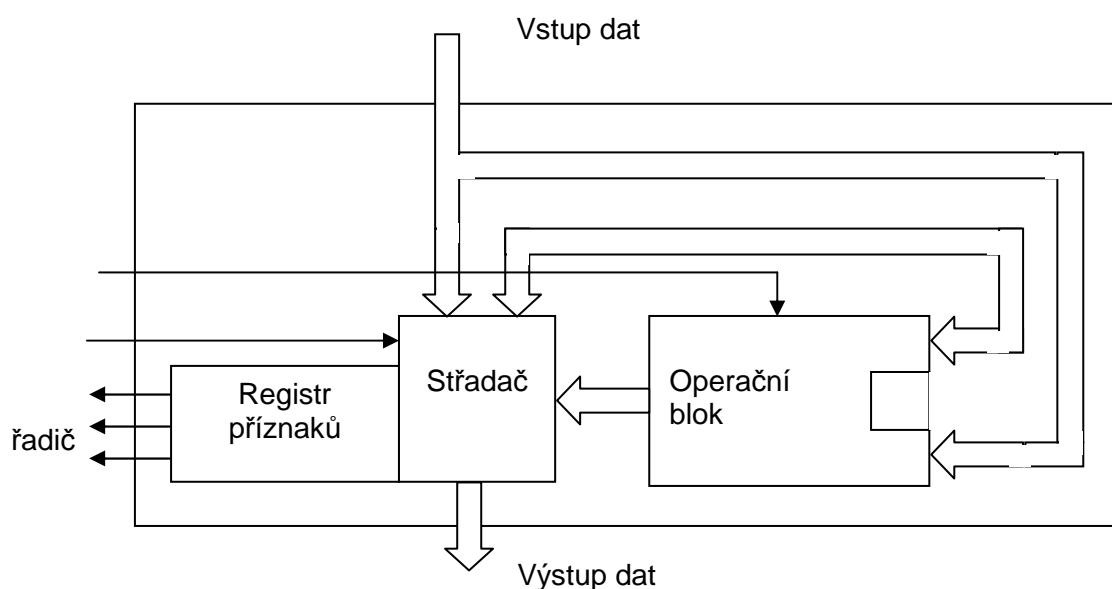
1. *Registr adres instrukcí (RAI)* – obsahuje číslo od nuly až do hodnoty adresy poslední paměťové buňky v OP. Touto hodnotou je omezena velikost OP (operační paměť), kterou lze k CPU připojit. Např. u 32 bitového registru lze adresovat max. $2^{32} = 4$ GB. Při zapnutí počítače se RAI nastaví na výchozí hodnotu, zpravidla nulu. Tímto nulovým obsahem se na výstupu RAI objeví číslo, které odpovídá adrese první instrukce uložené v OP. Výstup RAI je spojen s adresovou sběrnicí.
2. *Registr instrukce* – do tohoto registru se po datové sběrnici přivádí z OP instrukce (nalezená pomocí adresy). Zde se uloží až do okamžiku, než je přepsaná instrukcí následující.
3. *Dekodér instrukce* – instrukce je přivedena z registru na dekodér, kde se dekóduje a postupuje do generátoru řídicích impulsů (GŘI). Procesem dekódování se rozumí nalezení mikrokódu k vykonání instrukce ve vnitřní paměti ROM řadiče.
4. *GŘI* – spuštěním mikrokódu se v určité časové posloupnosti generují řídicí impulsy do ostatních jednotek počítače.

Princip činnosti:

Po zapnutí počítače nebo restartu se RAI nastaví na výchozí hodnotu a na výstupu RAI se objeví kódové číslo adresy paměťového místa OP s první instrukcí. Toto místo se připojí na datovou sběrnici a instrukce se přenesou do řadiče CPU. Zapiše se do RI. Doba zápisu stačí k tomu, aby se kódovaná instrukce dekódovala v DI. Dekódováním se vygenerovala vnitřní adresa pro spuštění mikrokódu a generují se řídicí signály. Je-li instrukce ukončena nebo vyžadují-li se data k vykonání instrukce, vyšle GŘI impuls do RAI, obsah RAI se zvýší o 1 a na výstupu se objeví kód nové adresy s následující instrukcí nebo daty. Příslušná paměťová buňka se zase napojí na datovou sběrnici a celý proces se opakuje. V programu můžeme provádět skoky tím, že příslušnou instrukcí (např. go to) zvýšíme obsah RAI o více než 1.

Aritmeticko-logická jednotka (ALU - Arithmetic-Logic Unit)

Provádí s daty příslušné aritmetické a logické operace.



1. *Operační blok* – zpracovává operandy přiváděné na dva vstupy a výsledek se předává jedním výstupem k dalšímu zpracování.

2. *Střadač* – je registr, v němž se uchovávají data – 1. operand, mezivýsledky, výsledky.

3. *Registr příznaků* – stavový registr. Skládá se z řady jednobitových pamětí, ve kterých je uložena 0 nebo 1, podle výsledků. Obsah stavových registrů kontroluje řadič, který na ně příslušně reaguje. Nejčastější příznaky:

- CARRY (příznak přenosu) – signalizuje přeplnění střadače – přenos do vyššího řádu.
- ZERO (příznak nuly) – nastaví se na hodnotu 1 je-li výsledek operace nula.
- SIGN (signum) – příznak znaménka (+,-)

Princip činnosti ALU

Činnost ALU je řízena řadičem na základě instrukcí přijatých z OP. ALU pracuje ve většině případů na základě jednoadresových instrukcí. Chceme-li např. sečíst dvě čísla, musíme k tomu uvést více než jednu instrukci. CPU potřebuje znát:

- adresu prvního sčítance
- adresu druhého sčítance
- adresu, kde se uloží výsledek

U počítačů s jednoadresovými instrukcemi se první sčítanec načte do střadače, odtud do operačního bloku na první vstup a druhý sčítanec se další instrukcí načte přímo z operační paměti na druhý vstup operačního bloku. Výsledek se uloží do střadače. Ze střadače se další instrukcí výsledek uloží na příslušnou adresu v OP.