1. **Von Neumannův model**

* jedná se o základní model počítače. Architektura je popsána jako sekvenční stroj. Program i data uloženy ve stejné paměti. Příkazy jsou vykonávány v řadě za sebou. Schéma se skládá ze sběrnice, paměti, CPU s ALU a řadičem a I/O jednotka. Sběrnice je propojuje a skládá se ze tří sběrnic: řídící, adresové a datové.

1. **CPU**

* centrální procesní jednotka se intuitivně chápe jako nejdůležitější součást počítače. Neformálně se jí říká procesor. V současné době se CPU nejčastěji implementuje **mikroprocesorem**. Úlohou CPU je vykonávat instrukce uložené v operační paměti. Procesor obsahuje ALU, která vykonává aritmetické a logické operace, řídící jednotku (řídí chod procesoru) a registry, což jsou velice rychlé paměťové buňky v procesoru. Každý procesor má svou vlastní instrukční sadu, což je sada instrukcí, kterým rozumí. Instrukční sada je v podstatě na výrobci daného procesoru, proto bývají mnohdy dost velké odlišnosti v názvech.

1. **Instrukce**

* jsou to příkazy v programu uložené v operační paměti. Každý procesor má svou instrukční sadu, což jsou instrukce/příkazy, kterým procesor rozumí. Jedním z typu instrukcí jsou například řídící instrukce, které mohou změnit instruction pointer registr, čímž se provede skok v programu. Instrukce má svůj číselný kód, a také název, který je určen pro lidi. Instrukce se obvykle zapisují na samostatné řádky. Každá instrukce může (ale nemusí mít) nějaké operandy (něco jako parametry při volání funkce), obvykle jeden nebo dva. Operandem může být buď registr, přímá hodnota anebo paměť. Mnohdy je první operand jak vstupní, tak výstupní, tedy že se do něj uloží výsledek instrukce.

1. **Vykonávání instrukcí**

* vykonávání instrukce probíhá v sedmi krocích (obecné schéma)
* 1) Přesun na další instrukci
* 2) Načtení instrukce do CPU – načte se kód instrukce z paměti
* 3) Dekódování instrukce – zjistí se, co je to za instrukci
* 4) Výpočet adres operandů
* 5) Přesun operandů do CPU
* 6) Vlastní provedení operace
* 7) uložení výsledku -> zpět k bodu 1.
* Jedná se o model, který říká, že CPU má 7 samostatných částí, kdy každá z nich má zcela jinou úlohu, a CPU dělá vždy 1 z nich a zbylých 6 čeká.
* Moderní procesory jsou dělány tak, aby se co nejvíce kroků dělalo paralelně. Kroky 1 – 4 se dělají v předstihu a v ideálním případě trvají 0 Tiků. Moderní procesory také mají více ALU, díky čemuž mohou pracovat současně.
* V dnešní době probíhá paralelní vykonávání instrukcí. Často tak skutečná rychlost programu nezávisí tolik na tom, jaký má procesor takt, ale na rychlosti paměťového čipu nebo způsobu, jakým překladač programovacího jazyka dokáže seskládat instrukce do řady za sebou, aby mohly být vykonány paralelně.
* Základní forma paralelizmu je tzv. **pipelining**. To funguje tak, že každá ze 7 části CPU po vykonáni své práce dané instrukce, okamžitě přechází na další instrukci. V praxi ne každá část musí podporovat pipelining. Pokud ho podporuje tak se můžeme teoreticky dostat do stavu, kdy se jedna intrukce provede v každém tiku hodin.
* Pipelining je obvykle implementován hardwarově, a tedy navenek pipelining zaveden není.
* Druhým modelem je **superskalární architektura**. Procesory musí obsahovat více než jednu ALU. Procesor díky tomu může zpracovávat dvě nebo více instrukcí současně. Více ALU umožňuje lépe zvládnout podmíněné skoky. Projeví se to tak, že každá ALU jde svým vlastním směrem, aniž by předem věděla, jestli to nedělá zbytečně, jakmile se zjistí, která podmínka platí, tak výpočet, který není potřebný je anulován. Z toho důvodu může jedna instrukce probíhat méně než 1T.

1. **instrukční sada**

* Instrukční sada, je soubor instrukcí, kterým procesor rozumí a umí je vykonávat.
* Z hlediska instrukční sady rozlišujeme 2 základní skupiny procesorů:

1. **CISC** (complex instruction set computer) – procesor má úplnou sadu instrukcí. Složité procesory nabízejí velké množství instrukcí a běžné operace umějí provádět přímo v operační paměti. Instrukce v těchto procesorech často přímo podporují operace prováděné vyššími programovacími jazyky (práce se zásobníkem, lokálními proměnnými, funkcemi apod.). Jedna instrukce obvykle trvá déle než 1T. (řada x86, x64)
2. **RISC** (reduced instruction set computer) redukována sada instrukcí. Vychází z teze, že stejného výsledku je možné dosáhnout posloupnosti jednoduchých instrukcí. Procesory tedy mají základní instrukce. Vykonávání jedné instrukce obvykle trvá 1T. (řada SPARC)

* Klasické procesory používaly úplnou sadu instrukcí, ale jejich složitost přiměla výrobce, aby přešli na RISC technologii. Dnešní procesory jsou tak ve skutečnosti CISC, ale rozkládají operace na mikrooperace, takže vypadají jako RISC. Vzhledem k tomu, že dnes jsou paměťové čipy poměrně levné a rychlé, takže na velikosti programu nezáleží.

1. **běh programu**

* běh programu probíhá tak, že program provádí jednu instrukcí za druhou, pokud někde není skok. Skoky jsou buď podmíněné nebo nepodmíněné. Není zde přítomna něco jako operace „IF“, ta je implementována pomocí skoků. Skok způsobí to, že program pokračuje na jiném místě, než se aktuálně nachází, ruší se tím tedy návaznost po jednotlivých řádcích.

1. **registry**

* Registry jsou paměťové buňky přímo v procesoru. Jsou extrémně rychlé. Procesor jich má obvykle velmi malý počet. Slouží k uchováni právě zpracovaných dat. Jsou zde také speciální registry, ke kterým programátor nemusí mít přímý přístup. Například Instruction Pointer (registr, který ukazuje na další instrukci). FLAGS, registr příznaků. Jeho jednotlivé bity mají smysl příznaků. Například Overflow Flag, pokud došlo k přetečení aritemtické operace. Zero Flag, pokud je výsledek operace 0. Sign Flag, pokud je výsledek záporný a další… U x86 mají registry 32 bitů. Některé z nich jsou obecně použitelné, ale existují určité konvence, jak by se registry měly používat.

1. **Skok**
2. **volání podprogramu**

* podprogram jsou v podstatě funkce/metody. Jejich volání je nejčastějším úkolem, který program po procesoru vyžaduje. Od volání podprogramů obvykle očekáváme předání parametrů do podprogramu, předání návratové hodnoty z podprogramu a umožnění rekurze. Předávání parametrů u x86 se dá dělat několika způsoby. Buď pomocí registrů nebo přes zásobník. Na zásobník je konvence C (zprava doleva) a Pascal (zleva doprava). C umožňuje proměnlivý počet parametrů, Pascal ne. Návratová hodnota vždy na registr eax.

1. **přerušení**

* důležitý prvek počítače. Týká se hardwaru i softwaru. Původně sloužilo zejména k reagování na nepředvídatelné události. Například na stisk klávesy nebo myši. Když nějaké I/O (input/output) zařízení chce něco sdělit procesoru, tak vyvolá přerušení. Činnost procesoru se přeruší a přejde do speciálního podprogramu zvaného obsluha přerušení. Přerušení nastává vždy po vykonání celé instrukce (s výjimkou neošetřitelné chyby). Po skončení přerušení procesor pokračuje tam, kde přestal. Přerušení může být přerušeno jiným přerušením, ale za určitých podmínek. Některé přerušení lze, jiné nelze blokovat. Také je zde systém priorit. Pokud běží přerušení s vyšší prioritou, tak přerušení s nižší nemůže přerušit. Je zde tedy řadič přerušení. Před vstupem do podprogramu přerušení si procesor ukládá důležitá data, aby mohl pokračovat.
* X86 má celkem 256 přerušení.
* Systém přerušení se mimo jiné používá k ošetření výjimek (dělení nulou, neplatné operace), debugování, krokování.

1. **DMA (direct memory access)**

* technika, umožňující I/O zařízením přímo přistupovat do paměti. Musí ho podporovat jak počítač, tak operační systém. Na počítačích to zajišťuje DMA Controller. Jedná se o zařízení, které umí komunikovat jak s I/O zařízeními tak s operační pamětí. Umožňuje to přenos dat, aniž by byl využíván kvůli tomu procesor. Problém je v tom, že tyto data plují po stejné sběrnici, kterou využívá právě procesor, může docházet ke kolizím. Dnes je největší problém v pomalé rychlosti a nemožnosti adresovat více jak 16MB dat. Dnešní sběrnice umožňují přímý přístup do paměti i bez DMA Controlleru.

1. **režimy práce CPU**

* Dva základní typy. Privilegovaný a neprivilegovaný. Privilegovaný (kernel mode), ve kterém běží jádro operačního systému, je bez omezení, tím pádem zde neprobíhají bezpečnostní kontroly. Vše ostatní běží v neprivilegovaném (user mode), kdy jsou některé funkce omezeny, probíhá zde kontrola. Existují i další módy např. x86 má 4 módy označené jako ring 0-3.
* u AMD 64: **long mode** - umožňuje spouštět 32 bitové aplikace v 64bit OS.

**Legacy mode -** režim pro zajištění zpětné kompatibility

1. **systémová volání**

* Jedná se o komunikaci aplikace s jádrem OS pomocí přesně definovaného rozhraní. Slouží to například k přístupu k hardwarovým zařízením. Jedná se o vyvolání služby operačního systému, ke které naše aplikace nemá přímý přístup.
* Přepne se tím v podstatě do režimu jádra přes výjimku.

1. **instrukční sada (CISC, RISC, registrové, zásobníkové procesory)**

* CPU má dvě koncepce. Registrové vs. zásobníkové
* registrové: operandy uloženy v registrech (probíhá načtení a uložení dat z registru)
* zásobníkové: operandy uloženy na zásobníku, přidávání a odebírání hodnot přes push a pop, operace pracují s vrcholem zásobníku. Obvykle bývá druhý zásobník pro volání funkcí, výrazně jednodušší instrukční sada.

1. **Instrukční sada procesorů x86 (operace, registry, příznaky, předvídání skoků)**

* **registry**: 32bitové, obecně použitelné EAX, EBX, ECX, EDX, mají určitou konvenci použití.

EAX – pro násobení a dělení, vstupně výstupní operace

EBX – nepřímá adresace paměti, přístup do paměti

ECX – počítadlo při cyklech posuvech a rotacích

EDX – uložení dat

* každý registr má svou 16 bitovou část reprezentovanou jako AX,BX, CX…, lze rozdělit na 2 8 bitové části AH, AL.
* Další registry:

EDI – adresa cíle

ESI – adresa zdroje

EBP – adresace parametrů funkcí a lokálních proměnných

ESP – ukazatel na vrchol zásobníku

EIP – ukazatel na aktuální místo programu

EF – příznakový registr

* **Operace**: operandy instrukcí mohou být registry, paměť a konstanty, přičemž paměť lze v jedné instrukci adresovat pouze jednou.
* **Příznaky:** Jsou uloženy v registru EF, některé instrukce mění tyto příznaky. Programátor je nemůže změnit přímo. Příznaky jsou využívány podmíněnými skoky.

SF – sign flag, nastaven, pokud výsledek záporný (1)

ZF – výsledek je nula

CF – je nastaven, pokud při operaci došlo k přenosu mezi řády

OF – pokud dojde k přetečení

TF – trap flag, slouží ke krokování

DF – direction flag, ovlivňuje chování instrukcí blokového přístupu.

* **předvídání skoků:**

procesory implementují různá řešení pro odhad, jestli daný skok bude proveden. Patří mezi ně **statický přístup**, **dynamický přístup** (rozhoduje se na základě historie skoků), nápověda poskytnutá programátorem (příznak v kódu)

* procesory používají obvykle kombinace těchto metod, hlavně dynamický odhad. Má čtyřstavové počítadlo. Při každém průchodu procesor ukládá do Branch Prediction bufferu 2b příznak jestli byl skok proveden nebo ne a postupně přechází mezi čtyřmi stavy. Pravidelně se střídá úspěšnost.

1. **Instrukční sada procesorů AMD64 (operace, registry, příznaky, předvídání skoků)**

* Jedná se o 64 bitové rozšíření ISA procesorů x86. Registry zde mají velikost 64 bitů (rax, rbx, rcx, rsi, rdi, rsb, rbp)
* Nové 64 bitové registry r8 – r15
  + spodních 32 bitů jako registry rXd (r8d)
  + 16 bitů rXw
  + 8 bitů rXb
* nové 128 bitové registry xmm8-xmm15, některé procesory rozšiřují xmm0 – xmm15 na 256 bitů.
* délka instrukce omezena na 15 bajtu
* v operacích je možné používat jako konstanty maximálně 32 bitové hodnoty
* rozšíření adresního prostoru
* fyzicky adresovatelných typicky 236 až 246 B paměti.

1. **Instrukční sada ARM**

* 32 a 64 bitove procesory. Optimalizují se na nízkou spotřebu napájení a paměti.
* několik variant instrukčních sad. ARMv5, v6, dnes především v7 a v8.
* architektura big.Little – jedná se o kombinaci pomalejších úspornějších jader s výkonnými big, která jsou využívaná podle aktuálního zatížení systému
* **ARMv7**
* podpora několika různých typů instrukčních sad, přímá podpora až 16 koprocesorů
* load/store architektura
* Má 32 obecně použitelných registrů, ale jen 16 v jeden okamžik
* všechny instrukce mají velikost 32 bitů
* argumenty jsou předávány přes registry a zásobník
* **ARMv8** – 64bitový nástupce v7
* instrukce velikosti 32 bitů
* módy pro zpětnou kompatibilitu
* 31 64-bitových registrů

1. **instrukční sada SPARC**

* Každá instrukce zabírá 32 bitů.
* snaha eliminovat množství operací
* operace mají 3 až operandy
* velké množství registrů (stovky), běžně dostupných 32.
* load/store architektura
* jednoduché instrukce -> rychlejší zpracování
* skoky se neprovádí okamžitě
* zpracovává se i následující instrukce za operací skoku

1. **Předávání parametrů podprogramu**

* u x86 existují 3 konvence předávání parametrů. Obvykle se předává pomocí registrů, zbývající uložíme na zásobník. Také se dá předávat čistě přes zásobník.

**Konvence C (cdecl)**

* argumenty předávané čistě přes zásobník
* zprava doleva
* argumenty ze zásobníku odstraňuje volající
* umožňuje funkce s proměnlivým počtem parametrů
* **Jak to vypadá v ASM:**
* **push ebp; //na zásobník uložíme obsah ebp**
* **mov ebp, esp; //do ebp uložíme aktuální vrchol zásobníku (začátek nového rámce)**
* **mov eax, [ebp + 8]; //načteni prvního argumentu (2. arg +12)**
* **inc eax;**
* **pop ebp; //obnoveni ebp do původního stavu**
* **ret; //návrat z funkce**

**Konvence Pascal**

* také přes zásobník
* zleva doprava
* argumenty odstraňuje volaný
* neumožňuje proměnlivý počet parametrů

**Konvence fastcall (fastcall, msfastcall)**

* první dva parametry pomocí ECX, EDX, zbylé zprava doleva přes zásobník
* argumenty odstraňuje volaný
* mírně komplikuje proměnlivý počet parametrů
* Návratová hodnota se předává obvykle přes EAX

1. **Struktura zásobníku z pohledu programu**

* zásobník umožňuje snadno používat rekurzi. budeme-li se bavit o x86 procesorech, tak ty mají jeden zásobník typu LIFO. Zásobník má podobu pole **4 bajtových** čísel a nic jiného než 4 bajtové hodnoty zde ukládat nemůžeme.
* pokud například chceme uložit 64 bitové číslo, tak to vlastně znamená, že na něj uložíme adresu, která má vždy 4 bajty.
* Používají se operace push a pop, pro uložení a vyzvednutí ze zásobníku.
* Implementace pomocí pole je jednoduchá.
* procesor používá registr ESP, který funguje jako ukazatel na vrchol zásobníku. Hodnota esp je tedy adresa posledně uloženého prvku.

1. **operační paměť**

* počítač si v operační paměti uchovává data, někdy i program.
* Operační paměť spadá do kategorie vnitřní, oproti harddisku, který je vnější.
* Za operační paměť obvykle považujeme takové paměti, které se dají číst i zapisovat.
* je to lineární struktura s pevnou délkou a náhodným přístupem. Procesor může číst a zapisovat libovolné paměťové buňky.

1. **Reprezentace hodnot (celá čísla, s plovoucí řádovou čárkou, řetězce)**

* při práci s **celými** čísly procesory nejčastěji používají doplňkový kód, který umožňuje snadno pracovat jak s kladnými, tak zápornými čísly. Změna znaménka probíhá tak, že se převrátí všechny bity a k poslednímu se přičte jednička.
* Může nastat **přetečení** nebo **podtečení**.
* Přetečení znamená, že výsledek je větší než maximální hodnota uložitelná do paměti. Výsledkem je tedy nejmenší možná hodnota. Podtečení je podobné.
* Pokud dojde k přetečení tak se do Carry Flag příznaku uloží 1.
* pokud jde o vícebajtová čísla, tak je více způsobu, jak je uložit:
* **Big endian**, ukládá čísla od nejvyššího řádu po nejmenší (stejně jako to zapisujeme na papír). Takto se to zapisuje u SPARC.
* **Little endian** ukládání od nejnižšího řádu po nejvyšší. Výhoda tohoto typu je, že můžeme číslo zvětšovat bez změn adresy. Takto se to zapisuje u x86.
* **Bi-endian** procesory podporující oba způsoby.
* **Binary coded decimal** – málo používaná forma čísel, kdy byly mikroprocesory určené především pro kalkulačky. každé 4 bity uchovávají jednu desítkovou cifru. (neefektivní)

**Plovoucí řádová čárka**

* označována FP
* zabírají 8 bajtů
* Jsou zde zakódovaná 3 části čísla.
* Znaménko, mantisa a exponent (hodnota = znaménko \* mantisa \* základ na exponent)
* Základ má hodnotu 2
* Toto kódování je jednotné pro všechny typy procesorů. Nevýhodou, některá čísla nejdou zcela přesně uložit při základu 2.
* Když má 8 bajtů je to dvojitá přesnost, 4 – jednoduchá přesnost, 10 – rozšířená přesnost.
* Existuje kladná a záporná nula, nekonečna a not a number.

**Reprezentace řetězců**

* uložení **znaků** je jednodušší než u čísel. Nejvíce rozšířené je kódování **ASCII**, která používá 7 bitů. (velikost americké abecedy)
* Osmibitová kódování obsahují i znaky národních abeced. (není to jednotné)
* **Unicode** řeší tuto nevýhodu. Jedná se o světovou znakovou sadu společnou pro všechny národní abecedy. Definuje vazbu *číslo x znak*. Každý znak má 4 bajty.
* Dělí se na tzv. roviny (každá rovina obsahuje jiné znaky – základní obsahuje naše).
* Různé typy kódování:
* **UCS** universal character set. Má pevně danou velikost. Dělí se na UCS-2 a UCS-4. UCS-2 pojme základní rovinu Unicode a UCS-4 všechny.
* **UTF-8** kódování s proměnlivou délkou, zpětně kompatibilní s ASCII
* **UTF-16** proměnlivá délka, rozšiřuje UCS-2

1. **adresování paměti**

* Adresace paměti je určení, se kterou buňkou chceme pracovat. Každá buňka má svou vlastní adresu, která má velikost od 0 do velikosti paměti – Tento způsob se nazývá **lineární adresování paměti**.
* Současné procesory rozdělují lineární adresu na 2 složky: báze a posunutí.
* U X86 je tento princip realizován pomocí tzv. **segmentového adresování**, adresa se vypočítá jako segment + offset.
* Novější procesory mají další adresovací režimy, kdy se dá adresovat i 4 GB paměti. Zde se používají opět dvě složky: selektor + offset. Selektor má 16 bitů a ukazuje do tabulky deskriptorů. Deskriptor má záznam v tabulce, který popisuje segment.
* Tabulky deskriptorů nemůže program ovlivnit je to v kompetenci procesoru. Procesor má jednu globální tabulku GDT, na kterou ukazuje registr GDTR.

1. **typy adres**

* U x86 je možno určit adresu 2 způsoby.
* **Přímá adresa** – ukazuje na pevné místo v paměti. Používá se zejména pro určení adres globálních proměnných a podprogramů, které jsou vždy na stejném místě v paměti.
* **Nepřímá adresa** – ukazuje na místo v paměti nepřímo. Adresa se vypočítá z hodnot registrů a přičtením posunutí. Adresování je pomalejší ale flexibilní. 32-bitové procesory mají tento vzorec: *adresa = posunutí + báze + index \* faktor*.
* jednotlivé složky jsou nepovinné. Báze a index jsou registry. Posunutí je přímá hodnota a faktor číslo 1, 2, 4 nebo 8

1. **Překlad programu**
2. preprocesor expanduje makra, odstraní nepotřebný kód a načte požadované hlavičkové soubory (např math.h), proběhne deklarace struktur, prototypů atd.
3. překladač vygeneruje kód v assembleru
4. assembler vygeneruje objektový kód
5. linker sloučí několik souborů s objektovým kódem + knihovny do spustitelného formátu

* některé kroky mohou být vynechány, některé vyšší jazyky dělají nejdříve překlad do nižšího jazyka např do C.
* **objektový soubor** je specifický pro každý OS. Obsahuje hlavičku, objektový kód, exportované symboly, importované symboly, informace pro přemístění, debugovací informace
* dělí se na 3 sekce: kód, data jen pro čtení a inicializovaná data

1. **knihovny (statické, dynamické linkování)**

**Linkování**

* spojuje jednotlivé objektové soubory do spustitelného formátu
* stará se o správné umístění kódu a vyřešení odkazů na chybějící funkce a proměnné.
* připojení knihoven (hlavičkové soubory většinou neobsahují žádný kód)

**Staticky linkované knihovny**

* archiv objektových souborů
* výhody: jednoduchá implementace, nulová režie při běhu aplikace, žádné závislosti
* nevýhody: velikost výsledného binárního souboru, aktualizace knihovny

**Dynamicky linkované knihovny**

* knihovna je načtena až při spuštění programu
* sdílení kódu mezi programy
* nutnost provázat adresy v kódu s knihovnou
* nutná spolupráce s OS

1. **běhová prostředí (JVM, CLR, aj.)**

**Java Virtual Machine (JVM)**

* je to sada programů a datových struktur
* probíhá překlad Javy na Java bytecode (JBC)
* JBC vykonáván pomocí JVM
* Implementace JVM není definovaná, pouze se specifikuje chování.
* JBC lze přeložit do strojového kódu nebo provést pomocí konkrétního CPU
* JVM – virtuální zásobníkový procesor, který má malý počet instrukcí
* zásobník obsahuje rámce, který je vytvořen při zavolání funkce
* obsahuje lokální proměnné, mezivýpočty a operand stack- k provádění výpočtů
* heap s automatickou správou paměti
* hodnoty menší, než int se převádí na int
* pouze relativní skoky

**Common Language Runtime (CLR – běhové prostředí)**

* velice podobné Microsoft .NET
* .NET nepředepisuje použití žádného programovacího jazyka - vždy přeloží do mezijazyka CIL (Common Intermediate Language)
* Zdrojový kód -> Common Intermediate Language -> bytecode -> strojový kód
* navržen s podporou více jazyků
* při prvním zavolání metody se provede překlad do strojového kódu CPU

1. **architektura jednotlivých OS**

* Operační systém by měl umět spravovat a sdílet procesor, spravovat paměť, umožnit komunikaci mezi procesy, obsluhovat zařízení a organizovat data.

**Jádro**

* **Monolitické**
* vrstvená architektura
* moduly
* všechny služby pohromadě
* Linux

**Mikrojádro**

* poskytuje správu adresního prostoru, procesů, IPC (meziprocesní komunikace)
* oddělení serverů (služeb systému) -> běžné procesy se speciálními právy, což zvyšuje bezpečnost
* možnost restartu serverů
* meziprocesní komunikace je pomalá
* MINIX, QNX

**Hybridní jádro**

* kombinace obou přístupů. Část funkcionality v jádře, část mimo něj
* Windows NT

**Exokernel**

* řeší jen to nejnutnější -> přidělování HW zdrojů
* neposkytuje HW abstrakci -> knihovny v uživatelském prostoru

**UNIX**

* Začalo to **MULTICS**
* Od začátku byl kladen velký důraz na současnou práce více uživatelů
* jednotná paměť
* segmentace a stránkování
* dynamické linkování

**základní vlastnosti:**

* počítá s víceuživatelským přístupem
* zkušený uživatel, nejlépe programátor
* snaha o jednoduchost (všechno je soubor)
* omezení redundance
* možnost komponovat věci do větších celků
* transparentnost

**Rozhraní v UNIXU:**

* vrstvená architektura a pojící prvky
* systémová volání
* volání knihoven
* uživatelské aplikace

**WINDOWS**

* původně vznikaly nadstavby na MS-DOSem
* kooperativní multitasking
* softwarová virtuální paměť založená na segmentaci
* zlepšovala se práce s pamětí
* do příchodu Windows NT byl jednouživatelský

**Windows NT**

* hybridní jádro
* zpětně kompatibilní s některými staršími verzemi
* obecné principy:
  + bezpečnost
  + spolehlivost
  + kompatibilita s ostatními systémy
  + přenositelnost
  + rozšiřitelnost
  + výkon
* objektový přístup
* implementovaný v C/C++
* používá hybridní architekturu
  + oddělené procesy pro subsystémy
  + spousta funkcionality v jaderném prostoru
* windows executive – část OS, která poskytuje funkce do uživatelského prostoru

**Android a iOS**

* jádra vychází z existujících OS (Linux)

1. **procesy**

* proces je obecný termín pro označení běžící program. Jakmile se spustí program (uložený například na disku), tak se vytvoří nový proces. Spuštěním více programů vznikne více procesů. Opakovaným spuštěním téhož programů také vznikne více procesů.
* proces charakterizuje kód programu, paměťový prostor, data, zásobník, registry.
* informace o procesu se nachází v tabulce procesů -> PCB: **proces control block**

1. **vlákna**

* vlákno je prvek reprezentující vykonávání kódu procesu.
* je možno mít více vláken v rámci jednoho procesu
* každé vlákno má své registry, zásobník, IP a stav. Jinak jsou zdroje sdílené.
* vlákna sdílí stejné globální proměnné (data) -> žádná ochrana -> potřeba synchronizace
* Využití:
  + rozdělení běhu na popředí a na pozadí
  + asynchronní zpracování dat
  + víceprocesorové stroje

**vztah proces-vlákno:**

* + 1:1 – jsou to systémy kde proces = vlákno
  + 1:N – systémy kde proces může mít více vláken (nejčastější řešení)
  + N:1/M:N – více procesů pracuje s jedním vláknem (hypotetické řešení)

**Implementace vláken**

* + Jako knihovna v uživatelském prostoru
  + součást jádra OS
  + kombinované řešení
  + green threads

**V uživatelském prostoru:**

* proces se stará sám o přepínání vláken
* má vlastní tabulku vláken
* problém s plánováním v rámci OS

**V jádře**:

* jádro spravuje pro každé vlákno struktury podobně jako procesy
* řeší problémy s blokujícími voláními
* vytvoření vlákna je pomalejší
* přepínání mezi vlákny jednoho procesu je rychlejší než mezi procesy

1. **životní cyklus procesu**

* **obecný**
  + nový – proces byl vytvořen
  + připravený – proces čeká až mu bude přidělen CPU
  + běžící – procesu přidělen procesor a provádí se činnost
  + čekající – proces čeká na vnější událost
  + ukončený – proces skončil svou činnost (dobrovolně, nedobrovolně)
* **rozšíření**
  + **suspend –** proces byl odsunut do sekundární paměti
  + ready/suspend + block/suspend – vylepšení předchozího mechanizmu
* pokud proces po nějaké době nepřejde do stavu waiting nebo se neukončí, tak jej za nějakou dobu operační systém sám odebere
* po skončení procesu ještě nějakou dobu OS uchovává jeho informace

1. **přepínání procesů**
   * uložení stavu CPU do tabulky procesů -> PCB: **proces control block**
   * aktualizace PCB
   * zařazení procesu do příslušné fronty
   * volba nového procesu
   * aktualizace datových struktur pro nový proces (nastavení paměti atd)
   * načtení kontextu z PCB nového procesu

* jde řešit softwarově nebo s podporou HW
* kooperativní x preemptivní přepínání
* **Důvody k přepínání:** vypršení časového kvanta, přerušení I/O, vyvolání výjimky

1. **strategie přidělování CPU procesu**

* přidělování CPU procesům má na starosti plánovač úloh
* jeho cíle jsou:

1. férovost ke všem procesům
2. efektivita využití CPU
3. minimalizace odezvy – uživatel počítače by měl mít přednost před úlohami na pozadí
4. minimalizace doby průchodu systémem – u každého krátce existujícího procesu je žádoucí minimalizovat čas od spuštění po jeho ukončení
5. maximalizace odvedené práce

* počítače jsou obecně používány k různým věcem, například u serverových počítačů není tak důležitá odezva, jako odvedená práce, naopak u běžných uživatelských PC je odezva nejdůležitější

**typy:**

*First come First Served*

*Shortest job first*

*shortest remaining time next*

**cyklická obsluha – round robin**

* klade důraz na spravedlivost. Každý proces dostane pevně dané kvantum času a střídají se. Problém je v tom, že pokud bude kvantum příliš malé, tak se zvyšuje režie, pokud velké, bude špatná odezva
* pro realtime systémy nevhodné, je 100% spravedlivý, ale neumožňuje efektivní využití zdrojů

**Prioritní fronta**

* každý proces má definovanou prioritu
* statické x dynamické nastavení priority
* systém eviduje pro každou prioritu frontu čekajících procesů
* riziko, že některé procesy se vůbec nedostanou k vykonání
* rozšíření: nastavení různých velikostí kvant pro jednotlivé priority
* V praxi se kombinují tyto dvě strategie, díky čemuž se vyváží klady a zápory jednotlivých strategií.

1. **CPU-I/O burst cyklus**

* pravidelné střídání požadavků na CPU a I/O

1. **správa procesů v unixech**

* Obecně v unixech rozlišujeme 9 stavů.

1. created
2. ready to run in memory
3. ready to run, swapped out – proces je připraven k běhu ale není v paměti
4. sleeping in memory – proces čeká na prostředek
5. sleeping swapped out – proces čeká a navíc není v paměti
6. kernel running
7. user running – pouze zde se vykonává kód programu
8. pre-empted – běh procesu násilně přerušen
9. zombie – proces skončil ale ještě se vedou záznamy o jeho existenci

* procesy tvoří hierarchií, každý je identifikován pomocí PID
* systém při inicializaci spustí první proces (init)
* nový proces (potomek) se vytvoří voláním fork() – vytvoří se kopie aktuálního procesu
* sdílí se některé informace v rámci rodiče a potomka
* sirotci: pokud rodičovský proces skončí dříve
* **plánování procesů:**
  + původně prioritní fronty, každá fronta odpovídá jiné prioritě, procesy jsou obsluhovány dle priority a na stejné úrovni cyklicky.
  + princip zařazování byl takový, že nový proces vysoká priorita, postupně se priorita snižuje
  + novější verze 3 třídy priorit
    - reálný čas (kritické procesy)
    - systémové procesy
    - uživatelské procesy
    - není možné přecházet mezi těmito třídami

1. **správa vláken ve windows NT**

* v NT je celkem 7 stavů:

1. initialized
2. ready – z těchto vláken vybírá plánovač
3. standby – vlákno připraveno k běhu na konkrétním procesoru. Pouze jedno vlákno může být v tomto stavu na jednom procesoru
4. running
5. waiting – čeká na nějaký objekt
6. transition – vlákno má zásobník mimo fyzickou paměť. Jakmile se zásobník dostane zpátky do paměti, vlákno přechází do stavu ready
7. terminated – ukončeno. Vlákno lze znovu oživit do stavu initializied

* vlákna se obvykle přepínají v době, kdy dojde k přerušení časovače. Dosud běžící vlákno je zařazeno na konec své fronty a pro běh se vybere jiné vlákno.
* Když se objeví vlákno ve stavu ready s vyšší prioritou než v running, okamžitě dojde k přepnutí, říká se tomu preempce. Preempce vrací vlákno na **začátek fronty** nikoliv na konec. Na konec pouze pokud dokončil celé časové kvantum, které mu bylo přiděleno.
* **V NT se plánují vlákna nikoliv procesy**. Z tohoto důvodů, může jeden proces vytvořit 9 vláken a jiný proces jen jedno, a ten první může mít přidělen 90% CPU, za předpokladu že mají stejnou prioritu.
* plánovač dynamicky mění priority vláken, aby se docílilo co nejlepšího chodu systému
* Priorit pro vlákna je 0-31, celkem tedy 32
* těchto 32 priorit se dělí do 3 kategorií
* **Idle** úroveň (0) – je určeno pro vlákno, které se stará o nulování paměti. Pokud procesor není vytížen, tak tohle vlákno nuluje paměť, kde je to potřeba. Pokud se nedostane ke slovu, tak se paměť nuluje až v případě alokace paměti.
* **Dynamická** úroveň (1-15) běžné uživatelské aplikace
* **Real-time** úroveň (16-31) – pouze pro kritické části OS, není však zaručeno přidělení CPU v pevném čase => NT není systém reálného času.
* **kvantum**:
  + procesy na popředí mají 3x větší kvantum.
  + velikost závisí na verzi OS
    - PC - 6 jednotek
    - Server - 36 jednotek
  + velikost lze měnit
* u dynamické kategorie je možné dočasné zvýšení priority. Po uplynutí kvanta se priorita snižuje o jedna až na základní hodnotu.
* Vlákno co dlouho neběželo dostane prioritu 15 + 2x větší časové kvantum

1. **vlákna v Linuxu**

* vlákno a proces interně pracuje stejně.
* oba se účastní plánování
* každé vlákno je tedy zveřejňované jako samostatný proces
* ačkoliv jsou rozdíly mezi NT a Linuxem, tak chování je stejné, a oba systémy jsou v tomto hledisku rovnocenné
* vlákno se vytváří příkazem **clone**, což je obdoba fork, ale clone umožňuje nastavit struktury, které chceme sdílet s rodičem. clone spouští nový proces na libovolné funkci, kdežto u fork pokračují na stejném místě.
* kontexty které sdílí nebo klonuje
  + adresový prostor (základní předpoklad abychom mohli procesu říkat vlákno)
  + otevřené soubory
  + odkaz na rodičovský proces
* **Stavy úloh**: běžící, připravené k běhu, uspané-přerušitelné, uspané-nepřerušitelné, zastavené, skončené
* v linuxu mohou vlákna pracovat jako plnohodnotné procesy s vlastní PID nebo ve skupinách pod stejnou PID
* implementace buď pomocí systémových vláken anebo pomocí vláknové knihovny Pthreads. Pthreads přináší řadu problémů, novější distribuce mnohdy přechází na systémové. (kvůli výkonu)

1. **synchronizace vláken a procesů**

* Synchronizace vláken a procesů je nutná k tomu, aby při paralelním vykonávaní programů nedocházelo k nepředvídatelným výsledkům.
* Zejména je nutné, aby byl zajištěn atomický přístup do paměti
* vzhledem k většímu počtu procesorů se využívá cachovaná paměť, někdy ale potřebujeme hodnotu přímo z paměti, jelikož mohla být změněná hodnota, ale v cache je stále stará hodnota.

1. **atomické operace**

* atomická operace je nepřerušitelná, a bez ohledu na počet procesorů proběhne vždy celá a bez kolize s jiným vláknem
* existuje několik základních modelů atomické operace:
  + Test and set
    - nastav proměnnou a vrať její původní hodnotu
  + swap
    - atomicky prohodí dvě hodnoty
  + compare and swap (CAS)
    - ověří, jestli se daná hodnota rovná požadované a pokud ano, přiřadí ji novou hodnotu
  + fetch and add
    - vrátí hodnotu místa v paměti a zvýší jeho hodnotu o jedna
  + load-link
    - načte hodnotu a pokud během čtení nebyla změněna uloží do ní novou hodnotu

1. **mutex (mutual exclusion)**

* zjednodušeně se jedná o binární semafor
* potřebujeme na vzájemné vyloučení
* vykonávaný kód tedy může dělat jen jeden proces/vlákno
* rozdíl oproti binárnímu semaforu je rozdíl v tom, že to vlákno, které si zabere mutex, tak ho musí také vrátit
* vlákno také může opakovaně vstoupit do kritické sekce, ale musí ho také tolikrát i opustit

1. **Semafor**

* chráněná proměnná obsahující počítadlo s nezápornými celými čísly
* obvykle máme k dispozici funkce wait a signal (atomické).
* Wait
  + pokud je počítadlo větší než 0, snížíme ho o jedna a jdeme dovnitř, jinak čekáme
* signal
  + přičte k počítadlu 1
* zajímavou vlastností je, že jedno vlákno může posílat pouze signal a druhé pouze wait, využívá se to například k řešení problému producent-konzument.
* semafor buď obecný (řídí přístup ke zdrojům) nebo binární (muže nabývat pouze hodnot 0 a 1)

1. **Kritická sekce**

* je část kódu, kdy program pracuje se sdílenými zdroji (např. paměť)
* v kritické sekci může být pouze 1 proces
* každý proces před vstupem do KS žádá o povolení vstoupit
* **Požadavky na KS**:
  + vzájemné vyloučení – maximálně jeden proces je v daný okamžik v KS
  + absence zbytečného čekání – není-li žádný proces v KS a proces do ní chce vstoupit, tak mu není bráněno
  + zaručený vstup – pokud chce proces vstoupit do KS, tak do ní v konečném čase vstoupí
* **Řešení**:
  + zablokování přerušení (použitelné v rámci jádra OS) -> u více CPU -> neefektivní
  + **aktivní čekání (spinlocks)**
    - řešené pomocí atomických operací např. test\_and\_set nebo swap
  + **Petersonův algoritmus**
    - vzájemné vyloučení 2 vláken bez použití atomických operací

1. **Problém uváznutí a jeho řešení**

* uváznutí nebo-li deadlock je stav, kdy všechna vlákna čekají, ale žádné z nich neprovádí žádný kód.
* **Podmínky vzniku:**
* Mutex – alespoň jeden prostředek je využíván jedním procesem
* Hold & Wait – proces vlastní jeden prostředek a čeká na další
* No preemption – prostředek nelze násilně odebrat
* Circular wait – cyklické čekání (proces drží prostředek a chce ten, co si drží ten druhý)
* **Řešení:**
  + Ignorace (neřešení)
  + detekce a zotavení
    - řešíme až nastane. Detekujeme-li ho, tak zrušíme jeden ze zúčastněných procesů
    - k detekci se používá alokační graf prostředků a graf čekání
    - deadlock vzniká, pokud je v grafu čekání cyklus
  + zamezení vzniku
    - deadlock řešíme preventivně
    - snažíme se zajistit, aby jedna z podmínek nebyla splněna
    - zamezuje se držení a čekání (procesy si žádají o prostředky na začátku)
    - zavádí se možnost odebrat prostředek
  + vyhýbání se uváznutí
    - procesy si žádají o prostředky libovolně
    - systém vyhoví jen těm žádostem o prostředky, které nemohou vést k deadlocku
    - existuje **bezpečný stav** což je pořadí procesů, ve kterém jejich požadavky budou vyřízeny bez vzniku deadlocku
    - odmítne se přidělit prostředky, pokud by se přešlo do nebezpečného stavu
  + bankéřův algoritmus
* Zotavení z deadlocku:
  + buď násilně odstřelíme nebo odebereme jeden, či více zúčastněných prostředků
  + někdy se to dělá tak, že se vybere kandidát, odstřelí se a pak se kontroluje, jestli nedošlo k vyřešení deadlocku

1. **bankéřův algoritmus**

* používá se při vyhýbání deadlocku
* vhodný, když je větší počet prostředků daného typu
* na začátku musí každý proces oznámit kolik bude potřebovat prostředků jakého typu maximálně
* při žádosti o prostředky systém ověří, jestli se nedostane do nebezpečného stavu
* pokud nelze vyhovět, je proces pozdržen

1. **prostředky IPC (meziprocesová komunikace)**

* procesy oddělené, a proto je potřeba kooperace mezi nimi
  + sdílení informací
  + zrychlení výpočtu
  + souběžné činnosti
  + modularita
  + oddělení privilegií
* kategorie:
  + synchronizace
  + sdílená paměť
  + zasílání zpráv
  + vzdálené volání procedur
* rozlišujeme, zda komunikují dva příbuzné nebo cizí procesy, zda může proces jen číst nebo i zapisovat data, jestli jsou procesy synchronizovány a zda jsou v rámci jednoho systému

**Věci, co tam byly:**

1. **Windows NT – procesy a vlákna**
2. **Registr EF**
3. **Kritická sekce**
4. **Cdecl a implementace**
5. **Little a big endian**
6. **Kompilace v C (překlad programu)**
7. **Podmínky uváznutí**
8. **Co je to Semafor a jak funguje**
9. **Překlad JAVA a .NET (CLR)**