



# Operační systémy – Staré teorie, nebo nové výzvy?

Konference Informatika 2023, Jihlava

Ing. Lenka Kosková Třísková Ph. D.  
[Lenka.koskova.triskova@tul.cz](mailto:Lenka.koskova.triskova@tul.cz)

# O čem chci mluvit

Navazuji na diskusi minulého ročníku:

Je kurz Operačních systémů stále stejný, nebo se v posledních 20 letech obsah mění?

- Základní teoretická osa
- Změny v průmyslu, změny v návrhu, změny v přístupu
- Nové a nové systémy

# Základní teoretická osa

- Vazba na HW – Architektura CPU, přerušení a režimy procesoru
- Jádro a architektura jádra
- Správa procesů
- Synchronizace
- Správa paměti
- Správa zařízení
- Úložiště a systémy souborů
- Další témata (možná i dle vkusu vyučujícího): bezpečnost, virtualizace, uživatelská rozhraní, distribuované systémy, průmyslové systémy, standardizace, aplikace v oborech...

# Změny v průmyslu, změny v přístupu

- Nástup ARM, RISC, SoC a SoM: velká „hardwarová“ revoluce
- Roste rychlost úložišť – moderní SSD jsou skoro srovnatelné s RAM
- Nástup embedded – OS dnes už prakticky všude – od sluchátek po vesmírnou stanici
- Virtualizace, kontejnery, servery a „velké věci“
- Hodně blízká budoucnost:
  - In memory computing
  - Quantum computing
  - Sustainable computing

## Vestavná zařízení (embedded)

Cílem jejich existence je bezvadná a spolehlivá realizace konkrétní funkce – od sluchátek přes rentgeny a vesmírné sondy.

Dle architektury:

- **Velké systémy:** Arm32bit/64bit, Intel x86, RISC-V s podporou MMU – embedded Linux
- **Střední systémy:** CPU bez ochrany paměti, stále řádově 100 MHz – 1GHz, 100 MB – 1GB RAM - nejčastěji „nějaký“ RTOS
- **Malé systémy:** CPU je malý radič, RAM méně než 100 MB, limitované úložiště, limitovaná energie – malé jednoduché systémy, často též RTOS

## Změny v teorii – HW, přerušování, režimy

- Dnes už vůbec neplatí, že OS typicky běží na architektuře x86
- Na serverech multijádra (klidně i desítky) – zcela jiná úroveň paralelizace a jiné metody synchronizace
- U vestavných zařízení ARM (má úplně jinak udělané režimy a nepodporuje segmentaci)
- SoC – „System on Chip“ – k CPU je na jednom kusu silikonu přidána celá řada dalšího HW
- **Ale naštěstí pořád platí, že k volání systému potřebujeme přerušování ;)**

## Změny v teorii – jádro a architektury

Mikrojádro – Hybridní jádro – Monolytické jádro

Mýtus: „Mikrojádro se neosvědčilo, zdržuje přepínání režimů.“

Pravda:

Mikrojádra mají mnohé systémy RTOS a leckterý další nový operační systém.

**Linux:**

- eBPF (extended Berkley Packet Filter) – „mikrokernelizace“ jádra Linuxu
- Velká sada nových nástrojů pro debug jádra, trasování, ladění
- preemptRT – real-time pro jádro Linuxu

## Změny v teorii – správa procesů

- Linux:
  - Díky eBPF jiné metody ladění
  - Díky PreemptRT jiné metody pro scheduling (earliest deadline first)
- Embedded:
  - Strategie pro real-time
  - Ukázky jednoduchých strategií (OS Zephyr několik konfigurací)



## Změny v teorii - Synchronizace

Většina výchozích teoretických přístupů předpokládá 1 CPU a non-RT.  
Praxe je velmi rozmanitá, mnoho nových principů a přístupů.

Linux:

mutex (futex) / spin\_lock

local\_lock

rw\_lock

v návaznosti různé metody práce s frontami a přerušeními

## Změny v teorii – Správa paměti

Klasický výklad – virtualizace, stránkování, segmentace  
ARM nemá segmentaci vůbec

Memory compaction – lokální úpravy stránek umožňující alokování většího rozsahu stránek (algoritmus 2010, pro jádro 2015, 2020 ve verzi „kernel proactive compaction“)

## Změny v teorii – Správa zařízení

Device tree:

- Univerzální syntaxe pro popis HW konfigurace
- OS implementuje API pro řadiče zařízení
- Oddělení popisu od kódu
- Abstrakce řadičů – tzv. platform drivers

**Linux** – podpora od 2012, od 2018 vyžadováno pro vestavná zařízení

**OS Zephyr, U-Boot**

## Změny v teorii – Úložiště a správa souborů

- HDD je mrtvý, ať žije SSD a flash!
- Systémy souborů pro servery:
  - Velká alokace souborů, velké počty souborů, obrovské kapacity úložišť
  - BTRFS, ZFS a přijdou další
  - CoW, jiné transakce, optimalizace FS, FS v databázi
  - FS pro cloud (GFS, HFS)
- Vestavná zařízení – dominuje MTD (flash)
  - YAFFS2, F2FS, UBIFS
  - SquashFS – read only

# Start OS

Dříve: BIOS – MBR

Dnes:

- x86/amd – UEFI: Secure boot, velké disky, 32/64 bit
- Vestavná zařízení - uBoot
  - Několik fází startu
  - Podpora pro device tree
  - Možnost OTA během startu přes TFTP

# Vestavná zařízení „Linux scale“

Aktuální trend: distribuce na míru

- Systémy pro řízení sestavení distribucí: Buildroot, Yocto
- Real time – testování, profilování kernelu, testování chyb, měření zátěže

Na obzoru:

- CI/CD – automatické sestavení distribuce a testy v HW
- Průmyslové asociace, standardy, certifikace: AutomotiveGradeLinux, Linux4Space.org

## Vestavná zařízení „Střední třída“

Aktuální trend: majitelé cloudu skupují RTOS

- freeRTOS - AmazonRTOS
- ThreadX – Microsoft

Linuxův „malej brácha“ – Zephyr OS (LinuxFoundation, kompatibilita s POSIX)

Mbed (RTOS od ARM)

## Za blížkým obzorem

- In memory computing:
  - Aktuální flash stále blokové zařízení, stále pomalejší než RAM
  - Lze očekávat, že budeme mít trvalou paměť s vlastnostmi RAM
  - Odpadá potřeba systému souborů, minimálně pro operační systém
  - Odhadováno dle KDT SRIA 2022 pro období 2027 - 2031
- Quantum computing – zcela nové paradigma, očekávatelné 2032 a později, reálně „quantum OS“ přijdou ještě později





# Děkuji za pozornost

Ing. Lenka Kosková Třísková, Ph. D.

[Lenka.koskova.triskova@tul.cz](mailto:Lenka.koskova.triskova@tul.cz)