Když se Linux nevejde

Jiné operační systémy

Lenka Kosková Třísková, lenka.koskova.triskova@tul.cz

LinuxDays2018

Co Linux potřebuje - desktop...

Distribuce	Procesor	Paměť	Disk
Ubuntu Desktop (18.xx)	2 GHz dual core	2 GB	25 GB
Lightweight Ubuntu	> 500 MHz	512 MB	5 GB
RedHat Enterprise	2 GHz a vyšší, Pentium 4 a vyšší	> 1 GB	4 GB
Fedora	> 1 GHz	> 1 GB	> 10 GB

Něco menšího?

Distribuce	Procesor	Paměť	Disk
ArchBang	i686	256 MB	700 MB
Damn Small Linux	i486	128 MB	> 50 MB
TinyCore	i486 DX	64 MB	NA
WattOS	Intel/AMD	192 MB	700 MB

Cíl? Využít starý HW

Jiný přístup?

uCLinux - procesory bez MMU, až na desítky MB

A když mám ještě méně?

- Malá paměť
- Procesor nemá chráněný režim
- Procesor nemá virtualizaci paměti
- Procesor nemá dostatečný výkon (16 bit, malá rychlost)
- Potřebuji real time

- Typicky tedy „embedded” nebo „IoT” nebo podobná aplikace

Malí a ještě menší

- “STM32”: 32bitové, základem ARM (jádra M0, M3, M4, MZ)
  - 24 - 400 MHz
  - RAM - 8 kB - 192 kB (novější modely víc)
  - Flash - 64kB -2MB, 8 - 20 kB system boot
  - Obecně: Řadiče s relativně slušným výkonem, ale už nelze Linux
- “Arduino” a jemu podobní:
  - <16 MHz
  - 2 kB RAM, 32 kB Flash

Proč chtít OS, i když se skoro nevejde?

- Paralelní běh více procesů
- Přepínání a plánování procesů, optimální užití procesoru
- Správa paměti kvůli načítání knihoven
- Řízení přerušení a přístupu k hardware
- Implementace složitějších protokolů
- Správa souborových systémů
- Bezpečnost!
- SW certifikovaný na shodu s normami
- Přenositelnost aplikací
- Vzdálené řízení a napojení do vnějšího světa

Jde to i bez OS?

- Tak určitě...
- Stavové stroje
- Hlavní smyčka a přerušení
- Ale u komplexnějšího řešení nám OS umožní soustředit se na podstatu aplikace

Jaký systém hledat?

- Embedded - nejčastěji najdeme znovu Linux
- Senzorové uzly IoT mají typicky < 50 kB ROM a < 250 kB ROM
  => aktuální buzzword pro “malý OS” je **IoT operating system**

- Open source vs. komerční produkt
- Real time vs. “obyčejný” OS

Společné vlastnosti “malých systémů”

- Instaluje se jako firmware včetně aplikací
- Změna úlohy = nový překlad celého systému
- Máme extrémně málo paměti a výkonu
- Žádný zavaděč, žádné solidní médium pro souborový systém

- *Většina* napsaná v jazyce C

Free RTOS

- První verze jádra v roce 2003, od roku 2017 Amazon
- Když se vejde “systém první volby”
- V mém soukromém průzkumu na Embedded World 2017 nejčastěji nasazovaný systém
- Licence MIT

Základní návrhové cíle:

- Snadný na užití
- Malý v paměti
- Odolný proti chybám

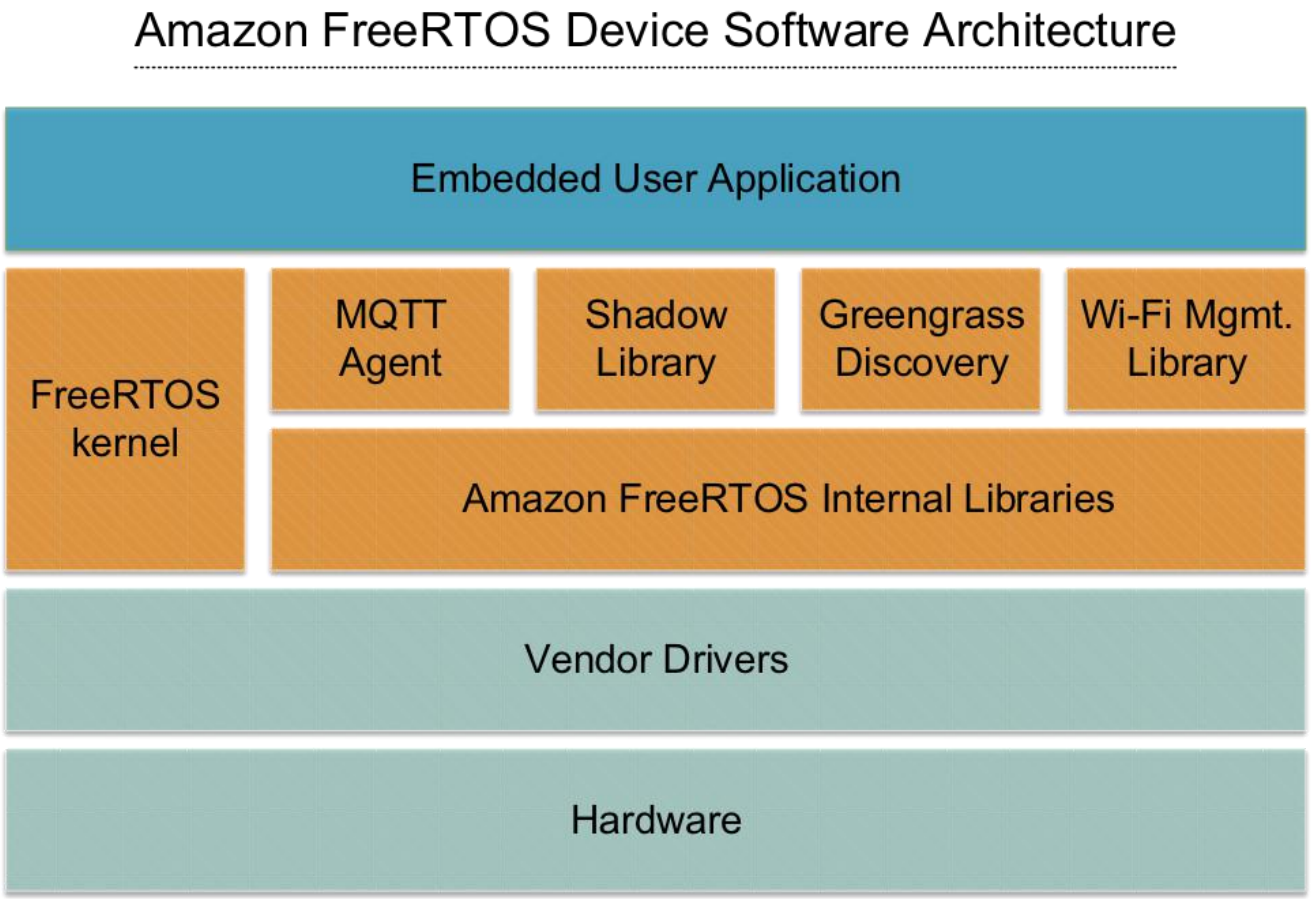
Free RTOS - vlastnosti

- Komunikace a synchronizace úloh
  - Fronty - data jsou do front kopírována
  - Semafory binární i s odpočtem
  - Mutexy s prevencí inverze priority
  - Stream buffers a Message buffers pro sdílení dat mezi úlohami navzájem a mezi úlohami a ISR
- Spotřeba
  - Jádro je řízeno hodinami z desky, nejsou-li úlohy, přechod do stanby režimů

Free RTOS vlastnosti

- Přepínání úloh (task.c)
  - Počet úrovní priority nastaven při překladu
  - 4 seznamy: running, ready to run, suspended, blocked
  - Pro každou úroveň priority vlastní seznam
- Správa paměti
  - Statické přidělení při překladu
  - Dynamická alokace z haldy - např. při vzniku úlohy
  - API pro alokaci paměti je odděleno tak, aby se dalo upravit podle potřeb cílové architektury

Amazon Free RTOS



Free RTOS a podpora HW

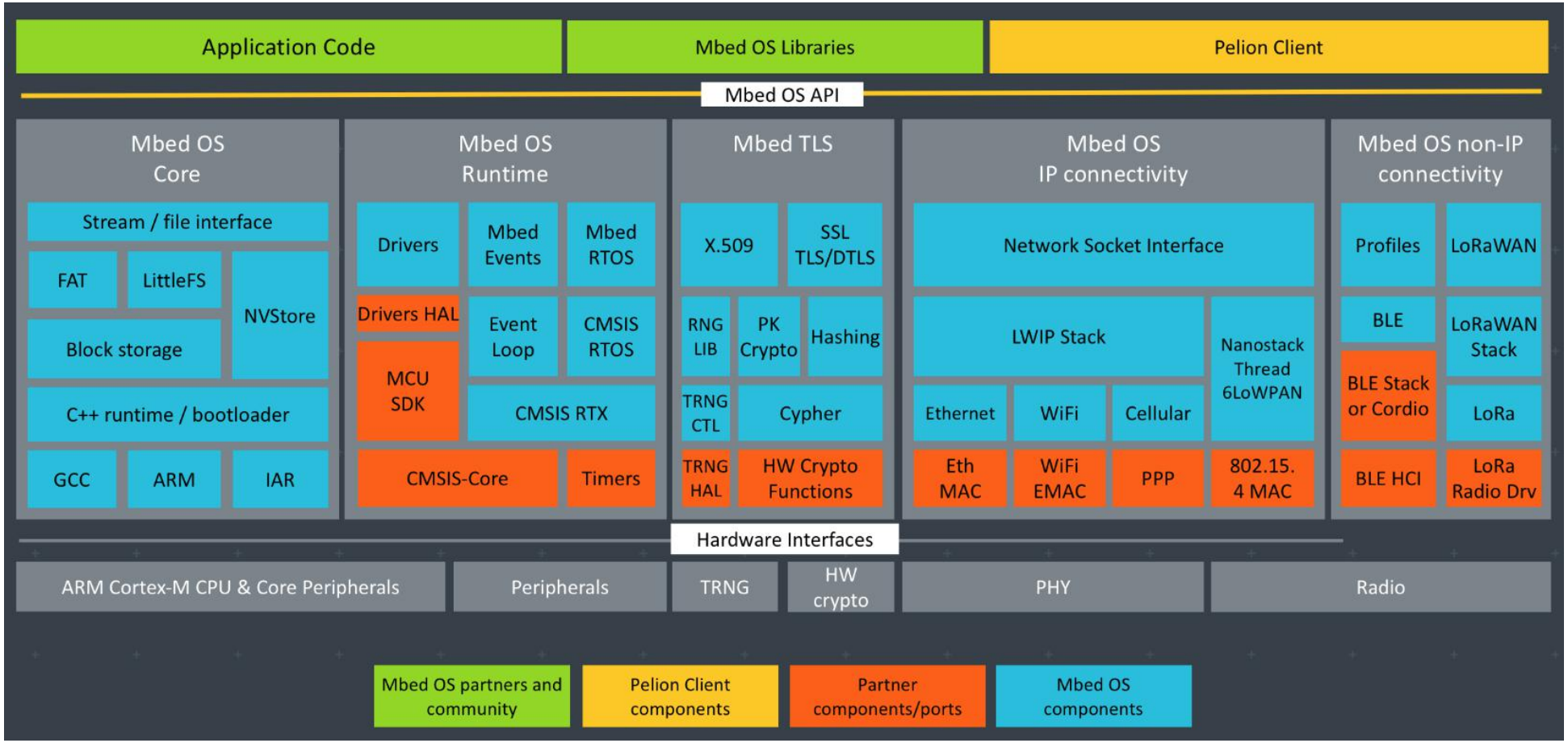
- https://www.freertos.org/RTOS_ports.html
- Altera, Atmel, NXP, Infineon, Fujitsu, Microchip, Reneas, ST, TI, Intel...

- “Provařené desky”: STM32 (spousta aplikací), desky od TI (CC32xx), Rapsberry, NXP (LPC54018 - Arm M4)...

ARM mbed

- Activita společnosti ARM
- Kromě real-time OS ještě podpora pro cloud (OS vychází z CMSIS-RTOS)
- Licence Apache 2.0
- Verze 2.0 a 3.0 aktuálně sloučena v 5.0
- Obrovská podpora desek a procesorů
- Online vývoj a CLI pro win-lin
- Osobně považuji za nejsnazší pro start, ale je “velký”

ARM mbed - architektura



ARM mbed

- Thread mode vs Handle mode (ISR)
- Přepínání vláken podle priority (lze měnit za běhu)
- Ochrana proti inverzi priority
- Na sériové rozhraní přesměrováno stdin,out,err

ARM mbed - příklad

```
Link: mbed-os-example-blinky-display
Elf2Bin: mbed-os-example-blinky-display
| Module                    |          .text |       .data |         .bss |
|---------------------------|----------------|-------------|--------------|
| BSP_DISCO_L496AG/Drivers  |   5934(+5934)  |   185(+185) |   203(+203)  |
| BSP_DISCO_L496AG/Utilities| 11780(+11780)  |    24(+24)  |       0(+0)  |
| [fill]                    |    129(+129)   |     6(+6)   |    20(+20)   |
| [lib]/c.a                 | 24436(+24436)  | 2204(+2204) |    56(+56)   |
| [lib]/gcc.a               |   3776(+3776)  |       0(+0) |       0(+0)  |
| [lib]/m.a                 |     88(+88)    |       0(+0) |       0(+0)  |
| [lib]/misc                |    296(+296)   |    16(+16)  |    28(+28)   |
| main.o                    |   1262(+1262)  |     5(+5)   |   751(+751)  |
| mbed-os/components        |     16(+16)    |       0(+0) |       0(+0)  |
| mbed-os/drivers           |   1022(+1022)  |     4(+4)   |   100(+100)  |
| mbed-os/hal               |   2009(+2009)  |     4(+4)   |    68(+68)   |
| mbed-os/platform          |   3042(+3042)  |   260(+260) |   197(+197)  |
| mbed-os/rtos              | 11239(+11239)  |   168(+168) |  6053(+6053) |
| mbed-os/targets           | 16022(+16022)  |     4(+4)   |  1424(+1424) |
| Subtotals                 | 81051(+81051)  | 2880(+2880) |  8900(+8900) |
Total Static RAM memory (data + bss): 11780(+11780) bytes
Total Flash memory (text + data): 83931(+83931) bytes

Image: ./BUILD/DISCO_L496AG/GCC_ARM/mbed-os-example-blinky-display.bin
```

RIOT

- Veřejně od 2013
- Native port pro Linux-Windows využívá volání systému pro emulaci hardware na úrovni API - možnost vývoje aplikační logiky bez drbání s nahráváním SW a řešením různých problémů s cílovým HW
- Licence LPGL1
- Podpora desek Nucleo od ST, Arduino Zero, jedna deska TI - vše jádra ARM m3, m4

RIOT - architektura

- Mikrojádro
- Scheduling preemptivní, dle priority (dána při programování)
- IPC realizována zasíláním zpráv (mailboxes)
- Multithreading, jen 25 Byte na thread
- Thread flags kvůli souběhu - každý thread má 16 boolean flags
- Shell

RIOT - podporované funkce

- 6LoWPAN
- Bluetooth
- CAN
- MQTT
- IP-TCP-UDP...
- LoRa
- ZigBee

Riot vs mbed

Tabulka 7.7: Velikost srovnávací aplikace mezi zvolenými operačními systémy na desce Discovery L476G

	Paměť RAM				Paměť Flash		
	Program	Zásobník	Systém	Celkem	Program	Systém	Celkem
RIOT OS	0 B[1]	1.536 B	1.392 B[2]	**2.928 B**	291 B	12.541 B	**12.832 B**
ARM mbed 5.4	392 B	1.024 B	10.868 B	**12.284 B**	372 B	73.896 B	**74.587 B**

[1] Všechny proměnné jsou alokovány na zásobníku
[2] Včetně 256 B pro zásobník vlákna řídícího úsporný režim

Tabulka 7.8: Velikost srovnávací aplikace mezi zvolenými operačními systémy na desce FRDM-KL05Z

	Paměť RAM				Paměť Flash		
	Program	Zásobník	Systém	Celkem	Program	Systém	Celkem
RIOT OS	0 B[1]	1.536 B	1.240 B[2]	**2.776 B**	301 B	10.831 B	**11.132 B**
ARM mbed 2.0	144 B	128 B	836 B	**1.236 B[3]**	372 B	17.376 B	**17.748 B**

[1] Všechny proměnné jsou alokovány na zásobníku
[2] Včetně 256 B pro zásobník vlákna řídícího úsporný režim
[3] Včetně 128 B pro dynamickou alokaci paměti

Zdroj: Test IS pro IoT
v minimální HW konfiguraci
Zdeněk Rindt, DP TUL, 2017
ARM M4 nahoře, ARM M0 vlevo

Contiki

- Low power: “**system that can run years on pair of AA batteries**”…
- Licence BSD
- IPv4, IPv6, HTTP
- Atmel AVR, desky od TI z řady CC25, MSP430x, Microchip pic 32
- STM32 - port pro Nucleo, podpora 1GHz sítí, podpora mesh - dá se stáhnout jako firmware
- 2017: fork Contiki NG, repository Contiki není příliš živá

Contiki - procesy a scheduler

- Kooperativní pro procesy
- Preemptivní pro přerušení a úlohy RT s deadline
- “Protothreads”
  - Umožní procesům čekat na události
  - Makra
- Procesy běží, když přijde událost, jádro řídí frontu událostí

Contiki - další zajímavosti

- Shell: Jako modul, lze rovnou připojit k systému, shell komunikuje po sériovém portu, hlavně pro síť
- Coffee: Jednoduchý souborový systém pro eeprom (zohledňuje metody zápisu do pamětí flash)
- Native port pro Linux