



# Redundantní uložště pro CubeSat

Téma: Obhajoba magisterská práce

Autor: Jaroslav Körner

Vedoucí práce: Ing. Lenka Kosková Třísková, Ph.D.

[jaroslav.korner@tul.cz](mailto:jaroslav.korner@tul.cz)

# Realizace úložiště souborového systému Linux odolného proti poruchám určeného pro CubeSat

Cíle práce:

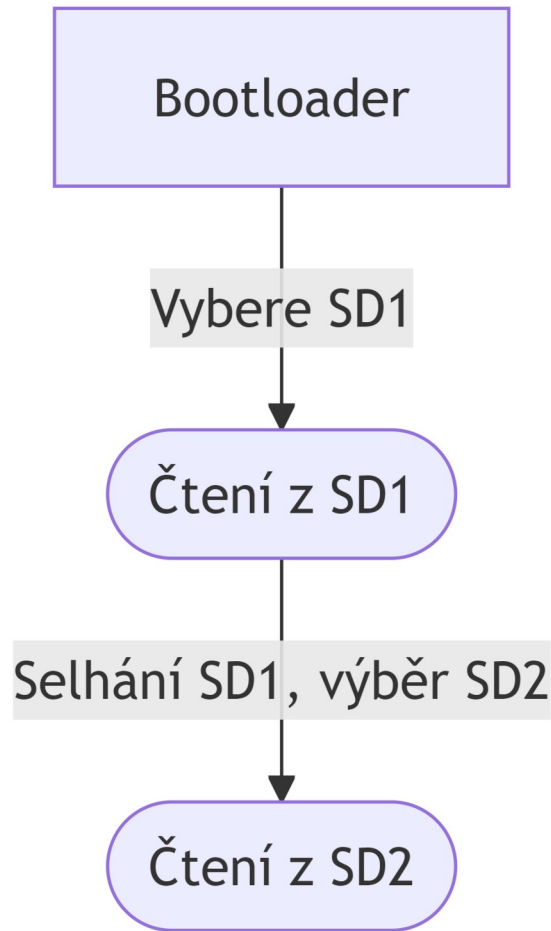
1. Seznámit se s problematikou malých satelitů - CubeSat.
2. Navrhnout řešení vhodné pro malý satelit na LEO.
3. Provést analýzu FMECA daného řešení.
4. Implementovat a otestovat řešení na demonstračním HW s OS Linux.

## Problém: úložiště satelitu

Jedno SD/MMC uložště není dostatečně spolehlivé pro misi CubeSatu.

## Stávající řešení (VZLUSAT-2):

- 2 SD/MMC uložště
- Modifikovaný Bootloader

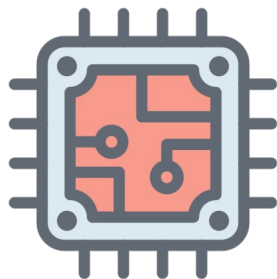


# Myšlenka

- Nahrazení 2 SD karty za 3 SD karty.
- Vytvoření rozhraní řadiče
  - Ten zprostředkovává přístup k uložšti, jako by to byla jedna karta.
- Implementace algoritmu odolného proti chybám čtení poškozených dat.

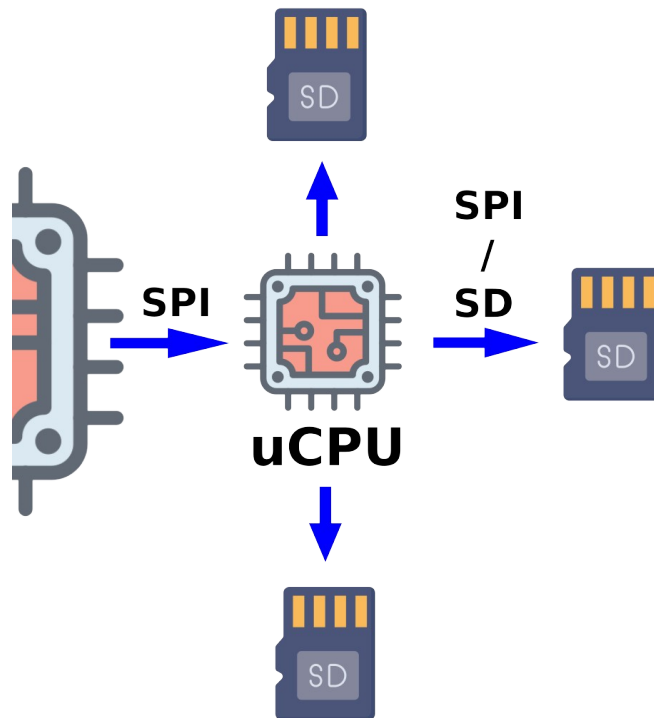
## Možná řešení:

- Softwarové řešení
  - Přidání uCPU a vytvoření SW pro ovládání SD karet
- Hardwarové řešení
  - Vytvoření IP jádra pro FPGA



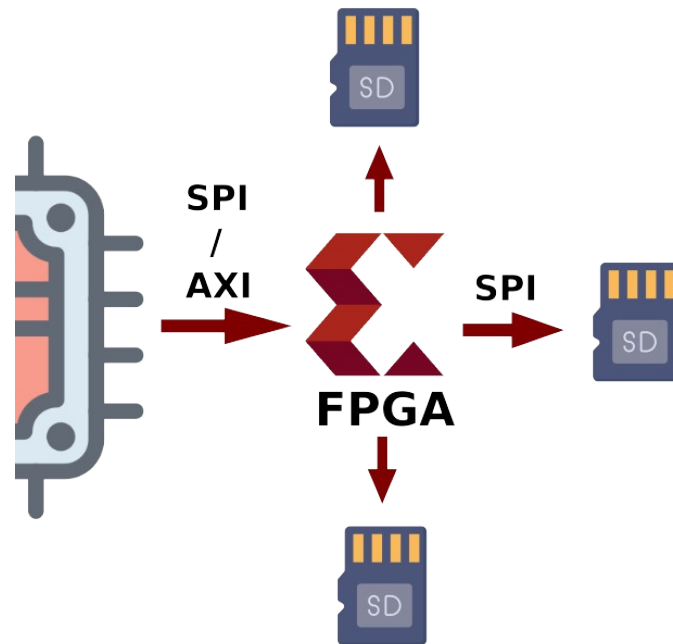
## SW řešení

- Softwarové řešení
- uCPU
  - SPI / SD
- Rozhraní:
  - SPI slave



## HW řešení (IP core)

- IP jádro pro FPGA
- FPGA
  - PMOD - na SD
- Rozhraní:
  - AXI-MM / SPI slave



## Algoritmus:

- Při poškození dat -> majority vote
- Při poškození 1 karty -> přestane z ní číst a odešle data pokud jsou shodná na obou kartách
- Při poškození 2 karet -> přestane z nich číst a odešle data z jedné karty





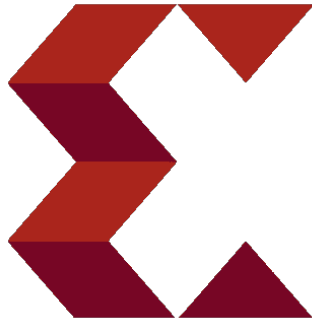
## Porovnání paměťových medií

Medium	Rozhraní	Cena licence	Rychlost	Verze	Počet pinů	Rozměry (mm)
uSD	SPI, One-bit SD, Four-bit SD	1000 USD	~10 MB/s	1.01	8-16	11x15
MMC	SPI, One-bit SD, MMC	327 USD	~125 MB/s	5.1	7-13	24x32
UFS Card	UFS -> UniPro -> M-PHY	3643 USD	1200 MB/s	4.0	12	11x15

# Realizace

## Výsledek analýzy FMECA

- FPGA – ANO



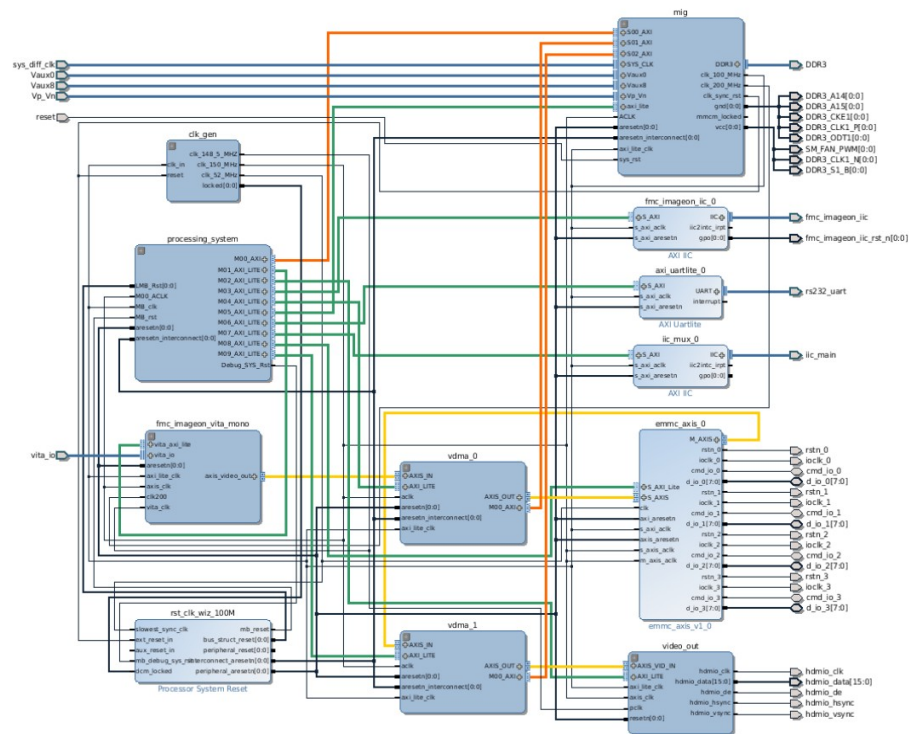
- uCPU - NE



## Vivado: propojení IP jader

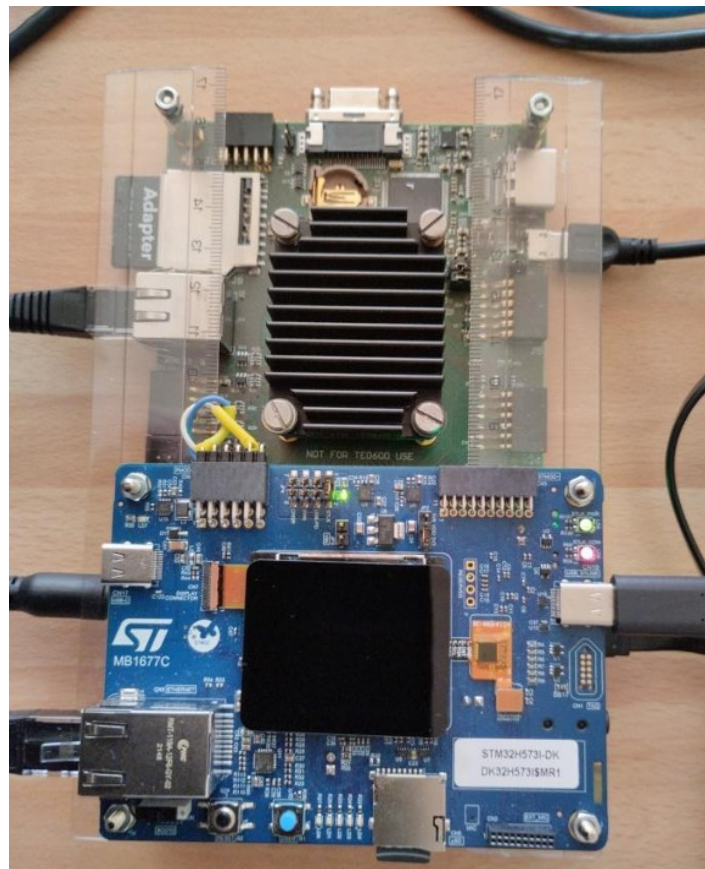
Bloky návrhu:

- CPU
- DMA
- 3 x SPI řadič



## Demonstrace na HW

- Vývojová deska se zapojenými SD kartami.

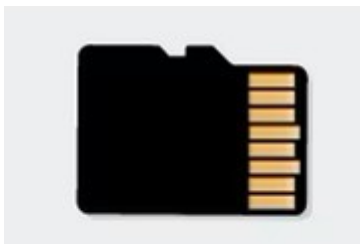


## Závěr práce

- Implementoval jsem IP jádro obsahující 3 x SPI řadič pro komunikaci s SD kartami.
- Řadič se stará paralelní čtení a opravu dat.
- Využití tří samostatných pamětí přineslo zvýšení odolnosti uložště.
- Paměť je čitelná z OS Linux.

## Rozšíření do budoucna

- Zaplacení licence proprietárního protokol jednoho z pamětlivých medií či pořízení IP jádra implementující radič.
- -> navýšení datové propustnosti systému.





# Děkuji za pozornost