Emulátor ARMv6 procesoru pro emulaci prostředí Raspberry Pi

Bc. Jakub Šilhavý

vedoucí práce: Ing. Martin Úbl

Katedra informatiky a výpočetní techniky
Fakulta aplikovaných věd
Západočeská univerzita v Plzni

17. 06. 2024

Cíl práce

- návrh a implementace emulátoru platformy **Raspberry Pi Zero**
  - emulace instrukcí procesoru `ARM1176JZF-S` (`ARMv6`)
  - emulace základních periferií `µC BCM2835` (`GPIO`, `MiniUART`, `BSC`, ...)

1. vzdělávací účely
   - vizualizace principů `OS`
   - embedded vývoj
2. testování a ladění `SW`
3. prototypování `HW`
   - připojení externích periferií
   - návrh vlastního systému

Figure 1: Raspberry Pi Zero

- použití ▸ KIV-RTOS pro ověření správnosti výsledného emulátoru

- vhodné pro seznámení se s programování v assembly
  - vizualizace, ladění programu
- floating-point instrukce
- platformová nezávislost

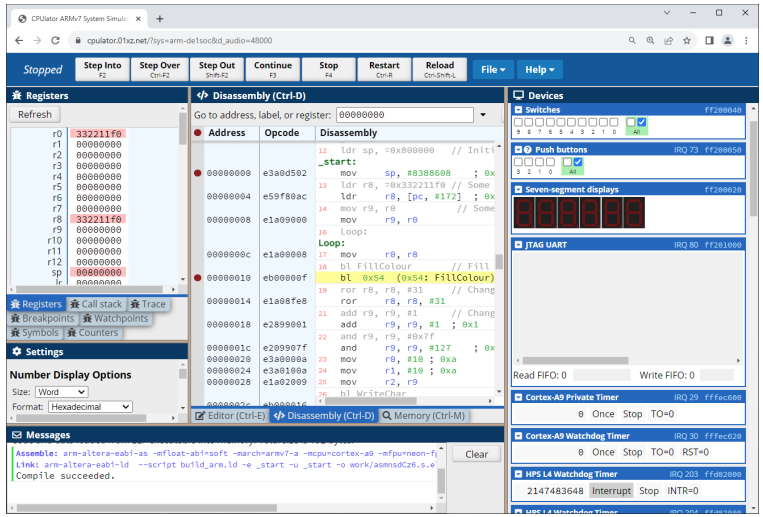


Figure 2: ▸ CPUlator

Omezení

- emulace pouze `CPU` (ne celého `SoC`)
- minimální podpora pokročilých systémových operací
  - ⇒ nevhodné pro testování pricipů `OS`
- limitovaná podpora připojení externích periferií

- podpora různých architektur
  - `x86`, `MIPS`, `ARM`, ...
- připojení externího debuggeru
- plná podpora systémových oprací

Figure 3: ▸ QEMU

Omezení

- emulace pouze `CPU` (ne celého `SoC`)
- limitovaná podpora připojení externích periferií
- `_start` symbol očekáván na adrese `0x00010000`
  - → nekompatibilita s *first-stage* `BL` `Rpi0` (`0x00008000`)
- problémy se `systimer`

ARM1176JZF-S

- ARMv6 instrukce
- přepínání režimů CPU
- ALU, MAC a MMU
- vyjímky a přerušení
- podpora ko-procesorů
  - CP15, CP10
- systémová sběrnice

BCM2835

- RAM
- Interrupt Controller
- ARM timer
- TRNG
- GPIO
- BSC_1 (I^2C)
- AUX (MiniUART)

- cílem bylo emulovat nejčastěji používané periferie
- dekompoziční návrh architektury
  - → jednoduché doimplementování dalších periferií

- jednotné rozhraní pro externí periferie
  - → připojeny přes `GPIO`
- nezávislé na toolchainu jádra emulátoru
- načtené při inicializaci jako sdílené knihovny (`.dll`, `.so`)

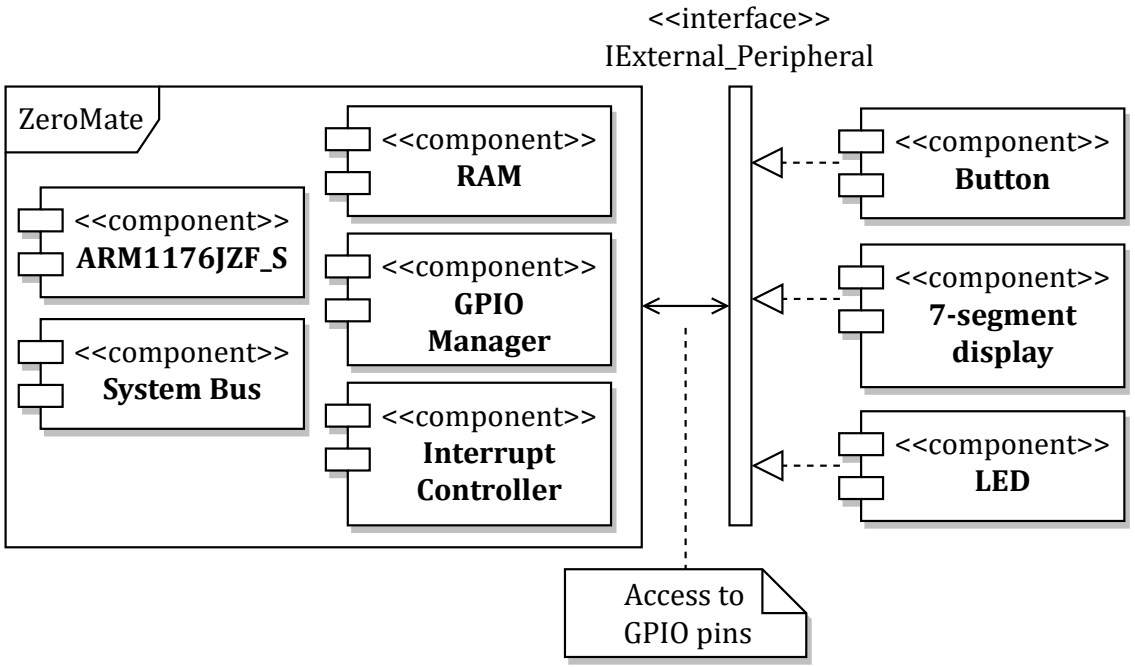
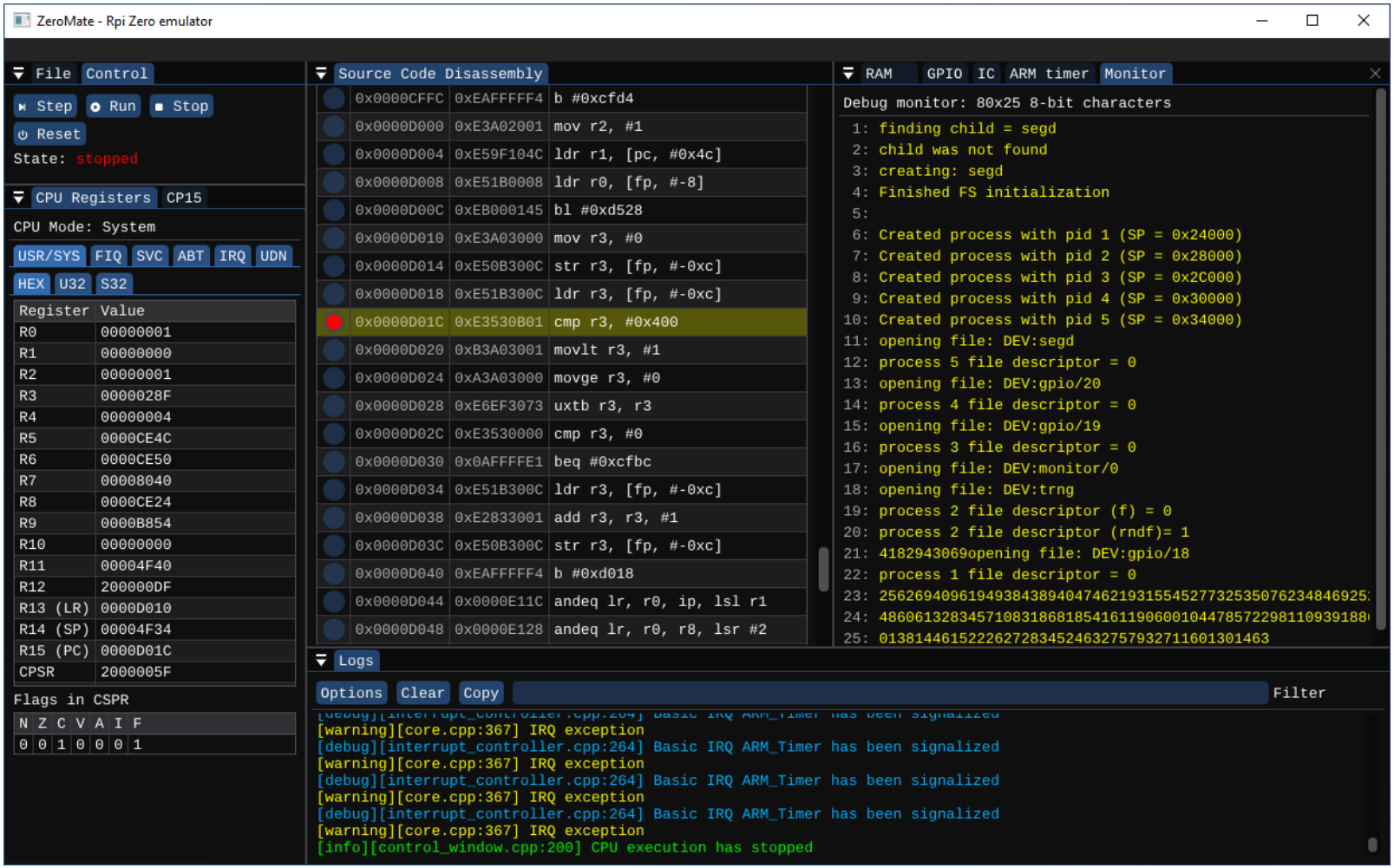
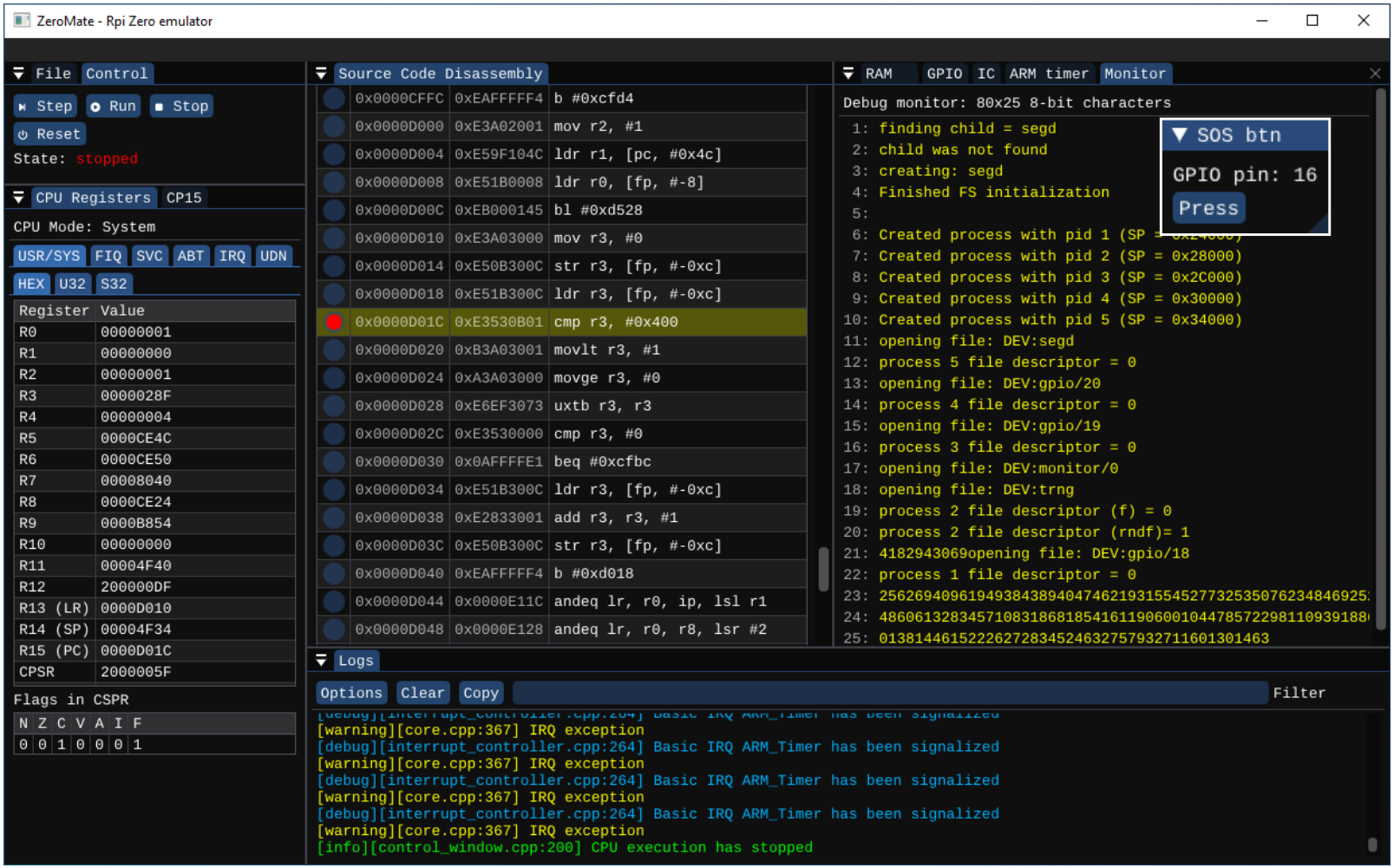


Figure 4: Rozhraní externích periferií

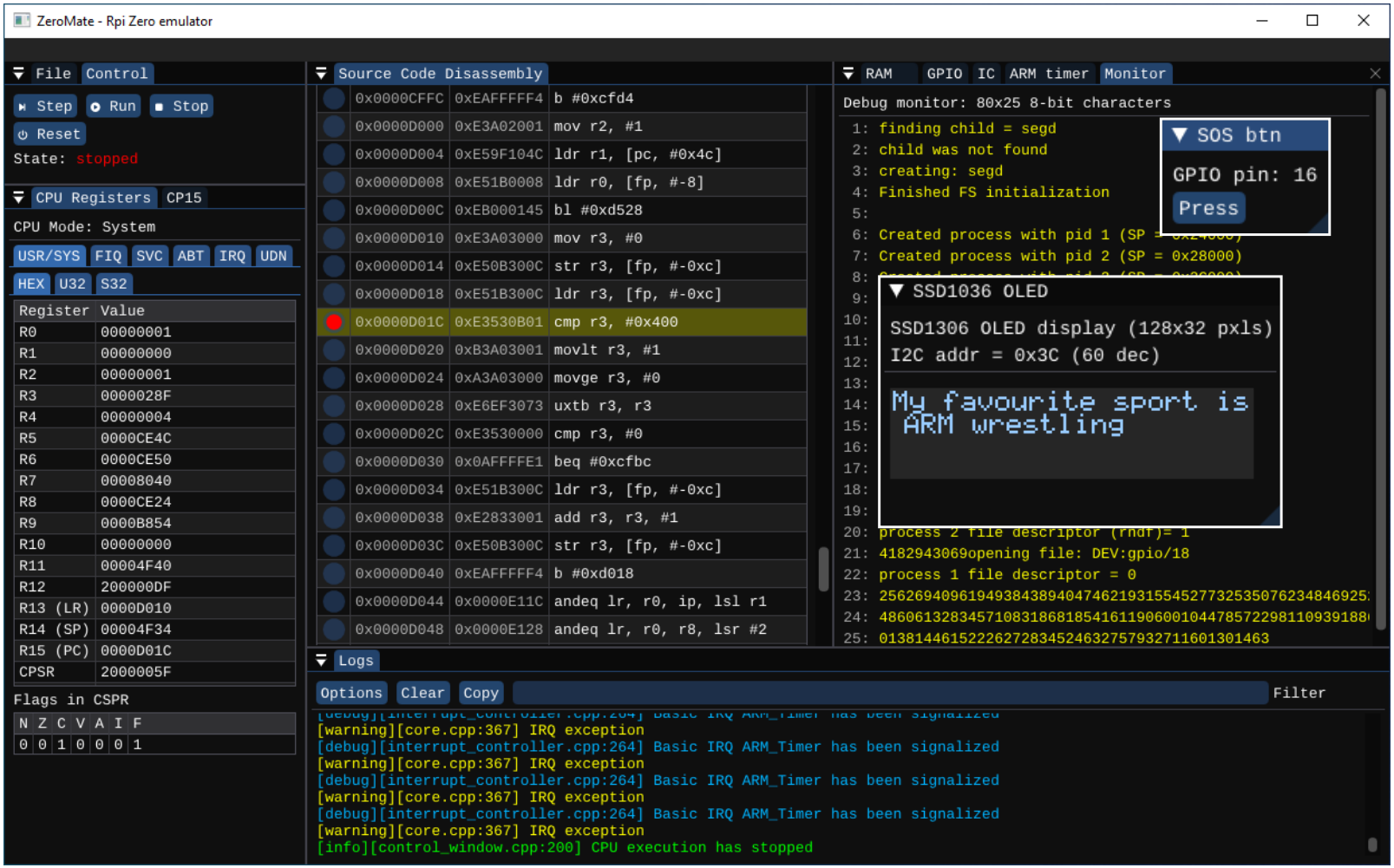
ZeroMate - uživatelské rozhraní



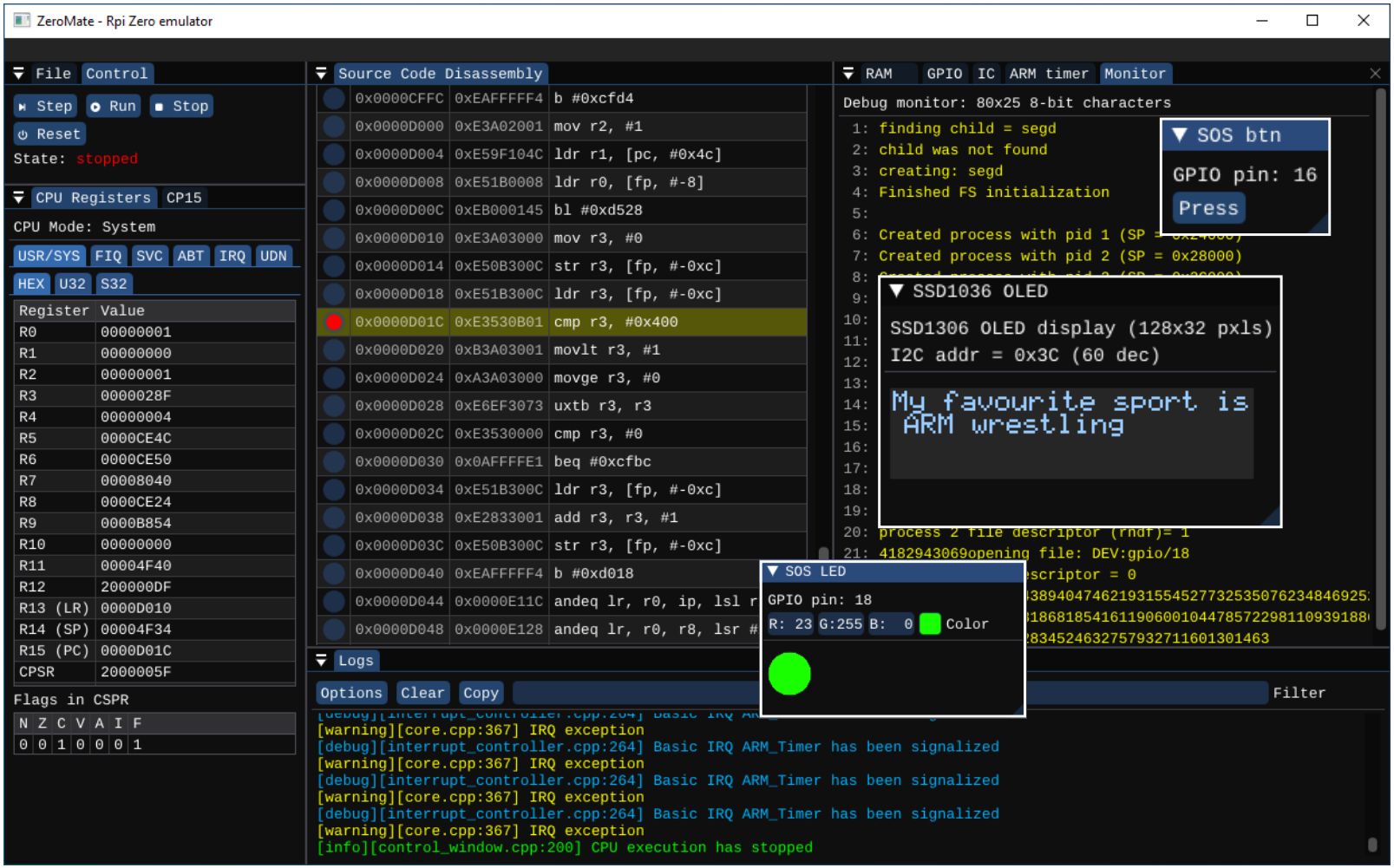
ZeroMate - externí periferie



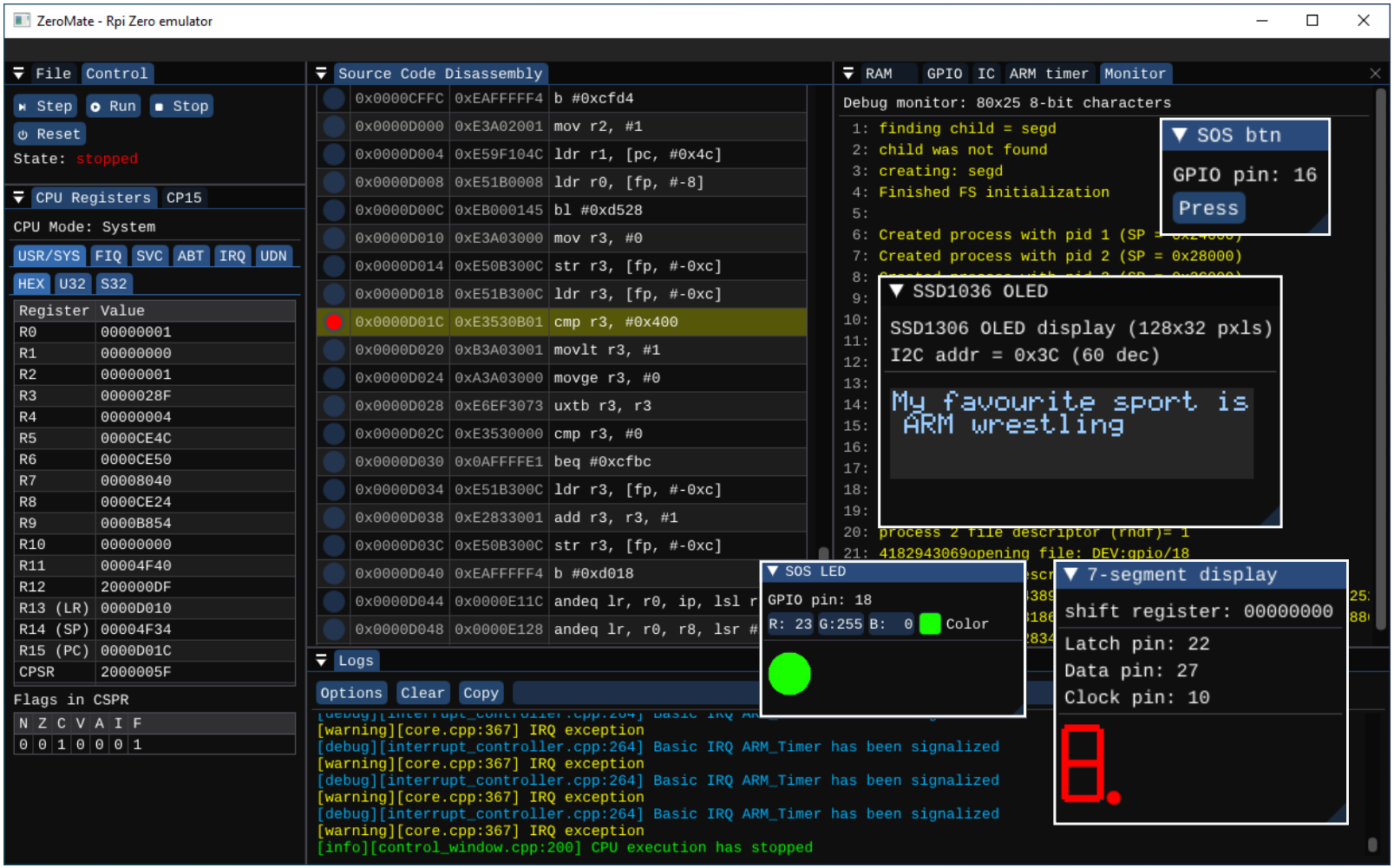
ZeroMate - externí periferie



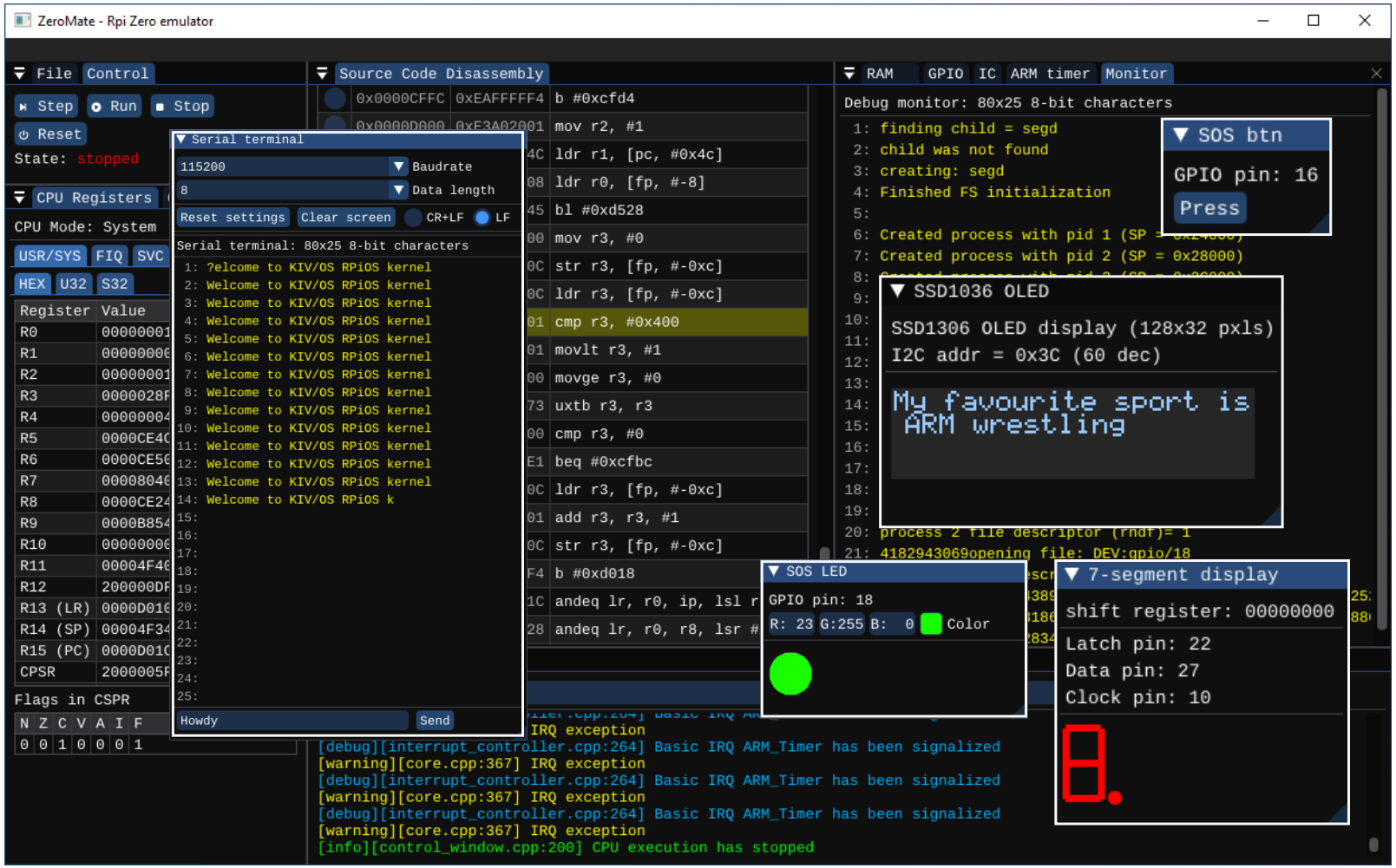
ZeroMate - externí periferie



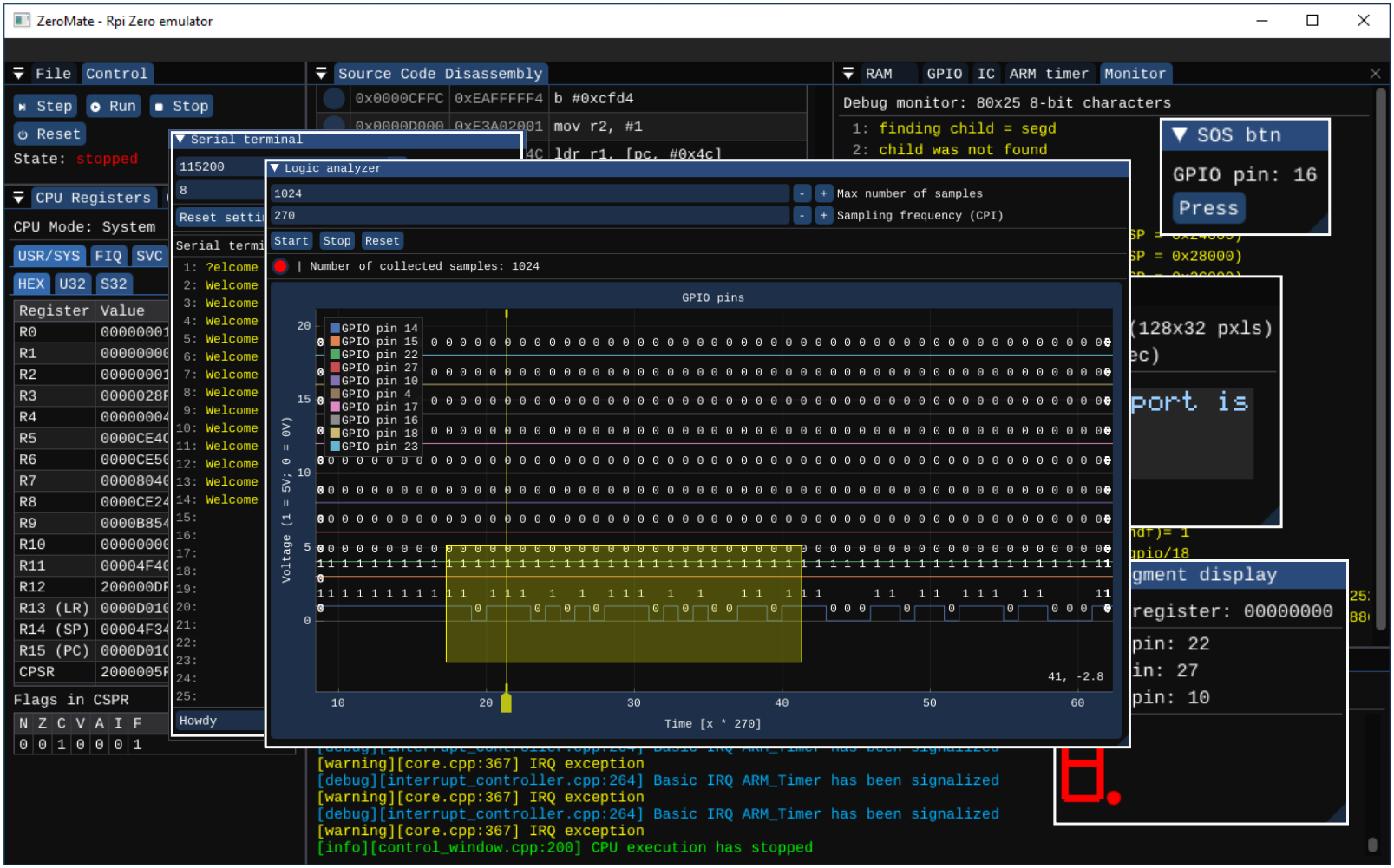
ZeroMate - externí periferie



ZeroMate - externí periferie



ZeroMate - externí periferie



Děkuji Vám za pozornost

- https://github.com/silhavyj/ZeroMate