



**ČVUT**

ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE

# Možnosti použití OEM modulů IR kamer

**Matyáš Rybín**

**NMgr SP Biomedicínské inženýrství**

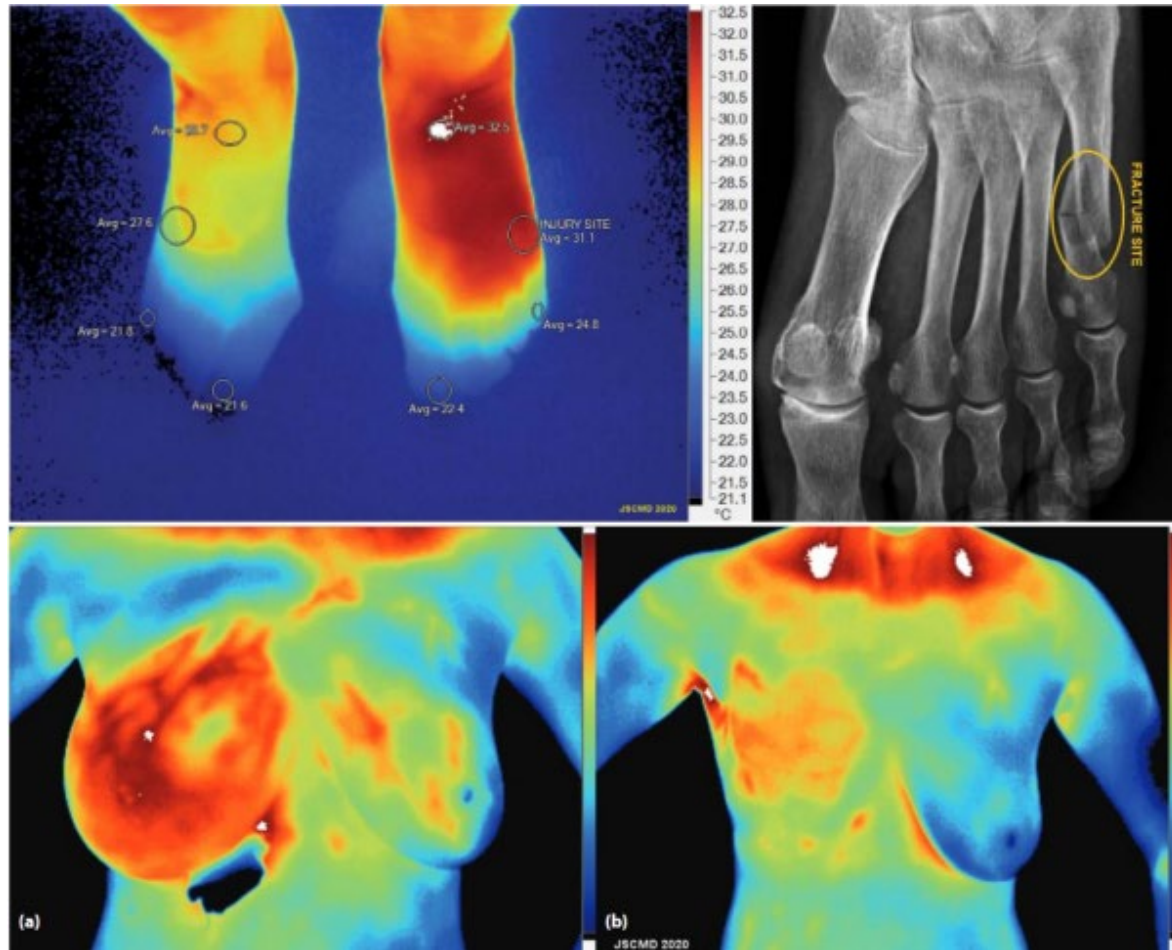
**ČVUT FBMI**

# Úvod do problematiky

- Termografie je neinvazivní a bezpečná metoda, která umožňuje snímat změny povrchové teploty pacienta v závislosti na prokrvení tkáně.
- Termografické kamery jsou finančně velmi nákladné, což zamezuje jejich rozšířenému využití v lékařství.
- Správná metodika snímání je také náročná dodržet v klinickém prostředí, což může naprosto znehodnotit naměřené výsledky.
- Jejich využití umožňuje objektivně zhodnotit stavy, které se běžně vyhodnocují na základě subjektivních pocitů pacienta.
- Rozšířenější využití termokamer by mohlo vést k úspěšnější diagnostice a léčbě.

# Oblasti využití termografie v medicíně

- Termografie je zejména vhodná pro snímání stavů, při kterých dochází ke změně v prokrvení tkáně blízko povrchu kůže, a tím tedy i k lokální změně teploty.
- Možné oblasti použití:
  - Angiologie
  - Alergologie
  - Chronické bolesti
  - Fyzioterapie
  - Neurologie
  - Onkologie
  - Ortopedie
  - Zánětlivá onemocnění
  - A další...



CAMPBELL, James, MEAD, Nathaniel, *Human Medical Thermography*. CRC Press, 2023. ISBN 978-1-0032-8176-4.

Dostupné z: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781003281764/human-medical-thermography-james-stewart-campbell-nathaniel-mead>

# OEM IR moduly

- OEM (original equipment manufacturer) moduly se typicky skládají pouze ze senzoru, optiky a obvodu.
- Samy o sobě nedělají nic, jedná se pouze o elektronické obvody, které jsou schopny měnit svůj odpor v závislosti na dopadajícím IR záření.
- Měřicí funkci začnou plnit tehdy, kdy jsme schopni detekovat a interpretovat tuto změnu odporu, k čemuž je potřeba výpočetní technika.
- Umožňují integraci s různými systémy a tedy vývoj specializovaných nástrojů se specifickým využitím.
- Výrobci poskytují návody a nástroje (SDK) na jejich integraci, avšak koncový uživatel má možnost jít zcela vlastní cestou.

# OEM IR moduly



**Waveshare MLX 90640**

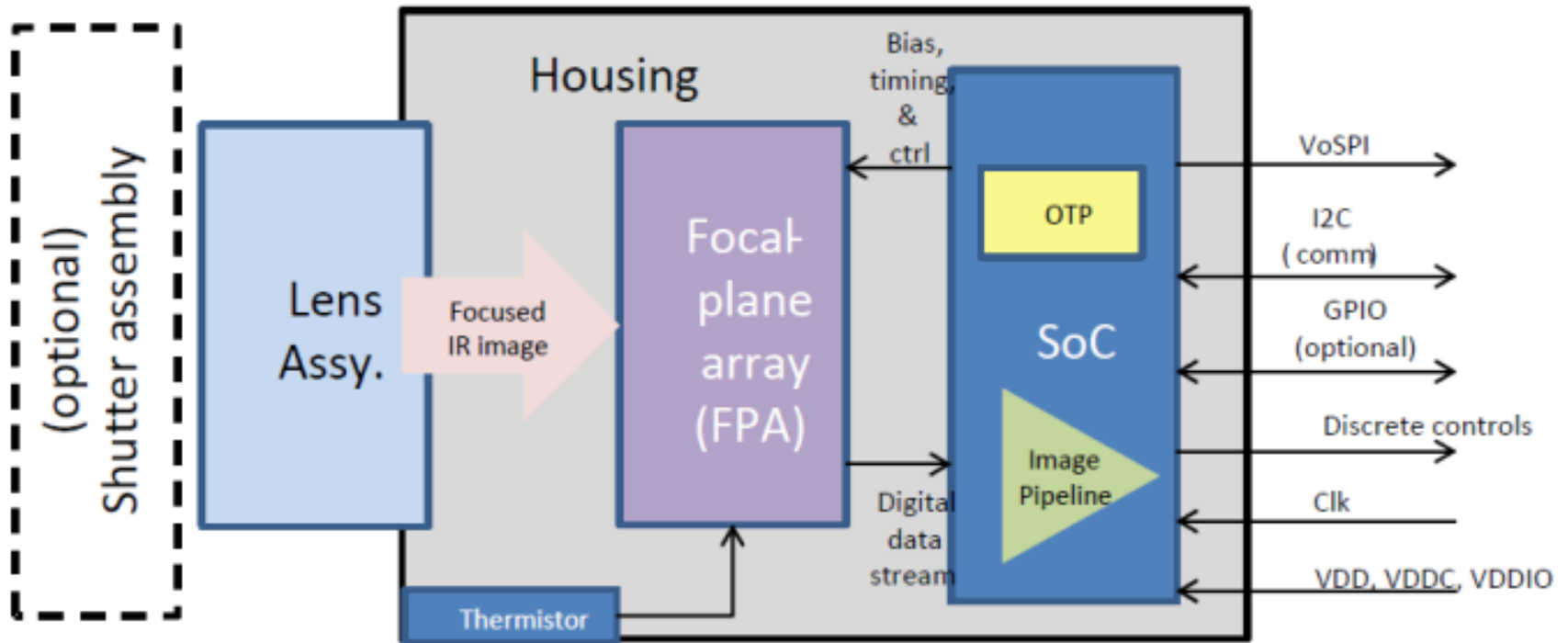
WAVESHARE ELECTRONICS, *MLX90640-D110 Thermal Camera*, 2023.  
Dostupné z: [https://www.waveshare.com/wiki/MLX90640-D110\\_Thermal\\_Camera](https://www.waveshare.com/wiki/MLX90640-D110_Thermal_Camera)



**FLIR Lepton 3.5**

TELEDYNE FLIR, *Lepton*, 2023.  
Dostupné z: <https://www.flir.com/products/lepton/?model=500-0771-01&vertical=microcam&segment=oem>

# Architektura modulu FLIR Lepton 3.5



# Výhody využití oproti komerčně dostupným řešením

- Zejména v medicíně je důležité znát vlastnosti zobrazovacích systémů.
- U komerčně dostupných termokamer je proces zobrazení neznámý, tj. nevíme, co přesně se děje od dopadu IR záření na senzor až po jeho konečné zobrazení.
- Při využití OEM IR modulů vše programuje uživatel, takže proces zpracování obrazu je mu známý.
- Díky možnosti vše programovat je možné také termografickému systému přidat funkce, které komerčně dostupné řešení nemá.



# Reálný příklad integrace

- Řídicí jednotku, výpočet a zobrazení termogramů v reálném čase realizuje minipočítač Raspberry Pi 4B.
- Ovládání pomocí dotykového displeje Raspberry Pi 7" Touchscreen.
- Modul Waveshare MLX 90640:
  - Rozlišení: 32 x 24 pixelů
  - Přesnost:  $\pm 1$  °C
  - Zorné pole: 55°×35° (horizontální × vertikální)
- Modul FLIR Lepton 3.5:
  - Rozlišení: 160 x 120 pixelů
  - Přesnost:  $\pm 0,05$  °C
  - Zorné pole: 71°×57° (horizontální × vertikální)
- Oba systémy programovány v jazyce Python.

# Hardwarová realizace



# Softwarová realizace

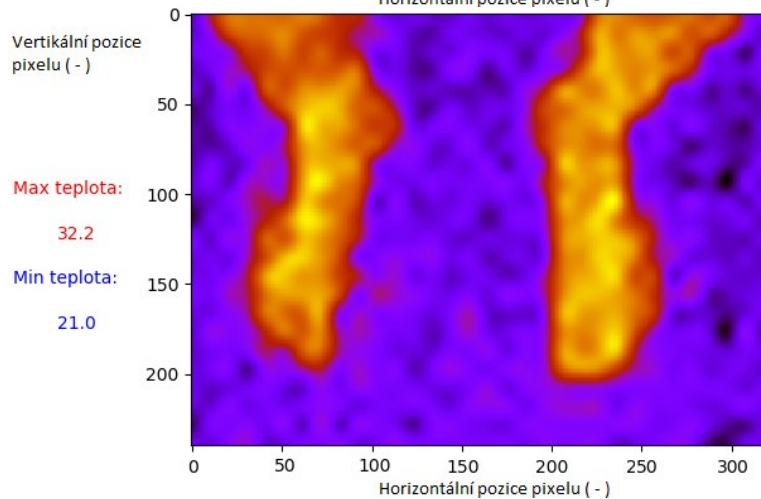
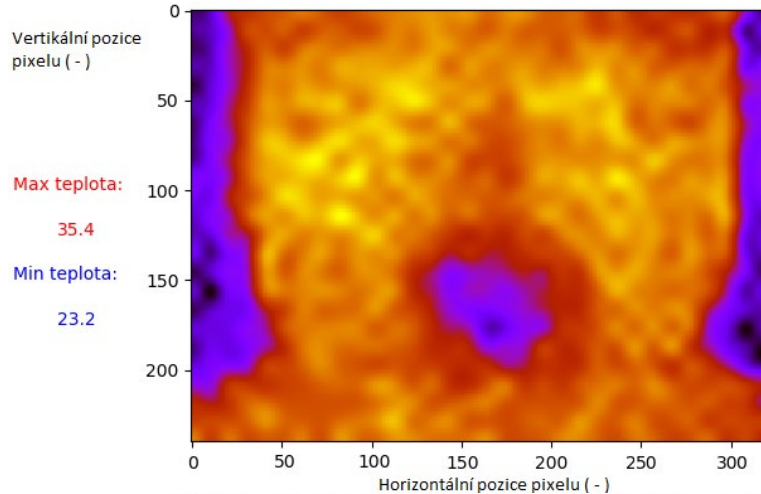
## Modul MLX 90640:

- Spline desetinásobná interpolace na 320 x 240 pixelů.
- Zobrazení v reálném čase s maximální frekvencí 2 Hz.
- Vypisování maximální a minimální teploty ve scéně.
- Možnost ukládání termogramů ve formátu .jpg.
- Kalibrace pomocí offsetu.

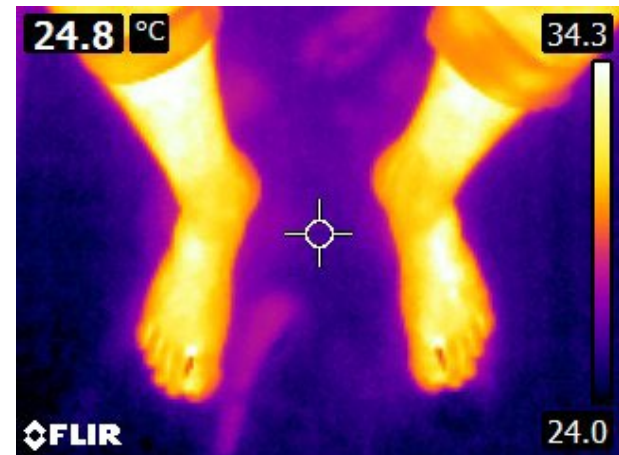
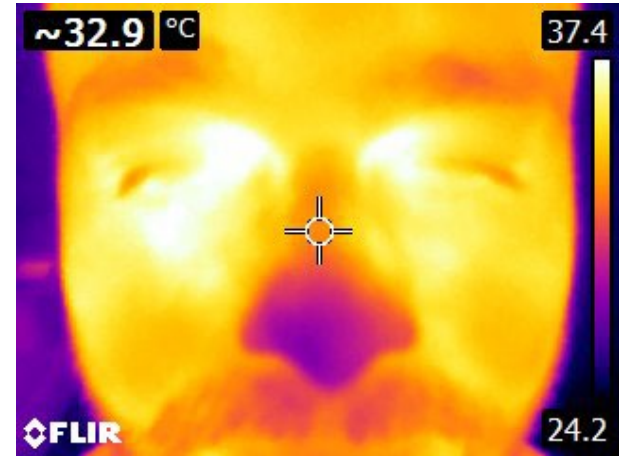
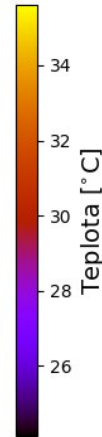
## Modul FLIR Lepton 3.5:

- Přizpůsobitelná interpolace pro vykreslování v reálném čase.
- Zobrazení v reálném čase s maximální frekvencí 9 Hz.
- Vypisování maximální a minimální teploty, společně s teplotou v zaměřovači.
- Ukládání termogramů ve formátu .png, lineárně čtyřnásobně interpolované na 640 x 480 pixelů.
- Ukládání videí ve formátu .mp4 s frekvencí 9 Hz.
- Kalibrace pomocí auto-kalibrační clony, která se periodicky spouští během měření.

# Využití modulu MLX 90640

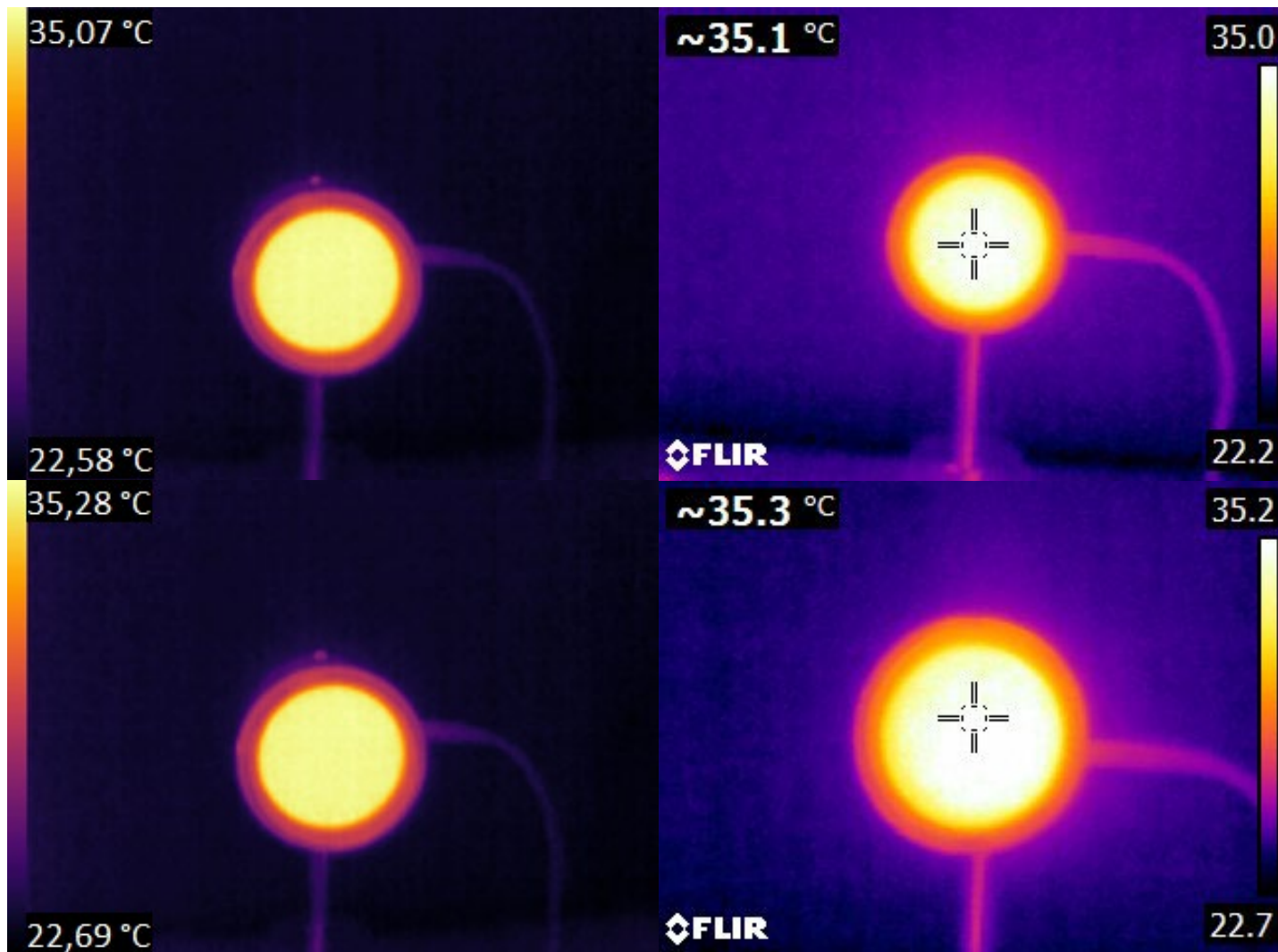


**MLX90640**



**FLIR E6**

# Využití modulu FLIR Lepton 3.5



FLIR Lepton 3.5

Zdroj: Autor

FLIR E6

# Shrnutí

- Termografie je zobrazovací metoda umožňující snímat povrchovou teplotu pacienta jako podpůrnou diagnostiku patologických stavů.
- Využití OEM IR modulů umožňuje přesnou znalost toho, co se s obrazem děje od začátku do konce.
- Umožňují přizpůsobení a funkce přesně podle požadavků uživatele.
- Využití OEM IR modulů vychází značně levněji než komerčně dostupná řešení, bez omezení přesnosti či spolehlivosti.