

Linux a Raspberry Pi

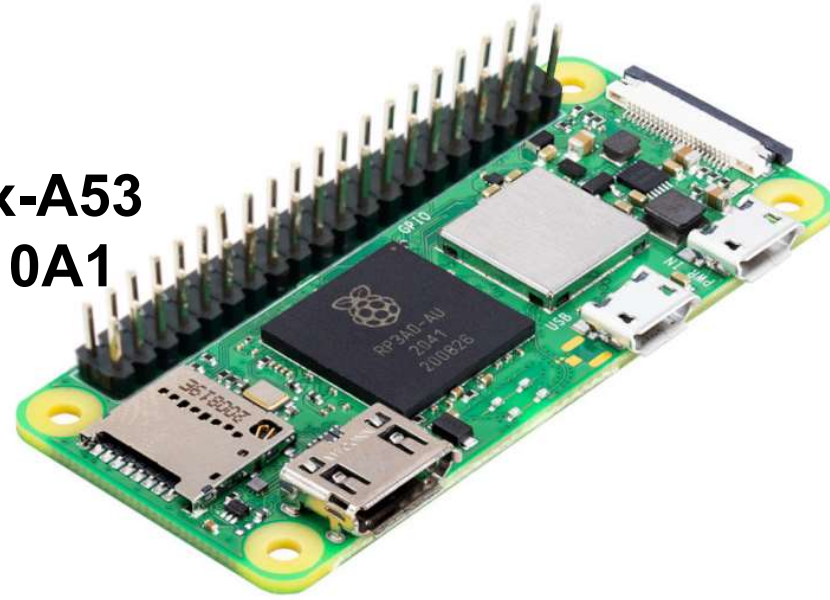
- Linux na dlani – koncepce Raspberry Pi
- operační systém na bázi Debianu
- představení programování v Pythonu
- příklad - web kamera pro obrázky z mikroskopu

Raspberry Pi

- malý jednodeskový počítač s deskou plošných spojů o velikosti zhruba platební karty
- 2012 vyvinut britskou nadací Raspberry Pi Foundation
- cílem **podpořit výuku informatiky** ve školách a seznámit studenty s tím, jak mohou počítače řídit různá zařízení
- primárním operačním systémem je Raspbian (odvozeno od Debianu = Linuxová distribuce)
- postupně varianty A1, B2, B3, aktuálně **RPi Zero W** a **RPi 4** – samostatně fungující, plus zásuvné moduly
 - varianta **Raspberry Pi Pico** patří do světa Arduina
 - stovky navazujících produktů – shieldy resp. HATs
- cs.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi www.raspi.cz/
- www.raspberrypi.org www.raspberrypi.com

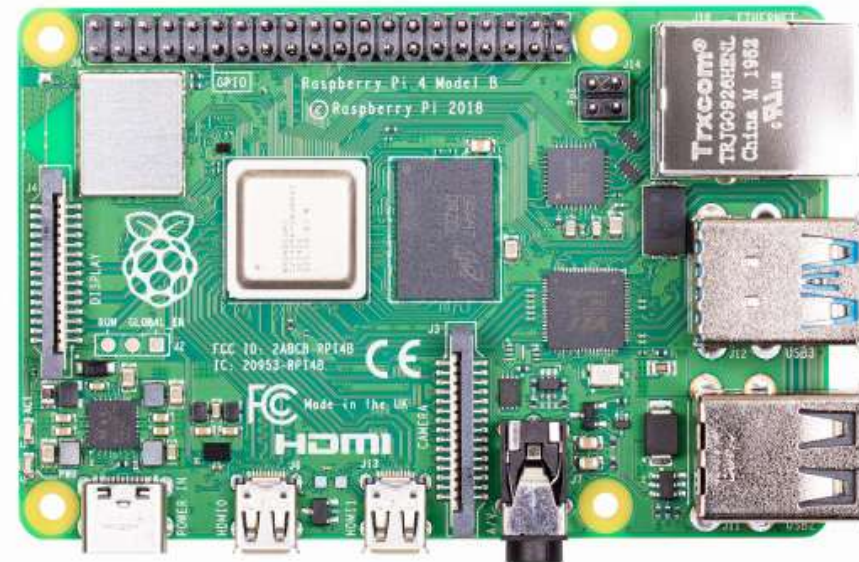
RPi Zero 2 W

- 4-jádrový 64bitový procesor ARM Cortex-A53 taktovaný na 1 Ghz - Broadcom BCM2710A1
- integrovaný spolu s 512 MB SDRAM do jednoho celku, system-in-package (SiP)
- velikost 65 x 30 mm
- mini HDMI, micro USB pro data (OTG) a další pro napájení (5 V), CSI-2 pro kameru, slot pro mikroSD kartu – na ní operační systém, standardní 40 pin GPIO konektor pro periferie, WiFi a BLE

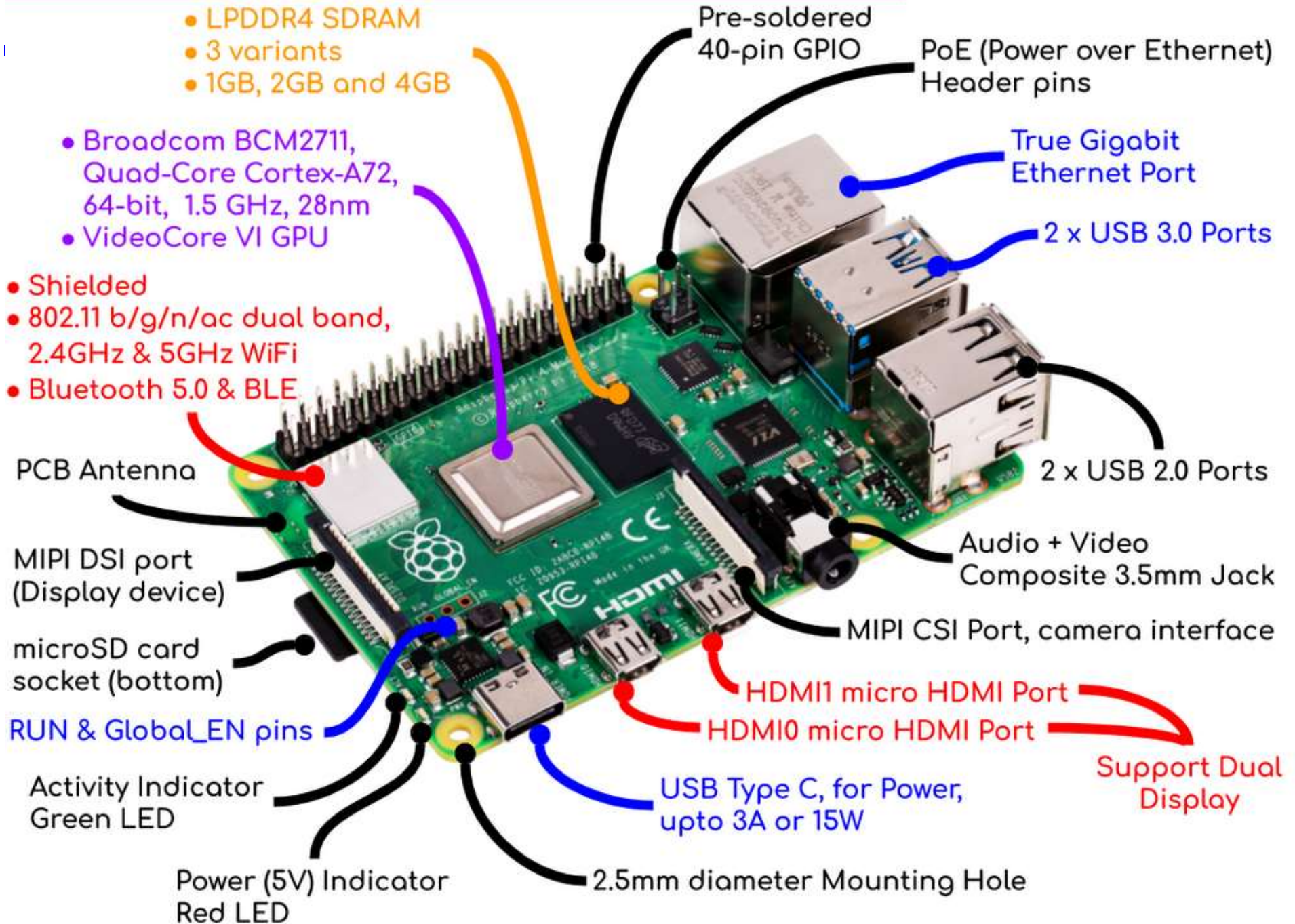


RPi 4

- **nejoblíbenější jednodeskový počítač**
- **první model přišel v roce 2012 se skromným cílem - posílit technické vzdělávání dětí - a odstartoval malou průmyslovou revoluci**
- **Raspberry Pi 4B je nejvýkonnější model a plnohodnotná náhrada PC**
- **1.5 GHz 4-jádrový procesor ARM Cortex-A72, 28 nm technologie (Broadcom BCM2711)**
- **2GB / 4GB / 8GB RAM modely**
- **4K grafika VideoCore přináší 4Kp60 video, dekódování HEVC / H.265 a režim dvou monitorů – 2 mikroHDMI konektory**
- **standardní 40 pin GPIO konektor pro periferie, WiFi a BLE, gigabit ethernet, USB 3.0**

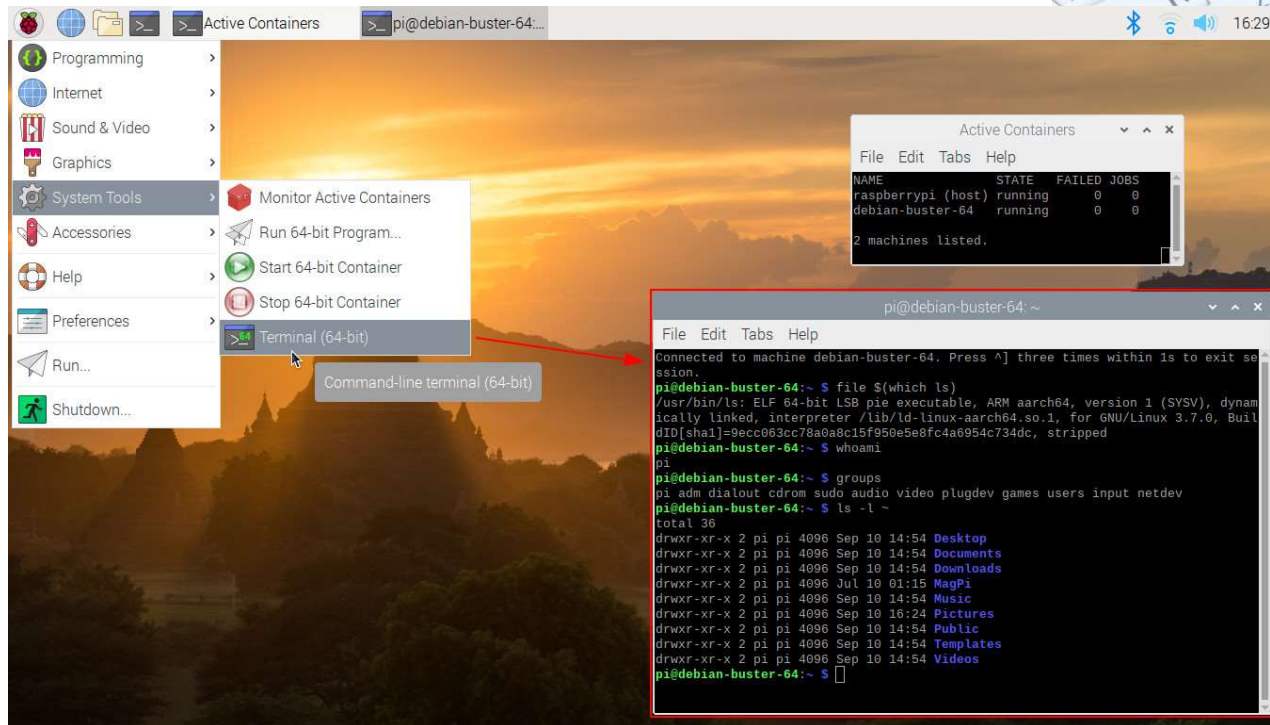


Co je na desce...

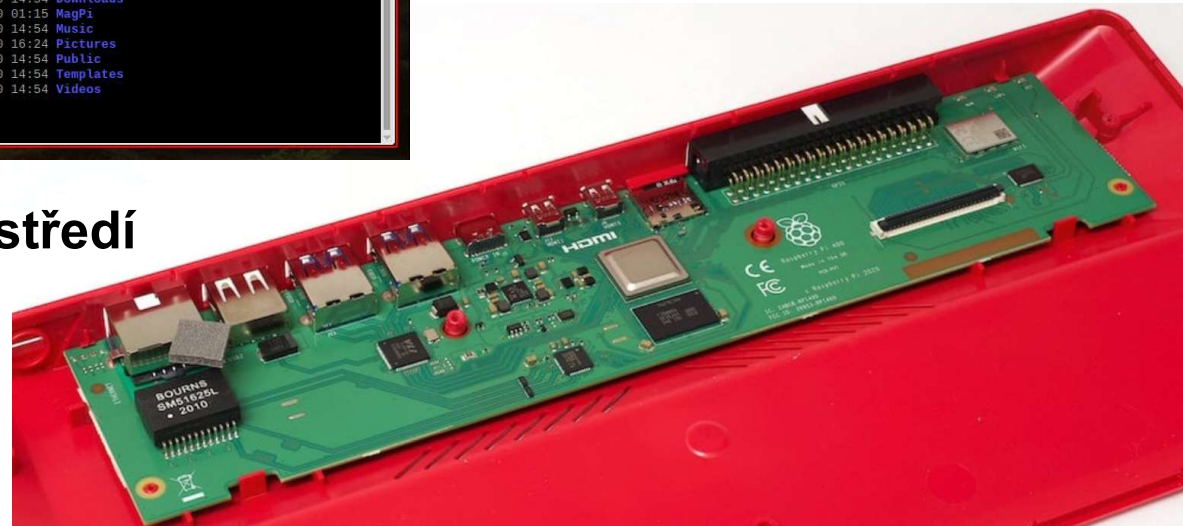


Raspberry Pi 400

- vše vestavěno v klávesnici
kompaktní řešení, méně kabelů
na stole, ideální jako stolní PC
s linuxem, kolem 2000 Kč



- běžné grafické uživatelské prostředí
- samozřejmě k dispozici
terminál pro klasické ovládání



Operační systémy

- **Raspberry Pi OS** (dříve Raspbian) je oficiální OS pro Raspberry Pi
 - na bázi osvědčeného (stabilního) projektu Debian Linux a používá upravené desktopové prostředí LXDE, které využívá správce oken Openbox
 - funkční pracovní plocha nepotřebuje mnoho systémových zdrojů
- **Volumio** - dokonalý jukebox, přehrávání skladeb z externího úložiště
 - možnost připojení k mnoha hudebním službám
 - podporuje zařízení kompatibilní s DLNA
- **LibreELEC** - ideální pro multimedialní centrum založené na **Kodi**
- **OpenMediaVault** - pro použití jako NAS
 - intuitivní rozhraní, možnosti vzdálené správy
- další linuxové distribuce – Ubuntu (Debian), Manjaro nebo Gentoo (ArchLinux), Fedora (RedHat), Kali Linux – testování možných ohrožení
- Kano OS – speciálně pro děti, RetroPie – herní konzole
- Windows IOT Core, dokonce návody i na Windows 11 (for ARM)

raspberrytips.com/best-os-for-raspberry-pi/

Raspberry Pi OS

- <https://www.raspberrypi.com/software/>
- instalace na mikroSD kartu – použitím aplikace Raspberry Pi Imager
- ruční postup – stáhne se obraz požadovaného OS a přenesení na mikroSD kartu – bootovací medium a současně „pevný disk“ pro provoz OS
- **Raspberry Pi OS with desktop**
 - release date: September 22nd 2022, System: 32-bit (64-bit), Kernel version: 5.15, Debian ver. 11 (bullseye), velikost: **894 MB**
- **Raspberry Pi OS with desktop and recommended software**
 - **2 700 MB**, celkem hodně balastu
- **Raspberry Pi OS Lite** (nemá grafické prostředí)
 - **338 MB**
- první spuštění – klávesnice, monitor, myš, internet (lze alternativně provést i v „headless“ modu – pouze připojení SSH přes internet)
- provoz – desktopové grafické prostředí – „normální PC; terminálové prostředí, vzdálený přístup jako server – textový terminál (SSH), včetně GUI (VNC)

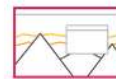
Oficiální web

- www.raspberrypi.com How to get started with your Raspberry Pi
- dokumentace
- detailní návody
- řešení typických situací
- forum – uživatelská podpora
- technické detaily



Getting started

How to get started with your Raspberry Pi



Raspberry Pi OS

The official Raspberry Pi operating system



Configuration

Configuring your Raspberry Pi's settings



The config.txt file

Low-level settings control



The Linux kernel

How to configure and build a custom kernel for your Raspberry Pi



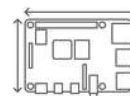
Remote access

Accessing your Raspberry Pi remotely



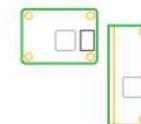
Camera software

Software and libraries for Raspberry Pi camera hardware



Raspberry Pi hardware

Technical information about Raspberry Pi hardware



Compute Module hardware

Technical information about Raspberry Pi Compute Module hardware



Processors

Technical information about the CPUs used by Raspberry Pi



Product Information Portal

Raspberry Pi compliance documents



Datasheets

PDF documentation

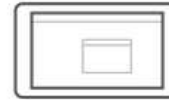
Periferie

- do USB portů
- to, co pro normální PC
- přes GPIO sběrnici - HAT



Camera

Raspberry Pi camera boards



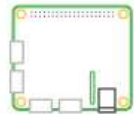
Display

The Raspberry Pi Touch Display



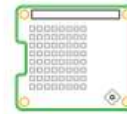
Keyboard and mouse

Official Raspberry Pi keyboard and mouse



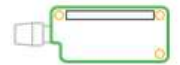
Build HAT

How to use the Build HAT



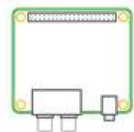
Sense HAT

How to use the Sense HAT



TV HAT

How to watch TV on your Raspberry Pi



Raspberry Pi Audio

High-definition audio with Raspberry Pi



Designing a HAT

Information on the HAT specification

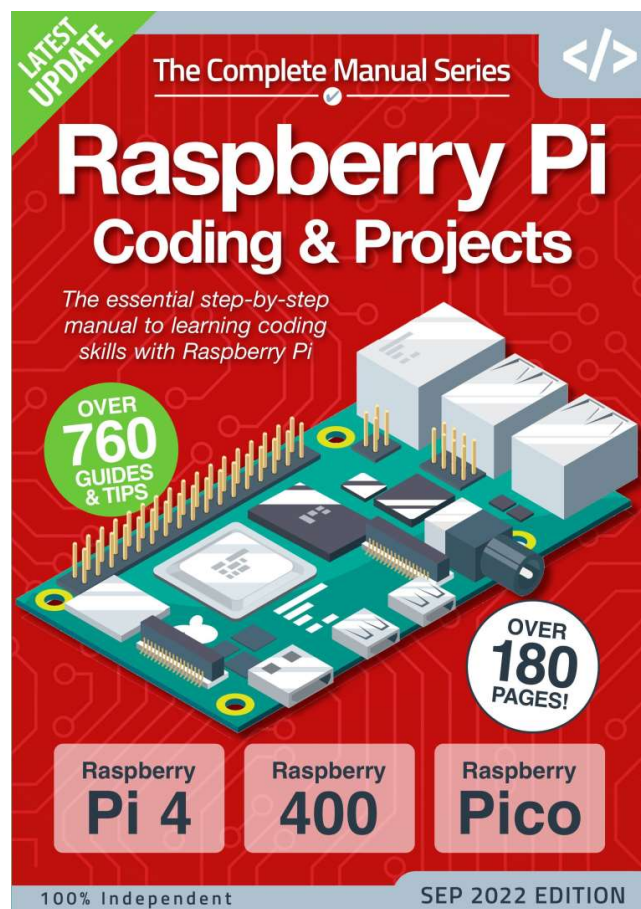


Product Information Portal

Raspberry Pi compliance documents

Tištěné (resp. PDF) informace

- knihy
- měsíčník MagPI
- ročenky
- řada Complete Manual Series



Typické možnosti použití

- **desktop** – grafické prostředí linuxu, klávesnice a klikání myší, alternativně dotykový display
- **server** – zjednodušená instalace bez grafické nadstavby, textová konzole, obvykle jen RPi připojené do internetu, bez ovládacích periférií; vzdálené připojení přes **SSH protokol**
 - **klientské programy** – sériový terminál, putty, mobax
- **kiosek** – pouze display pro zobrazování informací
- **webová kamera, fotoaparát, mikroskop**
- **herní konzole**
-
- **... fantazii se meze nekladou ...**

Mobax terminál

The screenshot shows the MobaXterm interface. On the left is a file explorer showing the directory structure of a remote system. On the right is a terminal window displaying the following information:

```
• MobaXterm Personal Edition v22.0 •
(SSh client, X server and network tools)

> SSH session to xuser@147.251.32.51
• Direct SSH : ✓
• SSH compression : ✓
• SSH-browser : ✓
• X11-forwarding : ✓ (remote display is forwarded through SSH)

> For more info, ctrl+click on help or visit our website.
```

Linux Callisto 5.10.0-17-amd64 #1 SMP Debian 5.10.136-1 (2022-08-13) x86_64

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software; the exact distribution terms for each program are described in the individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent permitted by applicable law.

Last login: Wed Oct 12 12:52:06 2022 from 147.251.32.50

xuser@Callisto:~\$ df

| Filesystem | 1K-blocks | Used | Available | Use% | Mounted on |
|----------------|-----------|---------|-----------|------|----------------|
| udev | 8049464 | 0 | 8049464 | 0% | /dev |
| tmpfs | 1613252 | 840 | 1612412 | 1% | /run |
| /dev/nvme0n1p2 | 478096136 | 2466672 | 451270040 | 1% | / |
| tmpfs | 8066260 | 0 | 8066260 | 0% | /dev/shm |
| tmpfs | 5120 | 0 | 5120 | 0% | /run/lock |
| /dev/nvme0n1p1 | 523248 | 3484 | 519764 | 1% | /boot/efi |
| tmpfs | 1613252 | 0 | 1613252 | 0% | /run/user/1000 |

xuser@Callisto:~\$

At the bottom of the terminal window, there is a status bar showing system information: Callisto, 0% CPU, 0.20 GB / 15.39 GB memory, 0.01 Mb/s network speed, 91 days uptime, and user xuser.

- SSH připojení k debianu – vlevo typická struktura souborového systému na vzdáleném pc, vpravo terminálové okno – zadávání příkazů, zobrazení odezev

Kde to pořídit

- **cz.farnell.com**
- **974 položek**
- **rpishop.cz**
- **1694 položek**

Embedded Dceřiné Desky & Moduly - Raspberry Pi

Embedded Jednodeskové Počítače - SBC - Raspberry Pi

Embedded Vývojové Sady - Raspberry Pi

Příslušenství Embedded Vývojových Sad - Raspberry Pi

Embedded Počítače, Výukové & Vývojové Desky (917)



Raspberry Pi (590)

Příslušenství Embedded Vývojových Sad - Raspberry Pi (267)

Embedded Dceřiné Desky & Moduly - Raspberry Pi (209)

Embedded Jednodeskové Počítače - SBC - Raspberry Pi (79)

Embedded Vývojové Sady - Raspberry Pi (35)

Krabičky pro Vývojové Desky (202)

Arduino (103)

Příslušenství Embedded Vývojových Sad - Arduino (92)

Embedded Dceřiné Desky & Moduly - Arduino (11)

Jiné Embedded Počítače (15)

Příslušenství Embedded Vývojových Sad - Jiné Embedded Počítače (12)

Embedded Dceřiné Desky & Moduly - Jiné Embedded Počítače (3)

Sady IoT Řešení (2)

Embedded Vývojové Sady - Sady IoT Řešení (2)

Micro:bit (2)

Příslušenství Embedded Vývojových Sad - Micro:bit (2)

ARM (2)

Embedded Vývojové Sady - ARM (1)

Embedded Dceřiné Desky & Moduly - ARM (1)

Jiné Výukové & Vývojové Desky (1)

Příslušenství Embedded Vývojových Sad - Jiné Výukové & Vývojové Desky (1)

Vývojové Desky, Zkušební Nástroje (17)



Embedded Vývojové Sady & Příslušenství (6)

Integrované Dceřiné Desky & Moduly (5)

Integrované Vývojové Sady - Primární Platforma (1)

Vývojové Sady pro Displeje (4)

Příslušenství Analogových Vývojových Sad (4)

RF / Bezdrátové Vývojové Sady (2)

WiFi (1)

RF Vývojové Nástroje (1)

Embedded Jednodeskový Počítač - SBC (1)



Polovodiče - IO (8)

Paměť (4)

Flash Paměťové Karty (4)

Mikrokontroléry - MCU (4)

16 / 32 Bitové Mikrokontroléry - MCU - ARM (4)

Ceny:

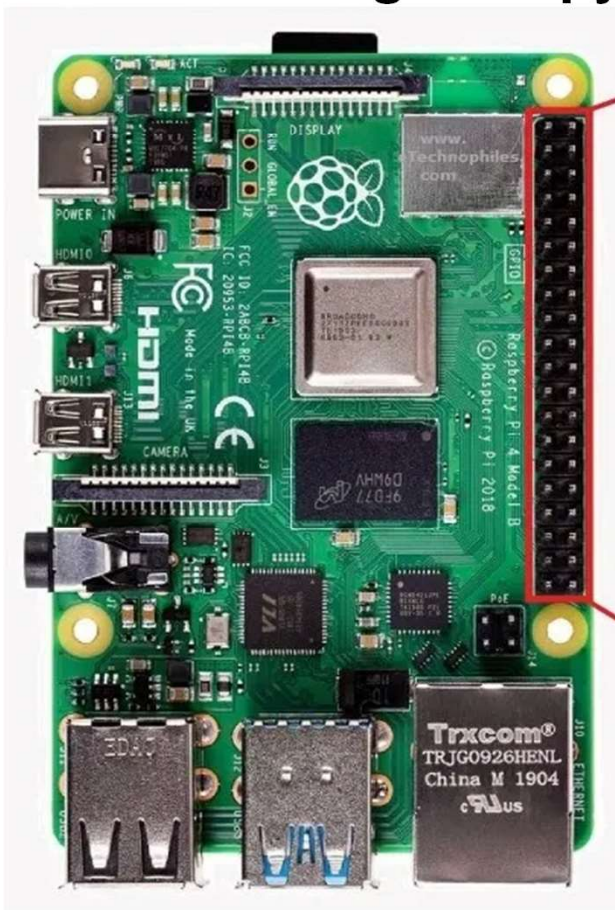
RPi 4B 2GB 1350 Kč, 4GB 1650

Kč, 8GB 2250 Kč

RPi Zero W 280 Kč, 2 W 410 Kč

GPIO konektor („header“)

- pro připojování externích zařízení nebo zásuvné moduly „hats“ (RPI 4)
- úrovně 3,3 V (!)
- **X** nemá to analog. vstupy



| | | | |
|---------------------------------|--|--|-------------------------------------|
| 3.3v | | | 5V |
| GPIO 2 Serial Data (I2C) | | | 5V |
| GPIO3 Serial Clock (I2C) | | | Ground |
| GPIO 4 | | | GPIO 14 (UART TX) |
| Ground | | | GPIO 15 (UART RX) |
| GPIO 17 Chip Enable-CE1 (SPI1) | | | GPIO 18 Chip Enable-CE0 (SP1) [PWM] |
| GPIO 27 | | | Ground |
| GPIO 22 | | | GPIO 23 |
| 3.3v | | | GPIO 24 |
| GPIO 10 MOSI (SPI 0) | | | Ground |
| GPIO 09 MISO (SPI 0) | | | GPIO 25 |
| GPIO 11 SCLK (SPI 0) | | | GPIO 8 Chip Enable-CE0 (SPI0) |
| Ground | | | GPIO 7 Chip Enable-CE1(SPI0) |
| GPIO 0 EEPROM Serial DATA (I2C) | | | GPIO 1 EEPROM Serial Clock (I2C) |
| GPIO 5 | | | Ground |
| GPIO 6 | | | GPIO 12 (PWM) |
| GPIO 13 (PWM) | | | Ground |
| [PWM] GPIO 19 MISO (SPI 1) | | | GPIO 16 Chip Enable-CE2 (SPI 1) |
| GPIO 26 | | | GPIO 20 MISO (SPI 1) |
| Ground | | | GPIO 21 SCLK (SPI 1) |

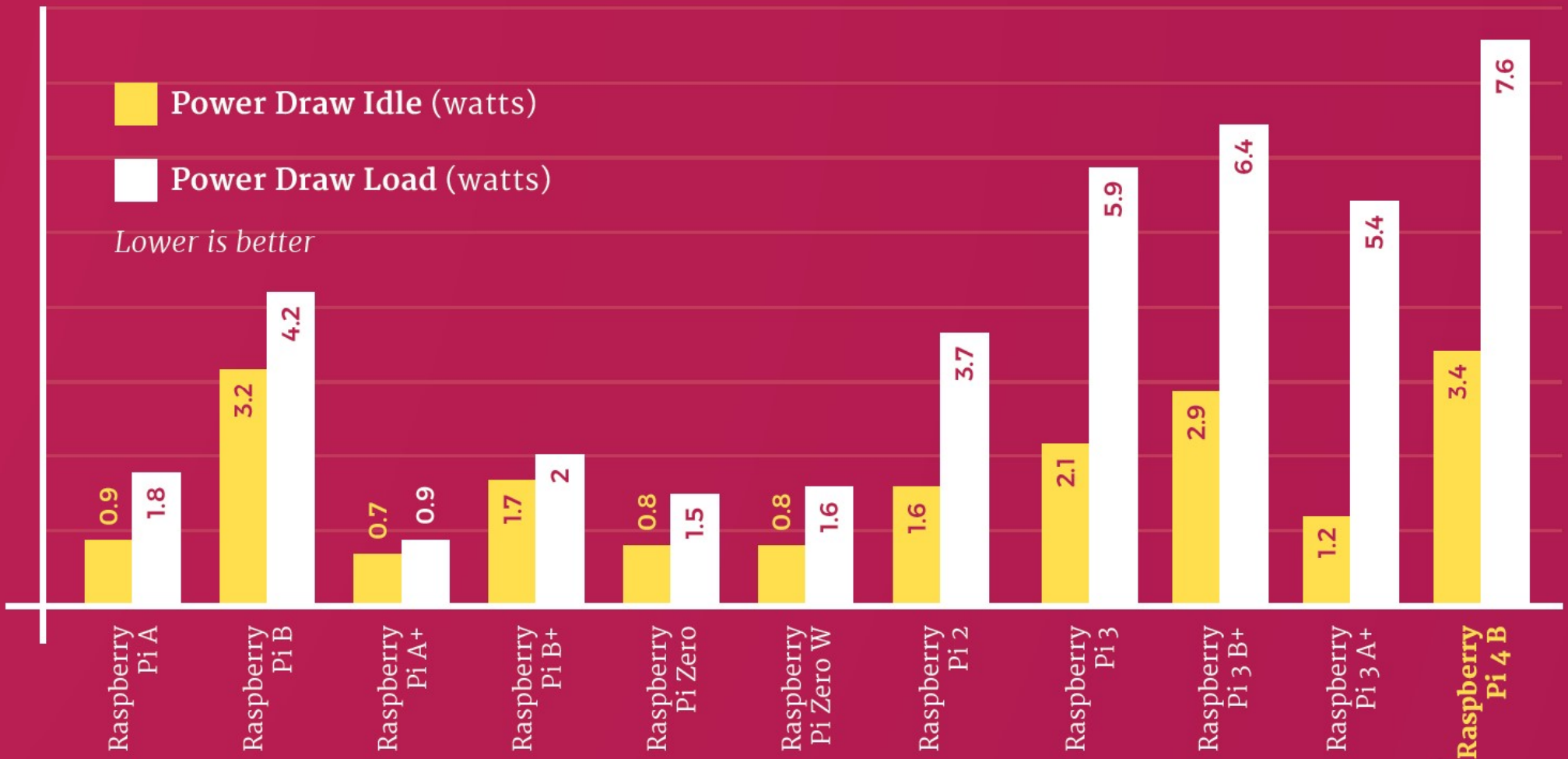
GPIO po skupinách

- **GPIO: standardní piny, které lze použít k zapnutí a vypnutí zařízení, třeba LED, spínače**
- **I2C (Inter-Integrated Circuit): připojení a komunikace s moduly, které podporují I2C protokol**
- **SPI (Serial Peripheral Interface Bus), obdobné, ale využívá jiný protokol**
- **UART (universal asynchronous receiver/transmitter) je sériový protokol (může být blokován pro terminálový přenos – odblokovat)**
- **DNC znamená nepřipojovat**
- **napájecí piny přivádějí napájení přímo z Raspberry Pi, jediné 5 V piny Pi.**
- **GND: k uzemnění zařízení, jsou všechny připojeny ke stejnému vedení**

- **není zde vůbec možnost analogového vstupu či výstupu (snad přes audio, nebo PWM)**

Úsporný systém

- jedním z benefitů je nízká energetická náročnost, zejména když se nic neděje („idle“ stav) – typická situace u permanentně zapnutých (mini)serverových systémů (24/7)



Python - programování



www.python.org

-
- **Python3** standardní součástí instalace OS
- detailní návod, jak začít v Rpi:
- <https://learn.sparkfun.com/tutorials/python-programming-tutorial-getting-started-with-the-raspberry-pi/all>
- obecný stručný úvod:
- https://python.swaroopch.com/about_python.html
- u nás:
- <https://python.cz/zacatecnici/>
- nejjednodušší – programový kód se píše v textovém editoru (např. nano), uloží se s koncovkou .py a poté se spustí v rámci terminálu
- využití dedikovaného IDE – Idle (standardní) nebo Thonny (obojí preinstalováno již v OS)

Python začátek

- v terminálu spustit editor **nano**, zadat:

```
#!/usr/bin/python  
print "Hello, World!";
```

- uložit třeba jako **hello.py** a spustit příkazem

```
python hello-world.py
```

- až bude program dokončen, lze soubor převést na „executable“:

```
chmod +x hello.py
```

- a pak spustit alternativně zadáním

```
./hello.py
```

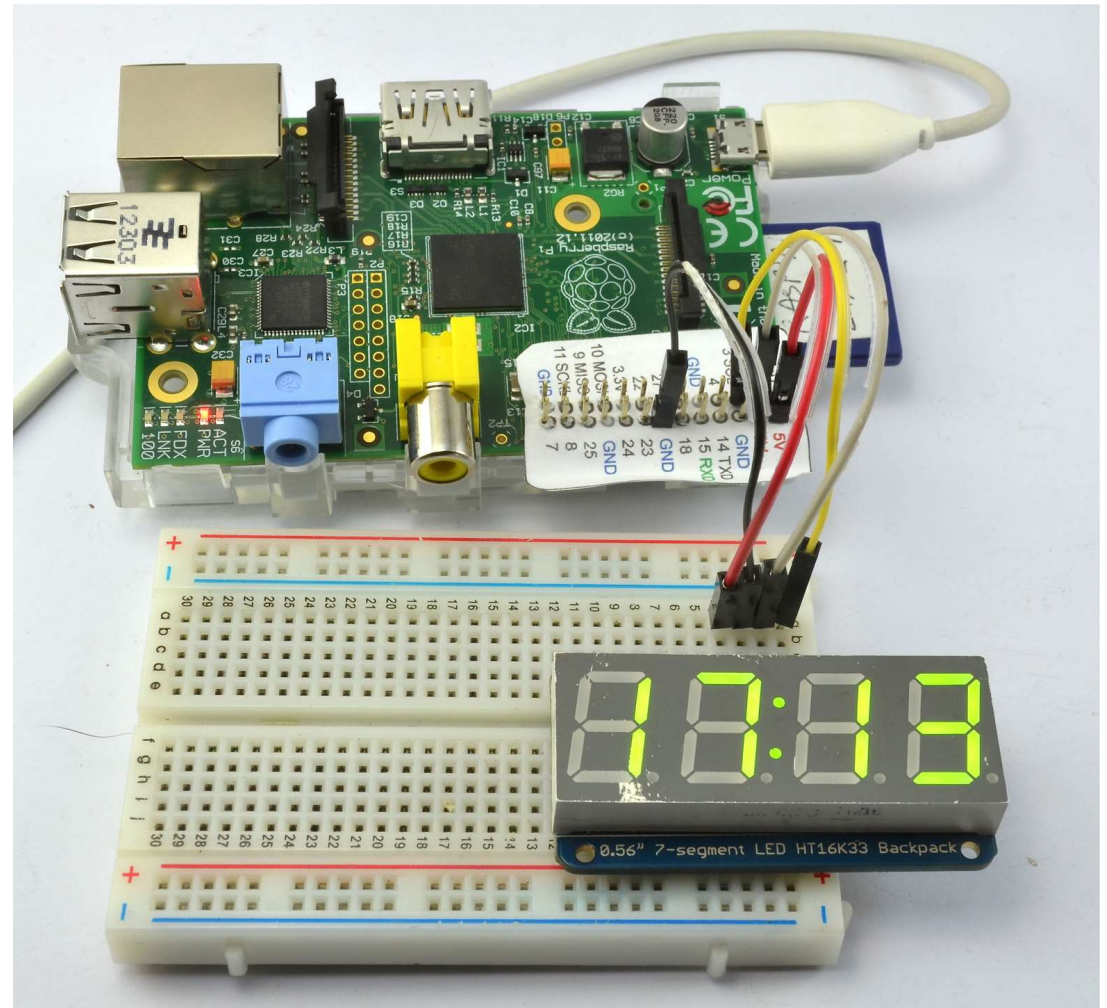
```
#!/usr/bin/python
```

```
import time  
import datetime  
from Adafruit_7Segment import SevenSegment  
import wiringpi
```

```
PIN_TO_SENSE = 22  
TickNo = 0  
wiringpi.wiringPiSetupGpio(); wiringpi.pinMode(PIN_TO_SENSE, wiringpi.GPIO.INPUT);
```

```
# ===== Clock Example  
segment = SevenSegment(address=0x70)  
# print "Press CTRL+Z to exit"  
# Continually update the time on a 4 char, 7-segment display  
while(True):  
    if ((wiringpi.digitalRead(button)==1) | (TickNo>0)):  
        now = datetime.datetime.now()  
        hour = now.hour; minute = now.minute; second = now.second;  
        segment.writeDigit(0, int(hour / 10)) # Tens  
        segment.writeDigit(1, hour % 10) # Ones  
        segment.writeDigit(3, int(minute / 10)) # Tens  
        segment.writeDigit(4, minute % 10) # Ones  
        segment.setColon(second % 2) # Toggle colon at 1Hz  
        time.sleep(0.25)  
        if (TickNo==0): TickNo = 10;  
    else:  
        TickNo-=1;  
        if (TickNo<=0): segment.clear();
```

Python – hodiny



C/C++ na RPi_?

- v rámci OS nainstalovány standardní komponenty, obecné i RPi-specifické knihovny, jako IDE může sloužit editor Geany
- na začátek – textový soubor hello.cpp s obsahem:

```
#include <iostream>
```

```
using namespace std;
```

```
int main() { cout << "Hello in C++" << endl; return 0; }
```

- zkompilovat:

```
g++ -o hello hello.cpp
```

- a spustit:

```
./hello
```

Python vs. C

```
1 #!/usr/bin/python
2
3 print "Hello, World!";
4
```

"Hello, World!" program
in Python

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main()
4 {
5     printf("Hello, World! \n");
6     return 0;
7 }
8
```

"Hello, World!" program
in C

- Python ... interpretovaný jazyk (pomale ...), vhodný pro začátečníky
- C/C++ ... kompilovaný jazyk – nativní kód – maximální rychlost, spíše pro pokročilejší uživatele

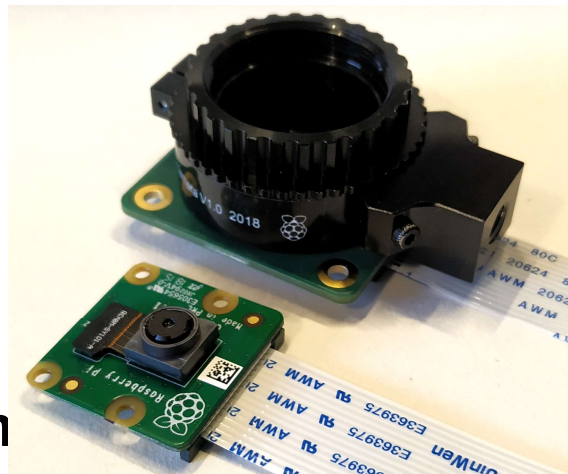
Jazyk / Využití mezi vývojáři

| | | | |
|------------|-------|----------|-------|
| JavaScript | 67.7% | HTML/CSS | 63.1% |
| Python | 44.1% | Java | 40.2% |
| C# | 31.4% | PHP | 26.2% |
| C++ | 23.9% | C | 21.8% |

- C++ vývojáři lépe placeni (113 561 \$) než ti s Pythonem (107 397 \$)

Ukázka z vědy - mikroskop

- základem kamera s **C-mount** rozhraním
- umožní připojení **různých standardních** objektivů, včetně mikroskopických (i nástavce pro objektivy ze stolních mikroskopů DIN standardu)
- 12.3 megapixel Sony IMX477 sensor
7.9 mm diag. snímač, $1.55 \times 1.55 \mu\text{m}$ pixely
- záznam a (před)zpracování obrazu či videa
- dostatečný výkon z RPi
- WiFi bezdrátový přenos obrazu
- Open source „top“ systém:
<https://github.com/IBM/Microscopy>



Závěr

- cílem přednášky bylo představit možnosti aplikací moderních mikrokontrolerů v oblasti vědeckého využití, s důrazem na digitální část problematiky
- ukázat možnosti, nejvhodnější systémy a základy jejich použití a programování
- vědu lze dělat nejen s profesionálními, často předraženými systémy, ale zejména v oblasti (bio)analytické chemie je stále dostatečný prostor i pro vlastní konstrukci

zvolený přístup je kompatibilní s aktuálními trendy:

- point-of-care diagnostics
- lab-on-chip miniaturization
- wearables for analysis
- smartphone use, internet of things