

MONITOR RADIÁCIE S BPI-M2 ZERO

Ing. Lubomír Karlík

Jednou zo základných environmentálnych veličín je aj radiácia. Tento pojem je veľmi široký a nezahŕňa len nebezpečné formy ionizujúceho žiarenia, ale aj nie nebezpečné formy v podobe elektromagnetického žiarenia, svetlo, rozhlasové a televízne vysielanie... Pre živé organizmy je nebezpečné ionizujúce žiarenie určitej intenzity, najmä vo forme α (alfa), β (beta), γ (gama) žiarenia.

Oblečenie, koža, či srst' majú schopnosť blokovať účinky vysokoenergetických častíc α a β , ale nie žiarenia γ . Účinky tohto žiarenia na organizmus sa kumulujú, preto je dôležité poznať nielen okamžitú hodnotu ionizujúceho žiarenia, ale aj priebeh jeho intenzity v čase. Na to slúži popisovaný projekt.

Hardware monitora

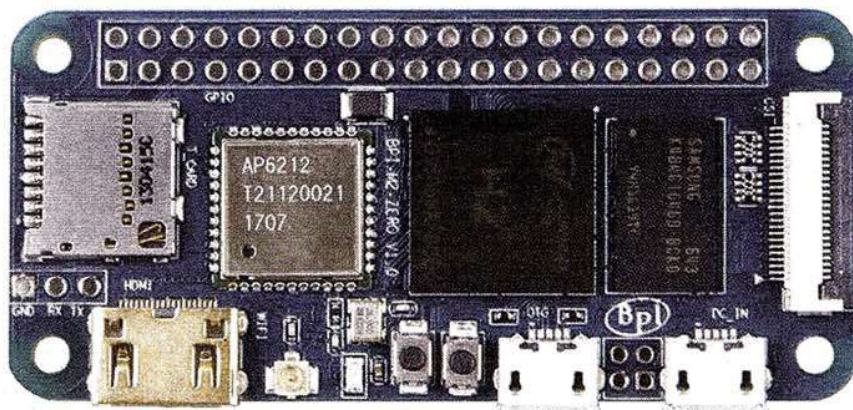
Pôvodne som uvažoval o realizácii vlastného hardware, ale zistil som, že hotových meračov radiácie je nepreberné množstvo. Väčšina z nich však informuje len o aktuálnej hodnote radiácie a interpretácia časových údajov je dostupná len na drahších zariadeniach alebo úplne chýba, takže sa z merača stáva indikátor. Výzvou sa stal zber a interpretácia nameraných údajov. Ďalšie hľadanie na internete ma priviedlo k projektu, ktorý tieto funkcie realizuje pomocou jednodoskového počítača Raspberry Pi (ďalej ako SBC) [1].

Projekt som zrealizoval a odskúšal. Nepáčilo sa mi, že som odkázaný na BalenaCloud, mať tam vytvorené konto a v neposlednom rade hlavným obmedzujúcim faktorom je cena a nedostupnosť SBC Raspberry Pi. Čakacie doby sú okolo 53 týždňov a cena sa šplhá nad 100 €. Realizácia za takúto cenu je už otázkou aj pre nadšenia. Hľadal som alternatívu pre zmenu Raspberry Pi. Na trhu je veľké množstvo SBC „kompatibilných“ s Raspberry Pi. Ukázalo sa,

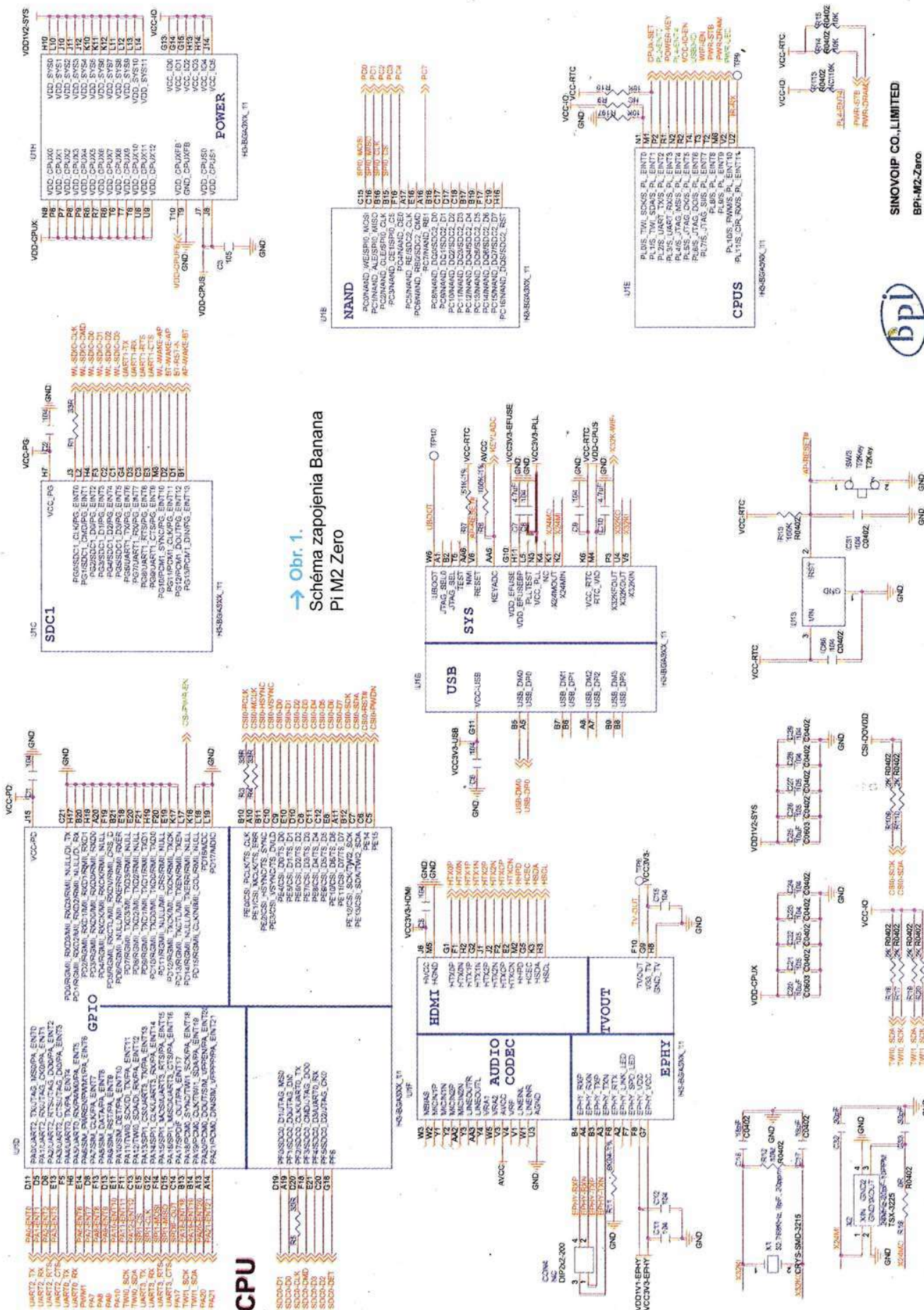
že 100% kompatibilné nie je žiadne, o softwarovej kompatibilite ani nehovoriac. Nakoniec moja voľba padla na SBC Banana Pi. Hlavným dôvodom bolo, že tento hardware je vyvíjaný a dodávaný pod licenciou „open source“ a záujemcom sú teda dostupné schémy a zdrojové kódy, viď obr. 1. Zvolil som model Banana Pi M2 Zero (ďalej ako BPI-M2). Ide o ultrakompaktný SBC osadený na doske s plošnými spojmi s rozmermi 60 × 30 mm, so štvorjadrovým procesorom ARM Cortex A7 Allwinner H2+ s 512 MB DDR3 SDRAM, integrovaným Wi-Fi a Bluetooth čipom a výstupom HDMI – obr. 2. Dva mini USB porty zabezpečujú pripojenie USB periférií (klávesnica, myš, USB kľúč...) a (alebo) napájanie 5 V. Detailnejší popis nájdete na [3]. GPIO na 40-pinovom ko-

nektore (obr. 3) sú dostatočne hardwareovo kompatibilné s Raspberry Pi, takže použitie modulov určených pre Raspberry Pi SBC je jednoduchšie. BPI-M2 v najrôznejších modifikáciách je bežne dostupný ako skladová položka vo viacerých obchodoch na Slovensku aj v Čechách.

Čo sa týka detektora radiácie, rozhodol som sa použiť už existujúci hardware. Možno použiť ľubovoľný detektor generujúci 5 V impulzy zodpovedajúce meranej úrovni žiarenia. Zvolil som stavebnicu detektora s trubicou M4011 dostupnú v e-shope Banggood alebo Aliexpress, ktoré na Slovensko alebo do Čiech dodajú už prečlenený tovar v rámci IOSS [4] bez problémov a opletačiek s colníkmi a daňovými úradmi. Použitie polovodičového detektora je možné. Odskušal som detektor s BPW34 publikovaný v časopise Elektor v roku 2012 [7]. Zapojenie je funkčné, ale praktickú realizáciu sondy komplikujú citlivosť na elektromagnetické rušenie a denné svetlo. Ďalej som teda pokračoval s detektorom na princípe Geiger-Müllerovej trubice [9]. Zapojenie je veľmi jednoduché (obr. 4) a vychádza z pôvodného návrhu s Raspberry Pi. Treba na to tri vodiče ukončené dutinkami Dupont, ktoré sa



→ Obr. 2. Fotografia dosky Banana Pi M2 Zero



SINOVOIP CO., LIMITED

BPI-M2-Zero



<http://www.banana-pi.org>

→ Obr. 3.

Signály na systémovom konektore

iste nájdú v šuplíku každého kutila zaoberajúceho sa elektronikou.

Okrem prepojení podľa obrázka je potrebné priviesť napájacie napätie 5 V. To možno urobiť niekoľkými spôsobmi. Jednou z možností je napájanie cez microUSB port dosky BPI-M2, ďalšou privedenie napájania na dosku detektora, alebo privedenie napájacieho napätia na vývody GPIO dosky BPI-M2. Vodič +5 V na vývod číslo 2 a 0 V na ľubovoľný vývod

GND, napríklad vývod číslo 39. Celkový odber mikropočítača s detektorom je približne 400 mA.

Software monitora

Hlavnou výzvou sa stal obslužný software. Môj počiatočný zámer použiť program v Pythone *counter.py* z pôvodného projektu stroskotal na nemožnosti použiť Python knižnicu *Rpi.GPIO* na Banana Pi, určenej výhradne pre Raspberry Pi s BCM chipom. Pokus použiť knižnicu *Rpi.GPIO* pre BPI dostupnú na [5] <https://github.com/BPI-SINOVOIP/RPi.GPIO> skončil neúspechom vďaka nulovej údržbe projektu, nemožnosti prekladu na BPI-M2 (skončil s chybou prekladača C++). Pokus nájsť kompatibilnú knižnicu s *Rpi.GPIO* pre Python sa skončil tiež neúspechom aj z dôvodu absencie obsluhy hardwarového prerušenia v knižniciach, ktoré sa zdali vhodnými kandidátmi. Toto ma vrátilo na začiatok a urobil som rozhodnutie napísať vlastný program *counter.py* pre BananaPi SBC.

Programové súbory sú tri: *counter.py*, *nastavenia.py* a *config.py*. Na stiahnutie sú dostupné v adresári *src* na portáli github [10]. Ako napovedá ich názov, *counter.py* slúži na počítanie impulzov z detektora. Modul *nastavenia.py* vykoná úvodnú inicializáciu premenných a služieb. Modul *config.py* obsahuje konfigurovateľné premenné programu. Program sa púšťa príkazom *python3 counter.py* z príkazového riadku linuxu. Nainštalovaný je debian pre ARM vývojové dosky s názvom Armbian [11], dostupný v najrôznejších verziách a v predpripravenom image *geiger.img*, ktorý si môžete stiahnuť z [12]. Tu sa spúšťajú všetky programové komponenty pri štarte vrátane *counter.py* a ko služba a nič nie je potrebné konfigurovať, ak nechcete.

Použitý software

Všetky programové komponenty sú voľne šíriteľné, tzv. Open Source, dostupné pod licenciou GNU [13]. Ako už bolo povedané, použil som verziu Linuxu Armbian, nainštaloval som databázu *InfluxDB* [14], vhodnú a optimalizovanú na časový zber dát a program [15] *grafana* na vizualizáciu dát.

Ako to pracuje

Dopad ionizujúcej častice na Geiger-Müllerovu trubicu spôsobí vodi-

vosť plynu v nej a vygeneruje napäťový impulz medzi jej elektródami. Elektronika dosky detektora tento impulz spracuje a na výstupe VIN sa objaví napäťový impulz 5 V. Označenie VIN na doske detektora je trochu máťúce, pretože symbolom VIN sa obvyčajne označuje nejaký napäťový vstup, ale v tomto prípade je to výstup. Tento napäťový impulz je privedený na jeden z vstupov GPIO dosky BPI-M2 a vygeneruje prerušenie (interrupt). Obslužná rutina prerušenia obsiahnutá v programe *counter.py*, započíta impulz do premennej programu. Program je v režime nečinnosti a odovzdá riadenie systému do ďalšieho prerušenia, alebo uplynutia stanoveného časového intervalu. Po ňom sa údaje zapisujú do databázy. Programové komponenty grafany zabezpečujú vizualizáciu nameraných údajov dostupnú na zobrazenie v ľubovoľnom internetovom prehliadači. Obslužná rutina prerušenia je veľmi krátka a v danej konfigurácii je teoretická hodnota počtu započítaných impulzov za minútu (ďalej ako CPM – count pre minute) vyššia ako 450 000, čo zodpovedá hodnote ožiarenia asi 26 Sv/rok, pričom za bezpečnú hodnotu sa považuje hodnota menšia ako 3 mSv/rok.

Správanie sa programu možno konfigurovať nastaveniami v *config.py*:

```
##
## interrupt parameters for geiger
probe
##
gpiochip="/dev/gpiochip0" # gpio chip
name
geiger_gpioline=6 # gpio port
for input GPIO4
geiger_measure_int=60 # measurement time interval
divider=151.3 # divider to calculate uSivert from CPM (valid for geiger_measure_int=60

##
## parameters for geiger DB record
##
url="http://localhost:8086"
org="geiger"
bucket="geiger"
token="admin:admin"
```

gpiochip – hodnota určuje názov GPIO čipu v systéme pre danú SBC (platí pre BPI-M2).

geiger_gpioline – hodnota určuje číslo vývodu GPIO na SBC, ak použijete iný GPIO port je potrebné túto hodnotu zmeniť.

geiger_measure_int – interval zápisu údajov do databázy v sekundách.

divider – číselný koeficient určujúci vzťah medzi CPM a veľkosťou radiácie v mikrosivierkoch za hodinu – $\mu\text{S}/\text{hod}$. Uvedený údaj platí pre použitú trubicu M4011 v tomto detektore. Pre iný detektor bude potrebné údaj upraviť.

url – adresa umiestnenia databázy.

Databáza *InfluxDB* má definovaných dvoch používateľov a je konfigurovateľná z príkazového riadku, prístupové heslo pre používateľa *admin* je *admin* a pre používateľa *geiger* je *geiger*. Obaja používatelia majú k databáze plné oprávnenia.

Vizualizačný komponent *grafana* má rovnako definovaných dvoch používateľov. Používateľa *admin* s heslom *admin* a používateľa *viewer* s heslom *viewer*. Používateľ *admin* má plné oprávnenia a používateľ *viewer* má oprávnenia iba na čítanie a prezeranie. Prístup k zobrazeniu nameraných údajov je možný cez internetový prehliadač na adrese *http://IP(BPI-M2):3000*, kde *IP(BPI-M2)* je aktuálne IP adresa sieťového rozhrania SBC vo vašej sieti. V grafane je definovaný dashboard (niečo ako prístrojová doska) s názvom The Geiger Counter.

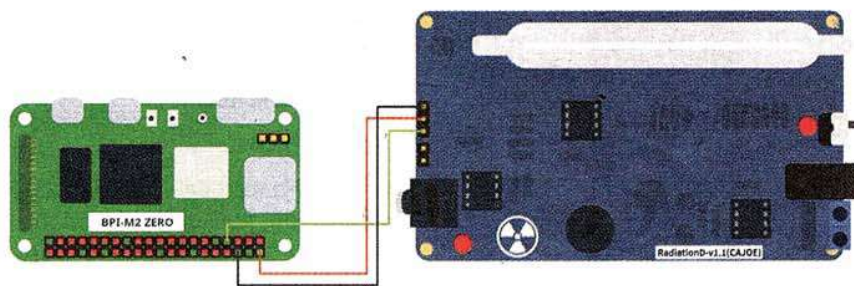
Databázový dotaz (query) pre zobrazenie poslednej nameranej hodnoty má tvar:

```
forkfrom(bucket: „geiger“)
  |> range(start: -10m)
  |> filter(fn: (r) => r._measurement == „geiger“ and r._field == „radiation“)
  |> yield()
```

a pre zobrazenie grafu :

```
from(bucket: „geiger“)
  |> range(start: v.timeRangeStart, stop:v.timeRangeStop)
  |> filter(fn: (r) => r._measurement == „geiger“ and r._field == „radiation“)
  |> yield()
```

Popis syntaxe databázového dotazu presahuje rámec obsahu tohto príspevku.



→ Obr. 4. Zapojenie merača radiácie s detektorom CAJOE

Po prihlásení do grafany, najlepšie ako užívateľ *viewer*, a výbere dashboardu The Geiger Counter (odkaz je na prvej obrazovke po prihlásení) sa zobrazí vizualizácia nameraných údajov (obr. 5).

V pravej hornej časti obrazovky sú ikony umožňujúce voľiť časový interval zobrazovaných údajov, interval obnovenia obrazovky a prechod do celoobrazovkového režimu.

Pre konfiguráciu parametrov a prístup k databáze použijete príkazový riadok CLI. Na tento účel použijete ľubovoľného SSH klienta na pripojenie cez port 22. V Linuxe sú definovaní dvaja používatelia. Používateľ *admin* a používateľ *pi*. Obaja majú heslo nastavené na hodnotu *bananapi*.

Ako na to

Stačí si stiahnuť *geiger.img* z [12] a napáliť na SD kartu. Na to potrebujete nejaký vhodný softvér na nahratie *img* na SD kartu, napríklad BalenaEtcher [16], alebo Win32Diskimager [17], alebo niečo podobné, alebo príkaz *dd* v Linux CLI:

```
sudo dd if=geiger.img of=/dev/mmcblkx
```

kde *mmcblkx* musí byť nahradený príslušným názvom SD karty vo vašom systéme.

Vložte do BPI-M2 pripravenú SD kartu a pripojte napájanie - systém by sa mal spustiť. Teraz môžete nakonfigurovať Geigerov počítač podľa vašich potrieb pomocou konzoly alebo cez Wi-Fi. Ak používate konzolu, prihláste sa ako používateľ *root*. Ak sa rozhodnete použiť Wi-Fi, bezdrôtový adaptér na BPI-M2 je predkonfigurovaný ako AP (prístupový bod) s BSSID *geiger* a heslom *12345678*. K tomuto AP sa stačí z počítača pripojiť a zistiť IP adresu BPI-M2 z vášho DHCP servera. Teraz môžete použiť SSH klienta na vašom PC na prihlásenie BPI-M2 na IP adrese 10.1.1.1. Po prihlásení sú potrebné ďalšie kroky. Z bezpečnostných dôvodov dôrazne odporúčam zmeniť heslá po prvom prihlásení.

Pomocou utility *armbian-config* zmeníte svoj bezdrôtový režim na režim klient a pripojte BPI-M2 k va-



→ Obr. 5. Vizualizácia v programe Grafana

šej existujúcej bezdrôtovej sieti ako klienta alebo zmeňte sieťové heslo v súbore `/etc/hostapd/hostapd.conf`. Ak zmeníte bezdrôtový režim na režim klient, nezabudnite zastaviť a zakázať službu DHCP

servera. Urobíte to pomocou príkazov:
`systemctl zakázat isc-dhcp-server.service`
`systemctl stop isc-dhcp-server.service`

Teraz je systém pripravený zbierať dáta o radiácii vo vašej lokalite každú minútu a zapisovať hodnoty do databázy InfluxDB ako časové rady. Preddefinovaná databáza má názov `geiger`. Ako už bolo povedané, kreslenie grafov a vizualizačné merania zabezpečuje Grafana. Stačí spustiť internet v akomkoľvek prehliadači, napr. v mobilnom telefóne, a pripojte sa k:

`http://IP(BPI-M2):3000`

Zobrazí sa prihlasovacia obrazovka a systém je pripravený na zber dát.

Záver

Po úprave dotazov či definovaní nových *dashboards* v *grafane* a úprave programu *counter.py* je možné zbierať údaje viacerých fyzikálnych veličín súbežne a prehľadne, a názorne ich zobrazovať. Tento príspevok nie je podrobným stavebným návodom, jeho cieľom je ukázať možnosti využitia vysokovýkonných a ľahko dostupných SBC v spolupráci s voľne dostupnými softwarovými komponentmi. Verím, že bude inšpiráciou mnohým čitateľom. ■

→ UŽITOČNÉ ODKAZY

- [1] <https://blog.balena.io/build-a-simple-radiation-monitor-using-a-raspberry-pi-influxdb-and-grafana>.
- [2] <https://github.com/chrisys/background-radiation-monitor>.
- [3] https://wiki.banana-pi.org/Banana_Pi_BPI-M2_ZERO.
- [4] https://taxation-customs.ec.europa.eu/online-sellers_en.
- [5] <https://github.com/BPI-SINOVOIP/RPi.GPIO>.
- [6] <http://cholla.mmt.org/electronics/geiger/banggood/M4011.pdf>.
- [7] <https://www.elektormagazine.com/magazine/elektor-201111/19753>.
- [8] https://www.banggood.com/sk/DIY-Geiger-Counter-Kit-Open-Source-Miller-Tube-GM-Tube-Module-Radiation-Parts-p-1937604.html?mmds=myorder&cur_warehouse=CN.
- [9] https://cs.wikipedia.org/wiki/Geiger%C5%AFv-M%C3%BCller%C5%AFv_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D?oldid=5034352.
- [10] <https://github.com/lubomirkarlik/bananapi-radiation-monitor>.
- [11] <https://www.armbian.com/>.
- [12] <https://drive.google.com/file/d/1pP6zhLzigKEu4VI4GHI0awQZ6XYNu6/view?usp=sharing>.
- [13] https://cs.wikipedia.org/wiki/GNU_General_Public_License.
- [14] <https://www.influxdata.com/get-influxdb/>.
- [15] <https://grafana.com/>.
- [16] <https://www.balena.io/etcher>.
- [17] <https://sourceforge.net/projects/win32diskimager/>.

Redakčná inzercia

časopis PRAKTICKÁ ELEKTRONIKA



KOMPLETNÍ
ročník
2022
na CD ROM
v prodeji od března 2023

Objednávejte na tel. 702 106 157,
 odbyt@aradio.cz, www.aradio.cz
 nebo na adrese: AMARO spol. s r. o.,
 Blatnická 845/9, 120 00 Praha 2.

CD ROM vám bude doručen na dobírku
 (k ceně připočteno balné a poštovné).
 Není možné platit v redakci – důvod EET.

CD ROM si také lze zakoupit v některých prodejnách knih a součástek.
 Cena CD ROM je 350 Kč + poštovné a balné.
 Cena pro předplatitele časopisů
 u firmy AMARO je 220 Kč + poštovné a balné.

Zájemci na Slovensku si mohou CD ROM
 objednat u firmy MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., P. O. box 169,
 830 00 Bratislava, tel./fax 02/672 019 33-33, predplatne@press.sk