

Systemy komputerowe w sterowaniu i pomiarach (SKPS)

Instrukcja do laboratorium 1

dr hab. inż. Wojciech Zabołotny, mgr inż. Dawid Seredyński

[Informacje wstępne](#)

[Cel laboratorium](#)

[Zadanie domowe](#)

[Zakres wejściówki](#)

[Zadania](#)

[Sprzęt](#)

[Karta SD](#)

[Zestaw laboratoryjny](#)

[Repozytorium i kody źródłowe](#)

[Oznaczenia użyte w tym dokumencie](#)

[Przygotowanie stanowiska](#)

[Pierwsze uruchomienie RPi](#)

[Kopiowanie plików na RPi](#)

[Logowanie za pomocą ssh systemie ratunkowym na RPi](#)

[Kompilacja obrazu Linuxa w Buildroot](#)

[Obraz dla Raspberry Pi 4B z initramfs](#)

[Uruchomienie zbudowanego obrazu](#)

[Obraz dla Raspberry Pi 4B bez initramfs](#)

[Zadanie domowe: Obraz na 64-bitową maszynę wirtualną "Virt" i uruchomienie w QEMU](#)

Informacje wstępne

Cel laboratorium

Celem laboratorium jest zapoznanie się z Buildroot oraz uruchomienie go w qemu i na RPi. Laboratorium 1 jest za 6 punktów, w tym:

- 0 - zadanie domowe - bez punktacji, ale zrobienie zadania jest bardzo pomocne w pracy na laboratorium
- 2 - wejściówka
- 6 - praca na zajęciach

Zadanie domowe

Zadanie domowe należy wykonać przed zajęciami

1. zbudowanie za pomocą Buildroot obrazu Linuxa dla maszyny wirtualnej i uruchomienie na qemu: [Zadanie domowe: Obraz na 64-bitową maszynę wirtualną "Virt" i uruchomienie w QEMU](#)

Zakres wejściówki

Na wejściówce można się spodziewać pytań z wykładu 1 oraz z niniejszej instrukcji, m.in.

1. qemu
2. Buildroot
3. transfer plików między dwoma komputerami w jednej sieci lokalnej

Zadania

Na laboratorium 1 wykonywane są następujące zadania:

1. Złożenie stanowiska laboratoryjnego: zestaw z Raspberry Pi 4B (RPi),
2. Pierwsze uruchomienie RPi, sprawdzenie połączenia sieciowego, wykonanie próbných transferów plików,
3. Zbudowanie za pomocą Buildroot obrazu Linuxa dla RPi, z init RAM fs,
4. Zbudowanie za pomocą Buildroot obrazu Linuxa dla RPi, z systemem plików na trwałym nośniku.

UWAGA: w czasie trwania zajęć należy przygotować raport - co i jak zostało zrobione, jakie były efekty.

Sprzęt

Karta SD

Na karcie SD, z której korzysta RPi, są 2 partycje:

1. **boot** - zawiera:
 - a. katalog overlays - overlays dla DT, czyli nakładki na drzewo urządzeń
 - b. katalog rescue - obraz systemu ratunkowego (Buildroot z initramfs), linia poleceń i drzewo urządzeń
 - c. katalog user - miejsce na obraz systemu, który zostanie wygenerowany w ramach zajęć
 - d. config.txt - plik z konfiguracją dla bootloadera
 - e. start4.elf - firmware GPU
 - f. fixup4.dat - plik związany z firmware
2. **rootfs** - system plików dla systemu wygenerowanego w trakcie zajęć

Studenci mogą zmieniać tylko zawartość katalogu /user na partycji nr 1 (boot) oraz partycję 2 (rootfs). Zmianie pozostałych plików i katalogów może spowodować awarię i konieczność ponownego wgrywania całego obrazu karty SD.

Zestaw laboratoryjny

Preferujemy restartowanie RPi za pomocą polecenia **reboot** (w Linuxie). Jeśli nie ma takiej możliwości (np. system się zawiesił), to restartujemy poprzez wyłączenie zasilania, oczekiwanie kilku sekund i włączenie zasilania na **listwie zasilającej RPi. Nie odłączamy kabla zasilającego, gdyż spowoduje to szybkie zużycie gniazda!**

Wszelkie zmiany w połączeniach wykonujemy przy wyłączonym zasilaniu RPi. Przed włączeniem RPi w nowej konfiguracji, należy za każdym razem powiadomić prowadzącego i zaczekać, aż sprawdzi poprawność połączeń.

Przed zakończeniem zajęć należy zwrócić zestawy w takim samym stanie, w jakim zostały wydane: należy zwinąć i spiąć kable, spakować elementy do pudełek i opakowań.

Repozytorium i kody źródłowe

Każdy zespół jest zobowiązany do utworzenia repozytorium na wydziałowym serwerze gitlab:

<https://gitlab-stud.elka.pw.edu.pl>

Nazwa repozytorium:

skps23l_inazwisko1_inazwisko2

inazwisko - pierwsza litera imienia i nazwisko, bez polskich liter, np. nazwa repozytorium dla zespołu Jana Kowalskiego i Anny Przykładowskiej to:

skps23l_jkowalski_aprzykładowska

W ww. repozytorium należy przechowywać:

- kody źródłowe (*.c, *.py, *.h, Makefile, xml, itp.)
- pliki konfiguracyjne (.config)
- dokumentację: tylko w formacie markdown (*.md) lub pdf

W repozytorium NIE przechowujemy:

- skompilowanych pakietów
- paczek ściągniętych z internetu (Buildroot, OpenWRT, SKD, itp.)

Struktura katalogów w repozytorium powinna być następująca::

- cw1
 - [zadanie domowe, kody i raporty dla ćwiczenia 1, pliki konfiguracyjne (.config) Buildroot]
- cw2
 - [zadanie domowe, kody i raporty dla ćwiczenia 2]
- cw3
 - [j.w.]
- cw4
 - [j.w.]
- projekt
 - [zadanie domowe, kody i raporty związane z projektem]

UWAGA: należy dodać osobę prowadzącą zajęcia do listy osób uprawnionych do przeglądania repozytorium.

UWAGA 2: należy wgrywać pliki do repozytorium w rozsądny sposób, np. nie należy wgrywać gigabajtów danych ze skompilowanym Buildroot, ale wystarczy wgrać plik z konfiguracją (.config) i opisać w raporcie, dla jakiej wersji Buildroot jest ta konfiguracja.

Oznaczenia użyte w tym dokumencie

Polecenia, które są wpisywane w konsoli **Linuxa** na komputerze **host (PC)** oznaczone są jasnoszarym tłem, np.:

```
ls -la /
```

Polecenia, które są wpisywane w konsoli **Linuxa** na komputerze **RPI** oznaczone są malinowym tłem (raspberry, czyli malina), np.:

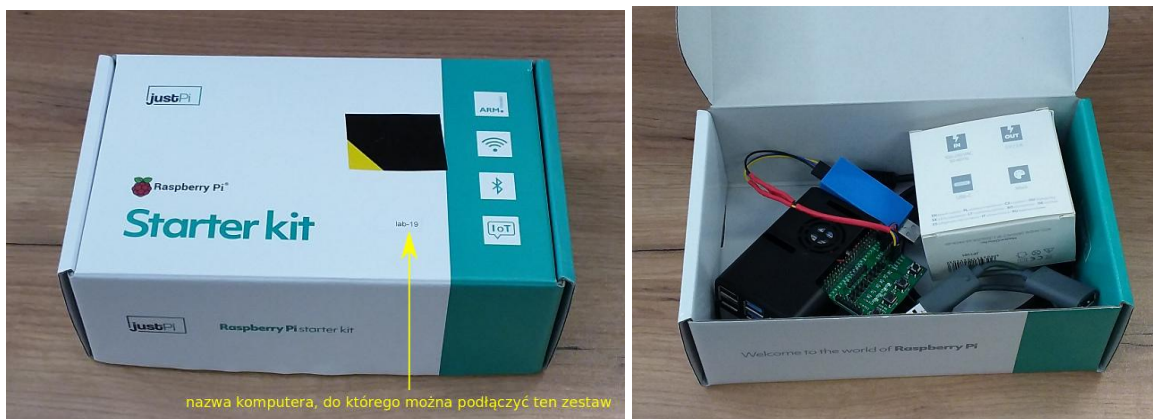
```
ls -la /
```

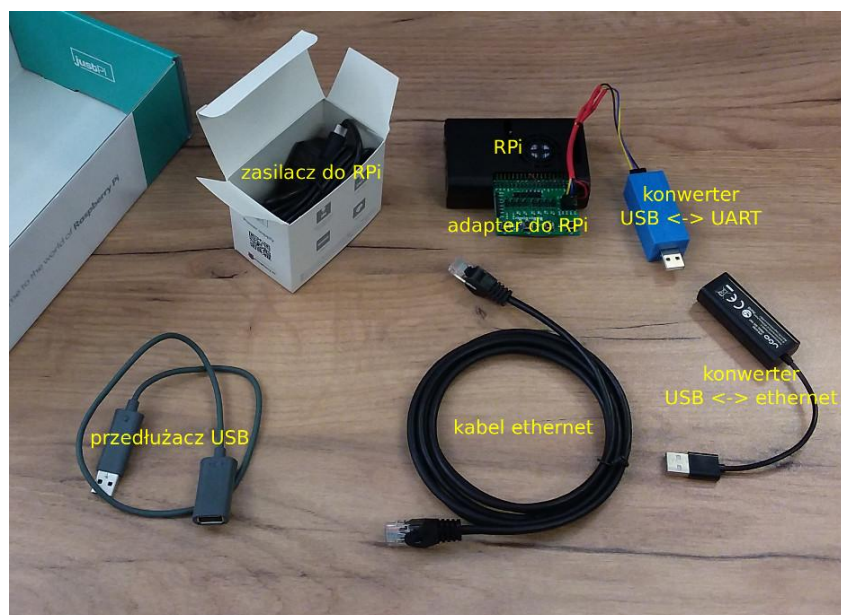
Przygotowanie stanowiska

Studenci samodzielnie przygotowują stanowisko, podłączając urządzenia według instrukcji, ale **przed jego uruchomieniem (włączeniem zasilania) muszą skonsultować się z prowadzącym**.

UWAGA: konwertery USB/eth są związane z konkretnymi komputerami w sali P113 i P114. Proszę zwrócić uwagę na oznaczenia naklejone na ww. urządzenia i na komputery.

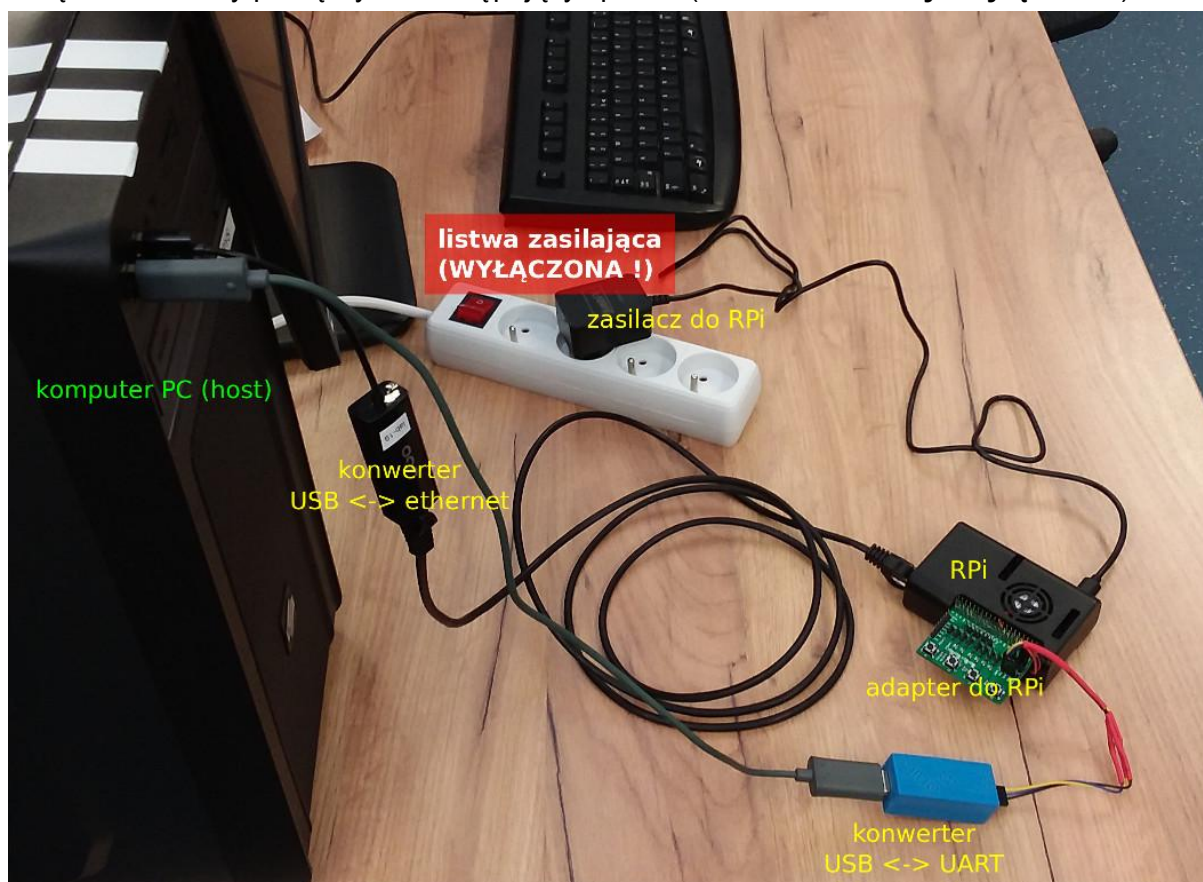
Podstawowy zestaw do laboratorium wygląda następująco:



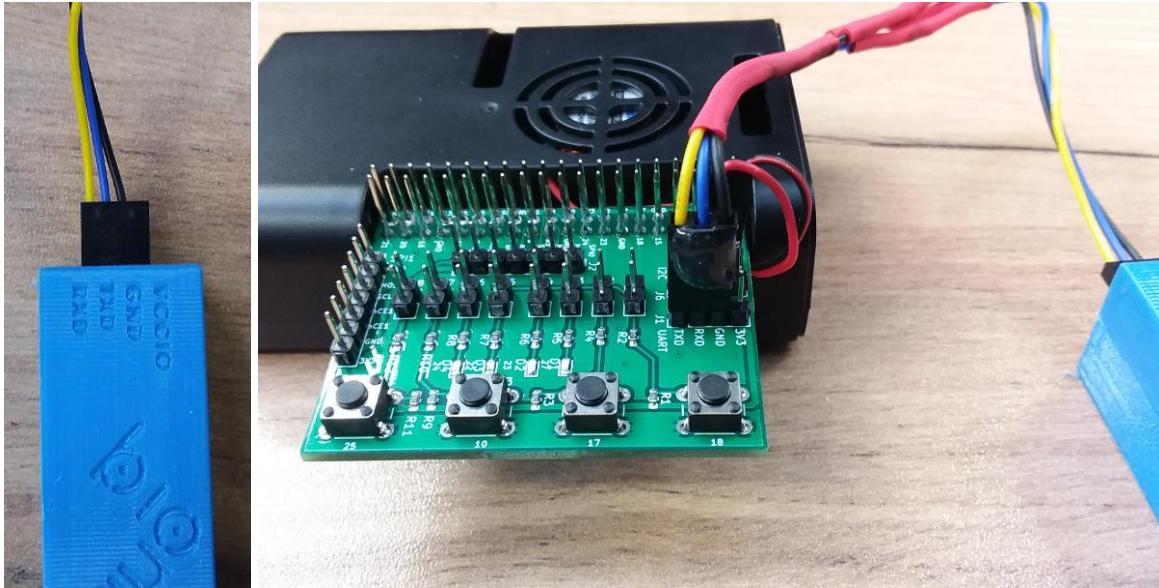


UWAGA: Zasilanie na liście można włączyć dopiero PO poprawnym przygotowaniu stanowiska do pracy, oraz PO zweryfikowaniu przez prowadzącego zajęcia!

UWAGA: Nie wolno odłączać adaptera RPi, wentylatora, oraz konwertera USB <-> UART. Urządzenia należy podłączyć w następujący sposób (**zasilanie musi być wyłączone!**):



Podłączenie UART (powinno być tak podłączone):



Następnie należy przygotować stanowisko do pracy: umieścić urządzenia w dostępnym miejscu, w taki sposób, żeby nie przeszkadzały w korzystaniu z klawiatury. Przewody należy przeciągnąć w taki sposób, aby nie przeszkadzały w korzystaniu z myszy i klawiatury, oraz żeby był zapewniony dostęp do włącznika listwy oraz urządzenia RPi.

UWAGA: Po przygotowaniu stanowiska do pracy, przed włączeniem zasilania, należy zgłosić się do prowadzącego, aby sprawdził poprawność połączeń.

Pierwsze uruchomienie RPi

Przed włączeniem zasilania RPi, na komputerze host należy podłączyć się do terminala UART jednym z dwóch programów:

1. tio - uruchamiamy poleceniem:

```
tio /dev/ttyUSB0
```

Po podłączeniu przez tio powinien wyświetlić się status "connected".

Aby zamknąć terminal tio należy nacisnąć kombinację klawiszy "**CTRL+t q**", czyli: wciskamy jednocześnie CTRL+t, a następnie po zwolnieniu należy wcisnąć klawisz "q".

2. lub minicom - uruchamiamy poleceniem:

```
minicom -D /dev/ttyUSB0
```

W przypadku minicom, trzeba zmienić konfigurację - wyłączyć sprzętową kontrolę przepływu:

"CTRL+a o" - menu konfiguracji portu szeregowego, a następnie wybieramy:

serial port setup -> hardware flow control -> No

następnie należy zachować konfigurację:

Save setup as dfl

Można też zmieniać konfigurację minicoma (wg własnego uznania):

"CTRL+a z" - menu konfiguracji minicoma

Po włączeniu zasilania, na terminalu UART na host zobaczymy logi z bootloadera, a następnie logi z bootowania kernela.

Jeśli nie zostanie wciśnięty przycisk SW4 na adapterze RPi podczas bootowania, to załadowany zostanie system ratunkowy Buildroot.

W takim przypadku pojawią się logi z Linuxa i znak zachęty:

Welcome to Buildroot rescue OS

rescue login:

Należy podać następujące dane do logowania:

login: *root*

hasła nie ma.

Po zalogowaniu należy uruchomić ręcznie DHCP i poczekać na przyznanie adresu IP:

`udhcpc`

Można sprawdzić stan połączenia sieciowego na RPi:

- wyświetlenie m.in. IP RPi:

`ifconfig`

- pingowanie komputera host:

`ping <adres ip hosta>`

i analogicznie na host (PC):

- wyświetlenie m.in. IP hosta (PC):

`ifconfig`

- pingowanie RPi:

`ping <adres ip RPi>`

Adres IP hosta to zwykle 10.42.0.1, a RPi otrzymuje adres 10.42.0.X

Kopiowanie plików na RPi

Na komputerze host można postawić serwer HTTP za pomocą polecenia:

`python3 -m http.server`

Powyższe polecenie udostępni przez HTTP na porcie 8000 zawartość katalogu roboczego (czyli tego, w którym polecenie zostało wykonane).

Aby ściągnąć plik udostępniony w ten sposób, należy na RPi wykonać polecenie:

`wget http://<adres_ip_hosta>:8000/<nazwa_pliku>`

przy czym <nazwa_pliku> to ścieżka do pliku względem katalogu roboczego (dla którego został uruchomiony serwer HTTP).

Drugim sposobem jest kopiowanie plików za pomocą ssh (jeśli ssh jest dostępne, czyli lokalnie jest zainstalowany klient ssh, a na drugiej maszynie działa serwer ssh), poleceniem scp, np.:

- ściągnięcie pliku:
`scp <user_name>@<src_ip>:<src_filename> dst_filename`
- wysłanie pliku:
`scp src_filename <user_name>@<dst_ip>:<dst_filename>`

Logowanie za pomocą ssh systemie ratunkowym na RPi

W systemie ratunkowym ssh jest włączony, ale mogą występować problemy z logowaniem ze względu na konfigurację konta użytkownika root na RPi. Jeśli wystąpią problemy z logowaniem, np. pojawi się komunikat "Permission denied, please try again.", to można spróbować zmienić hasło na systemie ratunkowym poleceniem

`passwd`

Kompilacja obrazu Linuxa w Buildroot

Obraz dla Raspberry Pi 4B z initramfs

Budujemy Linux, zgodnie z wykładem 1 i 2.

Ściągamy buildroot:

<https://buildroot.org/downloads/buildroot-2021.08.tar.bz2>

Rozpakowujemy archiwum w katalogu, w którym zamierzamy go zbudować (na komputerze host).

UWAGA: zawartość katalogu domowego na komputerach w P113 i P114 będzie usuwana po każdych zajęciach.

Można spakować zbudowany Buildroot, np.:

`tar -cf buildroot.tar buildroot-2021.08`

oraz zachować taką spakowaną paczkę np. w chmurze lub na pendrive. Proszę nie wgrywać całego buildroota na gitlab! Na gitlabie przechowujemy tylko konfigurację (plik .config).

Aby zbudować Buildroot wykonujemy polecenia (w katalogu z rozpakowaną paczką buildroot-2021.08.tar.bz2):

`make raspberrypi4_64_defconfig`
`make menuconfig`

W menu zaznaczamy

Toolchain --> Toolchain type: External toolchain

Należy także włączyć initramfs i wyłączyć ext2/3/4.

Proszę pamiętać o włączeniu kompresji obrazu (w menuconfig buildroota).

W przypadku błędów związanych z brakiem miejsca na obrazie karty SD (na końcu budowania Buildroota), należy:

- a) sprawdzić, czy jest włączona kompresja
- b) zwiększyć rozmiar partycji boot, w budowanym obrazie karty SD, w pliku:
`<buildroot>/board/raspberrypi4-64/genimage-raspberrypi4-64.cfg`

Plik `<buildroot>/board/raspberrypi4-64/genimage-raspberrypi4-64.cfg` ma strukturę json.

Zwiększenie rozmiaru partycji boot:

```
image boot.vfat {  
    ...  
    size = <nowy_rozmiar_w_MB>M  
}  
...
```

Rozmiar powinien być wielokrotnością liczby 4 (aby zachować alignment 4MB).

Na końcu budujemy obraz poleceniem:

```
make
```

Budowanie zajmuje trochę czasu.

Zbudowany obraz Linuxa z initramfs znajduje się w pliku

`<buildroot>/output/images/Image`

Aby uruchomić obraz należy skorzystać z metod opisanych w [Uruchomienie zbudowanego obrazu](#).

Uruchomienie zbudowanego obrazu

Obraz (plik *Image*), wraz z linią poleceń (plik *cmdline.txt*) i drzewem urządzeń (plik *bcm2711-rpi-4-b.dtb*) można pobrać przez http z poziomu systemu ratunkowego i zapisać na partycji 1 (boot) w katalogu */user*.

Należy skopiować ww. pliki z host na RPi, korzystając z metod opisanych w [Kopiowanie plików na RPi](#).

Należy zamontować partycję 1 (boot) karty SD, np. w katalogu */mnt*, za pomocą polecenia:

```
mount /dev/mmcbk0p1 /mnt
```

Następnie kopiujemy pliki *Image*, *cmdline.txt* i *bcm2711-rpi-4-b.dtb* do katalogu */mnt/user*. Należy pamiętać, aby plik *Image* zapisać pod nazwą *kernel8.img*

Zrestartuj RPi:

```
reboot
```

i przytrzymaj wciśnięty przycisk SW4 tak długo, aż zacznie się bootować kernel.

Obraz dla Raspberry Pi 4B bez initramfs

Można posłużyć się zbudowanym w poprzednim ćwiczeniu Buildrootem, na bazie poprzedniej konfiguracji (proszę zapisać kopię pliku .config przed dokonaniem zmian - będzie potrzebna do raportu!).

Trzeba najpierw usunąć poprzedni obraz poleceniem:

```
make linux-dirclean
```

Następnie w

```
make menuconfig
```

powinno być zaznaczone:

Toolchain --> Toolchain type: External toolchain

oraz powinna być zaznaczona kompresja obrazu kernela (z poprzedniego ćwiczenia).

Należy wyłączyć initial RAM filesystem (initramfs) oraz włączyć wsparcie dla ext2/3/4.

UWAGA: w przypadku ustawienia zbyt małego rozmiaru systemu plików ext2 może pojawić się błąd podczas kompilacji.

Budujemy obraz poleceniem:

```
make
```

Wynikowy obraz (plik `<buildroot>/<output>/<images>/Image`) powinien być mniejszy niż w poprzednim ćwiczeniu (kto wie dlaczego?).

Dodatkowo, interesuje nas plik z systemem plików:

```
<buildroot>/output/images/rootfs.ext2
```

który należy nagrać na partycji 2 (rootfs) na karcie SD w RPi, z poziomu systemu ratunkowego.

Należy przekopiować plik *rootfs.ext2* z host na RPi, korzystając z metod opisanych w [Kopiowanie plików na RPi](#), a następnie należy nagrać system plików z poziomu systemu ratunkowego na RPi na kartę SD, na partycję 2 (rootfs):

```
dd if=rootfs.ext2 of=/dev/mmcblk0p2 bs=4096
```

Aby uruchomić obraz należy skorzystać z metod opisanych w [Uruchomienie zbudowanego obrazu](#).

Na końcu należy sprawdzić, czy załadowany system rzeczywiście korzysta z systemu plików na karcie SD. Najprostszy test polega na utworzeniu pliku w katalogu głównym, np.:

```
touch /test.txt
```

a następnie należy uruchomić system zbudowany w Buildroot ponownie i sprawdzić, czy ten plik dalej istnieje (powinien przetrwać reboot).

Zadanie domowe: Obraz na 64-bitową maszynę wirtualną "Virt" i uruchomienie w QEMU

W świeżo rozpakowanym Buildroocie proszę skonfigurować zbudowanie obrazu systemu Linux dla 64-bitowej maszyny Virt.

W konfiguracji proszę ustawić nazwę systemu na Nazwisko1_Nazwisko2 (nazwiska obu członków zespołu).

1. Proszę skompilować wersję używającą ramdysku startowego i uruchomić ją w QEMU
2. Proszę skompilować wersję używającą rzeczywistego systemu plików i uruchomić ją w QEMU