

*Област вежби: Конкурентно програмирање, руковаоци/модули, паралелно програмирање*

## **УВОД - Raspberry Pi рачунар**

### **Увод**

Рачунари се према фон Нојмановом моделу састоје од процесора, меморије и улазно-излазног подсистема који су међусобно повезани. У меморији се, поред података који се обрађују у процесору, складиште и програми састављени од низа елементарних инструкција. Током рада рачунара, подаци и програми се преносе између меморије и процесора. Данас, поред стоних, преносних и осталих рачунара, постоје и различити вишенаменски уређаји који су прављени у складу са фон Нојмановом архитектуром, попут паметних телефона и таблета.

На тржишту се почетком 2012. године појавио рачунар Raspberry Pi који задовољава све критеријуме рачунара фон Нојмановог типа. Поседује чип BCM2835 са ARM11 процесором и RAM (енг. Random-Access Memory) меморију, као и могућност повезивања са осталим помоћним компонентама, чак и оним нестандартним преко GPIO (енг. General-Purpose Input/Output) порта. Оно што га чини интересантним је да је у питању рачунар опште намене приступачан по цени, малих димензија 8,6cm x 5,4cm x 1,7cm, са могућношћу прикључивања нестандартне опреме. Цена зависи од модела. Настанак рачунара Raspberry Pi имао је за циљ промоцију рачунарских наука код младих.

### **Настанак рачунара Raspberry Pi**

Идеја о малом и приступачном рачунару јавила се 2006. године, када су Роб Мулинс, Ебен Аптон, Џек Ланг и Алан Мајкрофт са Универзитета у Кембриџу постали забринуте нивоом предзнања студената који су се пријављивали за рачунарске науке. За разлику од 1990. године када је већина кандидата имала солидно предзнање из области програмирања, 2000. године је просечан кандидат имао мало знања о програмирању.

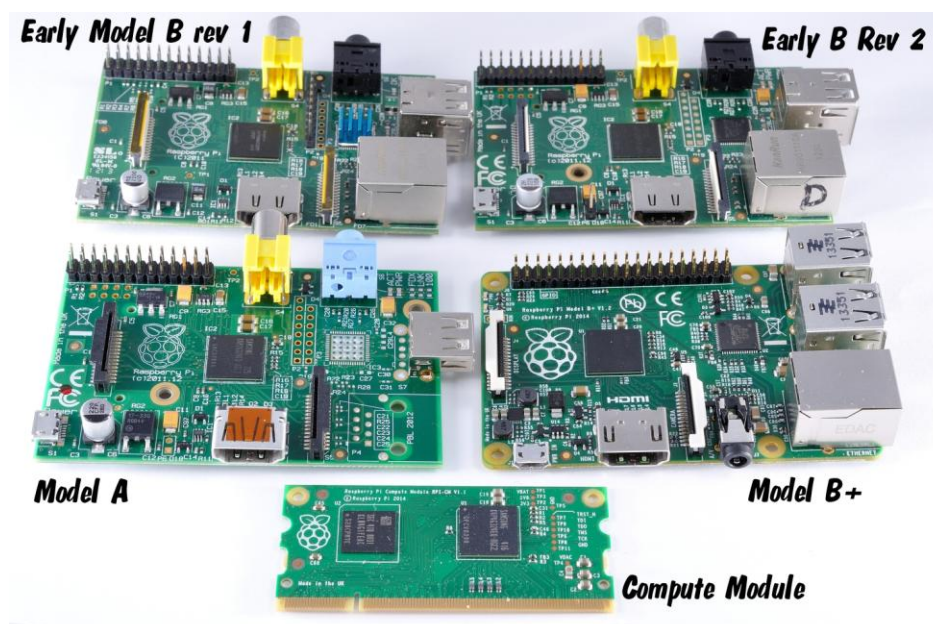
Закључили су да се формирала армија информатичара са врло мало практичног програмерског знања потребног за исправно решавање конкретних изазова. Они су имали искуства у коришћењу кућног рачунара или конзоле за игру и забаву. Искуство стечено свакодневним корисничким радом на рачунару давало им је лажну слику о личном знању из области рачунарских наука. Претходне генерације училе су програмирање на легендарним Спектрум, Комодор64 или Амига рачунарима, који су осим могућности забаве обезбеђивали и солидно окружење за писање првих програма. Због тога су дошли на идеју да направе нешто

што је ученицима приступачно по цени, а пружа окружење спремно за писање програма. Од 2006. до 2008. године дизајнирано је неколико верзија од којих је настао рачунар Raspberry Pi. Када су се 2008. године појавили процесори који су могли да се користе за мобилне уређаје, приступачни по цени и довољно снажни да обезбеде добру подршку графичком окружењу, постало је извесно да ће пројекат заживети.

Када се на тржишту појавио први примерак рачунара Raspberry Pi, својим изгледом и могућностима привукао је велику пажњу, како у области обуке програмера, тако и код ентузијаста. Пошто је сам уређај изазвао велику пажњу, на тржишту постоји много адекватне пратеће опреме, а на Интернету је објављено мноштво конкретних објашњења и практичних упутстава за коришћење.

### **Модели рачунара Raspberry Pi**

Историјски гледано, постоји 5 модела рачунара Raspberry Pi. Нема суштинске разлике у архитектури између ових модела. Нови модели су настали као одговор на добро формулисане захтеве за променама на постојећим моделима, добијене од стране самих корисника. Разлике се огледају у типу процесора, количини постојеће RAM меморије, у броју и врсти прикључака који се налазе на плочи уређаја и распореду компоненти на плочи. Сама чињеница да постоје потребе за променама на моделима указује да је настанак једног таквог рачунара био прави потез. Корисницима је остављена могућност да сами одаберу модел који им по особинама и функционалности највише одговара у складу са конкретним потребама.



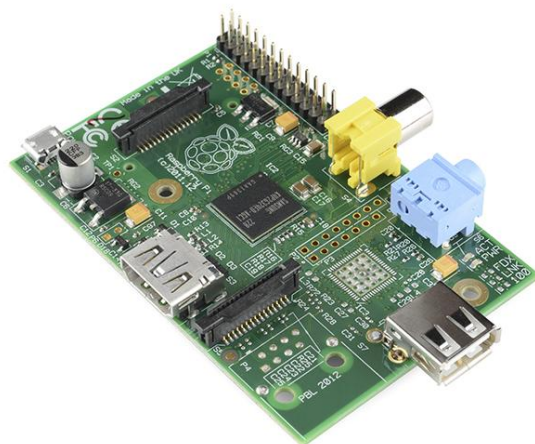
Слика 1 Модели рачунара Raspberry Pi

- **Модел Б ревизија 1** се појавио у фебруару 2012. године. На плочи има чип BCM2835 на коме се налазе: ARM11 процесор на 700 MHz и VideoCore IV GPU (енг. Graphics Processing Unit). Поред чипа на плочи се налазе 256MB RAM меморије, HDMI (енг. High-Definition Multimedia Interface) излаз, композитни RCA (енг. Radio Corporation of America) видео, стерео аудио 3,5mm, два USB (енг. Universal Serial Bus) и један мрежни прикључак.
- У септембру 2012. године појавио се **модел Б ревизија 2**, који у односу на модел Б ревизија 1 има два пута више RAM меморије. Између ова два модела постоји мала разлика у распореду пинова на GPIO порту о чему се мора водити рачуна приликом писања програма за одређени модел. Новији модел је нашао употребу у образовању и као подршка за озбиљније пројекте у кући и лабораторији.



*Слика 2 Модел B rev2*

- **Модел А** је настао у фебруару 2013. године. Он је поједностављена, а самим тим и јефтинија верзија претходних модела. Поседује само 256MB RAM меморије, један USB прикључак и нема мрежни прикључак. Због малог броја прикључака довољно му је и слабије напајање, те се најчешће користи за пројекте у којима се обрађује конкретан проблем. На пример, уколико је потребан кућни медија центар повезан са телевизором, модел А са USB WiFi бежичним прикључком је сасвим довољан за реализацију таквог пројекта. Недостатак другог USB прикључка могуће је превазићи USB разделником (енг. hub) који има сопствено напајање, а недостатак мрежног прикључка употребом USB WiFi бежичног прикључка. Једини изазов који преостаје је количина расположиве RAM меморије која је константна и не може се повећати.



Слика 3 Модел А

- **Модел Б+** се појавио у јулу 2014. У односу на претходни модел Б ревизија 2 уместо 26 пинова на GPIO порту има 40 пинова, уместо два има четири USB 2.0 прикључка, уместо SD користи микро SD меморијску картицу. Услед замене одређених компоненти троши мање струје тако да је продужено време рада са батеријом и има побољшану толеранцију на пад напона. Композитни видео и стерео аудио прикључак су спојени у један, што је елегантније и практичније решење, а уједно је и побољшан квалитет аналогног звучног сигнала. Распоред прикључака је такав да се каблови који воде до њих сада налазе само са две стране уређаја. На плочи има четири места (рупе за шrafoве) намењена монтажи.

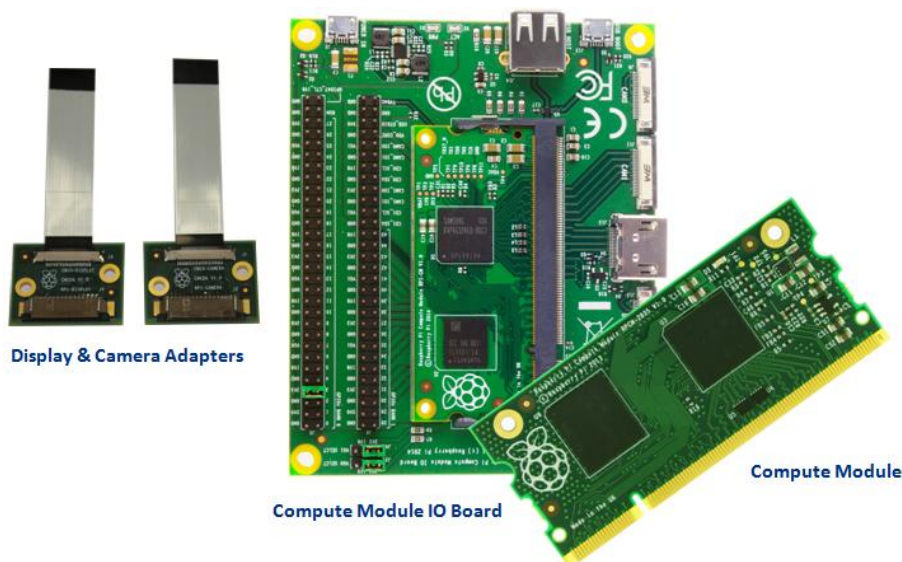


Слика 4 Модел Б+

- **Compute module** развојни пакет се појавио у јуну 2014. године и намењен је свима који желе да изађу из оквира који нуди стандардни рачунар



Raspberry Pi. Састоји се из картице и основне плоче која повезује картицу са периферним уређајима. На картици се налазе процесорски чип BCM2835, 512MB RAM и 4GB eMMC (embedded Multi-Media Controller) меморије. eMMC меморија је еквивалентна меморијској картици истог капацитета која се користи на стандардним Raspberry Pi рачунарима. Картица задовољава стандард DDR2 SODIMM (Double Data Rate 2, Small Outline Dual In-line Memory Module) прикључка преко којег се повезује са плочом на којој се налазе прикључци за остале уређаје. У развојном пакету, поред цомпуте модул картице добија се и једна основна штампана плоча димензија 67,6 mm x 30 mm која, поред прикључака за периферне уређаје, на себи има стандардни DDR2 SODIMM прикључак преко кога се омогућава рад са картицом. За цомпуте модул картицу је могуће конструисати посебну плочу на којој се налазе прикључци за периферне уређаје, једини услов је да на плочи постоји место за DDR2 SODIMM картицу. Наведени модел је најподеснији за осмишљавање и конструкцију малих уређаја специјалне намене.



Слика 5 Compute module

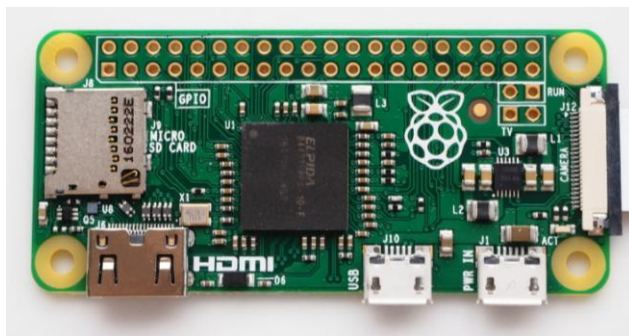
- **Raspberry Pi 2 Модел Б** представља другу генерацију платформе која се појавила у фебруару 2015. Нови модел је донео и значајно побољшање перформанси. Raspberry Pi 2 је чак 6 пута бржи од свог претходника. Нови Raspberry Pi 2 Модел Б је истог формата као претходни Raspberry Pi модел Б+ али са дупло више RAM меморије и знатно бржим процесором. Овај рачунар величине кредитне картице је у могућности да обавља многе послове као и стони рачунар, на пример да покрене програме за табеларне калкулације, обраду текста, преко њега може да се сурфује интернетом и

чак одигра нека игра у HD формату. Подржава неколико верзија Linux-а као и бесплатну верзију Windows 10 оперативног система (не пуну верзију као за стони рачунар).



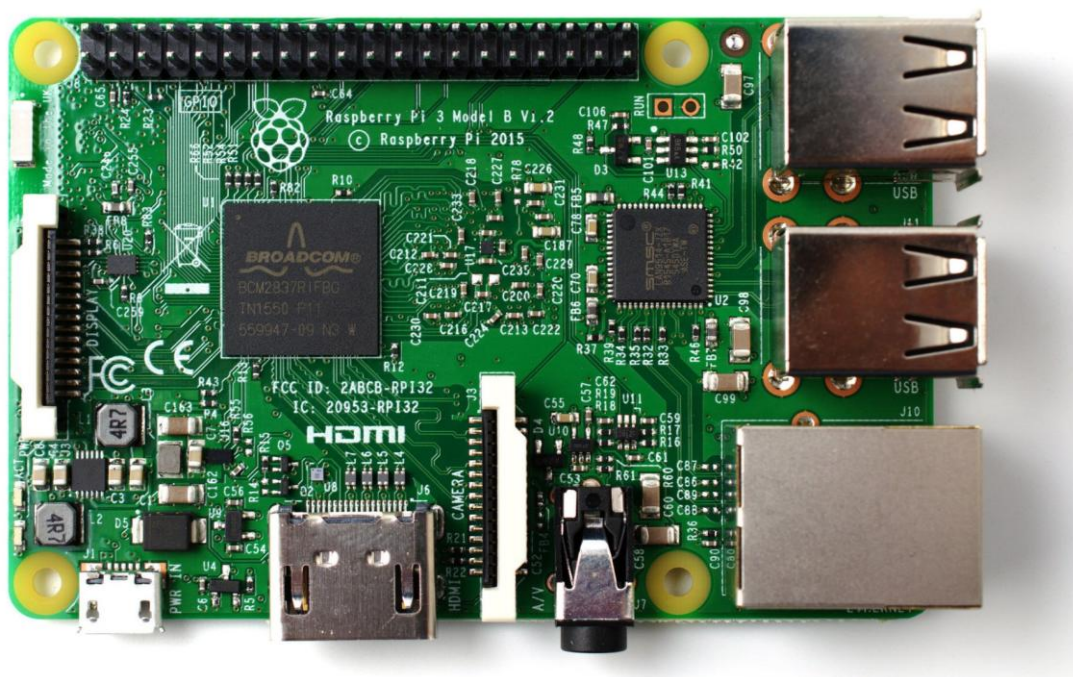
*Слика 6 Raspberry Pi 2 Модел Б*

- **Raspberry Pi Zero** се појавио у новембру 2015 као два пута мањи модел од старог модела A+ и два пута бољим карактеристикама, изузетно приступачан поцени од \$5. Иако са ограниченим могућностима, ипак је довољан, а свакако приуштив за било који пројекат:
  - 1Ghz, Single-core CPU
  - 512MB RAM
  - Mini HDMI and USB On-The-Go ports
  - Micro USB power
  - HAT-compatible 40-pin header
  - Composite video and reset headers



Слика 7 Raspberry Pi Zero

- **Raspberry Pi 3 Модел Б** представља трећу генерацију платформе која се појавила у фебруару 2016. Нови модел је донео мање значајна побољшања: 1.2GHz 64-bit quad-core ARMv8 процесор, интегрисану подршку за 802.11n Wireless LAN и Bluetooth 4.1.



Слика 8 Raspberry Pi 3 Модел Б

Тајни састојак и даље популарног модела Raspberry Pi 2 плоче је Broadcom BCM2836 процесор, ARMv7 Quad Core Processor System-on-Chip, који ради на 900MHz а поседује и Videocore 4 GPU. GPU (графички процесор) подржава OpenGL ES 2.0, хардверски убрзани OpenVG, декодирање 1080p30 H.264 висококвалитетног видеоа и способан је да обради 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s или да извршава рачунске операције брзином од 24 GFLOPs-а за различите намене. То нпр. омогућава повезивање RPi2 на HDTV и гледање видео BlueRay квалитета користећи H.265 са протоком од 40Mbits/s.

Највећа промена на RPi2 у односу на претходнике је поред новог процесора и повећање RAM меморије са 512MB на 1GB. И даље се користи микро SD картица као системски диск. Подржане су и картице веће од 4GB, мада ће већина Linux дистрибуција радити савршено и на 4GB.

Raspberry Pi 2 има четири USB порта (миш, тастатура, итд.). Уколико је за рад потребно још додатних USB портова, може се употребити USB разделник у сврху проширења могућности. Препоручује се употреба USB разделника са додатним напајањем како се не би преоптеретио извор напајања на RPi2 плочи. Напајање плоче се обезбеђује преко микро-USB порта на који се може прикључити спољашњи USB адаптер или пуњач за паметни телефон. Препоручује се адаптер који може да обезбеди минимум 1A а идеално 2A или више ако се жели да повеже више додатних уређаја на USB.

Поврх свега, периферије ниског нивоа на Pi плочи омогућавају разна експериментисања. На располагању је и 40-пински конектор са растером од 2.54mm преко кога је омогућен приступ ка 27 GPIO пинова, UART, I2C и SPI порту, као и напајањима од 3.3V и 5V. Овај конектор је потпуно исти као на Б+ плочама, стога се без икаквих измена могу користити и shield-ови пројектовани за Б+.

#### **Техничке карактеристике:**

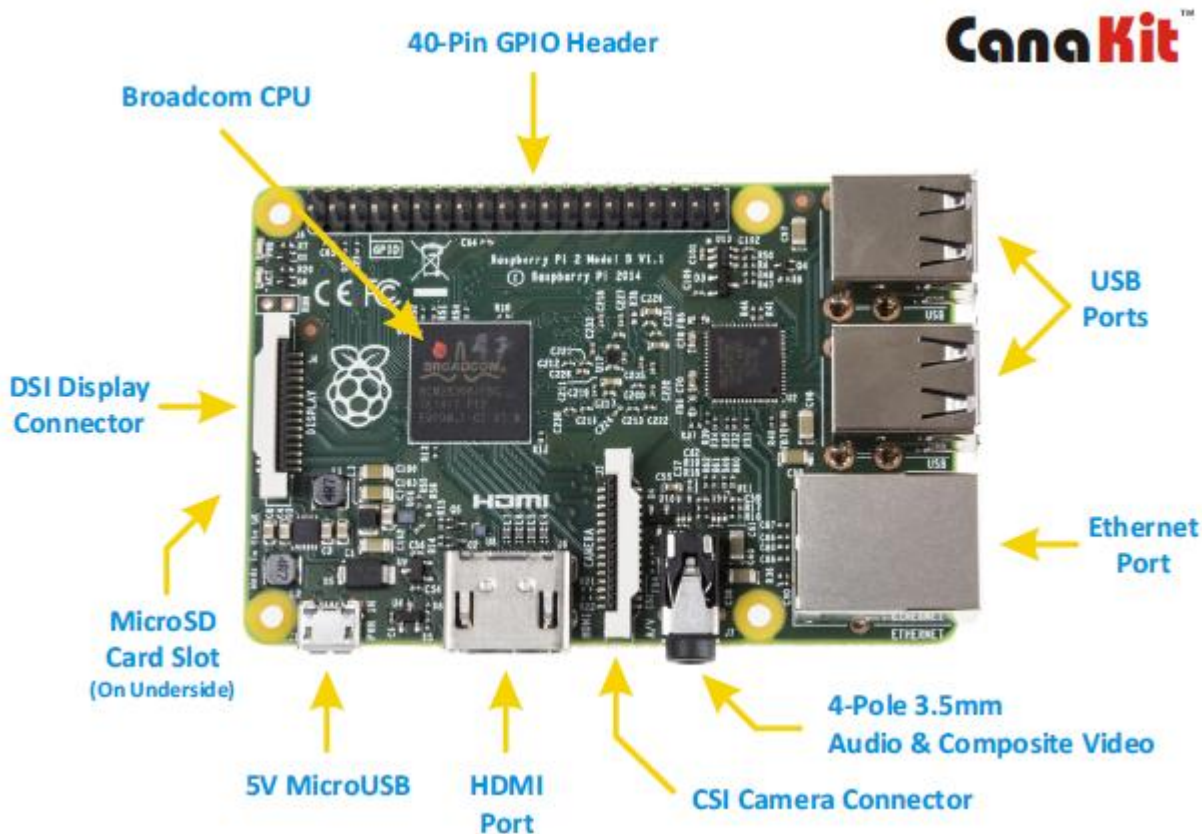
- Broadcom BCM2836 SoC
- 900MHz ARMv7 Quad Core Processor SoC
- Broadcom VideoCore IV GPU
- 1 GB RAM
- 4 x USB2.0 Ports with up to 1.2A output
- Expanded 40-pin GPIO Header
- Video/Audio Out via 4-pole 3.5mm connector, HDMI, or Raw LCD (DSI)
- Storage: microSD
- 10/100 Ethernet (RJ45)
- CSI camera connector
- Low-Level Peripherals:
  - 27 x GPIO
  - UART
  - I2C bus
  - SPI bus with two chip selects
  - +3.3V
  - +5V
  - Ground
- Напајање: 5V @ 600 mA преко MicroUSB кабла или GPIO конектора
- Подржава Raspbian, Windows 10, Debian GNU/Linux, Fedora, Arch Linux, RISC OS, итд.

Имајући у виду све моделе који су доступни на тржишту, може се закључити да сваки модел понаособ има своје предности и мане. Модел А је мали потрошач и



самим тим интересантан за уско-специјализоване пројекте. Сви модели Б типа су универзални модели за обуку и експериментисање са могућностима које пружа рачунар Raspberry Pi. Compute module развојни пакет је намењен стручњацима из области електронике. Raspberry Pi Zero је по цени далеко најприступачнији, а и даље завидних перформанси на плочици изузетно малих димензија.

У свим практичним примерима у раду користиће се рачунар Raspberry Pi 2 модел Б.



Слика 9 Raspberry Pi 2 модел Б

### Додатна опрема

Поред жељеног модела рачунара Raspberry Pi на коме се налазе чип са процесором и RAM меморија, за рад потребна је и додатна опрема која задовољава одређене стандарде.

1. **Кућиште** за рачунар Raspberry Pi може да се набави одвојено или у комплекту заједно са плочом и на тржишту постоји широка понуда тако да се може одабрати оно које највише одговара потребама. Основна намена му је да заштити рачунар од спољашњих утицаја, обезбеди добру вентилацију и приступ свим потребним прикључцима. Осим комерцијалних, која могу бити једноставна, елегантна, шарена или практична у употреби су и уникатна

кућишта направљена од приручних материјала - LEGO коцкица, пластичне или дрвене кутије...

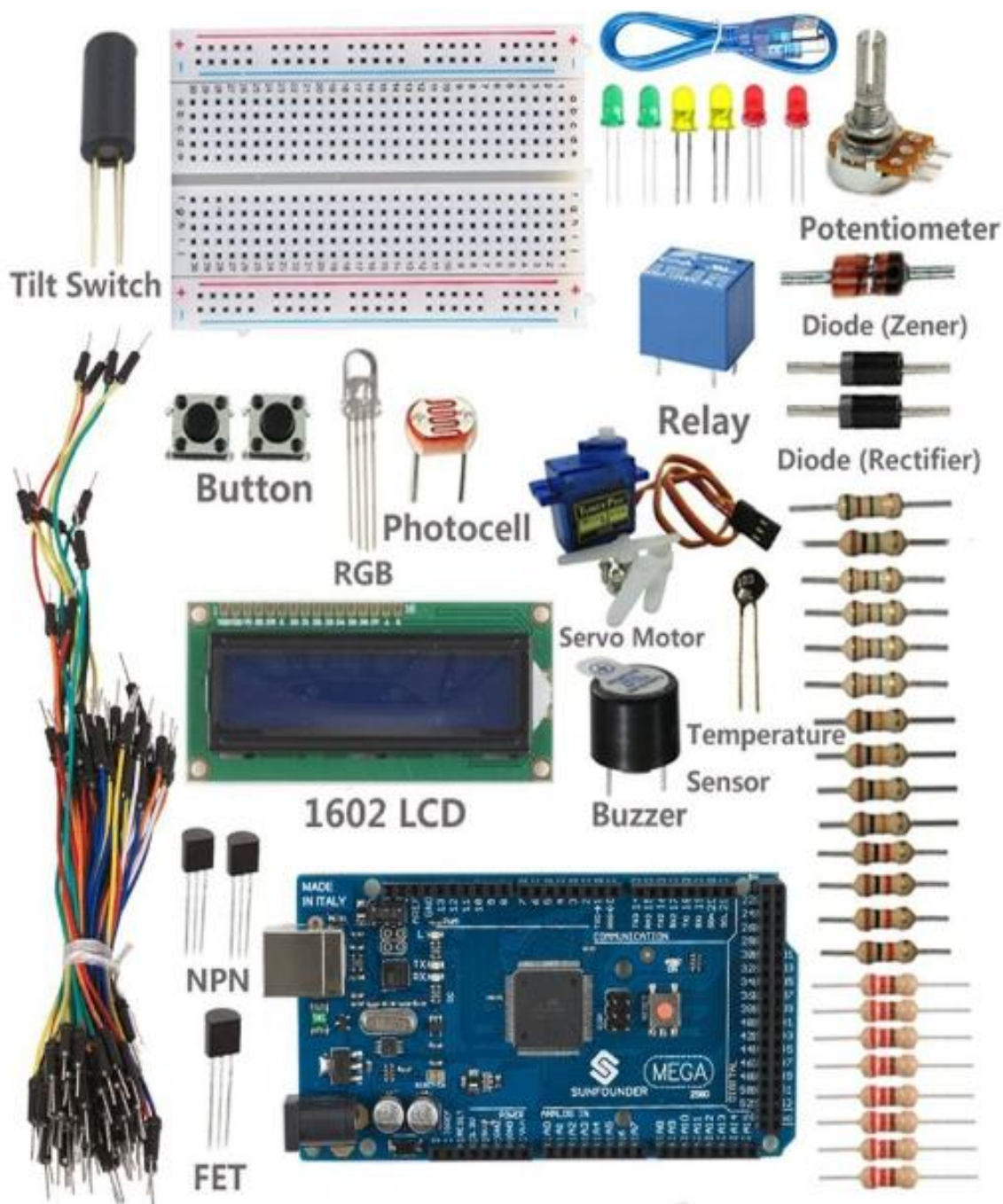
2. **Електрично напајање** мора да задовољи следеће услове: да даје напон од 5V једносмерне струје, да даје струју већу од 700mA и да има микро USB прикључак. Уколико је потребно да користимо више USB прикључака истовремено, пожељно је јаче напајање рецимо 1,5A или чак 2A. Ове карактеристике задовољавају напајања која се користе за мобилне телефоне. Струја се може преузимати из електричне мреже, са USB порта другог рачунара или из батерије која се на тржишту може набавити као додатно напајање за мобилни телефон.
3. **Меморијска картица** треба да буде капацитета најмање 4GB. Препорука је да се користи картица капацитета 8GB и најмање класе 4. За моделе А, Б ревизија 1 и Б ревизија 2 се користи SD, а за новији модел Б+ као и другу генерацију платформе RPi2 микро SD меморијска картица.
4. **Raspberry Pi камера** је специјално дизајнирана камера намењена за Raspberry Pi рачунаре која се прикључује на CSI (Camera Serial Interface) прикључак на плочи уређаја. Постоје две варијанте камера: прва намењена дневном снимању и друга, Pi Noir камера, намењена дневном и ноћном снимању. Pi Noir камери је уклоњен инфрацрвени филтер што јој у ноћним условима повећава осетљивост и омогућава снимање са инфрацрвеним осветљењем. Других разлика између ова два модела нема. Према официјелној Интернет страници по цени од 25\$ добија се камера тежине 3g и димензија 25mm x 20mm x 9mm. Слика добијена овом камером има резолуцију 5 Mpixel, а видео 1080p30, 720p60 и 640x480p60/90. Сензор на камери има резолуцију 2592 x 1944 пиксела, а област којом слика је димензија 3.76mm x 2.74mm. Формати слика који се добијају овом камером су JPEG, JPEG+RAW, GIF, BMP, PNG, YUV420, RGB888, а формати видео записа су raw и h.264. Детаљне карактеристике ове камере наведене су на званичном сајту. Коришћењем ове камере добија се на брзини, јер је у *Raspbian* оперативном систему предвиђено да се омогућавањем рада ове камере део RAM меморије резервише за рад GPU. Поред ове камере, могуће је користити IP или стандардну USB камеру.



*Слика 10 Raspberry Pi 2 Модел Б комплет*

Остала рачунарска опрема нема посебних захтева, осим да постоји могућност физичког повезивања са рачунаром Raspberry Pi преко одговарајућег прикључка. Повезивањем на рачунарску мрежу, мрежним каблом или бежичним WiFi USB прикључком, рачунар Raspberry Pi добија своју IP адресу и омогућен је приступ до њега са осталих уређаја у мрежи, тачније понаша се као и сваки други рачунар. Уколико се рачунар Raspberry Pi користи као самосталан рачунар, односно, потребан је директан рад на њему у жељеном окружењу, од додатне опреме су потребни екран, USB тастатура и миш. Повезивање са екраном се обавља преко HDMI кабла или одговарајућег адаптера. USB тастатура и миш могу бити физички одвојени, а могуће је користити и комерцијалне комбинације са идејом да се искористи само један USB порт.

Идеја на основу које је настао рачунар Raspberry Pi је била да се првенствено млади заинтересују за конкретне проблеме из области рачунарских наука. Осим стандардне рачунарске опреме, на рачунар Raspberry Pi је могуће повезати преко GPIO порта и неку другу опрему из области електронике. За ту намену на тржишту постоји и почетнички комплет по приступачној цени, за рад са рачунаром Raspberry Pi, намењен прављењу прототипова решења конкретних проблема. Када се направи прототип решења, могуће је програмски контролисати понашање датих компоненти.



Слика 11 Комплет додатне опреме

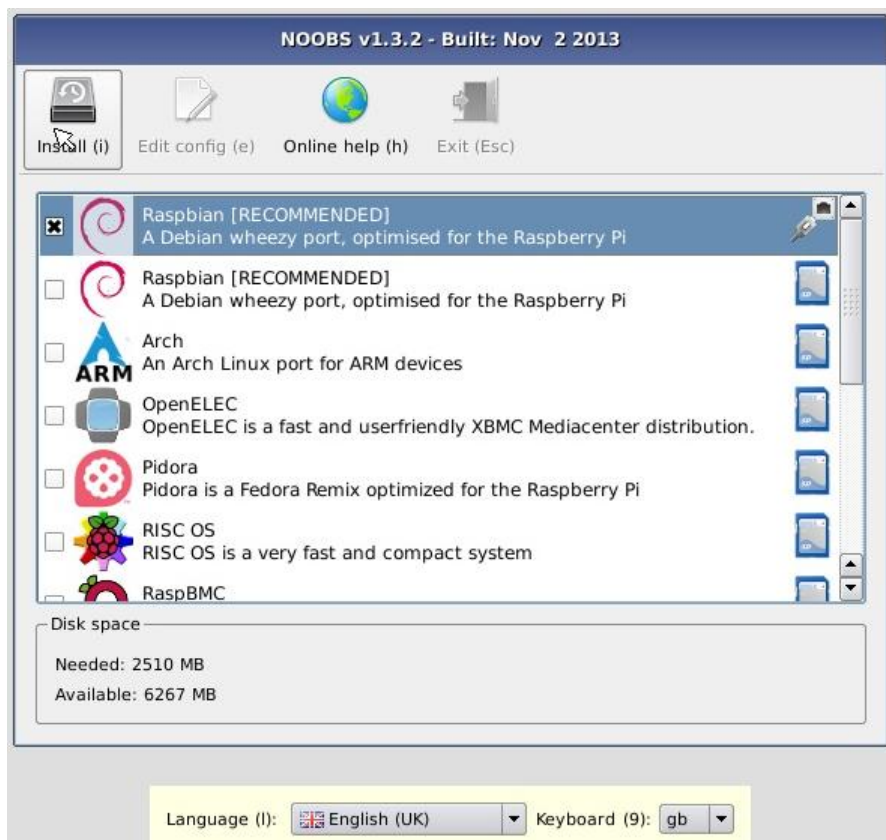
### Упутство за коришћење

Сви студенти имају обавезу да опрему користе у складу са смерницама за употребу датим од произвођача опреме. Упутство за коришћење као и повезивање периферних уређаја може да се пронађе у Raspberry Pi 2 развојном комплекту под називом “QUICK START GUIDE”.



## Оперативни систем, подешавања, алати,библиотеке

Постоји више верзија оперативних система који су прилагођени рачунару Raspberry Pi. За почетнике је најбољи избор NOOBS (New Out Of the Box Software) начин инсталације – инсталациони менаџер, који на првом кораку нуди избор оперативног система.



Слика 12 Избор оперативног система

Ток инсталације је веома интуитиван и у многоне подсећа на инсталирање Windows оперативног система. Док инсталација траје на екрану се смењују корисне информације о оперативном систему који се инсталира. Оперативни системи који су у понуди не морају бити исти у свакој NOOBS верзији. Тако NOOBS v1.9.3 у понуди има само опцију: **Raspbian (ПРЕПОРУЧЕН)**.

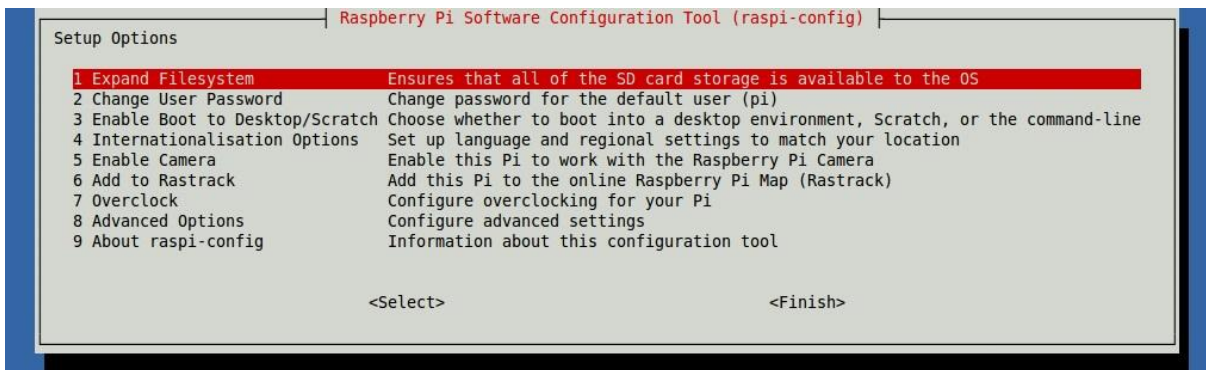
Уколико се унапред зна који је жељени оперативни систем, може се једноставно на картицу преписати слика почетног стања одређеног оперативног система. На располагању су оперативни системи Linux типа *Raspbian*, *Pidora*, затим оперативни системи намењени ARM процесорима *Arch Linux* и Британска верзија *Risc OS*, као и оперативни системи посебне намене дизајнирани само за прављење кућног медиа центра *Openelec* и *RaspBMC*. *Raspbian* је верзија *Debian* оперативног система оптимизована за рачунаре Raspberry Pi. То није само скуп основних пакета потребних за рад, већ постоји преко 35000 пакета припремљених за једноставну

инсталацију на уређају. Pidora је верзија *Fedora Remix* оперативног система оптимизована за рачунар Raspberry Pi. Највише примера и објашњења постоји за *Raspbian* оперативни систем, јер он захтева најмање предзнања и довољно је погодан за почетнике.

## Инсталација *Raspbian* оперативног система

Сви примери биће приказани на *Raspbian* оперативном систему. Инсталација оперативног система се може урадити на више начина:

1. Наручивањем већ инсталиране (микро) SD картице.
2. Једноставним преписивањем датотека из архивске датотеке која се налази на адреси <http://www.raspberrypi.org/downloads/> поред натписа "NOOBS (offline and network install)" на SD картицу са FAT32 организацијом. Укључивањем рачунара Raspberry Pi са овако оформљеном картицом добија се могућност избора жељеног оперативног система и интуитивно графичко окружење које води кроз процес инсталације.
3. Преузимањем ISO датотеке у којој се налази жељени оперативни систем са адресе <http://www.raspberrypi.org/downloads/>. Преузета датотека се преписује на картицу уз помоћ специјализованих програма. На пример, за Ubuntu оперативни систем преписивање се врши програмом ImageWriter.



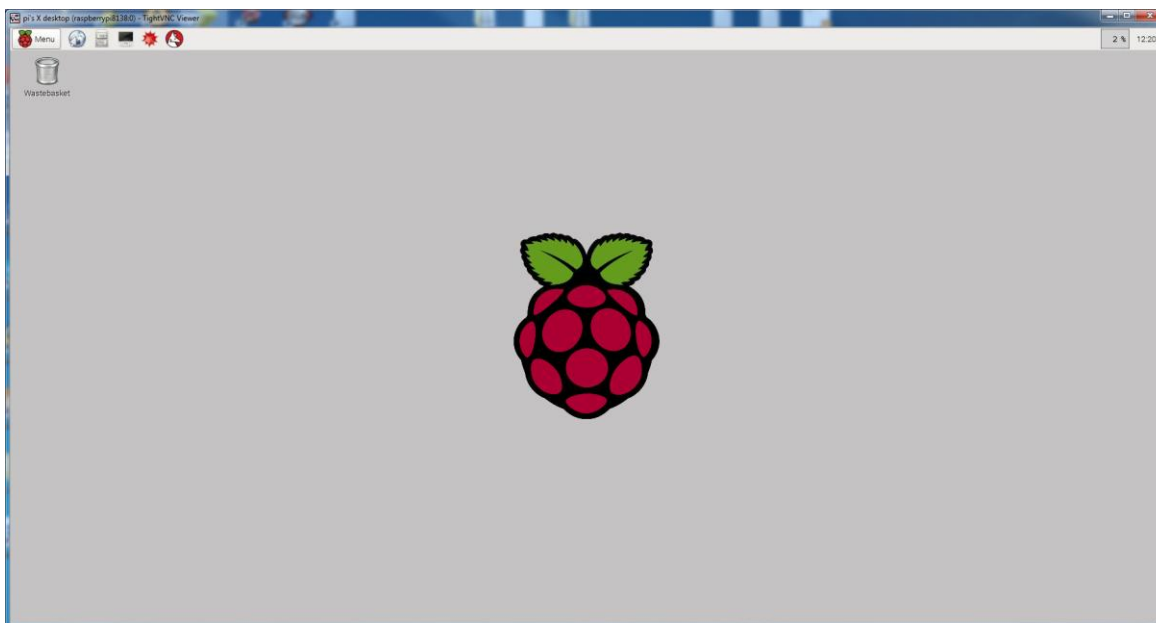
Слика 13 Изглед екрана добијеног покретањем команде `raspi-config`

Приликом првог покретања рачунара Raspberry Pi са основним *Raspbian* оперативним системом у графичком окружењу, покрените конфигурациони екран на којем се налази списак параметара које је могуће прилагодити индивидуалним потребама корисника. До овог екрана се долази покретањем команде `sudo raspi-config` из командне линије. Све понуђене опције приказује Слика 13. Приликом подешавања рачунара Raspberry Pi за рад потребно је проверити следеће опције:

- Опција 1. *Expand Filesystem* - основна инсталација добијена преписивањем слике оперативног система на меморијску картицу користи око 2GB простора, док је остатак простора на картици неискоришћен. Овом опцијом

се преостали меморијски простор са картице ставља на располагање кориснику (**пожељно укључити**).

- Опција 2. *Change User Password* - основна инсталација има унапред дефинисан и опште познат администраторски налог *pi* и лозинку *raspberrу*. Уколико је потребно омогућити приступ уређају из спољашњег света обавезна је промена лозинке.
- Опција 3. *Enable Boot to Desktop/Scratch* - омогућава избор окружења у којем ће се стартовати рачунар. Избор зависи од намене самог рачунара. Уколико је потребан рачунар који се понаша као сервер, после иницијалног подешавања параметара и пуштања сервера у рад са клијентским апликацијама пожељно је онемогућити графичко окружење, јер оно одузима доста ресурса. Његовим искључивањем, преко ове опције, добија се на брзини рада самог рачунара. Уколико је рачунар намењен обуци, може се покренути само *Scratch*, окружење намењено програмерским почетницима.



Слика 14 Raspbian графичко окружење

- Опција 5. *Enable Camera* - омогућава се коришћење Raspberry Pi камере. Омогућавањем рада камере додељује се 128MB RAM меморије за рад GPU. Уколико се користи IP или USB камера **пожељно је да се онемогући камера**.
- Опција 8. *Advanced Option* - омогућава подешавање додатних параметара. Неки од њих су:
  - Опција A2. *Hostname* - **пожељно је променити име уређаја**. То је неопходно уколико у мрежном окружењу постоји више од једног рачунара Raspberry Pi.

- Опција A4. **SSH (ПРЕПОРУЧЕНО УКЉУЧИТИ)** - омогућава приступ рачунару Raspberry Pi употребом SSH протокола. Уколико се рачунар налази у јавној мрежи пожељно је онемогућити овај протокол из сигурносних разлога.

Пошто су подешене све интересантне опције, потребно је поново стартовати рачунар Raspberry Pi. Остаје да се прикључи рачунар на локалну рачунарску мрежу. Једноставнији начин је да се рачунар повеже преко мрежног кабла, а мало компликованији да се обезбеди бежични приступ преко WiFi USB прикључка. Бежични приступ се из графичког окружења омогућава покретањем програма WiFi Config у коме се проналази мрежа на коју се повезује и уноси се потврда идентитета уколико је бежични приступ мрежи заштићен.

Да би се преко SSH протокола приступило рачунару Raspberry Pi потребно је отворити порт 22 на рутеру. Рачунару Raspberry Pi је пожељно доделити локалну фиксну IP адресу. Уколико је потребно омогућити приступ и из спољашњег света неопходно је сав саобраћај који долази на рутер преко порта 22 преусмерити на локалну адресу рачунара Raspberry Pi. Тада је могуће приступити самом рачунару Raspberry Pi са било које адресе на Internetу преко SSH протокола.

У локалној рачунарској мрежи, која је подешена на претходно описан начин, могу постојати различити уређаји са разнородним оперативним системима. Са свих тих уређаја може се приступити рачунару Raspberry Pi преко одговарајућег SSH клијентског програма. Самим тим, може се надгледати рад рачунара Raspberry Pi са удаљене локације. У случају да се користи рачунар Raspberry Pi као сервер, односно да му је дефинисана функција коју аутономно обавља, није више потребан улазно/излазни подсистем, конкретно миш, тастатура и екран.

## Подешавање мрежног приступа

Уколико Raspberry Pi користите кроз **графичко окружење Raspbian** оперативног система, бежични мрежни приступ можете подесити у алату `wpa_gui`, до којег можете доћи покретањем опције Wifi Configuration (Слика 15).

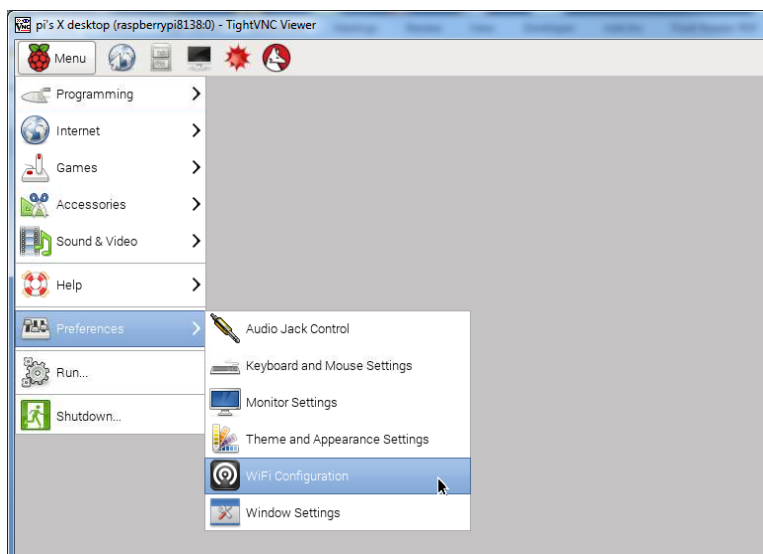
У првом прозору `wpa_gui` алата (Current Status, Слика 16) могуће је одабрати редом: бежични мрежни адаптер, постојећу мрежну конекцију, успоставити односно прекинути везу и скенирати активне бежичне мреже. Уколико је листа мрежних конекција празна, нову можете додати секнирањем активних, те двокликом на једну од пронађених мрежа, што ће отворити прозор за измену параметара нове конекције (Слика 17). Сви параметри би требало да су већ исправно попуњени, најчешће је само потребно уписати лозинку неопходну за приступ датој конекцији.

У другом прозору `wpa_gui` алата (Manage Networks, Слика 18Слика 16) могуће је мењати (Слика 19) или брисати одабрану конекцију из листе, или додати

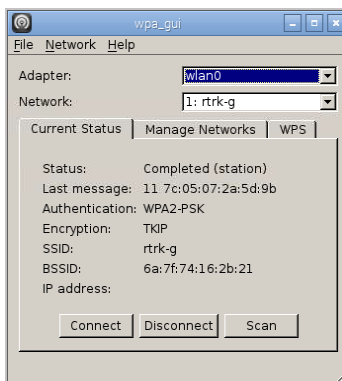


нову: ручно - одабиром опције *Add* (Слика 20), аутоматски – скенирањем активних бежичних конекција одабиром опције *Scan*, слично као у првом прозору (Слика 17).

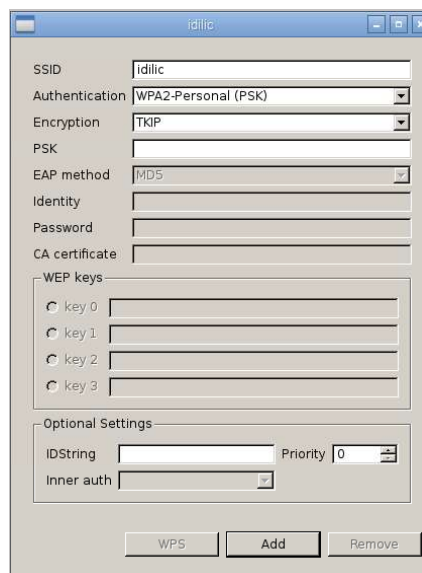
**НАПОМЕНА:** Уколико је листа бежичних мрежних адаптера празна, проверите да ли је USB WiFi антеница коју сте добили у комплету (Слика 10) прикључена на Raspberry Pi (на било који од USB портова) и неопходно је да након прикључивања Raspberry Pi барем једном рестартован.



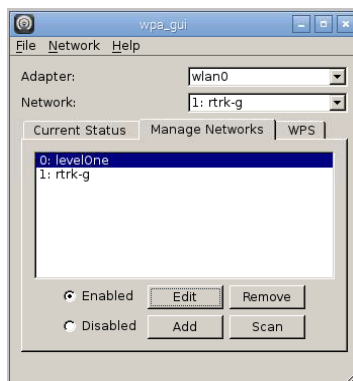
Слика 15 Покретање прозора за подешавање бежично мрежног приступа



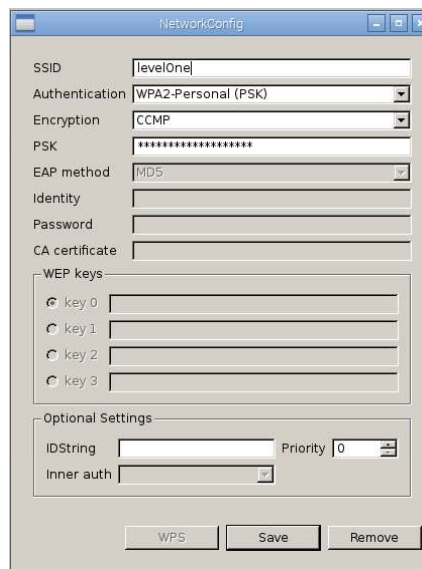
Слика 16 Први прозор wpa\_gui алата



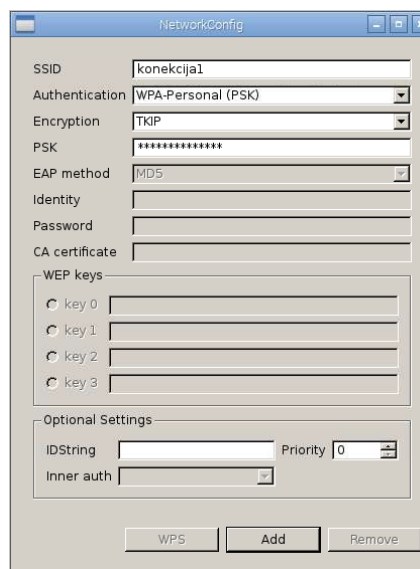
Слика 17 Параметри нове скениране бежичне мрежне конекције



Слика 18 Други прозор wpa\_gui алата



Слика 19 Измена параметара постојеће бежичне мрежне конекције



Слика 20 Параметри нове ручно додате бежичне мрежне конекције

Уколико Raspberry Pi користите из **конзоле** *Raspbian* оперативног система подешавања мрежних параметара можете изменити кроз команде, или још боље, трајно, изменом конфигурационих датотека и скрипти:

- Промена имена Raspberry Pi уређаја (hostname) – пожељно је променити име Raspberry Pi уређају. У почетној конфигурацији дефинисано је име raspberrypi. Да би се име разликовало од остали уређаја истог типа прикључених на исту мрежу, потребно је променити име, нпр. у raspberrypixyzk, где су xyzk последње 4 цифре са серијског броја на кутији уређаја. Могуће је одабрати и било које друго име. Име уређаја је згодно за приступ уређају преко мреже по његовом имену, у супротном је неопходно знати IP адресу, што је компликованије у случају укљученог DHCP-а.

Име уређаја може се променити трајно у конфигурацији уређаја објашњеној у поглављу **Инсталација *Raspbian* оперативног система** која се може покренути командом *raspi-config* или директном изменом у датотеци */etc/hostname*. Датотеку је могуће отворити нпр. командом „*sudo nano /etc/hostname*“, урадити измене и онда затворити датотеку комбинацијом тастера редом Ctrl+X (затварање), Y (потврда да желите да сачувате измене), Enter (задржавате тренутно име датотеке).

- Промена параметара жичог мрежног приступа (мрежни адаптер *eth0*) – параметре жичног мрежног приступа је могуће променити трајно или привремено, што ће важити до следећег рестарта. Најважнији параметри који се могу поставити су IP адреса, *netmask* маска, и *broadcast* адреса, али и замена свега тога *DHCP* подешавањем које ће омогућити аутоматско постављање свих параметара након договора са мрежним уређајем на другом

крају. Такође, могуће је укључити или искључити аутоматско покретање ове спреге за приступ мрежи.

Тренутно стање жичног мрежног адаптера можете проверити командом `ifconfig eth0` (стање свих можете мрежних адаптера можете проверити позивом само команде `ifconfig` или `ifconfig -a`). IP адресу је могуће привремено променити командом `ifconfig eth0 <address>` (нпр. `ifconfig eth0 172.16.25.125`). Маску је могуће променити командом `ifconfig eth0 netmask <mask>` (нпр. `eth0 netmask 255.255.255.0`). Broadcast адресу је могуће променити командом `ifconfig eth0 broadcast <address>` (нпр. `eth0 broadcast 172.16.25.63`). Све параметре је могуће променити одједном, нпр. `ifconfig eth0 172.16.25.125 netmask 255.255.255.224 broadcast 172.16.25.63`.

Све параметре је могуће трајно променити директном изменом конфигурационе датотеке, нпр. позивом команде:

*`sudo nano /etc/network/interfaces`*

Постављање параметара за рад са статичком адресом (препоручено ако се Raspberry Pi уређај повезује директно на персонални рачунар):

```
...
iface eth0 inet static
address 192.168.0.24
netmask 255.255.255.0
gateway 192.168.0.1
...
```

Постављање параметара за рад са *DHCP*-ом (препоручено ако се Raspberry Pi уређај повезује директно на мрежу):

```
...
iface eth0 inet dhcp
...
```

Постављање параметара за комбинован рад, тако да када је Raspberry Pi уређај повезан директно на мрежу ради са *DHCP*-ом, а када је повезан директно на персонални рачунар користиће статичку адресу дефинисану за алиас (црвеним је означено оно што треба изменити/додати на постојеће стање у датотеци):

```
...
auto lo
iface lo inet loopback

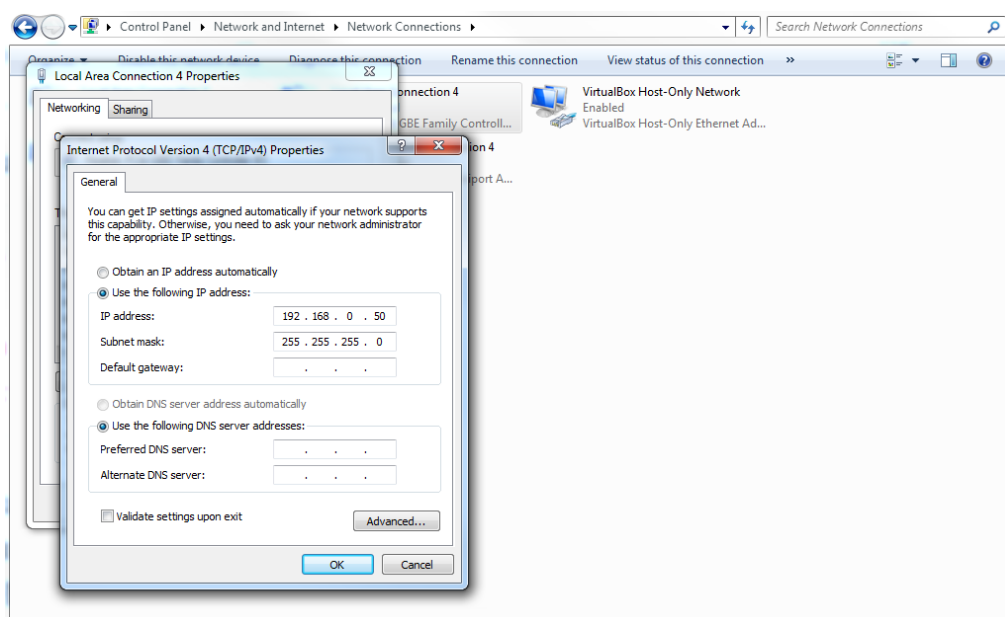
auto eth0
iface eth0 inet dhcp

auto eth0:1
iface eth0:1 inet static
address 192.168.0.100
netmask 255.255.255.0
```



```
allow-hotplug wlan0  
...
```

Ово је уједно и најпогоднији начин за рад од куће, јер се **Raspberry Pi уређај** може повезати на мрежу уколико је имате, или директно на рачунар (уколико немате слободну мрежну утичницу на рачунару, можете користити **USB2ETHERNET** адаптер који и добијате за ту сврху). У том случају је потребно да и за адаптер на рачунару, на који прикључујете **Raspberry Pi уређај**, такође поставите статичку IP адресу, из истог мрежног подопсега, али другачију него на **Raspberry Pi уређају**, нпр. 192.168.0.50.



Слика 21 Постављање статичке IP адресе за мрежни адаптер на Windows-у

- Промена параметара бежичног мрежног приступа (мрежни адаптер *wlan0*) – параметре бежичног мрежног приступа је могуће променити трајно или привремено, што ће важити до следећег рестарта. Најважнији параметри који се могу поставити су исти као за жични мрежни приступ (тј. мрежни адаптер *eth0*). Додатно, за аутоматско покретање овог мрежног адаптера, потребно је то омогућити у конфигурационој скрипти уз дефиницију конфигурационе датотеке која садржи информације о сачуваним бежичним мрежним конекцијама.

Тренутно стање бежичног мрежног адаптера је могуће проверити али и привремено променити на исти начин као за жични мрежни приступ (тј. мрежни адаптер *eth0*), уз замену идентификатора адаптера *eth0* са *wlan0* у свакој команди.

Све параметре је могуће трајно променити директном изменом конфигурационе датотеке, нпр. позивом команде:

*sudo nano /etc/network/interfaces*

Постављање параметара за рад са статичком адресом:

```
...
auto wlan0
allow-hotplug wlan0
iface wlan0 inet static
    address 192.168.0.24
    netmask 255.255.255.0
    gateway 192.168.0.1
    wpa-conf /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf
...
```

Постављање параметара за рад са *DHCP*-ом (препоручено за бежичну везу):

```
...
auto wlan0
allow-hotplug wlan0
iface wlan0 inet dhcp
wpa-conf /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf
...
```

Измена конфигурационе датотеке која садржи информације о сачуваним бежичним мрежним конекцијама (брисање, додавање или измена постојеће конекције) је могућа нпр. командом:

*sudo nano /etc/wpa\_supplicant/wpa\_supplicant.conf*

Пример садржаја конфигурационе датотеке са сачуваним бежичним мрежним конекцијама:

```
ctrl_interface=DIR=/var/run/wpa_supplicant GROUP=netdev
update_config=1

network={
    ssid="levelOne"
    psk="*****"
    proto=RSN
    key_mgmt=WPA-PSK
    pairwise=CCMP
    auth_alg=OPEN
}

network={
    ssid="konekcija1"
    psk="*****"
    proto=RSN
    key_mgmt=WPA-PSK
    pairwise=TKIP
    auth_alg=OPEN
}
```

- Подешавања за комбинован жични и бежични мрежни приступ је могуће дефинисати у конфигурационој датотеци, , нпр. позивом команде:

*sudo nano /etc/network/interfaces*

### Пример комбинованог жичног и бежичног приступа:

```
auto eth0 wlan0

iface lo inet loopback

iface eth0 inet dhcp

allow-hotplug wlan0
iface wlan0 inet dhcp
wpa-conf /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf

iface default inet dhcp
```

- Промена DNS подешавања – омогућавају да се име (hostname) Raspberry Pi уређаја види на другим уређајима у истој мрежи, те да му се може приступити по имену што може бити згодно у случају да је укључен DHCP те је нова и непозната адреса добијена аутоматски. За различите оперативне системе и различиту мрежну опрему су неопходна различита подешавања, па следећа 3 подешавања примените редом, док приступ по имену коначно не проради (можете пробати *ping* командом са рачунара, нпр. *ping raspberrypi1234*):

1. За Linux оперативни систем је потребно позвати следеће команде одједном, као ***sudo*** корисник:

```
cat << EOF >> /etc/dhcp/dhclient.conf ;
send fqdn.encoded off ;
send fqdn.server-update on ;
EOF
```

2. За Windows оперативни систем је потребно инсталирати следеће алате:

```
sudo apt-get install samba
```

```
sudo apt-get install winbind
```

За samba алат је потребно подесити и назив радне групе мреже на коју је уређај прикључен, у датотеци */etc/samba/smb.conf*, нпр. командом:

```
sudo nano /etc/samba/smb.conf
```

Конкретно, треба изменити променљиву *workgroup*, нпр:

```
workgroup = WORKGROUP
```

**НАПОМЕНА:** Све трајне измене које се форсирају променама у конфигурационим датотекама дају ефекат тек при стартовању уређаја (тада се извршавају/учитавају), па је неопходно након промене рестартовати Raspberry Pi уређај.

## Начини приступа и рада

Начин рада са Raspberry Pi уређајем зависи од приступа, доступне опреме, навике, итд. Предложени начини рада су:

- Самостално коришћење – коришћење попут персоналног рачунара, уз монитор, миш и тастатуру. Ово је најједноставнији начин рада, али захтева поменути додатну опрему. Згодан је ако се Raspberry Pi уређај користи самостално. Уколико се ипак ради о тешњој вези персоналног рачунара и Raspberry Pi уређаја, ово можда није најбољи метод. Може се радити у конзоли или са графичком корисничком спрегом (GUI), која се добија командом *startx*.
- **(ПРЕПОРУКА)** SSH веза са персоналног рачунара – приступ преко мреже са персоналног рачунара. Згодан начин рада када је неопходна и тешња веза са персоналним рачунаром (нпр. пренос неког програма преведеног на персоналном рачунару и покретање на Raspberry Pi уређају). Овај начин претпоставља рад у конзоли, иако је могуће појединичну апликацију покренути и са графичком корисничком спрегом, која би се појавила у посебном прозору на персоналном рачунару, али је то ређи случај (нпр. коришћењем *xming* алата у *Windows*-у). Рад и приступ преко SSH конекције је могућ било под *Linux* или *Windows* оперативном систему.

Под *Linux*-ом се из терминала може користити команда:

*ssh [user@]hostname*

Примери: *ssh pi@raspberrypi1234*, *ssh raspberrypi1234*, *ssh pi@192.168.0.24*

Под *Windows*-ом се може приступити нпр. из програма *Putty*, такође преко *hostname*-а или *IP* адресе, уз одабир SSH за тип конекције.

У сваком случају, по успостављању везе, неопходно је пријавити се на Raspberry Pi уређај са налогом (комбинација корисничког имена и лозинке) који је на њему доступан.

- Додатак на други начин, уколико је за рад неопходна или пожељна графичка корисничка спрега је коришћење неког од алата за виртуелни мрежни рад (*Virtual Network Computing* – *VNC*). Коришћењем монитора или преко *SSH* везе, на Raspberry Pi уређај се најпре преузме и инсталира *VNC* сервер (нпр. *TightVNC* пакет):

*sudo apt-get install tightvncserver*

Након тога потребно је покренути *VNC* сервер (захтева да се унесе лозинка која се после користи за конекцију са персоналног рачунара , тј. *VNC* прегледача), командом:



*tightvncserver*

Следећи (и последњи) корак који је неопходно урадити на Raspberry Pi уређају је покретање сервера из терминала, односно покретање сесије на VNC екрану (у примеру је коришћен екран нула :0):

```
vncserver :0 -geometry 1860x960 -depth 24
```

Најбоље одабрати резолуцију за приближно 100 тачака мању од резолуције постављене на персоналном рачунару, по обе димензије.

**НАПОМЕНА: Овај корак, односно покретање VNC сесије је потребно урадити сваки пут након покретања Raspberry Pi уређаја.**

Преостали кораци се односе на прикључење на VNC сесију са персоналног рачунара, зависно од коришћеног оперативног система:

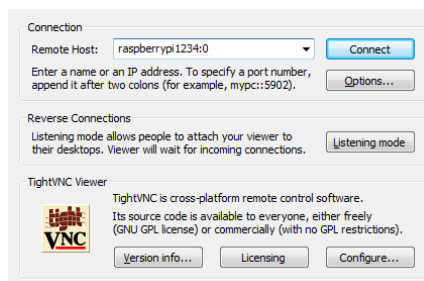
1. Linux – преузимање и инсталација VNC прегледача командом:

```
sudo apt-get install xtightvncviewer
```

VNC прегледач се покреће из терминала, командом:

```
xtightvncviewer
```

По покретању прегледача, потребно је унети параметре као на слици (прилагодити имена Raspberry Pi уређаја и број екрана) и даље наставити уобичајено са радом.



Слика 22 Параметри VNC прегледача

2. Windows – преузети са странице <http://www.tightvnc.com/download.php> VNC прегледач и поступити даље као у корацима описаним за случај Linux оперативниг система

Опционо, може се урадити аутоматизација покретања сервера при бутовању, али објашњење превазилази обим овог курса. Објашњење се налази на: <https://www.raspberrypi.org/documentation/remote-access/vnc/>.

## Начини превоза/покретања програма/модула

- **(ПРЕПОРУКА)** Пренос постојећег изворног кода на Raspberry Pi уређај или развој новог кода на самом уређају, превозање и покретање на Raspberry Pi уређају. Није уобичајен начин рада за наменске системе, али је због једноставности најприхватљивији начин за вежбе. Пренос података (ако је неопходан) са персоналног рачунара (са Windows или Linux оперативним системом) на Raspberry Pi уређај и обрнуто је могућ преко SSH везе, коришћењем SCP алата:

```
scp [[user@]host1:]file1 ... [[user@]host2:]file2
```

```
scp -r [[user@]host1:]folder1 ... [[user@]host2:]folder2
```

Примери:

```
scp -r pi@raspberrypi1234:/home/pi/Downloads/vezba01 user@pc:"d:/vezbe/"
```

```
scp user@pc:"d:/vezbe/file1" pi@raspberrypi1234:/home/pi/Downloads/file1
```

- Компликованији, али уобичајен начин рада је превозање на персоналном рачунару (са Linux оперативним системом, препоручљиво) помоћу Cross-Compiler-a, а затим пренос бинарних датотека преко SSH везе коришћењем SCP алата како је објашњено и у претходном случају и коначно покретање из конзоле на Raspberry Pi уређају.

## Преузимање, инсталација, првођење и подешавање алата и библиотека

За овај корак је неопходна активна Интернет веза. Потребно инсталирати следеће (у зависности од начина рада, за сваку ставку је довољно спровести само одговарајућу методу):

- Преводаца GCC (препоручено варијанта 1)
  1. Освежавање на Raspberry Pi уређају (преузимање и инсталација верзије 4.7, уколико иста или новија није већ инсталирана)

```
sudo apt-get update
sudo apt-get install gcc-4.7
sudo rm /usr/bin/gcc
sudo ln /usr/bin/gcc-4.7 /usr/bin/gcc
gcc -dumpversion
```

Ако је све добро завршено, последња команда треба да испише 4.7 као тренутну верзију GCC-a.

2. Преузимање и подешавање Cross-Compiler-a на персоналном рачунару са Linux оперативним системом

Ово је неопходан корак уколико се програми преводe на персоналном (host) рачунару. У случају СППyPB2 вежби, ово није неопходно јер се програми преводe директно на Raspberry Pi уређају.

Cross-Compiler је могуће преузети са путање:

[https://launchpad.net/linaro-toolchain-binaries/trunk/2013.01/+download/gcc-linaro-arm-linux-gnueabi-4.7-2013.01-20130125\\_linux.tar.bz2](https://launchpad.net/linaro-toolchain-binaries/trunk/2013.01/+download/gcc-linaro-arm-linux-gnueabi-4.7-2013.01-20130125_linux.tar.bz2)

Да би на рачунару овај преводилац био увезан, неопходно је дефинисати следеће прменљиве:

```
export ARCH=arm
```

```
export CROSS_COMPILE=/home/<user>/rpi2-kernel-module-  
build/tools/gcc-linaro-arm-linux-gnueabi-4.7-2013.01-  
20130125_linux/bin/arm-linux-gnueabi-
```

Да би се програми преводили на овај начин, потребно је изменити Makefile датотеке, тако да на почетку стоји:

```
CC = $(CROSS_COMPILE)gcc-4.7.3  
CXX = $(CROSS_COMPILE)gcc-4.7.3  
LD = $(CROSS_COMPILE)gcc-4.7.3
```

- Језгро (kernel) Raspbian оперативног система (**препоручено варијанта 1**)
  1. Преузимање и подешавање преведеног кода језгра на Raspberry Pi уређају

Најједноставнији начин је да се скуп команди које следе сачувају као скрипта у датотеци *get-kernel-source.sh*, нпр. у *home* директоријуму. Датотеку је могуће направити командом:

```
sudo nano get-kernel-source.sh
```

Садржај датотеке треба да буде:

```
#!/bin/bash  
  
apt-get update  
apt-get install bc  
  
cd ~  
  
REV=`zcat /usr/share/doc/raspberrypi-bootloader/changelog.Debian.gz |  
grep '* firmware as of' | head -n 1 | sed -e 's/\ \*\ firmware as of  
\(.*\)$/\1/'`  
  
rm -rf rasp-tmp  
mkdir -p rasp-tmp  
mkdir -p rasp-tmp/linux  
  
wget https://raw.githubusercontent.com/raspberrypi/firmware/$REV/extra/git_hash -O  
rasp-tmp/git_hash
```

```
wget
https://raw.githubusercontent.com/raspberrypi/firmware/$REV/extra/Module7.symvers -
O rasp-tmp/Module.symvers

SOURCEHASH=`cat rasp-tmp/git_hash`

wget https://github.com/raspberrypi/linux/tarball/$SOURCEHASH -O rasp-
tmp/linux.tar.gz

cd rasp-tmp
tar -xzf linux.tar.gz

OSVERSION=`uname -r`

rm -rf /usr/src/linux-source-$OSVERSION/

mv raspberrypi-linux* /usr/src/linux-source-$OSVERSION
rm -f /lib/modules/$OSVERSION/build
ln -s /usr/src/linux-source-$OSVERSION /lib/modules/$OSVERSION/build

cp Module.symvers /usr/src/linux-source-$OSVERSION/

modprobe configs
zcat /proc/config.gz > /usr/src/linux-source-$OSVERSION/.config

cd /usr/src/linux-source-$OSVERSION/
make -j4 oldconfig
make -j4 prepare
make -j4 scripts
chmod -Rf 777 *
cd ~
rm -rf rasp-tmp
```

Након тога, довољно је покренути ову скрипту као *sudo* корисник и сачекати (5-10 минута) да се заврши преузимање и подешавање:

*sudo chmod +x get-kernel-source.sh*

*sudo ./get-kernel-source.sh*

**НАПОМЕНА:** Уколико претходно описани поступак инсталације изворног кода језгра није завршен успешно (завршено је, код се преводи, али регистровање модула у систем не ради коректно), покушајте са последњом верзијом кернела и одговарајућим изворним кодом.

*sudo apt-get upgrade*

Претходна команда инсталира последњу верзију кернела, по завршетку је неопходан reboot уређаја. Преузимање и инсталација изворног кода:

*wget "http://www.niksula.hut.fi/~mhienka/Rpi/linux-headers-rpi/linux-headers-4.1.7-v7+\_4.1.7-v7+\_2\_armhf.deb"*

*sudo dpkg -i linux-headers-4.1.7-v7+\_4.1.7-v7+\_2\_armhf.deb*

2. Преузимање и превођење Cross-Compiler-ом на персоналном рачунару са Linux оперативним системом

Најпре је неопходно преузети изворни код на Raspberry Pi уређају командом:

```
apt-get install linux-source-3.18
```

Изворни код је исте верзије као језгро које се користи на плочи (3.18.11-v7+). Тачна верзија језгра се може проверити командом "uname -r":

```
raspberry# uname -r
```

```
raspberry# 3.18.11-v7+
```

3 је верзија језгра, 18 је мајор ревизија, 11 је minor ревизија.

**НАПОМЕНА:** за превођење модула језгра битно је да се поклапају верзија језгра и мајор верзија.

Преузети изворни код језгра је потом потребно пребацити са путање /usr/src/linux-source-3.18 на уређају Raspberry Pi, на путању /home/<user>/rpi2-kernel-module-build/kernel/source/linux-source-3.18 на рачунару, према већ датом упутству за копирање (ср командом). Ради бржег и једноставнијег копирања, пожељно је цео директоријум најпре запаковати на Raspberry Pi уређају (*tar cvfj linux-source-3.18.tar.bz2*), а након копирања распаковати на рачунару (*tar xvfj linux-source-3.18.tar.bz2*). На крају је потребно и превести изворне датотеке на рачунару, подешеним Cross-Compiler-ом, командама:

```
make bcm2709_defconfig
```

```
make -j4
```

Након овога језгро би требало да буде успешно преведено. Превођење траје око пола сата.

Да би се касније приликом превођења модула користило ово језгро, потребно је изменити Makefile датотеке у примерима модула, тако да стоји:

```
KDIR := /home/<user>/rpi2-kernel-module-  
build/kernel/source/linux-source-3.18
```

- Библиотека TBB

- Преузимање, превођење и подешавање на Raspberry Pi уређају

```
sudo apt-get install libopencv-dev
```



*wget*

*[https://www.threadingbuildingblocks.org/sites/default/files/software\\_releases/source/tbb2017\\_20160916oss\\_src.tgz](https://www.threadingbuildingblocks.org/sites/default/files/software_releases/source/tbb2017_20160916oss_src.tgz)*

*sudo tar -xvf tbb2017\_20160916oss\_src.tgz -C /usr/src/*

*cd /usr/src/tbb2017\_20160916oss*

Изменити датотеку *gcc\_armv7.h*, командом:

*sudo nano /usr/src/*

*tbb2017\_20160916oss/include/tbb/machine/gcc\_armv7.h*

```
У датотеци gcc_armv7.h треба закоментарисати линије 30 - 32
30 //#if !(__ARM_ARCH_7A__)
31 //#error compilation requires an ARMv7-a architecture.
32 //#endif
Даље, у истој датотеци gcc_armv7.h линију 56 изменити са
56 #define __TBB_full_memory_fence() 0xffff0fa0 __asm__
volatile ("dmb ish": : : "memory")
```

*sudo make tbb CXXFLAGS="-DTBB\_USE\_GCC\_BUILTINS=1 -*  
*D\_\_TBB\_64BIT\_ATOMICS=0"*

*sudo make tbbmalloc CXXFLAGS="-DTBB\_USE\_GCC\_BUILTINS=1 -*  
*D\_\_TBB\_64BIT\_ATOMICS=0"*

Приликом сваког покретања нове сесије (терминала) потребно је дефинисати TBB променљиве

*source*

*/usr/src/tbb2017\_20160916oss/build/linux\_armv7\_gcc\_cc4.9.2\_libc2.19\_k*  
*ernel4.4.21\_release/tbbvars.sh*

То је могуће извести и трајно, нпр. додавањем исте команде у *.bashrc* датотеку:

*sudo nano ~/.bashrc*

**НАПОМЕНА:** У зависности од верзије језгра Linux оперативног система, путања до датотеке *tbbvars.sh* може бити другачија. Обратити пажњу да путања садржи и везију језгра, па је 4.9.2 потребно променити са одговарајућим.