

Opinnäytetyö (AMK)
Elektroniikka
Tietoliikennejärjestelmät
2015

Petri Puustinen

VERENPAINEMITTAREIDEN TESTAUSLAITTEEN OHJAAMINEN RASPBERRY PILLÄ



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Elektroniikka | Tietoliikennejärjestelmät

2015 | 29 + 1 liite

Ohjaaja(t): Yliopettaja Juha Nikkanen, Toimitusjohtaja Reijo Sinisalo

Petri Puustinen

VERENPAINEMITTAREIDEN TESTAUSLAITTEEN OHJAAMINEN RASPBERRY PILLÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa uusi järjestelmä verenpainemittareiden testauslaitteelle kalibrointitapahtumia varten. Se kehitettiin turkulaiselle kalibrointiyritykselle ReSiCal:lle. Järjestelmän tarkoitus on nopeuttaa kalibrointitapahtumista saatavien mittaustulosten valmistumista ja helpottaa tulosten saantia. Järjestelmään kuuluu myös Raspberry Pi –tietokone, jolla ohjataan testauslaitetta.

Opinnäytetyössä perehdytään verenpaineeseen ja sen mittaamiseen sekä verenpainemittareihin yleensä. Lisäksi käydään läpi verenpainemittareiden testauslaite ja sen käyttö. Työssä perehdytään myös Raspberry Pi –tietokoneeseen ja sen hyödyntämiseen järjestelmässä.

Raspberry Pi –tietokone saatiin ohjelmoitua käyttökuntoiseksi järjestelmään käyttäen c-ohjelmointikieltä. Raspberry Pi –tietokoneella voidaan ohjata ja saada mittaustuloksia verenpainemittareiden testauslaitteelta. Mittaustulosten analysointia tullaan vielä kehittämään opinnäytetyön jälkeen.

ASIASANAT:

järjestelmä, verenpainemittareiden testauslaite, Raspberry Pi

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Electronics | Telecommunication systems

2015 | Total number of pages 29 + 1 attachment

Instructors: Juha Nikkanen, Lic. Tech. Principal Lecturer, Chief Executive Officer Reijo Sinisalo

Petri Puustinen

THE BLOOD PRESSURE SIMULATOR CONTROLLED BY RASPBERRY PI

The purpose of this thesis was to design and implement a new system of a blood pressure simulator for calibration events. This thesis was commissioned by a Finnish calibration company in Turku called ReSiCal. The purpose of the system is to speed up obtaining measurement results from calibration events and to facilitate the analysis of these results. The system also includes the Raspberry Pi computer for controlling the test device.

The thesis focuses on blood pressure and its measurement and blood pressure meters in general. In addition, the pressure simulator and its use are presented. The thesis also introduces the Raspberry Pi computer and its utilization in the system.

Raspberry Pi computer was programmed to be usable in the system by using the c programming language. The Raspberry Pi computer can be controlled to obtain measurement results from blood pressure simulator. The analysis of the measurements does not belong to the scope of this thesis but will further be developed in the future.

KEYWORDS:

system, blood pressure simulator, Raspberry Pi

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 LÄHTÖKOHDAT	3
2.1 Toimeksiantaja	3
2.2 Verenpaine	3
2.2.1 Verenpaineen mittaus	3
2.2.2 Verenpainemittareiden tekniikka	6
2.2.3 Yleisimmät verenpainemittarit	7
3 NONINVASIIVISEN VERENPAINEMITTARIN TESTAUSLAITE	9
3.1 Yleistiedot	9
3.2 Ominaisuudet	9
3.3 Tekniset tiedot	12
3.4 Laitteen ohjaus	12
3.4.1 Sarjaportti	12
3.4.2 Rinnakkaisportti	12
3.4.3 Tietokoneohjausprotokolla	13
4 RASPBERRY PI B+	15
4.1 Historia	15
4.2 Mallin tekniset tiedot	15
4.3 Mallin nastajärjestys	16
4.4 Raspbian käyttöjärjestelmän asennus	17
4.5 Yleiset asetukset	18
4.6 Hyödyllisiä komentoja	18
4.7 Raspberry Pi -tietokoneen käyttöönotto	21
5 JÄRJESTELMÄN TOTEUTUS	22
5.1 Järjestelmän suunnittelu	22
5.2 Järjestelmän toteutus	22
5.3 Järjestelmän testaus	26
6 YHTEENVETO	27

LIITTEET

Liite 1. Raspberry Pi -tietokoneen sarjaportin koodi [14]

KUVAT

Kuva 1. Verenpaineen mittaus käsivarresta sulkevalla menetelmällä. [5]	4
Kuva 2. Kuuntelumenetelmän periaate. [5]	5
Kuva 3. Omron I-C10 -olkavarsiverenpainemittari. [7]	7
Kuva 4. Omron RS3 -ranneverenpainemittari. [8]	8
Kuva 5. EKG-simulaation liittimet.	10
Kuva 6. Verenpainemittareiden testauslaite.	10
Kuva 7. Verenpainemittarin testaus NIBP-testauslaitteella.	11
Kuva 8. Serial to Parallel -muunnin.	13
Kuva 9. DUMP-komento.	14
Kuva 10. Raspberry Pi B+.	15
Kuva 11. Raspberry Pi B+ -tietokoneen nastajärjestys. [13]	17
Kuva 12. Raspberry Pi -tietokoneen yleiset asetukset.	18
Kuva 13. <i>ls</i> -komento.	19
Kuva 14. <i>cd</i> -komento.	19
Kuva 15. <i>su</i> -komento.	20
Kuva 16. <i>df -h</i> -komento.	20
Kuva 17. Minicom-asetukset valikko.	21
Kuva 18. WiringPi-kirjaston asennus.	23
Kuva 19. GPIO-pinnit.	23
Kuva 20. Ensimmäinen mittaus.	25
Kuva 21. Toinen mittaus.	25
Kuva 22. Raspberry Pi yhdistettynä Windows-tietokoneeseen.	26
Kuva 23. Lopullinen mittausjärjestelmä.	26

TAULUKOT

Taulukko 1. Verenpaineen luokittelu [4]

Taulukko 2. Raspberry Pi -mallien ominaisuudet

KÄYTETYT LYHENTEET

Bd	Baud, bittiä sekunnissa
bpm	Beats per minute, sydämen syke
EKG	Elektrokardiogrammi, sydänsähkökäyrä
GPIO	General purpose input/output
mmHg	Elohopeamillimetri
NIBP	Noninvasive Bloodpressure Meter, Noninvasiivinen verenpainemittari
root	Pääkäyttäjä
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa järjestelmä turkulaiselle kalibrointiyritykselle ReSiCalille verenpainemittareiden kalibrointitapahtumista saatavien mittaustulosten nopeuttamiseksi. Myös mittaustulosten selkeyttä ja analysointia voisi parantaa. Järjestelmä toteutetaan noninvasiiviselle verenpainemittarin testauslaitteelle. Järjestelmää olisi kuitenkin mahdollista käyttää myös muiden testauslaitteiden kanssa, jotka käyttävät samaa tiedonsiirtotekniikkaa.

Opinnäytetyössä käytetään Raspberry Pi -tietokonetta, joka toimii järjestelmän keskipisteenä muiden laitteiden kanssa. Järjestelmään kuuluu Raspberry Pi -tietokoneen sekä verenpainemittarin testauslaitteen lisäksi hiiri, näppäimistö, näyttö ja tulostin. Työn aikana pohditaan eri näkökulmia mittaustulosten saamiseksi sekä niiden nopeuttamiseksi.

Työn alussa tutkitaan hieman ihmisen verenpaineen fysiologiaa, jotta verenpainemittareiden testauslaitteen kehittäminen ja sen ymmärtäminen olisi helpompaa. Lisäksi käsitellään verenpaineen mittausta sekä perehdytään verenpainemittareiden toimintaan.

Opinnäytetyössä perehdytään noninvasiiviseen verenpainemittareiden testauslaitteeseen sekä Raspberry Pi -tietokoneeseen. Tämän lisäksi käsitellään yleisiä asioita Raspberry Pi -tietokoneesta kuten esimerkiksi historiaa ja hyödyllisiä komentoja. Työssä käydään myös läpi Raspberry Pi B+:n käyttöönotto sekä järjestelmän asetukset. Lisäksi opinnäytetyössä käydään läpi suunnittelun ja toteuksen vaiheet sekä pohditaan järjestelmän kehitysmahdollisuuksia.

Aikaisempi aiheeseen liittyvä opinnäytetyö on Ranjam Aleenin Reading data from a digital multimeter using a Raspberry Pi. [1] Kyseisessä opinnäytetyössä tavoitteena on saada mittaustuloksia yleismittarista käyttäen Raspberry Pi -tietokonetta. Tässä opinnäytetyössä ei kuitenkaan käytetä kyseistä tutkimusta

lähteenä, koska Raspberry Pi -tietokoneeseen liitettävä laite on täysin erilainen. Edellä mainitussa opinnäytetyössä ohjelmointikieli on Python, kun taas tässä opinnäytetyössä ohjelmoidaan C-kielellä. Toinen opinnäytetyö on Jukka Salomaan Web-palvelimen toteutus Raspberry Pi:llä. [2] Siinä käydään hyvin läpi yleisiä asioita Raspberry Pi -tietokoneesta, mutta tietokoneen käyttöönotto tarkoitus on kuitenkin erilainen. Raspberry Pi -tietokoneesta on tehty useita erilaisia opinnäytetöitä, jotka käsittelevät sen yleisiä asioita. Niitä ei juurikaan käytetä tässä opinnäytetyössä lähteenä.

2 LÄHTÖKOHDAT

2.1 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantaja on turkulainen kalibrointiyritys Resical. Sen asiakkaat ovat muun muassa lääke-, elektroniikka-, sairaala- ja elintarviketeollisuuden aloilta. ReSiCal tuottaa mitta-, testi-, automatiikka- ja mekatroniikkalaitteiden kalibrointi-, huolto-, korjaus-, myynti- sekä asiantuntijapalveluita asiakkaiden asettamien vaatimusten mukaan. Näitä palveluita tehdään muun muassa seuraaville laitteille; partikkelilaskurit, aerosolifotometrit, aerosoligeneraattorit, erilaiset painemittarit, dataloggerit, lämpötilamittarit, kosteusmittarit, hiilidioksidimittarit, lääke- ja elektroniikkateollisuuden sekä laboratorioden testi- ja prosessilaitteille.

2.2 Verenpaine

Verenpaineella tarkoitetaan valtimoissa olevaa painetta. Paine syntyy sydämen supistuessa ja pumpatessa verta valtimoihin. Ihmisen liikkueessa verenpaine kohoaa. Tilapäinen verenpaineen vaihtelu on normaalia, mutta jatkuvasti koholla oleva verenpaine voi vaurioittaa sydänlihasta sekä verisuonia. Kohonnutta verenpainetta ei välttämättä huomaa, joten sen saa selville vain mittaamalla. Verenpaine ilmoitetaan kahdella arvolla. Yläpaine eli systolinen verenpaine kuvaa painetta sydämen supistuessa, ja alapaine eli diastolinen verenpaine kuvaa painetta sydämen lepovaiheen aikana. Mittayksikkö on elohopeamillimetri eli mmHg. [3]

2.2.1 Verenpaineen mittaaminen

Verenpaineen voi mitata suoraan eli invasiivisesti, missä mittaaminen suoritetaan verisuoneen työnnetyn kanyylin avulla. Se on reaaliaikainen ja tarkka. Verenpaine saadaan myös epäsuorasti eli noninvasiivisesti. Tällöin mittaaminen tapahtuu verisuoniston ulkopuolelta noninvasiivisella verenpainemittarilla. Se on hieman epätarkempi invasiiviseen mittaukseen verrattuna, joten mittauksia

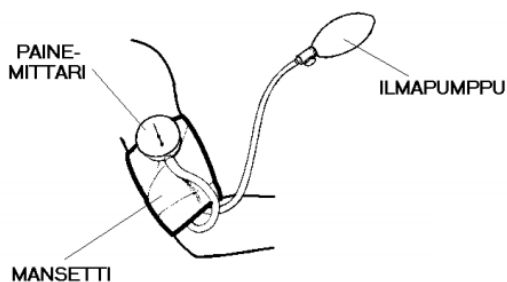
kannattaa tehdä useampi kerralla. Toistuvasta kohonneesta verenpaineesta kannattaa keskustella lääkärin kanssa. Taulukosta 1 näkee verenpaineen luokittelun.

Verenpaineen luokittelu	Yläpaine eli systolinen verenpaine (mmHg)		Alapaine eli diastolinen verenpaine (mmHg)	Toimenpiteet
Optimaalinen	<120	ja	<80	Tarkistusmittaus 5 vuoden välein
Normaali	<130	ja	<85	Tarkistusmittaus 2 vuoden välein
Tyydyttävä	130 - 139	ja	85 - 89	Tarkistusmittaus 1 vuoden välein, elintapaohjeet
Kohonnut verenpaine				
- Lievästi kohonnut	140 - 159	tai	90 - 99	Verenpainetason* arviointi 2 kuukauden aikana, elintapaohjeet
- Kohtalaisesti kohonnut	160 - 179	tai	100 - 109	Verenpainetason* arviointi 1 kuukauden aikana, elintapaohjeet
- Huomattavasti kohonnut	=> 180	tai	=> 110	Verenpainetason* arviointi 1 - 2 viikon aikana, elintapaohjeet
-				
Hypertensiivinen kriisi	=> 180 - 200	tai	=> 120 - 130	Välitön hoito
-Isoloitu systolinen hypertensio	=> 140	ja	<90	Verenpainetason arviointi kuten yllä

* Vähintään neljän eri päivinä tehdyn kaksoismittauksen keskiarvo.

Taulukko 1. Verenpaineen luokittelu [4]

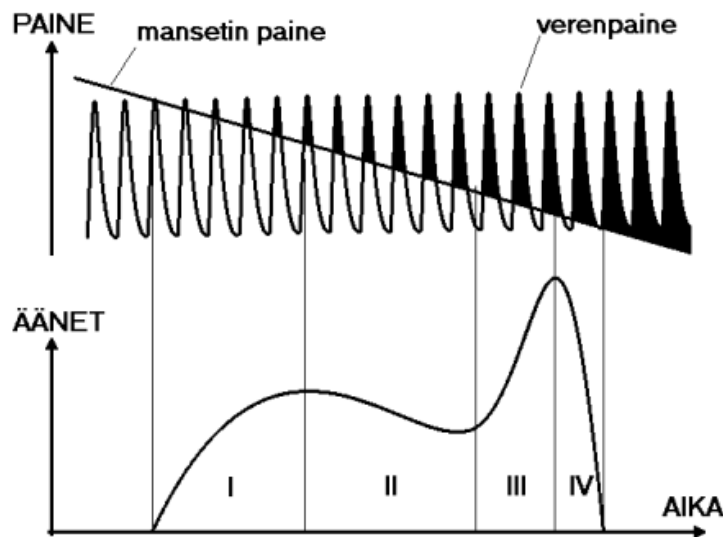
Muita noninvasiivisia verenpaineen mittaustapoja on muun muassa sulkeva menetelmä, kuten kuvassa 1. Mansetilla suljetaan mittauskohdasta raajan verenkierto. Virtausääniä kuuntelemalla seurataan veren virtaamista mansetin tyhjentyessä. Tämän jälkeen luetaan mansetissa oleva painearvo, joka tulkitaan systoliseksi tai diastoliseksi paineeksi. Mittaustulos on yleensä sulkevissa menetelmissä tarkka. Tämä menetelmä kuitenkin rasittaa verenkiertoa, joten sitä ei voi toistaa usein. [5]



Kuva 1. Verenpaineen mittaus käsivarresta sulkevalla menetelmällä. [5]

Tonometrisissä eli ei-sulkevilla menetelmissä pyritään tunnistelemaan painetasoa estämättä verenkiertoa. Tällä menetelmällä saadaan jatkuvasti mittaustuloksia. Tonometrisissä mittauksissa tarkkuus on kuitenkin huono. [5]

Kuuntelumenetelmässä (Kuva 2.) kuunnellaan mansetin alta tai mansetin jälkeen kuuluvia ääniä. Tätä kutsutaan myös Riva-Roccin tai Korotcoffin menetelmäksi. Kuuntelumenetelmä on yleinen noninvasiivinen verenpaineen mittaussuunnitelma. Mittaustarkkuus vaihtelee verenpaineen mukaan. Normaaliarvoilla mittaustarkkuus on hyvä, mutta tarkkuus huononee verenpaineen ollessa matalampi. [5]



Kuva 2. Kuuntelumenetelmän periaate. [5]

Ensin käsivarren ympäri kiedottuun mansettiin pumpataan systolisen paineen ylittävä paine. Verta ei tällöin virtaa mansetin alueella. Veri pääsee vähitellen virtaamaan mansetin paineen alittaessa verenpaineen. Mittauksen aikana kuunnellaan mansetin alta kuuluvia ääniä. Äänien luonteet ovat eri vaiheissa kuvassa 2. Aluksi äänet ovat teräviä ja napsahdavia. Myöhemmissä vaiheissa äänet muuttuvat suhisevimmista mataliksi humahduksiksi. Äänen alkamishetkestä mansetista luetaan systolinen paine ja päättymishetkestä diastolinen paine. [5]

Painepulssin vaihesiirtomenetelmässä mitataan useampiosaisen mansetin eri osasta saatavien pulssien vaihe-eroa ja vaihe-eron muutoksia. Näistä voidaan päätellä systolisen ja diastolisen paineen hetket. Menetelmässä kuitenkin vaaditaan leveä mansetti, joka voi rajoittaa käytettävyyttä. [5]

Ultraäänimenetelmässä ultraäänellä keilataan joko veren virtausta tai mansetin alla olevan suonen seinämän liikettä. Menetelmällä saa hyvin tarkkoja tuloksia, mutta anturin sijoittelu on hankalaa. [5]

Impedanssimenetelmässä mittaustuloksia saadaan mansetin alla olevilla elektrodeilla. Ne mittaavat impedanssin muutoksia mansetin paineen laskiessa. Menetelmää ei sovelleta juurikaan käytännössä koska se on varsin häiriöarka. [5]

Mekaanisessa tonometriassa tunnustellaan erityisellä anturilla esimerkiksi rannevaltimon kohdalla olevaa valtimoa. Menetelmän anturin rakenneperiaate on sellainen missä pieneen kammioon pumpataan koko ajan ilmaa. Kammioon tuleva ilma pääsee virtaamaan ulos ohuen kalvon kautta. Ulosvirtausta säätelevä kalvo painetaan ihoa vasten, niin kalvon molemmille puolille tasoittuu sama paine. [5]

Valosähköisessä tonometriassa valon avulla mitataan pienen painemansetin alla olevan kudoksen tilavuutta. Menetelmässä laite säätää mansetin paineen sellaiseksi, että tilavuus pysyy koko ajan samana. Paine saadaan mitattua kun mansetissa on koko ajan sama paine kuin sen alla olevassa kudoksessa. Mittauskohta voi olla esimerkiksi sormi. Menetelmä ei kuitenkaan ole kovin tarkka. [5]

2.2.2 Verenpainemittareiden tekniikka

Nykyään kaikissa automaattisissa kotimittareissa käytetään oskillometristä tekniikkaa. Sen toiminta on sama kuin muissakin verenpaineen mittaustekniikoissa eli kynärvaltimon kompressiota painemansetin avulla käytetään valtimonsisäisen paineen epäsuoraan määrittämiseen. Oskillometrinen tekniikka perustuu kuitenkin mansetin pienten painevaihteluiden

havaitsemiseen ja näiden vaihteluiden pohjalta mittari määrittää systolisen ja diastolisen verenpaineen.

Mittari nostaa mansettipaineen aluksi niin korkeaksi ettei painevaihteluita enää erotu, minkä jälkeen mittari laskee mansettipainetta hitaasti. Mansettipaineen laskiessa mansetin sisäisen painevaihtelut lisääntyvät jolloin mansettipaine alkaa vastaamaan valtimon keskipainetta. Sen jälkeen painevaihtelut vähenevät ja lopuksi mittari ilmoittaa painelukemat.

Verenpainemittareiden tarkkuus ja toimintojen yksityiskohdat vaihtelevat huomattavasti eri valmistajien välillä. [6] Verenpainemittareilla ei ole olemassa yleistä tarkkuusvaatimusta. Käyttäjät saavat luotettavampia tuloksia tekemällä useampia verenpainemittauksia.

2.2.3 Yleisimmät verenpainemittarit

Yleisimmät verenpainemittarit kotikäytössä ovat olkavarsimittarit kuten kuvassa 3. Omron I-C10 verenpainemittari käyttää oskillometristä menetelmää ja sen paineen mittausalue on 0 mmHg – 299 mmHg ja tarkkuus on ± 3 mmHg. [7]



Kuva 3. Omron I-C10 olkavarsiverenpainemittari. [7]

Rannemittarilla, kuten kuvassa 4. verenpaineen mittaus on nopeaa ja helppoa. Omron RS3 verenpainemittari käyttää oskillometristä menetelmää ja sen paineen mittausalue on 0 mmHg – 299 mmHg ja tarkkuus ± 3 mmHg. [8]



Kuva 4. Omron RS3 ranneverenpainemittari. [8]

3 NONINVASIIVISEN VERENPAINEMITTARIN TESTAUSLAITE

Tässä luvussa perehdytään noninvasiivisen verenpainemittarin testauslaitteen (Kuva 6.) ominaisuuksiin, teknisiin tietoihin sekä perehdytään lyhyesti laitteen ohjaukseen. Tässä työssä käytetään Bio-Tek:n verenpainemittareiden testauslaitetta. Muita laitteen valmistajia ovat muun muassa Fluke, Rigel Medical, Clinical Dynamics sekä Datrend.

3.1 Yleistiedot

Noninvasiivisen verenpainemittarin (NIBP) testauslaitteen avulla voi nopeasti ja tarkasti testata kaikki aikuisten tai vastasyntyneiden oskillometriset verenpainemittarit. Se tarjoaa dynaamiset verenpainesimulaatiot, staattisen kalibroinnin, automaattisen vuototestauksen, korkean ja matalan paineen päästön tarkistuksen (kuten on eritelty ANSI/AAMI SP-10 -automaattisten verenpainemittareiden standardissa). [9]

Verenpainemittarin testauslaite on ainoa simulaattori, jolla voi tarkistaa eri verenpainelaitteiden toimintaa verraten todellisen potilaan verenpainevaihteluita kalibroituihin keinotekoisesti aikaansaatuihin muutoksiin. NIBP-testauslaitteella voi korostaa monitorien välillä olevia toiminnallisia eroavaisuuksia todellisen elämän vaihtelevissa olosuhteissa ja tuoda esille eri potilaiden mahdollisia sairauksia. [10]

3.2 Ominaisuudet

Verenpainemittareiden testauslaitteella on paljon erilaisia ominaisuuksia. EKG (Elektrokardiogram) -simulaatio on käytössä kaikkien testien aikana. Sen aaltomuodot ovat fysiologisesti oikein ja sydämen sykkeet ovat tarkasti määriteltä. Invasiivisen verenpainesimulaation aaltomuodot ovat tahdissa ja paine on tarkka. Ne ovat myös tahdistettuja EKG-aaltomuodon kanssa. EKG-

simulaatiota voi seurata kytkemällä siihen tarkoitetun monitorin verenpainemittareiden testauslaitteen vasemmalla puolella oleviin liittimiin. (Kuva 5.) [10]



Kuva 5. EKG-simulaation liittimet.

Testauslaitteessa on sisäinen pumppu, mikä mahdollistaa dynaamiset simulaatiot. Se voi myös tuottaa 300 mmHg staattisen paineen. Sisäistä pumppua käytetään systolisen eli yläpaineen ja diastolisen eli alapaineiden mittausten tarkistukseen sekä vuotojen testaukseen. [10]



Kuva 6. Verenpainemittareiden testauslaite

Verenpainemittareiden testauslaitteella on vaihteleva pulssien määrä eli lähes kaikkien potilaiden tilat voidaan simuloida. Se havaitsee myös liikkeen sekä värähtelyjen häiriöt. Testauslaitteella voidaan tarkastaa verenpaine- sekä elektrodiagrammimonitorin reagointi kalibroituihin liikkeen sekä värähtelyjen tasoihin. [10]

Verenpainemittarin testauslaitteen avulla voidaan tarkastaa monitorin reaktio hengityksen aiheuttamiin häiriöihin esimerkiksi luonnollisella hengityksellä tai valvotulla hengityksellä. Testauslaitteella voidaan myös simuloida sydämen rytmihäiriöitä. [10]



Kuva 7. Verenpainemittarin testaus NIBP-testauslaitteella.

Kuvassa 7. testataan Tensoval –verenpainemittarin tarkkuutta verenpainemittarin testauslaitteen avulla. Tensoval:n systolinen paine on 148, kun taas todellisuudessa se on 150. Diastolinen paine näyttää verenpainemittarissa 103 ja testauslaitteessa 100. Pulssi pysyy arvossa 80.

3.3 Tekniset tiedot

Laitteessa on 3.1 x 3.1 tuuman Supertwist LCD -näyttö. Laitteen pulssitulavuusalue on aikuisilla 0-3000 μ l, tarkkuus 50 μ l ja vastasyntyneillä 0-600 μ l, tarkkuus 10 μ l. Systolisen paineen alue aikuisilla on 70-250 mmHg ja vastasyntyneillä 30-70 mmHg. Diastolisen paineen alue aikuisilla on 40-200 mmHg ja vastasyntyneillä 20-50 mmHg. [10] Sydämen sykealue aikuisilla on 30-200 bpm ja vastasyntyneillä 60-250 bpm. Syketarkistustarkkuus on \pm 1bpm. Laitteessa on kaksisuuntainen RS232-liitäntä tietokoneohjausta varten. Testauslaitteesta löytyy myös rinnakkaisliitäntä tulostimelle. Laitteen mitat ovat noin 36 cm x 25 cm x 16 cm ja paino 9 kg. [10]

3.4 Laitteen ohjaus

Testauslaitteen tietokoneohjaus voidaan käynnistää kytkemällä testauslaite tietokoneeseen RS232-sarjakaapelilla. Se mahdollistaa etupaneelin hallinnan, tulostuksen ja mittaustulosten tallentamisen tietokoneelle.

3.4.1 Sarjaportti

Sarjaportti laitteessa on DB-9F eli tavallinen naaras sarjaporttiliitäntä. Portin tiedonsiirtoasetukset ovat 2400 Bd (Baudia), 8 bit (bittiä), N (ei pariteettia) sekä 1 (stop-bitti). Sarjaportti ei tee vuonohjausta eli toteuta RTS(Request to Send) sekä CTS(Clear to Send) –signaaleja. Sen sijaan se noudattaa XON/XOFF –komentoja eli tiedonsiirto päälle ja tiedonsiirto pois päältä.

3.4.2 Rinnakkaisportti

Laitteesta löytyy tavallinen DB-25 rinnakkaisporttiliitäntä. Se on tarkoitettu tulostinta varten. Rinnakkaisporttia olisi mahdollista käyttää myös tiedonsiirrossa, mutta siihen tarvitaan erillinen Serial to Parallel –kaapeli tai Serial to Parallel –muunnin. (Kuva 8.)

Muuntimen Parallel eli rinnakkaisporttiin kytketään testauslaitteen rinnakkaiskaapeli ja Serial eli sarjaporttiin Raspberry Pi -tietokoneen

sarjakaapeli. Muunnin säädetään halutulle väylälle 10-bittisellä Dip-kytkimillä. Muunnin tarvitsee myös oman virtalähteensä.



Kuva 8. Serial to Parallel –muunnin.

3.4.3 Tietokoneohjausprotokolla

NIBP-testauslaitteen sarjaportti voi olla joko komentoporttitilassa (Command Port Mode) tai näppäimistöporttitilassa (Keyboard Port Mode). Testauslaite käynnistetään komentoporttitilassa, jossa se ottaa vastaan sarjakaapelin välityksellä neljä komentoa: INIT, VERSION, DUMP ja KEYBOARD. Jokainen käsky kuitataan CR-komennolla. [11]

INIT-komento käynnistää laitteen. VERSION-komento antaa tuotteen ID- ja ohjelmistonumeron. DUMP-komento antaa kolme numeroriviä: asetusrivin, tilastotietorivin ja testaustulosten rivin. (Kuva 9.) Asetusrivillä on systolinen, keski- ja diastolinen paine, syketaajuus ja sykkeen tilavuus. Tilastotietorivillä on viimeisin huippupaine, kokonaisaika, tyhjentyminenopeus ja tyhjentymissykkeet. Testaustulosten rivillä on viimeisin tunnettu kohdepaine, tilavuusvuotomäärä eli virhesykkeiden määrä ml/min, painevuotomäärä eli painevirheideiden määrä ja päästöpainne mikä on testauslaitteen sisäinen paine. KEYBOARD-komento

asettaa

sarjaportin

näppäimistöporttitilaan.

[11]

```
cmd>DUMP
 120      93      80      80      1200
 175    35.25    3.81    39
 200      0      0.0      0
```

Kuva 9. DUMP-komento.

Näppäimistöporttitilassa sarjaportti mahdollistaa testauslaitteen etupaneelin näppäinten simulaation. Kuusi kirjainmerkkiä simuloivat etupaneelin näppäinten painallusta. Kuittausnäppäintä CR ei huomioida. M-kirjain painaa Mode-näppäintä kerran. S-kirjain painaa Select-näppäintä kerran. U-kirjain painaa nuoli ylöspäin -näppäintä kerran. D-kirjain painaa nuoli alaspäin -näppäintä kerran. P-kirjain painaa Print-näppäintä kerran. X-kirjain painaa toimintonäppäintä kerran. Komentoporttitilaan voidaan palata [-komennolla. [11]

4 RASPBERRY PI B+

Tässä luvussa tutustutaan opinnäytetyössä käytettävään Raspberry Pi B+ -tietokoneeseen. (Kuva 10.) Aluksi käsitellään muun muassa Raspberry Pi B+ -tietokoneen teknisiä tietoja, Raspbian käyttöjärjestelmän asennusta, esiasetuksia sekä tietokoneen käyttöönottoa.

4.1 Historia

Raspberry Pi, joka tunnetaan myös nimellä RasPi, on yhden piirilevyn mikrotietokone. Sen on kehittänyt brittiläinen Raspberry Pi -säätiö vuonna 2006. Säätiö on kehitellyt edullista Raspberry Pi -tietokonetta koulutuskäyttöön, jolla monet voisivat opetella ohjelmointia. Raspberry Pi -tietokoneeseen voidaan haluttaessa liittää esimerkiksi televisio tai muu näyttö, näppäimistö sekä hiiri.



Kuva 10. Raspberry Pi B+.

4.2 Mallin tekniset tiedot

Raspberry Pi B+ -tietokoneeseen (Kuva 10) on tullut muun muassa parempi suorituskyky, enemmän muistia sekä GPIO-pinnien määrä on kasvanut

edeltäjiinsä nähden. Myös USB-porttien määrä on kaksinkertaistettu. Mallien välisiä eroja voi verrata taulukosta 1.

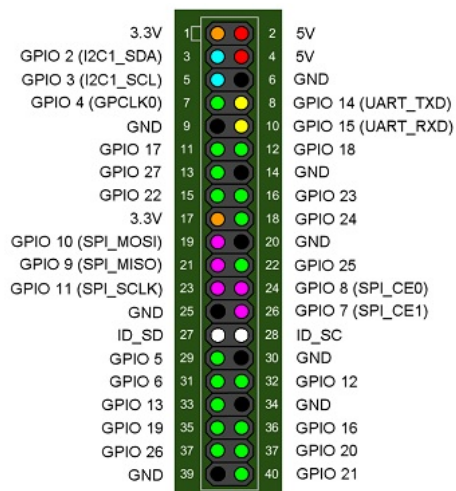
Taulukko 2. Raspberry Pi –mallien ominaisuudet [12]

Ominaisuus	Malli A	Malli A+	Malli B	Malli B+	Malli 2 B
Järjestelmäpiiri	BCM2835	BCM2835	BCM2835	BCM2835	BCM2836
Keskusyksikkö	Videocore IV	Videocore IV	Videocore IV	Videocore IV	Videocore IV
Ytimien määrä	1	1	1	1	4
Kellotaajuus	700 MHz	700 MHz	700 MHz	700 MHz	900 MHz
Keskusmuisti	256MB	256MB	512MB	512MB	1GB
Muistityyppi	SD	MicroSD	SD	MicroSD	MicroSD
USB-porttien lukumäärä	1	1	2	4	4
Virrankulutus	300 mA	200 mA	700 mA	600 mA	800 mA
GPIO-pinnien lukumäärä	26	26	26	40	40
Mitat	8.6 cm x 5.4 cm x 1.5 cm	6.5 cm x 5.6 cm x 1.2 cm	8.6 cm x 5.4 cm x 1.7 cm	8.5 cm x 5.6 cm x 1.7 cm	8.5 cm x 5.6 cm x 1.7 cm

4.3 Mallin nastajärjestys

Raspberry Pi B+ on monipuolisempi verrattuna aiempiin versioihin, esimerkiksi GPIO (General purpose input/output) –nastoja on 40 kuten kuvassa 11.

Aiempaan Raspberry Pi A+ -malliin verrattuna tähän on lisätty 3 maapistettä, 9 GPIO-nastaa sekä 2 ID EEPROM -nastaa. [13]



Kuva 11. Raspberry Pi B+ -tietokoneen nastajärjestys. [13]

4.4 Raspbian käyttöjärjestelmän asennus

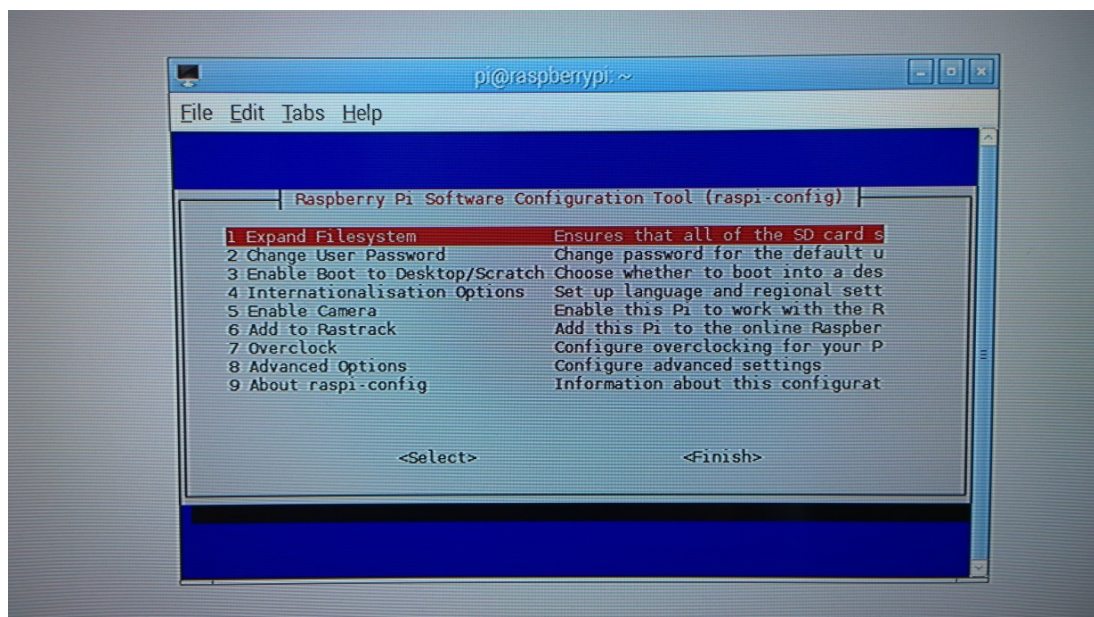
Ennen käyttöjärjestelmän asennusta tarvitaan esimerkiksi Windows-tietokone, joka voi lukea Micro SD -kortin. Lisäksi tarvitaan internet yhteys. Windows-tietokoneelta ladataan Win32 Disk Imager -ohjelma sivulta <http://sourceforge.net/projects/win32diskimager/> ja haluttu Raspbian käyttöjärjestelmä sivulta <http://www.raspberrypi.org/downloads/>. Työhön ladattiin NOOBS-käyttöjärjestelmän versio 1.4.0.

Käyttöjärjestelmä on ZIP-tiedostona, mikä voidaan purkaa WinRAR-ohjelmalla. Kun käyttöjärjestelmä on purettu, huomataan, että se on IMG-tiedosto. Seuraavaksi avataan Win32 Disk Imager -ohjelma, jonka avulla voidaan lukea lukea Raspbian käyttöjärjestelmä Micro SD -kortille.

Micro SD -kortti voidaan nyt kytkeä Raspberry Pi -tietokoneeseen. Asennuksessa tarvitaan myös USB-hiirtä, USB-näppäimistöä ja HDMI-kaapelia monitoria varten. Laitteelle kytketään virta Micro USB -verkkokaapelilla, minkä jälkeen tietokone käynnistyy. Tietokoneen käynnistyttyä asetetaan halutut asetukset. Näitä asetuksia voi myös muuttaa milloin vain terminaalien kautta komennolla `raspi-config`.

4.5 Yleiset asetukset

Kuvan 12. kohdassa 1: "Expand Filesystem" tarkistetaan, että Micro SD -kortin tila riittää käyttöjärjestelmälle. Työssä käytetään 16 GB Micro SD -korttia. Kohdassa 2: "Change User Password" voi vaihtaa käyttäjän salasanan. Kohdassa 3: "Enable Boot to Desktop/Scratch" voi valita, käynnistyykö tietokone esimerkiksi komentotilaan vai työpöydälle. Kohdassa 4: "Internationalisation Options" valitaan käytettävä kieli ja alueelliset asetukset. Kohdassa 5: "Enable Camera" sallitaan Raspberry Pi -kameran käyttö. Kohdassa 6: "Add to Rastrack" voi lisätä internet yhteyden avulla oman Raspberry Pi -tietokoneen karttaan, jossa voi seurata, missä kukin käyttää omaa Raspberry Pi -tietokonettaan maailmalla. Kohdassa 7 voi ylikellottaa tietokonetta, mutta se voi vähentää Raspberry Pi -tietokoneen käyttöikä. Kohdassa 8: "Advanced Options" on lisää asetuksia, kuten esimerkiksi käyttäjän nimen vaihtaminen, SSH (Secure Shell) salliminen tai äänen ulostuloportin valitseminen. Kohdassa 9: "About raspi-config" on yleistä tietoa työkalusta.



Kuva 12. Raspberry Pi -tietokoneen yleiset asetukset.

4.6 Hyödyllisiä komentoja

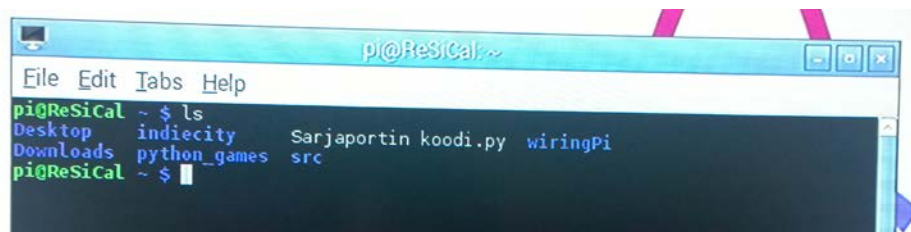
Terminal on Raspberry Pi -tietokoneen komentotila, jossa käyttäjä voi ohjata tietokonettaan erilaisilla komennoilla haluamallaan tavalla. Windows–

tietokoneissa voi olla komentotilana esimerkiksi Command Prompt tai Powershell. Tässä työssä käytettävän Raspberry Pi -tietokoneen terminaalin ensimmäinen rivi on:

```
pi@ReSiCal ~ $
```

missä *pi* on käyttäjänimi ja *ReSiCal* pääkäyttäjän nimi. Pääkäyttäjän nimen jälkeen oleva `~`-merkki tarkoittaa, että sijainti on käyttäjän kotihakemisto. Kirjoitettavat käskyt tulevat näytölle `$`-merkin oikealle puolelle ja komento suoritetaan painamalla Enter-näppäintä.

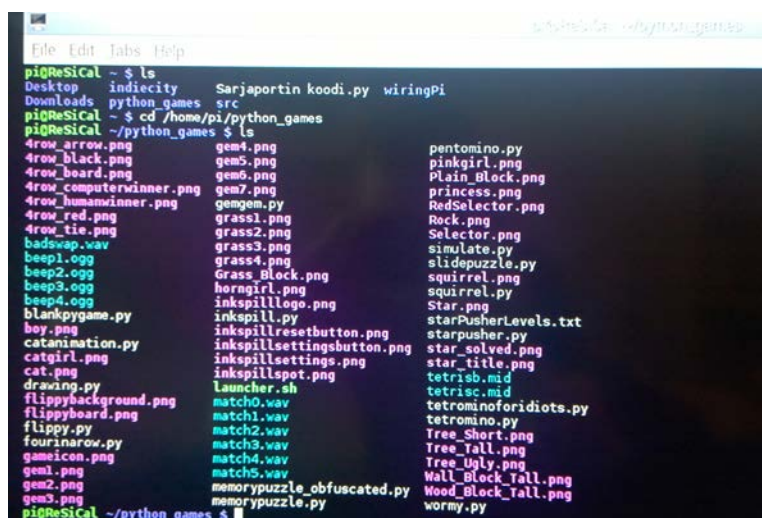
Komento `ls` näyttää nykyisen kansion sisällön kuten kuvassa 13.



```
pi@ReSiCal ~ $ ls
Desktop  indiecity  Sarjaportin koodi.py  wiringPi
Downloads python_games src
pi@ReSiCal ~ $
```

Kuva 13. `ls`-komento.

Käyttäjän halutessa tiettyyn kansioon esimerkiksi `python_games`, täytyy käyttää komentoa `cd /home/pi/python_games`, kuten kuvassa 14. Tämän jälkeen `ls` -komennolla näkee `python_games` -kansion sisällön.



```
pi@ReSiCal ~ $ cd /home/pi/python_games
pi@ReSiCal ~/python_games $ ls
4row_arrow.png          gem4.png                pentomino.py
4row_black.png          gem5.png                pinkgirl.png
4row_board.png          gem6.png                Plain_Block.png
4row_computerwinner.png gem7.png                princess.png
4row_humanswinner.png  gemgem.py              RedSelector.png
4row_red.png            grass1.png              Rock.png
4row_tie.png            grass2.png              Selector.png
badswap.wav             grass3.png              simulate.py
besp1.ogg               grass4.png              slidepuzzle.py
besp2.ogg               Grass_Block.png        squirrel.png
besp3.ogg               horngirl.png           squirrel.py
besp4.ogg               inkspill.png           star.png
blankpygame.py          inkspill.py             starPusherLevels.txt
boy.png                 inkspillresetbutton.png starpusher.py
catanimation.py         inkspillsettingsbutton.png star_solved.png
catgirl.png             inkspillsettings.png  star_title.png
cat.png                 inkspillspot.png      tetrisb.mid
drawing.py              Launcher.sh            tetrisc.mid
flippybackground.png   match0.wav             tetrominoforiots.py
flippyboard.png        match1.wav             tetromino.py
flippy.py               match2.wav             Tree_Short.png
fourinarow.py           match3.wav             Tree_Tall.png
gameicon.png            match4.wav             Tree_Ugly.png
gem1.png                match5.wav             Wall_Block_Tall.png
gem2.png                memorypuzzle_obfuscated.py Wood_Block_Tall.png
gem3.png                memorypuzzle.py        wormy.py
pi@ReSiCal ~/python_games $
```

Kuva 14. `cd`-komento.

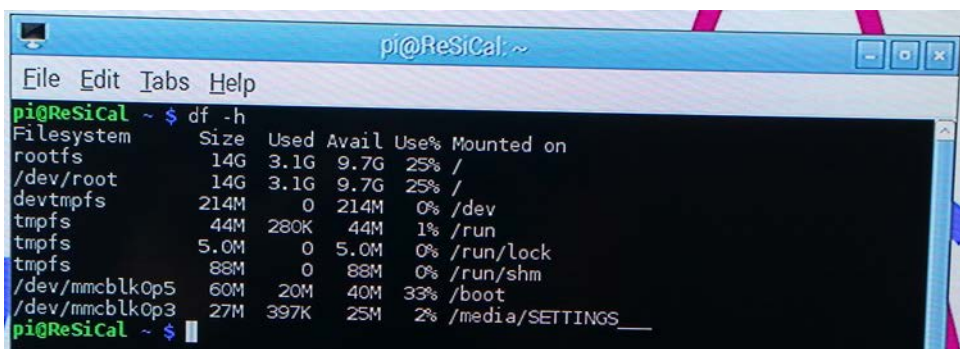
Tietyt komennot tekevät pysyviä muutoksia tietokoneelle. Näitä komentoja täytyy ajaa root –käyttäjänä eli pääkäyttäjänä. Komenolla *su* tietokone kysyy pääkäyttäjän salasanaa kuten kuvassa 15. Salasanan syöttämisen jälkeen käyttäjä saa pääkäyttäjän oikeudet.



Kuva 15. *su*-komento.

Uusien ohjelmien lataaminen edellyttää myös pääkäyttäjänä olemista. Opinnäytetyössä ladataan minicom –ohjelma tietokoneelle, millä voi säätää sarjaportin tiedonsiirtoasetuksia. Ohjelman lataaminen tapahtuu komennolla *sudo apt-get install minicom*, missä *sudo* kuvaa pääkäyttäjää, *apt-get* etsii tiedoston ja *install* asentaa tässä tapauksessa minicom -ohjelman. Käyttäjän kannattaa välillä myös päivittää tiedostoja. Kaikkien tiedostojen päivittäminen tapahtuu aluksi komennolla *sudo apt-get update* mikä etsii uusimmat päivitykset ohjelmille. Komenolla *sudo apt-get upgrade* järjestelmä päivittää kaikki ohjelmat. Mikäli käyttäjä haluaa poistaa tiedoston, se tapahtuu komennolla *sudo apt-get remove tiedoston nimi*.

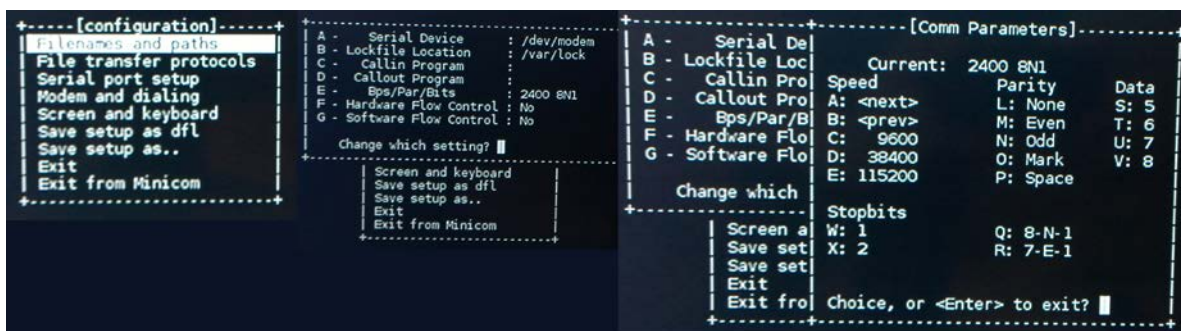
Raspberry Pi -tietokoneen kiintolevyn muistia kannattaa myös seurata ladatessaan ohjelmia. Opinnäytetyöhön hankittiin 16GB:n microSD –kortti. Muistikortin tilaa voi seurata komennolla *df -h*. (Kuva 17.)



Kuva 16. *df -h*-komento.

4.7 Raspberry Pi -tietokoneen käyttöönotto

Tarkoituksena olisi saada Raspberry sellaiseen tilaan, jossa se voisi sekä vastaanottaa dataa että lähettää sitä verenpainemittareiden testauslaitteelle. Vastaanotettava data on mittaustuloksia verenpainemittareiden testauslaitteelta. Raspberry Pi -tietokoneessa on ekana asetettava tiedonsiirtoasetukset sopiviksi. Tässä käytetään minicom –ohjelmaa. Tiedonsiirtoasetuksia voi säätää terminaalissa komennolla *minicom* -s, minkä jälkeen avautuu ohjelman asetukset, kuten kuvassa 17.



Kuva 17. Minicom-asetukset valikko.

Aluksi valitaan Serial port setup, minkä jälkeen valitaan E-näppäimellä Bps/Par/Bits –valikko. Seuraavaksi laitetaan halutut tiedosiirtoasetukset mitkä ovat verenpainemittareiden testauslaitteella 2400Bd, 8 bittiä, N kuvaa ei pariteettia ja 1 stop bitti.

Yleensä verenpainemittareiden testauslaitteeseen ollaan yhteydessä ainoastaan RS232-sarjakaapelin välityksellä. Tätä varten joudutaan ottamaan käyttöön Raspberry:n GPIO-pinnejä. Työn ohella rakennettiin GPIO-pinneille sopiva RS232-sarjakaapeli. Kaapeli käyttää Raspberry Pi B+ -pinneistä numeroita 4 (+5V), 6 (GND) sekä UART(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)-pinnejä 8 (TX) ja 10 (RX). Pinni 8:n lyhenne "TX" tulee sanasta "transmitting" eli kuvaa lähetettävää dataa, kun taas pinni 10:n lyhenne "RX" tulee sanasta "receiving" eli kuvaa vastaanotettavaa dataa.

5 JÄRJESTELMÄN TOTEUTUS

Tässä luvussa käydään läpi suunnittelun vaiheet eli asiat, jotka täytyi ottaa huomioon ennen järjestelmän rakentamista. Sen jälkeen käsitellään asioita, joita tehdään järjestelmän rakentamisen aikana.

5.1 Järjestelmän suunnittelu

Aluksi täytyi ottaa huomioon tiedonsiirrossa verenpainemittareiden testauslaitteen kanssa käytettävä portti. Laite on suunniteltu siten, että tietoliikenneyhteys tietokoneen kanssa tapahtuisi sarjaportin kautta. Projektin alussa mietittiin, olisiko myös mahdollista käyttää rinnakkaisporttia väylänä tietokoneen kanssa saaden näin ollen nopeamman yhteyden. Tämä vaatisi Serial to Parallel –muuntimen. (Kuva 8.) Mikäli nopeutta saataisiin rinnakkaisväylältä lisättyä, täytyisi mittaustulosten tulostaminen siirtää joko tietokoneelle tai testauslaitteen sarjaportille. NIBP-testauslaitteen sarjaportista tulostaminen vaatisi myös muuntimen. Lisäksi täytyi selvittää, onko mittaustulosten saamisen hitaus testauslaitteessa vai tulostimessa. Suunnitteluvaiheessa täytyi myös selvittää Raspbian-käyttöjärjestelmän toimivuus testauslaitteen kanssa.

5.2 Järjestelmän toteutus

Järjestelmän toteutus alkoi Raspberry Pi –tietokoneen Raspbian-käyttöjärjestelmän asennuksella. Käyttöjärjestelmän asennuksen jälkeen Raspberry Pi -tietokoneelle ladattiin Geany-ohjelma GPIO-pinnien sarjaporttikoodausta varten. Geany-ohjelmassa käytetään koodauksessa C-kieltä. GPIO-pinneille sovellettiin koodia (Liite 1.), joka avaa UART-pinnit 8(TX) ja 10(RX) sarjaporttikäyttöön. Koodissa (Liite 1.) sovelletaan WiringPi-kirjastoa, mikä mahdollistaa UART-pinnien käytön. WiringPi-kirjasto ladataan Raspberry Pi -tietokoneelle GIT-versionhallintaohjelmiston kautta. Komennolla *sudo apt-get install git-core* tietokoneelle saadaan asennettua GIT-ohjelmisto. (Kuva 19.)

Seuraavaksi WiringPi-kirjasto saadaan ladattua komennolla `git clone git://git.drogon.net/wiringPi`. Tämän jälkeen kirjasto asennetaan tietokoneelle komennolla `cd wiringPi ./build`.

```

pi@ReSiCal: ~/wiringPi
File Edit Tabs Help
pi@ReSiCal ~ $ sudo apt-get install git-core
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
git-core is already the newest version.
0 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 0 not upgraded.
pi@ReSiCal ~ $ git clone git://git.drogon.net/wiringPi
Cloning into 'wiringPi'...
remote: Counting objects: 742, done.
remote: Compressing objects: 100% (676/676), done.
remote: Total 742 (delta 537), reused 95 (delta 58)
Receiving objects: 100% (742/742), 264.40 KiB | 469 KiB/s, done.
Resolving deltas: 100% (537/537), done.
pi@ReSiCal ~ $ cd wiringPi
pi@ReSiCal ~/wiringPi $ ./build
wiringPi Build script
=====

wiringPi Library
[UnInstall]
[Compile] wiringSerial.c
[Compile] wiringPi.c
[Compile] piThread.c

```

Kuva 18. WiringPi-kirjaston asennus.

Komennolla `gpio -v gpio readall` nähdään WiringPi:n toimivuus. (Kuva 20.)

```

pi@ReSiCal ~/wiringPi $ gpio -v
gpio version: 2.26
Copyright (c) 2012-2015 Gordon Henderson
This is free software with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
For details type: gpio -warranty

Raspberry Pi Details:
Type: Model B+, Revision: 1.2, Memory: 512MB, Maker: Sony
pi@ReSiCal ~/wiringPi $ gpio readall
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| BCM | wPi | Name | Mode | V | Physical | V | Mode | Name | wPi | BCM |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 2 | 8 | 3.3v | IN | 1 | 1 | 2 | | 5v | | | |
| 3 | 9 | SDA.1 | IN | 1 | 3 | 4 | | 5V | | |
| 4 | 7 | SCL.1 | IN | 1 | 5 | 6 | | 0v | | |
| 17 | 0 | GPIO. 7 | IN | 1 | 7 | 8 | 1 | ALT0 | TxD | 15 | 14 |
| | | 0v | | | 9 | 10 | 1 | ALT0 | RxD | 16 | 15 |
| 27 | 2 | GPIO. 0 | IN | 0 | 11 | 12 | 0 | IN | GPIO. 1 | 1 | 18 |
| 22 | 3 | GPIO. 2 | IN | 0 | 13 | 14 | 0 | IN | 0v | | |
| | | 3.3v | | | 15 | 16 | 0 | IN | GPIO. 4 | 4 | 23 |
| 10 | 12 | MOSI | IN | 0 | 17 | 18 | 0 | IN | GPIO. 5 | 5 | 24 |
| 9 | 13 | MISO | IN | 0 | 19 | 20 | 0 | IN | 0v | | |
| 11 | 14 | SCLK | IN | 0 | 21 | 22 | 0 | IN | GPIO. 6 | 6 | 25 |
| | | 0v | | | 23 | 24 | 1 | IN | CEO | 10 | 8 |
| 0 | 30 | SDA.0 | IN | 1 | 25 | 26 | 1 | IN | CE1 | 11 | 7 |
| 5 | 21 | GPIO.21 | IN | 1 | 27 | 28 | 1 | IN | SCL.0 | 31 | 1 |
| 6 | 22 | GPIO.22 | IN | 1 | 29 | 30 | 0 | IN | 0v | | |
| 13 | 23 | GPIO.23 | IN | 0 | 31 | 32 | 0 | IN | GPIO.26 | 26 | 12 |
| 19 | 24 | GPIO.24 | IN | 0 | 33 | 34 | 0 | IN | 0v | | |
| 26 | 25 | GPIO.25 | IN | 0 | 35 | 36 | 0 | IN | GPIO.27 | 27 | 16 |
| | | 0v | | | 37 | 38 | 0 | IN | GPIO.28 | 28 | 20 |
| | | | | | 39 | 40 | 0 | IN | GPIO.29 | 29 | 21 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| BCM | wPi | Name | Mode | V | Physical | V | Mode | Name | wPi | BCM |

```

Kuva 19. GPIO-pinnit.

Komennolla `gpio -g mode 12 output` `gpio -g write 12 1` saataisiin pinni 12 päälle ja komennolla `gpio -g write 12 0` pinni menisi pois päältä. Komennolla `gpio -g read 12` saataisiin pinniltä joko 1 tai 0, mikäli se on päällä tai pois päältä.

Kommentoimalla koodin (Liite 1.) alkuun `#include <errno.h>` saadaan tehtyä makro virhetilaa varten. [14] WiringPi-kirjasto sisällytetään koodiin kommentoimalla koodin alkupuolelle `#include <wiringPi.h>`. Sarjakirjasto saadaan kommentoimalla alkuun `#include <wiringSerial.h>`. Varsinainen koodi aloitetaan tekemällä ehdot virhetiloja varten. Kommentoimalla

```
if ((fd = serialOpen ("/dev/tty/AMA0", 2400)) <0)
{
    fprintf (stderr, "Unable to open serial device: %s \n", strerror (errno)) ;
    return 1 ;
}
```

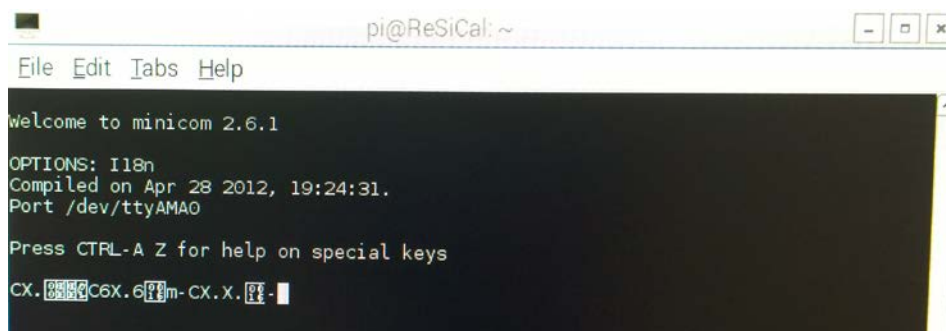
saadaan tehtyä ehto, jos `serialOpen` tiedosto ei toimi. Ohjelma tulostaa näin ollen viestin "Unable to open serial device". Kommentoimalla

```
if (wiringPiSetup () == -1)
{
    fprintf (stdout, "Unable to start wiringPi: %s\n", strerror (errno));
    return 1 ;
}
```

saadaan tehtyä ehto, jos data ei kulje sarjaportin kautta saadaan viesti "Unable to start wiringPi". Koodissa `for` ja `while` silmukat käsittelevät dataa UART-pinnien kautta.

Seuraavaksi tietokoneelle ladattiin Minicom-ohjelma, millä voi säätää Raspberry Pi -tietokoneen ja RS232-sarjalaitteiden välisiä tietoliikenneyhteyksiä. Kuvassa 16. laitettiin halutut tiedonsiirtoasetukset portille. Porttina toimii `ttyAMA0`. Lisäksi estetään sarjaportin kautta kirjautuminen kommentoimalla `/etc/inittab`-tiedostoon #-merkki riville `T0:23:respawn:/sbin/getty -L ttyAMA0 115200 vt100`. Estetään myös tietokonetta lähettämästä ylimääräistä Boot-infoa sarjaportin

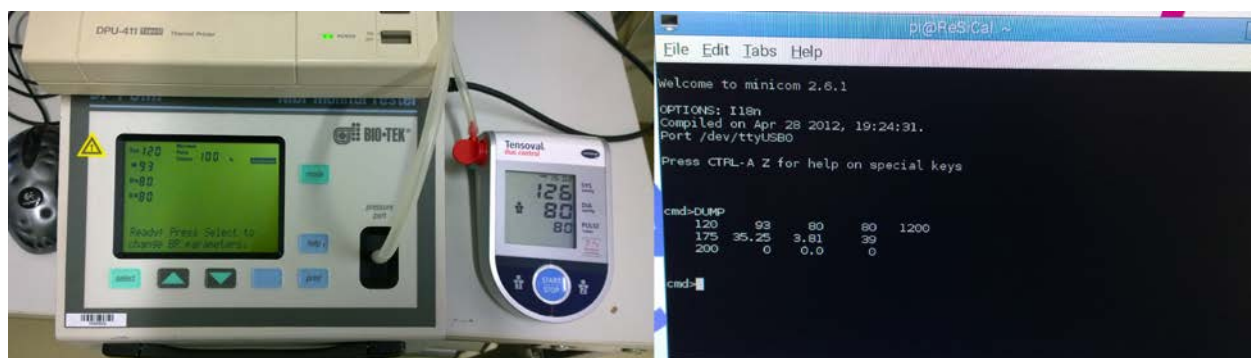
kautta poistamalla `/boot/cmdline.txt` tiedostosta kaikki `ttyAMA0` viittaukset. Tämän jälkeen kytkettiin sarjakaapeli Raspberryn UART pinneistä verenpainemittareiden testauslaitteeseen ja suoritettiin mittaus. (Kuva 20.)



```
pi@ReSiCal: ~  
File Edit Tabs Help  
Welcome to minicom 2.6.1  
OPTIONS: I18n  
Compiled on Apr 28 2012, 19:24:31.  
Port /dev/ttyAMA0  
Press CTRL-A Z for help on special keys  
CX. [garbled]m-CX.X. [garbled]
```

Kuva 20. Ensimmäinen mittaus.

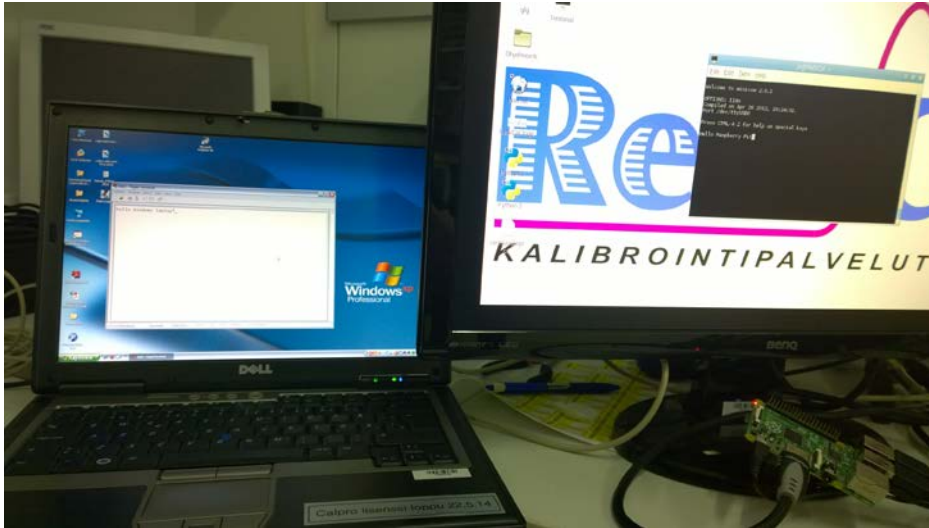
Kuvasta 20. nähdään sarjaportin kautta kulkeva data, mutta se on väärää. Serial to Parallel –muuntimen (Kuva 8.) kanssa saatiin myös vääriä mittaustuloksia UART-pinnien kautta. Tämä ei johdu vääristä tiedonsiirtoasetuksista, sillä muuten dataa ei edes tulisi läpi. Sarjaportin toimivuutta testattiin kytkemällä sarjakaapelin urospään 2(RxD) ja 3(TxD) -pinnit oikosulkuun. Minicomiiin saatiin yhteys oikosulkemalla edellä mainitut pinnit. Mahdollinen ongelma johtuu väärästä jännitetasosta. Ongelma voisi ratketa kytkemällä jännitetason muuntimen Raspberryn ja kaapelin välille. Lopulta otettiin käyttöön USB to Serial –kaapeli, jolloin yhteys muodostui tietokoneelta verenpainemittareiden testauslaitteeseen onnistuneesti. Testauslaitteen komentoja voidaan kirjoittaa terminaaliin sekä mittaustuloksia saada ulos. (Kuva 21.) Myös INIT-komennolla voidaan käynnistää testauslaite uudelleen.



Kuva 21. Toinen mittaus.

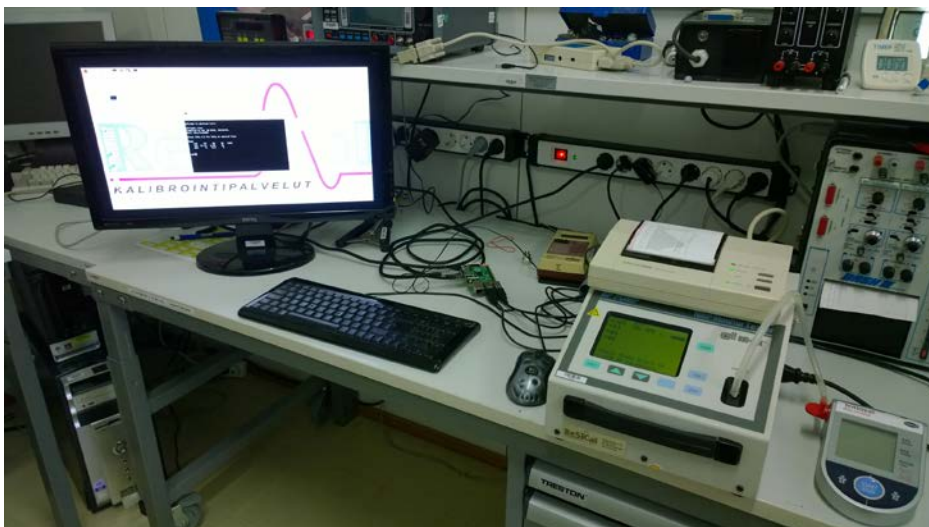
5.3 Järjestelmän testaus

Järjestelmää yritettiin saada toimimaan aluksi UART-piennien kautta ja yhteys saatiin muodostettua onnistuneesti Raspberry:n sekä Windows-tietokoneen kanssa. (Kuva 22.)



Kuva 22. Raspberry Pi yhdistettynä Windows-tietokoneeseen.

Järjestelmä saatiin toimimaan eli verenpainemittareiden testauslaitteelta saadaan mittaustuloksia Raspberry Pi -tietokoneelle ja laitetta voi ohjata joko komentoporttitiilassa tai näppäimistöporttitiilassa. Kuvassa 23. nähdään lopullinen mittausjärjestelmä.



Kuva 23. Lopullinen mittausjärjestelmä.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä suunniteltiin ja toteutettiin järjestelmä, jolla voi ohjata ja saada mittaustuloksia verenpainemittareiden testauslaitteelta Raspberry Pi -tietokoneelle. Tarkoitus oli myös saada nopeutettua mittaustulosten saamista. Mittaustulosten saantia ei saatu nopeutettua, sillä tulostin käyttää edelleen testauslaitteen rinnakkaisporttia väylänään. DPU-414-tulostimen nopeutta ei myöskään saa nopeutettua, joten järjestelmään täytyisi kehittää uusi tulostusmahdollisuus. Tulostin voisi toimia esimerkiksi Raspberry Pi -tietokoneelta.

Järjestelmä saatiin lopulta toimimaan USB to Serial –kaapelin avulla, mutta tarkoitus oli käyttää UART-pinnejä, jotta ylimääräiset USB-portit olisi käytettävissä muille mahdollisille liitettävillä laitteilla. UART-pinnien kautta saatiin sarjaväylä toimimaan, mutta ei halutulla tavalla.

Järjestelmää voisi kehittää vielä paljon esimerkiksi tiedonsiirtonopeuden suhteen. Tiedonsiirtoväylänä voisi käyttää testauslaitteen rinnakkaisporttia, jolloin testauslaitteen sekä Raspberryn välille tarvittaisiin Serial to Parallel -muunnin. (Kuva 8.) Mittaustuloksia voisi analysoida esimerkiksi GLG Toolkit -simulaatio-ohjelmalla mikä on ladattivassa Pi Storesta. Raspberry Pi -tietokoneelle täytyisi kehittää myös uusi tulostusmahdollisuus mittaustuloksia varten, jos testauslaitteen rinnakkaisporttia käytetään tiedonsiirtoväylänä. Järjestelmälle voisi olla parempi pienempi näyttö sekä näppäimistö, jotta se veisi vähemmän tilaa. Myös Raspberry Pi -tietokoneelle voisi laittaa suojakotelon.

LÄHTEET

[1] Alee, Ranjam, Opinnäytetyö, Reading data from a digital multimeter using Raspberry Pi, Saatavilla:

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/69947/Alee%20thesis.pdf?sequence=1> s.26 (Luettu 1.8.2015)

[2] Salomaa, Jukka, Opinnäytetyö, Web-palvelimen toteutus Raspberry Pi:llä, Saatavilla:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/80184/Salomaa_Jukka.pdf?sequence=1 s.7 (Luettu 2.8.2015)

[3] Terveys ja hyvinvointi, [www-sivu] Saatavilla: <http://www.sydan.fi/terveys-ja-hyvinvointi/verenpaine> (Luettu 19.8.2015)

[4] Tohtori, [www-sivu] Saatavilla:

<http://www.tohtori.fi/?page=6333637&id=9752837> (Luettu 19.8.2015)

[5] Kolumbus, [www-sivu] Saatavilla:

<http://www.kolumbus.fi/jukka.u.honkanen/tdata/noninvasiivinenverenpainemittaus.pdf> (Luettu 4.9.2015)

[6] Artikkelit, [www-sivu] Saatavilla:

http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/arkisto?p_p_id=Article_WAR_DL6_Articleportlet&p_p_action=1&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&viewType=viewArticle&tunnus=duo98287 (Luettu 19.8.2015)

[7] Omron, [www-sivu] Saatavilla:

<http://www.omaomron.fi/tuotteet?ryhma=Verenpainemittarit&tuote=i-C10&r=10&t=18392561> (Luettu 4.9.2015)

[8] Omron, [www-sivu] Saatavilla:

<http://www.omaomron.fi/tuotteet?ryhma=Verenpainemittarit&tuote=RS3&r=10&t=32710057> (Luettu 4.9.2015)

[9] ANSI/AAMI SP-10 standardi, [www-sivu] Saatavilla:

<http://www.biosign.com/media/142/biosign-ansi-aami-sp10-whitepaper.pdf>
(Luettu 24.7.2015)

[10] Ultramedic, NIBP-laitteen yleistietoa, [www-sivu] Saatavilla:

<http://www.ultramedic.com/products/Data/simulators/NIBPM.htm> (Luettu 20.5.2015)

[11] BP PUMP Käyttäjän Opas, BIO-TEK INSTRUMENTS, INC.

[12] Soselectronic, Raspberry Pi mallit, [www-sivu] Saatavilla:

<http://www.soselectronic.com/?str=371&artnum=181630&name=raspberry-raspberrypi-2-modb-1gb> (Luettu 6.5.2015)

[13] Keytosmart, Raspberry Pi B+ -tietokoneen nastajärjestys, [www-sivu]

Saatavilla: <http://www.keytosmart.com/raspberry-pi-b-gpio-details-pinout/>
(Luettu 14.5.2015)

[14] Gordons Projects, sarjaportin testaus, [www-sivu] Saatavilla:

<http://unicorn.drogon.net/serialTest.c> (Luettu 14.5.2015)

Raspberry Pi -tietokoneen sarjaportin koodi

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <errno.h>
#include <wiringPi.h>
#include <wiringSerial.h>

int main ()
{
    int fd ;
    int count ;
    unsigned int nextTime ;

    if ((fd = serialOpen ("/dev/ttyAMA0", 2400)) < 0)
    {
        fprintf (stderr, "Unable to open serial device: %s\n", strerror (errno)) ;
        return 1 ;
    }

    if (wiringPiSetup () == -1)
    {
        fprintf (stdout, "Unable to start wiringPi: %s\n", strerror (errno)) ;
        return 1 ;
    }

    nextTime = millis () + 300 ;

    for (count = 0 ; count < 256 ; )
    {
        if (millis () > nextTime)
        {
            printf ("\nOut: %3d: ", count) ;
            fflush (stdout) ;
            serialPutchar (fd, count) ;
            nextTime += 300 ;
            ++count ;
        }

        delay (3) ;

        while (serialDataAvail (fd))
        {
            printf (" -> %3d", serialGetchar (fd)) ;
            fflush (stdout) ;
        }
    }
}
```

```
    }  
  }  
  
  printf ("\n");  
  return 0;  
}
```