

Saku Kaarlejärvi

ESP32-laite opetuskäyttöön

Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Opinnäytetyö

Kevät 2021

SeAMK Tekniikka

Insinööri (AMK), tietotekniikka

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), tietotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Ohjelmointi

Tekijä: Saku Kaarlejärvi

Työn nimi: ESP-32 laite opetuskäyttöön

Ohjaaja: Marko Hietamäki

Vuosi: 2021

Sivumäärä: 37

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda opetuskäyttöön Ai-Thinkerin luoma ESP32-prosessorinen piirilevy. Tämä työn avulla, tietotekniikan opiskelijat pystyvät perehtymään paremmin IoT-teknoologiaan ja sulautettujen järjestelmien teknoologiaan. Työssä oli myös tavoitteena luoda piirilevy, joka helpottaisi ja nopeuttaisi opetusta, hyödyntäen vanhempia moduuleita joita käytettiin vanhemmassa ATmega32U4-prosessorillisessa piirilevyllä.

Avainsanat: mikropiiri, kehittämistyö, sulautettu järjestelmä

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Information Technology

Specialisation: Software Engineering

Author: Saku Kaarlejärvi

Title of thesis: ESP32 Device for Education

Supervisor: Marko Hietamäki

Year: 2021

Number of pages: 37

The goal of the thesis was to make an embedded system device for education purposes using an ESP32 processor, made by Ai-Thinker. With the help of this work, new information technology students can learn more about IoT and embedded system technology. Also, in this work, a new printed circuit board was created to help with and speed up the learning process using old custom modules that were created for ATmega32U4 processor.

Keywords: embedded systems, microprocessor, development

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	1
Thesis abstract	2
SISÄLTÖ	3
Kuva-, ja taulukkoluetelo	4
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
1 JOHDANTO.....	8
1.1 Työn tausta	8
1.2 Työn tavoite	8
1.3 Työn rakenne.....	8
2 ESP32	10
2.1 ESP32-laite.....	10
2.2 Vanha ATmega32U4.....	12
2.3 Laitteiden vertailu	13
3 SULAUTETTU JÄRJESTELMÄ	15
3.1 EasyEDA.....	16
4 OHJELMOINTIYMPÄRISTÖ.....	21
4.1 Arduino IDE	21
4.2 Arduino IDE -asennus	21
4.3 ESP32-paketin asennus.....	23
5 ESP32-ESIMERKKISOVELLUS	30
6 YHTEENVETO JA TULOKSET	35
LÄHTEET	36

Kuva-, ja taulukkoluetelo

Kuva 1. ESP32.....	11
Kuva 2. ATmega32U4-laite sekä moduulit	12
Kuva 3. ESP32-laitekytkentä 10-pinniseen liittimeen	16
Kuva 4. ESP32-laitteen kytkentäkaavio.....	18
Kuva 5. Auto Router	19
Kuva 6. Piirilevy	20
Kuva 7. Arduino IDE-asennus.....	22
Kuva 8. Arduino-ohjelmointiympäristö	23
Kuva 9. Arduino IDE preferences.....	24
Kuva 10. Arduino Preferences	25
Kuva 11. Boards Manager -painike.....	26
Kuva 12. Esp32-paketin lataus ja asennus.....	27
Kuva 13. Alustan valitseminen	28
Kuva 14. Tools-valikko	29
Kuva 15. WiFiScan-esimerkki	30
Kuva 16. WiFiScan-esimerkkiohjelma	31
Kuva 17. Ohjelman lähettäminen mikropiirille.....	32
Kuva 18. BOOT-painike.....	32
Kuva 19. Serial Monitor -ikkunan avaaminen.....	33
Kuva 20. Serial Monitor	34

Käytetyt termit ja lyhenteet

ADC	Analog-to-Digital. Analogisesta digitaaliseen ulostuonti.
BLE	Bluetooth Low Energy. Bluetooth-yhteys joka käyttää vähän energiaa.
BR/EDR	Basic Rate/Enhanced Data Rate. Perustaso / Nopeampi datansiirto.
COM	Communication port. Sarjaliitäntä portti.
GPIO	General Purpose I/O. Monikäyttöinen sisään- ja ulostulot.
IDE	Integrated development environment. Ohjelmointiympäristö.
I/O	Input Output. Sisään- ja ulostulo.
IoT	Internet of Things. Esineiden Internet.
Mbps	Megabites per second. Megabittejä sekunnissa.
MISO	Master Input/Slave Output. Yksisuuntainen datalinja, jossa päälaite vastaanottaa.
MOSI	Master Output/Slave Input. Yksisuuntainen datalinja, jossa päälaite lähettää.
PCB	Printed circuit board. Piirilevy.
PWM	Pulse width modulation. Pulssinleveysmodulaatio.
SCK	SPI bus Serial Clock. Kello, joka synkronoi laitteiden välisen toiminnan.
SRAM	Static Random-Access Memory. Staattinen keskusmuisti.
SS	SPI Slave Select. Ohjauslinja, jonka looginen tila määrää linjaan kytketyistä laitteista yhden käytettävän laitteen.

WLAN

Wireless Local Access Network. Langaton verkkoyhteys.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

ESP32-laitteita on monenlaisia, mutta tässä työssä keskitytään Ai-Thinkerin luomaan tuotteeseen NodeMCU-32s-piirilevyyn joka perustuu ESP32-D0WDQ6-prosessoriin ja ESP-WROOM-32 Wi-Fi-moduuliin.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään rakentamaan ESP32-laite uudelle piirilevyille (PCB), joka luotiin EasyEDA-sovellusta käyttäen. Piirilevyyn pystytään asettamaan tämä kyseinen ESP32/NodeMCU-32s-laite, sekä lisäämään kolme 10-pinnistä adapteria piirilevyyn, jotka on yhdistetty määritettyihin pinneihin.

1.2 Työn tavoite

Tämän työn tavoitteena tehdään ESP32-laite opetuskäyttöön. Laitetta tullaan käyttämään laiteläheisessä ohjelmoinnissa ja sekä tutkimaan, mitä ESP32-laitteella voidaan tehdä käyttäen sen sisältämiä ominaisuuksia. Tavoitteena on myös uudelleen käyttää sulautettujen järjestelmien opetukseen käytettyjä moduuleja.

1.3 Työn rakenne

Luvussa 2 käsitellään tarkemmin, mikä on NodeMCU-32s-prosessoripiiri ja mitä ominaisuuksia laitteessa on, lisäksi esitellään, mitä laitteella pystyy tekemään. ESP32-laitetta verrataan opetuskäyttöön tarkoitettuun ATmega32U4-prosessoriseen piiriin.

Luvussa 3 käsitellään sulautettuja järjestelmiä tarkemmin ja käydään läpi teoriaa, mitä sulautetut järjestelmät ovat. Työssä käydään nopeasti läpi, kuinka piirilevy tehtiin ja mitä valintoja jouduttiin tekemään piirilevyn suunnittelussa.

Luvussa 4 käydään läpi ohjelmointia ESP32-laitteella ja mitä ohjelmointikieltä voidaan laitteella käyttää sekä asennetaan ohjelmointiympäristö.

Luvussa 5 käydään läpi, kuinka ohjelmointiympäristöön asennetaan Arduino-ohjelmointiympäristöön lisättäviä prosessorikohtaisia kirjastoja, joilla pystytään luomaan ohjelmia ESP32-laitteelle ja esittelyohjelma, kuinka ESP32:n langaton verkkoyhteys toimii.

Luvussa 6 käydään läpi tulokset.

2 ESP32

2.1 ESP32-laite

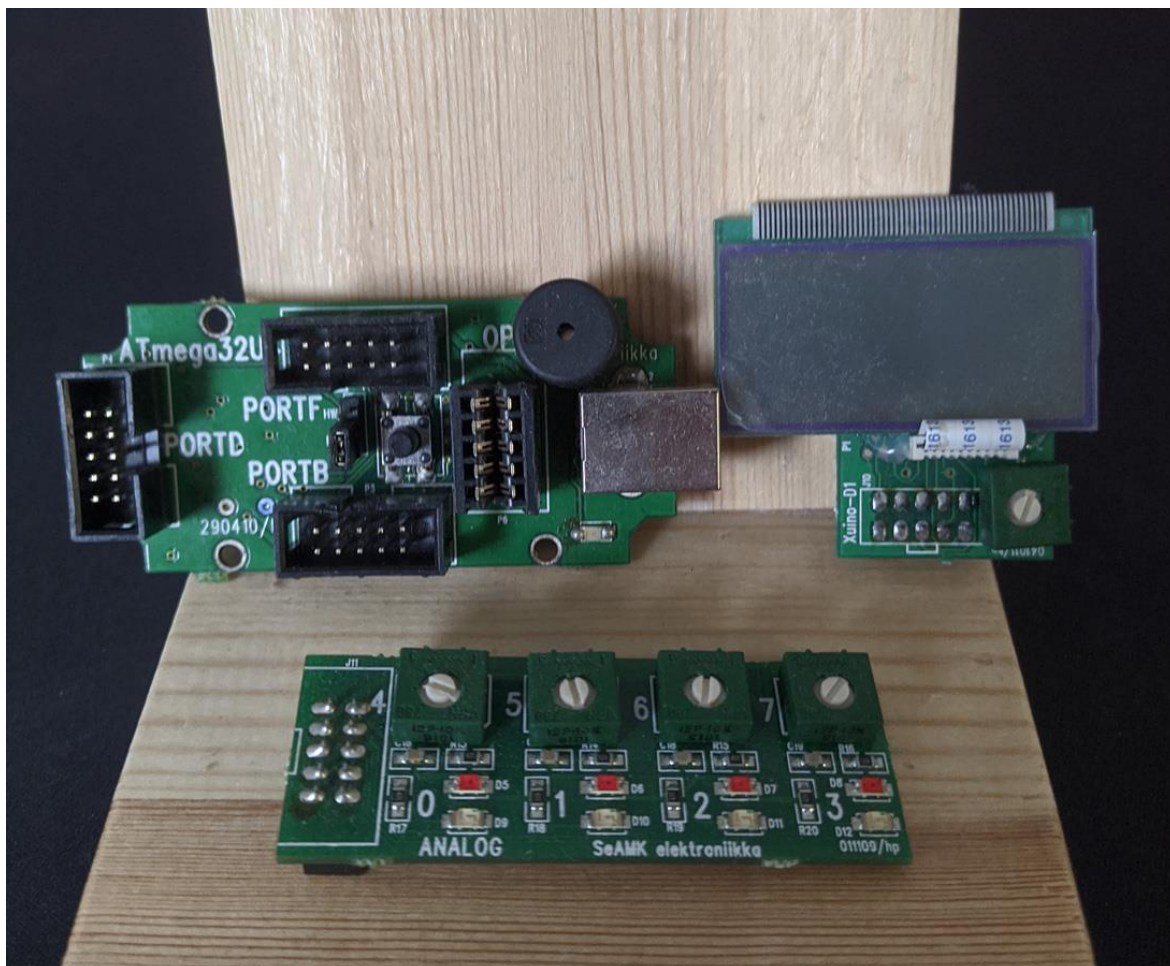
ESP32–laiteessa oleva prosessoripiiri julkaistiin ensimmäistä kertaa 2016 elokuuta. Prosessoripiirin tekijät Espressif on julkaissut uusia eri ESP32 variaatioita. He ovat jatkaneet vanhemman ESP32-WROOM-32–prosessoripiirin kehittämistä vuosien varrella. ESP32 sisältää Wi-Fi- ja Bluetooth-yhteyden. (Espressif, [viitattu 17.3.2021]).

ESP32-laitteen prosessori on ESP32-D0WDQ6. Tämän prosessorin toimintaa ohjaa kaksiytiminen Xtensa, 32-bittinen LX6-mikroprosessori, joka toimii maksimissaan 240MHZ:n taajuudella. SRAM-muistia laitteesta löytyy 520KB ja Flash muistia on 32 megabittiä ohjelmalle (Espressif, [viitattu 22.2.2021]). ESP32–laitteen yhteensopivuus on laaja, sillä se on Open Source–pohjainen. ESP32 on alustariippumaton ja sillä pystytään ohjelmoida Arduino IDE:llä tai muilla IDE:llä käyttäen Pythonia, Lua tai C++ -ohjelmointikieliä. (Robomaa, [viitattu 26.2.2021]).

Espressif on julkaissut eri variaatioisia ESP32–laitteita, kuten yksi ytimisiä ESP32-SOLO–sarjan moduulisia prosessoripiirejä. WROOM-sarjan lisäksi Espressif on julkaissut WROVER–sarjan (Espressif, [viitattu 17.3.2021]).

Vaikka Espressif on julkaissut ESP32-D0WD-mallista uudempia versioita, eivät ne ole tehokkaampia kuin vanhemmat variaatiot. Tässä työssä on tarkoitus luoda D0WD-Q6 yhteensopivaksi tulevalle piirilevylle. ”Q6” tarkoittaa ESP32-D0WD sarjassa, että se on kooltaan pienempi kuin muut versiot ilman tätä merkintää. (Espressif [viitattu 22.2.2021]). Uusin variaatio tästä on ESP32-D0WD-V3, josta löytyy samat ominaisuudet kuin vanhemmassa versiossa, mutta uudessa versiossa on korjattu prosessoripuolisia laitteistovirheitä (Espressif, [viitattu 17.3.2021]).

2.2 Vanha ATmega32U4



Kuva 2. ATmega32U4-laite sekä moduulit

Kuvassa 2 on vanhempi opetuskäytössä ollut sulautetun järjestelmän laite. Tämä sulautettu järjestelmä ei sisällä esimerkiksi langatonta verkkoyhteyttä (WLAN) tai Bluetooth-yhteyttä.

Vanhemman piirilevyyn kanssa piti käyttää Atmel Studio -sovellusta, joka on Atmelin omille piireille tarkoitettu IDE eli ohjelmointiympäristö. Tällä pystyi ohjelmoimaan prosessorille C++ -ohjelmointikielellä. Uudella ESP32-laitteella on laajemmat alustat, millä pystytään ohjelmoimaan monilla eri ohjelmointikielillä, esimerkkejä ovat Python, C++ ja Lua.

Tämä vanhemman laitteen korvaus tuo laitteeseen langattoman verkkoyhteyden sekä Bluetoothin. ESP32 on myös paljon tehokkaampi kuin Arduino ATmega32U4. Vanhoja liitoskomponentteja tullaan uudelleen käyttämään ja sovittamaan yhteensopivaksi uuden piirilevyn kanssa.

2.3 Laitteiden vertailu

Taulukko 1. Laittevertailu

Proessori:	ESP32-D0WDQ6 32-bit	ATmega32U4 8-bit
Ytimien määrä:	2	1
Proessorin kellotaajuus	240MHz	16Mhz
Flash-muisti	32Mbit	32KB
SRAM	520KB	2.5KB
Pinnien määrä	38	44

Taulukossa 1 näkyy prosessorit, taajuudet, Flash-muisti, SRAM sekä pinnien määrä.

ATmega32U4 jää selvästi ESP32-laitteesta jälkeen tehokkuudessa ja muistien määrässä. ESP32:ssa on myös enemmän ominaisuuksia jotka tarvitsevat enemmän tehoa, esimerkiksi langaton verkkoyhteys ja Bluetooth. Ainoa huono puoli ESP32-laitteessa on pinnien määrä. Vaikka pinnejä on 38, vain 32 niistä on käytettävissä tässä työssä. Nämä 6 ylijäävää pinniä ovat INPUT-pinnejä jotka suositellaan jätettävän käyttämättä. (Espressif Systems, [viitattu 22.2.2021].)

ESP32 on tehokas mikroprosessori, mutta se vaatii vähemmän jännitettä, sillä se pystyy operoimaan alhaisimmillaan 2,6–3,6 V:n jännitteissä kun taas ATmega32U4 vaatii 2,7–5,5 V:n jännitettä toimiakseen. (Microchip, 2015.)

ESP32-laitteen ominaisuuksia ovat 18 analogisen signaalin muunninta digitaaliseen (ADC) kanavaa, 3 SPI-käyttöliittymää, 3 UART-käyttöliittymää, 2 I2C-käyttöliittymää, 16 PWM-ulostulokanavaa, 2 DAC-konvertteria ja 10 kapasiteetin aistivaa GPIO:ta (Espressif, [viitattu 13.3.2021]).

ATMega32U4-prosessorin ominaisuuksia ovat 26 digitaalista tulon ja lähdön nastaa, joista 14 voidaan käyttää PWM-lähtönä, 12 ohjelmitavaa ADC kanavaa, kaksi SPI käyttöliittymää, yksi UART-käyttöliittymä ja yksi I2C-käyttöliittymä (Microchip, 2015).

Verrattaessa ESP32 ja ATMega32U4-prosessoripiirejä huomataan, että ESP32-laitteesta löytyy enemmän ominaisuuksia. Uusia ominaisuuksia langattoman verkkoyhteyden sekä Bluetoothin lisäksi on mahdollisuus kytkeä sekä ohjelmoida kosketusnäyttö. Tämän ominaisuuden mahdollistaa 10 kapasiteetin aistivaa GPIO-pinniä.

3 SULAUTETTU JÄRJESTELMÄ

Sulautetut järjestelmät ovat koneisiin ja laitteisiin rakennettuja käyttöjärjestelmiä, esim. auton ohjausjärjestelmä, modernit mikroaaltouunit, kaukosäätimet jne. Sulautetut järjestelmät voivat olla joko sisäisesti rakennettuja laitteita, jotka eivät kommunikoi muiden laitteiden kanssa, tai mahdollisesti verkkoon langallisesti tai langattomasti kytkettyjä. Yleensä verkkoon kytketyt sulautetut järjestelmät on tehty sitä varten, että halutaan jotain dataa laitteesta esimerkiksi tietokantoihin mittaustuloksista joita sulautettu järjestelmä on ohjattu tekemään ohjelman avulla. Esimerkkinä tästä on lämpötilan sekä kosteuden mittaaminen sulautetulla laitteella, joka on kytketty langattomaan verkkoyhteyteen jonka avulla se lähettää dataa internetiin. Tätä dataa voidaan sitten lukea esimerkiksi tietokoneella tai puhelimella mistä tahansa maailmaa. (Conseptas, [viitattu 13.3.2021]).

Nykyajan teknologian kehitys on ollut suuri, prosessoreista on saatu pienempiä, enemmän kompakteja laitteita, joiden virrankulutus on pieni. Sulautettu järjestelmä on integroitunut hyvin päivittäiseen elämään.

IoT-laitteet ovat myös kehittäneet sulautettuja järjestelmiä. Nykyään on mahdollista lähettää kevyttä dataa sulautetuista järjestelmistä verkon yli. Tämän teknologian mahdollistaa maanlaajuinen mobiililaajakaistayhteys, johon pienet IoT-laitteet pystyvät ottamaan yhteyttä ja lähettämään dataa sensoreittensa avulla. Posti on luonut yhteistyössä Telian kanssa älykkäitä kirjelaatikoita jotka hyödyntävät mobiililaajakaista verkkoyhteyksiä. (Telia, [viitattu 13.3.2021]).

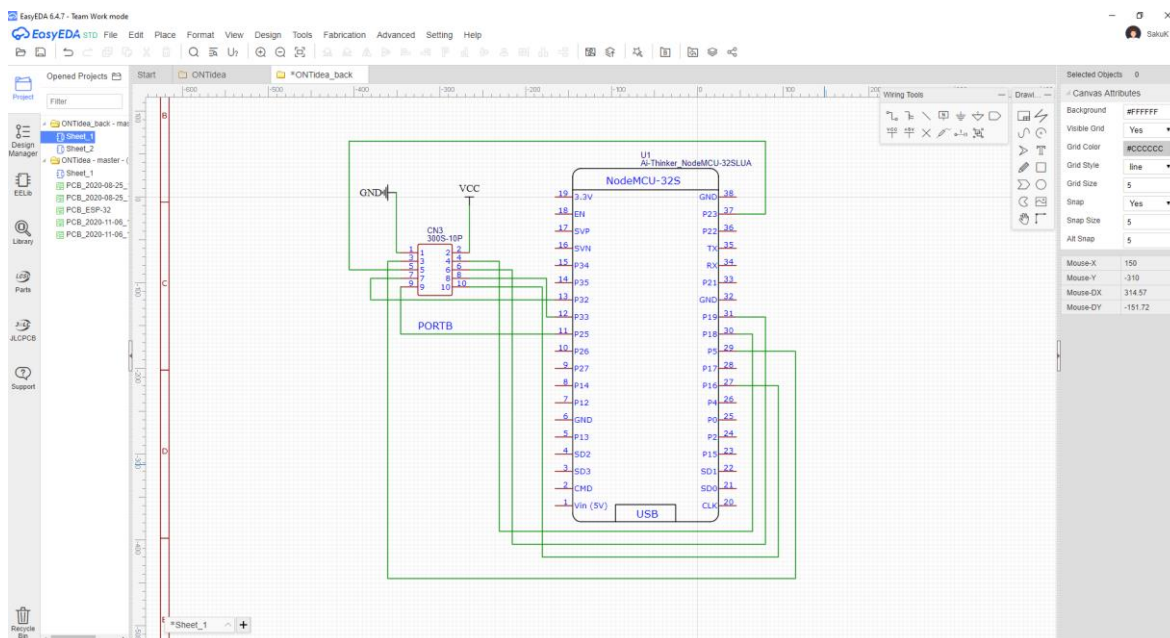
Nämä sulautetut järjestelmät käyttävät Narrowband-IoT–teknologiaa, joka on maanlaajuinen 3GPP-mobiililaajakaistastandardi, joka perustuu GSM-matkapuhelinteknologiaan. Tämän kevyen verkkoyhteyden avulla on helppo seurata reaaliajassa laitteiden toimintaa globaalisti. (Telia, [viitattu 13.3.2021]).

3.1 EasyEDA

EasyEDA on helppo ja tehokas internetissä toimiva piirilevyn suunnittelutyökalu, joka mahdollistaa sähköinsinöörien, opettajien, oppilaitten, tekijöiden ja harrastajien suunnitella ja jakaa projektejaan. (EasyEDA, [viitattu 7.3.2021].)

EasyEDA on ilmainen sovellus piirilevyjen luontiin, joka mahdollistaa tämän työn teon. EasyEDA-työkalusta löytyy valikoima eri komponentteja, joiden avulla voi piirtää tarkat liitosreiät haluttuun kohtaan piirilevyille. Komponenttikirjastosta löytyy työhön vaaditun Ai-Thinkerin luoma ESP32-laite, se on nimeltään NodeMCU-32S.

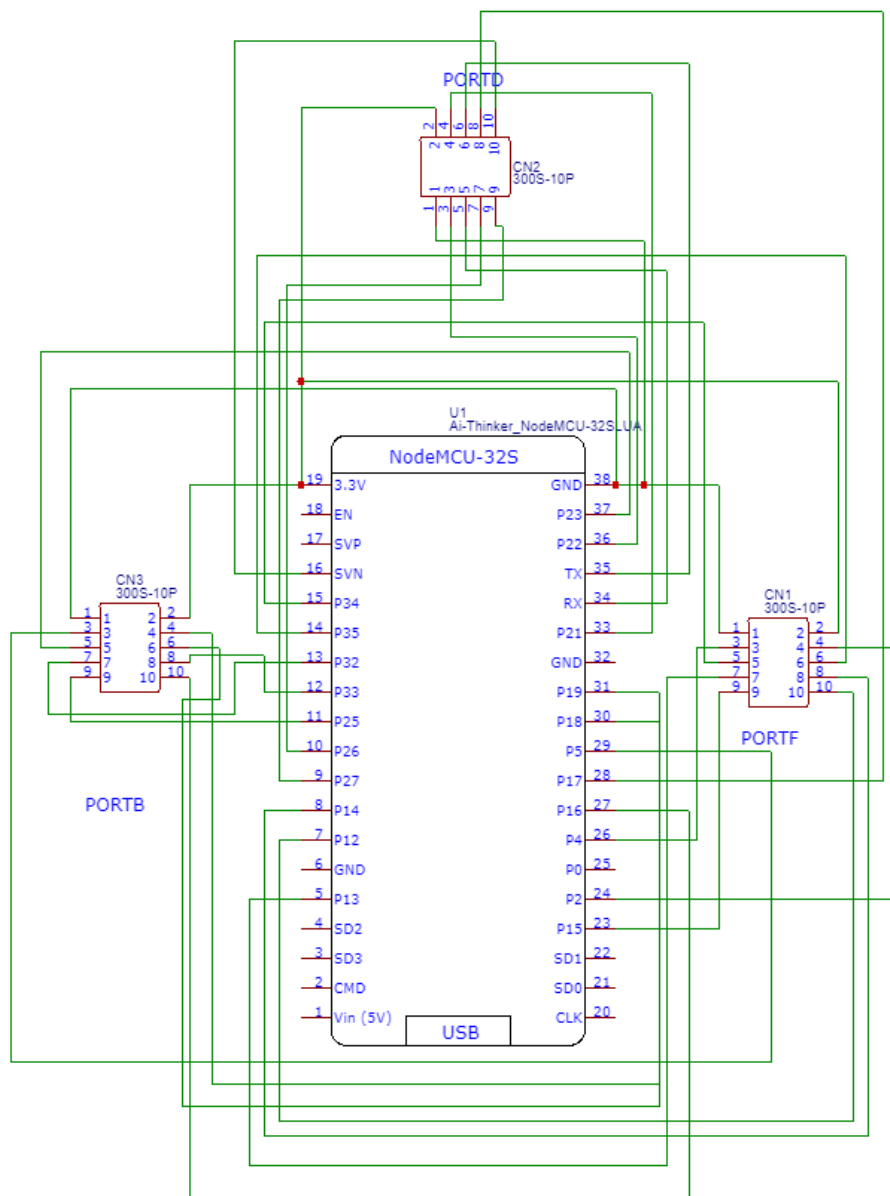
Sovelluksen hyvä puoli on se, että sen pystyy asentamaan koneelle sekä käyttämään selaimella ja luoda omia piirilevyjä. Tallentaessa projektit menevät automaattisesti luodulle käyttäjättilille talteen, kunhan internetyhteys on olemassa. Tämän avulla voi helposti jakaa projekteja internetissä, sekä jatkaa projektia, kun se on valmiiksi tallennettuna internetiin.



Kuva 3. ESP32-laitekytkentä 10-pinniseen liittimeen

Kuvassa 3 on kuvankaappaus kytkentäkaaviosta. Kuvassa on luotu kopio vanhasta liitostyöstä, jota käytettiin ATmega32U4-prosessorissa (kuva 2, jossa ATmega32u4). Tässä on liitetty 10-pinnin liitin niille osoitetuille paikoille. Jokaiseen 10-pinniseen komponenttiin 1 pinniin liitetään GND ja 2 VCC. Vanhaan prosessoriin osoitettu PORTB sisälsi jännitteen sekä maan lisäksi ominaisuuksia, jotka piti saada toimimaan uudella ESP32-laitteella. Atmelin dokumentin mukaan, PORTB-osaan on ohjattu ominaisuudet SS, MOSI, ADC, SCK, ja MISO (Microchip 2015).

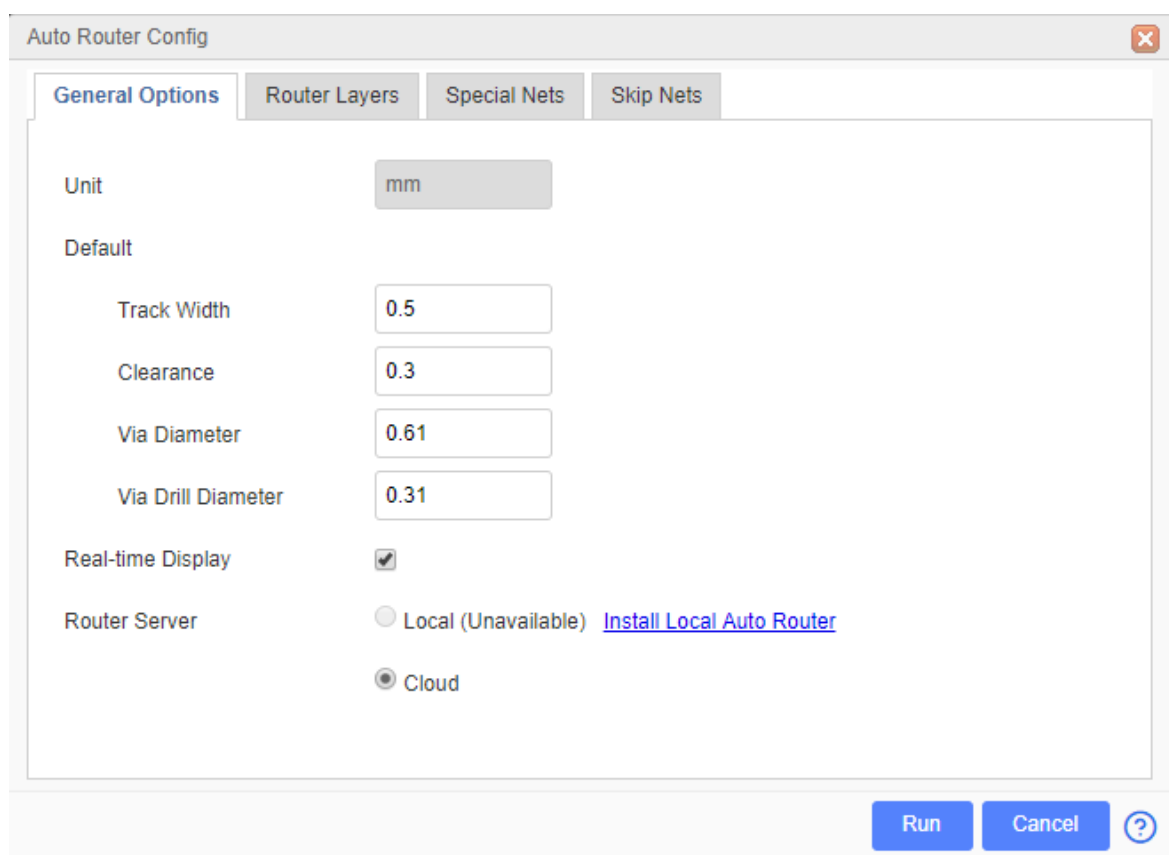
Näillä tiedoilla, Espressifin dokumenteista ei löytynyt erikoisliittimien nimiä samalla nimellä, kuin Atmel käytti. Onneksi harrastajia löytyy, jotka ovat selvittäneet yksinkertaisesti, mitkä pinnit omistavat nämä erikoisominaisuudet ja mitä ESP32-laitteiden pinnejä suositellaan käyttämään. (Random Nerd Tutorials[15.3.2021]). Näiden havaintojen avulla pystyy nyt kytkemään oikeat pinnit oikeisiin kohtiin ESP32-laitteessa. ADC-pinnejä ei tarvitse tarkasti valita, sillä niitä löytyy monia ESP32-prosessoreista. Tärkeintä on saada nämä erikoisominaisuudet toimimaan, että paras mahdollinen yhteensopivuus vanhempaan malliin saavutetaan.



Kuva 4. ESP32-laitteen kytkentäkaavio

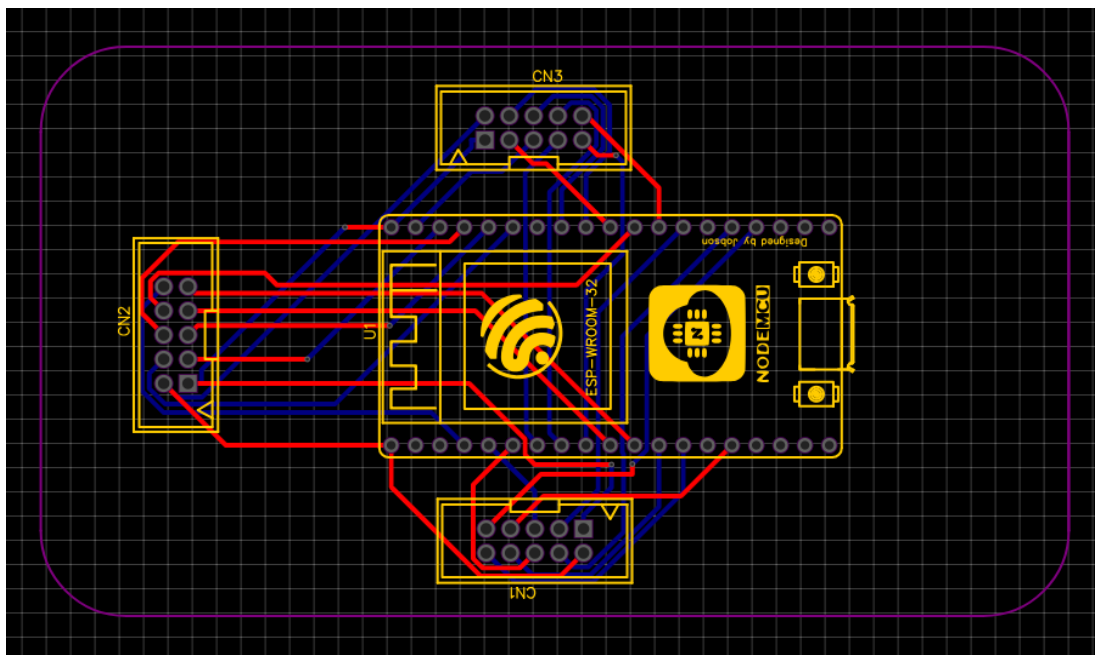
Kuvassa 4 on kytkentäkaavio, jossa ESP32-laite on liitetty kolmeen eri 10-pinniiseen liittimeen, noudattaen tietoja, joita saatiin lukemalla Atmelin dokumenttia sekä Random Nerd Tutorialsin opasta. Teoriassa liitosten pitäisi toimia täydellisesti, mutta asia vahvistuu, kun itse piirilevy on luotu ja testattu. Työn seuraava vaihe on piirtää itse piirilevy. EasyEDA-työkalulla pystytään helposti muuttamaan kytkentäkaavio piirilevyksi.

Kun komponentit on siirretty haluttuun paikkaan piirilevyllä, liitetään komponentit ESP32:n suunnattuihin pinneihin. Tähän käytetään avuksi EasyEDA:n luomaa automaattista liittämistä (Auto Router). Automaattinen liittäminen laskee lyhimät ja turvallisimmat reitit liitoskohtiin piirilevyllä.



Kuva 5. Auto Router

Kuvassa 5 on Auto Router -valikko, jossa nähdään perusasetukset automaattiseen liittämiseen. Tässä kohtaa valittiin 0,5 mm Track Width (liitoksen leveys), jolla varmistetaan, että piirilevyn tuottamisessa ei tulisi mahdollisia virheitä, eikä pienet naarmut tuhoaisi reittejä. Prosessi vaatii aikaa ja lopputuloksena se piirtää reitit sekä liittimet oikeisiin paikkoihin piirilevyllä.



Kuva 6. Piirilevy

Kuvassa 6 on valmis piirilevy, jossa violetti ulkoreuna kuvastaa piirilevyn kokoa, punaiset viivat ovat päällimmäisen puolen liitoksia ja siniset pohjapuolen liitoksia. Vaikka tietokone automaattisesti luo liitännät, on hyvä tarkistaa reittien välit, että tilaa on tarpeeksi. Tämä auttaa vähentämään mahdolliset virheet kun piirilevyä valmistetaan.

Tämän jälkeen, kun piirilevy on valmis, sen voidaan kääntää ja luoda Gerber-tiedosto-muotoon ja tilata suoraan EasyEDA-palvelun kautta. Työ maksaa halvimmillaan 6,60 €, 5 kappaleen minimitilauksena. Tähän lisätään vielä postikulut, jotka vaihtelevat 10 eurosta 25 euroon.

4 OHJELMOINTIYMPÄRISTÖ

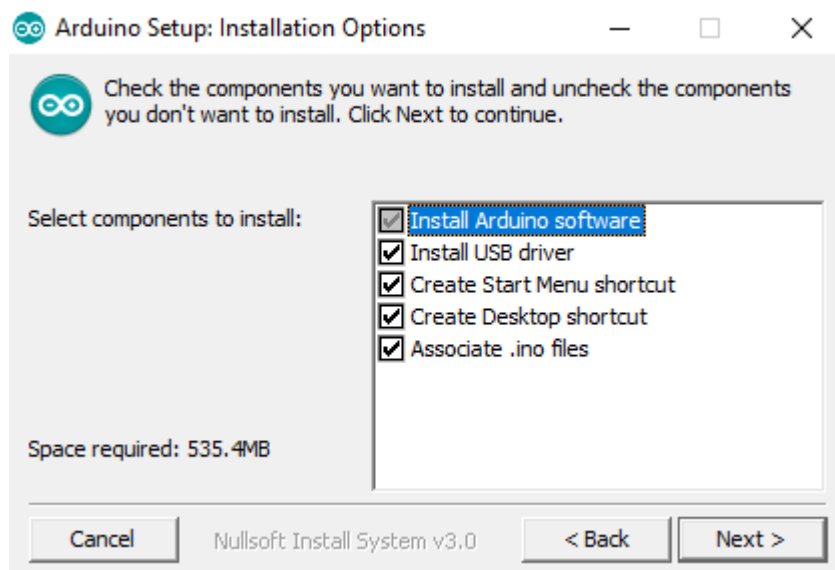
4.1 Arduino IDE

Ohjelmointiympäristöjä on monia, ilmaisia, helppokäyttöisiä ja ominaisuusrikkaita. Tähän työhön helppokäyttöisin on avoimella lähdekoodilla oleva ohjelmointiympäristö, Arduino IDE. Arduino IDE mahdollistaa datan lähetyksen ja vastaanoton viattomasti USB-porttien kautta mikropiirille (Arduino 2018).

4.2 Arduino IDE -asennus

Tämän opinnäytetyön kirjoitusvaiheessa uusin versio Arduino IDE-ympäristöstä on 1.8.13 ja sitä tullaan käyttämään tässä esimerkissä. Ohjelmistoympäristön on mahdollista asentaa Windows-käyttöjärjestelmiin Windows 7-versiosta alkaen uudempaan Windows 10-versioon, Linux-käyttöjärjestelmille sekä Mac OS X 10.10-järjestelmälle tai uudemmille (Arduino, [viitattu 16.3.2021].)

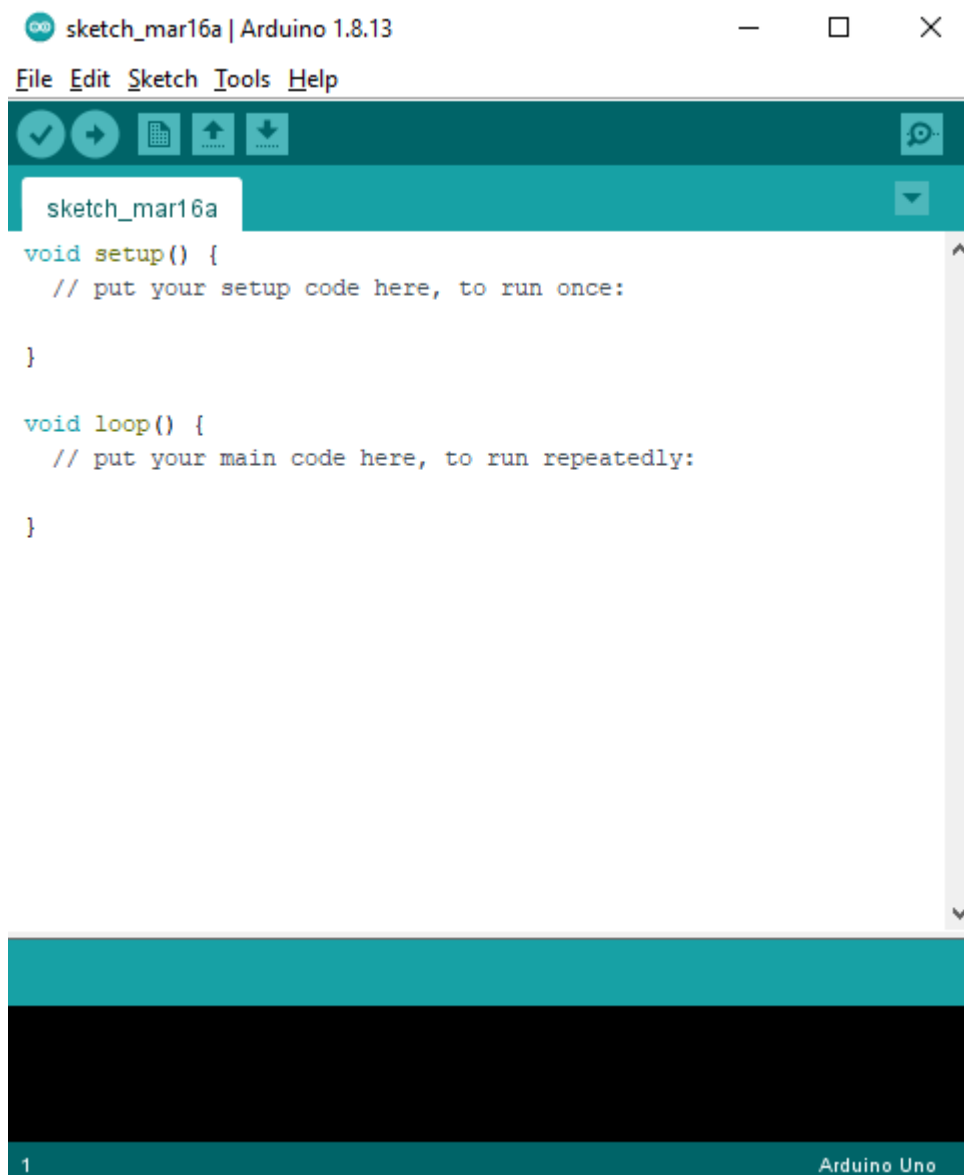
Arduino IDE on helppo asentaa. Tässä työssä asennetaan Windows-versio. Asennustiedon avatessa avautuu termit-aloitusruutu. Lukemalla ja hyväksymällä termit avautuu kuvassa 7 esitetty näkymä, jossa asennetaan tärkeimmät komponentit. Start Menu ja Desktop shortcutit eivät ole pakollisia asentaa, sillä ne luovat vain aloitusvalikon ja työpöydälle pikakuvakkeen. Next-painiketta painettaessa asentuvat tarvittavat USB-ajurit, jotta kommunikointi ESP32-laitteen kanssa onnistuu.



Kuva 7. Arduino IDE-asennus

Kun sovellus on valmis ja asennettu, ikkunassa lukee "Complete". Asennus voidaan nyt sulkea.

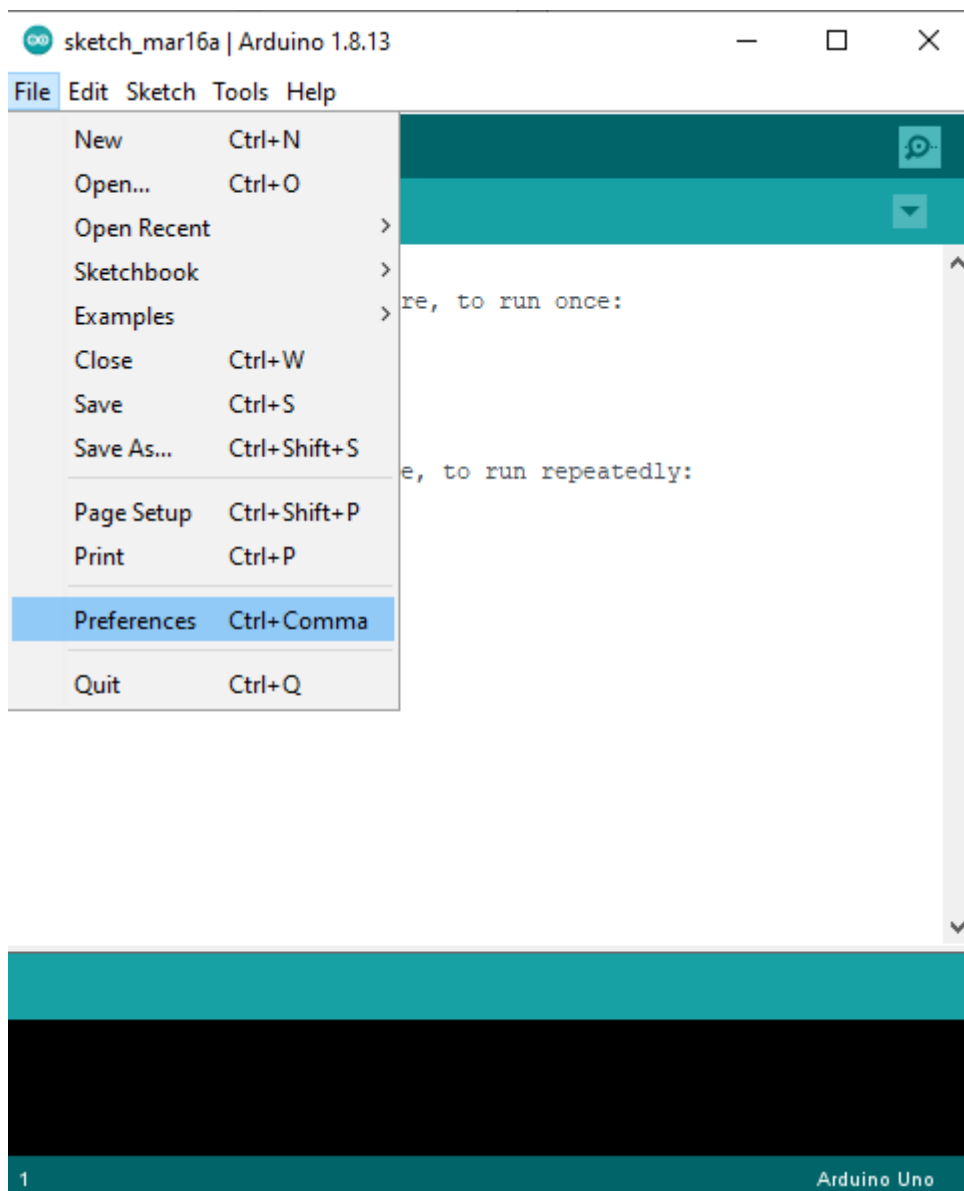
Avaamalla vasta asennetun Arduino-sovelluksen aukeaa kuvassa 8 näkyvä ikkuna. Tämä on ohjelmistoympäristön pääikkuna, jossa on auki tekstinkäsittely ja alhaalla mustalla taustalla on terminaali. Terminaali näyttää esimerkiksi onko koodi suoritettu oikein, lähetetty kytkettyyn laitteeseen tai mahdolliset virheilmoitukset.



Kuva 8. Arduino-ohjelmointiympäristö

4.3 ESP32-paketin asennus

Jotta ESP32-laitteen saa toimimaan Arduino IDEn-ympäristössä, on asennettava tarvittavat paketit asetuksista. Versiosta 1.6.4 lähtien Arduino sallii kolmannen osapuolen alustapakettien asentamisen Boards Managerilla (GitHub 2020). Asennusta varten on valittava Arduino-sovelluksesta kuvan 9 mukaisesti File-painikkeesta avautuva valikko ja valitsemalla Preference- kohta.

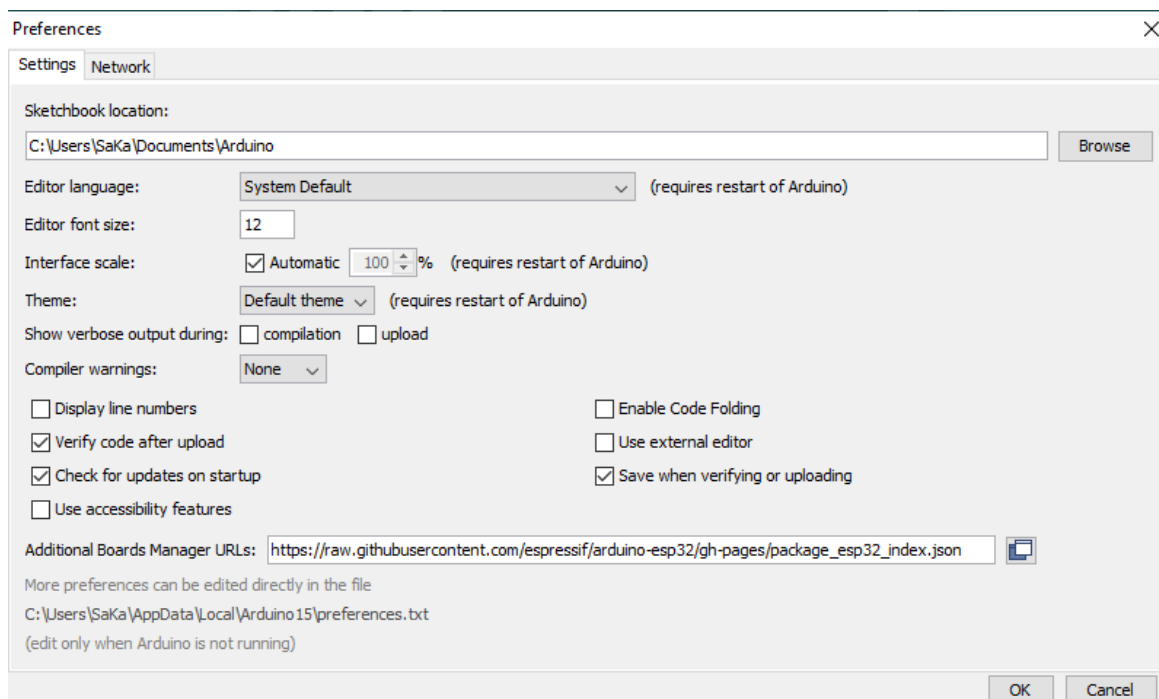


Kuva 9. Arduino IDE preferences

Kun Preferences-valikko on auki kuvan 10 mukaisesti, on liitettävä URL-osoite:

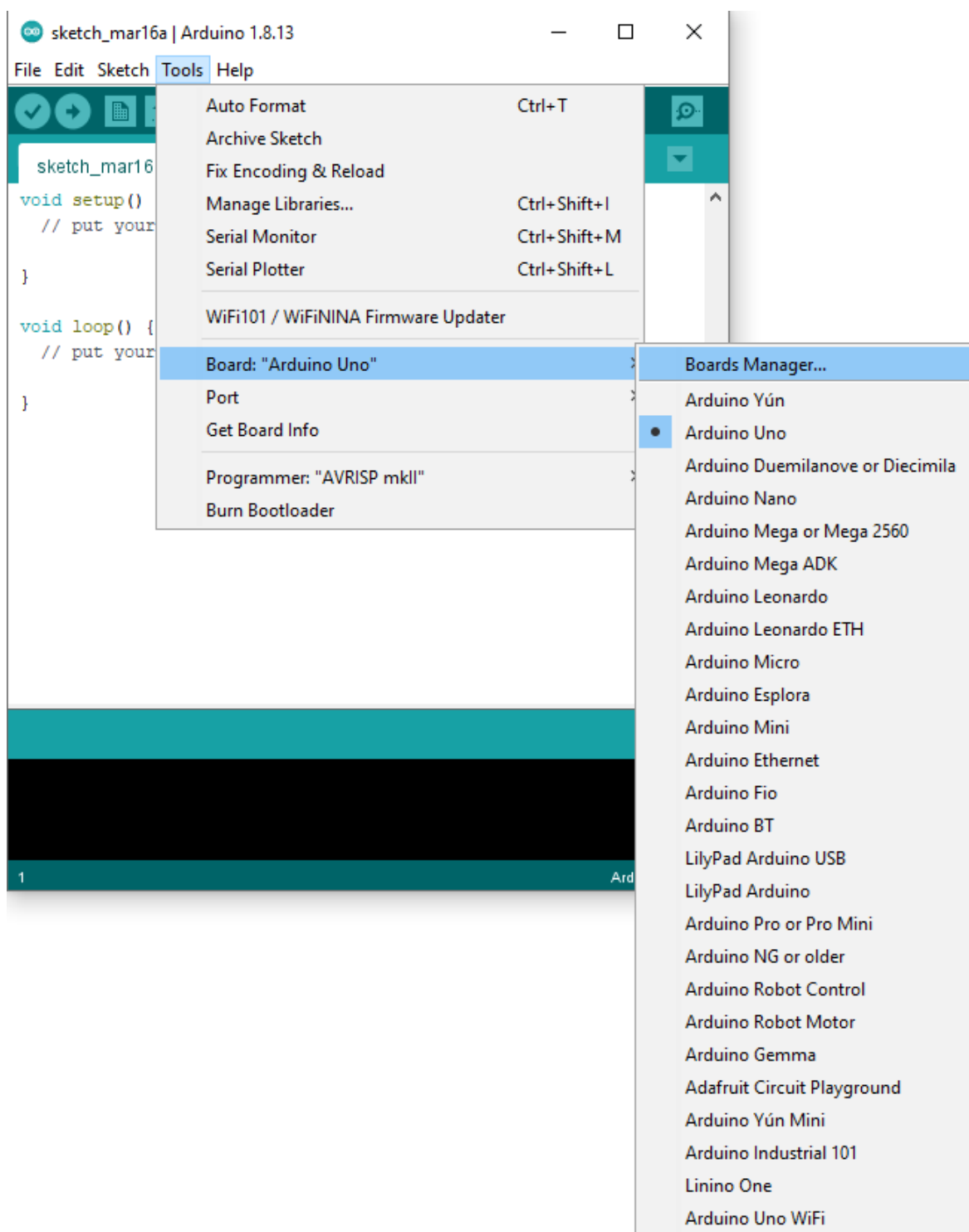
"https://raw.githubusercontent.com/espressif/arduino-esp32/gh-pages/package_esp32_index.json"

ilman lainausmerkkejä kuvan mukaiseen kohtaan. Tämän jälkeen Ok- painiketta painamalla hyväksytään muutokset asetuksiin.



Kuva 10. Arduino Preferences

Tämän jälkeen on asennettava ESP32-paketit Boards Manager-ikkunasta, joka löytyy avaamalla Tools-valikko ja sieltä kuva 11 mukaisesti Board-kohta.



Kuva 11. Boards Manager -painike

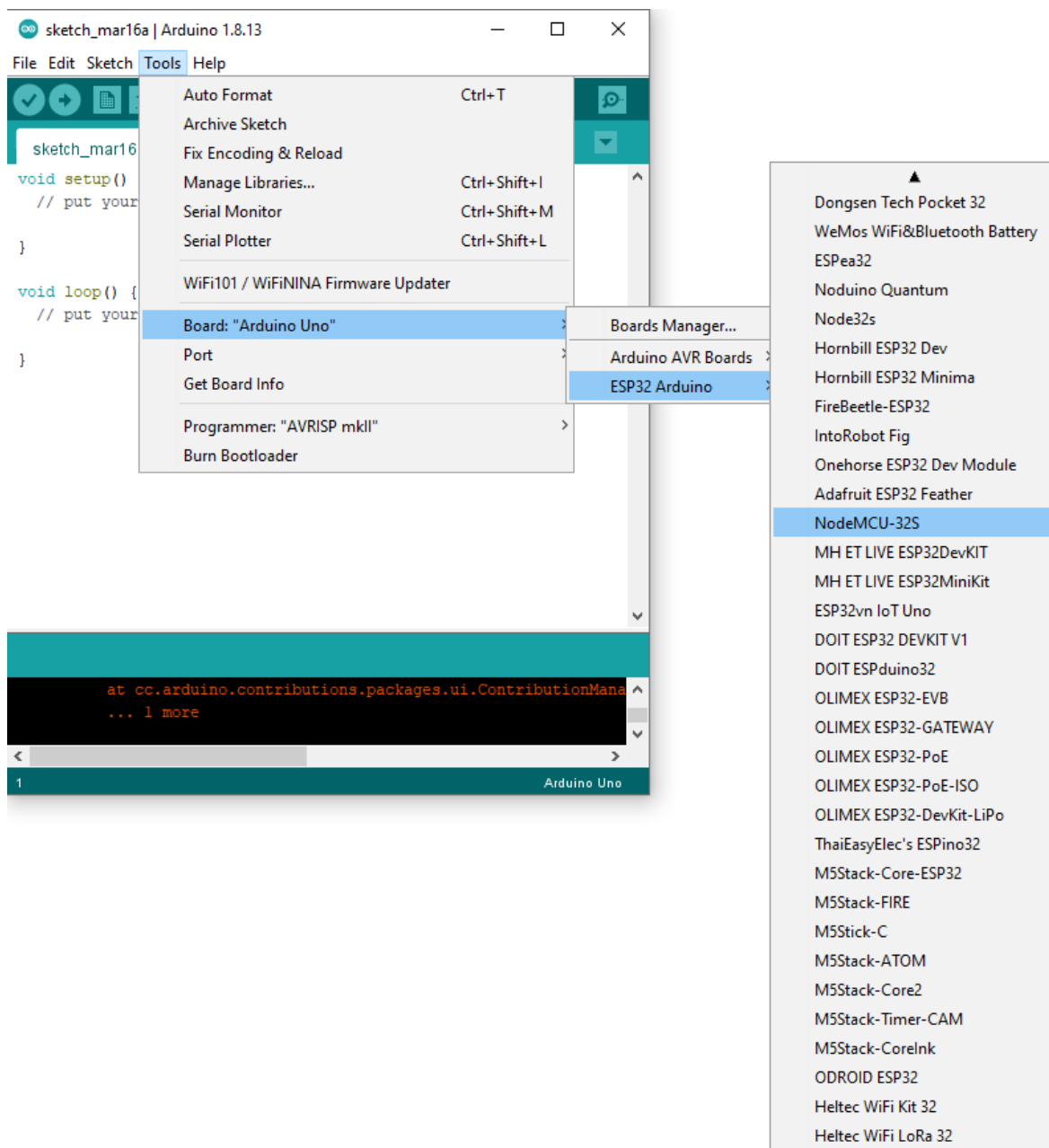
Tästä avautuu uusi Boards Manager -ikkuna, jolla pystytään lataamaan ESP32-paketit. Kuvan 12 mukaisesti kirjoitetaan tekstiruutuun "esp32", jolla löydetään asennettava paketti. Ohjaamalla hiiren osoittimen ruudulle avautuneen laatikon päälle tulevat näkyviin kohdat "1.0.5" ja Install-painike. Tämä asentaa noin 150 megabitin

kokoisen paketin. Asennus voi kestää hetken aikaa, riippuen internetnopeuksista. Kun asennus on valmis, suljetaan Boards Manager -ikkuna painamalla Close-painiketta.



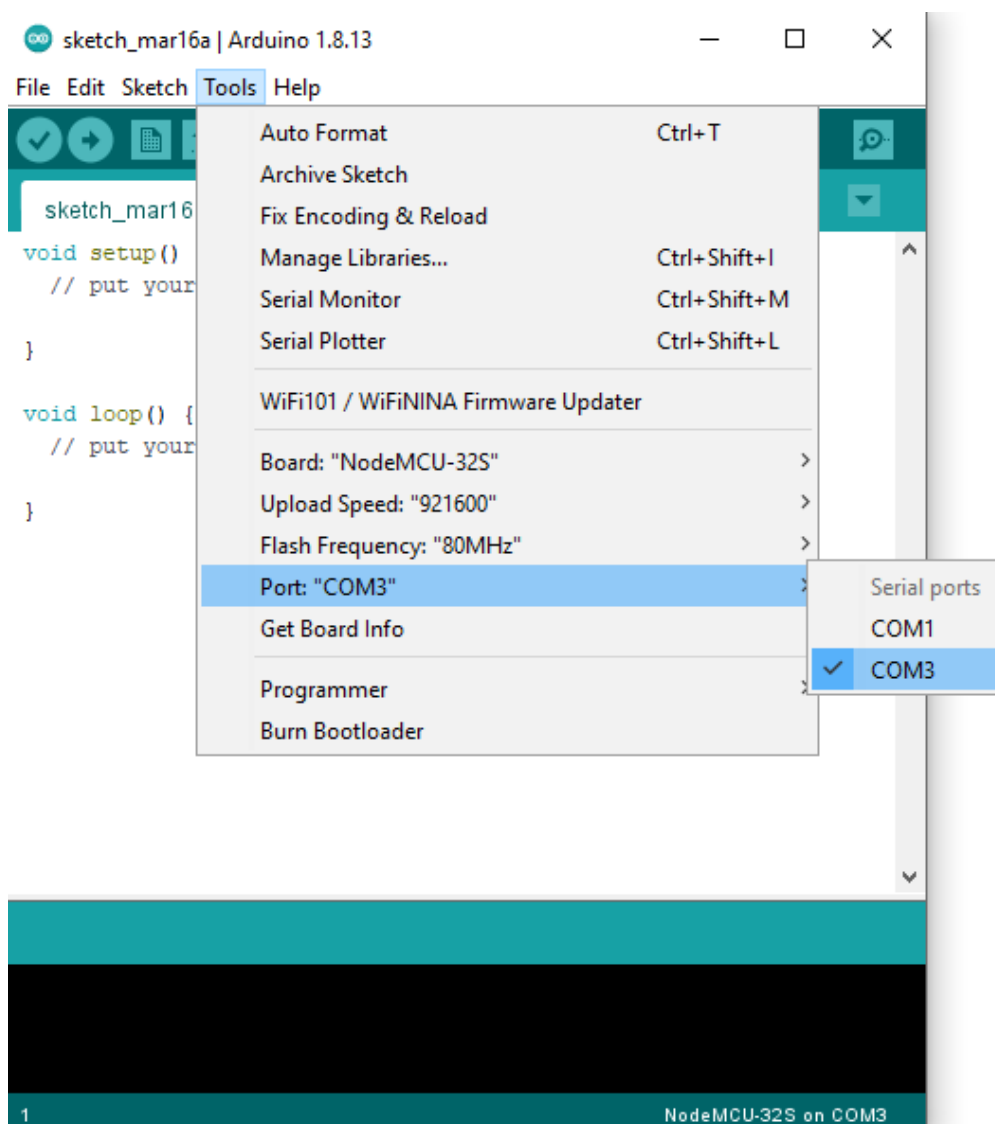
Kuva 12. Esp32-paketin lataus ja asennus

Kun on asennettu onnistuneesti ESP32-paketit, on mahdollista aloittaa ohjelmointi ESP32-laitteella. Ensiksi pitää kuvan 13 mukaisesti valita Tools –valikko. Siirtämällä osoittimen kohtaan Board avautuu valikko, johon avautuu uusi vasta asennettu ESP32 Arduino-kategoria. Siirtämällä osoittimen ESP Arduino kohtaan avautuu lista eri yhteensopivia ESP32-alustoja. Nyt etsitään projektiin tarvittava ja yhteensopiva alusta "NodeMCU-32S". Tämä on myös yhteensopiva tässä työssä käytettävälle ESP32-prosessoripiirille.



Kuva 13. Alustan valitseminen

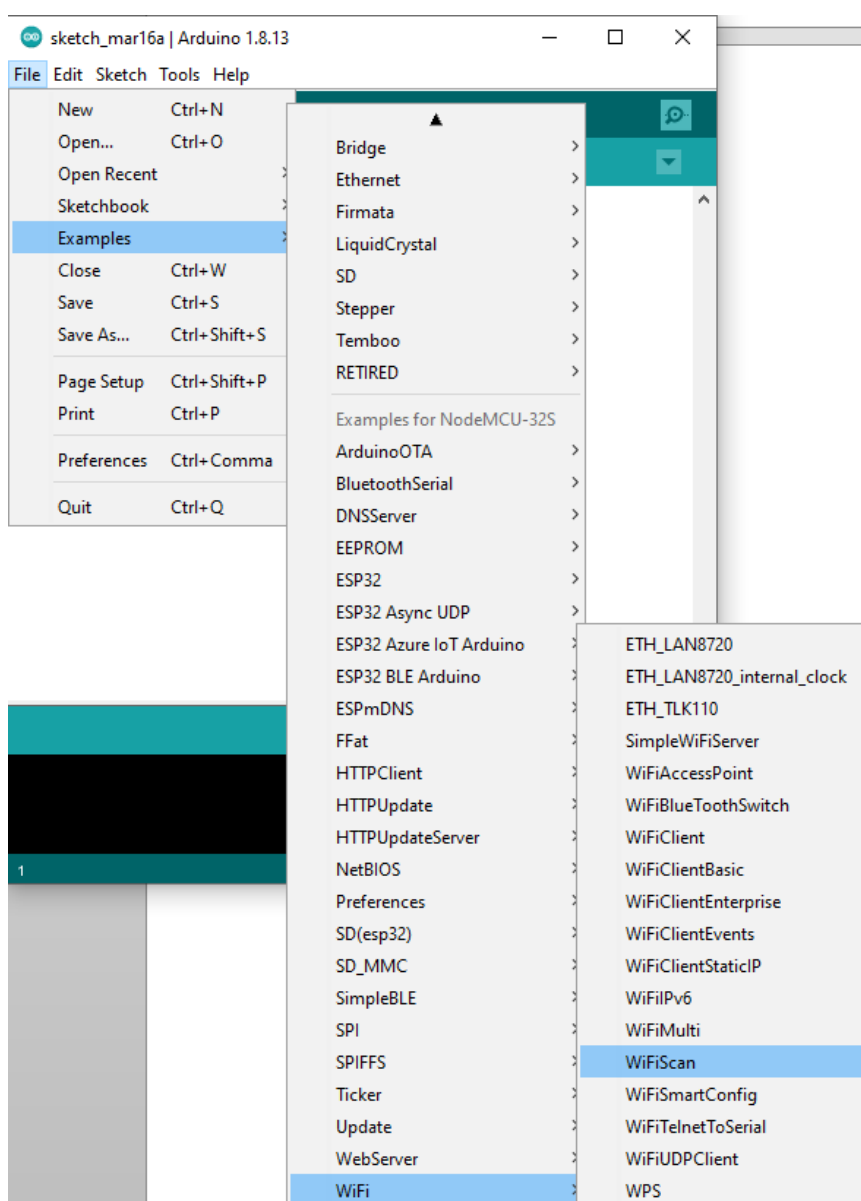
Tämän jälkeen on hyvä tarkistaa Tools-valikosta kuvan 14 mukaisesti, onko Board-kohdassa valittu oikea ESP32-laite. Lisäksi on tarkistettava Port-valikosta oikea USB COM-portti, johon on kytketty ESP32-laite. Arduino tunnistaa nopeasti liitetyt laitteet ja ne ovat yleensä COM3- tai COM4-portissa. Arduino IDE-ikkunan oikeassa alakulmassa myös lukee, mikä alusta sekä portti on valittu.



Kuva 14. Tools-valikko

5 ESP32-ESIMERKKISOVELLUS

Seuraavalla esimerkillä testataan, toimiiko mikropiiriin integroitu langaton verkkoyhteys. Esimerkissä tarvitaan ESP32-prosessorilla toimiva mikropiiri, johon pystytään lähettämään dataa Micro-USB-kaapelin avulla. Asennettua ESP32-laitteen yhteensopivat kirjastot, Arduino ohjelmointiympäristöön ilmestyy Examples-osioon uusia ESP32-laitteille tarkoitettuja sovelluksia.



Kuva 15. WiFiScan-esimerkki

Kuvan 15 mukaisesti File-valikon Examples-kohdassa, rullaamalla alaspäin, pystyy näkemään kohdan "Examples for NodeMCU-32S". Tästä alaspäin on esimerkkisovelluksia valitulle mikropiirilevylle. Menemällä kohtaan Wi-Fi osoittimella avautuu enemmän Wi-Fi-esimerkkejä näkyviin. Valitsemalla WiFiScan-esimerkkiohjelman avautuu uusi Arduino-ikkuna näytölle, kuten kuvassa 16 näytetään.



```

WiFiScan | Arduino 1.8.13
File Edit Sketch Tools Help
WiFiScan
/*
 * This sketch demonstrates how to scan WiFi networks.
 * The API is almost the same as with the WiFi Shield library,
 * the most obvious difference being the different file you need to include:
 */
#include "WiFi.h"

void setup()
{
  Serial.begin(115200);

  // Set WiFi to station mode and disconnect from an AP if it was previously connected
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.disconnect();
  delay(100);

  Serial.println("Setup done");
}

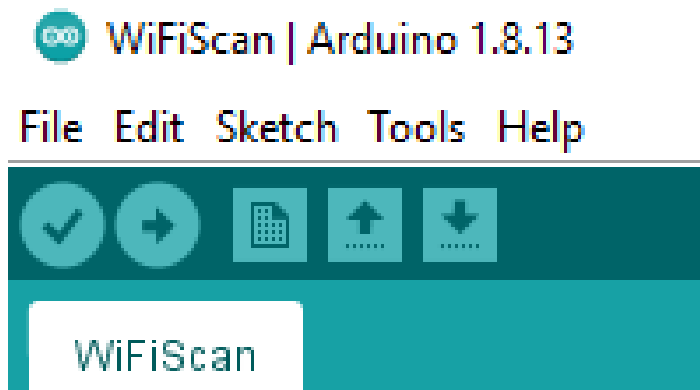
void loop()
{
  Serial.println("scan start");

  // WiFi.scanNetworks will return the number of networks found
  int n = WiFi.scanNetworks();
  Serial.println("scan done");
  if (n == 0) {
    Serial.println("no networks found");
  }
}
1 NodeMCU-32S, 80MHz, 115200 on COM3

```

Kuva 16. WiFiScan-esimerkkiohjelman

Kuvan 16 mukaisesti olevaa koodia ei tarvitse muokata. Se on valmis lähetettäväksi ESP32-laitteeseen, kunhan on varmistanut, että laite on kytketty oikein tietokoneeseen ja oikea portti on valittuna.



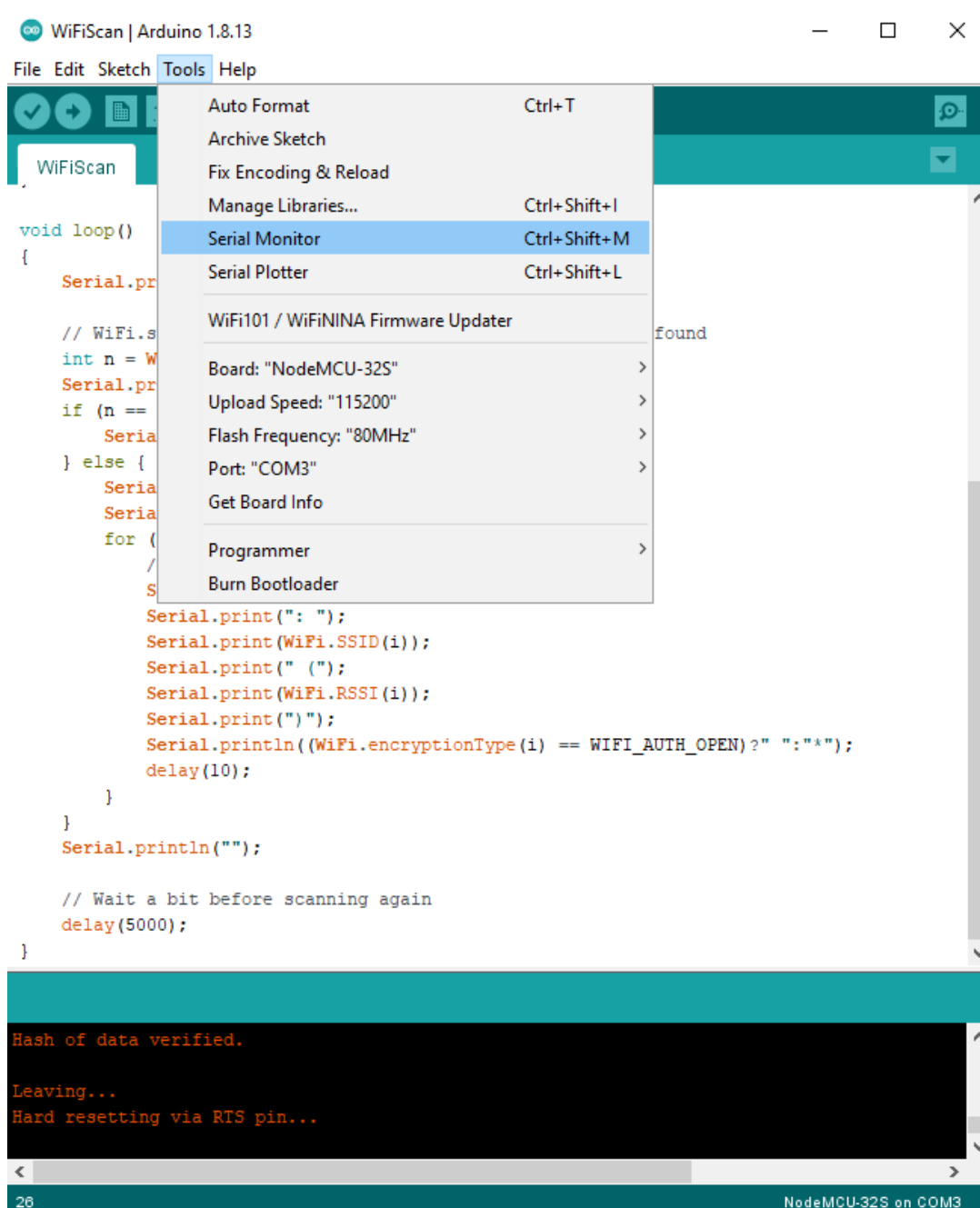
Kuva 17. Ohjelman lähettäminen mikropiirille



Kuva 18. BOOT-painike

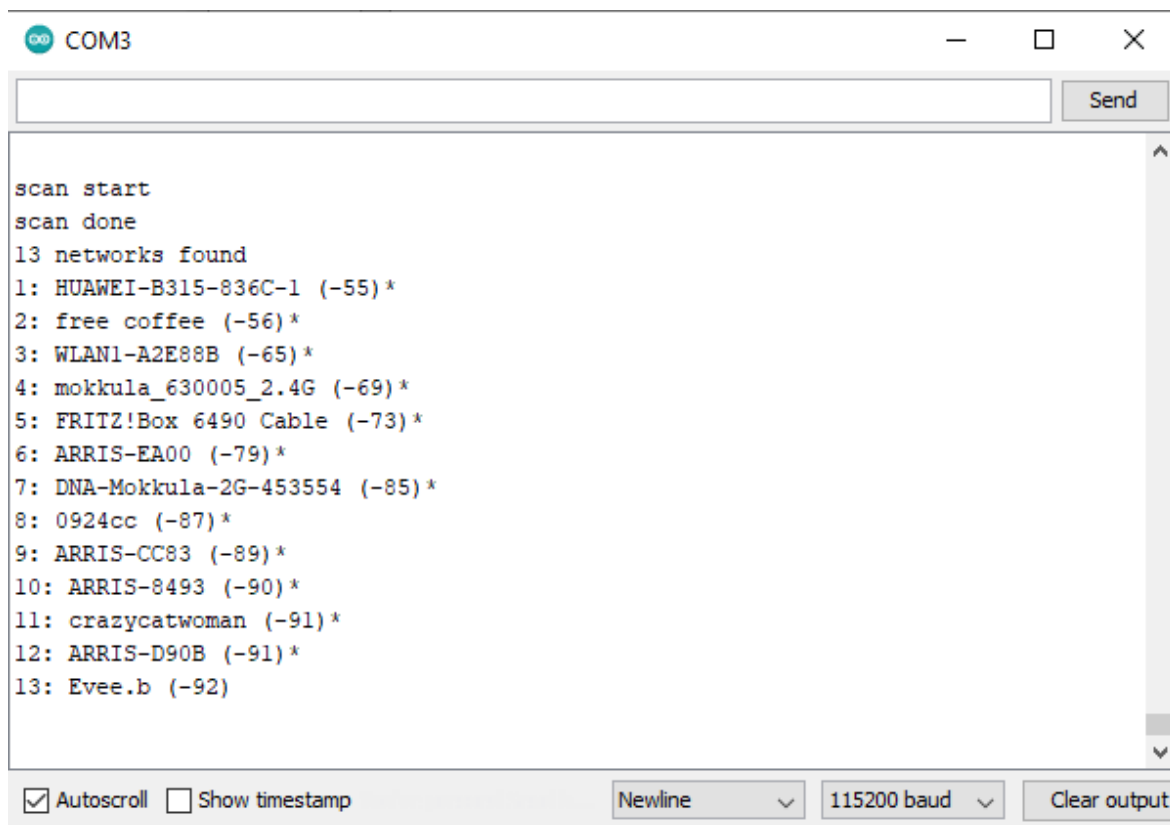
Syötettäessä ohjelmaa ESP32-laitteelle on fyysisesti painettava kuvan 18 mukaisesti BOOT-painiketta pohjaan, päästämättä siitä irti, jotta laitteeseen pystytään syöttämään dataa. Sen jälkeen tietokoneella pitää painaa Upload-painiketta kuvan 17 mukaisesti Arduino IDE -sovelluksen kautta.

Kuvan 18 mukaisesti fyysisestä BOOT-painikkeesta saa päästää irti vasta, kun Arduino IDE:n terminaaliin tulee teksti "Connecting...". Sovellus lähettää nyt ESP32-laitteeseen esimerkkiohjelman. Tämä prosessi kestää alle minuutin.



Kuva 19. Serial Monitor -ikkunan avaaminen.

Kun ohjelman lähetys mikropiirille on valmis, tekstinkäsittelyn ja terminaalien väliselle alueelle tulee teksti "Done uploading.", tai kuvan 19 mukaisesti terminaalissa näkyy "Leaving...". Nyt voidaan avata Serial Monitor, jolla pystytään seuraamaan dataa, mitä ESP32-laite tuottaa. Serial Monitorin, avataan menemällä Arduino IDE:n alku-ruutuun ja painamaan hiiren osoittimella kuvan 19 mukaisesti Tools-valikkoa, jolla saa näkyviin painikkeen "Serial Monitor". On mahdollista avata tämä ruutu käyttämällä CTRL + SHIFT + M -pikanäppäinyhdistelmää.



The screenshot shows a Serial Monitor window titled 'COM3'. The main text area displays the following output:

```

scan start
scan done
13 networks found
1: HUAWEI-B315-836C-1 (-55)*
2: free coffee (-56)*
3: WLAN1-A2E88B (-65)*
4: morkkula_630005_2.4G (-69)*
5: FRITZ!Box 6490 Cable (-73)*
6: ARRIS-EA00 (-79)*
7: DNA-Morkkula-2G-453554 (-85)*
8: 0924cc (-87)*
9: ARRIS-CC83 (-89)*
10: ARRIS-8493 (-90)*
11: crazycatwoman (-91)*
12: ARRIS-D90B (-91)*
13: Evec.b (-92)

```

At the bottom of the window, there are several controls: a checked 'Autoscroll' checkbox, an unchecked 'Show timestamp' checkbox, a 'Newline' dropdown menu, a '115200 baud' dropdown menu, and a 'Clear output' button.

Kuva 20. Serial Monitor

Jotta saadaan luettavaa tekstiä tekstiruudulle, on vaihdettava "baud" arvot oikealta alhaalta vakioarvosta 9600 arvoon 115200 baudia Tämä luku täytyy olla samanarvoinen, kuin koodissa 10. rivillä oleva luku "Serial.begin(**115200**);"

Näin saadaan Serial Monitor -ikkunalle kuvan 20 mukaisesti luettua ESP32-laitteen löytämiä langattomia verkkoyhteyksiä. Tämä esimerkkiohjelma varmistaa, että laite toimii ja siihen saadaan yhteys USB-liittimen välityksellä, sekä saadaan selville laitteen langattoman verkkoyhteyden toimivuus.

6 YHTEENVETO JA TULOKSET

Tässä opinnäytetyössä saatiin toimimaan ESP32-laite Arduino-ohjelmointiympäristössä, joka kykenee näyttämään laitteen ympärillä olevia signaaleja. Tässä työssä myös huomattiin, miten avoimen lähdekoodien avulla saadaan helppo yhteensopivuus erilaisten sovelluksien ja laitteiden välillä. Harrastaja yhteisö on mahdollistanut helppoja tapoja ohjelmoida ESP32-laitteita avoimen lähdekoodin avulla. Ilman tätä yhteensopivuutta, ei tätä työtä olisi mahdollista tehdä.

Työssä luotu mukautettu piirilevy ESP32-laitteelle toimii teoriassa, mutta valitettavasti luotu piirilevy ei ole saapunut eikä sitä pystytty testaamaan käytännössä.

Opinnäytetyötä tullaan käyttämään opetustarkoituksessa helpottamaan sekä nopeuttamaan opetusprosessia. On helpompaa kytkeä laite valmiiseen piirilevyyn, jossa on valmiiksi lisätyt komponentit. Jos opiskelija itse kytkee johdot mikroprosessorien pinneihin se vie aikaa, mahdollistaa kytkentävirheet ja mahdollisesti luo vaivaa piirilevyihin.

LÄHTEET

Arduino. 5.2.2018. What is Arduino? [Verkkosivu]. [Viitattu 16.3.2021]. Saatavissa: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>

Arduino. Ei päiväystä. Downloads. [Verkkosivu]. [Viitattu 16.3.2021]. Saatavissa: <https://www.arduino.cc/en/software>

Bluetooth. Ei päiväystä. Bluetooth Radio Versions [Verkkosivu]. Bluetooth. [Viitattu 13.3.2021]. Saatavissa: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/radio-versions/>

Conseptas. Ei päiväystä. Sulautetut järjestelmät. [Verkkosivu]. [Viitattu 13.3.2021]. Saatavissa: <https://www.conseptas.com/sulautetut-jarjestelmat>

EasyEDA. Ei päiväystä. About EasyEDA. [Verkkosivu]. EasyEDA. [Viitattu 7.3.2021]. Saatavissa: <https://easyeda.com/page/about>

Espressif. Ei päiväystä. ESP32 Series of Modules. [Verkkosivu]. Espressif. [Viitattu 17.3.2021]. Saatavissa: <https://www.espressif.com/en/products/modules/esp32>

Espressif Systems. Ei päiväystä. ESP32 Series Datasheet. [www-dokumentti]. [Viitattu 22.2.2021]. Saatavissa: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf

Espressif Systems. Ei päiväystä. ESP32-WROOM-32. [Viitattu 15.3.2021]. Saatavissa: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf

Espressif Systems. Ei päiväystä. ESP32 ECO V3. [www-dokumentti]. [Viitattu 17.3.2021]. Saatavissa: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/ESP32 ECO V3 User Guide EN.pdf>

GitHub. Espressif. 2.11.2020. Installation instructions using Arduino IDE Boards Manager. [Verkkosivu]. GitHub. [Viitattu 16.3.2021]. Saatavissa: https://github.com/espressif/arduino-esp32/blob/master/docs/arduino-ide/boards_manager.md

Microchip. 2015. Atmel ATmega16U4/ATmega32U4 Datasheet. [www-dokumentti]. Microchip. [Viitattu 13.3.2021]. Saatavana: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7766-8-bit-AVR-ATmega16U4-32U4_Datasheet.pdf

Random Nerd Tutorials. Ei päiväystä. ESP32 Pinout Reference: Which GPIO pins should you use?. [Verkkosivu]. Random Nerd Tutorials. [Viitattu 15.3.2021]. Saatavissa: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-pinout-reference-gpios/>

Robomaa. Ei päiväystä. NodeMCU-32S ESP32 WiFi+Bluetooth Development Board. [Verkkosivu]. Robomaa. [Viitattu 26.2.2021]. Saatavissa: http://robomaa.fi/index.php?route=product/product&product_id=2230

Telia. 28.3.2018. Rakastunut kirjelaatikko, puhuva nosturi ja älykäs kaukolämpöverkko - Mitä täällä oikein tapahtuu?. [Verkkosivu]. Telia. [Viitattu 13.3.2021]. Saatavana: <https://www.telia.fi/yrityksille/artikkelit/artikkeli/rakastunut-kirjelaatikko-iot-newsroom>

Telia. Ei päiväystä. NB-IoT. [Verkkosivu]. Telia. [Viitattu 13.3.2021]. Saatavana: <https://www.telia.fi/yrityksille/iot/nb-iot>