

Juha Eskola

**ARDUINON SOVELTAMINEN
TUOTANTOAUTOMAATIOON**

Opinnäytetyö

CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Toukokuu 2014

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Ylivieska	Aika Toukokuu 2014	Tekijä/tekijät Juha Eskola
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma		
Työn nimi Arduinon soveltaminen tuotantoautomaatioon		
Työn ohjaaja FM Joni Jämsä	Sivumäärä 39 +14	
Työelämäohjaaja Kari Mäntyjärvi		
<p>Työ liittyy Oulun yliopiston alueyksikön Oulun eteläisen instituutin Tulevaisuuden tuotantoteknologiat (FMT) tutkimusryhmän kustannustehokkaan tuotantoautomaation tutkimukseen.</p> <p>Työssä esiteltiin sopivia järjestelmiä ja toimilaitteita kustannustehokkaan tuotantoautomaation luomiseen. Sopivaksi tarkemmin tarkasteltavaksi kehitysalustaksi valikoitui suosittu Arduino-kehitysalusta. Kotimaisia kirjallisia julkaisuja ei ole tästä aiheesta vielä monia. Koska kyseessä on vielä aika tuore kehitysalusta, on tämän vuoksi Arduinon käyttäminen tuotannollisissa ratkaisuisa jäänyt vielä vähäiseksi.</p> <p>Työssä esiteltiin vaihtoehtoja myös paikkatiedon anturointiin, sekä moottorinohjaukseen. Näissä esiteltyissä vaihtoehtoissa on otettu huomioon myös Arduinon soveltuminen ja tästä aiheutuvat rajoitukset.</p>		
Asiasana Tuotantoautomaatio, automatisointi, Arduino, mikrokontrolleri		

ABSTRACT

Unit Ylivieska	Date May 2014	Author Juha Eskola
Degree programme Electrical engineering		
Name of thesis Applying Arduino to cost-effective production automation		
Instructor M. Sc. Joni Jämsä		Pages 39+14
Supervisor Kari Mäntyjärvi		
<p>This thesis was related to a research concerning cost-effective production automation by future manufacturing technologies research group of the University of Oulu.</p> <p>The work presented suitable systems and actuators for creating cost-effective production automation. The popular Arduino development platform was considered suitable and was thus chosen to be examined in more detail. There are not many domestic publications about this subject. Since Arduino is still quite a new platform, it has not been used in production solutions very much.</p> <p>The work presented alternatives for position sensing and controlling the different kinds of motors. The options that were introduced were considered from the point of view of suitability for Arduino and the resulting limitations.</p>		
Key words Production automation, automation, Arduino, microcontroller		

KÄSITTEET

ADC	Analog to Digital Converter, analogia-digitaalimuunnin
Assembly	Ohjelmointikieli
Basic	Ohjelmointikieli
C	Ohjelmointikieli
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor, kanavatransistoreihin perustuva mikropiiritekniikka
Darlington	Kahdella transistorilla toteutettu elektroninen kytkentä, jolla saadaan aikaan suuri virtavahvistus
DC	Direct Current, tasavirta
Flash	Puolijohdemuisti, joka voidaan sähköisesti tyhjentää tai uudelleen ohjelmoida.
GPIO	General Purpose I/O, yleiskäyttöinen portti mikrokontrollereissa
IDE	Integrated development environment, ohjelmointiympäristö
LED	Light-Emitting Diode, hohtodiodi
MOSFET	Metal-oxide-semiconductor field-effect transistor, kanavatransistori
PIC	Peripheral Interface Controller
PWM	Pulse-Width-Modulation, pulssileveysmodulaatio
Rosc	Tahdistuksen määrittäminen
USB	Universal Serial Bus, sarjaväyläarkkitehtuuri

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEET
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 KONEIDEN AUTOMATISOINTI	2
2.1 Rajakytkimet ja anturit	2
2.1.1 Mekaaniset rajakytkimet	3
2.1.2 Lähestymiskytkimet	4
2.1.3 Paikoitusanturit	5
2.2 Moottorit	6
2.2.1 Servomoottorit	6
2.2.2 Askelmoottorit	7
2.2.3 Tasavirtamoottorit	8
2.3 Mikrokontrollerit	8
3 KEHITYSALUSTAT	11
3.1 Arduino	12
3.2 Picaxe	12
3.3 Raspberry PI	13
3.4 Ti Launchpad	15
3.5 STM32 Discovery	16
4 ARDUINO VERSIOT	18
4.1 Due	19
4.2 Uno	21
4.3 Nano	23
5 I/O-LIITYNNÄT	25
5.1 Paikkatieto	27
5.2 Moottorinohjaus	29
6 KEHITYSYMPÄRISTÖ	33
6.1 Ohjelmointi	33
6.2 Simulointi	33
7 POHDINTA	35
LÄHTEET	37
LIITTEET	39

KUVIOT

KUVIO 1. Atmel:n valmistama mikrokontrolleri	9
KUVIO 2. Raspberry PI tietokone	15
KUVIO 3. TI LaunchPad-kehitysalusta	16
KUVIO 4. STM32 Discovery-kehitysalusta	17
KUVIO 5. Arduino liitynnät kehitysalustalla	18
KUVIO 6. Arduino DUE	21
KUVIO 7. Arduino UNO	22
KUVIO 8. Arduino NANO	24
KUVIO 9. Tasavirta- ja askelmoottoriohjain	30
KUVIO 10. Moottoriohjain asennettu kehitysalustaan	31
KUVIO 11. Victronics:n tuottama simulointi-ympäristö	34

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Due tekniset tiedot	20
TAULUKKO 2. Uno tekniset tiedot	22
TAULUKKO 3. Nano tekniset tiedot	23

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tarjota vaihtoehto kalliiden nimekkäiden automaatiolaitteiden toimittajien rinnalle. Työssä tarkastellaan mikrokontrollereiden toimintaan. Lisäksi tutustutaan erilaisiin kehitysalustoihin. Tutustuttavissa kehitysalustoissa on otettu huomioon erilaiset tarpeet ja valmiusasteet. Näillä huomioilla pyritään tuomaan esille erilaisia kehitysalustoja, jotka soveltuvat niin tuotantoautomaation kuin harrastelijoillekin.

Tarkemman tutustumisen kohteeksi työssä valikoitui mikrokontrolleriin pohjautuva Arduino-kehitysalusta. Arduino on erittäin suosittu kehitysalusta maailmalla. Tämä johtuu sen avoimeen lähdekoodiin perustuvasta ohjelmoinnista. Suosion yksi tärkeä perusta on myös sen edullinen hinnoittelu. Samat toiminnot mitkä yleisesti tuotantoautomaatiossa tehdään nimekkäiden toimittajien ohjelmoitavilla logiikoilla on korvattavissa näillä edullisilla mikrokontrollereilla.

Työn tilaajana toimii Oulun eteläisen instituutin elektroniikan mekaniikan tuotantostudio ELME-Studio. Kyseessä on asiantuntijoista muodostuva yrityspalvelukonsepti, joka palvelee ensisijaisesti Oulun eteläisen alueen metallin ja elektroniikan mekaniikan alan yrityksiä niiden kilpailukyvyn kohottamiseksi tutkimuksen, tuotekehityksen ja koulutuksen keinoin.

2 KONEIDEN AUTOMATISOINTI

Automatisointi tarkoittaa koneiden, tuotantosolujen, tuotantolinjojen ja tuotantoprosessin kuuluvien laitteistojen varustelua, jolla toiminta saadaan tapahtumaan itsestään, etukäteen laaditun ohjelman mukaisesti. Automaattisen vastakohtaksi mainitaan usein manuaalinen eli käsin suoritettava. Nykyiset automatisointitekniikat antavat mahdollisuuden suunnitella koneet ja laitteet niin, että monet sellaiset toiminnot, jotka ennen tehtiin käsin, tehdään nyt automaattisesti. Automaattisetkin koneet ja laitteet koostuvat suurelta osin samoista peruselementeistä kuin koneet ja laitteet yleensä: niissä on akseleita, laakereita, liitoksia, tehonsiirtokomponentteja jne. (Ansaharju 2009, 99.)

Koneen tai useasta koneesta muodostetun solun automaattinen toiminta saadaan aikaan toimilaitteilla ja komponenteilla. Niiden toiminta taas perustuu yleensä sähköisiin ilmiöihin ja paineilman tai paineöljyn käyttöön. Toimilaitteina toimivat siis sähköiset, pneumaattiset ja hydrauliset komponentit. (Ansaharju 2009, 101.)

2.1 Rajakytkimet ja anturit

Rajakytkimien ja anturien tehtävänä on tunnustella järjestelmän tilaa. Kun se muuttuu, anturi antaa impulssin ohjausjärjestelmälle, joka muuttaa toimintaa halutulla tavalla. Toimilaitteen impulssiksi voidaan tarvita usean anturin tietoja. Järjestelmän tilaa kuvaavat monenlaiset fysikaaliset suureet, kuten mekaaninen liike, lämpötila, voima, paine, teho ja sähkövirta. Rajakytkimen ja anturin ero on siinä, että rajakytkin toimii yleensä mekaanisesta kosketuksesta, kun taas anturi toimii sähköisten suureiden esimerkiksi valonsäteen tai ilmanpaineen muuttuessa. Anturi ja rajakytkin voi toimintatavan mukaan kytkeä ohjausvirran tai katkaista

sen. Anturin ja rajakytkimen antama impulssi on usein sähköinen, mutta se voi olla myös esimerkiksi pneumaattinen. Jotta laitteisto toimisi oikein, antureille ja rajakytkimille on asetettava tiettyjä vaatimuksia. Niiden on oltava riittävän tarkkoja, luotettavia ja lujia, riittävän nopeita toimimaan, herkkiä, ohjauskykyisiä sekä hyvin asennettavia ja säädettäviä. (Ansaharju 2009, 102.)

Paikkatiedon hankintaan voidaan käyttää myös jatkuvaa signaalia antavia asema-antureita. Nopeus mitataan erillisellä nopeusanturilla tai lasketaan asema-anturin paikkatiedon muutoksesta. Paikkatietoa antavat anturit ovat joko analogisia tai digitaalisia. Mikrokontrollerit suosivat digitaalisten antureiden käyttöä. Tämä johtuu yleensä siitä, että kontrollereilla on yleensä enemmän digitaalisia sisääntuloja mitä analogisia.

Usein valmis automaatiolaitteisto sijoitetaan hyvin häiriöalttiin tilaan. Tästä johtuvat usein signaalien häiriöt. Käytettäessä digitaalisia antureita voidaan pois sulkea suurin osa ympäristöstä aiheutuvista häiriöistä. Näitä häiriöitä saattaa aiheuttaa kone itse tai ympäristössä olevat muut laitteistot.

2.1.1 Mekaaniset rajakytkimet

Raja- ja mikrokytkimet ovat koneautomaation vanhimpia komponentteja. Niissä on yleensä sekä avautuvat että sulkeutuvat koskettimet, joskus myös vaihtokoskettimet. Rajakytkinten käyttö esim. henkilösuojinna on edelleen laajaa. Rajakytkinten haittoina pidetään kuitenkin epätarkkuutta, hitautta ja suurta kokoa. Etuja ovat edullisuus ja se, että ne kestävät suuriakin virtoja. Kytкимиä toimitetaan koskettimien erikoispinnoituksilla, esim. kullatuilla kärjillä, vaativiin olosuhteisiin. Ohjauspäänä niissä voi olla tappi, rullatappi tai vääntörulla. (Keinänen ym. 2001, 176)

2.1.2 Lähestymiskytkimet

Lähestymiskytkimellä tarkoitetaan kytkintä, joka sulkee tai avaa virtapiirin kappaleen tullessa riittävän lähelle, ns. toimintaetäisyydelle. Tunnistettavan kappaleen ei tarvitse koskettaa lähestymiskytkintä.

Elektronisia lähestymiskytkimiä on monenlaisia. Tärkeimpiä ovat kapasitiivinen, induktiivinen, magneettinen ja optinen anturi. Muodoltaan ne ovat eri käyttötarkoituksiin sopivia sauva-, rako-, tai rengasantureita. (Ansaharju 2009, 102.)

Kapasitiivinen anturi muodostaa tuntopinnan ympärille sähkökentän, jossa impulssi muuttuu lähes minkä tahansa aineen lähestyessä. Eri aineiden vaikutus on erilainen, joten kytkimen etäisyys on säädettävä niiden mukaan. (Ansaharju 2009, 102.)

Induktiivisessa anturissa sähkövirta muodostaa anturin tuntopinnan ympärille magneettisen kentän. Kenttä vaimenee, kun metallinen esine lähestyy tuntopintaa ja anturi lähettää signaalin. (Ansaharju 2009, 103.)

Magneettianturi on niin sanottu reed-kytkin, jossa magnetisoituva ferromagneettinen kosketinpari sijaitsee ilmatiiviissä kotelossa. Lähestyvä kestopagneetti magnetisoi kosketinparin, joka kytkeytyy ja saa anturin lähettämään impulssin. (Ansaharju 2009, 103.)

Optisen anturin toiminta perustuu elektroniikkaan, diodi (LED) lähettää valoa ja valoon reagoiva fototransistori ottaa sen vastaan. Virtaimpulssin kulku riippuu siitä, tuleeko valo fototransistoriin vai ei. (Ansaharju 2009, 103.)

2.1.3 Paikoitusanturit

Suoraviivaisen liikkeen mittaukseen soveltuvat lineaarisesti liikkuvat anturit. Myös pyörivää anturia, esim. pulssianturia, voidaan käyttää laskemalla pulssin suoraviivaiseksi liikepituudeksi. Kulmaliikkeen mittaamiseen käytetään tavallisesti pyörivää anturia. Lineaarianturi tuottaa karan tai listan siirtymään verrannollista viestiä ja pyörivä anturi taas anturin kiertymiskulmaan verrannollista viestiä. (Keinänen, Kärkkäinen, Metso & Putkonen 2001, 186)

Lineaarianturit ja pyörivät anturit jaotellaan analogisiin ja digitaalisiin antureihin. Analoginen anturi antaa lähtöjännitteen (esim. +10V:sta -10V:iin), joka on verrannollinen siirtymään. Digitaaliset anturit ovat joko pulssi- tai koodiantureita. Pulssianturit muodostavat pulssijonon, joka on laskukyöksen avulla muutettavissa lineaarisiirtymäksi. Koodianturi taas tuottaa digitaalisanan, joka vastaa siirtymää. Digitaalitekniikan kehittyessä analogisten antureiden käyttö vähenee kaiken aikaa. (Keinänen ym. 2001, 187)

Anturit voivat olla joko inkrementaali- tai absoluuttiantureita. Absoluuttianturi tunnistaa nollakohtansa, eli kotiasemansa, kun taas inkrementaalianturi tarvitsee aseman määrittämiseen esim. laskurin. (Keinänen ym. 2001, 187)

Inkrementaalisia pulssiantureita valmistetaan kiertyvinä ja lineaarisina. Inkrementaalisen anturin kanssa tarvitaan absoluuttimäsen määrittämistä varten elektroninen laskuri, ohjelmoitava logiikka tai mikrotietokone, joka laskee anturista tulevia pulsseja. Inkrementaalinen anturi antaa viestiä aina edellisestä lukukohdasta eteenpäin, ts. sillä ei ole alkuasemaa. (Keinänen ym. 2001, 187)

Potentiometrianturin muodostavat resistiivinen vastuselementti ja mittakärkeen kiinnitetty liukukosketin. Antureita valmistetaan sekä suoraliikkeisinä että

kiertävinä ja käytetään sekä tasa- että vaihtojännitteellä. Ne voidaan helposti liittää muihin analogiakomponentteihin. Potentiometrin heikkoutena voidaan pitää mekaanista kosketusta vastuspinnan ja liukukoskettimen välillä, mikä aiheuttaa kulumista ja epätarkkuutta sekä rajoittaa anturin käyttöikä. Potentiometrejä käytetään esim. työstökoneiden mittalaitteiden mitoitussauvoissa. (Keinänen ym. 2001, 190)

2.2 Moottorit

Automaatiolaitteissa käytetään tavallisesti servomoottoreita ja askelmoottoreita. Servomoottorin hyviin ominaisuuksiin voidaan lukea nopeat kiihdytykset ja jarrutukset, sekä tarkka paikoituskyky. Kun tarvitaan suurta momenttia, käytetään tällöin servomoottoreita. Askelmoottoreiden eduiksi voidaan lukea tarkka liikenopeus ja loppuaseman määrittäminen. Askelmoottorit soveltuvat pienille momenteille digitaalisen ohjauksen yhteyteen.

2.2.1 Servomoottorit

Servo on lyhennelmä sanasta servojärjestelmä. Siinä sovelletaan ohjaustehtäviin voimaa vahvistavaa tekniikkaa. Usein on ohjattava suuria, raskaita kohteita ja siksi tarvitaan tehokasta vahvistusta. Servotekniikkaa käytetään kuitenkin myös pienten kohteiden tarkkuutta vaativaan käsittelyyn. (Johansson & Kördel 1999, 5)

Riippuen servon käyttötavasta kutsutaan servoja myös yleisesti säädettävän suureen mukaan asemaservoksi, nopeusservoksi, voimaservoksi tai momenttiservoksi.

Näistä yleisimmin koneautomaatiossa käytettyjä tapauksia ovat asema- ja nopeusservot. Oleellisin ominaisuus servojärjestelmissä on takaisinkytkentä. Sen avulla mitataan lähtösuure, jota verrataan järjestelmän ohjauksessa saatavaan tietoon.

Takaisinkytkennässä käytetään tavallisesti aseman mittaamiseen potentiometriä tai pulssianturia ja nopeuden mittaamiseen takogeneraattoria, mutta myös muut soveliaat anturit ovat mahdollisia. Takaisinkytkennästä saatu signaali muokataan sopivaksi ja johdotetaan eroelimeen, jossa signaali vähennetään asetusarvosta. Jos asetusarvo ja takaisinkytkentäsignaali ovat yhtä suuret, toimilaite on saavuttanut halutun suureen ja erosignaali on nolla. (Fonselius, Rinkinen & Vilenius 1997, 8)

2.2.2 Askelmoottorit

Askelmoottori on eräs sähkömoottorin tyyppi, jossa pyöriminen voidaan toteuttaa askelittain, parhaimmillaan jopa puoli astetta kerrallaan ilman takaisinkytkentää akselin asennosta. Askelmoottorin ohjaukseen tarvitaan erillinen ohjauspiiri. Askelmoottoria käytetään tarkkaa paikoitusta tarvittaessa kohteissa. Askelmoottorit voidaan jakaa kolmeen ryhmään toimintaperiaattensa mukaan. Ryhmät ovat kestromagneettimoottorit, hybridiaskelmoottorit ja reluktanssiaskelmoottorit. Askelmoottorit jaetaan bipolaariseen ja unipolaariseen ohjauksen ja kytkennällisyyden mukaan. (Wikipedia 2014.)

Yksinkertaisimmillaan unipolaarista askelmoottoria voidaan ohjata käämi kerrallaan. Unipolaarisissa moottoreissa ohjausvirransuunta on aina sama kun taas bipolaarisissa moottoreissa kääminohjausvirran suunta pitää muuttua. Tästä johtuen unipolaarisissa moottoreissa on viisi tai kuusijohdinta, kun käämejä on yhteenstä neljä. Bipolaarisissa moottoreissa käämejä on vain kaksi, jolloin

johtimiakin on vain neljä. Tehtäessä 360asteen kääntyminen askelmoottorilla, yleisesti askelmoottorissa on tällöin täydelle kierrokselle 200 askelta.

2.2.3 Tasavirtamoottorit

Tasavirtamoottori, josta käytetään myös yleisesti nimitystä DC-moottori on yleinen ja erittäin kustannustehokas pyörimisliikkeen toteutukseen. Tasavirtamoottoreita on useita alalajikkeita, mutta kestmagnetisoitu tasavirtamoottori on yleisin. Yksinkertaisimmillaan moottorinohjaus toimii On/Off-periaattella. Kun virtaa ohjataan moottorin keloille, moottori pyörii ja kun virta kytketään pois, myös moottorin pyöriminen pysähtyy. Jos moottoria halutaan pyörittää molempiin suuntiin, on tällöin moottorinohjaus hieman monimutkaisempi. Pulssinleveysmoduloinnilla (PWM) voidaan säätää yksinkertaisesti tasavirtamoottorin pyörimisnopeutta. (Wheat 2011, 307)

2.3 Mikrokontrollerit

Mikrokontrolleri on mikropiiri, jossa on mikroprosessori ja lisäksi muisti- ja liityntälohkoja. Mikrokontrolleria voidaan kirjallisuudessa myös kutsua mikro-ohjaimeksi, mutta mikrokontrolleri on yleisempi nimitys. Sopivan mikrokontrollerin valinta on haasteellista. Markkinoilla on suuri valikoima erilaisia mikrokontrollereita erilaisilla ominaisuuksilla. Sovellusten kehitykseen löytyy valmiita kehitysalustoja, kuten Arduino, josta löytyy laaja valikoima erilaisia kehitysalustoja erillaisine ominaisuuksineen. Valmiiden kehitysalustojen lisäksi voidaan itse tehdä käyttöön sopiva, vaikka projektikohtainen kehitysalusta halutuilla ominaisuuksilla. Mikrokontrollereita käytetään yleisesti sulautetuissa järjestelmissä. Kuviossa yksi on esimerkki mikrokontrollerista.



KUVIO 1. Atmel:n valmistama mikrokontrolleri

Sulautettu järjestelmä tarkoittaa tuotetta jossa nimen mukaisesti ohjauselektronikka on sulautettu tuotteeseen niin että se ei vaikuta tietokoneelta. Yleisesti sulautetuissa järjestelmissä ei ole erillistä massamuistia ja järjestelmän laite on ohjelmoitavissa vain kerran. Sulautetun järjestelmän tekniikka käytetään yleisesti mm. autoissa, pesukoneissa, taskulaskimissa ja kelloissa.

Mikrokontrolleri tekee helpoksi elektroniikkatuotteen rakentamisen, koska pääasiassa pystytään ohjaamaan tuotteen toimintoja koodin avulla. Mikrokontrolleri voi ohjata ja valvoa tuotetta yhtäaikaan sisääntulojen ja lähtöjen kautta. Esimerkiksi liittämällä LED-valo mikrokontrolleriin jota voidaan ohjelmoida toimimaan niin, että se on päällä sekunnin ja on seuraavat kaksi sekuntia pois päältä. LED-valaisin on erittäin yleinen esimerkki kun käytetään mikrokontrollereiden lähtöjä, mitä voidaan ohjata kun kytketään tuloliittimiin erilaisia kytkimiä ja antureita. Luonnollisesti useimmat ohjelmat tekevät monia kehittyneempiäkin toimintoja, kuin LED-valojen ohjausta. Mikrokontrollerin avulla voidaan ratkaista myös erittäin monimutkaisiakin ongelmia askel askeleelta edeten. (Karvinen & Karvinen 2011, 17)

C-kielestä tuli 1990-luvulla johtava mikrotietokoneiden ohjelmointikieli. 2000-luvulla se on tullut mikro-ohjainympäristöön. Ennen sulautetut järjestelmät ohjelmoitiin laiteläheisellä konekielellä eli Assembly-kielellä. Mikäli ohjelma ei ole erityisen nopeuskriittinen, on syytä käyttää ns. korkeamman tason ohjelmointikieltä. Eri valmistajien julkaisemia C-kääntäjiä on saatavilla myös mikro-ohjaimien ohjelmointiin. Flash-muistitekniikan kehittyessä ja valmistuskustannusten pudotessa ne integroitiin osaksi mikro-ohjaimia niiden ohjelmamuistiksi. C-kieli ja flash-muisti yhdessä helpottavat oleellisesti sulautettujen järjestelmien ohjelmistojen testaus- ja kehitystyötä. C-kieltä voidaan pitää sulautettujen järjestelmien yleiskäyttökielenä. Vaikka mikrokontrollerialustaisten ytimien teho ym. ominaisuudet ovat parantuneet, on itse ohjelmoijan opittava myös, miten mikro-ohjain toimii ja miten se liitetään ulkoiseen maailmaan. Mikro-ohjaimet sisältävät vielä rajoituksia niin muistin kuin suorituskyvyn resursseille. Nämä seikat saa selville piirivalmistajan julkistamista datalehdistä. (Vahtera 2008, 2)

Pienten sulautettujen systeemien C-kieli on paljon suppeampi kuin standardin mukainen ANSI C. Tämä johtuu laitteiston vajavaisuudesta. Esimerkiksi tiedostojen käsittelyyn liittyvät kirjastot ja käskyt yleensä puuttuvat, koska tavallisimmin pieni sulautettu järjestelmä toimii ilman käyttöjärjestelmää ja kiintolevyä. Korkeamman tason kielet eivät kokonaan poista Assembly-kielen osaamisen tarvetta, koska laiteläheisyys tuo kääntäjäkohtaisia erikoisuuksia, jotka eivät ole oikeaa C-kieltä, vaan kääntäjän valmistajan tekemiä bittikomentoja, joilla päästään manipuloimaan prosessorin ja liitäntäpiirien rekistereitä. (Vahtera 2008, 2)

3 KEHITYSALUSTAT

Kun halutaan tutustua sulautettuihin järjestelmiin, helpoin tapa on hankkia jokin valmis kehitysalusta. Valmiita kehitysalustoja on tarjolla satoja erilaisia. Jokaisella mikrokontrollerivalmistajalla ovat omat kehitysalustat, mutta ne ovat yleisesti kalliita. Myyntihinnat saattavat olla jopa satoja euroja. Toinen hieman vaikeampi vaihtoehto on lähteä itse rakentamaan järjestelmää valmiin mikroprosessorin ympärille. Tästä esimerkkinä toimii Picaxe. Tämä vaihtoehto vaatii hieman enemmän perehtyneisyyttä elektroniikkaan, sekä juotoslaitteistoa. Mikäli perinteisten mikrokontrollereiden ominaisuudet vaikuttavat liian vaatimattomilta tällöin voidaan valita jo tietokoneeksi luokiteltu Raspberry PI. Sopivan mikrokontrollerin valinnassa kannattaa myös huomioida niiden yleinen suosio. Suosittuihin kehitysalustoihin on yleisesti helpompaa tutustua, kun niiden internetissä olevista yhteisöistä löytyy helposti apua, valmiita ohjelmia sekä kytkentöjä.

Mikrokontrollereihin perustuvien kehitysalustojen käyttö on vielä nykypäivä rajoittunut lähinnä harrastajien pariin. Kehitysalustoja voidaan kuitenkin käyttää myös automaatiolaitteistoissa korvaamaan ohjelmoitavia logiikoita. Käytettäessä mikrokontrolleria, saavutetaan tällöin suuri taloudellinen etu. Liitteen 1 mukaisen laskelman kokoonpanossa mikrokontrolleripohjainen ratkaisu on 1677 euroa edullisempi.

Tässä työssä on keskitytty Arduino-kehitysalustaan. Seuraavien kappaleiden kautta esille tuodaan myös muita yleisesti käytössä olevia edullisia kehitysalustoja.

3.1 Arduino

Arduino on avoin fyysisen tietojenkäsittelyn alusta. Se perustuu yksinkertaiseen piirilevyyn, jolla on sisään- ja ulostuloliitännät, ja sitä ohjaavaan kehitysympäristöön, jossa ohjelmointi perustuu omaan Processing-ohjelmointikieleen. Sen fyysinen alusta on edullinen. USB-piirilevy maksaa vain noin 20 euroa. Jos levyllä oleva mikropiiri vioittuu, sen voi helposti korvata uudella noin 5 eurolla. (Banzi 2011, 1)

Processing IDE on helppokäyttöinen kehitysympäristö, jota käyttävät niin alkajat kuin ammattilaisetkin. Arduinoa voidaan käyttää itsenäisten interaktiivisten objektien kehittämiseen, tai se voidaan liittää johonkin tietokoneella olevaan ohjelmaan. Piirilevyt voi koota joko käsin tai ostaa valmiiksi asennettuina. Avoimeen lähdekoodiin perustuva integroitu kehitysympäristö (IDE) on ladattavissa ilmaiseksi internetistä. Kehitysympäristö on yhteensopiva Windows-, Mac- ja Linux-ympäristöjen kanssa. (Banzi 2011, 1)

Kehitysalustaa ohjelmoidaan USB-liitännän kautta, eli sarjaportteja ei tarvita. Se on hyödyllinen piirre, koska monissa nykyaikaisissa tietokoneissa ei enää ole sarjaportteja. (Banzi 2011, 1)

3.2 Picaxe

Picaxe mikrokontrolleri on suunniteltu olemaan ensimmäisten elektroniikkaprojektien pohjana. Alunperin picaxe on suunniteltu opetusjärjestelmäksi kouluihin. Picaxe on erittäin suosittu, koska se on edullinen ja helppo ohjelmoida. Useat erilaiset PIACXE piirikoot (8, 14, 18, 20, 28 ja 40 nastaiset) antavat suuren valinnanvapauden projekteissa. Piirissä meilkein kaikki

nastat voidaan konfiguroida toimimaan joko uloslähtönä, digitaalisena sisääntulona, analogisena sisääntulona tai koskettavana anturina. Piiri voidaan ohjelmoida erittäin yksinkertaisella BASIC -ohjelmointikielellä tai graafisilla vuokaavioilla. Ohjelmointikieli on suunniteltu antamaan tehokkaan ominaisuudet mikrokontrolleriin ilman, että pitäisi opetella hankalaa ohjelmointikieltä. Ohjelmointiympäristö on ilmainen, sekä sisältää havainnollistavan näytöllä tapahtuvan simuloinnin jolla voi testata ohjelmointua ohjelmaa. (Picaxe.com 2014.)

Picaxe on standardi PIC-mikropiiri johon on esiohjelmoitu Picaxe ohjelmistoympäristö. Valmis ohjelmistoympäristö mahdollistaa että mikrokontrolleri on helppo uudelleenohjelmoida käyttämällä yksinkertaista ”kolmen johdon” ohjelmointikaapelia. Tämä mahdollistaa sen että ei tarvitse investoida kallista PIC-ohjelmointilaitetta vaan ohjelmoinnissa voidaan käyttää edullista USB-kaapelia. Yksi ohjelmointiympäristö ja ohjelmointikaapeli sopii kaikille piirityypeille ja projektilevyille. (Picaxe.com 2014.)

Tarkemmat tekniset yksityiskohdat Picaxe 28X1- aloituspaketista löytyvät liitteestä (LIITE 2).

3.3 Raspberry PI

Raspberry PI (KUVIO 2) on luottokortin kokoinen tietokone, joka liitetään näyttöön ja näppäimistöön. Sitä voidaan käyttää elektroniikkaprojekteissa, ja sillä voidaan tehdä paljon samoja asioita kuin pöytätietokoneellakin, esimerkiksi tekstikäsitteilyyn, taulukkolaskentaan ja teräväpiirto videoiden katseluun. Kuitenkin Raspberry PI on jotain muuta kuin tämän päivän tietokoneet. Raspberry PI -tietokoneen on kehittänyt vapaaehtoisvoimin brittiläinen Raspberry PI

Foundation. Tämän säätiön alkuperäisenä tarkoituksena on ollut tietotekniikan opetuksen kehittäminen kouluissa, koska lasten arvosanat ja tietokoneiden käyttötaito olivat laskeneet vuosi vuodelta. (Raspberrypi.org 2014.)

Verrattuna tuotteen hintaan, joka on alle 20 euroa on tähän tietokoneeseen saatu sisällytettyä yllättävän suuri määrä teknologiaa. Tietokoneen prosessorina toimii 700MHz:n kellotaajuudella toimiva 32-bittinen ARM-11-suoritin. Koska prosessori on suunniteltu älypuhelmiin, se kuluttaa erittäin vähän virtaa, eikä se vaadi erillistä jäähdytystä normaalikäytössä.

Linux-käyttöjärjestelmälle toimivaksi suunnitellusta tietokoneesta löytyy käytännössä kaikki tarpeellinen, mitä nykyaikaiselta tietokoneelta voidaan vaatia. Koneeseen voidaan esimerkiksi liittää näppäimistö, hiiri ja ulkoinen kovalevy USB-porttien kautta. Raspberry PI:n GPIO liittinnastat ovat pääasialliset väylät, joiden kautta voidaan tietokonetta hyödyntää automaatioissa. Käytettäessä näitä GPIO-liittimiä tulee ottaa huomioon, että ne ovat soveltuvia vain digitaaliseen tiedonsiirtoon. Lisäksi piirillä olevien liittimien määrä on hyvin rajallinen. Tästä johtuen on erittäin suosittua, että Raspberry PI:n GPIO-liittimiin liitetään Arduino kehitysalusta, jolloin saadaan lisättyä tulojen ja lähtöjen määrää, sekä talletettua analogisia mittaustuloksia. Tarkemmat tekniset yksityiskohdat Raspberry PI – Model B:stä löytyvät liitteestä (LIITE 3).



KUVIO 2. Raspberry PI tietokone

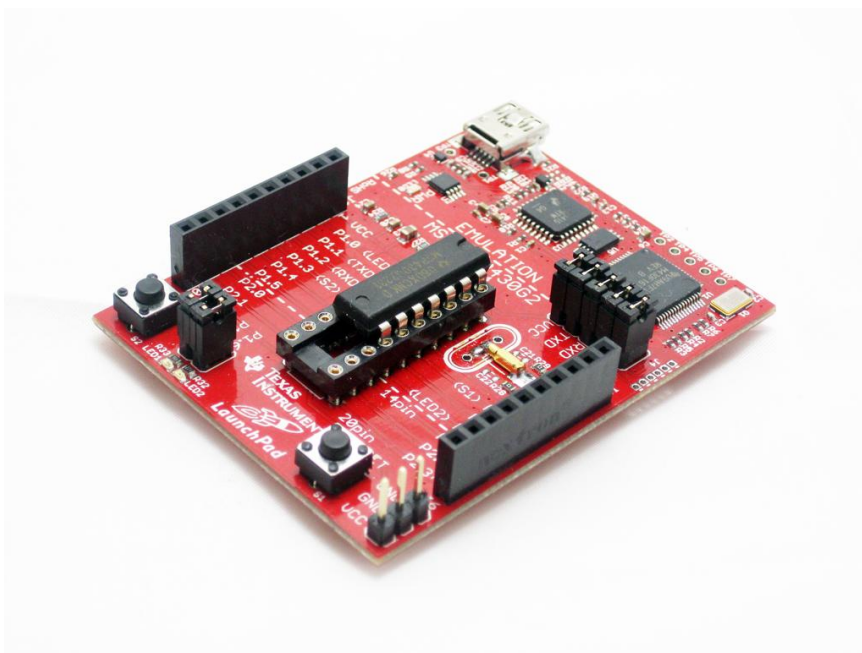
3.4 Ti Launchpad

Ti Launchpad (KUVIO 3) on Texas Instrumentsin vuonna 2010 julkaisema kehitysalusta. Kustannusmielessä Launchpad on vielä Arduinoakin edullisempi kehitysalusta hinnan ollessa aloituspaketilla alle 8 euroa (Texas Instruments 2014.). Ulkoisesti Launchpad muistuttaa hyvin paljon Arduinoa.

Kehitysympäristöinä toimivat Texas Instruments:n toimittamat Code Composer Studio ja IAR Embedded Workbench Kickstart. Molemmat ympäristöt toimivat vain Windows-ympäristössä. Valmistajan tarjoamien ohjelmistojen lisäksi Launchpad:lle löytyy avoimeen lähdekoodiin perustusva Energia-kehitysympäristö. Tämä on yhteensopiva Mac, Linux ja Windows-ympäristöissä.

Kehitysalustaan löytyy Arduinon tapaan myös valmiita moduuleita, joilla voidaan ohjata moottoreita tai vaikka liittää ethernetin kautta verkkoon. Launchpad:n

todelliseksi eduksi verrattuna Arduinoon on sen virrankulutus. Kehitysalustalle voidaan määritellä eri toimintatiloja, riippuen mitä toimintoja piirillä halutaan suorittaa. Tämä vaikuttaa suoraan virrankulutukseen, kun piiri osaa sammuttaa ylimääräiset toiminnot pois. Jos normaalissa toimintatilassa kehitysalustan virrankulutus on noin 300uA, niin virransäästötilassa sen virrankulutus on vain noin 1uA. Piiriä voidaan siis käyttää esimerkiksi pelkillä paristoilla pitkään. Tarkemmat tekniset yksityiskohdat TI LaunchPad-kehitysalustasta löytyvät liitteestä (LIITE 4).



KUVIO 3. TI LaunchPad-kehitysalusta

3.5 STM32 Discovery

Hieman tuntemattomampi kehitysalusta on STMicroelectronics:n valmistama Discovery (KUVIO 4). Kehitysalustan hinta on myös alhainen, alle 10 euroa (Farnell 2014). Piirin ohjelmoiminen tapahtuu Mini-B USB-liitynnän kautta. Piiriä voidaan käyttää usealla käyttöjännitteellä. USB-liitynnän kautta syötettävä käyttöjännite on 5V ja ulkoisella virtalähteellä voidaan käyttöjännitteenä käyttää 5V tai 3V. Piirin prosessorina toimii 32-bittinen STM32F100RBT6B, joka toimii 8

MHz:n kellotaajudella. Kehitysalusta sisältää 128Kb flash-tyyppisen muistin. Tarkemmat tekniset yksityiskohdat STM32 Discovery-kehitysalustasta löytyvät liitteestä (LIITE 5).



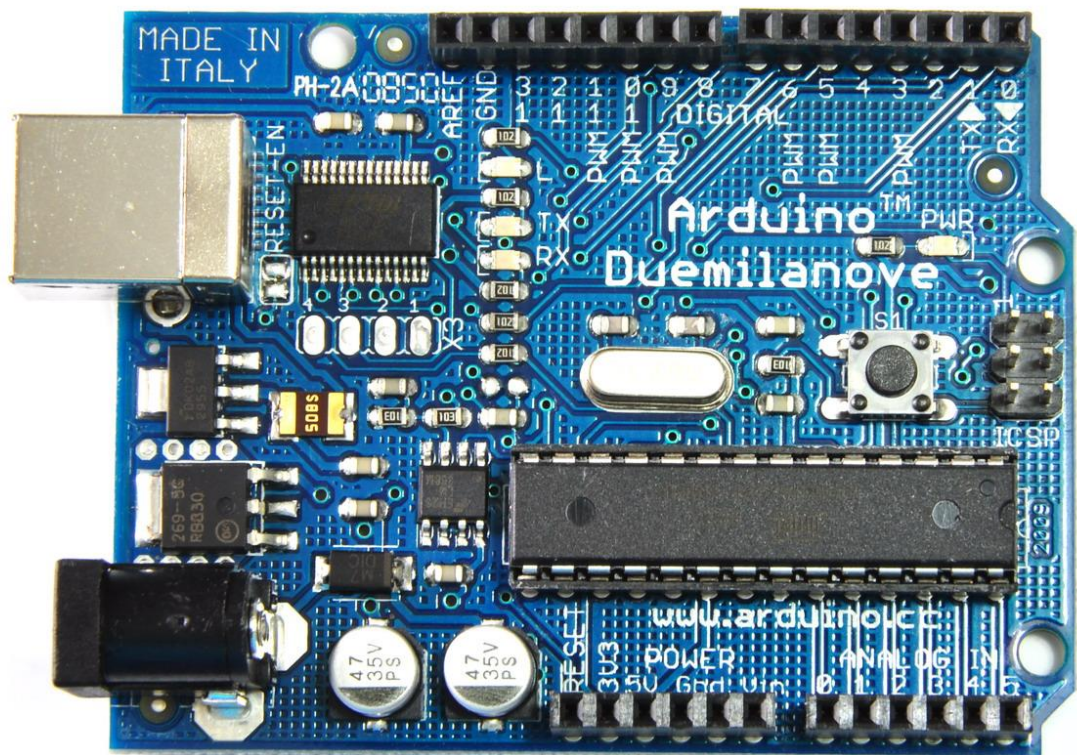
KUVIO 4. STM32 Discovery-kehitysalusta

4 ARDUINO VERSIOT

Arduino koostuu kahdesta pääosasta: Arduino-piirilevystä eli työskentelyn fyysisestä alustasta, jolla rakentelu tapahtuu ja Arduino IDE:stä eli ohjelmointiympäristöstä, jota hallitaan tietokoneella. IDE:n avulla luodaan ”luonnos” (pieni tietokoneohjelma), joka sitten ladataan Arduinon piirilevylle (sen mikrokontrolleriin). Ohjelmaluonnos kertoo piirilevylle, mitä sen tulee tehdä.

(Banzi 2011, 17)

Kuvassa (KUVIO 5) näkyvät Arduino-kortin pääkomponentit. Kuvan kehitysalusta on malliltaan Duemilanove.



KUVIO 5. Arduino liitynnät kehitysalustalla

Piirissä on 14 digitaalista liitinnastaa (nastat 0-13). Nämä liitinnastat voivat toimia sekä sisääntuloina, että lähtöliittiminä sen mukaan, mitä ohjelmointympäristössä luodussa ohjelmassa on määritelty.

Piirissä on kuusi analogista sisääntulonastaa (nastat 0-6). Nämä pelkästään analogiset sisääntulonastat vastaanottavat analogisia signaaleja (esimerkiksi jännitelukemia sensorista) ja kääntävät ne lukuarvoiksi välillä 0-1023.

Piirin kuusi analogista lähtönastaa (nastat 3, 5, 6, 9, 10 ja 11) ovat oikeastaa edellä mainituista digitaalisista liitinnastoista ne kuusi, jotka voidaan ohjelmoida myös analogista ulostuloa varten ohjelmassa.

Kehitysalusta voi saada virran tietokoneesta USB-liittimen kautta, useimmista USB-latureista tai tasavirtamuuntajan kautta. Jos virtaliittimeen ei ole kytketty virtaa, virta saadaan USB-liitimestä, mutta jos virtaliittimeen johdetaan virta, piirilevy alkaa toimia sen kautta automaattisesti.

Arduino kehitysalustojen versioita löytyy useita erilaisia, seuraavaan katselmointiin on valittu kolme toisistaan eniten eroavaa versiota. Liitteessä (LIITE 6) on hieman laajempi vertailu suosituimpien versioiden kesken. Vertailuun on otettu sekä tärkeimmät tekniset tiedot, että hankintakustannukset.

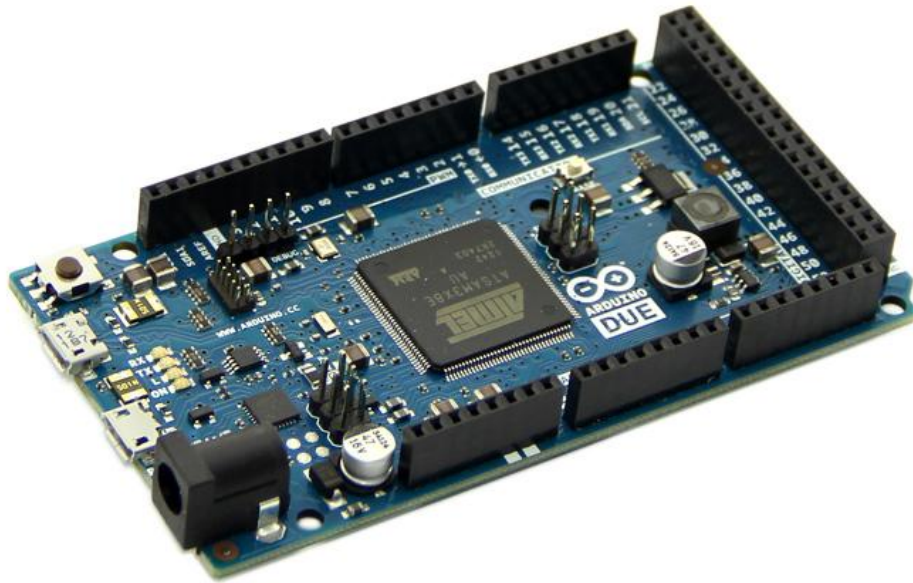
4.1 Due

Due (KUVIO 6) on ensimmäinen ARM-prosessoriin pohjautuva kehitysalusta. Piiri sisältää tehokkaan 32-bittisen CortexM3 ARM-mikroprosessorin, joka on yhteensopiva IDE-ohjelmointiympäristön kanssa. IDE-ohjelmointiympäristöstä vaaditaan kuitenkin versio 1.5 tai uudempi, jotta DUE-kehitysalustan

ohjelmoiminen onnistuisi. Prosessorista johtuen piirin käyttöjännite on 3,3V. Tästä syystä kaikki valmiit lisälaittepiirit eivät välttämättä ole yhteensopivia DUE-kehitysalustan kanssa ja väärin käytettynä saattavat tuhota kehitysalustan. Lisälaittepiirit jotka tukevat Arduino R3-rakennetta ovat yhteensopivia tästä jännite-erosta huolimatta. Piiristä löytyy kaksi kappaletta micro-USB liittimiä. Toisen liittimen kautta hoidetaan piirin ohjelmointi ja toista liittintä voidaan käyttää sarjaliikenneporttina. Piiri sisältää 54 kappaletta digitaalisia liityntänastoja, joita voidaan käyttää joko sisääntuloina tai lähtöinä. Näistä porteista 12 kappaletta voidaan hyödyntää PWM-käytössä. Tärkeimmät tekniset tiedot löytyvät taulukosta (TAULUKKO 1) ja tarkemmat tekniset yksityiskohdat Arduino Due-kehitysalustasta löytyvät liitteestä (LIITE 7).

TAULUKKO 1. Due tekniset tiedot

Proessori	AT91SAM3X8E
Muistinmäärä	512 KB
Kellotaajuus	84 MHz
Käyttöjännite	3,3V
Analogia sisääntulot	12kpl
Analogia lähdöt	2kpl
Digitaaliset sisääntulot/lähdöt	54kpl
Lähtöjen virranrajoitus	130mA



KUVIO 6. Arduino DUE

4.2 Uno

Uno -kehitysalustan (KUVIO 7) nimi tulee Italian-kielestä, jossa se tarkoittaa ensimmäistä. Tämä kehitysalusta on luonut perustan Arduino-kehitysalustoille ja pidetään samalla kehitysalustojen referenssituotteena. Uusin R3-versio on korvannut markkinoilla olevat vanhemmat Uno-alustat, sekä korvannut erittäin suosittu Duemilanove-alustan. Kehitysalusta perustuu Atmega328-mikroprosessoriin ja piirin käyttöjännite on 5V. Piirin jännitteen voi syöttää joko DC-virtaliitännästä tai suoraan ohjelmoinnissa käytettävän USB-portin kautta. USB-portin tyyppi on tässä piirissä B. Alustassa on 14 kappaletta digitaalista sisään/ulostuloa, joista kuutta voidaan käyttää PWM ulostuloina. Tämän lisäksi piiri sisältää kuusi analogista sisääntuloa. Tärkeimmät tekniset tiedot löytyvät taulukosta

(TAULUKKO 2) ja tarkemmat tekniset yksityiskohdat Arduino Uno-kehitysalustasta löytyvät liitteestä (LIITE 8).

TAULUKKO 2. Due tekniset tiedot

Proessori	ATmega328
Muistinmäärä	32 KB
Kellotaajuus	16 MHz
Käyttöjännite	5V
Analogia sisääntulot	6
Digitaaliset sisääntulot/lähdöt	14
Lähtöjen virranrajoitus	40mA



KUVIO 7. Arduino UNO

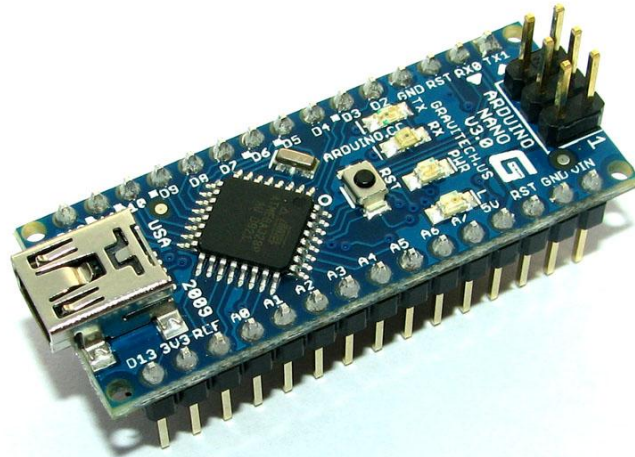
4.3 Nano

Nano -kehitysalustan (KUVIO 8) koko on huomattavasti pienempi kuin esimerkiksi Uno. Sen liittinnastoihin voidaan myös suoraankytkä sisääntuloja ja lähtöjä. Tämän avulla voidaan helposti tehdä koekytkentöjä ilman, että oheistoimilaitteet pitäisi juottaa kiinni. Nano on hieman kalliimpi kehitysalusta kuin Uno ja samalla myös hieman herkempi. Pienemmät oikosulkuvirrat saattavat tuhota piirin prosessorin helposti. Haittapuoleksi voidaan myös lukea se, että kun piiri on pienempi, niin myös piirin liitosnastojen merkinnät ovat hieman vaikeemmin havaittavissa, mitä fyysisesti suuremmissa kehitysalustoissa. Piirissä merkinnät ovat liitosnastojen taustapuolella.

Nano:n fyysinen koko on sen kilpailuvaltti, kun halutaan pienikokoinen kehitysalusta. Nano-kehitysalusta sisältää myös Mini-B USB-liitynnän, jonka kautta voidaan tuoda käyttöjännite kehitysalustalle. Käyttöjännitteen voi tuoda kehitysalustalle myös liitosnastan (pin 27) kautta. Tärkeimmät tekniset tiedot löytyvät taulukosta (TAULUKKO 3) ja tarkemmat tekniset yksityiskohdat Arduino Nano-kehitysalustasta löytyvät liitteestä (LIITE 9).

TAULUKKO 3. Nano tekniset tiedot

Proessori	ATmega328
Muistinmäärä	32 KB
Kellotaajuus	16 MHz
Käyttöjännite	5V
Analogia sisääntulot	8
Digitaaliset sisääntulot/lähdöt	14
Lähtöjen virranrajoitus	40mA



KUVIO 8. Arduino NANO

5 I/O-LIITYNNÄT

Sensorit ja käyttölaitteet ovat elektronisia komponentteja, jotka pystyvät olemaan vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa. Koska mikrokontrolleri on yksinkertainen tietokone, se voi prosessoida vain elektronisia signaaleja. Jotta se voisi ymmärtää fyysisiä suureita, kuten valoa tai lämpötilaa, se tarvitsee jotakin, joka pystyy muuttamaan suureet sähkövirran vaihteluksi. Kun sensorin saama signaali on luettu, laitteella on käytössään informaatio, jonka mukaan se voi päättää, miten reagoida. Päätöksentekoprosessi tapahtuu mikrokontrollerissa, ja itse reaktio tapahtuu käyttölaitteessa. (Banzi 2011, 30)

Sisääntulot ovat liittimiä joiden kautta voidaan vastaanottaa tietoa ja mittaustuloksia kehitysalustalla. USB-liitinkin on teknisesti myös sisääntulo, jonka kautta voidaan vastaanottaa tietoa, mutta myös lähettää eteenpäin. Arduino kehitysalustan digitaalisia liitinnastoja voidaan käyttää sekä sisääntuloina että lähtöinä. Näiden liitinnastojen tiedon vastaanotto tai lähetys määrätään itse ohjelmassa. Perusasetuksena näiden digitaalisten liitinnastojen käytössä on se, että ne toimivat sisääntuloina. (Böhmer 2012, 99)

Mikroprosessori itsessään ei pysty ymmärtämään analogia-arvoja. Resistanssi tai jännite eivät kerro vielä mitään mikroprosessorille. Nämä tiedot täytyy jollain tapaa muuttaa ykkösiksi ja nolliksi, jotta mikroprosessori pystyisi ymmärtämään tämän tiedon. Mikroprosessoreihin on sisäänrakennettu tällainen muunninpiiri. Tätä piiriä kutsutaan yleisesti ADC-yksiköksi, nimitys tulee englanninkielen sanoista "Analog to Digital Converter". Arduino kehitysalustoista löytyy yleisesti 6 kappaletta tällaisia ADC-liitinnastoja. Nämä kyseiset liitinnastat on merkitty piirilevylle tekstillä "Analog0-Analog5". (Evans & Premeaux 2011, 2)

Kutakin Arduinon kortilla olevaa liittinnastaa voi käyttää ajamaan laitteita, joiden virrantarve on korkeintaan 20 milliampeeria – se on melko pieni virtamäärä, joka riittää juuri LED:in kaltaisille kohteille. Jos pitäisi käyttää esimerkiksi sähkömoottoreita, Arduinon liitin lakkaisi toimimasta, ja sen kuorma saattaisi polttaa koko mikrokontrollerin prosessorin. Jotta voisi käyttää raskaampia kuormia, kuten sähkömoottoreita tai hehkulamppuja, on otettava käyttöön ulkoisia komponentteja, jotka voivat kytkeä raskaammat laitteet päälle ja pois päältä. Arduino käyttää juuri sellaista ulkoista komponenttia, josta eräs esimerkki on MOSFET-transistori, joka on elektroninen puolijohde ja kytkin. (Banzi 2011, 68)

Arduino-kehitysalustaan löytyy paljon valmiita kaupallisia lisälaittepiirejä, joissa on valmiiksi tarvittavat komponentit esimerkiksi moottorinohjaamiseen. Avoimeen lähdekoodiin perustuvia valmiita ilmaisia ohjelmiaa löytyy Arduino-yhteisöistä varsin paljon. Valmiit lisälaittepiirit yhdistettynä valmiisiin ohjelmiin, helpottavat Arduinon käytön aloittamista. Lisäksi kehittyneemmät käyttäjät voivat jopa itse tehdä näitä lisälaittepiirejä. Näihin liittyviä ohjeita löytyy internetistä varsin paljon. Monessa tapauksessa löydetään valmis sopiva kaupallinen ratkaisu ja itse tehdessä vastaavanlainen piiri kustannukset nousevat moninkertaisiksi verrattuna valmiisiin ratkaisuihin.

Paikkatiedon käyttöä moottoreiden ohjaukseen voidaan pitää koneautomaatiassa perinteisenä toimintona, joka on helppo aloittelijan sisäistää ja ymmärtää. Arduinon kautta voidaan luoda erittäin kustannustehokkaita niin tuotantoautomaatiolaitteita, kuin valmistettavia tuotteitakin. Kehitysalustaan pystytään näiden perinteisten antureiden lisäksi liittämään esimerkiksi Microsoftin Kinect-kamera. Tämän avulla saadaan luotua ennennäkemättömän edullinen konenäköjärjestelmä. Nykypäivän matkapuhelimia voidaan käyttää myös tiedon tuomiseen kehitysalustalle. Esimerkiksi Applen iPhone:n käyttäminen tiedonkeruussa on yllättävän helppoa. Nykypäivän matkapuhelimet

sisältävät jo itsessä paljon tiedonkeruuseen sopivia antureita kuten kamera, gps ja gyroskooppi.

5.1 Paikkatieto

Yksinkertaisimpana paikkatiedon anturina voidaan pitää yksinkertaista painonappia tai mikrokytkintä. Toiminta perustuu samalla tavalla myös lähestymisantureissa, jolloin saadaan kehitysalustalle ON/OFF tieto tilasta. Lähestymisantureita käytettäessä täytyy ottaa huomioon niiden vaatimat käyttöjännitteet, niin etteivät ne ylitä kehitysalustan käyttö- ja sisääntulojännitteitä sekä virta-arvoja.

Painonappi on kytkinkomponentti jota käytetään antamaan tieto sähköpiirin tilasta. Sähköpiiri voi olla suljettu, mikä tarkoittaa että jännitteellä on paluutie tai sähköpiiri voi olla avoin, jolloin jännitteen paluutie on estetty tai sitä ei ole kytketty kehitysalustalle. Muutos tilojen välillä tapahtuu kun painonappia tai kytkintä painetaan. Suljetussa tilassa ideaalisessa painonapissa ei tapahtu jännitehäviöitä, eikä siinä tapahdu sähkövirran muutosta. Avoimessa sähköpiirissä ideaalisessa painonapissa ei ole jänniterajoitusta ja resistanssi on ääretön. (Böhmer 2012, 99)

Potentiometri on yksinkertaisin ja edullisin kierrostenlukemiseen soveltuva anturi. Yleisesti potentiometriä käytetään elektroniikassa jännitteenjakajana. Potentiometrin keskeinen ominaisuus on sen portaaton säädettävyyys. Potentiometriä kierrettäessä sen vastusarvo muuttuu. Tätä vastusarvon muuttumista käytetään paikkatiedon määrittämiseen. Potentiometriä valittaessa tulee huomioda sen toiminta-alue ja toiminta tällä alueella. Potentiometrejä on lineaarisia ja logaritmisia. Linearisella potentiometrillä signaalin voimakkuus

muuttuu suoraan asetetun asennon suhteessa, logaritmisella taas signaalin voimakkuus muuttuu aina jyrkemmin, mitä pidemmälle säädintä käännetään. Potentiometrejä löytyy niin alle 360 astetta kiertyviä, kuin monikierros potentiometrejäkin.

Monimutkaisilla sensoreilla tarkoitetaan sellaisia tunnistimia, joiden antaman tiedon prosessointiin tarvitaan enemmän kuin mitä kehitysalustan liitinnastat voivat tarjota. Tarvitaan siis mikrokontrollerin sisältäviä pieniä piirejä, joilla on kyky esitulkita monimutkaisempaa tietoa. Tällaisia monimutkaisempia sensoreita ovat muun muassa ultraääni- ja infrapunatunnistimet sekä kiihtyvyyssanturit. (Banzi 2011, 69)

Ultraäänianturin toiminta on samanlainen kuin tutkankin. Se lähettää korkeataajuuksista signaalia, vastaanottaa tämän signaalin ja laskee ajanerotuksen avulla kohteen etäisyyden. Anturin lähettämä taajuus on ihmisen kuuloalueen ulkopuolella. Ultraäänianturit voivat mitata kohteen tarkkaa etäisyyttä 2 senttimetristä aina 3 metriin saakka anturista. Tämä anturi sopii käyttöön jos täytyy tietää ei pelkästään, että onko kohde edessä vaan myös sen etäisyys. Mittaustilan valaistus ei vaikuta mittaustulokseen, jolloin anturit toimivat myös aivan pimeässä. Mahdollista on että tämän tyyppiset anturit eivät havaitse heijastavia pintoja tai tuotteita joissa on jyrkkiä kulmia kun ääniaalto ei kimpoa tällöin takaisin anturiin. Myös pehmeät ja pienet esineet saattavat heijastaa ääniaaltoja niin vähän, että anturi ei vastaanota tarpeeksi signaalia. (Karvinen & Karvinen 2011, 33)

Konenäön käyttäminen paikkatiedon saamiseen ei ole ollut yleistä, koska sen tuoma kustannus perinteisissä automaatiojärjestelmissä ei ole ollut kustannustehokasta. Nykypäivän kulutuselektroniikkatuotteita voidaan käyttää hyväksi tässä suhteessa. Tästä hyvä esimerkki on Microsoftin valmistama Kinect-

kamera. Alunperin tuote on julkistettu vuonna 2010 XBOX-pelikonsolin käyttöön, mutta tuotetta on myös mahdollista käyttää automaatiojärjestelmissä edullisena konenäkökamerana.

Kinect-sensori sisältää mm. RGB-kameran, syvyysanturina toimivan infrapunaprojektorin ja infrapuna CMOS-vastaanottimen, monisuuntaiset mikrofonit joilla voidaan paikallistaa tulevan äänen paikka ja jotka suodattavat tarpeentullen ympäristön melun. (Diez, Melgar & Jaworski 2012, 27)

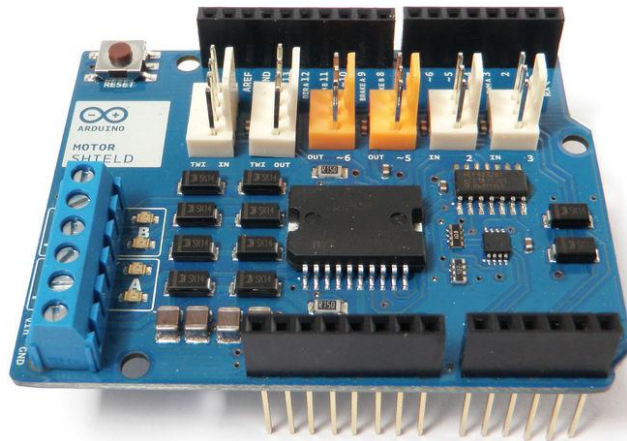
Kinect-sensorin ottama kuva on tarkkudeltaan 640x480 pikseliä. Tämä ei kuulosta suurelta, mutta syvyyskuvan kuvan tarkkuus yhdistettynä infrapunakuvaan on 11bittiä, tai 2048 eriarvoa. Kuva on mustavalkoinen jolloin mustan eri sävyjä on 2047, nolla-arvon ollessa valkoinen. Tämän kuvan tuomia sävyarvoja voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi paikoituksessa kaikilla kolmella akselilla. (Diez ym. 2012, 29)

5.2 Moottorinohjaus

Moottorinohjaukseen löytyy paljon erilaisia valmiita ohjainkortteja. Valmiiden ohjainkorttien hintakirjo on varsin laaja. Edullisimmat kortit ovat tasavirtamoottorin ohjaamiseen (LIITE 10) ja kalliimmat kortit ovat servomoottoreiden ohjaukseen. Tarvittava virtamäärä ja jännitealue nostaa tai laskee valmiin ohjainkortin hintaa. Valmista ohjainkorttia valittaessa on tarkasti otettava huomioon juuri nämä virta- ja jännitetarpeet. Hyvin äkkiä moottorinohjain on ylimitoitettu liian suureksi, jolloin syntyy ylimääräisiä kustannuksia. On huomioitava myös että moottorin jännitekestoisuus on mitoitettu muutaman voltin suuremmaksi kuin käytettävä jännite. Tällöin vältytään ongelmilta, jos käyttöjännitteeseen tulee hieman piikkejä, jotka saattavat

rikkoa ohjainkortin ja kehitysalustan. Mitoituksessa virtakestoisuus antaa yleisesti hieman enemmän anteeksi mitä jännitekestoisuus. Tuotteen koteloinnissa on myös otettava huomioon että ohjainpiirit lämpenevät. Tämä lämpö täytyy johtaa ulos kotelarakenteesta ja on huolehdittava riittävästä ilmankierrosta. Jos elektroniikkaa ympäröi korkea lämpötila, tällöin ympäristö olosuhteet lyhentävät käytettävän tuotteen elinikää.

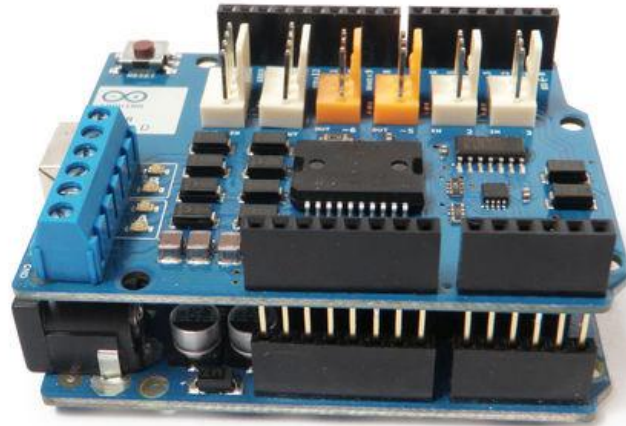
Osa korteista on varsin monikäyttöisiä (LIITE 11). Esimerkiksi kaksikanavainen tasavirtamoottoriohjain pystyy ohjaamaan yhtä aikaa kahta tasavirtamoottoria, tai yhtä askelmoottoria. Lisäksi löytyy paljon ns. kombo-ohjaimia joilla voidaan ohjata tasavirta, askel- sekä servomoottoreita.



KUVIO 9. Tasavirta- ja askelmoottoriohjain

Monet valmiit kaupalliset moottoriohjaimet ovat suunniteltu vielä asennettavuuden kanssa erittäin kompakteiksi. Esimerkiksi kuviossa yhdeksän oleva ohjainkortti, joka soveltuu sekä tasavirtamoottorille että askelmoottorille on,

helposti asennettavissa suoraan Uno-kehitysalustaan kiinni, kuten kuviossa kymmenen on asennettu.



KUVIO 10. Moottoriohjain asennettu kehitysalustaan

Moottoriohjaimet luokitellaan yleisesti niiden virtakestoisuuden mukaan kolmeen luokkaan. Nämä luokat ovat:

1. Pienet, virrankestoisuus alle 3 ampeeria
2. Keskikokoiset, virrankestoisuus 10 ampeeriin saakka
3. Suuret, virrankestoisuus yli 10 ampeeria

Pienten moottoriohjeimien kokoluokassa (LIITE 12) valikoima on suurin ja hinnat ohjaimilla ovat alhaiset. Käyttömoottorit ovat yleisesti lelujen moottoreiden kokoluokkaa. Käyttöjännitteet ovat yleensä maksimissaan 12 voltia. Tämän tyyppiset moottorinohjaimet käyttävät osana moottorinohjausta Rosc-kytkentää eli suoraan pulssileveysmodulaatiota (PWM) ei voida käyttää moottorinnopeuden säätämiseen. Rosc-nastan kytkennällä saadaan pulssileveysmodulaatio tahdistettua piirille sopivaksi.

Keskikokoisia moottoriohjaimia (LIITE 11) voidaan käyttää jo enemmän kaupallisiin sovellutuksiin. Moottorikoko, teho ja vääntö nousevat verrattuna pieneen luokkaan. Samalla ohjaimen hinta nopeasti kaksinkertaistuu verrattuna pieneen luokkaan. Käyttökohteet tämän kokoluokan moottoreilla ovat esimerkiksi pienten robottien käytöissä.

Suurissa moottoriohjaimista (LIITE 12) löytyy tehon kestävyyttä ja vääntöä jo isoihinkin toimintoihin. Tämän kokoluokan moottoreita käytetään yleisesti mm. sähköskoottereissa, sähkörullatuolissa ja isoissa roboteissa. Suurimpien ohjaimien virrankestoisuus on jopa yli 160 ampeeria. Tämän kokoluokan moottorit ottavat paljon virtaa ja myös lämpenevät todella paljon. Monissa ohjainkorteissa on jo integroidut jäähdytyspuhaltimet.

Jos halutaan suunnitella Arduinon oma ohjauspiiri askelmoottoreille on tärkeää selvittää aluksi että onko moottori ns. unipolaarinen ja bipolaarinen. Molemmille moottorityypeille on omat ohjausyksiköt. Kun käytetään unipolaarista moottoria valitaan moottorinohjaimeksi U2004 Darlington-ohjauspiiri ja bipolaariselle SN754410NE H-ohjain. Moottorinohjaimien tarkemmat tiedot löytyvät liitteistä (LIITE 13 & 14)

Moottorinohjaimien virransyöttö kannattaa toteuttaa oman virtalähteen kautta. Arduino-piirin antama virta ei riitä tämän erillisen moottorinohjaimen käyttöön.

6 KEHITYSYMPÄRISTÖ

6.1 Ohjelmointi

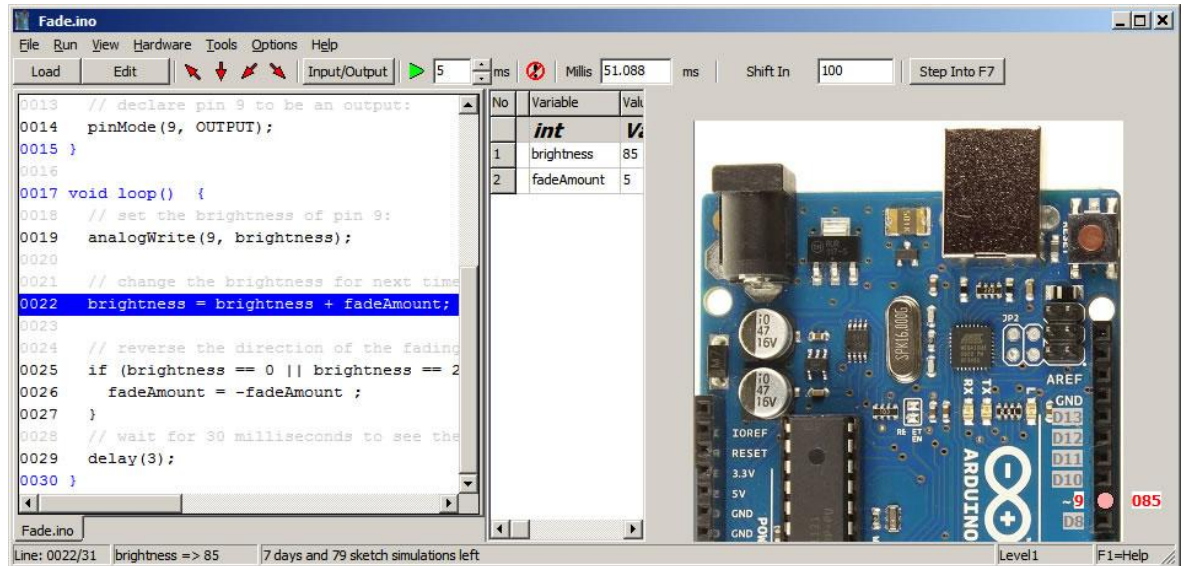
Arduino IDE eli integroitu kehitysympäristö (Integrated Development Environment) on erityinen ohjelma, joka suoritetaan omalla tietokoneella. Se sallii erilaisten ohjelmien laatimisen Arduinon piirilevyä varten yksinkertaisella ohjelmointikielellä, joka perustuu Processing-kieleen. Prosessi alkaa, kun painaa näppäintä, joka lataa laaditun ohjelman piirilevylle: kirjoitettu koodi tulkitaan C-kielelle ja välitetään avr-gcc-kääntäjälle, joka muuntaa ohjelman lopullisesti mikrokontrollerin ymmärtämälle kielelle. Viimeinen vaihe on tärkeä, sillä sen avulla Arduino helpottaa prosessia ja piilottaa kaiken mikrokontrollerin ohjelmointiin liittyvän monimutkaisuuden. (Banzi 2011, 20)

Processing-kieli perustuu avoimeen lähdekoodiin ja sitä voidaan hyödyntää tärkeimmillä käyttöjärjestelmäalustoilla (Mac, Linux ja Windows). Sillä voi myös kehittää itsenäisiä sovelluksia, jotka toimivat kyseisillä alustoilla. Lisäksi Processing-kielellä on vilkas ja avulias yhteisö, jonka piiristä voi löytää tuhansia valmiita esimerkkiohjelmaa. (Banzi 2011, 73)

6.2 Simulointi

Vaikka Arduinon kehitysalustat ovat edullisia, niin ohjelman toimintaan pääsee kokeilemaan ennen mitään investointeja simulointi-ohjelmistojen kautta. Piirille kirjoitettavaa koodia voidaan testata näillä simulointi-alustoilla ja muokata yhtä aikaa. Tällöin mahdolliset virheet eivät riko ohjelmoitavaa kehitysalustaa. Yleisesti tuotteenkehitys näiden simulointi-alustojen avulla nopeutuu, kun aikaa vievää fyysistä kaapelointia ei tarvitse tehdä testauksen yhteydessä. Lisäksi tämä

simuloinnissa tapahtuva kaapelointi on helpommin muutettavissa, mitä fyysinen kaapelointi. Simulointi-ohjelmistoja löytyy monen tasoisia, aina aloittelijoille sopivista perinteisistä vain kehitysalustaa simuloivista aina LabView-ohjelmiston kanssa yhteensopiviin ohjelmistoihin.



KUVIO 11. Victronics:n tuottama simulointi-ympäristö

7 POHDINTA

Työn aihe eli Arduinon soveltaminen tuotantoautomaatioon oli oma ajatus, josta keskustelu alkoi tilaajan kanssa jo hyvissä ajoin, keväällä 2013. Alkuperäisenä työajatuksena oli pureutua vielä hieman syvemmälle Arduinon liittyvien sovelluksien kautta. Tätä ajatusta jouduimme muuttamaan hieman, koska tällöin opinnäytetyö olisi paisunut liian suureksi. Kehitysalustaan liittyvien perustoimintojen ja eri kehitysalustojen toiminnot vaativat jo itsessään esittelyä, jota ei kotimaisista oppimateriaaleista tai kirjallisuudesta löydy. Lisäksi tahdoin tuoda lyhyen katsauksen muihin, vastaaviin kehitysalustoihin.

Perustoiminnot onnistuvat lähes kehitysalustalla, kuin kehitysalustalla mutta Arduinon eduiksi voidaan kyllä lukea siihen löytyvien valmiiden lisämoduuleiden, sekä valmiin avoimen lähdekoodin laajuus. Verrattuna esimerkiksi Picaxe-mikrokontrolleriin niin siihen löytyvät valmiit ratkaisut ovat vain murto-osa Arduinon vastaavaan tietoon. Kun käyttäjiä on tällä kehitysalustalla paljon, niin siihen liittyvien lisämoduuleiden hinnat ovat myös volyymin mukaan edullisemmat.

Hankittaessa Arduino-kehitysalustaa, tulee myös olla hieman varovainen paikasta josta tilataan. Kyseessä on kuitenkin jo harrastajien parissa jo brändiksi muodostunut kehitysympäristö, niin valitettavasti myös väärinkäytökset ovat yleistyneet. Saattaa herätä kiusaus tilata näitä piirejä edullisimmilta nettikaupoilta esimerkiksi Kiinasta, mitä vakiintuneilta jakelijoilta euroopasta. Valitettavasti myös näistä kehitysalustoista valmistetaan kopio-tuotteita, joissa esimerkiksi käytettävien komponenttien toleranssit ovat suuremmat. Tämä saattaa tuottaa ongelmia esimerkiksi stabiilin mittaustiedon saamisessa tai vastaavasti tuotteen käyttöikä on lyhyempi.

Työtä tehdessäni usein heräsi kysymys, että onko tämä riittävän yksinkertainen kehitysalusta vasta-alkajalle, jotta hän pystyisi tämän avulla tekemään jonkin valmistavat tuotteen. Opintojeni aikana tutustuimme erään kurssin kautta lähemmin mikrokontrollereihin. Vaikka kurssikavereille nämä olivat aivan jotain uutta, kun aikaisempaa kokemusta elektroniikan tai automaatioon ei ollut, niin he sisäistivät toiminnot ja mahdollisuudet hienosti. Vaikeimmaksi yksityiskohdaksi näiden parissa toimimiseen monet totesivat, että tähän liittyvän elektroniikan suunnittelu ja valmistus on hankalaa. Siksi uskon että tällainen valmiiden kehitysalustojen käyttö yhdessä valmiiden moduuleiden kanssa on helppoa.

Näkisin että Arduinon soveltaminen ei rajoittuisi valmistavassa teollisuudessa pelkästään valmistukseen liittyviin tuotteisiin. Suomen valmistava teollisuus on yhä enemmän ja enemmän keskittynyt pienemmän volyymin tuotteisiin. Jos valmistettava tuotteen volyymit pienentyvät, niin siihen liittyvien suunnittelukustannuksien osuus kasvaa per tuote. Jos tuote sisältää siihen liittyvää erikseen suunniteltua elektroniikkaa, niin tällöin tähän liittyvä testaukset ja hyväksyntäprosessit ovat erittäin suuressa osassa kun lasketaan suunnittelun kokonaiskustannusta. Olisi mienkiintoista nähdä, miten vastaavasti tällaisessa tuotteessa voitaisiin käyttää valmista kehitysalustaa. Siinä saattaisi olla jopa hyvä aihe opinnäytetyölle, että mitä vaatimuksia tällainen pieni volyymin tuotteen elektroniikka vaatii testauksen ja hyväksynnöiden osalta ja kuinka Arduino soveltuisi tähän toimintaan.

LÄHTEET

Ansaharju, Tapani 2009. Koneenasennus ja kunnossapito. Helsinki: WSOY.

Banzi, Massimo 2011. Arduino perusteista hallintaan. Norderstedt: Books on Demand.

Böhmer, Mario 2012. Beginning Android ADK with Arduino. New York City: ASPRESS.

Diez, Ciriaco Castro, Melgar, Enrique Ramos & Jaworski, Przemek 2012. Arduino and Kinect Projects. New York City: ASPRESS.

Evans, Brian & Premeaux, Emery 2011. Arduino Projects to Save the World. New York City: ASPRESS.

Farnell 2014. Saatavissa:

<http://uk.farnell.com/stmicroelectronics/stm32vldiscovery/stm32-value-line-discovery-kit/dp/2118806>. Luettu 11.5.2014.

Fonselius, Jaakko, Rinkinen, Jari & Vilenius, Matti 1997. Servotekniikka. Helsinki: Edita Oy.

Johansson, Jörgen & Kördel, Lennart 1999. Servotekniikka. Iisalmi: IS-PRINT.

Karvinen, Kimmo & Karvinen, Tero 2011. Make: Arduino Bots and Gadgets. Sebastopol: O'Reilly Media.

Keinänen, Toimi, Kärkkäinen, Pentti, Metso, Tommi & Putkonen, Kari 2001. Logiikat ja ohjauksjärjestelmät. Vantaa: WSOY.

Picaxe.com 2014, WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.picaxe.com/What-Is-PICAXE>. Luettu 23.3.2014.

Raspberrypi.org 2014, WWW-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/>. Luettu 24.3.2014.

Texas Instruments 2014. Saatavissa: <http://www.ti.com/tool/msp-exp430g2#buy>. Luettu 11.5.2014.

Vahtera, Pentti 2008. Mikro-ohjaimen ohjelmointi C-kielellä 2. Saatavissa:
http://www.microsalo.com/Kirja_29092008.rar. Luettu 10.5.2014.

Wikipedia. Vapaa tietosanakirja 2014. Saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/askelmoottori>. Luettu 10.3.2014.

Wheat, Dale 2011. Arduino internals. New York City: ASPRESS.

LIITTEET

- Liite 1. Esimerkki kustannusvertailu
- Liite 2. PICAXE-28X1 Starter pack, tekniset tiedot
- Liite 3. Raspberry PI Model B, tekniset tiedot
- Liite 4. TI LauncPad, tekniset tiedot
- Liite 5. STM32-Discovery, tekniset tiedot
- Liite 6. Arduino-kehitysalustojen vertailu
- Liite 7. Arduino DUE, tekniset tiedot
- Liite 8. Arduino UNO, tekniset tiedot
- Liite 9. Arduino NANO, tekniset tiedot
- Liite 10. Pololu A4988 – moottorihjain, tekniset tiedot
- Liite 11. TB6612FNG – moottorihjain, tekniset tiedot
- Liite 12. Megamoto-moottorihjain, tekniset tiedot
- Liite 13. SN754410, tekniset tiedot
- Liite 14. UNL2001,UNL2002,ULN2003,ULN2004, tekniset tiedot

ESIMERKKI KUSTANNUSVERTAILU

Tarvitaan automaattioratkaisu, jossa tarvitaan 8kpl digitaalisia sisääntuloja ja 3kpl analogisia sisääntuloja. Lähtöjä tarvitaan yhteensä 3kpl. Aikaisempaa kokemusta laitteistojen ohjelmoinnista ei ole, eikä myöskään ohjelmointiympäristöä.

Laskelmaan on otettu esille kaksi eri Arduino-kehitysalustaa, sekä kahden tunnetun eri valmistajan ohjelmoitavaa logiikkaa.

Laskelmaan on otettu toimittajiksi Arduino-kehitysalustoille sekä kotimainen, että aasialainen verkkokauppa. Huomioitava on myös että ohjelmointiympäristö on investointi kertakustannus, jolloin seuraavissa ratkaisuisissa ei tarvitse huomioida sen tuomaa kustannusta.

Tuote	Käyttöjännite	Digitaalisten sisääntulot	Analogisten sisääntulot	Digitaalisten lähdöt	Hinta	I/O-Laajennus	Hinta	Ohjelmisto	Hinta	Yhteensä
Arduino Due	3,3V	54	12	54	49,90€ *	-	-	Arduino IDE	0 €	49,90 €
Arduino Due	3,3V	54	12		31,62€ **	-	-	Arduino IDE	0 €	31,62 €
Arduino Uno	5V	14	6	14	29,90€ *	-	-	Arduino IDE	0 €	29,90 €
Arduino Uno	5V	14	6	14	8,97€ **	-	-	Arduino IDE	0 €	8,97 €
Omron CP1E-N40DT1-D	24V	24	0	16	617€ ***	CP1W-AD041	508€ ***	CX-One Lite	561€ ***	1 686 €
Siemens SIMATIC S7 1214C	24V	14	2	10	428€ ***	SM 1231	379€ ***	Simatic Step 7	453€ ***	1 260 €

* = Toimittaja Verkkokauppa.com

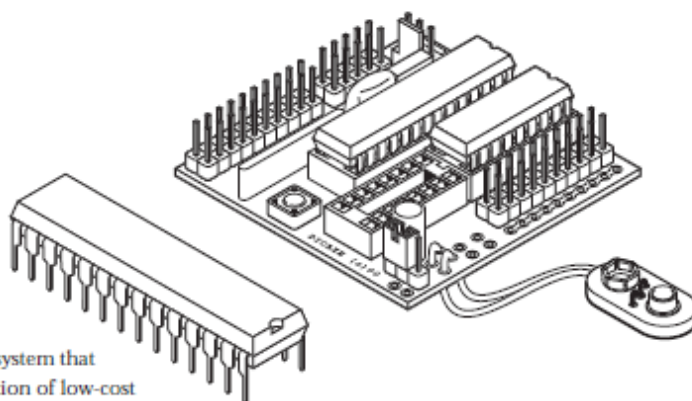
** = Toimittaja Dealextreme.com

*** = Toimittaja Elfa Distrelec

AXE001 PICAXE-28X1 STARTER PACK

Contents:

- AXE010X1 PICAXE-28X1 microcontroller
- AXE020 28-pin Project Board
- BAS805 CD ROM containing software and manuals
- BAT013 3xAA 4.5V battery box
- Input/output cables
- AXE026 PICAXE Serial Download cable
or
- AXE027 PICAXE USB Download cable



Introduction

The 'PICAXE' is an easy-to-program microcontroller system that exploits the unique characteristics of the new generation of low-cost 'FLASH' memory based microcontrollers. These microcontrollers can be programmed over and over again without the need for an expensive programmer. The power of the PICAXE system is its simplicity. No programmer, eraser or complicated electronic system is required - the microcontroller is programmed (with a simple 'BASIC' program) via a 3-wire connection to the computer's serial port. The operational PICAXE circuit uses just 3 components and can be easily constructed on a prototyping breadboard, strip-board or PCB design.

The PICAXE-28X1 microcontroller provides 24 input/output pins - 8 digital outputs, 8 digital inputs, 4 analogue inputs and 2 serial interface pins.

- *low-cost, simple to construct circuit*
- *8 inputs, 8 outputs and 4 analogue channels*
- *rapid download via serial cable*
- *free, easy to use Programming Editor software*
- *simple to learn BASIC language*
- *can also be programmed via flowcharts or by third party software.*
- *free manuals and online support forum*

Instructions for use:

1. Peel off the light green protective layer from the rear of the project board.
2. Connect a 4.5V (3 x AA battery) pack. DO NOT use a 9V PP3 battery.
3. The Programming Editor software and manuals are supplied on the CD ROM, which should automatically start when inserted into a computer. If the CD ROM does not start automatically then run the file d:\INDEX.HTM
4. If new to the PICAXE system please follow the instructions and tutorials within 'PICAXE Manual Part 1 - Getting Started'
5. The manual for the project board is found from the following menu of the software:
Help>PICAXE28>AXE020 Project board
6. The software and manuals are occasionally updated. Latest versions of these can be freely downloaded from the website www.picaxe.co.uk

AXE027 USB Cable:

Installation instructions are in the PICAXE manual. USB drivers are on the CDROM.



Raspberry Pi

MODEL B



Product Name Raspberry Pi Model B

Product Description The Raspberry Pi is a small, powerful and lightweight ARM based computer which can do many of the things a desktop PC can do. The powerful graphics capabilities and HDMI video output make it ideal for multimedia applications such as media centres and narrowcasting solutions. The Raspberry Pi is based on a Broadcom BCM2835 chip. It does not feature a built-in hard disk or solid-state drive, instead relying on an SD card for booting and long-term storage.

RS Part Number 756-8308

Specifications

Chip	Broadcom BCM2835 SoC (a)
Core architecture	ARM11
CPU	700 MHz Low Power ARM1176JZFS Applications Processor
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
Memory	512MB SDRAM
Operating System	Boots from SD card, running a version of the Linux operating system
Dimensions	85.6 x 53.98 x 17mm
Power	Micro USB socket 5V, 1.2A (l)

Connectors:

Ethernet	10/100 BaseT Ethernet socket (b)
Video Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4) (c); Composite RCA (PAL and NTSC) (d)
Audio Output	3.5mm jack (e), HDMI
USB 2.0	Dual USB Connector (f)
GPIO Connector	26-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x13 strip. Providing 8 GPIO pins plus access to PC, SPI and UART as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines (g)
Camera Connector	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2) (h)
JTAG	Not populated (i)
Display Connector	Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane (j)
Memory Card Slot	SDIO (k)



Accessories



▲ Camera Module
776-7731



▲ International power supply
766-3311



▲ 8GB SD card pre-programmed with NOOBS - 779-6770



▲ Expansion board
772-2974



▲ WiFi dongle
760-3621



▲ 10400mAh Li-Ion battery pack
776-7617



▲ Raspberry Pi user guide
768-6686



WHITE PAPER

Adrian Fernandez
MSP430 Microcontrollers
Texas Instruments



MSP430 Value Line LaunchPad Development Kit

Introduction

As applications continue to advance, 8-bit microcontrollers are struggling to meet the growing demand for higher performance and ultra-low power to support evolving product designs. Texas Instruments introduced the affordable 16-bit MSP430™ MCU Value Line to meet the changing market dynamics and requirements faced by typical low-cost 8-bit MCU developers. Taking the next step in providing a low-cost solution to the shortcomings of 8-bit MCUs, TI created the MSP430 MCU Value Line LaunchPad development kit to jump start application designs and provide a low-cost tool for developers of all experience levels. This overview will provide an introduction to the features and functionality of LaunchPad as well as everything included in the \$4.30 kit.

As the number of competitors grow and the time for taking products to market shrinks, the microcontroller (MCU) industry is being stretched by two opposing, but equally strong vectors. The growing demand for higher performance and ultra-low power functionality is matched only by an aggressive need for lower and lower price points. This is especially clear in low-cost applications that utilize 8-bit MCUs. To increase performance without breaking the bank, developers of low-cost 8-bit MCUs must migrate to higher performance 16-bit MCUs that are available at affordable price points.

In high volume and quick turnover markets such as consumer and personal electronics, the need for a highly differentiated MCU, while maintaining aggressive price points, is a constant struggle. For instance, the market for 3D glasses has exploded in the recent months, both on the big and small screen. As this market trend moves up and to the right, developers are hard at work in creating technological solutions that provide a unique and immersive experience while remaining affordable. By providing more affordable solutions, developers hope to minimize the risks and barriers associated with new and fast moving markets.

For many, this barrier to success is prohibited by a limited MCU core. Many developers of 8-bit MCUs have completely exhausted the full capabilities of their MCU due to limited data throughput and inefficient interfacing with higher resolution analog and digital peripherals. To enable increased functionality and improve feature sets of existing projects, developers must migrate to higher performance 16-bit MCUs.

The MSP430 MCU Value Line series provides a migration path for many of these constrained 8-bit MCU developers. At no additional cost, the affordable MSP430 MCU Value Line devices offer a 16-bit architecture, higher precision timers and improved peripheral integration and interfacing, enabling improved performance and lower power consumption. The implementation of 16-bit MCUs enable up to 10 times improved performance and 10 times lower power when compared to many low-cost 8-bit applications. Currently, the MSP430 MCU Value Line series offers 27 ultra-low power 16-bit devices that offer varying levels of analog integration, communication modules and package types. At 100K unit volumes, MSP430 MCU Value Line devices start at just \$0.25 USD, ensuring that


developers do not have to sacrifice price for improved performance. Additionally, the MSP430 MCU Value Line series will continue to grow to more than 100 devices through the second half of 2011. This roadmap will introduce higher memory sizes, more package options and additional integrated analog and digital peripherals.

To make the transition from 8- to 16-bit MCUs more seamless, Texas Instruments (TI) listened to the requirements of developers and created the new MSP430 MCU Value Line LaunchPad development kit. Furthering the commitment to add performance and value to MCU designs with the MSP430 MCU Value Line, TI introduced LaunchPad to lower the barrier of entry for developers new to 16-bit architectures, or those new to MCU design, in general. The LaunchPad kit is TI's simple, yet thorough, introduction to 16-bit MCU development, offering all of the hardware and software a developer needs to get started for just \$4.30 USD. Within minutes of opening the LaunchPad kit, users can begin interfacing with push buttons, LEDs and the on-chip peripherals of the MSP430 MCU Value Line devices. See Figure 1 below:

MSP430 MCU Value Line LaunchPad – only \$4.30

Easily evaluate & program devices

- Up to 20-pin DIP socketed target board
- Drop-in any MSP430 Value Line device
- Pre-programmed MSP430 Value Line MCU included



LaunchPad board

Get started in minutes

- Integrated Flash emulation tool
- USB-powered (cable incl.)
- Program any MSP430 Value Line device, eZ430 target board, or Spy BI-Wire enabled MSP430 device

Rapid Prototyping

- Access to all MSP430 Value Line pins
- Easy interface for external components/daughter boards
- 2 Programmable pushbuttons & LEDs

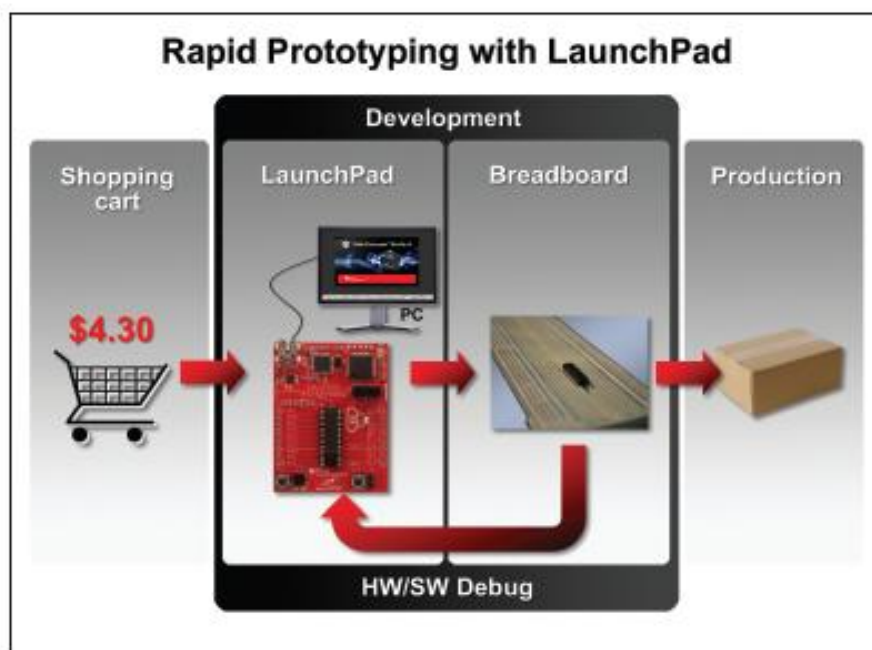
▲ **Figure 1.**

For just \$4.30, the LaunchPad kit includes a development board with an integrated USB-powered flash emulation tool for programming and debugging any of the existing MSP430 MCU Value Line devices. Any MSP430G2xx MCU in a DIP package can be dropped into the DIP target socket of LaunchPad, which allows easy evaluation of any MSP430 MCU Value Line device. The flexible target socket allows developers to remove their freshly programmed and debugged MSP430G2xx MCU to be plugged into a custom breadboard or PCB so that customers are not constrained to the form factor of the LaunchPad board. Alternatively, developers can use LaunchPad as a standalone system, by leaving the MSP430G2xx device plugged into the board to leverage on-board and programmable push buttons and LEDs. Additionally, every pin of the MSP430G2xx device is fully accessible, allowing easy interfacing of external components or custom daughter cards.

Also provided in the kit are free, downloadable software compilers and debuggers including TI's own eclipse-based Code Composer Studio™ version 4 and IAR Embedded Workbench Kickstart. These independent development environments (IDEs) are full featured and are completely compatible with LaunchPad and the MSP430 MCU Value Line devices available today. This complements the hardware features of the LaunchPad board by providing a complete software component as well. Using either IDE, users can then leverage MSP430 MCU code examples, open source projects and other free online resources, which can be accessed on LaunchPad's Wiki page, www.ti.com/launchpadwiki.

The unlimited access to the LaunchPad Wiki promotes collaboration and simple sharing of solutions and ideas, making LaunchPad a complete development environment. This active and growing online community supplements the hardware and software components of the LaunchPad package and provides instant support, projects and helpful hints that will be shared through the Wiki pages and E2E™ forums.

To fully benefit from 16-bit architecture and ultra-low power performance, the MSP430 MCU Value Line series and LaunchPad development kit offers a complete and simple introduction to quicken developers' time to market. By providing 16-bit performance at 8-bit price points, and complete development tools for just \$4.30, TI would like to welcome both new and experienced users to the world of high performance and affordable MCU development.



▲ **Figure 2.** \$4.30 LaunchPad kit offers the hardware and software needed to start developing applications, and is backed by an active online community to quicken time to market.



STM32VLDISCOVERY

STM32 value line Discovery

Data brief

Features

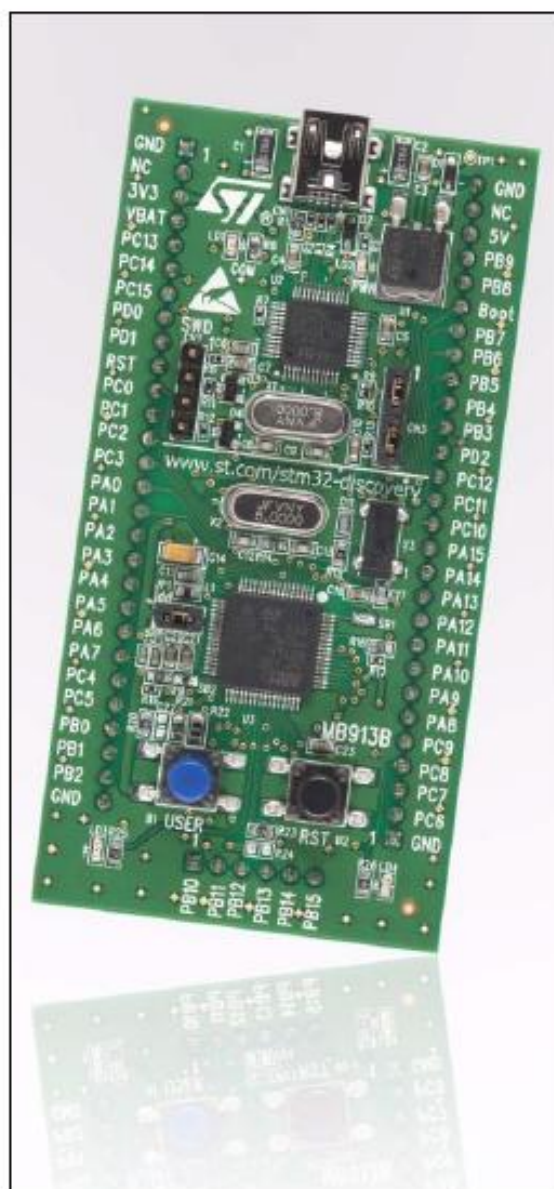
- STM32F100RB microcontroller, 128 KB Flash, 8 KB RAM in 64-pin LQFP
- On-board ST-Link with selection mode switch to use the kit as a stand-alone ST-Link (with SWD connector)
- Designed to be powered by USB or an external supply of 5 V or 3.3 V
- Can supply target application with 5 V and 3 V
- Two user LEDs (green and blue)
- One user push button
- Extension header for all QFP64 I/Os for quick connection to prototyping board or easy probing

Description

The STM32VLDISCOVERY is a low-cost and quick way to discover the STM32 value line. It includes everything required for beginners and experienced users to get started quickly. The STM32 value line Discovery includes an STM32F100 value line microcontroller in a 64-pin LQFP and an incircuit ST-Link debugger / programmer to debug Discovery applications and other target board applications. A large number of free ready-to-run application firmware examples are available on www.st.com/stm32-discovery to support quick evaluation and development using the LEDs, button and extension header for connection to other boards or devices.

Table 1. Device summary

Order code	Reference
STM32VLDISCOVERY	STM32 value line Discovery



Malli	Digitaaliset I/O	Analogiset sisääntulot	Analogiset lähdöt	Prossessori	Kellotaajuus (MHZ)	Bittinen	Käyttöjännite (V)	Flash (kb)	Hinta
Uno	14	6	0	ATmega328	16	8	5	32	29,90€ *
Due	54	12	2	Cortex-M3	84	32	3,3	512	49,90€ *
Leonardo	20	12	0	ATmega32u4	16	8	5	32	24,90€ *
Nano	14	8	0	ATmega328	16	8	5	32	45,00€ **
Mega2560	54	16	0	ATmega2560	16	8	5	256	49,90€ *
Ethernet	14	6	0	ATmega328	16	8	5	32	50,30€ **
Mega ADK	54	16	0	ATmega2560	16	8	5	256	65,30€ ***
Micro	20	12	0	ATmega32u4	16	8	5	32	26,00€ **
Mini	14	8	0	ATmega328	16	8	5	32	18,00€ **
Fio	14	8	0	ATmega328P	8	8	3,3	32	26,10€ **
Pro Mini	14	6	0	ATmega168	16	8	3,3/5	16	13,90€ **
LilyPad	14	6	0	ATmega168V	16	8	3,3/5	16	14,60€ ***
Pro	14	6	0	ATmega168	16	8	3,3/5	32	16,90€ **

* = Toimittaja Verkkokauppa.com

** = Toimittaja Robomaa.com

*** = Toimittaja Amazon.com

Overview

The **Arduino Due** is the newcomer microcontroller board in the Arduino boards family. It's the first board based on a 32 bit ARM core processor, the Atmel **SAM3X8E ARM Cortex-M3** MCU, that improve all the standard Arduino functionalities and add more new features.

It offer 54 digital input/output pins (of which 16 can be used as PWM outputs, with selectable resolution), 12 analog inputs with 12 bit of resolution, 4 UARTs (hardware serial ports), and two DAC outputs (digital to analog converter), 84 MHz crystal oscillator, two USB connections, a power jack, an ICSP header, a JTAG header, and a reset button. The maximum voltage that the I/O pins can provide or tolerate is 3.3V. Providing higher voltages, like 5V to an input pin could damage the board.

The Due has two usb connectors, the one with the micro-usb B connector is the native one capable to act as an usb host, that means you can connect compatible external usb peripherals to the board, such as mouse, keyboards, smartphones. While the other usb port with the type A connector is intended for debugging purposes.

Summary

Microcontroller	AT91SAM3X8E
Operating Voltage	3.3V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 16 provide PWM output)
Analog Input Pins	12
Analog Outputs Pins	2 (DAC)
Total DC Output Current on all I/O lines	130 mA
DC Current for 3.3V Pin	800 mA
DC Current for 5V Pin	theoretical 1A, realistic 800 mA
Flash Memory	512 KB all available for the user applications
SRAM	96 KB (64 + 32 KB)
DataFlash	2 Mbit (250 KB)
Clock Speed	84 MHz

If you want to give a closer look to this board we advise you to visit the official Arduino Due page in the Hardware Section.

Technical Specification

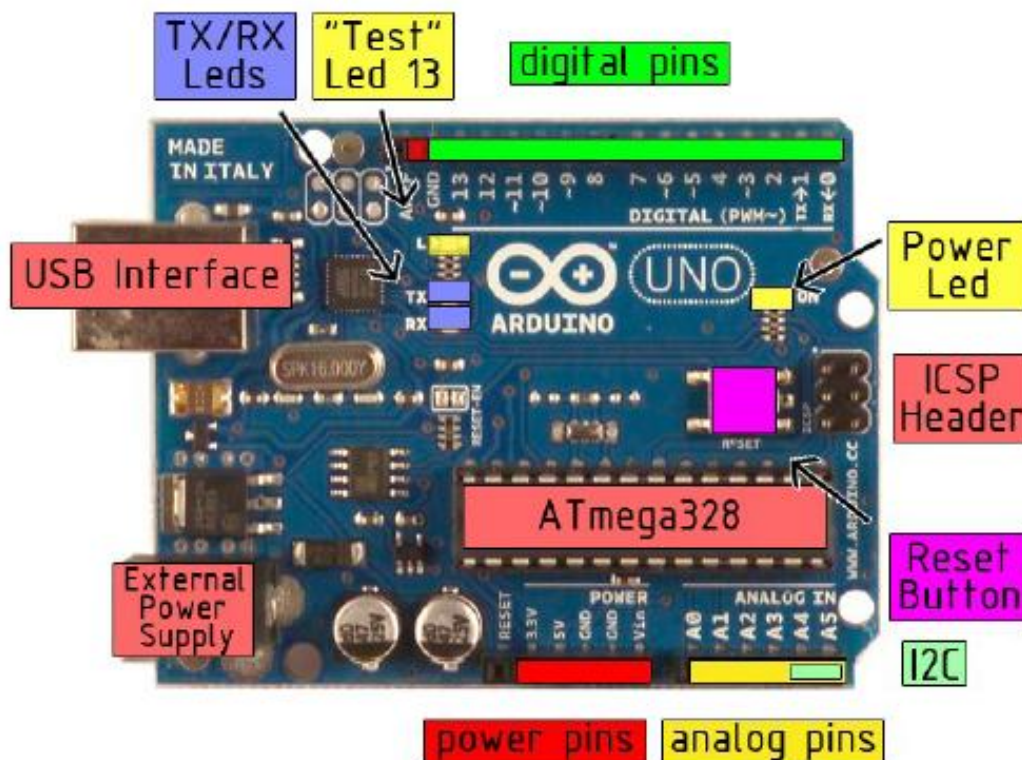


EAGLE files: [arduino-duemilanove-uno-design.zip](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

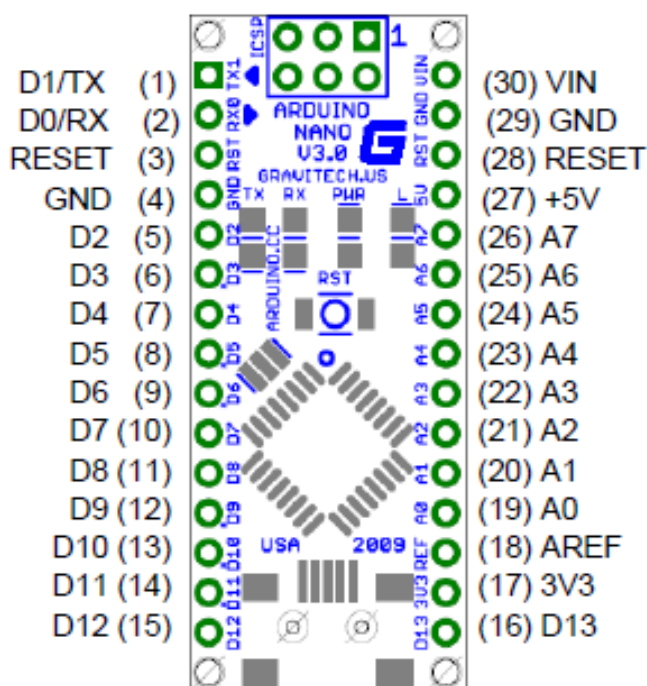
Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



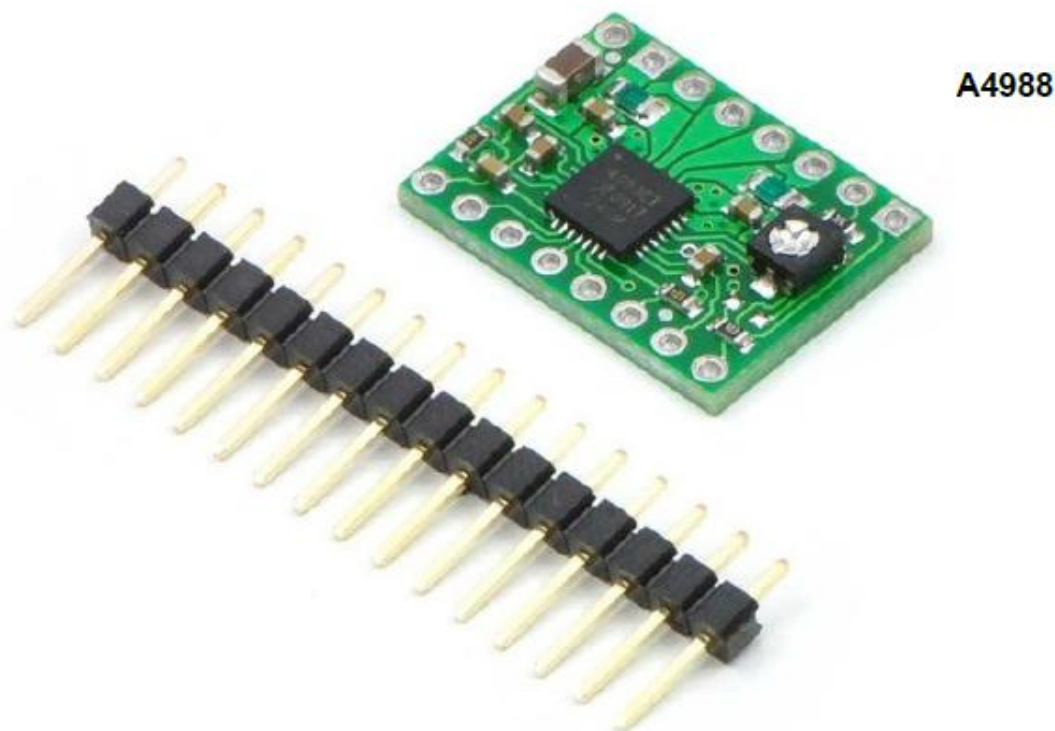
Arduino Nano Pin Layout



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A0-A7	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

RB-Pol-176

Pololu 8-35V 2A Single Bipolar Stepper Motor Driver A4988



Stepper Motor Driver Carrier

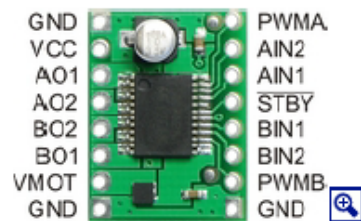
The A4988 stepper motor driver carrier is a breakout board for Allegro's easy-to-use A4988 microstepping bipolar stepper motor driver and is a drop-in replacement for the [A4983 stepper motor driver carrier](#). The driver features adjustable current limiting, overcurrent protection, and five different microstep resolutions. It operates from 8 – 35 V and can deliver up to 2 A per coil.

Note: This board is a drop-in replacement for the original [A4983 stepper motor driver carrier](#). The newer A4988 offers overcurrent protection and has an internal 100k pull-down on the MS1 microstep selection pin, but it is otherwise virtually identical to the A4983.

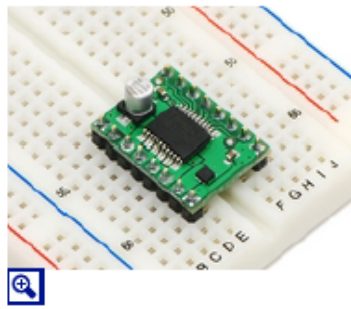
TB6612FNG Dual Motor Driver Carrier

Overview

The [TB6612FNG](#) (207k pdf) is a great dual motor driver that is perfect for interfacing two small DC motors such as our [micro metal gearmotors](#) to a microcontroller, and it can also be used to control a single [bipolar stepper motor](#). The MOSFET-based H-bridges are much more efficient than the BJT-based H-bridges used in older drivers such as the [L298N](#) and Sanyo's [LB1836M](#), which allows more current to be delivered to the motors and less to be drawn from the logic supply (the LB1836 still has the TB6612 beat for really low-voltage applications). Our little breakout board gives you direct access to all of the features of the TB6612FNG and adds power supply capacitors and reverse battery protection on the motor supply (note: there is no reverse protection on the Vcc connection).



In a typical application, power connections are made on one side of the board and control connections are made on the other. All of the control inputs are internally pulled low. Each of the two motor channels has two direction control pins and a speed control pin that accepts a PWM input with a frequency of up to 100 kHz. The STBY pin must be driven high to take the driver out of standby mode.



TB6612FNG dual motor driver carrier on a breadboard.

The distance between the header rows on the PCB is 0.1" smaller than a standard 0.6" DIP package (e.g. the [Baby Orangutan](#)), but the pin spacing allows it to conveniently fit in 0.1" breadboards and perfboards.

For a more advanced motor controller based on this driver, please consider the [qik 2s9v1](#) dual serial motor controller. For a robot controller based on this driver, please consider the [Baby Orangutan](#), [Orangutan SV-328](#), [Orangutan SVP-324](#), and [3pi robot](#), which connect the TB6612 to a user-programmable AVR microcontroller.

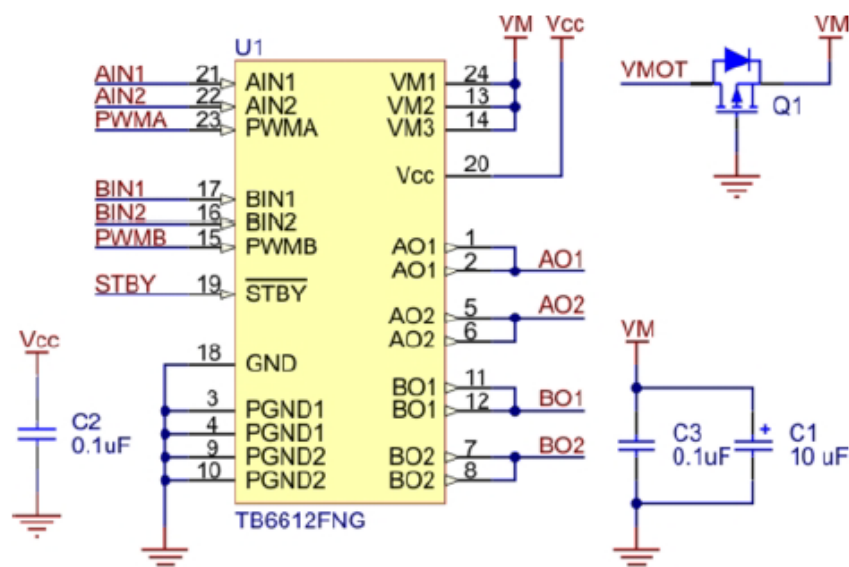
TB6612 Specifications

- Recommended motor voltage (VMOT): 4.5 – 13.5 V
- Logic voltage (VCC): 2.7 – 5.5 V
- Output current maximum: 3 A per channel
- Output current continuous: 1 A per channel (can be paralleled to deliver 2 A continuous)
- Maximum PWM frequency: 100 kHz
- Built-in thermal shutdown circuit
- Filtering capacitors on both supply lines
- Reverse-power protection on the motor supply

Real-world power dissipation considerations

The TB6612 motor driver used on the carrier board has a peak current rating of 3 A per channel. The peak ratings are for quick transients (e.g. when a motor is first turned on), and the continuous rating of 1 A is dependent on various conditions, such as the ambient temperature. The actual current you can deliver will depend on how well you can keep the motor driver cool. The carrier's printed circuit board is designed to draw heat out of the motor driver chip, but performance can be improved by adding a heat sink.

Schematic Diagram



Note: 16 male header pins are included but not soldered onto the boards. No printed documentation is shipped with these items; please see the TB6612FNG datasheet in the resources tab for more information about the motor driver.



MegaMoto & *MegaMoto Plus* User Manual

Thank you for your purchase of the Robot Power MegaMoto™ or MegaMoto Plus motor control shield for Arduino™. This manual explains the features and functions of the MegaMoto along with some tips for successful application. Before using your MegaMoto you must read and agree to the disclaimer printed at the end of this document. If you don't agree please return your unused MegaMoto to Robot Power for a refund.

Note, the MegaMoto and MegaMoto plus are electrically identical. Heatsinks have been added to the Plus to increase power handling. All specifications, input-outputs and instructions (except for current handling) apply to both units.

The Robot Power MegaMoto is a low-cost easy to connect general-purpose power amplifier designed to work with the Arduino hardware compatible CPU units. The MegaMoto can be configured as a single H-bridge circuit or as two independent half-bridge circuits. While designed for permanent magnet brushed DC motors; the MegaMoto is suitable for a wide range of DC loads as long as they are within the current and voltage envelope of the device.

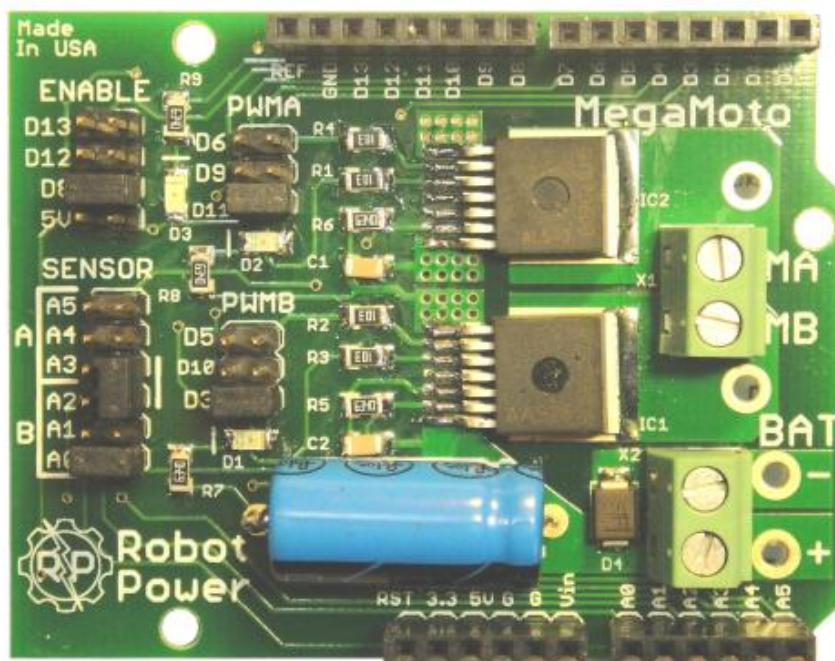


Figure 1. MegaMoto top view

1. Specifications

Voltage Range	6V – 24V (28V absolute max)
Current (H-bridge) ¹	13A cont. at 100% duty cycle 12A cont. at 70% 30A - 5 second peak Plus 20A cont. at 100% D.C. 30A with fan 40A peak – 5 seconds
Current (each half-bridge)	Same as above
Current (ganged half-bridge)	Double above
PWM frequency	DC – 20kHz
Current Sense Output	$V_c = I * 0.075$ $V_c = .075$ at 10A $V_c = 2.99V$ at 40A
Input voltage levels	2.5V – 5.5V = logic high <1.7V = logic low
Size	2.1" x 2.9" x 0.5"
Mounting	3x - 4-40 or M2.5 bolts

- Your actual current capacity will vary based on the type of load, the length and size of wires, power supply capability and other factors.

2. Input Output connections and Jumper Settings

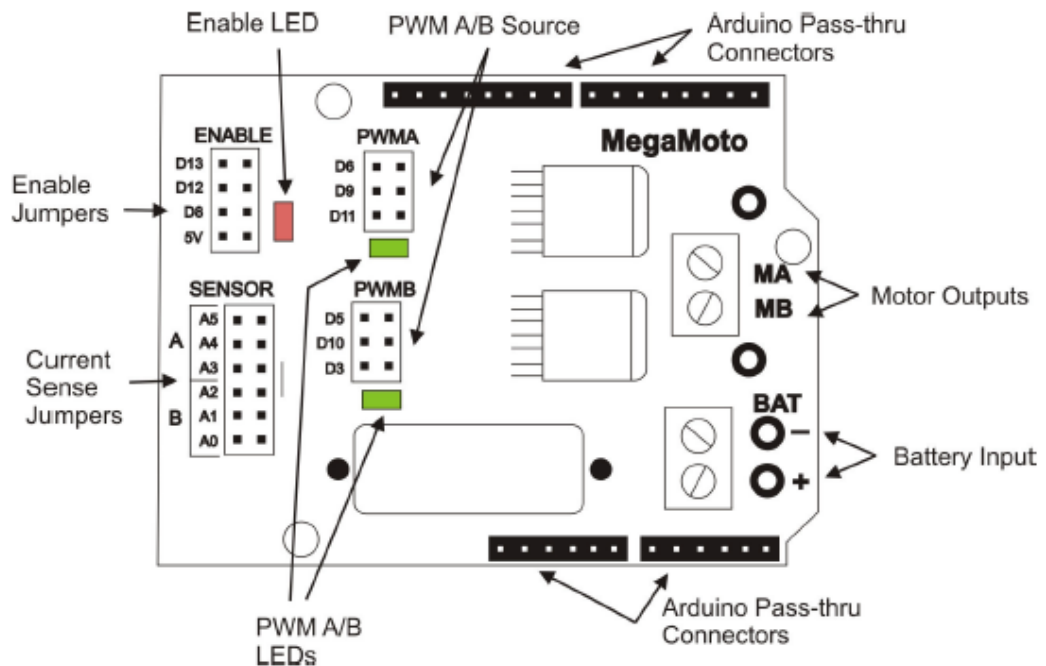
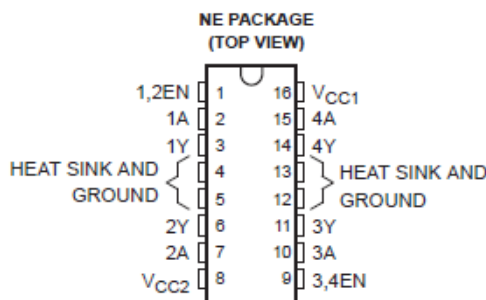


Figure 2. MegaMoto connections and jumpers

SN754410 QUADRUPLE HALF-H DRIVER

SLRS007B – NOVEMBER 1988 – REVISED NOVEMBER 1995

- 1-A Output-Current Capability Per Driver
- Applications Include Half-H and Full-H Solenoid Drivers and Motor Drivers
- Designed for Positive-Supply Applications
- Wide Supply-Voltage Range of 4.5 V to 36 V
- TTL- and CMOS-Compatible High-Impedance Diode-Clamped Inputs
- Separate Input-Logic Supply
- Thermal Shutdown
- Internal ESD Protection
- Input Hysteresis Improves Noise Immunity
- 3-State Outputs
- Minimized Power Dissipation
- Sink/Source Interlock Circuitry Prevents Simultaneous Conduction
- No Output Glitch During Power Up or Power Down
- Improved Functional Replacement for the SGS L293



**FUNCTION TABLE
(each driver)**

INPUTS†		OUTPUT
A	EN	Y
H	H	H
L	H	L
X	L	Z

H = high-level, L = low-level
X = irrelevant
Z = high-impedance (off)

† In the thermal shutdown mode, the output is in a high-impedance state regardless of the input levels.

description

The SN754410 is a quadruple high-current half-H driver designed to provide bidirectional drive currents up to 1 A at voltages from 4.5 V to 36 V. The device is designed to drive inductive loads such as relays, solenoids, dc and bipolar stepping motors, as well as other high-current/high-voltage loads in positive-supply applications.

All inputs are compatible with TTL-and low-level CMOS logic. Each output (Y) is a complete totem-pole driver with a Darlington transistor sink and a pseudo-Darlington source. Drivers are enabled in pairs with drivers 1 and 2 enabled by 1,2EN and drivers 3 and 4 enabled by 3,4EN. When an enable input is high, the associated drivers are enabled and their outputs become active and in phase with their inputs. When the enable input is low, those drivers are disabled and their outputs are off and in a high-impedance state. With the proper data inputs, each pair of drivers form a full-H (or bridge) reversible drive suitable for solenoid or motor applications.

A separate supply voltage (V_{CC1}) is provided for the logic input circuits to minimize device power dissipation. Supply voltage V_{CC2} is used for the output circuits.

The SN754410 is designed for operation from -40°C to 85°C .

PRODUCTION DATA Information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

POST OFFICE BOX 1443 • HOUSTON, TEXAS 77251-1443

Copyright © 1995, Texas Instruments Incorporated



ULN2001, ULN2002 ULN2003, ULN2004

Seven Darlington array

Datasheet – production data

Features

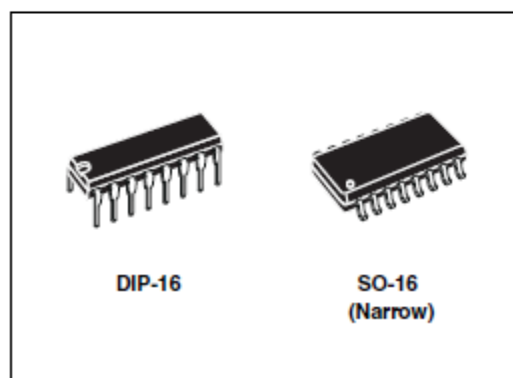
- Seven Darlington pairs per package
- Output current 500 mA per driver (600 mA peak)
- Output voltage 50 V
- Integrated suppression diodes for inductive loads
- Outputs can be paralleled for higher current
- TTL/CMOS/PMOS/DTL compatible inputs
- Inputs pinned opposite outputs to simplify layout

Description

The ULN2001, ULN2002, ULN2003 and ULN2004 are high voltage, high current Darlington arrays each containing seven open collector Darlington pairs with common emitters. Each channel rated at 500 mA and can withstand peak currents of 600 mA. Suppression diodes are included for inductive load driving and the inputs are pinned opposite the outputs to simplify board layout.

The versions interface to all common logic families:

- ULN2001 (general purpose, DTL, TTL, PMOS, CMOS)
- ULN2002 (14 - 25 V PMOS)
- ULN2003 (5 V TTL, CMOS)
- ULN2004 (6 - 15 V CMOS, PMOS)



These versatile devices are useful for driving a wide range of loads including solenoids, relays DC motors, LED displays filament lamps, thermal printheads and high power buffers.

The ULN2001A/2002A/2003A and 2004A are supplied in 16 pin plastic DIP packages with a copper leadframe to reduce thermal resistance. They are available also in small outline package (SO-16) as ULN2001D1/2002D1/2003D1/2004D1

Table 1. Device summary

Order codes	
ULN2001A	ULN2001D1013TR
ULN2002A	ULN2002D1013TR
ULN2003A	ULN2003D1013TR
ULN2004A	ULN2004D1013TR