

**Mikrokontroladoreak kontsumitzaile mailan:**

**Lan-txostena**

Erlantz Alonsok Egina

Asti Leku Ikastolan

2021eko urtarrilaren 22an

## Aurkibidea

<b>Sarrera</b>	<b>1</b>
Definizio orokorra	1
Kontsumitzaile arruntei bideratutakoak	2
<b>Erabilera egokirako jakin beharrekoak</b>	<b>4</b>
<b>GPIO pinak</b>	<b>4</b>
Pin digitalak	4
Pin analogikoak	4
Komunikazio pinak	5
<b>Bestelako pin motak</b>	<b>7</b>
<b>Programazio lengoaiak</b>	<b>8</b>
<b>Erabilera kasuak</b>	<b>12</b>
“Internet of things” sistemak	12
Potentzia gutxiko ordenagailu sistemak	12
Bestelako hobbyekin nahastatuz	12
<b>Ondorioak</b>	<b>14</b>
<b>Informazio iturriak</b>	<b>15</b>
<b>Eranskinak</b>	<b>18</b>

## **Sarrera**

Ordenagailu izugarriak eraman ditzakegu poltsiko, motxilan zein eskumuturretan gaur egun. Bideoak ikusi, jokoetara jolastu eta komunikatzeko ahalmena ematen digutena ia edonon. Bestelako teknologia asko egin zaizkigu erabilgarri kontsumitzaileoi denbora pixkanaka pasa ahala, hauen artean, mikrokontroladoreak daude. Laurogeigarren hamarkadan bakoitzak haren etxean zuen ordenagailua erraztasunez programatzeko ahalmena zuen, aldizkarietan zetozen bideojokoen eredu kodeak kopiatuz eta bidetik ikasiz. Hori ordea, ordenagailuak konplikatu ahala ere konplikatu da, baina ez da desagertu. Ordenagailua berbera programatu beharrean, gaur egun Scratch bezalako aplikazio edo web orrialdeen bitartez, bideojoko txikiak era oso simple baten programatzeko gaitasuna dugu, baina konplexutasun pausu pare bat gorago joanda, mikrokontroladore asko agertzen dira erabilgarri, prezio gero eta baxuagoan.

Mikrokontroladoreak txip bakarreko zirkuituak dira, haien barruan mikroprozesadore bat, RAM memoria, EEPROMak eta Flash memoria aurkitu daitezke. EEPROMak eta Flash memoria, kodea edo zereginak<sup>1</sup> gordetzen dituzten memoria ez hegakorrek dira, hau da, korrontea kentzerakoan, informazioa mantentzen duten memoria motak dira. RAM memoria ordea, momentuko kalkuluak egiteko erabiltzen den memoria da, eta honen datuak desagertzen dira korrontea mozterakoan, memoria hegakorra deritze horrela funtzionatzen duten memoria motei. Azkenik, mikroprozesadoreak kalkuluak egiten dituen atala da, transistorez jositako zirkuitu integratua dena.

Txip bakarrekin lan egitea ordea, konplikatua izan daiteke, bereziki erabiltzailea espertua ez denean, edo ikasle bat denean. Atal oso sentikorrak dituzten zirkuituak dira, eta erraztasunez apurtu daitezke hain txikiak izanda. Arrazoi horiengaitik, bereziki kontsumitzaile arrunton mailan, garapen plaken bidez erabili daitezke txip hauek, txiparentzat askoz seguruagoa den formatua baitira. Plaka hauek, sistemen garapenean lagutzeko bestelako osagaiak dituzte baita ere, hala nola indikazio LEDak, "Reset" botoiak, konektore gogorrak, korronte erreguladoreak eta abar. Horiek guztiak, formatu sinpleagoarekin batera dira kontsumitzaileoi ahalegintzen digutenak erraztasunez mikrokontroladoreak erabiltzea.

---

1 Salbuespenak badaude. Ikusi: Eranskinak I

## **Kontsumitzaile arruntei bideratutakoak**

Mota hauetako plakaz hitz egiterakoan, orokorrean bi gauza etortzen dira burura kontsumitzaile merkatuan ibiltzerakoan: Raspberry Pi eta Arduino plakak. Nahiz eta lehenengo begirada batez oso antzekoak diren, Raspberry Pi plaka sorta ia osoa<sup>2</sup> ordenagailuak dira, sistema eragileak erabiltzeko gai direnak, monitore teklatu eta saguak erabili dezaketenak eta beraien burua programatzeko gai direnak beste gauza askoren artean. Arduinoak eta haien klonak<sup>3</sup>, ordea, bestelako ordenagailu baten bidez programatu behar diren mikrokontroladore plakak dira eta txosten honen gehiengo hauen inguruan arituko da, hauek baitira zabalduenak.

Nahaste hau, biek dituzten GPIO<sup>4</sup> pin-ak sorrarazten dute ziurrenik. Pin horiek dira kanpoko LEDekin, sentsoreekin, pantaila sinpleekin<sup>5</sup> eta bestelako zirkuituekin erabiltzen direnak, hauek kontrolatuz plakek exekutatzen duten kodearen bitartez. Pin hauen inguruko informazio detaileduna aurrerago aurkitu daiteke.

Bestelako konplexutasuna behar izatekotan, arduinok beraiek mota askotako plakak sortzen dituzte, Arduino MKR, Arduino PRO eta Portenta produktu sorten izenpean, eta orokorrean hauen klonak ez dira egiten, edo aurkitzeko zailagoak dira, ez baitira beste plakak bezain popularrak eta konplexutasunagaitik, ezin direlako antzerako prezio mozketak batekin saldu. Plaka hauek, mikrokontroladoreaz gain, amaierako erabiltzailearen erabilpen esperientzia hobetzeko atalak, konektibitate mota ezberdinak ahalegintzen dituzten atalak eta zerbitzu guztiz ezberdinak erabiltzeko txipak dituzte. Horien artean aipagarriak hauek dira:

Arduino Mega: Arduino UNO estandarraren ahizpa nagusia bezala deitua da zaleen artean, ATmega-2560 mikrokontroladorearen inguruan eraikitakoa (Bertsio zaharrago batzuek ATmega-1280a erabiltzen zuten). Bai RAM zein Flash memoria erraldoiak dituzte hauek UNOekin konparatuz, hortaz, kode luzeagoa eta aldagai gehiagorekin idatzi daiteke. Horrez gain, GPIO pin bikoitzak baino gehiago ditu, 54 zehazki, beraz, gauza gehiago konektatu daitezke batera.

Arduino Leonardo eta Micro: ATmega-32u4 mikrokontroladorearen inguruko plakak dira. Arduino UNOaren eta Arduino Nanoaren forma berdina dute eta guztiz konpatibleak dira, Arduino IDEan klik bakar batez horietarako idatzitako kode guztia erabili daiteke Leonardo zein Microetan. Horrez gain, 32u4 mikrokontroladoreak ordenagailu periferiko moduan funtzionatzeko gaitasuna

---

2 'Raspberry Pi Pico' mikrokontroladorea merkaturatu dute 2021eko urtarrilaren 21ean.

3 Arduino esandako bakoitzean, Arduino ofizial zein klon plaketaz arituko da txosten hau.

4 General Purpose Input Output: Erabilera Orokorreko Sarrera Irteera.

5 Karaktere LCDak dira erabilienak. Ikusi: Eranskinak II. OLED panel txikiak eta bestelako teknologiak gero eta erabiliagoak bihurtzen ari dira ere bai.

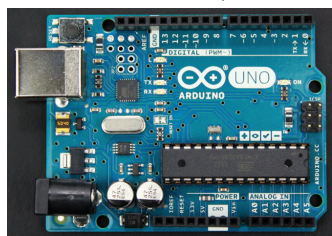
du, hau da, sagu, teklatu, bideokontsola mando edo bolante baten moduan funtzionatu ahal duten plakak dira hauek.

Arduino DUE: Arduino Megaren formako plaka da, baina ez dira guztiz konpatibleak. Hau mikrokontroladore ezberdinaren ondoriozko efektua da. DUE-an 32 biteko ARM mikroprozesadorearen mikrokontroladorea dago bihotzean, bereziki Atmelen SAM3X serieko 'AT91SAM3X8E'-a. Honek 3,3V-eko bolta maximoarekin funtzionatu dezake, baina Megaren ATmega 2560-ak 5V-eko maximoarekin funtzionatu dezake. Desabantai hori ordea, erraztasunez atzean uzten du haren 84MHz-ko erloju maiztasunarekin, 96KBeko memoriarekin eta 512KB eko Flash memoriarekin.

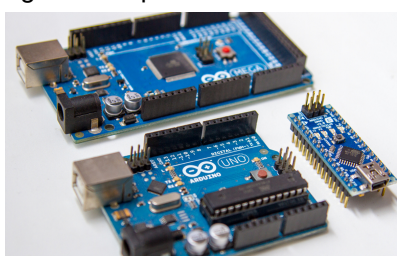
Arduino MKR1000 WIFI: Izenak dioenez, plaka honek wifi konektibitatea du haren ARM SoC<sup>6</sup> mikrokontroladoreari esker, Atmelen ATSAMW25 bereziki. Mugikorren prozesadoreen antzera eraikitako zirkuitu integratu bat baita, eta LiPo bateria txikientako konektorea du, erraztasunez zirkuitu portableak sortzeko. MKR serie osoaren antzera, honek 3,3V-eko bolta maximoa har dezake.

Horietaz gain, Arduino plaken formatua hain izan da erabilia eta denborarekin oso ulergarria dela frogatu denez, enpresa askok haien diseinua jarraitzea aukeratu dute, ez bakarrik barruko zirkuituekin edota programaziorako moldakortasunaren inguruan, baizik eta forma fisikoan baita ere. Honen adibiderik argiena, Sonyren Spresense plaka izanik, Arduinoren MKR serieko antza izugarria duen plaka da, eta horrez gain, Arduino UNO baten formako adaptadore batekin eros daiteke, konpatibilitate bikaina izateko.

Klonen bidetik joatean, prezioa izugarri jaitsiko da Arduino ofizialekin konparatuz. Arduino UNO bat adibidez, ofiziala izatekotan 20€ inguruko prezioa du, baina Amazonen erraz aurkitu daitezke 10€ tik behera. Bestelako web dendetara joanda (Banggood, adibidez) eta itxaroten eman daitekeen denbora ez bada arazoa, 3€ ren truke plaka guztiz konpatiblea lor daiteke.



*Irudia 1: Arduino UNO ofiziala.  
68mm(Horizontal),  
53mm(Bertikal),  
12.5mm(Lodiera)*



*Irudia 2: Goian: Arduino Mega Klona  
Behean ezkerrean: Arduino UNO Klona  
Behean eskuman: Arduino Nano Klona*

6 System On a Chip: Sistema osoa txip bakarrean. Mikrokontroladore txipak bezala, beharrezko atal guztiak txip pakete bakar batean ditu. Mikrokontroladoreak baino konplexutasun handiagokoak orokorrean, mugikor zein ordenagailu txikietan aurki daitezke.

## **Erabilera egokirako jakin beharrekoak**

### **GPIO Pinak**

Hauek dira plaka hauen zatirik erabiliena, hauek baitira bestelako zirkuituekin konektatzeko erabiltzen diren pin edo headerrak. Mota honetako mikrokontroladore gehienek 3 pin mota nagusi dituzte, eta hauetaz kanpo, bestelako pin batzuk dituzte erabilera espezifikoentzat, adibidez, mikrokontroladorearen EEPROMeko bootloader<sup>7</sup> programa aldatzeko, edo pin analogikoen maximoa ezartzeko.

### **Pin digitalak**

Pin mota hau da printzipioz sinpleena, digitala den guztiaren antzera, bi aukera ditu (bakoitzak izen ugari dituelarik): 0, “false”, “LOW” edo Lurra eta 1, “true”, “HIGH” edo 5V (5V-eko plaketan, 3,3V-eko plaka balitz, 3,3V-eko balioa izango luke). Pin hauek noski kodearen bitartez kontrolatu daitezke, eta era oso sinplean erabili daitezke LED argi bat, burrunbagailu bat, edo errele bat aktibatzeko, adibidez.

Pin digitalak haien pin mota propioa diren harren, hauetariko askok haien pin zenbakiaren ondoan ‘~’ sinboloa dute. Sinbolo honek, pin hori PWM<sup>8</sup> egin dezakeela adierazten du, hau da, 8bit eko plaka gehienetan, 490Hzko frekuentziarekin (5 eta 6. pinak 980Hzko frekuentziarekin) aldatu dezaketela haien balioa. Honelako seinaleekin, LED argi baten disdira aldatu daiteke, burrunbagailuekin nota musikalak sortu, edota motore elektriko baten abiadura kontrolatu, zirkuitu gidariaren atea zenbat denboraz zabaltu eta ixten den kontrolatu datekeelako.

### **Pin analogikoak**

Pin analogikoak, boltai maila ezberdinak neurtzeko ahalera dute. Arduino gehienek, 10 bit-eko ADCa<sup>9</sup> dute, eta honen bitartez, 0-5V-eko boltai rangoko balioak 0-1023ko balio dezimal batean bihurtzen dira. Boltaien tarteak ere aldatu daiteke, neurtu nahi dena 5V-eko boltai inoiz ez

---

7 Bootstrap loader: Pizterakoan, ordenagailura konektatuta badago, Flash memoriara kode berria idazten duen programa. Honek ere esaten dio prozesadoreari flash memoriako zein atalean dagoen exekutatu behar duen kodearen hasiera.

8 Pulse Width Modulation: Pultsu Zabaleraren Modulazioa. Ikusi: Eranskinak III.

9 Analog to Digital Converter: Analogikotik Digitalerako Itzultzailea. Boltai zatitzaile eta transistore bitartez, balio digital bat eman dezake sarreraren duen boltai bailaren arabera. Ikusi: Eranskinak IV.

duela lortuko jakinda: ARef<sup>10</sup> pinean boltai maximo hori ezartzean, demagun 2V-eko boltaia ezartzen dela, ADCak 0-2V-boltai tartean ezarriko ditu 0-1023ko balio dezimalak. Era honetan, boltai txikiak zehaztasun askoz handiago batekin neur eta detektatu daitezke.

## **Komunikazio pinak**

Komunikazioa era askotan egin daiteke, bereziki gaur egun dauden WiFi, Bluetooth eta antzeko teknologiei esker ikusi daitekeen moduan. Hauek Arduino batekin erabiltzeko, ordea, ezin da adaptadore bat USB portuan jarri eta funtzionatuko duen espero. Horren ordeaz, Arduino ekosisteman, 3 komunikazio metodo nagusi aurkitu daitezke:

- Komunikazio Seriala: Hauek dira erabiltzeko sinpleenak, eta bi konexio dira komunikazio bat sortzeko beharrezkoak: TX izeneko transmisorea eta RX izeneko errezeptorea. Plaka gehienetan, RX 0. pin digitala da eta TX 1. pin digitala da, baina beste plaka batzuek (Arduino MEGAk, adibidez) bus gehiago dituzte pin espezifikoetan. Pin hauek ordenagailuarekin komunikatzeko erabiltzen dira, USB itzultzailearen bitartez noski, eta horregaitik hobe da hemen dagoena deskonektatzea programa berri bat ematekotan, informazioa gal daitekeelako pin hauen beste aldeko zirkuituaren arabera.

Izenak dioenez, seriean komunikatzeko balio dute, hau da, informazioa zerrenda baten antzera bidaltzen da, bidali nahi den informazio atal osoa bidali den arte. Hori bidaltzean, hurrengoa bidaltzeko prest dago busa.

Programatzeko oso sinplea da, `Serial.begin()` erabiliz. Honek parametro bat hartzen du eta Baud<sup>11</sup> maiztasuna deritzo. Komunikazio digitaletan, Baud bat bit bat esan nahi du, baina berez sistema analogikoetan bestelako balioak har ditzake Baud batek. 300 Baudetatik 115200 Baudetarainoko balio anitz erabili daitezke arduinoekin, hau da, serial bitartez 300bit/s-etatik 115,2kb/s-ko abiadurak erabili daitezke. Orokorrean erabiliena 9600Baud edo 9,6kb/s-ko abiadura da. Baud maiztasuna komunikazioko bi aldeetan berdin izan behar du, bestela bi aldeak ez dute informazioa berdin itzuliko.

Komunikazio mota honetarako mota askotako moduloak diseinatu izan dira, baina USB, Bluetooth eta bigarren arduino bat dira erabilerarik zabalduenak mota honetako busentzat. USB noski plakak berak itzultzen du serialera, eta ordenagailuekin komunikatzeko ahalmena ematen du, Arduinoren web orrian aurkitu daitekeen softwareak dituen

---

<sup>10</sup> Analog Reference: Referentzia analogikoa.

<sup>11</sup> Émile Baudoten omenez deiturikoa. Hura telegrafiako lehen kodifikazio sistema digitalaren sortzailea izan zen, 1870ean, Frantzian.

Monitoreen bitartez (testu bidezkoa eta “plotter” motatako monitore grafikoa) ikusi daiteke Arduinoak bidaltzen ari den informazioa. Bluetootha erabiltzekotan, ordenagailu edo mugikor batekin parekatu ostean, USBraiko erabili daitekeen softwarea zein mugikorrerako aplikazio batekin ikusi daiteke informazio hura. Bigarren arduino batekin konektatzean, arduino hori programatu beharko da informazio hori jaso dadin eta horrekin zerbait egin dadin.

Programazio liburutegi baten bidez, edozein pin bihurtu daiteke komunikazio serialerako pina. Hau erabilgarria izan daiteke plaka txiki batekin bi bus zabalik izateko, edo frogak egiten diren bitartean, bus nagusiarekin ordenagailu bati erroreak edo programari buruzko bestelako informazioa bidaltzen den bitartean, bigarren busa bestelako zirkuituekin komunikatzeko libre uzten den bitartean.

- **I<sup>2</sup>C edo I2C:** “Inter-Integrated Circuit” eta “I-squared-C” esanda. Modu honetaz komunikatzeko, edo behintzat erraztasunez egiteko, Wire liburutegia erabili behar da. Modu honek agintari eta esklabu sistema erabiltzen du, eta 3 pin beharrezkoak dira: SDA edo datuen pina, SCL edo erlojua eta lur partekaturako konexioa, bi arduinoen arteko boltaia bien arteko lurra konparatu ahal izateko, 0 edo 1 digitalak ezarteko. 2 baino gauza gehiago konektatzekotan, hauek ere sar daitezke sare berdinean. 100kb/s-etatik 5Mb/s-etarako abiadurak izan ditzake bus honek, baina SDA eroale bakar bat denez, norabide-noranzko bakarretan soilik komunikatu daiteke, hau da, esklabu batek datuak bidaltzen amaitu arte, agintariak ezin du informaziorik bidali eta alderantziz.

Agintariak erlojua ezartzen du esklabu guztientzat, eta horrekin batera esklabu bakoitzari helbide bat ezartzen dio. Helbidearen bitartez, agintariak aukeratzen du sareko zein esklaburi eskatu edo eman informazioa, eta informazioa bidaltzeko momentua erlojuaren arabera ematen da. Modu horretan, aukeratutako esklabuak daki noiz dagoen prest agintaria haren informazioa jasotzeko.

Honen erabilera ezagunenak Arduinoen artean eta giroskopio eta azelerometroekin ematen da, sentso mota honek normalean balioak gordetzen dituzte haien barneko memoria batean eta agintaria den Arduinoak behar dituenen soilik eskatzen ditu. Sistema hau erabiliz, ez bata ez bestea ez dira saturatzen eskakizun edo informazio gehiegiz denbora tarte oso txikietan, agintariak dioenean soilik komunikatzen baitira.

- **SPI edo Serial Peripheral Interface:** Honek 4 pin erabiltzen ditu komunikazio sinpleena egiteko, eta agintari-esklabu sistema bat da. Hau ordea, I<sup>2</sup>C ren helbideen orde, pinak erabiltzen ditu esklabuak aukeratzeko, hortaz, esklabu bat gehitu nahi izatekotan, beste



pin bat okupatu behar izango da Arduinoan. Pin horiek izen hau hartzen dute: SC(L)K edo erlojua, MOSI “Master Out Slave In”, agintariak erabiltzen duena informazioa bidaltzeko, MISO “Master In Slave Out”, agintariak informazioa jasotzeko erabiltzen duena eta CS/SS “Chip Select” edo “Slave Select”, esklabu bakoitzerako ezartzen den pina, edozein pin digitala izan daitekeena arduinoa agintari moduan erabiltzekotan. Horrez gain, noski, lur partekatua izan behar dute alde biek, boltaiak lur horrekiko bi aldeek neur dezaten. Modu hau ere da erabilgarria arduino bat beste batekin programatzeko, adibidez, USB portua apurtutako plaka bat birprogramatu nahi izatekotan.

Komunikazio sistema hau da irratu uhinen bitarteko moduluak zein wifi moduluak erabiltzen dutena, erabiltzeko nahiko erraza delako eta bi noranzkoetan bidali daitezkeelako datuak batera, MISO eta MOSI independenteak direlako, gaur egungo sare gehienekin konpatibilitatea errazteko.

### **Bestelako pin motak**

Pin hauek erabilera sinpleagoa dutenak dira, eta ez dira programatzerakoan kontutan hartzen diren motatakoak. Plaka bakoitzaren bestelako funtzioak erabiltzeko baliagarriak dira baino ez, kanpo zirkuituak hornitzeko, edo plakaren programei nolabaiteko kanpo informazio pixka bat gehiago emateko eta antzeko erabilerak.

Korrante pin nagusiak daude hauen artean, plakatik 5V-eta 3,3V-eko boltaidun korranteak ateratzeko baliagarriak direnak. 5V-ko pinak, bi modu ditu: USB txipak piztua eta kanpoko korrante batek piztua. USB txipak piztua badago, USB txiparen 500mA-eko korrante maximoa izango du erabilgarri, eta gehiago eskatuz gero plakak indarra galdu eta berrabiarazi egingo da. Kanpoko korrante batekin pizten bada ordea, barril formako jacketik, Vin Pinetik edota 5V-eko pinetik lortutako korrantea<sup>12</sup> erabiltzen arituko da. Modu honetan, korrante horren maximora edo barruko erregulatzailearen maximorainoko, hau da 1A-erainoko, korranteekin hornituko du pin honek. Noski, hauetariko baxuena izango da erabilgarri dagoen korrantea. 3,3V-eko pinak ordea, erregulatzailetik 50mA baino ez ezin ditu hornitu, beraz, 3,3V-eko zirkuitu ugari erabili nahi izatekotan, kanpoko erregulatzaile bat erabiltzea gomendagarria liteke.

Lur pinak ere dira beharrezkoak, korrante zein GPIO pinek lur partekatua erabiltzen baitute. Korrante pinak pila baten polo positibo bezala ikusi ahal diren bezala, hauek polo negatiboak bezala ikus daitezke. Zirkuitu guztiek behar izango dute honelakoetara konexioa, bestela, nahiz eta

---

12 5V-eko pinera ez da gomendagarria kanpoko korrantea konektatzea erregulatzailearik ez badago aurretik.

boltai bat aplikatu, ezin izango dute lurrarekin konparatu eta hortaz, ezin izango dute boltai horren balioa interpretatu.

Vin pina barril formako jackeko barruko terminalari konektatuta dago, eta hauek, 5V-eko erreguladoretik pasatzen dute korrontea plakari eman aurretik. Hauek 6-20V-eko tarte maximoa dute, baina 7-12V-eko tarte da gomendagarria erregulatzailea ez gehiegi berotzeko edo gehiegizko korrontea ez eskatzeko.

Reset pina eta botoia plaka berrabiarazteko erabiltzen dira, eta ez idatzitako kodea duen flash memoria garbitzeko, txartoulertze oso zabaldua baita hori. Reset pina lurrera konektatzen denean, plaka berrabiarazten hasiko da. Serial pinek konexio berri bat jasotzen dutenean eta plakako erdialdeko konexio txikia moztu ez izatekotan, reset pina lurrera konektatuko da, hau da, plaka berrabiaraziko da serial komunikazioa jasotzerakoan.

IORef pinaren bitartez, kanpoko zirkuitu bati esan ahal zaio zein nolako boltaiarekin funtzionatuko duten aukeratutako plakaren GPIO pinak. Horrela, haren boltai tarte eta mailak aldatu ditzake aukeratutako plakarekin hobeto funtzionatzeko.

Aref pina, aurretik aipatutako pin analogikoen boltaien tarte aldatzeko gaitasuna ematen duen pina da. Hemen plakaren azpitik dagoen boltai bat ezarri, adibidez, 3,3V-eko boltai ezarri 5V-eko plaka batean, pin analogikoen maximoa 3,3V-era ezarriko liteke. Maximo horri, 1023ko balio dezimala ezarriko dio beraz ADC-ak, eta hortik behera gradualki ezarriko ditu 0 balio dezimaleraino 0V-eko balioan.

## **Programazio lengoaiak**

Arduino IDE<sup>13</sup>a da honelako plakak programatzeko erabiltzen den programarik arruntena. Bai honek zein Visual Studio Code<sup>14</sup>ren Arduinorako extren bitartez, Arduino izeneko lengoaiaz idazten da kodea plaka hauentzako. Lengoi hura, ordea, Processing lengoaiaren oso antzekoa da, eta hau, C programazio lengoaien familia edo estilokoen antza badu ere, hau da, programazio lengoi nahiko estandarizatua erabiltzen da plaka hauek programatzeko.

Programazio lengoi honetan, bi funtzio nagusi eta beharrezko nabarmen dira, arduino plakentzat idatzitako programa gehienak erabiltzen dituztenak, izugarri erabilgarriak baitira. Hauek, `setup()` eta `loop()` dira. Hauetariko bat ez badago kodean, konpilatzaileak ez du onartuko.

---

13 IDE: Integrated Development Environment: Garapen Ingurune Integratua

14 Microsoft-ek sortutako IDE arina.

Hauen zeregina izenak breaiak diote, “setup” ingelesez prestatu edo muntatu esan nahi du, eta kontroladorea pizten denean soilik exekutatzen du hemen barruan jartzen den kodea. Orokorrean plakaren funtzioak aktibatzeke erabiltzen da, adibidez, beste plaka batekin edo ordenagailu batekin komunikatzea nahi izatekotan, hor barruan sartuko genuke zein forma erabiliko den eta haren inguruko parametroak, ondoren, komunikazio modu hori erabiltzeko. “Loop” ordea, begizta esan nahi du, hau da, errepikatzen den zerbait. Hemen barruan jartzen den kodea, denbora oro exekutatzen arituko da.

Bi hauetaz kanpo, kasu bakoitzerako funtzioak sortzeko gaitasuna ere dute plakek, noski, nahi denean hauek deitzeko. Hau programazio lengoai guztietan estandarra den zerbait da, eta oso erabilgarria izan daiteke bereziki mikrokontroladore txiki hauetan aurkitzen diren prozesadoreak ezin dutelako lan karga erraldoia jasan izugarri astiroagotu baino lehen. Funtzioak banatuz eta beharrezkoak direnean baino ez exekutatuz zati horiek, lan karga hori izugarri txikitu daiteke, eta prozesagailuaren abiadura arindu haren maximoaren hurbilago.

Funtzioak ere oso baliagarriak izan daitezke kode zati batean, informazio atal ezberdinekin operazio berdinak egin behar dituenetan. Demagun hegazkin, dron edo helikoptero baten giroskopio ugariaren (3, kasu honetan) informazioarekin haien angeluen batz besteko bat lortu nahi dela, datu zehatzago bat lortu nahian. Hauen hiru ardatzen batz bestekoak banaka kalkulatu daitezke, baina horrela eginez gero, 3 lerro ezberdin izango genituzke. Horrez gain, azelerometroak ere badaude, edo bestelako sentsoreak, hirukoteka, eta haien arteko batz bestekoa lortu nahi bagenu, berriz ere banaka kalkulatu behar izango genuke.

Efizientziaz gain, garbitasuna ere dakarte funtzioak, guztia era ordenatu baten izanda, errazagoa izango da errakuntzak aurkitzea kodean, edota atal bakoitzaren eginkizuna ulertzea. Beraz, funtzioak erabiliz, eta informazioa dimentsio bakarreko matritzetan sartuta garbi izateko, zera egin daiteke batz bestekoaren kalkuluak banatzearen orde:

---

```
int inputArray[3] = {12, 5, 6};
int inputArray2[3] = {5, 0, 9};

void setup() {
    int _final = average(inputArray);
    int _final2 = average(inputArray2);
}

void loop() {}

int average(int _inputs[]){
    int _size = (sizeof(inputArray)/2) -1;
    int _sum = 0;
    for (int i = 0; i <= _size; i++){
        _sum = _sum + _inputs[i];
    }
    _sum = _sum/(_size+1);
    return _sum;
}
```

---

Kasu honetan, funtzioa `int` motatako aldagai baten barruan sartuko da, eta barruko kalkuluen erantzuna, `return`-rekin ematen zaio `setup()`eko `_final` aldagaiari. Informazioa emateko, funtzioa deitzailearen parametroak emateko gaitasuna du plakak, eta kasu honetan `int`-en dimentsio bateko matrize bat hartzeko prest dago. `inputArray` ematerakoan, `_sum` izeneko aldagaia sortzen du eta 0 balioa ezartzen dio, baina noski, balio hori aldatu beharra dago. Horretarako `for` begizta bat sortzen da, non matrize horren tamainaren arabera, haren barruko zenbaki guztiak batzen ditu. Guztiak batu ostean, matrizearen dimentsioagatik<sup>15</sup> zatitzen du balio hori, bataz besteko balioa lortuz, dezimalik gabe kasu honetan. Eta ondoren, bigarren matrizeko datuekin egiten du kalkulua, `inputArray2` ko datuen bataz bestekoa `_final2` aldagaiari emanez. Forma honen atal txarra zera da: funtzio honi emandako matrize guztiak 3 zenbaki baino gehiago edo gutxiago ezin dituztela izan.

Baina lengoaia hau aritmetika normalerako ez da zehazki egina, GPIO pinetara aplikatzeko baizik. Hauek era errazean erabili daitezke lengoai honen bitartez, eta 4 erabilera nagusi daude. Lehenik eta behin, ordea, `pinMode` lerroa jarri behar da `setup()` barruan, erabili nahi den pina beharrezkoa den eran ipintzeko. Honek, parametro bi hartzen ditu: plakan erabili nahi den pinaren zenbakia, eta pin horren erabiltzeko era, hau da “OUTPUT” zerbaiti seinalea bidali nahi izatekotan, edo “INPUT” seinale bat jaso behar izatekotan.

- `digitalWrite()` erabiliz, “OUTPUT” moduan ezarri diren pinen bitartez, seinaleak bidaltzeko gaitasuna du plakak. Bi parametro hartzen ditu, pin zenbakia eta aldagai boolear<sup>16</sup> bat (“HIGH” eta “LOW”<sup>17</sup> ere erabili daitezke aldagai boolearraren ordez). Aldagai boolearraren erantzuna egiazkoa bada, aukeratutako pinean 5V-ko seinalea lortuko da, eta gezurrezkoa bada, pin hori lurrera konektatuta egongo da.
- `digitalRead()` erabiliz, “INPUT” moduan ezarrita dauden pinen bitartez, seinaleak jasotzeko gaitasuna dauka plakak. Parametro bakarra hartzen du, irakurri nahi den pinaren zenbakia. Pin horretara konektatuta dagoenak prozesadorearen logika boltaia minimoa<sup>18</sup> baino altuagoa den boltaia badu, “true” aldagai bolear batekin erantzungo du. Logika boltaia minimoaren<sup>19</sup> azpitik badago ordea, gezurrezko bolear batekin erantzungo du.

---

15 8-bit eko Arduinoetan, `int` aldagaiak 2 bytekoak dira. `sizeof()`ek aldagaiaren tamaina bytetan ematen duenez, birekin zatitu behar da matrizearen tamaina, haren balio zenbaketa lortzeko.

16 Byte bat okupatzen duen aldagaia. “bool” deitura du kode barruan. Balioa 0 denean, “false” erantzuten du, eta 1-255 denean, “true” erantzuten du. Hau da, bai edo ez gordetzen duen aldagai mota.

17 HIGH: aldagai bolear baten “true”ren parera funtzionatzen du. LOW: aldagai bolear baten “false”ren parera funtzionatzen du. `digitalWrite()`rekin soilik erabiliak.

18 Orokorrean, Transistore-Transistore Logikako 5V-eko zirkuituek 2V-eko boltaia minimoa behar dute “Logical high” bat lortzeko, hau da, “true” baliadun aldagai bolear batekin erantzuteko. Arduino plakek ordea, atal hau erraztearren, 3V-eko minimoa dute.

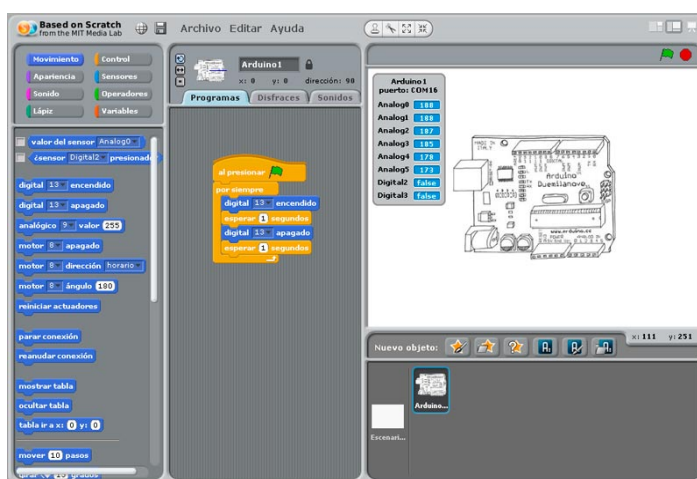
- `analogWrite()` erabiliz, “OUTPUT” moduan ezarri daitekeen PWM pin baten bitartez, eta ez pin analogiko baten bitartez, seinale pseudo-analogiko bat bidali dezakegu. Kondentsadore oso txiki eta induktore baten laguntzaz, seinale analogiko hobia lor dezakegu, baina atzerapen oso txiki baten prezioa ordainduz.

Liburutegi ezberdinak erabiliz, mota gehiagoetako lerroak lor ditzakegu, adibidez, serbomotore bat kontrolatzeko erabiltzen diren PWM bereziak ezarri ahal zaie pinei, edota software serial bidez pin normalak pin serialak bihurtu, bestelako gauzekin komunikazioa ezartzeko.

Bada ere posible ensanbladorearen bitartez programatzea, baina ez da oso gomendagarria kontsumitzaile arruntentzat Arduino plaken diseinatzaileek egindako dokumentazio ofizial osoa Arduino lengoaiarentzat egina baitago, eta ez orokorrean zailagoa den “Assembly” edo ensanbladore lengoaiarentzat.

Arduino familietatik urrundu ahala, beste motatako programazio lengoai aukerak ageri daiteke, adibidez: MicroPython, honen izenak dioenez, mikrokontroladoreentzat bereziki destinaturik dagoen Python 3 lengoai ezagunaren aldaera bat da, baina orokorrean arduino familia baino potentzia handiagoa duten plataformetan erabilia da.

Sinpleagoa den aukerak nahi izatekotan, S4A edo “Scratch For Arduino” ere dago erabilgarri, Scratch bideojokoen sortzaile sinplean aldaketak eginez Arduino plakak kontrolatzeko sortu izan zen programa da, eta Arduinoaren bootladderra S4Aren bertsio bereziarekin berridatzi ostean, erabiltzeko scratch normala bezain sinplea da.



Irudia 3: Scratch 4 Arduino programaren erabilera eta interfazea  
Scratch normalaren parekoak dira.

- 19 Orokorrean, Transistore-Transistore Logikako 5V-eko zirkuituek 0.8V-eko boltai maximoa behar dute “Logical low” bat lortzeko, hau da, “false” baliodun aldagai boolear batekin erantzuteko. Arduino plakek ordea, atal hau erraztearren, 1.5V-eko maximoa dute.

### **Erabilera kasuak**

Era askotako erabilerak eman ahal zaizkie honelako plakei, xumeagoak diren snack makinetatik eta koloredun argien kontroladore izatetik, sentsorez eta kontrolatu beharrezko atalez beteriko sistema intrikatuetaraino hel daitezke. Hemen hiru eredu guztiz ezberdin daude, honelako plaken erabilera eremu zabala ikusteko.

### **“Internet of things” sistemak**

Hauek oso eredu ikusgarriak eta gutxi gorabehera sinpleak dira mikrokontroladore arruntentzako gaitasunak erakusteko, mugikorrek aplikazio batetik seinale bat bidali ahal zaio mikrokontroladoreari zuzenean, internetarako edo bluetooth konexioa duen motatakoa bada, edo ordenagailuari eta honek mikrokontroladoreari USB bitartez. Mezu hori jasotzean, mikrokontroladoreak edozein motatako atalekin parekatuz, argiak piztu eta amatatu erleen bidez, ur iturriak zabaltu edo itxi solenoide balbulen bitartez, edota ateak zabaltu eta itxi solenoidedun pistoiekin.

### **Potentzia gutxiko ordenagailu sistemak**

Snake edo Tetris antzeko bideojoko sinpleetatik NFC<sup>20</sup> autentikaziorako erabili daitezke mota honetako gailuak. Mikrokontroladore bat ordenagailu astiroagotu baten antz handia du funtzionamenduan, beraz, ordenagailu modernoek egiten dituzten gauzak egiteko gai dira, nahiz eta orokorrean ez duten ordenagailu osoen abiadura, ezta gauza asko batera egiteko gaitasuna.

Baita ere erabilgarriak dira programa bereziekin parekatuak direnean, erabiltzaileak banatzeko, USB giltzen antzera. Mikrokontroladorea konektatzean, ordenagailuak USB portutik seinale bat bidaltzen dio, horrekin barruko kodea exekutatu eta erantzun bat bidaltzen dio ordenagailuari, honetan ari den kodeak erantzun honekin zerbait egin dezan.

### **Bestelako hobbyekin nahastatuz**

Mikrokontroladoreen izateko arrazoia beste sistemak kontrolatzea da, eta horregaitik, mota askotako hobbyetan aurkitu dute haien lekua Arduino bezalako plaka sinpleak. Maketen munduan

---

<sup>20</sup> Near Field Communication: Eremu Hurbileko Komunikazioa. Igerilekuko txartel zein Barik txartelen komunikazio metodoa da, akoplamendu magnetiko induktibon oinarritua.

oso erabiliak dira, bereziki tren maketetan baina baita ere irrati bidezko kontroleko hegazkin, helikoptero, itsasontzi zein dronetan, abiadurak eta argiak kontrolatzeaz kanpo, sentsoreen bidezko automatizazioa ahalegintzen dutelako.

Horietaz gain, PWM pinei esker, instrumentu musikal sinpleak egiteko gai dira Arduino plaka gehienak, edota ordenagailu bati MIDI<sup>21</sup> seinaleak bidaliz (honetarako itzultzaile bat konektaturik izanda), edozein instrumentu jo daiteke arduino plaka baten aginduetara.

---

<sup>21</sup> Musical Instrument Digital Interface: Instrumentu Musikalen Interfase Digitala. Instrumentu bakoitzari seinale bat ezarriz, beste instrumentuen edo ordenagailuen aginduen arabera soinuak sor ditzakete.

## **Ondorioak**

Mikrokontroladore plaken erabilera erraza eta moldakortasuna direla eta hala nola hauen arteko aukerak eta prezio baxuak direla eta, irakaskuntza espezializatuaren hasierarako oso baliagarriak deritzot honelakoei, elektronika, informatika eta programazioaren oinarritzko atalak behintzat hauekin batera erabilgarri daude erositako kutxatik plaka ateratzen den momentutik.

Sekula interesgarriak izan daitezke aipatutako hiru atal horietan interesatuta dagoen norbaitentzat, baina pertsona mota horretaz kanpo ere tresna bikainak izan daitezke alor askotako erabileretarako, adibidez gela bateko koloredun argiak kontrolatzeko internet bitartez, edo bestelako proiektu ezberdin baten datuak jasotzeko sentsoreen bitartez, imagina daitezkeen gauza gehienak neurtzeko sentsoreak baitaude plaka hauekin konpatibleak direnak.

Oso erakargarriak izan daitezke ume txikientzat ere, pantailetatik kanpo ateratzen denan haiek egindako zerbait askoz interesgarriago bihurtzeko gaitasuna duelako, horren eredu bikaina ere 3Detan inprimitzeko udalekuen boom-a da. Hauekin ordea, piezak inprimitzearen ordez, argiak eta motoreak mugitzean efektu berdina sorrarazteko espazioa egon daitekeela deritzot. “Scratch for Arduino”ren laguntzaz gainera, jada bideojokoak sortzeko duten esperientzia eta ulermena praktikan jarri dezakete robot edo makina bat sortzeko, gero eta ume gehiagok mota horretako programazioko udaleku zein jarduera estraeskolarretan izena ematen baitute.

Oro har, edozein eratako programazioa umeei irakastean, arazoei erantzunak bilatzeko gaitasuna eraikitzen laguntzen zaie, eta horiekin etorkizunean izango dituzten egoeren aurrean prestatuago egongo dira. Aipatutako plakak, Scratch, edo antzeko sistemen bidez, irakaskuntza hori era entretenigarrian ematen duten sistemak baino ez dira.

Sistema lagungarri, entretenigarri eta erabilgarri hauek adoptatzen diren edo ez, ikasleen eskaeren eta hezkuntzako sistema politikoaren esku dauden aldagaiak dira.



## **Informazio iturriak**

### **Patenteak**

EEPROM – Atal abstraktua eta funtzionamendu azalpena: US5297148A (Estatu Batuak)

SPI - Atal abstraktua eta funtzionamendu azalpena: US4739324A (Estatu Batuak)

I<sup>2</sup>C – Atal abstraktua eta funtzionamendu azalpena: EP0977126A2 (Patenteen Bulego Europarra)

### **Interneteko Dokumentuak**

Arduino (2019ko ekainaren 26an). Serial – Arduino Reference, [lerroan] Helbidea URL: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/communication/serial/>

Arduino (2018ko otsailaren 5ean). Software Serial Example | Arduino, [lerroan] Helbidea URL: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/LibraryExamples/SoftwareSerialExample>

Arduino (2019ko abenduaren 24an). Arduino - Wire, [lerroan] Helbidea URL: <https://www.arduino.cc/en/Reference/Wire>

Arduino (2019ko abenduaren 24an). Arduino – SPI, [lerroan] Helbidea URL: <https://www.arduino.cc/en/reference/SPI>

Arduino (2019ko otsailaren 5ean). Arduino as ISP and Arduino bootloaders | Arduino, [lerroan] Helbidea URL: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/BuiltInExamples/ArduinoISP>

Arduino (2019ko uztailaren 2an). analogRead() - Arduino Reference [lerroan] Helbidea URL: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/analog-io/analogread/>

Arduino (2020ko urtarrilaren 2an). Servo attach() – Arduino Reference, [lerroan] Helbidea URL: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/servo/attach/>

Arduino (2020ko urtarrilaren 2an). Servo – Arduino Reference, [lerroan] Helbidea URL: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/servo/>

Arduino (2018ko otsailaren 5ean). “Hello World!” | Arduino, [lerroan] Helbidea URL: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/LibraryExamples/HelloWorld>

Arduino (2019ko uztailearen 1ean). “PROGMEM” – Arduino Reference, [lerroan] Helbidea URL: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/variables/utilities/proGMEM/>

Sparkfun (2013ko ekainaren 3an). Logic levels, [lerroan] Helbidea URL: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/logic-levels/all>

Sparkfun (2013ko otsailaren 6an). Voltage, Current, Resistance and Ohm’s Law, [lerroan] Helbidea URL: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/voltage-current-resistance-and-ohms-law>

Sparkfun (2013ko otsailaren 8an). Voltage dividers, [lerroan] Helbidea URL: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/voltage-dividers>

Sparkfun (2013ko otsailaren 27an). Pulse Width Modulation, [lerroan] Helbidea URL: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/pulse-width-modulation>

Adafruit (2012ko uztailearen 29an). Overview | Character LCDs | Adafruit Learning System, [lerroan] Helbidea URL: <https://learn.adafruit.com/character-lcds>

Processing fundazioa (2020ko urtarrilaren 17an). Processing, [lerroan] Helbidea URL: <https://processing.org/>

Micropython (2014ko urriaren 6an). Micropython – Python for microcontrollers, [lerroan] Helbidea URL: <https://micropython.org/>

Edutek taldea, Citilab (2010). S4A, [lerroan] Helbidea URL: <http://s4a.cat/>

Midi asoziazioa (2021eko urtarrilaren 14an). MIDI.org Home, [lerroan] Helbidea URL: <https://www.midi.org/>

NFC Foroa (2020ko abenduaren 6an). What is NFC? - NFC Forum, [lerroan] Helbidea URL: <https://nfc-forum.org/what-is-nfc/>

Robot Platform (2012ko irailean). Robot Platform | Knowledge | Analog To Digital Conversion, [lerroan] Helbidea URL: [http://www.robotplatform.com/knowledge/ADC/adc\\_tutorial.html](http://www.robotplatform.com/knowledge/ADC/adc_tutorial.html)

Khaled Humood (2019ko azaroan). Conventional 3bit flash ADC circuit, [lerroan] Helbidea URL: [https://www.researchgate.net/figure/Conventional-3-bit-flash-ADC-circuit\\_fig2\\_337630402](https://www.researchgate.net/figure/Conventional-3-bit-flash-ADC-circuit_fig2_337630402)

Ray Burne, Arduino Foroa(2016ko urriaren 6an). Serial.print(F("Hello World"));, [lerroan] Helbidea URL: <https://forum.arduino.cc/index.php?topic=428015.0>

## **Eranskinak**

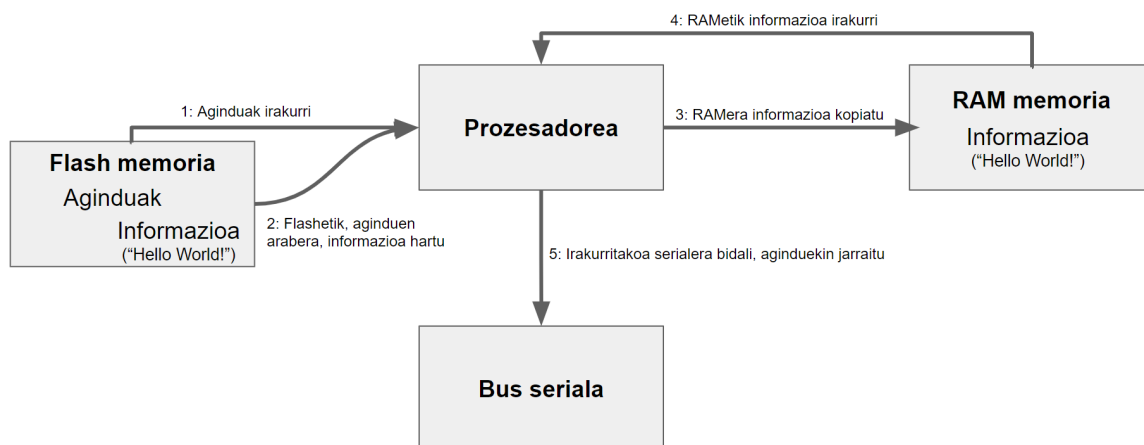
## I – Aldagaiak Flash memorian gordetzea

Atmega 328/p bezalako mikrokontroladore txikietan, RAM memoriarik gabe geratzea ez da batere zaila, bereziki programa oraindik garatzean. Hau ekiditzeko, edo gutxienez zailago izan dadin, bi era daude aldagaiak programen memorian kodearekin batera gordetzeko.

“F() string”ak dira erarik sinpleena honetarako, eta kode garapenean oso erabilgarriak diren string edo testu motak dira.

```
void setup() {  
    Serial.begin(9600);  
    Serial.print("Hello World!");  
}  
  
void loop() {}
```

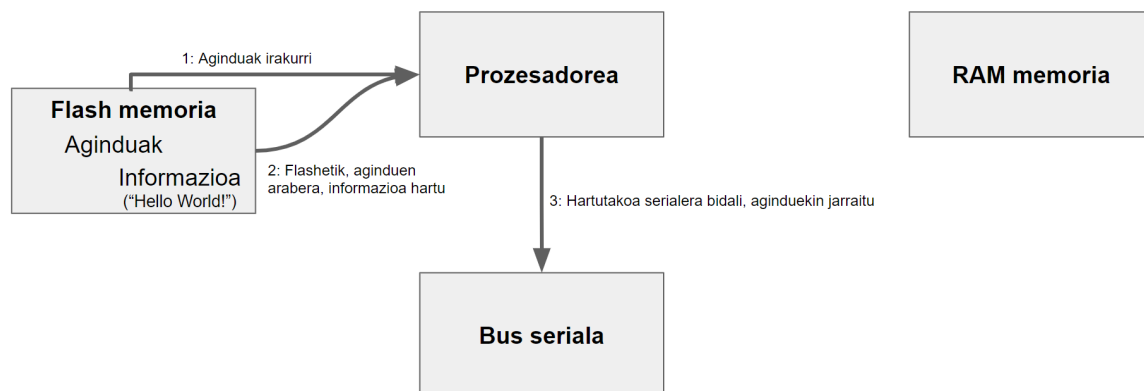
Hau egiterakoan “Hello World!” testuak programazio memoriako espazioa hartzen du eta horrez gain, RAM memoriako espazioa hartzen du, kode hori era honetan exekutatzen baita:



Kode hori ordea, era oso sinple batez alda daiteke Flash Memoria erabiltzeko, bidali nahi den aldagaia ez delako inoiz aldatzen kode horren exekuzioan.

```
void setup() {  
    Serial.begin(9600);  
    Serial.print(F("Hello World!"));  
}  
  
void loop() {}
```

Argi ikus daiteke, “Hello World!” F() baten barruan sarturik dagoela. Horren bitartez, konpiladoreak parentesien arteko string aldagaia Flash memorian gordeko du, aginduekin batera. Era honetan, bai RAM memoriako espazioa zein prozesadore denbora hobe erabiliko dira, diagrama honetan ikusi daitekeen moduan:

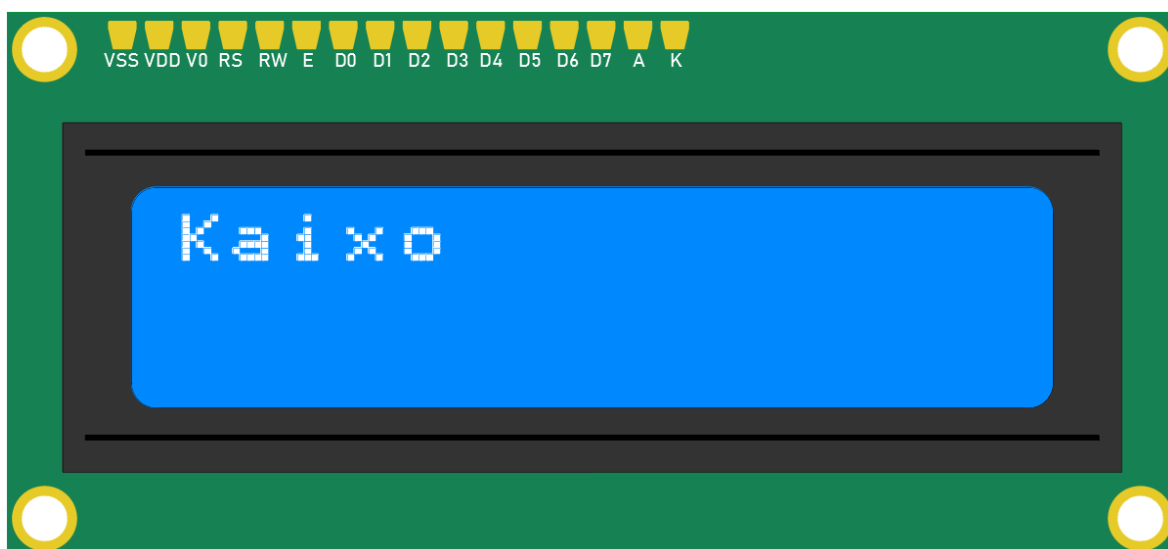


Beste aukera, pgmspace liburutegiaren bitartez egitea da. Hau askoz konplexuagoa da erabiltzeko, baina mota askotako informazioa gorde daiteke flash memorian horren bitartez, bereziki informazio matrizeak gordetzeko erabilgarria da, baina hauek berriz irakurtzeko, funtzio berezien bitartez soilik egin daiteke.

Hau oso erabilgarria izan daiteke LCD pantailentzako karaktere bereziak egin nahi izatekotan. Bakoitzak byte bat okupatzen duenez, askotan komeni da programa memoria handiagoa erabiltzea RAM memoria txikiagoa okupatzea baino.

## II – Karaktere LCD pantailak

Izenak berak dioenez, karakterez karaktere erabiltzen diren pantailak dira, kristal likidoekin koloreen aldakuntza egiten dutenak. Orokorrean, 14 pineko<sup>22</sup> plaketan datozte, atzeko argiaren pinak zenbatu gabe, hauek 2 edo 4 izan ahal baitira, kolore bakarrekoa edo aldagarrikoa den arabera. Aurkitzen diren gehienak, ordea, 16 pinekoak dira eta kolore bakarreko argia dute. Konexio ugari egin behar diren arren, erabiltzeko oso errazak dira Arduino IDEarekin datorren LiquidCrystal liburutegiaren bitartez. Pin gehienak edozein pinetara konektatu daitezke, programatzeko momentuan pin egokiak izendatzen diren heinean.



Irudia 4: 16 pineko karaktere LCD pantaila baten marrazkia.

Liburutegia izanda, pantaila piztu eta prestatzeko zera idatzi behar da setup() funtzioan:

```
LiquidCrystal lcd(RS, EN, d4, d5, d6, d7);  
  
lcd.begin(16,2)
```

Nahiz eta parametro ugari daudela dirudien, oso ulergarriak dira. Har dezagun RS eredutzat, eta pantailako plakaren pin baten izena dela ikusiko dugu. Pin hori mikrokontrolagailuko zein pinean konektatu dugun ikusi eta hor ipiniko dugu. Prozesu hori guztiekin egin beharra dago. D0-D3 pinak ez dira beharrezkoak pantaila erabiltzeko, baizik eta 8 biteko datuekin funtzionatu dadin 4 bitekoekin ordez. 8 bitekin funtzionatzekotan, EN eta d4 tartean sartuko lirateke kodean.

<sup>22</sup> Badaude pantaila mota hauen bertsio bereziak, SPI eta I<sup>2</sup>C bitartez kontrolatzea ahalegintzen dutenak. LiquidCrystal liburutegiaren bertsio ezberdinak erabili behar dira mota hauetarako.

Konexioak ezarri ondoren, `lcd.begin()` erabiliz pantailaren erresoluzioa karaktereetan ematen zaio kodeari, lehenengo horizontalki eta ondoren bertikalki, kursora mugitzerakoan lerroetan leku zuzenean kokatu dadin Arduinoak.

Baita ere aipagarria da kontrasterako potentziometro bat ipintzea komenigarria dela pantailaren V0 pinean, edo behintzat erresistentzia bat kontraste irakurgarri bat ezarri dadin.

Kolore aldagarria duen pantaila izatekotan, pin horiek PWM pinetara konektatuz eta `analogWrite()` erabiliz, edozein koloreko atzeko plano eman diezaiokegu pantailari testu zuria gainean dugula, edo pantailako filtro polarizatzaileari buelta emanda, testu koloreduna pantaila guztiz zuri batean.



### III – PWM: Pulse Width Modulation edo Pulsu Zabaleraren Modulazioa

Arduinorekin lan egitean hiru era nagusi daude PWM seinale bat bidaltzeko: `analogWrite()`, ziurrenik sinpleena, “Servo” liburutegiaren bitartez (Arduino IDEk aurreinstalatuta duen liburutegia) eta azkenik, eskuz periodoak eta boltaiak ezartzea. Azken hau azaltzea ez da beharrezkoa, eskuz ezarritako balioak erabiltzean oinarritzen baita.

Lehenengoa, `analogWrite()` bitartez idaztea da. Lehenengo parametroan, PWM seinaleak sortzeko pin baten zenbakia ematen da. Bigarren parametroaren bitartez “Duty Cycle” edo “Lan Zikloa” adierazten da. 0tik 255erako balioak ezarri daitezke hor: 0 beti lurrean izanda, hau da, %0ko lan zikloa delarik eta 255 beti boltai maximoa izanda, hau da, %100eko lan zikloa delarik.

Lan zikloa ehuneko moduan zein erlazio baten moduan adierazi daiteke. Balio hori lortzeko, pulsuaren luzeera ( $\tau$ ) periodoarekin ( $T$ ) zatitu behar da, eta 100ekin biderkatu ehuneko balioa lortu nahi izatekotan:

$$D = \frac{\tau}{T} \quad \%D = 100 \cdot \frac{\tau}{T}$$

Honela sorturiko PWM seinale batek pin horren maiztasun handienarekin sortuko du mikrokontroladoreak, beraz Arduino UNO eta Nanoak eredutzat hartuta, 3, 9, 10 eta 11 pinetan 490Hzko maiztasunarekin eta 5 eta 6 pinetan 980Hzko maiztasunarekin.

Bigarren aukera, serbomotoreen liburutegiaren bitartez kontrolatzea da. Honekin, `setup()` barruan lerro pare batekin, edonon ezarri dezakegu 50Hzko PWM seinale bat, ez soilik PWMrako gaitasuna duten pinetan. Hau noski posiblea da soilik 50Hz nahiko maiztasun motela delako eta arduino sinpleenen erlojuek mikrokontroladoreari abiadura nahikoa ematen diote denbora tarte horien kalkulu horiek egiteko.

Zoritarrez, serbomotoreen liburutegia baditu atal negatiboak, gehien bat %0ko eta %100ko lan zikloak ezin direla lortu, ez baitago diseinaturik horretarako. Horrez gain, `analogWrite()` baino konplexuagoa da erabiltzeko.

Atal negatibo horiek ordea ez dira inolako arazoa ematen dituen aukerei esker, lan zikloaren maximo eta minimoak ezarri ahal baitira. Serbomotoreak erabiltzeko diseinatua izan zenez, balio maximoa 180 zenbaki dezimalarekin ezarriko da, eta baliorik txikiena 0 balio dezimalarekin, hori baita serbomotore gehien mugimendu tartea.

Mugimendu tarte handiago bat duen serbo bat kontrolatu nahi izatekotan, edo zapatarik gabeko motore bat kontrolatzeko, haren abiadura kontroladoreari eman behar zaion seinale berezia bidaltzeko, PWMaren lan zikloa aldatu beharko da.

Adibide honetan, zapatarik gabeko motore baten abiadura kontrolatzeko programa agertzen da, motorearen kontroladorearen seinale pina 9. pinean konektaturik dagoela. Potentziometro baten bidez 0 pin analogikoan, motorearen abiadura eraldatzeko:

---

```
#include <Servo.h>
Servo ESC;
int potPin = 0;
int valTh;

void setup() {
  ESC.attach(9, 1000, 2000);
}

void loop() {
  valTh = analogRead(potPin);
  valTh = map(valTh, 0, 1023, 0, 180);
  ESC.write(valTh);
}
```

---

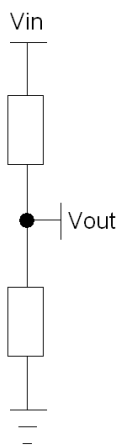
‘Servo’ liburutegia erabiliko dela ezartzen da lehenengo lerroan, eta bigarrenetan erabiliko den serbomotore seinalearen izena ezartzen da (kasu honetan ESC batentzat da, zapatarik gabeko abiadura kontroladoreek izen bi jasotzen dituztelako: ESC edo “Electronic Speed Controller” eta ECU edo “Electronic Control Unit”). Ondoren potentziometroaren pinari izena ematen zaio ere, ikusgarriago eta ulergarriagoa izan dadin. Hasierako setup kodean, ESCa konektatuko da, eta hiru parametro ezarri zaizkio: 9 zein pinetan konektatuta dagoen, 1000 pultsurik txikiena da mikrosegunduetan, eta 2000 pultsurik luzeena da, ere mikrosegundutan.

Beraz, ESC honek abiadurarik txikiena, beraz geldi egotea, milisegundu bateko pultsuekin egingo du eta abiadurarik bizkorrena lortuko du bi milisegunduko pultsuekin. Lan zikloetara pasatuz, 0.05 edo %5eko lan zikloarekin geldi egongo da motorea, eta 0.1 edo %10eko lan zikloarekin motorea haren abiadura maximoan biratzen egongo da.

Hori ezarri ondoren, denbora oro potentziometroaren pina konprobatzen duen kodea dago, eta horren balioa, ADCaren 10 biteko tartetik, serbomotoreetara bideratutako liburutegiko 0-180 balio tartera itzultzen du map() funtzioaren bitartez, liburutegiko servo.write() lerroarekin (erabilitako aldagaien izenekin ordezkaturik, beraz kasu honetan “ESC.write()”) seinalea bidaltzeko ESCra.

#### IV – ADC: Analog to Digital Converter edo Analogikotik Digitalerako Itzultzailea

Ohm-ren legean oinarritutakoak dira erabilienak, bereziki kontsumitzaile mailan, haien sinpletasunari esker. Erresistentzia ugariko serie batekin, erreferentzia boltaia zatitzen da eta pineko sarrerako boltaiarekin konparatuz.

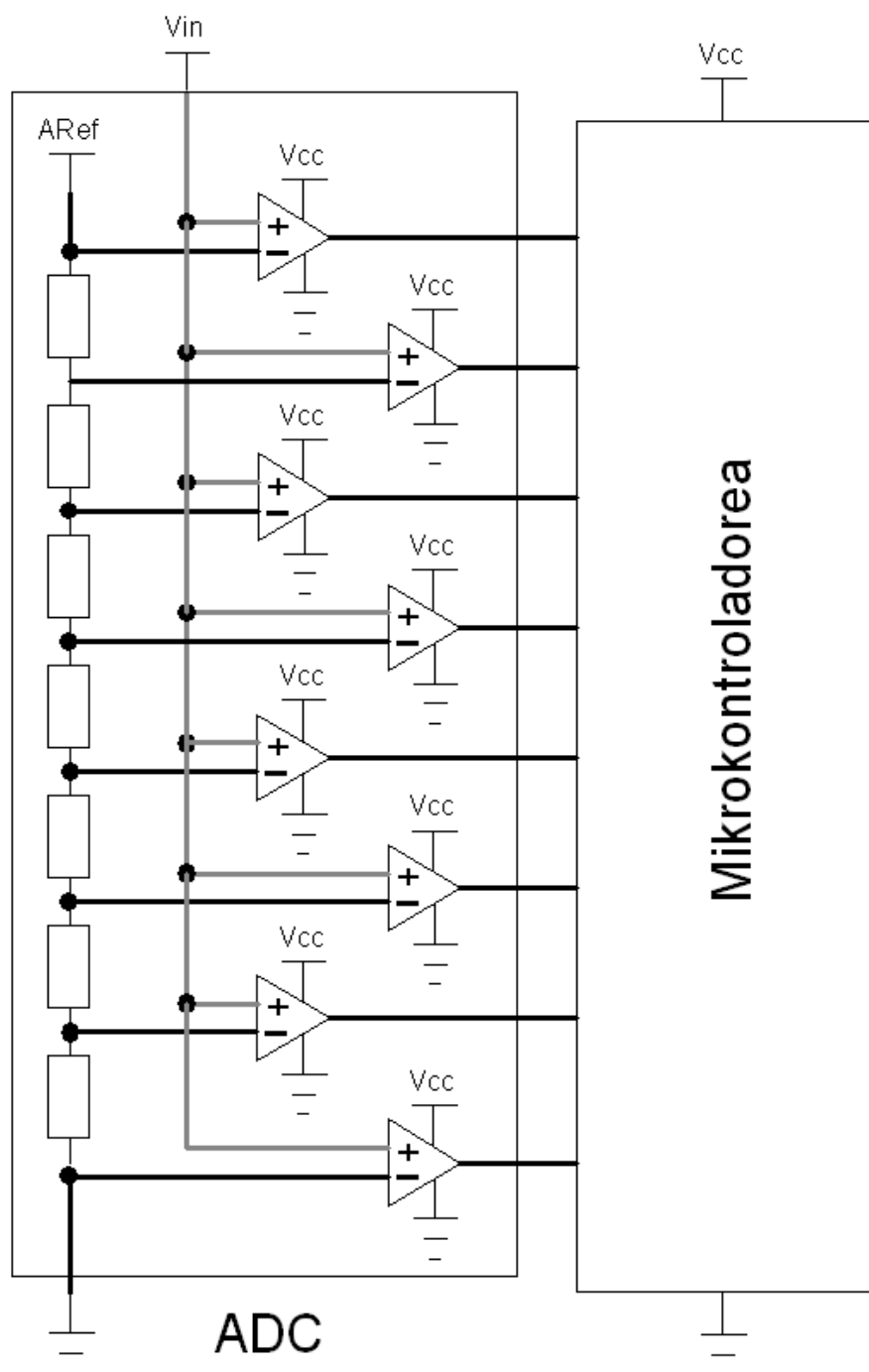


Hona hemen boltaia zatitzaile arrunt bat. Bi erresistentzien balioa berdina dela suposatuz, eta korronte ez infinitua erabiliko dugula suposatuz, Vout-eko boltaia Vin-ekoaren erdia dela jakin dezakegu, Ohm-en legetik oinarritutako formula honen bitartez:

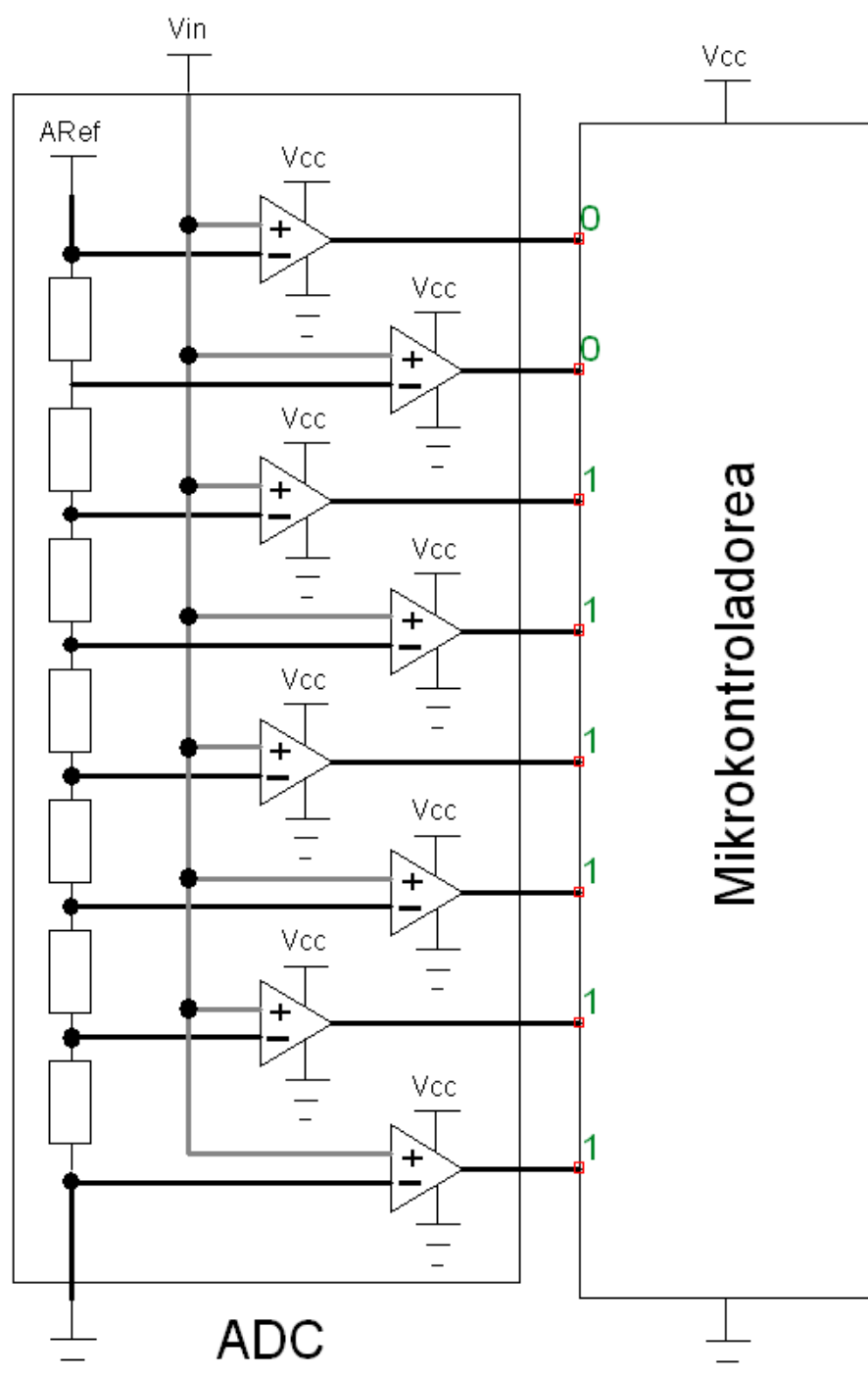
$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Hau jakinda, 8-biteko ADC oso sinple bat eraikiko dugu. Horretarako, Aref pineko boltaia 8 zatitan banatu beharko dugu, azkenekoa lurrean konektatuta utziz. Zatiketako atal bakoitza, konparadore baten terminal negatibora konektatuko dugu, eta detektatu nahi dugun boltaia konparadorearen polo positibora. Horrela, detektatu nahi dugun boltaia 8 zatiduretako zeintzuk baino altuago eta zeintzuk baino baxuago den konprobatu ahal izango dugu: Altuagoa bada, konparadoreak 'logical HIGH' bat edo '1' bat bidaliko duelako, eta baxuagoa bada, 'logical LOW' bat edo '0' bat bidaliko duelako.

Hona hemen gure zirkuitu sinplea. Konparadoreak eta hauen informazioa irakurriko duen zirkuitua, kasu honetan mikrokontroladorea, Vcc boltaia berdina izan behar dute, eta zirkuitu osoak lur komuna izan behar du boltaien irakurketa egin ahal izateko.

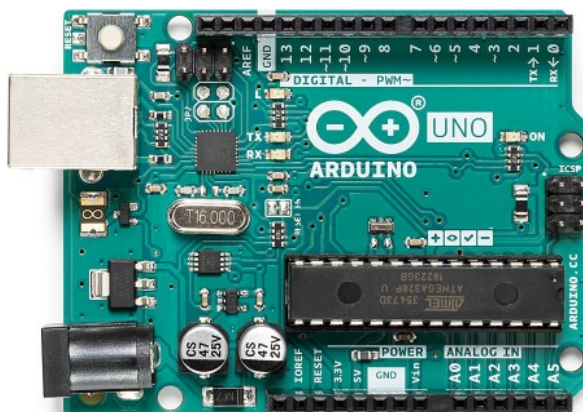


Honen funtzionamenduko eredu bat izateko, 5V-eko Aref boltaia eta 3,2V-eko Vin rentzako kalkuluak aplikatu ostean, itxura hau izango luke. Berriz ere, erresistentzia guztien balioa berdina dela suposatuz eta korrontea ez infinitua dela suposatuz.

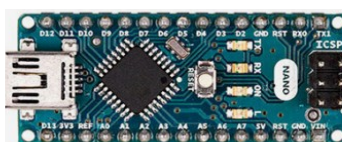


00111111 balio binarioa lortuko genuke, hau dezimalean 63 zenbakia dena. Balio altuagoa lortzeko, boltaia 3,75V-etik gorakoa izan beharko litzateke, eta balio maximoa, 4,375V-etik gorakoentzat, 255 zenbaki dezimala emango luke. Aipagarria da azaltzea, ADC mota honek, ez duela 8 bit-en erresoluzio osoa erabiltzen, baina eredu oso argia da funtzionamendua ulertzeko.

## V – Arduino plaken tamaina



*Irudia 5: Arduino UNO ofiziala. 1:1 eskalan*



*Irudia 6: Arduino Nano ofiziala  
1:1 eskalan*