

Menyhárt József
jmenyhart@msn.com

VILLAMOS FESZÜLTSGMÉRÉSE ARDUINOVAL

Absztrakt

A cikk rövid bemutatót nyújt a mikrokontrollerek fejlődéséről, valamint a ma használatos mikrokontrollerekről és azok fontosabb paramétereiről. Röviden ismertetésre kerül a Neumann és Harvard architektúra. A cikk fókuszát egy nyílt forráskódú Arduino mikrokontroller képezi. Egy fejezet az eszköz főbb tulajdonságait mutatja be és a hozzá használatos fejlesztési környezetet. Említésre kerül az Arduino és a Matlab használatának lehetőségei. Utolsó előtti fejezetben pedig egy szervomotor áramfelvételének mérésére szolgáló rendszer található. A cikk rövid összeggzéssel zárul.

The article gives a short description of history of microcontrollers and their main parameters. The article describes the von Neumann and Harvard architectures. The focus of the article is an open source code programming microcontroller named Arduino. A chapter of the article shows the main properties and the developing environment of the controller. The article shows the possibilities of simultaneous use of Matlab program and Arduino device. The pre-last chapter contains a system which can measure the electric voltage of a servo motor. Finally, the article summarizes the main results, and points out possible use of the method submitted here.

Kulcsszavak: *mikrovezérlő, architektúra, Arduino, Matlab ~ microcontroller, architecture, Arduino, Matlab*

BEVEZETÉS

A mai modern mikrovezérlők forradalmasították a digitális technikát. Különösen nagy előnyük, hogy olcsók és univerzálisan felhasználhatóak szinte bármilyen vezérlési vagy szabályzási feladathoz. A mikrokontroller egyetlen lapkára integrált célszámítógép. Manapság szinte bárhol megtalálhatóak legyen az kommunikáció, járműipar vagy hadi technológia.

A mikrovezérlők csak akkor működnek megfelelően, ha azok megfelelő tudással és szakértelemmel vannak programozva, tehát a használatukhoz szükség van hardveres és szoftveres ismeretekre egyaránt.

A mikrokontrollerek költséghatékonyan látják el a feladatukat, tervezésük során a mérnökök arra törekednek, hogy minél költséghatékonyabb megoldást nyújtsanak a felhasználók számára. Ahhoz, hogy ez megvalósuljon, az IC lábainak úgynevezett multiplex felhasználását preferálják és különböző beépített perifériák használnak. Felhasználásukat tekintve különböző real-time vagy más néven valós idejű feladatok elvégzésére használják, operációs rendszerrel általában nem rendelkeznek.

A modern robotika számos új autonóm robotot teremtett. Megkülönböztetünk felszíni (szárazföldi és vízfelszíni), vízfelszín alatti-, és légi robotokat. E robotok sokszor szabadidős, kedvtelési céllal épülnek, de számos területen már állami-, vagy magáncélú, üzleti alapú alkalmazásokkal is találkozunk. Szabolcsi a [1] cikkében a légi robotok katonai-, míg a [2] cikkében a nem-katonai alkalmazását mutatja be, és határozza meg a felhasználói követelményeket. Az autonóm robotok alkalmazásának egyik fontos feltétele a mozgásuk automatizálása. A légijárművek repülésszabályozása robusztusságának alapvető vizsgálati módszereit Szabolcsi a [3] és a [4] cikkekben mutatja be, míg Szabolcsi [5] könyve összefoglalja a dinamikus repülésszabályozó rendszerek tervezésére vonatkozó elméleti ismereteket, és számos új, gyakorlati példa megoldását is bemutatja. Könnyű belátni, hogy a robotok, közülük is főleg a légi robotok, véletlenszerűen változó környezetben mozognak, így Szabolcsi [6] cikke alapvető fontosságú a sztochasztikus dinamikus rendszerek leírásában. Az autonóm robotok mozgása rendszerint a pályájuk egy részén automatizált, és főleg biztonsági okok miatt, lehetőség van arra, hogy a robot kezelője beavatkozzon a dinamikus folyamatokba. Szabolcsi a [6] cikkében az emberi tényezők repülésszabályozásra gyakorolt hatását vizsgálja, és megadja azokat a matematikai dinamikus modelleket, amelyek segítségével az emberi tevékenység leírható, és jellemezhető.

A cikk célja, hogy bemutasson egy nyílt forráskódú mikrokontrollert, amely az Arduino UNO nevet viseli, valamint vázoljon egy prototípus áramkör, amely egy akkumulátor paramétereinek vizsgálatát szolgáltatott reprezentálni.

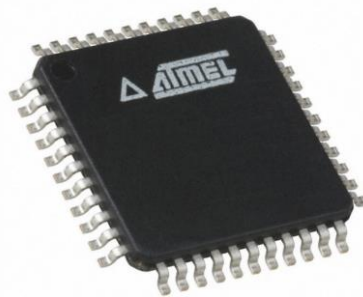
MIKROKONTROLLEREK

A világ első mikroprocesszora a 4 bites Intel 4004 volt, amelyet 1971-ben készített el az Intel. Gary Boone és Michael Cochran elkészítik ugyanebben az évben az első mikrokontrollert, amely a TMS 1000 nevet kapta. [7] [8] [9] [10]

Az Intel első mikrokontrollere az Intel 8048 volt, amelyet 1977-ben kezdtek el forgalmazni. Ezen a kontrolleren a RAM és ROM ugyanazon a chipen volt megtalálható. Luke J. Valenter az Intel egyik sikertörténetének nevezte a mikrokontrollert. [7] [8] [9] [10]

1993-ban bevezetésre került az EEPROM memória, amely nagymértékben növelte a vezérlők flexibilitását. Még ebben az évben az Atmel bemutatta az első flash memóriás kontrollert. A mikrokontrollerek ára nagymértékben csökkent, ezáltal széles felhasználói körhöz jutott el. [7] [8] [9] [10] [11]

A mikrokontrollerek (1. ábra) nem mások, mint egy speciális számítógépek, amelyek mindössze egyetlen chipből épülnek fel. Ez az egy chip tartalmazza a processzort, a memóriát, az I/O vezérlőket (1. ábra). [7] [8] [9] [10] [11]



1. ábra. Atmel mikrokontroller [12]

A belső processzor két részből áll [7] [8] [9] [10]:

- ALU: logikai, aritmetikai egység
- CU: vezérlő jelekre reagál és vezérlő jeleket ad ki

Napjainkban egyre elterjedtebbé válnak a C nyelven programozható eszközök, amelyek nagymértékben leegyszerűsítik a vezérlőkkel végzett munkát.

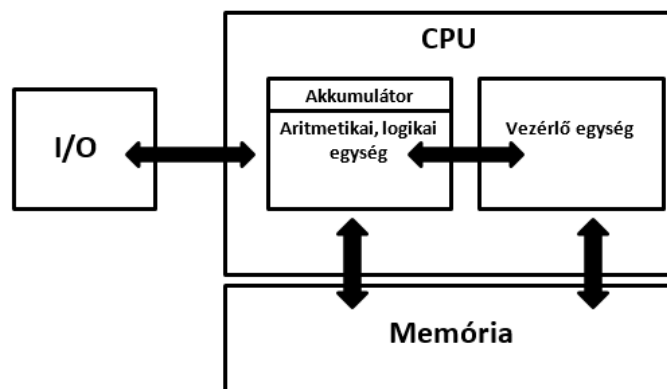
A gyártók eltérő paraméterekkel készítik termékeiket. Léteznek 8, 16 és 32 bites processzorral szerelt vezérlők. Ezek közül talán a legelterjedtebbek a 16 bitesek. [7] [8] [9] [10]

A számítógépektől eltérően a mikrovezérlők nem Neumann architektúrára (2. ábra) épülnek fel, hanem úgynevezett Harvard architektúrát (3. ábra) használnak. [10] [13] [14] [15]

Neumann János az 1945-ben íródott „First Draft of a Report on the EDVAC” címmel írt tanulmányában írta le először azon elveit, definícióit, amelyek alapján ma a Neumann féle tárolt programvezérlésű számítógépek működnek. Az első ilyen számítógépet a Princeton Egyetemen építették IAS néven. Újítása az elődeihez képest, hogy a programot nem mechanikusan, különböző kapcsolósorok segítségével kell beállítani, hanem azok az adatokkal együtt egy memóriában vannak eltárolva. Így gyorsabban lehet a parancsokat bevinni és megváltoztatni. Másik fő előnye annak, hogy a programok egy memóriában vannak az, hogy így lehetőség van „programot generáló program” létrehozására, tehát megjelentek az első fordító programok. [10] [13] [14] [15]

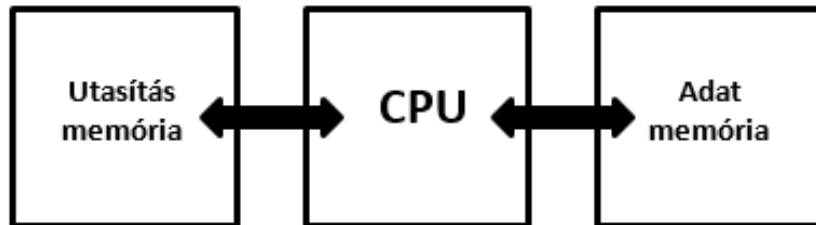
A Neumann féle architektúrájú számítógép a következő részekből áll [10] [13] [14] [15]:

- CPU
- Memória
- I/O perifériák



2. ábra. Neumann architektúra ([14] alapján)

A Harvard architektúra a Harvard Mark I számítógép után kapta a nevét. Ez a számítógép lyukkártyáról olvasta az utasításokat, az adatokat pedig relé kapcsolókból álló tárban tárolta. Ebben az architektúrában az utasítások és az adatok fizikailag különböző tárolókban valósulnak meg. A processzorok két különálló interfésszel rendelkeznek, egy az utasításmemória felé, egy pedig az adatmemória felé. [14] [15]



3. ábra. Harvard architektúra ([14] alapján)

A Harvard memória képes két műveletet egyidejűleg végezni a Neumann architektúrával szemben. A Harvard architektúrát nem csak mikrokontrollerek, hanem jelfeldolgozó processzorok (DSP) is alkalmazzák. [14] [15]

A mikrovezérlők különböző memória típussal vannak ellátva, amelyek nagymértékben befolyásolják flexibilitásukat. [8] [14] [16] [17]

- ROM: Read Only memory, csak olvasható memória
- EPROM: Elektronikusan programozható ROM, többször újraprogramozható, teljes tartalmát csak UV fényel lehet törölni
- EEPROM: Elektronikusan törölhető és programozható ROM
- FLASH: EEPROM egyik változata, gyorsan írható és olvasható
- RAM: Random Access Memory, véletlen elérésű memória, tartalmát csak tápfeszültség jelenlétében őrzi meg

A legtöbb mikrovezérlő 5V-os tápfeszültségről működik, bizonyos vezérlők működtetéséhez elegendő egy ceruzaelem. A legtöbb vezérlő 4,5-6V közötti feszültséggel működik. A megfelelő feszültséget egy úgynevezett Brown out érzékelő figyel, amely akkor avatkozik be, amikor a tápfeszültség a minimum érték alá csökken. Az alacsony feszültség szint kiszámíthatatlan működéshez vezet, a Brown out érzékelő, mint egy biztonsági eszközként működik a kontrollerekben. [8] [14] [16] [17]

Működésükhöz elengedhetetlen a megfelelő órajel, amelyet egy rezgőkvarc és kondenzátorokból álló áramkörrel oldanak meg. A kontrollerek speciális számlálókat is tartalmaznak, amelyeket időzítőknak nevezünk. Ezeknek a működése programból indítható vagy állítható le. Működésük folyamán folyamatokat szakíthatnak meg vagy éppen eseményeket lehet velük időzíteni. [8] [10] [11]

Az eddig felsoroltak mellett fontos szerepet kap a Watchdog, amely egy olyan speciális számláló, amelyet a program végrehajtása vezérel. Minden egyes sikeres programlefutás utána Watchdog értéke egyel nő. Abban az esetben, ha a program hibás, lefagy, akkor a számláló nem nő tovább, kis idő elteltével a számláló a vezérlőt újraindítja. Mindemellett minden mikrovezérlő el van látva egy külső Reset gombbal, amelynek megnyomása utána a program végrehajtása előlről kezdődik. [8] [10] [11]

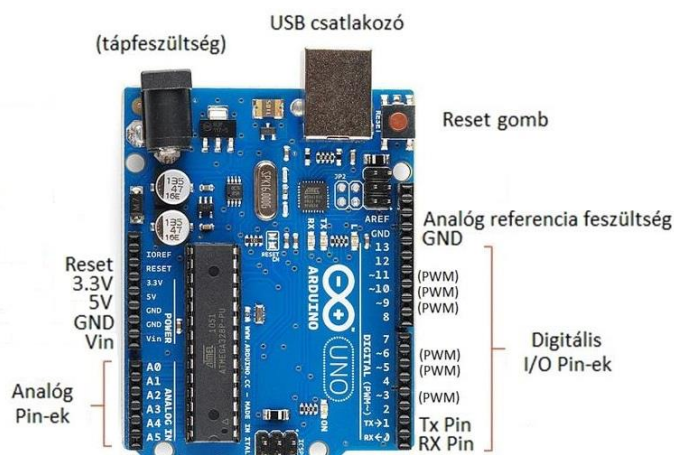
A soros I/O bementek lehetőséget biztosítanak számítógéppel vagy más mikrovezérlővel való kapcsolatra. [8] [10] [11]

ARDUINO UNO

Az Arduino Uno (4. ábra) egy Atmel AVR mikrovezérlő családra épülő fejlesztőplatform. Viszonylag széles körben elterjedtek köszönhetően olcsóságuknak és egyszerű programozhatóságuknak és más eszközökkel való könnyű csatlakoztatásának. [16] [17] [18] [19]

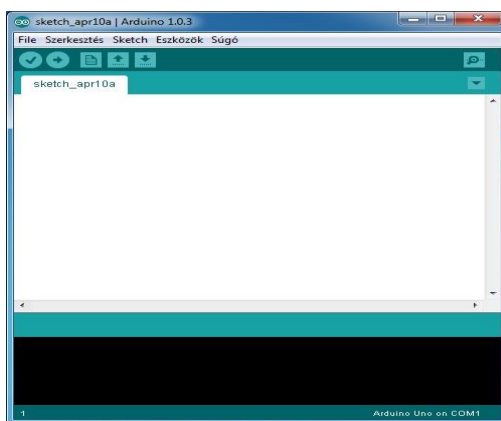
A legelterjedtebb változatok az Arduino Uno és Nano panelek. Mindkét eszköz ATmega328-as mikrovezérlőre épül. Ez egy 28 lábú mikrovezérlő, amely 20 db Input és Output lábbal rendelkezik. Ebből 6 db analóg bemenet, 6db PWM kimenetként használható és két láb használható külső megszakításhoz. A csatlakozók hüvelysoraihoz forrasztás nélkül csatlakoztathatók vezetékek. [16] [17] [18] [19]

A vezérlő USB kábellel csatlakoztatható számítógéphez. Ezen keresztül kapnak a panelek megfelelő tápellátást, valamint USB kábelen keresztül kommunikálnak a számítógéppel. [16] [17] [18] [19]



4. ábra. Arduino Uno fontosabb részei [19]

Az Arduino nem csak egy eszközt takar, hanem egy hozzá kapcsolódó fejlesztő környezetet is (5. ábra). Számítógépen lehetőség van az eszköz nevével megegyező Arduino program elindítására, amelynek segítségével könnyen írhatóak programok (sketch) a mikrovezérlőre. A megírt programok lefordítás után USB kábelen keresztül kerülnek a controllerre. [16] [17] [18] [19]



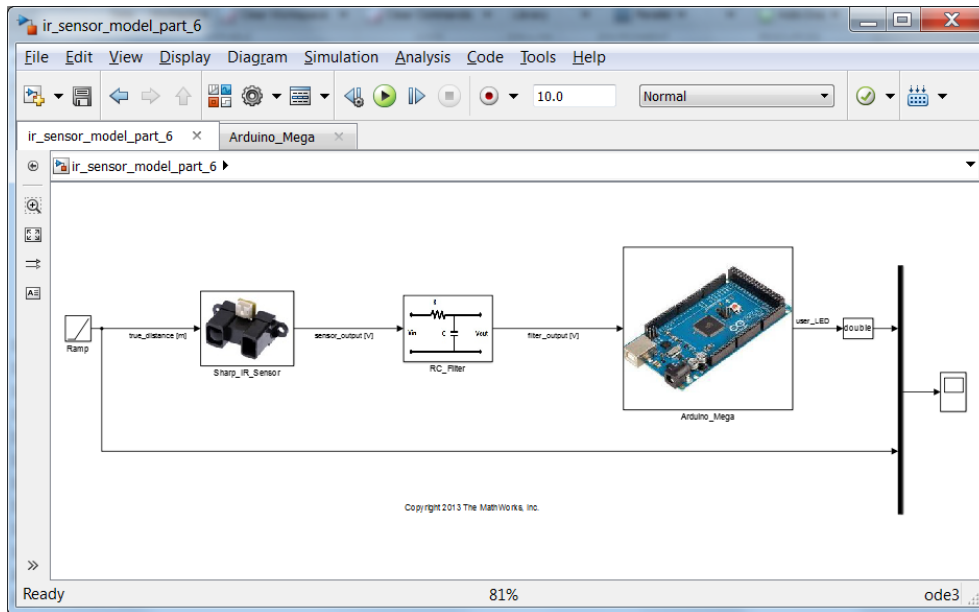
5. ábra. Arduino fejlesztő környezet [19]

A fejlesztőkörnyezet a C++ programnyelv egy egyszerűsített változatát használja. Rengeteg előre elkészített könyvtárat tartalmaz, amelyek bonyolultabb programozás során segítségére lehet a felhasználónak. Az eszköz előnye, hogy nincs szükség a rajta lévő AVT mikrovezérlő részletes működésének ismeretére, ezt a fejlesztő környezet elfedi a felhasználó elől. A perifériák használata az esetek nagytöbbségében megadható egyszerű paranccsal. [16] [17] [18] [19]

ARDUINO ÉS MATLAB

A Matlab matematikai program USB kábelen keresztül kommunikál a controllerrel. Matlab használatának (6. ábra) köszönhetően lehetőség van interaktív fejlesztésre (bizonyos modellek esetében), jelek figyelésére és hibák kiszűrésére. Matlab-on keresztül lehetőség van szervomotorok, léptetőmotorok, vezérlésre, valamint egyéb perifériás eszközök kezelésére. [20] [21] [22] [23] [24] [25]

A Matlab Simulink program alapján véve nem támogatja az eszközt, de egy úgynevezett kiegészítővel ez áthidalható. Ennek a kiegészítőnek a neve: Matlab and Simulink Support for Arduino. Alternatív programozói eszközként alkalmazható (direkt programozás) Simulink Support for Arduino Hardware. [20] [21] [22] [26] [27] [28]



6. ábra. Matlab fejlesztői környezet [29]

Simulink segítségével lehetőség van különböző algoritmusok létrehozására, tesztelésére és működtetésére. Bizonyos Arduino modellek esetében interaktív felületen lehet nyomon követni az adatokat (Tune Monitor). Matlab Simulink előre elkészített könyvtárakat is tartalmaz, amelyek az Arduino bemenetére és kimenetére csatlakoztathatóak. [21] [22] [27]

VILLAMOS FESZÜLTSGMÉRÉS ARDUINO-VAL

Az Arduino mikrovezérlő képes villamos feszültség mérésére. Az eszköz 0 és 5V közötti feszültséget képes elviselni. 5V feletti érték esetén az eszköz károsodást szenvedhet, ezért a mérendő telepet ellenállásokkal kell csatlakoztatni a mikrovezérlőhöz. [16] [30]

Két ellenállás feszültségosztóként működik, amelynek segítségével az eszközre kötött feszültség érték csökken. Így az ellenállások a mérendő tartományt kiszélesítik. A vezérlőbe épített ADC (Analog to Digital Converter) 1024 különböző szintet tud olvasni 0 és 5V között. A 10V-ig kiterjesztett tartományban a szintek jobban szétoszlának, ezért az eszköz kevésbé lesz érzékeny a változásokra. Az ellenállások értékét növelni lehet, amelynek köszönhetően a feszültség érték csökken, ezáltal a mérési pontosság nő. Az Arduino-ra egy $R_3 = 5K\Omega$ és egy $R_4 = 4K\Omega$ csatlakoztatása után a feszültségértéket 4-5 arányban osztja. [31] [32] [33]

Megfelelő feszültségosztó számításához a következő képlet alkalmazható [31] [32] [33]:

$$V_{out} = \left(\frac{R_3}{R_3 + R_4} \right) V_{in} \quad (1)$$

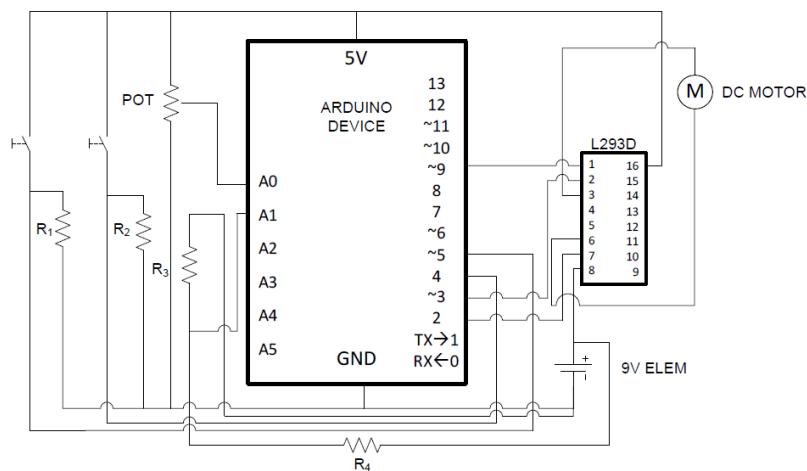
Ha az Arduino feszültség osztója megfelelően működik és a V_{out} maximális értéke 5V, akkor a következő összefüggéssel számítható az áramkörre csatlakoztatható maximális feszültség [31] [32] [33]:

$$V_{max} = \frac{5}{(R_4/(R_3+R_4))} \quad (2)$$

Az ellenállás értékeit a megírt programban mindig a valós értékhez kell igazítani, hogy a kontroller megfelelő feszültségértékeket mérjen. Ahhoz, hogy az eszköz a mérendő telepek, akkumulátorok valós feszültségértéket mérje a következő képletet kell a program megírása során használni [31] [32] [33]:

$$V_2 = \frac{V}{(R_4/(R_3+R_4))} \quad (3)$$

A prototípus áramkört a 7. ábra szemlélteti. A kapcsolásban helyet kapott két kapcsoló, amelyek közül az egyik a motorok forgási irányát változtatja meg, míg a másik feszültség alá helyezi a rendszert.



7. ábra. Prototípus áramkör ([30] alapján)

A motor forgási sebességét egy potenciométerrel lehet szabályozni, így lehetőség válik az áramfelvétel mérésére különböző terhelések mellett.

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk első részében leírást ad a mikrokontrollerek fejlődéséről és azok működéséről. Kiemeli a Neumann és Harvard architektúrákat és röviden ismerteti azokat. A kereskedelmi forgalomban lévő mikrokontrollerek közül kiemelésre és bemutatásra kerül az Arduino mikrovezérlő család Arduino UNO mikrokontrollere. Bemutatásra került a kontroller főbb tulajdonságai és felépítése. Az eszközhöz kapcsolódó fejlesztő környezet szintén leírásra került.

A cikk második felében bizonyításra került, hogy az Arduino UNO alkalmas Matlab matematikai programmal való kommunikációra. Lehetőség nyílik a kontroller Matlab-bal való programozására, valamint az általa mért adatok összegyűjtésére és elemzésére. Bizonyításra került, hogy a kontroller alkalmas villamos feszültség mérésére. Röviden ismertetésre került egy kísérleti kapcsolás, amelynek segítségével különböző terhelések alatt is mérhető a feszültségszint változás.

Felhasznált irodalom

- [1] Róbert Szabolcsi, Conceptual Design of Unmanned Aerial Vehicle Systems for Non-Military Applications. Proceedings of the 11th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies VSDIA 2008, Budapest, Hungary. ISBN 9789633130117, pp(637-644).
- [2] Szabolcsi Róbert, Modern automatikus repülésszabályozó rendszerek. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2011, p415, ISBN 978-963-7060-32-8.
- [3] Róbert Szabolcsi, Robust Analysis of the Stability Augmentation System, Proceedings of the International Conference on Military Technologies ICMT'07, Brno, Czech Republic, 02-05 May 2007, ISBN 978-80-7231-238-2, pp(455-463).
- [4] Róbert Szabolcsi, Some Thoughts on the Conceptual Design of the Unmanned Aerial Systems Used in Military Applications. XVI. Repüléstudományi Napok Konferencia CD-ROM kiadványa, Budapest, 2008.11.13-14, ISBN:978-963-420-857-0, pp(1-8).
- [5] Róbert Szabolcsi, Pilot-in-the-Loop Problem and its Solution. Review of the Air Force Academy, ISSN: 1842-9238, eISSN: 2069-4733, Vol. 1/2009, pp(12-22).
- [6] Róbert Szabolcsi, Stochastic Noises Affecting Dynamic Performances of the Automatic Flight Control Systems. Proceedings of the 11th International Conference "Research and Education in the Air Force" AFASES 2009, 20-22 May 2009, Brasov, Romania. ISBN 978-973-8415-67-6, pp(1182-1192).
- [7] Wikipédia, Mikrovezérlő <http://hu.wikipedia.org/wiki/Mikrovez%C3%A9rl%C5%91> (letöltés: 2014.11.06.)
- [8] Ruzsinszki Gábor: Mikrovezérlős Rendszerfejlesztés C/C++ nyelven I., v: 2013-08-15, Creative Commons (CC BY-SA 2.5) ISBN: 978-963-08-7260-7, p. 67-76.
- [9] Varga Tamás, Liptusz Informatika, Processzor – Történeti áttekintés, A processzorok története <http://rendszerinformatika.com/Processzor/processzor-toerteneti-attekintes.html> (letöltés: 2014.11.06.)
- [10] Wikipédia, Microcontroller <http://en.wikipedia.org/wiki/Microcontroller> (letöltés: 2014.11.06.)
- [11] Texas Instruments, Microcontrollers (MCU), Overview for Microcontrollers (MCU) http://www.ti.com/lscs/ti/microcontrollers_16-bit_32-bit/overview.page (letöltés: 2014.11.06.)
- [12] Direct Industry, The Online Industrial Exhibition, Atmel, Microcontroller for wireless transmission http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/microcontrollers-wireless-transmission-13779-2290883.jpg (letöltés: 2014.11.08.)
- [13] Dr. Vörösházi Zsolt, Digitális Rendszerek és Számítógép Architektúrák (VEMKKN3214A), 1. előadás: Bevezetés, számítógép generációk Pannon Egyetem, Veszprém, Villamosmérnöki és Információs Rendszerek Tanszék
- [14] Horváth Gábor, Lencse Gábor, Számítógép Architektúrák, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2012. p. 21-25
- [15] Wikipédia, Harvard-architektúra <http://hu.wikipedia.org/wiki/Harvard-architekt%C3%BAra> (letöltés: 2014.11.06.)

- [16] Ruzsinszki Gábor: Mikrovezérlős rendszerfejlesztés C/C++ nyelven II.: Arduino Platform, v: 2013-08-15, Creative Commons (CC BY-SA 2.5) ISBN: 978-963-08-7261-4, p. 9-15.; 72-76.; 77-166.
- [17] Arduino, Arduino Uno Overview
<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno> (letöltés: 2014.11.06.)
- [18] Wikipédia, Arduino
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Arduino> (letöltés: 2014.11.07.)
- [19] Robots for everyone, Aruino Kezdőknek
<http://hobbyrobot.hu/content/arduino-kezdoknek> (letöltés: 2014.11.07.)
- [20] MathWorks, Hardware Support, Arduino Support from MATLAB
<http://www.mathworks.com/hardware-support/arduino-matlab.html>
(letöltés: 2014.11.07.)
- [21] MathWorks, Hardware Support, Arduino Support from Simulink
<http://www.mathworks.com/hardware-support/arduino-simulink.html>
(letöltés: 2014.11.07.)
- [22] Anuja Apte, Adatfruit learning system, Set up and Blink – Simulink with Arduino 2014.
<http://learn.adafruit.com/downloads/pdf/how-to-use-simulink-with-arduino.pdf>
(letöltés: 2014.11.07.)
- [23] Szabolcsi Róbert, A MATLAB programozása. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2004.
- [24] Szabolcsi Róbert, Modern szabályzástechnika, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, egyetemi jegyzet, 2004.
- [25] Szabolcsi Róbert, Korszerű szabályozási rendszerek számítógépes tervezése, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, p415, ISBN 978-615-5057-26-7, 2011.
- [26] Pravallika Vinnakota, MathWorks, Motor Control with Arduino: A Case Study in Data-Driven Modelin and Control Design
http://www.mathworks.com/tagteam/77442_92066v00_motor-control-with-arduino-a-case-study-in-design.pdf (letöltés: 2014.11.07.)
- [27] MATLAB and Simulink in the World: Connecting MATLAB and Simulink to Hardware
http://www.mathworks.com/tagteam/77768_92139v00_matlab-and-simulink-in-the-world-connecting-to-hardware.pdf (letöltés: 2014.11.07.)
- [28] Szabolcsi Róbert, Szabályzástechnikai feladatok megoldása a MATLAB alkalmazásával, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, egyetemi jegyzet, 2004.
- [29] Mater Zone, Infrared Proximity Sensors
<http://makerzone.mathworks.com/resources/using-infrared-proximity-sensors-with-simulink-and-arduino-part-1/> (letöltés: 2014.11.07.)
- [30] Scott Fitzgerald, Michael Shiloh, Tom Igoe, Arduino Projects Book, 2013. május, Torino, Olaszország, p.102-113.
- [31] Arduino, Analog Read Voltage,
<http://arduino.cc/en/Tutorial/ReadAnalogVoltage> (letöltés: 2014.11.11.)
- [32] udemy/BLOG – Learn anything. Anywhere. Building an ARduino DC Voltmeter
<https://www.udemy.com/blog/arduino-voltmeter/> (letöltés: 2014.11.11.)

- [33] Electro Schematics, Arduino Digital Voltmeter
<http://www.electroschematics.com/9351/arduino-digital-voltmeter/>
(letöltés: 2014.11.11.)
- [34] Róbert Szabolcsi, Robust Analysis of the Automatic Control Systems, Proceedings of the International Conference on Military Technologies ICMT'07, Brno, Czech Republic, 02-05 May 2007, ISBN 978-80-7231-238-2, pp(447-454).