

IOT-ALAPÚ SMART METEOROLÓGIAI ÁLLOMÁS ADATGYŰJTŐ RENDSZERÉNEK TERVEZÉSE ÉS MÉRÉSEKELVÉGBÉZÉSE KIBERFIZIKAI ROBOTLABORBAN

DESIGN OF AN IOT SMART METEOROLOGICAL STATION COMPLETE WITH DATA ACQUISITION AND REALIZING TEST MEASUREMENTS IN CYBER-PHYSICAL ROBOTICS LAB

Faragó István,¹ Erdei Timotei István,² Zolnai Sándor,³ Husi Géza⁴

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Debrecen, Magyarország

¹ istu.fg@gmail.com

² timoteierdei@eng.unideb.hu

³ zsanyi007@gmail.com

⁴ husigeza@eng.unideb.hu

Abstract

The presented project was completed using modern, widely used IoT based devices. These include the ESP-01 microcontroller, which is programmable using the Arduino IDE (with its integrated ESP8266 interpreter), and a Raspberry Pi Zero W single board computer, which requires a Raspbian Linux distribution. In this project, an original meteorological station was created (complete with data acquisition), employing various sensors.

Keywords: *IoT, ESP, Raspberry Pi, data acquisition, Linux.*

Összefoglalás

A jelenlegi fejlesztést modern, széles körben alkalmazott IoT-alapú eszközökkel valósítottuk meg. Ezek között szerepel az ESP-01 mikrokontroller, amely Arduino-keretrendszerbe épített ESP8266-fordítókörnyezettel programozható, valamint egy Raspberry Pi Zero W egykártyás számítógép, melynek működéséhez, illetve programok írásához Raspbian Linux-disztribúció szükséges. A projekt keretein belül egy egyedileg megvalósított meteorológiai állomás és adatgyűjtő rendszere került legyártásra, amihez különböző szenzorok tartoznak.

Kulcsszavak: *IoT, ESP, Raspberry Pi, adatgyűjtő rendszer, Linux.*

1. Bevezető

Az Épületmechanika kutatóközpontjában található, kibernetikai robotlaborban folynak a fejlesztések és a kutatások, a robotika és az adatgyűjtő rendszerek téma körében. A soron következő feladat szintén a kutatórészlegben került megtervezésre és legyártásra [1].

Az IoT-hálózatok legfontosabb részét alkotják a szenzorok, melyek segítségével képet kapunk a körülöttünk lévő mérhető változásokról. Ezeket a

változásokat továbbíthatjuk, tárolhatjuk és feldolgozhatjuk a nekünk szükséges módon. Ennek az adatkommunikációnak a jelentősége a mai világ-gazdaságban folyamatosan növekszik.

Fontos, hogy ezek a szenzorok és a küldéshez szükséges perifériák kis energiaigényűek legyenek, nem kapcsolódnak elektromos hálózathoz, csak saját akkumulátorokról működhetnek. Ugyanígy fontos a vezeték nélküli technológia az adatok gyűjtéséhez. Az elkészült állomás az **1. ábrán** látható.



1. ábra. Az elkészített meteorológiaállomás

2. IoT alapú távoli elérés

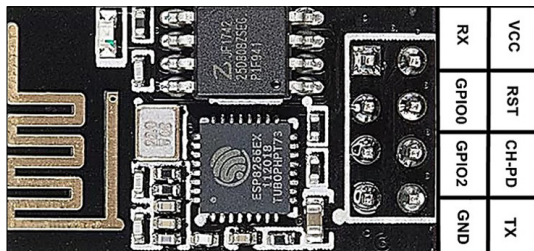
Fontos, hogy a szükséges adatokat bármikor és bárhol elérhessük, akár a világ más pontjáról is, erről a feladatról az internet gondoskodik számunkra. A web segítségével egy távfelügyeleti adatgyűjtő berendezést valósíthatunk meg és üzemeltethetjük.

A távfelügyeleti adatgyűjtő rendszer bármilyen eszközzel elérhető, ha csatlakozva van az internethez, és támogatja a webböngészést. Ezen rendszer megvalósításához Apache-webszervert használtuk, amelyen egy PHP-ban írt weboldal fut MySQL-adatbáziskezelővel. A Raspberryn futó Linux SSH (Secure Shell) protokoll segítségével érhető el. Windowson kliensprogrammal (pl.: Putty) tudunk csatlakozni ehhez az SSH-szerverhez. A megfelelő parancsok begépelésével telepíthetjük a szükséges programokat, ezután a vezérlő IP (Internet Protocol) címével és a kijelölt felhasználónév, jelszó megadásával elérhetjük a webszervert.

3. Raspberry Pi & ESP 8266

3.1. A Raspberry Pi

A 2017. év elején, a Raspberry Pi 5. születésnapja alkalmából adták ki az 1 GHz-es egymagos BCM2835 ARM-típusú processzorról és 512 MB RAM-mal felszerelt Raspberry Pi Zero W modellt, elődjéhez képest beépített WIFI és BLUETOOTH 4.1-et tartalmaz, valamint az integrált áramkörbe



2. ábra. ESP8266-01

épített, rádiófrekvenciás antennát. A GPIO portjainak mennyisége megegyezik a nagyobb társaival, és ugyanúgy támogatja a soros, IIC- és SPI-interfészeket. Grafikus felületű, Linux-disztribúcióval közvetlenül programozható az egység [2].

A Projekt adatgyűjtő rendszere erre az eszközre épül. A készüléken Raspbian operációs rendszer fut, amely a Debian Raspberry Pi-re optimalizált változata. A Debian rendszerek jelenleg Linux vagy FreeBSD kernelt használnak [3].

3.2. ESP8266

A projekthez a legelső modellt, az ESP-01-et választottuk. Ugyan alaphelyzetben csak két kimenettel rendelkezik, de forrasztás segítségével több port is használhatóvá válik [4].

Az eszköz és annak portjai a 2. ábrán láthatók.

4. Szenzorok

4.1. BME280

A BME280 sokoldalú szenzor, alacsony áramfogyasztással, magas linearitással és mérési pontossággal rendelkezik. Támogatja az SPI, valamint interfészt, így tetszőlegesen kommunikálhat a szenzor a mikrokontrollerrel. Ez, és a továbbiak tárgyalta más szenzorok a 3. ábrán láthatók

A szenzor általános jellemzői:

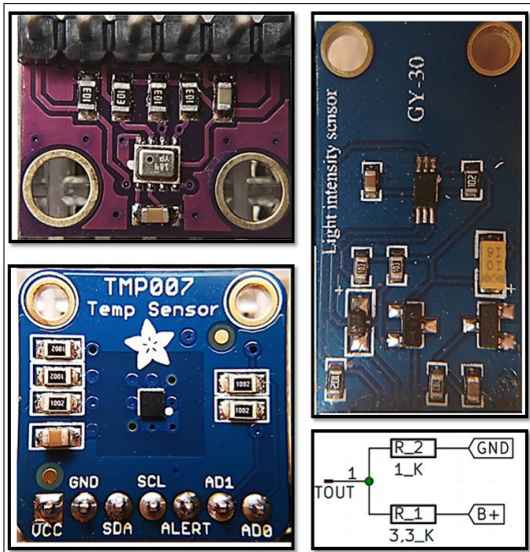
- SPI-interfészek
- háromféle beépített szenzor
- ipari hőmérséklet-tartomány $-40...+85\text{ }^{\circ}\text{C}$

4.2. GY-30 (BH1750)

A GY-30 precíziós megvilágítás-szenzor a BME280-hoz hasonlóan rendelkezik buszinterfészzel, valamint analóg kimeneti jellel. Színképzékenysége nagyjából az emberi szemmel egyezik meg, nagy mérési tartomány és magas felbontás jellemezi az alvó állapotú, alacsony áramfelvétel mellett.

A szenzor általános jellemzői:

- interfész,
- 50/60 Hz zajszűrési funkció,
- ipari hőmérséklet tartomány $-40\text{ }^{\circ}\text{C}...+85\text{ }^{\circ}\text{C}$



3. ábra. GY-30 szenzor, BME280, TMP007 szenzor, feszültségosztó

4.3. TMP 007 kontaktusmentes hőmérő

A TMP007 a Texas Instruments legújabb kontaktusmentes hőmérsékletmérő szenzorja és a TMP006 továbbfejlesztett verziója. A belső matematikai egység elvégzi az összes hőmérsékleti számítás, így az IIC-interfész által könnyen kiolvashatók az adatok. A szenzor képes mérni kontaktusmentesen egy tárgy hőmérsékletét, illetve a szenzorcellában lévő hőmérsékletet.

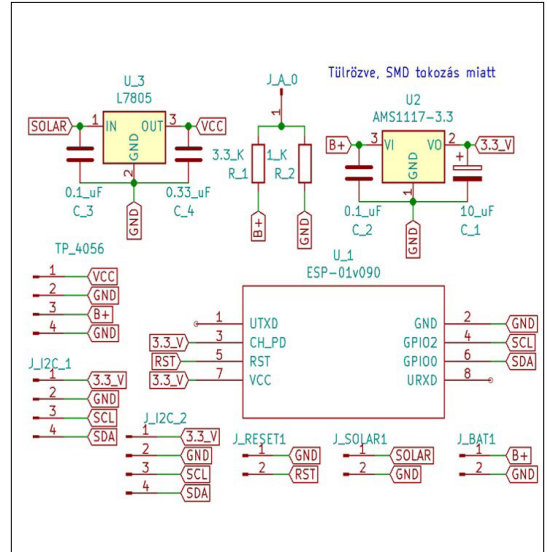
A szenzor általános jellemzői:

- IIC interfész,
- 14-Bit (0,03125 °C) felbontás,
- ipari hőmérséklet-tartomány –40...+125 °C,
- alacsony áramfelvétel,
- kisméretű DSBGA-tokozás.

5. Harmatpont és hőérzet számítása

A BME280 szenzor által mért adatoknak köszönhetően lehetőségünk van a harmatpont-hőmérséklet számítására. Egy egyszerűbb összefüggés segítségével a relatív páratartalom és a léghőmérséklet ismeretében kb. 1%-os pontossággal (30% relatív páratartalom felett) számolható a harmatpont hőmérséklet.

A készülék megfelelő elhelyezésével lehetséges az épületszerkezeti elemek kritikus pontjainak felderítése, illetve hőhidak következtében harmatpont alá történő hőmérsékletcsökkenés [5].



4. ábra. Sematikus kapcsolás

6. Bekötések

A BME280-, TMP007- és a GY-30-szenzort az SDA/SCL pinekre [GPIO 0, GPIO 2] kell kötni, és 3,3 V-os feszültségről kell üzemeltetni. A két sorosan kötött ellenállás csatlakozási pontját a TOUT portra. Az egész rendszer egy 18650-es lítiumion akkumulátorról működik, amelyet egy 10 V, 1 W napelem tölt.

A rendszer egy TS1117-feszültségszabályozó által folyamatos 3,3 V feszültséget kap. Alap esetben az ESP8266-01-es modellben XPD_DCDC pin nem csatlakozik a RESET pinhez, így nem tudjuk alkalmazni a "deep sleep" funkciót, ám a pinek összeforrasztásával ez a hiba is kiküszöbölhető. Az említett pinek bekötése a 4. ábrán figyelhető meg.

A kapcsolásban található még egy TP4056 nevű lítiumionakkumulátor-töltő, amely a megfelelő töltőfeszültséget és túláramvédelmet biztosítja. Ez az eszköz érzékeny a bemenő feszültségre, ezért egy LM7805 LDO alkalmazása szükséges, amely csökkenti 10 V-os panel feszültséget stabil 5 V-ra. Mert a TP4056 modul maximum 5,5 V töltőáramot bír el.

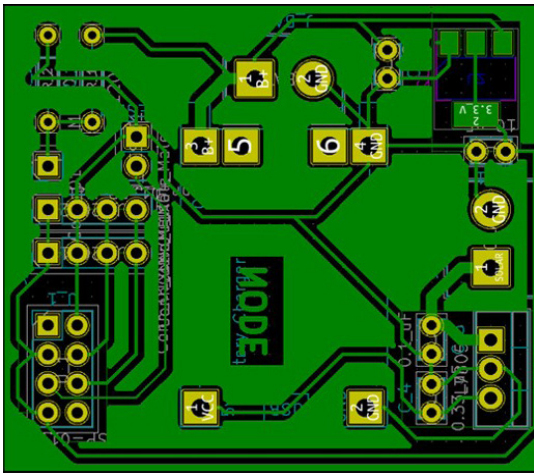
7. Nyomatott áramkör elkészítése

A sematikus ábra megvalósítása után elkészült a NYÁK-terv is, mindkettő egy KiCad nevű, nyílt forrású, integrált programcsomagban készült, ami kapcsolási rajzokhoz és NYÁK-elrendezéshez használható. Az elrendezésnél törekedtem a kis

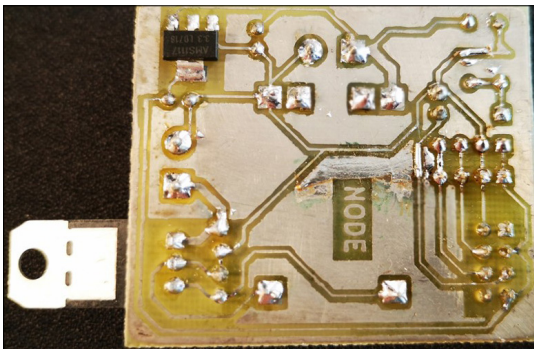
méretre és az alkatrészek megfelelő elrendezésére, ahogyan az 5. ábrán is látható.

A program lehetővé teszi az elkészített elrendezés 3D-s megjelenítését, így lehetőség van az esetleges hibák feltárására.

Az áramkör szubtraktív (fóliamaratásos) módszerrel készült, lényege, hogy a rézfóliával borított lemez azon felületeit, amelyek az áramkört fogják alkotni, marásálló védőréteggel vonják be, majd a szabadon maradt rézet vegyi úton eltávolítják. Fontos, hogy a kimarattott lapkát védőréteggel vonják be, ez lehet erre specializált lakk vagy kémiai ónozó segítségével lefedhető. A kémiai ónozó előnye még, hogy valamennyivel növeli a vezetőképességet, de ezenfelül érdemes még lakkozni is, mert jobban véd a pára következtében fellépő esetleges áram átkúszások ellen. A végleges nyák a 6. ábrán látható.



5. ábra. NYÁK-terv



6. ábra. Kimart, ónozott áramkör

8. Programok

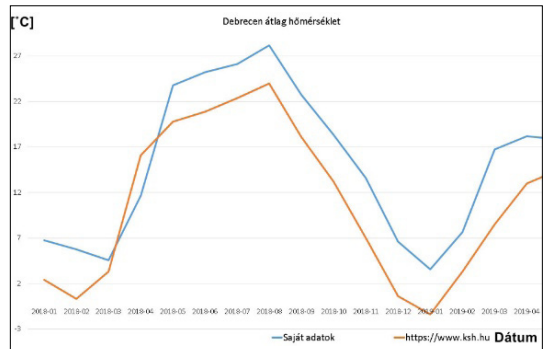
Az általam megvalósított feladat vezérlésprogramját Arduino Ide (1.6.11) fejlesztőkörnyezetben C/C++-alapú programozási nyelven írtam meg. A Raspberry Pi-ra készített PHP-programot pedig Notepad++-szövegszerkesztőben.

A meteorológiai állomás programja úgy van megírva, hogy beállított időközönként a szenzorok által mért adatokkal az ESP POST kéréseket küld a szervernek, melyben megadja egyszer az API-kulcsot (biztonsági kód) és a szenzoradatokat.

Ha az API-kulcs megegyezik a PHP-kódba "beegedett" változóival, akkor feltölti az adatbázis egy meghatározott táblájára (INSERT parancs). Ezt a MySQL-kiterjesztés beépített függvényeivel hajtja végre a PHP-program. Későbbiekben a PhpMyAdmin nevű webes felületű kliens segítségével elérhető az adatbázis.

A POST-adatot a böngészők nem jelenítik meg a címsorban, ellentétben a GET-kérésekkel. Habár nem sokkal biztonságosabb ez, mert a csomagokat le lehet fűlelni a szenzor hálózatán (ahol az Raspberryhez csatlakozik az ESP).

Az adatbázis elérése helyi hálózaton teljesen felhasználóbarát, csupán a szerver IP-címét kell begépelnünk egy webböngészőbe. Így megnyílik a bejelentkezési ablak, felhasználónév és jelszó begépelésével beléphetünk, és itt elérhetjük a táblákat. Az adatok ID alapján, a küldés időpontjától függően rendszerezve vannak, ezeket lehet törölni, a táblákat módosítani. Letöltés az adatbázisból több formában is megtörténhet (pl. .csv, .clsx fájlformátum). Az adatbázis bejegyzéseiből később kimutatások készíthetők, mint ahogyan a 7. ábrán is látható.



7. ábra. Mért adatok összehasonlítása [6]

9. Dobozolás

A kiértékelt adatokat összehasonlítottuk a ksh.hu által megosztott adatokkal, így arra következtettem, hogy a tendenciák alapján a szenzor hőmérsékletmérése jó, viszont a rossz kialakítás miatt sokkal magasabb hőmérsékleti értékek keletkeztek.

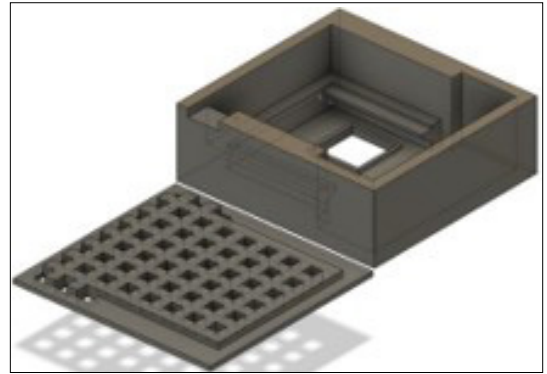
Az akkumulátor töltése sem volt kielégítő, főleg a hidegebb hónapokban folyamatosan alacsony volt a feszültség értéke, ez látható az elküldött adatok mennyiségében is. Az alacsony akkumulátor szint elkerülése érdekében az előzőleg használt 6 V-os napelemcellát lecseréltem egy maximalsan 10 V-ot leadó panelre.

Számos más kialakítás és elemzése után méretarányosan elkészítettük a 3D-terveket, amelyeket Fusion 360 tervezőprogramban megrajoltam, a dobozolás elemeit próbáltam úgy kialakítani, hogy a 3D-nyomatással való előállítás menete megvalósítható legyen. Az alkatrészek elkészítése után megtörtént az összeszerelés és az elhelyezés. A külső egységet az épülettől távolabb helyeztem el, fehér színe miatt csak kismértékben történik energiafelvétel a nap sugarai által, így a szenzor pontosabb értékeket mér. Belső egység kialakítása teljesen más, a beszerelt áramkör alatt található TMP007-szenzor, és egy ablakon keresztül mérhetjük a síkfelületek hőmérsékletét. A BME280 a dobozban helyezkedik el, megfelelő szellőztetés miatt a fedél rácsos szerkezetű, ahogyan a **8. ábrán** is látható.

10. Összefoglalás

A meteorológiai állomás és adatgyűjtő rendszerének megépítése, a program megírása és vezérlése megtörtént. Az IoT-alapú hálózati kommunikáció szempontjainak a kialakított rendszer eleget tesz, a távfelügyeleti mód megfelel az elvárásainknak.

A Linux-alapokon működő periféria alacsony hardvertulajdonságai ellenére kielégíti az adat-



8. ábra. Megtervezett belső egység képe

bázis igényeit, tesztelés és üzemeltetés alatt nem észleltem fagyást, hálózati kapcsolat megszakadását. Az adatok lekérdezése PC-n és mobiltelefonon is megtörtént, a megjelenítés lehetségessé vált. A későbbiekben a rendszer bővíthető pl. rádióantennával, a rugalmasság növelése érdekében.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a Debreceni Egyetem Informatikai Tudományok Doktori Iskola támogatta.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] T. I. Erdei, Zs. Molnár, N. C. Obinna, G. Husi: *Cyber physical systems in mechatronic research centre*. MATEC Web Conf. Volume 126, 2017.
- [2] Raspberry Pi Family (letöltve: 2019.11.20) <https://www.raspberrypi.org/blog/raspberry-pi-zero-w-joins-family/>
- [3] Linux Debian (letöltve: 2019.11.21) <https://www.debian.org/intro/about>
- [4] ESP8266 (letöltve: 2019.11.23) https://butykoltem.blog.hu/2016/07/27/csinald_magad_iot_esp8266
- [5] Szász G., Tőke L.: *Meteorológia mezőgazdáknek, kertészeknek, erdészeknek*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1997.
- [6] KSH (letöltve: 2019.11.23) https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_evkozi_e_met002.html