FELADATKIÍRÁS

A feladatkiírást a **tanszék saját előírása szerint** vagy a tanszéki adminisztrációban lehet átvenni, és a tanszéki pecséttel ellátott, a tanszékvezető által aláírt lapot kell belefűzni a leadott munkába, vagy a tanszékvezető által elektronikusan jóváhagyott feladatkiírást kell a Diplomaterv Portálról letölteni és a leadott munkába belefűzni (ezen oldal HELYETT, ez az oldal csak útmutatás). Az elektronikusan feltöltött dolgozatban már nem kell megismételni a feladatkiírást.



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Villamosmérnöki és Informatikai Kar

Nagy Borbála

Fenntartható mezőgazdaságot támogató okos üvegház fejlesztése IoT technológiákkal

Konzulens

Gódor Győző

BUDAPEST, 2023

Tartalomjegyzék

[Összefoglaló 6](#_Toc151762225)

[Abstract 7](#_Toc151762226)

[1 Bevezetés 8](#_Toc151762227)

[2 Használt eszközök 9](#_Toc151762228)

[2.1 Érzékelők 9](#_Toc151762229)

[2.1.1 Hőmérséklet és páratartalom 9](#_Toc151762230)

[2.1.2 Fényerősség 10](#_Toc151762231)

[2.1.3 Talajnedvesség 10](#_Toc151762232)

[2.1.4 Szélerősség 11](#_Toc151762233)

[2.1.5 Vízszint 11](#_Toc151762234)

[2.2 Beavatkozók 12](#_Toc151762235)

[2.2.1 Vízpumpa 12](#_Toc151762236)

[2.2.2 Ablaknyitó motor 13](#_Toc151762237)

[2.2.3 Ventilátor 13](#_Toc151762238)

[2.2.4 LED szalag 14](#_Toc151762239)

[2.3 Egyéb eszközök 14](#_Toc151762240)

[2.3.1 Relé 14](#_Toc151762241)

[2.3.2 Analóg-digitális átalakító 15](#_Toc151762242)

[2.4 Vezérlés 15](#_Toc151762243)

[2.4.1 Raspberry Pi Zero W 15](#_Toc151762244)

[2.4.2 Raspberry Pi 4 Model B 16](#_Toc151762245)

[3 Logikai felépítés 17](#_Toc151762246)

[4 Kommunikáció 18](#_Toc151762247)

[4.1 MQTT 18](#_Toc151762248)

[4.1.1 Topicok 18](#_Toc151762249)

[4.1.2 Résztvevők feladatai 18](#_Toc151762250)

[4.1.3 Szolgáltatási szintek 19](#_Toc151762251)

[4.1.4 Kliensek lehetőségei 19](#_Toc151762252)

[4.2 I2C 19](#_Toc151762253)

[5 Utolsó simítások 20](#_Toc151762254)

[Irodalomjegyzék 21](#_Toc151762255)

[Függelék 22](#_Toc151762256)

Hallgatói nyilatkozat

Alulírott **Nagy Borbála**, szigorló hallgató kijelentem, hogy ezt a szakdolgozatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, csak a megadott forrásokat (szakirodalom, eszközök stb.) használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

Hozzájárulok, hogy a jelen munkám alapadatait (szerző(k), cím, angol és magyar nyelvű tartalmi kivonat, készítés éve, konzulens(ek) neve) a BME VIK nyilvánosan hozzáférhető elektronikus formában, a munka teljes szövegét pedig az egyetem belső hálózatán keresztül (vagy hitelesített felhasználók számára) közzétegye. Kijelentem, hogy a benyújtott munka és annak elektronikus verziója megegyezik. Dékáni engedéllyel titkosított diplomatervek esetén a dolgozat szövege csak 3 év eltelte után válik hozzáférhetővé.

Kelt: Budapest, 2023. 11. 25.

...…………………………………………….

bála

Összefoglaló

Ide jön a ½-1 oldalas magyar nyelvű összefoglaló, melynek szövege a Diplomaterv Portálra külön is feltöltésre kerül.

Abstract

Ide jön a ½-1 oldalas angol nyelvű összefoglaló, amelynek szövege a Diplomaterv Portálra külön is feltöltésre kerül.

# Bevezetés

Nagyon izgi lesz

# Használt eszközök

## Érzékelők

Elsőkörben megállapítható, hogy egy okos üvegháznak szüksége van egy szenzorrendszerre, amivel valós időben tudjuk monitorozni a benne uralkodó aktuális állapotokat. A növények számára fontos paraméterek szerencsére már köztudottak, így könnyen találhatunk olyan érzékelőket a piacon, amiket érdemes beépítenünk a rendszerbe.

### Hőmérséklet és páratartalom

Sajnos az utóbbi évek tavaszán szélsőségesen változó időjárással, hőmérséklettel kellett szembenézniük a növényeknek, ami sokszor a termelést törtrészeire tudja csökkenteni. Egy ilyen zárt rendszer nagy előnye az is, hogy a hőmérsékletet könnyen tudjuk állandósítani, így nem kell tartani az esetleges hirtelen lehűlésektől, melegedésektől.

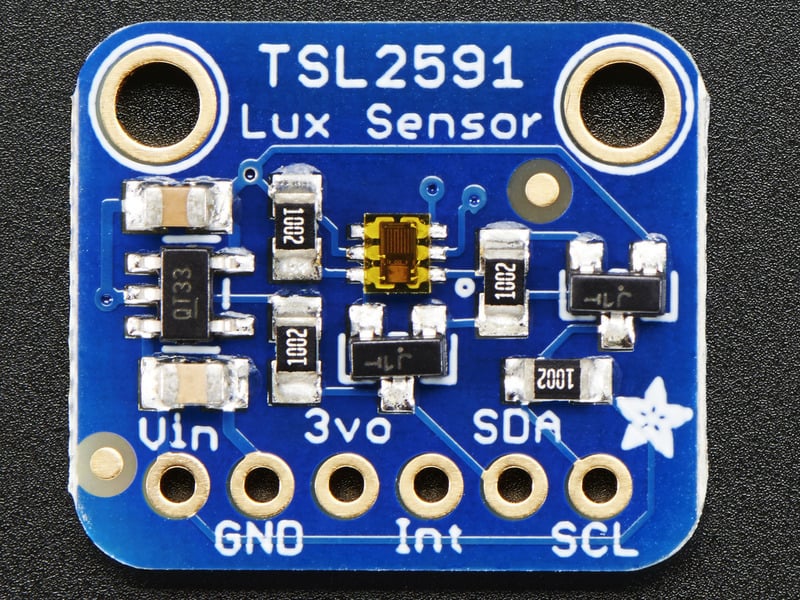
A rendszerben az Adafruit Si7021 hőmérséklet- és páratartalom-mérő szenzort használtam, ami -10 és +85 C° között képes mérni hőmérsékletet, tehát széles tartományú, és emellett nagy pontosságú is. A relatív páratartalmat 0 – 80% között tudja precízen jelezni, de felette is használható, valamivel kisebb pontossággal. A szenzor I2C kommunikációt használ.



.. ábra: Adafruit si7021

### Fényerősség

A fény mennyisége szintén létfontosságú, ehhez az Adafruit TSL2591 fényérzékelő szenzort használtam. Látható és infravörös tartományban is képes mérni, 188 uLux és 88000 Lux között. Összehasonlításképpen a holdtalan, borús éjszakai égbolt fényintenzitása 10-4 lux, egy lakószoba átlag megvilágítása 500 lux, a közvetlen napfény pedig 32000-130000 lux között van. Ez a szenzor is I2C-n keresztül kommunikál.

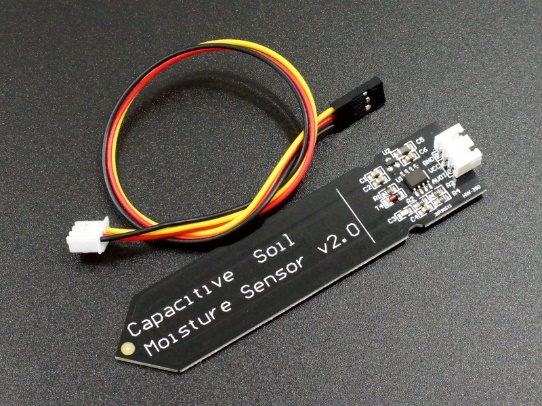


.. ábra: Adafruit tsl2591

### Talajnedvesség

Az egyik legalapvetőbb paraméter, amit mérnünk kell, a talajnedvesség. Erre a célra egy kapacitív talajnedvesség-mérő szenzort használtam, aminek előnyös tulajdonsága a hosszú élettartam, ami kapacitív mivoltának köszönhető.

A szenzor kimenete analóg, és a kimeneti feszültség fordítottan arányos a talajnedvesség szintjével. A nedves talaj jobb elektromos vezető, nagyobb a kapacitása, így a kimeneti feszültség csökken. Száraz talaj esetén ennek az ellenkezője történik, a vezetőképesség csökken, a kimeneti feszültség pedig megnő. Az általam mért két szélsőérték teljesen száraz szenzor esetén – 45%-os relatív páratartalommal a szobában – 1650 volt, vízbe mártva pedig 620.



.. ábra: Kapacitív talajnedvesség-mérő szenzor

### Szélerősség

A szélerősséget természetesen nem bent, hanem az üvegház mellett, azon kívül mérjük, amire azért van szükség, hogy tudjuk, mikor nyithatjuk ki az ablakot és mikor nem ajánlott. A méréshez az A1733 kanalas anemométert használtam, ami maximum 70 m/s szélerősségig mér, 1 m/s pontossággal. Az előzőhöz hasonlóan ez az érzékelő is analóg kimenettel rendelkezik, viszont ennek üzemi feszültsége 12V.



.. ábra: A1733 kanalas anemométer

### Vízszint

Az üvegház alatt helyezkedik el egy víztartály, amiből pumpák segítségével locsolunk, így azok megfelelő működéséhez tudnunk kell, mennyi víz van még a tartályban. Erre a célra a WLD-75 vízszintmérő szenzort használtam, aminek kimenete a vízszinttel arányos feszültség. Maximum értéke 100, ha 2 mm-re belelóg a vízbe, már legalább 500-as értéket olvashatunk ki róla, hogyha pedig teljesen száraz, az értéke 0, tehát az utolsó két mm-en változik annyit, mint szinte az egész hosszán.



.. ábra: WLD-75 vízszintmérő szenzor

## Beavatkozók

Az érzékelők mellett fontos pont az automatizálás is, így szükségünk van különböző beavatkozókra, hogy a könnyen változtatható paraméterek esetén elkerülhető legyen az emberi beavatkozás. Ezeknél elsődleges szempont, hogy a céljuk az, hogy minél kevesebb erőforrást fogyasszunk, minél optimálisabb legyen az energiafelhasználás, ezzel is javítva a hatékonyságot.

### Vízpumpa

A locsolás a legalapvetőbb eleme az üvegháznak, ehhez vízpumpákat volt szükséges beiktatni a rendszerbe. A használt vízpumpa a merülő vízszivattyúkra hasonlít, tehát víz alá kell helyezni, és onnan fogja kipumpálni a vizet. Működéséhez elengedhetetlen, hogy valóban víz alatt legyen használat közben, emiatt van szükség a fentebb említett vízszintmérő alkalmazására. Mivel On/Off alapú, így a rendszerhez egy relén keresztül kapcsoljuk, amivel ki/bekapcsolni tudjuk.

A képen kábel, dugó, füldugó látható

Automatikusan generált leírás

.. ábra: Vízpumpa

Itt még pár szót a csövekről, amiken megy a víz majd, vagy bármi hogy ne legyen ilyen üres a lap alja.

### Ablaknyitó motor

Amennyiben a kinti környezeti változók elősegítik, hogy az üvegházon belül elérjük a kívánt állapotokat, egy léptetőmotor segítségével ki tudjuk nyitni az ablakot. A motor üzemi feszültsége 12V, és egy mikrokontroller használata is szükséges működéséhez. Még pár dolog jöhet ide, miután kipróbáltam.

A képen Elektronikus alkatrész, Áramköri elem, Passzív áramköri elem, Elektrontechnika látható

Automatikusan generált leírás

.. ábra: Ablaknyitó motor

### Ventilátor

A hőmérséklet, és főként a páratartalom változtatására egy OEM PC ventilátort használunk. Alapvetően az üzemi feszültsége ennek is 12V, de fordulatszáma arányos a rá adott feszültséggel, tehát kisebb feszültségen is működik lassabb fordulatszámmal. Még pár dolog jöhet ide, miután kipróbáltam.

A képen ventilátor, eszköz, Mechanikus ventilátor, elektromos ventilátor látható

Automatikusan generált leírás

.. ábra: OEM PC ventilátor

### LED szalag

A fény növelésére és paramétereinek állítására RGB LED szalagot alkalmazunk, ami által kielégíthetjük a növények különböző hullámhosszok iránti igényüket. A növények fotoszintéziséhez szükséges hullámhosszok a 440 nm (ibolya) és 660 nm (vörös). A fejlődéshez, növekedéshez 660 nm és 735 nm (távoli vörös) szükséges, a levélképződést pedig a 435 nm-es (ibolya) fény segíti elő. A 440 nm a fotoszintézis mellett azért is felel, hogy a növények a fény irányába mozogjanak.



.. ábra: RGB LED szalag

## Egyéb eszközök

### Relé

Ahogyan fentebb már említésre került, néhány beavatkozó vezérlése relén keresztül történik. Erre a célra a Robofun 5V egycsatornás relé modult használtam.

A képen Áramköri elem, Elektronikus alkatrész, elektronika, Passzív áramköri elem látható

Automatikusan generált leírás

.. ábra: Robofun 5V relé modul

### Analóg-digitális átalakító

Mivel az általam használt vezérlő nem képes az analóg bemenet kezelésére, a szenzorok egy része viszont analóg kimenetű, így szükséges volt az AD konverter használata. A rendszerben az Adafruit ADS1115 16 bites, 4 csatornás átalakítót használtam, aminek előnye a magas felbontás, valamint az I2C interfész, ami könnyű interfészt biztosít. Ahogy a többi Adafruit termékhez, ehhez is pontos dokumentáció található, sok példakóddal, amik megkönnyítik a fejlesztés menetét.



.. ábra: Adafruit ADS1116 16-bit ADC

## Vezérlés

Az érzékelők és beavatkozók összekötéséhez szükségünk van vezérlő elemekre, amiben a rendszer logikáját tudjuk elkészíteni. Erre az alábbi eszközöket használtam.

### Raspberry Pi Zero W

A Raspberry Pi Zero egy kisméretű, alacsony költségű számítógép, amit kifejezetten olyan alkalmazásokhoz készítettek, ahol a kis méret, alacsony ár és alacsony energiafogyasztás fontos szempont.



.. ábra: Raspberry Pi Zero

Egy egymagos, 1 GHz-es processzort és 512 MB RAM-ot tartalmaz, ami bőven elegendő annak az egyszerű programnak, amit futtatni szeretnénk rajta. Memóriáját a többi raspberry-hez hasonlóan egy behelyezett SD kártya adja, ez a jelenlegi rendszerben egy Kingston 16 GB-os memóriakártya. Rendelkezik egy mini HDMI porttal, ami által monitort tudunk hozzá csatlakoztatni, két micro USB porttal az áramellátáshoz és a külső perifériákhoz – egér, billentyűzet –, valamint GPIO lábakkal. Beépített Wi-Fi és Bluetooth támogatást is tartalmaz, ami lehetővé teszi a vezeték nélküli kapcsolatot.

### Raspberry Pi 4 Model B

A Raspberry Pi 4 egy erősebb modell, szélesebb körben használható, akár nagyobb projektekre is.

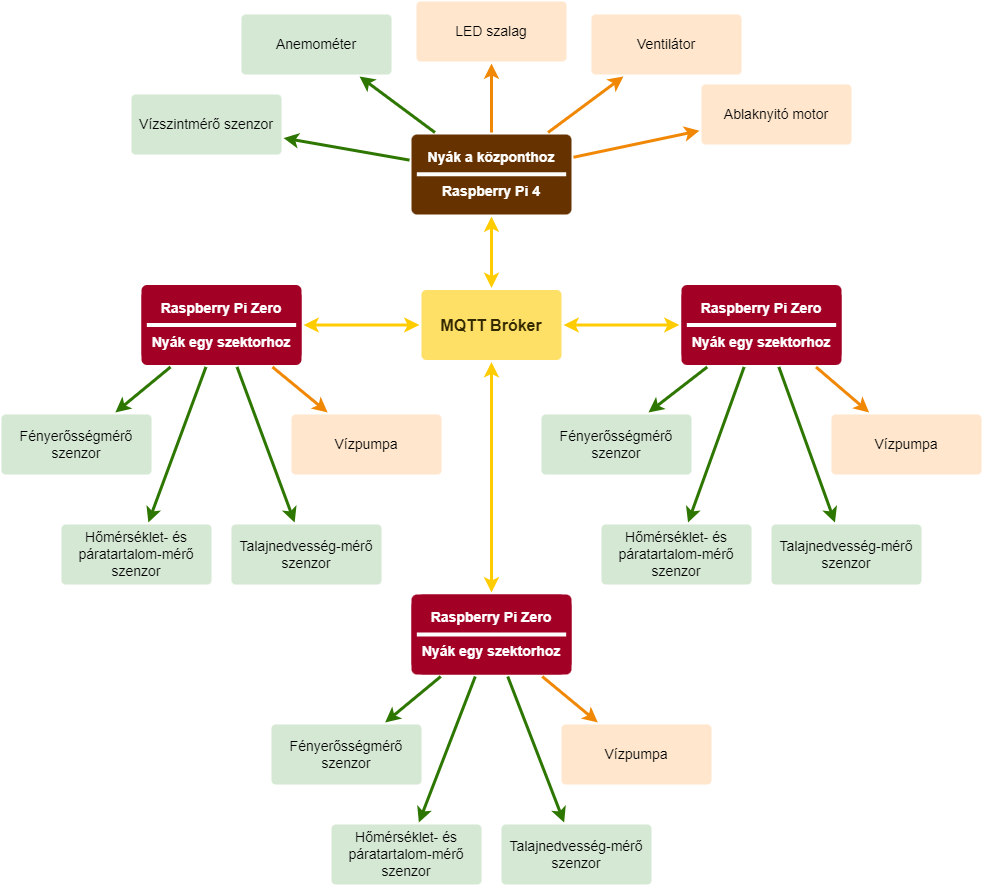


.. ábra: Raspberry Pi 4 Model B

Processzora egy négymagos ARM Cortex-A72, ami a korábbi modellekhez képest jelentős teljesítményjavulást hozott, X GB RAM-ot tartalmaz. Számos csatlakozóval rendelkezik, ideértve két 3.0 és két 2.0 USB portot, egy Gigabit Ethernet csatlakozót, két micro HDMI kimenetet, egy 3,5 mm-es hangkimenetet, egy USB C-s csatlakozót az áramellátás biztosítására, valamint GPIO lábakat. Memóriáját szintén egy SD kártya adja, jelen rendszerben egy SanDisk 16 GB-os memóriakártya. Szintén tartalmaz beépített Bluetooth és Wi-Fi támogatást.

# Logikai felépítés

A jelenlegi üvegházat három szektorra osztottuk



.. ábra: A rendszer logikai felépítése

# Kommunikáció

A rendszer fontos pontja a kommunikáció a szenzorok, beavatkozók és a vezérlés között, amire az eszközöktől függően több különböző technológiákat ismerhettem meg, amik közül az egyik legfontosabb az I2C kommunikáció. Ezek mellett lényeges pont a szektorok és a központi egység közötti, valamint az ezek és a felhasználó közötti adatátvitel, aki számára szükséges, hogy lássa a mért adatokat. Olyan technológiára van szükségünk, ami hatékonyan tudja kezelni a több forrásból érkező és több címzett számára küldött üzeneteket, erre a célra pedig ideális megoldást nyújt az MQTT (Message Queuing Telemetry Transport).

## I2C

Az Inter-Integrated Circuit protokoll olyan kommunikációs forma, amely lehetővé teszi, hogy több slave IC kommunikáljon egy vagy több masterrel. A master felel a kommunikációért, ő a főnök, a slave pedig – jelentése szolga – az, akitől lekérjük, vagy neki küldjük az információt. A többszereplős kommunikációt úgy valósítja meg, hogy minden eszköz egyedi azonosítóval rendelkezik, így nem keverednek össze az adataik.

Kétvezetékes soros adatátvitelt tesz lehetővé, ahol a két vezeték az SDA – Serial Data Line –, amin az adatok továbbítódnak, és az SCL – Serial Clock Line –, amin az órajel pulzusokat küldi az aktuális master, aki generálta. Általában alacsony adatátviteli sebességgel működik, 100 kHz-en vagy 400 kHz-en.

## MQTT

Ez az egész rész még azért lehet kicsit át lesz fogalmazva

Az MQTT egy nyílt, ingyenes protokoll, amit arra terveztek, hogy megbízható üzenetküldést valósítson meg a lehető legegyszerűbb üzenetformátumban. A kommunikációban három típusú fél vesz részt, bróker, publisher és subscriber.

### Topicok

Az üzenetek megkülönböztetésére, osztályzására az úgynevezett topicok szolgálnak, ezek definiálják az üzenet tartalmát. Általában hierarchikusan szervezettek, a „/” karakter használatával tudunk létrehozni al-topicokat. Egy „/” karakter utáni „#” jellel tudunk feliratkozni az adott topic összes al-topicjára. Erre példa a jelenlegi rendszerből:

FIM3VE/sector1/#

FIM3VE/sector1/lightness

FIM3VE/sector1/temperature

### Résztvevők feladatai

A subscriberek, nevükből adódóan, feliratkozhatnak a különböző topicokra, ami után az összes, arra a topicra publikált üzenetet megkapják. Nem ismerik a publishereket, csak a brókert. A publisherek feladata, hogy az általuk meghatározott topicra publikáljanak. Nekik nem szükséges ismerni, hányan és kik iratkoztak fel a témáikra, csak a bróker kilétéről van tudomásuk. Egy kliens lehet egyszerre publisher és subscriber is, ez a kettő nem zárja ki egymást, sőt egy kliens több témára is nyugodtan felirakozhat. A bróker feladata, hogy menedzselje a kliensek közti üzenetküldést, hogy minden subscriber megkapja az általa rendelt üzeneteket. A jelenlegi rendszerben egy online elérhető publikus brókert használtam a HiveMQ oldaláról.

### Szolgáltatási szintek

Három szolgáltatási szintet definiáltak az MQTT-ben. A magasabb szolgáltatásminőség nagyobb megbízhatóságú üzenet célba juttatást valósít meg, de természetesen ennek ára is van, ami a nagyobb sávszélesség és/vagy késleltetés.

A szerver megtartja az utoljára elküldött üzenetet, és egy új feliratkozó esetén egyből elküldi ezt is a kliensnek. A szolgáltatási szintek abban különböznek egymástól, hogy QoS = 0 esetén a szerver legfeljebb egyszer, QoS = 1 esetén legalább egyszer, QoS = 2 esetén pedig pontosan egyszer küldi el a megőrzött üzeneteket.

### Kliensek lehetőségei

A klienseket egy 23 bájtos egyedi string azonosítja. Amikor csatlakozik egy kliens a szerverhez, beállíthat egy clean-session flaget, aminek 1-es értéke esetén a kliens összes feliratkozása törlődni fog, ha az eszköz lekapcsolódik a szerverről. Nulla érték esetén a kliens előfizetése egészen addig élő marad, amíg vissza nem kapcsolódik, és ekkor az összes addigi üzenet elküldésre kerül neki.

Ezek mellett egy végrendeletet (will) is megadhatnak, ami által, ha a kliens váratlanul lecsatlakozik, akkor a szerver egy üzenetet küld a kliens által előre meghatározott topicra. Ilyen lehet akár egy riasztás, ha egy érzékelő lecsatlakozott.

# Android alkalmazás

Felhasználói oldalról természetesen akkor van igazán haszna egy okos üvegháznak, hogyha távolról is tudjuk figyelni az aktuális állapotokat és esetleg be is tudunk avatkozni. Erre a célra készítettem egy android alkalmazást, amin keresztül monitorozni és vezérelni tudjuk az üvegházat.

## Architektúra és technológiai háttér

# Utolsó simítások

Miután elkészültünk a dokumentációval, ne felejtsük el a következő lépéseket:

* Kereszthivatkozások frissítése: miután kijelöltük a teljes szöveget (Ctrl+A), nyomjuk meg az F9 billentyűt, és a Word frissíti az összes kereszthivatkozást. Ilyenkor ellenőrizzük, hogy nem jelent-e meg valahol a "Hiba! A könyvjelző nem létezik." szöveg.
* Dokumentum tulajdonságok megadása: a dokumentumhoz tartozó meta adatok kitöltése (szerző, cím, kulcsszavak stb.). Erre való a Dokumentum tulajdonságai panel, mely a Fájl / Információ / Tulajdonságok / Dokumentumpanel megjelenítése úton érhető el.
* Kinézet ellenőrzése PDF-ben: a legjobb teszt a végén, ha PDF-et készítünk a dokumentumból, és azt leellenőrizzük.

Irodalomjegyzék

1. Levendovszky, J., Jereb, L., Elek, Zs., Vesztergombi, Gy.: Adaptive statistical algorithms in network reliability analysis, Performance Evaluation - Elsevier, Vol. 48, 2002, pp. 225-236
2. National Istruments: LabVIEW grafikus fejlesztői környezet leírása, <http://www.ni.com/> (2010. nov.)
3. Fowler, M.: UML Distilled, 3rd edition, ISBN 0-321-19368-7, Addison-Wesley, 2004
4. Wikipedia: Evaluation strategy, <http://en.wikipedia.org/wiki/Evaluation_strategy> (revision 18:11, 31 July 2012)

Függelék