



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

**AUTOMATIZACE DOMÁCNOSTI NA PLATFORMĚ
ARDUINO S VYUŽITÍM CLOUDU**

HOME AUTOMATION ON THE ARDUINO PLATFORM USING THE CLOUD

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Hadaš

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Tomáš Holoubek

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automatizace a informatiky
Student:	Jakub Hadaš
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Aplikovaná informatika a řízení
Vedoucí práce:	Ing. Tomáš Holoubek
Akademický rok:	2022/23

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Automatizace domácnosti na platformě Arduino s využitím cloudu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Teoretická část bude obsahovat rešerši mikrokontroleru Arduino a jeho příslušenství potřebného pro zadané úlohy.

Práce se bude věnovat praktickému zpracování modelu automatizované domácnosti. Platforma Arduino bude základem pro funkční konstrukci, která bude obsahovat vybrané prostředky automatického řízení, přičemž tento systém bude plně automatický s možností ovládní na dálku a zpracování dat do cloudu.

Cíle bakalářské práce:

- Vypracujte rešerši na téma mikrokontrolér Arduino, nastudujte a vyberte potřebné příslušenství.
- Navrhněte vzorový model konstrukce a zapojení.
- Dle zadaných úloh vytvořte systém, který bude automaticky řídit vybrané prostředky domácnosti a bude spolupracovat s cloudem.
- Otestujte funkčnost zařízení.

Seznam doporučené literatury:

VODA & TÝM, Zbyšek. Průvodce světem Arduina. Bučovice: Nakladatelství Martin Stříž, květen 2017, 240 s. ISBN 978-80-87106-93-8. Dostupné také z: https://arduino.adamit.eu/books/Zbysek_Voda__2_vydanie_2018__Pr%C5%AFvodce-sv%C4%9Btem-Arduina-CZ.pdf.

ŠVARC, Ivan a MATOUŠEK Radomil, a ŠEDA Miloš a VÍTEČKOVÁ Miluše. Automatické řízení. Brno: CERM – Akademické nakladatelství, 2011. ISBN 978-80-2144398-3.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je navrhnout chytrou domácnost, kde jsou jednotlivé komponenty řízeny jednodeskovým počítačem, konkrétně Arduinem a ESP8266. Celý systém lze ovládat a monitorovat prostřednictvím CLOUD přes mobilní aplikaci. Teoretická část poskytuje vhled do jednodeskového počítače Arduino a jeho funkcí, principů chytré domácnosti a komunikačních protokolů pro chytrou domácnost. Praktická část zahrnuje implementaci jednotlivých komponentů a vytvoření funkčního modelu domácnosti, který efektivně ukazuje proces ovládání a řízení, s možností systém sledovat a ovládat na dálku prostřednictvím mobilní aplikace.

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to design a smart home where the individual components are controlled by a single board computer, namely Arduino and ESP8266. The whole system can be controlled and monitored via the cloud through a mobile application. The theoretical part provides an insight into the Arduino single board computer and its features, smart home principles and communication protocols for smart home. The practical part includes the implementation of the individual components and the creation of a functional model of the home that effectively demonstrates the control and management process, with the ability to monitor and control the system remotely via a mobile app.

KLÍČOVÁ SLOVA

Arduino, ESP8266, chytrá domácnost, automatizace, cloud, automatizace domácnosti, ovládání domácnosti, internet věcí, IoT

KEYWORDS

Arduino, ESP8266, smart home, automation, cloud, home automation, home control, internet of things, IoT



ÚSTAV AUTOMATIZACE
A INFORMATIKY



2023

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HADAŠ, Jakub. *Automatizace domácnosti na platformě Arduino s využitím cloudu* [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-04-28].

Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/149489>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automatizace a informatiky. Vedoucí práce Tomáš Holoubek.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Tomáši Holoubkovi za cenné rady, ochotu a odborné vedení práce. Také bych rád poděkovat své rodině a přátelům za podporu a cenné rady.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, vypracoval jsem ji samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury.

Jako autor uvedené práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následku porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestně právních důsledků.

V Brně dne 20. 5. 2023

.....

Jakub Hadaš

OBSAH

1	ÚVOD.....	17
2	ARDUINO	18
2.1	Možnosti využití platformy	19
2.2	Ostatní dostupná zařízení.....	19
2.2.1	Raspberry Pi	19
2.2.2	Arduino Opta PLC.....	20
3	CHYTRÁ DOMÁCNOST.....	21
3.1	Aktuální trendy	22
3.2	Technologie, které se používají pro komunikaci.....	22
3.2.1	Standart Matter	22
3.2.2	Thread	22
3.2.3	Ostatní komunikační protokoly	23
4	SROVNÁNÍ CLOUDOVÝCH TECHNOLOGIÍ	25
4.1	Blynk IoT.....	25
4.2	Arduino cloud	26
4.3	ESP-NOW s ESP web serverem.....	27
4.4	ThingSpeak.....	28
5	POUŽITÉ TECHNOLOGIE	29
5.1	Senzor pro měření tlaku, teploty, vlhkosti.....	29
5.2	OLED displeje	30
5.3	NTP hodiny.....	31
5.4	PWM.....	32
6	REALIZACE VLASTNÍHO ŘEŠENÍ.....	33
6.1	Blynk IoT.....	33
6.2	Hlavní „jádro“ domácnosti	34
6.2.1	EPS-01	35
6.2.2	Připojení k Blynk.....	35
6.2.3	Světla	36
6.2.4	Ovládání rolet	37
6.2.5	Button Debouncing	39
6.3	ESP8266	39
6.3.1	Senzor pro měření.....	39
6.3.2	OLED.....	41
6.3.3	NTP hodiny.....	42
6.4	Blynk	42
6.5	Realizace projektu	44
6.5.1	Celkový pohled na ovládání a aplikaci.....	44

6.5.2	Vzájemná komunikace	44
6.5.3	Ověření spolehlivosti systému	45
6.5.4	Výsledná realizace	46
7	ZÁVĚR.....	49
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	51
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	55
	SEZNAM PŘÍLOH.....	57

1 ÚVOD

Chytré domácnosti se stávají stále populárnějšími a roste poptávka po efektivních a spolehlivých komunikačních protokolech a platformách pro vývoj chytrých domácností. Arduino je *open-source* platforma pro vývoj elektronických zařízení, která je v oblasti domácností a jiných projektů široce využívána díky své flexibilitě a nízké ceně. Koncept chytré domácnosti využívá pokročilé technologie k automatizaci a regulaci různých zařízení v domácnosti jako jsou například osvětlení, *HVAC*, bezpečnostní systémy a další. Cílem je zvýšit komfort, pohodlí a bezpečnost obyvatelů a snížit energetickou náročnost na provoz. Efektivní komunikace mezi jednotlivými zařízeními je kritickým aspektem chytré domácnosti. Pro komunikaci je nezbytné použít správné komunikační protokoly, jako jsou například *BLE*, *Wi-Fi*, *ZigBee*, *Thread* a další. Jednotlivé protokoly mají své výhody a také omezení. Výběr vhodného protokolu závisí na konkrétních požadavcích a možnostech.

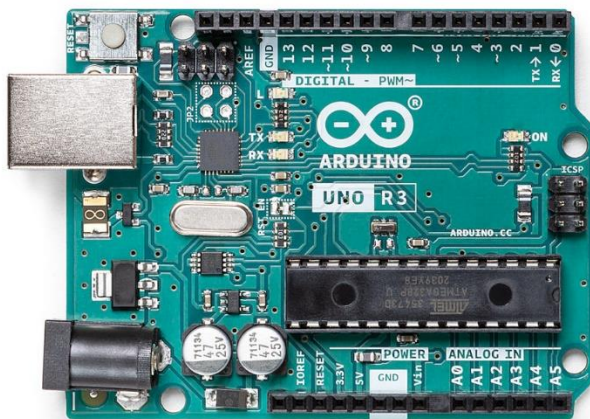
Cílem mé bakalářské práce je navrhnout a sestavit model chytré domácnosti pomocí vývojové desky Arduino, která bude vyhodnocovat data a bude schopna ovládat jednotlivé prvky skrze CLOUD pomocí mobilní aplikace nebo webového rozhraní. Cílem je vytvořit jednoduché a intuitivní ovládání pomocí telefonu pro vyhodnocování a přístup k datům. Teoretická část této práce se zabývá konceptem chytré domácnosti, srovnáním cloudových možností a popisem použitých komponentů a technologií. Praktická část je zaměřena na celkovou realizaci, popis zapojení, programování jednodeskového počítače Arduino a ESP8266 a následnou komunikaci pomocí CLOUDU.

Pro koncept chytré domácnosti jsou vytvořeny dvě zařízení, kde jsou použity jednodeskové počítače Arduino a ESP8266. Zařízení jsou na sobě nezávislá a pro vzájemnou komunikaci používají CLOUD. První zařízení je řízeno Arduinem, které spravuje světla a okno. K ovládání světel je použito relé a k manipulaci s okny stejnosměrný motor. Druhé zařízení je řízeno ESP8266, které měří teplotu, vlhkost a tlak pomocí senzoru BME280 a zobrazuje tyto veličiny společně s časem a datem na *OLED* displeji. Chytrá domácnost je navržena tak, aby její ovládání bylo jednoduché a intuitivní s možností spínat jednotlivé prvky přímo na modelu nebo pomocí telefonu přes aplikaci.

2 ARDUINO

Arduino vzniklo v Itálii v roce 2005 jako *open-source* projekt. *Open-source* je označení programu nebo systému s volně přístupným zdrojovým kódem, který tak může každý libovolně upravovat a měnit za účelem vývoje daného nástroje. V počátku bylo zamýšleno jako jednoduchý a levný vývojový set pro studenty. Následně se ale rozšířilo mezi širokou veřejnost a používá se v rozmanitých odvětvích. Arduino je v podstatě malý programovatelný jednodeskový počítač, který je ve většině případů osazený čipy od firmy Atmel a je obklopen dalšími elektronickými komponenty. Pomocí Arduina lze vytvářet různé interaktivní objekty či zařízení. Deska je schopna získávat údaje od různých snímačů a senzorů (např. senzory osvětlení, teploty nebo jen obyčejný spínač) a na základě těchto údajů ovládat nějaké výstupy (např. zapne světlo nebo motor či jiný fyzický výstup). Aby Arduino deska vykonávala, co je potřeba, musí se vytvořit program, který je v jazyce *Wiring* a je založený na programovacím jazyku *Processing* [1]. Pro jednoduchou spolupráci PC a Arduina se používá software Arduino IDE, prostřednictvím kterého se spojí s deskou a následně je možné ji programovat.

Mezi základní desky řadíme Arduino s názvem Uno, Nano, Mega a Leonardo. Volbu desky volíme podle projektu, na který ji chceme použít. Musí se brát v potaz velikost desky, počet pinů nebo například způsob bezdrátové komunikace (jestli bude nebo nebude nutnost použití *Wi-Fi* či *Bluetooth*). Pokud je požadavek na další funkce, jako je například ovládání motorů, připojení ethernetu nebo funkci *GPS*, je možnost vybrat a připojit *Shieldy*. Ty jsou určeny pro rozšíření funkcionalit desek.



Obr. 1: Arduino UNO Rev 3 [2]

2.1 Možnosti využití platformy

Arduino je všestranná platforma, kterou lze použít pro širokou škálu projektů a aplikací. Jelikož je *open-source* a má velkou komunitu nadšenců, tak mezi nejčastější a nejzajímavější použití lze zařadit odvětví robotiky. Slouží ke stavbě robotů a automatizaci úkolů či úkonů. Může ovládat motory, senzory a další komponenty, které jsou pro stavbu robota nezbytné. Používá se při tvorbě *IoT* zařízení, jako jsou chytré domácí světla nebo meteorologické stanice. Může se připojit k internetu pomocí *Wi-Fi* nebo *Ethernetu*, což umožňuje vysílat a přijímat data odkudkoliv. Ve školství se používá pro vzdělávání a k výuce elektroniky, programování a robotiky. Jedná se o cenově dostupný nástroj, který lze použít k seznámení studentů ohledně této problematiky. U umění a designu je určen k vytváření interaktivních instalací a uměleckých projektů. Bylo využito také pro projekty reagující na různé vnější podmínky, jako je zvuk, světlo nebo pohyb, což umělcům a designérům umožňuje vytvářet dynamická a poutavá díla například za pomoci světla.[3]

2.2 Ostatní dostupná zařízení

2.2.1 Raspberry Pi

Jedna z dalších platform na trhu v oblasti jednodeskových počítačů je Raspberry Pi. Jednou z jeho klíčových výhod je vyšší výpočetní výkon. Na rozdíl od Arduina, které se zaměřuje především na jednoduché aplikace, Raspberry Pi obsahuje plnohodnotnou architekturu jednodeskového počítače. Díky výkonnějšímu procesoru a větší paměti *RAM* se používá pro řešení složitějších aplikací s více úlohami například zpracování dat a síťové funkce. Je postaven na architektuře *ARM*. Je vybaven vstupně-výstupními piny a porty jako jsou *USB*, *Ethernet* a *HDMI* a podporuje různé operační systémy založené na Linuxu. Na rozdíl od Arduina umožňuje provozovat kompletní operační systém, což umožňuje vývojářům větší možnosti při vývoji. Díky vestavěným funkcím *Ethernet*, *Wi-Fi*, *Bluetooth* a multimediální schopnost Raspberry Pi, včetně podpory zvuku a videa ve vysokém rozlišení a výstupů *HDMI* z něj činí preferovanou volbu pro aplikace jako jsou mediální centra, digitální nápisy a jednoduché *webservery*. Nevýhody oproti Arduinu spojený s vyšším výkonem je vyšší spotřeba energie a vyšší cena. [4]

2.2.2 Arduino Opta PLC

Jako další alternativa může být Arduino Opta *PLC* (*Programmable Logic Controller*). Bylo představeno na konci roku 2022. Je to řešení pro průmyslovou automatizaci. Kombinuje flexibilitu platformy Arduino se spolehlivostí tradičních *PLC*. Je navrženo pro použití v průmyslovém procesu, kde je vyžadováno přesné řízení a monitorování procesů. Pro programování je určeno nové prostředí Arduino *PLC IDE* a podporuje řadu komunikačních protokolů, včetně *Modbus* a *Ethernet/IP*. V Arduino *PLC IDE* lze programovat pomocí 5 programovacích jazyků definovaných normou *IEC 61131-3*. [5]

Arduino Opta *PLC* má několik kladných vlastností, jako je flexibilita a snadné programování a také cenová výhodnost oproti jiným *PLC* modulům. Opta *PLC* začíná na ceně 122€ (2.870 Kč) [6] a například Siemens LOGO!, které by se dalo řadit za přímou konkurenci, začíná na ceně 3.790 Kč [7]. Ceny jsou platné k datu 5.5.2023. Je také kompatibilní se širokou škálou senzorů, akčních členů a dalších průmyslových zařízení. Díky tomu se dá použít v řadě aplikací, jako je řízení procesů, monitorování, protokolování a automatizace strojů. Využití nalezne i v chytrých budovách nebo kancelářích pro řízení rolet, slunečních clon, zavlažovacích systémů, elektrických zařízení, které se díky němu mohou snadno a bezpečně propojit, ovládat na dálku a automatizovat. To umožňuje nejen lepší komfort a kvalitu života, ale také nižší spotřebu elektriny díky efektivnímu řízení.



Obr. 2: Arduino Opta Lite [6]

3 CHYTRÁ DOMÁCNOST

Chytrá domácnost, někdy také označována jako *Smart home*, je moderní koncept, který označuje integraci technologií a automatizace do domácností, aby byly efektivnější, pohodlnější pro užívání a bezpečnější. Chytrá domácnost se obvykle skládá ze sítě propojených zařízení a spotřebičů, které jsou ovládány na dálku prostřednictvím mobilní aplikace, webového rozhraní nebo lokálně pomocí centrálního *hubu*. Důležité je, aby se také ovládala automaticky na základě předurčených podmínek. Existují určité repetitivní činnosti, které mohou být zautomatizovány, například vytápění domácnosti pouze při přítomnosti osob, větrání v koupelně po sprchování, automatické zatahování a rozevírání žaluzií a tak dále. Cílem chytré domácnosti je vytvořit uživatelsky přívětivé a efektivní řešení pro automatizaci různých funkcí domova, jako je nastavení teploty, zhasínání světel a zamykání dveří, což umožňuje uživatelům ušetřit energii, snížit náklady na domácnost a zlepšit bezpečnost a komfort.

Jednou z klíčových výhod chytré domácnosti je pohodlí. Díky možnosti ovládat zařízení pomocí mobilní aplikace nebo hlasových asistentů mohou uživatelé snadno spravovat svůj domov odkudkoli. Mohou například zhasnout zapomenutá rozsvícená světla po odchodu z domu, nastavit teplotu na dálku nebo sledovat bezpečnostní kamery v době, když jsou na dovolené. Chytré domy také nabízejí větší přístupnost a pohodlí pro osoby se zdravotním postižením nebo omezenou pohyblivostí, protože mohou snadno ovládat jednotlivé prvky domácnosti pomocí hlasových asistentů bez fyzické námahy.

Další vlastností chytrých domů je lepší zabezpečení. Díky chytrým zámkům a bezpečnostním kamerám mohou majitelé domů sledovat jeho bezpečnost na dálku, případně dostat notifikaci, pokud je něco v nepořádku. Domy se mohou nastavit tak, aby se vždy při stmívání zatahovaly žaluzie nebo rozsvítila světla. Bude to tedy vypadat, jako by neustále někdo byl v domě a může to odradit případné zloděje. Domácnost může obsahovat nainstalovanou pojistku proti vytopení domu. Pokud by došlo k poruše pračky, myčky nebo vodovodního potrubí, senzory zaznamenají vytékající vodu, zastaví hlavní uzávěr vody a zašle se notifikace do telefonu, že došlo k poruše.

3.1 Aktuální trendy

Koncept chytré domácnosti se neustále vyvíjí a pravidelně přicházejí nové inovace a technologie. Jedním ze současných trendů na trhu chytrých domácností je integrace hlasových asistentů, jako je *Amazon Alexa*, *Google Home* a *Siri*. Další věc, o které se diskutuje je bezpečnost. Jelikož je vše připojeno k internetu a domácnost přesně „ví“, kdy a co děláme, tak se jedná o velice citlivá data. Důležitou věcí, která se teď vyvíjí a zlepšuje jsou komunikační protokoly zařízení. Tato problematika je více rozebrána níže.

3.2 Technologie, které se používají pro komunikaci

Při vybírání prvků do chytré domácnosti, jako chytré žárovky, zásuvky, vypínače a při zvolení odlišných výrobců, lze zjistit, že zařízení spolu nebudou komunikovat. Často bývá zvykem, že jednotlivé značky používají různé komunikační protokoly a proprietární aplikace, což spolupráci mezi prvky jednotlivých výrobců dělá značně složitější. Je třeba si zjistit jaké komunikační protokoly mají jednotlivé prvky, aby byla zajištěna bezproblémová vzájemná kompatibilita. Jednotlivé protokoly jsou popsány níže. [8]

3.2.1 Standart Matter

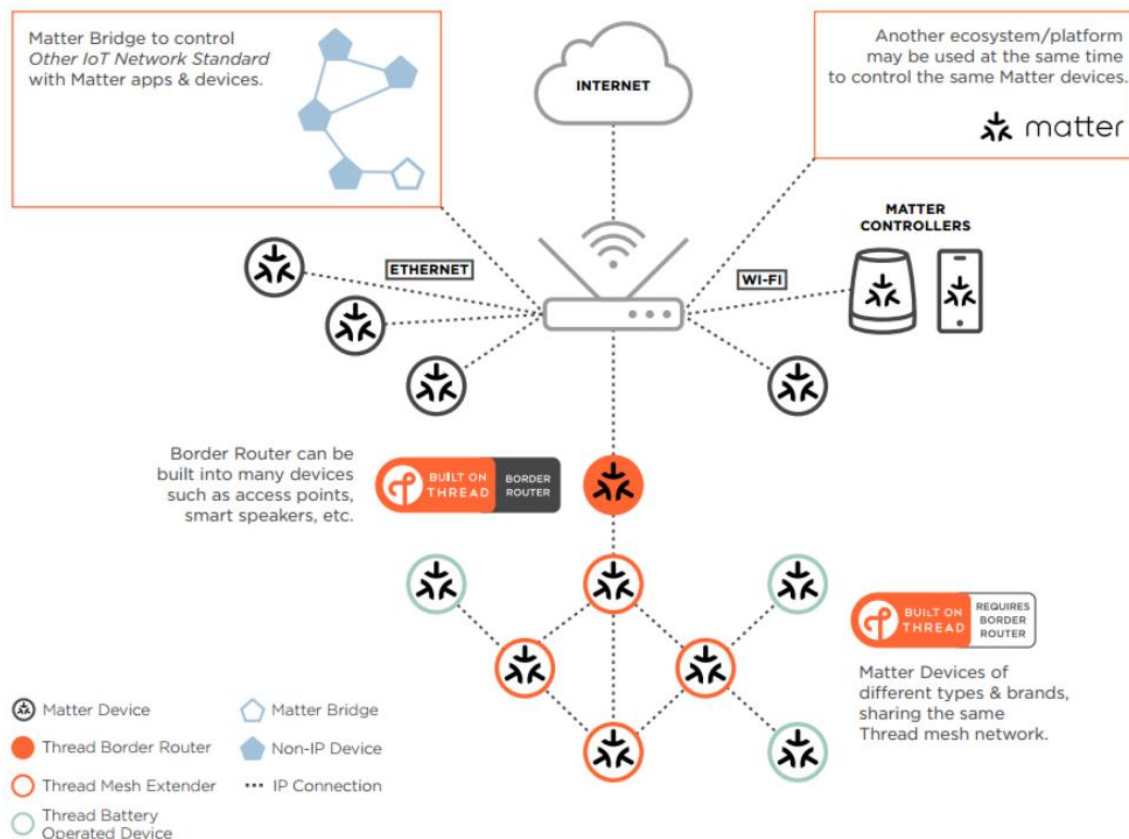
Matter není protokol jako takový, ale je to nový standard pro chytrou domácnost dříve známý jako *Project CHIP* nebo *Connected Home over IP*, na kterém spolupracují velké technologické společnosti jako Apple, Google, Amazon a další. Cílem je vytvořit jednotný standard pro zařízení inteligentní domácnosti.

Cílem projektu je usnadnit bezproblémovou komunikaci a spolupráci prvků chytré domácnosti bez ohledu na značku nebo platformu, kterou používají. Standard je *open-source* a umožňuje zařízením vzájemně komunikovat pomocí protokolu *IP* (*Internet Protocol*). To znamená, že zařízení s technologií Matter mohou spolupracovat s jakýmkoli jiným zařízením, které tento protokol podporují bez ohledu na výrobce a budou kompatibilní s oblíbenými platformami pro chytré domácnosti, jako je Google Assistant, Apple HomeKit a Amazon Alexa. Matter byl oficiálně spuštěn v listopadu 2022. Řeší jeden z hlavních problémů, a to ten, že na trhu nebyl jednotný standart, který by mohli využívat všechny značky a všichni výrobci. Matter je navržen tak, aby mohl pracovat prostřednictvím více komunikačních protokolů, včetně *Wi-Fi*, *Ethernetu*, *Thread* a *Bluetooth Low Energy (BLE)*. [9]

3.2.2 Thread

Thread je jedním z komunikačních protokolů, které podporuje standard Matter. Je to bezdrátový síťový protokol s nízkou spotřebou energie určený pro zařízení chytré domácnosti. Má typologie sítě *mesh*, což znamená, že zařízení mohou spolu komunikovat napřímo bez nutnosti centrálního hubu. To umožňuje větší flexibilitu při navrhování a zavádění systémů do domácnosti. Mezi jeho klíčovou vlastnosti patří nízká spotřeba

energie, a proto je vhodný pro zařízení napájené z baterií, jako jsou senzory a chytré zámky. Obrovskou výhodou je vysoká bezpečnost, ta totiž využívá 128 bitové šifrování AES k zabezpečení komunikace, které je například používané v bankovníctví. [10] Thread je interoperabilní s dalšími protokoly pro chytrou domácnost, jako jsou *ZigBee*, *Z-Wave* a *Wi-Fi*, což umožňuje větší flexibilitu při navrhování systémů chytré domácnosti.



Obr. 3: Typologie síť Thread [11]

3.2.3 Ostatní komunikační protokoly

Zařízení *IoT* existují již delší dobu, byla ale velice diversifikována do jednotlivých kategorií, což v tomto případě bylo nežádoucí. Neexistoval univerzální standart, který by je spojoval. Používali se technologie jako *ZigBee*, *Z-Wave*, *BLE* (*Bluetooth Low Energy*) či *WiFi*. To ale způsobovalo velké přeplnění bezdrátového prostoru. Většina chytrých produktů třetích stran měla vlastní aplikace, čím tedy více různých značek jednotlivých zařízení zákazník doma disponoval, tím větší počet aplikací byl nucen používat. To přidávalo zákazníkovi mnoho nechtěného stresu. Tudíž přesný opak, jak by měla chytrá domácnost fungovat. [12]

Tab. 1: Rozdíly jednotlivých komunikačních protokolů

	Wi-Fi	Z-Wave	ZigBee	Thread	BLE
Široko plošné pokrytí	Ano	Ano	Ano	Ano	S omezením
Nízká energetická náročnost	Ne	Ano	Ano	Ano	Ano
Vysoký přenos dat	Ano	Ne	Ne	Ne	S omezením
Uvedení na trh	1997	2003	2003	2015	2010
PHYC/MAC standart	IEEE 802.11.1	ITU-T G.9959	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.1
Frekvence přenosu	2.4 GHz, 5 GHz, 6 GHz	900 MHz*	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Dosah	100 m	30 m – 100 m	10 m - 100 m	10 m - 100 m	30 m
Maximální přenos dat	54 Mbit/s	40 – 100 kbit/s	250 kbit/s	250 kbit/s	1 Mbit/s
Topologie sítě	Hvězda	Mesh	Mesh	Mesh	Rozptylová
Energetická náročnost	Vysoká	Nízká	Nízká	Nízká	Nízká
Spolek	Wi-Fi Alliance	Z-Wave Alliance	ZigBee Alliance	Thread Group	Bluetooth SIG

* Protože *Z-Wave* pracuje ve frekvenčním pásmu pod 1 GHz, podléhá regulačním požadavkům v závislosti na regionu. Pro většinu výrobců produktů jsou nejdůležitější frekvence *Z-Wave US* (908 MHz), *Z-Wave EU* (868 MHz) a *Z-Wave AU* (921 MHz). Pro přehlednost je brána *Z-Wave US* (908 MHz) kompatibilní pouze se zámkem dveří *Z-Wave US* (908 MHz), nikoli se zámkem dveří *Z-Wave EU* (868 MHz). [13]

Závěrem lze říci, že volba protokolu pro systém chytré domácnosti velmi závisí na konkrétní aplikaci a požadavcích uživatele. *Wi-Fi* a *BLE* jsou vhodnější pro jednoduché a obecné aplikace, zatímco *ZigBee*, *Z-Wave*, *Thread* a *Matter* jsou vhodnější pro komplexnější a rozsáhlejší aplikace chytré domácnosti, kde je potřeba dosáhnout vysoké bezpečnosti, spolehlivosti a nízké spotřeby energie.

4 SROVNÁNÍ CLOUDOVÝCH TECHNOLOGIÍ

Cloud je označení pro poskytování služeb přes internetové sítě, kde jsou uložena data na vzdálených serverech a jsou přístupná z libovolného zařízení s připojením k internetu. Uživatelé si tak mohou pronajmout prostředky pro uložení dat, výpočty nebo aplikace, aniž by museli investovat do vlastních hardwarových a softwarových řešení. [14]

Cloudy pro chytrou domácnost umožňují vzdáleně ovládat a monitorovat jejich chytrá domácí zařízení. Tyto platformy poskytují centralizované místo pro správu zařízení, jako jsou termostaty, světla nebo bezpečnostní systémy. Cloudy pro chytrou domácnost fungují tak, že jednotlivé zařízení připojí k internetu a komunikují s cloudem samostatně pomocí protokolu *Wi-Fi*, nebo jednotlivá zařízení komunikují mezi sebou a posílají informace do centrální jednotky (centrálního hubu) a ten posílá data do cloudu. Takto funguje mesh síť u komunikačního protokolu *Thread*, *Z-Wave* či *ZigBee*. Cloudy poskytují řadu funkcí, které umožňují vzdálenou správu chytrých domácích zařízení. Uživatelé mohou pomocí aplikací nebo webového rozhraní ovládat jednotlivé prvky, nastavovat je a přijímat upozornění. Poskytují také možnost integraci hlasových asistentů a prvků pro domácí automatizaci. V podstatě propojují celou domácnost s internetem a uživatelé mohou pohodlně ovládat a sledovat domácnost na dálku. V následujících odstavcích jsou popsány jednotlivé cloudy, které se používají s platformou Arduino.

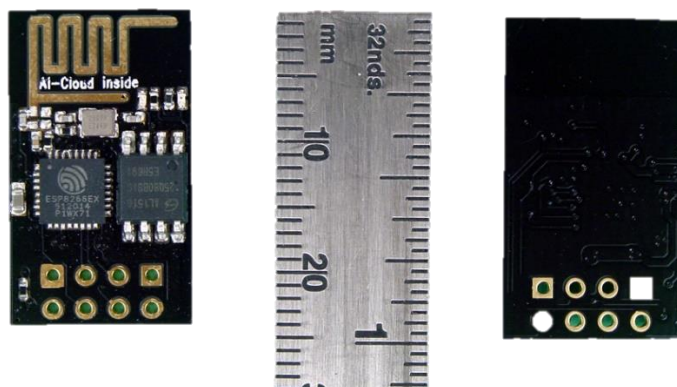
4.1 Blynk IoT

Blynk je populární platforma pro *IoT*, která uživatelům umožňuje vytvářet vlastní *layout* aplikace pro vzdálené ovládání a sledování zařízení *IoT*. Platforma poskytuje jednoduché rozhraní *drag-and-drop* pro vytvoření vlastních uživatelských zobrazení a podporuje širokou škálu *IoT* zařízení. Poskytuje cloudovou platformu pro ukládání a správu dat zařízení a poskytuje řadu funkcí pro širokou škálu projektů. Uživatelé si mohou nastavit upozornění a oznámení na základě dat ze zařízení a mohou využívat vestavěné analytické nástroje platformy k vizualizaci a analýze dat ze svých zařízení. Pro používání služby Blynk si uživatelé musí stáhnout mobilní aplikaci Blynk a vytvořit si účet na platformě Blynk Cloud. Poté si mohou vytvářet vlastní uživatelské rozhraní pro jednotlivé projekty a připojit zařízení k jednotlivým *layoutům*. Blynk je přizpůsobitelná a snadno použitelná platforma pro vytváření *IoT* projektů. Díky svému intuitivnímu rozhraní a řadě komplexních funkcí je vhodnou volbou jak pro amatérské uživatele, tak pro profesionály, kteří chtějí spravovat rozsáhlé *IoT* projekty. [15]



Obr. 4: Ukázka mobilní aplikace se zobrazený modelem Arduino UNO [16]

Pro použití cloudových technologií Arduino musí mít připojení k *Wi-Fi* buďto přímo, nebo se musí použít *Wi-Fi shield*, nebo použít modul EPS8266 ESP-01, který jí umožní spojení s *Wi-Fi*.



Obr. 5: Přední a zadní strana modulu ESP8266 ESP-01[17]

4.2 Arduino cloud

Arduino Cloud je platforma, která taktéž uživatelům umožňuje vzdáleně spravovat a monitorovat jejich *IoT* projekty vytvořené na deskách Arduino nebo ESP. Platforma poskytuje centralizované místo pro správu připojených zařízení a nabízí řadu funkcí umožňujících vzdálené ovládání a automatizaci.

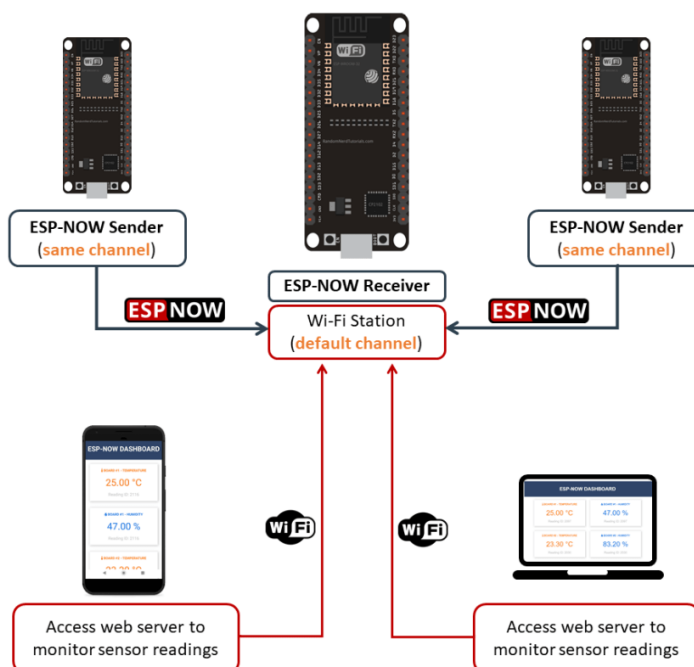
Prostředí Arduina Cloudu také obsahuje jednoduché intuitivní ovládání a vytváření vlastních uživatelských rozhraní pomocí *drag-and-drop*. Tato platforma je fungováním a funkcionalitami velice podobná aplikaci Blynk *IoT*.

4.3 ESP-NOW s ESP web serverem

ESP-NOW je komunikační protokol vyvinutý společností *Espressif Systems*, který umožňuje rychlou a bezpečnou komunikaci mezi deskami ESP8266 a ESP32. Jde o bezdrátový komunikační protokol s nízkou spotřebou energie, který umožňuje komunikaci mezi zařízeními na velké vzdálenosti. V kombinaci s ESP webovým serverem lze ESP-NOW použít k vytvoření rozsáhlejších aplikací, které umožňují vzdálené ovládání a monitorování připojených zařízení. Webový server ESP umožňuje uživateli nastavit webové rozhraní pro jeho projekt a poskytuje pohodlný způsob interakce s připojenými zařízeními.

Pro použití ESP-NOW s webovým serverem musí uživatel nejprve naprogramovat jednotlivé ESP navázat mezi nimi spojení pomocí protokolu ESP-NOW. Poté na hlavním ESP spustí web server s webovým rozhraním, které může obsahovat tlačítka, posuvníky a další ovládací prvky. Celé webové rozhraní si ale musí uživatel naprogramovat pomocí webových technologií, tudíž se nekladou meze, co lze vytvořit pomocí této aplikace, ale jedná se o komplexní a složitý proces. Při interakci uživatele s webovým rozhraním odešle webový server ESP příkazy připojeným zařízením prostřednictvím protokolu ESP-NOW. Zařízení na příkazy reagují a webové rozhraní se v reálném čase aktualizuje tak, aby odráželo aktuální stav připojených zařízení.

ESP-NOW s webovým serverem ESP je výkonná kombinace k vytvoření široké škály *IoT* projektů. Výhodou této aplikace je, že je zdarma. Nevýhodou může být, že tato aplikace je pouze pro vývojové desky ESP a je komplikovanější na zprovoznění. [18]

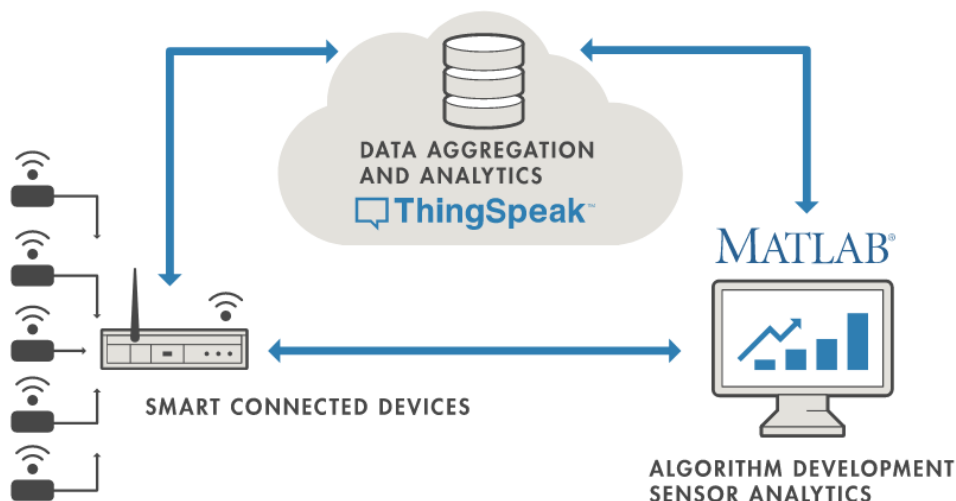


Obr. 6: Princip fungování protokolu ESP-NOW [19]

4.4 ThingSpeak

ThingSpeak je analytická *open-source* platforma, která uživatelům umožňuje shromažďovat, ukládat a analyzovat data z připojených zařízení. Je navržena tak, aby vývojářům usnadnila vytváření a správu projektů tím, že poskytuje řadu nástrojů pro vizualizaci, analýzu a sdílení dat. Pomocí ThingSpeak mohou uživatelé vytvářet kanály pro sběr a ukládání dat z připojených zařízení. Pomocí integrovaných vizualizačních nástrojů platformy pak mohou vytvářet grafy, diagramy a mapy, které jim pomohou lépe vizualizovat a pochopit jejich data.

Kromě vizualizace dat nabízí ThingSpeak také řadu analytických nástrojů, které uživateli umožňují provádět nejrůznější analýzy, identifikovat trendy a generovat poznatky z dat. Platforma je integrována s programem MATLAB, což uživatelům umožňuje provádět složitější analýzu a modelování pomocí kódu v MATLABU. ThingSpeak podporuje streamování dat v reálném čase, což umožňuje přijímání dat z připojených zařízení v reálném čase. Celkově je to výkonná platforma pro vytváření a správu projektů. Díky široké škále funkcí, otevřenému zdrojovému kódu a rozsáhlé dokumentaci je to častou volbou vývojářů. [20]

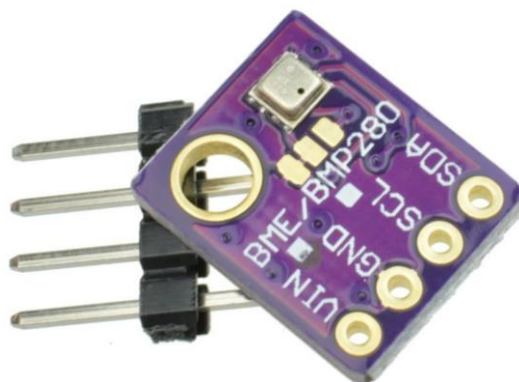


Obr. 7: Princip činnosti ThingSpeak [20]

5 POUŽITÉ TECHNOLOGIE

5.1 Senzor pro měření tlaku, teploty, vlhkosti

Senzor BME280 je senzorový modul, který dokáže měřit teplotu, vlhkost a barometrický tlak. Lze snadno propojit s Arduinem a poskytuje přesné údaje. Senzor obsahuje vestavěný mikrokontroler, který provádí měření teploty, vlhkosti a tlaku a odesílá data do Arduina přes rozhraní I2C.



Obr. 8: Senzor BME280 s připojitelnými kontakty

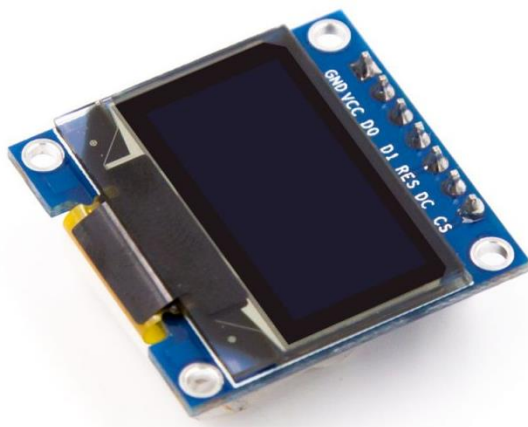
Pro použití se musí použít knihovna *Adafruit BME280* pro čtení dat ze senzoru a další zpracování nebo analýzu. Senzor je ideální pro širokou škálu projektů Arduino, které vyžadují monitorování životního prostředí, jako jsou meteorologické stanice, monitory kvality vzduchu v interiéru a další. Díky nízké spotřebě energie, malým rozměrům a snadnému použití je oblíbenou volbou jak pro domácí projekty, tak pro profesionály. [21]

Tab. 2: Technické specifikace senzoru BME 280

Senzor	BME280	Rozlišení – teplota	0,01 °C
Rozhraní	I2C (až 3,4 MHz)	Rozlišení – vlhkost	0,008 % RH
Napájení	1,8 až 5 VDC	Rozlišení – tlak	0,18 Pa
Teplota	-40 až +85 °C	Přesnost – teplota	± 1 °C
Vlhkost	0 až 100% RH	Přesnost – vlhkost	± 3% RH
Tlak	300 až 110 hPa	Přesnost – tlak	± 1 Pa
Hmotnost	1 g	Rozměry (mm)	14 x 10

5.2 OLED displeje

Displej OLED (*Organic Light Emitting Diode*) je typ displeje, který lze použít s deskou Arduino k zobrazení textu a grafiky. Na rozdíl od LCD displejů nevyžadují OLED displeje podsvícení, takže jsou tenčí, lehčí a energeticky úspornější. Pro použití OLED displeje s deskou Arduino se musí připojit displej k Arduino pomocí příslušných pinů. Obvykle komunikuje s Arduinem přes rozhraní I2C nebo SPI, v závislosti na konkrétním použitém modulu. Poté se musí použít příslušná knihovna, obvykle *Adafruit SSD1306*, která poskytuje sadu funkcí pro ovládání displeje.



Obr. 9: OLED displej [22]

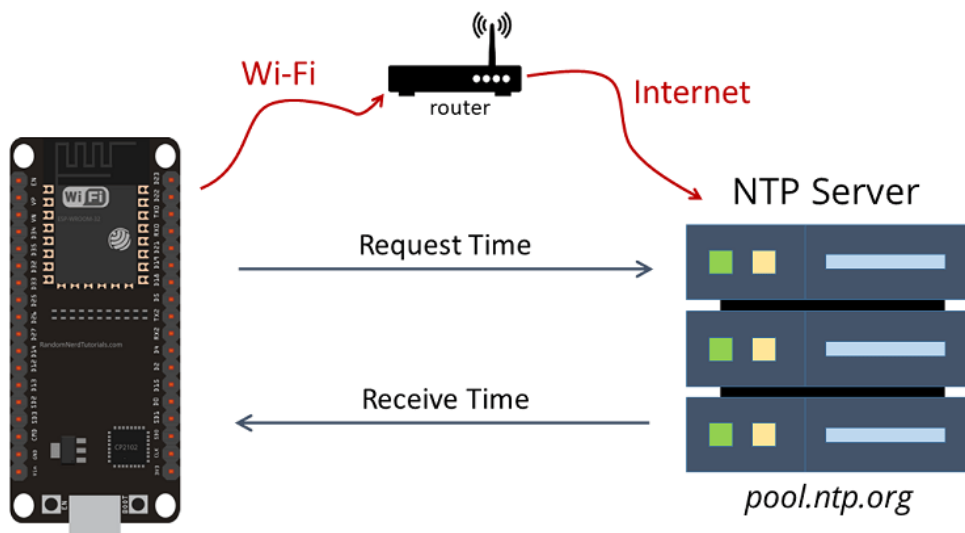
Displeje se používají pro širokou škálu projektů, které vyžadují vizuální zpětnou vazbu nebo zobrazení informací, například u hodin, meteorologických stanic nebo kdekoli kde je potřeba zobrazovat data. Výhodou je nízká spotřeba energie, vysoký kontrast a rychlá odezva.

Tab. 3: Technické specifikace OLED displeje

Hlavní čip	SSD1306	Pozorovací úhel	> 160°
Napájecí napětí	3,3 až 5 VDC	Komunikační rozhraní	SPI
Maximální příkon	80 mW	Barva aktivních bodů	bílá
Rozlišení	128x64	Provozní teplota	-30 až +70 °C
Úhlopříčka	0,96“	Rozměry modulu (mm)	27,3 x 27,8 x 4,1

5.3 NTP hodiny

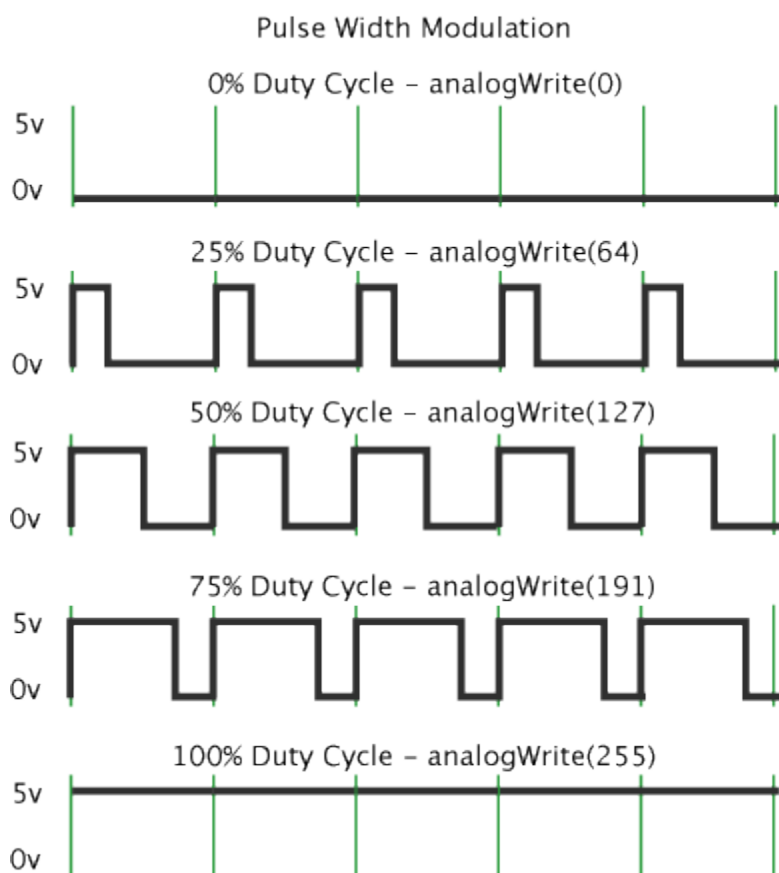
Protokol *NTP* (*Network Time Protocol*) je protokol, který lze použít s deskou Arduino k synchronizaci hodin s externím časovým serverem. Díky tomu si Arduino udržuje přesný čas, pokud je připojeno k internetu. Pro použití *NTP* s Arduinem je nutnost nejprve připojit desku k internetu pomocí *ethernetového shieldu* nebo *Wi-Fi* modulu. Poté se může použít knihovna *NTPClient*, která komunikuje se serverem *NTP* a synchronizuje hodiny. *NTP* je ideální pro projekty, které vyžadují měření času, jako jsou hodiny, datové *logery* a další. Její schopnosti synchronizace s externími časovými servery zajišťuje, že čas je přesný i po dlouhé době. Jako alternativa mohou být použity *RTC* moduly, ale výhodou *NTP* může být absence *RTC* modulu. Pokud je Arduino připojeno k internetu, je jednodušší v určitých případech použít *NTP* servery pro synchronizaci času. [23]



Obr. 10: Princip NTP hodin [23]

5.4 PWM

PWM je technika pro řízení výkonu elektrického signálu, kde dochází k periodickému zapínání a vypínání signálu s různou délkou pulzů. Délka pulzů se vyjadřuje v procentech délky celé periody. Například, když je použito *PWM* s 50% *Duty Cycle*, tak je signál zapnutý polovinu času a vypnutý druhou polovinu. Použití *PWM* signálu je podstatné pro mnoho aplikací, jako například pro ovládání rychlosti DC motoru nebo pro regulaci jasu LED diody. Pomocí této techniky jde simulovat analogového signálu pomocí digitálního signálu. U Arduina lze využít vestavnou funkci generovat *PWM* na některých digitálních vývodech s označením tilda (~). Pro generování *PWM* se používá funkce *analogWrite()*, která ovládá šířku pulzu signálu v rozsahu 0-255, kde hodnota 0 znamená, že je signál vypnutý a hodnota 255 znamená, že je signál na maximum. [1]

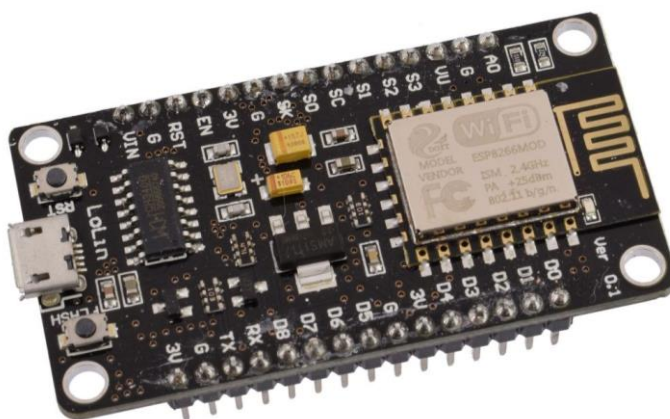


Obr. 11: Schéma PWM regulace [24]

6 REALIZACE VLASTNÍHO ŘEŠENÍ

Následující kapitola se zabývá vlastním řešením a konstrukcí jednoduchého modelu chytré domácnosti, kde je použita jako hlavní vývojová deska Arduino UNO a druhá sekundární ESP8266 NodeMcu, za pomoci výše zmíněné cloudové technologie Blynk Cloud. Řešení se skládá z podrobného popisu vývoje od připojení desek k počítači přes výběr a zapojení jednotlivých senzorů a periférií, připojení ke cloudu až po celkové zhotovení projektu.

Jako sekundární deska byla zvolena ESP8266 NodeMcu namísto druhé Arduino UNO z několika důvodů. Prvním důvodem bylo, že ESP8266 obsahuje vestavěný *Wi-Fi* modul, který byl v tomto případě potřeba pro komunikaci s cloudem a dalším zařízením. Arduino UNO není v základu vybaveno *Wi-Fi* modulem, takže by bylo nutné použít externí modul pro komunikaci s cloudem. Jako další důvod byla nižší cena ve srovnání s deskou Arduino UNO s externím *Wi-Fi* modulem. ESP8266 se programovalo stejně jako Arduino UNO v Arduino IDE.



Obr. 12: Vývojová deska ESP8266 NodeMcu [25]

6.1 Blynk IoT

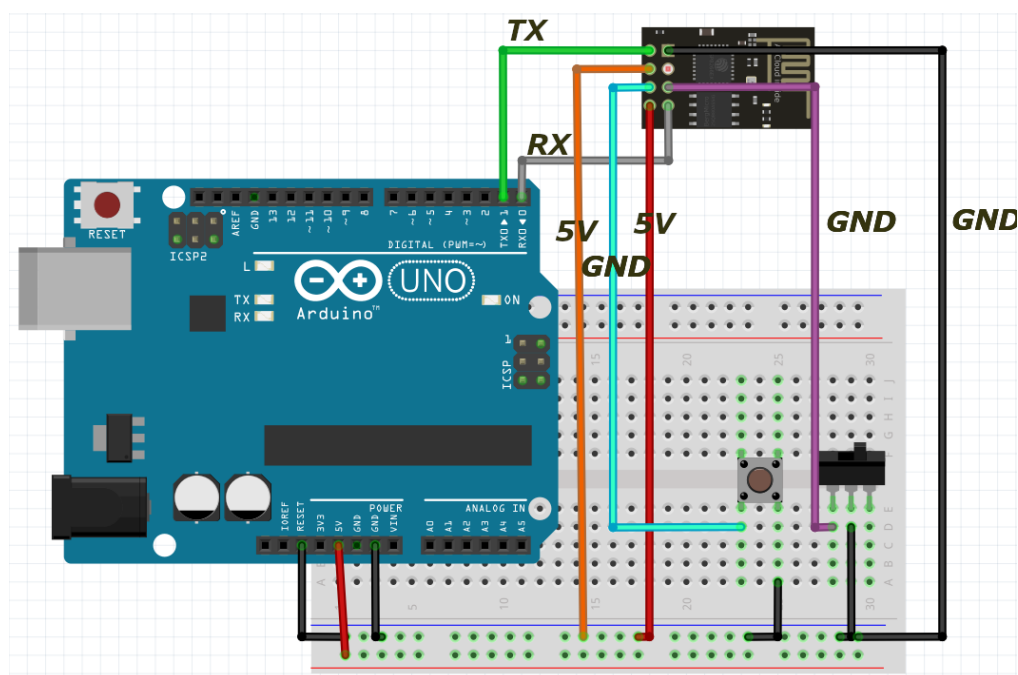
Pro online monitorování a ovládání byla vybrána platforma Blynk z několika důvodů. Byla zvolena kvůli jednoduchému vytvoření *IoT* projektů s přívětivým prostředím. Na rozdíl od Arduino Cloud nabízí rozsáhlejší sadu widgetů pro různé typy vstupů a výstupů, což umožňovalo snadnější implementaci různých funkcí automatizaci domácnosti. Blynk IoT je kompatibilní s Arduinem i ESP8266 NodeMcu, což bylo pro tento projekt podstatné. Mají i svou mobilní aplikaci pro vzdálené ovládání a monitorování jednotlivých komponent, která je použita jako hlavní prvek pro online sledování a ovládání. Mají různé cenové tarify viz níže, ale pro tento projekt byl zvolen plán zdarma, protože se používají pouze dvě zařízení.

Tab. 4: Cenové tarify služby Blynk Cloud [26]

FREE	PLUS	PRO
0 \$	6.99 \$	49 \$
2 zařízení, 5 uživatelů	10 až 20 zařízení/uživatelů	40 až 500 zařízení / uživatelů
3 šablony zařízení	10 šablon zařízení	50 šablon zařízení
Free widgety	Plus widgety	Pro widgety
10 datových toků/widgetů na šablonu	80 datových toků/widgetů na šablonu	200 datových toků/widgetů na šablonu
1 týdenní historická data	3 měsíční historická data	3 měsíční historická data
	Sada uzamčených oprávnění	Nastavitelné oprávnění

6.2 Hlavní „jádro“ domácnosti

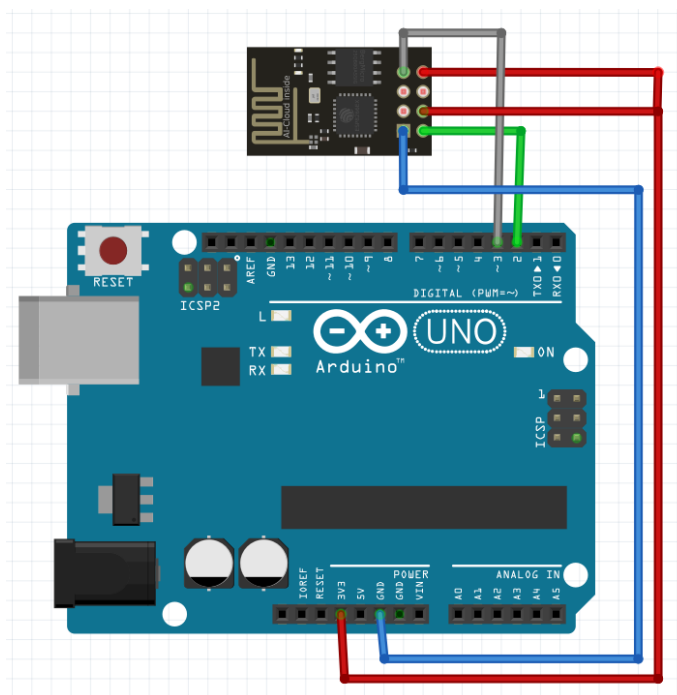
Jako hlavní deska je Arduino Uno, která ale v základu nemá *Wi-Fi* modul. Pro rozšíření o funkci *Wi-Fi* byl použit modul ESP-01. Na naprogramování byla použita přímo deska Arduino Uno, protože jsem nedisponoval zařízením pro přímé programování ESP-01. Jako první se nahrál firmware do ESP-01. Může být zvoleno oficiální firmware nebo alternativní firmware jako například *ESP Easy* nebo *NodeMCU*. Důležité je však zajistit, aby byla verze firmware kompatibilní s verzí modulu. V tomto případě byl nahrán firmware oficiální. Podle zapojení viz níže se nahrál firmware a nastavilo se ESP-01, aby mohlo sloužit jako *wifi* modul pro Arduino. Zapojení níže sloužilo pouze pro programovací režim.



Obr. 13: Grafické schéma pro programování ESP-01

6.2.1 EPS-01

Po nahrání firmwaru, aby ESP fungovalo jako *Wi-Fi* modul pro Arduino je nutné propojení desek, aby docházelo k sériové komunikaci. Pro připojení modulu ESP-01 jako *Wi-Fi* modul k desce Arduino se použije zapojení, které využívá sériové komunikace a používá se jako rozhraní mezi deskou Arduino a internetem. Zapojení je znázorněné na obrázku 14. Aby se modul připojil k Wi-Fi síti je třeba do kódu na Arduino zadat název a heslo Wi-Fi, ke které se modul má připojovat. Konkrétní kód, který byl použit je v kapitole 6.2.2.



Obr. 14: Grafické schéma zapojení EPS-01

6.2.2 Připojení k Blynk

Poté co je ESP-01 úspěšně zapojeno a nastaveno na sériovou komunikaci s Arduinem, bylo důležité provést další kroky pro správné fungování. Prvním krokem byl vytvořit si účet na stránkách Blynk cloud. Po vytvoření účtu se nahrála knihovna Blynk do Arduino. Po nainstalování knihovny se použil kód viz níže, který umožní sériové komunikace Arduino a ESP-01. Tímto kódem se nastavili parametry komunikace, jako připojení k síti a autentizace. Arduino se pomocí kódu připojí k *Wi-Fi* a spustí aplikaci Blynk.

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID          "TMPxxxxxx"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME       "Device"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN         "YourAuthToken"

#define BLYNK_PRINT Serial

#include <ESP8266_Lib.h>
#include <BlynkSimpleShieldEsp8266.h>

char ssid[] = "YourNetworkName";
char pass[] = "YourPassword";

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial EspSerial(2, 3); // RX, TX

#define ESP8266_BAUD 38400

ESP8266 wifi(&EspSerial);

void setup()
{
  Serial.begin(115200);

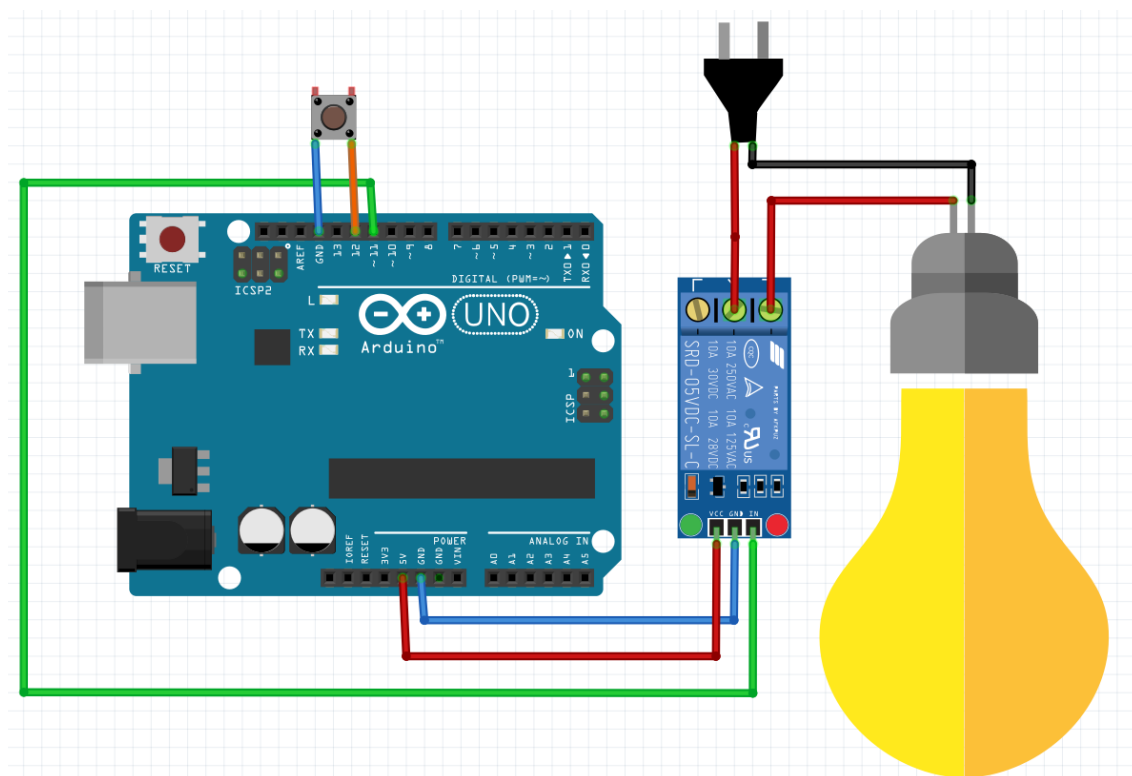
  EspSerial.begin(ESP8266_BAUD);
  delay(10);

  Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, wifi, ssid, pass);
}

void loop()
{
  Blynk.run();
}
```

6.2.3 Světla

Pro ovládání světel bylo použito relé, aby šlo ovládat světlo, které je napájené přímo z 230V sítě. Relé je bezpečný způsob, jak tento úkon provést. Pro ovládání relé z Arduina je použito tlačítko, které ovládá digitální výstupy, které pomocí kódu ze signálu *HIGH* nebo *LOW* spínají nebo rozpojují obvod. Aby bylo docíleno ovládání skrze cloud a manuálně do obvodu byl přidán manuální spínač. Vždy po restartování Arduina dojde k synchronizaci widgetu pro ovládání v aplikaci, aby nedocházelo k mylným ukazatelům ZAPNUTO/VYPNUTO.

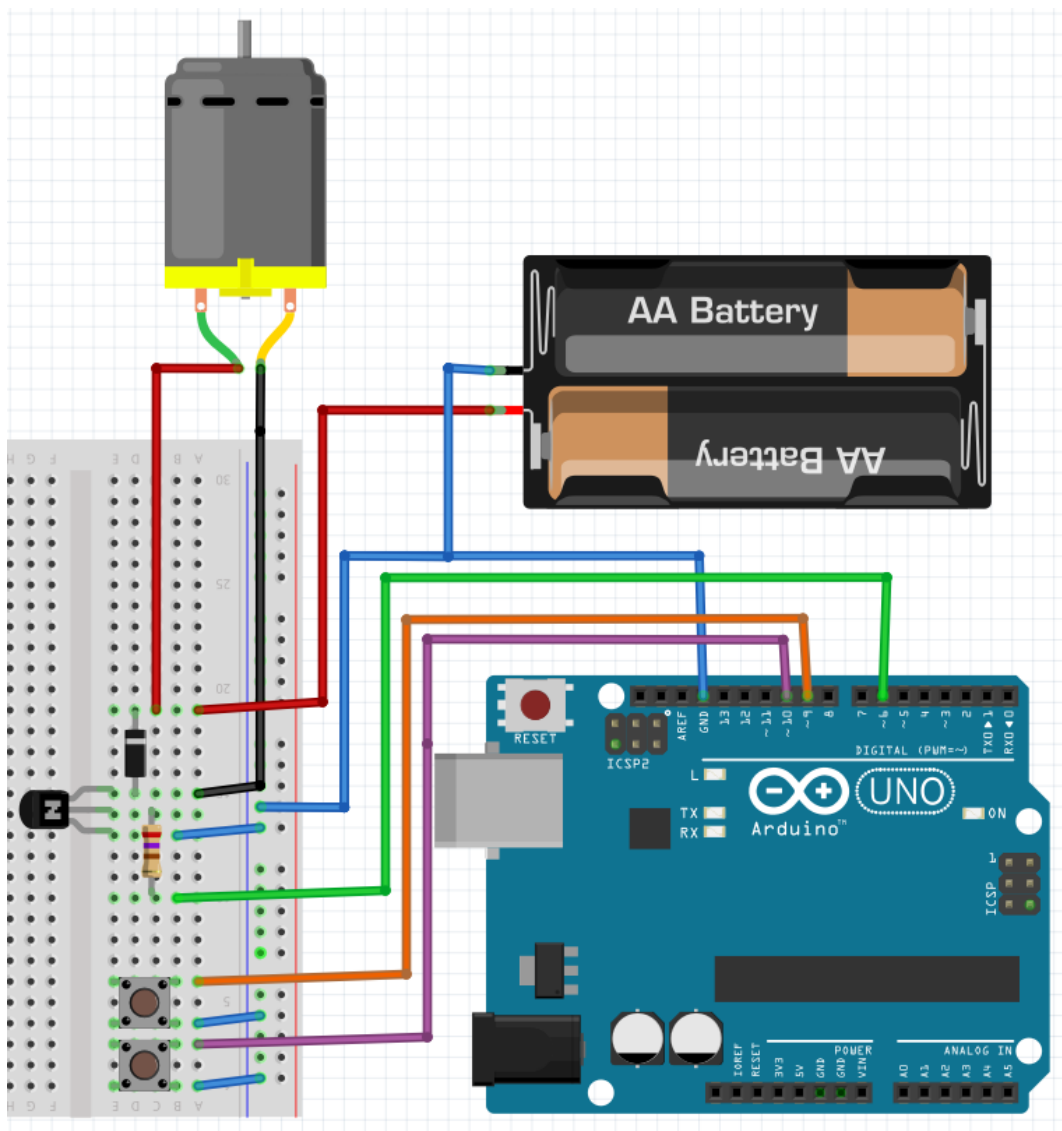


Obr. 15: Grafické zapojení relé

6.2.4 Ovládání rolet

Pro ovládání rolet byl použit DC motor. Pro zapojení motoru k Arduino byl použit PNP tranzistor a usměrňovací dioda. PNP tranzistor v obvodu slouží jako spínací prvek napětí, protože Arduino nemá dostatečný proudový výkon pro napájení motoru a přímé zapojení by vedlo ke zkratu, nebo poškození desky. Proto bylo využito externí napájení pro motory za využití bateriového boxu. Dioda slouží k ochraně před zpětným napětím, které vzniká při zapínání nebo vypínání motoru [27]. Takový obvod umožňuje bezpečné ovládání motorů z Arduina. Případně jde použít i jiná metoda, jako je zapojení pomocí H-můstku. Pro ovládání rychlosti se použije PWM signál z Arduina. Obvod musí být zapojen do pinu, který podporuje *PWM*. Co je to *PWM* je popsáno v kapitole 5.4.

Pro ovládání byly použity pouze dvě tlačítka. Každé tlačítko má dvě funkce. První funkce je krátké zmáčknutí, které spustí rolety až dolů. Druhá funkce je, pokud uživatel tlačítko drží sepnuté. Po tuto dobu, kdy uživatel drží sepnuté tlačítko, rolety jedou buďto nahoru nebo dolů, podle toho, které tlačítko je použito. Pro naprogramování je použit následující kód. [28]



Obr. 16: Grafické zapojení motoru

```

if(button.isPressed()){ //checking if the button is pressed
  pressedTime = millis();
  isPressing = true;
  isLongDetected = false;
}

if(button.isReleased()) { //checking if the button is released
  isPressing = false;
  releasedTime = millis();

  // calculating the duration of the button press
  long pressDuration = releasedTime - pressedTime;
  //checking if it was a short press
  if( pressDuration < SHORT_PRESS_TIME )
    Serial.println("A short press is detected");
    analogWrite(motorPin, 150);
    if (isLongDetected == false)
      delay(5000);
    analogWrite(motorPin, 0);
}

```

```
//checking if a long press is detected
if(isPressing == true && isLongDetected == false) {
    long pressDuration = millis() - pressedTime;

    //checking if it was a long press
    if( pressDuration > LONG_PRESS_TIME ) {
        Serial.println("A long press is detected");
        analogWrite(motorPin, 150);
        //after released stop the motor
        if (isPressing == false)
            analogWrite(motorPin, 0);
        isLongDetected = true;
    }
}
```

6.2.5 Button Debouncing

Při zprovoznování došlo k problému zvaný *Button Debouncing*, což je jev, ke kterému dochází, když se mechanický spínač, například tlačítko nebo přepínač, používá k ovládní elektronického obvodu. Při stisknutí mechanického spínače se kovové kontakty uvnitř spínače mohou několikrát "odrazit", než se ustálí ve stabilní poloze. Tyto odrazy mohou způsobit, že elektronický obvod bude interpretovat několikanásobné stisknutí tlačítka namísto jednoho, což povede k nežádoucímu chování. Aby se tomuto problému předešlo, byla použita knihovna `ezButton`, která tento problém řeší. [29]

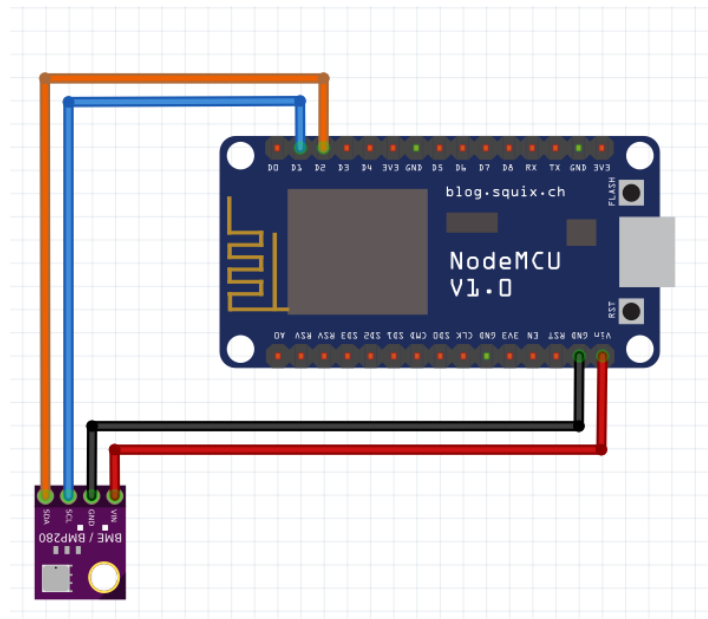
6.3 ESP8266

Jako sekundární desku pro vnitřní teploměr byla použito ESP8266 jak bylo zmíněno v kapitole 6. Pro programování skrze Arduino IDE je potřeba nahrát knihovnu s příslušnými deskami a vybrat požadovaný model pro programování. Poté vše probíhá stejně, jako by se jednalo o Arduino.

6.3.1 Senzor pro měření

Jako hlavní senzor byl vybrán BME280, protože umožňuje měřit zároveň teplotu, vlhkost a atmosférický tlak, což jsou klíčové veličiny, které chceme sledovat v tomto automatizačním projektu domácnosti. Senzor má malé rozměry, nízkou spotřebu energie a má poměrně přesné výstupní veličiny. Konkrétní hodnoty a parametry jsou napsány v kapitole 5.2 tabulce 1.

Pro komunikaci s deskou se musí propojit rozhraní senzoru s ESP8266 pomocí následujícího schématu.



Obr. 17: Grafické zapojení BME280

Tento senzor používá *SPI* rozhraní pro komunikaci. Po zapojení se musela zjistit přiřazená *I2C* adresa senzoru, a to se provedlo pomocí následujícího kódu. To nám vypsallo přiřazenou adresu, která se následně použila v kódu. [30]

```
// -----  
// i2c_scanner  
//  
// Modified from https://playground.arduino.cc/Main/I2cScanner/  
// -----  
  
#include <Wire.h>  
  
// Set I2C bus to use: Wire, Wire1, etc.  
#define WIRE Wire  
  
void setup() {  
  WIRE.begin();  
  
  Serial.begin(9600);  
  while (!Serial)  
    delay(10);  
  Serial.println("\nI2C Scanner");  
}  
  
void loop() {  
  byte error, address;  
  int nDevices;  
  Serial.println("Scanning...");  
  nDevices = 0;
```

```
for(address = 1; address < 127; address++ )
{
    // The i2c_scanner uses the return value of
    // the Write.endTransmission to see if
    // a device did acknowledge to the address.
    WIRE.beginTransmission(address);
    error = WIRE.endTransmission();

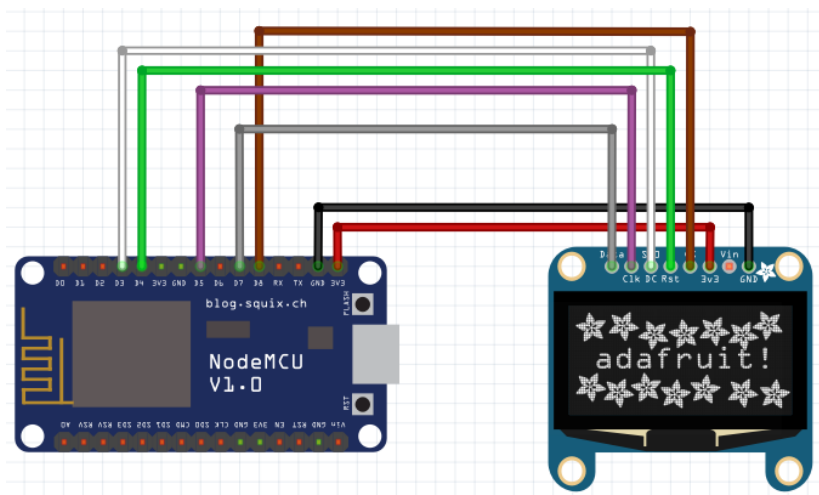
    if (error == 0)
    {
        Serial.print("I2C device found at address 0x");
        if (address<16)
            Serial.print("0");
        Serial.print(address,HEX);
        Serial.println(" !");

        nDevices++;
    }
    else if (error==4)
    {
        Serial.print("Unknown error at address 0x");
        if (address<16)
            Serial.print("0");
        Serial.println(address,HEX);
    }
}
if (nDevices == 0)
    Serial.println("No I2C devices found\n");
else
    Serial.println("done\n");

delay(5000);          // wait 5 seconds for next scan
}
```

6.3.2 OLED

Jako display pro zobrazování hodnot byla vybrána technologie *OLED*. Existuje několik důvodů, proč byla zvolena technologie *OLED* a ne *LCD*. *OLED* displeje mají mnohem vyšší kontrastní poměr a širší pozorovací úhly, takže jsou lépe čitelné za různých světelných podmínek. Nevyžadují podsvícení, což znamená že jsou užší a energeticky úspornější. Další nespornou výhodou absence podsvícení, jelikož se jedná o předmět do interiéru, který může být například v ložnici, je že v noci nesvítí a nevyrušuje. Kromě toho mohou *OLED* displeje zobrazovat živější barvy a mají rychlejší obnovovací frekvenci. [31] Vlastnosti obnovovací frekvence a živějších barev jsou zde jen zmíněny, ale nebyly podstatné v tomto projektu. *OLED* displej je zapojen pomocí rozhraní *SPI* k ESP8266 pomocí následujícího schématu.



Obr. 18: Grafické zapojení OLED displeje

6.3.3 NTP hodiny





Pro využití *NTP* hodin se použily příslušné knihovny viz kód. Aby šly použít *NTP* hodiny, ESP8266 musí být připojeno k internetu, jelikož se čas stahuje ze vzdálených serverů, na které je napojeno. Pro zobrazení času a data se zavolají funkce, které jsou předdefinované v knihovně. V projektu byl požadavek i na zobrazení data. To se musí dopočítat pomocí vytvořené struktury viz kód níže. [23]

```
timeClient.update();
time_t epochTime = timeClient.getEpochTime();

struct tm *ptm = gmtime ((time_t *)&epochTime);
int monthDay = ptm->tm_mday;
int currentMonth = ptm->tm_mon+1;
```

6.4 Blynk

Pro vytvoření funkčního projektu v Blynk Cloud je nutné vytvořit takzvané *datastreams*. Tyto datové toky představují vstupy a výstupy dat mezi zařízeními, cloudem a aplikací Blynk. Po vytvoření potřebných *datastreams* může uživatel ovládat výstupní zařízení a sledovat vstupní hodnoty. Při vytváření se pouze zadá, o jaké hodnoty se jedná (digitální/analogové/virtuální pin), nastaví se další parametry, jako je datový typ, označení, jednotky, intervaly a tak dále. Když jsou *datastreams* vytvořeny, mohou se přiřadit k jednotlivým widgetům nebo ovládacím prvkům a ty se napojí přes *datastream* na příslušnou hodnotu. [32]

Alias	Color	Pin	Data Type	Units	Is Raw	Min	Max	Decimals
Teplota		V1	Double	°C	false	-40	85	###
Tlak		V2	Double	hPa	false	300	1500	#
vlhost		V3	Double	%	false	0	100	##
Svetlo		V4	Integer		false	0	1	--

Obr. 19: Ukázka datových toků v aplikaci

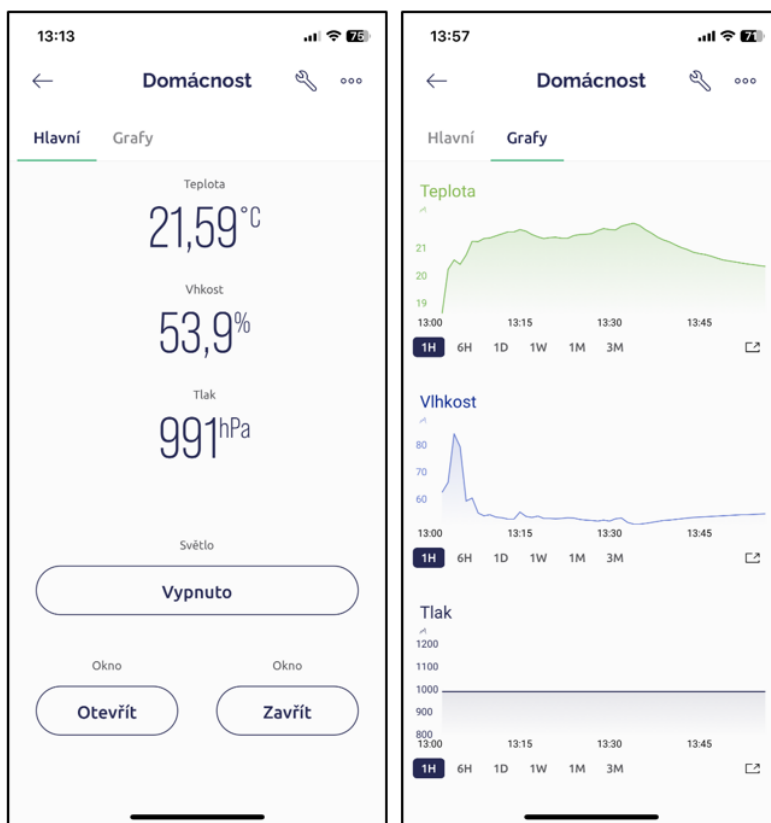
V kódu se „pošlou“ jednotlivé hodnoty do aplikace, kde jsme v předchozím kroku už vytvořili datastreams. A widgety v aplikaci začnou zobrazovat/ovládat námi požadované informace.

```
void posliBlynk(){ //posila hodnoty do blynk každých 10 sekund
  Blynk.virtualWrite(V1, bme.readTemperature());
  Blynk.virtualWrite(V2, bme.readPressure()/100.0F);
  Blynk.virtualWrite(V3, bme.readHumidity());
}
```

6.5 Realizace projektu

6.5.1 Celkový pohled na ovládání a aplikaci

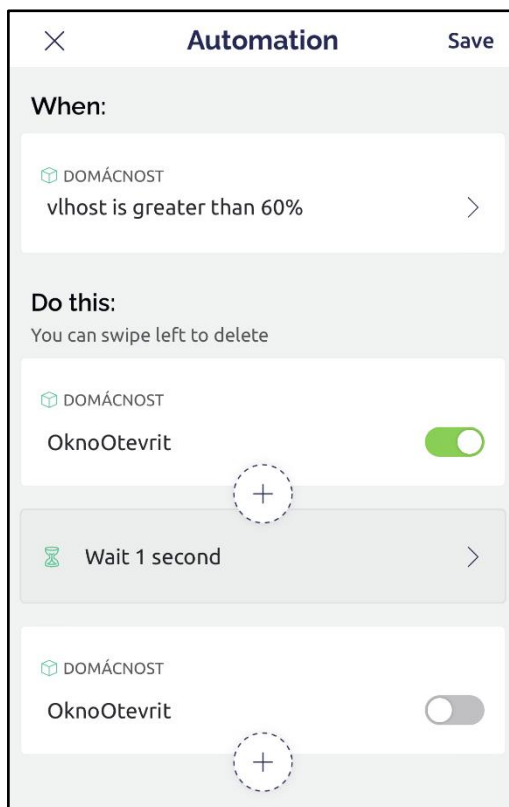
Cílem návrhu aplikace bylo jednoduché a intuitivní ovládání přes mobilní telefon. Hlavní uspořádání mělo být přehledné a na jedné obrazovce. Podrobnější hodnoty jako jsou grafy naměřených veličin jsou pak na obrazovce druhé. Výsledný vzhled rozložení jednotlivých elementů v mobilní aplikaci je zobrazen na obrázku níže. Na levé straně obrázku je hlavní list, kde jsou zobrazeny hlavní informace. Na pravé straně je list s podrobnými informacemi, jako jsou grafy.



Obr. 20: Vzhled dvou listů v mobilní aplikaci pro ovládání

6.5.2 Vzájemná komunikace

Obě zařízení jako Arduino UNO a ESP8266 jsou připojeny jako jedno zařízení na cloud a posílají na něj hodnoty. Arduino ale pracuje s hodnotami, které naměří ESP8266. Zařízení mezi sebou nekomunikují, ale podmínky se přímo vykonávají na cloudu a z něj posílají informace do Arduino. Konkrétně je vytvořena automatizace, pokud je naměřena hodnota vlhkosti větší jak 60% otevřou se okna a vyvětrá se. Automatizace je na obrázku níže, protože automatizace v aplikaci Blynk nejde vytvořit, tak aby určitý spouštěcí prvek fungoval jako tlačítko. Kvůli tomu je tam vytvořen příkaz, který sepne, počká jednu sekundu a vypne, a to napodobuje funkci tlačítka.

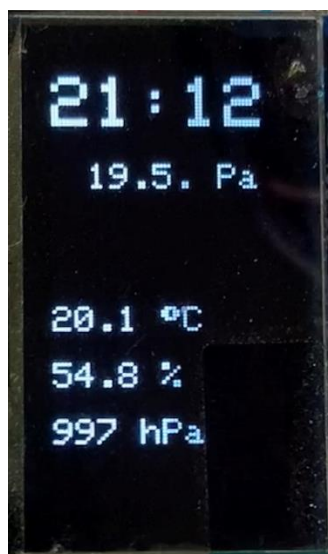


Obr. 21: Okno automatizace v aplikaci

6.5.3 Ověření spolehlivosti systému

Při testování Arduina Una jako hlavního ovládacího prvku domácnosti bylo zjištěno, že chod systému funguje bez znatelné latence. Nicméně při ovládání přes mobilní aplikaci je nutné brát v potaz možné zpoždění ovlivněno rychlostí sítě, ke které je zařízení připojeno. Testování bylo prováděno v rámci domácí sítě a všechny zařízení měly dostatečný signál. Ovládání přes mobilní aplikaci jednotlivých komponent probíhalo téměř okamžitě bez znatelné latence a přímé ovládání na modelu je okamžité, jelikož všechny procesy se provádí na zařízení a výpočetní výkon Arduina je pro tuto aplikaci dostačující.

Během testování ESP8266 použitého pro vnitřní teploměr bylo provedeno několik měření a porovnání naměřených hodnot s jiným domácím teploměrem, který sloužil jako druhé zařízení pro porovnání naměřených hodnot. Po porovnání hodnot ESP8266 se senzorem BME280 byla průměrná odchylka s porovnávaným teploměrem 0,3°C. Je však nutno poznamenat, že tato odchylka není zaručená přesností zařízení, jelikož se jednalo o porovnání s běžně dostupným komerčním teploměrem. Při pozorování latence naměřených hodnot bylo zjištěno, že se hodnoty obnovují téměř okamžitě. Pro obnovování dat na *OLED* displej byla nastavena frekvence jednou za 2 sekundy na vizualizaci naměřených hodnot. Tato prodleva byla zvolena kvůli úspoře spotřebované energie a je pro tyto účely dostačující. Dále se na displej zobrazuje aktuální datum a čas, který se aktualizuje ihned pro připojení k *Wi-Fi*. Displej s jednotlivými hodnotami je na obrázku níže.



Obr. 22: OLED displej zobrazující naměřené hodnoty, datum a čas

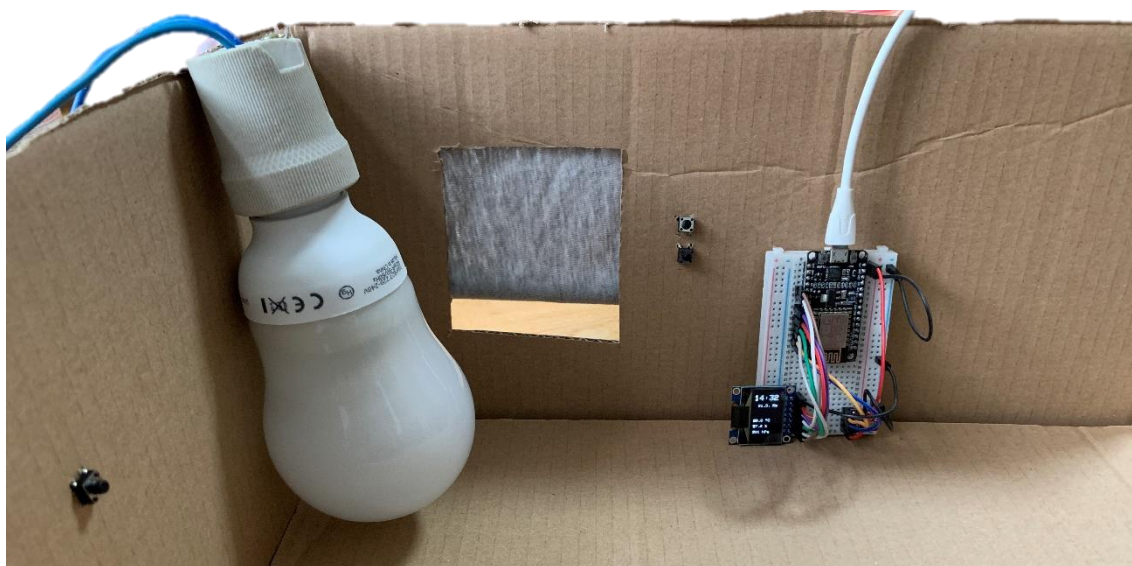
Co se týče přenosu dat do cloudu, bylo zvoleno periodické odesílání dat v intervalu 10 sekund, aby nedocházelo k nadbytečnému přenosu informací. Tímto způsobem bylo optimalizována komunikace mezi zařízením a cloudem, což vedlo ke snížení spotřeby energie a efektivnímu využití síťových prostředků.

V rámci testování celého systému byly sledovány klíčové aspekty. Při zapnutí zařízení trvalo oběma zařízením připojení k *Wi-Fi* přibližně 10 sekund, po kterých došlo ke spuštění systému. Během testování v domácí síti s dostatečným signálem celý systém vykazoval stabilní provoz a nebyly zaznamenány žádné výpadky. Při výpadku *Wi-Fi* sítě v domácnosti se jednotlivé zařízení začnou pokoušet o znovu připojení k síti. Po opětovném spuštění *Wi-Fi* sítě trvalo přibližně 10 sekund, než se zařízení připojily a po znovu připojení pokračovaly ve svém fungování. Důležitý aspekt je, že během odpojení nedochází ke ztrátě dat, jelikož jsou data uchovány v cloudu. Pokud došlo k celkovému blackoutu domácnosti, zařízení se po obnovení napájení automaticky spustily a pokusily se opět připojit k *Wi-Fi* a po připojení pokračovali v provozu. Celkově lze říci, že testování celého systému prokázalo jeho spolehlivost a schopnost opětovného spuštění po neplánovaném výpadku. Tyto vlastnosti přispívají k bezproblémovému provozu systému a zajišťují kontinuitu jeho funkcionalit i v případě nepředvídatelných událostí.

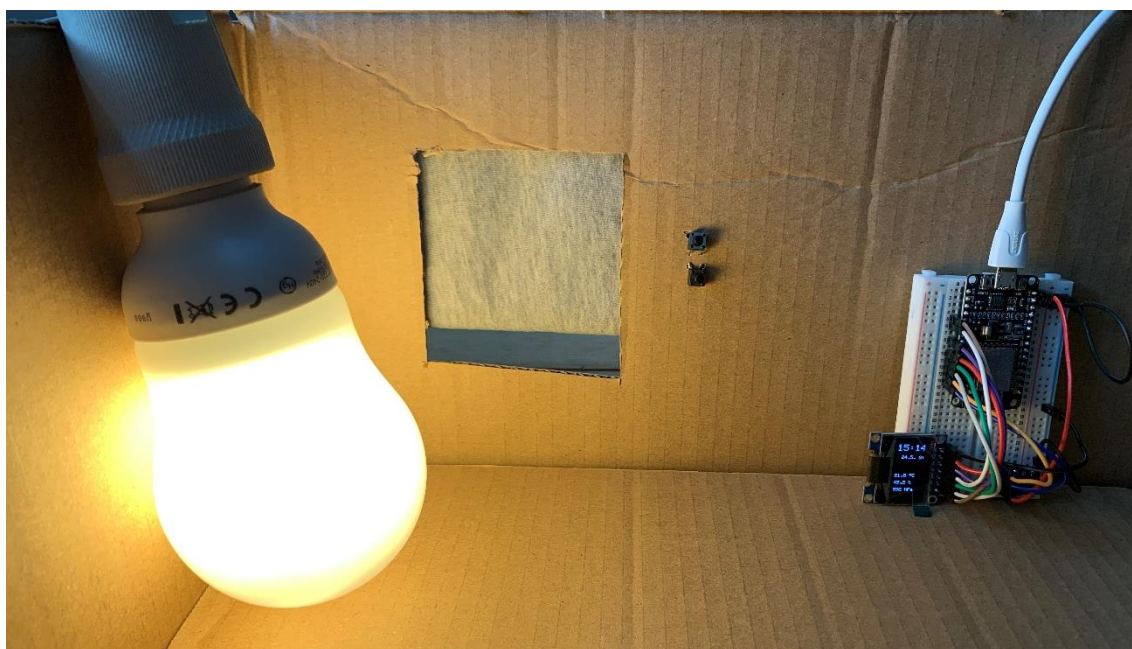
6.5.4 Výsledná realizace

Pro názornou demonstraci funkčnosti systému chytré domácnosti a její automatizace byl vytvořen model místnosti. Tento model obsahoval všechny potřebné komponenty, včetně jednodeskového počítače Arduino, světel, ovládání oken, ESP8266, senzoru, *OLED* displeje a dalšího souvisejícího hardwaru. Proces sestavování modelu zahrnoval správnou instalaci a zapojení do sítě. Jakmile byly všechny komponenty připojeny a správně

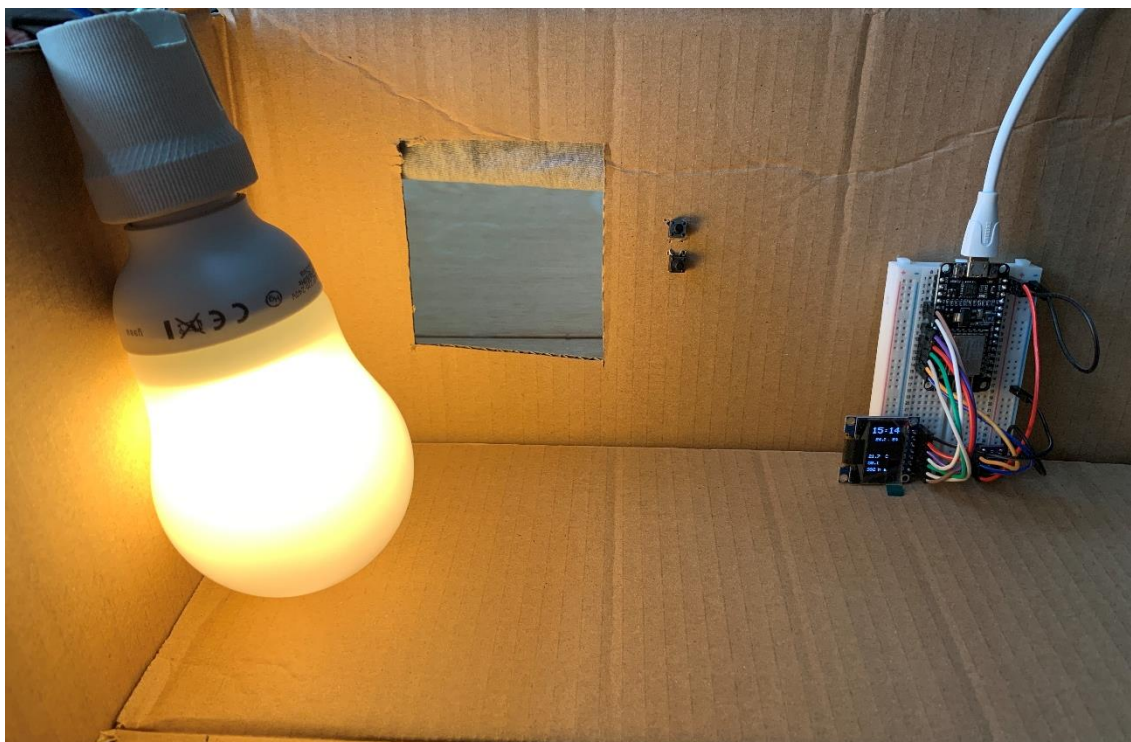
nakonfigurovány, model získal svou konečnou podobu. Model místnosti byl vybaven všemi dříve zmíněnými funkcemi, včetně inteligentních světel a oken, které bylo možné ovládat přímo z modelu nebo prostřednictvím mobilní aplikace. Mobilní aplikace umožňovala snadné ovládání a monitorování systému. Uživatel může v reálném čase sledovat naměřené hodnoty ze senzoru, konkrétně teplotu, tlak a úroveň vlhkosti. Tyto hodnoty jsou použity k regulaci prostředí v místnosti prostřednictvím automatizace větrání. Jednou z klíčových vlastností v modelu je modul ESP8266, který je nezávislý na jednodeskovém počítači Arduino. K modulu je připojen senzor a *OLED* displej a je možné ho přemístit kamkoli v prostoru, kde je potřebné měřit hodnoty, a to umožňuje větší flexibilitu při monitorování a řízení prostředí v místnosti.



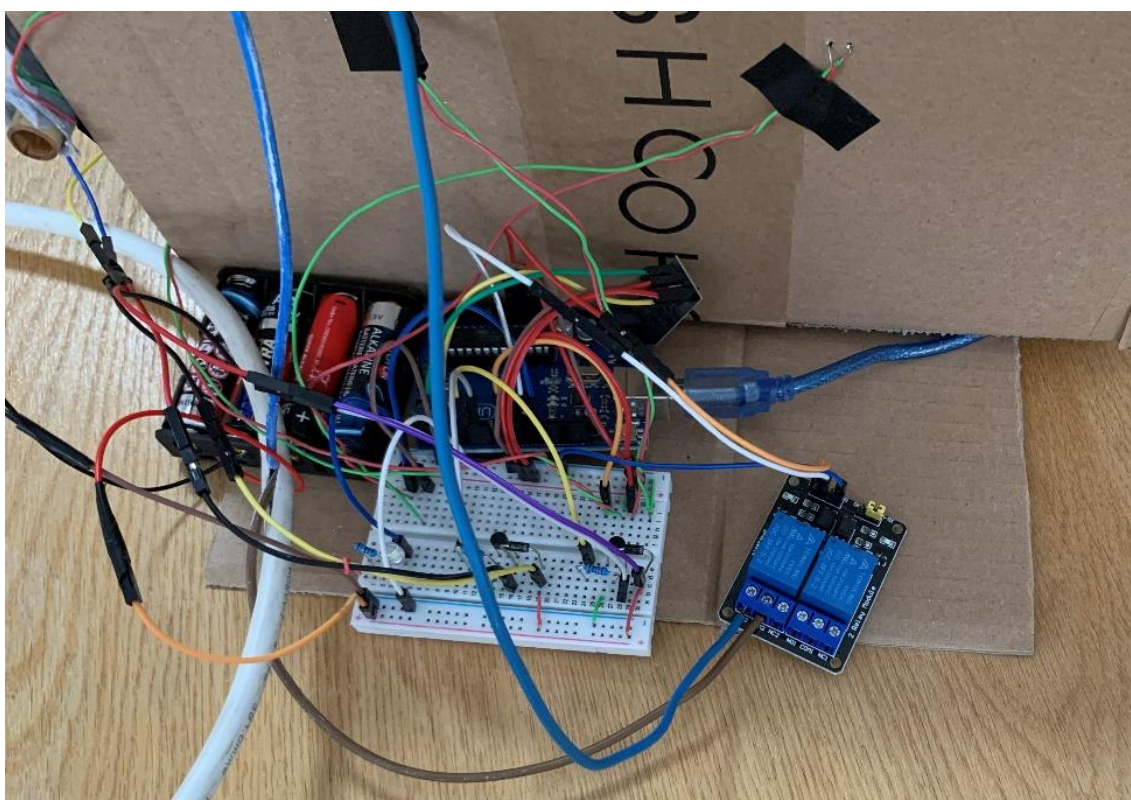
Obr. 23: Model místnosti



Obr. 24: Model místnosti s rozsvíceným světlem



Obr. 25: Model místnosti s rozsvíceným světlem a otevřeným oknem



Obr. 26: Zapojení modelu místnosti

7 ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo prozkoumat možná řešení chytré domácnosti a využít platformu Arduino pro vytvoření vlastního vylepšeného řešení rozšířené o komunikaci, ovládání a vyhodnocování dat přes CLOUD a mobilní telefon.

Chytrá domácnost byla vytvořena dle zadání. Pro ovládání a monitorování byla zvolena platforma Blynk Cloud, která poskytuje bezplatný plán, který byl pro tuto aplikaci dostatečný. Na platformě byla vytvořena aplikace pro ovládání a monitorování veličin. Byly zkonstruovány dvě nezávislé jednotky pomocí jednodeskových počítačů Arduino a ESP8266, které komunikují přes cloud. Ke spínání světel bylo využito relé, které poskytuje možnost spouštění světelných zdrojů z 230V napětí. Ovládání DC motoru u okna bylo realizováno s využitím PNP tranzistorů a externího napájení. Pro získání hodnot teploty, tlaku a vlhkosti byl použit senzor BME280 s vhodnými vlastnostmi a pro zobrazení těchto hodnot slouží *OLED* displej.

Závěrem lze konstatovat, že koncept chytré domácnosti ovládané přes CLOUD pomocí jednodeskových počítačů Arduino a ESP8266 se ukázal jako praktické a efektivní řešení pro automatizaci domácnosti. Jednotlivá zařízení pracují nezávisle a komunikují prostřednictvím CLOUDU, což umožňuje vzdáleně monitorovat, ovládat a automatizovat jednotlivé prvky. Díky možnosti ovládat prvky přímo na modelu nebo prostřednictvím telefonu je ovládání systému jednoduché, praktické a intuitivní. Při testu systém dokázal automaticky zajistit a udržovat všechny požadované hodnoty modelového interiéru. Celkově koncept demonstruje potenciál technologií *IoT* při vytváření inteligentních a energeticky účinných domů. Nesmí se, ale zapomínat na problematiku spojenou s *IoT* jako je bezpečnost, soukromí, ochrana dat, interoperabilita a standardizace. S dalším vývojem technologií jsou možnosti automatizace chytrých domácností teoreticky nekonečné a další výzkum a vývoj v této oblasti jsou nezbytné pro budoucí využití plného potenciálu *IoT*.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VÉVDA A TVÝM HW KITCHEN, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina* [online]. Bučovice: Nakladatelství Martin Stříž, 2017. ISBN 978-80-87106-93-8. Dostupné z: https://arduino.adamit.eu/books/Zbysek_Voda__2_vydanie_2018__Pr%C5%AFvodce-sv%C4%9Btem-Arduina-CZ.pdf
- [2] Arduino Uno Rev3. *Arduino Official Store* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>
- [3] B_E_N. What is an Arduino? *SparkFun Learn* [online]. [vid. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-an-arduino/all>
- [4] RAVIKIRAN, A S. What Is Raspberry Pi? Here's The Best Guide To Get Started | Simplilearn. *Simplilearn.com* [online]. 12. prosinec 2022 [vid. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://www.simplilearn.com/tutorials/programming-tutorial/what-is-raspberry-pi>
- [5] Arduino PLC IDE. *ARDUINO®* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/pro/software-plc-ide>
- [6] Arduino Opta Lite. *Arduino Official Store* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/products/opta-lite>
- [7] PLC řídicí modul Siemens LOGO! *Conrad Electronic* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.conrad.cz/cs/p/plc-ridici-modul-siemens-logo-12-24-rce-0ba8-6ed1052-1md00-0ba8-12-v-dc-24-v-dc-1268239.html>
- [8] Vše, co jste chtěli vědět o chytré domácnosti. *DATART* [online]. 15. srpen 2021 [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.datart.cz/novinky/technologie/chytra-domacnost>
- [9] Build With Matter. *Connectivity Standards Alliance - IoT* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://csa-iot.org/all-solutions/matter/>
- [10] Thread Benefits. *Thread Group* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.threadgroup.org/What-is-Thread/Thread-Benefits>
- [11] Thread in Smart Homes. *Thread Group* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.threadgroup.org/BUILT-FOR-IOT/Smart-Home>
- [12] DANCE, Adrian. Comparison of Home Automation Protocols. *The IoT Pad* [online]. 19. prosinec 2022 [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://theiotpad.com/home-automation-protocols/>
- [13] LIEW, Chun. The Smart Home radio protocols war. *IoT Now News - How to run an IoT enabled business* [online]. 10. srpen 2015 [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.iot-now.com/2015/08/10/35653-the-smart-home-radio-protocols-war/>
- [14] What Is Cloud Computing? *Microsoft Azure* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://azure.microsoft.com/en-us/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-cloud-computing>
- [15] Blynk: a low-code IoT software platform for businesses and developers. *Blynk* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://blynk.io/>

- [16] HANDL, Antonín. Blynk: aplikace na míru do pěti minut. *Bastlírna HWKITCHEN* [online]. 13. duben 2015 [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://bastlirna.hwkitchen.cz/blynk-aplikace-na-miru-do-peti-minut/>
- [17] HAMPTON, Charles R. Breadboard and Program an ESP-01 Circuit with the Arduino IDE - Project. *All about circuits* [online]. 20. říjen 2015 [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.allaboutcircuits.com/projects/breadboard-and-program-an-esp-01-circuit-with-the-arduino-ide/>
- [18] How to connect ESP32 and ESP8266 using ESP-Now protocol. *Surviving with Android* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://www.survivingwithandroid.com/esp-now-esp32-esp8266/>
- [19] ESP-NOW: Auto-pairing for ESP32/ESP8266. *Random Nerd Tutorials* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://randomnerdtutorials.com/esp-now-auto-pairing-esp32-esp8266/>
- [20] Learn More - ThingSpeak IoT. *ThingSpeak* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: https://thingspeak.com/pages/learn_more
- [21] BME280 Modul Měření Teploty Vlhkosti a Barometrického Tlaku Precizní. *Drátek.cz* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/1361-bme280-modul-mereni-teploty-vlhkosti-a-barometrickeho-tlaku-precizni.html>
- [22] Arduino OLED display Bílý. *Drátek.cz* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/891-oled-display-spi-bily.html>
- [23] ESP32 NTP Client-Server: Get Date and Time. *Random Nerd Tutorials* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-date-time-ntp-client-server-arduino/>
- [24] ECKSTEIN, Filip. Bastlíme s Arduinem – píšeme první program. *PCTuning* [online]. 16. únor 2017 [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://pctuning.cz/article/bastlime-s-arduinem-piseme-prvni-program?chapter=6>
- [25] NodeMcu CP2102 Lua WI-fi ESP826. *Drátek.cz* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/1162-nodemcu-cp2102-lua-wi-fi-esp8266.html>
- [26] Simple plans that fit your needs. *Blynk* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://blynk.io/pricing>
- [27] Arduino - DC Motor. *Tutorials point* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: https://www.tutorialspoint.com/arduino/arduino_dc_motor.htm
- [28] Arduino - Button - Long Press Short Press. *Arduino Getting Started* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://arduinogetstarted.com/tutorials/arduino-button-long-press-short-press>
- [29] Arduino Get Started. button. *GitHub* [online]. 8. srpen 2022 [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://github.com/ArduinoGetStarted/button>
- [30] How to Scan and Detect I2C Addresses. *Adafruit Learning System* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://learn.adafruit.com/scanning-i2c-addresses/arduino>
- [31] Mfabsadmin. Display: OLED vs LCD. *Makerfabs* [online]. 28. srpen 2017 [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <http://www.makerfabs.com/display-oled-vs-lcd.html>

- [32] *Template Quick Setup - Blynk Documentation* [online]. [vid. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://docs.blynk.io/en/getting-started/template-quick-setup>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Arduino UNO Rev 3 [2].....	18
Obr. 2: Arduino Opta Lite [6]	20
Obr. 3: Typologie sítě Thread [11].....	23
Obr. 4: Ukázka mobilní aplikace se zobrazeným modelem Arduino UNO [16]	26
Obr. 5: Přední a zadní strana modulu ESP8266 ESP-01[17]	26
Obr. 6: Princip fungování protokolu ESP-NOW [19].....	27
Obr. 7: Princip činnosti ThingSpeak [20]	28
Obr. 8: Senzor BME280 s připojitelnými kontakty	29
Obr. 9: OLED displej [22].....	30
Obr. 10: Princip NTP hodin [23].....	31
Obr. 11: Schéma PWM regulace [24]	32
Obr. 12: Vývojová deska ESP8266 NodeMcu [25]	33
Obr. 13: Grafické schéma pro programování ESP-01.....	34
Obr. 14: Grafické schéma zapojení EPS-01	35
Obr. 15: Grafické zapojení relé	37
Obr. 16: Grafické zapojení motoru.....	38
Obr. 17: Grafické zapojení BME280	40
Obr. 18: Grafické zapojení OLED displeje	42
Obr. 19: Ukázka datových toků v aplikaci	43
Obr. 20: Vzhled dvou listů v mobilní aplikaci pro ovládání	44
Obr. 21: Okno automatizace v aplikaci	45
Obr. 22: OLED displej zobrazující naměřené hodnoty, datum a čas	46
Obr. 23: Model místnosti.....	47
Obr. 24: Model místnosti s rozsvíceným světlem	47
Obr. 25: Model místnosti s rozsvíceným světlem a otevřeným oknem	48
Obr. 26: Zapojení modelu místnosti.....	48

SEZNAM PŘÍLOH

Kódy pro jednotlivé zařízení:

Arduino_UNO.ino

ESP8266.ino