



# ENERSOL 2024

VZDĚLÁVACÍ PROJEKT NA TÉMATA OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE,  
ÚSPORY ENERGÍÍ A SNIŽOVÁNÍ EMISÍ V DOPRAVĚ



OLOMOUCKÝ KRAJ



NAVRH A REALIZACE CHYTRÉ DOMÁCNOSTI

Petr Bednařík



<b>Autor (jméno, kontakt):</b>	Petr Bednařík
<b>Název projektu:</b>	Návrh a realizace chytré domácnosti
<b>Kategorie projektu:</b>	Praxe
<b>Škola:</b>	Střední průmyslová škola elektrotechniky a informatiky Mohelnice
<b>Obor, ročník studia:</b>	26-41-M/01 Elektrotechnika, 3 ročník studia
<b>Vedoucí práce, koordinátor:</b>	Ondřej Krajsa
<b>Spolupracující firma:</b>	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vegacom A.S, Jihomoravské centrum pro mezinárodní mobilitu (nyní JCMM)
<b>Poradce:</b>	Ondře Krajsa, Miroslav Opl
<b>Počet stran:</b>	21
<b>Školní rok:</b>	2023/24

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu zdrojů. Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžního projektu jsou shodné. Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V ..... dne: .....

Podpis: .....

## Poděkování

Rád bych zde vyjádřil své poděkování panu Ing. Ondřeji Krajsovi Ph.D., za veškerou pomoc a konzultaci při vývoji a sepisování práce, taktéž panu Ing. Miroslavovi Oplovi za veškerou dodatečnou konzultaci. Díky této spolupráci jsem získal cenné zkušenosti, a možnost vyvinout projekt od základu a řešit problémy spojené s vývojem chytré domácnosti.

Děkuji Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií za veškerou podporu při vývoji projektu. Mé velké díky patří i firmě Vagacom za poskytnutí 3D tiskárny a mikroskopu pro snadnější pájení PCB. Dané vybavení denně využívám při realizaci projektu a umožnilo mi projekt rychleji a levněji realizovat.

Dále bych chtěl vyjádřit mé poděkování organizaci JCMM za zprostředkování prvotní komunikace mezi mnou a panem Ondřejem Krajsou.

## **Anotace**

Tato odborná práce se zaměřuje na návrh a realizaci open-source chytré domácnosti, využívající centrální jednotku založenou na platformě Raspberry Pi a řídicím operačním systémem Home Assistant. Chytrá domácnost disponuje chytrými spínači, sadou sensorů pro měření teploty, vlhkosti a tlaku a bezpečnostními prvky pro předejití požáru. Senzory jsou realizovány za použití platformy ESP32 a „addonu“ ESPHOME. Práce se taktéž zabývá efektivním ovládáním zdrojů tepla pro snížení spotřeby a svážení efektivity výhřevu domácnosti.

## **Klíčová slova**

Elektronika; chytrá domácnost, Home Assistant, ESP32, ESPHOME, monitorování spotřeby.

## **Annotation**

This thesis focuses on the design and implementation of an open-source smart home, using a central unit based on the Raspberry Pi platform and controlling the Home Assistant operating system. The smart home has smart switches, a set of sensors to measure temperature, humidity and pressure and safety features to prevent fire. The sensors are implemented using the ESP32 platform and the ESPHOME "add-on". The work also addresses the effective control of heat sources to reduce consumption and tie the efficiency of home heating.

## **Keywords**

Electronics; smart home, Home Assistant, ESP32, ESPHOME, consumption monitoring

# Obsah

1	Úvod .....	7
2	Návrh chytré domácnosti .....	8
2.1	Hardware chytré domácnosti .....	8
2.1.1	Raspberry Pi .....	8
2.1.2	ESP32 .....	9
2.1.3	Sensory .....	10
2.1.4	Relé spínače .....	11
2.1.5	Wi-Fi a AP .....	11
2.2	OS chytré domácnosti .....	12
2.2.1	ESPHOME .....	12
2.3	Realizace .....	14
2.3.1	Server .....	14
2.3.2	Senzor teploty a vlhkosti s integrovaným LCD displejem .....	15
2.3.3	Venkovní teplotní senzor .....	16
2.3.4	Chytré ovládání plynového kotle .....	17
2.3.5	Ovládací panely pro HA .....	19
3	Závěr .....	20
4	Zdroje .....	21

# 1 Úvod

V posledních letech moderní technologie změnila způsob, jakým interagujeme se svou domácností. Pojem chytrá domácnost (Smart Home), již v dnešní době nikoho nepřekvapí, avšak většina řešení na trhu, disponuje vzdálenými servery. Vzdálené servery přinášejí jednoduchost v instalaci chytrého zařízení, avšak uživatel ztrácí nezávislost svého vlastního systému. Příkladem při výpadku internetového připojení, se velké procento chytrých domácností stane nepoužitelnými, a to nemluvě o občas pochybných způsobech jak korporace, zejména levnějších zařízení, zpracovávají uživatelská data.

Návrhem a realizací vlastního chytrého systému uživatel docílí jak nezávislosti svého systému, tak i určitou flexibilitu. Každý prvek domácnosti lze za pomoci pár jednoduchých uprav přeměnit na chytrý, a to přesně podle představ uživatele.

Příkladem může být jen jednoduché a chytré ovládaní například plynového kotle. Uživatel má po bytě rozmístěné sensory teploty, když průměrná teplota všech místností klesne pod určitou teplotu, kotel se sepne a vytápí domácnost, do momentu, než je dosažena požadovaná teplota. Za pomoci více teplotních sensorů, chytrá domácnost může regulovat vytápění místností, a tedy předejít přetápění nebo podtápění v určitých oblastech.

Jedna z hlavních výhod chytré domácnosti běžící na lokálním serveru, je bezpečnost uživatelských dat. Jelikož veškerá data z chytré domácnosti jsou zpracována lokálně a není za potřebí využití třetích stran, jsou data uživatelů prakticky nedostupná do momentu kdy nedojde k narušení infrastruktury chytré domácnosti. Avšak při dodržení správného zabezpečení domácí sítě, je takhle možnost prakticky nepravděpodobná.

Veškeré výše zmíněné aspekty mě ve spolupráci s panem Krajsou dovedli na vytvoření návrhu a následnou realizaci soběstačné chytré domácnosti, běžící na platformě Raspberry Pi s operačním open-source systémem HA (Home Assistant), využívající moduly ESP32 a deRFmega128.

## **2 Návrh chytré domácnosti**

Mezi prvotní nejdůležitější kroky patří samotný návrh. Neboli zvolení OS (operačního systému) pro chytrou domácnost, vybrání vývojové platformy, „addony“ které se v realizaci systému následně použijí, sensory, ovládací moduly a hlavně navrhnutí postupu při řešení.

### **2.1 Hardware chytré domácnosti**

Výběr hardwaru pro chytrou domácnost se liší na základě použití. V případě modulů, které mají komunikovat se sensory a serverem chytré domácnosti je důležité zajistit jejich energetickou náročnost, pro server je potřeba zajistit stabilitu s OS a určitou flexibilitu a například pro Wi-Fi Access Pointy jejich rozsah sítě.

#### **2.1.1 Raspberry Pi**

Pro správný běh OS, a tedy i celé domácnosti jsem zvolil jednotku Raspberry Pi 5. Důvod mého výběru nejvíce ovlivnila existující distribuce OS Home Assistant přímo pro platformu Raspberry. Jednotka Raspberry Pi má dostatečný výkon na provoz chytré domácnosti pro standardního uživatele a všech potřeb HA.

Raspberry Pi 5 je malý jednodeskový počítač o velikosti platební karty. V mém provedení je počítač vybaven operační pamětí 4GB SDRAM typu LPDDR4X-4267, 64bitovým čtyřjádrovým procesorem Arm Cortex-A76 s frekvencí 2,4 GHz a grafikou VideoCore VII. [1]



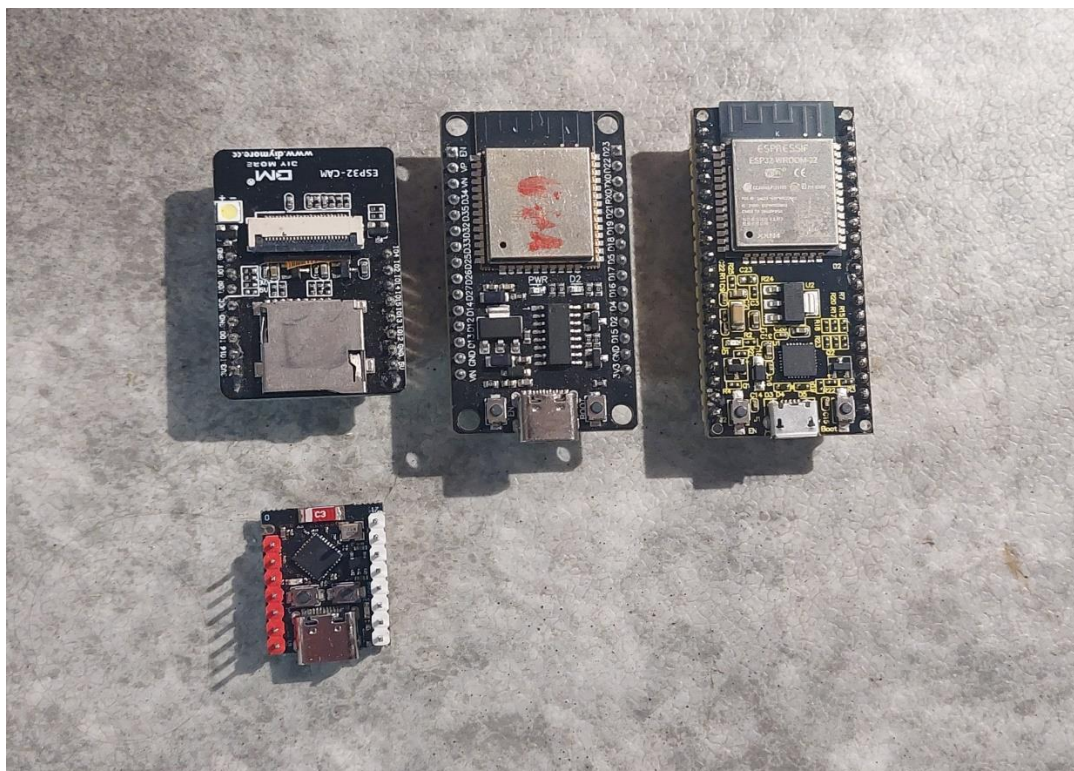


Obr.1 Raspberry Pi 5

### 2.1.2 ESP32

ESP32 je populární modul často využívaný pro chytré domácnosti, zejména pro propojení s různými senzory a zařízeními v domácnosti. Jedná se o malý a energeticky efektivní mikrokontroler s integrovaným Wi-Fi a Bluetooth modulem, což ho činí ideální volbou pro různé IoT aplikace.

Při výběru ESP32 jsem nejvíce zvažoval na jakou aplikaci moduly budou použity. Existuje mnoho variant těchto modulů, od velice malých tak po moduly obohacené o kameru a integrovanou SD kartu pro ukládání záznamu.



Obr.2 Sada různých modulu ESP32

### 2.1.3 Sensory

Senzory v chytré domácnosti jsou klíčovými prvky, zajišťují data o prostředí domácnosti, a v závislosti na jejich kvalitě měření se ovlivňuje celková kvalita celého systému.

Vybíral jsem je podle jejich preciznosti při měření, odchylky, ceny a možnosti komunikace s moduly ESP32.

V modulech jsou využity senzory DHT11, BMP280, DHT22 a DS18B20 zajišťující monitorování teploty a tlaku v domácnosti, Infračervené senzory pro detekci požáru, Magnetické senzory pro monitorování stavu otevření oken a dveří nebo senzory typu MQ6 senzory pro kontrolu přítomnosti butanu.

### 2.1.4 Relé spínače

Dalším důležitým odvětvím chytré domácnosti je ovládání různých koncových zařízení. Příkladem může být kotel, který musí mít sepnuté ovládací kontakty pro spuštění výhřevu. Zde přichází na řadu relé spínače.

V návrhu chytré domácnosti používám jak 1 kanálové relé spínače pro spínání výše zmíněného plynového kotle, tak i 8 kanálové spínače pro ovládání okruhů v domácnost.

### 2.1.5 Wi-Fi a AP

Při vytváření chytré domácnosti je potřeba zajistit stabilní síť pro komunikaci všech zařízení, počínaje standartního Wi-Fi protokolu tak i takového Zigbee nebo LWM.

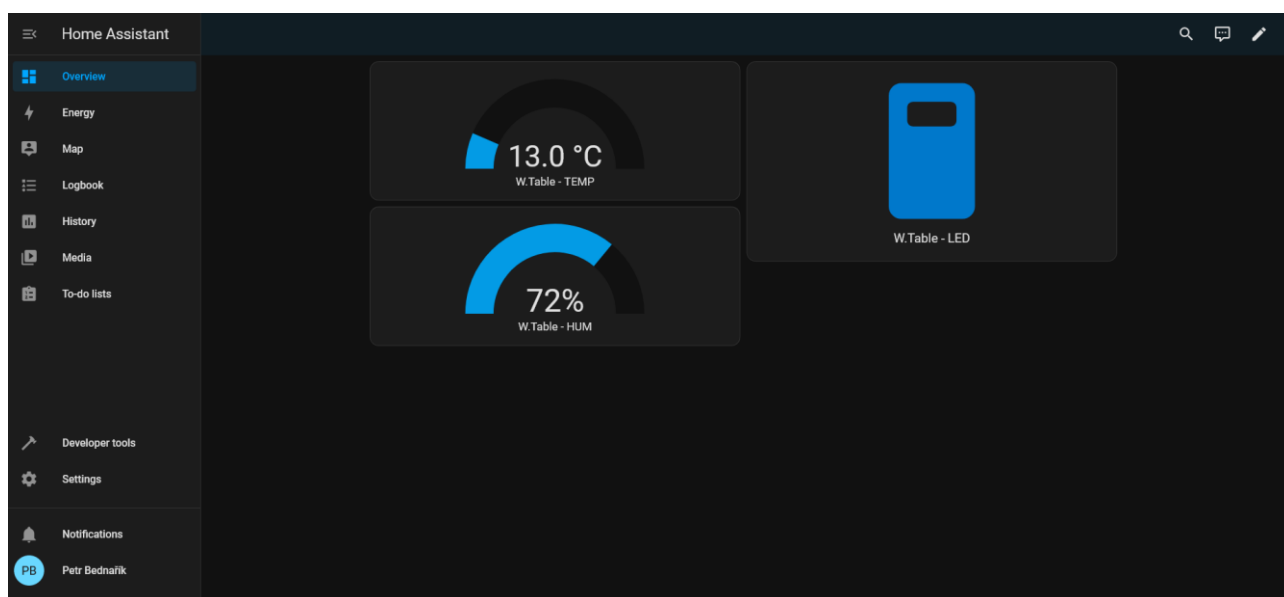
Pro vytvoření Wi-Fi sítě pro komunikaci je důležitá 2.4GHZ frekvence, tedy není nutnost pořizovat nové předražené AP nebo routery. Na standartní aplikaci postačí vyřezaný router/AP jako například Zyxel vmg1312-b30b. V případě ESP32 modulů nám nejde tak o rychlost samotné Wi-Fi sítě (samozřejmě čím větší rychlost, tím plynulejší systém), ale spíše o stabilitu přenosu a její rozsah.



Obr.3 Router Zyxel vmg1312-b30b

## 2.2 OS chytré domácnosti

Při výběru operačního systému pro chytrou domácnost bylo rozhodnuto využít Home Assistant (dále jen HA). HA je open-source platforma navržená pro automatizaci domácnosti. Poskytuje uživatelům možnost centralizovaného řízení a monitorování domácnosti. Díky HA lze propojit valná většina zařízení u kterých to nebylo v základu možné.



Obr.4 Dashboard HA se sensory teploty a vlhkosti

### 2.2.1 ESPHOME

ESPHome je open-source projekt, který umožňuje jednoduché ovládání a monitorování různých zařízení pomocí mikrokontrolérů ESP8266 a ESP32. Tento projekt poskytuje framework pro vytváření vlastních firmwarů pro tyto mikrokontroléry, což umožňuje snadné propojení s domácí automatizací a IoT (Internet of Things) systémy. [2]

ESPHome poskytuje jednoduchý a intuitivní konfigurační jazyk, který umožňuje definovat konfiguraci senzorů, spínačů, relé, a dalších zařízení připojených k ESP8266 nebo ESP32.

```

output:
  - platform: gpio
    pin: 17
    id: lcdbacklight

switch:
  - platform: output
    name: "LCD LED WORKSHOP TABLE"
    output: lcdbacklight
    id: switch_lcdbacklight

sensor:
  - platform: dht
    pin: 15
    temperature:
      name: "Workshop - Table - Temp"
      id: "teplotadilnastul"
    humidity:
      name: "Workshop - Table - Hum"
      id: "vlhkostdilnastul"
    update_interval: 10min

i2c:
  sda: 21
  scl: 22

deep_sleep:
  run_duration: 10s
  sleep_duration: 10min

display:
  - platform: lcd_pcf8574
    dimensions: 16x2
    address: 0x27
    update_interval: 2s
    lambda: |-
      it.printf(0, 0, "Hum   :| %.1f %%", id(vlhkostdilnastul).state);
      it.printf(0, 1, "Temp  :| %.1f'C", id(teplotadilnastul).state);

```

Obr.5 Příkladový kód konfiguračního jazyku z prostředí ESPHOME



## 2.3 Realizace

Po pečlivém navržení a vybrání potřebného hardware a operačního systému přichází na řadu samotná realizace chytré domácnosti. Tato fáze zahrnuje fyzickou instalaci zařízení, konfiguraci softwaru a propojení všech komponent do funkčního systému.

### 2.3.1 Server

Server a jeho šasi je tvořeno kovovým krytem, které bylo nalakováno a byla vymodelována a následně vytištěna vestavba pro uchycení Raspberry Pi 5, Raspberry Pi 3, a aktivního chlazení. Server ještě není plně dodělaný a je potřeba vymodelovat cesty pro kabeláž serveru a uchycení napájecího zdroje, taktéž doplnit server o podsvícení a plexisklo, aby server mohl tvořit funkční tak i estetický prvek. Přední strana serveru bude obohacena o informační displej s vypínací jednotkou ve formě kolébkového spínače.

V budoucnu bych chtěl samotný server obohatit o zdroj s funkcí UPS, tedy při výpadku energie bude server stále v provozu na záložní zdroj.

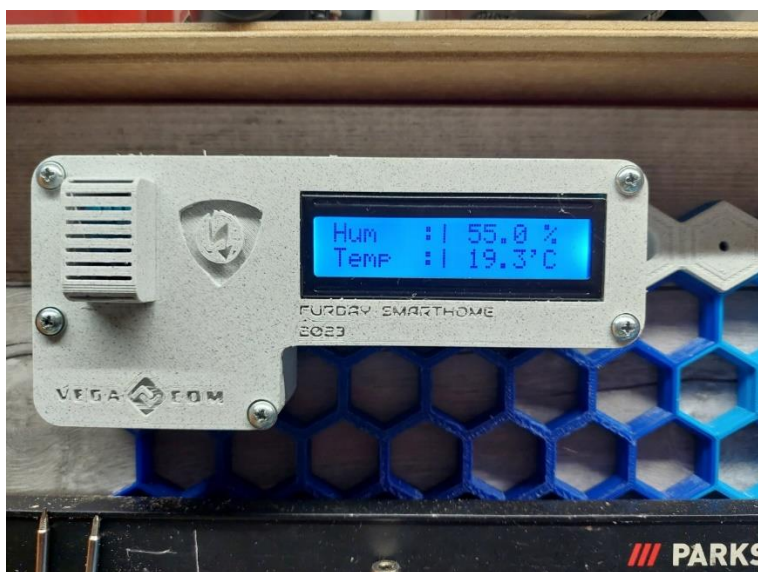


Obr.6 Server s nainstalovanou vestavbou a aktivním chlazením

### 2.3.2 Senzor teploty a vlhkosti s integrovaným LCD displejem

Senzorová jednotka je tvořena senzorem teploty DHT11, Lolin ESP32 a LCD displejem s označením 1602. Krabička bylo vytištěna z materiálu PLA s texturou betonu. Napájení jednotky je zajištěno 5V zdrojem a dvoulinky vyvedené z pozadí jednotky.

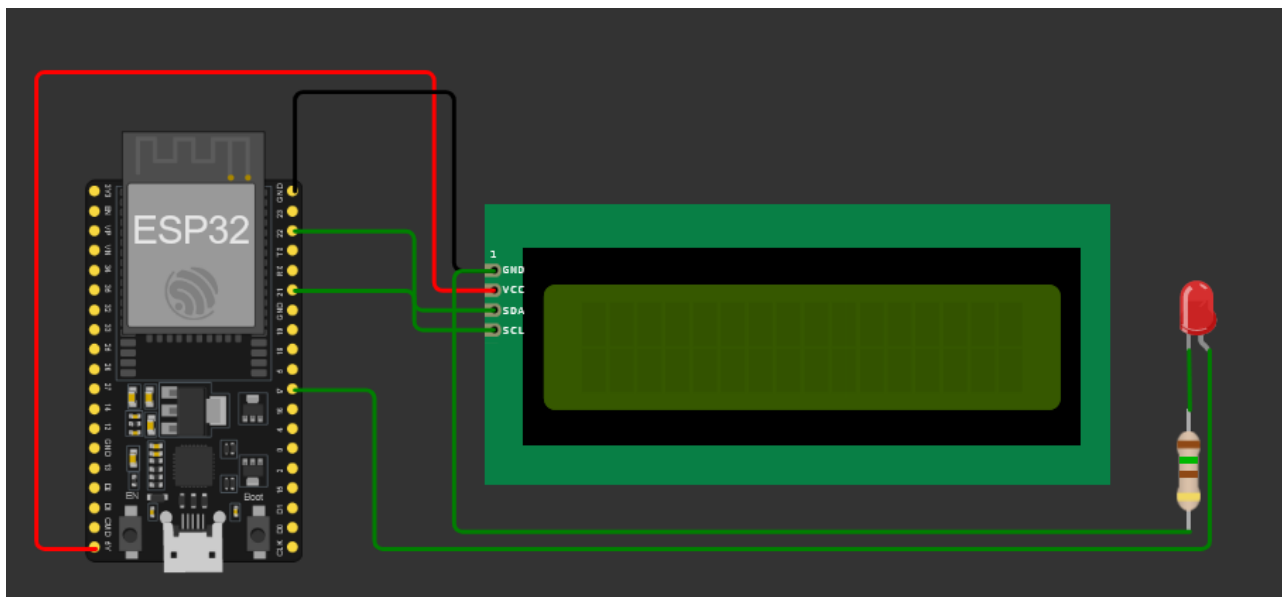
Pro uchycení senzorové jednotky vyžívám systém Honeycomb storage wall, kdy na způsob včelích pláství je vytvořena stěna, na kterou se následně dají usadit například různé organizéry, úchytky a nebo v mém případě i samotná pomocná zařízení. [3]



Obr.7 Senzorová jednotka s displejem



Obr.8 Hexagon storage wall systém



Obr.9 Diagram zapojení sensorového modulu

### 2.3.3 Venkovní teplotní senzor

Venkovní teplotní senzor je vytvořen z modulu ESP32 C3, nabíjecím modulem, recyklovanou li-pol baterii, časovým spínačem C005 a teplotním senzorem DS18B20. Veškerá elektronika je uzavřena do krabičky F-Tronic E126. Krabička disponuje ochranou IP54, tedy IP54 je dobře chráněna proti vniknutí prachu a odolá stříkající vodě ze všech úhlů.

Časový spínač C005 zajišťuje efektivní uspání celého zařízení. Spínač na dobu nastavenou rezistorem odpojí přívod energie do senzorky a esp32. Po uplynutí nastavené doby se zařízení opět sepne a čeká na impuls z ESP32, který opět obnoví cyklus „uspání“. Za pomoci tohoto čipu jsem chtěl docílit lepší úspory energie, než dokáže samotná funkce deep sleep, vestavená v ESP32, avšak ve výsledku čip spotřebovává o 31% více energie. Čip při aktivním stavu, neboli stavu kdy odpočítává dosahuje spotřeby 68  $\mu\text{A}$ , oproti tomu samotné ESP32 běžící v deep sleep modu, má průměrnou spotřebu pouze 46 - 47  $\mu\text{A}$ .



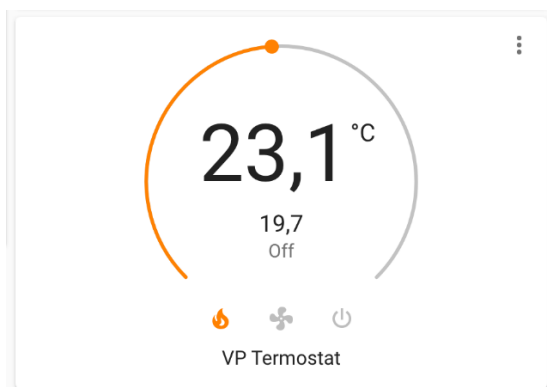


Obr.10 Venkovní teplotní sensor

### 2.3.4 Chytré ovládání plynového kotle

Při vývoji ovládání pro plynový kotel, jsem nechtěl narušit strukturu samotného kotle, například nahrazením ovládací desky zařízení. Řešením pro mě bylo nahrazení samotného termostatu, původní modul jsem nastavil tak, aby byl trvale sepnutý a tím dával příkaz řídicí jednotce kotle aby neustále ohřívala vodu v okruhu. Chytrý modul pro spínání kotle jsem vytvořil se standartní zásuvkou na 230V, která je ovládaná pomocí relé. Relé je spínáno když průměrná teplota v domácnosti klesne pod hodnotu nastavenou v grafickém rozhraní Home Assistantu. Když teplota klesne, relé sepne a tím sepne původní termostat připojený na kotel. Jelikož je původní termostat nastaven na trvalé topení, kotel začne topit a ohřívat vodu v okruhu.

Samotné ovládání kotle je osazeno o bezpečnostní infračervený sensor, sloužící jako preventivní požární ochrana.



Obr.11 UI HA pro ovládání teploty termostatu.,



Obr.12 původní termostat připojený do chytrého ovládání.

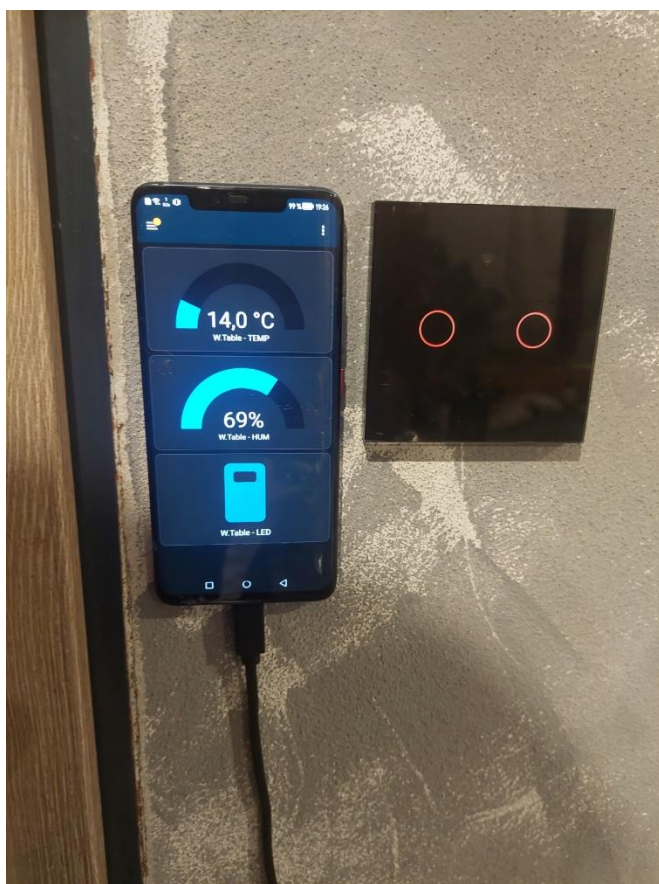


Obr.13 chytré ovládání kotle spínající termostat.

### 2.3.5 Ovládací panely pro HA

Při vytváření chytré domácnosti, je nutnost ji vytvořit uživatelsky přívětivou takovým způsobem, aby nám čas šetřila. V tomhle případě přijdou vhod starší mobilní telefony (android 5 a výše), které můžou sloužit jako ovládací panely. Jednoduše se do samotného zařízení nainstaluje aplikace homeassistant/kiosk či podobná a propojí se s lokálním serverem.

Po přihlášení a upravení dashboardu ovládacího panelu, může ovládací panel sloužit jako ovladač všech zařízení v domácnosti, samozřejmě s ohledem na nastavená práva pro určitý dashboard. HA může využít sensorů a kamer ze samotného android/ios zařízení, tedy může sloužit i jako kamerový bezpečnostní prvek.



Obr.14 Mobilní telefon sloužící jako ovládací panel.

### 3 Závěr

V dnešní době naše zařízení čelí různým kybernetickým nebezpečím a chytré domácnosti tomu nejsou výjimkou. Denně jen v České republice proběhne až 146 kybernetických útoků a určitě nikdo z uživatelů daných serverů nechce přijít o své soukromé informace, *(zejména ne o času stráveném na toaletě)*. Chytrá domácnost s lokálním serverem se spoléhá na vlastní zabezpečení a hlavně zpracovává data uživatelů, lokálně. Tedy uživatel se nemusí bát o to, že by firma, od které si pořídil například levné smart LED pásky, prodává data o svých uživateli. [4]

Uživatel taktéž při realizaci vlastní chytré domácnosti získá zkušenosti s různými druhy komunikace, naučí se modelovat, programovat, pochopí mikrokontroler, dokáže si za pomoci chytré domácnosti upravit prakticky jakékoliv zařízení tak, aby mu vyhovovalo anebo najít využití pro zařízení, které by jen leželo v nánosu prachu.

Kvalita chytré domácnosti záleží na návrhu a realizaci, kterou uživatel uskutečnil. Dobře zrealizovaná chytrá domácnost dokáže taktéž uspořit značnou část energie, počínaje od ovládání vytápění domácnosti, regulace spotřeby vody, monitorování úniku tlaku vody ve vodovodním okruhu, snížení spotřeby energie regulací světelných okruhů a mnoho dalšího.

Chytrá domácnost se může stát Vaším každodenním pomocníkem a pomůže Vám ušetřit značnou část času. Můžete ho využít i jako ochranu vlastního majetku, jak za pomoci kamerového bezpečnostního systému, tak i magnetických sensoru, spínačů a dalších různých bezpečnostních prvků, jen abyste se Vy jako uživatel mohl soustředit na jiné činnosti a zachovat chladnou hlavu.

V projektu na návrh a realizaci chytré domácnosti chci nadále pokračovat a obohatit systém i o vlastního AI asistenta, který by mohl dodat celkovému systému určitou novou hloubku. Taktéž bych chtěl nahradit Wi-Fi komunikaci systémem Atmel LWM (LightWeight Mesh), který komunikuje na protokolu IEEE 802.15.4.

## 4 Zdroje

[1] Raspberry Pi 5 [online] [cit. 25. 12. 2023] dostupné z: <https://rpishop.cz/raspberry-pi-5/6498-raspberry-pi-5-8gb-ram.html#tab-description>

[2] ESPHOME [online] [cit. 2. 1. 2024] dostupné z: <https://esphome.io/index.html>

[3] Honeycomb storage wall [online] [cit. 15. 2. 2024] dostupné z: <https://www.printables.com/model/152592-honeycomb-storage-wall>

[4] kybernetické útoky [online] [cit. 20. 2. 2024] dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1344671/czechia-number-of-cybercrimes/>

[Obr. 1-3, 6-8, 10, 12-14] Fotografie autora

[Obr. 4] Fotografie prostředí HA

[Obr. 5] Fotografie kódu senzorového modulu, grafické zpracování vytvořeno pomocí platformy Discord

[Obr. 9] Fotografie digramu zapojení tvořena pomocí simulačního online programu <https://wokwi.com/>

[Obr. 11] Fotografie UI pro ovládání teploty v Home Assistantu