



Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola, Písek, Karla Čapka 402, Písek

18-20-M/01 Informační technologie

## Maturitní práce

# Dálkové ovládání zásuvek NETIO

Téma číslo 12

autor:

**Milan Jiříček, B4.I**

vedoucí maturitní práce:

**Ing. Břetislav Bakala**

Písek 2020/2021

## **Anotace**

Maturitní práce se zaměřuje na porovnání platforem ESP8266 a ESP32. Cílem je vytvořit ovladač pro ovládání zásuvek značky NETIO s webovou aplikací pro konfiguraci a zjistit, která platforma je vhodná pro realizaci funkčního vzorku z hlediska spotřeby energie a reakční doby.

## **Annotation**

The graduation thesis focuses on the comparison of the ESP8266 and ESP32 platforms. The goal is to create a driver for controlling NETIO sockets with a web application for configuration and to find out which platform is suitable for the implementation of a functional sample in terms of energy consumption and response time.

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu učiteli Ing. Břetislavovi Bakalovi za odborné vedení práce a cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat. Rád bych také poděkoval technickému řediteli Ing. Břetislavovi Bakalovi ml. společnosti NETIO products a.s. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce. V neposlední řadě chci poděkovat Mgr. Haně Maříkové a Mgr. Vladimíře Špirhanzlové za pomoc při gramatické a stylistické kontrole.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Základní informace</b>	<b>5</b>
2.1	Zásuvka NETIO . . . . .	5
2.2	Platforma ESP . . . . .	5
2.2.1	ESP8266 . . . . .	5
2.2.2	ESP32 . . . . .	5
2.3	Komunikace mezi ESP a NETIO zásuvkou . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Tvorba webové stránky</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Měření spotřeby a času</b>	<b>7</b>
4.1	ESP8266 . . . . .	7
4.1.1	Spotřeba ustálených stavů . . . . .	7
4.1.2	Reakční čas jednotlivých situací . . . . .	10
4.1.3	Rychlost WiFi připojení . . . . .	11
4.1.4	Rychlost odeslání HTTP requestu . . . . .	13
4.1.5	Spotřeba jednotlivých operací . . . . .	15
<b>5</b>	<b>Vytvoření funkčních vzorků</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>Závěr</b>	<b>17</b>
	<b>Přílohy</b>	<b>19</b>
<b>A</b>	<b>Příloha</b>	<b>20</b>

# Kapitola 1

## Úvod

# Kapitola 2

## Základní informace

### 2.1 Zásuvka NETIO

### 2.2 Platforma ESP

ESP jsou rodina mikročipů od společnosti **Espressif Systems** z Čínské Shangaje.

#### 2.2.1 ESP8266

##### Historie

ESP8266 je levný mikročip, který umí využívat WiFi. První chip, který se dostal na světlo světa byl v modulu **ESP-01**. Tento modul dokázal připojit se na WiFi síť a provádět jednoduché TCP/IP spojení. Získal si velkou oblibu u skupinek hackerů díky nízké ceně. Jsou vhodné pro IoT jako například automatizace, zabezpečení, chytré domy atd.

##### Specifikace

Pro tuto maturitní práci bude použit modul **WT8266-S1**, který je vytvořen společností **Wireless-Tag**. Je založen na mikročipu ESP8266.

ESP8266 integruje vylepšenou verzi procesoru **L106 Diamond series 32-bit** vytvořený firmou **Tensilica**.

#### 2.2.2 ESP32

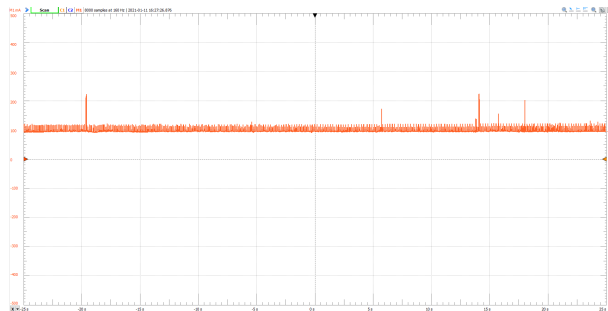
### 2.3 Komunikace mezi ESP a NETIO zásuvkou

# Kapitola 3

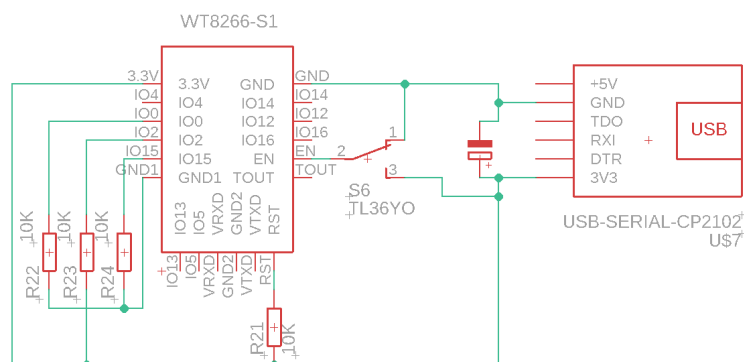
## Tvorba webové stránky







Obrázek 4.2: ESP8266 měření klidového stavu kontinuálního režimu



Obrázek 4.3: ESP8266 schéma zapojení vypnutého ESP přes ENABLE pin

- ESP je neustále zapnuté, probíhá loop funkce pro kontrolu zmáčknutí
- Je připojeno k WiFi, je zaplý access point ESP, běží webserver

Při klidovém stavu byl naměřen elektrický proud průměrně 96.81 mA viz. obr. 4.2. Měření probíhalo 50 s. Pro jednotné porovnání je třeba vypočítat příkon:

$$P = 96.81 \times 10^{-3} \text{ A} \times 3.3 \text{ V}$$

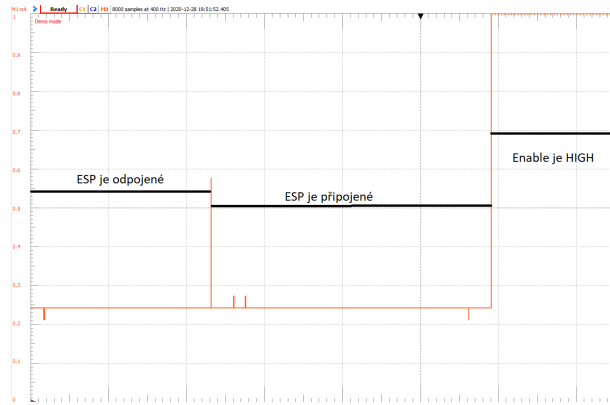
Dle rovnice se příkon rovná  $319.5 \times 10^{-3} \text{ W}$

### ESP vypnuté přes ENABLE pin

Schéma zapojení viz. obr. 4.3

Měření proběhlo za podmínek:

- Měřicí rezistor má odpor  $10 \Omega$



Obrázek 4.4: Měření klidového režimu enable přístupu

- pin enable byl připojen manuálně

Po připojení ESP8266 proud nevzrostl a drží se stále na  $240\ \mu\text{A}$ , což neodpovídá teoretickým hodnotám, které by se měly pohybovat okolo  $3\ \mu\text{A}$  viz. obr. 4.4.

Pro výpočet bude jako průměrný odebraný proud použita hodnota uvedená v datasheetu což je  $3\ \mu\text{A}$ . Víme, že napětí je  $3.3\ \text{V}$  takže jsme schopni spočítat elektrický příkon:

$$P = 3 \times 10^{-6} \text{A} \times 3.3 \text{V}$$

Výsledek je  $9.9 \times 10^{-6} \text{W}$ .

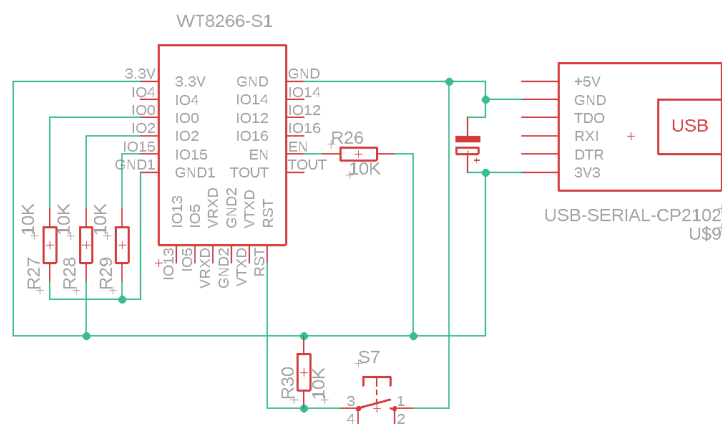
### Deep sleep režim

Schéma zapojení viz. obr. 4.5

Kvůli citlivosti Analog Discovery 2 nejsme schopni změřit spotřebu deep sleep režimu, je nutné změřit microampérmetrem. Pro výpočet spotřebované energie dosadíme za průměrný elektrický proud hodnotu z datasheetu, která odpovídá  $20\ \mu\text{A}$ . Spočítáme elektrický příkon:

$$P = 20 \times 10^{-6} \text{A} \times 3.3 \text{V}$$

Ten v této situaci odpovídá hodnotě  $66 \times 10^{-6} \text{W}$ .



Obrázek 4.5: ESP8266 schéma uvedené v deep sleep stavu

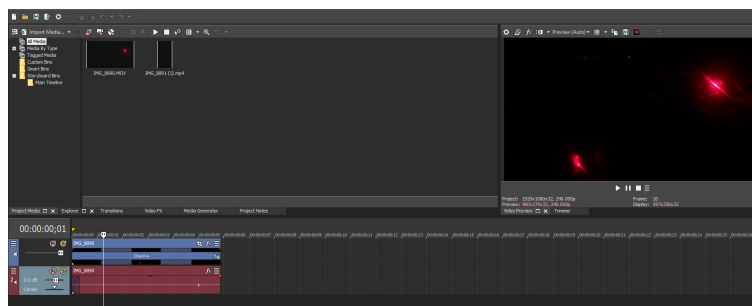
	Kontinuální	Enable	Deep Sleep
Eletrický proud	$96.81 \times 10^{-3} \text{ A}$	$3 \times 10^{-6} \text{ A}$	$20 \times 10^{-6} \text{ A}$
Spotřeba	$319.5 \times 10^{-3} \text{ W}$	$9.9 \times 10^{-6} \text{ W}$	$66 \times 10^{-6} \text{ W}$

Tabulka 4.1: Porovnání klidových stavů ESP8266

## Shrnutí výsledků měření spotřeby

### 4.1.2 Reakční čas jednotlivých situací

Reakční doba byla změřena pomocí kamery. K tlačítku jsem připojil LED, místnost jsem izoloval od světla a zmáčknutí tlačítka a reakci zásuvky jsem natočil ve zpomaleném režimu s 240 snímků za sekundu. Dále jsem zjistil rozdíl mezi rozsvícení LED u tlačítka a LED zabudované v zásuvce, signalizující sepnutí viz. obr. 4.6.



Obrázek 4.6: Ukázka postupu pro měření reakčních časů

	Kontinuální	Enable	Deep Sleep
Reakční doba	196 ms	3100 ms	967 ms

Tabulka 4.2: Porovnání reakčního času jednotlivých situací ESP8266

## Porovnání reakčních časů

Nejrychlejší reakce byla pokud ESP8266 bylo neustále zapnuto. Nejpomalejší naopak bylo pokud ESP8266 bylo nutné zapnout, je to z důvodu načtení sketchu do operační paměti, načtení konfigurace WiFi a následnému připojení viz. tabulka 4.2.

### 4.1.3 Rychlost WiFi připojení

Cílem měření je zjistění rychlostí připojení různými způsoby k přístupovému body, spotřeby a následné porovnání případů. Všechna měření byla provedena za podmínek:

- Zařízení bylo napájeno z USB
- Měřeno bylo pomocí úbytku napětí na rezistoru o velikosti  $0.7\Omega$
- Přístupový bod se nachází 3.5 m od zařízení

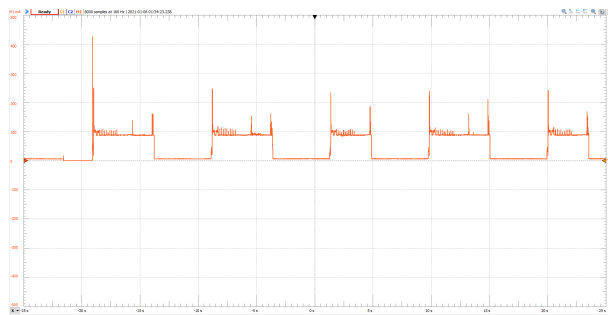
#### Dynamické přidělení IP adresy

Měření proběhlo za použití DHCP protokolu, kdy zařízení požádá DHCP server o IP adresu, kterou mu Access point přidělí společně s bránou, maskou a s časem, kdy tato adresa platí. Při měření nebyl přístupový bod zabezpečen.

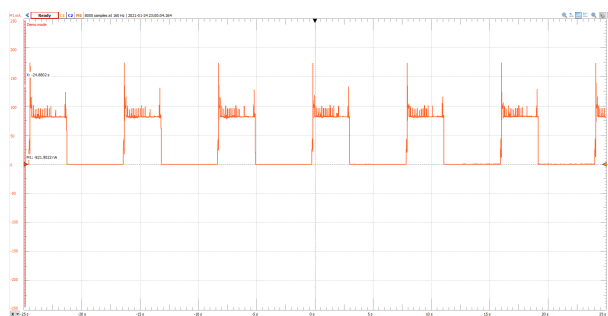
Měření bylo provedeno 5x. Průměrný čas se pohybuje okolo 4652 ms. Jak je možno vidět na grafu (viz. obr. 4.7), tak dvě WiFi připojení trvaly o 2 sekundy kratší dobu. ESP8266 se totiž zapíše do **DHCP client listu**, a má tak rezervovanou IP adresu, což znamená, že přiřazení proběhne rychleji.

#### Statické přidělení IP adresy

Použita byla statická adresa, která byla přidělena ESP8266 před připojením na AP. Přístupový bod nebyl zabezpečen. DHCP server byl vypnut. Měření proběhlo 5x. Průměrný



Obrázek 4.7: Měření dynamického připojení k AP



Obrázek 4.8: Měření statického připojení k AP

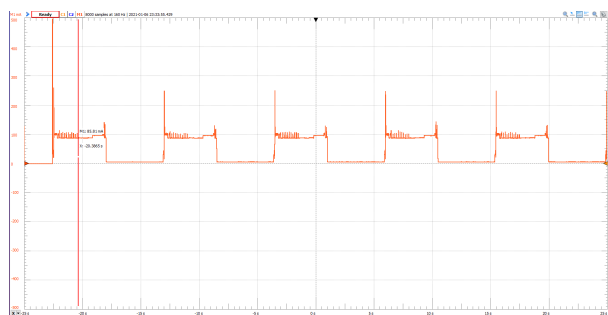
čas byl 3238 ms.

viz. obr. 4.8

### Zabezpečený AP

Připojení na access point je šifrované pomocí WPA2-PSK. IP adresa je na ESP nastavena staticky. DHCP server je zapnut. Průměrný čas byl 4709 ms.

viz. obr. 4.9



Obrázek 4.9: Měření zabezpečeného připojení k AP

Pořadí	Dynamické	Statické	Zabezpečení
1.	5300 ms	3143 ms	4606 ms
2.	5300 ms	3143 ms	4606 ms
3.	3619 ms	3143 ms	4606 ms
4.	5300 ms	3143 ms	4606 ms
5.	3627 ms	3143 ms	4606 ms
<b>Průměr</b>	4629 ms	3143 ms	4606 ms

Tabulka 4.3: Porovnání reakční doby naměřené připojením k WiFi

### Shrnutí výsledků rychlostí WiFi nastavení

Z výsledků měření je nejrychlejší připojení pomocí statické IP adresy, nicméně je velice náročné nastavit IP adresu, masku a bránu pro běžného uživatele. Připojení s DHCP je pomalejší průměrně o 1 s než případ se statickou IP adresou. DHCP vyniká jednoduchostí použití pro běžného uživatele. K zabezpečené WiFi trvá stejně dlouho jako s DHCP.

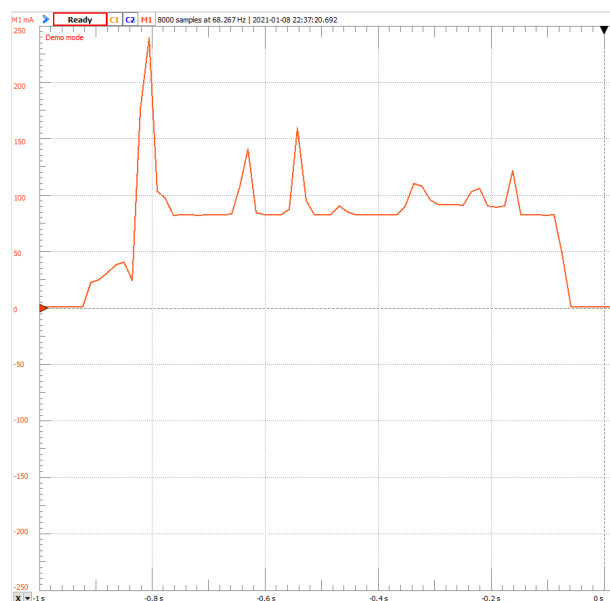
viz. tabulka 4.3

#### 4.1.4 Rychlost odeslání HTTP requestu

Cílem měření je zjistit čas odesílání HTTP requestu a následné odpovězení zásuvky NETIO. Pokus byl proveden za podmínek:

- Napájeno z USB
- Měřeno pomocí úbytku napětí na rezistoru o velikosti  $0.7\ \Omega$
- ESP8266 zkontroluje připojení k WiFi a pokud není navázáno, pokusí se ho navázat
- Načtení uložené konfigurace WiFi z flash paměti trvá 300 ms
- ESP ukončí reakci, pokud dostane zpětnou vazbu od zásuvky

viz. obr. 4.10 Jelikož ESP přestane reagovat až po odpovězení zásuvky, dokážeme zjistit celkový čas včetně zapnutí, zkontrolování WiFi připojení, sestavení a odeslání HTTP requestu, reakce zásuvky a zpracování HTTP zprávy viz. tabulka 4.4.



Obrázek 4.10: ESP8266 měření odesílání HTTP requestu včetně reakce zásuvky

Pořadí	připojené k WiFi
1.	732 ms
2.	645 ms
3.	732 ms
4.	732 ms
5.	747 ms
<b>Průměr</b>	<b>718 ms</b>

Tabulka 4.4: Čas odeslání HTTP requestu včetně reakce zásuvky

### 4.1.5 Spotřeba jednotlivých operací

Spotřebu budeme měřit pro jednotlivé situace WiFi a odesílání HTTP requestu. Pro tyto situace využijeme data z měření v kapitolách 4.1.3 a 4.1.4. Měření WiFi připojení probíhalo za vzorkovací frekvence 160 Hz a HTTP komunikace za 68,275 Hz. Z veličin, které známe, lze vypočítat **spotřebovanou energii**:

$$E = P \times t$$

$$E = U \times I \times t$$

Tabulka 4.5: ESP8266 Spotřeba operací

Operace	U(V)	I(mA)	t(ms)	P(mW)	E( $\mu Wh$ )
Dynamické připojení	3,3	89,5	5300	295	<b>435</b>
Statické připojení	3,3	83,0	3143	274	<b>239</b>
Zabezpečené připojení	3,3	90,9	4606	300	<b>383</b>
HTTP komunikace	3,3	84,8	732	280	<b>57</b>

#### Shrnutí výsledků spotřeby operací

Z tabulky 4.5 je možné vidět, že **příkon P** je téměř totožný v každé operaci. Největší rozdíl, který ovlivňuje spotřebu, je čas, za který se úkon vykoná. Jelikož **připojení pomocí statické IP adresy** trvalo nejkratší dobu, má také nejmenší spotřebu.

Samotná **komunikace HTTP** má nejnižší spotřebu ze všech definovaných operací a jeden cyklus operace spotřebuje zanedbatelné množství energie.



# Kapitola 5

## Vytvoření funkčních vzorků

# Kapitola 6

## Závěr

# Seznam tabulek

4.1	Porovnání klidových stavů ESP8266 . . . . .	10
4.2	Porovnání reakčního času jednotlivých situací ESP8266 . . . . .	11
4.3	Porovnání reakční doby naměřené připojením k WiFi . . . . .	13
4.4	Čas odeslání HTTP requestu včetně reakce zásuvky . . . . .	14
4.5	ESP8266 Spotřeba operací . . . . .	15

# Seznam obrázků

4.1	ESP8266 schéma zapojení kontinuálního ustáleného stavu . . . . .	7
4.2	ESP8266 měření klidového stavu kontinuálního režimu . . . . .	8
4.3	ESP8266 schéma zapojení vypnutého ESP přes ENABLE pin . . . . .	8
4.4	Měření klidového režimu enable případu . . . . .	9
4.5	ESP8266 schéma uvedené v deep sleep stavu . . . . .	10
4.6	Ukázka postupu pro měření reakčních časů . . . . .	10
4.7	Měření dynamického připojení k AP . . . . .	12
4.8	Měření statického připojení k AP . . . . .	12
4.9	Měření zabezpečeného připojení k AP . . . . .	12
4.10	ESP8266 měření odesílání HTTP requestu včetně reakce zásuvky . . . . .	14

Příloha A

Příloha

# Literatura

- [1] ESP8266. *Wireless-Tag Technology Co., Limited* [Online]. Irvine (CA): Wireless-Tag, 2021 [cit.2021-01-26]. Dostupné z: <https://www.tme.com/Document/12266bdd8a30eeb152305461b089a151/WT8266-S1.pdf>
- [2] DHCP PROTOKOL. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [Online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit.2021-01-26]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic\\_Host\\_Configuration\\_Protocol](https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_Host_Configuration_Protocol)