



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 Ing. Břetislavovi Bakalovi 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 . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Tvorba webové stránky</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Měření spotřeby a času</b>	<b>8</b>
4.1	ESP8266 . . . . .	8
4.1.1	Klidové stavy . . . . .	8
4.1.2	WiFi připojení . . . . .	10
4.1.3	Odeslání HTTP requestu s připojenou WiFi . . . . .	13
<b>5</b>	<b>Závěr</b>	<b>16</b>
	<b>Přílohy</b>	<b>18</b>
<b>A</b>	<b>Příloha</b>	<b>19</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.

##### Specifikace

ESP8266 nabízí:

- 32 bitový mikroprocesor RISC architektury založen na Tensilica Xtensa Diamond L106
- 16 Mb flash paměť a 36 KB RAM
- IEEE 802.11 b/g/n, integrované zabezpečení WEP a WPA/WPA2
- podporu  $I^2C$  a  $I^2S$
- 16 GPIO pinů

### **2.2.2 ESP32**

# Kapitola 3

## Tvorba webové stránky



# Kapitola 4

## Měření spotřeby a času

### 4.1 ESP8266

#### 4.1.1 Klidové stavy

##### ESP běží kontinuálně

Klidový stav byl měřen za podmínek:

- ESP8266 čeká na zmáčknutí tlačítka na pinu GPIO5
- ESP je neustále zapnuté, probíhá loop funkce pro kontrolu zmáčknutí
- Je připojeno k WiFi, je zaplý soft AP, běží webserver

Při klidovém stavu byl naměřen elektrický proud průměrně 96.81 mA viz. obr. 4.1. Měření probíhalo 50 s. Vypočítáme příkon:

$$P = 0.09681 \text{ A} \times 3.3 \text{ V}$$

Dle rovnice se příkon rovná 0.3195 W

ESP8266 vykoná 160 miliónů cyklů za sekundu. Pro výpočet energie:

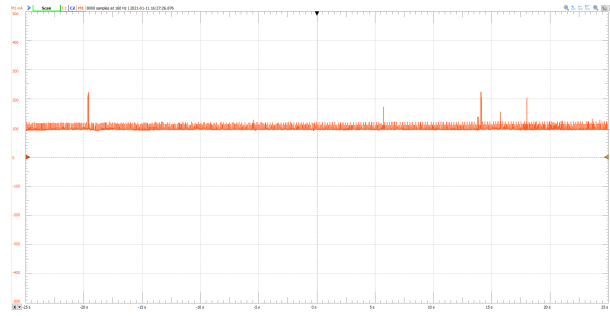
$$E = 0.3195 \text{ W} \times 1.7361 \times 10^{-12} \text{ h}$$

Spotřeba energie 1 řídicího cyklu je  $54.4864 \times 10^{-12} \text{ Wh}$ .

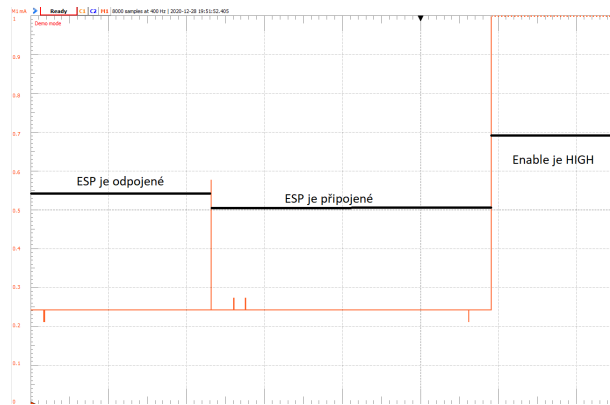
##### ESP vypnuté přes ENABLE pin

Měření proběhlo za podmínek:

- Napájeno z USB



Obrázek 4.1: ESP8266 měření klidového stavu kontinuálního režimu



Obrázek 4.2: Měření klidového režimu enable případu

- Měřeno pomocí úbytku napětí na rezistoru o velikosti  $10\ \Omega$
- pin enable byl připojen manuálně
- Napětí bylo měřeno Analog Discovery 2

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. 4.2. 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:

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

což je  $9.9 \times 10^{-6}\text{W}$  Dále zjistíme energii za 1 řídicí cyklus:

$$E = 9.9 \times 10^{-6}\text{W} \times 1.7361 \times 10^{-12}\text{h}$$

Spotřeba 1 řídicího cyklu je  $17.1874 \times 10^{-18}\text{Wh}$ .

	Kontinuální	Enable	Deep Sleep
Reakční doba	196 ms	3100 ms	967 ms
Spotřeba cyklu	$54.4864 \times 10^{-12} \text{Wh}$	$17.1874 \times 10^{-18} \text{Wh}$	$114.59 \times 10^{-18} \text{Wh}$

Tabulka 4.1: Porovnání klidových stavů ESP8266

### Deep sleep režim

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  $66 \times 10^{-6} \text{W}$  a dále vypočítáme spotřebovanou energii za 1 řídicí cyklus:

$$E = 66 \times 10^{-6} \text{W} \times 1.7361 \times 10^{-12} \text{h}$$

Spotřeba 1 řídicího cyklu je  $114.59 \times 10^{-18} \text{Wh}$ .

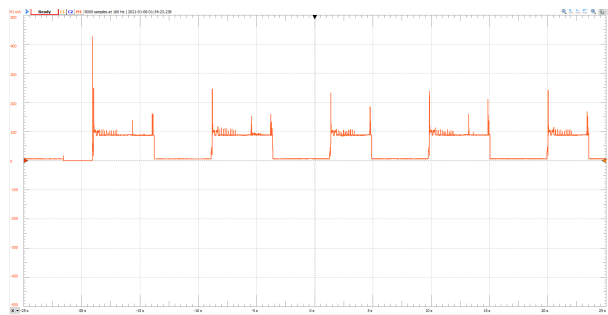
### Shrnutí výsledků

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 snímky za sekundu. Dále jsem zjistil rozdíl mezi rozsvícení LED u tlačítka a LED zabudované v zásuvce, signalizující sepnutí.

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.

## 4.1.2 WiFi připojení

Cílem měření je zjistění rychlostí připojení různými způsoby k přístupovému body, spotřeby a následné porovnání případů.



Obrázek 4.3: Měření dynamického připojení k AP

### Dynamické přidělení IP adresy

Měření proběhlo za použití DHCP protokolu, kde by přístupový bod měl zvolit IP adresu pro zařízení. Bylo provedeno za podmínek:

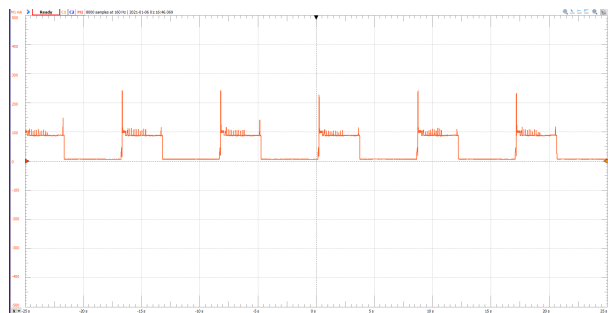
- Napájeno z USB
- Měřeno pomocí úbytku napětí na rezistoru o velikosti  $0.7\Omega$
- Přístupový bod nebyl zabezpečen
- Přístupový bod se nachází 3.5 m od zařízení

Měření bylo provedeno 5x. Průměrný čas se pohybuje okolo 4.7s. Jak je možno vidět na grafu, tak dvě WiFi připojení trvaly o 2 sekundy kratší dobu. Toto chování přisuzuji rozmanitému provozu na Přístupovém bodu, který zároveň probíhá s měřením. viz. obr. 4.3

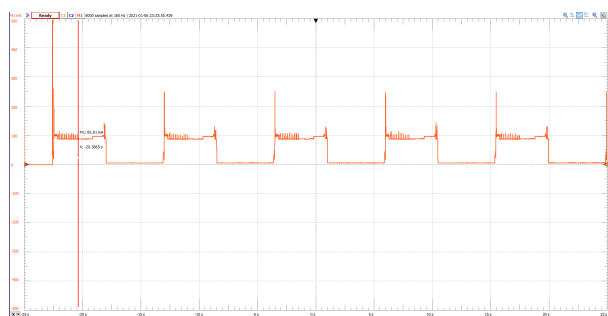
### Statické přidělení IP adresy

Použita byla statická adresa, která byla přidělena ESP8266 před připojením na AP. Bylo provedeno za podmínek:

- Napájeno z USB
- Měřeno pomocí úbytku napětí na rezistoru o velikosti  $0.7\Omega$
- Přístupový bod nebyl zabezpečen
- Přístupový bod se nachází 3.5 m od zařízení



Obrázek 4.4: Měření statického připojení k AP



Obrázek 4.5: Měření zabezpečeného připojení k AP

Měření proběhlo 5x. Průměrný čas byl 3.7s.

viz. obr. 4.4

### Zabezpečený AP

Připojení na access point je šifrované. Bylo provedeno za podmínek:

- Napájeno z USB
- Měřeno pomocí úbytku napětí na rezistoru o velikosti  $0.7\ \Omega$
- IP adresa je nastavena staticky
- Přístupový bod se nachází 3.5 m od zařízení
- Bylo použito zabezpečení WPA2-PSK

Průměrný čas byl 4.7s.

viz. obr. 4.5

Pořadí	Dynamické	Statické	Zabezpečení
1.	5.3385 s	3.589 s	4.733 s
2.	5.3445 s	3.583 s	4.733 s
3.	3.619 s	3.631 s	4.733 s
4.	5.333 s	3.481 s	4.733 s
5.	3.627 s	3.613 s	4.733 s
<b>Průměr</b>	4.6524 s	3.5794 s	4.709 s

Tabulka 4.2: Porovnání reakční doby naměřené připojením k WiFi

## Závěr

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 4.2

### 4.1.3 Odeslání HTTP requestu s připojenou WiFi

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 trvá 300 ms
- ESP ukončí reakci, pokud dostane zpětnou vazbu od zásuvky

Jelikož ESP přestane reagovat až po odpovězení zásuvky, dokážeme zjistit celkový čas včetně zapnutí, zkontrolování WiFi připojení, sestavení a odeslání HTTP requestu, reakce

Pořadí	připojené k WiFi
1.	778.9 ms
2.	743 ms
3.	772.9 ms
4.	744.5 ms
5.	623.1 ms
<b>Průměr</b>	732.48 ms

Tabulka 4.3: Čas odeslání HTTP requestu a reakce zásuvky

Operace	reakční doba	spotřeba
Dynamické připojení	4.6524 s	385.19 $\mu$ Wh
Statické připojení	3.5794 s	295.59 $\mu$ Wh
Zabezpečené připojení	4.709 s	393.15 $\mu$ Wh
HTTP komunikace	0.732 48 s	67.75 $\mu$ Wh

Tabulka 4.4: Spotřeba jednotlivých akcí

zásuvky a zpracování HTTP zprávy.

viz tabulka 4.3

Spotřeba jednotlivých operací ESP8266 byla spočítána:  $E = U \times I \times t$



# Kapitola 5

## Závěr

# Seznam tabulek

4.1	Porovnání klidových stavů ESP8266 . . . . .	10
4.2	Porovnání reakční doby naměřené připojením k WiFi . . . . .	13
4.3	Čas odeslání HTTP requestu a reakce zásuvky . . . . .	14
4.4	Spotřeba jednotlivých akcí . . . . .	14

# Seznam obrázků

4.1	ESP8266 měření klidového stavu kontinuálního režimu . . . . .	9
4.2	Měření klidového režimu enable případu . . . . .	9
4.3	Měření dynamického připojení k AP . . . . .	11
4.4	Měření statického připojení k AP . . . . .	12
4.5	Měření zabezpečeného připojení k AP . . . . .	12

Příloha A

Příloha

# Literatura

- [1] ESPRESSIF SYSTEMS, . *WT8266-S1 WiFi Module datasheet*. Shangai, Čína: Espressif Systems, 2015. ISBN ISBN.
- [2] ESP8266. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [Online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit.2021-01-21]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP8266>