



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

1	Úvod	4
2	Základní informace	5
2.1	Zásuvka NETIO	5
2.2	Platforma ESP	5
2.2.1	ESP8266	5
2.2.2	ESP32	6
3	Tvorba webové stránky	7
4	Měření spotřeby a času	8
4.1	ESP8266	8
4.1.1	Spotřeba ustálených stavů	8
4.1.2	Reakční čas jednotlivých situací	11
4.1.3	WiFi připojení	12
4.1.4	Odeslání HTTP requestu s připojenou WiFi	14
5	Závěr	16
	Přílohy	18
A	Příloha	19

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 Spotřeba ustálených stavů

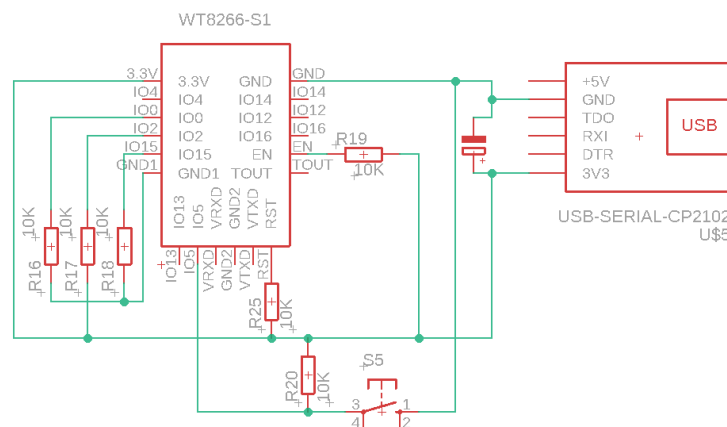
Při měření spotřeby ustálených stavů bylo použito napájení z USB. Měřeno bylo zařízením **Analog Discovery 2** od společnosti **DIGILENT**. Tímto zařízením je měřeno napětí na rezistoru a dle Ohmova zákona: $I = \frac{U}{R}$ vypočítán elektrický proud. Napětí je 3.3 V.

ESP běží kontinuálně

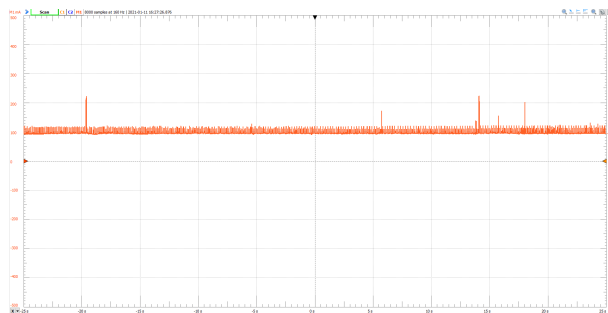
Schéma zapojení viz. obr. 4.1

Ústálený stav byl měřen za podmínek:

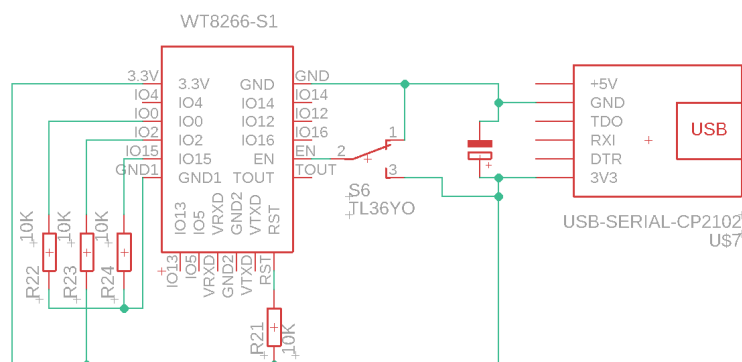
- Měřicí rezistor má odpor $0.7\ \Omega$
- ESP8266 čeká na zmáčknutí tlačítka na pinu GPIO5



Obrázek 4.1: ESP8266 schéma zapojení kontinuálního ustáleného stavu



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 zaplň 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:

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

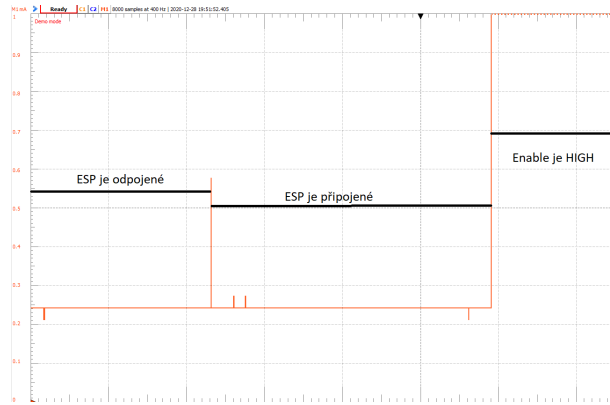
Dle rovnice se příkon rovná $319.5 \times 10^{-3} \text{ W}$

ESP vypnuté přes ENABLE pin

Schéma zapojení viz. obr. 4.3

Měření proběhlo za podmínek:

- Měřicí rezistor má odpor 10Ω



Obrázek 4.4: Měření klidového režimu enable případu

- pin enable byl připojen manuálně

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

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

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

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

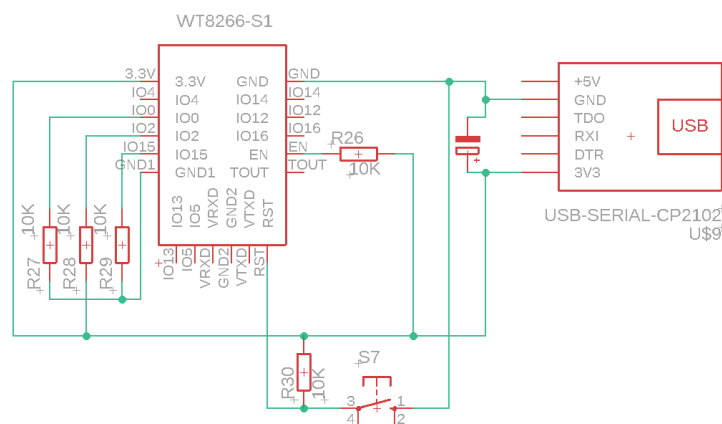
Deep sleep režim

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 $20\text{ }\mu\text{A}$. 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

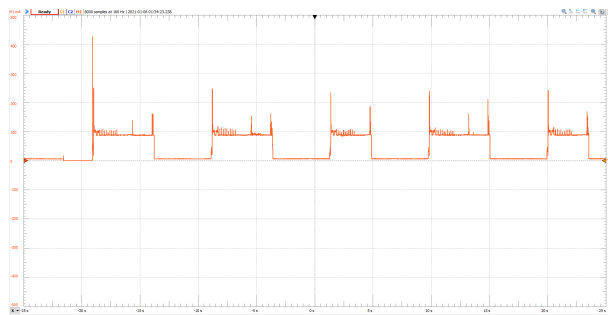
Reakční doba byla změřena pomocí kamery. K tlačítku jsem připojil LED, místnost jsem izoloval od světla a zmáčknutí tlačítka a reakci zásuvky jsem natočil ve zpomaleném režimu s 240 snímků za sekundu. Dále jsem zjistil rozdíl mezi rozsvícení LED u tlačítka a LED zabudované v zásuvce, signalizující sepnutí viz. obr. 4.2.

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,

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

Tabulka 4.2: Porovnání reakčního času jednotlivých situací ESP8266



Obrázek 4.6: Měření dynamického připojení k AP

načtení konfigurace WiFi a následnému připojení.

4.1.3 WiFi připojení

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

Dynamické přidělení IP adresy

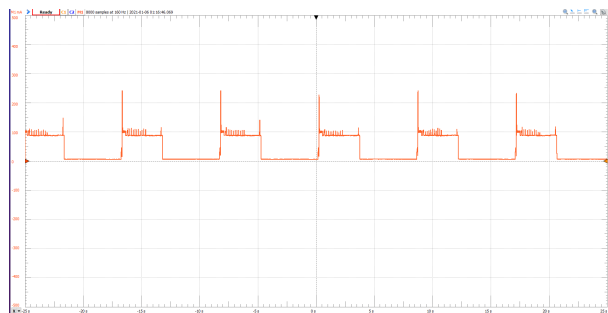
Měření proběhlo za použití DHCP protokolu, kde by přístupový bod měl zvolit IP adresu pro zařízení. Bylo provedeno za podmínek:

- Napájeno z USB
- Měřeno pomocí úbytku napětí na rezistoru o velikosti 0.7Ω
- 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. 4.6

Statické přidělení IP adresy

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



Obrázek 4.7: Měření statického připojení k AP

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

Měření proběhlo 5x. Průměrný čas byl 3.7 s.

viz. obr. 4.7

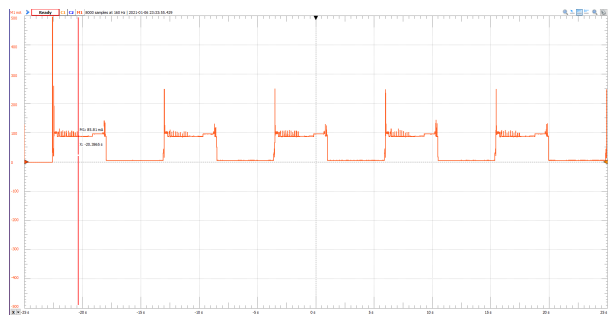
Zabezpečený AP

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

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

Průměrný čas byl 4.7 s.

viz. obr. 4.8



Obrázek 4.8: Měření zabezpečeného připojení k AP

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
Průměr	4.6524 s	3.5794 s	4.709 s

Tabulka 4.3: 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 4.3

4.1.4 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 $0.7\ \Omega$

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

Tabulka 4.4: Čas odeslání HTTP requestu a reakce zásuvky

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

Tabulka 4.5: Spotřeba jednotlivých akcí

- 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 zásuvky a zpracování HTTP zprávy.

viz tabulka 4.4

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

Kapitola 5

Závěr

Seznam tabulek

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

Seznam obrázků

4.1	ESP8266 schéma zapojení kontinuálního ustáleného stavu	8
4.2	ESP8266 měření klidového stavu kontinuálního režimu	9
4.3	ESP8266 schéma zapojení vypnutého ESP přes ENABLE pin	9
4.4	Měření klidového režimu enable případu	10
4.5	ESP8266 schéma uvedené v deep sleep stavu	11
4.6	Měření dynamického připojení k AP	12
4.7	Měření statického připojení k AP	13
4.8	Měření zabezpečeného připojení k AP	14

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.2021-01-23]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=ESP8266>