



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	5
2.3	Komunikace mezi ESP a NETIO zásuvkou	5
3	Tvorba webové stránky	6
4	Měření spotřeby a času	7
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	14
4.2	ESP32	15
5	Vytvoření funkčních vzorků	16
6	Závěr	17
	Přílohy	19
A	Příloha	20

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.

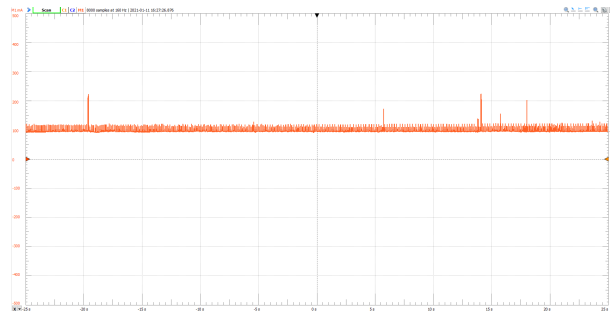
ESP8266 integruje vylepšenou verzi procesoru **L106 Diamond series 32-bit** vytvořený firmou **Tensilica**.

2.2.2 ESP32

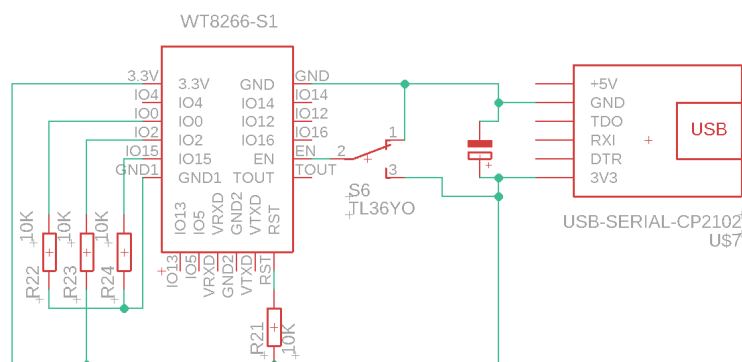
2.3 Komunikace mezi ESP a NETIO zásuvkou

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:

$$P = 96,81 \times 10^{-3} \text{ A} \times 3,3 \text{ V}$$

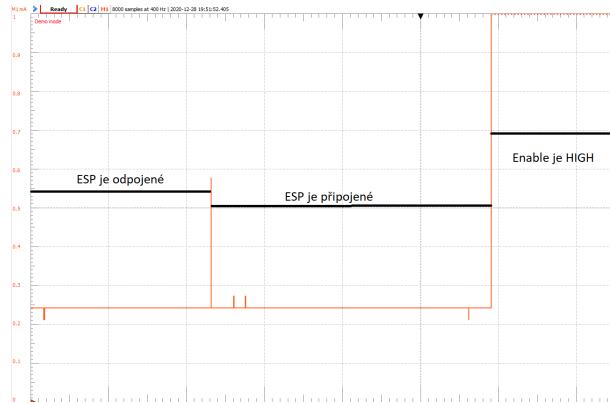
Dle rovnice se příkon rovná $319,5 \times 10^{-3} \text{ W}$

ESP vypnuté přes ENABLE pin

Schéma zapojení viz. obr. 4.3

Měření proběhlo za podmínek:

- Měřicí rezistor má odpor 10Ω



Obrázek 4.4: Měření klidového režimu enable případu

- pin enable byl připojen manuálně

Po připojení ESP8266 proud nevzrostl a drží se stále na $240\ \mu\text{A}$, 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 $9,9 \times 10^{-6} \text{ W}$.

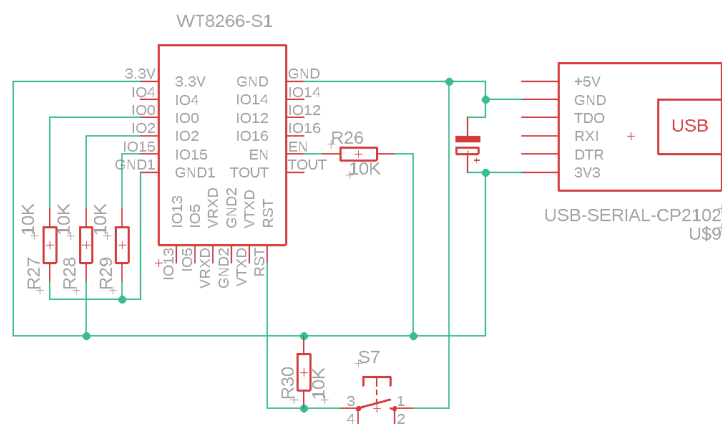
Deep sleep režim

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

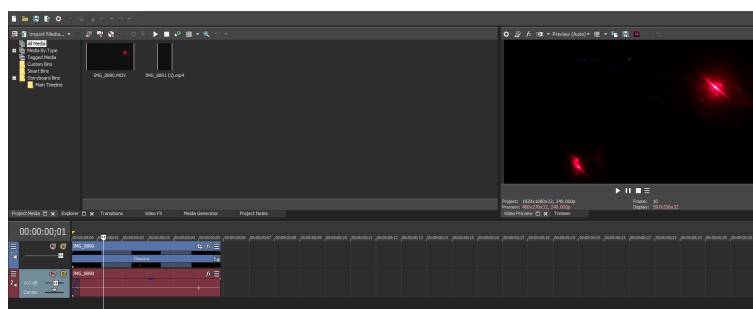
Tabulka 4.1: ESP8266 porovnání ustálených stavů

Ustálený stav	I(A)	P(W)
Kontinuální	$96,81 \times 10^{-3}$	$319,5 \times 10^{-3}$
Enable	$3,00 \times 10^{-6}$	$9,9 \times 10^{-6}$
Deep sleep	$20,00 \times 10^{-6}$	$66,0 \times 10^{-6}$

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 snímky 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

Tabulka 4.2: ESP8266 porovnání reakčního času jednotlivých situací

Ustálený stav	t(ms)
Kontinuální	196
Enable	3 100
Deep sleep	967

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

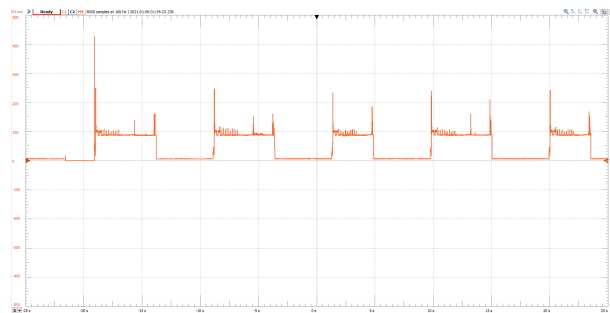
Cílem měření je zjistění rychlostí připojení různými způsoby k přístupovému bodu, spotřeby a následné porovnání případů. Všechna měření byla provedena za podmínek:

- 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

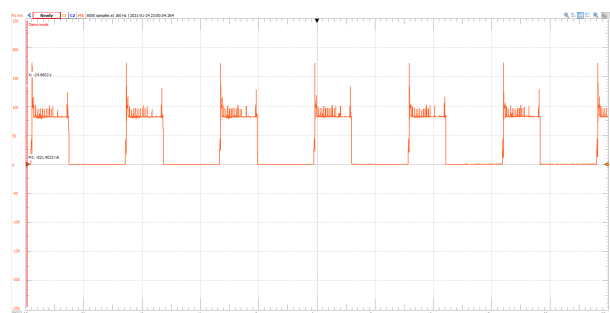
Dynamické přidělení IP adresy

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 4 652 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.



Obrázek 4.7: Měření dynamického připojení k AP



Obrázek 4.8: Měření statického připojení k AP

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 čas byl 3238 ms.

viz. obr. 4.8

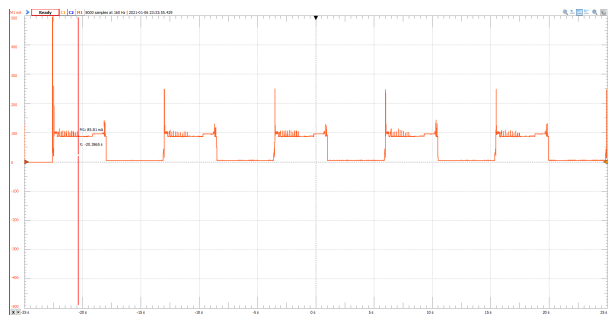
Zabezpečený AP

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

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



Obrázek 4.9: Měření zabezpečeného připojení k AP

Tabulka 4.3: ESP8266 Porovnání reakční doby připojení k WiFi

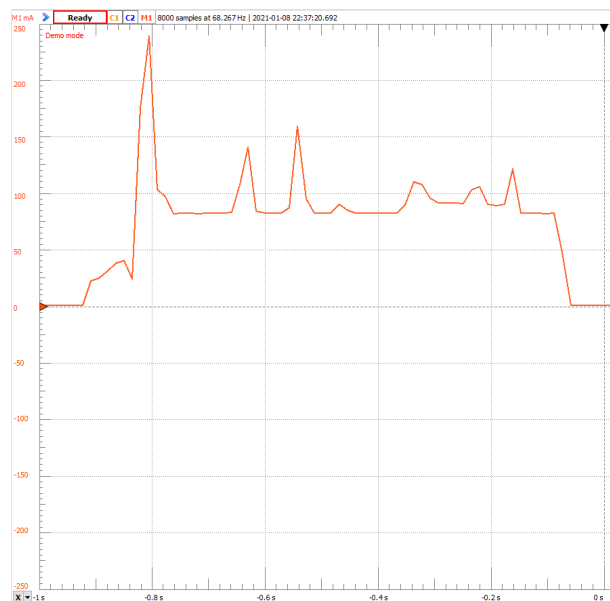
Pořadí	Dynamické (ms)	Statické (ms)	Zapezpečené (ms)
1.	5 300	3 143	4 606
2.	5 300	3 143	4 606
3.	3 619	3 143	4 606
4.	5 300	3 143	4 606
5.	3 627	3 143	4 606
Průměr	4 629	3 143	4 606

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



Obrázek 4.10: ESP8266 měření odesílání HTTP requestu včetně reakce 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 ??.

4.1.5 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**:

$$E = P \times t$$

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

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.

Tabulka 4.4: Čas odeslání HTTP requestu včetně reakce zásuvky

Pořadí	HTTP request (ms)
1.	732
2.	645
3.	732
4.	732
5.	747
Průměr	718

Tabulka 4.5: ESP8266 Spotřeba operací

Operace	U(V)	I(mA)	t(ms)	P(mW)	E(μWh)
Dynamické připojení	3,3	89,5	5 300	295	435
Statické připojení	3,3	83,0	3 143	274	239
Zabezpečené připojení	3,3	90,9	4 606	300	383
HTTP komunikace	3,3	84,8	732	280	57

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

4.2 ESP32

Kapitola 5

Vytvoření funkčních vzorků

Kapitola 6

Závěr

Seznam tabulek

4.1	ESP8266 porovnání ustálených stavů	10
4.2	ESP8266 porovnání reakčního času jednotlivých situací	11
4.3	ESP8266 Porovnání reakční doby připojení k WiFi	13
4.4	Čas odeslání HTTP requestu včetně reakce zásuvky	15
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	13
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.2021-01-29]. 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.2021-01-29]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_Host_Configuration_Protocol