



Mikroprocesorové a vestavěné systémy
ESP32: Měření srdečního tepu [analogový senzor]
(IMP projekt)

Obsah

Úvod	2
Příprava	2
ESP-IDF VS Code rozšíření	2
ESP32	2
Pulse Sensor	3
OLED displej	3
Postup	4
Zapojení	4
Implementace	5
Závěr	7
Odkazy	8
Další zajímavé odkazy	8

Úvod

Cílem projektu je pomocí zapůjčených součástek (mikrokontrolér s čipem ESP32, PulseSensor a OLED 128x64 displej) vytvořit měřič tepu, který zobrazí aktuální tepovou frekvenci na displeji.

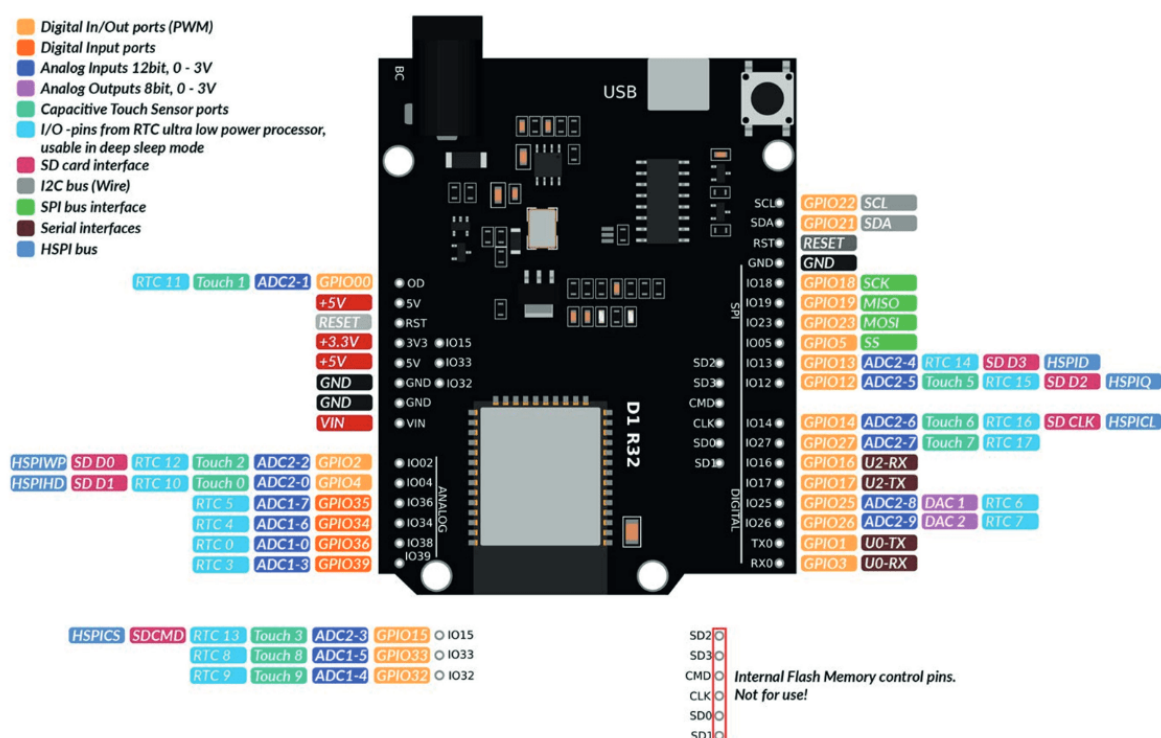
Příprava

ESP-IDF VS Code rozšíření

Pro implementaci byl využit editor VS Code s rozšířením Espressif IDF. ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework) je oficiální vývojový framework pro platformu ESP32 a podobné. Byla použita verze 1.4.0 a instalace byla provedena podle oficiálního tutoriálu z [youtube.com](https://www.youtube.com/watch?v=Lc6ausiKvQM)^[1]. Pro otestování správného nastavení a funkčnosti vývojového prostředí posloužily příklady dostupné z oficiálního githubu^[2].

ESP32

D1 R32 Board Pinout



Zapojení pinů na desce Wemos D1 R32 s čipem ESP32^[3].

¹ URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Lc6ausiKvQM>

² URL: <https://github.com/espressif/esp-idf/tree/master/examples/get-started>

³ URL: https://cpb-ap-se2.wpmucdn.com/blogs.auckland.ac.nz/dist/9/698/files/2021/08/2_Pinout_D1_R32.png

Základem projektu je vývojová deska Wemos D1 R32 typu ESP32. ESP32^[4] je řada levných, nízkoenergetických systémů na čipu^[5] mikrokontrolérů s integrovanou Wi-Fi a duálním Bluetooth. Tato vývojová deska je kompatibilní s platformou Arduino.

Pulse Sensor

Jednoduchý a kompaktní optický snímač pro srdeční tep^[6]. Funkce je zajištěna zelenou LED, která prosvítí lidskou tkáň a citlivý snímač zaznamená změnu intenzity odraženého světla. Při každém úderu srdce se změní průtok krve a tím i podmínky pro průchod světla. Snímač nejlépe pracuje s prstem nebo ušním lalůčkem.

Snímač má 3 připojovací piny:

- (+) připojení napájení (napětí 3,3 V nebo 5 V)
- (-) uzemnění napájecího napětí
- (S) analogový výstupní signál s aktuální průsvitností lidské tkáně

Analogový signál je nutné připojit na analogový pin mikrokontroléru a pomocí ADC^[7] převodníku převést hodnotu do digitální podoby.

OLED displej

0,96" OLED displej^[8] s rozlišením 128x64 pixelů je napájen 3,3 – 5 V stejnosměrného proudu. Ke komunikaci displej využívá sběrnici I2C (piny SCL a SDA) a řadič SSD1306. Jednotlivé pixely na displeji lze zapnout nebo vypnout (rozsvítit/zhasnout) a vytvořit tak požadovaný obraz.

⁴ URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/ESP32>

⁵ URL: https://cs.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A9m_na_%C4%8Dipu

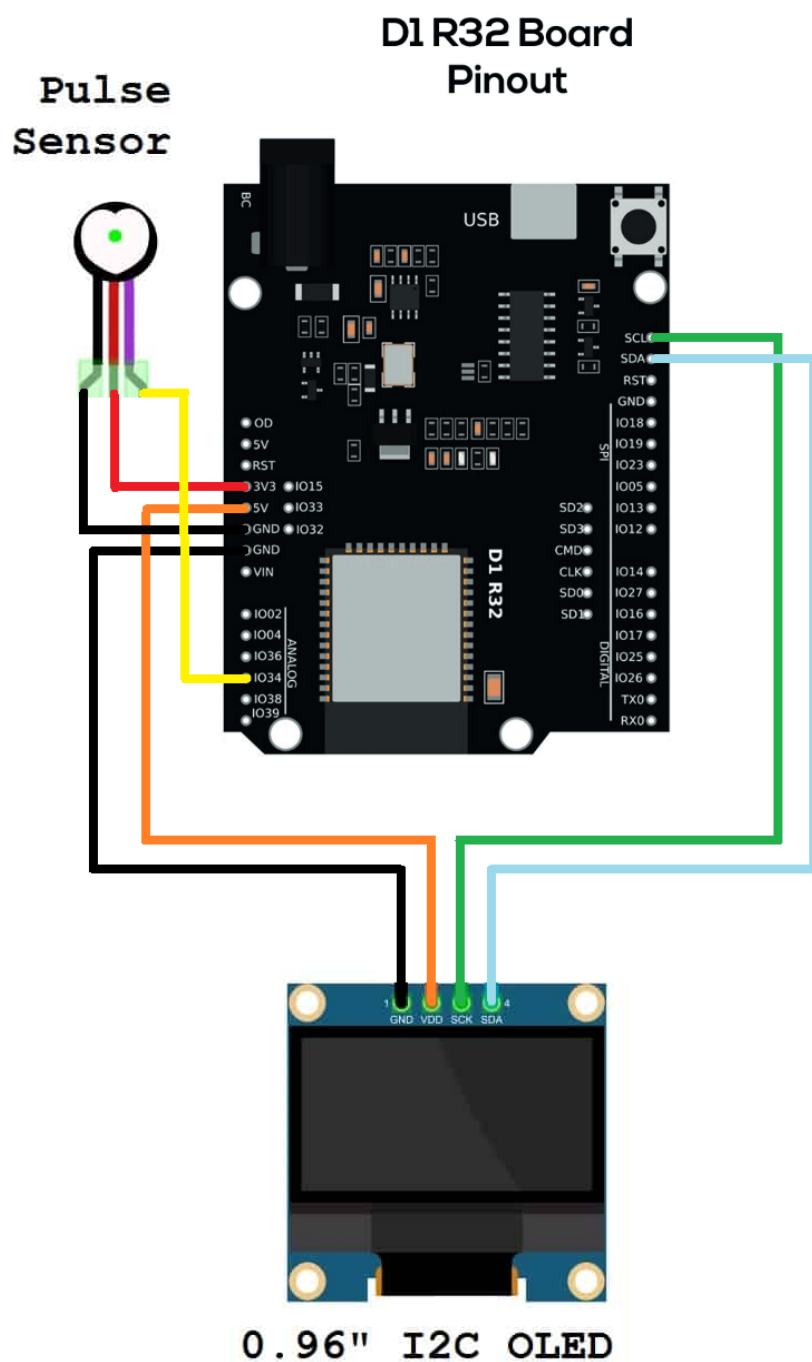
⁶ URL: <https://www.hwKitchen.cz/snimac-pro-tep-srdce/>

⁷ URL: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/v4.2/esp32/api-reference/peripherals/adc.html>

⁸ URL: <https://www.hadex.cz/m508b-displej-oled-096-128x64-znaku-i2c-4piny-bily/>

Postup

Zapojení



PulseSensor (snímač tepu) je připojen k 3,3 V napájení a zemi. Analogový výstupní signál je připojen k pinu GPIO 34. OLED displej je napájen 5 V a piny SDA a SCL sběrnice I2C jsou připojeny ke stejnojmenným pinům na mikrokontroléru.

Implementace

Pro komunikaci s displejem jsou použity funkce z knihovny *driver/i2c.h*. Přes I2C sběrnici jsou do displeje zasílány kontrolní signály a data^[9], která jsou na displeji zobrazena pomocí zhasnutí nebo rozsvícení jednotlivých pixelů displeje. Základní kód je stažen z příkladu na github.com^[10].

Pro zobrazení textu je využita knihovna *font8x8_basic.h*^[11] s předdefinovanými vzory pro základní znaky.

Tep je na displeji vizualizován bušícím srdcem. Obrázek srdce byl do bajtové podoby použitelné v C programu převeden pomocí programu *lcd-image-converter*^[12]. Pro skenování při konverzi byl využit následující kód s velikostí bloku 8 bitů:

```
/*
 * left to right
 * forward
 */
for(var i = 0; i < image.height; i += 8){
    for (var x = 0; x < image.width; x++) {
        for (var y = 7; y >= 0; y--) {
            image.addPoint(x, i+y);
        }
    }
}
```

Data z PulseSensoru jsou získány pomocí integrovaného ADC^[13] převodníku na pinu GPIO 34.

Program v nekonečném cyklu s rychlostí 100 snímků za sekundu si zaznamenává posledních 10 vzorků signálu a posledních 10 průměrných hodnot z předchozích 10 vzorků signálu.

Poté zkontroluje, zda aktuální hodnota je menší než hodnota předchozího snímku a ověří, že posledních 6 naměřených průměrných hodnot jsou vzestupně po sobě jdoucí. Ještě se zkontroluje, že aktuální průměrná hodnota je o 7 jednotek vyšší než nejmenší průměrná hodnota z posledních 10 snímků. V tom případě aktuální snímek signálu prohlásíme za potenciální srdeční tep (puls).

K ověření, že se jedná o vrchol srdečního tepu, dojde 10 snímků po zjištění potenciálního tepu. Zkontroluje se, zda rozdíl mezi aktuální nejnižší průměrnou hodnotou z posledních 10 snímků je 7 jednotek.

Při úspěchu je od aktuálního timestampu odečtena hodnota timestampu předešlého zaznamenaného tepu a převedena na minuty.

Aktuální hodnota tepu srdce za minutu je zobrazena na OLED displeji spolu s obrázkem bušícího srdce a aktuální hodnotou vzorku signálu PulseSensoru. Hodnota z PulseSensoru by se měla pohybovat mezi 2500 až 3500 jednotek pro co nejpřesnější výsledné hodnoty. Zobrazování probíhá v separátním Tasku, aby se nespožďovalo vzorkování signálu.

⁹ URL: <http://robotcantalk.blogspot.com/2015/03/interfacing-arduino-with-ssd1306-driven.html>

¹⁰ URL: <https://github.com/yanbe/ssd1306-esp-idf-i2c/blob/master/main/main.c>

¹¹ URL: https://github.com/yanbe/ssd1306-esp-idf-i2c/blob/master/main/font8x8_basic.h

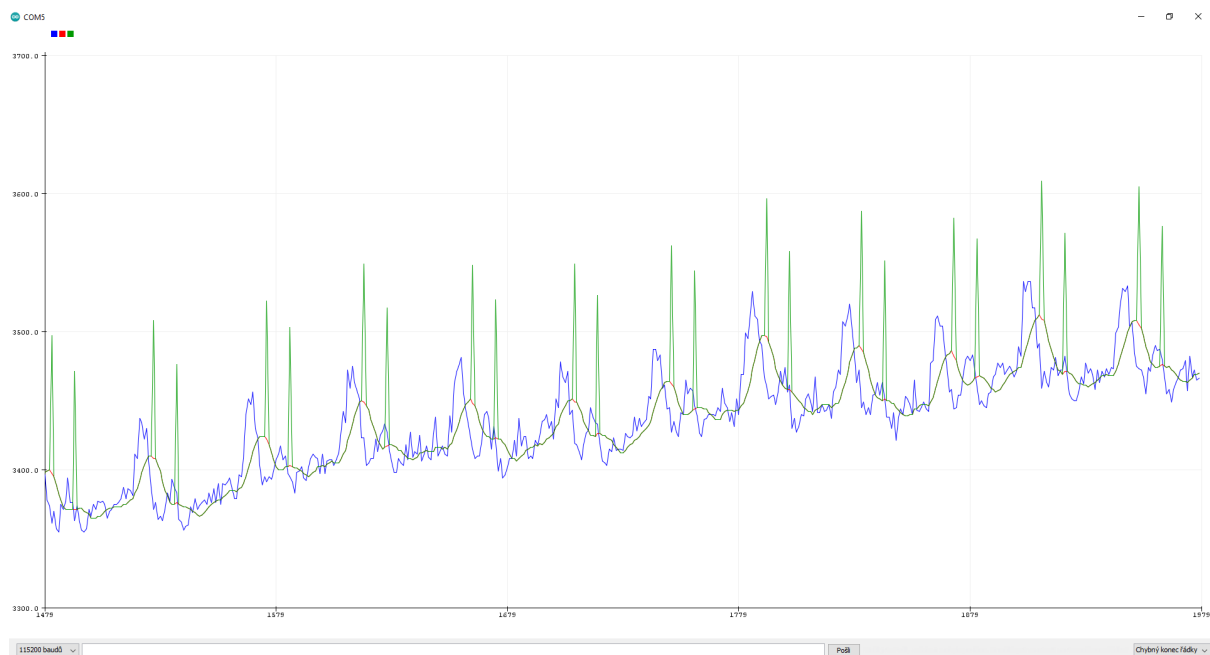
¹² URL: <https://sourceforge.net/projects/lcd-image-converter/>

¹³ URL: <https://embeddedexplorer.com/esp32-adc-esp-idf-tutorial/>

Pro vizualizaci signálu získaného z PulseSensoru je možné využít Arduino IDE plotter:



Na snímku níže je vidět vizualizace zjišťování tepu z aktuálního vzorku signálu. Modrá křivka zobrazuje data získaná z PulseSensoru. Červená křivka (zároveň se zelenou) zobrazuje průměrnou hodnotu z posledních deseti vzorků signálu. Zelená křivka zobrazuje kontrolní body při identifikaci tepu. V prvním bodu se zjistí potenciální výskyt tepu a v druhém bodu dojde k potvrzení nebo vyvrácení výskytu tepu. Pokud se druhý bod na grafu nezobrazí, výskyt tepu se nepotvrdil.



Závěr

Zadání projektu se povedlo úspěšně vytvořit a implementovat. Z důvodu jednoduchosti snímače a algoritmu pro čtení signálu a výpočtu výsledné hodnoty srdečního tepu, nemusí být tyto hodnoty vždy úplně přesné. Pro informativní a neprofesionální použití je výsledný produkt plně dostačující.

Ukázka výsledku: <https://www.youtube.com/watch?v=Q5x-HVGyfHo>

Výsledek autoevaluace: 11 bodů

Odkazy

ESP-IDF VS Code extension:

<https://www.youtube.com/watch?v=Lc6ausiKvQM>

ESP-IDF hello world:

<https://github.com/espressif/esp-idf/tree/master/examples/get-started>

ESP32 pinout:

https://cpb-ap-se2.wpmucdn.com/blogs.auckland.ac.nz/dist/9/698/files/2021/08/2_Pinout_D1_R32.png

ESP32 OLED display example:

<https://github.com/yanbe/ssd1306-esp-idf-i2c/blob/master/main/main.c>

OLED display tutorial:

<http://robotcantalk.blogspot.com/2015/03/interfacing-arduino-with-ssd1306-driven.html>

lcd-image-converter:

<https://sourceforge.net/projects/lcd-image-converter/>

image to OLED display tutorial:

<https://randomnerdtutorials.com/esp32-ssd1306-oled-display-arduino-ide/>

ESP32 ADC tutorial:

<https://embeddedexplorer.com/esp32-adc-esp-idf-tutorial/>

ESP32 ADC docs:

<https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/v4.2/esp32/api-reference/peripherals/adc.html>

Arduino IDE plotter:

<https://docs.arduino.cc/software/ide-v2/tutorials/ide-v2-serial-plotter>

Další zajímavé odkazy

ESP-IDF stop terminal:

<https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/v4.3/esp32/api-guides/tools/idf-monitor.html>

ESP-IDF add library:

<https://stackoverflow.com/questions/72552661/how-to-add-an-outside-library-to-an-esp-idf-project>

ESP32 clock:

<https://github.com/espressif/esp-idf/issues/525>

ESP32 ADC tutorial

<https://esp32tutorials.com/esp32-adc-esp-idf/>

ESP32 ADC example:

https://github.com/espressif/esp-idf/blob/v4.2/examples/peripherals/adc/main/adc1_example_main.c

ESP32 OLED display tutorial

<https://esp32tutorials.com/oled-esp32-esp-idf-tutorial/>

Arduino IDE ESP32:

<https://randomnerdtutorials.com/installing-the-esp32-board-in-arduino-ide-windows-instructions/>

<https://www.hackster.io/NYH-workshop/wemos-r32-with-arduino-startup-guide-7bc841>

Arduino read analog pin:

<https://randomnerdtutorials.com/esp32-adc-analog-read-arduino-ide/>