

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

IMP – projekt

ESP32: Měření srdečního tepu [digitální
senzor]

6. prosince 2024

Rostislav Král

1 O projektu

V tomto projektu měl být implementován měřič srdečního tepu za pomoci MCU ESP32, digitálního senzoru MAX30102 a OLED displeje. Byly použity aplikační rámce ESP-IDF a komponenta pro SSD1306. Projekt implementuje "pouze" měření tepu.

2 Popis HW

Řešení využívá rozhraní SPI pro komunikaci s OLED displejem a zapojení je následující:

- GND — — — — > GND
- VCC — — — — > 3.3V
- SCK — — — — > GPIO 18
- MOSI — — — — > GPIO 23
- RES — — — — > GPIO 17
- DC — — — — > GPIO 16
- CS — — — — > GPIO 5

Senzor MAX30102 je zapojen takto(I2C komunikace):

- GND — — — — > GND
- VCC — — — — > 3.3V
- SCL — — — — > GPIO 32
- SDA — — — — > GPIO 33

3 Implementace

V projektu bylo nutné si nastavit I2C mastera, dále potom správně nastavit registry senzoru MAX30102 z datasheetu <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/MAX30102.pdf>, a pro něj implementovat funkce pro čtení hodnot z LED. Vzorkovací frekvence je nastavena na 25Hz, počet vzorků pro jedno měření pak na 128. Dále bylo nutné naimplementovat vlastní filtry signálu, používá se dolní propust pro vyhlazení, poté jsou ještě hodnoty vyfiltrované/znormalizované průměrem signálu. Následně funkce pro autokorelaci a detekci vrcholů v korelovaném signálu, jejich porovnání: (za referenční jsem považoval implementaci knihovny Scipy, viz. grafy 2, hodnoty jsou z 1). Většinou se pohybujeme v celých číslech. Displej je ovládán pomocí rozhraní z <https://github.com/nopnop2002/esp-idf-ssd1306>.

$$R(k) = \sum_{n=0}^{N-k-1} x[n] * x[n+k]$$

Kde $R(k)$ je hodnota autokorelačního koeficientu, N počet vzorků, k offset a $x[n]$ vstupní signál.

Výpočet BPM je potom definován jako: $BPM = 60/T$, kde T je perioda v sekundách vyjadřena jako $T = peak/f_s$

Video dostupné zde: <https://drive.google.com/file/d/1ye9kaQlFNYgUjggz3Z9idHxatKQFFrNM/view?usp=sharing>

```

MEASURED FROM SENSOR: 1432811,1432869,1432981,1432984,1432878,1432886,1432886,1432941,1433005,1433032,1433088,1433140,1433170,1433199,1433229,1433260,1433254,1432984,1432
825,1432679,1432682,1432741,1432828,1432861,1432878,1432866,1432884,1432858,1432907,1432933,1433015,1433032,1433287,1433315,1433329,1433371,1432828,1432673,1432635,143265
9,1432650,1432738,1432761,1432764,1432749,1432754,1432782,1432839,1432879,1432921,1432974,1433035,1433049,1433107,1433125,1433155,1433212,1433146,1432828,1432681,1432530,
1432540,1432578,1432628,1432672,1432672,1432677,1432683,1432693,1432729,1432796,1432853,1432919,1432962,1433022,1433078,1433090,1433123,1433146,1433214,1433133,1432881,14
32641,1432547,1432578,1432617,1432673,1432721,1432717,1432691,1432695,1432728,1432796,1432830,1432895,1432942,1432991,1433017,1433078,1433104,1433167,1433149,1432999,1432
675,1432502,1432457,1432499,1432523,1432584,1432622,1432638,1432627,1432649,1432692,1432725,1432775,1432829,1432885,1432928,1432988,1433037,1433060,1433093,1433136,143310
0,1432809,1432532,1432449,
-----
FILTERED DATA(MEAN + LOWPASS): -59,-1,31,34,8,16,16,71,135,162,218,279,300,329,359,390,384,114,-45,-191,-180,-129,-42,-9,8,-4,14,-12,37,63,145,162,417,445,459,301,-42,-19
7,-235,-211,-220,-140,-109,-106,-121,-116,-80,-31,9,51,104,165,179,237,255,285,342,276,-42,-269,-340,-330,-292,-242,-190,-190,-193,-187,-177,-141,-74,-17,49,92,152,200,22
0,253,276,344,263,11,-229,-323,-292,-253,-197,-149,-153,-179,-175,-142,-74,-40,25,72,121,147,200,234,297,279,129,-195,-368,-413,-371,-347,-286,-248,-232,-243,-221,-178,-1
45,-95,-41,15,58,118,167,198,223,266,230,-61,-338,-421,
-----
AUTOCORRELATION RESULTS: 5801233,5132434,3766463,2267564,1025809,45291,-690105,-1258713,-1720404,-2112133,-2412380,-2560183,-2504539,-2249261,-1809409,-1222006,-482248,37
6171,1305929,2216584,3018701,3648477,3872838,3463282,2495191,1326949,299028,-470835,-1038797,-1441694,-1725552,-1940438,-2096148,-2145440,-2055069,-1803864,-1405648,-9195
73,-357754,268174,947124,1598367,2151595,2566650,2736630,2499402,1854833,1048002,287615,-358498,-892448,-1255002,-1475882,-1599444,-1669888,-1689450,-1625519,-1456053,-11
89888,-866852,-495726,-51589,463089,1001665,1475600,1805861,1945726,1796990,1304725,592403,-70440,-522951,-818909,-1029514,-1140417,-1173607,-1147918,-1095392,-1024937,-9
32016,-767228,-529972,-230872,102599,445954,738377,907270,926398,831125,657001,332068,-117027,-552938,-811714,-905200,-901602,-824709,-781836,-701834,-635531,-574973,-514
251,-410096,-266476,-76376,149062,371672,509233,505412,348827,150977,-6503,-46836,-76596,-106071,-126988,-131014,-120638,-100074,-69410,-28529,-8471,-17807,-32675,-38301,
-9114,20363,24039,
-----
NON-ZERO PEAKS: PEAK[0]: 22
PEAK[1]: 44
PEAK[2]: 66
-----
PERIOD: 0.800000BPM: 60
-----

```

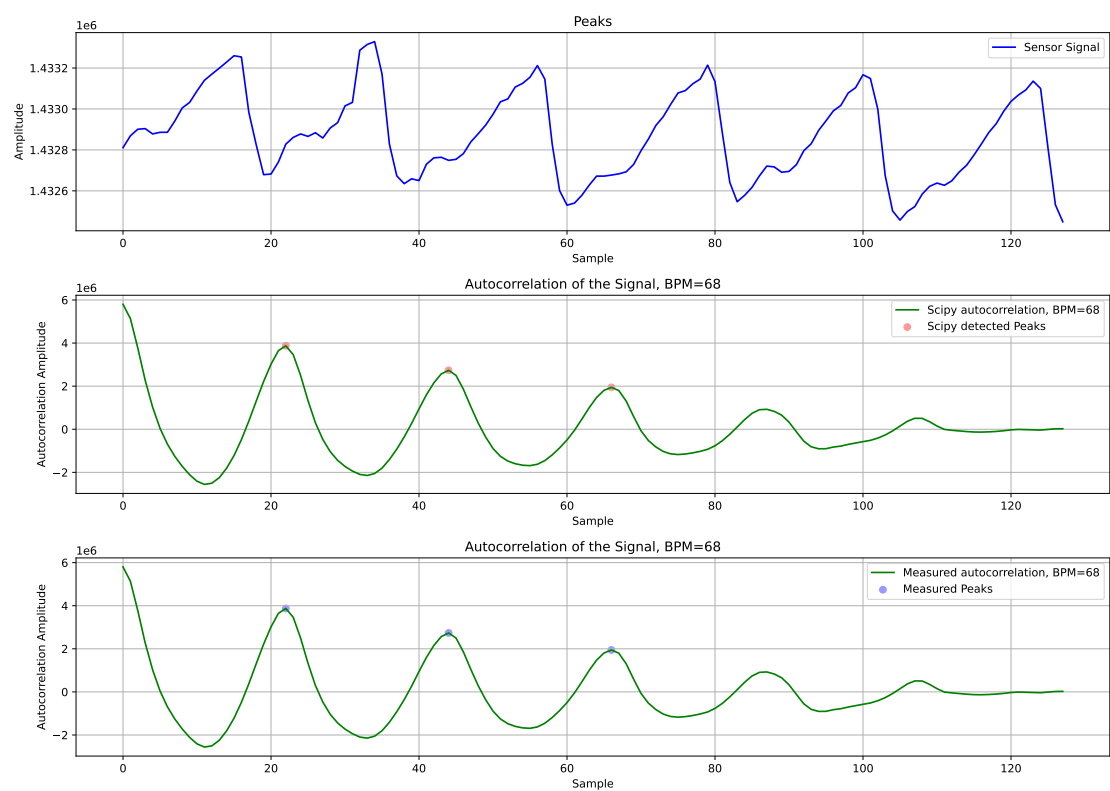
Obrázek 1: Debug z ESP a senzoru, použito pro grafy v 2

4 Závěr

Projekt funguje celkem dobře, známé problémy jsou např. špatné umístění prstu na senzor, kdy je signál zkreslen anebo nepřenost výpočtu, jelikož projekt používá většinou pouze celá čísla a ne úplně komplexní algoritmy pro práci se signály(i tak jsou ale výsledky dostatečně přesné).

5 Autoevaluace

- E = 2 (ESP-IDF, vlastní zpracování signálu)
- F = 5 (Projekt je funkční, ověřeno s komerčním měřičem viz. video)
- Q = - (Nedokážu zhodnotit)
- P = 2
- D = 3 (L^AT_EX, myslím si, že je vše dostatečně zdokumentováno)



Obrázek 2: Scipy vs naměřené hodnoty