

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Dokumentace do předmětu IMP

Projekt ARM-FITkit3: Měření srdečního tepu

Obsah

1	Úvod	2
2	Popis zadání projektu	2
3	Zapojení komponent	2
4	Popis způsobu řešení	3
5	Znamé nedostatky	4
6	Závěr	4

1 Úvod

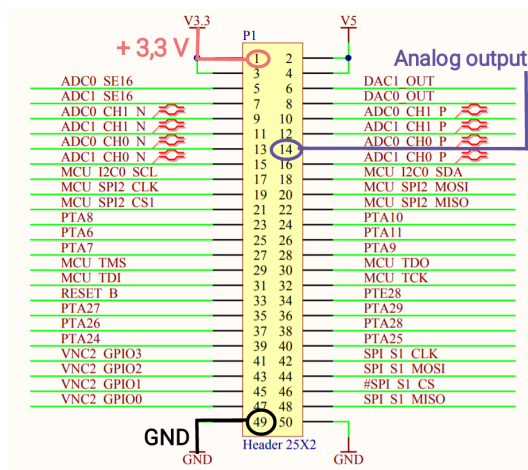
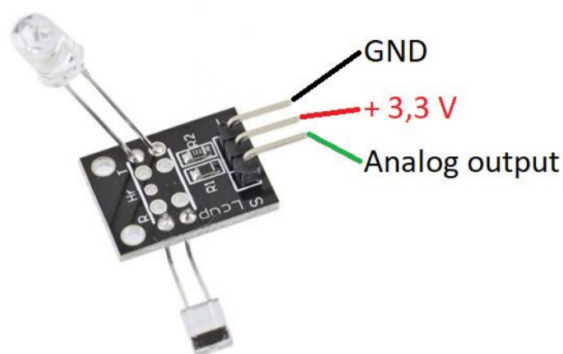
Tato dokumentace popisuje výsledek implementace projektu do povinného předmětu Mikroprocesorové systémy a vestavěné systémy. Projekt a jeho dokumentace byly vypracovány v prosinci roku 2019.

2 Popis zadání projektu

Zadáním bylo implementovat vestavnou aplikaci v jazyce C s využitím vývojového prostředí Kinetis Design Studio nebo MCUXpresso IDE, která na základě modulu pro měření srdečního tepu po přiložení prstu změří počet tepů za minutu a výsledek zobrazí na sedmi-segmentovém displeji. Aplikace je implementována pro ARM-FITkit3.

3 Zapojení komponent

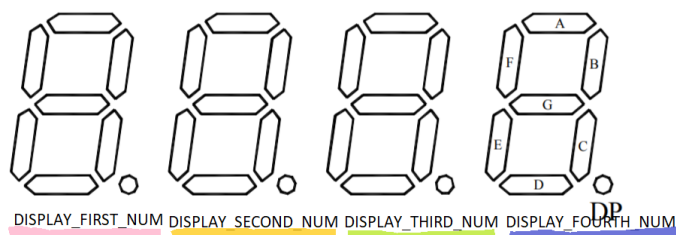
Modul pro měření srdečního tepu obsahuje fototranzistor pro detekci srdečního tepu a LED diodu. Modul byl zapojen na piny P1 na FITkitu3.



Obrázek 1: Popis modulu pro měření srdečního tepu, převzato z [1]

Obrázek 2: Zapojení modulu, převzato a upraveno na základě manuálu pro FITKit3

7-segmentový displej byl pak zapojen na piny 17-28 pro P1. Displej byl pak rozdělen na jednotlivé číslice a následně jejich segmenty, kdy každá je připojena k určitému pinu. Každý segment jednotlivé číslice A - G je pak pojmenován jako `DISPLAY_SEGMENT_písmeno`, například tedy `DISPLAY_SEGMENT_A` pro segment A. Rozdělení segmentů a číslic na maticovém displeji je pak následující:



Obrázek 3: 7-segmentový displej použitý pro projekt, převzato z [2] a upraveno

Zapojení jednotlivých pinů pro displej byla vygenerována a následně upravena na základě MCUXpresso Config Tools, tento program umožňuje právě práci s potřebnou konfigurací pinů a jejich pojmenováním. Na základě tohoto programu byl vygenerován obsah souboru `pin_mux.c` a `pin_mux.h` uložených ve složce `boards`. Specifické piny pro zapojení každého segmentu a číslice na FITkitu v části P1 jsou následující, v závorce je pak uvedeno značení dle MCUXpresso Config Tools schématu):

- pin 17 (C9) - zobrazení první číslice na displeji, pojmenováno jako `DISPLAY_FIRST_NUM`
- pin 18 (B9) - zobrazení čtvrté číslice na displeji, pojmenováno jako `DISPLAY_FOURTH_NUM`
- pin 19 (B1) - zobrazení třetí číslice na displeji, pojmenováno jako `DISPLAY_THIRD_NUM`
- pin 20 (C3) - zobrazení druhé číslice na displeji, pojmenováno jako `DISPLAY_SECOND_NUM`
- pin 21 (C1) - zobrazení segmentu G číslice, pojmenováno jako `DISPLAY_SEGMENT_G`
- pin 22 (C2) - zobrazení segmentu C číslice, pojmenováno jako `DISPLAY_SEGMENT_C`
- pin 23 (K8) - zobrazení desetinné tečky, nevyužito
- pin 24 (M9) - zobrazení segmentu D číslice, pojmenováno jako `DISPLAY_SEGMENT_D`
- pin 25 (J7) - zobrazení segmentu E číslice, pojmenováno jako `DISPLAY_SEGMENT_E`
- pin 26 (L9) - zobrazení segmentu A číslice, pojmenováno jako `DISPLAY_SEGMENT_A`
- pin 27 (J8) - zobrazení segmentu F číslice, pojmenováno jako `DISPLAY_SEGMENT_F`
- pin 28 (L8) - zobrazení segmentu B číslice, pojmenováno jako `DISPLAY_SEGMENT_B`

4 Popis způsobu řešení

Program byl implementován v souboru `main.c` ve složce `sources`. Při implementaci jsem využila Kinetis Design Studio 3.0.0 IDE a SDK (Software Development Kit) vhodného právě pro práci s FITKitem3.

Na začátku samotného běhu programu probíhá inicializace následujících komponent:

- Inicializace nakonfigurovaných pinů GPIO (General-purpose input/output), jejichž implementace je v souborech `pin_mux.c` a `pin_mux.h`
- Inicializace PIT (Periodic Interrupt Timer) sloužící pro obnovování displeje po specifikované době
- Inicializace LPTMR (Low-Power Timer) pro práci s měřením časových intervalů a času při práci s modulem srdečního tepu
- Inicializace ADC (16-bit successive Analog-to-Digital Converter) slouží pro převod analogového na digitální signál získaného z modulu srdečního tepu

Řízení displeje probíhá na základě kontroly indexu čísla v řetězci, kdy zjistíme, s jakou ze čtyř číslic na displeji se bude pracovat a následně se pak zjišťuje, které číslo je na této určité pozici (čísla 0 - 9). Na základě tohoto určení se pak rozsvítí segmenty na displeji odpovídající právě určenému číslu (např. pro číslo 0 se rozsvítí všechny segmenty kromě segmentu G nebo pro číslo 1 se rozsvítí segment B a C, atd.). Typická frekvence pro obnovu displeje je 60 Hz. Čas pro obnovování displeje je vypočten následovně:

$$T = \frac{1}{f}$$

$$T = \frac{1}{60} = 0,016s = 16666,667\mu s$$

Displej obsahuje čtyři číslice, proto:

$$\frac{16666,667}{4} = 4166,667\mu s$$

Obnovovací čas je tedy stanoven na 4167 mikrosekund.

Naměřený signál z modulu srdečního tepu je konvertován pomocí ADC a následně je filtrován dolní a poté horní propustí. Dolní propust slouží pro odfiltrování signálu vyšších frekvencí, horní propust pak pro odfiltrování signálů nízkých frekvencí. Tyto filtry byly implementovány podle následujících pseudokódů:

Pseudokód pro dolní propust:[4]

```
// Return RC low-pass filter output samples, given input samples,
// time interval dt, and time constant RC
function lowpass(real[0..n] x, real dt, real RC)
    var real[0..n] y
    var real alpha := dt / (RC + dt)
    y[0] := alpha * x[0]
    for i from 1 to n
        y[i] := alpha * x[i] + (1-alpha) * y[i-1]
    return y
```

Pseudokód pro horní propust:[3]

```
// Return RC high-pass filter output samples, given input samples,
// time interval dt, and time constant RC
function highpass(real[0..n] x, real dt, real RC)
    var real[0..n] y
    var real alpha := RC / (RC + dt)
    y[0] := x[0]
    for i from 1 to n
        y[i] := alpha * y[i-1] + alpha * (x[i] - x[i-1])
    return y
```

Signál je po přefiltrování měřen pouze v nejvyšším bodě, výsledek je pak ukládán do pole `measured_values_arr`, po naměření třech po sobě jdoucích hodnot je spočítán jejich aritmetický průměr a je vypsán na displej.

5 Známé nedostatky

I přes veškerou snahu nejsou naměřené hodnoty z modulu srdečního tepu úplně přesné, ačkoliv je více hodnot průměrováno před tím, než je vypsán finální výsledek a dokonce jsou zahozeny hodnoty nad 220 BPM a pod 60 BPM, což je maximální a minimální hodnota tepu pro člověka. Také měření ovlivňuje tlak na senzor, možný pohyb prstem nebo úhel přiložení.

6 Závěr

I přes ne úplnou přesnost zaznamenaného signálu se mi podařilo implementovat jak práci s 7-segmentovým displejem, tak filtrování pomocí horní a dolní propusti a následné spočítání a zobrazení výsledku na displej.

Reference

- [1] NEVORAL, J. *Pár slov k projektům...* [online]. Poslední změna 26. října 2018 [cit. 16. prosince 2019]. Dostupné na: <<http://www.fit.vutbr.cz/~simekv/IMP-Demo-k-projektum.pdf>>.
- [2] WENRUN. *Specification LFD039AUE-102A* [online]. [cit. 16. prosince 2019]. Dostupné na: <<https://bit.ly/38JAozZ>>.
- [3] WIKIPEDIA. *High-pass filter* [online]. Poslední změna 22. listopadu 2019 [cit. 15. prosince 2019]. Dostupné na: <https://en.wikipedia.org/wiki/High-pass_filter>.
- [4] WIKIPEDIA. *Low-pass filter* [online]. Poslední změna 27. listopadu 2019 [cit. 15. prosince 2019]. Dostupné na: <https://en.wikipedia.org/wiki/Low-pass_filter>.