



SVĚTELNÁ TABULE

Mikroprocesorové a vestavěné systémy

Autor: Michal Šedý

Datum: 2.12.2020

Obsah

1	Úvod	2
2	Hardwarová implementace	3
2.1	Maticový displej	3
2.2	Časovač LPTMR	4
2.3	UART	4
2.4	Kontrolní LED	4
2.5	Tlačítka	5
3	Softwarová implementace	6
3.1	Inicializace	6
3.2	Kódování textu	6
3.3	Zobrazování na displeji	6
3.4	Obsluha tlačítek	7
3.5	Načtení externího textu	7
4	Příklad použití	8
4.1	Připojení přes Putty	8
4.2	Změna textu	8
4.3	Zastavení textu	8
	Literatura	10

Kapitola 1

Úvod

Projekt byl vytvořen do předmětu Mikroprocesorové a vestavěné systémy na základě zadání: Světelná tabule na platformě FitKit3.

Cílem projektu bylo implementovat světelnou tabuli s použitím maticového displeje 8×16 , na kterém by byl zobrazován běžící text. Implementace programu pro mikrokontrolér Kinetis K60¹ [1] od firmy NXP byla provedena v jazyce C. Pro interakci byla zvolena tlačítka SW2 až SW6 a vstup z klávesnice, který obsluhuje modul UART.

Tato dokumentace je rozdělena do tří částí. Kapitola 2 obsahuje popis hardwarových komponent použitých v projektu, jejich funkcionality a nastavení. V kapitole 3 naleznete popis implementace programu běžícího v MCU. Poslední kapitola 4 prezentuje příklad spuštění a obsluhy. Samotné video s demonstrací funkčnosti aplikace je přístupné přes <https://nextcloud.fit.vutbr.cz/s/5357NXQB5LSZB24>.

¹s jádrem ARM Cortex-M4

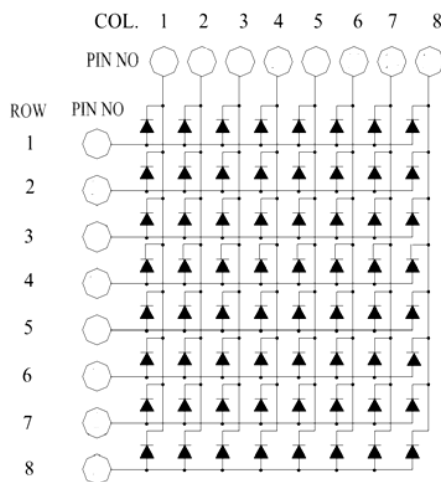
Kapitola 2

Hardwarová implementace

Následující kapitola poskytuje základní informace o způsobu užití a konfiguraci maticového displeje, portů a modulů dostupných na platformě FitKit3.

2.1 Maticový displej

Tabule 8×16 se skládá ze dvou maticových displejů 8×8 ¹. V jednom řádku sdílejí všechny diody anodový vývod. Řízení řádků probíhá přivedením logické 1 z MCU. Sloupce jsou řízeny přivedením logické 0. Konkrétní výběr sloupce je proveden vstupem binární kombinace do dekóderu 4-na-16.



Obrázek 2.1: schéma maticového displeje 8×8

Použitá tabule 8×16 využívá pro binární kombinace sloupců piny v pořadí: PTA11, PTA6, PTA10, PTA8, kde PTA11 je MSB a PTA8 LSB. Bitová kombinace 1001 (PTA11 = 1, PTA6 = 0, PTA10 = 0, PTA8 = 1) tedy aktivuje sloupec na indexu 9². Jednotlivé řádky (R0 až R7) se aktivují piny přesně v tomto pořadí: PTA26, PTA24, PTA9, PTA25, PTA28, PTA7, PTA27, PTA29. Například přivedení log. 1 na pin PTA27 aktivuje řádek R6. Pro povolení displeje slouží pin PTE28.

¹s typovým označením KWM-30881AGB

²indexováno on 0

2.2 Časovač LPTMR

Text zobrazovaný na displeji se s každým přerušením vyvolaným LPTMR posune o jeden sloupec dále (nasune se nový a starý vyřadí), pokud není text zastaven tlačítkem stop.

Konfigurace časovače se provádí při jeho vypnutí. Před-dělička je nastavena na hodnotu 2, je povoleno přerušení, které bude vyvoláno pokaždé, když čítač časovače dosáhne porovnávané hodnoty. Optimální hodnota (0xa0) zajistí příjemnou rychlost textu.

2.3 UART

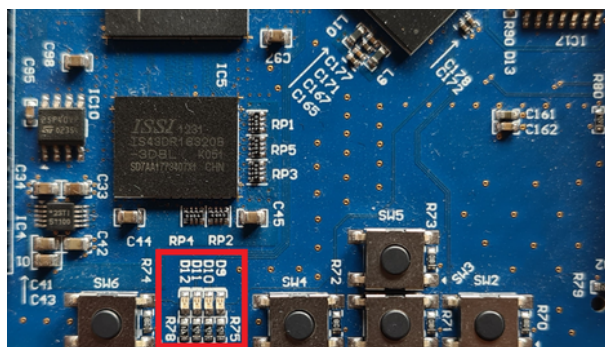
Pro pohodlnou obsluhu je uživateli umožněno zadávat zobrazovaný text na klávesnici. Pro připojení je možné použít program Putty. Text je přes sériové rozhraní posílán znak po znaku.

Modul je nastaven na přenosovou rychlost 115 200 Bd s jedním stop bitem a bez použití paritního bitu. Hodnota oversampling je 16. Vysílač (TX) je připojen na pin PTE8 a přijímač (RX) na pin PTE9.

2.4 Kontrolní LED

Pro vizuální kontrolu stavu aplikace byly vyhrazeny diody D9 (PTB5), D10 (PTB4), D11 (PTB3) a D12 (PTB2).

- **D9 bliká** - Text je spuštěn a zobrazuje se. (synchronizováno s posouváním textu)
- **D9 svítí** - Text je zastaven.
- **D12 svítí** - Je vyžadováno externí zadání nového textu.
- **D9, D10, D11, D12 blikají** - Došlo k chybě programu.

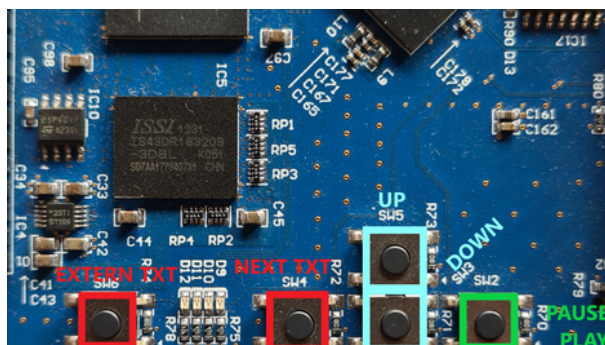


Obrázek 2.2: kontrolní diody

2.5 Tlačítka

K přímému ovládání jsou zvolena tlačítka na daných portech SW2 (PTE10), SW3 (PTE12), SW4 (PTE27), SW5 (PTE28), SW6 (PTE11), které ovládají jednotlivé funkce světelné tabule:

- SW2 - PAUSE/PLAY pozastaví a spustí text.
- SW3 - DOWN zpomalí zobrazování textu.
- SW5 - UP zrychlí zobrazování textu.
- SW4 - NEXT TXT přepne zobrazovaný text na další interní text.
- SW6 - EXTERN TXT vyžádá externí zadání textu pro zobrazení.



Obrázek 2.3: ovládací tlačítka

Kapitola 3

Softwarová implementace

V následujících sekcích budou popsány jednotlivé kroky programu spuštěného na MCU (inicializace, kódování textu, obsluha přerušení, ...).

3.1 Inicializace

Při spuštění programu proběhne inicializace MCU, kde se vypne watchdog a nastaví hodiny, ty jsou povoleny pro všechny porty a také modul UART. Následuje nastavení portů, jejich směrů a základních hodnot viz. kapitola o hardwarové implementaci. Dále proběhne konfigurace modulu UART dle dříve zmíněných údajů. Jako poslední se inicializuje časovač LPTMR a povolí přerušení.

3.2 Kódování textu

Základem programu jsou čtyři zkušební texty, mezi nimiž lze přepínat tlačítkem SW4. Těmito texty jsou: "Ahoj svete!", "Hello world!", "Hallo Welt!" a "Bonjour le monde!". O převod jednotlivých znaků na osmibitové sekvence se stará funkce `ascii_to_diod_text`, která podle předem definovaného kódování¹ nahradí jednotlivé znaky ve výstupním řetězci pro matricový displej příslušnou sekvencí bitů. Na začátek zobrazovaného textu je vložena šestnáct sloupců dlouhá mezera, aby se začal text vypisovat na volný displej. Mezi jednotlivými písmeny je vložen jeden volný sloupec.

3.3 Zobrazování na displeji

Pro obsluhu celé tabule je použita metoda multiplexingu. Postupné rozsvěcování jednotlivých sloupců je implementováno cyklickým čtyř bitovým čítačem. Při zobrazení nového sloupce jsou všechny piny specifikující bitovou kombinaci sloupců deaktivovány a na základě cyklického čítače (`column_on`) je aktivována příslušná bitová kombinace pinů (`COL_BIT_n`) následujícím výrazem:

```
PTA->PDOR |= (GET_BIT(1, column_on) * COL_BIT_1) |  
              (GET_BIT(2, column_on) * COL_BIT_2) |  
              (GET_BIT(3, column_on) * COL_BIT_3) |  
              (GET_BIT(4, column_on) * COL_BIT_4);
```

¹<https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/8x8-led-matrix-max7219-tutorial-scrolling-text-android-control-via-bluetooth/>

Pote budou deaktivovány všechny řádky a podobným výrazem zapnuty příslušné piny podle bitové sekvence specifikované pro daný sloupec.

Postupné nasouvání nových sloupců (pohyb textu) je prováděno na základě přerušení vyvolaným LPTMR. V obsluze přerušení se nejdříve zkontroluje, zda není nastaven příznak `stop_flag` (nastaveno tlačítkem PAUSE). Pokud je příznak nastaven, text se neposouvá. V opačném případě se inkrementuje index začátku (začátek displeje) zobrazovaného textu na displeji. Pokud se text již začíná opakovat, bude index přepočítán znovu na počátek zobrazovaného textu.

3.4 Obsluha tlačítek

Stisknutí jednotlivých tlačítek se kontroluje v hlavním těle programu. Jednotlivé akce příslušného tlačítka jsou prováděny při stisknutí. Zákmitu při stisknutí, nebo puštění tlačítka je zabráněno zpožděním `delay`.

Tlačítko UP dekrementuje porovnávanou hodnotu LPTMR (bude aktualizována při příštím přerušení). Stisknutí tlačítka DOWN dekrementuje porovnávanou hodnotu LPTMR. Pro porovnávanou hodnotu je definováno maximum a minimum. PAUSE/PLAY tlačítko invertuje hodnotu `stop_flag`, na jejímž základě je proveden, respektive neproveden posun textu. Stisknutí NEXT TXT inkrementuje hodnotu indexu interního textu, a tím změni zobrazovaný text. Tlačítko EXTERN TXT spustí funkci `read_str`, která získá nový text z klávesnice.

3.5 Načtení externího textu

O načítání externího textu se stará funkce `read_str`, která vrací získaný textový řetězec. Pomocí modulu UART je získáván znak po znaku, a to až do stisknutí klávesy enter. Každý získaný znak je zpětně odeslán, aby uživatel viděl, co zadává.

Kapitola 4

Příklad použití

V této poslední kapitole bude ukázán příklad zobrazení textu na světelné tabuli s využitím externího vstupu a ukázka zastavení běžícího textu. Předpokládejme, že FitKit3 je již připojen k počítači. Samotné video s demonstrací funkčnosti aplikace je přístupné přes <https://nextcloud.fit.vutbr.cz/s/5357NXQB5LSZB24>.

4.1 Připojení přes Putty

K běžícímu kitu se připojíme přes terminál **Putty** s využitím sběrnice COM3¹, na kterou se FitKit sám napojil. Nakonfigurujeme přenos: baud rate = 115 200Bd, bez parity s jedním stop bitem. Komunikace se naváže.

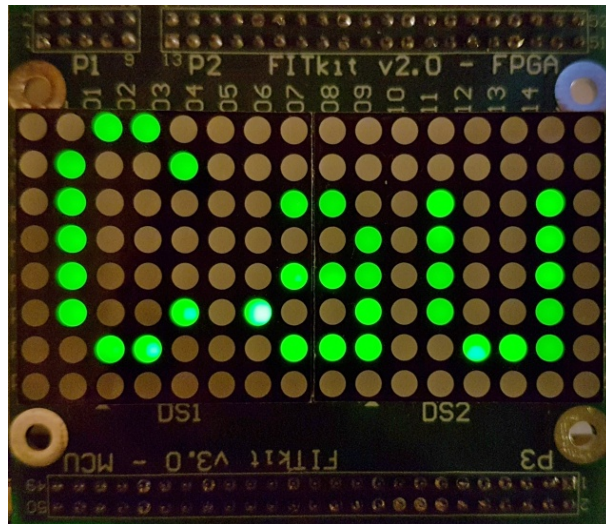
4.2 Změna textu

Na tabuli zatím běží základní text ("Ahoj svete!"). Stisknutím tlačítka **EXTERN TXT** přerušíme zobrazování aktuálního textu a vyžádáme jeho načtení z klávesnice. V terminálu se objeví výzva pro zadání nového textu **Text>**. Zadáme **Cau** a stiskneme enter. Ihned se na tabuli začne objevovat námi vložený text.

4.3 Zastavení textu

Pro přesnější ukázkou zastavíme text. To provedeme stisknutím tlačítka **PAUSE/PLAY**. Text zůstane na tabuli svítit, ale už se neposunuje. Opětovným stisknutím tlačítka **PAUSE/PLAY** dojde ke spuštění posunu.

¹Při novém připojení je potřeba zkontrolovat, na kterou sběrnici se FitKit připojil.



Obrázek 4.1: pozastavený text ("Cau")

Literatura

- [1] *K60 Sub-Family Reference Manual*. Freescale Semiconductor, Inc. Dostupné z:
<https://www.nxp.com/docs/en/reference-manual/K60P120M100SF2RM.pdf>.