

# Vysoké učení technické v Brně

Fakulta informačních technologií

## Mikroprocesorové a vestavěné systémy

2020/2021

### Projekt

Sada demo aplikací nad FreeRTOS

## 1 Úvod

Zadáním projektu byl návrh a implementace jednoduchého bare-metal projektu (bez OS) na výukové desce FITkit 3, který demonstruje využití a řízení základních vstupních a výstupních periférií (tlačítko, LED, piezo, ...). Dále tento tento projekt vytvořit znovu, ale tentokrát periferie obsluhovat pomocí operačního systému FreeRTOS.

Vestavná aplikace je implementována v jazyce C ve vývojovém prostředí Kinetis Design Studio s využitím vývojového systému Processor Expert.

## 2 Použité prostředky

K implementaci projektu jsou potřeba hardwarové i softwarové prvky, které jsou popisovány v této části.

### 2.1 Hardware

Pro tento projekt není třeba žádných externích HW modulů. Stačí nám pouze vývojová deska FITkit 3 a její periferie. FITkit 3 obsahuje mikrokontroler MCU Freescale KINETIS MK60DN512VMD10, což je mikročip s relativně nízkou spotřebou určen pro mobilní systémy.

### 2.2 Software

Pro implementaci je použito již zmiňované vývojové prostředí Kinetis Design Studio ve verzi 3.2.0 (KDS, poskytováno zdarma od společnosti Freescale). Toto prostředí je z technického hlediska nadstavbou prostředí zvaného Eclipse. Součástí tohoto IDE je nástroj zvaný Processor Expert, pomocí kterého je umožněno rychlé a snadné nastavení jádra MCU i jednotlivých periférií, se kterými vestavná aplikace pracuje. Přesně z tohoto důvodu jsem se rozhodl Processor Expert použít. Podpora pro operační systém FreeRTOS je v KDS již obsažena. Pro vývoj vestavných aplikací s operačním systémem FreeRTOS pomocí Processor Expertu je tomuto nástroji potřeba přidat ještě přídatné komponenty McuOnEclipse PEx Components. V této verzi byly použity ve verzi vydání 2019-12-31.

## 3 Způsob řešení

Vlastní implementace projektu se nachází v souboru `main.c` ve složce `Sources`. Ostatní soubory jsou generovány při vytvoření projektu pomocí KDS další kód generuje Processor Expert.

### 3.1 Bare-metal projekt

V rámci projektu je obsluha demonstrována na dvou perifériích – LED a tlačítko. Tento projekt se nachází ve složce **imp\_bare\_metal**.

V bare-metal projektu jsou pro to využity následující komponenty Processor Expertu:

- **Bit1 – BitIO** – komponenta, která představuje GPIO pin 5 portu B mikrokontroleru, který je připojen na LED diodu
- **Bit2 – BitIO** – komponenta, která představuje GPIO pin 10 portu E mikrokontroleru, který je připojen na tlačítko
- **PORTE** – komponenta, která představuje port E mikrokontroleru

#### 3.1.1 Konfigurace pinů

Každá komponenta Processor Expertu umožňuje používat funkce, které pomáhají v jejich konfiguraci.

Bit 1 byl pomocí Processor Expertu nakonfigurován jako výstupní a jeho počáteční hodnota byla nastavena na `log.0`. Bit 2 byl nastaven jako vstupní pin. Dále, již ve funkci **main()** byl pomocí komponenty PORTE nakonfigurován pull-up resistor pro funkci tlačítka.

#### 3.1.2 Samotný program

Samotný program vestavné aplikace běžící v nekonečné smyčce funguje tím způsobem, že drží na mikrokontroleru pin 5 portu B na `log.0`, čímž způsobuje, že se LED dioda D9 (viz schéma zapojení) na FITkitu 3 rozsvítí. Pokud však dojde ke stisku tlačítka SW2 ze skupiny tlačítek SW-PB (viz schéma zapojení), LED dioda zhasne, dokud je tlačítko podrženo, poté se zase rozsvítí.

### 3.2 FreeRTOS projekt

V rámci tohoto projektu je obsluha demonstrována stejným způsobem. Tento projekt se nachází ve složce **imp\_FreeRTOS**.

V tomto projektu jsou pro to využity následující komponenty Processor Expertu:

- **Bit1 – BitIO** – komponenta, která představuje GPIO pin 5 portu B mikrokontroleru, který je připojen na LED diodu
- **Bit2 – BitIO** – komponenta, která představuje GPIO pin 10 portu E mikrokontroleru, který je připojen na tlačítko

- **PORTE** – komponenta, která představuje port E mikrokontroleru
- **FRRTOS1 – FreeRTOS** – komponenta, která představuje port operačního systému FreeRTOS

### 3.2.1 Konfigurace pinů

Bit 1 byl pomocí Processor Expertu nakonfigurován jako výstupní a jeho počáteční hodnota byla nastavena na log.0. Bit 2 byl nastaven jako vstupní pin. Dále, již ve funkci **main()** byl pomocí komponenty PORTE nakonfigurován pull-up resistor pro funkci tlačítka.

### 3.2.2 Samotný program

Samotný program vestavné aplikace funguje stejným způsobem, jako v případě bare-metal aplikace - v nekonečné smyčce. Praktická funkčnost vestavné aplikace je také stejná. Je zde však zásadní rozdíl. Je jím fakt, že program řídící logiku ovládání periférií není obsažen v hlavní funkci **main()**, nýbrž ve funkci **main\_task()**, která představuje úlohu, o jejíž běh se stará plánovač úloh operačního systému, který ji může plánovat, spouštět a přerušovat. V hlavní funkci se tedy nachází jen konfigurace pull-up resistoru, jako v předchozím projektu, a volání funkce pro vytvoření zmiňované úlohy. Dále už se zde nachází Processor Expertem generované volání funkce pro spuštění plánovače úloh.

## 4 Závěr

Výsledkem tohoto projektu jsou dvě aplikace, přičemž byly implementovány všechny body zadání. Řešení je tedy plně funkční.

## 5 Literatura

Přehled manuálů a webů, ze kterých byly čerpány informace:

- Schéma zapojení FITkit 3:  
<https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/cfs.php.cs?file=%2Fcourse%2FIMP-IT%2Fexcs%2FFITkit3-schema.pdf>
- K60 Sub-Family Reference Manual (dostupné z dokumentačního balíku):  
[https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/cfs.php.cs?file=%2Fcourse%2FIMP-IT%2Flectures%2F02-tech\\_doc.zip](https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/cfs.php.cs?file=%2Fcourse%2FIMP-IT%2Flectures%2F02-tech_doc.zip)
- FreeRTOS™, Real-time operating system for microcontrollers:  
<https://www.freertos.org/>

- KDS\_IDE: Design Studio Integrated Development Environment (IDE):  
[https://www.nxp.com/design/designs/design-studio-integrated-development-environment-ide:KDS\\_IDE](https://www.nxp.com/design/designs/design-studio-integrated-development-environment-ide:KDS_IDE)
- McuOnEclipse PEx Components:  
<https://sourceforge.net/projects/mcuoneclipse/>