

# FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



## IMP - projekt Testování mikrokontrolérů

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>2</b>
1.1	Autorstvo a zdroje . . . . .	2
1.2	Použité technológie . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Princíp softwarového testovania</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Testovanie</b>	<b>4</b>
3.1	Testovanie CPU registrov . . . . .	4
3.2	Testovanie funkčnosti LED a reproduktora . . . . .	5
3.3	Testovanie funkčnosti tlačidiel . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Záver</b>	<b>6</b>
4.1	Autoevaluácia . . . . .	6

# 1 Úvod

Cieľom tejto práce je naštudovať a následne implementovať vstavanú aplikáciu pre samočinné testovanie mikrokontrolérov daného technického vybavenia, ktorým bolo v tomto prípade zariadenie FitKit3. Avšak, kvôli pandémie mi nebolo umožnené dostať sa k tomuto zariadeniu, preto nebolo možné tento projekt riadne testovať. Zároveň chcem týmto vyjadriť vďaku pánovi Ing. Josefovi Strnadelovi, Ph.D., za zohľadnenie tejto skutočnosti, a následného upraveniu hodnotiaceho kľúča. Napriek tomu som sa pokúsil implementovať tieto testy najlepšie ako som vedel.

## 1.1 Autorstvo a zdroje

Autorom tejto práce je Damián Krajňák, študujúci na FIT VUT v Brne. K tejto práci boli využitých viacero zdrojov, no najmä podklady k prednáškam kurzu *Mikroprocesorové a vestavěné systémy*[3]. Ako inšpirácia slúžila diplomová práca *Samočinné testování mikrokontrolerů*[1]. K porozumeniu schémy zapojenia HW zariadenia, bola použitá príručka vydaná FIT VUT[2].

## 1.2 Použité technológie

Projekt bol písaný v jazyku C s prvkami jazyka symbolických inštrukcií, v prostredí KDS(Kinetis Design Studio).

## 2 Princíp softwarového testovania

Softwarové testovanie sa líši od hardwarového testovania v tom, že ho vykonáva procesor zariadenia, kdežto pri hardwarovom testovaní ho vykonáva dedikovaná hardwarová jednotka. Táto práca sa zaoberá práve softwarovým testovaním. Keďže toto testovanie vykonáva procesor, v snahe čo najviac zamedziť jeho zaťaženiu je našou motiváciou toto testovanie implementovať tak, aby trvanie jednotlivých testov trvalo čo najkratšiu dobu. Súčasné vstavané mikrokontroléry už obsahujú mechanizmy, ktoré majú na starosti napríklad testovanie operačného kódu, chýb pamäte, pretečenia zásobníku a podobne. Tieto testy by nemali ovplyvňovať práve bežiace aplikácie. Takisto sa pri softwarovom testovaní kladie dôraz, aby neboli porušené žiadne dáta.

Niektoré softwarové testy avšak nie je možné vykonať za jednu periódu. Často k tomu dochádza napríklad pri testovaní ROM a RAM pamäte. V takom prípade môžu byť tieto testy vykonávané parciálne. Konkrétne pri testovaní pamäte to znamená, že sa každú periódu otestuje len istá časť pamäte. Takýmto spôsobom je možné napríklad spomínanú ROM a RAM pamäť otestovať celú.

Nasledujúca kapitola obsahuje popisy konkrétnych softwarových testov jednotlivých komponentov mikrokontroleru.

### 3 Testovanie

Táto kapitola popisuje konkrétne implementované testy v programe. Jedná sa konkrétne o 3 testy:

- CPU registers test
- OUTPUT test
- INPUT test

CPU registrov je v kóde situovaný v osobitnom **case** labeli príkazu **switch**. Test svetelných diód a preproduktora je spolu s testom tlačidiel situovaný v druhom **case** labeli. Tento **switch** príkaz, riadiaci ktorý test práve beží, sa nachádza hneď na začiatku nekonečného cyklu. Prepínať medzi jednotlivými testami je možného pomocou tlačidla **[SW6]** situovaného v ľavom dolnom rohu fitkitu.

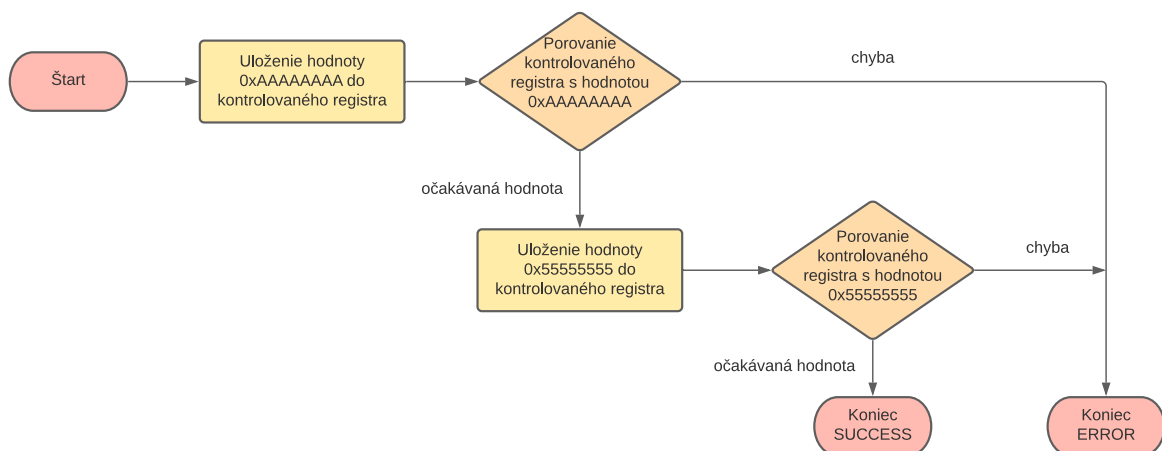
V prípade že test CPU registrov nájde stuck-at poruchu, proces sa dostane do nekonečného cyklu počas ktorého bude zariadenie opakovane pípať.

Test vstupov a výstupov zariadenia prebieha súčasne. Tlačidlo je možné označiť za nefunkčné v prípade, kedy sa po jeho stlačení nerozsvieti žiadna svetelná dióda, reproduktor zariadenia nevydá žiaden zvuk, no zároveň reproduktor funguje pri iných tlačidlách. Reprodukto je možné označiť za nefunkčný, ak nevydáva pípavý zvuk pri stlačení ani jedného z tlačidiel zariadenia. Svetelnú diódu je možné označiť za nefunkčnú, ak sa pri stlačení tlačidla nerozsvieti, no zároveň vieme, že toto tlačidlo je funkčné.

#### 3.1 Testovanie CPU registrov

Cieľom tohto testu je odhaliť tzv. stuck-at v registroch jadra. Stuck-at porucha znamená, že niektorý bit registra má nemennú hodnotu 0 alebo 1. Tento test takúto poruchu odhaľuje za pomoci algoritmu Checker-board. Jeho princíp spočíva v nahratí 2 vzorov, ktoré sú si navzájom negáciou. Konkrétne budú používané vzory **0xAAAAAAAA** a **0x55555555**. Tieto konkrétne hodnoty boli zvolené kvôli ich binárnej podobe, ktorá má vzor striedajúcich sa núl a jednotiek, u **0xAAAAAAAA** počínajúc jednotkou a u **0x55555555** naopak. Test je v kóde vykonávaný v príkaze **switch**, konkrétne v rámci **case: REGISTER\_TEST**.

Tento test testuje registre R0-R12, SP, LR a PSR. Akonáhle program objaví stuck-at poruchu u niektorého bitu registra, proces sa dostane do nekonečného cyklu, v ktorom opakujúce sa pípanie signalizuje poruchu registra. Postup, ktorým test testuje jeden register, je bližšie znázornený v nasledujúcom vývojovom diagrame.



Obr. 1: Vývojový diagram kontroly stuck-at chyby registra

### 3.2 Testovanie funkčnosti LED a reproduktora

Cieľom tohto testovania je odhaliť chyby výstupov zariadenia, konkrétne svetelných diód a reproduktora. Testovanie funguje na princípe, kde jedno tlačidlo rozsvetuje jednu diódu, sprevádzanú zvukom pípnutia reproduktora. Akonáhle sa po stlačení jedného z tlačidiel **SW2**, **SW3**, **SW4** alebo **SW5** nerozvieti jemu náležiaci dióda alebo nepípne reproduktor, predpokladáme poruchu týchto výstupov. Predpokladom k tomuto testu je funkčnosť všetkých tlačidiel. Mapovanie tlačidiel na svetelné diódy ktoré rozsvetuje je nasledovné:

- **SW2** -> D11 diode
- **SW3** -> D10 diode
- **SW4** -> D12 diode
- **SW5** -> D19 diode

### 3.3 Testovanie funkčnosti tlačidiel

Testovanie tlačidiel zariadenie je súčasťou testovania svetelných diód a reproduktora zariadenia. Akonáhle sa po stlačení jedného z tlačidiel **SW2**, **SW3**, **SW4** alebo **SW5** nerozvieti žiadna svetelná dióda a zároveň nepípne reproduktor, máme predpoklad že tlačidlo nefunguje. Tento predpoklad nám do veľkej miery potvrdí otestovanie aj ostatných tlačidiel, aby sme vylúčili možnosť, že tlačidlo funguje, ale nefunguje naopak jemu patriaca svetelná dióda a reproduktor. Mapovanie tlačidiel k svetelným diódam ktoré rozsvetujú je rovnaké, ako je popísané v predchádzajúcom teste.

## 4 Záver

Nakoľko bol kvôli komplikovanej situácii projekt riešený bez testovania na zariadení, mojou snahou bolo na základe znalostí získaných z kurzu *Mikroprocesorové a vestavěné systémy* kód písať tak, aby spĺňal očakávania. Dúfam že je kód funkčný v najvyššej možnej miere.

### 4.1 Autoevaluácia

Nasledujúca autoevaluácii odpovedá pozmeneného hodnotiacemu kľúču pre študentov, ktorý riešili projekt bez HW zariadenia.

- **D+F** (dokumentácia+funkčnosť): **(7/9)**
- **Q** (kvalita): **(3/3)**
- **E** (prístup): **(1/1)**
- **P** (prezentácia): **(1/1)**

## Citácie

- [1] Filip Denk. “Samočinné testování mikrokontrolerů”. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií, 2019.
- [2] Fakulta informačních technologií - Vysokého učení technického v Brně. *Schéma obvodového zapojení výukového kitu Minerva*.
- [3] Josef Strnadel, Michal Bidlo, Richard Růžička. *Mikroprocesorové a vestavěné systémy*. [Online]. URL: <https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/cfs.php?file=%2Fcourse%2FIMP-IT%2Flectures&cid=13997>.