VKLÁDÁNÍ ASSEMBLEROVSKÝCH PROGRAMŮ DO JAZYKA C

V assembleru (JSA) se v současnosti realizují knihovní funkce např. pro jazyk C, ovladače periferií a též škodlivý software. Pro užitečné realizace se můžeme dostat do situace, kdy JSA nám umožní realizaci programu s potřebnými časovými parametry, umožní obsluhu nové periferie, kterou překladač ještě neumí obsloužit, případě umožní nahradit neefektivní řešení problému překladačem.

Existuje několik způsobů, jak vložit assemblerovskou rutinu do jazyka C.

- Vytvoření samostatného podprogramu v JSA volaného z jazyka C a připojeného linkerem při překladu.
- Vložení programu v JSA přímo do jazyka C tzv. inline assembler
- Vložení JSA do programu startup – není příliš šikovné

UKÁZKA PODPROGRAMU FILTRU FIR V JSA

Na začátku programu v jazyce symbolických adres (assembleru) musíme nadefinovat oblasti a proměnné, které se budou v podprogramu používat nebo jsou definovány v jazyce C

```
        AREA MOJEDATA, DATA, NOINIT, READWRITE
xn      SPACE 24                ; 24 Byte pro vzorky (16bitů) vstupního signálu
BAF     EQU   0x20000040        ; Adresa proměnné definované v JSA

        AREA asm_func, CODE, READONLY
        GLOBAL BAF              ; Proměnná definovaná v JSA na konkrétní adresu
        EXTERN  Yn              ; Proměnná definovaná v jazyce C
        EXPORT my_FIR           ; my_FIR bude přilinkován k překladu jazyka C
```

Poznámky: Je-li globální proměnná **counter** definována v jazyce C, potom se na ni mohu odkázat z assembleru **_counter.** K návěštím definovaným v inline části nebo assembleru nelze přistupovat pomocí příkazů jazyka C. Platí totéž obráceně. Sledujeme-li změny proměnné, je vhodné, aby byla označena jako **volatile.**

UKÁZKA PODPROGRAMU FILTRU FIR V JSA

```
my_FIR
            LDR R3,=11              ; FIR stupně 11, Každý vzorek na 2 bytech
; POSUN ZPOŽDĚNÝCH VZORKŮ, odpovídá realizaci operace z-1
            LDR R1,=xn-20           ; Adresa proměnné xn-10 do registru R1
opakzpet    LDRH R2,[R1],#2         ; xn-10 v R2, R1=R1+2
            STRH R2,[R1],# -4       ; Zápis na adresu xn-11, R1=R1-4
            SUB R3,#1               ; Zmenšení počitadla
            CBZ R3, opak            ; Skok pouze dopředu  nebo  IT NE
            B opakzpet
; ULOŽENÍ NOVÉHO VZORKU xn          ; R1 adresa xn-2, hodnota z jazyka C přichází v R0
opak        STRH R0,[R1,#2]!        ; Preinkrementace adresy xn v registru R1
; ZAHÁJENÍ VÝPOČTU SOUČTU SOUČINŮ
            LDR R6, =11
            LDR R2,=konstanty       ; Adresa koeficientu do registru R2
opaknas     LDRH R4,[R1],#2         ; Vzorek xn do R4, + posun adresy
            LDR R5,[R2],#4          ; Koeficient do R5, + posun adresy
            MLA R3, R4, R5, R3      ; Součin a přičtení k R3
            SUB R6, #1              ; Zmenšení počítadla
            CBZ R6, opakvys
            B opaknas
opakvys
```

UKÁZKA PODPROGRAMU FILTRU FIR V JSA

```
                SUB R6, #1                  ; Zmenšení počítadla
                CBZ R6, opakvys
                B opaknas
Opakvys                                     ; Možnosti uložení výsledku
                LDR    R2,=BAF              ; Adresa proměnné BAF do R2
                STR    R3,[R2]              ; Uložení  výsledku do proměnné BAF
                LDR    R2,=Yn               ; Adresa proměnné Yn do R2
                STR    R3,[R2]              ; Uložení výsledku do proměnné Yn
                BX     LR                   ; Návrat do programu C, LR=návratová adresa

                NEBO
Opakvys                                     ; Možnosti uložení výsledku
                MOV R0, R3                  ; Vracející se hodnota z podprogramu je uložena v
                                            ; R0  (viz. Systém ukládání hodnot do
                                            ; podprogramu a z něj)
                BX     LR                   ; Návrat do programu C, LR=návratová adresa
konstanty
                DCD 1,2,3,4,5,6,5,4,3,2,1 ; Tabulka koeficientů filtru
END             ; Cokoliv napsaného za názvem END bude překladač ignorovat
```

UKÁZKA JAZYKA C VOLAJÍCÍHO PODPROGRAM V JSA

```
#include <stdio.h>
#include "stm32F4xx.h"                    // Device header
#include "Nastaveni_GPIO.c"
#include "SystemCoreClockSetHSI.c„

extern int my_FIR(unsigned int x);

        unsigned int z, i=0, y, Yn;       // Definice globálních proměnných
        extern unsigned int BAF, Yn;      //  yn proměnná definovaná v jazyce C
                                          //  BAF proměnná definovaná v JSA

        int main (void)
        {       SystemCoreClockSetHSI();
                SystemCoreClockUpdate();  // Get Core Clock Frequency
                Yn=z=0x12345;
                while(1) {                // Nekonečná smyčka
navest:                 i=i+2;
                        y=my_FIR(i);      // Hodnota přenesená přes R0
                        y=0x12345;
                        z=BAF;            // Hodnota uložená v JSA stejně jako Yn
                };
        }
```

UKÁZKA JSA VLOŽENÉHO DO FUNKCE JAZYKA C

Jinou možností je vytvoření funkce s vloženým assemblerem. Aby překladač nehlásil chyby, je potřeba před vlastním asm souborem definovat použité registry.

```
int f(int x)
{
        int r0,r1;
         __asm
        {
                ADD r0, x, 1
                MOV r1,0x55
                EOR x, r0, r1
        }
        return x;
}
```

UKÁZKA VLOŽENÉHO INLINE ASSEBLERU DO JAZYKA C

Další možností je zápis v tzv. inline assembleru.

```
#include <stdio.h>
#include "stm32F4xx.h"                    // Device header

char b[20], x, y;
int main(void)
{       x=1; y=3;
        __asm("ADD y, y, #1\n„
                "MOV b[2], y\n");
        b[1]=y+1;
        return 0;
}
```

```
int main(void)
{       x=1; y=3;
        int r0;
        __asm("ADD r0, y, #1\n"
                "MOV b[2], y\n");
        b[1]=y+1;
        return 0;
}
```

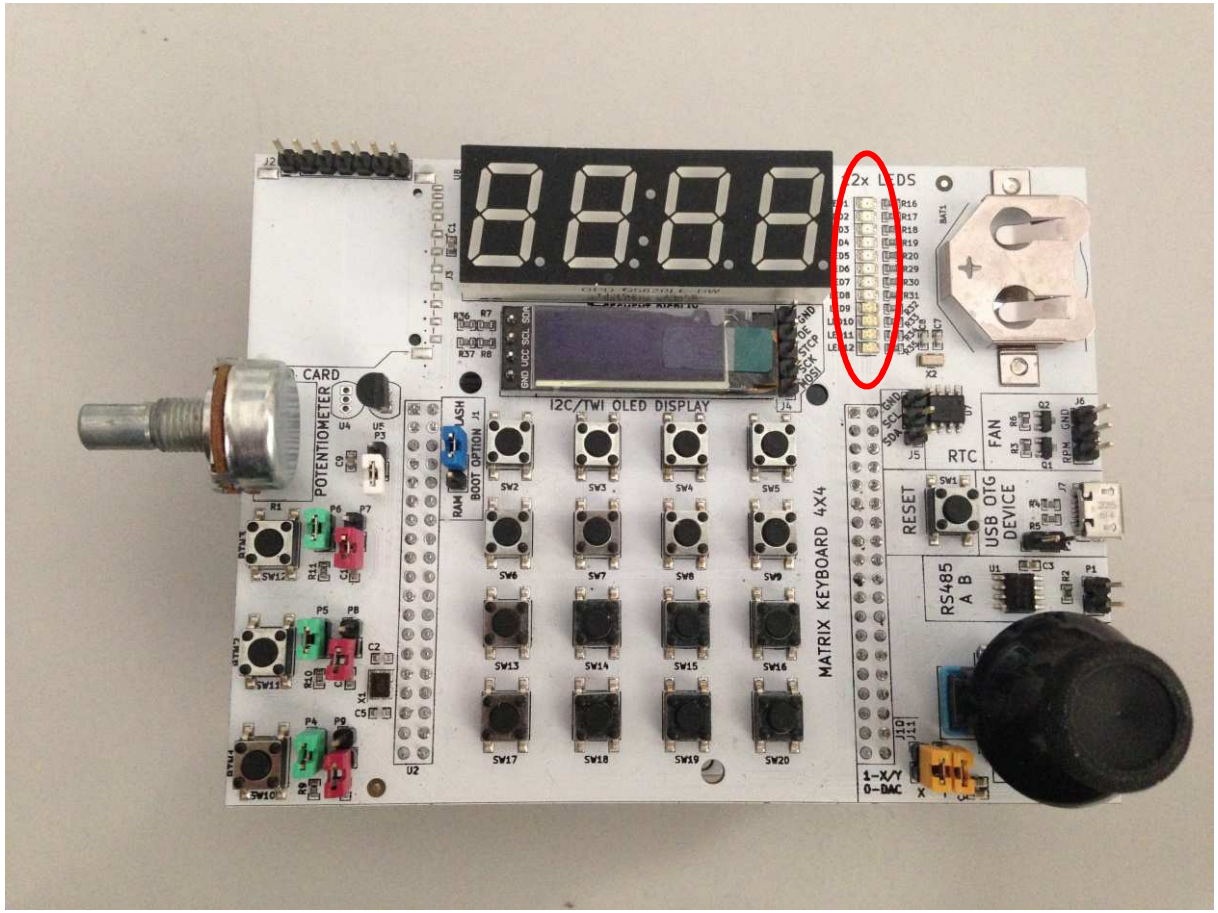
Řešení vlevo je o instrukci delší, než zápis b[1]=y+1; .Řešení vpravo je stejné se zápisem b[1]=y+1;

V jazyce C jsou všechny proměnné umístěny v datové paměti procesoru. Proto odkazy na ně budou vždy manipulovat s adresou. Operace mezi registry jsou vždy výhodnější.

⇒ **Zápis v jazyce C je vhodné dělat pokud možno co nejdelší, a teprve potom hodnotu ukládat. Zpracování příkazu pak probíhá s mezi registry.**

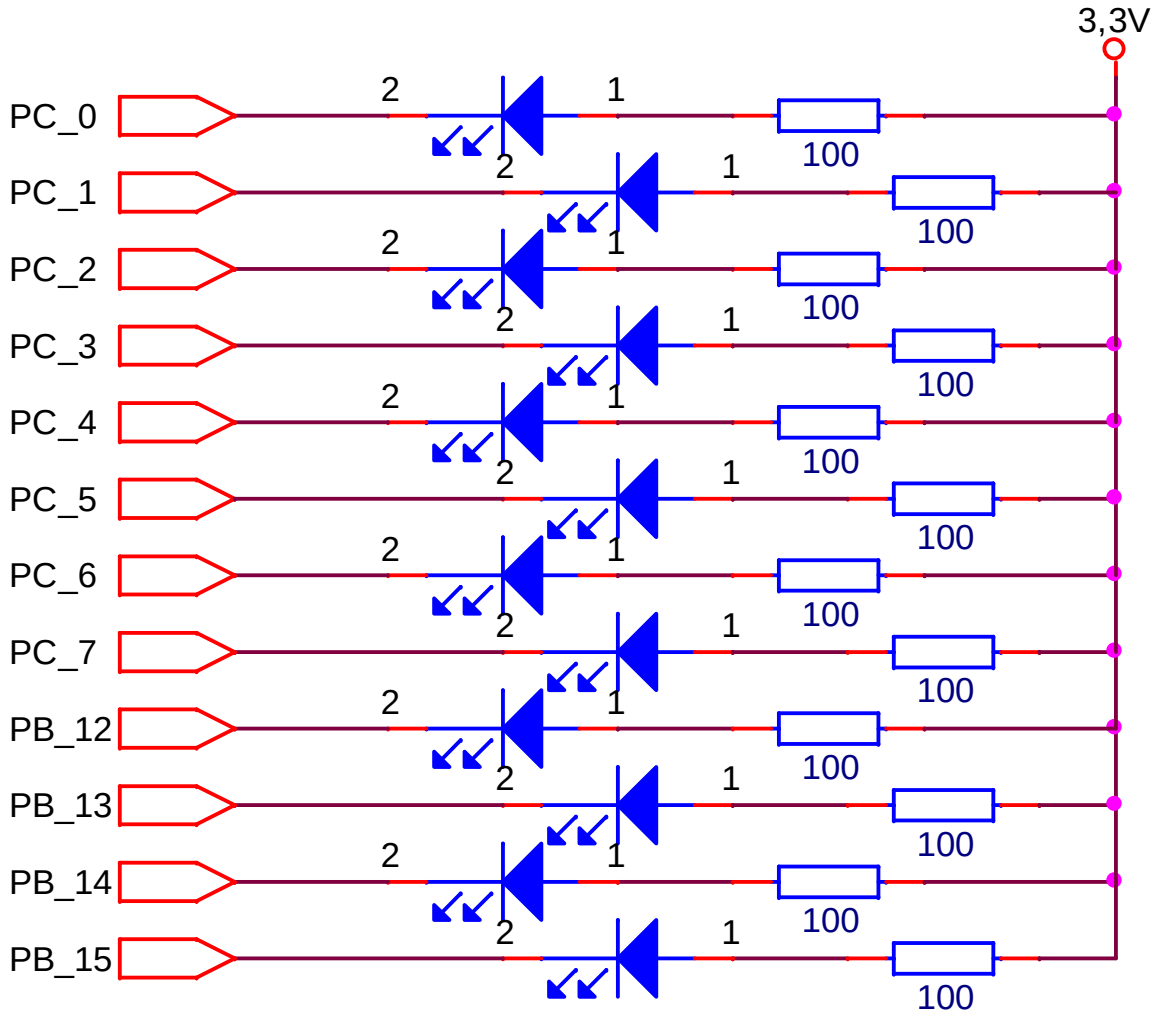
Realizace světelného HADA

Navrhněte v jazyce C program s vloženým programem v assembleru realizující funkci světelného hada tvořeného 12 diodami LED na modulu z obrázku. Rychlost pohybu HADA bude realizována přerušovací rutinou časovače TIM2 a Váš ASM program bude posouvat HADA od PB15 k PC0.

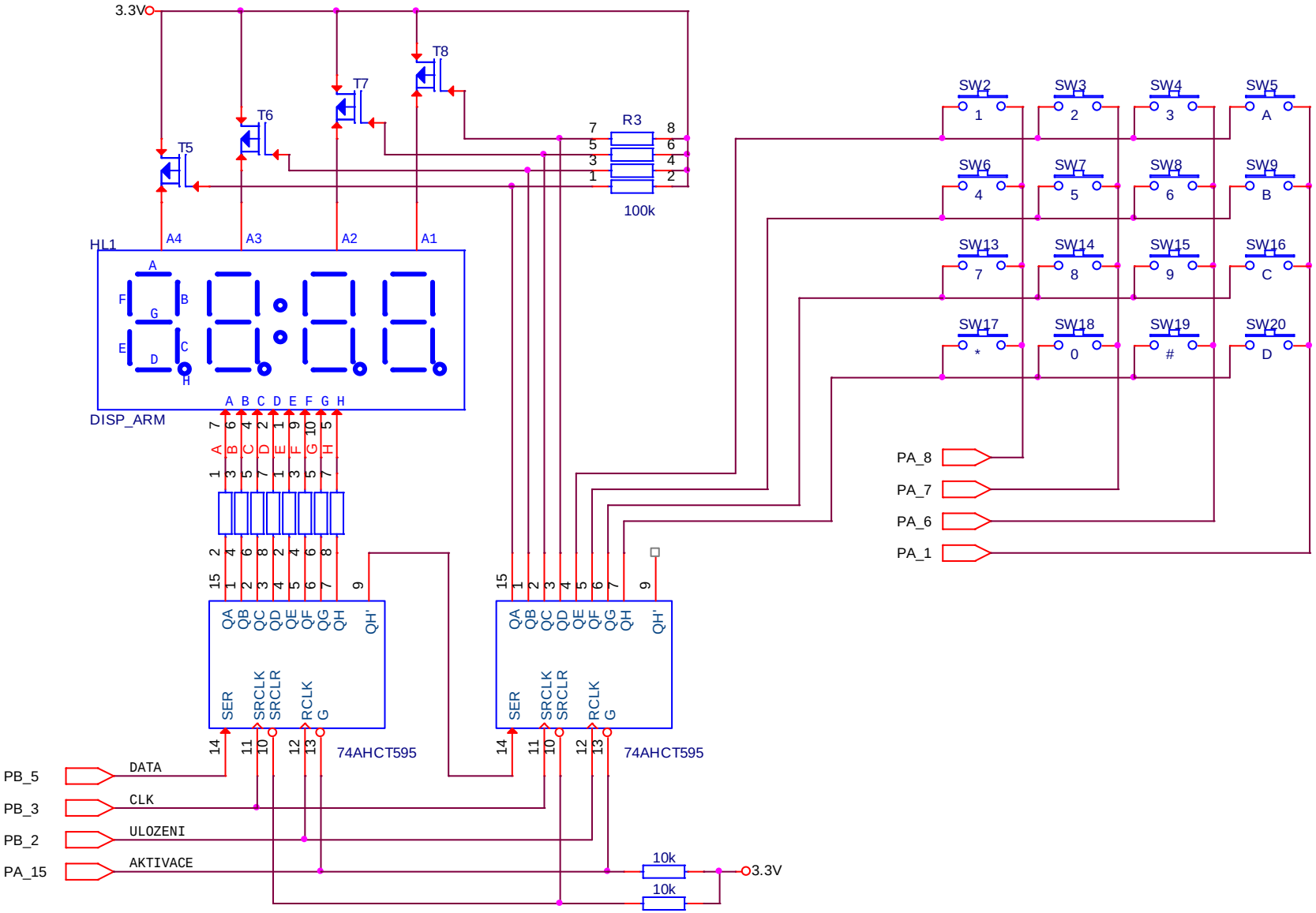


ZAPOJENÍ ÚLOHY 2

Světelný HAD je tvořen 12 diodami LED připojenými k spodní polovině brány PC0 až PC7 a horní čtvrtině brány PB12 až PB15.

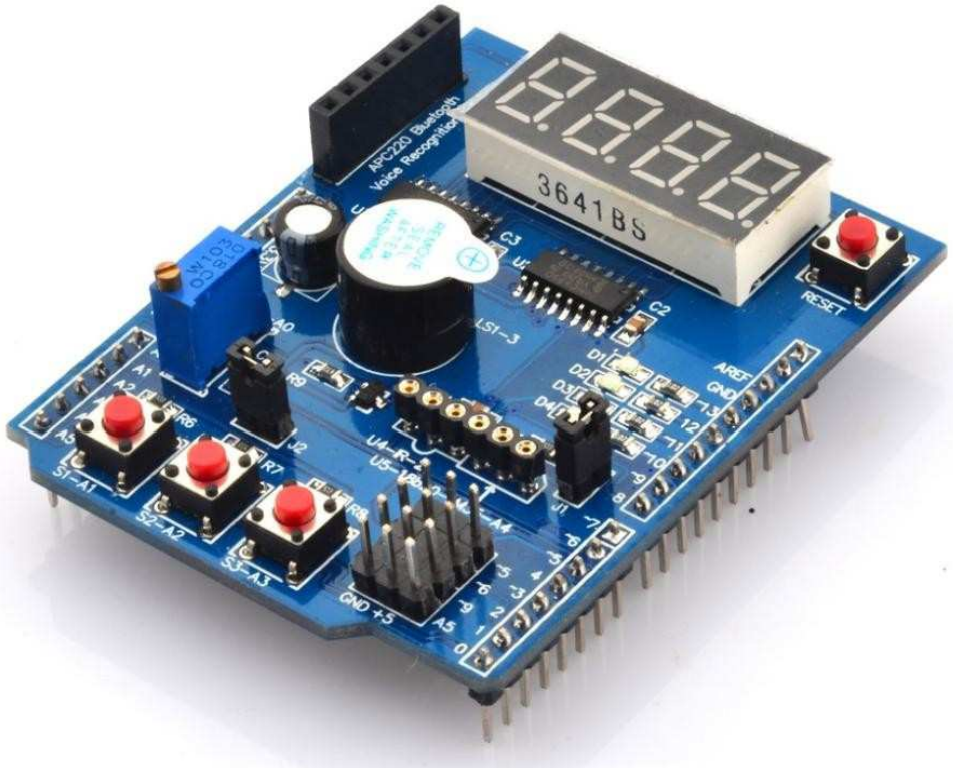


Zapojení displeje na desce ze strany 1.



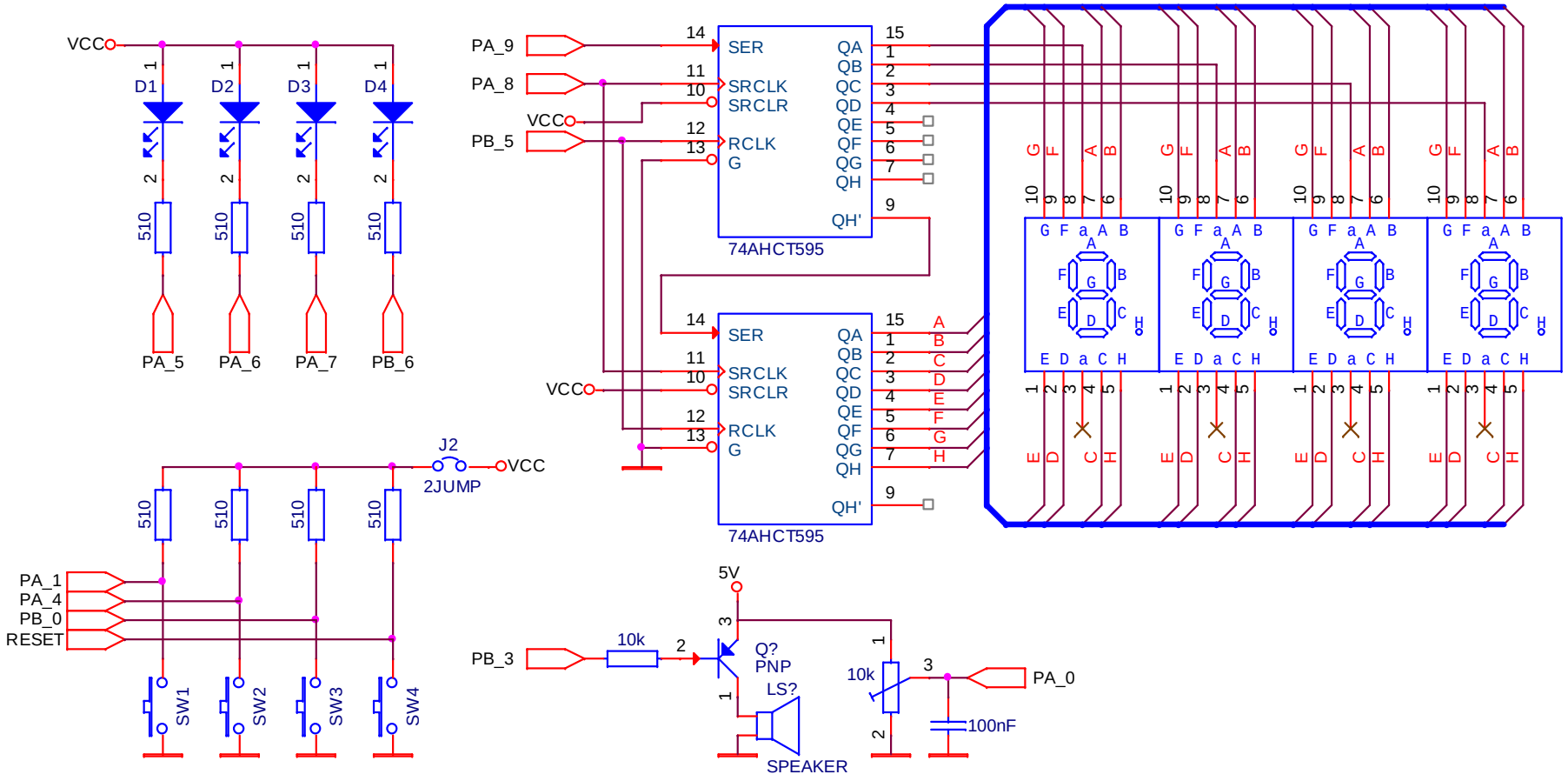
ČTYŘMÍSTNÝ DYNAMICKY OVLÁDANÝ DISPLEJ

Alternativně lze úlohu 2 realizovat na 4 diodách nebo displeji uvedeného nástavného modulu z obrázku. Nástavný modul se zasune do konektorů ARDULINO. **Při nasazení je potřeba dát pozor**, aby destička trvale nezmáčkla černé tlačítko.

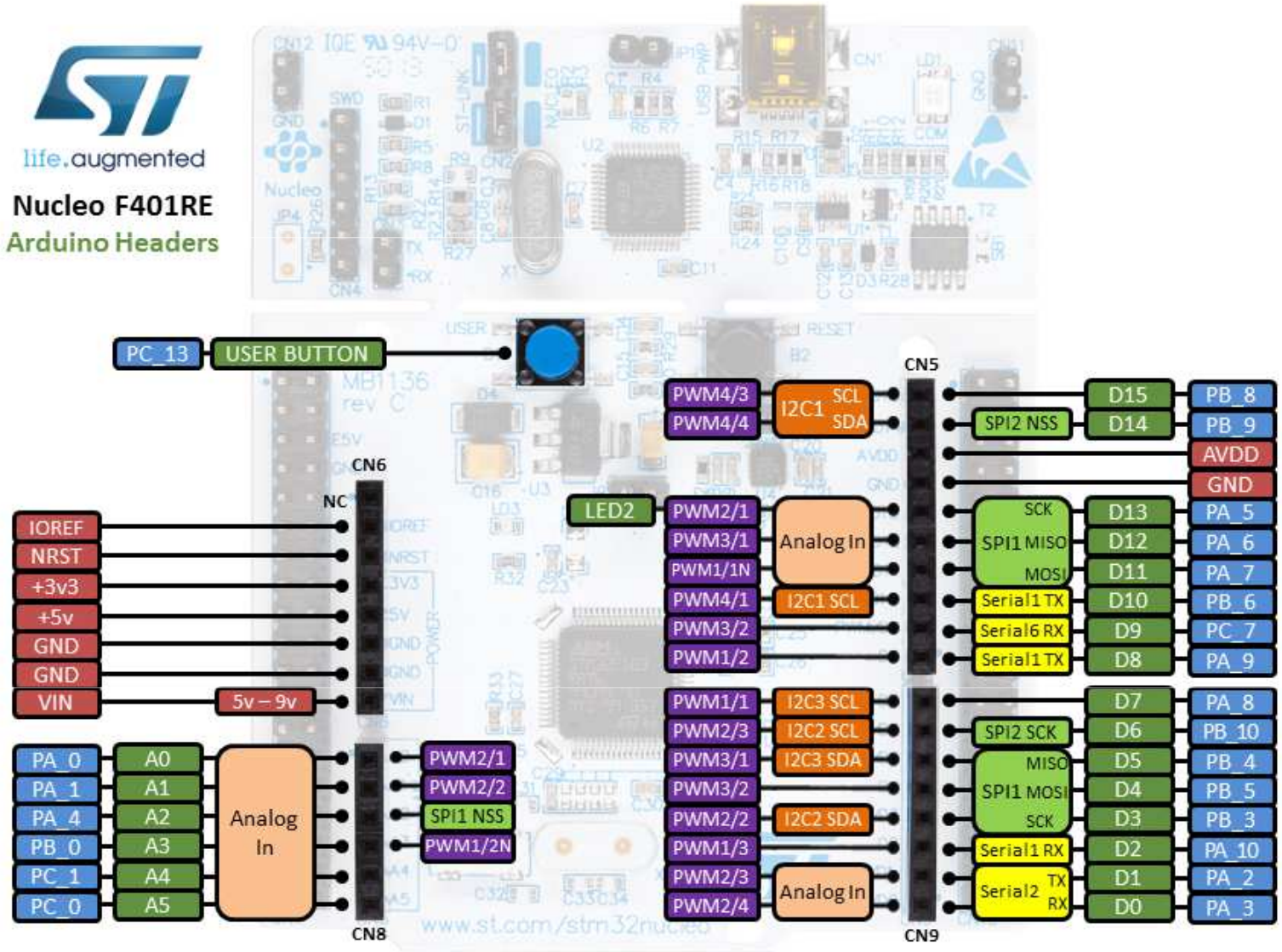


ZAPOJENÍ ČTYŘMÍSTNÉHO DYNAMICKY OVLÁDANÉHO DISPLEJE

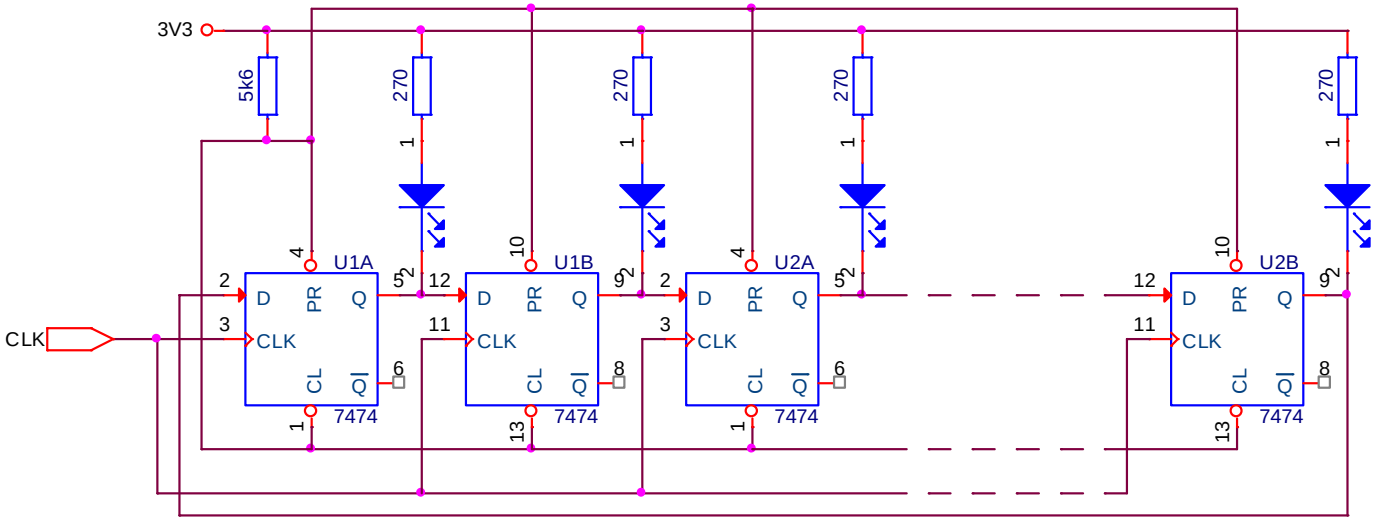
Displej na modulu se společnými anodami je ovládán dvěma obvody 74595 kaskádně zapojenými. Do obvodů se informace ukládá bit po bitu přes sériový vstup (IO vývod 14, PB8) následovaný náběžnou hranou hodin SRCLK (IO-11, PA8). Po zapsání všech 16 bitů se obsah registrů překopíruje náběžnou hranou RCLK (IO-12 , PB5).



POPIS KONEKTORŮ NA DESCE NUCLEO ST32F401RE



OBVODOVÉ ŘEŠENÍ ÚLOHY 2



Každý výstup PČ může představovat **jeden bit proměnné** realizovaného programu posunu. Změna hodnoty v posuvném registru odpovídá **posunu doleva/doprava** ve zvolené proměnné programu. Pro cyklické opakování posunu **HADA** odpovídajícímu schématu je potřeba v programovém řešení uchovat 12 bit před posunem nebo 13 bit po posunu. Uchovaný bit bude následně přemístěn na nejnižší bit posunuté proměnné (posun doleva). Pro posun doprava je třeba algoritmus modifikovat.

VÝVODY OBSAZENÉ DESTIČKOU DISPLEJE A JEJICH POUŽITELNOST

Indikační diody				
Vývod	**Funkce**	**Vstup**	**Výstup**	**Alternativní Funkce**
PA-5	Led D1	ANO	ANO	ANO
PA-6	Led D2	ANO	ANO	ANO
PA-7	Led D3	ANO	ANO	ANO
PB-6	Led D4	ANO	ANO	ANO
Tlačítka				
PA-1	SW-1	ANO	NE	ANO (vstupní)
PA-4	SW-2	ANO	NE	ANO (vstupní)
PB-0	SW-3	ANO	NE	ANO (vstupní)
Reset	SW-4	ANO	NE	NE
Displej				
PA-9	Sériová data	ANO	ANO	ANO
PA-6	Hodinový signál	ANO	ANO	ANO
PA-7	Zápis posloupnosti	ANO	ANO	ANO
Zvuk				
PB-3	Spínání repro	NE	ANO	ANO
Analogový vstup				
PA-0	Vstup děliče napětí	ANO	ANO (pozor)	ANO

Záchytný systém AF – PA-6, PB-4, PC-6 (AFIO2)

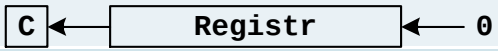
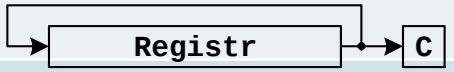
IC1IOS (AFIO14) – PA-0, PA-4, PA-8, PC-0, PC-4, atd. dle tabulky IC1IOS

INSTRUKCE ROTACE - OBECNĚ

Operace ROTACE můžeme rozdělit na logické a aritmetické. Procesor může disponovat pouze instrukcemi pro logickou rotaci, z kterých lze snadno vytvořit i rotace aritmetické. Logická rotace se využívá k střádání sériově získávaných bitů, vysouvání jednotlivých bitů do sériové posloupnosti nebo při sériové implementaci násobení.

- Logická rotace doprava = 0 → nejvyšší bit, nejnižší obvykle do příznaku přenosu.
- Logická rotace doleva - situace přesně obrácená (nejnižší bit bude 0 a nejvyšší do příznaku přenosu).
- Aritmetická rotace doprava – bity se posunou a nejvyšší bit se kopíruje sám na sebe. Pro záporné číslo (dvojkový doplněk) je výsledná hodnota = číslo/2.
- U ARM existují další typy rotací jako je ROR a RRX.
- V jazyce C je rotace doprava oper=oper>>1 je **určena** vlastnostmi operandu *signed* =aritmetická, *unsigned* = logická.
- Má-li uP barell shifter – možnost posunu o několik bitů najednou.

INSTRUKCE ROTACE

Instrukce	Operace	Funkce
ASR {S} Rd, Rm, #kn	Rd = Rm » kn	Aritmetická 32-bitová rotace vpravo
ASR Rd, Rn	Rd = Rd » Rn	
ASR.W Rd, Rm, Rs	Rd = Rm » Rs	
LSL {S} Rd, Rm, #kn	Rd = Rm « kn	Logická 32-bitová rotace vlevo
LSL Rd, Rn	Rd = Rd « Rn	
LSL.W Rd, Rm, Rs	Rd = Rm « Rs	
LSR {S} Rd, Rm, #kn	Rd = Rm » kn	Logická 32-bitová rotace vpravo
LSR Rd, Rn	Rd = Rd » Rn	
LSR.W Rd, Rm, Rs	Rd = Rm » Rs	
ROR {S} Rd, Rm, #kn	Rotace Rm hodnotou kn	32-bitová rotace vpravo
ROR Rd, Rn	Rotace Rd hodnotou Rn	
ROR.W Rd, Rm, Rs	Rotace Rm hodnotou Rs	
RRX.W {S} Rd, Rm	Rotace {C, Rd} = {Rn, C}	33-bitová rotace vpravo
		

Řešení druhé úlohy se skládá z:

- Úlohy 1 s úpravou inicializace V/V za pomoci souboru Nastaveni_GPIO.c .
- Inicializace přerušení od časovače TIM2, které nyní bude realizovat časový interval posunu HADA ⇒ smažeme funkci Delay() z úlohy 1 stejně jako čtení stavu tlačítka.
- V přerušovací rutině TIM2 provedeme podprogram posunu HADA nebo nastavíme indikátor, který v hlavním programu zavolá podprogram posunu.
  - TIM2 bude určovat periodu posunu.
  - Případně bude periodu posunu určovat **N** zavolaných obsluh přerušovací rutiny (viz. Přednášky).
- Program v jazyce symbolických adres (vložený ASM) realizující posun HADA.

Postup řešení druhé úlohy

- Vyjdeme z funkční úlohy 1 nebo 2
- Smažeme funkci Delay()
- Budeme inicializovat nastavení časovače TIM2 na funkci vzestupně nebo sestupně čítajícího čítače, který při dosažení maximální hodnoty uložené v registru ARR (nebo nuly) nastaví žádost o přerušení od UIF (Update interrupt flag)
- Konfiguraci bitů TIM2_CR1 a TIM2_CR2 ponecháme ve stavu po vynulování procesoru. Tj. všechny bity budou nulové = čítač čítá nahoru a je zastaven.
  - Povolíme hodinový signál pro časovač TIM2
  - Nastavíme hodnotu předděliče PSC
  - Nastavíme hodnotu maxima čítače v registru ARR
  - Povolíme přerušení od časovače TIM2
  - Povolíme přerušení od časovače TIM2 v kontroléru NVIC

- Spustíme časovač nastavením bitu CEN v registru TIM2_CR1.
- Pro jistotu smažeme příznak UIF (Update interrupt flag)

Obsluha přerušení od časovače TIM2 se bude skládat

- **Nulování příznaku UIF**, který je jedním z mnoha příznaků generovaných podle konfigurace časovače TIM2.
- Nastavení indikátoru posunu HADA nebo zavolání ASM podprogramu.

Vytvoření assemblerovského podprogramu posunu HADA.

Při obvodovém řešení by výstupy posuvného registru ovládaly jednotlivé diody LED. Rychlost posunu by určoval hodinový signál viz. strana 14. Přednastavení PČ není ve schématu řešeno.

ŘEŠENÍ ÚLOHY 2 – JAZYK C S VLOŽENÝM ASM

Před vytvořením ASM programu musíme rozhodnout, kterou část řešení programu svěříme.

- Realizaci kruhového posunu
- Realizaci posunu a přímý zápis hodnoty do brány PC a PB, nebo diod na nástavném modulu, nebo segmentů na jednom 7 segmentovém displeji

Program **posun_hada** bude do jazyka C zakomponován následovně. Jazyku C bude sděleno, že vně existuje podprogram

extern unsigned int posun_hada(unsigned int hodnota);

Podle pravidel přenosu hodnot do podprogramů, bude **hodnota** přesunuta **do registru R0**. Stejně jako hodnota, kterou podprogram posun_hada vrací.

ŘEŠENÍ ÚLOHY 2 – SAMOSTATNÝ ASM PROGRAM

Před vytvořením samostatného ASM programu musíme rozhodnout, zda budeme kopírovat řešení jazyka C nebo se budeme smažit minimalizovat všechny operace.

1. *Soubor ASM zahájíme těmito řádky*

```
        AREA    STM32F4xx, CODE, READONLY          ; hlavička souboru
        GET   ini.s                                ; soubor s adresami potřebných registrů
        konst   EQU  100                           ; direktiva EQU přiřazuje symbol. názvu hodnotu
        EXPORT  __main                             ; export navěstí používaného v jiném souboru
        EXPORT  __use_two_region_memory            ; jde o návěstí, které používá startup code
__use_two_region_memory
__main
```

2. *Zavoláme redukovaný podprogram pro nastavení hodinového signálu. Ponecháme CLK CPU = HSI*
3. *Zavoláme podprogram pro inicializaci GPIO vývodu/ů*
4. *Pro blikání jednou LED se bude hlavní program skládat z nastavení adresy GPIO_BSRR a vynulování vývodu LED. Následuje podprogram Delay(). Nastavení vývodu LED přes registr GPIO_BSRR, zavolání Delay() a skok na začátek bodu 4.*

ŘEŠENÍ ÚLOHY 2 – SAMOSTATNÝ ASM PROGRAM

a) *Podprogram CLK CPU. HSI se rozběhne po připojení napájení, kontrolujeme v registru RCC_CR bit HSIRDY. RESET hodnota nastavuje HSI=CPU=APB1=APB2=8MHz. Následuje aktivace hodinového signálu v registru RCC_AHB1ENR pro bránu GPIO s LED diodou.*

b) *Podprogram pro konfiguraci vývodu GPIO – Nulování příslušných bitů vývodu v registru GPIO_MODER, nastavení do výstupního režimu. Ostatní registry GPIO necháme ve stavu po Resetu.*

c) *Podprogram Delay() v ASM řešení je ve cvičení 5 str.20.*