SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

INTELIGENTNÉ PARKOVISKO

Programátorský manuál k semestrálnemu projektu z predmetu VRS

Bratislava 2016

Bc. Matej Vargovčík

Bc. Matej Ondrášik

Bc. Peter Vítek

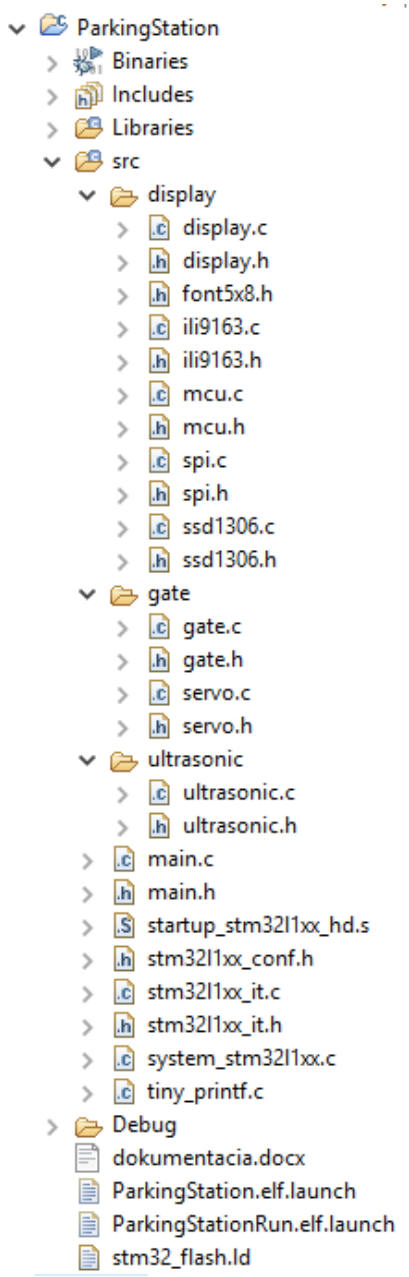
1 Štruktúra projektu

1.1 Základné údaje o projekte

Projekt je vytvorený v Atollic Studiu pre mikroprocesor STML152RE. Jazyk projektu je C.

1.2 Štruktúra projektu

Projekt pozostáva z hlavnej slučky programu obsiahnutej v súbore `main.c` a troch komponentov: brána, displej a ultrazvukové senzory pre parkovacie miesta.



2 Popis komponentov

V tejto kapitole popíšeme jednotlivé súčasti programu.

Pozn.: na meranie času sa používa globálny časovač `timer` Prejdený aktualizovaný v prerušení `SysTick_Handler`. Prejdený čas je určený rozdielom `timer - startTime`. `startTime` je hodnota časovača pri spustení merania. Ak je meranie času vypnuté, `startTime` = -1. Aby sa predchádzalo kolíziam s časovačom, v prípade, že hodnota vypnúteľného časovača je pri spustení merania -1, namiesto toho sa do `startTime` vloží hodnota -2.

2.1 Brána

Komponent brána sa nachádza v priečinku `gate` pozostáva z dvoch častí - ovládanie servo motora a ovládanie tlačidla na prechod bránou.

2.1.1 Servo motor

Servo motor je ovládaný hardvérovým PWM. Ovládanie je obsiahnuté v súbore `servo.h` a pozostáva z

- inicializácie (GPIO portu PB_6, časovača TIM4, PWM kanálu PWM1):

```
void initializeServoGPIO()
{
    RCC_AHBPeriphClockCmd(RCC_AHBPeriph_GPIOB, ENABLE);

    GPIO_InitTypeDef gpioStructure;
    gpioStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_6;
    gpioStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AF;
    gpioStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_40MHz;
    GPIO_Init(GPIOB, &gpioStructure);
}

void initializeTimer(int prescaler, int period)
{
    RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_APB1Periph_TIM4, ENABLE);

    TIM_TimeBaseInitTypeDef timerInitStructure;
    timerInitStructure.TIM_Prescaler = prescaler;
    timerInitStructure.TIM_CounterMode = TIM_CounterMode_Up;
    timerInitStructure.TIM_Period = period;
    timerInitStructure.TIM_ClockDivision = TIM_CKD_DIV1;
    TIM_TimeBaseInit(TIM4, &timerInitStructure);
    TIM_Cmd(TIM4, ENABLE);
}

void initializePWMChannel()
{
    TIM_OCInitTypeDef outputChannelInit = {0,};
    outputChannelInit.TIM_OCMode = TIM_OCMode_PWM1;
```

```
    outputChannelInit.TIM_Pulse = 1500;
    outputChannelInit.TIM_OutputState = TIM_OutputState_Enable;
    outputChannelInit.TIM_OCPolarity = TIM_OCPolarity_High;

    TIM_OC1Init(TIM4, &outputChannelInit);
    TIM_OC1PreloadConfig(TIM4, TIM_OCPreload_Enable);

    GPIO_PinAFConfig(GPIOB, GPIO_PinSource6, GPIO_AF_TIM4);
}

void initializeServo() {
     RCC_ClocksTypeDef RCC_Clocks;
     RCC_GetClocksFreq(&RCC_Clocks);
     initializeServoGPIO();
     initializeTimer(RCC_Clocks.HCLK_Frequency/1000000, 20000);
     initializePWMChannel();
}
```

- nastavenia žiadaného uhla otočenia motora

```
void setServoSignalLength(int us) {
     TIM4->CCR1 = us;
}
```

2.1.2 Ovládanie brány

Ovládanie brány je obsiahnuté v súbore `gate.c` a skladá sa z:

- inicializácie GPIO pinu tlačidla (PC_6)

```
void initializeGateButton() {
     GPIO_InitTypeDef gpioInitStruct;
     gpioInitStruct.GPIO_OType = GPIO_OType_PP;
     gpioInitStruct.GPIO_Speed = GPIO_Speed_400KHz;
     gpioInitStruct.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IN;
     gpioInitStruct.GPIO_PuPd = GPIO_PuPd_NOPULL;
     gpioInitStruct.GPIO_Pin = GPIO_Pin_6;
     GPIO_Init(GPIOC, &gpioInitStruct);
}
```

- úkonov na ovládanie závory (otvorenie, zatvorenie)

```
void openGate() {
     setGateAngle(70);
}

void closeGate() {
     setGateAngle(0);
}

void setGateAngle(int degrees) {
     setServoSignalLength(degrees*1000/180 + 400);
}
```

- ovládania samotnej logiky brány:
  - jednoduché stlačenie tlačidla (nenasledované ďalším stlačením v priebehu ďalších 500ms) značí príchod auta do parkoviska. Ak je počet voľných parkovacích miest väčší ako 0, brána sa otvorí a zmenší sa počet parkovacích miest o 1

- dvojité stlačenie tlačidla značí odchod auta z parkoviska. Ak v parkovisku reálne auto je (počet voľných miest je menší ako kapacita parkoviska), brána sa otvorí a zvýši sa počet parkovacích miest o 1
- otvorenie brány trvá 1,5s a počas neho sú ignorované akékoľvek stlačenia tlačidla

```
void handleGate() {
	if (gateOpenTime == -1) {
	  int pressed = (GPIOC->IDR & (uint16_t)(0b01<<6)) != 0;
	  int clicked = pressed == 0 && gateButtonLastPressed == 1;
	  gateButtonLastPressed = pressed;
	  if (clicked) {
		if (gateButtonLastClickTime == -1) {
			gateButtonLastClickTime = timer;
			if (gateButtonLastClickTime == -1)
				gateButtonLastClickTime = -2;
		}
		else {
			if (freePlacesCount < kUltrasonicSensorsCount) {
				openGate();
				gateOpenTime = timer;
				if (gateOpenTime == -1)
					gateOpenTime = -2;
				freePlacesCount++;
				displayPlacesCount(freePlacesCount);
			}
			gateButtonLastClickTime = -1;
		}
	  }
	  else if (gateButtonLastClickTime != -1 && timer - gateButtonLastClickTime
> 500) {
		if (freePlacesCount > 0) {
			openGate();
			gateOpenTime = timer;
			if (gateOpenTime == -1)
				gateOpenTime = -2;
			freePlacesCount--;
			displayPlacesCount(freePlacesCount);
		}
		gateButtonLastClickTime = -1;
	  }
	}
	else {
	  if (gateOpenTime != -1 && timer - gateOpenTime > 1500) {
		closeGate();
		gateOpenTime = -1;
	  }
	}
}
```

2.2 Displej

SPI komunikácia a zobrazovanie na displeji boli prevzaté z príkladového projektu `spi_lcd`, preto budú popísané len veľmi stručne.

SPI prebieha na pinoch PA_5 (SCK), PA_6 (MISO, nie je pripojený) a PA_7 (MOSI), PA_8 (CD), PB_10 (CS - nepripojený, slave je iba jeden, preto je pripojený na GND), PA_9 (RES).

V zobrazovaní (`ili9163.c`) bolo oproti príkladovému projektu opravená funkcia `lcdFilledRectangle`, v ktorej bol zmenšený pravý a spodný okraj okna vyplňovania o 1 pixel, čím sa dosiahlo správne dokončenie obdlžníka. Takisto bola pridaná funkcia `lcdDrawPictogram`, ktorá podobným spôsobom ako `lcdPutCh` vykreslí piktogram podľa sekvencie bitov, ktorá však spolu s výškou a šírkou prichádza ako vstupný parameter do funkcie (tieto parametre nie sú pevne dané ako font).

Vykresľovanie objektov pre aplikáciu je obsiahnuté v súbore `display.c`. Pozostáva z:

- inicializácie displeja a vykreslenia úvodnej grafiky (cesta, text, voľné parkovacie miesta)

```
void initializeDisplay() {
     initSPI2();
     initCD_Pin();
     initCS_Pin();
     initRES_Pin();

     lcdInitialise(LCD_ORIENTATION2);
     lcdClearDisplay(decodeRgbValue(0, 0, 0));

     lcdPutS("Free places count: ", lcdTextX(0), lcdTextY(0),
        decodeRgbValue(31, 31, 31), decodeRgbValue(0, 0, 0));

     lcdFilledRectangle(10, 70, 110, 80, decodeRgbValue(16, 16, 16));
     lcdFilledRectangle(10, 55, 20, 70, decodeRgbValue(16, 16, 16));
     lcdFilledRectangle(40, 55, 50, 70, decodeRgbValue(16, 16, 16));
     lcdFilledRectangle(70, 55, 80, 70, decodeRgbValue(16, 16, 16));
     lcdFilledRectangle(100, 55, 110, 70, decodeRgbValue(16, 16, 16));
     lcdFilledRectangle(10, 80, 20, 90, decodeRgbValue(16, 16, 16));

     for (int i = 0; i < placesCount; i++) {
       displayPlaceFree(i, 1);
     }
     displayPlacesCount(placesCount);
}
```

- metódy na vykreslenie obsadeného / voľného parkovacieho miesta

```
void displayPlaceFree(int place, int free) {
     if (free) {
       lcdFilledRectangle(placesX[place], placesY[place],
                    placesX[place]+placeWidth, placesY[place]+placeHeight,
                    decodeRgbValue(0, 31, 0));
     }
     else {
       lcdDrawPictogram(placesOrientation[place] ? car : carUpsideDown,
                    placesX[place], placesY[place], placeWidth, placeHeight,
                    decodeRgbValue(31, 0, 0), decodeRgbValue(0, 0, 0));
     }
}
```

- metódy na vykreslenie počtu voľných miest

```
void displayPlacesCount(int count) {
     char s[5];
     lcdPutS(itoa(count, s, 10), lcdTextX(19), lcdTextY(0),
               decodeRgbValue(31, 31, 31), decodeRgbValue(0, 0, 0));
}
```

2.3 Ultrazvukové senzory

Ultrazvukové senzory sú spracovávané v súbore `ultrasonic.h`. Každý senzor je definovaný GPIO pinmi, stavom obsadenosti a vlastnými meračmi času kvôli odstráneniu šumu.

```
typedef struct UltrasonicSensor {
     GPIO_TypeDef *gpioOut;
     GPIO_TypeDef *gpioIn;
     GPIO_TypeDef *gpioLed;
     uint16_t pinOut;
     uint16_t pinIn;
     uint16_t pinLed;
     int placeOccupied;
     int senseCount;
     int lastProximity;
     int placeFreeingStart;
} UltrasonicSensor;
```

Súbor pozostáva z:

- inicializácie jednotlivých senzorov a ich GPIO pinov (trigger, echo, indikačná LED)

```
void initializeUltrasonicSensors() {
     ultrasonicSensors[0] = ultrasonicSensor(GPIOA, GPIO_Pin_10, GPIOB,
GPIO_Pin_3, GPIOB, GPIO_Pin_5);
     ultrasonicSensors[1] = ultrasonicSensor(GPIOB, GPIO_Pin_13, GPIOB,
GPIO_Pin_14, GPIOB, GPIO_Pin_15);
     ultrasonicSensors[2] = ultrasonicSensor(GPIOB, GPIO_Pin_1, GPIOB,
GPIO_Pin_2, GPIOB, GPIO_Pin_11);
     ultrasonicSensors[3] = ultrasonicSensor(GPIOA, GPIO_Pin_4, GPIOA,
GPIO_Pin_1, GPIOA, GPIO_Pin_0);

     RCC_AHBPeriphClockCmd(RCC_AHBPeriph_GPIOA, ENABLE);
     RCC_AHBPeriphClockCmd(RCC_AHBPeriph_GPIOB, ENABLE);
     RCC_AHBPeriphClockCmd(RCC_AHBPeriph_GPIOC, ENABLE);

     for (int i = 0; i < kUltrasonicSensorsCount; i++) {
      //trigger_sensor
      GPIO_InitTypeDef gpioInitStruct;
      gpioInitStruct.GPIO_OType = GPIO_OType_PP;
      gpioInitStruct.GPIO_Speed = GPIO_Speed_400KHz;

      gpioInitStruct.GPIO_Mode = GPIO_Mode_OUT;
      gpioInitStruct.GPIO_Pin = ultrasonicSensors[i].pinOut;
      GPIO_Init(ultrasonicSensors[i].gpioOut, &gpioInitStruct);

      gpioInitStruct.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IN;
      gpioInitStruct.GPIO_Pin = ultrasonicSensors[i].pinIn;
      GPIO_Init(ultrasonicSensors[i].gpioIn, &gpioInitStruct);

      gpioInitStruct.GPIO_Mode = GPIO_Mode_OUT;
      gpioInitStruct.GPIO_Pin = ultrasonicSensors[i].pinLed;
      GPIO_Init(ultrasonicSensors[i].gpioLed, &gpioInitStruct);//
     }
}
```

- meraním obsadenosti parkovacieho miesta pred senzorom (spolu s odstránením šumu - miesto prestáva / začína byť obsadené až keď senzor nezaznamenal auto po dobu 500ms)

```
int measureProximity(int sensor) {

        GPIO_TypeDef *gpioOut = ultrasonicSensors[sensor].gpioOut;
        uint16_t pinOut = ultrasonicSensors[sensor].pinOut;
        GPIO_TypeDef *gpioIn = ultrasonicSensors[sensor].gpioIn;
        uint16_t pinIn = ultrasonicSensors[sensor].pinIn;

        int time0 = 0;
        int time1 = 0;
        GPIO_SetBits(gpioOut, pinOut);
        for(int i=0;i<10;i++);
        GPIO_ResetBits(gpioOut, pinOut);
        //wait for pulse on echo pin
        while(GPIO_ReadInputDataBit(gpioIn, pinIn)==0 && time0 < 500)
          time0++;
        //measure pulse width
        while(GPIO_ReadInputDataBit(gpioIn, pinIn)==1) time1++;
        if (time0 == 500)
          return ultrasonicSensors[sensor].placeOccupied;

        float distance=time1/20.0;

        if (distance < 7.0) {
           if (!ultrasonicSensors[sensor].placeOccupied) {
               if (ultrasonicSensors[sensor].lastProximity == 0)
                   ultrasonicSensors[sensor].placeOccupyingStart = timer;

               if (timer - ultrasonicSensors[sensor].placeOccupyingStart > 200) {
                   ultrasonicSensors[sensor].placeOccupied = 1;
                   GPIO_SetBits(ultrasonicSensors[sensor].gpioLed,
                           ultrasonicSensors[sensor].pinLed);
               }
           }
        }
        else if (ultrasonicSensors[sensor].placeOccupied) {
          if (ultrasonicSensors[sensor].lastProximity == 1)
                 ultrasonicSensors[sensor].placeFreeingStart = timer;

          if (timer - ultrasonicSensors[sensor].placeFreeingStart > 500) {
                 ultrasonicSensors[sensor].placeOccupied = 0;
                 GPIO_ResetBits(ultrasonicSensors[sensor].gpioLed,
                           ultrasonicSensors[sensor].pinLed);
          }
        }
        ultrasonicSensors[sensor].lastProximity = distance < 7.0;

        return ultrasonicSensors[sensor].placeOccupied;
}
```

2.4 Hlavná slučka programu

Hlavná funkcia programu pozostáva z inicializácie všetkých komponentov a hlavnej slučky. V hlavnej slučke sa prechádza všetkými ultrazvukovými senzormi a aktualizuje sa obsadenosť miest na displeji. Tiež sa volá metóda na ovládanie brány (ktorá podľa stlačenia tlačidla na vstup / výstup otvára bránu a aktualizuje počet voľných miest na parkovisku).

```
int main(void)
{
     RCC_ClocksTypeDef rccClocks;
     RCC_GetClocksFreq(&rccClocks);
     SysTick_Config(rccClocks.HCLK_Frequency/1000);
```

```
      timer = 0;
      initializeDisplay();
      initializeGate();
      initializeUltrasonicSensors();

      int placeIsFree[kUltrasonicSensorsCount] = {1, 1, 1, 1};

      while (1)
      {
        for (int i = 0; i < kUltrasonicSensorsCount; i++) {
               int isFree = !measureProximity(i);
               if (isFree != placeIsFree[i]) {
                      placeIsFree[i] = isFree;
                      displayPlaceFree(i, isFree);
               }
        }

        handleGate();
      }
      return 0;
}
```