

TFT display s řadičem SSD1963 a ATmega162

Publikované: 15.09.2016, Kategorie: Mikroprocesory

www.svetelektro.com

V tomto článku se budu věnovat popisu ovládání TFT displeje, který byl koupen na Ebay.com. TFT display je řízen řadičem SSD1963.

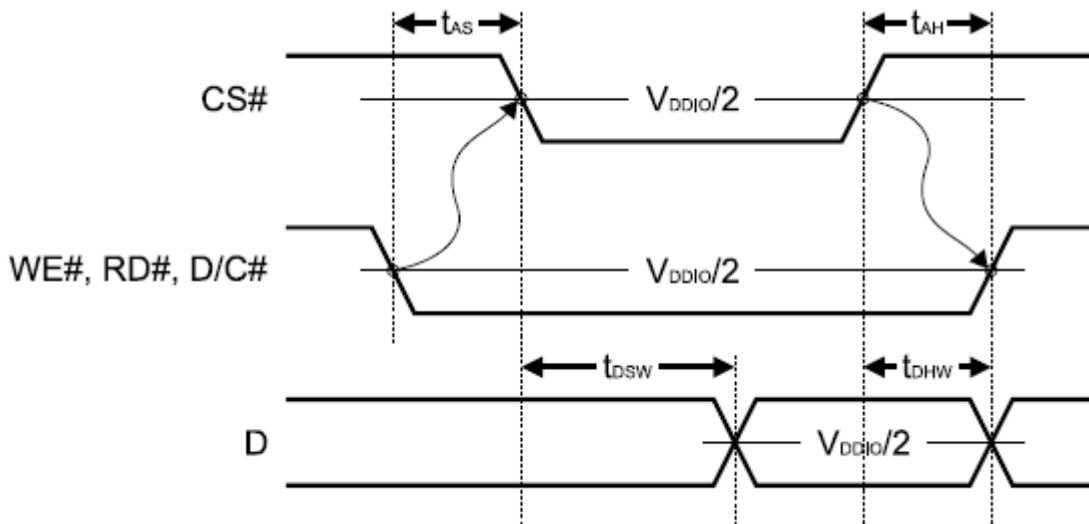
Napájení displeje je 3,3V a se zapnutým podsvícením bude potřeba skoro 300mA – podle toho je potřeba navrhnout zdroj pro první pokusy na nepájivém poli. V první části článku popíšu připojení řadiče k procesoru řady ATmega a inicializaci řadiče. V dalších kapitolách textu budou popsány funkce nutné k vykreslení bodu, čáry, obdélníku a kruhu na TFT display. Řadič displeje neobsahuje žádný alfanumerický font, jako je obvyklé u LCD displejů s řadiči HD44780, nebo T6963. Tam stačilo poslat na displej kód znaku a řadič displeje se postaral o vytvoření znaku ze své paměti. Při práci s řadičem SSD1963 se o tvorbu znaků musí postarat program v procesoru, jednotlivé znaky je potřeba poslat na displej jako pole barevných bodů. Takže v poslední části článku se pokusíme z Windows do paměti procesoru ATmega dostat nějaký font.

Popisovaný TFT display má rozlišení 480 x 272 bodů.

Připojení řadiče SSD1963 k procesoru ATmega644



Komunikace probíhá prostřednictvím 16-ti bitové, nebo 8-mi bitové sběrnice a řídicích vodičů. Řadič umožňuje uspořádat časování řídicích vodičů tak, jak je zvykem u procesorů řady 6800, nebo u procesorů řady 8080. V displeji který mám k dispozici, je řadič zapojen v režimu 8080, takže se podíváme, jak zařídit komunikaci v tomto režimu:



Obrázek z datového listu obvodu SSD1963

Při zápisu dat do displeje, musí být data připravena na sběrnici, signál /WR musí být aktivní (úroveň L) a data do displeje budou přenesena sestupnou hranou signálu /CS. Nakonec se ukázalo, že pořadí signálu /WR a /CS může být i opačné. Takže pokud na datové sběrnici procesoru není připojen jiný obvod než displej, stačí pro komunikaci signál /WR. Signál /CS, výběr obvodu, může být připojen na úroveň L pořád. Při čtení dat z displeje je nutné, aby datová sběrnice procesoru byla ve stavu vysoké impedance. Data na ní budou k dispozici, když bude signál /RD v úrovni L. Z displeje v tomto článku nebudeme číst nic, takže /RD zůstane pořád neaktivní v úrovni H.

Signál D/C slouží k rozlišení, zda jsou přenášena data, nebo příkazy (command). Pro přenos příkazů stačí 8-mi bitová sběrnice. Pro přenos barev je zapotřebí šest bitů na každou barvu, červenou, zelenou a modrou. To je dohromady 18 bitů. Řadič nabízí několik možností, jak barvy přenášet. Můžeme použít 8-mi bitovou sběrnici a barvu přenést ve třech krocích. Nebo je možné použít devět bitů a potom stačí dva kroky. Pro 16-ti bitový přenos řadič umožňuje ušetřit dva bity z 18-ti. Tento režim je nazván 5-6-5, červená a modrá barva má o jeden bit míň. Protože je nutné data přenášet co nejrychleji - na vykreslení 480 x 272 bodů je potřeba 130560 čísel, použijeme tento režim.

Interface	Cycle	D[23]	D[22]	D[21]	D[20]	D[19]	D[18]	D[17]	D[16]	D[15]	D[14]	D[13]	D[12]	D[11]	D[10]	D[9]	D[8]	D[7]	D[6]	D[5]	D[4]	D[3]	D[2]	D[1]	D[0]		
24 bits	1 st	R7	R8	R5	R4	R3	R2	R1	R0	G7	G6	G5	G4	G3	G2	G1	G0	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0		
18 bits	1 st							R5	R4	R3	R2	R1	R0	G5	G4	G3	G2	G1	G0	B5	B4	B3	B2	B1	B0		
16 bits (565 format)	1 st									R5	R4	R3	R2	R1	G5	G4	G3	G2	G1	G0	B5	B4	B3	B2	B1		
16 bits	1 st									R5	R4	R3	R2	R1	R0	X	X	G5	G4	G3	G2	G1	G0	X	X		
	2 nd									B5	B4	B3	B2	B1	B0	X	X	R5	R4	R3	R2	R1	R0	X	X		
9 bits	1 st																	R5	R4	R3	R2	R1	R0	G5	G4	G3	
	2 nd																	G2	G1	G0	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
8 bits	1 st																			R5	R4	R3	R2	R1	R0	X	X
	2 nd																			G5	G4	G3	G2	G1	G0	X	X
	3 rd																			B5	B4	B3	B2	B1	B0	X	X

Obrázek z datového listu obvodu SSD1963

Ještě je potřeba najít příkaz, který ovládá režimy - je to 0xF0.

TFT display jsem připojil k procesoru a napsal makra pro jednotlivé piny portů, které budu potřebovat:

```
#define SSD1963_set_RD PORTD &=~0x08; // cteni z displeje, bit 3 portu D
#define SSD1963_clr_RD PORTD |= 0x08;
#define SSD1963_set_WR PORTD &=~0x04; // zapis do displeje, bit 2 portu D
#define SSD1963_clr_WR PORTD |= 0x04;
#define SSD1963_set_RS PORTD |= 0x02; // prenos dat, bit 1 portu D
#define SSD1963_clr_RS PORTD &=~0x02; // prenos prikazu
#define SSD1963_DataL PORTA
#define SSD1963_DataH PORTC
```

Funkce pro přenos příkazu:

```
void TFT_SendCommand(unsigned int val)
{
  SSD1963_clr_RS;          // nastavi pin pro prenos prikazu
  SSD1963_DataH = val >> 8; // horni polovina 16-ti bitoveho cisla na port C
  SSD1963_DataL = val;     // dolni polovina 16-ti bitoveho cisla na port A
  SSD1963_set_WR;         // impuls na WR
  SSD1963_clr_WR;
}
```

Funkce pro přenos dat:

```
void TFT_SendData(unsigned int val)
{
  SSD1963_set_RS;          // nastavi pin pro prenos dat
  SSD1963_DataH = val >> 8; // horni polovina 16-ti bitoveho cisla na port C
  SSD1963_DataL = val;     // dolni polovina 16-ti bitoveho cisla na port A
  SSD1963_set_WR;         // impuls na WR
  SSD1963_clr_WR;
}
```

Ještě se bude hodit funkce, která najednou pošle příkaz a jeho parametr:


```
void TFT_WriteDataChar(unsigned int command, unsigned int val)
{
  TFT_SendCommand( command );
  TFT_SendData( val );
}
```

Na začátku práce, po připojení displeje na napájení je zapotřebí nastavit spoustu registrů v řadiči, aby bylo možné řadičem ovládat TFT panel. Následující funkce provede softwarový reset displeje, nastaví PLL generátor, nastaví počet bodů našířku a na výšku displeje. Poslední část funkce nastaví PWM generátor, kterým je možné řídit jas podsvícení displeje. Kvůli tomu je zapotřebí přemístit jeden odpor – propojku na plošném spoji displeje z pozice R4 na pozici R8. Parametry jednotlivých příkazů jsou převzaty z dokumentace, kterou lze stáhnout ze stránek na ebay.com.

```

void TFT_Init(void)
{
    SSD1963_clr_WR;
    SSD1963_clr_RD;
    TFT_SendCommand( 0x0001 );           // software reset
    _delay_ms( 10 );
    TFT_SendCommand( 0x00E2 );           // PLL multiplier, set PLL clock to 120MHz
    TFT_SendData( 0x002D );
    TFT_SendData( 0x0002 );
    TFT_SendData( 0x0004 );
    TFT_WriteDataChar( 0x00E0, 0x0001 ); // PLL enable
    _delay_ms( 2 );
    TFT_WriteDataChar( 0x00E0, 0x0003 );
    _delay_ms( 5 );
    TFT_SendCommand( 0x0001 );           // software reset
    _delay_ms( 5 );

    TFT_SendCommand( 0x00E6 );           //SET PCLK freq=9.5MHz ; pixel clock frequency
    TFT_SendData( 0x0000 );             // 0x03
    TFT_SendData( 0x00FF );
    TFT_SendData( 0x00BE );

    TFT_SendCommand( 0x00B0 );           // set LCD specification
    TFT_SendData( 0x0020 );
    TFT_SendData( 0x0000 );             //LCD panel mode
    TFT_SendData( 0x0001 );             //SET horizontal size=480-1 HightByte
    TFT_SendData( 0x00DF );             //SET horizontal size=480-1 LowByte
    TFT_SendData( 0x0001 );             //SET vertical size=272-1 HightByte
    TFT_SendData( 0x000F );             //SET vertical size=272-1 LowByte
    TFT_SendData( 0x0000 );             //SET even/odd line RGB seq.=RGB

    TFT_SendCommand( 0x00B4 );           //SET Horizontal Period (8 parameters)
    TFT_SendData( 0x0002 );             //531 HT
    TFT_SendData( 0x0013 );
    TFT_SendData( 0x0000 );             //43 HPS
    TFT_SendData( 0x002B );
    TFT_SendData( 0x000A );             //10 HPW
    TFT_SendData( 0x0000 );
    TFT_SendData( 0x0008 );             //8 LPS
    TFT_SendData( 0x0000 );

    TFT_SendCommand( 0x00B6 );           //SET Vertical Period (7 parameters),
    TFT_SendData( 0x0001 );             //288 VT
    TFT_SendData( 0x0020 );
    TFT_SendData( 0x0000 );             //12 VPS
    TFT_SendData( 0x000C );
    TFT_SendData( 0x000A );             //10 VPW
    TFT_SendData( 0x0000 );             //4 FPS
    TFT_SendData( 0x0004 );

    TFT_WriteDataChar( 0x0036, 0x0000 ); //rotation!!!!!!!!!! toci displejem, prostudovat
    TFT_WriteDataChar( 0x00F0, 0x0003 ); // 565 format barvy
    _delay_ms( 5 );
    TFT_SendCommand( 0x0029 );           // Display ON
    TFT_SendCommand( 0x00BE );           // set PWM for B/L
    TFT_SendData( 0x0006 );
    TFT_SendData( 0x00F0 );             // hodnota PWM
    TFT_SendData( 0x0001 );
    TFT_SendData( 0x00F0 );
    TFT_SendData( 0x0000 );
    TFT_SendData( 0x0000 );
    TFT_WriteDataChar( 0x00D0, 0x000D );

    TFT_SendCommand( 0x00B8 );           // reset GPIO0
    TFT_SendData( 0x0000...

```

TFT display se podařilo připojit a rozsvítit. Paměť tímto způsobem inicializovaného displeje je naplněna náhodnými čísly. Proto budou i barvy na displeji rozmístěny chaoticky - zrnění všech možných barev. Budeme potřebovat funkci, která celý displej zaplní jednou barvou. No a protože jsou barvy vyjádřeny 16-ti bitovými čísly, bude dobré nadefinovat několik základních barev, abychom si nemuseli pamatovat jejich číselné vyjádření:

```
#define ColBlack      0x0000    // cerna
#define ColNavy      0x000F    // namorni modra
#define ColBlue      0x001F    // modra
#define ColDarkBlue  0x01CF    // tmave modra
#define ColDarkGreen 0x03E0    // tmave zelena
#define ColDarkCyan  0x03EF    // tmave azurova
#define ColGreen     0x07E0    // zelena
#define ColCyan      0x07FF    // azurova
#define ColGrayBlue  0x5458    // seda modra
#define ColMaroon    0x7800    // hnedocervena
#define ColPurple    0x780F    // nachova
#define ColOlive     0x7BEF    // olivova
#define ColLightBlue 0x7D7C    // svetle modra
#define ColPorpo     0x801F    //
#define ColDarkGrey  0x8410    // tmave seda
#define ColGrey      0x8430    // seda
#define ColLightGrey 0xA651    // svetle sedozelena
#define ColRed       0xF800    // cervena
#define ColMagenta   0xF81F    // purpurova
#define ColOrange    0xFC08    // oranz
#define ColYellow    0xFFE0    // zluta
#define ColWhite     0xFFFF    // bila
```

TFT display a funkce pro kreslení

Na začátku každé operace na displeji vymezíme prostor – obdélník, ve kterém budeme kreslit. K tomu slouží příkaz 0x2A a 0x2B, které jsem využil v následující funkci:

```
void TFT_WindowSet(unsigned int StartX, unsigned int EndX, unsigned int StartY, unsigned int EndY)
{
    TFT_SendCommand( 0x002A );    // SET page address
    TFT_SendData( StartX >> 8 ); // SET start page address
    TFT_SendData( StartX );
    TFT_SendData( EndX >> 8 );    // SET end page address
    TFT_SendData( EndX );
    TFT_SendCommand( 0x002B );    // SET column address
    TFT_SendData( StartY >> 8 ); // SET start column address
    TFT_SendData( StartY );
    TFT_SendData( EndY >> 8 );    // SET end column address
    TFT_SendData( EndY );
}
```

A tady je funkce, která vyhrazenou plochu displeje zaplní zadanou barvou. Do prostoru v paměti displeje vyhrazeného funkcí TFT_WindowSet, nahraje požadovanou barvu. To, že bude zahájeno nahrávání barev do paměti, oznámí řadiči příkaz 0x2C:


```
void TFT_ColorBox(unsigned int StartX, unsigned int EndX, unsigned int StartY, unsigned int EndY, unsigned
int color)
{
    unsigned int x, y;
    TFT_WindowSet( StartX, EndX, StartY, EndY );
    TFT_SendCommand( 0x002C );
    for( x = StartX; x <= EndX; x++ )
    {
        for ( y = StartY; y <= EndY; y++ )
        {
            TFT_SendData( color );        // nastavi barvu
        }
    }
}
```

Další funkce je podobná, ale vyhrazená plocha má velikost jednoho bodu. Takže nakreslíme bod:

```
void TFT_DrawPoint(unsigned int x, unsigned int y, unsigned int color)
{
  TFT_WindowSet( x, x, y, y );
  TFT_SendCommand( 0x002C );
  TFT_SendData( color );
}
```

No a na konec budeme kreslit přímku, obdélník a kružnici:

```
void TFT_DrawLine(unsigned int x1, unsigned int y1, unsigned int x2,  
unsigned int y2, unsigned int color)
```

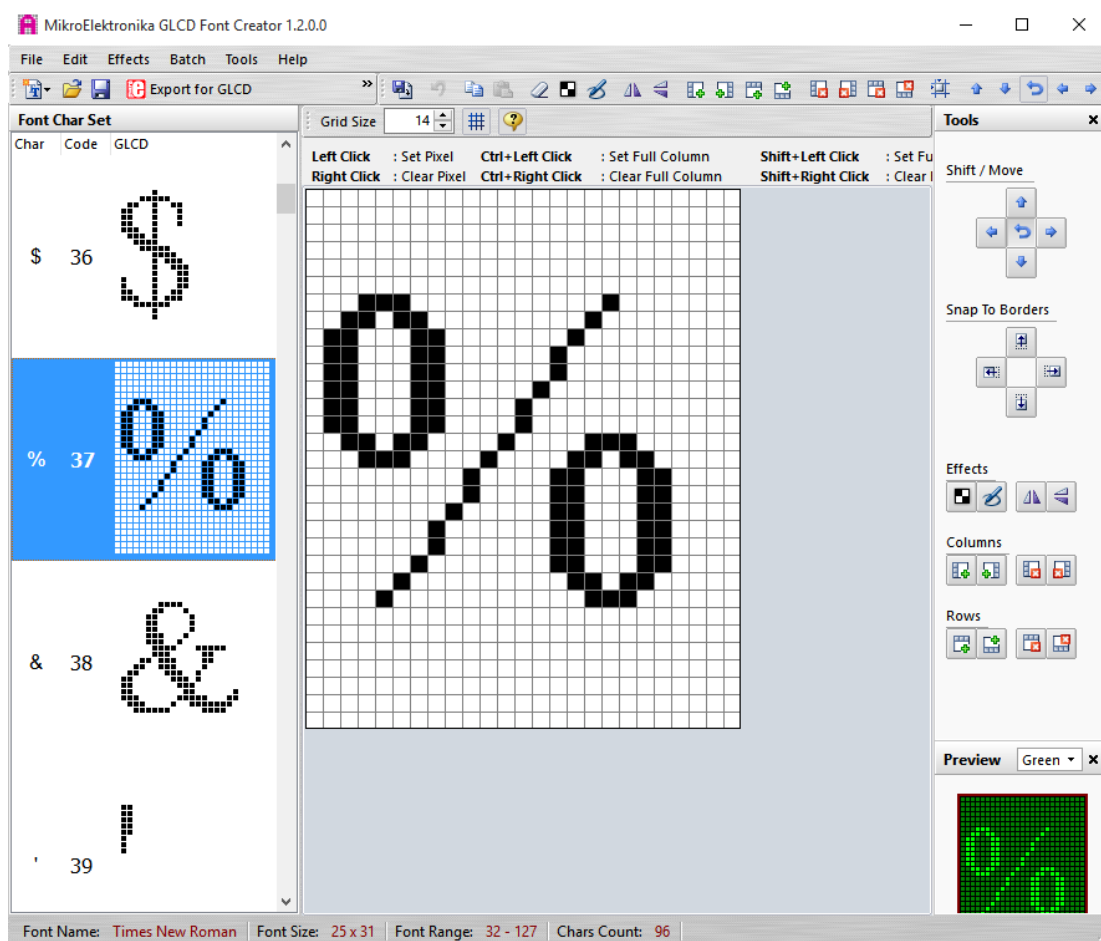
```
{  
    int dx, dy, stepx, stepy, fraction;  
  
    dy = y2 - y1;  
    dx = x2 - x1;  
    if (dy < 0)  
    {  
        dy = -dy;  
        stepy = -1;  
    }  
    else stepy = 1;  
    if (dx < 0)  
    {  
        dx = -dx;  
        stepx = -1;  
    }  
    else stepx = 1;  
    dx <<= 1;  
    dy <<= 1;  
    TFT_DrawPoint( x1, y1, color );  
    if (dx > dy)  
    {  
        fraction = dy - (dx >> 1);  
        while( x1 != x2 )  
        {  
            if (fraction >= 0)  
            {  
                y1    += stepy;  
                fraction -= dx;  
            }  
            x1    += stepx;  
            fraction += dy;  
            TFT_DrawPoint( x1, y1, color );  
        }  
    }  
    else  
    {  
        fraction = dx - (dy >> 1);  
        while( y1 != y2 )  
        {  
            if (fraction >= 0)  
            {  
                x1    += stepx;  
                fraction -= dy;  
            }  
            y1    += stepy;  
            fraction += dx;  
            TFT_DrawPoint( x1, y1, color );  
        }  
    }  
}
```

```
void TFT_DrawBox(unsigned int x1, unsigned int y1, unsigned int x2,
unsigned int y2, unsigned int color)
{
  TFT_DrawLine( x1, y1, x2, y1, color); // horni cara
  TFT_DrawLine( x1, y2, x2, y2, color); // spodni cara
  TFT_DrawLine( x2, y1, x2, y2, color); // prava cara
  TFT_DrawLine( x1, y1, x1, y2, color); // leva cara
}
```

```
void TFT_DrawCircle(unsigned int x, unsigned int y, unsigned int radius,
unsigned int color)
{
    int xc = 0;
    int yc, p;
    yc = radius;
    p = 3 - (radius << 1);
    while( xc <= yc)
    {
        TFT_DrawPoint( x + xc, y - yc, color );
        TFT_DrawPoint( x - xc, y - yc, color );
        TFT_DrawPoint( x + yc, y - xc, color );
        TFT_DrawPoint( x - yc, y - xc, color );
        TFT_DrawPoint( x + xc, y + yc, color );
        TFT_DrawPoint( x - xc, y + yc, color );
        TFT_DrawPoint( x + yc, y + xc, color );
        TFT_DrawPoint( x - yc, y + xc, color );
        if (p < 0)
            p += ( xc++ << 2 ) + 6;
        else
            p += (( xc++ - yc-- ) << 2 ) + 10;
    }
}
```

TFT display a funkce pro psaní alfanumerických znaků

Písmenka jsou v paměti procesoru uložena jako sady černých a bílých bodů, kterými je nutné zaplnit obdélník veliký jako písmenko. K vyhrazení obdélníku slouží funkce TTF_WindowSet. Nyní je potřeba přijít na to, kde vzít soubor písmenek, ideálně z fontů, které jsou součástí systému Windows. Našel jsem volně dostupný program [MikroElektronika-GLCD](#). Do něj je možné importovat každý font, který je součástí Windows, v požadované velikosti. Při importu lze zvolit rozsah importovaných znaků (smysl mají znaky 32 - 127), možnosti posouvání znaků k okraji bitmapy dle potřeby. Jednotlivé znaky lze dále upravovat podle vlastní fantazie:



Když jsme s fontem spokojeni, můžeme jej vyexportovat do pole dat, které bude možno použít v AVR studiu:


```
const unsigned char Tahoma11x13[] PROGMEM =
{
  0x00,
  0x00,
  0x20,0x00,
  0x7F,0x00,
  0x0D,
  0x00,
  0x01,0x88,0x01,0x00,
  0x02,0x95,0x01,0x00,
  0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00, // Code for char num
32
  0x00,0x02,0x02,0x02,0x02,0x02,0x02,0x02,0x00,0x02,0x02,0x00,0x00,0x00, // Code for char num
33
  .....
}
```

Tohle je jenom kousek... datové pole je celkem velké. První řádek plný nul, kód 32, je mezera. Na dalším řádku je zobrazen vykřičník, takže data 0x02 zobrazují šest bodů pod sebou. Potom je mezera a pak dva body pro tečku vykřičníku. Tímto způsobem jsou uložena všechna písmena fontu. Čtyři fonty, které jsou na úvodní fotografii zaberou v paměti procesoru asi 30kb.

Je potřeba si uvědomit, že překladač AVR studia automaticky vytvoří program, který na začátku uloží obsah datového pole do paměti RAM procesoru. No a to je problém, protože paměti RAM v ATmega není moc, musíme šetřit. A tvar znaků během chodu programu není potřeba měnit, takže není žádný důvod, aby pole bylo v RAM. K tomu, aby pole dat zůstalo v paměti programu a odtud bylo používáno, slouží knihovna pgmspace.h. Tu připojíme na začátku programu a potom můžeme využít její funkce. Do názvu pole dat doplníme slovo PROGMEM - data zůstanou v paměti programu a paměť RAM zůstane volná.

Nyní musíme pochopit, jak jsou data uspořádána, abychom je uměli použít. Na začátku datového pole je vyznačen kód prvního a posledního znaku. Začátek je 0x20 hexadecimálně, to je 32 decimálně, podle ASCII tabulky mezera. Konec datového pole je hexadecimálně 0x7F = 127 decimálně, to je kousek za malým Z, ještě je tam ~ a ještě něco. Dál je v datovém poli číslo 0x0D, to bude výška písmenka - počet řádků, pixelů displeje, které jsou zapotřebí pro zobrazení. Pak tu máme vždy čtveřici čísel pro každý znak uložený v datovém poli. První číslo udává počet sloupců, pixelů displeje - znaky mají různou šířku. Další tři čísla označují místo v poli dat, na kterém začíná písmenko. Písmenko je v poli dat zobrazeno po řádcích. Bity jdou zleva do prava, od bitu s nejnižší vahou k nejvyšší. Takže při zobrazování budeme číslem rotovat doprava a číst bit 0. Pro větší znaky bude čísel na jeden řádek potřeba víc, jde jedno za druhým. A když bude jeden řádek zaplněn, nový řádek začíná novým číslem.

V první části funkce pro zobrazení znaku z pole dat přečteme údaje o znaku, který má být zobrazen. Znaky jsou seřazeny tak, jak jdou za sebou v tabulce ASCII, takže od vstupní proměnné ChAscii stačí odečíst 32 a můžeme číst údaje z pole dat:

```
Column = pgm_read_byte(&( Tahoma11x13[( ChAscii * 4 ) + 8 ])); // pocet zobrazonych sloupcu
PointerStart = pgm_read_byte(&( Tahoma11x13[( ChAscii * 4 ) + 10 ])) * 256; // misto kde zacina
pismenko
PointerStart += pgm_read_byte(&( Tahoma11x13[( ChAscii * 4 ) + 9 ]));
ChAscii++;
PointerEnd = pgm_read_byte(&( Tahoma11x13[( ChAscii * 4 ) + 10 ])) * 256; // misto kde konci
pismenko
PointerEnd += pgm_read_byte(&( Tahoma11x13[( ChAscii * 4 ) + 9 ]));
```

`pgm_read_byte` je z knihovny `pgmspace.h`. V další části funkce je smyčka, která bude z pole dat postupně číst bajty a rotovat jimi. Podle hodnoty nejnižšího bitu bude na displej odeslána barva pozadí, nebo barva znaku - když `bit = 1`.

```

TFT_WindowSet( x, x + Column + 2, y, y + Row - 1 ); // nastavi pracovni plochu na displeji
TFT_SendCommand( 0x002C ); // bude posilat data do pracovni plochy
CounterBits = 8; // pocitadlo vysilanych bitu
CounterColumn = 0; // pocitadlo sloupcu
while( PointerEnd != PointerStart ) // konec, kdyz jsou vyslany vsechny data znaku
{
    if( CounterBits == 8 ) // pri osmem bitu vezme dalsi bajt
    {
        CounterBits = 0; // vynuluje pocitadlo bitu
        Bits = pgm_read_byte(&(Tahoma11x13[PointerStart ])); // veme novy bajt ze spravne znakove sady
        PointerStart++; // pocitadlo bajtu, které se mají vyslat
    }
    if( Bits & 0x01 ) TFT_SendData( ColFront ); // posila barvu bitu
    else TFT_SendData( ColBack );
    Bits = Bits >> 1; // posune se na dalsi bit
    CounterColumn++; // posune se na dalsi sloupec
    CounterBits++; // pocitadlo bitu
    if( CounterColumn == Column ) // kontrola, jestli je sloupec posledni
    {
        CounterColumn = 0; // vynuluje pocitadlo sloupcu
        TFT_SendData( ColBack ); // prida sloupec za pismeno
        CounterBits = 8; // novych 8 bitu
        TFT_SendData( ColBack ); // dalsi sloupec za pismenkem
        TFT_SendData( ColBack );
    }
}
Column += 2;
return Column; // vraci pocet spotrebovaných sloupců

```

Soubory ke stažení

Knihovna pro komunikaci s obvodem SSD1963, včetně funkce pro inicializaci obvodu

[TFT_SSD1963.h](#)

[TFT_SSD1963.c](#)

Knihovna obsahuje grafické funkce

[TFT_GraphicFunctions.h](#)

[TFT_GraphicFunctions.c](#)

Knihovna obsahuje alfanumerické funkce pro psaní textu a číslic

[TFT_AlphanumericFunctions.c](#)

[TFT_AlphanumericFunctions.h](#)

Fonty, které mohou být použity v knihovně alfanumerických funkcí

[TFT_Tahoma32x33](#)

[TFT_Tahoma30x32](#)

[TFT_Tahoma15x16](#)

[TFT_Tahoma11x13](#)

[TFT_Segoe_Print28x47](#)

[TFT_Segmental30x33](#)

[TFT_Nixie_One33x32](#)

[TFT_Nixie_One38x37](#)

[TFT_Nixie_One45x43](#)

[TFT_Nixie_One50x47](#)

[TFT_Segmental11x13](#)

[TFT_Segmental15x17](#)

[TFT_Segmental21x25](#)

Autor článku: František OK2JNJ