

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

ŘPS – úloha MODBUS MR4M

Ing. Josef Grosman

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Tento materiál vznikl v rámci projektu ESF CZ.1.07/2.2.00/07.0247
Reflexe požadavků průmyslu na výuku v oblasti automatického řízení a měření,
který je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

Řídicí počítačové systémy

Úloha pro samostatná cvičení - MR4M

Implementace protokolu MODBUS RTU na PC a mikropočítačích řady 51 pro uzly Master (Klient) na PC, Slave (Server) na mikropočítači

Požadované implementované funkce:

- zápis jediného vnitřního registru (Holding) do uzlu Slave,
- zápis jediného bitového stavu (Coil) do uzlu Slave.

Rozhraní: RS232, standardní rámec 8,N,2

1. část: propojení PC – PC (C# MSVS)
2. část: propojení PC – mikropočítač

Rozhraní: RS485, standardní rámec 8,N,2

3. část: propojení mikropočítač – mikropočítač

Funkce pro podporu aplikace protokolu MODBUS:

- v souboru Modbus.dll a Modbus.cs pro PC (C#),
- v souboru Modbus.H a Modbus.C pro mikropočítač

MASTER (klient)

V pravidelných časových intervalech generuje 16 bitovou hodnotu a předává požadavek na zápis do uzlu SLAVE

V pravidelných časových intervalech generuje 1 bitovou informaci a předává požadavek na zápis do uzlu SLAVE

kód funkce: 06
+ data

potvrzení

kód funkce: 05
+ data

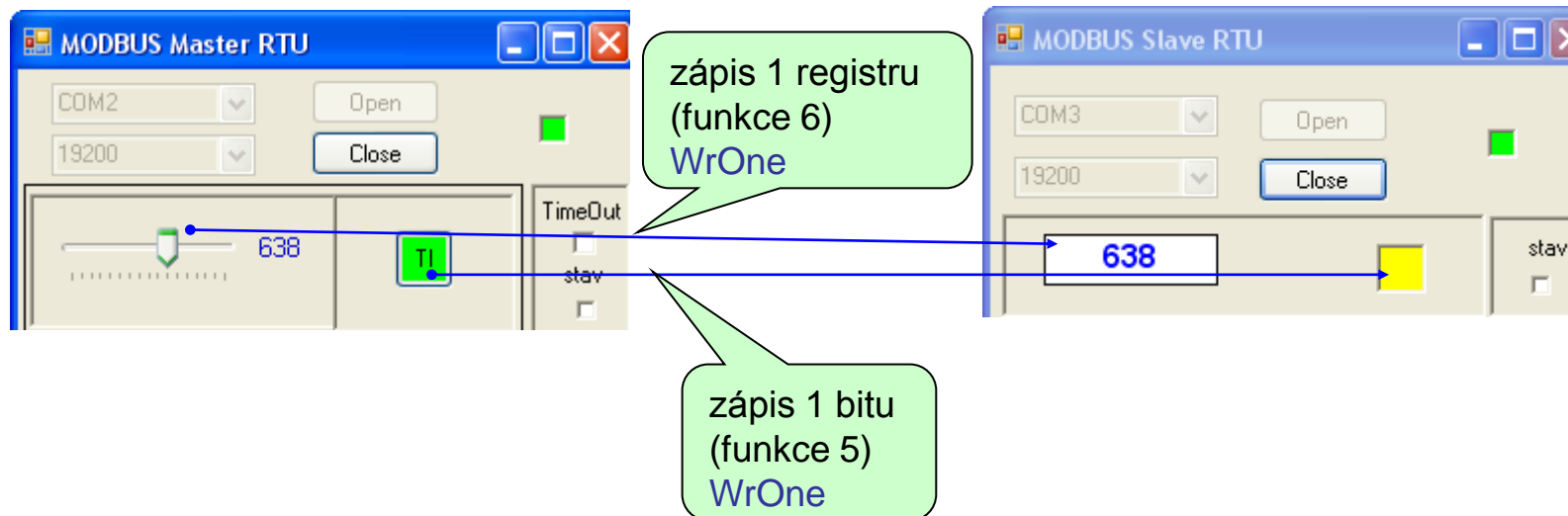
potvrzení

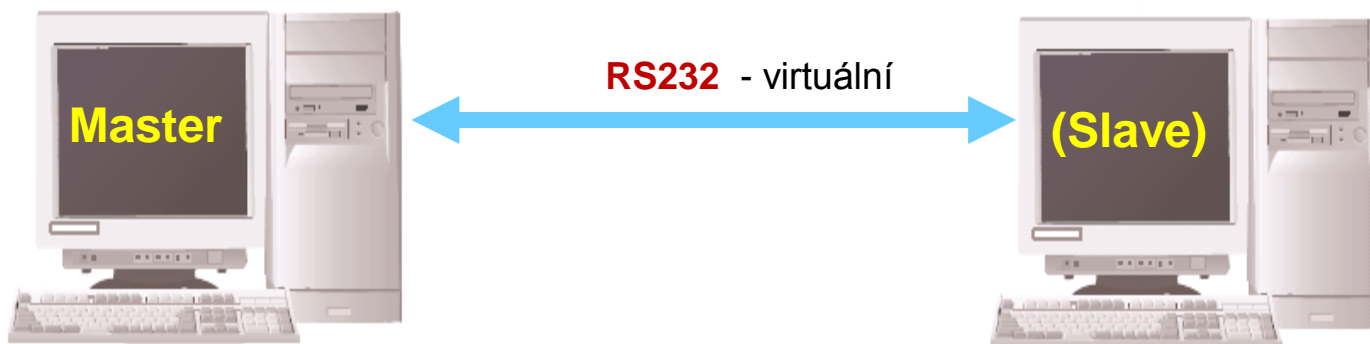
SLAVE (server)

Po příjmu hodnotu zobrazí a odešle potvrzovací odpověď

Po příjmu informaci zobrazí a odešle potvrzovací odpověď

1.část : PC-PC (varianta C#)





Podpora pro PC **Modbus.dll** (zdrojový kód **Modbus.cs**)

C:\PRS_podklady\modbus\sharp\
N:\RPS\cviceni_04_modbus\sharp\

modbus.dll

Podpora pro testování ModbusMaster.exe a ModbusSlave.exe

C:\PRS_podklady\modbus\sharp\exe\
N:\RPS\cviceni_04_modbus\sharp\exe\

ModbusMaster.exe
ModbusSlave.exe

Zařazení Modbus.dll do aplikace

1. **pravé tlačítko myši**
2. **Add Reference...**
3. **Add Reference**
 .NET COM Projects Browse Recent
 Oblast hledání: sharp
 exe
 Modbus.dll
4. **using** System;
 using System.Collections.Generic;
 using System.ComponentModel;
 using System.Data;
 using System.Drawing;
 using System.Linq;
 using System.Text;
 using System.Windows.Forms;
 using System.IO.Ports;
 using Modbus;
 namespace projektModbus
 {

Podpora pro PC **Class lib** **Modbus.dll** - zdrojový kód **Modbus.cs**

```
namespace Modbus;
```

```
class ModbusRTU
```

```
// metody pro Modbus RTU
```

```
ushort RdWord(byte[] bf,int n);  
int WrWord(ushort val,byte[] bf,int n);
```

```
ushort Crc(byte[] bf,int len);  
int WrCrc(ushort crc,byte[] bf,int n);  
ushort RdCrc(byte[] bf,int n);
```

```
int WrOne(byte adr,byte fce,ushort reg,ushort val,byte[] bf);  
int Rd(byte adr,byte fce,ushort reg,ushort nbr,byte[] bf);  
int Wr(byte adr,byte fce,ushort reg,int nbr,byte[] vals,byte[] bf);
```

```
int AnsRd(byte adr,byte fce,int bytes,byte[] vals,byte[] bf);  
int AnsWr(byte adr,byte fce,ushort reg,ushort val,byte[] bf);  
int AnsErr(byte adr,byte fce,byte err,byte[] bf);
```

| Užité metody třídy ModbusRTU v aplikaci z Modbus.dll | |
|---|---------|
| aplikační | pomocné |
| WrOne | RdWord |
| AnsWr | WrWord |
| AnsErr | Crc |
| | WrCrc |
| | RdCrc |
| Poznámka: v hlavním programu v sekci using přidat Modbus | |

| Definované a doporučené hodnoty | | |
|---------------------------------|----------|---------|
| význam | symbol | hodnota |
| Adresa uzlu Slave | ADR_S | 1 |
| Funkce zápis registru | FCE_WREG | 6 |
| Funkce zápis bitu | FCE_WBIT | 5 |
| Adresa zapisovaného registru | REG_WR | 0 |
| Adresa zapisovaného bitu | BIT_WR | 0 |

adr. slavu, kód funkce, adr. registrů a bitů, hodnoty, CRC



bfout

→ RS232

bfin

← RS232

```
byte []bfin = new byte[256];  
byte []bfout = new byte[256];
```

bfout[0] **adresa slavu**

bfout[1] **kód funkce**

.

.

Master – implementace na PC (klient)

Konfigurace:

Realizuje funkce (požadavky na server)

- požadavek na zápis jediného vnitřního registru (hodnota 0 až 1023) – funkční kód 6
metoda `WrOne` třídy `ModbusRTU` s kódem funkce 6 (`FCE_WREG`)
- požadavek na zápis jediného bitového stavu – funkční kód 5
metoda `WrOne` třídy `ModbusRTU` s kódem funkce 5 (`FCE_WBIT`)

Požadavky odesílat střídavě v pravidelných časových intervalech 200 ms,
jen když je sériový kanál otevřen a Master je ve stavu **klidu**
realizace časovačem intervalu

Implementovat generování čekacího TimeOut intervalu 500 ms na odpověď od Slave,
po vypršení TimeOutu vyčkat 500 ms a vrátit se do stavu **klidu**

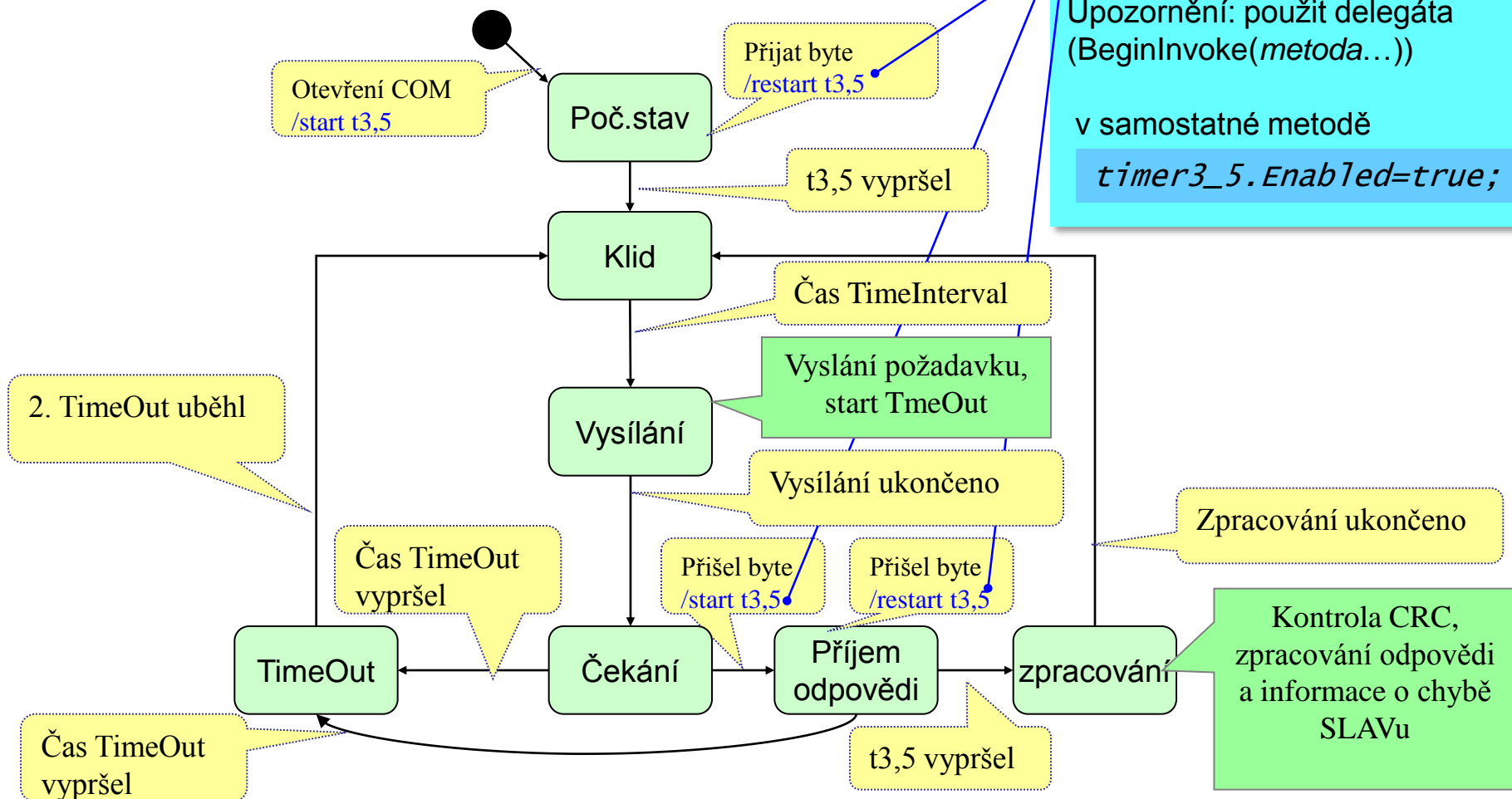
Zjednodušený příjem odpovědi

příchozí adresu Slave není nutno testovat, pouze správnost CRC
zpracovat jen chybové odpovědi od Slave a informovat o nich

Implementace generování intervalu 3,5 znaku pro ukončení příjmu zprávy

Omezená (žádná) implementace generování intervalu 1,5 znaku

Master – zjednodušený stavový diagram



```
enum Tstav{stPocatek,stKlid,stVysilani,stCekani,stPrijem,stTimeOut};
```

Master – počáteční stav

Click
(Open)

```
stav = Tstav.stPocatek;  
Timer3_5.Enabled=true;
```

DataReceived

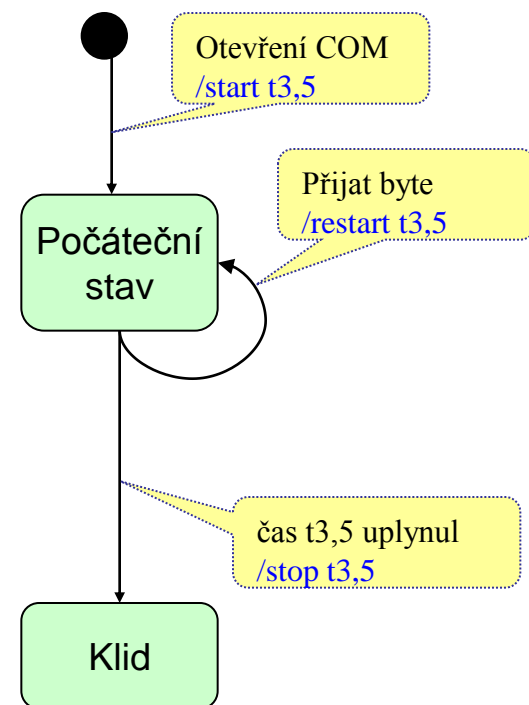
```
while(comPort.BytesToRead > 0){  
    byte b = (byte)comPort.ReadByte();  
    switch(stav){  
        case Tstav.stPocatek: break;  
        case Tstav.stCekani:  
            .  
        case Tstav.stPrijem:  
            .  
    }  
}  
BeginInvoke(metoda ...);
```

timer3_5.Enabled=true;

Tick
3_5

```
Timer3_5.Enabled=false;  
switch(stav){  
    case Tstav.stPocatek: stav=Tstav.stKlid;  
        break;
```

Tstav stav;



Master – vyslání požadavku

Časovač **Sample**

střídavě každých cca 200 ms vysílá rámec s funcí **5** (zápis bitu) a **6** (zápis registru)

5 6 5 6 5 6

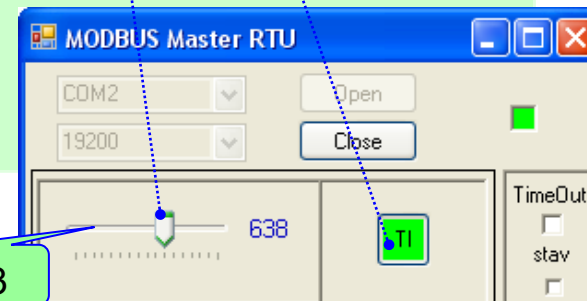
ModbusRTU Mr;
bool prep;
Tstav stav;

Tick
Sample

```
if (comPort.IsOpen && stav == Tstav.stKlid)
{
    stav=Tstav.stVysilani;
    prep = !prep;
    if (prep) n=Mr.WrOne(ADR_S,FCE_WBIT,BIT_WR,val,bfout)
    else n=Mr.WrOne(ADR_S,FCE_WREG,REG_WR,pot,bfout);
    n=Mr.WrCrc(Mr.Crc(bfout,n),bfout,n);
    comPort.Write(bfout,0,n);
    TimerOut.Interval=500;
    TimerOut.Enabled=true;
    stav=Tstav.stCekani;
}
```

stisk: 0xFF00
jinak: 0

0 až 1023



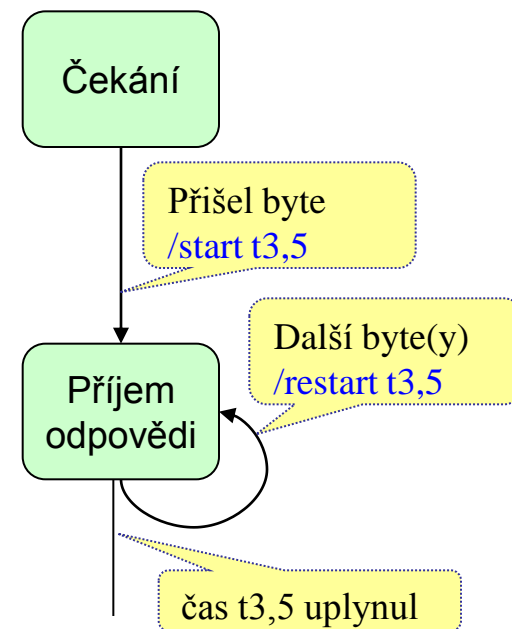
Master – příjem odpovědi

DataReceived

```
Tstav.stCekani:  
    stav=Tstav.stPrijem;  
    bfin[0]=b;  
    ix=0;  
    break;  
  
Tstav.stPrijem:  
    ix++;  
    bfin[ix]=b;  
    break;
```

Tick
3_5

```
switch(stav){  
    .  
    case Tstav.stPrijem:  
        . // zpracování odpovědi
```



Master – zpracování odpovědi

1. LRC

```
if(Mr.Crc(bfin,ix-1)!=Mr.RdCrc(bfin,ix-1)
{
    .. možná informace o chybné CRC
}
else {
```

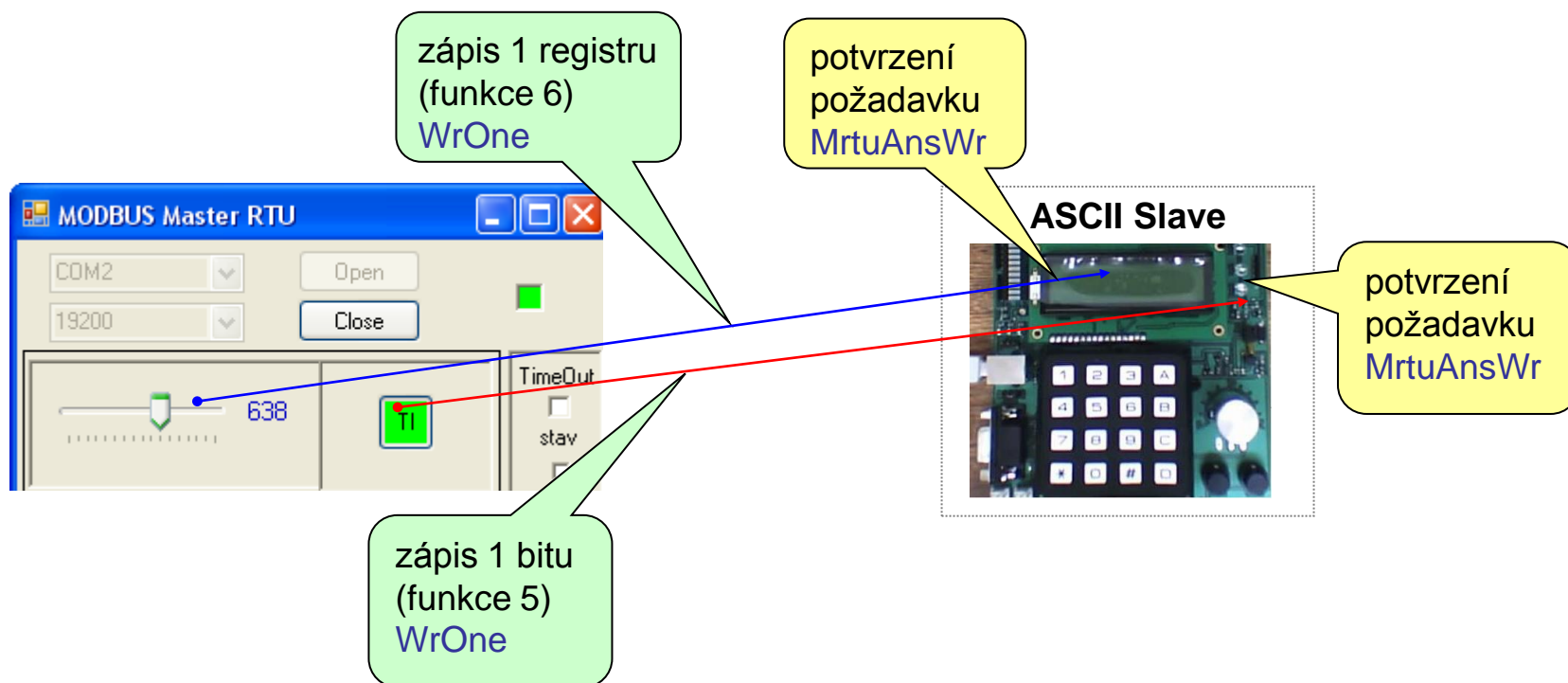
2. adresa a kód funkce

```
adr_r=bfin[0];
kod_r=bfin[1];
```

3. informace o chybě Slavu

```
if (kod_r>=0x80)
{
    er= bfin[2];
    switch (er) {
        informace o chybě slavu
    }
}
stav=Tstav.stklid;
```

2.část : PC – mikropočítač



pro mikropočítač (2. část)



Podpora pro mikropočítač **Modbus.c, Modbus.h**

C:\RPS_podklady\modbus\C\
N:\RPS\cviceni_04_modbus\C\

MODBUS.C
MODBUS.H
MAIN.C
ADC.C
LCD.C
LEDBAR.C
TYPY.H

Podpora pro mikropočítač prototypy funkcí **Modbus.H** – zdrojový kód **Modbus.C**

```
byte WrWord(word val,byte *bf);  
word RdWord(byte *bf);  
word MrtuRdCrc(byte *bf);  
byte MrtuWrCrc(word crc,byte *bf );
```

```
byte MrtuWr(byte adr,byte fce,word reg,word nbr,byte *vals,byte *bf);  
byte MrtuWrOne(byte adr,byte fce,word reg,word val,byte *bf);  
byte MrtuRd(byte adr,byte fce,word reg,word val,byte *bf);
```

```
byte MrtuAnsErr(byte adr,byte fce,byte er,byte *bf);  
byte MrtuAnsRd(byte adr,byte fce,byte reg,byte *vals,byte *bf);  
byte MrtuAnsWr(byte adr,byte fce,word reg,word val,byte *bf);
```

```
word MrtuCrc(byte *bf, byte len);
```

| Užité funkce v aplikaci ze souboru Modbus.C | |
|---|-----------|
| aplikační | pomocné |
| MrtuWrOne | RdWord |
| MrtuAnsWr | WrWord |
| MrtuAnsErr | MrtuCrc |
| | MrtuWrCrc |
| | MrtuRdCrc |
| Poznámka: v hlavním programu <code>#include "Modbus.H"</code> | |

| Definované a doporučené hodnoty | | |
|---------------------------------|----------|---------|
| význam | symbol | hodnota |
| Adresa uzlu Slave | ADR_S | 1 |
| Funkce zápis registru | FCE_WREG | 6 |
| Funkce zápis bitu | FCE_WBIT | 5 |
| Adresa zapisovaného registru | REG_WR | 0 |
| Adresa zapisovaného bitu | BIT_WR | 0 |

adr. slavu, kód funkce, adr. registrů a bitů, hodnoty, CRC



bfout

→ RS232

bfin

← RS232

```
//globální  
xbyte bfin[256],bfout[256];
```

bfout[0] **adresa slavu**
bfout[1] **kód funkce**
.
.

funkce pro vyslání zprávy:
- bf: pointer na pole znaků
- len: počet bytů k vyslání

```
void SendBuf(byte *bf,byte len)  
{  
    byte byteOut=*bf++;  
    TI=0;  
    SBUF=byteOut;  
    while(--len)  
    {  
        byteOut=*bf++;  
        while(!TI);  
        SBUF=byteOut;  
        TI=0;  
    }  
}
```

Časový interval 3,5 znaku – generování časovačem T1 v režimu 1

Formát UART: 8,N,2 \rightarrow 11 bitů , $f_{\text{bit}} = 19200 \text{ bit/s} \rightarrow t_{\text{bit}} = 1/f_{\text{bit}}$

$$t_{3,5} = 3,5 \cdot 11 \cdot t_{\text{bit}} \approx 2 \text{ ms tik}$$

pro časovač T1 : $t_{3,5} = N3_5 \cdot 12 / f_{\text{osc}}$

pro sériový kanál řízený časovačem T2 je $t_{\text{bit}} = 32 \cdot \text{NBIT} / f_{\text{osc}}$

$$t_{3,5} = 3,5 \cdot 11 \cdot 32 \cdot \text{NBIT} / f_{\text{osc}} = N3_5 \cdot 12 / f_{\text{osc}}$$

$$N3_5 = \text{NBIT} \cdot 109 \rightarrow \text{\#define N3_5 } 109 * \text{NBIT}$$

(re)start t3,5

```
TH1=(word)(-N3_5) >> 8;  
TL1=(byte)(-N3_5);  
TF1=0`  
TR1=1;
```

čas uplynul: přerušení nebo
1 \rightarrow TF1

Poznámka: oba časovače T0 a T1 budou nastaveny v režimu 1: TMOD = 0x11;

Slave – implementace na mikropočítači (server)

Konfigurace:

Přijímá požadavky od klienta a vrací odpovědi

- požadavek na zápis jediného vnitřního registru (hodnota 0 až 1023) – funkční kód 6, hodnotu zobrazí a vrací potvrzení o přijetí požadavku

aplikační funkce MrtuAnsWr s kódem přijaté funkce

- požadavek na zápis jediného bitového stavu – funkční kód 5, stav indikuje a vrací potvrzení o přijetí požadavku

aplikační funkce MrtuAnsWr s kódem přijaté funkce

Kontrolovat přijatý požadavek a vracet chybovou odpověď v případě neimplementované funkce, neexistující adresy registru nebo bitu a hodnoty mimo rozsah

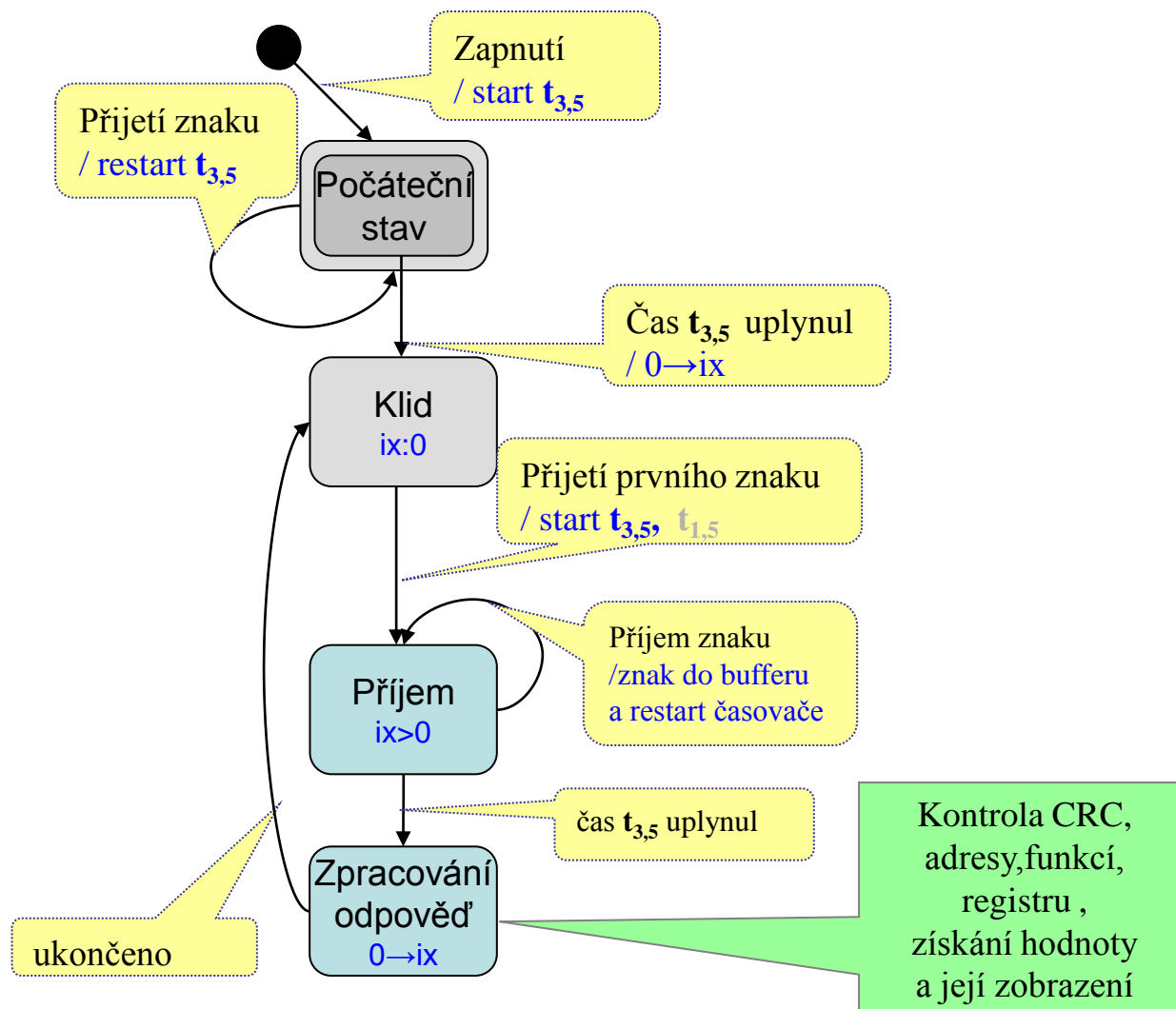
aplikační funkce MrtuAnsErr s upraveným kódem funkce a typem chyby

Skupinové vysílání ignorovat .

Implementace generování intervalu 3,5 znaku pro ukončení příjmu zprávy časovačem T1

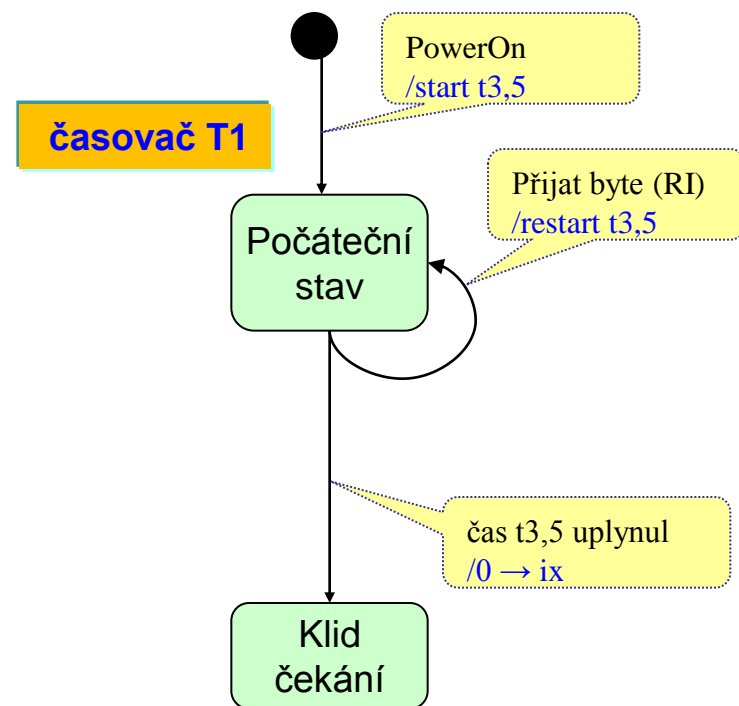
Omezená (žádná) implementace generování intervalu 1,5 znaku

Slave – zjednodušený stavový diagram



Slave– počáteční stav

```
void main(void)
{
    .. // inicializace
    do
    {
        RI=0;
        TH1=(word)(-N3_5) >> 8;
        TL1=(byte)(-N3_5) ;
        TR1=1;
        while(!TF1);
        TF1=0;
        TR1=0;
    } while(RI);
    ix=0;
    while(1)
    {
        ..
    }
}
```

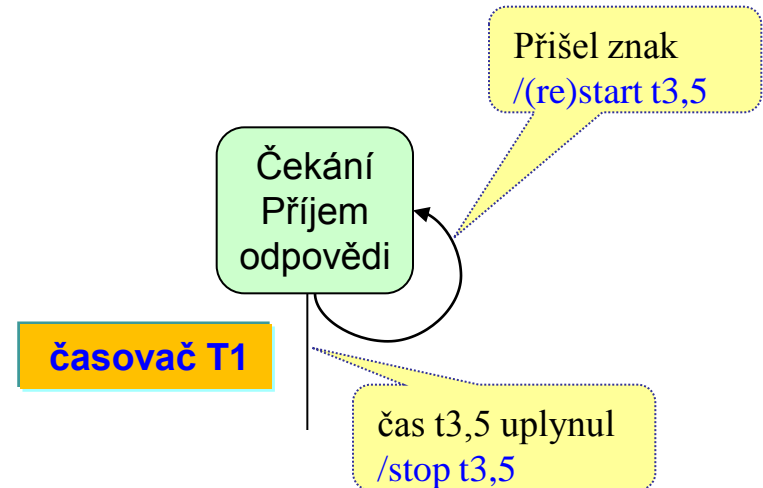


Slave – příjem požadavku

```
if (RI)
{
    bfin[ix++]=SBUF;
    RI=0;
    TH1=(word)(-N3_5) >> 8;
    TL1=(byte)(-N3_5) ;
    TF1=0;
    TR1=1;
}
```

```
if(TF1)
{
    TR1=0;
    . //zpracování požadavku

    .
    ix=0;
}
```



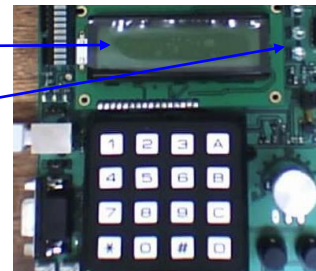
Slave – zpracování požadavku, kontrola položek, příprava odpovědi

CRC
a adresa

```
if((bfin[0]==ADR_S)&&(MrtuCrc(bfin,ix-2)==MrtuRdCrc(bfin+ix-2)))  
{
```

kód
funkce

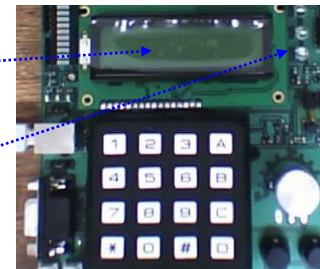
```
er=0;  
switch(kod_r=bfin[1])  
{  
    case FCE_WREG:  
        .  
        .  
    case FCE_WBIT:  
        .  
        .  
    default: er=1;  
}
```



Slave – zpracování požadavku, kontrola položek, příprava odpovědi

FCE_WREG:

```
if((reg=RdWord(bfin+2))!=REG_WR) er=2;
else if((val=RdWord(bfin+4))>1023) er=3;
else printf(...);
if(er==0) itx=MrtuAnswr(ADR_S,kod_r,reg,val,bfout);
break;
```



FCE_WBIT:

```
if((reg=RdWord(bfin+2))!=BIT_WR) er=2;
else if((val=RdWord(bfin+4))!=0 && val!=0xFF00) er=3;
else LED_G ...;
if(er==0) itx=MrtuAnswr(ADR_S,kod_r,reg,val,bfout);
break;
```

byte bity[1];

chyba

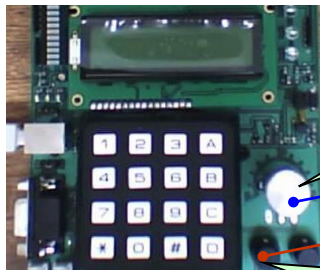
```
if(er)itx=MrtuAnsErr(adr_r,kod_r|0x80,er,bfout);
```

odeslání
odpovědi

```
DIR485=1; /* na vysílání */
itx+=MrtuWrCrc(MrtuCrc(bfout,itx),bfout+itx);
SendBuf(bfout,itx);
DIR485=0; /* zpět na příjem */
```

3.část : mikropočítač – mikropočítač

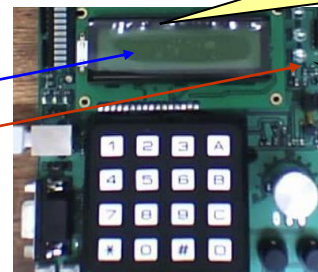
RTU Master



zápis hodnoty
potenciometru
(funkce 6)
MrtuWrOne

zápis stavu
tlačítka
(funkce 5)
MrtuWrOne

RTU Slave



potvrzení
požadavku
MrtuAnsWr

potvrzení
požadavku
MrtuAnsWr

Pro 3.část : mikropočítač – mikropočítač

je nezbytné

- 1. správně nastavit propojky pro modul UART
bud' přenos konektorem USB
nebo přenos konektory RS232/485**
- 2. správně přepínat budič RS485
pro příjem
nebo pro vysílání**

**Propojky volby
pro modul UART**

USB x RS

Pro nahrávání
programu : **USB**
Aplikace : **RS**

Propojky volby RS

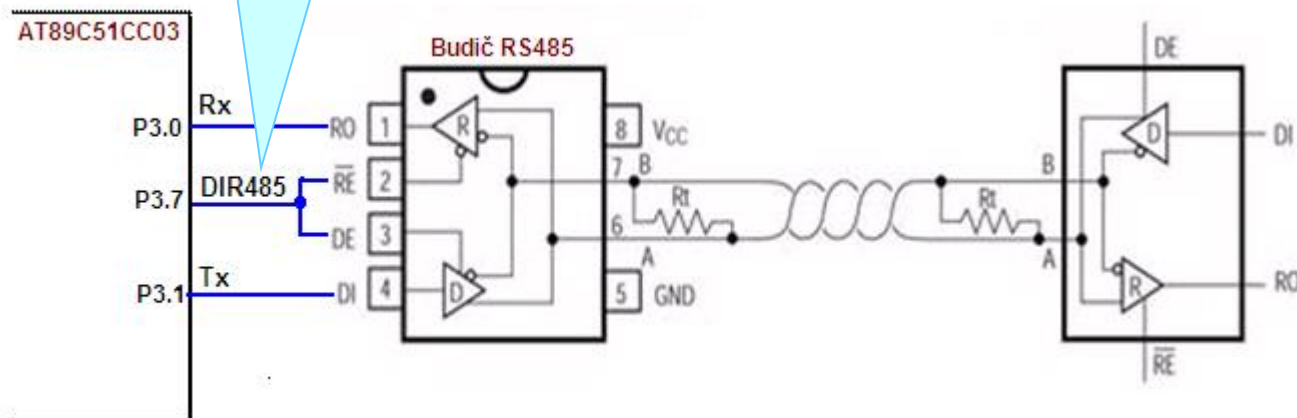
RS232 x RS485

Aplikace : **RS85**

RS485 konektory



#define DIR485 P3_7



| DIR485 | směr |
|--------|---------------|
| 0 | Rx (příjem) |
| 1 | Tx (vysílání) |

1. Nastavit na příjem (0)
2. Před vysláním zprávy nastavit na vysílání (1) a po vyslání zprávy zpět na příjem (0)