

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

ŘPS – úloha MODBUS MR3M

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 - MR3M

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

Požadované implementované funkce:

- čtení 16bitového vnitřního registru (Holding) z uzlu Slave,
- čtení bitového stavu (Coil) z 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 požadavek na čtení 16bitové hodnoty z uzlu SLAVE a zobrazuje ji

V pravidelných časových intervalech generuje požadavek na čtení bitové informace z uzlu SLAVE a zobrazuje ji

SLAVE (server)

Po příjmu požadavku hodnotu odešle

Po příjmu požadavku stav bitu odešle

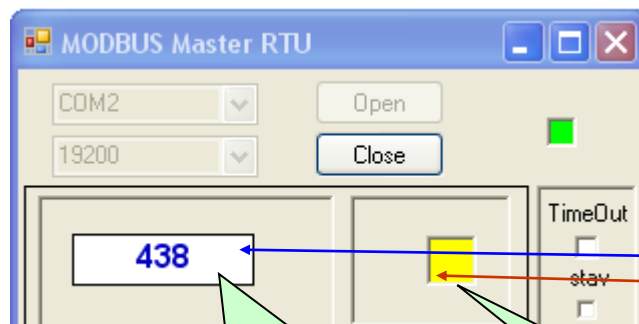
kód funkce: 03

data

kód funkce: 01

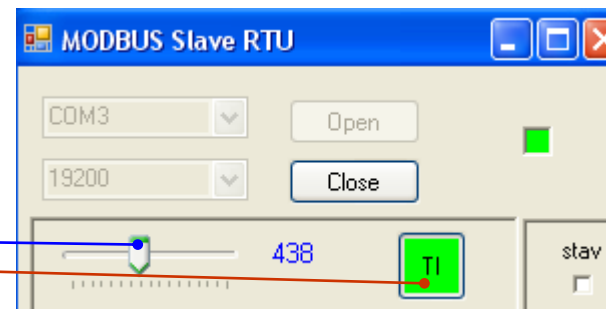
data

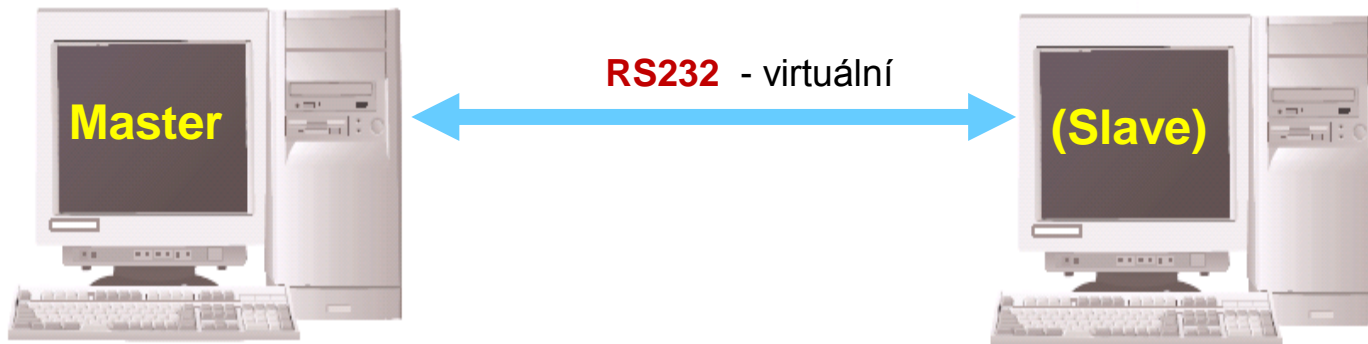
1.část : PC-PC (varianta C#)



čtení jednoho
registru
(funkce 3)
Rd

čtení bitu
(funkce 1)
Rd





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

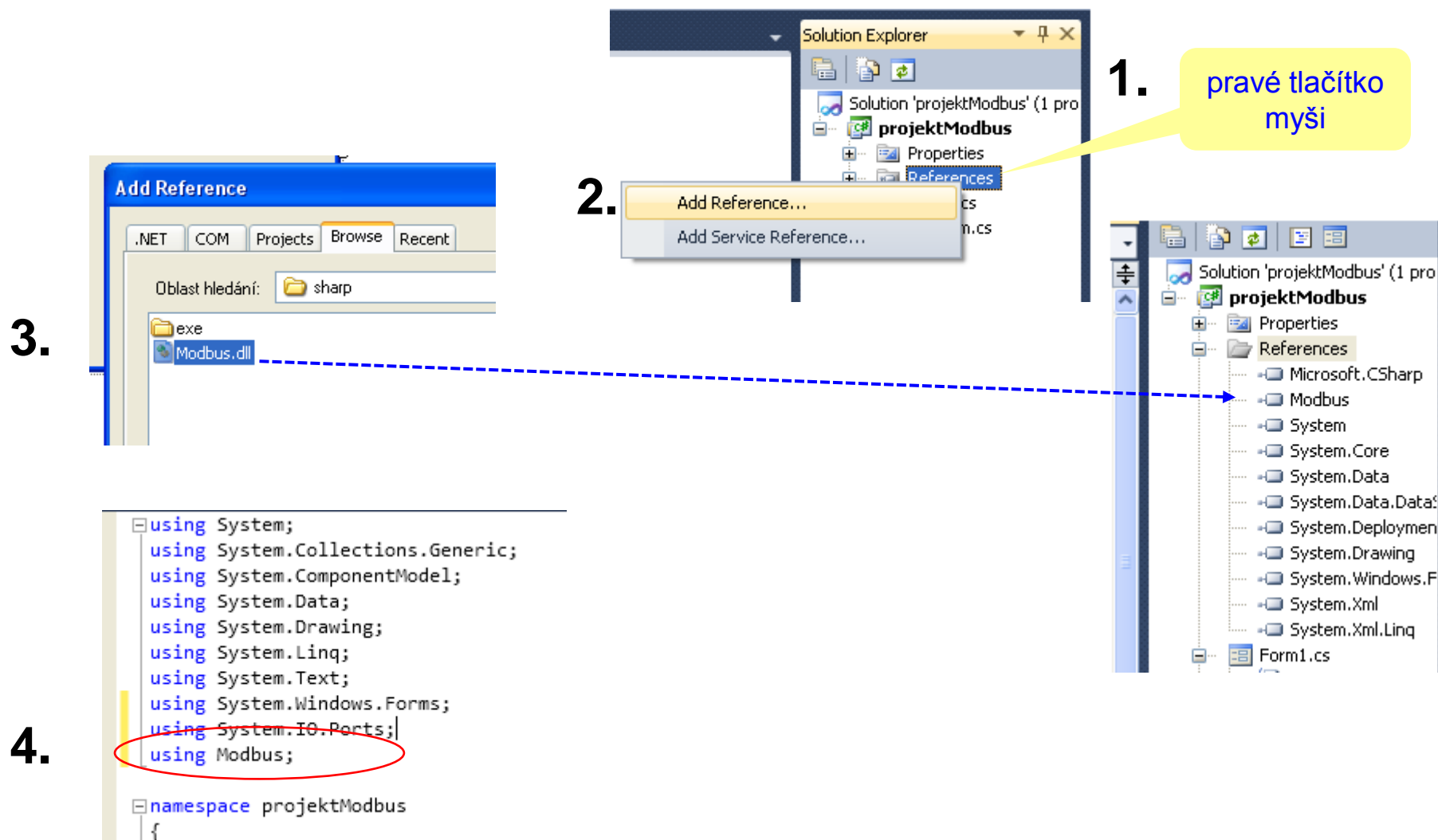
Zařazení Modbus.dll do aplikace

1. pravé tlačítko myši

2.

3.

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
Rd	RdWord
AnsRd	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 čtení registru	FCE_RREG	3
Funkce čtení bitu	FCE_RBIT	1
Adresa čteného registru	REG_RD	0
Adresa čteného bitu	BIT_RD	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 čtení 16bitové hodnoty vnitřního registru – funkční kód 3
metoda Rd třídy ModbusRTU s kódem funkce 3 (FCE_RREG)
- požadavek na čtení bitové hodnoty – funkční kód 1
metoda Rd třídy ModbusRTU s kódem funkce 1 (FCE_RBIT)

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

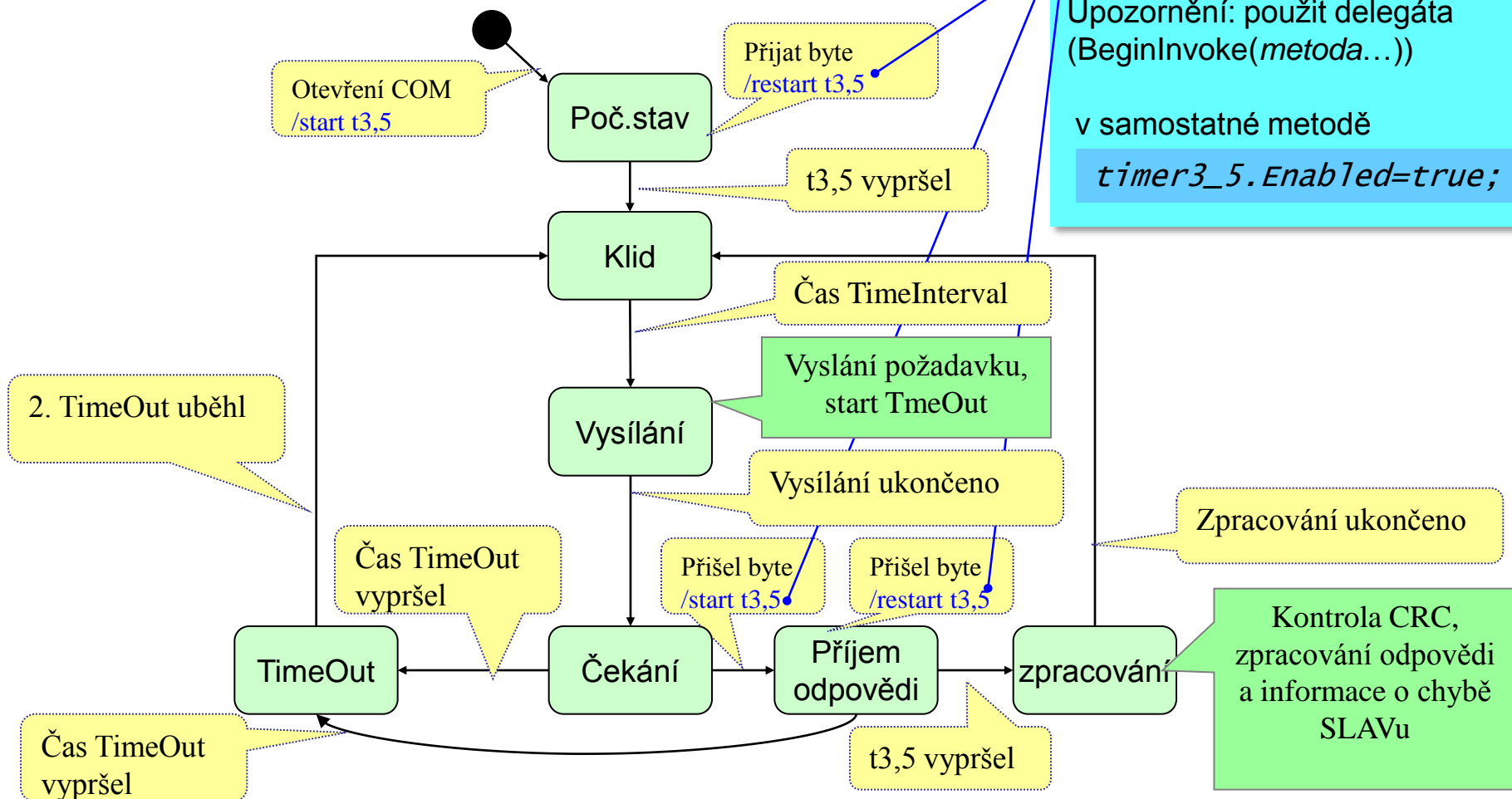
příchozí adresu Slave není nutno testovat, pouze správnost CRC
zpracovat odpovědi na požadavky čtení registru (FCE_RREG)
a čtení bitu (FCE_RBIT)

informovat o chybové odpovědi od Slave

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

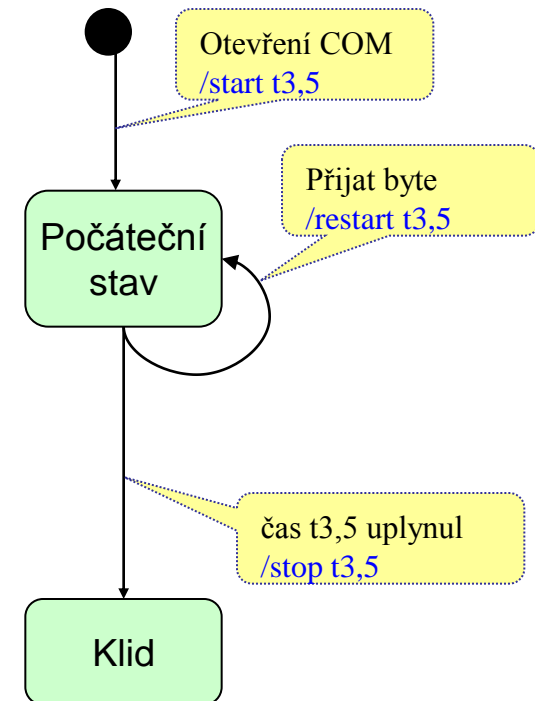
```
while(comPort.BytesToRead > 0){  
    byte b = (byte)comPort.ReadByte();  
    switch(stav){  
        case Tstav.stPocatek: break;  
        case Tstav.stCekani:  
            .  
        case Tstav.stPrijem:  
            .  
    }  
}  
BeginInvoke(metoda ...);
```

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 **1** (čtení bitu) a **3** (čtení registru)



ModbusRTU Mr;
bool prep;
Tstav stav;

Tick
Sample

```
if (comPort.IsOpen && stav == Tstav.stKlid)
{
    stav=Tstav.stVysilani;
    prep = !prep;
    if (prep) n=Mr.Rd(ADR_S,FCE_RBIT,BIT_RD,1,bfout)
    else n=Mr.Rd(ADR_S,FCE_RREG,REG_RD,1,bfout);
    n=Mr.WrCrc(Mr.Crc(bfout,n),bfout,n);
    comPort.Write(bfout,0,n);
    TimerOut.Interval=500;
    TimerOut.Enabled=true;
    stav=Tstav.stCekani;
}
```

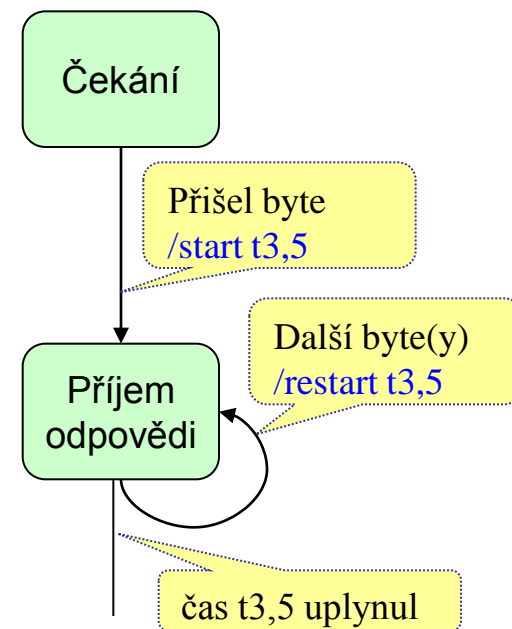
Master – příjem odpovědi

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 {
```

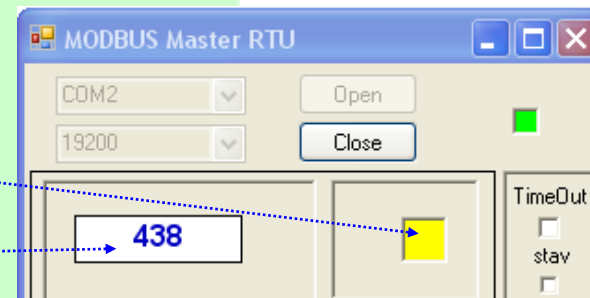
2. adresa a kód funkce

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

3. reakce na odpověď

```
switch (kod_r) {
    case FCE_RBIT:
        .
        .
    case FCE_RREG:
        .
        .
    default: if (kod_r>=0x80)
    {
        er = bfin[2]);
        switch (er) {
            informace o chybě slavu
        }
    }
}
stav=Tstav.stKlid;
```

4. informace o chybě Slavu



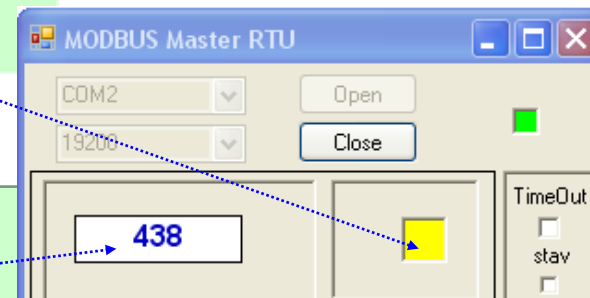
Master – zpracování odpovědi

FCE_RBIT:

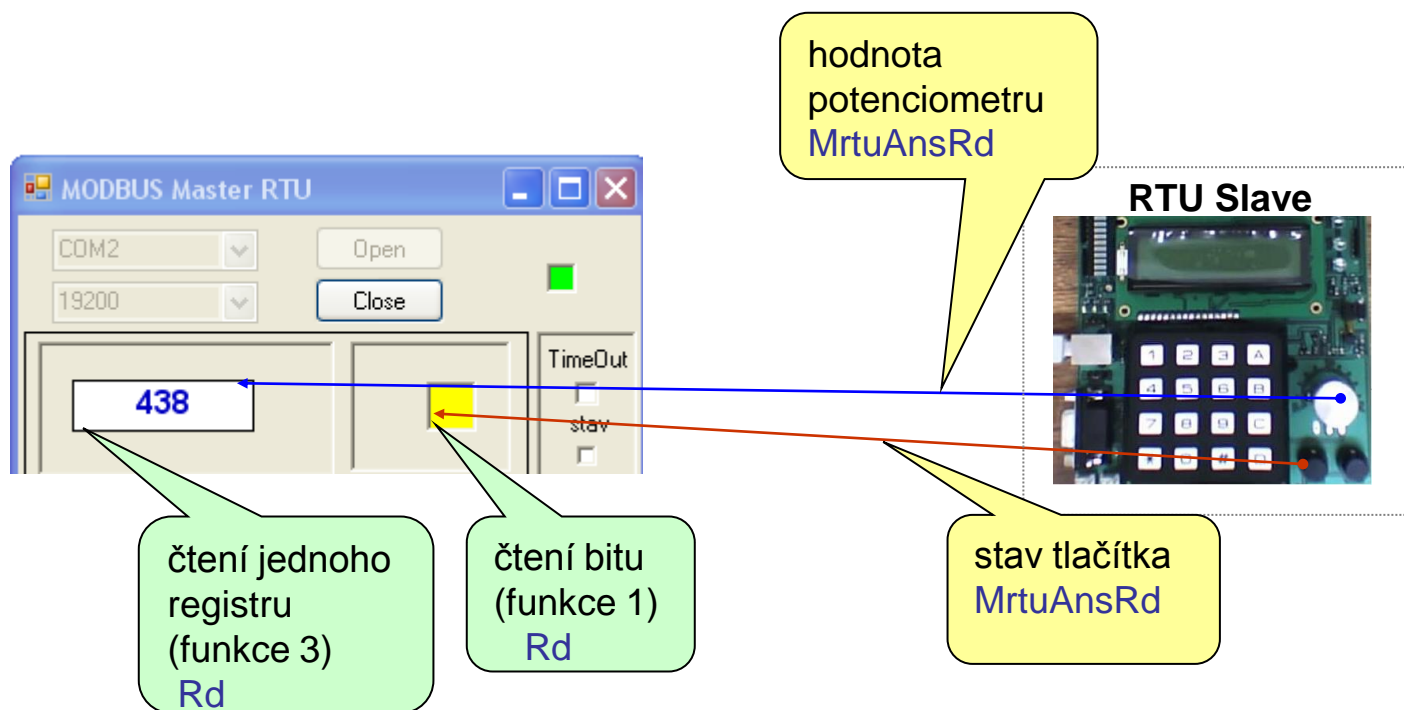
```
begin
  pocet=bfin[2];
  val=bfin[3];
  if (adr_r=ADR_S) and (pocet=1) then
    if (val and 1)=1 then žlutá
    else bílá
  end
```

FCE_RREG:

```
begin
  pocet=bfin[2];
  val=Mr.Rdword(bfin,3);
  ..
end
```



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
MrtuRd	RdWord
MrtuAnsRd	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 čtení registru	FCE_RREG	3
Funkce čtení bitu	FCE_RBIT	1
Adresa čteného registru	REG_RD	0
Adresa čteného bitu	BIT_RD	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 $t_{\text{bit}} = 32 \cdot \text{NBIT} / f_{\text{osc}}$

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

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

(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 čtení 16bitové hodnoty – funkční kód 3 a vrací požadovanou hodnotu,
[aplikační funkce MrtuAnsRd s kódem přijaté funkce](#)
- požadavek na čtení bitové hodnoty – funkční kód 1 a vrací stav požadovaného bitu
[aplikační funkce MrtuAnsRd s kódem přijaté funkce](#)

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

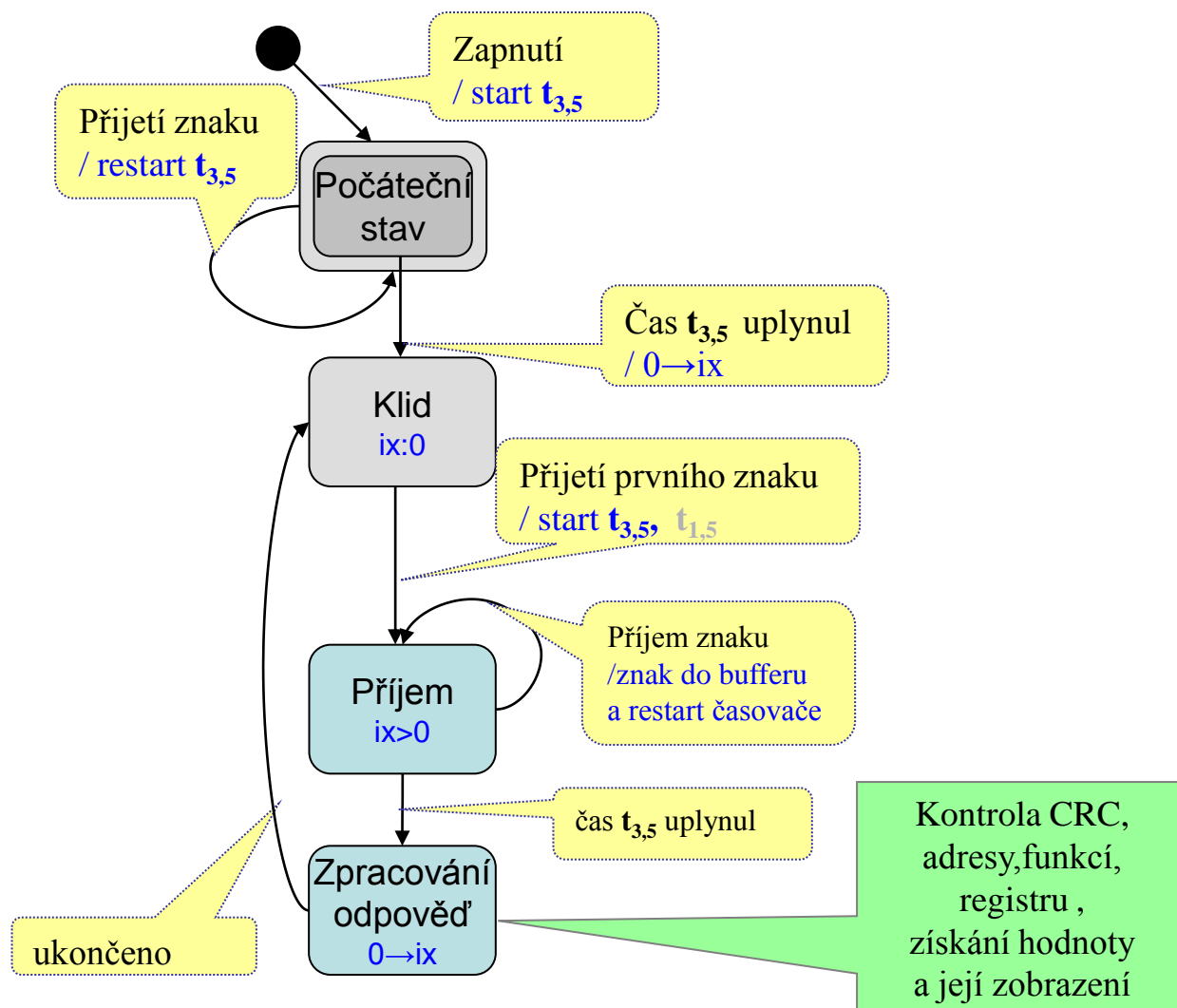
[aplikační funkce MrtuAnsErr s upraveným kódem funkce a typem chyby](#)

Skupinové vysílání ignorovat .

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

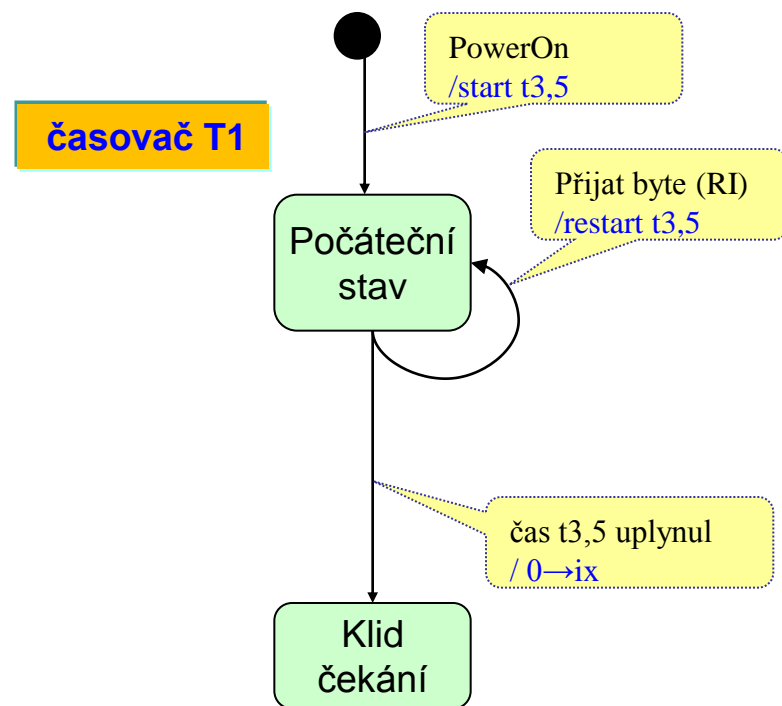
Omezená (žádná) implementace generování intervalu 1,5 znaku

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)
    {
        ..
    }
}
```



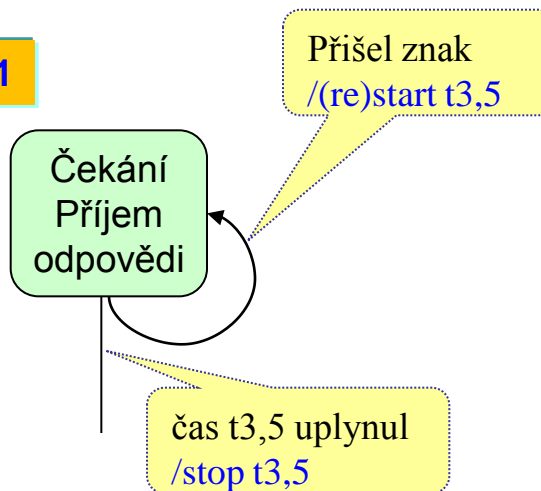
Slave – příjem požadavku

```
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;
}
```

časovač T1



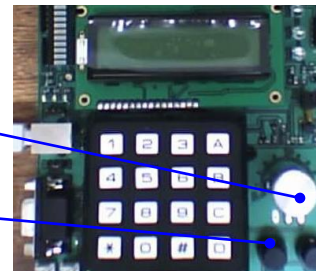
Slave – zpracování požadavku, kontrola položek, příprava odpovědi

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_RREG:  
        .  
        .  
    case FCE_RBIT:  
        .  
        .  
    default: er=1;  
}
```

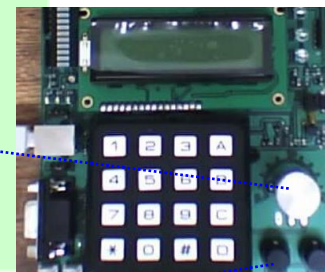


Slave – zpracování požadavku, kontrola položek, příprava odpovědi

FCE_RREG:

```
if((reg=RdWord(bfin+2))!=REG_RD || (pocet=RdWord(bfin+4))!=1)er=2;
else {
    val= ... ;
    vals[0]=val>>8;
    vals[1]=val;
    itx=MrtuAnsRd(ADR_S,kod_r,2,vals,bfout);
}
break;
```

byte vals[2];



FCE_RBIT:

```
if((reg=RdWord(bfin+2))!=BIT_RD || (pocet=RdWord(bfin+4))!=1)er=2;
else {
    vals[0]= ... ;
    itx=MrtuAnsRd(ADR_S,kod_r,1,bity,bfout);
}
break;
```

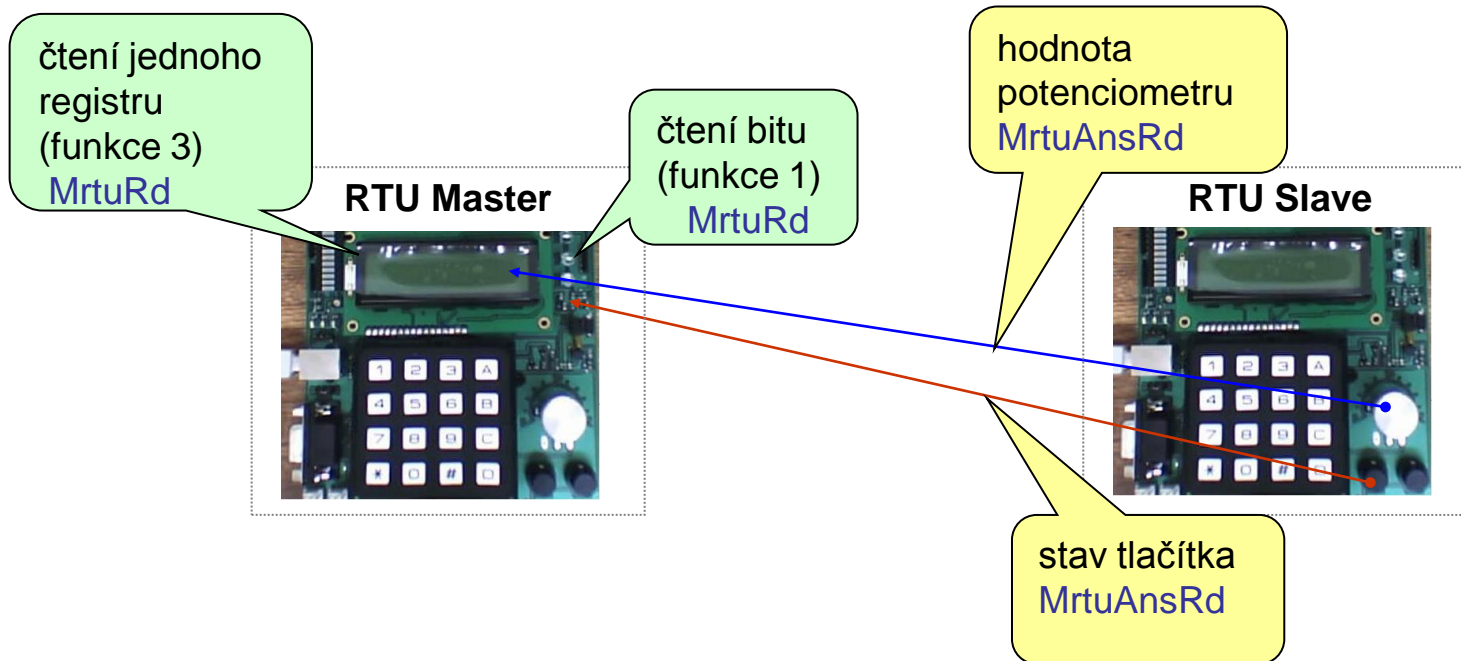
chyba

```
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



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

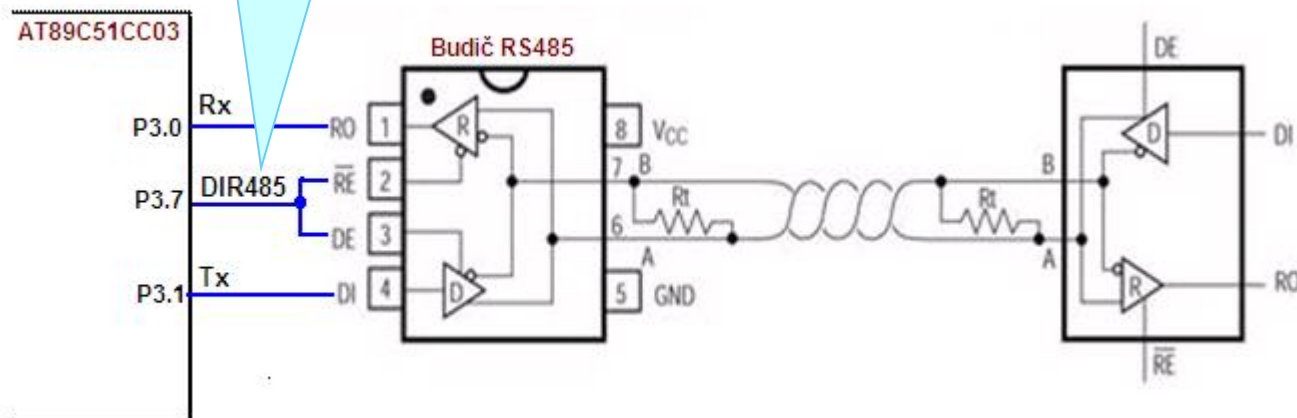
RS232 x RS485

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)