EVROPSKÁ UNIE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

ŘPS – úloha MODBUS MR3S

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 - MR3S

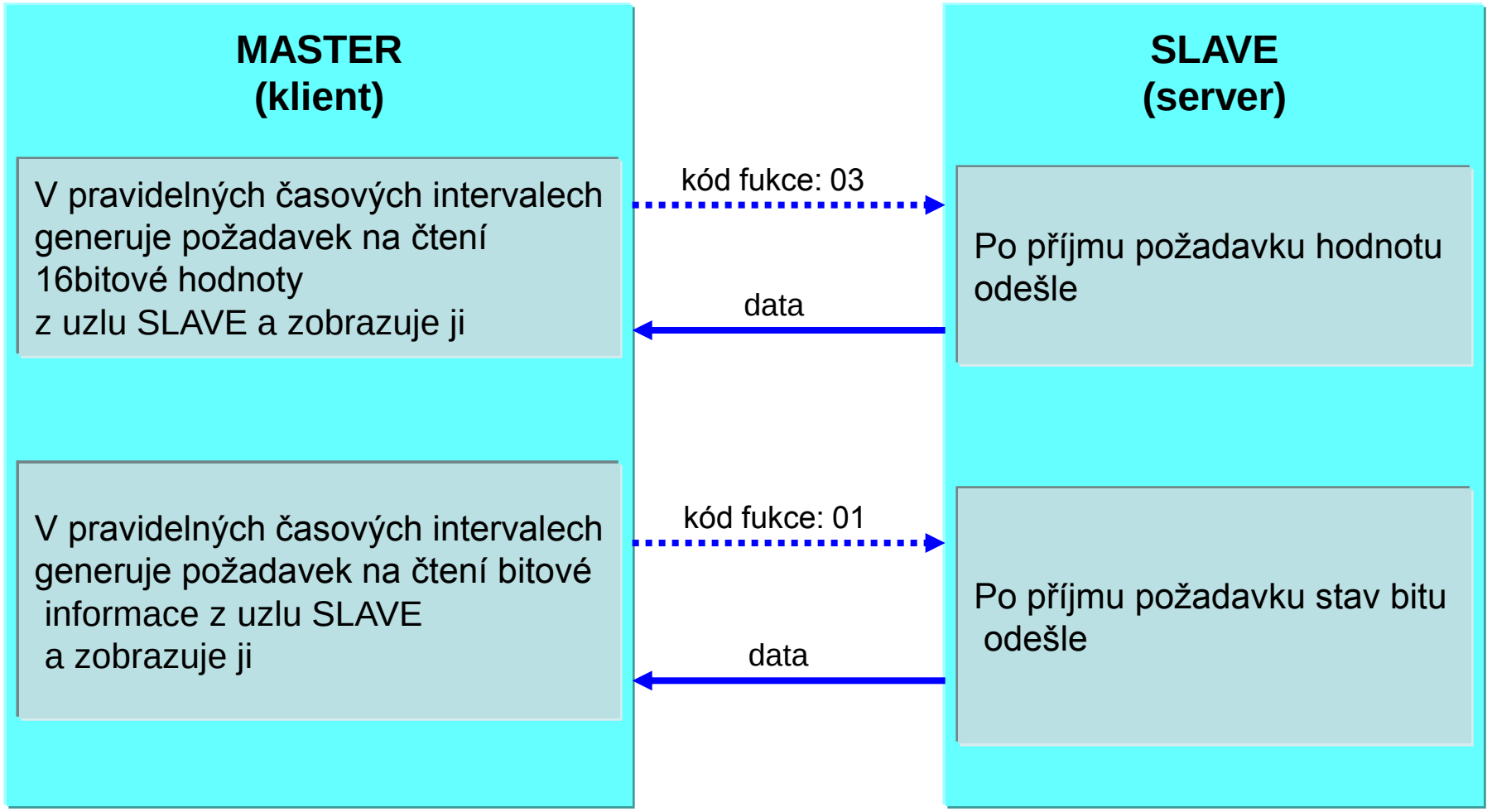
Implementace protokolu MODBUS RTU na PC a mikropočítačích řady ´51 pro uzly Slave (Server) na PC, Master (Klient) na mikropočítači.

Požadované implementované funkce:
- čtení 16bitového vnitřního registru (Holding) z uzlu Slave,
- čtení bitového stavu (Coil) z uzlu Slave.

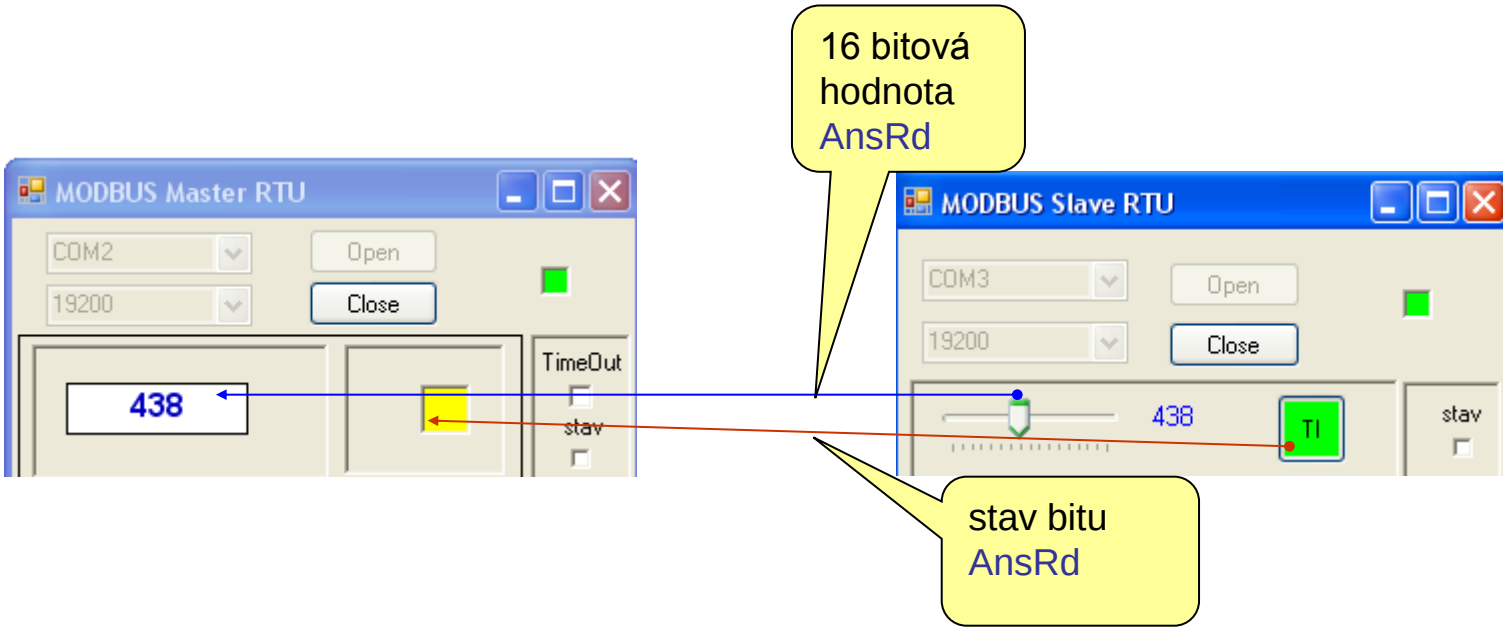
Rozhraní: RS232, standardní rámec 8,N,2
1. část: propojení PC – PC (C# MSVS)
2. část: propojení PC – mikropočítač

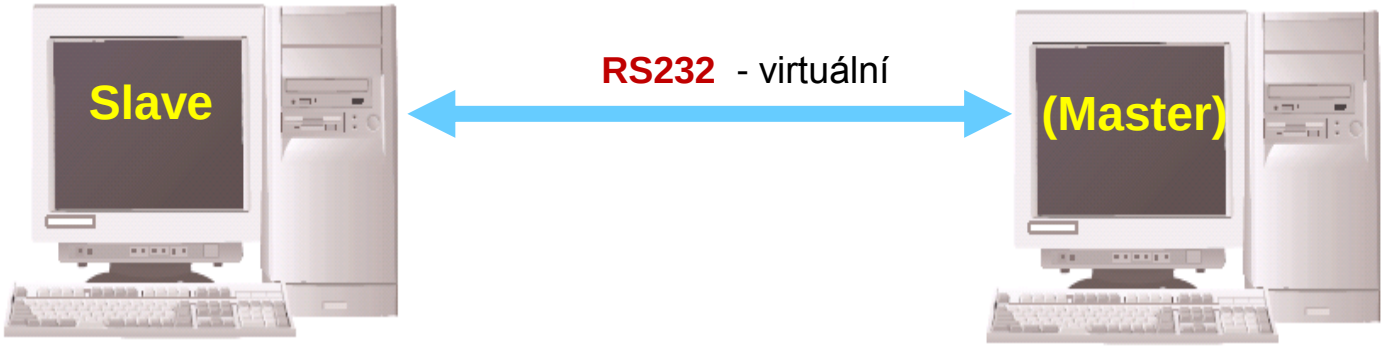
Rozhraní: RS485, standardní rámec 8,N,2
3. část: propojení mikropočítač – mikropočítač

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)
SLAVE
(server)
V pravidelných časových intervalech generuje požadavek na čtení 16bitové hodnoty z uzlu SLAVE a zobrazuje ji
kód fukce: 03
data
Po příjmu požadavku hodnotu odešle
V pravidelných časových intervalech generuje požadavek na čtení bitové informace z uzlu SLAVE a zobrazuje ji
kód fukce: 01
data
Po příjmu požadavku stav bitu odešle

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\

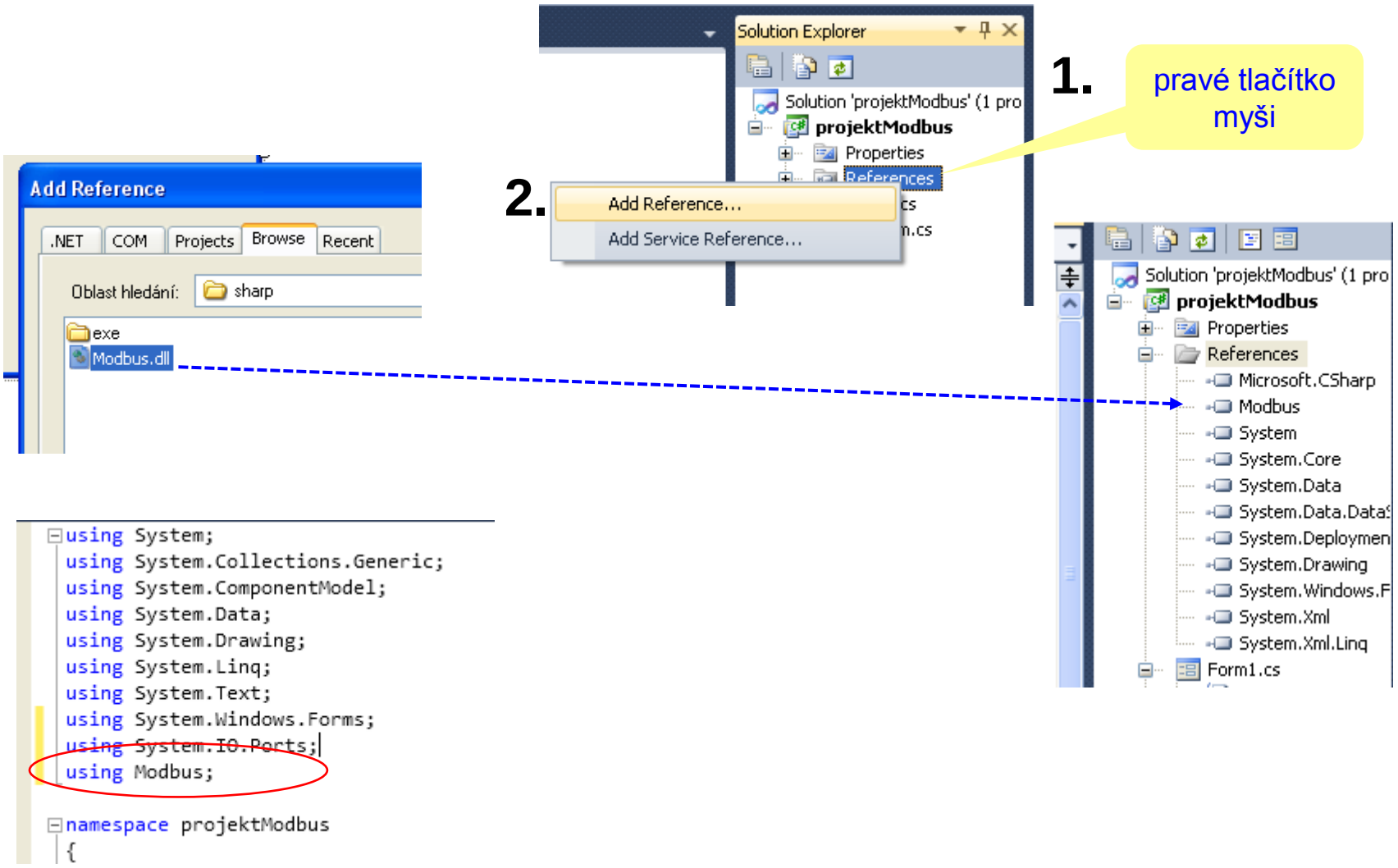
modbus.dll

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

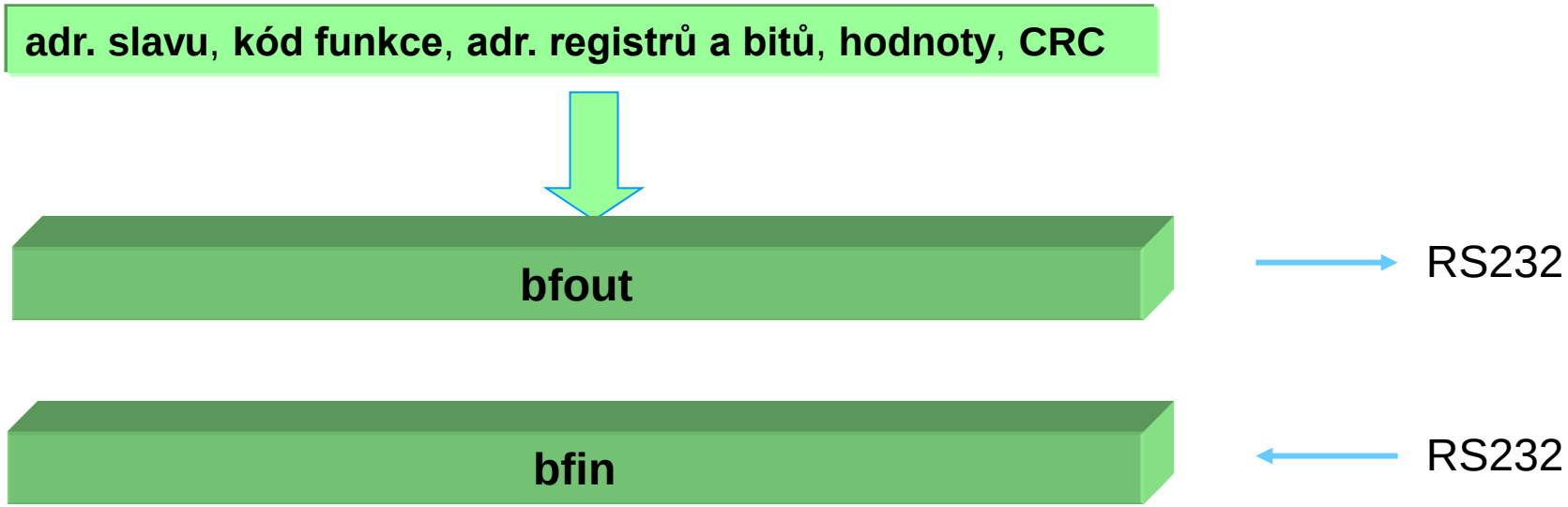


Podpora pro PC Class lib **Modbus.dll** - zdrojový kód **Modbus.cs**

```
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




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

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

Slave – implementace na PC (server)

Konfigurace:

Přijímá požadavky od klienta a vrací odpovědi

- požadavek na čtení 16bitové hodnoty – funkční kód 3 a vrací požadovanou hodnotu,
  metoda AnsRd třídy ModbusRTU s kódem přijaté funkce
- požadavek na čtení bitové hodnoty – funkční kód 1 a vrací stav požadovaného bitu
  metoda AnsRd třídy ModbusRTU s kódem přijaté funkce

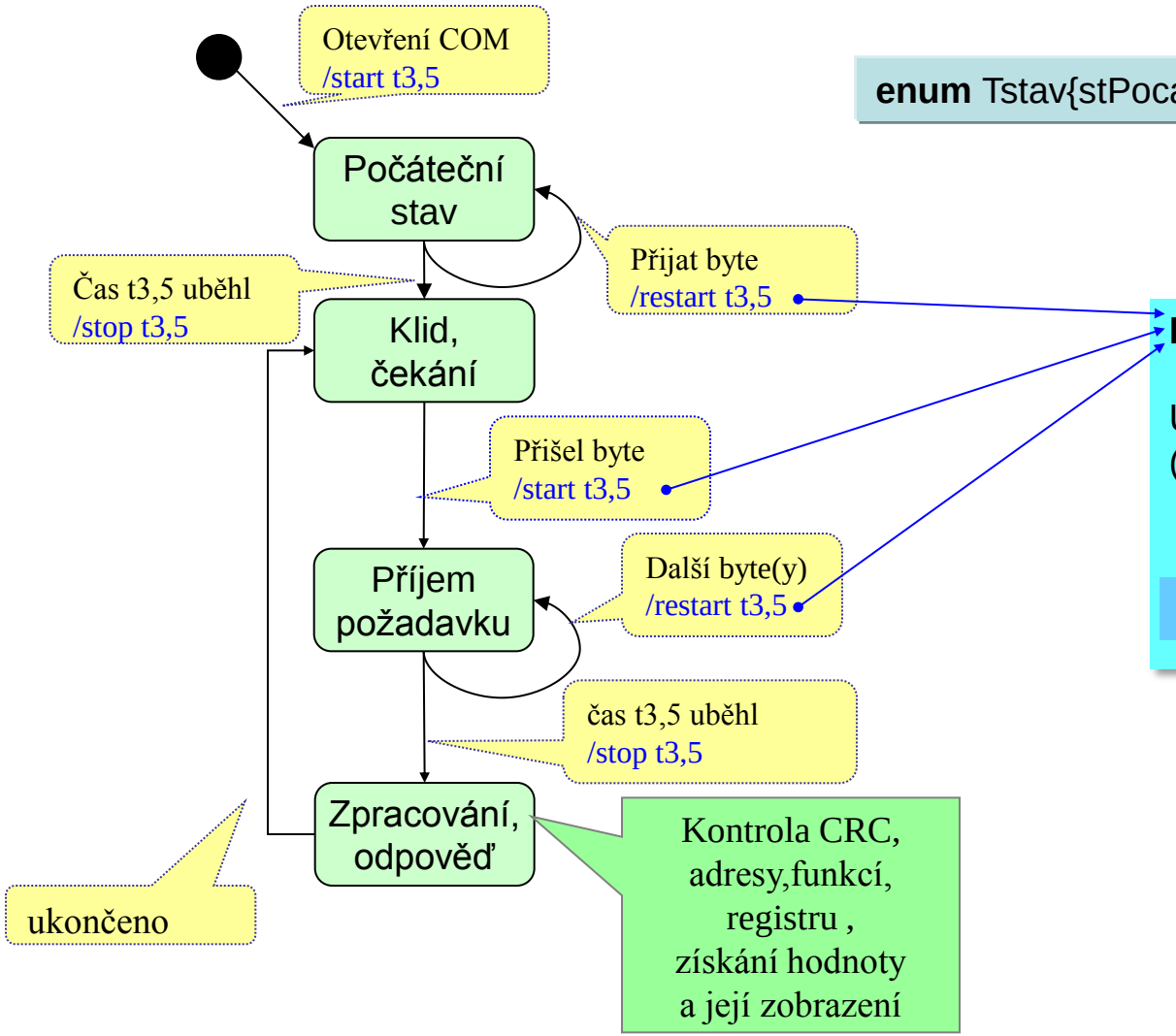
Kontrolovat přijatý požadavek a vracet chybovou odpověď v případě neimplementované funkce, neexistující adresy registru nebo bitu a hodnoty mimo rozsah
metoda AnsErr třídy ModbusRTU s upraveným kódem funkce a typem chyby

Skupinové vysílání ignorovat .

Implementace generování intervalu 3,5 znaku pro ukončení příjmu zprávy

Omezená (žádná) implementace generování intervalu 1,5 znaku

Slave – zjednodušený stavový diagram



enum Tstav{stPocatek,stKlid,stVysilani,stPrijem};

Po posledním bytu ve frontě

Upozornění: použit delegáta (*BeginInvoke(metoda…)*)

v samostatné metodě

```
timer3_5.Enabled=true;
```

Slave– počáteční stav

```
Tstav stav;
```

Click (Open)

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

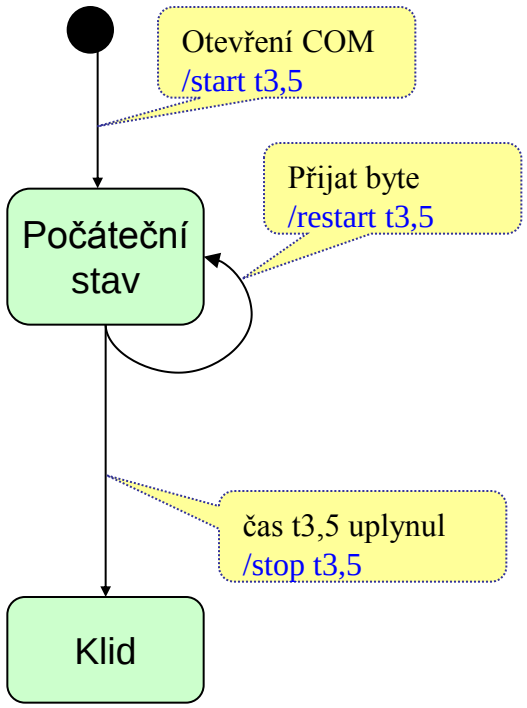
DataReceived

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

```
timer3_5.Enabled=true;
```

Tick 3_5

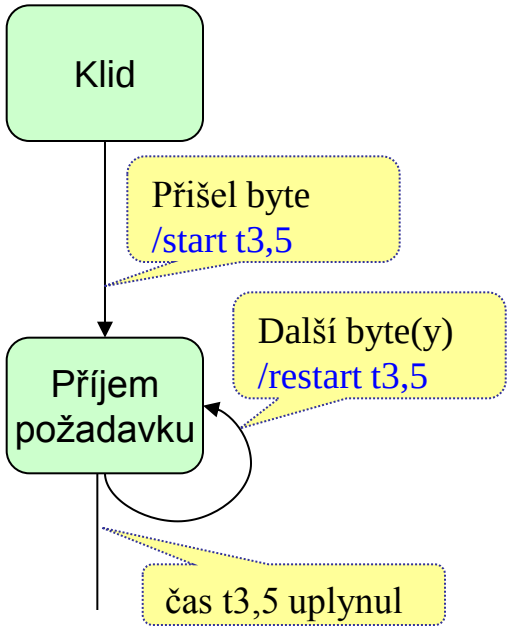
```
Timer3_5.Enabled=false;
switch(stav){
  case Tstav.stPocatek: stav=Tstav.stKlid;
                        break;
  case Tstav.stPrijem:
          . // zpracování odpovědi
```



Slave – příjem požadavku

DataReceived

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



Tick
3_5

```
  case Tstav.stPrijem:
        . // zpracování požadavku
```

Slave – zpracování požadavku, kontrola položek, příprava odpovědi

1. CRC

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

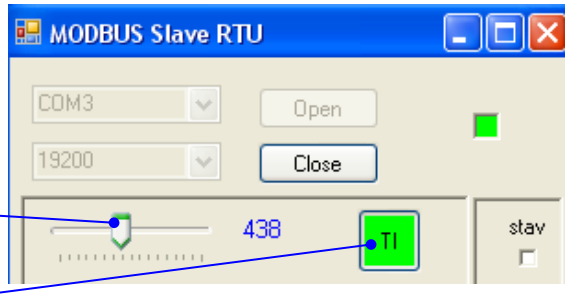
```
ModbusRTU Mr;
```

2. adresa

```
adr_r=bfin[0];
if(adr_r == ADR_S)
{
```

3. kód funkce

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



Slave – zpracování požadavku, kontrola položek, příprava odpovědi

FCE_RREG:

```
reg=Mr.RdWord(bfin,2);
pocet=Mr.RdWord(bfin,4);
if(reg!=REG_RD || pocet!=1) er=2;
else .. MSB -> vals[0] a LSB -> vals[1]
if(er==0) n= Mr.AnsRd(ADR_S,kod_r,2,vals,bfout);
```

```
byte []vals = byte[2];
```

FCE_RBIT:

```
reg=Mr.RdWord(bfin,2);
pocet=Mr.RdWord(bfin,4);
if(reg!=BIT_RD || pocet!=1) er=2;
else   .. tlacitko -> vals[0]
if(er==0) n= Mr.AnsRD(ADR_S,kod_r,1,vals,bfout);
```

4. chyba

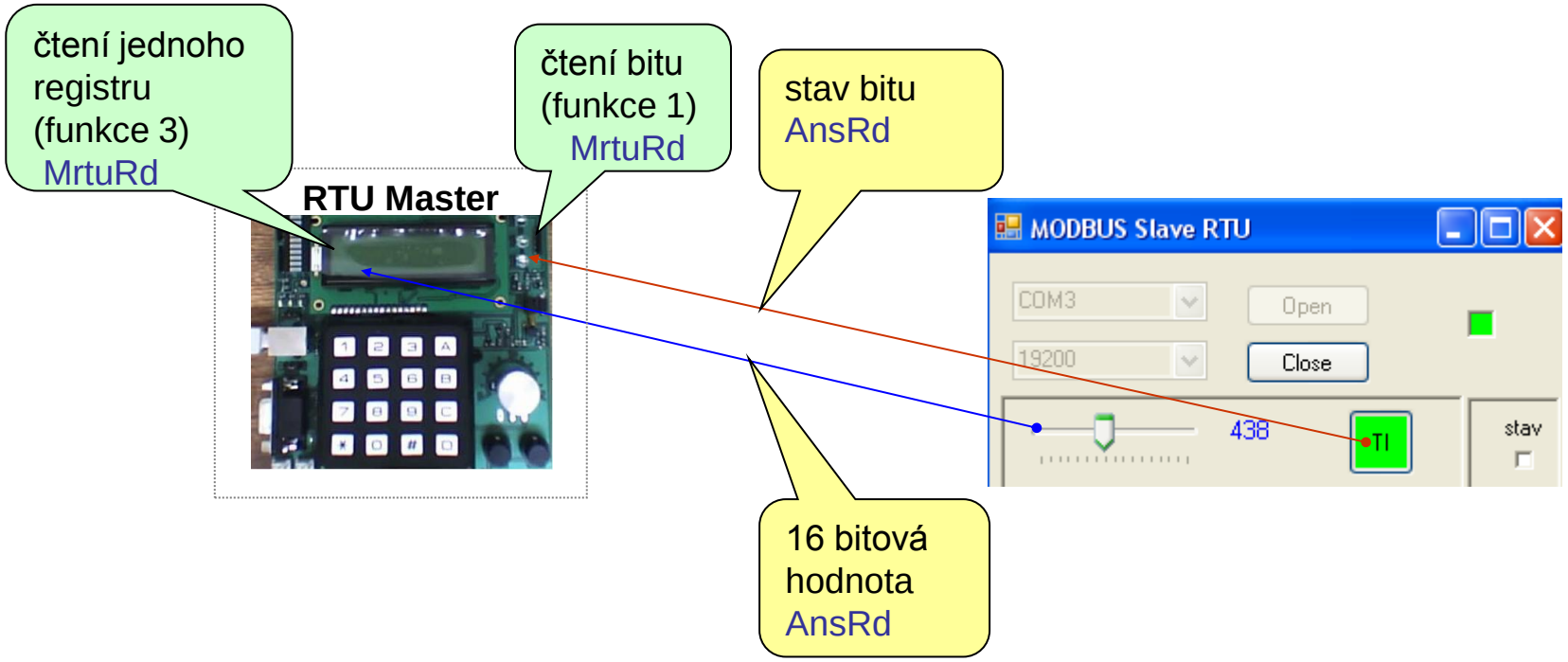
```
if(er>0) n=Mr.AnsErr(adr_r,(byte)(kod_r|0x80),er,bfout);
```

odeslání odpovědi

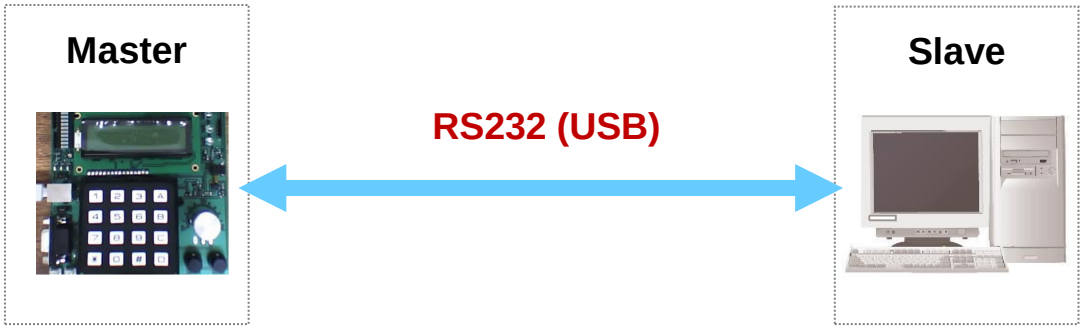
```
n=Mr.WrCrc(Mr.Crc(bfout,n),bfout,n);
comPort.Write(bfout, 0, n);
```

```
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\

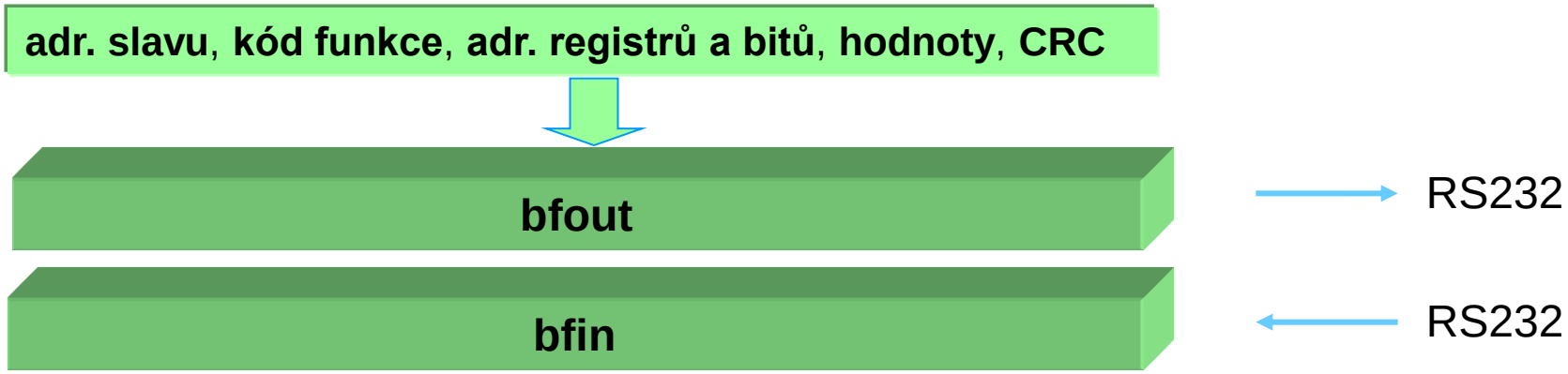
MODBUS.C
MODBUS.H
MAIN.C
ADC.C
LCD.C
LEDBAR.C
TYPY.H

Podpora pro mikropočítač prototypy fukcí **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 #include “Modbus.H”	

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




```
                                    //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 → 11 bitů , f_{bit} = 19200 bit/s → $t_{bit} = 1/f_{bit}$

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

pro časovač T1 : $t_{3,5} = N3\_5 \cdot 12/f_{osc}$

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

t3,5 = 3,5·11·32·NBIT/fosc = N3_5·12/fosc

N3_5 = NBIT·109 → #define N3_5 109*NBIT

(re)start t3,5

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

čas uplynul: přerušení nebo 1 → TF1

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

Master – implementace na mikropočítači (klient)

Konfigurace:

Realizuje funkce (požadavky na server)

- požadavek čtení 16 bitové hodnoty vnitřního registru – funkční kód 3
  aplikační funkce MrtuRd s kódem funkce 3 (FCE_RREG)
- požadavek na čtení bitové hodnoty – funkční kód 1
  aplikační funkce MrtuRd s kodem funkce 1 (FCE_RBIT)

Požadavky odesílat střídavě v pravidelných časových intervalech cca 200 ms,
jen když je Master ve stavu **klidu**
realizace časovačem T0

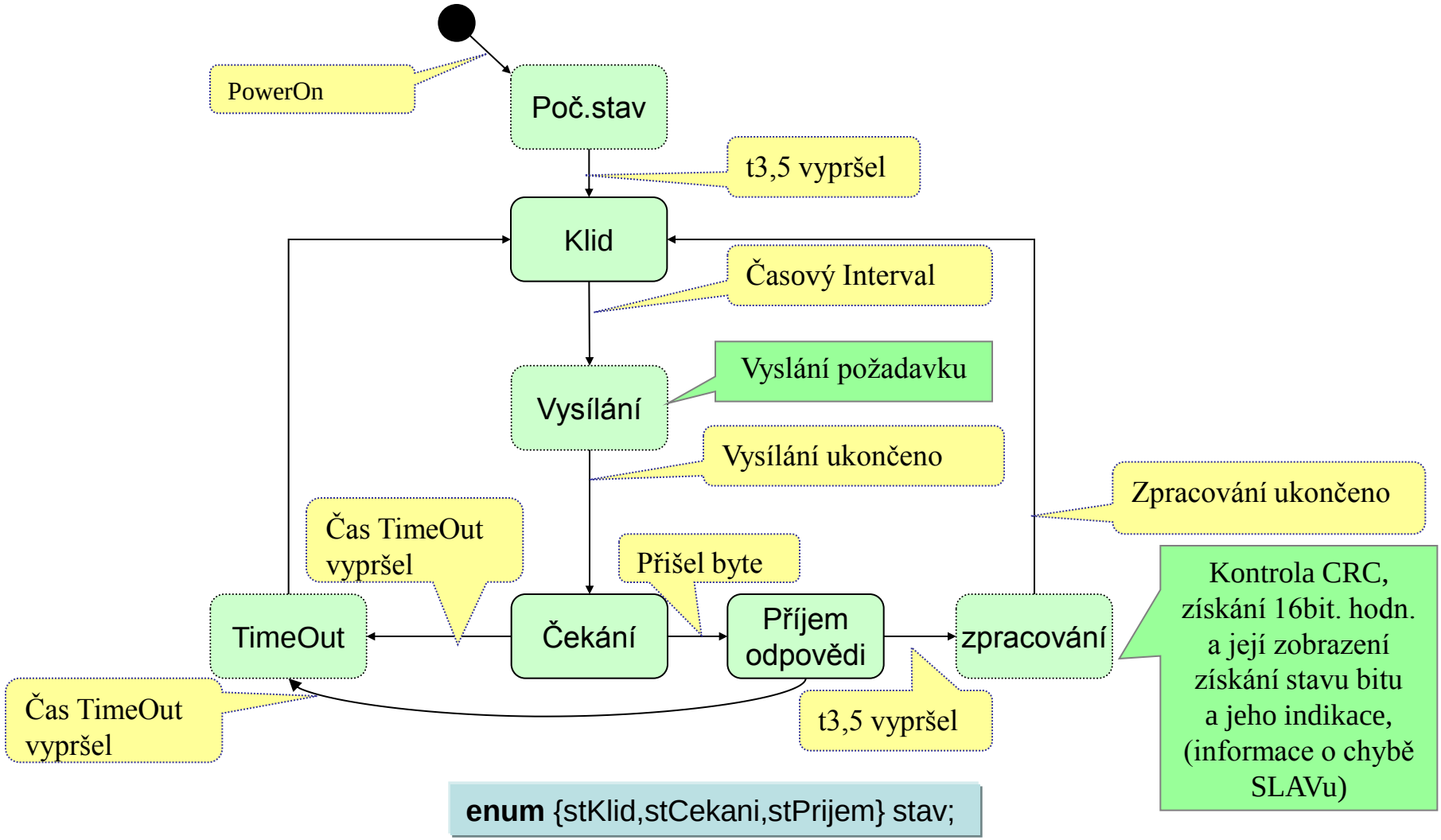
Imlementovat generování čekacího TimeOut intervalu 500 ms na odpvěď od Slave

Zjednodušený příjem odpovědi
příchozí adresu Slave není nutno testovat, pouze správnost CRC
zpracovat jen odpovědi na požadavky čtení registru (FCE_RREG)
a čtení bitu (FCE_RBIT)
informace o chybě Slave: jen omezeně, nebo vůbec

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

Omezená (žádná) implementace generování intervalu 1,5 znaku

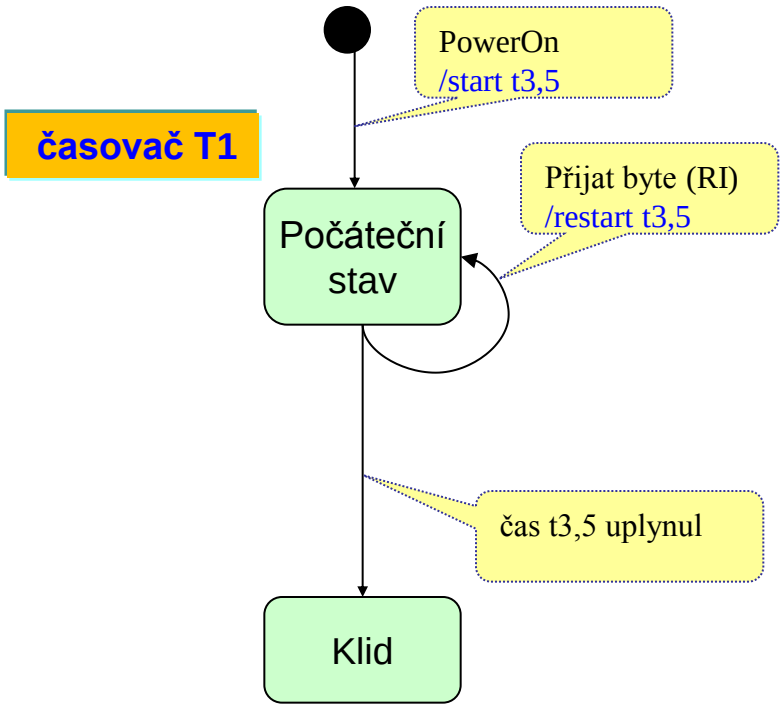
Master – zjednodušený stavový diagram



enum {stKlid,stCekani,stPrijem} stav;

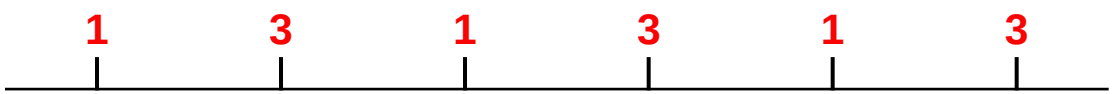
Master – počáteční stav

```
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);
  stav=stKlid;
  while(1)
  {
    ..
  }
}
```



Master – vyslání požadavku

střídavě každých cca 210 ms vysílá rámec s funcí **1** (čtení bitu) a **3** (čtení registru)




```
#define N_TICKS 7
#define TIMEOUT 17
bit prep;
```

časovač T0

```
if(++cnt_ticks>=N_TICKS && stav==stKlid)
{
  cnt_ticks=0;
  DIR485=1;  /* na vysílání */
  prep=!prep;
  if(prep) itx=MrtuRd(ADR_S,FCE_RREG,REG_RD,1,bfout);
  else itx=MrtuRd(ADR_S,FCE_RBIT,BIT_RD,1,bfout);
  itx+=MrtuWrCrc(MrtuCrc(bfout,itx),bfout+itx);
  SendBuf(bfout,itx);
  stav=stCekani;
  DIR485=0;  /* zpět na příjem */
}
```

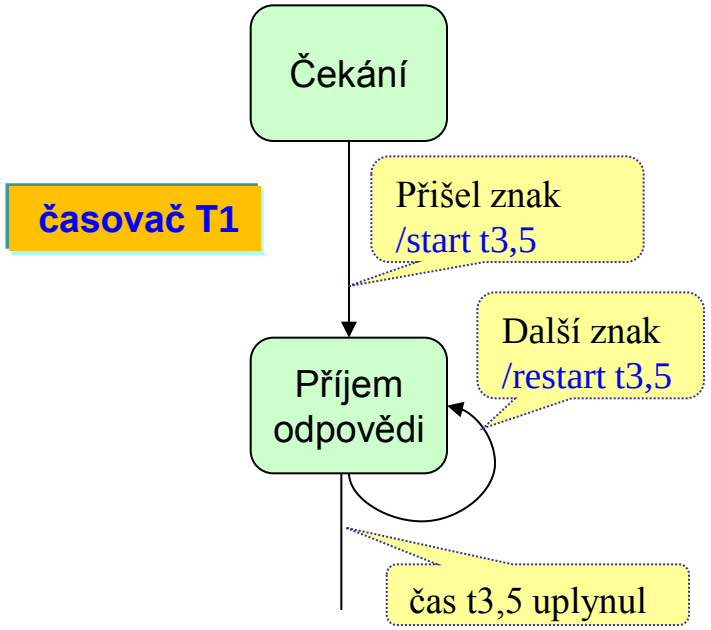
TimeOut

```
if(cnt_ticks>=TIMEOUT)
{
  cnt_ticks=0;
  LED_R=!LED_R; // signalizace TimeOutu
  stav=stKlid;
}
```

Master – příjem odpovědi

```
if (RI)
{
   byteIn=SBUF;
   RI=0;
   switch(stav)
   {
      case stCekani:
          ix=0;
          bfin[ix++]=byteIn;
          stav=stPrijem;
          TH1=(word)(-N3_5) >> 8;
          TL1=(byte)(-N3_5) ;
          TF1=0;
          TR1=1;
          break;
      case stPrijem:
          bfin[ix++]=byteIn;
          TH1=(word)(-N3_5) >> 8;
          TL1=(byte)(-N3_5) ;
          TF1=0;
          break;
   }
}
```

```
if(TF1){
```



Master – zpracování odpovědi

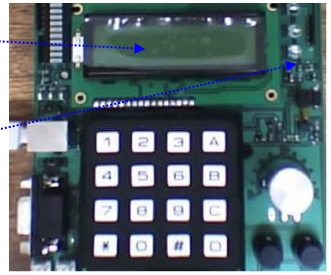
časovač T1

CRC

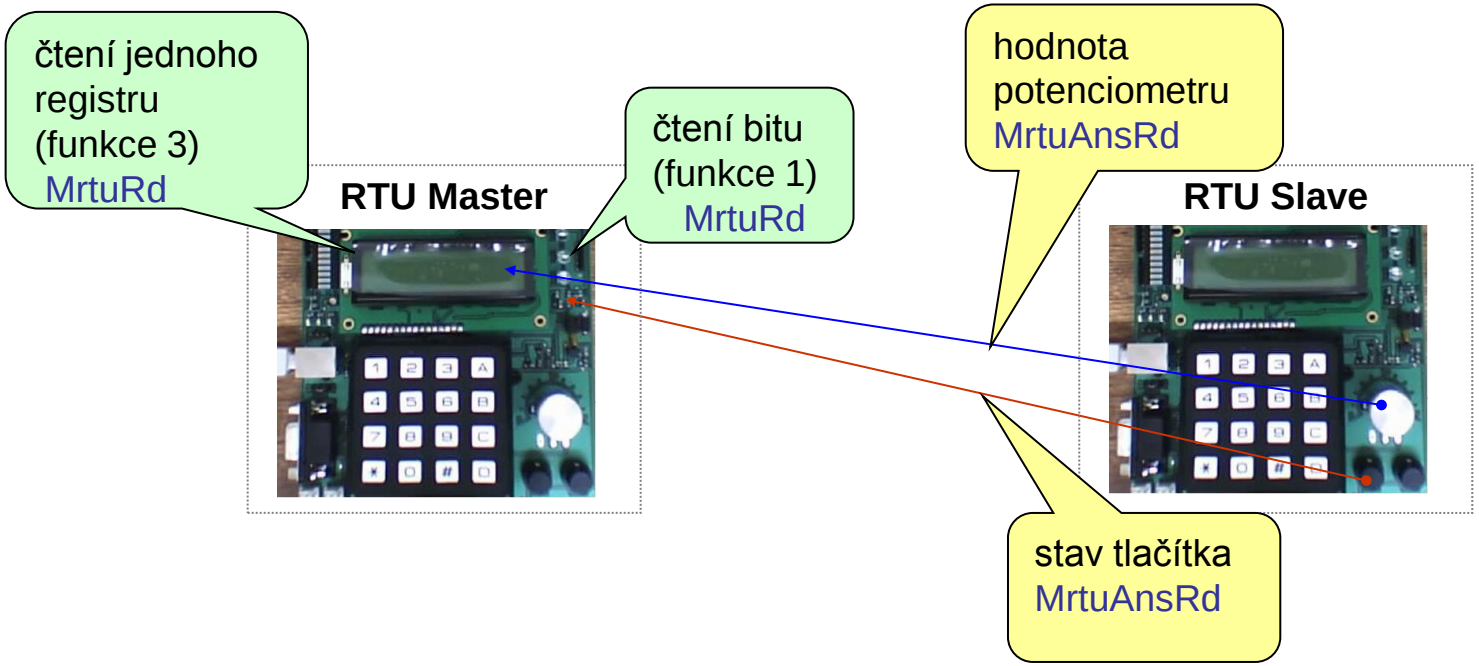
kód funkce

reakce na odpověď

```
if(TF1)
{
  TR1=0;
  if(stav==stPrijem)
  {
    if(MrtuCrc(bfin,ix-2)==MrtuRdCrc(bfin+ix-2))
    {
      if ((kod_r=bfin[1]) == FCE_RREG)
      {
        val=RdWord(fbin[3]);
        printf(...);
      }
      else if (kod_r == FCE_RBIT)
      {
        if (bfin[3] & 1) ... ; // LED svítí
        else ... ;             // LED nesvítí
      }
    }
    stav=stKlid;
  }
}
```



3.část : mikropočítač – mikropočítač



Pro 3.část :
mikropočítač – mikropočítač

je nezbytné

1. správně nastavit propojky pro modul UART
   buď přenos konektorem USB
   nebo přenos konektory RS232/485

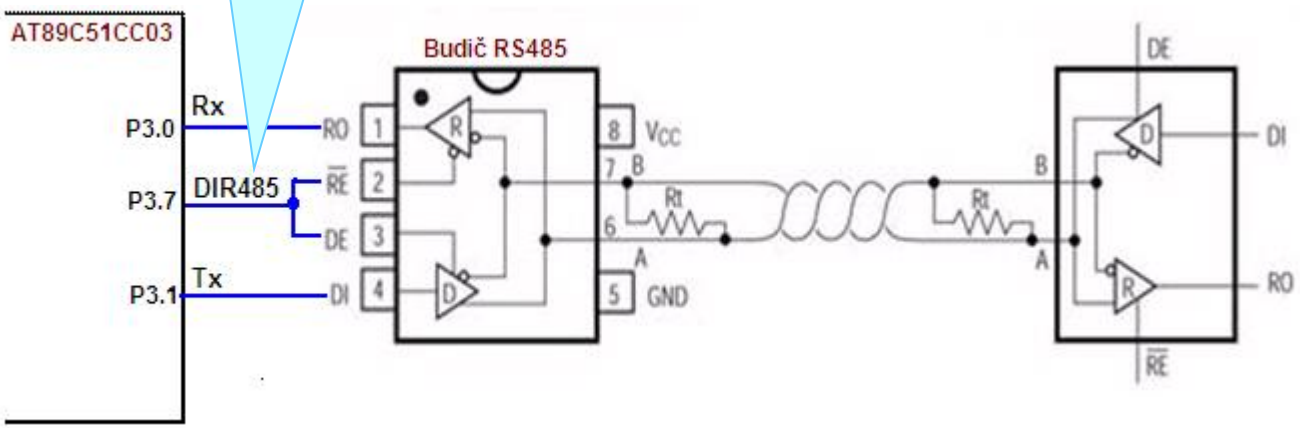
2. správně přepínat budič RS485
   pro příjem
   nebo pro vysílání

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)