

# Sériová rozhraní mcu

Popis sériových sběrnic USART,  
RS422/485, SPI/Microwire, I2C, 1Wire,  
CAN, Popis sériového portu Atmel AVR

- Sériová rozhraní se používají pro komunikaci jednotlivých integrovaných obvodů
- Důvod použití je zjednodušení připojení jednotlivých částí, zmenšení pouzdra a spojové desky, kde nemusíme části propojovat jednotlivými vodiči
- Doporučení na výběr (3):
  - USART
  - I2C
  - Něco k tomu

## Parametry

### Vzdálenost a rychlost

- Jak rychle dokáže sběrnice přenášet data na základě vzdálenosti
  - USART
    - 900 m
    - 1200 b/s až 250 kb/s
  - RS422
    - 1200 m
    - 100 kb/s
  - RS485
    - 1200 m
    - 10 Mb/s
  - SPI/Microwire
    - Krátká vzdálenost
    - 10-100 Mb/s
  - I2C
    - Vytvořena pro menší vzdálenosti
    - Lze použít i na větší:
      - 50 m
      - 100 m
      - 250 m
    - 100 kb/s, 400 kb/s, 1Mb/s nebo až dokonce 3.4 Mb/s
  - 1Wire
    - 300 m
    - 15.5 kb/s (standart)
    - 125 kb/s (overdrive)
  - CAN
    - 40 m s rychlostí 1 Mb/s
    - 1 km s rychlostí 50 kb/s

### Počet zařízení

- Počet zařízení, které mohu na sběrnici spolu komunikovat
  - RS232
    - Pouze 2 zařízení
  - RS422
    - 10 zařízení (1 vysílač 10 přijímačů)

- RS485
  - 32 zařízení
- SPI
  - 2 nebo více obvodů (jeden master)
- I2C
  - 128 nebo až dokonce 1024 zařízení
- 1Wire
  - 2 vodiče (jeden datový a jeden zem)
- CAN
  - Až 64 zařízení

### P2P/single master/multimaster

- Jestli sběrnici někdo řídí, jsou rovnocenný apod.
  - P2P
    - UART
  - Single Master
    - SPI/Microwire
    - RS422
    - 1Wire
  - Multi Master
    - RS485
    - I2C
    - CAN

### Adresace

- Zda je řešeno v rámci přenášených dat nebo hardwarově
- Hardwarově:
  - SPI/Microwire
- Zbytek softwarově nebo není potřeba

### Arbitrace (Pokud multimaster)

- Jak je řešeno, když vysílají více zařízení najednou
- RS485:
  - Round Robin (cestuje pověření nebo časový multiplex)
- I2C a CAN
  - Kolizní
  - Řešeno přes dominantní úroveň (Zařízení, které vysílá delší posloupnost bitů v dominantní úrovni – ostatní zařízení se musí odpojit)

### Zabezpečení

- Zda komunikace je zabezpečená proti chybnému přenosu bitů
- RS
  - Volitelně paritní bit
- SPI/Microwire
  - Nemá na úrovni protokolu zabezpečení (možné přidat softwarově)

- I2S
  - Stejně jako u SPI/Microwire
  - Pomocí ACK potvrzení přijetí dat (Neobsahuje informaci, zda byly data přijaty správně)
- 1Wire
  - 8bitový CRC
- CAN
  - 15bitový CRC

### Odolnost proti rušení

- RS422, RS485, CAN
  - Diferenciální vedení

### Duplexita

- Half-duplex
- Full-duplex
- Simplex

## RS232 (USART)

- Umožňuje komunikaci pouze mezi dvěma zařízeními
- Využívá dvě paměťové úrovně
 

Úroveň	Vysílač	Přijímač
Log. 0	+5V až +15V	+3V až +25V
Log. 1	-5V až -15V	-3V až -25V
- Maximální délka vodiče je 900 m
- Maximální rychlost je 115200 Bd (Baud rate) (na běžných sériových portech v PC), ostatní rychlosti jsou odvozeny dělením 115200
- Přenosová rychlost je vždy nižší než baudova rychlost, protože ke každým osmi datovým bitům, se navíc přenáší ještě startbit, jeden nebo dva stopbity a případně také paritní bit
- Nevyužívá žádný řídicí obvod, ani adresaci, ani arbitraci
- Sběrnice je tvořena 3 vodiči
  - RXD (příjem)
  - TXD (vysílání)
  - GND (společná zem)
- RXD a TXD jsou spojeny na zem, možnost vzniku rozdílu potenciálů
- Za běžných podmínek pracuje sběrnice ve full duplex režimu (oboustranná komunikace současně)
- Synchronní přenos
  - TXD nebo RXD je použit jako synchronizační vodič (musí být určeno, kdo vysílá impulzy), v tomto případě není full duplex
- Asynchronní přenos
  - Nutnost použití START, STOP a PARITNÍCH bitů
- (USART – komunikační modul v MCU, podporuje synchronní i asynchronní (UART) režim činnosti)

- (UART RS232 v CMOS nebo TTL úrovních log0=0V, log1=napájecí napětí - nejčastěji 3V nebo 5V; používá se taky na krátké vzdálenosti - typicky v rámci jednoho zařízení (mcu, průmyslová zařízení) a může v dnešní době dosahovat i rychlosti v řádech megabaudů)

## RS422

- Umožňuje komunikace až 10 zařízení (1 vysílač 10 přijímačů) - Fullduplex
- Využívá diferenciálního vedení (dva páry vodičů – jeden pár pro vysílač a jeden pro přijímač), logická úroveň se zjišťuje z rozdílu potenciálů na koncích vodičů (zapojení je odolné vůči rušení)
- Maximální délka vodiče je 1200 m při rychlosti 100 kb/s
- Maximální rychlost je 10 Mb/s na délku vodiče 15 m
- Rozhraní pracuje v režimu single-master (master je propojen se všema slavy), master rozhoduje, s kým bude komunikovat (vždy probíhá přes master a ne slave-> slave)
- Master řeší adresaci (generuje adresu), i arbitraci (určí slave, který může komunikovat)
- Komunikace je zahájena START bitem, poté následuje FRAME (8 bitů – data) a poté STOP bit, pokud dojde k chybě je celý FRAME poslán znovu
- Dříve počítače Macintosh, ovládání přehrávačů, v televizích

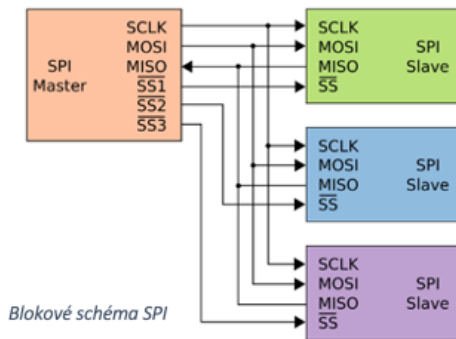
## RS485

- Umožňuje komunikaci až 32 zařízení
- Používá jeden pár vodičů pro oba směry toku dat
- Maximální délka vodiče je 1200 m při rychlosti 10 Mb/s
- Dvouvodičové zapojení – pracuje v režimu half duplex
- Využívá asynchronního přenosu – START a STOP bity
- Čtyřvodičové zapojení – pracuje ve full duplex režimu
- Používá se rozhraní typu master/slave
- Master iniciuje komunikaci sám, kdežto slave pouze odpovídá na dotazy
- Komunikaci PLC (Profibus, Modbus), ovládání světel v divadlech

## SPI (Seriál Peripheral Interface)

- Možnost zapojení dvou a více obvodů, komunikace je prováděna na krátké vzdálenosti
- Jeden obvod je master, ostatní jsou slave
- Master provádí adresaci pomocí vstupů Slave Select na Slave zařízení, Master vždy může komunikovat pouze s jedním Slavem
- Použití 4 vodičů
  - SCK (hodinový signál)
  - MISO (master in slave out)
  - MOSI (master out slave in)
  - SS (Slave Select)
- Hodinový signál (SCK) je omezen maximální frekvencí se kterou jsou připojená zařízení schopná data zpracovávat
- Může tak dosahovat až desítek MHz
- Konfigurační bity

- CPOL (určuje klidovou úroveň SCK)
  - CPHA (určuje, zda je hodnota čtena při přechodu SCK z klidové do aktivní úrovně nebo naopak)
- Přenos probíhá přes posuvné registry, které jsou obsaženy v Masteru i Slavu, jejich posouvání je pak řízeno SCK



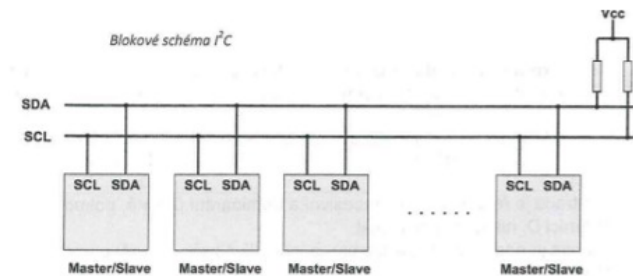
## Microwire

- Strukturou zapojení je velmi podobné jako SPI
- 4 vodiče
  - DI + DO (datové vodiče)
  - SK (hodinový signál)
  - CS (pro výběr jednotlivých obvodů)
- Maximální frekvence SK je 2MHz
- Přenos je full duplexní (starší verze pouze half duplex)
- Je kompatibilní s rozhraním SPI

## I2C

- Rozhraní typu multimaster i singlemaster, přenos v half duplex režimu
- Možnost připojení až teoreticky 128 (při 7b adresaci) nebo až 1024 (při 10b adresaci) zařízení (některé adresy jsou vyhrazeny pro speciální účely např. broadcast 0000000)
- Frekvence hodinového signálu je 100 kHz (v základní verzi) až 1 MHz (ve vylepšených verzích)
- Fyzická vrstva
  - 2 vodiče
    - SDA (datový)
    - SCL (hodinový signál)
      - V klidovém stavu v log. 1
  - Hodnotu SDA lze změnit pouze, pokud je SCL v úrovni log. 0 (neplatí v případě posílání START a STOP bitů)
  - Synchronizace probíhá pomocí vnitřního časovače každého zařízení -> pomalé zařízení je schopné podržet SCL na úrovni L a znemožnit tak odesílání dalšího bitu
- Linková vrstva
  - Každý rámec předchází START sekvence (sestupná hrana na SDA pokud SCL je v log. 1), po něm následuje 7b nebo 10b adresa Slave zařízení na určení typu komunikace (Read/Write)

- Poté Slave posílá potvrzovací bit ACK, a následuje přenos dat, který je opět potvrzen ACK bitem, komunikace je ukončena STOP bitem
- Každé zařízení může samo zahájit přenos, je-li sběrnice v klidovém stavu
- Během vysílání se neustále porovnávají vysílané bity s bity na SDA, pokud se neshodují, je indikována kolize
- Adresace je řešena posláním určité adresy Masterem a následné porovnání jednotlivými Slavy, pokud nastane shoda, musí Slave odpovědět ACK bitem
- Každé zařízení má fixní (někdy částečně volitelnou pomocí speciálního pinu) adresu



○

## 1WIRE (Singlewire)

- Navrženo pro komunikaci s malými zařízeními (např. termometry atd.)
- Je tvořen dvěma vodiči (jeden datový, jeden zem)
- Singlemaster-multislave
- Half-duplex (komunikace může probíhat pouze jedním směrem, ale směr se může měnit)
- Na vzdálenost až 300 m
- Rychlost: 15.4 kb/s ve standardním režimu nebo 125 kb/s v overdrive režimu
- Všechna zařízení jsou zapojena na společnou zem a paralelně na datový vodič
- Adresace je řešena pomocí unikátní 64b adresy, kterou má každé zařízení v ROM paměti (adresa se skládá z 8b označujících typ zařízení, 48b sériového čísla a 8b CRC kódu)
- Adresy jednotlivých zařízení lze zjistit pomocí tzv. algoritmu prohledávání binárního stromu
- Sběrnice je v klidu v log. 1, díky pull-up odporu
- Komunikace je zahájena reset pulsem (datový vodič nastaven na log 0 po dobu 480 mikro s), poté indikuje zařízení náběžnou hranu a nastaví vodič na log 0 na 240 mikro s
- Poté jsou data vysílána v timeslotech, který trvá 60 - 120 mikro s, a během kterého je vyslán jeden bit, mezi jednotlivými timesloty je 1 mikro s mezera
- Celkem jsou čtyři typy timesloty a určují
  - Zápis log0 a log1
  - Čtení log0 a log1
- Zařízení mohou být napájeny přes datový vodič, pokud neprobíhá komunikace (log1) je nabíjen integrovaný kondenzátor (800pF) v obvodu (pomocí něj je pak zařízení napájeno během komunikace, kondenzátor je oddělen diodou v závěrném směru, aby se k němu nedostala log. 0 z datového vodiče při komunikaci)
- Využívá se v teploměrech, převodnících, iButtonech (čip v ocelovém pouzdru -> zabezpečovací a docházkové systémy)

## CAN

- Rozhraní typu multimaster
- Až 64 zařízení
- Fyzická vrstva
  - 2 vodiče
    - CAN\_H
    - CAN\_L
    - Dvě logické hodnoty
      - Recesivní
        - Nastane pouze, pokud jsou všechna zařízení ve stavu R
      - Dominantní
        - Nastane, pokud je alespoň jedno zařízení ve stavu D
  - Synchronizace je částečně zaručena vložení bitu opačné hodnoty po pěti bitech stejné hodnoty (bit je poté z přijatých dat odstraněn)
  - Maximální rychlost je až 1 Mb/s do délky 40 m
  - Maximální délka je až 1 km s rychlostí 50 kb/s
- Linková vrstva
  - Rámec může mít 11b identifikátor (CAN 2.0A), nebo 29b identifikátor (CAN 2.0B)
  - Každý rámec je tvořen 7 poli
  - Arbitrace je řešena pomocí recesivní a dominantní úrovně, pokud je na sběrnici D, nikdo nesmí vysílat
  - Rámce je poslán všem zařízením, a jednotlivá zařízení určí pomocí ID, zda rámec použijí
  - Používá se například v automobilech

## Atmel AVR

- Standardní režim je UART (Asynchronní Receiver Transmitter)
  - Obě strany si generují hodiny
- Sériové linky v počítači umožňují i Synchronní režim
  - Jeden vodič navíc, který funguje jako synchronizace
  - Generuje ho jenom jedna strana
  - Master, Slave a přijímá externí hodiny
  - Pokud na to není stanovený pin, tak se přechází z half-duplexu na full duplex
  - Piny xD použity na synchronizaci, pokud na to není jednotlivý vstup
- První horní blok je generování přenosové rychlosti (vzorec)
- Vstupní část
  - Data recovery, Clock recovery
    - Majorita, pokud se nevzorkuje např. 4 krát jednička a 2 krát nula, tak se jako správná hodnota vybere jednička
    - Během bitového intervalu hodnotu na vstupu přečtou opakovaně a hodnota, která se ta objeví vícekrát prohlásí za správnou
  - UDR Receive
    - Vstupní registr (UDR Transmit je výstupní registr)
    - Funguje jako FIFO (fronta)



- Přijímáme bajt do sériové linky a ten byte se postupně vloží do vstupního posuvného registru (Receive Shift Register), poté co byl vložen celý, tak se přemístí do té fronty
  - Aby procesor měl více času na zpracování příchozích dat, tak je na příjmu fronta (Buffer -> 2 byty -> můžeme mít ve frontě 2 byty a třetí se může přijímat)
  - Jakmile se 2 byty nepřečetli, tak se 3 byte zahodí (čekají nepřečtená data)
  - Informuje o tom příznak
- Využívá rozhraní USART, může pracovat v 5-9b režimu (standartně 8)

