

6.

Komunikační rozhraní MCU a jednodeskových počítačů – vlastnosti a použití sběrnic SPI, I2C, rozhraní USART

USART (univerzální synchronní/asynchronní příjem a vysílání)

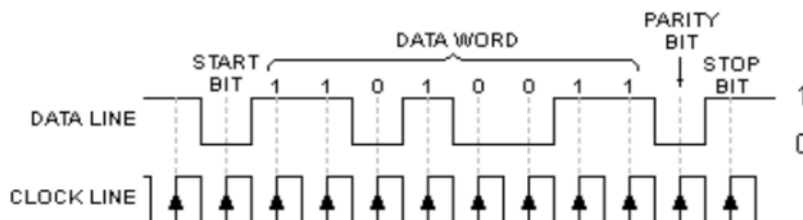
- Full DUPLEX přenos
- Komunikace pouze dvou zařízení
- Synchronní a asynchronní přenos
- Sériový přenos
- Maximální payload je 8 bitů
- Tři samostatné přerušení (TX kompletní, TX datový registr prázdný, RX kompletní)

Synchronní:

- Jeden hodinový generátor na straně DCE a signál je přijímán na DTE
- USART může pracovat jako “Master” (generuje clock na pinu XCK) nebo jako “Slave” (přijímá clock z pinu XCK)

Asynchronní

- Start bit, 5 až 8 nebo 9 datových bitů, parita, 1 nebo 2 stop bity
- Každá strana má vlastní hodinový generátor nastavený na stejnou rychlost
- Jednotlivé datové bity jsou zapouzdřeny do rámce a přenášeny v libovolné časovém rozmezí
- Rychlost přenosu dat se udává v Baudech (**Baud rate**, Bd) 1 baud = 1 bit/s



Jednotka USART se tvoří ze tří bloků: **generátor hodin, vysílač a přijímač**

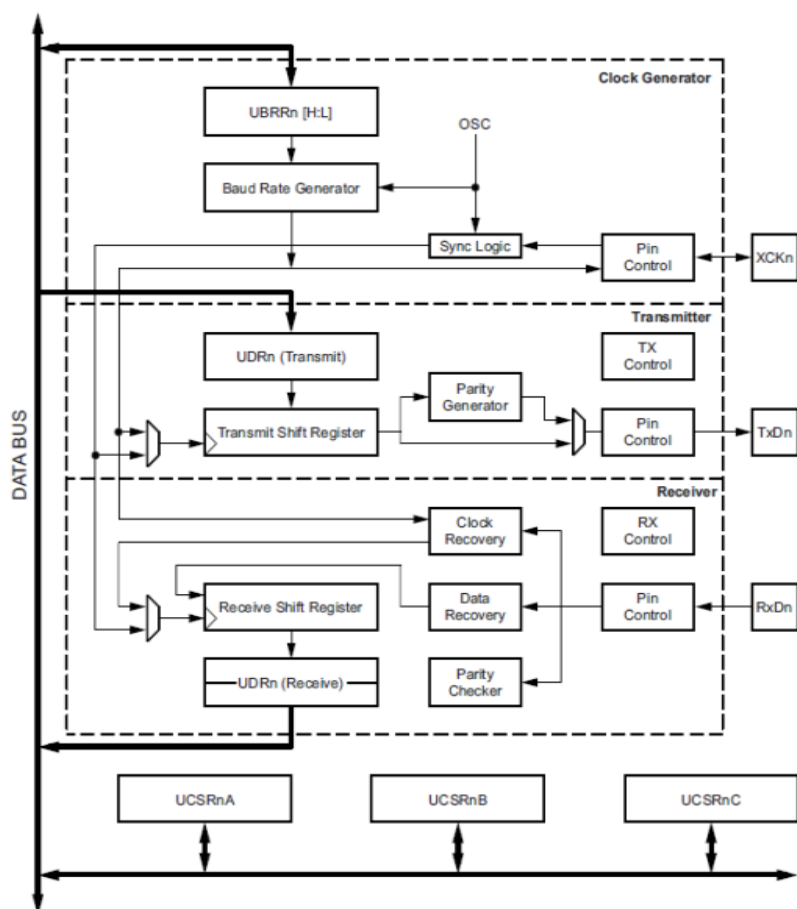
Generátor hodin – umožňuje pomocí předděliče nastavit požadovanou **rychlost přenosu**.

Vysílač – tvoří jeden buffer, **sériový posuvný registr**, **generátor parity** a **řídící logiku** pro různé formáty sériových rámců. Zapisovací buffer umožňuje kontinuální přenos rámců bez jakéhokoliv zpoždění mezi rámcí.

Přijímač – obsahuje navíc **jednotku pro obnovu hodin a dat**, dále detektor parity, řídící logiku, posuvný registr a dvouúrovňový přijímací kruhový buffer (UDR), který pracuje jako kruhový FIFO

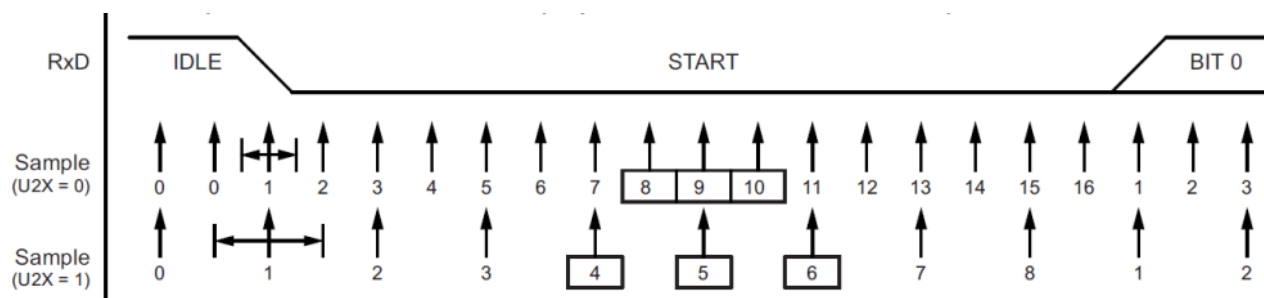
Příznakové bity chyby FE – (chyba rámce, není indikován platný stop bit), **DOR** (ztráta znaku, když je již přijímací buffer plný), **UPE** (chybná parita), a devátý přijatý bit RXB8 jsou ukládány s

daty v přijímacím dvouúrovňovém bufferu **UDR**. Proto musí být vždy příznakové bity přečteny dříve než přenášená data.



Přijímač podporuje ve stejném čase stejné formáty rámců jako vysílač, ale navíc může detekovat chybu rámce, ztráty znaku a chybu parity

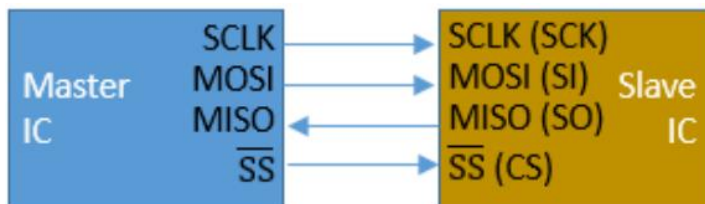
Logika obnovy hodinového signálu a dat



- Přijatý signál je **vzorkován** vyšší frekvencí (dva módy – U2X), než je rychlost přenosu. Pokud **dva ze tří** vzorků (většina) nemají stejnou logickou úroveň, je signál považován za **šum** a přijímač hledá další přechod z HL na LL pro nalezení startovacího bitu.
- Po **sestupné hraně** v bodě 1 použije logika obnovy hodin vzorky **8, 9 a 10** pro **normální režim** a vzorky **4, 5 a 6** pro **režim dvojnásobné rychlosti** k rozhodnutí, zda je **přijat** platný počáteční bit.

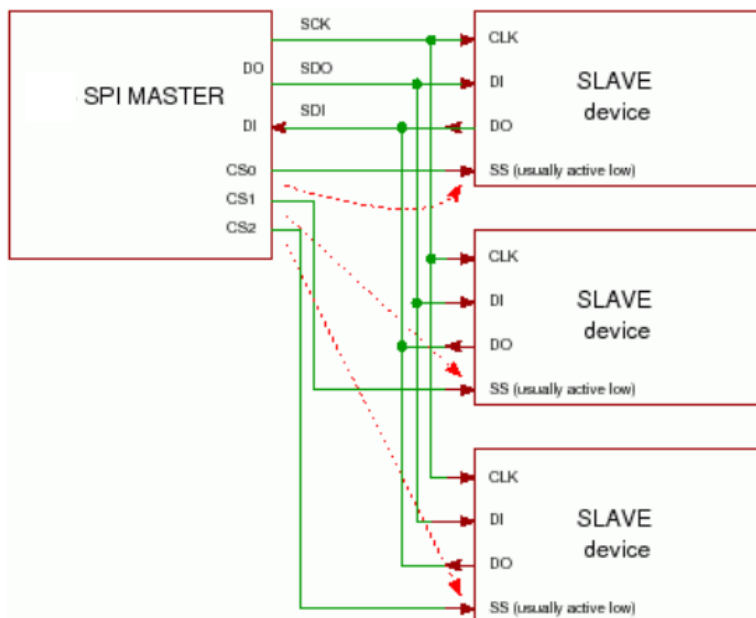
SPI (Serial Peripheral Interface)

- **Synchronní** vysoce rychlostní **full duplexní** spojení **dvou nebo více komunikujících uzlů na kratší vzdálenost**
- **Master** zahajuje a řídí veškerou činnost na sběrnici
- Pomocí signálu **Slave Select (SS)** vybírá master podřízený **uzel (slave)**, se kterým chce komunikovat
- **Master** obsahuje **generátor** hodinového signálu – (**SCLK**), který rozvádí do slave uzlů
- **Master vysílá** data signálem **Master Out / Slave In (MOSI)**.
- **Master přijímá** data od Slave uzlu signálem **MISO Master In / Slave Out**



Komunikace s více slave uzly SPI

- Piny **CS0** až **CS2** Master vybírá **právě jeden uzel typu slave**, se kterým Master komunikuje
- Signál **MOSI** bývá rovněž označován jako **SDO** a signál **MISO** jako **SDI**.
- Pin **DI** na zařízení typu **Master** je připojen na pin **DO** u zařízení typu **slave** a přenáší signál **SDI (MISO)** a naopak.
- Je vhodnější používat označení signálů a pinů **MOSI** a **MISO**.

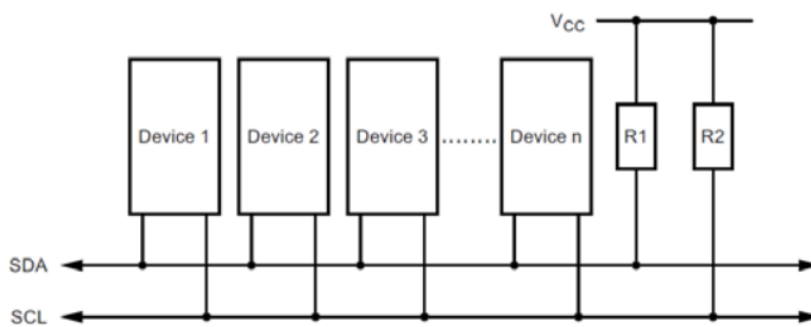


I2C sběrnice (TWI – two wire serial interface)

- I2C se používá k propojení nízko rychlostních periférií k základní desce či mikrokontrolerů
- Dvou vodičové sériové rozhraní **TWI** je kompatibilní s Phillips **I2C**
- Ideální pro typické aplikace mikrokontrolerů
- Umožňuje propojit až **128 různých zařízení**
- Propojení pomocí dvou obousměrných sběrnic – pro **hodiny (SCL)** a pro **data (SDA)**
- **Externí pull-up rezistor** pro každou linku sběrnice (výstup s otevřeným kolektorem).
- Zařízení připojená ke sběrnici mají jednotlivé adresy a mechanismy pro řízení sběrnice – protokol TWI

Propojení na sběrnici TWI (I2C)

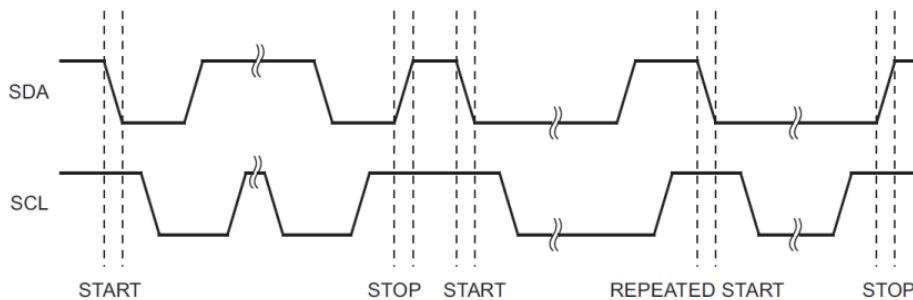
- Budiče sběrnic jsou s otevřeným kolektorem (montážní AND, kde alespoň jedno zařízení vyše LL – sběrnice je ve stavu LL, aby byla sběrnice ve stavu HL musí všechna zařízení být v odpojeném stavu)
- Parazitní kapacita sběrnice (max. 400 pF) ovlivňuje její max. rychlost



Formát a přenos dat TWI

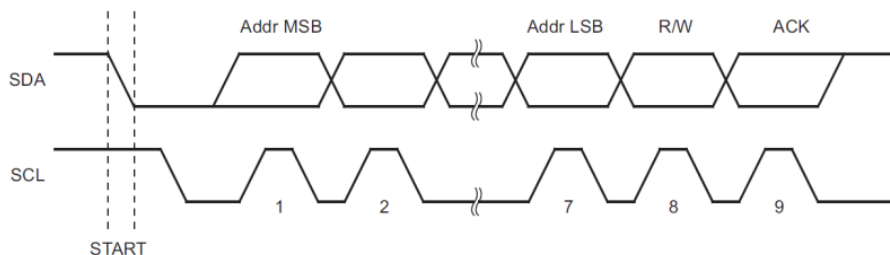
- **Master** – iniciuje a ukončí přenos, generuje hodiny SCL.
- **Slave** – zařízení adresované masterem.
- **Vysílač** – umísťuje data na sběrnici
- **Přijímač** – čte data ze sběrnice.
- Přenos zahájen, když master vydá stav **START** na sběrnici a je ukončen, když vydá stav **STOP**.
- Mezi stavem START a STOP je sběrnice považována za zaneprázdněnou.
- **OPAKOVANÝ START** se používá, když daný master zahájí nový přenos, aniž by se vzdal kontroly nad sběrnici (vydal stav STOP).
- Stavy START a STOP jsou signalizovány změnou úrovně signálu SDA, když má signál SCL úroveň HL.

Podmínka START, REPEATED START a STOP



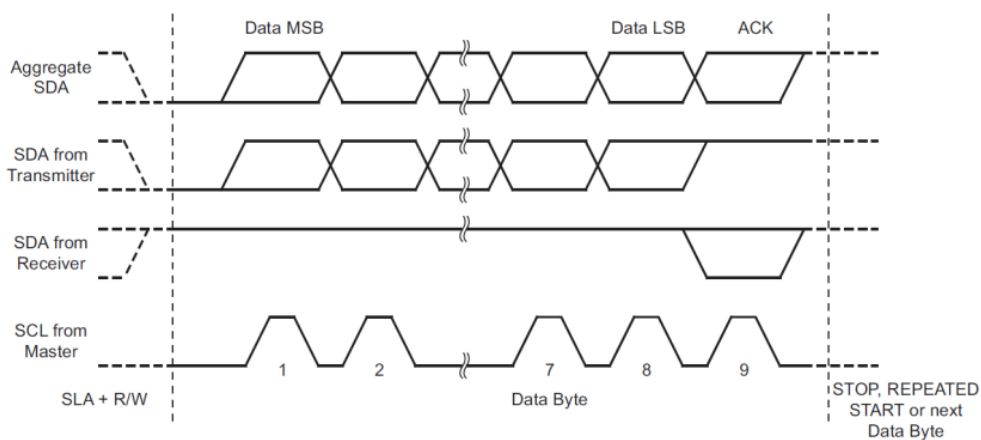
Formát adresového baletu

- Všechny **adresové pakety** přenášené na sběrnici TWI mají délku **9 bitů**, skládající se ze **7 adresních bitů**, **jednoho řídicího bitu READ / WRITE** a **potvrzovacího bitu ACK**.
- Adresovaný slave potvrdí příjem paketu v **devátém cyklu SCL (ACK)** nastavením **SDA** na **HL**.
- Adresový paket se skládá ze slave adresy a bitu **READ** nebo **WRITE** a nazývá se **SLA + R**, respektive **SLA + W**.



Formát datového paketu

- Všechny datové pakety přenášené na sběrnici TWI jsou dlouhé **devět bitů: 1 datový bajt a potvrzení ACK** (receiver vystaví LL na SDA) nebo **NACK** (signalizuje, že přijímač opustí linku nastavením SDA na HL)
- Zasláním **NACK** přijímač informuje vysílače o příjmu posledního **bajtu**.



Úsporný režim MCU

Vypnutí nepoužívaných modulů či funkcí v MCU a tím šetřit energii, mohou například běžet jen generátor hodin

- **Idle mode** – klidový režim zastaví hodiny. Umožňuje probudit MCU jak z vnějších přerušení, tak i z interních, jako je časovač.
- **ADC Noise Reduction Mode** – zastaví CPU, ale nadále funguje ADC převodník, vnější přerušení, I2C sběrnice, časovač/čítač a Watchdog, pokud jsou povoleny.
- **Power-down mode** – je zastaven i externí oscilátor. MCU může probudit pouze externí reset, watchdog reset, Brown-out reset, externí úroveň přerušení na INT0 a INT1.
- **Power-save mode** – podobný jako Power-down mode, udržuje v chodu časovač/čítač
- **Standby mode** – podobný jako Power-down mode, zůstává aktivní hodiny, MCU se probouzí v šesti hodinových cyklech.

Jednodeskový počítač

Jednodeskový počítač (z angličtiny též SBC – single-board computer) je malý počítač s jednou deskou plošných spojů, jako je například Raspberry Pi, Intel Edison, nebo 64bitový AMD Gizmo Board. Tyto počítače však mívají bohaté možnosti rozšíření o další hardware, zejména vstupně/výstupní moduly.