



Mikroradiče

Cvičenie č. 10

Sériové komunikačné rozhranie I2C



:: Zbernica I2C

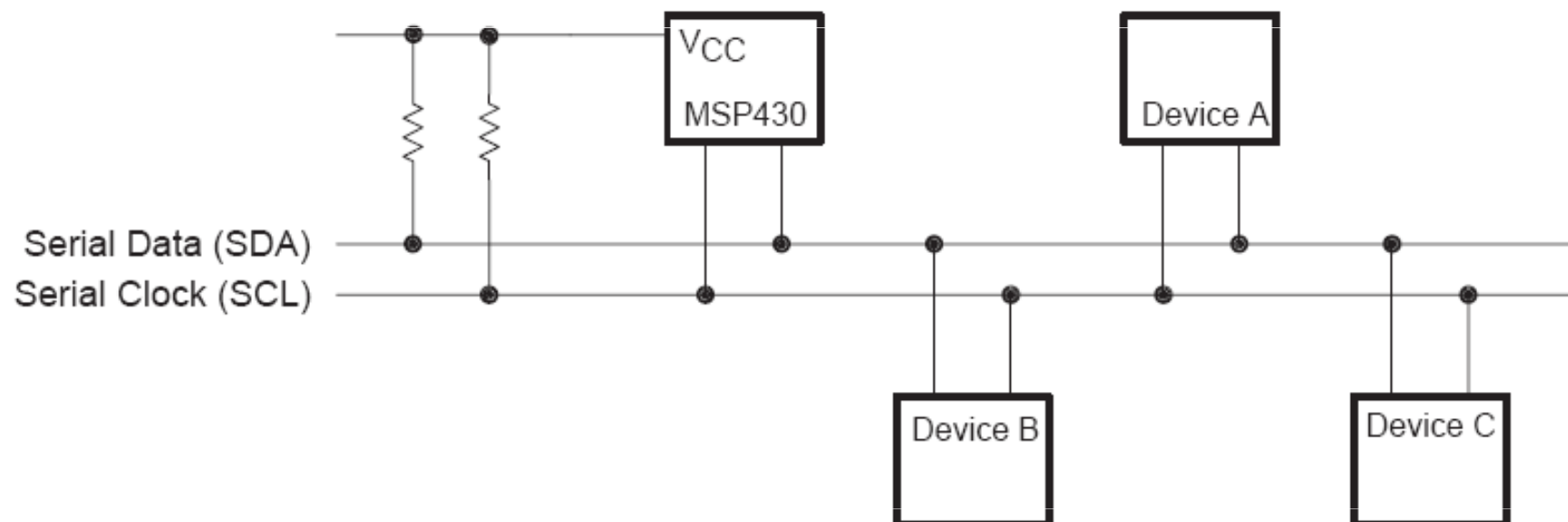
- skratka pre zbernicu “Inter-Integrated Circuit”
- protokol a zbernicu vyvinula firma Philips Semiconductor pôvodne pre svoje TV prijímače v roku 1980 za účelom komunikácie medzi IO na jednej DPS pri použití minimálneho množstva pinov
- špecifikácia zbernice I2C je založená na jednoduchých hardvérových štandardoch (nie sú potrebné špeciálne konektory alebo kabeláž) a rovnako jednoduchého softvérového štandardu pre komunikačný protokol
- obvody, ktoré používajú I2C protokol zahŕňajú pamäte EEPROM a RAM, senzory teploty, expandéry portov, hodiny reálneho času, atď
- používa sa tiež ako riadiaca zbernica v obvodoch spracovania signálov, ktoré majú oddelenú dátovú zbernicu, napr. RF tunery, video dekódery a enkódery a audio procesory a kodeky
- zbernica I2C môže pracovať pri troch prenosových rýchlostiach:
 - Slow (pod 100 Kbps)
 - Fast (400 Kbps)
 - High-speed (3.4 Mbps) – protokol označený ako I2C v.2.0
- vzdialenosť komunikujúcich zariadení je limitovaná z dôvodu udržania komunikačnej rýchlosti na približne 4m (max. kapacitancia prenosového vedenia je 400pF)



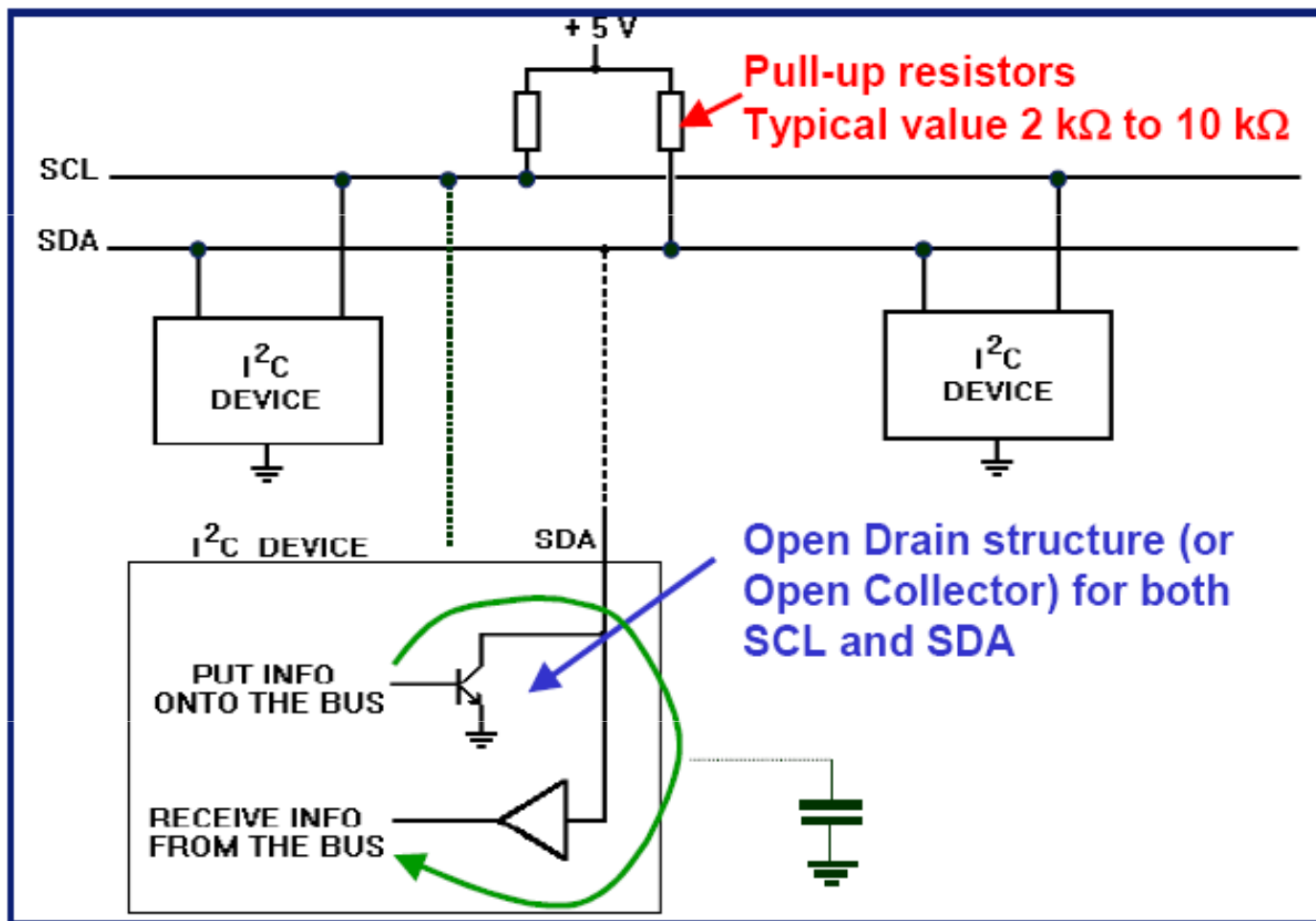
:: Zbernica I2C

- zbernica používa dva vodiče – Serial Data (SDA) a Serial Clock (SCL)
- synchronná (signál SCL), multimasterová (aj slave môže byť konfigurovaný tak, aby mohol začať komunikáciu) zbernica s polovičným duplexom
- každý IO na zbernici je identifikovaný svojou adresou, ktorá je v rámci siete jedinečná, preto zbernica I2C nevyžaduje signál CS (chip select) ani ďalšiu logiku
- linky SDA aj SCL sú pripojené na napájacie napätie pomocou tzv. pull-up rezistorov
- každé zariadenie na zbernici môže stiahnuť danú linku na nízku úroveň pomocou tranzistorov s otvoreným kolektorom

:: Topológia zbernice I2C

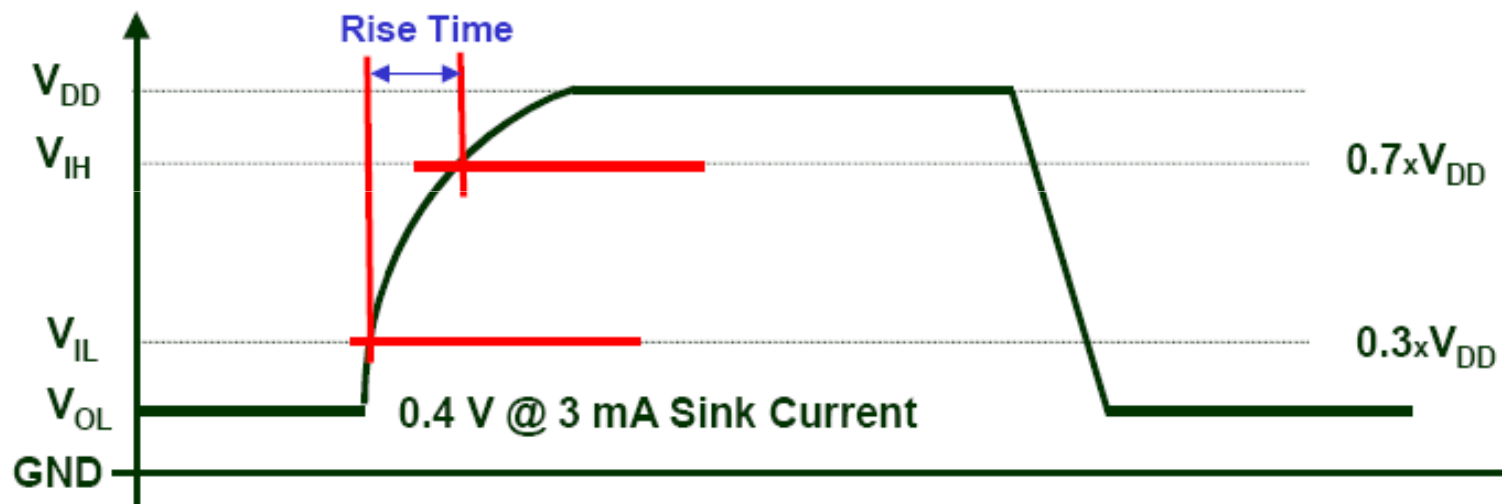


:: Hardvérová architektúra I2C



:: I2C v číslach

	Standard-Mode	Fast-Mode	High-Speed-Mode	
Bit Rate (kbits/s)	0 to 100	0 to 400	0 to 1700	0 to 3400
Max Cap Load (pF)	400	400	400	100
Rise time (ns)	1000	300	160	80
Spike Filtered (ns)	N/A	50	10	
Address Bits	7 and 10	7 and 10	7 and 10	



:: I2C - prenos dát

Master:

- začína a končí dátový prenos generovaním štart bitu a stop bitu
- generuje hodinový signál
- vysiela adresu podriadeného IO, pre ktorý budú dáta určené
- určuje smer prenosu dát

Slave:

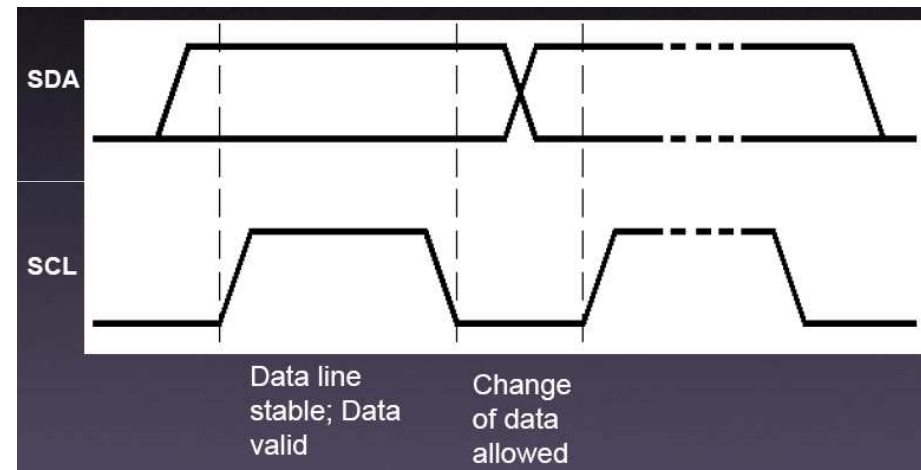
- odpovedá iba v prípade, že rozpoznal svoju adresu
- časovanie prenosu je riadené hodinovým signálom

Prenos bitu

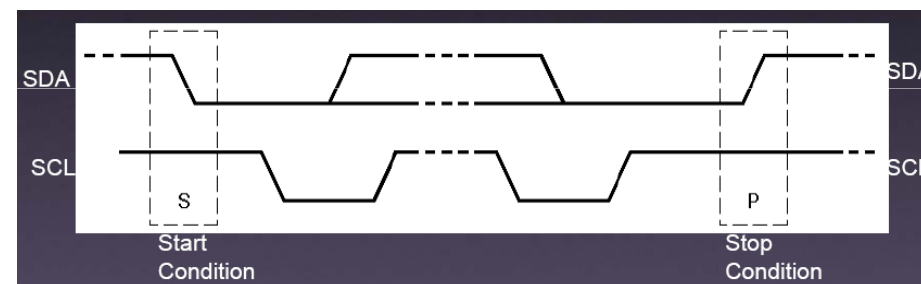
- počas dátového prenosu sa stav na dátovom vodiči mení iba keď je hodinový signál na nízkej úrovni

Štart bit a stop bit

- začiatok alebo koniec prenosu je definovaný prechodom dátovej linky z vysokej na nízku úroveň (štart bit) alebo z nízkej na vysokú úroveň (stop bit) kým hodinový signál je na vysokej úrovni
- po štart bite považujú všetky zariadenia zbernicu za zaneprázdnenú
- po príchode stop bitu čakajú zariadenia istý čas a potom považujú zbernicu za voľnú

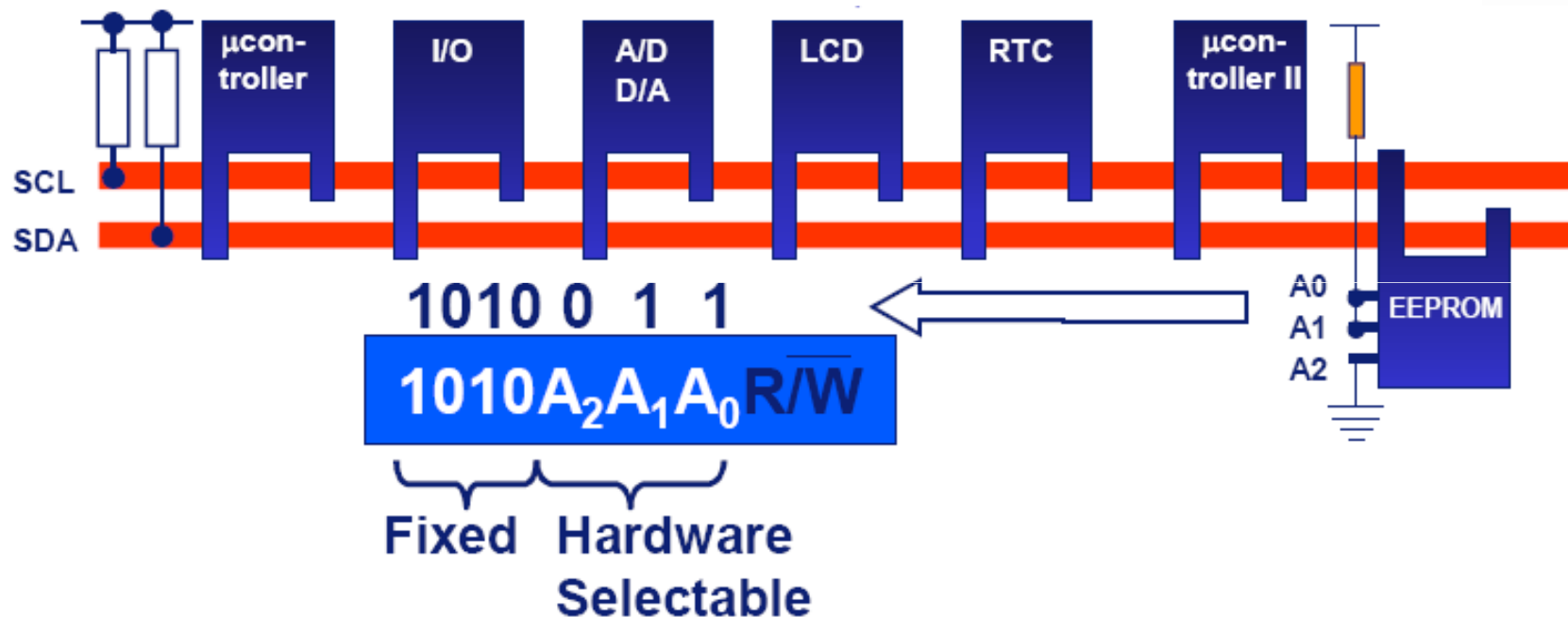


Prenos bitu



Štart bit a stop bit

:: I2C - adresovanie



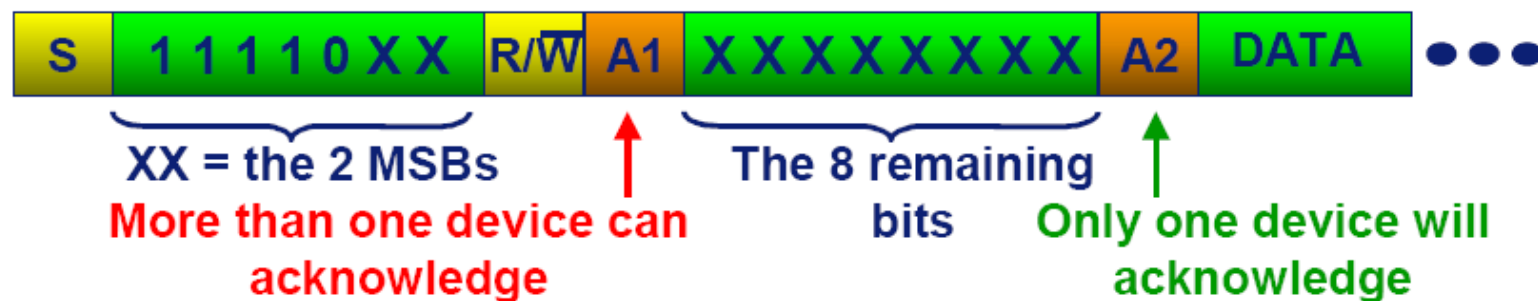
- každý uzol má jedinečnú 7 (alebo 10) bitovú adresu, 7-bitové adresy sú už všetky vyčerpané
- periférne IO majú často fixnú (prideluje komisia pre I2C) a programovateľnú (hardvérovo vyhradenými pinmi) časť svojej adresy
- programovateľná časť adresy umožňuje použiť na danej zbernici viacero rovnakých IO
- adresy začínajúce číslami 0000 alebo 1111 majú špeciálne funkcie
 - 0000000 – broadcast, adresa všeobecného volania (General Call Address)
 - 0000001 – adresovanie v CBUS (protokol pre automatizáciu v domácnosti a budovách)
 - 1111XXX – adresové rozšírenie
 - 1111111 – adresové rozšírenie – ďalšie bajty sú aktuálna adresa
- celkovo teda môžeme pripojiť na zbernicu pri 7-bitovom adresovaní 112 IO

:: I2C – prvý bajt v dátovom prenose

• 7-bit addressing

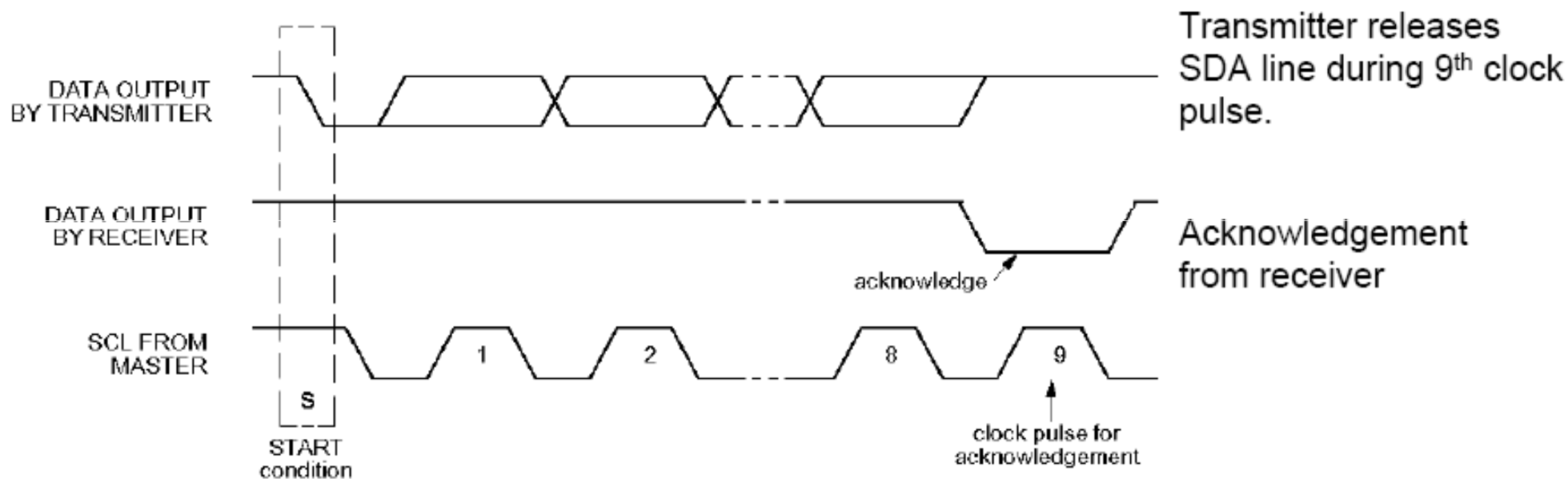


• 10-bit addressing



- prvý bajt po štart bite určuje adresovaný IO
- výnimky z pravidla:
 - adresa všeobecného volania (sú adresované všetky IO): 0000 000 + R/W = 0
 - 10-bitové adresovanie: 1111 0XX + R/W = XXX
- R/W bit:
 - 0 – master bude zapisovať dáta do podriadeného IO
 - 1 – master bude čítať dáta z podriadeného IO
- ACK bit: generuje ho adresovaný IO

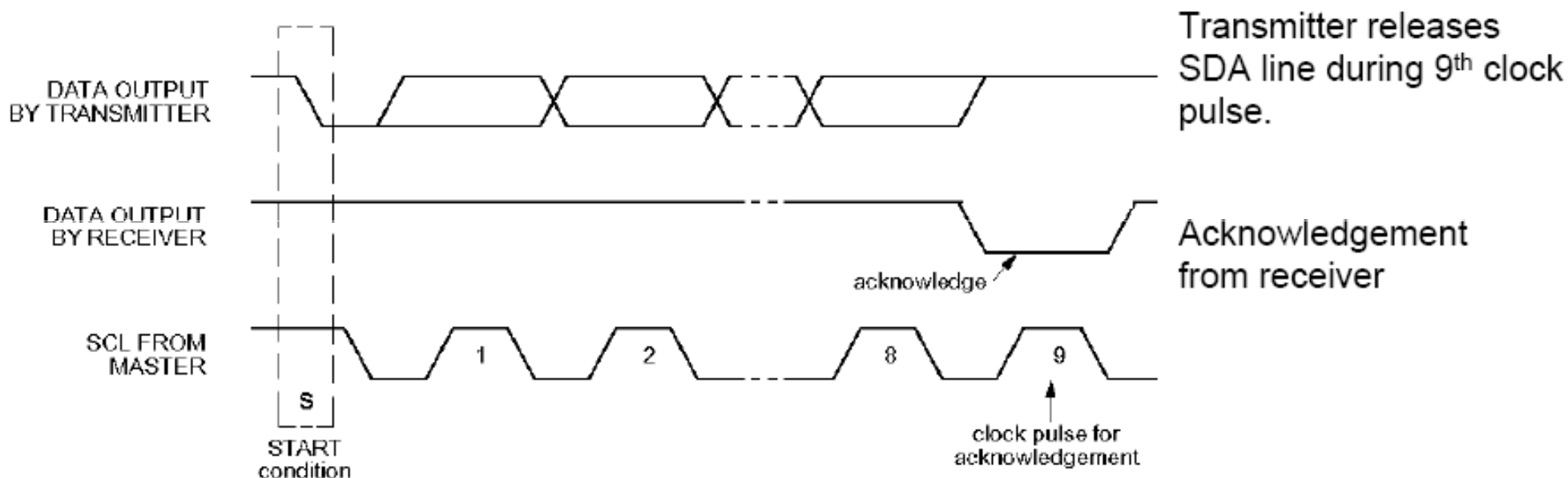
:: I2C – prenos dát



Postupnosť pri prenose dát:

- master generuje štart bit a hodinový signál
- master posiela adresu podriadeného IO + generuje bit R/W
- podriadený IO potvrdí prijatie bitom ACK
- vysielacie zariadenie (master alebo slave) vyšle jeden bajt dát
- prijímacie zariadenie vloží bit ACK, čím potvrdí prijatie bajtu
- opakujú sa predchádzajúce dva body ak je potrebné vyslať viac bajtov
- pri zápise (master vysielá), master vloží stop bit po prenesení posledného bajtu dát
- pri prijímaní (master prijíma), master nepotvrdzuje posledný bajt bitom ACK, ale priamo vloží stop bit, aby oznámil podriadenému IO, že prenos bol dokončený.

:: I2C – prenos dát



Potvrdenie príjmu (Acknowledge)

- vykonáva sa počas deviateho impulzu hodinového signálu a je povinný
- vysielajúce zariadenie uvoľní linku SDA (umožní jej „plávať“ na vysokej úrovni)
- prijímajúce zariadenie stiahne linku SDA na nízku úroveň (linka SCL musí byť na vysokej úrovni)
- ak nedošlo k potvrdeniu, prenos je ukončený

Natiahnutie hodín (Clock Stretching)

- keď slave (prijímač) potrebuje viac času na spracovanie bitu alebo práve vykonáva iné funkcie, môže stiahnuť a podržať SCL na nízkej úrovni. Master potom čaká kým slave uvoľní linku SCL predtým, než vyšle ďalší bit.



:: I2C – spôsoby implementácie

Existujú tri rôzne možnosti ako implementovať zbernicu I2C v systéme:

- mikroradič s integrovaným radičom a rozhraním I2C
 - *bitovo orientovaný – k prerušeniu CPU dôjde po každom prenose bitu*
 - *bajtovo orientovaný – k prerušeniu CPU dochádza po každom prenose bajtu*

- akýkoľvek mikroradič (metóda „Bit Banging“)
 - *protokol I2C môžeme emulovať bit po bite prostredníctvom akéhokoľvek obojsmerného portu s otvorenými kolektormi*

- mikroradič v súčinnosti s radičom zbernice
 - *napr. PCF8584 alebo PCA9564 (konvertor paralelného rozhrania na I2C rozhranie)*



:: I2C – výhody a nevýhody

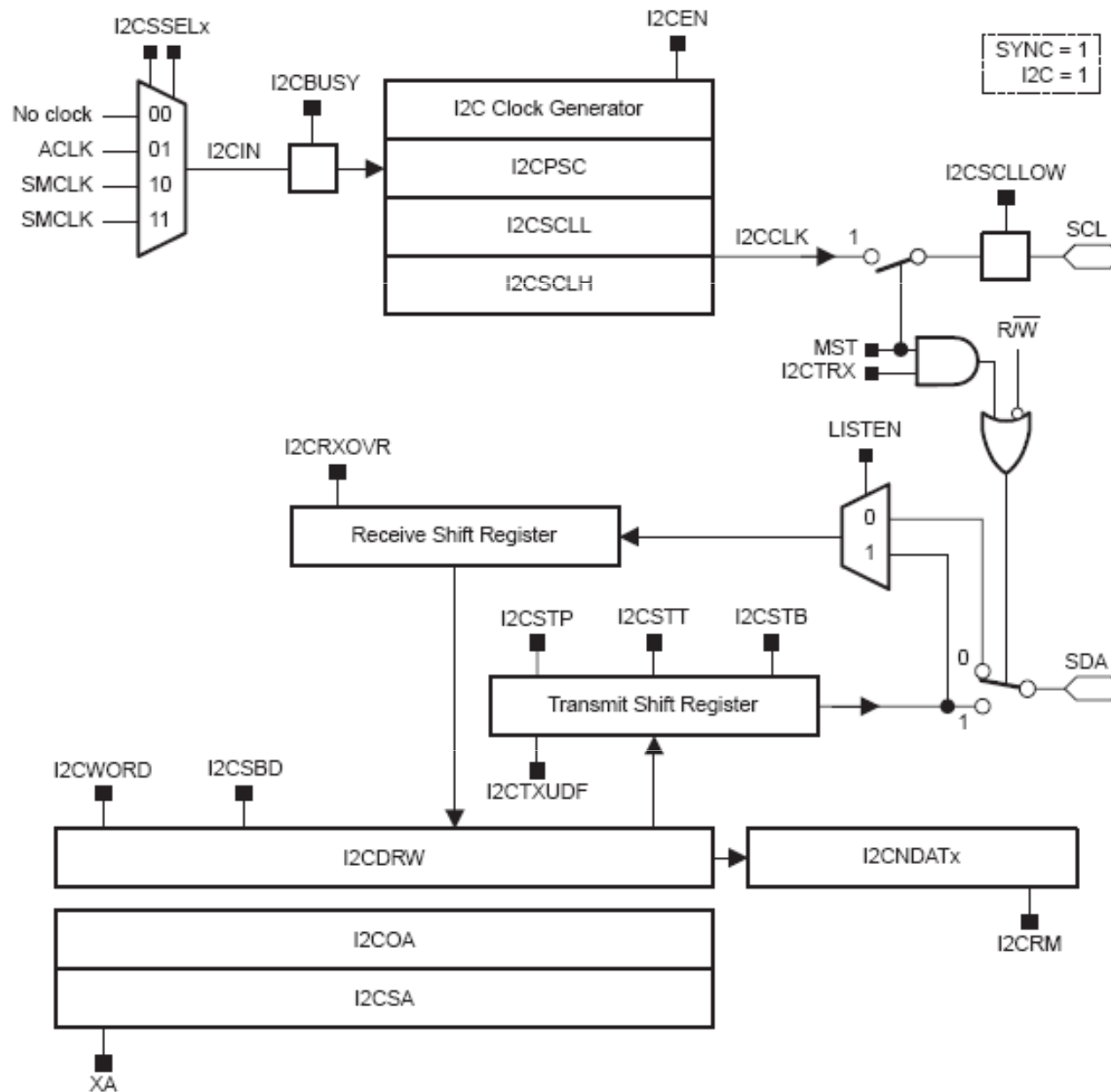
Výhody zbernice I2C:

- vhodná pre medziobvodovú komunikáciu (on-board devices), ak ku komunikácii dochádza len občas
- jednoduché prepojenie viacerých zariadení z dôvodu adresovania
- cena a zložitosť nerastie s počtom pripojených zariadení

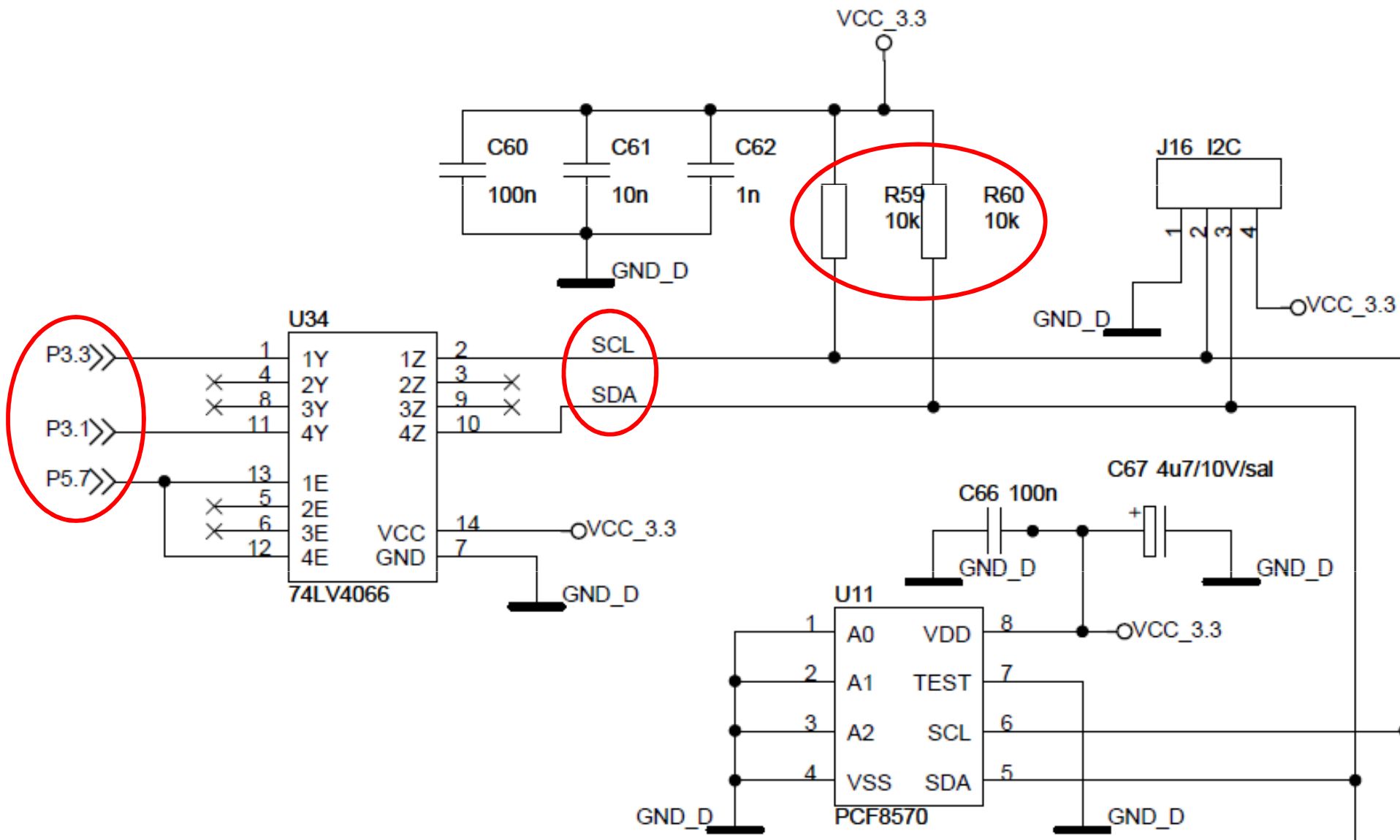
Nevýhody zbernice I2C:

- zložitejšie softvérové riešenie, než napr. v prípade SPI
- nízke prenosové rýchlosti

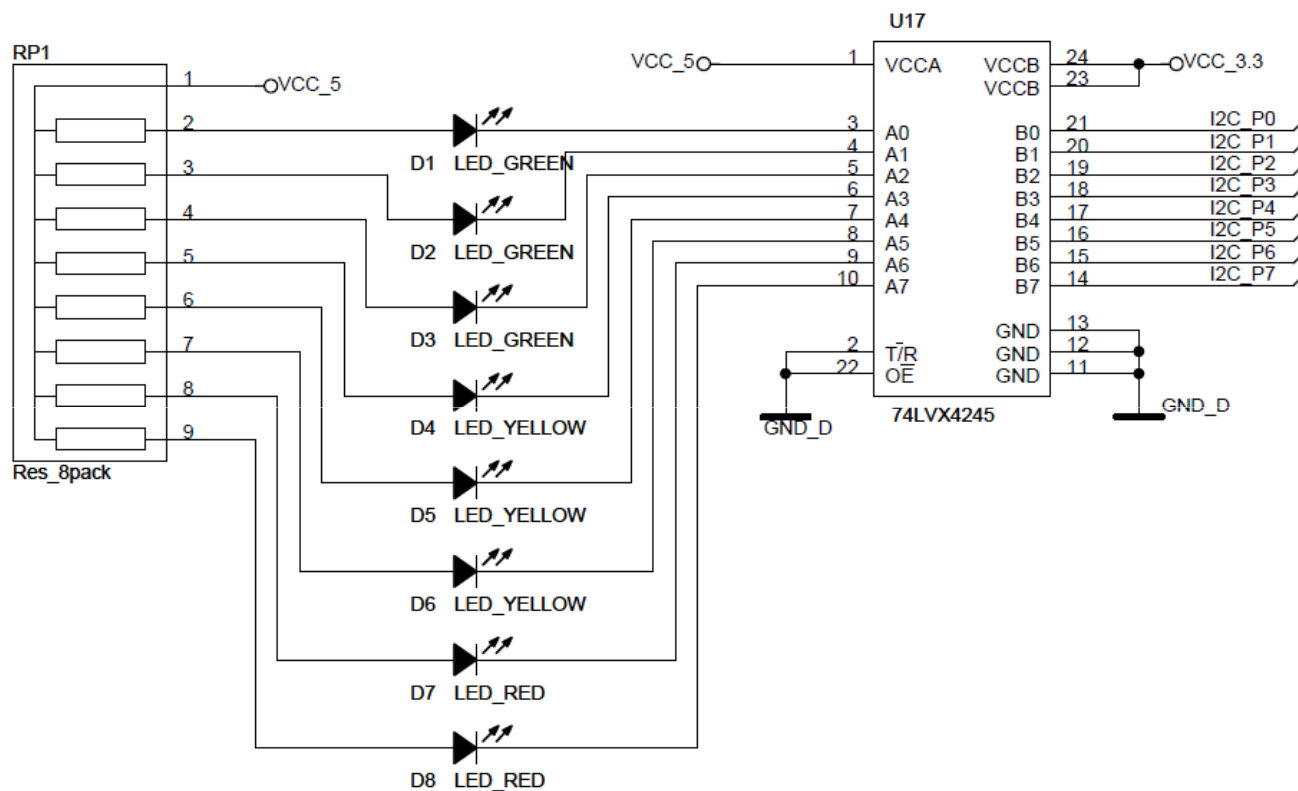
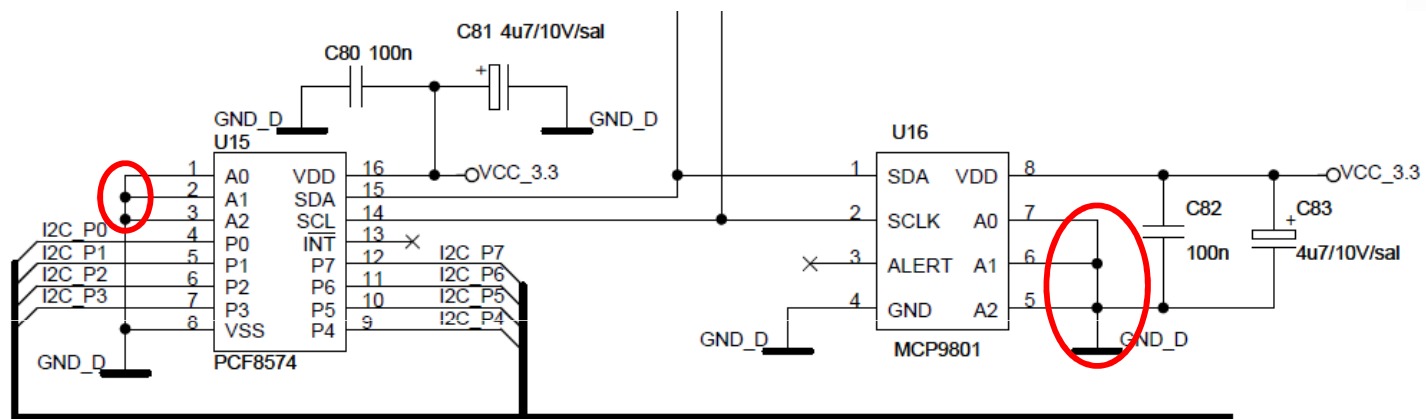
:: MSP430, modul USART0 v režime I2C



:: Realizácia zbernice I2C na vývojovej doske



:: Zapojenie obvodov PCF8574 a MCP9801





Sériové komunikačné rozhranie I2C