



I2C

Преглед
Начин функционисања
Имплементације

ЦИЉЕВИ

- Након завршетка овог предавања имаћете:
 - Боље разумевање:
 - Како I2C функционише
 - Како исправно повезати и подесити
 - Како се на хардверском нивоу изводе операције
 - Кратак преглед:
 - Практичних разматрања

ПРЕГЛЕД СТРУКТУРЕ ПРЕДАВАЊА

- I2C – синхрона серијска комуникација
 - Преглед
 - Употреба
 - Могућности
 - Ожичење
 - Слање/пријем
 - Такт

СЕРИЈСКЕ МАГИСТРАЛЕ

НЕДОСТАЦИ

- U(S)ART
 - Договор о брзини: унапред, не може у лету
 - Такт: мала одступања, иначе збрчкано
 - Премашај: додатни бити (старт и стоп)
 - Повезивање само 2 уређаја: додатни изазивају надметање, сударе и оштећења
 - Подршка за дефинисане брзине
- SPI :
 - Већи број линија
 - Ограничења за проширења: број уређаја ограничен новим линијама
 - Тешко имплементирати само у софтверу
 - *Предност*: више брзине, дуплекс, једноставни померачки регистри

I2C

ПРЕГЛЕД

- I2C (*Inter Integrated Circuit*)
- Оригинално патентирао *Philips/NXP* – истекла примена
- Двожични серијски комуникационо сучеље (енг. Two Way Interface - TWI)
- Једноставан хардвер
- Више брзине
- I2C – Покушава да примени најбоље из оба света

I2C

ПРИМЕНА

- Повезивање микроконтролера са периферијама
- Оригинално употребљивано у телевизорима
- Врсте подржаних периферија:
 - Наменски системи:
 - EPROMS, Flash, and some RAM memory, real-time clocks,
 - watchdog timers, and microcontrollers
 - Лични рачунари:
 - RTC
 - Temperature sensors
 - Variant is the SMBus (system management bus)

I2C

БРЗИНА КОМУНИКАЦИЈЕ

- Standard Mode: 100 kb/s
- Fast Mode: 400 kb/s
- Fast Mode plus: 1 Mb/s
- High Speed Mode: 3.4 Mb/s
- Ultra Fast Mode: 5 Mb/s
- **Квиз**: шта ограничава брзине I2C?

I2C

ЛИНИЈЕ

- Две двосмерне линије
 - SDA (serial data)
 - SCL (serial clock)
- Имплементација преко отвореног колектора (*open-drain*)
 - Подршка за више уређаја
 - Једноставно спајање и за различите напоне
 - Подршка за више напоне од Vdd
 - Напони: од 0V за V_{OL} , до напона напајања (типично 3.3 V или 5 V) за V_{OH}
 - Потребни *pull-up* отпорници
 - Понашање као ожичено логичко И
 - Подршава посредовање и решавање судара

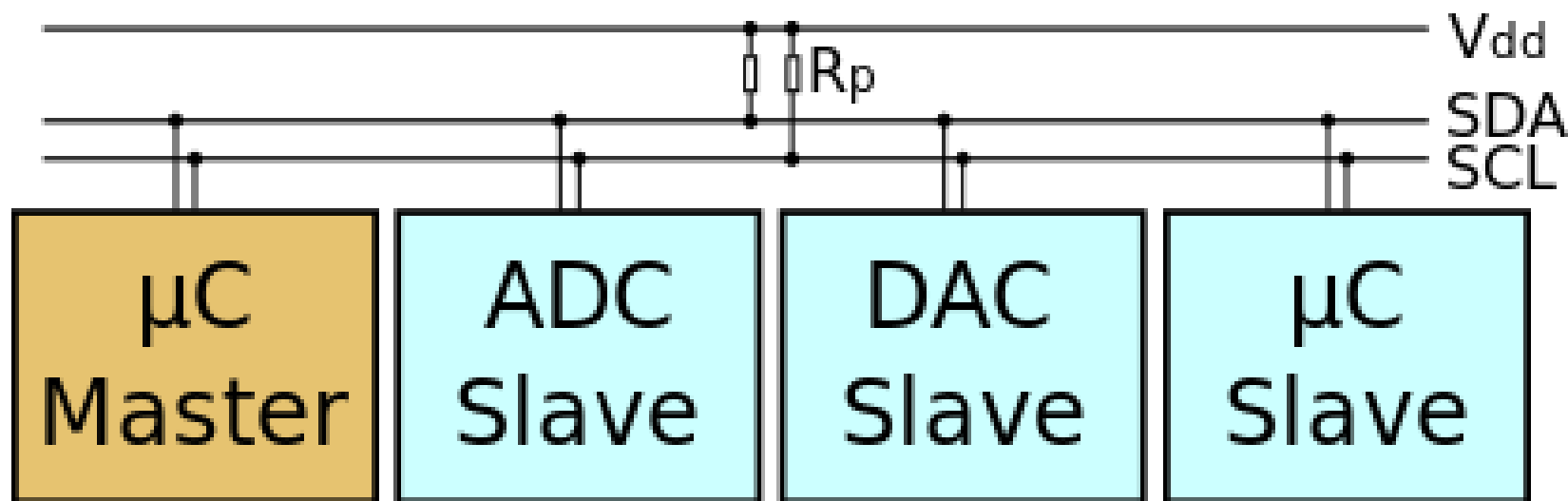
I2C

УРЕЂАЈИ/ЧВОРОВИ

- **Руководилац:** генерише такт и иницира комуникацију
- **Подређени:** прима такт и одговара на прозивку руководиоца
- Улоге се могу заменити након стоп секвенце

I2C

ПОВЕЗИВАЊЕ



I2C

ПРОШИРИВАЊЕ - АДРЕСЕ

- Већи број уређаја дели исту магистралу
- Магистрала подржава више руководица
- Сваки уређај има јединствену адресу
- Додељивање адреса је вршио *Philips/NXP*
 - Пре се наплаћивало због патента
 - Сада је патент истекао

I2C

ФОРМАТ АДРЕСЕ

- Адресно поље
 - Изворно: 7 бита + 1 бит за статус R/W
 - Проширено: 10 бита
- Изворно: виших 7 бита је сама адреса а најнижи бит за статус R/W
 - 1 означава читање
 - 0 означава упис
- Проширено: слање у 2 октета
 - Водећи октет: контролна секвенца (11110) + 2 горња бита адресе + R/W
 - Нижи октет: 8 доњих бита адресе



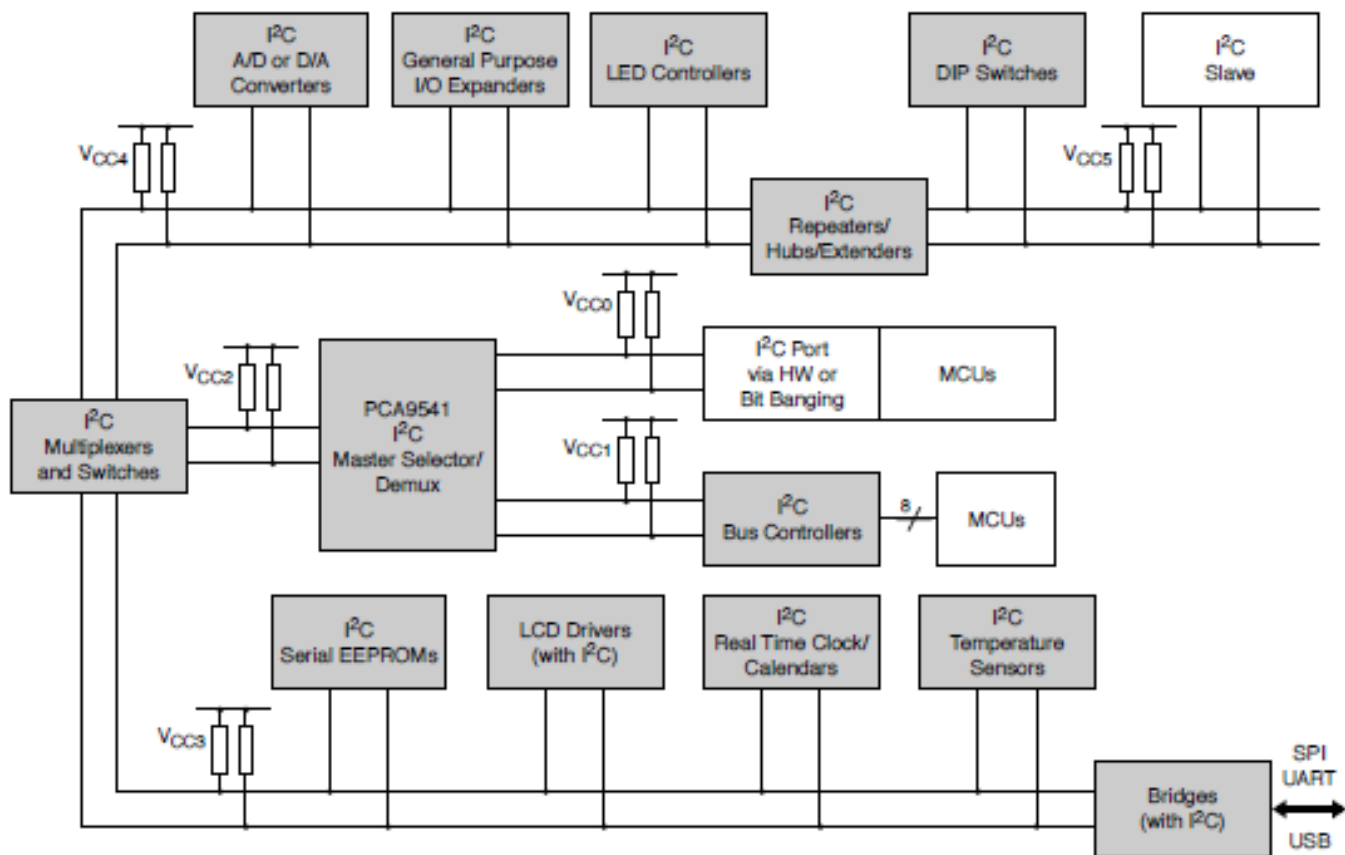
I2C

ПРОШИРИВАЊЕ - ОГРАНИЧЕЊА

- Максималан број уређаја на магистрали ограничен:
 - Бројем расположивих адреса
 - Укупном капацитивношћу магистрале (максимално 400 pF)
- Максимална дужина линије: неколико метара

I2C

ПРИМЕР АРХИТЕКТУРЕ



002aac858

Fig 1. Example of I²C-bus applications

I2C

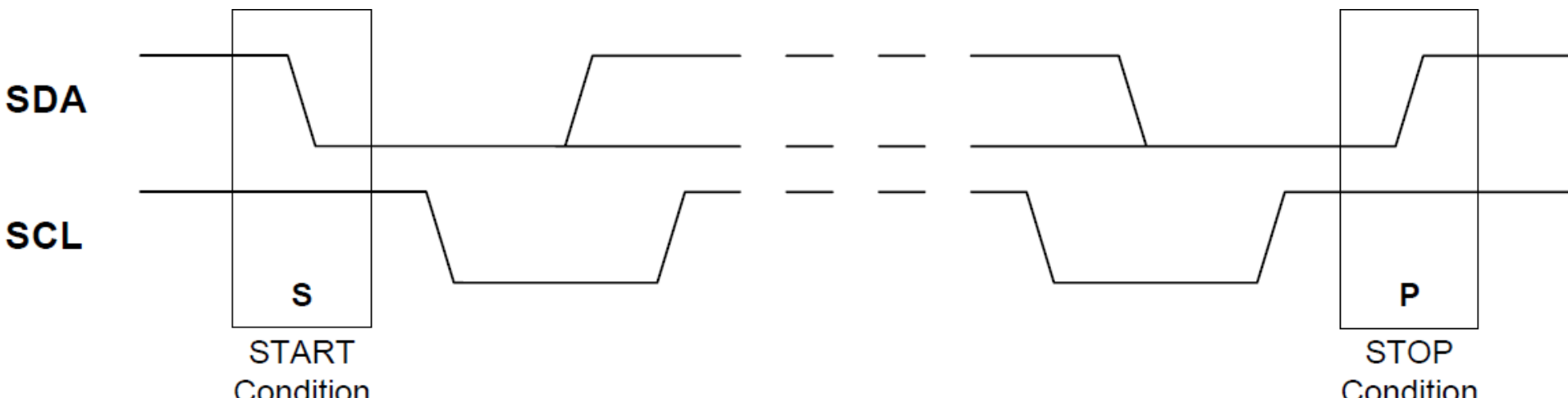
ПРЕНОС ПОДАТАКА

- Терминологија:
 - Пошиљалац (енг. transmitter) и прималац (енг. receiver)
 - Не мора да буде изједначено са руководиоцац и подређени
 - Руководилац започиње пренос, подређени одговара
 - Пошиљалац поставља податке на SDA линију, прималац потврди
- Могућности:
 - Руководилац шаље или прима
 - Подређени шаље или прима
- Начин рада
 - За читање: подређени је пошиљалац
 - За упис: руководиоцац је пошиљалац

I2C

СТАРТ / СТОП СЕКВЕНЦА

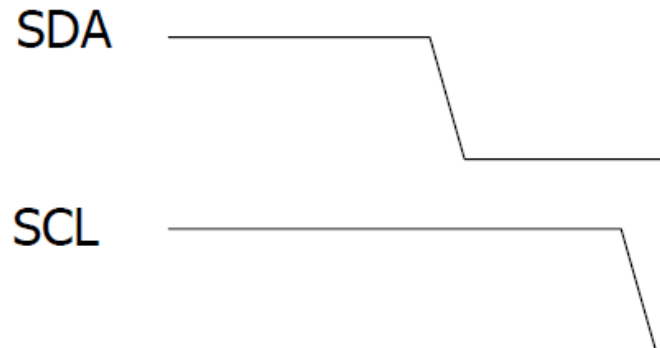
- Руководилац започиње комуникацију старт секвенцом
- Пренос података се завршава стоп секвенцом
- Стар и стоп секвенца су јединствене
- Поновљени старт: уместо стоп, руководилац шаље старт (енг. repeated start)



I2C

СТАРТНИ УСЛОВ

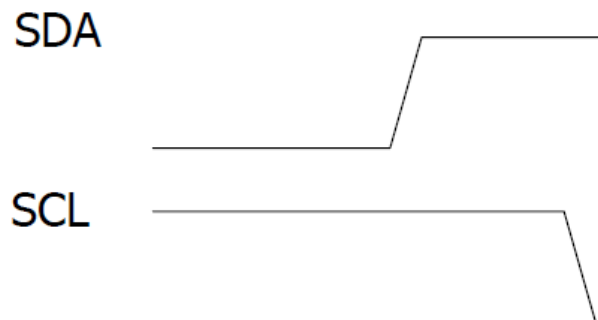
- Руководилац повуче **SDA** на ниско (0) док је **SCL** на високом (1) (силазна ивица)
- Редовне промене **SDA** се једино дешавају када је **SCL** ниско (0)



I2C

УСЛОВ ЗА ЗАУСТАВЉАЊЕ

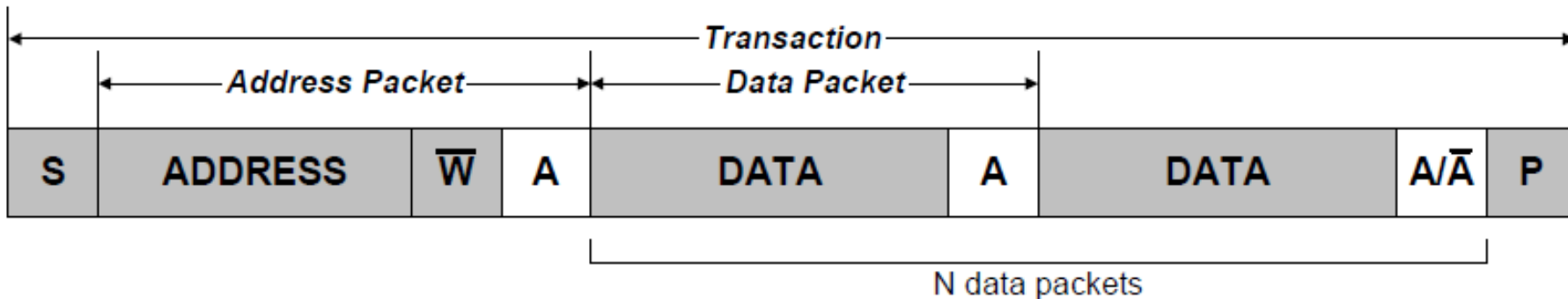
- Руководилац повуче **SDA** на високо (0) док је **SCL** на високом (1) (узлазна ивица)
- Могуће прекинути пренос на исти начин



I2C

УПИС

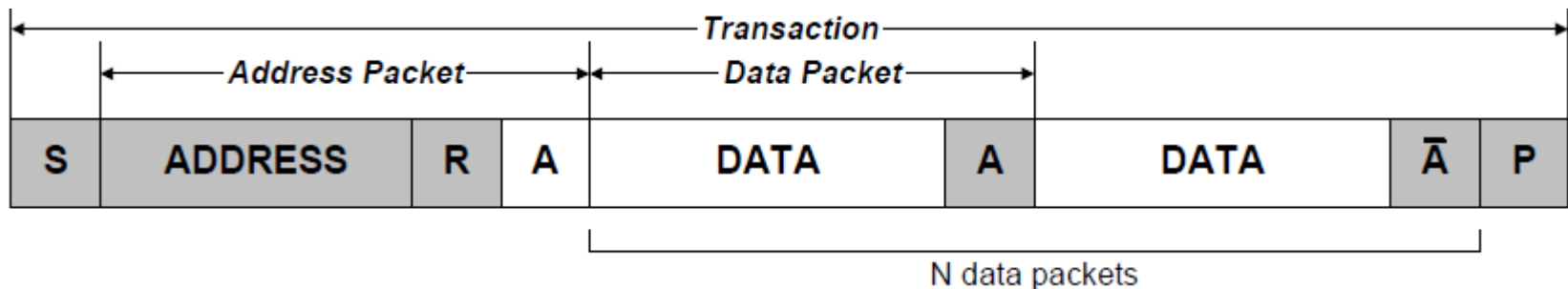
- Руководилац шаље податке, подрђени потврђује (енг. acknowledge)
- Након старт секвенце се шаље адресно поље (7+1) (WRITE = 0)(READ = 1)
- Прозвани зависни потврђује (ACKNOWLEDGE = 0)
- Након потврде иду подаци (8) а затим потврда
- Могуће послати више података одједном
- Завршава се стоп секвенцом



I2C

ЧИТАЊЕ

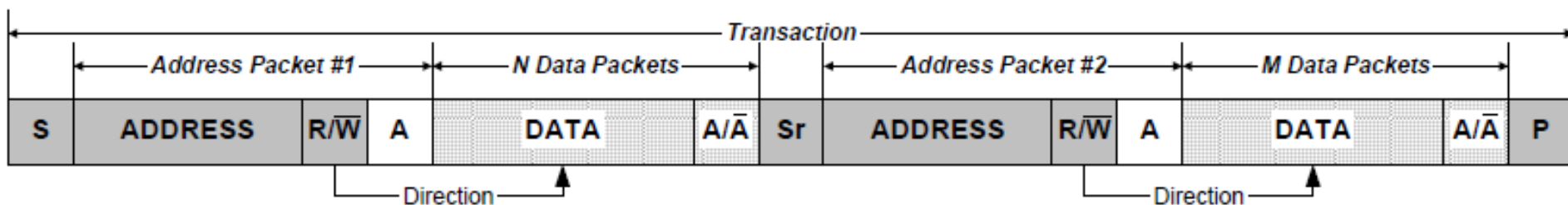
- Руководилац шаље адресу, потврду, и такт а подрђени податке
- Након старт секвенце се шаље адресно поље (7+1) (WRITE = 0)(READ = 1)
- Прозвани зависни потврђује (ACKNOWLEDGE = 0)
- Након потврде иду **подаци (8)** а затим потврда од руководиоца
- Могуће послати више података заредом
- Завршава се стоп секвенцом



I2C

КОМБИНОВАНИ ПРЕНОС

- Служи за промену смера трансакције (упис-читање)
- Руководилац уместо стоп шаље продужени старт
- Затим шаље ново адресно поље са R/W битом



I2C

ТАКТ

- Нестандардан такт
- Редовном стање је високо (1) – користи се *pull-up*
- Осцилује по команди руководиоца током преноса
- Руководилац командује независно од врсте преноса (упис/читање)

I2C

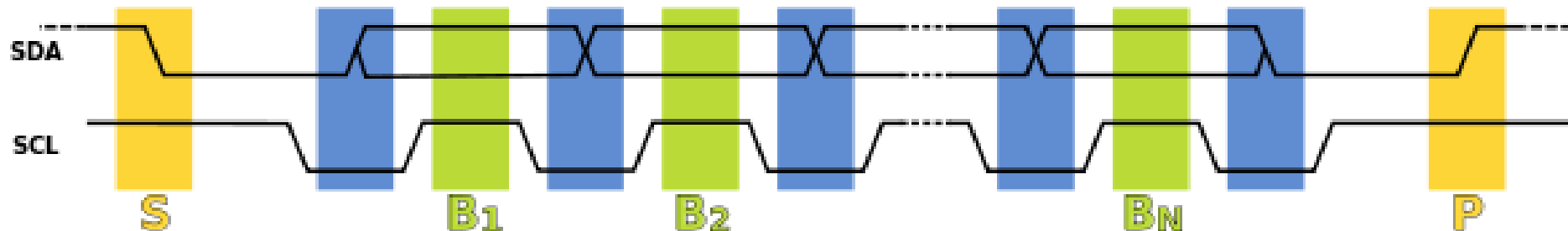
„РАЗВЛАЧЕЊЕ“ ТАКТА

- Руководилац контролише такт – НЕ генерише га!
- Подређени може да обори такт уколико му је потребно више времена
- Могуће извести због магистрале са *pullup* отпорницима
- Подршка за контролу тока: промена брзине у лету

I2C

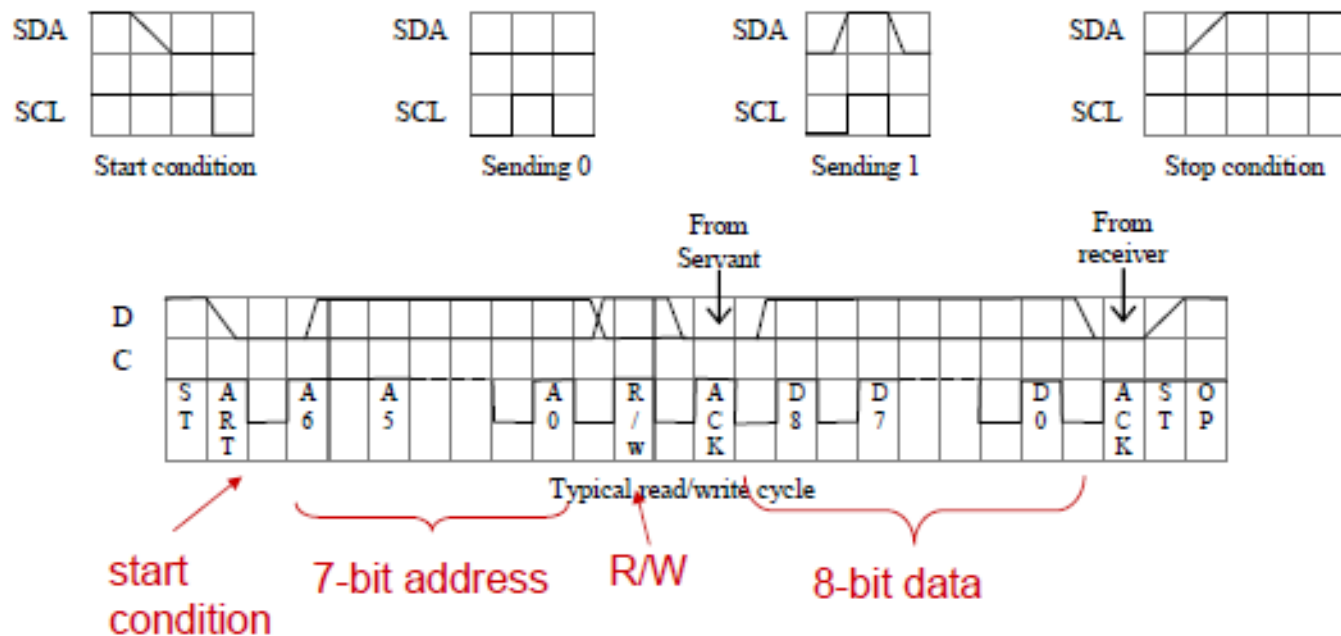
ВРЕМЕНСКИ ДИЈАГРАМ

- Подешавање бита података се врши за време ниског нивоа такта
- Узорковање бита података се врши за време високог нивоа такта
- Битно обавити промене на време
- Да би се избегло лажно препознавање пожељно радити на ивицу



I2C

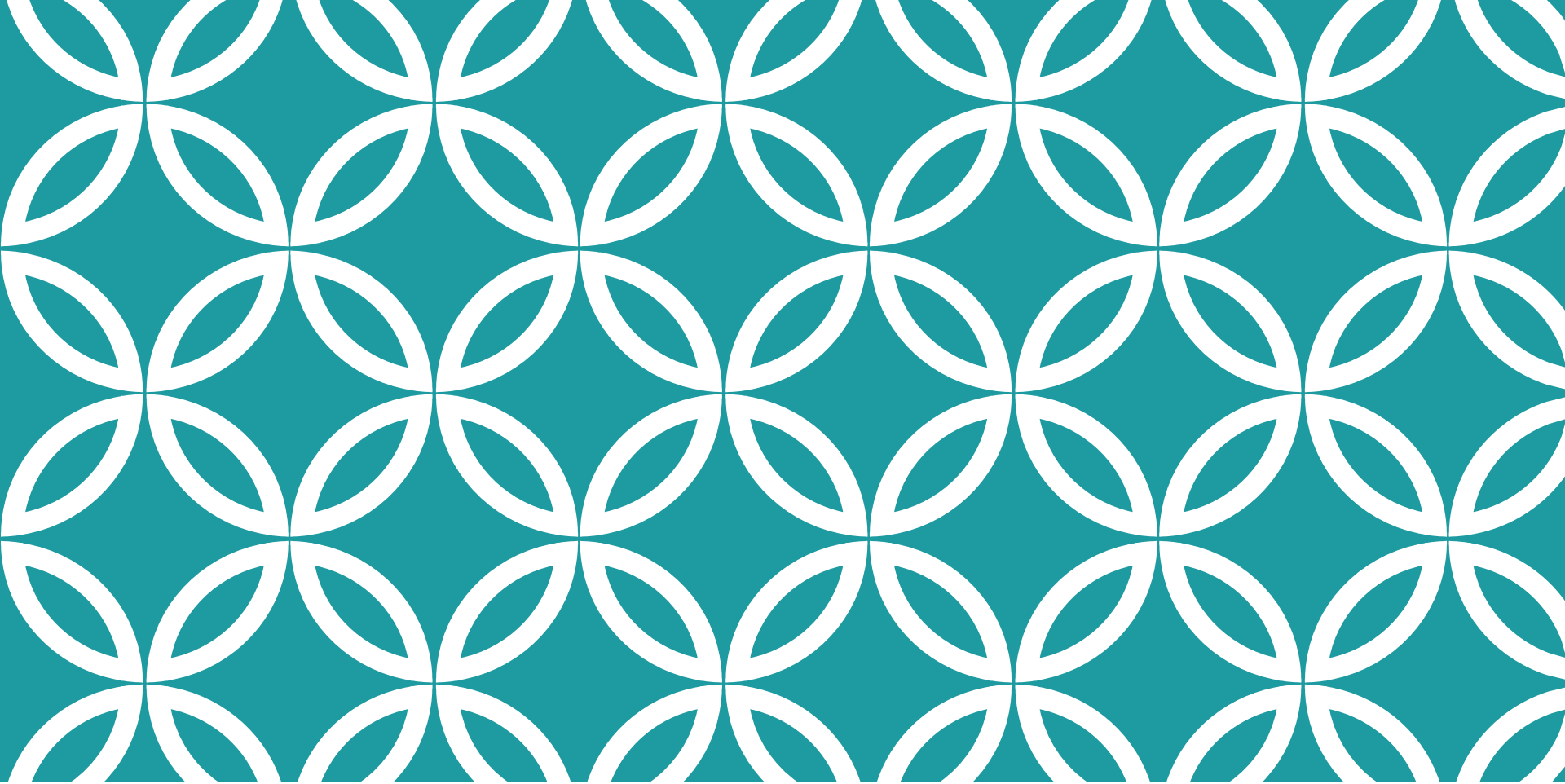
ВРЕМЕНСКИ ДИЈАГРАМ



I2C

АРБИТРАЖА МАГИСТРАЛЕ

- Магистрала са више руководица
- Могућност симултаног започињања преноса
- Арбитража се континуално одвија за сваки бит
- Руководилац са преимућством за слање: шаље 0 (активно обара)
- Повлачи се руководилац: шаље 1 (пасивно задржавање)
- Приоритет: чворови са нижом адресом



ЗАКЉУЧЦИ ЗА ПОНЕТИ

Шта смо радили

ЗАКЉУЧЦИ ЗА ПОНЕТИ

- I2C: намењен за проширење микроконтролера са периферијама
- Комбинује најбоље из оба света ((a)синхро)
- Лако проширивање: симултано додавање
- Обезбеђена једноставна арбитража