

# Embedded System Communications (2) : UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)



Kim, Eui-Jik

# Contents

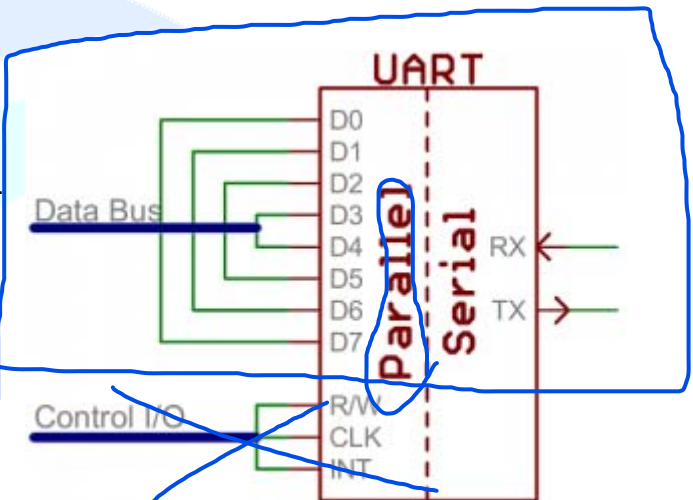
41571

- UART(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)



# UART

- UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)
  - "비동기" 시리얼 통신을 위한 규약으로, 병렬 데이터를 입력 받아 직렬화하여 통신하는 방법
- Features
  - 8-bit 비동기 직렬 통신을 지원하는 인터페이스 역할
    - 8-bit 단위로 묶여진 데이터를 단일 bit로 변환 또는 역변환 수행
  - 외부 주변장치와는 2개의 직렬 데이터 라인 (TX, RX)으로 데이터 송수신
  - 동기화를 위한 별도의 clock이 없음  $\Rightarrow$  비동기
  - 주변장치와 1:1 full duplex 통신을 함

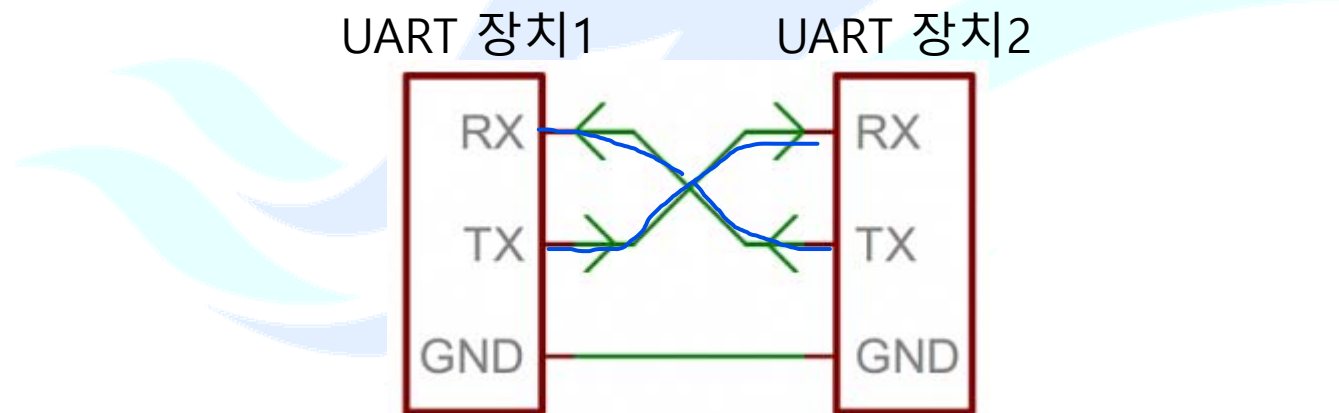


UART 구조도

# UART

## ■ UART 구성

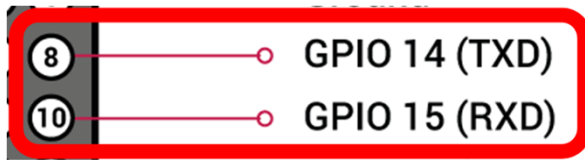
- TX, RX, GND 3개의 선만으로 통신을 수행할 수 있음
- UART 장치간 연결
  - TX-RX
  - RX-TX
  - GND-GND



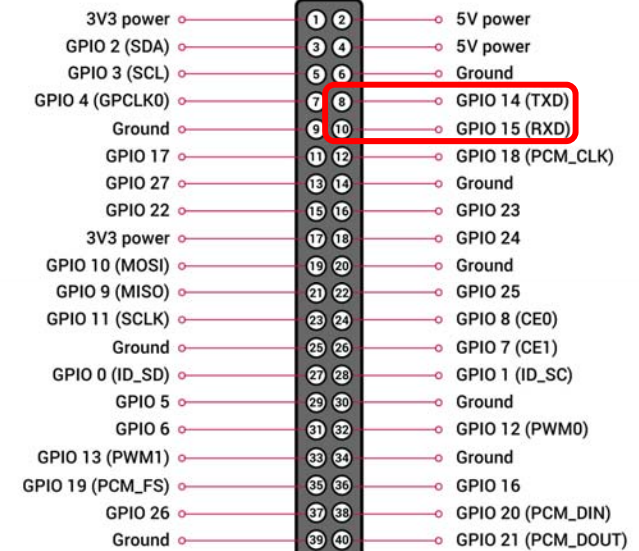
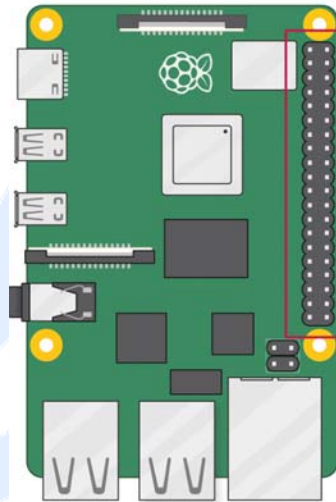
UART 장치 간 serial bus 연결

# UART

## ■ UART GPIO pin in Raspberry Pi 4



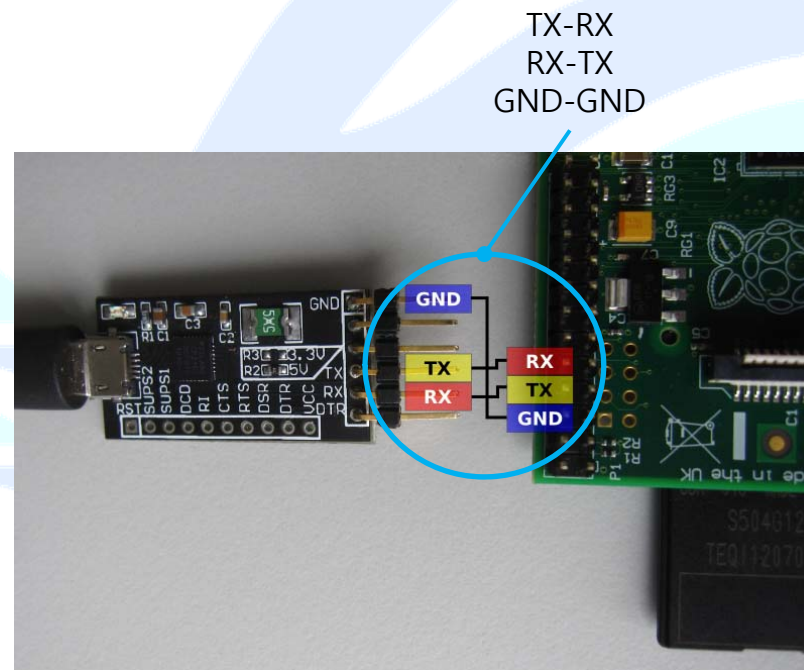
Pin	기능
TxD	데이터 전송
RxD	데이터 수신



# UART

## ■ Example of UART

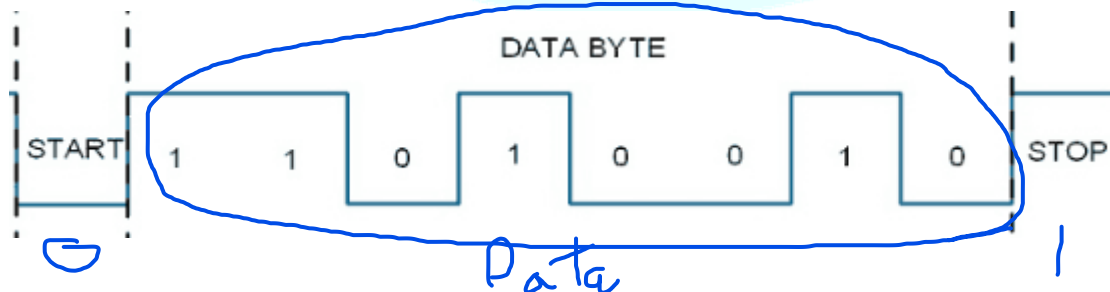
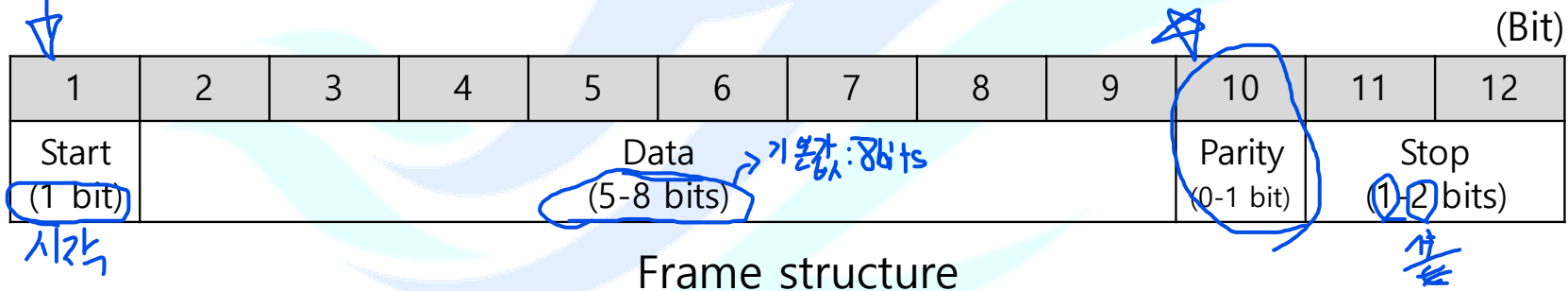
- Raspberry Pi 와 Arduino UNO 사이의 통신은 UART를 이용한다
- 데이터 송수신을 위해 GPIO 14, 15번 핀을 사용해 범용 UART 구성
- 각 디바이스의 TX, RX를 TX-RX, RX-TX로 교차해서 연결하고, GND끼리 연결함



GPIO를 사용한 UART

# UART

- **Frame structure**
  - Sender는 **Frame**을 통해 Data를 전송
  - ★ Frame은 Synchronization bits (Start bit, Stop bits), data bits, parity bit로 구성됨
    - Parity bit는 optional
  - Frame 사이즈는 최소 7 bits 에서 최대 12 bits로 결정될 수 있음



## Example of frame

- 8 bit data
- No Parity bit
- 1 bit stop

# UART

동기버트

## ■ Synchronization bits

- Start bit와 Stop bits

- Start bit와 Stop bits는 Frame의 시작과 끝을 표시함

Start bit는 1 bits (0 값을 가짐) *LOW*

Stop bit는 1~2 bits (1 값을 가짐) *HIGH*

- ① Stop bits는 다음 프레임과의 시간 간격을 위해 1~2 bits로 설정  
될 수 있음

- ② 일반적으로 1 bit를 사용

- Sender가 Frame을 Receiver의 buffer processing time보다 빠르게 전송할 경우, Receiver는 Frame을 제대로 수신하지 못할 수 있는데, 이 경우 stop bit의 길이를 늘려서 Frame 전송 간격을 길어지게 함

(Bit)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Start (1 bit)	Data (5-8 bits)								Parity (0-1 bit)	Stop (1-2 bits)	

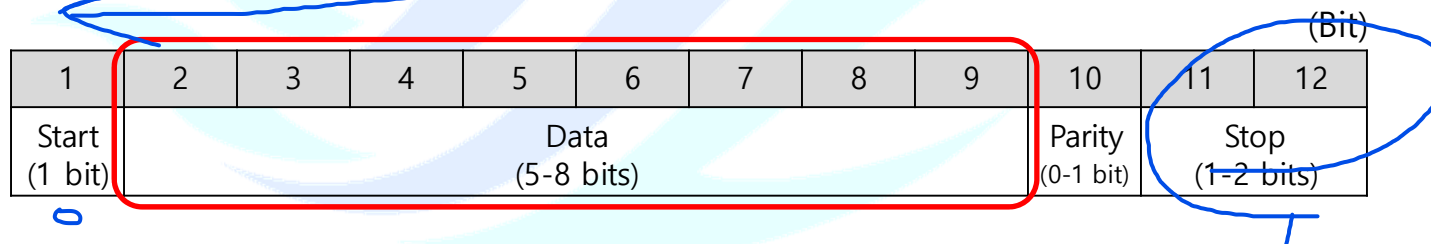


# UART

## ■ Data bits

### ■ 실제 전송할 데이터

- 8 bits가 기본이긴 하지만 5~8 bits 사이즈를 가질 수 있음
- 기본적으로 Data의 처음 bit에는 LSB가 먼저 기록되지만 (default setting), MSB 가 먼저 기록될 수 있음
- 송신측 및 수신측에서 Data 사이즈 및 엔디안 (MSB, LSB)에 대해 사전 합의가 되어야 함



# UART

## ■ Parity bits

오류검출 가능, 수정 불가

- Optional bit로 데이터 전달 과정에서 오류가 발생했는지 검사하기 위해 추가됨
- 전송하고자 하는 데이터에 1 bit를 더해 전송하는 방법으로 Even parity, Odd parity 2가지 종류가 있음
- Even parity
  - 전체 bit에서 1의 개수가 짝수가 되도록 parity bit를 정하는 방법
  - 예) 0010110 → **1**0010110
- Odd parity
  - 전체 bit에서 1의 개수가 홀수가 되도록 parity bit를 정하는 방법
  - 예) 0010110 → **0**0010110

- 송신측 및 수신측에서 Parity 종류에 대해 사전 합의가 되어야 함 (Bit)

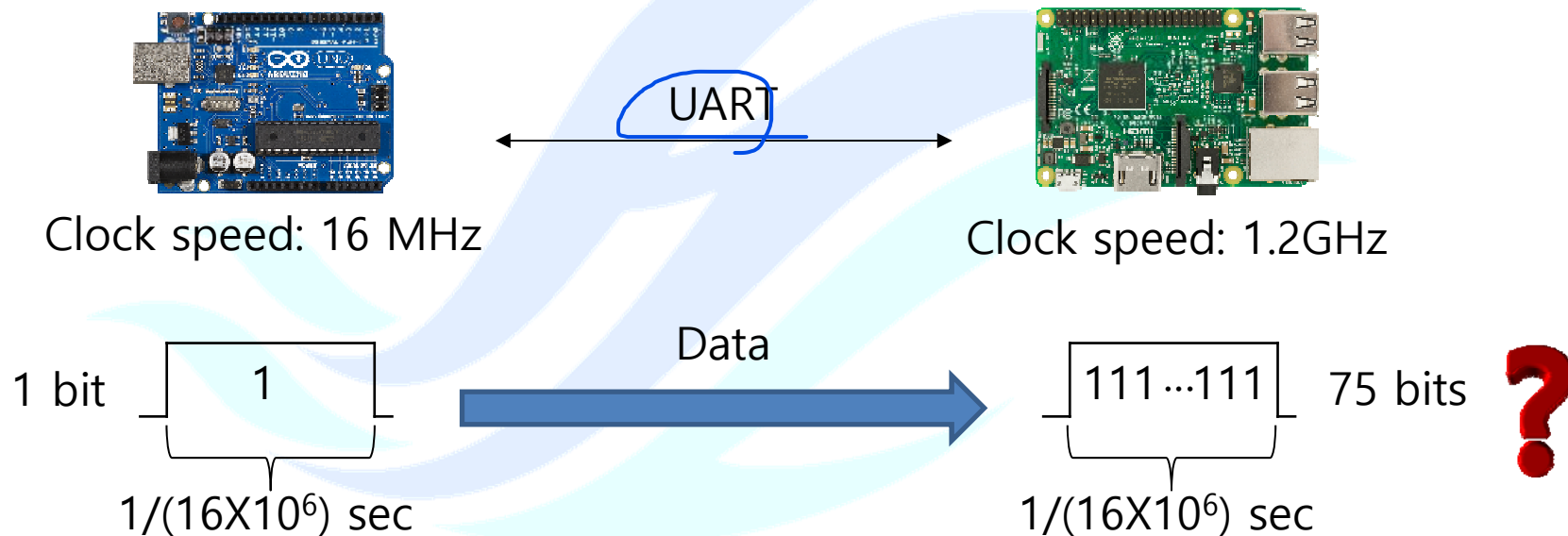
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Start (1 bit)	Data (5-8 bits)								Parity (0-1 bit)	Stop (1-2 bits)	

# UART

frame 구분 가능해진다.

## ■ Baud rate configuration

- UART는 비동기식 통신이기 때문에 미리 약속된 통신속도 (Baud rate)로 전송해야 수신측에서 정확히 데이터를 읽을 수 있음.



송수신 장치 양측의 Baud rate을 같게 설정하여 통신속도를 맞춤 (ex: 9600 bps)

# UART

데이터

default data size: 8bit

## ■ Baud rate

- 1 symbol=1 bit, 115200 baud rate를 갖고 있고 1 stop bit를 사용하며 parity bit를 사용하지 않는 링크는 다음과 같은 data transmission rate를 제공 ( $D_{rate}$ ):

$$D_{rate} = \frac{B}{s + d + p + S}$$

$$= \frac{115200}{1 + 8 + 0 + 1}$$

$$= 11,520 \text{ Frames/sec}$$

$$\rightarrow 11,520 \text{ Bytes/sec}$$

B: baud rate

s: start bit (always 1 bit)

d: the number of data bits (5, 6, 7, or 8 bits)

p: parity bit (0 or 1 bits)

S: stop bit (1 or 2 bits)

1 Frame → 8bit

↳ 1 byte

- 만약 parity bit를 사용한다면 data transmission rate는 줄어듦:

$$D_{rate} = \frac{115200}{1 + 8 + 1 + 1}$$

$$= 10,472.7 \text{ Frames/sec}$$

$$\rightarrow 10,472.7 \text{ Bytes/sec}$$

비율기 → baud rate / Frame구조

# UART

## Operation of UART communication

- 1) UART transmitter에 의해 data bus로부터 data (01001101)가 병렬로 수신됨
- 2) UART transmitter는 start bit, stop bit (1bit), parity bit (even)를 data frame에 추가함
- 3) Data packet은 UART transmitter에 의해 미리 결정된 baud rate로 UART receiver로 전송됨
- 4) UART receiver는 수신한 data frame으로부터 start bit, stop bit, parity bit를 제거함
- 5) UART receiver가 data를 parallel data form으로 재변환해 receiver의 data bus로 전송함

