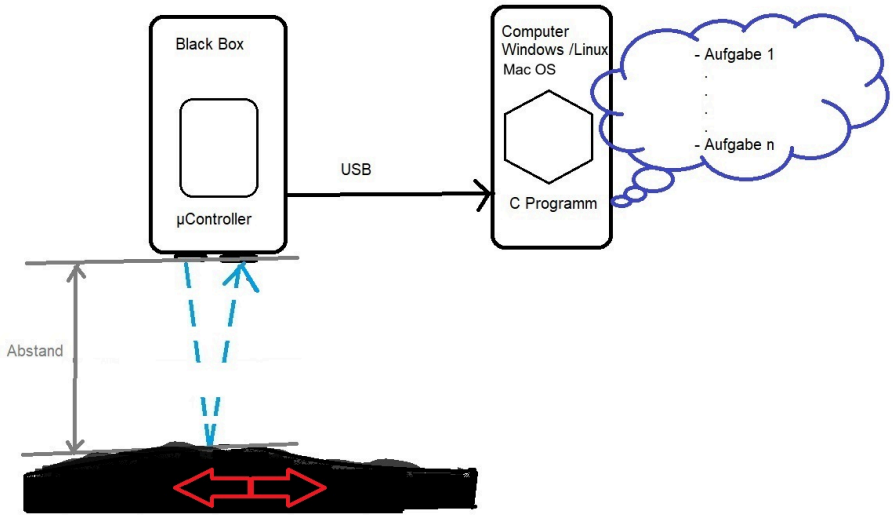
Laboraufgabe.

Es soll eine Höhenmesser entwickelt werden, der ein Höhenprofil aufnehmen kann. Dazu wird in diesem Labor die Informatik - Komponente entwickelt.



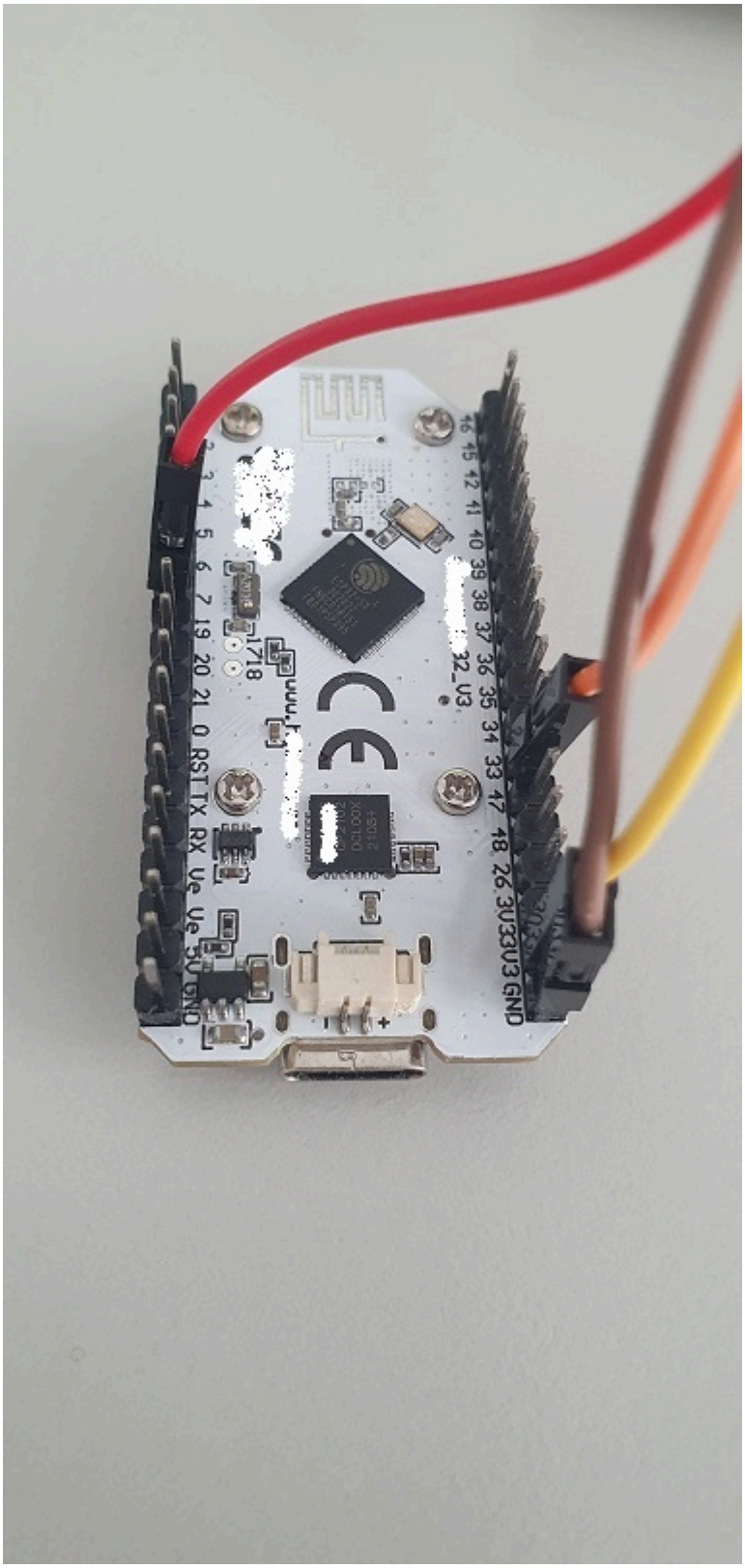
Handskizze

Für die Entwicklung ist schon ein Hardware-Aufbau (Black-Box) vorhanden. Diese bietet verschiedene Grundfunktionen an, die anhand der Aufgaben erweitert werden sollen.

Beschreibung Hardware-Blackbox:

Ultraschal Sensor

µController Vorderseite



µController Rückseite

Figure 1: Komponenten der Black-Box.

Ultraschal Sensor

Die Blackbox ist ein Gehäuse in dem ein µ Controller Signale von einem Ultraschall Sensor (US-Sensor) erfasst diese verarbeitet und über die USB Schnittstelle ausgibt. Die gesendeten Daten sind im INT (Integer) Format und werden mit einer Frequenz von 1Hz ausgegeben Die Spannungsversorgung erfolgt auch über den USB Anschluss (5V/0,500mA).

Rahmenbedienung

- Es muss in C programmiert werden.
- Verwendung einer sqlite-Datenbank
- Verwendung von `structs`
- Aufteilen des Codes in Header (.h) und Source (.c) Dateien
- Verwendung von CMake als Buildsystem
- Jede Laboraufgabe wird auf einem eigenen Branch in github oder gitlab entwickelt.
- Die Implementierung erfolgt in dem während der Vorlesung erstellten C-Projekt-Template.

Laborsetup

Die Daten von der Black Box werden über die serielle Schnittstelle (USB) gesendet und können sowohl unter Windows, Linux oder MacOS Betriebsystem bearbeitet werden.

Zum einrichten des jeweiligen Systems siehe Beschreibungen am Ende der Laboranleitung.

Implementierung erfolgt auf den Jetsons aus dem Digitalisierungslabor. Diese wird durch die Dozenten bereitgestellt und supportet. Ein Austausch des Codes erfolgt über git (github oder gitlab).

> Das C-Project kann auf den Jetsons ohne devcontainer verwendet werden, da es schon ein Linux als host System ist.

Um die Entwicklung auf Windows-PCs zu ermöglichen und in dem bekannten Setup mit Visual Studio Code und cmake zu arbeiten gibt es folgende Möglichkeiten:

1. Mingw Installation auf Windows mit cmake und gcc ()
2. Windows Subsystem for Linux (WSL) mit Ubuntu installieren und dort cmake und gcc installieren.
3. Serielle Kommunikation zur Blackbox in devcontainer einrichten. Siehe Anhang

Abnahme

- Die Laboraufgaben werden einzeln abgenommen.
- Der Code wie auch die erzeugten Visualisierungen müssen erklärt werden.
- Der Code muss sauber mit Methoden, structs und unterschiedlichen .h und .c Dateien strukturiert sein. (vgl. Vorlesungsprojekt)
- Die weiteren Rahmenbedinungen müssen eingehalten werden.

Abgabe Ausarbeitung

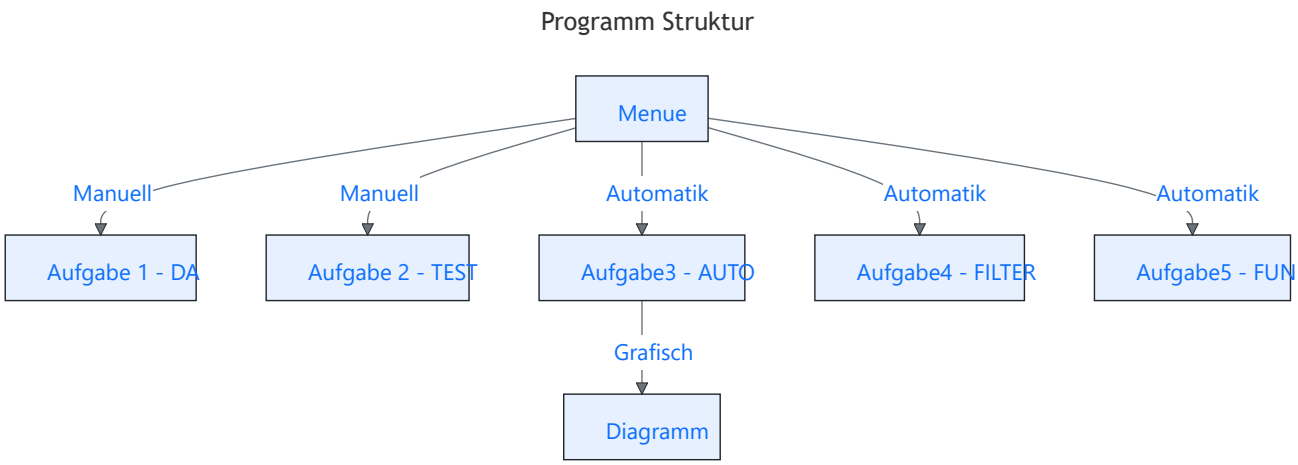
- Laden Sie auf Moodle folgende Dateien hoch
- 4x .csv Dateien (messung_1.csv, messung_2.csv, messung_3.csv, messung_4.csv)
- C Programm
- Screenshot der ausgegebenen grafik in .png oder .jpeg Format

Abgabefrist wird im Labor bekannt gegeben

Spielregeln

- Labortermine sind Pflichttermine.
- Ausarbeitung daheim ist erlaubt.
- Team Work, max 3 Teildehmer ist erlaubt. Allerdings ist ein gesamt Kenntnisstand vom jedem Teilnehmer erfragt.

AUFGABEN:



Aufgabe 1

Plausibilität der eingelesen Werte. Modus “DA” - DatenAufnahme

Ziel: Es ist ein C Programm zu entwickeln, mit dem der von Hand gemessene Abbstand und der Blackbox gelieferter Wert auf Tastendruck in einer csv-Datei **messung_x.csv** speichert.

Labortask Beschreibung

1. US-Sensor in einer festen Position zu einem Objekt abstellen
2. Den Abstand vom Sensor zur Fläche mit einem Lineal messen und über die Kommandozeile (in Zentimeter) eingeben und mit Enter bestätigen. Dieser Wert soll als realer Abstandswert in der csv-Datei gespeichert werden. (siehe nachfolgende Tabelle)
3. In der nachfolgenden Spalte den vom Sensor gelieferte Wert speichern (auch Wert in Zentimeter)
4. In der nachfolgenden Spalte die berechnete Differenz der beiden Werte eintragen
5. 20 Messungen Anfang = 10c m, Schrittweite = 2 cm durchführen.
6. Nach 20 Punkten soll die Eingabe nicht mehr möglich sein und das Programm springt automatisch zum Menue Auswahl über.
7. Speichern der Daten in einer Datenbank (sqlite). Das Datenbank Layout ist passend gewählt. Aus der Datenbank kann eine Tabelle als
   csv Name: **messung_1.csv** exportiert werden.
8. Option: Plot mit reeler und den vom Sensor gelieferte Werte in Excel programmieren und graphisch ausgeben.

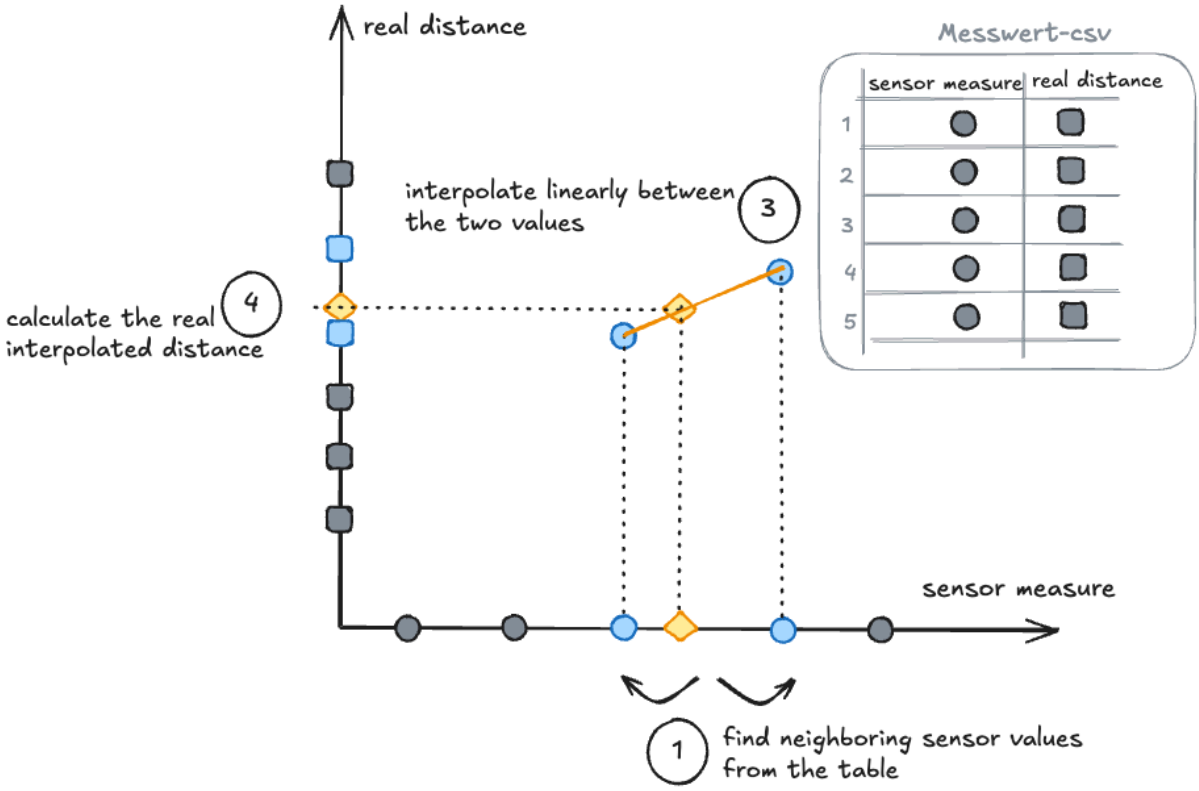
Messung Nr.	**ABSTAND**		**Abweichung**
	Reeler Wert	Vom Sensor erfasster Wert	
	über Tastatureingabe	über USB eingelesen	
1			
2			
...			
n-1			
n			

Aufgabe 2

Kalibrierung des Sensors mit einer Look-Up Tabelle. Modus “TEST”

- Die Ermittlung soll auf Basis der **messung_1.csv** erfolgen.
- Der Sensorwert soll in den realen Abstandswert mit einer Look-Up Tabelle umgerechnet werden.
- Durch den Tausch der Messwert-csv-Datei ist es möglich das Programm auf einen anderen Wertebereich festzulegen oder einen andere Blackbox zu verwenden..
- Zwischen den Datenpunkten aus der Look-Up Tabelle soll linear interpoliert werden, um aus dem Sensorwert den korrekten Abstand zu berechnen.

Siehe folgende Skizze:



Look-Up Tabelle und Interpolation

Funktion der Look-Up Tabelle:

1. Der Sensorwert wird eingelesen.
2. Die nächsten zwei Sensorwerte aus der Look-Up Tabelle werden gesucht.
3. Zwischen diesen beiden Werten wird linear interpoliert, um den realen Abstand zu berechnen.
4. Der berechnete reale Abstand wird ausgegeben.

Labortask Beschreibung

1. US-Sensor in einer festen Position zu einem Objekt abstellen
2. Das messen des Abstands vom Sensor zur Fläche wird mit einem Tastendruck auf Enter ausgelöst. Dieser Wert wird als gelesener Abstandswert (in Zentimeter) in einer Datenbank (sqlite) und dann von dort in einer csv-Datei **messung_2.csv** exportiert. (Muster siehe nachfolgende Tabelle)
3. In der nachfolgenden Spalte den interpolierten Wert eintragen (in Zentimeter)
4. Mehrere Messungen durchführen (minimum 20) . Abstand ist diesmal willkürlich ausgewählt.
5. Der Modus soll so lange laufen, bis ein spezieller Tastendruck (z.B. "q") erfolgt. das Programm springt automatisch zum Menue über
6. Option: Plot mit Soll und Ist Wert in Excel programmieren und graphisch ausgeben.

Messung Nr.	**ABSTAND**		**Abweichung**
	Vom Sensor Wert	Interpolierter Wert	
	über USB eingelesen	Berechnet	
1			
2			

Messung Nr.	ABSTAND	Abweichung
...		
n-1		
n		

Aufgabe 3

Automatisch messen. Modus “AUTO”

Labortask Beschreibung

1. für ca. 10 Sekunden eine/n Messung/Bewegungsablauf starten
2. Zeitstempel der erfassten Werte und die Werte in einer Datenbank (sqlite) speichern und dann in einer .csv Tabelle **messung_3.csv** exportieren.
3. Visualisieren der Höhenkarte anhand der Zeitstempel - in **C** programmiert.
4. Ist die Zeit zwischen zwei Zeitstempeln immer gleich?
5. Wenn nein die max und min sowie auch die durchnits Abtast Zeit berechnen.
6. Im Windows/Linux/MacOs System mehrere Task’s starten (youtube Video, Maus bewegen usw.) und gleiche Mesusung nochmal durchführen.
7. Wie verändern sich jetzt die Werte der Zeitstempel? Speichern Sie die Daten in einer in einer Datenbank (sqlite) und exportieren sie diese in einer.csv Tabelle - **messung_4.csv**

Aufgabe 4

Daten Filtern. Modus “FILTER”

- Filter Sie die in **messwert3.csv** gespeicherten Abstands Werte.
- Programieren Sie ein Mittelwert Filter über 3 Werte z.B. u(m)=(SUMME(y(m-1):y(m+1))/3)
- Ploten Sie beide Werte Reihen in einem Diagramm und die dazugehörige Differenz zwichen den beiden Wertereihen in einem neuem Diagramm

Aufgabe 5

Fun: Make it a game. Modus “FUN”

Labortask Beschreibung

1. ASCII Art level durch Höhenkarte. Das C Programm gibt eine Höhenkarte auf der Kommandzeile aus.
2. U-Boot mit W - up, S - down gesteuert durch die Höhenkarte navigieren.
3. von links nach rechts fährt das Uboot automatisch.
4. Beenden Sie das Spiel wenn das U-Boot auf Grund läuft (also mit der Höhenkarte kollidiert).

Beschreibung Betriebssystem anpassen:

Daten im **L I N U X** Betriebs-System empfangen und auslesen/speichern

> Vorbereitung jetsons

Mit minicom testen

Mit minicom können Sie testen, ob die Blackbox Werte liefert:

```
sudo minicom -b 115200 -D /dev/ttyUSB0
```

Schritt-für-Schritt-Anleitung

C Datei mit einem Minimalbeispiel zum Auslesen der Werte aus der Blackbox:

```
// 22072025
// C-Programm zum Lesen eines µControllers über USB (Jetson Nano)
// Port: /dev/ttyUSB0
// Baudrate: 115200
// Endlosschleife zum Dauerlauf

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <fcntl.h>
#include <termios.h>
#include <unistd.h>
#include <string.h>
#include <errno.h>

int main() {
    const char* port = "/dev/ttyUSB0";
    int serial_port = open(port, O_RDWR);

    if (serial_port < 0) {
        printf("Fehler beim Öffnen von %s: %s\n", port, strerror(errno));
        return 1;
    }

    struct termios tty;
    if (tcgetattr(serial_port, &tty) != 0) {
        printf("Fehler beim Abrufen der Einstellungen: %s\n", strerror(errno));
        close(serial_port);
        return 1;
    }

    // Baudrate setzen
    cfsetispeed(&tty, B115200);
    cfsetospeed(&tty, B115200);
```

```
    // 8N1 Konfiguration
    tty.c_cflag &= ~PARENB;        // Keine Parität
    tty.c_cflag &= ~CSTOPB;        // 1 Stopbit
    tty.c_cflag &= ~CSIZE;
    tty.c_cflag |= CS8;            // 8 Datenbits
    tty.c_cflag &= ~CRTSCTS;       // Keine Hardware-Flowcontrol
    tty.c_cflag |= CREAD | CLOCAL; // Lesen aktivieren & lokaler Modus

    // Raw-Modus
    tty.c_lflag &= ~(ICANON | ECHO | ECHOE | ISIG);
    tty.c_iflag &= ~(IXON | IXOFF | IXANY | ICRNL | INLCR);
    tty.c_oflag &= ~OPOST;

    // Timeout und minimale Anzahl an Bytes
    tty.c_cc[VTIME] = 10; // 1s Timeout
    tty.c_cc[VMIN]  = 10; // mindestens 10 Zeichen

    // Einstellungen übernehmen
    if (tcsetattr(serial_port, TCSANOW, &tty) != 0) {
        printf("Fehler beim Setzen der Einstellungen: %s\n", strerror(errno));
        close(serial_port);
        return 1;
    }

    // Endlosschleife zum Lesen
    while (1) {
        char buffer[256];
        memset(buffer, 0, sizeof(buffer));

        int num_bytes = read(serial_port, buffer, sizeof(buffer));

        if (num_bytes < 0) {
            printf("Lesefehler: %s\n", strerror(errno));
        } else {
            printf("Gelesen: %s\n", buffer);
        }
    }

    close(serial_port);
    return 0;
}
```

Daten im **W I N D O W S** Betriebs-System empfangen und auslesen/speichern

Anhang Installationsvorgehen zur Verwendung von USB serial Kommunikation auf Windows host Systemen mit WSL 2 und devcontainer

> **Important Note**
>
> Open the **PowerShell as Administrator**!

Accessing a USB Serial Device in a VS Code Dev Container on WSL 2

This tutorial explains how to use a USB-connected serial adapter (for example an FTDI or debug probe) from within a Visual Studio Code development container. The scenario assumes you are running Docker on Windows via WSL 2, have a project that already uses a Dev Container with CMake and GCC, and you want to connect to a device that appears on Windows as COM4. The solution uses usbipd-win to share the USB device with WSL 2 and passes it through to the container using Docker's –device flag.

Update WSL 2 and install usbipd-win on Windows

Ensure WSL is up-to-date. Open a **PowerShell as Administrator** terminal and run:

```
wsl --update
```

The Microsoft command-line blog notes that WSL needs to be on a 5.10 kernel or newer and suggests updating before using USB/IP.

Install usbipd-win.

Use winget to install the latest release. In an elevated PowerShell prompt run:

```
winget install --interactive --exact dorssel.usbipd-win
```

Installing usbipd-win registers a service on Windows that shares local USB devices to WSL.

List available USB devices.

From an elevated command prompt run:

```
usbipd list
```

This command prints each device's `BUSID`, vendor/product IDs and current state. Note the `BUSID` corresponding to the serial adapter you want to share.

```
Connected:
BUSID  VID:PID    DEVICE                                                        STATE
1-8    5986:2115  Integrated Camera                                             Not shared
1-9    06cb:00be  Synaptics UWP WBDI SGX                                        Not shared
1-14   8087:0026  Intel(R) Wireless Bluetooth(R)                                Not shared
4-3    046a:0114  USB-Eingabegerät                                              Not shared
4-4    10c4:ea60  CP2102 USB to UART Bridge Controller                          Not shared

Persisted:
GUID
```

`CP2102 USB to UART Bridge Controller` is the description of the serial adapter we need. Its `BUSID` is `4-4`.

Bind and attach the device.

First, make the device sharable with `usbipd bind --busid=<BUSID>`.

```
usbid bind --busid <BUSID>
```

Then attach it to WSL using:

> **Open WSL terminal**
>
> To attach the device to WSL, open a WSL terminal such as Ubuntu from:
>
> Startmenue → Ubuntu xx.xx

```
usbipd attach --busid <BUSID> --wsl
```

The usbipd documentation explains that bind is persistent, whereas attach connects the device to the running WSL VM.

Install USB/IP client tools inside WSL

In order for WSL to communicate with the usbipd service, install the Linux USB/IP user-space tools:

```
sudo apt update
# Install the appropriate linux-tools package for your kernel and the hwdata database
sudo apt install linux-tools-$(uname -r) hwdata usbutils
# Register the usbip client binary if your distribution does not do so automatically
sudo update-alternatives --install /usr/local/bin/usbip usbip \
    /usr/lib/linux-tools-$(uname -r)/usbip 20
```

Microsoft's guidance demonstrates installing `linux-tools` and `hwdata`, then registering `usbip` with update-alternatives [OBJ]. The usbutils package provides the `lsusb` utility used later.

After attaching the device from Windows, verify that WSL can see it:

``bash lsusb

```
You should see an entry corresponding to your serial adapter.  Depending on the driver, it
will also create a character device such as `/dev/ttyUSB0` or `/dev/ttyACM0`.  You can find it
with:

```bash
ls -l /dev/ttyUSB* /dev/ttyACM* 2>/dev/null
```

Pass the USB device through to the Dev Container
```

Docker cannot automatically see devices attached to the WSL VM. You must tell Docker to map the device into the container. The following modifications are required.

Dockerfile

A sample Dockerfile is provided in this repository. It uses the mcr.microsoft.com/devcontainers/base:ubuntu-22.04 base image, installs the compiler toolchain and USB utilities, and adds the unprivileged vscode user to the dialout group so it can open serial ports:

```
FROM mcr.microsoft.com/devcontainers/cpp:1-debian-12

RUN apt-get update
RUN apt-get install -y sqlite3 libsqlite3-dev ninja-build

# New entries

USER root

RUN apt-get install -y --no-install-recommends usbutils minicom

RUN usermod -aG dialout vscode

USER vscode
WORKDIR /workspaces
```

This configuration installs `usbutils` and `minicom` so you can inspect USB buses and open serial ports within the container. Adding the vscode user to the dialout group avoids running commands as root.

devcontainer.json

Extend the json:

```
  "runArgs": [
    "--privileged",
    "--device=/dev/bus/usb"
  ],
  "remoteUser": "vscode",
    "postCreateCommand": "sudo usermod -a -G dialout $(whoami) && ls -l /dev/ttyUSB* || true",
  "workspaceFolder": "/workspaces/${localWorkspaceFolderBasename}"
```

If you know the exact device file (/dev/ttyUSB0 or similar) you may instead map only that device using "–device=/dev/ttyUSB0" for finer control. The example above maps all USB devices.

Anhang: Daten im **Windows** Betriebs-System empfangen und auslesen/speichern

> Ohne devcontainer nur auf Windows.

Schritt-für-Schritt-Anleitung

1. COM-Port herausfinden

Öffne den Windows Geräte-Manager und suche unter **“Anschlüsse (COM & LPT)”** nach der angeschlossenen Black Box, z. B. *“Silicon Labs CP210x USB to UART Bridge Port (COM5)”*.

---

2. C-Code zum Auslesen eines COM-Ports

Speichere folgenden C-Code in eine Datei, z. B. `read_com_port.c`:

```c
//Programm zum auslesen eines USB Port's
#include <windows.h>
#include <stdio.h>

int main() {
    HANDLE hSerial;
    DCB dcbSerialParams = {0};
    COMMTIMEOUTS timeouts = {0};
    char portName[] = "\\\\.\\COMX";  // Ändere X auf die Port Nr.
    char buffer[1024];
    DWORD bytesRead;

    // COM-Port öffnen
    hSerial = CreateFileA(portName, GENERIC_READ, 0, NULL, OPEN_EXISTING, 0, NULL);
    if (hSerial == INVALID_HANDLE_VALUE) {
        fprintf(stderr, "Fehler beim Öffnen des Ports %s\n", portName);
        return 1;
    }

    // Serielle Einstellungen
    dcbSerialParams.DCBlength = sizeof(dcbSerialParams);
    if (!GetCommState(hSerial, &dcbSerialParams)) {
        fprintf(stderr, "Fehler beim Lesen der Port-Einstellungen\n");
        CloseHandle(hSerial);
        return 1;
    }

    dcbSerialParams.BaudRate = CBR_Y;    // Baudrate ggf. anpassen z.B. Y= 115200
    dcbSerialParams.ByteSize = 8;
    dcbSerialParams.StopBits = ONESTOPBIT;
    dcbSerialParams.Parity   = NOPARITY;

    if (!SetCommState(hSerial, &dcbSerialParams)) {
        fprintf(stderr, "Fehler beim Setzen der Port-Einstellungen\n");
        CloseHandle(hSerial);
        return 1;
    }

    // Timeout-Einstellungen
    timeouts.ReadIntervalTimeout = 50;
    timeouts.ReadTotalTimeoutConstant = 50;
    timeouts.ReadTotalTimeoutMultiplier = 10;
```

```
    if (!SetCommTimeouts(hSerial, &timeouts)) {
        fprintf(stderr, "Fehler beim Setzen der Timeouts\n");
        CloseHandle(hSerial);
        return 1;
    }

    // Datei zum Speichern öffnen
    FILE *outFile = fopen("daten.txt", "w");
    if (!outFile) {
        fprintf(stderr, "Konnte Ausgabedatei nicht öffnen\n");
        CloseHandle(hSerial);
        return 1;
    }

    printf("Lese vom USB-Gerät...\n");

    while (1) {
        if (ReadFile(hSerial, buffer, sizeof(buffer) - 1, &bytesRead, NULL)) {
            if (bytesRead > 0) {
                buffer[bytesRead] = '\0';  // Null-terminieren
                printf("%s", buffer);      // Ausgabe auf Konsole
                fprintf(outFile, "%s", buffer); // Schreiben in Datei
                fflush(outFile);           // Sicherstellen, dass sofort geschrieben wird
            }
        } else {
            fprintf(stderr, "Fehler beim Lesen vom COM-Port\n");
            break;
        }
    }

    fclose(outFile);
    CloseHandle(hSerial);
    return 0;
}
```

---

3. Kompilieren

Öffne die Eingabeaufforderung und kompiliere mit z. B.:

```
gcc read_com_port.c -o read_com_port.exe
```

(Erfordert, dass `gcc` installiert und in der PATH-Variable ist.)

---

4. Ausführen

```
read_com_port.exe
```

Wenn dein USB-Gerät Daten sendet, siehst du sie auf der Konsole und sie werden in `daten.txt` gespeichert.

Daten im **Mac OS** Betriebs-System empfangen und auslesen/speichern

(Muss noch ergänzt werden)