TECHNISCHE HOCHSCHULE DEGGENDORF

FAKULTÄT ANGEWANDTE INFORMATIK

# Deckblatt

Wissenschaftliche Arbeit zum Thema

**Steuerung einer LED-Matrix mithilfe eines Treibers auf einem Raspberry Pi 4**

Ein Bild, das Text, Elektronik enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

Abbildung Aufbau LED-Matrix

vorgelegt von

Anton Kraus - Matrikelnummer: 00804697

Simon Obermeier - Matrikelnummer: 00800498

Eingereicht: 14.06.2022

Betreuer: Andreas Laubhahn, Sergej Lamert

Inhalt

[Deckblatt 0](#_Toc106895737)

[Abbildungsverzeichnis 2](#_Toc106895738)

[Code Verzeichnis 2](#_Toc106895739)

[Erklärung 2](#_Toc106895740)

[Vorwort 3](#_Toc106895741)

[Zeitplan 3](#_Toc106895742)

[Aufbau 4](#_Toc106895743)

[Software (Linux) 4](#_Toc106895744)

[Aufbau und Funktion einer LED-Matrix 4](#_Toc106895745)

[Umsetzung eines Raspberry Hats 5](#_Toc106895746)

[Kernel Driver 7](#_Toc106895747)

[Kernel Module für die LED-Matrix 8](#_Toc106895748)

[Matrix Kontroller 9](#_Toc106895749)

[GPIO Initialisierung 9](#_Toc106895750)

[I/O Controll 9](#_Toc106895751)

[LED-Matrix Treiber 10](#_Toc106895752)

[Makefile 11](#_Toc106895753)

[User App 12](#_Toc106895754)

[User App Funktionen 12](#_Toc106895755)

[User App Controller 13](#_Toc106895756)

[User App 14](#_Toc106895757)

[User App Steuerung 16](#_Toc106895758)

[Install Skripte 16](#_Toc106895759)

[User App ausführen 16](#_Toc106895760)

[Code-Ausschnitte 18](#_Toc106895761)

[Literaturverzeichnis 22](#_Toc106895762)

# Abbildungsverzeichnis

[Abbildung 1 Aufbau LED-Matrix 0](file:///C:\GIT\Sysprog-AI-B6-Projekt\doc\LED-Matrix-Driver-Documentation.docx#_Toc106894007)

[Abbildung 2 Zeitplan 3](file:///C:\GIT\Sysprog-AI-B6-Projekt\doc\LED-Matrix-Driver-Documentation.docx#_Toc106894008)

[Abbildung 3 Aufbau einer LED-Matrix 4](file:///C:\GIT\Sysprog-AI-B6-Projekt\doc\LED-Matrix-Driver-Documentation.docx#_Toc106894009)

[Abbildung 4 Schematischer Anschluss LED-Matrix and Raspberry 5](file:///C:\GIT\Sysprog-AI-B6-Projekt\doc\LED-Matrix-Driver-Documentation.docx#_Toc106894010)

[Abbildung 5 Layout Pi Hat 6](file:///C:\GIT\Sysprog-AI-B6-Projekt\doc\LED-Matrix-Driver-Documentation.docx#_Toc106894011)

[Abbildung 6 PI Hat PCB Rückseite 7](file:///C:\GIT\Sysprog-AI-B6-Projekt\doc\LED-Matrix-Driver-Documentation.docx#_Toc106894012)

[Abbildung 7 PI Hat PCB Vorderseite 7](file:///C:\GIT\Sysprog-AI-B6-Projekt\doc\LED-Matrix-Driver-Documentation.docx#_Toc106894013)

[Abbildung 8 Aufbau Kernel 8](file:///C:\GIT\Sysprog-AI-B6-Projekt\doc\LED-Matrix-Driver-Documentation.docx#_Toc106894014)

# Code Verzeichnis

[Sourcecode 1: Einzelnen Pixel setzen - ./src/kernel\_driver/controller/matrix\_controller.h 20](#_Toc106894074)

[Sourcecode 2: Status eines einzelnen Pixel erhalten - ./src/kernel\_driver/controller/matrix\_controller.h 20](#_Toc106894075)

[Sourcecode 3: Initialisierung der High Treiber - ./src/kernel\_driver/gpio\_inits/gpio\_init.h 20](#_Toc106894076)

[Sourcecode 4: Eigene Typedefs für vereinfachung des Codes - ./src/kernel\_driver/ioct\_cmd.h 21](#_Toc106894077)

[Sourcecode 5: IOCT Kommandos - ./src/kernel\_driver/ioct\_cmd.h 21](#_Toc106894078)

# Erklärung

Hiermit versichern wir, Anton Kraus und Simon Obermeier, diese Dokumentation, ohne die Hilfe Dritter und nur mit den angegebenen Quellen und Hilfsmitteln angefertigt zu haben. Alle Stellen, die aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht worden.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Ort, Datum, Simon Obermeier

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Ort, Datum, Anton Kraus

# Vorwort

Im Rahmen des Faches System-Programmierung wurde mithilfe eines Raspberry PI 4, innerhalb einer Linux Distribution, mit dem Namen PI OS, ein Kernel-Treiber für eine LED-Matrix programmiert. Unter der Aufsicht von Andreas Laubhahn wurden die aufgelisteten Materialien bereitgestellt. Im Folgenden Dokument wird nochmals die Aufgabenstellung, unser Zeitplan, sowie der Aufbau, software- und hardwareseitig, geschildert. Für die Hardware haben wir ebenfalls ein umsetzbares Aufsteckboard für den Pi entworfen.

In dieser Arbeit wird primär der Kernel Treiber erläutert und dessen innerer Aufbau aufgezeigt. Zuletzt wird unser Nutzerapplikation erklärt. Probleme, auf welche wir gestoßen sind, finden dann am Ende der Arbeit noch Anklang.

Zudem kann es vorkommen, das wichtige Code Teile in dieser Dokumentation fehlen würden, dies hat den Hintergrund, dass hier nur die Schlüsselrolle spielenden Codeteile ihren Platz finden.

Für den Vollständigen Source kann das angelegte [Git-Repository](https://github.com/SenpaiSimon/Sysprog-AI-B6-Projekt) referenziert werden oder das mitgelieferte Archiv.

## Zeitplan

Dies ist nur grober Zeitplan für uns selber um das Projekt besser zu organisieren.



Abbildung Zeitplan

# Aufbau

Im Folgenden Abschnitt werden der Aufbau der Software, sowie der physische Aufbau einer LED-Matrix erklärt. Auch wie ein direktes Aufsteckboard für den Raspberry aussehen könnte, wurde über das CAD Programm KiCad umgesetzt.

## Software (Linux)

Raspberry Pi OS, früher Raspbian ist eine offizielle Linux- Distribution.

Eine Linux-Distribution ist eine Version des Open-Source-Betriebssystems Linux in Verbindung mit weiteren Komponenten wie etwa Installationsprogrammen, Verwaltungswerkzeugen und zusätzlicher Software wie zum Beispiel dem KVM-Hypervisor.

Linux-Distributionen, die auf dem Linux-Kernel basieren, sind für Anwender oft einfacher zu installieren als die originale Open-Source-Version von Linux. Das liegt unter anderem daran, dass den Anwendern der Schritt des Kompilierens des kompletten Linux-Systems aus dem Quellcode erspart wird. Außerdem ist die Unterstützung durch den Distributor und auch dessen oft sehr große Community ein wichtiges Plus. (ComputerWeekly.de 2022)

Mittlerweile gibt es hunderte verschiedene Linux-Distributionen für jeden nur erdenklichen Einsatzzweck, seien es Server, Mobilgeräte oder einfache Desktops. Grundsätzlich bestehen solche Distributionspakete aus Softwarepaketen, welche wiederrum aus Anwendungen oder Diensten bestehen. Ein solches Paket kann zum Beispiel aus Schriftarten oder Webbrowsern bestehen.

Ermöglicht wird dies durch den Open Source (also frei Verfügbaren) Ansatz von Linux, welcher unter dem Copyleft-Manifest der Free Software Fundation entwickelt wurde. Diese entspringt der GNU General Public License (kurz „GPL“) (ComputerWeekly.de 2022).

### Aufbau und Funktion einer LED-Matrix



Abbildung Aufbau einer LED-Matrix

Eine LED-Matrix ist im Grunde ein Feld (Array), welches aus Dioden besteht. Hierbei gibt es immer einen Eingangs- bzw. Ausgangspin, welche die LEDs in einer Reihe bzw. einer Spalte verbinden. Dabei steht die Abkürzung LED für „Light Emitting Diode“, sprich „Licht Emittierende Diode“. Diese Pins können je nach Art des Displays durch Anlegen einer Spannung oder eines Signals zum Leuchten gebracht werden.

Wichtig hierbei, wie auch bei unserem Aufbau, sollte direkt eine Spannung angelegt werden, müssen Vorwiederstände verwendet werden, damit die LEDs nicht durch den Strom zerstört werden. Auch werden die Reihen und Spalten nicht mit 1-8 deklariert, sondern wie in der Informatik üblich mit 0-7.

Ebenso gibt es wie in Arrays keine „x“ und „y", auch „Dots“ genannt, werden mit Reihen und Spalten angesprochen (Ewald 2020).

### Umsetzung eines Raspberry Aufsteckboards

Unter einem Raspberry Hat/Shield wird ein Aufsteckt-Bord verstanden, welches direkt auf den Raspberry gesteckt wird, sodass dieser Aufbau nicht über ein Breadboard realisiert werden muss.

#### Schaltplan



Abbildung Schematischer Anschluss LED-Matrix and Raspberry

In Abbildung 4 zu sehen ist der Schematische Aufbau der LED Matrix an den Raspberry Pi.

Hierbei wurden die GPIO (General Purpose Input / Output) Pins des Raspberrys an die LED-Matrix angeschlossen. Die Anoden, also die Postiven Pins (Hx) wurden über einen strombegrenzenden Vorwiederstand angeschlossen. Analog dazu die Kathoden, also negativen Pins (Lx), nur ohne Vorwiederstand.

Wie diese GPIO Pins angesprochen werden wird im Kapitel „3.1.1 Matrix Kontroller“ erklärt.

#### Layout

Dies ist da physische Layout des vorher gezeigten Schaltplans. Hier werden die Leiterbahnen verlegt und auch die Komponenten platziert.



Abbildung Layout Pi Hat

Damit nun aus dem Schaltplan eine PCB werden kann wurde zunächst allen Bauteilen ein Footprint zugewiesen und diese in ein sogenanntes Layout Fenster übertragen. Die Anordnung erfolgt nach dem Schaltplan, die Mounting-Holes (Anschraublöcher) wurden an die Abstände des Raspberry PIs angepasst.

Weitere Erklärungen würden den Rahmen dieser Arbeit sprengen, können auf Nachfrage jedoch von den Autoren erklärt werden.

#### Pi-Hat PCB

KiCad bringt auch die Funktion die fertigen Platinen in 3D zu betrachten. Hier gibt es dann nur ein Bild in digitaler Form, da wir die Platine für den Rahmen dieser Arbeit nicht bestellt haben und somit nicht physisch vor uns haben.



Abbildung PI Hat PCB Rückseite

Abbildung PI Hat PCB Vorderseite

Links in Abbildung 6 und Abbildung 7 zu sehen sind die Pin Sockets welche auf die Pin-Leiste des Raspberry gesteckt werden würde.

# Kernel Driver

Ein Kernel ist, wie der Name bereits aussagt, der Kern eines Betriebssystems. Aufgrund seines Monolithischen Aufbaus ist er in der Lage Module zur Laufzeit zu laden und auch zu entladen (Kernelmodule › Wiki › ubuntuusers.de 2022).

Laufen diese Module im Privilegierten Modus, haben diese unbeschränkten Zugriff auf die Hardware. Ausgenommen Treiber, welche für den Start des Systems verantwortlich sind, kann nahezu jeder Treiber auch als Modul zur Verfügung stehen und vom System dynamisch nachgeladen werden.

Die im System laufenden Programme bekommen wiederum vom Kernel Prozessorzeit zugewiesen. Jeder dieser Prozesse erhält einen eigenen, geschützten Speicherbereich auf welchen nur über Systemaufrufe zugegriffen werden kann. Die Prozesse laufen dabei im Benutzermodus (User Mode), während der Kernel im Kernel-Modus (Kernel Mode) arbeitet. Die Privilegien im Benutzermodus sind sehr eingeschränkt. Abstraktion und Speicherschutz sind nahezu vollkommen. Ein direkter Zugriff wird nur sehr selten und unter genau kontrollierten Bedingungen gestattet. Dies hat den Vorteil, dass kein Programm, zum Beispiel durch einen Fehler, das System zum Absturz bringen kann (Wikipedia 2022).

Eine gute Veranschaulichung liefert die auf Wikipedia zu findende Grafik:



Abbildung Aufbau Kernel

Wie in der Grafik zu sehen, besteht ein Kernel aus mehreren Schichten. Die Basis bildet Hierbei die Hardware, in unserem Fall die LED-Matrix, danach der Kernel mit den Treibern, Prozessen, Netzwerk und dem Dateisystem. In dieser Schicht befindet sich später ebenfalls unser Treiber. Mit diesem Treiber kommunizieren wir später aus dem User Mode, also unserer User Applikation. Wie genau hierbei unser Programm funktioniert wird in im Abschnitt „User App“ näher erklärt.

Grundsätzlich braucht man einen Kernel für Schnittstellen zu Anwenderprogrammen. Gleichzeitig hat der Kernel vollen (und möglicherweise nur) Zugriff auf Prozessoren, Geräte und Speicher und weist dabei Benutzerprogrammen Ressourcen (z. B. Prozessorzeit) zu. Darüber hinaus ist der Kernel für die Strukturierung von Ressourcen, die Lösung von Zugriffskonflikten, die Virtualisierung von Ressourcen und die Steuerung des Zugriffs auf Dateien und Geräte für Mehrbenutzersysteme verantwortlich (Was ist ein Kernel? – Definition im IT-Lexikon 2022).

## Kernel Module für die LED-Matrix

Nachdem es uns nicht gelungen ist verschiedene C-Files zusammen zu kompilieren wurde dafür ein passend empfundener Umweg gegangen und das Programm in verschiedene Header Files modularisiert, welche dann nicht nur Prototypen enthalten, sondern eben ganze Programmstücke. Diese werden dann in die Haupt-C-File inkludiert.

### Matrix Kontroller

Zuerst beinhaltet unser Kernel Treiber die .h File für den Matrix Kontroller, in welcher der State also der Status, in welchem sich die einzelnen Dots bzw. hier Pixel befinden. Hier kann der State auf 1, also „HIGH/EIN“ oder auf 0, also „LOW/AUS“ gesetzt und/oder zurückgegeben wird.

Sourcecode 1 Sourcecode 2

### GPIO Initialisierung

Des Weiteren befindet sich hier die Header File, in welcher die GPIO Pins definiert werden, sowie die Initialisierung der GPIO Pins jeweils für „Active High“ sowie „Active Low“ Treiber. Die Initialisierung läuft wie folgt:

1. Check if the GPIO is valid

2. Request the GPIO

3. Set the direction of the GPIO to output and state when effective

4. Export the GPIO with no direction change

Sourcecode 3

### I/O Controll

Input/Output Control (kurz ioctl) ist eine generische Operation oder ein Systemaufruf, der in den meisten Treiberklassen verfügbar ist. Dies ist ein Systemaufruf, der in allen Fällen funktioniert. ioctl() wird verwendet, wenn es keine anderen Systemaufrufe gibt, die bestimmte Anforderungen erfüllen. Praktische Beispiele sind die Lautstärkeregelung für Audiogeräte oder in unserem Fall die Anzeigekonfiguration der LED-Matrix (Open Source For You 2011).

In unserem Fall besteht die IOCTL aus den benötigten Datenstrukturen, sowie defines für die Commands der LED-Matrix.

Sourcecode 4 Sourcecode 5

### LED-Matrix Treiber

Am wichtigsten natürlich ist der Matrix Treiber. Dieser besteht wieder aus einer Header File in welcher sich die Funktions-Prototypen befinden.

Die C-File hingegen besteht aus den im Praktika bereits bekannten und benötigten Funktionen, wobei auch hier wieder auf die wichtigsten Funktionen beschränkt wurde. Wie aus den Praktika bekannt wurde eine File Operation implementiert, sowie ein Event für das Device. Das Device wurde initialisiert, sowie ein Device init/exit Funktion, um das Modul zu laden bzw. zu entladen. Beim Laden werden auch die GPIO Pins, wie in Sourcecode 3 beschrieben, initialisiert.

Zudem beinhaltet der LED-Matrix Treiber die „Device read“ – Funktion, über welche innerhalb der Command Line auf das Device zugegriffen werden kann und vordefinierte Inhalte ausgelesen werden können (siehe Sourcecode 7). TODO Erklärung

Dasselbige mit der Funktion auf das Device zu schreiben.

Sourcecode 7

Im Vorletzten Schritt mussten nun noch die IO-Controll Operationen programmiert werden.

Sourcecode 8

## Makefile

Ein Makefile teilt dem Programm mit dem Befehl „make“ mit, was es tun soll (das ist das »Ziel«) und wie es es tun soll (das ist die dem Ziel zugeordnete »Regel«). Außerdem kann für jedes Ziel andere Ziele oder Dateien angegeben werden, von denen es abhängt. (Becker 2007)

In unserem Makefile wird ein Kernel Objekt erzeugt, sowie in dem Directory gebildet. Zusätzlich wird eine Compiling flag verwendet, um den Treiber mit dem C99 Standard zu Kompilieren, damit for-schleifen verwendet werden können, welche unter der standardmäßigen C90 Kompilierung nicht verwendbar sind.

Mit dem „all“ Befehl wird das Default Case aufgerufen, welches bei make ohne Target lediglich das Kernel Objekt Bildet. Clean löscht dabei alle temporär erstellten Dateien. Disclean cleant die temporären Dateien, sowie das Kernel Objekt. Install kompiliert die Module, ruft clean auf und installiert das Modul mit insmod. Dieser Befehl muss mit $sudo ausgeführt werden, da es die Berechtigung benötigt Kernel Objekte zu löschen, nachdem diese in den Kernel hineingeladen wurden und auch Kernel Objekte Laden möchte.

Sourcecode 9

# User App

Die User App, bzw. Benutzer Application, ist das Modul mit welchem wir unseren Treiber steuern. Hierfür werden Funktionen, der Kontroller, sowie die App selbst benötigt. Der Aufbau erfolgt in verschiedenen Thematischen Files.

## User App Funktionen

Für die User App werden Funktionen benötigt, um alle LEDs zu setzten,

|  |
| --- |
| void led\_set\_all(uint8\_t state) {  for(int i = 0; i <= DIMENSIONS.rows; i++) {  for(int j = 0; j <= DIMENSIONS.lines; j++) {  setPixel(i, j, state);  }  }  } |

sowie einzelne Spalten und/oder Reihen.

|  |  |
| --- | --- |
| void led\_set\_row(uint8\_t row, uint8\_t set) {  for(int i = 1; i <= DIMENSIONS.rows; i++) {  setPixel(row, i, set);  }  } | void led\_set\_line(uint8\_t line, uint8\_t set) {  for(int i = 1; i <= DIMENSIONS.lines; i++) {  setPixel(line, i, set);  }  } |

Ebenfalls eine Snake Funktion, dem Spiel Snake nachempfunden, aber nicht das Spiel selbst wurde als nettes Graphisches Beispiel implementiert.

|  |
| --- |
| void led\_snake(int speed) {  led\_set\_all(0);  for(int i = 1; i <= DIMENSIONS.lines; i+=2) {  // move right  for(int j = 1; j <= DIMENSIONS.rows; j++) {  setPixel(j, i, 1);  usleep(speed\*1000);  setPixel(j, i, 0);  }  // move back left  for(int j = DIMENSIONS.rows; j >= 1; j--) {  setPixel(j, i+1, 1);  usleep(speed\*1000);  setPixel(j, i+1, 0);  }  }  } |

## User App Controller

Der LED-Controller setzt sich wieder Mals aus einer Header Datei in welcher die benötigten Bibliotheken eingebunden, sowie die Funktions-Prototypen deklariert werden.

Der Controller beinhaltet dabei die getDims() Funktion welche die Dimensionen der Matrix in den Kernel Treiber zurückgibt,

|  |
| --- |
| dimensions\_t getDims() {  // set default values  dimensions\_t dims;  dims.lines = -1;  dims.rows = -1;  // Open the Device for use  int fd = open("/dev/led\_matrix", O\_RDWR);  if(fd < 0) {  printf("Cannot open device file\n");  return dims;  }  // Pass the data  ioctl(fd, GET\_DIMS, &dims);    return dims;  } |

sowie die Funktionen, um Pixel zu setzen und deren State in welchem sich diese befindet zurückzugeben

|  |  |
| --- | --- |
| int setPixel(uint8\_t row, uint8\_t line, uint8\_t state) {  // Open the Device for use  int fd = open("/dev/led\_matrix", O\_RDWR);  if(fd < 0) {  printf("Cannot open device file\n");  return -1;  }  // generate the data and pass it  state\_t input;  input.row = row;  input.line = line;  input.state = state;  ioctl(fd, SET\_PIXEL, &input);  // close the device after use  close(fd);  } | uint8\_t getPixelState(uint8\_t row, uint8\_t line) {  // Open the Device for use  int fd = open("/dev/led\_matrix", O\_RDWR);  if(fd < 0) {  printf("Cannot open device file\n");  return -1;  }  // generate the data and pass it  state\_t input;  input.row = row;  input.line = line;  ioctl(fd, READ\_PIXEL, &input);  // close the device after use  close(fd);  return input.state;  } |

Über die letzte implementierte Funktion lässt sich noch der Status des Gerätes asulesen

|  |
| --- |
| void readDeviceState(char \*buf) {  int fd = open("/dev/led\_matrix", O\_RDWR);  if(fd < 0) {  sprintf(buf, "Cannot open device file\n");  } else {  read(fd, buf, sizeof(buf));  }  } |

## User App

Die User App wurde wieder Mals in einen Header sowie in eine C File aufgeteilt. In der Header File befinden sich wieder die zu Importierenden Bibliotheken, sowie ein Funktion Prototyp, um die eingegebene Nummer auszulesen.

Im Hauptprogramm sieht diese wie folgt aus:

|  |
| --- |
| int readNumber(char \*input) {  int userInput;  char flushInput[10];  // prompt the user for input  printf("%s: ", input);  scanf("%i", &userInput);  scanf("%c", flushInput);  // clear the terminal  printf("\033[2J");    return userInput;  } |

Die Main Funktion besteht aus einem Switch Case in welchem die bereits erklärten Funktionen aufgerufen werden und somit die LED-Matrix nach Belieben angesteuert werden kann.

|  |
| --- |
| int main(void)  {  // get the dimensions for use in functions.c  DIMENSIONS = getDims();  char buf[600];  int running = 1;  while(running) {  printf("Select an Action from the Table below to perform:\r\n\r\n");  printf("1: Set all LEDs [state]\n\r");  printf("2: Set a single LED [row][line][state]\n\r");  printf("3: Set a single ROW [row][state]\n\r");  printf("4: Set a single LINE [line][state]\n\r");  printf("5: Snake [delay]\n\r");  printf("8: Print out current state\n\r");  printf("9: Exit App and Toggle off\n\r");  switch(readNumber("Select")) {  case 1:  printf("You selected: Toggle all LEDs\r\n");  led\_set\_all(readNumber("Which state to you want"));  break;  case 2:  printf("You selected: Toggle a single LED\r\n");  setPixel(readNumber("Row"), readNumber("Line"), readNumber("State"));  break;  case 3:  printf("You selected: Set a single ROW\r\n");  led\_set\_row(readNumber("Row"), readNumber("State"));  break;  case 4:  printf("You selected: Set a single LINE\r\n");  led\_set\_line(readNumber("Line"), readNumber("State"));  break;  case 5:  printf("You selected: Snake\r\n");  led\_snake(readNumber("Delay"));  break;  case 8:  readDeviceState(buf);  printf("%s", buf);  printf("\r\n");  break;  case 9:  printf("See you next time!\r\n");  led\_set\_all(0);  running = 0;  break;  default:  printf("Unknown function!\r\n");  }  }    return EXIT\_SUCCESS;  } |

# User App Steuerung

Im letzten Abschnitt werden nun noch die Vorgänge erklärt um die benötigten Skripte zu installieren, sowie die benötigten Befehle erläutert um anhand der User App die LED-Matrix zu steuern.

## Install Skripte

Install skripte erklären

Ein Bild, das Text enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

## User App ausführen

App öffnen

Ein Bild, das Text enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

Im Kernel

Ein Bild, das Text enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

5. Probleme und Lösungen

(Optional) !!!! VORWORT ANPASSEN

# Code-Ausschnitte



Sourcecode : Einzelnen Pixel setzen - ./src/kernel\_driver/controller/matrix\_controller.h



Sourcecode : Status eines einzelnen Pixel erhalten - ./src/kernel\_driver/controller/matrix\_controller.h



Sourcecode : Initialisierung der High Treiber - ./src/kernel\_driver/gpio\_inits/gpio\_init.h



Sourcecode : Eigene Typedefs für vereinfachung des Codes - ./src/kernel\_driver/ioct\_cmd.h



Sourcecode 5: IOCT Kommandos - ./src/kernel\_driver/ioct\_cmd.h



Sourcecode 6: Device-Read Zugriff Funktion - ./src/kernel\_driver/led\_matrix\_driver.c



Sourcecode : Schreiben in den Treiber - ./src/kernel\_driver/led\_matrix\_driver.c



Sourcecode 8: IOCT Kommandos - ./src/kernel\_driver/led\_matrix\_driver.c



Sourcecode 9: Makefile Targets - ./src/kernel\_driver/Makefile

Literaturverzeichnis

Becker, Michael (2007): Eine Einführung in Makefiles. Online verfügbar unter https://wwwvs.cs.hs-rm.de/lehre/material/extern/pr04ss/dokumente/makefiles.htm, zuletzt aktualisiert am 11.05.2007, zuletzt geprüft am 11.06.2022.

ComputerWeekly.de (2022): Was ist Linux-Distribution? - Definition von WhatIs.com. Online verfügbar unter https://www.computerweekly.com/de/definition/Linux-Distribution, zuletzt aktualisiert am 28.05.2022, zuletzt geprüft am 28.05.2022.

Ewald, Wolfgang (2020): LED Matrix Display ansteuern. In: *Wolfgang Ewald*, 13.04.2020. Online verfügbar unter https://wolles-elektronikkiste.de/led-matrix-display-ansteuern#anker1, zuletzt geprüft am 28.05.2022.

Kernelmodule › Wiki › ubuntuusers.de (2022). Online verfügbar unter https://wiki.ubuntuusers.de/Kernelmodule/, zuletzt aktualisiert am 11.06.2022, zuletzt geprüft am 11.06.2022.

Open Source For You (2011): Input/Output Control in Linux | ioctl implementation. Online verfügbar unter https://www.opensourceforu.com/2011/08/io-control-in-linux/, zuletzt aktualisiert am 23.10.2020, zuletzt geprüft am 11.06.2022.

Was ist ein Kernel? – Definition im IT-Lexikon (2022). Online verfügbar unter https://it-service.network/it-lexikon/kernel, zuletzt aktualisiert am 11.06.2022, zuletzt geprüft am 11.06.2022.

Wikipedia (Hg.) (2022): Linux (Kernel). Online verfügbar unter https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Linux\_(Kernel)&oldid=223567921, zuletzt aktualisiert am 09.06.2022, zuletzt geprüft am 11.06.2022.