
Arduino Projekt Fabian Pichl

Fabian Pichl

15.06.2021

Inhaltsverzeichnis

1	Installation und Vorbereiten benötigter Software	3
1.1	Installation und Einrichtung der Arduino Entwicklungsumgebung	3
1.2	Verwenden einer Bildbearbeitungs- und Konvertierungssoftware	3
2	Vorbereiten der Hardware	5
2.1	Benötigte Teile	5
2.2	Aufbau	5
3	Programmieren des Arduino	7
3.1	Verwendung der u8g2 Library	7
3.1.1	Buffer und pages	8
3.1.2	Verwendete Methoden	8
3.1.3	Konkreter Anwendungsfall	8
3.1.4	Bitmaps	9
3.2	Eigene Funktionen und Strukturen	9
3.2.1	Die Funktion isWall()	9
3.2.2	Die Funktion getWalls()	10
3.2.3	Die Funktion getButtonPress()	10
3.2.4	Die Funktion draw()	11
3.2.5	Die Funktionen showStartScreen() und showHelpScreen()	12
3.2.6	Die Funktion showDeathScreen()	12
3.2.7	Die Funktion showEndScreen()	12
3.2.8	Die Funktion loop()	13
3.2.9	Die Funktion setup()	13
3.2.10	Die Funktion setUpLevel()	14
3.2.11	Die Funktion playerAct()	14
3.2.12	Die Funktion playerAttack()	15
3.2.13	Die Funktion damagePlayer()	15
3.2.14	Die Funktion playerOpenInventory()	16
3.2.15	Globale Variablen	16
3.2.16	Die Klasse/Struktur actor	17
4	Anhang	21
4.1	Anhang 1: Skript zum konvertieren von schwarz-weiSS Bildern zu c++ Bitmaps	21

Ziel dieses Projektes ist das Entwickeln eines rundenbasierten Spieles des Dungeon Crawler Genres. Der Spieler kann sich bewegen, Gegner angreifen und Gegenstände aufheben.

Dieses Spiel läuft auf einem Arduino Nano. Eingaben erfolgen mittels eines Gamepads, die Darstellung mittels eines OLED Displays.

Im Folgenden werden alle notwendigen Schritte zum Nachbilden beschrieben.

Installation und Vorbereiten benötigter Software

Bevor mit der Entwicklung des Projektes begonnen werden kann, müssen einige Programme installiert werden. In dieser Anleitung wird dabei davon ausgegangen, dass Ubuntu 18.04 oder Windows 10 als Betriebssystem verwendet werden. Das Nachbilden unter Verwendung anderer Betriebssysteme ist möglich, wird hier aber nicht berücksichtigt.

1.1 Installation und Einrichtung der Arduino Entwicklungsumgebung

Unter <https://www.arduino.cc/en/software> kann die Arduino IDE heruntergeladen werden. Dabei ist darauf zu achten, das korrekte Betriebssystem und die korrekte Architektur zu wählen.

Nach der Installation der Entwicklungsumgebung muss die Bibliothek u8g2 heruntergeladen werden. Dazu wird die Entwicklungsumgebung gestartet. Nun wählt man unter Werkzeuge den Bibliotheksverwalter aus und sucht dort nach U8g2. Es werden mehrere Bibliotheken vorgeschlagen, von denen ausschliesslich die mit dem Titel U8g2 heruntergeladen wird. Zum Zeitpunkt des Schreibens ist die aktuellste Version 2.27.6.

1.2 Verwenden einer Bildbearbeitungs- und Konvertierungssoftware

Um Akteure, Gegenstände oder Ähnliches darstellen zu können, werden Bitmaps verwendet. Sie enthalten die benötigten Informationen in Form eines Arrays, bestehend aus Hexadezimalwerten.

Da das händische Erstellen aufwändig ist, wird an dieser Stelle empfohlen, ein Programm zum Erstellen von sogenannter Pixel-Art zu verwenden. Das hier verwendete Programm ist Aseprite (<https://www.aseprite.org/>). Eine kostenlose aber ebenso geeignete Variante stellt die Webanwendung Piskel (<https://www.piskelapp.com>) dar. Hier in schwarz und weiss erstellte Bilder (schwarz als Hintergrund, weiss als das darzustellende Objekt) können als .png Dateien exportiert werden. Diese können wiederherum von einem Konvertierungstool in ein c++ Array umgewandelt werden. In diesem Projekt wurde dafür ein selbstgeschriebenes Python-Skript verwendet (siehe Anhang 1).

Vorbereiten der Hardware

Bevor mit der Programmierung begonnen werden kann, muss zunächst die Hardware vorbereitet werden

2.1 Benötigte Teile

Folgende Hardware wird vorausgesetzt:

- Ein Arduino Nano
- Ein Steckbrett, dass von der Grösse her mit dem Nano kompatibel ist
- Einige Male-to-Male und Male-to-Female Stechkabel
- Ein USB zu Mikro-USB Kabel
- Ein Monochromes I2C-fähiges OLED-Display mit einer Auflösung von 128x64 Pixeln (Hier verwendet: <https://www.amazon.de/dp/B01L9GC470/>)
- Ein Arduino Gamepad Shield (Hier verwendet: <https://www.amazon.de/dp/B07CYZHRQT/>)

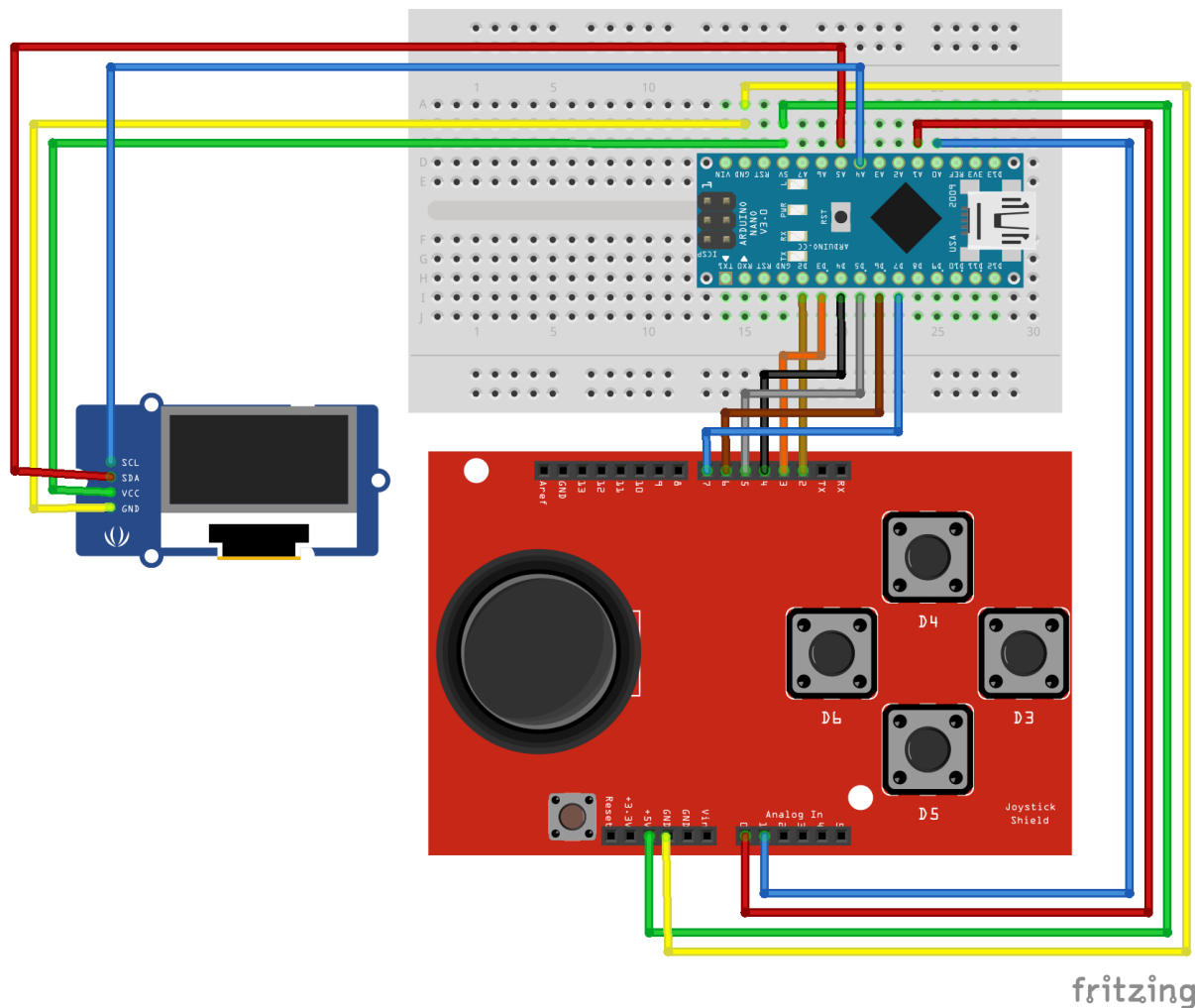
2.2 Aufbau

Zuerst wird der Arduino Nano auf das Steckbrett gesteckt, sodass der Arduino Nano auf der Lücke zwischen den Steckplatzreihen sitzt. Zu beiden Seiten sollten zwei bis drei Steckplätze frei bleiben.

Folgende Verbindungen müssen nun hergestellt werden (siehe Schaubild):

- Arduino GND zu Display GND
- Arduino 5V zu Display VCC
- Arduino A4 zu Display SDA
- Arduino A5 zu Display SCL
- Arduino 5V zu +5V auf dem Gamepad

- Arduino GND zu GND auf dem Gamepad
- Arduino A1 zu Analog In 1 auf dem Gamepad
- Arduino A0 zu Analog In 0 auf dem Gamepad
- Arduino D7 zu 7 auf dem Gamepad
- Arduino D6 zu 6 auf dem Gamepad
- Arduino D5 zu 5 auf dem Gamepad
- Arduino D4 zu 4 auf dem Gamepad
- Arduino D3 zu 3 auf dem Gamepad
- Arduino D2 zu 2 auf dem Gamepad



Nun lässt sich über die Analogen Pins A0 und A1 der Zustand des Analog-Sticks bestimmen. Die digitalen Pins 2 bis 7 erfassen welche Knöpfe gedrückt werden. Ein LOW Signal bedeutet, dass der Knopf gedrückt wird, ein HIGH Signal, dass er nicht gedrückt wird.

Programmieren des Arduino

In diesem Kapitel wird die grobe Struktur des Programmes erläutert. Details befinden sich in den Kommentaren des Quellcodes.

3.1 Verwendung der u8g2 Library

Die u8g2 Library wird zum Ansteuern des OLED Displays verwendet. Dabei wird sie zunächst zusammen mit der Wire Library eingebunden:

```
#include <U8g2lib.h>
#include <Wire.h>
```

Zudem wird ein Objekt erzeugt, über das die benötigten Methoden auferufen werden. Die Klasse des Objektes ändert sich je nach verwendetem Display und gewünschter Buffer GrösSe und kann der dem Display beiliegenden Anleitung entnommen werden.

```
//U8G2_SH1106_128X64_NONAME_F_HW_I2C u8g2(U8G2_R0, U8X8_PIN_NONE); // keep whole_
↳frame in buffer until cleared
//U8G2_SH1106_128X64_NONAME_1_HW_I2C u8g2(U8G2_R0, U8X8_PIN_NONE); // keep only one_
↳page in buffer
U8G2_SH1106_128X64_NONAME_2_HW_I2C u8g2(U8G2_R0, U8X8_PIN_NONE); // keep two pages in_
↳buffer
```

In diesem Projekt wird als Kompromiss zwischen Performanz und RAM-Verbrauch die Klasse für den two-page-buffer verwendet.

3.1.1 Buffer und pages

Um das Display effizient ansteuern zu können, muss ein Abbild der einzelnen Pixel des Displays im RAM des Arduinos gespeichert werden. Dies ist der Display Buffer. Wenn nun etwas dargestellt werden soll, wird dieser Buffer an das Display gesendet, wo der Controller diesen Buffer auswertet. Der Nachteil dieser Methode ist, dass 128*64 bit, also ungefähr ein Kilobyte RAM dafür benötigt werden. Das ist bereits die Hälfte des zur Verfügung stehenden Speichers, wenn man alle anderen von der Library verwendeten Objekte und Variablen auSSer Acht lässt. Insgesamt wird so ohne weiteren selbst geschriebenen Code ungefähr 80% des RAMs belegt.

Die hier verwendete Alternative basiert darauf, dass der Buffer in acht pages eingeteilt wird und jeweils nur ein bzw. zwei pages auf einmal im Arbeitsspeicher gehalten werden. Dies hat zwar den Nachteil, dass acht bzw. vier Signale für jedes Erneuern des Displays versendet werden müssen, der Zeitverlust ist für diesen Anwendungsfall aber glücklicherweise vernachlässigbar.

3.1.2 Verwendete Methoden

Die in diesem Projekt verwendeten Methoden sind:

- `firstPage()` und `nextPage()`: Werden zum Senden des Buffers verwendet
- `setFont()`: Bestimmt die Schriftart der darzustellenden Texte. Die Schriftart bestimmt auch die Schriftgröße
- `drawStr()`: Zeichnet einen Text an den angegebenen Koordinaten.
- `drawDisc()`: Zeichnet einen ausgefüllten Kreis an den angegebenen Koordinaten
- `drawCircle()`: Zeichnet einen leeren Kreis an den angegebenen Koordinaten
- `drawBox()`: Zeichnet eine Box an den angegebenen Koordinaten
- `drawFrame()`: Zeichnet einen Rahmen an den angegebenen Koordinaten
- `drawHLine()`: Zeichnet eine Horizontale Linie an den angegebenen Koordinaten und mit der angegebenen Länge.
- `drawXBM()`: Zeichnet ein Bild an den angegebenen Koordinaten. Als Argument wird eine Bitmap erwartet.
- `setDrawColor()`: Legt fest, wie gezeichnet werden soll. Wird eine 0 übergeben, werden Pixel durch draw Funktionen aus- statt eingeschaltet. 1 ist der Standardwert.

Alle zur Verfügung stehenden Methoden können ebenfalls im offiziellen Repository auf Github eingesehen werden: <https://github.com/olikraus/u8g2/wiki/u8g2reference>

3.1.3 Konkreter Anwendungsfall

Ein Beispiel aus dem Code dieses Projektes:

```
u8g2.firstPage();
do {
  u8g2.setFont(u8g2_font_tenfatguys_t_all);
  u8g2.drawStr(8,15,"How To Play");

  //[...]
} while (u8g2.nextPage());
```

Mit dem Aufruf der Methode `firstPage` wird sichergestellt, dass mit dem Übertragen der ersten page begonnen wird. Lässt man dies weg, wird unter Umständen nur die letzte page bzw. die letzten beiden pages übertragen. Der Aufruf der Methode `nextPage` bereitet das Übertragen der nächsten (beiden) page(s) vor und gibt false zurück, wenn es keine weitere zu übertragende page gibt.

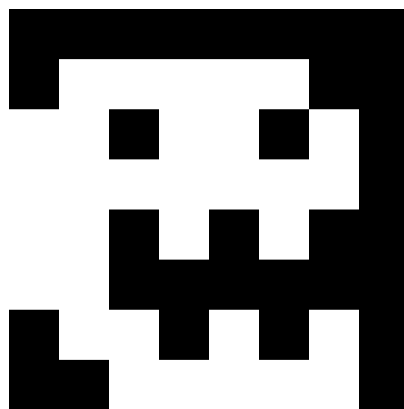
Mit `setFont` wird eine Schriftart ausgewählt, die in diesem Fall neun Pixel hoch ist.

Mit `drawStr` wird der Text How To Play an den Koordinaten (8|15) dargestellt. Das Koordinatensystem hat oben links den Nullpunkt, die Koordinaten geben die Position der unteren linken Ecke des Textes an.

3.1.4 Bitmaps

Die Bitmaps für Objekte und Akteure werden als unsigned char Arrays gespeichert. Dabei steht jeder hexadezimale char für einen Byte in binär (0x2e z.B. entspricht 00101110) der wiederum eine Zeile des darzustellenden Bildes beschreibt. Jede Eins steht für einen eingeschalteten Pixel, jede Null für einen ausgeschalteten. Das Bit mit dem niedrigsten Stellenwert wird links dargestellt, darauf folgende Bits werden rechts davon angereiht.

So wird aus {0x00, 0x3e, 0x5b, 0x7f, 0x2b, 0x03, 0x56, 0x7c} folgendes Bild:



```
0x00=00000000
0x3e=01111110
0x5b=01011011
0x7f=01111111
0x2b=00101011
0x03=00000011
0x56=01010110
0x7c=01111100
```

Anzumerken ist an dieser Stelle noch, dass für dieses Projekt alle Sprites (sprich: Bilder für Wände und Akteure) die obere Reihe und die rechte Spalte der Bitmap ungenutzt lassen, um einen visuellen Unterschied zwischen benachbarten Akteuren zu schaffen.

Bitmaps werden auch dafür verwendet die Positionen der Wände zu definieren. Siehe dazu Abschnitt Die Funktion `draw()`

3.2 Eigene Funktionen und Strukturen

3.2.1 Die Funktion `isWall()`

Diese Funktion gibt zurück, ob an einer angegebenen Position eine Wand steht.

Parameter

Diese Funktionen erwarten keine Parameter.

Funktionsweise

Vom aktuellen Level wird mit `getWalls() [x]` die Spalte passend zur X-Koordinate genommen. Dieser Byte wird um die y-Koordinate geshiftet und mit der binären 1 verundet. Das Ergebnis wird zurückgegeben.

3.2.2 Die Funktion `getWalls()`

Diese Funktion gibt die Wand-Bitmap für das aktuelle Level zurück.

Parameter

Diese Funktionen erwarten keine Parameter.

Funktionsweise

Mit einem einfachen switch/case Statement wird die passende Bitmap zum aktuellen Level bestimmt und zurückgegeben.

3.2.3 Die Funktion `getButtonPress()`

Diese Funktion gibt zurück, ob ein angegebener Button gedrückt bzw. der Joystick in eine bestimmte Richtung bewegt wird.

Parameter

- `int button`: Die ID eines Buttons/einer Joystick-Richtung. Statt Zahlen zu übergeben sollten für die Lesbarkeit die Aliase verwendet werden, die zu Beginn der Projektdatei definiert wurden:

```
#define BTN_UP      1
#define BTN_DOWN    2
#define BTN_LEFT    3
//[...]
```

Funktionsweise

Durch ein switch statement wird eine Fallunterscheidung bezüglich der verschiedenen Buttons/Richtungen des Joysticks vorgenommen. Hierbei ist zu beachten, dass für Buttons ein `digitalRead(Pin)` `true` zurückgibt, wenn der Button *nicht* gedrückt wird.

Die Zustände der beiden Achsen des Joysticks werden über zwei analoge Pins abgefragt, die einen Wert von 0 bis 1023 zurückgeben. Ein Wert von ~512 bedeutet hierbei, dass der Joystick auf dieser Achse nicht bewegt wird. Für die Nutzerfreundlichkeit werden leichte Bewegungen des Joysticks (`analogRead(Pin)` gibt einen Wert größer als 800 oder kleiner als 200 zurück) nicht berücksichtigt.

Für die Richtungen, in die der Joystick gedrückt werden kann, wird zudem berücksichtigt, dass kein Drücken in eine andere Richtung erfolgen darf. So wird vermieden, dass sich der Spieler diagonal bewegt.

Der Spezialfall `BTN_ANY` gibt zurück, ob der Inventar-, Angriff- oder Ruhe-Knopf gedrückt wird.

3.2.4 Die Funktion `draw()`

Diese Funktionen wird mit jedem Durchlauf von `loop()` ausgeführt. Sie verwendet die `u8g2` Library um den aktuellen Zustand des Levels auf dem Display darzustellen.

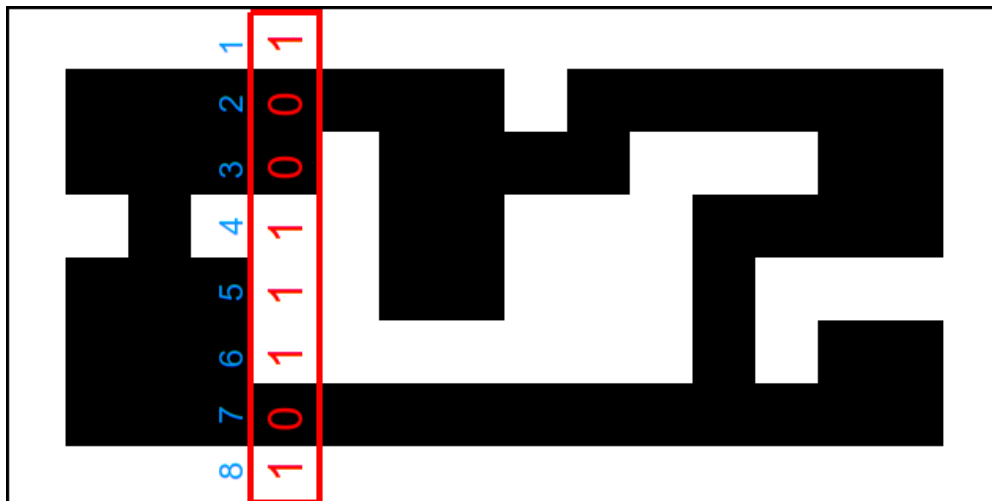
Parameter

Diese Funktion erwartet keine Parameter.

Funktionsweise

Der gesamte Inhalt der Funktion wird von dem im Abschnitt Verwendung der `u8g2` Library beschriebenen `do while` Loop eingeschlossen, der nach und nach alle `pages` an das Display überträgt.

In dem Loop werden zuerst die Wände des aktuellen Levels gezeichnet. Dies hat den Vorteil, dass fehlpositionierte Akteure oder Spieler Charaktere nicht überdeckt werden, was das Debugging vereinfacht. Dazu wird über die Bitmap des aktuellen Levels, die durch `getWalls()` zur Verfügung steht, iteriert. Das Vorgehen ist dabei das folgende:



Jeder Byte (char) stellt eine Spalte des aktuellen Levels dar. Das erste Bit repräsentiert dabei die Y-Koordinate 0, das zweite die Y-Koordinate 1 usw. Durch das Nutzen eines bitweisen ANDs mit dem `1-char` (`0x01`) kann ausgelesen werden, ob das erste Bit eine 0 oder eine 1 enthält; entsprechend wird an dieser Stelle eine Wand gezeichnet. Dann wird mit einem Bitshift nach rechts das zweite Bit an die Position des ersten geschoben und erneut ausgewertet. Nach sieben Bitshifts ist die gesamte Spalte ausgelesen und die nächste kann betrachtet werden.

Im Anschluss an das Zeichnen der Wände wird die Position des Spielers ausgelesen und an der entsprechenden Stelle dargestellt. Durch einen Loop über das Array `actors` geschieht das gleiche mit jedem anderen Akteur.

Zum Schluss wird die GUI gezeichnet. Dafür wird mit einer horizontalen Linie der Spielbereich abgetrennt, und durch Symbole die aktuellen Lebenspunkte und Leben dargestellt. Zwei loops zeichnen dafür in festen Abständen Kreise bzw. Herzen.

3.2.5 Die Funktionen `showStartScreen()` und `showHelpScreen()`

Diese Funktionen werden zu Beginn des Spieles verwendet. Sie zeigen den Startbildschirm und direkt danach eine kurze Erklärung der Steuerung.

Parameter

Diese Funktionen erwarten keine Parameter.

Funktionsweise

Beide Funktionen beinhalten eine Schleife für das wiederholte Darstellen der jeweiligen Informationen. Dabei wird für den Startbildschirm mit jedem Durchlauf der Schleife die Y-Position des Titels angepasst, sodass ein schwebender visueller Effekt erzielt wird. Der von der Funktion `showHelpScreen()` erzeugte Hilfe-Bildschirm enthält blinkenden Text. Dies wird dadurch realisiert, dass nicht bei jedem Durchlauf der Schleife der Text angezeigt wird.

3.2.6 Die Funktion `showDeathScreen()`

Diese Funktion wird aufgerufen, wenn der Spieler gestorben ist. Sie informiert den Spieler über seinen Tod.

Parameter

Es wird erwartet, dass ein boolescher Wertes übergeben wird, der anzeigt, ob der Spieler alle Leben verbraucht hat.

Funktionsweise

Die Funktion zeichnet die Wände des aktuellen Levels (siehe `draw()`) und darüber einen Rahmen mit der Nachricht YOU DIED.

Sollte der Spieler sein letztes Leben verloren haben, so wird stattdessen GAME OVER angezeigt und eine Animation abgespielt. Zudem werden die Werte des Spielers (Leben, Rüstung etc.) zurückgesetzt.

3.2.7 Die Funktion `showEndScreen()`

Diese Funktion wird aufgerufen, wenn der Spieler Level 4 erreicht. Sie zeichnet den End Screen.

Parameter

Diese Funktion erwartet keine Parameter.

Funktionsweise

Die Funktion setzt anfangs alle Werte des Spielers zurück, damit nach Beenden des Spieles erneut gespielt werden kann.

Im Anschluss werden Texte, die den Spieler beglückwünschen, angezeigt.

Drückt der Spieler einen Knopf, so werden `showStartScreen()`, `showHelpScreen()` und `setUpLevel()` aufgerufen, und das Spiel beginnt von vorn.

3.2.8 Die Funktion `loop()`

Diese Funktionen wird wiederholt ausgeführt, bis der Arduino abgeschaltet wird.

Sie ist bereits beim Erstellen eines Arduino Projektes vorhanden.

Parameter

Diese Funktion erwartet keine Parameter.

Funktionsweise

Zu Beginn jedes Durchlaufes wird darauf gewartet, dass der Spieler eine gültige Eingabe tätigt. Dazu läuft eine while-Schleife ohne Inhalt solange durch, bis die Funktion `playerAct()` `true` zurückgibt. Ist dies geschehen, so wird für jeden Actor die Methode `act()` aufgerufen. Dies sorgt insgesamt dafür, dass Akteure nur dann agieren, wenn auch der Spieler agiert hat. So wird der Effekt einer rundenbasierten Spielweise erzielt, bei der der Spieler Zeit zum Planen hat.

Im Anschluss wird mit dem Aufruf der Funktion `draw()` der Momentane Zustand der Akteure und des Spielers auf dem Display dargestellt.

Durch ein `delay(200)` wird der nächste Aufruf von `loop()` verzögert, damit ein Gedrückthalten des Joysticks den Spieler Charakter nicht unkontrollierbar in eine Richtung bewegt.

3.2.9 Die Funktion `setup()`

Diese Funktionen wird zu Beginn der Ausführung des Programmes ein einziges Mal aufgerufen. Sie ist dafür gedacht, benötigte Libraries, Objekte und Ähnliches vorzubereiten.

Sie ist bereits beim Erstellen eines Arduino Projektes vorhanden.

Parameter

Diese Funktion erwartet keine Parameter.

Funktionsweise

Zu Beginn wird der Zufallsgenerator des Arduino initialisiert und ein Seed vergeben. Dies bewirkt, dass für jede Programmausführung die selbe Folge zufälliger Zahlen generiert wird. Dies ist für das Debugging von Akteur-Verhalten hilfreich.

Im Anschluss wird das Objekt `u8g2` initialisiert. Es wird für die Kommunikation mit dem Display gebraucht.

Nach dem Initialisieren werden die Funktionen zur Darstellung vom Startbildschirm und zum Anzeigen der Steuerung aufgerufen. Hat der Benutzer beide bestätigt, wird das erste Level als momentanes Level gesetzt und `setUpLevel()` aufgerufen, um das erste Level zu initialisieren.

Zum Schluss wird `draw()` aufgerufen um die Wände und Akteure anzuzeigen.

3.2.10 Die Funktion `setUpLevel()`

Initialisiert das aktuelle Level.

Parameter

Diese Funktion erwartet keine Parameter.

Funktionsweise

Zu Beginn wird `player_haskey` zurückgesetzt, damit der Spieler nach einem Tod den Schlüssel nicht behält. Danach werden in einem groSSen switch/case-Statement für jedes Level die Akteure und die Spielerposition gesetzt:

```
case 3:
  player_posx = 2;
  player_posy = 2;

  actors[0].setup(1, 3, 2); // key
  actors[1].setup(1, 6, 3); // door
```

Hat das momentane Level die ID 4, wird stattdessen der End Screen gezeigt.

3.2.11 Die Funktion `playerAct()`

Diese Funktionen dient dem Verarbeiten des Spieler-Inputs. Sie gibt `true` oder `false` zurück, je nachdem ob der Spieler eine Aktion erfolgreich durchgeführt hat oder nicht.

Parameter

Diese Funktion erwartet keine Parameter.

Funktionsweise

Die Hauptstruktur der Funktion besteht aus mehreren if-else-Blöcken, die die möglichen Tastendrücke/Joystickbewegungen des Spielers abfragen.

Für Bewegungen des Joysticks wird abgefragt, ob an der Zielcoordinate des Spielers eine Wand vorhanden ist. Ist dem nicht so, wird die Position des Spielers angepasst.

Drückt der Spieler den ATTACK-Button, so wird der Rückgabewert der Funktion `playerAttack()` zurückgegeben.

Drückt der Spieler den INVENTORY-Button, so wird das Inventar des Spieler mithilfe der Funktion `playerOpenInventory()` geöffnet.

Drückt der Spieler den REST-Button, so wird kein zusätzlicher Code ausgeführt, damit der Spieler eine Möglichkeit hat, seinen Zug zu überspringen.

3.2.12 Die Funktion `playerAttack()`

Diese Funktion wird ausgeführt, wenn der Spieler angreift. Befinden sich Gegner neben dem Spieler, erleiden sie Schaden.

Parameter

Diese Funktion erwartet keine Parameter.

Funktionsweise

Es wird über alle Akteure iteriert um zu prüfen, welche (initialisierten) Akteure neben dem Spieler stehen. Steht ein Akteur neben dem Spieler, so wird die Methode `takeDamage()` des Akteurs aufgerufen und die aktuelle Waffe des Spielers `player_weapon` übergeben. Zudem wird die Methode `blink()` aufgerufen, die einen Akteur blinken lässt. Sollte der Angriff allerdings keinen Akteur treffen, so wird in einer gesonderten Überprüfung `false` zurückgegeben.

Die aktuelle Waffe des Spielers ist ein integer, der über ein `#define` eingestanznt wird:

```
#define WPN_HANDS 1
#define WPN_SWORD 3
#define WPN_MAGIC 5
//[...]
```

3.2.13 Die Funktion `damagePlayer()`

Diese Funktion wird ausgeführt, wenn der Spieler angegriffen wird. Sie zieht Leben ab und ruft ggf. `showDeathScreen()` auf.

Parameter

Diese Funktion erwartet den vom Gegner verursachten Schaden.

Funktionsweise

Der Rüstwert des Spielers wird vom zu verursachende Schaden abgezogen und dem Spieler vom Leben abgezogen. Sinkt das Leben auf oder unter 0, so verliert der Spieler ein Leben und der Death Screen wird angezeigt. Nach einem delay wird das momentane Level erneut mit `setUpLevel` aufgebaut.

3.2.14 Die Funktion `playerOpenInventory()`

Diese Funktion wird ausgeführt, wenn der Spieler das Inventar öffnet.

Parameter

Diese Funktion erwartet keine Parameter.

Funktionsweise

Zu Beginn der Funktion werden die Wände des aktuellen Levels gezeichnet (siehe `draw()`). Im Anschluss wird eine Box mit Rahmen dargestellt, in der je nach aktuellem Wert von `player_weapon` und `player_armour` die Rüstung und Waffe des Spielers als Text und als Bitmap gezeichnet werden.

Besitzt der Spieler einen Schlüssel, so wird zudem ein Schlüssel in der Ecke des Inventars angezeigt.

3.2.15 Globale Variablen

Es werden mehrere globale Variablen verwendet, auf die alle Funktionen und Methoden zugriff haben.

Variable	Verwendung
Actor actors[]	Enthält alle Akteure des aktuellen Levels. Akteure des Typen 0 gelten als nicht initialisiert und werden bei den meisten Abfragen ignoriert.
uint8_t cur_level	Enthält die Nummer des aktuellen Levels.
static unsigned char level_level<x>[]	Enthält die Bitmap für die Wände des x-ten Levels.
static unsigned char sprite_<x>[]	Ehtält die Bitmap für den Actor mit dem Namen x
uint8_t player_posx uint8_t player_posy uint8_t player_weapon uint8_t player_armour uint8_t player_health uint8_t player_lives bool player_haskey	Enthalten die Koordinaten und andere Spieler-Werte: Rüstung und Waffe werden als Zahl gespeichert, die zugleich ID und Schaden/Rüstwert ist. Leben und Lebenspunkte werden ebenfalls gespeichert, sowie ob der Spieler einen Schlüssel gefunden hat.

3.2.16 Die Klasse/Struktur actor

Objekte dieser Klasse speichern Informationen zu den verschiedenen Akteuren in einem Level wie etwa Items und Gegner.

Felder

Es werden mehrere Felder verwendet um Informationen zu einzelnen Instanzen dieser Klasse zu speichern.

Feld	Verwendung
uint8_t health	Entspricht dem verbleibenden Leben des Gegners.
uint8_t damage	Entspricht dem Schaden, den der Gegner verursacht
uint8_t type uint8_t subtype	Bestimmt das Verhalten und das Aussehen des Actors.
uint8_t cur_x uint8_t cur_y	Die momentanen Koordinaten des Actors.
uint8_t old_x uint8_t old_y	Die Koordinaten des Actors im vorangegangenen Zug. Wird verwendet, um das Verhalten besser steuern zu können.

Die Methode actor.setup()

Diese Funktion erleichtert das Initialisieren eines Actors, da alle wichtigen Felder auf einmal gesetzt werden können.

Parameter

Folgende Parameter werden erwartet:

- uint8_t x: X-Koordinate des Akteurs
- uint8_t y: Y-Koordinate des Akteurs
- uint8_t type: Typ des Akteurs
- uint8_t subtype: Untertyp des Akteurs, standardmäSSig 0

Funktionsweise

Setzt die entsprechenden Felder auf die übergebenen Werte. Das Feld `health` wird je nach Typ anders gesetzt.

Die Funktion getSprite()

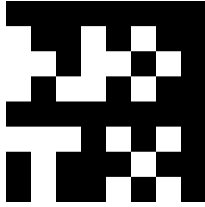
Diese Funktionen gibt die passende Bitmap zu dem übergeben Akteur zurück.

Parameter

Es werden keine Parameter erwartet.

Funktionsweise

Durch ein simples switch-case Statement wird je nach Typ des Akteurs die passende Bitmap zurückgegeben. Sollte kein case zutreffen, wird eine spezielle Bitmap zurückgegeben, die signalisiert, dass keine passende Textur zu dem Typen existiert.



Die Methode `actor.takeDamage()`

Diese Funktion berechnet das Leben des Actors nach einem Angriff des Spielers

Parameter

- `int damage`: Der zu erleidende Schaden

Funktionsweise

`damage` wird von `health` abgezogen. Sollte dies einen negativen Wert oder 0 ergeben, so wird der Typ des Actors auf 0 gesetzt. Ruft zudem `blink()` auf, und `draw()`, falls der Akteur keine Lebenspunkte mehr hat. Letzteres ist wichtig, da bei einem Neuzeichnen des Spielfeldes der Gegner sofort statt erst im nächsten Zug verschwindet.

Die Methode `blink()`

Diese Funktionen lässt den Akteur blinken.

Parameter

Es werden keine Parameter erwartet.

Funktionsweise

In einer for-Schleife wird der Typ des Akteurs wiederholt auf 0 und zurück auf den originalen Typen gesetzt. Da bei jedem Wechsel die `draw()` Funktion aufgerufen wird, die Akteure vom Typen 0 nicht zeichnet, entsteht ein blinkender Effekt.

Die Methode `actor.setPosition()`

Diese Funktion setzt die absolute Position eines Actors.

Parameter

Folgende Parameter werden erwartet:

- `uint8_t new_x`: Die neue X-Koordinate
- `uint8_t new_y`: Die neue Y-Koordinate

Funktionsweise

`cur_x`, `cur_y`, `old_x`, `old_y` werden entsprechend der übergebenen Werte neu gesetzt.

Die Methode `actor.move()`

Diese Funktion setzt die Position eines Actors relativ zur momentanen Position.

Paramter

Folgende Parameter werden erwartet:

- `int8_t x_offset`: Der Wert, um die der Akteur auf der X-Achse verschoben werden soll
- `int8_t y_offset`: Der Wert, um die der Akteur auf der Y-Achse verschoben werden soll

Funktionsweise

`cur_x`, `cur_y`, `old_x`, `old_y` werden entsprechend der übergebenen Werte neu gesetzt, wenn sich keine Wand an der neuen Position befindet. Kann sich der Akteur an die neue Position bewegen, so wird `true` zurückgegeben, andernfalls `false`.

Die Methoden `actor.moveLeft()`, `actor.moveRight()`, `actor.moveAhead()`, `actor.moveBack()`

Diese Funktionen sind Kurzschreibweisen von `actor.move()`. Die Richtungsanweisungen sind relativ zur momentanen Bewegungsrichtung.

Paramter

Es werden keine Parameter erwartet.

Funktionsweise

Ruft die Methode `actor.move()` auf. Dabei werden die momentane und die vorherige Position so übergeben, dass sich die Richtung (z.B. `Ahead`) auf die aktuelle Bewegungsrichtung bezieht. Das bedeutet, dass ein `actor.moveAhead()` den Actor ein Feld nach oben versetzt, wenn sein vorherige Position ein Feld unter der aktuellen liegt.

Die Methoden `actor.wallLeft()`, `actor.wallRight()`, `actor.wallAhead()`

Diese Funktionen sind Kurzschreibweisen von `isWall()`. Die Richtungsanweisungen sind relativ zur momentanen Bewegungsrichtung.

Paramter

Es werden keine Parameter erwartet.

Funktionsweise

Es wird zurückgegeben ob sich in der entsprechenden Richtung eine Wand befindet. So returniert `actor.wallLeft()` `true`, wenn links des Actors eine Wand ist. Bestimmt wird dies mithilfe der Funktion `isWall()`. So wie bei den Methoden `actor.moveX()` sind die Richtungen relativ zur momentanen Bewegungsrichtung zu verstehen.

Die Methode `actor.act()`

Diese Funktionen wird nach jeder erfolgreichen Aktion des Spielers aufgerufen und dafür genutzt, Verhalten von Actors festzulegen. So wird hier zum Beispiel das Bewegungsmuster des Skull-Gegners definiert.

Paramter

Es werden keine Parameter erwartet.

Funktionsweise

Zu Beginn wird der Typ des Actors abgefragt. Ist dieser vom Typ vier, also dem Skull-Gegner, so wird eine Fallunterscheidung vorgenommen:

- 1) Befindet sich der Spieler ein Feld neben dem Akteur, so wird `damagePlayer()` aufgerufen.
- 2) Ist das nicht der Fall und ist die aktuelle Position gleich der vorherigen Position, so wird im Uhrzeigersinn von Rechts ausgehend versucht, ein Feld voranzuschreiten. Dies geschieht unter Verwendung der `move()` Methode, da `moveRight()` und Ähnliches ohne eine vorherige Position nicht funktioniert.
- 3) Ist keiner der obrigen Fälle eingetreten, so bewegt sich der Skull-Gegner nach folgendem Muster:
 - Sind zwei Wände vor oder seitlich vom Gegner, bewegt er sich in die verbleibende Richtung. Sollte das nicht möglich sein, dreht er um.
Beispiel: Links und vor dem Gegner ist eine Wand. Er versucht sich nach rechts zu bewegen. Schlägt das fehl, geht er einen Schritt zurück.
 - Ist eine Wand vor oder seitlich vom Gegner, wählt er per Zufall eine der beiden Richtungen aus und bewegt sich dorthin.
 - Ist keine Wand vor oder seitlich vom Gegner, wählt er per Zufall eine der Richtungen aus und bewegt sich dorthin.
 - Es muss nicht berücksichtigt werden, ob sich hinter dem Gegner eine Wand befindet, da er aus dieser Richtung kommt. Ist er von Wänden umgeben, greift Abfrage 2)

Ist der Akteur vom Typ zwei, also ein Schlüssel, so wird geprüft, ob sich der Spieler an der aktuellen Position des Schlüssels befindet. Ist das der Fall, so wird der Typ des Akteurs auf 0 gesetzt und `player_haskey` auf true.

Ist der Akteur vom Typ drei, also eine Tür, so wird geprüft, ob sich der Spieler an der aktuellen Position der Tür befindet und einen Schlüssel hat. Ist das der Fall, so wird `player_haskey` auf false gesetzt, `cur_level` inkrementiert und `setUpLevel()` aufgerufen.

Ist der Akteur vom Typ 6, also ein Geister-Gegner, so wird eine Fallunterscheidung vorgenommen:

- 1) Befindet sich der Spieler ein Feld neben dem Akteur, so wird `damagePlayer()` aufgerufen.
- 2) Ist das nicht der Fall und ist die aktuelle Position gleich der vorherigen Position, so wird nach `subtype` unterschieden. Subtyp 1 bewegt sich nach unten, subtyp 0 nach oben. Dies legt die Startrichtung der Geister fest, die um einen Bereich kreisen sollen.
- 3) Ist keiner der obrigen Fälle eingetreten, so wird geprüft, ob sich der Geister nach vorne bewegen kann, ansonsten biegt er nach links ab.

Insgesamt entsteht so für die Geister eine Kreisbewegung um eine freie Fläche in der Mitte.

Ist der Akteur vom Typ 5, 7, 8 oder 9, also ein Ausrüstungsgegenstand, so wird geprüft, ob sich der Spieler an der aktuellen Position des Akteurs befindet. Ist das der Fall, wird `player_armour` bzw. `player_weapon` auf die entsprechende ID gesetzt (mittels der `#define`-Aliase)

4.1 Anhang 1: Skript zum konvertieren von schwarz-weiSS Bildern zu c++ Bitmaps

Das Ausführen des folgenden Skriptes konvertiert alle im selben Ordner vorhandenen .png Dateien zu c++ Arrays und gibt diese in bitmaps.txt aus.

Vor dem Ausführen muss die Python Bibliothek Pillow über pip installiert werden.

```
from PIL import Image
import os

def convert_to_sprite_bitmap(image, islevel):
    bitmap = []
    cur_row = ''

    index = 0
    for pixel in image:
        cur_row += ('1' if pixel == (255, 255, 255) else '0')
        index += 1

        if index >= 8:
            index = 0
            if islevel:
                bitmap.append(cur_row)
            else:
                bitmap.append(cur_row[::-1]) # reverse row, bitmaps are drawn in_
    reverse
    cur_row = ''

    # convert string with bits to hexadecimal ('10011' -> 0x13)
    bitmap = [hex(int(num, 2)) for num in bitmap]

    # make sure redundant zeros are present (0x7 -> 0x07)
```

(Fortsetzung auf der nächsten Seite)

```

    bitmap = ['0x0' + num[-1] if len(num) == 3 else num for num in bitmap]

    # convert list to nicely styled line
    bitmap = str(bitmap)
    bitmap = bitmap.replace("'", "").replace("[", "{").replace("]", "}")

    return bitmap

# get all .png files in current directory
files = os.listdir()
files = [(file, 'level' in file) for file in files if '.png' in file]

# convert and print bitmaps of images to bitmaps.txt
with open('bitmaps.txt', 'w') as output_file:
    for file in files:
        image = Image.open(file[0], 'r')
        pixels = list(image.getdata())

        bitmap = convert_to_sprite_bitmap(pixels, file[1])

        # format bitmap so that it's ready to be copy-pasted directly
        if file[1]:
            output_file.write("static unsigned char level_" + file[0][:-4] + "[]" +
↪bitmap + ";\n")
        else:
            output_file.write("static unsigned char sprite_" + file[0][:-4] + "[]" +
↪bitmap + ";\n")

```