

# Blinkenlights Workshop

Stephan Messlinger, Valentin Ochs

20. März 2017

# Startpunkt digitaler Output

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

Blink Beispiel: File → Examples → Basics → Blink

```
void setup() {  
    pinMode(13, OUTPUT);  
}  
  
void loop() {  
    digitalWrite(13, HIGH);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(13, LOW);  
    delay(1000);  
}
```

# Setup

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

`pinMode(pin, modus)` wählt für den Pin mit Nummer `pin` eine von drei Betriebsarten:

- **OUTPUT:** wird für Ausgabe verwendet, z.B. um LEDs zu schalten oder mit anderen Microcontrollern zu sprechen.
- **INPUT:** Die Spannung am Pin kann gelesen werden.
- **INPUT\_PULLUP:** Wie INPUT, aber der Pin wird intern auf die Versorgungsspannung gezogen.

# digitalWrite und delay

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

`digitalWrite(pin, zustand)` setzt bei einem auf Output gestellten Pin die Ausgangsspannung:

- 0 Volt für LOW
- 5 Volt für HIGH (oder was auch immer die aktuelle Versorgungsspannung ist)

`delay(ms)` tut ms Millisekunden lang nichts.

# Andere Blink Muster

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

Zwei Sekunden lang an, eine halbe aus.

# Andere Blink Muster

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

Zwei Sekunden lang an, eine halbe aus.

```
digitalWrite(13, HIGH);  
delay(2000);  
digitalWrite(13, LOW);  
delay(500);
```

# Schnelleres Blinken

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

Was passiert, wenn man die Zeiten ganz niedrig setzt?

# Schnelleres Blinken

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

Was passiert, wenn man die Zeiten ganz niedrig setzt?  
→ Man sieht kein Blinken mehr



# Schnelleres Blinken

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

Was passiert, wenn man die Zeiten ganz niedrig setzt?

→ Man sieht kein Blinken mehr

Was passiert, wenn die Zeitverhältnisse geändert werden?

# Schnelleres Blinken

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

Was passiert, wenn man die Zeiten ganz niedrig setzt?

→ Man sieht kein Blinken mehr

Was passiert, wenn die Zeitverhältnisse geändert werden?

→ Dimmen

# analogWrite

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

`analogWrite(pin, wert)` schaltet den Pin automatisch an und aus, mit variablen An-/Aus-Zeiten  
→ Pulsweitenmodulation

- Frequenz: Etwa 490 Hz
- Wertebereich: 0 bis 255
- Nur auf Pins 3, 5, 6, 9, 10, und 11.
- Die PWM Pins sind auf dem Arduino mit ~ markiert.

# PWM Funktionsweise: Zähler + Vergleich

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

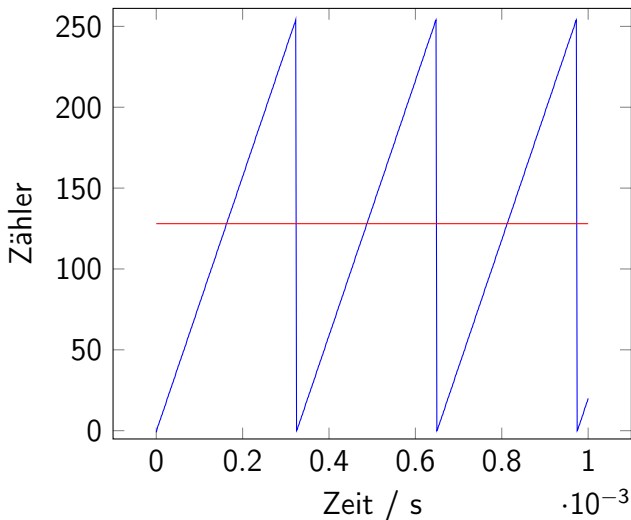
Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen



# PWM, Schwellwert 128

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

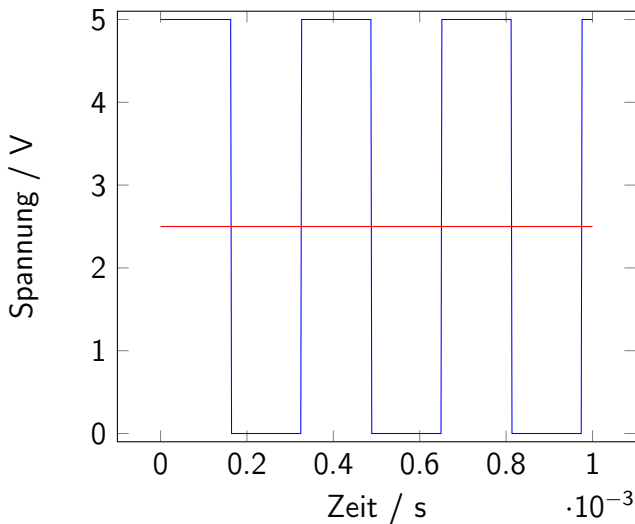
Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen



# PWM, Schwellwert 16

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

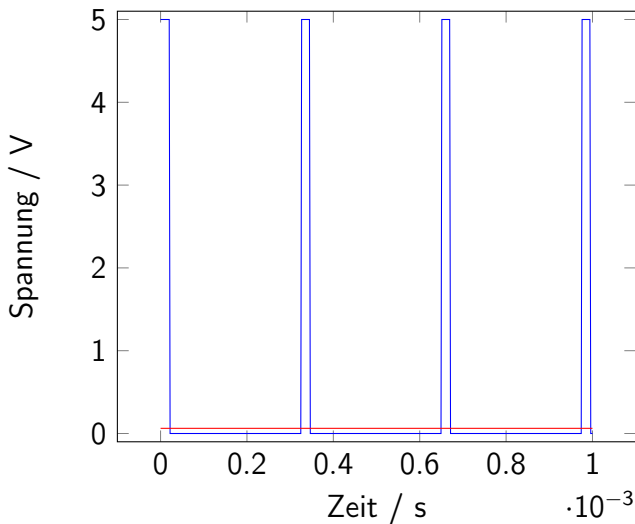
Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen



# Einfacher PWM Code

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

```
int const led_pin = 11;
void setup() {
    pinMode(led_pin, OUTPUT);
}
void loop() {
    // Zeit seit Beginn des Programms
    unsigned long time = millis();
    // Berechne eine Sägezahn mit 0.1 Hz
    int value = 255 * time / 4000;
    // Verwende den Wert als Schwellwert
    analogWrite(led_pin, value);
}
```

# Datentypen (1)

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

- `unsigned long time` und `int value` definieren Variablen.
- `unsigned long` und `int` sind die Typen, `time` und `value` die Namen, bzw. Identifier.
- Normal sind Typen vorzeichenbehaftet, durch `unsigned` haben sie einen nicht-negativen Wertebereich
- Kleinere Datentypen sind schneller

Typ	Wertebereich	unsigned Wertebereich
<code>char</code>	$-2^7$ bis $2^7 - 1$	0 bis $2^8 - 1$
<code>int</code>	$-2^{15}$ bis $2^{15} - 1$	0 bis $2^{16} - 1$
<code>long</code>	$-2^{31}$ bis $2^{31} - 1$	0 bis $2^{32} - 1$



# Datentypen (2)

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

- `float` für Gleitkommazahlen (sehr langsam!)
- `double` für genauere Gleitkommazahlen (unglaublich langsam)
- `const` Suffix (z.B. `int const`) für Werte, die sich nach ihrer Definition nicht ändern. Vorteile:
  - Etwas lesbarer
  - Kann zu schnelleren Programmen führen
- Zu große (oder kleine) Werte führen zu Überlauf:
  - Bei `char`:  $127+1 \rightarrow -128$
  - Bei `unsigned char`:  $0 - 1 \rightarrow 255$

# PWM Frequenz

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

490 Hz sind bei schnellen Bewegungen sichtbar.

Bestimmung der Frequenz:  $\text{Taktfrequenz} / \text{Vorteiler} / \text{Zählergröße}$

- Taktfrequenz: 16 MHz
- Zählergröße:
  - 256 für Pins 5 und 6
  - 510 für 3, 9, 10, 11

# PWM Vorteile: Timer 0, Pins 5 und 6

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

Einstellung	Teiler	Frequenz
0x01	1	62500
0x02	8	7813
0x03	64	977
0x04	256	244
0x05	1024	61

Einstellen durch

`TCCR0B = (TCCR0B & 0b11111000) | Einstellung`

# PWM Vorteile: Timer 1, Pins 9 und 10

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

Einstellung	Teiler	Frequenz
0x01	1	31373
0x02	8	3921
0x03	64	490
0x04	256	123
0x05	1024	31

Einstellen durch

`TCCR1B = (TCCR0B & 0b11111000) | Einstellung`

# PWM Vorteiler: Timer 2, Pins 11 und 3

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

Einstellung	Teiler	Frequenz
0x01	1	31373
0x02	8	3921
0x03	32	980
0x04	64	490
0x05	128	245
0x06	256	123
0x07	1024	31

Einstellen durch

`TCCR2B = (TCCR2B & 0b11111000) | Einstellung`

# Vorsicht

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

Frequenzänderung beeinflusst nicht nur LEDs, sondern alles, was an dem Timer hängt! Servos, Tonerzeugung, etc.

Besonders wichtig: Timer 0 für `millis()` und `delay()`.  
Standardvorteiler: 64. Bei Änderungen Zeiten entsprechend anpassen (Vervierfachen bei 256...)

# Startpunkt digitaler Input

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

Button Beispiel: File → Examples → Digital → Button  
Geht nicht nur mit einfachen Schaltern und Tastern,  
sondern auch z.B. einer Lichtschranke oder  
Reed-Schaltern.

`digitalRead(pin):`

- HIGH falls Spannung an pin etwa 2.6 V oder höher
- LOW falls Spannung an pin 2.1 V oder tiefer
- Nur bei 5 V Versorgungsspannung, sonst andere Werte



# Schaltplanvarianten

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

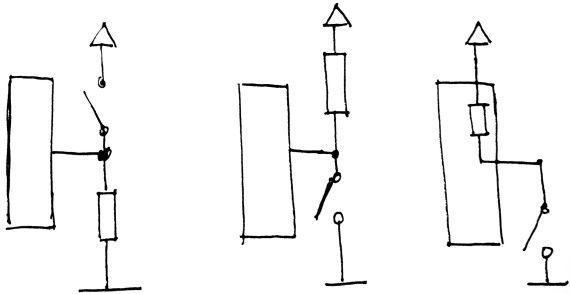
Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen



# Unterbrechbare Abläufe starten (1)

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

```
unsigned long button_time = 0;
bool running = false;
void loop() {
    if(digitalRead(button_pin) == HIGH) {
        running = true;
        button_time = millis();
    }
    if(running) {
        running = do_stuff(millis() - start_time);
    }
}
```

# Unterbrechbare Abläufe starten (2)

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

```
bool do_stuff(unsigned long time_point)
{
    if(time_point < 100) {
        digitalWrite(led_pin, HIGH);
    } else if(time_point < 200) {
        digitalWrite(led_pin, LOW);
    } else if(time_point < 1000) {
        digitalWrite(led_pin, HIGH);
    } else {
        return false;
    }
    return true;
}
```

# Prellen

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

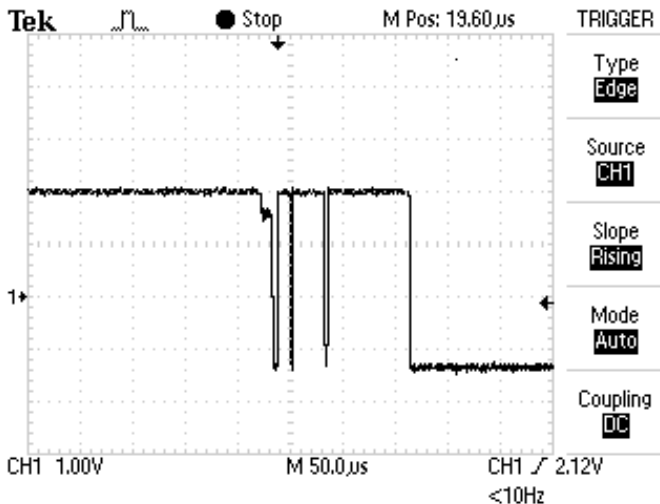
Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen



# Entprellen

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

## Auch: Debouncing

- Hardware Lösung: Tiefpassfilter mit Kondensator
- Software Lösung: Mehrmals Wert auslesen und warten, bis er sich nicht mehr ändert
- Hier ohne weitere Vertiefung, aber ihr wisst jetzt, wonach man suchen muss :)

# Startpunkt analoger Input

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

**Analog In**

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

AnalogInput Beispiel: File → Examples → Analog →  
AnalogInput

# analogRead

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

**Analog In**

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

`analogRead(pin)`: 0-1023 für 0-5 Volt an Pin `pin`.

# Kombination mit analogWrite

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

```
void loop() {  
    int value = analogRead(A0) / 4;  
    analogWrite(3, value);  
}
```



# An den PC senden

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

```
void setup() {  
    Serial.begin(115200);  
}  
void loop() {  
    Serial.print("Aktueller Wert: ");  
    Serial.println(analogRead(A0));  
}
```

Auch zur Fehlersuche nützlich!

Die Arduino IDE hat einen Plotter, mit dem man den zeitlichen Verlauf von Zahlen beobachten kann.

# Spannungsbereich

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

**Analog In**

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

Maximale Spannung: Versorgungsspannung

# Spannungsbereich

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

Maximale Spannung: Versorgungsspannung  
Darüber: Spannungsteiler

# Stephan

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

**Stephan**

Mehrere LEDs

LED Streifen

Valentin darf sich ausruhen. Ihr nicht.

## Vorteile:

- Einfach
- PWM (bei bis zu 6) möglich

## Nachteile:

- 1 Pin pro LED
- Ab 7 LEDs kein PWM mehr (oder nur in Gruppen)
- 1 RGB LED braucht 3 Pins

# Matrix

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

## Vorteile:

- Kann je nach Methode mit  $n$  Pins bis zu  $n^2 - n$  LEDs ansteuern

## Nachteile:

- Kompliziert
- Niedrige Wiederholrate
- Reduzierte Helligkeit
- Bei größeren Spitzenströmen werden externe Treiber benötigt
- Kein (hardware-beschleunigtes) Dimmen

# Schieberegister

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

- Englisch: Shift register
- Mehrere Ausgänge, z.B. 8
- Digitale Steuerung, z.B. SPI oder I2C
- Zu viele Werte → alte Werte werden weitergeschoben

Vorteile:

- Einfach
- Benötigt wenige (i.d.R.  $< 4$ ) Pins
- Leicht erweiterbar

Nachteile:

- Kein (hardware-beschleunigtes) Dimmen
- Wiederholrate sinkt mit  $1/n$

# WS2812, APA102...

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

- Mehrere LEDs auf Streifen
- Ähnlich zu Schieberegistern
- Eingebaute Logik zum Dimmen
- Ansteuerung durch fertige Libraries



# Libraries

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

- Sketch → Include Library → Manage Libraries
- Modularer Code, bei Arduino häufig zum Ansteuern von externer Hardware
- Für WS2812: Adafruit NeoPixel
- Für APA102: APA102

# Beispielcode

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

```
#include <Adafruit_NeoPixel.h>

Adafruit_NeoPixel strip(144, 13, NEO_GRB + NEO_K
int i = 0;
void setup() {
    strip.begin();
}
void loop() {
    strip.setPixelColor(i, 255, 0, 0);
    strip.show();
    delay(10);
    strip.setPixelColor(i, 0, 0, 0);
    i++;
    if(i == 144) i = 0;
}
```

# Arrays

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

... speichern viele Werte gleichen Typs unter einem Namen. Das erste Element hat Index 0.

Beispiel:

```
int many_values[20];  
for(int i = 0; i < 20; i++)  
    many_values[i] = i;  
Serial.print(many_values[0]+many_values[19]);
```

# Laufender Regenbogen (1)

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Stephan

Mehrere LEDs

LED Streifen

```
#include <Adafruit_NeoPixel.h>
Adafruit_NeoPixel strip(144, 13, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
uint32_t colors[144];
int i = 0;
void setup() {
    strip.begin();
    for(i = 0; i < 48; i++) {
        unsigned char v = i*255/48;
        colors[i] = strip.Color(255-v, v, 0);
        colors[i+48] = strip.Color(0, 255-v, v);
        colors[i+96] = strip.Color(v, 0, 255-v);
    }
}
void loop() {
    for(int j = i; j < 144-i; j++)
        strip.setPixelColor(i+j, colors[j]);
    for(int j = 144-i; j < 144; j++)
        strip.setPixelColor(i+j-144, colors[j]);
    strip.show();
    i++;
    if(i == 144) i = 0;
}
```