

# Mikrocontroller-Modul für Flipperautomaten 2016

## Technische Hintergründe

### Technische Hintergründe

#### SD-Karte

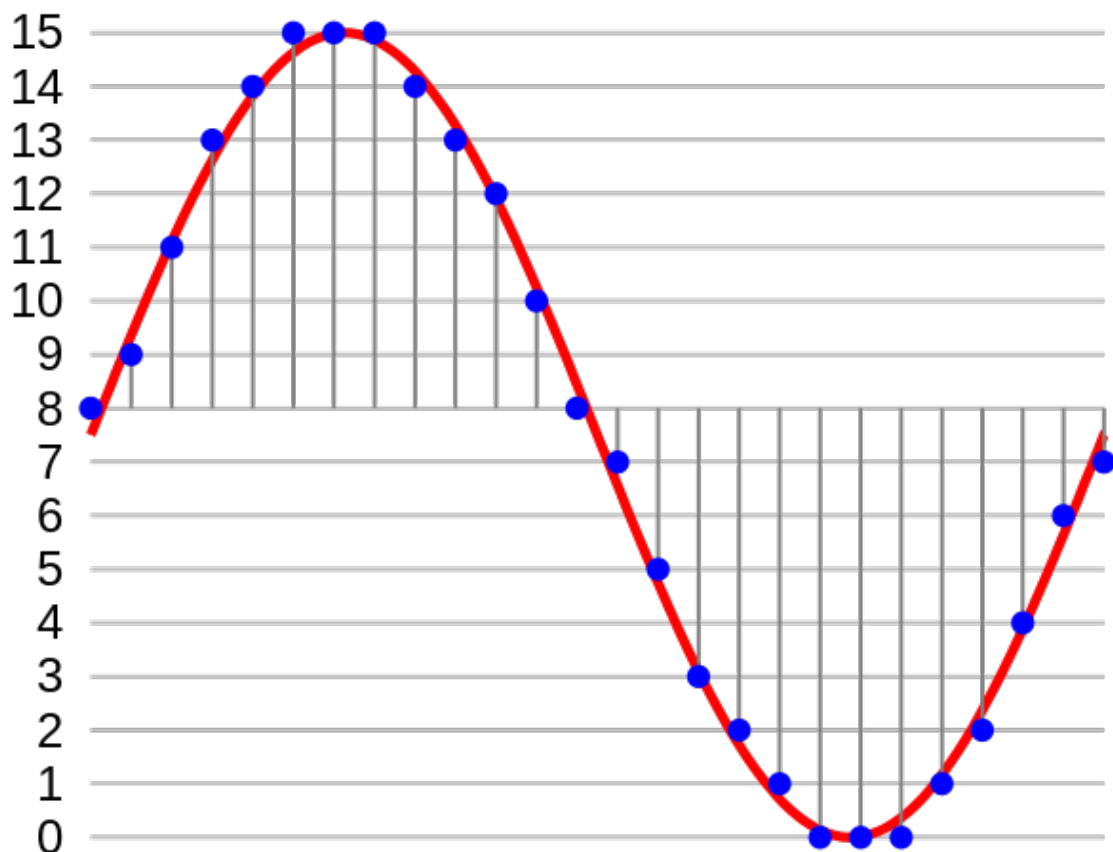
#### Audioausgabe

#### Puls-Code-Modulation

Um Schall digital zu speichern, muss ein analoges elektrisches Signal (welches vom Mikrofon aus den Schallwellen erzeugt wird) digitalisiert werden, d.h. in eine Folge von Bits (oder Bytes) umgewandelt werden.

Die Puls-Code-Modulation (PCM) macht genau das. Mit einem konstanten zeitlichen Abstand wird die Amplitude des Signals gemessen und durch eine Zahl in einem bestimmten Bereich codiert. Dieser Zahlenbereich wird in Bit angegeben. Je mehr Bit pro Abtastung (*Sample*) zu Verfügung stehen, desto besser ist die Qualität der digitalisierten Daten.

In folgendem Beispiel wird eine Sinuswelle durch die Zahlen 0 bis 15, also mit 4 Bit codiert:



width=50% }

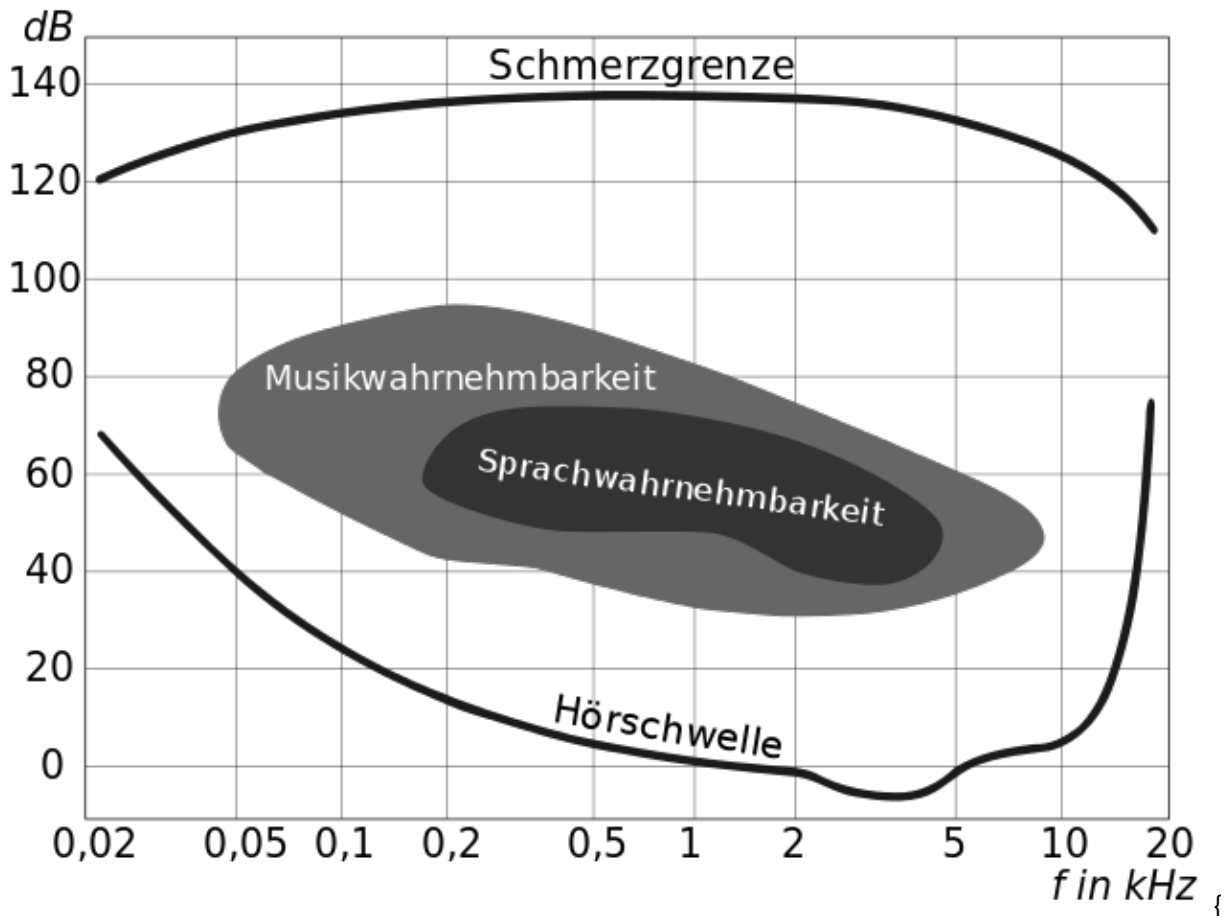
Das codierte Signal sieht also folgendermassen aus:

8, 9, 11, 13, 14, 15, 15, 15, 14, 13, 12, 10, 8, 7, 5, 3, 2, 1, 0, 0, 0, 1, 2, 4, 6, 7

Damit die Zahlenfolge wieder in ein Audiosignal umgewandelt werden kann, müssen auch die Anzahl Bit pro Abtastung sowie die *Abtastrate* bekannt sein.

**Abtastrate** Die Frequenz, mit welcher das Signal gemessen wird, heisst *Abtastrate*. Sie muss gemäss dem Nyquist-Shannon-Abtasttheorem mindestens doppelt so gross wie die grösste zu codierende Frequenz sein, damit kein Qualitätsverlust auftritt.

Da die Musikkwahrnehmbarkeit beim Menschen bis ca. 8 kHz reicht, beträgt die minimale Abtastrate 16 kHz:



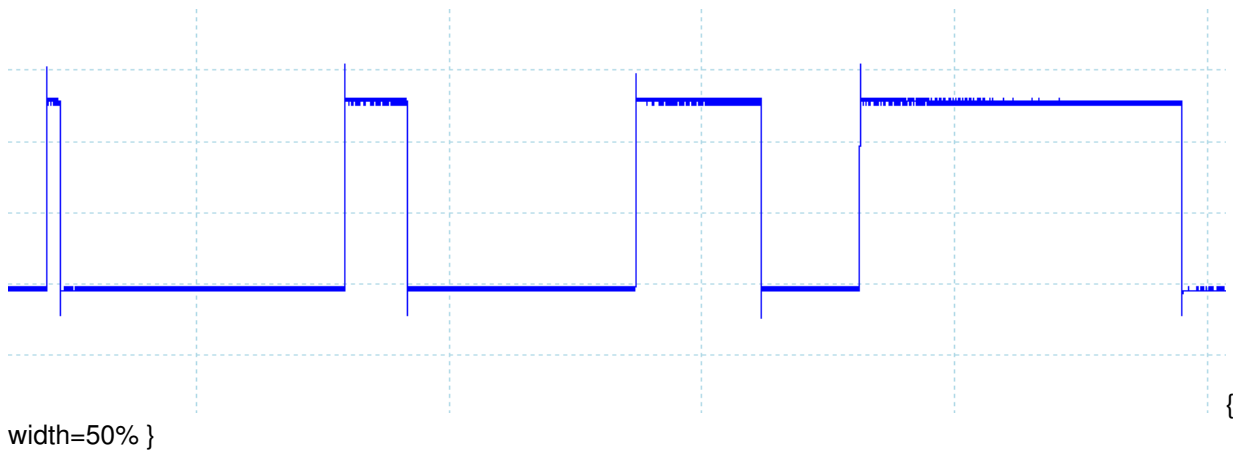
width=50% }

**Abwägungen** Eine hohe Anzahl Bit pro Abtastung und eine hohe Abtastrate führen zu einer besseren Qualität, aber auch zu einer viel grösseren Datenmenge.

Heute werden Audiodaten mit Hilfe von komplexen Algorithmen (z.B. MP3) komprimiert, um die Datenmenge zu reduzieren. Diese Algorithmen benötigen aber eine grosse Rechenleistung, die auf dem Arduino nicht zu Verfügung steht.

## Pulsweitenmodulation

Pulsweitenmodulation ist



## PWM mit ATmega328

Der ATmega329-Mikrocontroller, welcher im Arduino Duemilanove und Uno verwendet wird, hat drei Timer/Counter, welche für PWM verwendet werden können. Jeder der drei Timer kann auf je zwei digitalen Ausgängen ein PWM-Signal erzeugen. Die folgende Tabelle zeigt, welcher Timer welche Ausgänge ansteuern kann:

Timer	Output Register	Pin (ATmega)	Pin (Arduino)
0	OC0A	PD6	6
0	OC0B	PD5	5
1	OC1A	PB1	9
1	OC1B	PB2	10 (SS)
2	OC2A	PB3	11 (MOSI)
3	OC2B	PD3	3

Für das Pinball-Board muss der Arduino-Pin 10 verwendet werden, die Betrachtungen gelten aber grundsätzlich für alle PWM-Ausgänge, obschon es im Detail Abweichungen geben kann.

**Konfiguration des Zeitmessers/Zählers 1** Die Konfiguration des Zeitmessers/Zählers 1 (*Timer/Counter 1*) findet über die zwei Register TCCR1A (*Timer/Counter 1 Control Register A*) und TCCR1B (*Timer/Counter 1 Control Register B*) statt, welche im folgenden erklärt werden. Die Bedeutung der einzelnen Bits der beiden 8-Bit-Register ist in den folgenden Tabellen erklärt:

TCCR1A Bit	Name	Bedeutung
7	COM1A1	Ausgabe des Timers auf OC1A (Pin 9)
6	COM1A0	Ausgabe des Timers auf OC1A (Pin 9)
5	COM1B1	Ausgabe des Timers auf OC1B (Pin 10)
4	COM1B0	Ausgabe des Timers auf OC1B (Pin 10)
3	-	wird nicht verwendet
2	-	wird nicht verwendet
1	WGM11	Wellenform-Modus ( <i>Waveform Generation Mode</i> )

TCCR1A Bit	Name	Bedeutung
0	WGM10	Wellenform-Modus ( <i>Waveform Generation Mode</i> )

TCCR1B Bit	Name	Bedeutung
7	ICNC1	<i>Input Capture Noise Canceler</i>
6	ICES1	<i>Input Capture Edge Select</i>
5	-	wird nicht verwendet
4	WGM13	Wellenform-Modus ( <i>Waveform Generation Mode</i> )
3	WGM12	Wellenform-Modus ( <i>Waveform Generation Mode</i> )
2	CS12	Taktfrequenz ( <i>Clock Select</i> )
1	CS11	Taktfrequenz ( <i>Clock Select</i> )
0	CS10	Taktfrequenz ( <i>Clock Select</i> )

Die Bits ICNC1 und ICES1 beziehen sich auf die Zeitmessung von externen Ereignissen und haben keine Bedeutung für PWM.

Mit den beiden COM1xx-Bits kann festgelegt werden, wie die Ausgabe der Pins 9 und 10 mit dem Zeitmesser verknüpft werden sollen. Über die zwei Bits kann einer der folgenden vier Modi festgelegt werden (dies gilt für alle drei Timer):

Modus	COMxx1	COMxx0	Beschreibung
0	0	0	keine Ausgabe auf Pin
1	0	1	Wechsle Pin
2	1	0	Setze Pin auf TIEF
3	1	1	Setze Pin auf HOCH

Mit dem Modus 0 wird der entsprechende Pin nicht vom Zeitmesser beeinflusst. Mit dem Modus 1 wird die Ausgabe des Pins bei jedem Impuls des Zeitgebers gewechselt (d.h. ein Pin mit HOHER Ausgabe wird auf TIEF gesetzt, ein Pin mit TIEFER Ausgabe auf HOCH). Mit den Modi 2 und 3 wird die Ausgabe der Pins auf TIEF bzw. HOCH gesetzt.

Mit dem Wellenform-Modus kann das Zähl- und Impulsverhalten der Zeitmessers festgelegt werden. Die für PWM relevanten Wellenform-Modi sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Modus	WGM13	WGM12	WGM11	WGM10	Beschreibung
1	0	0	0	1	PWM, Phase Correct, 8-bit
2	0	0	1	0	PWM, Phase Correct, 9-bit
3	0	0	1	1	PWM, Phase Correct, 10-bit
5	0	1	0	1	Fast PWM, 8-bit
6	0	1	1	0	Fast PWM, 9-bit
7	0	1	1	1	Fast PWM, 10-bit

Modus	WGM13	WGM12	WGM11	WGM10	Beschreibung
8	1	0	0	0	PWM, Phase and Frequency Correct, ICR1
9	1	0	0	1	PWM, Phase and Frequency Correct, OCR1A
10	1	0	1	0	PWM, Phase Correct, ICR1
11	1	0	1	1	PWM, Phase Correct, OCR1A
14	1	1	1	0	Fast PWM, ICR1
15	1	1	1	1	Fast PWM, OCR1A

Tbd.

**Konfiguration der Interrupts des Zeitmessers/Zählers 1** Mit dem Register TIMSK1 (*Timer/Counter1 Interrupt Mask Register*) wird festgelegt, in welchen Fällen ein Interrupt ausgelöst werden soll. Die Bits des TIMSK1-Registers werden in der folgenden Tabelle dargestellt:

TIMSK1 Bit	Name	Bedeutung
7	-	wird nicht verwendet
6	-	wird nicht verwendet
5	ICIE1	<i>Input Capture Interrupt Enable</i>
4	-	wird nicht verwendet
3	-	wird nicht verwendet
2	OCIE1B	<i>Output Compare B Match Interrupt Enable</i>
1	OCIE1A	<i>Output Compare A Match Interrupt Enable</i>
0	TOIE1	<i>Timer Overflow Interrupt Enable</i>