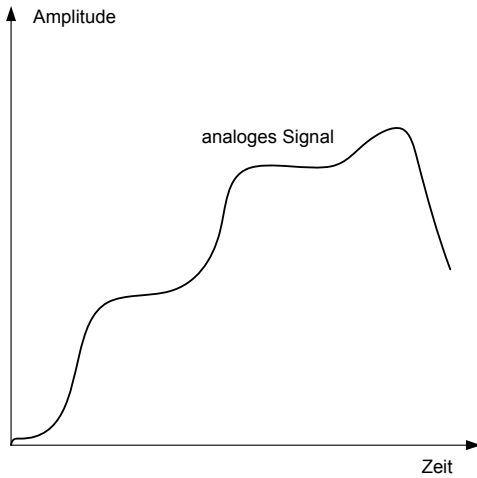


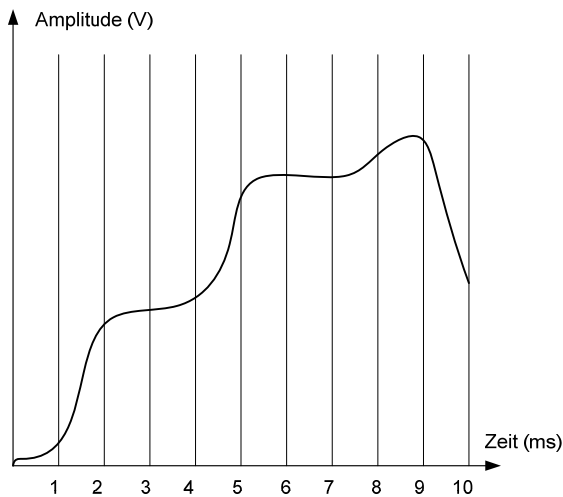
## 2. Analog-Digitalwandlung



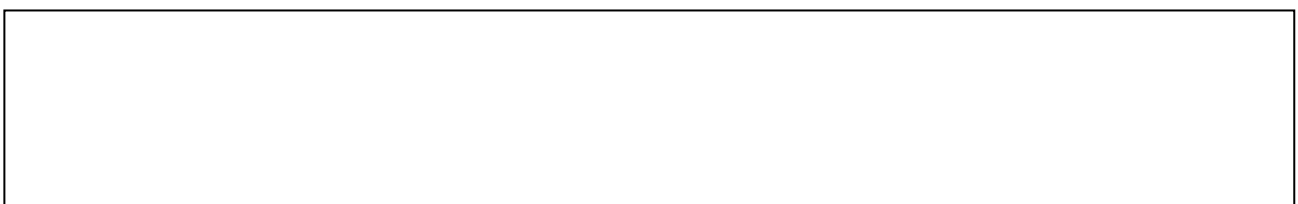
Beim Messen von physikalischen Grössen erhält man meistens analoge elektrische Signale. Für die Darstellung oder Weiterverarbeitung müssen sie darum in digitale Werte umgewandelt werden. Dazu werden AD-Wandler (AD-Konverter) verwendet.



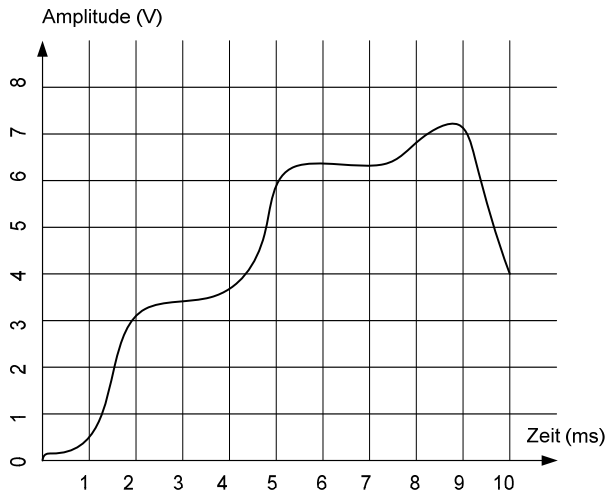
### 2.1 Abtastrate



Je mehr Umwandlungen je Zeiteinheit erzeugt werden, desto lückenloser wird das Analogsignal nachgestellt. Eine wichtige Grösse ist daher die Abtastrate. Je höher die Abtastrate, desto genauer lässt sich das Analogsignal digital erfassen.



## 2.2. Die Quantisierung

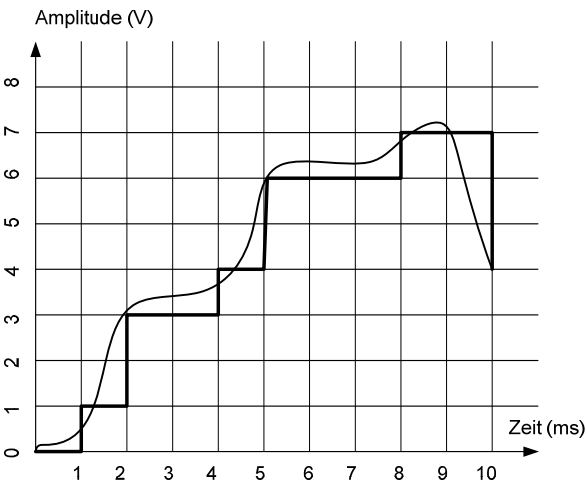


Die Amplitude wird in Schritten nachgebildet. Dabei stehen nur eine bestimmte Anzahl Zustände zur Verfügung.

Die Differenz zwischen dem analogen Signal und den erlaubten, digitalen Werten (0...8) nennt man Quantisierungsfehler.

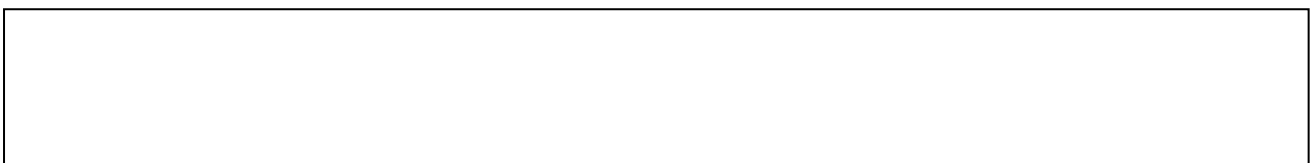


### Digitalwerte bilden



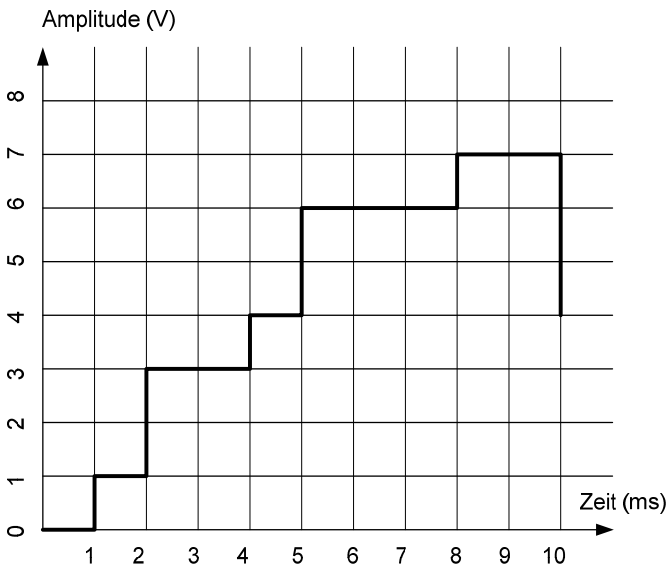
Jeder Zustand wird gemessen und als Zahl digitalisiert. Daraus entstehen Zahlenreihen, die das ursprüngliche Signal einigermaßen genau beschreiben.

Zu jedem Zeitpunkt (1..10 ms) wird das analoge Signal abgemessen und ein gleich hoher oder um den Quantisierungsfehler höherer Wert zugeordnet. Zwischenwerte sind nicht möglich.



Höhere Frequenzen bedeuten ein genaueres Digitalsignal. Höhere Frequenzen erfordern aber auch einen grossen Aufwand und verteuern den AD-Wandler

Codierung in BCD



Damit diese Zahlen in Speichern mit nur 2 Zuständen gespeichert werden können, wandelt man sie in einen Dualcode um.

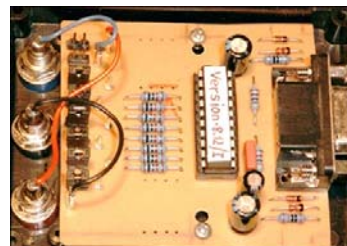
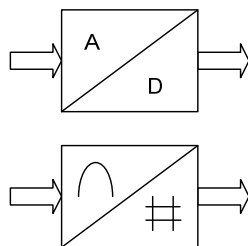
0 1 3 3 4 6 6 6 7 7 4

Dezimalwert

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Binärwert

Wandeln Sie die Dezimalwerte in den Dualcode um!



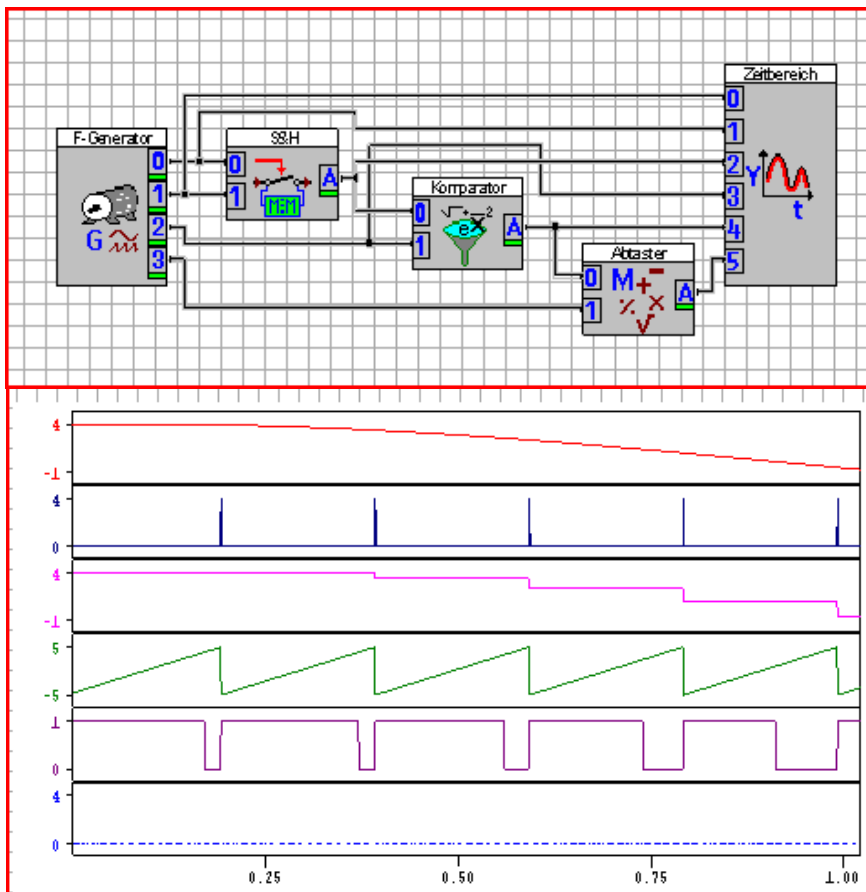
**Aufgabe:**  
 Lösen Sie mit dem Programm ROBO folgende Aufgaben

- Digitalisieren

## 2.3 Der AD-Wandler

### Zählcodier-Prinzip

Es gibt verschiedene Arten von AD-Wandlern. Das hier beschriebene Prinzip ist verbreitet und deshalb hier näher beschrieben werden.



### Legende:

Sinusförmiges Signal zu digitalisierendes Analogsignal

Nadelpulse: Geben die Zeitpunkte der Abtastung an und bestimmen die Anzahl der ausgegeben Digitalwerte je Sekunde.

Messwert: zeigt den „eingefrorenen“ Wert des Analogsignals bei jedem Nadelpuls. Das regelmässige entnehmen einer Signalprobe nennt sich „Abtastung, das Einfrieren „Sample&Hold“.

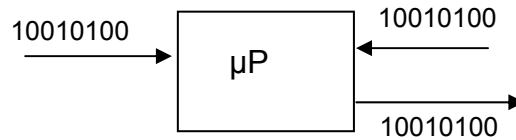
Sägezahn: Mit diesem Signal kann der abgetastete Wert mit einem kontinuierlich ansteigenden Spannungswert verglichen werden. Solange der Sägezahnpegel kleiner ist als das Analogsignal, erscheint eine 1 am Ausgang des Komparators, sonst eine 0.

Rechtecksignal: Durch diesen Vergleich mit einem Sägezahn erhalten wir ein Rechtecksignal, bei dem die Information in der Zeitdauer des Pulses gespeichert ist. Diese Codierung nennt sich PDM (Pulsdauermodulation).

Pulszahl: In einem Multiplizierer wird das Rechtecksignal mit einer Nadelpulsfolge verknüpft. Damit erhalten wir eine Folge von Nadelpulsen, entsprechend der Zeitdauer der Dreiecksignals. Diese Anzahl entspricht dem digitalisierten Wert.

## 2.4 Die Wertigkeit der Stellen

Beim seriellen Ein- und Auslesen von Binärwerten ist es oft nicht ganz klar, welches das erste Bit (Wertigkeit 128) und das letzte Bit (Wertigkeit 1) ist.



Darum haben sich die Ausdrücke MSB (Most Significant Bit) und LSB (Last Significant Bit) eingebürgert.

negative Dualzahlen:

Negative Binärzahlen werden meistens nach einer bestimmten Vorschrift gebildet.

- das Einerkomplement erhält man, indem jede Ziffer (1 oder 0) invertiert wird.
- anschliessend wird 1 an der letzten Stelle (LSB) der Wert 1 addiert.
- entsteht an der vordersten Stelle einen Übertrag, wird dieser ersatzlos weg gestrichen.

Beispiel:

-13<sub>10</sub> als Dualzahl darstellen:

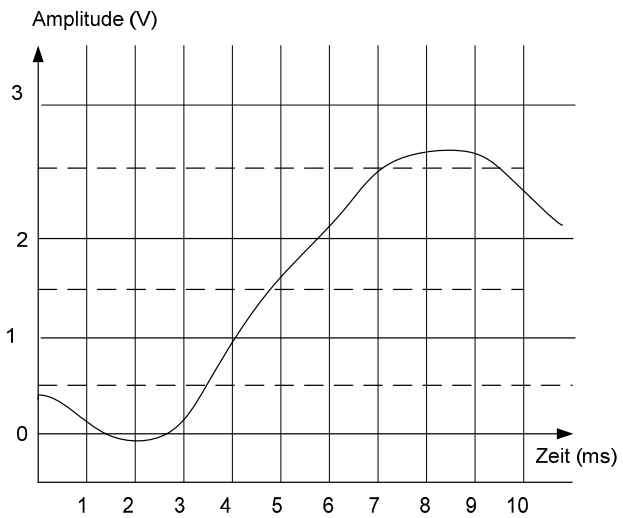
13 <sub>10</sub>	0	1	1	0	1
invertieren	1	0	0	1	0
1 addieren	+				1
	1	0	0	1	1

Berechnung des Speicherplatzes:

Für die Berechnung des Speicherplatzes je Sekunde muss die Länge des Binärwortes (Anzahl Bit) und die Abtastrate (Anzahl Abtastungen je Sekunde) bekannt sein!

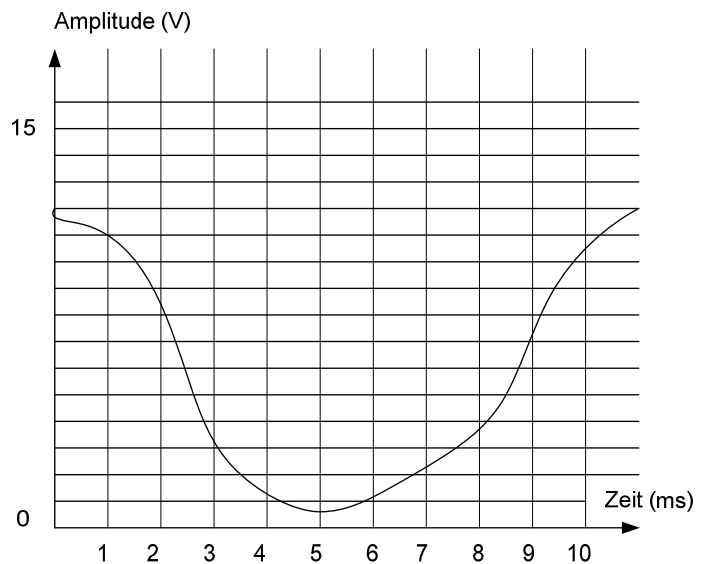
Aufgaben

1. a) Wie viele Bit umfasst das Binärwort?
- b) Digitalisieren sie das Signal!
- c) Wie viele Bit müssen je Sekunde abgespeichert werden



	Dezimalwert
	Binärwert

2. a) Wie viele Bit umfasst das Binärwort?
- b) Digitalisieren sie das Analogsignal
- c) Wie viele Bit müssen je Sekunde gespeichert werden?



	Dezimalwert
	Binärwert

