

– Lösungen –
5. Signal+Information

– **Elektronik für Informatiker** –
von den Grundlagen bis zur Mikrocontroller-Applikation

Manfred Rost Sandro Wefel

23. November 2021

<https://doi.org/10.1515/9783110609066>

Verlag: De Gruyter Oldenbourg

© 2021
All Rights Reserved

Anmerkung: Bildnummern und Seitenzahlen beziehen sich auf die 2. Auflage des Buches.

5 Signal und Information

5.1 Wir haben die Begriffe folgendermaßen eingeführt und verwendet

- ein Signal ist eine von einem System ausgehende Wirkung mit der man einem weiteren System Informationen über Veränderungen im ersten System übermitteln kann; ein Signal kann z.B. elektrischer, optischer, mechanischer (Schall) oder chemischer Natur sein (siehe Definition 5.1);
- Information ist eine an ein Signal gebundene und von ihm transportiert Nachricht (siehe Definition 5.1).

Wir weisen daraufhin, dass die Begriffe in verschiedenen Wissensgebieten zum Teil mit unterschiedlichem Bedeutungsumfang benutzt werden (siehe z.B. L.Pagel, Information ist Energie, Springer-Verl. 2013).

5.2

- Analogsignale beschreiben den Zeitverlauf (oder Ortsverlauf) einer physikalischen Größe. Innerhalb eines bestimmten Wertebereiches sind beliebig viele Zwischenwerte und alle Zeitwerte erlaubt. Analogsignale können analytisch als Zeitfunktionen, z.B. $F(t) = a \sin \cdot \omega t$, dargestellt werden
- Digitale Signale bestehen aus einer Folge von diskreten Werten zu diskreten Zeiten. Die Zeitabstände der Werte ist meist äquidistant.

Als Vorteile von Digitalsignalen seien genannt

- sie sind leicht zu speichern,
- sie sind weniger anfällig gegen Störsignale
- sie ermöglichen leicht zu integrierende Schaltungsstrukturen.

5.3 Elektronisches Rauschen sind kleine, statistische Schwankungen analoger elektrischer Signale. Es ist als Störsignal einzuordnen. Ursachen des elektronischen Rauschen liegen in der diskreten Größe der Elementarladung und in unterschiedlichen statischen Prozesse.

Wir nennen als Beispiele

- das Widerstandsrauschen,
- das Stromverteilungsrauschen und
- das Barkhausenrauschen.

5.4 Zur Berechnung der Rauschspannung nutzen wir Gleichung 5.1, die Nyquist-Formel

$$U_{R_{eff}} = \sqrt{4 \cdot k \cdot T \cdot R \cdot \Delta f}$$

Die absoluten Temperaturen T für die in der Aufgabe gesuchten Temperaturen der Celsius-Skala betragen

- Temperatur des flüssigen Stickstoffs $T_{LN} = 77 \text{ K}$
- Zimmertemperatur $T_{25^\circ\text{C}} = 298 \text{ K}$
- höhere Temperatur $T_{200^\circ\text{C}} = 473 \text{ K}$

Rauschspannung $U_{R_{eff}}$ an zwei ohmschen Widerständen für verschiedene Bedingungen

T	$R_1 = 100 \Omega$		$R_2 = 1 \cdot 10^7 \Omega$	
	$\Delta f = 100 \text{ Hz}$	$\Delta f = 1 \cdot 10^6 \text{ Hz}$	$\Delta f = 100 \text{ Hz}$	$\Delta f = 1 \cdot 10^6 \text{ Hz}$
77 K	$6,53 \cdot 10^{-9} \text{ V}$	$0,65 \cdot 10^{-6} \text{ V}$	$2,06 \cdot 10^{-6} \text{ V}$	$206 \cdot 10^{-6} \text{ V}$
298 K	$12,8 \cdot 10^{-9} \text{ V}$	$1,28 \cdot 10^{-6} \text{ V}$	$4,05 \cdot 10^{-6} \text{ V}$	$405 \cdot 10^{-6} \text{ V}$
473 K	$16,2 \cdot 10^{-9} \text{ V}$	$1,62 \cdot 10^{-6} \text{ V}$	$5,11 \cdot 10^{-6} \text{ V}$	$511 \cdot 10^{-6} \text{ V}$

5.5 Rauscheinflüsse kann man reduzieren durch

- Verringern der Bandbreite (Tiefpassfilterung),
- Verringern der Arbeitstemperatur,
- niederohmige Ausführung der Schaltung.

5.6

- Darstellung im Zeitbereich (Amplituden-Zeit-Verlauf),
- Darstellung im Frequenzbereich (Spektrum).

Aus der Darstellung im Zeitbereich erhält man

- periodischen Signalen durch Entwicklung in eine Fourierreihe und
- bei nicht periodischen Signalen durch Fouriertransformation

die Darstellung im Frequenzbereich. Für die Umkehrung nutzt man die entsprechenden inversen Transformationen.

5.7 Notwendig sind folgende Schritte die fortlaufen durchgeführt werden

- das Abtasten des Wertes zu diskreten Zeiten,
- das Halten des Abtastwertes für die Dauer der Wandlung,
- das Digitalisieren des Abtastwertes,
- die Codierung des digitalisierten Wertes.

5.8 Wir unterscheiden zwischen einer mathematischen Darstellung und einer Darstellung in Schaltungen.

- Mathematisch werden digitale Signale als Folgen von Zahlenwerten, die jeweils zu einem Zeitpunkt, dem Abtastzeitpunkt, gelten dargestellt.
- In Digitalschaltungen werden digitale Signale als Spannungswerte (High/Low) zusammengehöriger Bitfolgen dargestellt. Die Spannungswerte behalten ihre Gültigkeit bis sie taktgesteuert verändert werden (vergleiche Abb. 5.5).

5.9 Mit 7 Bit kann man 2^7 verschiedene Zustände oder Zeichen darstellen, mit n Bit dementsprechend 2^n Zustände. Die Hinzunahme eines Bits verdoppelt jeweils die Zahl der Zustände.

5.10 Die Umwandlung einer ganzzahligen Dezimalzahl in eine Binär- oder Hexadezimalzahl erfolgt nach folgendem Schema:

- dividiere die Dezimalzahl durch die Basis des gewünschten Zahlensystems (also durch 2 bzw. durch 16) mit Rest;
- der 1. Rest ist die niederwertigste Stelle der neuen Zahl
- dividiere das letzte Divisionsergebnis (Übertrag) durch die Basis des neuen Zahlensystems, wieder mit Rest
- der 2. Rest bildet die zweit-niederwertige Stelle der neuen Zahl
- führe die Divisionen fort, bis das Ergebnis 0 ist.

Wir zeigen das Vorgehen nachfolgend an je einem Beispiel.

a) Umwandlung der Dezimalzahl 25 in eine Binärzahl durch fortwährende Division der Dezimalzahl durch 2:

dezimal	Übertrag	:2	Div.-Ergebnis	Rest	Binärstellen				binär
25	-	: 2	12	1					1
	12	: 2	6	0				0	
	6	: 2	3	0		0			
	3	: 2	1	1		1			
	1	: 2	0	1	1				11001

b) Umwandlung der Dezimalzahl 109 in eine Hexadezimalzahl durch fortwährende Division der Dezimalzahl durch 16:

dezimal	Übertrag	:16	Div.-Ergebnis	Rest	Hex-Stellen		hexadezimal
109	-	: 16	6	13		D	
	6	: 16	0	6	6		6D

5.11 Die Ergebnisse sind nachfolgend tabellarisch dargestellt.

	dezimal	hexadezimal	dual
d_1	64	40	01000000
d_2	40	28	00101000
d_3	207	CF	11001111
d_4	208	$D0$	11010000
d_5	0	00	00000000

5.12 Die beiden Binärzahlen werden bei der niederwertigsten Stelle, also von rechts, beginnend stellenweise addiert. Das Resultat ist 0 oder 1 und es entsteht ein Übertrag, wenn beide Stellenwerte 1 sind, wie die folgende Tabelle zeigt.

0	0	1	1
+0	+1	+0	+1
0	1	1	10

Die Ergebnisse für die vorgegebenen Zahlen enthält die folgenden Tabelle. In Spalte III entsteht ein Übertrag, der die vorgegebene Wortbreite überschreitet und mit 4 Bit nicht dargestellt werden kann.

I	II	III
0001	0111	1111
+0001	+0001	+0001
0010	1000	0000

5.13

Summanden hexadezimal	Summe		
	hexadezimal	dezimal	dual
$40 + 28$	68	104	1101000
$D0 + CF$	19F	415	110011111