



Leseprobe

Taschenbuch Mikroprozessortechnik

Herausgegeben von Thomas Beierlein, Olaf Hagenbruch

ISBN: 978-3-446-42331-2

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-42331-2>

sowie im Buchhandel.

2 Grundlagen der Informationsdarstellung

Constans Lehmann

2

2.1 Grundbegriffe und Definitionen

Die Begriffsfestlegungen der digitalen Informationsdarstellung beziehen sich vor allem auf die Einteilung der Signale /2.3/. Bild 2.1 zeigt eine Übersicht der Signalarten mit Betonung der diskreten Signale.

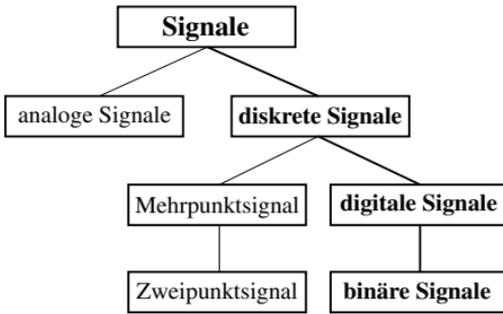


Bild 2.1 Signalarten

Signal. Darstellung von Information (Nachrichten oder Daten) durch physikalische Größen.

Informationsparameter (*Signal Parameter*). Kenngröße des Signals, dessen Wert die Information beinhaltet. Der Informationsparameter einer Wechselspannung als Signalträger kann z. B. die Amplitude, die Frequenz oder der Phasenwinkel sein.

Analoges Signal (*Analog Signal*). Signal, dessen Informationsparameter innerhalb festgelegter Grenzen jeden beliebigen Wert annehmen können.

Diskretes Signal (*Discrete Signal*). Signal, dessen Informationsparameter nur bestimmte Werte, diskrete Werte genannt, einer endlichen Menge annehmen können.

Mehrpunktsignal (*Multipoint Signal*). Diskretes Signal, dessen Informationsparameter jeweils mehrere diskrete Werte ($k \geq 2$) annehmen können, die nicht Zeichen oder Worten zugeordnet sind. Ein häufiger Sonderfall ist das Zweipunktsignal mit zwei diskreten Werten ($k = 2$).

Digitales Signal (*Digital Signal*). Diskretes Signal, bei dem den Werten der Informationsparameter Zeichen (Worte) entsprechen. Die Wortzuordnung wird als Codierung bezeichnet.

Zeichen (*Character*). Element aus einer zur Darstellung von Informationen vereinbarten endlichen Menge von Objekten.

Wort (*Word*). Endliche Folge (geordnete Menge) von Zeichen, die als Einheit betrachtet wird und erst in ihrer Gesamtheit eine Bedeutung besitzt.

Maschinenwort (*Machine Word*). Endliche geordnete Folge von Binärzeichen, die im Computer als Einheit verarbeitet werden.

Wortlänge. Anzahl n (in bit) der Binärzeichen eines Maschinenwortes. Einige Bezeichnungen für typische Wortlängen sind z. B.:

1 Word = 16 bit

1 Byte = 8 bit

1 Nibble = 4 bit

Binäres Signal (*Binary Signal*). Diskretes Signal, dessen Informationsparameter genau zwei Werte annehmen kann. Entsprechend dem binären Zahlensystem (Dualsystem) werden die beiden Werte als Signalwert 0 und Signalwert 1 bezeichnet (Binärzeichen).

Binärzeichen, „Bit“ (*Binary Character*). Jedes Zeichen aus einem Vorrat von genau zwei Zeichen.

Binärschritt „bit“ (*Binary Digit*). Sondereinheit für die von null verschiedene Anzahl von Binärentscheidungen.

Alphabet (*Alphabet*). Linear geordneter Zeichenvorrat; im engeren Sinne die Buchstaben einer natürlichen Sprache.

Bild 2.2 zeigt die lineare Abbildung des analogen Zahlenbereichs $0 \dots 7$ über 8 diskrete Zahlenwerte (Stufen 0; 1; 2; \dots 7) in den digitalen Zahlenbereich (Binär-Codierung im 4-Bit-Format).

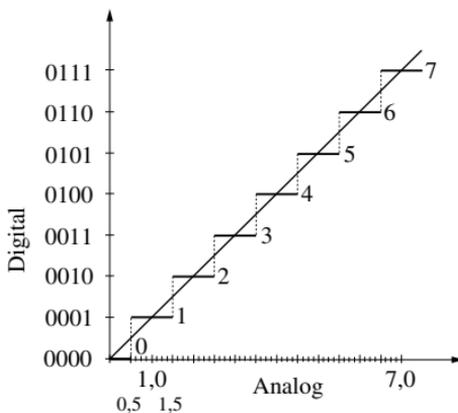


Bild 2.2 Abbildung eines analogen Wertebereichs auf diskrete Werte

- *Beachte:* Der analoge Zahlenbereich umfasst kontinuierlich und lückenlos alle Werte. Der diskrete Zahlenbereich ist dagegen gequantelt. Die Zahl der Quantisierungsstufen bestimmt die Auflösung einer Analog-/Digital-Umsetzung (hier z. B. 3 bit).

2.2 Zahlensysteme

2

Ein **Zahlensystem** (*Number System*) ist eine geordnete Menge von Ziffern zur Darstellung der natürlichen Zahlen.

Alle modernen Zahlensysteme sind Stellenwertsysteme, d. h., der Wert einer Ziffer a_i hängt von der Basis b und ihrer Position i innerhalb der Zahl Z ab.

$$Z = a_n b^n + a_{n-1} b^{n-1} + \dots + a_1 b^1 + a_0 b^0 + a_{-1} b^{-1} + \dots \quad (2.1)$$

- *Beispiele:* Die Dezimalzahl 431 in verschiedenen Zahlensystemen

1. *Dualsystem* ($b = 2$):

$$110101111_{(2)} = 1 \cdot 2^8 + 1 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$$

2. *Oktalsystem* ($b = 8$):

$$657_{(8)} = 6 \cdot 8^2 + 5 \cdot 8^1 + 7 \cdot 8^0$$

3. *Dezimalsystem* ($b = 10$):

$$431 = 4 \cdot 10^2 + 3 \cdot 10^1 + 1 \cdot 10^0$$

4. *Hexadezimalsystem* ($b = 16$):

$$1AF_{(16)} = 1 \cdot 16^2 + 10 \cdot 16^1 + 15 \cdot 16^0$$

Tabelle 2.1 Zahlensysteme (Liste der natürlichen Zahlen 0...21)

Dezimal ($b = 10$)	Dual ($b = 2$)	Oktal ($b = 8$)	Hexadez. ($b = 16$)	Dezimal ($b = 10$)	Dual ($b = 2$)	Oktal ($b = 8$)	Hexadez. ($b = 16$)
0	0	0	0	11	1011	13	B
1	1	1	1	12	1100	14	C
2	10	2	2	13	1101	15	D
3	11	3	3	14	1110	16	E
4	100	4	4	15	1111	17	F
5	101	5	5	16	10000	20	10
6	110	6	6	17	10001	21	11
7	111	7	7	18	10010	22	12
8	1000	10	8	19	10011	23	13
9	1001	11	9	20	10100	24	14
10	1010	12	A	21	10101	25	15

2.2.1 Zahlenkonvertierung

Umwandlung von Dezimalzahlen in ein beliebiges Zahlensystem (Reste-Methode)

Die Dezimalzahl wird solange durch die Basis b dividiert, bis das Ergebnis null ist. Die entstehenden Reste ergeben in umgekehrter Folge die gesuchte Zahl.

□ *Beispiel:* Dezimal \rightarrow Dual

$$\begin{array}{lll} 431 : 2 = 215 \text{ R. } 1 & 215 : 2 = 107 \text{ R. } 1 & 107 : 2 = 53 \text{ R. } 1 \\ 53 : 2 = 26 \text{ R. } 1 & 26 : 2 = 13 \text{ R. } 0 & 13 : 2 = 6 \text{ R. } 1 \\ 6 : 2 = 3 \text{ R. } 0 & 3 : 2 = 1 \text{ R. } 1 & 1 : 2 = 0 \text{ R. } 1 \end{array}$$

Ergebnis: $431 = 110101111_{(2)}$.

Umwandlung Dualzahlen \Leftrightarrow Oktalzahlen

Die Dualzahl wird, von rechts (bzw. vom Komma) beginnend, zu Dreiergruppen zusammengefasst. Die äußere Gruppe ist dabei ggf. von links mit Nullen aufzufüllen. Zu jeder Gruppe wird dann mit Tabelle 2.11 die entsprechende Oktalziffer bestimmt.

□ *Beispiel:* 110 / 101 / 111 Dual
6 5 7 Oktal

Umwandlung Dualzahlen \Leftrightarrow Hexadezimalzahlen

Statt Dreiergruppen sind Vierergruppen (Tetraden) zu bilden.

□ *Beispiel:* 0001 / 1010 / 1111 Dual
1 A F Hex.

Umwandlung Dezimalzahlen \Leftrightarrow BCD-Zahlen

Bei binär codierten Dezimalzahlen (*BCD: Binary Coded Decimal*) wird jede Dezimalziffer stellenrichtig durch eine Binärtetrade dargestellt.

□ *Beispiel:* 4 3 1 Dez.
0100 / 0011 / 0001 BCD

2.2.2 Darstellung von Dualzahlen

Zweierkomplementdarstellung mit Vorzeichenbit

Der Vorzeichenwechsel einer *Dualzahl* Z erfolgt durch die Bildung des Zweierkomplements:

$$\boxed{-Z = Z^{(2)}} \quad (2.2)$$

- **Merke:** Die Offset-Binär-Darstellung ergibt sich aus der Zweierkomplement-Darstellung durch Negation des höchstwertigen Bits (MSB)

Festkomma-Dualzahlen (Fixed Point Numbers)

Ein Dualbruch ist durch negative Zweierpotenzen definiert (Gl. (2.1)). Eine gemischte Festkomma-Dualzahl besteht aus dem *Vorzeichenbit* (S : Sign), einem *ganzzahligen Anteil* (I : Integer) und einem *gebrochenen Anteil* (F : Fraction). Die Stellenzahl rechts vom Komma (F) wird im Zahlenformat (N) fest vereinbart.

$$N = S + I + F; \quad N \text{ in Bit} \quad (2.4)$$

Der darstellbare *Zahlenbereich* beträgt

$$2^{-F} \leq |Z| \leq (2^I - 2^{-F}) \quad (2.5)$$

□ *Beispiel:* 01010,101₂ ($N = 8$ Bit; $S = 1$ Bit; $I = 4$ Bit; $F = 3$ Bit)

- *Vorteil:* Einfache Umwandlung in ganze Zahlen durch Multiplikation der Festkommazahlen mit dem Reziprokwert der Zweierpotenz des niedrigstwertigen Bit (*LSB: Least Significant Bit*). Im Beispiel wäre das $2^F = 8$.

Gleitkomma-Dualzahlen (Floating Point Numbers)

Zur internen rechentechnischen Verarbeitung großer Zahlen sind exponentielle Darstellungen unerlässlich. Dabei werden Zweierpotenzen verwendet (die externe wissenschaftliche Zahlennotation benutzt dagegen Zehnerpotenzen).

Eine *Gleitkomma-Dualzahl* besteht allgemein aus der *Mantisse* (M) und dem *Exponenten* (E):

$$Z = M \cdot 2^E \quad (2.6)$$

□ *Beispiel:* Der Festkomma-Dualzahl 01010,101 entspricht die Gleitkomma-Dualzahl 0,1010101 E 100. In normalisierter Darstellung 1,010101 E 11.

Die digitale Datenverarbeitung verwendet genormte Notationen nach dem *IEEE-Standard P 754*. Tabelle 2.3 zeigt dazu eine Übersicht. Das kleinste Format ist die 32-Bit-Darstellung (einfache Genauigkeit: *Single Precision*). Es sieht bei 32 Bit Wortbreite 1 Bit für das Vorzeichen, 8 Bit für den Exponenten und 23 Bit für die Mantisse vor (\rightarrow Bild 2.3).

S (1 bit)

E (8 bit)

M (23 bit)

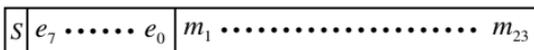


Bild 2.3 Aufbau einer Dualzahl im 32-Bit-Gleitkommaformat