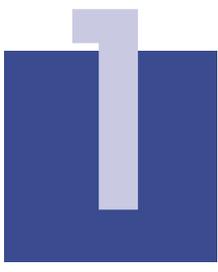
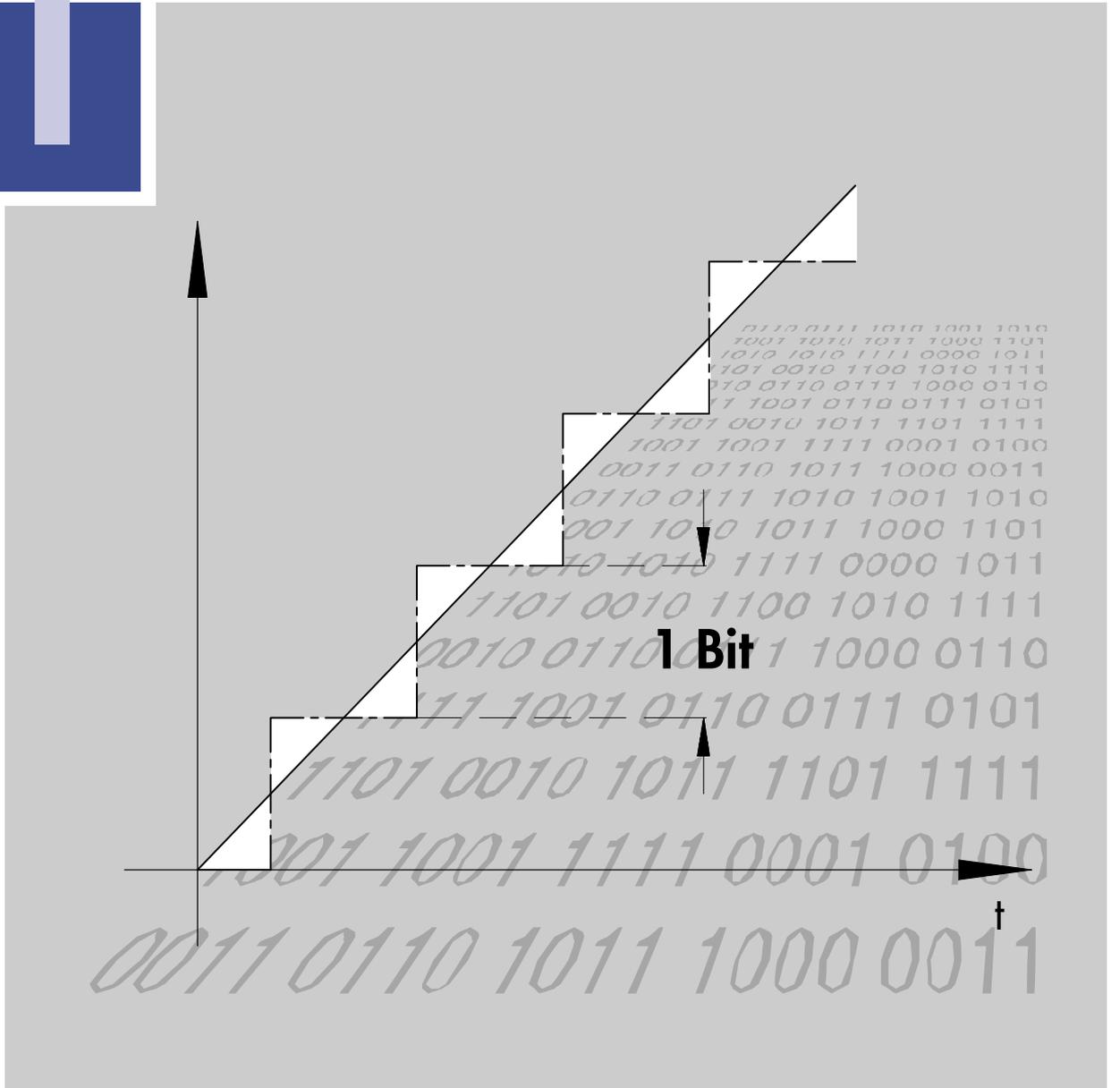


Digitale Signale



Teil 1 Grundlagen





Technische Informationen

Teil 1: Grundlagen

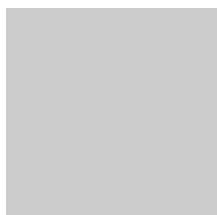
Teil 2: Regler ohne Hilfsenergie

Teil 3: Stellventile

Teil 4: Kommunikation

Teil 5: Gebäudeautomation

Teil 6: Prozeßautomation



Bitte richten Sie Rückfragen und Anregungen an:

SAMSON AG
V74 / Schulung
Weismüllerstraße 3
60314 Frankfurt

Telefon (069) 4 00 94 67
Telefax (069) 4 00 97 16
E-Mail: schulung@samson.de
Internet: <http://www.samson.de>

Digitale Signale

| | |
|---|----|
| Wertebereiche und Auflösung | 5 |
| Bits und Bytes in Hex-Darstellung | 7 |
| Digitale Kodierung von Informationen | 9 |
| Vorteile der digitalen Signaltechnik | 10 |
| Hohe Störsicherheit | 10 |
| Kurz- und Langzeit-Speicherfähigkeit | 11 |
| Flexibilität bei der Weiterverarbeitung | 11 |
| Vielfältige Übertragungsmöglichkeiten | 11 |
| Übertragung digitaler Signale | 12 |
| Bitparallele Übertragung | 12 |
| Bitserielle Übertragung | 12 |
| Anhang A1: Ergänzende Literatur | 14 |

Digitale Signale

In der elektronischen Signal- und Informationsverarbeitung und -weiterleitung wird in zunehmendem Maße die Digitaltechnik eingesetzt, denn sie bietet in vielen Anwendungsbereichen gegenüber der analogen Signalübertragung erhebliche Vorteile. Für die zahlreichen und sehr erfolgreichen Einsatzgebiete der Digitaltechnik seien als Beispiele die stetig wachsende Zahl der Personalcomputer, das Kommunikationsnetz ISDN, sowie der zunehmende Einsatz von digitalen Regelstationen (Direct Digital Control: DDC) genannt.

Im Gegensatz zur Analogtechnik arbeitet die Digitaltechnik nicht mit kontinuierlich verlaufenden Signalen, sondern kodiert die Information in diskrete Signalwerte (Bild 1). Werden pro digitalem Signal nur zwei Zustände unterschieden, spricht man von Binärsignalen. Ein einzelnes binäres Zeichen wird als Bit bezeichnet – Abkürzung der englischen Bezeichnung 'binary digit'.

kontinuierliche oder diskrete Signale

Wertebereiche und Auflösung

Ein binäres Signal hat mit seinen nur zwei unterscheidbaren Zuständen gegenüber einem analogen Signal einen sehr geringen Informationsgehalt. Erfordert eine digital darzustellende Größe einen größeren Wertebereich, so muss sie mit Hilfe mehrerer Bits beschrieben werden. Die Tabelle in Bild 2

digitale Daten sind aus mehreren Bit (binary digit) zusammengesetzt

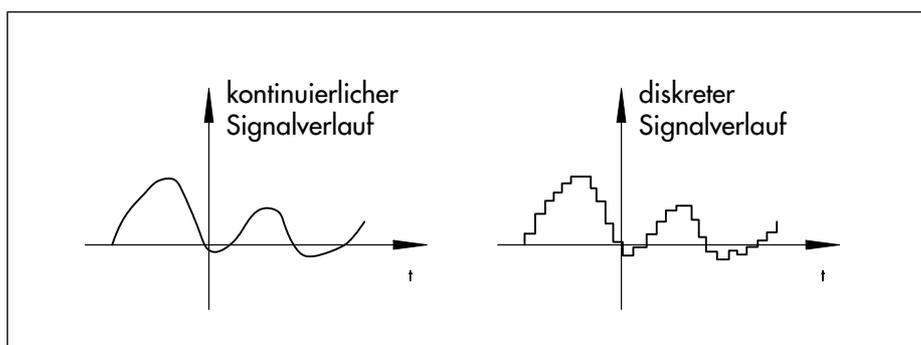


Bild 1: Analoge und diskrete Signalverläufe

| | | | | |
|-----------|----------|----------|---|---------------|
| 1 Bit => | 2^1 | Zustände | = | 2 Werte |
| 2 Bit => | 2^2 | - " - | = | 4 Werte |
| 3 Bit => | 2^3 | - " - | = | 8 Werte |
| 4 Bit => | 2^4 | - " - | = | 16 Werte |
| 8 Bit => | 2^8 | - " - | = | 256 Werte |
| 12 Bit => | 2^{12} | - " - | = | 4096 Werte |
| 16 Bit => | 2^{16} | - " - | = | 65536 Werte |
| 20 Bit => | 2^{20} | - " - | = | 1048576 Werte |
| u.s.w. | | | | |

Bild 2: Wertebereiche digitaler Größen

zeigt, dass der Werte- oder Darstellungsbereich mit der Anzahl der Bits schnell steigt.

Wandlung analoger Signale

Um analoge Größen digital verarbeiten zu können, müssen diese zunächst in Digitalwerte gewandelt werden. Da eine analoge Größe beliebig viele Zwischenwerte annehmen kann, wohingegen der Wertebereich einer digitalen Größe begrenzt ist, entsteht durch die Umwandlung in die diskretisierte

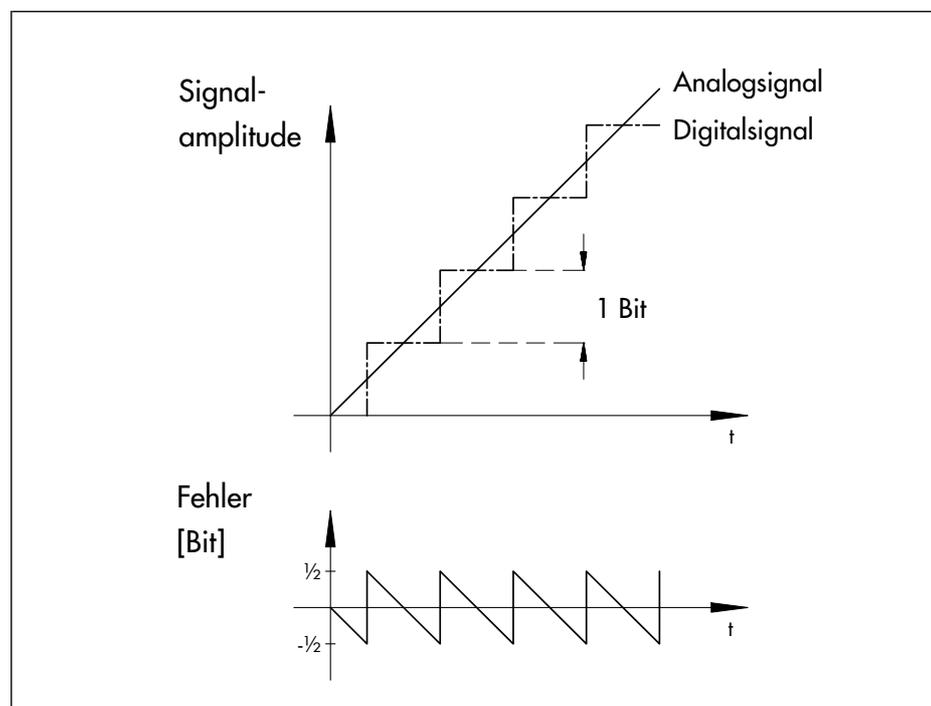


Bild 3: Quantisierungsfehler aufgrund begrenzter Auflösung und diskreter Abtastung

| | |
|--------------------------------------|---------------------------|
| Analoger Messbereich: | 0 bis 30 cm |
| Wertebereich einer 8-bit Variablen: | 256 |
| Quantisierungsfehler: | $(30/256)$ cm = 1,2 mm |
| Wertebereich einer 12-bit Variablen: | 4096 |
| Quantisierungsfehler: | $(30/4096)$ cm = 0,073 mm |

Bild 4: Ermittlung des Quantisierungsfehlers bei der Längenmessung

digitale Darstellung ein so genannter Quantisierungsfehler (Bild 3). Je mehr Bits zur digitalen Darstellung genutzt werden und je häufiger das Analogsignal abgetastet wird, umso kleiner wird dieser Fehler.

**Quantisierungsfehler
durch A/D-Wandlung**

Mit der Anzahl der Bits steigt jedoch der Verarbeitungs- und Übertragungsaufwand der Daten. Um den durch die Wandlung entstehenden Informationsverlust gering zu halten und gleichzeitig keine unnötig große Binärdarstellung zu wählen, muss der Wertebereich an die jeweilige Aufgabe angepasst werden.

**Auflösung kontra
Verarbeitungsaufwand**

Das Beispiel in Bild 4 berechnet die Messauflösung einer Wegmessung mit 8- und 12-Bit Darstellung. Während eine Auflösung von 1,2 mm für eine größenabhängige Stückgut-Sortierung völlig ausreichend wäre, reicht sie für die Positionsregelung einer Werkzeugmaschine nicht aus. Um im Zehntelmillimeter-Bereich genau zu arbeiten, ist mindestens ein Wertebereich von 12-Bit erforderlich.

Beispielrechnung

- Bits und Bytes in Hex-Darstellung

In der Digitaltechnik arbeitet man häufig nicht mit der kleinstmöglichen digitalen Größe, dem Bit, sondern fasst jeweils 8 Bit zu einem Byte zusammen. Dementsprechend werden 8-, 16- oder 32-Bit Größen als 1-, 2- oder 4-Byte-Größen bezeichnet.

8 Bit = 1 Byte

Die binäre Schreibweise mit Nullen und Einsen wird bei größeren Wertebereichen sehr schnell unübersichtlich, wie die Darstellung einer 2 Byte Variablen zeigt: 01101001 00001101.

| Binär | Hex | Binär | Hex | Binär | Hex | Binär | Hex |
|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| 0000 | 0 | 0100 | 4 | 1000 | 8 | 1100 | C |
| 0001 | 1 | 0101 | 5 | 1001 | 9 | 1101 | D |
| 0010 | 2 | 0110 | 6 | 1010 | A | 1110 | E |
| 0011 | 3 | 0111 | 7 | 1011 | B | 1111 | F |

Bild 5: Binäre und hexadezimale Darstellung einer 4 Bit Größe

16 Zeichen für die HEX-Darstellung

Mehr Übersichtlichkeit lässt sich durch die hexadezimale Schreibweise erreichen. Bei diesem Zahlensystem kann jedes Zeichen 16 verschiedene Werte annehmen: 0...9 und A...F.

Vergleiche: Im Dezimalsystem kann ein Zeichen zehn verschiedene Werte (0 bis 9) annehmen.

HEX-Darstellung verbessert die Übersicht

Bild 5 zeigt, dass jeder hexadezimalen Ziffer exakt ein Wert einer 4-Bit-Größe zugeordnet ist. Mit dieser verkürzten, übersichtlicheren Schreibweise lautet die oben dargestellte 2 Byte Variable (4 * 4-Bit) als Hex-Zahl '690D':

binäre Darstellung: 0110 1001 0000 1101
 Hex-Darstellung: 6 9 0 D

| Buchstaben, Texte | ganze Zahl mit Vorzeichen | Fließkommazahl | beliebige Zustände |
|-------------------|-----------------------------|--|------------------------------|
| Hallo | -118 | 1,375 | blau, gelb, rot,.. |
| ↓ ASCII | ↓ Zweierkomplement (16 Bit) | ↓ IEEE-P 754 Mantisse·2 ^{Exp.} (32 Bit) | ↓ feste Abbildungsvorschrift |
| 48 61 6C 6C 6F | FF8A | 3FB00000 | 01, 02, 03, .. |

Bild 6: Beispiele für die binäre Kodierung von Informationen

- Digitale Kodierung von Informationen

Um Daten und Nachrichten digital verarbeiten zu können, müssen diese zunächst binär kodiert werden. Ob Buchstaben, Texte, Zahlen oder Zustände – z.B. Eigenschaften eines Körpers, jede Information muss mit einer eindeutigen Zuordnungsvorschrift in eine Binärgröße umgesetzt werden. Dieser Vorgang wird auch als Kodierung der Daten bezeichnet. Eine sinnvolle Bearbeitung von Daten ist nur dann möglich, wenn zusammen arbeitende Rechner und Programme mit derselben Kodierung bzw. Dekodierung arbeiten.

In der Praxis kommen für Buchstaben, Text, Zahlen und Zustände viele verschiedene, größtenteils standardisierte Kodierungen zum Einsatz. Bild 6 zeigt beispielhaft einige häufig verwendete Zuordnungsvorschriften. Natürlich existieren solche Kodierungen von Zeichen und Zahlen auch für andere – sowohl größere als auch kleinere – Wertebereiche.

Zuordnungsvorschriften kodieren Informationen

viele Kodierungen haben sich in der Praxis bewährt

Vorteile der digitalen Signaltechnik

Die digitale Darstellung und Verarbeitung von (analogen) Informationen scheint gegenüber der Analogdarstellung zunächst sehr aufwendig. Schließlich muss jede Größe per Zuordnungsvorschrift kodiert werden, um dann durch mehrere Binärsignale beschrieben zu werden. Die Nachteile, die durch diese Darstellung entstehen, werden jedoch in vielen Anwendungsbereichen durch die Vorteile der Digitaltechnik mehr als kompensiert:

- ▶ hohe Störsicherheit,
- ▶ einfache Datenspeicherung möglich,
- ▶ flexible Weiterverarbeitung und
- ▶ vielfältige Übertragungsmöglichkeiten.

- Hohe Störsicherheit

hohe Störsicherheit

Während sich die analoge Information durch jede – auch noch so kleine – Störung verändert, wird die digital kodierte Information erst dann verfälscht, wenn ein Störimpuls größer ist als der Störabstand des jeweiligen digitalen Pegels. Der Störabstand ergibt sich aus der Differenz von Sende- und Empfangspegel (Bild 7). Er bestimmt, wie groß induktiv oder kapazitiv eingekoppelte Störungen (Netzbrummen, Rauschen, Schaltspitzen) oder Schwan-

| Signalpegel eines TTL-LS-Schaltkreises | |
|---|---------------|
| LOW-Pegel: | |
| Garantierter Sendepegel: | max. 0,5 Volt |
| Garantierter Empfängerpegel: | max. 0,8 Volt |
| Statischer Störabstand: | 0,3 Volt |
| HIGH-Pegel: | |
| Garantierter Sendepegel: | min. 2,7 Volt |
| Garantierter Empfängerpegel: | min. 2,0 Volt |
| Statischer Störabstand: | 0,7 Volt |

Bild 7: Störabstand eines Digitalsignals

kungen der Versorgungsspannungen sein dürfen, ohne dass das Digitalsignal verfälscht wird. Durch die Wahl der binären Informationsdarstellung (siehe Abschnitt) ist es möglich, den Störabstand in weiten Grenzen auf die Gegebenheiten des Umfeldes abzustimmen.

- Kurz- und Langzeit-Speicherfähigkeit

Digitale Daten können sehr einfach auf verschiedenen, häufig sehr preiswerten Medien gespeichert werden. Dies kann kurzfristig mit flüchtigen Halbleiterspeichern (Random Access Memory: RAM), oder langfristig mit Hilfe magnetischer und optischer Speichermedien geschehen.

gute Speicherbarkeit

- Flexibilität bei der Weiterverarbeitung

Die software-gesteuerte Datenverarbeitung durch Mikroprozessoren ermöglicht, dass selbst komplexe Algorithmen – mit einem hohen Maß an Flexibilität – in kürzester Zeit berechnet werden können.

**flexible
Weiterverarbeitung**

- Vielfältige Übertragungsmöglichkeiten

Die beiden Zustände eines Binärsignals lassen sich sehr einfach auf vielfältige Weise kodieren. Diese Möglichkeit eröffnet ein breites Anwendungsspektrum. So werden bei Datenübertragungen über große Distanzen, wegen des geringen Leistungsbedarfs und der hohen Störsicherheit, häufig Lichtwellenleiter eingesetzt. Binäre Signale können direkt den EIN/AUS-Zuständen eines Lichtsignals zugeordnet werden, während sich ein analoges Signal nur nach aufwendiger Linearisierung und fehlerträchtiger Intensitätsauswertung per Lichtwellenleiter übertragen ließe.

**elektrische, optische
oder akustische Über-
tragung**

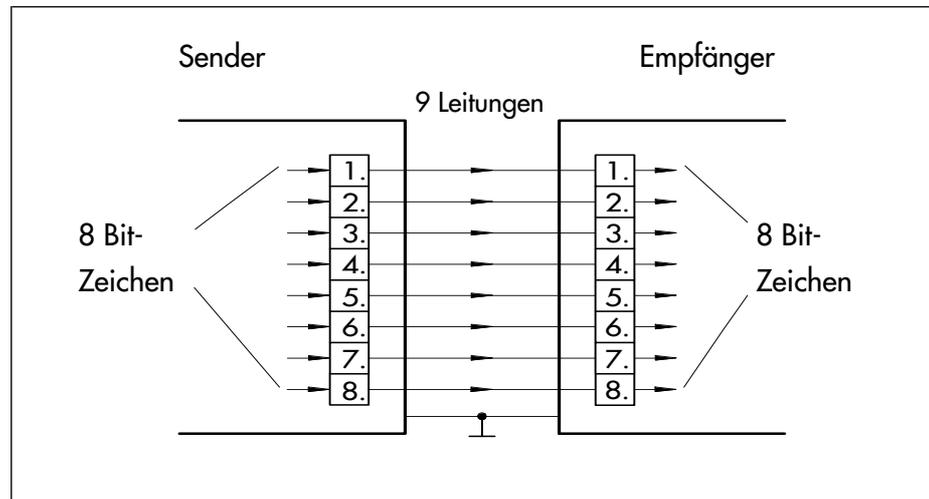


Bild 8: Parallele Datenübertragung

Übertragung digitaler Signale

Die Übertragung von digitalen Daten zwischen zwei oder mehreren Geräten oder Kommunikationsteilnehmern kann entweder parallel oder seriell erfolgen.

- Bitparallele Übertragung

Übertragung über mehrere Signalleitungen

Bei der parallelen Übertragung werden alle Bits einer Information gleichzeitig, man sagt bitparallel, über eine entsprechende Anzahl von Datenleitungen übertragen. Der Installationsaufwand ist entsprechend hoch und nur bei kurzen Übertragungswegen zu akzeptieren. Allein zur Übertragung eines Bytes sind zwischen der Sende- und Empfangsstation mindestens neun Leitungen – 8-Bit sowie Bezugspotential – erforderlich (Bild 8). Deshalb wird diese Technik fast nur noch für Gerätebusse verwendet. Hier müssen – bei kurzen Verbindungen – ohne bauteilintensive Umsetzverfahren, hohe Übertragungsgeschwindigkeiten erreicht werden.

- Bitserielle Übertragung

Übertragung über eine Signalleitung

Bei großen Entfernungen bietet sich die serielle Übertragung an, bei der über nur eine Datenleitung die Bits zeitlich nacheinander – bitseriell – übertragen werden. Dass die Übertragung der Informationen dementsprechend etwas zeitaufwendiger ist, wird aufgrund des wesentlich verringerten Installations- und Kostenaufwands dabei in Kauf genommen (Bild 9). Da alle In-

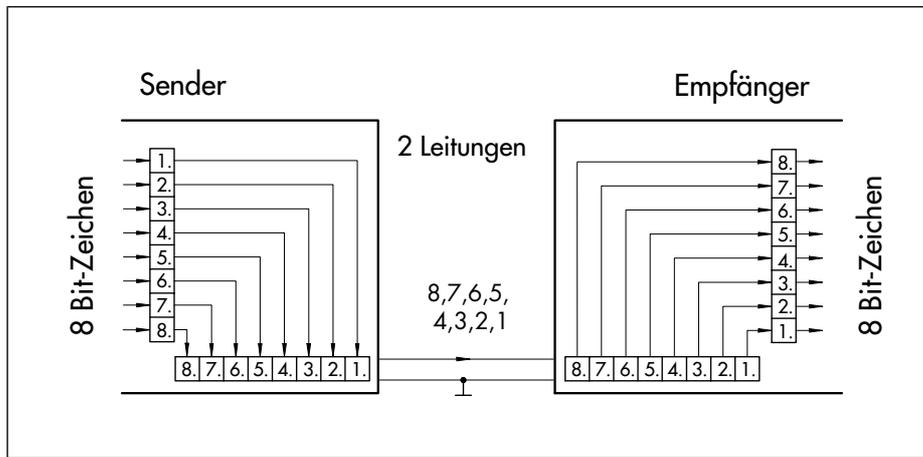


Bild 9: Serielle Datenübertragung

formationen zumeist bitparallel erzeugt und verarbeitet werden, muss der Sender eine Parallel-Seriell- und der Empfänger eine Seriell-Parallel-Umsetzung der Daten vornehmen. Diese Funktionen übernehmen speziell beschaltete Schieberegister, die in den am Markt erhältlichen Mikrocontrollern und Kommunikationsbausteinen bereits integriert sind.

Anhang A1: Ergänzende Literatur

- [1] Serielle Datenübertragung
Technische Information L153; SAMSON AG
- [2] Kommunikationsnetze
Technische Information L155; SAMSON AG
- [3] Kommunikation im Feld
Technische Information L450; SAMSON AG
- [4] HART-Kommunikation
Technische Information L452; SAMSON AG
- [5] PROFIBUS PA
Technische Information L453; SAMSON AG
- [6] FOUNDATION Fieldbus
Technische Information L454; SAMSON AG

Bildverzeichnis

| | | |
|---------|--|----|
| Bild 1: | Analoge und diskrete Signalverläufe | 5 |
| Bild 2: | Wertebereiche digitaler Größen | 6 |
| Bild 3: | Quantisierungsfehler | 6 |
| Bild 4: | Ermittlung des Quantisierungsfehlers bei der Längenmessung . . | 7 |
| Bild 5: | Binäre und Hexadezimale Darstellung einer 4 Bit Größe | 8 |
| Bild 6: | Beispiele für die binäre Kodierung von Informationen | 8 |
| Bild 7: | Störabstand eines Digitalsignals | 10 |
| Bild 8: | Parallele Datenübertragung | 12 |
| Bild 9: | Serielle Datenübertragung. | 13 |



SAMSON AG · MESS- UND REGELTECHNIK · Weismüllerstraße 3 · D-60314 Frankfurt am Main
Telefon (069) 4 00 90 · Telefax (069) 4 00 95 07 · Internet: <http://www.samson.de>