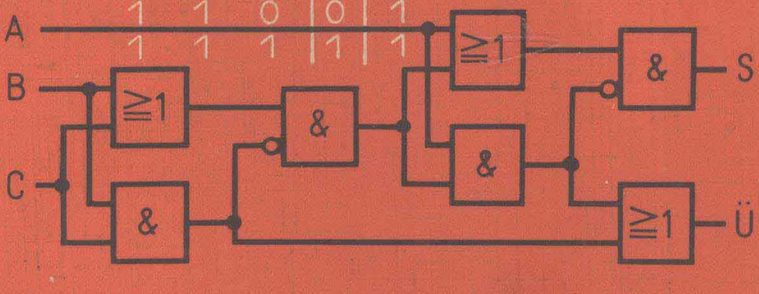
O. Haack

Einführung in die Digitaltechnik

A	B	C	S	Ü
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1



Teubner Studienskripten

Teubner Studienskripten Elektrotechnik

Ebel, Regelungstechnik
2., überarbeitete Auflage.
16o Seiten. DM 1o,8o

Ebel, Beispiele und Aufgaben zur Regelungstechnik
151 Seiten. DM 1o,8o

Eckhardt, Numerische Verfahren in der Energietechnik
2o8 Seiten. DM 16,8o

Freitag, Einführung in die Vierpoltheorie
2., durchgesehene Auflage.
128 Seiten. DM 1o,8o

Frohne, Einführung in die Elektrotechnik

Band 1 Grundlagen und Netzwerke
3., überarbeitete und erweiterte Auflage.
172 Seiten. DM 1o,8o

Band 2 Elektrische und magnetische Felder
3., durchgesehene und erweiterte Auflage.
281 Seiten. DM 14,8o

Band 3 Wechselstrom
3., durchgesehene Auflage.
2oo Seiten. DM 12,8o

Gad, Feldeffektelektronik
266 Seiten. DM 16,8o

Haack, Einführung in die Digitaltechnik
3., neubearbeitete und erweiterte Auflage.
232 Seiten. DM 15,8o

Harth, Halbleitertechnologie
135 Seiten. DM 1o,8o

Heidermanns, Elektroakustik
138 Seiten. DM 12,8o

Hilpert, Halbleiterbauelemente
2., durchgesehene Auflage.
158 Seiten. DM 1o,8o

Kirschbaum, Transistorverstärker

Band 1 Technische Grundlagen
2., durchgesehene Auflage.
215 Seiten. DM 14,8o

Band 2 Schaltungstechnik Teil 1
2., durchgesehene Auflage.
231 Seiten. DM 14,8o

Band 3 Schaltungstechnik Teil 2
248 Seiten. DM 15,8o

Morgenstern, Farbfernsehtechnik
23o Seiten. DM 14,8o

v. Münch, Werkstoffe der Elektrotechnik
3., neubearbeitete und erweiterte Auflage.
254 Seiten. DM 15,8o

Preisänderungen vorbehalten

Zu diesem Buch

Dieses Skriptum behandelt die mathematischen und technischen Grundlagen der Digitaltechnik und enthält den Stoff der vom Verfasser an der Gesamthochschule Kassel gehaltenen Vorlesung über dieses Gebiet. Es setzt die Kenntnis der im 1. und 2. Semester vermittelten Grundlagen der Elektrotechnik und Mathematik voraus. Dieses auch zum Selbststudium geeignete Skriptum wendet sich mit zahlreichen Beispielen an Studenten der Fachhochschulen sowie an Interessenten, die sich die Grundlagen der Digitaltechnik aneignen wollen.

Einführung in die Digitaltechnik

Von Dipl.-Ing. Otto Haack

Professor an der
Gesamthochschule Kassel

3., neubearbeitete und
erweiterte Auflage.
Mit 179 Bildern,
79 Beispielen und 71 Tafeln

B. G. Teubner Stuttgart 1980

Prof. Dipl.-Ing. Otto Haack

1917 in Riesa a. d. Elbe geboren. 195o bis 1954 Studium der Elektrotechnik (Starkstromtechnik) an der Technischen Universität Berlin. 1955 bis 1957 wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Elektrische Maschinen an der TU Berlin. Von 1957 bis 196o Entwicklungsingenieur in der AEG-Großmaschinenfabrik Berlin. Seit 196o Dozent für Elektrische Maschinen, später auch für Leistungselektronik und Datenverarbeitung, an der Staatlichen Ingenieurschule für Maschinenwesen Kassel. Von 1971 bis 1973 Fachhochschullehrer und von da ab Professor an der Gesamthochschule Kassel.

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Haack, Otto:
Einführung in die Digitaltechnik / von Otto Haack. - 3., neubearb. u. erw. Aufl. - Stuttgart : Teubner, 198o.
(Teubner Studienskripten ; 1o : Elektrotechnik)
ISBN 3-519-2oo1o-4

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, besonders die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Bildentnahme, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege, der Speicherung und Auswertung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei Verwertung von Teilen des Werkes, dem Verlag vorbehalten. Bei gewerblichen Zwecken dienender Vervielfältigung ist an den Verlag gemäß § 54 UrhG eine Vergütung zu zahlen, deren Höhe mit dem Verlag zu vereinbaren ist.

© B. G. Teubner, Stuttgart 198o

Printed in Germany
Druck: Beltz Offsetdruck, Hemsbach/Bergstraße
Binderei: Clemens Maier KG, Leinfelden-Echterdingen 2
Umschlaggestaltung: Walter Koch, Sindelfingen

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

Vorwort zur 1. Auflage

Es ist heute für viele Techniker und Ingenieure unerläßlich, daß sie die Datenverarbeitung nicht nur in ihrer praktischen Anwendung, sondern auch in ihren mathematischen und technischen Grundlagen beherrschen.

Dieses Skriptum, das aus meinen Vorlesungen für Studenten der Elektrotechnik an der Gesamthochschule Kassel entstanden ist, soll zur Vermittlung dieser Grundlagen beitragen. Es ist ebensogut zum Selbststudium wie auch als unterrichtsbegleitendes Buch geeignet.

Die Stoffgebiete wurden so zusammengestellt, daß zum Verständnis nur die Kenntnis der in den beiden ersten Semestern vermittelten Grundlagen der Mathematik und der Elektrotechnik erforderlich ist.

Selbstverständlich können hier die einzelnen Stoffgebiete nur so weit behandelt werden, wie es für die Zielsetzung dieses Skriptums unbedingt erforderlich ist. Durch zahlreiche Bilder, Tafeln und Beispiele werden die vermittelten Kenntnisse veranschaulicht und gefestigt. Außerdem gewähren zwei einfache Programmierbeispiele einen Einblick in das Wesen der Programmierung. Die z.Z. wichtigsten Bauelemente - Dioden, Transistoren - werden in ihrem Aufbau und ihrer Wirkungsweise erklärt.

Zur Vertiefung des Verständnisses der Booleschen Algebra werden ausführlich die logischen Grundfunktionen behandelt, die logischen Schaltungen der Speicherelemente aus den Übertragungsfunktionen entwickelt, duale Rechenwerke eingehend besprochen und mit Hilfe der Problemfunktionen logische Schaltungen mit Speicherelementen berechnet.

Dem Verlag B. G. Teubner danke ich für die gute Zusammenarbeit.

Kassel, im Frühjahr 1972 Otto Haack

Vorwort zur 2., überarbeiteten und erweiterten Auflage

Gekürzte Wiedergabe: Inhalt und Gliederung der Stoffgebiete der 1. Auflage haben sich für den Anfänger gut bewährt, so daß keine grundlegende Neufassung der 2. Auflage nötig war. .... Im Abschnitt über die Speicherelemente wurden das Master-Slave-Flipflop und das D-Speicherglied aufgenommen....

Erweitert wurde die 2. Auflage um die beiden Abschnitte 12 und 13. Im Abschnitt 12 werden die zur Zeit gebräuchlichsten Codes beschrieben. .... Im Abschnitt 13 werden 8 Anwendungsbeispiele ... behandelt. ....

Kassel, im Sommer 1975 Otto Haack

Vorwort zur 3., völlig neu bearbeiteten Auflage

Die Gliederung der 2. Auflage hat sich bewährt und wurde beibehalten. Durch die Anpassung an die neuesten DIN-Blätter wurde der Inhalt neu gestaltet. Vom Vorteil der neuen Schaltzeichen, sie durch Computer darstellen bzw. herausdrucken zu können, wurde auch hier Gebrauch gemacht: sie wurden so weit wie möglich mit Schreibmaschine angefertigt.

Weggelassen wurden u.a. die Einmaleins-Tabellen, die meisten der Anwendungsbeispiele und fast alle Relaisschaltungen.

Neu aufgenommen wurden u.a. das B-Komplement, Kurzformen boolescher Funktionen, Minterme und Maxterme, das Verfahren nach Quine-Mc Cluskey, Arbeitstabellen, Impulsdiagramme, die genauere Beachtung der Spannungsabfälle bei Dioden- und Transistorschaltungen, Verzögerungsglieder, monostabile Kippglieder, Abhängigkeitsnotation, Zuordnungssysteme für die Werte und Pegel, Vorwärts-Zähler und Rückwärts-Zähler, die in den Anwendungsbeispielen behandelt werden.

Die Anzahl der Bilder, Tafeln und Beispiele wurde erhöht.

Im Anhang des Buches sind die wichtigsten Formeln und alle Regeln und Schaltzeichen übersichtlich zusammengestellt.

Kassel, im Herbst 1979 Otto Haack

Inhaltsverzeichnis Seite:

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.

1 Zahlensysteme

1.1 Allgemeines

Physikalische, volkswirtschaftliche Größen u.ä. lassen sich auf zweierlei Art darstellen:

1. graphisch mit einem Vergleichsnormal. Das ist eine analoge Darstellung. Beispiele: statistische Diagramme, Zeiger-Meßinstrumente, Rechenschieber.
2. digital: es werden Ziffern (digits) aneinandergereiht, die mit unterschiedlichen Gewichten behaftet sind. Beispiele: Tabellen, digitale Meßinstrumente, Tischrechenmaschinen.

"digital" bedeutet in der Datenverarbeitung "ziffernmäßig". "digit" ist von digitus (lat.; Finger; Digitalis = Zehnfingerkraut) abgeleitet und ist die kleinste Einheit in einem digitalen System. Im englischen Sprachgebrauch ist es die Stelle einer Zahl.

Die Genauigkeit kann bei digitaler Darstellung durch Hinzufügen weiterer Stellen beliebig erhöht werden, während der Genauigkeit bei analoger Darstellung Grenzen gesetzt sind.

Für die Darstellung von Zahlen interessieren hier nur digitale Systeme. Sie können beliebig aufgebaut sein. Allgemein gebräuchlich sind die polyadischen Zahlensysteme. Man kann aber auch z.B. in Restklassensystemen Zahlen darstellen und mit ihnen nach den bekannten Rechenregeln rechnen.

Abschließend sei auf den Unterschied zwischen "natürlicher Zahl" und "Zahldarstellung" hingewiesen:

natürliche Zahl ≙ Mengenangabe, Zahlwort, Zahlenwert

z.B. "vier" bedeutet die bestimmte Menge (●●●●)

Zahldarstellung: hängt ab vom gewählten Zahlensystem

z.B.	4	(Dezimalsystem)	für den Zahlenwert "vier"
	100	(Dualsystem)	
	IV	(Römisches Zahlensystem)	

Es werden hier nur die polyadischen Zahlensysteme behandelt.

1.2 Polyadische Zahlensysteme

Sie sind die gebräuchlichsten Zahlensysteme und werden deshalb kurz nur als "Zahlensysteme" bezeichnet.

Eine Zahl wird durch eine Aneinanderreihung von Ziffern dargestellt. Das ist eine Abkürzung für eine kompliziertere Summenschreibweise. Im Dezimalsystem bedeutet z.B. die Zahl

$$\begin{aligned} 123{,}45 &= 100 + 20 + 3 + 0{,}4 + 0{,}05 \\ &= 1 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0 + 4 \cdot 10^{-1} + 5 \cdot 10^{-2} \end{aligned}$$

Jede Ziffer ist mit einer Bewertungs- oder Gewichtspotenz, die man auch Stellenwert nennt, verbunden. Die Basis dieser Potenzen gibt dem Zahlensystem den Namen. So hat z.B. das Dezimalsystem die Basis "zehn", das Sedezimalsystem die Basis "sechzehn", das Duodezimalsystem die Basis "zwölf", das Oktalsystem die Basis "acht", das Dualsystem die Basis "zwei". Die Exponenten sind ganzzahlig. Links vom Komma wachsen sie von NULL aus Stelle für Stelle um 1, rechts vom Komma nehmen sie analog ab, sind also negativ.

In jedem Zahlensystem ist die Basiszahl B gleich der Anzahl der benötigten unterscheidbaren Ziffern. Ist die Basis größer als "zehn", so werden die hierfür zusätzlich zu den Ziffern 0 bis 9 benötigten Ziffern durch große Buchstaben in der Reihenfolge des Alphabetes ersetzt; z.B.

A = Ziffer für die dezimale Zahl 10,
B = " " " " " 11,
F = " " " " " 15.

So hat also das Dezimalsystem die 10 Ziffern 0 bis 9, das Sedezimalsystem die 16 Ziffern 0 bis F, das Duodezimalsystem die 12 Ziffern 0 bis B, das Oktalsystem die 8 Ziffern 0 bis 7 und das Dualsystem die 2 Ziffern 0 und 1.

Alle Zahlen sind, außer im Dezimalsystem natürlich, als Ziffernfolge zu lesen; z.B. 10 als "eins-null", 75 als "sieben-fünf" oder A10,F8 als "a-eins-null-Komma-eff-acht".

In der Tafel 1 sind die Dezimalzahlen 0 bis 19 zum Vergleich in verschiedenen Zahlensystemen angegeben. Man erkennt, daß

Tafel 1: Zahldarstellungen

Zahlensystem	Dezimal	Sedezimal	Duodez.	Oktal	Hexal	Dual
Basis = Anzahl der Ziffern	10	16	12	8	6	2
Ziffernfolge und Zahldarstellung	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	10
	3	3	3	3	3	11
	4	4	4	4	4	100
	5	5	5	5	5	101
	6	6	6	6	10	110
	7	7	7	7	11	111
	8	8	8	10	12	1000
	9	9	9	11	13	1001
	10	A	A	12	14	1010
	11	B	B	13	15	1011
	12	C	10	14	20	1100
	13	D	11	15	21	1101
	14	E	12	16	22	1110
	15	F	13	17	23	1111
	16	10	14	20	24	10000
	17	11	15	21	25	10001
	18	12	16	22	30	10010
	19	13	17	23	31	10011

je größer die Basiszahl ist, desto geringer im allgemeinen die erforderliche Stellenzahl für die Darstellung einunddesselben ganzzahligen Zahlenwertes ist.

Ein Wechsel der Anzahl der Stellen heißt "Sprung". So gibt es z.B. den Dezimal-, Sedezimal-, Duodezimal-, Oktal- und Dualsprung.

Einige Beispiele zu Zahldarstellungen:

Beispiel 1: Die Sedezimalzahl A1F3,8 ist in ausführlicher Schreibweise und danach als Dezimalzahl anzugeben.

$$A1F3{,}8 = A\cdot 10^3 + 1\cdot 10^2 + F\cdot 10^1 + 3\cdot 10^0 + 8\cdot 10^{-1}$$

in dezimaler Schreibweise:

$$= 10\cdot 16^3 + 1\cdot 16^2 + 15\cdot 16^1 + 3\cdot 16^0 + 8\cdot 16^{-1}$$

$$= 40960 + 256 + 240 + 3 + 0{,}5$$

$$= 41459{,}5 \text{ im Dezimalsystem}$$

Beispiel 2: Die Oktalzahl 517,02 ist in ausführlicher

Schreibweise und danach als Dezimalzahl anzugeben.

$$\begin{aligned}
517{,}02 &= 5\cdot10^{2} + 1\cdot10^{1} + 7\cdot10^{0} + 0\cdot10^{-1} + 2\cdot10^{-2} \\
&\quad \text{in dezimaler Schreibweise:} \\
&= 5\cdot8^{2} + 1\cdot8^{1} + 7\cdot8^{0} + 0\cdot8^{-1} + 2\cdot8^{-2} \\
&= 320 + 8 + 7 + 0 + 0{,}030125 \\
&= 335{,}030125 \text{ im Dezimalsystem}
\end{aligned}$$

Beispiel 3: Die Dualzahl 1100,1 ist in ausführlicher Schreibweise und danach als Dezimalzahl anzugeben.

$$\begin{aligned}
1100{,}1 &= 1\cdot10^{11} + 1\cdot10^{10} + 0\cdot10^{1} + 0\cdot10^{0} + 1\cdot10^{-1} \\
&\quad \text{in dezimaler Schreibweise:} \\
&= 1\cdot2^{3} + 1\cdot2^{2} + 0\cdot2^{1} + 0\cdot2^{0} + 1\cdot2^{-1} \\
&= 8 + 4 + 0 + 0 + 0{,}5 \\
&= 12{,}5 \text{ im Dezimalsystem}
\end{aligned}$$

Der ganzzahlige Teil einer Dualzahl hat die Stellenwerte 1 - 2 - 4 - 8 - 16 - 32 usw., der Nachkommateil die Stellenwerte 1/2 - 1/4 - 1/8 - 1/16 usw..

1.3 Basistransformation

Grundsätzlich läßt sich jede Zahl eines beliebigen Zahlensystems in eine Zahl eines anderen Zahlensystems verwandeln. Es ist ratsam, Umwandlungen nicht direkt, sondern über das geläufige Dezimalsystem vorzunehmen.

Eine Ausnahme ist erwähnenswert: eine Dualzahl läßt sich ohne Umrechnen ins Dezimalsystem direkt umwandeln in eine

Oktalzahl durch Zerlegen der Dualzahl vom Komma aus in dreistellige Gruppen, sogenannte Triaden, oder in eine

Sedezimalzahl durch Zerlegen der Dualzahl vom Komma aus in vierstellige Gruppen, sogenannte Tetraden.

Hierzu folgendes Beispiel (vergl. Tafel 1 auf S.13):

```
Oktalzahl:         6     2     3     7   ,   5     4
                |     |     |     |     | |     |     |
Dualzahl:        1 1 0 0 1 0 0 1 1 1 1 1 , 1 0 1 1 0 0
                |       |       |       | |       |
Sedezimalzahl:      C       9       F     ,   B
```

Alle 3 Zahldarstellungen ergeben die Dezimalzahl 3231,6875.

Das Oktal- und das Sedezimalsystem können als abkürzende Schreibweise des Dualsystems bezeichnet werden.

Die Basistransformation erfolgt also über das Dezimalsystem.

Da die Exponenten der Bewertungspotenzen für den ganzzahligen Teil einer beliebigen positiven Zahl, im Folgenden kurz "Ganzteil" genannt, positiv und für den Nachkommateil, im Folgenden kurz "Bruchteil" genannt, negativ sind, ergeben sich unterschiedliche Rechenvorschriften für die Umwandlung von Ganz- und Bruchteilen.

1.3.1 Umrechnung einer Dezimalzahl in eine Zahl zur Basis B

Die umzuwandelnde Dezimalzahl wird in ihren Ganz- und ihren Bruchteil zerlegt.

Der Ganzteil wird mit der Basis B des vorgesehenen Zahlensystems dividiert. Der sich ergebende Quotient besteht wiederum aus einem Ganz- und einem Bruchteil. Dieser Ganzteil wird wieder mit der Basis B dividiert, wodurch ein neuer Quotient mit Ganz- und Bruchteil entsteht. Die Division des Ganzteils mit der Basis B wird fortgesetzt, bis der Ganzteil NULL ist. Die jeweiligen Bruchteile werden mit der Basis B multipliziert. Diese Produkte sind stets ganzzahlig und ergeben die Ziffern der gesuchten Zahl zur Basis B. Diese Ziffern entstehen in der Reihenfolge steigender Stellenwerte, also von rechts nach links vom Komma aus.

Der Bruchteil wird mit der Basis B des vorgesehenen Zahlensystems multipliziert. Das sich ergebende Produkt besteht wiederum aus einem Ganz- und einem Bruchteil. Dieser Bruchteil wird wieder mit der Basis B multipliziert, wodurch ein neues Produkt mit Ganz- und Bruchteil entsteht. Die Multiplikation des Bruchteils mit der Basis B wird fortgesetzt, bis der Bruchteil NULL ist oder bis die gewünschte Genauigkeit erreicht wird. Die jeweiligen Ganzteile ergeben die Ziffern der gesuchten Zahl zur Basis B. Diese Ziffern entstehen in der Reihenfolge fallender Stellenwerte, also von links nach rechts vom Komma aus.

<u>Beispiel 4</u>: Die <u>Dezimalzahl</u> 97546,64 ist als <u>Sedezimalzahl</u> darzustellen.

<u>Ganzteil</u>:

$$
\begin{aligned}
97546:16 &= 6096 + 0{,}625 \\
& \qquad 0{,}625 \cdot 16 = 10 \mathrel{\hat{=}} A \\
6096:16 &= 381 + 0{,}0 \\
& \qquad 0{,}0 \cdot 16 = 0 \\
381:16 &= 23 + 0{,}8125 \\
& \qquad 0{,}8125 \cdot 16 = 13 \mathrel{\hat{=}} D \\
23:16 &= 1 + 0{,}4375 \\
& \qquad 0{,}4375 \cdot 16 = 7 \\
1:16 &= 0 + 0{,}0625 \\
& \qquad 0{,}0625 \cdot 16 = 1
\end{aligned}
$$

also:

$\underline{97546_{(10)} \mathrel{\hat{=}} 17D0A_{(16)}}$

<u>Bruchteil</u>:

$$
\left.
\begin{aligned}
0{,}64 \cdot 16 &= 10{,}24 = 0{,}24 + 10 \mathrel{\hat{=}} A \\
0{,}24 \cdot 16 &= 3{,}84 = 0{,}84 + 3 \\
0{,}84 \cdot 16 &= 13{,}44 = 0{,}44 + 13 \mathrel{\hat{=}} D \\
0{,}44 \cdot 16 &= 7{,}04 = 0{,}04 + 7 \\
0{,}04 \cdot 16 &= 0{,}64 = 0{,}64 + 0
\end{aligned}
\right]
$$

$$0{,}64 \cdot 16 = 10{,}24 = 0{,}24 + 10 \mathrel{\hat{=}} A$$

Der Bruchteil ist periodisch

also:

$\underline{0{,}64_{(10)} \mathrel{\hat{=}} 0{,}\overline{A3D70}\ldots_{(16)}}$

damit: $\underline{97546{,}64_{(10)} \mathrel{\hat{=}} 17D0A{,}A3D7_{(16)}}$ in guter Näherung

<u>Beispiel 5</u>: Die <u>Dezimalzahl</u> 25,40625 ist als <u>Dualzahl</u> darzustellen.

<u>Ganzteil</u>:

$$
\begin{aligned}
25:2 &= 12 + 0{,}5 \\
& \qquad 0{,}5 \cdot 2 = 1 \\
12:2 &= 6 + 0{,}0 \\
& \qquad 0{,}0 \cdot 2 = 0 \\
6:2 &= 3 + 0{,}0 \\
& \qquad 0{,}0 \cdot 2 = 0 \\
3:2 &= 1 + 0{,}5 \\
& \qquad 0{,}5 \cdot 2 = 1 \\
1:2 &= 0 + 0{,}5 \\
& \qquad 0{,}5 \cdot 2 = 1
\end{aligned}
$$

<u>Bruchteil</u>:

$$
\begin{aligned}
0{,}40625 \cdot 2 &= 0{,}8125 = 0{,}8125 + 0 \\
0{,}8125 \cdot 2 &= 1{,}625 = 0{,}625 + 1 \\
0{,}625 \cdot 2 &= 1{,}25 = 0{,}25 + 1 \\
0{,}25 \cdot 2 &= 0{,}5 = 0{,}5 + 0 \\
0{,}5 \cdot 2 &= 1{,}0 = 0{,}0 + 1
\end{aligned}
$$

also:

$\underline{25{,}40625_{(10)} \mathrel{\hat{=}} 11001{,}01101_{(2)}}$

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com