

F. R. Connor

**Signale**

## **Aus dem Programm**

### **Elektrotechnik**

#### Lehrbücher

Die elektromagnetischen Felder, von A. v. Weiss

Grundlagen der Elektrotechnik, von W. Ameling

Einführung in die Elektrotechnik, von R. Jötten und H. Zürneck

Wechselströme und Netzwerke, von W. Leonhard

Elektronische Bauelemente und Netzwerke, von H.-G. Unger

Laplace-Transformation, von J. G. Holbrook

#### **Signale**

von F. R. Connor

#### Software

Analyse elektrischer und elektronischer Netzwerke  
mit BASIC-Programmen (SHARP PC 1251 und DC 1500),  
von D. Lange

Einfache Ausgleichsvorgänge der Elektrotechnik  
mit BASIC- und Pascal-Programmen  
von K. Hoyer und G. Schnell

**Vieweg**

F. R. Connor

# Signale

**Typen, Übertragung und Verarbeitung  
elektrischer Signale**

Übersetzt von Henning Früchtling

Mit 89 Bildern



Friedr. Vieweg & Sohn      Braunschweig / Wiesbaden

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

**Connor, Frank R.:**

Signale: Typen, Übertragung u. Verarbeitung  
elektr. Signale / F. R. Connor. Übers. von  
Henning Früchting. — Braunschweig; Wiesbaden:  
Vieweg, 1986.

Einheitssacht.: Signals (dt.)

ISBN 3-528-04374-1

NE

Dieses Buch ist die deutsche Übersetzung von

F. R. Connor

Signals

Introductory Topics in Electronics and Telecommunications

© F. R. Connor

by Edward Arnold (Publishers) Ltd,

41 Bedford Square, London WC1B3DQ

Second edition 1982

Übersetzung: Prof. Dr.-Ing. Henning Früchting, GhK Kassel

1986

Alle Rechte vorbehalten

© Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig 1986

Die Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder, auch für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, gestattet das Urheberrecht nur, wenn sie mit dem Verlag vorher vereinbart wurden. Im Einzelfall muß über die Zahlung einer Gebühr für die Nutzung fremden geistigen Eigentums entschieden werden. Das gilt für die Vervielfältigung durch alle Verfahren einschließlich Speicherung und jede Übertragung auf Papier, Transparente, Filme, Bänder, Platten und andere Medien. Dieser Vermerk umfaßt nicht die in den §§ 53 und 54 URG ausdrücklich erwähnten Ausnahmen.

Umschlaggestaltung: P. Neitzke, Köln

ISBN 978-3-528-04374-2

ISBN 978-3-322-86216-7 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-322-86216-7

---

## Vorwort

Dieses Buch ist eine Einführung in das wichtige Thema der Signale. Elektrische Signale in verschiedensten Formen werden in umfassender Weise auf den Gebieten der Elektronik und der Telekommunikation genutzt. Das Buch stellt die Grundlagen in knapper und verständlicher Form dar, indem es nahe verwandte Gebiete jeweils unter einer Rubrik zusammenfaßt. Um bei der Aneignung dieser Grundlagen zu helfen, sind viele ausgearbeitete Beispiele eingefügt worden, die die Anwendung der Theorie demonstrieren.

Die ersten Kapitel des Buches analysieren die verschiedenen Signaltypen und ihre besonderen Eigenschaften. Darin sind auch die diskrete Fourriertransformation (DFT) und die schnelle Fourriertransformation (FFT) beschrieben.

Die folgenden Kapitel handeln von der Übertragung der Signale und deren Verarbeitung bei verschiedenen Anwendungsfällen. Es wird in das wichtige Gebiet der Berechnung einer Netzwerkantwort im Zeitbereich mittels Faltung eingeführt. Neuere Entwicklungen auf den Gebieten der Sprach- und Bilddatenverarbeitung sowie Spezialfälle der Fernsehbild- und Bildtelefon-Datenverarbeitung werden behandelt.

Das Buch endet mit einer Einführung in das Gebiet der Informationstheorie, die sich mit dem Problem der Informationsübertragung in einem beliebigen Kommunikationssystem befaßt. Hier sind auch Grundgedanken zur Codierungstheorie einschließlich der Bose-Chaudhuri-Hocquenhein (BCH) - und Faltungs- (Convolution-) Codes dargestellt.

Im Anhang werden Themen wie der Cooley-Tukey Algorithmus, Walshfunktionen und die Optimierung von Übertragungssystemen (Rate-Distortion-Funktion) angesprochen. Dieser Teil ist für den Leser gedacht, der Zusatzinformationen zum Stoff sucht. Ergänzendes für weitere Studien findet man in der Literaturliste.

Das Buch ersetzt schwierige mathematische Beweise durch Plausibilitätsbetrachtungen und erläutert die Zusammenhänge anhand von durchgerechneten Beispielen. In seiner kurzen und prägnanten Form liefert es Grundlagenwissen, wie es auf dem Gebiet der Telekommunikation beim Übergang auf die di-

gitale Technik von Studenten der Elektrotechnik aber auch von schon länger in der Praxis tätigen Ingenieuren benötigt wird. Ein tiefergehender Einstieg in die Materie kann über die Literatur erfolgen.

1985

H. Früchtling

## Verwendete Symbole

$c$	Beliebige Zahl
$f$	Frequenz
$f_c$	Grenzfrequenz
$f_t$	Wiederholffrequenz
$f(t)$	Beliebige Zeitfunktion
$f(nT)$	$n$ 'ter Abtastwert eines Signals
$h(t)$	Impulsantwort eines Netzwerks
$i$	Strom, Augenblickswert
$k$	Beliebige Zahl
$m$	Beliebige Zahl
$n$	Beliebige Zahl
$p$	Wahrscheinlichkeit
$q$	Ladung
$s$	Komplexe Variable
$v_g$	Gruppengeschwindigkeit
$v_{ph}$	Phasengeschwindigkeit
$A$	Amplitude
$C$	Kapazität
	Kanalkapazität
$C_n$	$n$ 'ter Fourierkoeffizient
$F(f(t))$	Fouriertransformierte von $f(t)$
$F(\omega)$	Fouriertransformierte Funktion
$F(m\Omega)$	$m$ 'te diskrete Frequenzkomponenten
$F(z)$	$z$ -Transformierte Funktion
$H$	Mittlerer Informationsgehalt (Entropie)
$(H)$	Matrix $H$
$H_e$	Bedingte Entropie
$H_{max}$	Maximaler Informationsgehalt
$H(\omega)$	Übertragungsfunktion
$H(X)$	Mittlerer Informationsgehalt einer Nachricht $X$
$H'(X)$	Mittlere Informationsrate einer Nachricht $X$
$H(X Y)$	Mittlerer bedingter Informationsgehalt einer empfangenen Nachricht $Y$ , wenn Nachricht $X$ gesendet wurde
$I$	Informationsgehalt eines einzelnen Zeichens, Entscheidungsgehalt

$I(X; Y)$	Transinformation bei gesendeter Nachricht X und empfangener Nachricht Y
L	Induktivität
$L ( f(t) )$	Laplacetransformierte von f(t)
$L^{-1} ( F(s) )$	Inverse Laplacetransformierte von F(s)
N	Beliebige Zahl
	Mittlere Rauschleistung
$P_{av}$	Mittlere Leistung
$P_i$	Wahrscheinlichkeit für das Auftreten des i'ten Symbols
$P(x)$	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Variablen x
$P(x,y)$	Verbundwahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Variablen x und y
R	Informationsrate
	Widerstand
$R(D)$	Übertragungsoptimierungsfunktion bei vorgegebenem Gütekriterium D, Rate-distortion Funktion
T	Periodendauer
	Übertragungsdauer
$V_i$	Eingangsspannung
$V_o$	Ausgangsspannung
W	Energie
	Höchste vorhandene Frequenzkomponente
$(W)$	Matrix W
$\alpha$	Beliebige Konstante
$\beta$	Beliebige Konstante
	Phasenverschiebung pro Längeneinheit
$\delta(t)$	Dirac'sche Deltafunktion, Einheitsimpuls
$\lambda$	Wellenlänge
$\sigma$	Beliebige positive Zahl
	Wurzel aus der mittleren Rauschleistung
$\tau$	Zeitdauer
$\phi(\omega)$	Phasenwinkel
$\omega$	Kreisfrequenz
$\omega_s$	Kreisabtastrfrequenz



---

# Inhalt

## Vorwort

## Verwendete Symbole

1	Einleitung	1
1.1	Signaltypen	1
1.2	Beispiele von Signalen	2
1.3	Spektrum eines Signals	11
2	Signalanalyse	12
2.1	Fourierreihen	12
2.2	Diskretes Spektrum	13
2.3	Typische Reihen	15
2.4	Komplexe Form der Fourierreihen	16
2.5	Fouriertransformation	24
2.6	Kontinuierliches Spektrum	25
2.7	Typische Funktionen	26
2.8	Korrespondenzen der Fouriertransformation	38
2.9	Leistungs- und Energiespektrum	38
2.10	Diskrete Fouriertransformation (DFT)	40
2.11	Schnelle Fouriertransformation (FFT)	43
3	Netzwerkantwort	48
3.1	Nichtperiodische Wellenform	48
3.2	Idealer Tiefpaß	49
3.3	Periodische Wellenform	54
3.4	Realer Tiefpaß	55
3.5	Laplace Transformation	57
3.6	Faltungsintegral	64
4	Signalübertragung	68
4.1	Frequenzmultiplex	68
4.2	Zeitmultiplex	69
4.3	Codemultiplex	71
4.4	Signalverzerrung	72
5	Signalverarbeitung	79
5.1	Signalabtastung	79
5.2	Abtasttheorem	81

---

5.3	Abtastimpulsantwort	83
5.4	Codes zur Kommunikation	83
5.5	Sprachsignalverarbeitung	89
5.6	Bildsignalverarbeitung	91
6	Informationstheorie	96
6.1	Mittlerer Informationsgehalt $H$	97
6.2	Kanalkapazität $C$	99
6.3	Redundanz	105
6.4	Codierungstheorie	107
6.4.1	Quellencodierung	107
6.4.2	Kanalcodierung	110
	Aufgaben	114
	Lösungen	119
	Anhang	
A	Dopplereffekt	121
B	Signumfunktion und Einheitsimpuls	123
C	Cooley-Tukey-Algorithmus	124
D	Netzwerkantwort auf Abtastsignale	126
E	Binärarithmetik	128
F	Spracherzeugung und Bildverarbeitung	129
G	Walshfunktionen	131
H	Diskrete Quelle	133
I	Kontinuierliche Quelle	136
	Literatur	141
	Sachwortregister	146