

### Drehzahlmessung bei rotierenden Maschinen

Die Impulszahl der Eingangsimpulse  $U_E$  wird mit einem oder mehreren kaskadierten CTC-Kanälen gezählt, während ein anderer oder mehrere Kanäle als Zeitgeber arbeiten und so das Zeitfenster für den Zählvorgang festlegen. Wird eine über die Frequenzvervielfachung aus dem Ausgangssignal gewonnene Impulsfolge (VCO-Signal) verwendet, so kann der Zählvorgang bei annähernd gleicher Genauigkeit um den Vervielfachungsfaktor beschleunigt werden. Parallel dazu kann mit der Impulsauswerteschaltung eine plötzliche Änderung der Drehzahl über das Ausrasten der PLL-Schleife signalisiert werden.

### Erzeugung von Synchronisationssignalen

Es kann bei rotierenden Maschinen aus einem einzelnen Impuls je Umdrehung eine programmierbare Anzahl von Synchronisationssignalen gewonnen werden, die der Triggerung des Datenlesevorganges, z.B.

der Triggerung von Abtast- und-Halte-Gliedern, und dem Start von A-D-Wandlern dienen.

Durch die auf der Baugruppe vorhandene CTC-Schaltung und die im Bild 1 dargestellte Belegung des Wickelbrückenfeldes können folgende Arten der Triggerung programmiert werden:

- **rotationssynchrone Triggerung:** Das vom VCO kommende Signal wird auf den Triggereingang TR1 des CTC-Kanals 1 gelegt und bei einer Programmierung dieses Kanals als Zähler mit der Zählkonstanten 1 auf den Kanalausgang TO1 und damit auch auf  $U_A$  durchgeschaltet.
- **zeitstarre Triggerung:** Der CTC-Kanal 1 wird als Zeitgeber initialisiert. Die an  $U_A$  anliegende Impulsfrequenz richtet sich nach den für diesen Kanal programmierten Vorteilerfaktor und nach der gleichfalls vorzugebenden Zählkonstante.

Parallel dazu kann in beiden Triggerungsarten der Kanal 0 als Synchronisationskontrolle und der Kanal 2 zum Zählen

der Eingangsimpulse genutzt werden. Für weitergehende Anwendungen kann die Baugruppe durch eine vom VCO-Signal angesteuerte Adreßgenerierung [5] ergänzt werden. Auf diese Weise wird eine schnelle Adressierung von Zweitortspeichern für die Meßdatenerfassung ermöglicht.

### Literatur

- [1] Best, R.: Theorie und Anwendung des Phase-locked Loops. Stuttgart: AT-Verlag 1981
- [2] Hertzsch, A.: Elektronische Zähler Teil 2. Amateurreihe electronica Band 192. Berlin: Militärverlag der DDR 1981
- [3] Bläsing, K.-H.; Schlenzig, K.: Timerschaltkreise B 555 D und B 556 D. Amateurreihe electronica Band 213/214. Berlin: Militärverlag der DDR 1984
- [4] Liebold, R.: Verbesserung des Einrastverhaltens von Phasenregelkreisen. radio fernsehen elektronik, Berlin 32 (1983) 4, S. 262
- [5] Eschler, W.: Baugruppen zur umdrehungssynchronen Datenerfassung von Meßsignalen rotierender Maschinen mit Mikrorechnersystem. Diplomarbeit an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald 1986

## Realisierung von Präzisionswiderständen mit Normwerten

ULRICH HÄHNEL und  
CLAUS KÜHNEL

In der analogen Schaltungstechnik ist die Anwendung von Präzisionswiderständen oft nicht zu umgehen. Neben dem Einsatz von Einstellwiderständen, die ihrerseits einen entsprechenden Abgleichaufwand erfordern, läßt sich durch geeignete Reihen- und Parallelschaltung von Normwiderständen nahezu jeder gewünschte Widerstandswert mit vernünftigen Toleranzen realisieren. In [1] wurde eine Approximationsprozedur vorgestellt, auf die sich die folgenden Ausführungen beziehen.

Durch das Ausmessen der verwendeten Normwiderstände für das zu bildende Netzwerk und das Berücksichtigen dieser Meßwerte in der Approximationsprozedur werden die Toleranzen hinreichend klein gehalten. Das Bild zeigt die zur Realisierung des geforderten Präzisionswiderstandes verwendeten Zusammenschaltungsmöglichkeiten von Einzelwiderständen. Die Numerierung von Netzwerktypen erfolgte so, daß aus dem binären Äquivalent die erforderlichen Abspaltungen ersichtlich werden. Eine 0 deutet dabei auf einen Serien-, eine 1 hingegen auf einen entsprechenden Parallelwiderstand hin. Das LSB der betreffenden Bitfolge bezeichnet stets den Widerstand  $R_1$ , mit dem die Approximation beginnt.

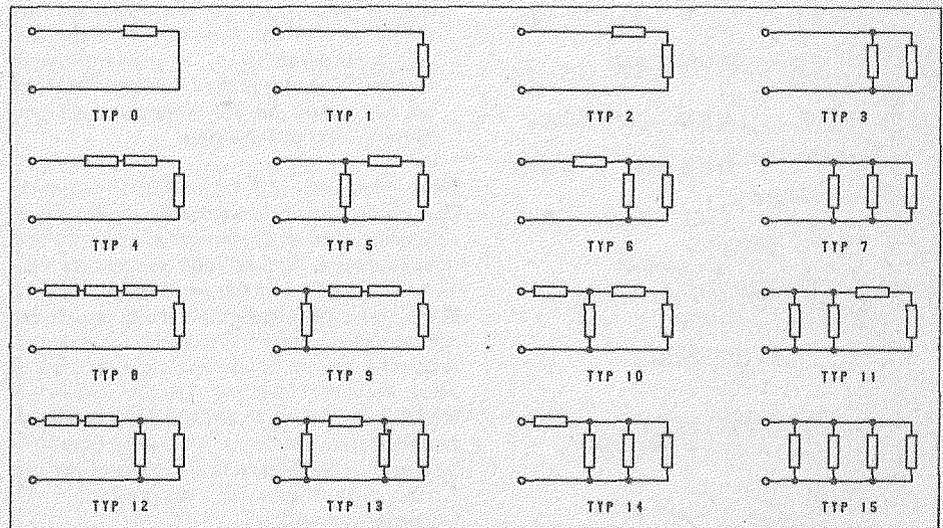
Auf der Grundlage der in [1] vorgestellten Approximationsprozedur wurde für den Mikrorechner MC 80 ein Basicprogramm erstellt, das das Ermitteln der Widerstandswerte für den gewählten Netzwerktyp wesentlich unterstützt. Das Listing des Basicprogramms zeigt Tafel 1. Die Bedeutung der Variablen ist am Programmumfang erklärt, so daß auf eine tiefergehende Erläuterung des Programmtextes verzichtet werden soll. Der im Mikrorechner MC 80 implementierte Basicdialekt ermöglicht auf Grund seines beschränkten Sprachumfangs und der Vermeidung spezieller Befehle eine problemlose Anpassung an andere Basicdialekte. Der Wert des jeweils ausgemessenen Widerstandes wird über die Tastatur eingegeben. Auf eine Kopplung an ein digitales Ohmmeter wurde aus Gründen des Hard- und Softwareaufwandes verzichtet.

Die Handhabung des Programms soll anhand von drei Beispielen erläutert werden.

- Zu realisieren sei ein Widerstandswert von  $3470 \Omega$  mit einer Toleranz von 0,01 %. Es steht das Widerstandssortiment der Normreihe E 48 zur Verfügung. Auf Grund der Größe des Widerstandes wird Netzwerktyp 5 (5  $\Omega$  bis 5 M) gewählt. Tafel 2 zeigt eine Kopie des Bildschirmdialoges einschließlich der Ergebnisausschrift. Der gewünschte Widerstandswert läßt sich mit dem ausgewählten Netzwerktyp und

den nach der Rechneingabe ausgesuchten Normwiderständen problemlos realisieren.

- Zu realisieren sei ein Widerstandswert von  $53,2 \Omega$  mit einer Toleranz von 0,1 %. Es steht das Widerstandssortiment der Normreihe E 12 zur Verfügung. Auf Grund der Größe des Widerstandes wird Netzwerktyp 13 (1  $\Omega$  bis 5 M) gewählt. Tafel 3 zeigt eine Kopie des Bildschirmdialoges. Aus der Ergebnisausschrift ist abzulesen, daß die Forderungen mit dem ausge-



Tafel 1: Listing des Basicprogramms

```

DEF SYNTH. V. PRAEZISIONSWID
: INTEGER NU(48), PLATZ(4)
: REAL TYP, RI(4), MU, UNW(48)
: REAL REST, PAR, UNW, POT, WID
: REAL GES, TOL, ONU, RJ(4), RGES
: REAL REL, I, J, ZEIT, E
10 REM NU= EXIST. NORMWERTE
: REM I, J= DPL - U. LAUFFPARAMETER
: REM E= NORMREIHE
: REM ZEIT= PARAM. F. ZEITSCHL.
: REM TYP= NR. D. SCHALTUNG
: REM RI= REALIS. TEILWID.
: REM MU= MESSWERT
: REM UNW= VORHAND. NORMWERTE
: REM REST= RESTWIDERSTAND
: REM PAR= PARALLELSCH.
: REM ONU= NU UNT. BERECHN. WID
: REM ONU= NU UEB. BERECHN. WID
: REM POT= ZEHNERPOTENZ F. NU
: REM WID= GES. WIDERST. GSOLL
: REM RGES= GES. WIDERST. IST
: REM TOL= ZULASS. TOLERANZ
: REM R= RECHENWERTE F. RGES
: REM REL= RELAT. FEHLER
: REM DEL. ALLER EXIST. NU
25 LET NU(0)=100 : NU(1)=105 : NU(2)=110 : NU(3)=115
: LET NU(4)=120 : NU(5)=125 : NU(6)=130 : NU(7)=140
: LET NU(8)=150 : NU(9)=155 : NU(10)=160 : NU(11)=170
: LET NU(12)=180 : NU(13)=190 : NU(14)=200 : NU(15)=210
: LET NU(16)=220 : NU(17)=230 : NU(18)=240 : NU(19)=255
: LET NU(20)=270 : NU(21)=285 : NU(22)=300 : NU(23)=315
: LET NU(24)=330 : NU(25)=345 : NU(26)=360 : NU(27)=375
: LET NU(28)=390 : NU(29)=410 : NU(30)=430 : NU(31)=450
: LET NU(32)=470 : NU(33)=490 : NU(34)=510 : NU(35)=535
: LET NU(36)=560 : NU(37)=590 : NU(38)=620 : NU(39)=650
: LET NU(40)=680 : NU(41)=715 : NU(42)=750 : NU(43)=785
: LET NU(44)=820 : NU(45)=860 : NU(46)=910 : NU(47)=955
30 CLEAR
: DPL 0,0,NORMREIHE :E6
: DPL 0,16 :E=INP
: REM BELEG. D. TATSAECHL. VORHAND. NU
40 LET J=0
: FOR I=0 TO 47 STEP 48/E
: LET UNW(J)=MU(I)/100 : J=J+1
: NEXT I
50 DPL 1,0,ZIELWERT (OHM) :?
: DPL 1,15 :WID=INP
: DPL 2,0,TOLERANZ (%) :?
: DPL 2,15 :TOL=INP
: DPL 3,0,NETZWERKTYP :?
: DPL 3,15 :TYP=INP
: LET REST=WID :I=0
: CLEAR
60 IF WID<TOL/100=REST THEN
: GOTO 210
70 I=I+1 : PAR=TYP/2-INT(TYP/2) : TYP=INT(TYP/2)
: IF TYP=0 THEN
: GOTO 190
80 IF PAR<0 THEN
: GOTO 120
: REM ABSPALTEN EINES SERIENWIDERST.
90 GOSUB 150
100 RI(I)=UNW
: GOSUB 220
: IF MU=REST THEN
: DPL 2#I-1,0,WIDERSTAND ZU GROSS
: FOR ZEIT=0 TO 1E+03
: NEXT ZEIT
: GOTO 100
110 RI(I)=MU : REST=REST-RI(I)
: LET RJ(I)=RI(I)
: GOTO 60
: REM ABSPALTEN EINES PARALLELWID.
120 GOSUB 150
130 RI(I)=ONU
: GOSUB 220
: IF MU<REST THEN
: DPL 2#I-1,0,WIDERSTAND ZU KLEIN
: FOR ZEIT=0 TO 1E+03
: NEXT ZEIT
: GOTO 130
140 RI(I)=MU : REST=1/(1/REST-1/RI(I))
: LET RJ(I)=RI(I)
: GOTO 60
: REM BERECHN. D. BENOETIGT. NORMWERTE
150 LET POT=1E-03
: WHILE POT<REST/10 DO
: LET POT=POT*10
: LOOP
: LET J=0
: WHILE UNW(J)*POT<REST DO
: LET J=J+1
: IF J=E THEN
: LET POT=POT*10 : J=0
160 LOOP
: LET ONU=UNW(J)*POT : J=J-1
: IF J<0 THEN
: LET J=E-1 : POT=POT/10
170 UNW=UNW(J)*POT
: RETURN
180 GOSUB 150
: IF ONU<REST<REST-ONU DO
: LET RI(I)=ONU
: ELSE
: LET RI(I)=UNW
: DOEND
: GOSUB 220
: REM BERECHNUNG D. GESAMTWIDERSTANDES
190 RI(I)=MU : RGES=RI(I)
: WHILE I<=40 DO
: LET I=I+1
: IF RJ(I)<0 DO
: LET RGES=1/(1/RGES+1/ABS(RJ(I)))
: ELSE
: LET RGES=RGES+RJ(I)
: DOEND
: LOOP
: REM ERGEBNISANZEIGE
200 CLEAR
: DPL 0,0,FORMAT 0.7
: DPL 0,0,RSOLL (OHM) :? : WID
: DPL 1,0,RIST (OHM) :? : RGES
: DPL 2,0,ABS. FEHLER (OHM) :? : RGES-WID
: LET REL=(RGES-WID)/100
: DPL 3,0,RELAT. FEHLER (%) :? : REL
: IF ABS(REL)<TOL DO
: DPL 5,0,TOLERANZ EINGEHALTEN
: ELSE
: DPL 5,0,TOLERANZ UEBERSCHRITTEN
: DPL 6,0,NEUE BERECHNUNG NOTWENDIG
: DOEND
: WAIT
: GOTO 30
: REM ABBR. WEIL GENAUIGK. ERREICHT
210 DPL 6,0,GENAUIGKEIT BEREITS ERREICHT
: DPL 7,0,EVTL. EINFACHERE NU UEBERPRUEFEN
: WAIT
: GOTO 190
: REM MESSWERT - EINGABE
220 DPL 0,0,FORMAT 1.0
: DPL 2#I-2,0,RECHENWERT (OHM) R? : I? : ?
: DPL 2#I-2,21,FORMAT 1.21 RI(I)
: DPL 2#I-1,0 MESSWERT =? : MU=INP
: RETURN
: END

```

Tafel 2

```

NORMREIHE :E48
ZIELWERT (OHM) :3470
TOLERANZ (%) :0.01
NETZWERKTYP :5

RECHENWERT (OHM) R1= 3.60E+03
MESSWERT =3650
RECHENWERT (OHM) R2= 6.80E+04
MESSWERT =67500
RECHENWERT (OHM) R3= 2.85E+03
MESSWERT =2800

RSOLL (OHM) :3.47E+03
RIST (OHM) :3.469844E+03
ABS. FEHLER (OHM) :155.0293E-03
RELAT. FEHLER (%) :4.458426E-03

TOLERANZ EINGEHALTEN

```

Tafel 2: Bildschirmdialog zum Beispiel 1

Tafel 3: Bildschirmdialog zum Beispiel 2

Tafel 4: Bildschirmdialog zum Beispiel 3

Tafel 3

```

NORMREIHE :E12
ZIELWERT (OHM) :1470
TOLERANZ (%) :0.1
NETZWERKTYP :6

RECHENWERT (OHM) R1= 1.20E+03
MESSWERT =1150
RECHENWERT (OHM) R2= 3.30E+02
MESSWERT =345
RECHENWERT (OHM) R3= 4.70E+03
MESSWERT =4890

RSOLL (OHM) :1.47E+03
RIST (OHM) :1.472263E+03
ABS. FEHLER (OHM) :2.263549
RELAT. FEHLER (%) :153.9826E-03

TOLERANZ UEBERSCHRITTEN
NEUE BERECHNUNG NOTWENDIG

NORMREIHE :E12
ZIELWERT (OHM) :1470
TOLERANZ (%) :0.1
NETZWERKTYP :14

RECHENWERT (OHM) R1= 1.20E+03
MESSWERT =1150
RECHENWERT (OHM) R2= 3.30E+02
MESSWERT =345
RECHENWERT (OHM) R3= 4.70E+03
MESSWERT =4890
RECHENWERT (OHM) R4= 4.70E+04
MESSWERT =46300

RSOLL (OHM) :1.47E+03
RIST (OHM) :1.470036E+03
ABS. FEHLER (OHM) :36.01074E-03
RELAT. FEHLER (%) :2.44379E-03

TOLERANZ EINGEHALTEN

```

Tafel 3: Bildschirmdialog zum Beispiel 2

Tafel 4: Bildschirmdialog zum Beispiel 3

Tafel 4

```

NORMREIHE :E12
ZIELWERT (OHM) :53.2
TOLERANZ (%) :0.1
NETZWERKTYP :13

RECHENWERT (OHM) R1= 5.60E+01
MESSWERT =55.6
RECHENWERT (OHM) R2= 1.20E+03
MESSWERT =1100
RECHENWERT (OHM) R3= 1.50E+02
MESSWERT =137
RECHENWERT (OHM) R4= 3.90E+03
MESSWERT =4250

RSOLL (OHM) :53.19998
RIST (OHM) :53.20046
ABS. FEHLER (OHM) :484.4665E-06
RELAT. FEHLER (%) :917.9113E-06

TOLERANZ EINGEHALTEN

NORMREIHE :E12
ZIELWERT (OHM) :53.2
TOLERANZ (%) :0.1
NETZWERKTYP :5

RECHENWERT (OHM) R1= 5.60E+01
MESSWERT =55.6
RECHENWERT (OHM) R2= 1.20E+03
MESSWERT =1100
RECHENWERT (OHM) R3= 1.20E+02
MESSWERT =137

RSOLL (OHM) :53.19998
RIST (OHM) :53.2084
ABS. FEHLER (OHM) :8.42285E-03
RELAT. FEHLER (%) :15.83099E-03

TOLERANZ EINGEHALTEN

```

wählten Netzwerktyp und den ausgesuchten Widerständen erfüllt werden. Da die zulässige Toleranz aber bei weitem nicht ausgenutzt wird, soll ein hochohmigeres Netzwerk untersucht werden. Durch Verzicht auf einen Parallelwiderstand ergibt sich Netzwerktyp 5. Wie die zweite in Tafel 3 gezeigte Ergebnisausschrift zeigt, werden auch mit dem vereinfachten Netzwerk und den ausgesuchten Widerständen die Forderungen erfüllt.

• Zu realisieren sei ein Widerstandswert von 1470 Ω mit einer Toleranz von 0,1 %. Es steht das Widerstandssortiment der Normreihe E 12 zur Verfügung. Auf Grund des zu realisierenden Widerstandswertes wird Netzwerk 6 (200 Ω bis 1 MΩ) gewählt. Tafel 4 zeigt eine Kopie des Bildschirmdialoges. Wie aus der ersten Ergebnisausschrift ersichtlich wird, werden die Forderungen durch den Netzwerktyp 6 nicht erfüllt. Durch Hinzunahme eines Parallelwiderstandes (Netzwerk 14) kann der Gesamtwiderstand niederohmiger werden. Die Ergebnisausschrift bestätigt die Richtigkeit des Vorgehens und die Einhaltung der Forderungen.

Beim Übergang auf ein anderes Netzwerk, der durch die Toleranzforderungen angezeigt sein kann, ist es sinnvoll, die bereits herausgesuchten Widerstände wieder zu verwenden. Auch wenn ein geringfügig anderer Widerstandswert gefordert wird, so findet der ausgemessene Widerstand in der Berechnung seinen Niederschlag. Wie Tafel 3 zeigt, liegt die Toleranz des Gesamtwiderstandes bei einem in diesem Sinn vorgegebenen Widerstand R<sub>3</sub> sehr günstig. Eine Verbesserung durch das Aussuchen eines die Forderung erfüllenden Widerstandes R<sub>3</sub> wäre wenig sinnvoll. Das vorgestellte Basicprogramm läßt auf einfache Art die Bemessung von Präzisions-

widerständen mit Hilfe von Normwiderständen zu. Vorteilhaft kann ein solches Verfahren zur Dimensionierung aktiver RC-Filter benutzt werden. Abgeleitet aus den Frequenzgangforderungen ist die Dimensionierung der RC-Schaltung der Filterstruktur festzulegen. Mit dem entgolterierten Angebotsspektrum entsprechender Filterkondensatoren ergeben sich im allgemeinen „krumme“ Widerstandswerte, die jedoch mit entsprechend niedrigen Toleranzen zu realisieren sind. Für Filter, die als Lobaufbauten entstehen, kann dann vorteilhaft mit entsprechenden „Universal-Leiterplatten“ gearbeitet werden.

Literatur

[1] Wauer, L.: Präzisionswiderstände durch Zusammenschaltung von Normwerten. radio fernsehen elektronik, Berlin 33 (1984) 1, S. 43-45

Fortsetzung von Seite 527

begrenzt. Führt man offenen Auges durch die DDR, kann man die genannten Qualitätsunterschiede überall entdecken. 48 000 Objekte in der DDR genießen durch das 1975 beschlossene Denkmalpflegegesetz besonderen Schutz. Viele der Objekte dienen Wohnzwecken. In fast zwei Dutzend Stadtzentren, die auf der zentralen Denkmalliste stehen, bemüht man sich mit Erfolg, Wohnkomfort hinter historischen Fassaden zu schaffen. Vollkommen ist das Denkmal aber erst, wenn auch die Antennenanlagen diesem Ziel Rechnung tragen.

Literatur

[1] Lau, G.: Elektroinstallation und Ästhetik. Elektropaktiker, Berlin 38 (1984) 4, S. 120  
 [2] Hamann, M.: Elektroinstallationssysteme bei der Modernisierung von Altbauten. Elektropaktiker, Berlin 37 (1983) 4, S. 125-129