

HEWLETT  PACKARD

**HP-65**

**E.E. PAC 1**

**ELEKTRONIK-PAKET I**

Das hierin enthaltene Programm-Material ist mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. HEWLETT-PACKARD übernimmt infolgedessen keine Verantwortung und wird keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieses Programm-Materials oder Teilen davon entsteht.

# INHALTSANGABE

	Seite
Einleitung .....	3
Aufbau der Bedienungsanweisungen .....	4
Einlesen eines Programms .....	6
1. Reaktanzen und Resonanzfrequenz im LC-Kreis .....	1-01 A 8
2. Serienresonanzkreis .....	1-02 A 10
3. Parallelresonanzkreis .....	1-03 A 14
4. Impedanz eines Kettennetzwerkes .....	1-04 A 18
5. T - Dämpfungsglied .....	1-05 A 22
6. PI - Dämpfungsglied .....	1-06 A 24
7. Stern-Dreieck- und Dreieck-Stern-Transformation ..	1-07 A 26
8. Minimaldämpfungs-Anpassung über Spannungsteiler ..	1-08 A 30
9. Impedanzanpassung mittels PI-Glied .....	1-09 A 32
10. Bandfilterentwurf .....	1-10 A 34
11. Aktives Filter - Tiefpass .....	1-11 A 40
12. Aktives Filter - Hochpass .....	1-12 A 42
13. "Butterworth" - Filter .....	1-13 A 44
14. Tschebyscheff - Filter .....	1-14 A 46
15. Kapazität planparalleler Platten .....	1-15 A 48
16. Selbstinduktion eines geraden runden Drahtes .....	1-16 A 50
17. Induktivität einer einlagigen dichtgewickelten Spule .....	1-17 A 52
18. Skin - Effekt und Spulengüte .....	1-18 A 54
19. Transformator - Entwurf .....	1-19 A 56
20. Entwurf von Reed - Relais .....	1-20 A 58
21. Impedanz einer Übertragungsleitung .....	1-21 A 62
22. Impedanztransformation einer Übertragungsleitung .	1-22 A 66
23. Microstrip - Übertragungsleitung (Streifenleiter).	1-23 A 68
24. Umwandlung zwischen S- und Y - Parametern .....	1-24 A 70
25. Gleichrichterschaltungen für Stromversorgungsteile	1-25 A 72
26. Gesteuerte Gleichrichterschaltungen .....	1-16 A 76
27. Integrierte Stromquelle .....	1-27 A 80
28. Transistor - Arbeitspunkteinstellung .....	1-28 A 82
29. JFET (JunctionFET) Arbeitspunkteinstellung und Steilheit .....	1-29 A 84
30. Phase - Locked Loop (Phasenstarre Rückkopplung) ..	1-30 A 88
31. Fourier - Reihen .....	1-31 A 92
32. Dezibel - Umrechnungen .....	1-32 A 96
33. Umwandlung Spannung in dBm .....	1-33 A 98
34. Drahttabellen (Aluminium und Kupfer) .....	1-34 A 100
35. Kühlbleche .....	1-35 A 102
Programm - Auflistung .....	105



## EINLEITUNG

Die Programme Ihres HP-65 Elektrotechnik-Paketes I sind so ausgewählt, daß sie einen weiten Bereich elektrotechnischer Anwendungsgebiete überdecken. Unter anderem umfaßt das Paket Programme zur Impedanzanpassung, für Filterentwürfe, Berechnungen im Zusammenhang mit Übertragungsleitungen, Parameterumwandlungen, Netzteilentwurf, Transistor-Arbeitspunkteinstellung, Regelkreis-Berechnungen, Analyse von periodischen Funktionen und Drahttabellen.

Das Elektrotechnik-Paket I besteht aus 40 vorprogrammierten Magnetkarten, einer Kartenkassette, 20 Taschen-Anweisungskärtchen und einem Anleitungsbuch mit Programmbeschreibungen, Formeln, Rechenbeispielen, Bedienungsanweisungen zu den einzelnen Programmen und Programm-Auflistungen.

Durch die Benutzer-Bibliothek und die Entwicklung des Elektrotechnik-Paketes hofft Ihnen Hewlett-Packard eine Fülle nützlicher Programme aus diesem Anwendungsbereich zur Verfügung zu stellen. Wir hoffen, daß Sie im Elektrotechnik-Paket I ein wertvolles Werkzeug für Ihre Berechnungen finden und sehen gerne Ihren Bemerkungen, Anfragen und Anregungen entgegen, sowie Ihren eventuellen Beiträgen zur Benutzer-Bibliothek.

## AUFBAU DER BETIENUNGSANWEISUNGEN

Die zu jedem Programm gehörenden Bedienungsanweisungen sind Ihr Führer bei der Anwendung der Programme dieses Programm-Paketes.

Die Tabellen bestehen aus fünf Spalten, die, Zeile für Zeile, von links nach rechts zu lesen sind. In der ersten Spalte, überschrieben "Schritt Nr.", steht die Nummer der Anweisungszeile.

In der Spalte "Anweisungen" sind Anweisungen und Kommentare aufgeführt, die sich auf die auszuführenden Operationen beziehen.

In der Spalte "Werte" stehen die Ausgangsdaten und ggf. deren Einheit, die in den Rechner einzutasten sind. Daten-Eingabetasten sind die Zifferntasten **0** bis **9**, **.** (Dezimalpunkt), **EEX**, (Eingabe des Exponenten) und **CHS** (Vorzeichenwechsel).

Die Spalte "Tasten" gibt an, welche Tasten für die gewünschte Operation zu drücken sind. Die Bezeichnungen für die Tasten sind mit den Symbolen auf dem HP-65-Tastenfeld identisch. Die freigelassenen Kästchen in der Spalte "Tasten" können Sie überlesen.

In der Spalte "Anzeige" stehen Zwischen- und Endergebnisse und gegebenenfalls deren Einheiten.

Nachstehend finden Sie ein Beispiel zu einer solchen Bedienungsanweisung. Sie gehört zum Elektrotechnik-Programm 1-09 A "Impedanzanpassung mittel Pi-Glied".

Schritt 1: Der erste Schritt ist stets das Einlesen des entsprechenden Programms über Magnetkarte (siehe 'Einlesen eines Programms').

Schritt 2: In diesem Schritt werden bestimmte Register gelöscht und gegebenenfalls ein Anzeigeformat gewählt. Im Anschluß daran kann der Benutzer auf Wunsch ein anderes Anzeigeformat wählen. Bei den meisten Programmen wird dieser Vorbereitungs-schritt durch die Tastenfolge **RTN** **R/S** ausgelöst. Falls für einen solchen Programmschritt kein Platz mehr zur Verfügung stand, weisen die "Anweisungen" auf alternative Vorbereitungs-methoden hin, soweit dies nötig ist.

Schritt 3: In diesem Schritt werden die Ausgangsdaten in den Rechner eingegeben. Wenn, wie im vorliegenden Fall, viele Werte eingegeben werden müssen, ist es oft nötig, eine Taste (hier **E**) als 'Umschalttaste' zu verwenden, um die Funktionen der verbleibenden vier Tasten zu verdoppeln. Die Werte können im Beispiel in beliebiger Reihenfolge eingegeben werden. (In einigen Fällen ist für die Eingabe der Daten eine bestimmte Reihenfolge vorgeschrieben).

Schritt 4: In diesem Schritt werden die Ergebnisse der Rechnung angezeigt. Im Beispielfall ist die Reihenfolge beliebig. Es ist allerdings allgemein zweckmäßig, sich an die in der Bedienungsanweisung angegebene Reihenfolge zu halten.

Schritt 5: In diesem Schritt werden die Ausgangsdaten in die Anzeige zurückgerufen. Ist eine Kontrolle der eingegebenen Daten nötig, können Sie diesen Schritt übergehen.

Schritt 6: Hier erhalten Sie Anweisungen für die Durchführung einer neuen Rechnung. Im Beispielfall müssen Sie zur Anweisung Nummer 3 zurückgehen.

## EINLESEN EINES PROGRAMMS

Entnehmen Sie der mitgelieferten Kartenkassette die gewünschte Programmkarte.

Bringen Sie den W/PRGM-RUN Schalter in Stellung RUN.

Schalten Sie den Rechner ein, Anzeige: 0.00.

Führen Sie die Magnetkarte vorsichtig in den rechten unteren Schlitz ein, die bedruckte Seite nach oben.

Wenn die Karte ein Stück weit eingeführt ist, läuft der Transportmotor an und zieht die Karte durch den Rechner zur linken Gehäusesseite durch.

Bisweilen läuft der Motor an, ohne dass die Programmkarte transportiert wird. Sollte dies der Fall sein, so schieben Sie die Karte ein kleines Stück weiter in den Rechner. Wenden Sie dabei keine Gewalt an und hemmen Sie nicht den freien Transport der Magnetkarte.

Die Anzeige blinkt, wenn die Karte fehlerhaft gelesen wurde. (Drücken Sie in einem solchen Fall **R/S** und lesen Sie die Karte erneut ein).

"Einführen der Magnetkarte"



Sobald der Motor stoppt, entnehmen Sie die Karte auf der linken Seite und schieben sie in den rechten oberen Fensterschlitz.



Das Programm ist nun im Programmspeicher des Rechners verfügbar und kann verwendet werden.

## REAKTANZEN UND RESONANZFREQUENZ IM LC-KREIS



Zu je zwei gegebenen Parametern der Thomsonschen Gleichung

$$f = \frac{1}{2 \pi \sqrt{LC}}$$

(Eigenfrequenz des LC-Kreises)

ermittelt das Programm den fehlenden dritten Wert.

Dabei ist:

$f$  = Resonanzfrequenz in Hertz (Hz)

$L$  = Selbstinduktion in Henry (H)

$C$  = Kapazität in Farad (F)

Außerdem berechnet das Programm die Reaktanz der Elemente zu gegebener Frequenz:

$$X_C = \frac{1}{2 \pi f C}$$

$$X_L = 2 \pi f L$$

wobei:

$X_C$  = kapazitive Reaktanz in Ohm ( $\Omega$ )

$X_L$  = induktive Reaktanz in Ohm ( $\Omega$ )

### Beispiele:

- $C = 100 \text{ pF}$   
 $f = 100 \text{ MHz}$   
 Berechnet wird:  $L = 25.33 \text{ nH}$  ( $2.5330_{10}^{-8}$ )  
 $X_C = -15.915$  ( $-1.5915_{10}^1$ )
- $L = 2.5 \text{ H}$   
 $f = 60 \text{ Hz}$   
 Berechnet wird:  $C = 2.8145 \text{ }\mu\text{F}$  ( $2.8145_{10}^{-6}$ )  
 $X_L = 942.48 \text{ }\Omega$  ( $9.4248_{10}^2$ )
- $C = 0.01 \text{ }\mu\text{F}$   
 $L = 160 \text{ }\mu\text{H}$   
 Berechnet wird:  $f = 125.82 \text{ kHz}$  ( $1.2582_{10}^5$ )

Anmerkungen:

\*) Die zugehörige Frequenz ist in Schritt 3 einzugeben.

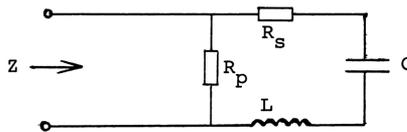
NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Programm starten		RTN	R/S	
3	Eingabe der bekannten Werte (2 beliebige)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	Frequenz	f, Hz	A	<input type="text"/>	$(2\pi f)^{-2}$
	Kapazität	C, F	B	<input type="text"/>	
	Induktivität	L, H	C	<input type="text"/>	
4	Berechnung der unbekannteren Werte		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	Frequenz		E	A	f, Hz
	Kapazität		E	B	C, F
	Induktivität		E	C	L, H
	Kapazitive Reaktanz <sup>*)</sup>		E	D	$X_C, \Omega$
	Induktive Reaktanz <sup>*)</sup>		D	<input type="text"/>	$X_L, \Omega$
5	Rückruf der Eingabewerte		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	Frequenz		RCL	1	f, Hz
	Kapazität		RCL	2	C, F
	Induktivität		RCL	3	L, H
6	Ändern Sie entsprechende Eingabewerte oder gehen Sie nach 2 für eine neue Rechnung		<input type="text"/>	<input type="text"/>	

## SERIENRESONANZKREIS



Dieses Programm berechnet die Eingangsimpedanz  $Z$  (Scheinwiderstand) des abgebildeten Serienschwingkreises und die Resonanzfrequenz  $f_r$ .

Zu beliebig vorgegebener Frequenz ermittelt das Programm sowohl den Betrag als auch die Phase der Eingangsimpedanz.



Die Eingangsimpedanz ist gegeben durch:

$$Z = \frac{R_P \left( s^2 + \frac{R_S \cdot s}{L} + \frac{1}{LC} \right)}{s^2 + \frac{R_S + R_P}{L} \cdot s + \frac{1}{LC}} = R_P \frac{(1 - \omega^2 LC) + j R_S C \omega}{(1 - \omega^2 LC) + j (R_S + R_P) C \omega}$$

Für den Betrag ( $\text{MAG} [Z]$ ) und den Phasenwinkel ( $\text{ANG} [Z]$ ) der Eingangsimpedanz  $Z$  gilt:

$$\text{MAG} [Z] = \frac{\left[ (1 - \omega^2 LC)^2 + R_S^2 C^2 \omega^2 \right]^{1/2}}{\left[ (1 - \omega^2 LC)^2 + (R_S + R_P)^2 C^2 \omega^2 \right]^{1/2}}$$

$$\text{ANG} [Z] = \tan^{-1} \frac{R_S C \omega}{1 - \omega^2 LC} - \tan^{-1} \frac{(R_S + R_P) C}{1 - \omega^2 LC}$$

Dabei ist:

$$s = j 2 \pi f = j \omega$$

$f$  = Frequenz in Hertz (Hz)

$\omega$  = Kreisfrequenz in rad/sec ( $= 2 \pi f$ )

$C$  = Kapazität in Farad (F)

$L$  = Selbstinduktion in Henry (H)

$R$  = Ohmscher Widerstand

Für die Resonanzfrequenz gilt die Thomsonsche Schwingungsformel

$$f_r = \frac{1}{2 \pi \sqrt{LC}}$$

Anmerkungen:

1. Wurde entweder MAG [Z] oder ANG [Z] berechnet, so kann jeweils der andere Wert durch Drücken von  $\boxed{g}$   $\boxed{x \leftrightarrow y}$  angezeigt werden.
2. Vergewissern Sie sich, dass der Rechner im Winkelmodus DEG (Altgrad) steht.

Beispiele:

1.  $R_p = 10000 \Omega$ ,  $R_s = 1 \Omega$   
 $C = 100 \text{ pF}$ ,  $L = 1 \mu\text{H}$

Berechnet wird:  $f_r = 1.59_{10}^7 \text{ Hz}$  (15915494.31)

f, Hz	MAG Z , $\Omega$	ANG Z , Grad
1 MHz	1565.56	-80.96
15 MHz	11.90	-85.11
16 MHz	1.46	46.64
100 MHz	611.20	86.40

2.  $R_p = 1_{10}^{80}$  ,  $R_s = 0$   
 $C = .159155$  ,  $L = .159155$

Berechnet wird:  $f_r = 1.0 \text{ Hz}$  ( $1.00_{10}^0$ )

f, Hz	MAG [Z] , $\Omega$	ANG [Z] , Grad
0.5	$1.50_{10}^0$	$2.70_{10}^2$
1	$7.16_{10}^{-7}$	$9.00_{10}^1$
1.5	$8.33_{10}^{-1}$	$9.00_{10}^1$

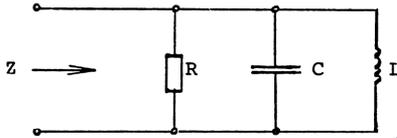
NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Programm starten		RTN	R/S	
3	Werte eingeben		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Serienwiderstand	$R_S, \Omega$	E	A	
	-Parallelwiderstand	$R_P, \Omega$	A	<input type="text"/>	
	-Kapazität	C, F	E	B	
	-Induktivität	L, H	B	<input type="text"/>	
	-Frequenz	f, Hz	C	<input type="text"/>	
4	Auswahl des gewünschten Ergebnisses		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Resonanzfrequenz		E	C	f, Hz
	-Betrag der Impedanz		D	<input type="text"/>	MAG Z, $\Omega$
	-Phase der Impedanz		E	D	ANG Z, $\Omega$
5	Rückruf der Eingabewerte (auf Wunsch)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			RCL	1	$R_S, \Omega$
			RCL	2	$R_P, \Omega$
			RCL	3	C, F
			RCL	4	L, H
			RCL	5	f, Hz
6	Für eine neue Rechnung		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	gehen Sie zur Eingabe des		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	neuen Daten nach Schritt 3		<input type="text"/>	<input type="text"/>	



## PARALLELRERSONANZKREIS



Das Programm berechnet die Eingangsimpedanz  $Z$  und die Resonanzfrequenz  $f_r$  (keine Dämpfung) des abgebildeten Parallelschwingkreises. Bei gegebener Frequenz kann sowohl der Betrag als auch der Phasenwinkel der Eingangsimpedanz  $Z$  berechnet werden. Eine spezielle Programmschleife (Inkrement-Routine) bewirkt ein automatisches Erhöhen des Frequenzwertes und dient als Hilfsmittel zum Untersuchen der Frequenzabhängigkeit von  $Z$ .



Die Eingangsimpedanz ist gegeben durch:

$$Z = \frac{1}{C} \frac{s}{s^2 + s \frac{1}{RC} + \frac{1}{LC}} = \frac{jRL\omega}{R(1 - \omega^2 LC) + j\omega L}$$

wobei:

- $s = j 2 \pi f = j\omega$
- $f =$  Frequenz in Hertz (Hz)
- $\omega =$  Kreisfrequenz in rad/sec ( $= 2 \pi f$ )
- $C =$  Kapazität in Farad (F)
- $L =$  Selbstinduktion in Henry (H)
- $R =$  Ohmscher Widerstand

Für die Resonanzfrequenz gilt die Thomsonsche Schwingungsformel:

$$f_r = \frac{1}{2 \pi \sqrt{LC}}$$

Für den Betrag und den Phasenwinkel von  $Z$  gelten die folgenden Beziehungen:

$$\text{MAG } [Z] = \frac{RL \omega}{[R^2 (1 - \omega^2 LC)^2 + \omega^2 L^2]^{1/2}}$$

$$\text{ANG } [Z] = 90^\circ - \tan^{-1} \frac{\omega L}{R(1 - \omega^2 LC)}$$

Anmerkungen:

1. Wenn entweder MAG  $\boxed{Z}$  oder ANG  $\boxed{Z}$  berechnet wurde, kann jeweils der andere Werte durch Drücken von  $\boxed{g}$   $\boxed{x\bar{z}y}$  angezeigt werden.
2. Durch die nachfolgende Programmänderung kann die Inkrement-Routine auf multiplikative Erhöhung des Frequenzwertes umgestellt werden:
  - Drücken Sie  $\boxed{GTO}$   $\boxed{1}$
  - Schalten Sie in Stellung W/PRGM
  - Drücken Sie  $\boxed{SST}$   $\boxed{SST}$   $\boxed{SST}$   $\boxed{g}$   $\boxed{DEL}$   $\boxed{x}$
  - Schalten Sie in Stellung RUN

Beispiele:

1.  $R = 100 \Omega$ ,  $C = 100 \text{ pF}$ ,  $L = 10 \mu\text{H}$

Berechnet wird:

$$f_r = 5.033 \text{ MHz (5032921.21)}$$

Ausgangswerte für die Iteration:

$$f_o = 0, \quad \Delta f = 1_{10}^6$$

$f$ , MHz	MAG $\boxed{Z}$ , $\Omega$	ANG $\boxed{Z}$ , Grad
1	54.74	56.81
2	83.07	33.83
3	94.62	18.88
4	98.94	8.34
5	100.00	0.24
6	99.38	-6.38
7	97.82	-11.99
8	95.6 <sup>p</sup>	-16.89
9	93.21	-21.24

2.  $R = 5000 \Omega$ ,  $C = 1 \mu\text{F}$ ,  $L = 3 \text{ mH}$

Berechnet wird:

$$f_r = 2905.76 \text{ Hz}$$

Ausgangswerte für die Iteration:

$$f_o = 100, \quad \Delta f = 2 \text{ (Programm abgeändert in "Multiplikation mit } \Delta f \text{")}$$

f, Hz	MAG [Z], $\Omega$	ANG [Z], Grad
200	3.79	89.96
400	7,69	89.91
800	16.32	89.81
1600	43.28	89.50
3200	283.03	-86.76
6400	31.32	-89.64
12800	13.11	-89.85

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen				
2	Programm starten		RTN	R/S	
3	Eingabe der Werte				
		R, $\Omega$	A		
		C, F	E	B	
		L, H	B		
4	Berechnung der Resonanzfrequenz (auf Wunsch)		E	C	fr, Hz
5	Eingabe der Frequenz				
		fr, Hz	C		
6	Wählen Sie entsprechendes Ergebnis		D		MAG [Z], $\Omega$
			E	D	ANG [Z], $\Omega$
7	Für eine neue Rechnung, gehen Sie nach 3 oder 5				
8	Rückruf der Eingabewerte (auf Wunsch)				
			RCL	1	R, $\Omega$
			RCL	3	C, F
			RCL	4	L, H
			RCL	5	f, Hz
9	Iteration (auf Wunsch)				
	Eingabe des Startwertes für f	fo, Hz	STO	5	
	Eingabe des Inkrements	$\Delta f$	STO	2	
9a	Sprung nach LBL 1		GTO	1	
9b	Anzeige von f		R/S		f, Hz
9c	Anzeige von MAG [Z]		R/S		MAG [Z], $\Omega$
9d	Anzeige von ANG [Z]		R/S		ANG [Z], Grad
	Wiederholen Sie 9b, 9c,				
	9d auf Wunsch				

## IMPEDANZ EINES KETTENNETZWERKES



Das Programm berechnet die Impedanz eines beliebigen Kettennetzwerkes. Von rechts beginnend wird nacheinander jedes weitere Element hinzugefügt. Dabei muß das erste Element parallel geschaltet sein.

Angenommen, ein Netzwerk habe den Eingangsleitwert  $Y_{\text{ein}}$ . Nach Hinzufügen eines R, L oder C in Parallelschaltung (Shunt) ändert sich der Leitwert und wird zu:

$$Y_{\text{neu}} = \begin{cases} Y_{\text{ein}} + \left( \frac{1}{R} + j0 \right) \\ Y_{\text{ein}} + \left( 0 - j\frac{1}{\omega L_P} \right) \\ Y_{\text{ein}} + \left( 0 + j\omega C_P \right) \end{cases}$$

Nach Hinzufügen eines R, L oder C in Serienschaltung gilt:

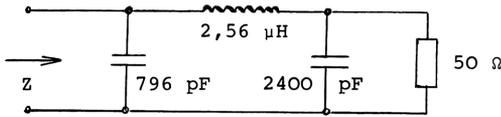
$$Y_{\text{neu}} = \begin{cases} \left( \frac{1}{Y_{\text{ein}}} + (R_S + j0) \right)^{-1} \\ \left( \frac{1}{Y_{\text{ein}}} + (0 + j\omega L_S) \right)^{-1} \\ \left( \frac{1}{Y_{\text{ein}}} + \left( 0 - j\frac{1}{\omega C_S} \right) \right)^{-1} \end{cases}$$

Vor Anzeige des jeweiligen Resultates wird der Leitwert in eine Impedanz umgerechnet.

Anmerkung: Ein versehentlich falsch eingegebener Wert ist mit negativen Vorzeichen erneut einzugeben; damit ist der Fehler behoben.

Beispiele:

1.  $f = 4 \text{ MHz}$

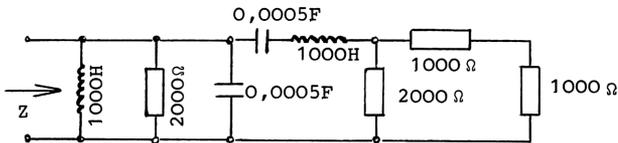


Eingabedaten

$Z_{\text{ein}}$

$R_p = 50$	50.00 $\angle$ 0.00°
$C_p = 2400 \cdot 10^{-12}$	15.74 $\angle$ -71.66°
$L_s = 2.56 \cdot 10^{-6}$	49.65 $\angle$ 84.28°
$C_p = 796 \cdot 10^{-12}$	497.69 $\angle$ 0.98° $\cong$ 500 $\angle$ 0°

2.  $f = (2\pi)^{-1} \text{ Hz}$



Eingabedaten

$Z_{\text{ein}}$

$R_p = 1000$	1000 $\angle$ 0°
$R_s = 1000$	2000 $\angle$ 0°
$R_p = 2000$	1000 $\angle$ 0°
$L_s = 1000$	1414 $\angle$ 45°
$C_s = 0.0005$	1414 $\angle$ -45°
$C_p = 0.0005$	894 $\angle$ -63°
$R_p = 2000$	707 $\angle$ -45°
$L_p = 100$	110 $\angle$ 84°

(versehentlich falsche Eingabe - siehe Anmerkung!)

$L_p = -100$	707 $\angle$ -45°
$L_p = 1000$	1000 $\angle$ 0°

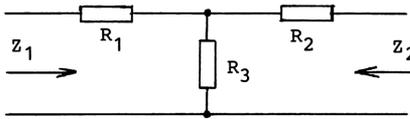
NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Programm starten		RTN	R/S	
3	Frequenz eingeben	$f, \text{ Hz}$	E	D	$2\pi f$
4	Ein Parallelement eingeben		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Parallelwiderstand	$R_p, \Omega$	A	<input type="text"/>	MAG [ $Z_{in}$ ]
	-Parallelinduktivität	$L_p, \text{ H}$	B	<input type="text"/>	MAG [ $Z_{in}$ ]
	-Parallelkapazität	$C_p, \text{ F}$	C	<input type="text"/>	MAG [ $Z_{in}$ ]
5	Ein weiteres Element eingeben		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Serienwiderstand	$R_s, \Omega$	E	A	MAG [ $Z_{in}$ ]
	oder -Serienkapazität	$C_s, \text{ F}$	E	B	MAG [ $Z_{in}$ ]
	oder -Serieninduktivität	$L_s, \text{ H}$	E	C	MAG [ $Z_{in}$ ]
	oder -Parallelwiderstand	$R_p, \Omega$	A	<input type="text"/>	MAG [ $Z_{in}$ ]
	oder -Parallelinduktivität	$L_p, \text{ H}$	B	<input type="text"/>	MAG [ $Z_{in}$ ]
	oder -Parallelkapazität	$C_p, \text{ F}$	C	<input type="text"/>	MAG [ $Z_{in}$ ]
6	Berechnung der Phase von $Z_{in}$ (auf Wunsch)		D	<input type="text"/>	ANG [ $Z_{in}$ ]
7	Gehen Sie nach 5 und geben Sie ein weiteres Element ein		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
8	Für eine neue Rechnung, gehen Sie nach 2		<input type="text"/>	<input type="text"/>	



## T-DÄMPFUNGSGLIED



Das T-Dämpfungsglied kann zur Anpassung zwischen zwei Impedanzen  $Z_1$  und  $Z_2$  verwendet werden. Das Programm berechnet die minimale Dämpfung des Gliedes und Werte für  $R_1$ ,  $R_2$  und  $R_3$ , woraus sich T-Glieder mit jeder gewünschten Dämpfung ergeben.



Die minimale Dämpfung in Dezibel (dB) ist wie folgt gegeben:

$$\text{Minimale Dämpfung} = 10 \log \left( \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} + \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2} - 1} \right)^2$$

wobei

$$Z_1 \geq Z_2$$

Wenn  $N$  die als Verhältnis angegebene gewünschte Dämpfung des T-Gliedes ist (Dämpfung in dB =  $10 \log N$ ), so gilt für die Widerstände  $R_1$  bis  $R_3$  :

$$R_1 = Z_1 \left( \frac{N+1}{N-1} \right) - R_3$$

$$R_2 = Z_2 \left( \frac{N+1}{N-1} \right) - R_3$$

$$R_3 = \frac{2\sqrt{NZ_1Z_2}}{N-1}$$

Anmerkung:

$R_2$  wird negativ, wenn die gewünschte Dämpfung kleiner ist als die minimale Dämpfung.

Beispiele:

$$1. \quad Z_1 = 75\Omega \quad , \quad Z_2 = 50\Omega \quad , \quad \text{Dämpfung} = 6 \text{ dB}$$

Berechnet wird: Minimale Dämpfung = 5.72 dB (5.7195<sub>10</sub>0)

$$R_1 = 43.34 \Omega \quad (4.334_{10}1)$$

$$R_2 = 1.57 \Omega \quad (1.5715_{10}0)$$

$$R_3 = 81.97 \Omega \quad (8.1973_{10}1)$$

$$2. \quad Z_1 = 50\Omega \quad , \quad Z_2 = 50\Omega \quad , \quad \text{Dämpfung} = 10 \text{ dB}$$

Berechnet wird: Minimale Dämpfung = 0 dB

$$R_1 = 25.97 \Omega \quad (2.5975_{10}1)$$

$$R_2 = 25.97 \Omega \quad (2.5975_{10}1)$$

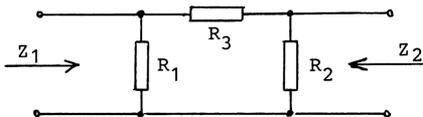
$$R_3 = 35.14 \Omega \quad (3.5136_{10}1)$$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN	ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/> <input type="text"/>	
2	Programm starten		RTN    R/S	
3	Eingabewerte		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	-Quellenimpedanz	$Z_1, \Omega$	E    A	
	-Abschlussimpedanz	$Z_2, \Omega$	A <input type="text"/>	
	-gewünschte Dämpfung	Dämpf., dB	B <input type="text"/>	minimale Dämpfung, dB
	Falls Min.Dämpfung > gewünschte Dämpfung, geben Sie neuen Wert für gewünschte Dämpfung ein		<input type="text"/> <input type="text"/>	
4	Ergebnisse		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	- $R_1$		E    C	$R_1, \Omega$
	- $R_2$		C <input type="text"/>	$R_2, \Omega$
	- $R_3$		D <input type="text"/>	$R_3, \Omega$
5	Rückruf der Eingabedaten (auf Wunsch)		<input type="text"/> <input type="text"/>	
			RCL    1	$Z_1, \Omega$
			RCL    2	$Z_2, \Omega$
6	Ändern Sie die Ausgangsdaten für eine neue		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	Rechnung in Schritt 3		<input type="text"/> <input type="text"/>	

## PI-DÄMPFUNGSGLIED



Das Pi-Dämpfungsglied kann zur Anpassung zwischen zwei Impedanzen  $Z_1$  und  $Z_2$  verwendet werden. Das Programm berechnet die minimale Dämpfung des Gliedes und Werte für die Widerstände  $R_1$ ,  $R_2$  und  $R_3$ , woraus sich Pi-Glieder mit jeder gewünschten Dämpfung ergeben.



Die minimale Dämpfung in Dezibel (dB) ist wie folgt gegeben:

$$\text{Minimale Dämpfung} = 10 \log \left( \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} + \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2} - 1} \right)^2$$

wobei  $Z_1 \geq Z_2$

Wenn  $N$  die als Verhältnis angegebene gewünschte Dämpfung des Pi-Gliedes ist (Dämpfung in dB =  $10 \log N$ ), so gilt für die Widerstände  $R_1$  bis  $R_3$  :

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_1} &= \frac{1}{Z_1} \left( \frac{N+1}{N-1} \right) - \frac{1}{R_3} \\ \frac{1}{R_2} &= \frac{1}{Z_2} \left( \frac{N+1}{N-1} \right) - \frac{1}{R_3} \\ R_3 &= \frac{1}{2} (N-1) \sqrt{\frac{Z_1 Z_2}{N}} \end{aligned}$$

### Beispiele:

- $Z_1 = 75 \Omega$ ,  $Z_2 = 50 \Omega$ , Dämpfung = 6 dB  
Berechnet wird: Minimale Dämpfung = 5.72 dB  
(5.7195<sub>10</sub>0)

$$\begin{aligned} R_1 &= 2386.20 \Omega \quad (2.3862_{10}3) \\ R_2 &= 86.52 \Omega \quad (8.6517_{10}1) \\ R_3 &= 45.75 \Omega \quad (4.5747_{10}1) \end{aligned}$$

$$2. \quad Z_1 = 50 \Omega, \quad Z_2 = 50 \Omega, \quad \text{Dämpfung} = 10 \text{ dB}$$

Berechnet wird: Minimale Dämpfung = 0 dB

$$R_1 = 96.25 \Omega \quad (9.6248_{10} 1)$$

$$R_2 = 96.25 \Omega \quad (9.6248_{10} 1)$$

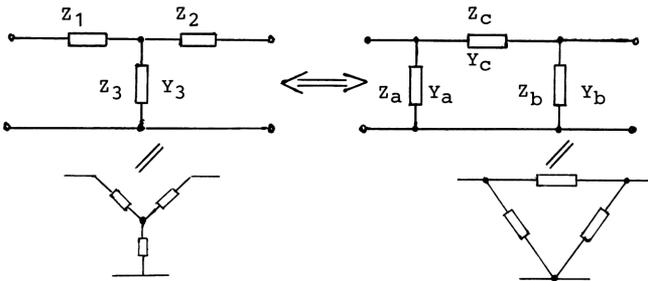
$$R_3 = 71.15 \Omega \quad (7.1151_{10} 1)$$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Programm starten		RTN	R/S	
3	Eingabe der Ausgangswerte		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Quellenimpedanz	$Z_1, \Omega$	E	A	
	-Abschlußimpedanz	$Z_2, \Omega$	A	<input type="text"/>	
	-Gewünschte Dämpfung	Dämpf., dB	B	<input type="text"/>	Min. Dämpf. dB
	Falls Min. Dämpfung > gewünschte Dämpfung, geben		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	Sie neuen Wert für gewünschte Dämpfung ein]		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
4	Ergebnisse		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	- $R_1$		E	C	$R_1, \Omega$
	- $R_2$		C	<input type="text"/>	$R_2, \Omega$
	- $R_3$		D	<input type="text"/>	$R_3, \Omega$
5	Rückruf der Eingabewerte (auf Wunsch)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			RCL	1	$Z_1, \Omega$
			RCL	2	$Z_2, \Omega$
6	Ändern Sie für eine neue Rechnung die Ausgangswerte in Schritt 3		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			<input type="text"/>	<input type="text"/>	

## STERN-DREIECK- UND DREIECK-STERN-TRANSFORMATION



Dieses Programm berechnet die Parameter bei der Umwandlung eines Netzwerkes von Sternform (T-Glied) in die Dreiecksform (Pi-Glied) oder umgekehrt (T Pi, Pi T). Die einzugebenden Werte sind Impedanzen; sie werden vom Programm in Leitwerte umgewandelt, bevor die Transformation ausgeführt wird.



$$Z_1 = \frac{Z_a Z_c}{Z_a + Z_b + Z_c}$$

$$Z_2 = \frac{Z_b Z_c}{Z_a + Z_b + Z_c}$$

$$Z_3 = \frac{Z_a Z_b}{Z_a + Z_b + Z_c}$$

$$Z_c = \left( \frac{Y_1 Y_2}{Y_1 + Y_2 + Y_3} \right)^{-1}$$

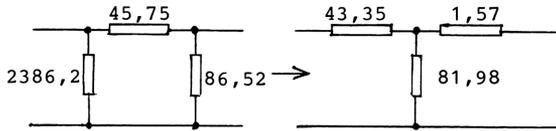
$$Z_a = \left( \frac{Y_1 Y_3}{Y_1 + Y_2 + Y_3} \right)^{-1}$$

$$Z_b = \left( \frac{Y_2 Y_3}{Y_1 + Y_2 + Y_3} \right)^{-1}$$

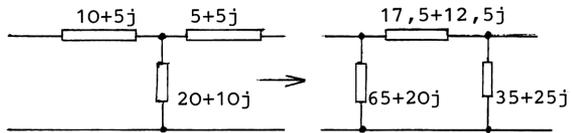
- Anmerkungen:
1. Es ist unbedingt erforderlich, die Bezeichnung der Komponenten zu beachten.
  2. Wenn Z reell oder rein imaginär ist, d.h. ein ohmscher Widerstand oder eine reine Reaktanz, muß für X bzw. R eine Null eingetastet werden. Es genügt in diesem Fall nicht, wenn Sie einfach CLX drücken!

Beispiele:

1.



2.



NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN	ANZEIGE
1	Programmkarte 1 einlesen		<input type="text"/> <input type="text"/>	
2	Programm starten		RTN <input type="text"/> R/S <input type="text"/>	1
3	Impedanz eingeben		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	$\left. \begin{array}{l} R_a \\ X_a \end{array} \right\}$		A <input type="text"/> <input type="text"/>	1
			B <input type="text"/> <input type="text"/>	2
	$\Delta + Y \left. \begin{array}{l} R_b \\ X_b \end{array} \right\}$		A <input type="text"/> <input type="text"/>	2
			B <input type="text"/> <input type="text"/>	3
	$\pi + T \left. \begin{array}{l} R_c \\ X_c \end{array} \right\}$		A <input type="text"/> <input type="text"/>	3
			B <input type="text"/> <input type="text"/>	
	oder		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	$\left. \begin{array}{l} R_1 \\ X_1 \end{array} \right\}$		D <input type="text"/> <input type="text"/>	1
			E <input type="text"/> <input type="text"/>	2
	$Y \rightarrow \Delta \left. \begin{array}{l} R_2 \\ X_2 \end{array} \right\}$		D <input type="text"/> <input type="text"/>	2
			E <input type="text"/> <input type="text"/>	3
	$T \rightarrow \pi \left. \begin{array}{l} R_3 \\ X_3 \end{array} \right\}$		D <input type="text"/> <input type="text"/>	3
			E <input type="text"/> <input type="text"/>	
4	Programmkarte 2 einlesen		<input type="text"/> <input type="text"/>	

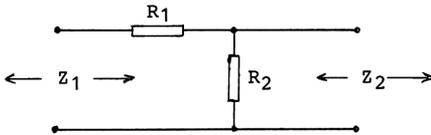
NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN	ANZEIGE
5	entsprechende Umformung wählen		<input type="text"/>	
	$\Delta \rightarrow Y$ bzw. $\pi \rightarrow T$		D	
	$Y \rightarrow \Delta$ bzw. $T \rightarrow \pi$		E	
	Impedanz berechnen		<input type="text"/>	$\pi \rightarrow T \quad T \rightarrow \pi$
			A	$R_1$ od. $R_a$
			B	$X_1$ od. $X_a$
			A	$R_2$ od. $R_b$
			B	$X_2$ od. $X_b$
			A	$R_3$ od. $R_c$
			B	$X_3$ od. $X_c$
7	Gehen Sie für eine neue		<input type="text"/>	
	Rechnung nach Schritt 1		<input type="text"/>	
			<input type="text"/>	



## MINIMALDÄMPFUNGS-ANPASSUNG ÜBER SPANNUNGSTEILER



Das Programm berechnet die Werte der Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  für eine Anpassung zwischen den beiden Impedanzen  $Z_1$  und  $Z_2$  ( $Z_1 > Z_2$ ). Außerdem wird die Dämpfung des Anpassungsgliedes berechnet.



$$R_1 = Z_1 \sqrt{1 - \frac{Z_2}{Z_1}}$$

$$R_2 = \frac{Z_2}{\sqrt{1 - \frac{Z_2}{Z_1}}}$$

$$\text{Dämpfung} = 20 \log \left[ \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} + \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2} - 1} \right]$$

Beispiel:

$$Z_1 = 1200\Omega$$

$$Z_2 = 500\Omega$$

Berechnet wird:  $R_1 = 916.52\Omega$

$$R_2 = 654.65\Omega$$

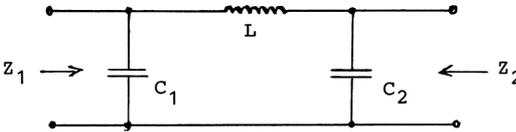
$$\text{Dämpfung} = 8.73 \text{ dB}$$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Werte eingeben		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	Eingangsimpedanz	$Z_1, \Omega$	A	<input type="text"/>	
	Ausgangsimpedanz	$Z_2, \Omega$	B	<input type="text"/>	
3	Ergebnisse		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	Serienwiderstand		C	<input type="text"/>	$R_1, \Omega$
	Parallelwiderstand		D	<input type="text"/>	$R_2, \Omega$
	Dämpfung		E	<input type="text"/>	Dämpfung, dB
4	Rückruf der Ausgangswerte		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			RCL	1	$Z_1, \Omega$
			RCL	2	$Z_2, \Omega$
5	Ändern Sie die Ausgangs-		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	werte für eine neue Rech-		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	nung in Schritt 2		<input type="text"/>	<input type="text"/>	

## IMPEDANZANPASSUNG MITTELS PI-GLIED



Zur Anpassung zwischen zwei ohmschen Impedanzen  $Z_1$  und  $Z_2$  wird häufig ein verlustloses Anpassungsglied folgender Art verwendet



Das Programm berechnet die Werte für  $C_1$ ,  $C_2$  und  $L$  bei gegebenen Werten für  $Z_1$  und  $Z_2$  ( $Z_1 > Z_2$ ), der Frequenz  $f$  und der gewünschten Kreisgüte  $Q$ . Dabei werden die folgenden Formeln benutzt:

$$X_C = \frac{Z_1}{Q}$$

$$C_1 = \frac{1}{2\pi f X_{C1}}$$

$$X_{C2} = \frac{Z_2}{\left[ \frac{Z_2}{Z_1} (Q^2 + 1) - 1 \right]^{1/2}}$$

$$C_2 = \frac{1}{2\pi f X_{C2}}$$

$$X_L = \frac{Q Z_1}{Q^2 + 1} \left[ 1 + \frac{Z_2}{Q X_{C2}} \right]$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f}$$

### Anmerkung:

$Z_1$ ,  $Z_2$  und  $Q$  sind so zu wählen, daß

$$\left( \frac{Z_2}{Z_1} \right) \cdot (Q^2 + 1) > 1$$

### Beispiele:

- $Z_1 = 500\Omega$ ,  $Z_2 = 50\Omega$ ,  $Q = 10$ ,  $f = 4 \text{ MHz}$

Berechnet wird:

$$C_1 \cong 796 \text{ pF} \quad (7.9577_{10} - 10)$$

$$C_2 \cong 2400 \text{ pF} \quad (2.4006_{10} - 9)$$

$$L \cong 2.56 \text{ } \mu\text{H} \quad (2.5639_{10} - 6)$$

$$2. \quad Z_1 = 75\Omega, \quad Z_2 = 50\Omega, \quad Q = 4, \quad f = 100 \text{ MHz}$$

Berechnet wird:

$$C_1 \cong 84.9 \text{ pF} \quad (8.4883_{10^{-11}})$$

$$C_2 \cong 102.3 \text{ pF} \quad (1.0232_{10^{-10}})$$

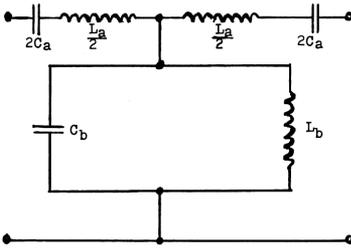
$$L \cong 50.7 \text{ } \mu\text{H} \quad (5.0657_{10^{-8}})$$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Programm starten		RTN	R/S	0.0000 <sub>10<sup>0</sup></sub>
3	Werte eingeben		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	Eingangsimpedanz	$Z_1, \Omega$	E	A	
	Ausgangsimpedanz	$Z_2, \Omega$	A	<input type="text"/>	
	Frequenz	$f, \text{ Hz}$	E	B	
	Gütefaktor	Q	B	<input type="text"/>	
4	Ergebnisse		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	Eingangskapazität		E	C	$C_1, \text{ F}$
	Ausgangskapazität		C	<input type="text"/>	$C_2, \text{ F}$
	Induktivität		D	<input type="text"/>	L, H
5	Rückruf Ausgangswerte (auf Wunsch)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			RCL	1	$Z_1, \Omega$
			RCL	2	$Z_2, \Omega$
			RCL	3	f, Hz
			RCL	4	Q
6	Für eine neue Rechnung gehen Sie nach Schritt 3		<input type="text"/>	<input type="text"/>	

## BANDFILTERENTWURF



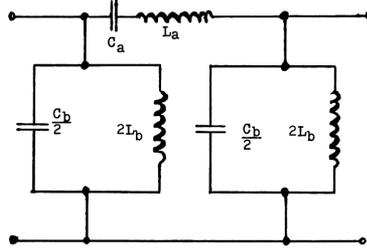
Das Programm berechnet die Werte der idealen Komponenten der nachstehenden Filterschaltungen bei gegebener Bildimpedanz und dem gewünschten Bandpaß. Darüber hinaus berechnet das Programm das Frequenzverhalten des idealen oder eines vorgegebenen Filters.



$$C_a = \frac{f_2 - f_1}{4 \pi f_1 f_2 R}$$

$$L_a = \frac{R}{\pi(f_2 - f_1)}$$

$$\frac{X_a}{4X_b} = \frac{(\omega^2 C_a L_a - 1)(1 - \omega^2 C_b L_b)}{4 \omega^2 C_a L_b}$$



$$C_b = \frac{1}{\pi(f_2 - f_1)R}$$

$$L_b = \frac{R(f_2 - f_1)}{4 \pi f_1 f_2}$$

wobei:

- $f$  = Frequenz in Hertz (Hz)
- $\omega = 2 \pi f$  = Kreisfrequenz
- $f_1$  = untere Grenzfrequenz
- $f_2$  = obere Grenzfrequenz
- $f_L$  = untere Frequenzgrenze für die Darstellung des Frequenzverhaltens (Plotten der Frequenz)
- $f_U$  = obere Frequenzgrenze für das Plotten
- $\Delta f$  = Schrittweite für das Plotten
- $R$  = Ein- und Ausgangsimpedanz in Ohm
- $C$  = Kapazität in Farad
- $L$  = Induktivität (Selbstinduktion) in Henry

Wenn A die Dämpfung in dB bedeutet, dann gilt:

$$\text{für } 0 < \frac{X_a}{4X_b} \quad : \quad A = \log e \left( \sinh^{-1} \sqrt{\frac{X_a}{4X_b}} \right)$$

$$\text{für } -1 < \frac{X_a}{4X_b} < 0 \quad : \quad A = 0$$

$$\text{für } \frac{X_a}{4X_b} < -1 \quad : \quad A = 40 \log e \left( \cosh^{-1} \sqrt{-\frac{X_a}{4X_b}} \right)$$

Anmerkung: Das Frequenzverhalten (Plotten der Frequenz) kann logarithmisch dargestellt werden, wenn Sie das Programm 2 wie folgt ändern:

Drücken Sie **GTO** **2**

Schalten Sie in Stellung W/PRGM

Drück Sie **SST** **G** **DEL** **X**

(Zeichnen Sie das geänderte Programm auf der Gegen-  
spur der Karte 2 auf)

Schalten Sie in Stellung RUN.

Beispiele:

$$1. \quad f_1 = 300, \quad f_2 = 3000, \quad R = 50$$

Berechnet wird:

$$C_a = 4.775 \mu\text{F} \quad (4.775 \cdot 10^{-6})$$

$$C_b = 2.358 \mu\text{F} \quad (2.358 \cdot 10^{-6})$$

$$L_a = 5.895 \text{ mH} \quad (5.895 \cdot 10^{-3})$$

$$L_b = 11.94 \text{ mH} \quad (1.194 \cdot 10^{-2})$$

Eingabewerte für die Darstellung des Frequenzverhaltens:

$$f_L = 100, \quad f_U = 3600, \quad \Delta f = 500$$

f	A, dB
100	32.35
600	0.00
1100	0.00
1600	0.00
2100	0.00
2600	0.00
3100	4.93
3600	11.82

2. Gleiche Aufgabe - jetzt werden Näherungswerte eingegeben und das Frequenzverhalten logarithmisch dargestellt ( $\Delta f = \sqrt{10}$ )

$$C_a = 5 \mu\text{F}$$

$$C_b = 2.5 \mu\text{F}$$

$$L_a = 6 \text{ mH}$$

$$L_b = 12 \text{ mH}$$

f	A, dB
10.00	72.50
31.62	52.45
100.00	31.87
316.23	0.00
1000.00	0.00
3162.28	8.22
10 000.00	35.00
31 622.78	55.40
100 000.00	75.44

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programmkarte -1- einlesen				
2	Programm starten		RTN	R/S	
3	Werte eingeben				
	-untere Grenzfrequenz	$f_1$ , Hz	E	A	
	-obere Grenzfrequenz	$f_2$ , Hz	A		
	-Bildimpedanz	$R, \Omega$	E	B	
	Berechnung		B		0.00
4	Ergebnisse (beliebige Reihenfolge)				
			E	C	$C_a, F$
			C		$C_b, F$
			E	D	$L_a, H$
			D		$L_b, H$
5	Für neue Rechnung gehen Sie nach Schritt 3				
6	Vorbereitung zum Plotten				
	-untere Frequenzgrenze	$f_2$ , Hz	E	A	
	-obere Frequenzgrenze	$f_U$ , Hz	A		
	-Schrittweite	$\Delta f$ , Hz	E	B	
7	Geben Sie die tatsäch- lichen Komponentenwerte ein (auf Wunsch)				
	-gerundetes $C_a$	$C_a, F$	STO	4	
	-gerundetes $C_b$	$C_b, F$	STO	5	
	-gerundetes $L_a$	$L_a, H$	STO	6	
	-gerundetes $L_b$	$L_b, H$	STO	7	
8	Programmkarte -2- einle- sen				

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
9	Ergebnisse		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Frequenz		A	<input type="text"/>	f, Hz
	-Dämpfung		B	<input type="text"/>	A, dB
10	Wiederholen Sie Schritt 9, bis blinkende Nullen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	anzeigen, daß der gesamte Frequenzbereich durch-		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	laufen ist.		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
11	Gehen Sie nach Schritt 1		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	oder weiter nach Schritt 12		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
12	Geben Sie gewünschte Frequenz ein		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
		f, Hz	STO	1	
13	Ergebnis		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Dämpfung		B	<input type="text"/>	A, dB
14	Gehen Sie für eine neue		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	Rechnung zurück nach		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	Schritt 1		<input type="text"/>	<input type="text"/>	

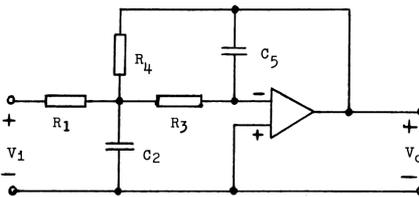


## AKTIVES FILTER – TIEFPASS



Die Übertragungsfunktion des aktiven Filters nach unten stehender Zeichnung lautet wie folgt:

$$\frac{V_o}{V_i}(s) = - \frac{1}{R_1 R_3 C_2 C_5} \frac{1}{s^2 + \frac{s}{C_2} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) + \frac{1}{R_3 R_4 C_2 C_5}}$$



Bei gegebenem

- $G = V_o/V_i$  gewünschte Verstärkung bei niedriger Frequenz
- $f_c$  = Grenzfrequenz in Hertz
- $\alpha$  = Gegenkopplungsfaktor
- $C$  = ein Wert für  $C_5$  in Farad

berechnet das Programm Werte für  $R_1$ ,  $C_2$ ,  $R_3$  und  $R_4$  entsprechend den nachstehenden Formeln.

$$R_4 = \frac{\alpha}{4\pi f_c C} \quad R_1 = R_4/G \quad R_3 = \frac{R_4}{G+1} \quad C_2 = \frac{G+1}{R_4 \alpha \pi f_c}$$

Anmerkung: Wenn  $\alpha$  nicht angegeben wird, wird  $\alpha = 2$  verwendet. Damit ergeben sich die entsprechenden Werte der Komponenten eines Butterworth-Filter.

Beispiele: 1.  $f_c = 100$  Hz,  $G = 10$ ,  $\alpha = \sqrt{2}$  (Ersatzwert),  $C = 0.1 \mu\text{F}$   
Berechnet wird:

$$R_1 = 1125.40 \Omega$$

$$R_3 = 1023.09 \Omega$$

$$C_2 = 2.20 \mu\text{F} \quad (2.200000 \cdot 10^{-6})$$

$$R_4 = 11.254 \text{ k}\Omega \quad (11253.95)$$

$$2. f_c = 10 \text{ Hz}, G = 10, \alpha = 1, C = 10 \mu\text{F}$$

Berechnet wird:

$$R_1 = 79.58 \Omega$$

$$R_3 = 72.34 \Omega$$

$$C_2 = 440 \mu\text{F} \quad (4.400000_{10}^{-4})$$

$$R_4 = 795.77 \Omega$$

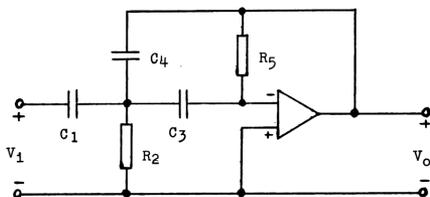
NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Programm starten		RTN	R/S	
3	Werte eintasten (beliebige Reihenfolge)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Grenzfrequenz	$f_c, \text{ Hz}$	E	A	
	-Verstärkung	G	A	<input type="text"/>	
	-Gegenkopplungsfaktor	$\alpha$	E	B	
	-Kapazität $C_5$	$C_5, \text{ F}$	B	<input type="text"/>	
4	Ergebnisse (beliebige Reihenfolge)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			E	C	$R_1, \Omega$
			C	<input type="text"/>	$R_3, \Omega$
			E	D	$C_2, \text{ F}$
			D	<input type="text"/>	$R_4, \Omega$
5	Rückruf der Eingabewerte (auf Wunsch)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Grenzfrequenz		RCL	1	$f_c, \text{ Hz}$
	-Verstärkung		RCL	2	G
	-Gegenkopplungsfaktor		RCL	3	$\alpha$
	-Kapazität $C_5$		RCL	4	$C_5, \text{ F}$
#	$\alpha = \sqrt{2}$ , falls kein Wert		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	einggegeben wird		<input type="text"/>	<input type="text"/>	

## AKTIVES FILTER – HOCHPASS



Die Übertragungsfunktion des nachstehenden Hochpass-Filters lautet wie folgt:

$$\frac{V_o}{V_i}(s) = -\frac{C_1}{C_4} \frac{s^2}{s^2 + \frac{s}{R_5} \left( \frac{C_1}{C_3 C_4} + \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_3} \right) + \frac{1}{R_2 R_5 C_3 C_4}}$$



Bei gegebenen Werten für:

$G = |V_o/V_i|$  = gewünschte Verstärkung für hohe Frequenzen

$f_c$  = die gewünschte Grenzfrequenz

$\alpha$  = Gegenkopplungsfaktor ( $\alpha = 2\zeta$ , wobei  $\zeta$  = Dämpfungsfaktor)

$C$  = ein Wert für  $C_1$  und  $C_3$  in Farad (F)

berechnet das Programm Werte für  $R_2$ ,  $R_5$  und  $C_4$ , indem es die nachfolgenden Gleichungen löst.

$$R_2 = \frac{\alpha}{2\pi f_c C \left(2 + \frac{1}{G}\right)}, \quad R_5 = \frac{2 G + 1}{\alpha 2\pi f_c C}, \quad C_4 = \frac{C}{G}$$

Anmerkung: Ist  $\alpha$  nicht angegeben, wird  $\alpha = \sqrt{2}$  gesetzt. Damit ergeben sich die entsprechenden Werte der Komponenten eines Butterworth-Filter.

Beispiele: 1.  $f_c = 0.1$  Hz,  $G = 1$ ,  $\alpha = \sqrt{2}$  (Ersatzwert),  
 $C = 10 \mu\text{F}$

Berechnet wird:

$$R_2 = 75026.36 \Omega$$

$$R_5 = 337618.62 \Omega$$

$$C_4 = 10 \mu\text{F} \quad (1.000000 \cdot 10^{-5})$$

$$2. f_c = 10 \text{ Hz}, \quad G = 10, \quad \alpha = 1, \quad C = 1 \mu\text{F}$$

Berechnet wird:

$$R_2 = 7578.81 \Omega$$

$$R_5 = 334225.38 \Omega$$

$$C_4 = 0.1 \mu\text{F} \quad (1.000000 \cdot 10^{-7})$$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Programm starten		RTN	R/S	
3	Werte eintasten (beliebige Reihenfolge)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Grenzfrequenz	$f_c$ , Hz	E	A	
	-Verstärkung	G	A	<input type="text"/>	
	-Gegenkopplungsfaktor	$\alpha^*$	E	B	
	-Kapazität $C_1, C_3$	C, F	B	<input type="text"/>	
4	Ergebnisse		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Widerstand $R_2$		E	C	$R_2, \Omega$
	-Widerstand $R_5$		C	<input type="text"/>	$R_5, \Omega$
	-Kapazität $C_4$		D	<input type="text"/>	$C_4, \text{F}$
5	Rückruf der Eingabewerte (auf Wunsch)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Grenzfrequenz		RCL	1	$f_c$ , Hz
	-Verstärkung		RCL	2	G
	-Gegenkopplungsfaktor		RCL	3	$\alpha$
	-Kapazität von $C_1, C_3$		RCL	4	C, F
6	Für eine neue Rechnung gehe nach 2		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
*	$\alpha = \sqrt{2}$ falls kein Wert eingegeben wird.		<input type="text"/>	<input type="text"/>	

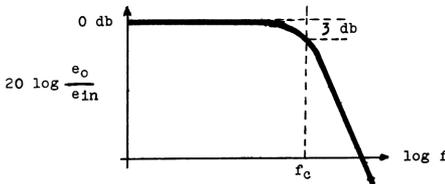
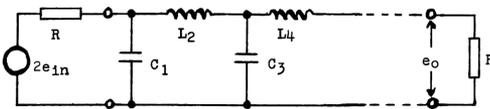
## 'BUTTERWORTH' – FILTER



Dieses Programm berechnet die Werte der Komponente eines Butterworth-Filters (Tiefpass) zwischen gleichen Abschlüssen bei gegebener Filterordnung, Abschlusswiderständen in Ohm und Grenzfrequenz in Hertz.

$$C_i = \frac{1}{\pi f_c R} \sin \frac{(2i-1) \pi}{2n} \quad , \quad i = 1, 3, 5, \dots$$

$$L_i = \frac{R}{\pi f_c} \sin \frac{(2i-1) \pi}{2n} \quad , \quad i = 2, 4, 6, \dots$$



### Beispiel:

$n = 6$   
 $R = 50 \Omega$   
 $f_c = 10 \text{ MHz}$

Berechnet wird:

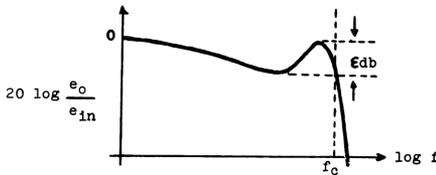
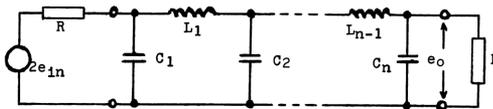
$C_1 = 164.8 \text{ pF} \quad (1.6477 \cdot 10^{-10})$   
 $L_2 = 1.13 \text{ } \mu\text{H} \quad (1.1254 \cdot 10^{-6})$   
 $C_3 = 614.9 \text{ pF} \quad (6.1493 \cdot 10^{-10})$   
 $L_4 = 1.54 \text{ } \mu\text{H} \quad (1.5373 \cdot 10^{-6})$   
 $C_5 = 450.2 \text{ pF} \quad (4.5016 \cdot 10^{-10})$   
 $L_6 = .412 \text{ } \mu\text{H} \quad (4.1192 \cdot 10^{-7})$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Filterparameter eintasten		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Filterordnung	n	A	<input type="text"/>	
	-Abschlußwiderstand	R, $\Omega$	B	<input type="text"/>	
	-Grenzfrequenz	$f_c$ , Hz	C	<input type="text"/>	
3	Anzeige der Komponentenwerte		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Position des C-Wertes		D	<input type="text"/>	<sup>i</sup> (ungerade)
	-Kapazität		R/S	<input type="text"/>	$C_i$ , F
	-Position des L-Wertes		E	<input type="text"/>	<sup>i</sup> (gerade)
	-Induktivität		R/S	<input type="text"/>	$L_i$ , H
4	Schritt 3 wiederholen, bis		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	blinkende Nullen anzeigen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	daß alle Werte berechnet		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	worden sind		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
5	Für eine neue Rechnung,		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	gehe nach 2		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			<input type="text"/>	<input type="text"/>	

## TSCHEBYSCHJEFF – FILTER



Dieses Programm berechnet die Werte der Komponenten eines Tschebyscheff-Tiefpass-Filters zwischen gleichen Abschlüssen bei gegebener Filterordnung, Abschlusswiderständen in Ohm, Grenzfrequenz in Hertz und zulässiger Welligkeit (Schwankung der Durchlassdämpfung) in dB.



Die Kapazitäten und Induktivitäten sind gegeben durch:

$$C_i = \frac{G_i}{2\pi f_c R}, \quad i=1,3,5,\dots,n \quad L_i = \frac{R G_i}{2\pi f_c}, \quad i=2,4,6,\dots,n-1$$

wobei

$$G_1 = \frac{2a_1}{\gamma}, \quad G_i = \frac{4a_{i-1} a_i}{b_{i-1} G_{i-1}}, \quad i=2,3,4,\dots,n$$

$$\gamma = \sinh \left[ \frac{\ln(\coth \frac{\epsilon}{40 \log e})}{2n} \right], \quad a_i = \sin \frac{(2i-1)\pi}{2n}, \quad i=1,2,3,\dots,n$$

$$b_i = \gamma + \sin^2 \left( \frac{i\pi}{n} \right), \quad i=1,2,3,\dots,n-1$$

Beispiel:

$$n = 7$$

$$R = 50 \Omega$$

$$f_C = 3.2 \text{ MHz}$$

$$\epsilon = 0.1 \text{ dB}$$

Berechnet wird:

$$C_1 = 1175 \text{ pF} \quad (1.175 \cdot 10^{-9})$$

$$C_3 = 2086 \text{ pF} \quad (2.086 \cdot 10^{-9})$$

$$C_5 = 2086 \text{ pF} \quad (2.086 \cdot 10^{-9})$$

$$C_7 = 1175 \text{ pF} \quad (1.175 \cdot 10^{-9})$$

$$L_2 = 3.538 \text{ } \mu\text{H} \quad (3.538 \cdot 10^{-6})$$

$$L_4 = 3.913 \text{ } \mu\text{H} \quad (3.913 \cdot 10^{-6})$$

$$L_6 = 3.538 \text{ } \mu\text{H} \quad (3.538 \cdot 10^{-6})$$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN	ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	Werte eintasten (beliebige Reihenfolge)		<input type="text"/>	<input type="text"/>
	-Filterordnung	n	A	<input type="text"/>
	-Abschlußwiderstand	R, $\Omega$	B	<input type="text"/>
	-Grenzfrequenz	$f_C$ , Hz	C	<input type="text"/>
	-Welligkeit	$\epsilon$ , dB	D	<input type="text"/>
3	Berechnung starten		E	<input type="text"/>
4	Programm -2- einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>
5	Ergebnisse		<input type="text"/>	<input type="text"/>
	-Zähler		A	<input type="text"/>
	-Komponentenwert		B	<input type="text"/>
6	Schritt 5 wiederholen bis blinkende Nullen anzeigen, daß alle Resultate berech- net worden sind		<input type="text"/>	<input type="text"/>
7	Für eine neue Rechnung, gehe nach 1		<input type="text"/>	<input type="text"/>
			<input type="text"/>	<input type="text"/>
			<input type="text"/>	<input type="text"/>

## KAPAZITÄT PLANPARALLELER PLATTEN



Die Kapazität paralleler Platten und dünner Streifen ist näherungsweise

$$C = 0.0885419 \frac{\epsilon_r L W}{d} [1 + P]$$

wobei

$$P = \begin{cases} 0; & 100 W > L \\ \frac{d}{\pi W} \left( 1 + \ln \frac{2\pi W}{d} \right); & L \geq 100 W \end{cases}$$

$\epsilon_r$  = relative Permittivität des Mediums zwischen den Platten

$d$  = Abstand zwischen den Platten in cm oder Zoll

$L$  = Länge der Platten in cm oder Zoll

$W$  = Breite der Platten in cm oder Zoll

$C$  = Kapazität in pF (Pifofarad)

Die angegebene Formel ist nur dann richtig, wenn  $L \gg d$  und  $W \gg d$  gilt. Aber auch bei einem Verhältnis  $W/d = 2$  beträgt der Fehler erst -4% (Terman, Radio Engineers Handbook, 1943, Sec.2, Par. 31).

### Beispiele:

1.  $\epsilon_r = 1, \quad d = 0.01 \text{ cm}, \quad L = 10 \text{ cm}, \quad W = 1 \text{ cm}$   
 $C = 88.5 \text{ pF} (8.854_{10}^1)$

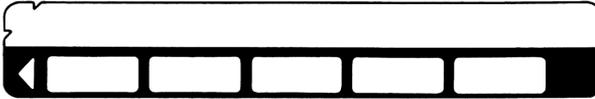
2.  $\epsilon_r = 1, \quad d = 0.01 \text{ cm}, \quad L = 99 \text{ cm}, \quad W = 1 \text{ cm}$   
 $C = 877 \text{ pF} (8.766_{10}^2)$

3.  $\epsilon_r = 1$ ,  $d = 0.01 \text{ cm}$ ,  $L = 101 \text{ cm}$ ,  $W = 1 \text{ cm}$   
 $C = 915 \text{ pF } (9.155_{10^2})$

4.  $\epsilon_r = 1$ ,  $d = 0.01 \text{ cm}$ ,  $L = 60 \text{ Zoll } (-60 \text{ eingeben!})$   
 $W = .5 \text{ Zoll } (-.5 \text{ eingeben!})$ ,  
 $C = 1747 \text{ pF } (1.747_{10^3})$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Programm starten		RTN	R/S	-2.540
3	Werte eintasten		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-relative Permittivität	$\epsilon_r$	A	<input type="text"/>	
	-Plattenabstand	$d$ , $\text{cm}^*$ oder Zoll	B	<input type="text"/>	$d$ , cm
	-Länge	$L$ , $\text{cm}^*$ oder Zoll	C	<input type="text"/>	$L$ , cm
	-Breite	$W$ , $\text{cm}^*$ oder Zoll	D	<input type="text"/>	$W$ , cm
4	Ergebnisse		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Kapazität		E	<input type="text"/>	$C$ , pF
	-Kapazität bei P=0		RCL	5	$C$ , pF
5	Rückruf der Eingabewerte (auf Wunsch)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-relative Permittivität		RCL	1	$\epsilon_r$
	-Plattenabstand		RCL	2	$d$ , cm
	-Länge		RCL	3	$L$ , cm
	-Breite		RCL	4	$W$ , cm
6	Für neue Rechnung Eingabewerte in Schritt 3 ändern		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
*	Zoll-Werte negativ eintasten!		<input type="text"/>	<input type="text"/>	

## SELBSTINDUKTION EINES GERADEN RUNDEN DRAHTES



Dieses Programm berechnet die Selbstinduktion eines geraden runden Drahtes mit der Länge  $l$ , Durchmesser  $d$  und relativer Permeabilität  $\mu_r$ .

Die Induktivität für niedrige Frequenzen ist (nach Terman, Radio Engineers' Handbook, 1943, Sec.2,Par.8).

$$L_o = 0.002 l \left( \ln \frac{4l}{d} - 1 + \frac{\mu_r}{4} \right)$$

wobei

$L_o$  = Induktivität in  $\mu\text{H}$   
 $l$  = Länge in cm oder Zoll  
 $d$  = Durchmesser in cm oder Zoll  
 $\mu_r$  = relative Permeabilität

Die Hochfrequenz-Induktivität ist

$$L = 0.002 l \left( \ln \frac{4l}{d} - 1 \right)$$

### Anmerkung:

Wenn  $\mu_r$  nicht angegeben wird, verwendet das Programm  $\mu_r = 1$ .

### Beispiele:

- $d = 0.10 \text{ cm}$  ( $\hat{=}$ 18 AWG)\*  
 $l = 25 \text{ cm}$   
 $\mu_r = 1$  (Kupfer)

Berechnet wird:  $L_o = 0.31 \mu\text{H}$ ,  $L = 0.30 \mu\text{H}$

$$2. \quad d = 0.02535 \text{ Zoll (=22 AWG)}^*$$

$$l = 5 \text{ Zoll}$$

$$\mu_r = 1$$

$$\text{Berechnet wird: } L_O = 0.15 \text{ } \mu\text{H}, \quad L = 0.14 \text{ } \mu\text{H}$$

\* AWG = American Wire Gauge = amerikanisches Normmass für die Drahtstärke (siehe auch Programm EE 1-34 A).

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Programm starten		RTN	R/S	0.00
3	Werte eintasten		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Drahtdurchmesser	d, cm* oder Zoll	A	<input type="text"/>	d, cm
	-Drahtlänge	l, cm* oder Zoll	B	<input type="text"/>	l, cm
	-relative Permeabilität	$\mu_r$ **	C	<input type="text"/>	
4	Ergebnisse		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Induktivität		D	<input type="text"/>	$L_O$ , $\mu\text{H}$
	-Hochfrequenzinduktivität		E	<input type="text"/>	L, $\mu\text{H}$
5	Rückruf der Eingabewerte (auf Wunsch)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Drahtdurchmesser		RCL	1	d, cm
	-Drahtlänge		RCL	2	l, cm
	-relative Permeabilität		RCL	3	$\mu_r$
6	Für eine neue Rechnung gehe nach 3		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
*	Zollwerte negativ eintasten		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
**	Falls kein Wert eingegeben, $\mu_r = 1$		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			<input type="text"/>	<input type="text"/>	

## INDUKTIVITÄT EINER EINLAGIGEN DICHTGEWICKELTEN SPULE



Die Induktivität einer einlagigen Zylinderspule wird näherungsweise durch die Wheeler-Formel beschrieben:

$$L = \frac{N^2 R^2}{9R + 10 ND}$$

wobei

- L = Induktivität in  $\mu\text{H}$
- N = Anzahl der Windungen
- R = Innenradius der Spule in Zoll
- D = Windungsabstand in Zoll

Das Programm kann jeden dieser Parameter berechnen, solange die übrigen bekannt sind.

### Anmerkung:

Die Genauigkeit der angegebenen Formel ist besser oder gleich 1%, solange  $2R/(ND) > 3$  gilt (Radiotron Designer's Handbook, 1954, p. 432).

### Beispiele:

1.    L = 3.5  $\mu\text{H}$   
       R = 0.25 Zoll  
       D = 0.034 Zoll  
       Berechnet wird: N = 24.24 Windungen
  
2.    R = 1 Zoll  
       D = 0.086 Zoll  
       N = 30 Windungen  
       Berechnet wird: L = 25.86  $\mu\text{H}$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Bekannte Grössen eintasten (zwei beliebige)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Spulenradius	R, Zoll	A	<input type="text"/>	
	-Windungsabstand	D, Zoll	B	<input type="text"/>	
	-Anzahl der Windungen	N	C	<input type="text"/>	
	-Induktivität	L, $\mu\text{H}$	D	<input type="text"/>	
3	gesuchten Wert berechnen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Spulenradius		E	A	R, Zoll
	oder Windungsabstand		E	B	D, Zoll
	oder Anzahl der Windungen		E	C	N
	oder Induktivität		E	D	L, $\mu\text{H}$
4	Rückruf der Eingabewerte (auf Wunsch)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			RCL	1	R, Zoll
			RCL	2	D, Zoll
			RCL	3	N
			RCL	4	L, $\mu\text{H}$
5	Für eine neue Rechnung, gehe nach 3		<input type="text"/>	<input type="text"/>	

## SKIN-EFFEKT UND SPULENGÜTE



Das Programm berechnet die Eindringtiefe des Stromes (Skin-Effekt), den Oberflächenwiderstand und den spezifischen Widerstand (pro Meter) eines zylindrischen Leiters.

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi \sigma \mu}} \frac{1}{\sqrt{f}} \cong \frac{6.608}{\sqrt{f}} \text{ cm}$$

$$R_s = \frac{1}{\delta \sigma} \cong 2.61 \cdot 10^{-7} \sqrt{f} \ \Omega$$

$$R = \frac{100 R_s}{\pi d} \frac{\Omega}{\text{m}}$$

wobei

$$\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Henry/Meter}$$

$$1/\sigma = 1.724 \cdot 10^{-8} \text{ Ohm-Meter (Kupfer)}$$

$$f = \text{Frequenz Hertz (Hz)}$$

$$d = \text{Durchmesser des Leiters in cm}$$

Ausserdem berechnet das Programm die Güte  $Q$  einer ungeschirmten Zylinderspule unter Verwendung einer Annäherung an Bild 3 auf Seite 4-6 der "Reference Data for Radio Engineers, fünfte Ausgabe":

$$\text{für } d > 5.8 \text{ und } 0.4 < \frac{d}{\tau} < 0.8$$

$$Q \cong 25.59 \left( 1.18 + \sin \left( 0.38 + 1.2 \log \frac{1}{D} \right) \right) D \sqrt{f}$$

Wobei:  $D$  = mittlerer Durchmesser der Spule in cm

$d$  = Durchmesser des Leiters oder doppelte radiale Dicke (im Falle rohrförmiger Leiter) in cm

$\tau$  = Windungsabstand

$l$  = Länge der Spule in cm

$f$  = Frequenz in Hz

Anmerkung:

- Die Skin-Effekt-Eindringtiefe  $\delta$  und der Oberflächenwiderstand  $R_s$  können ohne Eingabe der Spulenabmessungen zu gegebener Frequenz berechnet werden.
- Das Programm schaltet die Maschine in den Winkelmodus RAD

Beispiele:

1.  $f = 100 \text{ MHz}$

$d = 0.1 \text{ cm}$

Berechnet wird:

$\delta = 0.00066 \text{ cm}$

$R_s = 2.61_{10}^{-3} \text{ Ohm}$

$R = 0.83 \text{ Ohm/Meter}$

2.  $f = 100 \text{ MHz}$

$d = 0.1 \text{ cm}$

$D = 0.2 \text{ cm}$

$l = 1 \text{ cm}$

Berechnet wird:

$Q = 1.08_{10}^5$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Programm starten		RTN	R/S	
3	Spulendaten eintasten		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Drahtdurchmesser	d, cm	E	A	
	-Spulendurchmesser	D, cm	A	<input type="text"/>	
	-Spulenlänge	l, cm	E	B	
	-Frequenz	f, Hz	B	<input type="text"/>	
4	gewünschtes Ergebnis berechnen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Skintiefe		E	C	$\delta$ , cm
	-Q der ungeschirmten Spule		C	<input type="text"/>	Q
	-Oberflächenwiderstand		E	D	$R_s$ , $\Omega$
	-spezifischer Widerstand		D	<input type="text"/>	R, $\Omega/m$
5	Für eine neue Rechnung,		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	gehe nach 3		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			<input type="text"/>	<input type="text"/>	

## TRANSFORMATOR – ENTWURF



Dieses Programm berechnet für den Entwurf von Transformatoren nachstehende Gleichungen aus "Reference Data for Radio Engineers, 5. Ausgabe, Kapitel 12".

Eine grobe Schätzung der Netto-Jochquerschnittsfläche für eine Temperaturerhöhung um  $50^{\circ}\text{C}$  ist wie folgt gegeben:

$$(A_c)_{\text{geschätzt}} = \frac{\sqrt{W_{\text{out}}/f}}{0.72}$$

wobei

$(A_c)_{\text{gesch.}}$  = Geschätzte Joch-Querschnittsfläche in  
Quadratzoll

$W_{\text{out.}}$  = Ausgangsleistung des Transformators in Watt

$f$  = Frequenz in Hertz

Die erforderliche Windungsanzahl auf der Primärseite ist:

$$N_p = \frac{3.49 \cdot 10^6 E_p}{f A_c B_m} \text{ Windungen}$$

wobei

$N_p$  = Anzahl der Primärwindungen

$B_m$  = Flussdichte in Gauss

$E_p$  = Primärspannung in Volt

Das Programm berechnet  $(A_c)_{\text{gesch.}}$  bei gegebenem  $W_{\text{out}}$  und  $f$ . Aus der Gleichung für die Primärwindungszahl kann jeder Parameter vom Programm ermittelt werden, solange die übrigen vier bekannt sind.

### Beispiel:

$f = 60 \text{ Hz}$

$W_{\text{out}} = 20 \text{ W}$

Berechnet wird:  $(A_c)_{\text{gesch.}} = .80 \text{ Zoll}^2$

Eingabewerte:

$E_p = 120 \text{ Volt}$

$A_c = 1 \text{ Zoll}^2$

$B_m = 13000 \text{ Gauss}$

Berechnet wird:  $N_p = 537 \text{ Windungen (536.92)}$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Falls minimale Jochabmes- sung bekannt, gehe nach 6		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
3	Frequenz eintasten	$f$ , Hz	B	<input type="text"/>	$f$ , Hz
4	Programm starten		R/S	<input type="text"/>	3 490 000
5	Wert eingeben und $(A_c)$ ge- schätzt berechnen	$W_{out}$ , W	R/S	<input type="text"/>	$(A_c)$ gesch.
6	Bekannte Werte eintasten (vier beliebige)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Primärwindungszahl	$N_P$	A	<input type="text"/>	
	-Frequenz	$f$ , Hz	B	<input type="text"/>	
	-Joch-Querschnittsfläche	$A_c$ , Zoll <sup>2</sup>	C	<input type="text"/>	
	-Flussdichte	$B_m$ , G	D	<input type="text"/>	
	-Primärspannung	$E_p$ , V	E	<input type="text"/>	
7	Programm erneut starten		R/S	<input type="text"/>	3 490 000
8	Ergebnisse berechnen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Primärwindungszahl		A	<input type="text"/>	$N_P$
	-Frequenz		B	<input type="text"/>	$f$ , Hz
	-Joch-Querschnittsfläche		C	<input type="text"/>	$A_c$ , Zoll <sup>2</sup>
	-Flussdichte		D	<input type="text"/>	$B_m$ , G
	-Primärspannung		E	<input type="text"/>	$E_p$ , V
9	Rückruf der Eingabewerte (auf Wunsch)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Primärwindungszahl		RCL	1	$N_P$
	-Frequenz		RCL	2	$f$ , Hz
	-Joch-Querschnittsfläche		RCL	3	$A_c$ , Zoll <sup>2</sup>
	-Flussdichte		RCL	4	$B_m$ , G
	-Primärspannung		RCL	5	$E_p$ , V
	-Ausgangsleistung		RCL	6	$W_{out}$ , W
10	Für eine neue Rechnung, gehe nach 2		<input type="text"/>	<input type="text"/>	

## ENTWURF VON REED-RELAIS



Das Programm dient zum Entwurf eines Reed-Relais bei folgenden gegebenen Daten:

Empfindlichkeit

$S_{\max}$  = maximale Amperewindungen für den Anzug des Relais  
 $S_{\min}$  = minimale Amperewindungen für das Abfallen des Relais  
 $V$  = Betriebsspannung

Spulenabmessungen

$L$  = Länge der Spule in cm oder Zoll  
 $ID$  = Innendurchmesser in cm oder Zoll  
 $OD$  = Außendurchmesser in cm oder Zoll

Das Programm berechnet:

- Drahtabmessungen (einfache Isolation)
- Windungszahl
- Spulenwiderstand in Ohm
- Leistung der Spule in mW (Milliwatt)
- Anzugspannung in Volt (Max. bei 25° C)
- Abfallspannung in Volt (Min. bei 25° C)

unter Verwendung der folgenden Formeln:

Windungsfläche		$A$	$= \frac{L(OD-ID)}{2}$
Windungsvolumen		$V_w$	$= 0.7854 ((OD)^2 - (ID)^2) L$
Drahtabmessungen		$WS$	$= INT \ 4 \ln \left( \frac{2.6105 V}{2.3562 (OD+ID) S_{\max}} \right) + 0.5$
Windungszahl		$T$	$= 8.57 A e^{-229WS}$
Drahtwiderstand		$R$	$= \frac{0.0992 e^{-2312WS}}{12000} \frac{\Omega}{Zoll}$
Spulenwiderstand		$R_c$	$= \frac{OD + ID}{2} \# RT$

$$\text{Leistung der Spule } P = \frac{V^2}{R_C} 1000$$

$$\text{Anzugspannung } V_{pi} = \frac{1.1 S_{max}}{T} R_C$$

$$\text{Abfallspannung } V_{do} = \frac{0.3 S_{min}}{T} R_C$$

Beispiel:

Länge = .8 Zoll	$S_{max}$ = 50 Amperewindungen
OD = .3 Zoll	$S_{min}$ = 30 Amperewindungen
ID = .2 Zoll	Spannung= 10 Volt

Berechnet wird:

Drahtstärke	= 43
Windungszahl	= 6479
Spulenwiderstand	= 874 Ohm
Leistung der Spule	= 114 mW
Anzugspannung	= 7.42 Volt
Abfallspannung	= 1.21 Volt

Eingabewert: WS = 40

Berechnet wird:

Drahtstärke	= 40
Windungszahl	= 3260
Spulenwiderstand	= 220 Ohm
Leistungsaufnahme	= 455 mW
Ansprechspannung	= 3.71 Volt
Abfallspannung	= 0.61 Volt

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen				
2	Programm starten		RTN	R/S	
3	Parameter eintasten				
	-Länge	L, cm oder Zoll*	A		
	-Außendurchmesser	OD, cm oder Zoll*	B		
	-Innendurchmesser	ID, cm oder Zoll*	C		
	-max. Empfindlichkeit	A-Wind. S <sub>max</sub>	E	A	
	-min. Empfindlichkeit	A-Wind. S <sub>min</sub>	E	B	
	-Spannung	V, Volt	E	C	
4	Berechnung starten		D		0.00
5	Programmkarte -2- einlesen				
6	Berechnung fortsetzen		A		0.00
7	Ergebnisse				
	-Drahtstärke		C		Drahtstärke
	-Windungszahl		R/S		Windungs- zahl
	-Spulenwiderstand		D		R <sub>Spule</sub> , Ω
	-Leistung		R/S		Leistung, mW
	-Anzugspannung		E		V <sub>pi</sub> , V
	-Abfallspannung		R/S		V <sub>do</sub> , V
8	neue Drahtstärke eingeben				
		DRAHTSTÄRKE	STO	1	
9	gehe zurück nach 7				
10	Für eine neue Rechnung,				
	gehe nach 1				
*	Zoll-Werte negativ eintasten!				



## IMPEDANZ EINER ÜBERTRAGUNGSLEITUNG



Dieses Programm berechnet die charakteristische Hochfrequenzimpedanz (Wellenwiderstand) für drei verschiedene Typen von Übertragungsleitungen.

1. Der Wellenwiderstand eines Koaxialkabels beträgt:

$$Z_0 = \frac{K}{\sqrt{\epsilon_r}} \log \frac{D}{d}$$

wobei

$D$  = Innendurchmesser des äusseren Leiters

$d$  = Aussendurchmesser des inneren Leiters

$\epsilon_r$  = relative Permittivität des Dielektrikums

$$K = \frac{\sqrt{\mu_0}}{2 \pi \sqrt{\epsilon_0} \log e} \cong 138.06 \Omega$$

wobei

$\mu_0$  = Permeabilität des Vakuums (Feldkonstante)

$\epsilon_0$  = Permittivität des Vakuums (Feldkonstante)

2. Der Wellenwiderstand einer symmetrischen Zweidrahtleitung (z.B. Flachbandkabel) beträgt:

$$Z_0 = \frac{2 K}{\sqrt{\epsilon_r}} \log \left( \frac{D}{d} + \sqrt{\left( \frac{D}{d} \right)^2 - 1} \right)$$

wobei:

D = Abstand der beiden Leiter von Mittellinie  
zu Mittellinie

d = Leiterdurchmesser

$\epsilon_r$ , K wie oben

3. Der Wellenwiderstand eines einzelnen Leiters nahe zur Masse beträgt:

$$Z_0 = \frac{K}{\sqrt{\epsilon_r}} \log \frac{4D}{d}$$

wobei:

D = Abstand des Leiters (Mittellinie) zur Masse

d = Leiterdurchmesser

$\epsilon_r$ , K wie oben

#### Beispiele:

1. D = .68 Zoll RG-218/U Koaxialkabel

d = .195 Zoll

$\epsilon_r = 2.3$  (Polyäthylen)

Berechnet wird:  $Z_0 = 49.38 \Omega$

2. D = 6 Zoll

d = .0808 Zoll (entspricht 12 AWG-Draht; AWG=American  
Wire Gauge = amerik. Mass für die Drahtstärke)

$\epsilon_r = 1$  (Luft)

Berechnet wird:  $Z_0 = 599.66 \Omega$

3. D = 6 Zoll

d = .1285 Zoll (entspricht 8 AWG-Draht)

$\epsilon_r = 1$

Berechnet wird:  $Z_0 = 313.58 \Omega$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen				
2	Programm starten		RTN	R/S	138.06
3	Werte eintasten (Reihenfolge beliebig)				
	-relative Permittivität	$\epsilon_r$	E	A	
	-Durchmesser oder Abstand	D	A		} gleiche Mass- einheit
	-Durchmesser	d	B		
4	Ergebnisse berechnen				
	$Z_0 \frac{\cdot}{\cdot}$		E	C	$Z_0, \Omega$
	$Z_0 @$		C		$Z_0, \Omega$
	$Z_0 \dots$		D		$Z_0, \Omega$
5	Rückruf der Eingabewerte (auf Wunsch)				
	-relative Permittivität		RCL	1	$\epsilon_r$
	-Durchmesser oder Abstand		RCL	2	D } gleiche Mass- einheit
	-Durchmesser		RCL	3	
6	Für eine neue Rechnung,				
	gehe nach -3-				



## IMPEDANZTRANSFORMATION EINER ÜBERTRAGUNGSLEITUNG



Die elektrische Länge einer verlustlosen Übertragungsleitung mit dem Wellenwiderstand  $Z_0$  Ohm und der Länge  $l$  Zentimeter beträgt

$$\theta = \frac{1.20083 \cdot 10^{-8} \cdot l \cdot f}{v}$$

wobei:

$\theta$  = elektrische Länge in Winkelgrad

$l$  = physikalische Länge in cm

$f$  = Frequenz in Hertz

$v$  = Geschwindigkeitsfaktor der Leitung ( $v = (1/\sqrt{\epsilon_r})$ )

Wird eine solche Übertragungsleitung mit der Impedanz  $Z_t$  abgeschlossen, so ändert sich ihre Impedanz und wird zu

$$Z_{in} = Z_0 \left[ \frac{\frac{Z_t}{Z_0} + j \tan \theta}{1 + j \frac{Z_t}{Z_0} \tan \theta} \right]$$

Das Programm berechnet  $\theta$  aus  $l$ ,  $f$  und  $v$  und berechnet  $Z_{in}$  aus  $\theta$  und  $Z_t$ .

Anmerkung: Falls um  $90^\circ$  transformiert werden soll, ist  $\theta = 89.99999$  zu verwenden, um einen Überlauf während der Ausführung des Programmteils LBL E zu vermeiden.

### Beispiele:

1.  $f = 146 \text{ MHz}$

$Z_0 = 50 \Omega$

$l = 20 \text{ cm}$

$v = .69$  (Teflon)

MAG  $[Z_t] = \text{Betrag von } Z_t = 75 \Omega$

ANG  $[Z_t] = \text{Phase von } Z_t = 30^\circ$

Berechnet wird:

MAG  $[Z_{in}] = 74.12 \Omega$  ,    ANG  $[Z_{in}] = -30.44^\circ$

2. Gleiche Daten wie in Beispiel 1, aber  $\theta = 89.99999^\circ$

Berechnet wird:

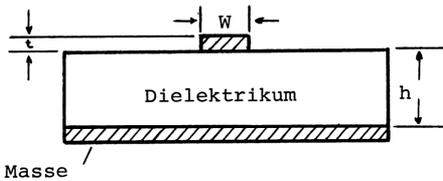
$$\text{MAG } [Z_{in}] = 33.33 \, \Omega, \quad \text{ANG } [Z_{in}] = -30.00^\circ$$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Programm starten		RTN	R/S	
3	Werte eintasten		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Frequenz	$f$ , Hz	E	A	
	-Wellenwiderstand	$Z_0$ , $\Omega$	A	<input type="text"/>	
	-Länge	$l$ , cm	E	B	
	-Geschwindigkeitsfaktor	$v$	B	<input type="text"/>	
	-Betrag von $Z_t$	MAG $[Z_t]$	D	<input type="text"/>	
	-Phase von $Z_t$	ANG $[Z_t]$	E	D	
4	elektrische Länge berechnen		E	C	$\theta$ , Grad
5	Gewünschtes eingeben (siehe Anmerkung!)	$\theta$ , Grad	C	<input type="text"/>	
6	transformierte Impedanz berechnen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			E	E	MAG $[Z_{in}]$ , $\Omega$
			g	x $\neq$ y	ANG $[Z_{in}]$ , Grad
	Rückruf der Eingabewerte (auf Wunsch)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Frequenz		RCL	1	$f$ , Hz
	-Wellenwiderstand		RCL	2	$Z_0$ , $\Omega$
	-Länge		RCL	3	$l$ , cm
	-Geschwindigkeitsfaktor		RCL	4	$v$
	-Betrag von $Z_t$		RCL	7	MAG $[Z_t]$ , $\Omega$
	-Phase von $Z_t$		RCL	6	ANG $[Z_t]$ , Grad
	-elektrische Länge der Leitung		RCL	5	$\theta$ , Grad

## MICROSTRIP-ÜBERTRAGUNGSLEITUNG (STREIFENLEITER)



Dieses Programm berechnet den Wellenwiderstand und die Ausbreitungsverzögerung einer Microstrip-Leitung. Die verwendeten Formeln sind dem 'MECL System Design Handbook' von Blood, William R., Motorola Inc., 1971 entnommen.



Der Wellenwiderstand dieser Übertragungsleitung ist

$$Z_0 = \frac{87}{\sqrt{\epsilon_r + 1.41}} \ln \left( \frac{5.98 h}{0.8w+t} \right)$$

und die Ausbreitungsverzögerung

$$t_{pd} = 1.017 \sqrt{0.475 \epsilon_r + 0.67} \text{ nsec/Fuss}$$

**Anmerkung:** Solange für  $w$ ,  $h$  und  $t$  die gleichen Einheiten verwendet werden, ist diese beliebig.

**Beispiele:** 1.  $w = 50 \text{ mils}$  ( 1 mil = 1/100 Zoll)

$$t = 1.5 \text{ mils}$$

$$h = 30 \text{ mils}$$

$$\epsilon_r = 4.7$$

$$\begin{aligned} \text{B-rechnet wird: } Z_0 &= 51.52 \Omega, \quad t_{pd} = 1.73 \text{ ns/ft} \\ &= 5.68 \text{ ns/m} \end{aligned}$$

2.  $w = 90$  mils  
 $t = 1.5$  mils  
 $h = 60$  mils  
 $\epsilon_r = 4.7$

Berechnet wird:  $Z_o = 55.80\Omega$ ,  $t_{pd} = 1.73$  ns/ft  
 $= 5.68$  ns/m

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Programm starten		RTN	R/S	
3	Werte eintasten		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	- Breite des Leiters	w } gleiche	E	A	
	- Dicke des Leiters	t } Mass-	A	<input type="text"/>	
	- Dicke des Dielektrikums	h } einheit	E	B	
	- relative Permittivität	$\epsilon_r$	B	<input type="text"/>	
4	Ergebnisse		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	- Wellenwiderstand		C	<input type="text"/>	$Z_o, \Omega$
	- Ausbreitungsverzögerung		E	D	$t_{pd}$ nsec/m
	- Ausbreitungsverzögerung		D	<input type="text"/>	$t_{pd}$ nsec/Fuß
5	Rückruf der Eingabewerte	(auf Wunsch)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	- Breite des Leiters		RCL	1	w } gleiche
	- Dicke des Leiters		RCL	2	t } Mass-
	- Dicke des Dielektrikums		RCL	3	h } einheit
	- relative Permittivität		RCL	4	$\epsilon_r$
6	Für eine neue Rechnung, gehe nach 2		<input type="text"/>	<input type="text"/>	

## UMWANDLUNG ZWISCHEN S- UND Y-PARAMETERN



Dieses Programm wandelt s- in y- Parameter um. Dabei werden die folgenden Beziehungen benutzt:

$$A = \frac{1}{(1 + S_{11})(1 + S_{22}) - S_{12}S_{21}}$$

$$\begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} (1-S_{11})(1+S_{22}) + S_{12}S_{21} & -2S_{12} \\ -2S_{21} & (1+S_{11})(1-S_{22}) + S_{12}S_{21} \end{bmatrix}$$

### Anmerkung:

y- Parameter können in s-Parameter umgewandelt werden, indem man in den oben angeführten Beziehungen die y's und s's vertauscht.

### Beispiele:

$$1. \quad S = \begin{bmatrix} .48 \text{ } \text{ } 133 & .115 \text{ } \text{ } 17 \\ 1.2 \text{ } \text{ } -15 & .67 \text{ } \text{ } -114 \end{bmatrix}$$

Berechnet wird:

$$Y = \begin{bmatrix} 2.35 \text{ } \text{ } -34.2 & .391 \text{ } \text{ } -147 \\ 4.08 \text{ } \text{ } -179 & 1.97 \text{ } \text{ } 63.8 \end{bmatrix}$$

$$2. \quad Y = \begin{bmatrix} 2.35 \text{ } \text{ } -34.2 & .391 \text{ } \text{ } -147 \\ 4.08 \text{ } \text{ } -179 & 1.97 \text{ } \text{ } 63.8 \end{bmatrix}$$

Berechnet wird:

$$S = \begin{bmatrix} .480 \text{ } \text{ } 133 & .115 \text{ } \text{ } 17.2 \\ 1.21 \text{ } \text{ } -14.8 & .669 \text{ } \text{ } -114 \end{bmatrix}$$

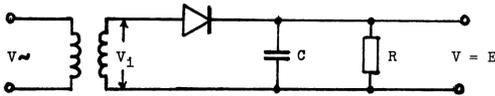
NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programmkarte -1- einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	s- Parameter eingeben		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
		MAG [S <sub>11</sub> ]	A	<input type="text"/>	
		ANG [S <sub>11</sub> ]	B	<input type="text"/>	
		MAG [S <sub>12</sub> ]	A	<input type="text"/>	
		ANG [S <sub>12</sub> ]	B	<input type="text"/>	
		MAG [S <sub>21</sub> ]	A	<input type="text"/>	
		ANG [S <sub>21</sub> ]	B	<input type="text"/>	
		MAG [S <sub>22</sub> ]	A	<input type="text"/>	
		ANG [S <sub>22</sub> ]	B	<input type="text"/>	
3	y- Parameter berechnen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			C	<input type="text"/>	MAG [Y <sub>12</sub> ]
			R/S	<input type="text"/>	ANG [Y <sub>12</sub> ]
			R/S	<input type="text"/>	MAG [Y <sub>21</sub> ]
			R/S	<input type="text"/>	ANG [Y <sub>21</sub> ]
4	Vorbereiten für Programm -2-		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			R/S	<input type="text"/>	
5	Programmkarte -2- ein- lesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
6	Übrige y- Parameter berechnen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			C	<input type="text"/>	MAG [Y <sub>11</sub> ]
			R/S	<input type="text"/>	ANG [Y <sub>11</sub> ]
			R/S	<input type="text"/>	MAG [Y <sub>22</sub> ]
			R/S	<input type="text"/>	ANG [Y <sub>22</sub> ]

## GLEICHRICHTERSCHALTUNGEN FÜR STROMVERSORGUNGSTEILE

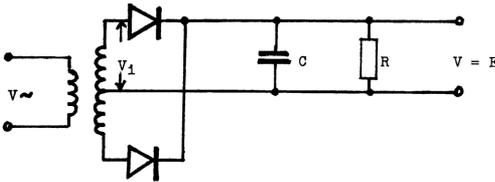


Zur Gleichrichtung von Wechselstrom werden die folgenden drei Schaltungen häufig verwendet.

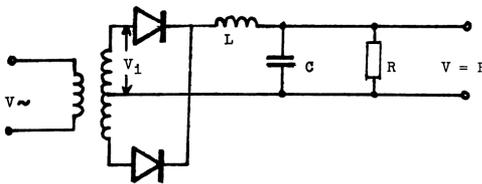
1. Halbwellengleichrichter mit Ladekondensator



2. Vollwellengleichrichter mit Ladekondensator



3. Vollwellengleichrichter mit induktivem EingangsfILTER



Bei gegebenen Parametern

$V_i$  = Effektivspannung am Gleichrichtereingang  
in Volt

$f$  = Frequenz der Wechselspannungsquelle in Hertz

$C$  = Kapazität in Farad

$R$  = Parallelkombination aus Lastwiderstand (Verbraucher) und Belastungswiderstand (falls vorgesehen) in Ohm

$L$  = Induktivität in Henry (nur Typ 3)

berechnet das Programm die mittlere Gleichspannung am Ausgang (=E) und die Welligkeit (Brummspannung)  $\Delta E$  unter Verwendung der nachstehenden Näherungsformeln, die für  $\Delta E \ll E$  und  $L \geq R/6\pi f$  (Typ 3) gelten.

		Typ 1	Typ 2	Typ 3
<u>Beispiele:</u> 1.	$\Delta E$	$\frac{\sqrt{2} V_i}{fRC}$	$\frac{\sqrt{2} V_i}{2fRC}$	$\frac{\sqrt{2} V_i}{6\pi^3 f^2 LC}$
	E	$\sqrt{2} V_i - \frac{\Delta E}{2}$	$\sqrt{2} V_i - \frac{\Delta E}{2}$	$\frac{2\sqrt{2} V_i}{\pi}$

Typ 1:  $V_i = 100$  V  
 $C = 100$   $\mu$ F  
 $f = 60$  Hz  
 $R = 1000\Omega$

Berechnet wird:  $\Delta E = 23.57$  V (Spitze-Spitze)  
 $E = 129.64$  V

2.

Typ 2: Gleiche Werte wie in Beispiel 1

Berechnet wird:  $\Delta E = 11.79$  V (Spitze-Spitze)  
 $E = 135.53$  V

3.

Typ 3: Gleiche Werte wie in Beispiel 1, zusätzlich  $L = 2$  H

Überprüfung  $L_{MIN} = .884 < 2$

Berechnet wird:  $\Delta E = 1.06$  V (Spitze-Spitze)  
 $E = 90.03$  V

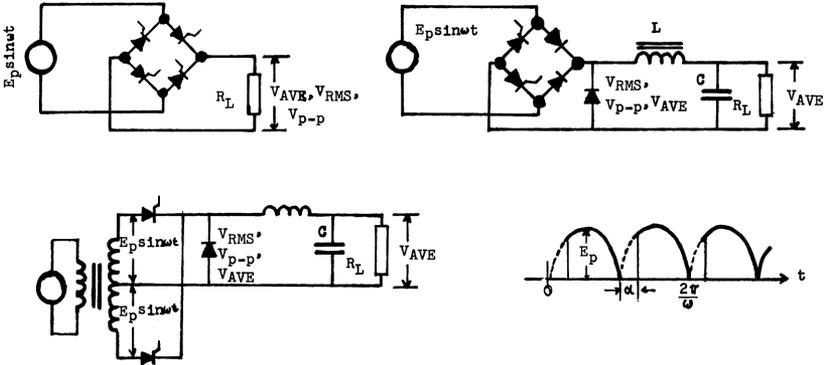
NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Programm starten		RTN	R/S	
3	Werte eintasten (Reihenfolge beliebig)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Effektivspannung am Eingang	$V_i, V$	E	A	
	-Kapazität	$C, F$	A	<input type="text"/>	
	-Frequenz	$f, Hz$	E	B	
	-Widerstand	$R, \Omega$	B	<input type="text"/>	
	Typ: (1=Halbwellenschaltung, 2=Vollwellenschaltung, 3=Vollwellenschaltung L-C)	Typ	C	<input type="text"/>	
4	(nur für Typ 3)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	$L_{MIN}$ überprüfen		RCL	7	$L_{MIN}, H$
	$L \gg L_{MIN}$ eingeben	$L, H$	STO	7	
5	Ergebnisse		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Welligkeit		D	<input type="text"/>	$\Delta E, V$
	-Ausgangsgleichspannung		E	D	$E, V$
6	Rückruf der Eingabewerte (auf Wunsch)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Effektivspannung am Eingang		RCL	1	$V_i, V$
	-Kapazität		RCL	2	$C, F$
	-Frequenz		RCL	3	$f, Hz$
	-Widerstand		RCL	4	$R, \Omega$
	Typ		RCL	5	Typ
	-Induktivität		RC_	7	$L$ oder $L_{MIN}$
7	Für eine neue Rechnung, gehe nach 3		<input type="text"/>	<input type="text"/>	



## GESTEUERTE GLEICRICHTERSCHALTUNGEN



Für die angegebenen Schaltungen berechnet das Programm  $V_{AVE}$ ,  $V_{RMS}$  und  $V_{P-P}$  als Funktion von  $E_P$  und  $\alpha$ . Es berechnet auch  $E_P$  bei gegebenen Werten für  $\alpha$  und  $V_{AVE}$  bzw.  $\alpha$  bei gegebenen Werten für  $E_P$  und  $V_{AVE}$ . Die Gleichungen setzen voraus, daß die Spannungsabfälle in den Thyristoren (oder Thyratrons) und den übrigen Gleichrichtern vernachlässigbar sind. Sie setzen weiter voraus, daß der Gleichstromwiderstand der Drossel und die Innenwiderstände von Quelle und Transformator mit Null angesetzt werden können.

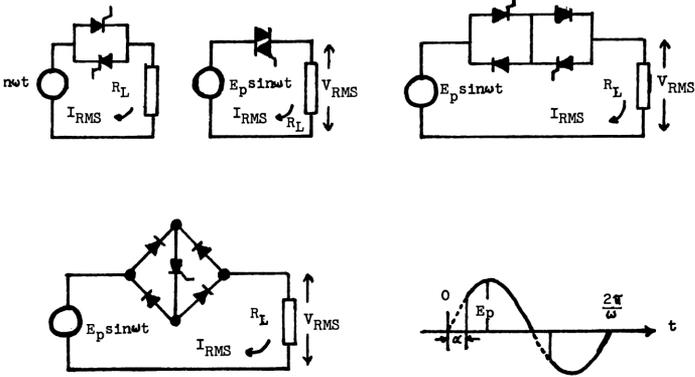


Für die Ausgänge dieser Schaltungen gilt:

$$V_{ave} = E_P / \pi \cdot (1 + \cos \alpha)$$

$$V_{P-P} = \begin{cases} E_P; & \alpha < 90^\circ \\ E_P \sin \alpha; & \alpha > 90^\circ \end{cases}$$

$$V_{RMS} = E_P \left[ (2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha) / 4\pi \right]^{1/2}$$



Für diese Schaltungen gilt bezüglich ihrer Ausgangsspannung:

$$V_{RMS} = E_p \sqrt{\frac{2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha}{4\pi}}$$

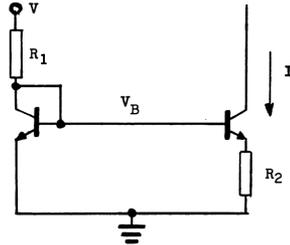
Beispiele:

1.  $E_p = 170$  ,  $\alpha = 30^\circ$   
 Berechnet wird:  $V_{AVE} = 100.98$  ,  $V_{p-p} = 170.00$
  
2.  $E_p = 170$  ,  $V_{AVE} = 50$   
 Berechnet wird:  $\alpha = 94.36$   
 $\alpha = 94.36$  eingeben,  
 Berechnet wird:  $V_{RMS} = 80.79$  ,  $V_{p-p} = 169.51$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen				
2	Winkelmodus einstellen		g	DEG	
3	Werte eintasten (zwei beliebige)				
	-Eingangsspannung (Scheitelwert)	$E_p, V$	A		
	-Zünd-(Verzögerungs-) Winkel	$\alpha, \text{Grad}$	B		
	-mittlere Ausgangsspan- nung	$V_{AVE}, V$	C		
4	Berechnung des fehlenden Wertes				
	-Eingangsspannung (Scheitelwerte)		E	A	$E_p, V$
	-Zünd-(Verzögerungs-) Winkel		E	B	$\alpha, \text{Grad}$
	-mittlere Ausgangsspan- nung		E	C	$V_{AVE}, V$
5	Berechne wahlweise*				
	-Effektivspannung am Gleichrichter		E	R/S	$V_{RMS}, V$
	-dann Spannung am Gleich- richter Spitze-Spitze		R/S		$V_{p-p}, V$
*	$E_p$ und $\alpha$ müssen Eingabe-				
	werte sein. Ist einer der				
	Werte unbekannt, muß er				
	in Schritt 4 berechnet und dann in Schritt 3 ein- gegeben werden.				



## INTEGRIERTE STROMQUELLE



Das Programm berechnet den Wert für  $R_2$  in der oben angegebenen Schaltung unter Verwendung der folgenden Formel:

$$R_2 = \frac{kT_a}{qI} \ln \left[ \frac{V_C - V_b}{R_1 I} \right]$$

wobei:

- $k = 1.38_{10}^{-23}$  J/K, Boltzman-Konstante
- $T_a$  = absolute Grenschichttemperatur in Kelvin
- $q = 1.6_{10}^{-19}$  C, Elementarladung
- $V_b = 0.6$  Volt, Kontaktpotential von Silizium

Das Programm berechnet die oben genannte Gleichung für gegebene Werte von

- $T$ , Grenschichttemperatur in °C
- $I$ , gewünschte Stromstärke in Ampere
- $R_1$ , gewünschter Wert für  $R_1$  in Ohm
- $V_C$ , Versorgungsspannung in Volt

Beispiele: 1.  $T = 50^\circ \text{C}$ ,  $I = 10 \mu\text{A}$ ,  $R_1 = 10 \text{k}\Omega$ ,  $V = 10 \text{V}$

Berechnet wird:

$$R_2 = 12.7 \text{ k}\Omega \text{ (12657.05)}$$

2.  $T = 100^\circ \text{C}$ ,  $I = 10 \mu\text{A}$ ,  $R_1 = 10 \text{k}\Omega$ ,  $V = 10 \text{V}$

Berechnet wird:

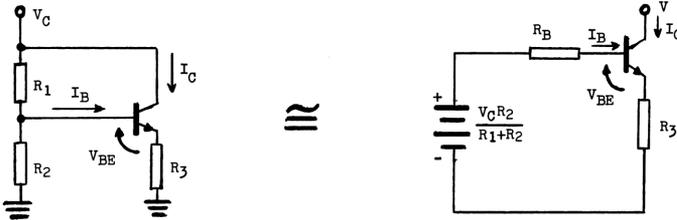
$$R_2 = 14.6 \text{ k}\Omega \text{ (14616.35)}$$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen				
2	Programm starten		RTN	R/S	
3	Werte eintasten				
	-Grenzschichttemperatur	$T, ^\circ\text{C}$	A		
	-gewünschte Stromstärke	$I, \text{A}$	B		
	-gewünschter Wert für $R_1$	$R_1, \Omega$	C		
	-Versorgungsspannung	$V_C, \text{V}$	D		
4	Ergebnis				
	erforderlicher Wert f. $R_2$		E		$R_2, \Omega$
5	Rückruf der Eingabewerte (auf Wunsch)				
	-Grenzschichttemperatur		RCL	1	$T, ^\circ\text{C}$
	-gewünschte Stromstärke		RCL	2	$I, \text{A}$
	-gewünschter Wert f. $R_1$		RCL	3	$R_1, \Omega$
	-Versorgungsspannung		RCL	4	$V_C, \text{V}$
6	Für eine neue Rechnung				
	gehe nach 2				

## TRANSISTOR – ARBEITSPUNKTEINSTELLUNG



Dieses Programm berechnet zu den angegebenen Schaltungen den Kollektorstrom  $I_C$  und zwei Empfindlichkeitsfaktoren  $S_V$  und  $S_h$ .



Es wird angenommen, daß  $I_B \ll$  Strom durch  $R_1$  und  $R_2$

Bei gegebenen Werten für  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $\beta_{dc}$  und  $V_C$  gelten folgende Beziehungen:

$$I_C = \beta \frac{(R_B/R_1) V_C - V_{BE}}{R_B + (\beta+1) R_3} = \beta \frac{(R_B/R_1) V_C - 0.6}{R_B + (\beta+1) R_3}$$

$$S_V = \frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}} = - \frac{\beta}{R_B + (\beta+1) R_3} \quad S_h = \frac{\partial I_C}{\partial \beta} = \frac{I_C}{\beta} \left[ \frac{(R_B/R_3) + 1}{(R_B/R_3) + \beta + 1} \right]$$

- wobei:
- $\beta = h_{FE}$  = Gleichstromverstärkung
  - $R_B = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$  = Parallelkombination von  $R_1$  und  $R_2$
  - $V_{BE} = 0.6 \text{ V}$  = Basis-Emitter-Spannungsabfall bei einem Siliziumtransistor (Kontaktspannung)
  - $S_V$  = Verhältnis von Kollektorstrom zu Basis-Emitter Spannung in Siemens
  - $S_h$  = Verhältnis von Kollektorstrom zu Stromverstärkung in Ampere

Beispiele:

1.  $R_1 = 1000\Omega$ ,  $R_2 = 5000\Omega$ ,

$R_3 = 1000\Omega$ ,

$V_C = 10\text{ V}$ ,  $\beta = 100$

Berechnet wird:

$I_C = 7.6\text{ mA}$  ( $7.59_{10^{-3}}$ )

$S_V = 0.98\text{ mS}$  ( $9.82_{10^{-4}}$ )

$S_h = 1.4\text{ }\mu\text{A}$  ( $1.37_{10^{-6}}$ )

2.  $R_1 = 200\Omega$ ,  $R_2 = 1000\Omega$ ,

$R_3 = 1000\Omega$ ,

$V_C = 10\text{ V}$ ,  $\beta = 100$

Berechnet wird:

$I_C = 7.6\text{ mA}$  ( $7.64_{10^{-3}}$ )

$S_V = 0.99\text{ mS}$  ( $9.88_{10^{-4}}$ )

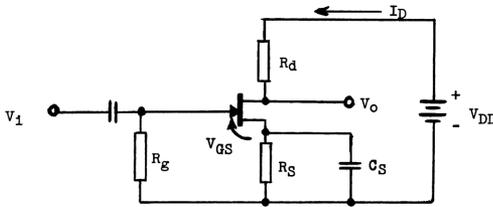
$S_h = 0.88\text{ }\mu\text{A}$  ( $8.82_{10^{-7}}$ )

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Programm starten		RTN	R/S	
3	Werte eintasten		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Widerstand $R_1$	$R_1, \Omega$	E	A	
	-Widerstand $R_2$	$R_2, \Omega$	A	<input type="text"/>	
	-Widerstand $R_3$	$R_3, \Omega$	E	B	
	-Versorgungsspannung	$V_C, \text{ V}$	B	<input type="text"/>	
	-Gleichstromverstärkung		E	C	
4	Ergebnisse		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Kollektorgleichstrom		C	<input type="text"/>	$I_C, \text{ A}$
	-Steilheit (zu Basis-Emitter-Spannung)		E	D	$S_V, \text{ S}$
	-Steilheit (zu Gleichstromverstärkung)		D	<input type="text"/>	$S_h, \text{ A}$
5	Rückruf der Eingabewerte (auf Wunsch)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Widerstand $R_1$		RCL	1	$R_1, \Omega$
	-Widerstand $R_2$		RCL	2	$R_2, \Omega$
	-Widerstand $R_3$		RCL	3	$R_3, \Omega$
	-Versorgungsspannung		RCL	4	$V_C, \text{ V}$
	-Gleichstromverstärkung		RCL	5	$\beta$

## JFET (Junction FET) ARBEITSPUNKTEINSTELLUNG UND STEILHEIT



Bei gegebenen FET-Parametern  $V_P$  und  $I_{DSS}$ , dem gewünschten Drainstrom und der Spannungsverstärkung für die angegebene Schaltung berechnet das Programm  $V_{GS}$ ,  $g_m$  und Werte für  $R_d$  und  $R_s$ .



Die für einen gewünschten Drainstrom benötigte Gate-Source-Spannung ist

$$V_{GS} = V_P \left[ 1 - \left( \frac{I_D}{I_{DSS}} \right) \right]^{1/2}$$

wobei:

$I_D$  = Drainstrom in Ampere ( $I_D > 0$  für n-Kanal FET)

$I_{DSS}$  = Sättigungs-Drainstrom bei kurzgeschlossenem Gate und Source in Ampere

$V_{GS}$  = Gate-Source-Spannung in Volt ( $V_{GS} < 0$  für n-Kanal FET)

$V_P$  = Pinch-off-Spannung in Volt

Bei bekannter  $V_{GS}$  kann die Steilheit (Übertragungsleitwert) und die Source- und Drainwiderstände berechnet werden.

$$g_m = - \frac{I_{DSS}}{V_p} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)$$

$$R_s = - V_{GS} / I_D, \quad R_d = |A_v| / |g_m|$$

wobei  $g_m$  = Übertragungsleitwert (Steilheit) in Siemens

$|A_v|$  = Betrag der Spannungsverstärkung

Beispiele: 1.  $V_p = -2 \text{ V}$ ,  $I_{DSS} = 1.5 \text{ mA}$ ,  $I_D = .7 \text{ mA}$ ,  $A_v = 10$

Berechnet werden:

$$V_{GS} = -0.63 \text{ V} \quad (-6.337_{10}^{-1})$$

$$g_m = 1.025 \text{ mS} \quad (1.025_{10}^{-3})$$

$$R_s = 905 \Omega$$

$$R_d = 9759 \Omega$$

2.  $V_p = 1.5 \text{ V}$ ,  $I_{DSS} = -1.7 \text{ mA}$ ,  $I_D = -0.9 \text{ mA}$ ,

$$A_v = 15$$

Berechnet werden:

$$V_{GS} = 0.409 \text{ V} \quad (4.086_{10}^{-1})$$

$$g_m = 1.65 \text{ mS} \quad (1.649_{10}^{-3})$$

$$R_s = 454 \Omega$$

$$R_d = 9095 \Omega$$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Programm starten		RTN	R/S	
3	Werte eintasten (Reihenfolge beliebig)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Pinch-off-Spannung	$V_p, V$	E	A	
	-Drain-Sättigungsstrom ( $V_{GS}=0$ )	$I_{DSS}, A$	A	<input type="text"/>	
	-gewünschter Drainstrom	$I_D, A$	E	B	
	-gewünschte Spannungsverstärkung	$ A_v $	B	<input type="text"/>	
4	Ergebnisse (Reihenfolge beliebig)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Gate-Source-Spannung		E	C	$V_{GS}, V$
	-Steilheit		C	<input type="text"/>	$g_m, S$
	-Source-Widerstand		E	D	$R_s, \Omega$
	-Drain-Widerstand		D	<input type="text"/>	$R_d, \Omega$
5	Rückruf der Eingabewerte (auf Wunsch)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Pinch-Off-Spannung		RCL	1	$V_p, V$
	-Drain-Sättigungsstrom ( $V_{GS}=0$ )		RCL	2	$I_{DSS}, A$
	-gewünschter Drainstrom		RCL	3	$I_D, A$
	-gewünschte Spannungsverstärkung		RCL	4	$ A_v $

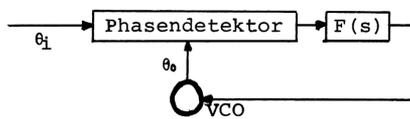


## PHASE-LOCKED LOOP (PHASENSTARRE RÜCKKOPPLUNG)



Dieses Programm berechnet zu der angegebenen Phase-Locked Loop-Schaltung die Eigenfrequenz, den Dämpfungsfaktor und die Rausch-Bandbreite. Die Übertragungsfunktion lautet:

$$\frac{\theta_o}{\theta_i}(s) = H(s) = \frac{GF(s)}{S+GF(s)}$$



wobei:

$G$  = Schleifenverstärkung,  $\text{sec}^{-1}$

$\theta_o$  = Ausgangsphase

$\theta_i$  = Eingangsphase

$$F(s) = \begin{cases} \frac{s\tau_2 + 1}{s(\tau_1 + \tau_2) + 1} & \text{: passive Filter-Übertragungsfunktion} \\ \frac{s\tau_1 + 1}{s\tau_1} & \text{: aktive Filter-Übertragungsfunktion} \end{cases}$$

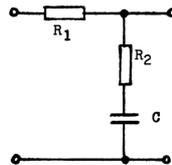
$$\tau_1 = R_1 C$$

$$\tau_2 = R_2 C$$

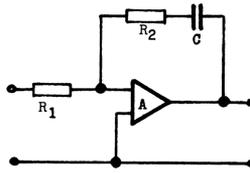
$R_1, R_2$  = Widerstände in Ohm

$C$  = Kapazität in Farad

Passives Filter



## Aktives Filter



Die Eigenfrequenz und der Dämpfungsfaktor für die beiden Schleifen beträgt:

$$\omega_n = \begin{cases} \sqrt{\frac{G}{\tau_1}} ; & \text{aktiv} \\ \sqrt{\frac{G}{\tau_1 + \tau_2}} ; & \text{passiv} \end{cases} \quad \zeta = \begin{cases} \frac{\tau_2}{2} \omega_n ; & \text{aktiv} \\ \frac{1}{2} \omega_n (\tau_2 + \frac{1}{G}) ; & \text{passiv} \end{cases}$$

Die halbe Rausch-Bandbreite ist

$$B_L = \frac{\omega}{2} \left( \zeta + \frac{1}{4\zeta} \right) \text{ Hz}$$

Anmerkung: Eigenfrequenz und Dämpfungsfaktor müssen berechnet werden, bevor die Rausch-Bandbreite bestimmt werden kann

Beispiele:

1.  $G = 3.24 \cdot 10^5 \text{ sec}^{-1}$   
 $R_1 = 9.2 \text{ M}\Omega$   
 $R_2 = 750\Omega$   
 $C = 100 \mu\text{F}$

Berechnet wird:

	Passiv	Aktiv
$\omega_n$	18.77 sec <sup>-1</sup>	18.77 sec <sup>-1</sup>
$\zeta$	.70	.70
$B_L$	9.94 Hz	9.94 Hz

2.  $G = 1.57_{10^7} \text{ sec}^{-1}$   
 $R_1 = 1 \text{ M}\Omega$   
 $R_2 = 7.1 \Omega$   
 $C = 1250 \mu\text{F}$

Berechnet wird:

	Passiv	Aktiv
$\omega_n$	$112.07 \text{ sec}^{-1}$	$112.07 \text{ sec}^{-1}$
$\zeta$	$.50$	$.50$
$B_L$	$56.04 \text{ Hz}$	$56.04 \text{ Hz}$

3.  $G = 1.5_{10^4} \text{ sec}^{-1}$   
 $R_1 = 1000 \Omega$   
 $R_2 = 75 \Omega$   
 $C = 10 \mu\text{F}$

Berechnet wird:

	Passiv	Aktiv
$\omega_n$	$1181.25 \text{ sec}^{-1}$	$1225.74 \text{ sec}^{-1}$
$\zeta$	$.48$	$.46$
$B_L$	$591.01 \text{ Hz}$	$615.58 \text{ Hz}$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen				
2	Programm starten		RTN	R/S	0.00
3	Werte eintasten				
	-Schleifenverstärkung	$G, \text{sec}^{-1}$	E	A	
	-Widerstand $R_1$	$R_1, \Omega$	A		
	-Widerstand $R_2$	$R_2, \Omega$	E	B	
	-Kapazität C	C, F	B		
4	Ergebnisse				
	-Eigenfrequenz (passiv)		E	C	$\omega_n, \text{sec}^{-1}$
	-Dämpfungsfaktor (passiv)		C		$\zeta$
	dann Rausch-Bandbreite		E	E	$B_L, \text{Hz}$
	-Eigenfrequenz (aktiv)		E	D	$\omega_n, \text{sec}^{-1}$
	-Dämpfungsfaktor (aktiv)		D		$\zeta$
	dann Rausch-Bandbreite		E	E	$B_L, \text{Hz}$
5	Rückruf der Eingabewerte (auf Wunsch)				
	-Schleifenverstärkung		RCL	1	$G, \text{sec}^{-1}$
	-Widerstand $R_1$		RCL	2	$R_1, \Omega$
	-Widerstand $R_2$		RCL	3	$R_2, \Omega$
	-Kapazität C		RCL	4	C, F
6	Für eine neue Rechnung, gehe nach 2				

## FOURIER – REIHEN



Jede periodische Funktion  $f(t)$  kann als eine Summe von Sinus- und Kosinusaussdrücken in Form der Fourier-Reihe dargestellt werden

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^{\infty} \left( a_i \cos \frac{2i\pi t}{T} + b_i \sin \frac{2i\pi t}{T} \right)$$

wobei 
$$a_i = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos \frac{2i\pi t}{T} dt, \quad i = 0, 1, 2, \dots$$

$$b_i = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin \frac{2i\pi t}{T} dt, \quad i = 1, 2, 3, \dots$$

und  $T =$  Periode von  $f(t)$

Das Programm berechnet die Fourierkoeffizienten mit diskreten Funktionen des oben angegebenen Typs bei einer ausreichenden Anzahl gegebener Stützwerte der periodischen Funktion. Von  $N$  äquidistanten Punkten ausgehend berechnet das Programm jeweils sechs Koeffizienten (Sinus oder Kosinus) in einem Arbeitsgang. Die diskreten Formeln für die Fourierkoeffizienten lauten:

$$a_j = \frac{2}{T} \sum_{k=1}^N Y_k \cos \frac{2kj\pi}{T}, \quad j=J, J+1, \dots, J+5$$

und 
$$b_j = \frac{2}{T} \sum_{k=1}^N Y_k \sin \frac{2kj\pi}{T}, \quad j=J, J+1, \dots, J+5$$

wobei  $J =$  die Ordnung des ersten zu berechnenden Koeffizienten.

$$Y_k = f(t_k)$$

$$t_k = kT/N$$

N sollte zumindest doppelt so groß gewählt werden, wie das höchste erwartete Vielfache der Grundfrequenz, das in der zu untersuchenden Funktion auftritt.

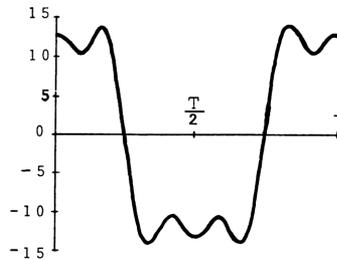
Anmerkungen:

1. Ein einzelner Spektralwert wird berechnet, wenn Flag 1 gesetzt ist. Auf diese Weise kann man Zeit sparen, wenn nur ein Koeffizient benötigt wird.
2. Für gerade Funktionen ( $f(x)=f(-x)$ ) gilt:  
 $b_j = 0$  für alle  $j$ .
3. Für ungerade Funktionen ( $f(x)=-f(-x)$ ) gilt:  
 $a_j = 0$  für alle  $j$ .
4. Das modifizierte Programm zur Berechnung der Sinus-Koeffizienten können Sie auf der Gegen-  
spur der Magnetkarte aufzeichnen. Führen Sie die  
Programmkarte dazu umgekehrt in den Rechner  
ein (Seite ohne Eckenabschnitt voraus).

Beispiele:

1.  $N = 12$        $J = 1$

$k$	$f(t_k)$
1	10.392
2	14.000
3	0.00
4	-14.000
5	-10.392
6	-13.000
7	-10.392
8	-14.000
9	0.00
10	14.000
11	10.392
12	13.000



$$\{ a_j/j = 1, 2, \dots, 6 \} = \{ 15.000, 1000_{10}^{-9}, -5.000, -2.700_{10}^{-8}, 3.000, 0.000_{10}^0 \}$$

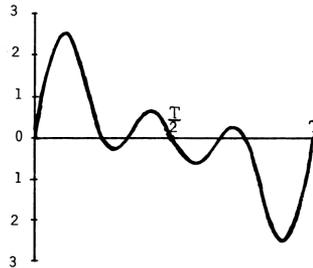
Diese Funktion ist gerade, also  $\{ b_j \} = \{ 0 \}$

Also lautet die Funktion  $f(t) = 15 \cos \frac{2\pi t}{T} - 5 \cos \frac{6\pi t}{T} + 3 \cos \frac{10\pi t}{T}$

2. Dieses Beispiel verwendet die modifizierte Programmversion

$$N = 12 \quad J = 1$$

k	$y_k$
1	2.366
2	1.732
3	0
4	0
5	0.634
6	0
7	-0.634
8	0
9	0
10	-1.732
11	-2.366
12	0



Die Funktion ist ungerade, also  $\{a_j\} = \{0\}$

$$\{b_j | j\} = \{1, 2, \dots, 6\} = \{1.000, 1.000, 1.000, -1.400_{10^{-9}}, 1.467_{10^{-5}}, -2.500_{10^{-9}}\}$$

Also lautet die Funktion

$$f(t) = \sin \frac{2\pi t}{T} + \sin \frac{4\pi t}{T} + \sin \frac{6\pi t}{T}$$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen				
2	Für Sinus-Koeffizienten, gehe nach 10				
3	Gebe Anzahl der Punkte ein	N	A		N
4	Ordnung der ersten Koeffizienten eingeben	J	B		1
5	Falls nur ein Koeffizient benötigt wird	f	f	SF <sub>1</sub>	1
6	Gebe $y_k$ ein, $k = 1, 2, \dots, N$	$y_k$	C		$2, \dots, N+1$
7	Wiederhole 6 bis Anzeige = N+1				
8	Koeffizienten anzeigen. (Falls Flag 1 gesetzt war				
	wurde nur $a_j$ oder $b_j$ berechnet).		RCL	1	$a_j$ od. $b_j$
			RCL	2	$a_{j+1}$ od. $b_{j+1}$
			RCL	3	$a_{j+2}$ od. $b_{j+2}$
			RCL	4	$a_{j+3}$ od. $b_{j+3}$
			RCL	5	$a_{j+4}$ od. $b_{j+4}$
			RCL	6	$a_{j+5}$ od. $b_{j+5}$
9	Für eine neue Rechnung gehe nach 2				
10	Zum Abändern für Sinus-koeffizienten folge den				
	nachstehenden Anweisungen				
11	Springe nach Marke 1 (LBL 1)		GTO	1	
12	Schalte in Stellung W/PRGM				01
13	Zwei Einzelschritte vorrücken		SST	SST	05
14	"cos" löschen		g	DEL	31
15	"sin" einsetzen		sin		04
16	Abgeändertes Programm auf Gegenspur				00 00
	aufzeichnen (Siehe Anmerkung 4!)				
17	Schalte in Stellung RUN und gehe nach 3				

## DEZIBEL – UMRECHNUNGEN



Dieses Programm berechnet zu vorgegebenen Spannungs- bzw. Leistungsverhältnissen die zugehörigen dB-Werte und umgekehrt.

$$\text{dB} = 10 \log \frac{P_2}{P_1} = 20 \log \frac{V_2}{V_1}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = 10^{\frac{\text{dB}}{10}}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = 10^{\frac{\text{dB}}{20}}$$

### Beispiele:

1.  $V_1 = 1 \text{ V}, \quad V_2 = 2 \text{ V}$   
 Berechnet wird:  $20 \log V_2/V_1 = 6.02 \text{ dB}$
2.  $P_1 = 3 \text{ mW}, \quad P_2 = 7 \text{ mW}$   
 Berechnet wird:  $10 \log P_2/P_1 = 3.68 \text{ dB}$
3.  $10 \log P_2/P_1 = 13.2 \text{ dB}$   
 Berechnet wird:  $P_2/P_1 = 20.89$
4.  $20 \log V_2/V_1 = 10 \text{ dB}$   
 Berechnet wird:  $V_2/V_1 = 3.16$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Werte eingeben		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Leistung $P_1$	$P_1$	A	<input type="text"/>	
	-Leistung $P_2$	$P_2$	B	<input type="text"/>	
	oder		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Spannung $V_1$	$V_1$	E	A	
	-Spannung $V_2$	$V_2$	E	B	
3	Dezibel berechnen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Leistung, $10 \log (P_2/P_1)$		C	<input type="text"/>	dB
	-Spannung, $20 \log (V_2/V_1)$		E	C	dB
4	Umwandlung dB in Verhältnis		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Spannungsverhältnis in dB	dB	E	D	$V_2/V_1$
	-Leistungsverhältnis in dB	dB	D	<input type="text"/>	$P_2/P_1$
5	Rückruf der Eingabewerte		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	$-V_1$		RCL	1	$V_1$
	$-P_1$		RCL	2	$P_1$
	$-V_2$		RCL	3	$V_2$
	$-P_2$		RCL	4	$P_2$
6	Ändere entsprechende Ausgangsdaten, oder, für eine neue Rechnung, gehe nach 2		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			<input type="text"/>	<input type="text"/>	

## UMWANDLUNG SPANNUNG IN dBm



Der Leistungspegel von HF-Energie wird häufig in dB über ein Milliwatt angegeben. Zu zwei beliebigen vorgegebenen Werten in der nachstehenden Gleichung berechnet das Programm den jeweils fehlenden dritten Wert.

$$\text{dBm} = 10 \log \frac{V^2}{Z} = 10 \log \frac{V^2}{Z} + 30$$

Dabei ist : Z = Impedanz in Ohm  
 V = Spannung in Volt  
 dBm = dB über ein Milliwatt

### Beispiele:

1. Z = 50Ω  
 dBm = 0  
 Berechnet wird: V = 0.2236 Volt
  
2. Z = 600Ω  
 V = 0.7746 Volt  
 Berechnet wird: dBm= 0.00004
  
3. Z = 600Ω  
 V = 2 Volt  
 Berechnet wird: dBm= 8.24

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	Bekannte Werte eintasten (zwei beliebige)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Impedanz	$Z, \Omega$	A	<input type="text"/>	
	-Spannung	V, V	B	<input type="text"/>	
	-dB über 1 mW	dBm	C	<input type="text"/>	
3	unbekannten Wert berechnen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Impedanz		E	A	$Z, \Omega$
	-Spannung		E	B	V, V
	-dB über 1 mW		E	C	dBm
4	Rückruf der Eingabewerte (auf Wunsch)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Impedanz		RCL	1	$Z, \Omega$
	-Spannung		RCL	2	V, V
	-dB über 1 mW		RCL	3	dBm
5	Ändere entsprechende Ausgangswerte in Schritt 2		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			<input type="text"/>	<input type="text"/>	

## DRAHTTABELLEN (ALUMINIUM UND KUPFER)



Dieses Programm wandelt die AWG-Nummer (amerik. Mass für die Drahtstärke - "American Wire Gauge") in mils um und berechnet weiter das spezifische Gewicht und den spezifischen Widerstand dieses Drahtes, jeweils bezogen auf je 1000 Fuss Länge (= 304.8 Meter).

Der Drahtdurchmesser ergibt sich aus der AWG-Zahl wie folgt:

$$\text{DIA} = \frac{460}{\left[ \frac{92}{\text{AWG}+3} \right]^{39}}$$

wobei: DIA = Durchmesser in mils  
AWG = Drahtstärke-Nummer

Das Gewicht und der Widerstand von 1000 Fuss des Drahtes hängen vom Material ab.

Für Kupfer gilt :

$$R = \frac{10371}{(\text{DIA})^2}$$

$$W = 0.0030269 (\text{DIA})^2$$

und für Aluminium :

$$R = \frac{17002}{(\text{DIA})^2}$$

$$W = 0.0009203 (\text{DIA})^2$$

wobei : R = Widerstand von 1000 Fuss (304,8m)  
des Drahtes in Ohm

W = Gewicht von 1000 Fuss des Drahtes  
in LB (engl. Pfund)

Anmerkung: Die von diesem Programm berechneten Werte können von denen aus veröffentlichten Drahttabellen aus Rundungsgründen leicht abweichen.

Beispiele:

1. Kupferdraht Nr. 12 (AWG-Nr., DIA = 80.81 mils  
Ohm/1000 Fuss = 1.588, LB/1000 Fuss = 19.77
2. Kupferdraht Nr. 34, DIA = 6.305 mils  
Ohm/1000 Fuss = 260.9, LB/1000 Fuss = 0.1203
3. Aluminiumdraht Nr. 10, DIA = 101.9 mils  
Ohm/Fuss = 1.637, LB/1000 Fuss = 9.555

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN		ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	AWG-Nr. eingeben für		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Kupferdraht	AWG	A	<input type="text"/>	
	-Aluminiumdraht	AWG	B	<input type="text"/>	
3	gewünschte Größen berechnen		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	-Drahtdurchmesser		C	<input type="text"/>	$\emptyset$ , mils
	-Widerstand pro 1000 Fuss		D	<input type="text"/>	R, $\Omega$
	-Gewicht pro 1000 Fuss		E	<input type="text"/>	W, LB
4	Ausgangswert zurückrufen (auf Wunsch)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			RCL	1	AWG
5	Für eine neue Rechnung wiederhole 2 und 3		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			<input type="text"/>	<input type="text"/>	
			<input type="text"/>	<input type="text"/>	

## KÜHLBLECHE



Der Wärmewiderstand (Kühlblech - Luft) einer 1/8 Zoll dicken nichtlackierten Aluminiumtafel beträgt etw:

$$\theta_{SA} \cong 78.59 \left( \frac{1}{lh} \right)^{0.472}$$

(nach Motorola Application Note "Power Transistor Heat Sinks")

Dabei ist:  $\theta_{SA}$  = Wärmewiderstand Kühlblech-Luft in  $^{\circ}\text{C}/\text{W}$   
 $l$  = Länge des Kühlbleches, cm oder Zoll  
 $h$  = Höhe des Kühlbleches, cm oder Zoll

Die Grenzschichttemperatur eines Transistors ist wie folgt gegeben:

$$T_J = T_A + P_d (\theta_{JC} + \theta_{CS} + \theta_{SA})$$

wobei:

$T_J$  = Grenzschichttemperatur in  $^{\circ}\text{C}$   
 $T_A$  = Umgebungstemperatur in  $^{\circ}\text{C}$   
 $P_d$  = Verlustleistung des Transistors, Watt  
 $\theta_{JC}$  = Wärmewiderstand, Grenzschicht-Gehäuse,  $^{\circ}\text{C}/\text{W}$   
 $\theta_{CS}$  = Wärmewiderstand, Gehäuse-Kühlblech,  $^{\circ}\text{C}/\text{W}$   
 $\theta_{SA}$  = Wärmewiderstand, Kühlblech-Luft,  $^{\circ}\text{C}/\text{W}$

Unter Verwendung der angegebenen Formeln berechnet das Programm  $T_J$  aus den übrigen Parametern.

Beispiel:

Berechnet wird:

$$\theta_{JC} = 10 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$$

$$\theta_{SA} = 7.93 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$$

$$\theta_{CS} = .4 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$$

$$T_J = 208.27 \text{ } ^{\circ}\text{C} = 406.89$$

$$P_d = 10 \text{ W}$$

$$T_A = 25 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

$$l = 4 \text{ Zoll}$$

$$h = 5 \text{ Zoll}$$

NR.	ANWEISUNG	WERTE	TASTEN	ANZEIGE
1	Programm einlesen		<input type="text"/> <input type="text"/>	
2	Programm starten		RTN R/S	
3	Werte eintasten		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	-therm. Widerstand Grenzschicht-Gehäuse	$\theta_{SC}$ °C/W	E A	
	-therm. Widerstand Gehäuse-Kühlblech	$\theta_{CS}$ °C/W	A <input type="text"/>	
	-Verlustleistung	$P_d$ , W	E B	
	-Umgebungstemperatur	$T_A$ , °C	B <input type="text"/>	
	entweder		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	-Länge des Kühlblechs	$l$ , cm* oder Zoll	E C	$l$ , cm
	dann Breite des Kühlblechs	$h$ , cm* oder Zoll	C <input type="text"/>	$h$ , cm
	oder		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	-therm. Widerstand Kühlblech-Luft	$\theta_{SA}$ , °C/W	STO 8	
4	Ergebnisse		<input type="text"/> <input type="text"/>	
	-Grenzschichttemperatur		D <input type="text"/>	$T_J$ , °C
	-Grenzschichttemperatur		E D	$T_J$ , °F
5	Rückruf der Eingabewerte (auf Wunsch)		<input type="text"/> <input type="text"/>	
			RCL 1	$\theta_{JC}$ , °C/W
			RCL 2	$\theta_{CS}$ , °C/W
			RCL 3	$P_d$ , W
			RCL 4	$T_A$ , °C
			RCL 5	$l$ , cm
			RCL 6	$h$ , cm
			RCL 7	$T_J$ , °C
			RCL 9	$\theta_{SA}$ , °C/W
6	Für eine neue Rechnung, gehe nach 2		<input type="text"/> <input type="text"/>	
*	Zoll-Werte negativ eintasten!		<input type="text"/> <input type="text"/>	



## INHALTSANGABE

	Seite
1. Reaktanzen und Resonanzfrequenz im LC-Kreis .....	1-01 A 106
2. Serienresonanzkreis .....	1-02 A 107
3. Parallelresonanzkreis .....	1-03 A 108
4. Impedanz eines Kettennetzwerkes .....	1-04 A 109
5. T - Dämpfungsglied .....	1-05 A 110
6. PI - Dämpfungsglied .....	1-06 A 111
7. Stern-Dreieck- und Dreieck-Stern-Transformation ..	1-07 A 112
8. Minimaldämpfungs-Anpassung über Spannungsteiler ..	1-08 A 114
9. Impedanzanpassung mittels PI-Glied .....	1-09 A 115
10. Bandfilterentwurf .....	1-10 A 116
11. Aktives Filter - Tiefpass .....	1-11 A 118
12. Aktives Filter - Hochpass .....	1-12 A 119
13. "Butterworth" - Filter .....	1-13 A 120
14. Tschebyscheff - Filter .....	1-14 A 121
15. Kapazität planparalleler Platten .....	1-15 A 123
16. Selbstinduktion eines geraden runden Drahtes .....	1-16 A 124
17. Induktivität einer einlagigen dichtgewickelten Spule .....	1-17 A 125
18. Skin - Effekt und Spulengüte .....	1-18 A 126
19. Transformator - Entwurf .....	1-19 A 127
20. Entwurf von Reed - Relais .....	1-20 A 128
21. Impedanz einer Übertragungsleitung .....	1-21 A 130
22. Impedanztransformation einer Übertragungsleitung .	1-22 A 131
23. Microstrip - Übertragungsleitung (Streifenleiter) .	1-23 A 132
24. Umwandlung zwischen S- und Y - Parametern .....	1-24 A 133
25. Gleichrichterschaltungen für Stromversorgungssteile	1-25 A 135
26. Gesteuerte Gleichrichterschaltungen .....	1-16 A 136
27. Integrierte Stromquelle .....	1-27 A 137
28. Transistor - Arbeitspunkteinstellung .....	1-28 A 138
29. JFET (JunctionFET) Arbeitspunkteinstellung und Steilheit .....	1-29 A 139
30. Phase - Locked Loop (Phasenstarre Rückkopplung) ..	1-30 A 140
31. Fourier - Reihen .....	1-31 A 141
32. Dezibel - Umrechnungen .....	1-32 A 142
33. Umwandlung Spannung in dBm .....	1-33 A 143
34. Drahttabellen (Aluminium und Kupfer) .....	1-34 A 144
35. Kühlbleche .....	1-35 A 145



## SERIENRESONANZKREIS

CODE	KEYS
32	$f^{-1}$
51	SF 1
84	R/S
23	LBL
11	A
32	$f^{-1}$
61	TF 1
33 02	STO 2
84	R/S
33 01	STO 1
22	GTO
00	0
23	LBL
12	B
32	$f^{-1}$
61	TF 1
33 04	STO 4
84	R/S
33 03	STO 3
22	GTO
00	0
23	LBL
13	C
32	$f^{-1}$
61	TF 1
33 05	STO 5
84	R/S
34 03	RCL 3
34 04	RCL 4
71	x
31	f
09	$\sqrt{x}$
35	g
02	$\pi$
71	x

CODE	KEYS
02	2
71	x
35	g
04	$1/x$
22	GTO
00	0
23	LBL
15	E
31	f
51	SF 1
84	R/S
23	LBL
14	D
34 04	RCL 4
34 05	RCL 5
02	2
71	x
35	g
02	$\pi$
71	x
71	x
35 00	g LST X
34 03	RCL 3
71	x
71	x
34 02	RCL 2
35 00	g LST X
42	CHS
71	x
35 00	g LST X
34 01	RCL 1
71	x
61	+
35 00	g LST X
35 09	g R $\uparrow$

CODE	KEYS
01	1
51	—
31	f
01	R $\rightarrow$ P
35 09	g R $\uparrow$
35 00	g LST X
31	f
01	R $\rightarrow$ P
35 07	g x $\rightarrow$ z y
35 08	g R $\downarrow$
81	$\div$
34 02	RCL 2
71	x
35 08	g R $\downarrow$
35 07	g x $\rightarrow$ z y
51	—
35 09	g R $\uparrow$
31	f
61	TF 1
22	GTO
01	1
84	R/S
23	LBL
01	1
35 07	g x $\rightarrow$ z y
22	GTO
00	0
35 01	g NOP
35 01	g NOP
35 01	g NOP

R <sub>1</sub>	R <sub>s</sub>	R <sub>4</sub>	L	R <sub>7</sub>
R <sub>2</sub>	R <sub>p</sub>	R <sub>5</sub>	f	R <sub>8</sub>
R <sub>3</sub>	C	R <sub>6</sub>		R <sub>9</sub> Used

**PARALLELRESONANZKREIS**

CODE	KEYS
32	$f^{-1}$
51	SF 1
24	RTN
23	LBL
11	A
33 01	STO 1
84	R/S
23	LBL
12	B
32	$f^{-1}$
61	TF 1
33 04	STO 4
84	R/S
33 03	STO 3
22	GTO
00	0
23	LBL
13	C
33 05	STO 5
41	↑
41	↑
02	2
71	x
35	g
02	$\pi$
71	x
33 06	STO 6
32	$f^{-1}$
61	TF 1
35 01	g NOP
24	RTN
34 03	RCL 3
34 04	RCL 4
71	x
31	f

CODE	KEYS
09	$\sqrt{x}$
02	2
71	x
35	g
02	$\pi$
71	x
35	g
04	$1/x$
22	GTO
00	0
23	LBL
15	E
31	f
51	SF 1
24	RTN
23	LBL
14	D
34 04	RCL 4
34 06	RCL 6
71	x
33 07	STO 7
01	1
35 07	g $x \leftrightarrow y$
34 06	RCL 6
71	x
34 03	RCL 3
71	x
51	—
34 01	RCL 1
71	x
34 07	RCL 7
35 07	g $x \leftrightarrow y$
31	f
01	R→P
34 01	RCL 1

CODE	KEYS
81	÷
33	STO
81	÷
07	7
35 07	g $x \leftrightarrow y$
09	9
00	0
51	—
42	CHS
34 07	RCL 7
32	$f^{-1}$
61	TF 1
22	GTO
00	0
35 07	g $x \leftrightarrow y$
24	RTN
23	LBL
01	1
34 02	RCL 2
34 05	RCL 5
61	+
84	R/S
13	C
14	D
84	R/S
35 07	g $x \leftrightarrow y$
84	R/S
22	GTO
01	1
35 01	g NOP

<b>R<sub>1</sub></b>	R	<b>R<sub>4</sub></b>	L	<b>R<sub>7</sub></b>	Temporary
<b>R<sub>2</sub></b>	$\Delta f$	<b>R<sub>5</sub></b>	f	<b>R<sub>8</sub></b>	
<b>R<sub>3</sub></b>	C	<b>R<sub>6</sub></b>	$\omega = 2\pi f$	<b>R<sub>9</sub></b>	Used

## IMPEDANZ EINES KETTENNETZWERKES

CODE	KEYS
31	f
42	STK
31	f
43	REG
84	R/S
23	LBL
11	A
33 04	STO 4
35 07	$g \times \vec{z} y$
33 05	STO 5
31	f
01	R→P
32	$f^{-1}$
09	$\sqrt{x}$
34 05	RCL 5
42	CHS
35 07	$g \times \vec{z} y$
81	÷
34 04	RCL 4
35 00	g NOP
81	÷
24	RTN
23	LBL
14	D
32	$f^{-1}$
61	TF 1
35 07	$g \times \vec{z} y$
22	GTO
00	0
02	2
71	x
35	g
02	$\pi$
71	x
33 03	STO 3

CODE	KEYS
23	LBL
00	0
32	$f^{-1}$
51	SF 1
84	R/S
23	LBL
15	E
31	f
51	SF 1
84	R/S
23	LBL
11	A
32	$f^{-1}$
61	TF 1
35	g
04	$1/x$
00	0
35 07	$g \times \vec{z} y$
22	GTO
01	1
23	LBL
12	B
34 03	RCL 3
71	x
35	g
04	$1/x$
42	CHS
00	0
22	GTO
01	1
23	LBL
13	C
34 03	RCL 3
71	x
00	0

CODE	KEYS
23	LBL
01	1
33 06	STO 6
35 07	$g \times \vec{z} y$
33 07	STO 7
34 02	RCL 2
34 01	RCL 1
31	f
61	TF 1
11	A
35 01	g NOP
34 06	RCL 6
61	+
35 07	$g \times \vec{z} y$
34 07	RCL 7
61	+
35 07	$g \times \vec{z} y$
31	f
61	TF 1
11	A
35 01	g NOP
33 01	STO 1
35 07	$g \times \vec{z} y$
33 02	STO 2
35 07	$g \times \vec{z} y$
11	A
31	f
01	R→P
22	GTO
00	0

<b>R<sub>1</sub></b>	Re [Y <sub>in</sub> ]	<b>R<sub>4</sub></b>	Used	<b>R<sub>7</sub></b>	Used
<b>R<sub>2</sub></b>	Im [Y <sub>in</sub> ]	<b>R<sub>5</sub></b>	Used	<b>R<sub>8</sub></b>	
<b>R<sub>3</sub></b>	$\omega = 2\pi f$	<b>R<sub>6</sub></b>	Used	<b>R<sub>9</sub></b>	

**T-DÄMPFUNGSGLIED**

CODE	KEYS
21	DSP
04	4
32	$f^{-1}$
51	SF 1
23	LBL
11	A
32	$f^{-1}$
61	TF 1
33 02	STO 2
84	R/S
33 01	STO 1
32	$f^{-1}$
51	SF 1
84	R/S
23	LBL
12	B
01	1
00	0
81	$\div$
01	1
00	0
35 07	$g x \rightrightarrows y$
35	g
05	$y^x$
33 07	STO 7
34 01	RCL 1
34 02	RCL 2
71	x
71	x
31	f
09	$\sqrt{x}$
02	2
71	x
34 07	RCL 7
01	1

CODE	KEYS
51	—
33 08	STO 8
81	$\div$
33 05	STO 5
34 01	RCL 1
34 07	RCL 7
01	1
61	+
33 07	STO 7
71	x
34 08	RCL 8
81	$\div$
34 05	RCL 5
51	—
33 03	STO 3
34 02	RCL 2
34 07	RCL 7
71	x
34 08	RCL 8
81	$\div$
34 05	RCL 5
51	—
33 04	STO 4
34 01	RCL 1
34 02	RCL 2
81	$\div$
33 06	STO 6
01	1
51	—
31	f
09	$\sqrt{x}$
34 06	RCL 6
31	f
09	$\sqrt{x}$
61	+

CODE	KEYS
41	$\uparrow$
71	x
31	f
08	LOG
01	1
00	0
71	x
33 06	STO 6
84	R/S
23	LBL
13	C
32	$f^{-1}$
61	TF 1
34 04	RCL 4
84	R/S
34 03	RCL 3
32	$f^{-1}$
51	SF 1
84	R/S
23	LBL
14	D
34 05	RCL 5
84	R/S
23	LBL
15	E
31	f
51	SF 1
84	R/S
35 01	g NOP
35 01	g NOP

<b>R<sub>1</sub></b>	Z <sub>1</sub>	<b>R<sub>4</sub></b>	R <sub>2</sub>	<b>R<sub>7</sub></b>	N, N + 1
<b>R<sub>2</sub></b>	Z <sub>2</sub>	<b>R<sub>5</sub></b>	R <sub>3</sub>	<b>R<sub>8</sub></b>	N - 1
<b>R<sub>3</sub></b>	R <sub>1</sub>	<b>R<sub>6</sub></b>	Min Loss	<b>R<sub>9</sub></b>	

## PI-DÄMPFUNGLIED

CODE	KEYS
21	DSP
04	4
32	$f^{-1}$
61	TF 1
33 02	STO 2
84	R/S
33 01	STO 1
32	$f^{-1}$
51	SF 1
84	R/S
23	LBL
12	B
01	1
00	0
81	$\div$
01	1
00	0
35 07	$g x \rightrightarrows y$
35	g
05	$y^x$
33 07	STO 7
01	1
51	—
33 08	STO 8
83	·
05	5
71	x
34 01	RCL 1
34 02	RCL 2
71	x
34 07	RCL 7
81	$\div$
31	f
09	$\sqrt{x}$
71	x

CODE	KEYS
33 05	STO 5
35	g
04	$1/x$
33 06	STO 6
34 08	RCL 8
02	2
61	+
34 08	RCL 8
81	$\div$
33 08	STO 8
34 01	RCL 1
81	$\div$
34 06	RCL 6
51	—
35	g
04	$1/x$
33 03	STO 3
34 08	RCL 8
34 02	RCL 2
81	$\div$
34 06	RCL 6
51	—
35	g
04	$1/x$
33 04	STO 4
34 01	RCL 1
34 02	RCL 2
81	$\div$
33 06	STO 6
01	1
51	—
31	g
09	$\sqrt{x}$
34 06	RCL 6
31	g

CODE	KEYS
09	$\sqrt{x}$
61	+
41	$\uparrow$
71	x
31	f
08	LOG
01	1
00	0
71	x
33 06	STO 6
84	R/S
23	LBL
13	C
32	$f^{-1}$
61	TF 1
34 04	RCL 4
84	R/S
34 03	RCL 3
32	$f^{-1}$
51	SF 1
84	R/S
23	LBL
14	D
34 05	RCL 5
84	R/S
23	LBL
15	E
31	f
51	SF 1
84	R/S

<b>R<sub>1</sub></b>	Z <sub>1</sub>	<b>R<sub>4</sub></b>	R <sub>2</sub>	<b>R<sub>7</sub></b>	N
<b>R<sub>2</sub></b>	Z <sub>2</sub>	<b>R<sub>5</sub></b>	R <sub>3</sub>	<b>R<sub>8</sub></b>	Used
<b>R<sub>3</sub></b>	R <sub>1</sub>	<b>R<sub>6</sub></b>	Min Loss	<b>R<sub>9</sub></b>	1/R <sub>3</sub>

**STERN-DREIECK- UND DREIECK-STERN-TRANSFORMATION**

CODE	KEYS
01	1
33 08	STO 8
23	LBL
01	1
21	DSP
83	.
00	0
34 08	RCL 8
84	R/S
23	LBL
14	D
23	LBL
11	A
34 02	RCL 2
33 01	STO 1
34 03	RCL 3
33 02	STO 2
35 08	g R↓
35 08	g R↓
33 03	STO 3
22	GTO
01	1
23	LBL
15	E
34 03	RCL 3
13	C
33 03	STO 3
35 08	g R↓
23	LBL
12	B
34 05	RCL 5
33 04	STO 4
34 06	RCL 6
33 05	STO 5
35 08	g R↓

CODE	KEYS
35 08	g R↓
33 06	STO 6
03	3
34 08	RCL 8
35 23	g x=y
22	GTO
02	2
01	1
61	+
33 08	STO 8
22	GTO
01	1
23	LBL
13	C
31	f
01	R→P
35	g
04	1/x
35 07	g x↔y
42	CHS
35 07	g x↔y
32	f <sup>-1</sup>
01	R→P
24	RTN
23	LBL
02	2
34 04	RCL 4
34 05	RCL 5
61	+
34 06	RCL 6
61	+
34 01	RCL 1
34 02	RCL 2
61	+
34 03	RCL 3

CODE	KEYS
61	+
31	f
01	R→P
33 07	STO 7
35 07	g x↔y
33 08	STO 8
34 04	RCL 4
34 01	RCL 1
31	f
01	R→P
33 01	STO 1
35 07	g x↔y
33 04	STO 4
34 05	RCL 5
34 02	RCL 2
31	f
01	R→P
33 02	STO 2
35 07	g x↔y
33 05	STO 5
34 06	RCL 6
34 03	RCL 3
31	f
01	R→P
33 03	STO 3
35 07	g x↔y
33 06	STO 6
21	DSP
04	4
84	R/S

<b>R<sub>1</sub></b>	Used	<b>R<sub>4</sub></b>	Used	<b>R<sub>7</sub></b>	Used
<b>R<sub>2</sub></b>	Used	<b>R<sub>5</sub></b>	Used	<b>R<sub>8</sub></b>	Used
<b>R<sub>3</sub></b>	Used	<b>R<sub>6</sub></b>	Used	<b>R<sub>9</sub></b>	Used





## IMPEDANZANPASSUNG MITTELS PI-GLIED

CODE	KEYS
31	f
42	STK
21	DSP
04	4
23	LBL
01	1
32	$f^{-1}$
51	SF 1
24	RTN
84	R/S
23	LBL
11	A
32	$f^{-1}$
61	TF 1
33 02	STO 2
84	R/S
33 01	STO 1
22	GTO
01	1
23	LBL
12	B
32	$f^{-1}$
61	TF 1
33 04	STO 4
84	R/S
33 03	STO 3
22	GTO
01	1
23	LBL
13	C
34 04	RCL 4
34 01	RCL 1
81	$\div$
31	f
61	TF 1

CODE	KEYS
22	GTO
00	0
34 02	RCL 2
34 01	RCL 1
81	$\div$
34 04	RCL 4
41	$\uparrow$
71	x
01	1
61	+
33 05	STO 5
71	x
01	1
51	-
31	f
09	$\sqrt{x}$
34 02	RCL 2
81	$\div$
33 06	STO 6
22	GTO
00	0
23	LBL
14	D
13	C
34 02	RCL 2
34 06	RCL 6
71	x
34 04	RCL 4
81	$\div$
01	1
61	+
34 04	RCL 4
34 01	RCL 1
71	x
34 05	RCL 5

CODE	KEYS
81	$\div$
71	x
23	LBL
00	0
35	g
02	$\pi$
02	2
71	x
34 03	RCL 3
71	x
81	$\div$
22	GTO
01	1
23	LBL
15	E
31	f
51	SF 1
84	R/S
35 01	g NOP

<b>R<sub>1</sub></b>	R <sub>1</sub>	<b>R<sub>4</sub></b>	Q	<b>R<sub>7</sub></b>
<b>R<sub>2</sub></b>	R <sub>2</sub>	<b>R<sub>5</sub></b>	Used	<b>R<sub>8</sub></b>
<b>R<sub>3</sub></b>	f	<b>R<sub>6</sub></b>	Used	<b>R<sub>9</sub></b>

## BANDFILTERENTWURF

CODE	KEYS
21	DSP
03	3
32	$f^{-1}$
51	SF 1
84	R/S
23	LBL
11	A
32	$f^{-1}$
61	TF 1
33 02	STO 2
84	R/S
33 01	STO 1
32	$f^{-1}$
51	SF 1
84	R/S
23	LBL
12	B
31	f
61	TF 1
22	GTO
01	1
34 02	RCL 2
34 01	RCL 1
51	—
33 06	STO 6
34 01	RCL 1
34 02	RCL 2
71	x
04	4
71	x
35	g
02	$\pi$
71	x
33 07	STO 7
34 03	RCL 3

CODE	KEYS
71	x
81	$\div$
33 04	STO 4
34 03	RCL 3
34 06	RCL 6
35	g
02	$\pi$
71	x
33 08	STO 8
71	x
35	g
04	$1/x$
33 05	STO 5
34 03	RCL 3
34 06	RCL 6
71	x
34 07	RCL 7
81	$\div$
33 07	STO 7
34 03	RCL 3
34 08	RCL 8
81	$\div$
33 06	STO 6
00	0
21	DSP
03	3
84	R/S
23	LBL
01	1
33 03	STO 3
32	$f^{-1}$
51	SF 1
84	R/S
23	LBL
13	C

CODE	KEYS
32	$f^{-1}$
61	TF 1
34 05	RCL 5
84	R/S
34 04	RCL 4
32	$f^{-1}$
51	SF 1
84	R/S
23	LBL
14	D
32	$f^{-1}$
61	TF 1
34 07	RCL 7
84	R/S
34 06	RCL 6
32	$f^{-1}$
51	SF 1
84	R/S
23	LBL
15	E
31	f
51	SF 1
84	R/S
35 01	g NOP

<b>R<sub>1</sub></b>	$f_1, f_L$	<b>R<sub>4</sub></b>	$C_a$	<b>R<sub>7</sub></b>	$4\pi f_1 f_2, L_b$
<b>R<sub>2</sub></b>	$f_2, f_U$	<b>R<sub>5</sub></b>	$C_b$	<b>R<sub>8</sub></b>	$\pi(f_2 - f_1)$
<b>R<sub>3</sub></b>	$R, \Delta f$	<b>R<sub>6</sub></b>	$f_2 - f_1, L_a$	<b>R<sub>9</sub></b>	

## BANDFILTERENTWURF

CODE	KEYS
34 02	RCL 2
34 01	RCL 1
35 24	g x>y
00	0
81	÷
21	DSP
83	·
02	2
84	R/S
23	LBL
12	B
34 01	RCL 1
02	2
71	x
35	g
02	$\pi$
71	x
41	↑
71	x
33 08	STO 8
34 04	RCL 4
71	x
34 06	RCL 6
71	x
01	1
51	—
01	1
34 08	RCL 8
34 05	RCL 5
71	x
34 07	RCL 7
71	x
51	—
71	x
34 08	RCL 8

CODE	KEYS
04	4
71	x
34 04	RCL 4
71	x
34 07	RCL 7
71	x
81	÷
34 01	RCL 1
34 03	RCL 3
23	LBL
02	2
61	+
33 01	STO 1
35 08	g R↓
00	0
35 07	g x↔y
35 24	g x>y
22	GTO
01	1
35 23	g x=y
00	0
84	R/S
01	1
42	CHS
35 07	g x↔y
35 24	g x>y
00	0
84	R/S
42	CHS
14	D
51	—
15	E
84	R/S
23	LBL
01	1

CODE	KEYS
14	D
61	+
23	LBL
15	E
31	f
09	$\sqrt{x}$
61	+
31	f
07	LN
01	1
32	f <sup>-1</sup>
07	LN
31	f
08	LOG
04	4
00	0
71	x
71	x
24	RTN
23	LBL
14	D
31	f
09	$\sqrt{x}$
41	↑
71	x
35 00	g LST X
35 07	g x↔y
01	1
24	RTN
35 01	g NOP

R <sub>1</sub>	f <sub>L</sub>	R <sub>4</sub>	C <sub>a</sub>	R <sub>7</sub>	L <sub>b</sub>
R <sub>2</sub>	f <sub>U</sub>	R <sub>5</sub>	C <sub>b</sub>	R <sub>8</sub>	$\omega^2$
R <sub>3</sub>	$\Delta f$	R <sub>6</sub>	L <sub>a</sub>	R <sub>9</sub>	Used

## AKTIVES FILTER – TIEFPASS

CODE	KEYS
02	2
31	f
09	$\sqrt{x}$
33 03	STO 3
31	f
42	STK
23	LBL
00	0
32	$f^{-1}$
51	SF 1
21	DSP
83	.
02	2
24	RTN
23	LBL
11	A
31	f
61	TF 1
33 01	STO 1
22	GTO
00	0
61	+
33 02	STO 2
22	GTO
00	0
23	LBL
12	B
31	f
61	TF 1
33 03	STO 3
22	GTO
00	0
61	+
33 04	STO 4
22	GTO

CODE	KEYS
05	5
23	LBL
13	C
31	f
61	TF 1
22	GTO
01	1
14	D
35 07	$g \times \rightarrow y$
81	$\div$
22	GTO
00	0
23	LBL
02	2
32	$f^{-1}$
51	SF 1
14	D
34 03	RCL 3
71	x
35	g
02	$\pi$
71	x
34 01	RCL 1
71	x
81	$\div$
23	LBL
05	5
21	DSP
06	6
84	R/S
23	LBL
14	D
31	f
61	TF 1
22	GTO

CODE	KEYS
02	2
34 02	RCL 2
01	1
61	+
34 03	RCL 3
04	4
81	$\div$
35	g
02	$\pi$
81	$\div$
34 01	RCL 1
81	$\div$
34 04	RCL 4
81	$\div$
22	GTO
00	0
23	LBL
01	1
32	$f^{-1}$
51	SF 1
14	D
34 02	RCL 2
81	$\div$
22	GTO
00	0
23	LBL
15	E
31	f
51	SF 1
84	R/S

<b>R<sub>1</sub></b>	$f_c$	<b>R<sub>4</sub></b>	C	<b>R<sub>7</sub></b>
<b>R<sub>2</sub></b>	G	<b>R<sub>5</sub></b>		<b>R<sub>8</sub></b>
<b>R<sub>3</sub></b>	$\alpha$	<b>R<sub>6</sub></b>		<b>R<sub>9</sub></b>

## AKTIVES FILTER – HOCHPASS

CODE	KEYS
02	2
31	f
09	$\sqrt{x}$
33 03	STO 3
31	f
42	STK
23	LBL
00	0
32	$f^{-1}$
51	SF 1
21	DSP
83	·
02	2
84	R/S
23	LBL
11	A
31	f
61	TF 1
33 01	STO 1
22	GTO
00	0
61	+
33 02	STO 2
22	GTO
00	0
23	LBL
12	B
31	f
61	TF 1
33 03	STO 3
22	GTO
00	0
61	+
33 04	STO 4
22	GTO

CODE	KEYS
05	5
23	LBL
13	C
31	f
61	TF 1
22	GTO
01	1
02	2
34 02	RCL 2
71	x
01	1
61	+
34 03	RCL 3
02	2
71	x
35	g
02	$\pi$
71	x
34 01	RCL 1
71	x
34 04	RCL 4
71	x
81	$\div$
22	GTO
00	0
23	LBL
01	1
34 03	RCL 3
02	2
35	g
02	$\pi$
71	x
34 01	RCL 1
71	x
34 04	RCL 4

CODE	KEYS
71	x
01	1
34 02	RCL 2
81	$\div$
02	2
61	+
71	x
81	$\div$
22	GTO
00	0
23	LBL
14	D
34 04	RCL 4
34 02	RCL 2
81	$\div$
23	LBL
05	5
21	DSP
06	6
32	$f^{-1}$
51	SF 1
84	R/S
23	LBL
15	E
31	f
51	SF 1
84	R/S
35 01	g NOP
35 01	g NOP
35 01	g NOP

R <sub>1</sub>	f <sub>0</sub>	R <sub>4</sub>	C	R <sub>7</sub>
R <sub>2</sub>	G	R <sub>5</sub>		R <sub>8</sub>
R <sub>3</sub>	$\alpha$	R <sub>6</sub>		R <sub>9</sub>

**'BUTTERWORTH' – FILTER**

CODE	KEYS
33 01	STO 1
35	g
42	RAD
01	1
33 04	STO 4
02	2
33 05	STO 5
34 01	RCL 1
84	R/S
23	LBL
12	B
33 02	STO 2
84	R/S
23	LBL
13	C
33 03	STO 3
84	R/S
23	LBL
14	D
34 04	RCL 4
02	2
71	x
01	1
51	—
35	g
02	$\pi$
71	x
34 01	RCL 1
02	2
71	x
81	$\div$
31	f
04	SIN
34 02	RCL 2
34 03	RCL 3

CODE	KEYS
71	x
35	g
02	$\pi$
71	x
81	$\div$
33 06	STO 6
34 01	RCL 1
34 04	RCL 4
33 08	STO 8
35 24	g x>y
00	0
81	$\div$
02	2
61	+
33 04	STO 4
21	DSP
02	2
34 08	RCL 8
84	R/S
21	DSP
04	4
34 06	RCL 6
84	R/S
23	LBL
15	E
34 05	RCL 5
02	2
71	x
01	1
51	—
35	g
02	$\pi$
71	x
34 01	RCL 1
02	2

CODE	KEYS
71	x
81	$\div$
31	f
04	SIN
34 02	RCL 2
71	x
35	g
02	$\pi$
34 03	RCL 3
71	x
81	$\div$
33 07	STO 7
34 01	RCL 1
34 05	RCL 5
33 08	STO 8
35 24	g x>y
00	0
81	$\div$
02	2
61	+
33 05	STO 5
21	DSP
02	2
34 08	RCL 8
84	R/S
21	DSP
04	4
34 07	RCL 7
84	R/S
35 01	g NOP

<b>R<sub>1</sub></b>	n	<b>R<sub>4</sub></b>	Used	<b>R<sub>7</sub></b>	L <sub>i</sub>
<b>R<sub>2</sub></b>	R	<b>R<sub>5</sub></b>	Used	<b>R<sub>8</sub></b>	Used
<b>R<sub>3</sub></b>	f <sub>c</sub>	<b>R<sub>6</sub></b>	C <sub>i</sub>	<b>R<sub>9</sub></b>	Used

## TSCHEBYSCHIEFF – FILTER

CODE	KEYS
23	LBL
11	A
33 01	STO 1
84	R/S
23	LBL
12	B
33 02	STO 2
84	R/S
23	LBL
13	C
33 03	STO 3
84	R/S
23	LBL
14	D
33 04	STO 4
84	R/S
23	LBL
15	E
01	1
33 05	STO 5
31	f
51	SF 1
35	g
42	RAD
21	DSP
03	3
34 03	RCL 3
02	2
71	x
35	g
02	$\pi$
71	x
33 03	STO 3
34 04	RCL 4
01	1

CODE	KEYS
32	$f^{-1}$
07	LN
31	f
08	LOG
04	4
00	0
71	x
81	$\div$
32	$f^{-1}$
07	LN
33 07	STO 7
35 00	g LST X
42	CHS
32	$f^{-1}$
07	LN
51	–
35 00	g LST X
34 07	RCL 7
61	+
81	$\div$
35	g
04	$1/x$
31	f
07	LN
34 01	RCL 1
02	2
71	x
81	$\div$
32	$f^{-1}$
07	LN
35 00	g LST X
42	CHS
32	$f^{-1}$
07	LN
51	–

CODE	KEYS
02	2
81	$\div$
33 06	STO 6
35	g
02	$\pi$
34 01	RCL 1
02	2
71	x
81	$\div$
31	f
04	SIN
33 08	STO 8
02	2
71	x
34 06	RCL 6
81	$\div$
33 07	STO 7
34 03	RCL 3
34 02	RCL 2
71	x
81	$\div$
33 04	STO 4
00	0
84	R/S
35 01	g NOP

<b>R<sub>1</sub></b>	n	<b>R<sub>4</sub></b>	$\epsilon_{dB}, C_1$	<b>R<sub>7</sub></b>	G <sub>i</sub>
<b>R<sub>2</sub></b>	R	<b>R<sub>5</sub></b>	i	<b>R<sub>8</sub></b>	a <sub>i</sub>
<b>R<sub>3</sub></b>	$f_c, \omega_c$	<b>R<sub>6</sub></b>	$\gamma$	<b>R<sub>9</sub></b>	Used

TSCHEBYSCHIEFF – FILTER

CODE	KEYS
23	LBL
11	A
21	DSP
83	·
00	0
34 01	RCL 1
34 05	RCL 5
35 24	$g x > y$
00	0
81	÷
84	R/S
23	LBL
12	B
31	f
61	TF 1
22	GTO
01	1
31	f
81	TF 2
22	GTO
03	3
31	f
71	SF 2
15	E
34 03	RCL 3
34 02	RCL 2
71	x
23	LBL
02	2
21	DSP
03	3
81	÷
34 05	RCL 5
01	1
61	+

CODE	KEYS
33 05	STO 5
35 07	$g x \rightrightarrows y$
84	R/S
23	LBL
01	1
32	$f^{-1}$
51	—
31	f
71	SF 2
34 04	RCL 4
01	1
22	GTO
02	2
23	LBL
03	3
32	$f^{-1}$
71	SF 1
15	E
34 02	RCL 2
71	x
34 03	RCL 3
22	GTO
02	2
23	LBL
15	E
34 08	RCL 8
04	4
71	x
34 05	RCL 5
02	2
71	x
01	1
51	—
35	g
02	$\pi$

CODE	KEYS
71	x
34 01	RCL 1
02	2
71	x
81	÷
31	f
04	SIN
33 08	STO 8
71	x
34 05	RCL 5
01	1
51	—
35	g
02	$\pi$
71	x
34 01	RCL 1
81	÷
31	f
04	SIN
41	↑
71	x
34 06	RCL 6
41	↑
71	x
61	+
34 07	RCL 7
71	x
81	÷
33 07	STO 7
24	RTN

$R_1$	n	$R_4$	$C_1$	$R_7$	$G_i$
$R_2$	R	$R_5$	i	$R_8$	$a_i$
$R_3$	$\omega_C$	$R_6$	$\gamma$	$R_9$	Used

## KAPAZITÄT PLANPARALLELER PLATTEN

CODE	KEYS
02	2
83	·
05	5
04	4
42	CHS
33 06	STO 6
84	R/S
23	LBL
11	A
33 01	STO 1
84	R/S
23	LBL
12	B
00	0
35 07	$g x \rightleftarrows y$
35 24	$g x > y$
33 02	STO 2
84	R/S
34 06	RCL 6
71	x
33 02	STO 2
84	R/S
23	LBL
13	C
00	0
35 07	$g x \rightleftarrows y$
35 24	$g x > y$
33 03	STO 3
84	R/S
34 06	RCL 6
71	x
33 03	STO 3
84	R/S
23	LBL
14	D

CODE	KEYS
00	0
35 07	$g x \rightleftarrows y$
35 24	$g x > y$
33 04	STO 4
84	R/S
34 06	RCL 6
71	x
33 04	STO 4
84	R/S
23	LBL
15	E
34 01	RCL 1
34 02	RCL 2
81	÷
34 03	RCL 3
71	x
34 04	RCL 4
71	x
83	·
00	0
08	8
08	8
05	5
04	4
01	1
09	9
71	x
33 05	STO 5
34 03	RCL 3
34 04	RCL 4
43	EEX
02	2
71	x
35 24	$g x > y$
34 05	RCL 5

CODE	KEYS
84	R/S
34 04	RCL 4
35	g
02	$\pi$
02	2
71	x
71	x
34 02	RCL 2
81	÷
31	f
07	LN
01	1
61	+
34 02	RCL 2
34 04	RCL 4
81	÷
35	g
02	$\pi$
81	÷
71	x
01	1
61	+
34 05	RCL 5
71	x
84	R/S
35 01	g NOP

<b>R<sub>1</sub></b>	$\epsilon_r$	<b>R<sub>4</sub></b>	W	<b>R<sub>7</sub></b>	
<b>R<sub>2</sub></b>	d	<b>R<sub>5</sub></b>	C with P = 0	<b>R<sub>8</sub></b>	
<b>R<sub>3</sub></b>	L	<b>R<sub>6</sub></b>	-2.54	<b>R<sub>9</sub></b>	Used



## INDUKTIVITÄT EINER EINLAGIGEN DICHTGEWICKELTEN SPULE

CODE	KEYS
81	÷
71	x
31	f
09	$\sqrt{x}$
31	f
01	R→P
35 09	g R↑
61	+
84	R/S
23	LBL
15	E
34 02	RCL 2
34 04	RCL 4
71	x
33 06	STO 6
01	1
33 08	STO 8
84	R/S
23	LBL
11	A
35	g
83	DSZ
33 01	STO 1
84	R/S
04	4
83	·
05	5
34 03	RCL 3
41	↑
71	x
81	÷
34 04	RCL 4
71	x
34 06	RCL 6
01	1

CODE	KEYS
00	0
34 03	RCL 3
22	GTO
00	0
23	LBL
12	B
35	g
83	DSZ
33 02	STO 2
84	R/S
34 03	RCL 3
34 01	RCL 1
34 04	RCL 4
81	÷
71	x
09	9
34 03	RCL 3
81	÷
51	—
34 01	RCL 1
71	x
01	1
00	0
81	÷
84	R/S
23	LBL
14	D
35	g
83	DSZ
33 04	STO 4
84	R/S
34 03	RCL 3
34 01	RCL 1
71	x
41	↑

CODE	KEYS
71	x
09	9
34 01	RCL 1
71	x
01	1
00	0
34 02	RCL 2
71	x
34 03	RCL 3
71	x
61	+
81	÷
84	R/S
23	LBL
13	C
35	g
83	DSZ
33 03	STO 3
84	R/S
05	5
34 06	RCL 6
71	x
34 01	RCL 1
41	↑
71	x
81	÷
34 04	RCL 4
09	9
34 01	RCL 1
35 01	g NOP

R <sub>1</sub>	R	R <sub>4</sub>	L	R <sub>7</sub>	
R <sub>2</sub>	D	R <sub>5</sub>		R <sub>8</sub>	DSZ
R <sub>3</sub>	N	R <sub>6</sub>	DL	R <sub>9</sub>	Used

SKIN-EFFEKT UND SPULENGÜTE

CODE	KEYS
32	f <sup>-1</sup>
51	SF 1
84	R/S
23	LBL
11	A
32	f <sup>-1</sup>
61	TF 1
33 02	STO 2
84	R/S
33 01	STO 1
22	GTO
00	0
23	LBL
12	B
32	f <sup>-1</sup>
61	TF 1
33 04	STO 4
84	R/S
33 03	STO 3
22	GTO
00	0
23	LBL
15	E
31	f
51	SF 1
84	R/S
23	LBL
13	C
06	6
83	·
06	6
00	0
08	8
34 04	RCL 4
31	f

CODE	KEYS
09	√x
81	÷
31	f
61	TF 1
22	GTO
00	0
35 00	g LST X
34 02	RCL 2
71	x
34 03	RCL 3
34 02	RCL 2
81	÷
31	f
08	LOG
01	1
83	·
02	2
71	x
83	·
03	3
08	8
61	+
35	g
42	RAD
31	f
04	SIN
01	1
83	·
01	1
08	8
61	+
02	2
05	5
83	·
05	5

CODE	KEYS
09	9
71	x
71	x
84	R/S
23	LBL
14	D
02	2
83	·
06	6
01	1
43	EEX
42	CHS
07	7
34 04	RCL 4
31	f
09	√x
71	x
31	f
61	TF 1
22	GTO
00	0
43	EEX
02	2
71	x
35	g
02	π
81	÷
34 01	RCL 1
81	÷
84	R/S

R <sub>1</sub>	d	R <sub>4</sub>	f	R <sub>7</sub>	
R <sub>2</sub>	D	R <sub>5</sub>		R <sub>8</sub>	
R <sub>3</sub>	l	R <sub>6</sub>		R <sub>9</sub>	Used

## TRANSFORMATOR – ENTWURF

CODE	KEYS
84	R/S
01	1
33 08	STO 8
03	3
04	4
09	9
43	EEX
04	4
33 07	STO 7
84	R/S
33 06	STO 6
34 02	RCL 2
81	÷
31	f
09	$\sqrt{x}$
83	·
07	7
02	2
33 08	STO 8
81	÷
22	GTO
00	0
23	LBL
11	A
35	g
83	DSZ
33 01	STO 1
22	GTO
00	0
34 02	RCL 2
23	LBL
02	2
34 03	RCL 3
71	x
23	LBL

CODE	KEYS
03	3
34 04	RCL 4
71	x
23	LBL
04	4
34 05	RCL 5
34 07	RCL 7
71	x
35 07	$g \times \vec{z} y$
81	÷
22	GTO
00	0
23	LBL
12	B
35	g
83	DSZ
33 02	STO 2
22	GTO
00	0
34 01	RCL 1
22	GTO
02	2
23	LBL
13	C
35	g
83	DSZ
33 03	STO 3
22	GTO
00	0
34 01	RCL 1
34 02	RCL 2
71	x
22	GTO
03	3
23	LBL

CODE	KEYS
14	D
35	g
83	DSZ
33 04	STO 4
22	GTO
00	0
34 01	RCL 1
34 02	RCL 2
71	x
34 03	RCL 3
71	x
22	GTO
04	4
23	LBL
15	E
35	g
83	DSZ
33 05	STO 5
22	GTO
00	0
34 01	RCL 1
34 02	RCL 2
71	x
34 03	RCL 3
71	x
34 04	RCL 4
71	x
34 07	RCL 7
81	÷
35 01	g NOP

<b>R<sub>1</sub></b>	N <sub>p</sub>	<b>R<sub>4</sub></b>	B <sub>m</sub>	<b>R<sub>7</sub></b>	temporary
<b>R<sub>2</sub></b>	f	<b>R<sub>5</sub></b>	E <sub>p</sub>	<b>R<sub>8</sub></b>	.72, DSZ
<b>R<sub>3</sub></b>	A <sub>c</sub>	<b>R<sub>6</sub></b>	W <sub>out</sub>	<b>R<sub>9</sub></b>	

## ENTWURF VON REED-RELAIS

CODE	KEYS
35 08	g R↓
71	x
83	·
05	5
61	+
31	f
83	INT
33 01	STO 1
00	0
84	R/S
23	LBL
13	C
21	DSP
83	·
00	0
34 01	RCL 1
83	·
02	2
02	2
09	9
71	x
32	f <sup>-1</sup>
07	LN
08	8
83	·
05	5
07	7
71	x
34 07	RCL 7
71	x
33 08	STO 8
34 01	RCL 1
84	R/S
34 08	RCL 8
84	R/S

CODE	KEYS
23	LBL
14	D
83	·
02	2
03	3
01	1
02	2
34 01	RCL 1
71	x
32	f <sup>-1</sup>
07	LN
83	·
00	0
04	4
09	9
06	6
71	x
01	1
02	2
43	EEX
03	3
81	÷
34 08	RCL 8
71	x
35	g
02	π
71	x
34 02	RCL 2
71	x
33 03	STO 3
84	R/S
34 06	RCL 6
32	f <sup>-1</sup>
09	√x
34 03	RCL 3

CODE	KEYS
81	÷
01	1
43	EEX
03	3
71	x
84	R/S
23	LBL
15	E
21	DSP
83	·
02	2
34 04	RCL 4
01	1
83	·
01	1
71	x
34 08	RCL 8
81	÷
34 03	RCL 3
71	x
84	R/S
34 05	RCL 5
83	·
03	3
71	x
34 08	RCL 8
81	÷
34 03	RCL 3
71	x
84	R/S

<b>R<sub>1</sub></b>	L, WS	<b>R<sub>4</sub></b>	S <sub>max</sub>	<b>R<sub>7</sub></b>	A
<b>R<sub>2</sub></b>	OD + ID	<b>R<sub>5</sub></b>	S <sub>min</sub>	<b>R<sub>8</sub></b>	T
<b>R<sub>3</sub></b>	ID, R <sub>c</sub>	<b>R<sub>6</sub></b>	V	<b>R<sub>9</sub></b>	

**ENTWURF VON REED-RELAIS**

CODE	KEYS
02	2
83	·
05	5
04	4
33 07	STO 7
00	0
33 08	STO 8
84	R/S
23	LBL
11	A
35	g
83	DSZ
33 01	STO 1
84	R/S
33 04	STO 4
84	R/S
23	LBL
12	B
35	g
83	DSZ
33 02	STO 2
84	R/S
33 05	STO 5
84	R/S
23	LBL
13	C
35	g
83	DSZ
33 03	STO 3
84	R/S
33 06	STO 6
00	0
34 01	RCL 1
35 24	g x>y
34 07	RCL 7

CODE	KEYS
81	÷
35	g
06	ABS
33 01	STO
44	CLX
34 02	RCL 2
35 24	g x>y
34 07	RCL 7
81	÷
35	g
06	ABS
33 02	STO 2
44	CLX
34 03	RCL 3
35 24	g x>y
34 07	RCL 7
81	÷
35	g
06	ABS
33 03	STO 3
34 06	RCL 6
84	R/S
23	LBL
15	E
01	1
33 08	STO 8
35 08	g R↓
24	RTN
23	LBL
14	D
34 02	RCL 2
34 03	RCL 3
51	—
34 01	RCL 1
71	x

CODE	KEYS
02	2
81	÷
33 07	STO 7
34 06	RCL 6
34 02	RCL 2
34 03	RCL 3
61	+
33 02	STO 2
81	÷
02	2
83	·
06	6
43	EEX
05	5
71	x
02	2
83	·
03	3
05	5
06	6
02	2
34 04	RCL 4
71	x
81	÷
31	f
07	LN
04	4
41	↑
00	0
84	R/S

<b>R<sub>1</sub></b>	L, WS	<b>R<sub>4</sub></b>	S <sub>max</sub>	<b>R<sub>7</sub></b>	A
<b>R<sub>2</sub></b>	OD, OD + ID	<b>R<sub>5</sub></b>	S <sub>min</sub>	<b>R<sub>8</sub></b>	T, DSZ
<b>R<sub>3</sub></b>	ID	<b>R<sub>6</sub></b>	V	<b>R<sub>9</sub></b>	Used



## IMPEDANZTRANSFORMATION EINER ÜBERTRAGUNGSLEITUNG

CODE	KEYS
32	$f^{-1}$
51	SF 1
84	R/S
23	LBL
11	A
32	$f^{-1}$
61	TF 1
33 02	STO 2
84	R/S
33 01	STO 1
22	GTO
00	0
23	LBL
12	B
32	$f^{-1}$
61	TF 1
33 04	STO 4
84	R/S
33 03	STO 3
22	GTO
00	0
23	LBL
13	C
32	$f^{-1}$
61	TF 1
33 05	STO 5
84	R/S
34 01	RCL 1
34 03	RCL 3
71	x
01	1
83	·
02	2
00	0
00	0

CODE	KEYS
08	8
03	3
43	EEX
42	CHS
08	8
71	x
34 04	RCL 4
81	÷
33 05	STO 5
22	GTO
00	0
23	LBL
14	D
32	$f^{-1}$
61	TF 1
33 07	STO 7
84	R/S
33 06	STO 6
22	GTO
00	0
23	LBL
15	E
31	f
51	SF 1
84	R/S
23	LBL
15	E
34 06	RCL 6
34 07	RCL 7
32	$f^{-1}$
01	R→P
33 08	STO 8
34 05	RCL 5
31	f
06	TAN

CODE	KEYS
71	x
34 02	RCL 2
35 00	g LST X
71	x
35 00	g LST X
35 09	g R↑
71	x
35 07	g $x \rightarrow y$
35 00	g LST X
61	+
35 07	g $x \rightarrow y$
34 02	RCL 2
35 07	g $x \rightarrow y$
51	—
35 07	g $x \rightarrow y$
34 08	RCL 8
31	f
01	R→P
35 07	g $x \rightarrow y$
35 09	g R↑
35 09	g R↑
31	f
01	R→P
35 08	g R↓
51	—
35 07	g $x \rightarrow y$
35 09	g R↑
81	÷
34 02	RCL 2
71	x

<b>R<sub>1</sub></b>	f	<b>R<sub>4</sub></b>	v	<b>R<sub>7</sub></b>	MAG[Z]
<b>R<sub>2</sub></b>	$Z_0$	<b>R<sub>5</sub></b>	$\theta$	<b>R<sub>8</sub></b>	Used
<b>R<sub>3</sub></b>	l	<b>R<sub>6</sub></b>	ANG[Z]	<b>R<sub>9</sub></b>	Used



## UMWANDLUNG ZWISCHEN S- UND Y-PARAMETERN

CODE	KEYS
34 02	RCL 2
33 01	STO 1
34 03	RCL 3
33 02	STO 2
34 04	RCL 4
33 03	STO 3
35 09	g R↑
33 04	STO 4
84	R/S
23	LBL
12	B
34 06	RCL 6
33 05	STO 5
34 07	RCL 7
33 06	STO 6
34 08	RCL 8
33 07	STO 7
35 09	g R↑
34 04	RCL 4
32	f <sup>-1</sup>
01	R→P
33 04	STO 4
35 08	g R↓
33 08	STO 8
84	R/S
23	LBL
13	C
15	E
34 06	RCL 6
34 02	RCL 2
14	D
15	E
34 07	RCL 7
34 03	RCL 3
14	D

CODE	KEYS
23	LBL
15	E
34 05	RCL 5
34 04	RCL 4
01	1
61	+
71	x
34 08	RCL 8
34 01	RCL 1
01	1
61	+
71	x
61	+
34 02	RCL 2
34 07	RCL 7
71	x
51	-
34 06	RCL 6
34 03	RCL 3
71	x
51	-
34 01	RCL 1
01	1
61	+
34 04	RCL 4
01	1
61	+
71	x
34 05	RCL 5
34 08	RCL 8
71	x
51	-
34 02	RCL 2
34 03	RCL 3
71	x

CODE	KEYS
51	-
34 06	RCL 6
34 07	RCL 7
71	x
61	+
31	f
01	R→P
35 07	g x↔y
24	RTN
23	LBL
14	D
31	f
01	R→P
35 09	g R↑
81	÷
02	2
71	x
84	R/S
35 08	g R↓
35 07	g x↔y
51	-
01	1
42	CHS
32	f <sup>-1</sup>
01	R→P
31	f
01	R→P
35 08	g R↓
84	R/S
24	RTN

<b>R</b> <sub>1</sub> Re [s <sub>11</sub> ]	<b>R</b> <sub>4</sub> Re [s <sub>22</sub> ]	<b>R</b> <sub>7</sub> temporary
<b>R</b> <sub>2</sub> temporary	<b>R</b> <sub>5</sub> Im [s <sub>11</sub> ]	<b>R</b> <sub>8</sub> Im [s <sub>22</sub> ]
<b>R</b> <sub>3</sub> temporary	<b>R</b> <sub>6</sub> temporary	<b>R</b> <sub>9</sub> temporary, ± 1



## GLEICHRICHTERSCHALTUNGEN FÜR STROMVERSORGUNGSTEILE

CODE	KEYS
31	f
43	REG
84	R/S
23	LBL
11	A
35	g
83	DSZ
33 02	STO 2
84	R/S
33 01	STO 1
84	R/S
23	LBL
12	B
35	g
83	DSZ
33 04	STO 4
84	R/S
33 03	STO 3
84	R/S
23	LBL
13	C
33 05	STO 5
34 04	RCL 4
06	6
81	÷
35	g
02	$\pi$
81	÷
34 03	RCL 3
81	÷
33 07	STO 7
34 05	RCL 5
84	R/S
23	LBL
15	E

CODE	KEYS
01	1
33 08	STO 8
35 08	g R↓
84	R/S
23	LBL
14	D
34 01	RCL 1
02	2
31	f
09	$\sqrt{x}$
71	x
33 06	STO 6
34 06	RCL 6
34 05	RCL 5
03	3
35 23	g x=y
22	GTO
01	1
35 08	g R↓
81	÷
34 02	RCL 2
81	÷
34 03	RCL 3
81	÷
34 04	RCL 4
81	÷
33	STO
09	9
02	2
81	÷
51	—
34	RCL
09	9
22	GTO
02	2

CODE	KEYS
23	LBL
01	1
34 06	RCL 6
02	2
71	x
35	g
02	$\pi$
81	÷
35 00	g LST X
34 03	RCL 3
71	x
41	↑
71	x
01	1
02	2
34 02	RCL 2
71	x
71	x
34 07	RCL 7
71	x
81	÷
23	LBL
02	2
35	g
83	DSZ
35 01	g NOP
84	R/S
35 07	g x↔y
84	R/S
35 01	g NOP

<b>R<sub>1</sub></b>	V <sub>i</sub>	<b>R<sub>4</sub></b>	R	<b>R<sub>7</sub></b>	L <sub>MIN</sub> or L
<b>R<sub>2</sub></b>	C	<b>R<sub>5</sub></b>	T <sub>type</sub>	<b>R<sub>8</sub></b>	DSZ
<b>R<sub>3</sub></b>	f	<b>R<sub>6</sub></b>	$\sqrt{2} V_i$	<b>R<sub>9</sub></b>	Temporary

## GESTEUERTE GLEICHRICHTERSCHALTUNGEN

CODE	KEYS
35	g
41	DEG
31	f
43	REG
84	R/S
23	LBL
11	A
35	g
83	DSZ
33 01	STO 1
24	RTN
34 03	RCL 3
14	D
81	÷
24	RTN
23	LBL
12	B
35	g
83	DSZ
33 02	STO 2
24	RTN
34 03	RCL 3
34 01	RCL 1
81	÷
35	g
02	$\pi$
71	x
01	1
51	—
32	$f^{-1}$
05	COS
24	RTN
23	LBL
13	C
35	g

CODE	KEYS
83	DSZ
33 03	STO 3
24	RTN
34 01	RCL 1
14	D
71	x
24	RTN
23	LBL
14	D
01	1
34 02	RCL 2
31	f
05	COS
61	+
35	g
02	$\pi$
81	÷
24	RTN
23	LBL
15	E
01	1
33 08	STO 8
84	R/S
34 01	RCL 1
34 02	RCL 2
35	g
02	$\pi$
71	x
09	9
00	0
81	÷
35	g
42	RAD
31	f
04	SIN

CODE	KEYS
35 00	g LST X
51	—
35	g
02	$\pi$
33 08	STO 8
02	2
71	x
61	+
35 00	g LST X
02	2
71	x
35 07	g $x \rightrightarrows y$
81	÷
31	f
09	$\sqrt{x}$
81	÷
35	g
41	DEG
84	R/S
09	9
00	0
34 02	RCL 2
35 22	g $x \leq y$
35 01	g NOP
35 07	g $x \rightrightarrows y$
31	f
04	SIN
34 01	RCL 1
71	x
84	R/S

R <sub>1</sub>	E <sub>p</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>7</sub>
R <sub>2</sub>	$\alpha$	R <sub>5</sub>	R <sub>8</sub> DSZ
R <sub>3</sub>	V <sub>AVE</sub>	R <sub>6</sub>	R <sub>9</sub> Used

## INTEGRIERTE STROMQUELLE

CODE	KEYS	CODE	KEYS	CODE	KEYS
31	f	07	7	35 01	g NOP
42	STK	03	3	35 01	g NOP
31	f	61	+	35 01	g NOP
43	REG	71	x	35 01	g NOP
84	R/S	34 02	RCL 2	35 01	g NOP
23	LBL	81	÷	35 01	g NOP
11	A	08	8	35 01	g NOP
33 01	STO 1	83	·	35 01	g NOP
84	R/S	06	6	35 01	g NOP
23	LBL	02	2	35 01	g NOP
12	B	05	5	35 01	g NOP
33 02	STO 2	43	EEX	35 01	g NOP
84	R/S	42	CHS	35 01	g NOP
23	LBL	05	5	35 01	g NOP
13	C	71	x	35 01	g NOP
33 03	STO 3	84	R/S	35 01	g NOP
84	R/S	35 01	g NOP	35 01	g NOP
23	LBL	35 01	g NOP	35 01	g NOP
14	D	35 01	g NOP	35 01	g NOP
33 04	STO 4	35 01	g NOP	35 01	g NOP
84	R/S	35 01	g NOP	35 01	g NOP
23	LBL	35 01	g NOP	35 01	g NOP
15	E	35 01	g NOP	35 01	g NOP
34 04	RCL 4	35 01	g NOP	35 01	g NOP
83	·	35 01	g NOP	35 01	g NOP
06	6	35 01	g NOP	35 01	g NOP
51	—	35 01	g NOP	35 01	g NOP
34 03	RCL 3	35 01	g NOP	35 01	g NOP
81	÷	35 01	g NOP	35 01	g NOP
34 02	RCL 2	35 01	g NOP	35 01	g NOP
81	÷	35 01	g NOP	35 01	g NOP
31	f	35 01	g NOP	35 01	g NOP
07	LN	35 01	g NOP	35 01	g NOP
34 01	RCL 1	35 01	g NOP	35 01	g NOP
02	2	35 01	g NOP	35 01	g NOP

<b>R<sub>1</sub></b>	T	<b>R<sub>4</sub></b>	V <sub>C</sub>	<b>R<sub>7</sub></b>
<b>R<sub>2</sub></b>	I	<b>R<sub>5</sub></b>		<b>R<sub>8</sub></b>
<b>R<sub>3</sub></b>	R <sub>1</sub>	<b>R<sub>6</sub></b>		<b>R<sub>9</sub></b>

**TRANSISTOR – ARBEITSPUNKTEINSTELLUNG**

CODE	KEYS
21	DSP
02	2
31	f
42	STK
23	LBL
00	0
32	$f^{-1}$
51	SF 1
24	RTN
84	R/S
23	LBL
11	A
32	$f^{-1}$
61	TF 1
33 02	STO 2
22	GTO
01	1
35 07	$g \times \rightarrow y$
33 01	STO 1
22	GTO
01	1
23	LBL
12	B
32	$f^{-1}$
61	TF 1
33 04	STO 4
84	R/S
33 03	STO 3
22	GTO
01	1
23	LBL
13	C
31	f
61	TF 1
33 05	STO 5

CODE	KEYS
22	GTO
00	0
34 06	RCL 6
34 01	RCL 1
81	$\div$
34 04	RCL 4
71	x
83	$\cdot$
06	6
51	—
34 05	RCL 5
71	x
23	LBL
02	2
34 05	RCL 5
01	1
61	+
34 03	RCL 3
71	x
34 06	RCL 6
61	+
81	$\div$
22	GTO
00	0
23	LBL
14	D
34 05	RCL 5
31	f
61	TF 1
22	GTO
02	2
13	C
34 05	RCL 5
81	$\div$
34 03	RCL 3

CODE	KEYS
34 06	RCL 6
61	+
71	x
22	GTO
02	2
23	LBL
15	E
31	f
51	SF 1
84	R/S
23	LBL
01	1
33 07	STO 7
34 01	RCL 1
34 02	RCL 2
71	x
34 01	RCL 1
34 02	RCL 2
61	+
00	0
35 23	$g \times = y$
34 07	RCL 7
22	GTO
00	0
61	+
61	+
81	$\div$
33 06	STO 6
34 07	RCL 7
35 01	g NOP

<b>R<sub>1</sub></b>	R <sub>1</sub>	<b>R<sub>4</sub></b>	V <sub>C</sub>	<b>R<sub>7</sub></b>	Used
<b>R<sub>2</sub></b>	R <sub>2</sub>	<b>R<sub>5</sub></b>	$\beta$	<b>R<sub>8</sub></b>	
<b>R<sub>3</sub></b>	R <sub>3</sub>	<b>R<sub>6</sub></b>	R <sub>B</sub>	<b>R<sub>9</sub></b>	Used

## JFET (Junction FET) ARBEITSPUNKTEINSTELLUNG UND STEILHEIT

CODE	KEYS
21	DSP
02	2
44	CLX
84	R/S
23	LBL
11	A
35	g
83	DSZ
33 02	STO 2
84	R/S
33 01	STO 1
84	R/S
23	LBL
12	B
35	g
83	DSZ
33 04	STO 4
84	R/S
33 03	STO 3
84	R/S
23	LBL
13	C
35	g
83	DSZ
22	GTO
01	1
01	1
34 03	RCL 3
34 02	RCL 2
81	÷
31	f
09	$\sqrt{x}$
51	—
34 01	RCL 1
71	x

CODE	KEYS
21	DSP
03	3
24	RTN
23	LBL
01	1
15	E
13	C
34 01	RCL 1
81	÷
01	1
51	—
02	2
71	x
34 02	RCL 2
71	x
34 01	RCL 1
81	÷
21	DSP
03	3
84	R/S
23	LBL
14	D
35	g
83	DSZ
22	GTO
02	2
15	E
13	C
34 03	RCL 3
81	÷
42	CHS
21	DSP
83	·
00	0
84	R/S

CODE	KEYS
23	LBL
02	2
15	E
13	C
34 01	RCL 1
81	÷
01	1
51	—
02	2
71	x
34 02	RCL 2
71	x
34 01	RCL 1
81	÷
34 04	RCL 4
35 07	g x $\leftrightarrow$ y
81	÷
35	g
06	ABS
21	DSP
83	·
00	0
84	R/S
23	LBL
15	E
01	1
33 08	STO 8
35 08	g R↓
24	RTN
35 01	g NOP

R <sub>1</sub>	V <sub>p</sub>	R <sub>4</sub>	A <sub>V</sub>	R <sub>7</sub>	
R <sub>2</sub>	I <sub>DSS</sub>	R <sub>5</sub>		R <sub>8</sub>	DSZ
R <sub>3</sub>	I <sub>D</sub>	R <sub>6</sub>		R <sub>9</sub>	

**PHASE-LOCKED LOOP (PHASENSTARRE RÜCKKOPPLUNG)**

CODE	KEYS
00	0
33 08	STO 8
84	R/S
23	LBL
11	A
35	g
83	DSZ
33 02	STO 2
84	R/S
33 01	STO 1
84	R/S
23	LBL
12	B
35	g
83	DSZ
33 04	STO 4
84	R/S
33 03	STO 3
84	R/S
23	LBL
13	C
34 01	RCL 1
34 02	RCL 2
34 03	RCL 3
61	+
34 04	RCL 4
71	x
81	÷
31	f
09	$\sqrt{x}$
33 05	STO 5
02	2
81	÷
34 03	RCL 3
34 04	RCL 4

CODE	KEYS
71	x
34 01	RCL 1
35	g
04	$1/x$
61	+
71	x
33 06	STO 6
35	g
83	DSZ
24	RTN
35 01	g NOP
34 05	RCL 5
24	RTN
23	LBL
14	D
34 01	RCL 1
34 02	RCL 2
34 04	RCL 4
71	x
81	÷
31	f
09	$\sqrt{x}$
33 05	STO 5
02	2
81	÷
34 04	RCL 4
34 03	RCL 3
71	x
71	x
33 06	STO 6
35	g
83	DSZ
24	RTN
35 01	g NOP
34 05	RCL 5

CODE	KEYS
24	RTN
23	LBL
15	E
35	g
83	DSZ
22	GTO
01	1
34 05	RCL 5
34 06	RCL 6
41	↑
41	↑
04	4
71	x
35	g
04	$1/x$
61	+
71	x
02	2
81	÷
84	R/S
23	LBL
01	1
01	1
33 08	STO 8
35 08	g R↓
84	R/S
35 01	g NOP

<b>R<sub>1</sub></b>	G	<b>R<sub>4</sub></b>	C	<b>R<sub>7</sub></b>	
<b>R<sub>2</sub></b>	R <sub>1</sub>	<b>R<sub>5</sub></b>	$\omega_n$	<b>R<sub>8</sub></b>	DSZ
<b>R<sub>3</sub></b>	R <sub>2</sub>	<b>R<sub>6</sub></b>	$\zeta$	<b>R<sub>9</sub></b>	

## FOURIER – REIHEN

CODE	KEYS	CODE	KEYS	CODE	KEYS
35	g	02	2	24	RTN
42	RAD	15	E	23	LBL
31	f	33	STO	15	E
43	REG	61	+	44	CLX
33	STO	02	2	34 08	RCL 8
09	9	15	E	42	CHS
24	RTN	33	STO	35	g
23	LBL	61	+	83	DSZ
12	B	03	3	35 07	g x $\rightleftarrows$ y
42	CHS	15	E	71	x
33 08	STO 8	33	STO	35 00	g LST X
01	1	61	+	35 07	g x $\rightleftarrows$ y
33 07	STO 7	04	4	34	RCL
24	RTN	15	E	09	9
23	LBL	33	STO	35 08	g R $\downarrow$
13	C	61	+	23	LBL
34	RCL	05	5	01	1
09	9	15	E	31	f
81	$\div$	33	STO	05	COS
35 07	g x $\rightleftarrows$ y	61	+	35 09	g R $\uparrow$
35 00	g LST X	06	6	33	STO
81	$\div$	23	LBL	09	9
02	2	02	2	44	CLX
71	x	06	6	61	+
35	g	31	f	35 09	g R $\uparrow$
02	$\pi$	61	TF 1	71	x
71	x	44	CLX	02	2
41	$\uparrow$	01	1	71	x
15	E	33	STO	24	RTN
33	STO	61	+	35 01	g NOP
61	+	08	8		
01	1	34 07	RCL 7		
31	f	01	1		
61	TF 1	61	+		
22	GTO	33 07	STO 7		

R <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	R <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>	R <sub>7</sub>	k
R <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	R <sub>5</sub>	C <sub>5</sub>	R <sub>8</sub>	J, j
R <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	R <sub>6</sub>	C <sub>6</sub>	R <sub>9</sub>	N



## UMWANDLUNG SPANNUNG IN dBm

CODE	KEYS	CODE	KEYS	CODE	KEYS
23	LBL	34 01	RCL 1	35 01	g NOP
11	A	71	x	35 01	g NOP
35	g	31	f	35 01	g NOP
83	DSZ	09	$\sqrt{x}$	35 01	g NOP
33 01	STO 1	84	R/S	35 01	g NOP
84	R/S	23	LBL	35 01	g NOP
03	3	13	C	35 01	g NOP
00	0	35	g	35 01	g NOP
34 03	RCL 3	83	DSZ	35 01	g NOP
51	—	33 03	STO 3	35 01	g NOP
01	1	84	R/S	35 01	g NOP
00	0	34 02	RCL 2	35 01	g NOP
81	$\div$	41	$\uparrow$	35 01	g NOP
32	$f^{-1}$	71	x	35 01	g NOP
08	LOG	34 01	RCL 1	35 01	g NOP
34 02	RCL 2	81	$\div$	35 01	g NOP
41	$\uparrow$	31	f	35 01	g NOP
71	x	08	LOG	35 01	g NOP
71	x	03	3	35 01	g NOP
84	R/S	61	+	35 01	g NOP
23	LBL	01	1	35 01	g NOP
12	B	00	0	35 01	g NOP
35	g	71	x	35 01	g NOP
83	DSZ	84	R/S	35 01	g NOP
33 02	STO 2	23	LBL	35 01	g NOP
84	R/S	15	E	35 01	g NOP
34 03	RCL 3	01	1	35 01	g NOP
03	3	33 08	STO 8	35 01	g NOP
00	0	84	R/S	35 01	g NOP
51	—	35 01	g NOP	35 01	g NOP
01	1	35 01	g NOP	35 01	g NOP
00	0	35 01	g NOP	35 01	g NOP
81	$\div$	35 01	g NOP	35 01	g NOP
32	$f^{-1}$	35 01	g NOP	35 01	g NOP
08	LOG	35 01	g NOP	35 01	g NOP

R <sub>1</sub>	Z	R <sub>4</sub>		R <sub>7</sub>	
R <sub>2</sub>	V	R <sub>5</sub>		R <sub>8</sub>	DSZ
R <sub>3</sub>	dBm	R <sub>6</sub>		R <sub>9</sub>	

## DRAHTTABELLEN (ALUMINIUM UND KUPFER)

CODE	KEYS	CODE	KEYS	CODE	KEYS
23	LBL	83	·	03	3
11	A	00	0	71	x
21	DSP	00	0	24	RTN
83	·	00	0	23	LBL
00	0	09	9	14	D
33 01	STO 1	02	2	13	C
01	1	00	0	34 02	RCL 2
00	0	03	3	35 07	g x ży
03	3	33 03	STO 3	41	↑
07	7	34 01	RCL 1	71	x
01	1	24	RTN	81	÷
33 02	STO 2	23	LBL	24	RTN
83	·	13	C	23	LBL
00	0	21	DSP	15	E
00	0	03	3	13	C
03	3	83	·	41	↑
00	0	04	4	71	x
02	2	06	6	34 03	RCL 3
06	6	41	↑	71	x
09	9	41	↑	24	RTN
33 03	STO 3	83	·	35 01	g NOP
34 01	RCL 1	00	0	35 01	g NOP
24	RTN	00	0	35 01	g NOP
23	LBL	05	5	35 01	g NOP
12	B	81	÷	35 01	g NOP
21	DSP	34 01	RCL 1	35 01	g NOP
83	·	03	3	35 01	g NOP
00	0	61	+	35 01	g NOP
33 01	STO 1	03	3	35 01	g NOP
01	1	09	9	35 01	g NOP
07	7	81	÷	35 01	g NOP
00	0	35	g		
00	0	05	y <sup>x</sup>		
02	2	81	÷		
33 02	STO 2	43	EEX		

R <sub>1</sub>	AWG	R <sub>4</sub>		R <sub>7</sub>	
R <sub>2</sub>	Resistivity	R <sub>5</sub>		R <sub>8</sub>	
R <sub>3</sub>	Density	R <sub>6</sub>		R <sub>9</sub>	

## KÜHLBLECHE

CODE	KEYS
21	DSP
04	4
31	f
43	REG
84	R/S
23	LBL
11	A
35	g
83	DSZ
33 02	STO 2
84	R/S
33 01	STO 1
84	R/S
23	LBL
12	B
35	g
83	DSZ
33 04	STO 4
84	R/S
33 03	STO 3
84	R/S
23	LBL
13	C
00	0
35 07	$g \times \rightarrow y$
35 24	$g \times > y$
22	GTO
00	0
02	2
83	·
05	5
04	4
42	CHS
71	x
23	LBL

CODE	KEYS
00	0
35	g
83	DSZ
22	GTO
01	1
33 05	STO 5
84	R/S
23	LBL
01	1
33 06	STO 6
34 05	RCL 5
71	x
83	·
04	4
07	7
02	2
42	CHS
35	g
05	$y^x$
07	7
08	8
83	·
05	5
09	9
71	x
33	STO
09	9
84	R/S
23	LBL
14	D
35	g
83	DSZ
22	GTO
02	2
01	1

CODE	KEYS
83	·
08	8
71	x
03	3
02	2
61	+
84	R/S
23	LBL
02	2
34	RCL
09	9
34 01	RCL 1
61	+
34 02	RCL 2
61	+
34 03	RCL 3
71	x
34 04	RCL 4
61	+
33 07	STO 7
84	R/S
23	LBL
15	E
01	1
33 08	STO 8
35 08	$g \text{ R} \downarrow$
84	R/S
35 01	$g \text{ NOP}$
35 01	$g \text{ NOP}$
35 01	$g \text{ NOP}$

<b>R</b> <sub>1</sub>	$\theta_{JC}$	<b>R</b> <sub>4</sub>	$T_A$	<b>R</b> <sub>7</sub>	$T_J$
<b>R</b> <sub>2</sub>	$\theta_{CS}$	<b>R</b> <sub>5</sub>	$l$	<b>R</b> <sub>8</sub>	DSZ
<b>R</b> <sub>3</sub>	$P_d$	<b>R</b> <sub>6</sub>	$h$	<b>R</b> <sub>9</sub>	$\theta_{SA}$







172 mal Verkauf und Service in 65 Ländern

**Für Deutschland :**

6000 Frankfurt 56, Berner Straße 117, Tel. (0611) 50 04-1

**Für die Schweiz :**

8952 Schlieren, Zürcherstraße 20, Tel. (01) 98 18 21 / 98 52 40

**Für Österreich :**

**Für sozialistische Staaten und UdSSR :**

1205 Wien-Österreich  
Handelskai 52/53, Tel. (0222) 33 66 06—09

**Europa-Zentrale :**

1217 Meyrin 1 - Genf, Schweiz,  
Postfach 349, Tel. (022) 41 54 00