

Quarzkochbuch

Inhalt

	Manuskript Seite
Kapitel 1	
1. Allgemeiner historischer Überblick	100
Kapitel 2	
2. Eigenschaften von Schwingquarzen	201
2.1 Einleitung	201
2.2 Die bei Schwingquarzen angewendeten Schwingungsformen	201
2.3 Das Quarzrohmaterial	202
2.4 Die kristallographischen Achsen	205
2.5 Der piezoelektrische Effekt	205
2.6 Die Quarzschnitte	209
2.7 Dehnungsschwinger	210
2.8 Biegungsschwinger	212
2.9 Stimmgabelquarze	213
2.9.1 Gabelschwinger im X-Schnitt	214
2.9.2 Gabelschwinger im XY'-Schnitt	215
2.9.3 Elektrische Eigenschaften von Stimmgabelquarzen	216
2.10 Flächenschwinger	217
2.10.1 Elektrische Eigenschaften von Flächenschwingern	218
2.11 Die Temperaturabhängigkeit der Frequenz	219
2.12 Dickenschwinger	220
2.12.1 Miniaturisierung	223
2.12.2 Die Temperaturabhängigkeit der Serienresonanzfrequenz von AT-Schnitt-Quarzen	226
2.12.3 Die Temperaturabhängigkeit der Lastresonanzfrequenz	228
2.12.4 Die Hysterese des Temperaturganges	229
2.12.5 Der Temperaturgang in der Schaltung	230
2.12.6 Die Temperaturabhängigkeit des Resonanzwiderstandes	230
2.12.7 Temperatursensoren	231
2.12.8 Belastungsabhängigkeit, Großleistungsverhalten	234
2.12.9 Kleinleistungsverhalten (DLD)	235
2.12.10 Nebenresonanzen	237
2.12.11 Die Alterung	239
2.12.12 Wiedereinlauf der Frequenz	243
2.12.13 Kurzzeitstabilität der Resonanzfrequenz	244
2.13 Das Ersatzschaltbild	246

2.13.1	Die statische Parallelkapazität C_0	247
2.13.2	Die dynamische Kapazität C_1	248
2.13.3	Der Resonanzwiderstand R_1	249
2.13.4	Die Schwingungsgüte Q	250
2.14	Der Quarz in der Schaltung	251
2.14.1	Das Blindwiderstandsdiagramm	251
2.14.2	Die Ortskurve des Scheinwiderstandes	252
2.14.3	Der Schwingquarz mit Lastkapazität	254
2.15	Ziehen der Quarzfrequenz im Oszillator	258
2.15.1	Kompensation des Temperaturganges der Frequenz (TCXO)	258
2.15.2	Ziehverhalten und Nebenresonanzen	258
2.15.3	Ziehen der Quarzfrequenz durch Phasenregelung	260
2.16	Andere Nutzung der Scherungsschwingung von Schwingquarzen	262
2.17	Andere Wellenformen	263
2.18	Quarzgehäuse und Halterung	265
2.19	Verschlußtechniken	266
2.19.1	Löttechnik	266
2.19.2	Kalt-Preß-Lötung	267
2.19.3	Kaltschweißung (Cold-Weld = CW)	267
2.19.4	Widerstandsschweißung	268
2.19.5	Glaseinschmelzung	268
2.19.6	Keramik-Gehäuse SMD	269
2.19.7	SMD- Gehäuse	269
2.20	Rechenbeispiele zum Kapitel 2.14	270
2.21	Verwendete Formelzeichen	273
2.22	Begriffe	275
2.23	Literatur	282
Anhang A	Checkliste zur Aufstellung einer Spezifikation	284
Anhang B	Temperaturgänge von Dickenscherungsschwingern	285
Anhang C	Ersatzdaten von AT-Schnitt-Quarzen	287

Kapitel 3:

3.	Prüfungen an Schwingquarzen	300
3.1	Einleitung	300
3.2	Die Spezifikation	301
3.2.1	Die Parameter einer Spezifikation	301
3.2.2	Die Kennzeichnung	301
3.2.3	Betriebsbedingungen	302
3.2.4	Quarzbezugsbelastung	302
3.2.5	Bezugstemperatur	303
3.2.6	Arbeitstemperaturbereich	303
3.2.7	Temperaturbereich der Betriebs- und Lagerfähigkeit	304

3.2.8	Frequenztoleranz	304
3.2.9	Temperaturbedingte Frequenzänderung	305
3.2.10	Resonanzwiderstand	306
3.2.11	Parallelkapazität	306
3.2.12	dynamische Kapazität	306
3.2.13	Alterung	307
3.2.14	Belastungsabhängigkeit	307
3.2.15	Maße und Beschriftung	307
3.2.16	Nebenresonanzen	307
3.2.17	Isolationswiderstand	309
3.2.18	Dichtheit des Gehäuses	309
3.2.19	Lötbarkeit der Anschlüsse	309
3.2.20	Schüttelfestigkeit	309
3.2.21	Stoßfestigkeit	310
3.2.22	Freifallen	310
3.2.23	Zug- und Biegefestigkeit der Anschlüsse	310
3.2.24	Trockene Wärme	310
3.2.25	Feuchte Wärme, konstant	311
3.2.26	Klimafolgeprüfung	311
3.3	Prüfplan	311
3.3.1	Freigabeprüfung	312
3.3.2	Konformitätsprüfung	316
3.3.3	Wareneingangsprüfung	316
3.3.4	100%-Prüfung	316
3.4	Durchführung der Prüfungen	317
3.4.1	Visuelle Inspektion	317
3.4.2	Belastungsabhängigkeit	317
3.4.3	Resonanzfrequenz und Resonanzwiderstand	322
3.4.4	Ersatzdaten, C_1 , L_1 , Q	325
3.4.5	Statische Parallelkapazität	328
3.4.6	Temperaturgang von Resonanzfrequenz und -widerstand	329
3.4.7	Prüfung der Alterung	336
3.4.8	Messung von Nebenresonanzen	337
3.4.9	Isolationswiderstand	340
3.4.10	Dichtheit des Gehäuses	340
3.4.11	Lötbarkeit der Anschlußdrähte	342
3.4.12	Prüfung auf Schüttelfestigkeit (Schwingen)	345
3.4.13	Stoßfestigkeit	347
3.4.14	Freifallen	348
3.4.15	Klimabeständigkeit	349
3.5	Auswertung der Prüfungen	353
3.5.1	Attributprüfungen	353
3.5.2	Statistische Auswertung	353
3.6	Literatur	357
3.7	Vergleichsliste zu Europeanormen	359

Anhang A	Anmerkung zu Meßverfahren	359
Anhang B	Schaltbild für die aktive DLD - Prüfung	361

Kapitel 4

4.	Meßtechnik von Schwingquarzen	1
4.1	Passivmessung bis 125 MHz nach DIN-IEC 444 und 444-2	1
4.1.1	Messung von Resonanzfrequenz f_r und Resonanzwiderstand R_r	4
4.1.2	Messung der Ersatzdaten C_1 , L_1 , Q	6
4.1.3	Messung der statischen Kapazität C_0	7
4.2	Messung nach der Ortskreismethode 444-5 bis 500 MHz	8
4.2.1	Kalibrierung und Impedanzmessung	9
4.2.2	Messung der Quarzparameter	10
4.3	Messung der Lastresonanz	13
4.3.1	Messung mit Physikalischer Kapazität (Vorstecker)	13
4.3.2	Messung ohne physikalische Lastkapazität	19
4.4	Messung von Nebenresonanzen	21
4.4.1	Messung im π -Meßkopf	22
4.4.2	Nebenwellen-Meßbrücke nach IEC 283 (DIN 45105 Teil 4)	26
4.4.3	Hybridmeßbrücke	27
4.5	Messung der Belastungsabhängigkeit DLD	28
4.5.1	Passivmessung	29
4.5.2	Aktivmessung mit Testoszillator	30
4.6	Messung des Temperaturganges von Frequenz und Widerstand	32
4.6.1	TK-Meßtechnik	32
4.6.2	Auswertung von TK-Daten	32
4.7	Messung der zeitlichen Stabilität	34
4.7.1	Kurzzeitstabilität (Phasenrauschen)	34
4.7.2	Langzeitstabilität (Alterung)	36
4.8	Literaturliste	38

Kapitel 5

5.	Quarzoszillatoren und ihre Anwendung	500
5.1	Einleitung	511
5.2	Oszillatoren	511
5.3	Einfache Quarzoszillatoren (PXO)	511
5.3.1	Temperaturabhängigkeit der Oszillatorfrequenz	504
5.3.2	Dynamische Temperaturabhängigkeit	505
5.3.3	Die Abhängigkeit der Oszillatorfrequenz von der Betriebsspannung	505
5.3.4	Einschwingzeit	506
5.3.5	Die Belastung des Oszillatorausganges	506
5.3.6	Die Langzeitstabilität	507
5.3.7	Festlegung von Oszillatorparametern	508
5.3.8	Typische Oszillatorkennwerte	158
5.4	Spannungsgesteuerte Oszillatoren (VCXO)	509
5.4.1	Typische Oszillatorkennwerte für VCXO	511

5.4.2	Typische Daten von VCXO	513
5.5	Temperaturkompensierte Quarzoszillatoren (TCXO)	513
5.5.1	Analoge TCXO	513
5.5.2	Digitale TCXO	515
5.6	Temperaturstabilisierte Quarzoszillatoren (OCXO)	517
5.6.1	Aufbau einstufiger Thermostate	518
5.6.2	Zweistufige Thermostate	520
5.6.3	Bestellangaben für Thermostate für OCXO	520
5.7	Literatur	522

Kapitel 6

6.	Oszillatorschaltungen mit Schwingquarzen	1
6.1	Elektrische Kenngrößen von Schwingquarzen	1
6.2	Klassifizierungen von Quarzoszillatorschaltungen	2
6.2.1	Oszillatormodelle	2
6.2.2	Einstufige Schaltungen	4
6.2.3	Mehrstufige Schaltungen	7
6.2.4	Brückenschaltungen	8
6.2.5	Zur Frage: "Parallelresonanz-" oder "Serienresonanz"-Oszillator?	9
6.3	Gebräuchliche Quarzschaltungen	11
6.3.1	Colpitts Oszillator und Clapp-Guriett-Oszillator	11
6.3.2	Pierce-Oszillator	15
6.3.3	Clapp-Oszillator	19
6.3.4	Oszillatoren mit modularen MMIC-Bausteinen in 50 Ω -Technik	22
6.3.5	Frequenzaufbereitung für VHF/UHF und höher	23
6.4	Frequenzstabilität von Oszillatoren	24
6.4.1	Langzeitstabilität (Alterung)	24
6.4.2	Kurzzeitstabilität / Phasenrauschen	24
6.4.3	Frequenzstabilität im Temperaturbereich	24
6.5	Ziehen und Modulation von Quarzoszillatoren	28
6.5.1	Ziehfähigkeit	28
6.5.2	Modulation von Oszillatoren	33
6.6	Messung der Quarzbelastung	35
6.6.1	Colpitts-Schaltung	35
6.6.2	Die Pierce-Schaltung	36
6.6.3	Basisschaltungen	36
6.7	Anschwingverhalten von Quarzoszillatoren	36
6.8	Simulation von Quarzoszillatorschaltungen	37
6.8.1	Transientensimulation	37
6.8.2	Offen-Schleife-Analyse	37
6.8.3	Eingangsimpedanz-Analyse	38
6.9	Literaturliste	38

Kapitel 7

7	Kurzzeitstabilität	700
7.1	Kurzzeitstabilität im Zeitbereich	701
7.2	Natur des Rauschens	704
7.3	Kurzzeitstabilität im Frequenzbereich	704
7.4	Natur des Phasenrauschens	707
7.5	Konvertierung von Frequenz- und Zeitbereich	708
7.6	Analyse des Phasenrauschens	710
7.7	Konstruktionshinweise	712
7.8	Verwendete Begriffe	714
7.9	Literaturhinweise	715

Kapitel 8

8.	Meßtechnik und Prüfung von Quarzoszillatoren	1
8.1	Adaption	1
8.1.1	Allgemeine Gesichtspunkte	1
8.1.2	Beschaltung des HF-Ausgangs und Messung des Ausgangssignals	2
8.2	Frequenzmessungen	5
8.2.1	Erhöhung der Frequenzauflösung	5
8.2.2	Abgleichtoleranz, Anliefertoleranz	6
8.2.3	Ziehbereich	6
8.2.4	Frequenz - Belastungskoeffizient	8
8.2.5	Frequenz - Spannungskoeffizient	8
8.3	Messung des Temperaturverhaltens	9
8.3.1	PXO / VCXO	9
8.3.2	TCXO	9
8.3.3	OCXO	10
8.4	Messung des Anschwingens	10
8.4.1	Prüfung des Anschwingverhaltens	11
8.4.2	Messung der Anschwingzeit	11
8.5	Messung der Kurzzeitstabilität und des Phasenrauschens	13
8.6	Prüfung der Langzeitstabilität (Alterung)	13
8.6.1	30-Tage-Alterung	13
8.6.2	Erweiterte Alterung	14
8.7	Spezielle OCXO-Messung	14
8.7.1	Einlauf- und Wiederkehrverhalten (Retrace)	14
8.7.2	Thermisches Überspringen	15
8.8	Sonstige Prüfungen	16
8.8.1	Mechanische und klimatische Umweltprüfung (Übersicht)	16
8.8.2	Screening-Verfahren	17
8.9	Normenübersicht zu Quarzoszillatoren	18

Kapitel 9

9.	Quarzfilter und Oberflächenwellenfilter (SAW)	1
9.1	Quarzfilter	1
9.1.1	Einführung	1
9.1.2	Technologien von Quarzfiltern	1
9.1.3	Unterscheidung der Quarzfilter nach ihrem Amplituden-	

	und Phasengang	7
9.1.4	Realisierbarkeitsgrenzen	10
9.2	SAW-Filter	13
9.2.1	Wirkungsweise von SAW-Bauelementen	13
9.2.2	Unerwünschte Übertragungseffekte bei SAW-Filtern	16
9.2.3	SAW-Filtertypen und Materialien	17
9.3	Literaturliste	20

Kapitel 10

10.	Prüfung von Quarzfiltern und SAW-Filtern	
10.1	Messung des Übertragungsverhaltens	
10.2	Kenngößen von Filtern	
10.3	Messung des Intermodulationsverhaltens	
10.4	Literaturliste	