
Inhalt

Vorwort	7
Einleitung	9
Vorstellung der Kapitelinhalte	9
1 Hintergrund der Spektrumanalyse	11
Zusammenhang zwischen Zeit- und Frequenzbereich	11
Amplitudenspektren Sinus, Sägezahn, Rechteck	12
Zusammenhang der Nullstellen und der Tastverhältnisse	14
Impulsspektren	16
2 Spektrumanalyzer nach dem Überlagerungsprinzip	18
Grundbetrachtung zum Heterodynkonzept	19
Die Frequenzaufbereitung des Überlagerungskonzeptes – das Frontend	20
Basiskonzept und erweiterter Frequenzbereich	21
Die Auflösefilter - Gaußfilter, Shape-Faktoren	24
Die Detektoren - Hüllkurvendetektor Tracedetektor	27
Sample-Detektor	29
Max-Peak-Detektor	30
Min-Peak-Detektor	31
Auto-Peak-Detektor, die Defaulteinstellung	31
RMS-Detektor	32
AV-Detektor (Averaging)	32
Der Q-Peak-Detektor und seine Weiterentwicklungen	33
Praktische Demonstration von Szenarien mit unterschiedlichen Trace-Detektoren	33
Samplerate, Schrittweite LO - die Zusammenhänge	34
Crestfaktor	34
Trace-Funktionen	36
Sweep-time	36
3 Die Schlüsselmerkmale des Überlagerungsprinzips	37
3.1 Die untere Messgrenze – der Rauschteppich	38
Temperaturbedingtes Rauschen	40
Das Eigenrauschen des Gerätes	41
Normierte Angabe des Rauschteppichs – der DANL	42
Einfluss eines Vorverstärkers auf das Rauschen	44
Rauschen als Messgröße – Korrektur der Signalbewertung	44
Unterbewertung durch das Auflösefilter – der 0.8-dB-Korrekturwert	45
Unterbewertung durch den Sample-Detektor – der 2.5-dB-Korrekturwert	46
Eine weitere Einflussgröße auf den Rauschteppich - das Seitenbandrauschen	47
3.2 Die obere Messgrenze – Kompression, Intermodulation, Interceptpunkt	47
Obere Bezugsebene – 1-dB-Kompression	48
Zwischen DANL und 1-dB-Kompressionspunkt – die Dynamik	49
Intermodulationsfreier Dynamikbereich - im Analyzer produzierte Intermodulation	50
Mischer- und ZF-Pegel-Einstellung im Einklang	54
Vorverstärker – Einbindung in den Pegelverlauf des Analyzers	58
3.3 Übersteuerung durch Signale außerhalb des sichtbaren Sweepbereichs	58
4 Modernes Analyzer-Konzept	62
Das FFT-Konzept in der Praxis	62

Das Beobachtungsfenster - Fensterung	64
Die Fensterform - Hamming, Gauß, Bessel	66
Die Umsetzung zum Gesamtkonzept	68
Moderne Oszilloskope mit FFT	71
5 Messpraxis: Amplitudenspektrum	74
Messung eines CW-Signals mit „hohem“ Pegel	74
Messung eines CW-Signals mit „geringem“ Pegel	76
Messung von zwei CW-Signalen mit unterschiedlichem Pegel	77
Betriebsart Zero-Span, der Spektrumanalyzer bewertet den Zeitbereich	78
Messung eines breitbandigen Signals	80
Messung der Kanalleistung	80
Messung der Nachbarkanalleistung	82
Messungen unter abweichender Systemimpedanz	83
„Gemischtes“ Amplitudenspektrum – das Kabelfernsehnnetz	84
Exakte Frequenzmessungen	86
Erweiterte Darstellungsform – Sonagramm	87
6 Messpraxis: Rauschen, Rauschfaktor, Rauschmaß	89
Hintergrundwissen: Rauschfaktor, Rauschmaß	89
Untersuchung von Komponenten auf ihre Rauschemission nach der Y-Methode	91
Messung des Rauschfaktors an einem Verstärker	92
Rechenweg für die Ermittlung des Rauschfaktors	93
Praxistool für die Berechnung des Rauschfaktors und der Messunsicherheit	94
App für das iPhone, Berechnung nach der Y-Methode und vieles mehr	95
Direkte Rauschfaktormessung	95
Signalgenerator Twice-Power-Methode	97
Rauschfaktor von Mischern	98
7 Messpraxis: Einseitenbandphasenrauschen und SNR	101
Hintergrundwissen: Seitenbandrauschen	101
Messaufbau, Einstellungen und Messgrenzen	107
Signal/Rauschverhältnis	109
Hintergrundwissen S/N	109
Messaufbau zur Ermittlung des Signal-Rausch-Verhältnisses	110
8 Messpraxis: Verzerrungen und Intermodulation	114
Hintergrundwissen	114
Messaufbau Ermittlung des 1-dB-Kompressionspunkt	121
Messung Harmonischer höherer Ordnung	123
Ermittlung der Interceptpunkte der Harmonischen (SHI und THI)	125
Messung von Intermodulationsprodukten	126
Ermittlung des Interceptpunkts zum 3. Intermodulationsprodukt (TOI)	130
Detektion der Quelle von Harmonischen und Intermodulationsprodukte	131
Rückwirkungsfreies Zusammenschalten von Generatoren	133
Signalzusammenführung mit dem Splitter	134
Signalzusammenführung mit dem Divider	134
Signalzusammenführung mit der SWR-Brücke	135
Signalzusammenführung mit dem Wilkinson-Teiler	136
Signalzusammenführung mit dem Richtkoppler	137
9 Messpraxis: Modulation	139
Amplitudenmodulation	139
Hintergrundwissen Amplitudenmodulation	139
Messaufbau Amplitudenmodulation	141

Frequenz- bzw. Phasenmodulation (Winkelmodulation)	141
Hintergrundwissen FM, PM	142
Messaufbau Frequenz- bzw. Phasenmodulation	144
Gepulster sinusförmiger Träger	147
Hintergrundwissen	148
1. Einstellbedingung - Linienspektrum	149
2. Einstellbedingung - Hüllkurvenspektrum	150
3. Einstellbedingung - RBW > Nullstellenabstand	152
Messaufbau „gepulste Träger“	153
Frequenzumtastung FSK	155
10 Messpraxis mit dem Tracking-Generator	157
Hintergrundwissen Tracking-Generator	157
Hintergrundwissen skalare Netzwerkanalyse	158
Messaufbau Transfermessung S-Parameter S21	159
Messaufbau Reflexionsmessung S-Parameter S11	161
Weiterführende Informationen	163
11 Der Spektrumanalyzer im Umfeld der EMV-Messung	164
Grundlage für das Messgerät - die Normen zur EMV-Messung	164
Spezielle Detektoren für die EMV-Messung	166
Peak-Detektor	166
Q-Peak-Detektor	166
CISPR-AV-Detektor	167
CISPR-RMS-AV-Detektor	168
Die EMV-Detektoren im Überblick	168
Die Scanzeiten für EMV-Messungen	169
Übersteuerung des Analyzers	170
Zusammenfassung der Geräteanforderungen für normgerechte (CISPR 16) EMV-Messungen	170
Praxishinweise für die Benutzung von Netznachbildungen	171
Elektrische Sicherheit beim Umgang mit Netznachbildungen	171
12 Panorama-Monitor	173
Anhang	
A1 Kleiner Exkurs zur dB-Rechnung	177
Die Irritationen bei der dB-Rechnung	179
Weiterführende Literatur	182
Nützliche Tools für den täglichen Umgang mit dem dB	182
A2 Zusammenfassung der Korrekturfaktoren	183
Korrektur für Pegelmessungen in unmittelbarer Nähe des Rauschteppichs	183
Korrektur im Zusammenhang mit dem Sample-Detektor – der 2.5-dB-Korrekturwert	183
Korrekturen im Zusammenhang mit dem Auflösefilter - Bandbreitenkorrektur	184
A3 Zusammenstellung der verwendeten Formeln	186
A4 Diagramme zur Ermittlung der Puls-Desensitiation	191
A5 Nullstellen im Amplitudenspektrum bei Winkelmodulation	192