
Messung von Knackstörungen auf Audioleitungen mit den Audio Analysatoren UPL oder UPD

Application Note 1GA31_1D

Tilman Betz, Klaus Schiffner, 1/96
Neufassung 8/96

Änderungen vorbehalten

Produkte:

Audio Analyzer UPL

Audio Analyzer UPD



ROHDE & SCHWARZ

1. Zusammenfassung

Nur sporadisch auftretende Störungen in der Audio-Übertragung, wie z.B. Knackstörungen, sind meßtechnisch nur sehr schwer zu erfassen. In dieser Applikationsschrift wird ein Verfahren beschrieben, mit dessen Hilfe die Audio Analysatoren UPL und UPD die Audio-Signale lückenlos überwachen und selbst kürzeste Störungen aufspüren.

2. Sporadisch auftretende Störungen auf Audio-Leitungen

Die meisten Störungen bei der Audio-Übertragung treten kontinuierlich auf, sie können meßtechnisch leicht erfasst werden, indem z.B. Klirrfaktor, Intermodulationsabstand, Signal-to-Noise, etc. ermittelt werden.

Es gibt jedoch ein ganze Reihe von Störungen, die sich derartigen Messungen entziehen, da sie nur sehr kurz auftreten. Störungen dieser Art sind aus der analogen Audio-Technik hinreichend bekannt, so ist das "Knacken" bei analogen Schallplattenaufnahmen sicherlich noch jedem im Ohr. Aber auch bei der digitalen Audio-Übertragung gibt es derartige, nur kurzzeitig auftretende Störungen. Folgende Beispiele sollen genügen:

- Fehlerkorrektur bei der CD-Wiedergabe:
Beim Abspielen beschädigter CDs kann die Originalinformation aufgrund von Redundanz bei der Aufzeichnung in gewissen Grenzen rekonstruiert werden. Arbeitet die Fehlerkorrekturschaltung jedoch nicht fehlerfrei, so treten kurzzeitige Abweichungen und damit Störgeräusche auf, die als "Klicken" oder "Knacken" hörbar werden können.
- Taktraten-Wandler, Format-Wandler:
Synchronisations-Störungen sind eine häufige Ursache bei der Taktraten- oder Format-Wandlung digitaler Signale. Fehler können entstehen, indem bei der Taktraten-Wandlung z.B. einzelne Samples "vergessen" werden oder aber doppelt vorhanden sind. Bei der Format-Wandlung z.B. eines SDIF2-Signals muß auf die richtige Phasenlage des Wordclocks zu den Datensignalen geachtet werden, schon bei unterschiedlichen Kabellängen können Störungen durch falsche Synchronisation entstehen.
- Zuspielung von anderen Studios
Bei der Zuspielung von Audio-Signalen von anderen Studios z.B. über DS2-Leitungen können durch die externe Takt-Übergabe an der X21-Schnittstelle ebenfalls Synchronisations-Störungen auftreten.
- Fehlerhafte Geräte
Verändern sich die Eigenschaften von digitalen Komponenten z.B. durch Erwärmung, so kann sich dies auch in gelegentlichen Knackgeräuschen äußern.
- Harddisk-Recorder, Sound-Karten in PCs
Rückwirkungen über die Stromversorgung in PCs können dazu führen, daß z.B. beim Zugriff auf die Harddisk Spannungsspitzen in den Audio-Zweig eingekoppelt werden und hörbare Störungen verursachen.
- Ungenügend geschirmte Leitungen, schlecht verlegte Stromversorgungsleitungen, oder auch elektrostatische Entladungen können ebenfalls kurzzeitige Signalveränderungen zur Folge haben.

All diesen Störungen ist gemein, daß sie nur sporadisch auftreten - eventuell sind nur einzelne Signalsamples gestört - und häufig sind sie auch nicht reproduzierbar. Um derartige Störungen zu eliminieren ist es notwendig, den Verursacher innerhalb einer Übertragungskette zu lokalisieren.

3. Meßmethoden

Das sporadische Auftreten dieser Störungen macht eine Erfassung über längere Zeitspannen notwendig, wobei das Signal lückenlos überwacht werden muß. Häufig kommt hier das Meßtechniker-Ohr zur Anwendung, jedoch ist es nicht gerade angenehm, Sinustöne über einen längeren Zeitraum anzuhören. Wie kann das Problem meßtechnisch gelöst werden?

Die Überwachung über einen längeren Zeitabschnitt stellt im Allgemeinen kein Problem dar, hierzu wird eine Messung über der Zeit aufgebaut, und das Ergebnis grafisch dargestellt.

Die Messung muß jedoch in sehr kurzen Intervallen durchgeführt werden, da derartige Knackstörungen nur sehr kurz auftreten. Obwohl moderne Meßgeräte wie die Audio Analysatoren UPL und UPD in der Lage sind, über 100 Messungen pro Sekunde durchzuführen, bringt eine reine Pegel-Messung nicht die gewünschten Ergebnisse. Nur extrem starke Störungen würden sich auf den Gesamtpegel des Signals auswirken, eine große Anzahl von hörbaren Knackgeräuschen würde meßtechnisch nicht erfasst werden können.

Jedes Störgeräusch macht sich jedoch im Spektrum durch zusätzliche Signallinien bemerkbar. Mit Hilfe der THD+N-Messung können diese Signalkomponenten erfaßt werden, wenn an den Prüfling ein Testton von z.B. 1 kHz angelegt wird. Bei einer genügend schnellen Meßfolge ist die Wahrscheinlichkeit, eine Knackstörung zu erwischen relativ groß. Von einer lückenlosen Messung kann aber auch bei den schnellsten Meßfolgen nicht gesprochen werden, auch wenn durch die Verwendung eines Peak-Gleichrichters erreicht werden kann, daß kurzzeitige Signaländerungen immerhin eine Spannungsänderung am Detektor hervorrufen, die aufgrund der deutlich längeren Entladezeit eine gewisse Zeit "gespeichert" werden.

Messungen dieser Art am laufenden Programm sind nur mit hohem Aufwand durch einen Vergleich von Originalsignal mit dem gestörten Signal möglich und nicht Gegenstand dieser Applikationsschrift.

4. Meßmöglichkeiten mit den Audio Analysatoren UPL und UPD

Mit den Audio Analysatoren UPL und UPD kann die lückenlose Überwachung beliebiger Audio-Leitungen ohne die oben angesprochenen Einschränkungen durchgeführt werden.

Als Testsignal wird ein Sinuston von z.B. 1 kHz verwendet. Gemessen wird der Pegel des Prüflings hinter einem Notch-Filter, d.h. alle Spektralanteile mit Ausnahme des Testsignals werden erfaßt (THD+N-Messung). Das Ergebnis wird über der Zeit dargestellt.

Der UPL/UPD tastet sämtliche Meßsignale ab und führt die Analyse in der digitalen Ebene durch. Um sicherzustellen, daß tatsächlich lückenlos jedes Störgeräusch erfaßt wird, wird die Meßfunktion PEAK verwendet. Bei dieser Messung wird jeder einzelne digitalisierte Meßwert geprüft, im 22-kHz-Analyser des UPL/UPD sind dies 48000 Samples pro Sekunde (auch bei analoger Messung). Kombiniert mit dem zugeschalteten Notchfilter erhält man eine Quasi-Klirrfaktormessung bei der jedes Audiosample auf seinen Spitzenwert hin überprüft wird. Zusätzlich kann bei der Spitzenwert-Meßfunktion noch eine sogenannte Intervallzeit angegeben werden. Sie bewirkt - ähnlich wie bei einer Max-Hold-Funktion - daß der größte Spitzenwert für diese Zeit festgehalten wird. Wird beispielsweise eine Intervallzeit von einer Sekunde gewählt, so wird im Abstand von einer Sekunde der größte innerhalb dieser Zeit ermittelte Spitzenwert ausgegeben. Der Vorteil dieser Komprimierung besteht darin, daß die Meßsequenz somit über lange Zeitabschnitte ausgedehnt werden kann, ohne eine Unmenge an Einzelwerten auf der Zeitachse darstellen zu müssen. Durch die entsprechende Kombination der Intervallzeit mit der Anzahl der aufgezeichneten Meßwerte können sowohl kurze Zeiten mit sehr feiner Zeitauflösung überwacht werden, beispielsweise Messung über 10 Sekunden mit einer Zeitauflösung von 10 ms. Es ist aber auch möglich, die Messung über Stunden hinweg laufen zu lassen und dennoch keine Störung zu verpassen.

5. Geräteeinstellungen zur praktischen Durchführung

Zur Darstellung über der Zeit wird im UPL/UPD im Menüpunkt "START COND" der Mode "TIME CHART" gewählt. In dieser Meßart werden fortlaufende Messungen ohne Neustart des Analyzers durchgeführt und grafisch dargestellt.

In der Zeile "FUNCTION" wird der Spitzenwert-Detektor gewählt, Einstellung "PEAK & S/N", die Einstellung "PK abs" ermittelt den Betrag des größeren der beiden Spitzenwerte (positiver und negativer Spitzenwert). Um das Testsignal auszublenden muß ein Notch-Filter in der Zeile "FILTER" aktiviert werden, das zuvor im Filter-Panel entsprechend eingestellt wurde.

Ein zusätzlich eingeschaltetes Hochpaß-Filter (z.B. 400 Hz) unterdrückt eventuell vorhandene Gleichspannungsanteile die ansonsten die Meßergebnisse verfälschen könnten.

Die Intervall-Zeit der Peak-Funktion muß mit dem unter "TIME CHART" eingestellten Wert für "Time Tick" abgestimmt werden, ansonsten könnten zeitliche Meßlücken entstehen. Die Intervall-Zeit muß demzufolge gleich oder größer als der eingegebene Wert für Time Tick gewählt werden. Es empfiehlt sich, die maximal darstellbaren 1024 Meßpunkte für den zu überwachenden Zeitbereich möglichst auszunutzen, um eine gute zeitliche Auflösung zu erzielen. 1000 Punkte bieten sich hier an.

Die Meßbereichsautomatik des Analyzers muß ausgeschaltet werden da sonst für das Umschalten der Meßbereiche Zeit verlorengehen würde, während der keine Meßwerte aufgenommen werden können. Die hohe Meßdynamik des UPL/UPD erlaubt es, den für die Vollaussteuerung notwendigen Meßbereich festzuhalten und trotzdem Knackgeräusche mit mehr als 70 dB Störabstand zu erfassen.

Mit dem Generator wird ein Testsignal von z.B. 997 Hz erzeugt.

Ein Einstellbeispiel zeigt der folgende Panel-Ausdruck:

GENERATOR	ANALYZER	FILTER
<ul style="list-style-type: none"> ■ INSTRUMENT ANLG 25kHz - Channel(s) 1 - Output BAL XLR - Impedance 10 Ω - Common FLOAT - Max Volt 12.000 V - Ref Freq 1000.0 Hz - Ref Volt 1.0000 V ■ FUNCTION - SINE - Frq Offset OFF - Low Dist OFF - DC Offset OFF - SWEEP CTRL OFF - FREQUENCY 997.00 Hz - Equalizer OFF - VOLTAGE 0.0000 dBu 	<ul style="list-style-type: none"> √ START COND TIME CHART √ Time 0.6000 s √ Points 1000 ■ INPUT DISP OFF ■ FREQ/PHASE OFF ■ MONITOR — OFF √ FUNCTION - PEAK & S/N - S/N Sequ OFF √ Meas Mode PK abs √ Intu Time VALUE: 0.6000 s - Unit Ch1 dBu 	<ul style="list-style-type: none"> √ FILTER 01 NOTCH FLT √ Center Frq 997.00 Hz √ Width 100.00 Hz - Stopb Low 991.51 Hz - Stopb Upp 1002.5 Hz √ Attenuat. 90.000 dB - Delay 0.1771 s - Short Name 1:NO997.0Hz √ FILTER 02 HIGH PASS √ Passband 400.00 Hz - Stopband 249.29 Hz √ Attenuat. 90.000 dB - Delay 0.0953 s - Short Name 2:HP400.0Hz ■ FILTER 03 BAND PASS

Bild 1: mögliche Geräteeinstellungen für die Messung mit einem 997 Hz-Signal

Die Einstellung 1000 Punkte mit einem Zeitabstand von 0,6 Sekunden ergibt eine Aufzeichnungsdauer von 10 Minuten, durch andere Eingaben können auch Aufzeichnungen über Stunden gemacht werden.

Das Notchfilter 997 Hz dient zur Unterdrückung der Grundwelle des Testsignals und bewirkt praktisch eine THD+N-Messung, da alle restlichen Signalkomponenten gemessen werden. Selbstverständlich kann auch jede andere Frequenz für dieses Notchfilter eingestellt werden, der UPL/UPD bietet dafür in seinem Filter-Panel unbegrenzte Möglichkeiten.

Der Hochpaß im Analyzer ist notwendig, um eventuelle DC-Anteile des Signales zu unterdrücken, die sonst die Auflösung der Darstellung verschlechtern würden. Die Knackmessung wird dadurch nicht beeinflusst, da das Störspektrum bei höheren Frequenzen erscheint.

Die oben dargestellte Messung mit dem UPL/UPD erfaßt praktisch alle vorkommenden Knackgeräusche und ähnliche Störungen.

In dem beiliegenden Grafik-Ausdruck (Bild 2) wurde mit einem Pegel von 0 dBu bei 997 Hz gemessen. Alle 60 Sekunden wurde eine Störung in Form eines Sin^2 -Impuls von $50 \mu\text{s}$ Dauer mit einem Pegel von -40 dBu simuliert. Alle "Störungen" wurden erkannt und pegelrichtig in der Grafik dargestellt. Kürzere Impulse als $50 \mu\text{s}$ (das entspricht 20 kHz) kommen in der Audio Bandbreite praktisch nicht vor.

Die verwendeten "Störgeräusche" sind sogar mit einem Kopfhörer nicht hörbar aber problemlos meßbar. Die dargestellte Meßmethode ist somit nicht nur schonender für das ansonsten verwendete Meßtechniker-Ohr, sondern diesem - zumindest in diesem Beispiel - auch überlegen.

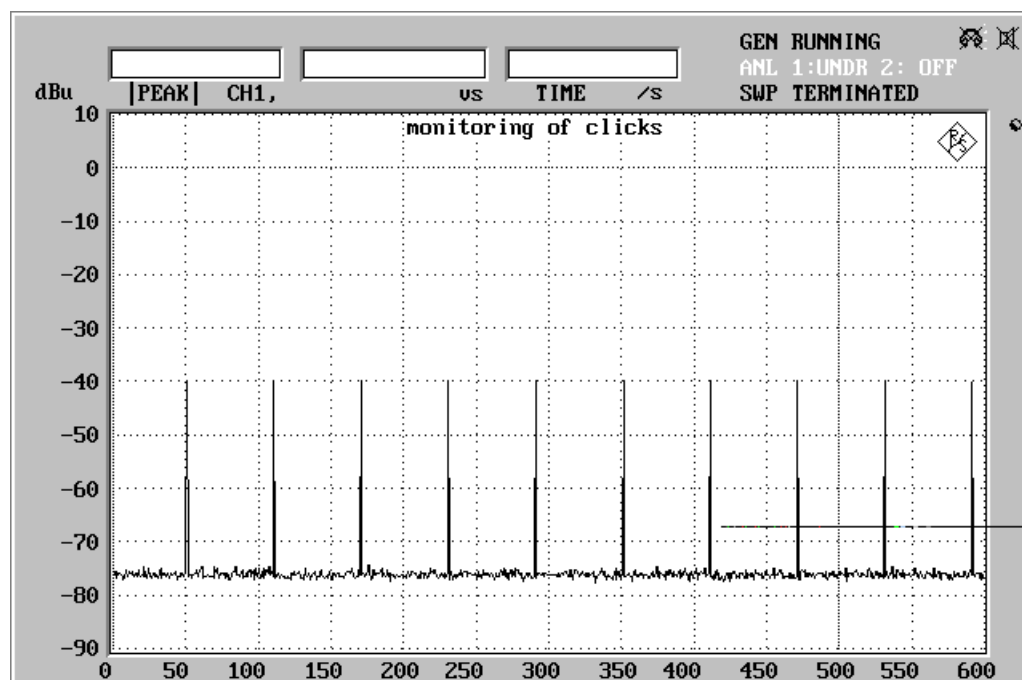


Bild 2: Mit Hilfe von Sin^2 -Pulsen simulierte "Knack-Störungen"