

## Echo-Detektor für Repeater in Gleichwellennetzen

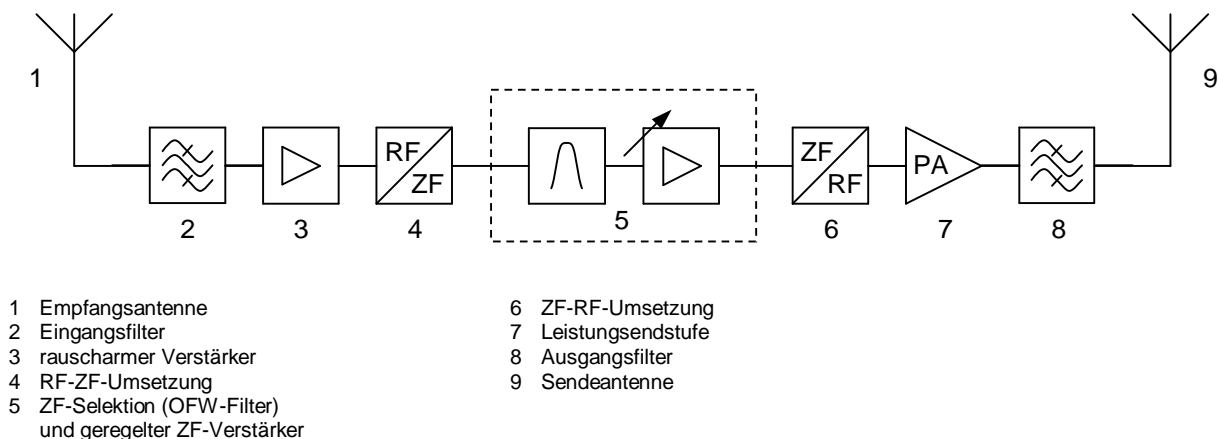
### 1 Hintergrund

#### 1.1 Gleichwellennetze (Single Frequency Networks, SFN)

Die Ausstrahlung terrestrischer digitaler Rundfunk- und Fernsehsignale (DAB, DVB-T, DVB-H, DRM) kann in einem *Gleichwellennetz* oder *Single Frequency Network (SFN)* erfolgen. Das bedeutet, alle Sender und Repeater senden ein bestimmtes Programm auf derselben Frequenz. Gegenüber der analogen Übertragung, die SFN-Betrieb nicht zulässt, ergeben sich zwei wesentliche Vorteile: (1) geringerer Frequenzbedarf und (2) geringere Sendeleistungen.

#### 1.2 Repeater

Repeater (Gap-filler) dienen dazu, Versorgungslücken bei der Verbreitung von terrestrisch ausgestrahlten digitalen Rundfunk- und Fernsehprogrammen zu füllen. Bild 1 zeigt das Blockschaltbild eines einfachen Repeaters. Er erhält sein Eingangssignal über eine günstig positionierte Empfangsantenne, selektiert und verstärkt dieses Signal und strahlt es über die Sendeantenne in das zu versorgende Gebiet ab.



**Bild 1** Blockschaltbild eines Repeaters

In der Regel ist eine hohe Repeater-Verstärkung gefordert, um auch bei geringen Empfangsfeldstärken genügend Sendeleistung zu erhalten. Dem steht jedoch folgender Effekt entgegen: Das abgestrahlte Signal gelangt – abgeschwächt und verzögert – zurück zur Empfangsantenne; einmal auf direktem Weg und zum anderen über Reflexionen an Objekten in der Umgebung. Diese rückgekoppelten Signale werden als *Echos* bezeichnet. Der Abstand zwischen Nutzsignal-Pegel und Echosignal-Pegel (*Gain Margin*) an der Empfangsantenne verringert sich mit steigender Repeater-Verstärkung. Die zulässige Verstärkung des Repeaters hängt damit von der Antennenentkopplung und den Reflexionsverhältnissen am Standort ab. Sie sollte nur so hoch gewählt werden, dass die Gain Margin nicht kleiner 7 dB wird. Wie Messungen gezeigt haben, wird anderenfalls die Qualität des abgestrahlten Signals unakzeptabel schlecht und bei einer Gain Margin um 0 dB beginnt der Repeater zu schwingen.

Eine erste Maßnahme gegen diesen Effekt besteht darin, die Rückkopplungen durch geeignete Anordnung der beiden Antennen zu minimieren. Das ist aber nur bis zu einem gewissen Grad möglich. An den meisten Standorten liegt die realisierbare Entkopplung im Bereich von 65 und 75 dB. Dazu kommt, dass die Echopegel ständig schwanken, etwa durch Witterungseinflüsse, bauliche Veränderungen oder bewegte Objekte. Das heißt, die Repeater-Verstärkung muss sicherheitshalber so niedrig gehalten werden, dass bei der *ungünstigsten* Echokonstellation (die vielleicht nur selten auftritt), ein Schwingen mit Sicherheit vermieden wird (Gain margin > 0 dB) oder, besser noch, die Gain Margin > 7 dB bleibt.

Um dieses Problem zu entschärfen, werden zwei unterschiedliche Methoden angewendet:

- 1.) Die Verstärkung des Repeaters wird in Abhängigkeit von der augenblicklichen Echokonstellation nachgeregelt oder
- 2.) im Repeater werden die Echos kompensiert. Dieses Prinzip wird als *Echo Cancellation* oder *Loop Interference Cancellation* bezeichnet.

Die erste Methode kommt eher für preiswerte Repeater und / oder unproblematische Standortbedingungen infrage. Sie ist weniger aufwändig als *Echo Cancellation* und trotzdem für eine ganze Reihe von Anwendungen ausreichend.

Die zweite Methode, *Echo Cancellation*, erfordert die Digitalisierung des ZF-Signals und einen höheren Aufwand an Hard- und Software, hat aber einen wesentlichen Vorteil: sie ermöglicht Repeater-Verstärkungen, die um 10 bis 20 dB höher liegen als die mit der ersten Methode realisierbaren.

## 2 Echo-Detektor ECD 300

### 2.1 Eigenschaften

Der Echo-Detektor ECD 300 (Bild 2) erhält sein Eingangssignal aus dem ZF-Teil des Repeaters. Das System beobachtet das abgestrahlte Signal und liefert eine Gleichspannung  $U_{out}$ , die sich umgekehrt proportional zum Augenblickswert der Gain Margin ändert, vgl. Bild 3. Der Detektor ist unempfindlich gegenüber Leistungsschwankungen, Fading und anderen zeitlich veränderlichen Signalparametern. Das Zeitfenster, innerhalb dessen Echos detektiert werden, kann der Anwender durch einfache Programmierung vorgeben.

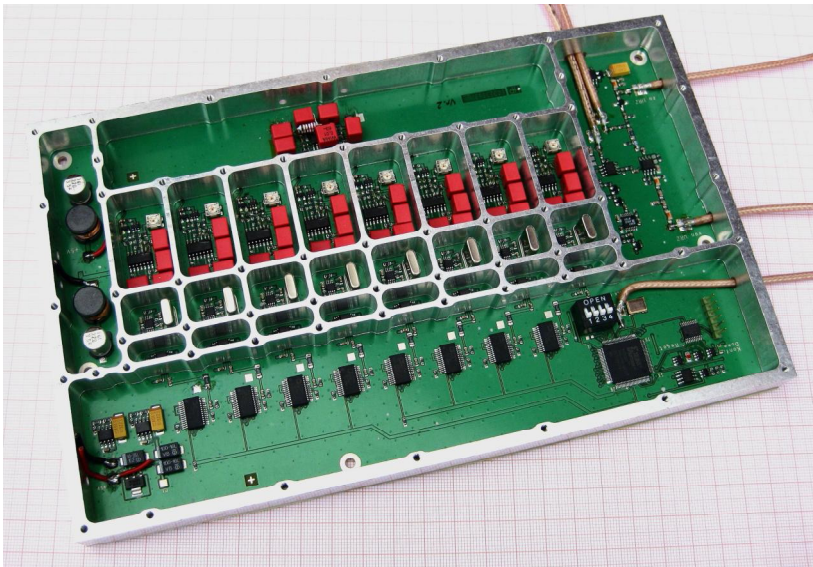


Bild 2 Echo-Detektor ECD 300

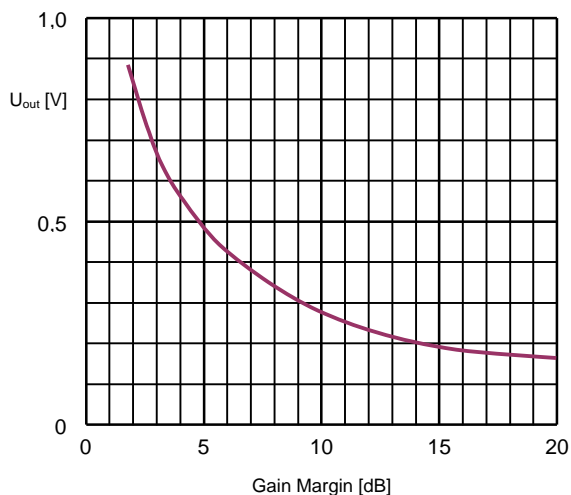


Bild 3 Ausgangsspannung  $U_{out}$  als Funktion der Gain Margin

Zur Demonstration des Einschwingverhaltens wurde ein Echosignals-Sprung von  $< -80$  dBc auf  $-7$  dBc (Bild 4) ausgewertet. Bild 5 zeigt die Sprungantwort. Die Einschwingzeit der Ausgangsspannung liegt bei 20 ms.

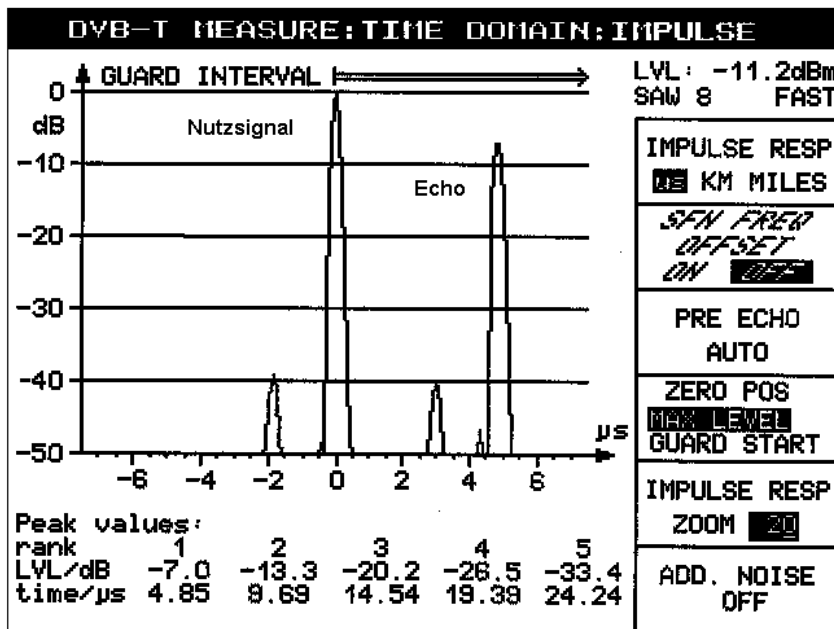


Bild 4 Bestimmung der Sprungantwort, Echosignal „ein“. Echosignal-Pegel liegt 7 dB unter Nutz-Signalpegel

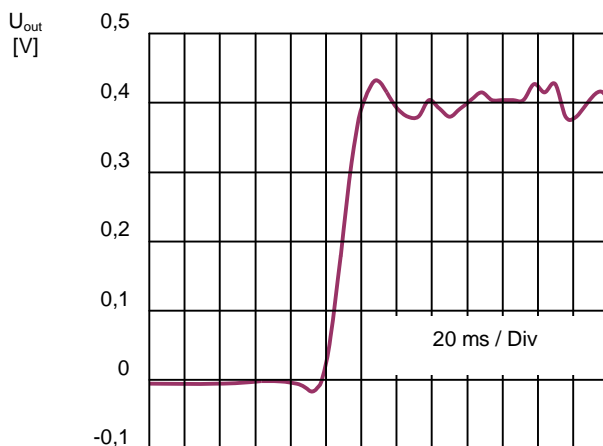


Bild 5 Sprungantwort des Echo-Detektors ECD 300

## 2.2 Anwendungen

Das System dient dazu, die an einem Repeater-Standort entstehenden Echos schnell zu detektieren und die Verstärkung des Repeaters in Abhängigkeit von der augenblicklichen Echkonstellation optimal einzustellen, d.h., die Gain Margin auf einem konstanten, vom Anwender programmierbaren, Wert zu halten.

Momentan arbeiten wir daran, diesen Detektor in einen neuartigen *Echo Cancellor* zu integrieren.

## 2.3 Anmerkungen

Es ist möglich, die Abmessungen der Komponente wesentlich zu verkleinern.

Ein Patentanmeldungsverfahren ist in die Wege geleitet.

Wir danken der Firma Hans H. Plisch GmbH & Co. KG für die Erlaubnis zur Veröffentlichung.

Bitte kontaktieren Sie uns, wenn Sie an dem Thema *Repeater in Gleichwellennetzen* interessiert sind. Es handelt sich um ein relativ neues Gebiet, auf dem erst wenige praktische Erfahrungen vorliegen. Noch geringer ist die Anzahl nützlicher Veröffentlichungen. Wir sind an Ihren diesbezüglichen Erfahrungen, Fragen und Informationen ebenso interessiert, wie Sie (hoffentlich) an den unsrigen. Wir freuen uns auf den ersten Kontakt mit Ihnen.