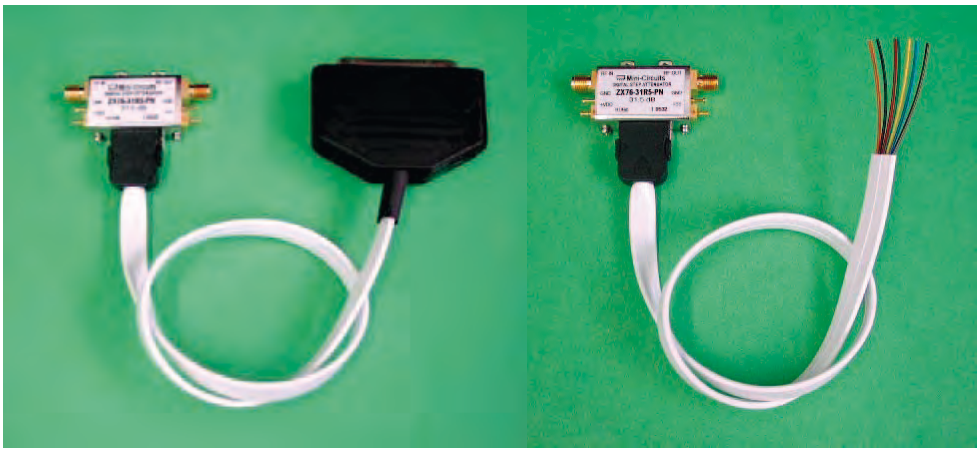
# Digital einstellbare Dämpfungsglieder

**Dämpfungsglieder (Attenuators) haben in der HF-Technik die wichtige Funktion, Pegel zu steuern. Sie werden in diversen Gehäusevarianten und Größen angeboten. Man unterscheidet weiter zwischen festen, kontinuierlich und digital einstellbaren Typen.**



Mit digital einstellbaren Dämpfungsgliedern erhält man eine höhere Genauigkeit und Linearität als mit den bekannten einfachen Lösungen. Diese Attenuator lassen sich vielseitig einsetzen. Ihr großer Vorteil ist die schnelle, weil elektronische Umschaltmöglichkeit.

## In vielen Varianten

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, ein digitales Dämpfungsglied zu realisieren. So kann man Schalter mit GaAs-MESFETs, PIN-Dioden oder MOSFETs einsetzen. Diverse Technologien, wie monolithische Chips, Anordnungen mit LTCC-Substraten (Low-Temperature Cofired Ceramic) oder Hybridlösungen sind anzutreffen. Die Ansteuerlogik kann auf CMOS oder TTL basieren. Und der Treiber für die internen Schalter kann intern vorhanden oder extern erforderlich sein.

Die Bitbreite entscheidet über die Anzahl der erzielbaren Dämpfungswerte. Populär sind 5- und 6-Bit-Typen. Das Least-Sigificant Bit (LSB) steuert den kleinsten Schritt von z.B. 0,5 dB, das Most-Significant Bit den größten von z.B. 8 Bit bei einem 5-Bit-Dämpfungsglied mit 0,5 dB Schrittweite. Im Falle 00001 wäre die Dämpfung also 0,5 dB, im Falle 11111 wäre sie 8 dB + 4 dB + 2 dB + 1 dB +0,5 dB = 15,5 dB.

Je größer die mögliche Dämpfung, umso stärker wird diese von Temperatur und Frequenz beeinflusst sowie von der Isolation der internen Schalter. Hohe Dämpfungswerte erfordern also einen hohen technologischen Aufwand, was sich im Preis niederschlägt. Ein weiteres Kriterium ist die Impedanz. Üblich sind 50 oder 75 Ohm. Auch digital steuerbare Dämpfungsglieder gibt es in verschiedensten Gehäusevarianten.

## Für SMT oder Labor

Die digitalen Stufen-Dämpfungsglieder der DAT-Familie von Mini-Circuits nutzen eine Super-RF-CMOS-Technologie, um die Faktoren Genauigkeit, Linearität, Programmierbarkeit, ESD-Toleranz und Bandbreite zu optimieren. Dies gelang sogar mit einem nur 4x4x0,9 mm messenden SMT-Gehäuse (Bild 1). Zu dieser Serie gehören Modelle, die nur eine positive oder nur eine duale Betriebsspannung benötigen. Die Betriebsspannung bestimmt Schaltgeschwindigkeit und Rauschverhalten.

Für alle Dämpfungsglieder mit Super-RF-CMOS-Technologie gilt der in Bild 2 gezeigte Grundaufbau. Konkret wird dort ein 6-Bit-Attenuator gezeigt. Einzelne Dämpfungsstufen werden mit Bypass-Schaltern überbrückt. Der Treiber ist für geringen Platzbedarf, geringe Kosten und beste Überschaubarkeit integriert.

Mit der Super RF CMOS Technology sind MSB-Werte von 16 Bit möglich. Das gilt für Industrieanforderungen als hoher Wert.

Das ursprünglich für SMT entwickelte Konzept wird auch in größeren Gehäusen (ZX-Typ) mit koaxialen Anschlüssen geliefert, siehe Bild 3. Diese Ausführungen sind z.B. für Messtechnik, Labor und Prototypen-Entwicklung geeignet. Das obige Bild zeigt zwei Ausführungen mit Steuerkabeln.

## Kennwerte und Auswahl

Folgende Parameter sind wichtig für die Auswahl eines digitalen Dämpfungsgliedes:

- kleinster Schritt
- maximale Dämpfung
- Toleranz
- Frequenzbereich
- Impedanz
- SWR (oft als Return Loss ausgedrückt)
- Belastbarkeit
- Durchgangsdämpfung in Stellung 0 dB
- Ansteuerung
- Versorgung

Für moderne CDMA-Basisstationen benötigt man z.B. 0,5 dB Schrittweite und mindestens 20 dB maximale Dämpfung. Das erfordert eine 6-Bit-Ausfüh-

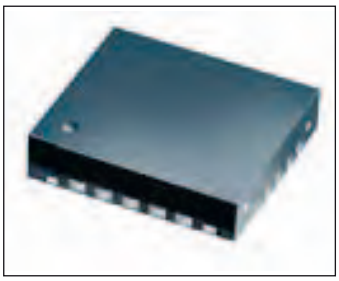


*Bild 1: DSA im SMT-Gehäuse*

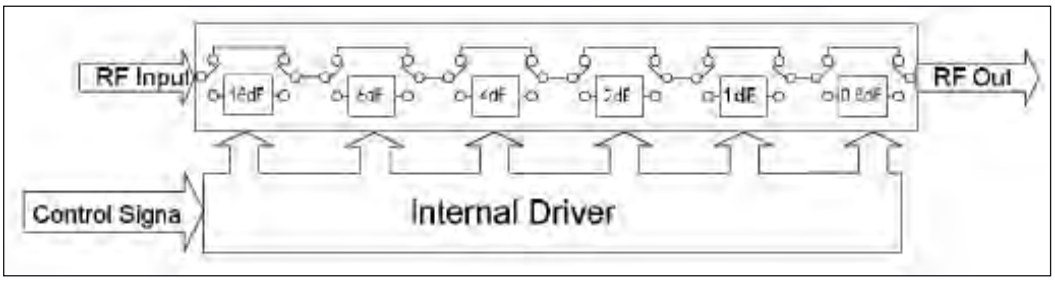



*Bild 2: Grundaufbau der DAT-Serie*

| Typ | Impedanz | obere Einsatzfrequenz | 0,5 dB | 1 dB | 2 dB | 4 dB | 8 dB | 16 dB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DAT-15R5-XY | 50 Ohm | 4 GHz | x | x | x | x | x | - |
| DAT-31-XY | 50 Ohm | 2,4 GHz | - | x | x | x | x | x |
| DAT-31R5-XY | 50 Ohm | 2,4 GHz | x | x | x | x | x | |
| DAT-15575-XY | 75 Ohm | 2 GHz | x | x | x | x | x | - |
| DAT-3175-XY | 75 Ohm | 2 GHz | - | x | x | x | x | x |
| DAT-31575-XY | 75 Ohm | 2 GHz | x | x | x | x | x | x |

***Bild 3: DAT-Dämpfungsglied mit Steckverbindern***

***Eckdaten der DAT-Serie. Mit X = S für serielle und X = P für parallele Steuerung und Y = P für 3 V und Y = N für ±3 V ergeben sich insgesamt 24 Varianten***

rung. Für Laboranwendungen wird man eine besonders enge Toleranz wünschen. Der Frequenzbereich beginnt bei DC. WLAN-Lösungen gemäß IEEE 802.11b/g erfordern z.B. besonders gute Funktion im Bereich 2,4...2,5 GHz, während für zellulare Basisstationen der Bereich 800...1.000 MHz wichtig ist. Super RF CMOS Dämpfungsgliedes gibt es für 50 und 75 Ohm. Mit diesem Prozess wird ein relativ geringer Return Loss von 20 dB ermöglicht. Die 50-Ohm-Typen sind bis 2,4/4 GHz, die 75-Ohm-Typen bis 2 GHz spezifiziert.

Die Belastbarkeit gilt bei höchster Dämpfung. Hier kommt der Attenuator einer Dummy Load mehr oder weniger nahe. Man kennzeichnet die Belastbarkeit oft über den 1-dB-Kompressionspunkt. Sehr lineare Ausführungen beschränken sich auf 0,2 dB Kompression.

In Stellung 0 dB verursachen die Schalter leider eine gewisse Einfügedämpfung. Sie hängt von Technologie und Bit-Breite ab. In einem 5-Bit-Typ muss das Signal über zehn Schalter laufen.

Die Steuerung kann parallel oder seriell erfolgen, je nach Treiber. Verschiedene physikalische Logikpegel sind möglich. Die Reaktionszeit kann eine Rolle spielen. Sie wird von der Halbleiter-Technologie bestimmt. Datenblätter geben hier eventuell keine Auskunft. Wenn man misst, sollte man wie bei HF-Schaltern üblich die Kriterien 50% Steuersignal und 90% Nutzsignal verwenden. Digitale Dämpfungsglieder können ganz verschiedene Ansprüche an die Versorgung stellen. Üblich ist eine niedrige Spannung von 3,3 oder 5 V bei etwa 20 mA Stromaufnahme. Die CMOS-Technologie von Mini-Circuits benötigt jedoch nur 100 µA. Bei vielen dieser Parameter muss natürlich die Temperaturabhängigkeit beachtet werden, wie auch der Einsatztemperaturbereich eine Rolle spielen wird.

## Eigenschaften der DAT-Familie

Die DAT-Serie umfasst sechs Typen lt. Tabelle. Die Toleranz beträgt typisch 0,05 dB für den 0,5-dB-Schritt. Die Abweichung ist von Temperatur (±0,02 dB) und Frequenz abhängig. In der 16-dB-Stellung sieht die Sache erwartungsgemäß krasser aus – siehe Bild 4.

Der Return Loss beträgt typisch 18 dB bis 2,4 GHz für alle Typen. Auch beim Dynamikbereich/Kompressionsverhalten zeigen alle Typen ähnliches Verhalten. Die Kompression setzt bei etwa 24 dBm ein. Über den Interceptpunkt dritter Ordnung informiert Bild 5. Mit beeindruckenden 40 dBm als Mindestwert sollte es keinerlei Probleme geben. Die Versorgungsspannung von 3,3 V kann man gemäß Bild 6 auch mit

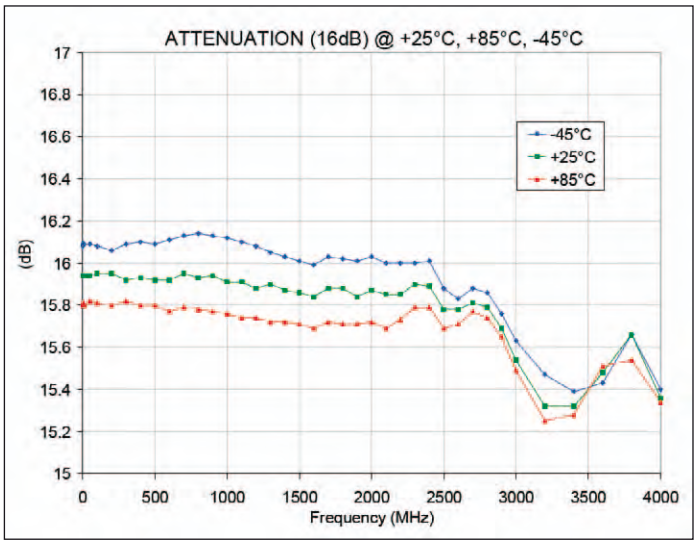



***Bild 4: Typischer Dämpfungsverlauf in 16-dB-Stellung***

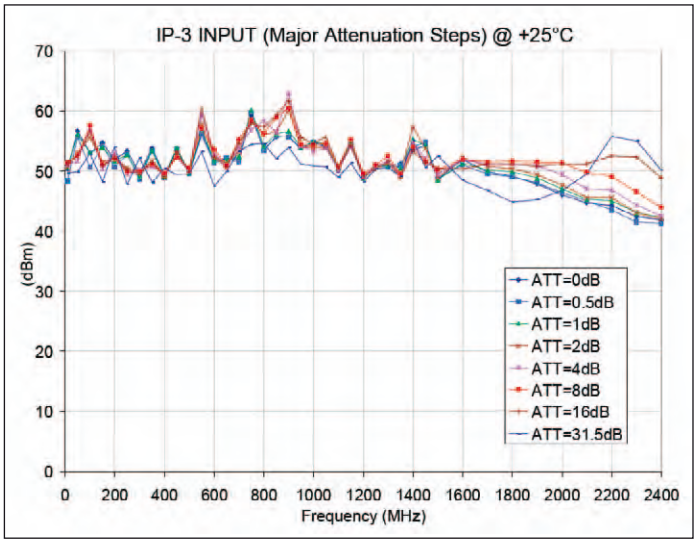



***Bild 5: IP3 über der Frequenz***

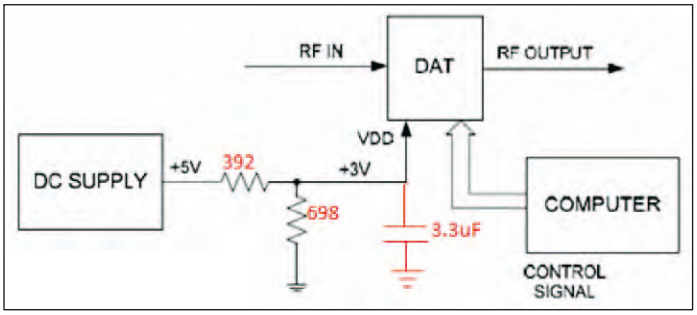



***Bild 6: Versorgung aus 5 V über Spannungsteile***

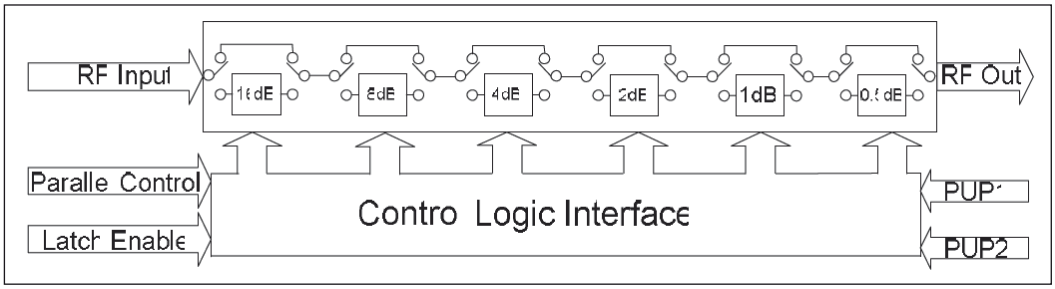



*Bild 7: Funktionsschema für parallele Steuerung*

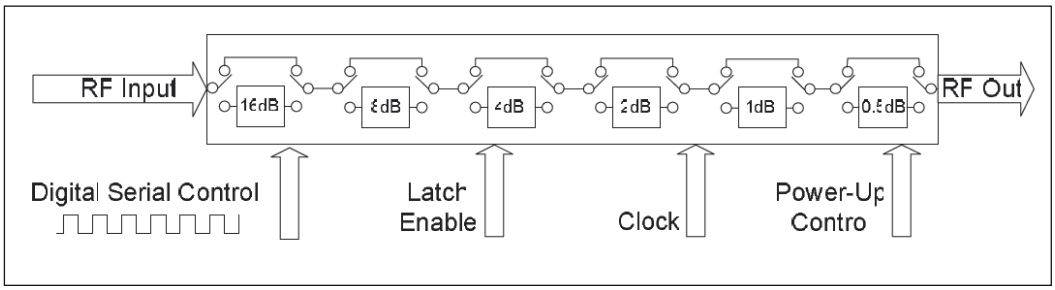



*Bild 8: Funktionsschema für serielle Steuerung*

einem Spannungsteiler aus z.B. 5 V generieren. Das ist aufgrund des geringen Stroms praktisch gut möglich. Natürlich lassen sich auch alle Arten von (Low-Drop-)Spannungsreglern benutzen. In der DAT-Serie sind Typen für parallele und serielle Ansteuerung. Im ersten Fall (Bild 7) sind die Varianten „direkte parallele Programmierung“ und „Latches Parallel Programming“ möglich. Direkt programmiert man mit Schaltern oder Jumpern per Hand. Im zweiten Fall nutzt man die Latch-Enable-Funktion, um ein „sauberes“ Umschalten zu vollziehen. Zur Definition dienen die beiden Power-Up-Anschlüsse PUP1 und PUP2.

Bild 8 zeigt das Prinzip der seriellen Ansteuerung. Hier werden drei CMOS-Signale benötigt: Data, Clock und Latch Enable (LE). Wieder kann das Power-Up-Feature genutzt werden, worüber die Start-Up-Dämpfung definiert wird.

Koppelkondensatoren sind grundsätzlich nicht erforderlich. Der ESD-Schutz ist mit 500/100 V (Human/Machine) gut. Die Schaltgeschwindigkeit beträgt etwa 1 µs. Bis zu 1 MHz Schaltfrequenz sind möglich.

*Quelle: Digital Step Attenuators offer Precision and Linearity, Mini-Circuits Application Note AN-70-004* ◄

**VectorStar Netzwerkanalysatoren sind technologisch und ökonomisch smart.**

Anritsus Technologielösungen bieten Ihnen Performance, dort wo es wirklich zählt. Das VectorStar Breitband VNA System ist mit 70 kHz - 125 GHz das Flaggschiff der VNA-Familie und bietet in den drei kritischen Performancebereichen unerreichte Leistungsmerkmale: Frequenzbereich, Dynamikbereich und Stabilität.

Was immer auch Ihre Anforderung ist, jetzt oder in der Zukunft, Anritsu bietet Ihnen eine unvergleichbare Sicherheit im Hinblick auf zukünftige Anpassungen und Erweiterungen. In dem gleichen Maß wie Ihre Anforderungen wachsen, wird der VectorStar ein verlässlicher Partner an Ihrer Seite sein.

Die Anwendungen sind mannigfaltig: Aktive und passive Mikrowellenkomponenten, On-Wafer Device Charakterisierung, Antennenmessungen oder Materialmessungen im oberen GHz-Bereich. Sie fragen nach unverzichtbarer "Best-In-Class Performance"? Sie kennen die Antwort - Anritsu.

Get your FREE Anritsu Bear and 36 page Guide to Understanding VNA Calibration.

Europe: +49 (0) 89 442308 0
©2013 Anritsu Company

Anritsu
Discover What's Possible™