

## Einfache digitale Filter für nicht ganz so einfache HF-Designs

Dieser Artikel zeigt eine schnelle und einfache Methode zur Implementierung einfacher, aber leistungsstarker digitaler Filter für HF-Systeme.

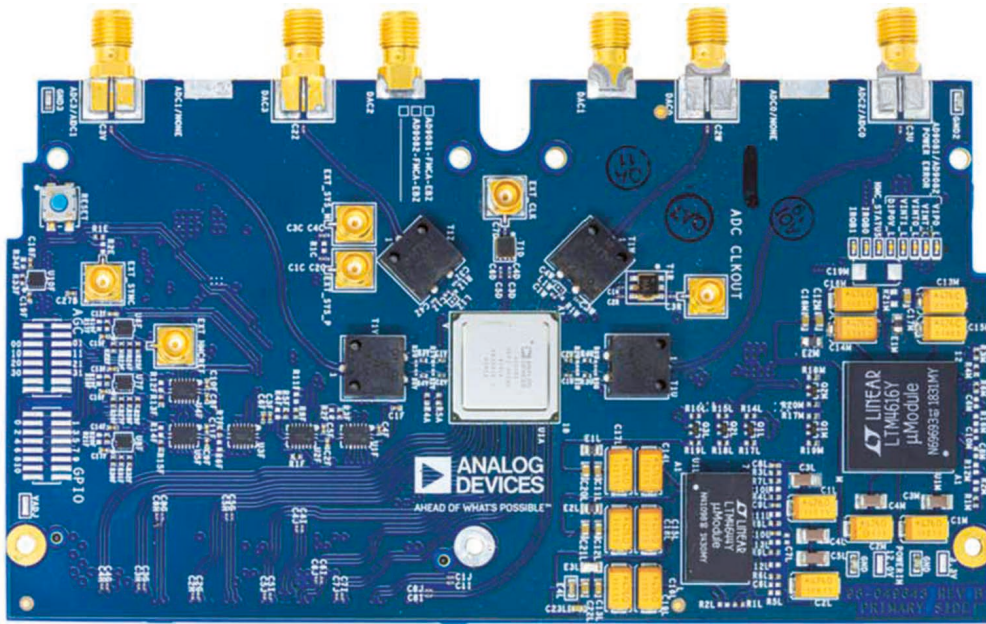


Bild 1: ADI's AD9082 MxFE

Digitale Filter bieten eine sinnvolle Möglichkeit zur Kontrolle der Eingangsspektren von Kom-

munikationssystemen in einem breiten Anwendungsbereich. Sie können Oberschwingungen fil-

tern oder Frequenzbänder isolieren, um Intersymbol-Interferenzen zu verhindern, und ersparen Ihnen dabei die Mühe der Bauteilbeschaffung, des PCB-Layouts und der Variationen, die mit ihrem analogen Gegenstück verbunden sind. Natürlich sind auch digitale Filter nicht ohne Makel, aber ihre Eleganz und einfache Anwendung in immer häufigeren Mixed-Signal-Umgebungen machen sie zu einer guten Wahl

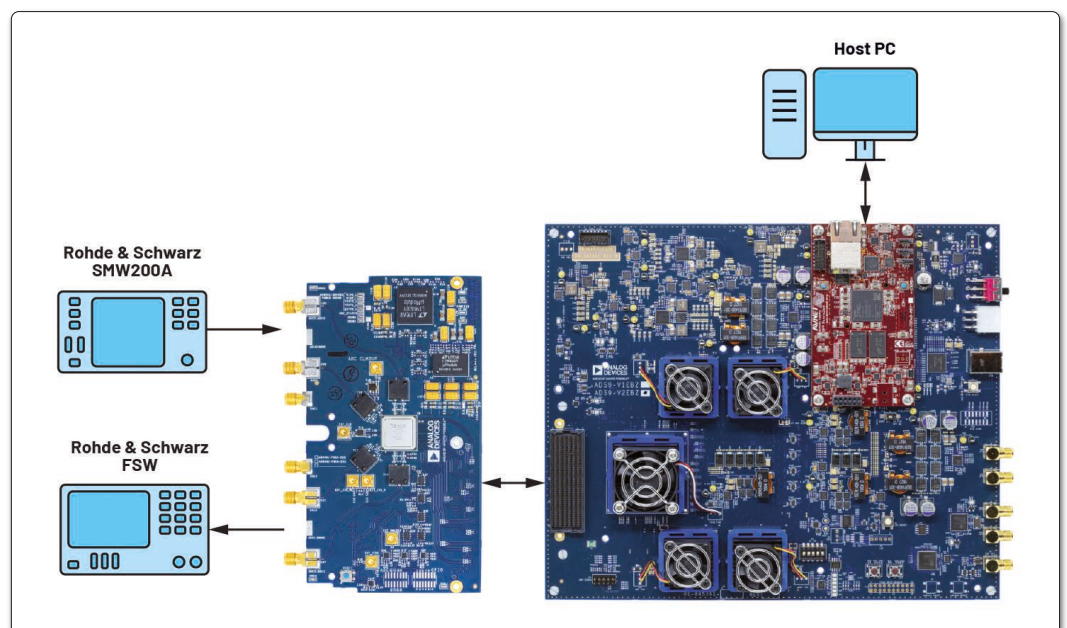


Bild 2: Blockdiagramm eines Testaufbaus

Autor:  
Mitch Sternberg  
System Applications Engineer  
Analog Devices  
[www.analog.com](http://www.analog.com)

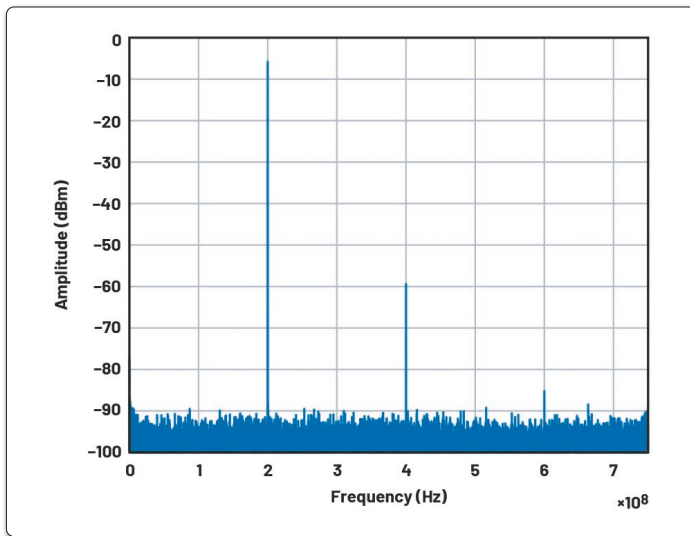


Bild 3: Ein ADC-Ausgang, 200 MHz bis 5 dBm  $RF_{IN}$

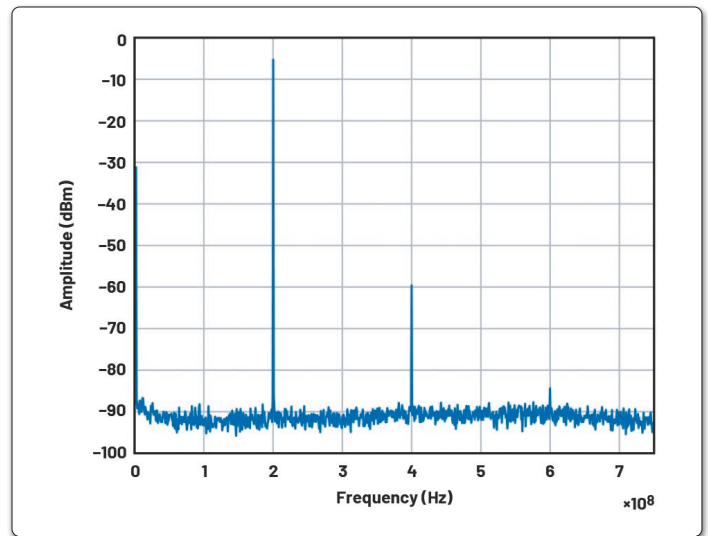


Bild 4: Ein DAC-Ausgang, 200 MHz bis 5 dBm  $RF_{IN}$

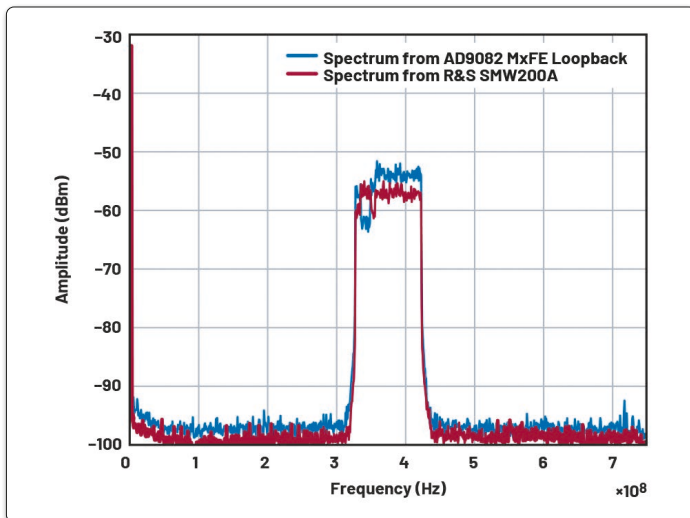


Bild 5: Ein 5G-Testvektorvergleich zwischen dem SMW200A-Ausgang und dem MxFE-DAC-Ausgang

für die Filteranforderungen Ihrer Systeme.

## Grundlagen digitaler Filter

Sowohl digitale als auch analoge Filter dienen demselben Zweck – bestimmte Frequenzkomponenten unverzerrt durchzulassen und gleichzeitig alle anderen Frequenzen vollständig abzuschwächen. Digitale Filter erreichen dies, indem sie diskrete Signalabstastwerte summieren und gewichten und diesen Vorgang über die Länge des Eingangsarrays durchführen.

$$y[n] = \sum_{i=0}^N c_i \times x[n-i]$$

Die diskrete Implementierung ist in obiger Gleichung dargestellt und wird als FIR-Filter (finite impulse response) bezeichnet. Mehr Anzapfungen,  $N$ , in einem FIR-Filter bedeuten schärfere Antworten, flachere Durchlassbänder und steilere Übergangsbänder.

Der größte Nachteil einer erhöhten Anzahl von Anzapfungen sind die Ressourcen. Jede Anzapfung stellt eine Zeitverzögerung und Rechenressourcen dar, so dass mit einer größeren Anzahl  $N$  auch die Zeitverzögerung und der Stromverbrauch steigen. FIR-Filter sind von Natur aus stabil, da keine Rück-

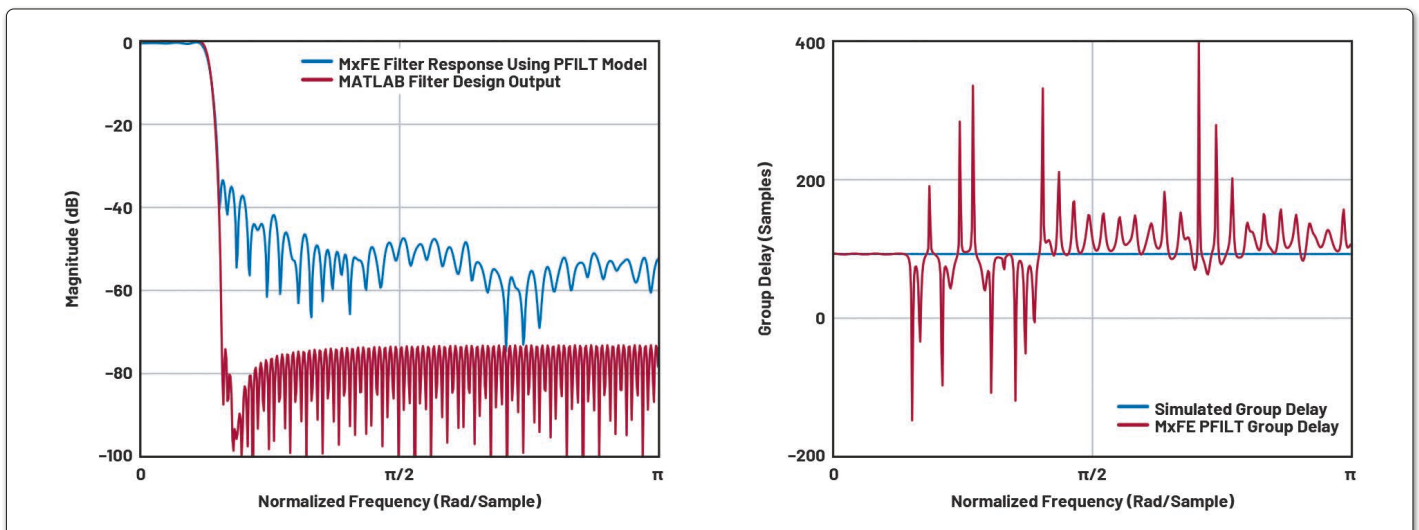


Bild 6: Ein von MATLAB generierter Tiefpass, verglichen mit der implementierten Filterantwort in einem MxFE PFILT-Modell

Filter type	Low-Pass Chebyshev Window
Taps	191
Center Frequency	—
Bandwidth (6 dB Cutoff)	100 MHz
Sidelobe Attenuation	60 dB

**Tabelle 1: MATLAB-Tiefpass-FIR-Spezifikationen**

Filter type	Band-Pass Chebyshev Window
Taps	191
Center Frequency	200 MHz
Bandwidth (6 dB Cutoff)	100 MHz
Sidelobe Attenuation	80 dB

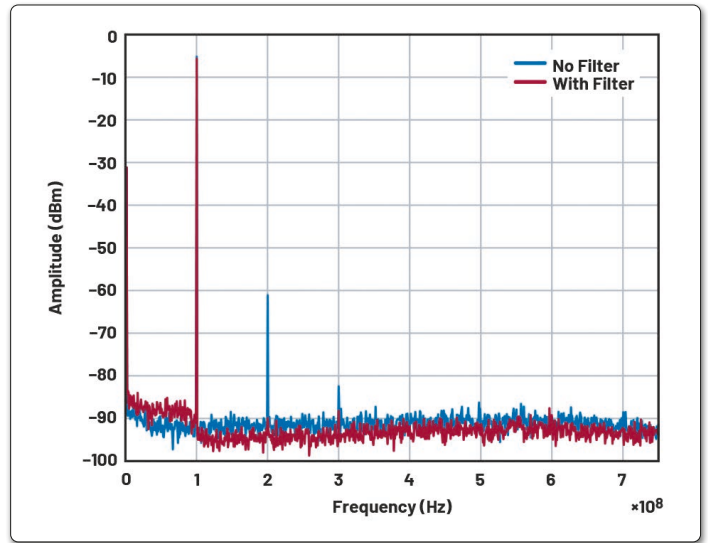
**Tabelle 2: MATLAB-Bandpass-FIR-Spezifikationen**

kopplung verwendet wird und daher keine Gefahr besteht, dass ein Eingang einen Ausgang ansteigt und unbegrenzt wächst. FIR-Filter können auch eine lineare Phasenantwort haben, was sie besonders nützlich für HF-Anwendungen macht, bei denen Timing und Gruppenverzögerung wichtig sind.

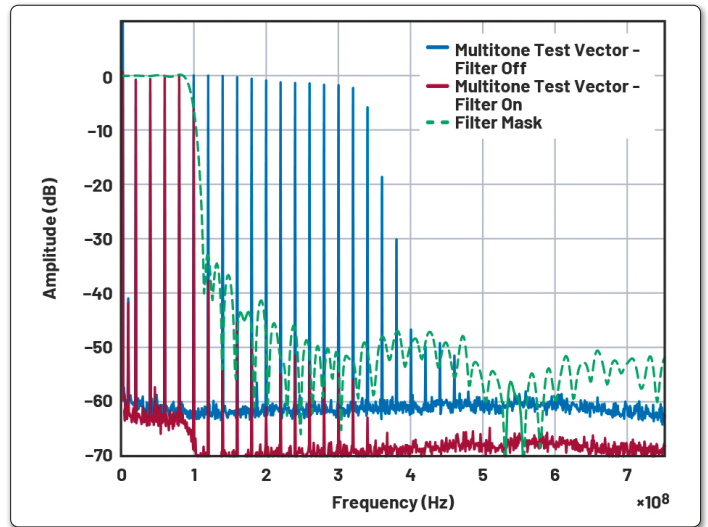
Werfen wir einen Blick darauf, wie die Implementierung eines digitalen Filters auf einer Hochgeschwindigkeits-Datenerfassungsplattform aussehen würde. Ich werde den Laboraufbau vorstellen und erläutern, wie die Ergebnisse überprüft wurden,

sowie die Spezifikationen des verwendeten Systems erläutern. Wir werden sehen, welche Ergebnisse ein echter und praktischer digitaler Filter bei der Filterung von Einzeltönen und deren Obertönen erzielt, sowie Multiton-Testvektoren, die das Filterprofil über ein größeres Frequenzband zeigen.

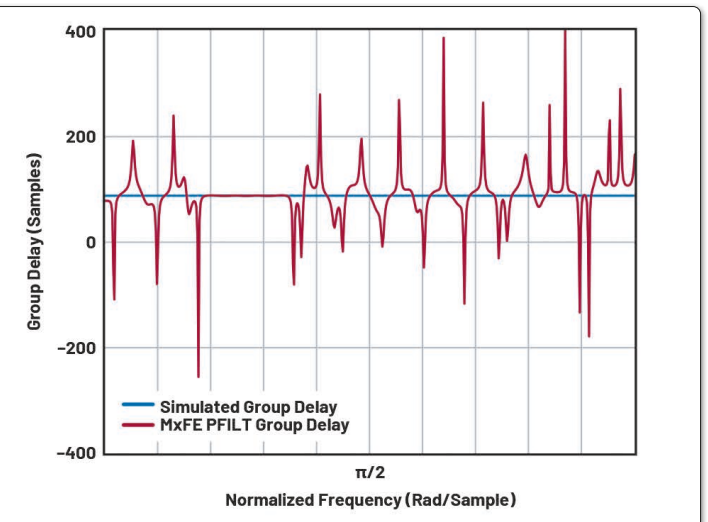
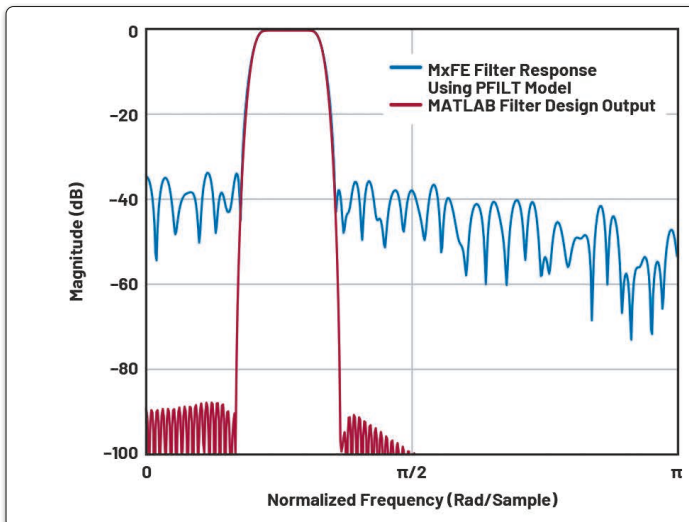
Der Umfang wird sich nicht auf Anwendungen von Filtern mit unendlicher Impulsantwort (IIR) erstrecken und auf 192-Tap-Filter mit einer Abtastrate von 1500 MSPS beschränkt bleiben.



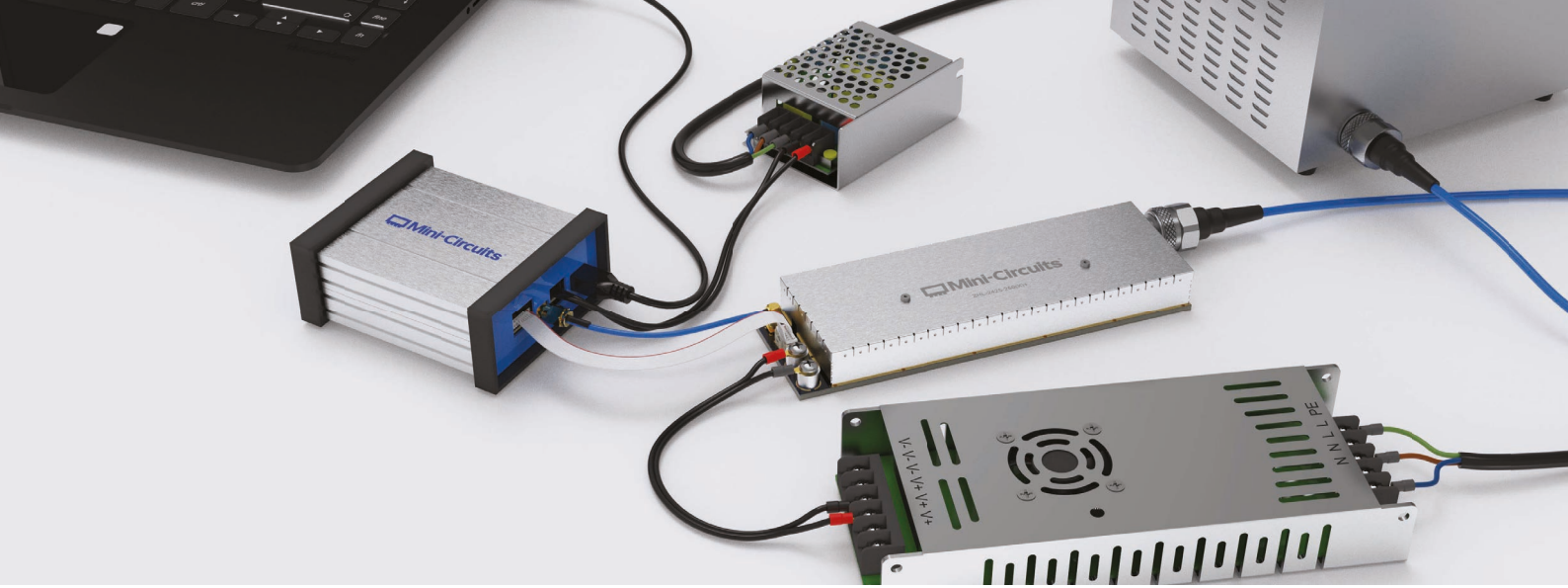
**Bild 7: Vergleich der gefilterten und ungefilterten DAC-Ausgabe**



**Bild 8: Vergleich des MxFE-DAC-Ausgangs eines Multiton-Testvektors mit und ohne Filterung. Vergleich mit der von MATLAB erzeugten Filtermaske**



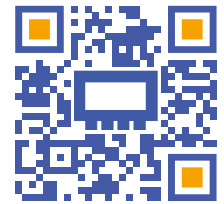
**Bild 9: MATLAB-generierte Bandpassantwort und Gruppenlaufzeit im Vergleich zur implementierten Filterantwort in einem MxFE-PFILT-Modell**



2.4 TO 2.5 GHz | 300W to 1kW

LEARN MORE

# ISM RF & MW Energy Solutions



Solid-State Power Amplifier & Signal Controller

## User-Friendly Building Blocks

Mini-Circuits offers the flexibility to build the solution that fits your application requirements in the way that makes the most sense for you.

### Signal Generator/Controller

ISC-2425-25+



- Output power from -30 to +25 dBm in 0.1 dB steps
- Frequency selection with 1 kHz steps from 2400 to 2500 MHz
- Closed loop and feed forward RF power control modes
- Standalone or multi-channel operation (in either coherent or incoherent modes)
- User-friendly GUI and full API included

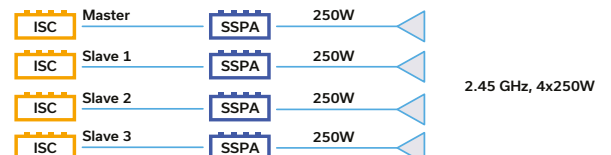
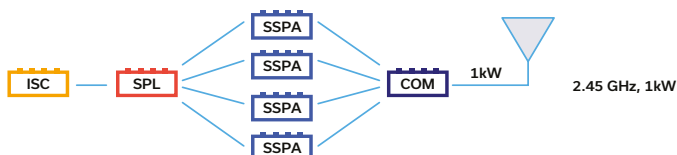
### 300W SSPA

ZHL-2425-250X+



- 300W saturated output power typ.
- Supports CW & pulsed signals
- 42 dB gain
- 60% efficiency
- Built-in monitoring and protection for temperature, current forward and reflected power
- User friendly I<sup>2</sup>C control interface

### Example Configurations:



Fully Integrated 1kW Rack Mount Solution  
Coming Soon!



DISTRIBUTORS

**IE INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH**

D-65719 Hofheim-Wallau, Germany  
Tel. +49-6122-72660-0 Fax +49-6122-72660-29  
www.ie4u.de  
anfrage@ie4u.de

**Mini-Circuits Europe**

Registered in England No 1419461  
Wharf Road, Frimley Green Camberley, Surrey GU16 6LF, England  
Tel 0044-1252-832600 Fax 0044-1252-837010

**municom<sup>®</sup>**

D-83278 Traunstein, Germany  
Tel. 0049-861-16677-0 Fax 0049-861-16677-88  
info@municom.de www.municom.de