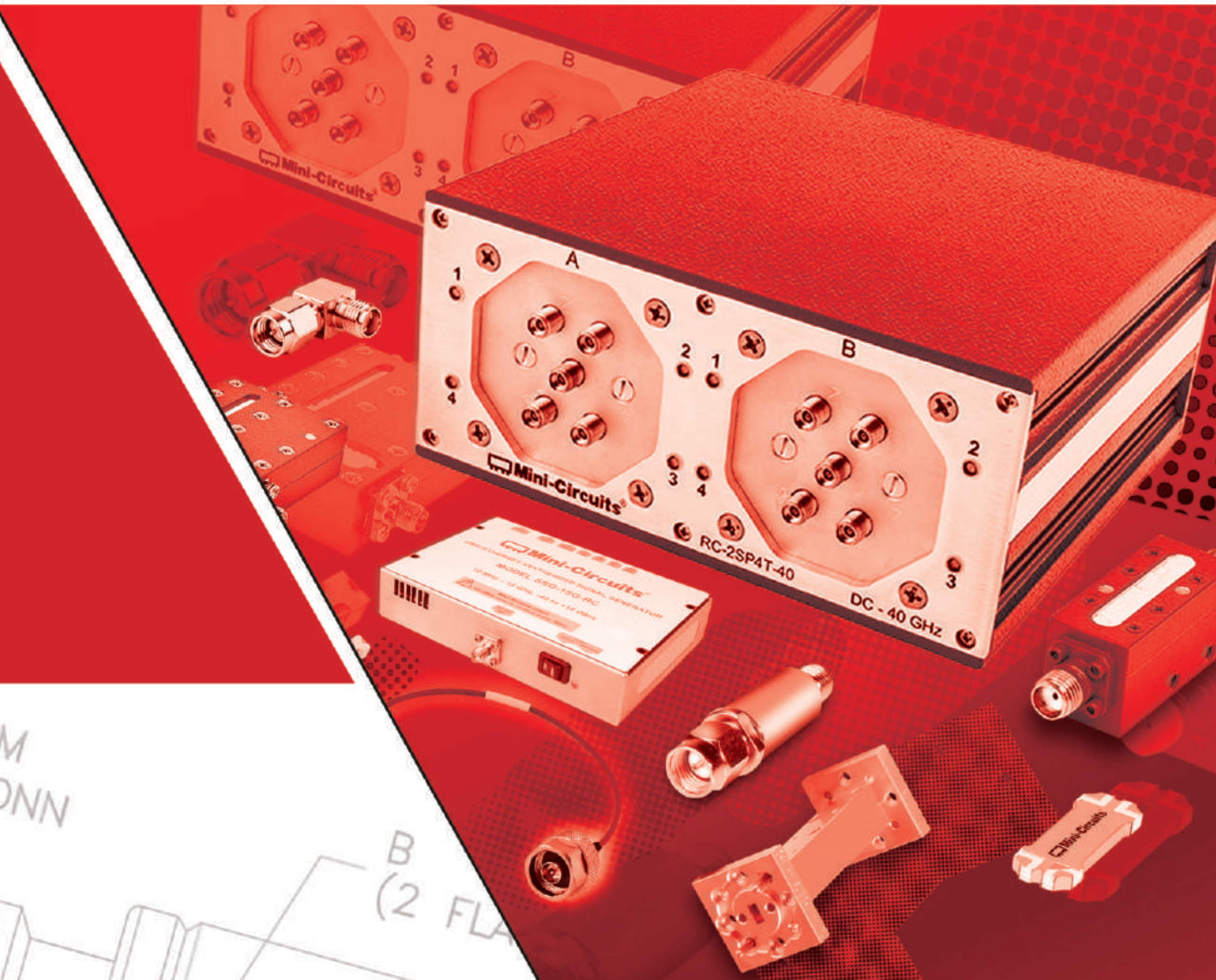
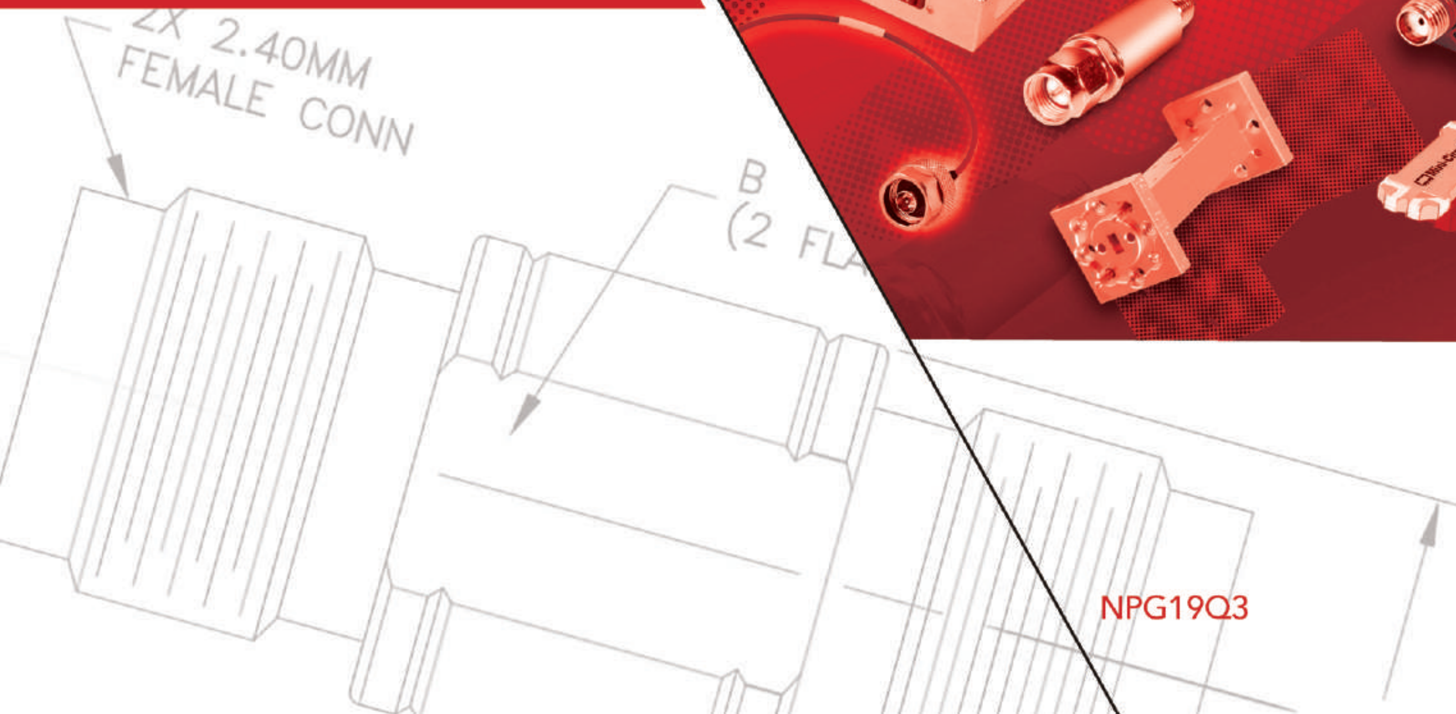
Mini-Circuits®

Q3
2019

NEW PRODUCT GUIDE





NPG19Q3

TABLEOFCONTENTS

HIGHLIGHTS

- NEW 超広帯域 LNA
- シャットダウン機能付き広帯域LNA（～43.5 GHz）
- 無反射型ローパスフィルターと2つの高ダイナミックレンジアンプを組み合わせたマルチチップモジュール
- NEW　ABクラス高出力アンプ
- 同軸型超広帯域 LNA（～20 GHz）

50Ω 400 to 15000 MHz

Ultra-Wideband MMIC LNAs

- 広帯域幅、低雑音
- フラットゲイン
- 優れた直線性（高OIP3）

NEW RELEASE Model Number	Frequency Range (MHz)	Gain (dB) Typ.	NF (dB) Typ.	P1dB (dBm) Typ.	OIP3 (dBm) Typ.	Input VSWR (:1) Typ.	Output VSWR (:1) Typ.	Voltage (V)	Current (mA)
PMA2-153LN+	500-15000	16.8	2.6	14.8	26.8	1.97	1.15	5/6	50/66
PMA2-133LN+	10000-13000	15.3	1.3	13.5	28.6	1.24	1.08	3/5	13/29
PMA2-123LN+	500-12000	16.8	2.6	14.9	27	1.96	1.17	5/6	51/68
PMA2-123LN5+	500-12000	15.1	1.2	12.2	23.4	1.9	1.3	5	30
PMA3-83LN+	500-8000	22.1	1.3	20.7	35.2	1.38	1.58	5/6	60/77
PMA3-83LNW+	400-8000	22.6	1.2	21.7	37.0	1.32	1.5	5/6	58/75
PMA3-63GLN+	1800-6000	27.9	0.7	14.1	26.6	1.78	1.92	5	69
PMA2-43LN+	1100-4000	19.9	0.46	19.9	32.9	1.35	1.64	5	51
PMA3-352GLN+	2500-3500	28.5	0.7	14.8	27.8	1.78	1.92	5	69
PMA4-33GLN+	700-3000	38.9	0.47	22.6	40.4	1.6	1.9	5	152
PMA2-33LN+	400-3000	19.1	0.38	17.2	34.5	1.9	1.2	3	56
PMA2-252LN+	1500-2500	17.6	0.8	17.8	30	1.3	1.3	4	57
PMA2-162LN+	700-1600	22.7	0.5	20	30	1.3	1.3	4	55

50Ω 1 to 43500 MHz

Wideband MMIC Amplifiers with Shutdown

- NF 1.1 dBを達成
- フラットゲイン
- OIP3 ＜42.9 dBm
- 内部シャットダウン機能による、アンプ保護、消費電流低減

NEW RELEASE Model Number	Frequency Range (MHz)	Gain (dB) Typ.	NF (dB) Typ.	P1dB (dBm) Typ.	OIP3 (dBm) Typ.	Input VSWR (:1) Typ.	Output VSWR (:1) Typ.	Voltage (V)	Current (mA)
TSS-13HLN+	1-1000	23	1.4	28.4	42.9	1.43	1.37	8	234
TSS-13LN+	1-1000	22.8	1.1	24.5	39.2	1.28	1.32	5/3	142/72
TSS-23HLN+	30-2000	21.8	1.4	28.5	42.6	1.92	1.67	8	236
TSS-23LN+	30-2000	21.5	1.2	24.1	36.4	1.92	1.67	5/3	139/74
TSS-53LNB+	500-5000	21.7	1.4	20.6	33.9	1.46	1.33	5	82
TSS-53LNB3+	500-5000	18.4	1.5	14.9	25	1.63	1.26	3	42
TSS-183A+	5000-18000	14.2	4.4	17.9	28.9	1.37	1.28	5	145
TSS-44+	22000-43500	17.6	3.2	6.9	12.7	1.37	1.28	4	22

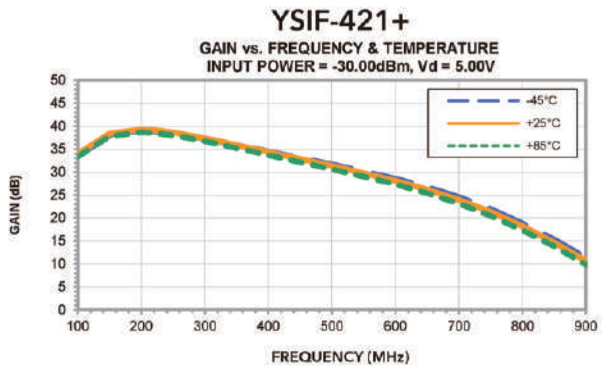
AMPLIFIERS

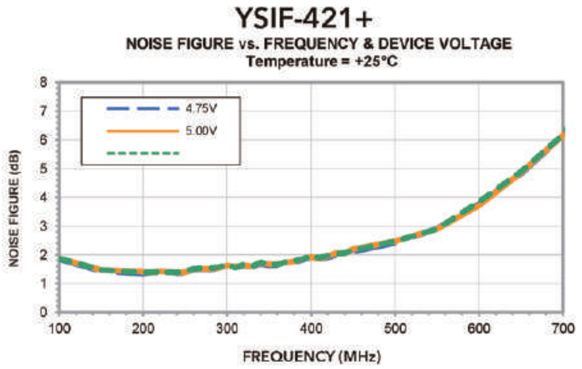
50Ω 220 to 380 MHz

High Gain LNA with Built-In Reflectionless LPF

・NF 1.6 dB.
・パッケージ内で２つのアンプをカスケード接続し、利得 37.2 dBゲインを達成
・OIP3 38.3 dBm
・パッケージ内に無反射型ローパスフィルターと2つのアンプを実装したマルチチップモジュール

Model Number	Frequency Range (MHz)	Gain (dB) Typ.	NF (dB) Typ.	P1dB (dBm) Typ.	OIP3 (dBm) Typ.	Input VSWR (:1) Typ.	Output VSWR (:1) Typ.	Voltage (V)	Current (mA)
YSIF-421+	220-380	37.2	1.6	22.2	38.3	1.78	1.08	5	189



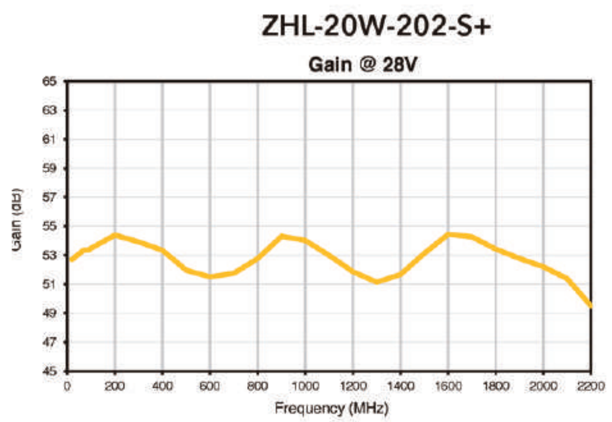


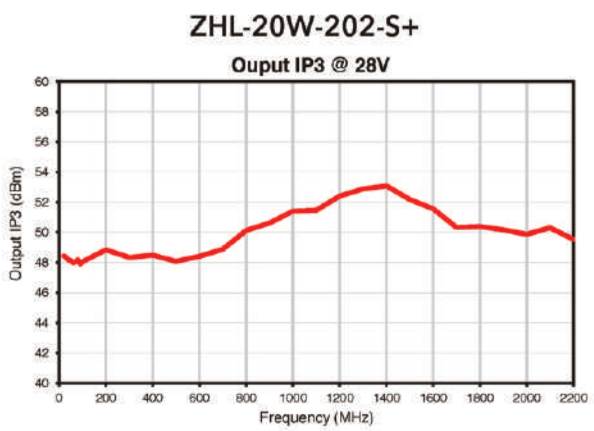
50Ω 10 to 2000 MHz

Class AB High Power Amplifiers

・飽和電力 5W～20W
・オーバードライブ、熱、逆極性、オープン/ショート負荷から自己保護機能付き
・ゲイン 50dB

Model Number	Frequency Range (MHz)	Gain (dB) Typ.	NF (dB) Typ.	P1dB (dBm) Typ.	OIP3 (dBm) Typ.	Input VSWR (:1) Typ.	Output VSWR (:1) Typ.	Voltage (V)	Current (mA)
ZHL-20W-202-S+	20-2000	53	10	39	45	2.0	3.5	28	4000
ZHL-10W-202-S+	10-2000	50	10	38	45	2.0	2.0	28	5000
ZHL-5W-202-S+	10-2000	50	10	36	45	1.2	2.0	28	3000



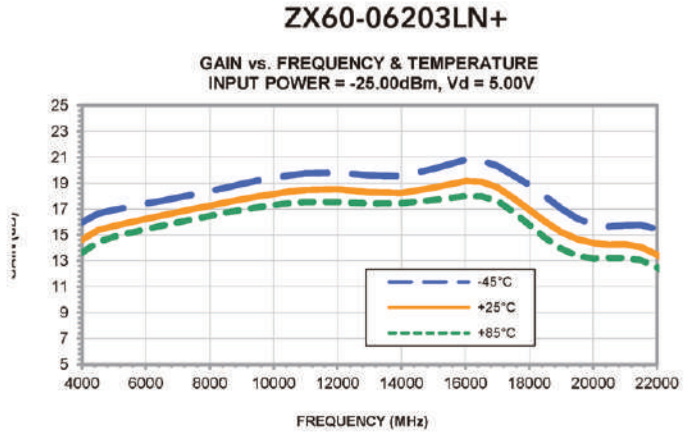


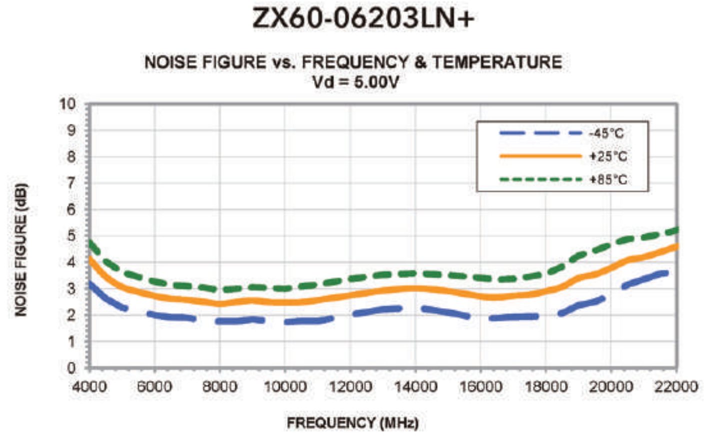
50Ω 500 to 20000 MHz

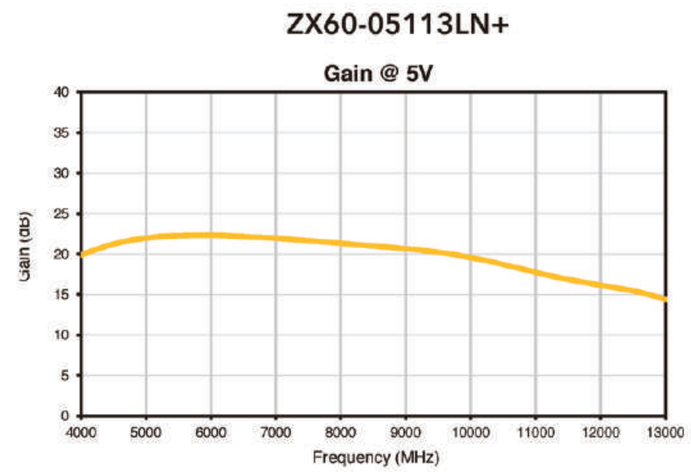
Ultra-Wideband Coaxial LNAs

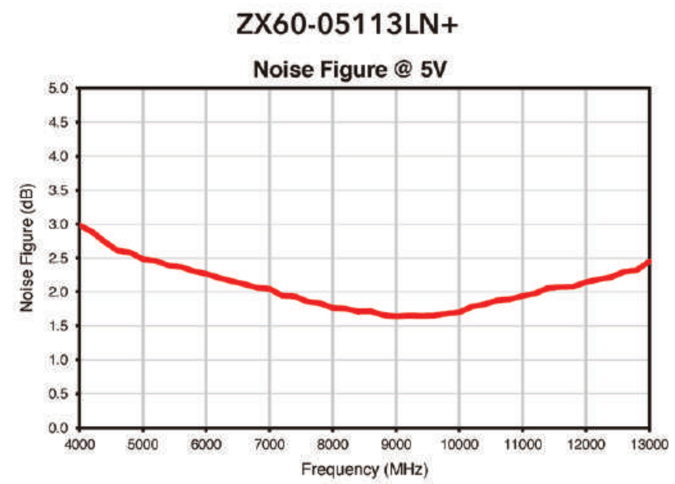
・マルチオクターブ帯域幅
・広帯域に亘り非常に低雑音
・フラットゲイン ±1.6 dB以下
・OIP3 +35.2 dBm

NEW RELEASES Model Number	Frequency Range (MHz)	Gain (dB) Typ.	NF (dB) Typ.	P1dB (dBm) Typ.	OIP3 (dBm) Typ.	Input VSWR (:1) Typ.	Output VSWR (:1) Typ.	Voltage (V)	Current (mA)
ZX60-06203LN+	6000-20000	18.4	2.8	15.6	27.4	1.9	1.65	5	128
ZX60-06183LN+	6000-18000	25	2.1	11	24	2	2	5	64
ZX60-153LN-S+	500-15000	16	2.8	15	27	2	1.5	12	82
ZX60-123LN-S+	500-12000	17	2.4	16	28	1.45	1.3	12	82
ZX60-05113LN+	5000-11000	21.4	1.9	13	24.5	1.9	1.5	5	42
ZX60-83LN-S+	500-8000	22.1	1.4	20.7	35.2	1.38	1.58	5.0/6.0	60/70









HIGHLIGHTS

▶ 高耐電力ストリップライン双方向カップラーを拡充

50Ω 50-6000 MHz

High-Power Stripline Bi-Directional Couplers

·マルチオクターブ帯域幅でのフラットカップリング
·小型・高耐電力の表面実装タイプ
·低挿入損失
·優れた方向性

NEW RELEASES Model Number	Frequency Range (MHz)	Coupling (dB) Nom.	Mainline Loss (dB) Typ.	Directivity (dB) Typ.	VSWR (:1) Typ.	Power Input Max. (W)
BDCH-10-63	2000-6000	10	0.1	22	1.12	100
BDCH-20-63+	2000-6000	19.5	0.15	19	1.2	180
BDCH-20-63A+	2000-6000	18	0.15	29	1.1	140
MBDC-13-63HP	2000-6000	12.8	0.1	23	1.15	100
MBDC-13-63HP+	2000-6000	12.8	0.1	23	1.15	100
MBDC-20-63HP	2000-6000	20.25	0.15	23	1.17	100
SCBD-10-63HP+	50-6000	10	0.9	17	1.22	100
SCBD-16-63HP+	50-6000	16.2	0.45	23	1.22	100
SCBD-16-562HP+	2700-5600	16.2	0.4	18	1.29	75
BDCH-25-33+	800-3000	25	0.2	28	1.2	150
BDCH-15-33+	500-3000	15.5	0.25	25	1.07	100
SCBD-20-272HP+	1750-2750	18.6	0.25	24	1.08	100
BDCH-15-272	700-2700	15	0.25	19	1.13	150
BDCH-20-272	700-2700	21	0.25	21	1.12	150
BDCH-25-272	700-2700	26	0.2	18	1.2	150
BDCH-35-272	700-2700	35	0.2	16	1.3	150
SCBD-25-122HP+	800-1220	25	0.1	23	1.07	100
SCBD-28-82HP+	600-820	28	0.1	23	1.07	100
SCBD-30-62HP+	400-620	31	0.08	23	1.1	100
MBDA-30-451HP	225-450	30.5	0.15	28	1.07	200

HIGHLIGHTS

▶ Mini-Circuitsの広帯域ゲインイコライザーはMMICタイプとSMAコネクタータイプがございます。

回路設計、ケーブルアッセンブリ、テスト環境でのフラットゲインを実現します。

50Ω 10 to 6 GHz, 1 dB to 10 dB Slope Values

New SMA Connectorized Fixed Equalizers

- 広帯域幅にわたり正確な負のスロープ
- 優れたVSWR
- +31 dBmの耐電力
- ケーブル接続やラボでの使用に最適な、SMAコネクタータイプを用意

Model Number	Frequency Range (MHz)	Slope (dB) Typ.	Insertion Loss @ Frequency High (dB)	VSWR(:1) Typ.	Max Input Power (dBm)
VEQY-1-63+	10-6000	0.9	1	1.13	31
VEQY-2-63+	10-6000	2.3	0.6	1.18	31
VEQY-3-63+	10-6000	3	1.2	1.25	31
VEQY-4-63+	10-6000	4.4	0.8	1.23	31
VEQY-5-63+	10-6000	4.8	1.6	1.16	31
VEQY-6-63+	10-6000	6.3	1.1	1.2	31
VEQY-8-63+	10-6000	7.9	1.1	1.21	31
VEQY-10-63+	10-6000	9.9	1.6	1.21	31

50Ω DC to 20 GHz, 0 dB to 10 dB Slope Values

MMIC Fixed Equalizers

- 広帯域にわたる正確な負スロープ
- 優れたVSWR
- 最大+34 dBmの耐電力
- パッケージは2×2mm QFNおよびベアダイ

ez samples Try before you buy Model Number	Frequency Range (MHz)	Slope (dB) Typ.	Insertion Loss @ Frequency High (dB)	VSWR(:1) Typ.	Max Input Power (dBm)
EQY-0-24+	DC-20000	0.37	0.39	1.1	33
EQY-2-24+	DC-20000	2.1	0.9	1.16	31
EQY-3-24+	DC-20000	3.1	0.7	1.15	34
EQY-5-24+	DC-20000	5.1	0.7	1.24	34
EQY-6-24+	DC-20000	6.3	0.5	1.22	31
EQY-8-24+	DC-20000	8.3	0.8	1.18	34
EQY-10-24+	DC-20000	10.2	0.9	1.18	33
EQY-12-24+	DC-20000	12	1.4	1.09	30
ez EQY-0-63+	DC-6000	0.1	0.14	1.07	33
ez EQY-1-63+	DC-6000	1.2	0.4	1.24	31
ez EQY-2-63+	DC-6000	2.1	0.4	1.29	31
ez EQY-3-63+	DC-6000	3.2	0.6	1.29	31
ez EQY-4-63+	DC-6000	4.2	0.6	1.25	31
ez EQY-5-63+	DC-6000	5	1	1.24	31
ez EQY-6-63+	DC-6000	6.5	0.5	1.2	32
ez EQY-8-63+	DC-6000	8.2	0.5	1.21	31
ez EQY-10-63+	DC-6000	10.2	1	1.12	31

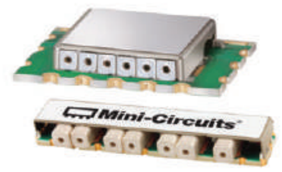
HIGHLIGHTS

- ▶ NEW セラミック共振器バンドパスフィルター
- ▶ SMAコネクタータイプ無反射型フィルターを用意
- ▶ NEW 導波管バンドパスフィルター
- ▶ キャビティフィルターのラインアップを拡充
- ▶ 広帯域サスペンション基板ダイプレクサ

50Ω, 1333 to 2048 MHz

Surface Mount Ceramic Resonator Filters

・優れた耐電力と低挿入損失
・3～25%の比帯域
・高さ3.048㎜の薄型設計
・優れた温度安定性
・厳しい環境に対応する頑丈な構造
50種類以上のモデルを常時在庫しています！ カスタム設計可能。



Model Number	Passband (MHz)	Lower Stopband (MHz)	Lower Rejection (dB)	Upper Stopband (MHz)	Upper Rejection (dB)
CBP-1423AF+	1333-1513	DC-1113	60	1669-2600	55
CBP-1475E+	1375-1575	DC-1230	40	1750-2600	40
CBP-1598AF+	1505.5-1690.5	DC-1264	60	1888-2900	60
CBP-1773AF+	1678-1868	DC-1400	65	2150-2700	60
CBP-1953AF+	1858-2048	DC-1500	65	2400-3500	50

50Ω, 2010 to 11500 MHz

SMA Connectorized Reflectionless Filters

・阻止帯域で50Ωに整合し不要な反射波を除去
・コネクタータイプはケーブル接続やラボでの
　使用を容易にします

Model Number	Passband (MHz)	Passband VSWR (:1)	3 dB Cutoff (MHz)	Stopband (MHz)	Stopband VSWR (:1)	Rejection (dB)
VXHF-23+	2010-10100	2.0	1650	DC-1210	1.2	14
VXHF-292M+	2900-8700	1.9	8700	DC-1950	1.5	36
VXHF-392+	3940-11500	2.3	3220	DC-2450	1.6	12.5

50Ω, DC-19400 MHz

MMIC Reflectionless Filters

･阻止帯域で50Ωに整合し不要な反射波を除去
･カスケード可能
･優れた耐電力
･非線形回路に最適
80種類以上のモデルを常時在庫しています！

Model Number	Type	Passband (MHz)	3 dB Cutoff (MHz)	Passband VSWR (:1)	Stopband (MHz)	Stopband VSWR (:1)	Rejection (dB)	Package
XHF-482M+	High Pass	4800-19400	4390	1.2	DC-3600	1.2	36	3x3mm QFN
XHF-73M+	High Pass	7000-16400	6420	1.1	DC-5200	1.1	30	3x3mm QFN
XHF-652M+	High Pass	6600-16200	6230	1.1	DC-5000	1.1	30	3x3mm QFN
XLF-662M+	Low Pass	DC-6000	6740	1.2	9200-26000	1.5	30	3x3mm QFN

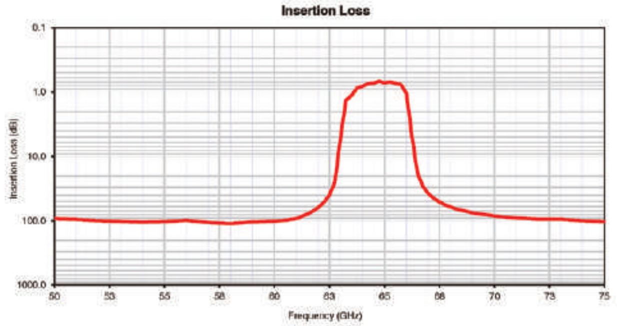
50Ω 27500 to 86000 MHz

Waveguide Bandpass Filters

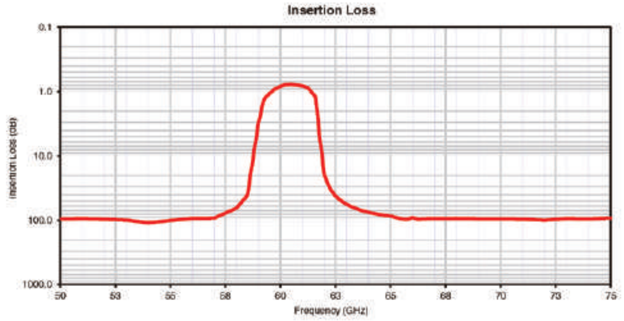
- 精密機械加工およびめっき
- 優れたリターンロス
- 極めて高い除去比と高速ロールオフ

NEW RELEASES / Model Number	Passband (MHz)	Lower Stopband (MHz)	Lower Rejection (dB)	Upper Stopband (MHz)	Upper Rejection (dB)
WVBP-833-WR12+	81000-86000	60000-79000	64	88000-90000	38
WVBP-783-WR12+	76000-81000	60000-74500	67	82500-90000	48
WVBP-733-WR12+	71000-76000	60000-69500	56	77500-90000	66
WVBP-673-WR12+	64000-71000	60000-61500	56	73500-90000	28
WVBP-653-WR15+	63700-65900	50000-62700	59	66900-75000	66
WVBP-613-WR15+	57200-65900	50000-56200	74	66900-75000	65
WVBP-633-WR15+	61500-63800	50000-60500	66	64800-75000	67
WVBP-64-WR15+	59400-61600	50000-58400	72	62600-75000	72
WVBP-583-WR15+	57200-59400	50000-56200	56	60400-75000	58
WVBP-383-WR28+	37000-40000	22000-36000	59	41000-42000	34
WVBP-283-WR28+	27500-28350	22000-27000	48	28850-38000	34

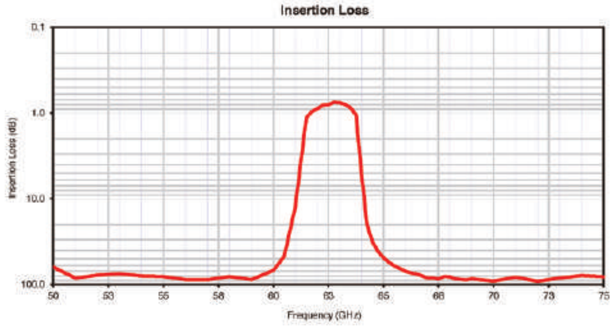
WVBP-653-WR15+



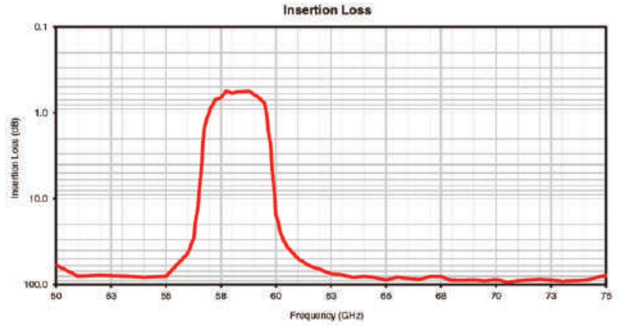
WVBP-64-WR15+



WVBP-633-WR15+



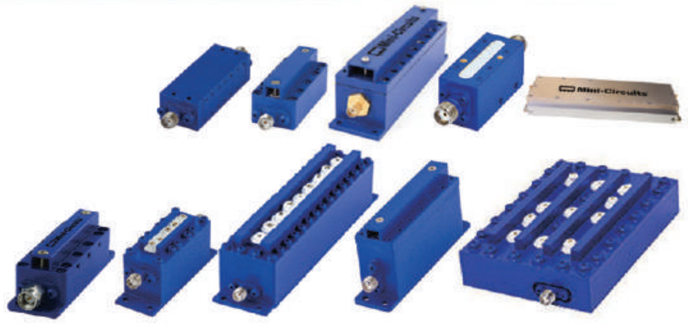
WVBP-583-WR15+



50Ω 902-19200 MHz

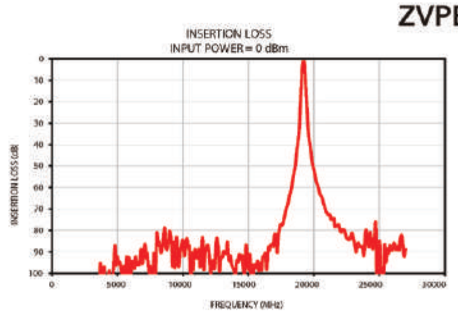
Cavity Bandpass Filters

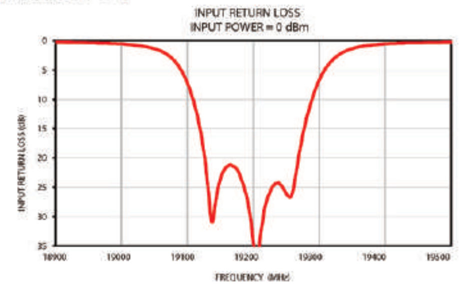
- 狭通過帯域、1%
- 低挿入損失
- 広い阻止帯域を備えた非常に高速なロールオフ
- 最大15Wの高耐電力

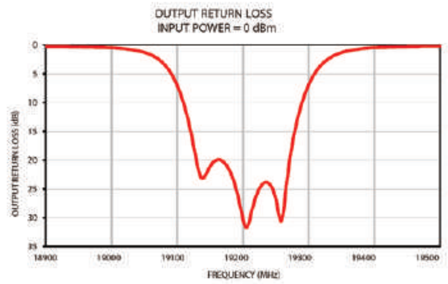


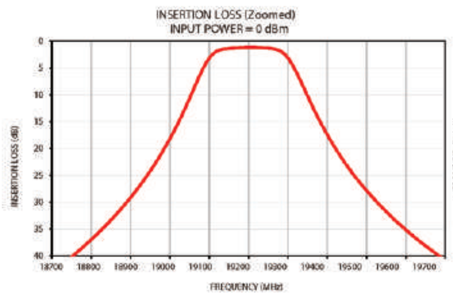
NEW RELEASE / Model Number	Passband (MHz)	Lower Stopband (MHz)	Lower Rejection (dB)	Upper Stopband (MHz)	Upper Rejection (dB)
ZVBP-19R2G-S+	19200	DC-18900	45	19500-27000	45
ZVBP-11G3-S+	11200-11400	DC-11030	35	11580-20000	35
ZVBP-10R5G-S+	9750-11250	DC-5950	35	15100-18000	35
ZVBP-8250-S+	8025-8475	DC-7650	20	8925-11000	20
ZVBP-5800-S+	5725-5875	DC-5200	35	6400-14000	35
ZVBP-5310-S+	5250-5370	DC-5080	20	5530-8250	20
ZVBP-4900-S+	4840-4960	DC-4670	20	5100-9000	20
ZVBP-4810-S+	4750-4870	DC-4600	20	5020-8250	20
ZVBP-4300-S+	4250-4350	DC-4140	20	4480-8000	20
ZVBP-4000-S+	3997-4003	DC - 3800	70	4200 - 6000	70
ZVBP-3875-S+	3845-3905	DC-3785	35	3970-8500	35
ZVBP-2450-S+	2400-2500	2120-2260	40	2635-2780	40
ZVBP-2400-S+	2375-2425	DC-2250	35	2550-6000	35
ZVBP-2300A-S+	2200-2400	DC-2000	30	2550-8050	30
ZVBP-909-S+	902-915	10-895	20	925-2300	20

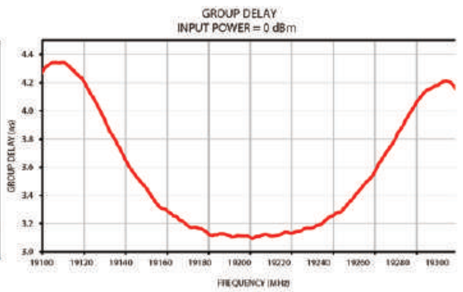
ZVPB-19R2G-S+











50Ω 69 to 7850 MHz

Coaxial Bandpass Filters

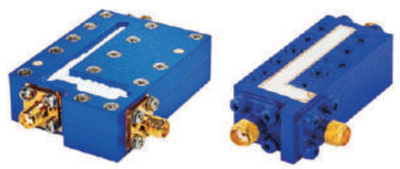
・良好な除去比
・広い阻止域
・優れた温度安定性

Model Number	Passband (MHz)	Lower Stopband (MHz)	Lower Rejection (dB)	Upper Stopband (MHz)	Upper Rejection (dB)
ZFBP-70HR-S+	69-71	DC-50	85	100-1000	60
ZX75BP-204-S+	175-237	DC-90	60	2500-3500	30
ZX75BP-A1060-S+	1015-1105	DC-880	25	1350-4000	30
ZX75BP-A1230-S+	1160-1300	DC-950	30	1670-3500	20
ZX75BP-B1230-S+	1120-1340	DC-940	25	1750-3500	20
ZX75BP-1450-S+	1320-1580	DC-1100	46	2000-2500	54
VBF-7331+	6850-7850	10-5800	23	9300-13300	20

50Ω DC -20000 MHz

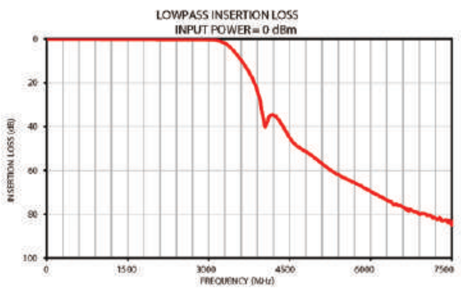
Suspended Substrate Diplexers

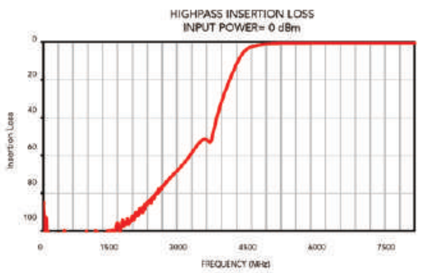
・低挿入損失
・超広域な通過帯域幅
・広い阻止帯域を備えた高速ロールオフ
・最大26 GHzの通過帯域
・最大26.5 GHzの阻止帯域は40 GHzまで拡張可能

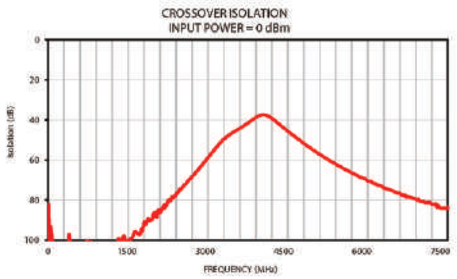


NEW RELEASE Model Number	Port	Passband (MHz)	Passband IL (MHz)	Rejection (dB)	Return Loss (dB)
ZDSS-5G6G-S+	High pass Low pass	DC-5000 6000-20000	1.5 2.5	80 @ 7200-20000 50 @ DC-4000	10 8
ZDSS-3G4G-S+	High pass Low pass	DC-3000 4000-20000	1.5 1.5	30 @ 4000-10000 70 @10000-20000 50 @ DC-2000 15 @2000-3000	10 10
ZDSS-2R5G5G-S+	High pass Low pass	DC-2500 5100-7500	0.5 0.8	50 @ 5100-7500 65 @ DC-2500	20 17

ZDSS-2R5G5G-S+







ez samples Try before you buy

Try it Before you Buy it!

EZ-Sampleは、Mini-Circuitesのオンライン無料サンプルリクエストプログラムです。
お客様の検証作業をサポートするために表面実装部品の無償サンプルを提供致します。

› 1300を超えるモデルのサンプルが無料！
代理店にご相談ください。

Mini-Circuits®

www.minicircuits.com P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com

HIGHLIGHTS

- ▶ NEW　フレキシブルケーブル
- ▶ NEW　SMAおよびN型アダプター

IP INTERCONNECT PRODUCTS

50Ω DC-18000 MHz

Flexible Interconnect Cables

- ・極小スペースでの同軸コンポーネント接続を容易にする柔軟性
- ・小曲げ半径
- ・優れたリターンロスと挿入損失

NEW RELEASES Model Number	Center Diameter	Length (ft.)	Connector 1	Connector 2	Frequency Range (MHz)	Insertion Loss (dB)
FL086-24NM+	0.086"	2.0	N-Type Male	N-Type Male	DC-18000	1.4
FL086-24SM+	0.086"	2.0	SMA Male	SMA Male	DC-18000	1.5
FL086-24SMNM+	0.086"	2.0	N-Type Male	SMA Male	DC-18000	1.4
FL086-12NM+	0.086"	1.0	N-Type Male	N-Type Male	DC-18000	0.6
FL086-12SM+	0.086"	1.0	SMA Male	SMA Male	DC-18000	0.9
FL086-12SMNM+	0.086"	1.0	N-Type Male	SMA Male	DC-18000	0.7
FL086-9SM+	0.086"	0.75	SMA Male	SMA Male	DC-18000	0.64
FL086-6NM+	0.086"	0.5	N-Type Male	N-Type Male	DC-18000	0.3
FL086-6SM+	0.086"	0.5	SMA Male	SMA Male	DC-18000	0.4
FL086-6SMNM+	0.086"	0.5	N-Type Male	SMA Male	DC-18000	0.3
FL141-24NM+	0.141"	2.0	N-Type Male	N-Type Male	DC-18000	0.9
FL141-24SM+	0.141"	2.0	SMA Male	SMA Male	DC-18000	1.0
FL141-24SMNM+	0.141"	2.0	N-Type Male	SMA Male	DC-18000	0.9
FL141-12NM+	0.141"	1.0	N-Type Male	N-Type Male	DC-18000	0.4
FL141-12SM+	0.141"	1.0	SMA Male	SMA Male	DC-18000	0.5
FL141-12SMNM+	0.141"	1.0	N-Type Male	SMA Male	DC-18000	0.4
FL141-9SM+	0.141"	0.75	SMA Male	SMA Male	DC-18000	0.37
FL141-6NM+	0.141"	0.5	N-Type Male	N-Type Male	DC-18000	0.2
FL141-6SM+	0.141"	0.5	SMA Male	SMA Male	DC-18000	0.3
FL141-6SMNM+	0.141"	0.5	N-Type Male	SMA Male	DC-18000	0.2

50Ω, models from DC-18 GHz

Coaxial Adapters

- ·コネクタータイプ多数
- ·優れたVSWR
- ·堅牢な構造

50種類以上のモデルを常時在庫しています！

Model Number	Connector 1	Connector 2	Frequency Range (GHz)	VSWR (:1) Typ.
NFFL-SM50+	N-Female	SMA-Male	DC-18	1.08
SFR-KF50+	SMA-Female	2.92mm-Female	DC-18	1.11
SFR-SM50+	SMA-Female	SMA-Male	DC-18	1.09

HIGHLIGHTS

最新のデザインキャパビリティー

業界最大の品揃え、440を超えるモデルを常時在庫

- 最小サイズ0202
- カプラー
- フィルター
- スプリッター/コンバイナー
- トランスフォーマー/バラン

50Ω, 2400 to 2500 MHz

LTCC Directional Couplers

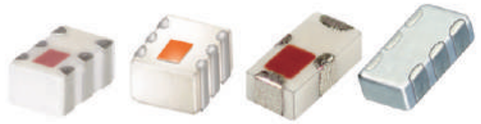
- Wi-Fi、Bluetooth、Zigbee用に最適化された帯域
- 小型パッケージ 0603サイズ
- 優れた耐電力、2W

NEW RELEASES Model Number	Frequency Range (MHz)	Coupling (dB) Nom.	Mainline Loss (dB) Typ.	Directivity (dB) Typ.	VSWR (:1) Typ.	Power Input Max. (W)
CPJC-6-252R+	2400-2500	6.5	1.27	18	1.2	2
CPJC-10-252R+	2400-2500	10	0.65	19	1.33	2
CPJC-17-252R+	2400-2500	17.65	0.14	12	1.06	2
CPJC-21-252R+	2400-2500	21	0.3	19	1.1	2
CPJC-28-252R+	2400-2500	28	0.3	10	1.05	2

50Ω, DC to 6000 MHz

LTCC Diplexers

- 最小パッケージサイズ0402
- 最大30dBの除去比
- Wi-Fi、Bluetooth、Zigbeeなどのチャンネル分割



NEW RELEASES Model Number	Port	Passband (MHz)	Passband IL (dB)	Rejection(dB) (MHz)	Return Loss (dB)	Package Size
DPGE-252-492R+	Low Pass High Pass	2400-2500 4900-5950	0.4 0.5	36 @ 4800-6000 25 @ 800-2500	33 25	0805
DPJC-252-492R+	Low Pass High Pass	2400-2500 4900-5950	0.7 0.7	28 @ 4800-6000 34 @ 800-2500	18 26	0603
DPNK-252-492R+	Low Pass High Pass	2400-2500 5150-5850	0.4 1.2	26 @ 4800-6000 40 @ 2400-2690	31 23	0402
LDP-1050-252+	Low Pass High Pass	1-1050 1650-2500	0.6 1	31 @ 1650 - 2500 21 @ 1-1050	15 8	1206
LDPG-212-322+	Low Pass High Pass	DC-2100 2600-5000	0.5 0.8	22 @ 3200 - 5000 18 @ DC - 2040	16 14	0805
LDPG-272-492+	Low Pass High Pass	DC-2700 4900-5750	0.5 0.7	30 @ 4800 - 8000 23 @ DC - 2700	16 14	0805
LDPW-162-242+	Low Pass High Pass	DC-1650 2400-6000	0.6 0.6	20 @ 2500 - 6000 15 @ DC - 1650	20 16	0603

50Ω, 2400 to 5950 MHz

LTCC Bandpass Filters

・最小パッケージサイズ0402
・最大49dBまで改善された除去比

Model Number	Passband (MHz)	Stopband F3 (MHz)	Rejection @ F3 (dB)	Stopband F4 (MHz)	Rejection @ F4 (dB)	Rejection (dB)	Package
BPGE-252R+	2400-2500	1200-1300	42	3600-3800	43	43	0805
BPGE-542R+	4900-5920	3500	49	14700-17760	30	30	0805
BPJC-252R+	2400-2500	1910	26	3200	38	38	0603
BPJC-542R+	4900-5900	DC-2700	40	9800-12000	34	34	0603
BPNK-252R+	2400-2500	692-800	40	4800-5000	23	23	0402
BPNK-542R+	4900-5950	2400-2500	23	14700-17850	38	38	0402

50Ω &75Ω, Passbands from DC to 5950 MHz

LTCC Low Pass Filters

・最小パッケージサイズ0402
・最大50dBまで改善された除去比

Model Number	Passband F1 (MHz)	3 dB Cutoff (MHz)	Stopband F3 (MHz)	Rejection @ F3 (dB)	Stopband F4 (MHz)	Rejection @ F4 (dB)	Package Size
LFCG-1200+	DC-1200	1470	1865-3700	50	3700-10000	30	0805
LFCG-1400+	DC-1400	1650	2015-6600	50	6600-10000	35	0805
LFCG-1800+	DC-1800	2030	2450-7000	40	7000-10000	35	0805
LFCG-2500+	DC-2500	2870	3500-4000	33	7000-10000	30	0805
LFCG-2600+	DC-2600	3000	3850-7000	50	7000-15000	25	0805
LFCG-3000+	DC-3000	3460	4550-7000	50	11000-15000	25	0805
LFCG-3500+	DC-3500	3970	4800-5000	35	8500-15000	25	0805
LFCN-900+	DC -850	1075	1275	20	1350-4850	30	1206
LFCV-700-75+	5-700	855	990-1950	30	1950-2150	25	1210
LPGE-252R+	2400-2500	3750	4800-5000	40	7200-7500	37	0805
LPGE-592R+	4900-5900	7600	9800-11800	42	14700-17700	54	0805
LPJC-252R+	2400-2500	3600	4800-5000	52	7200-7500	34	0603
LPJC-592R+	4900-5950	7000	8800-12600	49	-	-	0603
LPNK-252R+	2400-2500	3100	4800-5000	42	7200-7500	40	0402

50Ω, 4900 to 5850 MHz

LTCC High Pass Filters

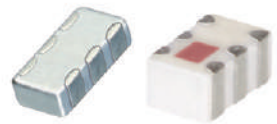
・最小パッケージサイズ0402
・除去比を最大50dBまで改善
・ハイバンドWi-Fi用に最適化された通過帯域

Model Number	Passband (MHz)	Stopband F3 (MHz)	Rejection @ F3 (dB)	Stopband F4 (MHz)	Rejection @ F4 (dB)	Package Size
HPJC-492R+	4900-5850	500-2400	25	2400-2500	36	0603
HPSC-492R+	4900-5850	500-2400	25	2400-2500	34	0202

50Ω, 600 to 5900 MHz

LTCC Splitter/Combiners

・最小パッケージサイズ0402
・最大30dBの除去比
・Wi-Fi、Bluetooth、Zigbeeなどのチャンネル分割



NEW RELEASES Model Number	Frequency Range MHz	No. of Ways	Isolation (dB), Typ.	Insertion Loss (dB) Above Theoretical, Typ.	Phase Unbalance (deg), Typ.	Amplitude Unbalance (dB), Typ.	Power Input (W) as Splitter, Max.	Package Size
SCG-2-242+	1000-2400	2	15	0.8	1.5	0.1	2	0805
SCG-2-322+	1800-3200	2	15	0.7	1.5	0.1	2	0805
SCG-2-592+	3800-5900	2	15	0.8	1.5	0.1	2	0805
SCG-3-162+	900-1600	3	18	1.2	5	0.2	2	0805
SCG-3-262+	1600-2600	3	17	1.2	5	0.4	2	0805
SCG-3-592+	4400-5900	3	17	1.2	5	0.4	2	0805
SCN-2-10+	600-1000	2	15	0.5	1.7	0.1	1	1206

50Ω, 223 to 5950 MHz

LTCC Transformers & Baluns

・最小パッケージサイズ0402
・Wi-Fi、Bluetooth、Zigbeeなどのチャンネル分割

Model Number	Frequency Range (MHz)	Impedance Ratio	Single-Ended to Single-Ended	Single-Ended to Balanced	Balanced to Balanced	Center Tap	DC Isolation	Package Size
BLGE1-252R+	2400-2500	1	N	Y	N	N	Y	0805
BLGE1-542R+	4900-5875	1	N	Y	N	N	Y	0805
BLGE2-252R+	2400-2500	2	N	Y	N	N	Y	0805
BLGE2-542R+	4900-5875	2	N	Y	N	N	Y	0805
BLGE4-252R+	2400-2500	4	N	Y	N	N	Y	0805
BLGE4-542R+	4900-5875	4	N	Y	N	N	Y	0805
BLJC1-252R+	2400-2500	1	N	Y	N	N	Y	0603
BLJC1-542R+	4900-5950	1	N	Y	N	N	Y	0603
BLJC2-252R+	2400-2500	2	N	Y	N	N	Y	0603
BLJC2-542R+	4900-5875	2	N	Y	N	N	Y	0603
BLJC4-252R+	2400-2500	4	N	Y	N	N	Y	0603
BLJC4-542R+	4900-5950	4	N	Y	N	N	Y	0603
BLNK1-252R+	2400-2500	1	N	Y	N	N	N	0402
BLNK1-542R+	4900-5950	1	N	Y	N	N	N	0402
BLNK2-252R+	2400-2500	2	N	Y	N	N	N	0402
BLNK2-542R+	4900-5950	2	N	Y	N	N	N	0402
NCS1-521+	223-520	1	N	Y	N	N	N	0805
NCS4-521+	223-520	4	N	Y	N	N	Y	0805

APPLICATION NOTE:

ミリ波アプリケーション向けカスタムSMTパッケージの設計と実装の実践的なアプローチ

概要
長年の研究開発の後、電気技術者、物理学者、数学者、科学者は、より高い周波数で通信システムを運用する利点を実感するようになりました。 この研究から生じた最も注目すべき進歩には、次のものがあります。回路の小型化。アンテナの小型化と利得の改善。 データ伝送速度の劇的な向上。 しかし、実際の制約の下で高周波回路を実装するには、多くの課題が残っています。 その中でもパッケージの課題は際立っています。

RFコンポーネント用のパッケージは、アプリケーションの性能とコストの最適なバランスを実現しながら、複数の回路技術の統合を行うことが重要です。 それにも関わらず、従来のパッケージング技術では、寄生インピーダンスなどの寄生成分やその他の技術的制約により、Xバンド以下で得られている性能がミリ波領域では実現できていません。これらの制限を克服するため、設計チームは新しいパッケージングテクノロジー、新しい設計方法、および高度なCADツールを活用して、高周波アプリケーション向けのコスト効率の良い拡張性のあるパッケージングソリューションを開発しました。 これらの新しいパッケージング技術は、成形化合物や長いワイヤボンディングなどのパフォーマンスを低下させる実装から脱却し、55 GHzを超える優れたパフォーマンスを実現しています。 これらの開発を踏まえて、本報告書では、ミリ波コンポーネント用の実用可能なパッケージソリューション開発の基礎となる重要な概念のいくつかを紹介します（特許出願中）。

Index 用語
低温同時焼成セラミック、LTCC、MMIC、ミリ波、マルチフィジックス、シミュレーション、SMTパッケージ、パッケージング

I. はじめに

グローバルなモバイルデータ使用量は、2017年の11.2ペタバイト/月から2021年には48.3ペタバイト/月に増加すると予想されます。5Gは、モバイルデータ容量を1000倍に増やし、70億人と7兆台のデバイスで使用される予想データ量をサポートしながら、エネルギー効率を維持し、不稼働時間をほぼゼロに維持できるといわれています[1]。

5Gの出現により、高周波アプリケーションの要件を満たすための集積回路（IC）の開発が増加し、ICを保護するだけでなく、広い動作周波数帯域に亘り優れた電気的性能を維持できるコスト効率の良いパッケージを開発する必要性が生じました。現在の表面実装QFNパッケージは、ミリ波周波数のデバイスのパッケージングには適していません。

信号経路で発生する寄生要素、たとえば、PCB上の伝送路とQFNの端子との間の、物理的な不連続性及びICへのワイヤボンドは、低周波では無視できますが、ワイヤーの物理的寸法が波長に近づくと影響が出てきます。QFNパッケージのもう1つの欠点は、樹脂封止に依存していることです。これは、高周波での電気損失を増加させるだけでなく、エアブリッジを備えたダイのパッケージ化を不可能にします。さらに、QFNパッケージは、標準化された製法のため、フリップチップデバイスを収容できません。これらの課題に対処するために、多くのソリューションが開発されています。エアキャビティQFNパッケージは、エアブリッジを備えたICの実装を可能にしますが、それでも高周波で良い性能を取ることが困難です。

MicroCoax構造[2]は高周波動作を可能にしますが、特殊なアセンブリプロセスが必要です。カスタムパッケージソリューションは、寄生効果を補正し[3]、エアキャビティ実装を可能にします。完全にカスタム化されたソリューションは、高度に自動化されたアセンブリプロセスと、短時間で開発できる低リスクの設計手法が導入された場合に最も有効です。

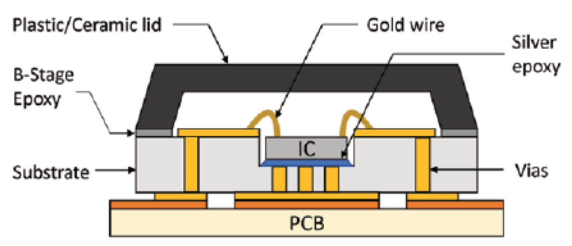


図1セラミックパッケージの概略断面図。

最新のRFアプリケーションには、コンポーネントに対して、電気仕様を超えるような厳しい要求があります。 高密度のアセンブリ、高い動作電力、堅牢で信頼性の高いシステムの必要性により、MMICパッケージ設計者は、電気的性能と望ましい熱的および機械的特性のバランスをとる必要があります。 パフォーマンスの1つの側面に効果的な設計機能は、他の要件を損なう可能性があるため、多くの場合、トレードオフが必要です。 たとえば、熱放散を犠牲にして電気的性能を改善することを目的としたトレードオフは、導体と半導体の温度上昇の影響によりほとんど利益をもたらさない可能性があります。 そのため、設計者は、選択した設計がデバイスのパフォーマンスのさまざまな側面にどのような影響を与えるかを理解することが重要です。

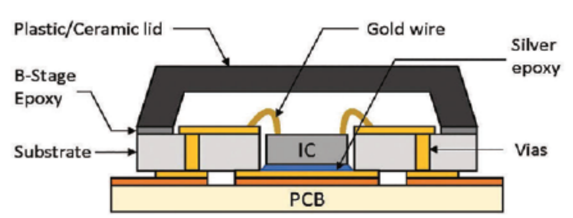


図2. 有機パッケージの概略断面図

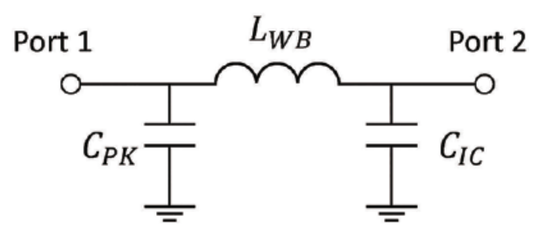


図3. パッケージパッド（CPK）、ICパッド（CIC）、および間を接続する金線（LWB）の集中定数表記

この報告書では、PCB、表面実装パッケージ、およびICを説明しながら、DCから50 GHZまでの良好な電気的性能を備えたカスタム表面実装パッケージ（特許出願中）の開発を紹介します。 セクションIIでは、パッケージの構成と設計について説明します。 セクションIIIでは、パフォーマンスとコストの目標に関して、設計機能のカスタマイズと標準化のトレードオフについて説明します。 カスタム有機パッケージとLTCCパッケージの両方でのブロードバンドMMIC減衰器の測定性能が示されています。 さらに、これらのパッケージの設計で採用されているマルチフィジックスシミュレーションワークフローの利点についても説明します。

II. 設計

A. 構造

セラミックおよび有機パッケージとPCBの概略断面図をそれぞれ図1および図2に示します。以下の説明は両方に共通です。 ICは、導電性エポキシを使用して基板内部のポケットに取り付けられます。この実装により、金のワイヤボンドの長さが最小化されます。金線はICのRFパッドとパッケージのRFパッドを接続し、図3に示すローパスネットワークを形成します。ワイヤボンドは集中定数の直列インダクタンスLWBとして表され、パッドは静電容量CPKおよびCICとして表されます。この整合ネットワークの適切な調整は、正確なインピーダンス整合と良好な広帯域電気性能のために重要です。パッケージのRFパッドは、50Ωの特性インピーダンスを持つマイクロストリップラインと、底面のパッドまでの整合の取れた垂直方向のビアに接続されています。パッケージの底部パッドは、GCPW（Grounded Coplanar Waveguide）構成で50Ωの特性インピーダンスを持つように作られています。パッケージはPCBにはんだ付けされており、PCBには50Ωの特性インピーダンスを持つGCPWがあります。プラスチックまたはセラミックの蓋が非導電性のBステージエポキシでパッケージに取り付けられています。

B. 材料

材料と技術の選択は、パッケージのパフォーマンスに大きな役割を果たします。適切な材料の選択は、気密性、最大動作周波数、パッケージサイズ、パッケージ重量、基板の上下の層の相互接続、熱管理の制約、相互接続の許容挿入損失などのアプリケーション要件に依存します[4]。 LTCCと有機基板パッケージの両方で、基板材料の選択では、所望のRF性能を達成するために必要な誘電率と損失正接を考慮する必要があります。基板は、パッケージトポロジと他の材料との相性も決定します。ここで検討する2つの基板は、LTCCと有機基板です。図1のLTCCパッケージは、基板の上面にキャビティが形成されたセラミックモノリシック構造で構成されています。ポケット（キャビティ）の露出した上面には、下部グラウンドパッドに接続された複数のビアによる連続メタライゼーションがあります。より硬い材料であるため、ワイヤボンディングが簡単です。図2の有機パッケージの場合、ポケットは、基板の一部を除去することで作成され、下部のメタライゼーションを露出することでRF接地と熱抵抗の特性が向上します。

どちらのパッケージでも、良好なRF性能を達成し、業界標準のアセンブリプロセスに対応するよう、導体の材料と仕上げが選択されています。 LTCCパッケージの金属導体は、銀であり無電解ニッケルめっき（ENIG）で表面仕上げを行っています。めっきは下にある銀を酸化から保護し、はんだ付けおよびワイヤボンディングプロセスとの整合性を持たせています。有機パッケージは銅導体を採用しており、いくつかある異なる表面仕上げのいずれかを使用しています。 表面粗さと導電率の両方が挿入損失に大きな影響を与えるため、高周波用途では表面仕上げの選択が重要な問題になる可能性があります[5]［6]。

MMICダイの実装に使用される導電性エポキシの選択は、パッケージの全熱抵抗に大きな影響を与えます。 ダイとパッケージ間の主な接触点として、エポキシはダイの熱放散の大部分を担っています。

C. シミュレーションワークフロー

このプロジェクトの設計段階では、マルチフィジックスシミュレーションワークフローを使用して、LTCCおよび有機パッケージの電気的、熱的、および機械的性能を分析しました。 シミュレーションワークフローでは、複数のシミュレーターを順次使用し、各シミュレーターの結果を次のシミュレーターのセットアップの一部として使用しました。

具体的なシミュレーションワークフローは次のとおりです。:

1） 完全な3D有限要素電磁シミュレーションを、設計ジオメトリの簡略化されたバージョンで実行します。シミュレーションにより、Sパラメーターデータと、設計モデルの電力消費の空間分布が得られます。

2） 熱および機械的（電気的ではない）パフォーマンスに関連するジオメトリを追加した電磁シミュレーションのモデルで、完全な3D有限要素熱シミュレーションを実行します。 図5に示すように、中空PTHやはんだ充填PTHなどのシミュレーションジオメトリの重要な領域を正確にモデル化する努力がなされました。シミュレーションは、電磁界シミュレーションから計算された電力消費を使用し、モデルのジオメトリ内の温度分布を求めます。

3） セットアップの一部として空間温度分布を使用して、完全なモデルジオメトリで完全な3D有限要素メカニカルシミュレーションが実行されます。 シミュレーションにより、モデルジオメトリ内の機械的歪みと応力を求めます。

4） 必要に応じて、収束基準が満たされるまで上記のプロセスを繰り返し、温度上昇とモデルジオメトリのデータを次のパスの電気シミュレーターに送ります。多くの場合、1回のパスでシミュレーション結果と測定値は十分一致します。

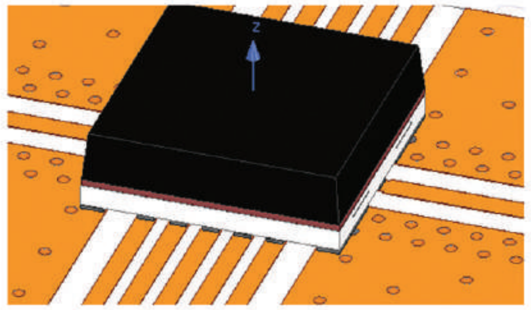
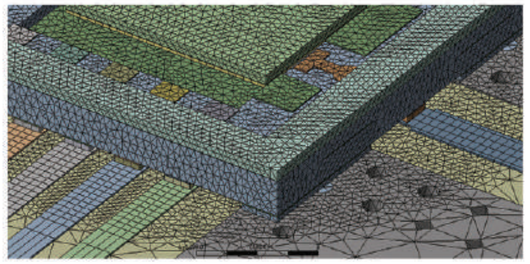


図4. 電気的性能に関連する設計要素のみを含む、LTCCパッ



ケージの電磁シミュレーションモデル。

図5. LTCCパッケージの熱的および機械的シミュレーションで使用されるジオメトリとメッシュの拡大図。パッケージのふたは隠されています。 モデルには、はんだ、ダイアタッチエポキシ、中空およびはんだ充填PTHの両方が含まれていることに注意してください。

個別の電気、熱、および機械シミュレーションタスクを含むワークフローよりも複雑ですが、真のマルチフィジックスシミュレーションワークフローは、設計エンジニアに設計モデルのパフォーマンスの全体像を提供します。 たとえば、マイクロストリップコンダクターの従来の熱シミュレーションでは、導体の体積または面に均一に分布した熱源が適用される場合があります。 ミリ波周波数の電流密度は不均一であるため、このようなアプローチでは、局所的な発熱に関する貴重な情報が失われます。マルチフィジックスシミュレーションアプローチは、デザイナーの注意を必要とせずに、この効果やその他の効果が暗黙のうちに得られます。

複雑すぎて手動で設定できない条件を自動的に設定するマルチフィジックスシミュレーションの機能は、LTCC設計にとって特に価値があります。 LTCCの設計モデルは、複雑な内部導体形状を備えたモノリシックセラミック構造で構成されているため、デバイスの外部の熱画像だけでは、内部の熱挙動を完全に明らかにしない場合があります。

設計性能の電気的、熱的、および機械的側面はしばしばリンクされるため（温度依存の電気抵抗、熱膨張などにより）、このようなシミュレーションワークフローにより、設計内容が相互に関連する性能へ与える影響を最もよく理解できます。ワークフローは、いくつかの技術を含む複数のプロジェクトを通じて検証されており、パフォーマンス測定と非常によく一致したシミュレーション結果を達成しています。 Mini-Circuitsの確立されたLTCCプロセスの他の部分と同様に、継続的な評価と改善の対象となります。

III. カスタマイズと標準化

QFNパッケージは、Vバンド[7]までのアクティブ電子部品とパッシブ電子部品の両方で業界の主力でしたが、高度に標準化されたため、一部のアプリケーションでは最適ではありません。アプリケーションがミリ波周波数に向かって進むにつれて、パッケージングテクノロジーは、広く変化する業界のニーズに適応する必要があります。

「One-size-fits-all」ソリューションはすべてのアプリケーションに対して等しく不十分な結果となる可能性がありますが、傑出した結果をもたらす完全にカスタム化されたソリューションはコストと時間がかかりすぎる可能性があります。 卓越したアプリケーションの柔軟性を持ち、短時間で費用対効果の高いパッケージングソリューションを開発するには、標準化された調整可能な機能をカスタマイズ可能なパッケージテンプレートに組み合わせることが望まれました。

パッケージ設計に対するこの「テンプレート化」アプローチは、実績のある設計要素を再利用できるため、スクラッチソリューションによる労力とリスクを軽減できます。アプリケーションの特定の電気的、熱的、機械的、および環境的ニーズに適応するための機能が提供され、新しい設計に対する広範な品質評価（資格認定）の必要性が最小限に抑えられます。

QFNパッケージは通常、標準化されたサイズ範囲（3mm x 3mm、4mm x 4mmなど）で入手できますが、MMICダイのサイズとアスペクト比は任意です。 1つの標準QFNパッケージサイズに収まるには大きすぎるダイは、代わりに次のサイズを使用する必要があり、それに応じて大きな寄生インダクタンスを持つ長いワイヤボンドが必要になります。パッケージ自体は、これらの寄生成分を補償する機能はほとんどなく、PCBとダイ上の導体形状に依存しています。さらに、QFNパッケージは、リードフレーム、ダイ、およびワイヤボンドを囲むプラスチックの封止材を採用しています。エアブリッジなどのMMICダイ上の繊細な構造は、このようなカプセル化プロセスと両立しません。MMICとして構造上の問題がない場合でも、カプセル材料は、近接するだけで敏感な電子機器の性能を低下または低下させる可能性があります。最後に、QFNパッケージの端子は高度に標準化されており、パッドのサイズと形状の柔軟性はほとんどありません。一部のアプリケーションでは、固定的な構造による電気的寄生成分が許容できない場合があります。

Mini-CircuitsのカスタムLTCCおよび有機基板パッケージは、上記の制限に対処し、さまざまなアプリケーションのニーズを満たすために十分な柔軟性を備えたソリューションを提供します。これらのパッケージでは、図1および図2に示すように、ダイは基板上のポケットにあります。ポケットの寸法はお客様のダイに応じて指定されているため、ワイヤボンドパッドを可能な限りダイに近づけて、ボンディングワイヤの長さとインダクタンスを最小限に抑えることができます。したがって、LTCCおよび有機基板パッケージは、現在標準のQFNパッケージと同じサイズ（3mm x 3mm、4mm x 4mm、および5mm x 5mm）で入手可能ですが、MMICダイサイズに関してより高い柔軟性を提供します。プラスチック製の蓋がダイとワイヤーボンドの上にBステージエポキシ化合物で固定され、ダイとワイヤーボンドの上のエアギャップが維持され、半密閉シールが実現されます。封止材ではなくエアギャップを使用することにより、繊細なMMIC構造のパッケージングが可能になり、電気的性能の低下が最小限に抑えられます。

QFNパッケージとは異なり、LTCCおよび有機基板パッケージは、さまざまなアプリケーションに最適な柔軟性を提供します。パッケージ構造には、PCBからパッケージへ、およびパッケージからMMICダイへの伝送路に関連する寄生成分を電気的に補償する調整要素が含まれています。 さらに、パッケージはリードフレームではなくプリントパターンを使用しているため、LTCCおよび有機基板パッケージのフットプリントを最小限のコストでカスタマイズできます。

IV. 適用例

設計を検証し、有機パッケージとLTCCパッケージの性能を測定するために、複数のパッケージを設計・製造し、テストしました。 パッケージは、50ΩCPWGトレースを備えた5 mil Taconic TLY-5評価PCBに組み立て、はんだ付けしました。 2.4mm Southwest Microwaveエッジローンチコネクタを使用して、PCBとVector Network Analyzer（VNA）を接続しました。 標準のショートオープンロードスルー（SOLT）キャリブレーションは、コネクタを基準面として、最大55 GHzまで実行されました。 各パッケージの挿入損失測定値は、PCBの伝送路の損失を差し引くことにより正規化されます。

LTCC PRODUCTS

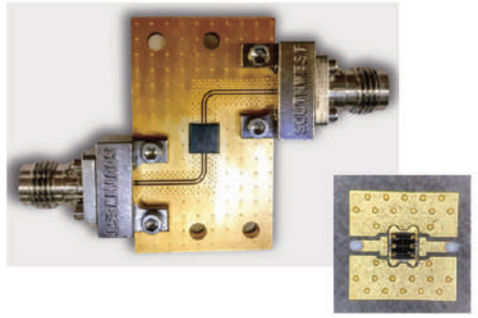


図6. 評価ボード上の有機パッケージのIC。 (a) 評価ボードに蓋付きのパッケージ。 (b) 蓋のないパッケージのクローズアップ　パッケージ基板の上のFlip-Chipダイ

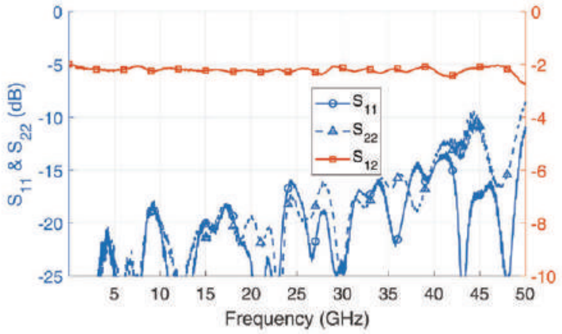


図7. 有機パッケージの2 dB減衰器の測定結果

A. 有機パッケージのMMIC 2 dB減衰器

2dB MMIC減衰器が有機パッケージの上部に取り付けられ、ワイヤボンディングされています。 図6は、PCBの上部に実装されたパッケージと、蓋のないパッケージのクローズアップを示し、ダイとワイヤボンドを示しています。 図7は、デバイスの測定データを示しています。 S21トレースは、48 GHzまで-2 dBの非常に平坦な応答を示しています。 また、周波数帯域幅全体で良好なリターンロスが観察されます。

B. セラミックパッケージのMMIC 2 dB減衰器

2dB MMIC減衰器は、セラミックパッケージの上部に取り付けられ、ワイヤボンディングされています。 図8は、PCBの上部に実装されたパッケージと、蓋なしのパッケージのクローズアップを示し、ダイとワイヤボンドを示しています。 図9は、デバイスの測定データを示しています。 S21トレースは、55 GHzまで-2 dBの非常に平坦な応答を示しています。 周波数帯域幅全体でも良好なリターンロスが観察されます。

C. セラミックパッケージ上のFlip-Chip SPDTスイッチ

Flip-Chip SPDTスイッチは、セラミックパッケージの上部に取り付けられています。 図10は、PCBの上部に実装されたパッケージと、Flip-Chipダイが露出したパッケージの拡大図を示しています。 図11は、RF2チャネルがアクティブなデバイスの測定データを示しています。 帯域幅全体で良好なリターンロスが観察されます。

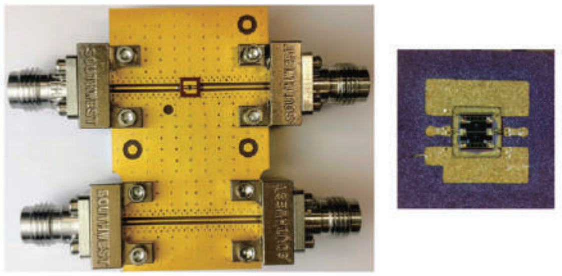


図8. 評価ボード上のLTCCパッケージのIC。(a)評価ボードに蓋のないパッケージ。(b)蓋なしのパッケージの拡大図　ダイとワイヤボンド

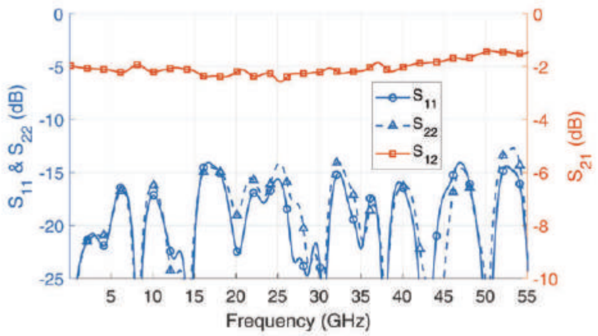


図9. LTCCパッケージでの2 dB減衰器の測定結果

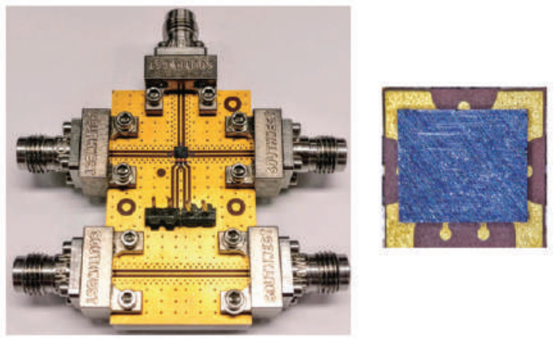
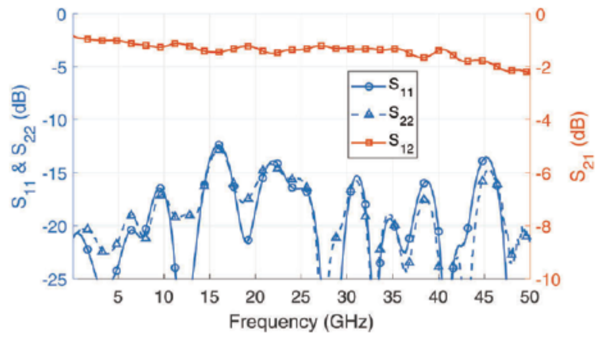


図10. 評価ボード上のパッケージIC。(a)評価ボードに蓋付きのパッケージ。(b)蓋なしのパッケージの拡大図



ダイとワイヤボンド

図11 RF2チャンネルがアクティブなFlip-Chip SPDTスイッチの測定結果

V. 結論

LTCCと有機基板材料の両方を採用したパッケージを開発しました（特許出願中）。 両方のパッケージング技術の卓越した電気的性能は、55 GHzまで実証されています。 どちらのパッケージング手法も、インピーダンスマッチング、可変ダイサイズ、広範なIOパッド数、信号タイプ（DCまたはRF）、PCBジオメトリなど、幅広いアプリケーションに対応します。 標準化された調整可能な機能を調整可能なパッケージテンプレートに組み合わせることで、Mini-Circuitsのパッケージング手法は、所要時間、コスト、リスクを最小限に抑えながら、望ましい電気性能と幅広い適用性を実現します。

VI. 謝辞

著者は、この論文で提示された研究を実施し、革新的な開発を実現するために必要なリソースを提供してくれたミニサーキットに感謝します。

References

[1] National Instruments. (2018) 5g new radio: Introduction to the physical layer. [Online]. Available: http://www.ni.com/enus/innovations/wireless/5g/new-radio.html

[2] E. A. Sanjuan and S. S. Cahill, "QFN-based millimeter wave packaging to 80 GHz," in 2009 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Signal Integrity and High-Speed Interconnects, pp. 9-12.

[3] K. Fujii and H. Morkner, "Two novel broadband MMIC amplifiers in SMT package for 1 to 40 GHz low cost applications," in 2005 European Microwave Conference, vol. 2, pp. 4 pp.-1086.

[4] R. Sturdivant, Microwave and Millimeter-Wave Electronic Packaging, ser. Artech House microwave library. Artech House, 2013. [Online]. Available:https://books.google.com.co/books?id=xphQAgAAQBAJ

[5] J. Coonrod, "Ambiguous influences affecting insertion loss of microwave printed circuit boards [application notes]," IEEE microwave magazine, vol. 13, no. 5, pp. 66-75, 2012.

[6] M. Henry, C. Free, Q. Reynolds, S. Malkmus, and J. Wood, "LTCC technology at high millimetre wave frequencies," in 2006 1st Electronic Systemintegration Technology Conference. IEEE, 2006. [Online]. Available: https://doi.org/10.1109/estc.2006.280087_

[7] Mini-Circuits. (2018) EP2KA+ Datasheet. [Online]. Available: https://www.minicircuits.com/pdfs/EP2KA+.pdf

SPLITTERS/ COMBINERS

HIGHLIGHTS

- DOCSIS®3.1アプリケーション用の 0°/180° Magic-T
- 超広帯域 同軸型スプリッター/コンバイナー、40GHzまでカバーできる3分配から16分配を用意

75Ω, 5 to 1218 MHz

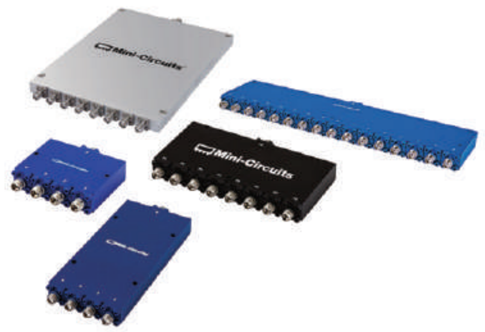
0°/180° Magic-T Splitter/Combiner

- 低振幅アンバランス、0.3 dB
- 低位相アンバランス、±3°
- 優れた耐電力、0.5W
- DOCSIS®3.1の帯域幅要件をサポート

Model Number	Frequency Range (MHz)	Isolation (dB), Typ.	Insertion Loss (dB) above 3 dB, Typ.	Phase Unbalance (deg), Typ.	Amplitude Unbalance (dB), Typ.	Power Input (W) as Splitter, Max.
SYMT-122-75+	5-1218	20	3.2	7	0.6	0.5

50Ω, 0.5 to 40 GHz

Ultra-Wideband Coaxial Splitter/Combiners



- 低振幅アンバランス、0.3 dB
- 低位相アンバランス、±3°
- 優れた耐電力、0.5W

Model Number	Frequency Range MHz	Isolation (dB), Typ.	Number of Ways	Insertion Loss (dB) Above Theoretical, Typ.	Phase Unbalance (deg), Typ.	Amplitude Unbalance (dB), Typ.	Power Input (W) as Splitter, Max.
ZC3PD-K1844+	18000-40000	31	3	1.2	3.7	0.15	13.6
ZC4PD-K0144+	1000-40000	33	4	1.8	1.5	0.1	20
ZN4PD-K44+	10000-40000	22	4	1.5	6	0.3	20
ZC8PD-5R263-S+	500-26500	35	8	4.1	3.1	0.2	20
ZC8PD-01263-S+	1000-26500	26	8	3.2	2.9	0.14	20
ZC8PD-02263-S+	2000-26500	31	8	2.1	2.3	0.11	20
ZC8PD-06263-S+	6000-26500	28	8	1.2	2.6	0.11	20
ZC8PD-18263-S+	18000-26500	26	8	1.7	4.2	0.19	20
ZC8PD-K5R44W+	500-40000	35	8	4.1	1.9	0.18	20
ZC8PD-K0644+	6000-40000	28	8	2.0	2.2	0.12	20
ZN8PD-K44+	10000-40000	20	8	2	8	0.3	20
ZC8PD-K1844+	18000-40000	26	8	1.8	5.3	0.16	20
ZC16PD-06263-S+	6000-26500	24	16	2.2	3.3	0.2	20
ZC16PD-18263-S+	18000-26500	23	16	3.1	3.8	0.24	20
ZC16PD-K0644+	6000-40000	26	16	2.2	6	0.28	20
ZC16PD-K1844+	18000-40000	22	16	3.1	5.9	0.2	20

TEST SOLUTIONS

HIGHLIGHTS

▶ 40 GHzまでのUSB /イーサネットスイッチモジュール

▶ 最大40 GHzのプログラム可能な減衰器

▶ NEW 超広帯域信号発生器、

10～15000 MHz、-50～+15 dBm

50Ω DC to 40 GHz

USB/Ethernet Switch Modules

・高周波テストセットアップでの信号ルーティングに最適
・低挿入損失と高アイソレーション
・使いやすいGUIと完全なAPIが含まれています

NEW RELEASES / Model Number	Frequency Range (GHz)	Switch Type	Number of Switches	Insertion Loss (dB), Typ.	Isolation (dB), Typ.	VSWR (:1), Typ.	RF Power (W), Max.
RC-1SP6T-26	DC-26.5	SP6T	1	0.25	90	1.35	20
RC-2SP4T-40	DC-40	SP4T	2	0.3	80	1.3	20
RC-2SP4T-26	DC-26.5	SP4T	2	0.2	80	1.35	20
RC-2SP6T-26	DC-26.5	SP6T	2	0.25	90	1.35	20
RC-2SP6T-40	DC-40	SP6T	2	0.4	80	1.7	20

50Ω DC to 40 GHz

USB/Ethernet Programmable Attenuators

・1 MHz～40 GHzのアプリケーションをカバー
・最大120 dBの正確な減衰制御
・伝送損失シミュレーションに最適
・使いやすいGUIと完全なAPIが含まれています

Model Number	Frequency Range (MHz)	Control Interface	Number of Channels	Attenuation Range (dB), Typ	Attenuation Step (dB), Typ	Attenuation Accuracy (dB), Typ	Max Input Power (dBm)	IP3 (dB), Typ
RC4DAT-8G-95	1-8000	USB & Ethernet	4	95	0.25	± 0.8	28	51
RCDAT-30G-30	1-30000	USB & Ethernet	1	30	0.5	± 0.8	24	38
RCDAT-40G-30	1-40000	USB & Ethernet	1	30	0.5	± 1.0	24	38

50Ω, 1 to 15000 MHz

USB/Ethernet Synthesized Signal Generators

・優れた周波数分解能を備え広帯域
・内部および外部パルス変調
・スイープおよびホッピング機能
・ラボおよびフィールドテスト機器、ATE、設計検証などに最適
・ユーザーフレンドリーなGUIと完全なAPI

NEW RELEASE / Model Number	Frequency Range (MHz)	Power Range (dBm)	Frequency Resolution (Hz), Min.	Power Resolution (dB), Nom.	Harmonics & Sub-Harmonics (dBc), Typ.	Non-Harmonic Spurious (dBc) @ 100 kHz Step, Typ.	Phase Noise (dBc/Hz)SSB @ 100 Hz Offset, Typ.	Phase Noise (dBc/Hz) SSB @ 1/10/100 kHz Offset, Typ.
SSG-15G-RC	10-15000	-50 to 15	0.1	0.1	-25	-70	-83	-103/-112/-112
SSG-6000RC	25-6000	-65 to 14	3	0.25	-52	-72	-82	-96/-99/-102
SSG-6001RC	1-6000	-70 to 15	3	0.25	-65	-73	-92	-108/-112/-119

TRANSFORMERS & BALUNS

HIGHLIGHTS

- ▶小型・表面実装型コアおよびトランス
- ▶50/75Ωマッチングトランス、BNCオス～BNCメス

50Ω and 75Ω, 5 to 1500 GHz

Surface Mount Transformers

- ・小面積フットプリント
- ・広帯域でのフラットな特性
- ・優れた振幅と位相特性

Model Number	Single Ended to Single Ended	Single Ended to Balanced	Balanced to Balanced	Center Tap?	DC Isolation?	Frequency Range (MHz)	Impedance	Impedance Ratio
SYTX2-451-5W+	N	Y	Y	N	Y	10-450	50	2
TC1-1T-152X+	N	Y	N	Y	N	5-1500	50	1
TRC1-1-122-75+	N	Y	N	N	N	5-1250	75	1

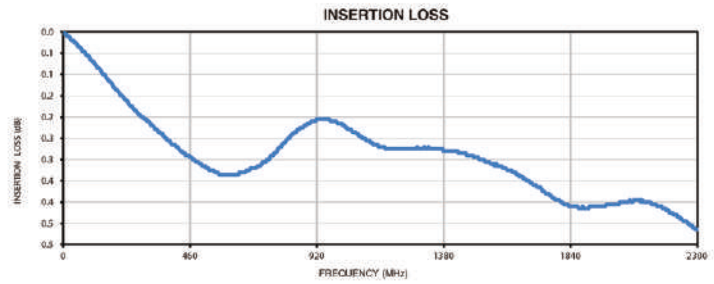
50Ω / 75Ω Matching Transformer

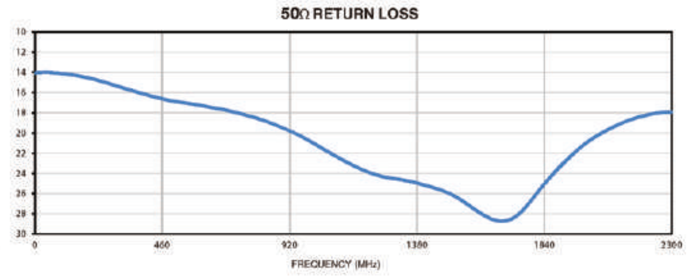
DC to 3000 MHz

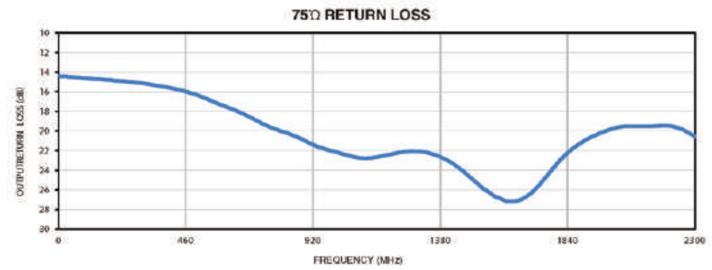
- ・BNCオス（50Ω）からBNCメス（75Ω）接続
- ・低挿入損失、0.6 dB
- ・2Wの耐電力
- ・直流通過型

Model Number	Frequency Range (MHz)	Impedance	Impedance Ratio	Insertion Loss (dB)	VSWR (:1)	RF Input Power Handling (W)
Z7550-BMBF+	DC-2300	50/75	1.5	0.6	1.6	2

Z7550-BMBF+







VCOs

HIGHLIGHTS

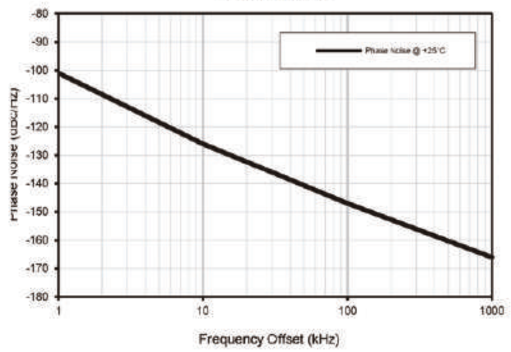
▶NEW　SMT低位相雑音VCO
▶アプリケーションノート：高周波クロック回路用VCOの選定

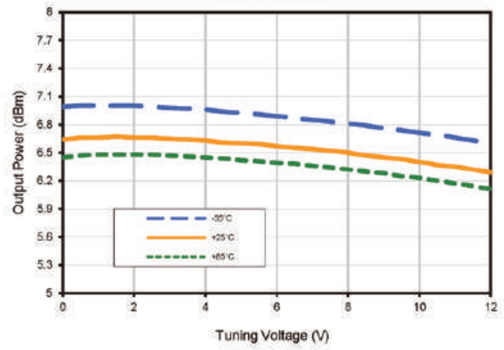
Surface Mount VCOs

- 低位相雑音
- 良好なプッシングとプリング
- 小型パッケージ
- 堅牢な設計と構造

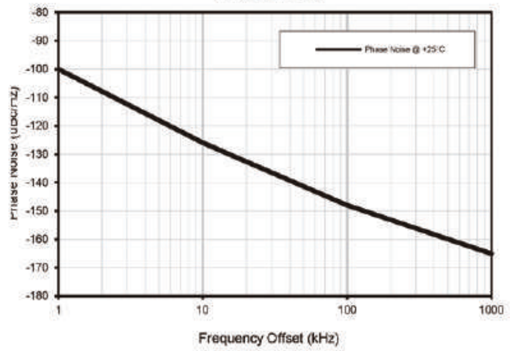
Model Number	Frequency Range (MHz)	Power Output (dBm)	Tuning Voltage (V)		Phase Noise dBc/Hz SSB at offset frequencies, kHz Typ				Pulling (MHz) pk-pk @ 12 dBr,	Pushing (MHz/V),	Tuning Sensitivity (MHz/V)	Harmonics (dBc)		3 dB Control BW (MHz),	DC Operating Power	
		Typ.	Min.	Max.	1	10	100	1000	Typ.	Typ.	Typ.	Typ.	Max.	Typ.	Vcc (volts)	Current (mA) Max.
ROS-1801C-119+	1800-1800	6	0.5	9.5	-101	-126	-147	-166	0.2	0.1	1.5	-16		50	8	37
ROS-2001C-119+	2000-2000	7	0.5	9.5	-100	-126	-148	-165	0.2	0.1	0.7	-16		50	8	38
ROS-5815C-119+	5685-5815	3.5	0.5	4.5	-74	-106	-129	-149	1.5	1.5	70-80	-17		100	5	32

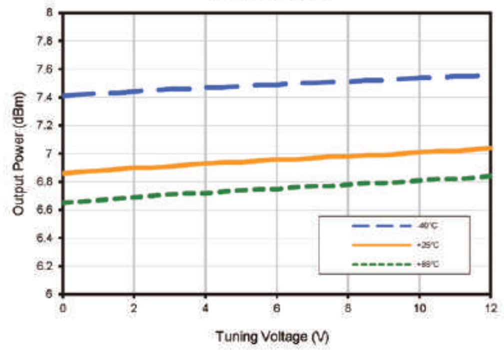
ROS-1801C-119+



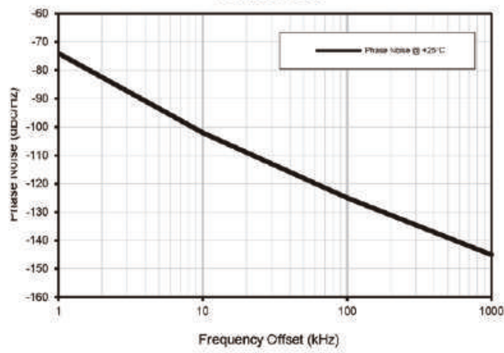


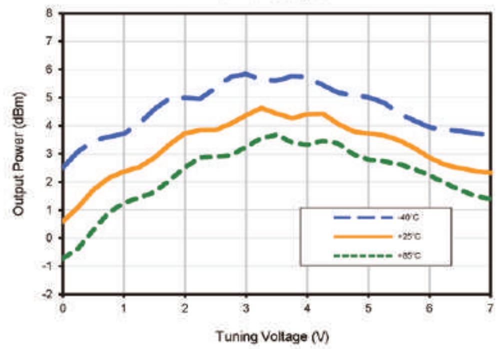
ROS-2001C-119+





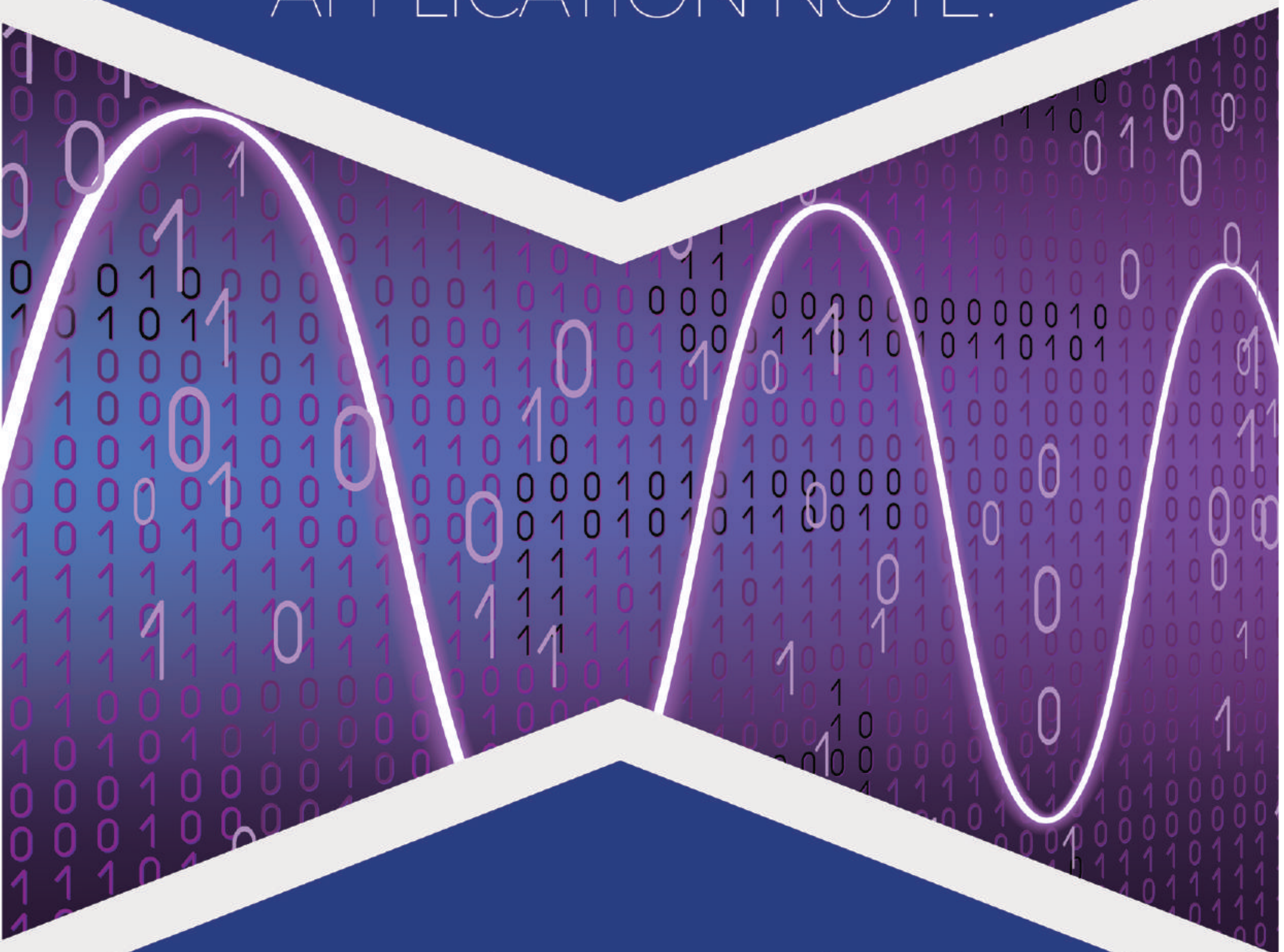
ROS-5815C-119+





VCOs

APPLICATION NOTE:



クロックタイミング回路用 VCOの選定

VCOは、信頼性の高いクロックタイミングを必要とするアプリケーション向けに、周波数調整可能でローノイズ、高安定性を実現します。

多くのシステム、特に高速データコンバーターと高解像度サンプリングを備えた最新の電子システムでは、タイミングを合わせることが最も重要です。 クロックソースは、これらのシステムの「時間のキーパー」であり、システムタイミングのパフォーマンスは、クロックソースのパフォーマンスに大きく依存します。 一般のシステム設計者にとって、クロックソースは水晶発振器、通常は単一周波数ソースを意味します。 しかし、特に複数のクロック周波数でシステムを同期することに直面している一部のシステム設計者は、電圧制御発振器（VCO）をクロックソースとして使用しています。

VCOは、無線通信ネットワーク、ビデオブロードキャストシステム、テスト機器のクロックタイミング回路として機能します。基本的には、どのシステムもデータ処理、デジタル信号処理、または論理信号のチャネリングのために、タイミングの同期を必要とするシステムです。 VCOは、A / Dコンバーター（ADC）、D / Aコンバーター（DAC）のデータ変換回路や、信頼性の高いクロックタイミング信号を必要とする論理回路をサポートします。 これらのチューナブルな高周波発振器は、チップからパッケージ化されたデバイスまで、多くの異なるサプライヤーからさまざまな形式で入手できますが、クロックタイミングアプリケーションや従来のアナログヘテロダインレシーバーでさえVCOの選定は簡単な作業ではありません。 クロックタイミングアプリケーション用のVCOを選定するには、VCOの性能仕様と、クロックタイミング回路の時間領域でそれらを適用する方法を理解する必要があります。

通常、クロックタイミング回路を使用するには、クロックタイミングソースのタイミング精度を厳密に管理する必要があります。 クロックタイミングのエラーにより、デジタルシステムのパフォーマンスが低下し、データが失われたり失われたりする可能性があります。 高速クロック信号は通常、立ち上がり時間と立ち下がり時間が速いことで特徴付けられ、振幅対時間のプロットは非常に鋭いエッジのピーク振幅を示します（図1）。 立ち上がりエッジと立ち下がりエッジが鋭くなると、より雑音が少なく、タイミングエラーが少なくなります。 最適値よりも狭いまたは広いクロック信号は、位相雑音によって引き起こされるクロックタイミングのエラーであり、システムのパフォーマンスを低下させる可能性があります。

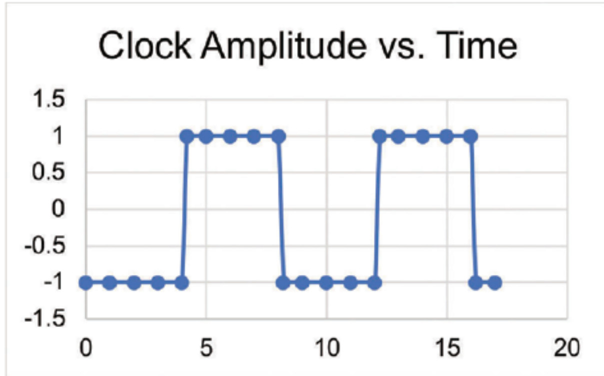


図1：高速クロックには、システムアプリケーションでタイミングを明確に定義するために、鋭い立ち上がりエッジと立ち下がりエッジ、およびシャープな立ち上がり時間が必要です。

理想的なクロック信号のプロット図は、出力信号のピーク振幅に対してほぼ垂直な90°の立ち上がりエッジと立ち下がりエッジを示します。 残念ながら、実際のクロック発振器は、搬送波から側波帯への信号電力の広がりと、出力周波数の高調波の生成により、ある程度の雑音が発生しています。 雑音は、発振器の帯域幅内の非高調波のスプリアス信号源からも発生します。 さらに、キャリアから側波帯へのエネルギーの広がりにより、信号の周波数と位相に変動が生じ、単側波帯（SSB）位相雑音として測定されます（図2）。クロックソースとして使用される発振器ではこれらの雑音はすべてタイミングエラーを引き起こす原因となる可能性があります。

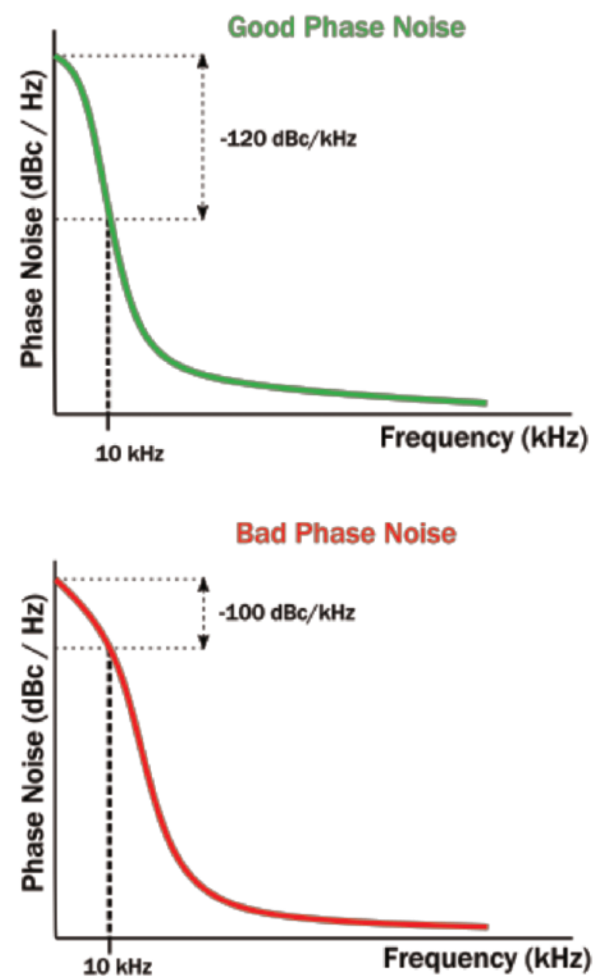


図2：発振器の位相雑音は、キャリアからのオフセット周波数での雑音レベルとして測定される。

理想的なクロックタイミングソースは存在しないかもしれませんが、優れたクロックタイミングソースは利用可能です。 SSB位相雑音、高調波雑音、およびスプリアス雑音などのオシレーター雑音パラメーターは、クロックタイミングソースとして与えられたモデルに対する使用可否の判断材料を提供します。VCOは、指定された中心周波数（fc）およびその中心周波数周辺の帯域で信号を出力します。 VCOのチューニング範囲は、最小および最大周波数と、そのチューニング範囲内の周波数を生成するために発振器に印加されるチューニング電圧によって定義されます。

ビデオブロードキャストシステムやイーサネットシステムなどの非同期クロッキングアプリケーションでは、通常、システム内のさまざまなコンポーネント（ADC、DAC、FPGAなど）のローカルタイミング基準ソースとして機能するさまざまなクロックオシレーターを採用しています。複数のクロック信号を必要とするこのようなアプリケーションの場合、これらのクロック信号の周波数は、おそらくシステム内である程度の周波数公差を許容するための帯域を設定し、クロック発振器として使用されるVCOの最小チューニング範囲を決定します。VCOのチューニングステップサイズは、複数のタイミング信号の周波数を生成するために必要な周波数分解能（1 kHzなど）にする必要があります。 チューニング応答は、特定のアプリケーションに必要な周波数分解能に対応する必要がありますが、VCOには狭帯域と広帯域の両方のチューニング範囲のものがあります。

VCOの周波数制御特性もそのチューニング速度によって定義され、通常チューニング電圧が変更された後、VCOがその最終周波数の90％以内に収束する時間で定義されます。 チューニング速度は、周波数可変幅に関係するVCOの設定時間で表すこともできます（可変幅が広いほど設定時間が長くなります）。

考慮すべきその他のVCO周波数調整パラメーター：

・チューニング後のドリフト：チューニング電圧が印加された後の指定された時間内の所望の周波数からの変動。

・周波数プッシング：通常はMHz / Vで表される、電源電圧の変化による所望の周波数からの変動

・周波数プリング：VCOに接続されたアンプやフィルターなど、同じシステム内の他のコンポーネントからの負荷インピーダンス変動の結果としての、所望の周波数からの変動。

複数のVCOを備えたシステムの場合、プリングは他のクロック発振器との間の、周波数エラーとタイミングずれを引き起こし、ビットエラーレート（BER）とデジタルシステムのパフォーマンスに影響を与える可能性があります。

雑音とジッターの制御

高速クロックタイミング回路の場合、クロックタイミングオシレータは高い安定性を提供し、低レベルのSSB位相雑音、高調波、スプリアス雑音など、可能な限り低い雑音レベルを実現する必要があります。

VCOをクロックタイミングオシレーターとして使用すると、上記3種類の雑音すべてがシステムレベルのパフォーマンスを低下させる可能性があります。周波数領域では、キャリアに近いSSB位相雑音（キャリアからのオフセット1~10 kHzなど）は、VCOの出力が、多くの場合、受信機または送信機の周波数変換アプリケーション用の局部発振器（LO）としてキャリアと混合されるため、通常最も注意が必要と考えられます。

位相雑音が「ジッター」と呼ばれる時間領域では、キャリアからのより大きなオフセット領域での高い雑音レベルも、大きな広帯域雑音として現れるため、より大きな懸念事項です。

位相雑音がジッターとして表される場合、ジッター変換の対象となるのは、総合位相雑音（すべてのオフセットでの雑音）であり、キャリアから遠く離れた雑音がジッターの増加に寄与する可能性があります。特に、クロックソースとして使用されるVCOの場合、キャリアから遠く離れた雑音は、クロックのパルスエッジの立ち上がり時間と立ち下がり時間またはシャープさを低下させ、タイミングエラーを引き起こすと考えることができます。

ジッターとは、完全にタイミングを合わせたクロック信号と比較した場合の、発振器のクロック信号の信号エッジのタイミングの変動を指します（図3）。 信号タイミングの変動は、システム内の雑音によって引き起こされ、動作温度の変化、電源の変動、インピーダンス負荷条件の変化、半導体デバイスの雑音、および近くの回路からの干渉の結果である可能性があります。 クロックタイミングアプリケーション用のVCOを検討する場合、最も正確なタイミング結果を得るためには、位相雑音であろうとジッターであろうと、その値をできるだけ低くする必要があります。 一般に、許容できるほど低い位相雑音を持つVCOは、クロックタイミング回路でも非常に低いジッターで動作します。 さらに、高調波およびスプリアス成分からの発振器雑音成分も、周波数領域での発振器スペクトル純度と時間領域でのジッター性能を低下させる可能性があるため、可能な限り低いレベルに維持する必要があります。

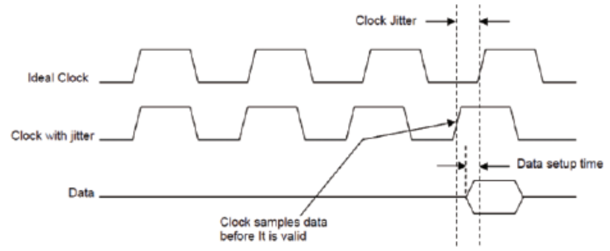


図3：ジッターは、信号波形のエッジのタイミング変動の測定値です。

クロックタイミングアプリケーション用のさまざまなVCOの位相雑音レベルを比較することは、対象の搬送周波数（fc）の周りの位相雑音分布がVCOにより異なるため、通常は単純なタスクではありません。 通常、位相雑音はキャリアに近いオフセット位置で最大となり、位相雑音レベルはキャリアからのオフセットが大きくなると低下します。 通常、位相雑音には3つのスロープがあります。最も急峻なスロープは、キャリアに近い、フリッカFM雑音とも呼ばれる雑音に対する領域です。位相雑音の中央のスロープ領域は、1 / f雑音として知られ、キャリアからの雑音が着実に減少します。

キャリアから最も遠く、最も低いレベルの雑音である位相雑音の領域は、ホワイト雑音または

ブロードバンド雑音として知られています。ジッターは発振器の総合位相雑音に等しいため、広帯域位相雑音が高くなるとジッターが大きくなります。 ジッターが大きいと、デジタルシステムのサンプリング時間にエラーが発生し、S / N比（SNR）が低下し、デジタルビットが欠落または失われます。

位相雑音の測定は、帯域幅内のサイドバンドのどちらか（<fcまたは> fc）の1つの1Hz帯域幅で、搬送波周波数からのさまざまなオフセットで実行されます。 異なる発振器で比較される雑音レベルは、同じ搬送周波数とオフセットであることが重要です。 雑音電力は希望の搬送波より低いまたは高い周波数にあるため、側波帯とオフセット周波数に応じて、測定時の搬送波のずれは高い位相雑音をもたらすことがあります。クロックタイミングアプリケーションの場合、特に10 MHz（多くの場合アナログアプリケーションでは考慮されない）を超えるオフセットでは、キャリアからのすべてのオフセットにわたるSSB位相雑音レベルが重要です。 つまり、SSB位相雑音のレベルが低いということは、VCOのジッターが低いことと等価です。

VCOの接続

アナログ回路設計者は、永らく、VCOの出力をLO信号としてヘテロダインレシーバーポートに適用し、RF入力信号を中間周波数（IF）信号に変換していました。ミックスドシグナルとデジタル回路の領域では、デジタルシグナルプロセッサ（DSP）、ADC、DACなどのコンポーネントは、タイミングと同期の目的でクロック入力ポートを持っています。 これらのクロック入力信号は、従来は、比較的低い周波数のクロック発振器によって提供されてきました。 しかし、デジタルコンポーネントの速度と周波数が上昇し続けると、VCOはクロックタイミング回路に必要な高い周波数、低い位相雑音、および卓越した安定性を提供できるため、VCOはクロックタイミングソースの有力な候補となります。 VCOのパフォーマンスがアナログシステムに与える影響はよく理解されており、VCOはデジタルシステムのタイミングソースとしても同じくらい価値があります。幸いなことに、VCOの位相雑音プロットと発振器のスペクトル純度（高調波とスプリアス雑音を含む）は、文献で利用可能な式、または対象のオフセット周波数での雑音と照合するための、VCOの位相雑音プロットに適用されるジッターマスクを使用して、クロックタイミングアプリケーションのジッターに変換できます。位相雑音はすべてのオフセットで重要ではない場合があります。 たとえば、12 kHz～20 MHzのオフセットでの雑音が、従来、同期光ネットワーク（SONET）通信システムなどの光通信アプリケーションの主な関心事でした。 一般に、ジッターマスク（図4）は、時間領域で必要なジッター設計限界に対応する最大SSB位相雑音レベルなど、設計限界を識別するための便利なツールになります。

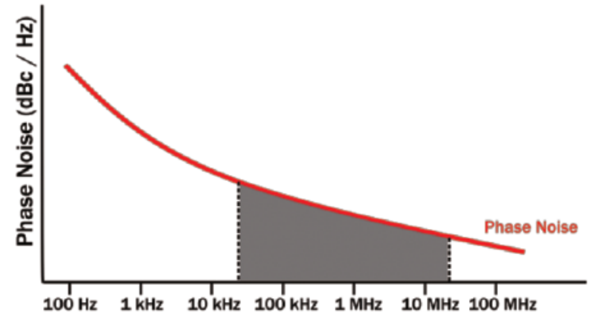


図4：ジッターマスクを使用すると、VCOの周波数領域のスペクトル純度特性を、時間領域のジッター性能と比較して評価できます

VCOの仕様

実際のアプリケーションで信頼できるクロックタイミングを提供するには、どのタイプのVCOパフォーマンスレベルが必要か？ クロックタイミングアプリケーション用に開発されたVCOの調査については、表をご参照ください。

モデル4608CH-2 +は、ケーブルテレビ（CATV）システム用に4608 MHzの固定タイミング信号を提供するために開発された固定周波数発振器です。 -5～+ 95° Cの動作温度に対応するコンパクトな表面実装パッケージ（図5）に収納されています。

半分以下の周波数のVCOとして、モデルROS-1801C-1 +は、多くのテスト機器およびシステムアプリケーションでの固定周波数集積回路（IC）VCOの代替として1800 MHzのクロックタイミング信号を提供します。 0.5～9.5 Vの調整電圧範囲に対して、1.5 MHz / Vの標準的な調整感度で最大+8 dBmの出力電力と通常+6 dBmの出力電力を提供します。

図5：モデルROS-4608CH-2 +は、4608 MHzの固定周波数出力を備えた表面実装VCOで、0.9～4.35 Vの制御電圧範囲で6 MHz / Vの標準的なチューニング感度を持つ

2000 MHzのモデルROS-2000C-6 +は、新しい第5世代（5G）用ののクロックタイミングアプリケーションに適したVCOです。 また、RoHS準拠の部材は、小型の表面実装パッケージに収められており、-40～+ 85° Cの広い動作温度範囲でドリフトがほとんどありません。 3つのVCOはすべて、クロックタイミングソースとして機能する低位相雑音と卓越した周波数安定性を備えています。
要するに、電子システムはより高い周波数と速度で動作するよう進歩し続けており、通信、輸送、さらにはヘルスケアのためにそれらのシステムに依存するユーザーの数が増えています。ユーザーとシステムを接続したままにするために、タイミングがすべてであり、電子タイミングは、多くの場合、複数の高品質のクロックソースに依存します。 より高いシステム周波数で、低雑音VCOは、多くのシステムを将来にわたって維持するために必要なタイミング精度を提供します。

注：VCOパフォーマンスパラメータの詳細
については、「Glossary of VCO Terms 」
https://www.minicircuits.com/appdoc/AN95-003.html on minicircuits.comをご参照ください。
VCOテストの詳細については、「Mini-Circuits®VCOテスト方法」をご参照ください。
https：//www.minicircuits.com/ appdoc / VCO15-15.html

RESEARCH & EDUCATION

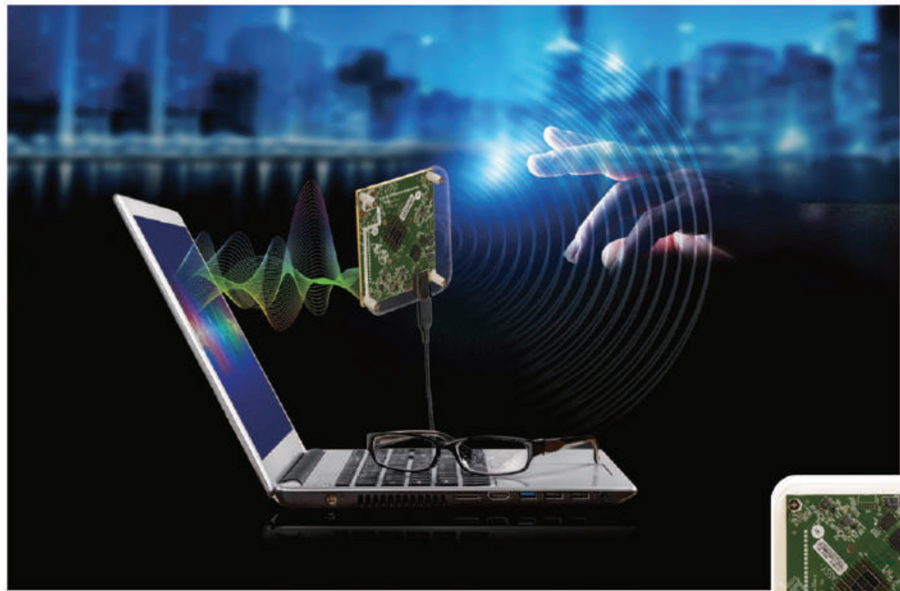
HIGHLIGHTS

▶ Mini-Circuitsは、Vayyarとのパートナーシップを拡大し、RF /マイクロ波分野の研究と教育のために業界により革新的なソリューションをもたらしました。 UVNA-63 DIYベクトルネットワークアナライザーキットは、大学に実践的な学習ツールを提供し、学生エンジニアが教室での理論とラボでの実際の測定との間のギャップを埋めるのに役立ちます。現在、3Dミリ波 イメージングおよびセンシング用のコンパクトで費用対効果の高い評価キットであるVTRIG-74をご紹介します。

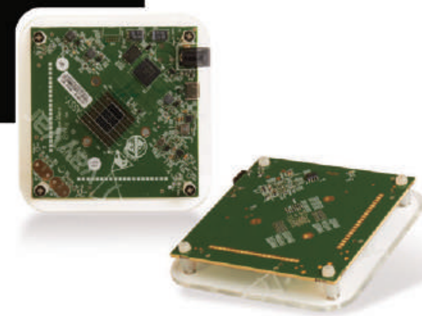
VTRIG-74 | 3Dミリ波イメージングキット

VTRIG-74は、Vayyarの高度に集積されたRFICテクノロジーとレーダーIPをコンパクトな評価キットに組み込んだ革新的なツールです。このキットを使用すると、世界中の研究者が必要なハードウェアの開発に伴うコストとオーバーヘッドなしに、ミリ波イメージングおよびセンシングアプリケーションを探索および実現できます。

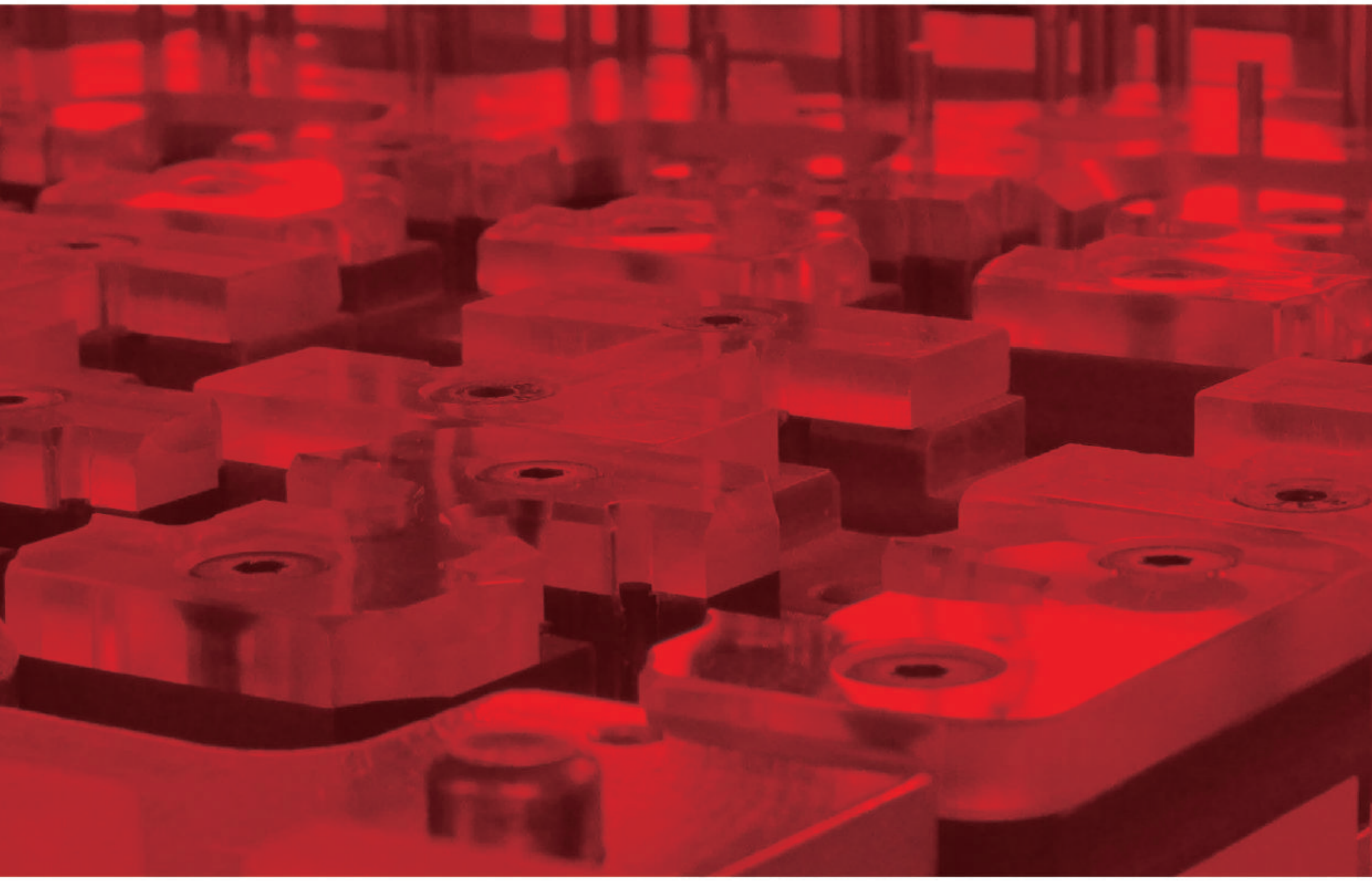
- 20個の送信および20個の受信オンボードアンテナは、62～69 GHzの範囲内のどこでも信号を送受信できるように構成できます。
- パフォーマンスが最適化された3つの送信プロファイルと各掃引周波数ポイントのTx / Rxペアフェーザーへの直接アクセスにより、ハードウェア開発者と研究者に比類のない柔軟性を提供します。完璧に正確な計算、 Windows上での動作、PythonまたはMatlab®と互換性があります。
- 高解像度プロファイルは、高解像度3Dイメージングに最適な20個の送信および20個の受信アンテナを使用します。
- 10個または4個の送信アンテナを使用した中速および高速スキャンプロファイルは、2Dイメージングやオブジェクトトラッキングなど、高い角度分解能を必要としないアプリケーションに最適です。



Mini-Circuits® vayyar



Mini-Circuits® www.minicircuits.com



Direct Sales

- **BROOKLYN**
  sales@minicircuits.com
  +1 718-934-4500
- **MISSOURI**
  sales@minicircuits.com
  +1 417-335-5935
- **EUROPE**
  sales@uk.minicircuits.com
  +44 1252-832600
- **TAIWAN**
  robert@min-kai.com.tw
  +886 3 318 4450

Technical Support

- **NORTH AMERICA**
  apps@minicircuits.com
  +718-934-4500
- **SINGAPORE, INDONESIA MALAYSIA, THAILAND**
  sales@minicircuits.com.my
  +604-646-2828
- **ISRAEL**
  app@ravon.co.il
  +972 4 8749100
- **TAIWAN & PHILIPPINES**
  robert@min-kai.com.tw
  +886 3 318 4450
- **EUROPE**
  apps@uk.minicircuits.com
  +44 1252 832600
- **INDIA**
  apps@minicircuits.com
  +91 44 2 2622575
- **CHINA**
  sales@mitron.cn
  +86 591-8787 0001
  Or
  yuanzhong@minicircuits.com
  +86 020-8734 0992