

Application Note

LMK3H0102-Q1 CISPR-25 および CISPR-32 EMI レポート



Cris Kobierowski

概要

このアプリケーション ノートは、LMK3H0102-Q1 の EMI に関する懸念を軽減し、EMI 性能を向上させるための各種のレイアウト手法を紹介することを目的としています。

目次

1 はじめに.....	2
2 テスト設定.....	3
2.1 基板バリエーションの概要表.....	3
2.2 回路図.....	4
2.3 レイアウト.....	5
2.4 スタックアップ.....	6
3 CISPR-25.....	7
3.1 CISPR-25 の要約.....	8
3.2 CISPR-25 の結果.....	11
4 CISPR-32.....	30
4.1 CISPR-32 の要約.....	31
4.2 CISPR-32 の結果.....	32
5 まとめ.....	39
6 参考資料.....	40

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 はじめに

電磁干渉 (EMI) とは、外部ソースによって発生する電気回路内での望ましくない干渉のことです。EMI は、伝導型と放射型に分類できます。伝導型 EMI は、寄生インピーダンスや電源、グラウンド接続によって生じる導通結合の一種です。放射型 EMI は、無線送信からの不要な信号のカップリングです。このレポートでは放射性 EMI に焦点を当てます。

LMK3H0102-Q1 は、最大 5 つの LVCMOS 発振器 (XO) を置き換えることができるクロック発生器です。このデバイスは、リファレンスとして内部 BAW 発振器を使用し、最大 2 つの周波数ドメインに対応する 2 つのフラクショナル出力分周器を使用しています (図 1-1)。LMK3H0102-Q1 には BAW 技術が採用されているため、水晶発振器に比べて柔軟性およびクロックの安定性が向上します (表 1-1)。

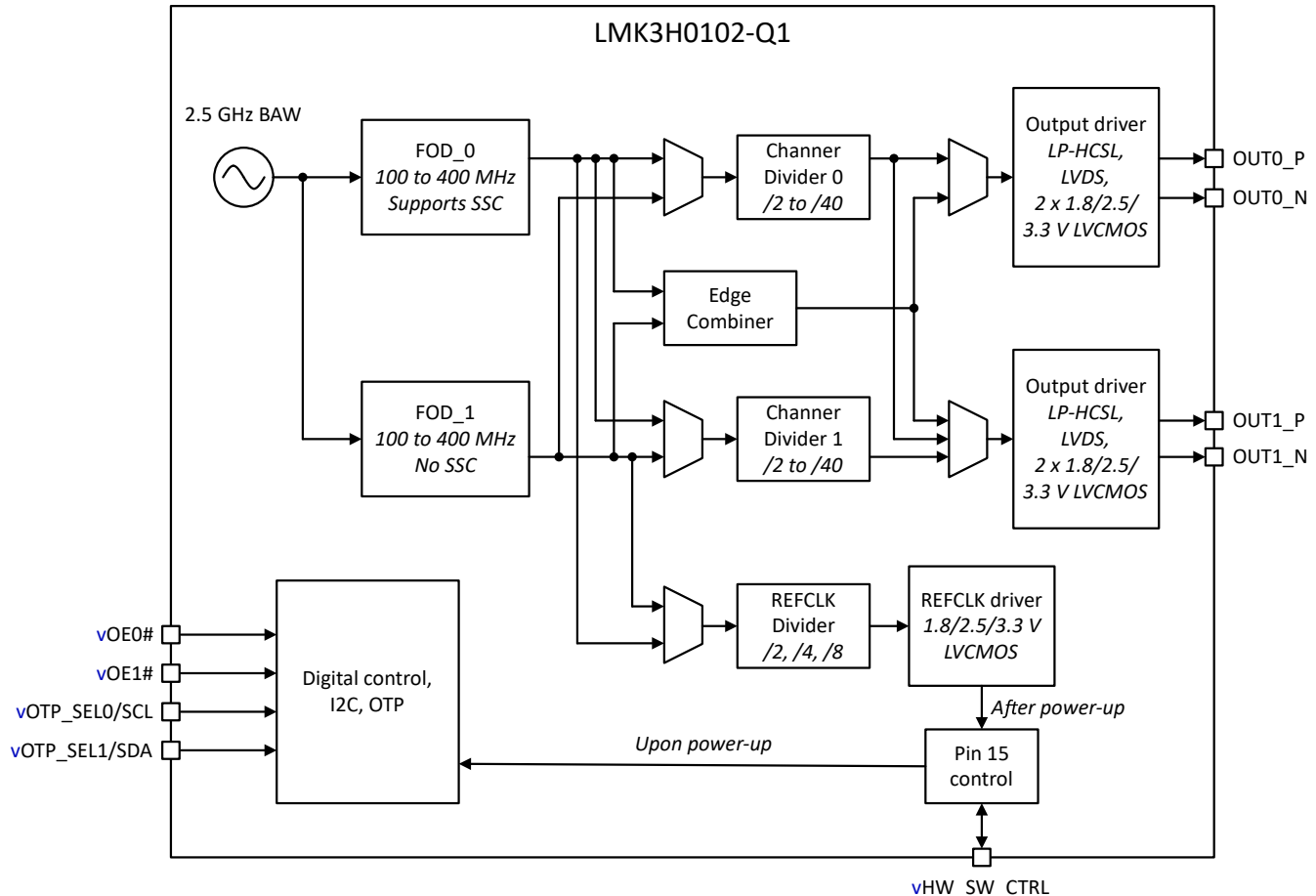


図 1-1. LMK3H0102-Q1 の機能ブロック図

表 1-1. BAW 発振器と水晶発振器の比較

パラメータ	BAW テクノロジー	水晶発振器テクノロジー
周波数の柔軟性	BAW 発振器デバイスは、単一ダイで複数の周波数をサポートします	周波数の制約。周波数が異なると、異なる水晶が必要です。
温度安定性	40°C から 105°C までの範囲で、BAW は $\pm 10\text{ppm}$	温度が上昇するにつれて、安定性の ppm 値も増加します。
振動感度	BAW は MIL-STF_883F 手法 2002 の条件に適合 (標準値は 1ppb/g)	一般的に、MIL-STD に適合しておらず、10ppb/g を超えることもあります
機械的衝撃	BAW は MIL-STD_883F 方式 2007 の条件 B に適合	一般的に、水晶ベースのクロックは MIL-STD に適合しておらず、2,000g で故障するおそれがあります

複数の発振器を LMK3H0102-Q1 などのクロック発生器に置き換えると、各種エンド デバイスに到達するためには、多くの場合より長い PCB トレースが必要になります。クロック発生器の配線に長いトレースを使用すると、エンド デバイスの近くに配置できる複数の発振器を使用する場合よりも EMI 性能が低下する可能性があります。

このアプリケーション ノートは、LMK3H0102-Q1 の EMI に関する懸念を軽減し、EMI 性能を向上させるための各種のレイアウト手法を紹介することを目的としています。

2 テスト設定

このアプリケーション ノートでは、異なるテスト設定における、次の 2 つの比較に焦点を当てています。

1. 同一条件での LMK3H0102-Q1 と発振器の比較

- LMK3H0102-Q1 の EMI 性能を、京セラの 5 つの MC2520Z25.0000C19XSH 発振器と比較しました。
- すべての出力は 25MHz LVCMOS で、 $C_L = 5\text{pF}$ で終端されています。
- 発振器は LMK3H0102-Q1 と同じスタックアップとパワー フィルタリングを使用して基盤に取り付けられ、同じ容量性負荷 ($C_L = 5\text{pF}$) に接続されます。
- 発振器は、代表的な使用事例を示すため、 C_L (66mil インチ) まで最短のパターンで配線します。
- LMK3H0102-Q1 は、代表的なクロック発生器ケースに最適な最短のパターン (66mil インチ) で配線され、最悪のケースでは 9-12 インチのパターンで配線されます (セクション 2.3 を参照)。

2. 異なるレイアウト間での LMK3H0102-Q1 の比較

- LMK3H0102-Q1 の EMI 性能は、表 2-1 に示すように、4 つの同様な基板レイアウトで記録され、パラメータ (パターン長など) が 1 つ変更されました。

すべての基板は、CISPR-25 および CISPR-32 用の、テキサス・インスツルメントの事前準拠 EMI チャンバー設定でテストされました。

2.1 基板バリエーションの概要表

表 2-1. 基板バリエーションの概要表

基板のバリエーション	デバイス	トレース ルーティング	シールド ビア	クロック層	パターン長
1	LMK3H0102-Q1	即時終了	なし	L1	66mil
2	LMK3H0102-Q1	即時分岐	あり (400mil 間隔配列)	L6	9 - 12in
3	LMK3H0102-Q1	即時分岐	なし	L6	9 - 12in
4	競合他社の発振器	即時終了	なし	L1	66mil

2.2 回路図

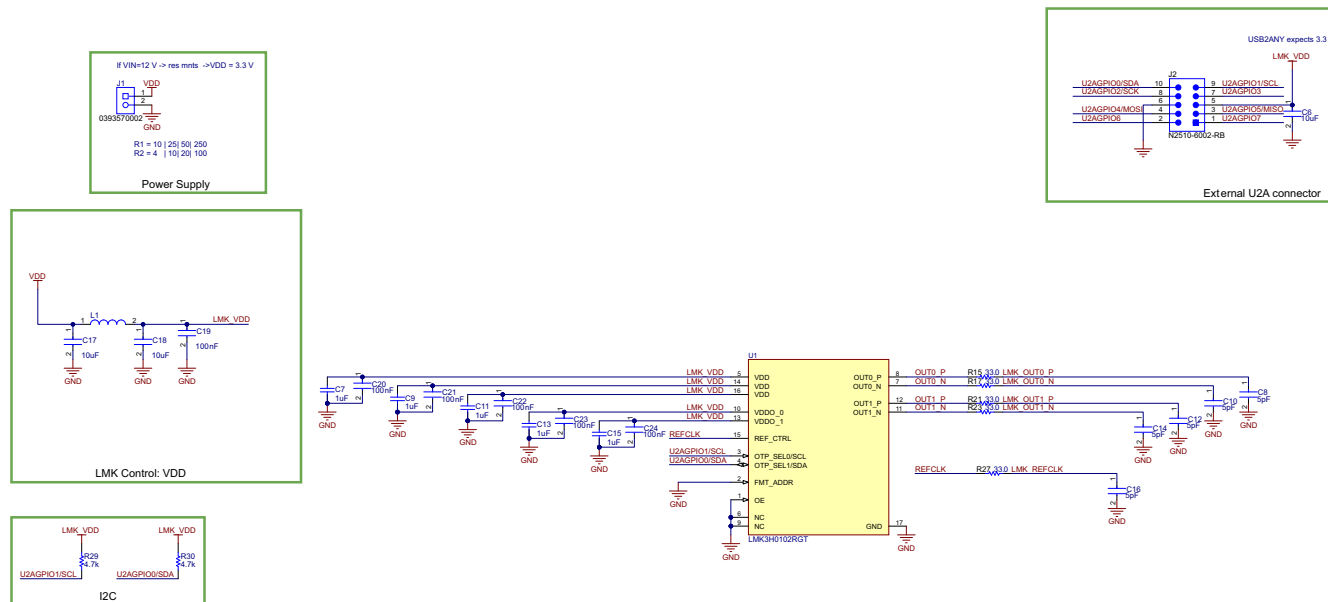


図 2-1. LMK3H0102-Q1 の基板回路図

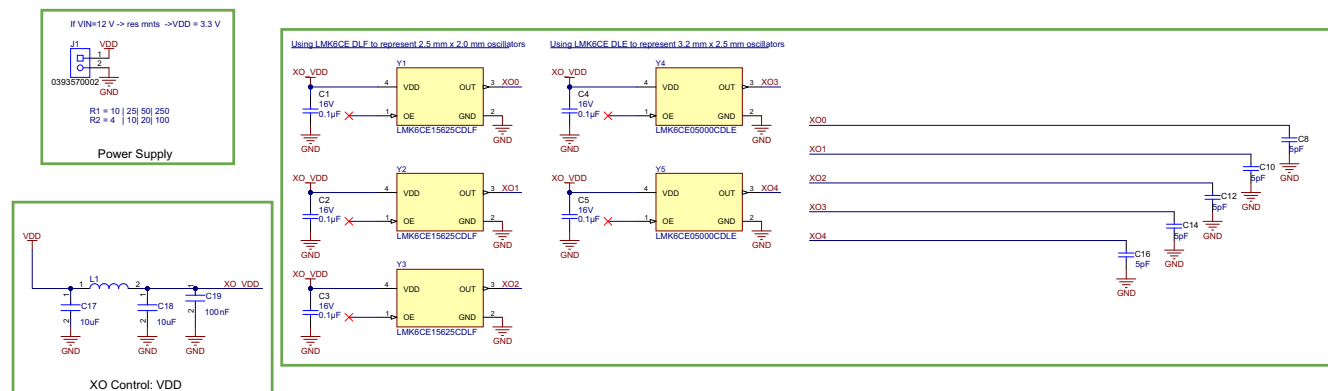


図 2-2. 競合他社の発振器の基盤回路図

2.3 レイアウト

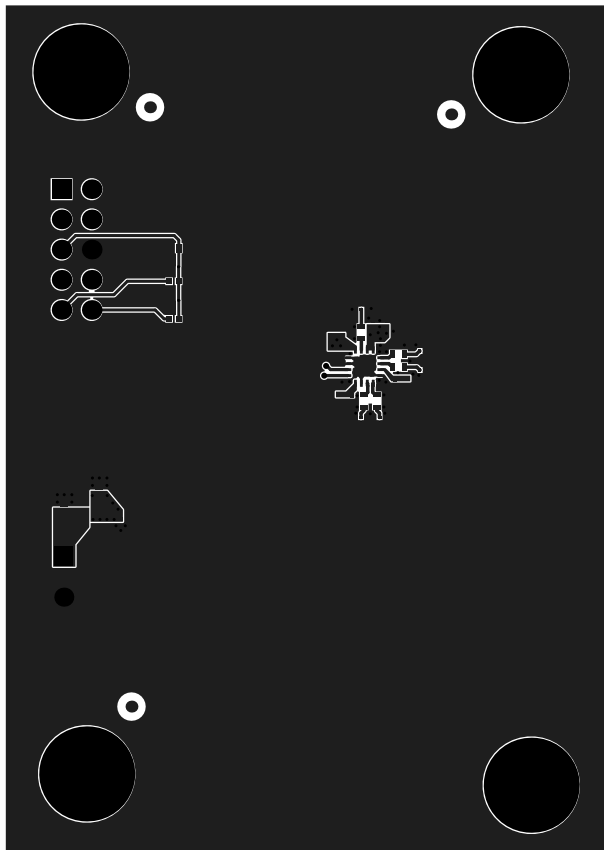


図 2-3. バリエント 1 信号層のレイアウト

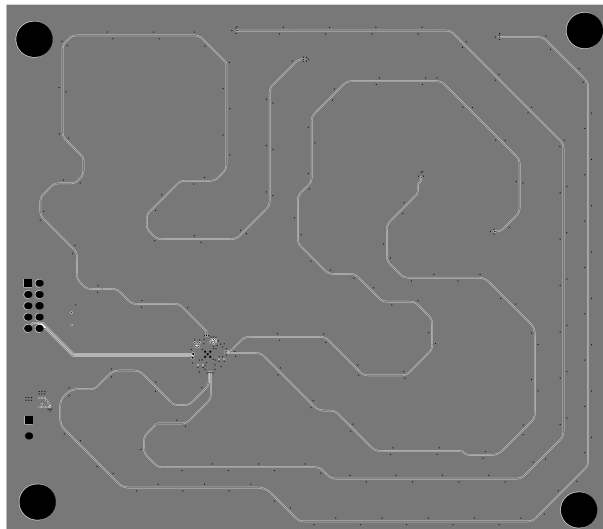


図 2-4. バリエント 2 信号層のレイアウト

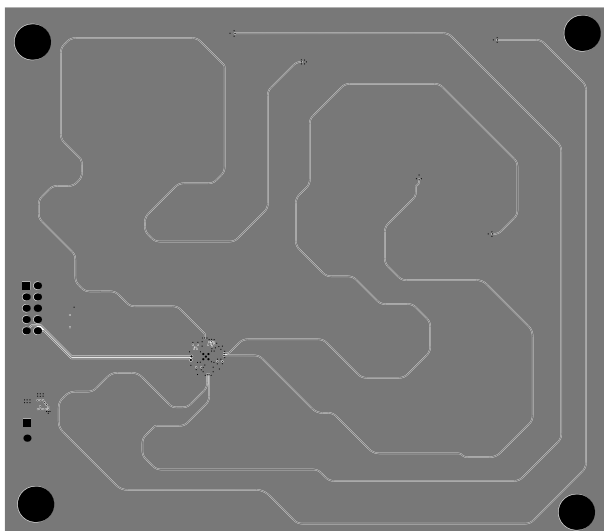


図 2-5. バリエント 3 信号層のレイアウト

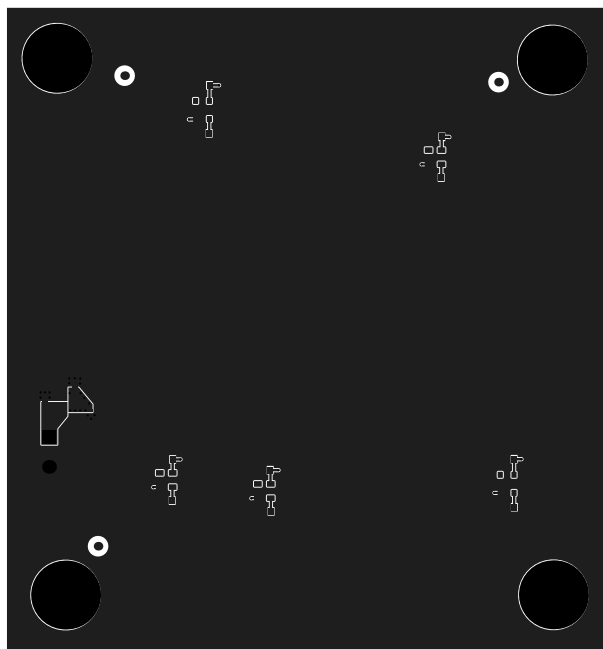


図 2-6. バリエント 4 信号層のレイアウト

2.4 スタックアップ

#	Name	Material	Type	Weight	Thickness	Dk	GlassTransTemp
	Top Overlay		Overlay				
	Top Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.4mil	3.5	
1	L1-Top Layer	CF-004	Signal	1oz	1.4mil		
	Dielectric1	FR-4	Prepreg		6mil	3.84	356°F
2	L2-GND	CF-004	Signal	1oz	1.4mil		
	Dielectric2	FR-4	Core		8mil	3.74	356°F
3	L3-Power Plane	CF-004	Signal	1oz	1.4mil		
	Dielectric3	FR-4	Prepreg		3mil	3.5	356°F
4	L4-GND	CF-004	Signal	1oz	1.4mil		
	Dielectric4	FR-4	Core		12mil	3.76	356°F
5	L5-GND	CF-004	Signal	1oz	1.4mil		
	Dielectric5	FR-4	Prepreg		3mil	3.5	356°F
6	L6-Signal	CF-004	Signal	1oz	1.4mil		
	Dielectric6	FR-4	Core		8mil	3.74	356°F
7	L7-GND	CF-004	Signal	1oz	1.4mil		
	Dielectric7	FR-4	Prepreg		6mil	3.84	356°F
8	L8-Bottom Layer	CF-004	Signal	1oz	1.4mil		
	Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.4mil	3.5	
	Bottom Overlay		Overlay				

図 2-7. テスト ボードのスタックアップ

3 CISPR-25

CISPR-25 は EMI の車載規格です。150kHz~6GHz の範囲に対応するために、4 つの個別アンテナが使用されます。

表 3-1. CISPR-25 アンテナ周波数範囲

アンテナ	周波数範囲
モノポール	150kHz~30MHz
バイコンカル	30MHz~200MHz
対数周期	200MHz~1GHz
ホーン	1GHz~6GHz

EMI スプリアスは dBuV/m 単位で測定されます。アンテナは、電源ラインの中心から 1m の距離に設定したときに使用します。

CISPR-25 の規格では、認証クラスによって制限値が定められており、クラス 1 が最も緩く、クラス 5 が最も厳しくなっています。本試験報告書に記載されているすべての制限値は、クラス 5 に基づいています。

許容される EMI の最大影響に関する制限値は、各周波数帯ごとに個別に定められています。たとえば、TV バンド 1 ではクラス 5 の最大ピーク制限値が 34dBuV/m であり、アナログ UHF ではクラス 5 の最大ピーク制限値が 38dBuV/m となっています。

グラウンド プレーン は導電性テーブルとシステムの間で共有されます。

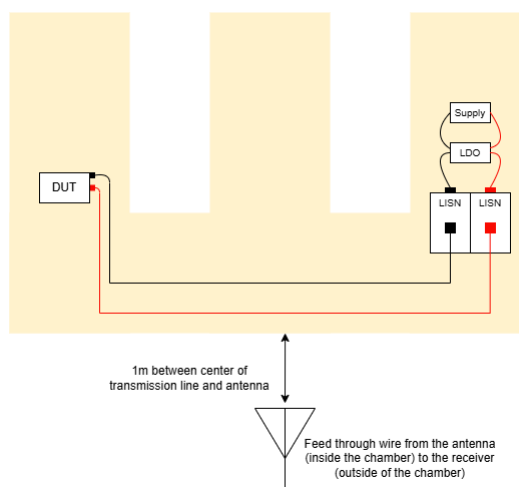


図 3-1. CISPR-25 設定図

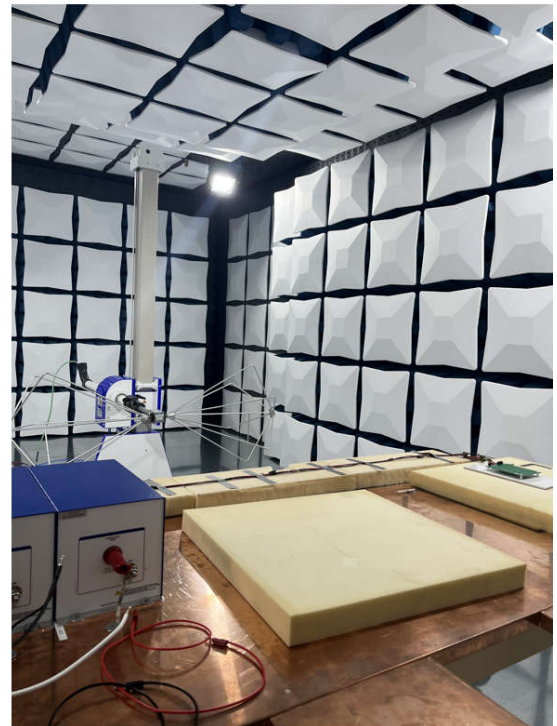


図 3-2. CISPR-25 チャンパの設定

3.1 CISPR-25 の要約

LMK3H0102-Q1 は、3.3V でシールドビアがなくトレース長 8 以上において、TV バンド IV、Analogue UHF、GPS L1、GPS L5 を除くすべての帯域で Class 5 規格に合格しています。最高の性能を得るには、GND ビアと SSC を追加することを推奨します。

LMK3H0102-Q1 は、1.8V でシールドビアがなくトレース長 8 以上において、TV バンド IV、GPS L1、GPS L5 を除くすべての帯域で Class 5 規格に合格しています。最高の性能を得るには、GND ビアと SSC を追加することを強く推奨します。

表 3-2. 基板バリエーションの概要表

基板のバリエーション	デバイス	トレース ルーティング	シールド ビア	クロック層	パターン長
1	LMK3H0102-Q1	即時終了	なし	L1	66mil
2	LMK3H0102-Q1	即時分岐	あり (400mil 間隔配列)	L6	9 - 12in
3	LMK3H0102-Q1	即時分岐	なし	L6	9 - 12in
4	競合他社の発振器	即時終了	なし	L1	66mil

CISPR-25 Radiation Limits (ALSE method) [dBuV/m]														3.3V								
		Class 5			Class 4			Class 3			Class 2			Class for CISPR-25				Significant Spurs [dBuV/m]				
Service/Band	Frequency (MHz)	Antenna	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	LMK3H0102 Variant 1	LMK3H0102 Variant 2	LMK3H0102 Variant 3	Competitor XO Variant 4	LMK3H0102 Variant 1	LMK3H0102 Variant 2	LMK3H0102 Variant 3	Competitor XO Variant 4
Analogue broadcast services																						
LW	0.15 to 0.3	Monopole	46	33	26	56	43	36	66	53	46	76	63	56	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
MW	0.53 to 1.8	Monopole	40	27	20	46	35	28	56	43	36	64	51	44	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
SW	5.9 to 6.2	Monopole	40	27	20	46	33	26	52	39	32	58	45	38	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
FM	76 to 108	Bi-conical	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
TV Band I	41 to 88	Bi-conical	28	-	18	34	-	24	40	-	30	46	-	36	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
TV Band III	174 to 230	Bi-con/LPA	20	-	10	26	-	16	32	-	22	38	-	28	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
TV Band IV	470 to 944	Log-Periodic	41	-	31	47	-	37	53	-	43	59	-	49	Class 5	Class 5	Class 3	Class 5				
Digital broadcast services																						
DAB III	171 to 245	Bi-con/LPA	30	-	20	36	-	26	42	-	32	48	-	38	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
TV Band III	174 to 230	Bi-con/LPA	30	-	20	36	-	26	42	-	32	48	-	38	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
DTTV	470 to 770	Log-Periodic	46	-	36	52	-	42	58	-	48	64	-	54	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
DAB LB Band	447 to 1,494	LPA/Horn	54	-	44	60	-	50	66	-	56	72	-	62	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
SDARS	320 to 2,345	LPA/Horn	58	-	48	64	-	54	70	-	60	76	-	66	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
Mobile services																						
CB	26 to 28	Monopole	40	27	20	46	33	26	52	39	32	58	45	38	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
VHF	30 to 54	Bi-conical	40	27	20	46	33	26	52	39	32	58	45	38	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
VHF	68 to 87	Bi-conical	35	22	15	41	28	21	47	34	27	53	40	33	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
VHF	142 to 175	Bi-conical	35	22	15	41	28	21	47	34	27	53	40	33	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
Analogue UHF	380 to 512	Log-Periodic	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	Class 4	Class 5	Class 3	Class 5	400 MHz: AVG = 20.47	400 MHz: AVG = 12.44	400 MHz: AVG = 9.44	450 MHz: AVG = 11.9
RKE & TPMS 1	300 to 330	Log-Periodic	32	-	18	38	-	24	44	-	30	50	-	36	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
RKE & TPMS 2	420 to 450	Log-Periodic	32	-	18	38	-	24	44	-	30	50	-	36	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
Analogue UHF	820 to 960	Log-Periodic	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	Class 5	Class 5	Class 3-4	Class 5				
GPS L1	1,558.45 to 1,596.45	Horn	-	-	10	-	-	16	-	-	22	-	-	28	Class 5	Class 5	Class 3	Class 4-5				
BDS B1	1,553.098 to 1,569.098	Horn	-	-	5.5	-	-	11.5	-	-	17.5	-	-	23.5	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
GPS L1	1,567.42 to 1,583.42	Horn	-	-	10	-	-	16	-	-	22	-	-	28	Class 4	Class 4	Class 3	Class 2	1575 MHz: AVG = 15.28	1575 MHz: AVG = 12	1575 MHz: AVG = 17	1575 MHz: AVG = 23.75
GLONASS L1	1,590.781 to 1,616.394	Horn	-	-	10	-	-	16	-	-	22	-	-	28	Class 5	Class 5	Class 3	Class 2	1600 MHz: AVG = 11.53	1600 MHz: AVG = 8	1600 MHz: AVG = 27	1075 MHz: AVG = 20.2
Wi-Fi / Bluetooth	2,402 to 2,494	Horn	52	-	32	58	-	38	64	-	44	70	-	50	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5	2470 MHz: AVG = 20.25			
Wi-Fi	5,150 to 5,350	Horn	59	-	39	65	-	45	71	-	51	77	-	57	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
Wi-Fi	5,470 to 5,725	Horn	59	-	39	65	-	45	71	-	51	77	-	57	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
V2X (Wi-Fi)	5,850 to 5,925	Horn	84	-	64	90	-	70	96	-	76	102	-	82	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				

図 3-3. CISPR-25-3.3V 電源 - 概要表

			CISPR-25 Radiation Limits (ALSE method) [dBuV/m]												3.3V							
			Class 5			Class 4			Class 3			Class 2			Class for CISPR-25				Significant Spurs [dBuV/m]			
Service/Band	Frequency (MHz)	Antenna	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	LMKH0102 Variant 1	LMKH0102 Variant 2	LMKH0102 Variant 3	Competitor XO Variant 4	LMKH0102 Variant 1	LMKH0102 Variant 2	LMKH0102 Variant 3	Competitor XO Variant 4
Analogue broadcast services																						
LW	0.15 to 0.3	Monopole	46	33	26	56	43	36	66	53	46	76	63	56	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
MW	0.53 to 1.8	Monopole	40	27	20	46	35	28	56	43	36	64	51	44	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
SW	5.9 to 6.2	Monopole	40	27	20	46	33	26	52	39	32	58	45	38	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
FM	76 to 108	Bi-conical	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
TV Band I	41 to 88	Bi-conical	28	-	18	34	-	24	40	-	30	46	-	36	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
TV Band III	174 to 230	Bi-con/LPA	20	-	10	26	-	16	32	-	22	38	-	28	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
TV Band IV	470 to 944	Log-Periodic	41	-	31	47	-	37	53	-	43	59	-	49	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
Digital broadcast services																						
DAB III	171 to 245	Bi-con/LPA	30	-	20	36	-	26	42	-	32	48	-	38	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
TV Band III	174 to 230	Bi-con/LPA	30	-	20	36	-	26	42	-	32	48	-	38	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
DTTV	470 to 770	Log-Periodic	46	-	36	52	-	42	58	-	48	64	-	54	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
DAB L Band	447 to 1,494	LPA/Horn	54	-	44	60	-	50	66	-	56	72	-	62	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
SDARS	320 to 2,345	LPA/Horn	58	-	48	64	-	54	70	-	60	76	-	66	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
Mobile services																						
CB	26 to 28	Monopole	40	27	20	46	33	26	52	39	32	58	45	38	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
VHF	30 to 54	Bi-conical	40	27	20	46	33	26	52	39	32	58	45	38	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
VHF	68 to 87	Bi-conical	35	22	15	41	28	21	47	34	27	53	40	33	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
VHF	142 to 175	Bi-conical	35	22	15	41	28	21	47	34	27	53	40	33	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
Analogue UHF	380 to 512	Log-Periodic	38	25	18	44	31	24	50	37	30	56	43	36	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
RKE & TPMS 1	300 to 330	Log-Periodic	32	-	18	38	-	24	44	-	30	50	-	36	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
RKE & TPMS 2	420 to 450	Log-Periodic	32	-	18	38	-	24	44	-	30	50	-	36	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
Analogue UHF	820 to 960	Log-Periodic	44	31	24	50	37	30	56	43	36	62	49	42	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
GPS L1	1,556.45 to 1,596.45	Horn	-	-	10	-	-	16	-	-	22	-	-	28	Class 3-4	Class 4	Class 4-5	Class 5				
BDS B1	1,553.098 to 1,569.098	Horn	-	-	5.5	-	-	11.5	-	-	17.5	-	-	23.5	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
GPS L1	1,567.42 to 1,583.42	Horn	-	-	10	-	-	16	-	-	22	-	-	28	Class 4	Class 5	Class 4	Class 2	1575 MHz: AVG = 12	1575 MHz: AVG = 5.35	1575 MHz: AVG = 11	1575 MHz: AVG = 23.75
GLONASS L1	1,590.781 to 1,616.394	Horn	-	-	10	-	-	16	-	-	22	-	-	28	Class 5	Class 5	Class 3-5	Class 2	1600 MHz: AVG = 11.9	1600 MHz: AVG = 6.85	1600 MHz: AVG = 8.21	1600 MHz: AVG = 20
Wi-Fi / Bluetooth	2,402 to 2,494	Horn	52	-	32	58	-	38	64	-	44	70	-	50	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5	2470 MHz: AVG = 18.2	2470 MHz: AVG = 11.64		
Wi-Fi	5,150 to 5,350	Horn	59	-	39	65	-	45	71	-	51	77	-	57	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
Wi-Fi	5,470 to 5,725	Horn	59	-	39	65	-	45	71	-	51	77	-	57	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				
V2X (Wi-Fi)	5,850 to 5,925	Horn	84	-	64	90	-	70	96	-	76	102	-	82	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5				

図 3-4. CISPR-25 - 3.3V 電源 - -0.5% SSC あり - 概略表

			CISPR-25 Radiation Limits (ALSE method) [dBuV/m]									1.8V								
			Class 5			Class 4			Class 3			Class for CISPR-25				Significant Spurs [dBuV/m]				
Service/Band	Frequency (MHz)	Antenna	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	LMK3H0102 Variant 1	LMK3H0102 Variant 2	LMK3H0102 Variant 3	Competitor XO Variant 4	LMK3H0102 Variant 1	LMK3H0102 Variant 2	LMK3H0102 Variant 3	Competitor XO Variant 4	
Analogue broadcast services																				
LW	0.15 to 0.3	Monopole	46	33	26	56	43	36	66	53	46	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
MW	0.53 to 1.8	Monopole	40	27	20	48	35	28	56	43	36	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
SW	5.9 to 6.2	Monopole	40	27	20	46	33	26	52	39	32	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
FM	76 to 108	Bi-conical	38	25	18	44	31	24	50	37	30	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
TV Band I	41 to 88	Bi-conical	28	-	18	34	-	24	40	-	30	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
TV Band III	174 to 230	Bi-con/LPA	20	-	10	26	-	16	32	-	22	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
TV Band IV	470 to 944	Log-Periodic	41	-	31	47	-	37	53	-	43	Class 5	Class 5	Class 4	Class 5			575 MHz: AVG = 28.2 725 MHz: AVG = 27.96 775 MHz: AVG = 23.42		
Digital broadcast services																				
DAB III	171 to 245	Bi-con/LPA	30	-	20	36	-	26	42	-	32	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
TV Band III	174 to 230	Bi-con/LPA	30	-	20	36	-	26	42	-	32	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
DTTV	470 to 770	Log-Periodic	46	-	36	52	-	42	58	-	48	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
DAB L Band	1447 to 1,494	LPA/Horn	54	-	44	60	-	50	66	-	56	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
SDARS	320 to 2,345	LPA/Horn	58	-	48	64	-	54	70	-	60	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
Mobile services																				
CB	26 to 28	Monopole	40	27	20	46	33	26	52	39	32	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
VHF	30 to 54	Bi-conical	40	27	20	46	33	26	52	39	32	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
VHF	68 to 87	Bi-conical	35	22	15	41	28	21	47	34	27	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
VHF	142 to 175	Bi-conical	35	22	15	41	28	21	47	34	27	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
Analogue UHF	380 to 512	Log-Periodic	38	25	18	44	31	24	50	37	30	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5	400 MHz: AVG = 12.7		475 MHz: AVG = 8.1		
RKE & TPMS 1	300 to 330	Log-Periodic	32	-	18	38	-	24	44	-	30	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
RKE & TPMS 2	420 to 450	Log-Periodic	32	-	18	38	-	24	44	-	30	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
Analogue UHF	820 to 960	Log-Periodic	44	31	24	50	37	30	56	43	36	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
GPS L5	1,156.45 to 1,196.45	Horn	-	-	20	-	-	26	-	-	32	Class 5	Class 5	Class 4-5	Class 5			1075 MHz: AVG = 19.4		
BDS, B1I	1,553.098 to 1,569.098	Horn	-	-	5.5	-	-	11.5	-	-	17.5	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
GPS L1	1,567.42 to 1,583.42	Horn	-	-	10	-	-	16	-	-	22	Class 4	Class 5	Class 3-4	Class 4	1575 MHz: AVG = 12		1575 MHz: AVG = 15	1575 MHz: AVG = 10	
GLONASS L1	1,590.781 to 1,616.594	Horn	-	-	10	-	-	16	-	-	22	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
Wi-Fi / Bluetooth	2,402 to 2,494	Horn	52	-	32	58	-	38	64	-	44	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
Wi-Fi	5,150 to 5,350	Horn	59	-	39	65	-	45	71	-	51	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
Wi-Fi	5,470 to 5,725	Horn	59	-	39	65	-	45	71	-	51	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					
V2X (Wi-Fi)	5,850 to 5,925	Horn	84	-	64	90	-	70	96	-	76	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5					

図 3-5. CISPR-25 - 1.8V 電源 - 概要表

			CISPR-25 Radiation Limits (ALSE method) [dBuV/m]									1.8V						
			Class 5			Class 4			Class for CISPR-25				Significant Spurs [dBuV/m]					
												Competitor XO Variant 4						
Service/Band	Frequency (MHz)	Antenna	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	LMK3H0102 Variant 1	LMK3H0102 Variant 2	LMK3H0102 Variant 3	Competitor XO Variant 4	LMK3H0102 Variant 1	LMK3H0102 Variant 2	LMK3H0102 Variant 3	Competitor XO Variant 4		
Analogue broadcast services																		
LW	0.15 to 0.3	Monopole	46	33	26	56	43	36	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
MW	0.53 to 1.8	Monopole	40	27	20	48	35	28	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
SW	5.9 to 6.2	Monopole	40	27	20	46	33	26	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
FM	76 to 108	Bi-conical	38	25	18	44	31	24	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
TV Band I	41 to 88	Bi-conical	28	–	18	34	–	24	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
TV Band III	174 to 230	Bi-con/LPA	20	–	10	26	–	16	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
TV Band IV	470 to 944	Log-Periodic	41	–	31	47	–	37	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
Digital broadcast services																		
DAB III	171 to 245	Bi-con/LPA	30	-	20	36	-	26	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
TV Band III	174 to 230	Bi-con/LPA	30	-	20	36	-	26	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
DTTV	470 to 770	Log-Periodic	46	-	36	52	-	42	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
DAB L band	1447 to 1,494	LPA/Horn	54	-	44	60	-	50	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
SDARS	320 to 2,345	LPA/Horn	58	-	48	64	-	54	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
Mobile services																		
CB	26 to 28	Monopole	40	27	20	46	33	26	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
VHF	30 to 54	Bi-conical	40	27	20	46	33	26	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
VHF	68 to 87	Bi-conical	35	22	15	41	28	21	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
VHF	142 to 175	Bi-conical	35	22	15	41	28	21	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
Analogue UHF	380 to 512	Log-Periodic	38	25	18	44	31	24	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
RKE & TPMS 1	300 to 330	Log-Periodic	32	–	18	38	–	24	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
RKE & TPMS 2	420 to 450	Log-Periodic	32	–	18	38	–	24	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
Analogue UHF	820 to 960	Log-Periodic	44	31	24	50	37	30	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
GPS L5	1,156.45 to 1,196.45	Horn	-	-	20	-	-	26	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5		1075 MHz: AVG = 12				
BDS, B1I	1,553.098 to 1,569.098	Horn	-	-	5.5	-	-	11.5	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
GPS L1	1,567.42 to 1,583.42	Horn	-	-	10	-	-	16	Class 5	Class 5	Class 5	Class 4-5				1575 MHz: AVG = 10		
GLONASS L1	1,590.781 to 1,616.594	Horn	-	-	10	-	-	16	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
Wi-Fi / Bluetooth	2,402 to 2,494	Horn	52	-	32	58	-	38	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
Wi-Fi	5,150 to 5,350	Horn	59	-	39	65	-	45	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
Wi-Fi	5,470 to 5,725	Horn	59	-	39	65	-	45	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						
V2X (Wi-Fi)	5,850 to 5,925	Horn	84	-	64	90	-	70	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5						

図 3-6. CISPR-25 - 1.8V 電源 - -0.5% SSC あり - 概略表

3.2 CISPR-25 の結果

注

スペクトル概要プロットは水平および垂直の両方の測定値を表します

3.2.1 モノポール

表 3-3. 基板バリエーションの概要表

基板のバリエーション	デバイス	トレースルーティング	シールドピア	クロック層	パターン長
1	LMK3H0102-Q1	即時終了	なし	L1	66mil
2	LMK3H0102-Q1	即時分岐	あり (400mil 間隔配列)	L6	9 - 12in
3	LMK3H0102-Q1	即時分岐	なし	L6	9 - 12in
4	競合他社の発振器	即時終了	なし	L1	66mil

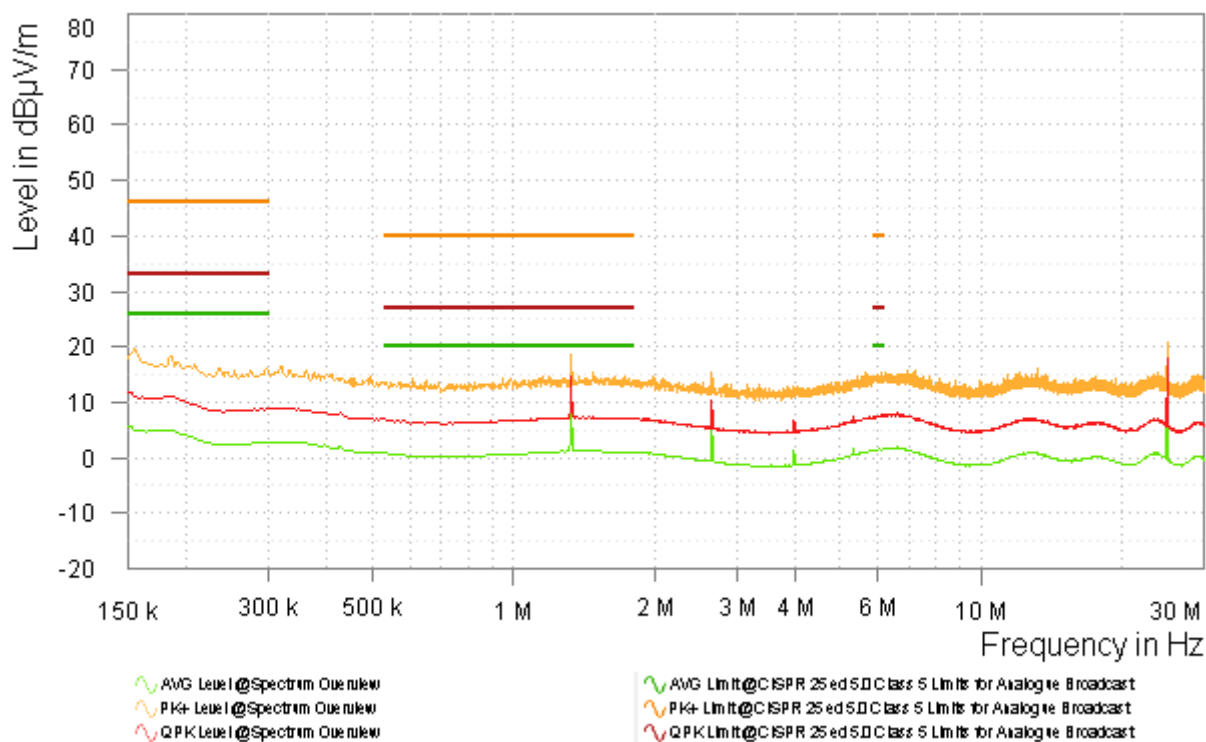


図 3-7. バリエーション 3 LMK3H0102-Q1 3.3V スペクトラムの概要 - モノポール

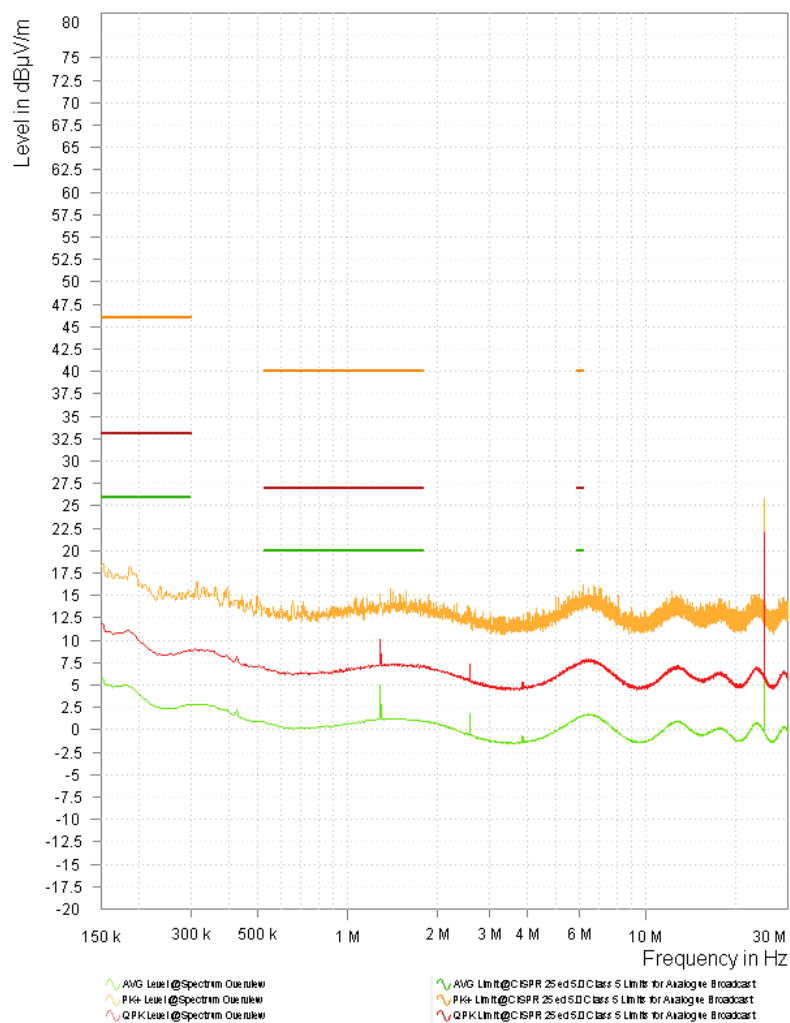


図 3-8. バリエント 4 競合他社の発振器 3.3V スペクトラムの概要 - モノポール

表 3-4. 平均スプール レベル - 3.3V 電源における競合他社の発振器と LMK3H0102-Q1 との比較 - モノポール

周波数 (MHz)	競合他社の発振器 (dBuV/m)	LMK3H0102-Q1 (dBuV/m)	TI Delta
1.3	5.08	12.38	+7.30
2.6	1.85	7.08	+5.28
25	17.20	17.17	-0.03

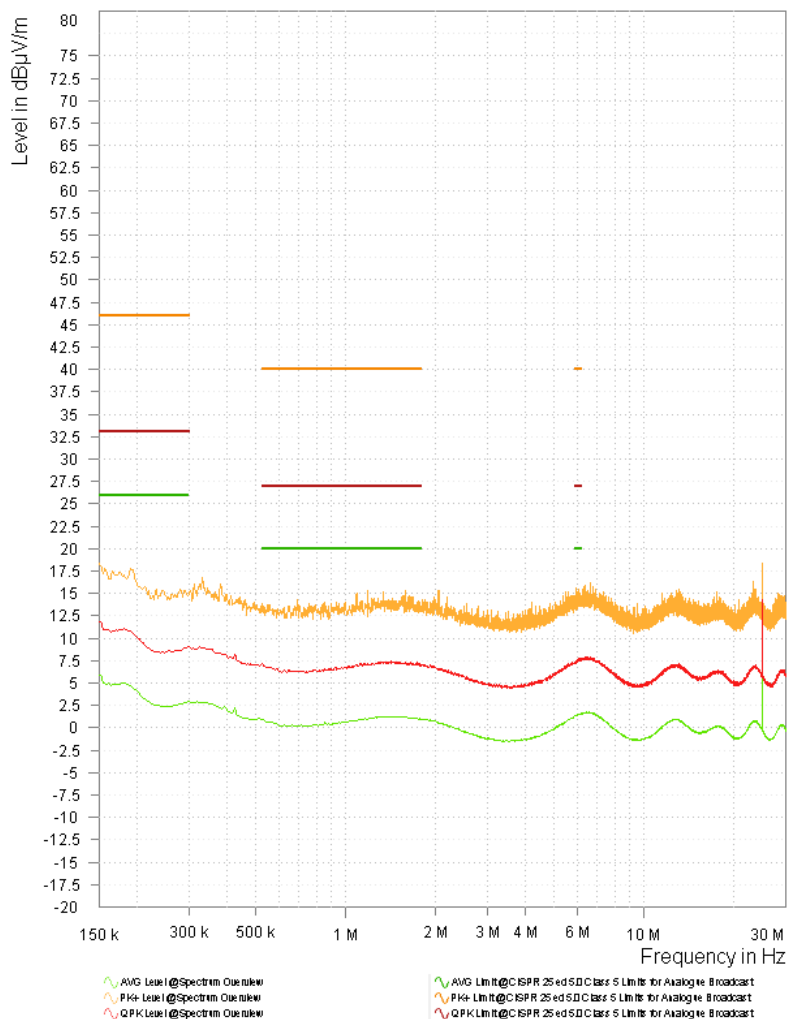


図 3-9. バリエント 3 LMK3H0102-Q1 1.8V スペクトラムの概要 - モノポール

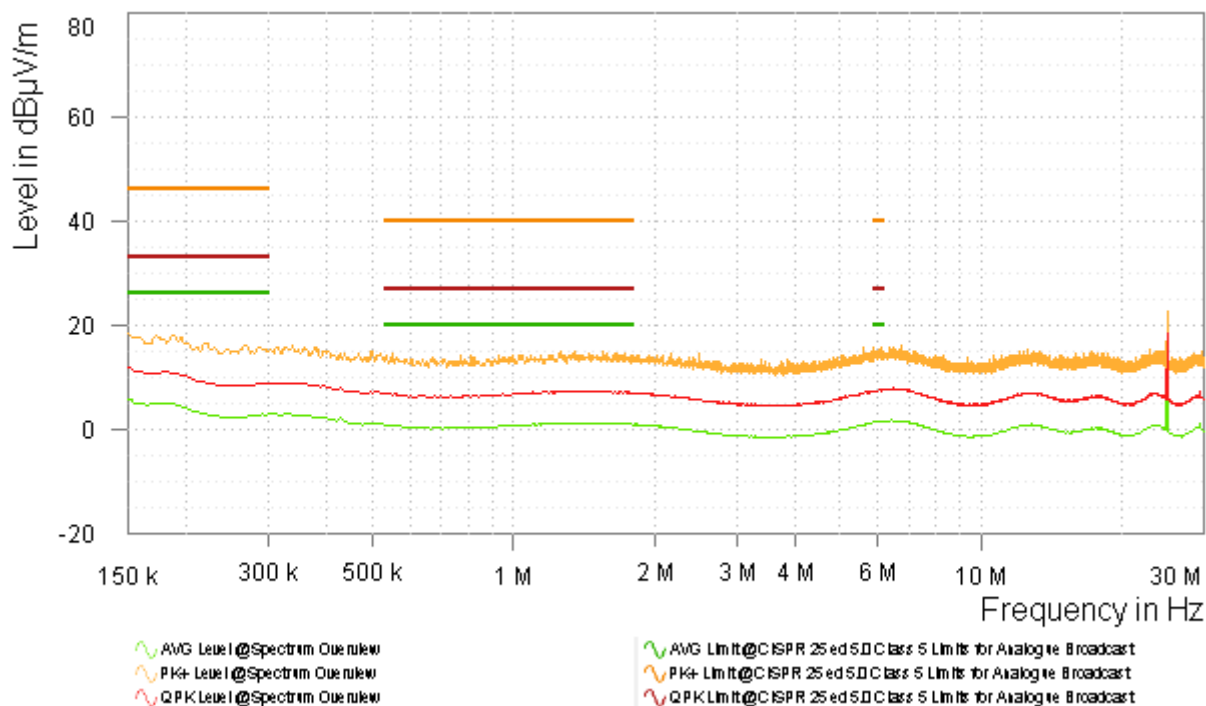


図 3-10. バリエント 4 競合他社の発振器 1.8V スペクトラムの概要 - モノポール

表 3-5. 平均スプール レベル - 1.8V 電源における競合他社の発振器と LMK3H0102-Q1 との比較 - モノポール

周波数 (MHz)	競合他社の発振器 (dBuV/m)	LMK3H0102-Q1 (dBuV/m)	TI Delta
25	13.73	12.20	-1.53

3.2.2 バイコニカル

表 3-6. 基板バリエーションの概要表

基板のバリエーション	デバイス	トレース ルーティング	シールド ピア	クロック層	パターン長
1	LMK3H0102-Q1	即時終了	なし	L1	66mil
2	LMK3H0102-Q1	即時分岐	あり (400mil 間隔配列)	L6	9 - 12in
3	LMK3H0102-Q1	即時分岐	なし	L6	9 - 12in
4	競合他社の発振器	即時終了	なし	L1	66mil

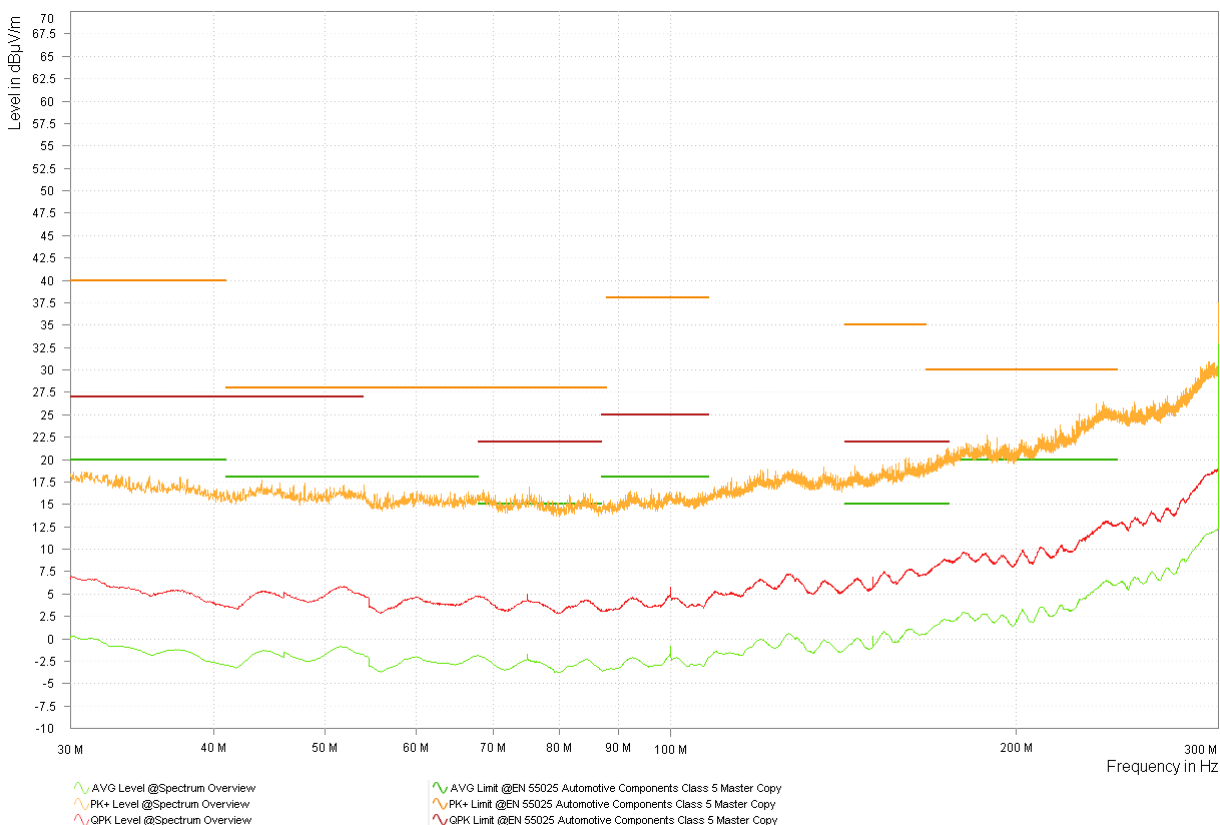


図 3-11. バリエーション 3 LMK3H0102-Q1 3.3V スペクトラムの概要 - バイコニカル

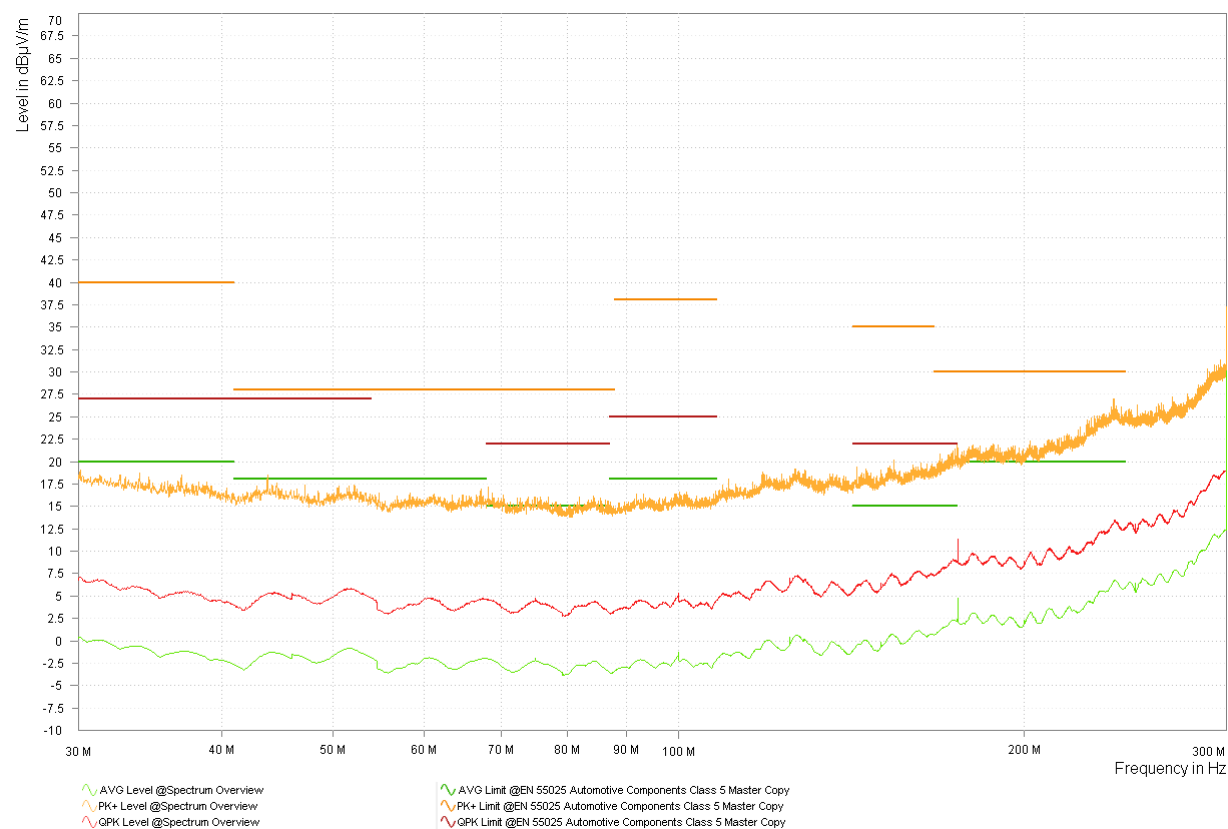


図 3-12. バリエント 4 競合他社の発振器 3.3V スペクトラムの概要 - バイコンカル

表 3-7. 平均スプール レベル - 3.3V 電源における競合他社の発振器と LMK3H0102-Q1 との比較 - バイコンカル

周波数 (MHz)	競合他社の発振器 (dBuV/m)	LMK3H0102-Q1 (dBuV/m)	TI Delta
75	-1.95	-1.75	+0.20
100	-1.27	-0.83	+0.44
150	-0.16	0.01	+0.17
175	4.75	2.09	-2.66

3.2.3 対数周期

表 3-8. 基板バリエーションの概要表

基板のバリエーション	デバイス	トレース ルーティング	シールド ピア	クロック層	パターン長
1	LMK3H0102-Q1	即時終了	なし	L1	66mil
2	LMK3H0102-Q1	即時分岐	あり (400mil 間隔配列)	L6	9 - 12in
3	LMK3H0102-Q1	即時分岐	なし	L6	9 - 12in
4	競合他社の発振器	即時終了	なし	L1	66mil



図 3-13. バリエーション 1 LMK3H0102-Q1 3.3V スペクトラムの概要 - 対数周期



図 3-14. バリエント 2 LMK3H0102-Q1 3.3V スペクトラムの概要 - 対数周期



図 3-15. バリエント 3 LMK3H0102-Q1 3.3V スペクトラムの概要 - 対数周期

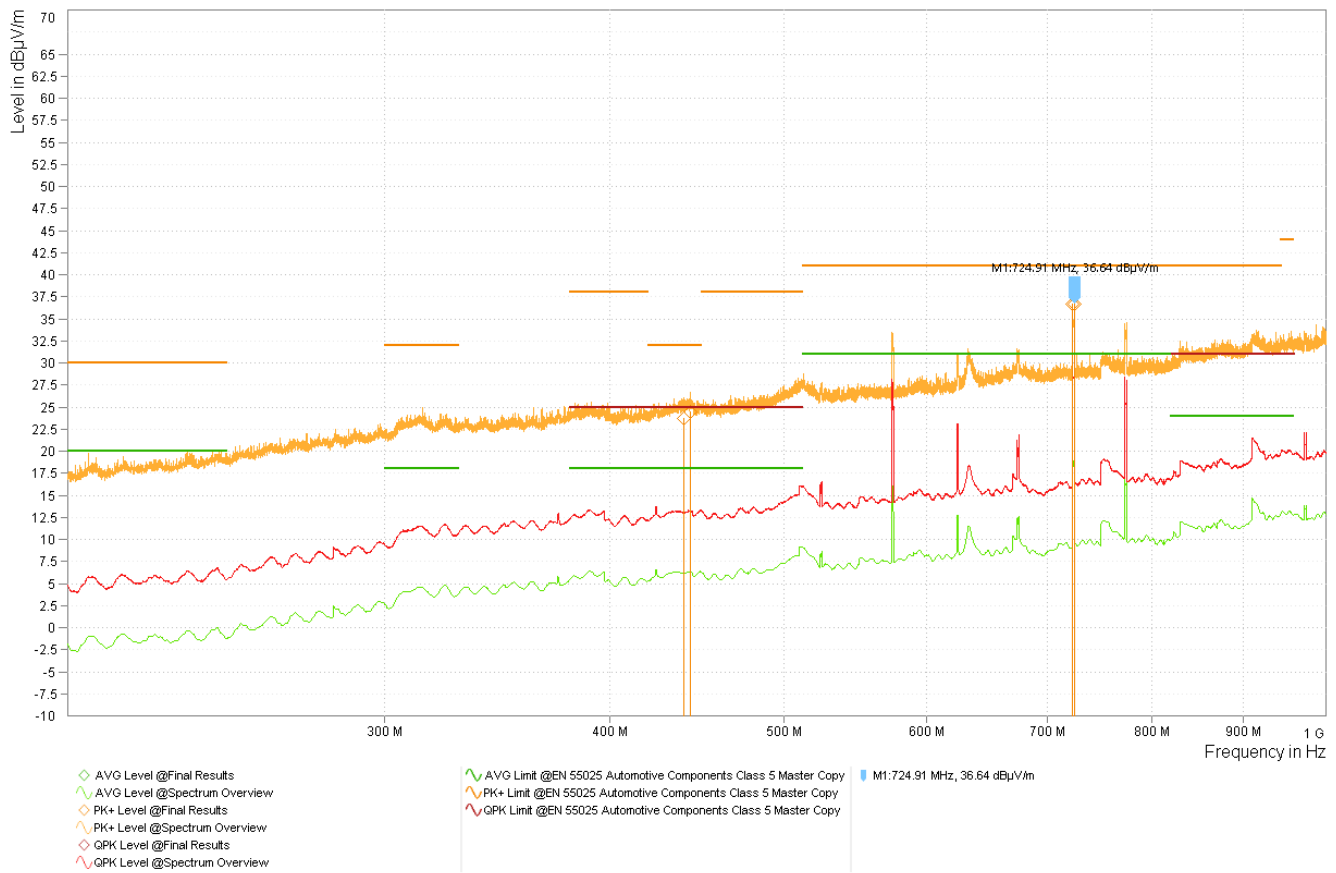


図 3-16. バリエント 4 LMK3H0102-Q1 3.3V (-0.5% SSC) スペクトラム概要 - 対数周期



図 3-17. バリエント 1 LMK3H0102-Q1 1.8V スペクトラムの概要 - 対数周期

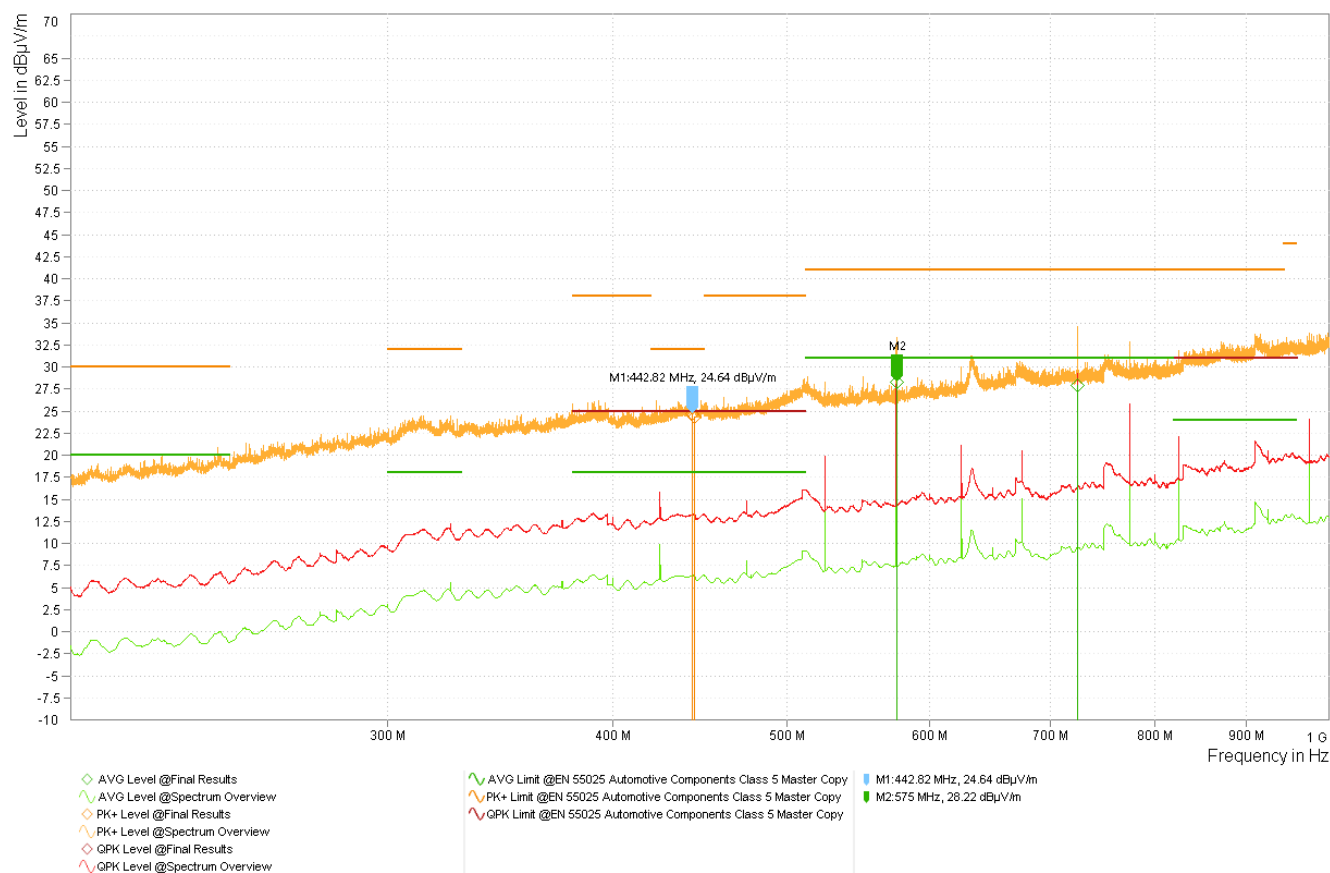


図 3-18. バリエント 3 LMK3H0102-Q1 1.8V スペクトラムの概要 - 対数周期

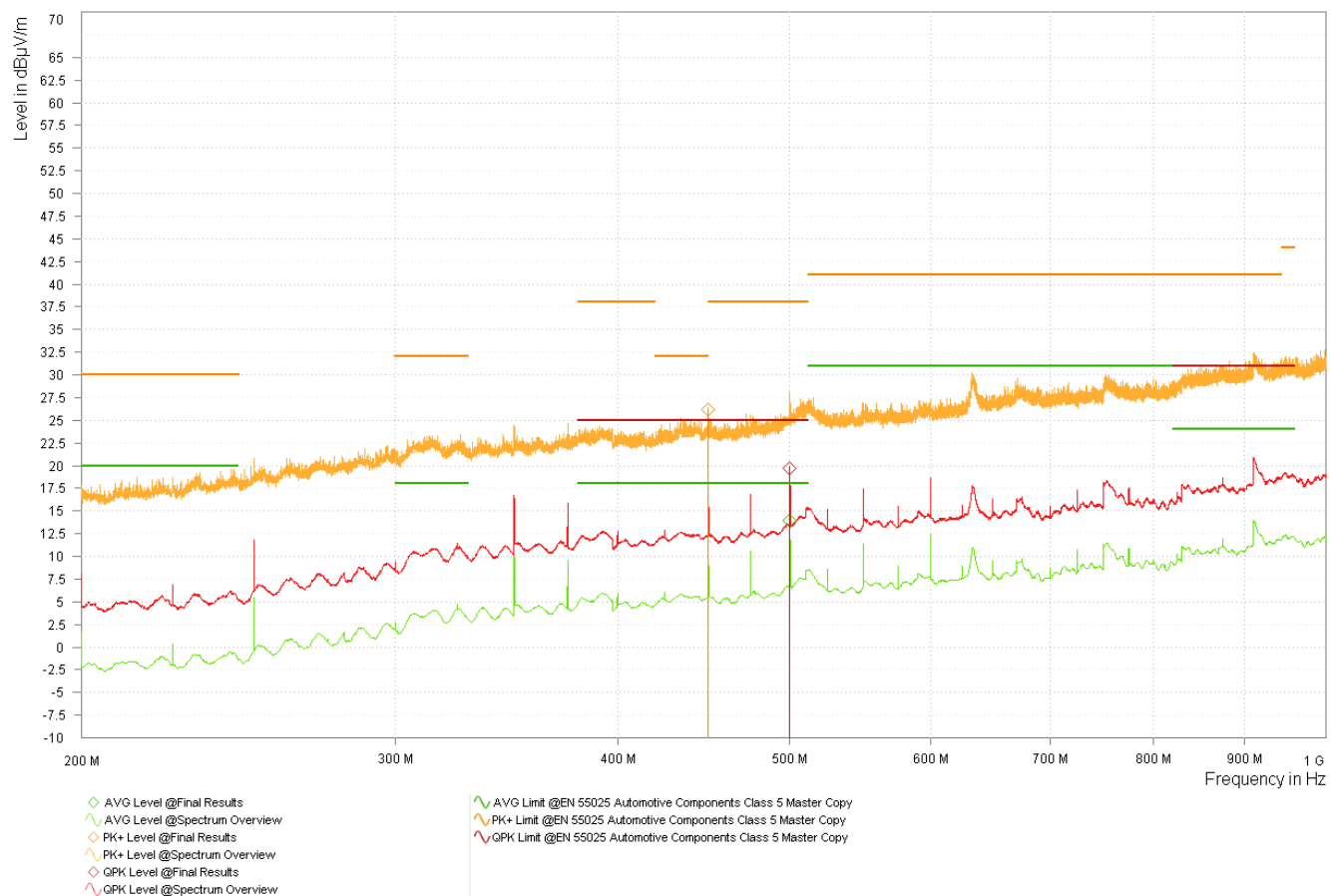


図 3-19. 競合他社の発振器 3.3V スペクトラムの概要 - 対数周期

3.2.4 ホーン

表 3-9. 基板バリエーションの概要表

基板のバリエーション	デバイス	トレース ルーティング	シールド ピア	クロック層	パターン長
1	LMK3H0102-Q1	即時終了	なし	L1	66mil
2	LMK3H0102-Q1	即時分岐	あり (400mil 間隔配列)	L6	9 - 12in
3	LMK3H0102-Q1	即時分岐	なし	L6	9 - 12in
4	競合他社の発振器	即時終了	なし	L1	66mil

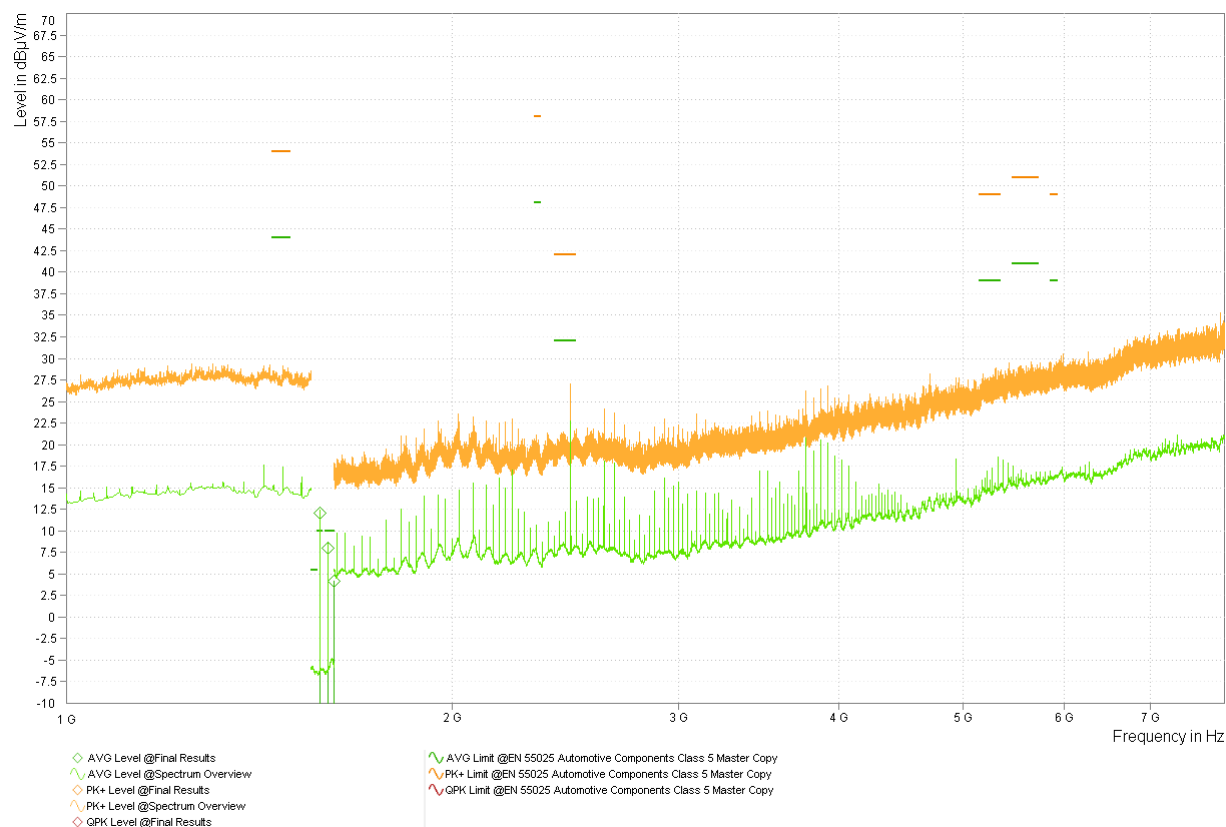


図 3-20. バリエーション 2 LMK3H0102-Q1 3.3V スペクトラムの概要 - ホーン

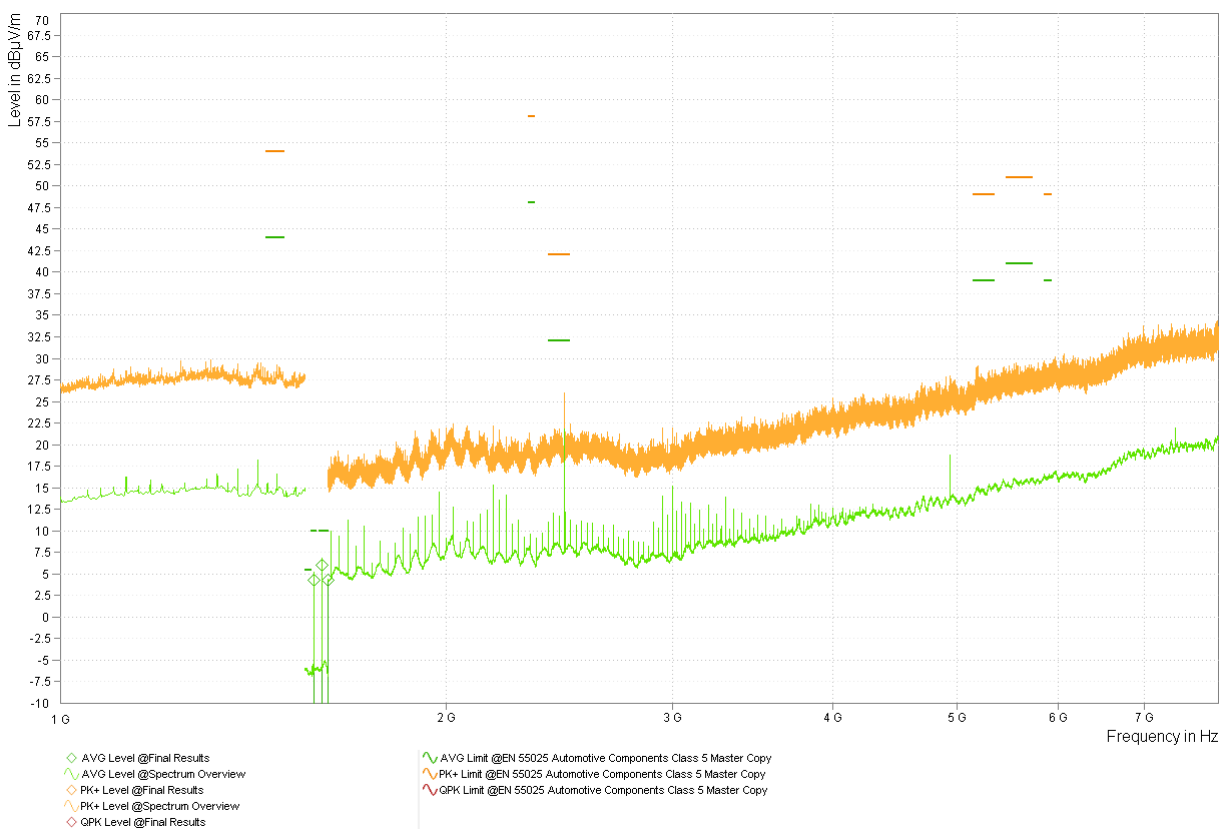


図 3-21. バリエント 2 LMK3H0102-Q1 3.3V (-0.5% SSC) スペクトラムの概要 - ホーン

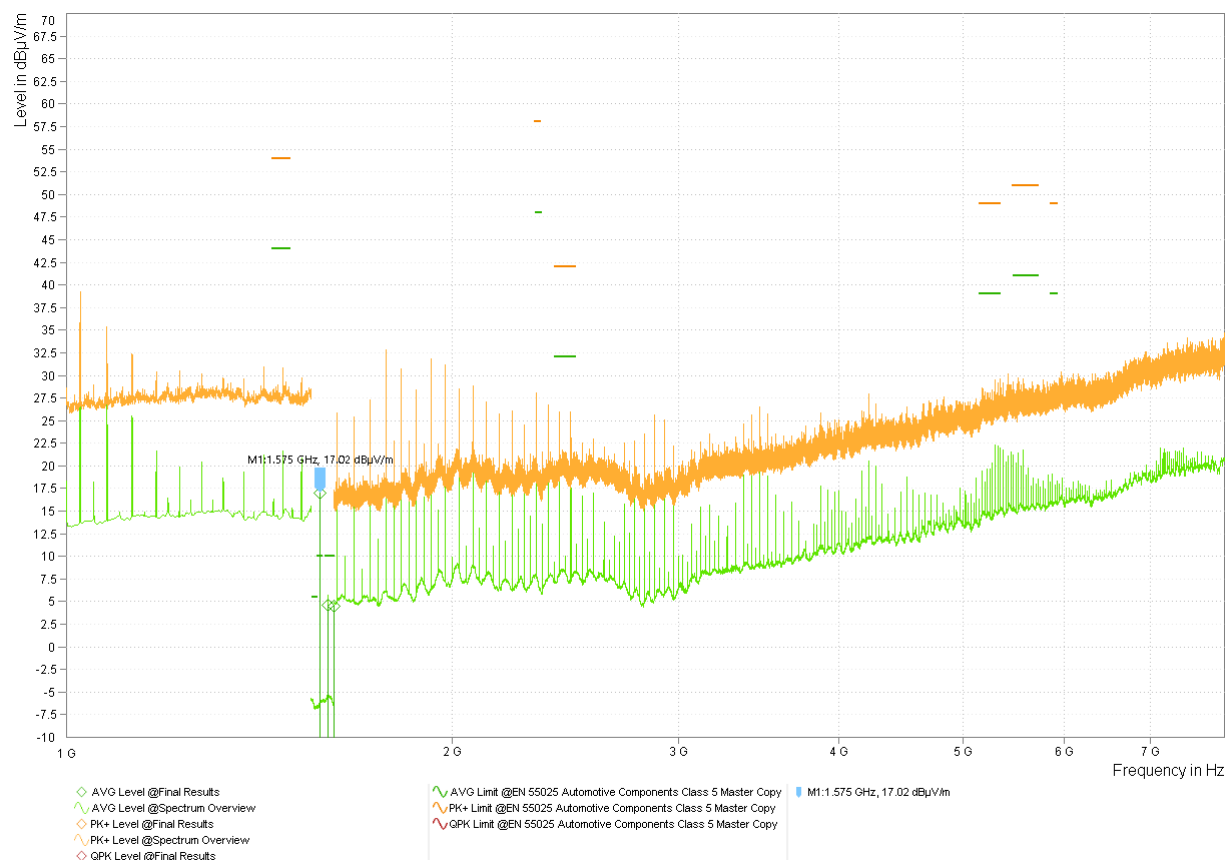


図 3-22. バリエント 3 LMK3H0102-Q1 3.3V スペクトラムの概要 - ホーン

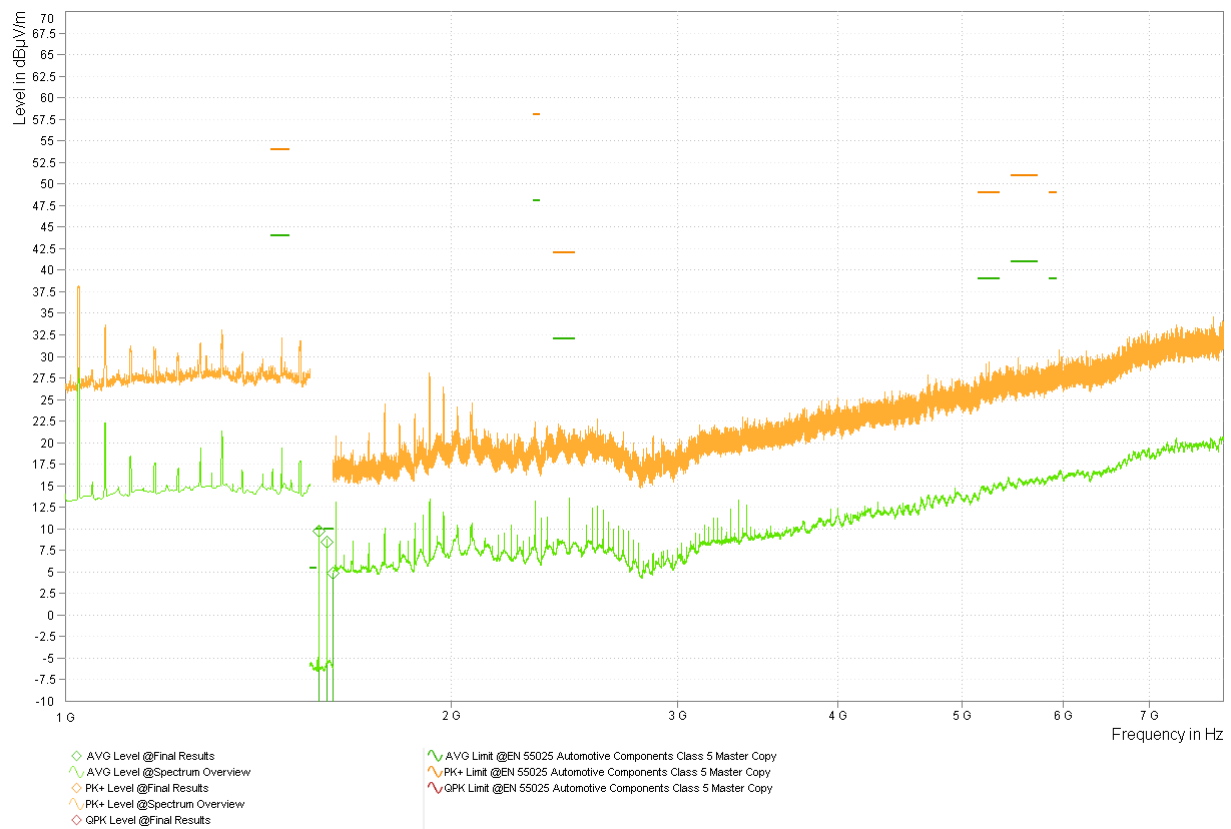
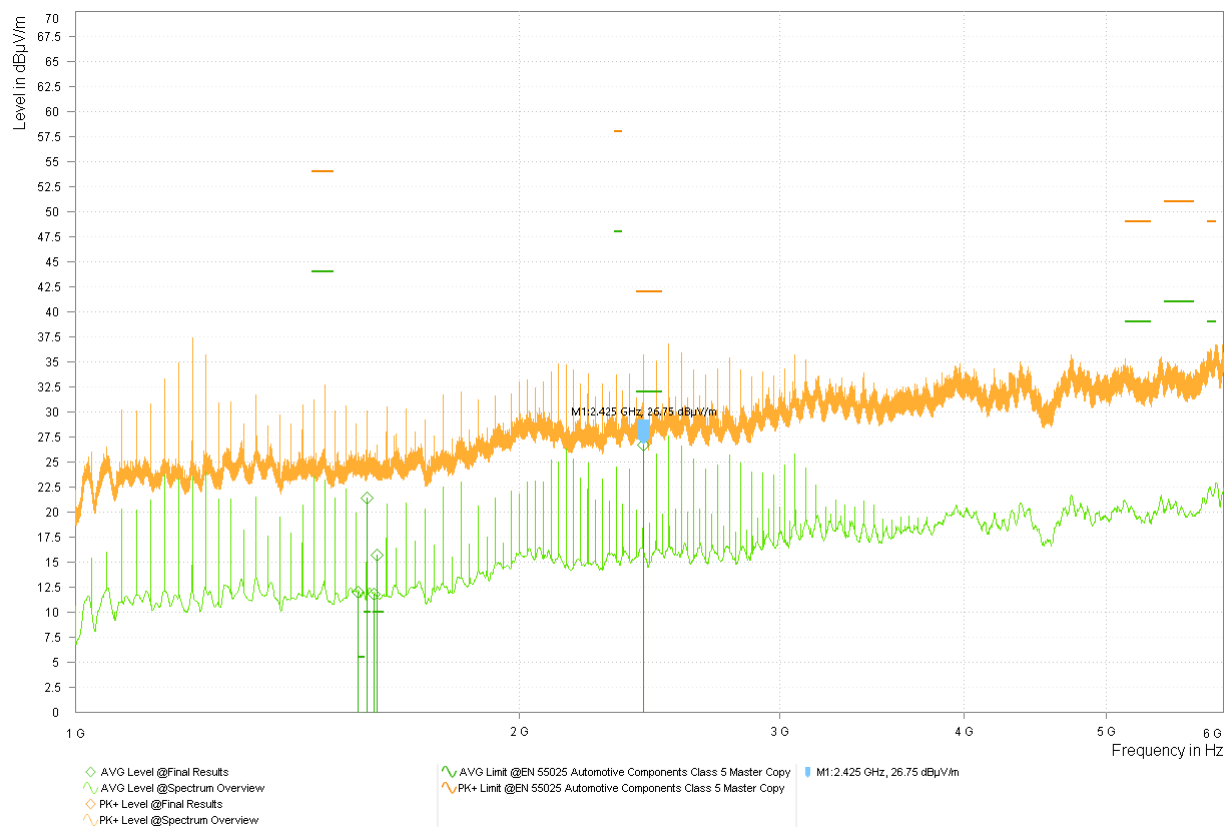


図 3-23. バリエント 3 LMK3H0102-Q1 3.3V (-0.5%) スペクトラム概要 - ホーン



注

上記のキャプチャでは、1.5GHz ~ 1.6GHz の帯域には適切な測定設定がありませんでした。この帯域の補正された測定値については、以下を参照してください。

図 3-24. バリエント 4 競合他社の発振器 3.3V スペクトラムの概要 - ホーン



図 3-25. バリエント 4 競合他社の発振器 3.3V 1.5GHz ~ 1.6GHz 帯域スペクトラムの概要 - ホーン

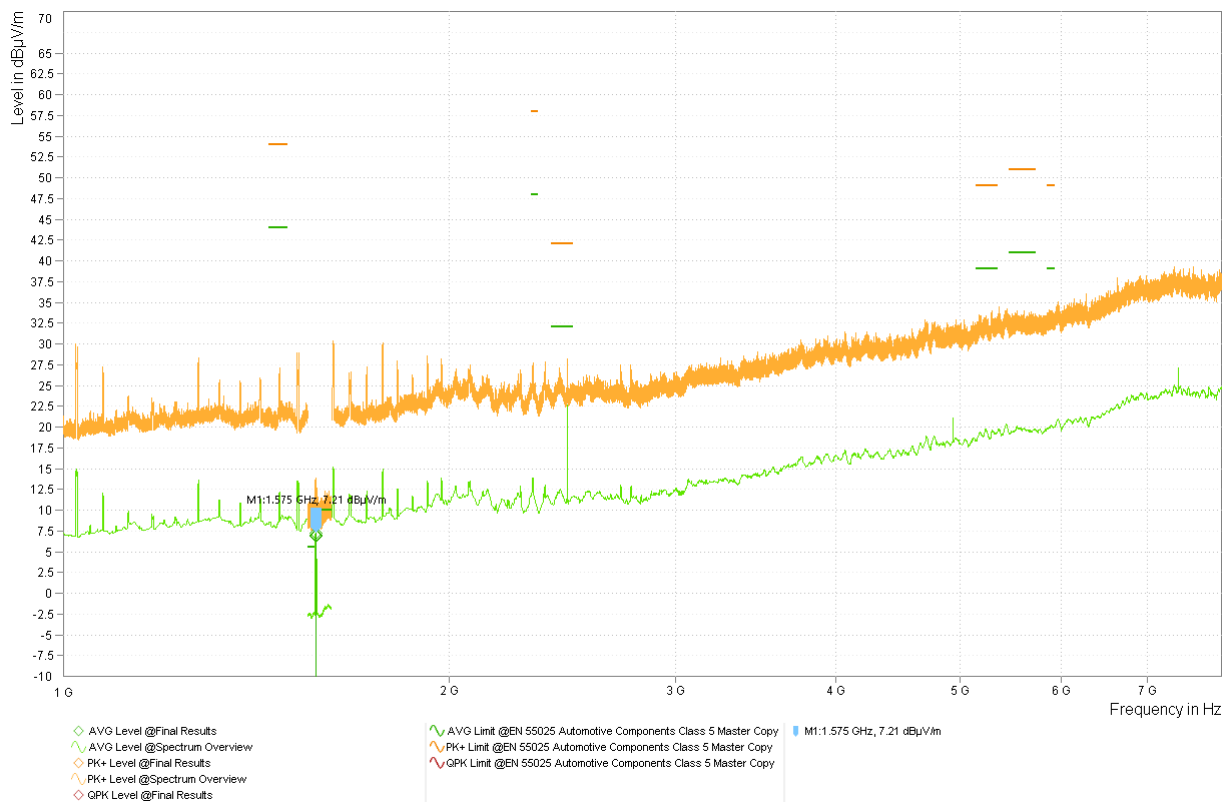


図 3-26. バリエント 3 LMK3H0102-Q1 1.8V (-0.5% SSC) スペクトラムの概要 - ホーン

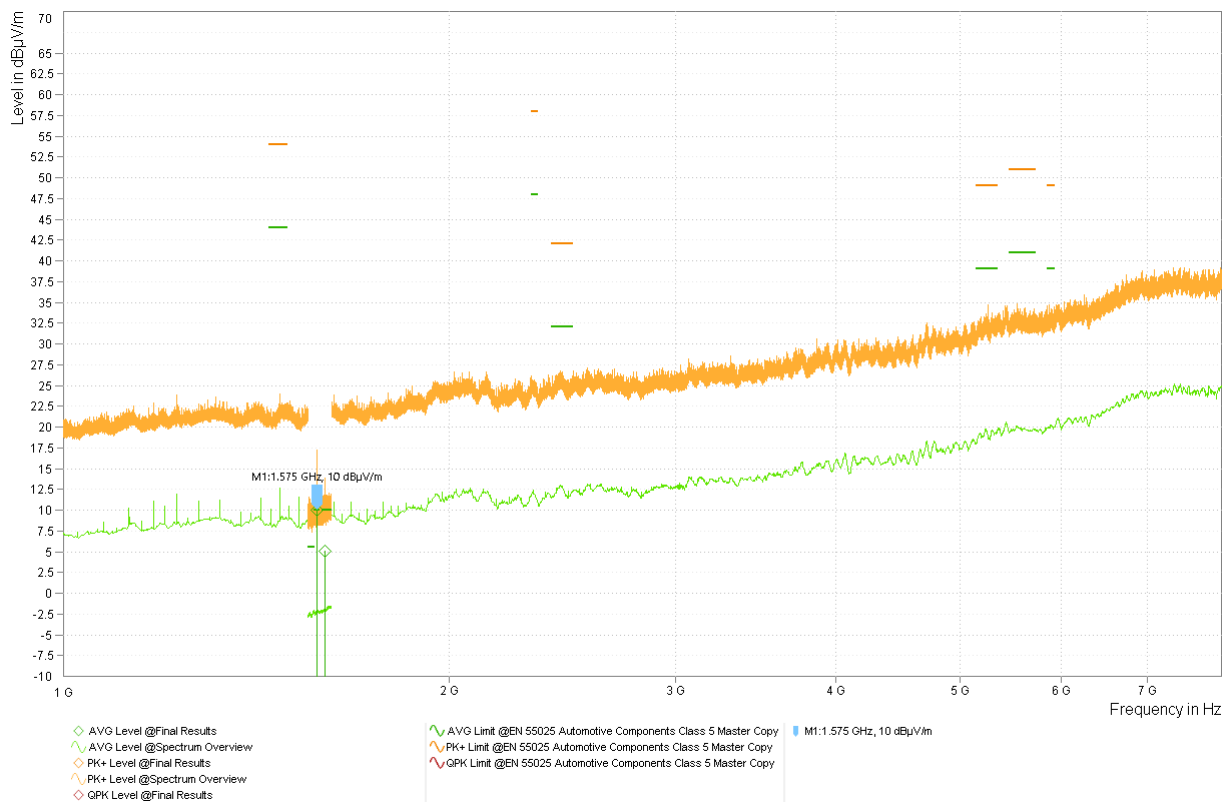


図 3-27. バリエント 4 競合他社の発振器 1.8V スペクトラムの概要 - ホーン

4 CISPR-32

CISPR-32 は EMI の業界標準です。1 つの JB3 アンテナを使用して、X、Y、Z 軸の 30MHz ～ 3GHz の範囲をカバーします。

注

新しい CISPR-32 標準は最大 6GHz の測定が必要です。これらの測定は後日実施する予定です。

CISPR-32 の制限は認定クラスによって定義され、Class A が最も緩く、Class B が最も厳格です。このテストレポートで指定されている制限はすべて Class B です。

許容される EMI の最大影響に関する制限値は、各周波数帯ごとに個別に定められています。たとえば、30MHz ～ 230MHz の Class B 準ピーク制限は 40dBuV/m、Class A 制限は 50dBuV/m です。



図 4-1. CISPR-32 のテストチャンバー設定

4.1 CISPR-32 の要約

LMK3H0102-Q1 は、すべての周波数帯域で XO と同様の特性を示し、1.8V と 3.3V の電源電圧使用時に、30 ～ 3000MHz で最大 12in のパターン長で CISPR-32 Class B に合格しています。

		CISPR-32 Radiation Limits (ALSE method) [dBμV/m]						3.3V			
		Class B			Class A			Highest Passing Class for CISPR-32			
											Competitor XO
Frequency (MHz)	Antenna	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	LMK3H0102 Variant 1	LMK3H0102 Variant 2	LMK3H0102 Variant 3	Variant 4
30 to 230	JB3	-	40	-	-	50	-	Class B	Class B	Class B	Class B
230 to 1000	JB3	-	47	-	-	57	-	Class B	Class B	Class B	Class B
1000 to 3000	JB3	70	-	50	76	-	56	Class B	Class B	Class B	Class B

図 4-2. CISPR-32 - 3.3V 電源 - 概要表

		CISPR-32 Radiation Limits (ALSE method) [dBμV/m]						1.8V			
		Class B			Class A			Highest Passing Class for CISPR-32			
											Competitor XO
Frequency (MHz)	Antenna	Peak	Quasi-Peak	Average	Peak	Quasi-Peak	Average	LMK3H0102 Variant 1	LMK3H0102 Variant 2	LMK3H0102 Variant 3	Variant 4
30 to 230	JB3	-	40	-	-	50	-	Class B	Class B	Class B	Class B
230 to 1000	JB3	-	47	-	-	57	-	Class B	Class B	Class B	Class B
1000 to 3000	JB3	70	-	50	76	-	56	Class B	Class B	Class B	Class B

図 4-3. CISPR-32 - 1.8V 電源 - 概要表

4.2 CISPR-32 の結果

注

スペクトル概要プロットは水平および垂直の両方の測定値を表します

表 4-1. 基板バリエーションの概要表

基板のバリエーション	デバイス	トレースルーティング	シールドピア	クロック層	パターン長
1	LMK3H0102-Q1	即時終了	なし	L1	66mil
2	LMK3H0102-Q1	即時分岐	あり (400mil 間隔配列)	L6	9 - 12in
3	LMK3H0102-Q1	即時分岐	なし	L6	9 - 12in
4	競合他社の発振器	即時終了	なし	L1	66mil

X 軸

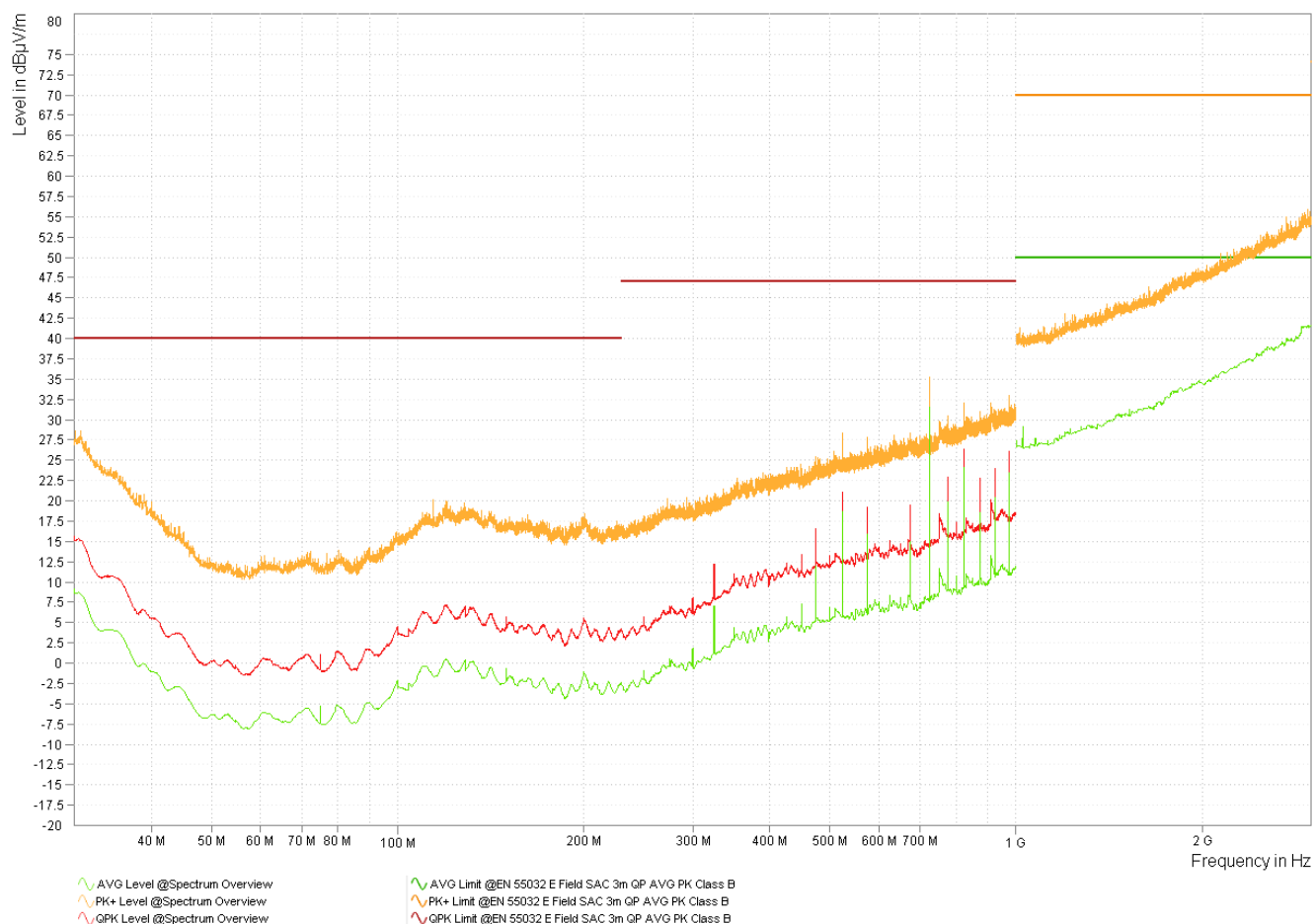


図 4-4. バリエーション 3 LMK3H0102-Q1 3.3V X 軸スペクトルの概要

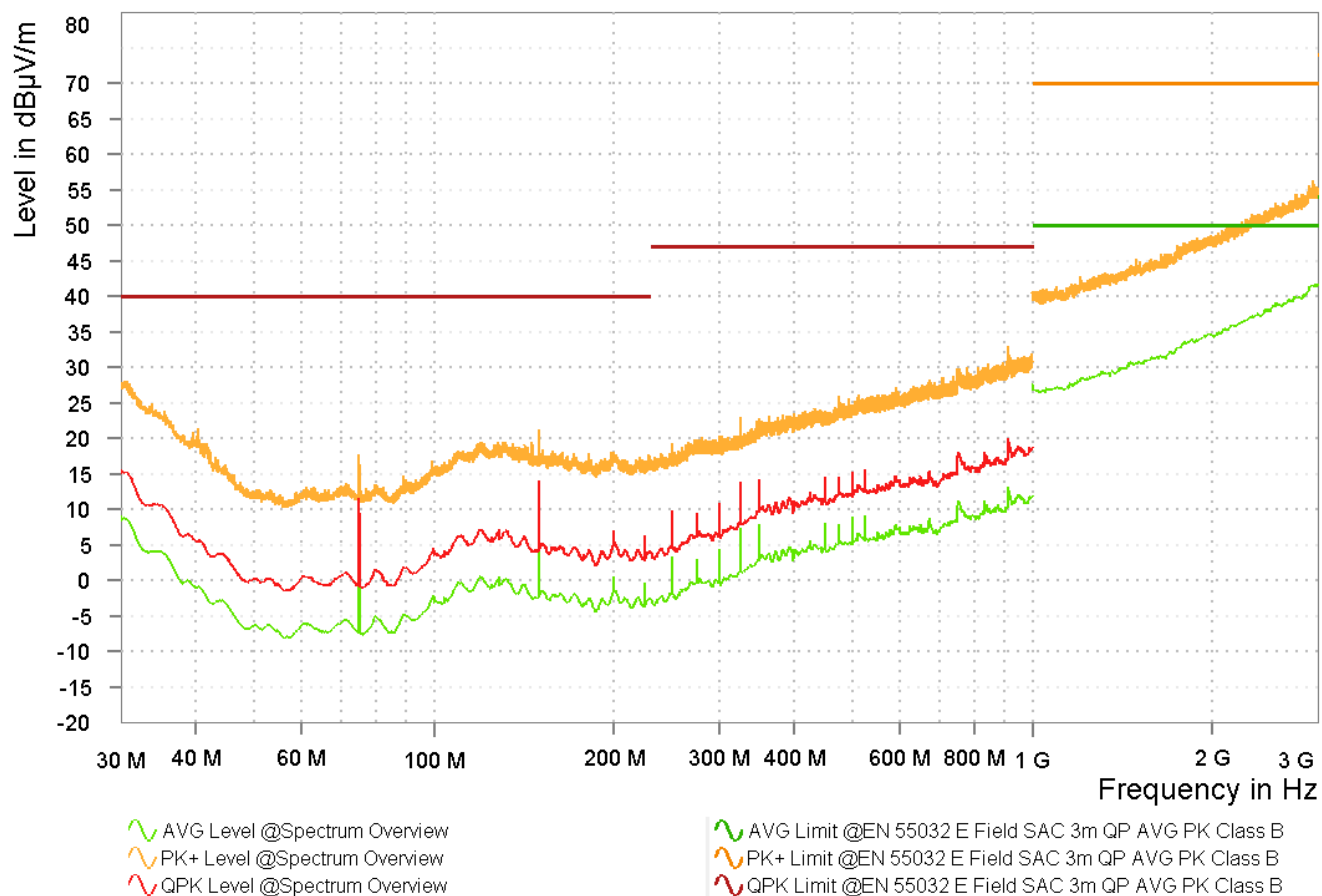


図 4-5. バリエント 4 競合他社の発振器 3.3V X 軸スペクトルの概要

Y 軸



図 4-6. バリエント 3 LMK3H0102-Q1 3.3V Y 軸スペクトルの概要 - 水平



図 4-7. バリエント 3 LMK3H0102 3.3V Y 軸スペクトルの概要 - 垂直

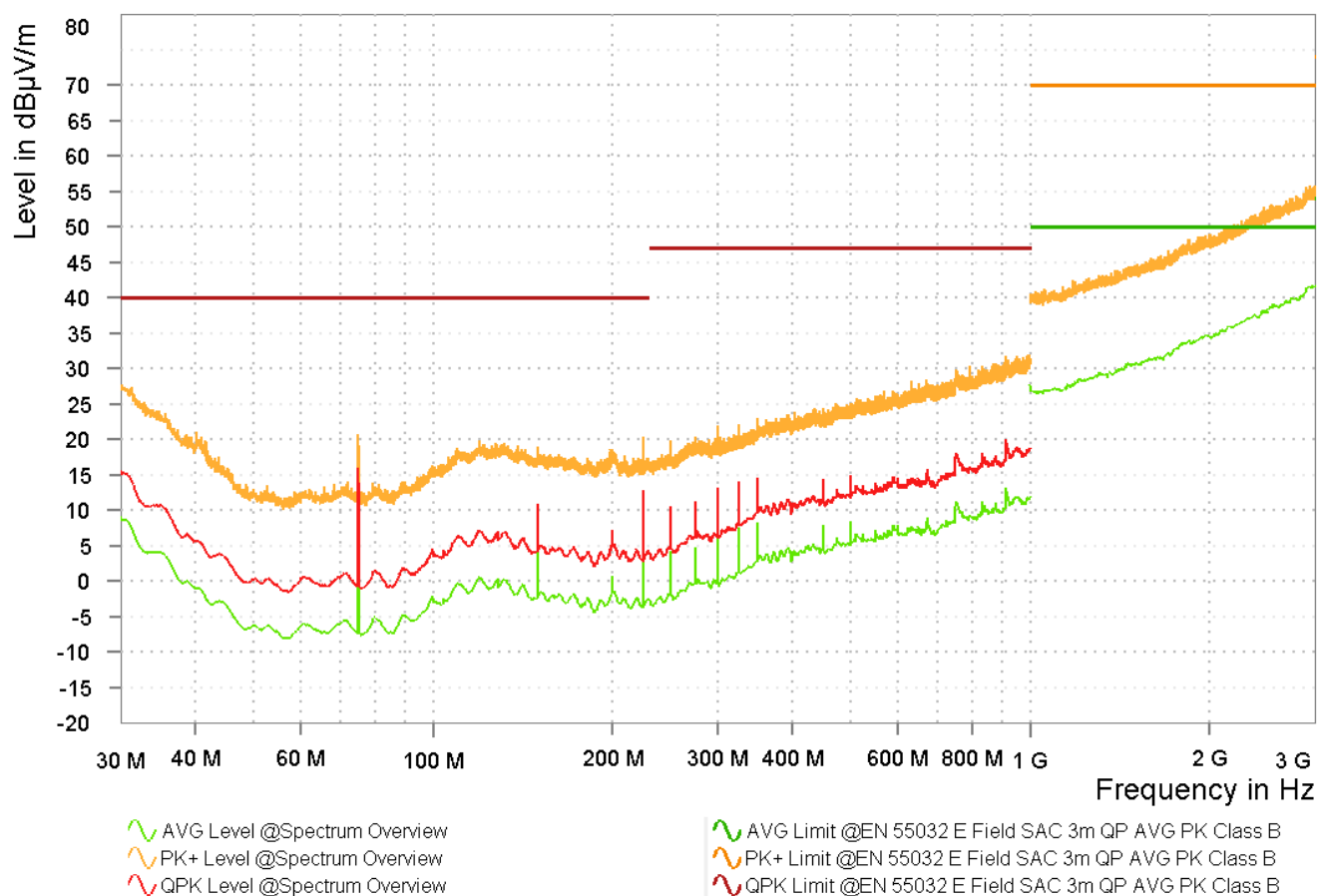


図 4-8. バリエント 4 競合他社の発振器 3.3V Y 軸スペクトルの概要

Z 軸

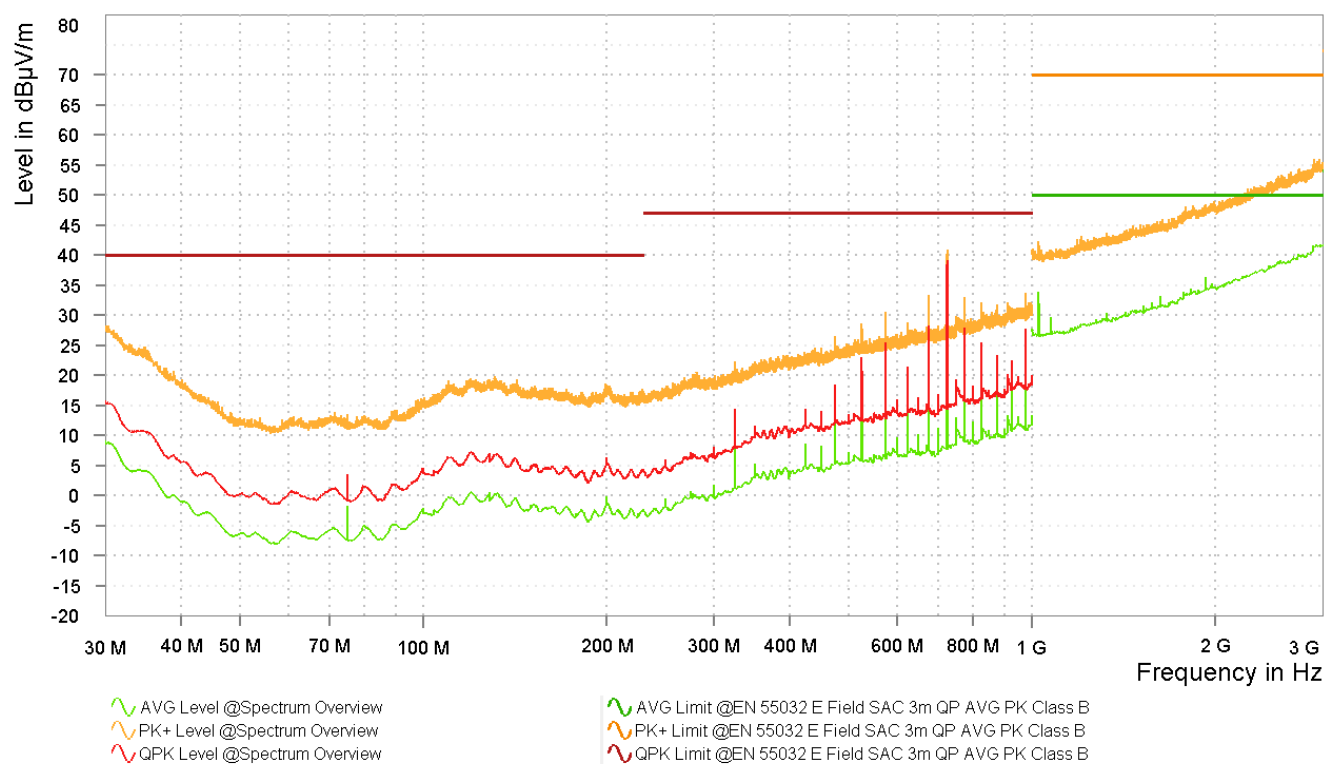


図 4-9. バリエント 3 LMK3H0102-Q1 3.3V Z 軸スペクトルの概要

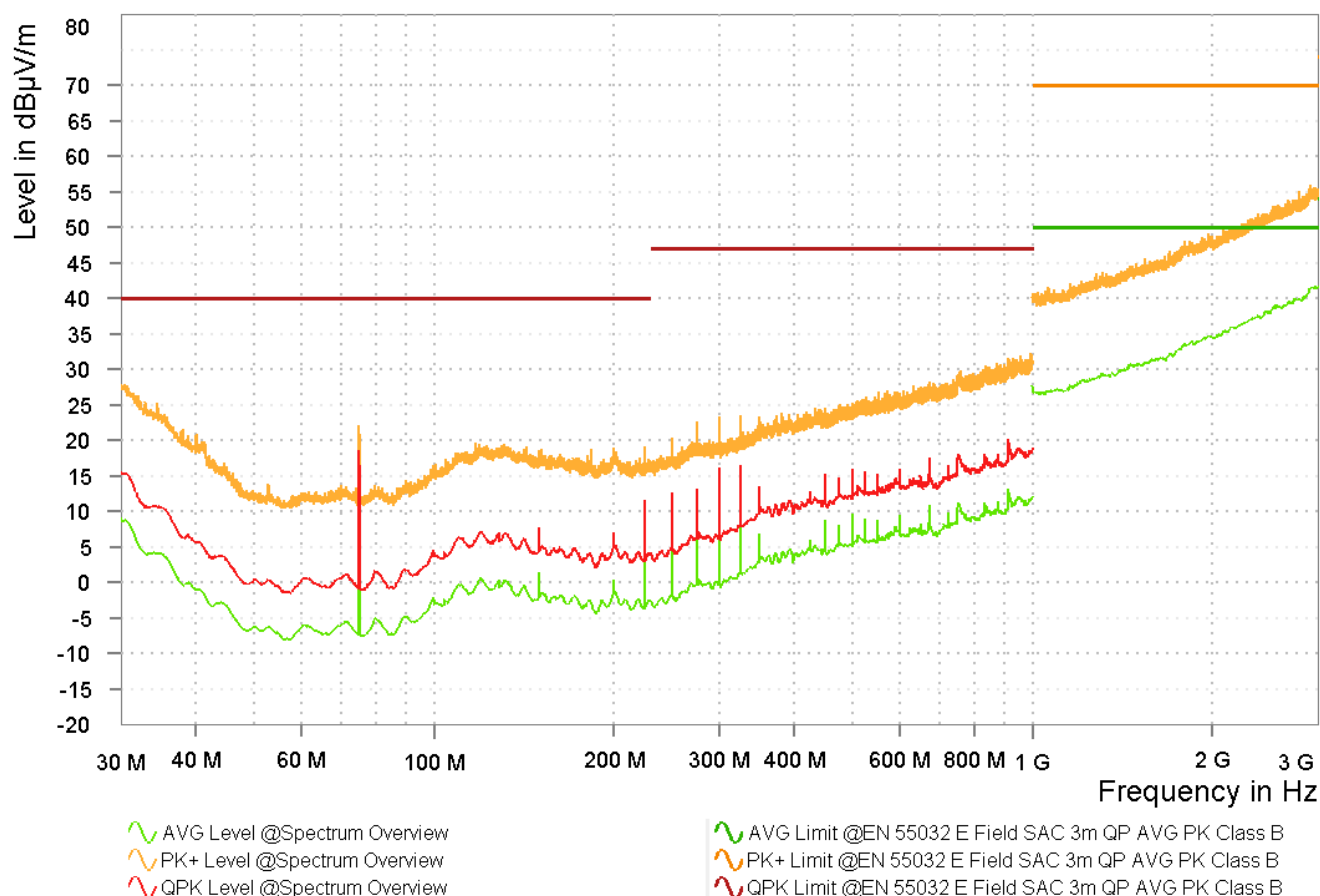


図 4-10. バリエント 4 競合他社の発振器 3.3V Z 軸スペクトルの概要

表 4-2. 競合他社の発振器と LMK3H0102-Q1 の比較 (3.3V 電源) - JB3 - Z 軸

周波数 (MHz)	競合他社の発振器 (dBuV/m)	LMK3H0102-Q1 バリエント 3 (dBuV/m)	TI Delta
75	12.34	-1.71	-14.05
150	1.38	-1.55	-2.93
225	5.24	-3.01	-8.26
250	6.40	-0.57	-6.97
275	6.71	0	-6.72
300	9.92	1.76	-8.16
325	10.20	10.41	+0.21
350	6.76	5.13	-1.63
475	8.09	14.44	+6.35
675	10.82	26.91	+16.09
725	9.81	38.94	+29.12
775	9.66	26.33	+16.66
825	9.54	23.18	+13.63
975	11.55	25.73	+14.18

5 まとめ

以下では、5 つの 25MHz LVCMOS クロックを出力したときの、LMK3H0102-Q1 の EMI 性能について説明します。

全体として、バリエーション 2 では追加の GND ビアによって回路に強力な GND が作り出され、最高の性能を発揮しました。EMI 性能を考慮して PCB を設計する場合は、GND ビアや SSC などの一般的な手法の使用を検討してください。

CISPR-25

LMK3H0102-Q1 は、3.3V でシールドビアがなくトレース長 8 以上において、TV バンド IV (470MHz ~ 944MHz)、Analogue UHF (380MHz ~ 512MHz および 820MHz ~ 960MHz)、GPS L1 (1567.42MHz ~ 1583.42MHz)、GPS L5 (1156.45MHz ~ 1196.45MHz) を除くすべての帯域で Class 5 規格に合格しています。最高の性能を得るには、GND ビアと SSC を追加することを推奨します。

LMK3H0102-Q1 は、1.8V でシールドビアがなくトレース長 8 以上において、TV バンド IV、GPS L1、GPS L5 を除くすべての帯域で Class 5 規格に合格しています。最高の性能を得るため、追加の GND ビアまたは SSC を使用することを推奨します。

CISPR-32

LMK3H0102-Q1 は、すべての周波数帯域で XO と同様の特性を示し、1.8V と 3.3V の電源電圧使用時に、30MHz ~ 3000MHz でシールド ビアなしで 8 以上のパターン長で CISPR-32 Class B に合格しています。

6 参考資料

- 国際電気標準会議、[2021 CISPR-25 標準](#)
- 国際電気標準会議、[2021 CISPR-32 標準](#)
- テキサス・インスツルメンツ、[『クロック デバイスによる EMI の低減戦略』アプリケーションノート](#)。

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適したテキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されているテキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかるテキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated