

1PPS同期・HOLDOVER機能OCXO

ROD5242T1 | STP3521 LF

ハイエンド1PPS同期OCXOモジュール

rakon
synchronising connectivity

部品番号：STP3521 LF (ROD5242T1シリーズ)

1.0 概要

“ROD5242T1”は外部からの1PPS入力に同期し自己補正を行うハイエンドのダブルオープンOCXOを搭載したモジュールです。非常に高精度な正弦波の10MHz出力とCMOSレベルの1PPSを出力します。1PPSのTIEや同期ステータスデータ、内部温度センサの情報をI2C経由でモニタリングすることが出来ます。



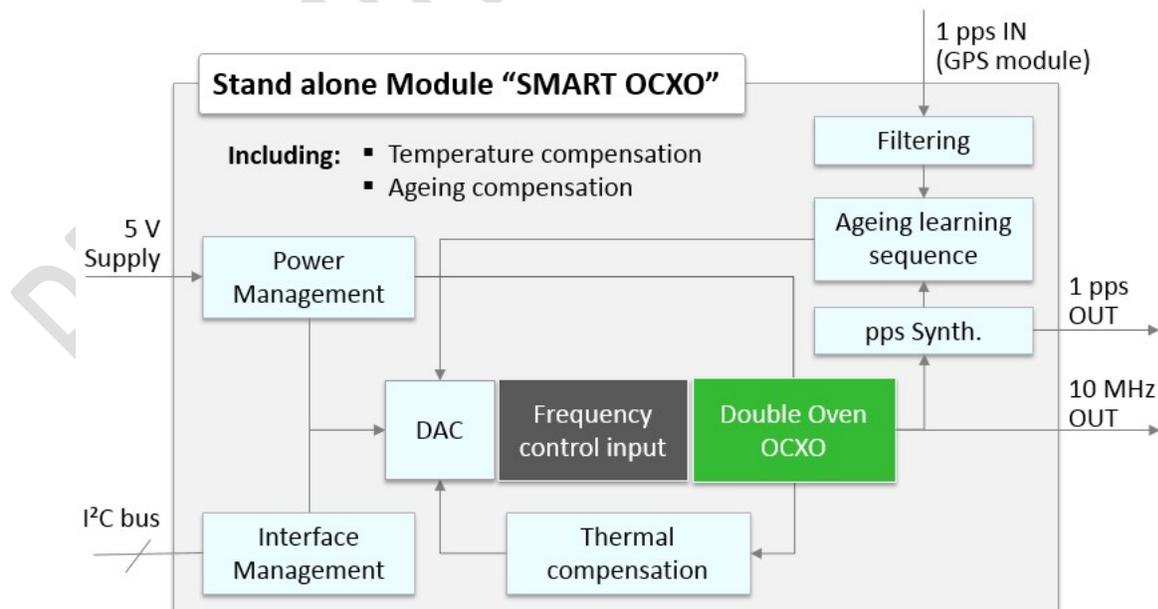
2.0 アプリケーション

- ❑ HOLDOVER時に優れた MTIE 特性が必要な通信機器 (≦ 1.5µs以内 24 時間 20°Cの温度変化環境にて、温度勾配 0.8°C/分)
- ❑ グランドマスタークロック
- ❑ ルビジウム発振器からの置き換え

3.0 特長

- ❑ 自己補正により動作温度範囲-40~+85°Cにて 100ppt (1E-10) 以下 (50ppt Typ.) の優れた温度特性 (10°Cの温度変動で0.01ppb以内)
- ❑ パッケージサイズ: 51.3 x 41.3 x 14.2 mm max
- ❑ 電源電圧: 5V (単電圧入力)
- ❑ 10 MHz 正弦波出力
- ❑ (GPSエンジンなどからの) 1PPS入力に同期するPLL回路を内蔵
- ❑ フィルタリングされたクリーンな1PPSを出力
- ❑ I²C インターフェースにてステータスのモニタリングが可能

ブロックダイアグラム



4.0 絶対最大定格

Parameter	Min.	Max.	Unit.
保存温度範囲	-45	95	°C
入力電圧(Vcc)	-0.3	6	V
各デジタルインターフェース端子 入力電圧	-0.3	Vcc +0.3	V
1PPS入力端子 入力電圧	-0.3	Vcc +0.3	V
1PPS入力端子 出力電流		5	mA
10MHz出力負荷	45	55	Ω
オプションHCMOS出力 出力電流		± 50	mA

5.0 電源

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	試験条件 / 備考
供給電圧 (Vcc)	4.75	5.0	5.25	V	
消費電流 (ウォームアップ時)			1500	mA	
消費電流 (定常時 at 25°C)		600		mA	
メモリリコール電圧	2.2			V	メモリリコールが発生する最小電圧
電圧立上りレート	0.2			V/ms	

6.0 10MHz正弦波 RF出力

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Test Condition / Description
出力波形	Sine wave				
負荷	45	50	55	Ω	
出力レベル	5	7	9	dBm	
高調波歪み			-40	dBc	
スプリアス			-80	dBc	
波形起動時間			1	Sec	

7.0 温度範囲

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Test Condition / Description
動作温度範囲	-40		+85	°C	風量 2 m/s 以下
動作可能温度範囲	-45		+90	°C	OCXOが10MHz出力が継続する温度範囲 (+85~+90°Cの間は安定度の規格は満たさない可能性がある)

8.0 ワークフローダイアグラム

• Warm-Up (ウォームアップ):

ウォームアップはデバイスの最初のウォーミングアップの状態です；
長期の電源断の後には電源投入直後はこの状態になります(保管、設置状態の後)。
再現性の関係で本来の特性を出すには長期の連続運転が必要です。

- (1年間の非通電状態の場合は最大で10日間の連続通電が必要です)

〈安定動作までのステップ と 所要時間〉

- 電源投入後1秒以内；
10MHzは電源断の値のppmレベルの精度で出力されます。消費電流は@+25℃環境の場合で2分以内に定常時の値に戻ります。この時間は周囲温度により変わってきます(-40℃の場合では最大5分)。
- OCXOの内部オープン温度が安定するまでには最大10分(-40℃の場合)かかりますが、この間は1PPS出力は出力されません。
- 経時変化の安定度が仕様値になるまでには十分な復帰時間が必要です。

• Free run (フリーラン) :

この状態では経時変化の補正は行われませんが、温度特性は補正された優れた値で値で10MHzを出力します。
1PPSはこのステータスの間は出力されません。

• Acquiring (Run-1) (短期引込みモード, RUN-1モード)

GPSエンジンなどからの1PPS入力検出されるとこのステータスになります。最長で30分続きます(-40℃の場合)。
1PPS入力は少なくとも ①最初の40秒は入力が継続し ②少なくとも残り時間の70%以上は入力される 必要があります。
①②の条件に満たない場合は *Free run* (フリーラン) のステータスに戻ります。
• 1PPS出力は1PPS入力検出されてから50秒後に出力開始します。

早く安定させるために短いタイムループ(時定数)の状態になり、*Locked (Run-2)* のステータスに備えて計算が始まります。
ウォーミングアップの出来ている場合は、1PPSの位相及び10MHzの偏差は数分で引き込みます。一方でウォーミングアップが出来ていない場合はより時間がかかります(-40℃の場合で最大30分)。

Acquiring (Run-1) のステータス終了時には ①周波数偏差は±1ppb以内 ②1PPS位相は仕様値内 になります。

• Locked (Run-2) (固定モード, RUN-2モード)

1PPS入力信号が有効で1PPS出力も正しく出力されます。
受信状況の良いGNSS信号の良い状態のものを補正し、タイムループ(時定数)はOCXOが経時変化の情報を学習するために最適な値になります。
1PPS位相は安定し、10MHz出力は仕様値内になります。
8時間の連続動作後に1PPSの入出力の位相差は100ns以内になります。

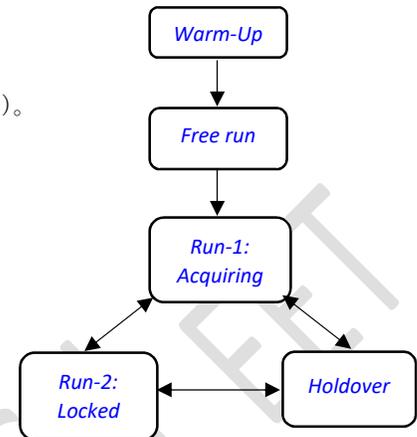
• Holdover (ホールドオーバー):

必要な学習期間を経た場合、ホールドオーバーのTIE(タイムインターバルエラー)値は仕様値になります。
1PPSの入力が検出されていない状態ですが、1PPSの出力は補正された内部OCXOの精度で出力されます。

周波数の温度特性は仕様値の精度になります。

(注記)

仕様値のホールドオーバーの精度を得るためには、最初のウォーミングアップの後に3日間の連続動作(*Locked Run-2* モード)が必要です。ホールドオーバー時間は(*Locked Run-2* モード)の累積時間の半分までになります。
24時間のホールドオーバー時間のためには、少なくとも48時間以上の(*Locked Run-2* モード)の状態が必要です。



9.0 4通りの動作ステータスと各パラメータについて

Parameter	Free Run	Run 1	Run 2	Holdover
周波数偏差 (@+25°C・出荷時調整)	Table 1	NA	NA	NA
10年間のall overの安定度	Table 1	NA	NA	NA
経年変化	Table 1	NA	NA	NA
周波数温度特性 (@-40~+85°C)	Table 1	NA	NA	Table 4
周波数vs電源電圧変動	Table 1	NA	NA	Table 4
周波数vs負荷変動	Table 1	NA	NA	Table 4
周波数変動 vs 加速度 (g)	Table 1	NA	NA	Table 4
ウォーミングアップ時間	Table 1	NA	NA	NA
周波数再現性	Table 1	NA	NA	NA
位相ノイズ	Table 1	NA	Table 3	Table 4
周波数短期安定度	Table 1	NA	Table 3	Table 4
1PPS 入力規格	NA	Table 2	Table 3	NA
1PPS 出力規格	NA	Table 2	Table 3	Table 4
TIE (タイムインターバルエラー)	NA	NA	NA	Table 4

10.0 Free Run Mode (フリーランモード) – Table 1

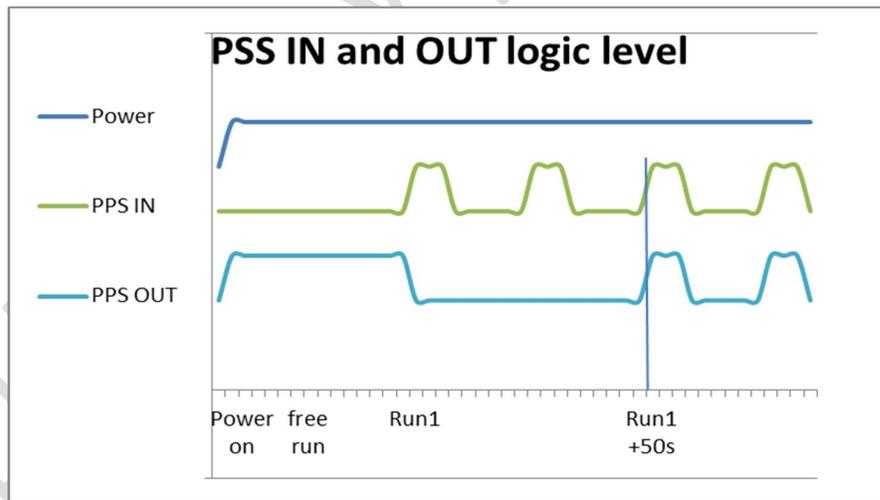
Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Test Condition / Description
中心周波数		10.000		MHz	
初期周波数調整 (at 25°C ± 2°C)	-50		+50	ppb	メーカー出荷時、公称周波数に対して *1
周波数経年変化 (Aging)	-0.2 -250		0.2 250	ppb ppb	1日 (実測定) 10年間 (計算値)
周波数温度特性 (@-40~+85°C)		50	100	ppt	peak to peak にて
周波数vs電源電圧変動	-0.01		+0.01	ppb	公称 VCC ± 5% にて
周波数vs負荷変動	-0.01		+0.01	ppb	50 Ω ± 10% にて
周波数変動 vs 重力方位変化	-5.0	± 2.5	+5.0	ppb/g	傾きの変化に対して
ウォーミングアップ時間 @+25°C			3	min	起動一時間後の値に対し ±10ppb以内に到達するまで
ウォーミングアップ時間 @-40°C			5	min	起動一時間後の値に対し ±10ppb以内に到達するまで
周波数再現性		±1	±5	ppb	24h on, 24h off and 1h on
SSB Phase Noise (various offsets)					安定した環境にて
	1 Hz	-100	-90	dBc/Hz	
	10 Hz	-130	-120	dBc/Hz	
	100 Hz	-150	-145	dBc/Hz	
	1k Hz	-155	-150	dBc/Hz	
	10 kHz	-160	-155	dBc/Hz	

*1 OCXOの特性ははんだ付け実装後は一時的にアセンブリ工程の影響が出る場合があるため、周波数の仕様値は実装後48時間以上経過後の条件です。その他条件の指定のない場合は通常環境にて。

11.0 Acquiring (Run-1) (短期引込みモード, RU-1モード) – Table 2

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Test Condition / Description
中心周波数		10.000		MHz	
1PPS 入力規格					
波形振幅レベル	HCMOS				
Low レベル電圧 (V _{IL})	0		1	V	
Hi レベル電圧 (V _{IH})	3		5	V	
Hiレベル 波形幅	10			μs	
Time deviation (TDEV)					
Tau = 1s		0.5	2	ns	
Tau = 10s		3	10	ns	
Tau = 100s to 10,000s		20	90	ns	
1PPS 出力仕様			50	second	1PPS入力信号に同期後
波形振幅レベル	HCMOS				
Low レベル出力電圧 (V _{OL})			0.4	V	負荷 15pF // 10kΩ min
High レベル出力電圧 (V _{OH})	3.5		4.5	V	負荷 15pF // 10kΩ min
Hiレベル 波形幅		100		μs	
立上り/立下り時間			5	ns	10% to 90% レベル, 負荷15pF

Note : 入力・出力の位相は1PPSの『立上りエッジ』にてアライメントされます。



12.0 Locked (Run-2) (固定モード, RU-2モード) – Table 3

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Test Condition / Description
中心周波数		10.000		MHz	
SSB 位相ノイズ					安定した環境下で
1Hz		-100	-90	dBc/Hz	
10Hz		-130	-120	dBc/Hz	
100Hz		-150	-145	dBc/Hz	
1kHz		-155	-150	dBc/Hz	
10kHz		-160	-155	dBc/Hz	
短期安定度 (ADEV)					安定した環境下にて
Tau = 1s to 100s		1.5	5	ppt	
Tau = 1000s		4	7	ppt	
Tau = 10000s		5	7	ppt	
1PPS 入力					
波形レベル		HCMOS			
入力 Lowレベル (V _{IL})	0		1	V	
入力 Highレベル (V _{IH})	3		5	V	
パルス幅	10			μs	
Time deviation (TDEV)					
Tau = 1s		0.5	2	ns	
Tau = 10s		3	10	ns	
Tau = 100s to 10,000s		20	90	ns	
1PPS 出力					See note § 15.0
波形レベル		HCMOS			
出力 Lowレベル (V _{OL})			0.4	V	負荷 15pF // 10kΩ min
出力 Highレベル (V _{OH})	3.5		4.5	V	負荷 15pF // 10kΩ min
パルス幅		100		μs	
波形立上り/立下り時間			5	ns	10% to 90%レベル, 負荷15pF
PLL引込み精度	-50		50	ns	4時間以上の連続トラッキング後

13.0 Holdover (ホールドオーバー) – Table 4

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Test Condition / Description
中心周波数		10.000		MHz	
周波数vs電源電圧変動	-0.01		+0.01	ppb	公称 VCC ± 5% にて
周波数vs動作温度 over -40° to +85°C		50	100	ppt	Peak to peak にて
周波数vs負荷変動	-0.01		+0.01	ppb	50 Ω ± 10% にて
周波数変動 vs g変化	-5	± 2.5	+5	ppb/g	傾きの変化に対して
SSB 位相ノイズ					安定した環境下にて
1Hz		-100	-90	dBc/Hz	
10Hz		-130	-120	dBc/Hz	
100Hz		-150	-145	dBc/Hz	
1kHz		-155	-150	dBc/Hz	
10kHz		-160	-155	dBc/Hz	

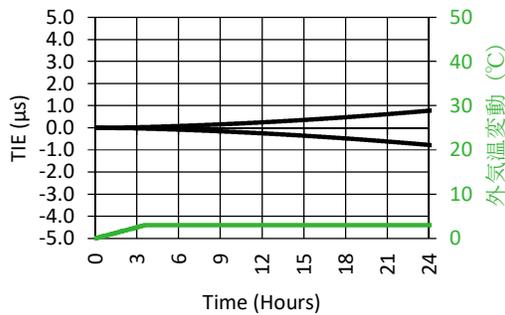
Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Test Condition / Description
短期安定度 (ADEV)					Static conditions
					Tau = 1s to 1,000s
		1.5	5	ppt	
					Tau = 10,000s
		2	6	ppt	
1PPS 出力			HCMOS		See below note § 15.0
出力 Lowレベル (VOL)			0.4	V	負荷 15pF // 10kΩ min
出力 Highレベル (VOH)	3.5		4.5	V	負荷 15pF // 10kΩ min
パルス幅		100		μs	
波形立上り/立下り時間			5	ns	10% to 90%レベル, 15pF 負荷

TIE (タイムインターバルエラー):

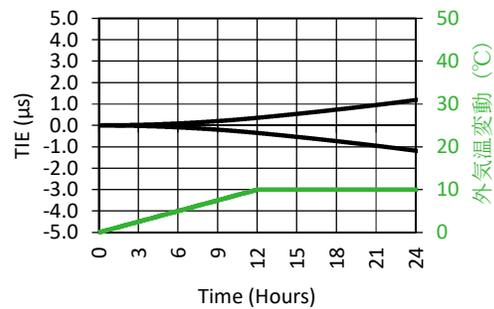
ホールドオーバー時の最大値: 単位 (μs) ホールドオーバー切り替わり時に0.8°C/1時間の温度変動の条件の場合

ホールドオーバー時間	ΔT = 3°C	ΔT = 10°C	ΔT = 20°C	Unit
1 hour	0.0	0.0	0.0	μs
6 hours	± 0.1	± 0.1	± 0.1	μs
12 hours	± 0.2	± 0.3	± 0.3	μs
18 hours	± 0.5	± 0.7	± 0.8	μs
24 hours	± 0.8	± 1.2	± 1.4	μs

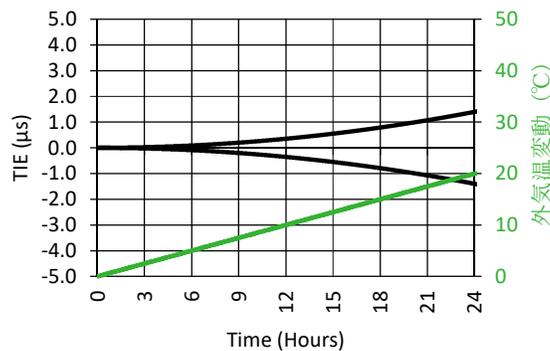
ホールドオーバー特性 温度変化 = 3°C



ホールドオーバー特性 温度変化 = 10°C



ホールドオーバー特性 温度変化 = 20°C



14.0 I²C Bus インターフェース

信号	内容	機能	注記	ロジックレベル
I2C データ (SDA)	トライステート 入力/出力	シリアルデータ	2kΩ以上のプルアップ抵抗にてVccに接続して下さい。(NXP社/UM10204 I ² C-bus仕様に準ずる)	ROD5242T1 への入力レベル: 3.8V < VIH (High) < 5.3V VIL (Low) < 0.4V ROD5242T1からの出力レベル: VOL < 0.4V VOH = オープン
I2C クロック (SCL)	トライステート 入力	シリアルクロック	2kΩ以上のプルアップ抵抗にてVccに接続して下さい。(NXP社/UM10204 I ² C-bus仕様に準ずる)	3.8V < VIH (High) < 5.3V VIL (Low) < 0.4V
通信速度			100kHz 以上/ 400 kHz 以下	

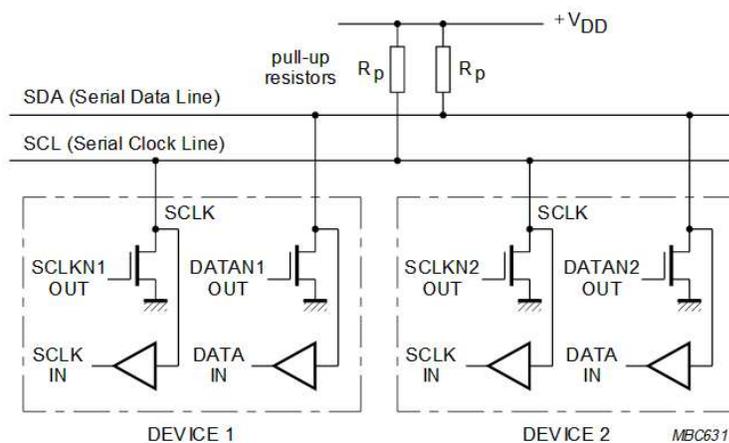
(注記) 起動時、1PPS信号入力を検出後、モジュールはセルフキャリブレーションを実行します。セルフキャリブレーションは最大1分間継続します。その間はI2C通信は出来なくなります。

15.0 I²C 通信条件

I²C 通信は、Tx/Rxが相互に行き来する全二重通信は出来ません。この1PPS DOモジュールはI2C通信のスレーブとして動作します。従って自身から通信をおこす事は出来ません。ホストのマイコン (マスター) が常にSCLクロックを供給します(スレーブからはSCLクロックは供給しません)。

I²C モジュールは NXP 社 (旧: フィリップスセミコンダク) の I²C-bus 仕様 version 2.1. ファーストモード (~ 400kbit/s.) に準拠しています。ファーストモードデバイスは 100kbit/s スタンダード I²C-bus システムにも下位互換しています。2線のライン (SDA と SCL) とリファレンス GND のみを必要とします。バスの最大許容容量の 400pF 分までの I2C デバイスを接続できます。

マスターデバイスは、タイミングが微妙なケースで通信遅延が発生した時のために、クロックストレッチ機能が (NXP 社の I2C-bus 仕様 version 2.1. ファーストモードの仕様に準拠) が必要です。

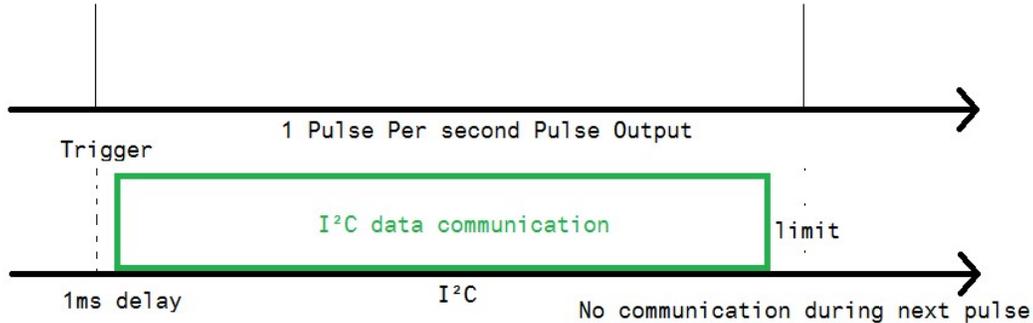


Connection of Standard- and Fast-mode devices to the I²C-bus.

標準的なファーストモードのI2C-bus デバイスの接続例

注記: 1pps 出力とI2C通信のタイミングについて

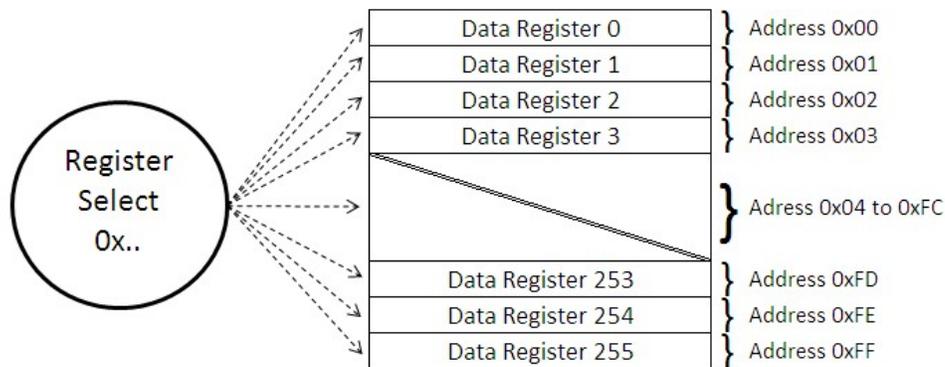
1PPS出力の同期エラーの問題を避けるために、I2C通信の コマンド送信のトリガに1PPS出力を使うことを強く推奨します。1PPS出力の間にI2C通信が行われた場合、モジュール内部の1PPS位相差比較回路や1PPS生成回路が影響を受けて特性の劣化につながる場合があります。I2C通信のコマンド送信は1PPS出力が有効になってから行う必要があります。このことは同一バス上の他のデバイスの通信には影響はありません。



一般的に知られているようにI2Cのマスターデバイスがデータ読み込み中に外れる（リセットされるなど）とI2Cバスはハングアップする場合があります。これはI2Cバスが最小クロックレートを指定していないために発生します。従ってスレーブのSDAラインがLowになっている読み込み中にマスターがリセットされた場合、スレーブは次のSCLのクロックエッジが来るまでSDAラインをLowのまま保持してしまいます。この状態ではマスターから正しくデータ送信が出来ません。このような状態になってしまった場合は以下の手順でバスのハングアップの状態から抜け出すことが出来ます。

1. マスターデバイスにて9クロック分のSCLクロックを生成します。
2. 各SCLクロック出力毎に、SCL=Hiの時のSDAラインの状態 (Hi か Lowか) を確認します。
3. 2でSDAラインが Hiになった場合には、 マスターはスタートコンディションを送れるようになります。

この1PPS-DOのスレーブアドレスは デフォルトで『0xE0』となっています。リクエストにより変更は可能です。I2Cインターフェースは256のレジスタアドレスを設定できます。現時点で以下の図の通り数個のアドレスのみ既に使用されています。残りの部分は将来(機能追加時)のために残してある部分と、メーカーで内部演算処理で使うためアドレス設定していない部分があります。



I2C Register Layout

レジスタ詳細内容

次頁のレジスタ詳細の表の項目の説明です。

- Slave Register:** スレーブアドレス送信後に指定するレジスタアドレスです。
- Description:** 名前及び機能。
- Firmware:** サポートしているファームウェアバージョン
- Comment:** レジスタ 及び データの追記事項
- Message Info:** 読み取りデータのバイト数、及びタイプ

Slave Register	0x3E		
Description	温度センサ値の読み取り (Thermal Indicator)		
Firmware	1.4+		
Comment	モジュール内の温度センサの値を読み取ります 値の範囲は 0x0000 から 0x0FFFまでで、負極性です。		
Message Info	# bytes	Data-type	
	2	U-Short	

Slave Register	0x41		
Description	周波数制御値の読み取り (Digital Frequency Contorol)		
Firmware	1.4+		
Comment	値の範囲は 0x00000000 to 0x000F4240 までです。 周波数分解能は 1ステップにつき 8E-13 typical です。		
Message Info	# bytes	Data-type	
	4	U-Long	

Slave Register	0x42		
Description	ステータスの読み取り		
Firmware	1.4+		
Comment	モジュールのモード及びその他パラメータの読み取り。 詳細は次頁の『ステータス詳細』を参照してください。		
Message Info	# bytes	Data-type	
	2	Char	

Slave Register	0x50		
Description	製品情報の読み取り		
Firmware	1.4+		
Comment	製品のトレサビリティ情報。 ASCII フォーマット		
Message Info	# bytes	Data-type	
	64	Char	

Slave Register	0x51		
Description	ファームウェアバージョンの読み取り		
Firmware	2.91+		
Comment	ファームウェア名称, バージョン及びリビジョン, リリース日 及び特定のパラメータ。 ASCII フォーマット		
Message Info	# bytes	Data-type	
	128	Char	

Slave Register	0x52		
Description	タイムインターバルエラー値の読み取り		
Firmware	1.4+		
Comment	ns単位でのタイムインターバルエラー値。『+2000ns』のオフセットが設定されています。 モジュールが外部1PPS入力にロックして1PPSの位相比較が出来る様になっている場合のみ 値を読み取り可能です。		
Message Info	# bytes	Data-type	
	2	U-Short	

ステータス詳細

ステータスチャンネルは以下のビットフィールド情報になります

上位ビット (MSB)								下位ビット (LSB)						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	/P.Out	Syst.F	1	HV	Lock Status	IsPPS
MSB ビットは常に 0x00 になります														
0	通常動作時は常に "0" になります (メーカー調整時使用ビット)。													
/P.Out	0: 1PPS出力が Pin A から出力されている状態 1: 1PPS出力が Pin A から出力されていない状態													
Syst.F	System Fail check. If PPS has been provided.													
1	通常動作時は常に "1" になります (メーカー調整時使用ビット)。													
HV	1: Pin Bに1PPS入力が無く、Holdoverの状態 (*1) 0: Pin Bに1PPS入力があり、Holdover出は無い状態													
Lock Status	b00: システムが起動直後 (Warm-upモード, Free runモード) b01: システム起動後 30秒~30分の間/安定化期間 (Run1 モード) b10: システム準備完了 (30分以上経過後) (Run2 モード)													
IsPPS	有効な1PPS入力があるか? 0: 無し / 1: 有り													

Write アクセス

このデバイスは書き込みアクセスは出来ません

16.0 マーキング

Parameter	Description
マーキング方法	ラベル表示
バーコード	データマトリックス
1行目	RAKON
2行目	STP3521 LF
3行目	10 MHz
4行目	[SN: LNnnnn] = シリアル番号 (L:英字1文字 + Nnnnn :数字5文字)
5行目	[DC: yy ww] = デートコート 西暦年下二桁 / ウィークコード(4 digits)

17.0 はんだ付け・梱包・MSLレベル・保管

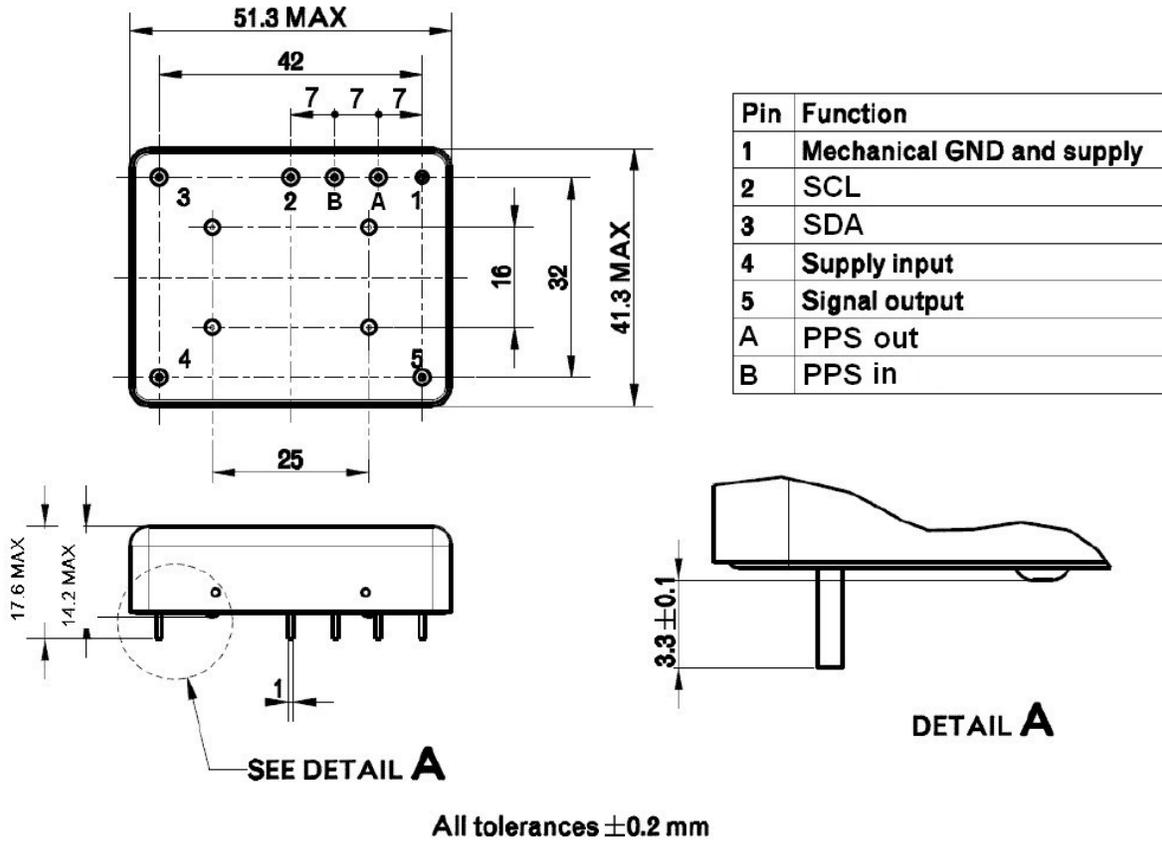
Parameter	Description
はんだ付け	手はんだ実装またはフローはんだ付け (噴流式)
実装条件	実装時に裏面になる場合は必ず固定し落下防止の処理をすること
梱包方法	専用導電カートンボックスでの梱包
MSLレベル	MSL1 - 内部気密パッケージ
保管期間	1年以上の保管期間 (非動作) でも故障につながる影響はありません。 ただし長期間の非通電状態からのご使用の際には、経時変化特性を安定させるため 運用前に最大で2週間の連続動作を行って下さい。

18.0 環境仕様²

Parameter	Description
RoHS	2002/95/EC 及び 2011/65/EU に準拠
耐衝撃	IEC 68-2-27 Test Ea. に準拠 (50g, 11ms, ½ sine. 5 方向 x 3 衝撃)
耐振動	IEC 68-2-06 Test Fc. に準拠 (10g, 10-500Hz 30分/1方向 合計: 1.5 時間)

² 耐衝撃、耐振動のテストは非通電でのタイプテストにて。

19.0 Model Outline:



20.0 Application Notes / 関連資料

- Application notes :
 - 093186 - RAKON EVK Hardware Installation Guide 評価ボードキットの使用ガイド
 - 093187 - RAKON EVK Software User Guide 評価ボードキット用ソフトウェアの使用ガイド
- Evaluation Kit ref : 516257 (ROD5242T1 - EVK) 評価ボードの部品番号 : 516257 (ROD5241T1-EVK)

21.0 Specification History / 仕様書改訂履歴

Version	User	書類名・変更点	承認者	発行日
初版発行	Jean-Charles Billebault Didier Thorax	STP3521 LF / Preliminary Datasheet for Generic Disciplined OCXO Platform "ROD5242T1" @ 10MHz Sine (24 hours holdover)	Claude Trialoup	2019-09-18

原本発行元: Rakon Limited

原本:『STP3521 LF / Preliminary Datasheet for Generic Disciplined OCXO Platform
“ROD5242T1” @ 10MHz Sine (24 hours holdover) 』(英語)原本発行日:2019年 9月18日

日本語訳発行: 株式会社多摩デバイス

〒214-0001 川崎市多摩区菅1-4-11

(TEL) 044-945-8028

(URL) <https://tamadevice.co.jp>

(E-Mail) info@tamadevice.co.jp

日本語訳発行日:2020年 5月20日 初版発行

※日本語版の発行にあたっては細心の注意を払っておりますが
不十分な点やお気付きの点がございましたら今後の改善に
役立たせて頂きますのでご意見お聞かせ頂けましたら幸いです。