

RH850/U2Bx, U2Bx-E

R/D コンバータ (RDC3AS)

要旨

本アプリケーションノートは、RH850/U2Bx, RH850/U2Bx-E の $\Delta \Sigma$ ADC 入力 R/D (レゾルバ/デジタル) コンバータ (RDC3AS) の使用例をまとめたものです。

なお、本アプリケーションノートに掲載されているタスク例およびアプリケーション例は動作確認済みですが、実際にご使用になる場合には、必ず動作環境を確認の上ご使用下さいますようお願いいたします。

動作確認デバイス

RH850/U2Bx

RH850/U2B24-E

この資料は、RH850/U2Bx, RH850/U2Bx-E に適用されます。ただし、U2B6 搭載の RDC3AL には適用されません。

目次

1.	はじめに	4
1.1	使用機能	4
2.	R/D コンバータの基礎	5
2.1	レゾルバとレゾルバデジタルコンバータ	5
2.1.1	レゾルバの用途	5
2.1.2	レゾルバの仕組み	5
2.1.3	レゾルバと R/D コンバータの接続	6
2.2	R/D コンバータの仕組み	7
2.2.1	R/D コンバータの概念	7
2.2.2	R/D コンバータの実際の動作	7
2.2.3	R/D コンバータの帯域設定	8
2.3	補足情報	9
2.3.1	モータ制御における角度の取り扱い	9
2.3.2	誤差の発生・発生要因	10
3.	RDC3AS 使用例	11
3.1	動作仕様、初期設定	11
3.1.1	動作仕様	11
3.1.2	システム構成	12
3.1.3	サンプルソフトウェア説明	13
3.1.3.1	ソースファイル・関数一覧	13
3.1.3.2	関数詳細	13
3.2	励磁信号の位相調整	19
3.3	R/D コンバータ使用方法補足	21
3.3.1	制御偏差判定クロック	21
3.3.2	Ki リセット時の入力信号振幅	21
3.3.3	強制ゲイン時の各種ゲイン値	21
3.3.4	DSADC の群遅延補正	21
3.4	励磁信号の入力について	22
3.4.1	DSADC を用いる方法	22
3.4.2	EXT_REF_IN 入力を用いる方法	22
3.5	TPBA で生成した励磁 PWM 信号の平滑化について	23
4.	RDC3AS の異常検出機能	24
4.1	異常検出機能概要	24
4.1.1	R/D コンバータの構成	24
4.1.2	入力経路の異常検出	25
4.1.2.1	レゾルバ信号異常検出	25
4.1.2.2	レゾルバ信号断線異常検出 (cos、sin)	26
4.1.2.3	二乗和振幅異常検出	26
4.1.2.4	励磁周期異常検出	27
4.1.3	トラッキングループの異常検出	27
4.1.3.1	R/D 変換異常検出	28
4.1.3.2	2 経路比較変換異常検出	28

4.2	異常検出機能詳細	29
4.2.1	レゾルバ信号異常検出	29
4.2.1.1	レジスタ設定例	30
4.2.2	レゾルバ信号断線異常検出	31
4.2.2.1	レジスタ設定例	32
4.2.3	R/D 変換異常検出	33
4.2.3.1	レジスタ設定例	36
4.2.4	2 経路比較変換異常検出	37
4.2.4.1	レジスタ設定例	37
4.2.5	二乗和振幅異常検出	38
4.2.5.1	閾値の決定方法例	39
4.2.5.2	レジスタ設定例	40
4.2.6	励磁周期異常検出	41
4.2.6.1	レジスタ設定例	41
4.3	異常検出機能の注意事項	42
4.3.1	レゾルバ信号断線異常検出の注意事項	42
4.3.2	二乗和振幅異常検出の注意事項	42
5.	RDC3AS の自己診断機能	43
5.1	組み込み自己診断(Build in Self-Test)機能	43
5.2	BIST 機能の詳細	43
5.2.1	BIST 機能の分類	43
5.2.2	BIST 機能の実行	44
5.3	BIST 機能の注意事項	48
6.	GTM を使用した励磁信号出力	49
6.1	動作仕様、初期設定	49
6.1.1	動作仕様	49
6.1.2	システム構成	49
6.1.3	サンプルソフトウェア説明	51
6.1.3.1	ソースファイル・関数一覧	51
6.1.3.2	関数詳細	51
6.2	GTM を使用した励磁信号の注意点	55
7.	Sin, Cos 補正機能	56
7.1	補正機能概要	56
7.2	外乱が出力角に与える影響と適用される補正機能	57
7.2.1	SIN,COS ゲイン補正機能	57
7.2.2	SIN,COS コモンオフセット補正機能	58
7.2.3	SIN,COS 位相補正機能	59
7.2.4	SIN,COS 角度補正機能	61
7.3	補正機能の注意事項	62

1. はじめに

本アプリケーションノートでは、RH850/U2B, RH850/U2B-E の $\Delta \Sigma$ ADC 入力 R/D (レゾルバ/デジタル) コンバータ (RDC3AS) の使用方法を掲載しています。

1.1 使用機能

本アプリケーションノートで使用する RH850/U2B, RH850/U2B-E のハードウェア機能を以下に示します。

- ・ $\Delta \Sigma$ ADC 入力 R/D (レゾルバ/デジタル) コンバータ (RDC3AS)
- ・ $\Delta \Sigma$ ADC (DSADC)
- ・ タイムパターンバッファ (TPBA)
- ・ ペリフェラルインタコネクション (PIC)
- ・ 端子機能 (PORT)

2. R/D コンバータの基礎

2.1 レゾルバとレゾルバデジタルコンバータ

2.1.1 レゾルバの用途

レゾルバは角度センサとして、厳しい環境条件が要求される用途に使用されます。

主な用途

自動車用途・航空宇宙関連・工場関連・その他劣悪な環境における角度検出

軸の角度検出のほか、車載分野ではHV車、EV車等に搭載されたモータの制御に用いられます。

図 2-1 に、レゾルバとレゾルバデジタルコンバータ（以後 R/D コンバータ）を用いたブラシレス DC モータ制御の例を示します。

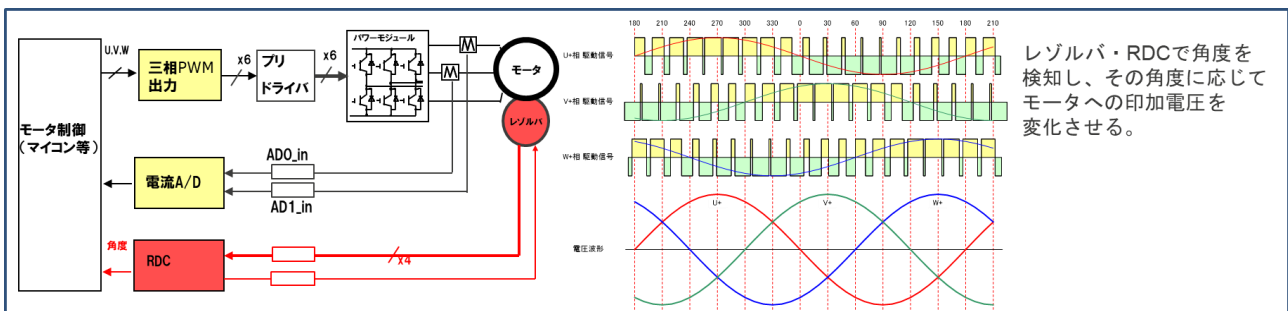


図 2-1 ブラシレス DC モータ制御例

2.1.2 レゾルバの仕組み

レゾルバとは、回転軸の角度を検知するセンサで、模式的に図 2-2 の様に表されます。2本の励磁信号入力端子 (Ex+,Ex-)と4本の角度信号出力端子 (S1,S3,S2,S4)を持つアナログの装置です。励磁信号入力端子に交流の励磁信号を入力することにより、角度信号出力端子から、角度情報を持った信号を得ることができます。

角度信号出力端子から出力された信号は R/D コンバータを用いてデジタル値の角度 (レゾルバ角: θ) に変換されます。S1-S3 間、S2-S4 間、および Ex+-Ex-間は巻き線であり、直流的にはショートとなっています。

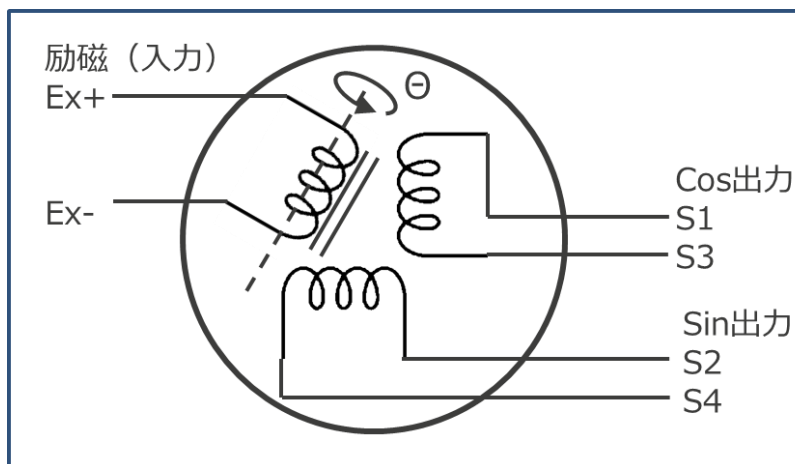


図 2-2 レゾルバの仕組み

レゾルバは、一次巻線 (励磁) と 2つの二次巻線 (Cos 出力, Sin 出力) との間の磁気結合の量が回転軸の角度に応じて変化する可変結合トランスとして動作します。

$$\text{励磁信号(入力)} : f(\omega t) = (Ex+) - (Ex-) = E1 \cdot \sin(\omega t)$$

$$\text{周波数} (\omega) \sim 10\text{kHz}$$

$$\text{Cos 信号(出力)} : S1-S3 = k \cdot \cos(\theta) \times f(\omega t)$$

Sin 信号(出力) : $S2-S4 = k \cdot \sin(\theta) \times f(\omega t)$

θ = 軸角度

2.1.3 レゾルバと R/D コンバータの接続

レゾルバから角度を取得するのに必要な接続を図 2-3 に示します。レゾルバに、励磁信号を入力し、レゾルバからの出力を受け取ります。耐ノイズ性を考慮して、出力は差動アンプで受け取ることが一般的です。差動アンプは R/D コンバータに内蔵されている場合があります。R/D コンバータに参照信号発生機能がない場合は、外部から R/D コンバータおよび励磁バッファアンプに参照信号を入力します。

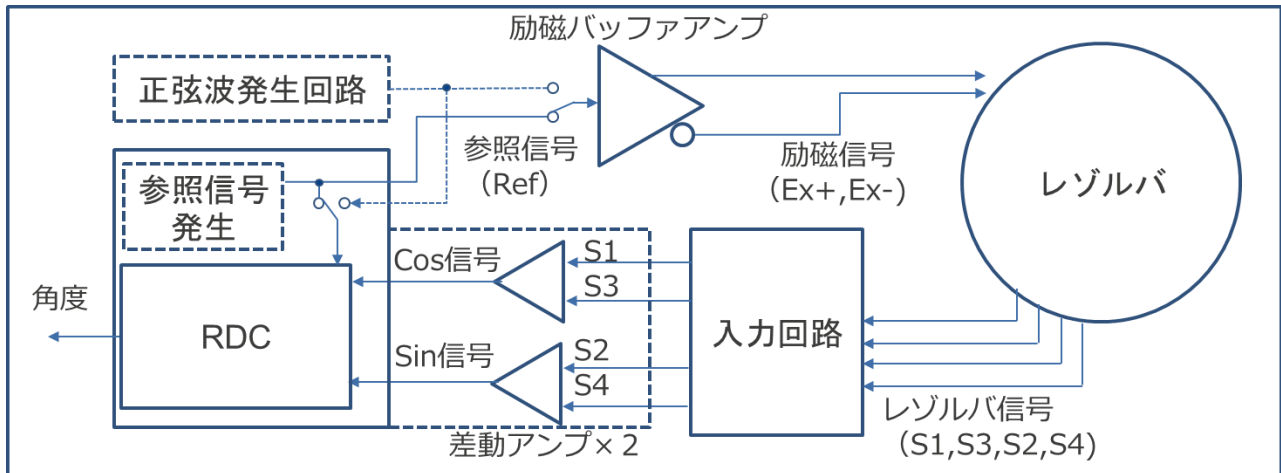


図 2-3 レゾルバと R/D コンバータの接続例

レゾルバへ入力する励磁信号、得られるレゾルバ信号の具体例を図 2-4 に示します。

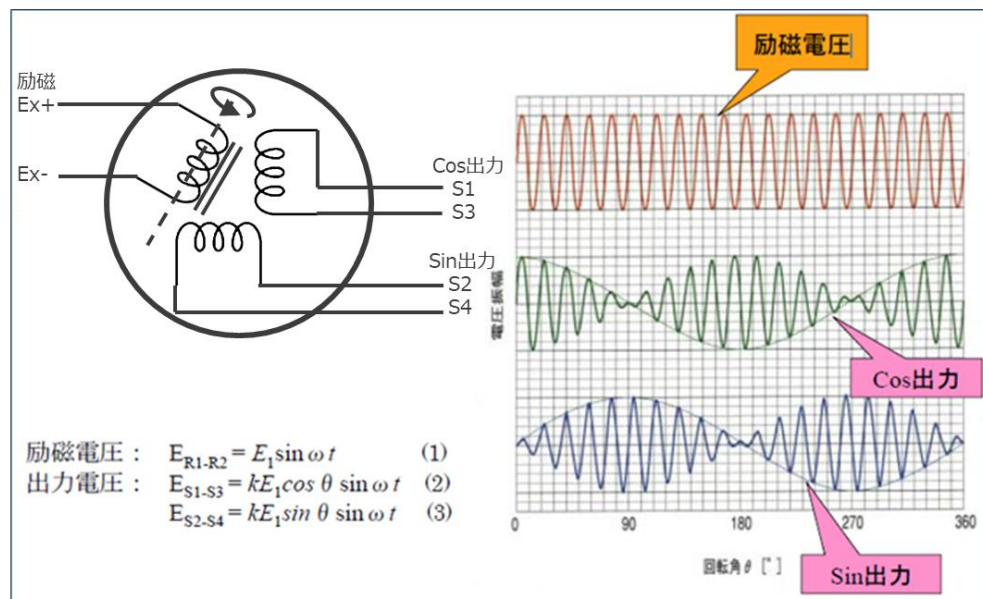


図 2-4 レゾルバの入出力信号例

2.2 R/D コンバータの仕組み

2.2.1 R/D コンバータの概念

R/D コンバータはレゾルバの出力信号 (Cos 信号と Sin 信号)、および参照信号から、角度フィードバックを持ったトラッキングループを使って求めます。図 2-5 に概念図を示します。レゾルバ出力信号と、直前の出力角度の差分を偏差として求め、偏差の正負により、角度の増減を決定します。出力角度が正しい時 (入力角度 θ = 出力角度 Φ)、偏差 ε は 0 となります。

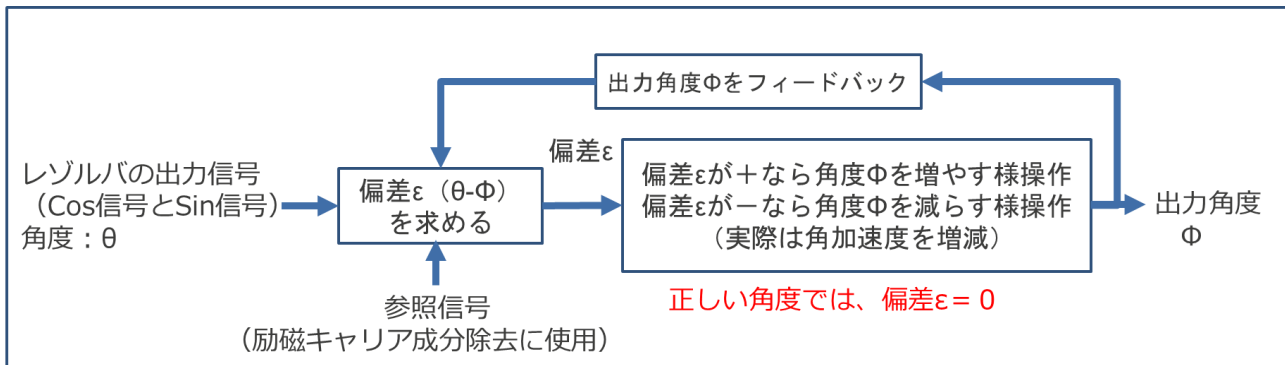


図 2-5 R/D コンバータの概念

2.2.2 R/D コンバータの実際の動作

R/D コンバータは Cos 信号と Sin 信号、および参照信号から、デジタル角度を求めます。R/D コンバータには入力信号の角度 (θ) と内部保持角度 (Φ) の差がなくなるように、図 2-6 のようなフィードバックループが組まれています。

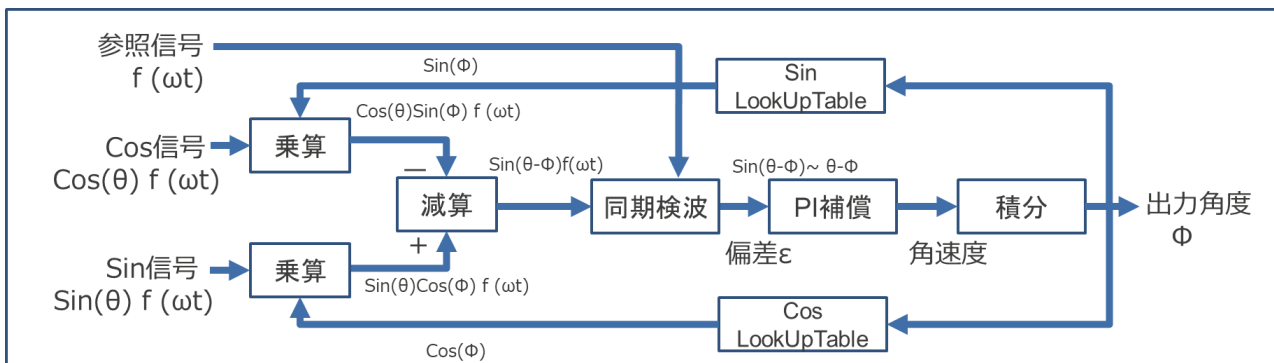


図 2-6 R/D コンバータのフィードバックループ

R/D コンバータは以下の原理で角度を算出します。

$$\text{Cos 信号と Look Up Table の Sin 項を乗算} \quad \text{Cos}(\theta) \cdot f(\omega t) \cdot \text{Sin}(\Phi) \quad \text{-①}$$

$$\text{Sin 信号と Look Up Table の Cos 項を乗算} \quad \text{Sin}(\theta) \cdot f(\omega t) \cdot \text{Cos}(\Phi) \quad \text{-②}$$

$$\text{②-①を計算} \quad (\text{Sin}(\theta) \cdot f(\omega t) \cdot \text{Cos}(\Phi)) - (\text{Cos}(\theta) \cdot f(\omega t) \cdot \text{Sin}(\Phi))$$

$$= ((\text{Sin}(\theta) \cdot \text{Cos}(\Phi)) - (\text{Cos}(\theta) \cdot \text{Sin}(\Phi))) \cdot f(\omega t)$$

$$(\text{Sin}(\theta) \cdot \text{Cos}(\Phi)) - (\text{Cos}(\theta) \cdot \text{Sin}(\Phi)) = \text{Sin}(\theta - \Phi) \quad \text{より}$$

$$= \text{Sin}(\theta - \Phi) \cdot f(\omega t) \sim (\theta - \Phi) \cdot f(\omega t) \quad \text{-③}$$

入力された $f(\omega t)$ を用いて同期検波で $f(\omega t)$ を消去

$$(\theta - \Phi) \cdot f(\omega t) \rightarrow \theta - \Phi = \varepsilon \quad \text{-④}$$

ε は本制御ループの制御偏差となります。負帰還制御により、この制御偏差がゼロになるようにフィードバックをかけます。 $\theta = \Phi$ となれば、レゾルバのアナログ角度情報がデジタル角度 Φ に変換されたこととなります。ループ内のPI補償器等で応答速度を設定します。

2.2.3 R/D コンバータの帯域設定

R/D コンバータを使用する場合、PI補償器の帯域を設定します。帯域は周波数で表されます。設定した周波数が高いほど、応答が早くなりますが、ノイズ等の影響が大きくなります。逆に、低い周波数を設定すると、応答は遅くなりますが、ノイズに強く、R/D コンバータの出力が安定します。

R/D コンバータの中には帯域を自動調整する機能を持つものがあります。この機能を使うと、安定状態では帯域を低く設定し出力を安定させる一方、加速など早い応答が必要な時は、帯域を自動的に高く設定します。ルネサスマイコンに搭載されたR/D コンバータには、帯域の自動調整機能が搭載されています。

R/D コンバータの帯域設定は、加速、あるいは角度ステップへの応答速度に影響を与えますが、定常回転時の最高速度には影響を及ぼしません。たとえば、帯域を低く（200Hz程度）設定しても、ゆっくり加速するのであれば、最終的な速度が高速（例えば1000Hz=60000rpm）であっても追従が可能です。また、高速で安定的に回転している状態は、R/D コンバータ内部は安定状態（ ε が小さい）で、自動調整では帯域は低く設定されます。

PI補償器の帯域を変化させた時の出力変化を図2-7に示します。

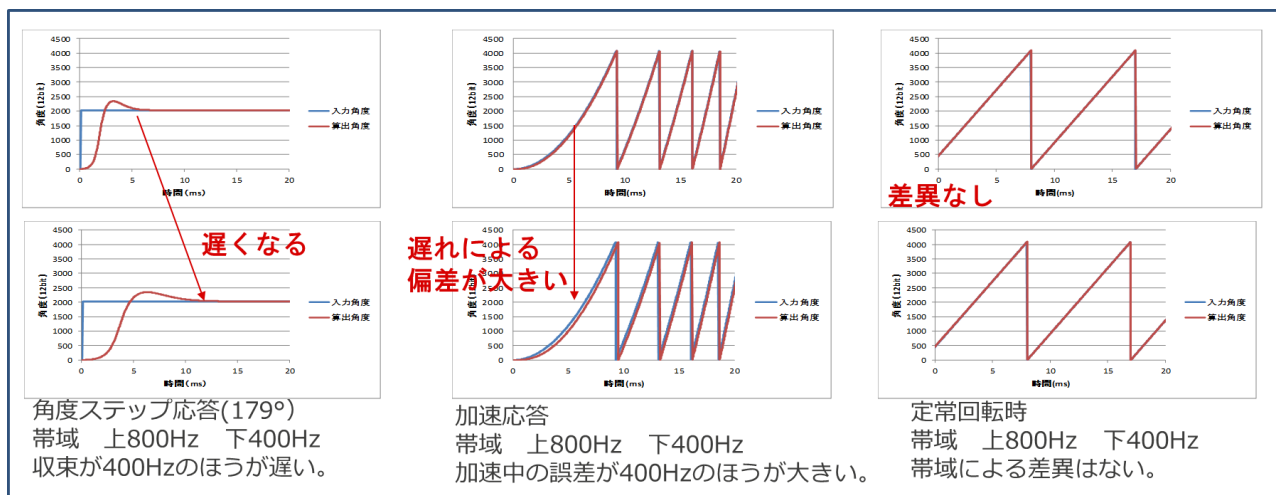


図 2-7 PI補償器の帯域変化による出力変化

2.3 補足情報

2.3.1 モータ制御における角度の取り扱い

ブラシレス DC モータの制御では、モータの軸角度に応じて、モータへの入力電圧を変化させます。この際、モータの機械的な軸角度（機械角）、レゾルバの出力角度（レゾルバ角）、モータへ印加する電圧を求める角度（電気角）は、極数の関係で等しくない場合があるため、注意が必要です。本資料における用語の定義は以下のとおりです。

- ・ 機械角 モータの機械的な軸角度
- ・ レゾルバ角 R/D コンバータから出力される角度
- ・ 電気角 モータに印加する電圧を求める角度
- ・ レゾルバ極数 機械角とレゾルバ角の比（機械角：レゾルバ角 = 1：レゾルバ極数）
- ・ モータ極対数 機械角と電気角の比（機械角：電気角 = 1：モータ極対数）

例：レゾルバ極数 2、モータ極対数 4 の場合

モータの機械軸が 1 回転する間に、レゾルバ角は 2 回転し、モータへの電圧は 4 回転します。この場合、制御装置では、レゾルバ角を 2 倍（モータ極対数/レゾルバ極数）して、モータへの印加電圧を計算します。角度オフセットなども極数を考慮する必要があります。

ブラシレス DC モータで、モータ極対数を大きくする理由は、トルク（モータの回転力）を大きくすることができるためです。VR レゾルバの極数が 2 以上のため、機械角と電気角・レゾルバ角が等しいことはありません。一方レゾルバ極数とモータ極対数が同じ場合は、電気角とレゾルバ角は等しくなります。

図 2-8 にレゾルバ極数=2、モータ極対数=4 の場合の角度関係の例を示します。

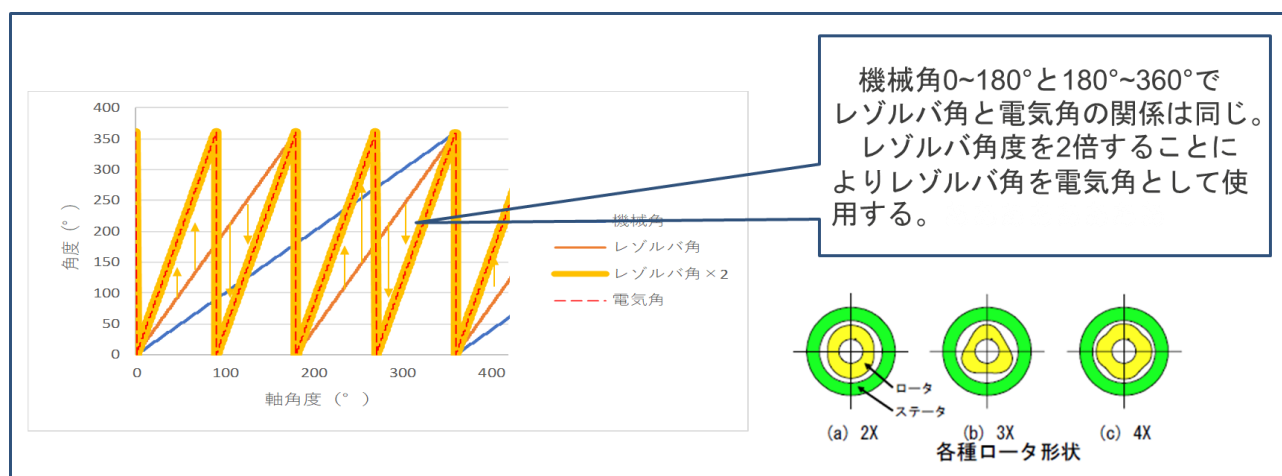


図 2-8 極数と角度の関係

レゾルバの極数が大きいと、機械角の絶対値が分からなくなります（機械角 X 度と X+180 度が区別できません）。しかしモータ制御用途では、モータの極対数 \geq レゾルバ極数であれば、相対角度で回転制御の問題にはなりません。

なお機構上、VR レゾルバの極数は 2 以上の値を取ります。

2.3.2 誤差の発生・発生要因

R/D コンバータの入力信号が理想的でない場合、算出角度に誤差を生じます。誤差の主な要因は下記のものであります。

- ・ Sin 信号と Cos 信号の振幅がそろっていない。
- ・ Sin 信号、あるいは Cos 信号にオフセットがのっている。
- ・ Sin 信号、Cos 信号、Ref 信号の間に大きな位相差がある。
- ・ Sin 信号、Cos 信号が歪んでいる。
- ・ レゾルバが傾いて取り付けられている。

これらが要因の場合、誤差は回転ごとに周期をもつ場合が多く見られます。図 2-9 に Sin 信号と Cos 信号の振幅が合致していない場合の算出角度を示します。1 回の回転につき誤差が 2 周期の割合で発生している様子を読み取ることができます。

算出角度に誤差がみられる場合、原因を究明して是正する等、対策を講じる必要があります。

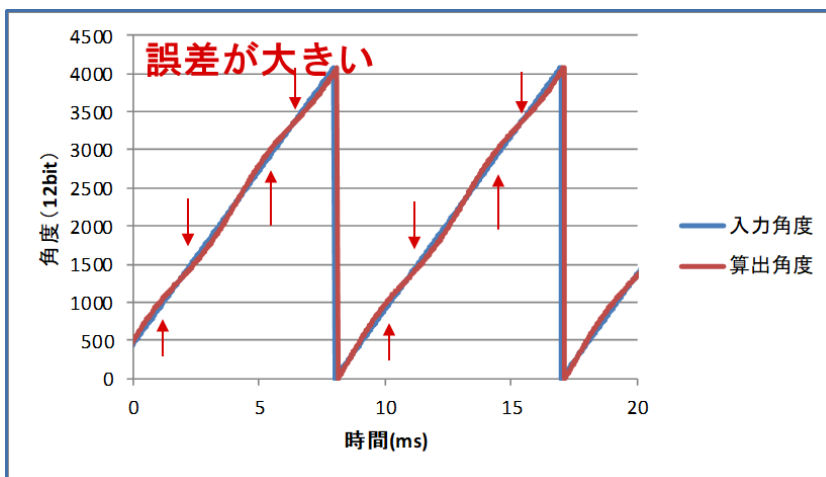


図 2-9 振幅が合致しない場合の算出角度

3. RDC3AS 使用例

3.1 動作仕様、初期設定

3.1.1 動作仕様

本動作例では、VR レゾルバを使用し、レゾルバから出力される信号から角度を算出します。

動作仕様は下記のとおりです。

- ・ 励磁信号周波数 10kHz ※
- ・ 励磁信号は TPBA から出力するとともに、LSI 内接続で RDC3AS に入力 ※※
- ・ レゾルバモードは VR レゾルバモード
- ・ 最大角速度は 240000rpm、精度は 12bit 精度
- ・ ゲイン調整は自動ゲイン調整に設定

DSADC 設定、励磁信号安定待ち処理を最初に行い、その後 RDC3AS0 の初期化を行います。メイン関数内で角度を取得し、メモリに格納します。

※ “2.R/D コンバータの基礎” の章では、RDC が生成、あるいは RDC に供給されるキャリア信号を参照信号、レゾルバ励磁のために励磁バッファアンプ入力された参照信号から生成される信号を励磁信号と区別してありますが、本章以降ではユーザーズマニュアルに準じて、すべてを励磁信号と表記します。

※※励磁信号の入力に DSADC、あるいは EXT_REF_IN を使用する場合は
“3.4 励磁信号の入力について” を参照してください。

3.1.2 システム構成

図 3-1 にシステム構成を示します。

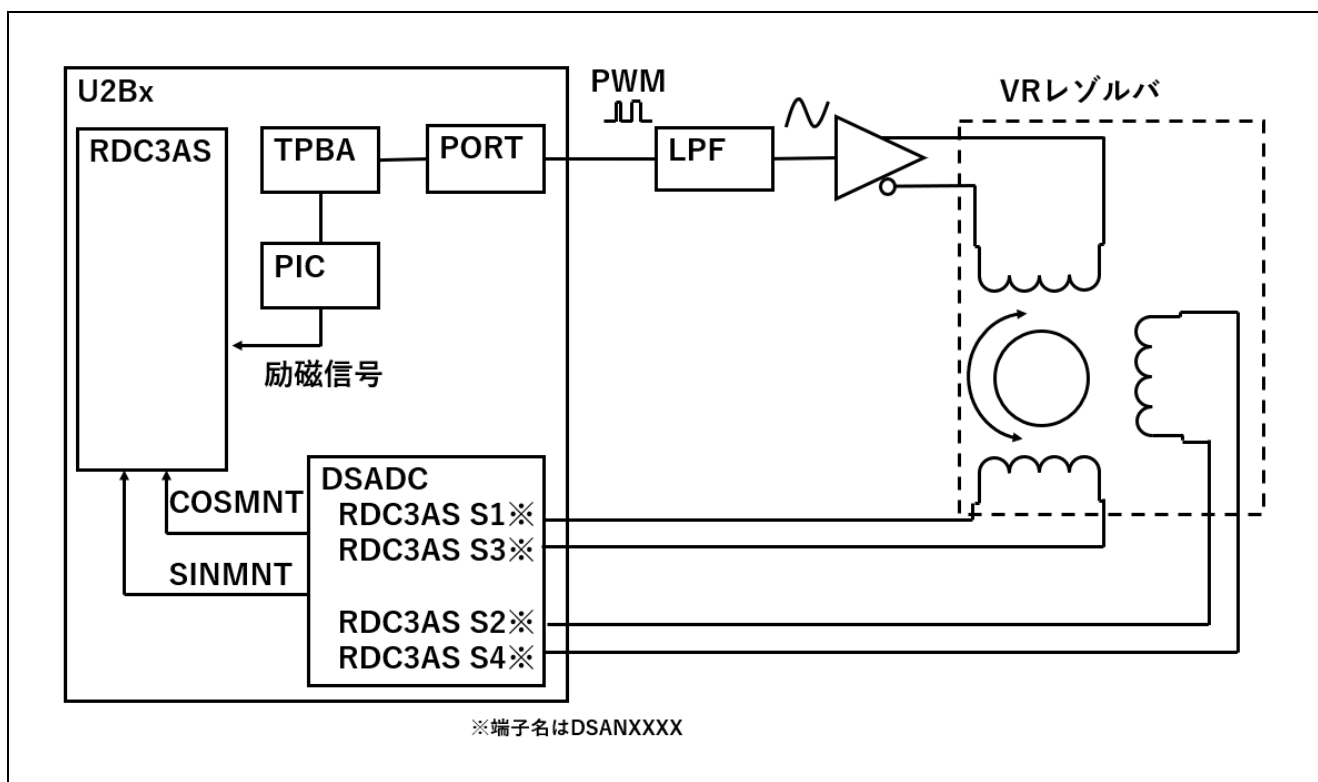


図 3-1 システム構成

各要素 (IP) の動作

- ・ RDC3AS
 - DSADC からの SIN, COS 入力信号および、励磁信号から角度を算出します。
- ・ DSADC
 - レゾルバからの差動信号を受信し、RDC3AS へ出力します。
 - RDC3AS への出力は HW で行われます。
- ・ TPBA
 - 励磁信号 PWM 波形で生成します。生成した波形は PORT を経由して外部に出力されます。
 - TPBA の TPBA_nTINTPAT は PIC を経由して、励磁信号として RDC3AS に入力されます。
- ・ PIC
 - TPBA の TPBA_nTINTPAT を励磁信号として RDC3AS の RDC3AS_n_refpls_timer に入力します。
- ・ PORT
 - TPBA で生成された PWM 信号を外部に出力します。
 - PWM 信号は外部の LPF で連続信号に変換します。

3.1.3 サンプルソフトウェア説明

3.1.3.1 ソースファイル・関数一覧

以下に、本動作例のソースファイル・関数一覧を示します。

表 3-1 ソースファイル・関数一覧

ソースファイル名	関数名	機能
main0.c	main0	プログラムを開始し、各関数の呼び出しを行います。 RDC 動作開始後、ループ内で角度情報の RAM への保存を行います。
rdc.c	rdc3as0_init	RDC3AS0 の初期設定を行います。
dsadc.c	dsadc_init	DSADC の Global 設定を行います。 SIN,COS 端子設定関数を呼び出します。 各チャンネルの同時スタートをトリガします。
dsadc.c	dsadc_cos_init	DSADC の COS 端子設定を行います。
dsadc.c	dsadc_sin_init	DSADC の SIN 端子設定を行います。
dsadc.c	dsadc_ref_init	DSADC の REF 端子設定を行います。※ ※励磁信号を DSADC から行う場合に使用します。
tpba.c	tpba0_init	TPBA0 の設定を行います。
tpba.c	tpba0_enable	TPBA0 の動作を開始します。
pic.c	pic_init	TPBA0 の TPBA0TINTPAT を RDC3AS0 に入力する設定を行います。
port.c	port_init	端子の設定を行います。

3.1.3.2 関数詳細

(1) main0

プログラムの main 関数です。

下記処理を行ったのち、無限ループを行います。無限ループ内で角度を取得し、メモリに格納します。

- ・ PORT 初期化関数の呼び出し
- ・ PIC 初期化関数の呼び出し
- ・ TPBA 初期化関数の呼び出しおよび TPBA0 動作開始関数の呼び出し
- ・ DSADC 初期化関数の呼び出しおよび、動作安定待ちウェイト
- ・ RDC3AS0 初期化関数の呼び出し

(2) rdc3as0_init

RDC3AS0 のスタンバイ解除後、RDC3AS0 の初期設定を行います。動作例における RDC3AS のレジスタ設定値は下記のとおりです。初期設定後、Ki リセットにより内部変数をリセットし、エラー検知の有効化、エラーステータスのクリアを行います。レジスタ設定および動作開始のフローを図 3-2 に示します。

表 3-2 rdc3as0_init レジスタ設定

レジスタ	設定値	内容
RDC3AS0.DSST	0x00000032	$\Delta \Sigma$ ADC 群遅延設定 4.5us (F5) サンプリング周波数 400kHz (F5)
RDC3AS0.PIO	0x00020017	制御偏差判定用クロック 200us ループゲイン設定 自動調整 (BWCS=1 LPGS[2:0]=111)
RDC3AS0.PI1	0x00011B01	最大角速度 240000rpm 精度 12bit (Default 設定)
RDC3AS0.DIAGO	0x001A2933	エラー検知設定 (Default 設定)
RDC3AS0.DIAG1	0xB0000000	エラー検知設定 (Default 設定)
RDC3AS0.REF	0x0A110000 +位相補正值	励磁抽出ノイズフィルタ 未使用 励磁抽出機能 使用 使用センサー選択 VR レゾルバ (SENS=1/EXIO=0) 励磁信号入力 LSI 内タイマ信号を使用 (REFINSL[1:0]=01) 励磁信号選択 period H pulse を使用 (EXRFPSL [1:0]=01) 位相補正值 13us (REFDLCT[15:0]=260 50ns/LSB 変更可)
RDC3AS0.ENCO	0x00000120	Hysteresis を使用しない 励磁のクロス割込み出力許可
RDC3AS0.ETEN	0x00050000	ET タイマ動作許可 AD トリガ有効

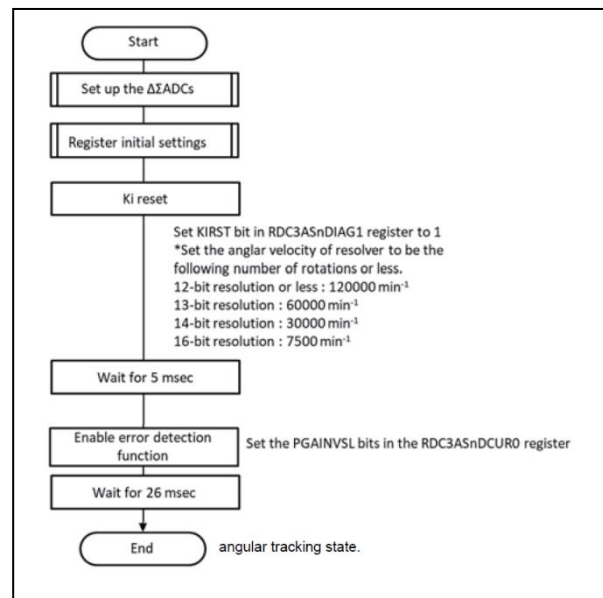


図 3-2 RDC3AS 起動フロー ※

※注 DSADC 初期化は main0 内から DSADC 初期化関数を呼び出して実施します。
本フローはサンプルソフトウェアのために修正されています。詳細はユーザーズマニュアルを参照ください。

(3) dsadc_init

DSADC のスタンバイ解除後、DSADC 全体の設定を行います。

SIN,COS (REF) 個々のチャンネルの設定を行ったのち、すべての CH を同時に動作開始します。

各レジスタの設定値は表 3-3 のとおりです。

表 3-3 dsadc_init レジスタ設定

レジスタ	設定値	内容
DSADC. ADGCR	0x00	符号付き整数出力
DSADC. SYNSTCR	ADSTART=1	同時動作開始

(4) dsadc_cos_init

DSADC の COS 端子設定を行います。各レジスタの設定値は表 3-4 のとおりです。

RDC3AS0 の COS 端子は以下の端子が割り当てられています。

RDC3AS0S1 DSAN150P:AN043
RDC3AS0S3 DSAN150N:AN041

表 3-4 dsadc_cos_init レジスタ設定

レジスタ	設定値	内容
DSADC15. VCRO	0x00000020;	入力ゲイン 1 入力 CH 数 1 CH DFE 未使用 フィルタタイプ F5 差動入力 DSANn0P/DSANn0N
DSADC15. ADTCR	0x40	同時スタート有効
DSADC15. UCR	0x00000000	High Resolution Mode 使用 データフォーマット マスクなし 最終 VC ポインタ 0
DSADC15. VCPTRR	0x00	ポインタ 0 設定
DSADC15. SFTCR	0x00	読み出し後クリアなし 割込み出力無効

(5) dsadc_sin_init

DSADC の SIN 端子設定を行います。各レジスタの設定値は表 3-5 のとおりです。

RDC3AS0 の SIN 端子は以下の端子が割り当てられています。

RDC3AS0S2 DSAN003P:AN012
RDC3AS0S4 DSAN003N:AN013

表 3-5 dsadc_sin_init レジスタ設定

レジスタ	設定値	内容
DSADC00.VCRO	0x00000026	入力ゲイン 1 入力 CH 数 1 CH DFE 未使用 フィルタタイプ F5 差動入力 DSANn3P/DSANn3N
DSADC00.ADTCR	0x40	同時スタート有効
DSADC00.UCR	0x00000000	High Resolution Mode 使用 データフォーマット マスクなし 最終 VC ポインタ 0
DSADC00.VCPTRR	0x00	ポインタ 0 設定
DSADC00.SFTCR	0x00	読み出し後クリアなし 割込み出力無効

(6) dsadc_ref_init

DSADC の REF 端子設定を行います。各レジスタの設定値は表 3-6 のとおりです。

本関数は、励磁信号を LSI 内部で接続する、あるいは EXT_REF_IN 端子を使用する場合、使用しません。

RDC3AS0 の REF 端子は以下の端子が割り当てられています。

RDC3AS0S2 DSAN130P:AN023
RDC3AS0S4 DSAN130N:AN030

表 3-6 dsadc_ref_init レジスタ設定

レジスタ	設定値	内容
DSADC13.VCRO	0x00000020	入力ゲイン 1 入力 CH 数 1 CH DFE 未使用 フィルタタイプ F5 差動入力 DSANn0P/DSANn0N
DSADC13.ADTCR	0x40	同時スタート有効
DSADC13.UCR	0x00000000	High Resolution Mode 使用 データフォーマット マスクなし 最終 VC ポインタ 0
DSADC13.VCPTRR	0x00	ポインタ 0 設定
DSADC13.SFTCR	0x00	読み出し後クリアなし 割込み出力無効

(7) tpba0_init

TPBA0 のスタンバイ解除後、TPBA0 の設定を行います。

各レジスタの設定値は表 3-7 のとおりです。

TPBA0 のデューティ設定レジスタに設定する PWM デューティデータは、配列 `pattern_8bit` に 8 ビットの値で格納されており、`tpba0_init` 内で上位 8 ビット、下位 8 ビットに配置して TPBA0.BUFxx レジスタに格納しています。

TPBA0.CMP0 と TPBA0.CMP1 の設定で 100us 周期 (10kHz) の正弦波 PWM を生成します。

表 3-7 tpba0_init レジスタ設定

レジスタ	設定値	内容
TPBA0.CTL	0x01	PCLK 使用 データ長 8 ビット バッファ長最大 128
TPBA0.TOE	0x01	出力許可
TPBA0.TOL	0x00	High アクティブ
TPBA0.CMP0	99	PWM 周期 1.25us (PCLK 80MHz) ※
TPBA0.CMP1	79	パターン数 ※

※信号周波数の計算

PCLK=80MHz TPBA0.CMP0=99 TPBA0.CMP1=79

$(1 / \text{PCLK}) * (\text{TPBA0.CMP0} + 1) * (\text{TPBA0.CMP1} + 1) = 0.0125(\text{us}) * 100 * 80 = 100(\text{us}) = 10\text{kHz}$

(8) tpba0_enable

TPBA0 の動作を開始します。

各レジスタの設定値は表 3-8 のとおりです。

表 3-8 tpba0_enable レジスタ設定

レジスタ	設定値	内容
TPBA0.TS	0x01	TABAO タイマ動作開始

(9) pic_init

PIC の設定を行います。

各レジスタの設定値は表 3-9 のとおりです。

表 3-9 pic_init レジスタ設定

レジスタ	設定値	内容
PIC24.PIC2RDCEISENO	0x00000001	TPBA0 の TPBA0TINTPAT を RDC3AS0 に入力します。

(10) port_init

PORT の設定を行います。

U2B を使用する際は、I/O 端子 P34_0 を兼用モード 1（出力）に設定し、TPBA0 の出力端子とするよう設定します。

U2B-E を使用する際は、I/O 端子 P02_3 を兼用モード 15（出力）に設定し、TPBA0 の出力端子とするよう設定します。

各レジスタの設定値は表 3-10 のとおりです。※

※設定は PCR レジスタで行うことも可能です。その際はプロテクトの解除が必要です。

表 3-10 piort_init レジスタ設定(U2Bx)

レジスタ	設定値	内容
PORT0.PM34	0xFFFFE	P34_0 を出力に設定します。
PORT0.PFC34	0x0000	P34_0 の兼用モードを 1 に設定。
PORT0.PFCE34	0x0000	
PORT0.PFCAE34	0x0000	
PORT0.PFCEAE34	0x0000	
PORT0.PMC34	0x0001	P34_0 を兼用モードに設定。

表 3-11 port_init レジスタ設定(U2B24-E)

レジスタ	設定値	内容
PORT0.PM02	0xFFFF7	P02_3 を出力に設定します。
PORT0.PFC02	0x0000	P02_3 の兼用モードを 1 に設定。
PORT0.PFCE02	0x0008	
PORT0.PFCAE02	0x0008	
PORT0.PFCEAE02	0x0008	
PORT0.PMC02	0x0008	P02_3 を兼用モードに設定。

3.2 励磁信号の位相調整

VR レゾルバを用いる場合、励磁信号の位相と、レゾルバから入力されるレゾルバ信号のキャリアの位相の位相差をできる限り小さくすることが必要です。この位相差が大きい場合、角度算出精度、追従特性の悪化など RDC の性能に悪影響を与える可能性があります。RDC3AS では下記の手順で励磁信号と、レゾルバ信号のキャリアの位相差を調整することができます。

RDC3AS が動作する環境を準備できたら、下記の手順で位相差を調整します。

なお、レゾルバおよび外部回路が変わると、励磁信号と、レゾルバ信号のキャリアの位相差も変化することがあります。このため、位相調整は実際の運用に近い環境で行います。

1. RDC3AS のイベントタイマを有効化し、A/D Conversion Start Trigger を有効化します。
また、RDC3ASnETMCNT レジスタの RLD[15:0] ビットに、励磁周期の値の 1/4 を入力します。
入力する値は、RDC3AS を ET タイマを有効にして動作させた際の RDC3ASnETCAP レジスタの CAP[15:0] の値の 1/4 とします。レジスタの設定例は表 3-11 のとおりです。

表 3-12 位相調整のための ET レジスタ設定

レジスタ	設定値	内容
RDC3AS0. ETEN	0x00050000	ET 動作許可 AD トリガ有効。※
RDC3AS0. ETMCNT	0x0000XXXX	RLD[15:0] ビットに励磁周期の値の 1/4 を入力 10kHz の場合 1/4 周期は 0x03E7

※ この設定は動作例ではすでに設定済です。

2. RDC3ASn.REF レジスタの REFDLCT[15:0] ビットに暫定値を入力し、RDC3AS を動作させて、RDC3ASnETC の内容を取得します。
3. RDC3ASnETC 値が最大になる様、RDC3ASn.REF レジスタの REFDLCT[15:0] ビットの値を調整します。励磁周波数を 10kHz、設定角度 45 度とし、REFDLCT[15:0] を変化させた際の RDC3ASnETC の値の例を図 3-3 に示します。

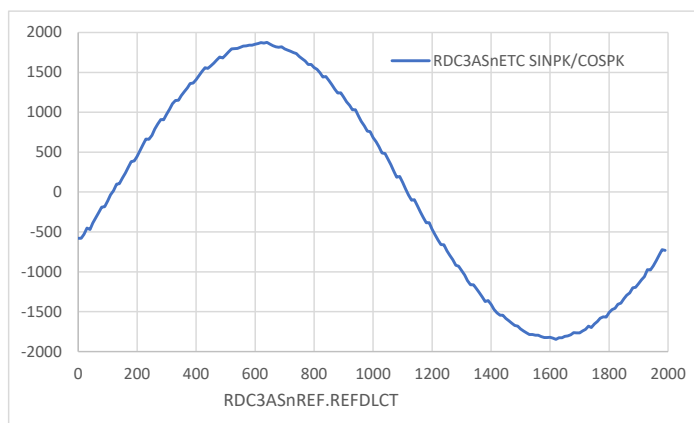


図 3-3 位相調整 (REFDLCT を変化させた際の RDC3ASnETC レジスタ取得値)

この例の場合、REFDLCT[15:0] は 600 付近が適当な値と読み取ることができます。

4. 内部回路補正

REFINSL=01 または 10、かつ、REFETSL=0 の設定において、内部回路により、励磁信号に対し、レゾルバ信号に DSADC サンプリグ周期分の遅延 (ΔT) が生じます。励磁の遅延調整時および励

磁タイマのタイミング決定は、励磁のゼロクロス信号が DSADC の出力更新周期分早いことを考慮して設定値を決定します。

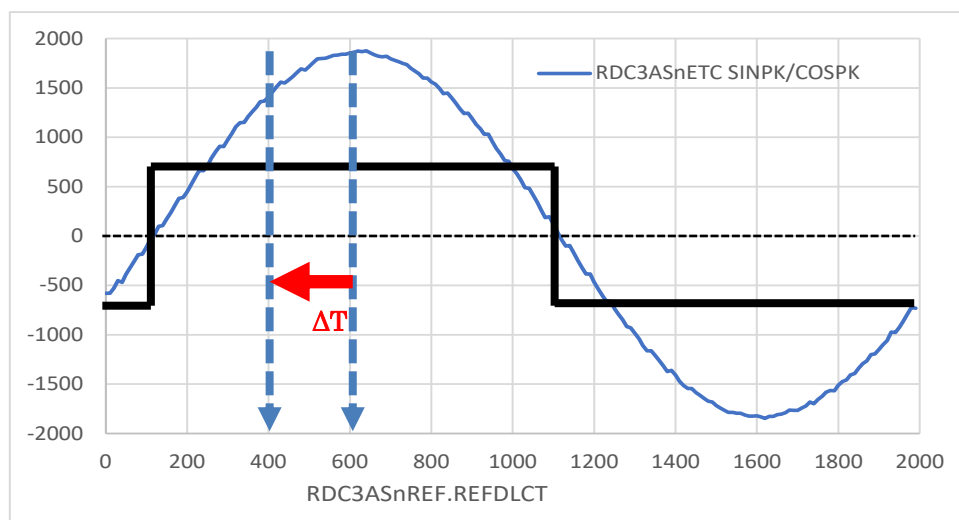


図 3-4 内部回路補正

遅延 (ΔT) は下記の通りです。

表 3-13 内部回路補正のための遅延値 (ΔT)

DSADC 設定	Fs	遅延 (ΔT)
F1a,F3a	100kHz	10us (200 LSB)※
F1b,F2,F3b,F4	200kHz	5us (100 LSB) ※
F5	400kHz	2.5us (50 LSB) ※

※ LSB は REFDLCT[15:0]に設定するために換算した値です。(1LSB=50ns)

例えば図 3-4 の計測結果で、DSADC の設定が F1a の場合、REFDLCT[15:0]には 600-200 で 400 (190H) を設定します。

3.3 R/D コンバータ使用方法補足

3.3.1 制御偏差判定クロック

ユーザズマニュアルでは制御偏差判定クロックを励磁周期以上に設定するように記載しています。追従できないなどの問題が生じる場合、動作を安定させるために制御偏差判定クロックはより長い値を選択してください。

3.3.2 Ki リセット時の入力信号振幅

SINMNT、COSMNT 信号振幅がユーザズマニュアルで指定している振幅より小さい状態で Ki リセットされると、正常ではない信号に角度追従しようとします。その後 SINMNT、COSMNT 信号振幅が正常になったとしても、角度追従できない、もしくは、角度追従までに非常に長い時間が必要となります。

また DSADC は内部のフィルタの特性により、信号受信後も RDC3AS への入力には遅れが発生します。

Ki リセットのタイミングは上記特性を考慮して設計してください。

RDC3AS では、SINMNT、COSMNT 信号振幅は RDC3ASnETC レジスタで確認することが可能です。

3.3.3 強制ゲイン時の各種ゲイン値

強制ゲイン制御のゲインは AGC12 段階が選択され、最初の Kv ゲインは最大(x128)となります。強制ゲイン制御の間は AGC に従って Kv ゲインは自動で決まります。また Ki、Kp ゲインは強制ゲイン制御専用の値に固定されます。

3.3.4 DSADC の群遅延補正

RDC3AS では、DSADC で発生する群遅延に対する補正を RDC3ASnDSST の DSDL[1:0]ビットで設定できます。

3.4 励磁信号の入力について

RDC3AS への励磁信号の入力には、PIC を介して LSI 内部でタイマ出力を入力する方法に加え、DSADC を用いる方法、および EXT_REF_IN 入力を用いる方法があります。以下に方法の概略を示します。

3.4.1 DSADC を用いる方法

DSADC を用いる方法では、SIN 信号、COS 信号と同様に励磁信号の受信を行う DSADC のチャンネルを設定します。

- ・ REF 入力の DSADC の設定後、RDC3ASnREF レジスタの REFINSL[1:0] ビットを 00B に設定します。
- ・ RDC3ASnREF レジスタの EXRFPSL [1:0] ビットを 00B に設定します。

なお、この設定では、PIC の設定は必要ありません。

また、この設定を用いる場合、入力信号の中心レベルが 0 となるように調整してください。中心のレベルにずれがあると、内部の励磁信号のデューティに偏りが生じ、RDC の特性に悪影響を与えるおそれがあります。

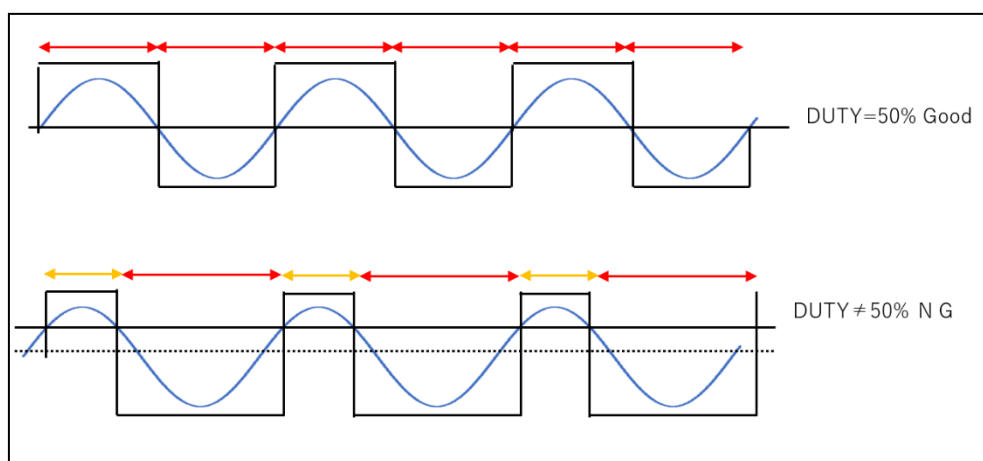


図 3-5 励磁信号のデューティ偏り

3.4.2 EXT_REF_IN 入力を用いる方法

EXT_REF_IN 入力を用いる方法では、RDC3ASnREF の設定および PORT の設定を行います。

RDC3ASnREF レジスタの REFINSL[1:0] ビットを 10B に設定します。

RDC3ASnREF レジスタの EXRFPSL [1:0] ビットを 00B に設定します。

REFPLS_EXIN 端子を設定します。

設定例 : RDC3AS0 への入力 P34-1 兼用モード 3 入力設定 (RDC3AS0_REFPLS_EXIN)

RDC3AS1 への入力 P00-4 兼用モード 8 入力設定 (RDC3AS1_REFPLS_EXIN)

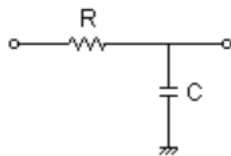
なお、この設定では、PIC の設定は必要ありません。

また、この設定を用いる場合、デューティが 50% となるように調整してください。デューティに偏りがあると、RDC の特性に悪影響を与えるおそれがあります。

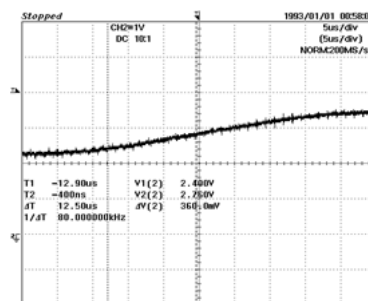
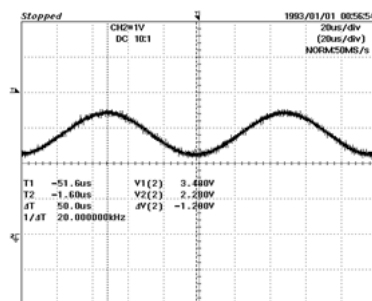
3.5 TPBA で生成した励磁 PWM 信号の平滑化について

サンプルソフトウェアでは、励磁信号を TPBA0 で生成しています。TPBA0 の設定は表 3-7 のとおりです。この設定では、励磁信号は PWM 周期 1.25 μ s(800kHz)の PWM として出力されるため、AC レゾルバで使用する信号とするため、LPF で平滑化することが必要です。出力レベル、リプルなどを考慮して最適な LPF を使用してください。

CR を用いた LPF 設定の例を図 3-6 に示します。



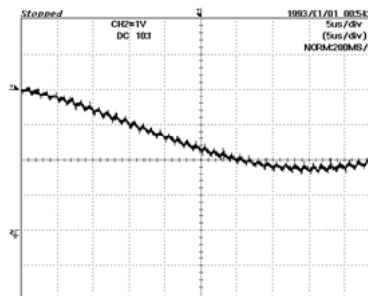
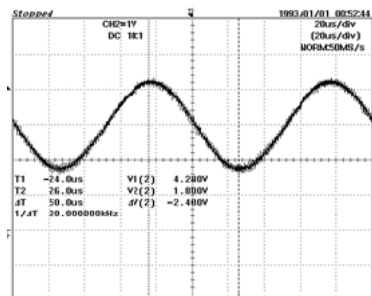
CR フィルタ例



LPF 例 1

C= 1000pF R=33kOHM
Fc ~ 4800Hz

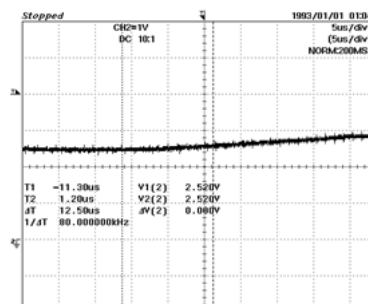
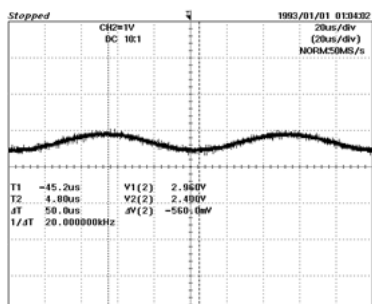
レベル 1.20Vpp
波形良好



LPF 例 2

C= 1000pF R=10kOHM
Fc ~ 16000Hz

レベル 2.48Vpp
波形 リプルが見える



LPF 例 3

C= 1000pF R=100kOHM
Fc ~ 1600Hz

レベル 0.56Vpp
波形 リプルは例 1 と同様
レベルが低く SN 悪化の懸念

図 3-6 CR フィルタを用いた平滑化の例

4. RDC3AS の異常検出機能

4.1 異常検出機能概要

4.1.1 R/D コンバータの構成

レゾルバと R/D コンバータの構成は図 4-1 のようになっています。RDC3AS は DSADC で受信したレゾルバからの入力信号、励磁信号周期、およびトラッキングループに対して異常検知を行うことが可能です。

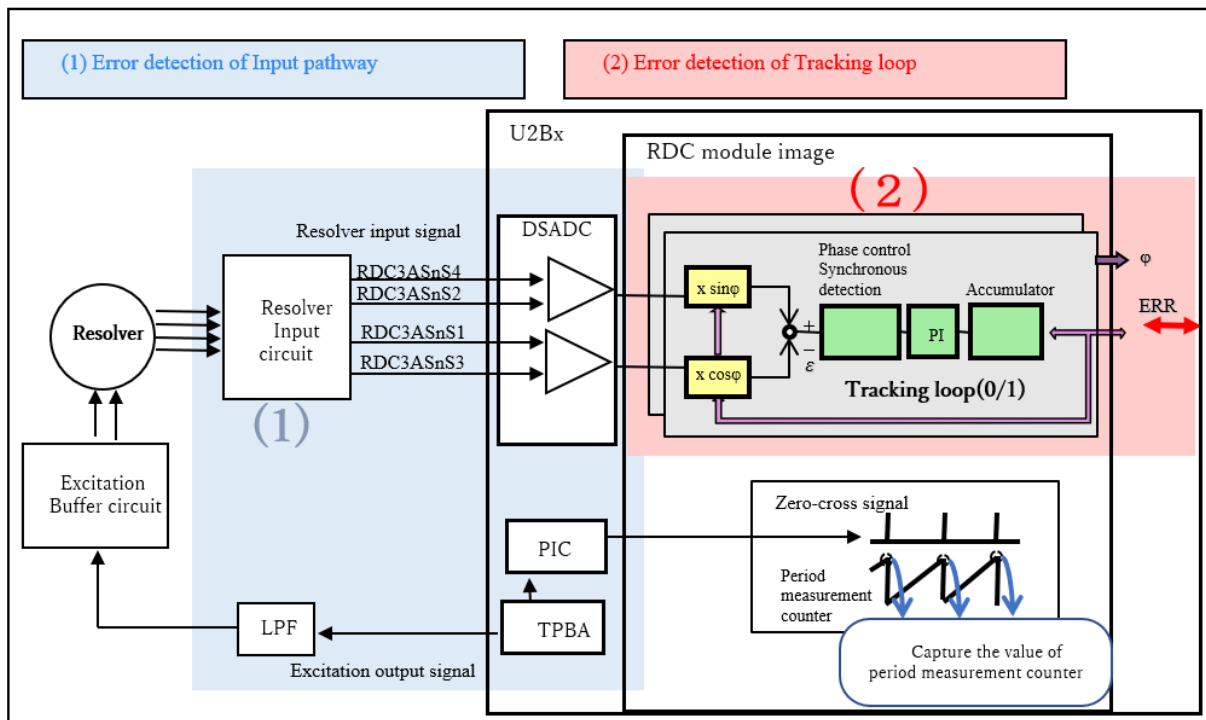


図 4-1 R/D コンバータの簡易構成図

4.1.2 入力経路の異常検出

入力経路の異常検出は下記図に示す 4 種類があります。

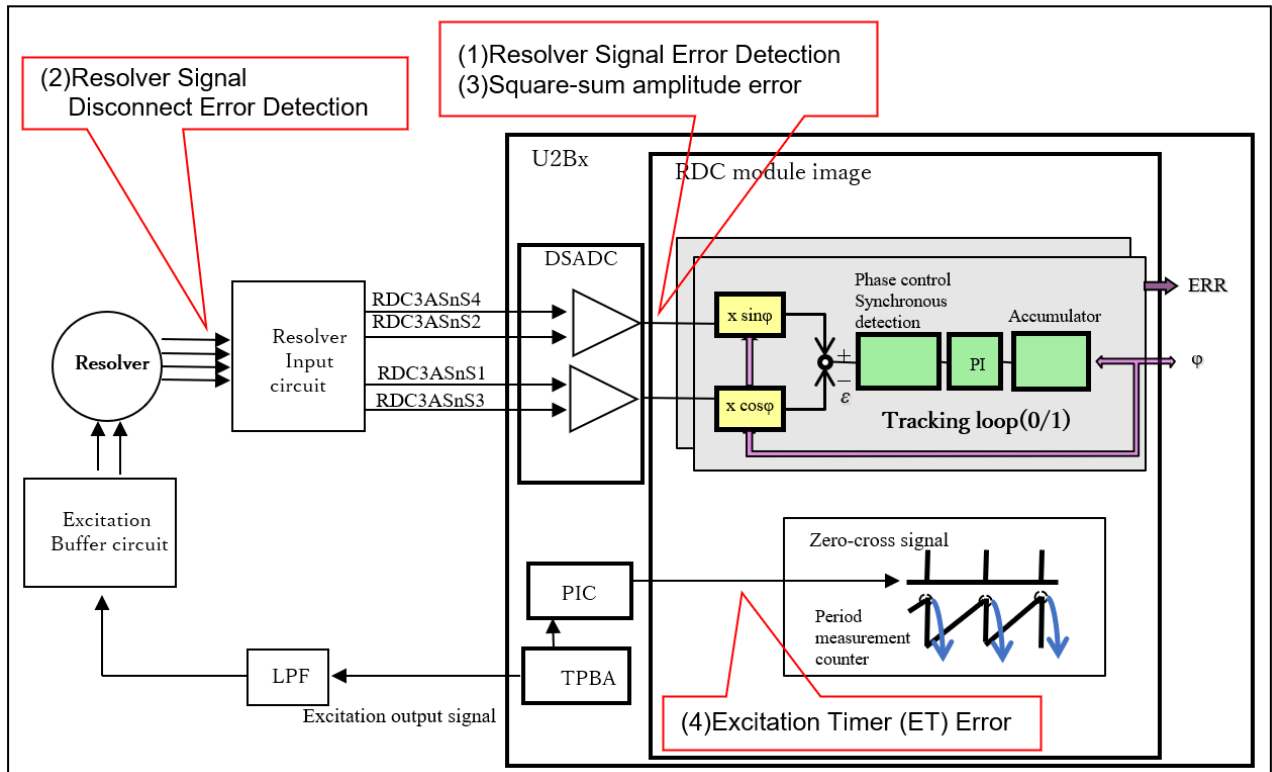


図 4-2 入力回路の異常検出

それぞれの概要は以下の通りです。

4.1.2.1 レゾルバ信号異常検出

励磁信号のエラーに起因するレゾルバ信号の振幅の縮小を検出します。エラーは、閾値内のレゾルバ信号が一定時間続くと発生します。

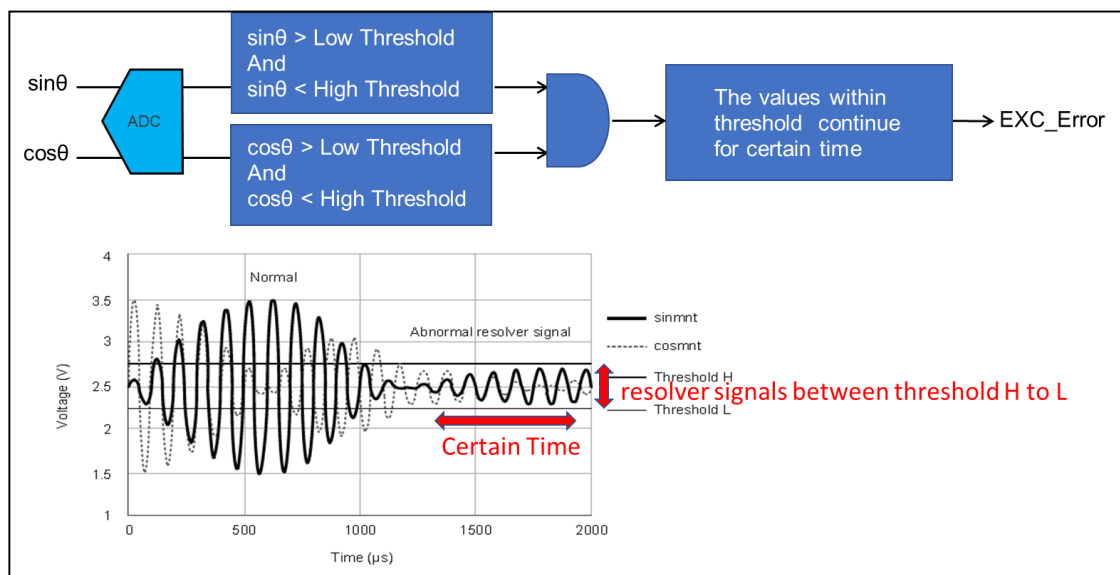


図 4-3 レゾルバ信号異常検出の概要

4.1.2.2 レゾルバ信号断線異常検出 (cos, sin)

レゾルバ信号の断線を検出します。

VR レゾルバの場合は SINMNT、COSMNT の共通電位(振幅の中心電位)が閾値を超えた期間が続くと異常と検出します。DC レゾルバの場合は SINMNT、COSMNT の電位が閾値を超えた場合に異常と検出します。

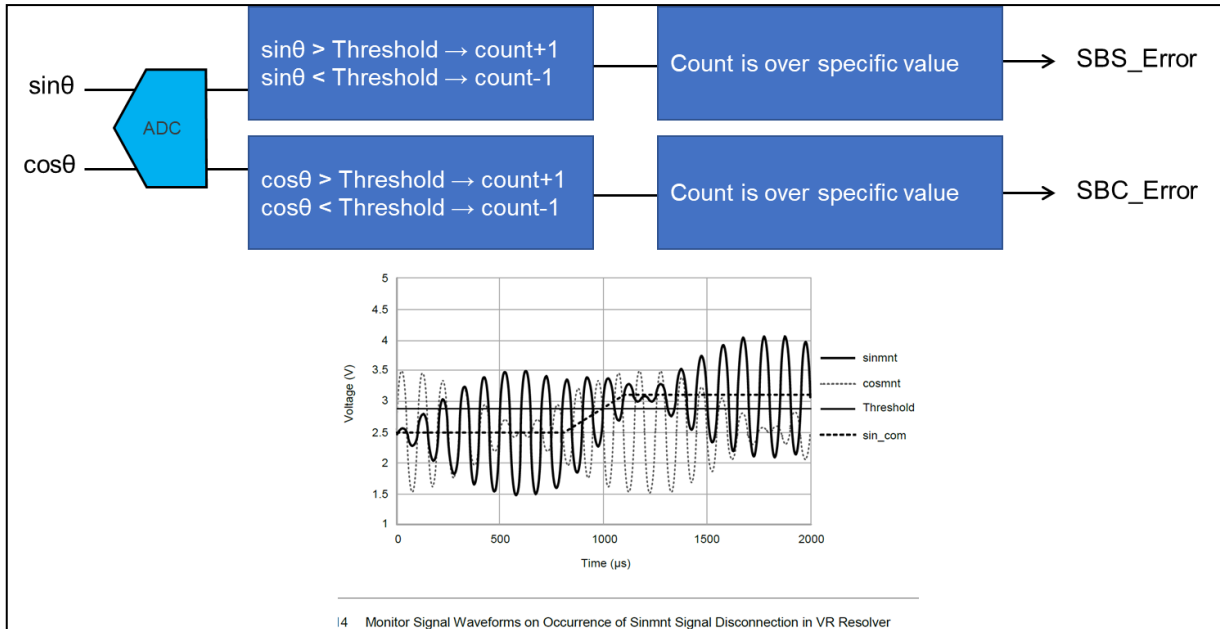


図 4-4 レゾルバ信号断線異常検出 (cos, sin) の概要

4.1.2.3 二乗和振幅異常検出

レゾルバ信号の振幅における変調、歪み、ノイズを検出します。

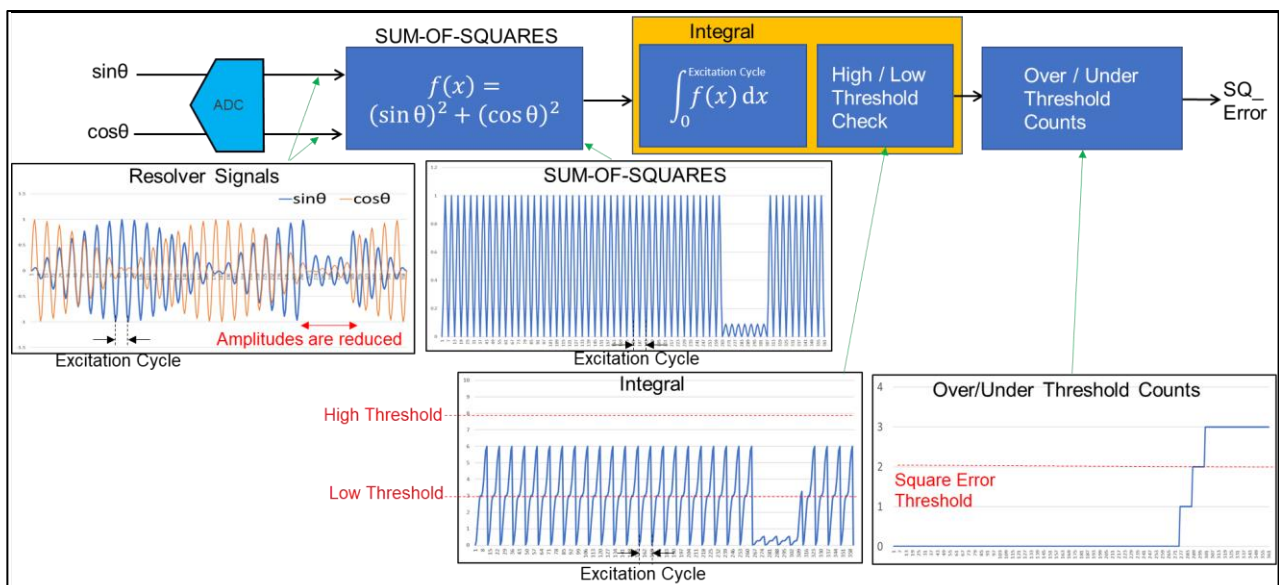


図 4-5 二乗和振幅異常検出の概要

4.1.2.4 励磁周期異常検出

励磁信号の周期を測定します。励磁信号の周期が設定した閾値に達するとエラーが発生します。閾値は、RDC3ASnETCAP レジスタの CMP ビットに設定します。

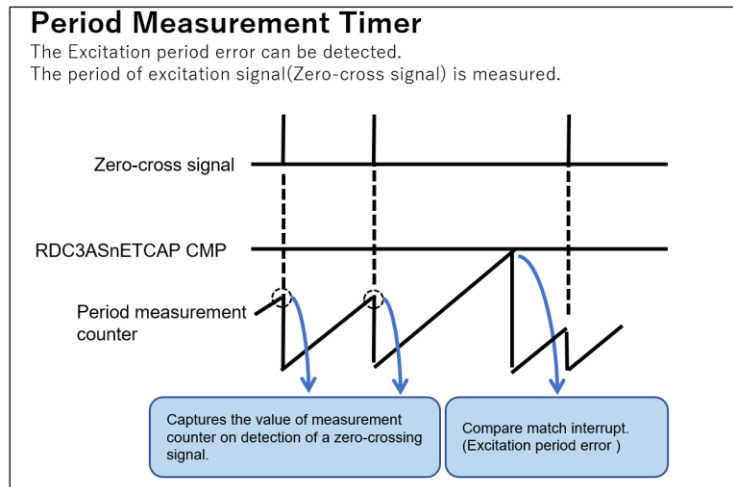


図 4-6 励磁周期異常検出の概要

4.1.3 トラッキングループの異常検出

トラッキングループの異常検出は下記図に示す 2 種類があります。

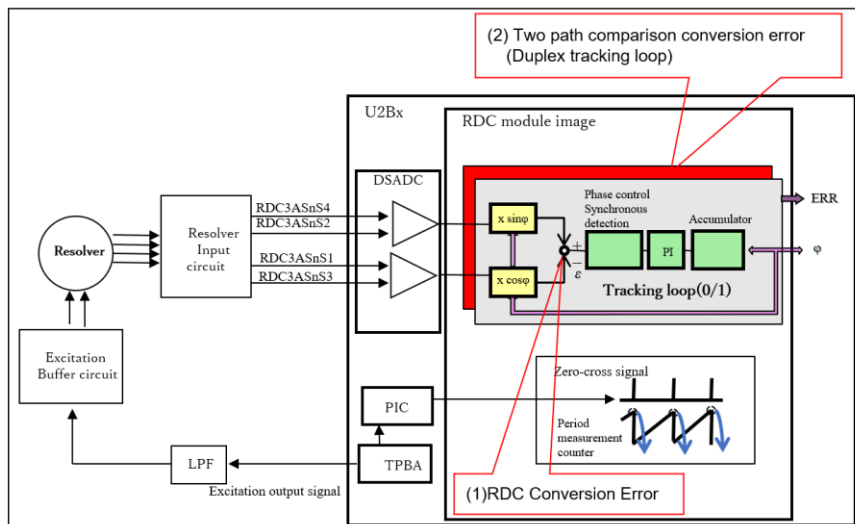


図 4-7 トラッキングループの異常検出

それぞれの概要は以下の通りです。

4.1.3.1 R/D 変換異常検出

R/D 変換ループの制御偏差を監視し、R/D 変換機能の演算エラーを検出します。

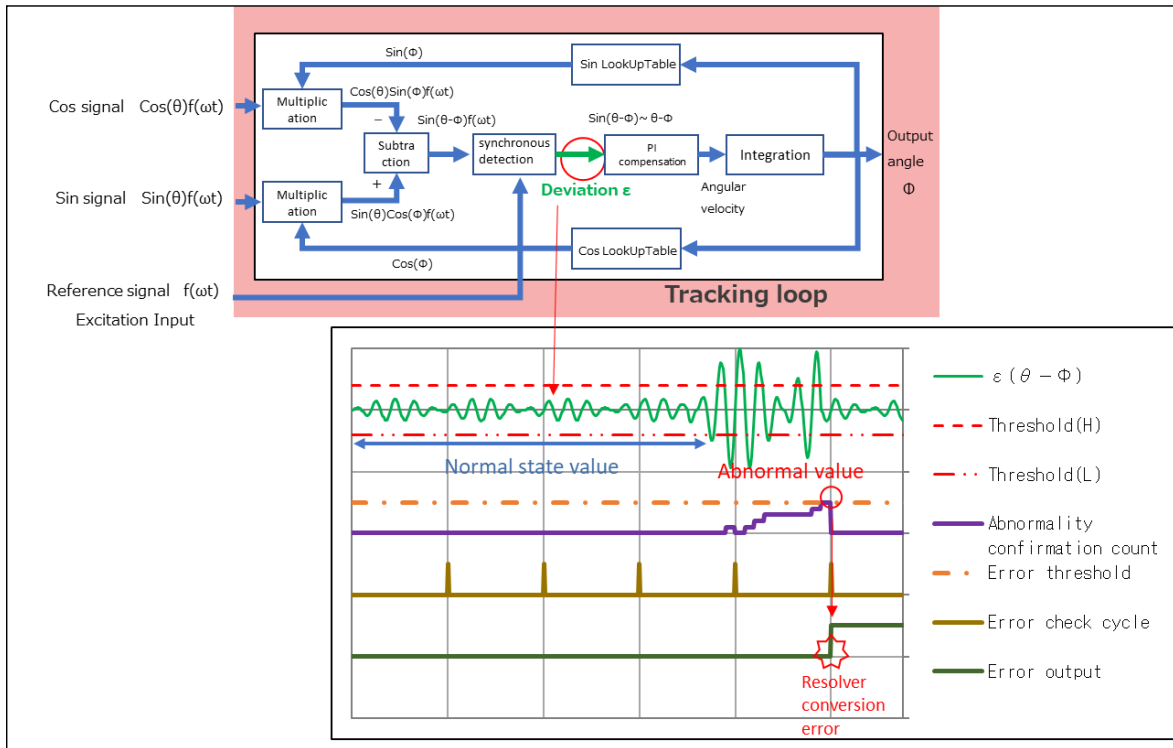


図 4-8 R/D 変換異常の概要

4.1.3.2 2 経路比較変換異常検出

冗長性は、2つのパスでの角度変換の結果を比較することにより監視されます。下記図の phi0 と phi1 の結果は常に比較及び監視されます。phi0 と phi1 の結果が異なる時にエラーが発生します。

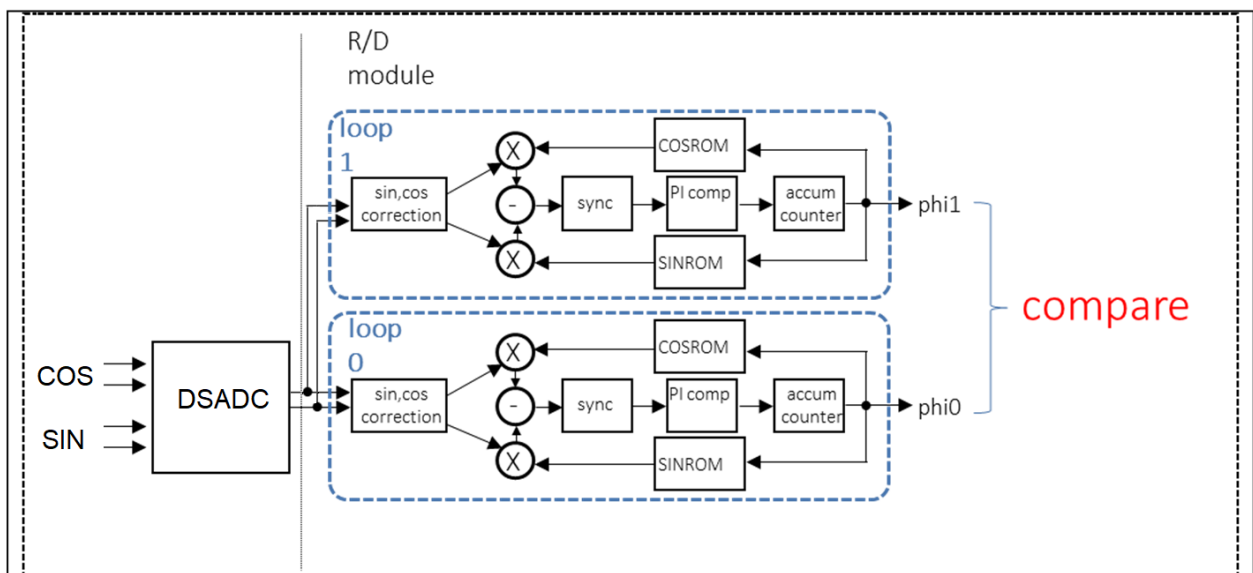


図 4-9 2 経路比較変換異常検出の概要

4.2 異常検出機能詳細

RDC3AS の異常検出方法の詳細について説明します。

4.2.1 レゾルバ信号異常検出

レゾルバに入力される励磁信号の異常によって起こるレゾルバ信号の振幅の縮小を検出します。レゾルバ信号異常が検出されると、RDC 異常割り込み要求信号が“H”になります。

$\Delta \Sigma$ ADC で取得された電圧(RDC3ASnSINMNT と RDC3ASnCOSMNT の両方)の振幅電圧が閾値を下回った状態が約 300 μ s 以上継続した場合にレゾルバ信号異常と判定します。励磁信号を持たない DC レゾルバの場合でもモニタ出力の振幅電圧が閾値を下回った状態が約 300 μ s 以上継続した場合にレゾルバ信号異常と判定します。

閾値は「 $2 \times \text{EXCETH}[7:0] \times 8 \times (\text{ADSVREFH} - \text{ADSVREFL})/4096$ (Vpp)」で設定することができます。

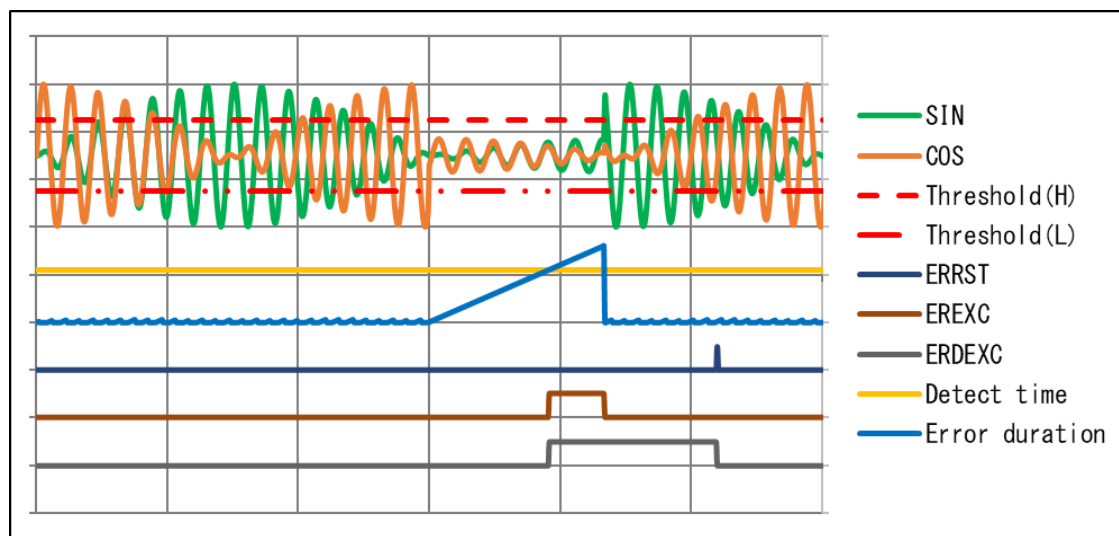


図 4-5 VR レゾルバでのレゾルバ信号異常検出

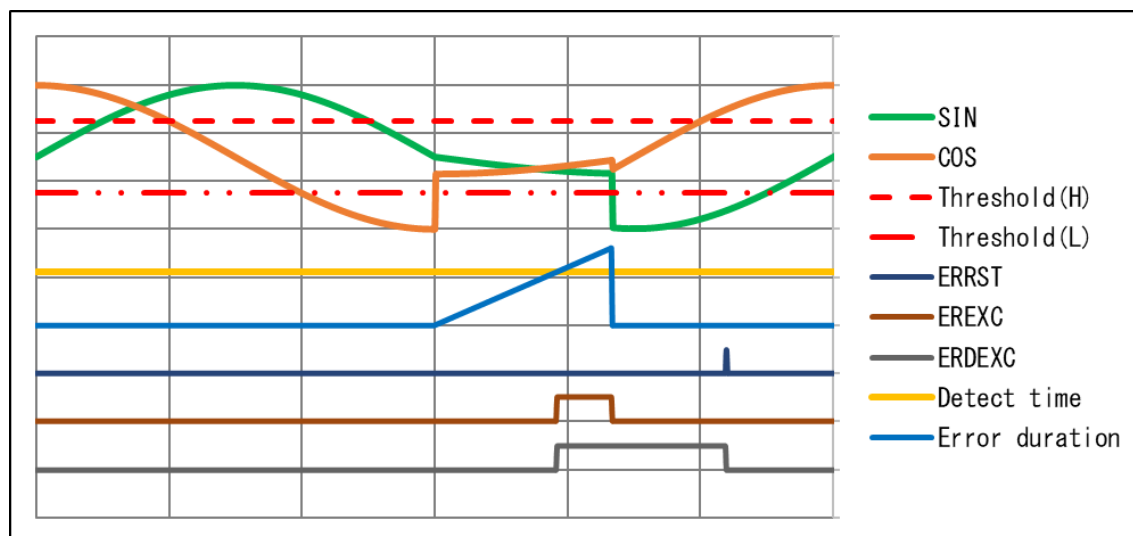


図 4-6 DC レゾルバでのレゾルバ信号異常検出

4.2.1.1 レジスタ設定例

レゾルバ信号異常検出機能を使用する時のレジスタ設定例を以下に示します。

表 4-1 レゾルバ信号異常検出使用時のレジスタ設定例

レジスタ名/略称	ビット名/略称	設定値	機能
異常検知レジスタ 0/ RDC3ASnDIAG0	レゾルバ信号異常比較閾値設定ビット/ EXCETH[7:0]	0x1A	レゾルバ信号異常検知閾値を設定します。 左記設定値は $0.102 \times (\text{ADSVREFH} - \text{ADSVREFL})$ (Vpp) です。
異常検知レジスタ 1/ RDC3ASnDIAG1	異常検知開始ビット/ ERDEN	1	本ビットが“1”になってから 26 msec 後に異常検知出力マスクが解除され、異常検知が有効となります。
	エラー信号リセット ビット / ERRST	1	1 にセットすると異常検知出力レジスタ 1 が 0 にリセットされます。ただし異常が継続している場合は 0 にリセットされず 1 が立ったままとなります。
異常検知レジスタ 2/ RDC3ASnDIAG2	レゾルバ信号異常選択ビット / EREXCS	0	レゾルバ信号異常発生時に ERR、ERHD、EREXC、ERDEXC に 1 を立てます。

4.2.2 レゾルバ信号断線異常検出

レゾルバ信号 (S1~S4) ラインの断線 (接触不良含む) を検出します。レゾルバ信号断線異常が検出されると、RDC 異常割り込み要求信号が “H” になります。

VR レゾルバ設定 (SENS=1, EXIO=0 設定時) を選択している場合、 $\Delta \Sigma$ ADC で取得された電圧 (RDC3ASnSINMNT, RDC3ASnCOSMNT) の共通レベル変動が設定した閾値を超えているかを検出します。この閾値を超えた場合にレゾルバ信号断線異常と判定します。閾値は「 $\text{SGBTH}[7:0] \times 8 \times (\text{ADSVREFH} - \text{ADSVREFL}) / 4096$ (V)」で設定することができます。

DC レゾルバ設定 (SENS=0, EXIO=1 設定時) を選択している場合、 $\Delta \Sigma$ ADC で取得された電圧の DC レベルが閾値を超えているかを検出します。閾値は「 $\text{SGBDTH}[7:0] \times 8 + 1024$ 」 $\times (\text{ADSVREFH} - \text{ADSVREFL}) / 4096$ (V)」で設定することができます。

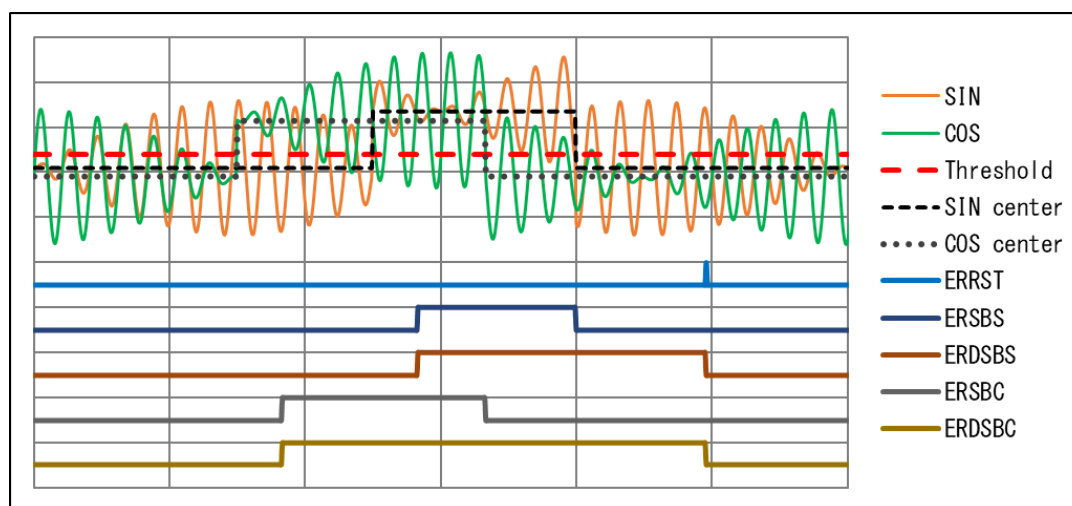


図 4-7 VR レゾルバでのレゾルバ信号断線異常検出

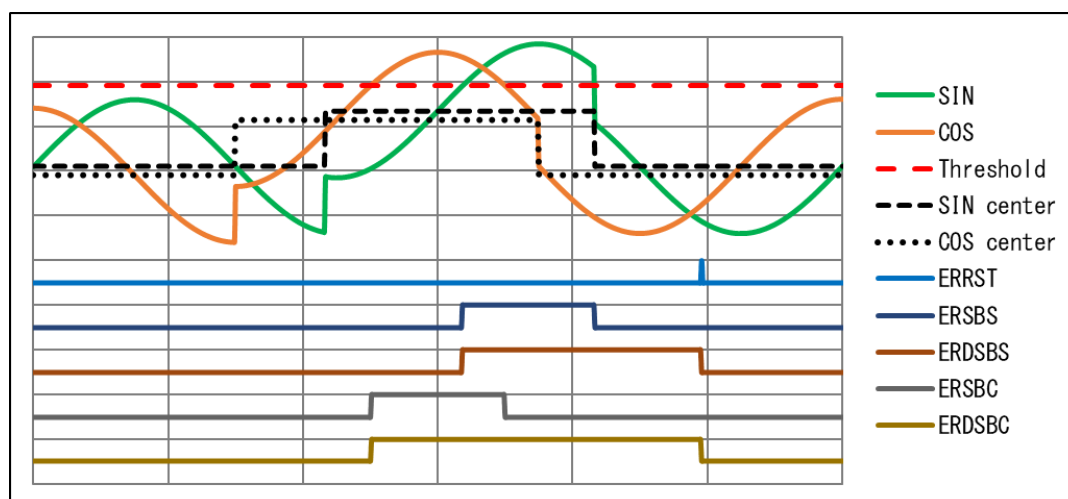


図 4-8 DC レゾルバでのレゾルバ信号断線異常検出

4.2.2.1 レジスタ設定例

レゾルバ信号断線異常検出機能を使用する時のレジスタ設定例を以下に示します。

表 4-2 レゾルバ信号断線異常検出使用時のレジスタ設定例

レジスタ名/略称	ビット名/略称	設定値	機能
異常検知レジスタ 0/ RDC3ASnDIAG0	VR レゾルバ断線異常 比較閾値設定ビット/ SGBTH[7:0]	0x29	VR レゾルバ使用時の断線異常検知閾値を設定します。 左記設定値は $0.08 \times (\text{ADSVREFH} - \text{ADSVREFL})$ (V)です。
	DC レゾルバ断線異常 比較閾値設定ビット/ SGBDTH[7:0]	0x33	DC レゾルバ使用時の断線異常検知閾値を設定します。 左記設定値は $0.35 \times (\text{ADSVREFH} - \text{ADSVREFL})$ (V)です。
異常検知レジスタ 1/ RDC3ASnDIAG1	異常検知開始ビット/ ERDEN	1	本ビットが“1”になってから 26 msec 後に異常検知出力マスクが解除され、異常検知が有効となります。
	エラー信号リセット ビット/ERRST	1	1にセットすると異常検知出力レジスタ 1が0にリセットされます。ただし異常が継続している場合は0にリセットされず1が立ったままとなります。
異常検知レジスタ 2/ RDC3ASnDIAG2	断線異常(cos)選択 ビット/ERSBCS	0	断線異常 (cos) 発生時に ERR、ERHD、ERSBC、ERDSBC に 1 を立てます。
	断線異常(sin)選択 ビット/ERSBSS	0	断線異常 (sin) 発生時に ERR、ERHD、ERSBS、ERDSBS に 1 を立てます。

4.2.3 R/D 変換異常検出

R/D 変換ループの制御偏差を監視し、R/D 変換機能の動作異常を検出します。R/D 変換異常が検出されると、RDC 異常割り込み要求信号が“H”になります。

内部制御偏差 (ε) が設定した閾値を上回る、または下回ると制御偏差過大と認識します。閾値は固定値となっています (詳細はユーザーズマニュアルの「66.5.3 Error Detection Characteristics」を参照してください)。RDC3ASnDIAG1 レジスタの EDPS[1:0] ビットで設定した判定時間の 50% を超えた場合に R/D 変換異常と判定します。

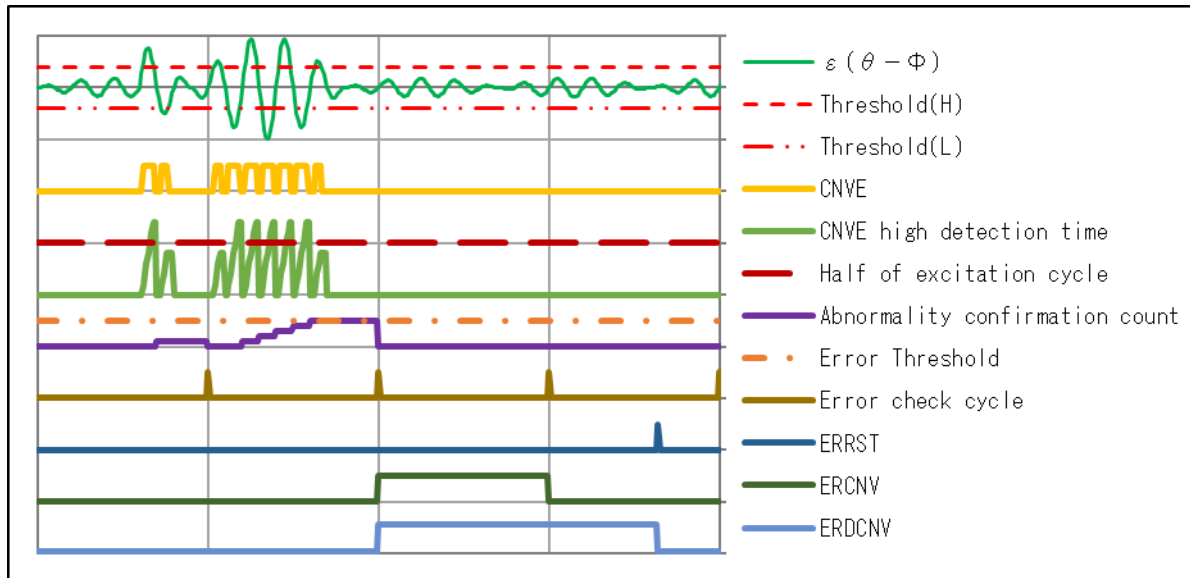


図 4-9 R/D 変換異常検出

「内部制御偏差 ε 」はユーザーズマニュアルの 49.1.1.3 Operating Principle で説明されています。 θ と ϕ に差がある場合は励磁周期の正弦波状になります。PI 補償器のゲインを決める際は ε を同期検波した値を使用します。

レゾルバ入力角(θ)と R/D 出力角(ϕ)が離れているときには、 $\sin(\theta - \phi)$ が値を持つため、 ε は励磁周期で振幅を持つ信号となります (図 4-10)。レゾルバ入力角(θ)と R/D 出力角(ϕ)があっているときには、 ε は COM(2.5V) 近辺の値になります (図 4-11)。

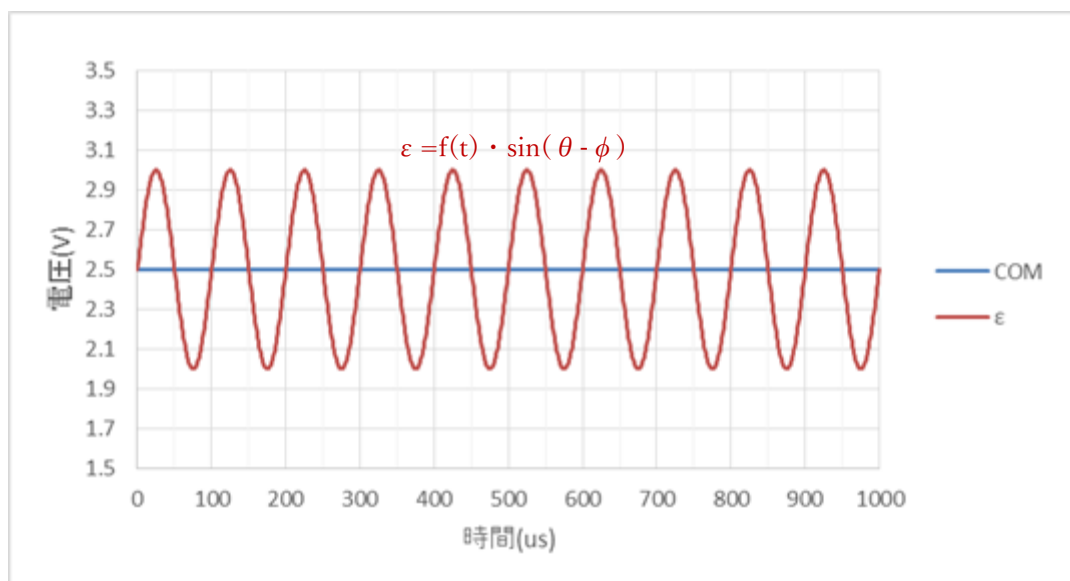


図 4-10 角度がずれているときの内部制御偏差

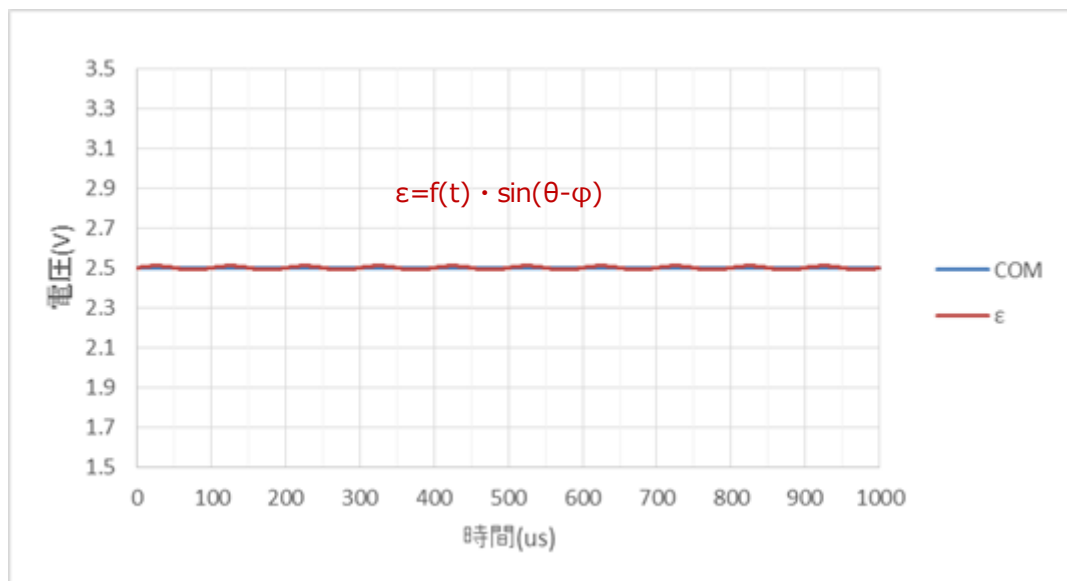


図 4-11 角度があっているときの内部制御偏差

レゾルバ入力角(θ)と R/D 出力角(ϕ)が離れている、変換異常の状態では ε が振幅を持つので、High 側と Low 側に閾値を設け、その範囲を外れていることを示す CNVE 信号を内部で生成します。CNVE 信号が 1 のときが ε の振幅が大きいときになります。

励磁半周期ごとに CNVE 信号の 1,0 の割合をカウンタ回路により求め、1 の割合が励磁半周期全体の 50% を超えている場合、その励磁半周期は異常、超えていない場合は正常という判定を行っていきます。励磁半周期ごとの正常、異常の判定を EDPS ビットで選択される変換異常判定時間(例 7.37ms)で集計し、異常な半周期の数が全半周期の数の 50% を超えているときに、R/D 変換異常として ERCNV ビット、ERDCNV ビットがセットされます。

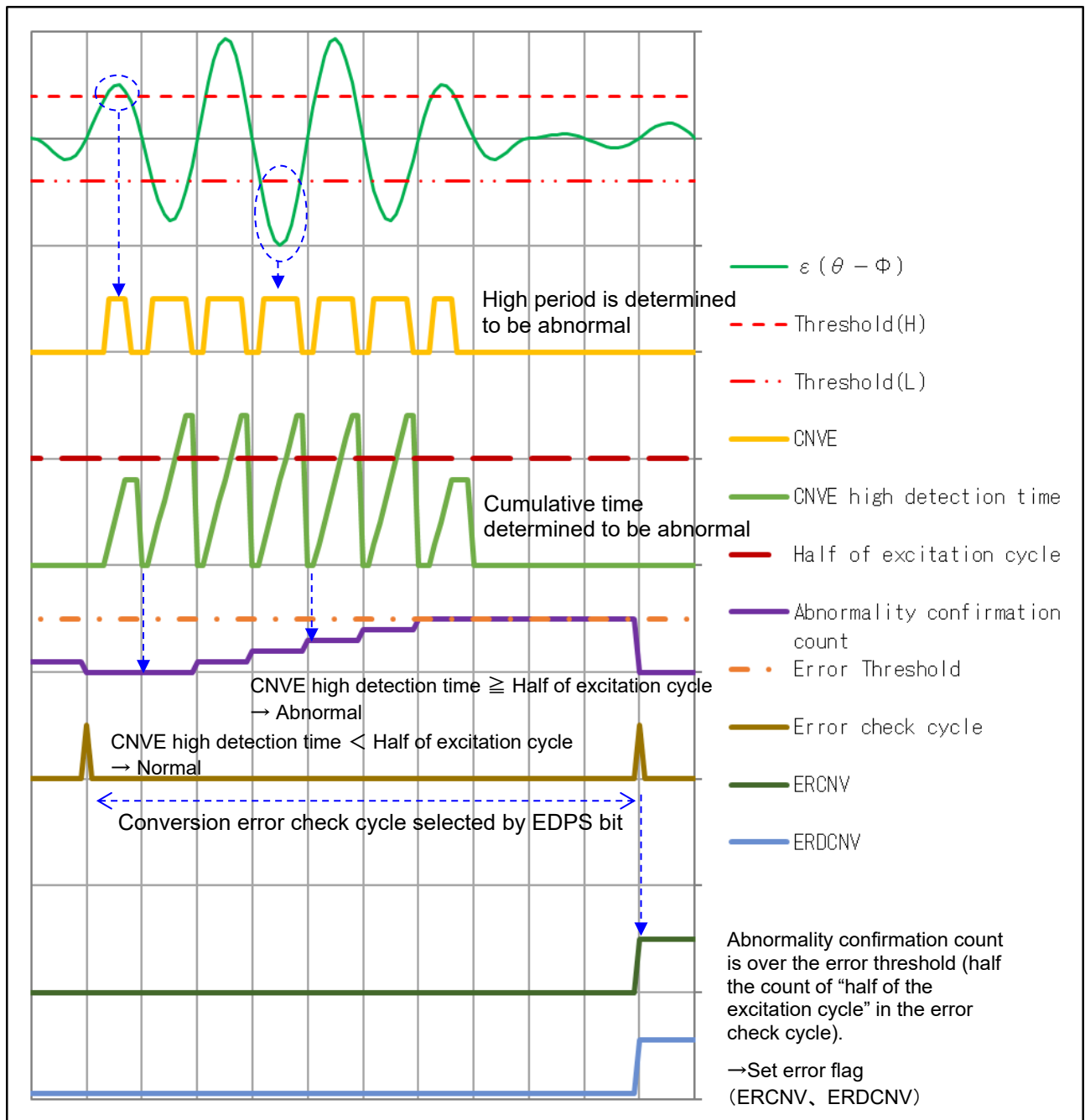


図 4-12 R/D 変換異常検出の原理

4.2.3.1 レジスタ設定例

R/D 変換異常検出機能を使用する時のレジスタ設定例を以下に示します。

表 4-3 R/D 変換異常検出使用時のレジスタ設定例

レジスタ名/略称	ビット名/略称	設定値	機能
異常検知レジスタ 1/ RDC3ASnDIAG1	変換異常検出回路選 択ビット / CVEDS	0	RD 変換異常検知信号の高速回転に対応した 回路を選択します。
	R/D 変換異常判定時 間選択ビット / EDPS[1:0]	3	R/D 変換異常の判定時間（急加速時回避判定 時間選択）を選択します。 11b : 7.37 msec
	異常検知開始ビット / ERDEN	1	本ビットが“1”になってから 26 msec 後に 異常検知出力マスクが解除され、異常検知が 有効となります。
	エラー信号リセット ビット / ERRST	1	1 にセットすると異常検知出力レジスタ 1 が 0 にリセットされます。ただし異常が継続し ている場合は 0 にリセットされず 1 が立っ たままとなります。
異常検知レジスタ 2/ RDC3ASnDIAG2	変換異常選択ビット / ERCNV5	0	変換異常発生時に ERR、ERHD、ERCNV、 ERDCNV に 1 を立てます。

4.2.4 2 経路比較変換異常検出

2つの角度変換ループからの角度変換結果を比較することで、変換異常、回路内の故障を検出します。ループ1とループ2のphi角度出力を比較し、両者の差が閾値よりも大きい場合、2経路比較変換異常と判定します。閾値はP2ANT[1:0]ビットで設定可能です。

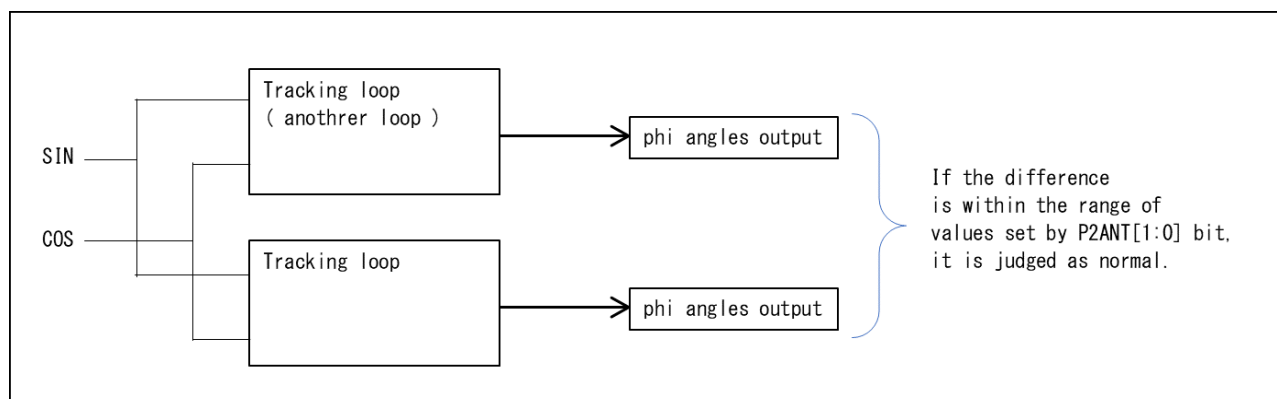


図 4-13 2 経路比較変換異常検出

4.2.4.1 レジスタ設定例

2経路比較変換異常検出機能を使用する時のレジスタ設定例を以下に示します。

表 4-4 2 経路比較変換異常検出使用時のレジスタ設定例

レジスタ名/略称	ビット名/略称	設定値	機能
異常検知レジスタ 0/ RDC3ASnDIAG0	2 経路変換異常閾値 設定ビット/ P2ANT [1:0]	0	2 経路変換異常比較の閾値を±8LSB に設定 します。
異常検知レジスタ 1/ RDC3ASnDIAG1	異常検知開始ビット/ ERDEN	1	本ビットが“1”になってから 26 msec 後に 異常検知出力マスクが解除され、異常検知が 有効となります。
	エラー信号リセット ビット/ERRST	1	1にセットすると異常検知出力レジスタ 1が 0にリセットされます。ただし異常が継続し ている場合は0にリセットされず1が立っ たままとなります。
異常検知レジスタ 2/ RDC3ASnDIAG2	2 経路変換異常選択 ビット/ERP2S	0	経路変換異常発生時に ERR、ERHD、 ERP2、 ERDP2 に 1 を立てます。

4.2.5 二乗和振幅異常検出

Sin、Cos レゾルバ入力信号振幅に変動、歪、ノイズ等が発生したことを検出する機能です。

$\Delta \Sigma$ ADC で取得された SINMNT 信号、COSMNT 信号を二乗和し、その二乗和値を励磁周期内で積分します。励磁周期で積分した二乗和値に対して H 側閾値、L 側閾値を設定し、この閾値を超えた励磁周期の回数をカウントします。このカウント値がカウント閾値以上になると二乗和振幅異常として出力されます。この一連の検出動作は自動で実施しており、ユーザーは二乗和積分値の H 側、L 側閾値の設定 (SQHTH、SQLTH ビット)、カウント閾値の設定 (SQCTH ビット) を行います。また任意のタイミングでカウント中の異常カウント数をクリアすることが可能です (SQERST)。

下記図にレゾルバ入力振幅が減衰し、励磁周期 5 回分の異常カウントが発生し、二乗和振幅異常が発生した場合の波形例を示します。

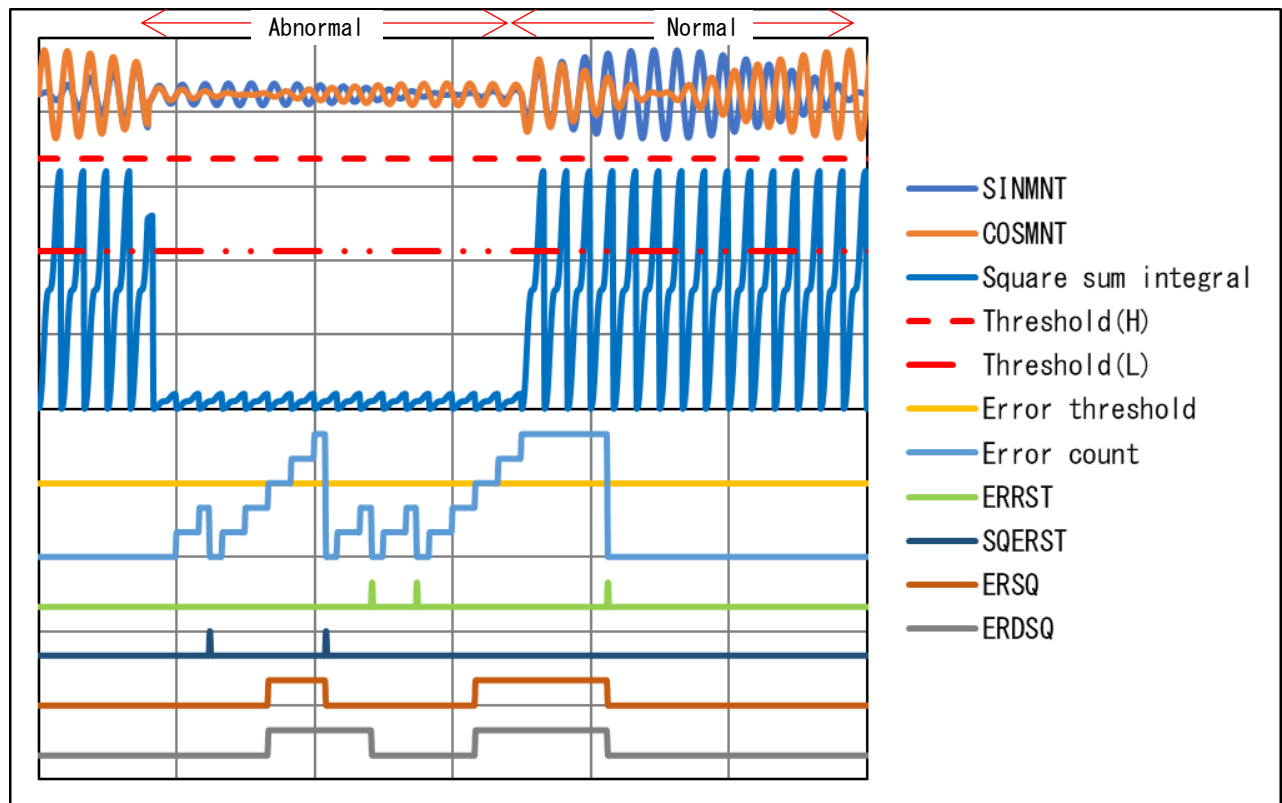


図 4-19 二乗和振幅異常検出

4.2.5.1 閾値の決定方法例

理想波形における二乗和振幅積分値は以下の表の値となっています。ノイズなどの他の影響を受けるため実際の値とは異なります。その影響を考慮して閾値を決定します。

下記表にない値は線形補間などにより算出してください。

Table 49.101 Integrals of the Sums of Squares of SINMNT and COSMNT for One Cycle of Excitation

Excitation frequency (kHz)→	5 kHz	7.5 kHz	10 kHz	12.5 kHz	15 kHz	17.5 kHz	20 kHz
resolver signal amplitude ↓							
0.1 x ADSVREFH-ADSVREFL(Vpp)	243	162	120	95	77	66	56
0.2 x ADSVREFH-ADSVREFL(Vpp)	1023	678	502	395	322	271	231
0.3 x ADSVREFH-ADSVREFL(Vpp)	2279	1514	1118	883	714	607	521
0.4 x ADSVREFH-ADSVREFL(Vpp)	4075	2694	1995	1571	1271	1079	928
0.5 x ADSVREFH-ADSVREFL(Vpp)	6369	4228	3131	2462	1998	1689	1445
0.6 x ADSVREFH-ADSVREFL(Vpp)	9170	6078	4503	0	2873	2428	2083
0.7 x ADSVREFH-ADSVREFL(Vpp)	12499	8286	6111	4823	3914	3309	2849
0.8 x ADSVREFH-ADSVREFL(Vpp)	16352	10817	7994	6316	5117	4327	3715
0.9 x ADSVREFH-ADSVREFL(Vpp)	20667	13697	10121	7979	6469	5477	4697

※ 上記表はユーザーズマニュアルの Table 49.101 の転記になります。

以下の条件で二乗和振幅異常検出を行った場合を一例として記載します。

- ・ レゾルバ信号振幅 : 2.1Vpp
- ・ 励磁周波数 : 10kHz
- ・ 励磁周期内の変換回数 : SINMNT/COSMNT それぞれ 50 回
- ・ 理想波形からの許容誤差 : $\pm 0.3Vp-p$ (1.8~2.4Vp-p)

上記条件から二乗和振幅異常検出で使用する下限値 (1.8Vp-p) と上限値 (2.4Vp-p) は上記表にはありません。そのため、それぞれの値に近い 2 点の線形補間によって求めます。上記例ですと、上下限値はそれぞれ以下のような値となります。

- ・ 下限値 : 1644 上限値 : 2904

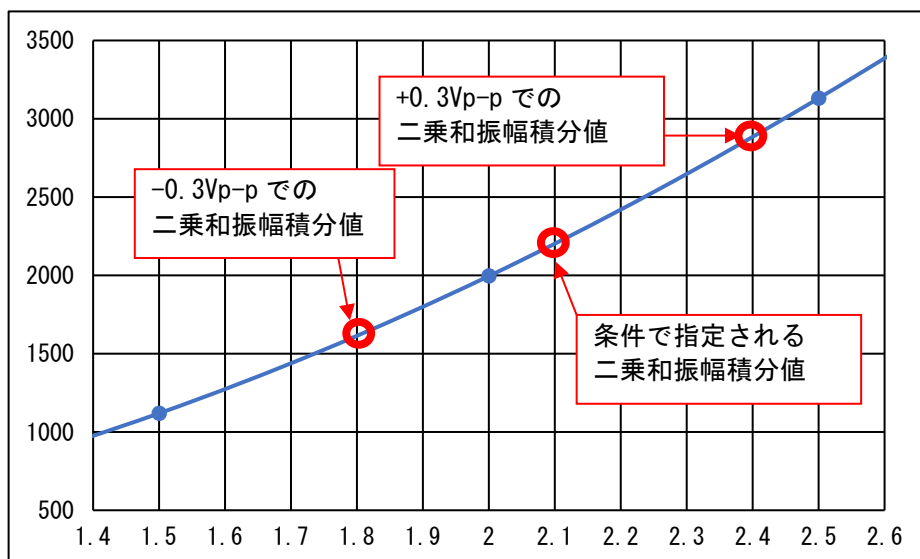


図 4-20 二乗和振幅異常検出閾値線形補間例

4.2.5.2 レジスタ設定例

二乗和振幅異常検出機能を使用する時のレジスタ設定例を以下に示します。

表 4-5 二乗和振幅異常検出使用時のレジスタ設定例

レジスタ名/略称	ビット名/略称	設定値	機能
異常検知レジスタ 1/ RDC3ASnDIAG1	異常検知開始 ビット / ERDEN	1	本ビットが“1”になってから 26 msec 後に異常検知出力マスクが解除され、異常検知が有効となります。
	二乗和振幅異常 励磁カウンタリ セット / SQRST	1	1にすると二乗和振幅異常励磁カウンタ値が0にリセットされます。
	エラー信号リ セットビット / ERRST	1	1にセットすると異常検知出力レジスタ 1 が 0 にリセットされます。ただし異常が継続している場合は 0 にリセットされず 1 が立ったままとなります。
異常検知レジスタ 2/ RDC3ASnDIAG2	二乗和振幅異常 選択ビット / ERSQS	0	二乗和振幅異常発生時に ERR、ERHD、ERSQ、ERDSQ に 1 を立てます
異常検知レジスタ 3/ RDC3ASnDIAG3	二乗和振幅 H 側 閾値 / SQHTH[15:0]	0x2000	二乗和振幅積分値異常検知の H 側振幅閾値を設定します。
	二乗和振幅 L 側 閾値 / SQLTH[15:0]	0x0200	二乗和振幅積分値異常検知の L 側振幅閾値を設定します。
異常検知レジスタ 4/ RDC3ASnDIAG4	二乗和振幅異常 励磁カウント閾 値 / SQCTH[6:0]	7	二乗和振幅異常と判定するための振幅異常の発生した励磁周期カウント数を設定します。カウント数が本ビット設定値以上となると二乗和振幅異常と判定されます。
励磁設定レジスタ/ RDC3ASnREF	励磁抽出ノイズ フィルタビット /PLSNFS	1	励磁成分抽出回路のノイズフィルタを選択します。 1: ノイズフィルタ有り

4.2.6 励磁周期異常検出

周期計測タイマは励磁信号（ゼロクロス信号）の周期を計測します。ゼロクロス信号のエッジ（立ち上がり／立ち下がり選択可）を検出すると周期計測カウンタの値をキャプチャし、ET キャプチャレジスタ（RDC3ASnETCAP）に格納します。これにより、励磁信号の周期を計測することができます。

RDC3ASnETEN レジスタの IREN ビットが“1”（割り込み許可）の場合、ET キャプチャレジスタ（RDC3ASnETCAP）に設定した値と周期計測カウンタを比較して、一致したときに励磁タイマ割り込み要求を発生します。励磁信号の周期異常を検出するために使用する場合は RDC3ASnETCAP レジスタに励磁信号の周期よりも長い期間の値を設定してください。励磁タイマ割り込み要求の発生をもって励磁信号の周期異常を検出します。

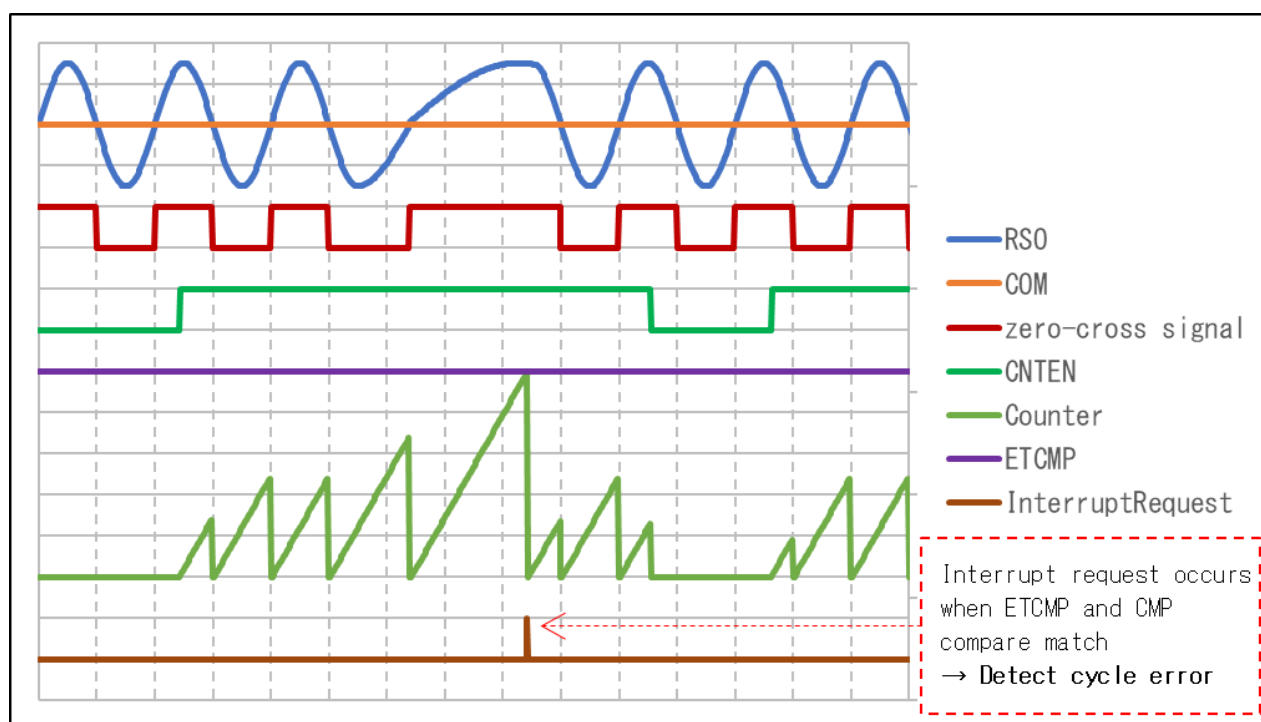


図 4-21 励磁周期異常検出

4.2.6.1 レジスタ設定例

励磁信号の周期計測タイマを励磁周期異常検出機能として使用する時のレジスタ設定例を以下に示します。

表 4-6 励磁周期異常検出使用時のレジスタ設定例

レジスタ名/略称	ビット名/略称	設定値	機能
ET 制御レジスタ/ RDC3ASnETEN	コンペア致機能有効ビット/ CMPEN	1	コンペア致機能の有効、無効を切り替えます。 1：コンペア致機能が有効となります。
	割り込み要求許可ビット/ IREN	1	割り込み要求の許可、不許可を切り替えます。 1：割り込み出力許可となります。
	カウンタの動作許可ビット/ CNTEN	1	周期計測タイマ、イベントタイマの動作許可を切り替えます。 1：周期計測タイマ、イベントタイマは動作します。
ET キャプチャレジスタ/ RDC3ASnETCAP	ET コンペアビット/ CMP[15:0]	0x1F40	コンペア致が発生するカウント値を設定します。 本設定例は 10kHz の 2 倍の値（200 μ sec）。

4.3 異常検出機能の注意事項

4.3.1 レゾルバ信号断線異常検出の注意事項

- レゾルバ信号断線異常検出では VR レゾルバと DC レゾルバで閾値と比較するレベルが異なります。VR レゾルバ設定時は SINMNT/COSMNT のコモンレベルと閾値を比較します。DC レゾルバ設定時は SINMNT/COSMNT そのもののレベルと閾値を比較します。また、閾値の設定もそれぞれに存在しません。

4.3.2 二乗和振幅異常検出の注意事項

- 二乗和振幅異常検出機能は励磁成分のあるレゾルバ入力信号において使用可能で、励磁信号のない DC レゾルバ入力信号の場合は使用できません。
- ERSQS ビットに 0 を設定することで二乗和振幅異常検出機能が有効になりますが、ERSQS ビットを 0 にする時は、その直後に SQERST ビットを 1 にしてカウント値をクリアしてください。
- 二乗和振幅異常検出を行うときは必ず励磁設定レジスタ(RDC3ASnREF)の励磁抽出ノイズフィルタビット(PLSNFS)を 1(ノイズフィルタ有り)に設定してください。この設定により、励磁信号にノイズが乗った場合にそのノイズを励磁周期として抽出してしまうのを防ぎます。

5. RDC3AS の自己診断機能

5.1 組み込み自己診断(Build in Self-Test)機能

RDC3AS では、指定された操作の正当性を確認する為に組み込み自己診断(Built-in Self-Test : BIST)機能が組み込まれています。

本機能は RDC3ASnBIST1 レジスタに BIST 命令を設定することで、内部でシミュレートされた目的の信号入力を生成し、それに応答して出力される信号を監視します。

試験項目を以下に示します。

表 5-1 BIST の詳細

試験項目	診断内容
角度変換 BIST	R/D 変換機能のセルフテスト レゾルバ信号入力として以下の電気角を設定できます <ul style="list-style-type: none"> ● 対象角度 0° ● 対象角度 45° ● 対象角度 270°
エラー検知 BIST	エラー検出機能のセルフテスト <ul style="list-style-type: none"> ● レゾルバ信号エラー検出 BIST ● レゾルバ信号断線異常検出 BIST(sin / cos) ● R/D 変換エラー検出 BIST ● 二乗和振幅誤差検出 BIST(high / low)

5.2 BIST 機能の詳細

5.2.1 BIST 機能の分類

BIST 実行中の各出力は、シミュレートされた信号に応答して動作します。

BIST によっては、内部状態の異常により RDC エラー割り込みが発生します。

このエラーが発生して動作に支障をきたす場合は、EINTEN ビットにより RDC エラー割り込みを禁止してください。

BIST は実行時間の長さにより、短期と長期の 2 種類に分類されます。

長周期 BIST は電源投入時のみ実行可能です。長周期 BIST は最大 10 ms の BIST 用に内部生成されたシミュレート信号で動作するため、角度出力はレゾルバ入力と一致しません。

短期 BIST は角度変換中に実行でき、BIST 実行中の角度変換追跡を維持します。

短期 BIST は電源投入時でも実行できますが、長期 BIST を先に実行してください。

- 短周期 BIST : レゾルバ信号異常検出 BIST、レゾルバ信号断線異常検出 BIST(sin/cos)、二乗和振幅異常検出 BIST(ハイサイド/ローサイド)
- 長周期 BIST : 角度変換 BIST、変換誤差 BIST

5.2.2 BIST 機能の実行

BIST を実行するには以下の設定を行ってください。

- (1) BIST 実行時に強制ゲインコントロール機能を有効にします。(RDC3ASnPI1 レジスタの AGCD ビットを 0 に設定)
- (2) 短周期 BIST を実行するには、EINTEN ビットを 0 に設定してエラー割り込みを無効にします。
- (3) 角度変換 BIST 実行時は、サイン・コサイン角度補正レジスタの位相補正ビットを 0° に設定してください
 正弦位相補正ビット SINPO[11:0] = 000H
 コサイン位相補正ビット COSPO[11:0] = 000H
- (4) 変換エラー-BIST を実行するには、EDPS ビットを 10B に設定します。
- (5) SQERST ビットのカウンタ値を 1 にセットしてクリアしてから、二乗和振幅検出 BIST (ハイサイド/ローサイド) を実行してください。

- (6) BIST が完了すると、

BIST 結果をクリアするには、RDC3ASnBIST1 レジスタの BISTCL ビットを 1 に設定します。

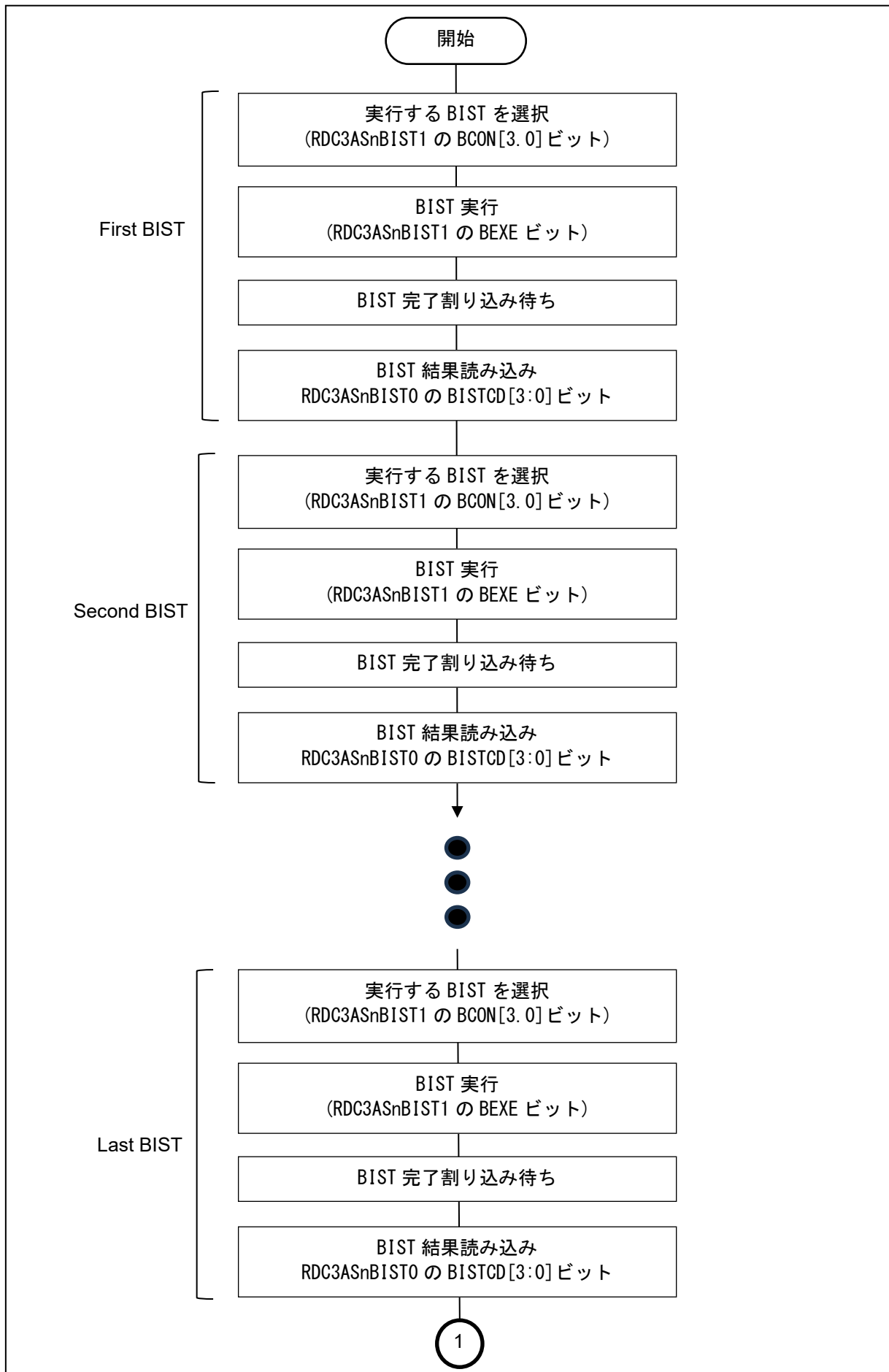
RDC3ASnDIAG1 レジスタの ERRST ビットを 1 にセットしてエラー信号をリセットしてください。

RDC3ASnDIAG1 レジスタの SQERST ビットを 1 に設定すると、二乗和振幅誤差のカウンタ値がリセットされます。

- (1)、(2)、(3)、(4)の手順で変更したレジスタの設定を元の値に戻します。

表 5-2 各設定値における BIST

BCON[3:0]	実行される BIST
0000	BEXE ビットは無効
0001	この設定は許可されていません
0010	二乗和振幅誤差検出 BIST (ロー)
0011	二乗和振幅誤差検出 BIST (ハイ)
0100	この設定は許可されていません
0101	角度変換 BIST(0°)
0110	角度変換 BIST(45°)
0111	角度変換 BIST(270°)
1000	この設定は許可されていません
1001	エラー検出 BIST: レゾルバ信号エラー検出 BIST
1010	エラー検出 BIST : レゾルバ信号断線検出 BIST (cos 側)
1011	エラー検出 BIST : レゾルバ信号断線検出 BIST (sin 側)
1100	エラー検出 BIST: 変換エラー BIST
1101	この設定は許可されていません
1110	この設定は許可されていません
1111	この設定は許可されていません



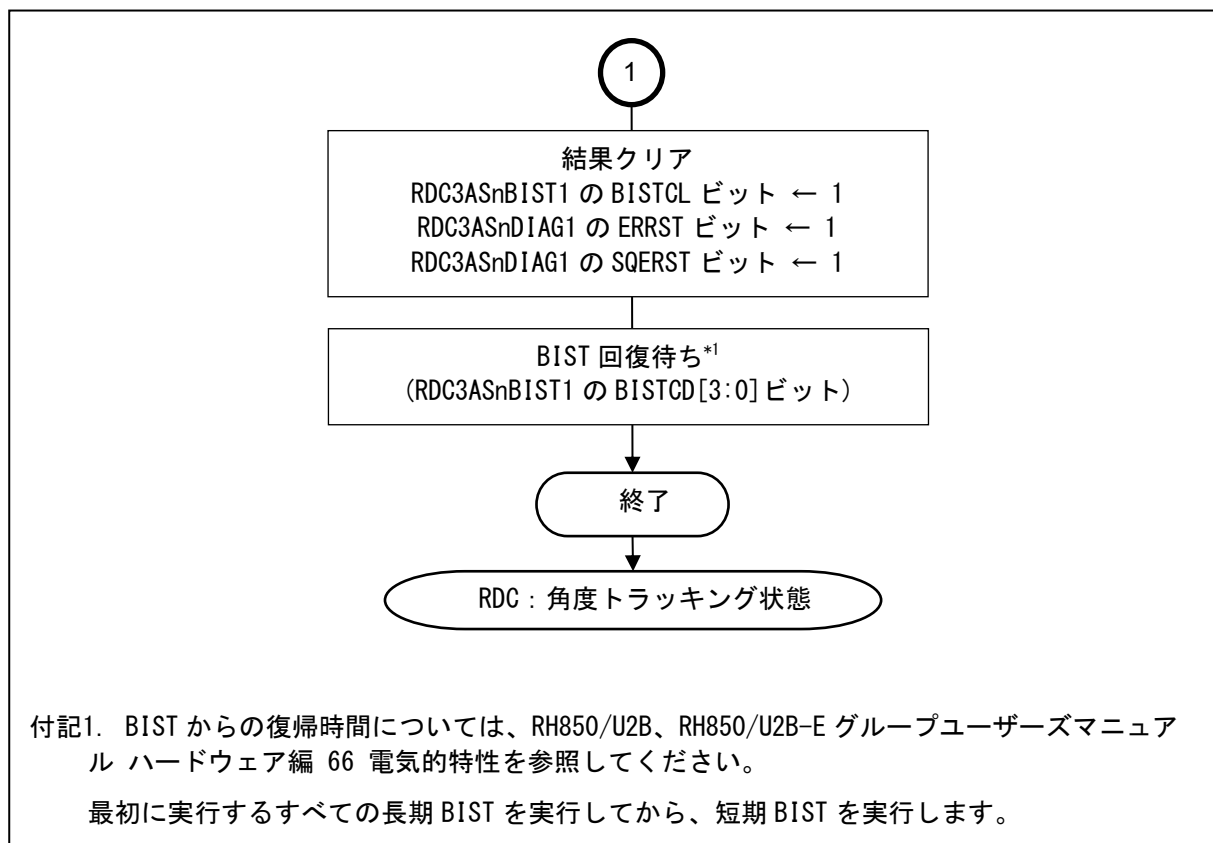
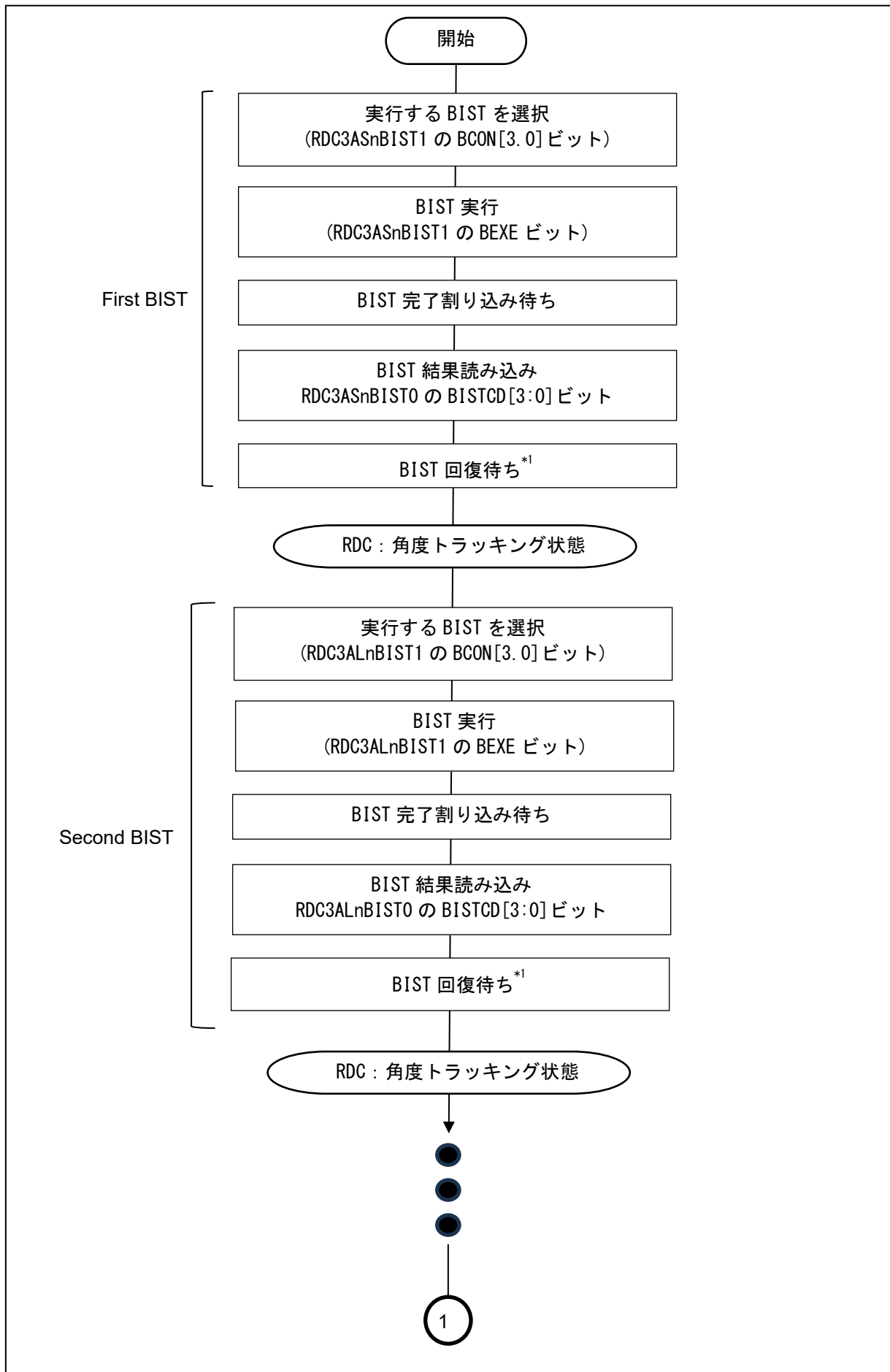


図 5-1 電源投入後の BIST 実行シーケンス



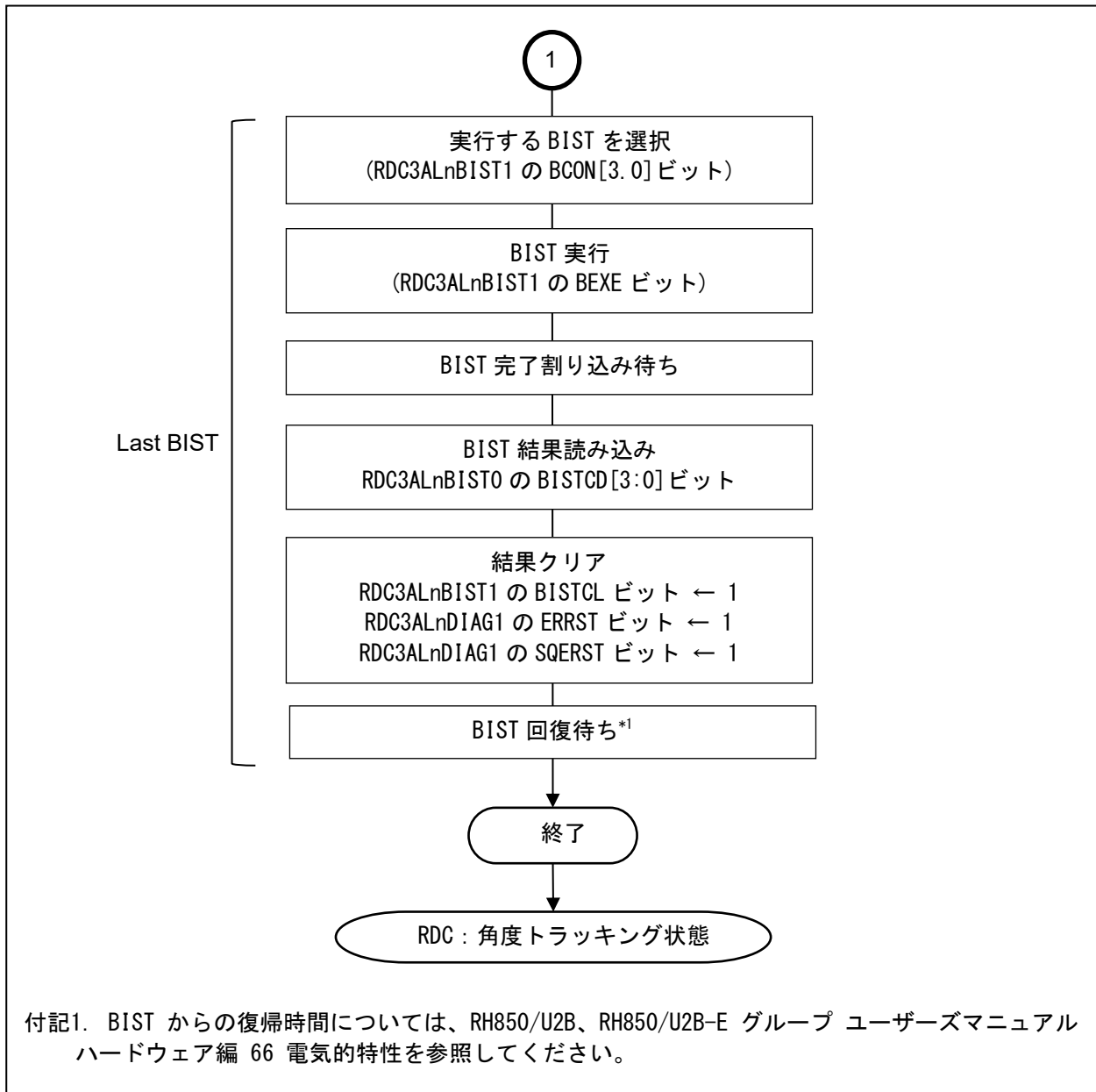


図 5-2 角度変換時の BIST 実行シーケンス (短期 BIST)

5.3 BIST 機能の注意事項

- BIST によっては、内部状態の異常により RDC エラー割り込みが発生します。
このエラーが発生して動作に支障をきたす場合は、EINTEN ビットにより RDC エラー割り込みを禁止してください。

6. GTM を使用した励磁信号出力

RDC3AS のリファレンス信号には TPBA の他、GTM からの割り込み信号(GTM_PSM_IRQ 信号)も選択できます。その方法について説明いたします。

「3. RDC3AS 使用例」から変更がある点のみの記載となります。

6.1 動作仕様、初期設定

6.1.1 動作仕様

「3.1.1 動作仕様」を参照してください。

6.1.2 システム構成

図 6-1 にシステム構成を示します。

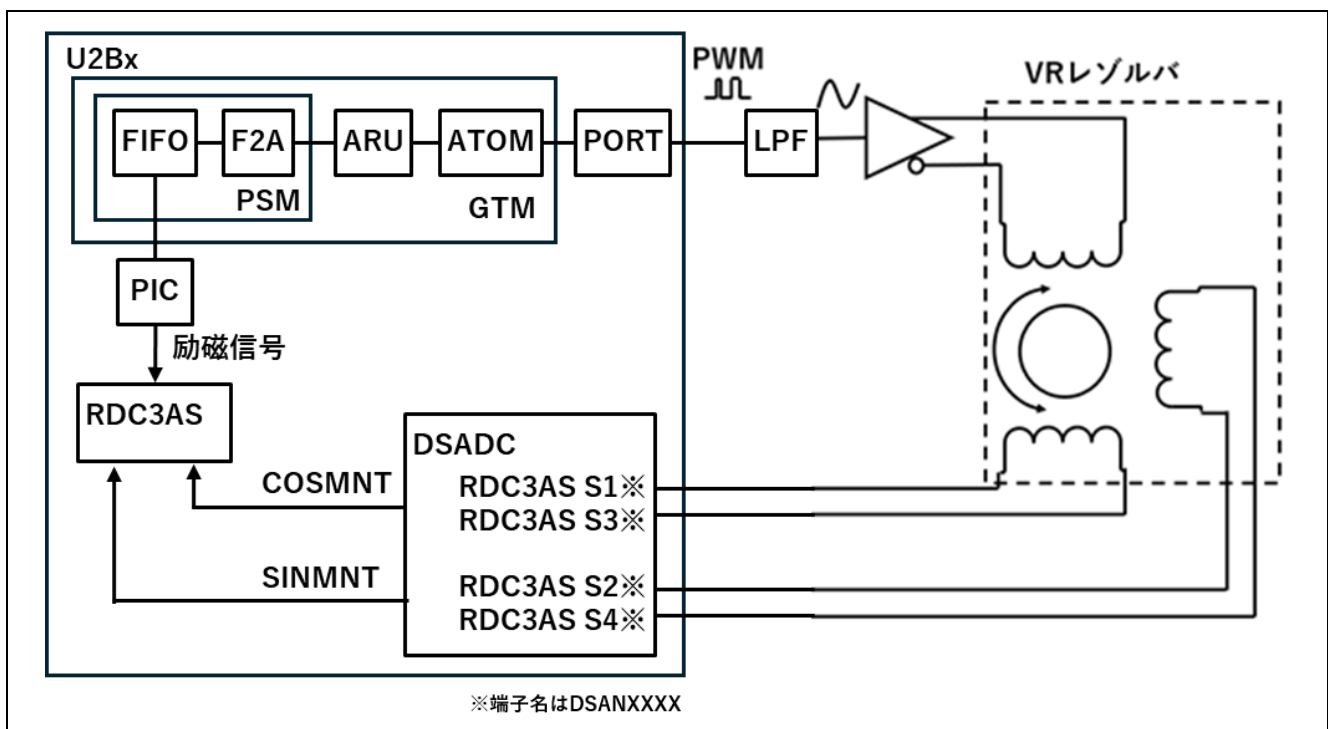


図 6-1 システム構成

各要素 (IP) の動作

- ・ RDC3AS、DSADC

「3.1.2 システム構成」を参照してください。

- ・ GTM

FIFO に格納された Duty 値を F2A と ARU を介して ATOM に転送します。ATOM は転送されてきた Duty 値をもとに PWM 信号を外部に出力します。

また、FIFO は格納された Duty 値の数に応じて割り込み信号(GTM_PSM_IRQ 信号)を出力します。

- ・ PIC

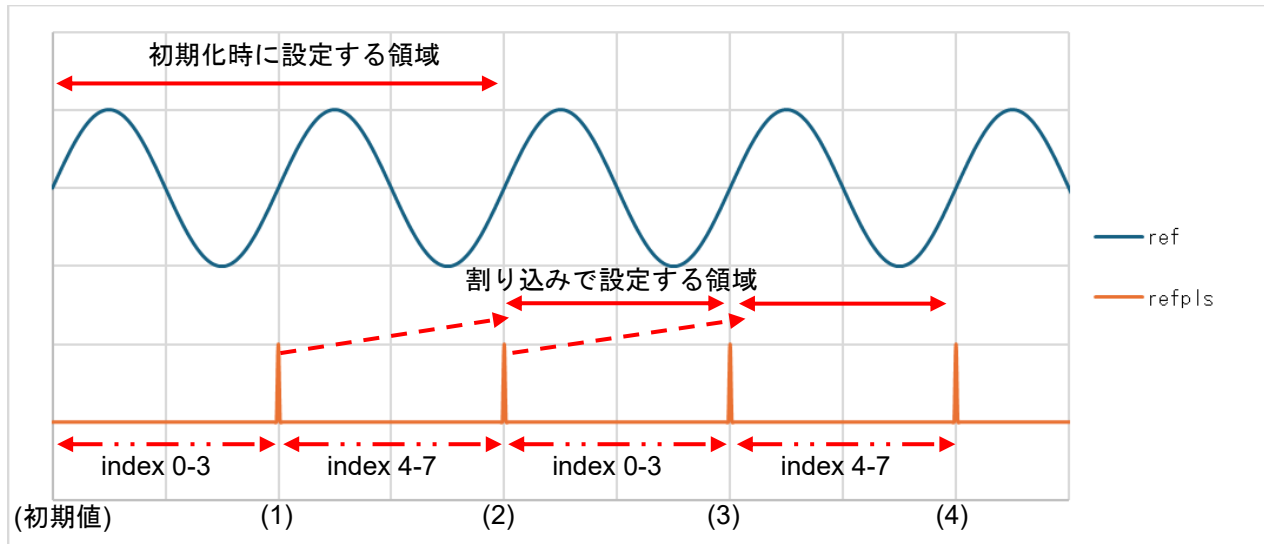
GTM の GTM_PSM_IRQ 信号を励磁信号として RDC3AS の RDC3ASn_refpls_timer に入力します。

- ・ PORT

GTM で生成された PWM 信号を外部に出力します。PWM 信号は外部の LPF で連続信号に変換します。

GTM-FIFO の動作

本動作例では初期化時に設定する出力設定値は2周期分を設定します。GTM_PSM_IRQ 信号は1周期毎に出力する必要があるため1周期終了時点にウォーターマーク（以後 WM）を設定します。FIFO バッファ数が WM を下回ったことをトリガとした割り込みによって FIFO バッファに使用した分の出力設定値を格納します。その時の割り込みモードはレベルモードにします。他のモードですと割り込み条件が満たされている間、GTM_PSM_IRQ 信号が連続で出力される可能性があります。



No	(初期値)	(1)		(2)		(3)		(4)		
		割込前	割込後	割込前	割込後	割込前	割込後	割込前	割込後	
Buffer index	0	Data0-0	(空)	Data1-0	Data1-0	Data1-0	(空)	Data3-0	Data3-0	Data3-0
	1	Data0-1	(空)	Data1-1	Data1-1	Data1-1	(空)	Data3-1	Data3-1	Data3-1
	2	Data0-2	(空)	Data1-2	Data1-2	Data1-2	(空)	Data3-2	Data3-2	Data3-2
	3	Data0-3	(空)	Data1-3	Data1-3	Data1-3	(空)	Data3-3	Data3-3	Data3-3
	4	Data0-4	Data0-4	Data0-4	(空)	Data2-0	Data2-0	Data2-0	(空)	Data4-0
	5	Data0-5	Data0-5	Data0-5	(空)	Data2-1	Data2-1	Data2-1	(空)	Data4-1
	6	Data0-6	Data0-6	Data0-6	(空)	Data2-2	Data2-2	Data2-2	(空)	Data4-2
	7	Data0-6	Data0-6	Data0-6	(空)	Data2-3	Data2-3	Data2-3	(空)	Data4-3

6.1.3 サンプルソフトウェア説明

6.1.3.1 ソースファイル・関数一覧

以下に、本動作例のソースファイル・関数一覧を示します。

表 6-1 ソースファイル・関数一覧

ソースファイル名	関数名	機能
main0.c	main0	プログラムを開始し、各関数の呼び出しを行います。 RDC 動作開始後、ループ内で角度情報の RAM への保存を行います。
gtm_ref.c	gtm_ref_main	GTM による励磁信号の初期化を行います。
	gtm_ref_reset	使用する GTM 資源の状態をリセットします。
	gtm_ref_psm_init	PSM 初期化によって Ref 信号の出力値設定を行います。
	gtm_ref_atom_init	ATOM による Ref 信号の出力設定を行います。
	gtm_ref_atom_enable	ATOM の動作を開始します。
	int_gtm_ref_fifo_set	割り込みによって Ref 信号の出力値設定を更新します。
rdc.c	rdc3as0_init	「3.1.3 サンプルソフトウェア説明」を参照してください。
dsadc.c	dsadc_init	「3.1.3 サンプルソフトウェア説明」を参照してください。
	dsadc_cos_init	「3.1.3 サンプルソフトウェア説明」を参照してください。
	dsadc_sin_init	「3.1.3 サンプルソフトウェア説明」を参照してください。
	dsadc_ref_init	「3.1.3 サンプルソフトウェア説明」を参照してください。
pic.c	pic_init	GTM_PSM_IRQ 信号を RDC3AS0 に入力する設定を行います。
port.c	port_init	端子の設定を行います。

6.1.3.2 関数詳細

(1) main0

プログラムの main 関数です。

下記処理を行ったのち、無限ループを行います。無限ループ内で角度を取得し、メモリに格納します。

- ・ PORT 初期化関数の呼び出し
- ・ PIC 初期化関数の呼び出し
- ・ GTM 初期化関数の呼び出しおよび GTM_ATOM 動作開始関数の呼び出し
- ・ DSADC 初期化関数の呼び出しおよび、動作安定待ちウェイト
- ・ RDC3AS0 初期化関数の呼び出し

(2) gtm_ref_main

GTM による励磁信号の初期化を行います。

- ・ ARU のルーティング数を 125 回 (0~124) に設定
- ・ gtm_ref_reset 関数の呼び出し
- ・ gtm_ref_psm_init 関数の呼び出し
- ・ gtm_ref_atom_init 関数の呼び出し

表 6-2 gtm_ref_main レジスタ設定

レジスタ	設定値	内容
GTMO. GTM_CTRL	& 0xFFFFF0FE	RF_PROT = 0
GTMO. ARU_CADDR_END	124	ARU ルーティング数を 125 回 (0~124) に設定

(3) gtm_ref_reset

使用する GTM 資源の状態をリセットします。

- ・ GTM_PSM_IRQ の出力を許可
- ・ CMU 有効化
- ・ ATOM の動作停止
- ・ ATOM の割り込み禁止
- ・ ATOM の割り込みフラグクリア

表 6-3 gtm_ref_reset レジスタ設定

レジスタ	設定値	内容
GTMO_1. IRQ_SEL100	0x00000000	ATOM の割り込み信号の GTM 外への出力を禁止
GTMO_1. IRQ_SEL800	0x000000FF	GTM_PSM_IRQ 割り込み信号の GTM 外への出力を許可
GTMO. GTM_CLS_CLK_CFG	0x000000AA	供給クロックに対し 1/2 の周波数を供給する
GTMO. CMU_CLK_EN	0x000000AA	CMU の動作を許可する
GTMO. CMU_GCLK_NUM	0x00000001	CMU のクロック分周 (分子)
GTMO. CMU_GCLK_DEN	0x00000001	CMU のクロック分周 (分母)
GTMO. ATOMO_AGC_OUTEN_CTRL	0x00000400	CH5 の出力を停止する
GTMO. ATOMO_AGC_OUTEN_STAT	0x00000400	CH5 の出力情報をクリアする
GTMO. ATOMO_AGC_ENDIS_CTRL	0x00000400	CH5 の動作を停止する
GTMO. ATOMO_AGC_ENDIS_STAT	0x00000400	CH5 の動作情報をクリアする
GTMO. ATOMO_CH5_IRQ_EN	0x00000000	CH5 の割り込みを停止する
GTMO. ATOMO_CH5_IRQ_NOTIFY	0x00000003	CH5 の割り込み情報をクリアする

(4) gtm_ref_psm_init

PSM 初期化によって Ref 信号の出力値設定を行います。

- ・ FIFO 設定 (スタートアドレス、エンドアドレス、WM 設定)
- ・ F2A 設定 (FIFO→ARU)
- ・ AFD 経由での FIFO 設定値格納 (sin_tbl_ref 配列に設定値を格納)
- ・ FIFO の割り込み情報クリア
- ・ F2A 有効化

表 6-4 gtm_ref_psm_init レジスタ設定

レジスタ	設定値	内容
GTMO. FIFO0_CHO_START_ADDR	0x00000000	FIFO のスタートアドレス
GTMO. FIFO0_CHO_END_ADDR	0x000000FF	FIFO の終了アドレス
GTMO. FIFO0_CHO_LOWER_WM	0x00000080	下回ったときに割り込みが発生する WM
GTMO. FIFO0_CHO_UPPER_WM	0x000000AA	上回ったときに割り込みが発生する WM
GTMO. FIFO0_CHO_FILL_LEVEL	0x00000040	WM オーバーフロー検出用
GTMO. FIFO0_CHO_IRQ_MODE	0x00000000	レベルモード割り込み
GTMO. FIFO0_CHO_IRQ_EN	0x00000004	Lower_WM 割り込みのみ有効
GTMO. FIFO0_CHO_CTRL	0x00000001	ノーマルモードを指定
GTMO. F2A0_ENABLE	0x00000002	F2A を有効
GTMO. F2A0_CHO_ARU_RD_FIFO	0x000001FE	ARU ルーティングアドレスに ARU_EMPTY_ADDR を指定
GTMO. F2A0_CHO_STR_CFG	0x00060000	転送方向を FIFO→ARU に設定
GTMO. AFD0_CHO_BUF_ACC	出力設定値	ATOM に転送する出力設定値 (sin_tbl_ref)
GTMO. FIFO0_CHO_IRQ_NOTIFY	0x0000000F	FIFO 割り込み情報をクリア

sin_tbl_ref 配列の内容は以下の通りです。

表 6-5 sin_tbl_ref 設定値

index	値	index	値	index	値	index	値
0	0.00000000	16	1.00000000	32	0.00000000	48	-1.00000000
1	0.09801714	17	0.99518473	33	-0.09801714	49	-0.99518473
2	0.19509032	18	0.98078528	34	-0.19509032	50	-0.98078528
3	0.29028468	19	0.95694034	35	-0.29028468	51	-0.95694034
4	0.38268343	20	0.92387953	36	-0.38268343	52	-0.92387953
5	0.47139674	21	0.88192126	37	-0.47139674	53	-0.88192126
6	0.55557023	22	0.83146961	38	-0.55557023	54	-0.83146961
7	0.63439328	23	0.77301045	39	-0.63439328	55	-0.77301045
8	0.70710678	24	0.70710678	40	-0.70710678	56	-0.70710678
9	0.77301045	25	0.63439328	41	-0.77301045	57	-0.63439328
10	0.83146961	26	0.55557023	42	-0.83146961	58	-0.55557023
11	0.88192126	27	0.47139674	43	-0.88192126	59	-0.47139674
12	0.92387953	28	0.38268343	44	-0.92387953	60	-0.38268343
13	0.95694034	29	0.29028468	45	-0.95694034	61	-0.29028468
14	0.98078528	30	0.19509032	46	-0.98078528	62	-0.19509032
15	0.99518473	31	0.09801714	47	-0.99518473	63	-0.09801714

(5) gtm_ref_atom_init

ATOM による Ref 信号の出力設定を行います。

- ・ AGC 設定
- ・ ATOM CH 設定
- ・ 初回コンペア値設定

表 6-6 gtm_ref_atom_init レジスタ設定

レジスタ	設定値	内容
GTMO. ATOMO_AGC_OUTEN_CTRL	0x00000800	CH5 の出力を許可する
GTMO. ATOMO_AGC_OUTEN_STAT	0x00000800	CH5 の出力情報を設定する
GTMO. ATOMO_AGC_FUPD_CTRL	0x00000400	強制アップデートを禁止にする
GTMO. ATOMO_AGC_INT_TRIG	0x00000400	割り込みトリガを使用しない
GTMO. ATOMO_CH5_CTRL	0x0000080A	SOMP モード、ARU 使用
GTMO. ATOMO_CH5_RDADDR	0x01FE0001	F2A0 からの ARU 転送を設定
GTMO. ATOMO_CH5_CNO	0x00000000	カウンタ初期値
GTMO. ATOMO_CH5_CMO	0x00000002	周期初期値
GTMO. ATOMO_CH5_CM1	0x00000000	デューティ初期値
GTMO. ATOMO_CH5_SRO	0x00000002	リロード周期初期値
GTMO. ATOMO_CH5_SR1	0x00060000	リロードデューティ初期値
GTMO. ATOMO_CH5_IRQ_EN	0x00000000	割り込みを禁止する
GTMO. ATOMO_AGC_GLB_CTRL	0x08000000	リロードを許可する

(6) gtm_ref_atom_enable

ATOM の動作を開始します。

表 6-7 gtm_ref_atom_enable レジスタ設定

レジスタ	設定値	内容
GTMO. ATOMO_AGC_ENDIS_CTRL	0x00000800	CH5 の動作を許可する
GTMO. ATOMO_AGC_ENDIS_STAT	0x00000800	CH5 の動作情報を設定する

(7) int_gtm_ref_fifo_set

割り込み処理。割り込みによって Ref 信号の出力値設定を更新します。

- ・ AFD 経由での FIFO 設定値格納
- ・ FIFO の割り込み情報クリア

表 6-8 int_gtm_ref_fifo_set レジスタ設定

レジスタ	設定値	内容
GTMO. AFD0_CHO_BUF_AGC	出力設定値	ATOM に転送する出力設定値 (sin_tbl_ref)
GTMO. FIFO0_CHO_IRQ_NOTIFY	0x0000000F	FIFO 割り込み情報をクリア

(8) pic_init

PIC の設定を行います。

各レジスタの設定値は表 3-9 のとおりです。

表 6-9 pic_init レジスタ設定

レジスタ	設定値	内容
PIC24. PIC2RDCEISENO	0x00000001	GTM_PSM_IRQ を RDC3AS0 に入力

(9) port_init

端子の設定を行います。

表 6-10 port_init レジスタ設定(U2Bx)

レジスタ	設定値	内容
PORT0. PCR00_5	0x0000006D	ATOM0_5 に設定する

表 6-11 port_init レジスタ設定(U2B24-E)

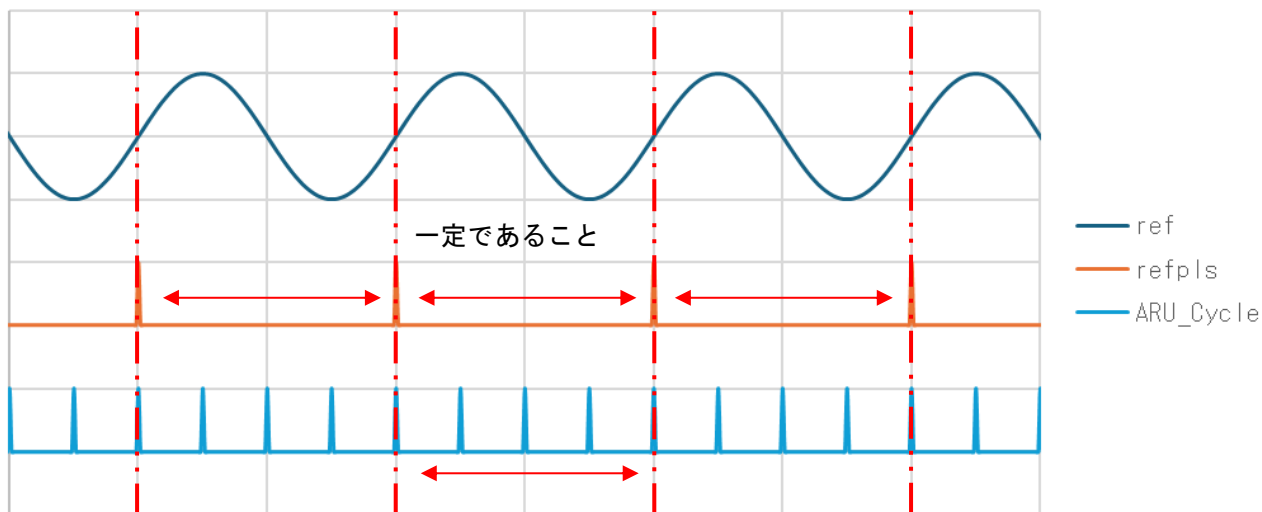
レジスタ	設定値	内容
PORT0. PCR00_5	0x00000065	ATOM0_5 に設定する

6.2 GTM を使用した励磁信号の注意点

GTM を励磁信号として使用する上で注意すべき点として以下の内容があります。

- ・ 励磁信号周期が ARU ルーティング周期の整数倍となるように励磁信号周期と ARU ルーティング数を調整してください。
- ・ 励磁信号となる GTM_PSM_IRQ 信号の発生周期は一定である必要があります。

上記が満たされない場合、GTM_PSM_IRQ 信号の発生タイミングが安定せず、RDC3AS 変換が制御不能になる可能性があります。



ARU_Cycle と refpls が整数倍となるように調整すること

7. Sin, Cos 補正機能

7.1 補正機能概要

RDC3AS には下記の 4 つの Sin,Cos 補正機能が搭載されています。

- (1) SIN,COS ゲイン補正機能
- (2) SIN,COS コモンオフセット補正機能
- (3) SIN,COS 位相補正機能
- (4) SIN,COS 角度補正機能

これらの補正機能は、DSADC で取得した SINMNT、COSMNT 信号に含まれる擾乱をデジタル的に補正します。これにより、角度出力への擾乱の影響を軽減できる可能性があります。

なお、入力信号に補正機能による補正が必要な擾乱がある場合、レゾルバ特性、励磁回路、あるいはレゾルバ信号の入力回路に問題がある可能性があります。

補正機能による補正を検討する前に、入力信号に発生している擾乱の原因を調査・是正し正常なレゾルバ信号を入力できるようにすることを、強く推奨推します。

また本章に記載されている、擾乱による出力角度への影響は例であり、記載と異なる現象が発生する可能性があります。補正機能を用いても擾乱の影響を除去・軽減できない可能性もあります。ご注意ください。

7.2 外乱が出力角に与える影響と適用される補正機能

7.2.1 SIN,COS ゲイン補正機能

レゾルバ誤差、基板部品精度誤差により R/D コンバータに入力される sin 側信号と cos 側信号の振幅に差がある場合、R/D 角度変換結果に誤差が生じます。Sin,Cos ゲイン補正機能はこの誤差による出力角度への影響を低減します。

1 回転毎に上下 2 回ずつの誤差のピークを持つのが、sin 側信号と cos 側信号の振幅に差がある場合に発生する誤差の特徴です。

図 7-1 に例を示します。

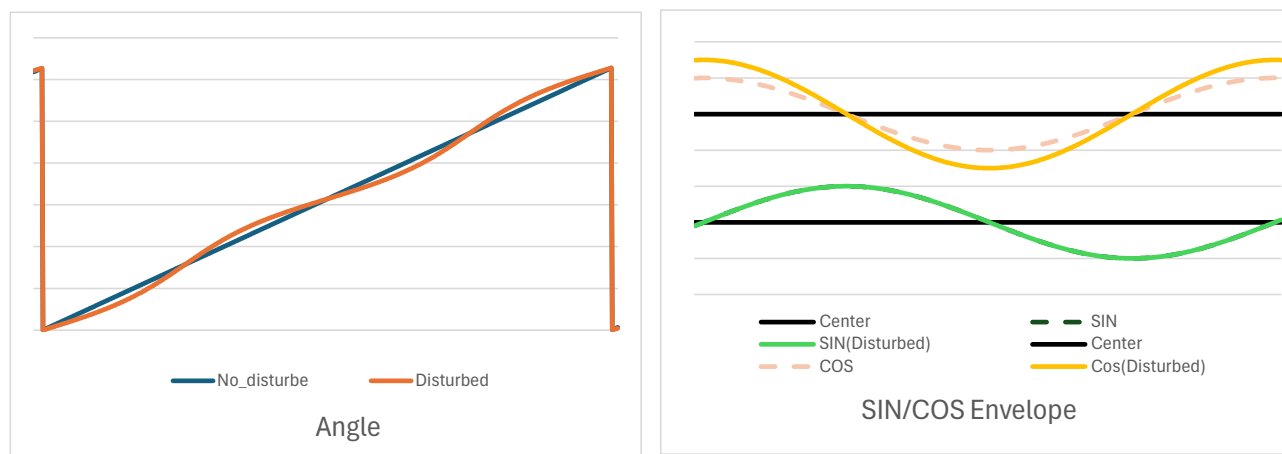


図 7-1 sin 側信号と cos 側信号の振幅に差がある場合に発生する誤差の例

出力角度に誤差がみられる場合は、入力信号を確認し、補正の方法、補正量を選択します。

ゲイン補正値を更新するタイミングは GNCSL[1:0]ビットで選択されます。

- GNCSL[1:0] = 00B 設定時

ゲイン補正なし（補正値は default の 1024 に設定されます）

- GNCSL[1:0] = 01B 設定時

GNCSL[11:0]で設定された固定補正値が選択されます。

- GNCSL[1:0] = 10B 設定時

GNCST ビットが 1 にセットされたときに計算される補正値を使用します。

(1 回計算された補正値をその後使用し続けます。)

GNCST ビットは、RDC が変換出力可能状態になってから、VR レゾルバモードではレゾルバ角が半周以上、DC レゾルバモードではレゾルバ角が 1 周以上回転してから 1 を書き込んでください。また、再度 1 を書き込む場合は、最後に 1 を書き込んでから、VR レゾルバモードではレゾルバ角が半周以上、DC レゾルバモードではレゾルバ角が 1 周以上回転した後 1 を書き込んでください。

- GNCSL[1:0] = 11B 設定時

GNCST ビットが 1 にセットされ、その後 z 相出力タイミングで更新されます。

(1 周回転ごとにゲイン補正値が更新されます。)

SIN,COS ゲイン補正機能の詳細はユーザーズマニュアルの 49.2.3.2 Sine and Cosine Correction Function を参照してください。

7.2.2 SIN,COS コモンオフセット補正機能

レゾルバ誤差、基板部品精度誤差により R/D コンバータに入力される sin 側信号と cos 側信号のコモンレベルに本来のコモンレベル (DSADC 出力 : 0) に対するオフセットがある場合、R/D 角度変換結果に誤差が生じます。Sin,Cos コモンオフセット補正機能はこの誤差による出力角度への影響を低減します。

1 回転毎に上下 1 回ずつの誤差のピークを持つのが、SINMNT 信号あるいは COSMNT 信号に不正なオフセットがある場合に発生する誤差の特徴です。

図 7-2 に例を示します。

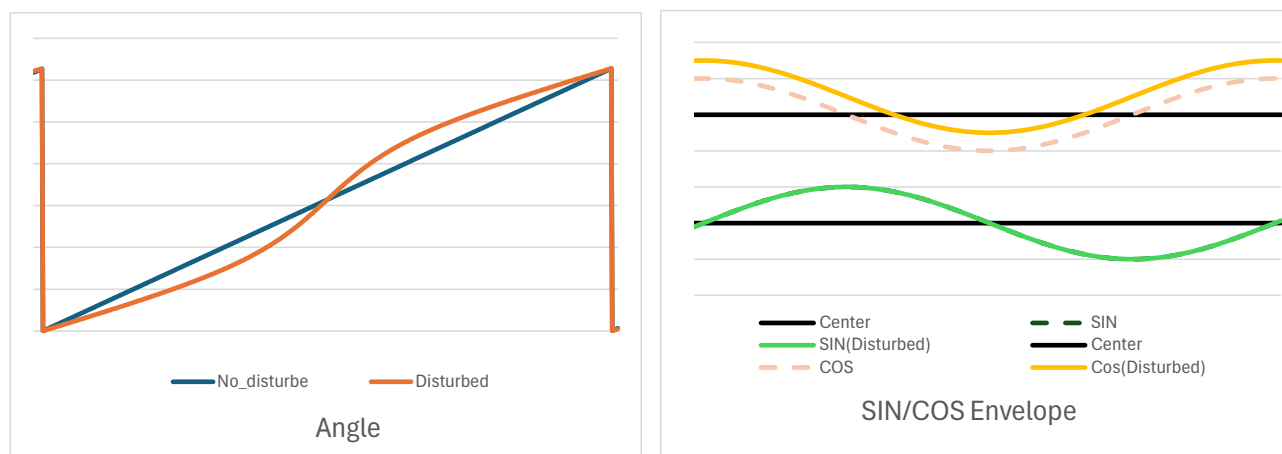


図 7-2 SINMNT 信号あるいは COSMNT 信号に不正なオフセットがある場合に発生する誤差の例

出力角度に誤差がみられる場合は、入力信号を確認し、補正の方法、補正量を選択します。

コモンオフセット補正値を更新するタイミングを CMCSL[1:0] ビットで選択することが可能です。

- CMCSL[1:0] = 00B 設定時

コモンオフセット補正なし (補正値は 0 に設定されます)

- CMCSL[1:0] = 01B 設定時

CCOSN[9:0] で設定された固定補正値が cos 側に選択されます。

CSOSN[9:0] で設定された固定補正値が sin 側に選択されます。

- CMCSL[1:0] = 10B 設定時

計算された補正値を使用します。

- GNCSL[0] = 0 の場合は GNCST ビットが 1 にセットされたときに計算される補正値を使用します。

(1 回計算された補正値をその後使用し続けます。)

GNCST ビットは、RDC が変換出力可能状態になってから、VR レゾルバモードではレゾルバ角が半周以上、DC レゾルバモードではレゾルバ角が 1 周以上回転してから 1 を書き込んでください。また、再度 1 を書き込む場合は、最後に 1 を書き込んでから、VR レゾルバモードではレゾルバ角が半周以上、DC レゾルバモードではレゾルバ角が 1 周以上回転した後 1 を書き込んでください。

- GNCSL[0] = 1 の場合は GNCST ビットが 1 にセットされ、その後 z 相出カタイミングで更新されず。(1 周回転ごとにコモン補正値が更新されます。)

- CMCSL[1:0] = 11B 設定は設定禁止です。

SIN,COS コモンオフセット補正機能の詳細はユーザーズマニュアルの 49.2.3.2 Sine and Cosine Correction Function を参照してください。

7.2.3 SIN,COS 位相補正機能

レゾルバ誤差、基板部品精度誤差により R/D コンバータに入力される sin 側信号と cos 側信号の励磁クロスタイミングに時間的なずれ（位相ずれ）がある場合、R/D 角度変換結果に悪影響が生じる可能性があります。

図 7-3 に sin 側信号と cos 側信号のキャリア位相ずれの例を示します。このずれはキャリア成分のずれであるため、角度が静止している場合でも発生する可能性があります。

キャリアがない DC レゾルバモードでは、本補正機能は使用されません。

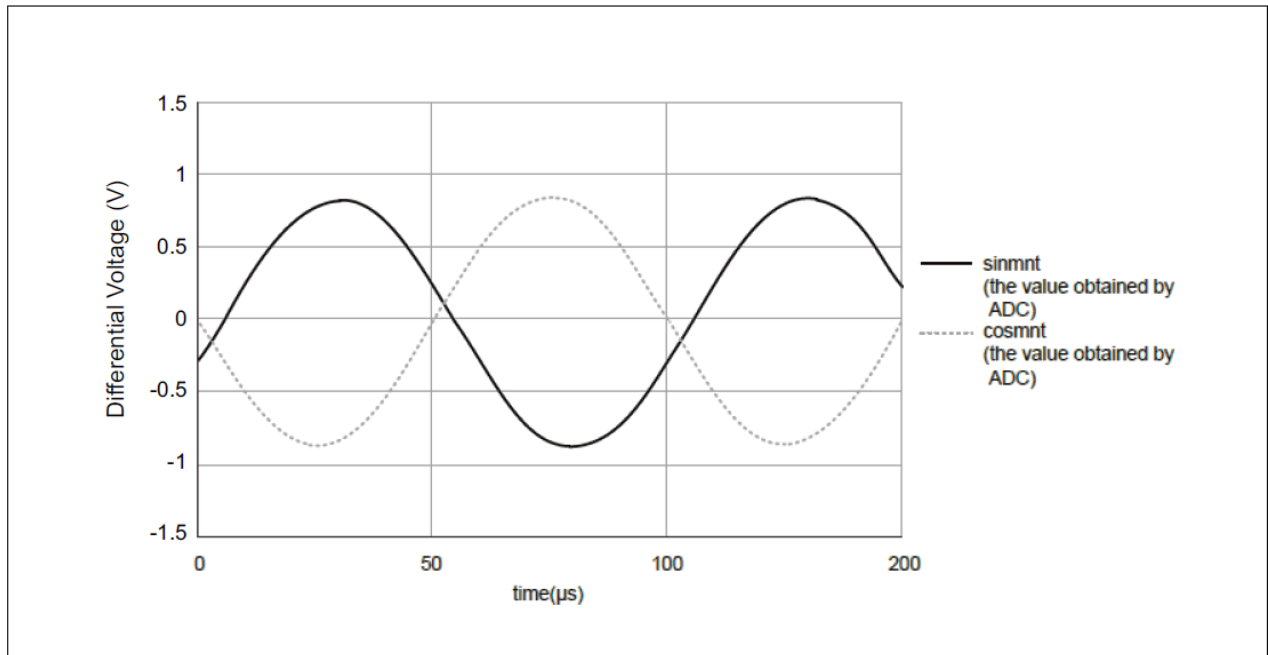


図 7-3 sin 側信号と cos 側信号のキャリア位相ずれの例

sin 側信号と cos 側信号の位相ずれの角度に対する影響としては、算出角度のわずかなゆれとして現れることがあります。また、それ以外の事象として発生する可能性もあります。また、大きな位相ずれは RDC の追従特性の悪化として現れる可能性が、動作原理から示唆されます。算出角度のわずかなゆれのイメージを図 7-4 に示します。

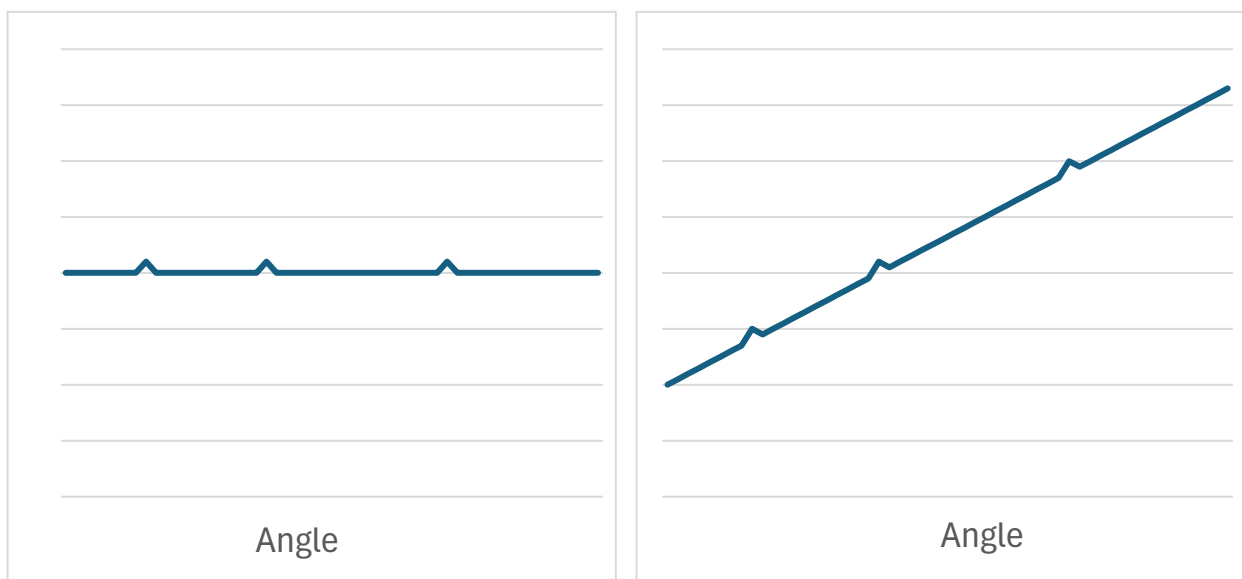


図 7-4 算出角度のわずかなゆれのイメージ

SINMNT, COSMNT 信号のキャリアに位相ずれがみられ、それが出力角度に悪影響を与える場合は、入力信号を確認し、補正の方法、補正量を選択します。

PHCST ビットに 1 が書き込まれた後に位相補正が実施されます。位相補正が実施されるタイミングは PHCSL[1:0] ビットで選択可能です。

- PHCSL[1:0] = 00B 設定時

位相補正を実施しません。(デフォルト)

- PHCSL[1:0] = 01B 設定時

PHCST ビットに 1 が書き込まれるごとに、励磁クロスごとに取得した位相差を 16 回平均して割り出した補正値を常時更新して使用します。

- PHCSL[1:0] = 10B 設定時

PHCST ビットに 1 が書き込まれるごとに、励磁クロスごとに取得した位相差の 16 回平均を 1 度だけ実施し、その補正値を使用し続けます。

- PHCSL[1:0] = 11B 設定時

PHSNM[5:0] ビット (sin 側遅延挿入値)、PHCNM[5:0] (cos 側遅延挿入値) に設定された固定遅延値を適用します。

SIN, COS 位相補正機能の詳細はユーザーズマニュアルの 49.2.3.2 Sine and Cosine Correction Function を参照してください。

7.2.4 SIN,COS 角度補正機能

モータの軸に対するレゾルバの取り付け角誤差、および、レゾルバの sin,cos 直交性に誤差がある場合、R/D 角度変換結果に誤差が生じます。SIN,COS 角度補正機能はこの誤差を補正し出力角度への影響を低減します。

1回転毎に上下2回ずつの誤差のピークを持ち、角度0にも誤差が出るのが、sin側信号とcos側信号の角度に差がある場合に発生する誤差の特徴です。図7-5に例を示します。

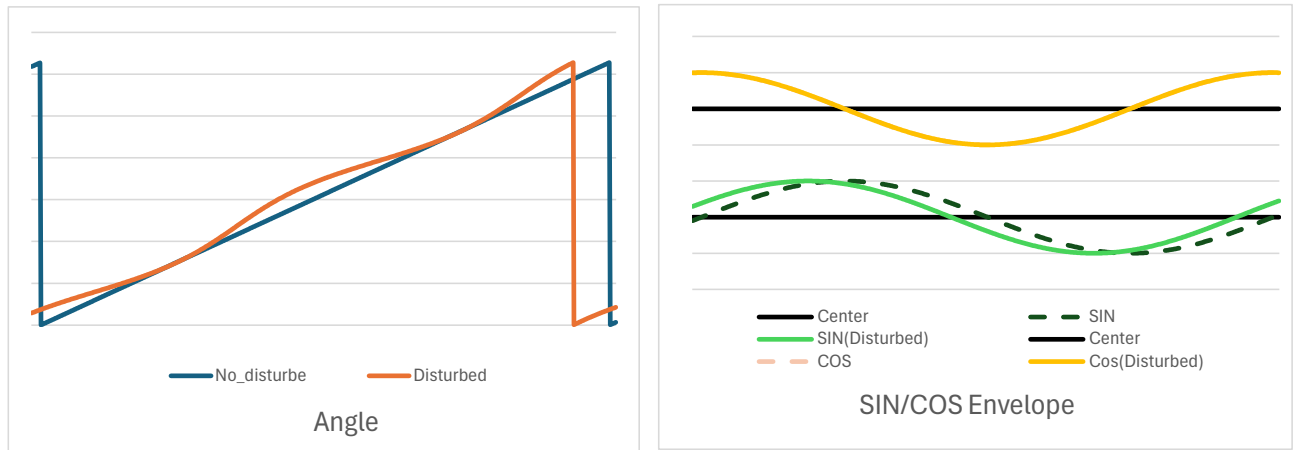


図 7-5 sin 側信号と cos 側信号の角度に差がある場合に発生する誤差の例

SIN、COS-ROM テーブルへの入力 ϕ に固定の補正値を加算します。

SIN 位相補正ビット SINPO[11:0] ビットで設定

COS 位相補正ビット COSPO[11:0] ビットで設定

この補正は常時適用されます。

SIN,COS 角度補正機能の詳細はユーザーズマニュアルの 49.2.3.2 Sine and Cosine Correction Function を参照してください。

7.3 補正機能の注意事項

(1) Debugging Read Register 0,1(RDC3ASnDBG0,1)レジスタについて

SMNTAD1, CMNTAD1, SMNMAX, CMNMAX 出力には補正機能による補正は反映されません。

(2) Test Bus Register (RDC3ASnTBUS)レジスタについて (オフセット出力)

DATSEL ビットに “001.1101” を設定することで、DATA ビットに COSMNT 信号のオフセット値が格納されます。格納される値は下記です。

CMCSL=b '00 : DATA ビットの値は0 ※コモンオフセット補正無し

CMCSL=b '01 : DATA ビットの値は CSOSN[9:0],CCOSN[9:0]で設定した補正值

CMCSL=b '10 : DATA ビットの値は補正前の SINMNT/COSMNT から計算されるコモンオフセット値
CMCSL 設定において既に反映されている補正值となります。

DATSEL ビットを “001.1100” とした場合の SINMNT 信号のオフセットについても同様です。

(3) Test Bus Register (RDC3ASnTBUS)レジスタについて (SINMNT,COSMNT 出力)

DATSEL ビットに “100.0011” を設定することで、DATA ビットに COSMNT 信号値が格納されます。

この値には補正機能による補正は反映されません

DATSEL ビットを “100,0010” とした場合の SINMNT 信号値についても同様です。

(4) MNT Signal Register (RDC3ASnETC)レジスタについて

MNT Signal Register (RDC3ASnETC)レジスタに格納される信号レベル値は、ゲイン及びオフセットの補正が適用されたレベル値となります。

DC レゾルバモードにおいては、キャリアがないためゼロクロス信号が発生しませんが、ET Control Register (RDC3ASnETEN)の ZCSTRG ビットをセットしトリガを発生させることにより、RDC3ASnETC に値を格納することが可能です。

この場合、RDC3ASnETMCNT レジスタの RLD ビットには任意の値 (2 以上) を設定します。

訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2022.03.31	-	初版発行
2.00	2023.06.13	19 23	励磁入力内部回路補正追加 TPBA で生成した励磁 PWM 信号の平滑化についてを追加
3.00	2023.09.29		「5. RDC3AS の自己診断機能」を追加
3.01	2024.01.24	-	フッターの誤記訂正
4.00	2024.07.11		「6. GTM を使用した励磁信号出力」を追加
5.00	2025.03.04	14,15,16	DSADC,RDC 設定を F2 から F5 に変更
5.10	2025.09.29		U2Bx-E 追記
6.00	2025.12.25	56	「7. Sin, Cos 補正機能」を追加

製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

1. 静電気対策

CMOS製品の取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。CMOS製品は強い静電気によってゲート絶縁破壊を生じることがあります。運搬や保存の際には、当社が出荷梱包に使用している導電性のトレーやマガジンケース、導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。また、CMOS製品を実装したボードについても同様の扱いをしてください。

2. 電源投入時の処置

電源投入時は、製品の状態は不定です。電源投入時には、LSIの内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。

3. 電源オフ時における入力信号

当該製品の電源がオフ状態のときに、入力信号や入出力プルアップ電源を入れしないでください。入力信号や入出力プルアップ電源からの電流注入により、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。資料中に「電源オフ時における入力信号」についての記載のある製品は、その内容を守ってください。

4. 未使用端子の処理

未使用端子は、「未使用端子の処理」に従って処理してください。CMOS製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI周辺のノイズが印加され、LSI内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。

5. クロックについて

リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後、切り替えてください。リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。

6. 入力端子の印加波形

入力ノイズや反射波による波形歪みは誤動作の原因になりますので注意してください。CMOS製品の入力がノイズなどに起因して、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域にとどまるような場合は、誤動作を引き起こす恐れがあります。入力レベルが固定の場合はもちろん、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズなどが入らないように使用してください。

7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

リザーブアドレス（予約領域）のアクセスを禁止します。アドレス領域には、将来の拡張機能用に割り付けられているリザーブアドレス（予約領域）があります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

8. 製品間の相違について

型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。同じグループのマイコンでも型名が違えば、フラッシュメモリ、レイアウトパターンの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が違う製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合、お客様の責任において、お客様の機器・システムを設計ください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含まれます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 当社製品または本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
3. 当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
4. 当社製品を組み込んだ製品の輸出入、製造、販売、利用、配布その他の行為を行うにあたり、第三者保有の技術の利用に関するライセンスが必要となる場合、当該ライセンス取得の判断および取得はお客様の責任において行ってください。
5. 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、変更、複製、リバースエンジニアリング、その他、不適切に使用しないでください。かかる改造、変更、複製、リバースエンジニアリング等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
6. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。

標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等

高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通管制（信号）、大規模通信機器、金融端末基幹システム、各種安全制御装置等

当社製品は、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（宇宙機器と、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することは想定していません。たとえ、当社が想定していない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。

7. あらゆる半導体製品は、外部攻撃からの安全性を 100%保証されているわけではありません。当社ハードウェア/ソフトウェア製品にはセキュリティ対策が組み込まれているものもありますが、これによって、当社は、セキュリティ脆弱性または侵害（当社製品または当社製品が使用されているシステムに対する不正アクセス・不正使用を含みますが、これに限られません。）から生じる責任を負うものではありません。当社は、当社製品または当社製品が使用されたあらゆるシステムが、不正な改変、攻撃、ウイルス、干渉、ハッキング、データの破壊または窃盗その他の不正な侵入行為（「脆弱性問題」といいます。）によって影響を受けないことを保証しません。当社は、脆弱性問題に起因したまたはこれに関連して生じた損害について、一切責任を負いません。また、法令において認められる限りにおいて、本資料および当社ハードウェア/ソフトウェア製品について、商品性および特定目的との合致に関する保証ならびに第三者の権利を侵害しないことの保証を含め、明示または黙示のいかなる保証も行いません。
8. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
10. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。かかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
11. 当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
12. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものいたします。
13. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。
14. 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明な点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社が直接的、間接的に支配する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

(Rev.5.0-1 2020.10)

本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレストシア）

www.renesas.com

お問合せ窓口

弊社の製品や技術、ドキュメントの最新情報、最寄の営業お問合せ窓口に関する情報などは、弊社ウェブサイトをご覧ください。

www.renesas.com/contact/

商標について

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。