

RX ファミリ

MTU3/GPTW を用いた相補 PWM の 0%、100%近傍出力動作例

要旨

本アプリケーションノートでは、MTU3 および GPTW を用いて 相補 PWM 出力時の 0%、100%近傍の動作について説明します。

RX66T グループには、マルチファンクションタイマパルスユニット 3 (MTU3) と汎用 PWM タイマ (GPTW) が内蔵されており、PWM (パルス幅変調) 波形の生成が可能です。

本アプリケーションノートは、MTU3 および GPTW を搭載する RX ファミリデバイスが対象です。本アプリケーションノートを RX66T 以外のマイコンに適用する場合は、対象マイコンの仕様にあわせて変更し、十分評価してください。

対象デバイス

MTU3 および GPTW を搭載する RX ファミリデバイス

動作確認デバイス

RX66T グループ

以下、マルチファンクションタイマパルスユニット 3 を MTU と記述します。

目次

1. MTU と GPTW の相補 PWM の違い	4
1.1 MTU、GPTW の相補 PWM モードと動作例.....	5
1.1.1 MTU の相補 PWM モードと動作例	5
1.1.2 GPTW の三角波 PWM モード 1/2/3 と動作例.....	8
1.1.3 各種動作モードと動作条件	10
1.2 Duty 0%、100%出力方法	11
1.2.1 MTU の Duty 0%、100%	12
1.2.1.1 0% Duty 出力動作例	12
1.2.1.2 100% Duty 出力動作例	19
1.2.2 GPTW の Duty 0%、100%	23
1.2.2.1 0%、100% Duty 出力動作例	24
1.3 0%、100%近傍における波形出力時の注意事項	31
1.3.1 MTU の 0%、100%近傍の出力波形	32
1.3.1.1 100%近傍から 100%近傍への変化 (D → A → D)	33
1.3.1.2 100%近傍から 100%近傍への変化 (B → A → B)	37
1.3.1.3 100%近傍から 100%への変化 (D → 100% → D)	41
1.3.1.4 100%近傍から 100%への変化 (A → 100% → A)	45
1.3.1.5 デッドタイム値近傍への変化 (D → C → D)	49
1.3.1.6 0%近傍から 0%近傍への変化 (D → F → D)	52
1.3.1.7 0%近傍から 0%近傍への変化 (E → F → E)	57
1.3.1.8 0%近傍から 0%への変化 (D → 0% → D)	61
1.3.1.9 0%近傍から 0%への変化 (F → 0% → F)	66
1.3.1.10 0%近傍から 0%近傍への変化 (F → G → F)	70
1.3.1.11 初期出力 (初期値=A)	75
1.3.2 GPTW の 0%、100%近傍の出力波形	80
1.3.2.1 100%近傍から 100%近傍への変化 (D → A → D)	81
1.3.2.2 100%近傍から 100%への変化 (D → 0%/100% → D)	88
1.3.2.3 100%近傍から 100%への変化 (A → 0%/100% → A)	95
1.3.2.4 0%近傍から 0%への変化 (F → 0%/100% → F)	102
1.4 GPTW 出力保護機能を使用した場合の注意事項	109
1.4.1 GPTW 出力保護機能について	109
1.4.2 デッドタイム自動設定使用時の出力保護機能動作と注意事項	109
1.4.2.1 異常値 ("0000 0000h") を設定した場合の動作例	111
1.4.2.2 異常値 (GTPR レジスタ設定値以上の値) を設定した場合の動作例	121
1.4.3 デッドタイム自動設定未使用時の注意事項について	131
1.4.3.1 異常値 ("0000 0000h") を設定した場合の動作例	132
1.4.3.2 異常値 (GTPR レジスタ設定値と同じ値) を設定した場合の動作例	136
1.4.3.3 異常値 (GPTR レジスタ設定値より大きい値) を設定した場合の動作例	140
1.5 GPTW 0%、100%切り替えレジスタによるデッドタイムについて	144
2. 動作確認条件	145
3. MTU サンプルコード	146
3.1 共通	146
3.1.1 サンプルコード一覧	146

3.1.2	フォルダ構成	147
3.1.3	ファイル構成	148
3.1.4	コンポーネントの追加	149
3.1.5	端子設定	150
3.1.6	割り込み設定	151
3.2	0%、100%近傍の動作	152
3.2.1	概要	152
3.2.2	動作詳細	154
3.2.3	スマート・コンフィグレータ設定	156
3.2.4	フローチャート	158
3.2.5	注意事項	159
3.2.5.1	端子設定	159
3.2.5.2	バッファレジスタ値の更新	159
3.2.5.3	バッファ動作設定	159
3.2.5.4	出力レベル設定	159
4.	GPTW サンプルコード	160
4.1	共通	160
4.1.1	サンプルコード一覧	160
4.1.2	フォルダ構成	161
4.1.3	ファイル構成	162
4.1.4	コンポーネントの追加	163
4.1.5	端子設定	165
4.1.6	割り込み設定	166
4.2	0%、100%近傍の動作	167
4.2.1	概要	167
4.2.2	動作詳細	169
4.2.3	スマート・コンフィグレータ設定	171
4.2.4	フローチャート	174
4.2.5	注意事項	176
4.2.5.1	コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ~ F)	176
4.2.5.2	コンペアマッチで Duty 100%の出力	176
4.2.5.3	Duty 0%および 100%出力中のコンペアマッチ動作	177
4.2.5.4	Duty 0%および 100%からの切り替え	177
5.	プロジェクトのインポート方法	178
5.1	e ² studio での手順	178
5.2	CS+ での手順	179
6.	参考ドキュメント	180
	改訂記録	181

1. MTU と GPTW の相補 PWM の違い

MTU と GPTW の相補 PWM 出力の違いを以下に説明します。

表 1-1 相補 PWM 出力の機能

項目		MTU	GPTW
チャンネル		MTU3-MTU4、MTU6-MTU7	GPTn (n = 0~9)
モード	山転送	相補 PWM モード 1 (16 ビット)	—
	谷転送	相補 PWM モード 2 (16 ビット)	三角波 PWM モード 1 (32 ビット) 三角波 PWM モード 3 (64 ビット)
	山谷転送	相補 PWM モード 3 (16 ビット)	三角波 PWM モード 2 (32 ビット)
出力端子		<ul style="list-style-type: none"> • MTU3-MTU4 MTIOC3B : PWM 出力端子 1 (正相) MTIOC3D : PWM 出力端子 1 (逆相) MTIOC4A : PWM 出力端子 2 (正相) MTIOC4C : PWM 出力端子 2 (逆相) MTIOC4B : PWM 出力端子 3 (正相) MTIOC4D : PWM 出力端子 3 (逆相) • MTU6-MTU7 MTIOC6B : PWM 出力端子 4 (正相) MTIOC6D : PWM 出力端子 4 (逆相) MTIOC7A : PWM 出力端子 5 (正相) MTIOC7C : PWM 出力端子 5 (逆相) MTIOC7B : PWM 出力端子 6 (正相) MTIOC7D : PWM 出力端子 6 (逆相) 	GTIOCnA (正相) GTIOCnB (逆相)

GPTW で複数相を出力する場合は、「アプリケーションノート RX ファミリ MTU3/GPTW を用いた PWM 出力方法」の「4.6 三角波 PWM モード 1」、「4.7 三角波 PWM モード 2」、「4.8 三角波 PWM モード 3」を参照してください。

バッファ機能の違いは、「アプリケーションノート RX ファミリ MTU3/GPTW を用いた PWM 出力方法」の「1.2 バッファ機能」を参照してください。

デッドタイム自動設定の違いは、「アプリケーションノート RX ファミリ MTU3/GPTW を用いた PWM 出力方法」の「1.4 デッドタイム自動設定」を参照してください。

1.1 MTU、GPTW の相補 PWM モードと動作例

1.1.1 MTU の相補 PWM モードと動作例

- MTU 相補 PWM モードについて

MTU の相補 PWM モードでは、MTU3.TCNT、MTU4.TCNT および TCNTSA (MTU6.TCNT、MTU7.TCNT および TCNTSB) の 3 本のカウンタがアップダウンカウント動作を行い、コンペアレジスタ、バッファレジスタおよびテンポラリレジスタを使用して、PWM 出力の Duty 制御を行います。

- デッドタイムについて

相補 PWM モードのデッドタイムは、タイマデッドタイムデータレジスタ (TDDRA、TDDRБ) に設定します。TDDRA (TDDRБ) に設定した値が、MTU3.TCNT (MTU6.TCNT) のカウンタスタート値となり、MTU3.TCNT (MTU6.TCNT) と MTU4.TCNT (MTU7.TCNT) のノンオーバーラップ (デッドタイム) を自動生成します。

- 相補 PWM モード 動作例

相補 PWM モード 3 のカウンタ (MTU3.TCNT、MTU4.TCNT)、コンペアレジスタ (MTU3.TGRB)、バッファレジスタ (MTU3.TGRD)、テンポラリレジスタ (TEMP1A) と端子 (MTIOC3B、MTIOC3D) の動作例を図 1-1に示します。

図 1-1、および次頁以降の MTU の図において、以下のように定義します。

- 青点線：バッファレジスタ (MTU3.TGRD) の設定タイミングと値の変化
- 青実線：テンポラリレジスタ (TEMP1A) の設定タイミングと値の変化
- 赤点線：コンペアレジスタ (MTU3.TGRB) の設定タイミングと値の変化
- TCDRA：MTU4.TCNT の上限値を設定するレジスタ値
- TDDRA：デッドタイム値
- Ta：Tb1 区間、Tb2 区間でない区間
- Tb1：山区間、MTU3.TCNT のカウンタ値が TCDRA ~ MTU3.TGRA にある区間
- Tb2：谷区間、MTU4.TCNT のカウンタ値が TDDRA ~ 0000h にある区間
- 黒実線、緑実線：MTU3.TCNT、MTU4.TCNT のカウンタ値の変化
- 黄色網掛け：デッドタイム

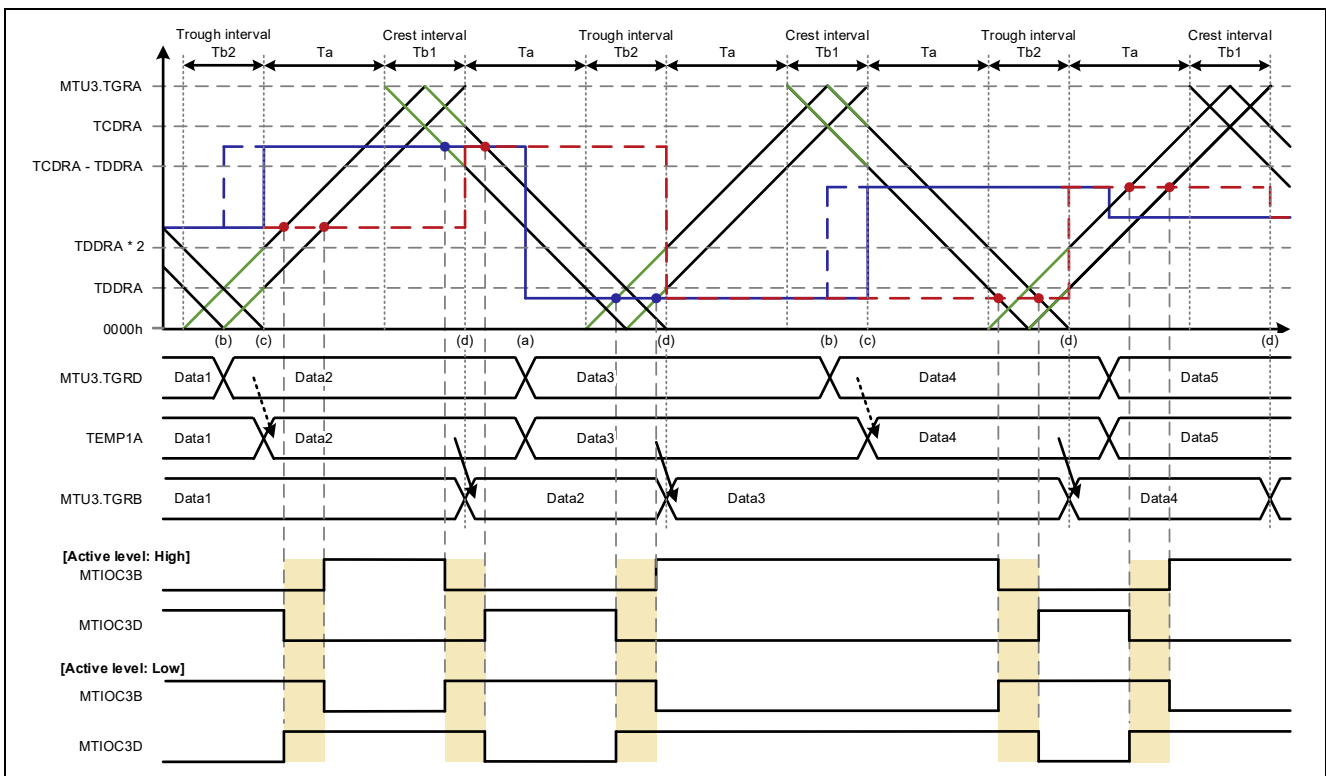


図 1-1 相補 PWM モード 3 の動作例

相補 PWM でコンペアレジスタのデータを更新する場合にはバッファレジスタを使用します。更新データはバッファレジスタに常時書き込むことができます。コンペアレジスタとバッファレジスタの間には、テンポラリレジスタがあります。

Ta 区間でバッファレジスタに書き込まれたデータはすぐにテンポラリレジスタに転送されます (図 1-1 (a))。Tb1、Tb2 区間でバッファレジスタに書き込まれたデータは、テンポラリレジスタには転送されません (図 1-1 (b))。この区間でバッファレジスタに書き込まれたデータは Tb1 (または Tb2) 区間が終了後にテンポラリレジスタに転送されます (図 1-1 (c))。テンポラリレジスタからコンペアレジスタに転送されるタイミングは、タイマモードレジスタ 1 (TMDR1) の MD[3:0] ビットで選択できます。MD[3:0] ビットで選択されたタイミングの Tb 区間の終了時 (谷転送の場合 Tb2) にテンポラリレジスタからコンペアレジスタに転送されます (図 1-1 (d))。

以降の MTU の図では、Tb 区間でバッファレジスタの書き替えを行うことを「Tb 区間で書き換え」、Ta 区間でバッファレジスタの書き替えを行うことを「Ta 区間で書き換え」と記載します。

各相出力レベルの切り替えタイミングは、図 1-1 の黒実線と緑実線で示す MTU3.TCNT、MTU4.TCNT と赤点線で示すコンペアレジスタ、青実線で示すテンポラリレジスタとのコンペアマッチにより生成されます。

図 1-1の黒実線で示すカウンタ値は、赤点線で示すコンペアレジスタが比較対象となります。コンペアレジスタとのコンペアマッチ箇所は赤丸で示します。図 1-1の緑実線で示すカウンタ値は、青実線で示すテンポラリレジスタが比較対象となります。テンポラリレジスタとのコンペアマッチ箇所は青丸で示します。Tb区間は、コンペアレジスタとの比較、テンポラリレジスタとの比較が混在します。この2つのコンペアマッチの組み合わせで出力波形が変わります。

MTUの相補PWMモードの詳細は、「RX66T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」の「22.3.8 相補PWMモード」と「アプリケーションノート RXファミリ MTU3/GPTW を用いたPWM出力方法」を参照してください。

1.1.2 GPTW の三角波 PWM モード 1/2/3 と動作例

● GPTW 三角波 PWM モード 1/2/3 について

GPTW の三角波 PWM モード 1/2/3 は、GTCNT カウンタとコンペアレジスタ (GTCCRA、GTCCRB) のコンペアマッチにより、GTIOcnA、GTIOcnB 端子 (n=0 ~ 9) に PWM 波形を出力することができます。モードおよび設定によってバッファレジスタ GTCCRm (m=C ~ F) を使用することができます。

三角波 PWM モード 3 は、テンポラリレジスタ (テンポラリレジスタ A/B) も使用します。詳細は、「RX66T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」の「24.3.3 PWM 出力動作モード」の「(5) 三角波 PWM モード 3 (谷 64 ビット転送)」を参照してください。

● デッドタイムについて

GPTW は、デッドタイムを生成する方法として、デッドタイム自動設定機能を用いたコンペアマッチによる方法と、端子出力 Duty 設定ビットによる方法の二種類を用意しています。

デッドタイム自動設定機能は、デッドタイム制御レジスタ (GTDTCR) の設定により、正相波形用のコンペアマッチ値 (GTCCRA レジスタ値) とデッドタイム値 (GTDVU、GTDVD レジスタ値) からデッドタイム付き逆相波形用コンペアマッチ値を生成し、GTCCRB レジスタに自動で設定させることができます。

ただし、GTCCRA レジスタの設定値によってはデッドタイムエラーが発生します。デッドタイムエラーが発生した場合、表 1-2 に示すように正相波形と逆相波形の変化するポイントを補正して、デッドタイムを確保した波形を自動生成します。補正後の逆相波形の変化ポイントは、GTCCRB レジスタに自動設定されますが、補正後の正相波形の変化ポイントは、GTCCRA レジスタに自動設定されません。詳細は、「RX66T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」の「24.3.4 デッドタイム自動設定機能」を参照してください。

表 1-2 デッドタイムエラー発生時の変化ポイント補正

波形モード	カウント方向	デッドタイムエラー条件	補正後の正相波形 変化ポイント	補正後の逆相波形 変化ポイント
三角波 PWM モード 1/2/3	アップカウント	$GTCCRA - GTDTU \leq 0$	GTDVU + 1	1
	ダウンカウント	$GTCCRA - GTDTU < 0$	GTDVU	0

- 三角波 PWM モード動作例

三角波 PWM モード 2 の GTCNT カウンタ、コンペアレジスタ (GTCCRA、GTCCRB)、バッファレジスタ (GTCCRC、GTCCRE)、端子 (GTIOC0A、GTIOC0B) の動作例を図 1-2 に示します。

図 1-2 および次頁以降の GPTW の図において、以下のように定義します。

- 青点線：正相側バッファレジスタ (GTCCRC) の設定タイミングと値の変化
- 青実線：正相側コンペアレジスタ (GTCCRA) の設定タイミングと値の変化
- 赤点線：逆相側バッファレジスタ (GTCCRE) の設定タイミングと値の変化
- 赤実線：逆相側コンペアレジスタ (GTCCRB) の設定タイミングと値の変化
- デッドタイム自動設定機能使用中デッドタイムエラー発生時は逆相波形の変化ポイント
- 緑実線：デッドタイム自動設定機能使用中デッドタイムエラー発生時の正相波形の変化ポイント
- 黄色網掛け：デッドタイム

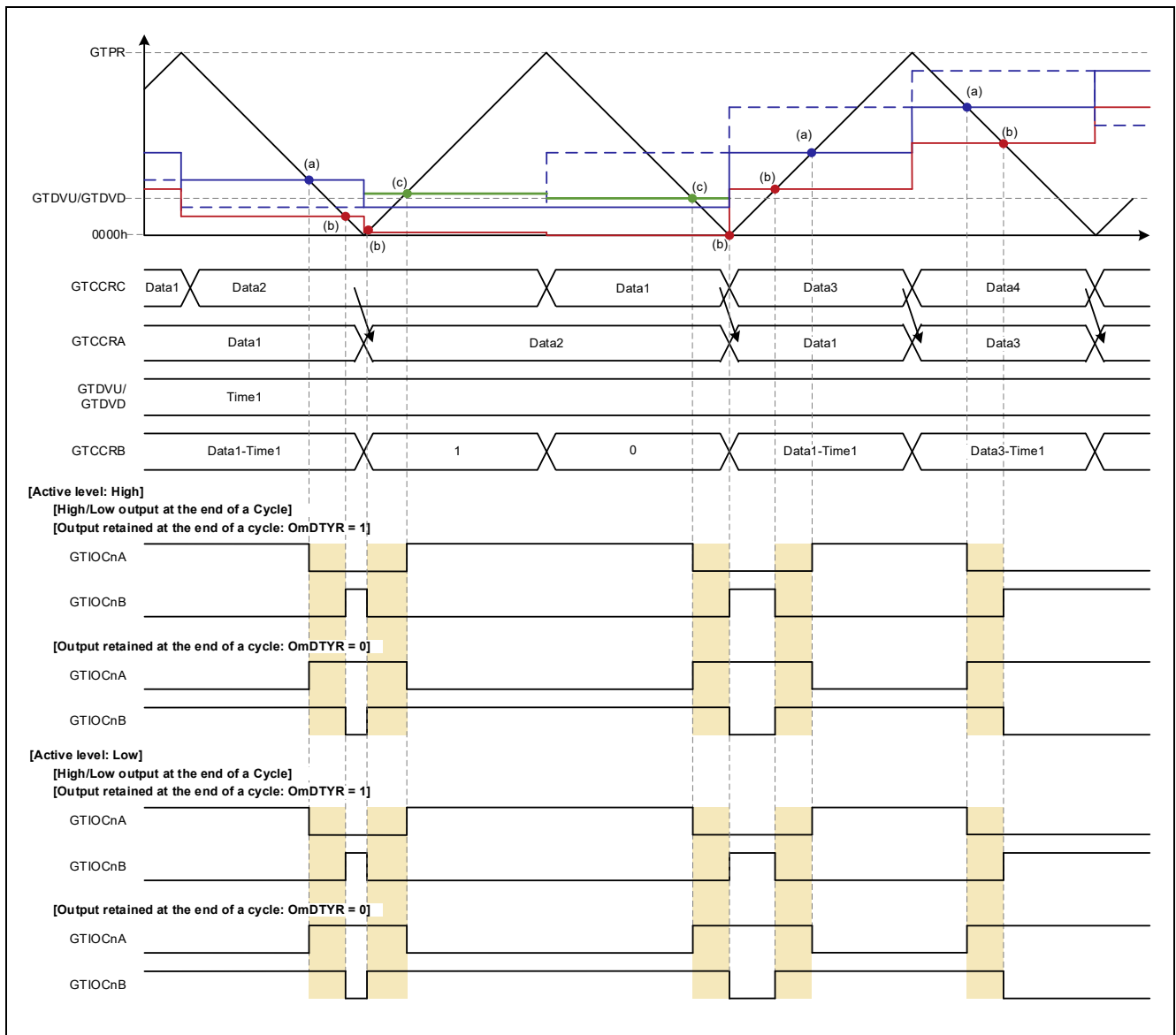


図 1-2 三角波 PWM モード 2 の動作例 (デッドタイム自動設定あり)

三角波 PWM モードでコンペアレジスタのデータを更新する場合にはバッファレジスタを使用します。更新データはバッファレジスタに常時書き込むことができます。バッファレジスタからコンペアレジスタに転送されるタイミングは、タイマ制御レジスタ (GTCR) の MD[2:0] ビットで選択できます。

出力レベルの切り替えタイミングは、GTCNT とコンペアレジスタ (GTCCRA、GTCCRB) とのコンペアマッチにより生成されます。GTCNT と GTCCRA のコンペアマッチで GTIOcNA 端子のタイミングを生成します。GTCNT と GTCCRA のコンペアマッチ箇所は青丸 (図 1-2 (a)) で示します。GTCNT と GTCCRB のコンペアマッチで GTIOcNB 端子のタイミングを生成します。GTCNT と GTCCRB のコンペアマッチ箇所は赤丸 (図 1-2 (b)) で示します。

デッドタイム自動設定機能使用時、デッドタイムエラーが発生するような値が GTCCRA に設定された場合、GTCNT は補正值と比較します。GTCNT と正相側の補正值とのコンペアマッチ箇所を緑丸 (図 1-2 (c)) で示します。

GPTW の三角波 PWM モードの詳細は、「RX66T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」の「24.3.3 PWM 出力動作モード」と「アプリケーションノート RX ファミリ MTU3/GPTW を用いた PWM 出力方法」を参照してください。

1.1.3 各種動作モードと動作条件

本アプリケーションノートでは、以下の条件の説明を行います。

表 1-3 MTU の条件

モード	バッファ構成	バッファ書き換え
谷転送：相補 PWM モード 2	シングルバッファ	Tb 区間書き換え
		Ta 区間書き換え
山谷転送：相補 PWM モード 3		Tb 区間書き換え
		Ta 区間書き換え

表 1-4 GPTW の条件

モード	バッファ構成	デッドタイム自動設定
谷転送：三角波 PWM モード 1	シングルバッファ	使用する
		使用しない
山谷転送：三角波 PWM モード 2		使用する
		使用しない
谷転送：三角波 PWM モード 3	注	使用する
		使用しない

注. 三角波 PWM モード 3 のバッファ動作は通常のバッファ動作と異なり、モードを選択すると自動でバッファを使用します。詳細は、「RX66T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」の「24.3.3 PWM 出力動作モード、(5) 三角波 PWM モード 3 (谷 64 ビット転送)」を参照してください。

1.2 Duty 0%、100%出力方法

MTU と GPTW の相補 PWM 出力時の Duty 0%、100%の設定方法を以下に示します。

表 1-5 Duty 0%と 100%の設定方法

タイマ	設定方法	
MTU	コンペアレジスタによる設定	<ul style="list-style-type: none"> TGR を下記の通り設定 100% : TGR = 0000h 0% : TGR = 周期レジスタの値
GPTW	コンペアレジスタによる設定	GTCCCR による設定 ^注
	端子出力 Duty 設定ビットの設定	<ul style="list-style-type: none"> GTUDDTYC.OADTY[1:0]/GTUDDTYC.OBDTY[1:0]による設定 0x : コンペアマッチで Duty 比決定 10 : Duty 0% 11 : Duty 100%

注. 意図しない波形になる場合があります。詳細は、1.4を参照してください。

MTU と GPTW では、各動作モードと波形出力開始タイミング(谷、山)、バッファ転送タイミング (Tb/Ta 区間) の関係により、0%、100% Duty 出力ができないケースが存在します。これらについて、次節で説明いたします。

1.2.1 MTU の Duty 0%、100%

MTU では、各動作モードと波形出力開始タイミング（谷、山）、バッファ転送タイミング（Tb/Ta 区間）の関係により、0%、100% Duty 出力ができないケースが存在します。これらの関係を表 1-6に示します。また、0%、100% Duty 出力の動作例について、1.2.1.1、1.2.1.2で説明します。

表 1-6 MTU の各動作モードにおける Duty 0%/100%波形出力動作例

動作モード	0%、100% 出力開始 タイミング	0% Duty 出力		100% Duty 出力	
		Tb 書き換え	Ta 書き換え	Tb 書き換え	Ta 書き換え
相補 PWM モード 1	谷	—	—	—	
	山	図 1-3	図 1-4	—	
相補 PWM モード 2	谷	図 1-5	図 1-6	図 1-11	図 1-12
	山	—	—	—	—
相補 PWM モード 3	谷	図 1-7	図 1-8	図 1-13	図 1-14
	山	図 1-9	図 1-10	—	—

— : 不可能

1.2.1.1 0% Duty 出力動作例

MTU はコンペアレジスタ（TGR レジスタ）に MTU3.TGRA（MTU6.TGRA）と同じ値を設定すると Duty 0% が出力されます。

表 1-6 MTU の各動作モードにおける Duty 0%/100%波形出力動作例の一覧に示す図 1-3 ~ 図 1-10の Duty 0%出力動作例について説明します。

- 動作例 1 : 図 1-3 相補 PWM モード 1 出力開始 : 山 Tb 区間書き換え
- 動作例 2 : 図 1-4 相補 PWM モード 1 出力開始 : 山 Ta 区間書き換え
- 動作例 3 : 図 1-5 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え
- 動作例 4 : 図 1-6 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え
- 動作例 5 : 図 1-7 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え
- 動作例 6 : 図 1-8 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え
- 動作例 7 : 図 1-9 相補 PWM モード 3 出力開始 : 山 Tb 区間書き換え
- 動作例 8 : 図 1-10 相補 PWM モード 3 出力開始 : 山 Ta 区間書き換え

■ 各動作例の動作条件と図の凡例

- Duty : 50% → 0% → 50%
- 図の凡例
 - 青点線 : バッファレジスタ（MTU3.TGRD）の設定タイミングと値の変化
 - 青実線 : テンポラリレジスタ（TEMP1A）の設定タイミングと値の変化
 - 赤点線 : コンペアレジスタ（MTU3.TGRB）の設定タイミングと値の変化
 - Data1 : Duty50%のコンペア値
 - Data2 : Duty 0%のコンペア値（MTU3.TGRA と同じ値）

■ 動作例 1：相補 PWM モード 1 出力開始：山 Tb 区間書き換え

図 1-3に相補 PWM モード 1 で Tb2 区間（谷）にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は ON
- テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF のまま
- ON（青丸）と OFF（赤丸）するコンペアマッチが同時に発生し、逆相は変化しない
- ON するコンペアマッチが発生するが、(c)の OFF が優先されるため正相は変化しない
- コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF
- コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON

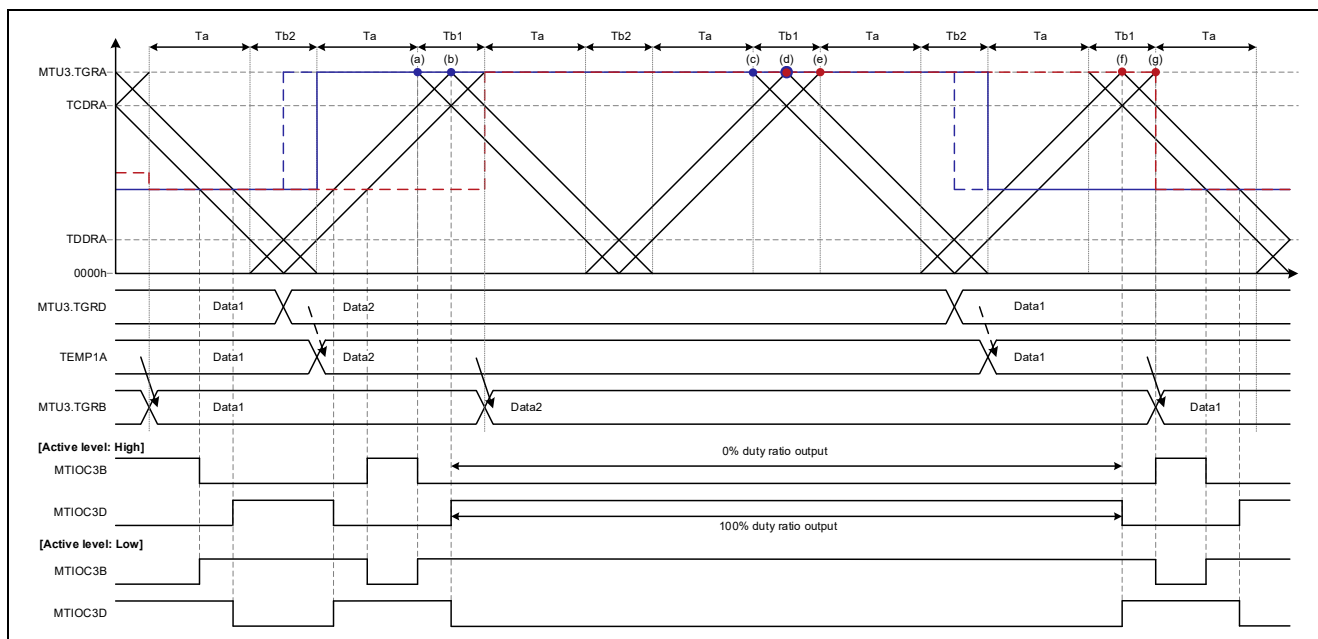


図 1-3 相補 PWM モード 1 の動作例
 (出力開始：山、Tb 区間で書き換え、Duty：50% → 0% → 50%)

■ 動作例 2：相補 PWM モード 1 出力開始：山 Ta 区間書き換え

図 1-4に相補 PWM モード 1 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-3と同じ動きをします。

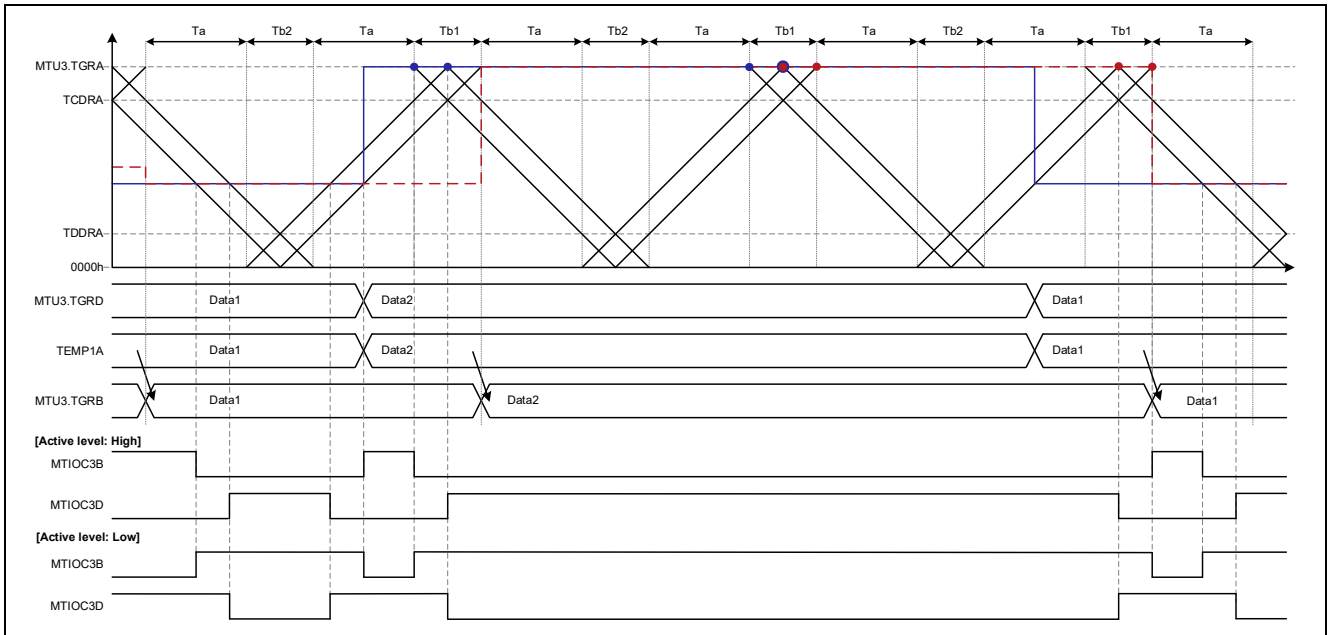


図 1-4 相補 PWM モード 1 の動作例
(出力開始：山、Ta 区間で書き換え、Duty：50% → 0% → 50%)

■ 動作例 3：相補 PWM モード 2 出力開始：谷 Tb 区間書き換え

図 1-5に相補 PWM モード 2 で Tb1 区間（山）にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF のまま
- (b) ON（青丸）と OFF（赤丸）するコンペアマッチが同時に発生し、逆相は変化しない
- (c) ON するコンペアマッチが発生するが、(a)の OFF が優先されるため正相は変化しない

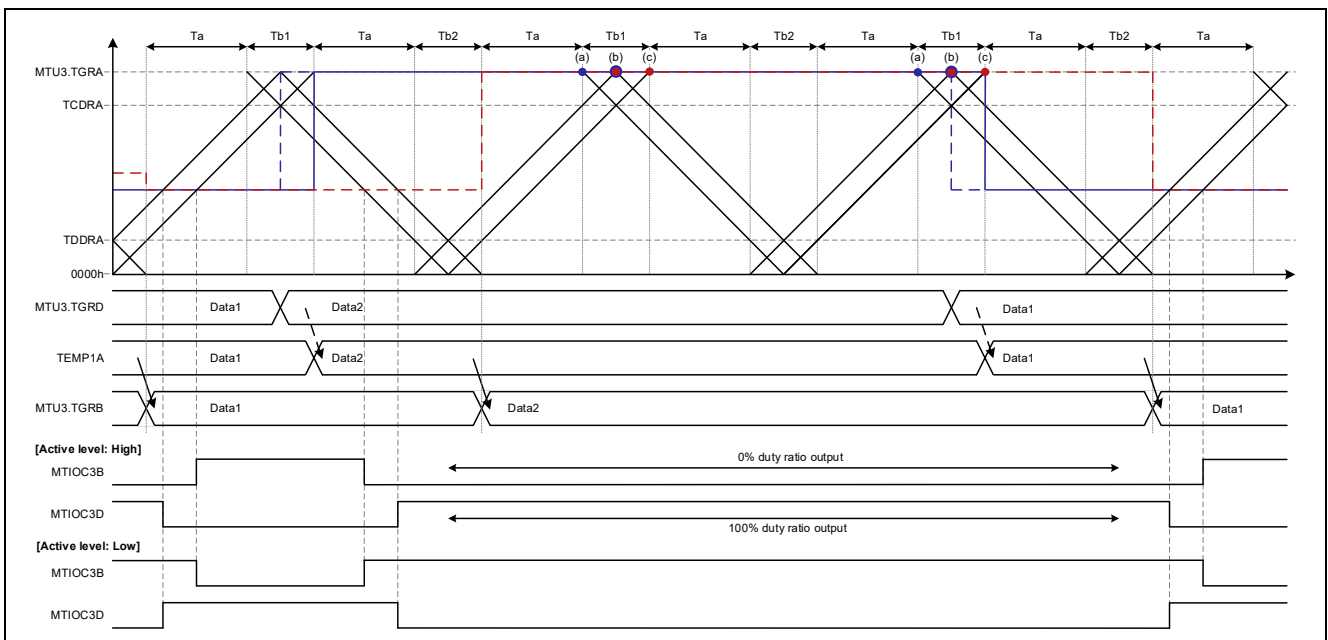


図 1-5 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始：谷、Tb 区間で書き換え、Duty：50% → 0% → 50%)

■ 動作例 4：相補 PWM モード 2 出力開始：谷 Ta 区間書き換え

図 1-6に相補 PWM モード 2 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-5と同じ動きをします。

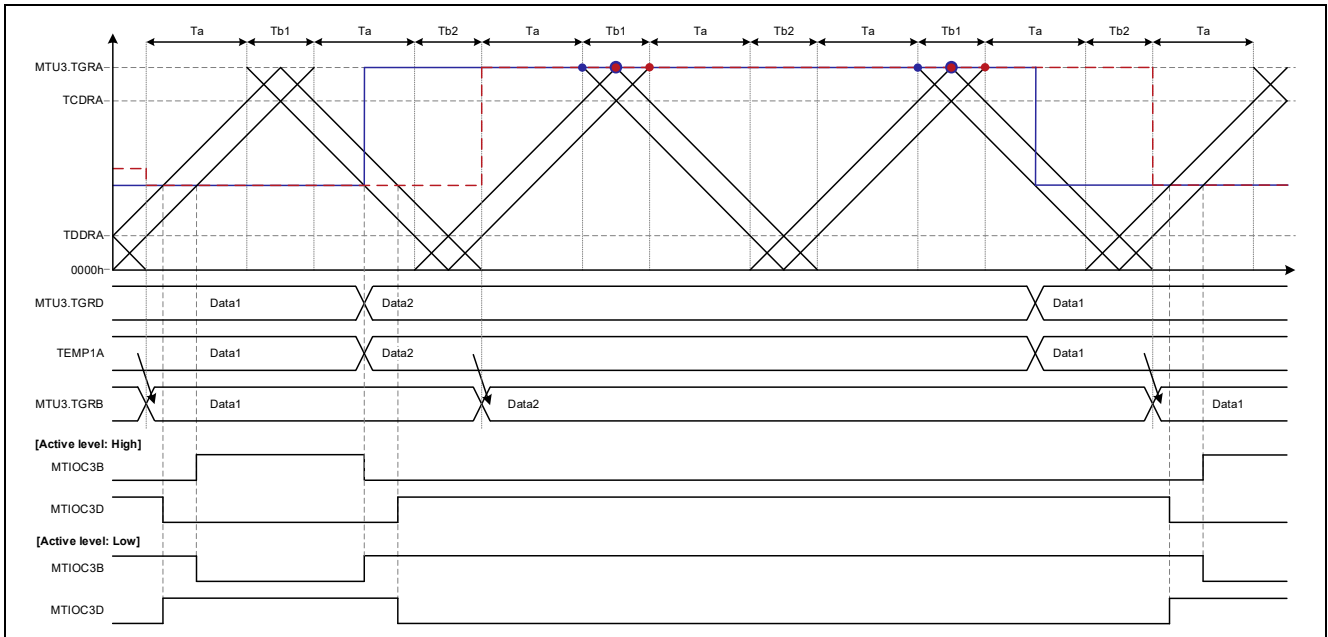


図 1-6 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始：谷、Ta 区間で書き換え、Duty：50% → 0% → 50%)

■ 動作例 5：相補 PWM モード 3 出力開始：谷 Tb 区間書き換え

図 1-7に相補 PWM モード 3 で Tb 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF のまま
- (b) ON (青丸) と OFF (赤丸) するコンペアマッチが同時に発生し、逆相は変化しない
- (c) ON するコンペアマッチが発生するが、(a)の OFF が優先されるため正相は変化しない

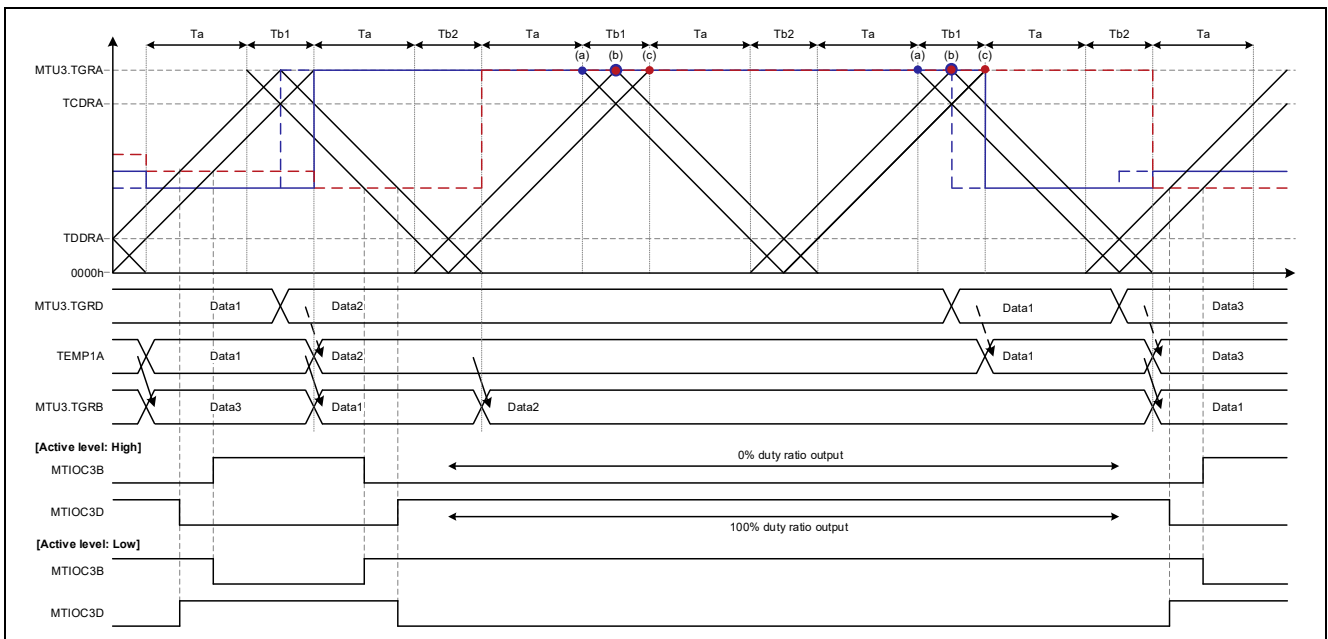


図 1-7 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始：谷、Tb 区間で書き換え、Duty：50% → 0% → 50%)

■ 動作例 6 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え

図 1-8に相補 PWM モード 3 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-7と同じ動きをします。

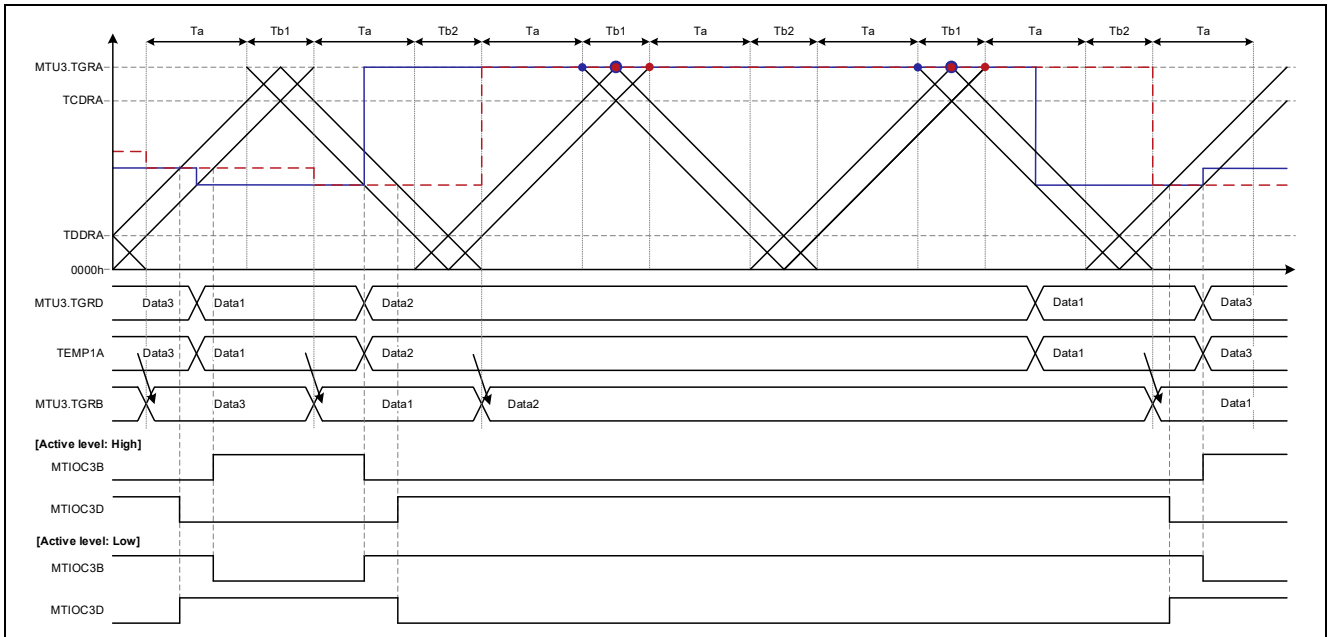


図 1-8 相補 PWM モード 3 の動作例
 (出力開始 : 谷、Ta 区間で書き換え、Duty : 50% → 0% → 50%)

■ 動作例 7 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 山 Tb 区間書き換え

相補 PWM モード 3 は、カウンタの山のときから 0% を出力することができます。図 1-9 に相補 PWM モード 3 で Tb 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- (b) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は ON
- (c) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF のまま
- (d) ON (青丸) と OFF (赤丸) するコンペアマッチが同時に発生し、逆相は変化しない
- (e) ON するコンペアマッチが発生するが、(c) の OFF が優先されるため正相は変化しない
- (f) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF
- (g) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON

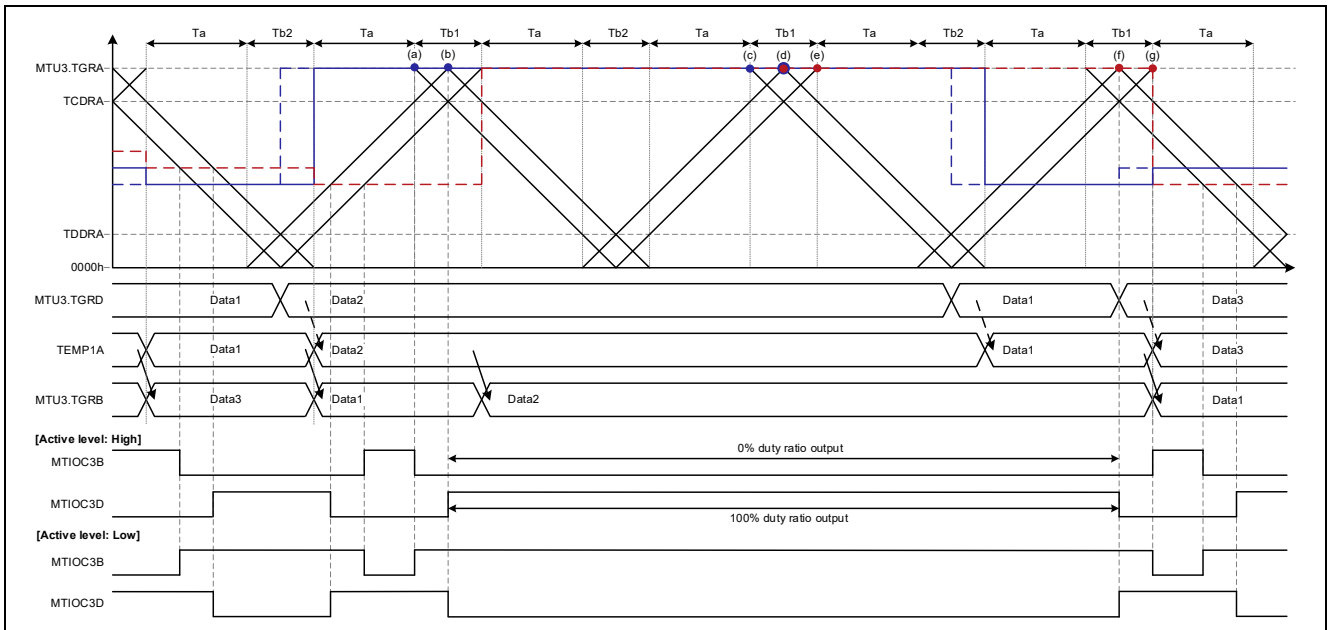


図 1-9 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 山、Tb 区間で書き換え、Duty : 50% → 0% → 50%)

■ 動作例 8 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 山 Ta 区間書き換え

図 1-10に相補 PWM モード 3 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-9と同じ動きをします。

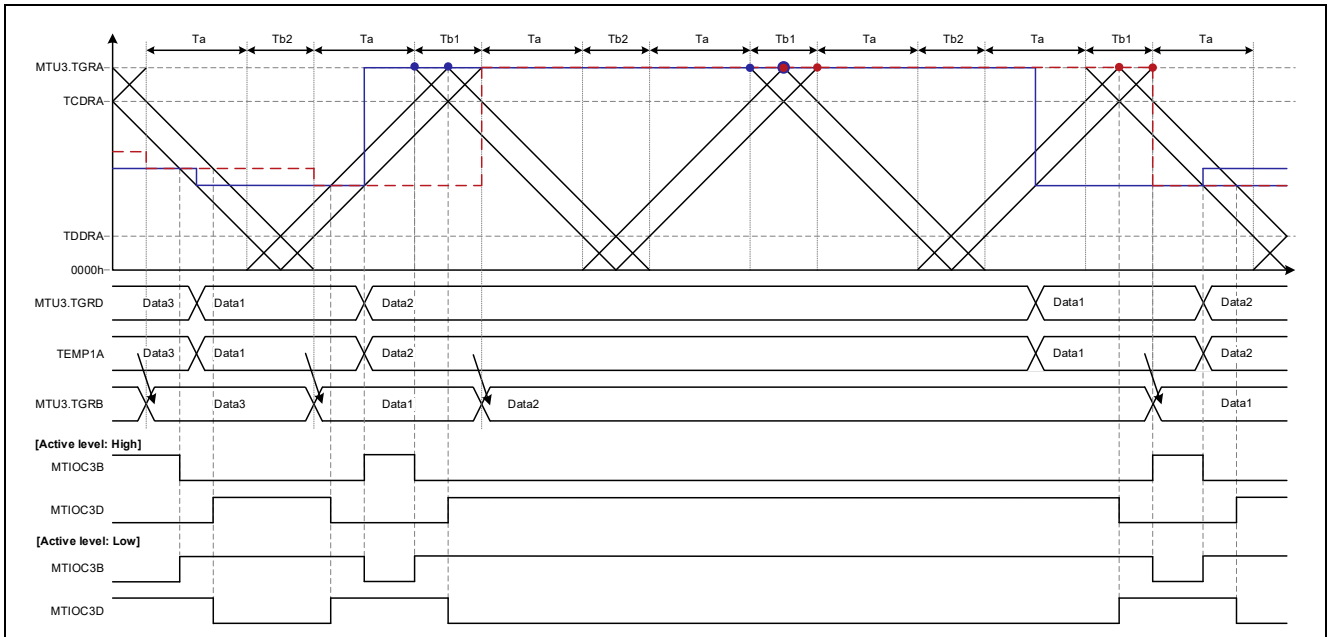


図 1-10 相補 PWM モード 3 の動作例
 (出力開始 : 山、Ta 区間で書き換え、Duty : 50% → 0% → 50%)

1.2.1.2 100% Duty 出力動作例

MTU はコンペアレジスタに “0000h” を設定すると Duty 100%が出力されます。

表 1-6 MTU の各動作モードにおける Duty 0%/100%波形出力動作例の一覧に示す図 1-11 ~ 図 1-14 の Duty 100%出力動作例について説明します。

- 動作例 1 : 図 1-11 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え
- 動作例 2 : 図 1-12 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え
- 動作例 3 : 図 1-13 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え
- 動作例 4 : 図 1-14 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え

■ 各動作例の動作条件と図の凡例

- Duty : 50% → 100% → 50%

● 図の凡例

- 青点線 : バッファレジスタ (MTU3.TGRD) の設定タイミングと値の変化
- 青実線 : テンポラリレジスタ (TEMP1A) の設定タイミングと値の変化
- 赤点線 : コンペアレジスタ (MTU3.TGRB) の設定タイミングと値の変化
- Data1 : Duty 50%のコンペア値
- Data2 : Duty 100%のコンペア値 (“0000h”)

■ 動作例 1 : 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え

図 1-11に相補 PWM モード 2 で Tb1 区間 (山) にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF
- テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相 OFF のまま
- ON (青丸) と OFF (赤丸) するコンペアマッチが同時に発生し、正相は変化しない
- ON するコンペアマッチが発生するが、(c)の OFF が優先されるため逆相は変化しない
- コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は ON

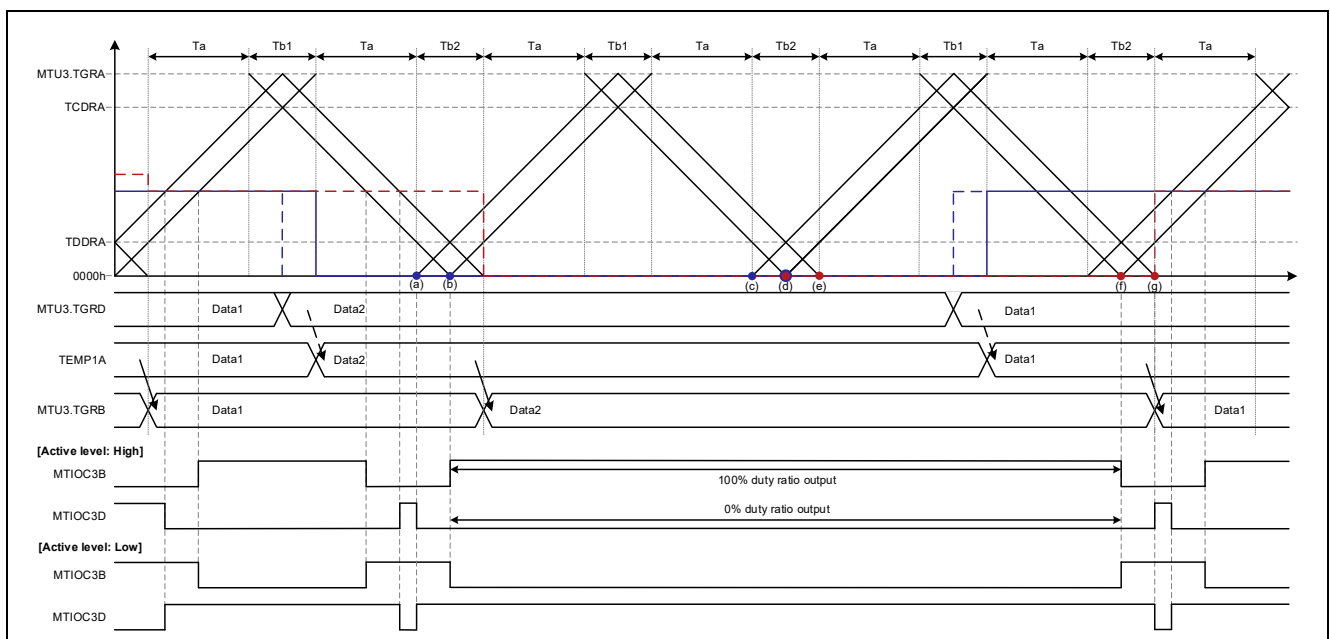


図 1-11 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始 : 谷、Tb 区間で書き換え、Duty : 50% → 100% → 50%)

■ 動作例 2：相補 PWM モード 2 出力開始：谷 Ta 区間書き換え

図 1-12に相補 PWM モード 2 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-11と同じ動きをします。

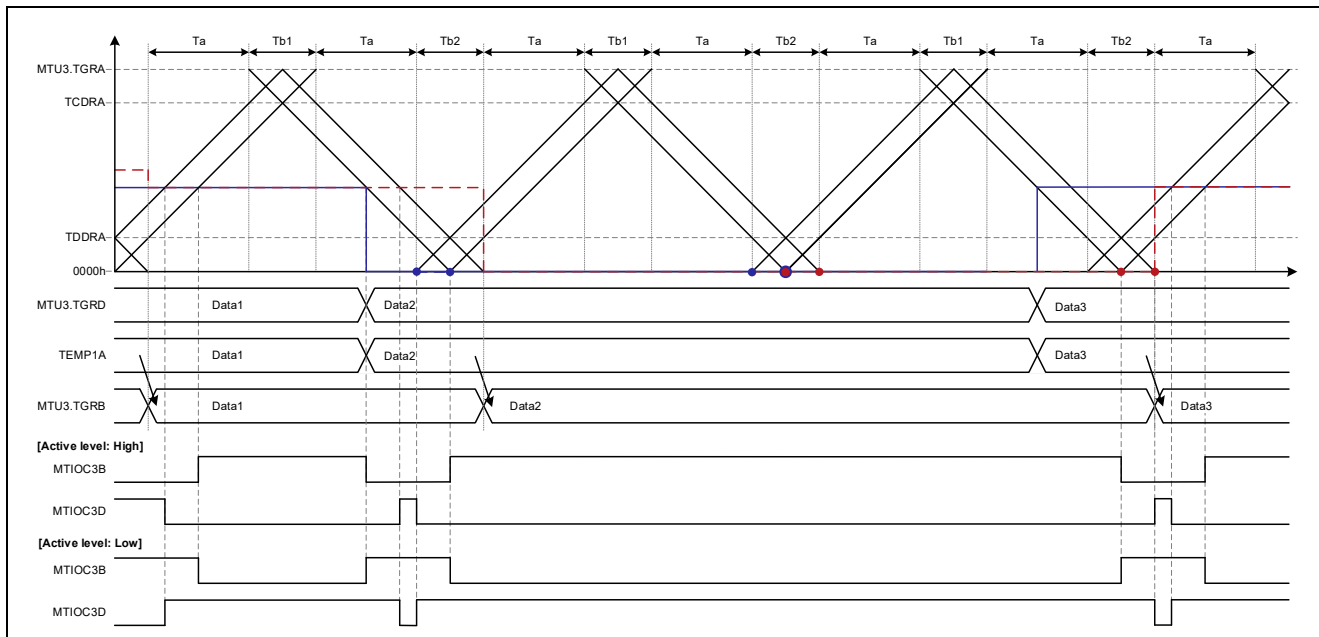


図 1-12 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始：谷、Ta 区間で書き換え、Duty : 50% → 100% → 50%)

■ 動作例 3 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え

図 1-13に相補 PWM モード 3 で Tb 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF
- (b) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- (c) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相 OFF のまま
- (d) ON (青丸) と OFF (赤丸) するコンペアマッチが同時に発生し、正相は変化しない
- (e) ON するコンペアマッチが発生するが、(c)の OFF が優先されるため逆相は変化しない
- (f) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- (g) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は ON

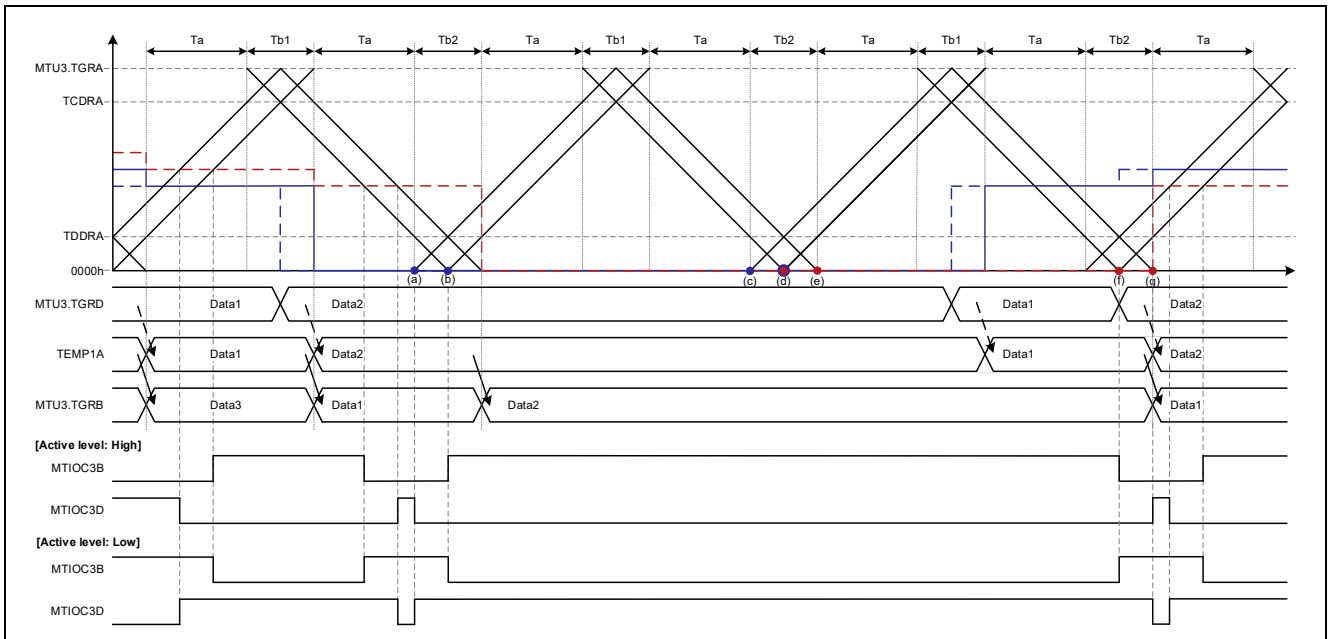


図 1-13 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、Tb 区間で書き換え、Duty : 50% → 100% → 50%)

■ 動作例 4 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え

図 1-14に相補 PWM モード 3 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-13と同じ動きをします。

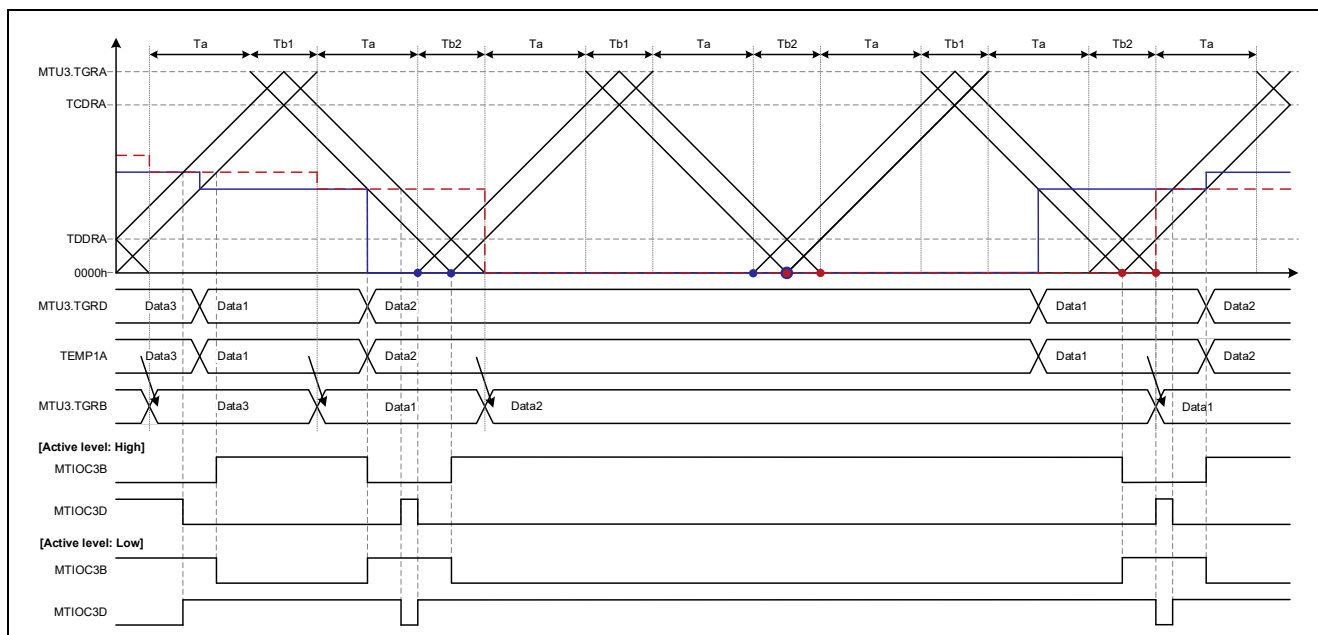


図 1-14 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、Ta 区間で書き換え、Duty : 50% → 100% → 50%)

1.2.2 GPTW の Duty 0%、100%

GPTW では、各動作モードと波形出力開始タイミング（谷、山）、デッドタイム自動生成設定の関係により、0%、100% Duty 出力ができないケースが存在します。これらの関係を表 1-7 に示します。また、0%、100% Duty 出力の動作例について、次節で説明します。

表 1-7 GPTW の各動作モードにおける Duty 0%/100%波形出力動作例

動作モード	0%、100% 出力開始 タイミング	デッドタイム自動設定あり		デッドタイム自動設定なし	
		0% Duty 出力	100% Duty 出力	0% Duty 出力	100% Duty 出力
三角波 PWM モード 1	谷	図 1-15	図 1-15	図 1-16	図 1-16
	山	—	—	—	—
三角波 PWM モード 2	谷	図 1-17	図 1-17	図 1-18	図 1-18
	山	—	—	—	—
三角波 PWM モード 3	谷	図 1-19	図 1-19	図 1-20	図 1-20
	山	—	—	—	—

— : 不可能

GPTW は GTUDDTYC.OADTY[1:0]、OBDTY[1:0]ビットの値を変更することで、Duty 0%/100%を出力します。カウント動作中に GTUDDTYC.OADTY[1:0]、OBDTY[1:0]ビットの値を変更すると、アンダフロー発生時（谷）に変更した出力 Duty 設定が反映されます。

本アプリケーションノートでは、カウント動作中の Duty 0%/100%の変更について説明します。カウント動作開始時から Duty 0%/100%出力を行う場合の詳細は、「アプリケーションノート RX ファミリ MTU3/GPTW を用いた PWM 出力方法」の「4.13 三角波 PWM モード 1 デューティ 0%と 100%」を参照してください。

Duty 0%/100%設定の動作中、GPTW 内部ではコンペアマッチ動作は継続し、割り込み出力、バッファ動作を行います。

Duty 0%/100%出力からコンペアマッチによる出力に変更する場合、GTIOR.GTIOm[3:2]ビット（m = A, B）と OmDTYR ビット（m = A, B）の設定値に応じて周期の終わりの出力値が決まります。

本アプリケーションノートにおける Duty 0%/100%設定からコンペアマッチによる出力に変更した場合の周期の終わりの出力値を表 1-8 に示します。

表 1-8 Duty 0%/100%解除後の出力値

GTIOR.GTIOm[3:2]	Duty 0%/100%によつてマスクされていたコンペアマッチ出力の周期の終わりの値	Duty 0%設定時の GTUDDTYC.OmDTYR		Duty 100%設定時の GTUDDTYC.OmDTYR	
		0	1	0	1
00b (周期の終わりで出力保持)	Low	Low	Low	High	Low
	High	Low	High	High	High
01b (周期の終わりで Low 出力)	—	Low	Low	Low	Low
10b (周期の終わりで High 出力)	—	High	High	High	High

m = A, B

1.2.2.1 0%、100% Duty 出力動作例

表 1-7 GPTW の各動作モードにおける Duty 0%/100%波形出力動作例の一覧に示す図 1-15 ~ 図 1-20の Duty 0%/100%出力動作例について説明します。

- 動作例 1 : 図 1-15 三角波 PWM モード 1 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定機能使用
- 動作例 2 : 図 1-16 三角波 PWM モード 1 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定機能未使用
- 動作例 3 : 図 1-17 三角波 PWM モード 2 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定機能使用
- 動作例 4 : 図 1-18 三角波 PWM モード 2 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定機能未使用
- 動作例 5 : 図 1-19 三角波 PWM モード 3 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定機能使用
- 動作例 6 : 図 1-20 三角波 PWM モード 3 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定機能未使用

図中の GTIOCnA 端子、GTIOCnB 端子の黒の点線は、Duty 0%、100%によってマスクされている動作を表します。

■ 各動作例の動作条件と図の凡例

- Duty : 50% → 0%/100% → 50%
- 図の凡例
 - 青点線 : 正相側バッファレジスタの設定値の遷移 (GTCCRC)
 - 青実線 : 正相側コンペアレジスタの設定値の遷移 (GTCCRA)
 - 赤点線 : 逆相側バッファレジスタの設定値の遷移 (GTCCRD)
 - 赤実線 : 逆相側コンペアレジスタの設定値の遷移 (GTCCRB)
 - Data1 : Duty 50%のコンペア値

■ 動作例 1 : 三角波 PWM モード 1 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定機能使用

図 1-15に三角波 PWM モード 1 でデッドタイム自動設定機能を使用する場合の動作例を示します。

- (a) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（11b または 10b）が反映され 0%/100%出力開始
- (b) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（00b）が反映され 0%/100%出力を解除
（コンパマッチによる出力制御に変更）
- (c) OmDTYR ビットが 0b の場合、0%/100%設定前の出力に対して出力が反転

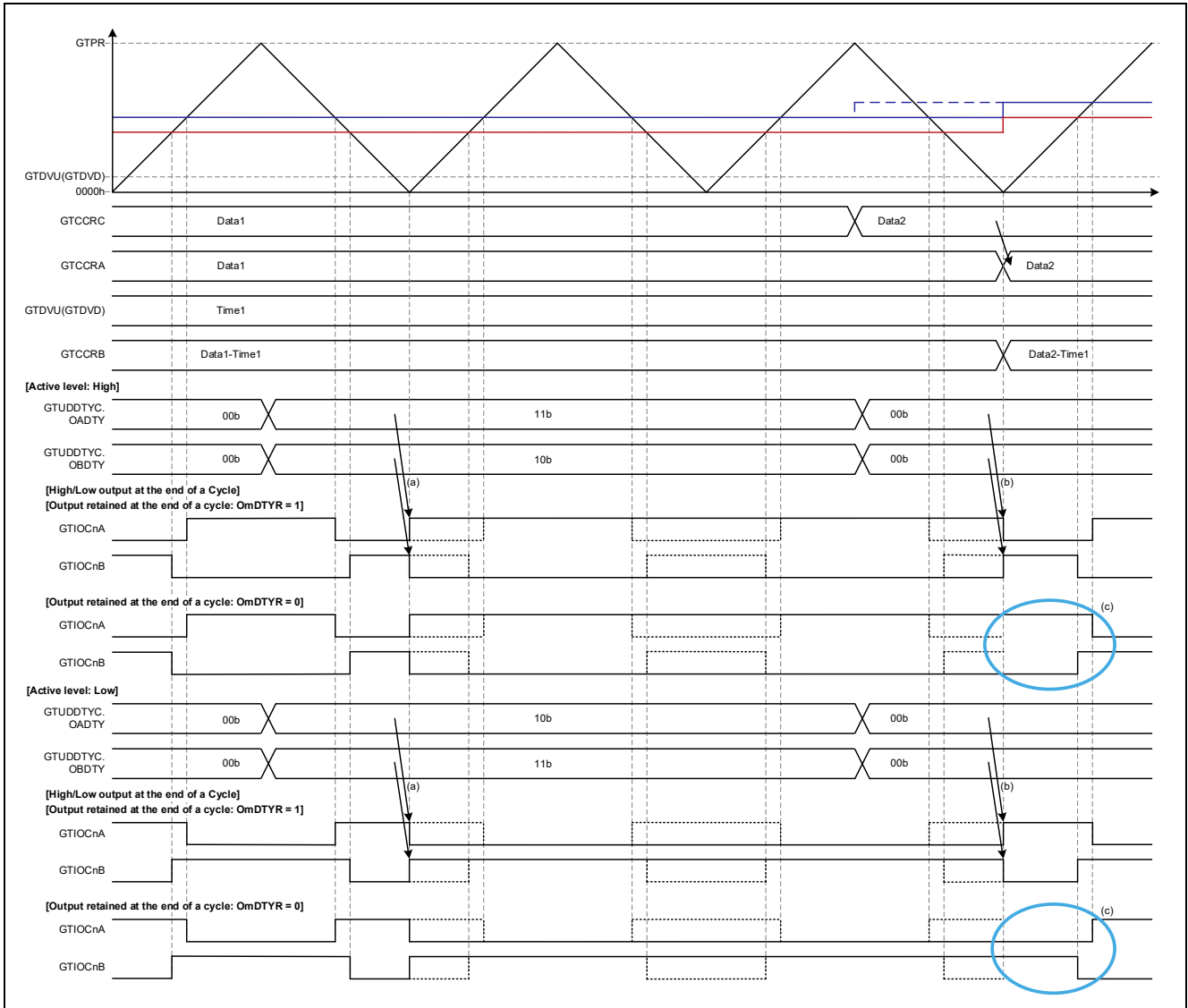


図 1-15 三角波 PWM モード 1 の動作例
 (出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能使用、Duty : 50% → 0%/100% → 50%)

■ 動作例 2 : 三角波 PWM モード 1 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定機能未使用

図 1-16に三角波 PWM モード 1 でデッドタイム自動設定機能を使用しない場合の動作例を示します。GTCCRB、GTCCRE レジスタの動作を除き、図 1-15と同じ動きをします。

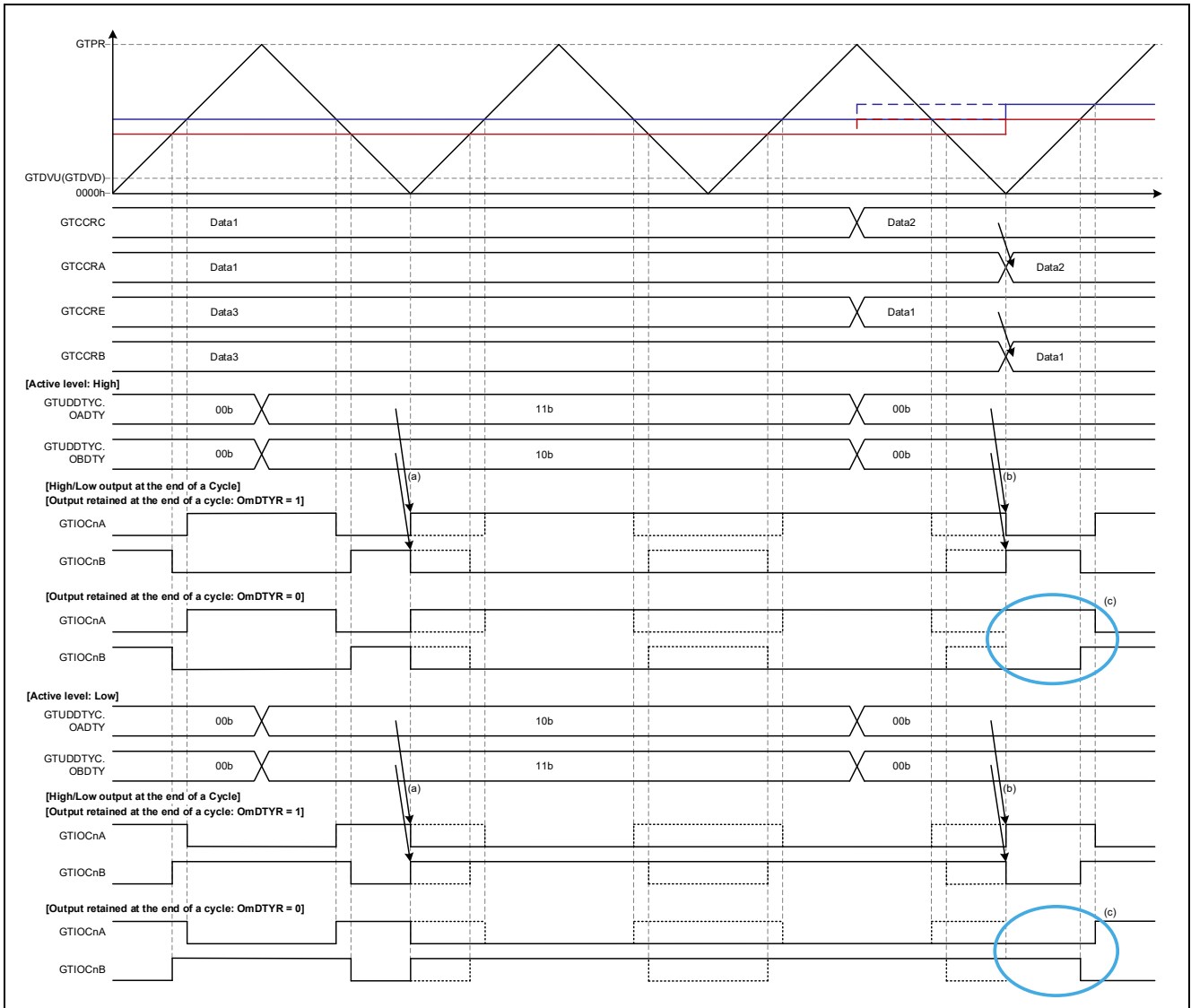


図 1-16 三角波 PWM モード 1 の動作例
(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能未使用、Duty : 50% → 0%/100% → 50%)

■ 動作例 3 : 三角波 PWM モード 2 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定機能使用

図 1-17に三角波 PWM モード 2 でデッドタイム自動設定機能を使用する場合の動作例を示します。

- (a) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（11b または 10b）が反映され 0%/100%出力開始
- (b) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（00b）が反映され 0%/100%出力を解除
（コンペアマッチによる出力制御に変更）
- (c) OmDTYR ビットが 0b の場合、0%/100%遷移前の出力に対して出力が反転

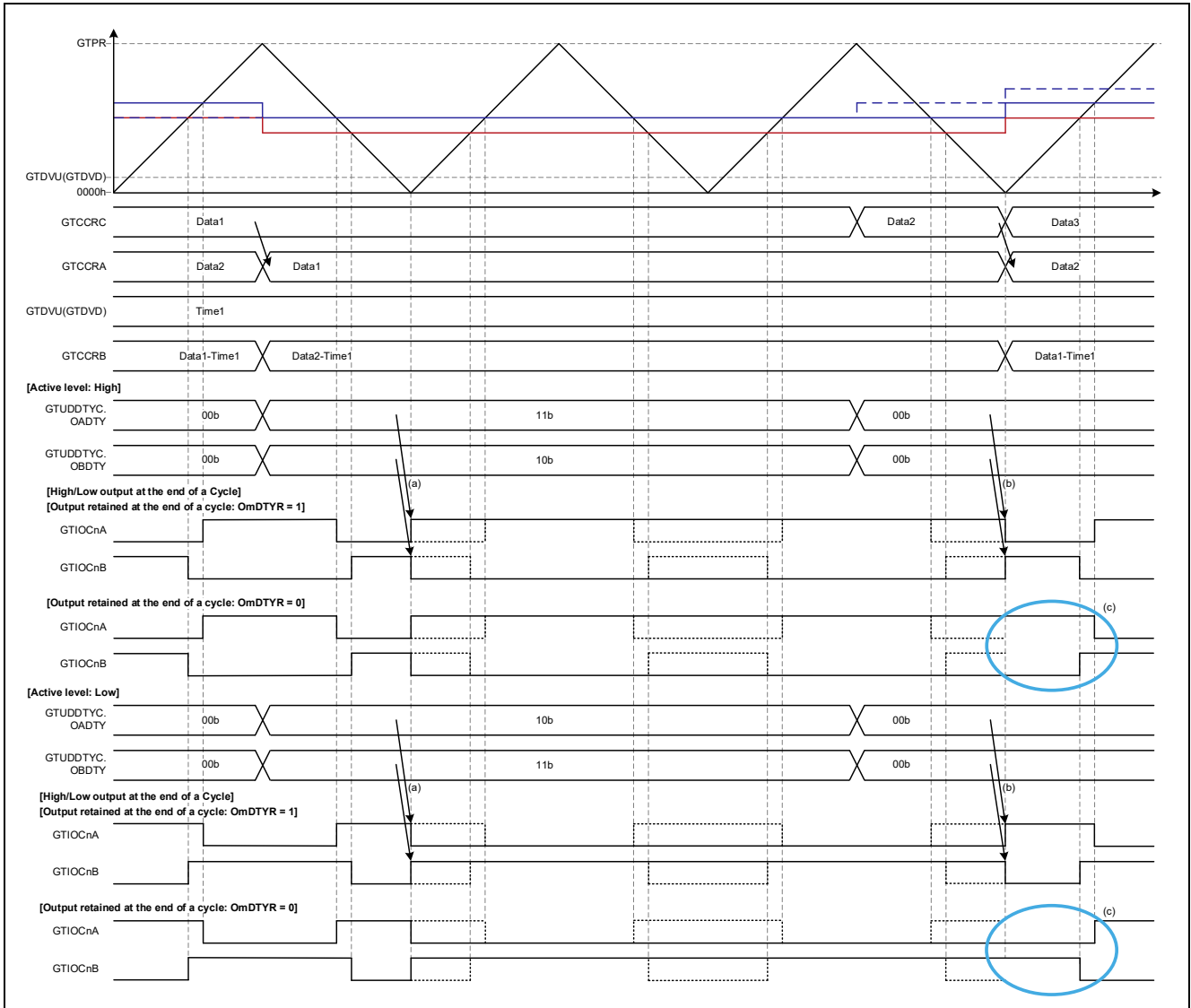


図 1-17 三角波 PWM モード 2 の動作例
(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能使用、Duty : 50% → 0%/100% → 50%)

■ 動作例 4 : 三角波 PWM モード 2 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定機能未使用

図 1-18に三角波 PWM モード 2 でデッドタイム自動設定機能を使用しない場合の動作例を示します。GTCCRB、GTCCRE レジスタの動作を除き、図 1-17と同じ動きをします。

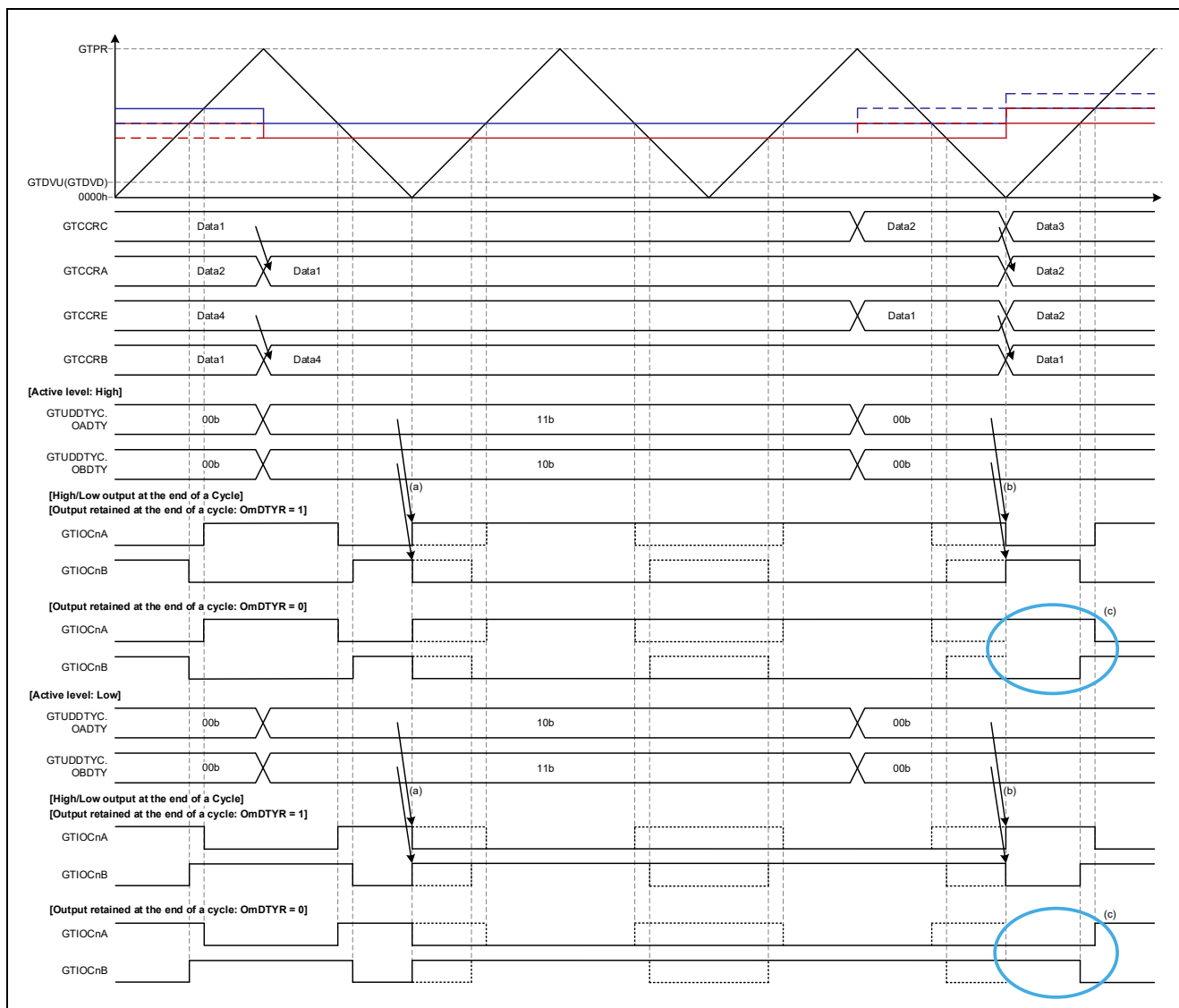


図 1-18 三角波 PWM モード 2 の動作例

(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能未使用、Duty : 50% → 0%/100% → 50%)

■ 動作例 5 : 三角波 PWM モード 3 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定機能使用

図 1-19に三角波 PWM モード 3 でデッドタイム自動設定機能を使用する場合の動作例を示します。

- (a) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（11b または 10b）が反映され 0%/100%出力開始
- (b) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（00b）が反映され 0%/100%出力を解除
（コンパマッチによる出力制御に変更）
- (c) OmDTYR ビットが 0b の場合、0%/100%設定前の出力に対して出力が反転

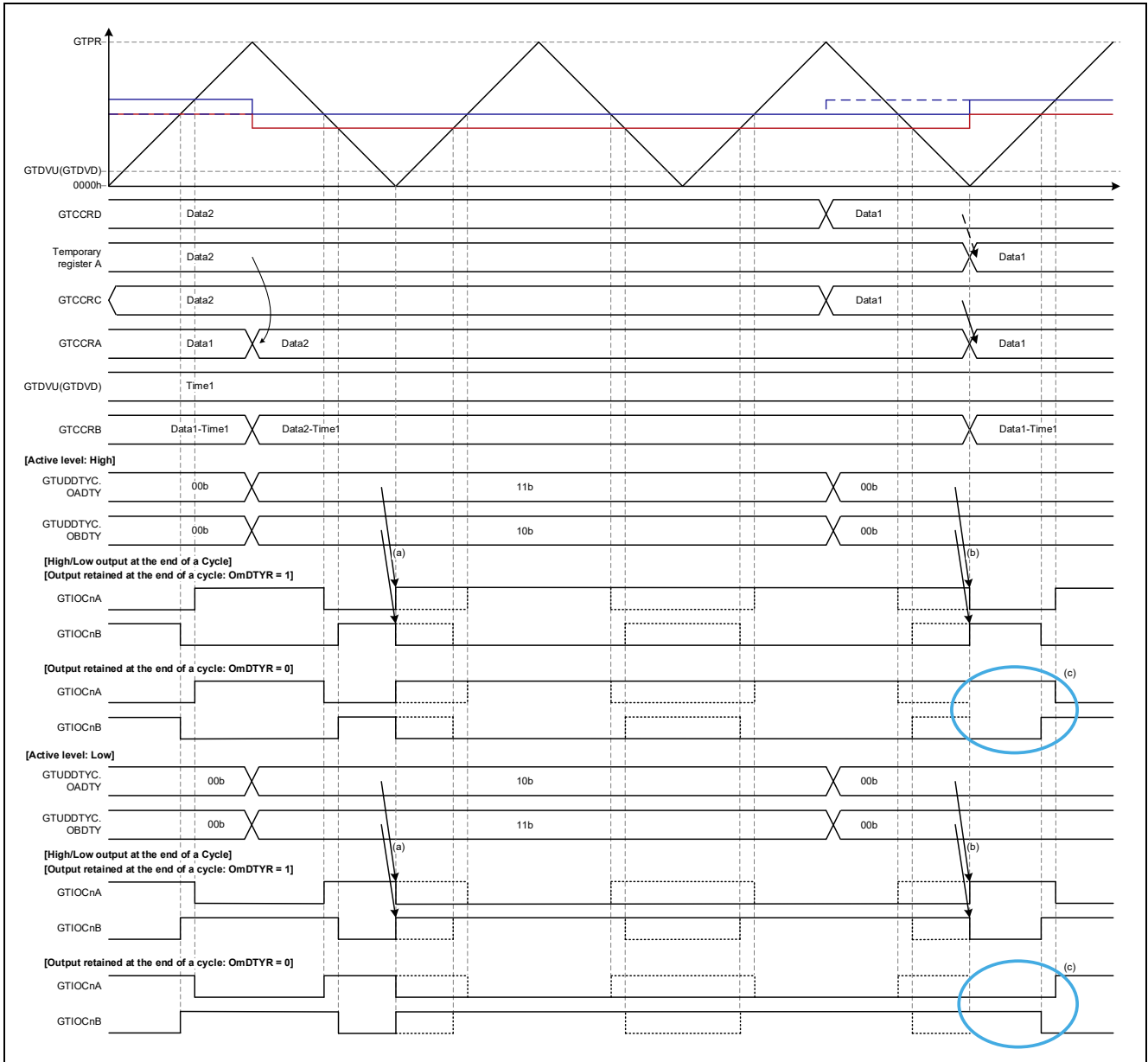


図 1-19 三角波 PWM モード 3 の動作例
 (出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能使用、Duty : 50% → 0%/100% → 50%)

■ 動作例 6 : 三角波 PWM モード 3 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定機能未使用

図 1-20に三角波 PWM モード 3 でデッドタイム自動設定機能を使用しない場合の動作例を示します。GTCCRB、GTCCRE レジスタの動作を除き、図 1-19と同じ動きをします。

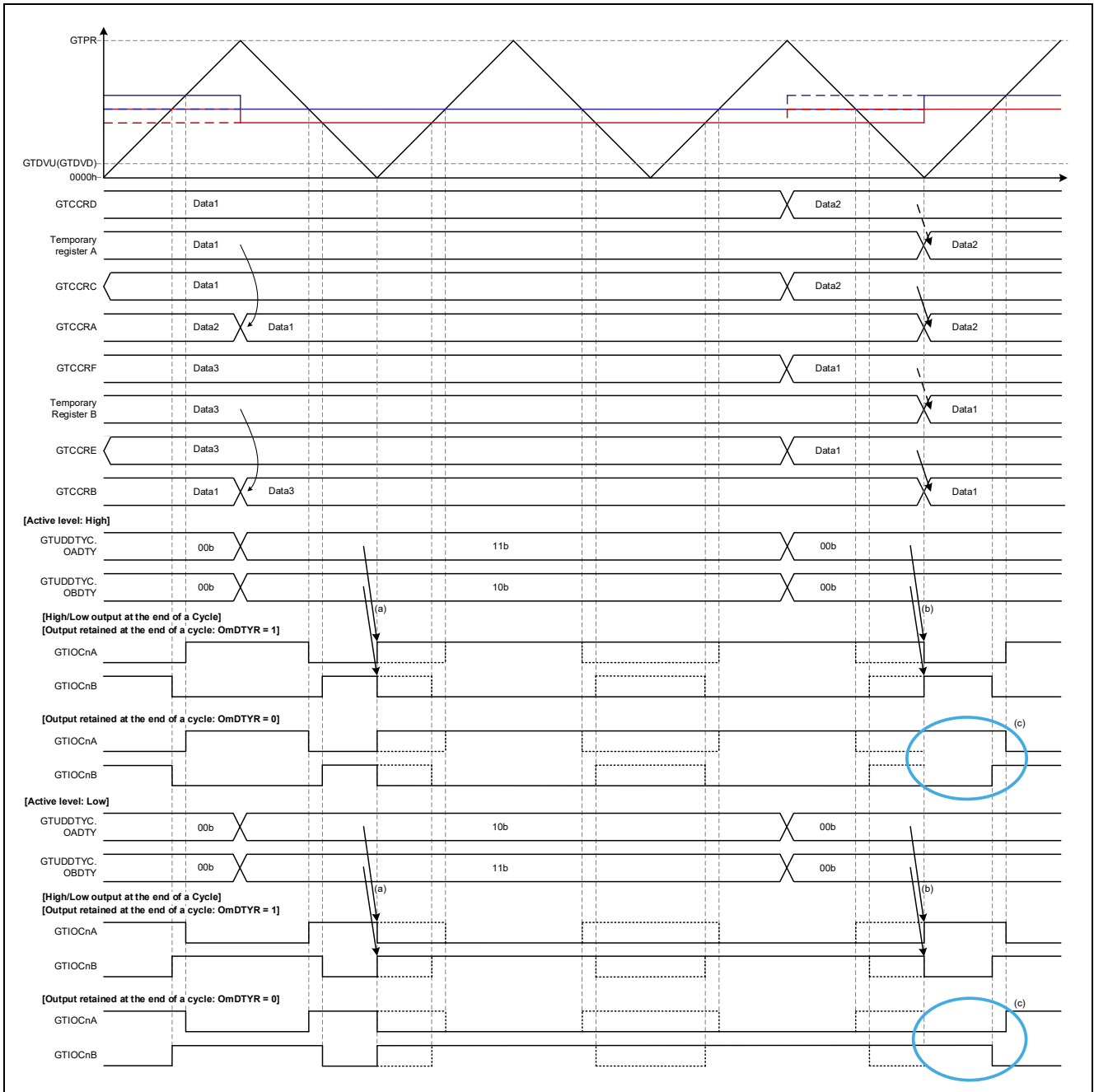


図 1-20 三角波 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能未使用、Duty : 50% → 0%/100% → 50%)

1.3 0%、100%近傍における波形出力時の注意事項

MTU3では、0%、100%近傍 (Tb 区間) で発生するコンペアレジスタ並びにテンポラリレジスタとのコンペアマッチにより、また、GPTWではGTCCCRによるコンペアマッチを使用する場合、0%、100%近傍 (デッドタイム区間) で発生するコンペアマッチにより、出力波形に関する注意事項があります。これらの注意事項に関して、本章で説明いたします。

注意事項の発生するコンペアレジスタパターンとコンペアレジスタ値の定義を図 1-21に示します。図 1-21の網掛け部分は MTU と GPTW の 0%、100%近傍の範囲を示しています。

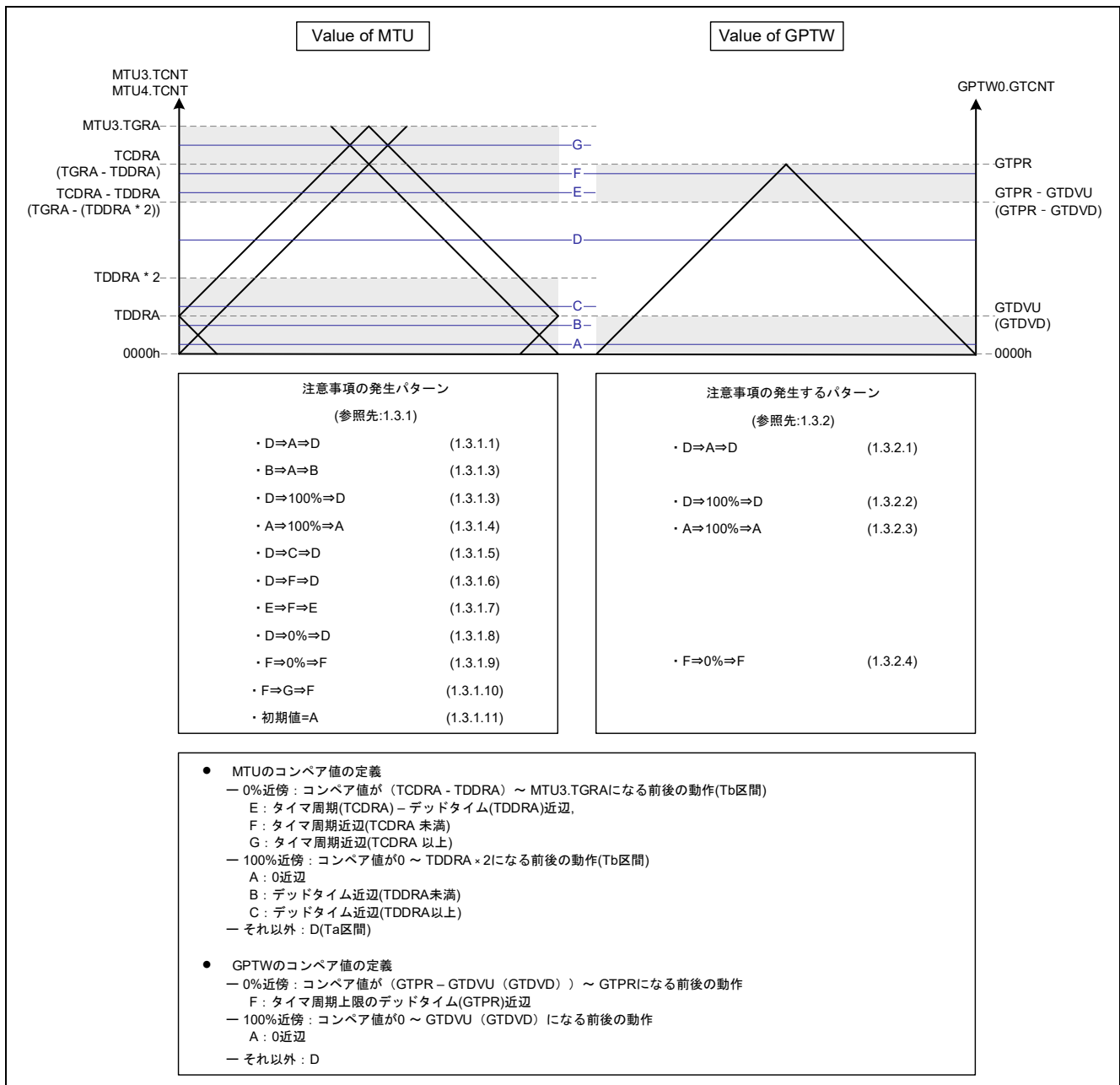


図 1-21 コンペアレジスタと注意事項の発生パターン

1.3.1 MTU の 0%、100%近傍の出力波形

相補 PWM モード 2、3 において、バッファレジスタの書き換えタイミング (Ta/Tb 区間)、並びにコンペアマッチタイミング (0%、100%近傍) による波形出力の注意事項と動作例を表 1-9に示します。

表 1-9 MTU 注意事項と動作モードの一覧

節	節題	相補 PWM モード 2		相補 PWM モード 3	
		Tb 書き換え Ta 書き換え	注意事項	Tb 書き換え Ta 書き換え	注意事項
1.3.1.1	100%近傍から 100%近傍への変化 (D → A → D)	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-22 ● 図 1-23 	*1, *2	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-24 ● 図 1-25 	*1, *2
1.3.1.2	100%近傍から 100%近傍への変化 (B → A → B)	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-26 ● 図 1-27 	*2, *3	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-28 ● 図 1-29 	*2, *3
1.3.1.3	100%近傍から 100%への変化 (D → 100% → D)	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-30 ● 図 1-31 	*4	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-32 ● 図 1-33 	*4
1.3.1.4	100%近傍から 100%への変化 (A → 100% → A)	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-34 ● 図 1-35 	*2	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-36 ● 図 1-37 	*2
1.3.1.5	デッドタイム値近傍への変化 (D → C → D)	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-38 ● 図 1-39 	*4	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-40 ● 図 1-41 	*4
1.3.1.6	0%近傍から 0%近傍への変化 (D → F → D)	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-42 ● 図 1-43 	*6, *8	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-44 ● 図 1-45 	*6, *8
1.3.1.7	0%近傍から 0%近傍への変化 (E → F → E)	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-46 ● 図 1-47 	*6, *7	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-48 ● 図 1-49 	*6, *7
1.3.1.8	0%近傍から 0%への変化 (D → 0% → D)	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-50 ● 図 1-51 	*8	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-52 ● 図 1-53 	*5
1.3.1.9	0%近傍から 0%への変化 (F → 0% → F)	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-54 ● 図 1-55 	*6	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-56 ● 図 1-57 	*9
1.3.1.10	0%近傍から 0%近傍への変化 (F → G → F)	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-58 ● 図 1-59 	*6, *10	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-60 ● 図 1-61 	*10
1.3.1.11	初期出力 (初期値=A)	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-62 ● 図 1-63 	*11	<ul style="list-style-type: none"> ● 図 1-64 ● 図 1-65 	*11

*1 : D の値が TDDRA × 2 により近く、かつ A の値が 0 に近いほど逆相は極小パルスになる

*2 : A の値が 0 に近いほど正相は極小パルスになる

*3 : A の値、B の値が 0 に近いほど正相は極小パルスになる

*4 : D の値が TDDRA × 2 に近いほど逆相は極小パルスになる

*5 : D の値が TCDRA - TDDRA に近いほど正相は極小パルスになる

*6 : F の値が TCDRA に近いほど正相は極小パルスになる

*7 : E の値が TCDRA に近いほど正相は極小パルスになる

*8 : D の値が TCDRA - TDDRA に近く、かつ、TDDRA が小さいほど正相は極小パルスになる

*9 : F の値が TCDRA に近いほど逆相は極小パルスになる

*10 : G の値が MTU3.TGRA に近いほど逆相は極小パルスになる

*11 : 逆相は TOCR1m.OLSN (m = A, B) で設定した初期出力レベルを保持する

1.3.1.1 100%近傍から 100%近傍への変化 (D → A → D)

表 1-9 MTU 注意事項と動作モードの一覧に示す図 1-22 ~ 図 1-25の動作例並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1 : 図 1-22 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*1,*2
- 動作例 2 : 図 1-23 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*1,*2
- 動作例 3 : 図 1-24 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*1,*2
- 動作例 4 : 図 1-25 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*1,*2

■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : D → A → D
 - $D > TDDRA \times 2$
 - $A < TDDRA$
- 図の凡例
 - 青点線 : バッファレジスタ (MTU3.TGRD) の設定タイミングと値の変化
 - 青実線 : テンポラリレジスタ (TEMP1A) の設定タイミングと値の変化
 - 赤点線 : コンペアレジスタ (MTU3.TGRB) の設定タイミングと値の変化
 - Data1 : D
 - Data2 : A
- 注意事項
 - *1 D の値が $TDDRA \times 2$ により近く、かつ A の値が 0 に近いほど逆相は極小パルスになる
 - *2 A の値が 0 に近いほど正相は極小パルスになる

■ 動作例 1：相補 PWM モード 2 出力開始：谷 Tb 区間書き換え

図 1-22 に相補 PWM モード 2 で Tb1 区間（山）にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は ON
- (b) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF
- (c) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF のまま
- (d) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- (e) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- (f) ON するコンペアマッチが発生するが、(c) の OFF が優先されるため逆相は変化しない
- (g) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は ON
- (h) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF

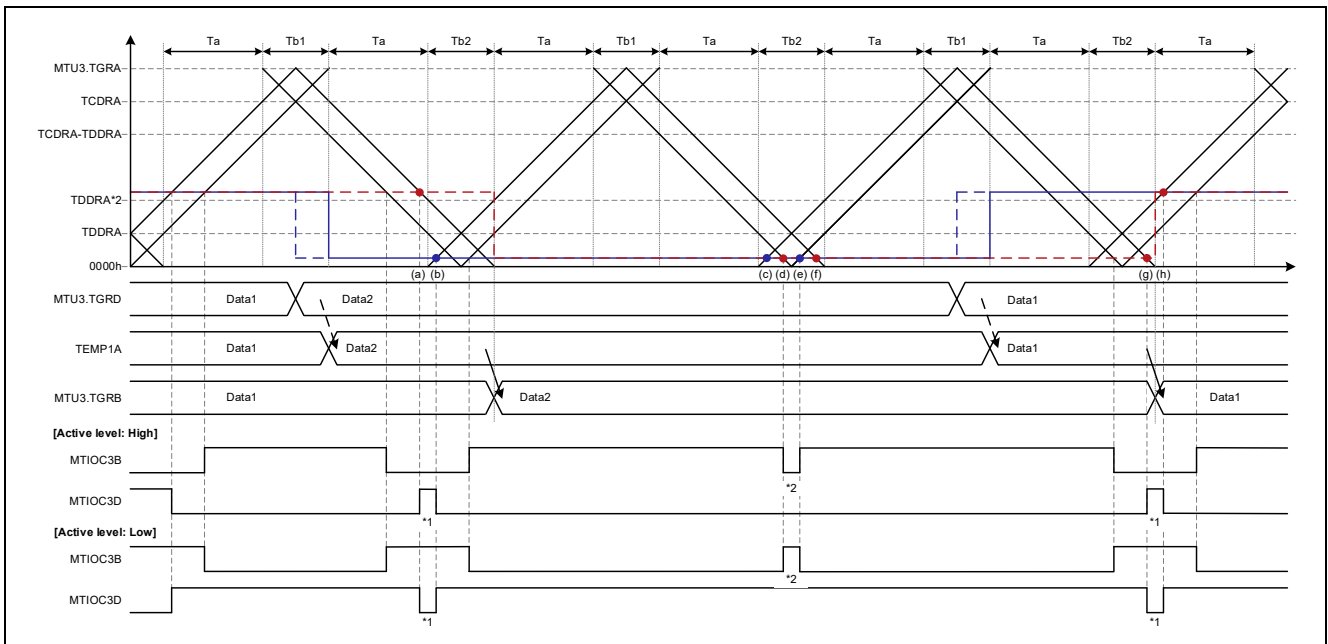


図 1-22 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始：谷、Tb 区間で書き換え、Duty : D → A → D)

■ 動作例 2：相補 PWM モード 2 出力開始：谷 Ta 区間書き換え

図 1-23に相補 PWM モード 2 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-22と同じ動きをします。

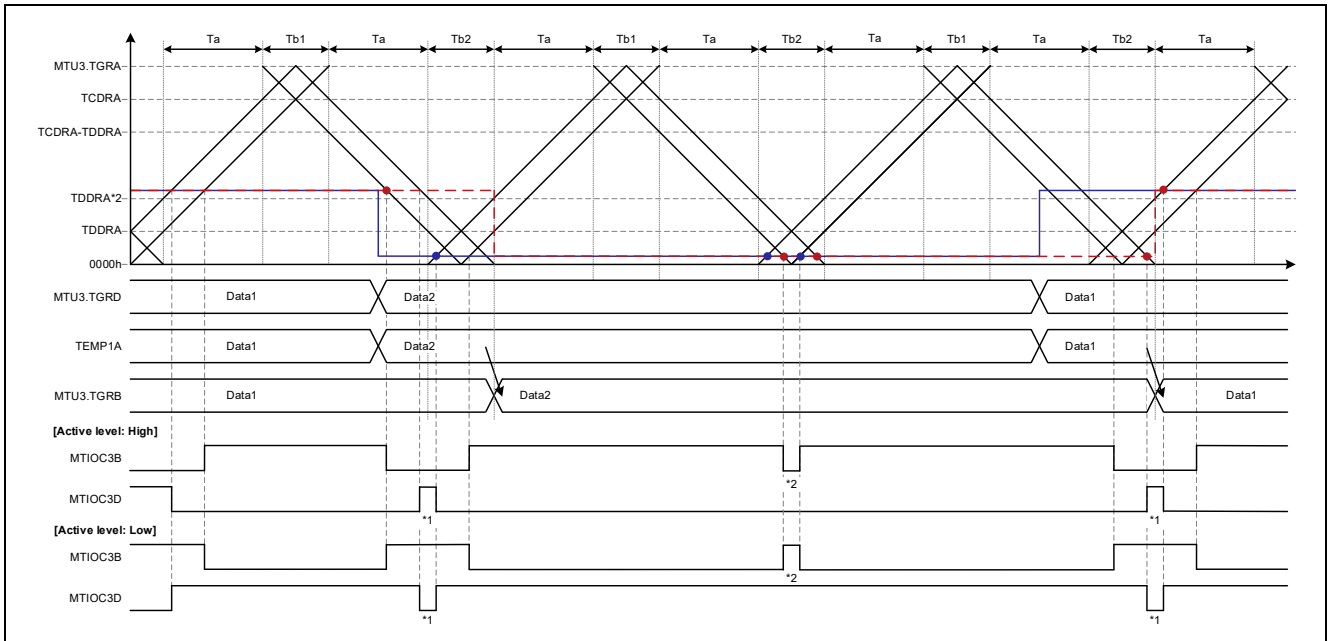


図 1-23 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始：谷、Ta 区間で書き換え、Duty : D → A → D)

■ 動作例 3：相補 PWM モード 3 出力開始：谷 Tb 区間書き換え

図 1-24に相補 PWM モード 3 で Tb 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミング、転送タイミングの違いを除き、図 1-22と同じ動きをします。

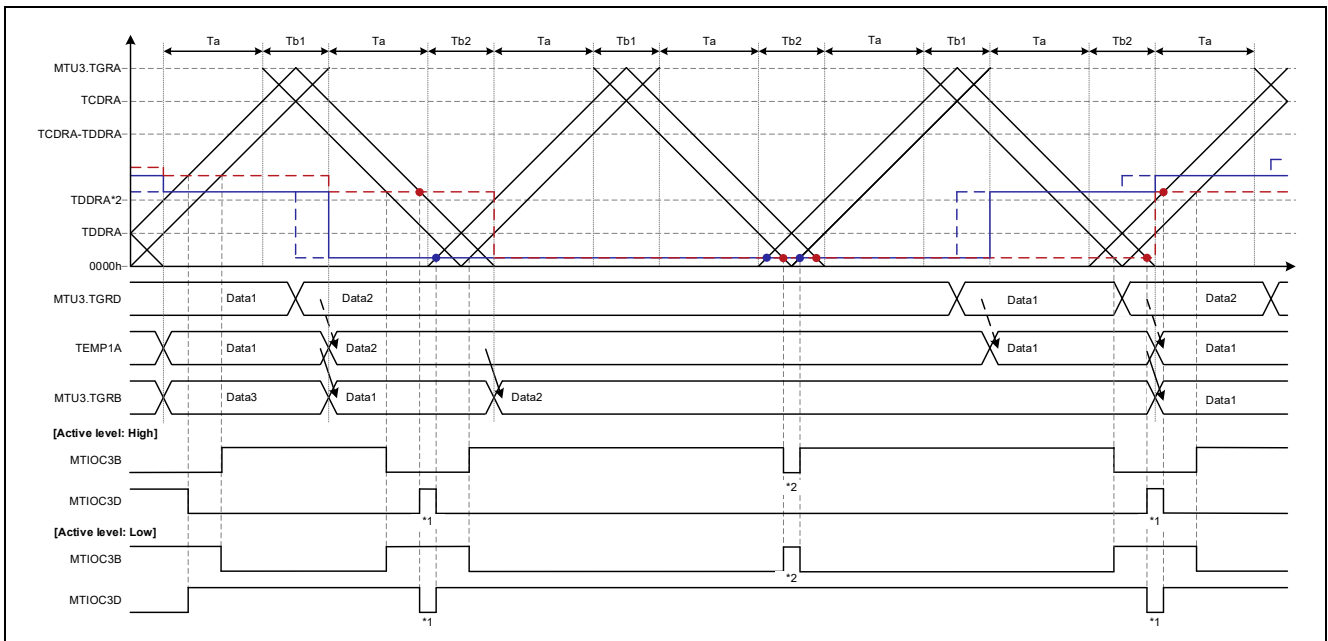


図 1-24 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始：谷、Tb 区間で書き換え、Duty : D → A → D)

■ 動作例 4 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え

図 1-25に相補 PWM モード 3 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミング、転送タイミングの違いを除き、図 1-22と同じ動きをします。

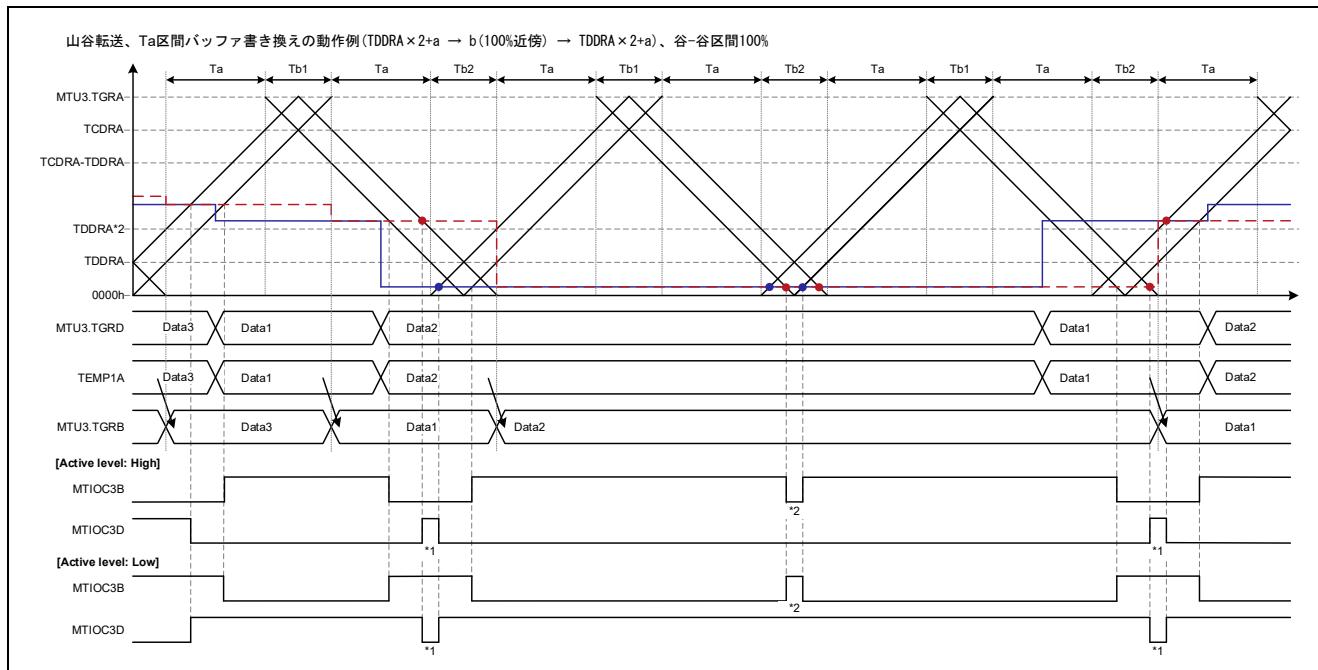


図 1-25 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、Ta 区間で書き換え、Duty : D → A → D)

1.3.1.2 100%近傍から 100%近傍への変化 (B → A → B)

表 1-9 MTU 注意事項と動作モードの一覧に示す図 1-26 ~ 図 1-29の動作例並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1 : 図 1-26 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*2,*3
- 動作例 2 : 図 1-27 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*2,*3
- 動作例 3 : 図 1-28 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*2,*3
- 動作例 4 : 図 1-29 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*2,*3

■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : B → A → B
 - B < TDDRA、B > A
 - A < TDDRA
- 図の凡例
 - 青点線 : バッファレジスタ (MTU3.TGRD) の設定タイミングと値の変化
 - 青実線 : テンポラリレジスタ (TEMP1A) の設定タイミングと値の変化
 - 赤点線 : コンペアレジスタ (MTU3.TGRB) の設定タイミングと値の変化
 - Data1 : B
 - Data2 : A
- 注意事項
 - *2 A の値が 0 に近いほど正相は極小パルスになる
 - *3 A の値、B の値が 0 に近いほど正相は極小パルスになる

■ 動作例 1：相補 PWM モード 2 出力開始：谷 Tb 区間書き換え

図 1-26に相補 PWM モード 2 で Tb1 区間（山）にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF のまま
- (b) ON するコンペアマッチが発生するが、(a)の OFF が優先されるため逆相は変化しない
- (c) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF のまま
- (d) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- (e) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- (f) ON するコンペアマッチが発生するが、(c)の OFF が優先されるため逆相は変化しない
- (g) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF のまま
- (h) ON するコンペアマッチが発生するが、(g)の OFF が優先されるため逆相は変化しない

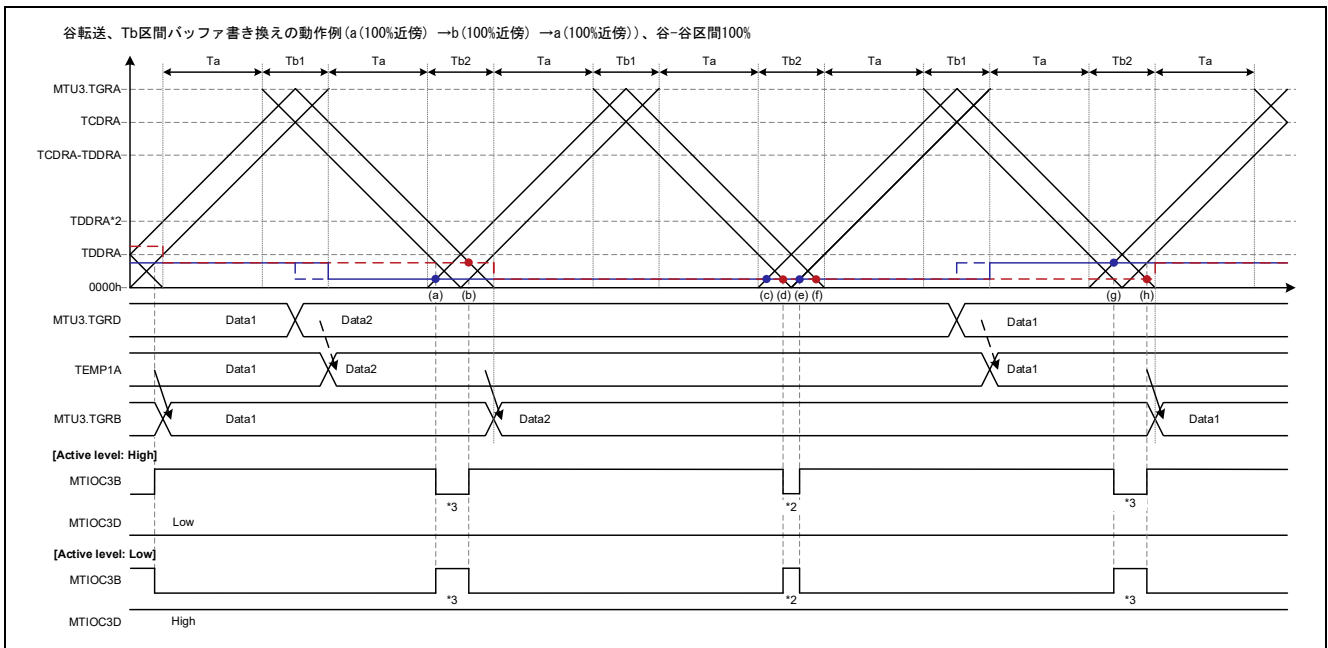


図 1-26 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始：谷、Tb 区間で書き換え、Duty : B → A → B)

■ 動作例 2：相補 PWM モード 2 出力開始：谷 Ta 区間書き換え

図 1-27に相補 PWM モード 2 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-26と同じ動きをします。

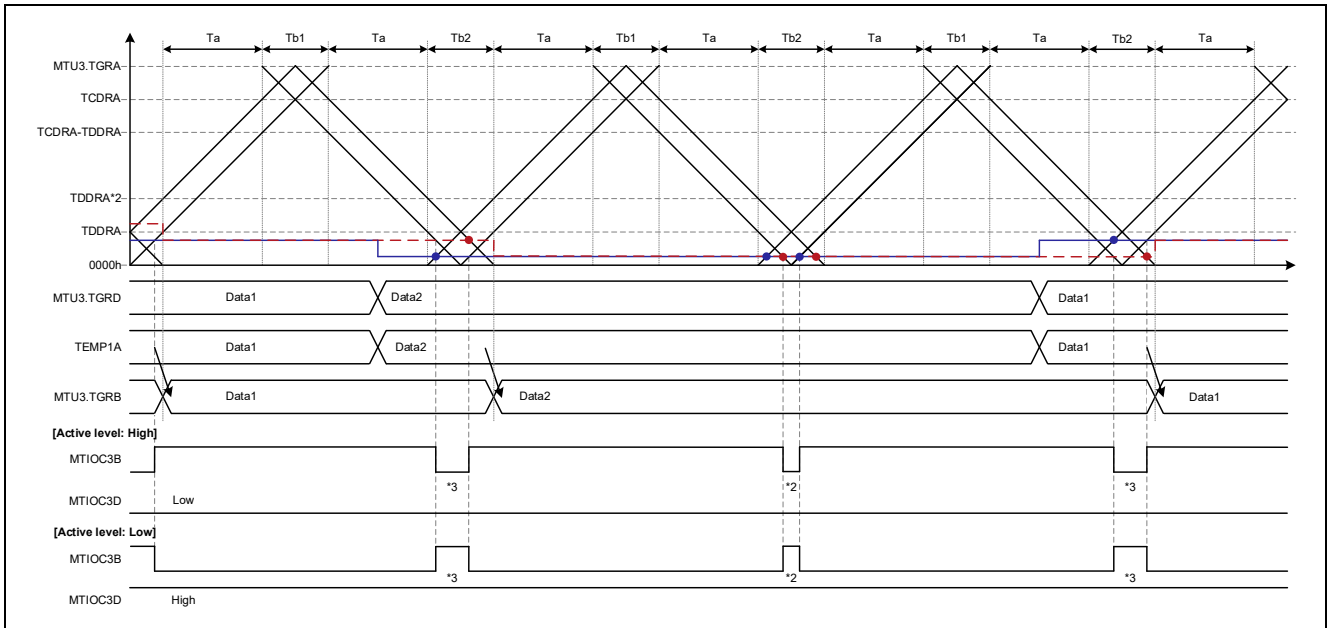


図 1-27 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始：谷、Ta 区間で書き換え、Duty：B → A → B)

■ 動作例 3：相補 PWM モード 3 出力開始：谷 Tb 区間書き換え

図 1-28に相補 PWM モード 3 で Tb 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミング、転送タイミングの違いを除き、図 1-26と同じ動きをします。

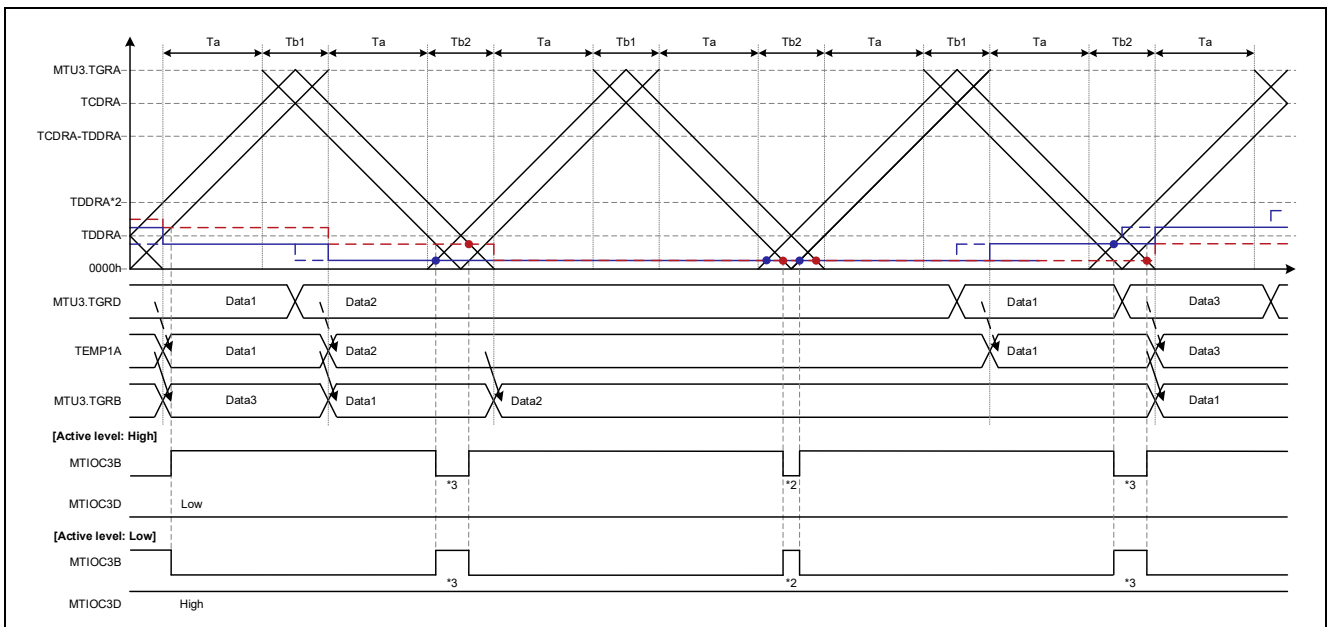


図 1-28 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始：谷、Tb 区間で書き換え、Duty：B → A → B)

■ 動作例 4 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え

図 1-29に相補 PWM モード 3 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミング、転送タイミングの違いを除き、図 1-26と同じ動きをします。

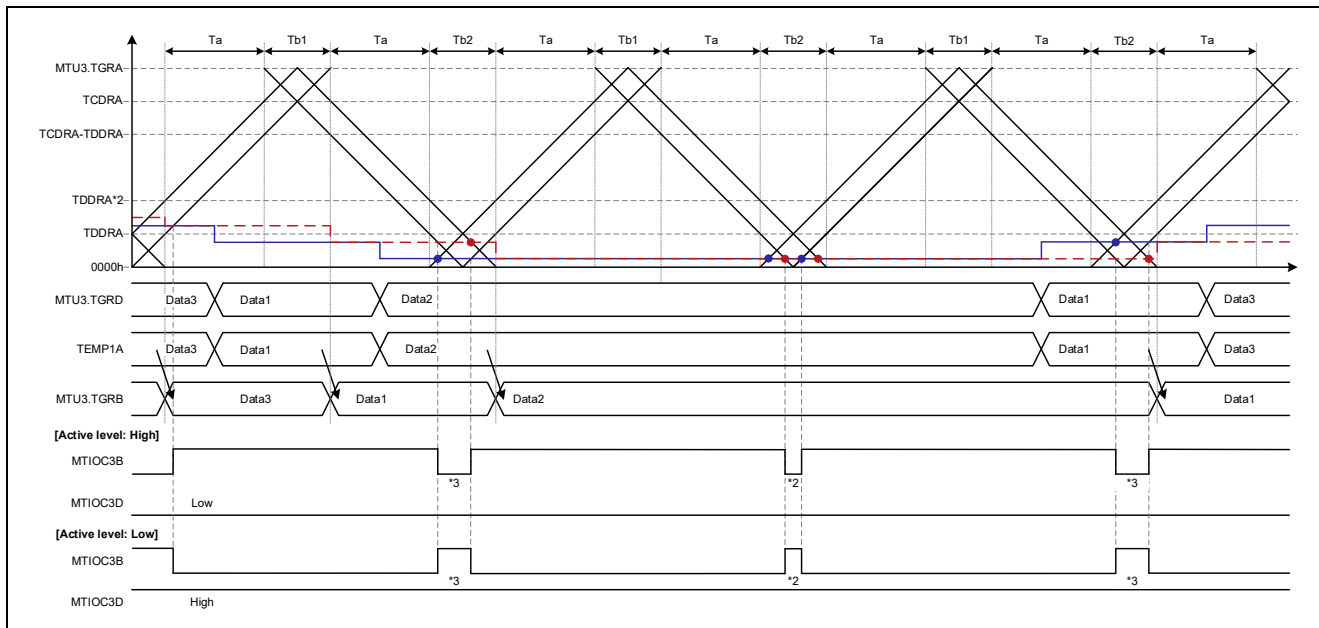


図 1-29 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、Ta 区間で書き換え、Duty : B → A → B)

1.3.1.3 100%近傍から 100%への変化 (D → 100% → D)

表 1-9 MTU 注意事項と動作モードの一覧に示す図 1-30 ~ 図 1-33の動作例並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1 : 図 1-30 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*4
- 動作例 2 : 図 1-31 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*4
- 動作例 3 : 図 1-32 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*4
- 動作例 4 : 図 1-33 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*4

■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : D → 100% → D
— $D > TDDRA \times 2$
- 図の凡例
 - 青点線 : バッファレジスタ (MTU3.TGRD) の設定タイミングと値の変化
 - 青実線 : テンポラリレジスタ (TEMP1A) の設定タイミングと値の変化
 - 赤点線 : コンペアレジスタ (MTU3.TGRB) の設定タイミングと値の変化
 - Data1 : D
 - Data2 : Duty 100%のコンペア値 ("0000h")
- 注意事項
 - *4 D の値が $TDDRA \times 2$ に近いほど逆相は極小パルスになる

■ 動作例 1：相補 PWM モード 2 出力開始：谷 Tb 区間書き換え

図 1-30に相補 PWM モード 2 で Tb1 区間（山）にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は ON
- (b) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF
- (c) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相 OFF のまま
- (d) ON（青丸）と OFF（赤丸）するコンペアマッチが同時に発生し、正相は変化しない
- (e) ON するコンペアマッチが発生するが、(c)の OFF が優先されるため逆相は変化しない
- (f) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は ON
- (g) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF

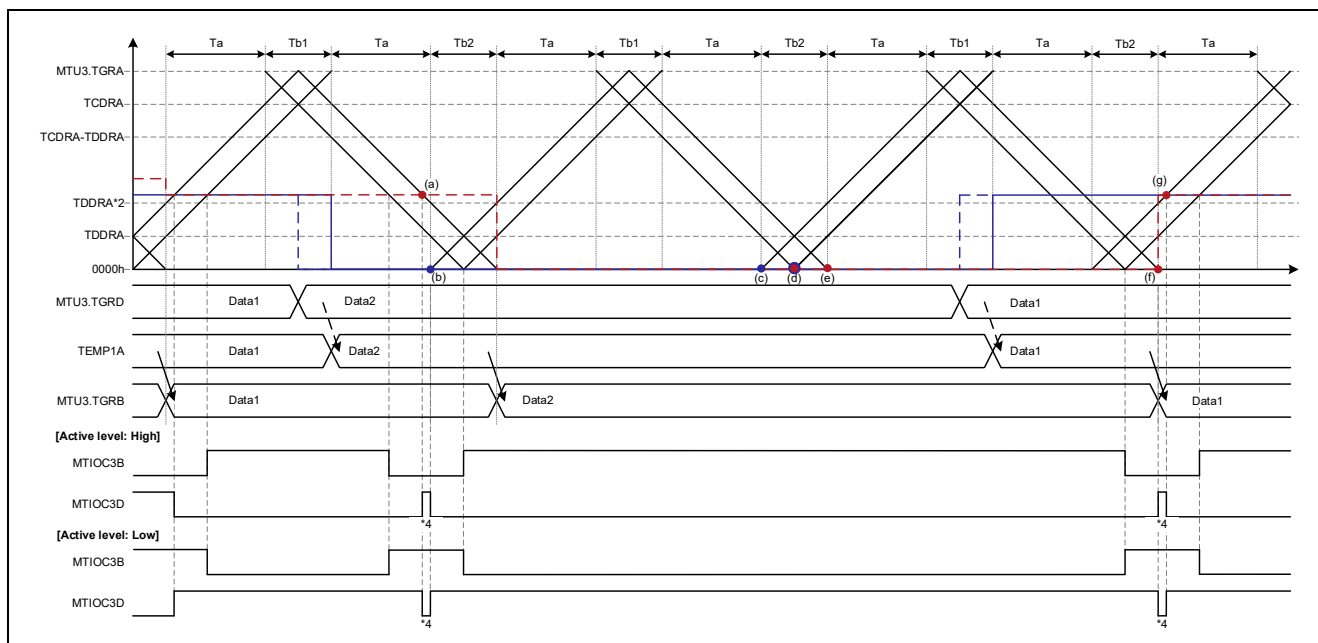


図 1-30 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始：谷、Tb 区間で書き換え、Duty：D → 100% → D)

■ 動作例 2 : 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え

図 1-31に相補 PWM モード 2 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-30と同じ動きをします。

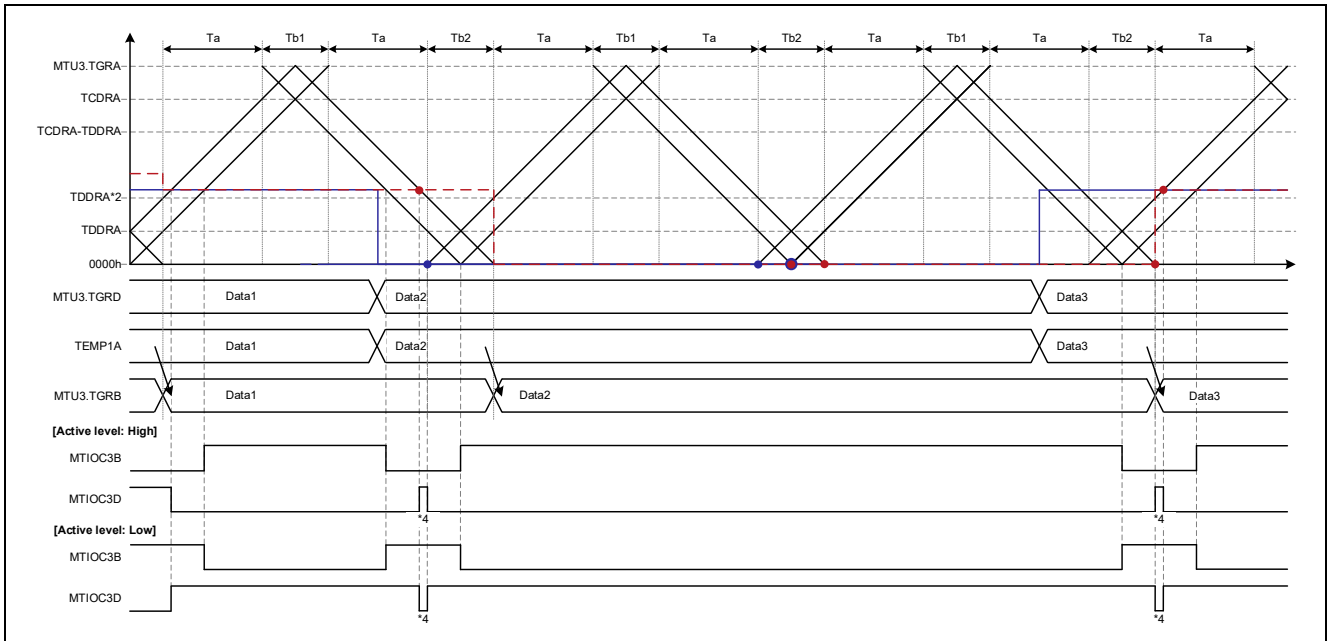


図 1-31 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始 : 谷、Ta 区間で書き換え、Duty : D → 100% → D)

■ 動作例 3 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え

図 1-32に相補 PWM モード 3 で Tb 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミング、転送タイミングの違いを除き、図 1-30と同じ動きをします。

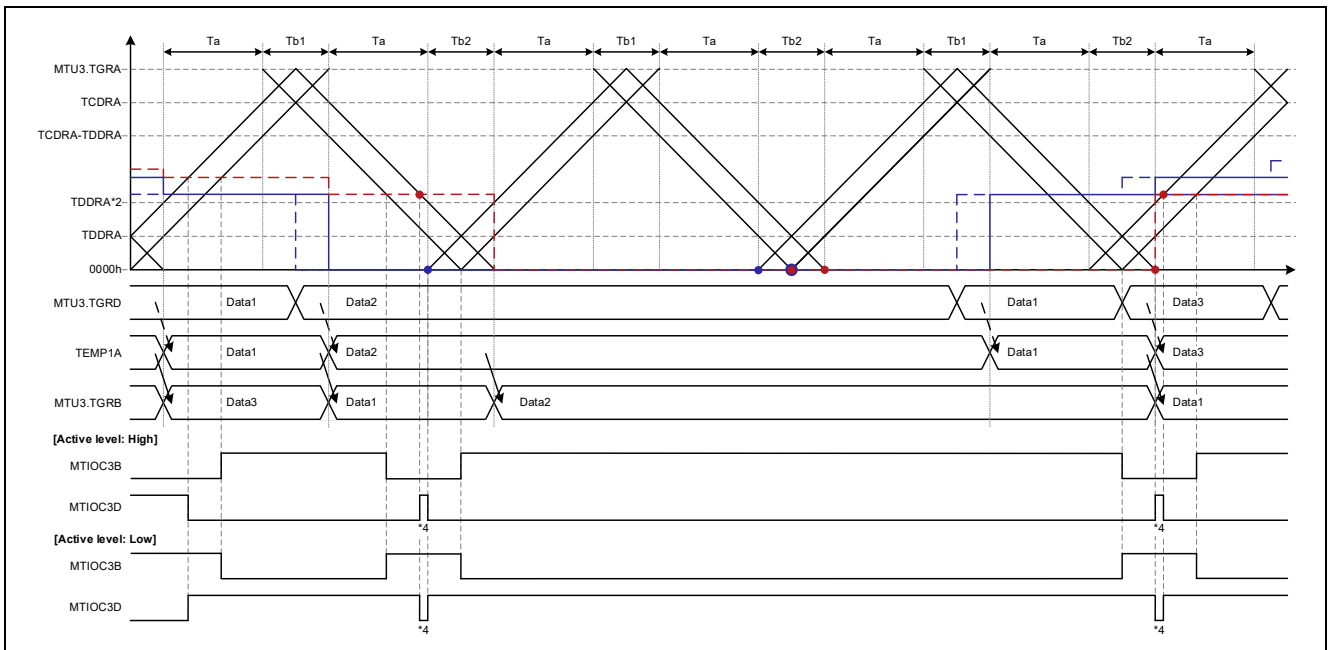


図 1-32 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、Tb 区間で書き換え、Duty : D → 100% → D)

■ 動作例 4 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え

図 1-33に相補 PWM モード 3 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミング、転送タイミングの違いを除き、図 1-30と同じ動きをします。

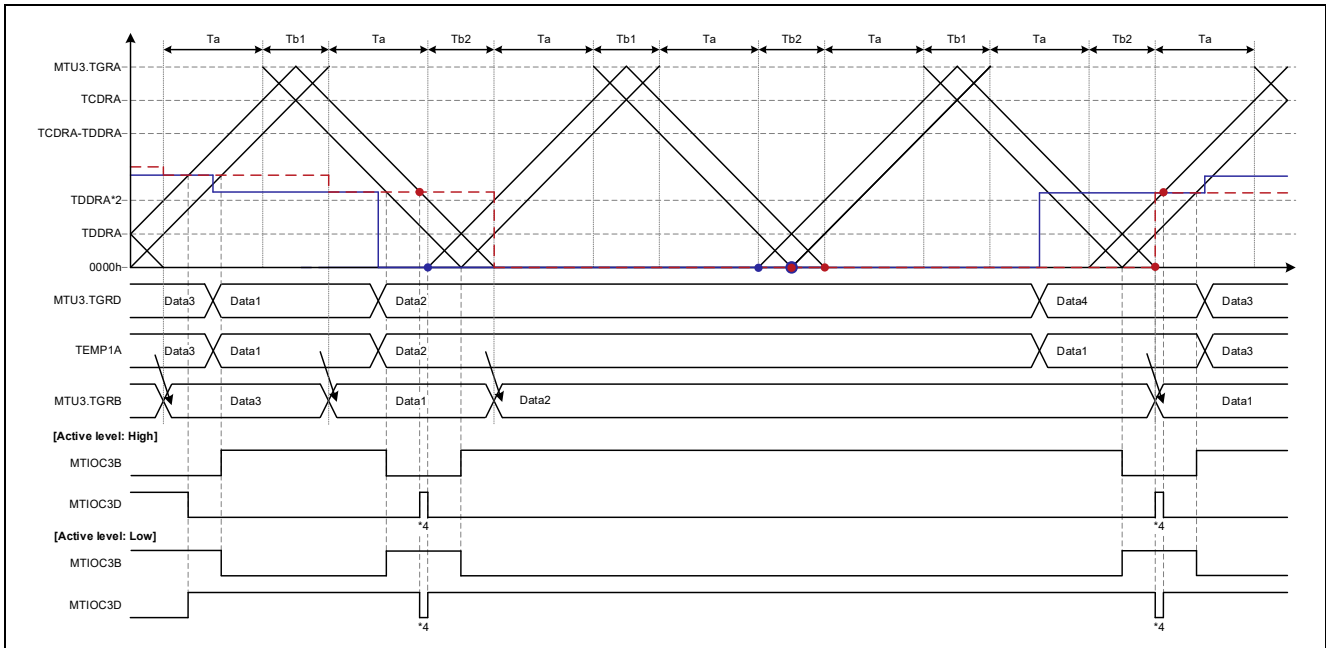


図 1-33 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、Ta 区間で書き換え、Duty : D → 100% → D)

1.3.1.4 100%近傍から 100%への変化 (A → 100% → A)

表 1-9 MTU 注意事項と動作モードの一覧に示す図 1-34 ~ 図 1-37の動作例並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1 : 図 1-34 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*2
- 動作例 2 : 図 1-35 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*2
- 動作例 3 : 図 1-36 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*2
- 動作例 4 : 図 1-37 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*2

■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : A → 100% → A
 - A < TDDRA
- 図の凡例
 - 青点線 : バッファレジスタ (MTU3.TGRD) の設定タイミングと値の変化
 - 青実線 : テンポラリレジスタ (TEMP1A) の設定タイミングと値の変化
 - 赤点線 : コンペアレジスタ (MTU3.TGRB) の設定タイミングと値の変化
 - Data1 : A
 - Data2 : Duty 100%のコンペア値 ("0000h")
- 注意事項
 - *2 A の値が 0 に近いほど正相は極小パルスになる

■ 動作例 1：相補 PWM モード 2 出力開始：谷 Tb 区間書き換え

図 1-34に相補 PWM モード 2 で Tb1 区間（山）にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相 OFF のまま
- (b) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- (c) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- (d) ON するコンペアマッチが発生するが、(a)の OFF が優先されるため逆相は変化しない
- (e) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相 OFF のまま
- (f) ON（青丸）と OFF（赤丸）するコンペアマッチが同時に発生し、正相は変化しない
- (g) ON するコンペアマッチが発生するが、(e)の OFF が優先されるため逆相は変化しない
- (h) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相 OFF のまま
- (i) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- (j) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- (k) ON するコンペアマッチが発生するが、(h)の OFF が優先されるため逆相は変化しない

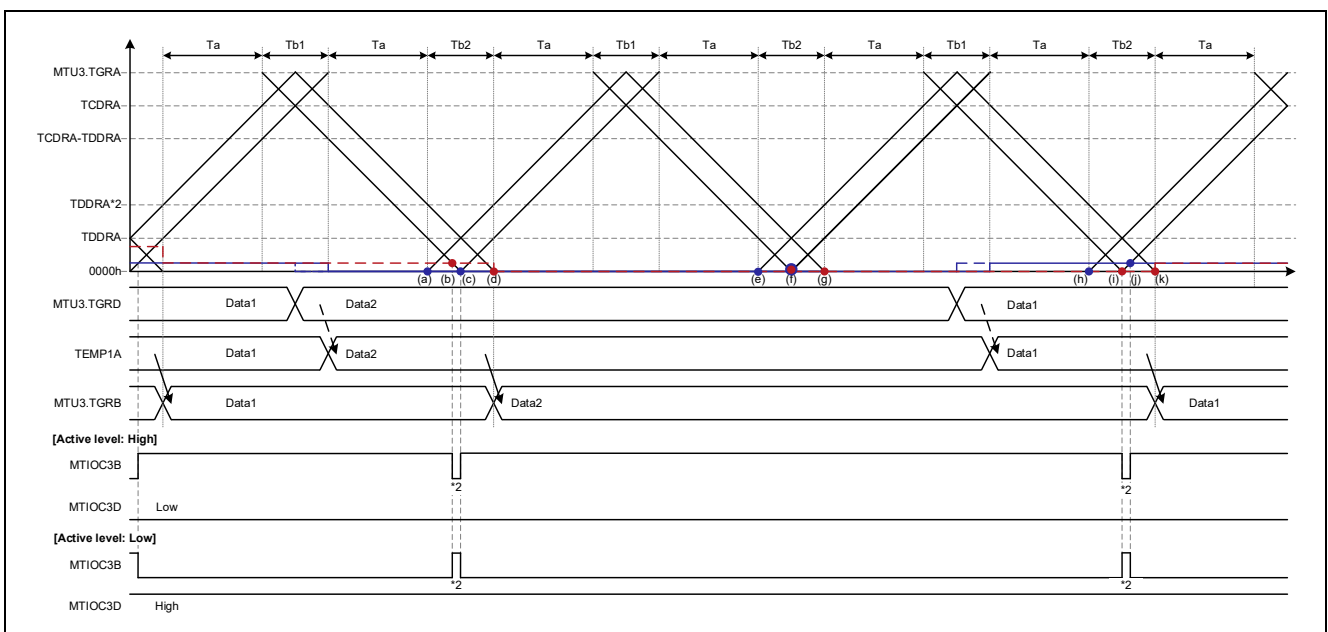


図 1-34 相補 PWM モード 2 の動作例
 (出力開始：谷、Tb 区間で書き換え、Duty：A → 100% → A)

■ 動作例 2：相補 PWM モード 2 出力開始：谷 Ta 区間書き換え

図 1-35に相補 PWM モード 2 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-34と同じ動きをします。

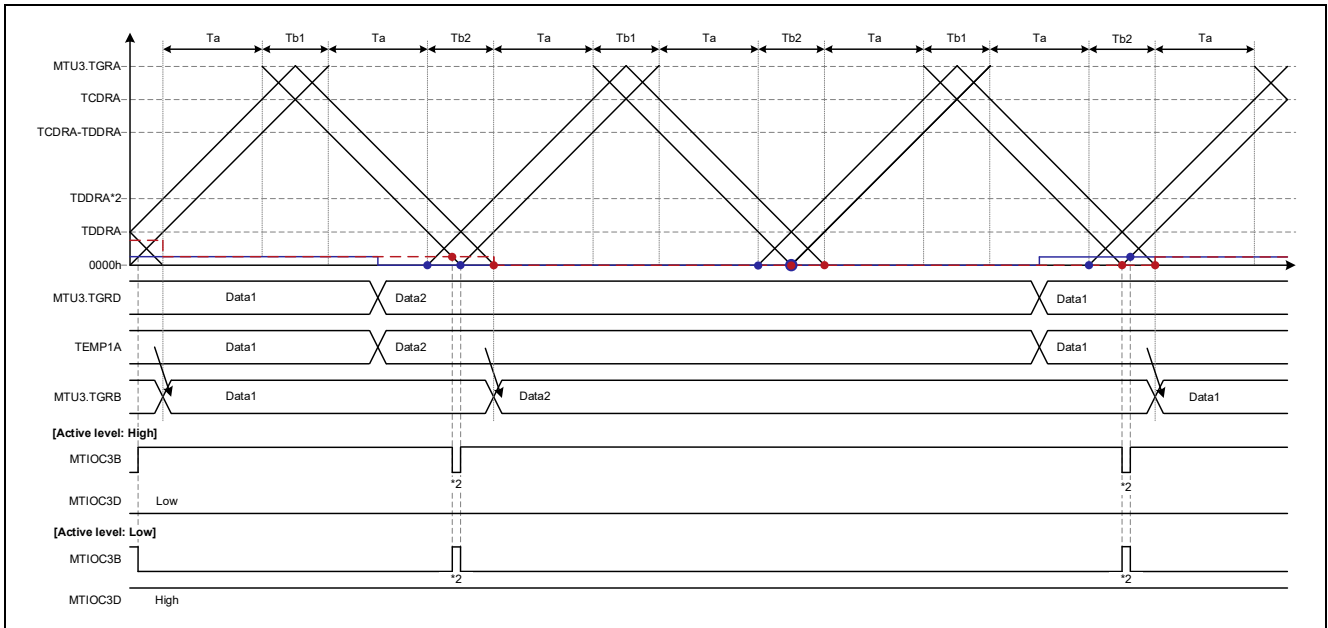


図 1-35 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始：谷、Ta 区間で書き換え、Duty : A → 100% → A)

■ 動作例 3：相補 PWM モード 3 出力開始：谷 Tb 区間書き換え

図 1-36に相補 PWM モード 3 で Tb 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミング、転送タイミングの違いを除き、図 1-34と同じ動きをします。

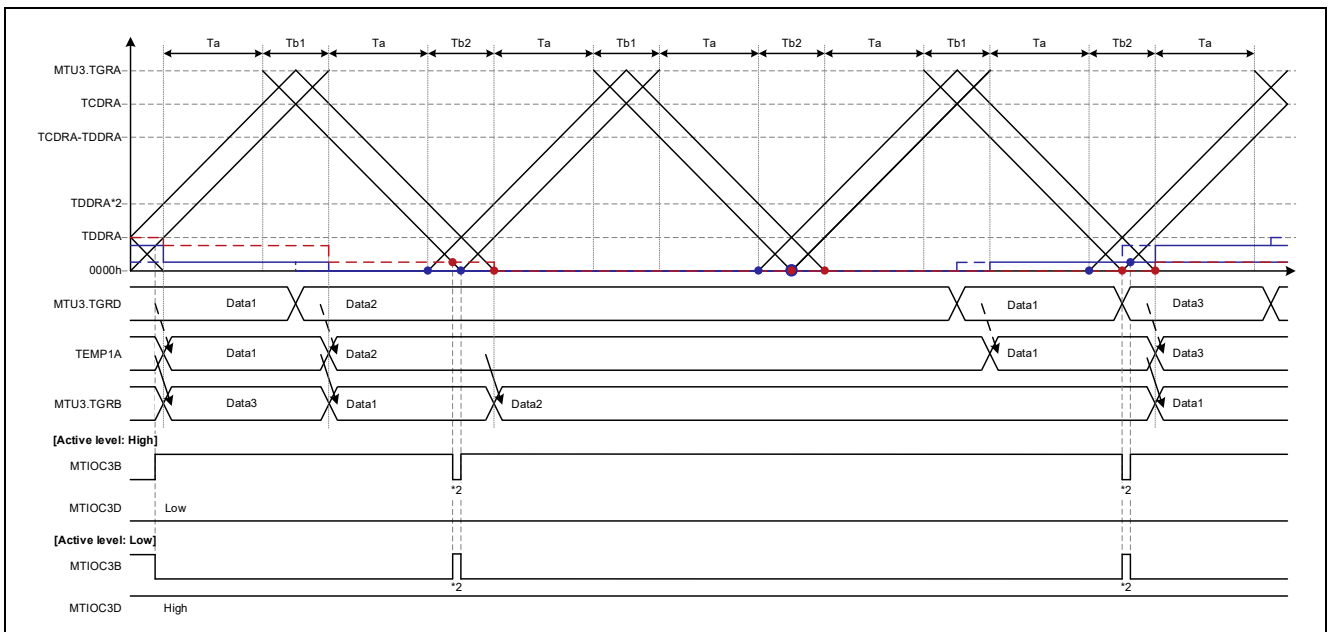


図 1-36 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始：谷、Tb 区間で書き換え、Duty : A → 100% → A)

1.3.1.5 デッドタイム値近傍への変化 (D → C → D)

表 1-9 MTU 注意事項と動作モードの一覧に示す図 1-38 ~ 図 1-41 の動作例並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1 : 図 1-38 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*4
- 動作例 2 : 図 1-39 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*4
- 動作例 3 : 図 1-40 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*4
- 動作例 4 : 図 1-41 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*4

■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : D → C → D
 - $D > TDDRA \times 2$
 - $C < TCDRA \times 2$ 、 $C > TDDRA$
- 図の凡例
 - 青点線 : バッファレジスタ (MTU3.TGRD) の設定タイミングと値の変化
 - 青実線 : テンポラリレジスタ (TEMP1A) の設定タイミングと値の変化
 - 赤点線 : コンペアレジスタ (MTU3.TGRB) の設定タイミングと値の変化
 - Data1 : D
 - Data2 : C
- 注意事項
 - *4 D の値が $TDDRA \times 2$ に近いほど逆相は極小パルスになる

■ 動作例 1 : 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え

図 1-38 に相補 PWM モード 2 で Tb1 区間 (山) にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は ON
- (b) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF

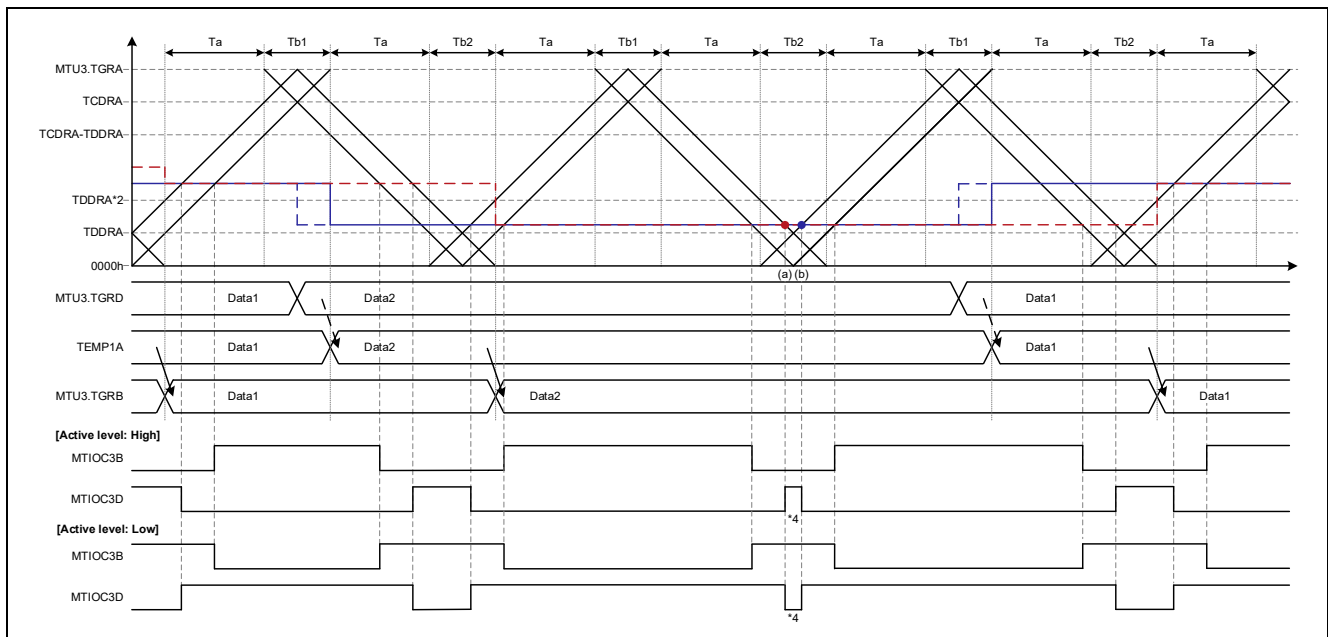


図 1-38 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始 : 谷、Tb 区間で書き換え、Duty : D → C → D)

■ 動作例 2：相補 PWM モード 2 出力開始：谷 Ta 区間書き換え

図 1-39に相補 PWM モード 2 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-38と同じ動きをします。

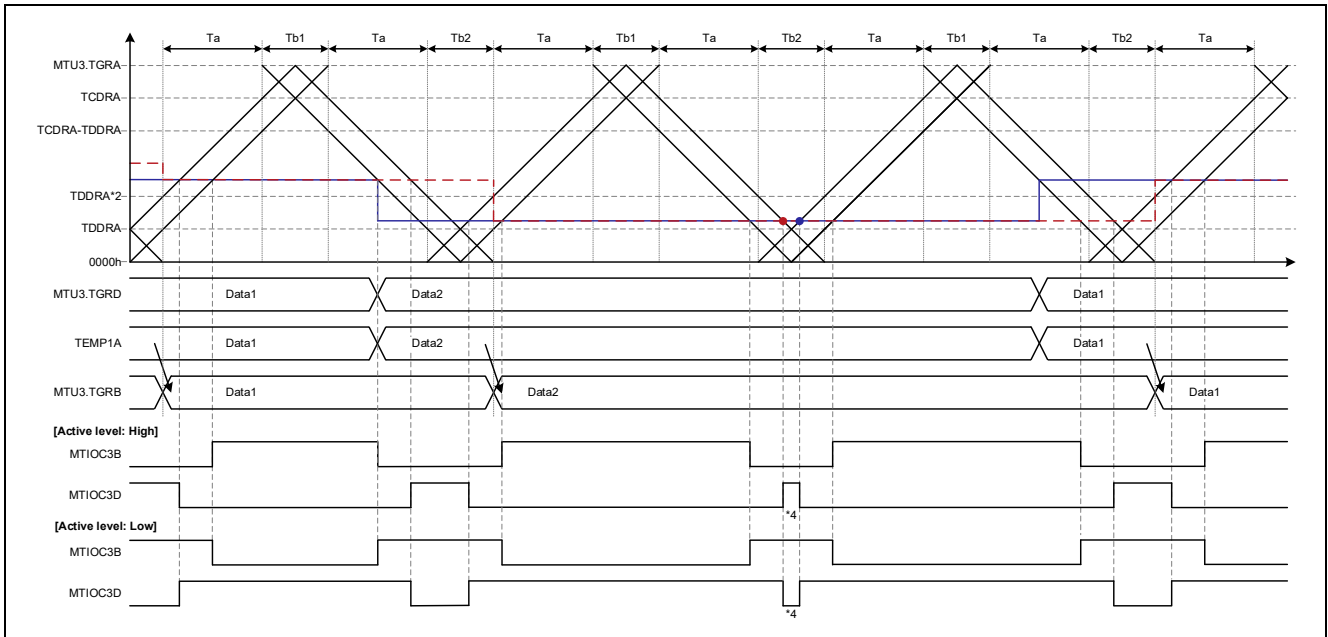


図 1-39 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始：谷、Ta 区間で書き換え、Duty : D → C → D)

■ 動作例 3：相補 PWM モード 3 出力開始：谷 Tb 区間書き換え

図 1-40に相補 PWM モード 3 で Tb 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は ON
- (b) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF

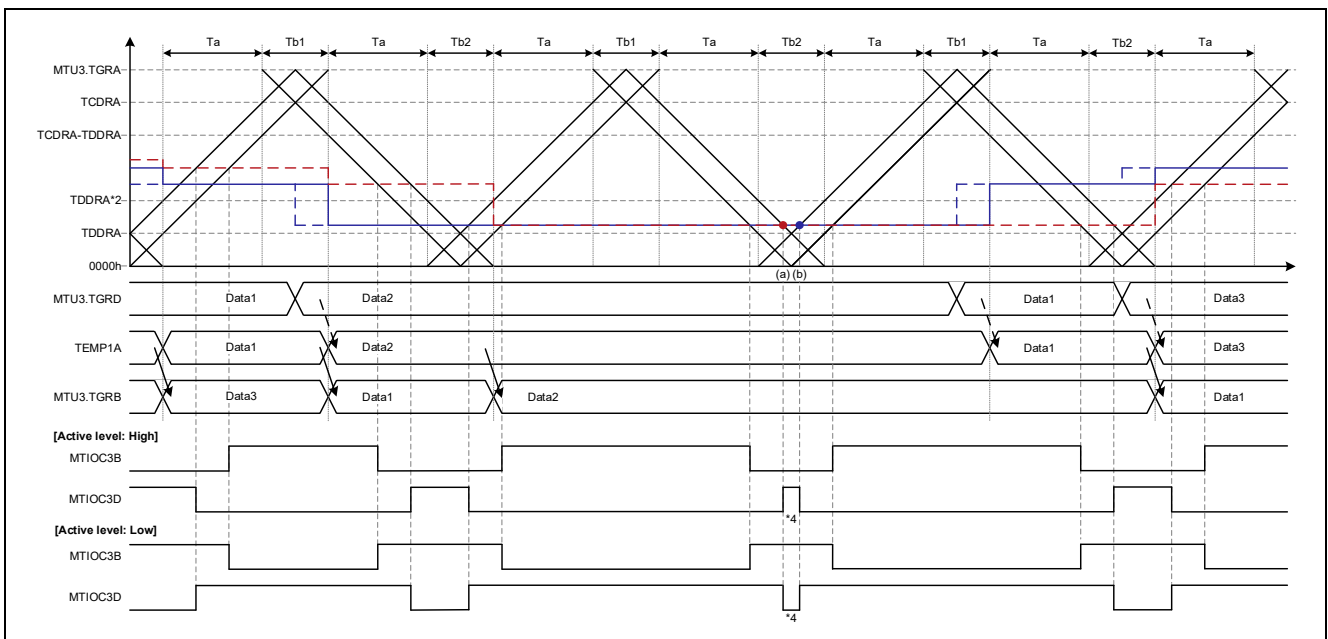


図 1-40 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始：谷、Tb 区間で書き換え、Duty : D → C → D)

■ 動作例 4 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え

図 1-41に相補 PWM モード 3 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-40と同じ動きをします。

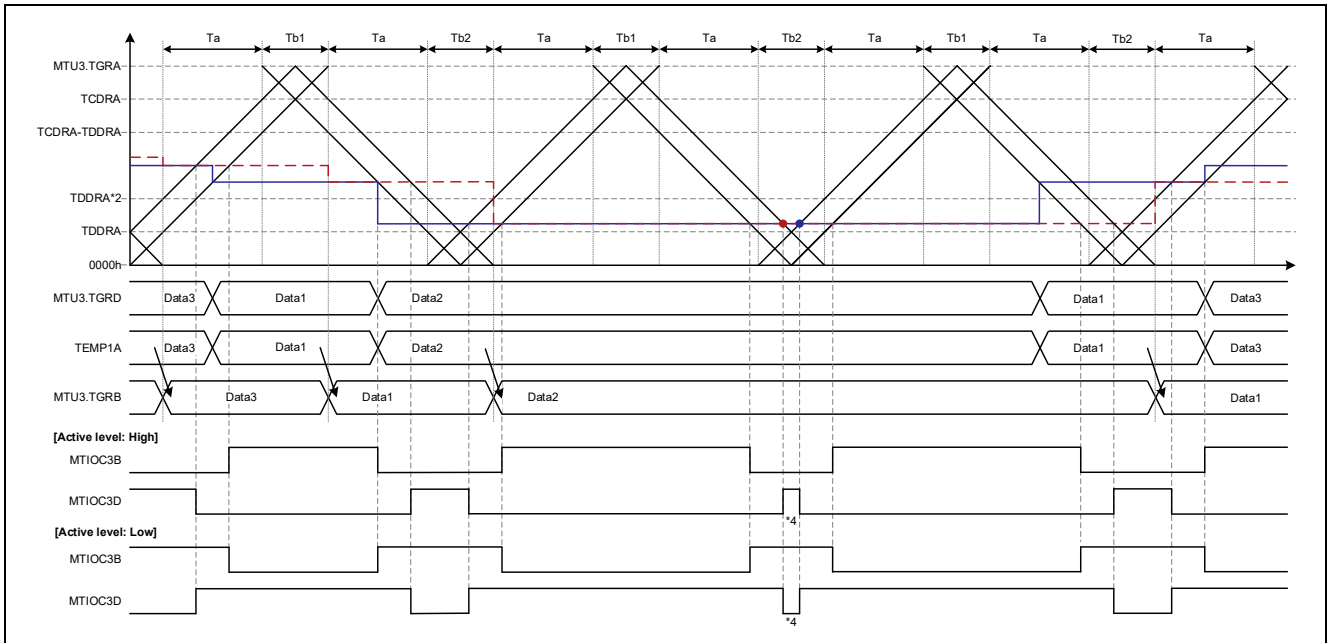


図 1-41 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、Ta 区間で書き換え、Duty : D → C → D)

1.3.1.6 0%近傍から 0%近傍への変化 (D → F → D)

表 1-9 MTU 注意事項と動作モードの一覧に示す図 1-42 ~ 図 1-45の動作例並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1 : 図 1-42 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*6,*8
- 動作例 2 : 図 1-43 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*6,*8
- 動作例 3 : 図 1-44 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*6,*8
- 動作例 4 : 図 1-45 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*6,*8

■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : D → F → D
 - D < TCDRA - TDDRA
 - F < TCDRA
- 図の凡例
 - 青点線 : バッファレジスタ (MTU3.TGRD) の設定タイミングと値の変化
 - 青実線 : テンポラリレジスタ (TEMP1A) の設定タイミングと値の変化
 - 赤点線 : コンペアレジスタ (MTU3.TGRB) の設定タイミングと値の変化
 - Data1 : D
 - Data2 : F
- 注意事項
 - *6 F の値が TCDRA に近いほど正相は極小パルスになる
 - *8 D の値が TCDRA - TDDRA に近く、かつ、TDDRA が小さいほど正相は極小パルスになる

■ 動作例 1：相補 PWM モード 2 出力開始：谷 Tb 区間書き換え

図 1-42に相補 PWM モード 2 で Tb1 区間（山）にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- (b) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- (c) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- (d) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF

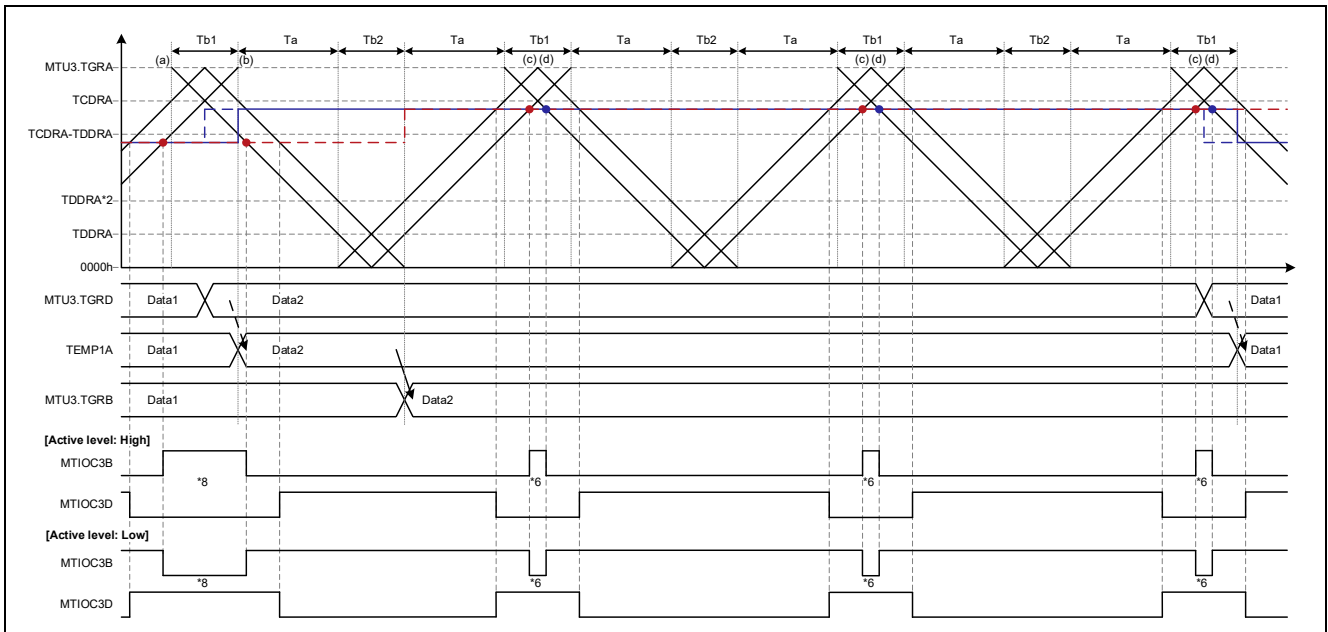


図 1-42 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始：谷、Tb 区間で書き換え、Duty : D → F → D)

■ 動作例 2：相補 PWM モード 2 出力開始：谷 Ta 区間書き換え

図 1-43に相補 PWM モード 2 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-42と同じ動きをします。

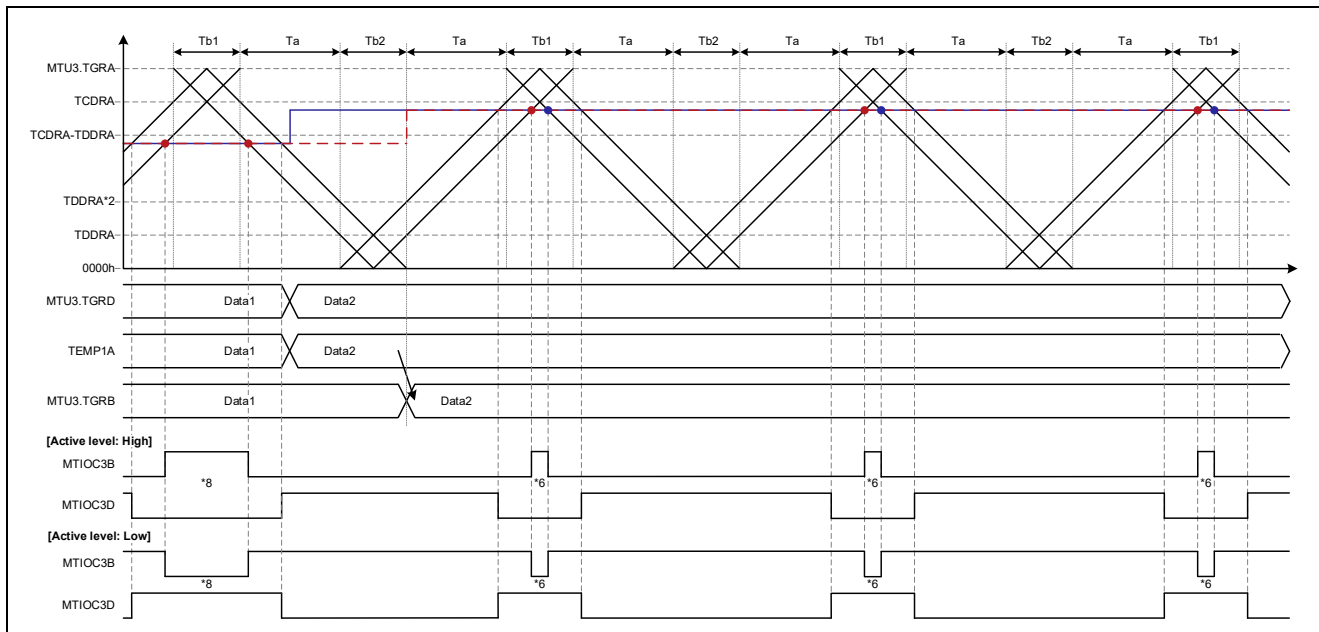


図 1-43 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始：谷、Ta 区間で書き換え、Duty : D → F → D)

■ 動作例 3 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え

図 1-44に相補 PWM モード 3 で Tb 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- (b) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- (c) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- (d) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- (e) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- (f) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF

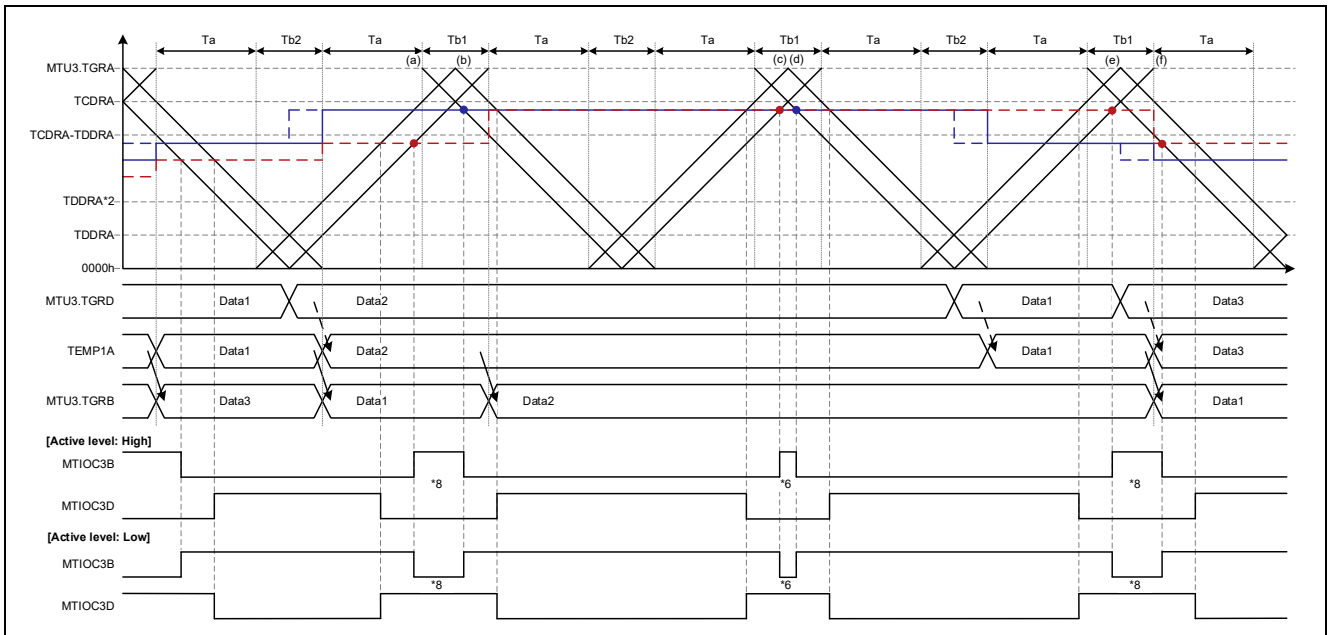


図 1-44 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、Tb 区間で書き換え、Duty : D → F → D)

■ 動作例 4 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え

図 1-45に相補 PWM モード 3 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-44と同じ動きをします。

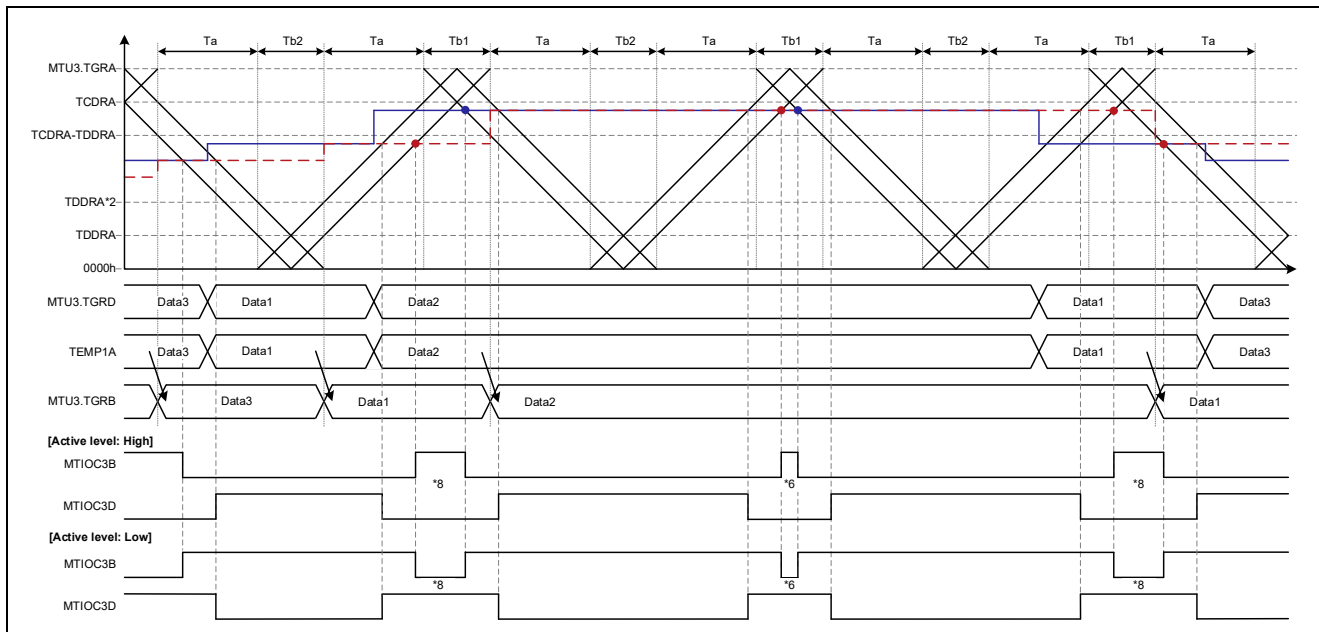


図 1-45 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、Ta 区間で書き換え、Duty : D → F → D)

1.3.1.7 0%近傍から 0%近傍への変化 (E → F → E)

表 1-9 MTU 注意事項と動作モードの一覧に示す図 1-46 ~ 図 1-49の動作例並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1 : 図 1-46 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*6,*7
- 動作例 2 : 図 1-47 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*6,*7
- 動作例 3 : 図 1-48 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*6,*7
- 動作例 4 : 図 1-49 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*6,*7

■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : E → F → E
 - E < TCDRA、E < F
 - F < TCDRA
- 図の凡例
 - 青点線 : バッファレジスタ (MTU3.TGRD) の設定タイミングと値の変化
 - 青実線 : テンポラリレジスタ (TEMP1A) の設定タイミングと値の変化
 - 赤点線 : コンペアレジスタ (MTU3.TGRB) の設定タイミングと値の変化
 - Data1 : E
 - Data2 : F
- 注意事項
 - *6 F の値が TCDRA に近いほど正相は極小パルスになる
 - *7 E の値が TCDRA に近いほど正相は極小パルスになる

■ 動作例 1：相補 PWM モード 2 出力開始：谷 Tb 区間書き換え

図 1-46に相補 PWM モード 2 で Tb1 区間（山）にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- (b) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- (c) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- (d) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF

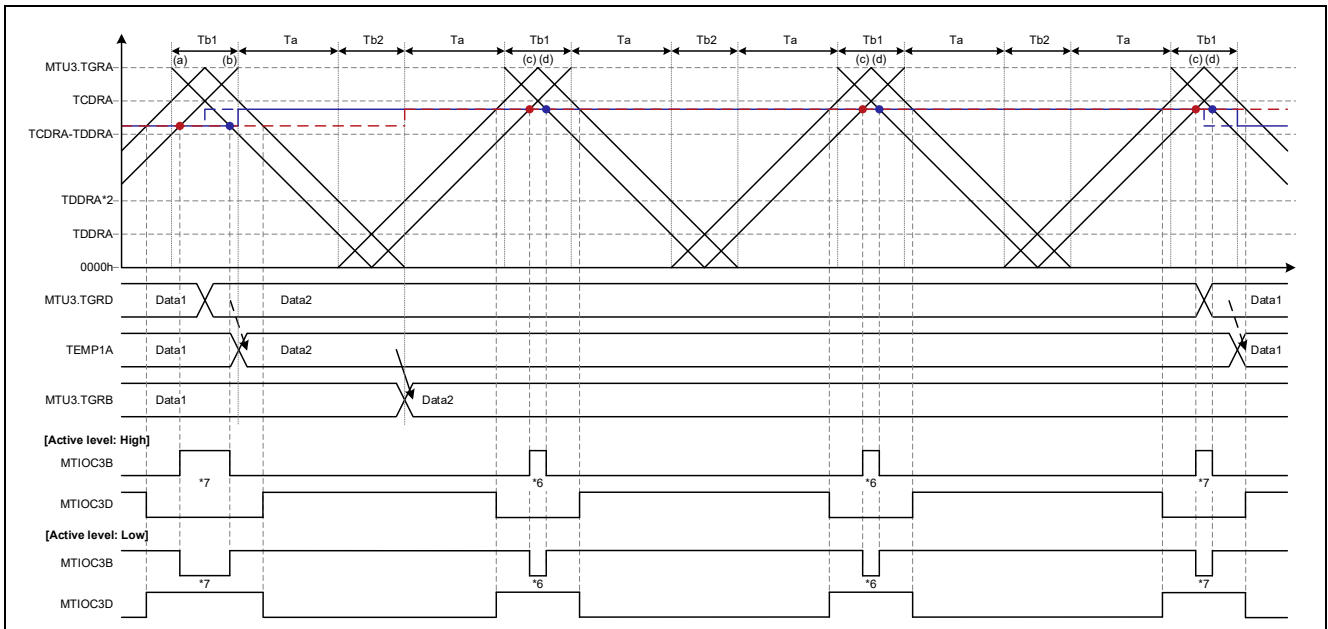


図 1-46 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始：谷、Tb 区間で書き換え、Duty：E → F → E)

■ 動作例 2：相補 PWM モード 2 出力開始：谷 Ta 区間書き換え

図 1-47に相補 PWM モード 2 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-46と同じ動きをします。

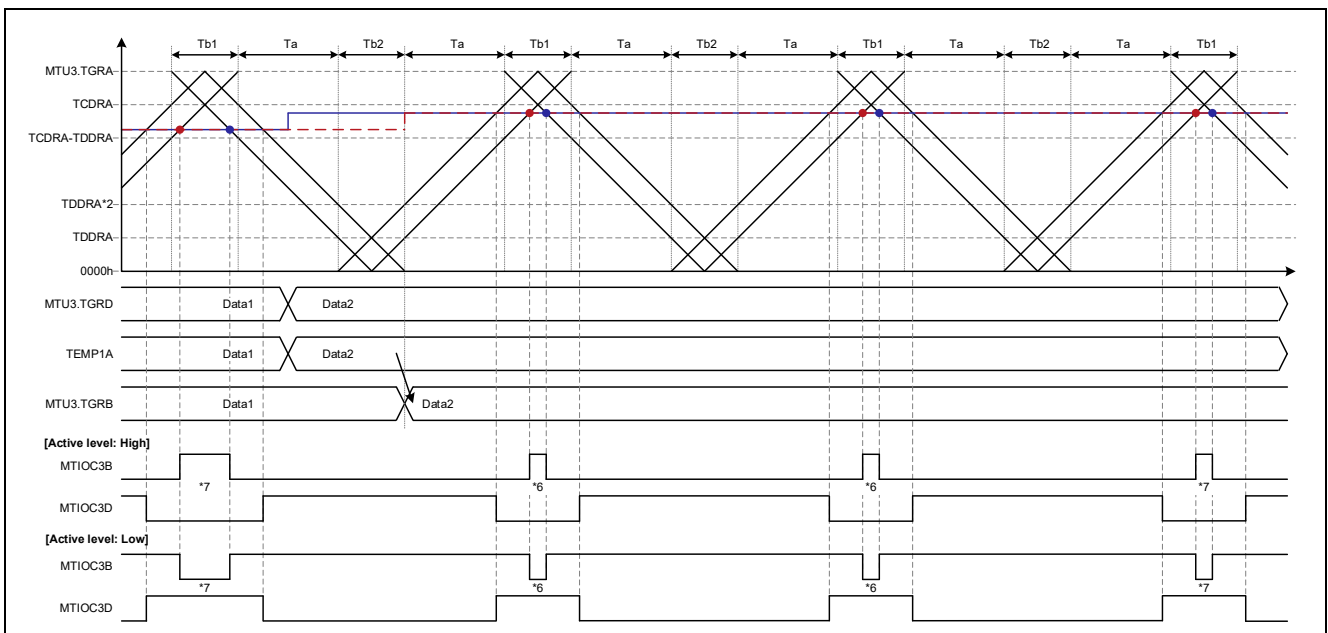


図 1-47 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始：谷、Ta 区間で書き換え、Duty：E → F → E)

■ 動作例 4 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え

図 1-49に相補 PWM モード 3 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-48と同じ動きをします。

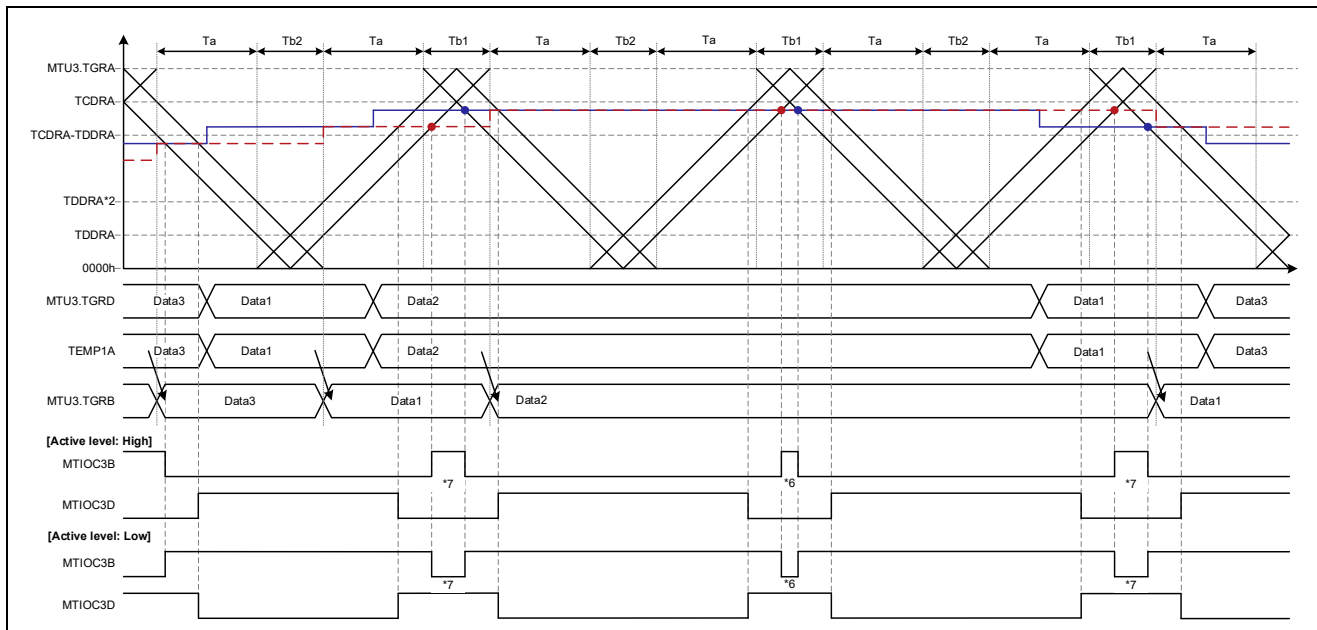


図 1-49 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、Ta 区間で書き換え、Duty : E → F → E)

1.3.1.8 0%近傍から 0%への変化 (D → 0% → D)

表 1-9 MTU 注意事項と動作モードの一覧に示す図 1-50 ~ 図 1-53の動作例並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1 : 図 1-50 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*8
- 動作例 2 : 図 1-51 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*8
- 動作例 3 : 図 1-52 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*5
- 動作例 4 : 図 1-53 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*5

■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : D → 0% → D
— $D < TCDRA - TDDRA$
- 図の凡例
 - 青点線 : バッファレジスタ (MTU3.TGRD) の設定タイミングと値の変化
 - 青実線 : テンポラリレジスタ (TEMP1A) の設定タイミングと値の変化
 - 赤点線 : コンペアレジスタ (MTU3.TGRB) の設定タイミングと値の変化
 - Data1 : D
 - Data2 : Duty 0%のコンペア値 (MTU3.TGRA と同じ値)
- 注意事項
 - *5 D の値が $TCDRA - TDDRA$ に近いほど正相は極小パルスになる
 - *8 D の値が $TCDRA - TDDRA$ に近く、かつ、TDDRA が小さいほど正相は極小パルスになる

■ 動作例 1：相補 PWM モード 2 出力開始：谷 Tb 区間書き換え

図 1-50に相補 PWM モード 2 で Tb1 区間（山）にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- (b) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- (c) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF のまま
- (d) ON（赤丸）と OFF（青丸）するコンペアマッチが同時に発生し、逆相は変化しない
- (e) ON するコンペアマッチが発生するが、(c)の OFF が優先されるため正相は変化しない

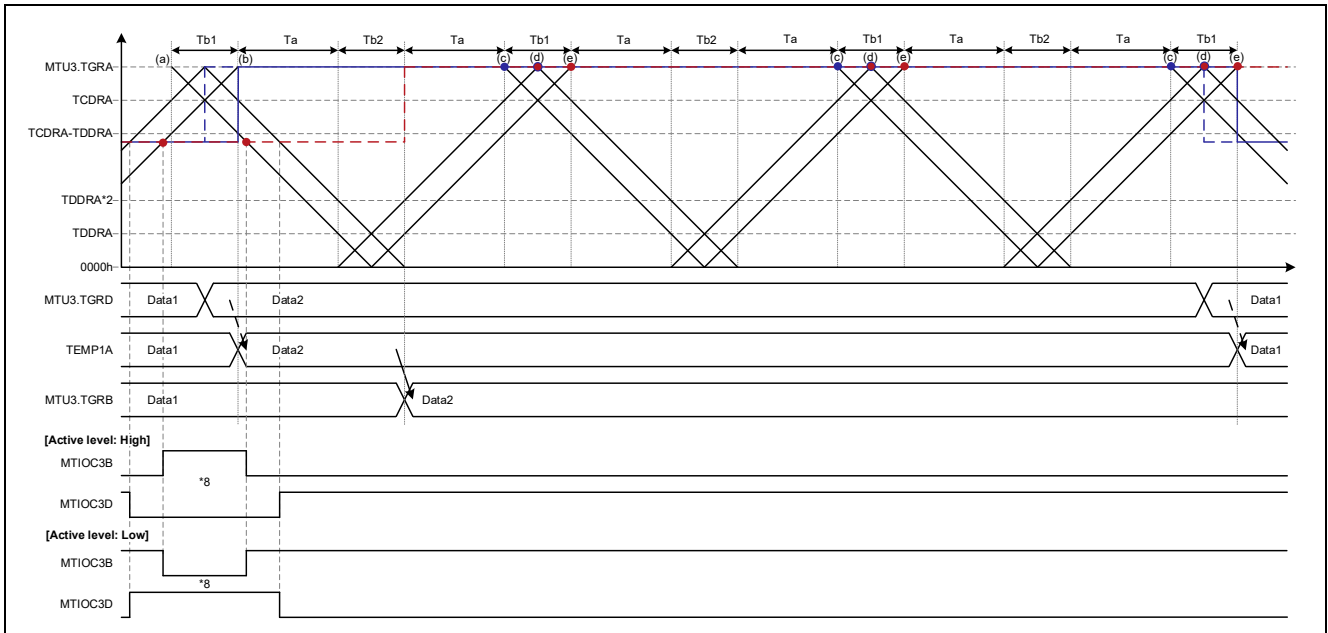


図 1-50 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始：谷、Tb 区間で書き換え、Duty : D → 0% → D)

■ 動作例 2 : 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え

図 1-51に相補 PWM モード 2 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-50と同じ動きをします。

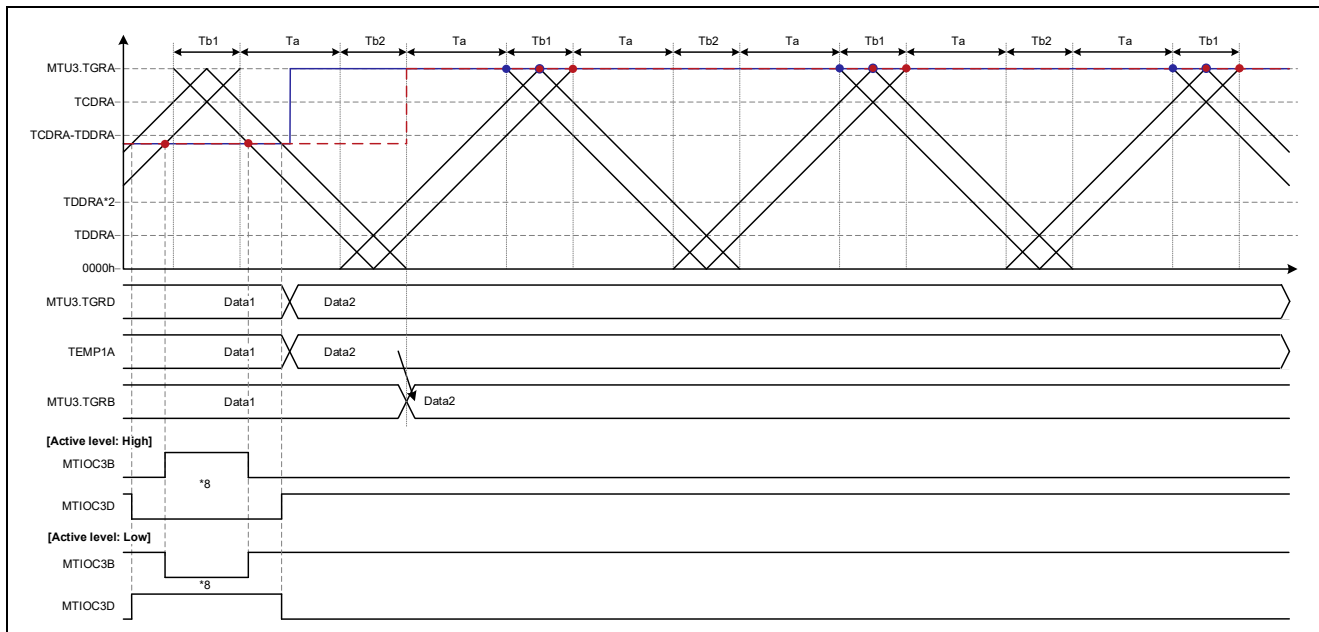


図 1-51 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始 : 谷、Ta 区間で書き換え、Duty : D → 0% → D)

■ 動作例 3 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え

図 1-52に相補 PWM モード 3 で Tb 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- (b) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- (c) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF のまま
- (d) ON (赤丸) と OFF (青丸) するコンペアマッチが同時に発生し、逆相は変化しない
- (e) ON するコンペアマッチが発生するが、(c)の OFF が優先されるため正相は変化しない
- (f) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- (g) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF

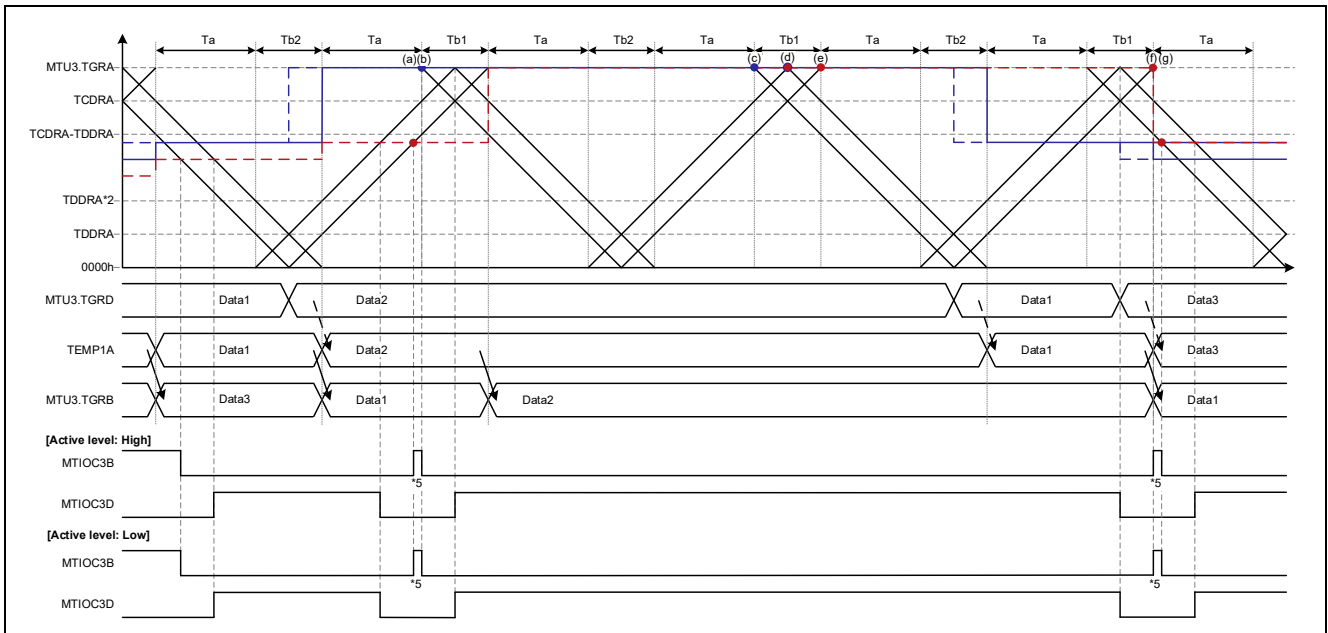


図 1-52 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、Tb 区間で書き換え、Duty : D → 0% → D)

■ 動作例 4 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え

図 1-53に相補 PWM モード 3 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-52と同じ動きをします。

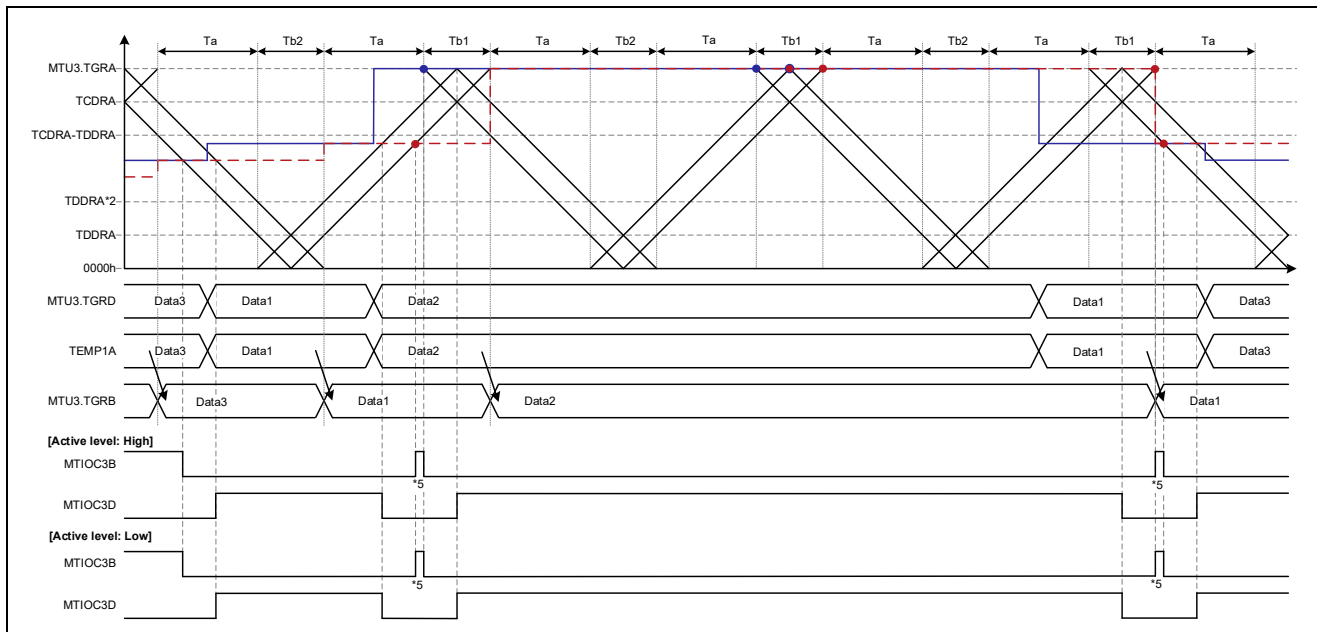


図 1-53 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、Ta 区間で書き換え、Duty : D → 0% → D)

1.3.1.9 0%近傍から 0%への変化 (F → 0% → F)

表 1-9 MTU 注意事項と動作モードの一覧に示す図 1-54 ~ 図 1-57の動作例並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1 : 図 1-54 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*6
- 動作例 2 : 図 1-55 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*6
- 動作例 3 : 図 1-56 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*9
- 動作例 4 : 図 1-57 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*9

■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : F → 0% → F
— F < TCDRA、F > TCDRA - TCDRA
- 図の凡例
— 青点線 : バッファレジスタ (MTU3.TGRD) の設定タイミングと値の変化
— 青実線 : テンポラリレジスタ (TEMP1A) の設定タイミングと値の変化
— 赤点線 : コンペアレジスタ (MTU3.TGRB) の設定タイミングと値の変化
— Data1 : F
— Data2 : Duty 0%のコンペア値 (MTU3.TGRA と同じ値)
- 注意事項
*6 F の値が TCDRA に近いほど正相は極小パルスになる
*9 F の値が TCDRA に近いほど逆相は極小パルスになる

■ 動作例 1 : 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え

図 1-54に相補 PWM モード 2 で Tb1 区間 (山) にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF のまま
- ON (赤丸) と OFF (青丸) するコンペアマッチが同時に発生し、逆相は変化しない
- ON するコンペアマッチが発生するが、(c)の OFF が優先されるため正相は変化しない

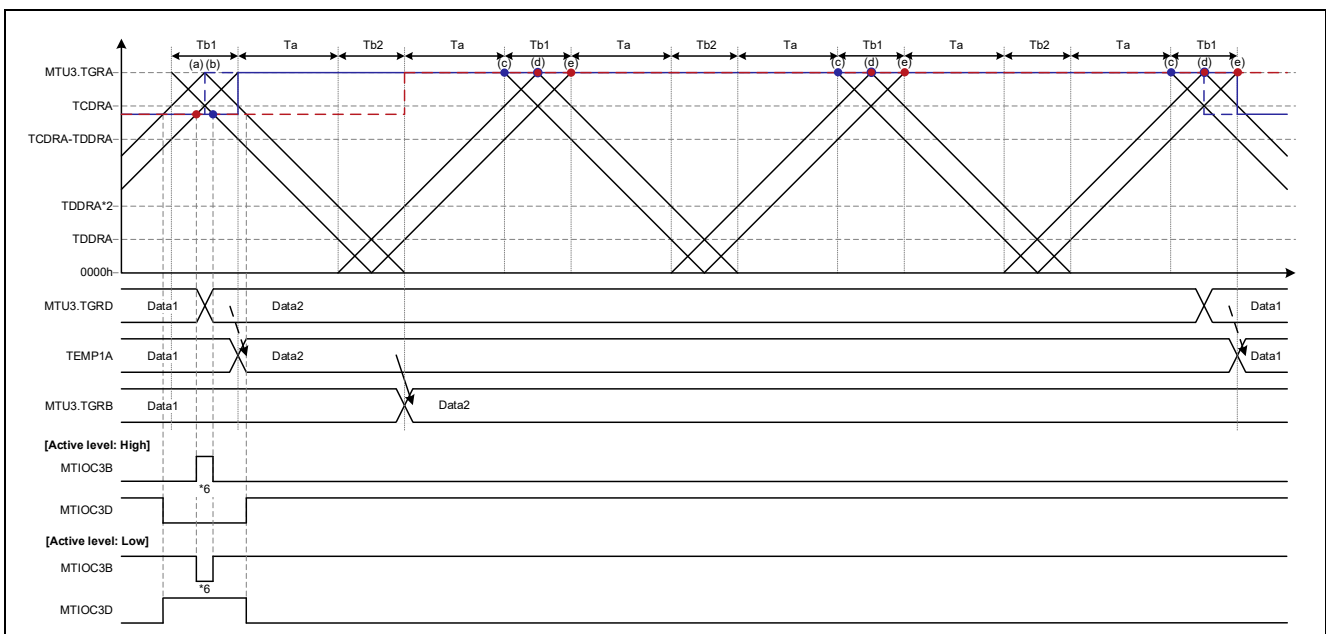


図 1-54 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始 : 谷、Tb 区間で書き換え、Duty : F → 0% → F)

■ 動作例 2 : 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え

図 1-55に相補 PWM モード 2 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-54と同じ動きをします。

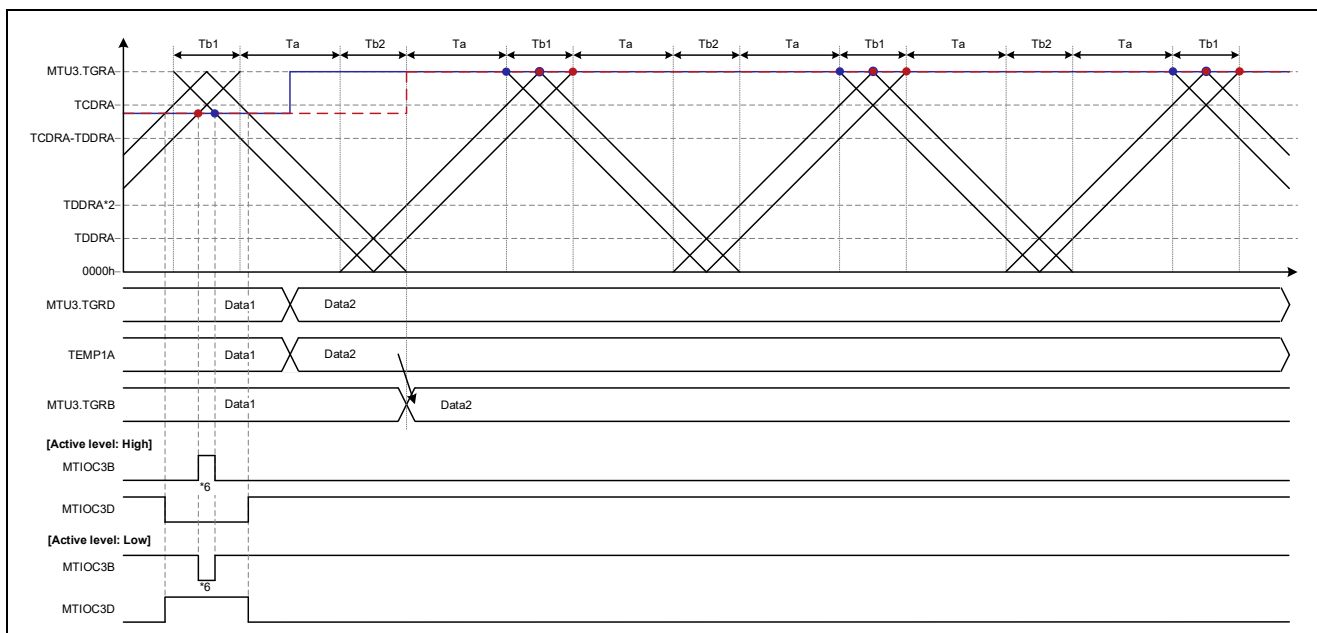


図 1-55 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始 : 谷、Ta 区間で書き換え、Duty : F → 0% → F)

■ 動作例 3 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え

図 1-56に相補 PWM モード 3 で Tb 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF
- (b) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF のまま
- (c) ON するコンペアマッチが発生するが、(b)の OFF が優先されるため正相は変化しない
- (d) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は ON
- (e) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF のまま
- (f) ON (赤丸) と OFF (青丸) するコンペアマッチが同時に発生し、逆相は変化しない
- (g) ON するコンペアマッチが発生するが、(e)の OFF が優先されるため正相は変化しない
- (h) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF
- (i) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF のまま
- (j) ON するコンペアマッチが発生するが、(i)の OFF が優先されるため正相は変化しない
- (k) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は ON

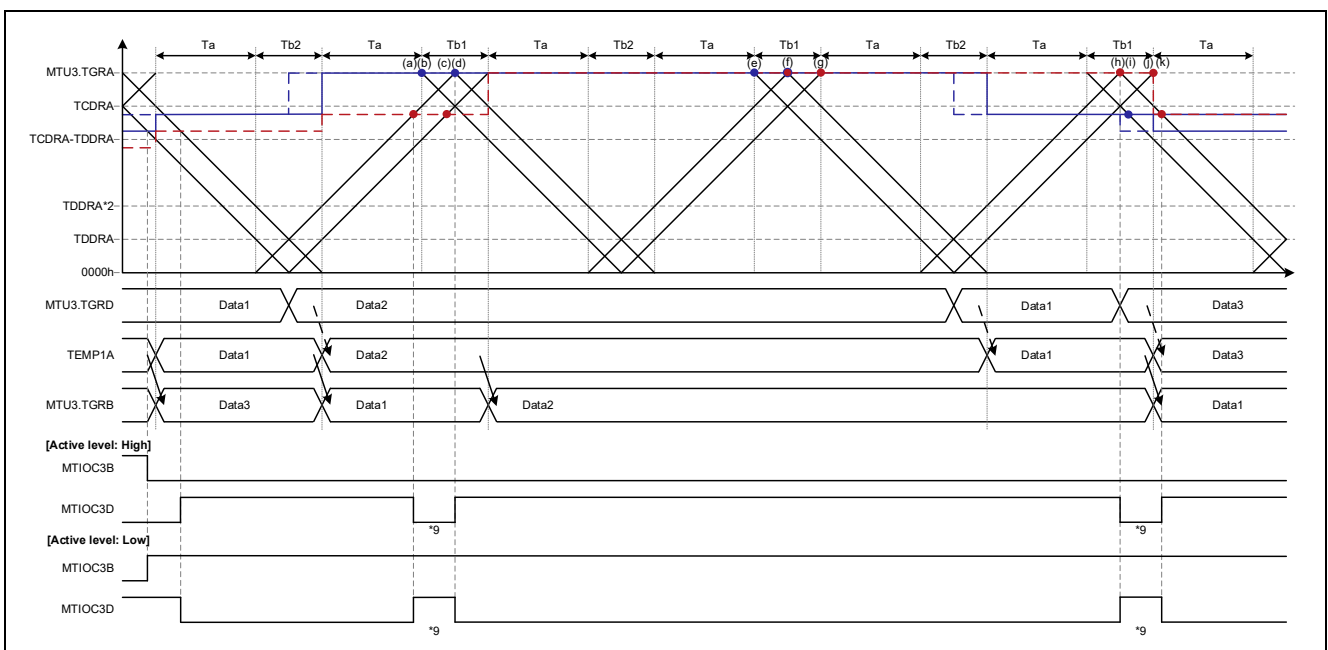


図 1-56 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、Tb 区間で書き換え、Duty : F → 0% → F)

■ 動作例 4 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え

図 1-57 に相補 PWM モード 3 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-56 と同じ動きをします。

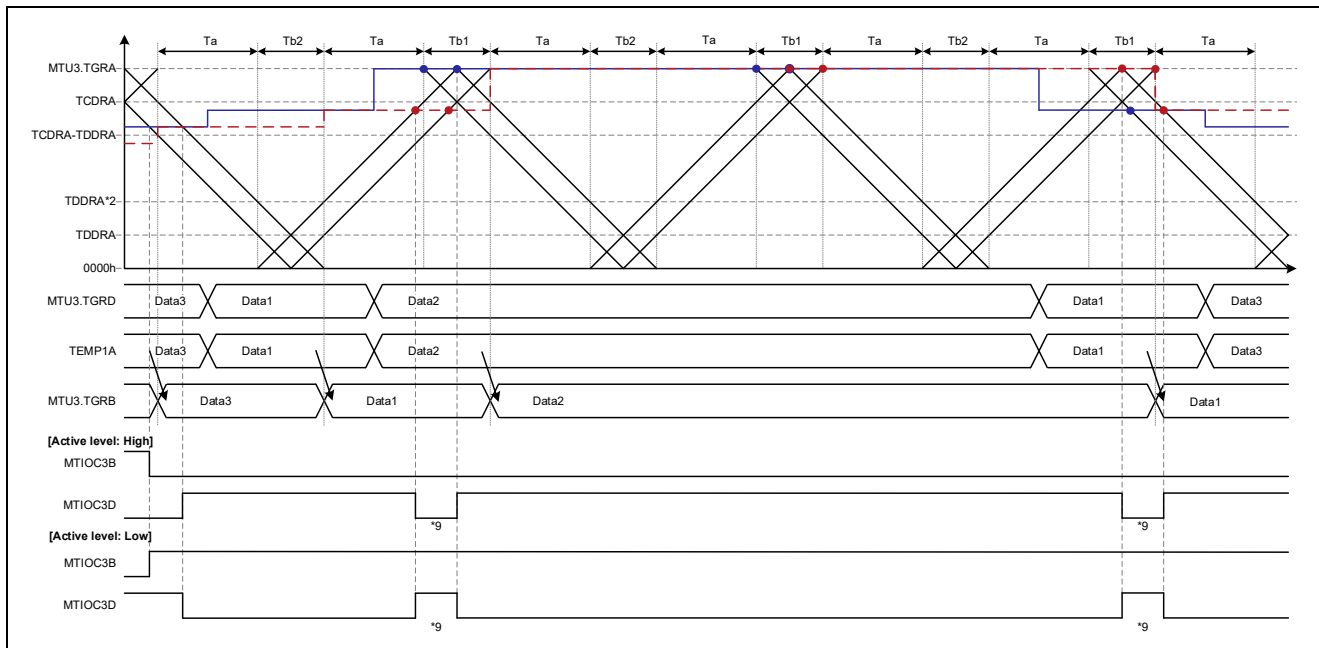


図 1-57 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、Ta 区間で書き換え、Duty : F → 0% → F)

1.3.1.10 0%近傍から 0%近傍への変化 (F → G → F)

表 1-9 MTU 注意事項と動作モードの一覧に示す図 1-58 ~ 図 1-61の動作例並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1 : 図 1-58 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*6,*10
- 動作例 2 : 図 1-59 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*6,*10
- 動作例 3 : 図 1-60 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*10
- 動作例 4 : 図 1-61 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*10

■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : F → G → F
 - F < TCDRA、F > TCDRA - TCDRA
 - G > TCDRA
- 図の凡例
 - 青点線 : バッファレジスタ (MTU3.TGRD) の設定タイミングと値の変化
 - 青実線 : テンポラリレジスタ (TEMP1A) の設定タイミングと値の変化
 - 赤点線 : コンペアレジスタ (MTU3.TGRB) の設定タイミングと値の変化
 - Data1 : F
 - Data2 : G
- 注意事項
 - *6 F の値が TCDRA に近いほど正相は極小パルスになる
 - *10 G の値が MTU3.TGRA に近いほど逆相は極小パルスになる

■ 動作例 1：相補 PWM モード 2 出力開始：谷 Tb 区間書き換え

図 1-58に相補 PWM モード 2 で Tb1 区間（山）にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- (b) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- (c) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF のまま
- (d) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF
- (e) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は ON
- (f) ON するコンペアマッチが発生するが、(c)の OFF が優先されるため正相は変化しない

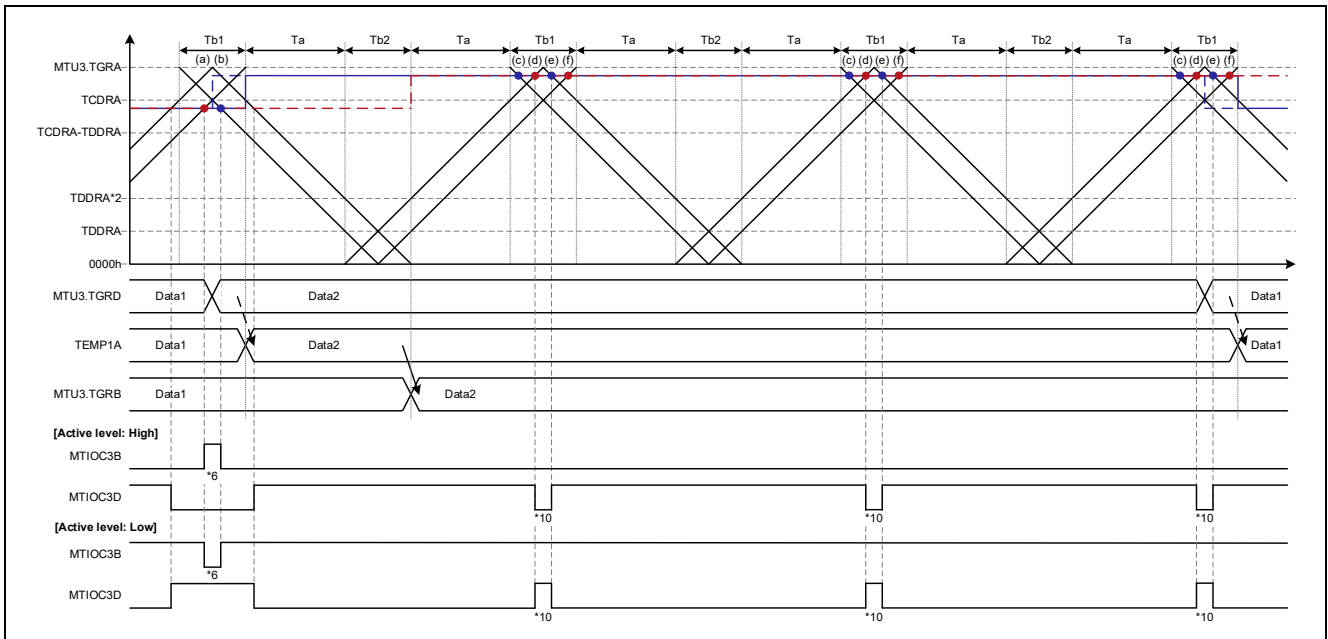


図 1-58 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始：谷、Tb 区間で書き換え、Duty : F → G → F)

■ 動作例 2 : 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え

図 1-59に相補 PWM モード 2 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-58と同じ動きをします。

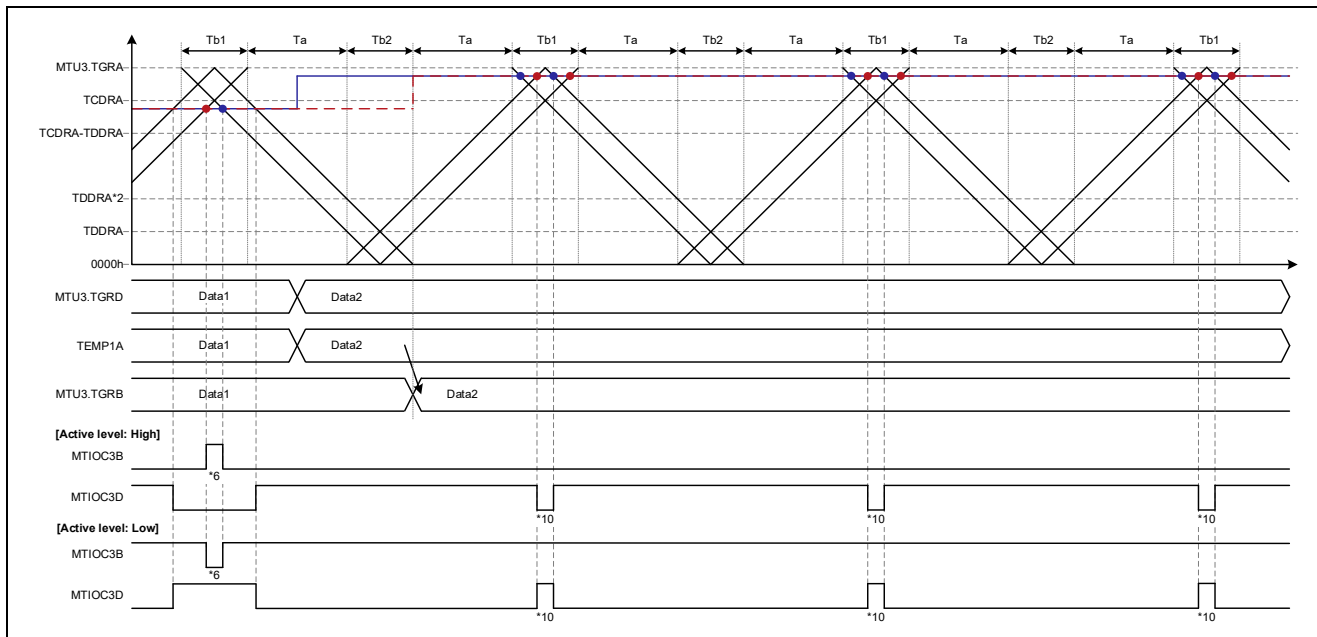


図 1-59 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始 : 谷、Ta 区間で書き換え、Duty : F → G → F)

■ 動作例 3 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え

図 1-60に相補 PWM モード 3 で Tb 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF のまま
- (b) ON するコンペアマッチが発生するが、(a)の OFF が優先されるため正相は変化しない
- (c) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF のまま
- (d) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF
- (e) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は ON
- (f) ON するコンペアマッチが発生するが、(c)の OFF が優先されるため正相は変化しない
- (g) テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF のまま
- (h) ON するコンペアマッチが発生するが、(g)の OFF が優先されるため正相は変化しない

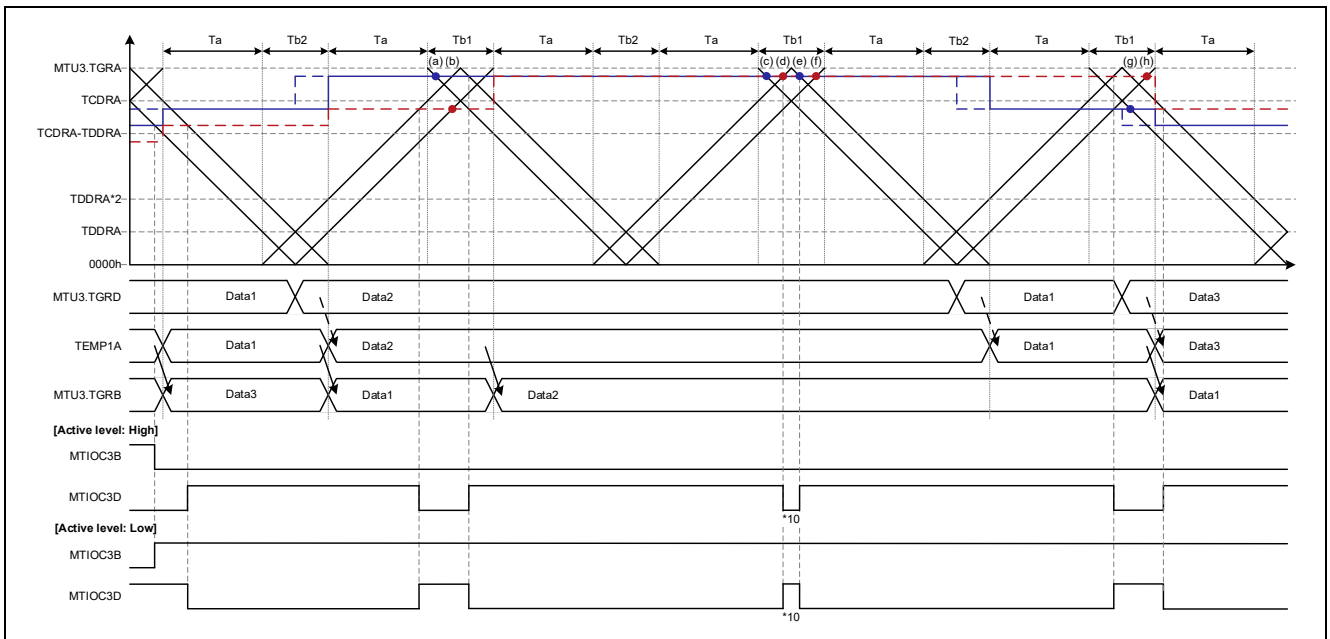


図 1-60 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、Tb 区間で書き換え、Duty : F → G → F)

■ 動作例 4 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え

図 1-61に相補 PWM モード 3 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-60と同じ動きをします。

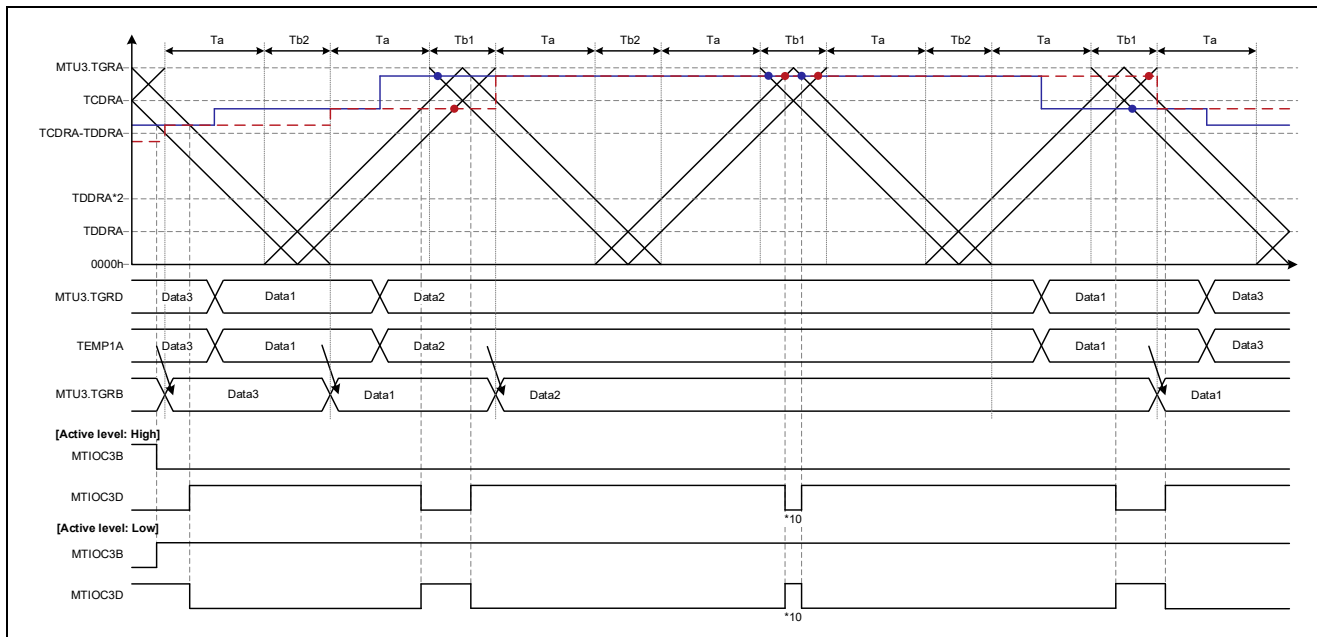


図 1-61 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、Ta 区間で書き換え、Duty : F → G → F)

1.3.1.11 初期出力（初期値=A）

表 1-9 MTU 注意事項と動作モードの一覧に示す図 1-62 ~ 図 1-65の動作例並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1 : 図 1-62 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*11
- 動作例 2 : 図 1-63 相補 PWM モード 2 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*11
- 動作例 3 : 図 1-64 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え 注意事項*11
- 動作例 4 : 図 1-65 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え 注意事項*11

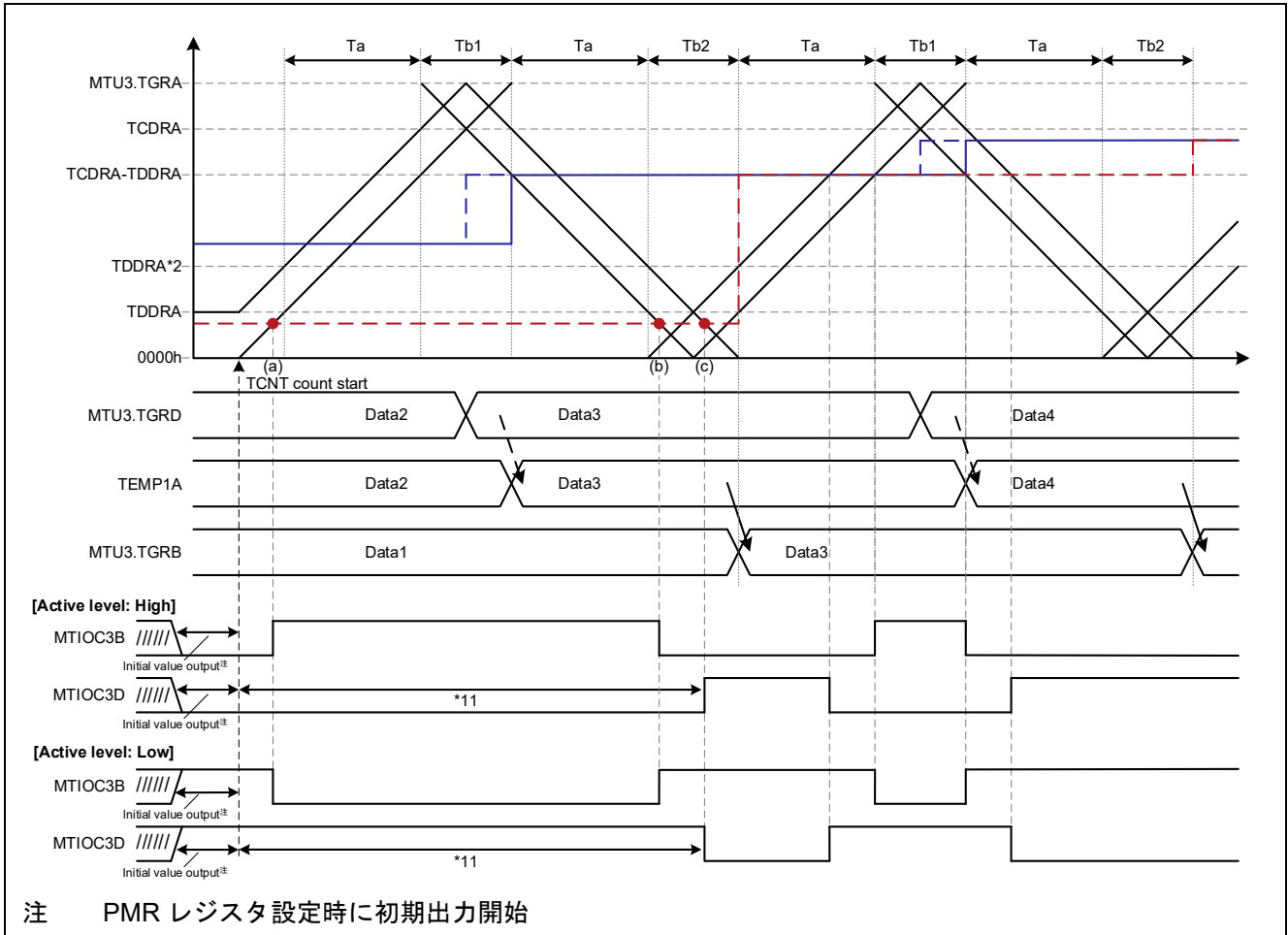
■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : 初期値=A
— $A < TDDRA$
- 図の凡例
— 青点線 : バッファレジスタ (MTU3.TGRD) の設定タイミングと値の変化
— 青実線 : テンポラリレジスタ (TEMP1A) の設定タイミングと値の変化
— 赤点線 : コンペアレジスタ (MTU3.TGRB) の設定タイミングと値の変化
— Data1 : A
— Data2 : $TDDRA \times 2$ 以上
- 注意事項
*11 逆相は TOCR1m.OLSN (m = A, B) で設定した初期出力レベルを保持する

■ 動作例 1：相補 PWM モード 2 出力開始：谷 Tb 区間書き換え

図 1-62に相補 PWM モード 2 で Tb1 区間（山）にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- (b) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- (c) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は ON

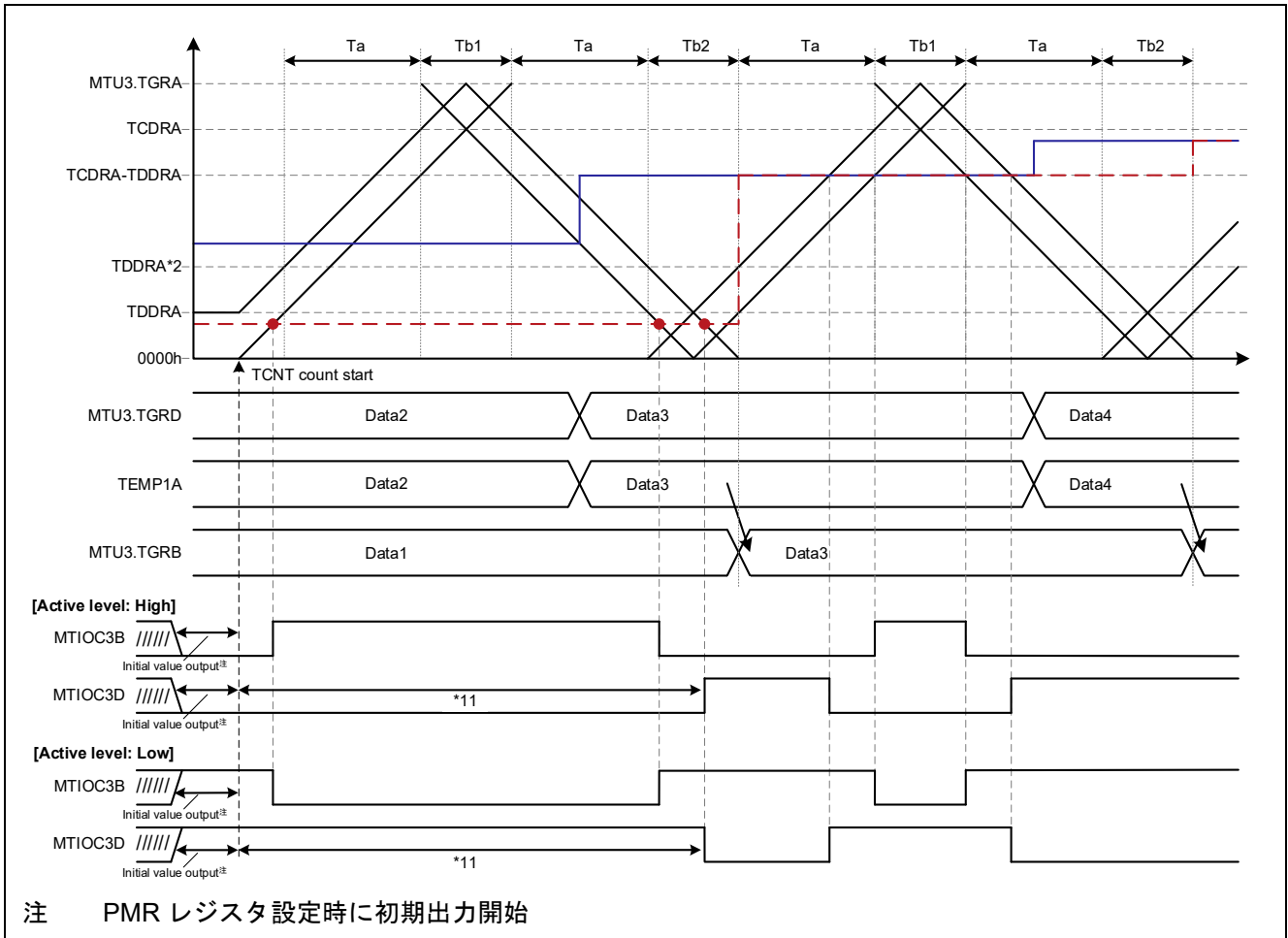


注 PMR レジスタ設定時に初期出力開始

図 1-62 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始：谷、Tb 区間で書き換え、初期値=A)

■ 動作例 2：相補 PWM モード 2 出力開始：谷 Ta 区間書き換え

図 1-63に相補 PWM モード 2 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-62と同じ動きをします。



注 PMR レジスタ設定時に初期出力開始

図 1-63 相補 PWM モード 2 の動作例
(出力開始：谷、Ta 区間で書き換え、初期値=A)

■ 動作例 3 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Tb 区間書き換え

図 1-64に相補 PWM モード 3 で Tb 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。

- (a) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- (b) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- (c) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は ON

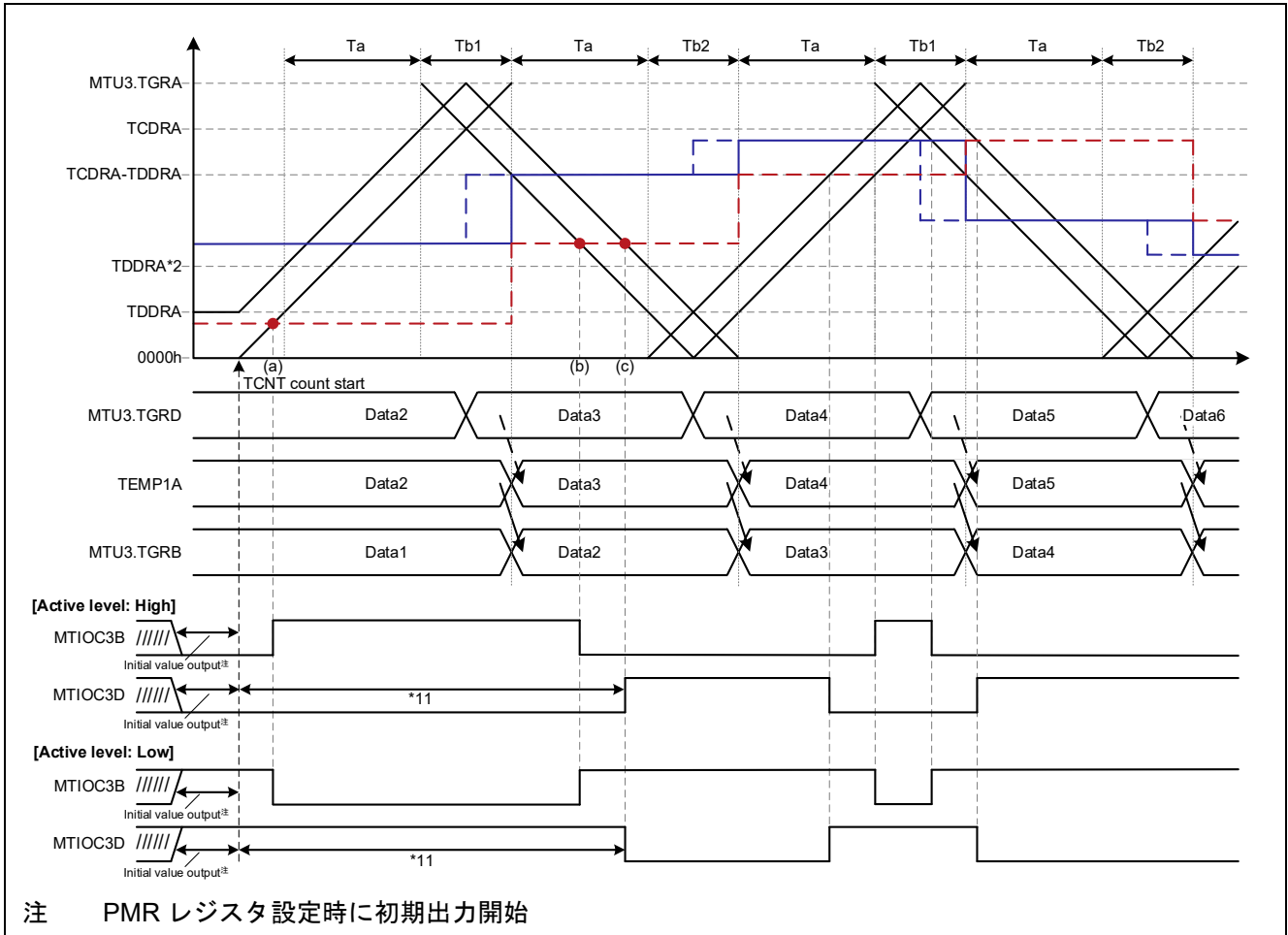


図 1-64 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、Tb 区間で書き換え、初期値=A)

■ 動作例 4 : 相補 PWM モード 3 出力開始 : 谷 Ta 区間書き換え

図 1-65に相補 PWM モード 3 で Ta 区間にバッファ書き換えを行う場合の動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-64と同じ動きをします。

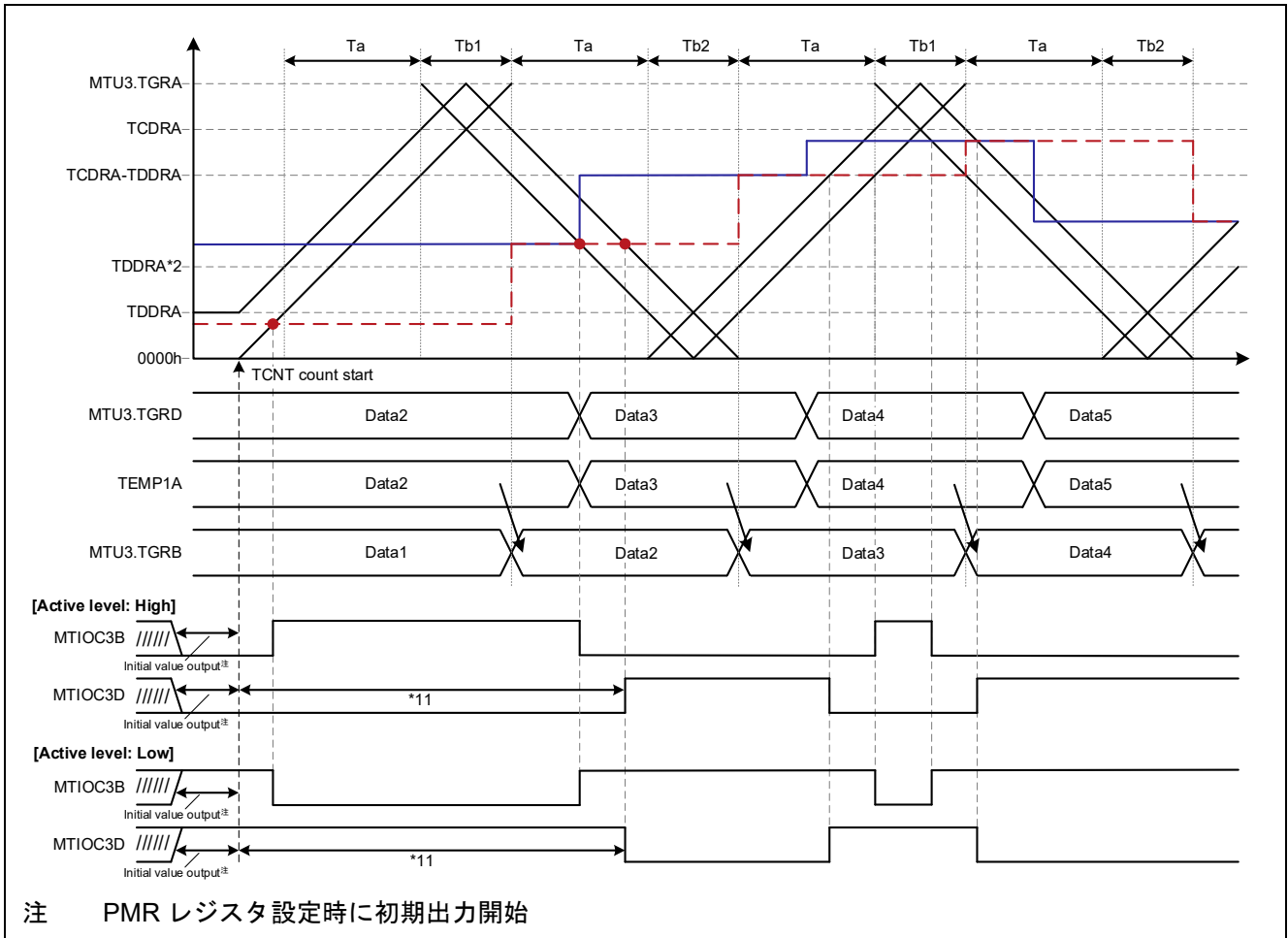


図 1-65 相補 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、Ta 区間で書き換え、初期値=A)

1.3.2 GPTW の 0%、100%近傍の出力波形

三角波 PWM モード 1/2/3 において、デッドタイム自動設定機能使用／未使用、並びにコンペアマッチタイミング（0%、100%近傍）による波形出力の注意事項と動作例を表 1-10に示します。

表 1-10 GPTW 注意事項と動作モードの一覧

節	節題	三角波 PWM モード 1		三角波 PWM モード 2		三角波 PWM モード 3		注意事項	
		使用	未使用	使用	未使用	使用	未使用	使用	未使用
1.3.2.1	100%近傍から 100% 近傍への変化 (D → A → D)	図 1-66	図 1-69	図 1-67	図 1-70	図 1-68	図 1-71	*1, *2	*1, *3
1.3.2.2	100%近傍から 100% への変化 (D → 0%/100% → D)	図 1-72	図 1-75	図 1-73	図 1-76	図 1-74	図 1-77	*4, *5	*4, *5
1.3.2.3	100%近傍から 100% への変化 (A → 0%/100% → A)	図 1-78	図 1-81	図 1-79	図 1-82	図 1-80	図 1-83	*2, *4, *5	*3, *4, *5
1.3.2.4	0%近傍から 0%への 変化 (F → 0%/100% → F)	図 1-84	図 1-87	図 1-85	図 1-88	図 1-86	図 1-89	*4, *5, *6	*4, *5, *6

備考 使用： デッドタイム自動設定使用時

未使用： デッドタイム自動設定未使用時

*1： D の値が GTDVU により近いほど逆相は極小パルスになる

*2： 補正機能により逆相は 1 カウントクロック幅の極小パルスになる

*3： A に対する GTCCRB の値が 0 に近いほど逆相は極小パルスになる

*4： GTUDDTYC.OmDTYR ビットが 0b、かつ GTIOR.GTIOm[3:2] ビットが 00b の場合、0%/100%からの復帰後は 0%/100%設定前の出力レベルに対して反転する（反転箇所を青枠で表記）

*5： 0%/100%を出力するためデッドタイムを確保しない

*6： F の値が GTPR に近いほど正相は極小パルスになる

1.3.2.1 100%近傍から 100%近傍への変化 (D → A → D)

表 1-10 GPTW 注意事項と動作モードの一覧に示す図 1-66 ~ 図 1-71の動作例並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1 : 図 1-66 三角波 PWM モード 1 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定使用 注意事項*1,*2
- 動作例 2 : 図 1-67 三角波 PWM モード 2 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定使用 注意事項*1,*2
- 動作例 3 : 図 1-68 三角波 PWM モード 3 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定使用 注意事項*1,*2
- 動作例 4 : 図 1-69 三角波 PWM モード 1 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定未使用 注意事項*1,*3
- 動作例 5 : 図 1-70 三角波 PWM モード 2 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定未使用 注意事項*1,*3
- 動作例 6 : 図 1-71 三角波 PWM モード 3 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定未使用 注意事項*1,*3

■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : D → A → D

— D > GTDVU

— A < GTDVU

- 図の凡例

— 青点線 : 正相側バッファレジスタ (GTCCRC) の設定タイミングと値の変化

— 青実線 : 正相側コンペアレジスタ (GTCCRA) の設定タイミングと値の変化

— 赤点線 : 逆相側バッファレジスタ (GTCCRE) の設定タイミングと値の変化

— 赤実線 : 逆相側コンペアレジスタ (GTCCRB) の設定タイミングと値の変化

デッドタイム自動設定機能使用中デッドタイムエラー発生時は逆相波形の変化ポイント

— 緑実線 : デッドタイム自動設定機能使用中デッドタイムエラー発生時の正相波形の変化ポイント

— Data1 : D

— Data2 : A

- 注意事項

*1 D の値が GTDVU により近いほど逆相は極小パルスになる

*2 補正機能により逆相は 1 カウントクロック幅の極小パルスになる

*3 A に対する GTCCRB の値が 0 に近いほど逆相は極小パルスになる

■ 動作例 1 : 三角波 PWM モード 1 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定使用

図 1-66に三角波 PWM モード 1 でデッドタイム自動設定機能を使用する場合の動作例を示します。

- (a) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は ON
- (b) 補正機能により谷から 1 カウントクロックに変化ポイント、逆相は OFF
- (c) 補正機能により GTDVU+1 に変化ポイント、正相は ON
- (d) 補正機能により GTDVU に変化ポイント、正相は OFF
- (e) 補正機能により 1 カウントクロック幅のパルスが発生
- (f) 補正機能により谷に変化ポイント、逆相は ON
- (g) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF

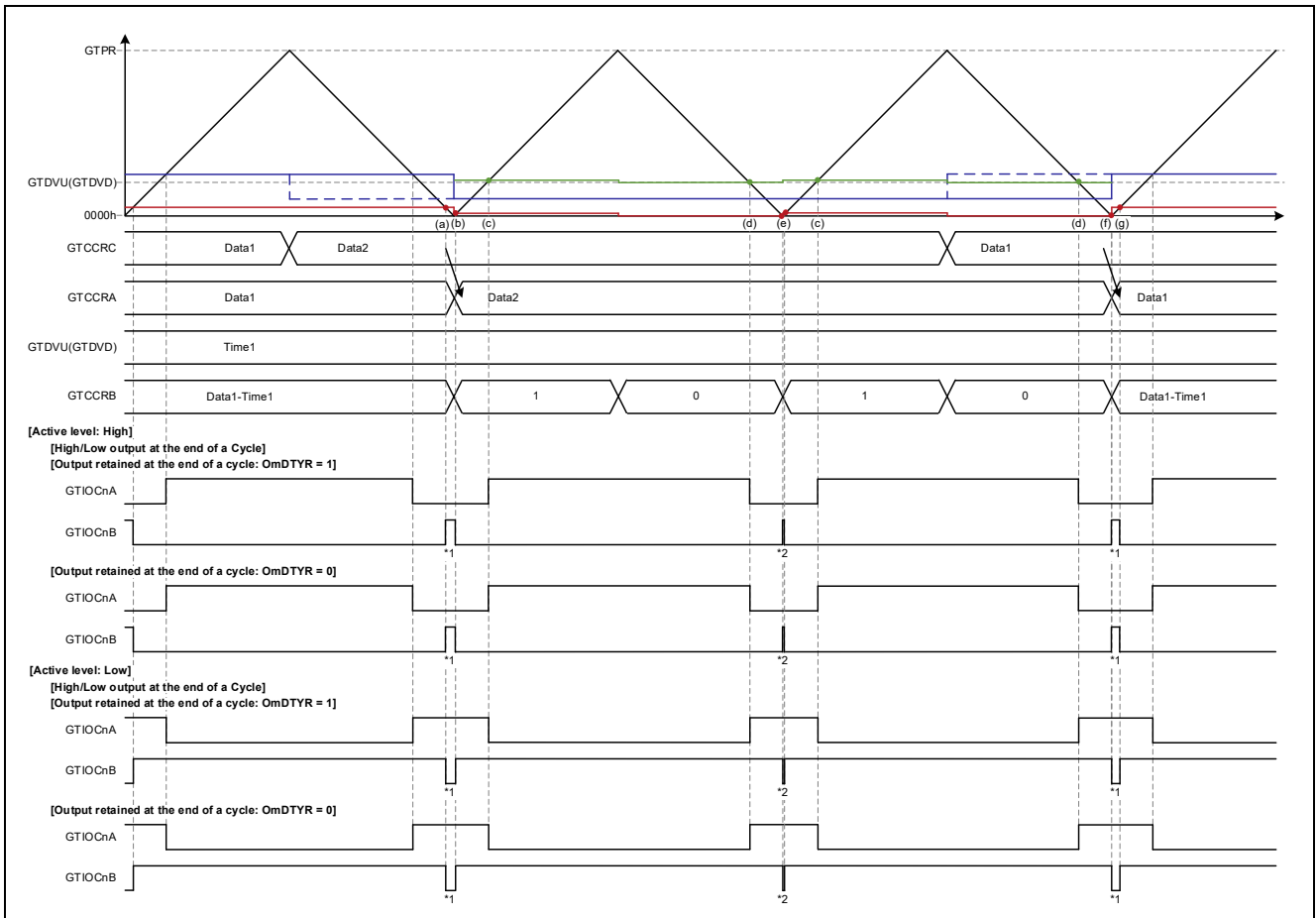


図 1-66 三角波 PWM モード 1 の動作例
(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能使用、Duty : D → A → D)

■ 動作例 2 : 三角波 PWM モード 2 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定使用

図 1-67に三角波 PWM モード 2 でデッドタイム自動設定機能を使用する場合の動作例を示します。

各モードにおけるバッファ動作の違いを除き、図 1-66と同じ動きをします。

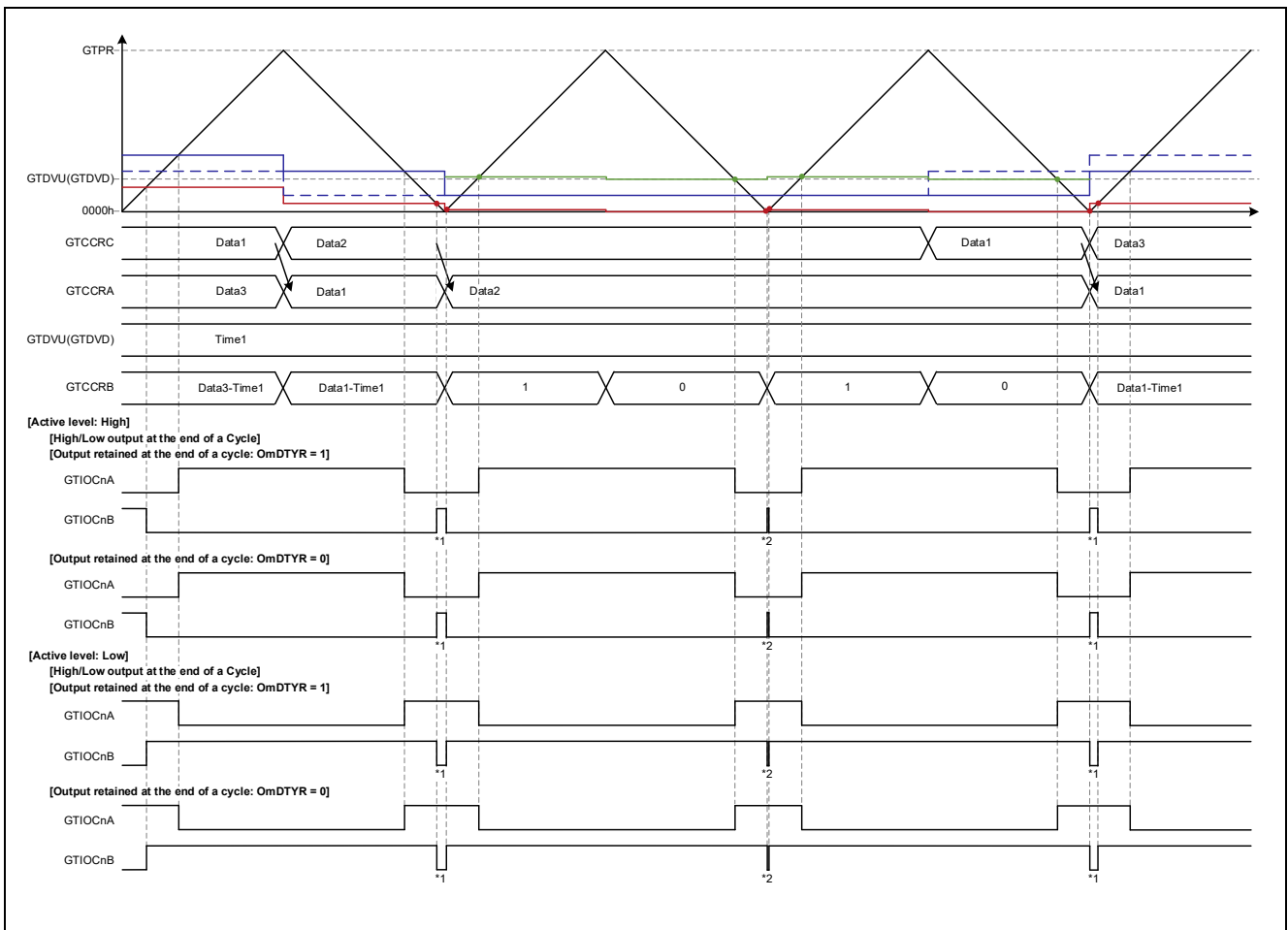


図 1-67 三角波 PWM モード 2 の動作例
 (出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能使用、Duty : D → A → D)

■ 動作例 3 : 三角波 PWM モード 3 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定使用

図 1-68に三角波 PWM モード 3 でデッドタイム自動設定機能を使用する場合の動作例を示します。各モードにおけるバッファ動作の違いを除き、図 1-66と同じ動きをします。

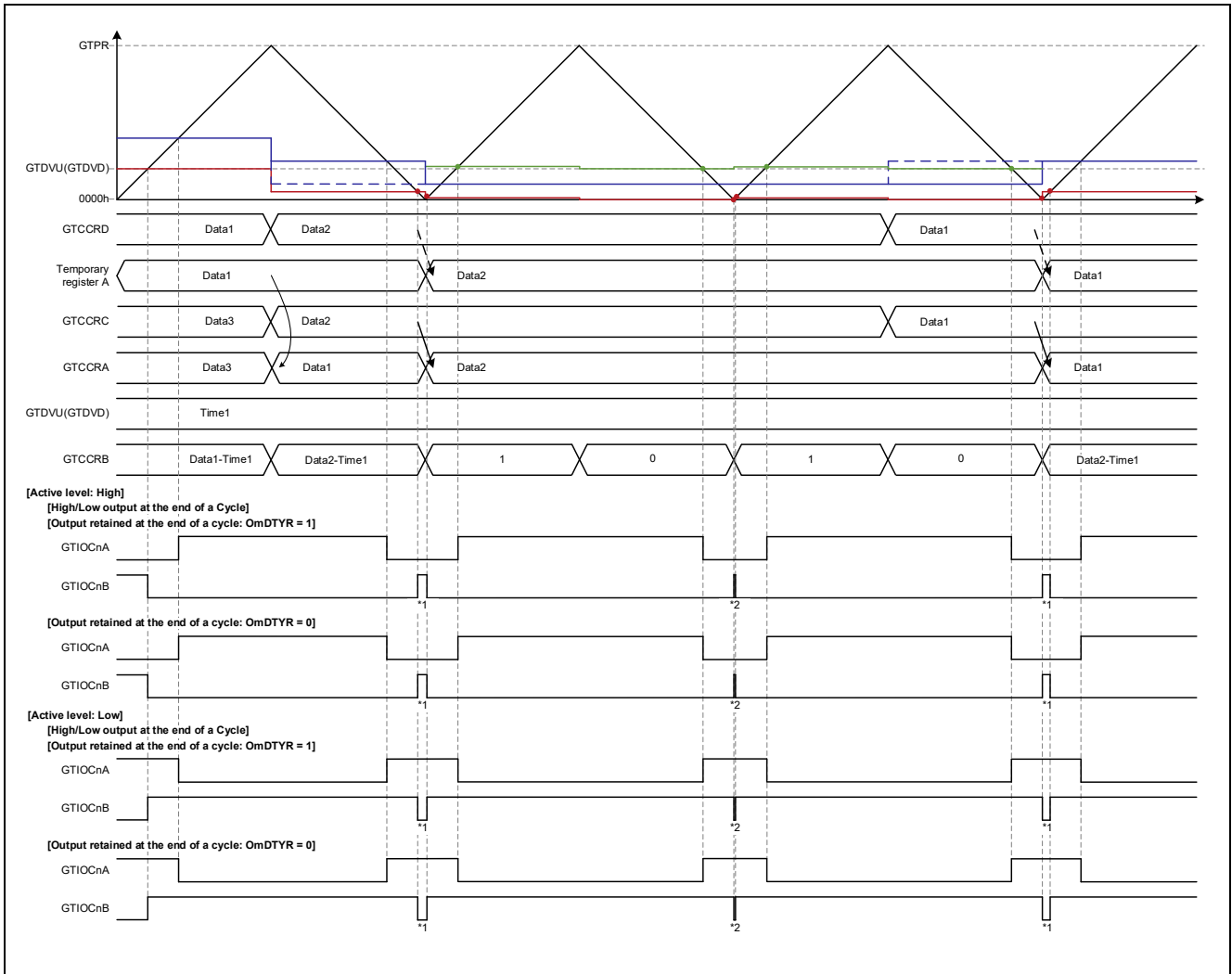


図 1-68 三角波 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能使用、Duty : D → A → D)

■ 動作例 4 : 三角波 PWM モード 1 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定未使用

図 1-69に三角波 PWM モード 1 でデッドタイム自動設定機能使用しない場合の動作例を示します。

- (a) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は ON
- (b) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相は OFF

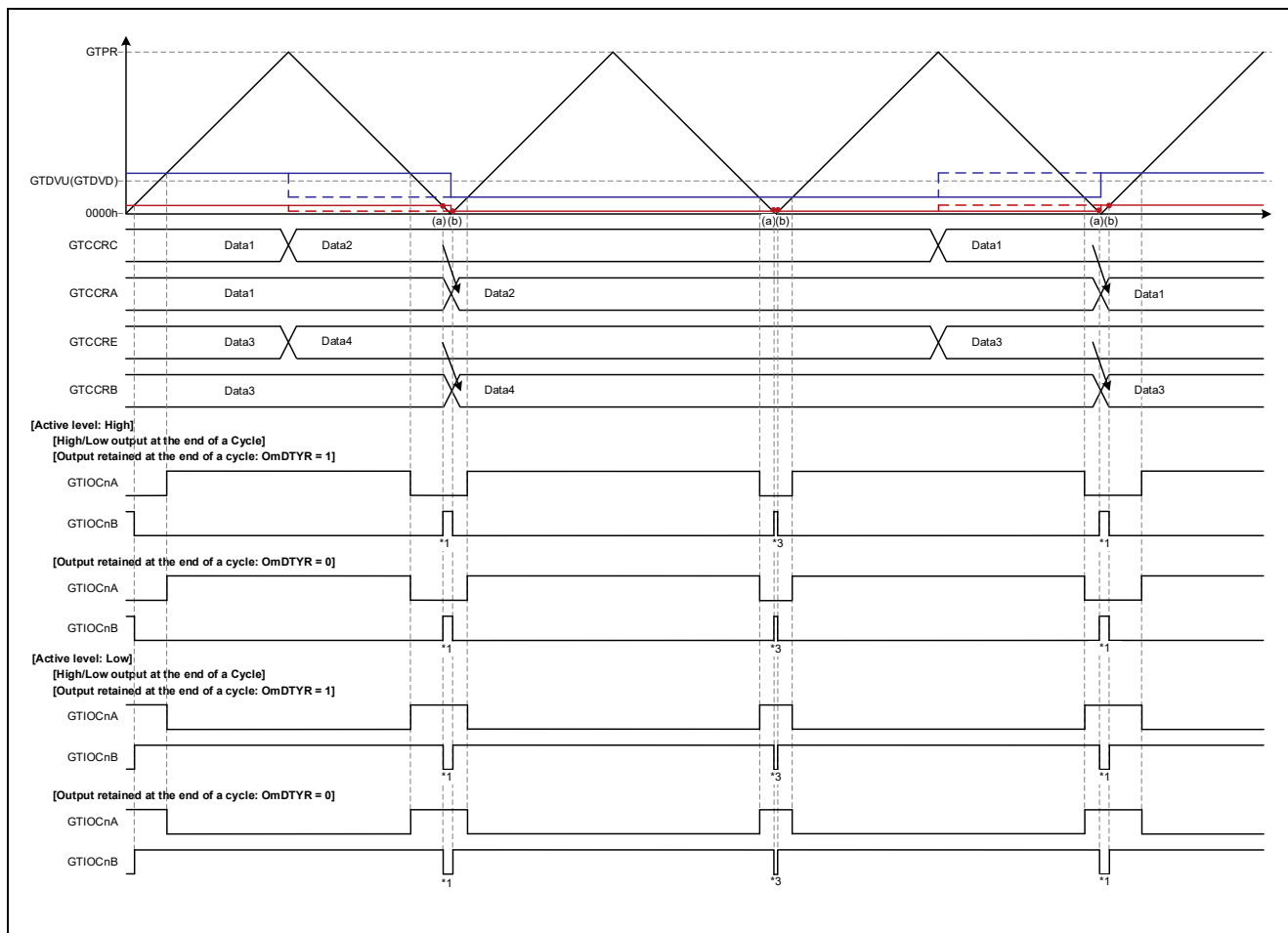


図 1-69 三角波 PWM モード 1 の動作例
(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能未使用、Duty : D → A → D)

■ 動作例 5 : 三角波 PWM モード 2 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定未使用

図 1-70に三角波 PWM モード 2 でデッドタイム自動設定機能使用しない場合の動作例を示します。各モードにおけるバッファ動作の違いを除き、図 1-69と同じ動きをします。

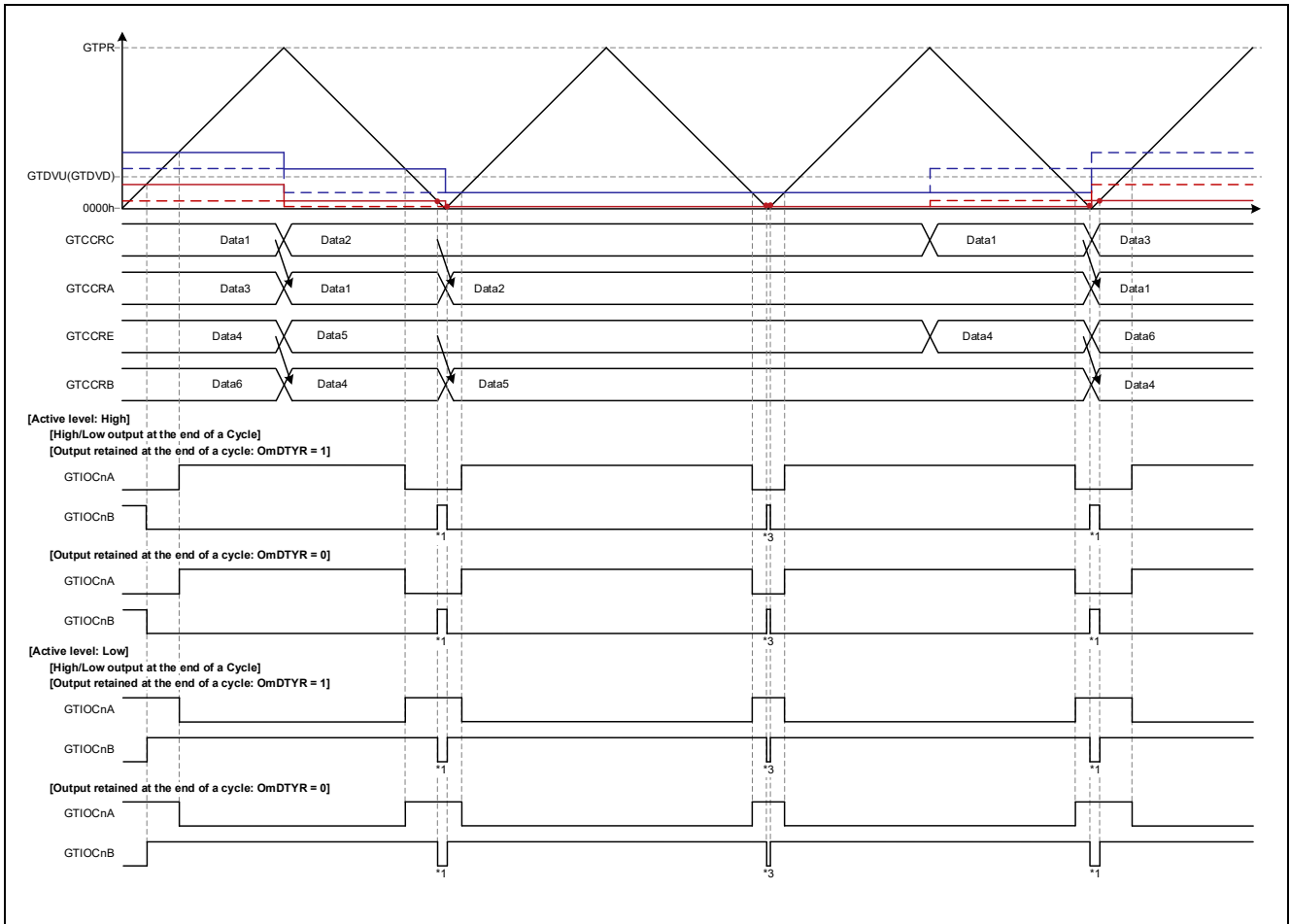


図 1-70 三角波 PWM モード 2 の動作例
(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能未使用、Duty : D → A → D)

■ 動作例 6 : 三角波 PWM モード 3 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定未使用

図 1-71に三角波 PWM モード 3 でデッドタイム自動設定機能使用しない場合の動作例を示します。各モードにおけるバッファ動作の違いを除き、図 1-69と同じ動きをします。

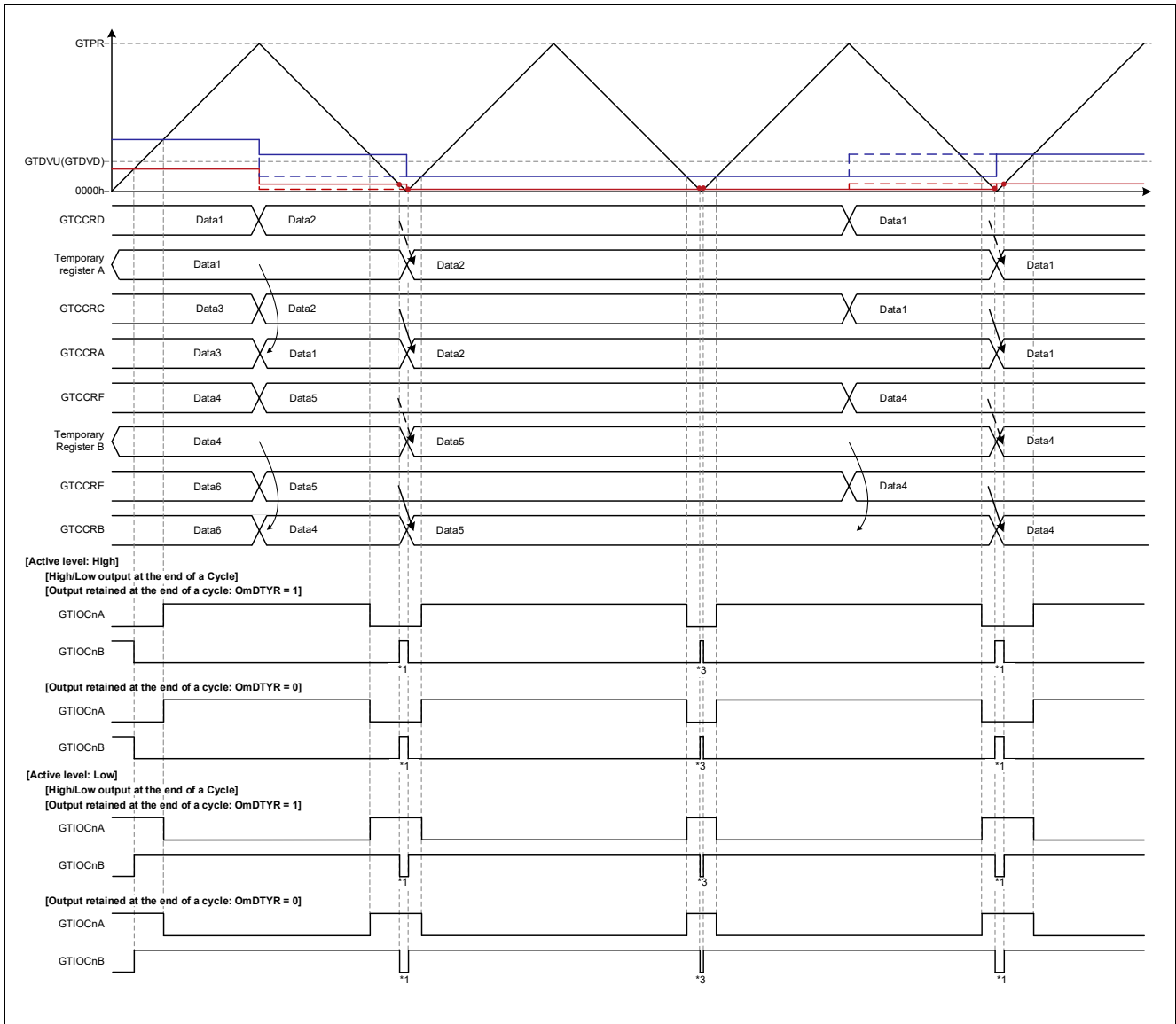


図 1-71 三角波 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能未使用、Duty : D → A → D)

1.3.2.2 100%近傍から 100%への変化 (D → 0%/100% → D)

表 1-10 GPTW 注意事項と動作モードの一覧に示す図 1-72 ~ 図 1-77の動作例並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1 : 図 1-72 三角波 PWM モード 1 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定使用 注意事項*4,*5
- 動作例 2 : 図 1-73 三角波 PWM モード 2 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定使用 注意事項*4,*5
- 動作例 3 : 図 1-74 三角波 PWM モード 3 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定使用 注意事項*4,*5
- 動作例 4 : 図 1-75 三角波 PWM モード 1 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定未使用 注意事項*4,*5
- 動作例 5 : 図 1-76 三角波 PWM モード 2 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定未使用 注意事項*4,*5
- 動作例 6 : 図 1-77 三角波 PWM モード 3 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定未使用 注意事項*4,*5

■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : D → 0%/100% → D
— D > GTDVU
- 図の凡例
 - 青点線 : 正相側バッファレジスタ (GTCCRC) の設定タイミングと値の変化
 - 青実線 : 正相側コンペアレジスタ (GTCCRA) の設定タイミングと値の変化
 - 赤点線 : 逆相側バッファレジスタ (GTCCRE) の設定タイミングと値の変化
 - 赤実線 : 逆相側コンペアレジスタ (GTCCRB) の設定タイミングと値の変化
 - GTIOcNA 端子、GTIOcNB 端子の黒点線 : Duty 0%、100%によってマスクされている動作
 - Data1 : D
- 注意事項
 - *4 GTUDDTYC.OmDTYR ビットが 0b、かつ GTIOR.GTIOm[3:2]ビットが 00b の場合、0%/100%からの復帰後は 0%/100%設定前の出力レベルに対して反転する (反転箇所を青枠で表記)
 - *5 0%/100%を出力するためデッドタイムを確保しない

■ 動作例 1 : 三角波 PWM モード 1 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定使用

図 1-72に三角波 PWM モード 1 でデッドタイム自動設定機能を使用する場合の動作例を示します。

- (a) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（11b または 10b）が反映され 0%/100%出力開始
- (b) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（00b）が反映され 0%/100%出力を解除
（コンペアマッチによる出力制御に変更）
- (c) コンペアマッチが発生するが OmDTY ビット設定値（11b または 10b）に従い出力保持

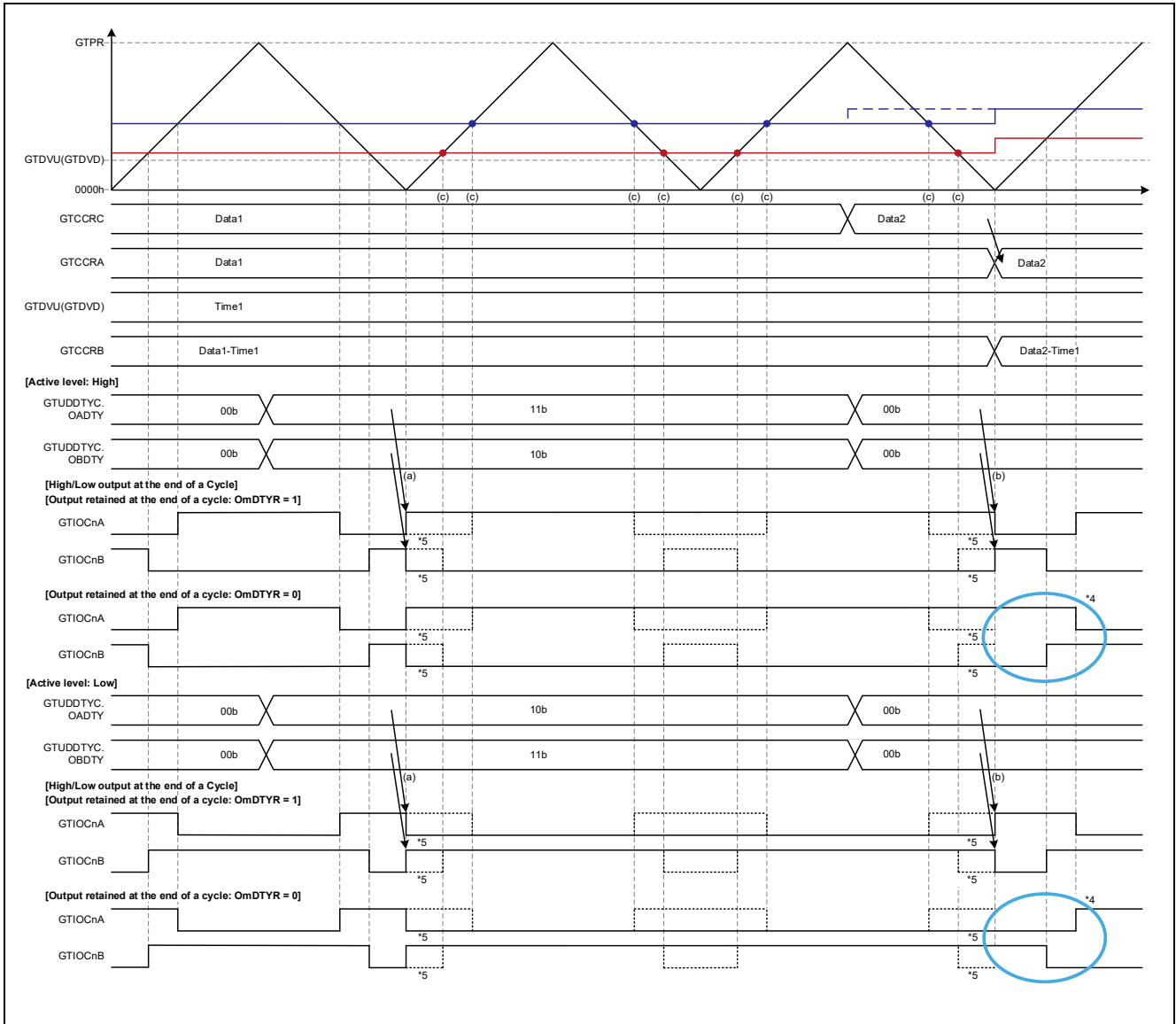


図 1-72 三角波 PWM モード 1 の動作例
 (出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能使用、Duty : D → 0%/100% → D)

■ 動作例 2 : 三角波 PWM モード 2 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定使用

図 1-73 に三角波 PWM モード 2 でデッドタイム自動設定機能を使用する場合の動作例を示します。

各モードにおけるバッファ動作の違いを除き、図 1-72 と同じ動きをします。

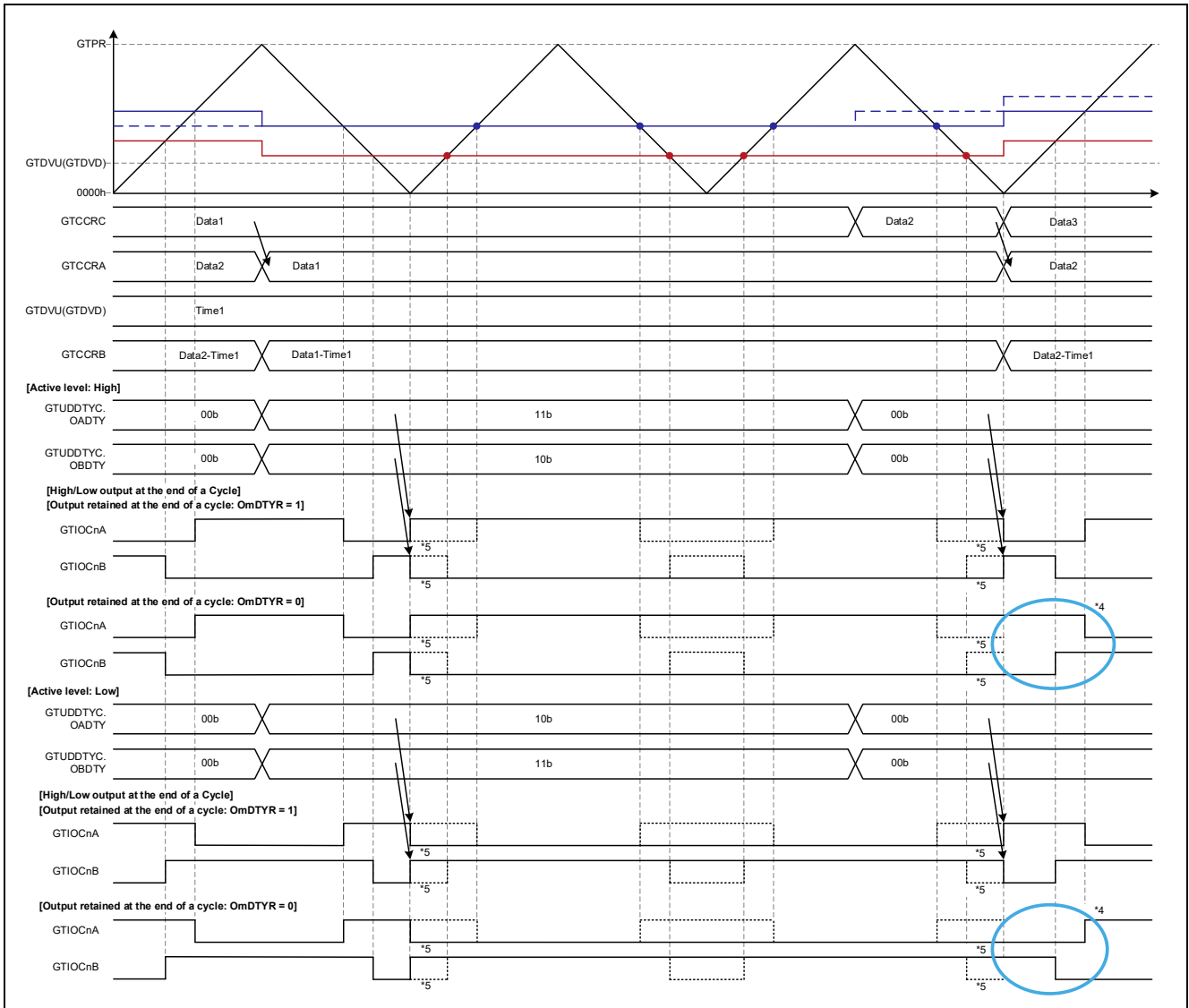


図 1-73 三角波 PWM モード 2 の動作例
(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能使用、Duty : D → 0% / 100% → D)

■ 動作例 3 : 三角波 PWM モード 3 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定使用

図 1-74に三角波 PWM モード 3 でデッドタイム自動設定機能を使用する場合の動作例を示します。

各モードにおけるバッファ動作の違いを除き、図 1-72と同じ動きをします。

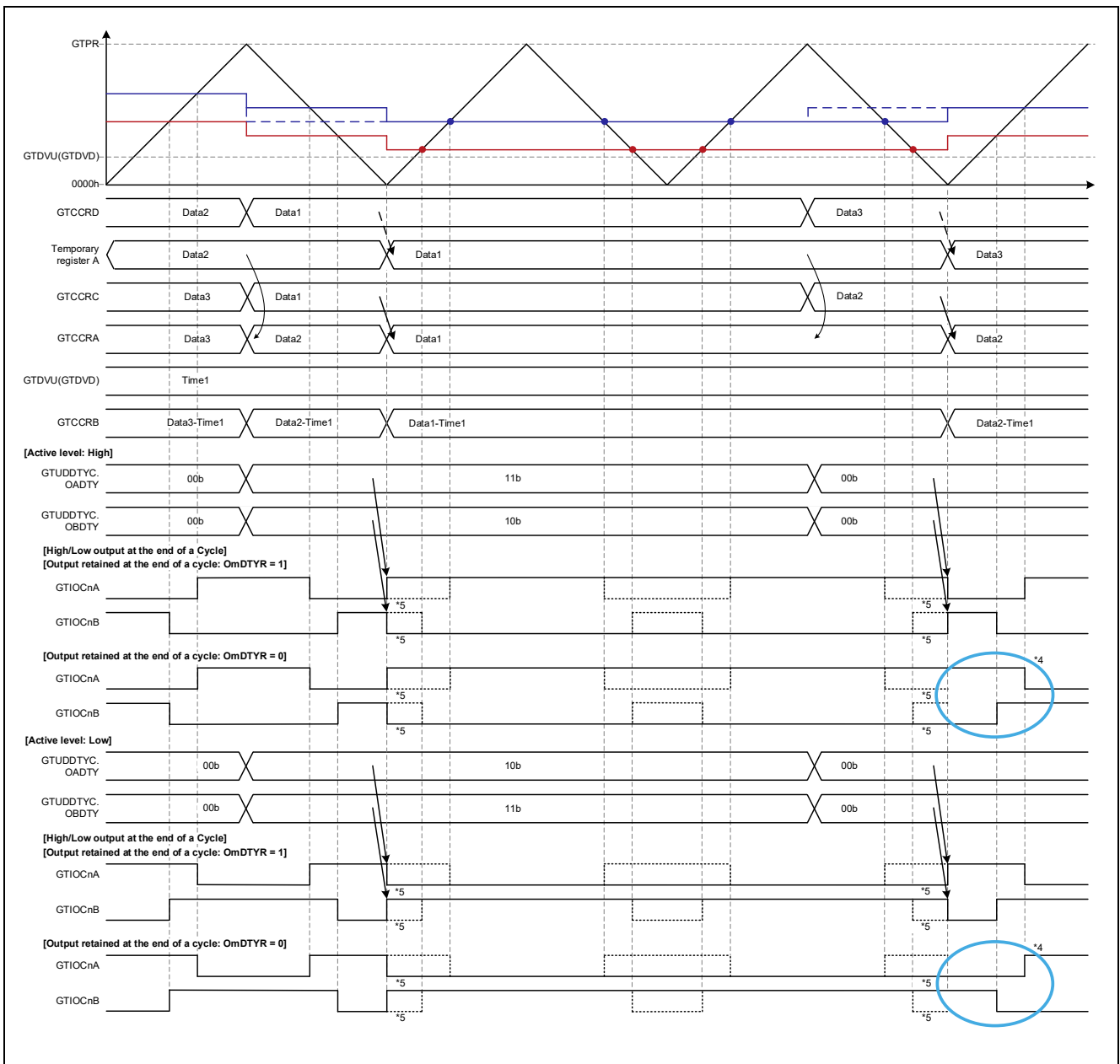


図 1-74 三角波 PWM モード 3 の動作例
(山出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能使用、Duty : D → 0% / 100% → D)

■ 動作例 4 : 三角波 PWM モード 1 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定未使用

図 1-75に三角波 PWM モード 1 でデッドタイム自動設定機能使用しない場合の動作例を示します。

- (a) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（11b または 10b）が反映され 0%/100%出力開始
- (b) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（00b）が反映され 0%/100%出力を解除
（コンペアマッチによる出力制御に変更）
- (c) コンペアマッチが発生するが OmDTY ビット設定値（11b または 10b）に従い出力保持

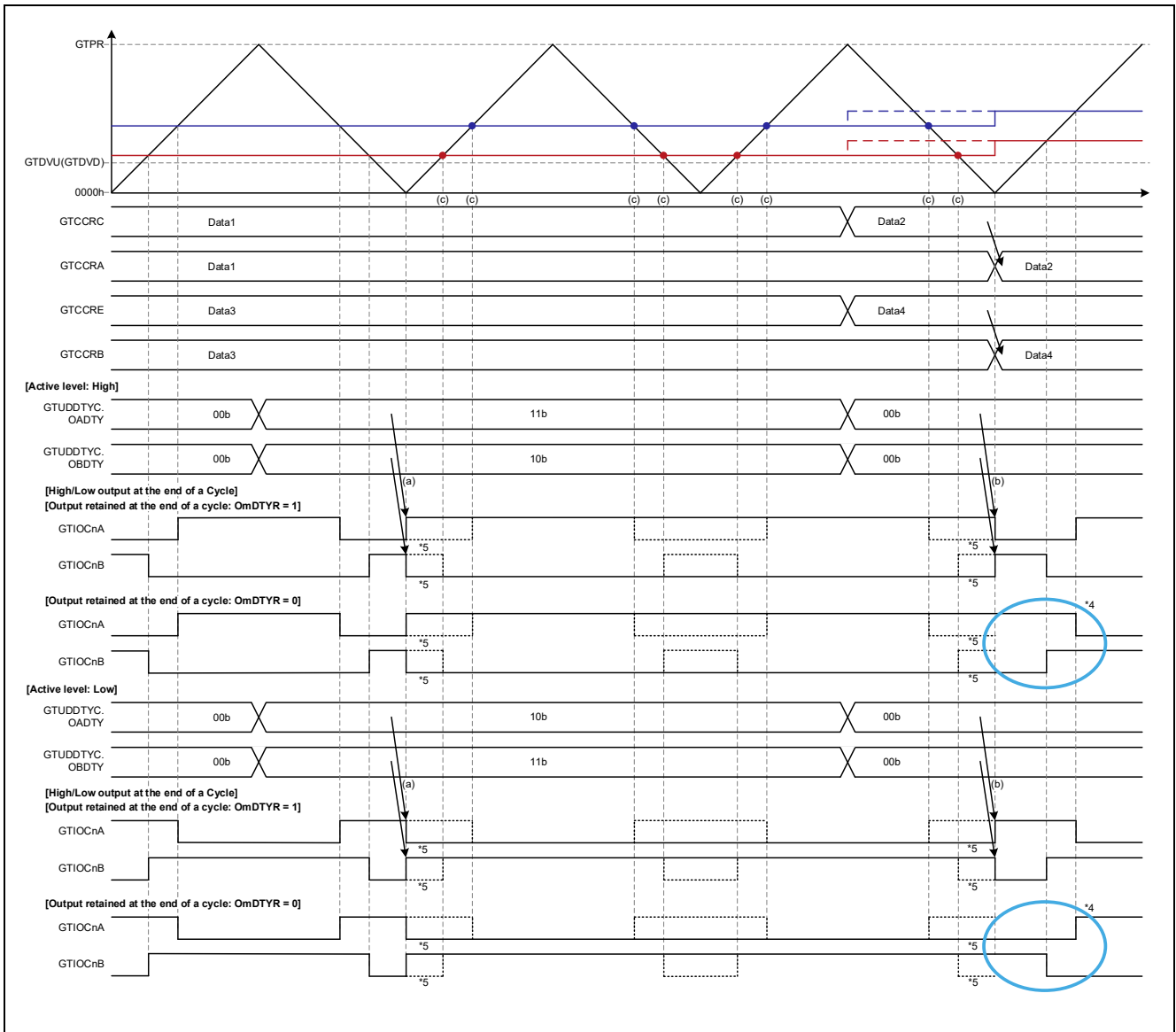


図 1-75 三角波 PWM モード 1 の動作例
(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能未使用、Duty : D → 0%/100% → D)

■ 動作例 5 : 三角波 PWM モード 2 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定未使用

図 1-76に三角波 PWM モード 2 でデッドタイム自動設定機能使用しない場合の動作例を示します。各モードにおけるバッファ動作の違いを除き、図 1-75と同じ動きをします。

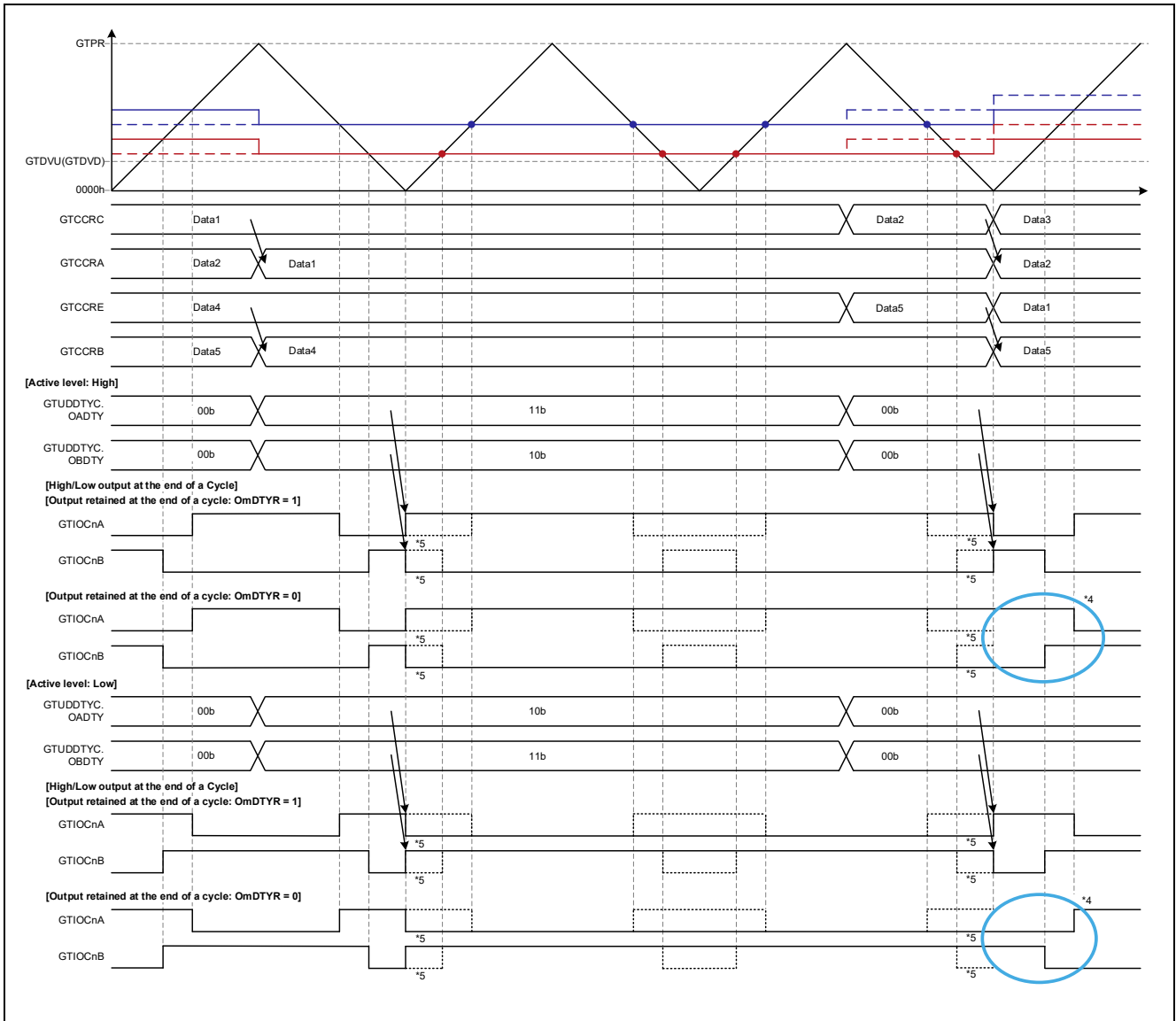


図 1-76 三角波 PWM モード 2 の動作例
(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能未使用、Duty : D → 0% / 100% → D)

■ 動作例 6 : 三角波 PWM モード 3 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定未使用

図 1-77に三角波 PWM モード 2 でデッドタイム自動設定機能使用しない場合の動作例を示します。各モードにおけるバッファ動作の違いを除き、図 1-75と同じ動きをします。

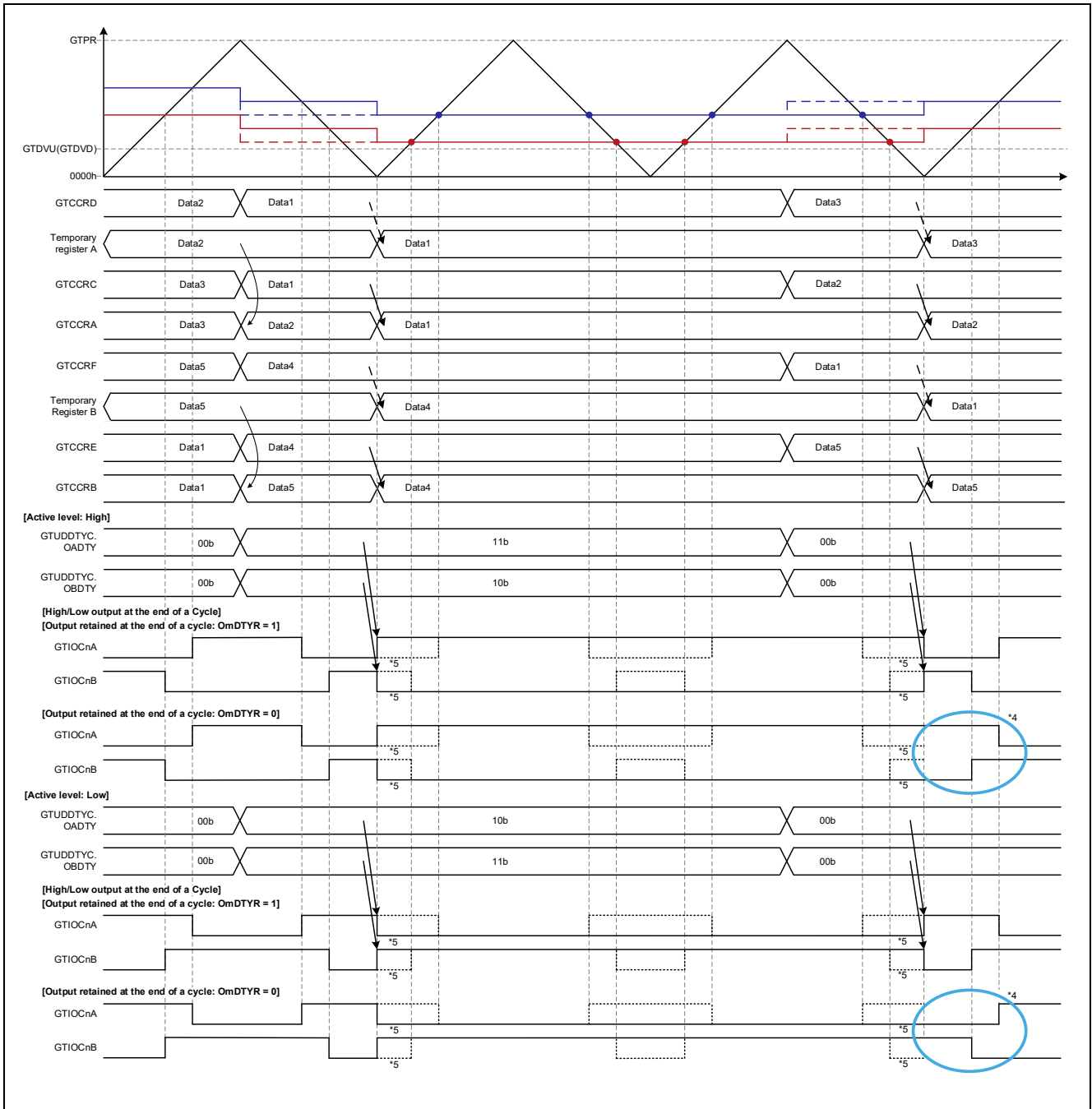


図 1-77 三角波 PWM モード 3 の動作例
 (出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能未使用、Duty : D → 0% / 100% → D)

1.3.2.3 100%近傍から 100%への変化 (A → 0%/100% → A)

表 1-10 GPTW 注意事項と動作モードの一覧に示す図 1-78 ~ 図 1-83の動作例並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1: 図 1-78 三角波 PWM モード 1 出力開始: 谷 デッドタイム自動設定使用 注意事項*2,*4,*5
- 動作例 2: 図 1-79 三角波 PWM モード 2 出力開始: 谷 デッドタイム自動設定使用 注意事項*2,*4,*5
- 動作例 3: 図 1-80 三角波 PWM モード 3 出力開始: 谷 デッドタイム自動設定使用 注意事項*2,*4,*5
- 動作例 4: 図 1-81 三角波 PWM モード 1 出力開始: 谷 デッドタイム自動設定未使用 注意事項*3,*4,*5
- 動作例 5: 図 1-82 三角波 PWM モード 2 出力開始: 谷 デッドタイム自動設定未使用 注意事項*3,*4,*5
- 動作例 6: 図 1-83 三角波 PWM モード 3 出力開始: 谷 デッドタイム自動設定未使用 注意事項*3,*4,*5

■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : A → 0%/100% → A

— A < GTDVU

● 図の凡例

— 青点線 : 正相側バッファレジスタ (GTCCRC) の設定タイミングと値の変化

— 青実線 : 正相側コンペアレジスタ (GTCCRA) の設定タイミングと値の変化

— 赤点線 : 逆相側バッファレジスタ (GTCCRE) の設定タイミングと値の変化

— 赤実線 : 逆相側コンペアレジスタ (GTCCRB) の設定タイミングと値の変化

デッドタイム自動設定機能使用中デッドタイムエラー発生時は逆相波形の変化ポイント

— 緑実線 : デッドタイム自動設定機能使用中デッドタイムエラー発生時の正相波形の変化ポイント

— GTIOCnA 端子、GTIOCnB 端子の黒点線 : Duty 0%、100%によってマスクされている動作

— Data1 : A

● 注意事項

*2 補正機能により逆相は 1 カウントクロック幅の極小パルスになる

*3 A に対する GTCCRB の値が 0 に近いほど逆相は極小パルスになる

*4 GTUDDTYC.OmDTYR ビットが 0b、かつ GTIOR.GTIOm[3:2] ビットが 00b の場合、
0%/100%からの復帰後は 0%/100%設定前の出力レベルに対して反転する
(反転箇所を青枠で表記)

*5 0%/100%を出力するためデッドタイムを確保しない

■ 動作例 1：三角波 PWM モード 1 出力開始：谷 デッドタイム自動設定使用

図 1-78に三角波 PWM モード 1 でデッドタイム自動設定機能を使用する場合の動作例を示します。

- (a) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（11b または 10b）が反映され 0%/100%出力開始
- (b) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（00b）が反映され 0%/100%出力を解除
（コンパマッチによる出力制御に変更）
- (c) コンペアマッチが発生するが OmDTY ビット設定値（11b または 10b）に従い出力保持
- (d) 0%/100%出力解除により GTUDDTYC.OmDTYR ビット、GTIOR.GTIOm[3:2]ビット設定値に応じて出力変化
- (e) OmDTY ビット設定が 1b の場合、補正機能により逆相は 1 カウントクロック幅のパルスが発生
- (f) 補正機能により GTDVU+1 に変化ポイント、正相は ON

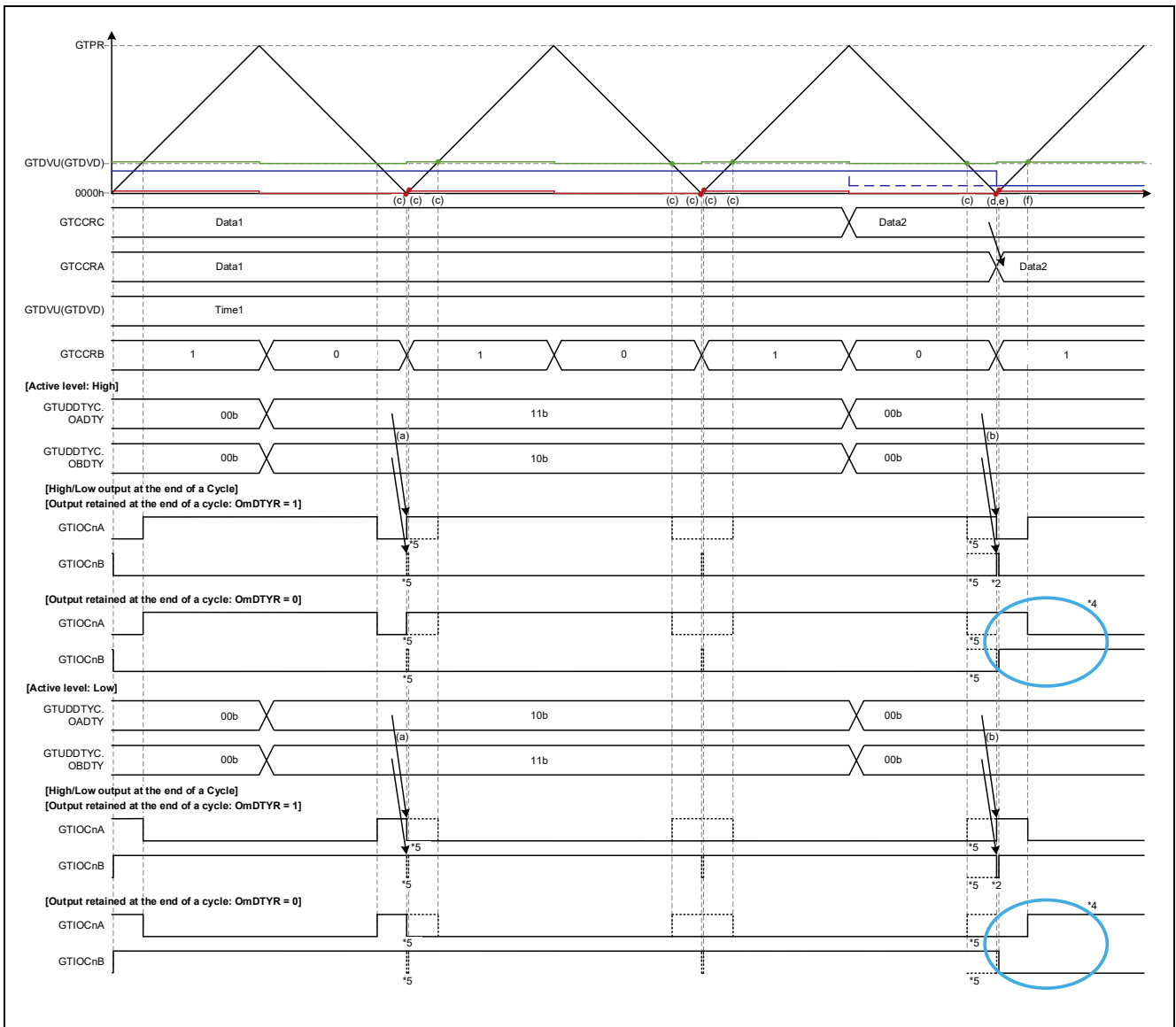


図 1-78 三角波 PWM モード 1 の動作例
(出力開始：谷、デッドタイム自動設定機能使用、Duty : A → 0%/100% → A)

■ 動作例 2 : 三角波 PWM モード 2 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定使用

図 1-79に三角波 PWM モード 2 でデッドタイム自動設定機能を使用する場合の動作例を示します。

各モードにおけるバッファ動作の違いを除き、図 1-78と同じ動きをします。

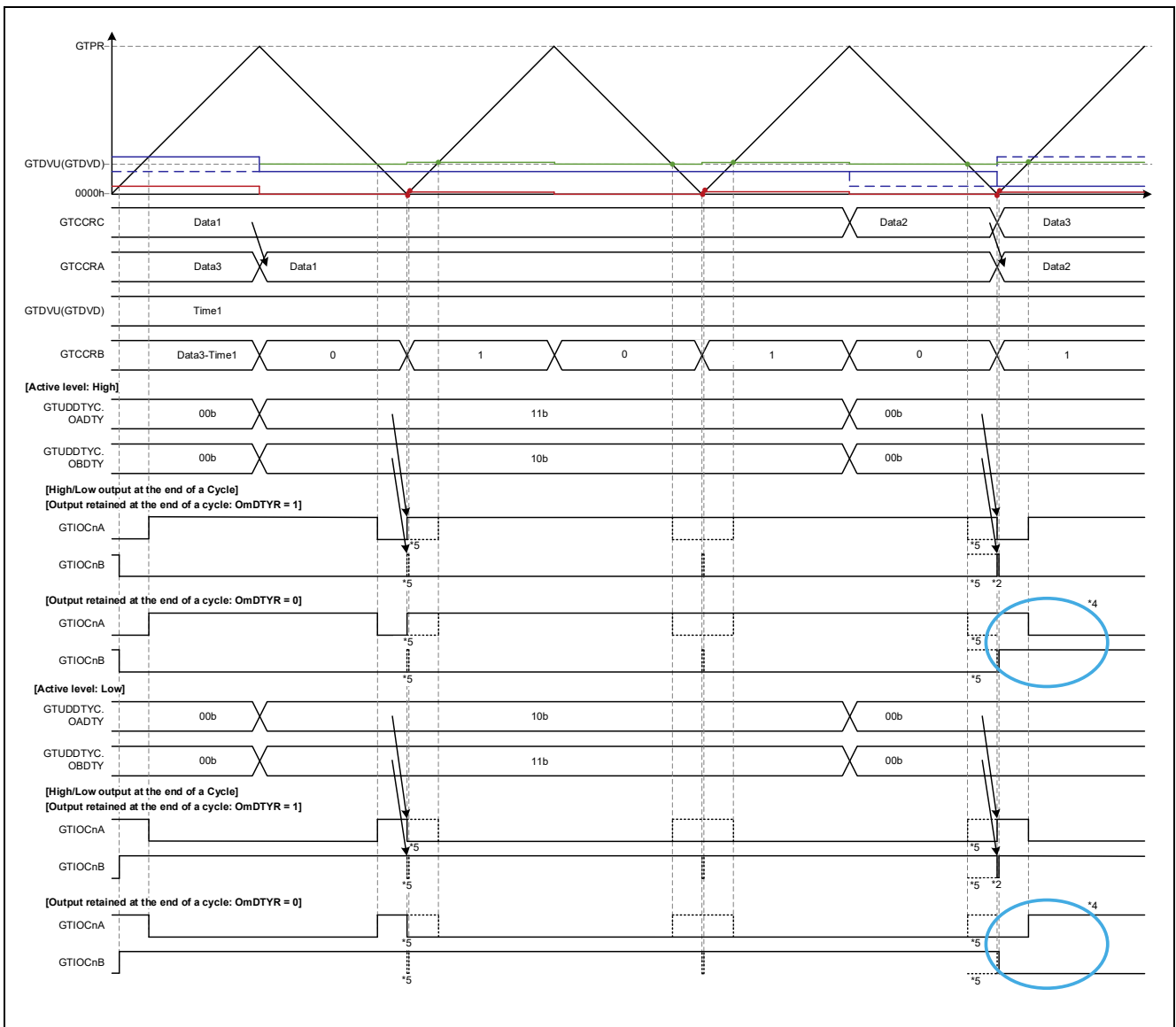


図 1-79 三角波 PWM モード 2 の動作例
(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能使用、Duty : A → 100% → A)

■ 動作例 3 : 三角波 PWM モード 3 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定使用

図 1-80に三角波 PWM モード 2 でデッドタイム自動設定機能を使用する場合の動作例を示します。

各モードにおけるバッファ動作の違いを除き、図 1-78と同じ動きをします。

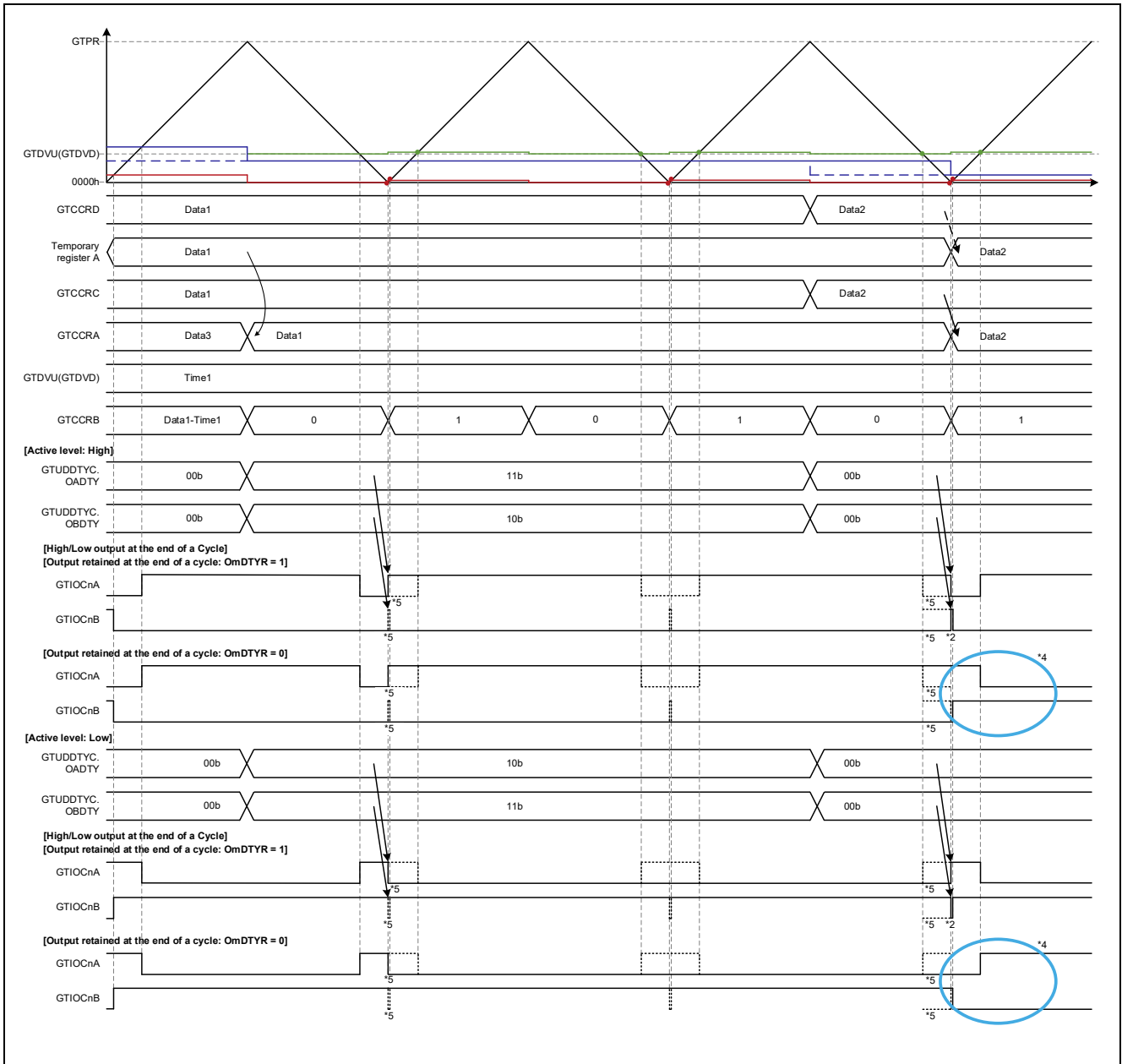


図 1-80 三角波 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能使用、Duty : A → 0%/100% → A)

■ 動作例 4 : 三角波 PWM モード 1 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定未使用

図 1-81に三角波 PWM モード 1 でデッドタイム自動設定機能使用しない場合の動作例を示します。

- (a) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（11b または 10b）が反映され 0%/100%出力開始
- (b) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（00b）が反映され 0%/100%出力を解除
（コンペアマッチによる出力制御に変更）
- (c) 逆相側コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生
- (d) コンペアマッチが発生するが OmDTY ビット設定値（11b または 10b）に従い出力保持
- (e) 0%/100%出力解除により GTUDDTYC.OmDTYR ビット、GTIOR.GTIOm[3:2]ビット設定値に応じて出力変化

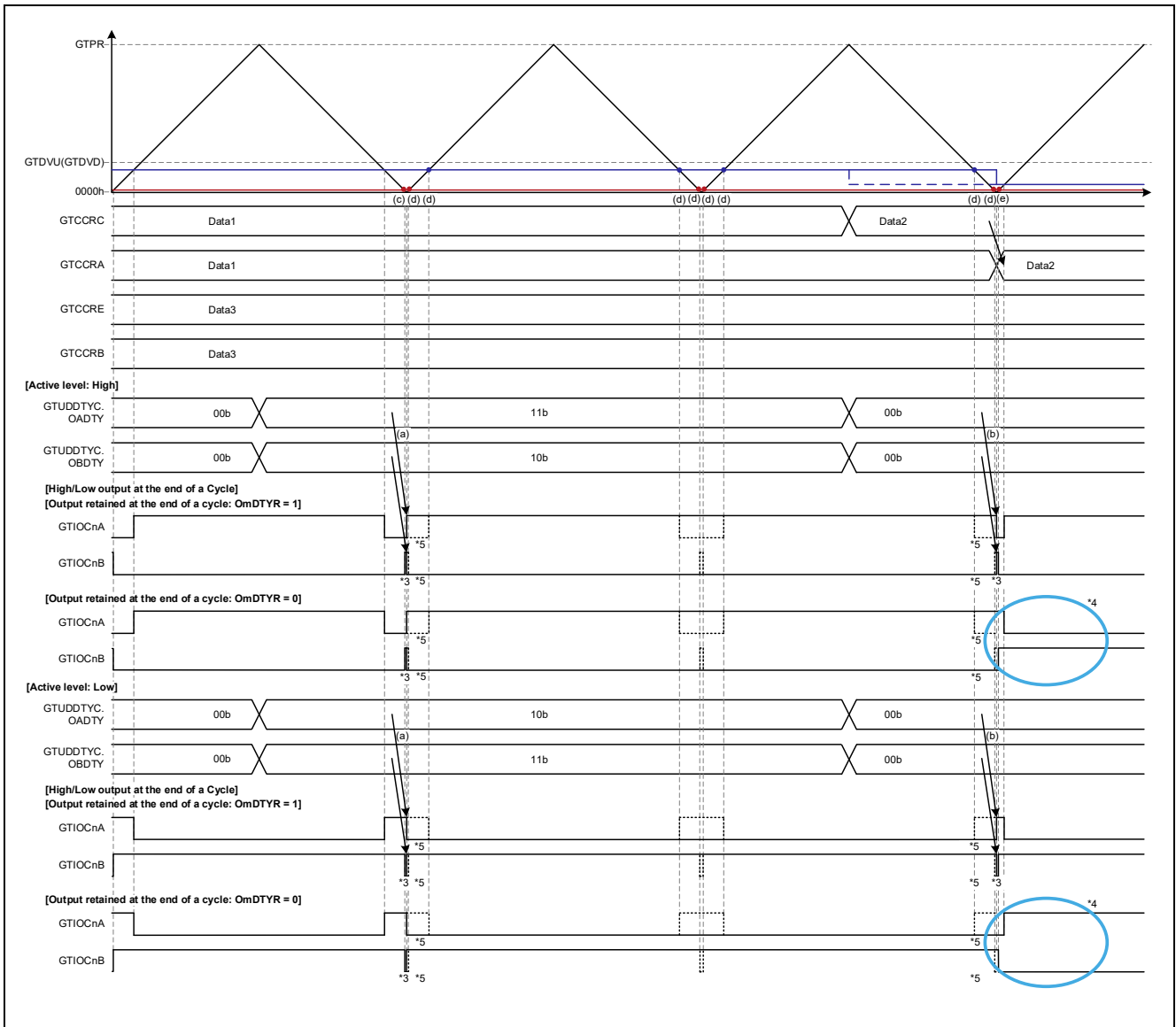


図 1-81 三角波 PWM モード 1 の動作例
(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能未使用、Duty : A → 0%/100% → A)

■ 動作例 5 : 三角波 PWM モード 2 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定未使用

図 1-82に三角波 PWM モード 2 でデッドタイム自動設定機能使用しない場合の動作例を示します。各モードにおけるバッファ動作の違いを除き、図 1-81と同じ動きをします。

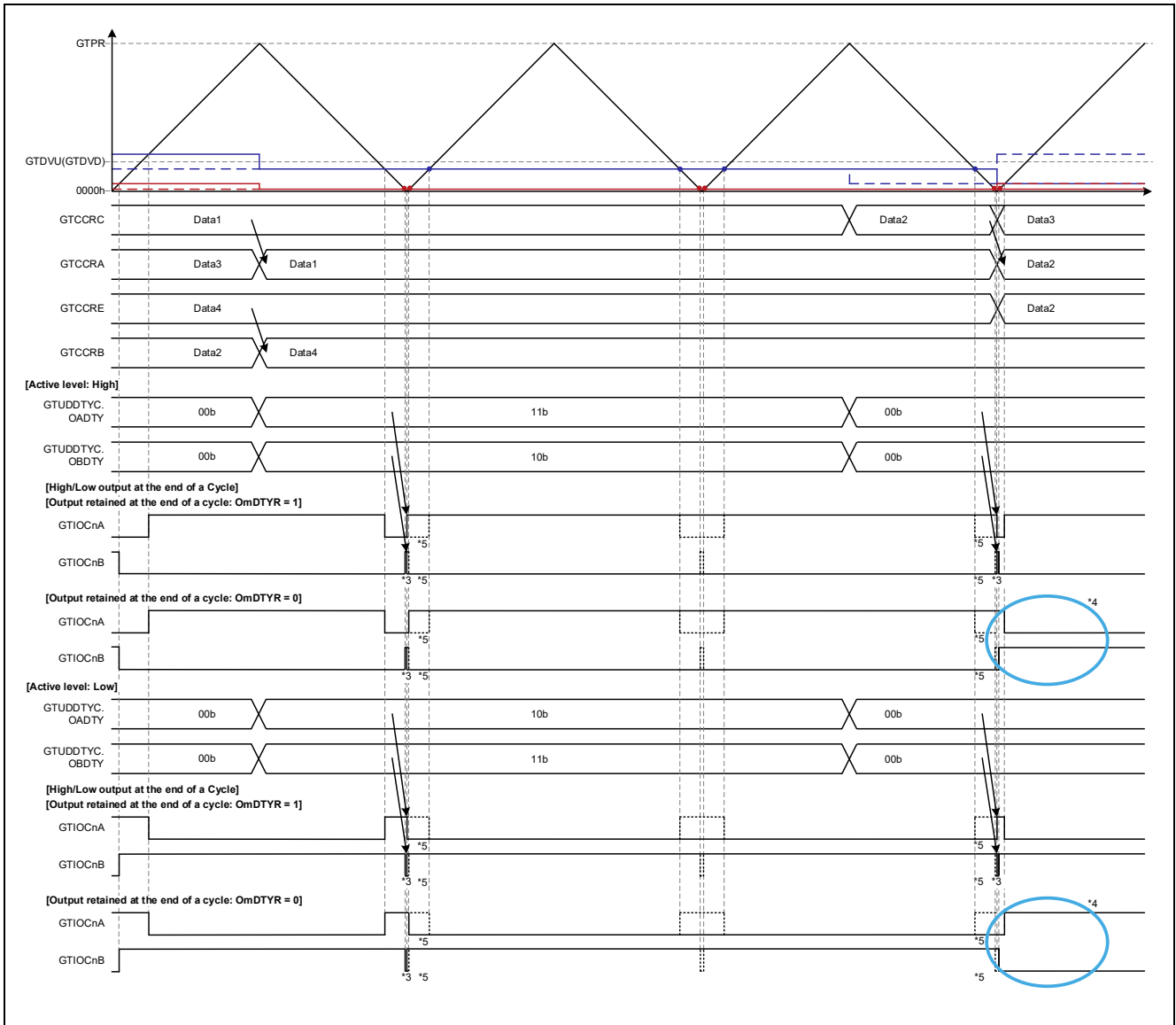


図 1-82 三角波 PWM モード 2 の動作例
 (出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能未使用、Duty : A → 0%/100% → A)

■ 動作例 6 : 三角波 PWM モード 3 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定未使用

図 1-83に三角波 PWM モード 2 でデッドタイム自動設定機能使用しない場合の動作例を示します。各モードにおけるバッファ動作の違いを除き、図 1-81と同じ動きをします

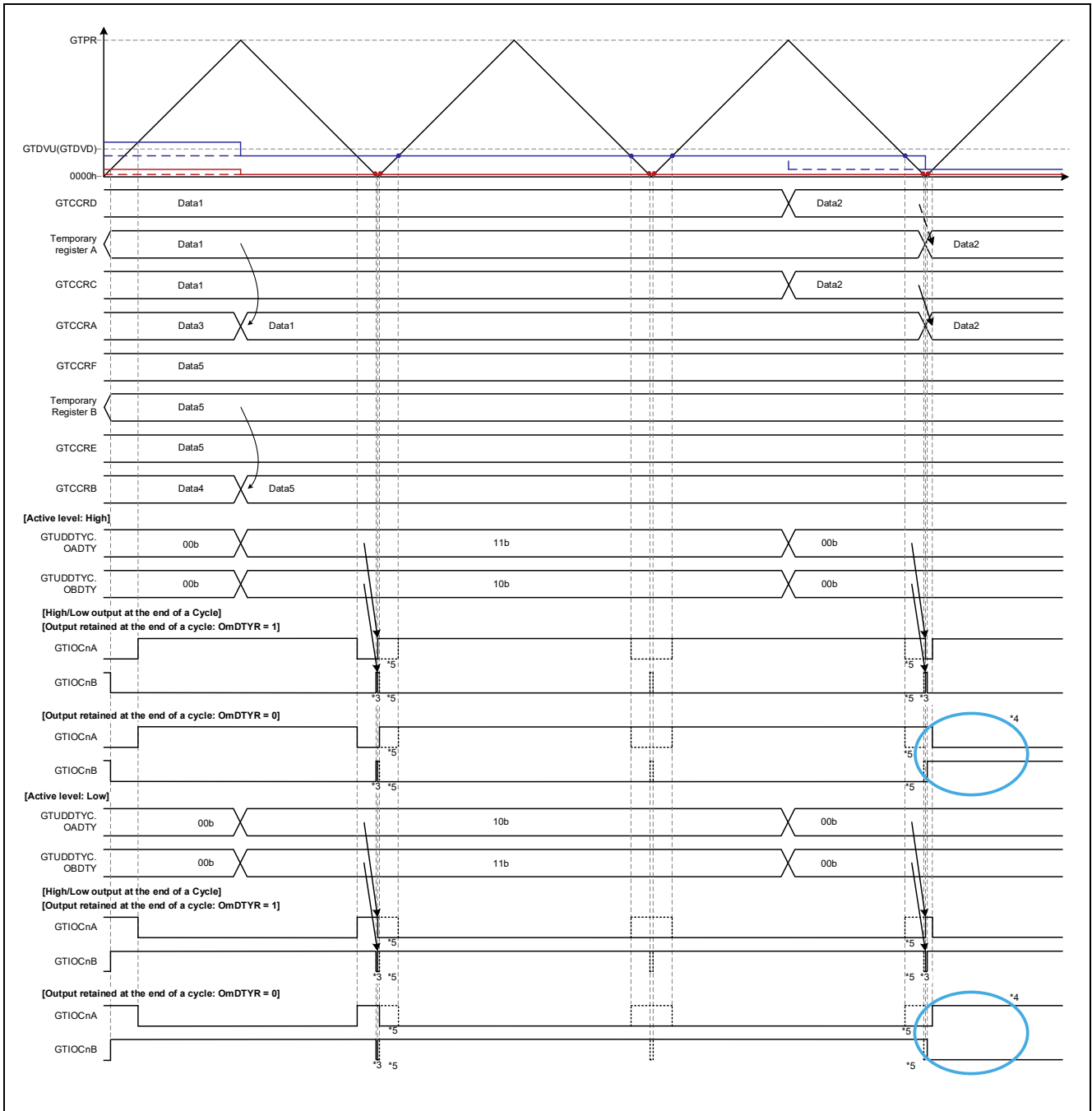


図 1-83 三角波 PWM モード 3 の動作例
 (出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能未使用、Duty : A → 0%/100% → A)

1.3.2.4 0%近傍から 0%への変化 (F → 0%/100% → F)

表 1-10 GPTW 注意事項と動作モードの一覧に示す図 1-84 ~ 図 1-89の動作例並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1: 図 1-84 三角波 PWM モード 1 出力開始: 谷 デッドタイム自動設定使用 注意事項*4,*5,*6
- 動作例 2: 図 1-85 三角波 PWM モード 2 出力開始: 谷 デッドタイム自動設定使用 注意事項*4,*5,*6
- 動作例 3: 図 1-86 三角波 PWM モード 3 出力開始: 谷 デッドタイム自動設定使用 注意事項*4,*5,*6
- 動作例 4: 図 1-87 三角波 PWM モード 1 出力開始: 谷 デッドタイム自動設定未使用 注意事項*4,*5,*6
- 動作例 5: 図 1-88 三角波 PWM モード 2 出力開始: 谷 デッドタイム自動設定未使用 注意事項*4,*5,*6
- 動作例 6: 図 1-89 三角波 PWM モード 3 出力開始: 谷 デッドタイム自動設定未使用 注意事項*4,*5,*6

■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : F → 0%/100% → F
— F < GTPR、F > GTDVU
- 図の凡例
 - 青点線 : 正相側バッファレジスタ (GTCCRC) の設定タイミングと値の変化
 - 青実線 : 正相側コンペアレジスタ (GTCCRA) の設定タイミングと値の変化
 - 赤点線 : 逆相側バッファレジスタ (GTCCRE) の設定タイミングと値の変化
 - 赤実線 : 逆相側コンペアレジスタ (GTCCRB) の設定タイミングと値の変化
 - GTIOcNA 端子、GTIOcNB 端子の黒点線 : Duty 0%、100%によってマスクされている動作
 - Data1 : F
- 注意事項
 - *4 GTUDDTYC.OmDTYR ビットが 0b、かつ GTIOR.GTIOm[3:2]ビットが 00b の場合、0%/100%からの復帰後は 0%/100%設定前の出力レベルに対して反転する (反転箇所を青枠で表記)
 - *5 0%/100%を出力するためデッドタイムを確保しない
 - *6 F の値が GTPR に近いほど正相は極小パルスになる

■ 動作例 1 : 三角波 PWM モード 1 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定使用

図 1-84に三角波 PWM モード 1 でデッドタイム自動設定機能を使用する場合の動作例を示します。

- (a) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（11b または 10b）が反映され 0%/100%出力開始
- (b) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（00b）が反映され 0%/100%出力を解除
（コンペアマッチによる出力制御に変更）
- (c) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生し出力変化
- (d) コンペアマッチが発生するが OmDTY ビット設定値（11b または 10b）に従い出力保持

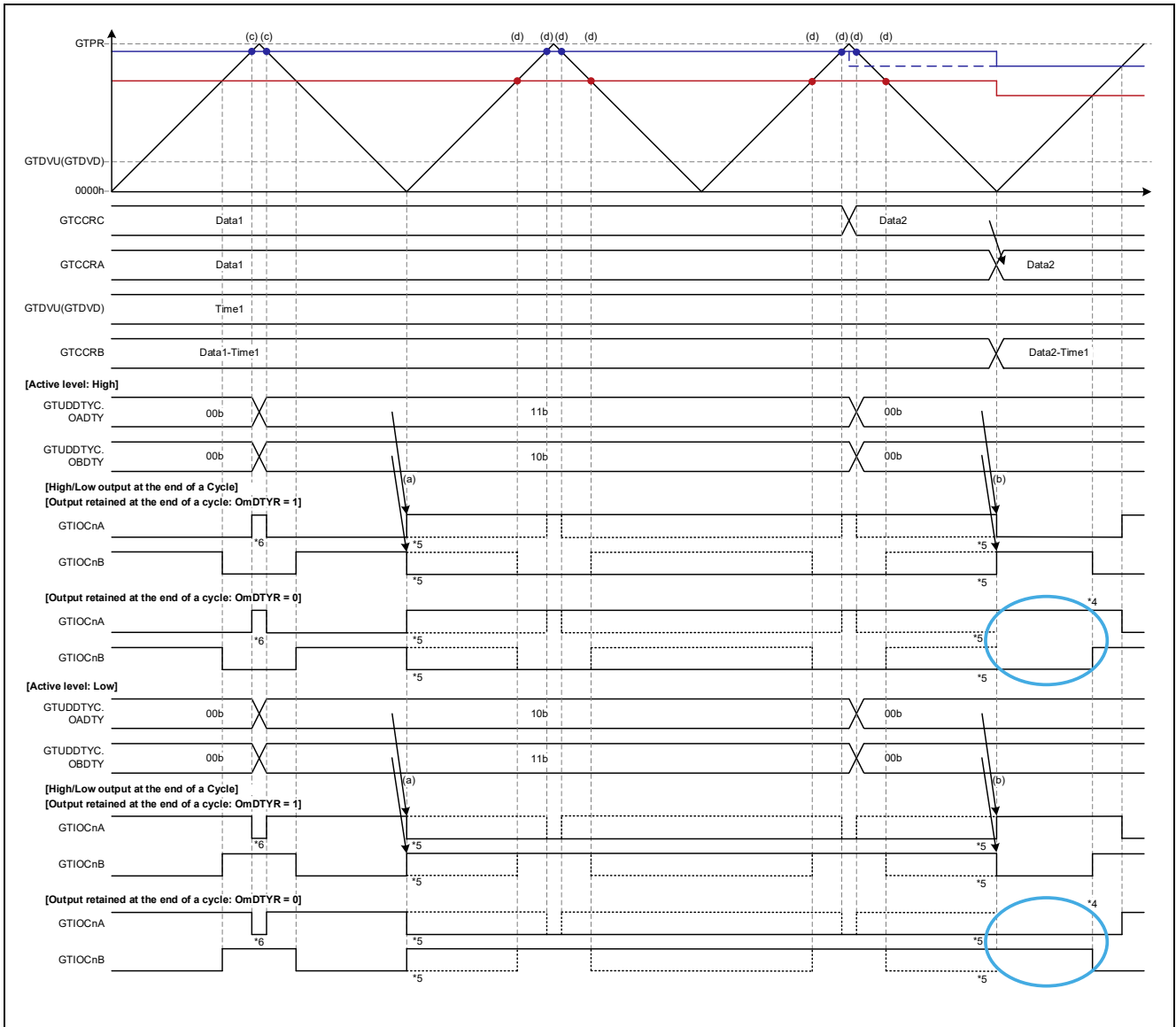


図 1-84 三角波 PWM モード 1 の動作例
(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能使用、Duty : F → 0%/100% → F)

■ 動作例 2 : 三角波 PWM モード 2 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定使用

図 1-85に三角波 PWM モード 2 でデッドタイム自動設定機能を使用する場合の動作例を示します。

各モードにおけるバッファ動作の違いを除き、図 1-84と同じ動きをします。

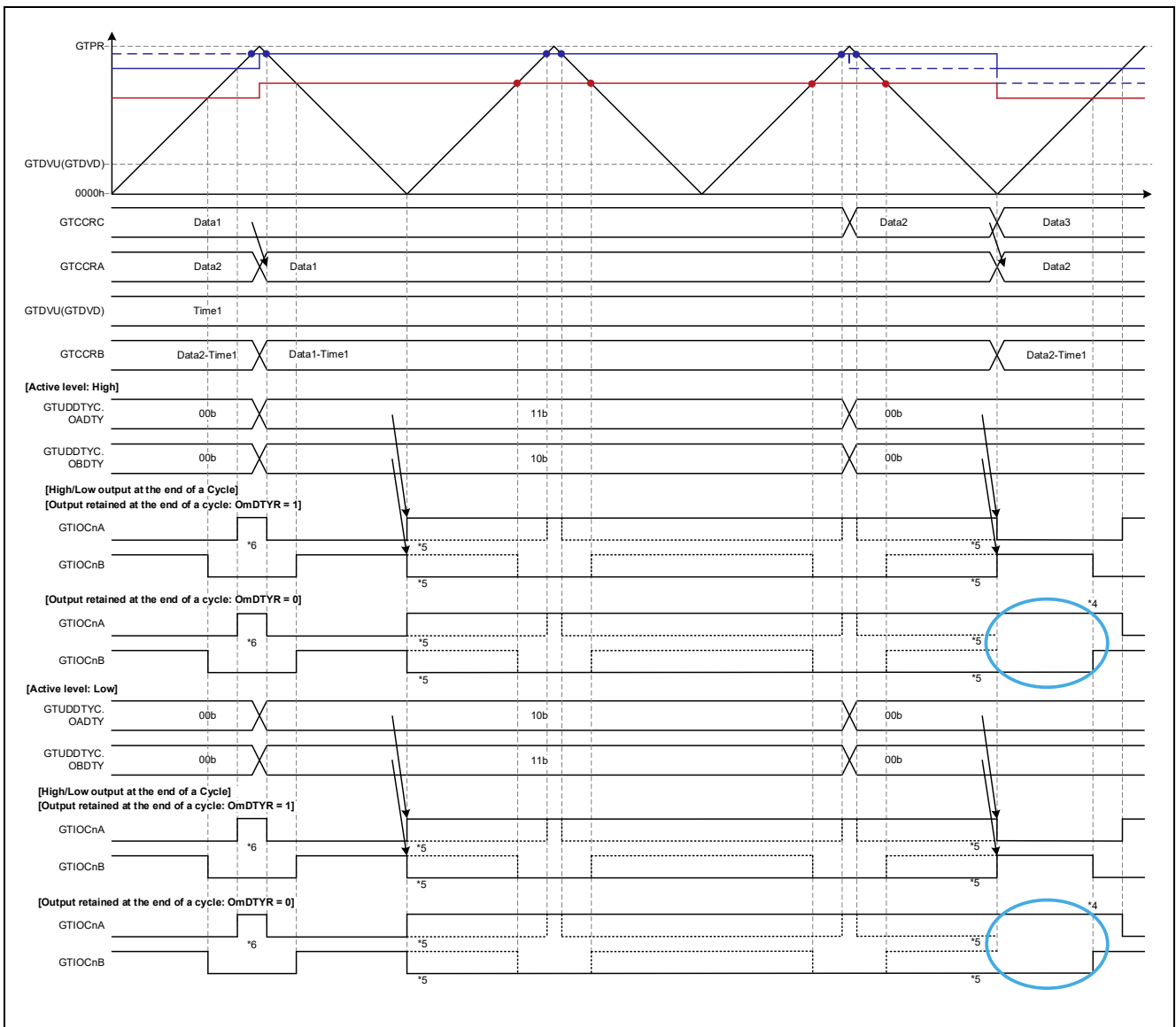


図 1-85 三角波 PWM モード 2 の動作例
(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能使用、Duty : F → 0% / 100% → F)

■ 動作例 3 : 三角波 PWM モード 3 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定使用

図 1-86に三角波 PWM モード 2 でデッドタイム自動設定機能を使用する場合の動作例を示します。

各モードにおけるバッファ動作の違いを除き、図 1-84と同じ動きをします。

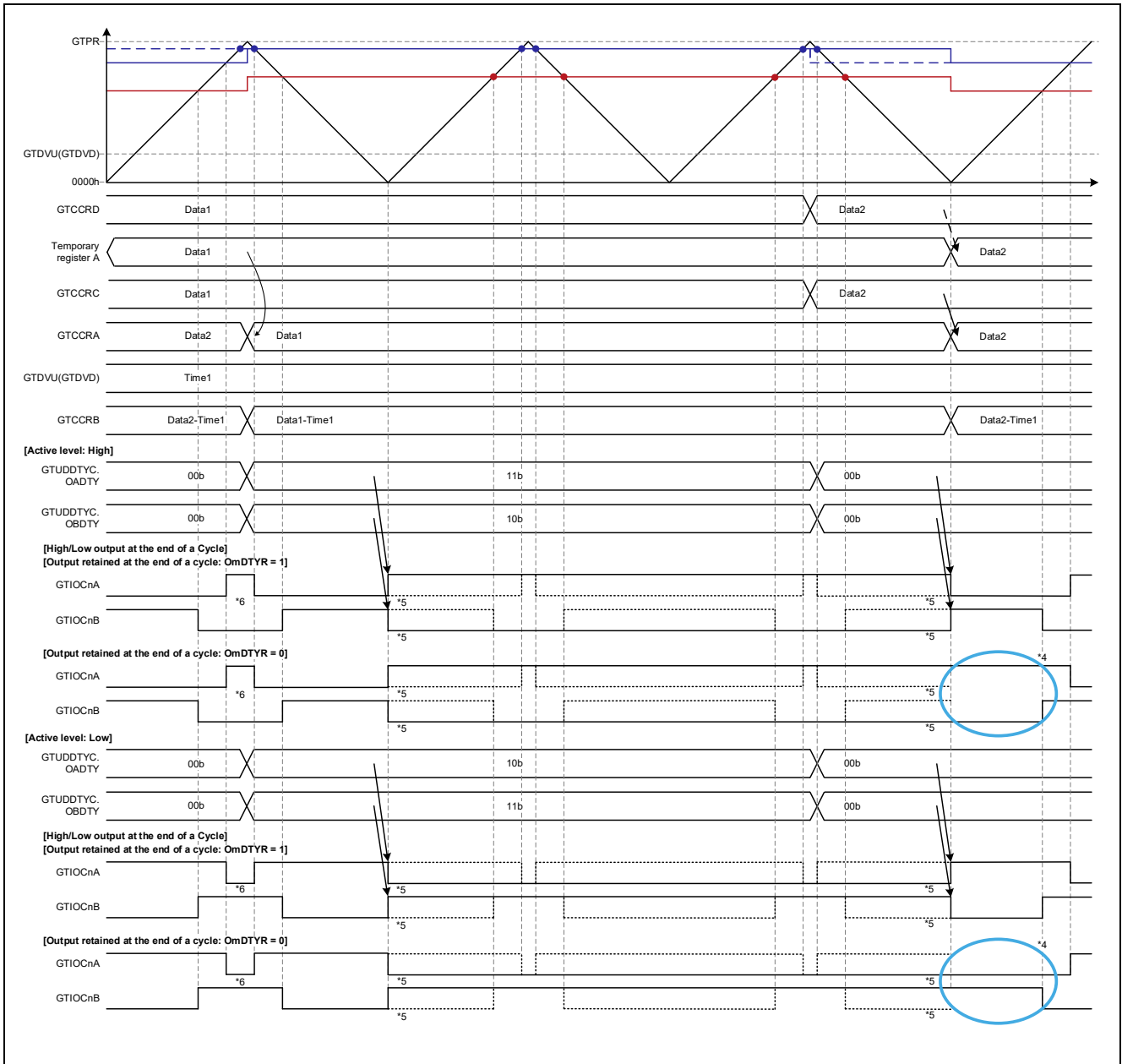


図 1-86 三角波 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能使用、Duty : F → 0%/100% → F)

■ 動作例 4 : 三角波 PWM モード 1 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定未使用

図 1-87に三角波 PWM モード 1 でデッドタイム自動設定機能を使用する場合の動作例を示します。

- (a) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（11b または 10b）が反映され 0%/100%出力開始
- (b) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（00b）が反映され 0%/100%出力を解除
（コンペアマッチによる出力制御に変更）
- (c) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生し出力変化
- (d) コンペアマッチが発生するが OmDTY ビット設定値（11b または 10b）に従い出力保持

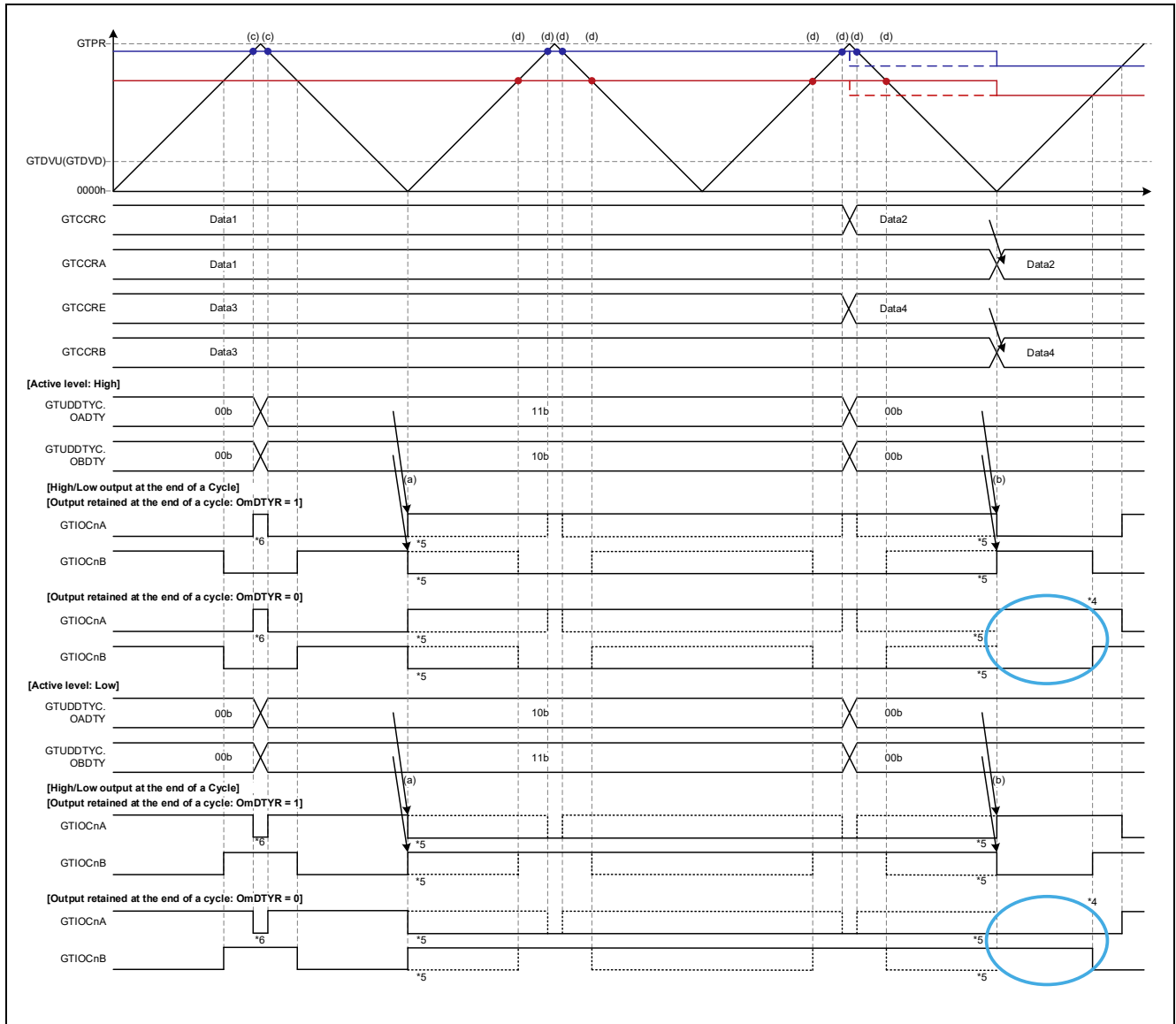


図 1-87 三角波 PWM モード 1 の動作例

(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能未使用、Duty : F → 0%/100% → F)

■ 動作例 5 : 三角波 PWM モード 2 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定未使用

図 1-88に三角波 PWM モード 2 でデッドタイム自動設定機能使用しない場合の動作例を示します。各モードにおけるバッファ動作の違いを除き、図 1-87と同じ動きをします。

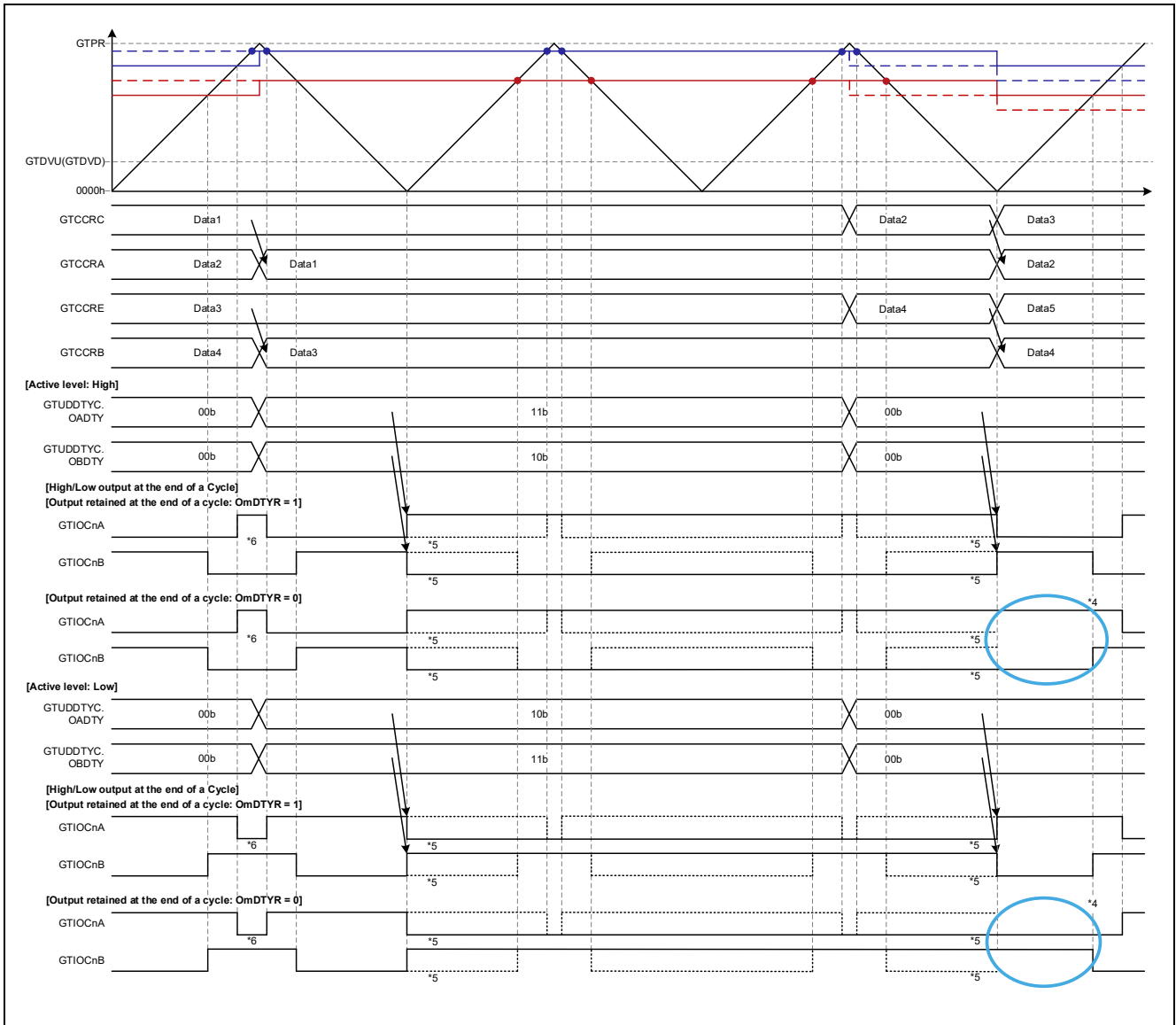


図 1-88 三角波 PWM モード 2 の動作例
(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能未使用、Duty : F → 0%/100% → F)

■ 動作例 6 : 三角波 PWM モード 3 出力開始 : 谷 デッドタイム自動設定未使用

図 1-89に三角波 PWM モード 2 でデッドタイム自動設定機能使用しない場合の動作例を示します。各モードにおけるバッファ動作の違いを除き、図 1-87と同じ動きをします。

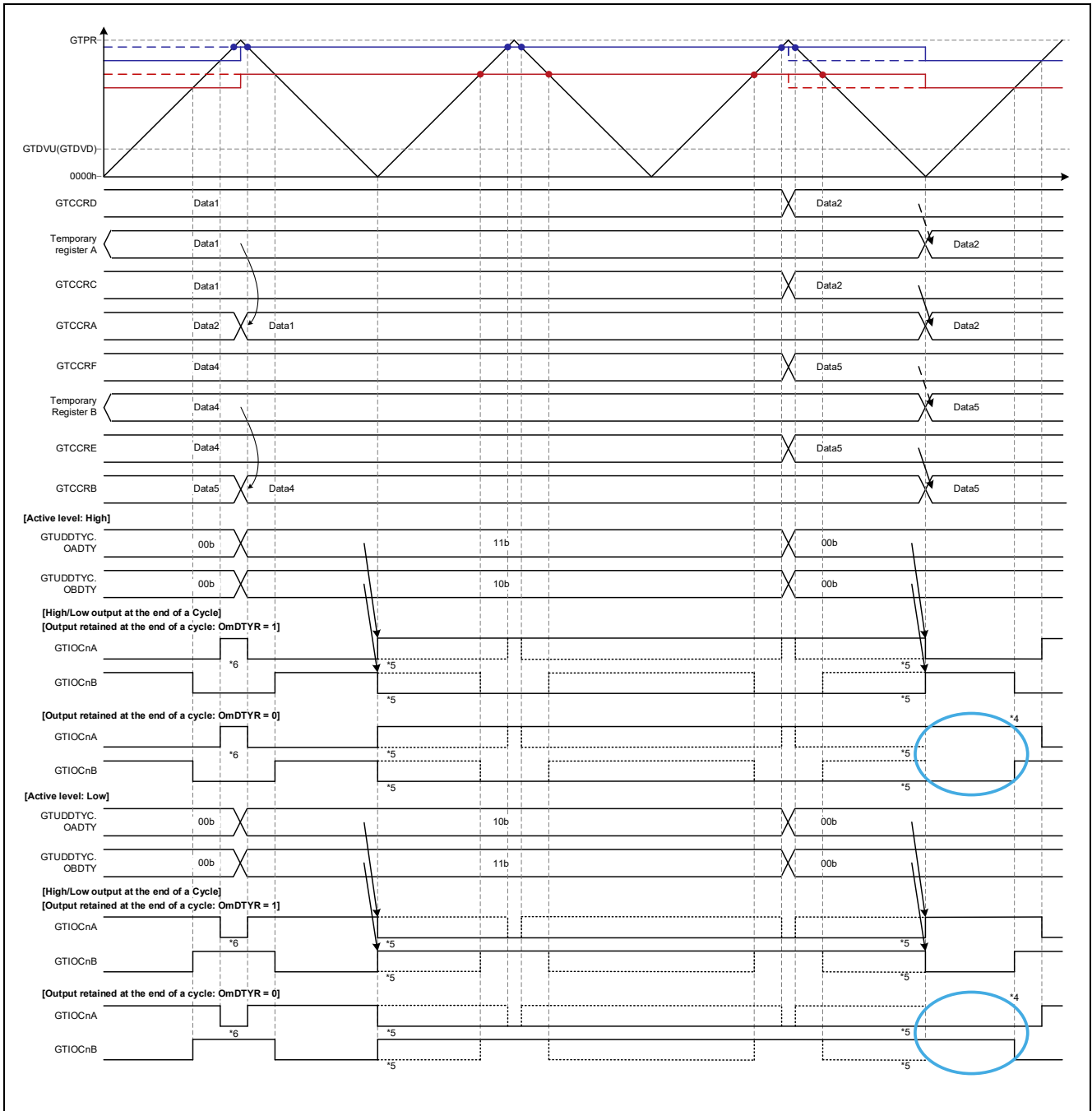


図 1-89 三角波 PWM モード 3 の動作例
(出力開始 : 谷、デッドタイム自動設定機能未使用、Duty : F → 0%/100% → F)

1.4 GPTW 出力保護機能を使用した場合の注意事項

GPTW では、出力保護機能を使用することでも 0%、100% Duty 波形を出力することができます。ただし、出力保護機能の場合は設定する値により、注意事項があります。これらの注意事項に関して、本章で説明いたします。

1.4.1 GPTW 出力保護機能について

三角波 PWM モード 1/2/3 でデッドタイム自動設定使用時、GTCCRA レジスタに異常値（"0000 0000h"または GTPR レジスタ設定値以上の値）が設定された場合、GTIOCnm（ $n = 0 \sim 9$ 、 $m = A, B$ ）端子の出力保護機能（抑止機能）が動作します。デッドタイム自動設定未使用時は、保護機能は動作しません。

出力保護機能の動作状態は、GTSOS.SOS[1:0]ビットで確認することができます。

出力保護機能の詳細は、「RX66T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」の「24.8.4 GTIOCnm 端子出力の出力保護機能」を参照してください。

デッドタイム自動設定使用時と未使用時の出力保護機能動作と注意事項について、次章で説明いたします。

1.4.2 デッドタイム自動設定使用時の出力保護機能動作と注意事項

GTCCRA レジスタに設定する値の変化による出力保護機能の状態遷移を以下に示します。

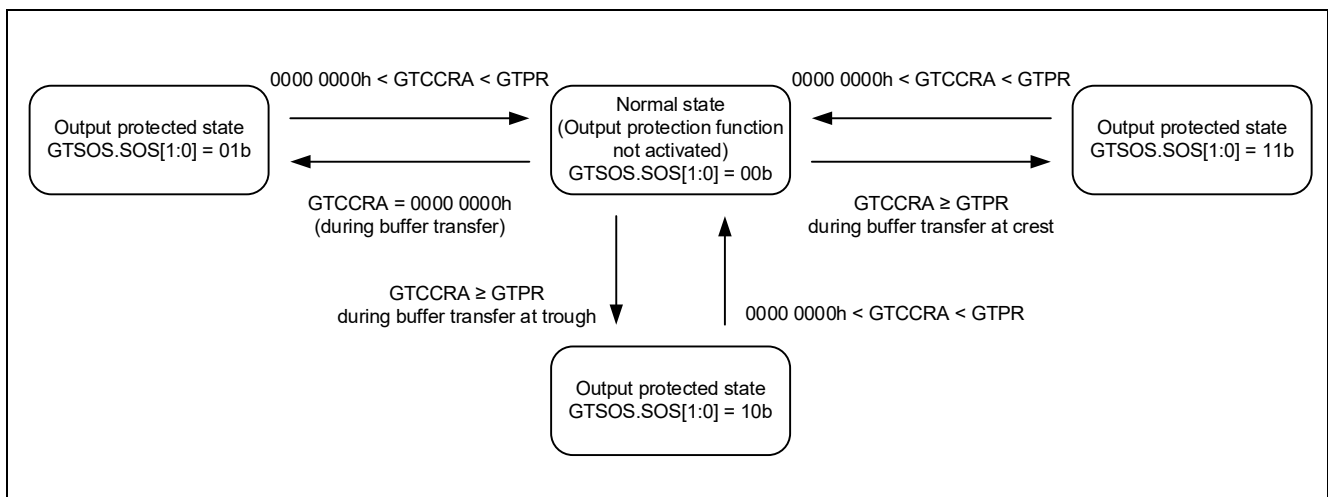


図 1-90 GTCCRA の設定に対する出力保護機能の状態遷移

通常状態（出力保護機能は非動作）と出力保護状態の状態遷移には、移行区間と復帰区間と呼ばれる区間が発生することがあります。

- 移行区間：通常状態から出力保護状態へ移行する間の区間でトグル動作を継続する
- 復帰区間：出力保護状態から通常状態へ復帰する間の区間で出力を保持する

出力保護機能は、異常値と復帰時の正常値がどの（山／谷）タイミングで GTCCRA に転送されるかによって、移行区間、復帰区間の出力動作が異なりますので注意が必要です。なお、正常値とは $0000\ 0000h < GTCCRA < GTPR$ を満足する値です。

三角波 PWM モード 1/2/3 における出力保護発生条件と異常値／正常値の転送タイミングにおける各区間の動作の違いとその動作例を表 1-11、表 1-12、表 1-13 に示します。

表 1-11 三角波 PWM モード 1 の場合

出力保護機能の 発生条件	GTCCRA の転送タイミング		区間の有無		凡例
	通常状態 →出力保護状態	出力保護状態 →通常状態	移行区間	復帰区間	
GTCCRA = 000 0000h	谷	谷	有	有	図 1-91
GTCCRA ≥ GTPR	谷	谷	無	無	図 1-100

表 1-12 三角波 PWM モード 2 の場合

出力保護機能の 発生条件	GTCCRA の転送タイミング		区間の有無		凡例
	通常状態 →出力保護状態	出力保護状態 →通常状態	移行区間	復帰区間	
GTCCRA = 000 0000h	谷	谷	有	有	図 1-92
	谷	山	有	無	図 1-93
	山	谷	有	有	図 1-94
	山	山	有	無	図 1-95
GTCCRA ≥ GTPR	谷	谷	無	無	図 1-101
	谷	山	無	有	図 1-102
	山	谷	無	有	図 1-103
	山	山	無	無	図 1-104

表 1-13 三角波 PWM モード 3 の場合

出力保護機能の 発生条件	GTCCRA の転送タイミング		区間の有無		凡例
	通常状態 →出力保護状態	出力保護状態 →通常状態	移行区間	復帰区間	
GTCCRA = 000 0000h	谷	谷	有	有	図 1-96
	谷	山	有	無	図 1-97
	山	谷	有	有	図 1-98
	山	山	有	無	図 1-99
GTCCRA ≥ GTPR	谷	谷	無	無	図 1-105
	谷	山	無	有	図 1-106
	山	谷	無	有	図 1-107
	山	山	無	無	図 1-108

1.4.2.1 異常値 ("0000 0000h") を設定した場合の動作例

表 1-11、表 1-12、表 1-13において、異常値 ("0000 0000h") を設定した場合の動作例 図 1-91 ~ 図 1-99 並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1 : 図 1-91 三角波 PWM モード 1 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送) 注意事項*7,*8
- 動作例 2 : 図 1-92 三角波 PWM モード 2 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送) 注意事項*7,*8
- 動作例 3 : 図 1-93 三角波 PWM モード 2 異常値 (谷転送) / 正常値 (山転送) 注意事項*7
- 動作例 4 : 図 1-94 三角波 PWM モード 2 異常値 (山転送) / 正常値 (谷転送) 注意事項*2,*7,*8,*9
- 動作例 5 : 図 1-95 三角波 PWM モード 2 異常値 (山転送) / 正常値 (山転送) 注意事項*2,*7,*9
- 動作例 6 : 図 1-96 三角波 PWM モード 3 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送) 注意事項*7,*8
- 動作例 7 : 図 1-97 三角波 PWM モード 3 異常値 (谷転送) / 正常値 (山転送) 注意事項*7
- 動作例 8 : 図 1-98 三角波 PWM モード 3 異常値 (山転送) / 正常値 (谷転送) 注意事項*2,*7,*8,*9
- 動作例 9 : 図 1-99 三角波 PWM モード 3 異常値 (山転送) / 正常値 (山転送) 注意事項*2,*7,*9

■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : D → 0000 0000h → D
— D > GTDVU
- 図の凡例
 - 青点線 : 正相側バッファレジスタ (GTCCRC) の設定タイミングと値の変化
 - 青実線 : 正相側コンペアレジスタ (GTCCRA) の設定タイミングと値の変化
 - 赤点線 : 逆相側バッファレジスタ (GTCCRE) の設定タイミングと値の変化
 - 赤実線 : 逆相側コンペアレジスタ (GTCCRB) の設定タイミングと値の変化
 - デッドタイム自動設定機能使用中デッドタイムエラー発生時は逆相波形の変化ポイント
 - 緑実線 : デッドタイム自動設定機能使用中デッドタイムエラー発生時の正相波形の変化ポイント
 - Data1 : D
 - Data2 : 0000 0000h
- 注意事項
 - *2 補正機能により逆相は 1 カウントクロック幅の極小パルスになる
 - *7 移行区間。次の山まで出力のトグル動作を継続
 - *8 復帰区間。次の山まで出力保持を継続
 - *9 GTCCRA = 0000 0000h であるが、次の谷までトグル動作を継続
 - *10 移行区間。次の谷まで出力保持を継続

■ 動作例 1 : 三角波 PWM モード 1 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送)

図 1-91に三角波 PWM モード 1において谷のバッファ転送で GTCCRA に"0000 0000h"を転送し、谷のバッファ転送で正常値に復帰した動作例を示します。

- (a) 補正機能により谷から 1 カウントクロックに変化ポイント、逆相は OFF
- (b) 補正機能により GTDVU+1 に変化ポイント、正相は ON
- (c) 出力保護機能により出力を保持
- (d) コンペアマッチが発生するが、復帰区間のため出力を保持
- (e) 出力保持区間。GTCCRA = 0000 0000h の間出力を保持
- (f) 谷から 1 カウントクロック後に変化

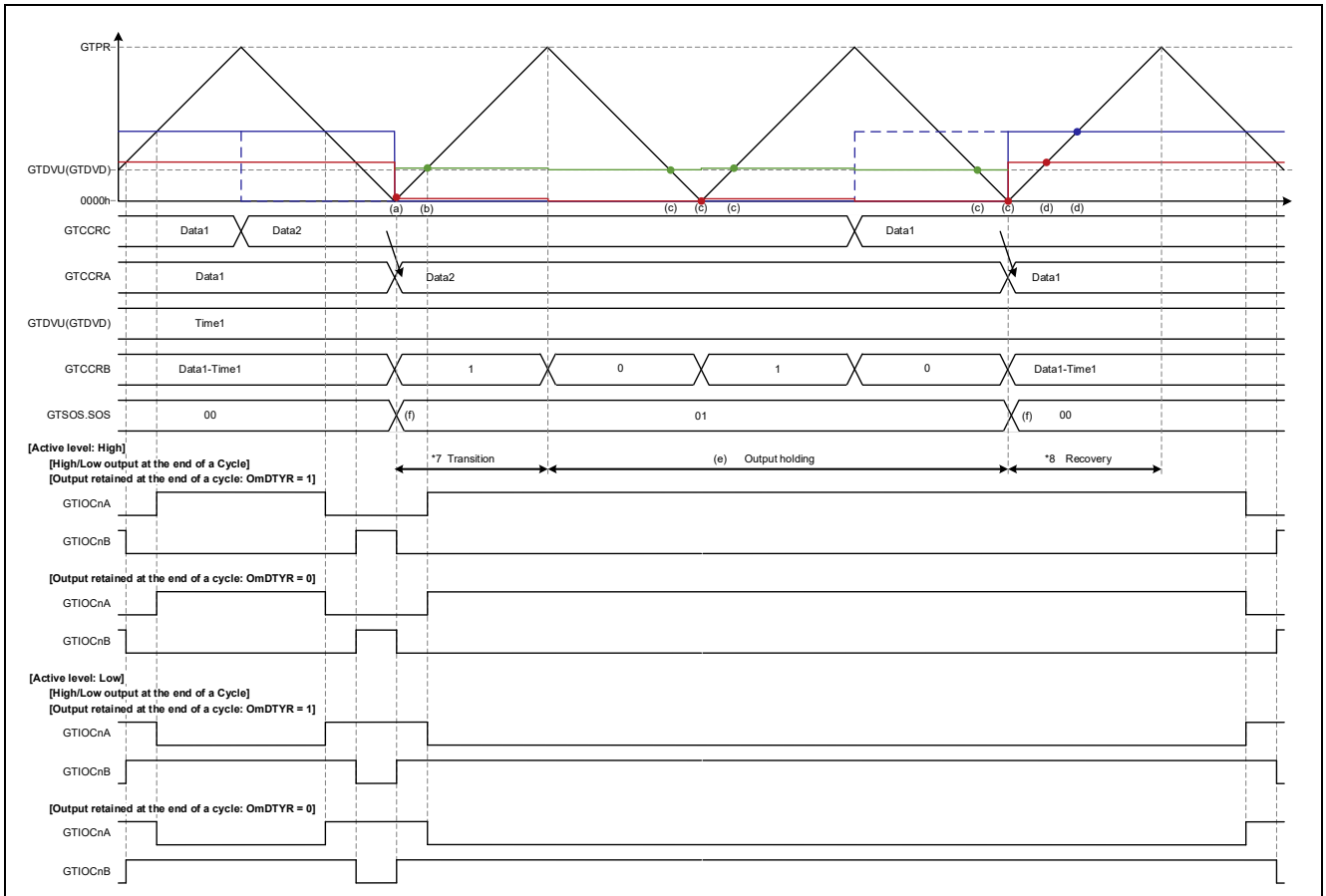


図 1-91 三角波 PWM モード 1 の動作例
 (谷転送、デッドタイム自動設定機能使用、
 D (正常値) → 0000 0000h (異常値) : 谷転送、
 0000 0000h (異常値) → D (正常値) : 谷転送)

■ 動作例 2 : 三角波 PWM モード 2 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送)

図 1-92に三角波 PWM モード 2において谷のバッファ転送で GTCCRA に"0000 0000h"を転送し、谷のバッファ転送で正常値に復帰した動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-91と同じ動きをします。

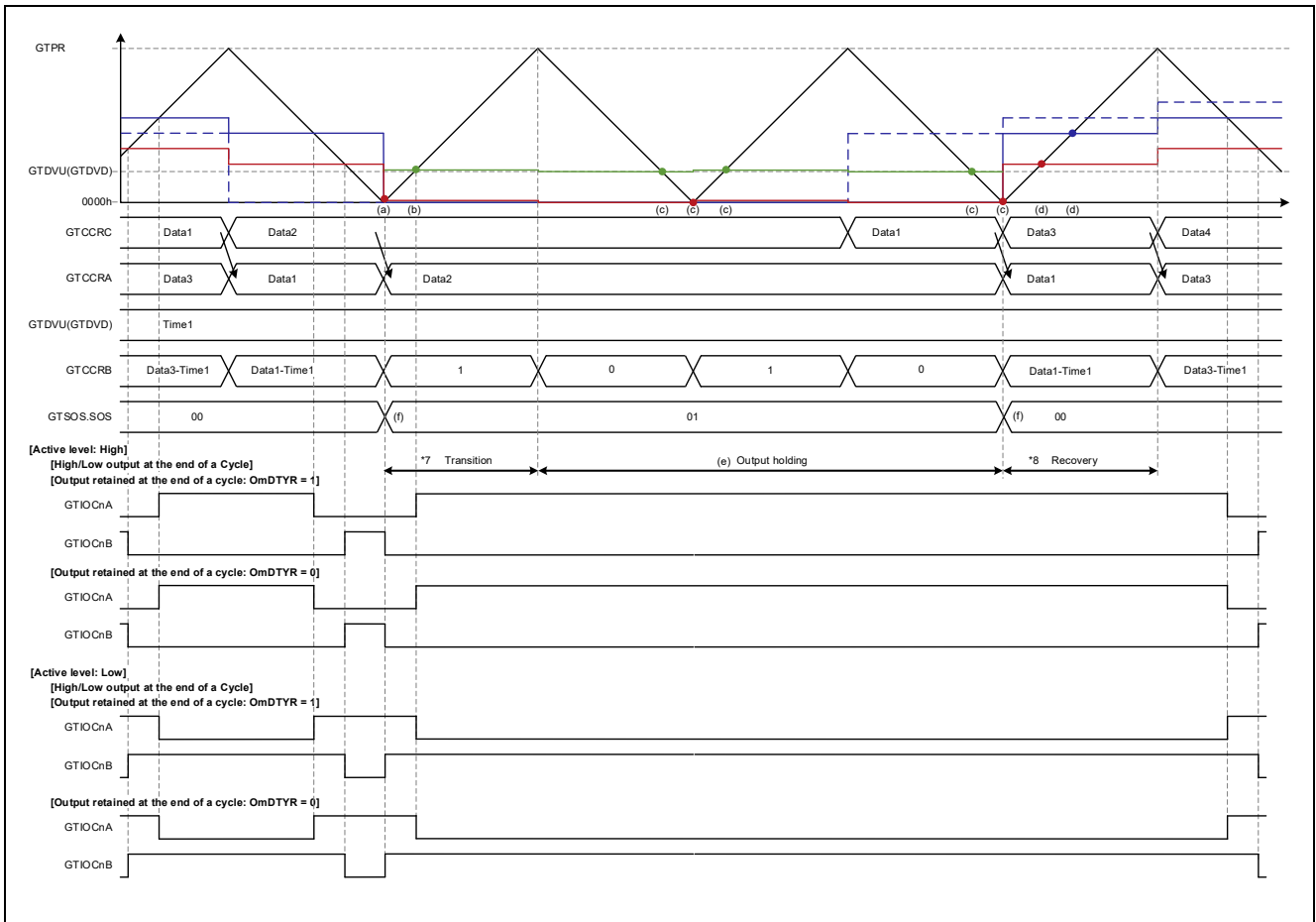


図 1-92 三角波 PWM モード 2 の動作例
 (山谷転送、デッドタイム自動設定機能使用、
 D (正常値) → 0000 0000h (異常値) : 谷転送、
 0000 0000h (異常値) → D (正常値) : 谷転送)

■ 動作例 3 : 三角波 PWM モード 2 異常値 (谷転送) / 正常値 (山転送)

図 1-93に三角波 PWM モード 2において谷のバッファ転送で GTCCRA に"0000 0000h"を転送し、山のバッファ転送で正常値に復帰した動作例を示します。

- (a) 補正機能により谷から 1 カウントクロックに変化ポイント、逆相は OFF
- (b) 補正機能により GTDVU+1 に変化ポイント、正相は ON
- (c) コンペアマッチが発生するが、復帰区間のため出力を保持
- (d) 出力保持区間。GTCCRA = 0000 0000h の間出力を保持
- (e) 谷から 1 カウントクロック後に変化
- (f) 山から 1 カウントクロック後に変化

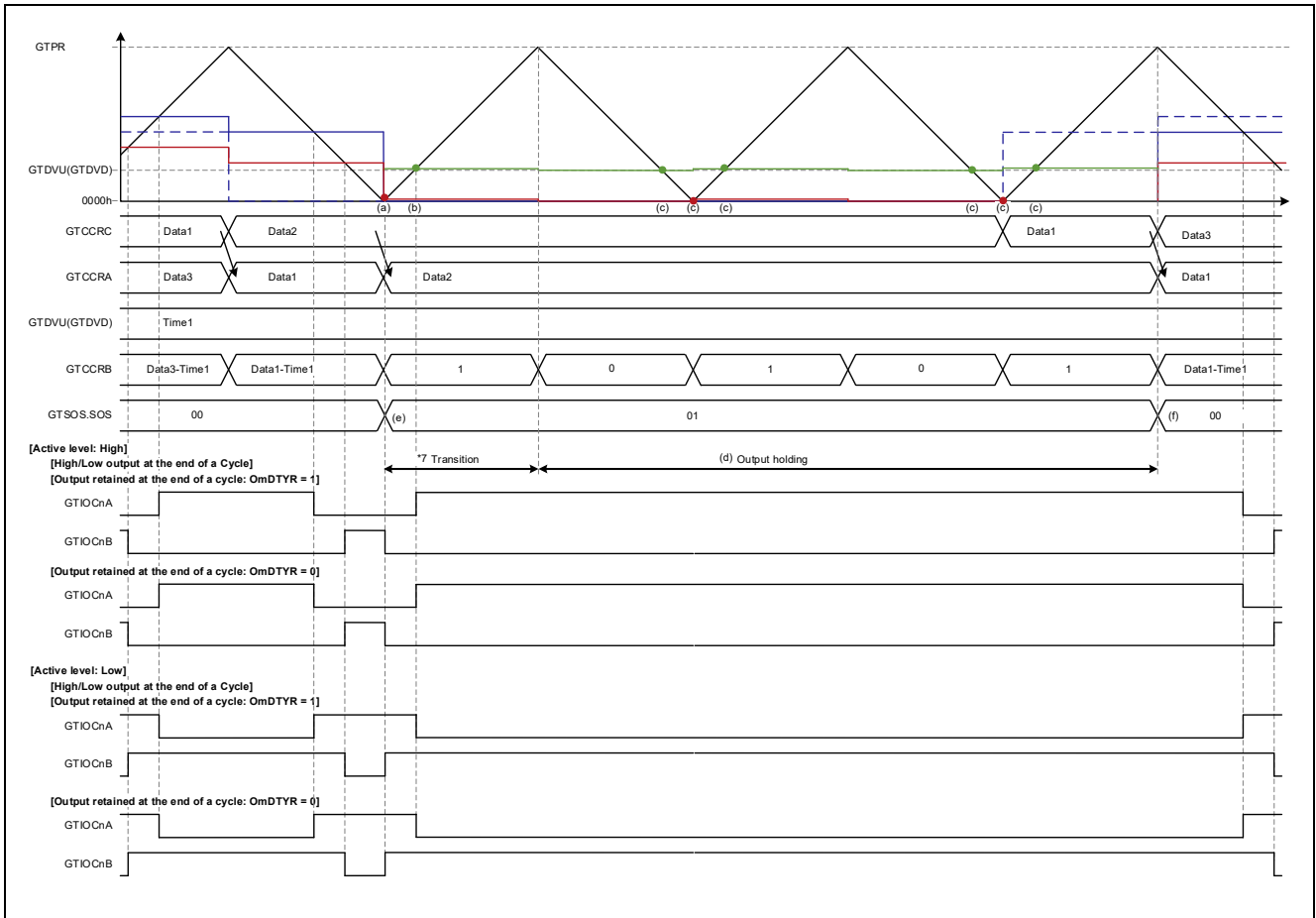


図 1-93 三角波 PWM モード 2 の動作例
 (山谷転送、デッドタイム自動設定機能使用、
 D (正常値) → 0000 0000h (異常値) : 谷転送、
 0000 0000h (異常値) → D (正常値) : 山転送)

■ 動作例 4 : 三角波 PWM モード 2 異常値 (山転送) / 正常値 (谷転送)

図 1-94に三角波 PWM モード 2において山のバッファ転送で GTCCRA に"0000 0000h"を転送し、谷のバッファ転送で正常値に復帰した動作例を示します。

- (a) 補正機能により GTDVU に変化ポイント、正相は OFF
- (b) 補正機能により 1 カウントクロック幅のパルスが発生
- (c) 補正機能により GTDVU+1 に変化ポイント、正相は ON
- (d) 出力保護機能により出力を保持
- (e) コンペアマッチが発生するが、復帰区間のため出力を保持
- (f) 出力保持区間。GTCCRA = 0000 0000h の間出力を保持
- (g) 谷から 1 カウントクロック後に変化

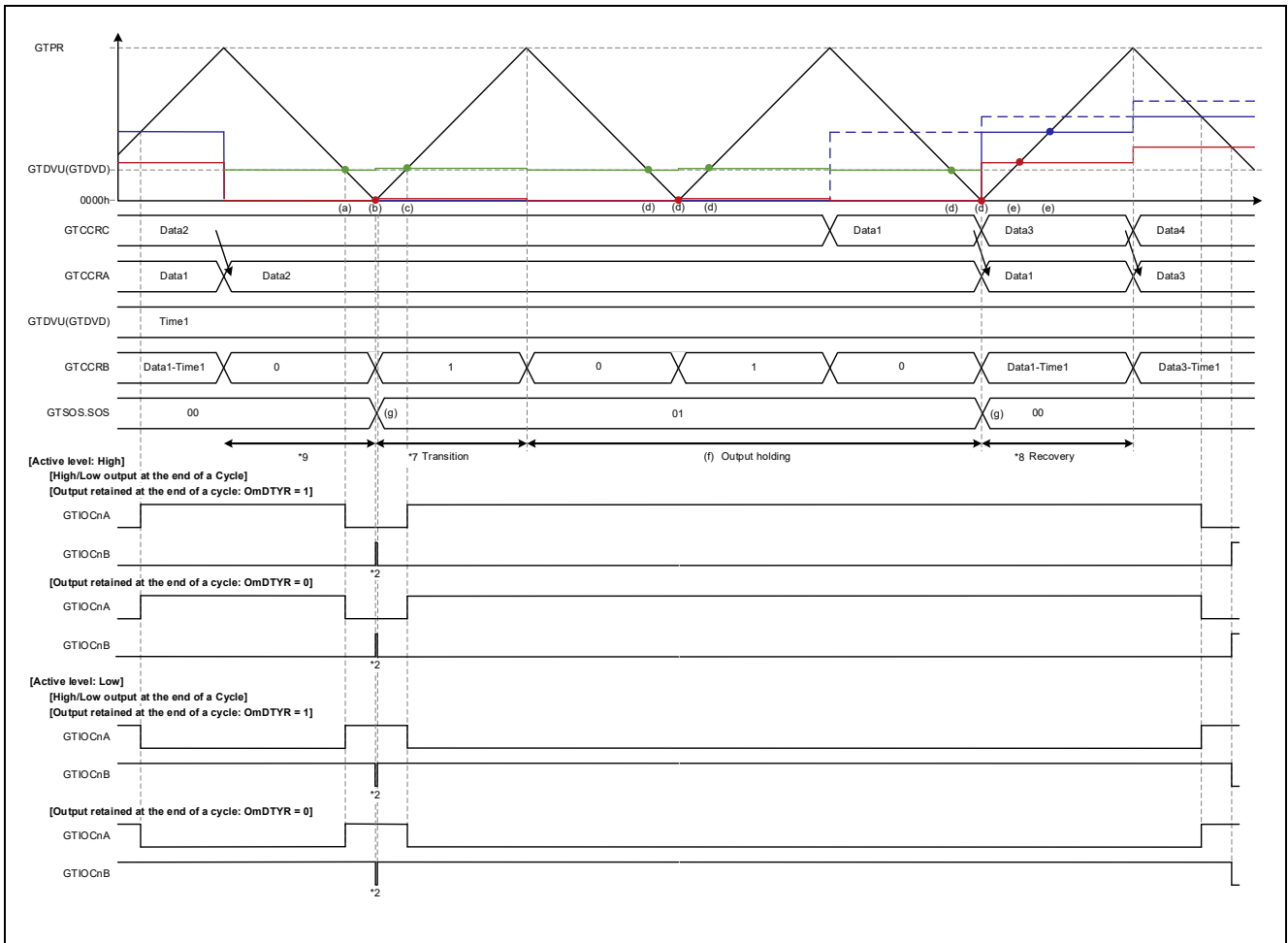


図 1-94 三角波 PWM モード 2 の動作例
 (山谷転送、デッドタイム自動設定機能使用、
 D (正常値) → 0000 0000h (異常値) : 山転送、
 0000 0000h (異常値) → D (正常値) : 谷転送)

■ 動作例 5 : 三角波 PWM モード 2 異常値 (山転送) / 正常値 (山転送)

図 1-95に三角波 PWM モード 2において山のバッファ転送で GTCCRA に"0000 0000h"を転送し、山のバッファ転送で正常値に復帰した動作例を示します。

- (a) 補正機能により GTDVU に変化ポイント、正相は OFF
- (b) 補正機能により 1 カウントクロック幅のパルスが発生
- (c) 補正機能により GTDVU+1 に変化ポイント、正相は ON
- (d) 出力保護機能により出力を保持
- (e) 出力保持区間。GTCCRA = 0000 0000h の間出力を保持
- (f) 谷から 1 カウントクロック後に変化
- (g) 山から 1 カウントクロック後に変化

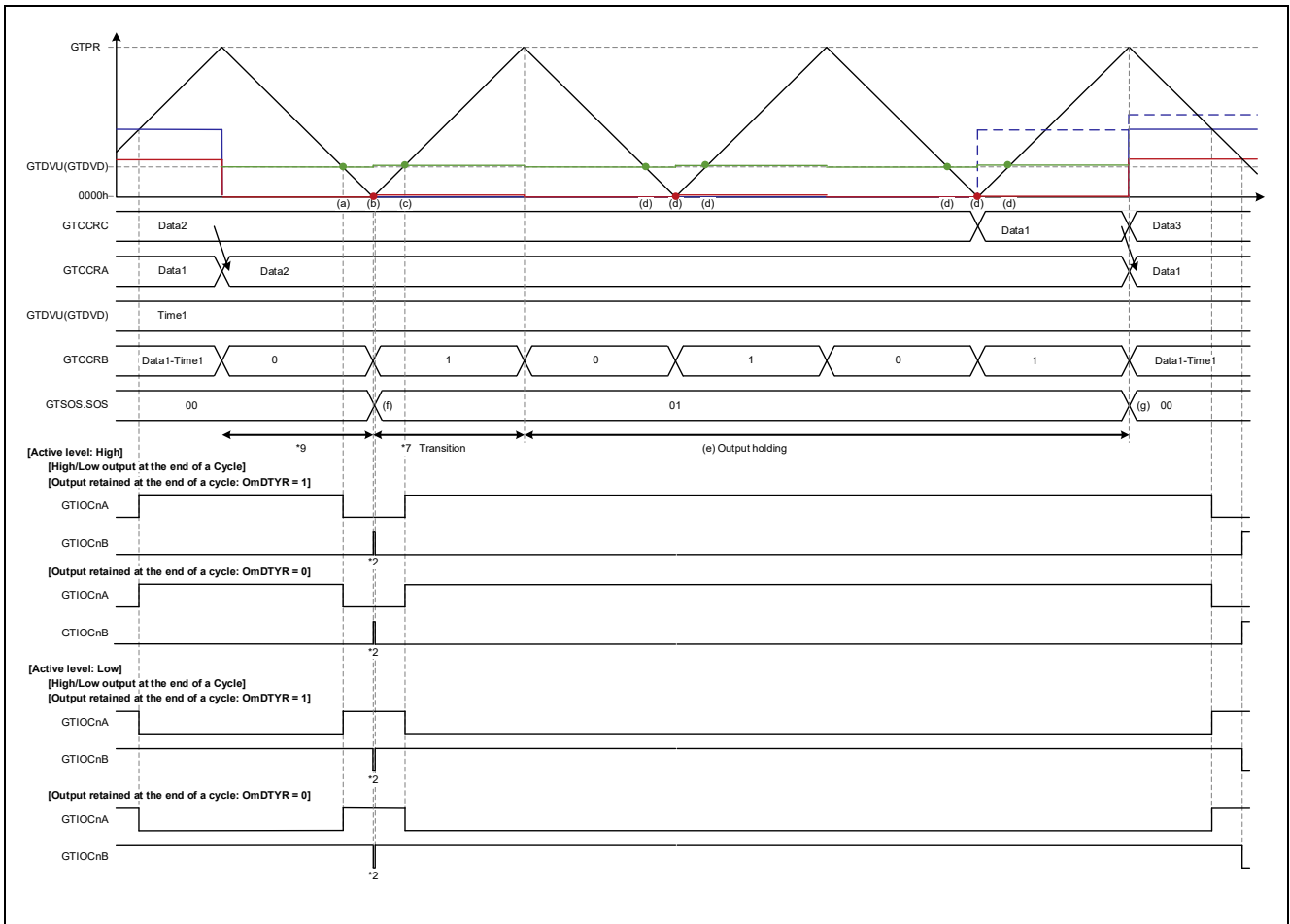


図 1-95 三角波 PWM モード 2 の動作例
 (山谷転送、デッドタイム自動設定機能使用、
 D (正常値) → 0000 0000h (異常値) : 山転送、
 0000 0000h (異常値) → D (正常値) : 山転送)

■ 動作例 6 : 三角波 PWM モード 3 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送)

図 1-96に三角波 PWM モード 3において谷のバッファ転送で GTCCRA に"0000 0000h"を転送し、谷のバッファ転送で正常値に復帰した動作例を示します。

- (a) 補正機能により谷から 1 カウントクロックに変化ポイント、逆相は OFF
- (b) 補正機能により GTDVU+1 に変化ポイント、正相は ON
- (c) 出力保護機能により出力を保持
- (d) コンペアマッチが発生するが、復帰区間のため出力を保持
- (e) 出力保持区間。GTCCRA = 0000 0000h の間出力を保持
- (f) 谷から 1 カウントクロック後に変化

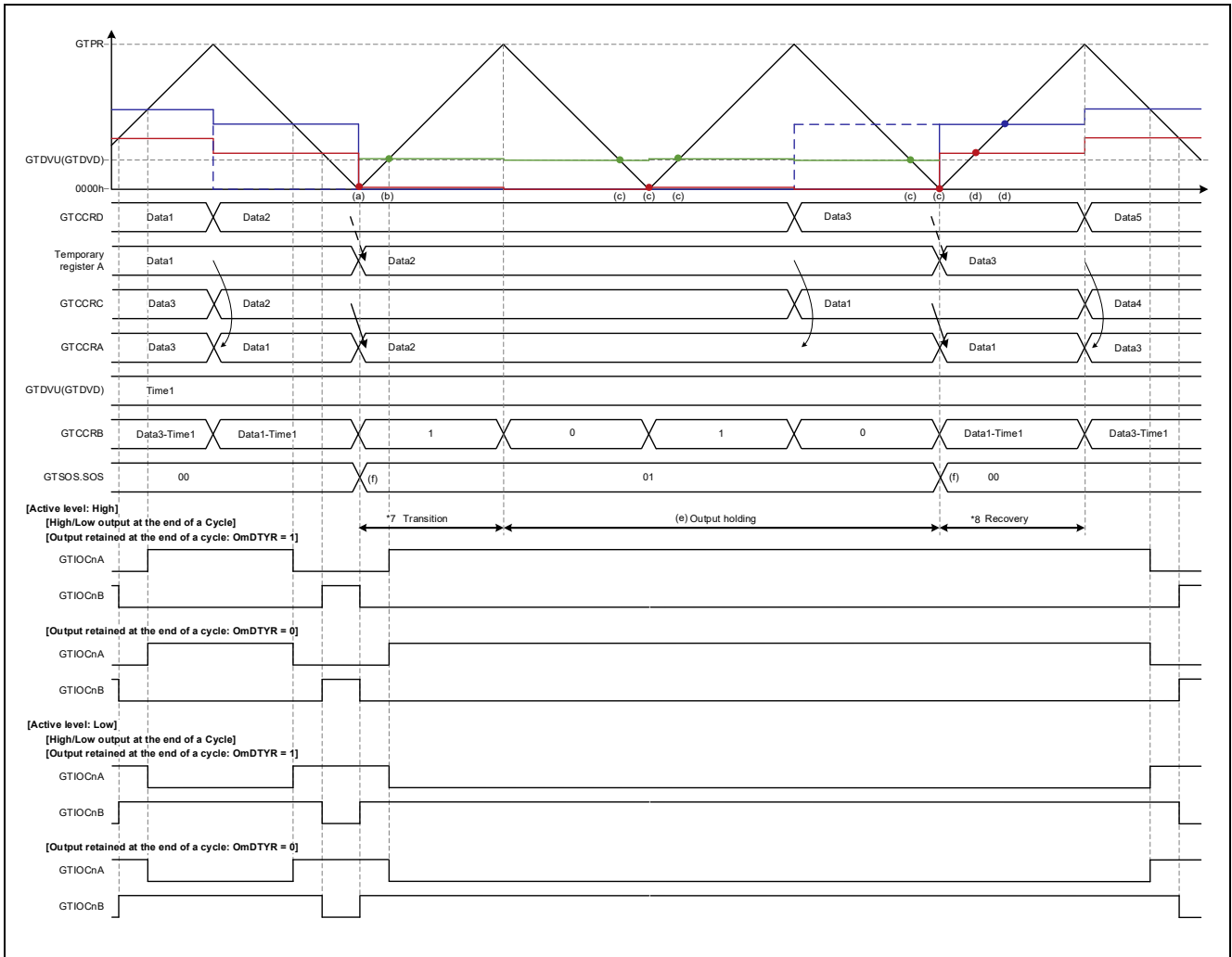


図 1-96 三角波 PWM モード 3 の動作例
 (谷転送、デッドタイム自動設定機能使用、
 D (正常値) → 0000 0000h (異常値) : 谷転送、
 0000 0000h (異常値) → D (正常値) : 谷転送)

■ 動作例 7 : 三角波 PWM モード 3 異常値 (谷転送) / 正常値 (山転送)

図 1-97に三角波 PWM モード 3において谷のバッファ転送で GTCCRA に"0000 0000h"を転送し、山のバッファ転送で正常値に復帰した動作例を示します。

- (a) 補正機能により谷から 1 カウントクロックに変化ポイント、逆相は OFF
- (b) 補正機能により GTDVU+1 に変化ポイント、正相は ON
- (c) コンペアマッチが発生するが、復帰区間のため出力を保持
- (d) 出力保持区間。GTCCRA = 0000 0000h の間出力を保持
- (e) 谷から 1 カウントクロック後に変化
- (f) 山から 1 カウントクロック後に変化

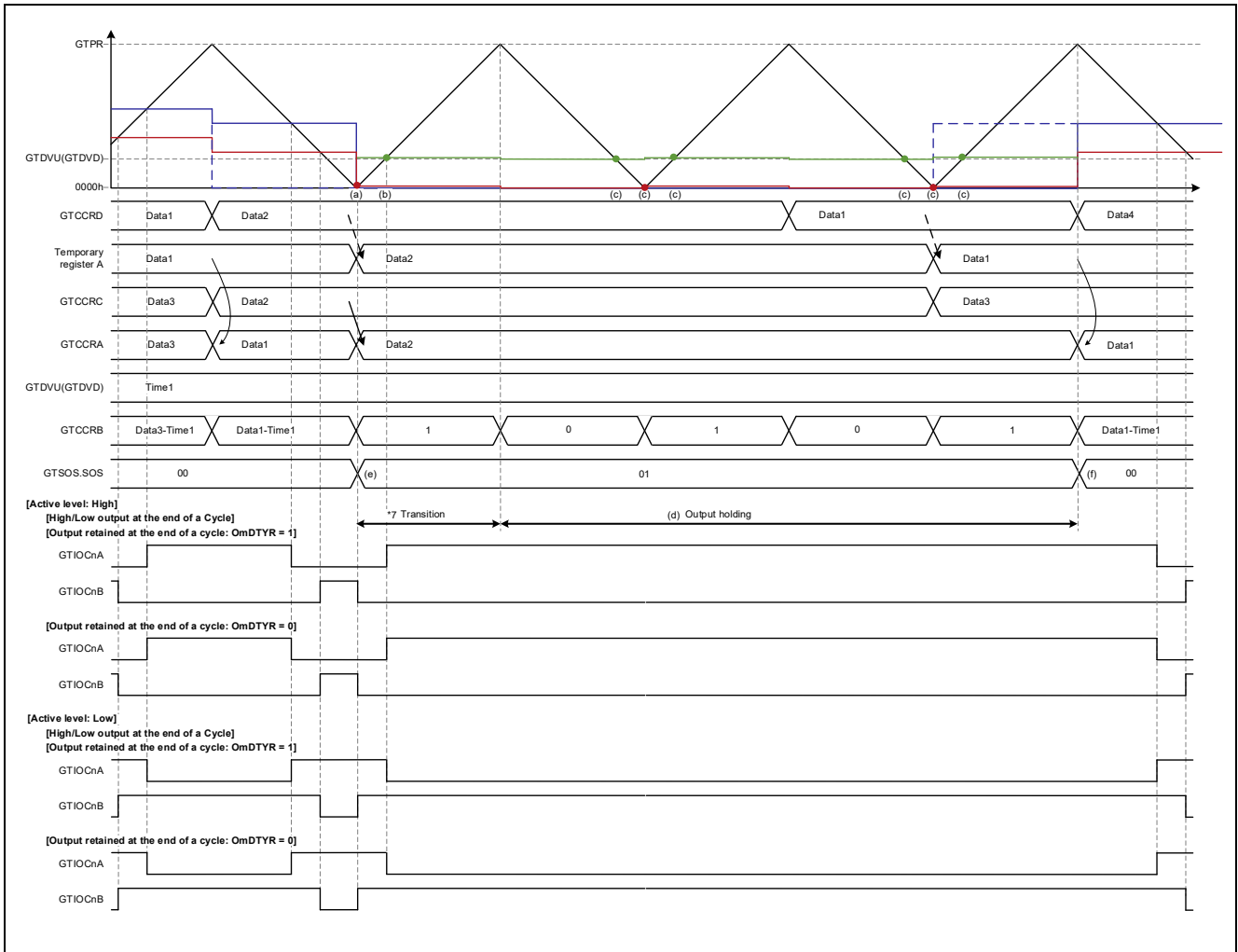


図 1-97 三角波 PWM モード 3 の動作例
 (谷転送、デッドタイム自動設定機能使用、
 D (正常値) → 0000 0000h (異常値) : 谷転送、
 0000 0000h (異常値) → D (正常値) : 山転送)

■ 動作例 8 : 三角波 PWM モード 3 異常値 (山転送) / 正常値 (谷転送)

図 1-98に三角波 PWM モード 3において山のバッファ転送で GTCCRA に"0000 0000h"を転送し、谷のバッファ転送で正常値に復帰した動作例を示します。

- (a) 補正機能により GTDVU に変化ポイント、正相は OFF
- (b) 補正機能により 1 カウントクロック幅のパルスが発生
- (c) 補正機能により GTDVU+1 に変化ポイント、正相は ON
- (d) 出力保護機能により出力を保持
- (e) コンペアマッチが発生するが、復帰区間のため出力を保持
- (f) 出力保持区間。GTCCRA = 0000 0000h の間出力を保持
- (g) 谷から 1 カウントクロック後に変化

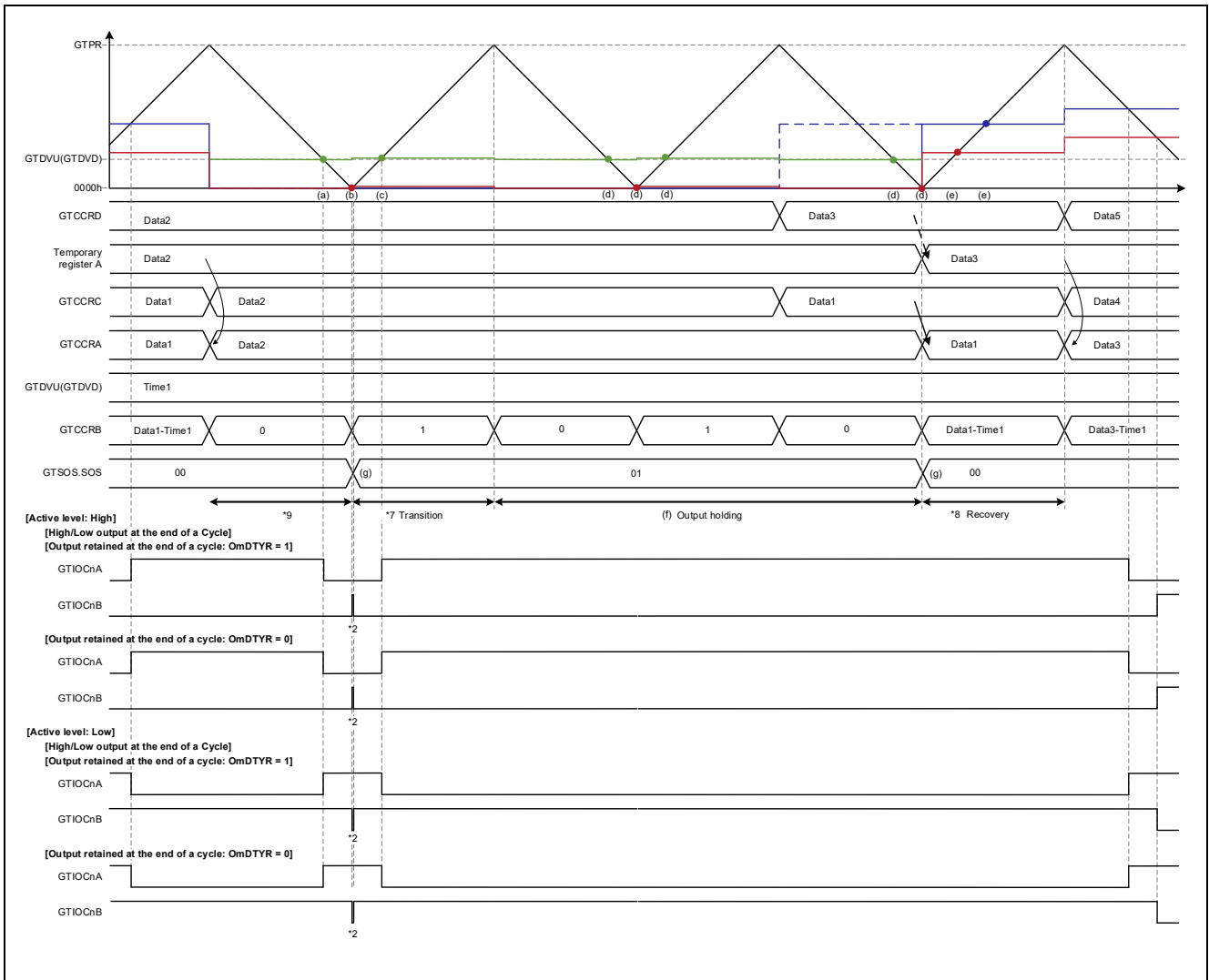


図 1-98 三角波 PWM モード 3 の動作例
 (谷転送、デッドタイム自動設定機能使用、
 D (正常値) → 0000 0000h (異常値) : 山転送、
 0000 0000h (異常値) → D (正常値) : 谷転送)

■ 動作例 9 : 三角波 PWM モード 3 異常値 (山転送) / 正常値 (山転送)

図 1-99 に三角波 PWM モード 3 において山のバッファ転送で GTCCRA に "0000 0000h" を転送し、山のバッファ転送で正常値に復帰した動作例を示します。

- (a) 補正機能により GTDVU に変化ポイント、正相は OFF
- (b) 補正機能により 1 カウントクロック幅のパルスが発生
- (c) 補正機能により GTDVU+1 に変化ポイント、正相は ON
- (d) 出力保護機能により出力を保持
- (e) 出力保持区間。GTCCRA = 0000 0000h の間出力を保持
- (f) 谷から 1 カウントクロック後に変化
- (g) 山から 1 カウントクロック後に変化

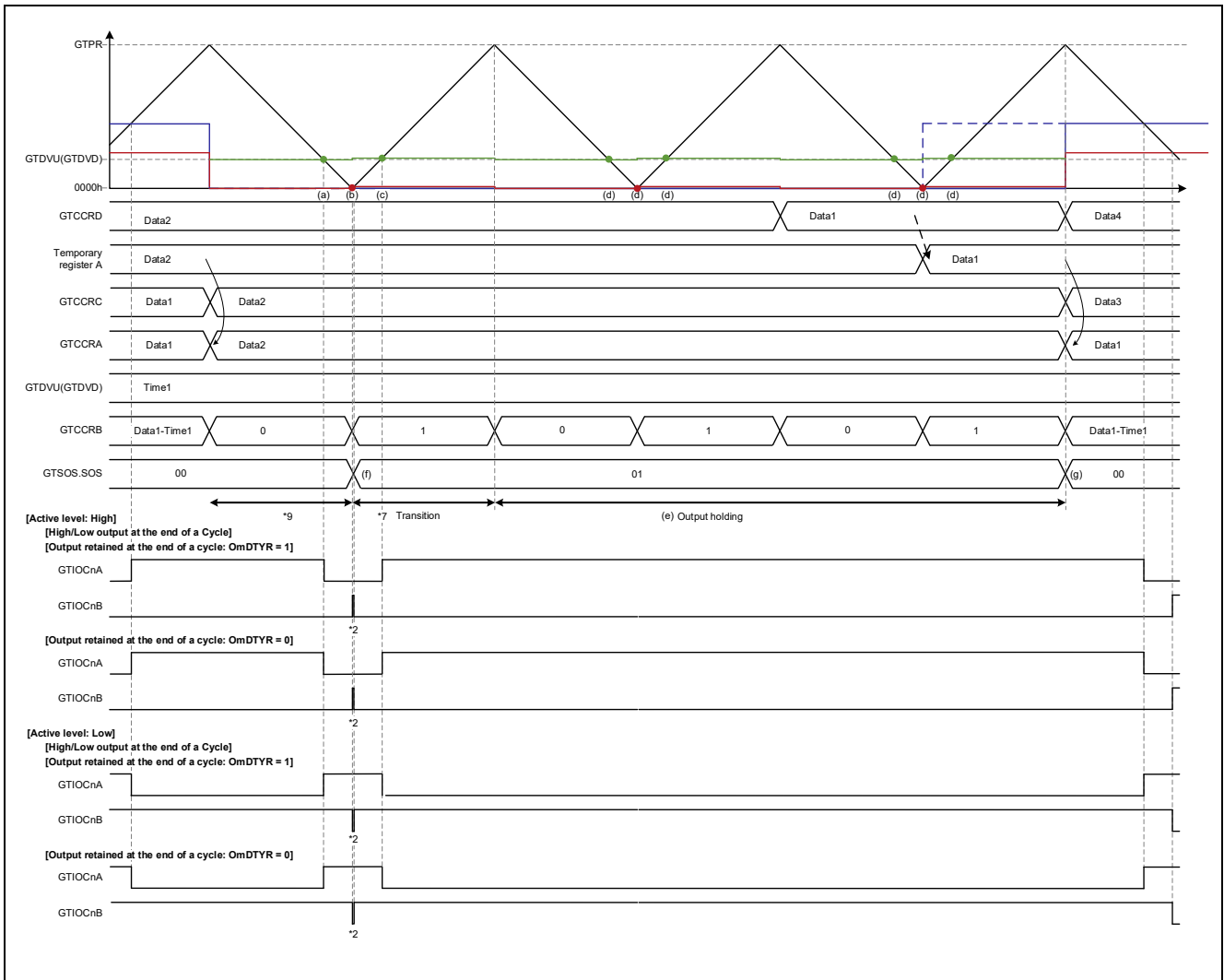


図 1-99 三角波 PWM モード 3 の動作例
 (谷転送、デッドタイム自動設定機能使用、
 D (正常値) → 0000 0000h (異常値) : 山転送、
 0000 0000h (異常値) → D (正常値) : 山転送)

1.4.2.2 異常値（GTPR レジスタ設定値以上の値）を設定した場合の動作例

表 1-11、表 1-12、表 1-13において、異常値（GTPR レジスタ設定値以上の値）を設定した場合の動作例
図 1-100 ~ 図 1-108並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1：図 1-100 三角波 PWM モード 1 異常値（谷転送）／正常値（谷転送）
- 動作例 2：図 1-101 三角波 PWM モード 2 異常値（谷転送）／正常値（谷転送）
- 動作例 3：図 1-102 三角波 PWM モード 2 異常値（谷転送）／正常値（山転送） 注意事項*10
- 動作例 4：図 1-103 三角波 PWM モード 2 異常値（山転送）／正常値（谷転送） 注意事項*7
- 動作例 5：図 1-104 三角波 PWM モード 2 異常値（山転送）／正常値（山転送）
- 動作例 6：図 1-105 三角波 PWM モード 3 異常値（谷転送）／正常値（谷転送）
- 動作例 7：図 1-106 三角波 PWM モード 3 異常値（谷転送）／正常値（山転送） 注意事項*10
- 動作例 8：図 1-107 三角波 PWM モード 3 異常値（山転送）／正常値（谷転送） 注意事項*7
- 動作例 9：図 1-108 三角波 PWM モード 3 異常値（山転送）／正常値（山転送）

■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : D → G → D
 - D > GTDVU
 - G ≥ GTPR
- 図の凡例
 - 青点線：正相側バッファレジスタ（GTCCRC）の設定タイミングと値の変化
 - 青実線：正相側コンペアレジスタ（GTCCRA）の設定タイミングと値の変化
 - 赤点線：逆相側バッファレジスタ（GTCCRE）の設定タイミングと値の変化
 - 赤実線：逆相側コンペアレジスタ（GTCCRB）の設定タイミングと値の変化

デッドタイム自動設定機能使用中デッドタイムエラー発生時は逆相波形の変化ポイント

 - Data1 : D
 - Data2 : G
- 注意事項
 - *7 移行区間。次の山まで出力のトグル動作を継続。
 - *10 移行区間。次の谷まで出力保持を継続

■ 動作例 1 : 三角波 PWM モード 1 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送)

図 1-100に三角波 PWM モード 1 において谷のバッファ転送で GTCCRA に GTPR 以上の値を転送し、谷のバッファ転送で正常値に復帰した動作例を示します。

- (a) 出力保護機能により出力を保持
- (b) 出力保護機能により出力を保持

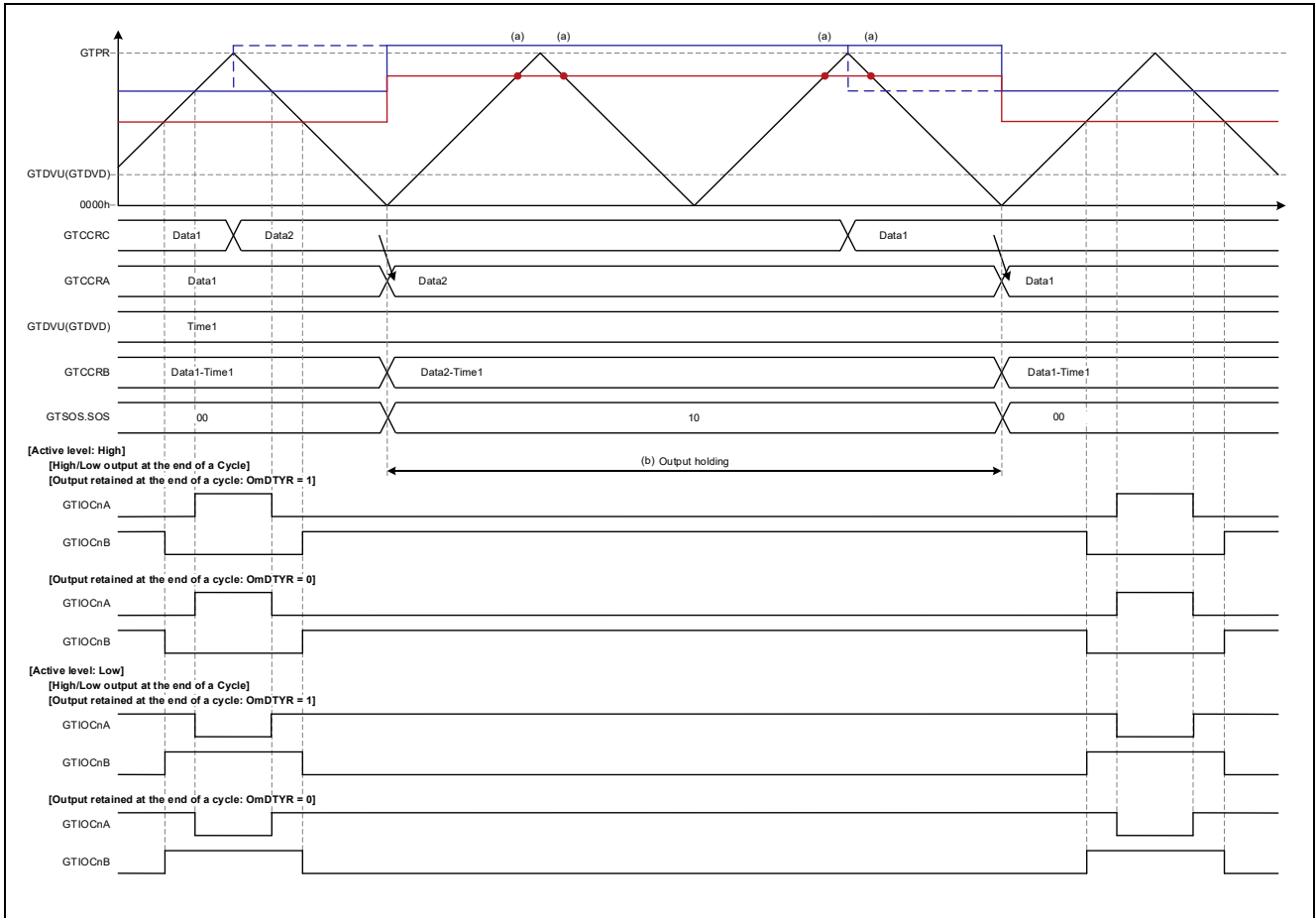


図 1-100 三角波 PWM モード 1 の動作例
 (谷転送、デッドタイム自動設定機能使用、
 D (正常値) → GTPR 以上の値 (異常値) : 谷転送、
 GTPR 以上の値 (異常値) → D (正常値) : 谷転送)

■ 動作例 2 : 三角波 PWM モード 2 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送)

図 1-101に三角波 PWM モード 2 において谷のバッファ転送で GTCCR A に GTPR 以上の値を転送し、谷のバッファ転送で正常値に復帰した動作例を示します。バッファ書き換えタイミングの違いを除き、図 1-100と同じ動きをします。

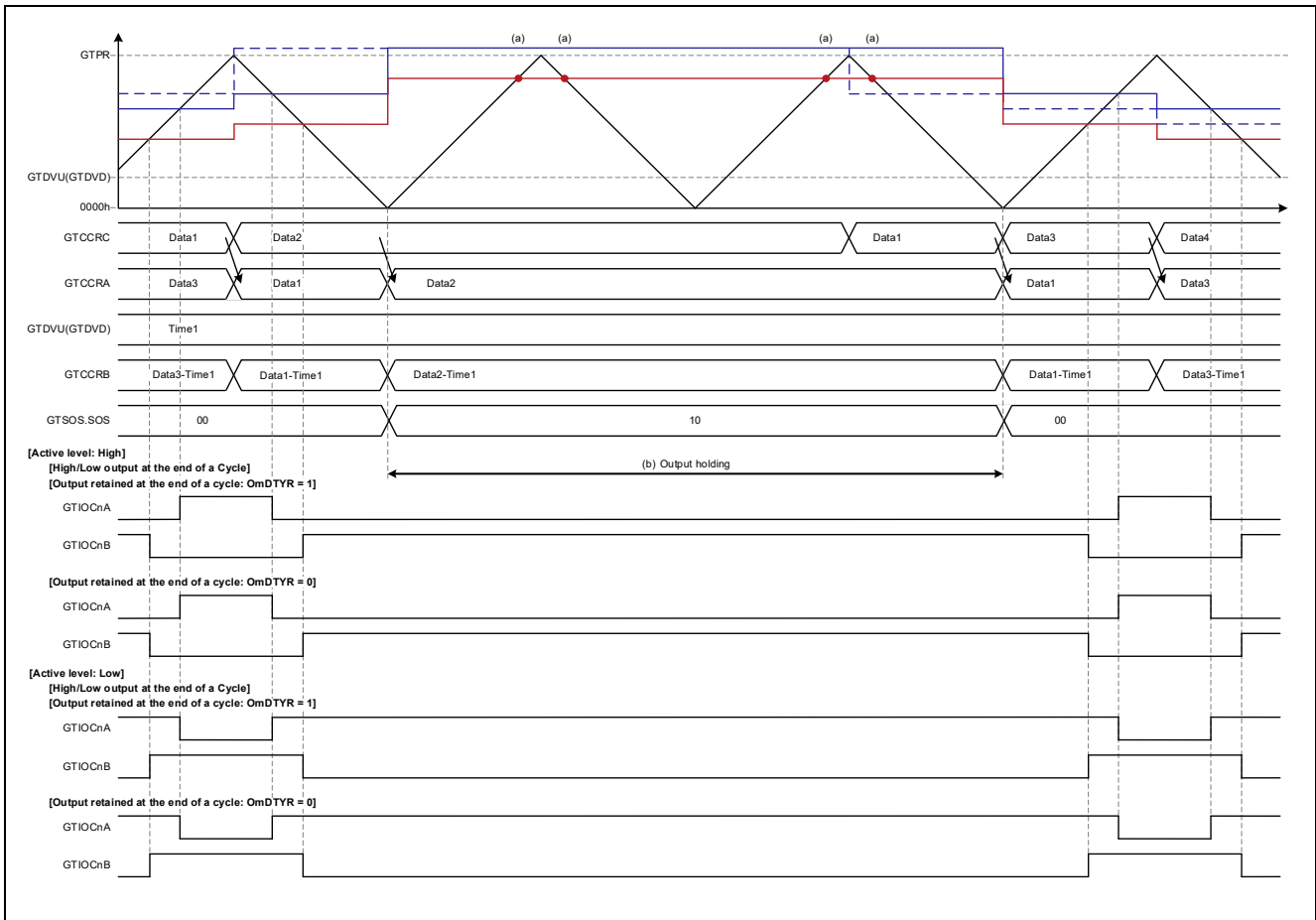


図 1-101 三角波 PWM モード 2 の動作例
 (山谷転送、デッドタイム自動設定機能使用、
 D (正常値) → GTPR 以上の値 (異常値) : 谷転送、
 GTPR 以上の値 (異常値) → D (正常値) : 谷転送)

■ 動作例 3 : 三角波 PWM モード 2 異常値 (谷転送) / 正常値 (山転送)

図 1-102に三角波 PWM モード 2 において谷のバッファ転送で GTCCRA に GTPR 以上の値を転送し、山のバッファ転送で正常値に復帰した動作例を示します。

- (a) 出力保護機能により出力を保持
- (b) コンペアマッチが発生するが、復帰区間のため出力を保持
- (c) 出力保護機能により出力を保持

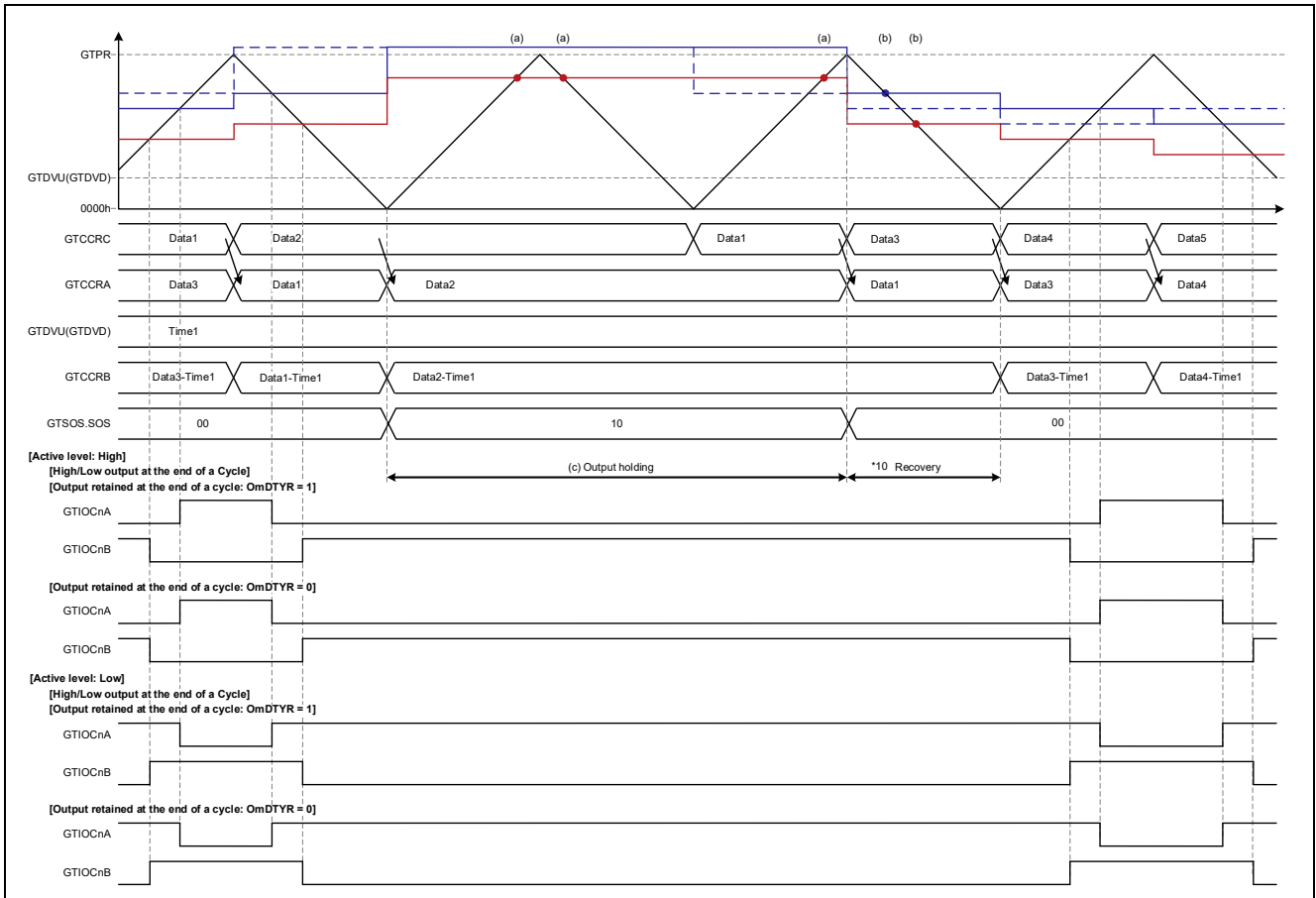


図 1-102 三角波 PWM モード 2 の動作例
 (山谷転送、デッドタイム自動設定機能使用、
 D (正常値) → GTPR 以上の値 (異常値) : 谷転送、
 GTPR 以上の値 (異常値) → D (正常値) : 山転送)

■ 動作例 4 : 三角波 PWM モード 2 異常値 (山転送) / 正常値 (谷転送)

図 1-103に三角波 PWM モード 2 において山のバッファ転送で GTCCR A に GTPR 以上の値を転送し、谷のバッファ転送で正常値に復帰した動作例を示します。

- (a) 出力保護機能により出力を保持
- (b) コンペアマッチが発生するが、復帰区間のため出力を保持
- (c) 出力保護機能により出力を保持

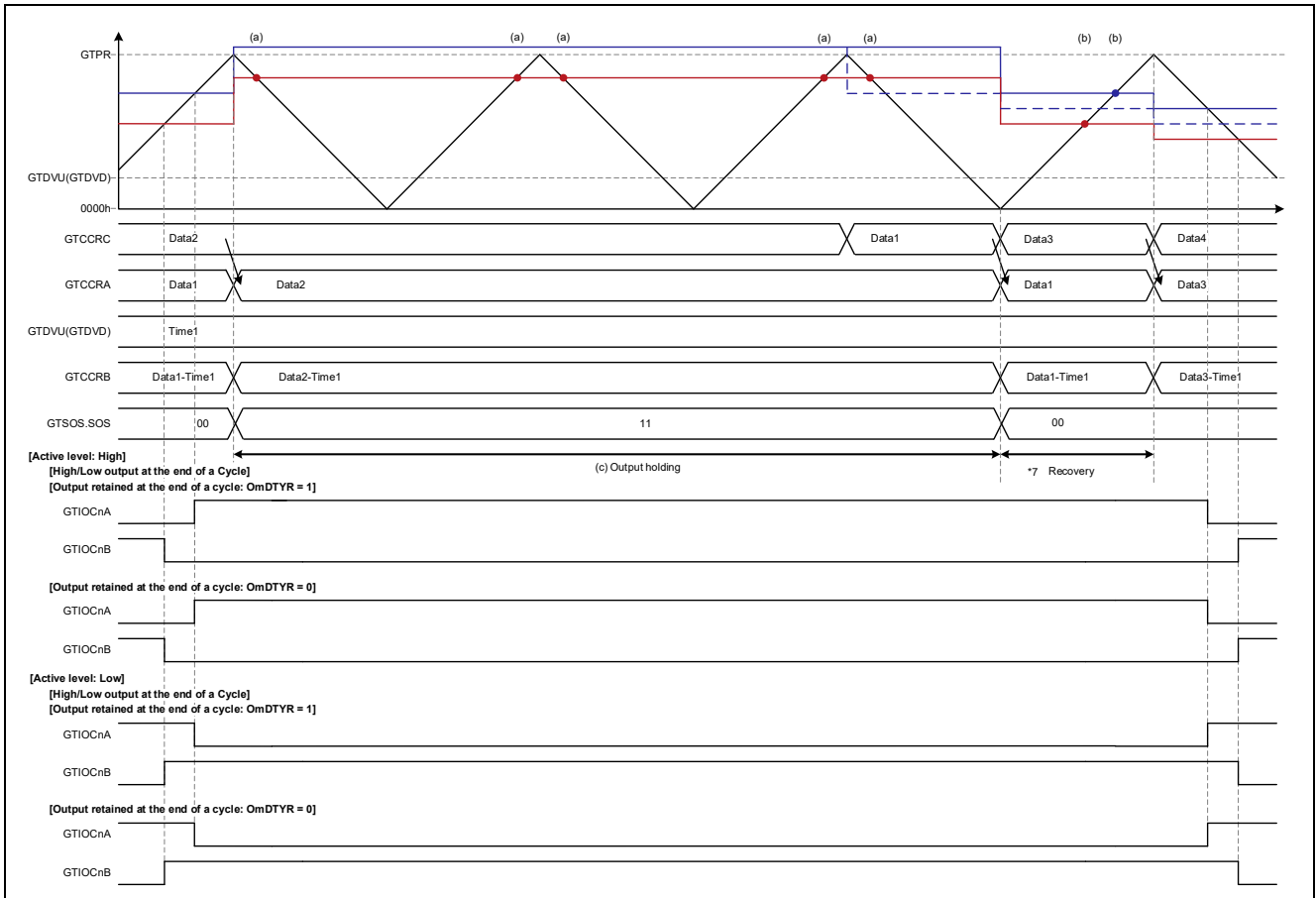


図 1-103 三角波 PWM モード 2 の動作例
 (山谷転送、デッドタイム自動設定機能使用、
 D (正常値) → GTPR 以上の値 (異常値) : 山転送、
 GTPR 以上の値 (異常値) → D (正常値) : 谷転送)

■ 動作例 5 : 三角波 PWM モード 2 異常値 (山転送) / 正常値 (山転送)

図 1-104に三角波 PWM モード 2 において山のバッファ転送で GTCCRA に GTPR 以上の値を転送し、山のバッファ転送で正常値に復帰した動作例を示します。

- (a) 出力保護機能により出力を保持
- (b) 出力保護機能により出力を保持

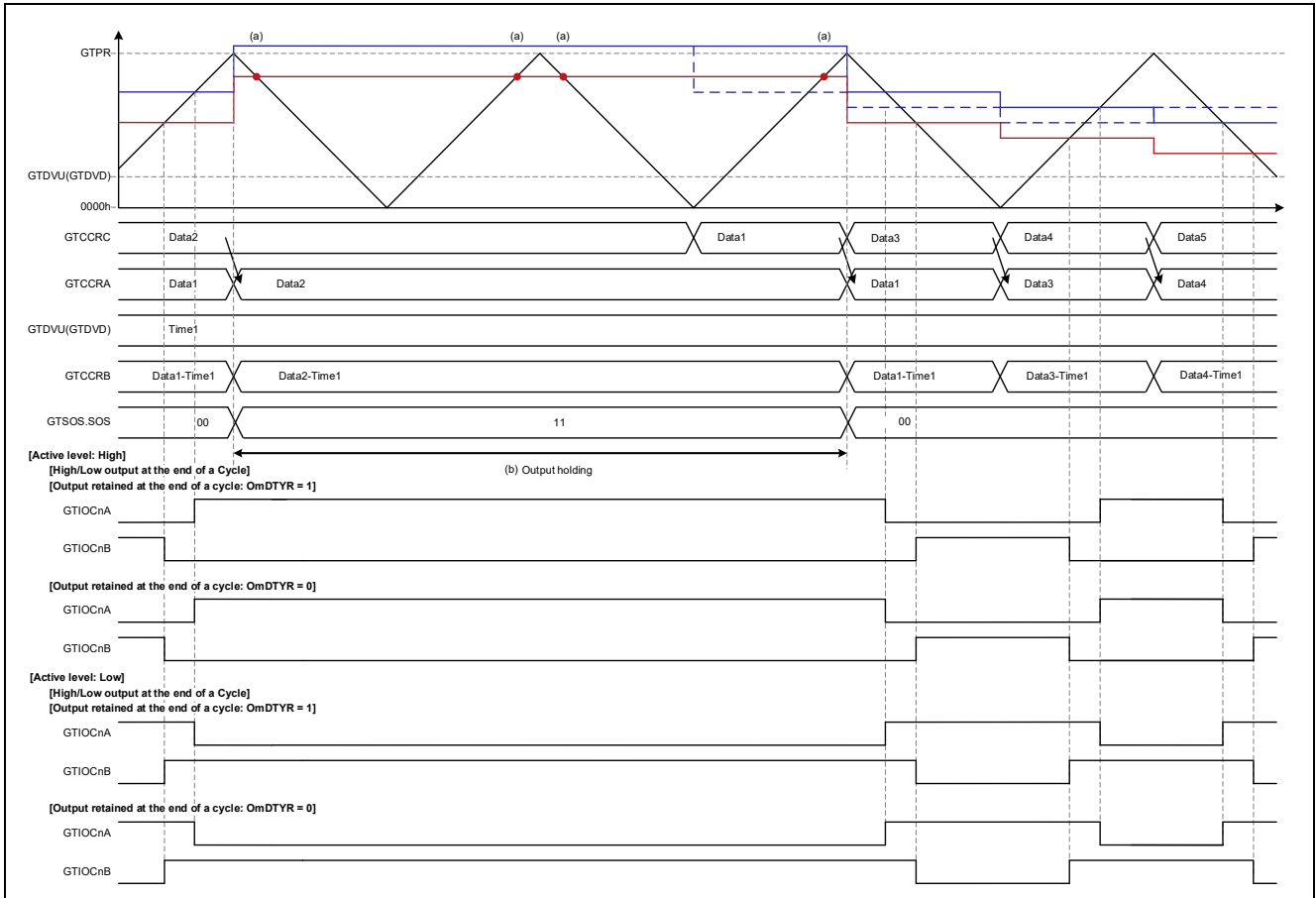


図 1-104 三角波 PWM モード 2 の動作例
 (山谷転送、デッドタイム自動設定機能使用、
 D (正常値) → GTPR 以上の値 (異常値) : 山転送、
 GTPR 以上の値 (異常値) → D (正常値) : 山転送)

■ 動作例 6 : 三角波 PWM モード 3 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送)

図 1-105に三角波 PWM モード 3 において谷のバッファ転送で GTCCRA に GTPR 以上の値を転送し、谷のバッファ転送で正常値に復帰した動作例を示します。

- (a) 出力保護機能により出力を保持
- (b) 出力保護機能により出力を保持

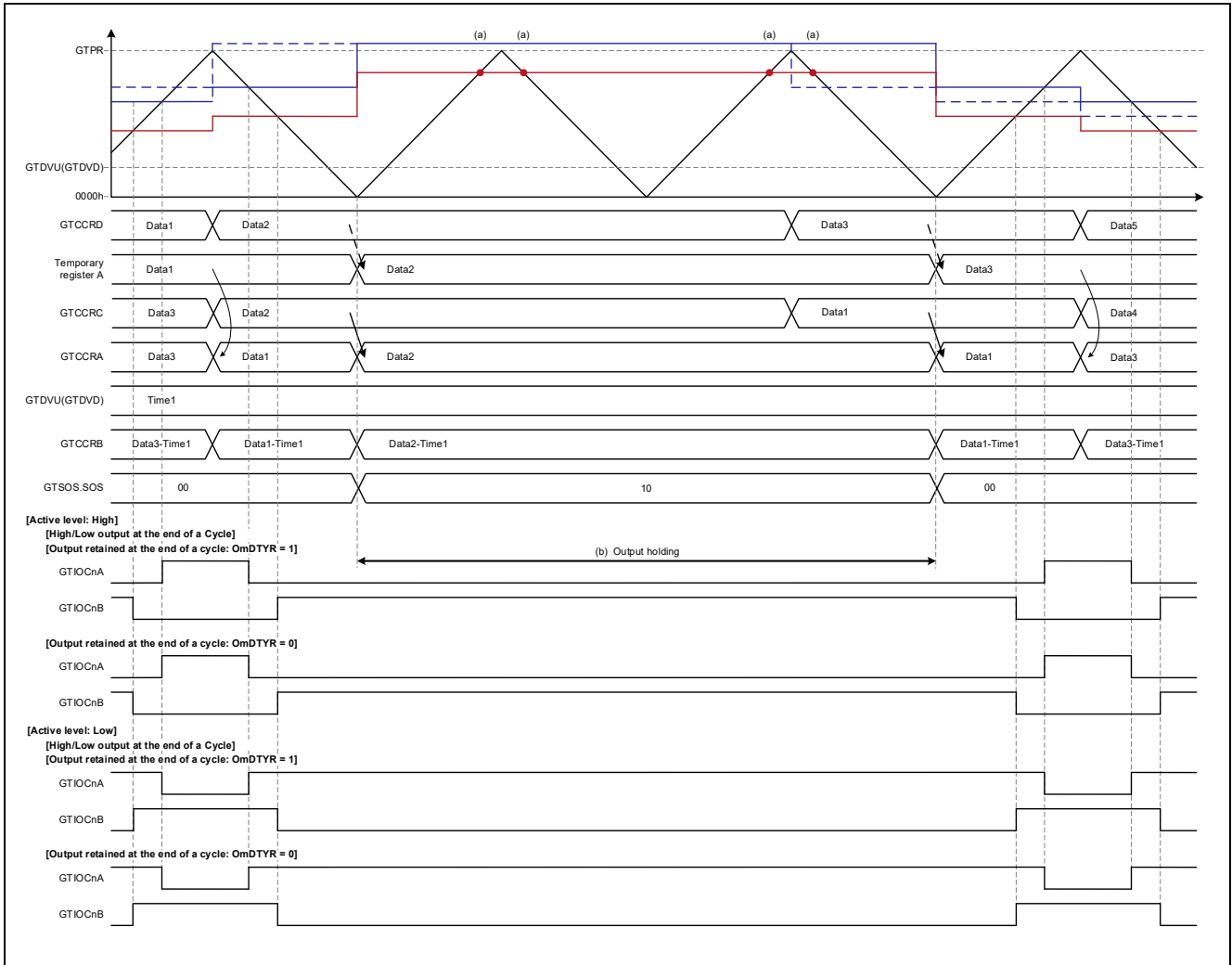


図 1-105 三角波 PWM モード 3 の動作例
 (谷転送、デッドタイム自動設定機能使用、
 D (正常値) → GTPR 以上の値 (異常値) : 谷転送、
 GTPR 以上の値 (異常値) → D (正常値) : 谷転送)

■ 動作例 7 : 三角波 PWM モード 3 異常値 (谷転送) / 正常値 (山転送)

図 1-106 に三角波 PWM モード 3 において谷のバッファ転送で GTCCRA に GTPR 以上の値を転送し、山のバッファ転送で正常値に復帰した動作例を示します。

- (a) 出力保護機能により出力を保持
- (b) コンペアマッチが発生するが、復帰区間のため出力を保持
- (c) 出力保護機能により出力を保持

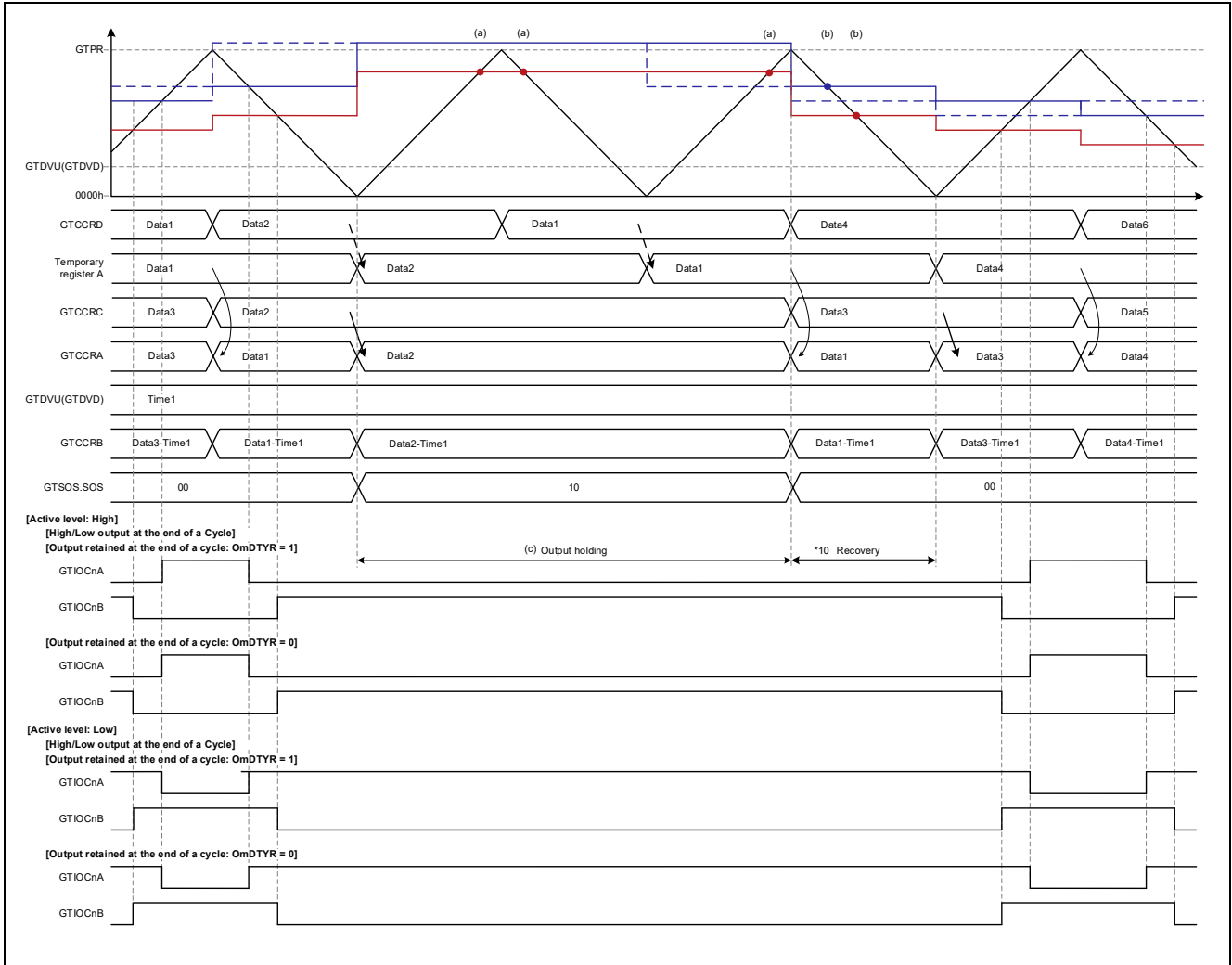


図 1-106 三角波 PWM モード 3 の動作例
 (谷転送、デッドタイム自動設定機能使用、
 D (正常値) → GTPR 以上の値 (異常値) : 谷転送、
 GTPR 以上の値 (異常値) → D (正常値) : 山転送)

■ 動作例 8 : 三角波 PWM モード 3 異常値 (山転送) / 正常値 (谷転送)

図 1-107に三角波 PWM モード 3 において山のバッファ転送で GTCCRA に GTPR 以上の値を転送し、谷のバッファ転送で正常値に復帰した動作例を示します。

- (a) 出力保護機能により出力を保持
- (b) コンペアマッチが発生するが、復帰区間のため出力を保持
- (c) 出力保護機能により出力を保持

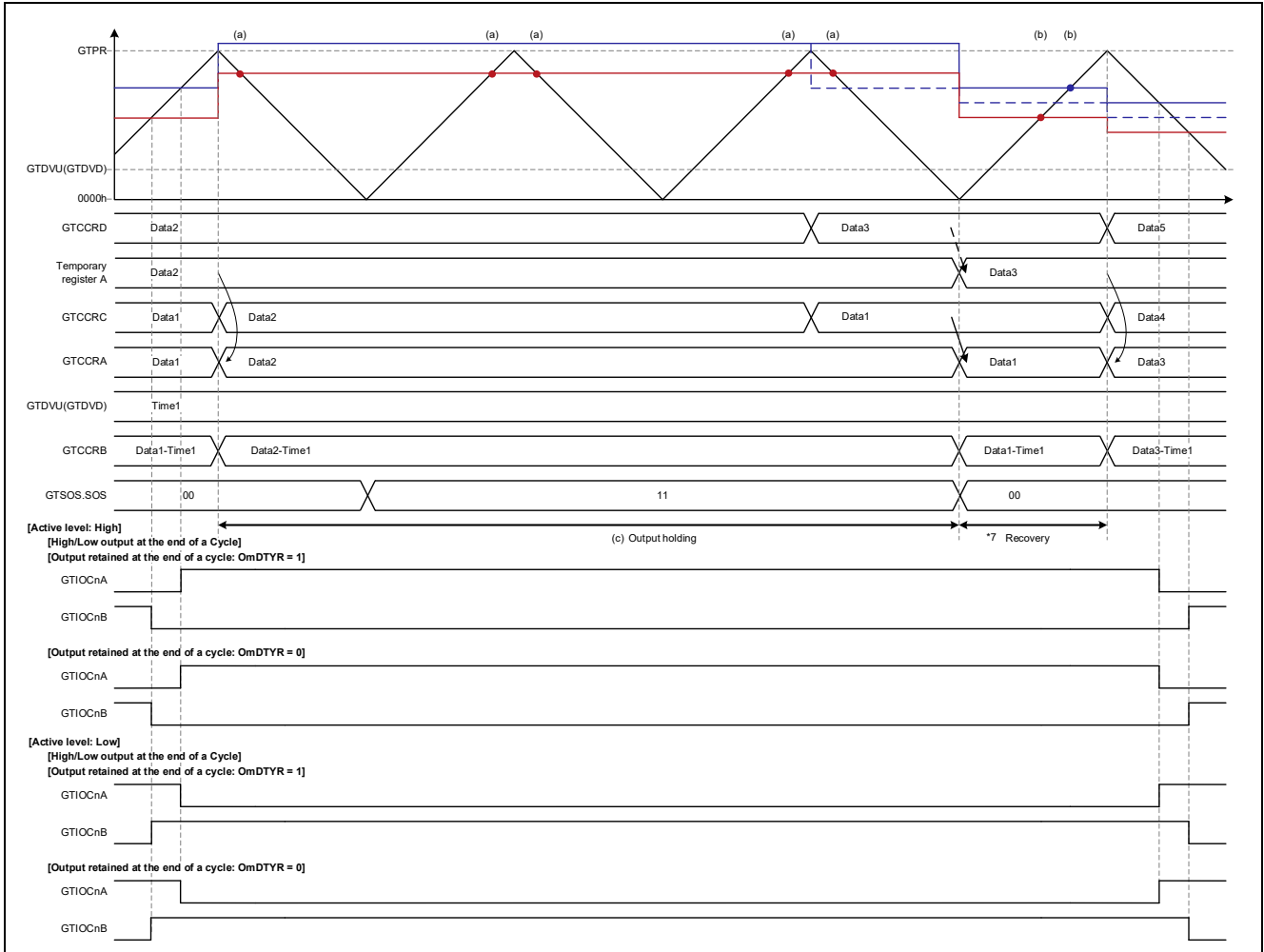


図 1-107 三角波 PWM モード 3 の動作例
 (谷転送、デッドタイム自動設定機能使用、
 D (正常値) → GTPR 以上の値 (異常値) : 山転送、
 GTPR 以上の値 (異常値) → D (正常値) : 谷転送)

■ 動作例 9 : 三角波 PWM モード 3 異常値 (山転送) / 正常値 (山転送)

図 1-108に三角波 PWM モード 3 において山のバッファ転送で GTCCRA に GTPR 以上の値を転送し、山のバッファ転送で正常値に復帰した動作例を示します。

- (a) 出力保護機能により出力を保持
- (b) 出力保護機能により出力を保持

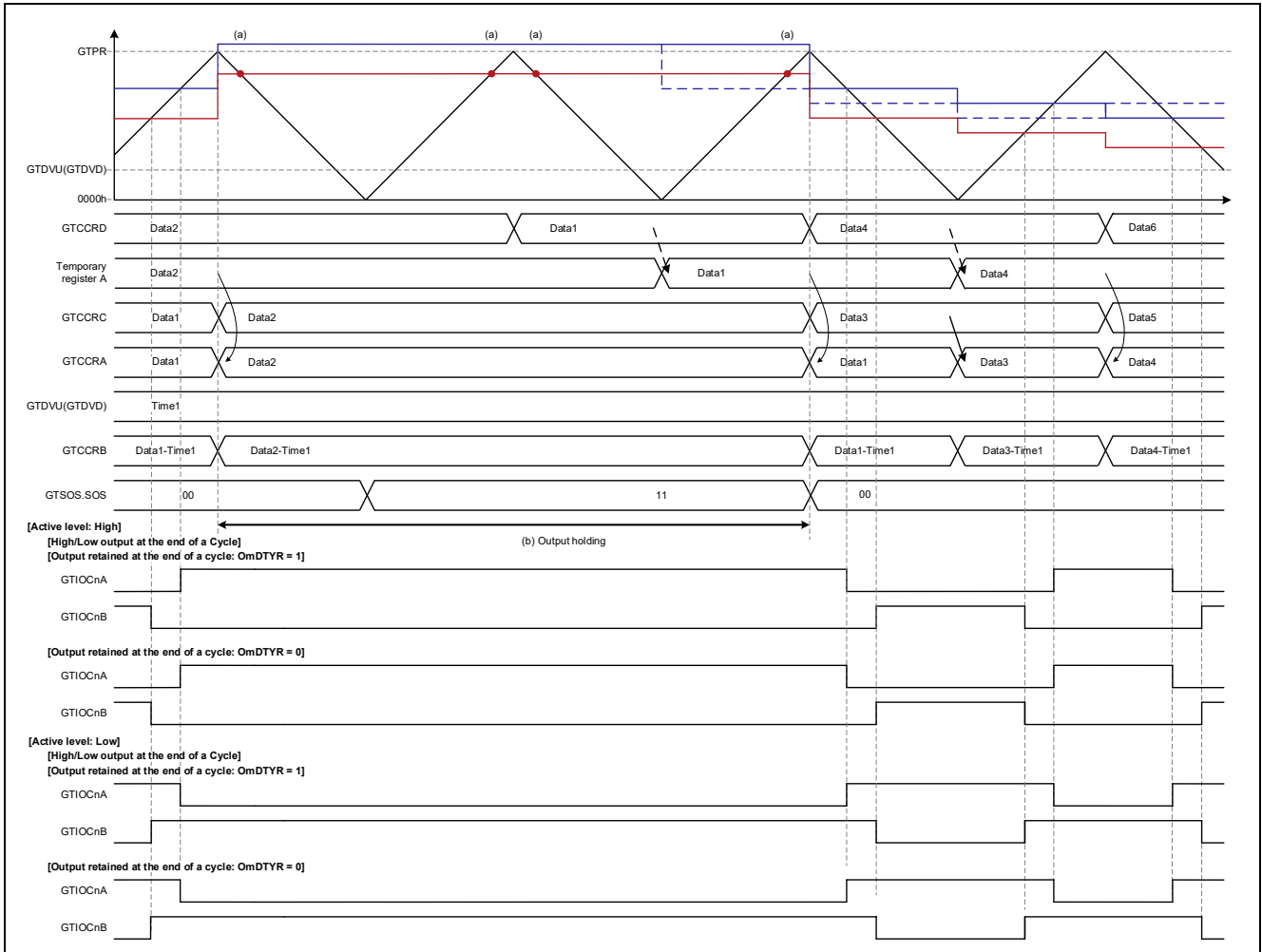


図 1-108 三角波 PWM モード 3 の動作例
 (谷転送、デッドタイム自動設定機能使用、
 D (正常値) → GTPR 以上の値 (異常値) : 山転送、
 GTPR 以上の値 (異常値) → D (正常値) : 山転送)

1.4.3 デッドタイム自動設定未使用時の注意事項について

デッドタイム自動設定未使用時は、保護機能は動作しません。GTCCRA レジスタ、GTCCRB レジスタに異常値（"0000 0000h"または GTPR レジスタ設定値以上の値）を設定すると以下のような動作になります。

- "0000 0000h" : 周期内で発生するコンペアマッチは"0000 0000h"時のみ
- GTPR レジスタと同じ値 : 周期内で発生するコンペアマッチは GTPR 時のみ
- GTPR レジスタより大きい値 : コンペアマッチは発生しない

各条件による出力波形の一覧を以下に示します。

表 1-14 出力波形一覧

動作モード	異常値		
	0000 0000h	GTPR レジスタと同じ値	GTPR レジスタより大きい値
三角波 PWM モード 1	図 1-109	図 1-112	図 1-115
三角波 PWM モード 2	図 1-110	図 1-113	図 1-116
三角波 PWM モード 3	図 1-111	図 1-114	図 1-117

1.4.3.1 異常値 (“0000 0000h”) を設定した場合の動作例

表 1-14 出力波形一覧において、異常値 (“0000 0000h”) を設定した場合の動作例 図 1-109 ~ 図 1-111 並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1 : 図 1-109 三角波 PWM モード 1 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送) 注意事項*11
- 動作例 2 : 図 1-110 三角波 PWM モード 2 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送) 注意事項*11
- 動作例 3 : 図 1-111 三角波 PWM モード 3 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送) 注意事項*11

■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : D → 0000 0000h → D
— D > GTDVU
- 図の凡例
 - 青点線 : 正相側バッファレジスタ (GTCCRC) の設定タイミングと値の変化
 - 青実線 : 正相側コンペアレジスタ (GTCCRA) の設定タイミングと値の変化
 - 赤点線 : 逆相側バッファレジスタ (GTCCRE) の設定タイミングと値の変化
 - 赤実線 : 逆相側コンペアレジスタ (GTCCRB) の設定タイミングと値の変化デッドタイム自動設定機能使用中デッドタイムエラー発生時は逆相波形の変化ポイント
- Data1 : D
- Data2 : 0000 0000h
- 注意事項
 - *11 周期の終わりで正相、逆相はトグルする

■ 動作例 1 : 三角波 PWM モード 1 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送)

図 1-109 に三角波 PWM モード 1 で谷のバッファ転送で GTCCRA に "0000 0000h" を転送した動作例を示します。

- (a) コンペアマッチが発生しないので、正相、逆相は変化しない
- (b) GTCCRB のコンペアマッチが発生し、正相、逆相はトグルする

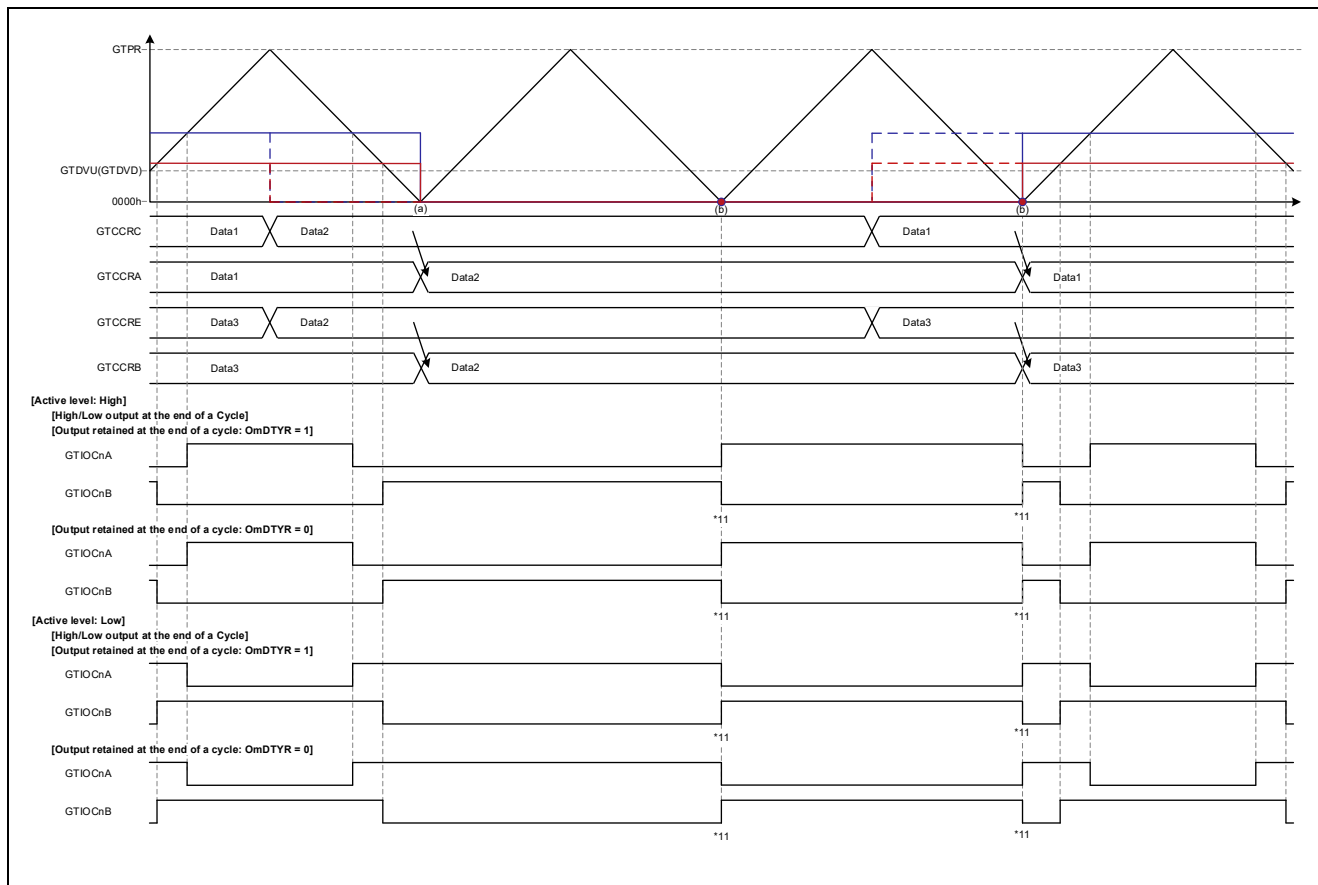


図 1-109 三角波 PWM モード 1 の動作例
(谷転送、デッドタイム自動設定機能未使用、

D (正常値) → 0000 0000h (異常値) : 谷転送、0000 0000h (異常値) → D (正常値) : 谷転送)

■ 動作例 2 : 三角波 PWM モード 2 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送)

図 1-110に三角波 PWM モード 2 で谷のバッファ転送で GTCCRA に"0000 0000h"を転送した動作例を示します。バッファ書き換えタイミング、転送タイミングの違いを除き、図 1-109と同じ動きをします。

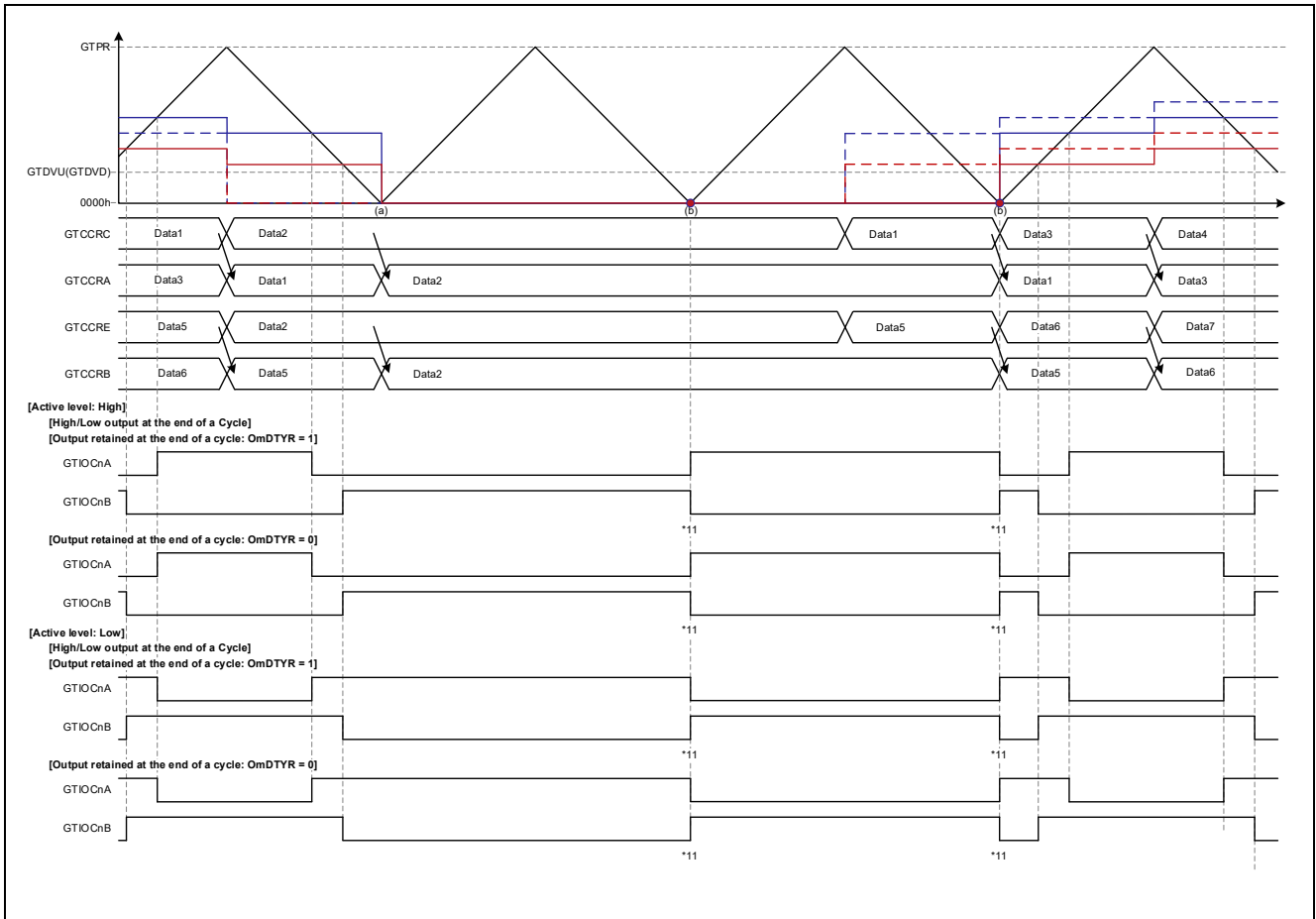


図 1-110 三角波 PWM モード 2 の動作例
(山谷転送、デッドタイム自動設定機能未使用、

D (正常値) → 0000 0000h (異常値) : 谷転送、0000 0000h (異常値) → D (正常値) : 谷転送)

■ 動作例 3 : 三角波 PWM モード 3 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送)

図 1-111に三角波 PWM モード 3 で谷のバッファ転送で GTCCRA に"0000 0000h"を転送した動作例を示します。バッファ書き換えタイミング、転送タイミングの違いを除き、図 1-109と同じ動きをします。

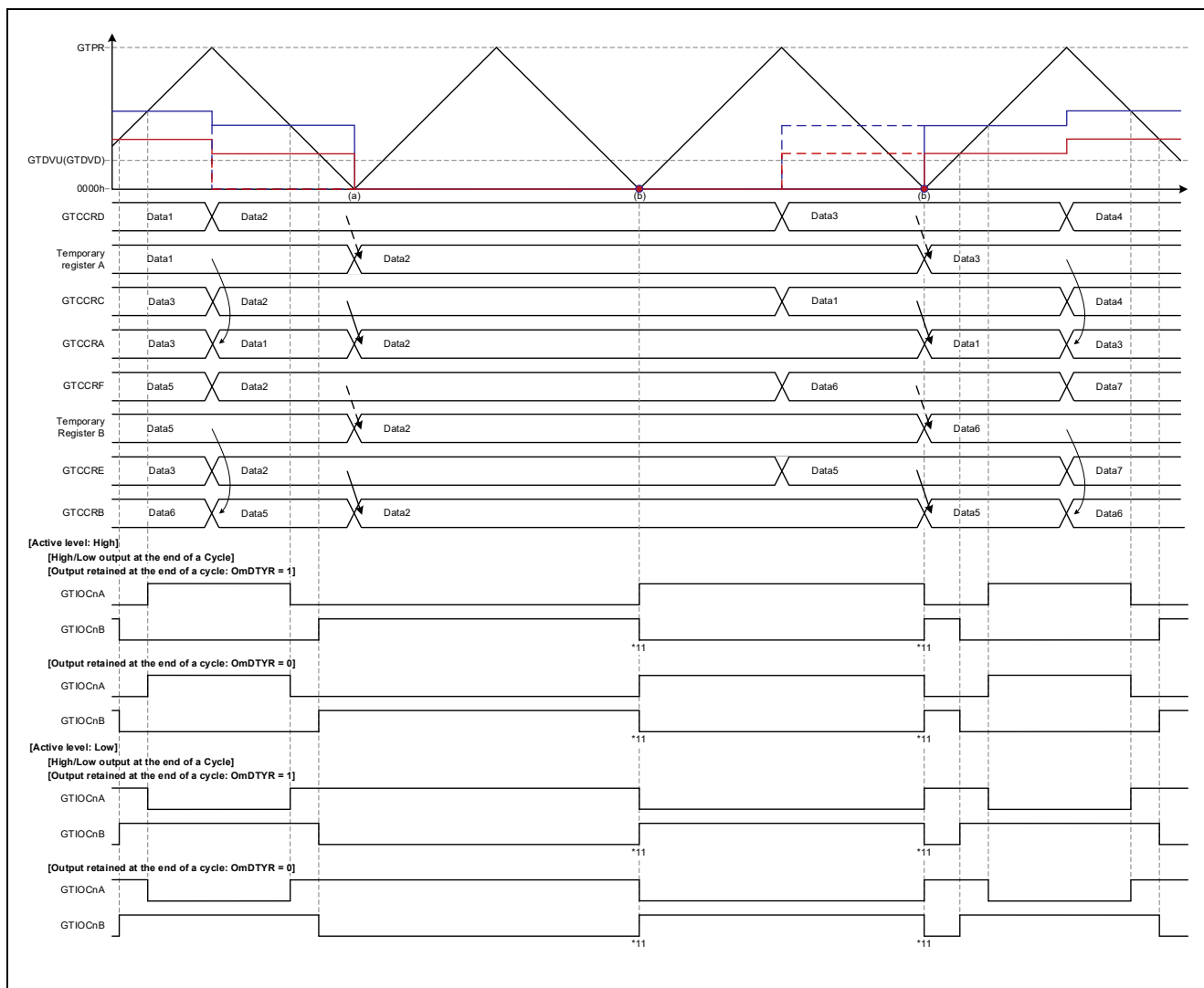


図 1-111 三角波 PWM モード 3 の動作例
(谷転送、デッドタイム自動設定機能未使用、

D (正常値) → 0000 0000h (異常値) : 谷転送、0000 0000h (異常値) → D (正常値) : 谷転送)

1.4.3.2 異常値（GTPR レジスタ設定値と同じ値）を設定した場合の動作例

表 1-14 出力波形一覧において、異常値（GTPR レジスタ設定値と同じ値）を設定した場合の動作例 図 1-112 ~ 図 1-114並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1：図 1-112 三角波 PWM モード 1 異常値（谷転送）／正常値（谷転送） 注意事項*12,*13
- 動作例 2：図 1-113 三角波 PWM モード 2 異常値（谷転送）／正常値（谷転送） 注意事項*12,*13
- 動作例 3：図 1-114 三角波 PWM モード 3 異常値（谷転送）／正常値（谷転送） 注意事項*12,*13

■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : D → G → D
 - D > GTDVU
 - G : GTPR
- 図の凡例
 - 青点線：正相側バッファレジスタ（GTCCRC）の設定タイミングと値の変化
 - 青実線：正相側コンペアレジスタ（GTCCRA）の設定タイミングと値の変化
 - 赤点線：逆相側バッファレジスタ（GTCCRE）の設定タイミングと値の変化
 - 赤実線：逆相側コンペアレジスタ（GTCCRB）の設定タイミングと値の変化
 - デッドタイム自動設定機能使用中デッドタイムエラー発生時は逆相波形の変化ポイント
 - Data1 : D
 - Data2 : G
- 注意事項
 - *12 G に対する GTCCRB の値が GTPR により近いほど逆相は極小パルスになる
（GTCCRB の値が GTPR より大きい値の場合、出力は変化しない）
 - *13 山のタイミングで正相、逆相はトグルする

■ 動作例 1 : 三角波 PWM モード 1 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送)

図 1-112 に三角波 PWM モード 1 において谷のバッファ転送で GTCCRA に GTPR と同じ値を転送した動作例を示します。

- (a) GTCCRA のコンペアマッチが発生し、正相、逆相はトグルする
- (b) GTCCRB のコンペアマッチが発生し逆相は OFF する
- (c) GTCCRB のコンペアマッチが発生し逆相は ON する

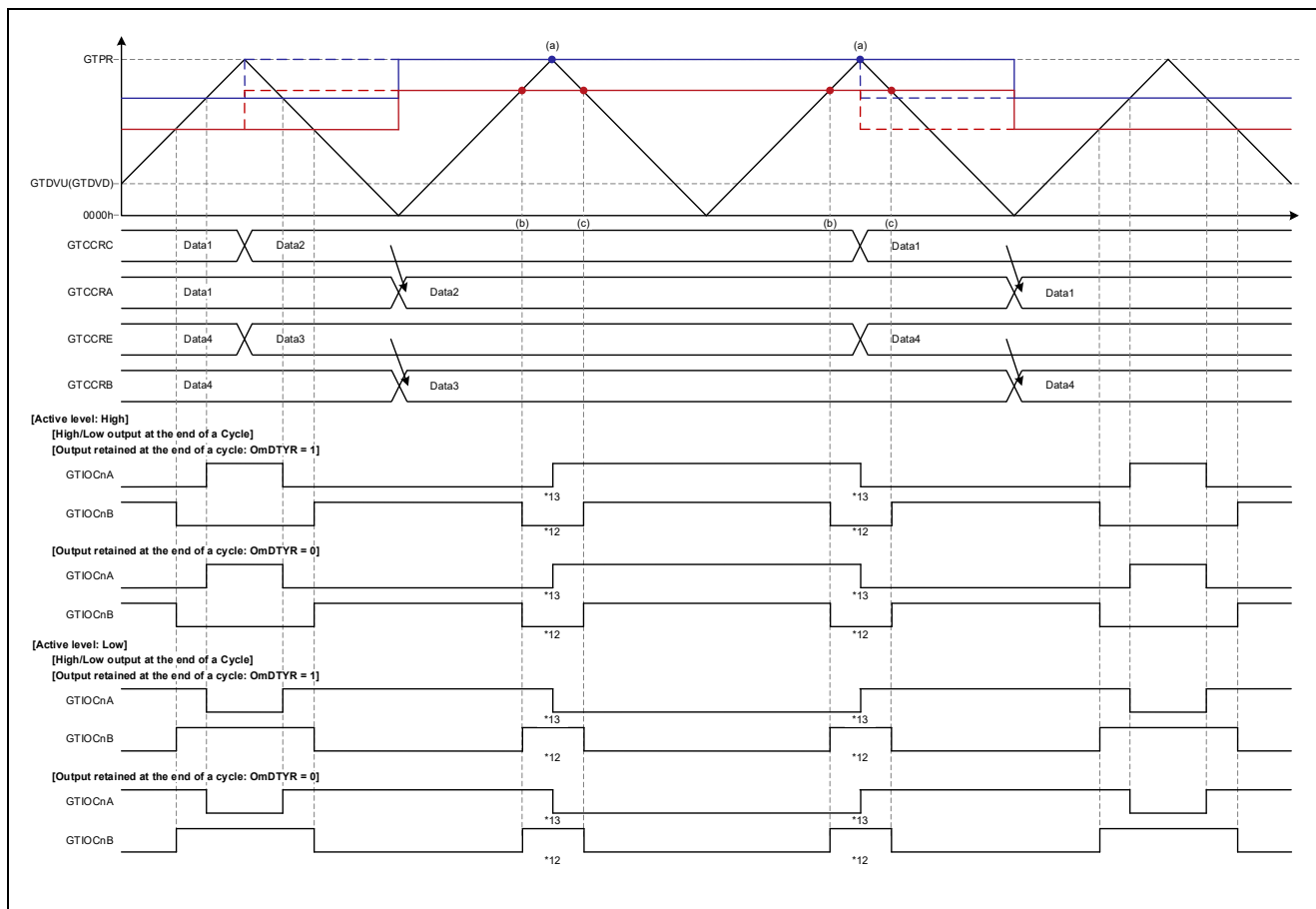


図 1-112 三角波 PWM モード 1 の動作例

(谷転送、デッドタイム自動設定機能未使用、

D (正常値) → GTPR (異常値) : 谷転送、GTPR (異常値) → D (正常値) : 谷転送)

■ 動作例 2 : 三角波 PWM モード 2 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送)

図 1-113に三角波 PWM モード 2 において谷のバッファ転送で GTCCRA に GTPR と同じ値を転送した動作例を示します。バッファ書き換えタイミング、転送タイミングの違いを除き、図 1-112と同じ動きをします。

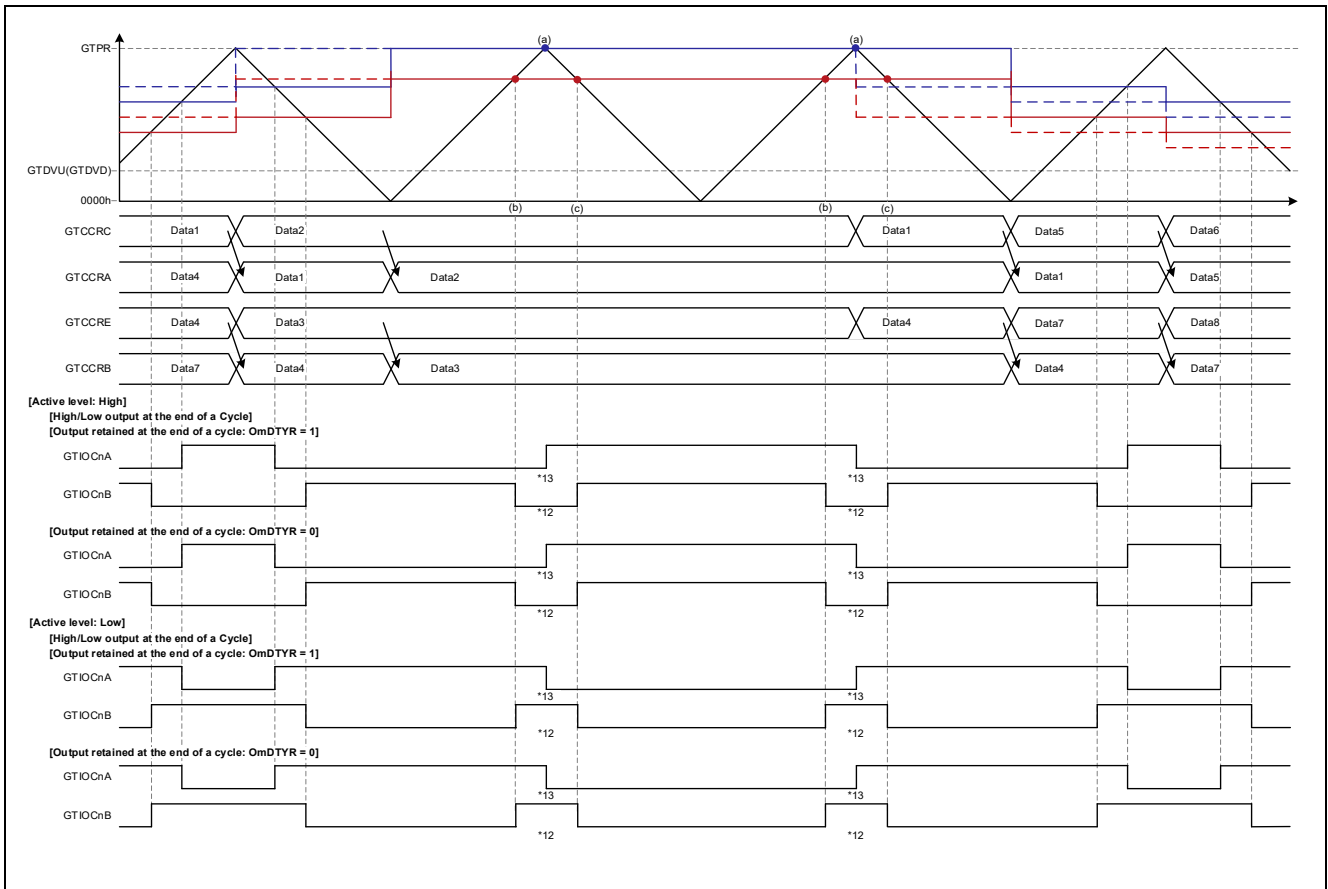


図 1-113 三角波 PWM モード 2 の動作例
 (山谷転送、デッドタイム自動設定機能未使用、
 D (正常値) → GTPR (異常値) : 谷転送、GTPR (異常値) → D (正常値) : 谷転送)

■ 動作例 3 : 三角波 PWM モード 3 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送)

図 1-114 に三角波 PWM モード 3 において谷のバッファ転送で GTCCR A に GTPR と同じ値を転送した動作例を示します。バッファ書き換えタイミング、転送タイミングの違いを除き、図 1-112 と同じ動きをします。

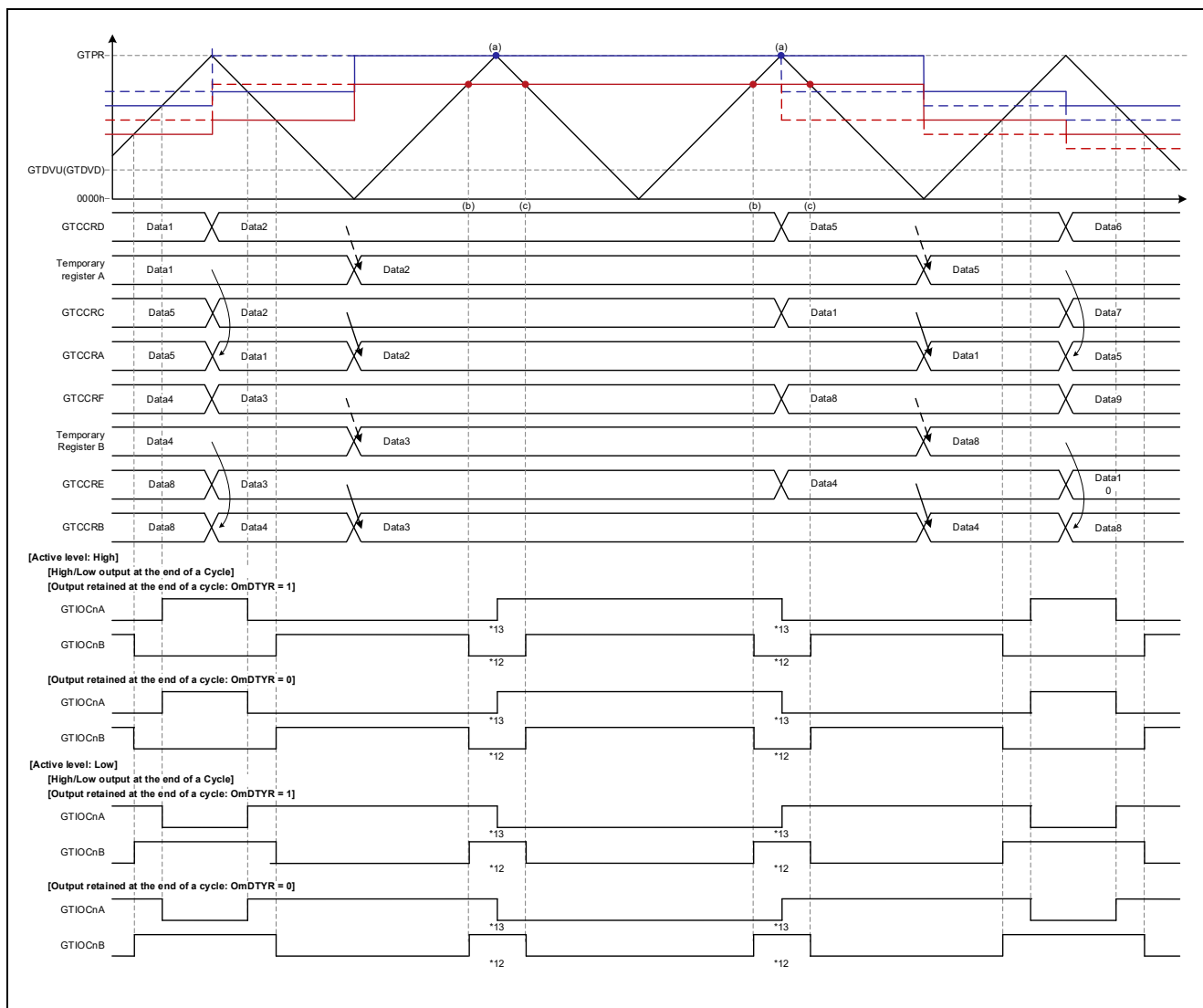


図 1-114 三角波 PWM モード 3 の動作例

(谷転送、デッドタイム自動設定機能未使用、

D (正常値) → GTPR (異常値) : 谷転送、GTPR (異常値) → D (正常値) : 谷転送)

1.4.3.3 異常値（GTPR レジスタ設定値より大きい値）を設定した場合の動作例

表 1-14 出力波形一覧において、異常値（GTPR レジスタ設定値より大きい値）を設定した場合の動作例
図 1-115 ~ 図 1-117並びに注意事項について説明します。

- 動作例 1 : 図 1-115 三角波 PWM モード 1 異常値（谷転送）／正常値（谷転送） 注意事項*12
- 動作例 2 : 図 1-116 三角波 PWM モード 2 異常値（谷転送）／正常値（谷転送） 注意事項*12
- 動作例 3 : 図 1-117 三角波 PWM モード 3 異常値（谷転送）／正常値（谷転送） 注意事項*12

■ 各動作例の動作条件と図の凡例及び注意事項

- Duty : D → G → D
 - D > GTDVU
 - G > GTPR
- 図の凡例
 - 青点線 : 正相側バッファレジスタ（GTCCRC）の設定タイミングと値の変化
 - 青実線 : 正相側コンペアレジスタ（GTCCRA）の設定タイミングと値の変化
 - 赤点線 : 逆相側バッファレジスタ（GTCCRE）の設定タイミングと値の変化
 - 赤実線 : 逆相側コンペアレジスタ（GTCCRB）の設定タイミングと値の変化

デッドタイム自動設定機能使用中デッドタイムエラー発生時は逆相波形の変化ポイント

 - Data1 : D
 - Data2 : G
- 注意事項
 - *12 G に対する GTCCRB の値が GTPR により近いほど逆相は極小パルスになる
(GTCCRB の値が GTPR より大きい値の場合、出力は変化しない)

■ 動作例 1：三角波 PWM モード 1 異常値（谷転送）／正常値（谷転送）

図 1-115に三角波 PWM モード 1 において谷のバッファ転送で GTCCRA に GTPR より大きい値を転送した動作例を示します。

- (a) GTCCRA の値が GTPR 以上なので出力は変化しない
- (b) GTCCRA の影響は受けず、GTCCRB のコンペアマッチが発生し逆相は OFF する
- (c) GTCCRA の影響は受けず、GTCCRB のコンペアマッチが発生し逆相は ON する

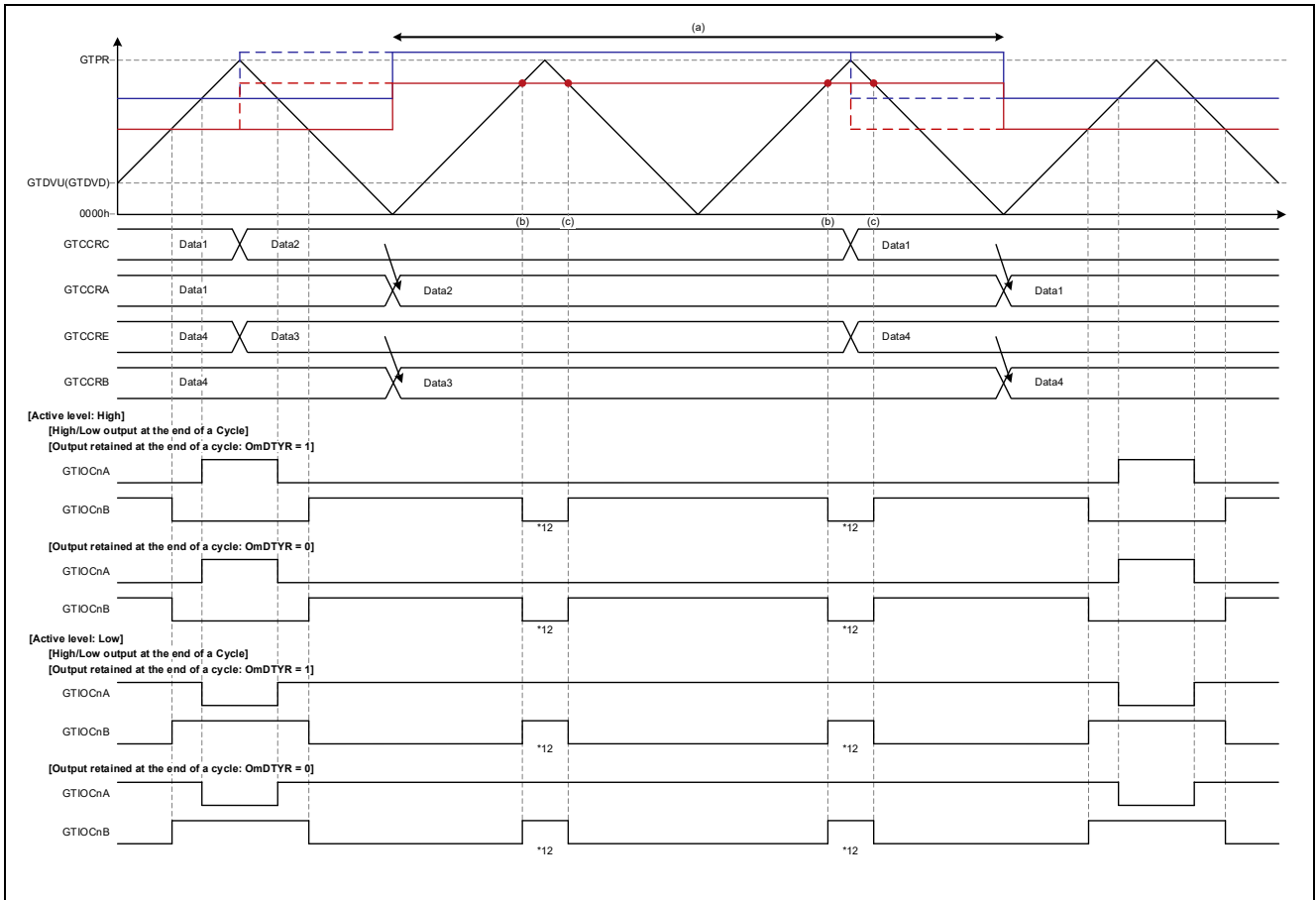


図 1-115 三角波 PWM モード 1 の動作例
 （谷転送、デッドタイム自動設定機能未使用、
 D（正常値）→ GTPR より大きい値（異常値）：谷転送、
 GTPR より大きい値（異常値）→ D（正常値）：谷転送）

■ 動作例 2 : 三角波 PWM モード 2 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送)

図 1-116 に三角波 PWM モード 2 において谷のバッファ転送で GTCCR A に GTPR より大きい値を転送した動作例を示します。バッファ書き換えタイミング、転送タイミングの違いを除き、図 1-115 と同じ動きをします。

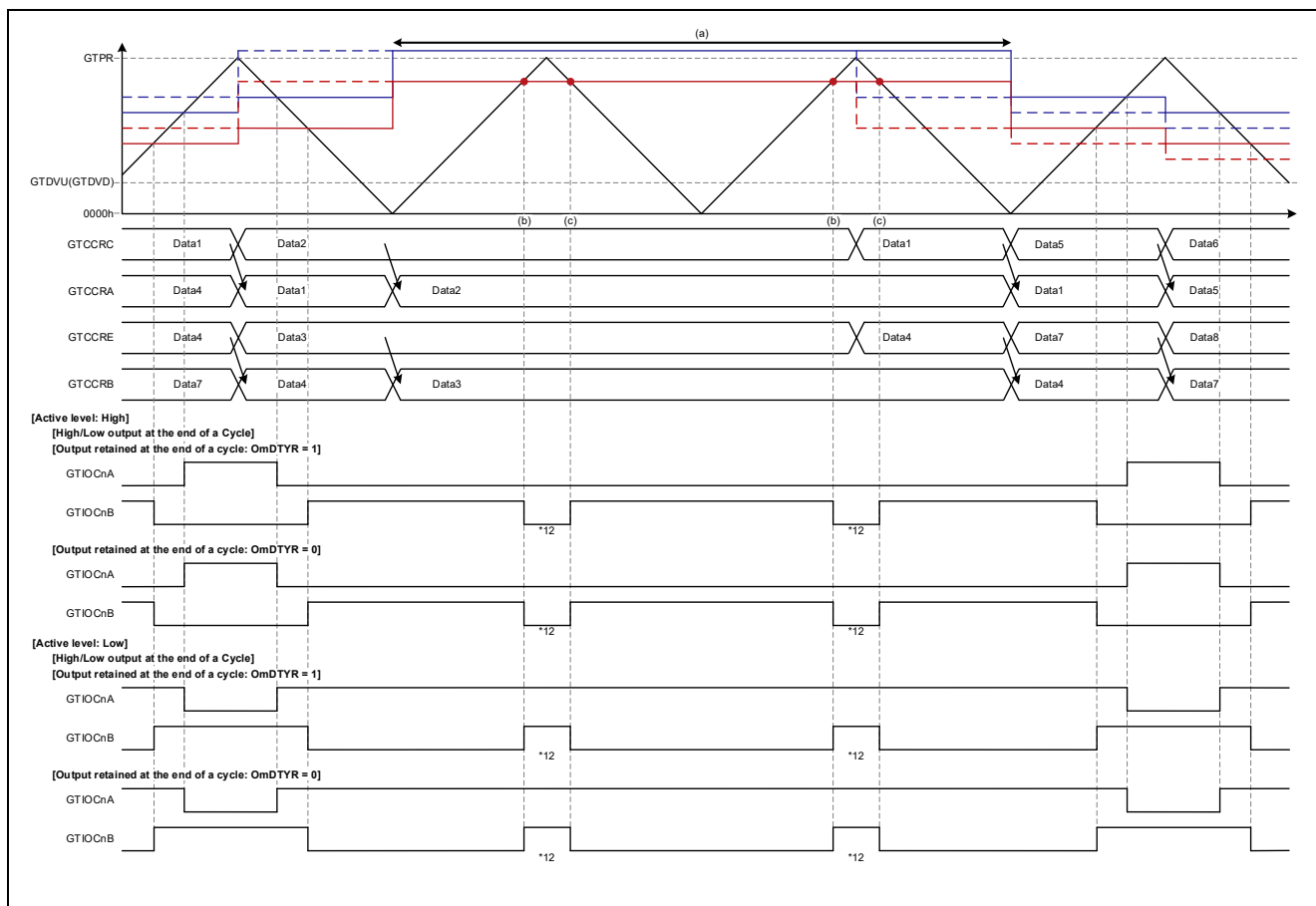


図 1-116 三角波 PWM モード 2 の動作例
 (山谷転送、デッドタイム自動設定機能未使用、
 D (正常値) → GTPR より大きい値 (異常値) : 谷転送、
 GTPR より大きい値 (異常値) → D (正常値) : 谷転送)

■ 動作例 3 : 三角波 PWM モード 3 異常値 (谷転送) / 正常値 (谷転送)

図 1-117に三角波 PWM モード 3 において谷のバッファ転送で GTCCRA に GTPR より大きい値を転送した動作例を示します。バッファ書き換えタイミング、転送タイミングの違いを除き、図 1-115と同じ動きをします。

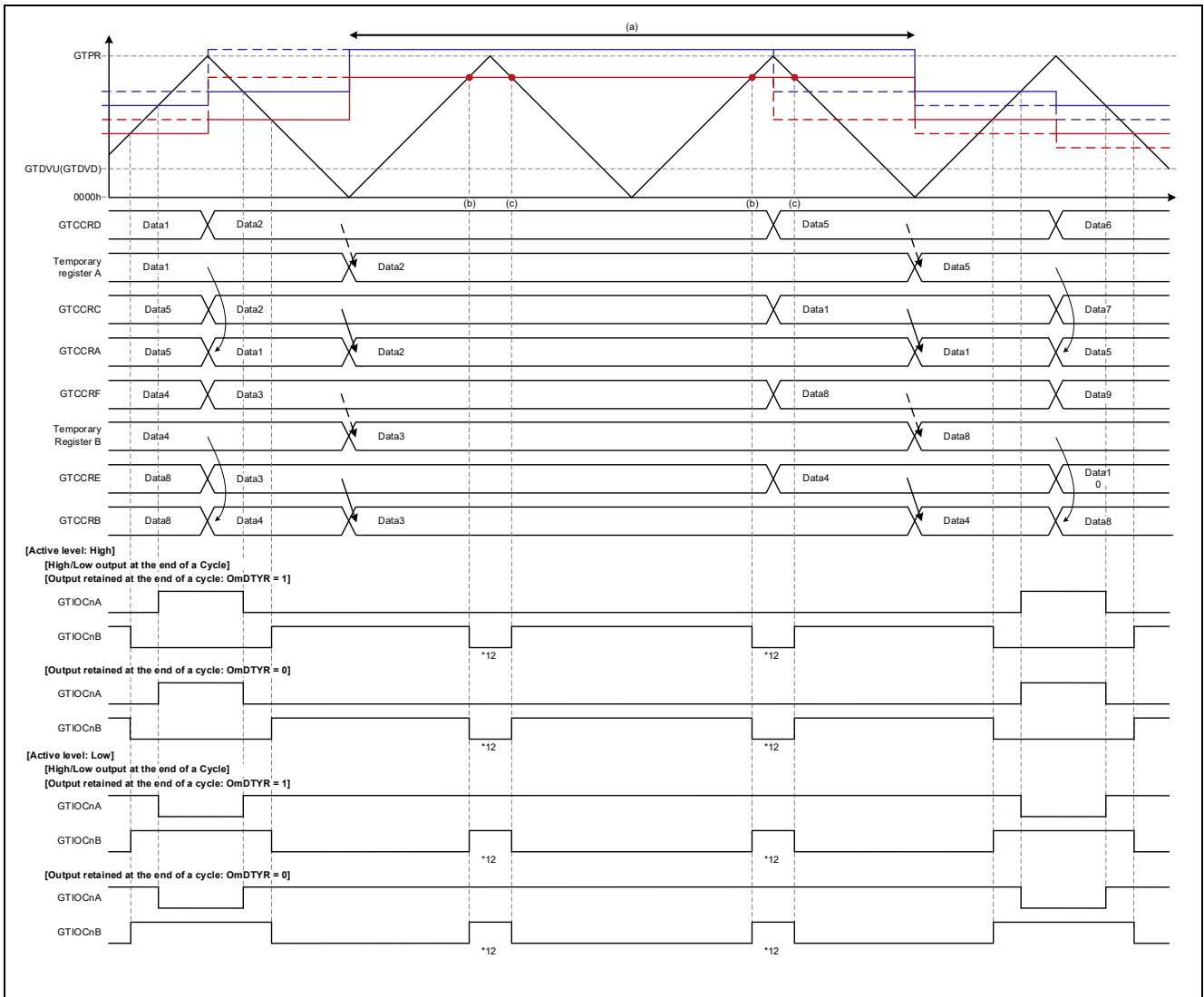


図 1-117 三角波 PWM モード 3 の動作例
 (谷転送、デッドタイム自動設定機能未使用、
 D (正常値) → GTPR より大きい値 (異常値) : 谷転送、
 GTPR より大きい値 (異常値) → D (正常値) : 谷転送)

1.5 GPTW 0%、100%切り替えレジスタによるデッドタイムについて

GPTW は GTUDDTYC.OADTY[1:0]、OBDTY[1:0]ビットの値を変更することで、Duty 0%/100%を出力します。GTUDDTYC.OADTY[1:0]、OBDTY[1:0]ビットの値は、どちらもアンダフロー発生時（谷）に反映されるので、正相、逆相、同時に変化します。そのため GPTW の 0%、100%出力時にはデッドタイムがありません。

図 1-118に GPTW デッドタイム自動設定未使用時の Duty 0%/100%の動作例、図 1-119に MTU の Duty 0%、100%の動作例を示します。図中の黄色の網掛けはデッドタイムを示します。

GPTW の 100%出力の移行時（図 1-118 (a)）、復帰時（図 1-118 (b)）に正相、逆相が同時に変化するためデッドタイムが保証されません。MTU は 100%出力の移行時（図 1-119 (c)）、復帰時（図 1-119 (d)）は逆相の変化は無視されて Low に固定となり、デッドタイムが保証されます。

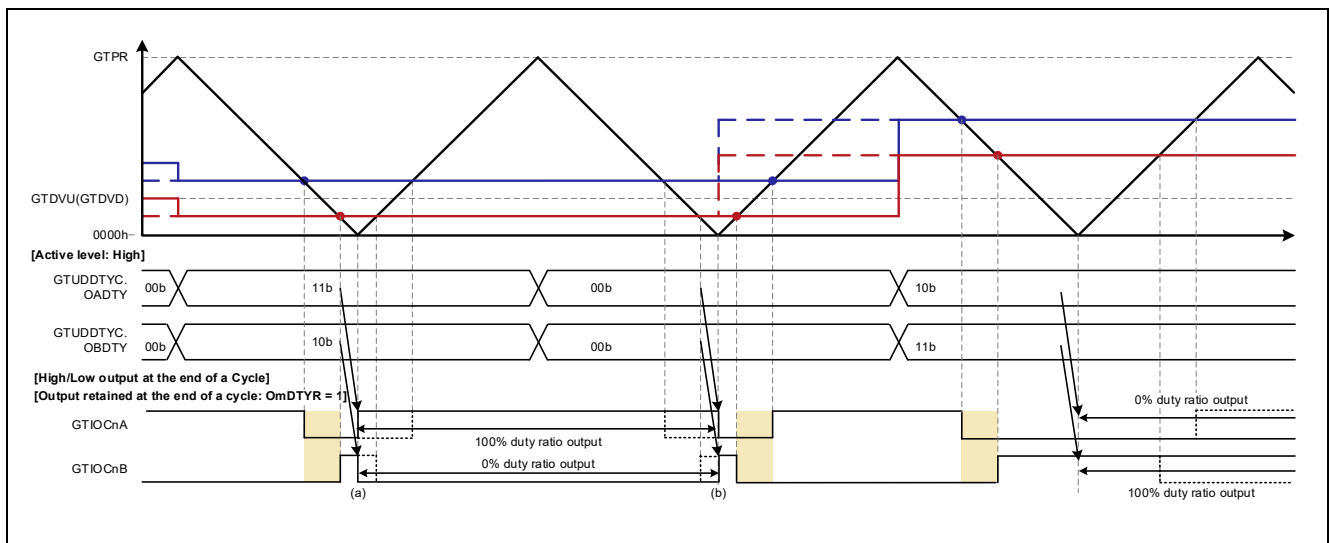


図 1-118 GPTW の動作例

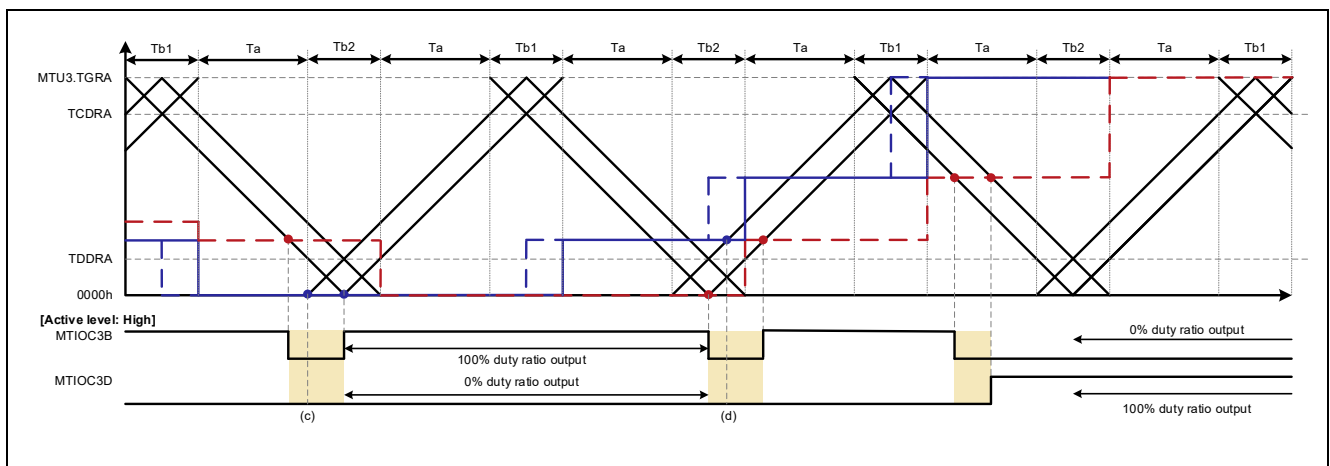


図 1-119 MTU の動作例

2. 動作確認条件

本アプリケーションノートのサンプルコードは、以下に示す条件で動作を確認しています。

表 2-1 動作確認環境

項目	内容
使用 MCU	R5F566TEADFP (Renesas Starter Kit for RX66T 搭載)
動作周波数	メインクロック : 8MHz PLL : 160MHz (メインクロック x 1/1 x 20) HOCO : 停止 LOCO : 停止 システムクロック (ICLK) : 160MHz (PLL x 1/1) 周辺モジュールクロック A (PCLKA) : 80MHz (PLL x 1/2) 周辺モジュールクロック B (PCLKB) : 40MHz (PLL x 1/4) 周辺モジュールクロック C (PCLKC) : 160MHz (PLL x 1/1) 周辺モジュールクロック D (PCLKD) : 40MHz (PLL x 1/4) FlashIF クロック (FCLK) : 40MHz (PLL x 1/4)
動作電圧	3.3V
総合開発環境	ルネサスエレクトロニクス e ² studio Version 2022-07
C コンパイラ ^注	ルネサスエレクトロニクス C/C++ Compiler Package for RX Family V3.04.00 コンパイラオプション 統合開発環境のデフォルト設定が適用されます。
RX スマート・コンフィグレータ	V2.14.0
ボードサポートパッケージ (r_bsp)	V7.20
エンディアン	リトルエンディアン
動作モード	シングルチップモード
プロセッサモード	スーパーバイザモード
サンプルコードバージョン	V1.00
使用ボード	Renesas Starter Kit for RX66T (型名 : RTK50566T0CxxxxxBE)
エミュレータ	E2-Lite

注 元のプロジェクトで指定するツールチェーン(C コンパイラ) と同一のバージョンがインポートする先がない場合は、ツールチェーンが選択されない状態になり、エラーが発生します。プロジェクトの設定画面でツールチェーンの選択状態を確認してください。

設定方法は、FAQ 3000404 を参照してください。

FAQ 3000404 :インポートしたプロジェクトをビルドすると「PATH でプログラム"make"が見つかりません」エラーになる(e² studio)

3. MTU サンプルコード

3.1 共通

3.1.1 サンプルコード一覧

本アプリケーションノートは、スマート・コンフィグレータを使用した以下のサンプルコードを用意しています。

サンプルコードはルネサスエレクトロニクスホームページから入手してください。

表 3-1 MTU サンプルコード一覧

名称	サンプルコードの使用条件	参照
0%、100%近傍の動作 r01an6539_rx66t_mtu3.zip	<ul style="list-style-type: none">相補 PWM モード 3 (山と谷で転送)シングルバッファ	3.2

3.1.2 フォルダ構成

サンプルコードの主なフォルダ構成は以下のとおりです。

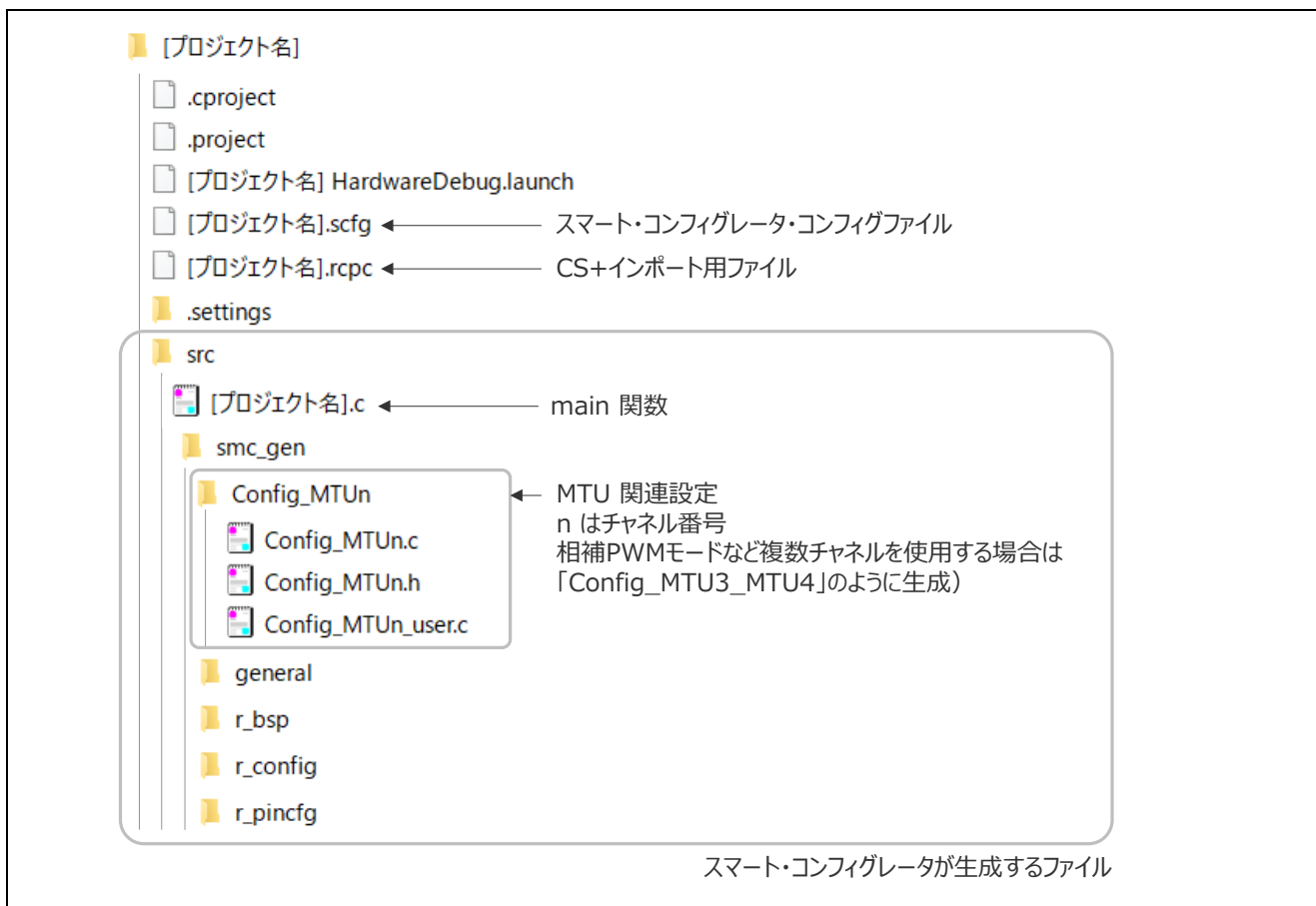


図 3-1 MTU フォルダ構成

3.1.3 ファイル構成

サンプルコードの主なファイル構成は以下のとおりです。

表 3-2 MTU ファイル構成

ファイル名	内容
[プロジェクト名].c	<p><u>main 関数</u> メイン関数です スマート・コンフィグレータが空関数を生成します。サンプルコード毎に必要な処理を記述します。</p>
Config_MTUn.c [※]	<p><u>R Config MTUn Create 関数</u> MTU の初期設定関数です。 スマート・コンフィグレータの設定に従った初期化関数を、スマート・コンフィグレータが生成します。 本関数の呼び出しはスマート・コンフィグレータが生成します。main 関数前に実行される R_SystemInit 関数から呼び出されます。</p>
	<p><u>R Config MTUn Start 関数</u> MTU のカウント開始関数です。 スマート・コンフィグレータが生成する関数です。 サンプルコードでは main 関数から呼び出します。</p>
	<p><u>R Config MTUn Stop 関数</u> MTU のカウント停止関数です。 スマート・コンフィグレータが生成する関数です。 サンプルコードでは使用しません。</p>
Config_MTUn_user.c [※]	<p><u>r Config MTUn Create UserInit 関数</u> MTU の初期設定用ユーザ関数です。 スマート・コンフィグレータが空関数を生成します。サンプルコード毎に必要な処理を記述します。 本関数は、スマート・コンフィグレータが生成する R_Config_MTUn_Create 関数の最後で呼び出されます。</p>
	<p><u>r Config MTUn [割り込み名] interrupt 関数</u> 割り込みハンドラ関数です。 スマート・コンフィグレータが空関数を生成します。サンプルコード毎に必要な処理を記述します。</p>
Config_MTUn.h [※]	<p>MTU 関連関数が定義されたヘッダファイルです。 本ファイルはスマート・コンフィグレータが生成する r_smc_entry.h ファイルでインクルードされています。 MTU 関連関数を使用する場合は、r_smc_entry.h ファイルをインクルードします。</p>

※ : n はチャネル番号

3.1.4 コンポーネントの追加

サンプルコードは、スマート・コンフィグレータを使用して、以下のとおり MTU を追加しています。

表 3-3 コンポーネントの追加

項目	内容
コンポーネント	各サンプルコードの章を参照してください（下図①）
コンフィグレーション名	サンプルコードでは初期設定名を使用しています
動作	各サンプルコードの章を参照してください（下図②）
リソース	各サンプルコードの章を参照してください（下図③）

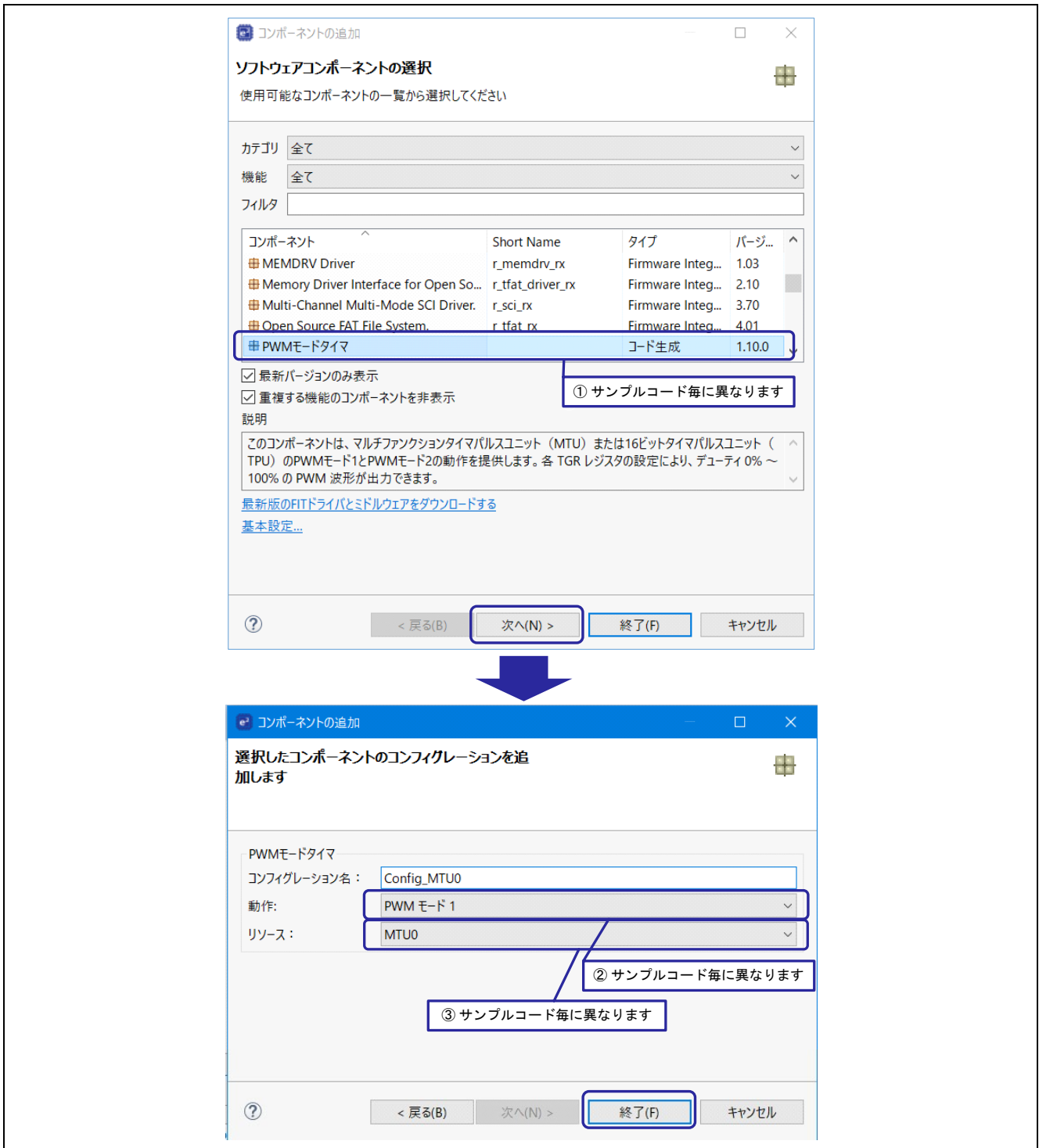


図 3-2 コンポーネントに追加

3.1.5 端子設定

スマート・コンフィグレータで端子を設定する例を図 3-3に示します。

端子の設定は、MTU の設定後に行います。MTU の設定は、各サンプルコードの「スマート・コンフィグレータ設定」を参照してください。

端子設定は、スマート・コンフィグレータが生成する R_Config_MTUn_Create 関数内で行われます。

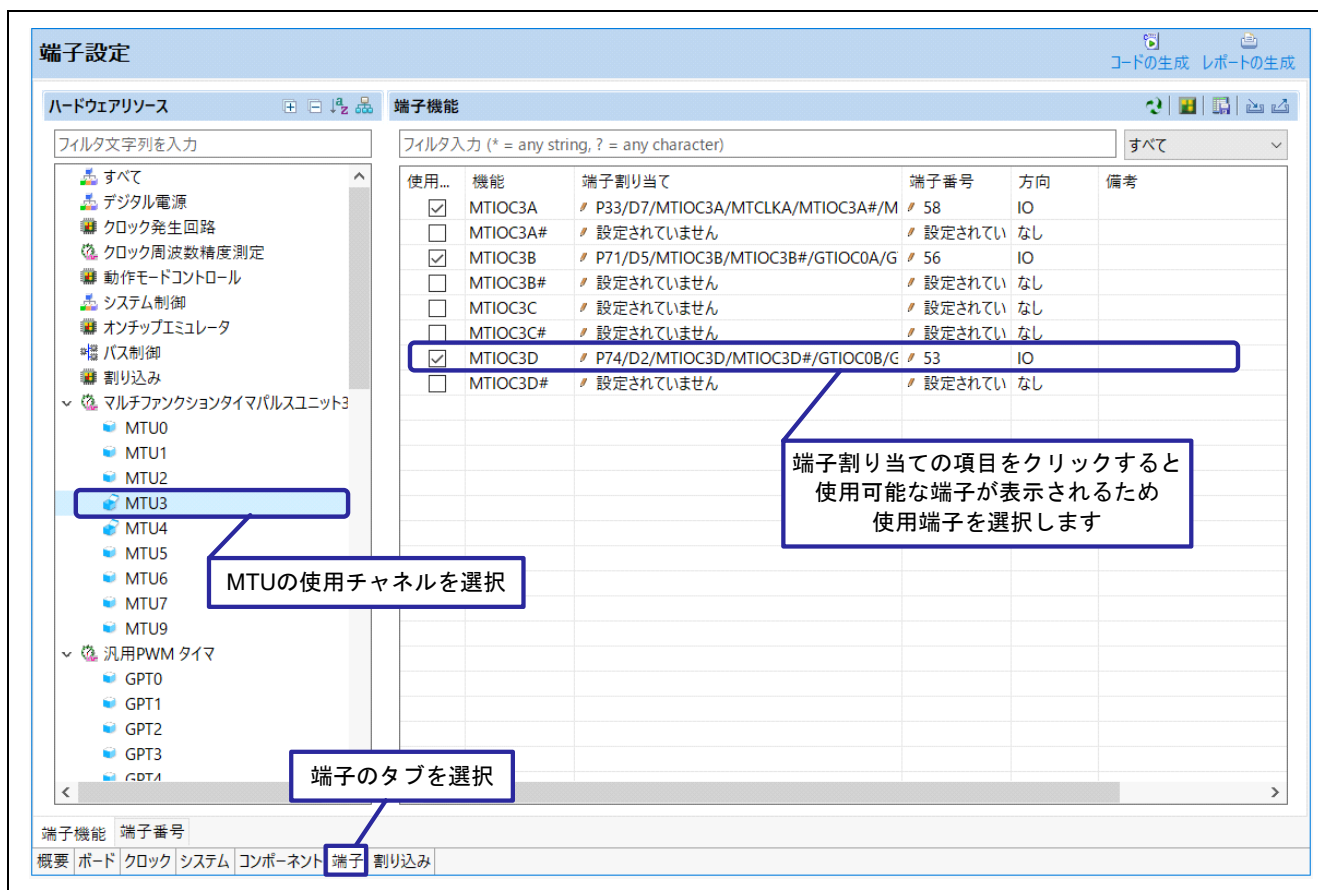


図 3-3 端子設定

3.1.6 割り込み設定

スマート・コンフィグレータで割り込みを設定する例を図 3-4に示します。選択型割り込み A の詳細は、「RX66T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」の「14.4.5.1 選択型割り込み A」を参照してください。

割り込み設定は、MTU の設定後に行います。MTU の設定は、各サンプルコードの「スマート・コンフィグレータ設定」を参照してください。

割り込み設定は、スマート・コンフィグレータが生成する R_Config_MTUn_Create 関数、R_Config_MTUn_Start 関数、R_Config_MTUn_Stop 関数内で行われます。

割り込みハンドラ関数は、スマート・コンフィグレータが生成する Config_MTUn_user.c ファイル内に、r_Config_MTUn_[割り込み名]_interrupt の名称で作成されます。

割り込み設定

コードの生成 レポートの生成

割り込みベクタ

上へ移動 下へ移動

フィルタ文字列を入力

ベクタ番号	割り込み	周辺機能	優先レベル	状態	高速割り込み
184	CMPC4	CMPC4	レベル15		<input type="checkbox"/>
185	CMPC5	CMPC5	レベル15		<input type="checkbox"/>
208	INTA208 (TGIA0)	MTU0	レベル15		<input type="checkbox"/>
209	INTA209 (TGIB0)	MTU0	レベル15		<input type="checkbox"/>
210	INTA210 (TGIC0)	MTU0	レベル15		<input type="checkbox"/>
211	INTA211 (TGID0)	MTU0	レベル15		<input type="checkbox"/>
212	INTA212 (TCIV0)	MTU0	レベル15		<input type="checkbox"/>
213	INTA213 (TGIE0)	MTU0	レベル15		<input type="checkbox"/>
214	INTA214 (TGIF0)	MTU0	レベル15		<input type="checkbox"/>
215	INTA215 (TGIA1)	MTU1	レベル15		<input type="checkbox"/>
216	INTA216 (TGIB1)	MTU1	レベル15		<input type="checkbox"/>
217	INTA217 (TCIV1)	MTU1	レベル15		<input type="checkbox"/>
218	INTA218 (TCIU1)	MTU1	レベル15		<input type="checkbox"/>
219	INTA219 (TGIA2)	MTU2	レベル15		<input type="checkbox"/>
220	INTA220 (TGIB2)	MTU2	レベル15		<input type="checkbox"/>
221	INTA221 (TCIV2)	MTU2	レベル15		<input type="checkbox"/>
222	INTA222 (TCIU2)	MTU2	レベル15		<input type="checkbox"/>
223	INTA223 (TGIA3)	MTU3	レベル15	使用中	<input checked="" type="checkbox"/>
224	INTA224 (TGIB3)	MTU3	レベル15		<input type="checkbox"/>
225	INTA225 (TGIC3)	MTU3	レベル15		<input type="checkbox"/>
226	INTA226 (TGID3)	MTU3	レベル15		<input type="checkbox"/>
227	INTA227 (TCIV3)	MTU3	レベル15		<input type="checkbox"/>

注意:
この割り込みレベルの設定はFITモジュールに反映されません。
割り込み優先レベルを正しく設定するために、各FITモジュールの割り込み優先レベルを設定してください。

概要 ボード クロック システム コンポーネント 端子 割り込み

割り込みの項目をクリックすると、
選択可能な割り込み名が表示されるため
使用する割り込みを選択します

割り込みのタブを選択

図 3-4 割り込み設定

3.2 0%、100%近傍の動作

- 対象サンプルコードファイル名 : r01an6539_rx66t_mtu3.zip

3.2.1 概要

MTU の 0%、100%近傍の動作を行うサンプルコードです。

本サンプルコードでは MTU の相補 PWM モード 3 (山谷で転送) を使用し、Duty 0%近傍または 100%近傍の波形出力を繰り返します。

- Duty 0%近傍 : 8% → 4% → 0% → 0% → 4% → 8%
- Duty 100%近傍 : 92% → 96% → 100% → 100% → 96% → 92%

相補 PWM モードは 3 相 (U, V, W 相) の波形出力が可能です。本サンプルコードは 1 相 (正相/逆相) のみ波形出力します。

以下に、サンプルコードが使用する MTU の設定を示します。

- 相補 PWM モード 3(山と谷で転送) を使用
- チャンネル 3、チャンネル 4 を使用
- キャリア周期は 1ms
- デッドタイムは 25 μ s
- タイマカウントクロックは 40MHz (PCLKC/4)
- MTU3.TGRA は MTU3.TCNT の上限値を設定
(キャリア周期の 1/2 + デッドタイム)
- バッファ転送タイミングを設定
— カウンタの山と谷で転送
- 初期出力値は Low、アクティブレベルは High
- MTU3.TGRB を Duty レジスタとして使用
— 正相 : アップカウントコンペアマッチ時は High 出力,
 ダウンカウントコンペアマッチ時は Low 出力
— 逆相 : アップカウントコンペアマッチ時は Low 出力,
 ダウンカウントコンペアマッチ時は High 出力
- バッファレジスタを使用
— MTU3.TGRD を MTU3.TGRB の
 バッファレジスタとして使用
— バッファレジスタ初期値は図 3-6、図 3-7を参照
- 周期ごとに Duty を変更
— MTU3.TGRA コンペアマッチ割り込みで Duty を変更
— Duty の変更タイミングは図 3-6、図 3-7を参照

スマート・コンフィグレータで設定可能
設定方法は3.2.3を参照してください

本サンプルコードにおける構成を以下に示します。

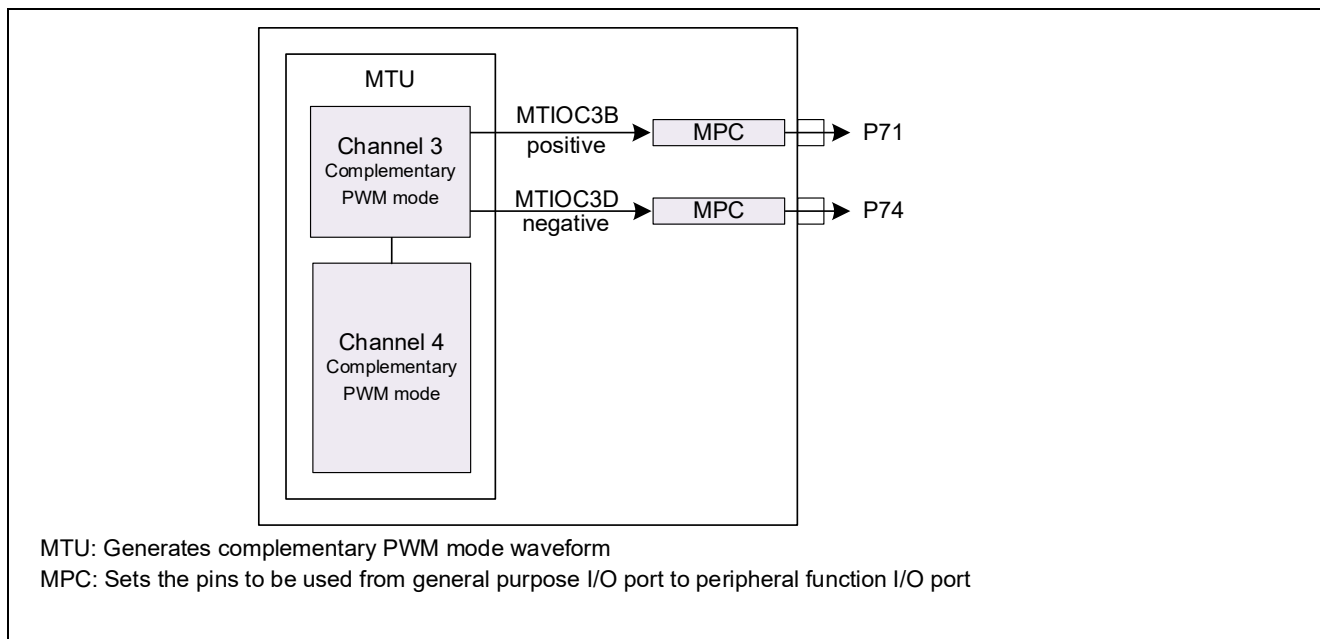


図 3-5 サンプルコードの構成

3.2.2 動作詳細

本サンプルコードは Duty 0%近傍 (8% → 4% → 0% → 0% → 4% → 8%) の設定になっています。Duty 100%近傍 (Duty : 92% → 96% → 100% → 100% → 96% → 92%) に変更する場合は、Config_MTU3_MTU4_user.c の以下の設定を変更してください。

- 0%近傍の場合

```
#define PRV_COMPARE_DATA_0      (1)
#define PRV_COMPARE_DATA_100  (0)
```

- 100%近傍の場合

```
#define PRV_COMPARE_DATA_0      (0)
#define PRV_COMPARE_DATA_100  (1)
```

Duty 0%近傍、Duty 100%近傍の各動作について以下に示します。

- Duty 0%近傍 : 8% → 4% → 0% → 0% → 4% → 8%

- 動作

相補 PWM モード 3 で Tb1 区間 (山) にバッファ書き換えを行います (図 3-6)。

- テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF のまま
- ON (赤丸) と OFF (青丸) するコンペアマッチが同時に発生し、逆相は変化しない
- ON するコンペアマッチが発生するが、(c)の OFF が優先されるため正相は変化しない

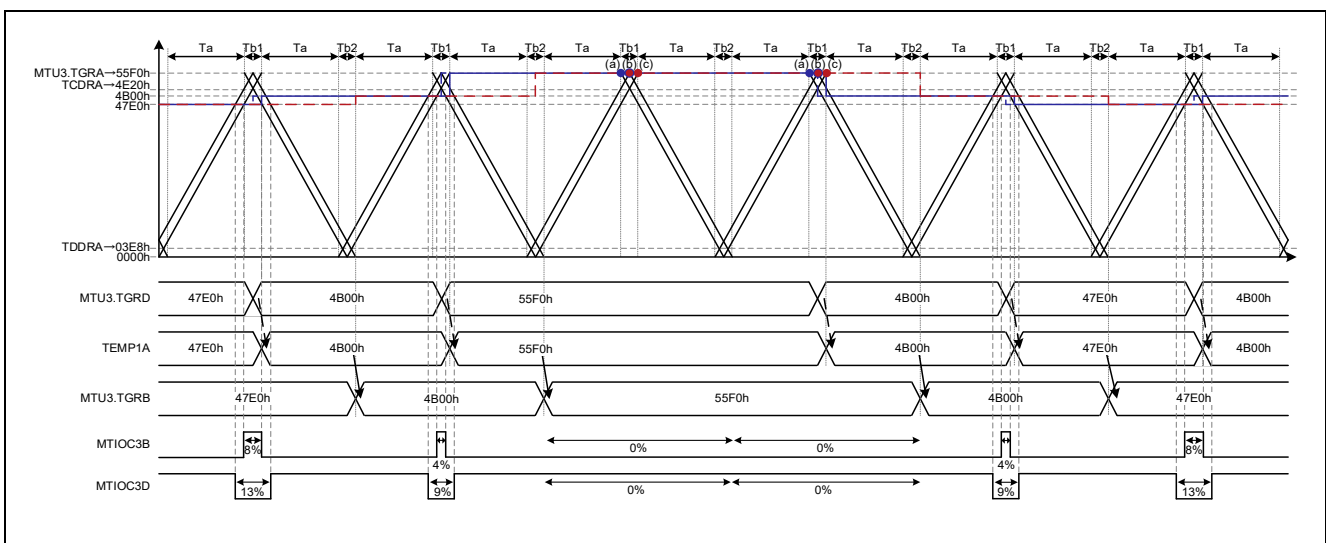


図 3-6 サンプルコードの動作 (0%近傍、Duty : 8% → 4% → 0% → 0% → 4% → 8%)

- Duty 100%近傍 : 92% → 96% → 100% → 100% → 96% → 92%

- 動作

相補 PWM モード 3 で Tb1 区間 (山) にバッファ書き換えを行います (図 3-7)。

- コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON
- テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、逆相 OFF のまま
- ON (青丸) と OFF (赤丸) するコンペアマッチが同時に発生し、正相は変化しない
- ON するコンペアマッチが発生するが、(c)の OFF が優先されるため逆相は変化しない
- コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は OFF
- テンポラリレジスタとのコンペアマッチが発生、正相は ON

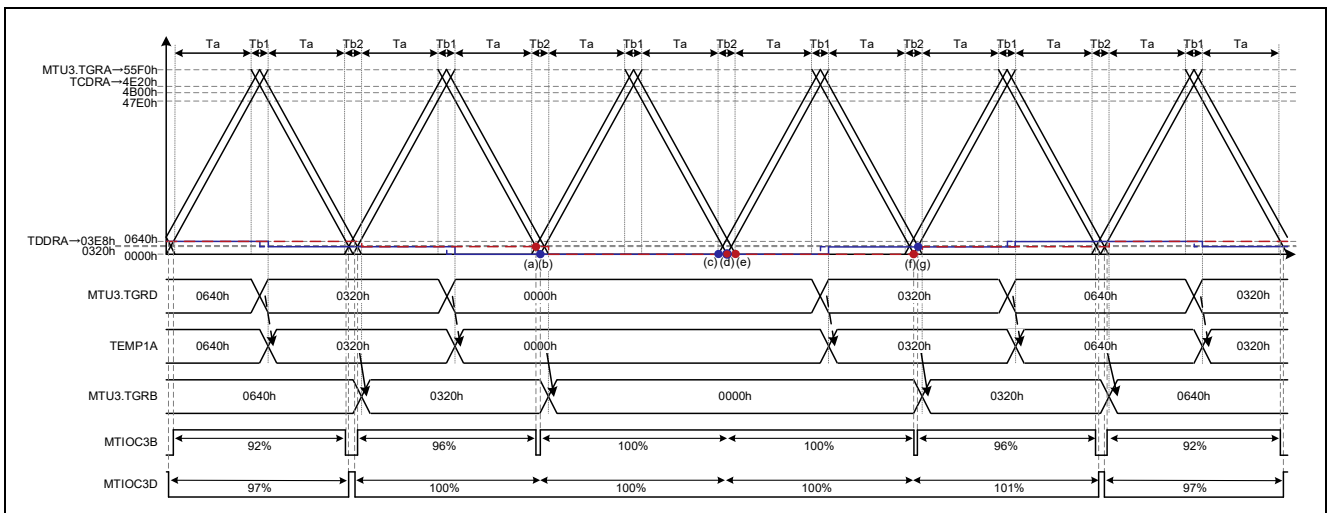


図 3-7 サンプルコードの動作

(100%近傍、Duty : 92% → 96% → 100% → 100% → 96% → 92%)

3.2.3 スマート・コンフィグレータ設定

サンプルコードは、スマート・コンフィグレータを使用して、以下のとおり MTU を追加しています。コンポーネントの追加方法については、「3.1.4コンポーネントの追加」を参照してください。

表 3-4 コンポーネントの追加

項目	内容
コンポーネント	相補 PWM モードタイマ
コンフィグレーション名	Config_MTU3_MTU4
動作	相補 PWM モード 3 (山谷で転送)
リソース	MTU3_MTU4

基本設定

同期動作設定
 このチャンネルを同期動作に含める

TCNT3カウンタ設定
 カウンタクリア要因: カウンタクリアなし
 カウンタクロックの選択: PCLK/4 (立上りエッジ)
 タイマカウントクロックは40MHz (PCLK/4)

外部クロック端子設定
 MTLKA端子のノイズフィルタを有効
 ノイズフィルタクロックの選択: PCLK

PWM出力設定
 タイマ動作周期: 1 ms (実際の値: 1)
 デッドタイム許可 デッドタイム: 25 us (実際の値: 25)
 キャリア周期1ms
 デッドタイム25us
 MTU3.TGRAレジスタ値: 21000
 MTU3.TGRBレジスタ値: 10000 (MTU3.TGRB初期値設定注)
 MTU4.TGRAレジスタ値: 100
 MTU4.TGRBレジスタ値: 100

詳細設定

ブラシレスDCモータ制御設定
 ソフトウェアまたは外部信号入力によるU、V、W相の出力制御を有効にする

出力制御方法: 外部入力
 正相出力制御 (初期値): レベル出力
 逆相出力制御 (初期値): レベル出力

出力端子設定
 MTIOC3Aトグル出力を有効にする
 PWM出力レベルの設定のバッファ転送タイミング: カウンタの山、谷で転送
 バッファ転送タイミングを設定カウンタの山、谷で転送

U相を許可: MTIOC3B端子の初期出力レベル (正相)
 アクティブレベル: H (初期出力: L, カウントアップでコンペアマッチで出力: H, ダウンカウントにコンペアマッチ時の出力: L)
 U相を許可: MTIOC3D端子の初期出力レベル (逆相)
 アクティブレベル: H (初期出力: L, カウントアップでコンペアマッチで出力: L, ダウンカウントにコンペアマッチ時の出力: H)

アクティブレベル: High、初期出力値: Low
 正相: アップカウントコンペアマッチ時はHigh出力、ダウンカウントコンペアマッチ時はLow出力
 逆相: アップカウントコンペアマッチ時はLow出力、ダウンカウントコンペアマッチ時はHigh出力

注 出力 Duty (8%または92%) のコンペアマッチレジスタ設定は R_Config_GPT0_Create_UserInit 関数で行います。

図 3-8 MTU3、MTU4 の設定(1/2)

割り込み設定	
割り込み間引きモード	割り込み間引き機能1(コンペアマッチ割り込み間引き)
割り込み間引き回数	0回 (割り込み間引き機能を使用しない)
<input checked="" type="checkbox"/> コンペアマッチ割り込み(TGIA3)許可	優先順位 レベル15 (最高)
割り込み間引き回数	0回 (割り込み間引き機能を使用しない)
<input type="checkbox"/> コンペアマッチ割り込み(TGIB3)許可	優先順位 レベル15 (最高)
<input type="checkbox"/> コンペアマッチ割り込み(TGIA4)許可	優先順位 レベル15 (最高)
<input type="checkbox"/> コンペアマッチ割り込み(TGIB4)許可	優先順位 レベル15 (最高)
<input type="checkbox"/> アンダーフロー割り込み(TCIV4)許可	優先順位 レベル15 (最高)
割り込み間引き回数	0回 (割り込み間引き機能を使用しない)
バッファレジスタと同期クリア動作設定	
<input type="checkbox"/> 同期カウンタクリア時、直前の波形を保持する	
<input type="checkbox"/> ダブルバッファ機能を有効にする	
バッファレジスタからテンポラリレジスタへの転送タイミング	割り込み間引き機能1と連動しない
A/D変換開始トリガ設定	
<input type="checkbox"/> カウンタ値の山でA/D変換開始を要求(MTU3のトリガ信号 TRGA3N)	
<input type="checkbox"/> カウンタ値の谷でA/D変換開始を要求(MTU4のトリガ信号 TRGA4N)	
<input type="checkbox"/> 周期レジスタ値とカウンタ値のコンペアマッチによりA/D変換開始を要求 (MTU4のトリガ信号 TRG4ABN)	
<input type="checkbox"/> 周期レジスタAとカウンタの一致によるA/D変換開始を有効にする	
A/D変換トリガ出力条件	カウントアップ時の一致で出力
A/D変換開始要求周期レジスタA初期値	65535
周期バッファレジスタA初期値	65535
<input type="checkbox"/> TGIA3割り込み間引き機能と連動	
<input type="checkbox"/> TCIV4割り込み間引き機能と連動	
<input type="checkbox"/> 周期レジスタBとカウンタの一致によるA/D変換開始を有効にする	
A/D変換トリガ出力条件	カウントアップ時の一致で出力
A/D変換開始要求周期レジスタB初期値	65535
周期バッファレジスタB初期値	65535
<input type="checkbox"/> TGIA3割り込み間引き機能と連動	
<input type="checkbox"/> TCIV4割り込み間引き機能と連動	
<input type="checkbox"/> 周期設定バッファレジスタから周期設定レジスタへ転送する	カウンタの山で転送
A/D 変換開始要求フレーム同期信号設定	
<input type="checkbox"/> AD5M0端子 要因 要因非選択	
<input type="checkbox"/> AD5M1端子 要因 要因非選択	

コンペアマッチ割り込み
(TGIA3) を許可

図 3-9 MTU3、MTU4 の設定(2/2)

3.2.4 フローチャート

以下にスマート・コンフィグレータによるコード生成後に追加した、main 関数の処理を示します。

main 関数内で、MTU3.TCNT と MTU4.TCNT のカウントをスタートします。

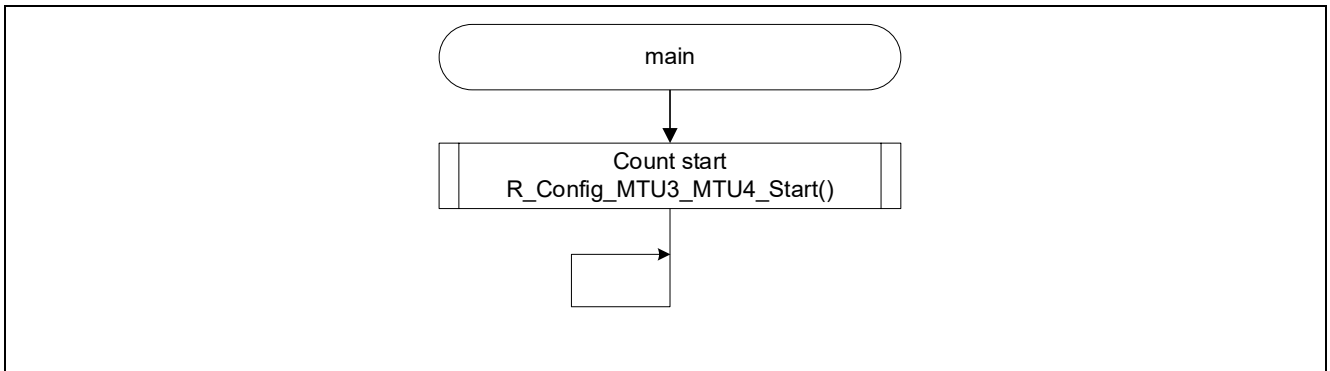


図 3-10 main 関数

main 関数より前に実行されるユーザ初期化関数 R_Config_MTU3_MTU4_Create_UserInit で、変数の初期化を行います。本関数は、R_Config_MTU3_MTU4_Create 関数内から呼び出されます。

本サンプルコードで使用する、以下の変数を初期化します。

- s_duty_list_counter : Duty 比リストから読み出すためのカウンタ変数

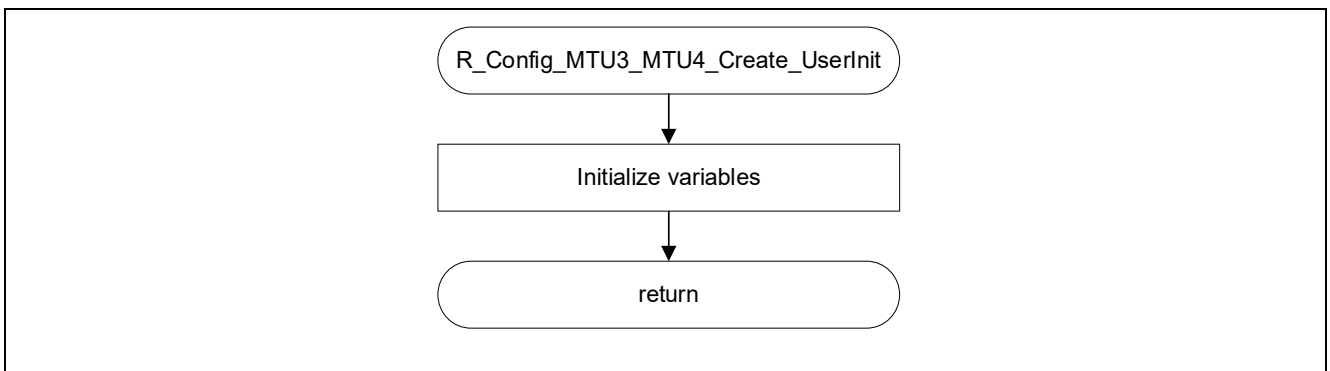


図 3-11 ユーザ初期化関数

TGIA3 割り込みハンドラ関数では、Duty 比リスト配列の読み出し値に応じて、順次バッファレジスタ (MTU3.TGRD) の値を変更します。

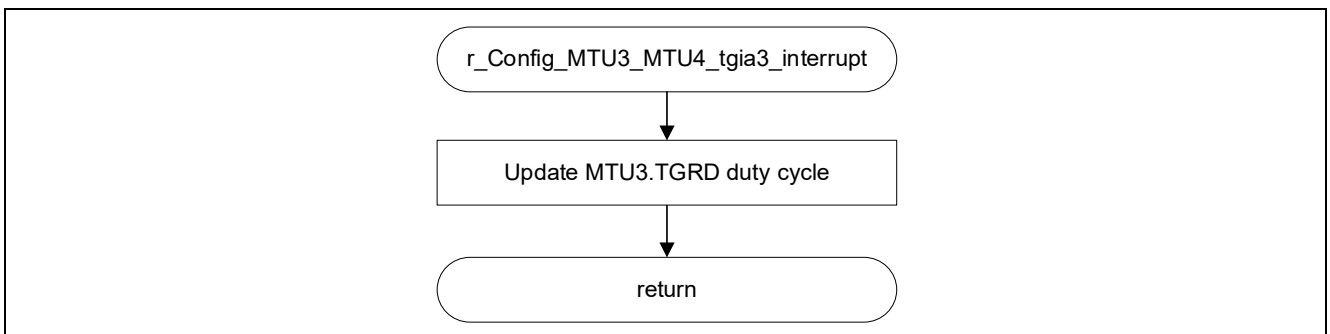


図 3-12 TGIA3 割り込みハンドラ関数

3.2.5 注意事項

3.2.5.1 端子設定

相補 PWM モード使用時、MTIOC3C、MTIOC6C 端子は、タイマ入出力端子として使用できません。入出力ポートに設定してください。

詳細は、「RX66T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」の「22.3.8 相補 PWM モード 表 22.74 相補 PWM モード時の出力端子」を参照してください。

3.2.5.2 バッファレジスタ値の更新

バッファレジスタのデータを書き換える場合は、最後に MTU4.TGRD (MTU7.TGRD) への書き込みを行ってください。バッファレジスタからテンポラリレジスタへのデータ転送は、MTU4.TGRD (MTU7.TGRD) に書き込みした後、5 本すべてのレジスタ同時に行われます。

なお、5 本すべてのレジスタの更新を行わない場合、または MTU4.TGRD (MTU7.TGRD) のデータを更新しない場合も、更新するレジスタのデータを書き込んだ後、MTU4.TGRD (MTU7.TGRD) に書き込み動作を行ってください。またこのとき、MTU4.TGRD (MTU7.TGRD) に書き込むデータは、書き込み動作以前と同じデータを書き込んでください。

3.2.5.3 バッファ動作設定

相補 PWM モードでは、PWM 周期設定レジスタ (MTU3.TGRA、MTU6.TGRA)、タイマ周期データレジスタ (TCRA、TCRB)、Duty 設定レジスタ (MTU3.TGRB、MTU4.TGRA、MTU4.TGRB、MTU6.TGRB、MTU7.TGRA、MTU7.TGRB) の書き換えはバッファ動作で行ってください。

バッファ動作ビットの MTU4.TMDR1.BFA (MTU7.TMDR1.BFA)、MTU4.TMDR1.BFB (MTU7.TMDR1.BFB) ビットを“1”にした場合、MTIOC4C (MTIOC7C)、MTIOC4D (MTIOC7D) 端子の波形出力ができなくなります。MTU4.TMDR1.BFA (MTU7.TMDR1.BFA)、MTU4.TMDR1.BFB (MTU7.TMDR1.BFB) ビットは“0”に設定してください。

詳細は、「RX66T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」の「22.6.14 相補 PWM モードでのバッファ動作の設定」を参照してください。

3.2.5.4 出力レベル設定

MTU3、MTU4 (MTU6、MTU7) が相補 PWM モードの場合、PWM 波形の出力レベルは TOCR1A.OLSP、TOCR1A.OLSN、TOCR1B.OLSP、TOCR1B.OLSN ビット、および TOCR2A.OLSnP、TOCR2A.OLSnN、TOCR2B.OLSnP、TOCR2B.OLSnN (n = 0 ~ 3) ビットで設定します。TIOA レジスタは“00h”に設定してください。

相補 PWM モードで TDERA.TDER (TDERB.TDER) ビットを“0” (デッドタイムを生成しない) に設定した場合、逆相の出力レベルは TOCR1A.OLSN (TOCR1B.OLSN)、TOCR2A.OLSnN、(TOCR2B.OLSnN) (n = 0 ~ 3) ビットの設定によらず、TOCR1A.OLSP (TOCR1B.OLSP)、TOCR2A.OLSnP (TOCR2B.OLSnP) (n = 0 ~ 3) ビットの設定による正相出力の反転レベルとなります。

詳細は、「RX66T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」の「22.2.22 タイマアウトプットコントロールレジスタ 1 (TOCR1A、TOCR1B)」、「22.2.23 タイマアウトプットコントロールレジスタ 2 (TOCR2A、TOCR2B)」を参照してください。

4. GPTW サンプルコード

4.1 共通

4.1.1 サンプルコード一覧

本アプリケーションノートは、スマート・コンフィグレータを使用した以下のサンプルコードを用意しています。

サンプルコードはルネサスエレクトロニクスホームページから入手してください。

表 4-1 GPTW サンプルコード一覧

名称	内容	参照
0%、100%近傍の動作 r01an6539_rx66t_gptw.zip	<ul style="list-style-type: none">三角波 PWM モード 3 (谷 64 ビット転送)	4.2

4.1.2 フォルダ構成

サンプルコードの主なフォルダ構成は以下のとおりです。

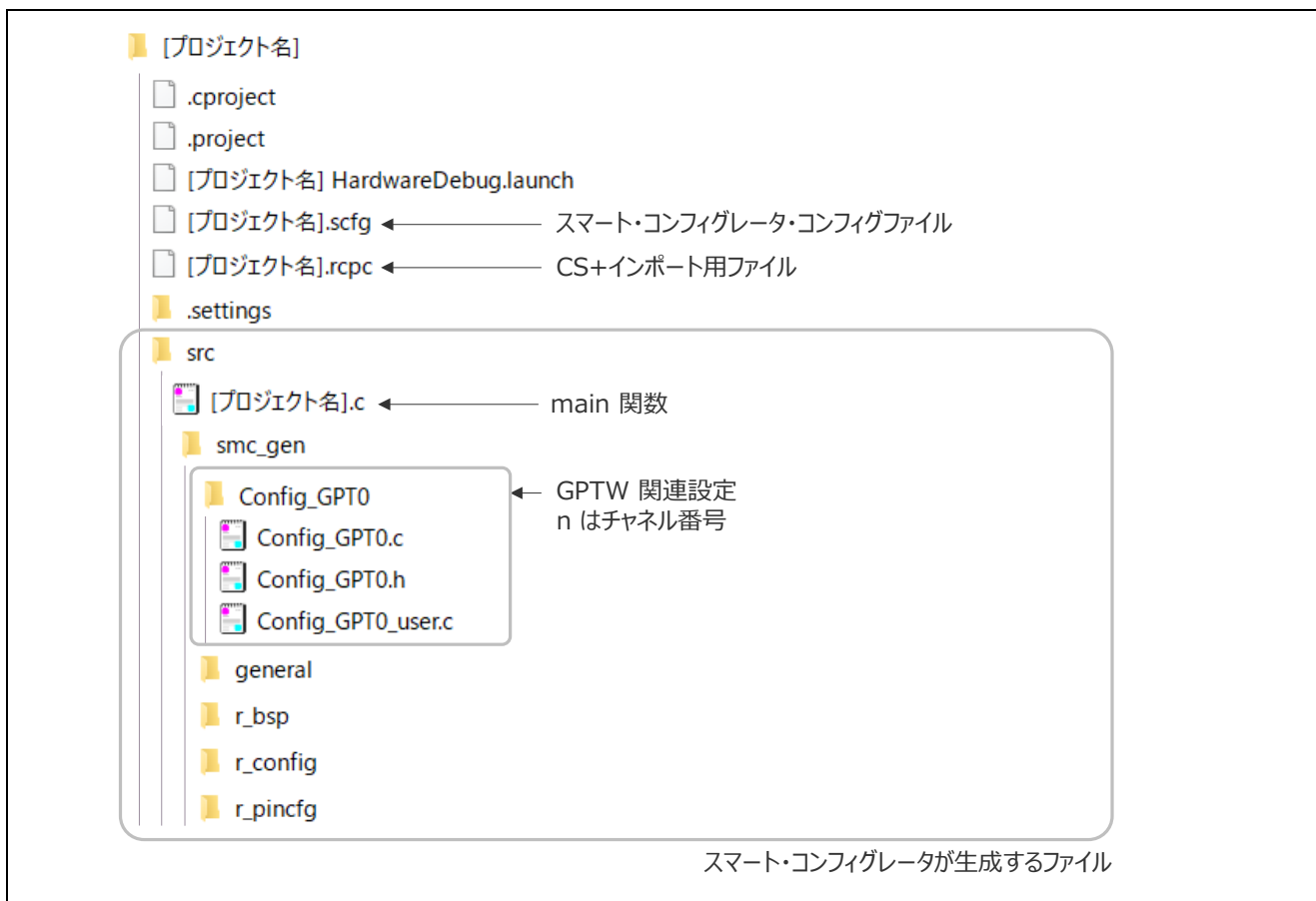


図 4-1 GPTW フォルダ構成

4.1.3 ファイル構成

サンプルコードの主なファイル構成は以下のとおりです。

表 4-2 GPTW ファイル構成

ファイル名	内容
[プロジェクト名].c	<u>main 関数</u> メイン関数です スマート・コンフィグレータが空関数を生成します。サンプルコード毎に必要な処理を記述します。
Config_GPTn.c [*]	<u>R Config_GPTn_Create 関数</u> GPTW の初期設定関数です。 スマート・コンフィグレータの設定に従った初期化関数を、スマート・コンフィグレータが生成します。 本関数の呼び出しはスマート・コンフィグレータが生成します。main 関数前に実行される R_SystemInit 関数から呼び出されます。
	<u>R Config_GPTn_Start 関数</u> GPTW のカウント開始関数です。 スマート・コンフィグレータが生成する関数です。 サンプルコードでは main 関数から呼び出します。
	<u>R Config_GPTn_Stop 関数</u> GPTW のカウント停止関数です。 スマート・コンフィグレータが生成する関数です。 サンプルコードでは使用しません。
Config_GPTn_user.c [*]	<u>r Config_GPTn_Create_UserInit 関数</u> GPTW の初期設定用ユーザ関数です。 スマート・コンフィグレータが空関数を生成します。サンプルコード毎に必要な処理を記述します。 本関数は、スマート・コンフィグレータが生成する R_Config_GPTn_Create 関数の最後で呼び出されます。
	<u>r Config_GPTn [割り込み名] interrupt 関数</u> 割り込みハンドラ関数です。 スマート・コンフィグレータが空関数を生成します。サンプルコード毎に必要な処理を記述します。
Config_GPTn.h [*]	GPTW 関連関数が定義されたヘッダファイルです。 本ファイルはスマート・コンフィグレータが生成する r_smc_entry.h ファイルでインクルードされています。 GPTW 関連関数を使用する場合は、r_smc_entry.h ファイルをインクルードします。

※ : n はチャンネル番号

4.1.4 コンポーネントの追加

サンプルコードは、スマート・コンフィグレータを使用して、以下のとおり GPTW を追加しています。

表 4-3 コンポーネントの追加

項目	内容
コンポーネント	汎用 PWM タイマ (下図①)
コンフィグレーション名	サンプルコードでは初期設定名を使用しています
動作	各サンプルコードの章を参照してください (下図②)
リソース	各サンプルコードの章を参照してください (下図③)

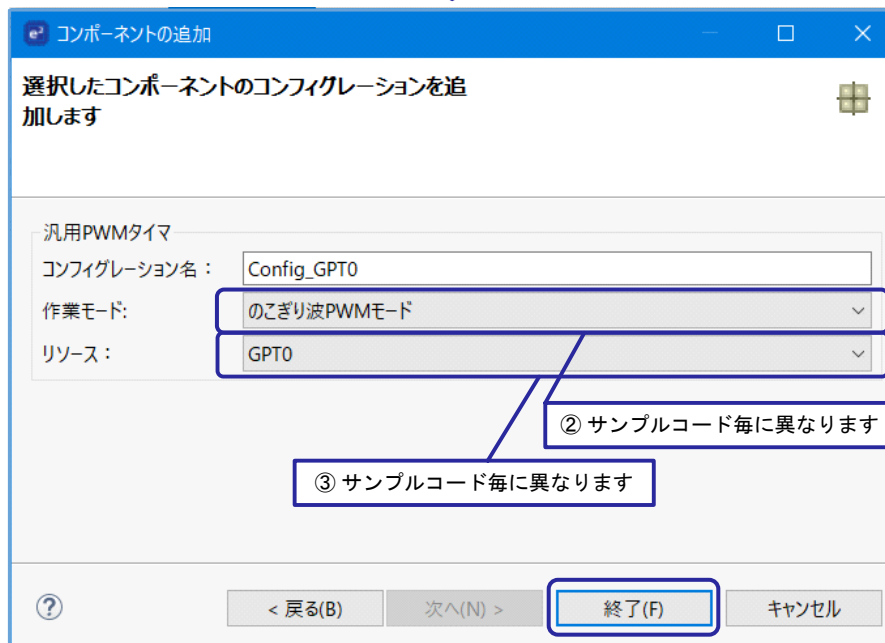
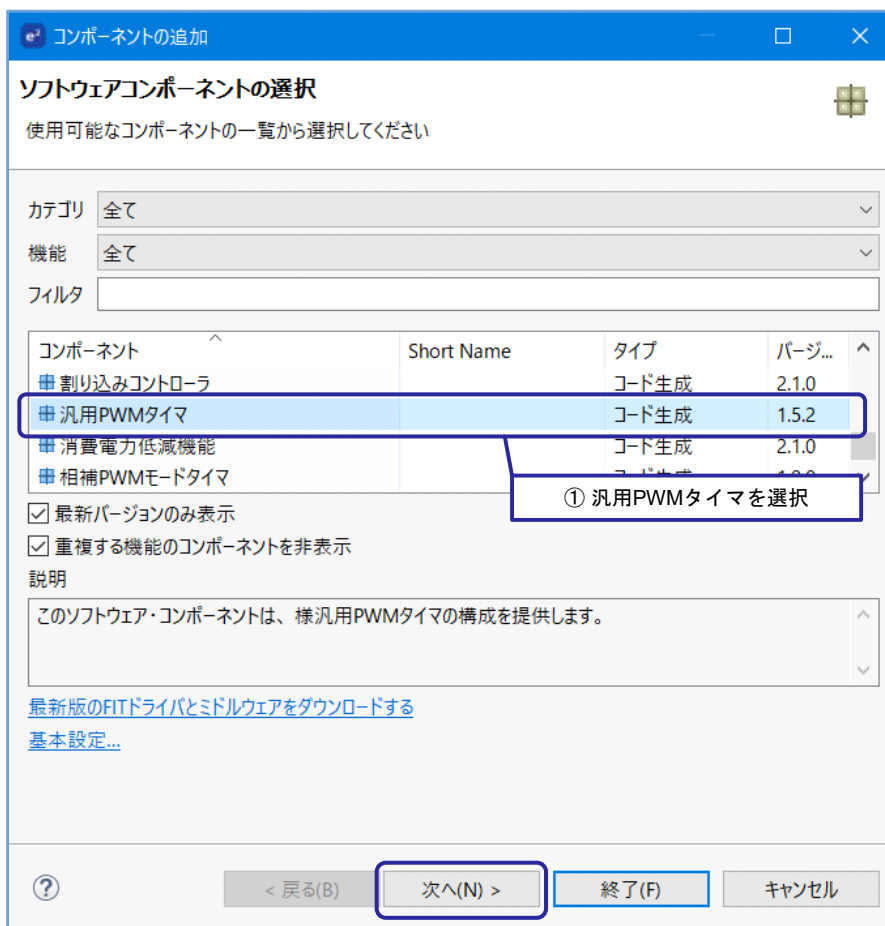


図 4-2 コンポーネントに追加

4.1.5 端子設定

スマート・コンフィグレータで端子を設定する例を図 4-3に示します。

端子の設定は、GPTW の設定後に行います。GPTW の設定は、各サンプルコードの「スマート・コンフィグレータ設定」を参照してください。

端子設定は、スマート・コンフィグレータが生成する R_Config_GPTn_Create 関数内で行われます。

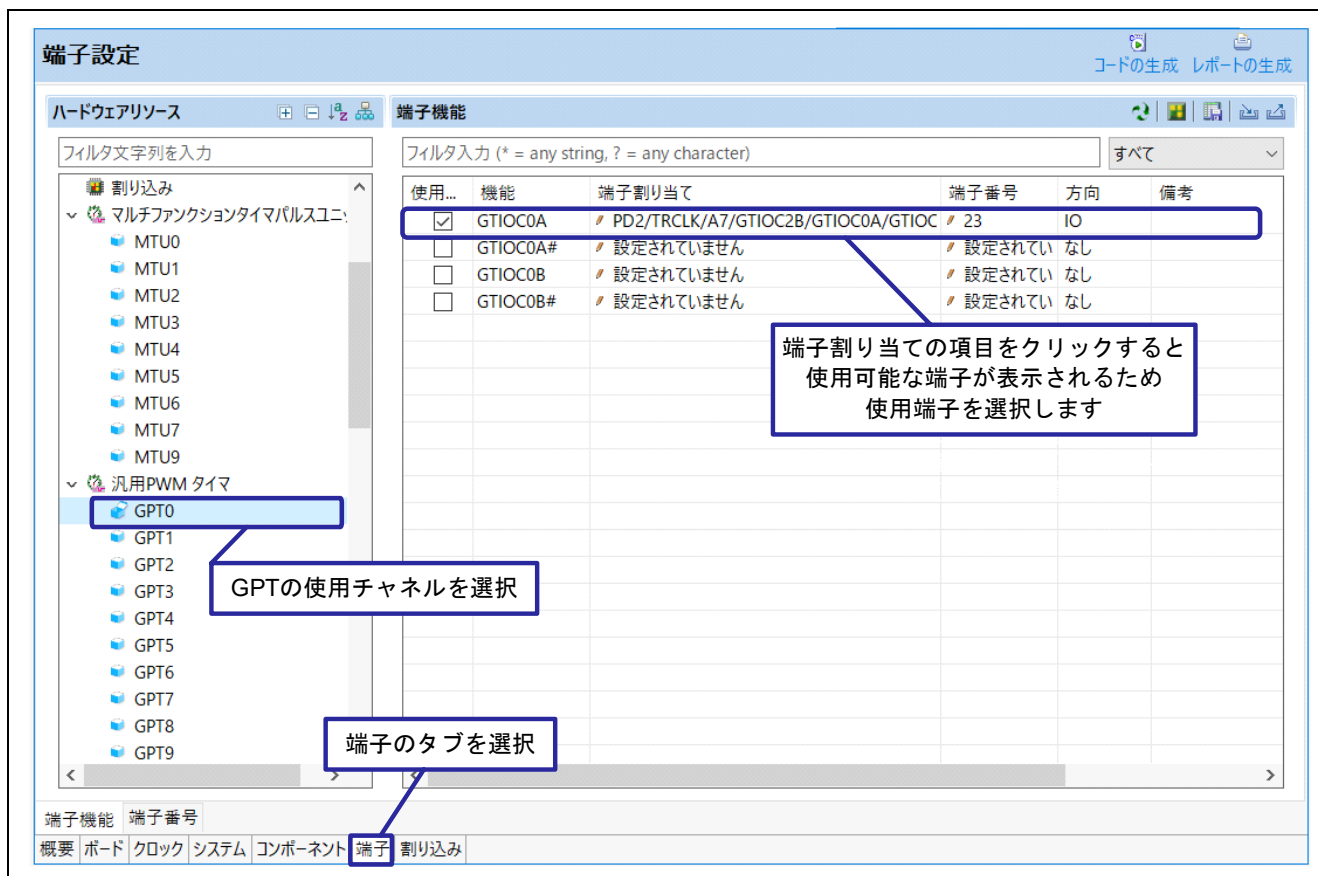


図 4-3 端子設定

4.1.6 割り込み設定

スマート・コンフィグレータで割り込みを設定する例を図 4-4に示します。選択型割り込み A の詳細は、「RX66T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」の「14.4.5.1 選択型割り込み A」を参照してください。

割り込み設定は、GPTW の設定後に行います。GPTW の設定は、各サンプルコードの「スマート・コンフィグレータ設定」を参照してください。

割り込み設定は、スマート・コンフィグレータが生成する R_Config_GPTn_Create 関数、R_Config_GPTn_Start 関数、R_Config_GPTn_Stop 関数内で行われます。

割り込みハンドラ関数は、スマート・コンフィグレータが生成する Config_GPTn_user.c ファイル内に、r_Config_GPTn_[割り込み名]_interrupt の名称で作成されます。

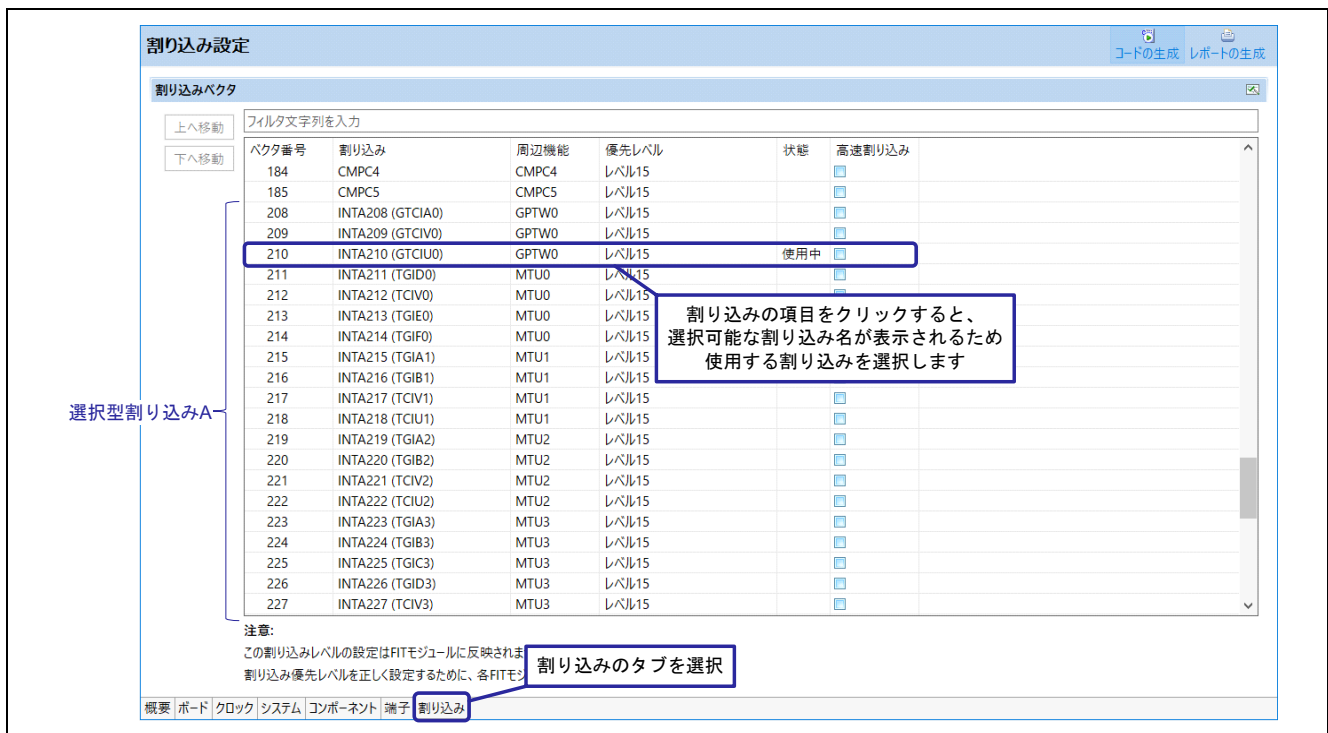


図 4-4 割り込み設定

スマート・コンフィグレータの割り込みタブの初期設定において、GPTW の割り込みは GTCIE0、GTCIF0、GDTE0 のみが選択されています。コンポーネントタブで設定した割り込みを使用するには、割り込みタブでの選択が必要です。以下に選択が不足していた場合の状態とエラーメッセージを示します。

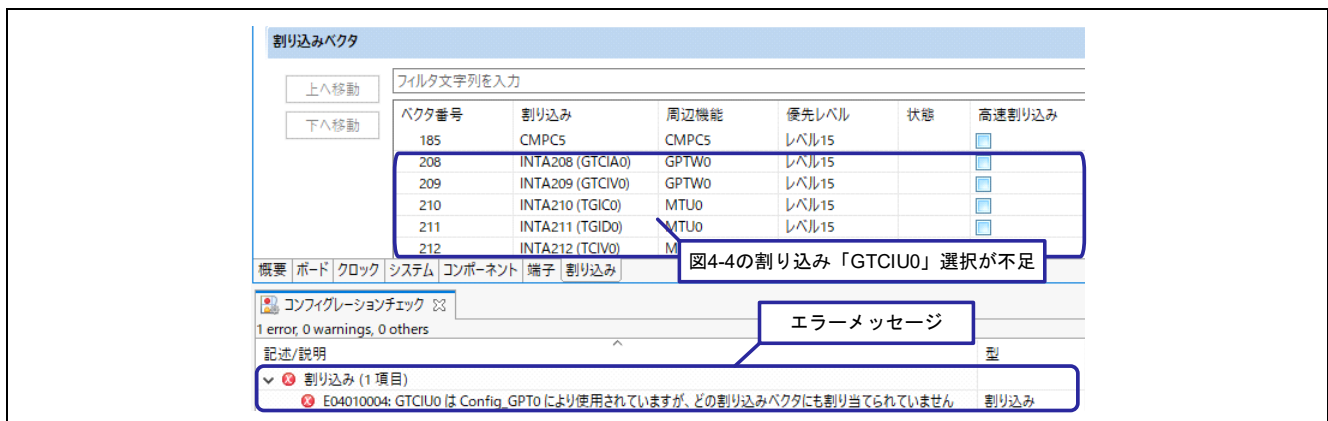


図 4-5 割り込み設定（割り込み選択の不足）

4.2 0%、100%近傍の動作

- 対象サンプルコードファイル名 : r01an6539_rx66t_gptw.zip

4.2.1 概要

GPTW の 0%、100%近傍の動作を行うサンプルコードです。

本サンプルコードでは GPTW の三角波 PWM モード 3 (谷 64 ビット転送) を使用し、Duty 0%近傍または 100%近傍の波形出力を繰り返します。Duty 0%/100%出力は、GTCNT カウンタのアンダフロー発生時(谷)に GTUDDTYC レジスタを書き換える処理を行っています。

- Duty 0%近傍 : 8% → 4% → 0% → 0% → 4% → 8%
- Duty 100%近傍 : 92% → 96% → 100% → 100% → 96% → 92%

以下に、サンプルコードが使用する GPTW の設定を示します。

- 三角波 PWM モード 3 を使用
 - チャンネル 0 を使用
 - キャリア周期は 1ms
 - タイマカウントクロックは 160MHz (PCLKC/1)
 - GTPR を周期レジスタとして使用
 - カウンタは初期値 0 からのアップカウント
 - GTCCRA を Duty 出力のコンペアマッチとして使用
 - GTIOC0A 端子を PWM 出力端子として使用
 - GTCCRA をコンペアマッチとして使用
 - カウント開始時は Low 出力
 - GTCCRA コンペアマッチでトグル出力
 - 周期の終わりで出力保持
 - Duty 0%/100%解除後はマスクされたコンペアマッチ出力値を出力 ※
 - GTCCRB を Duty 出力のコンペアマッチとして使用
 - GTIOC0B 端子を PWM 出力端子として使用
 - GTCCRB をコンペアマッチとして使用
 - カウント開始時は High 出力
 - GTCCRB コンペアマッチでトグル出力
 - 周期の終わりで出力保持
 - Duty 0%/100%解除後はマスクされたコンペアマッチ出力値を出力 ※
 - バッファレジスタを使用
 - GTCCRC、GTCCRD は GTCCRA のバッファレジスタ
 - デッドタイム自動生成は使用する
 - ソフトウェア要因カウントスタートを許可
 - 周期ごとに Duty を変更
 - GTCNT カウンタのアンダフロー割り込みで Duty を変更
 - Duty の変更タイミングの詳細は図 4-7、図 4-8を参照
- ※ ユーザ初期化関数 R_Config_GPT0_Create_UserInit で設定

スマート・コンフィグレータで設定可能
設定方法は4.2.3を参照してください
(※ 印を除く)

本サンプルコードにおける構成を以下に示します。

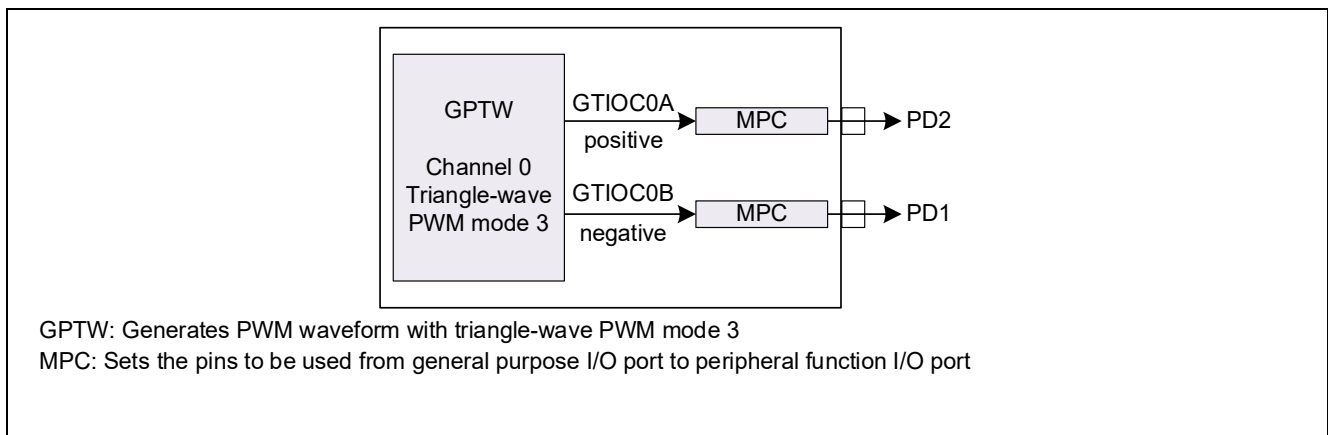


図 4-6 サンプルコードの構成

4.2.2 動作詳細

本サンプルコードは Duty 0%近傍 (8% → 4% → 0% → 0% → 4% → 8%) の設定になっています。Duty 100%近傍 (Duty : 92% → 96% → 100% → 100% → 96% → 92%) に変更する場合は、Config_GPT0_user.c の以下の設定を変更してください。

● 0%近傍の場合

```
#define PRV_COMPARE_DATA_0      (1)
#define PRV_COMPARE_DATA_100  (0)
```

● 100%近傍の場合

```
#define PRV_COMPARE_DATA_0      (0)
#define PRV_COMPARE_DATA_100  (1)
```

Duty 0%近傍、Duty 100%近傍の各動作について以下に示します。

● Duty 0%近傍 : 8% → 4% → 0% → 0% → 4% → 8%

● 動作

三角波 PWM モード 3 でアンダフロー発生時 (谷) にバッファレジスタと GTUDDTYC レジスタを書き換えます (図 4-7)。

- (a) アンダフロー (谷) で OmDTY ビット設定値 (11b または 10b) が反映され 0%/100%出力開始
- (b) アンダフロー (谷) で OmDTY ビット設定値 (00b) が反映され 0%/100%出力を解除 (コンペアマッチによる出力制御に変更)
- (c) コンペアレジスタとのコンペアマッチが発生し出力変化
- (d) コンペアマッチが発生するが OmDTY ビット設定値 (11b または 10b) に従い出力保持

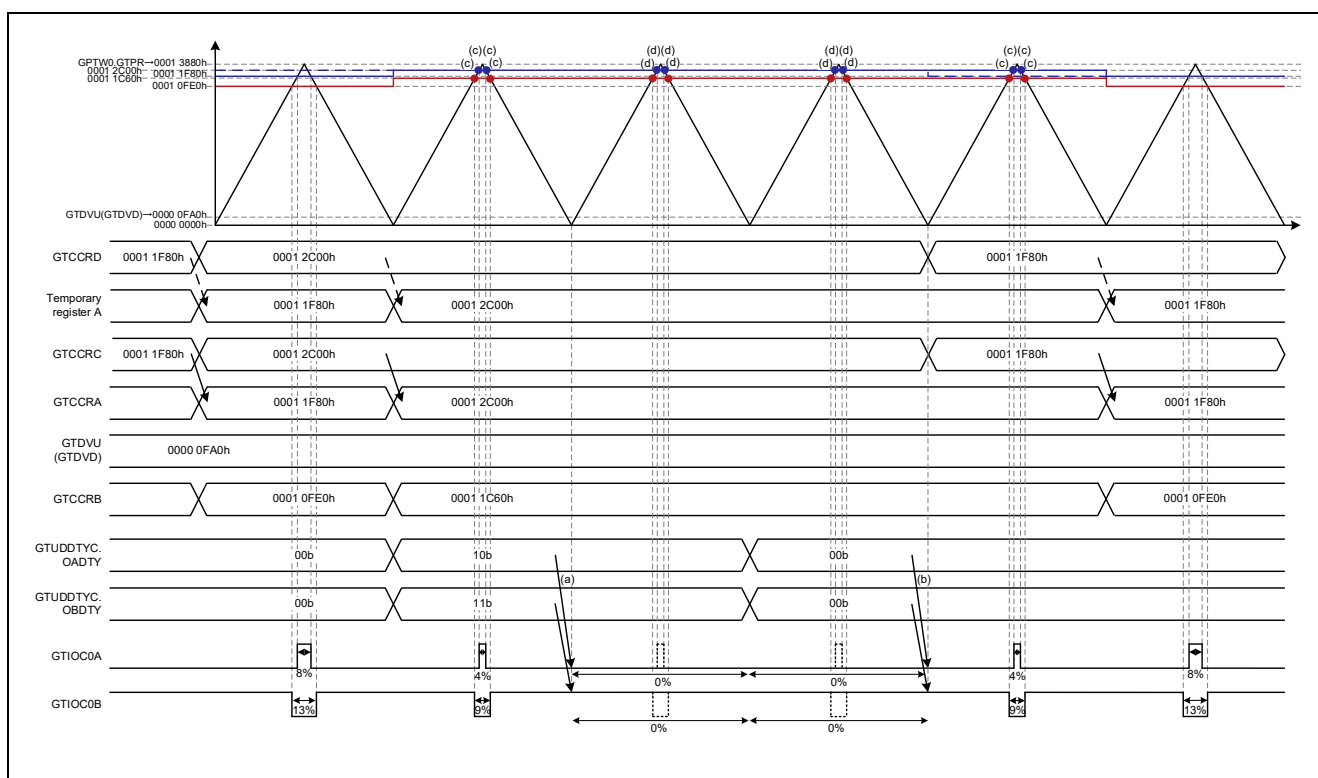


図 4-7 サンプルコードの動作 (0%近傍、Duty : 8% → 4% → 0% → 0% → 4% → 8%)

- Duty 100%近傍 : 92% → 96% → 100% → 100% → 96% → 92%
- 動作

三角波 PWM モード 3 でアンダフロー発生時（谷）にバッファレジスタと GTUDDTYC レジスタを書き換えます（図 4-8）。
- (a) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（11b または 10b）が反映され 0%/100%出力開始
- (b) アンダフロー（谷）で OmDTY ビット設定値（00b）が反映され 0%/100%出力を解除
（コンペアマッチによる出力制御に変更）
- (c) 補正機能により GTDVU に変化ポイント、正相は OFF
- (d) コンペアマッチが発生するが OmDTY ビット設定値（11b または 10b）に従い出力保持
- (e) 0%/100%出力解除により GTUDDTYC.OmDTYR ビット、GTIOR.GTIOm[3:2]ビット設定値に応じて出力変化
- (f) OmDTY ビット設定が 1b の場合、補正機能により逆相は 1 カウントクロック幅のパルスが発生
- (g) 補正機能により GTDVU+1 に変化ポイント、正相は ON

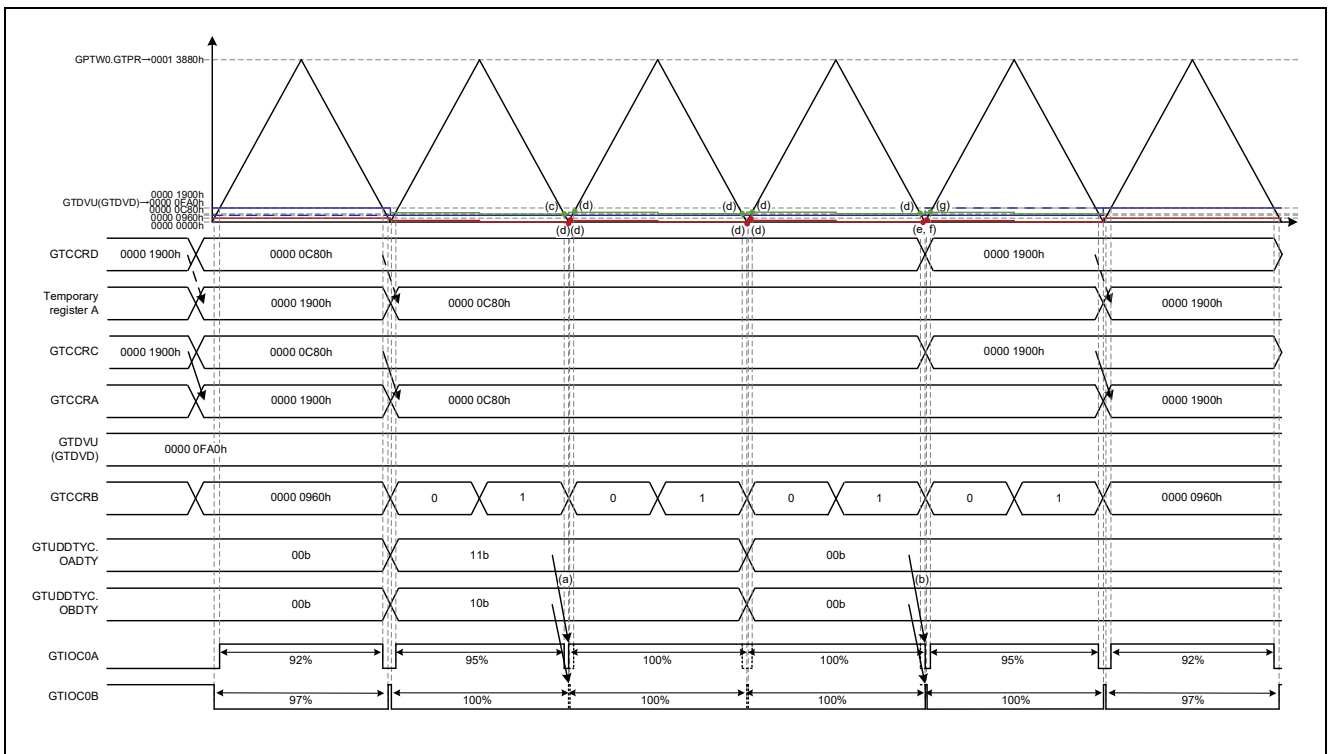


図 4-8 サンプルコードの動作
(100%近傍、Duty : 92% → 96% → 100% → 100% → 96% → 92%)

4.2.3 スマート・コンフィグレータ設定

サンプルコードは、スマート・コンフィグレータを使用して、以下のとおり GPTW を追加しています。コンポーネントの追加方法については、「4.1.4 コンポーネントの追加」を参照してください。

表 4-4 コンポーネントの追加

項目	内容
コンポーネント	汎用 PWM タイマ
コンフィグレーション名	Config_GPT0
動作	三角波 PWM モード 3
リソース	GPT0

タイマカウントクロックは160MHz (PCLKC)

キャリア周期1ms

カウント方向はアップカウント

カウンタ初期値は0

GPTW0.GTCRAをコンペアマッチとして使用
GPTW0.GTCRA初期値設定^注

GTI0C0A端子をPWM出力端子として設定
出力デューティはコンペアマッチによって設定^注

カウント開始時はLow出力、停止時はLow出力
GPTW0.GTCRAコンペアマッチでトリプル出力
周期の終わりで出力保持

ソフトウェア要因カウントスタートを許可

注 カウント開始後の出力 Duty (8%または 92%) のコンペアマッチレジスタ設定は R_Config_GPT0_Create_UserInit 関数で行います。

図 4-9 GPT0 の設定(1/3)

The screenshot shows the configuration interface for GPT0, divided into several sections:

- デッドタイム自動設定**: Includes a checkbox for automatic dead time setting and a waveform diagram. A callout indicates this is effective.
- GTDVU値**: A text input field set to 4000. A callout indicates this value is also set for GTDVD.
- A/D変換開始要求設定**: Includes settings for GTADTRA, GTADTRB, and various match/compare functions.
- A/D変換開始要求信号モニタ設定**: Includes selection for S12AD0 and S12AD1 monitor signals.
- 割り込み設定**: A table of interrupt settings for various channels, all set to priority level 15.
- 割り込み、A/D変換開始要求間引き設定**: Includes settings for GTCIV0/GTCIU0 and expansion interrupt functions.
- 拡張割り込み間引き設定**: A table of expansion interrupt functions, all set to 'no expansion'.
- 拡張バッファ転送間引き設定**: A table of expansion buffer transfer functions, all set to 'no expansion'.
- HRPWM設定**: High-resolution PWM settings, including a checkbox for high-resolution output and edge adjustment for various pins.

Navigation tabs at the bottom include: 概要 | ボード | クロック | システム | コンポーネント | 端子 | 割り込み

図 4-10 GPT0 の設定(2/3)

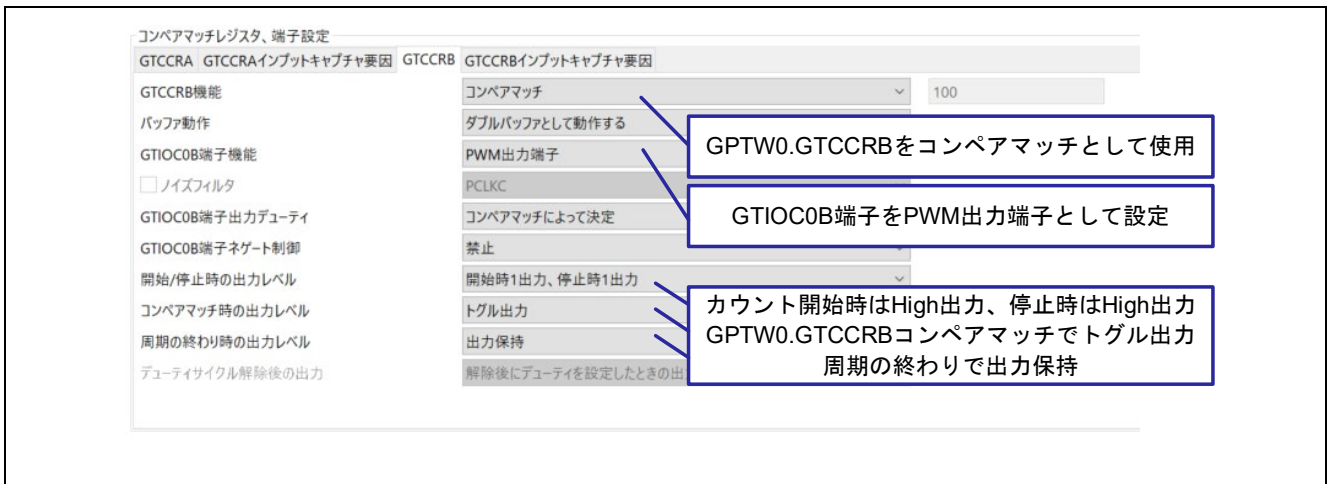


図 4-11 GPT0 の設定(3/3)

4.2.4 フローチャート

以下にスマート・コンフィグレータによるコード生成後に追加した、main 関数の処理を示します。

main 関数内で、カウントをスタートします。

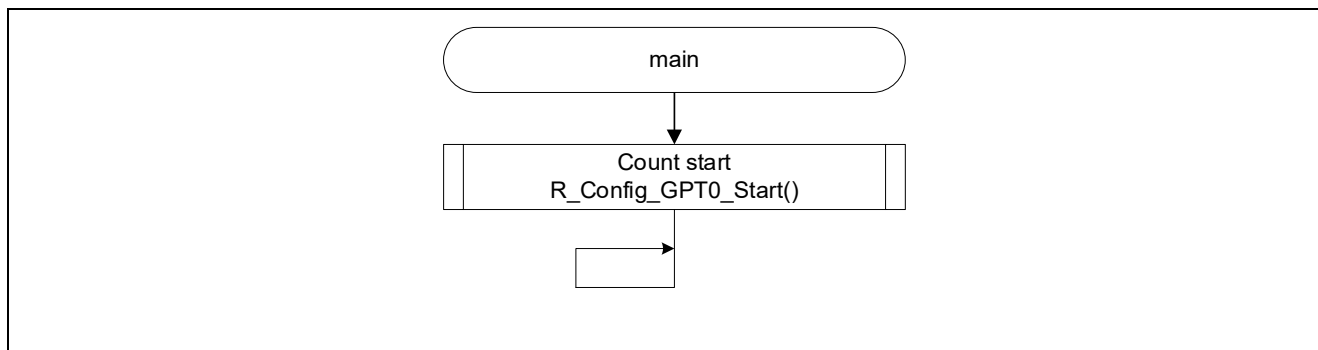


図 4-12 main 関数

main 関数より前に実行されるユーザ初期化関数 R_Config_GPT0_Create_UserInit で、変数の初期化、バッファレジスタの初期値の設定、0%/100%出力解除後の設定をします。1 周期目の 2 回目のコンペアマッチレジスタ値を設定するため、バッファレジスタ値設定後に強制バッファ転送を行い、テンポラリレジスタとコンペアレジスタ値を設定しています。本関数は、R_Config_GPT0_Create 関数内から呼び出されます。

本サンプルコードでは以下の変数を使用します。

- s_duty_list_counter : Duty 比リストから読み出すためのカウンタ変数

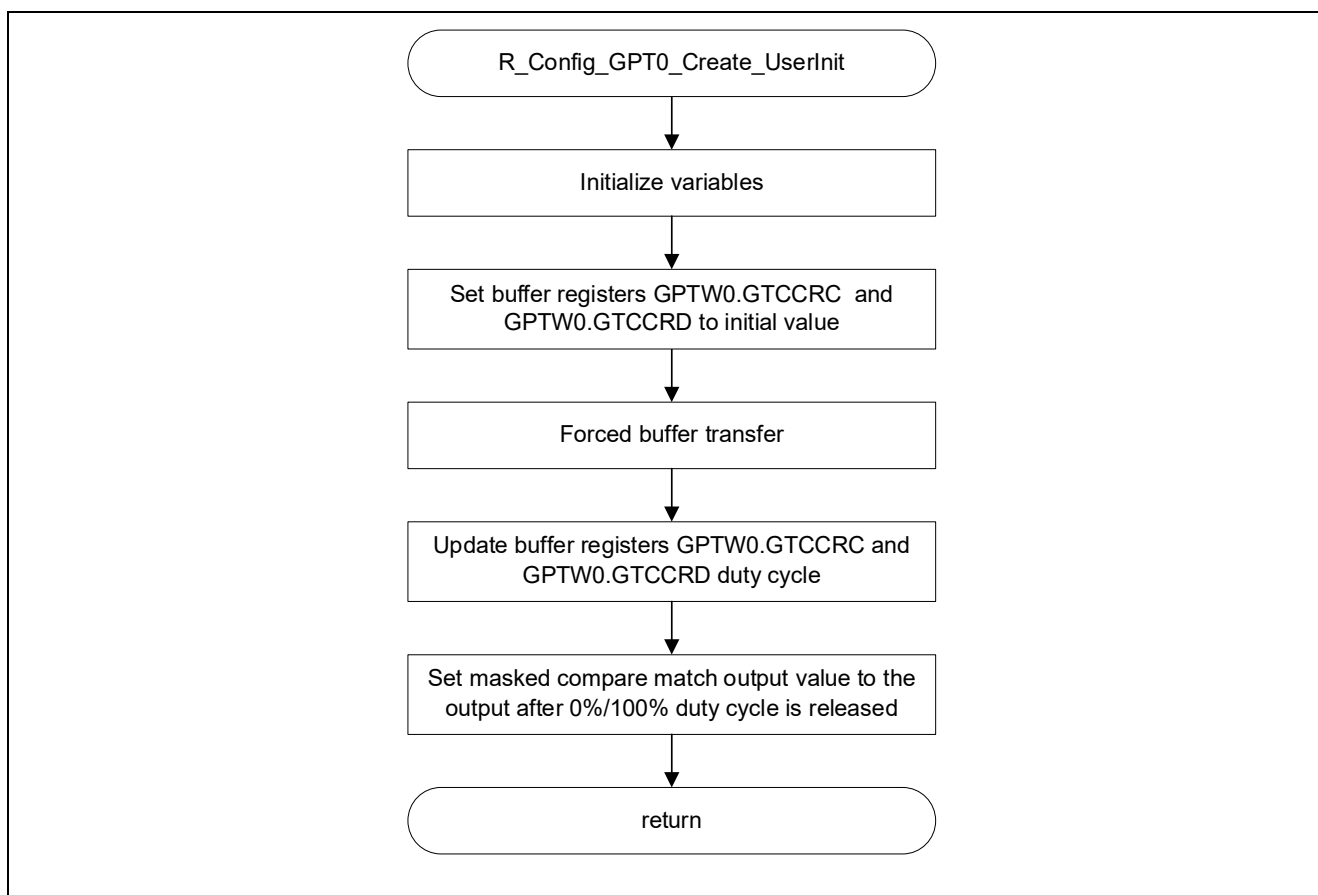


図 4-13 ユーザ初期化関数

GTCIU0 割り込みハンドラ関数では、次に設定する Duty 比に応じて、バッファレジスタおよび GTUDDTYC レジスタの値を変更します。

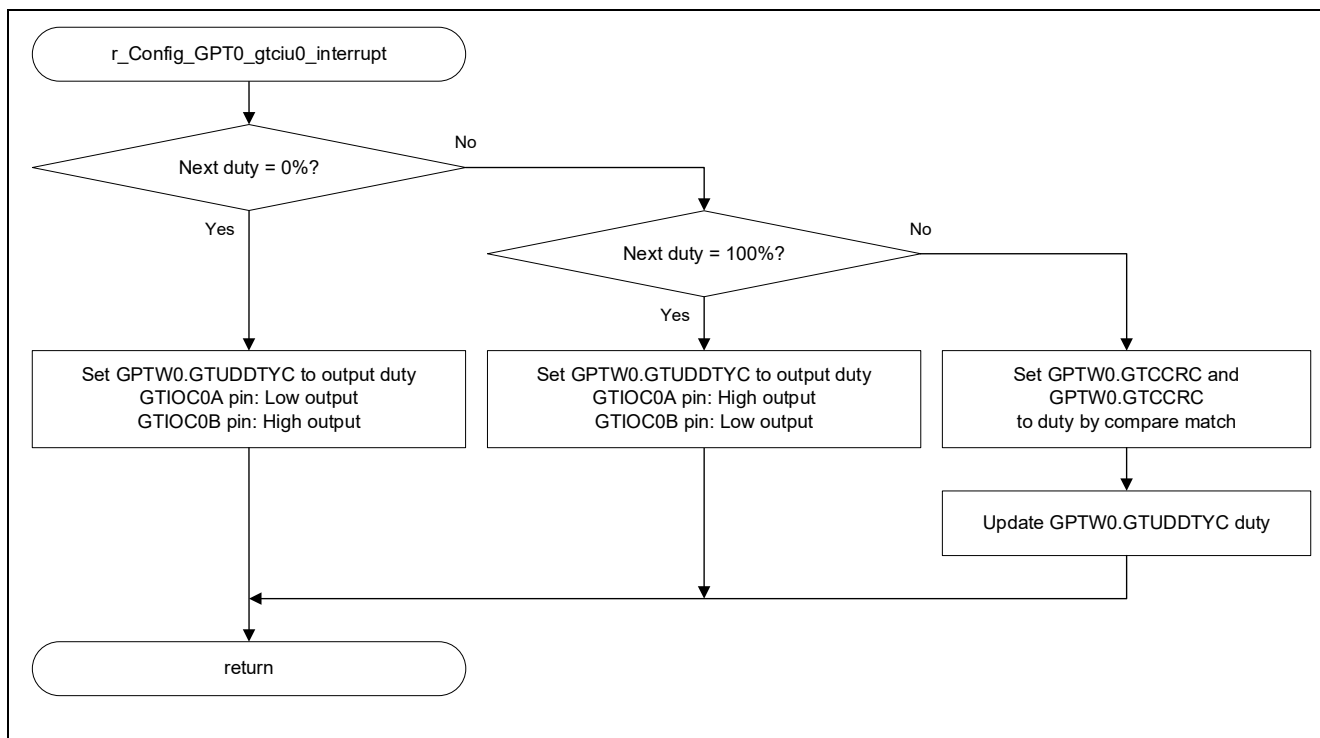


図 4-14 GTCIU0 割り込みハンドラ関数

4.2.5 注意事項

4.2.5.1 コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ~ F)

本サンプルコードではデッドタイムの自動設定を行い、正相波形用のコンペアマッチレジスタ GTCCRA の値を使用し、逆相波形用のコンペアマッチレジスタ GTCCRB の値を更新しています。

コンペアレジスタ GTCCRA の値は、以下の制約を満たすように設定してください。

GTCCRA > GTDVU
GTCCRA > GTDVD
GTCCRA < GTPR

カウント動作中に GTCCRA に “0000 0000h” もしくは GTPR 設定値以上の値が設定されると出力保護機能が動作します。

ただし、以下の条件を満足しない場合、正常に機能しません。

カウント開始時の GTCCRA の値が “0000 0001h” 以上 GTPR 設定値未満

出力保護機能の詳細は、「RX66T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」の「24.8.4 GTIOcnm 端子出力の出力保護機能(n = 0 ~ 9、m = A, B)」を参照してください。

また、デッドタイムの自動設定を行っていない場合、GTCCRA (GTCCRB) は、“0000 0001h” 以上 GTPR レジスタ設定値未満の値を設定してください。“0000 0000h” もしくは GTPR と同じ値が設定されると、周期内で発生するコンペアマッチは、GTCCRA (GTCCRB) = 0000 0000h もしくは GTCCRA (GTCCRB) = GTPR が成立したときのみとなります。また、GTCCRA に GTPR 設定値を超える値が設定されると、コンペアマッチは発生しません。

詳細は、本書の「1.4 GPTW 出力保護機能を使用した場合の注意事項」、「1.5 GPTW 0%、100%切り替えレジスタによるデッドタイムについて」、「RX66T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」の「24.10.2 コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ~ F) (1) 三角波 PWM モードでデッドタイムの自動設定を行っている場合、(2) 三角波 PWM モードでデッドタイムの自動設定を行っていない場合」を参照してください。

4.2.5.2 コンペアマッチで Duty 100%の出力

GTUDDTYC レジスタを変更せずに、コンペアマッチで Duty 100%を出力することはできません。Duty 100%を出力する場合は、GTUDDTYC.OADTY ビットに 11b、GTUDDTYC.OBDTY ビットに 10b を設定してください。

本サンプルコードの設定において、GTCCRA、GTCCRB レジスタに 0 を設定した場合は、GTCNT カウンタのアンダフロー発生後 1 クロックサイクル分出力されるため、Duty 100%を出力することはできません。

GTCCRA、GTCCRB レジスタに GTPR と同じ値を設定し、GTCNT カウンタのアンダフローとコンペアマッチが同時に発生した場合、コンペアマッチ発生時の出力設定が優先されトグルするため、Duty 100%を出力することができません。

GPTW の GTCNT カウンタのアンダフローとコンペアマッチが同時に発生した場合の波形出力は、「RX66T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」の「24.2.14 汎用 PWM タイマ I/O 制御レジスタ (GTIOR)」表 24.4 の注釈を参照してください。

4.2.5.3 Duty 0%および 100%出力中のコンペアマッチ動作

本サンプルコードでは、GTUDDTYC.OADTY ビットの値を設定することで Duty 0%および 100%を出力しています。Duty 0%および 100%を設定中も、GPTW 内部ではコンペアマッチ動作は継続し、割り込み出力、バッファ転送動作を行います。

本サンプルコードでは、コンペアマッチ割り込みを使用していませんが、コンペアマッチ割り込みを使用する場合は、Duty 0%および 100%出力中の割り込みにご注意ください。

4.2.5.4 Duty 0%および 100%からの切り替え

出力 Duty を 0%または 100%の設定から、コンペアマッチによる出力の設定に変更した場合の周期の終わりでの出力値は、GTIOR.GTIOA[3:2]ビットと GTUDDTYC.OADTYR ビットの値で決定します。

本サンプルコードの設定は以下のとおりです。GTUDDTYC.OADTYR ビットがハードウェア初期値の 0 の場合、本サンプルコードと同等の動作をすることができませんのでご注意ください。GTIOC0B 端子も同様です。

- GTIOR.GTIOA[3:2] = 00b : 周期の終わりで出力を保持
- GTUDDTYC.OADTYR = 1 : 0%/100%Duty 設定解除後にマスクされていたコンペアマッチ出力値に対して GTIOA[3:2]ビットの機能を適用する

詳細は、「RX66T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」の「24.3.6 デューティ 0%/100% 出力機能」を参照してください。

5. プロジェクトのインポート方法

サンプルコードは e² studio のプロジェクト形式で提供しています。本章では、e² studio および CS+ へプロジェクトをインポートする方法を示します。インポート完了後、ビルドおよびデバッガの設定を確認してください。

以下のルネサス エレクトロニクス ホームページも参照してください。

<https://www.renesas.com/software-tool/migration-e2studio-to-csplus>

5.1 e² studio での手順

e² studio でご使用になる際は、以下の手順で e² studio にインポートしてください。

(使用する e² studio のバージョンによっては画面が異なる場合があります。)

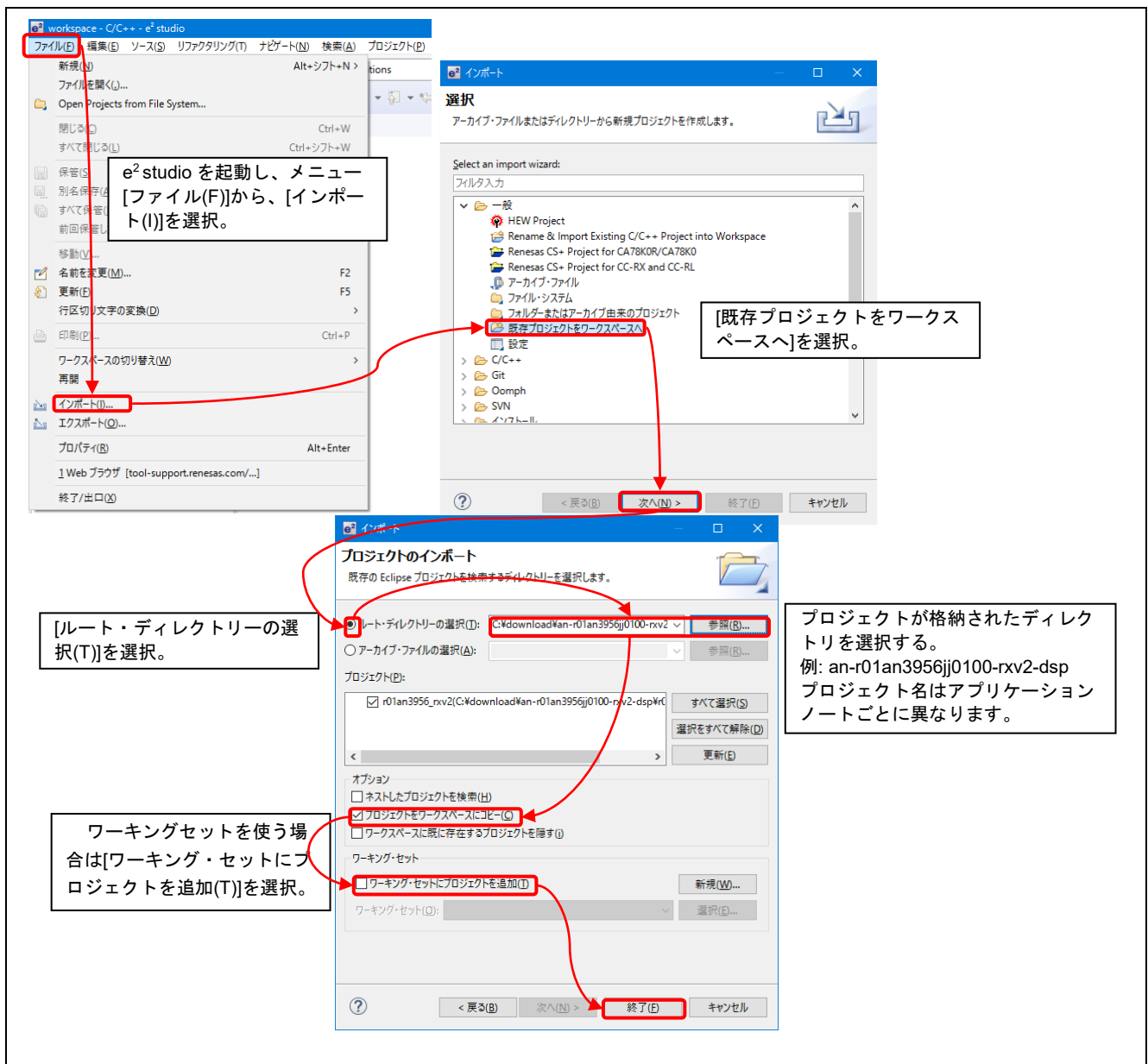


図 5-1 プロジェクトを e² studio にインポートする方法

5.2 CS+ での手順

CS+ でご使用になる際は、以下の手順で CS+ にインポートしてください。
 (使用する CS+ のバージョンによっては画面が異なる場合があります。)

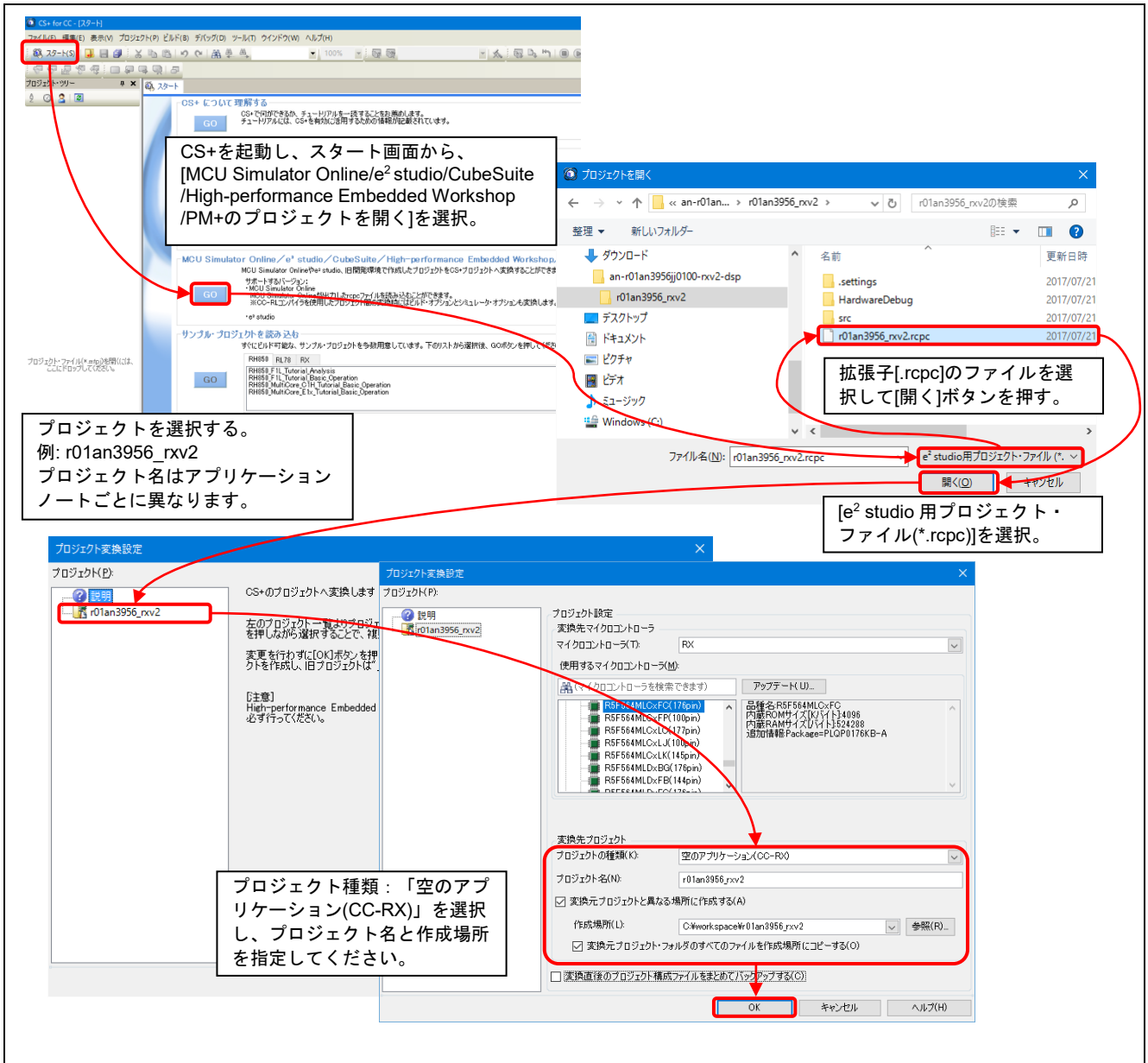


図 5-2 プロジェクトを CS+ にインポートする方法

6. 参考ドキュメント

- ユーザーズマニュアル：ハードウェア
RX66T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH0749)
(最新版をルネサス エレクトロニクス ホームページから入手してください)
- テクニカルアップデート／テクニカルニュース
(最新版をルネサス エレクトロニクス ホームページから入手してください)
- ユーザーズマニュアル：開発環境
RX ファミリ CC-RX コンパイラ ユーザーズマニュアル (R20UT3248)
(最新版をルネサス エレクトロニクス ホームページから入手してください)
- ユーザーズマニュアル：開発環境
RX66T グループ Renesas Starter Kit ユーザーズマニュアル (R20UT4150)
(最新版をルネサス エレクトロニクス ホームページから入手してください)
- アプリケーションノート
RX ファミリ MTU3/GPTW を用いた PWM 出力方法 (R01AN5995)
(最新版をルネサス エレクトロニクス ホームページから入手してください)

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	Sep.23.22	—	初版

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に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っていると、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、ノイズ幅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みます。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、改変、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、改変、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）、交通制御（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、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、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（豊洲フォレシア）

www.renesas.com

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。

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/