RX ファミリ

MTU3/GPTW を用いた PWM 出力方法

要旨

本アプリケーションノートでは、MTU3d および GPTW を用いて PWM 出力する方法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（MTU3d）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 の仕様 9
1.1 動作モードと出力波形 10
1.2 バッファ機能 13
1.3 左右非対称相補 PWM 出力 19
1.4 デッドタイム自動設定 20
1.5 デューティ 0%/100%出力機能 22
1.6 周期と周期レジスタの関係 23

2. 動作確認条件 24

3. MTU サンプルコード 25
3.1 共通 25
3.1.1 サンプルコード一覧 25
3.1.2 フォルダ構成 27
3.1.3 ファイル構成 28
3.1.4 コンポーネントの追加 29
3.1.5 端子設定 30
3.1.6 割り込み設定 31
3.2 PWM モード 1 コンペアマッチ 32
3.2.1 概要 32
3.2.2 動作詳細 33
3.2.3 スマート・コンフィグレータ設定 34
3.2.4 フローチャート 35
3.2.5 注意事項 36
3.2.5.1 バッファレジスタの書き換えとコンペアマッチの競合 36
3.2.5.2 バッファレジスタ書き換え遅延 36
3.2.5.3 デューティレジスタにより大きい値を設定 36
3.3 PWM モード 1 カウンタクリア 37
3.3.1 概要 37
3.3.2 動作詳細 38
3.3.3 スマート・コンフィグレータ設定 39
3.3.4 フローチャート 40
3.3.5 注意事項 41
3.3.5.1 バッファレジスタの書き換えとカウンタクリアの競合 41
3.3.5.2 バッファレジスタ書き換え遅延 41
3.4 PWM モード 1 バッファレジスタなし 42
3.4.1 概要 42
3.4.2 動作詳細 43
3.4.3 スマート・コンフィグレータ設定 44
3.4.4 フローチャート 45
3.4.5 注意事項 47
3.4.5.1 TGR レジスタへの書き込みとコンペアマッチの競合 47
3.4.5.2 デューティレジスタにより大きい値を設定 47
3.5 PWM モード 2 コンペアマッチ 48
3.5.1 概要 48

3.5.2 動作詳細 50
3.5.3 スマート・コンフィグレータ設定 51
3.5.4 フローチャート 53
3.5.5 注意事項 55
3.5.5.1 複数チャネルのカウントスタート 55
3.5.5.2 バッファレジスタの書き換えとコンペアマッチの競合 55
3.5.5.3 バッファレジスタ書き換え遅延 55
3.5.5.4 デューティレジスタにより大きい値を設定 55
3.6 PWM モード 2 カウンタクリア 56
3.6.1 概要 56
3.6.2 動作詳細 58
3.6.3 スマート・コンフィグレータ設定 59
3.6.4 フローチャート 61
3.6.5 注意事項 63
3.6.5.1 複数チャネルのカウントスタート 63
3.6.5.2 バッファレジスタの書き換えとカウンタクリアの競合 63
3.6.5.3 バッファレジスタ書き換え遅延 63
3.7 PWM モード 2 バッファレジスタなし 64
3.7.1 概要 64
3.7.2 動作詳細 65
3.7.3 スマート・コンフィグレータ設定 66
3.7.4 フローチャート 68
3.7.5 注意事項 71
3.7.5.1 複数チャネルのカウントスタート 71
3.7.5.2 TGR レジスタへの書き込みとコンペアマッチの競合 71
3.7.5.3 デューティレジスタにより大きい値を設定 71
3.8 リセット同期 PWM モード 72
3.8.1 概要 72
3.8.2 動作詳細 74
3.8.3 スマート・コンフィグレータ設定 75
3.8.4 フローチャート 77
3.8.5 注意事項 79
3.8.5.1 4 チャネル使用時のカウントスタート 79
3.8.5.2 スマート・コンフィグレータの使用コンポーネント 79
3.9 相補 PWM モード ダブルバッファあり 80
3.9.1 概要 80
3.9.2 動作詳細 83
3.9.3 スマート・コンフィグレータ設定 85
3.9.4 フローチャート 87
3.9.5 注意事項 89
3.9.5.1 端子設定 89
3.9.5.2 バッファレジスタ値の更新 89
3.9.5.3 バッファ動作設定 89
3.9.5.4 出力レベル設定 89
3.9.5.5 TGR レジスタ初期値 90
3.9.5.6 左右非対称の PWM 出力方法 90
3.10 相補 PWM モード ダブルバッファなし 91

3.10.1 概要 91
3.10.2 動作詳細 94
3.10.3 スマート・コンフィグレータ設定 96
3.10.4 フローチャート 98
3.10.5 注意事項 100
3.10.5.1 端子設定 100
3.10.5.2 バッファレジスタ値の更新 100
3.10.5.3 バッファ動作設定 100
3.10.5.4 出力レベル設定 100
3.11 PWM モード 1 デューティ 0%～100%（コンペアマッチ時にコンペアレジスタを書き換え） 101
3.11.1 概要 101
3.11.2 動作詳細 102
3.11.3 スマート・コンフィグレータ設定 104
3.11.4 フローチャート 105
3.11.5 関連動作 108
3.11.5.1 デューティ 0%～100%（バッファなし） 108
3.11.6 注意事項 109
3.11.6.1 バッファレジスタ書き換え遅延 109
3.11.6.2 デューティレジスタにより大きい値を設定 109
3.11.6.3 デューティ 0%からの切り替え 109
3.12 PWM モード 1 デューティ 0%～100%（カウンタクリア時にコンペアレジスタを書き換え） 110
3.12.1 概要 110
3.12.2 動作詳細 111
3.12.3 スマート・コンフィグレータ設定 113
3.12.4 フローチャート 114
3.12.5 関連動作 116
3.12.5.1 デューティ 0%～100%（バッファなし） 116
3.12.6 注意事項 118
3.12.6.1 バッファレジスタの書き換えとコンペアマッチの競合 118
3.12.6.2 バッファレジスタ書き換え遅延 118
3.12.6.3 デューティレジスタにより大きい値を設定 118
3.12.6.4 デューティ 0%からの切り替え 118
3.13 PWM モード 1 デューティ 0%と 100% 119
3.13.1 概要 119
3.13.2 動作詳細 120
3.13.3 スマート・コンフィグレータ設定 121
3.13.4 フローチャート 122
3.13.5 関連動作 123
3.13.5.1 デューティ 0%と 100%（バッファなし） 123
3.13.5.2 初期値 Low、デューティ 0%を維持後 100%に変更 124
3.13.5.3 初期値 Low、デューティ 100%を維持後 0%に変更 126
3.13.5.4 初期値 High、デューティ 0%を維持後 100%に変更 128
3.13.5.5 初期値 High、デューティ 100%を維持後 0%に変更 130
3.13.6 注意事項 132
3.13.6.1 TIOR レジスタ書き換え遅延 132
3.13.6.2 TIOR レジスタ書き換えとコンペアマッチの競合 132
3.13.6.3 MTU3、MTU4、MTU6、MTU7 の TIOR レジスタ書き換え時の注意事項 132

3.13.6.4 バッファレジスタの書き換えとコンペアマッチの競合 132
3.13.6.5 デューティ 0%からの切り替え 132
3.13.6.6 デューティレジスタに 0 を設定した場合は 1 サイクル分出力 132
3.13.6.7 デューティレジスタに周期レジスタと同じ値を設定した場合は波形が変化しない 133
3.14 相補 PWM モードデューティ 0%～100% 134
3.14.1 概要 134
3.14.2 動作詳細 137
3.14.3 スマート・コンフィグレータ設定 139
3.14.4 フローチャート 141
3.14.5 注意事項 143
3.14.5.1 端子設定 143
3.14.5.2 バッファレジスタ値の更新 143
3.14.5.3 バッファ動作設定 143
3.14.5.4 出力レベル設定 143
3.15 相補 PWM モードデューティ 0%と 100% 144
3.15.1 概要 144
3.15.2 動作詳細 147
3.15.3 スマート・コンフィグレータ設定 149
3.15.4 フローチャート 151
3.15.5 関連動作 152
3.15.5.1 初期値 Low、デューティ 0%を維持後 100%に変更 152
3.15.5.2 初期値 Low、デューティ 100%を維持後 0%に変更 153
3.15.5.3 初期値 High、デューティ 0%を維持後 100%に変更 154
3.15.5.4 初期値 High、デューティ 100%を維持後 0%に変更 155
3.15.6 注意事項 156
3.15.6.1 端子設定 156
3.15.6.2 バッファレジスタ値の更新 156
3.15.6.3 バッファ動作設定 156
3.15.6.4 出力レベル設定 156

4. GPTW サンプルコード 157
4.1 共通 157
4.1.1 サンプルコード一覧 157
4.1.2 フォルダ構成 159
4.1.3 ファイル構成 160
4.1.4 コンポーネントの追加 161
4.1.5 端子設定 162
4.1.6 割り込み設定 163
4.2 のこぎり波 PWM モード 164
4.2.1 概要 164
4.2.2 動作詳細 166
4.2.3 スマート・コンフィグレータ設定 167
4.2.4 フローチャート 170
4.2.5 注意事項 172
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) 172
4.3 のこぎり波ワンショットパルス 173
4.3.1 概要 173

4.3.2 動作詳細 175
4.3.3 スマート・コンフィグレータ設定 177
4.3.4 フローチャート 180
4.3.5 関連動作 182
4.3.5.1 デッドタイム自動設定機能 未使用 182
4.3.6 注意事項 184
4.3.6.1 コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ～ F) 184
4.4 のこぎり波 PWM モード 3 相相補 185
4.4.1 概要 185
4.4.2 動作詳細 187
4.4.3 スマート・コンフィグレータ設定 188
4.4.4 フローチャート 190
4.4.5 注意事項 191
4.4.5.1 複数チャネルのカウントスタート 191
4.4.5.2 コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ～ F) 191
4.5 のこぎり波ワンショットパルス 3 相相補 192
4.5.1 概要 192
4.5.2 動作詳細 194
4.5.3 スマート・コンフィグレータ設定 196
4.5.4 フローチャート 199
4.5.5 関連動作 202
4.5.5.1 区間で異なるデッドタイム自動設定 202
4.5.6 注意事項 203
4.5.6.1 複数チャネルのカウントスタート 203
4.5.6.2 コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ～ F) 203
4.6 三角波 PWM モード 1 204
4.6.1 概要 204
4.6.2 動作詳細 206
4.6.3 スマート・コンフィグレータ設定 208
4.6.4 フローチャート 211
4.6.5 関連動作 214
4.6.5.1 区間で異なるデッドタイム自動設定 214
4.6.5.2 デッドタイム自動設定機能のバッファ動作 214
4.6.5.3 デッドタイム自動設定機能 未使用 215
4.6.6 注意事項 217
4.6.6.1 複数チャネルのカウントスタート 217
4.6.6.2 コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ～ F) 217
4.7 三角波 PWM モード 2 218
4.7.1 概要 218
4.7.2 動作詳細 220
4.7.3 スマート・コンフィグレータ設定 222
4.7.4 フローチャート 225
4.7.5 関連動作 229
4.7.5.1 区間で異なるデッドタイム自動設定 229
4.7.5.2 デッドタイム自動設定機能のバッファ動作 229
4.7.5.3 デッドタイム自動設定機能 未使用 230
4.7.6 注意事項 232

4.7.6.1 複数チャネルのカウントスタート 232
4.7.6.2 コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ～ F) 232
4.8 三角波 PWM モード 3 233
4.8.1 概要 233
4.8.2 動作詳細 235
4.8.3 スマート・コンフィグレータ設定 237
4.8.4 フローチャート 240
4.8.5 関連動作 243
4.8.5.1 区間で異なるデッドタイム自動設定 243
4.8.5.2 デッドタイム自動設定機能のバッファ動作 243
4.8.5.3 デッドタイム自動設定機能 未使用 244
4.8.6 注意事項 246
4.8.6.1 複数チャネルのカウントスタート 246
4.8.6.2 コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ～ F) 246
4.9 のこぎり波 PWM モード デューティ 0%～100% 247
4.9.1 概要 247
4.9.2 動作詳細 249
4.9.3 スマート・コンフィグレータ設定 250
4.9.4 フローチャート 252
4.9.5 注意事項 254
4.9.5.1 コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ～ F) 254
4.9.5.2 コンペアマッチでデューティ 100%の出力 254
4.9.5.3 デューティ 0%および 100%出力中のコンペアマッチ動作 255
4.10 のこぎり波ワンショットパルス デューティ 0%～100% 256
4.10.1 概要 256
4.10.2 動作詳細 258
4.10.3 スマート・コンフィグレータ設定 261
4.10.4 フローチャート 264
4.10.5 注意事項 266
4.10.5.1 コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ～ F) 266
4.10.5.2 コンペアマッチでデューティ 100%の出力 266
4.10.5.3 デューティ 0%および 100%出力中のコンペアマッチ動作 267
4.10.5.4 デューティ 0%および 100%からの切り替え 267
4.11 のこぎり波 PWM モード デューティ 0%と 100% 268
4.11.1 概要 268
4.11.2 動作詳細 269
4.11.3 スマート・コンフィグレータ設定 270
4.11.4 フローチャート 272
4.11.5 関連動作 274
4.11.5.1 初期値 Low、デューティ 0%を維持後 100%に変更 274
4.11.5.2 初期値 Low、デューティ 100%を維持後 0%に変更 275
4.11.5.3 初期値 High、デューティ 0%を維持後 100%に変更 276
4.11.5.4 初期値 High、デューティ 100%を維持後 0%に変更 277
4.11.5.5 デューティ 50%を維持後 100%に変更 278
4.11.5.6 デューティ 50%を維持後 0%に変更 279
4.11.6 注意事項 280
4.11.6.1 コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ～ F) 280

4.11.6.2 カウント開始時の GTUDDTYC.OADTY ビット設定の反映 280
4.11.6.3 スマート・コンフィグレータを使用したカウント開始時のデューティ反映 281
4.11.6.4 コンペアマッチでデューティ 100%の出力 281
4.11.6.5 デューティ 0%および 100%出力中のコンペアマッチ動作 281
4.12 三角波 PWM モード 1 デューティ 0%～100% 282
4.12.1 概要 282
4.12.2 動作詳細 284
4.12.3 スマート・コンフィグレータ設定 286
4.12.4 フローチャート 289
4.12.5 注意事項 291
4.12.5.1 コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ～ F) 291
4.12.5.2 コンペアマッチでデューティ 100%の出力 291
4.12.5.3 デューティ 0%および 100%出力中のコンペアマッチ動作 292
4.12.5.4 デューティ 0%および 100%からの切り替え 292
4.13 三角波 PWM モード 1 デューティ 0%と 100% 293
4.13.1 概要 293
4.13.2 動作詳細 295
4.13.3 スマート・コンフィグレータ設定 297
4.13.4 フローチャート 300
4.13.5 関連動作 302
4.13.5.1 初期値 Low、デューティ 0%を維持後 100%に変更 302
4.13.5.2 初期値 Low、デューティ 100%を維持後 0%に変更 303
4.13.5.3 初期値 High、デューティ 0%を維持後 100%に変更 304
4.13.5.4 初期値 High、デューティ 100%を維持後 0%に変更 306
4.13.5.5 デューティ 50%を維持後 100%に変更 307
4.13.5.6 デューティ 50%を維持後 0%に変更 308
4.13.6 注意事項 309
4.13.6.1 コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ～ F) 309
4.13.6.2 カウント開始時の GTUDDTYC.OADTY ビット設定の反映 309
4.13.6.3 スマート・コンフィグレータを使用したカウント開始時のデューティ反映 310
4.13.6.4 コンペアマッチでデューティ 100%の出力 310
4.13.6.5 デューティ 0%および 100%出力中のコンペアマッチ動作 310

5. プロジェクトのインポート方法 311
5.1 e² studio での手順 311
5.2 CS+ での手順 312

6. 参考ドキュメント 313

改訂記録 314

1. MTU と GPTW の仕様

MTU と GPTW の PWM 出力に関する主な機能一覧を以下に示します。

表 1-1　PWM 出力の機能一覧

項目		MTU	GPTW
基本機能	チャネル数	9ch	10ch
	カウンタ精度	16bit 注 1	32bit
	最大動作周波数	CPU 周波数と同じ	CPU 周波数と同じ
	同期動作	○	○
共通機能	PWM 出力	○	○
	相補 PWM 出力	○	○
	PWM 出力保護機能（POE）	○	○
	左右非対称三角波 PWM	○	○
	デューティ 0%、100%出力	○	○
GPTW 独自機能	のこぎり波相補 PWM	ー	○
	左右のデッドタイム制御	ー	○

注 1.　カスケード接続で 32bit も可能ですが、PWM 出力時は 16bit のみです。

MTU はチャネル毎にサポートする機能が異なります。チャネル毎の機能を以下に示します。

表 1-2　機能一覧（チャネル毎）

項目	MTU									GPTW 注 1
	MTU0	MTU1	MTU2	MTU3	MTU4	MTU5	MTU6	MTU7	MTU9	
カウントクロック	14 種	11 種	12 種	11 種	11 種	10 種	11 種	11 種	14 種	13 種
同期動作	○	○	○	○	○	-	○	○	○	○
入出力端子数	4	2	2	4	4	3	4	4	4	2
バッファ動作	○	-	-	○	○	-	○	○	○	○
PWM モード 1 注 2	2	1	1	2	2	-	2	2	2	-
PWM モード 2 注 2	4	2	2	-	-	-	-	-	4	-
相補 PWM モード 1/2/3 注 2	-	-	-	2	4	-	2	4	-	-
リセット同期 PWM モード注 2	-	-	-	2	4	-	2	4	-	-
のこぎり波 PWM モード注 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
のこぎり波ワンショットパルスモード注 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
三角波 PWM モード 1/2/3 注 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
デッドタイム自動設定機能	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○

注 1.　1ch 分の機能を示します。GPTW は同一機能を 10ch 搭載しています。
注 2.　数字は PWM 出力端子数です。正相、逆相はそれぞれ 1 つずつと数えています。

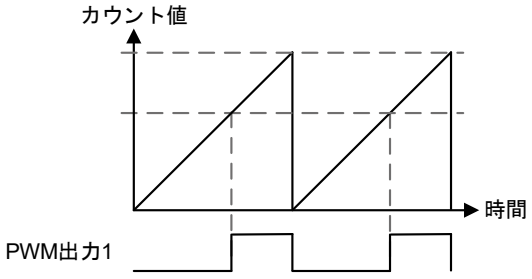
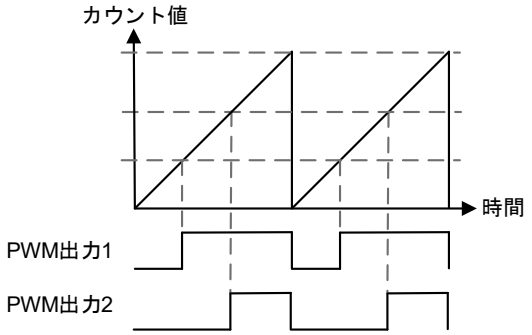
MTU と GPTW の PWM の機能の詳細と仕様の違いを次ページ以降に説明します。

1.1　動作モードと出力波形

MTU と GPTW のモードと出力波形の関係を説明します。

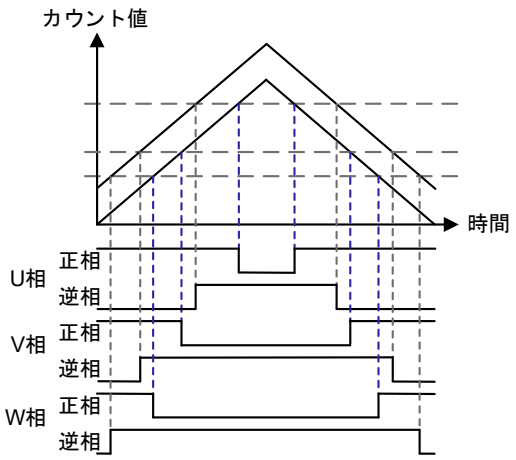
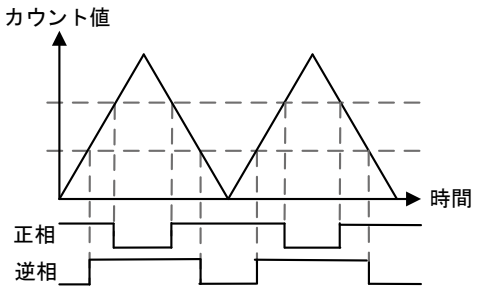
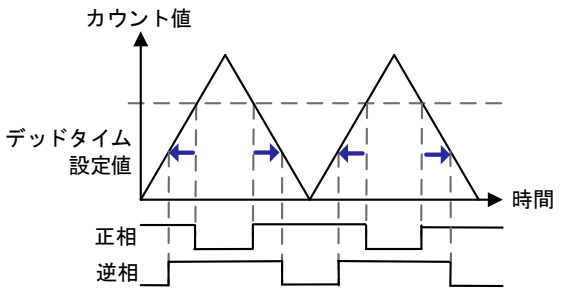
MTU と GPTW の PWM 出力を行うモードと出力波形を以下に示します。

表 1-3　PWM 出力

出力波形	タイマ	説明
	MTU	● PWM モード 1 — 最大 14 相の PWM 出力が可能 — 1 本の PWM 出力に対し、周期レジスタとデューティレジスタを使用 — 2 相以上同期させる場合は、同期動作を使用することで可能
	GPTW	● のこぎり波 PWM モード — 最大 20 相の PWM 出力が可能 — 2 本の PWM 出力に対し、1 つの周期レジスタ、PWM 出力分のデューティレジスタを使用 — 3 相以上同期させる場合は、同期動作を使用することで可能
	MTU	● PWM モード 2 — 最大 12 相の PWM 出力が可能 — 複数の PWM 出力に対し、1 つの周期レジスタ、PWM 出力分のデューティレジスタを使用 — 3 相以上同期させる場合は、同期動作を使用することで可能
	GPTW	● のこぎり波 PWM モード — 最大 20 相の PWM 出力が可能 — 2 本の PWM 出力に対し、1 つの周期レジスタ、PWM 出力分のデューティレジスタを使用 — 3 相以上同期させる場合は、同期動作を使用することで可能

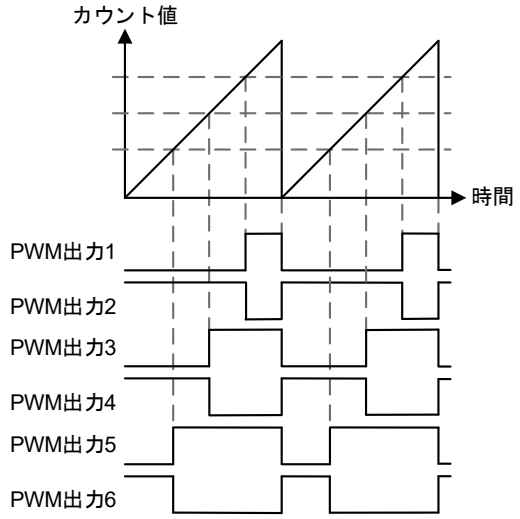
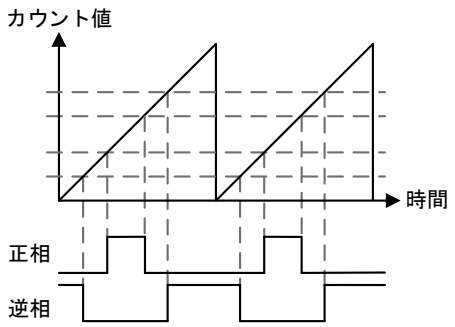
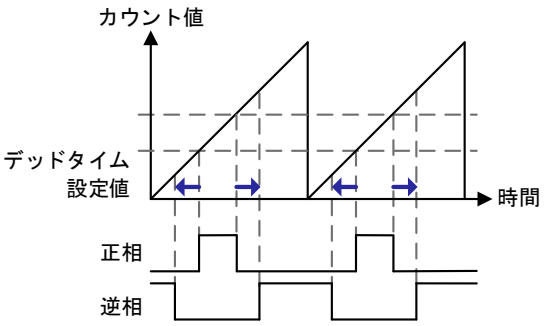
MTU と GPTW の相補 PWM 出力（三角波）を行うモードと出力波形を以下に示します。

表 1-4　相補 PWM モード（三角波）

出力波形	タイマ	説明
	MTU	● 相補 PWM モード 1/2/3 — 最大 3 相相補 2ch — 1 相当り 1 つのコンペア値の変更でデューティ比の変更が可能 — デッドタイム自動設定機能
	GPTW	● 三角波 PWM モード 1/2/3 — 最大単相相補 10ch — 正相、逆相各 1 つのコンペア値の変更でデューティ比の変更が可能 — デッドタイムは、正相、逆相の各コンペア値の差 — 2ch 以上同期させる場合は、同期動作を使用することで可能 （例：3 相相補 3ch + 単相 1ch、5 相相補 2ch）
		● 三角波 PWM モード 1/2/3＋デッドタイム自動設定機能 — 最大単相相補 10ch — 正相のコンペア値の変更でデューティ比の変更が可能 — 逆相は左右のデッドタイム設定で変更が可能 — 2ch 以上同期させる場合は、同期動作を使用することで可能 （例：3 相相補 3ch + 単相 1ch、5 相相補 2ch）

MTU と GPTW の相補 PWM 出力（のこぎり波）を行うモードと出力波形を以下に示します。

表 1-5　相補 PWM モード（のこぎり波）

出力波形	タイマ	説明
	MTU	● リセット同期 PWM モード — 最大 3 相相補 2ch
	GPTW	● のこぎり波 PWM モード＋同期動作 — 最大単相相補 10ch — 正相、逆相各 1 つのコンペア値を持ち、同じコンペア値を設定 — GTIOCnA 端子出力の設定は、初期出力は Low 出力、GTCCRA レジスタのコンペアマッチで High 出力、周期の終わりで Low 出力とし、GTIOCnB 端子出力の設定は、初期出力は High 出力、GTCCRB レジスタのコンペアマッチで Low 出力、周期の終わりで High 出力
	GPTW	● のこぎり波ワンショットパルスモード — 最大単相相補 10ch — ダブルバッファを使用し、正相、逆相各 2 つのコンペア値を設定 — デッドタイムは、正相、逆相の各コンペア値の差 — 2ch 以上同期させる場合は、同期動作を使用することで可能 （例：3 相相補 3ch + 単相 1ch、 5 相相補 2ch）
	GPTW	● のこぎり波ワンショットパルスモード＋デッドタイム自動設定機能 — 最大単相相補 10ch — 逆相は左右のデッドタイム設定で変更が可能 — 2ch 以上同期させる場合は、同期動作を使用することで可能 （例：3 相相補 3ch + 単相 1ch、 5 相相補 2ch）

1.2　バッファ機能

MTU と GPTW にはバッファ機能が搭載されています。モードによってバッファの構成、転送タイミングが異なります。

GPTW にはバッファレジスタ書き込み時のバッファ転送を抑止する機能をサポートしています。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「24.8.2 バッファ動作の抑止」を参照ください。

MTU の PWM モード 1/2、リセット同期 PWM モード時のバッファの構成と転送タイミングを以下に示します。転送タイミングは、バッファレジスタからレジスタに転送するタイミングとなります。

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「22.3.3 バッファ動作」を参照ください。

表 1-6　MTU PWM モード 1/2 時

チャネル	レジスタ	バッファレジスタ	転送タイミング
MTU0, MTU9	TGRA	TGRC	PWM モード 1、2 の時 ● コンペアマッチ ● カウンタクリア
	TGRB	TGRD	
	TGRE	TGRF	
MTU3, MTU4, MTU6, MTU7	TGRA	TGRC	PWM モード 1 の時 ● コンペアマッチ ● カウンタクリア
	TGRB	TGRD	

MTU のリセット同期 PWM モード時のバッファ構成と転送タイミングを以下に示します。転送タイミングは、バッファレジスタからレジスタに転送するタイミングとなります。

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「22.6.15 リセット同期 PWM モードのバッファ動作とコンペアマッチ」を参照ください。

表 1-7　MTU リセット同期 PWM モード時

チャネル	レジスタ	バッファレジスタ	転送タイミング
MTU3, MTU6	TGRA	TGRC	● 周期の終わり（MTU3.TGRA、MTU6.TGRA のコンペアマッチ）
	TGRB	TGRD	

MTU の相補 PWM モード（シングルバッファ）時のバッファの構成と転送タイミングを以下に示します。転送タイミングは、MTU3.TGRA、MTU6.TGRA、TCDRA、TCDRB はバッファレジスタからレジスタに転送するタイミングです。それ以外のレジスタは、テンポラリレジスタからレジスタに転送するタイミングとなります。

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「22.3.8 相補 PWM モード」の「(b) レジスタの動作」を参照ください。

表 1-8　MTU 相補 PWM モード 1/2/3 時

チャネル	レジスタ	テンポラリレジスタ	バッファレジスタ	転送タイミング
MTU3	TGRA	-	TGRC	相補 PWM モード 1 ● 山 相補 PWM モード 2 ● 谷 相補 PWM モード 3 ● 山と谷
	TGRB	TEMP1A	TGRD	
MTU4	TGRA	TEMP2A	TGRC	
	TGRB	TEMP3A	TGRD	
MTU6	TGRA	-	TGRC	
	TGRB	TEMP4A	TGRD	
MTU7	TGRA	TEMP5A	TGRC	
	TGRB	TEMP6A	TGRD	
MTU	TCDRA	-	TCBRA	
	TCDRB	-	TCBRB	

MTU の相補 PWM モード（ダブルバッファ）時のバッファの構成と転送タイミングを以下に示します。転送タイミングは、MTU3.TGRA、MTU6.TGRA、TCDRA、TCDRB はバッファレジスタからレジスタに転送するタイミングです。それ以外のレジスタは、以下の表の記載を確認してください。

バッファレジスタ A（MTU3.TGRD、MTU4.TGRC、MTU4.TGRD、MTU6.TGRD、MTU7.TGRC、MTU7.TGRD）を設定する際は、バッファレジスタ B（MTU3.TGRE、MTU4.TGRE、MTU4.TGRF、MTU6.TGRE、MTU7.TGRE、MTU7.TGRF）も同時に設定してください。

バッファレジスタ A はダウンカウント時のコンペア値、バッファレジスタ B はアップカウント時のコンペア値となります。

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「22.3.8 相補 PWM モード」の「(s) 相補 PWM モードのダブルバッファ機能」を参照ください。

表 1-9　MTU 相補 PWM モード 3（ダブルバッファ使用時）

<table>
<tr><th>チャネル</th><th>レジスタ</th><th>テンポラリレジスタ</th><th>バッファレジスタ</th><th>ダブルバッファレジスタ</th><th>転送タイミング</th></tr>
<tr><td rowspan="2">MTU3</td><td rowspan="2">TGRB</td><td>TEMP1A</td><td>TGRD</td><td>-</td><td rowspan="12">MTU4.TGRD、MTU7.TGRD 書き込み時に TGRC、TGRD、TGRE、TGRF の値は対応するテンポラリレジスタに転送
TEMP1A、TEMP2A、TEMP3A、TEMP4A、TEMP5A、TEMP6A から対応するレジスタに転送するタイミングは山
TEMP1B、TEMP2B、TEMP3B、TEMP4B、TEMP5B、TEMP6B から対応するレジスタに転送するタイミングは谷</td></tr>
<tr><td>TEMP1B</td><td>-</td><td>TGRE</td></tr>
<tr><td rowspan="4">MTU4</td><td rowspan="2">TGRA</td><td>TEMP2A</td><td>TGRC</td><td>-</td></tr>
<tr><td>TEMP2B</td><td>-</td><td>TGRE</td></tr>
<tr><td rowspan="2">TGRB</td><td>TEMP3A</td><td>TGRD</td><td>-</td></tr>
<tr><td>TEMP3B</td><td>-</td><td>TGRF</td></tr>
<tr><td rowspan="2">MTU6</td><td rowspan="2">TGRB</td><td>TEMP4A</td><td>TGRD</td><td>-</td></tr>
<tr><td>TEMP4B</td><td>-</td><td>TGRE</td></tr>
<tr><td rowspan="4">MTU7</td><td rowspan="2">TGRA</td><td>TEMP5A</td><td>TGRC</td><td>-</td></tr>
<tr><td>TEMP5B</td><td>-</td><td>TGRE</td></tr>
<tr><td rowspan="2">TGRB</td><td>TEMP6A</td><td>TGRD</td><td>-</td></tr>
<tr><td>TEMP6B</td><td>-</td><td>TGRF</td></tr>
<tr><td>MTU3</td><td>TGRA</td><td>-</td><td>TGRC</td><td>-</td><td rowspan="5">山と谷</td></tr>
<tr><td>MTU6</td><td>TGRA</td><td>-</td><td>TGRC</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">MTU</td><td>TCDRA</td><td>-</td><td>TCBRA</td><td>-</td></tr>
<tr><td>TCDRB</td><td>-</td><td>TCBRB</td><td>-</td></tr>
</table>

GPTW ののこぎり波 PWM モード、三角波 PWM モード 1/2 のバッファの構成と転送タイミングを以下に示します。

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「24.3.2 バッファ動作」を参照ください。

表 1-10　GPTW のこぎり波 PWM モード、三角波 PWM モード 1/2

レジスタ	バッファレジスタ	ダブルバッファレジスタ	転送タイミング
GTPR	GTPBR	GTPDBR	のこぎり波 PWM モード ● オーバフロー／アンダフロー ● カウンタクリア — ハードウェア — ソフトウェア 三角波 PWM モード 1/2 ● 谷
GTCCRA	GTCCRC	GTCCRD	のこぎり波 PWM モード ● オーバフロー／アンダフロー ● カウンタクリア — ハードウェア — ソフトウェア ● 強制バッファ転送 三角波 PWM モード 1 ● 谷 ● 強制バッファ転送 三角波 PWM モード 2 ● 山と谷 ● 強制バッファ転送
GTCCRB	GTCCRE	GTCCRF	
GTDVU 注	GTDBU	-	三角波 PWM モード 1/2 ● カウンタクリア — GTCNT カウンタのクリア ● 谷
GTDVD 注	GTDBD	-	

注.　のこぎり波 PWM モードでは使用できません。

GPTW ののこぎり波ワンショットパルスモードのバッファの構成と転送タイミングを以下に示します。

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「(2) のこぎり波ワンショットパルスモード」を参照ください。

表 1-11　GPTW のこぎり波ワンショットパルスモード

<table>
<tr><th>レジスタ</th><th>バッファレジスタ</th><th>テンポラリレジスタ</th><th>ダブルバッファレジスタ</th><th>転送タイミング</th></tr>
<tr><td>GTPR</td><td>GTPBR</td><td>-</td><td>GTPDBR</td><td>● オーバフロー／アンダフロー
● カウンタクリア
— ハードウェア
— ソフトウェア</td></tr>
<tr><td rowspan="2">GTCCRA</td><td>GTCCRC</td><td>-</td><td>-</td><td rowspan="4">周期の終わり（オーバフロー／アンダフロー）で GTCCRC から GTCCRA に、GTCCRE から GTCCRB に、GTCCRD からテンポラリレジスタ A に、GTCCRF からテンポラリレジスタ B に転送
GTCCRA のコンペアマッチでテンポラリレジスタ A から GTCCRA に、GTCCRB のコンペアマッチでテンポラリレジスタ B から GTCCRB に転送</td></tr>
<tr><td>-</td><td>テンポラリレジスタ A</td><td>GTCCRD</td></tr>
<tr><td rowspan="2">GTCCRB</td><td>GTCCRE</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>-</td><td>テンポラリレジスタ B</td><td>GTCCRF</td></tr>
<tr><td>GTDVU</td><td>GTDBU</td><td>-</td><td>-</td><td rowspan="2">● カウンタクリア
— GTCNT カウンタのクリア
● オーバフロー／アンダフロー</td></tr>
<tr><td>GTDVD</td><td>GTDBD</td><td>-</td><td>-</td></tr>
</table>

GPTW の三角波 PWM モード 3 のバッファの構成と転送タイミングを以下に示します。

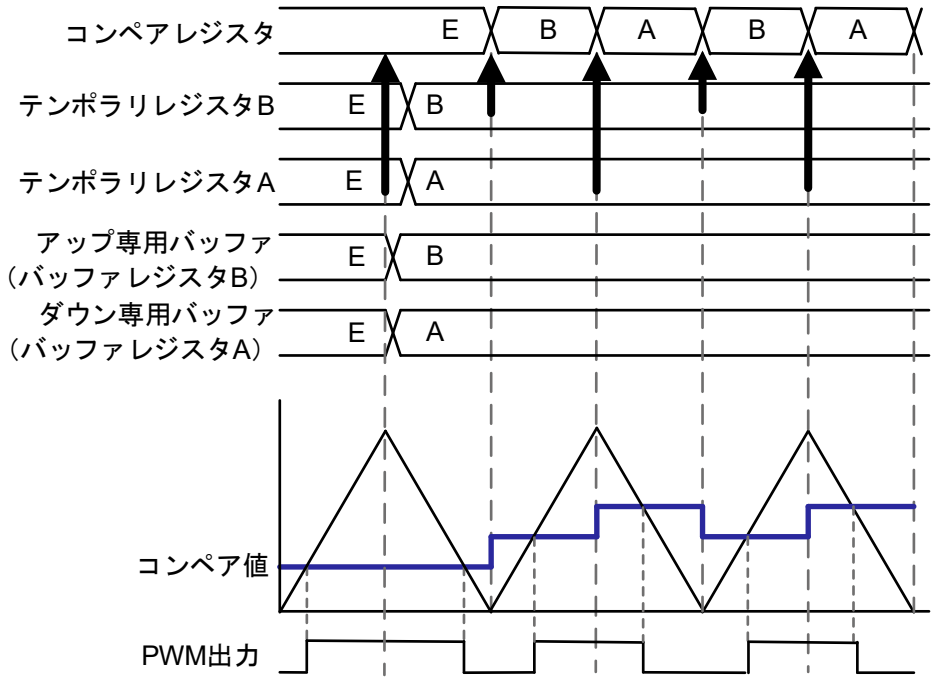
詳細は、「RX66T グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」の「24.3.3 PWM 出力動作モード」の「(5) 三角波 PWM モード 3 (谷 64 ビット転送)」を参照ください

表 1-12　GPTW 三角波 PWM モード 3

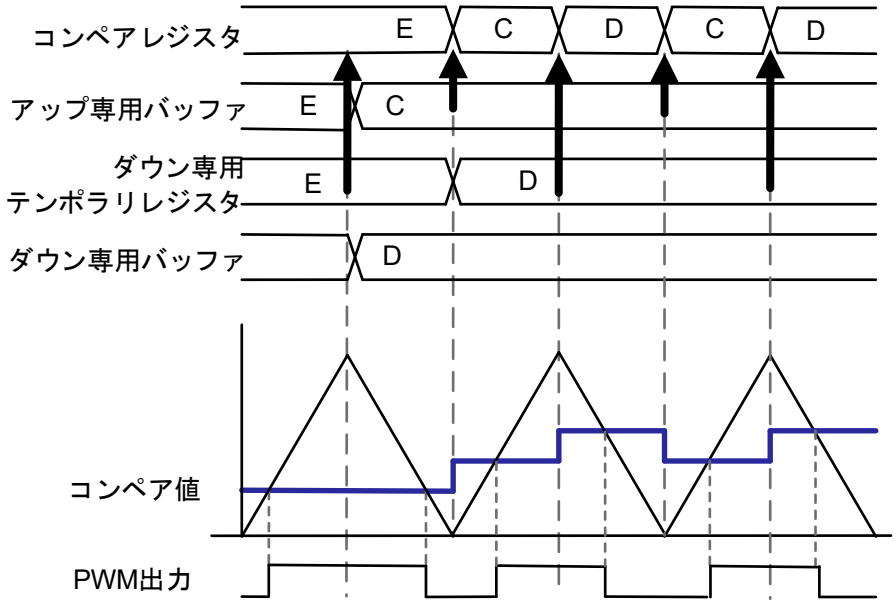
<table>
<tr><th>レジスタ</th><th>バッファレジスタ</th><th>テンポラリレジスタ</th><th>ダブルバッファレジスタ</th><th>転送タイミング</th></tr>
<tr><td>GTPR</td><td>GTPBR</td><td>-</td><td>GTPDBR</td><td>● 谷</td></tr>
<tr><td rowspan="2">GTCCRA</td><td>GTCCRC</td><td>-</td><td>-</td><td rowspan="4">谷で GTCCRC から GTCCRA に、GTCCRE から GTCCRB に、GTCCRD からテンポラリレジスタ A に、GTCCRF からテンポラリレジスタ B に転送
山でテンポラリレジスタ A から GTCCRA に、テンポラリレジスタ B から GTCCRB に転送</td></tr>
<tr><td>-</td><td>テンポラリレジスタ A</td><td>GTCCRD</td></tr>
<tr><td rowspan="2">GTCCRB</td><td>GTCCRE</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>-</td><td>テンポラリレジスタ B</td><td>GTCCRF</td></tr>
<tr><td>GTDVU</td><td>GTDBU</td><td>-</td><td>-</td><td rowspan="2">● カウンタクリア
— GTCNT カウンタのクリア
● 谷</td></tr>
<tr><td>GTDVD</td><td>GTDBD</td><td>-</td><td>-</td></tr>
</table>

MTU と GPTW のダブルバッファの構成とタイミングのイメージ図を以下に示します。

山割り込み発生時にアップカウント期間専用バッファ（アップ専用バッファ）、ダウンカウント期間専用バッファ（ダウン専用バッファ）に次のコンペア値を設定した場合です。構成は異なりますが、どちらも 1 キャリア周期に 1 割り込み処理で左右非対称相補 PWM を実現しています。



(1) MTU 相補PWMモード3

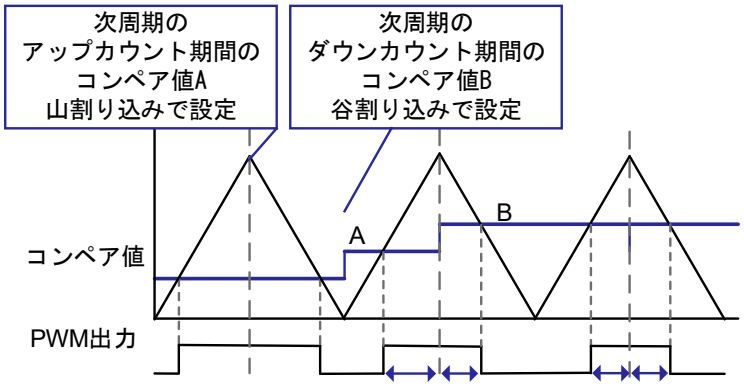


(2) GPTW 三角波PWMモード3

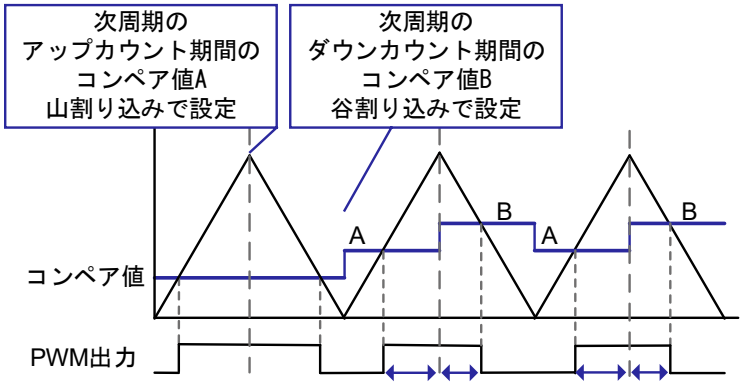
図 1-1　ダブルバッファの構成

1.3　左右非対称相補 PWM 出力

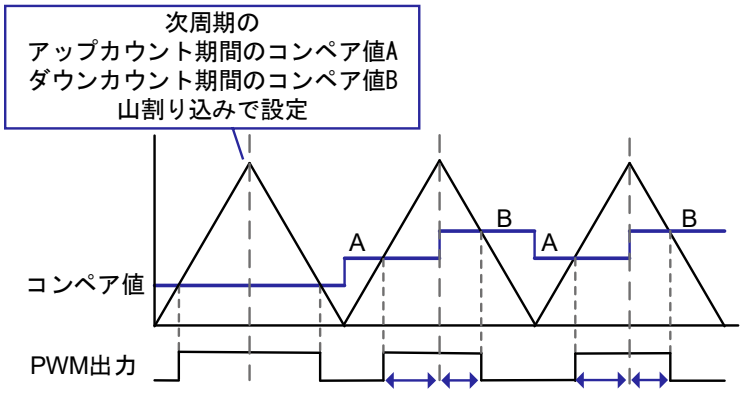
MTU と GPTW は左右非対称相補 PWM 出力が可能です。左右非対称相補 PWM 出力を実現するためのコンペアレジスタの設定タイミングを以下に示します。



(1) MTU 相補PWMモード3（シングルバッファ）



(2) GPTW 三角波PWMモード2（シングルバッファ）



(3) MTU 相補PWMモード3（ダブルバッファ）
GPTW 三角波PWMモード2（ダブルバッファ）
GPTW 三角波PWMモード3
GPTW のこぎり波ワンショットパルスモード注

注　　のこぎり波ワンショットパルスモードは、「周期の終わり（オーバフロー／アンダフロー）」で設定

図 1-2　左右非対称相補 PWM 出力

1.4　デッドタイム自動設定

MTU と GPTW のデッドタイム自動設定を以下に示します。MTU はアップカウントとダウンカウントで同じ値を設定し、GPTW は違う値を設定することができます。

MTU 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」の「(e) デッドタイムの設定」を参照ください。

GPTW 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「24.3.4 デッドタイム自動設定機能」を参照ください。

表 1-13　デッドタイム自動設定

項目	MTU	GPTW
使用できるモード	● 相補 PWM モード 1/2/3	● のこぎり波ワンショットパルスモード ● 三角波 PWM モード 1/2/3
設定レジスタ	アップ／ダウンカウント共通 1 つ	アップカウント専用 1 つ、 ダウンカウント専用 1 つ
動作中の変更	禁止	可能
出力保護機能	-	○

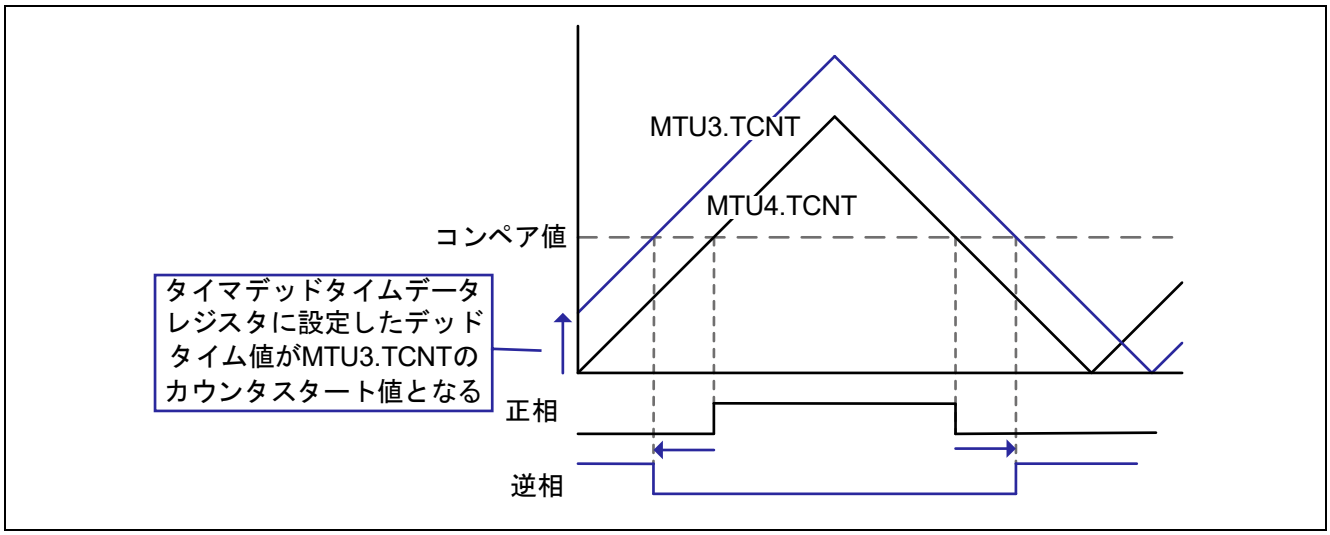


図 1-3　MTU デッドタイム自動設定（MTU3、MTU4）

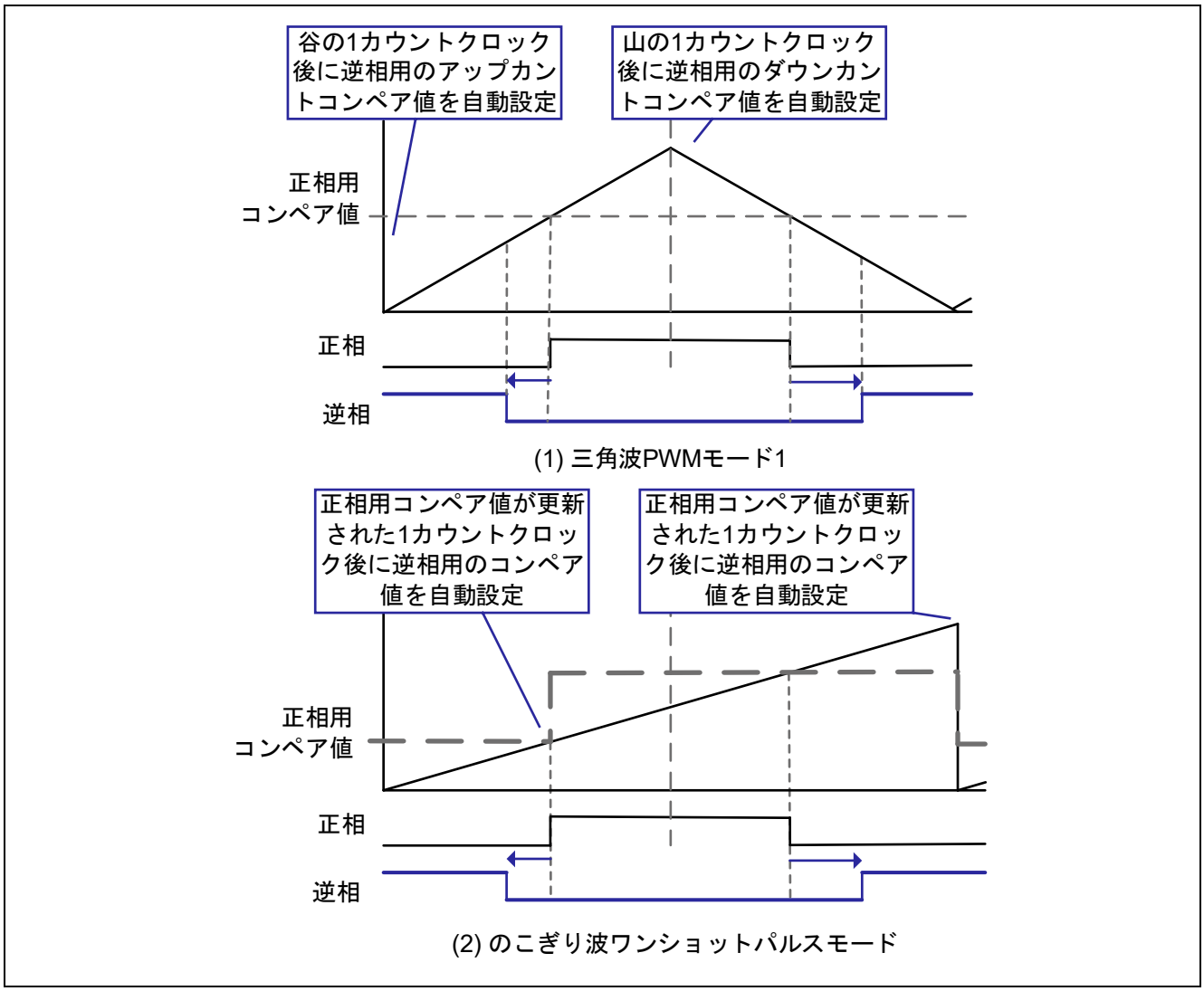


図 1-4　GPTW デッドタイム自動設定

1.5　デューティ 0%/100%出力機能

MTU と GPTW のデューティ 0%と 100%の設定方法を以下に示します。

表 1-14　デューティ 0%と 100%の設定方法

設定方法	MTU	GPTW
コンペアレジスタの設定 MTU：TGR レジスタ GPTW：GTCCR レジスタ	● PWM モード 1/2 100%：コンペア値 ＝ 周期レジスタ値 0%：コンペア値 ＞ 周期レジスタ値 ● 相補 PWM モード 1/2/3 100%：コンペア値 ＝0000h 0%：コンペア値 ＝ 周期レジスタ値 上記設定だけでは不十分な場合があります。その場合は TIOR と組み合わせて使用してください。	モードによっては GTCCR レジスタと GTIOR の組み合わせで実現できます。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「24.10.2 コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ～ F)」を参照ください。
端子出力デューティ設定ビットの設定 GPTW： GTUDDTYC.OADTY[1:0]、OBDTY[1:0]の設定	-	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」を参照ください。
I/O 制御レジスタの設定 MTU：TIOR レジスタ GPTW：GTIOR レジスタ	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「22.2.6 タイマ I/O コントロールレジスタ」を参照ください。	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「24.2.14 汎用 PWM タイマ I/O 制御レジスタ」を参照ください。

1.6　周期と周期レジスタの関係

MTU と GPTW の周期と周期レジスタの関係を以下に示します。

表 1-15　周期と周期レジスタの関係

関係式	MTU	GPTW
周期 ＝ 周期レジスタ値 ＋ 1	● PWM モード 1/2 ● リセット同期 PWM モード	● のこぎり波 PWM モード ● のこぎり波ワンショットパルス
周期 ＝ 周期レジスタ値 × 2	● 相補 PWM モード 1/2/3	● 三角波 PWM モード 1/2/3

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 e² studio Version 2021-07
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 V3.03.00
	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。
iodefine.h バージョン	V1.00
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にない場合は、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。デューティ比について記載がないものは、20%→40%→60%→80%→20%→･･･を繰り返す波形を出力します。

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(1/2)

名称	内容	参照
PWM モード 1 コンペアマッチ r01an5995_rx66t_mtu3_pwm1_cmp.zip	PWM モード 1 を使用 TGRA のコンペアマッチ発生時にバッファ転送し、PWM 波形を出力	3.2
PWM モード 1 カウンタクリア r01an5995_rx66t_mtu3_pwm1_cntclear.zip	PWM モード 1 を使用 カウンタクリア発生時にバッファ転送し、PWM 波形を出力	3.3
PWM モード 1 バッファレジスタなし r01an5995_rx66t_mtu3_pwm1.zip	PWM モード 1 を使用 バッファは使用せずに PWM 波形を出力	3.4
PWM モード 2 コンペアマッチ r01an5995_rx66t_mtu3_pwm2_cmp.zip	PWM モード 2 を使用 TGRA のコンペアマッチ発生時にバッファ転送し、2 相の PWM 波形を出力	3.5
PWM モード 2 カウンタクリア r01an5995_rx66t_mtu3_pwm2_cntclear.zip	PWM モード 2 を使用 カウンタクリア発生時にバッファ転送し、2 相の PWM 波形を出力	3.6
PWM モード 2 バッファレジスタなし r01an5995_rx66t_mtu3_pwm2.zip	PWM モード 2 を使用 バッファは使用せずに 2 相の PWM 波形を出力	3.7
リセット同期 PWM モード r01an5995_rx66t_mtu3_reset_sync_pwm.zip	リセット同期 PWM モードを使用 デッドタイムなしの 3 相の相補 PWM 波形を出力 各相は 25%、50%、75%の固定デューティを出力	3.8
相補 PWM モード ダブルバッファあり r01an5995_rx66t_mtu3_complementary_pwm_dblbuf.zip	相補 PWM モード 3 を使用（山と谷で転送） ダブルバッファを使用し左右非対称のデューティを生成し、デッドタイム付きの 3 相の相補 PWM 波形を出力 出力デューティ：20%→40%→60%→80%→60%→･･･	3.9
相補 PWM モード ダブルバッファなし r01an5995_rx66t_mtu3_complementary_pwm.zip	相補 PWM モード 3 を使用（山と谷で転送） ダブルバッファは使用せず左右対称のデューティを生成し、デッドタイム付きの 3 相の相補 PWM 波形を出力 出力デューティ：20%→40%→60%→80%→60%→･･･	3.10
PWM モード 1 デューティ 0%～100%（コンペアマッチ時にコンペアレジスタを書き換え） r01an5995_rx66t_mtu3_pwm1_50to100.zip	PWM モード 1 を使用 デューティ 0%と 100%を含む PWM 波形を出力 コンペアマッチ時にコンペアレジスタを書き換え 出力デューティ：50%→80%→100%→80%→50%→0%→･･･	3.11
PWM モード 1 デューティ 0%～100%（カウンタクリア時にコンペアレジスタを書き換え） r01an5995_rx66t_mtu3_pwm1_50to100_rwcc.zip	PWM モード 1 を使用 デューティ 0%と 100%を含む PWM 波形を出力 カウンタクリア時にコンペアレジスタを書き換え 出力デューティ：50%→80%→100%→80%→50%→0%→･･･	3.12
PWM モード 1 デューティ 0%と 100% r01an5995_rx66t_mtu3_pwm1_0to100.zip	PWM モード 1 を使用 デューティ 0%と 100%を繰り返す PWM 波形を出力 出力デューティ：0%→100%→0%→100%→･･･	3.13

表 3-2　MTU サンプルコード一覧(2/2)

名称	内容	参照
相補 PWM モードデューティ 0%～100% r01an5995_rx66t_mtu3_complementary_pwm_50to100.zip	相補 PWM モード 2 を使用（谷で転送） デューティ 0%と 100%を含む PWM 波形を出力 出力デューティ：50%→80%→100%→80%→50%→0%→･･･	3.14
相補 PWM モードデューティ 0%と 100% r01an5995_rx66t_mtu3_complementary_pwm_0to100.zip	相補 PWM モード 2 を使用（谷で転送） デューティ 0%と 100%を繰り返す PWM 波形を出力 出力デューティ：0%→100%→0%→100%→･･･	3.15

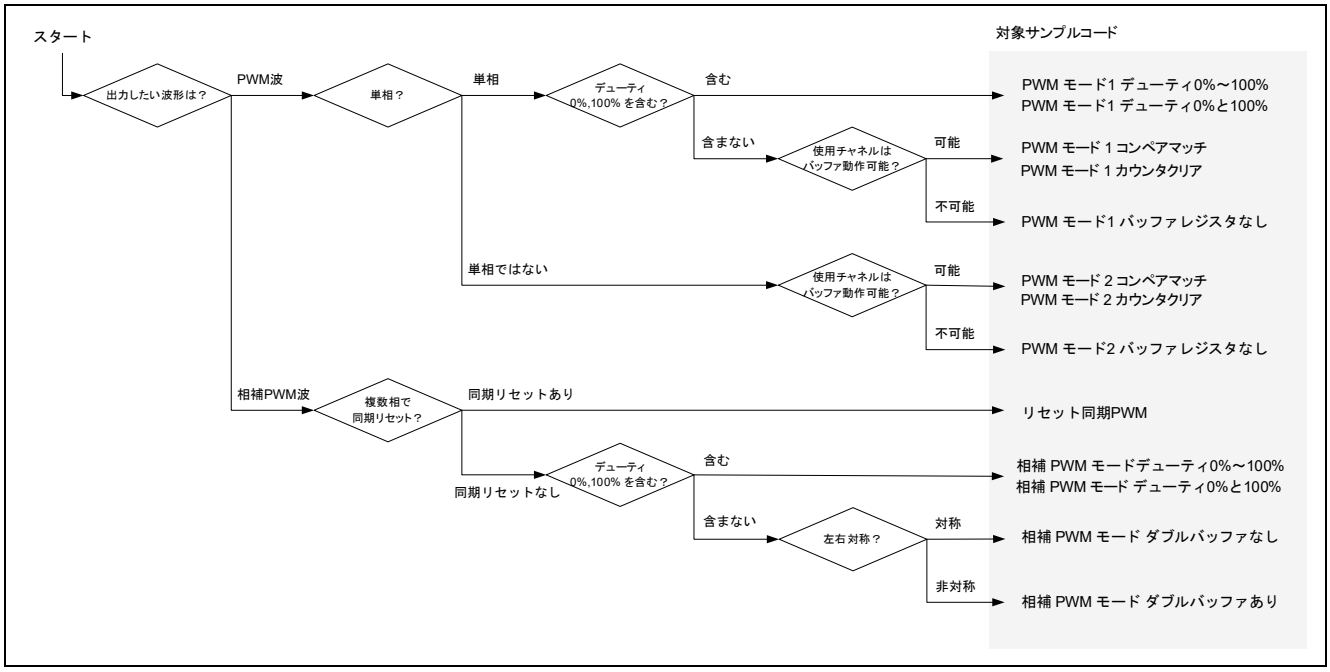


図 3-1　目的別サンプルコード

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。

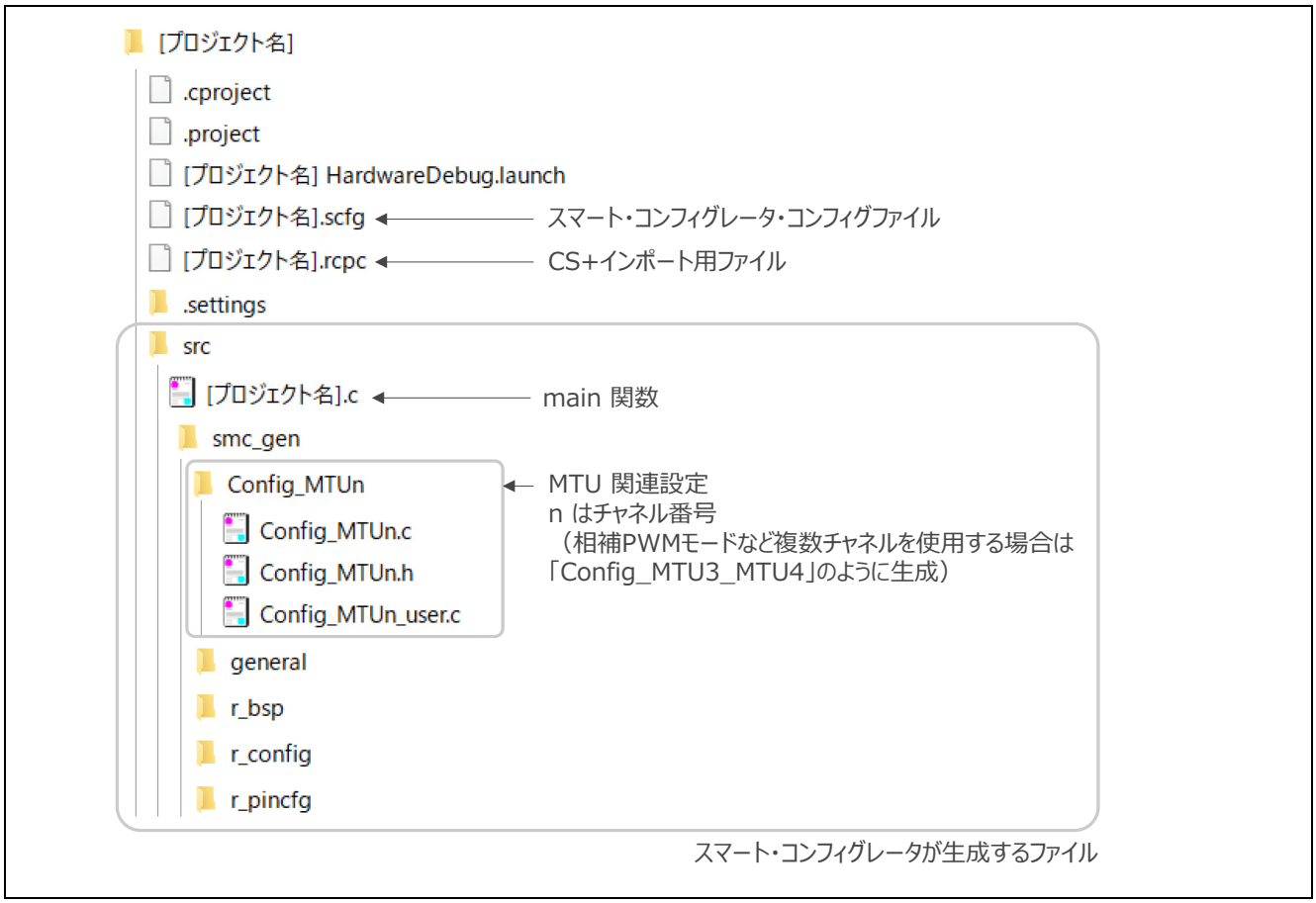


図 3-2　MTU フォルダ構成

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 3-3　MTU ファイル構成

ファイル名	内容
[プロジェクト名].c	main 関数 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_MTUn.c※	R_Config_MTUn_Create 関数 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。
	R_Config_MTUn_Start 関数 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。
	R_Config_MTUn_Stop 関数 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。
Config_MTUn_user.c※	r_Config_MTUn_Create_UserInit 関数 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。
	r_Config_MTUn_[割り込み名]_interrupt 関数 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_MTUn.h※	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。

※：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 3-4　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）

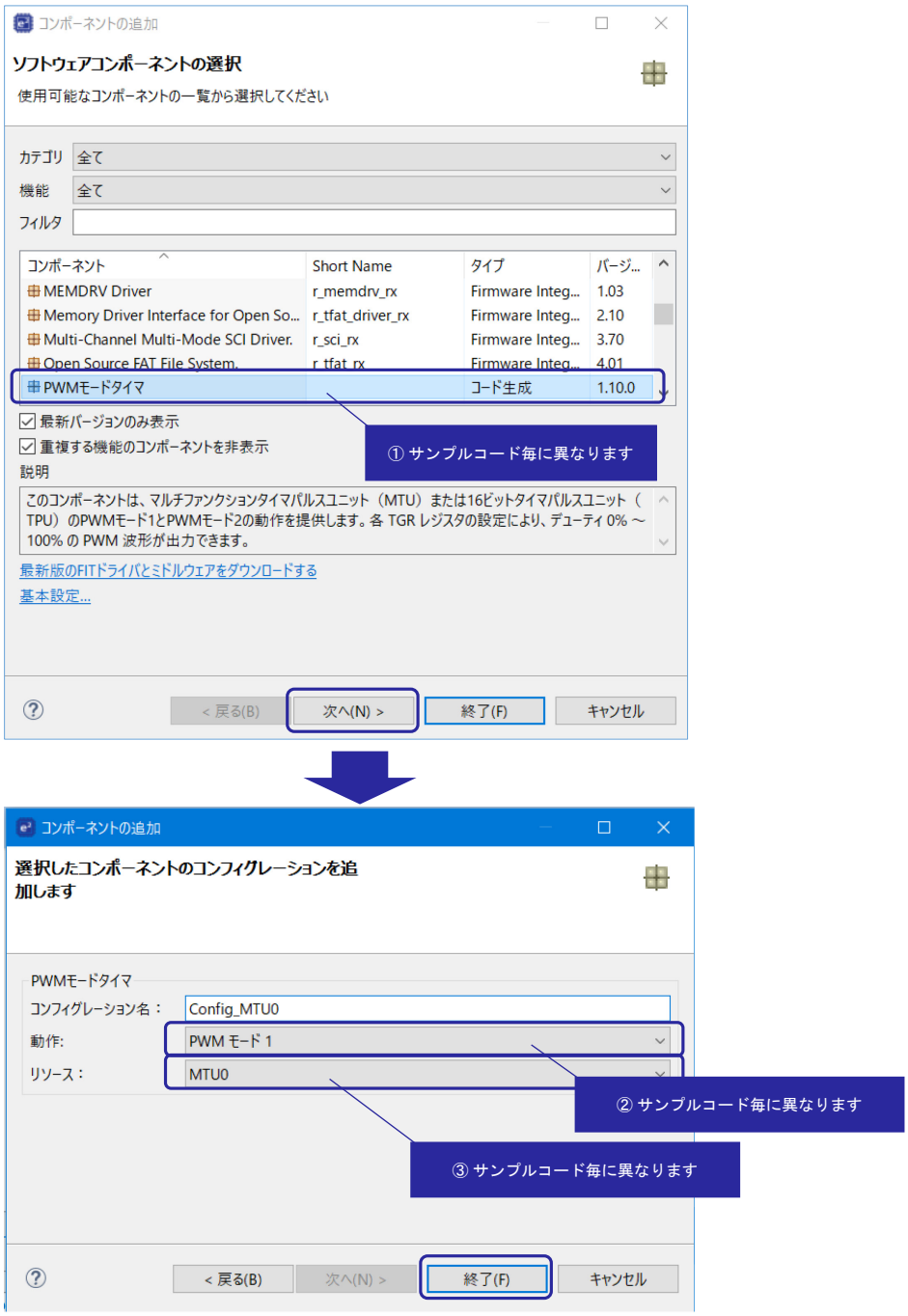


図 3-3　コンポーネントに追加

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 3-4 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。

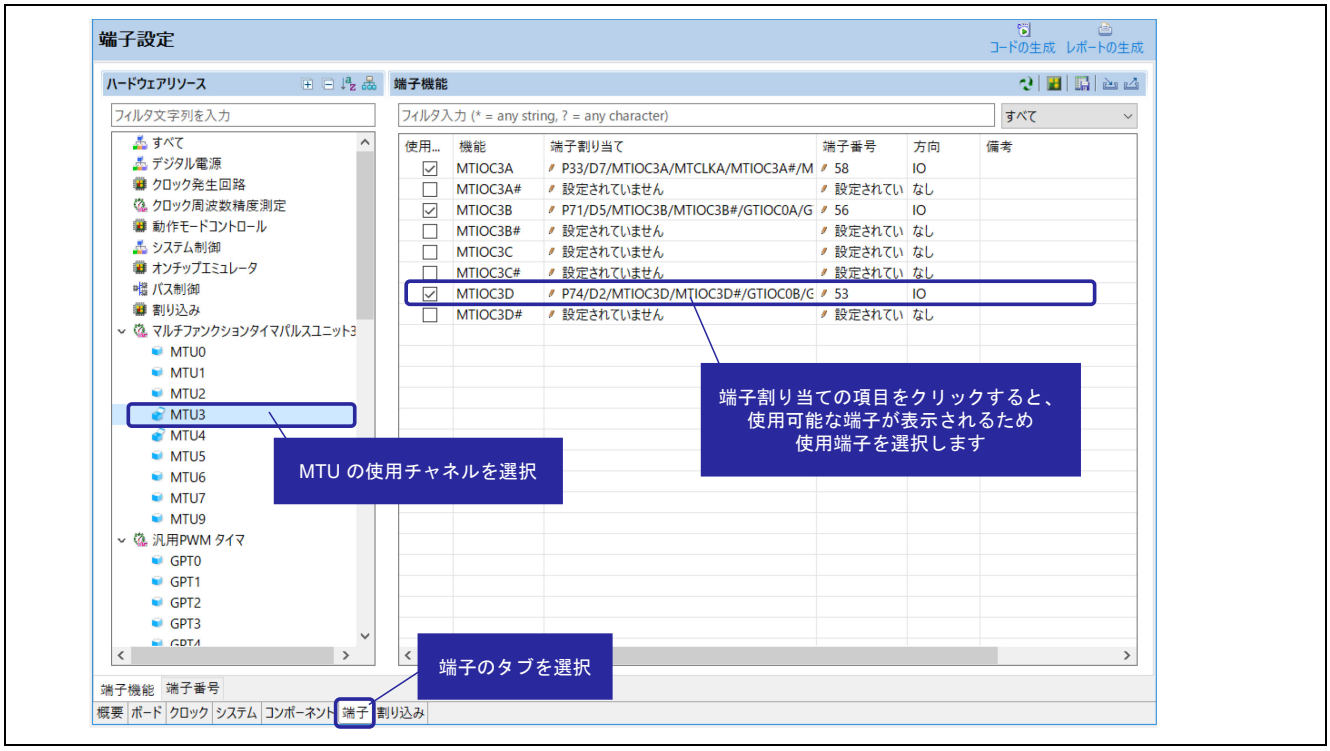


図 3-4　端子設定

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 3-5 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。

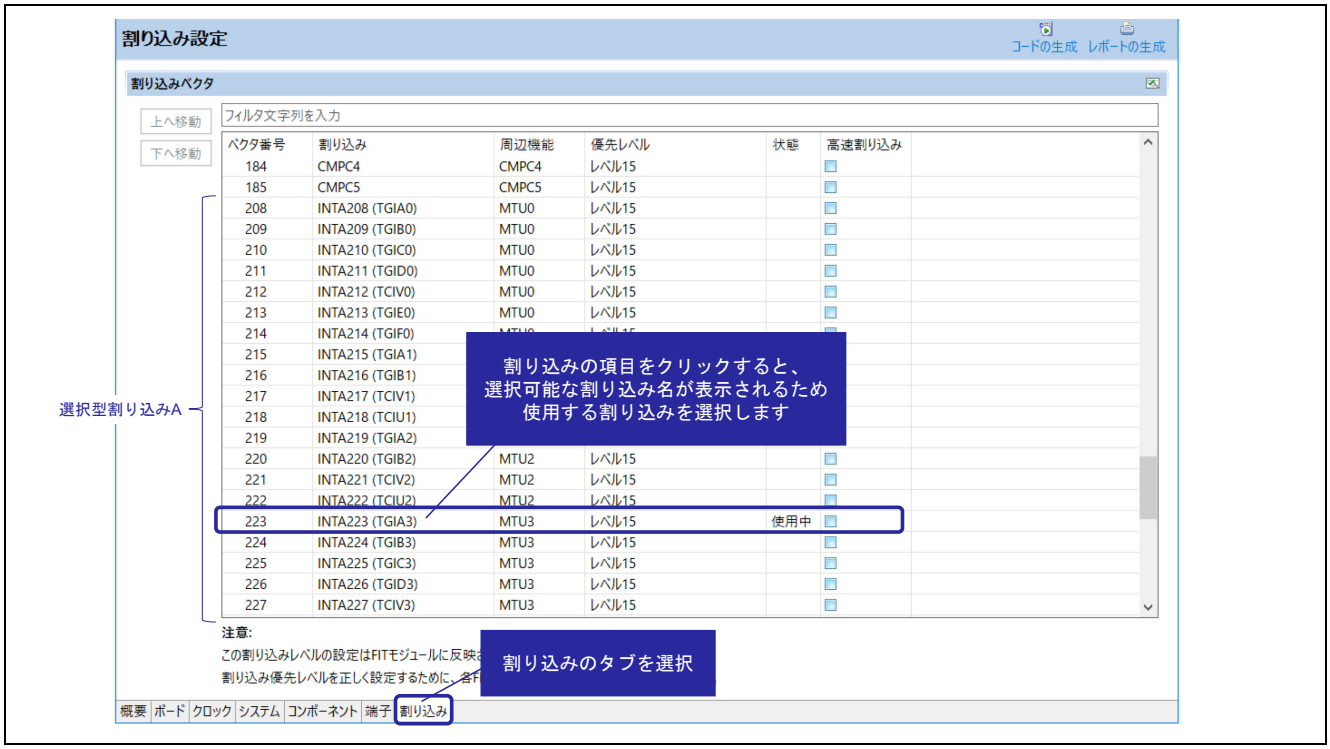


図 3-5　割り込み設定

3.2　PWM モード 1 コンペアマッチ

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_mtu3_pwm1_cmp.zip

3.2.1　概要

MTU の PWM モードを使用し、TGR レジスタの設定によりデューティ 0%～100%の PWM 波形を出力することができます。

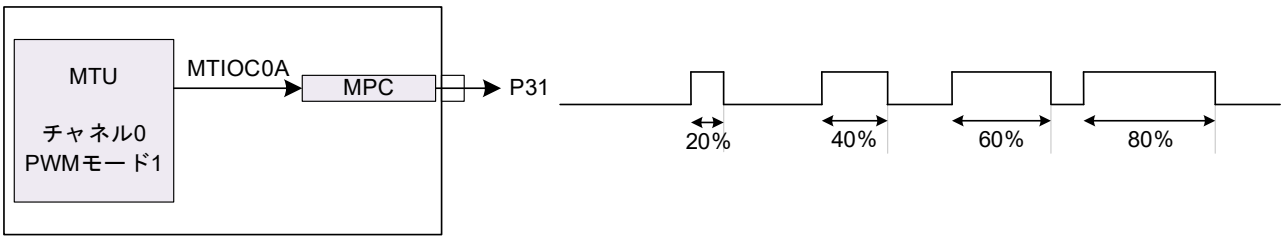
本サンプルコードでは PWM モード 1 を使用し、デューティ 20% → 40% → 60% → 80% → 20% → ･･･ の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。バッファレジスタ TGRC を使用し、TGRA のコンペアマッチ発生時に TGRC の値をデューティレジスタ TGRA へ転送することで、デューティ比を変更します。

以下に、サンプルコードが使用する MTU の設定を示します。

- PWM モード 1 を使用
- チャネル 0 を使用
- 初期出力値は Low
- キャリア周期は 1ms
- タイマカウントクロックは 40MHz（PCLKC/4）
- TGRB を周期レジスタとして使用
  — タイマカウンタクリア要因は TGRB コンペアマッチ
  — TGRB コンペアマッチで Low 出力
- TGRA をデューティレジスタとして使用
  — TGRA コンペアマッチで High 出力
- バッファレジスタを使用
  — TGRC を TGRA のバッファレジスタとして使用
  — TGRA コンペアマッチ発生時にバッファ転送
- 周期ごとにデューティを変更
  — TGRB コンペアマッチ割り込みでデューティを変更
  — デューティの変更タイミングの詳細は図 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 PWM モード 1 出力を以下に示します。



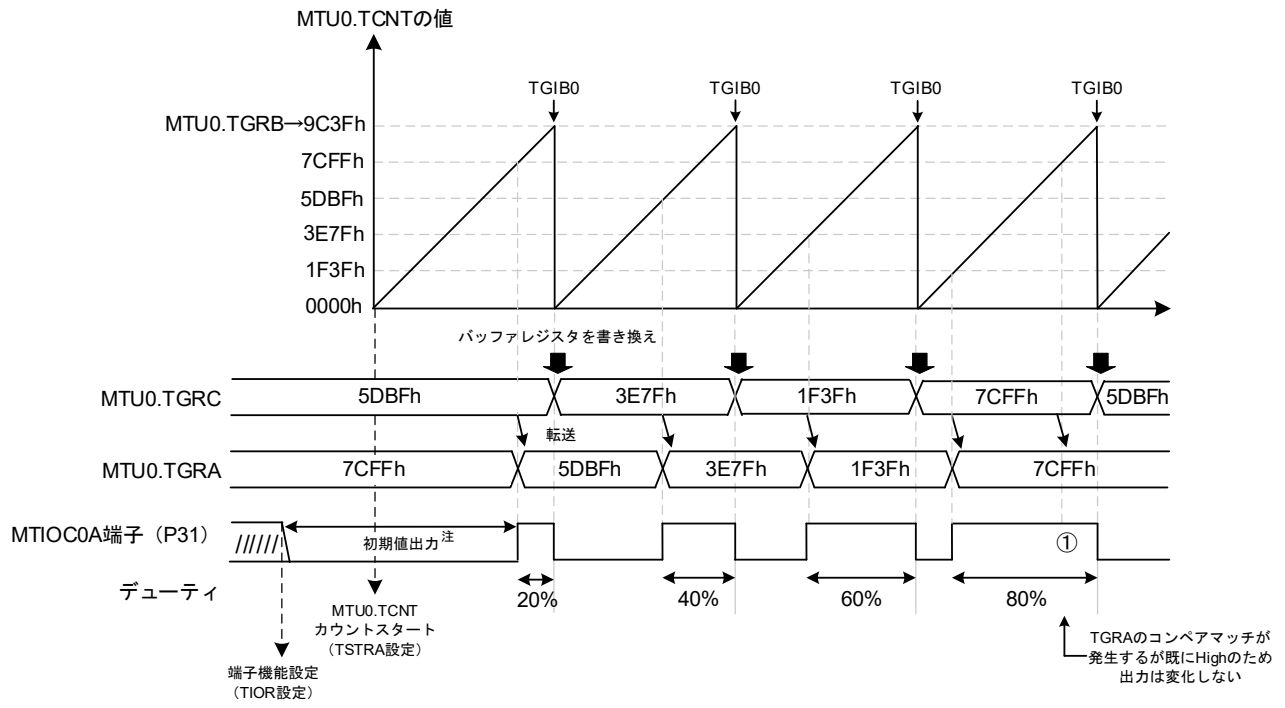
MTU：PWMモード1波形の生成
MPC：使用する端子を汎用入出力ポートから周辺機能の入出力ポートに設定

図 3-6　PWM モード 1 出力

3.2.2　動作詳細

本サンプルコードの動作を図 3-7 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、周期レジスタ TGRB のコンペアマッチ割り込み（TGIB0）で、バッファレジスタ TGRC の値を書き換えます。TGRC の値は、TGRA のコンペアマッチ発生時にデューティレジスタ TGRA へ転送されます。

デューティ 80%から 20%へ切り替える場合、同じ周期で 2 回の TGRA コンペアマッチが発生しますが、High 出力中に 2 回目のコンペアマッチが発生するため波形は変化しません（下図①）。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-7　サンプルコードの動作

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 3-5　コンポーネントの追加

項目	内容
コンポーネント	PWM モードタイマ
コンフィグレーション名	Config_MTU0
動作	PWM モード 1
リソース	MTU0

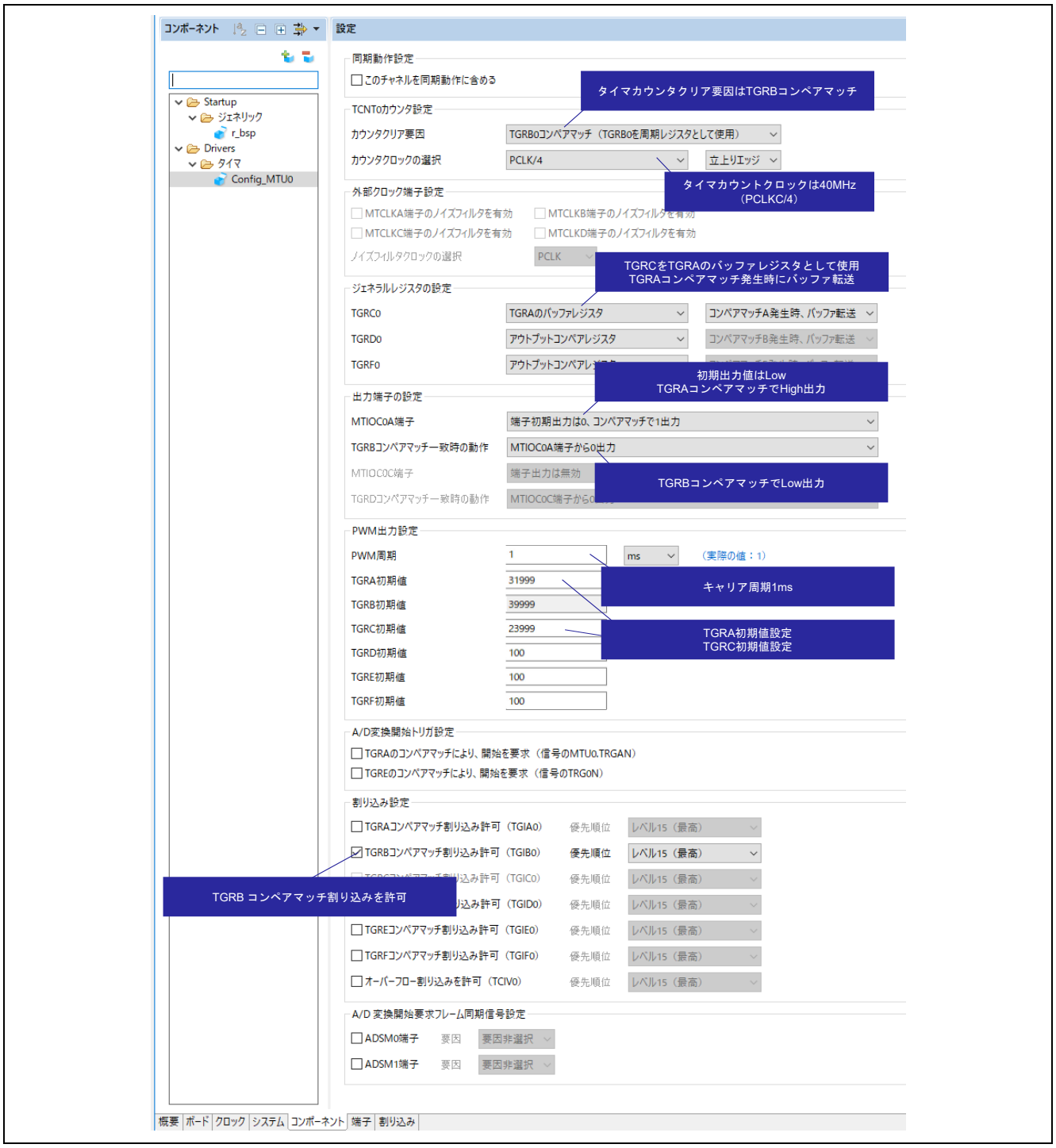


図 3-8　MTU0 の設定

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 関数の処理と TGIB0 割り込み発生時の処理を示します。

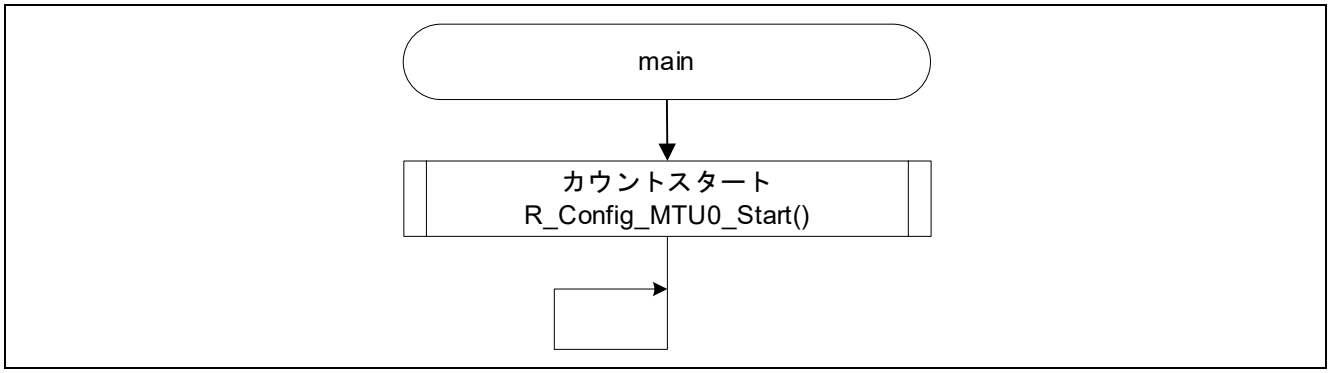


図 3-9　main 関数

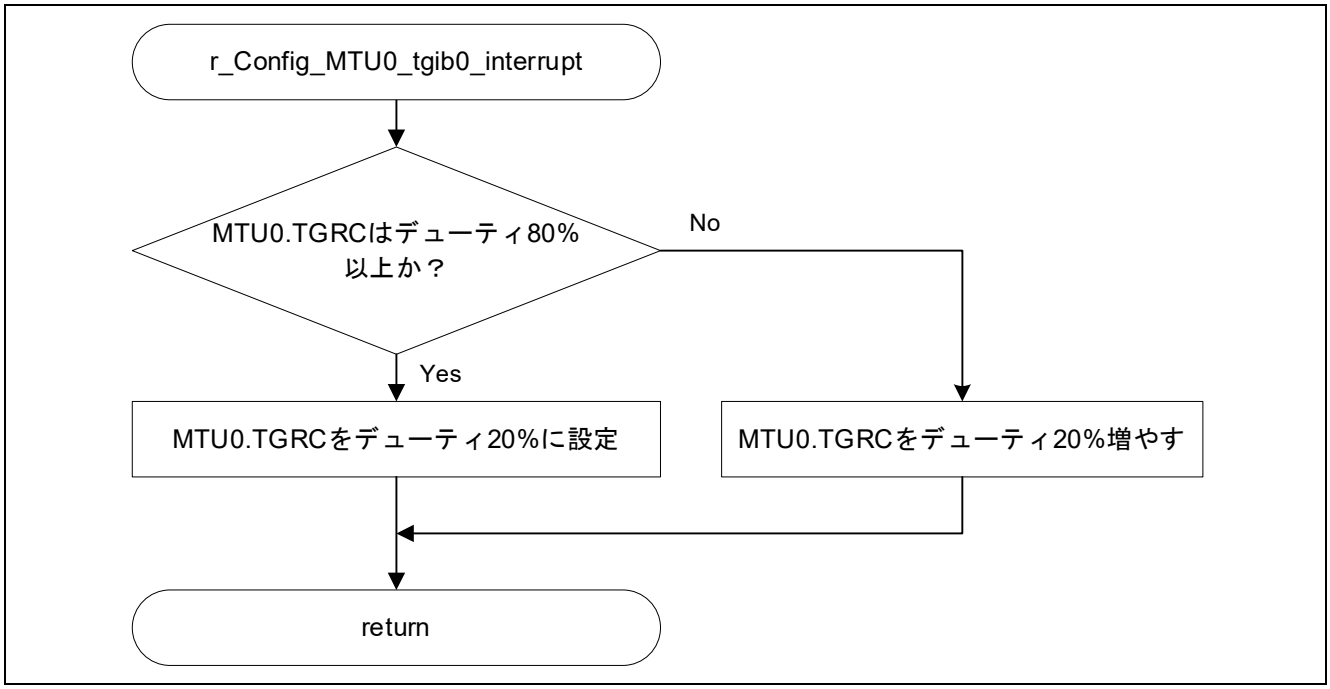


図 3-10　TGIB0 割り込みハンドラ関数

3.2.5　注意事項

3.2.5.1　バッファレジスタの書き換えとコンペアマッチの競合

バッファ転送タイミングをコンペアマッチ時に設定した場合、バッファレジスタの書き込みサイクル中にコンペアマッチが発生すると、デューティレジスタには書き換え前のバッファレジスタのデータが転送されます。

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「22.6.7 バッファレジスタへの書き込みとコンペアマッチの競合」を参照してください。

3.2.5.2　バッファレジスタ書き換え遅延

本サンプルコードでは、バッファレジスタ TGRC から TGRA への転送を TGRA のコンペアマッチ発生時に行っています。TGRC の値は、次のコンペアマッチが発生する前に書き換えを完了する必要があります。

バッファレジスタの書き換えが遅延した場合、次の周期の TGRA コンペアマッチ発生時に間に合わず TGRA の値が更新できない可能性があります。その場合は、カウンタクリア発生時のバッファ転送をご検討ください。

カウンタクリア発生時にバッファ転送を行う PWM モード 1 のサンプルコードは「3.3 PWM モード 1 カウンタクリア」を参照してください。

3.2.5.3　デューティレジスタにより大きい値を設定

本サンプルコードでは、バッファレジスタ TGRC から TGRA への転送を TGRA のコンペアマッチ発生時に行っています。

TGRA コンペアマッチ発生後、現在 TGRA に設定されている値よりも大きい値を TGRA に設定した場合、1 周期に 2 回の TGRA コンペアマッチが発生する場合があります。

詳細は、図 3-7 の①を参照してください。

3.3　PWM モード 1 カウンタクリア

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_mtu3_pwm1_cntclear.zip

3.3.1　概要

MTU の PWM モードを使用し、TGR レジスタの設定によりデューティ 0%～100%の PWM 波形を出力することができます。

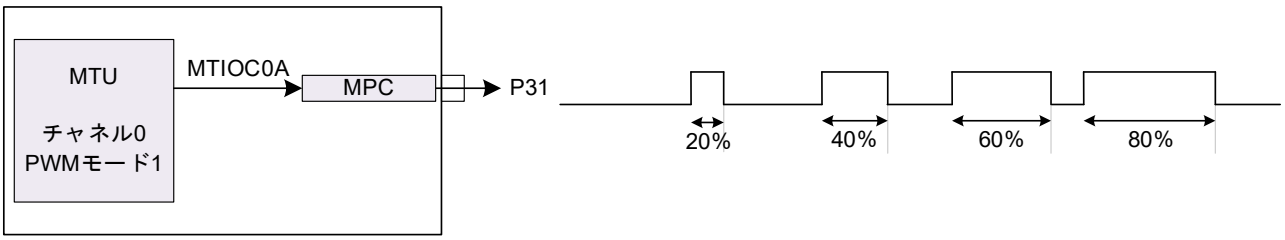
本サンプルコードでは PWM モード 1 を使用し、デューティ 20% → 40% → 60% → 80% → 20% → ･･･ の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。バッファレジスタ TGRC を使用し、カウンタクリア発生時に TGRC の値をデューティレジスタ TGRA へ転送することで、デューティ比を変更します。

以下に、サンプルコードが使用する MTU の設定を示します。

- PWM モード 1 を使用
- チャネル 0 を使用
- 初期出力値は Low
- キャリア周期は 1ms
- タイマカウントクロックは 40MHz（PCLKC/4）
- TGRB を周期レジスタとして使用
  — タイマカウンタクリア要因は TGRB コンペアマッチ
  — TGRB コンペアマッチで Low 出力
- TGRA をデューティレジスタとして使用
  — TGRA コンペアマッチで High 出力
- バッファレジスタを使用
  — TGRC を TGRA のバッファレジスタとして使用
  — カウンタクリア発生時にバッファ転送
- 周期ごとにデューティを変更
  — TGRB コンペアマッチ割り込みでデューティを変更
  — デューティの変更タイミングの詳細は図 3-12 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 3.3.3 を参照してください

本サンプルコードにおける PWM モード 1 出力を以下に示します。

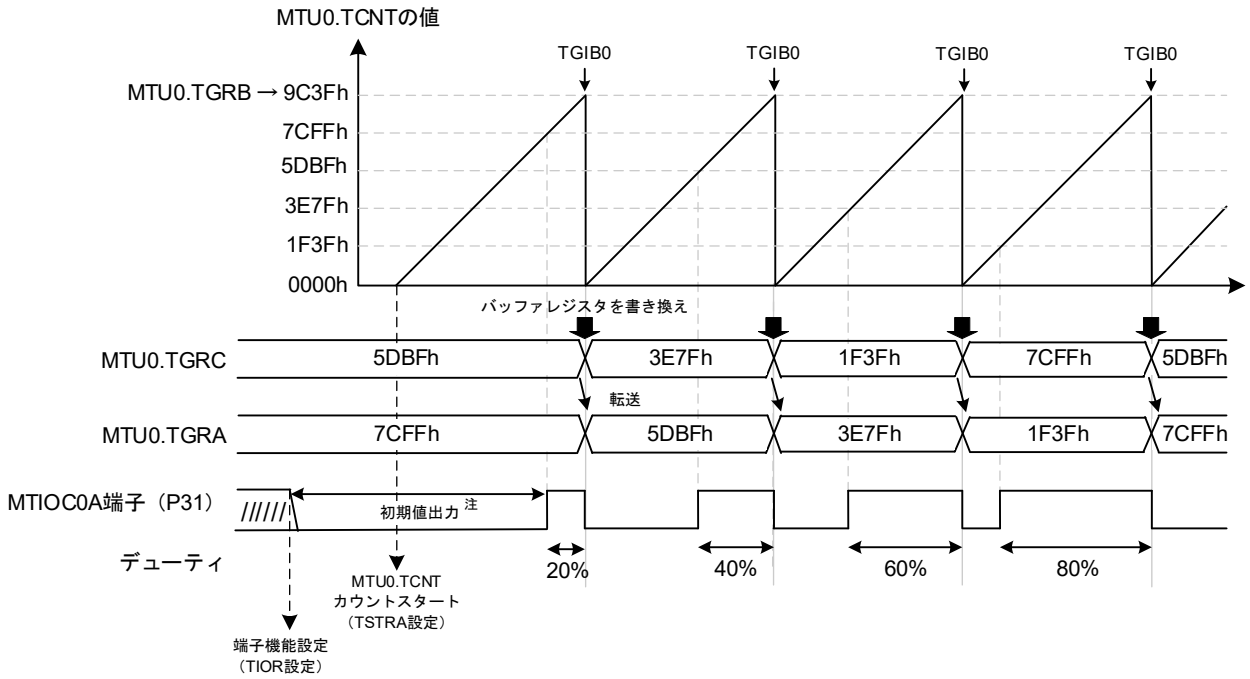


MTU：PWMモード1波形の生成
MPC：使用する端子を汎用入出力ポートから周辺機能の入出力ポートに設定

図 3-11　PWM モード 1 出力

3.3.2　動作詳細

本サンプルコードの動作を図 3-12 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、周期レジスタ TGRB のコンペアマッチ割り込み（TGIB0）で、バッファレジスタ TGRC の値を書き換えます。TGRC の値は、カウンタクリア発生時にデューティレジスタ TGRA へ転送されます。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-12　サンプルコードの動作

3.3.3　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 3-6　コンポーネントの追加

項目	内容
コンポーネント	PWM モードタイマ
コンフィグレーション名	Config_MTU0
動作	PWM モード 1
リソース	MTU0

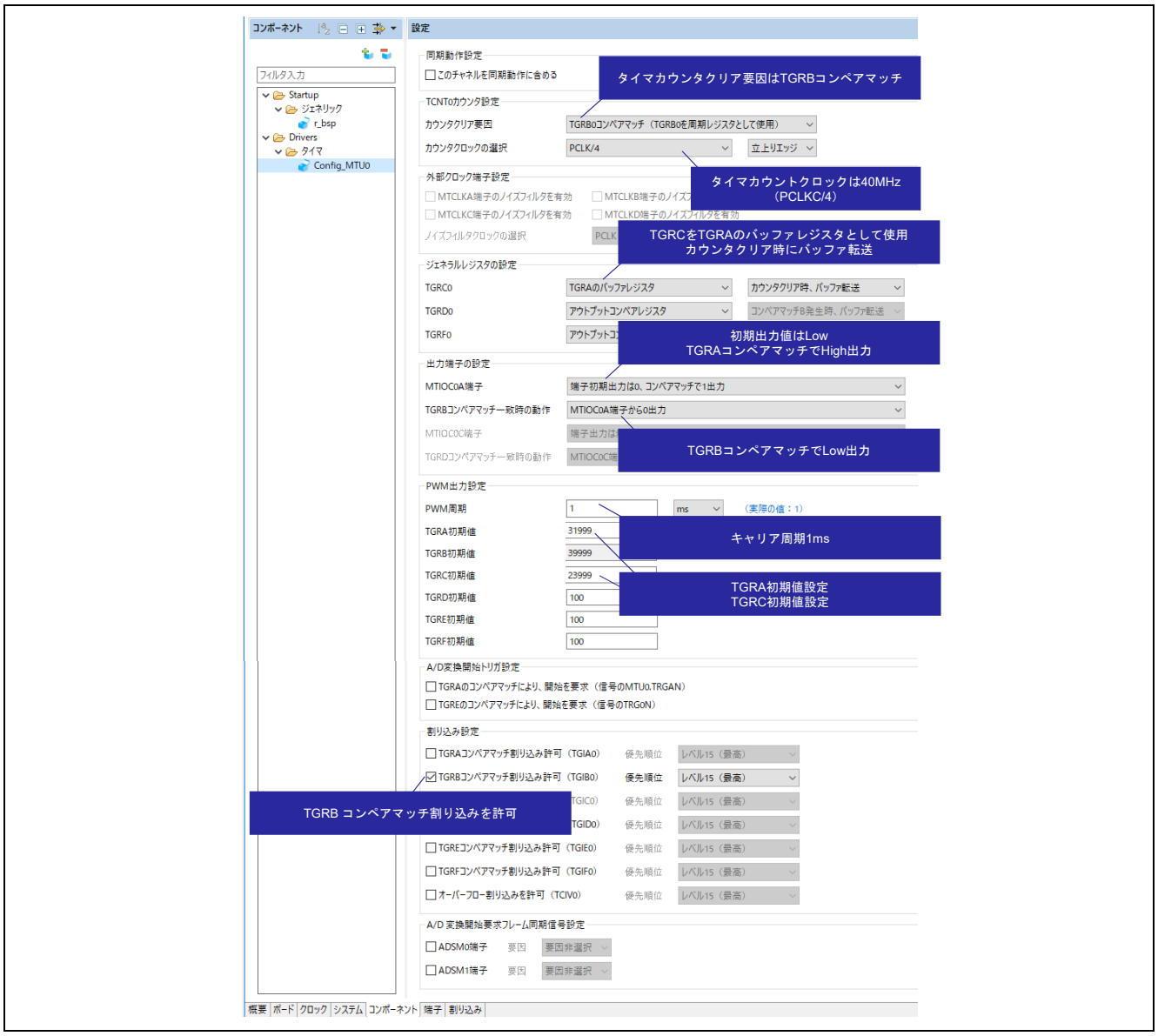


図 3-13　MTU0 の設定

3.3.4　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、関数の処理を示します。

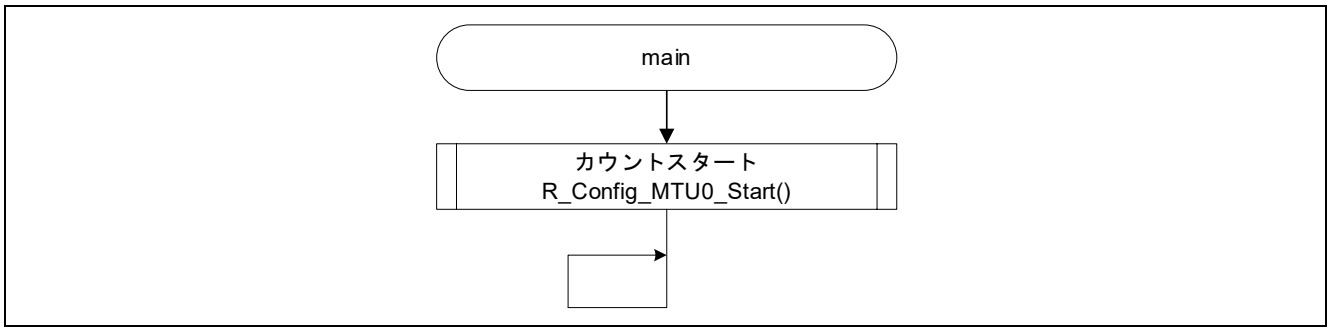


図 3-14　main 関数

TGIB0 割り込みハンドラ関数では、現在の TGRC レジスタの値に応じて値を変更します。

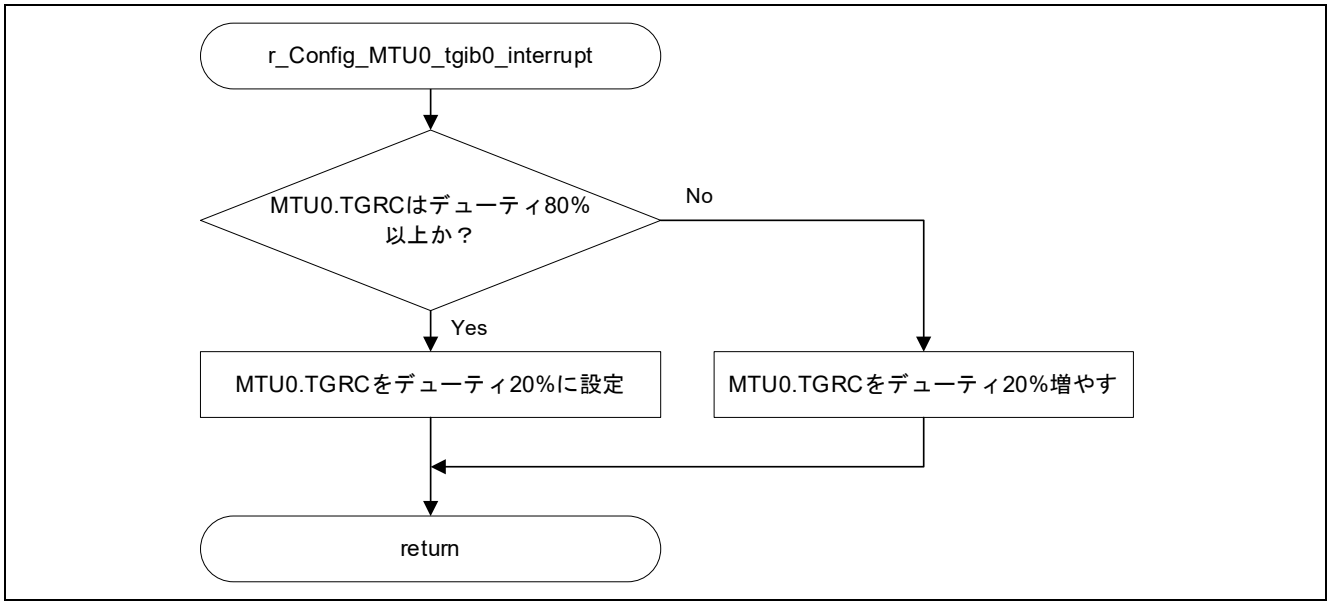


図 3-15　TGIB0 割り込みハンドラ関数

3.3.5　注意事項

3.3.5.1　バッファレジスタの書き換えとカウンタクリアの競合

バッファ転送タイミングをカウンタクリア時に設定した場合、バッファレジスタの書き込みサイクル中にカウンタクリアが発生すると、デューティレジスタには書き換え前のバッファレジスタのデータが転送されます。

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「22.6.8 バッファレジスタへの書き込みと TCNT クリアの競合」を参照してください。

3.3.5.2　バッファレジスタ書き換え遅延

本サンプルコードでは、バッファレジスタ TGRC から TGRA への転送をカウンタクリア発生時に行っています。TGRC の値は、次のカウンタクリアが発生する前に書き換えを完了する必要があります。

バッファレジスタ TGRC の書き換えが遅延した場合、期待したデューティを出力することができません。

3.4　PWM モード 1 バッファレジスタなし

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_mtu3_pwm1.zip

3.4.1　概要

MTU の PWM モードを使用し、TGR レジスタの設定によりデューティ 0%～100%の PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードでは PWM モード 1 を使用し、デューティ 20% → 40% → 60% → 80% → 20% → ･･･ の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。バッファレジスタは使用せずデューティレジスタ TGRA の値を更新することで、デューティ比を変更します。

以下に、サンプルコードが使用する MTU の設定を示します。

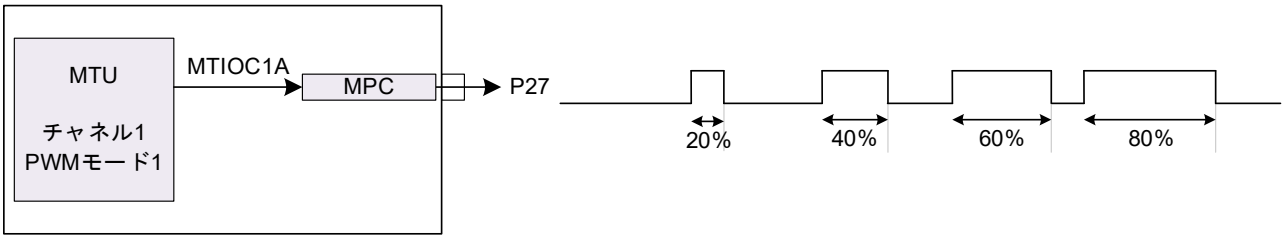
- PWM モード 1 を使用
- チャネル 1 を使用
- 初期出力値は Low
- キャリア周期は 1ms
- タイマカウントクロックは 40MHz（PCLKC/4）
- TGRB を周期レジスタとして使用
  — タイマカウンタクリア要因は TGRB コンペアマッチ
  — TGRB コンペアマッチで Low 出力
- TGRA をデューティレジスタとして使用
  — TGRA コンペアマッチで High 出力

スマート・コンフィグレータで設定可能

設定方法は 3.4.3 を参照してください

- 周期ごとにデューティを変更
  — TGRA コンペアマッチ割り込みでデューティを変更
  — デューティの変更タイミングの詳細は図 3-17 を参照

本サンプルコードにおける PWM モード 1 出力を以下に示します。



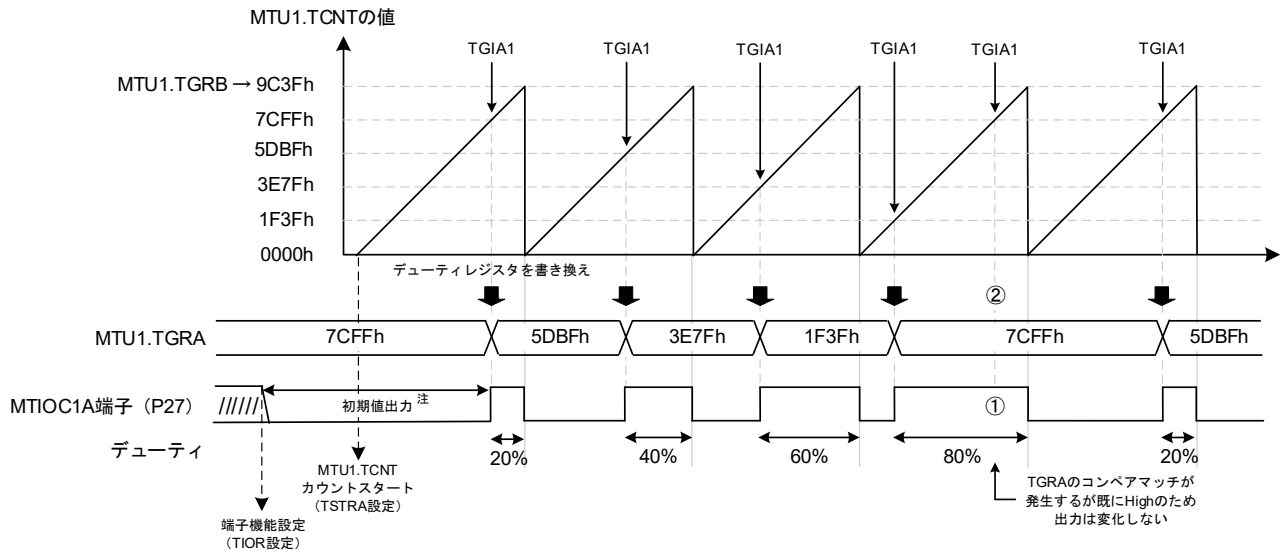
MTU：PWMモード1波形の生成
MPC：使用する端子を汎用入出力ポートから周辺機能の入出力ポートに設定

図 3-16　PWM モード 1 出力

3.4.2　動作詳細

本サンプルコードの動作を図 3-17 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、デューティレジスタ TGRA のコンペアマッチ割り込み（TGIA1）で、TGRA の値を書き換えます。

デューティ 80%から 20%へ切り替える場合、同じ周期で 2 回の TGRA コンペアマッチが発生しますが、High 出力中に 2 回目のコンペアマッチが発生するため波形は変化しません（下図①）。デューティの設定は周期ごとに変更するため、TGRA の値を書き換えるタイミングを調整する必要があります。（下図②）



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-17　サンプルコードの動作

3.4.3　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 3-7　コンポーネントの追加

項目	内容
コンポーネント	PWM モードタイマ
コンフィグレーション名	Config_MTU1
動作	PWM モード 1
リソース	MTU1

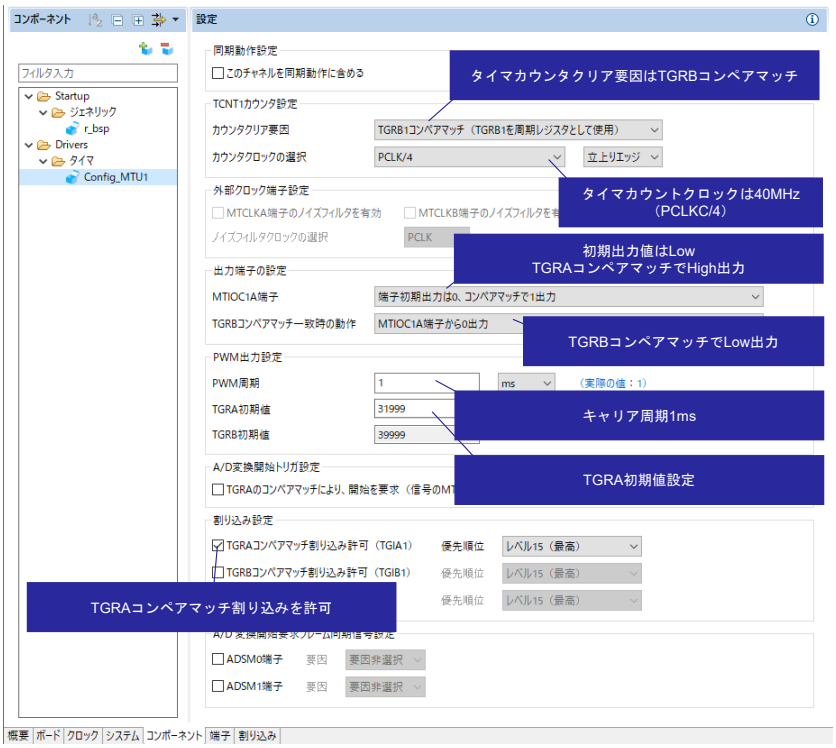


図 3-18　MTU1 の設定

3.4.4　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、関数の処理を示します。

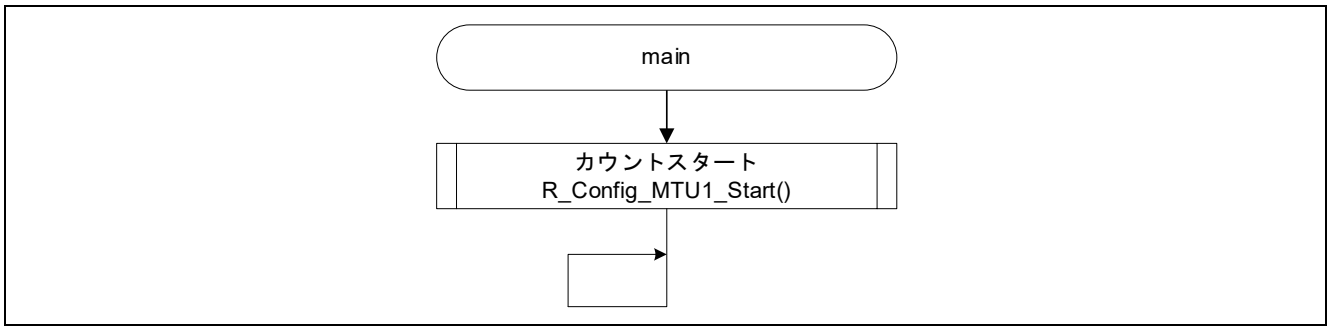


図 3-19　main 関数

main 関数より前に実行されるユーザ初期化関数 R_Config_MTU1_Create_UserInit で、変数の初期化を行います。本関数は、R_Config_MTU1_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_prv　：前回の TGRA レジスタの値を保持するための変数

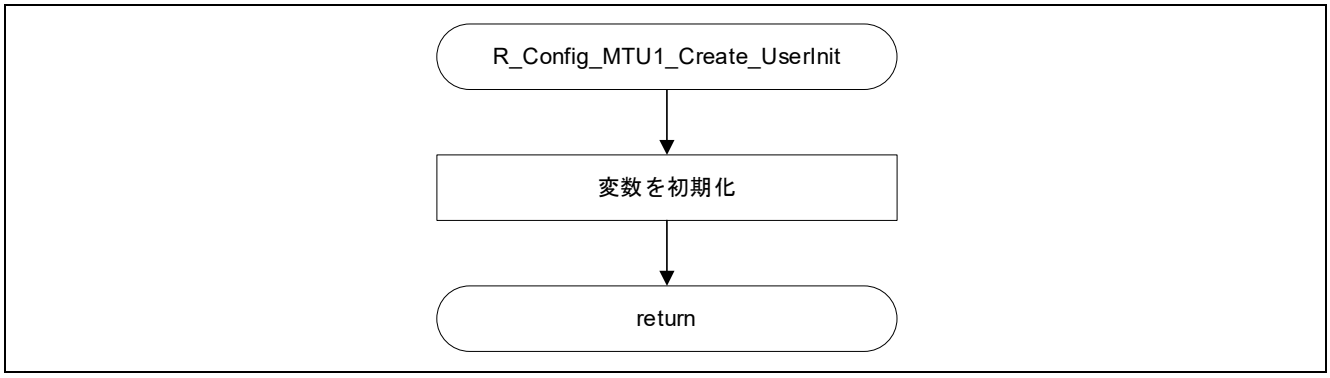


図 3-20　ユーザ初期化関数

TGIA1 割り込みハンドラ関数では、現在の TGRA レジスタの値および、前回 TGRA レジスタに設定されていた値に応じて、TGRA レジスタの値を変更します。

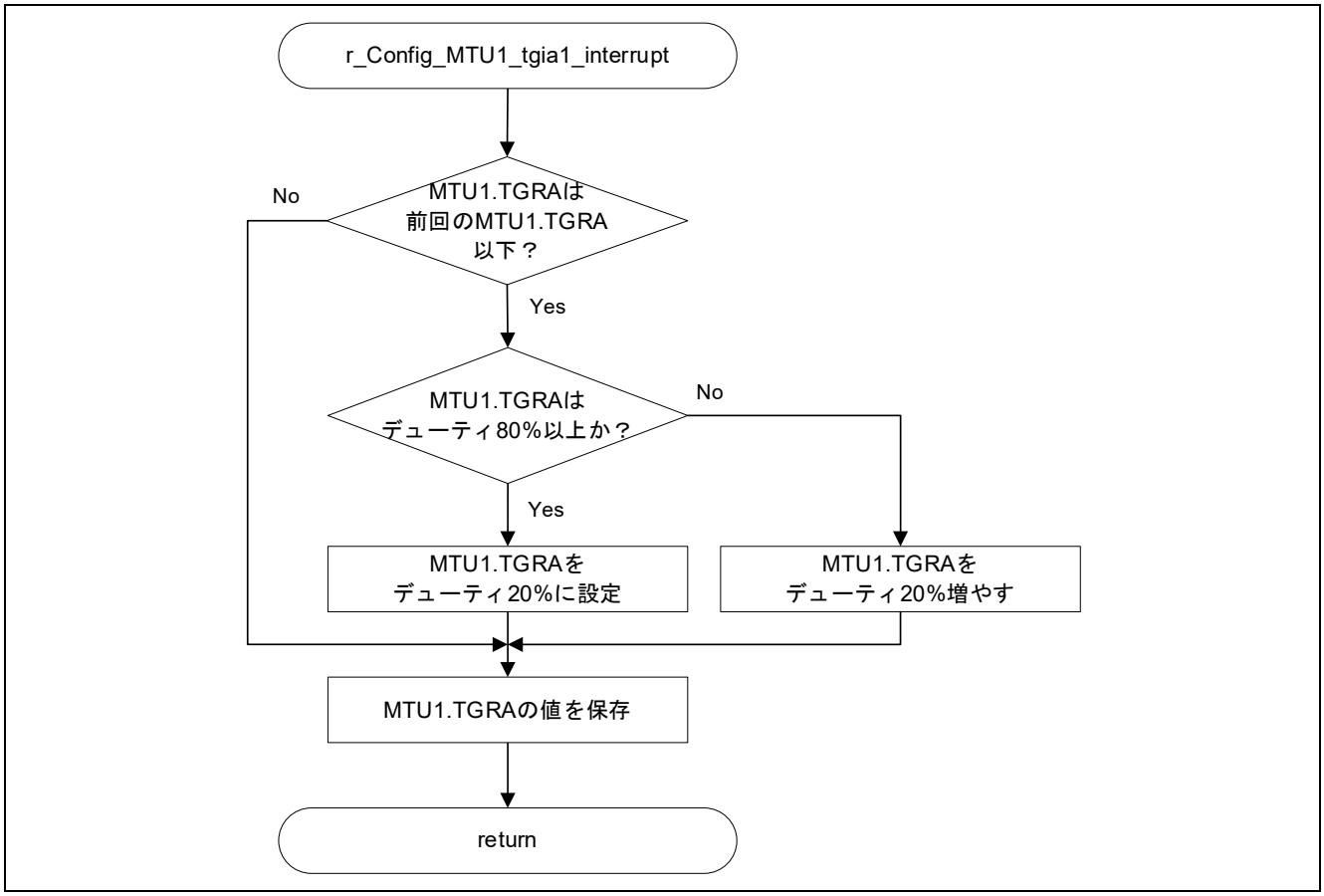


図 3-21　TGIA1 割り込みハンドラ関数

3.4.5　注意事項

3.4.5.1　TGR レジスタへの書き込みとコンペアマッチの競合

TGR レジスタの書き込みサイクル中にコンペアマッチが発生した場合、TGR レジスタへの書き込みが実行され、コンペアマッチ信号も発生します。

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「22.6.6 TGR レジスタへの書き込みとコンペアマッチの競合」を参照してください。

3.4.5.2　デューティレジスタにより大きい値を設定

本サンプルコードでは、MTU1.TGRA のコンペアマッチ割り込み（TGIA1）発生時にデューティレジスタ TGRA を書き換えます。TGRA コンペアマッチ発生後、現在 TGRA に設定されている値よりも大きい値を TGRA に設定した場合、1 周期に 2 回の TGRA コンペアマッチが発生する場合があります。

詳細は、図 3-17 の①を参照してください。

3.5　PWM モード 2 コンペアマッチ

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_mtu3_pwm2_cmp.zip

3.5.1　概要

MTU の PWM モードを使用し、TGR レジスタの設定によりデューティ 0%～100%の PWM 波形を出力することができます。

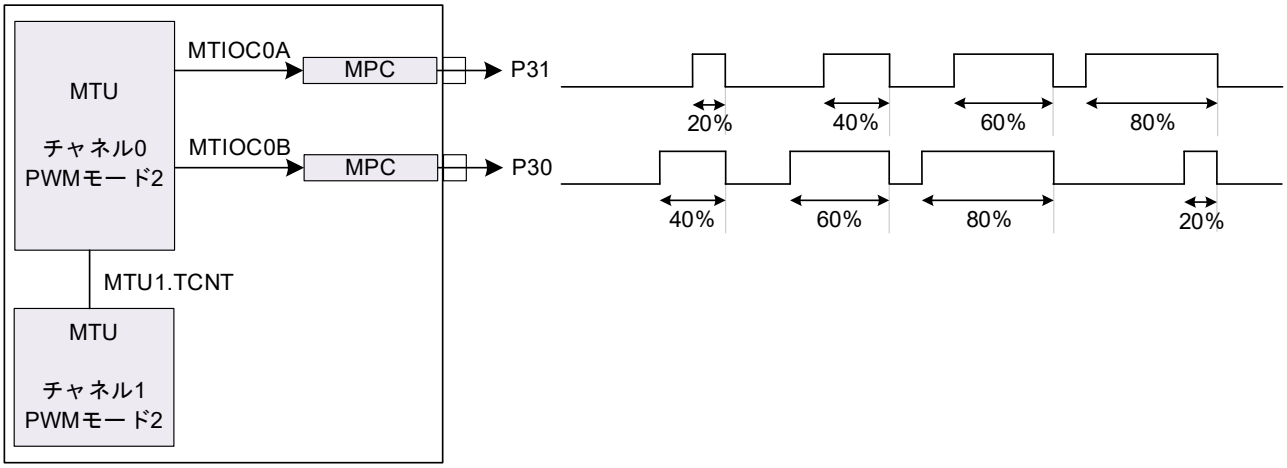
本サンプルコードでは PWM モード 2 を使用し、デューティ 20% → 40% → 60% → 80% → 20% → ･･･ の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。バッファレジスタ TGRC、TGRD を使用し、デューティレジスタ TGRA、TGRB コンペアマッチ発生時に TGRC、TGRD の値を TGRA、TGRB へ転送することで、デューティ比を変更します。MTU チャネル 0 の TGRA～TGRD レジスタはデューティレジスタとバッファレジスタに使用するため、周期レジスタはチャネル 1 の TGRA レジスタを使用します。

以下に、サンプルコードが使用する MTU の設定を示します。

- PWM モード 2 を使用
- チャネル 0、1 を使用
- 初期出力値は Low
- キャリア周期は 1ms
- タイマカウントクロックは 40MHz（PCLKC/4）
- MTU1.TGRA を周期レジスタとして使用
  - — タイマカウンタクリア要因は MTU1.TGRA コンペアマッチ
  - — MTU1.TGRA コンペアマッチで Low 出力
- MTU0.TGRA をデューティレジスタとして使用
  - — MTU0.TGRA コンペアマッチで High 出力
- MTU0.TGRB をデューティレジスタとして使用
  - — MTU0.TGRB コンペアマッチで High 出力
- バッファレジスタを使用
  - — MTU0.TGRC を MTU0.TGRA のバッファレジスタとして使用
  - — MTU0.TGRD を MTU0.TGRB のバッファレジスタとして使用
  - — コンペアマッチ発生時にバッファ転送
- 周期ごとにデューティを変更
  - — MTU1.TGRA コンペアマッチ割り込みでデューティを変更
  - — デューティの変更タイミングの詳細は図 3-23 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 3.5.3 を参照してください

本サンプルコードにおける PWM モード 2 出力を以下に示します。



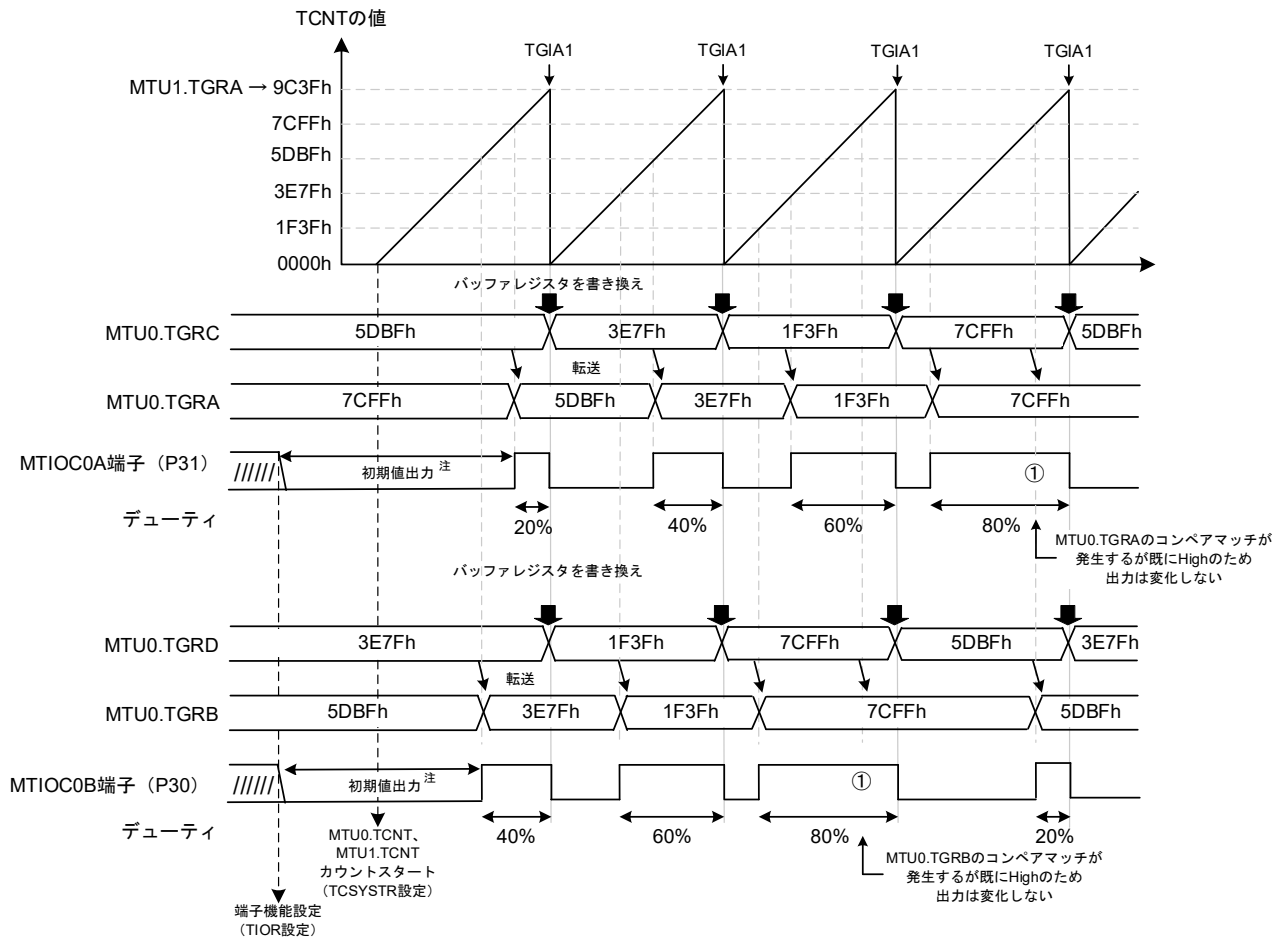
MTU：PWMモード2波形の生成
MPC：使用する端子を汎用入出力ポートから周辺機能の入出力ポートに設定

図 3-22　PWM モード 2 出力

3.5.2　動作詳細

本サンプルコードの動作を図 3-23 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、周期レジスタ MTU1.TGRA のコンペアマッチ割り込み（TGIA1）で、バッファレジスタ MTU0.TGRC、MTU0.TGRD の値を書き換えます。MTU0.TGRC、MTU0.TGRD の値は、コンペアマッチ発生時にデューティレジスタ MTU0.TGRA、MTU0.TGRB へ転送されます。

デューティ 80%から 20%へ切り替える場合、同じ周期で 2 回の TGRA コンペアマッチが発生しますが、High 出力中に 2 回目のコンペアマッチが発生するため波形は変化しません（下図①）。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-23　サンプルコードの動作

3.5.3　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 3-8　コンポーネントの追加

項目	内容	
コンポーネント	PWM モードタイマ	
コンフィグレーション名	Config_MTU0	Config_MTU1
動作	PWM モード 2	
リソース	MTU0	MTU1

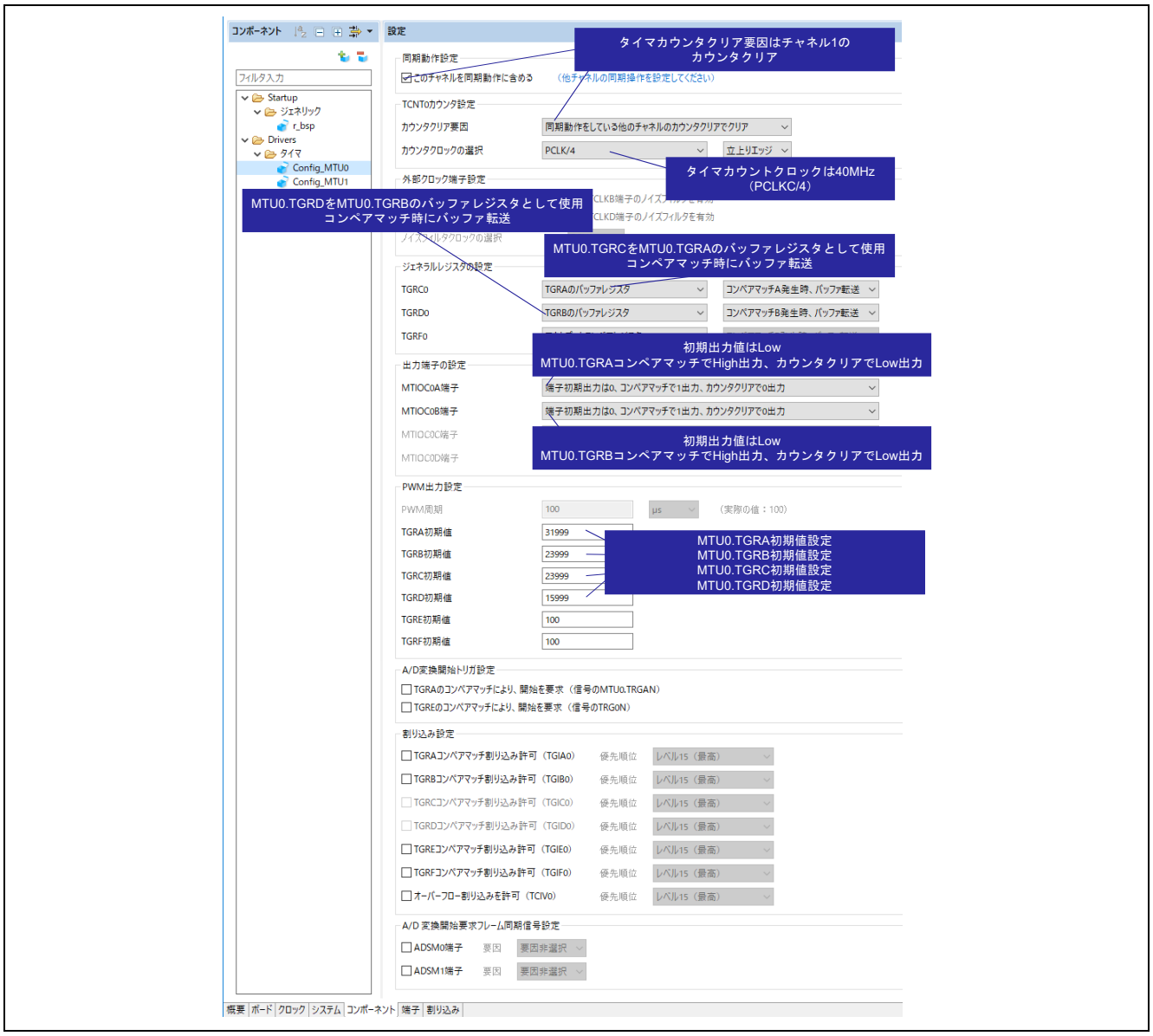


図 3-24　MTU0 の設定

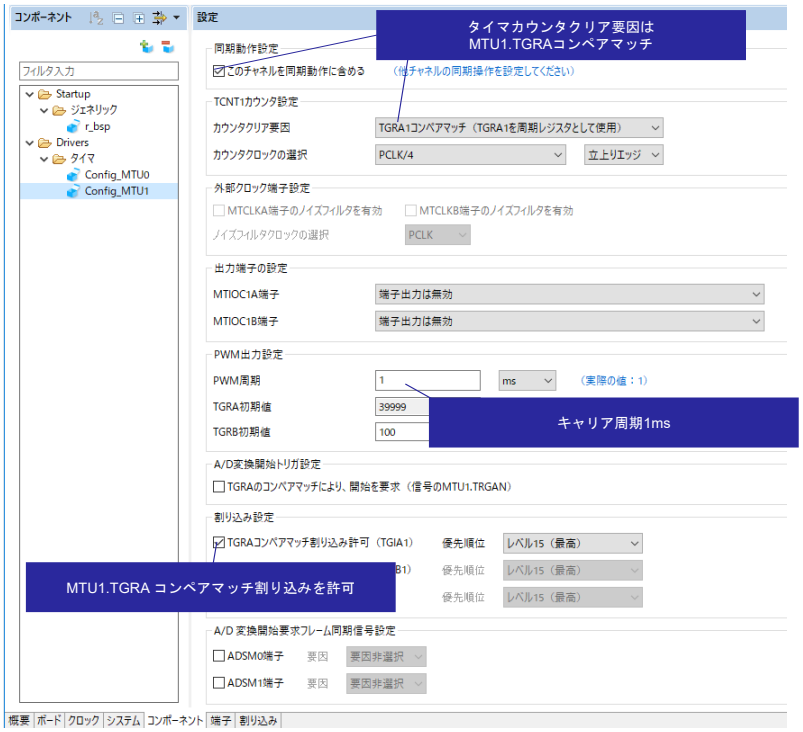


図 3-25　MTU1 の設定

3.5.4　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、関数の処理を示します。

main 関数内でカウントスタート関数 mtu0_mtu1_start を読み出し、カウントをスタートします。

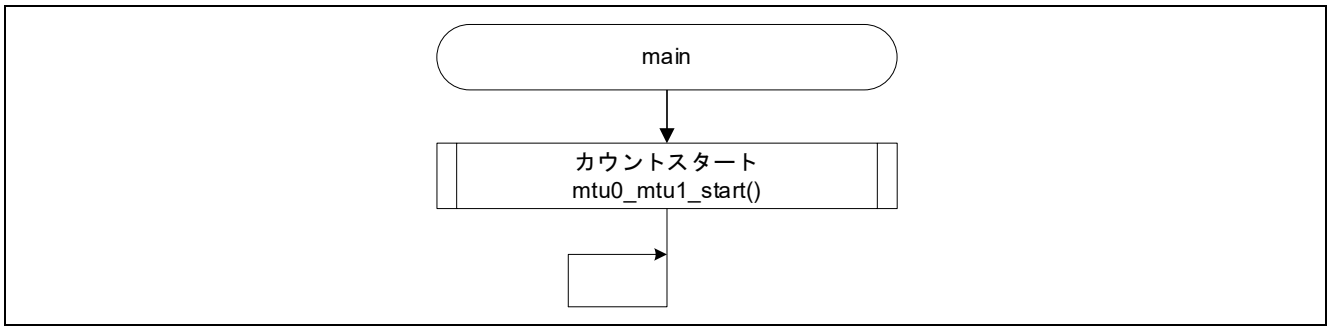


図 3-26　main 関数

カウントスタート関数では、TGIA1 割り込み許可後、MTU0 と MTU1 のカウントをスタートします。

本関数はスマート・コンフィグレータによるコード生成後、新規作成した関数です。

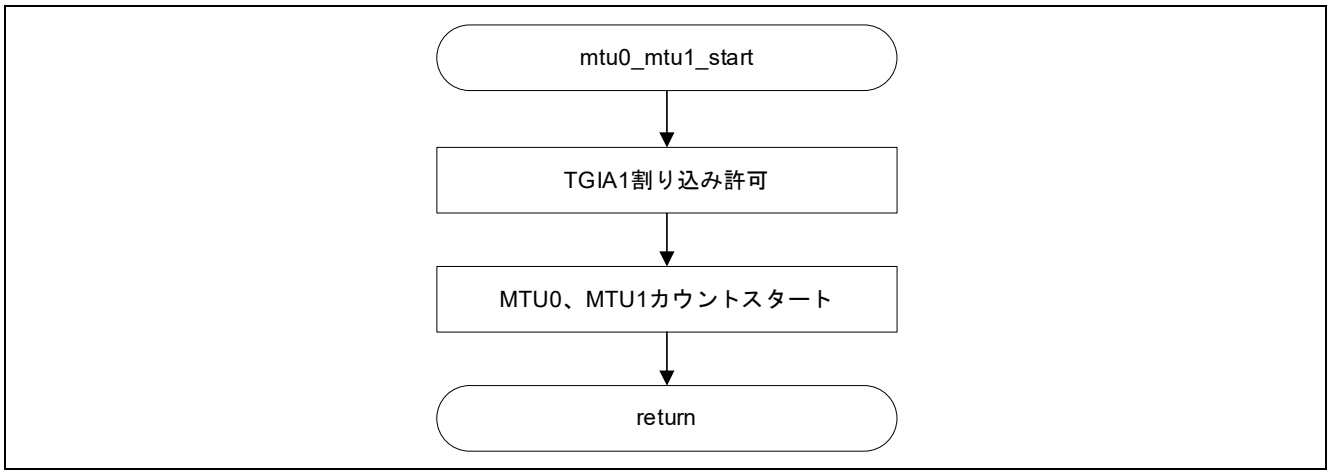


図 3-27　カウントスタート関数

TGIA1 割り込みハンドラ関数では、現在の MTU0.TGRC、MTU0.TGRD レジスタの値に応じて値を変更します。

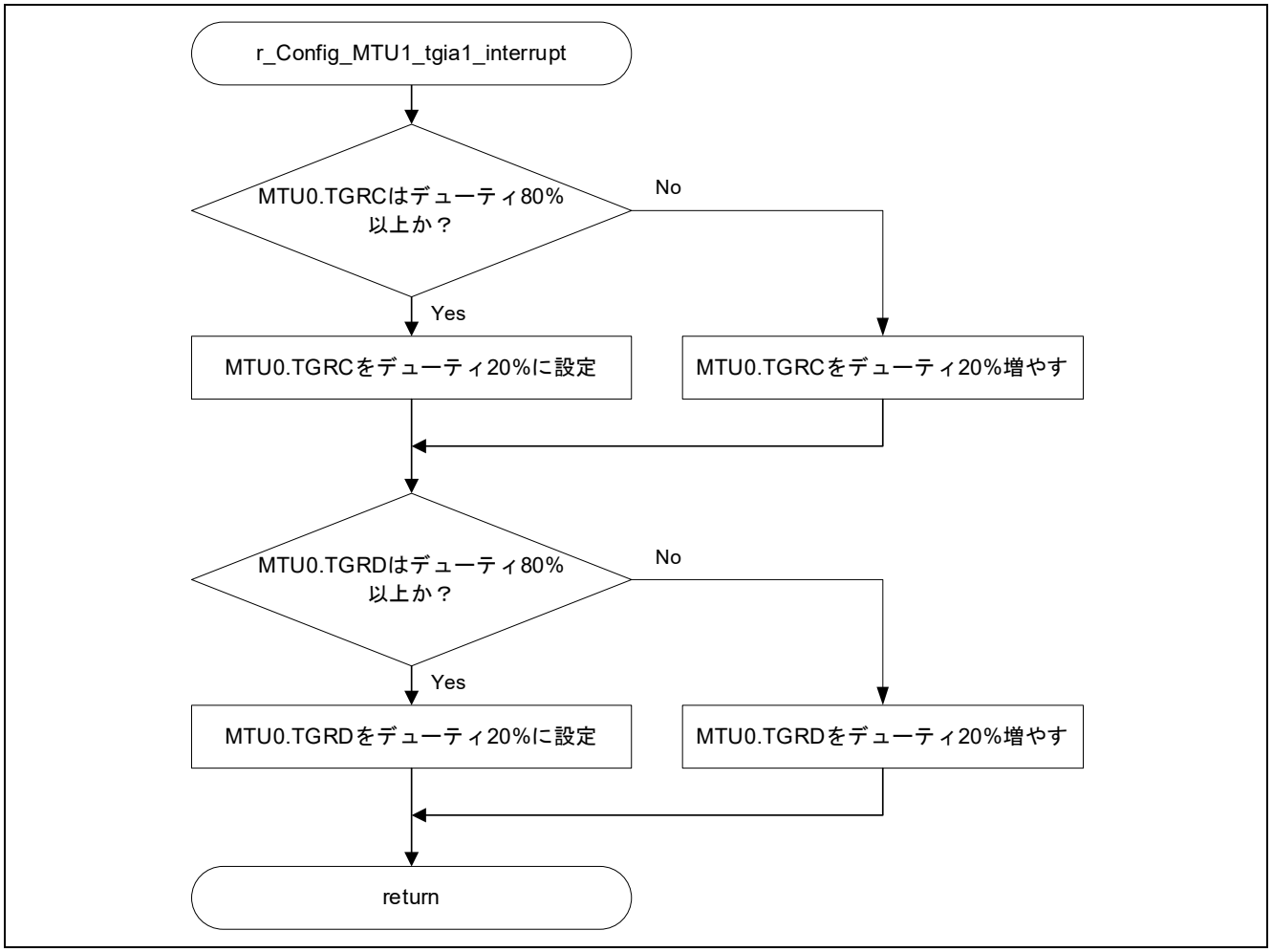


図 3-28　TGIA1 割り込みハンドラ関数

3.5.5　注意事項

3.5.5.1　複数チャネルのカウントスタート

本サンプルコードでは、MTU0 と MTU1 のカウントを同時にスタートするため、mtu0_mtu1_start 関数内でタイマカウンタシンクロスタートレジスタ TCSYSTR の SCH0、SCH1 ビットを同時に設定しています。

スマート・コンフィグレータで生成される R_Config_MTU0_Start、R_Config_MTU1_Start 関数を使用した場合、各々の関数読み出しを行うため、カウントスタートタイミングにずれが生じます。MTU0 と MTU1 のカウントを同時にスタートする方法は、タイマスタートレジスタ TSTRA の CST0、CST1 ビットを同時に設定する方法でも実現可能です。

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「22.2.17 タイマスタートレジスタ(TSTRA, TSTRB, TSTR)」、「22.2.19 タイマカウンタシンクロスタートレジスタ(TCSYSTR)」を参照してください。

3.5.5.2　バッファレジスタの書き換えとコンペアマッチの競合

バッファ転送タイミングをコンペアマッチ時に設定した場合、バッファレジスタの書き込みサイクル中にコンペアマッチが発生すると、デューティレジスタには書き換え前のバッファレジスタのデータが転送されます。

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「22.6.7 バッファレジスタへの書き込みとコンペアマッチの競合」を参照してください。

3.5.5.3　バッファレジスタ書き換え遅延

本サンプルコードでは、バッファレジスタ TGRC（TGRD）から TGRA（TGRB）への転送を TGRA（TGRB）のコンペアマッチ発生時に行っています。TGRC（TGRD）の値は、次のコンペアマッチが発生する前に書き換えを完了する必要があります。

バッファレジスタの書き換えが遅延した場合、次の周期の TGRA（TGRB）コンペアマッチ発生時に間に合わず TGRA（TGRB）の値が更新できない可能性があります。その場合は、カウンタクリア発生時のバッファ転送をご検討ください。

カウンタクリア発生時にバッファ転送を行う PWM モード 2 のサンプルコードは「3.6 PWM モード 2 カウンタクリア」を参照してください。

3.5.5.4　デューティレジスタにより大きい値を設定

本サンプルコードでは、バッファレジスタ TGRC から TGRA への転送を TGRA のコンペアマッチ発生時に行っています。

TGRA コンペアマッチ発生後、現在 TGRA に設定されている値よりも大きい値を TGRA に設定した場合、1 周期に 2 回の TGRA コンペアマッチが発生する場合があります。

詳細は、図 3-23 の①を参照してください。

3.6　PWM モード 2 カウンタクリア

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_mtu3_pwm2_cntclear.zip

3.6.1　概要

MTU の PWM モードを使用し、TGR レジスタの設定によりデューティ 0%～100%の PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードでは PWM モード 2 を使用し、デューティ 20% → 40% → 60% → 80% → 20% → ･･･ の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。バッファレジスタ TGRC、TGRD を使用し、カウンタクリア発生時に TGRC、TGRD の値をデューティレジスタ TGRA、TGRB へ転送することで、デューティ比を変更します。MTU チャネル 0 の TGRA～TGRD レジスタはデューティレジスタとバッファレジスタに使用するため、周期レジスタはチャネル 1 の TGRA レジスタを使用します。

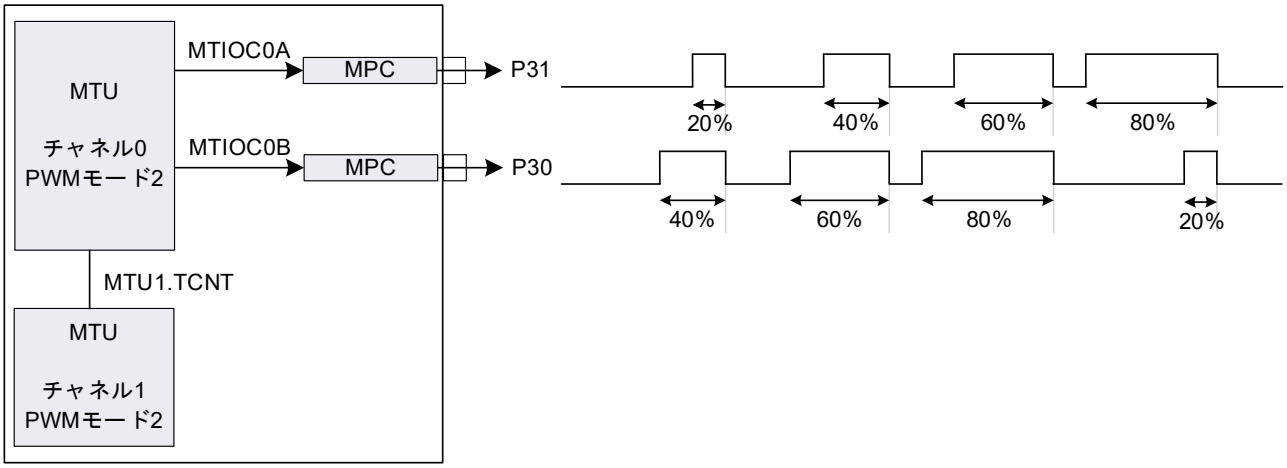
以下に、サンプルコードが使用する MTU の設定を示します。

- PWM モード 2 を使用
- チャネル 0、1 を使用
- 初期出力値は Low
- キャリア周期は 1ms
- タイマカウントクロックは 40MHz（PCLKC/4）
- MTU1.TGRA を周期レジスタとして使用
  — タイマカウンタクリア要因は MTU1.TGRA コンペアマッチ
  — MTU1.TGRA コンペアマッチで Low 出力
- MTU0.TGRA をデューティレジスタとして使用
  — MTU0.TGRA コンペアマッチで High 出力
- MTU0.TGRB をデューティレジスタとして使用
  — MTU0.TGRB コンペアマッチで High 出力
- バッファレジスタを使用
  — MTU0.TGRC を MTU0.TGRA のバッファレジスタとして使用
  — MTU0.TGRD を MTU0.TGRB のバッファレジスタとして使用
  — カウンタクリア発生時にバッファ転送

スマート・コンフィグレータで設定可能
設定方法は 3.6.3 を参照してください

- 周期ごとにデューティを変更
  — MTU1.TGRA コンペアマッチ割り込みでデューティを変更
  — デューティの変更タイミングの詳細は図 3-30 を参照

本サンプルコードにおける PWM モード 2 出力を以下に示します。

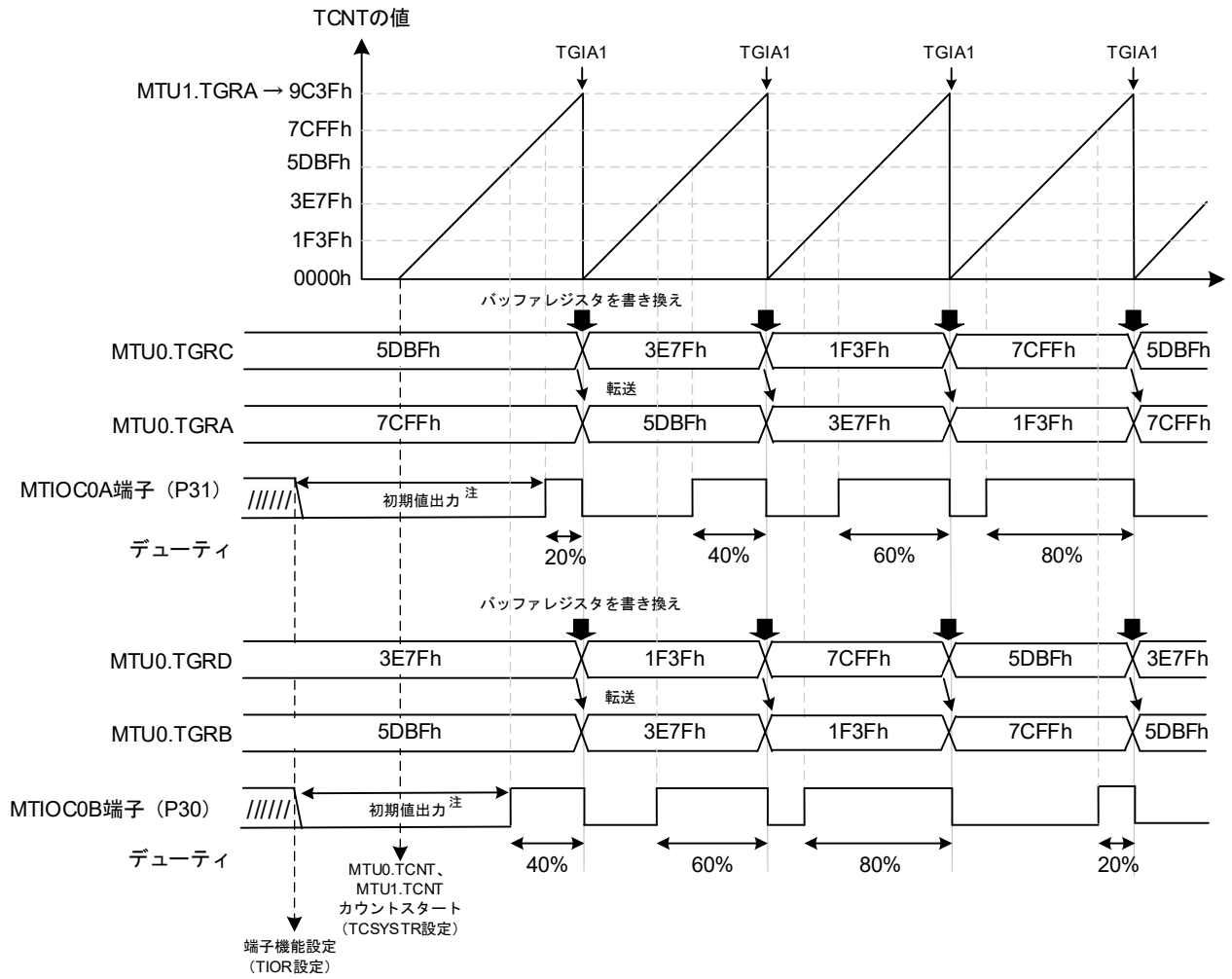


MTU：PWMモード2波形の生成
MPC：使用する端子を汎用入出力ポートから周辺機能の入出力ポートに設定

図 3-29　PWM モード 2 出力

3.6.2　動作詳細

本サンプルコードの動作を図 3-30 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、周期レジスタ MTU1.TGRA のコンペアマッチ割り込み（TGIA1）で、バッファレジスタ MTU0.TGRC、MTU0.TGRD の値を書き換えます。MTU0.TGRC、MTU0.TGRD の値は、カウンタクリア発生時にデューティレジスタ MTU0.TGRA、MTU0.TGRB へ転送されます。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-30　サンプルコードの動作

3.6.3　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 3-9　コンポーネントの追加

項目	内容	
コンポーネント	PWM モードタイマ	
コンフィグレーション名	Config_MTU0	Config_MTU1
動作	PWM モード 2	
リソース	MTU0	MTU1

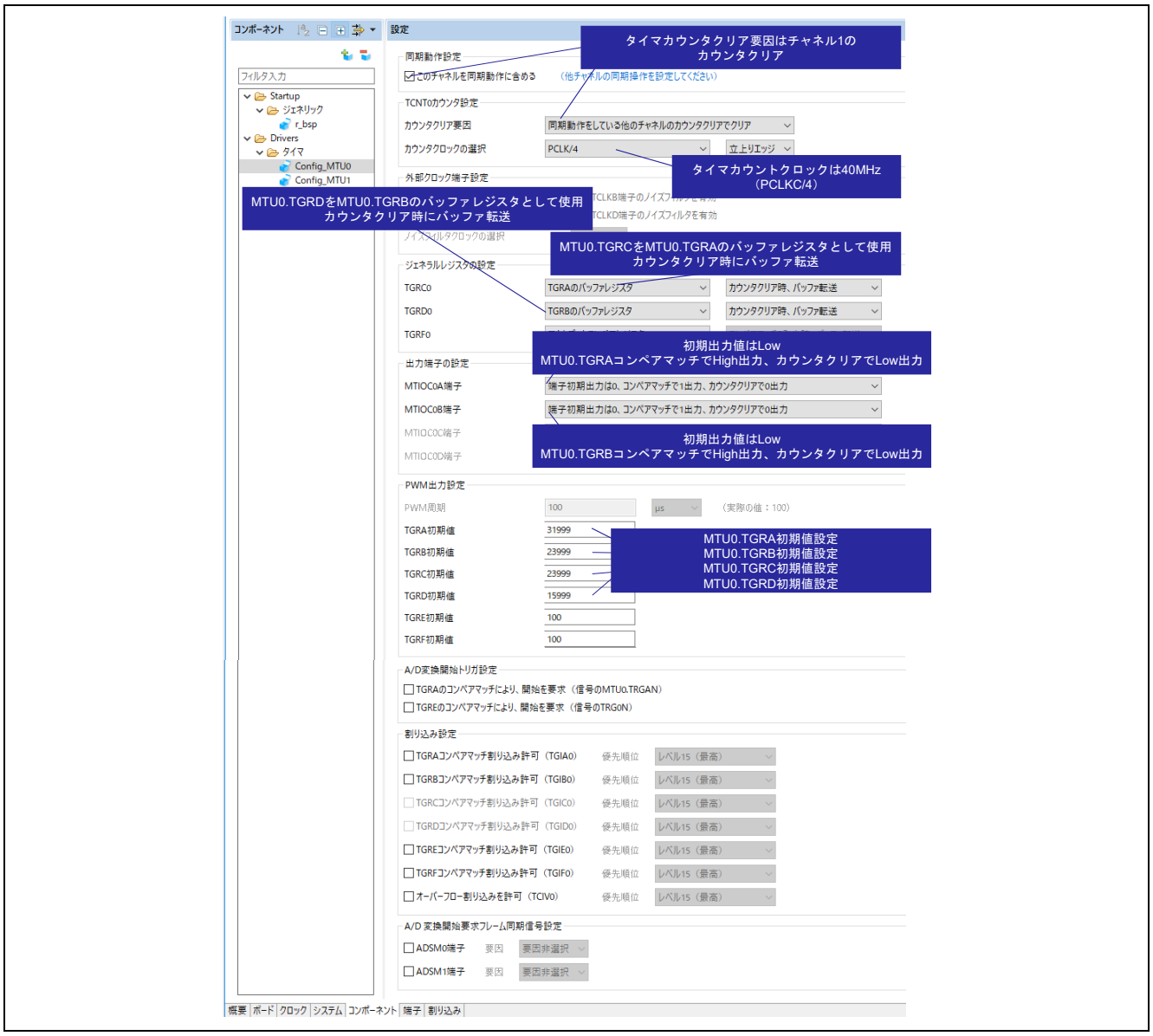


図 3-31　MTU0 の設定

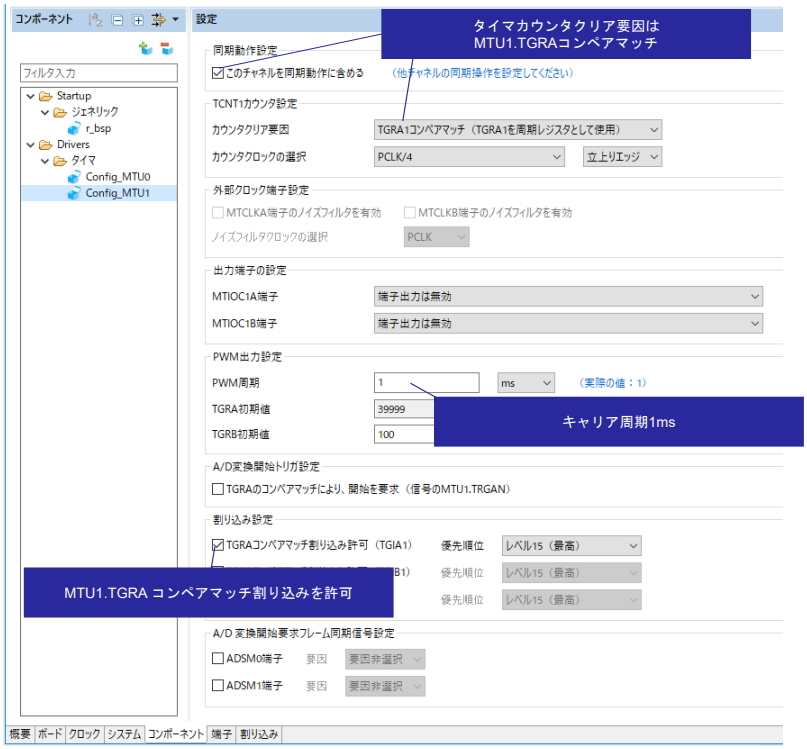


図 3-32　MTU1 の設定

3.6.4　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、関数の処理を示します。

main 関数内でカウントスタート関数 mtu0_mtu1_start を読み出し、カウントをスタートします。

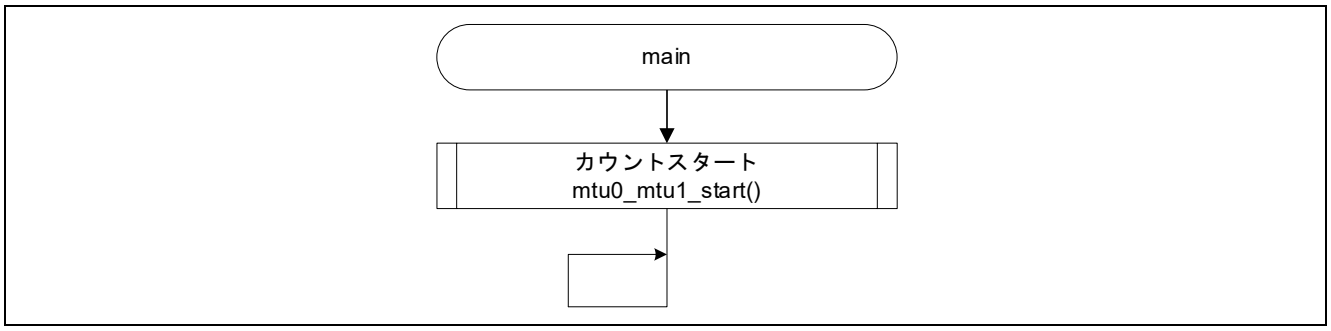


図 3-33　main 関数

カウントスタート関数では、TGIA1 割り込み許可後、MTU0 と MTU1 のカウントをスタートします。

本関数はスマート・コンフィグレータによるコード生成後、新規作成した関数です。

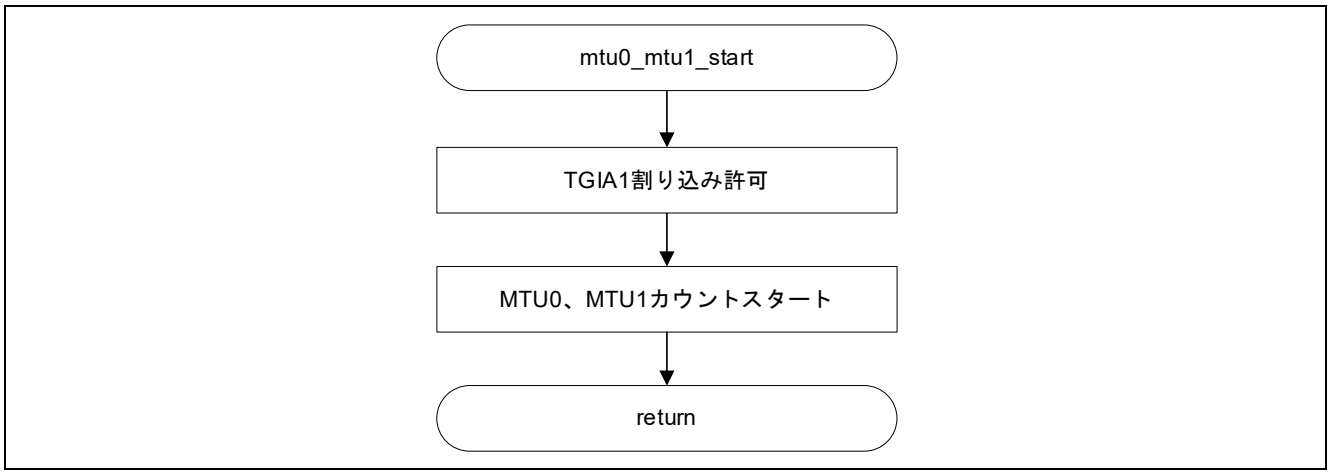


図 3-34　カウントスタート関数

TGIA1 割り込みハンドラ関数では、現在の MTU0.TGRA、MTU0.TGRB レジスタの値に応じて値を変更します。

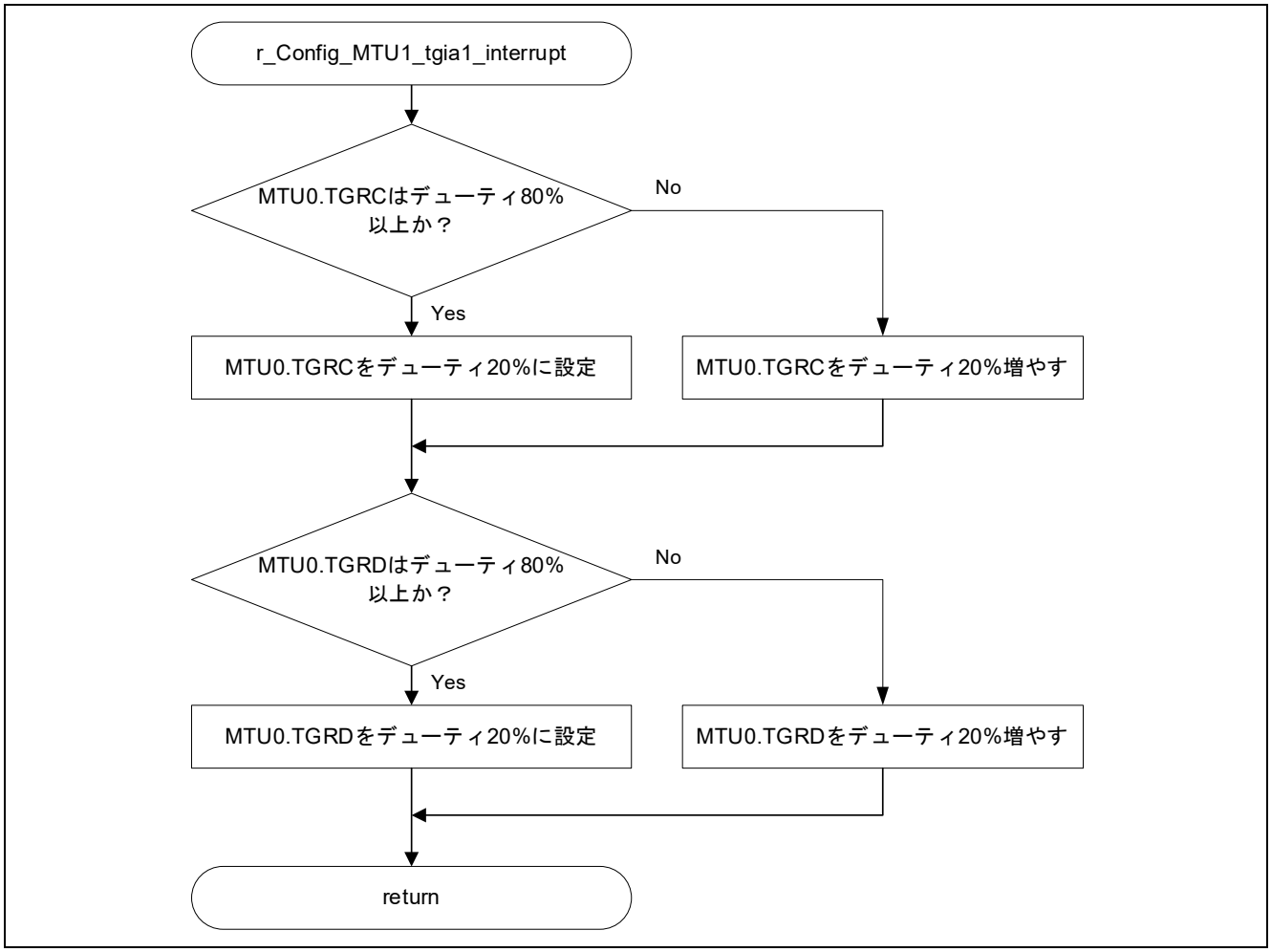


図 3-35　TGIA1 割り込みハンドラ関数

3.6.5　注意事項

3.6.5.1　複数チャネルのカウントスタート

本サンプルコードでは、MTU0 と MTU1 のカウントを同時にスタートするため、mtu0_mtu1_start 関数内でタイマカウンタシンクロスタートレジスタ TCSYSTR の SCH0、SCH1 ビットを同時に設定しています。

スマート・コンフィグレータで生成される R_Config_MTU0_Start、R_Config_MTU1_Start 関数を使用した場合、各々の関数読み出しを行うため、カウントスタートタイミングにずれが生じます。MTU0 と MTU1 のカウントを同時にスタートする方法は、タイマスタートレジスタ TSTRA の CST0、CST1 ビットを同時に設定する方法でも実現可能です。

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「22.2.17 タイマスタートレジスタ(TSTRA, TSTRB, TSTR)」、「22.2.19 タイマカウンタシンクロスタートレジスタ(TCSYSTR)」を参照してください。

3.6.5.2　バッファレジスタの書き換えとカウンタクリアの競合

バッファ転送タイミングをカウンタクリア時に設定した場合、バッファレジスタの書き込みサイクル中にカウンタクリアが発生すると、デューティレジスタには書き換え前のバッファレジスタのデータが転送されます。

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「22.6.8 バッファレジスタへの書き込みと TCNT クリアの競合」を参照してください。

3.6.5.3　バッファレジスタ書き換え遅延

本サンプルコードでは、バッファレジスタ TGRC（TGRD）から TGRA（TGRB）への転送をカウンタクリア発生時に行っています。TGRC（TGRD）の値は、次のカウンタクリアが発生する前に書き換えを完了する必要があります。

バッファレジスタ TGRC（TGRD）の書き換えが遅延した場合、期待したデューティを出力することができません。

3.7　PWM モード 2 バッファレジスタなし

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_mtu3_pwm2.zip

3.7.1　概要

MTU の PWM モードを使用し、TGR レジスタの設定によりデューティ 0%～100%の PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードでは PWM モード 2 を使用し、デューティ 20% → 40% → 60% → 80% → 20% → ･･･ の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。バッファレジスタは使用せずデューティレジスタ TGRA、TGRB の値を更新することで、デューティ比を変更します。MTU チャネル 1 の TGRA、TGRB レジスタはデューティレジスタに使用するため、周期レジスタはチャネル 0 の TGRA レジスタを使用します。

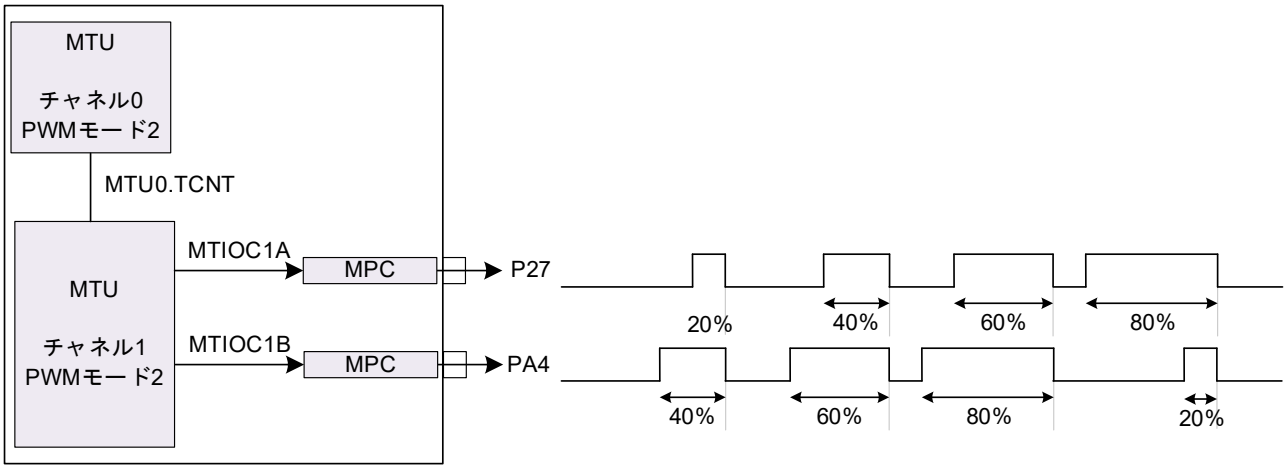
以下に、サンプルコードが使用する MTU の設定を示します。

- PWM モード 2 を使用
- チャネル 0、1 を使用
- 初期出力値は Low
- キャリア周期は 1ms
- タイマカウントクロックは 40MHz（PCLKC/4）
- MTU0.TGRA を周期レジスタとして使用
  — タイマカウンタクリア要因は MTU0.TGRA コンペアマッチ
  — MTU0.TGRA コンペアマッチで Low 出力
- MTU1.TGRA をデューティレジスタとして使用
  — MTU1.TGRA コンペアマッチで High 出力
- MTU1.TGRB をデューティレジスタとして使用
  — MTU1.TGRB コンペアマッチで High 出力

スマート・コンフィグレータで設定可能
設定方法は 3.7.3 を参照してください

- 周期ごとにデューティを変更
  — MTU1.TGRA は MTU1.TGRA コンペアマッチ割り込みでデューティを変更
  — MTU1.TGRB は MTU1.TGRB コンペアマッチ割り込みでデューティを変更
  — デューティの変更タイミングの詳細は図 3-37 を参照

本サンプルコードにおける PWM モード 2 出力を以下に示します。



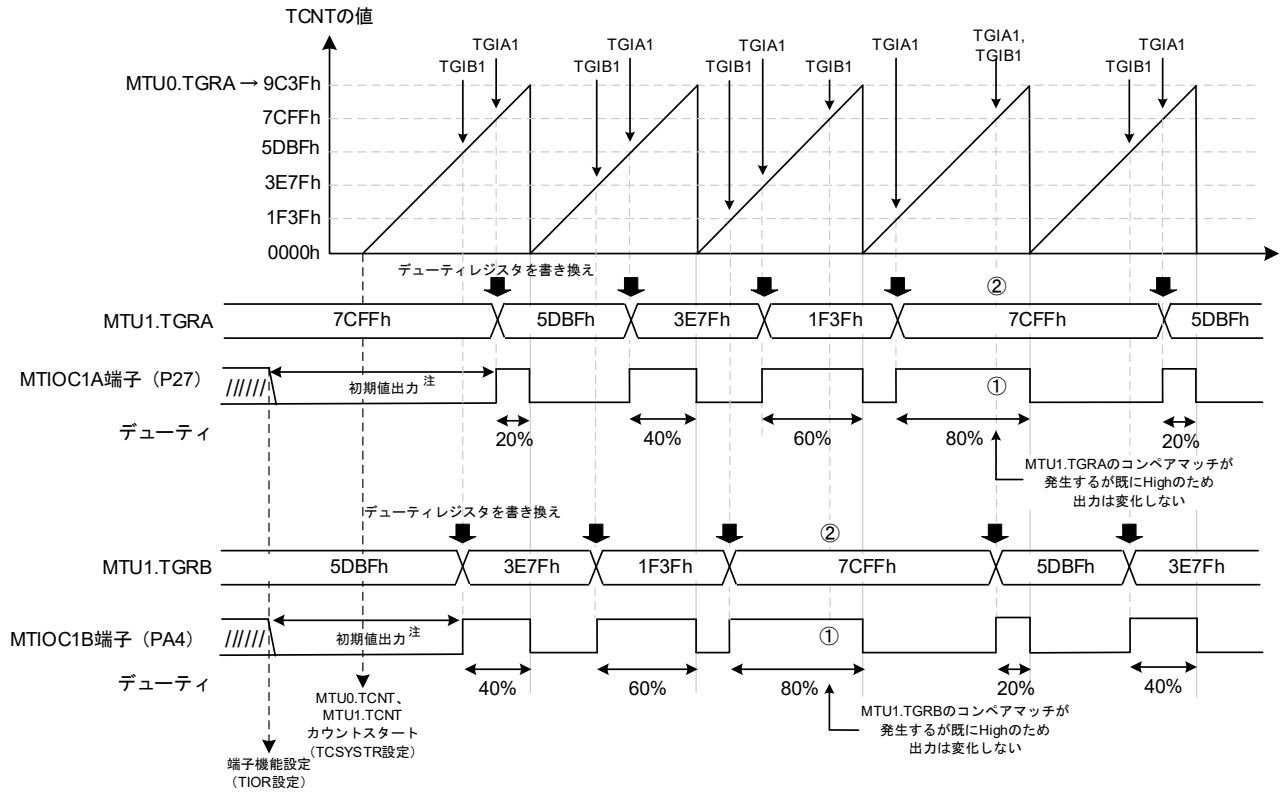
MTU：PWMモード2波形の生成
MPC：使用する端子を汎用入出力ポートから周辺機能の入出力ポートに設定

図 3-36　PWM モード 2 出力

3.7.2　動作詳細

本サンプルコードの動作を図 3-37 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、MTU1.TGRA のコンペアマッチ割り込み（TGIA1）でデューティレジスタ MTU1.TGRA を、MTU1.TGRB のコンペアマッチ割り込み（TGIB1）でデューティレジスタ MTU1.TGRB の値を書き換えます。

デューティ 80%から 20%へ切り替える場合、同じ周期で 2 回のコンペアマッチが発生しますが、High 出力中に 2 回目のコンペアマッチが発生するため波形は変化しません（下図①）。デューティの設定は周期ごとに変更するため、MTU1.TGRA、MTU1.TGRB の値を書き換えるタイミングを調整する必要があります。（下図②）



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-37　サンプルコードの動作

3.7.3　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 3-10　コンポーネントの追加

項目	内容	
コンポーネント	PWM モードタイマ	
コンフィグレーション名	Config_MTU0	Config_MTU1
動作	PWM モード 2	
リソース	MTU0	MTU1

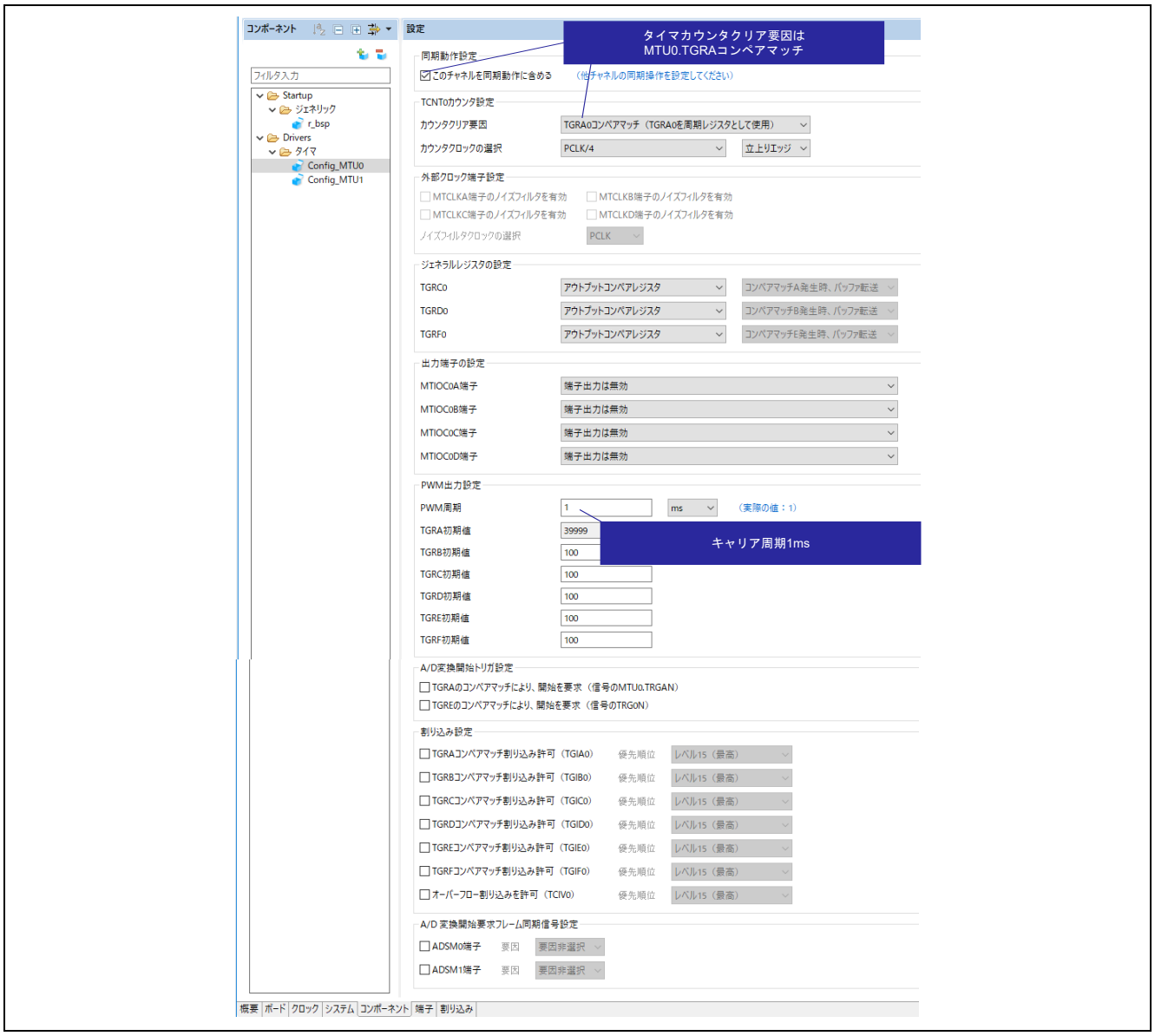


図 3-38　MTU0 の設定

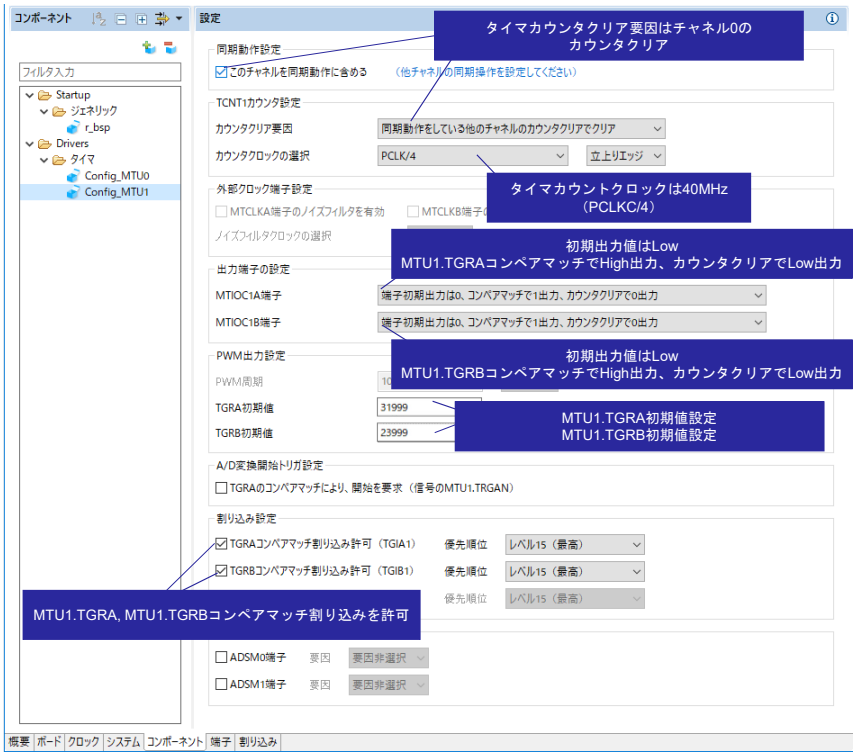


図 3-39　MTU1 の設定

3.7.4　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、関数の処理を示します。

main 関数内でカウントスタート関数 mtu0_mtu1_start を読み出し、カウントをスタートします。

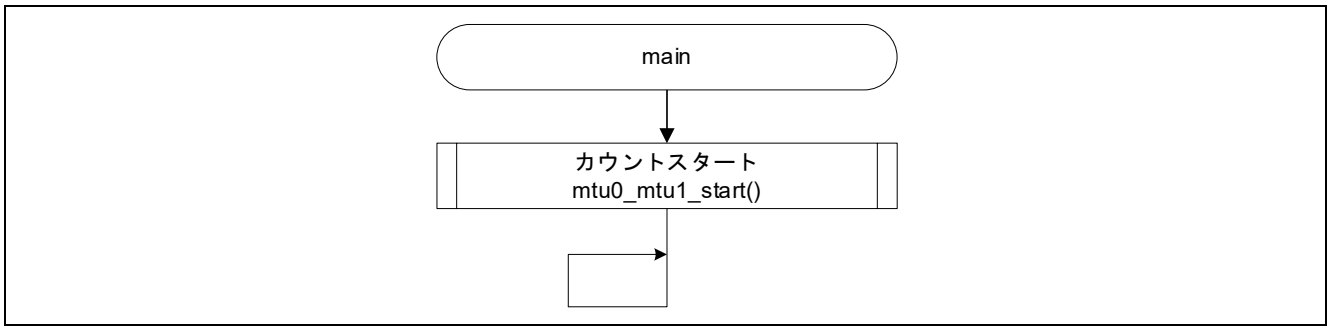


図 3-40　main 関数

カウントスタート関数では、TGIA1 と TGIB1 割り込み許可後、MTU0 と MTU1 のカウントをスタートします。

本関数はスマート・コンフィグレータによるコード生成後、新規作成した関数です。

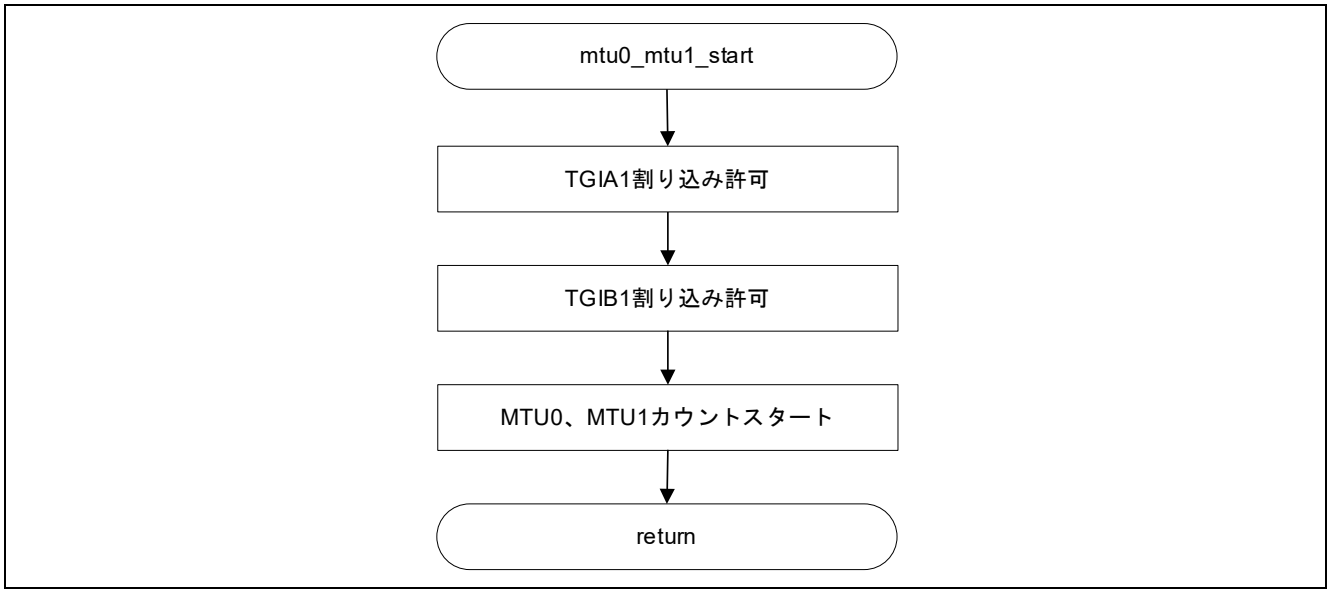


図 3-41　カウントスタート関数

main 関数より前に実行されるユーザ初期化関数 R_Config_MTU1_Create_UserInit で、変数の初期化を行います。本関数は、R_Config_MTU1_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_prv_a　　：前回の MTU1.TGRA レジスタの値を保持するための変数
- s_duty_prv_b　　：前回の MTU1.TGRB レジスタの値を保持するための変数

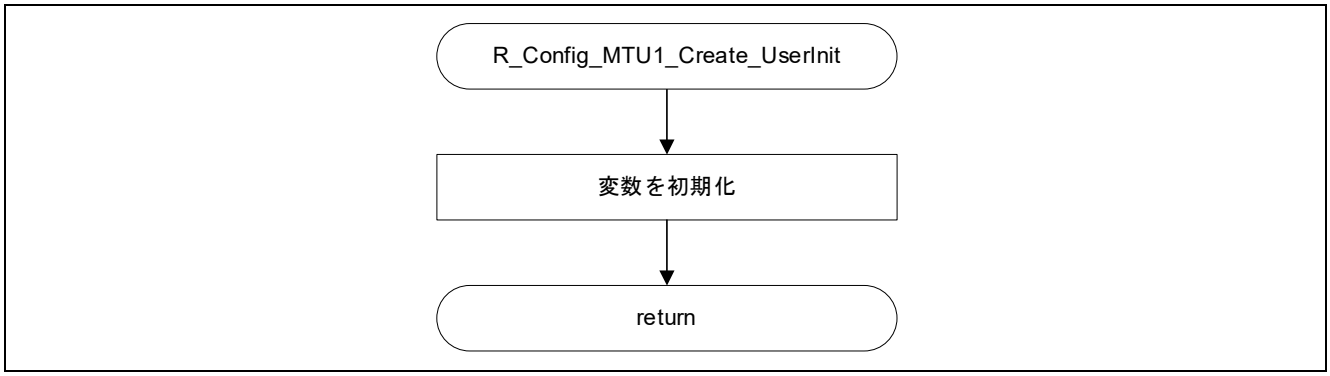


図 3-42　ユーザ初期化関数

TGIA1 割り込みハンドラ関数では、現在の MTU1.TGRA レジスタの値および、前回 MTU1.TGRA レジスタに設定されていた値に応じて、MTU1.TGRA レジスタの値を変更します。

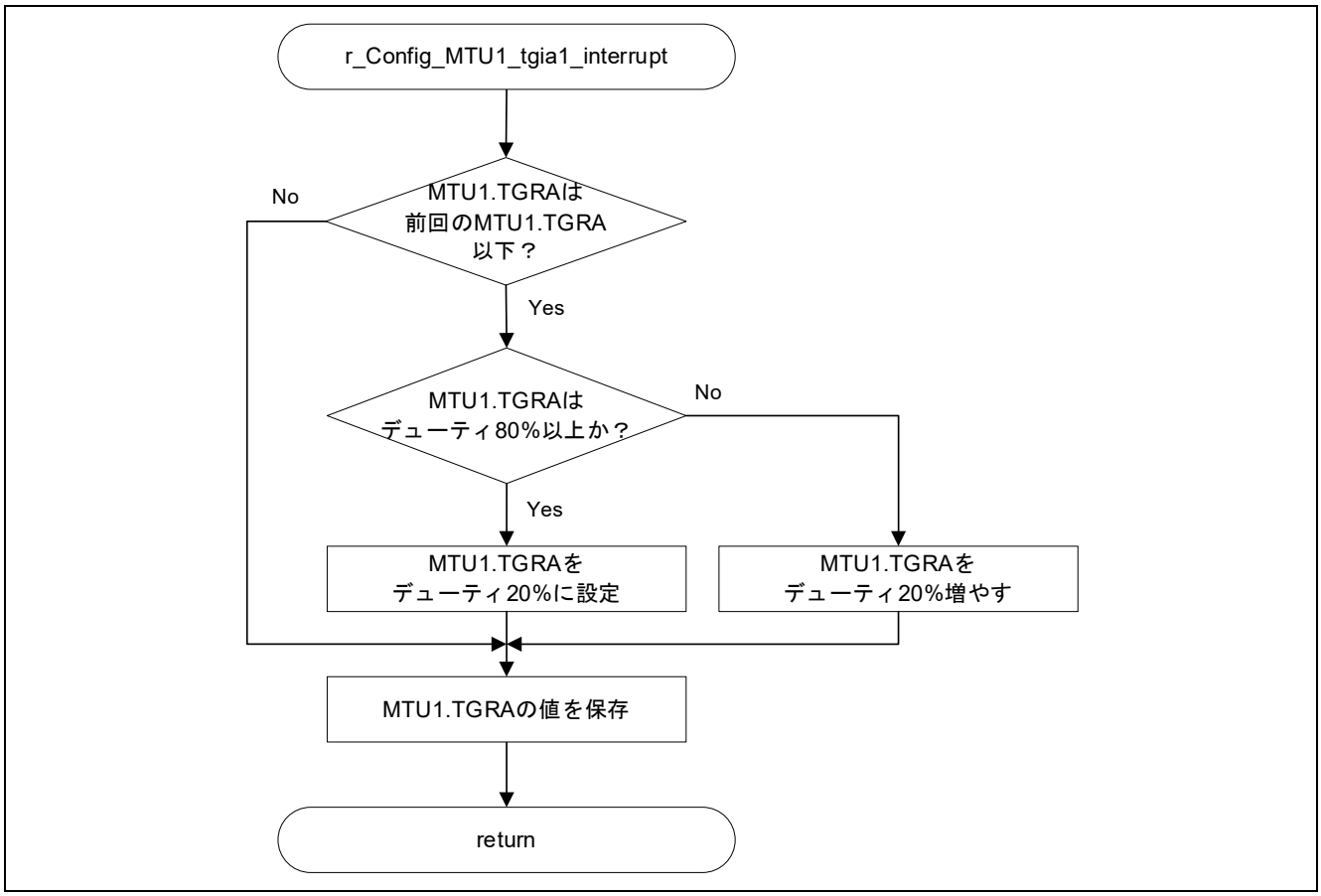


図 3-43　TGIA1 割り込みハンドラ関数

TGIB1 割り込みハンドラ関数では、現在の MTU1.TGRB レジスタの値および、前回 MTU1.TGRB レジスタに設定されていた値に応じて、MTU1.TGRB レジスタの値を変更します

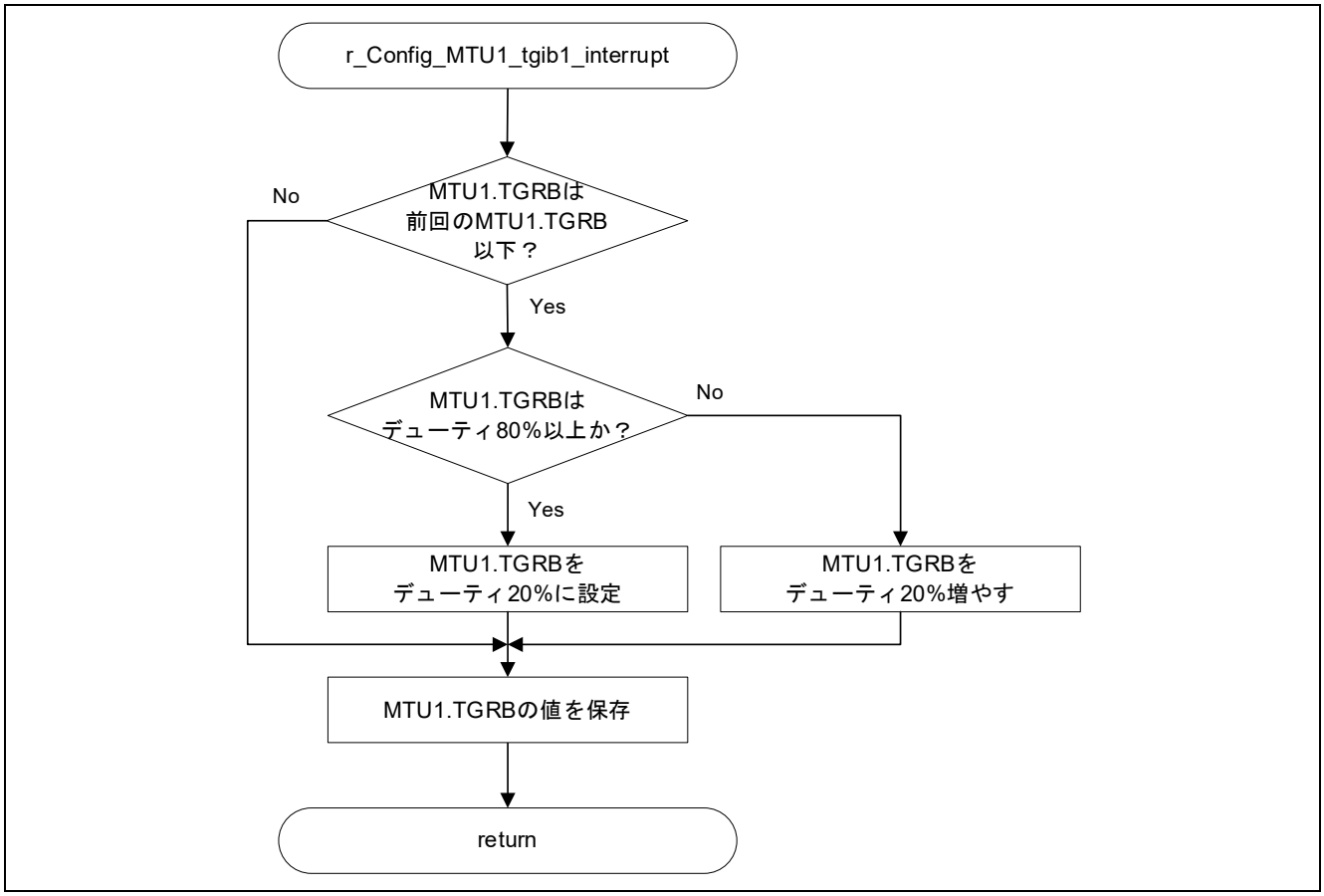


図 3-44　TGIB1 割り込みハンドラ関数

3.7.5　注意事項

3.7.5.1　複数チャネルのカウントスタート

本サンプルコードでは、MTU0 と MTU1 のカウントを同時にスタートするため、mtu0_mtu1_start 関数内でタイマカウンタシンクロスタートレジスタ TCSYSTR の SCH0、SCH1 ビットを同時に設定しています。

スマート・コンフィグレータで生成される R_Config_MTU0_Start、R_Config_MTU1_Start 関数を使用した場合、各々の関数読み出しを行うため、カウントスタートタイミングにずれが生じます。MTU0 と MTU1 のカウントを同時にスタートする方法は、タイマスタートレジスタ TSTRA の CST0、CST1 ビットを同時に設定する方法でも実現可能です。

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「22.2.17 タイマスタートレジスタ(TSTRA, TSTRB, TSTR)」、「22.2.19 タイマカウンタシンクロスタートレジスタ(TCSYSTR)」を参照してください。

3.7.5.2　TGR レジスタへの書き込みとコンペアマッチの競合

TGR レジスタの書き込みサイクル中にコンペアマッチが発生した場合、TGR レジスタへの書き込みが実行され、コンペアマッチ信号も発生します。

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「22.6.6 TGR レジスタへの書き込みとコンペアマッチの競合」を参照してください。

3.7.5.3　デューティレジスタにより大きい値を設定

本サンプルコードでは、MTU1.TGRA のコンペアマッチ割り込み（TGIA1）発生時にデューティレジスタ TGRA を、MTU1.TGRB のコンペアマッチ割り込み（TGIB1）発生時にデューティレジスタ TGRB を書き換えます。TGRA（TGRB）コンペアマッチ発生後、現在 TGRA（TGRB）に設定されている値よりも大きい値を TGRA（TGRB）に設定した場合、1 周期に 2 回のコンペアマッチが発生する場合があります。

詳細は、図 3-37 の①を参照してください。

3.8　リセット同期 PWM モード

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_mtu3_reset_sync_pwm.zip

3.8.1　概要

MTU のリセット同期 PWM モードを使用し、MTU3、MTU4 および MTU6、MTU7 を組み合わせることにより、一方の波形変化点が共通の関係となる PWM 波形（正相・逆相）各 6 相、合計 12 相を出力することができます。

本サンプルコードでは MTU3、MTU4 にてリセット同期 PWM モードを使用し、PWM 波形（正相・逆相）を各 3 相、合計 6 相のデューティ比一定の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。

以下に、サンプルコードが使用する MTU の設定を示します。

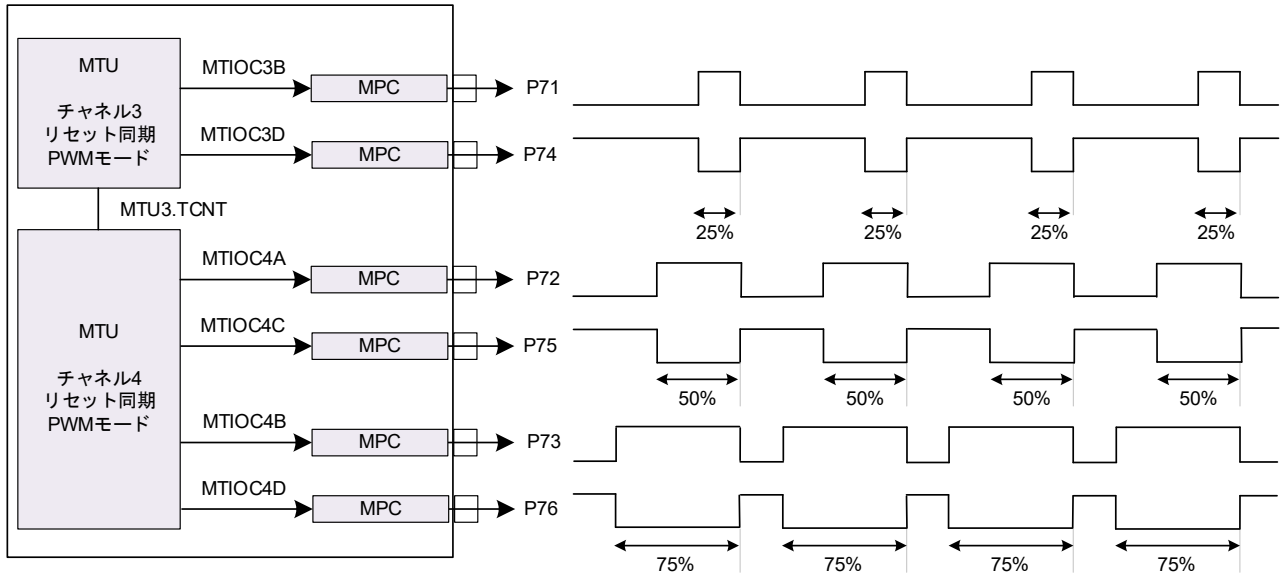
- チャネル 3、4 を使用
- キャリア周期は 1ms
- タイマカウントクロックは 40MHz（PCLKC/4）
- MTU3.TGRA を周期レジスタとして使用
  — タイマカウンタクリア要因は MTU3.TGRA コンペアマッチ
- MTU3.TGRB をデューティレジスタとして使用
  — MTIOC3B 端子（正相）の初期出力は Low、MTU3.TGRB コンペアマッチで High 出力
  — MTIOC3D 端子（逆相）の初期出力は High、MTU3.TGRB コンペアマッチで Low 出力
- MTU4.TGRA をデューティレジスタとして使用
  — MTIOC4A 端子（正相）の初期出力は Low、MTU4.TGRA コンペアマッチで High 出力
  — MTIOC4C 端子（逆相）の初期出力は High、MTU4.TGRA コンペアマッチで Low 出力
- MTU4.TGRB をデューティレジスタとして使用
  — MTIOC4B 端子（正相）の初期出力は Low、MTU4.TGRB コンペアマッチで High 出力
  — MTIOC4D 端子（逆相）の初期出力は High、MTU4.TGRB コンペアマッチで Low 出力

スマート・コンフィグレータで設定可能

設定方法は 3.8.3 を参照してください

- ブラシレス DC モータ制御は無効
- リセット同期 PWM モードを使用

本サンプルコードにおけるリセット同期 PWM モード出力を以下に示します。

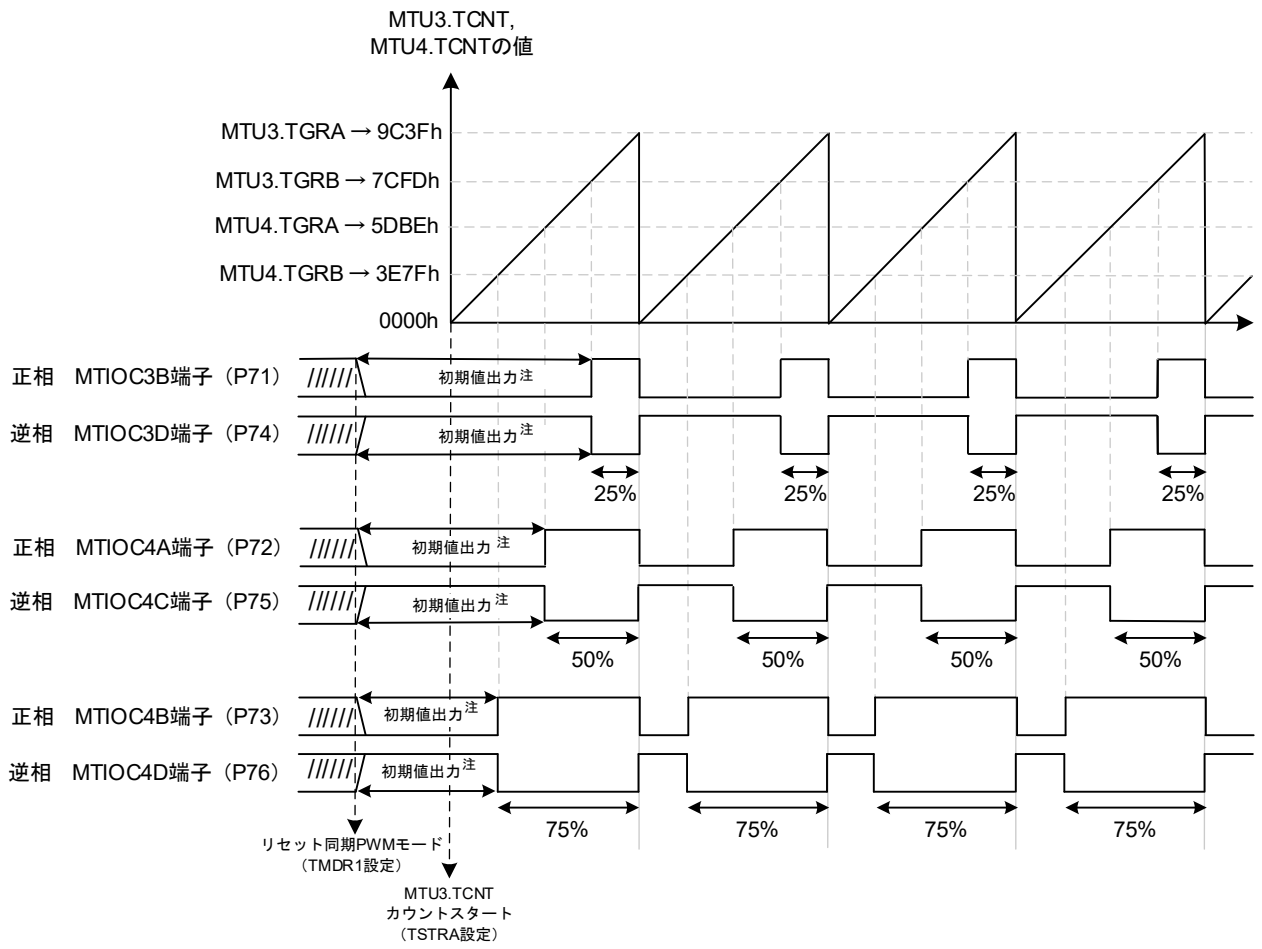


MTU：リセット同期PWMモード波形の生成
MPC：使用する端子を汎用入出力ポートから周辺機能の入出力ポートに設定

図 3-45　リセット同期 PWM モード出力

3.8.2　動作詳細

本サンプルコードの動作を図 3-46 に示します。リセット同期 PWM モードを使用し、MTU3.TCNT と MTU4.TCNT をアップカウンタとして動作します。MTU3.TCNT が MTU3.TGRA とコンペアマッチするとカウンタがクリアされ、”0000h”からカウントアップを再開します。PWM 出力端子は、MTU3.TGRB、MTU4.TGRA、MTU4.TGRB のコンペアマッチおよびカウンタクリアが発生する度にトグル出力を行います。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-46　サンプルコードの動作

3.8.3　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。リセット同期 PWM モードのコンポーネントは無いため、ノーマルモードタイマのコンポーネントを使用しコード生成します。コンポーネントの追加方法は、「3.1.4 コンポーネントの追加」を参照してください。

表 3-11　コンポーネントの追加

項目	内容	
コンポーネント	ノーマルモードタイマ注	
コンフィグレーション名	Config_MTU3	Config_MTU4
インプットキャプチャ/ アウトプットコンペア端子	2 端子	4 端子
リソース	MTU3	MTU4

注.　ノーマルモードタイマのコンポーネントを使用し、コード生成後、MTU3 ユーザ初期化関数 R_Config_MTU3_Create_UserInit にてリセット同期 PWM モードを設定します。レジスタ設定の詳細は図 3-50 を参照してください。

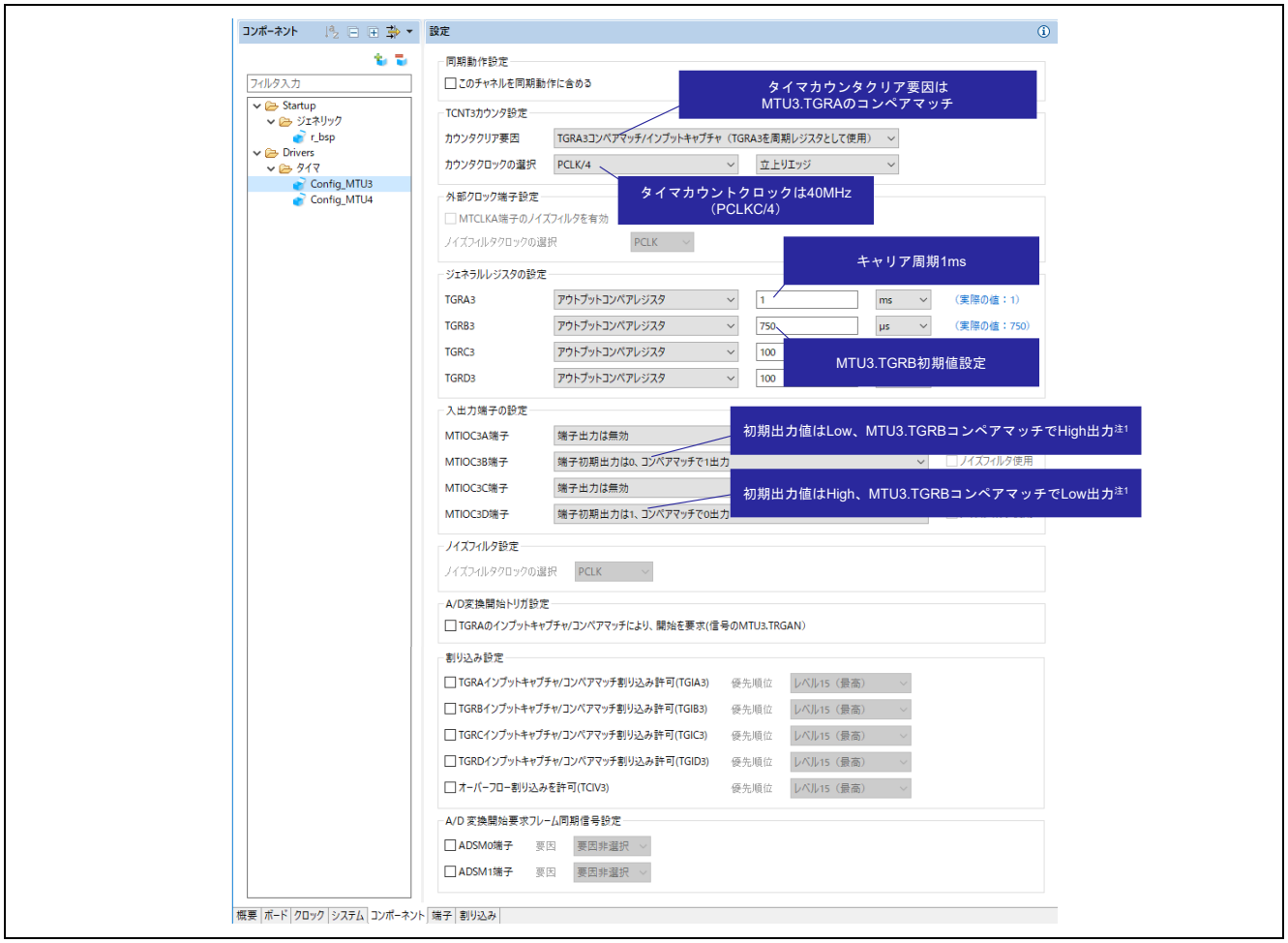


図 3-47　MTU3 の設定

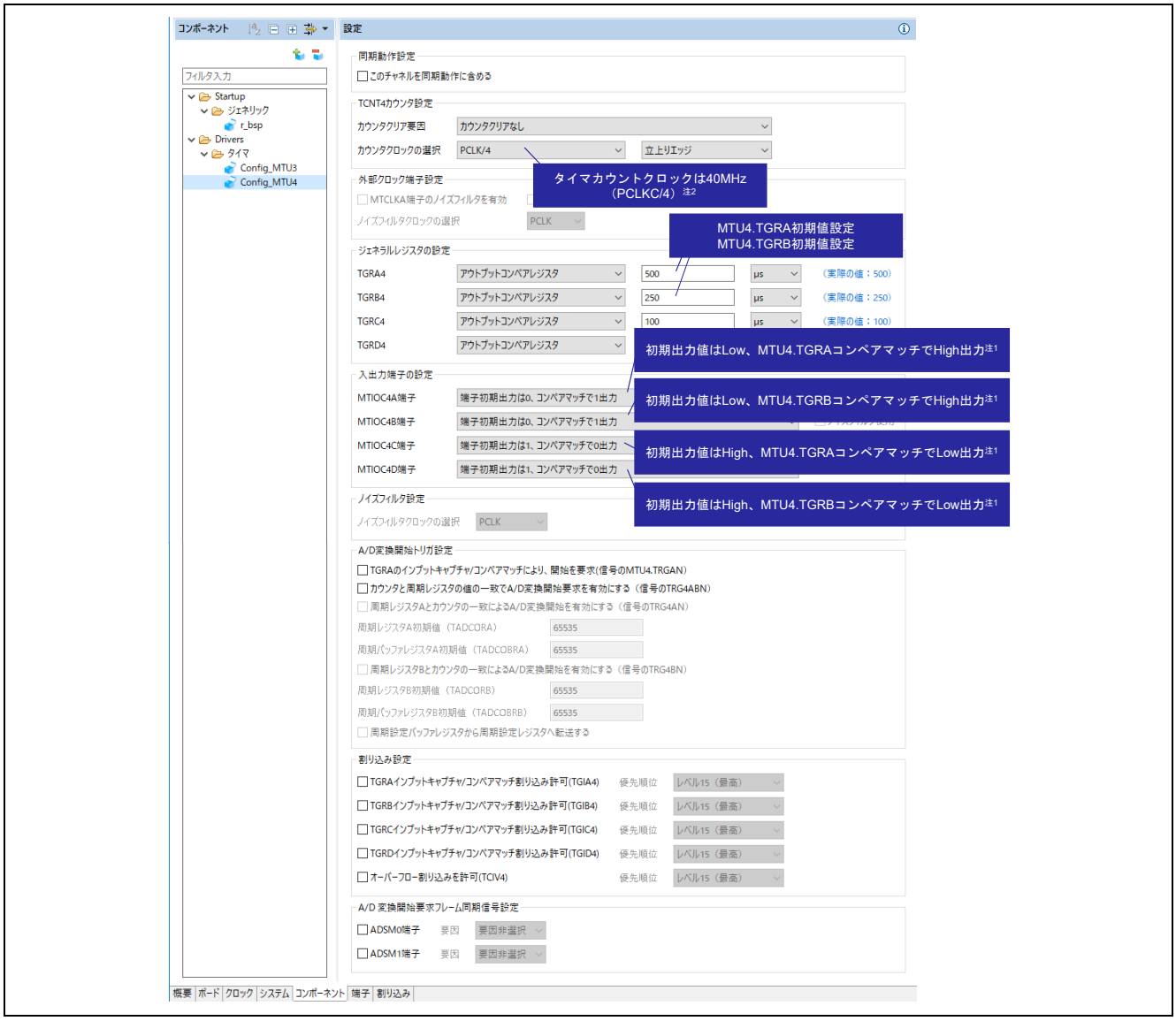


図 3-48　MTU4 の設定

注 1.　ノーマルモードタイマのコンポーネントを使用し、生成したコードは TIOR レジスタ設定が出力されます。リセット同期 PWM モードの PWM 出力レベルは TIOR レジスタではなく、TOCR1A レジスタで設定します。そのため、ユーザ初期化関数 R_Config_MTU3_Create_UserInit, R_Config_MTU4_Create_UserInit にて不要な TIOR レジスタの初期化と TOCR1A レジスタの設定を行います。R_Config_MTU3_Create_UserInit 関数の処理については図 3-50 を、R_Config_MTU4_Create_UserInit 関数の処理については図 3-51 を参照してください。

注 2.　本設定により、生成されたコードは MTU4 のプリスケーラ選択ビット（TCR.TPSC）設定が出力されます。リセット同期 PWM モードのカウンタクロックは MTU3 の設定が有効となり MTU4 の設定は不要です。そのため、ユーザ初期化関数 R_Config_MTU4_Create_UserInit にて不要な TCR レジスタの初期化を行います。R_Config_MTU4_Create_UserInit 関数の処理については図 3-51 を参照してください。

3.8.4　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、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。リセット同期 PWM モードでは、MTU3.TCNT のカウントスタートにより MTU4.TCNT のカウントもスタートします。

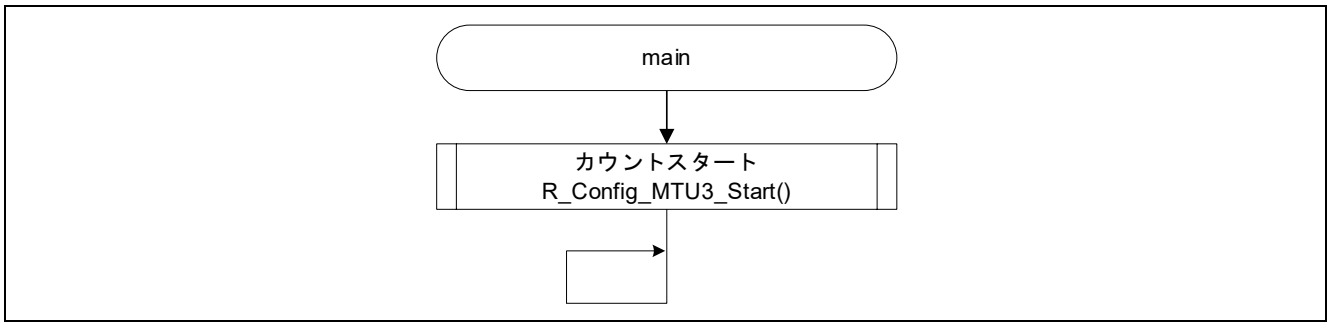


図 3-49　main 関数

main 関数より前に実行される R_Config_MTU3_Create 関数内から呼び出される、ユーザ初期化関数 R_Config_MTU3_Create_UserInit で、ブラシレス DC モータ制御、PWM 出力レベル、タイマモードの設定、およびリセット同期 PWM モードでは不要な TIOR レジスタの初期化を行います。

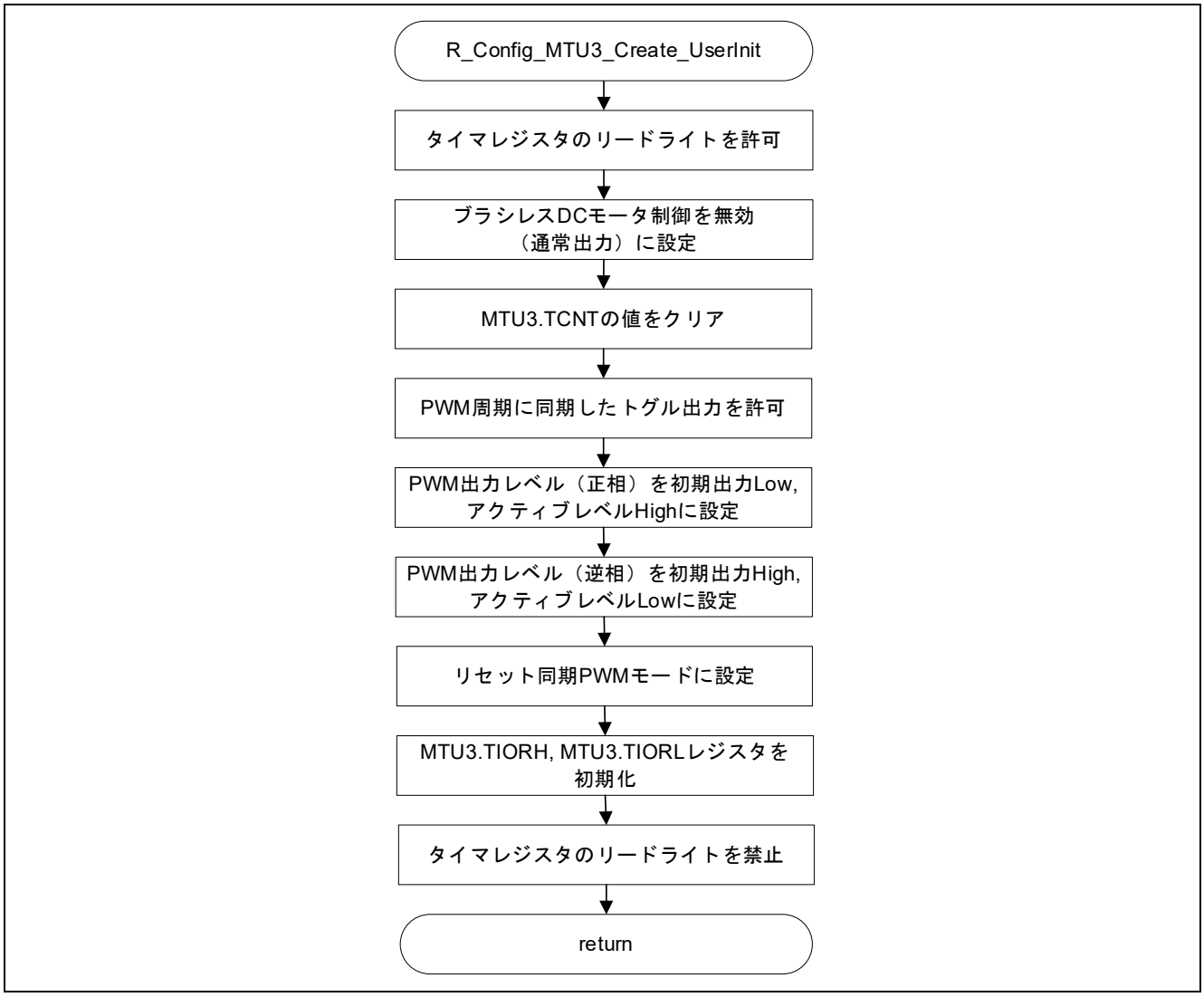


図 3-50　MTU3 ユーザ初期化関数

main 関数より前に実行される R_Config_MTU4_Create 関数内から呼び出される、ユーザ初期化関数 R_Config_MTU4_Create_UserInit で、リセット同期 PWM モードでは不要な TIOR レジスタの初期化を行います。

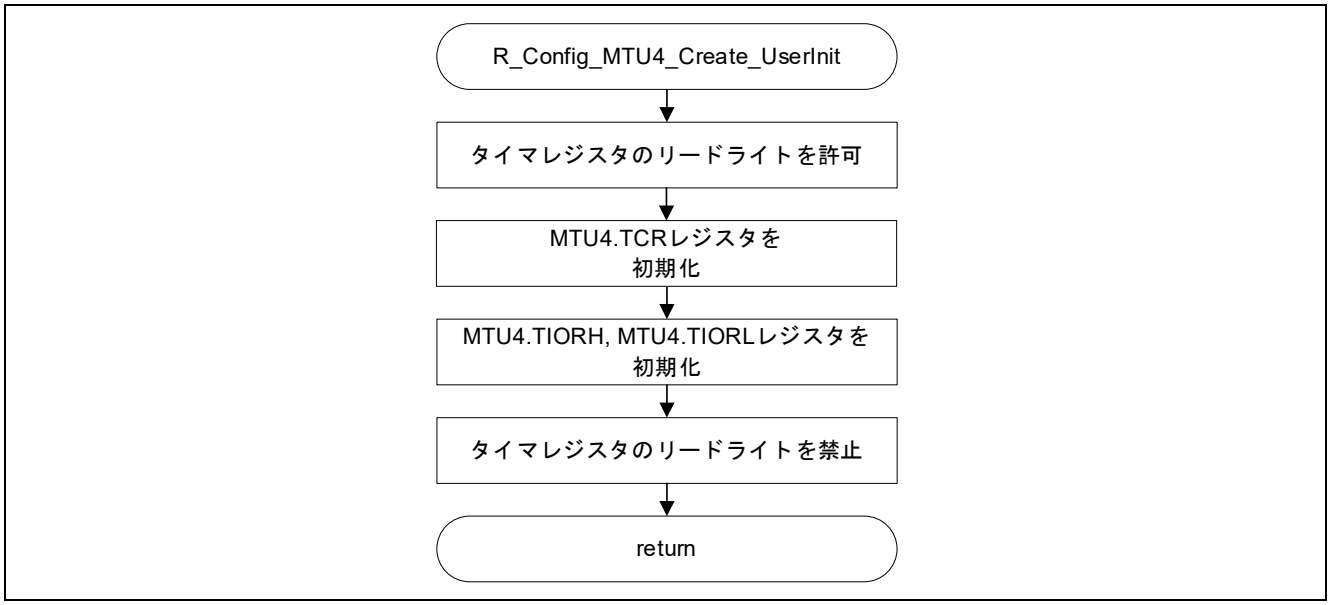


図 3-51　MTU4 ユーザ初期化関数

3.8.5　注意事項

3.8.5.1　4 チャネル使用時のカウントスタート

本モードは MTU3、MTU4 および MTU6、MTU7 を組み合わせることにより、一方の波形変化点が共通の関係となる PWM 波形（正相・逆相）を各 6 相、合計 12 相出力が可能です。

スマート・コンフィグレータで生成される R_Config_MTU3_Start、R_Config_MTU6_Start 関数を使用し MTU3 と MTU6 のカウントをスタートする場合、各々の関数読み出しを行うため、カウントスタートタイミングにずれが生じます。MTU3 と MTU6 のカウントを同時にスタートするには、タイマカウンタシンクロスタートレジスタ TCSYSTR の SCH3、SCH6 ビットを同時に設定することで可能です。

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「22.2.19 タイマカウンタシンクロスタートレジスタ(TCSYSTR)」を参照してください。

3.8.5.2　スマート・コンフィグレータの使用コンポーネント

スマート・コンフィグレータにリセット同期 PWM モードのコンポーネントはありません。

本サンプルコードのように、ノーマルモードタイマのコンポーネントを使用し生成したコードについて、MTU3 ユーザ初期化関数 R_Config_MTU3_Create_UserInit にてタイマモード設定をリセット同期 PWM モードに変更する必要があります。R_Config_MTU3_Create_UserInit 関数の処理については、図 3-50 を参照してください。

また、相補 PWM モードのコンポーネントを使用した場合、タイマ運転期間の設定により自動で周期レジスタ値が固定となり、カウンタクリア要因が指定できないためアップカウントとダウンカウントを行うコードが生成されます。そのため、リセット同期 PWM の波形を生成するコード作成において、相補 PWM モードのコンポーネントは使用できません。

3.9　相補 PWM モード ダブルバッファあり

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_mtu3_complementary_pwm_dblbuf.zip

3.9.1　概要

MTU の相補 PWM モードを使用し、デッドタイム付きの 3 相相補 PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードでは相補 PWM モード 3（山と谷で転送）にてデッドタイム付きの、以下の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。各デューティはダブルバッファを使用し、左右非対称な PWM 波形で生成しています。

- U 相デューティ切り替え：20% → 40% → 60% → 80% → 60% → 40% → …
- V 相デューティ切り替え：40% → 60% → 80% → 60% → 40% → 20% → …
- W 相デューティ切り替え：60% → 80% → 60% → 40% → 20% → 40%→ …

TCNT カウンタのオーバフロー発生時にバッファレジスタ A、B からテンポラリレジスタ A、B へ、テンポラリレジスタ A からコンペアレジスタへ転送し、アンダフロー発生時にテンポラリレジスタ B からコンペアレジスタへ転送することで、デューティ比を変更します。

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
- チャネル 3、チャネル 4 を使用
- キャリア周期は 1ms
- デッドタイムは 30μs
- 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）
  — MTIOC3A 端子のトグル出力設定
- 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 High、アクティブレベルは Low
- MTU3.TGRB を U 相のデューティ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 Low 出力,
  ダウンカウントコンペアマッチ時は High 出力
  — 逆相：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
- MTU4.TGRA を V 相のデューティ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 Low 出力,
  ダウンカウントコンペアマッチ時は High 出力
  — 逆相：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
- MTU4.TGRB を W 相のデューティ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 Low 出力,
  ダウンカウントコンペアマッチ時は High 出力
  — 逆相：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
- ダブルバッファレジスタを使用
  — MTU3.TGRD、MTU3.TGRE を MTU3.TGRB の
  バッファレジスタとして使用
  — MTU4.TGRC、MTU4.TGRE を MTU4.TGRA の
  バッファレジスタとして使用
  — MTU4.TGRD、MTU4.TGRF を MTU4.TGRB の
  バッファレジスタとして使用
  — 左右非対称 PWM 出力波形のバッファレジスタ初期値は
  図 3-54 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 3.9.3 を参照してください

- 周期ごとにデューティを変更
  — MTU3.TGRA コンペアマッチ割り込みでデューティを変更
  — デューティの変更タイミングの詳細は図 3-54 を参照

本サンプルコードにおける相補 PWM モード出力を以下に示します。

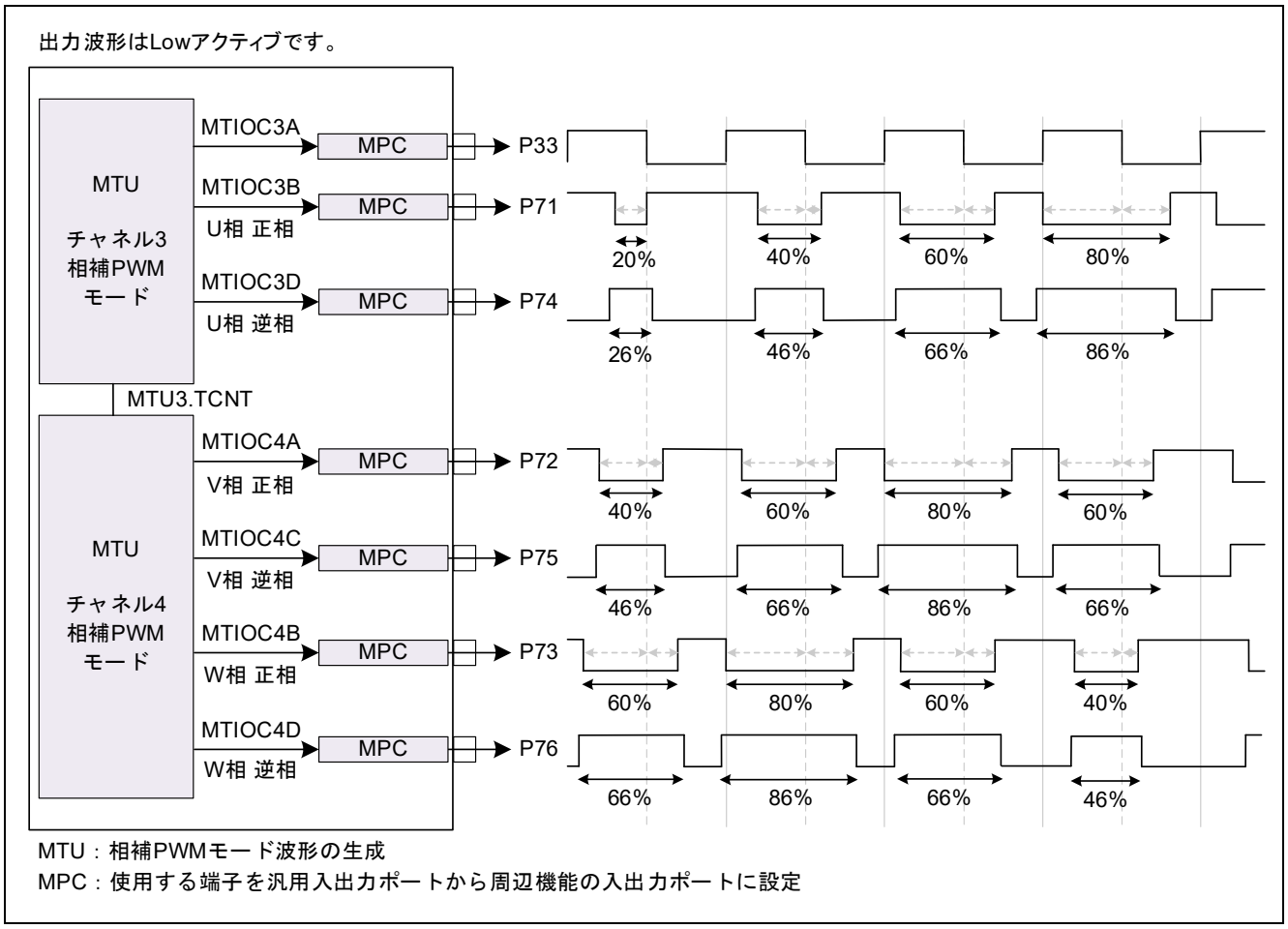


図 3-52　相補 PWM モード出力

3.9.2　動作詳細

本サンプルコードの動作を図 3-54 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、MTU3.TCNT の上限値を設定しているレジスタ MTU3.TGRA のコンペアマッチ割り込み（TGIA3）で、バッファレジスタ A（MTU3.TGRD、MTU4.TGRC、MTU4.TGRD）、バッファレジスタ B（MTU3.TGRE、MTU4.TGRE、MTU4.TGRF）の値を書き換えています（図 3-54 ①）。

バッファレジスタの書き換えは最後に MTU4.TGRD を書き込むことにより、バッファレジスタ A、B からテンポラリレジスタ A、B へのデータ転送が許可されます。Ta 区間で MTU4.TGRD の書き込みを行った場合は、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が、本サンプルコードでは、Tb1 区間に MTU4.TGRD の書き込みを行っているため Tb1 区間終了後にテンポラリレジスタへ転送されます（図 3-54 ②）。

本サンプルコードは山と谷で転送を行う相補 PWM モード 3 を使用しているため、コンペアレジスタは、Tb1 区間の最後にテンポラリレジスタ A から転送（図 3-54 ③）、および Tb2 区間の最後にテンポラリ B から転送（図 3-54 ④）されることにより、データを更新しています。

初期出力は、TOCR2A の OLS1P、OLS1N、OLS2P、OLS2N、OLS3P、OLS3N ビットの設定に従い、正相出力、逆相出力ともに OFF になります。MTU3.TMDR1 で相補 PWM モードを設定してから MTU4.TCNT が TDDRA レジスタ値より大きくなるまで出力されます（図 3-54 ⑤）。

以降は以下の 1～3 を繰り返します。

1. Ta 区間はコンペアレジスタとカウンタレジスタとのコンペアマッチが発生し、逆相出力が OFF、その後、正相出力が ON になります（図 3-54 ⑥）。
2. Tb1 区間はコンペアレジスタとテンポラリレジスタ A が有効となります。U 相はコンペアマッチが発生し、正相出力が OFF、その後、逆相出力が ON になります。V 相、W 相はコンペアマッチが発生しないため、波形は変化しません。（図 3-54 ⑦）
3. Tb2 区間はコンペアレジスタとテンポラリレジスタ B が有効となります。U 相、V 相はカウンタレジスタとのコンペアマッチは発生しないため、波形は変化しません。W はコンペアマッチが発生し、逆相相出力が OFF、その後、正相出力が ON になります。（図 3-54 ⑧）

- 左右非対称の PWM 波形出力
  各周期のデューティは、アップカウント期間とダウンカウント期間において異なるデューティを生成しています。

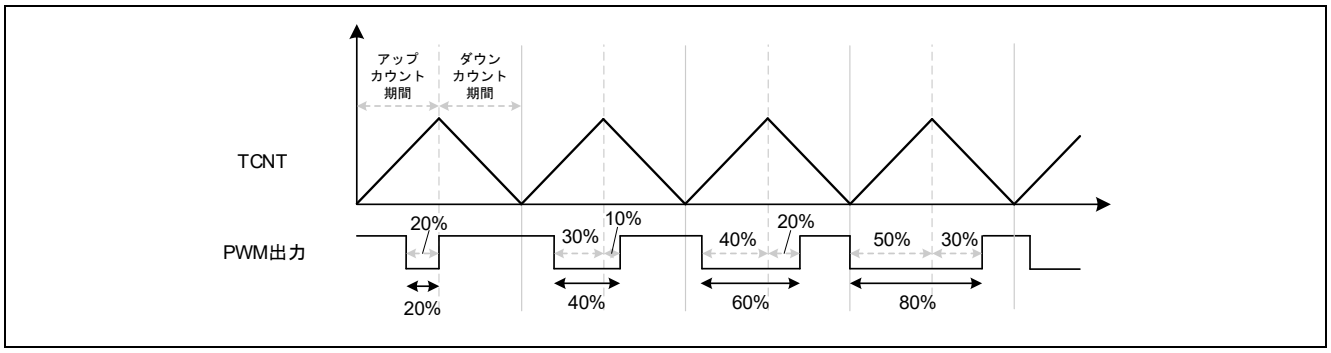
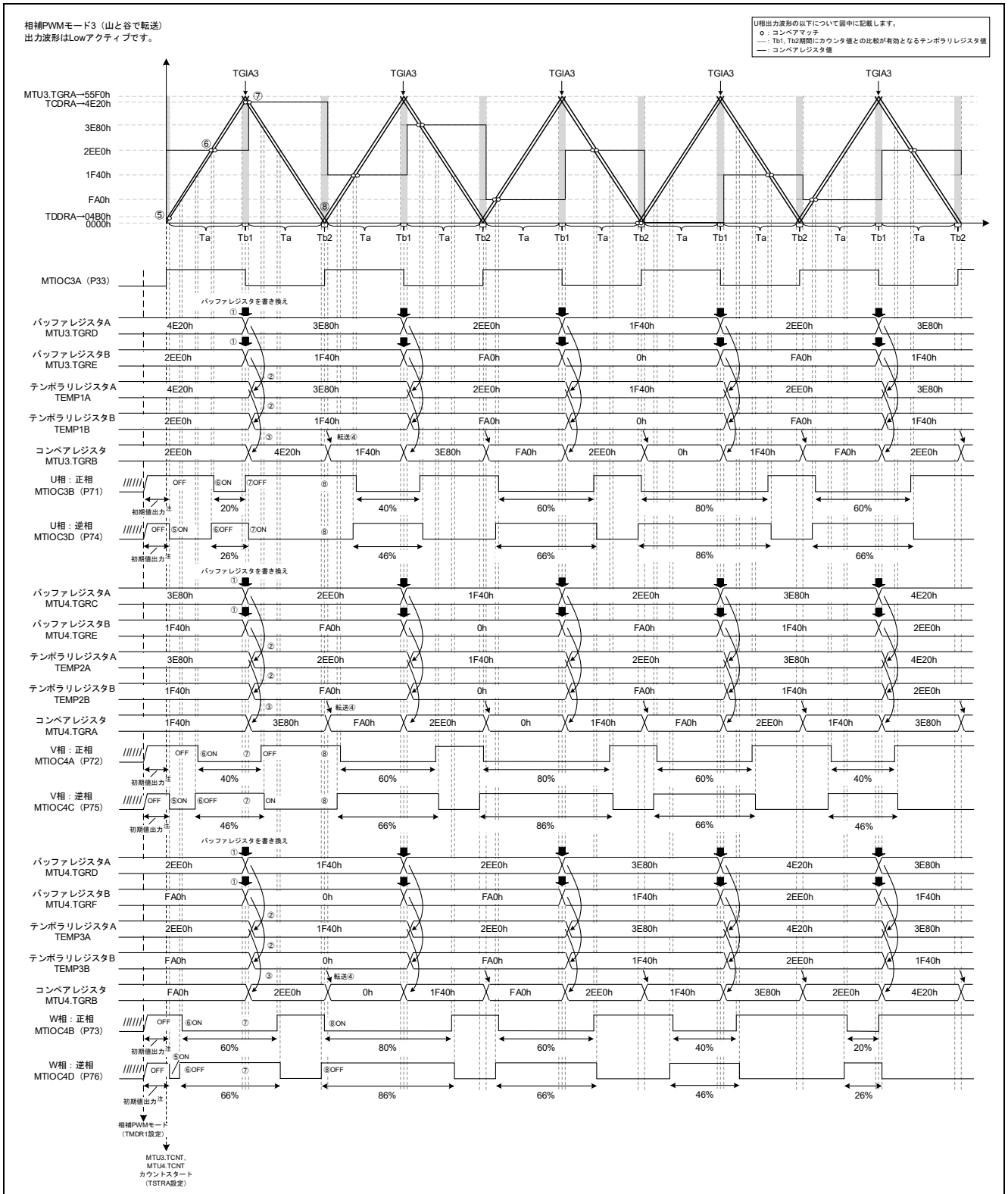


図 3-53　左右非対称の PWM 出力波形



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-54　サンプルコードの動作

3.9.3　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 3-12　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(山と谷で転送)
リソース	MTU3_MTU4

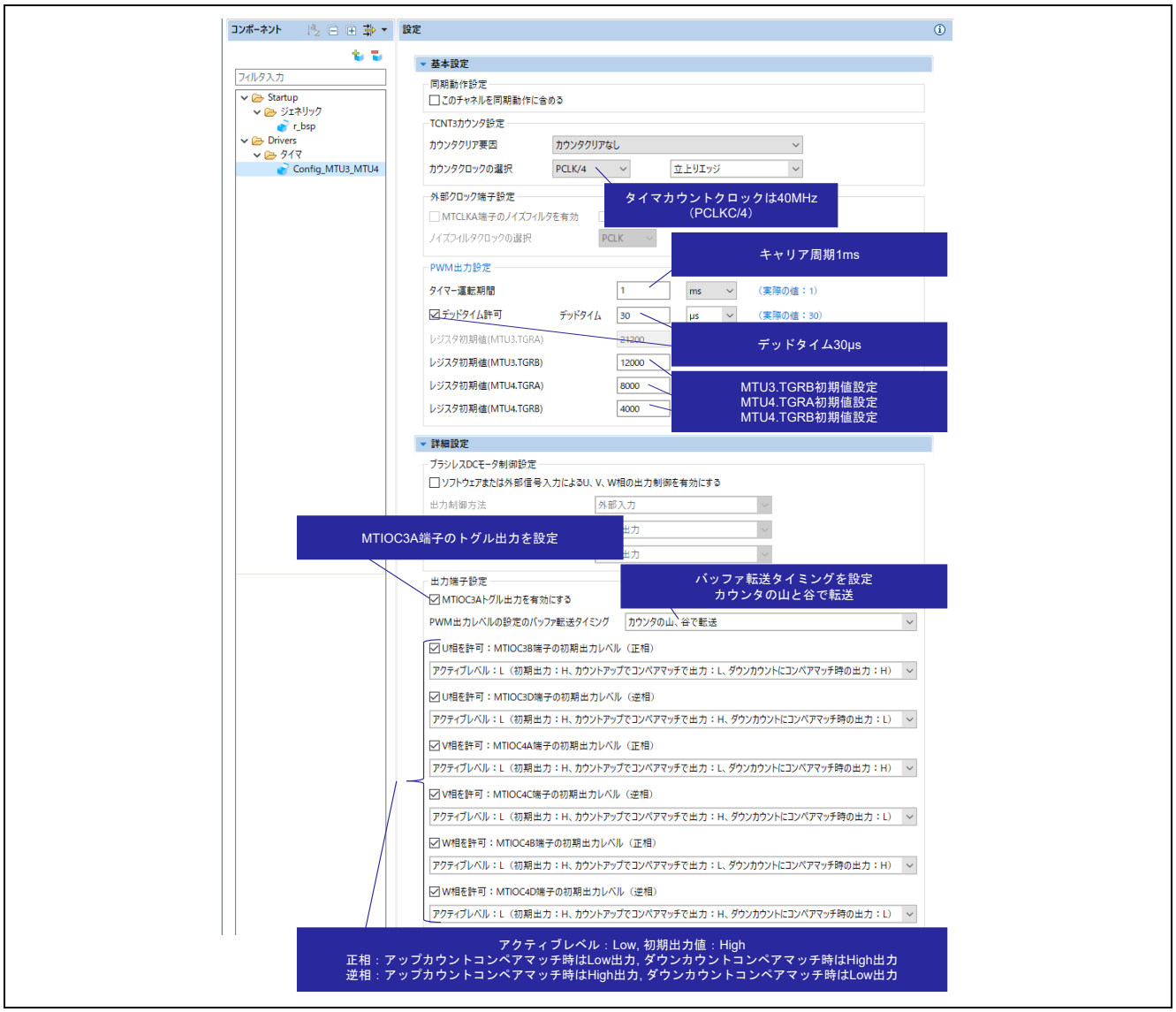


図 3-55　MTU3, MTU4 の設定(1/2)

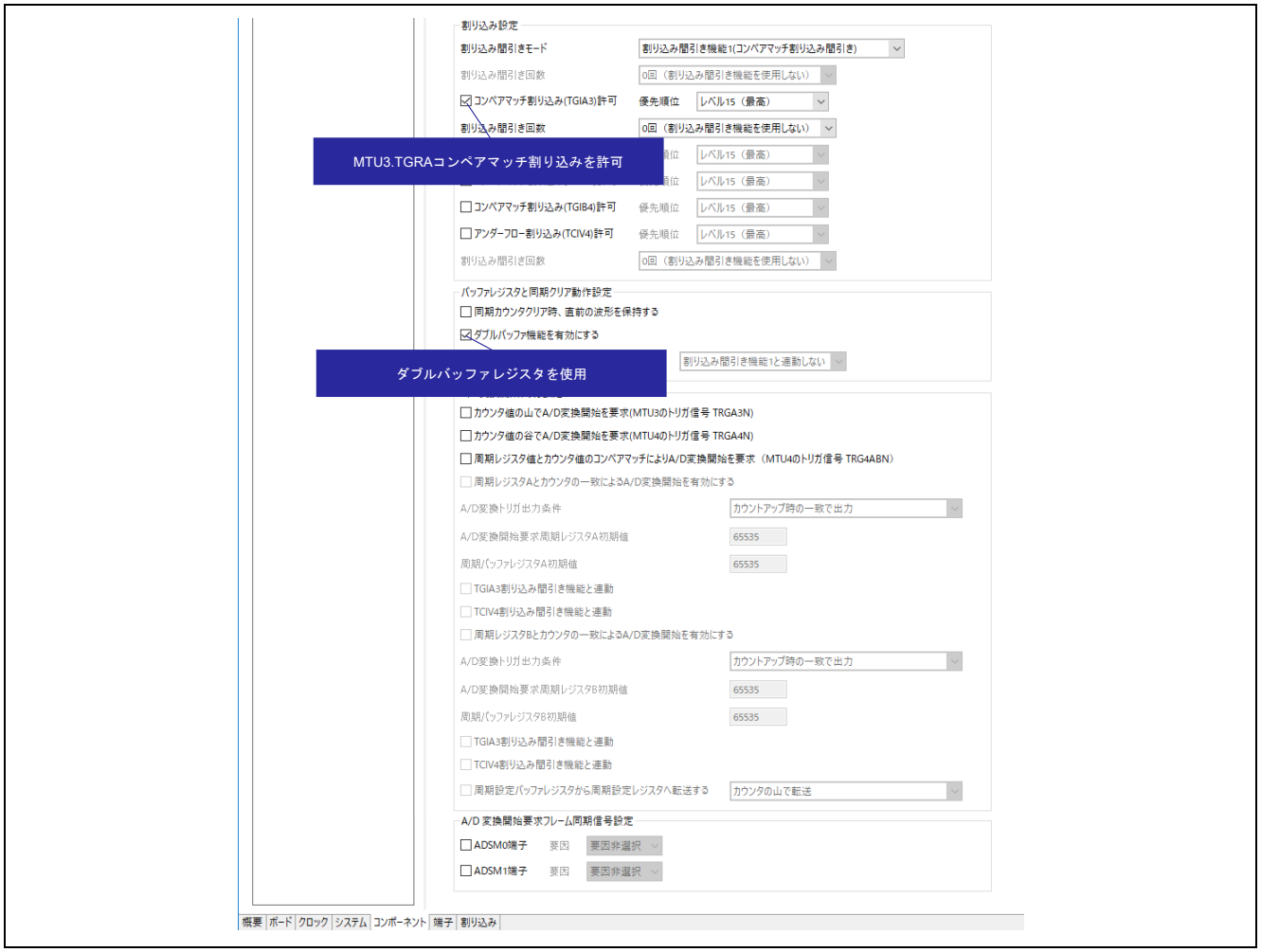


図 3-56　MTU3, MTU4 の設定(2/2)

3.9.4　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、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。

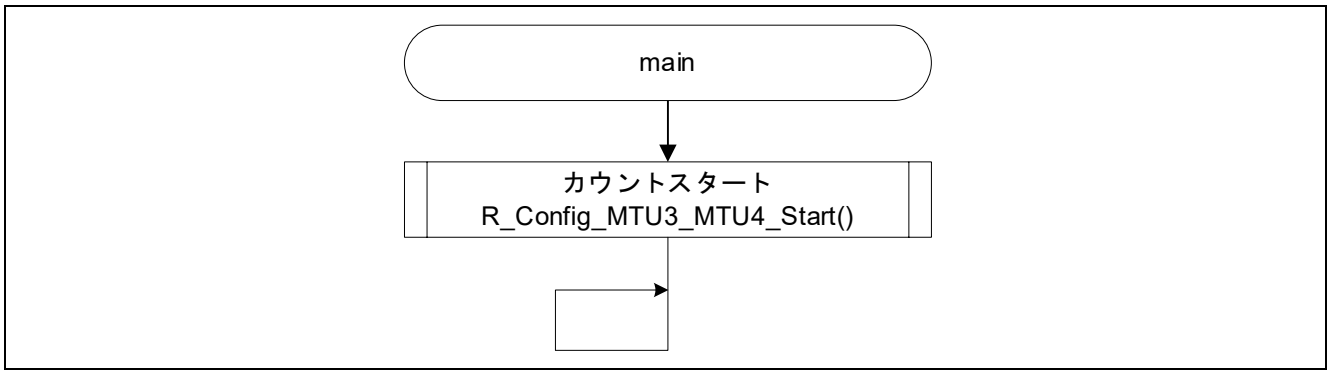


図 3-57　main 関数

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、バッファレジスタの初期値設定、および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_u_ucduty_prv　　：前回の MTU3.TGRD レジスタの値を保持するための変数
- s_v_ucduty_prv　　：前回の MTU4.TGRC レジスタの値を保持するための変数
- s_w_ucduty_prv　　：前回の MTU4.TGRD レジスタの値を保持するための変数

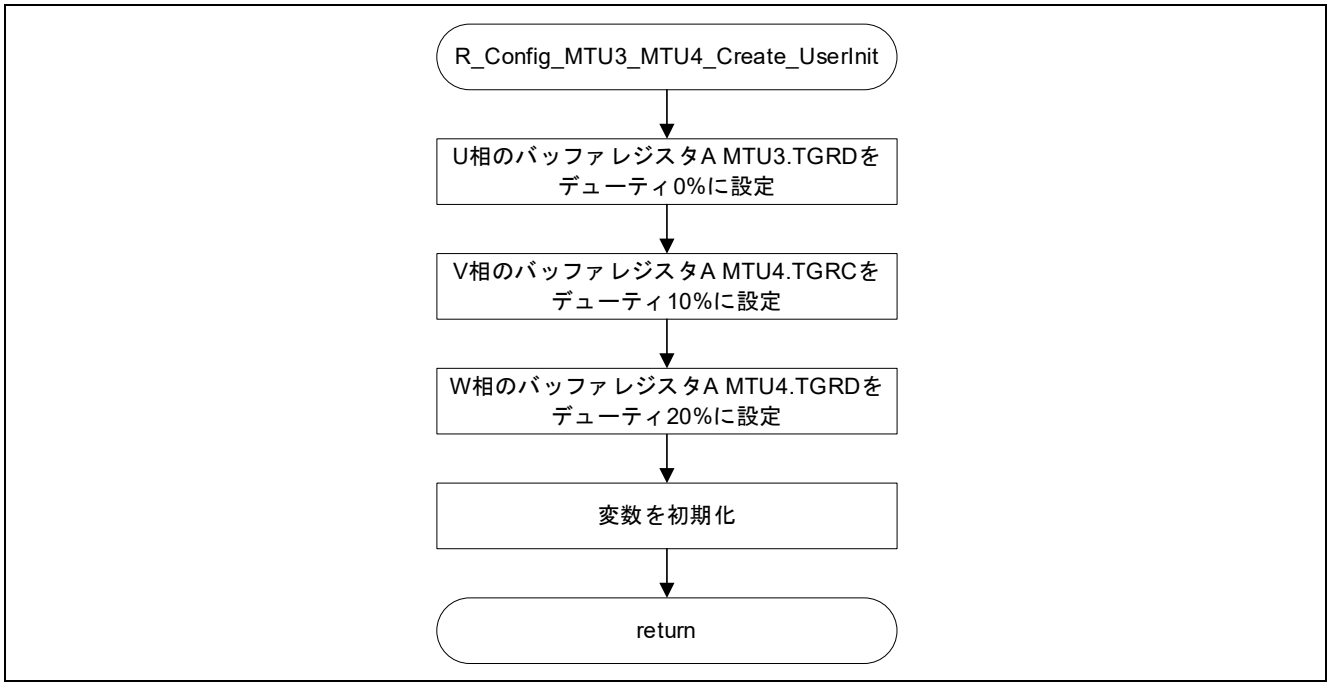


図 3-58　ユーザ初期化関数

TGIA3 割り込みハンドラ関数では、現在のバッファレジスタ A（MTU3.TGRD、MTU4.TGRC、MTU4.TGRD）の値および、前回のバッファレジスタ A に設定されていた値に応じて、バッファレジスタ A、およびバッファレジスタ B（MTU3.TGRE、MTU4.TGRE、MTU4.TGRF）の値を変更します。

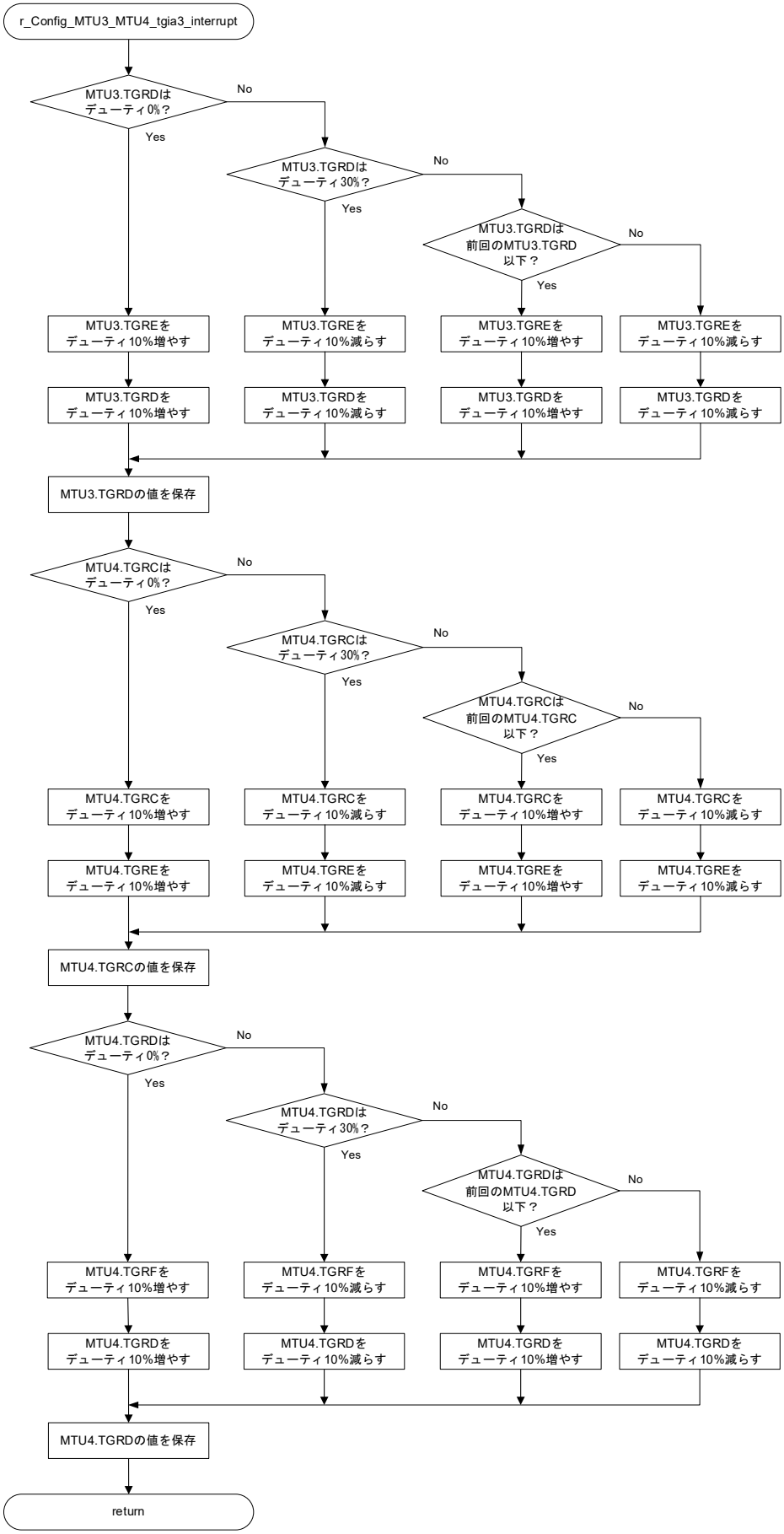


図 3-59　TGIA3 割り込みハンドラ関数

3.9.5　注意事項

3.9.5.1　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。

3.9.5.2　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。

3.9.5.3　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（TCDRA、TCDRB）、デューティ設定レジスタ（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。

3.9.5.4　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。TIOR 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。

また、デッドタイムを生成しない場合、TOER レジスタで逆相側の出力のみを許可、正相側の出力を禁止とすると、逆相側は出力されません。

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「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。

3.9.5.5 TGR レジスタ初期値

スマート・コンフィグレータにて生成されたコードのバッファレジスタ A, バッファレジスタ B の値はコンペアレジスタと同じ値が設定されます。バッファレジスタ A, バッファレジスタ B の初期値は、ユーザ初期化関数 R_Config_MTU3_MTU4_Create_UserInit にコードを追加し設定してください。

3.9.5.6 左右非対称の PWM 出力方法

バッファレジスタ B の値にバッファレジスタ A の値を設定した場合、PWM 出力が左右対称になります。左右非対称の PWM 波形を出力する場合は、バッファレジスタ B の値はバッファレジスタ A と異なる値を設定してください。

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 相補 PWM モードの動作概要 (s) 相補 PWM モードのダブルバッファ機能」を参照してください。

3.10 相補 PWM モード ダブルバッファなし

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_mtu3_complementary_pwm.zip

3.10.1 概要

MTU の相補 PWM モードを使用し、デッドタイム付きの 3 相相補 PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードでは相補 PWM モード 3（山と谷で転送）にてデッドタイム付きの、以下の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。各デューティは、バッファを使用し（ダブルバッファは使用しない）左右対象な PWM 波形を生成しています。

- U 相デューティ切り替え：20% → 40% → 60% → 80% → 60% → 40% → …
- V 相デューティ切り替え：40% → 60% → 80% → 60% → 40% → 20% → …
- W 相デューティ切り替え：60% → 80% → 60% → 40% → 20% → 40%→ …

TCNT カウンタのオーバフロー発生時にバッファレジスタからテンポラリレジスタへ、テンポラリレジスタからコンペアレジスタへ転送し、アンダフロー発生時にテンポラリレジスタからコンペアレジスタへ転送することで、デューティ比を変更します。

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
- チャネル 3、チャネル 4 を使用
- キャリア周期は 1ms
- デッドタイムは 30μs
- 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）
  — MTIOC3A 端子のトグル出力設定
- 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 High、アクティブレベルは Low
- MTU3.TGRB を U 相のデューティ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 Low 出力,
  ダウンカウントコンペアマッチ時は High 出力
  — 逆相：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
- MTU4.TGRA を V 相のデューティ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 Low 出力,
  ダウンカウントコンペアマッチ時は High 出力
  — 逆相：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
- MTU4.TGRB を W 相のデューティ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 Low 出力,
  ダウンカウントコンペアマッチ時は High 出力
  — 逆相：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
- 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
  — MTU4.TGRC を MTU4.TGRA の
  バッファレジスタとして使用
  — MTU4.TGRD を MTU4.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 3-62 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 3.10.3 を参照してください

- 周期ごとにデューティを変更
  — MTU3.TGRA コンペアマッチ割り込みでデューティを変更
  — デューティの変更タイミングの詳細は図 3-62 を参照

本サンプルコードにおける相補 PWM モード出力を以下に示します。

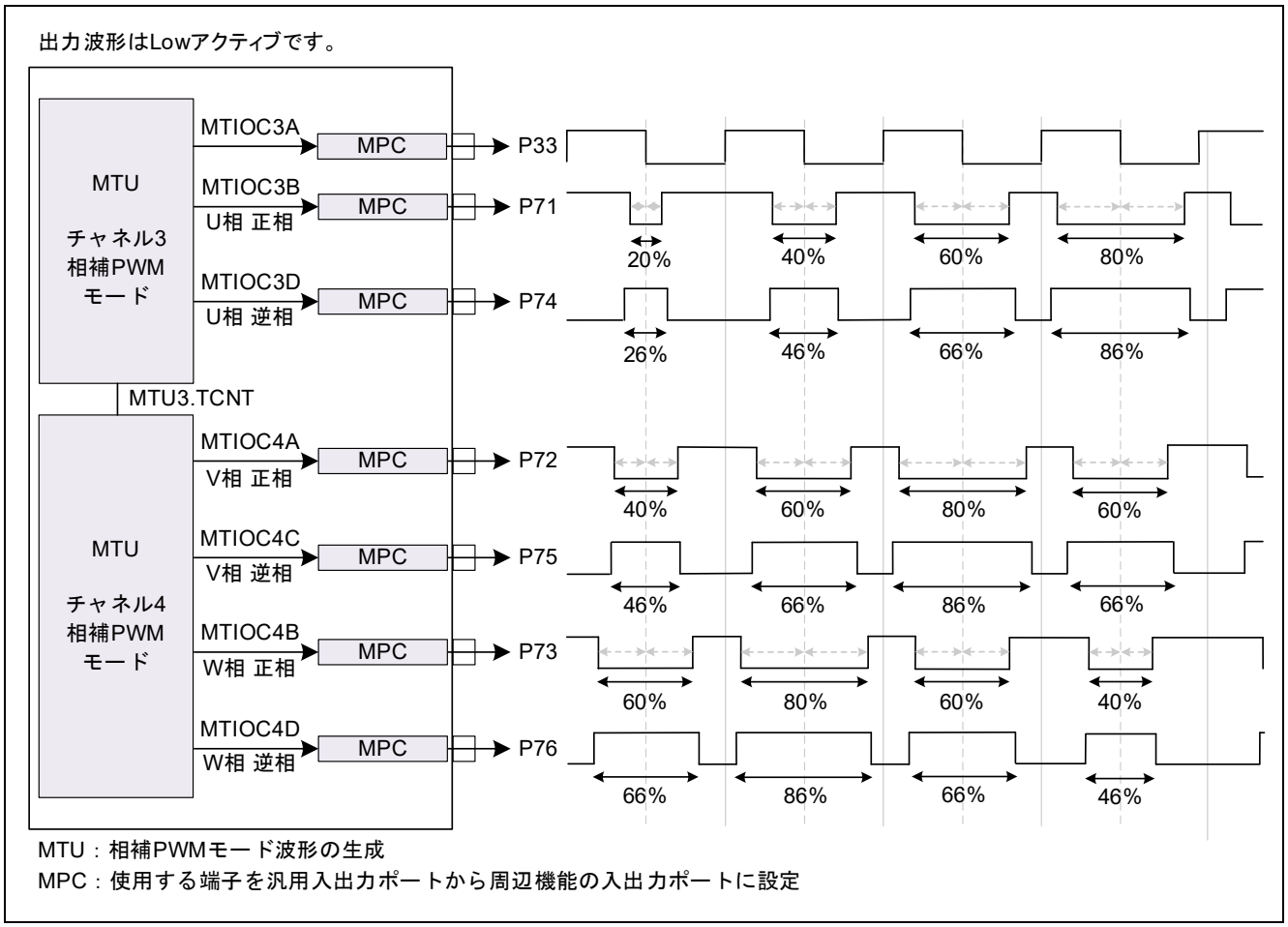


図 3-60　相補 PWM モード出力

3.10.2 動作詳細

本サンプルコードの動作を図 3-62 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、MTU3.TCNT の上限値を設定しているレジスタ MTU3.TGRA のコンペアマッチ割り込み（TGIA3）で、バッファレジスタ（MTU3.TGRD、MTU4.TGRC、MTU4.TGRD）の値を書き換えます（図 3-62 ①）。

バッファレジスタの書き換えは最後に MTU4.TGRD を書き込むことにより、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が許可されます。Ta 区間で MTU4.TGRD の書き込みを行った場合は、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が、本サンプルコードでは、Tb1 区間に MTU4.TGRD の書き込みを行っているため Tb1 区間終了後にテンポラリレジスタへ転送されます（図 3-62 ②）。

本サンプルコードは山と谷で転送を行う相補 PWM モード 3 を使用しているため、コンペアレジスタは、Tb1 区間の最後（図 3-62 ③）、および Tb2 区間の最後（図 3-62 ④）にテンポラリレジスタから転送されることにより、データを更新しています。

初期出力は、TOCR2A の OLS1P、OLS1N、OLS2P、OLS2N、OLS3P、OLS3N ビットの設定に従い、正相出力、逆相出力ともに OFF になります。MTU3.TMDR1 で相補 PWM モードを設定してから MTU4.TCNT が TDDRA レジスタ値より大きくなるまで出力されます（図 3-62 ⑤）。

以降は以下の 1～3 を繰り返します。

1. Ta 区間はコンペアレジスタとカウンタレジスタとのコンペアマッチが発生し、逆相出力が OFF、その後、正相出力が ON になります（図 3-62 ⑥）。
2. Tb1 区間はコンペアレジスタとテンポラリレジスタが有効となりますが、カウンタレジスタとのコンペアマッチは発生しないため、波形は変化しません（図 3-62 ⑦）。
3. Tb2 区間はコンペアレジスタとテンポラリレジスタが有効となりますが、カウンタレジスタとのコンペアマッチは発生しないため、波形は変化しません（図 3-62 ⑧）。

- 左右対称の PWM 波形出力
  各周期のデューティは、アップカウント期間とダウンカウント期間において 1/2 デューティを生成しています。

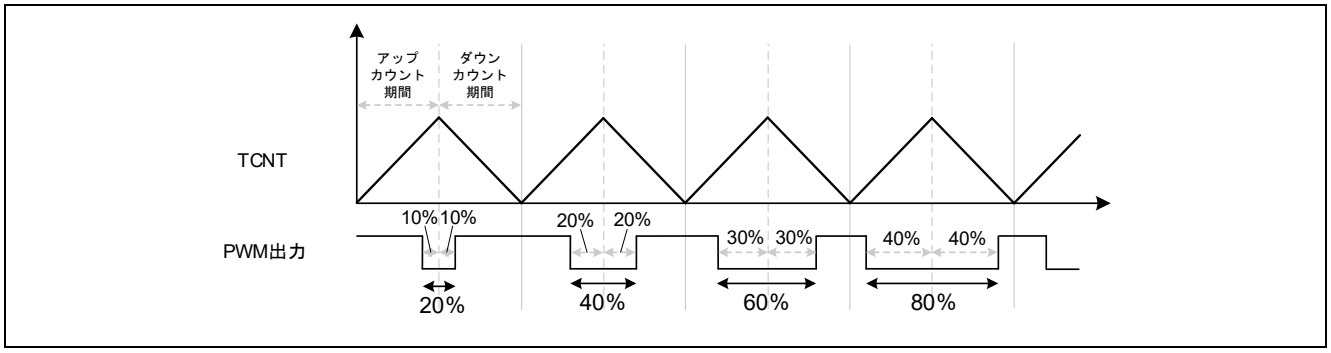
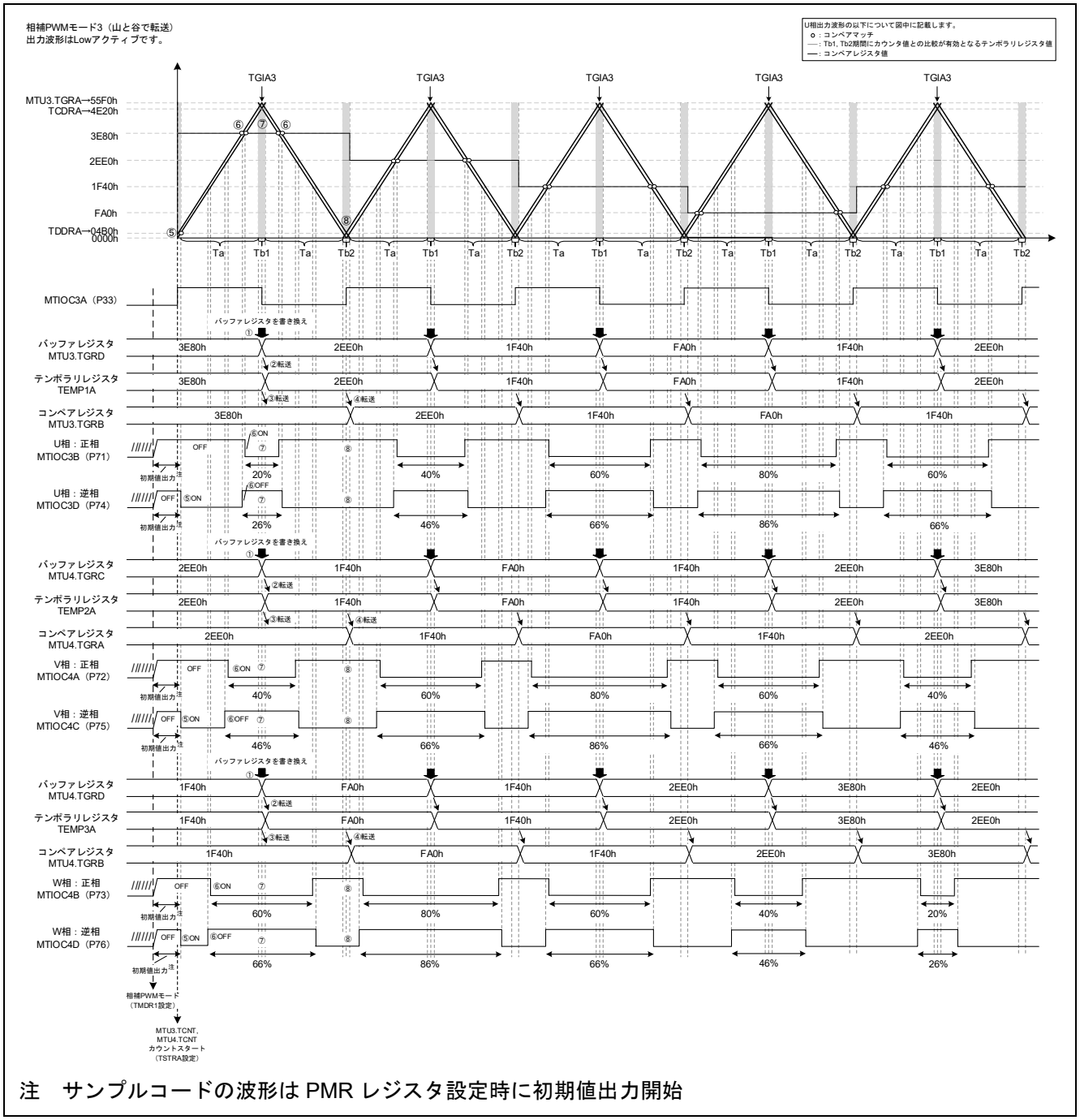


図 3-61　左右対称の PWM 出力波形



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-62　サンプルコードの動作

3.10.3 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 3-13　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(山と谷で転送)
リソース	MTU3_MTU4

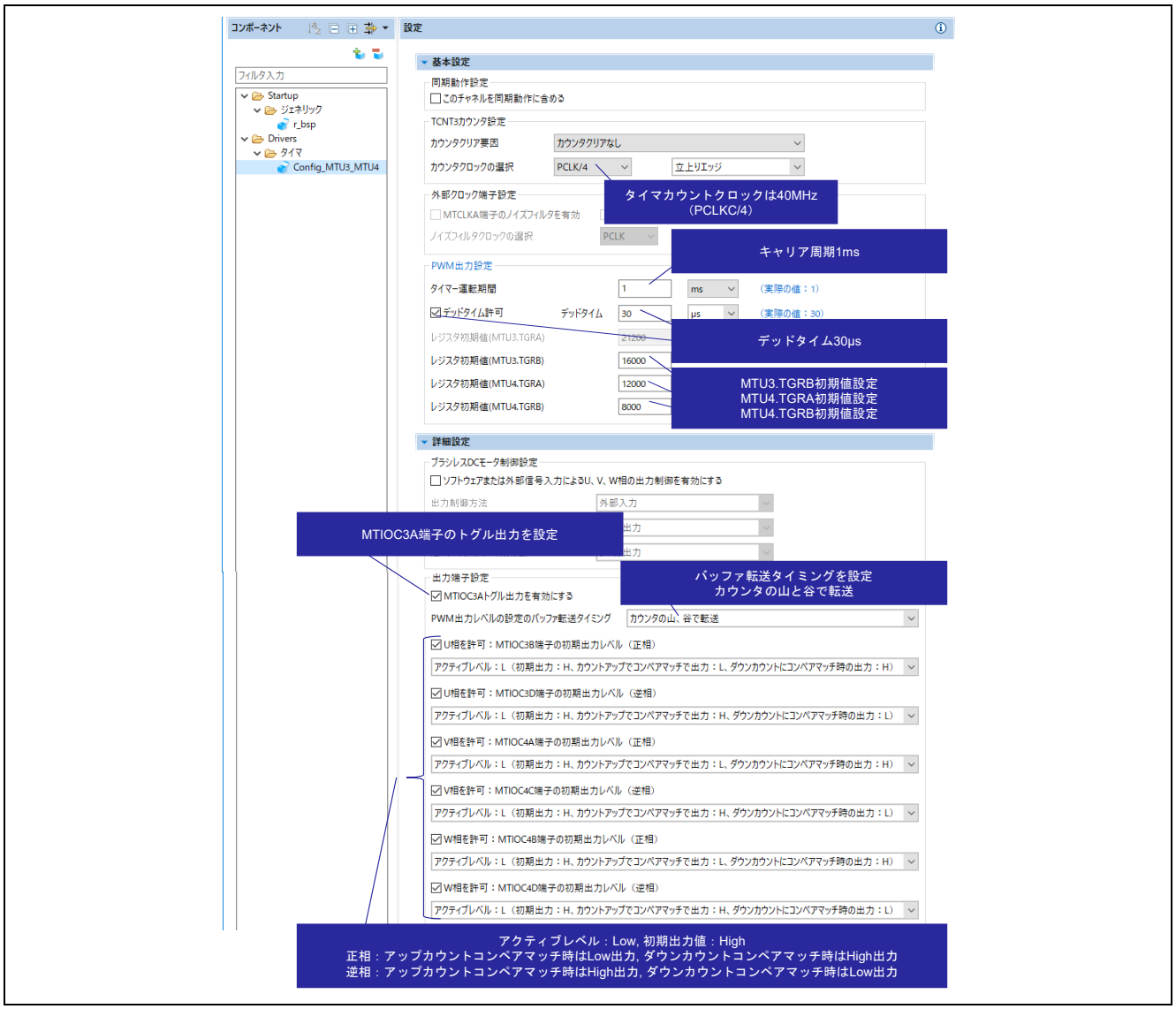


図 3-63　MTU3, MTU4 の設定(1/2)

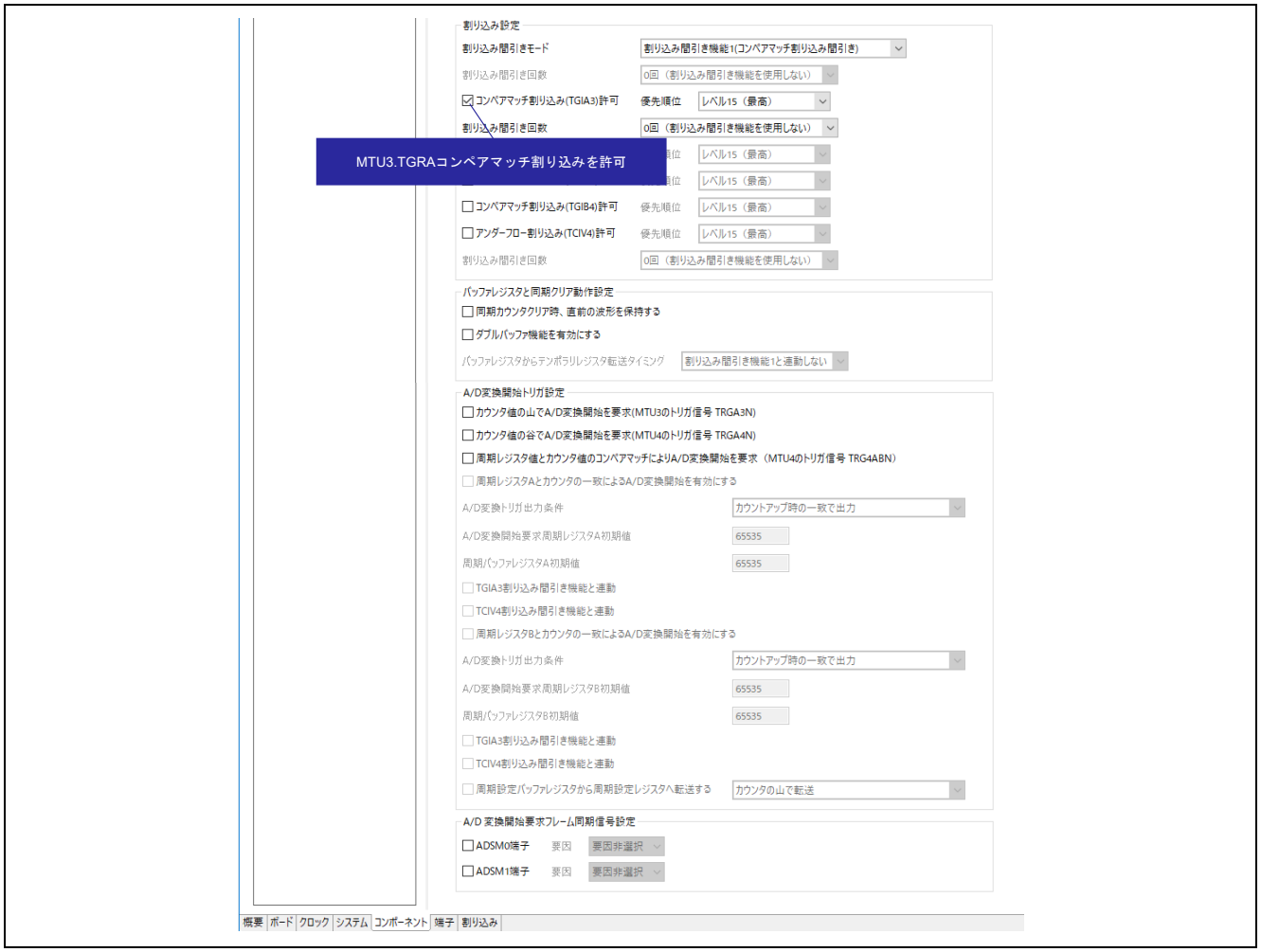


図 3-64　MTU3, MTU4 の設定(2/2)

3.10.4 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、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。

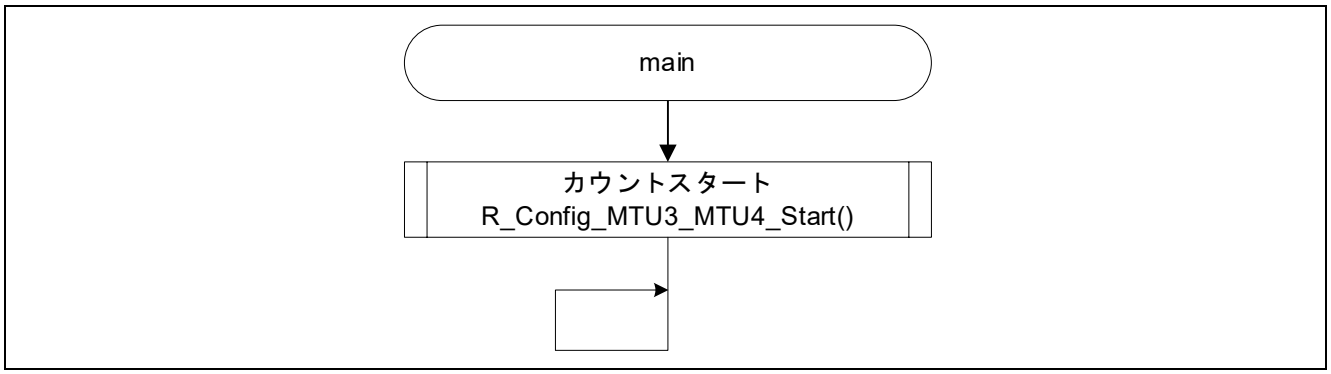


図 3-65　main 関数

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_u_ucduty_prv　　：前回の MTU3.TGRD レジスタの値を保持するための変数
- s_v_ucduty_prv　　：前回の MTU4.TGRC レジスタの値を保持するための変数
- s_w_ucduty_prv　　：前回の MTU4.TGRD レジスタの値を保持するための変数

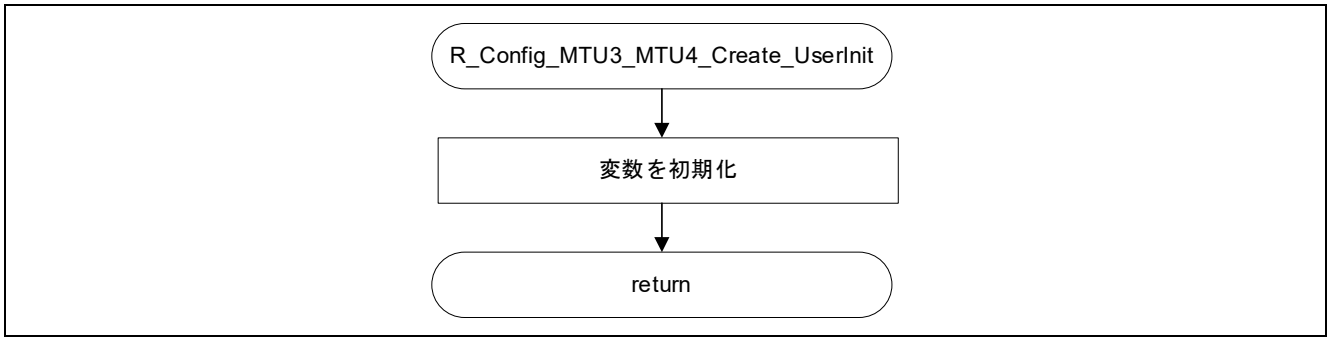


図 3-66　ユーザ初期化関数

TGIA3 割り込みハンドラ関数では、現在のバッファレジスタ（MTU3.TGRD、MTU4.TGRC、MTU4.TGRD）の値および、前回のバッファレジスタに設定されていた値に応じて、バッファレジスタの値を変更します。

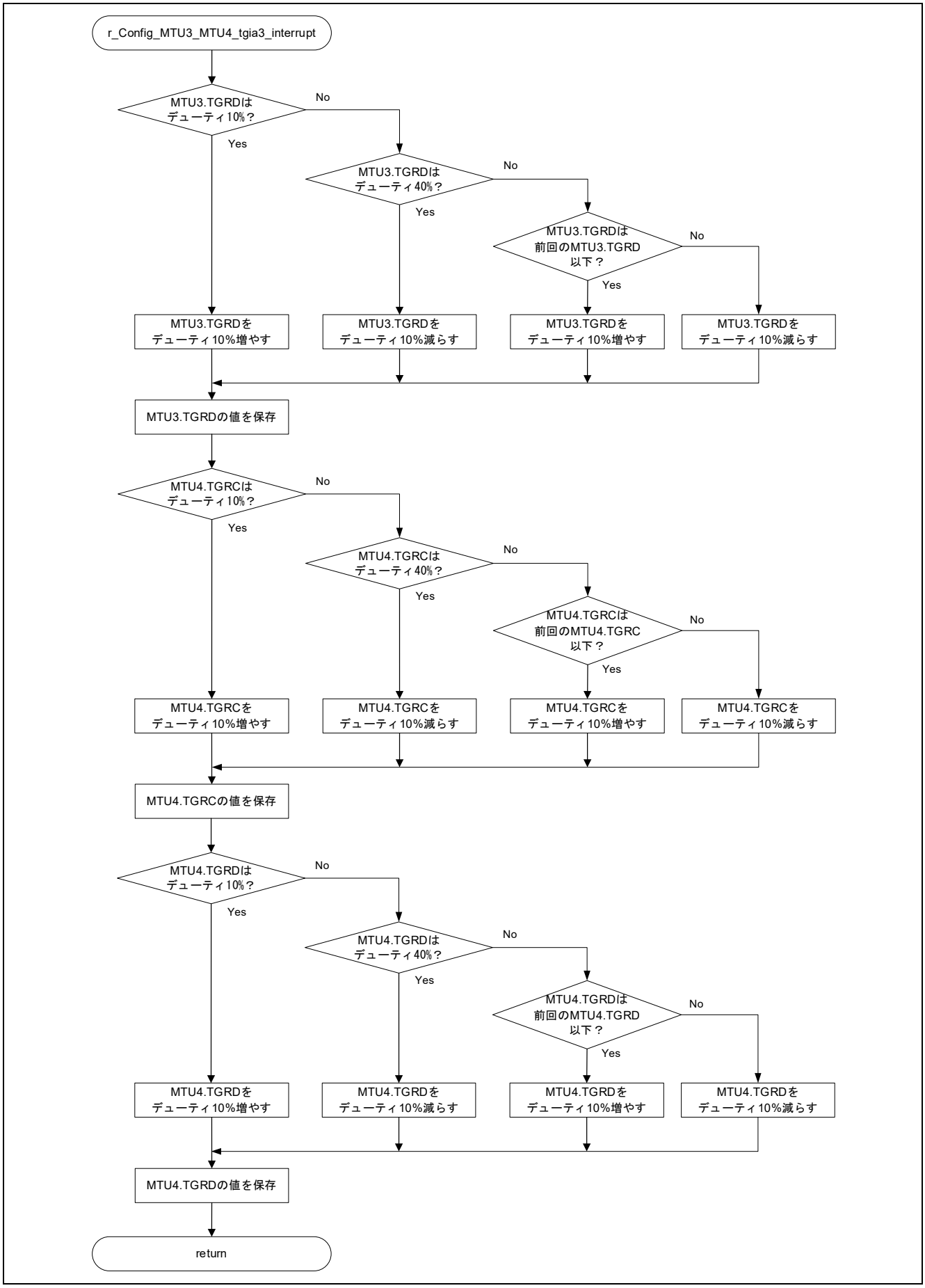


図 3-67　TGIA3 割り込みハンドラ関数

3.10.5 注意事項

3.10.5.1 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。

3.10.5.2 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。

3.10.5.3 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（TCDRA、TCDRB）、デューティ設定レジスタ（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。

3.10.5.4 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。TIOR 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。

また、デッドタイムを生成しない場合、TOER レジスタで逆相側の出力のみを許可、正相側の出力を禁止とすると、逆相側は出力されません。

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「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。

3.11 PWM モード 1 デューティ 0%～100%（コンペアマッチ時にコンペアレジスタを書き換え）

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_mtu3_pwm1_50to100.zip

3.11.1 概要

MTU の PWM モードを使用し、TGR レジスタの設定によりデューティ 0%～100%の PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードでは PWM モード 1 を使用し、デューティ 0%および 100%を含む、以下の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。

- デューティ切り替え：50% → 80% → 100% → 80% → 50% → 0% → ･･･

バッファレジスタ TGRC を使用し、デューティレジスタ TGRA のコンペアマッチ発生時に TGRC の値を TGRA へ転送することで、デューティ比を変更することを基本動作としています。0%から 50%への切り替え時は、周期レジスタ TGRB のコンペアマッチ発生時に、TGRA レジスタを直接書き換える処理を行っています。

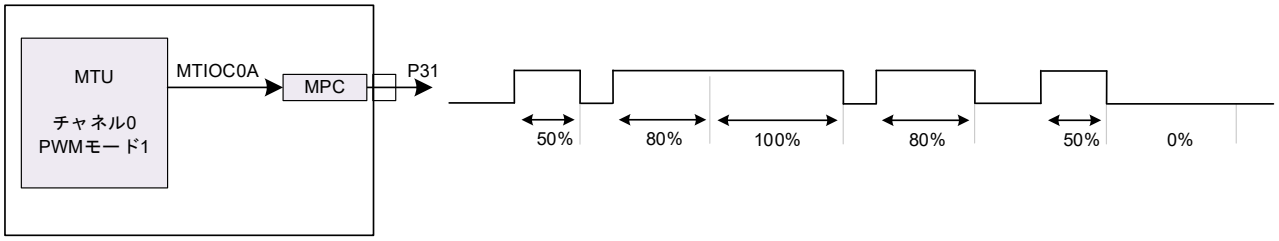
以下に、サンプルコードが使用する MTU の設定を示します。

- PWM モード 1 を使用
- チャネル 0 を使用
- 初期出力値は Low
- キャリア周期は 1ms
- タイマカウントクロックは 40MHz（PCLKC/4）
- TGRB を周期レジスタとして使用
  - — タイマカウンタクリア要因は TGRB コンペアマッチ
  - — TGRB コンペアマッチで Low 出力
- TGRA をデューティレジスタとして使用
  - — TGRA コンペアマッチで High 出力
- バッファレジスタを使用
  - — TGRC を TGRA のバッファレジスタとして使用
  - — TGRA コンペアマッチ発生時にバッファ転送
- 周期ごとにデューティを変更
  - — TGRA コンペアマッチ割り込みでデューティを変更
  - — デューティの変更タイミングの詳細は図 3-69 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 3.11.3 を参照してください

本サンプルコードにおける PWM モード 1 出力を以下に示します。



MTU：PWMモード1波形の生成
MPC：使用する端子を汎用入出力ポートから周辺機能の入出力ポートに設定

図 3-68　PWM モード 1 出力

3.11.2 動作詳細

本サンプルコードの動作を図 3-69 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、デューティレジスタ TGRA のコンペアマッチ割り込み（TGIA0）でバッファレジスタ TGRC の値を書き換え、TGRA のコンペアマッチ発生時に TGRC の値をデューティレジスタ TGRA へ転送する動作を基本としています。

- デューティ 100%の出力

  デューティ 100%を出力する場合、TGRA に TGRB と同じ値を設定します。

  TGRA の値が TGRB と同じ場合、双方のコンペアマッチが同時に発生します。コンペアマッチが同時に発生すると出力は変化しないため、High を保持しデューティ 100%が出力されます（図 3-69 ①）。

- デューティ 0%の出力

  デューティ 0%を出力する場合、TGRA に TGRB よりも大きい値を設定します。

  TGRA の値が TGRB よりも大きい場合、TGRA のコンペアマッチが発生しないため Low を保持しデューティ 0%が出力されます（図 3-69 ②）。

  1 周期期間 Low を継続しデューティ 0%を出力するために、TGRB よりも大きい値が TGRA に転送される TGIA0 の割り込みでは TGRC の値を書き換えません。TGIA0 発生時に TGRC の値を書き換えるタイミングを調整する必要があります（図 3-69 ③）

- デューティ 0%からの切り替え

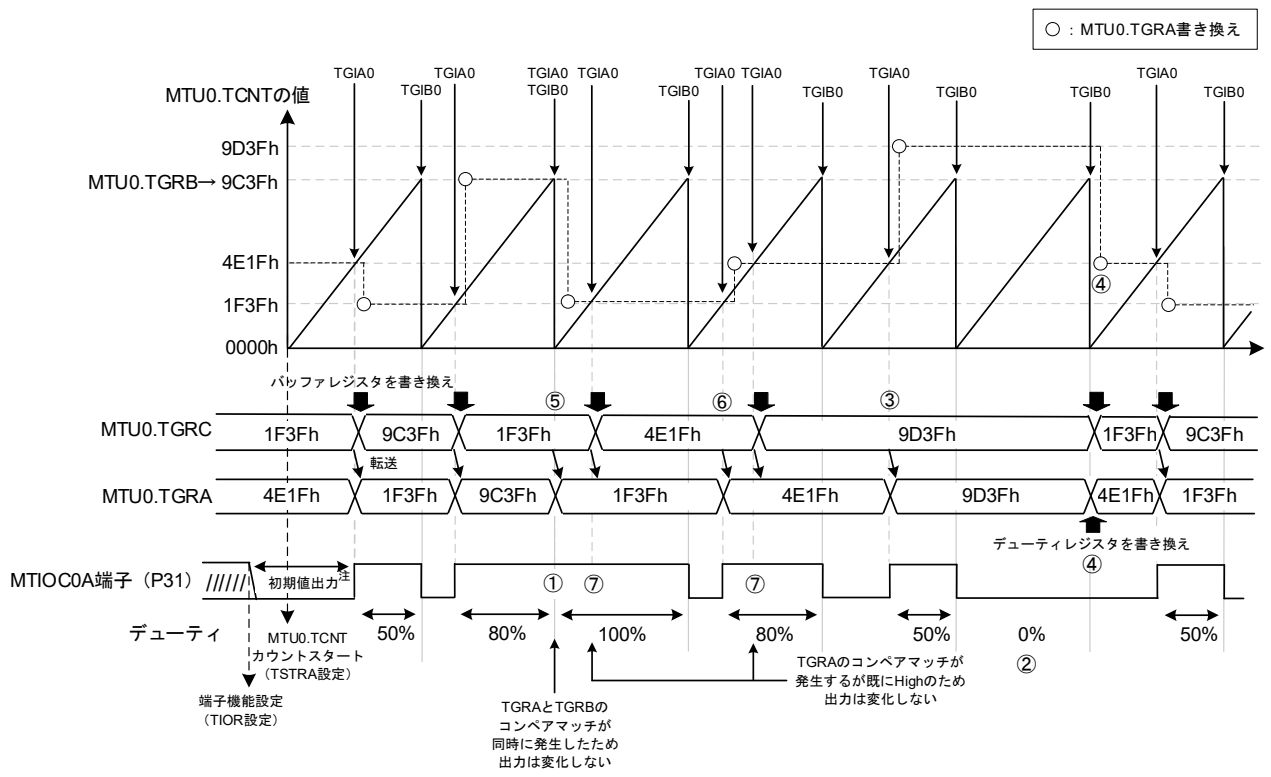
  デューティ 0%を出力した場合、TGRA が TGRB よりも大きいため TGRA のコンペアマッチが発生しません。そのため TGIA0 が発生しないので、バッファレジスタ TGRC の値を書き換えるタイミング、および TGRC の値を TGRA へ転送するタイミングがありません。デューティ 0%から 50%に切り替える場合は、TGIB0 発生時に TGRC レジスタと TGRA レジスタの値を直接書き換えます（図 3-69 ④）。

- 1 周期に 2 回の TGRA コンペアマッチが発生

  デューティ 100%から 80%へ切り替える場合、TGRB のコンペアマッチと同時に発生した TGRA のコンペアマッチを含め 2 回のコンペアマッチが発生するため、TGRC の値を書き換えるタイミングを調整する必要があります（図 3-69 ⑤）。

  デューティ 80%から 50%へ切り替える場合、TGRA に現在の値よりも大きい値を設定します。これにより 1 周期に 2 回の TGRA コンペアマッチが発生するため、TGRC の値を書き換えるタイミングを調整する必要があります（図 3-69 ⑥）。

  High 出力中に 2 回目の TGRA コンペアマッチが発生するため波形は変化しません（図 3-69 ⑦）。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-69　サンプルコードの動作

3.11.3 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 3-14　コンポーネントの追加

項目	内容
コンポーネント	PWM モードタイマ
コンフィグレーション名	Config_MTU0
動作	PWM モード 1
リソース	MTU0

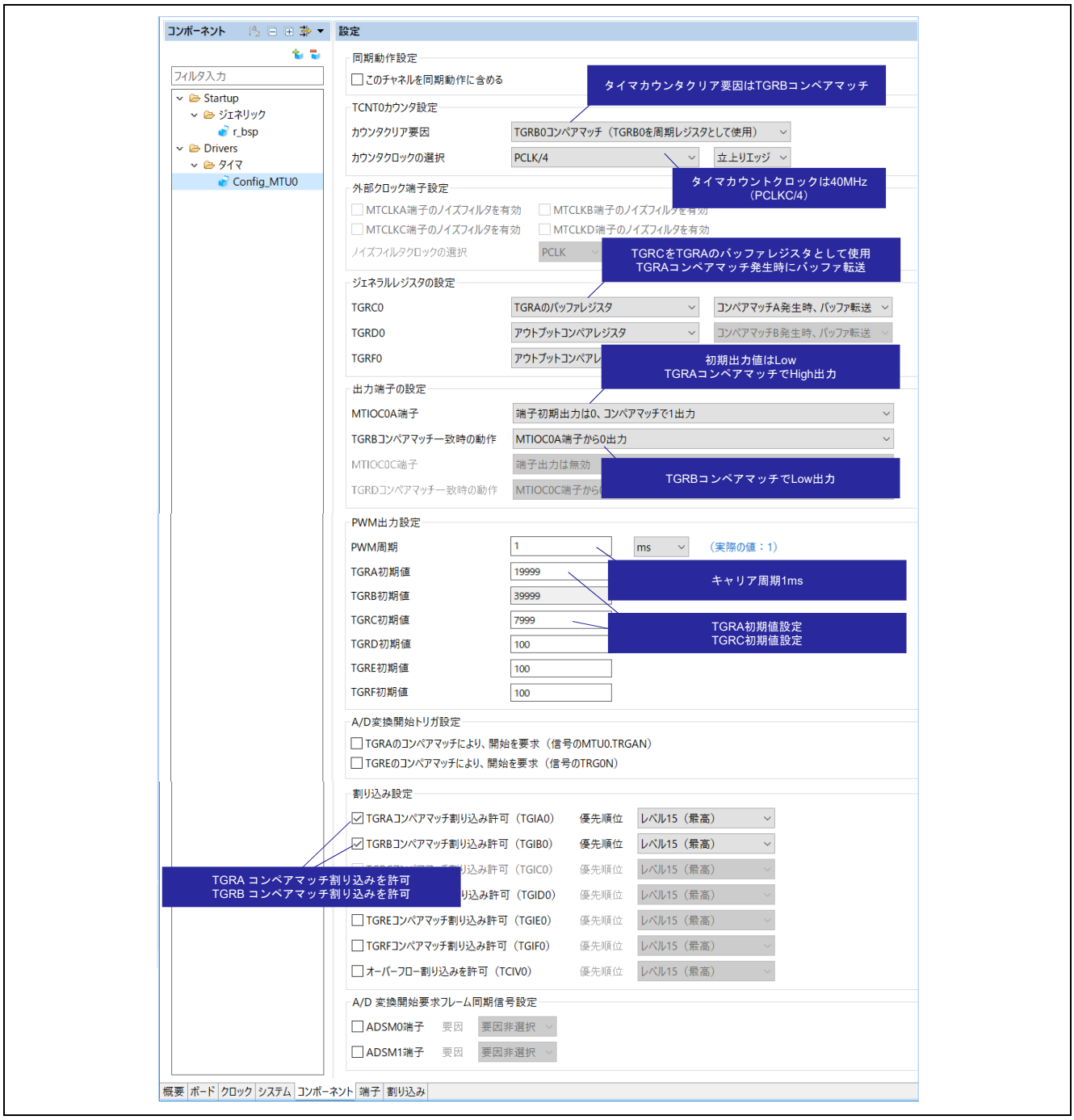


図 3-70　MTU0 の設定

3.11.4 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。

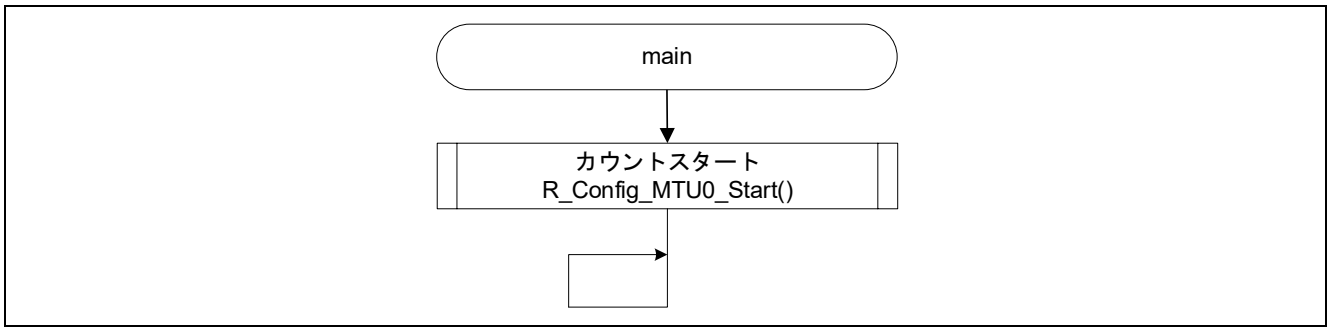


図 3-71　main 関数

main 関数より前に実行されるユーザ初期化関数 R_Config_MTU0_Create_UserInit で、変数の初期化を行います。本関数は、R_Config_MTU0_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　：デューティ比リストから読み出すためのカウンタ変数
- s_wait_cnt　：デューティ 0%出力中の TGIB0 発生回数を管理するためのウェイト変数
- s_duty_prv　：前回の TGRA レジスタの値を保持するための変数

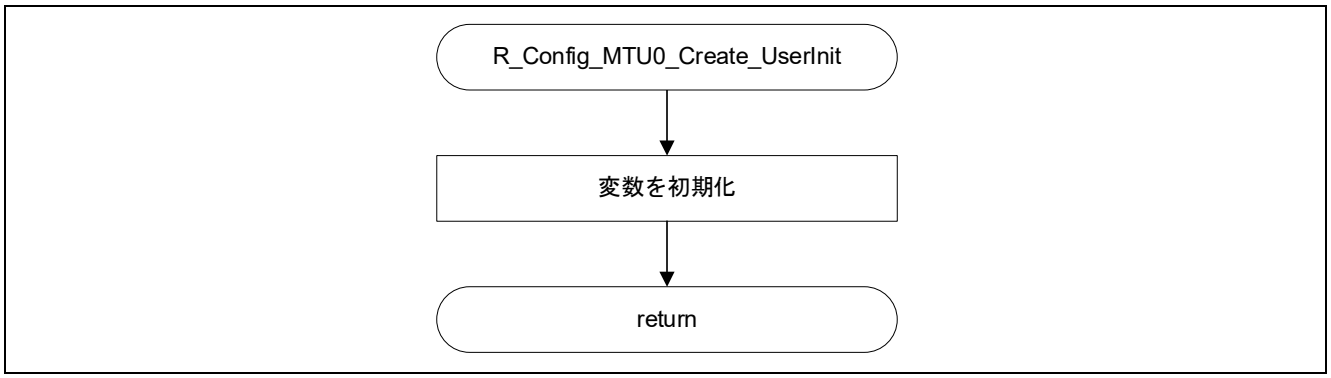


図 3-72　ユーザ初期化関数

TGIA0 割り込みハンドラ関数では、現在の TGRA レジスタの値および、前回の TGRA レジスタに設定されていた値に応じて、TGRC レジスタの値を変更します。

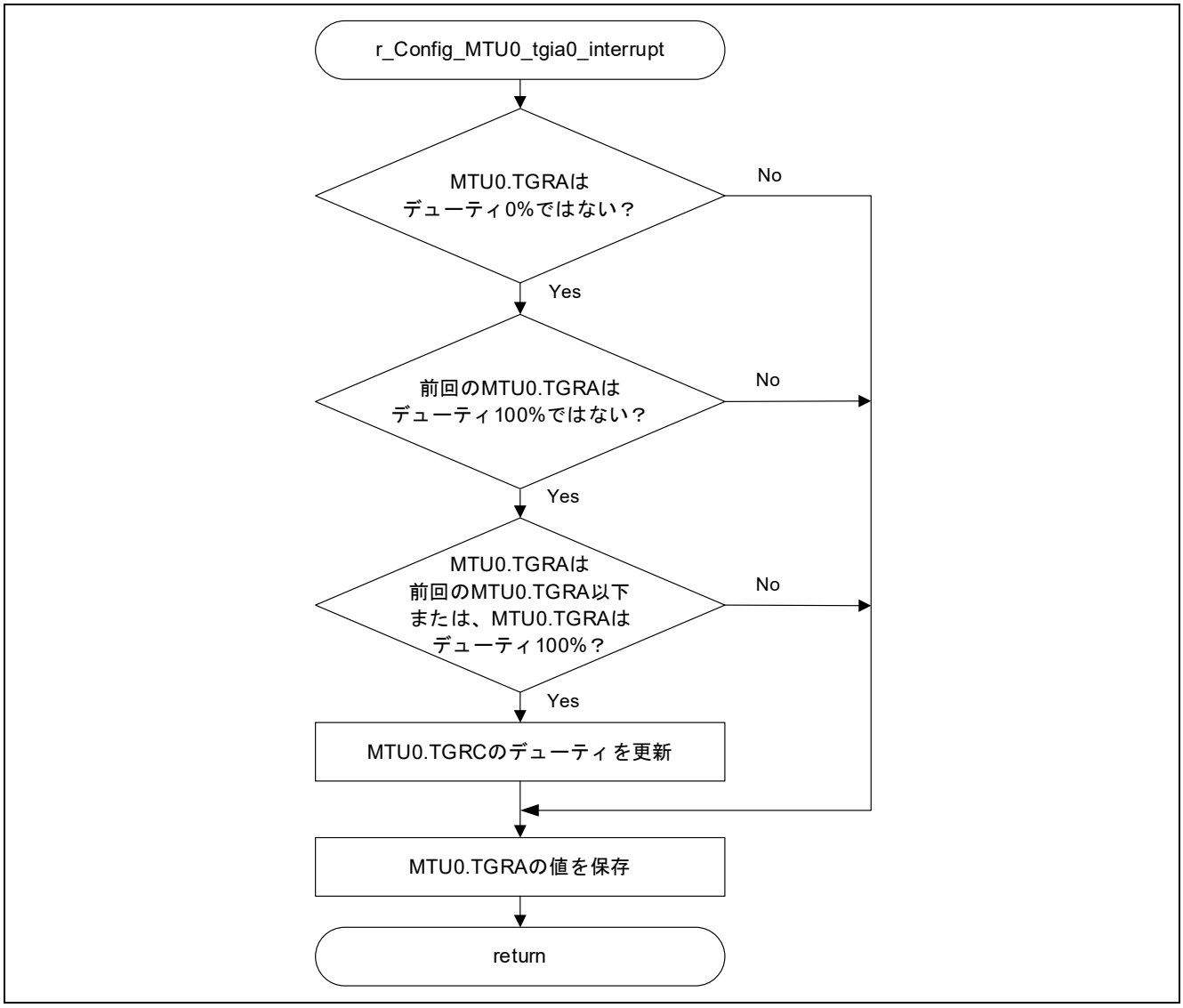


図 3-73　TGIA0 割り込みハンドラ関数

TGIB0 割り込みハンドラ関数では、デューティ 0%から切り替える場合に、TGRA と TGRC に直接デューティを設定します。TGRA にデューティ 0%が転送された後、1 回目の TGIB0 で TGRA を変更すると、デューティ 0%が出力されないため、2 回目の TGIB0 で設定する必要があり、ウェイト回数を管理しています。

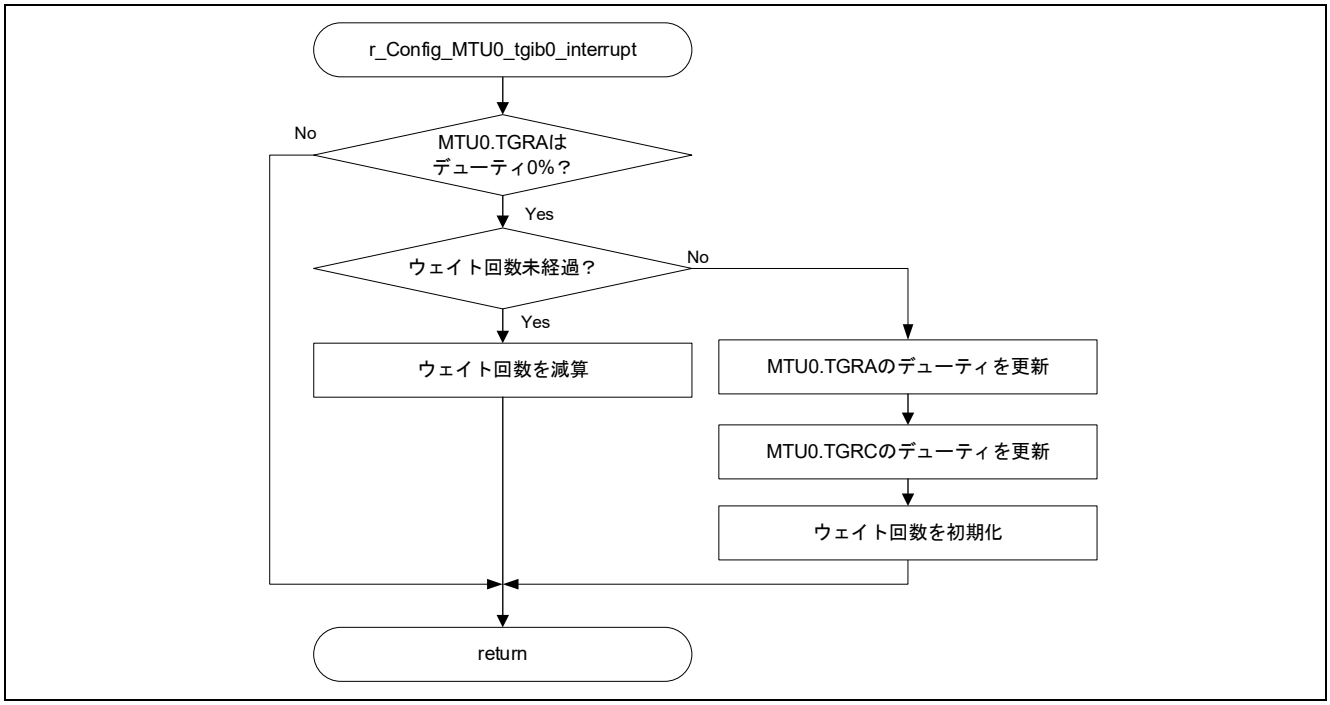


図 3-74　TGIB0 割り込みハンドラ関数

3.11.5 関連動作

3.11.5.1 デューティ 0%～100%（バッファなし）

バッファを使用せずに、図 3-69 と同様にデューティ 0%～100%の PWM 波形出力を行う場合の動作例を以下に示します。

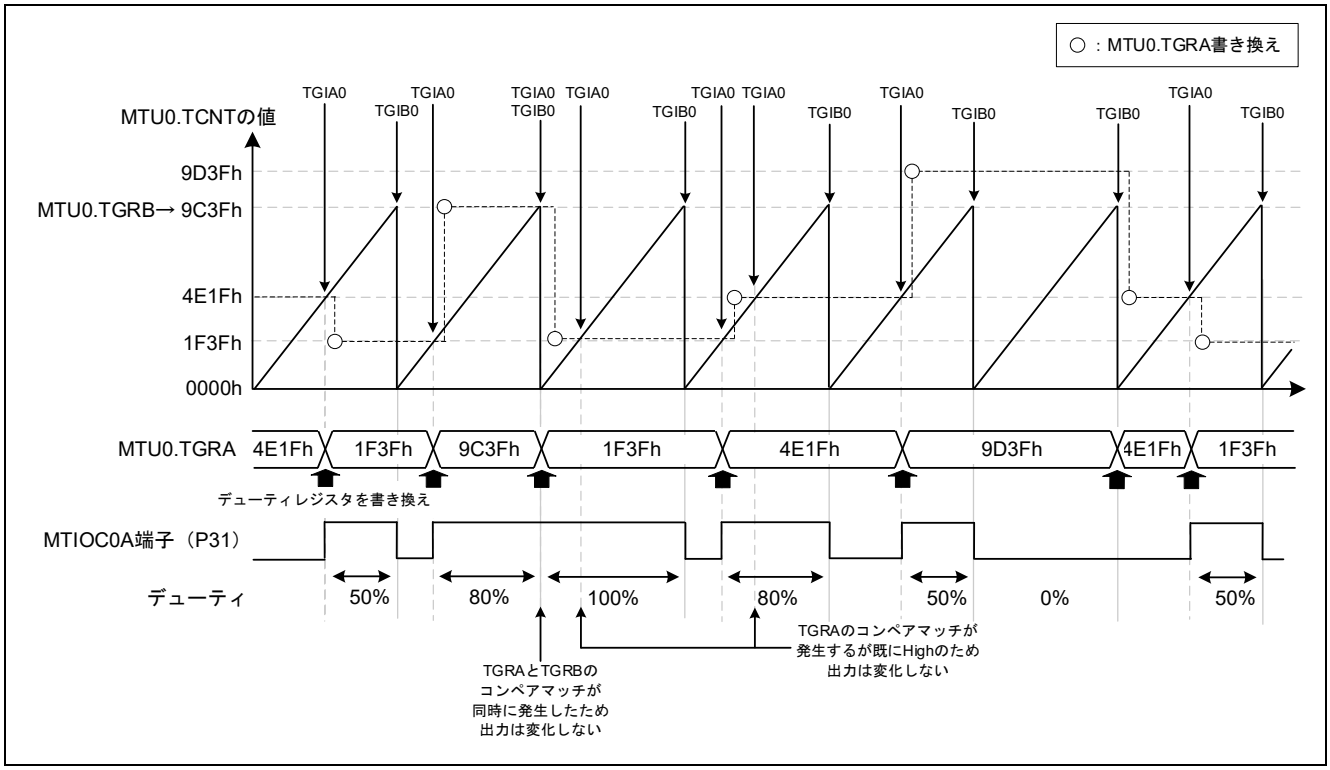


図 3-75　デューティ 0%～100%の PWM 出力（バッファなし）

3.11.6 注意事項

3.11.6.1 バッファレジスタ書き換え遅延

本サンプルコードでは、バッファレジスタ TGRC から TGRA への転送を TGRA コンペアマッチ発生時に行っています。TGRC の値は、次の TGRA コンペアマッチが発生する前に書き換えを完了する必要があります。

バッファレジスタ TGRC の書き換えが遅延した場合、期待したデューティを出力することができません。

3.11.6.2 デューティレジスタにより大きい値を設定

本サンプルコードでは、MTU0.TGRA のコンペアマッチ割り込み（TGIA0）発生時にバッファレジスタ TGRC を書き換え、TGRA コンペアマッチ発生時に TGRC から TGRA に値を転送します。TGRA コンペアマッチ発生後、現在 TGRA に設定されている値よりも大きい値を TGRA に設定した場合、1 周期に 2 回の TGRA コンペアマッチが発生する場合があります。

詳細は、図 3-69 の⑥を参照してください。

3.11.6.3 デューティ 0%からの切り替え

本サンプルコードでは、MTU0.TGRA のコンペアマッチ割り込み（TGIA0）発生時にバッファレジスタ TGRC を書き換え、TGRA コンペアマッチ発生時に TGRC から TGRA に値を転送します。TGRA に TGRB よりも大きい値を設定し、デューティ 0%を出力した場合、TGRA の値に到達する前にカウンタがクリアされるため TGRA コンペアマッチが発生しません。

デューティ 0%から切り替える場合は、TGRA レジスタに直接値を設定する必要があります。

詳細は、図 3-69 の④を参照してください。

3.12 PWM モード 1 デューティ 0%～100%（カウンタクリア時にコンペアレジスタを書き換え）

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_mtu3_pwm1_50to100_rwcc.zip

3.12.1 概要

MTU の PWM モードを使用し、TGR レジスタの設定によりデューティ 0%～100%の PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードでは PWM モード 1 を使用し、デューティ 0%および 100%を含む、以下の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。

- デューティ切り替え：50% → 80% → 100% → 80% → 50% → 0% → ･･･

バッファレジスタ TGRC を使用し、デューティレジスタ TGRA のコンペアマッチ発生時に TGRC の値を TGRA へ転送することで、デューティ比を変更することを基本動作としています。TGRC の変更は、周期レジスタ TGRB のコンペアマッチ発生時に行っています。

以下に、サンプルコードが使用する MTU の設定を示します。

- PWM モード 1 を使用
- チャネル 0 を使用
- 初期出力値は Low
- キャリア周期は 1ms
- タイマカウントクロックは 40MHz（PCLKC/4）
- TGRB を周期レジスタとして使用
  — タイマカウンタクリア要因は TGRB コンペアマッチ
  — TGRB コンペアマッチで Low 出力
- TGRA をデューティレジスタとして使用
  — TGRA コンペアマッチで High 出力
- バッファレジスタを使用
  — TGRC を TGRA のバッファレジスタとして使用
  — TGRA コンペアマッチ発生時にバッファ転送
- 周期ごとにデューティを変更
  — TGRB コンペアマッチ割り込みでデューティを変更
  — デューティの変更タイミングの詳細は図 3-77 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 3.12.3 を参照してください

本サンプルコードにおける PWM モード 1 出力を以下に示します。

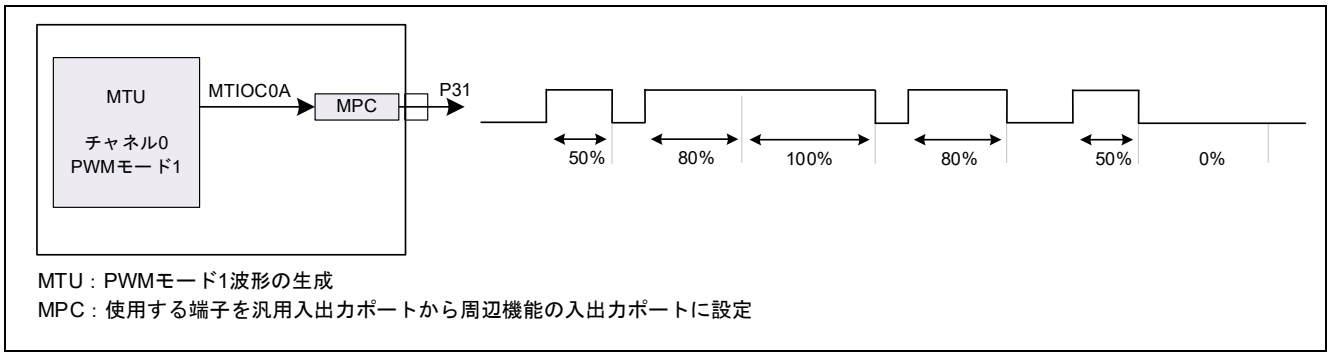


図 3-76　PWM モード 1 出力

3.12.2 動作詳細

本サンプルコードの動作を図 3-77 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、周期レジスタ TGRB のコンペアマッチ割り込み（TGIB0）でバッファレジスタ TGRC の値を書き換え、TGRA のコンペアマッチ発生時に TGRC の値をデューティレジスタ TGRA へ転送する動作を基本としています。

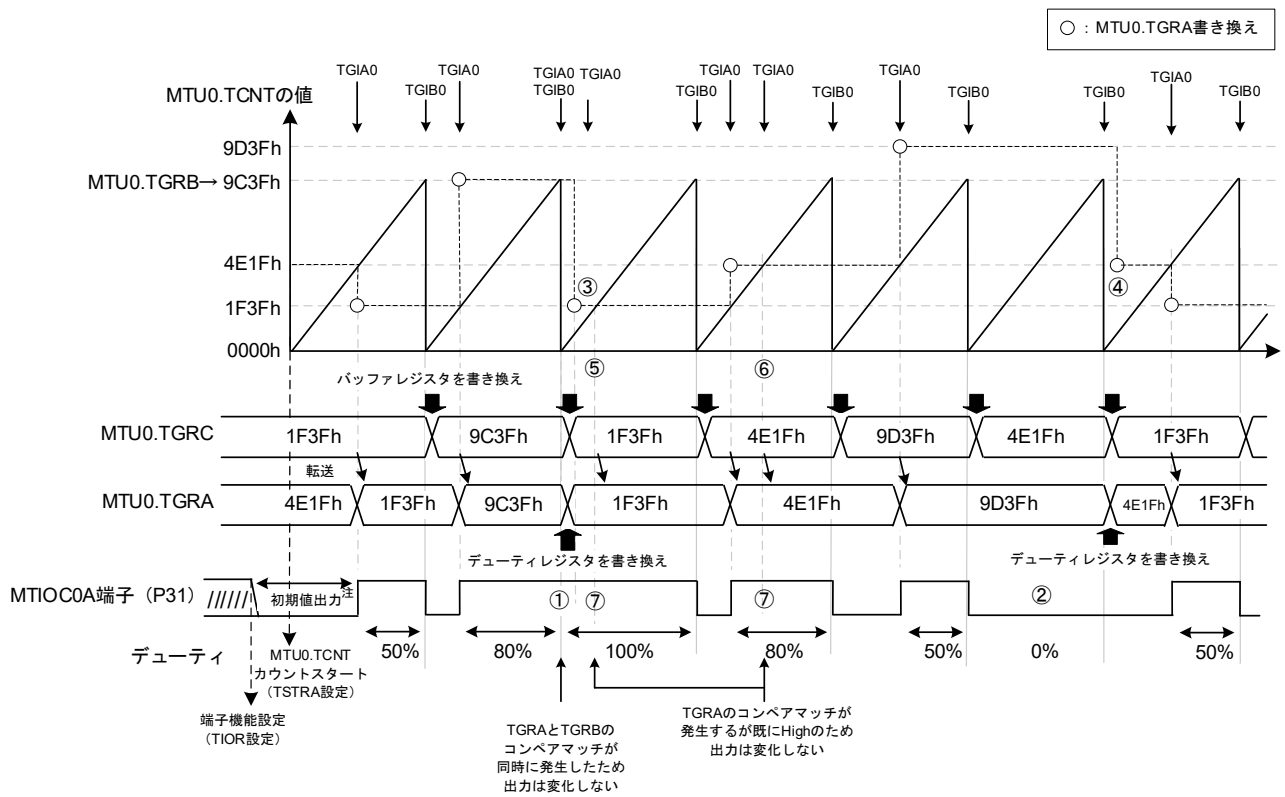
- デューティ 100%の出力
  デューティ 100%を出力する場合、TGRA に TGRB と同じ値を設定します。
  TGRA の値が TGRB と同じ場合、双方のコンペアマッチが同時に発生します。コンペアマッチが同時に発生すると出力は変化しないため、High を保持しデューティ 100%が出力されます（図 3-77 ①）。

- デューティ 0%の出力
  デューティ 0%を出力する場合、TGRA に TGRB よりも大きい値を設定します。
  TGRA の値が TGRB よりも大きい場合、TGRA のコンペアマッチが発生しないため Low を保持しデューティ 0%が出力されます（図 3-77 ②）。

- デューティ 100%からの切り替え
  デューティ 100%を出力した場合、TGRA と TGRB のコンペアが同時に発生します。そのため、TGRC が新しい値に書き換えるタイミングがありません。デューティ 100%から 0%に切り替える場合は、TGIB0 発生時に TGRA レジスタの値を直接書き換えます（図 3-77 ③）。

- デューティ 0%からの切り替え
  デューティ 0%を出力した場合、TGRA が TGRB よりも大きいため TGRA のコンペアマッチが発生しません。そのため、TGRC の値を TGRA へ転送するタイミングがありません。デューティ 0%から 50%に切り替える場合は、TGIB0 発生時に TGRC レジスタと TGRA レジスタの値を直接書き換えます（図 3-77 ④）。

- 1 周期に 2 回の TGRA コンペアマッチが発生
  デューティ 100%から 80%へ切り替える場合、TGRB のコンペアマッチと同時に発生した TGRA のコンペアマッチを含め 2 回のコンペアマッチが発生します（図 3-77 ⑤）。
  デューティ 80%から 50%へ切り替える場合、TGRA に現在の値よりも大きい値を設定します。これにより 1 周期に 2 回の TGRA コンペアマッチが発生します（図 3-77 ⑥）。
  High 出力中に 2 回目の TGRA コンペアマッチが発生するため波形は変化しません（図 3-77 ⑦）。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-77　サンプルコードの動作

3.12.3 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 3-15　コンポーネントの追加

項目	内容
コンポーネント	PWM モードタイマ
コンフィグレーション名	Config_MTU0
動作	PWM モード 1
リソース	MTU0

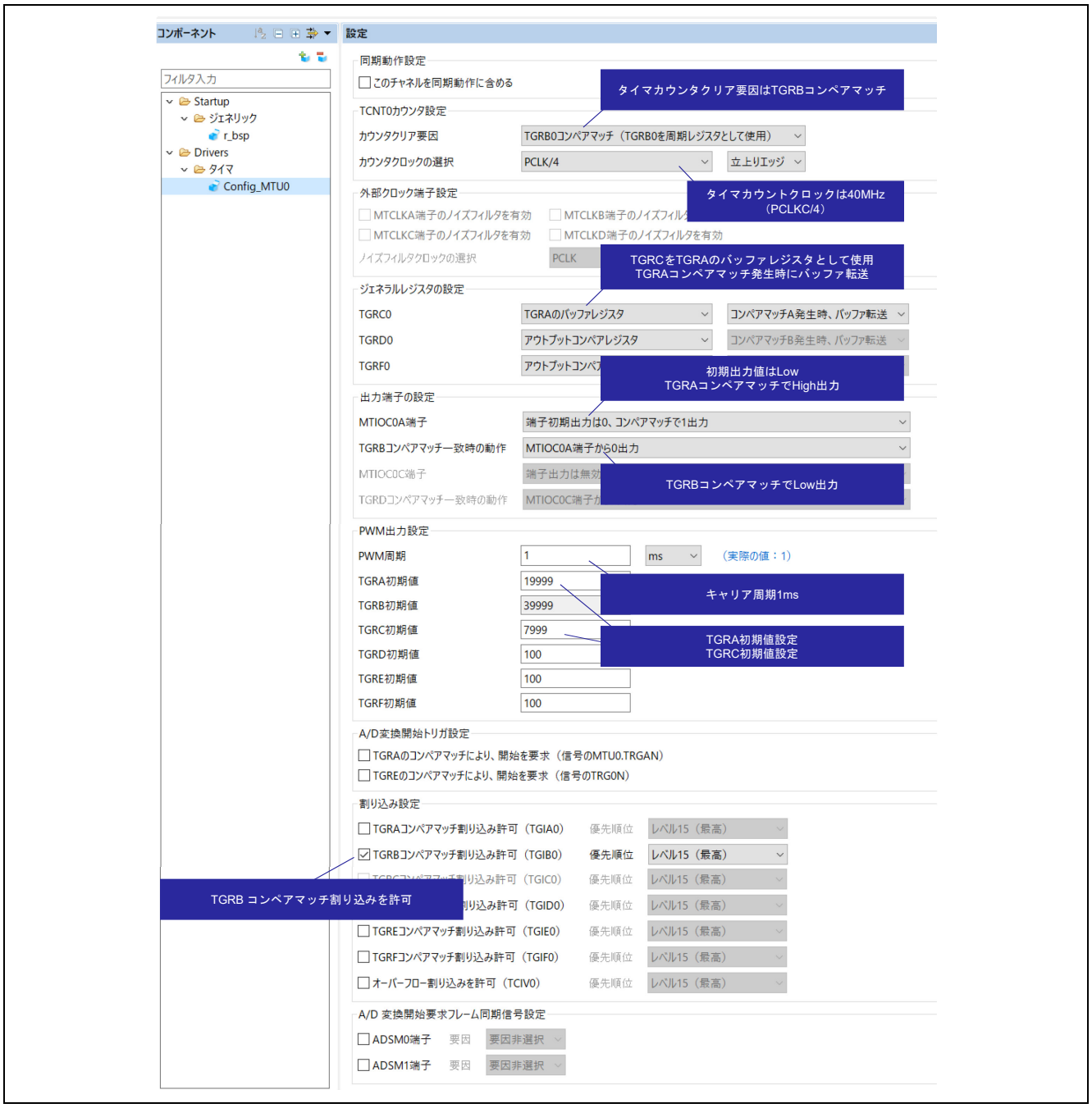


図 3-78　MTU0 の設定

3.12.4 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。

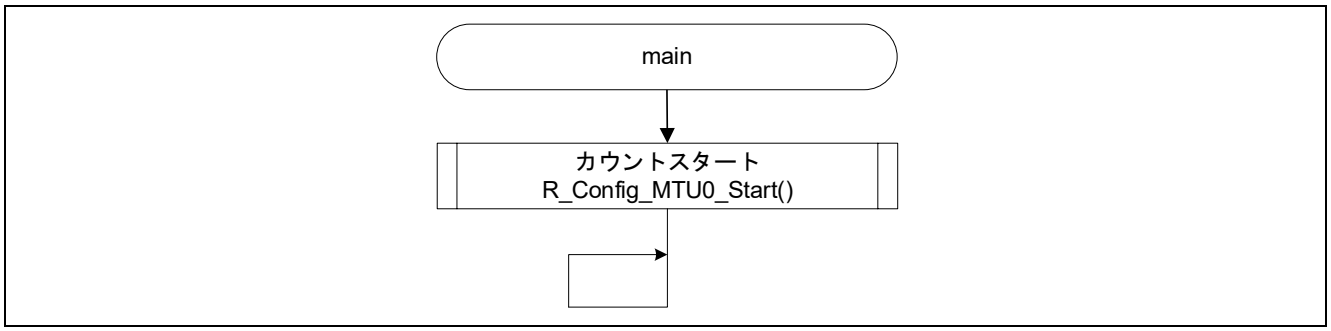


図 3-79　main 関数

main 関数より前に実行されるユーザ初期化関数 R_Config_MTU0_Create_UserInit で、変数の初期化を行います。本関数は、R_Config_MTU0_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　：デューティ比リストから読み出すためのカウンタ変数
- s_duty_prv　：前回の TGRA レジスタの値を保持するための変数

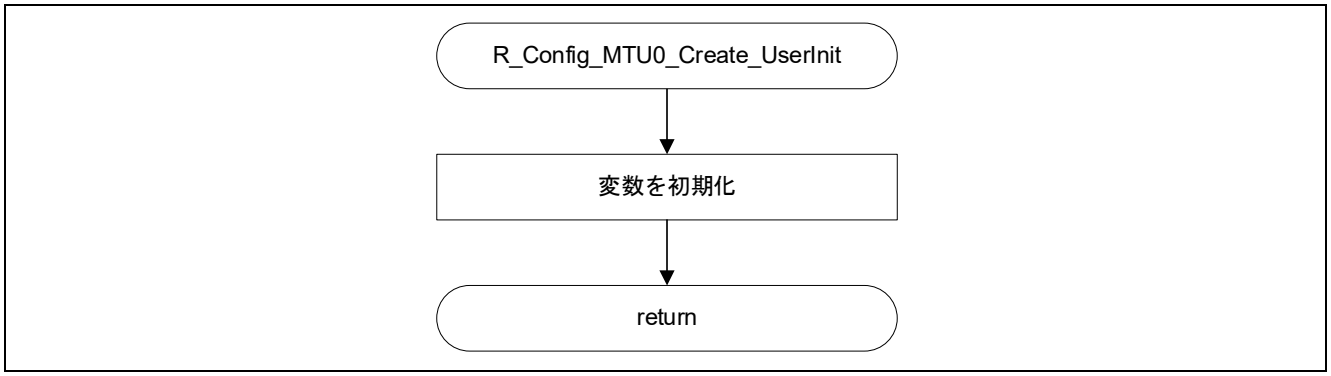


図 3-80　ユーザ初期化関数

TGIB0 割り込みハンドラ関数では、デューティ 100%から切り替える場合、およびデューティ 0%から切り替える場合に、TGRA レジスタに直接デューティを設定します。毎回、TGRC レジスタの値を変更します。

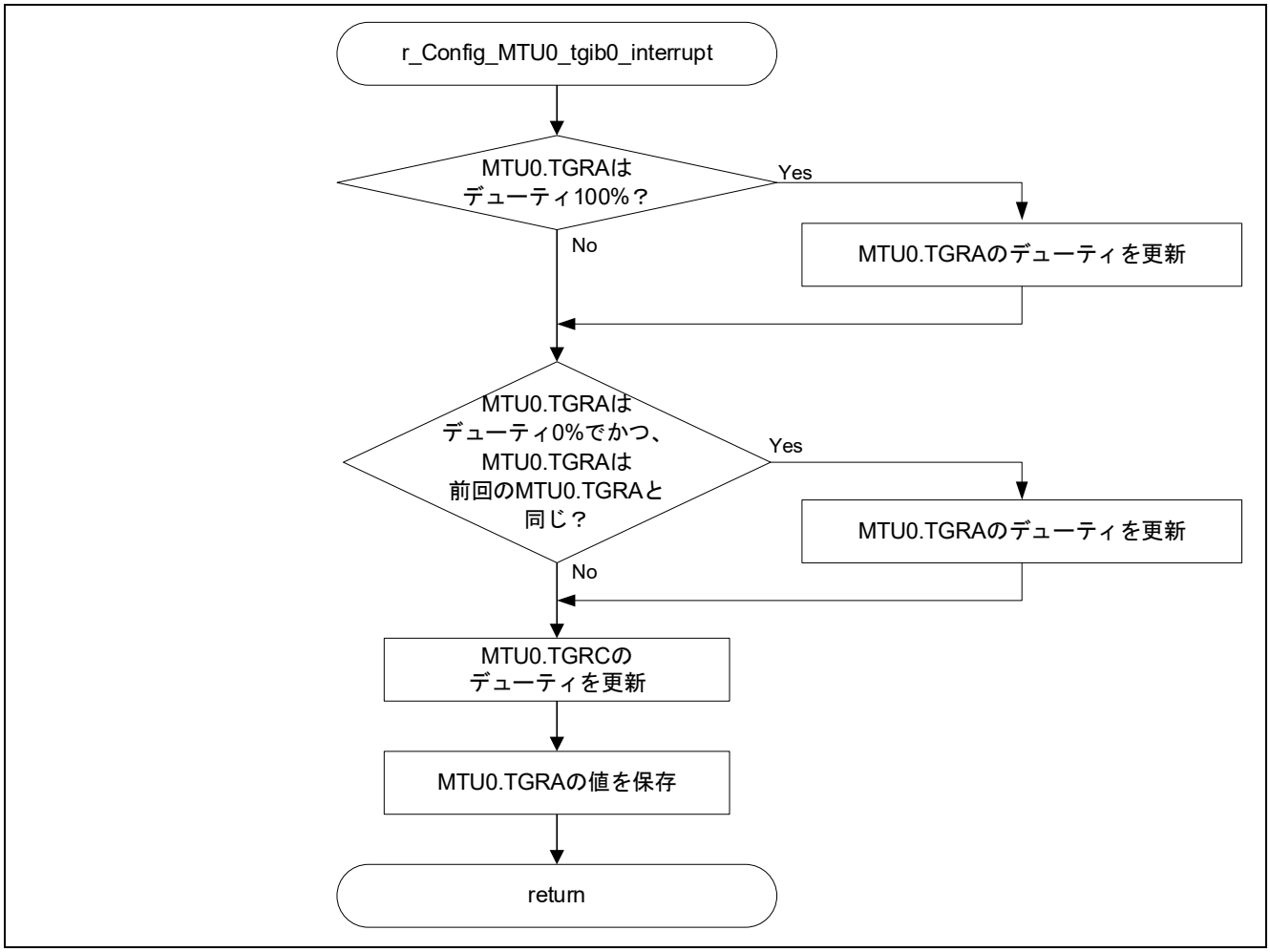


図 3-81　TGIB0 割り込みハンドラ関数

3.12.5 関連動作

3.12.5.1 デューティ 0%～100%（バッファなし）

バッファを使用せずに、図 3-69 と同様にデューティ 0%～100%の PWM 波形出力を行う場合の動作例を以下に示します。

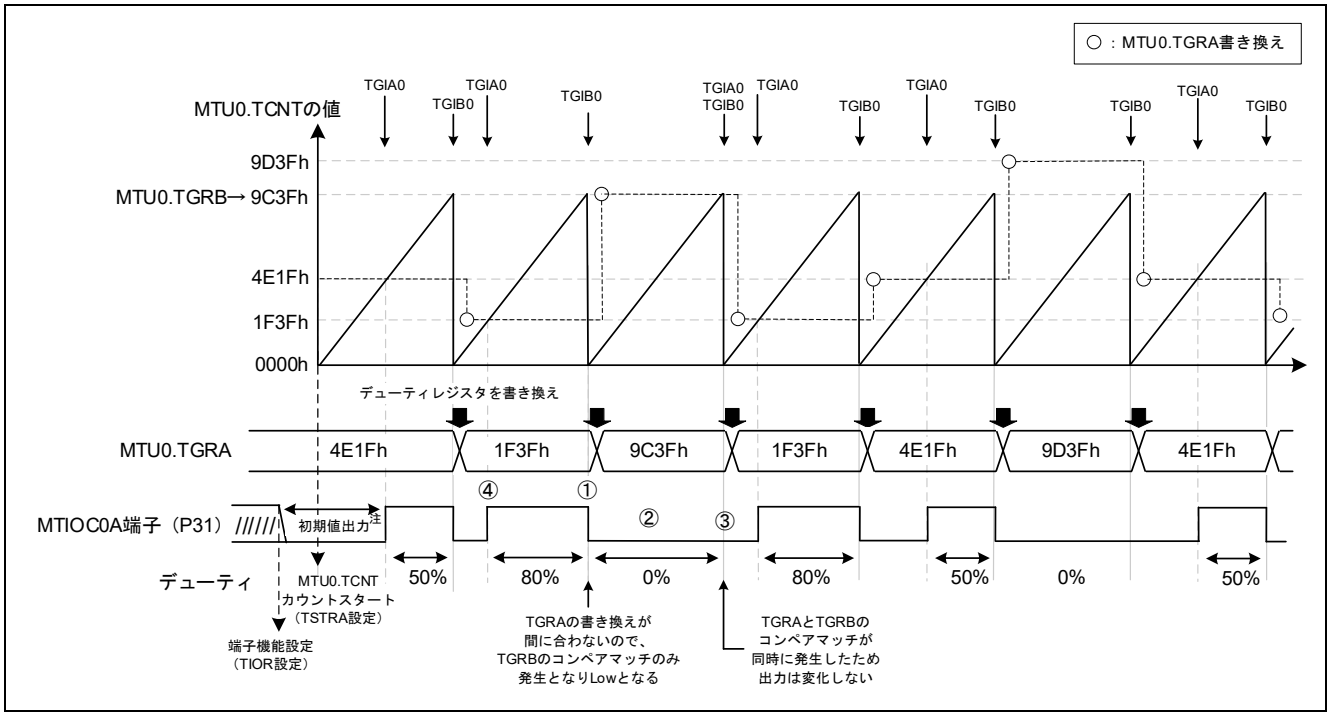


図 3-82　デューティ 0%～100%の PWM 出力（バッファなし）

バッファを使用せずにデューティ 0%～100%の PWM 波形出力を行う場合、バッファを使用した場合と以下の点が異なります。

- デューティ 100%の出力
  デューティ 100%を出力する場合、TGRA に TGRB と同じ値を設定します。
  TGRA の値の変更が TGIB0 発生時となるので図 3-82 ①のようなタイミングとなり、また TGRB のコンペアマッチのみが発生するので出力が Low に変化します。そのため 100%を出力したいのに 0%が出力されます（図 3-82 ②）。TGRA と TGRB のコンペアマッチが同時に発生すると出力は変化しないため、Low を保持します（図 3-82 ③）。

図 3-82 の②を回避するために、④のタイミングで TGRA を書き換える方法を図 3-83 に示します。

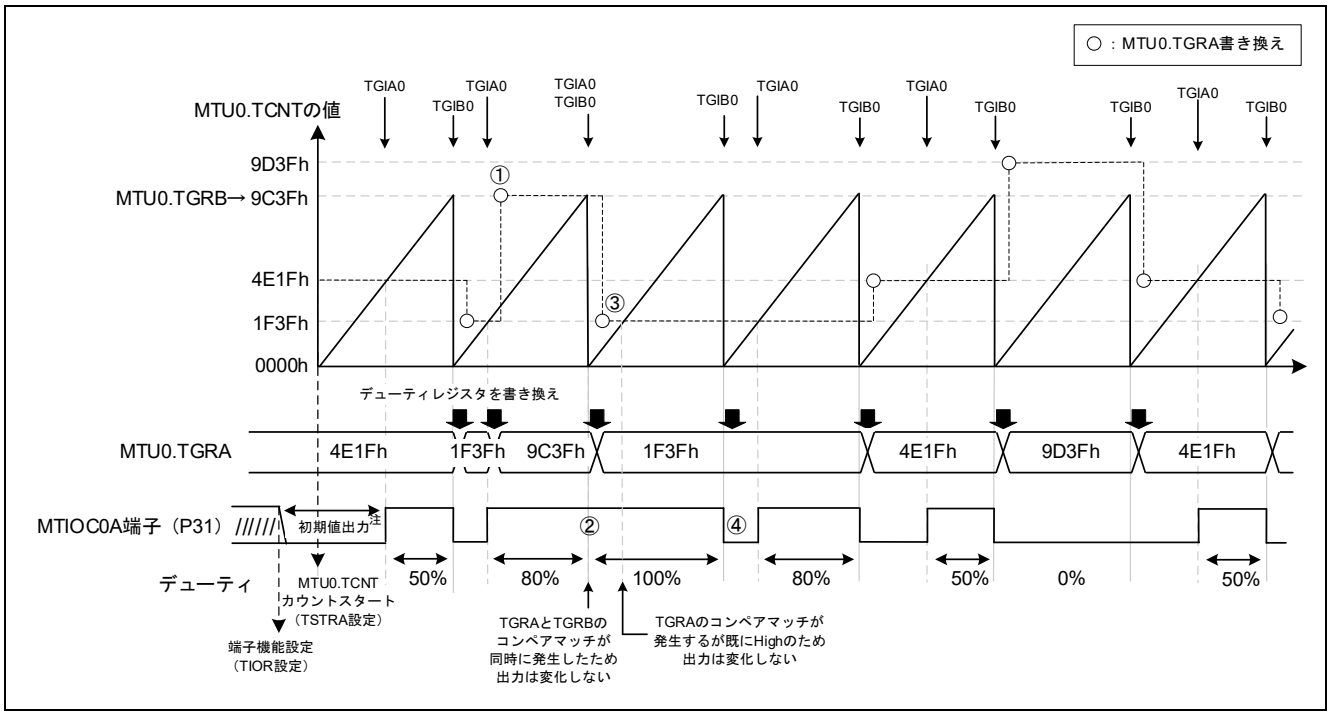


図 3-83　デューティ 0%～100%の PWM 出力（バッファなし）

- デューティ 100%の出力

　デューティ 100%を出力する場合、TGRA に TGRB と同じ値を設定します。

　TGIA0 発生時に TGRA の値を変更します（図 3-83 ①）。

　TGRA の値が TGRB と同じ場合、双方のコンペアマッチが同時に発生します。コンペアマッチが同時に発生すると出力は変化しないため、High を保持しデューティ 100%が出力されます（図 3-83 ②）。

　TGIB0 の発生で TGRA を 80%の値に変更します（図 3-83 ③）。

- デューティ 100%からの切り替え

　デューティ 100%の TGRB のコンペアマッチの発生で端子は Low を出力します（図 3-83 ④）。この時、再度 TGRA は 80%のままにします。

- 1 周期に 2 回の TGRA コンペアマッチが発生

　デューティ 100%から 80%へ切り替える場合、TGRB のコンペアマッチと同時に発生した TGRA のコンペアマッチを含め 2 回のコンペアマッチが発生します（図 3-83 ③）。

　High 出力中に 2 回目の TGRA コンペアマッチが発生するため波形は変化しません。

3.12.6 注意事項

3.12.6.1 バッファレジスタの書き換えとコンペアマッチの競合

バッファ転送タイミングをコンペアマッチ時に設定した場合、バッファレジスタの書き込みサイクル中にコンペアマッチが発生すると、デューティレジスタには書き換え前のバッファレジスタのデータが転送されます。

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「22.6.7 バッファレジスタへの書き込みとコンペアマッチの競合」を参照してください。

3.12.6.2 バッファレジスタ書き換え遅延

本サンプルコードでは、バッファレジスタ TGRC から TGRA への転送を TGRA のコンペアマッチ発生時に行っています。TGRC の値は、次のコンペアマッチが発生する前に書き換えを完了する必要があります。

バッファレジスタの書き換えが遅延した場合、次の周期の TGRA コンペアマッチ発生時に間に合わず TGRA の値が更新できない可能性があります。その場合は、カウンタクリア発生時のバッファ転送をご検討ください。

3.12.6.3 デューティレジスタにより大きい値を設定

本サンプルコードでは、MTU0.TGRB のコンペアマッチ割り込み（TGIB0）発生時にバッファレジスタ TGRC を書き換え、TGRA コンペアマッチ発生時に TGRC から TGRA に値を転送します。TGRA コンペアマッチ発生後、現在 TGRA に設定されている値よりも大きい値を TGRA に設定した場合、1 周期に 2 回の TGRA コンペアマッチが発生する場合があります。

詳細は、図 3-69 の⑦を参照してください。

3.12.6.4 デューティ 0%からの切り替え

本サンプルコードでは、MTU0.TGRB のコンペアマッチ割り込み（TGIB0）発生時にバッファレジスタ TGRC を書き換え、TGRA コンペアマッチ発生時に TGRC から TGRA に値を転送します。TGRA に TGRB よりも大きい値を設定し、デューティ 0%を出力した場合、TGRA の値に到達する前にカウンタがクリアされるため TGRA コンペアマッチが発生しません。

デューティ 0%から切り替える場合は、TGRA レジスタに直接値を設定する必要があります。

詳細は、図 3-69 の④を参照してください。

3.13 PWM モード 1 デューティ 0%と 100%

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_mtu3_pwm1_0to100.zip

3.13.1 概要

MTU の PWM モードを使用し、TGR レジスタの設定によりデューティ 0%～100%の PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードでは PWM モード 1 を使用し、デューティ 0%と 100%の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。

デューティレジスタ TGRA を使用して、周期ごとにデューティ 0%と 100%を繰り返し出力することができないため、周期レジスタ TGRB コンペアマッチ発生時の出力を High と Low に切り替えることで、デューティ 0%と 100%の波形を出力しています。タイマ動作中に TIOR レジスタ設定を書き換えるため、本サンプルコードの手順をお客様のシステムに適用される場合は、他処理との競合や割り込み遅延などに注意し十分評価を行ってご使用ください。

なお、デューティ 0%と 100%のみを繰り返す波形出力は、TGRB のコンペアマッチ発生時の出力をトグルに設定することで容易に実現することができます。本サンプルコードでは、0%または 100%以外のデューティとの組み合わせも可能になるよう、TIOR レジスタ設定を書き換えています。

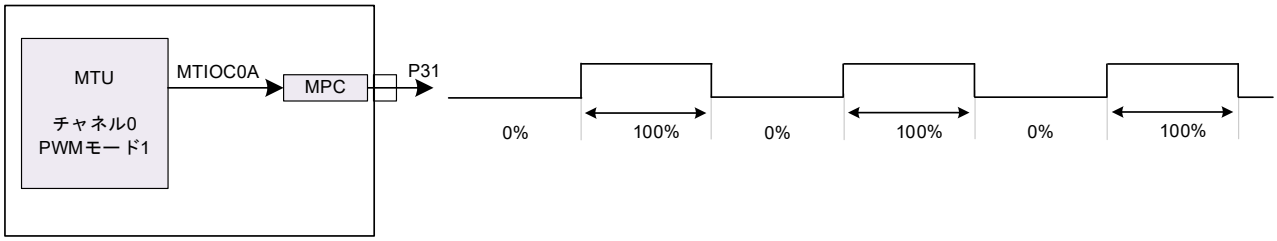
以下に、サンプルコードが使用する MTU の設定を示します。

- PWM モード 1 を使用
- チャネル 0 を使用
- 初期出力値は Low
- キャリア周期は 1ms
- タイマカウントクロックは 40MHz（PCLKC/4）
- TGRB を周期レジスタとして使用
  — タイマカウンタクリア要因は TGRB コンペアマッチ
  — TGRB コンペアマッチで High 出力
- TGRA をデューティレジスタとして使用
  — TGRA コンペアマッチで High 出力
- バッファレジスタを使用
  — TGRC を TGRA のバッファレジスタとして使用
  — TGRA コンペアマッチ発生時にバッファ転送

スマート・コンフィグレータで設定可能
設定方法は 3.13.3 を参照してください

- 周期ごとにデューティを変更
  — TGRB コンペアマッチ割り込みで TGRB コンペアマッチの出力設定を変更
  — 出力設定の変更タイミングの詳細は図 3-85 を参照

本サンプルコードにおける PWM モード 1 出力を以下に示します。



MTU：PWMモード1波形の生成
MPC：使用する端子を汎用入出力ポートから周辺機能の入出力ポートに設定

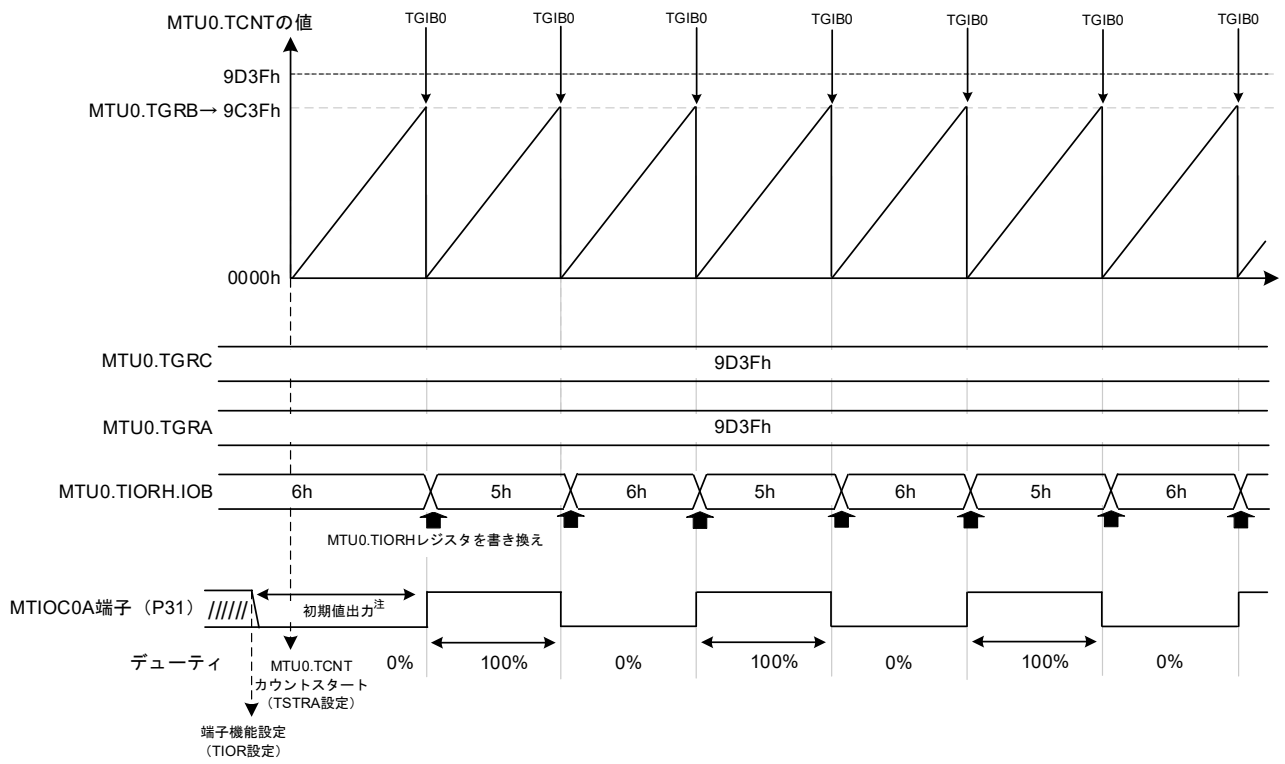
図 3-84　PWM モード 1 出力

3.13.2 動作詳細

本サンプルコードの動作を図 3-85 に示します。デューティレジスタ TGRA のコンペアマッチにより出力波形が変化しないよう、TGRA と TGRC を周期レジスタ TGRB より大きい値に設定します。

TGRB のコンペアマッチ割り込み（TGIB0）で、TIOR レジスタの値を以下のとおり書き換えることで、デューティ 0%と 100%を切り替えます。

- MTU0.TIORH.IOB = 5h　　：TGRB コンペアマッチで Low 出力
- MTU0.TIORH.IOB = 6h　　：TGRB コンペアマッチで High 出力



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-85　サンプルコードの動作

3.13.3 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 3-16　コンポーネントの追加

項目	内容
コンポーネント	PWM モードタイマ
コンフィグレーション名	Config_MTU0
動作	PWM モード 1
リソース	MTU0

図 3-86　MTU0 の設定

3.13.4 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。

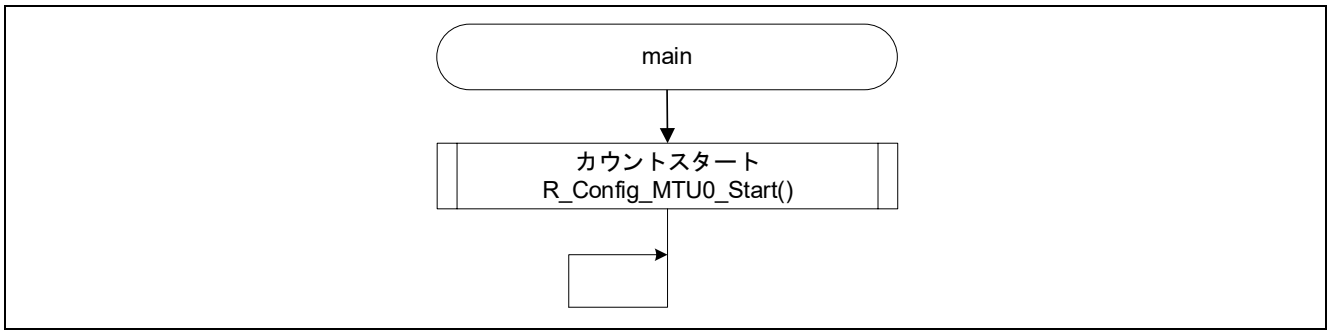


図 3-87　main 関数

TGIB0 割り込みハンドラ関数では、TIOR レジスタの値を変更し、TGRB コンペアマッチ発生時の出力設定を変更しています。

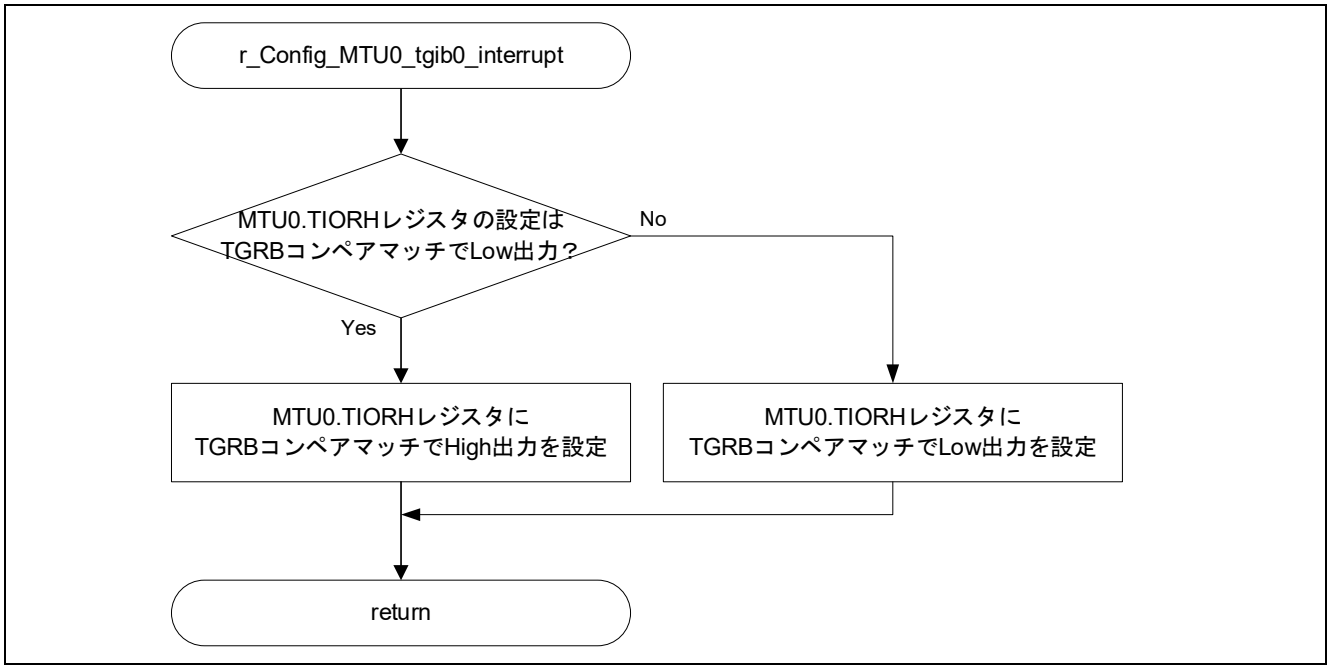


図 3-88　TGIB0 割り込みハンドラ関数

3.13.5 関連動作

3.13.5.1 デューティ 0%と 100%（バッファなし）

バッファを使用せずに、図 3-85 と同様にデューティ 0%と 100%の PWM 波形出力を行う場合の動作例を以下に示します。デューティの切り替えにバッファレジスタとデューティレジスタを使用しないため、バッファありの場合と同じ手順です。

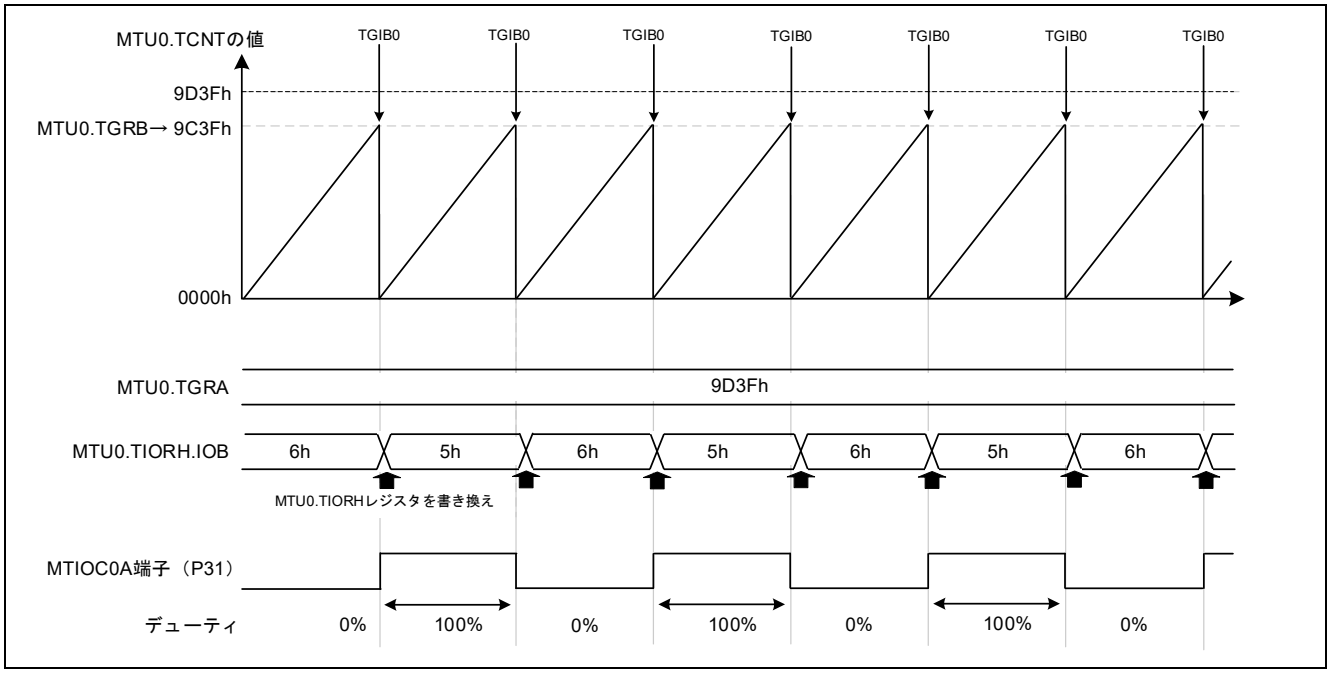
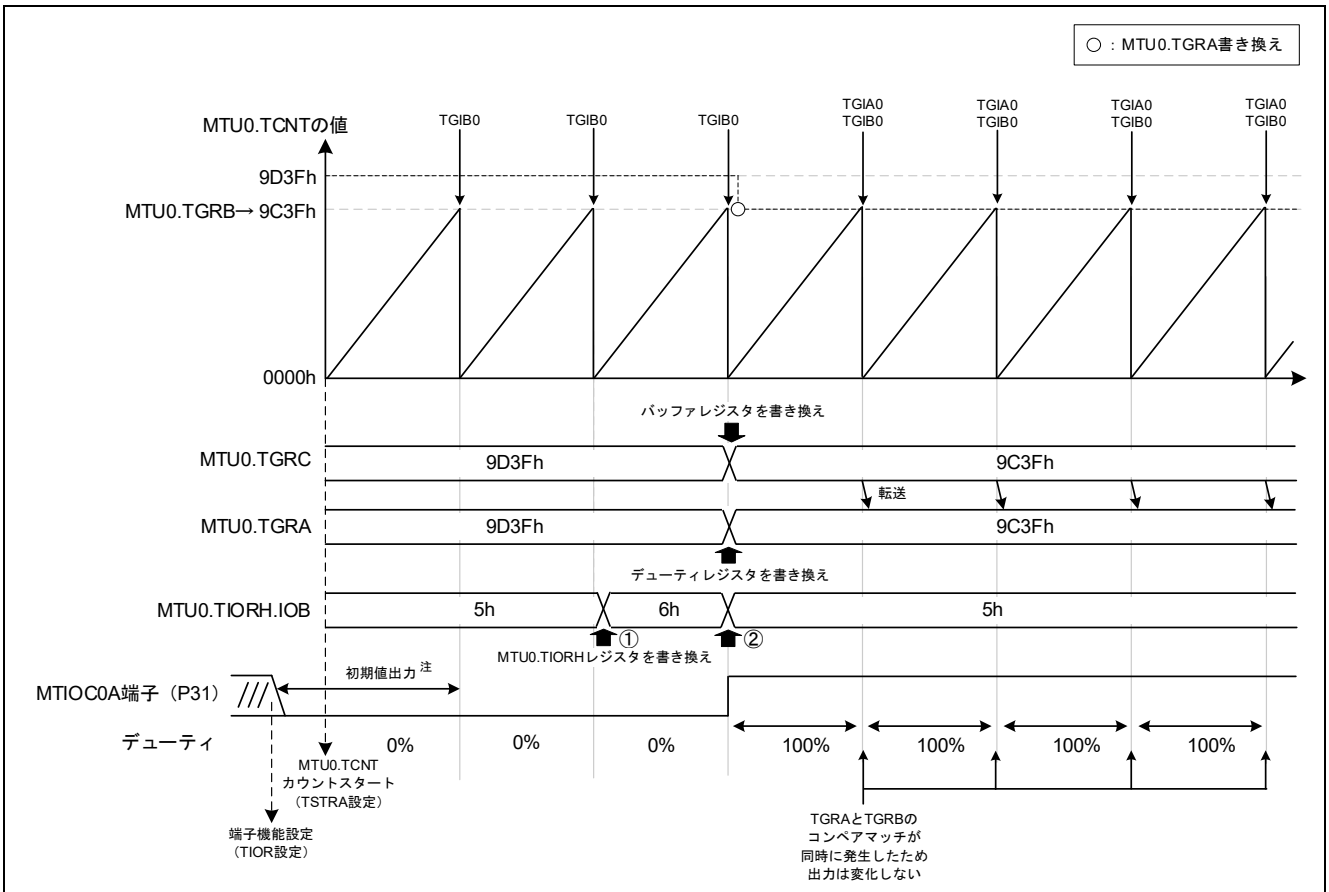


図 3-89　デューティ 0%と 100%の PWM 出力（バッファなし）

3.13.5.2 初期値 Low、デューティ 0%を維持後 100%に変更

デューティ 0%を数周期出力している状態から、デューティ 100%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

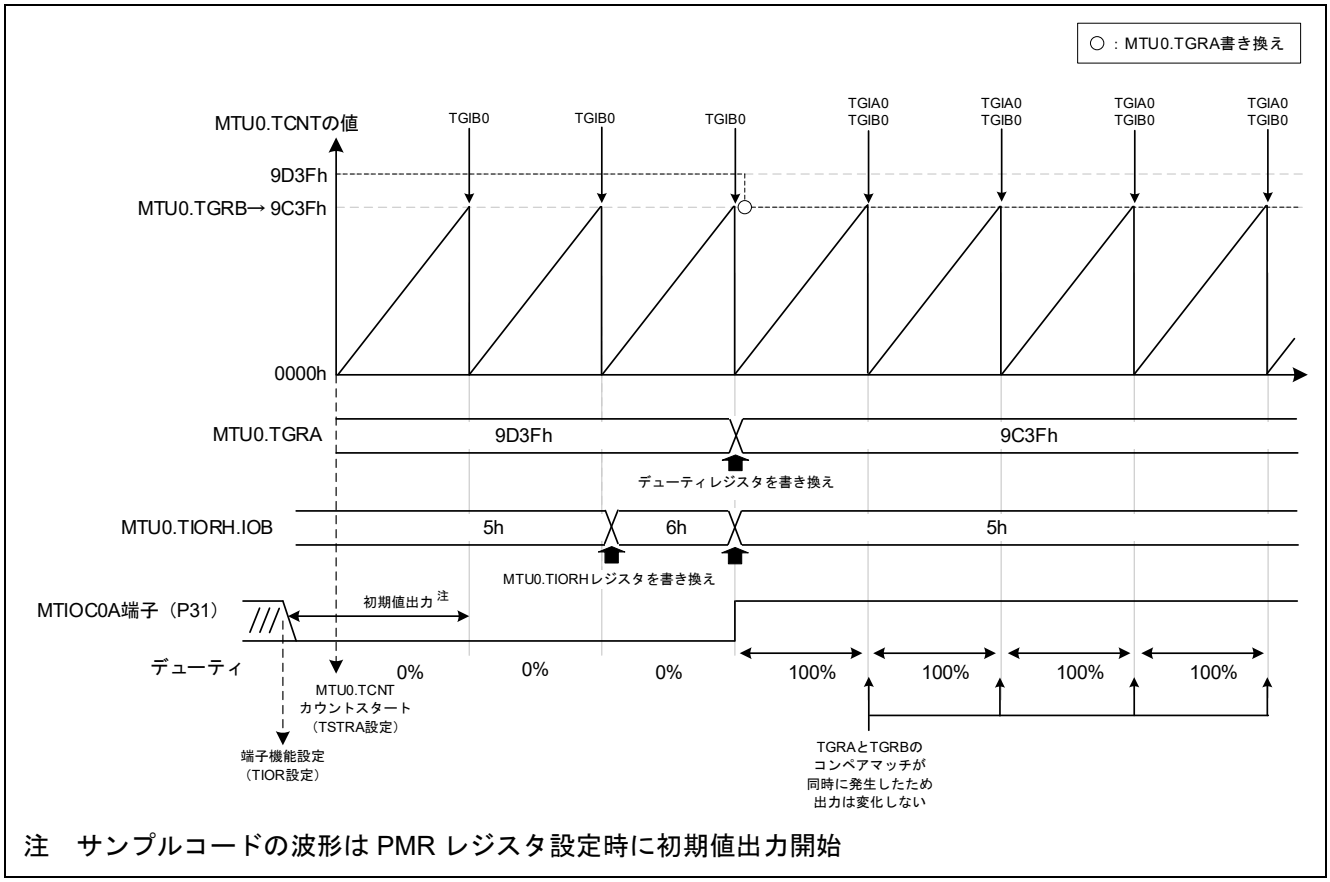
MITOC0A 端子は、TIORH.IOA = 2h、TIORH.IOB = 5h を設定すると初期値 Low、動作開始後デューティ 0%を出力します。その後 TIORH.IOB = 6h を設定（下図①）すると TGRB のコンペアー致で High が出力され、次の TGIB0 発生時に TGRA = TGRC = TGRB、TIORH.IOB = 5h（下図②）と設定するとデューティ 100%になります。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-90　デューティ 0%を維持後 100%に変更（バッファあり）

バッファを使用せずに、図 3-90 と同様にデューティ 0%を数周期出力している状態から、デューティ 100%に切り替える場合の動作例を以下に示します。バッファありの場合と同じ手順です。



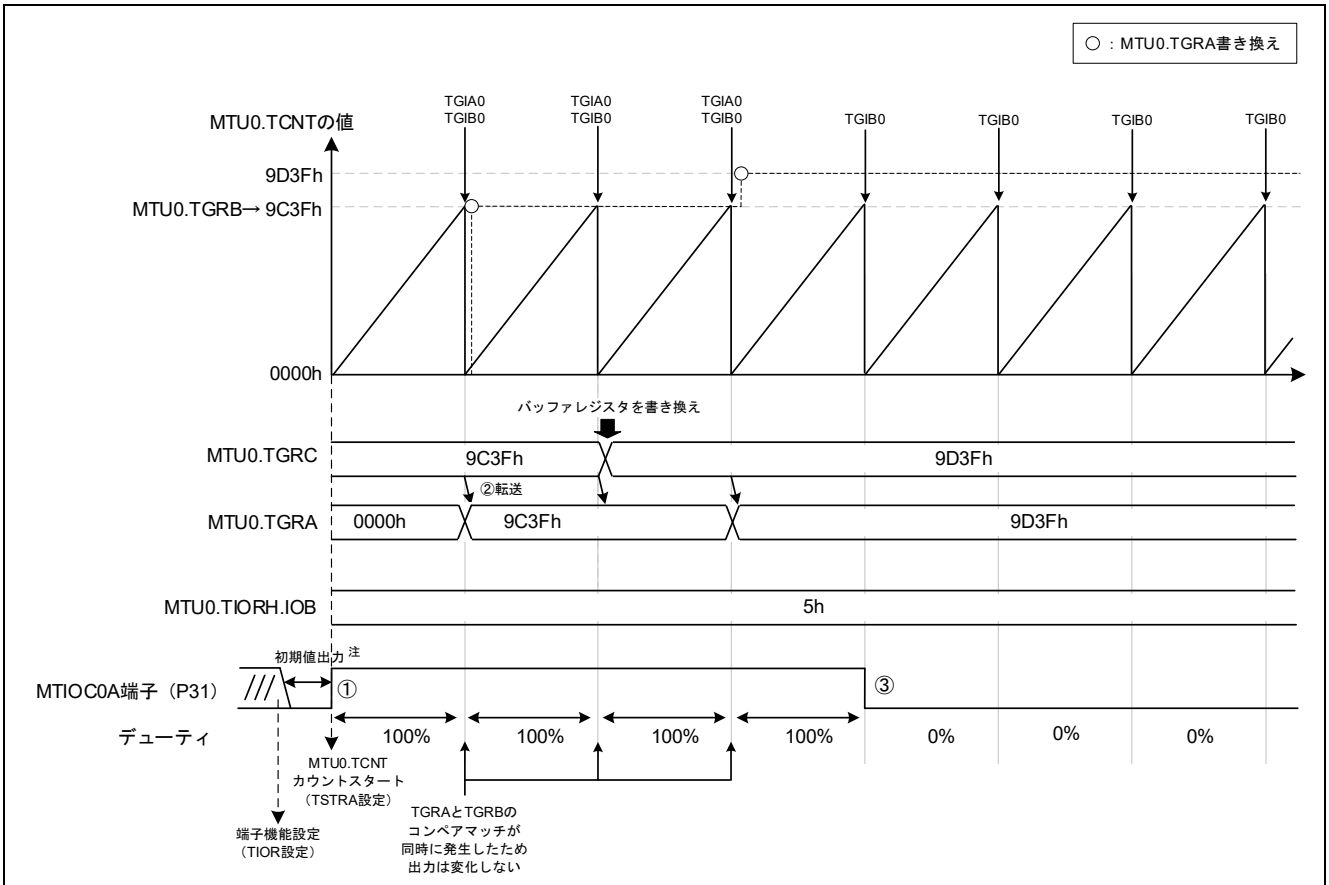
注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-91　デューティ 0%を維持後 100%に変更（バッファなし）

3.13.5.3 初期値 Low、デューティ 100%を維持後 0%に変更

デューティ 100%を数周期出力している状態から、デューティ 0%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

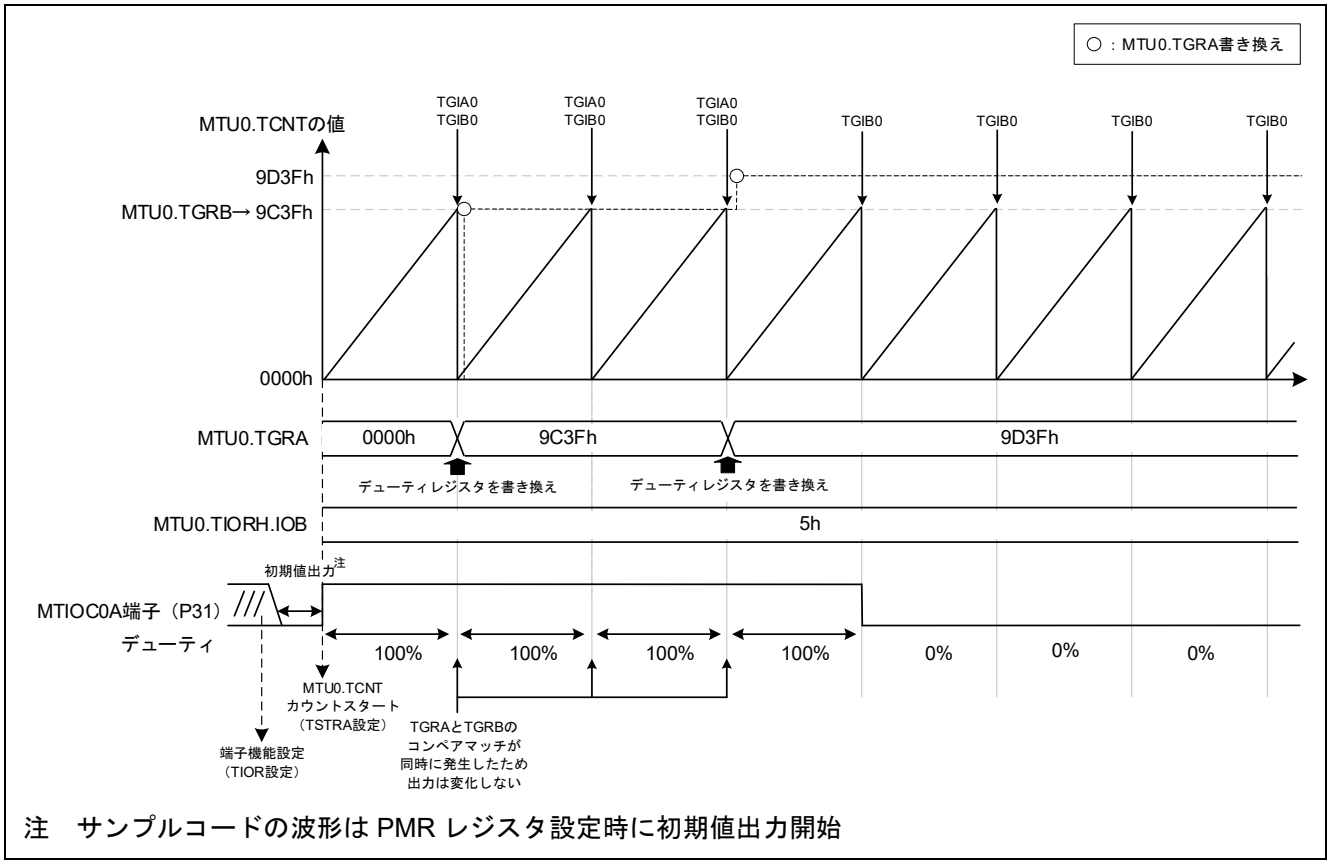
MITOC0A 端子は、TIORH.IOA = 2h、TIORH.IOB = 5h を設定すると初期値 Low となります。TGRA の初期値 0000h により、TCNT が 0000h から 0001h にカウントアップする時にコンペアマッチが発生し High が出力され、デューティ 100%を出力します（下図①）。カウントクリアで TGRC から TGRA に TGRB と同じ値が転送されます（下図②）。任意のタイミングで TGRC に TGRB より大きい値を設定すると 2 周期後に Low が出力され、デューティ 0%を出力します（下図③）。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-92　デューティ 100%を維持後 0%に変更（バッファあり）

バッファを使用せずに、図 3-92 と同様にデューティ 100%を数周期出力している状態から、デューティ 0%に切り替える場合の動作例を以下に示します。バッファありの場合と同じ手順ですが、TGRA に TGRB より大きい値を設定後、次の周期でデューティ 0%が出力されます。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

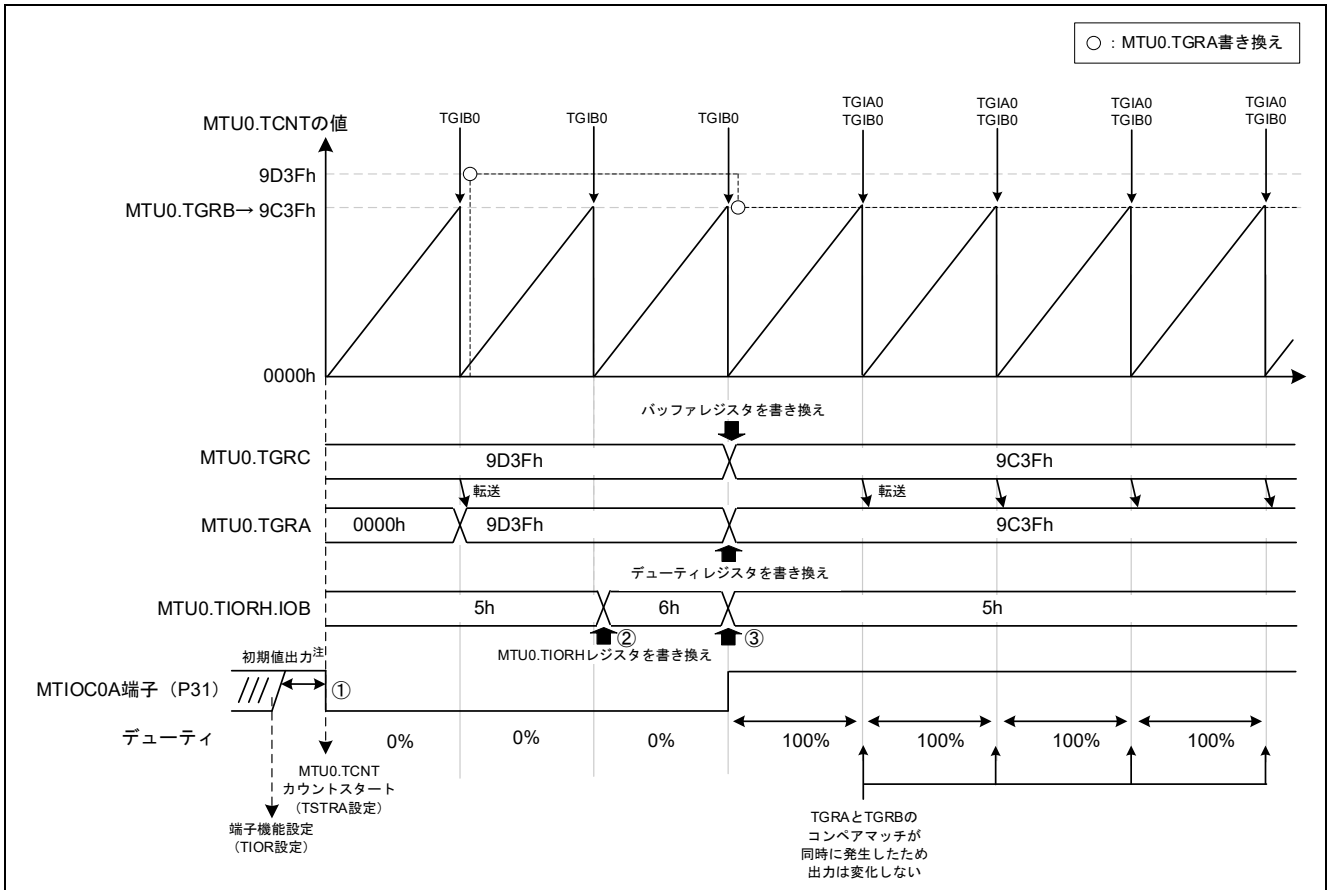
図 3-93　デューティ 100%を維持後 0%に変更（バッファなし）

3.13.5.4 初期値 High、デューティ 0%を維持後 100%に変更

デューティ 0%を数周期出力している状態から、デューティ 100%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

MITOC0A 端子は、TIORH.IOA = 5h、TIORH.IOB = 5h を設定すると初期値 Low となります。TGRA の初期値 0000h により、TCNT が 0000h から 0001h にカウントアップする時にコンペアマッチが発生し Low が出力され、デューティ 0%を出力します（下図①）。その後 TIORH.IOB = 6h を設定（下図②）すると TGRB のコンペアー致で High が出力され、次の TGIB0 発生時に TGRA = TGRC = TGRB、TIORH.IOB = 5h（下図③）と設定するとデューティ 100%になります。

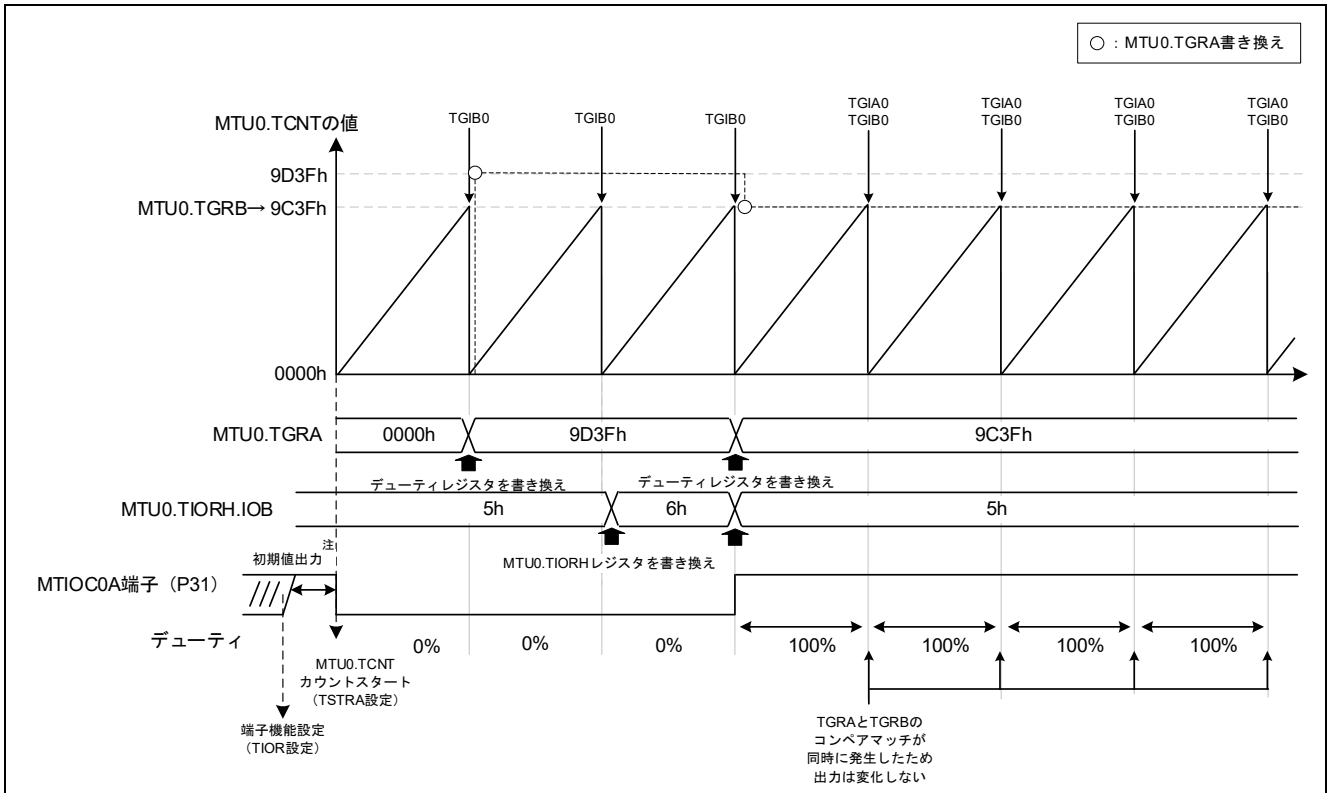
また、②のタイミングで TIORH.IOA = 2h に変更するとアクティブ High の PWM を出力することができます。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-94　デューティ 0%を維持後 100%に変更（バッファあり）

バッファを使用せずに、図 3-94 と同様にデューティ 0%を数周期出力している状態から、デューティ 100%に切り替える場合の動作例を以下に示します。バッファありの場合と同じ手順です。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

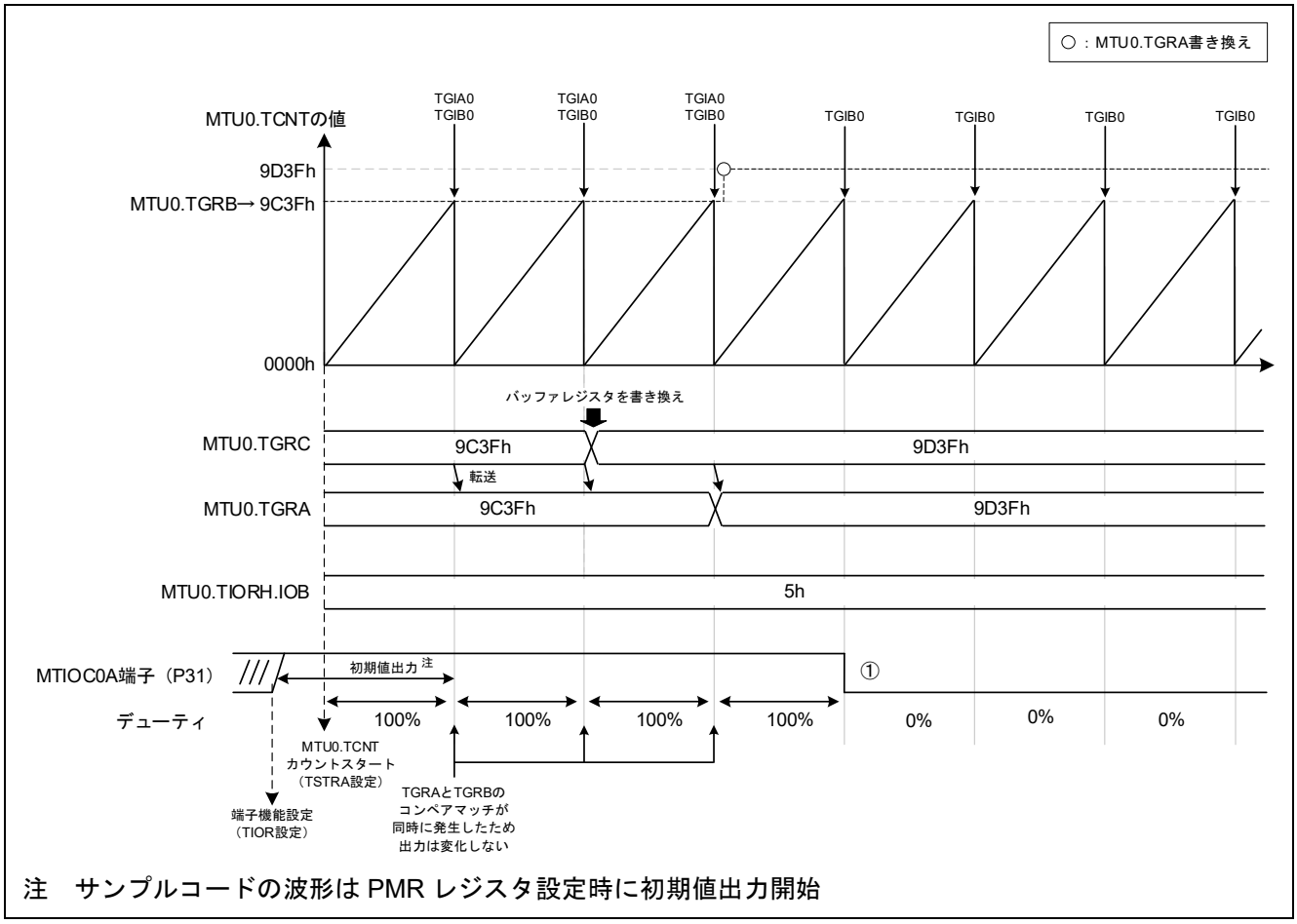
図 3-95　デューティ 0%を維持後 100%に変更（バッファなし）

3.13.5.5 初期値 High、デューティ 100%を維持後 0%に変更

デューティ 100%を数周期出力している状態から、デューティ 0%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

MITOC0A 端子は、TIORH.IOA = 6h、TIORH.IOB = 5h を設定すると初期値 High、動作開始後デューティ 100%を出力します。任意のタイミングで TGRC に TGRB より大きい値を設定すると 2 周期後に Low が出力され、デューティ 0%を出力します（下図①）。

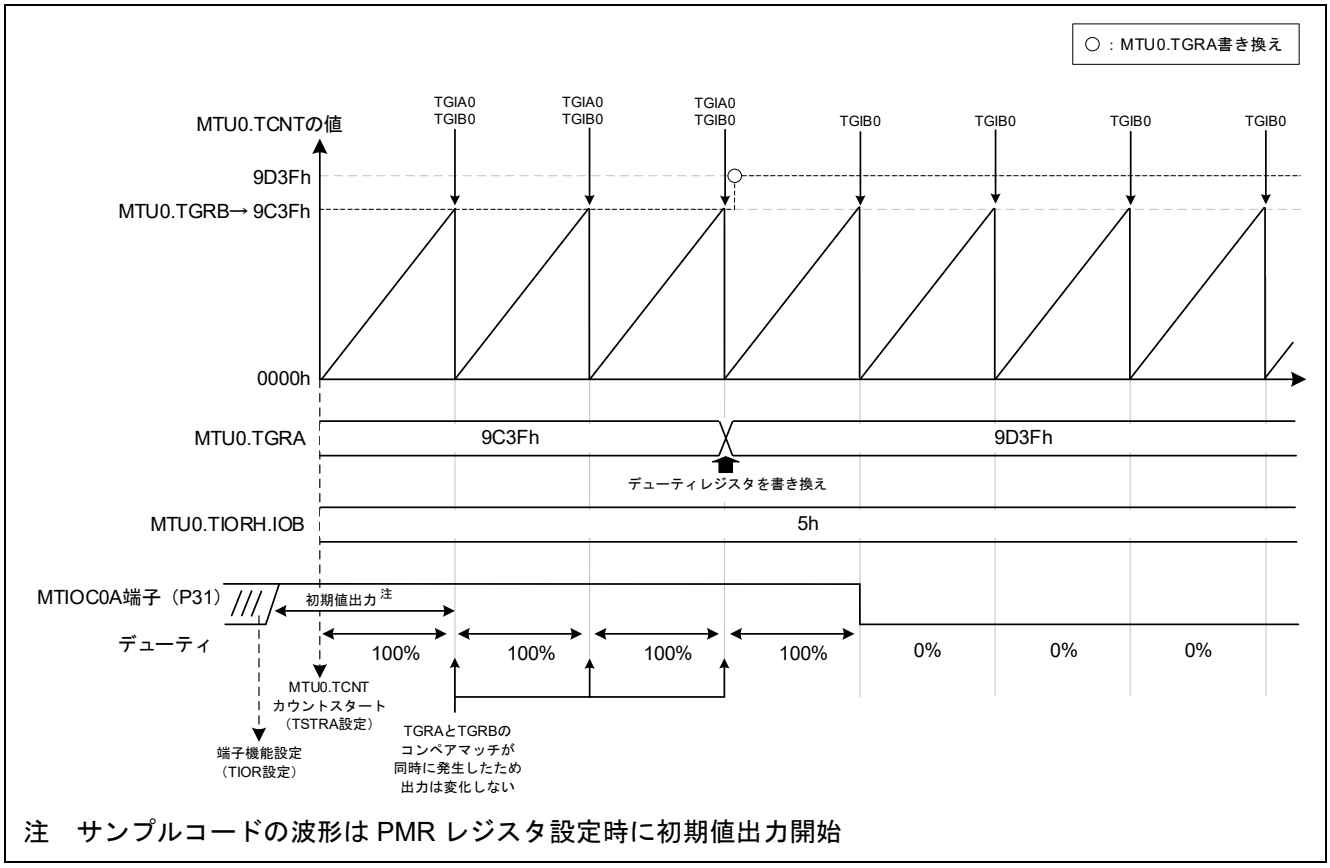
また、動作開始後任意のタイミングで TIORH.IOA = 2h に変更するとアクティブ High の PWM を出力することができます。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-96　デューティ 100%を維持後 0%に変更（バッファあり）

バッファを使用せずに、図 3-96 と同様にデューティ 100%を数周期出力している状態から、デューティ 0%に切り替える場合の動作例を以下に示します。バッファありの場合と同じ手順ですが、TGRA に TGRB より大きい値に設定後、次の周期でデューティ 0%が出力されます。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-97　デューティ 100%を維持後 0%に変更（バッファなし）

3.13.6 注意事項

本サンプルコードでは、MTU0.TGRB のコンペアマッチ割り込み（TGIB0）発生時に TIOR レジスタを書き換える処理を行っています。同様の処理をお客様のシステムに適用される場合は、他処理との競合や割り込み遅延などに注意し十分評価を行ってご使用ください。

3.13.6.1 TIOR レジスタ書き換え遅延

次の TGRB コンペマッチが発生するまでの間に TIOR レジスタを書き換えることができなかった場合、期待したデューティを出力することができません。

3.13.6.2 TIOR レジスタ書き換えとコンペアマッチの競合

TIOR レジスタを書き換え中に、MTU0.TGRB のコンペアマッチ割り込み（TGIB0）が発生し TIOR レジスタの書き換えを行った場合、期待したデューティを出力することができません。

3.13.6.3 MTU3、MTU4、MTU6、MTU7 の TIOR レジスタ書き換え時の注意事項

PWM モード 1 で MTU3、MTU4、MTU6、MTU7 の TIOR レジスタを書き換えを行う場合は、TRWERA、TRWERB レジスタの RWE に 1（リセット後の値）を設定してください。

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「22.2.20 タイマリードライトイネーブルレジスタ(TRWERA, TRWERB)」を参照してください。

3.13.6.4 バッファレジスタの書き換えとコンペアマッチの競合

バッファ転送タイミングをコンペアマッチ時に設定した場合、バッファレジスタの書き込みサイクル中にコンペアマッチが発生すると、デューティレジスタには書き換え前のバッファレジスタのデータが転送されます。

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「22.6.7 バッファレジスタへの書き込みとコンペアマッチの競合」を参照してください。

3.13.6.5 デューティ 0%からの切り替え

TGRA に TGRB よりも大きい値を設定し、デューティ 0%を出力した場合、TGRA の値に到達する前にカウンタがクリアされるため TGRA コンペアマッチが発生しません。TGRA コンペアマッチ発生時にバッファレジスタ TGRC から TGRA に値を転送する設定をし、デューティレジスタを変更してデューティ 0%から切り替える場合は、TGRA レジスタに直接値を設定する必要があります。

詳細は、図 3-90 を参照してください。

3.13.6.6 デューティレジスタに 0 を設定した場合は 1 サイクル分出力

デューティレジスタに 0 を設定した場合、周期レジスタのコンペアマッチ発生後、1 サイクル分出力されてから、デューティレジスタのコンペアマッチが発生します。

デューティ 0%と 100%を 1 周期ごとに繰り返し切り替える場合は、本サンプルコードのように TIOR レジスタの変更による切り替えをご検討ください。

3.13.6.7 デューティレジスタに周期レジスタと同じ値を設定した場合は波形が変化しない

デューティレジスタに周期レジスタと同じ値を設定した場合、周期レジスタのコンペアマッチとデューティレジスタのコンペアマッチが同時に発生し、出力波形は変化しません。

デューティ 0%と 100%を 1 周期ごとに繰り返し切り替える場合は、本サンプルコードのように TIOR レジスタの変更による切り替えをご検討ください。

3.14 相補 PWM モードデューティ 0%～100%

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_mtu3_complementary_pwm_50to100.zip

3.14.1 概要

MTU の相補 PWM モードを使用し、デッドタイム付きの 3 相相補 PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードでは相補 PWM モード 2（谷で転送）を使用し、デューティ 0%および 100%を含む、以下の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。

- デューティ切り替え：50% → 80% → 100% → 80% → 50% → 0% → ･･･

TCNT カウンタのオーバフロー発生時にバッファレジスタからテンポラリレジスタへ転送し、アンダフロー発生時にテンポラリレジスタからコンペアレジスタへ転送することで、デューティ比を変更することを基本動作としています。バッファレジスタの書き換えは、周期レジスタ MTU3.TGRA のコンペアマッチ発生時に行っています。

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 2(谷で転送)を使用
- チャネル 3、チャネル 4 を使用
- キャリア周期は 1ms
- デッドタイムは 50μs
- 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）
  — MTIOC3A 端子のトグル出力設定
- バッファ転送タイミングを設定
  — カウンタの谷で転送
- 初期出力値は Low、アクティブレベルは High
- MTU3.TGRB を U 相のデューティ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
- MTU4.TGRA を V 相のデューティ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
- MTU4.TGRB を W 相のデューティ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
  — MTU4.TGRC を MTU4.TGRA の
  バッファレジスタとして使用
  — MTU4.TGRD を MTU4.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 3-100 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 3.14.3 を参照してください

- 周期ごとにデューティを変更
  — MTU3.TGRA コンペアマッチ割り込みでデューティを変更
  — デューティの変更タイミングの詳細は図 3-100 を参照

本サンプルコードにおける相補 PWM モード出力を以下に示します。

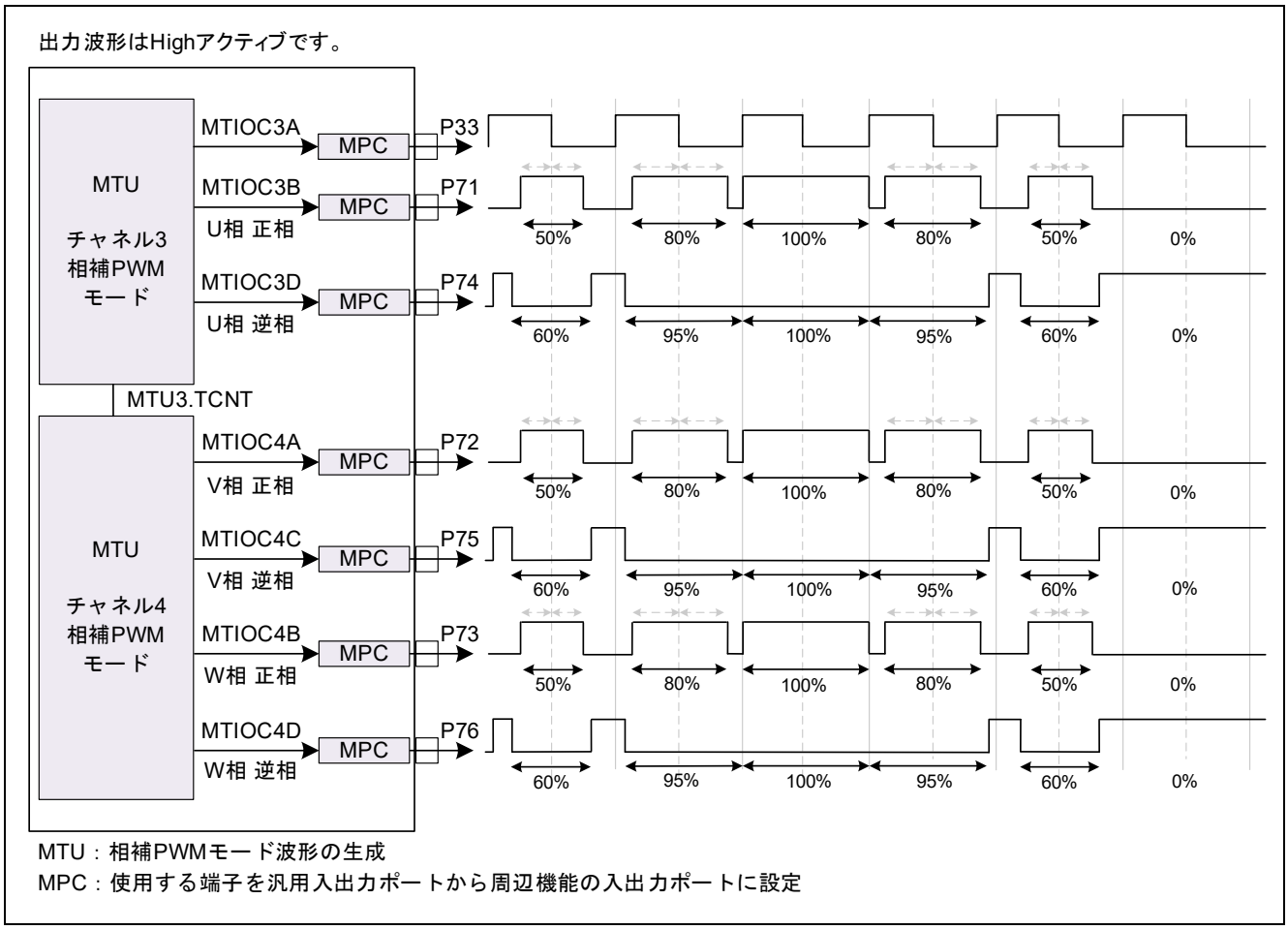


図 3-98　相補 PWM モード出力

3.14.2 動作詳細

本サンプルコードの動作を図 3-100 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、MTU3.TCNT の上限値を設定しているレジスタ MTU3.TGRA のコンペアマッチ割り込み（TGIA3）で、バッファレジスタ（MTU3.TGRD、MTU4.TGRC、MTU4.TGRD）の値を書き換えます（図 3-100 ①）。

バッファレジスタの書き換えは最後に MTU4.TGRD を書き込むことにより、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が許可されます。Ta 区間で MTU4.TGRD の書き込みを行った場合は、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が、本サンプルコードでは、Tb1 区間に MTU4.TGRD の書き込みを行っているため Tb1 区間終了後にテンポラリレジスタへ転送されます（図 3-100 ②）。

本サンプルコードは谷で転送を行う相補 PWM モード 2 を使用しているため、コンペアレジスタは、Tb2 区間の最後（図 3-100 ③）にテンポラリレジスタから転送されることにより、データを更新しています。

初期出力は、TOCR2A の OLS1P、OLS1N、OLS2P、OLS2N、OLS3P、OLS3N ビットの設定に従い、正相出力、逆相出力ともに OFF になります。MTU3.TMDR1 で相補 PWM モードを設定してから MTU4.TCNT が TDDRA レジスタ値より大きくなるまで出力されます（図 3-100 ④）。

各周期のデューティは、アップカウント期間とダウンカウント期間において 1/2 デューティを生成しています。アップカウント期間とダウンカウント期間に生成するデューティを図 3-99 に示します。

- デューティ 100%の出力

  デューティ 100%を出力する場合、コンペアレジスタの値を”0000h”にするため、1 周期前のバッファレジスタ書き換えタイミングで”0000h”を設定します。

  Tb2 区間にコンペアレジスタとテンポラリレジスタが有効となり、正相はテンポラリレジスタとカウンタレジスタとのコンペアマッチが発生し ON になります（図 3-100 ⑤）。逆相では、両方のコンペアマッチが発生し出力 OFF は変化しないため、前の周期から Low を保持します（図 3-100 ⑥）。

- デューティ 0%の出力

  デューティ 0%を出力する場合、コンペアレジスタの値を MTU3.TGRA と同じ値にするため、1 周期前のバッファレジスタ書き換えタイミングで MTU3.TGRA と同じ値を設定します。

  以下に示すコンペアマッチ a, b, c, d が発生しますが、波形は変化しません。前の周期から正相は Low を、逆相は High を保持します（図 3-100 ⑦）。

  — c ではコンペアレジスタとカウンタレジスタとのコンペアマッチが発生し、正相が OFF になりますが、OFF から OFF のため波形は変化しません。

  — a および d では逆相出力を ON/OFF にするコンペアマッチが同時に発生しますが、同じ相を ON/OFF にするコンペアマッチが同時に発生すると、両方のコンペアマッチは無視されるため波形は変化しません。

  — b では同区間中に、OFF にするコンペアマッチ c が発生しているため、b は無視され波形は変化しません。

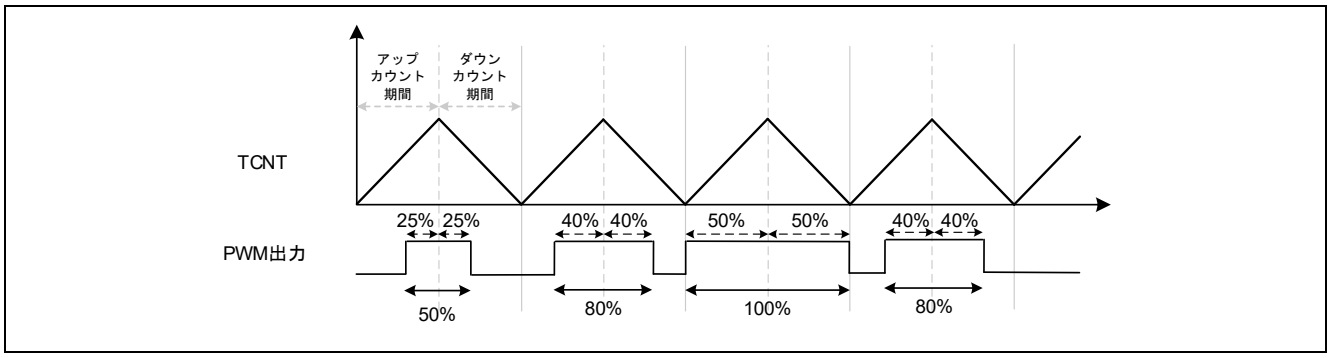
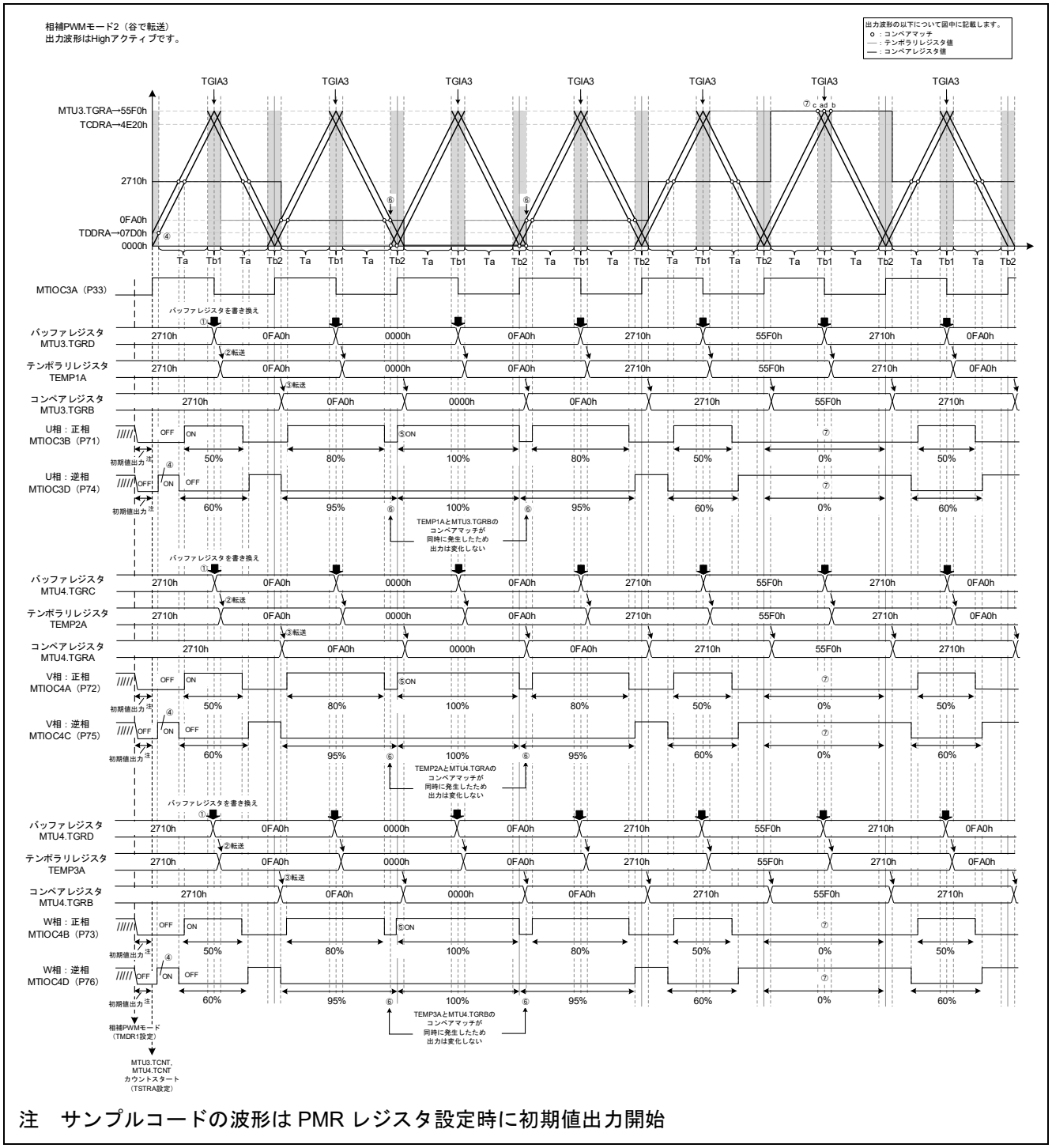


図 3-99　左右対称の PWM 出力波形



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-100　サンプルコードの動作

3.14.3 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 3-17　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 2(谷で転送)
リソース	MTU3_MTU4

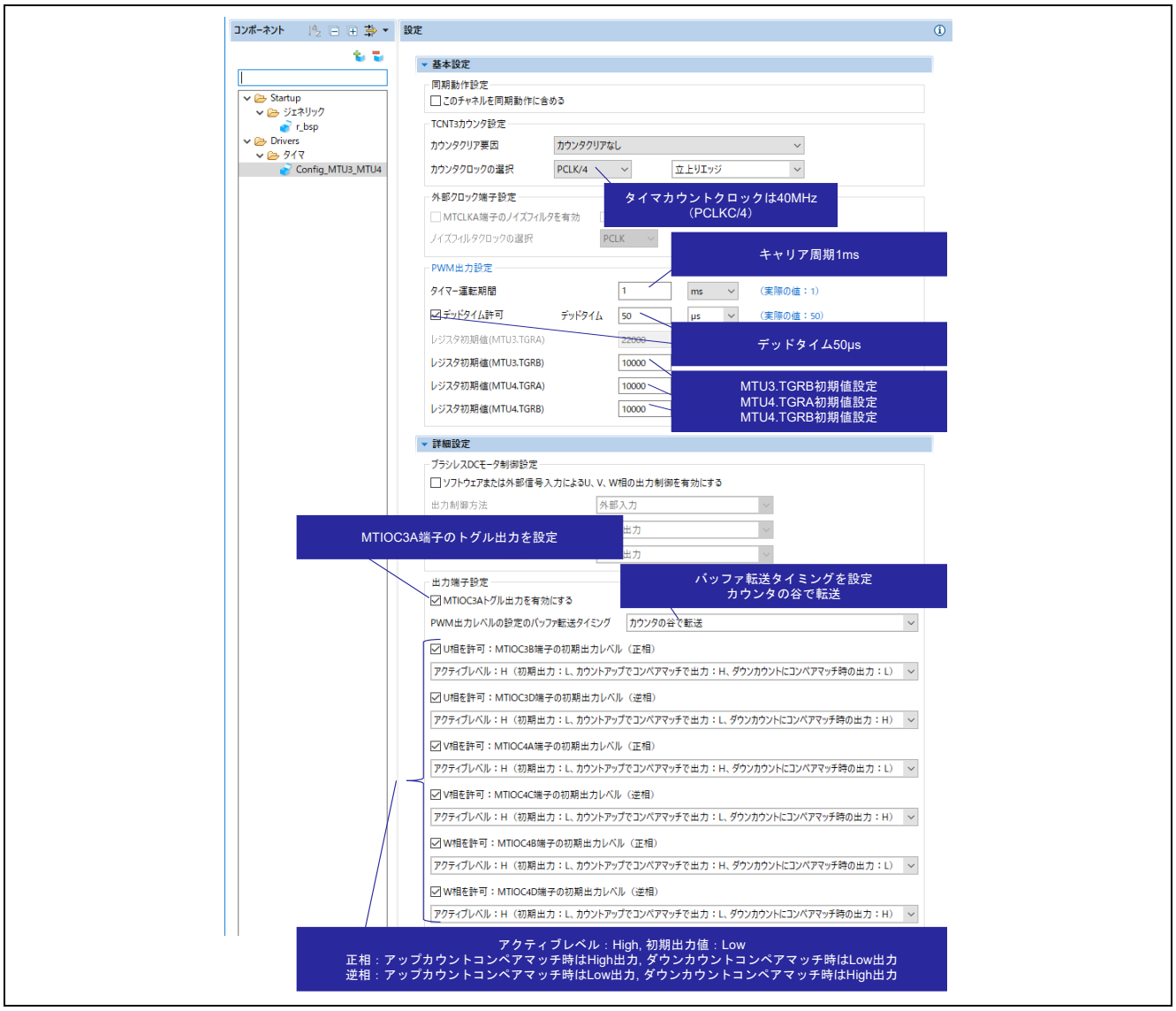


図 3-101　MTU3, MTU4 の設定(1/2)

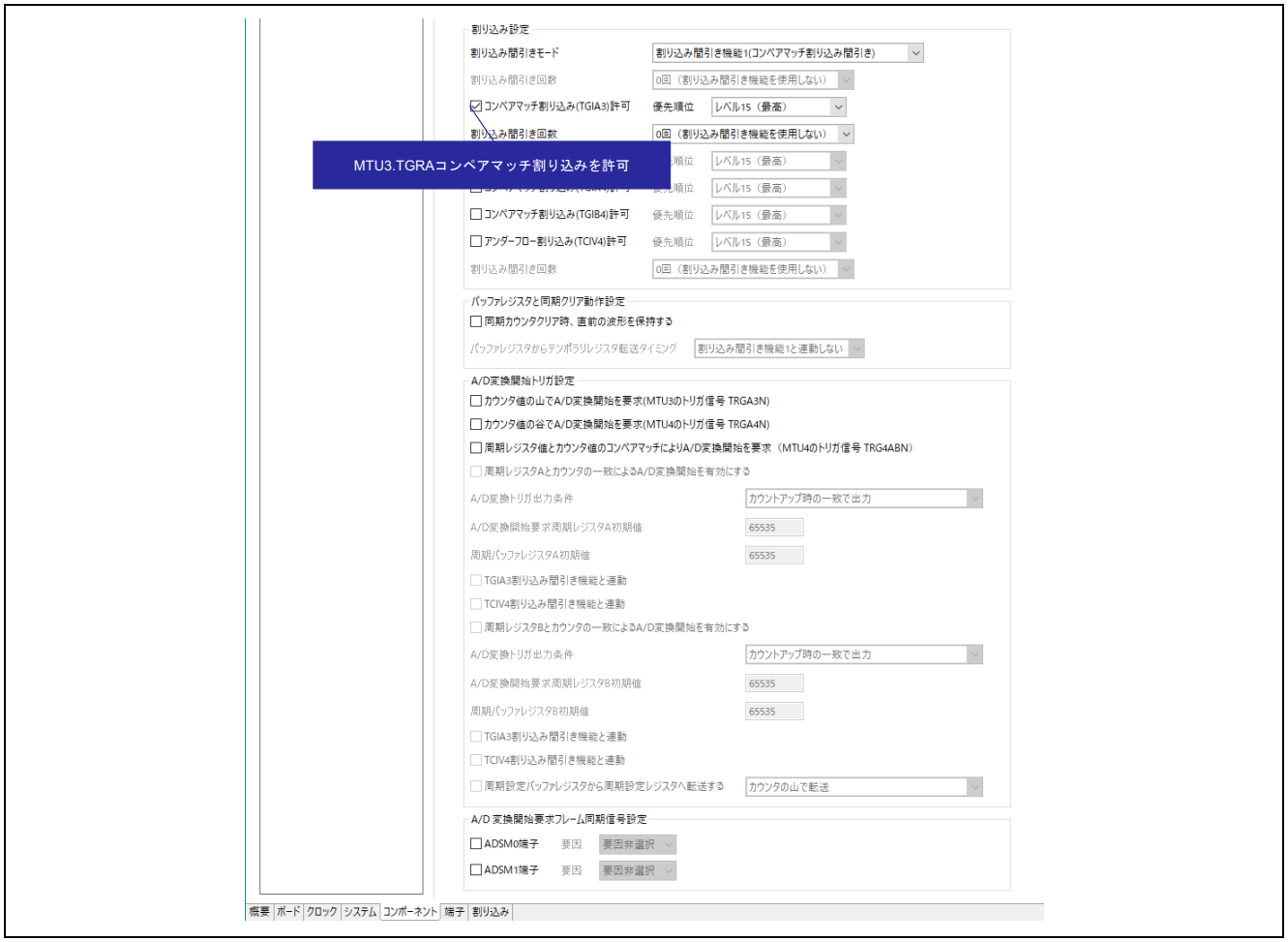


図 3-102　MTU3, MTU4 の設定(2/2)

3.14.4 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、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。

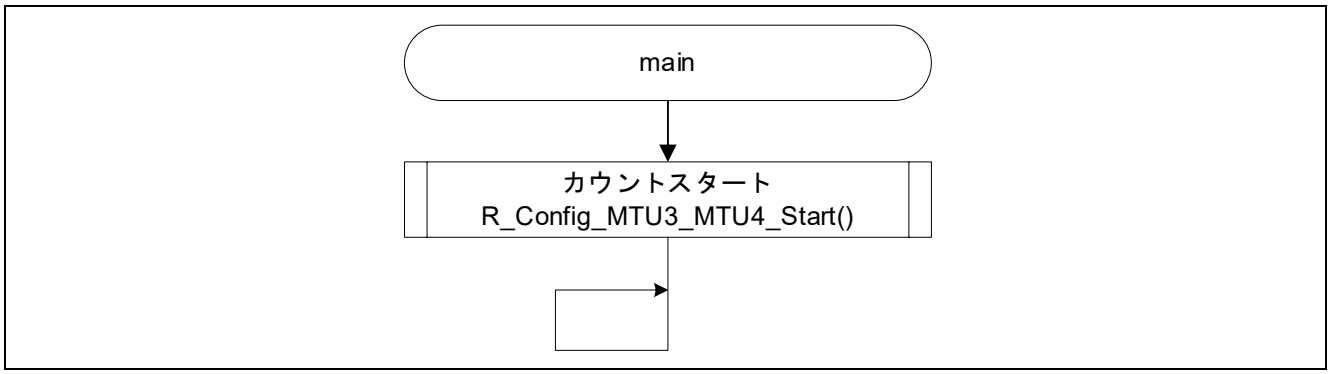


図 3-103　main 関数

main 関数より前に実行されるユーザ初期化関数 R_Config_MTU0_Create_UserInit で、変数の初期化を行います。本関数は、R_Config_MTU0_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　：デューティ比リストから読み出すためのカウンタ変数

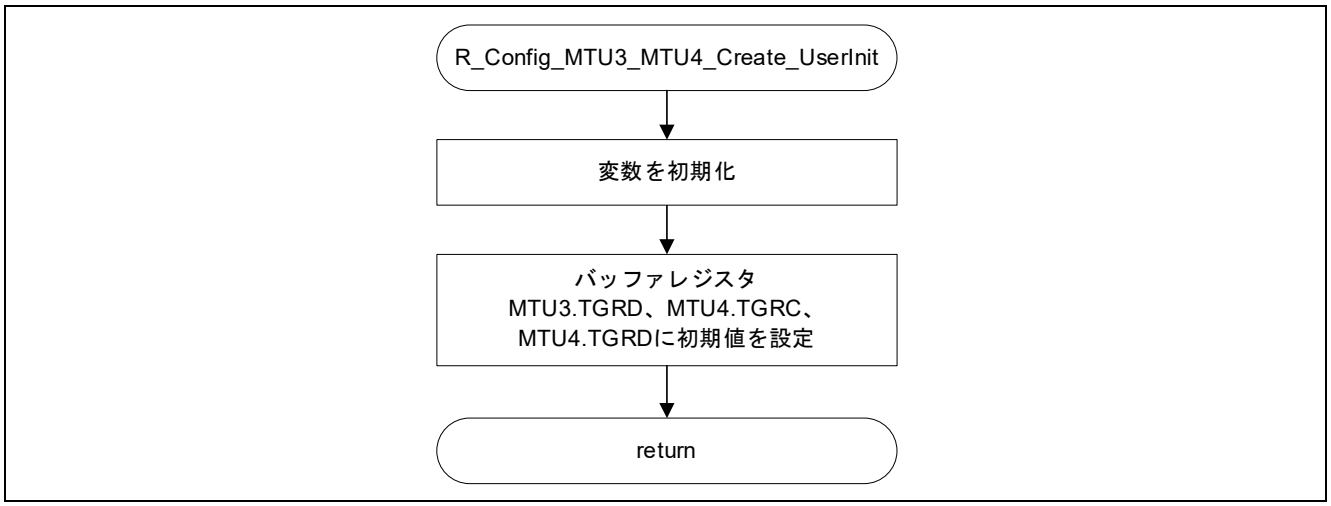


図 3-104　ユーザ初期化関数

TGIA3 割り込みハンドラ関数では、デューティ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、MTU4.TGRC、MTU4.TGRD）の値を変更します。

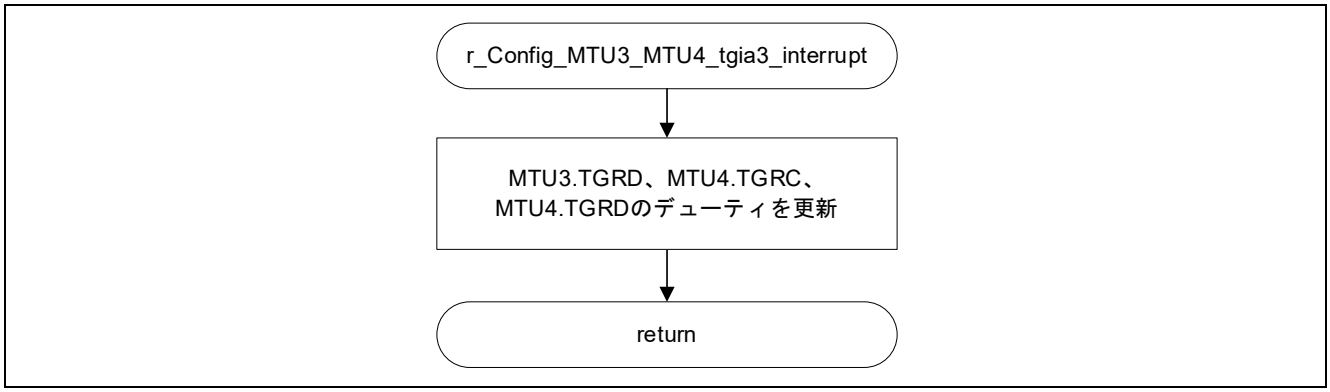


図 3-105　TGIA3 割り込みハンドラ関数

3.14.5 注意事項

3.14.5.1 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。

3.14.5.2 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。

3.14.5.3 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（TCDRA、TCDRB）、デューティ設定レジスタ（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。

3.14.5.4 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。TIOR 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。

また、デッドタイムを生成しない場合、TOER レジスタで逆相側の出力のみを許可、正相側の出力を禁止とすると、逆相側は出力されません。

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「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。

3.15 相補 PWM モードデューティ 0%と 100%

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_mtu3_complementary_pwm_0to100.zip

3.15.1 概要

MTU の相補 PWM モードを使用し、デッドタイム付きの 3 相相補 PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードでは相補 PWM モード 2（谷で転送）を使用し、デューティ 0%と 100%の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。

TCNT カウンタのオーバフロー発生時にバッファレジスタからテンポラリレジスタへ転送し、アンダフロー発生時にテンポラリレジスタからコンペアレジスタへ転送することで、デューティ比を変更することを基本動作としています。バッファレジスタの書き換えは、周期レジスタ MTU3.TGRA のコンペアマッチ発生時に行っています。

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 2(谷で転送)を使用
- チャネル 3、チャネル 4 を使用
- キャリア周期は 1ms
- デッドタイムは 50μs
- 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）
  — MTIOC3A 端子のトグル出力設定
- バッファ転送タイミングを設定
  — カウンタの谷で転送
- 初期出力値は Low、アクティブレベルは High
- MTU3.TGRB を U 相のデューティ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
- MTU4.TGRA を V 相のデューティ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
- MTU4.TGRB を W 相のデューティ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
  — MTU4.TGRC を MTU4.TGRA の
  バッファレジスタとして使用
  — MTU4.TGRD を MTU4.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 3-107 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 3.15.3 を参照してください

- 周期ごとにデューティを変更
  — MTU3.TGRA コンペアマッチ割り込みでデューティを変更
  — デューティの変更タイミングの詳細は図 3-107 を参照

本サンプルコードにおける相補 PWM モード出力を以下に示します。

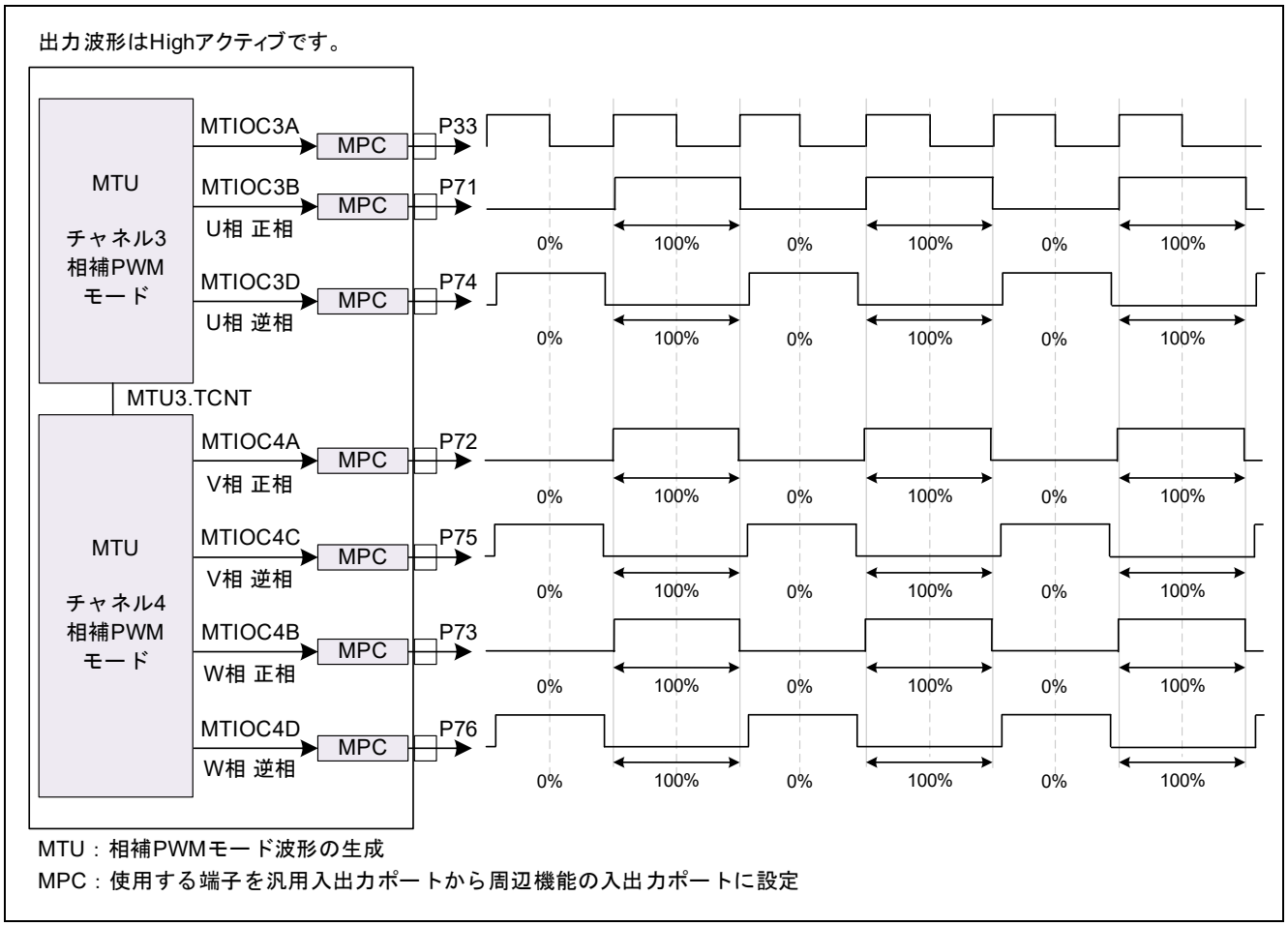


図 3-106　相補 PWM モード出力

3.15.2 動作詳細

本サンプルコードの動作を図 3-107 に示します。周期ごとにデューティ比 0%と 100%を交互に変更するため、MTU3.TCNT の上限値を設定しているレジスタ MTU3.TGRA のコンペアマッチ割り込み（TGIA3）で、バッファレジスタ（MTU3.TGRD、MTU4.TGRC、MTU4.TGRD）の値を書き換えます（図 3-107 ①）。

初期出力は、TOCR2A の OLS1P、OLS1N、OLS2P、OLS2N、OLS3P、OLS3N ビットの設定に従い、正相出力、逆相出力ともに OFF になります。MTU3.TMDR1 で相補 PWM モードを設定してから MTU4.TCNT が TDDRA レジスタ値より大きくなるまで出力されます（図 3-107 ②）。

- デューティ 0%の出力

  デューティ 0%を出力する場合、コンペアレジスタの値を MTU3.TGRA と同じ値にするため、バッファレジスタは MTU3.TGRA と同じ値を設定します。

  逆相の ON 期間は、正相の OFF 期間に対しデッドタイム分短くなります。

  以下に示すコンペアマッチ a, b, c, d が発生しますが、波形は変化しません。正相は Low を、逆相は High を保持します（図 3-107 ③）。

  — c ではコンペアレジスタとカウンタレジスタとのコンペアマッチが発生し、正相が OFF になりますが、OFF から OFF のため波形は変化しません。

  — a および d では逆相出力を ON/OFF にするコンペアマッチが同時に発生しますが、同じ相を ON/OFF にするコンペアマッチが同時に発生すると、両方のコンペアマッチは無視されるため波形は変化しません。

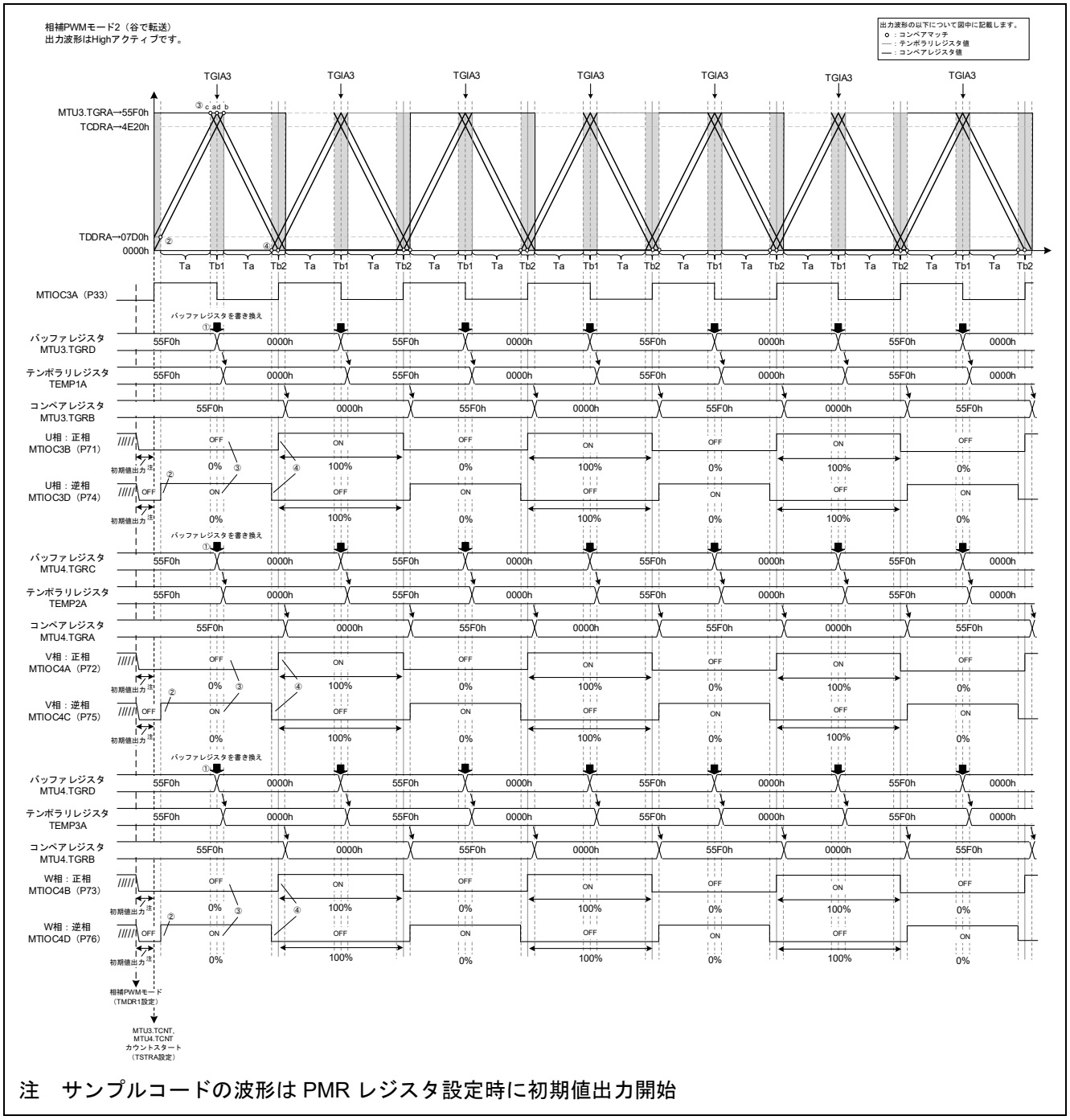
  — b では同区間中に、OFF にするコンペアマッチ c が発生しているため、b は無視され波形は変化しません。

- デューティ 100%の出力

  デューティ 100%を出力する場合、コンペアレジスタの値を”0000h”にするため、1 周期前のバッファレジスタ書き換えタイミングで”0000h”を設定します。

  Tb2 区間にコンペアレジスタとテンポラリレジスタが有効となり、テンポラリレジスタとカウンタレジスタとのコンペアマッチが発生し正相は High、逆相は Low になります（図 3-107 ④）。

  逆相の OFF 期間は、正相の ON 期間に対しデッドタイム分長くなります。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-107　サンプルコードの動作

3.15.3 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 3-18　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 2(谷で転送)
リソース	MTU3_MTU4

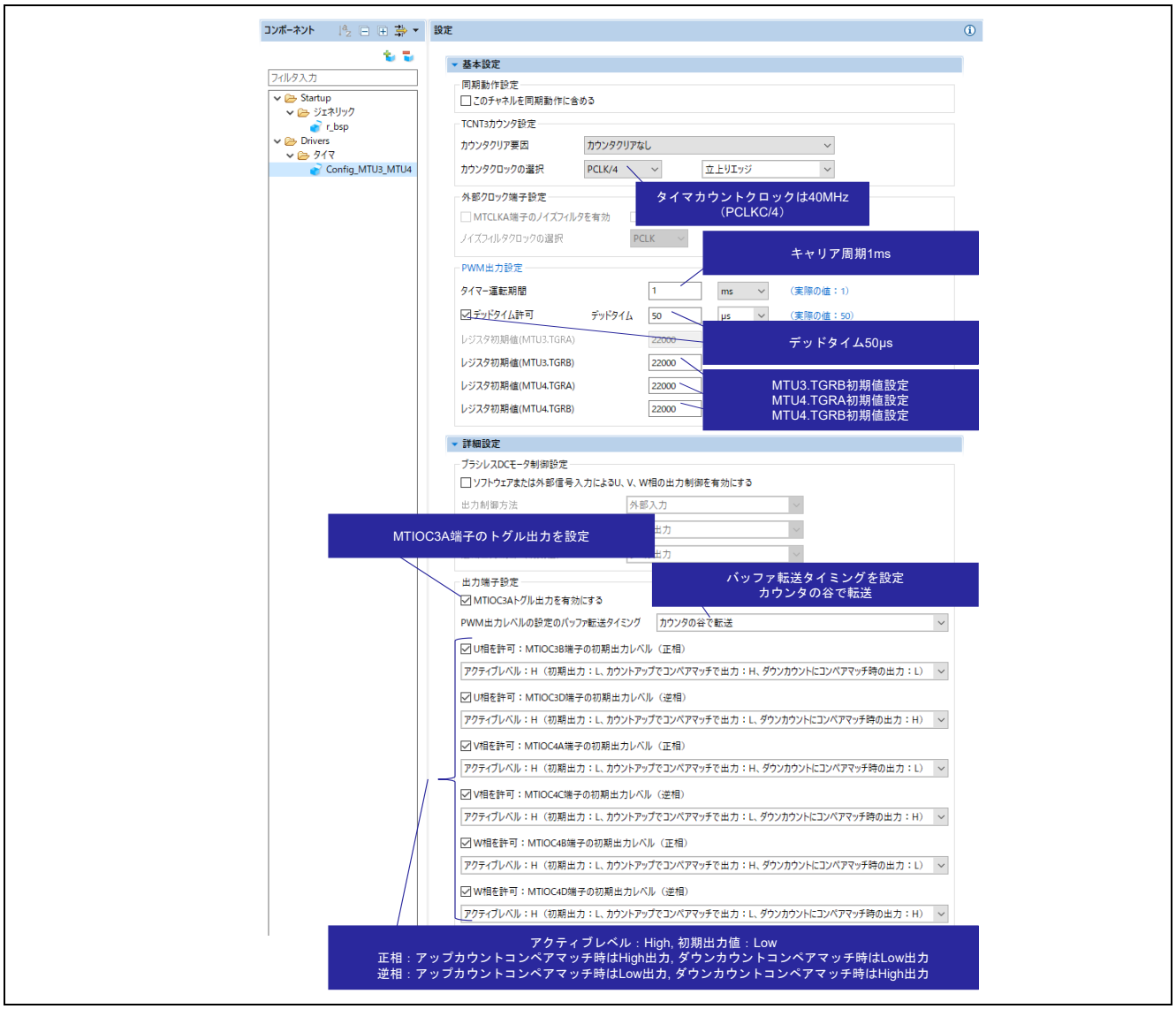


図 3-108　MTU3, MTU4 の設定(1/2)

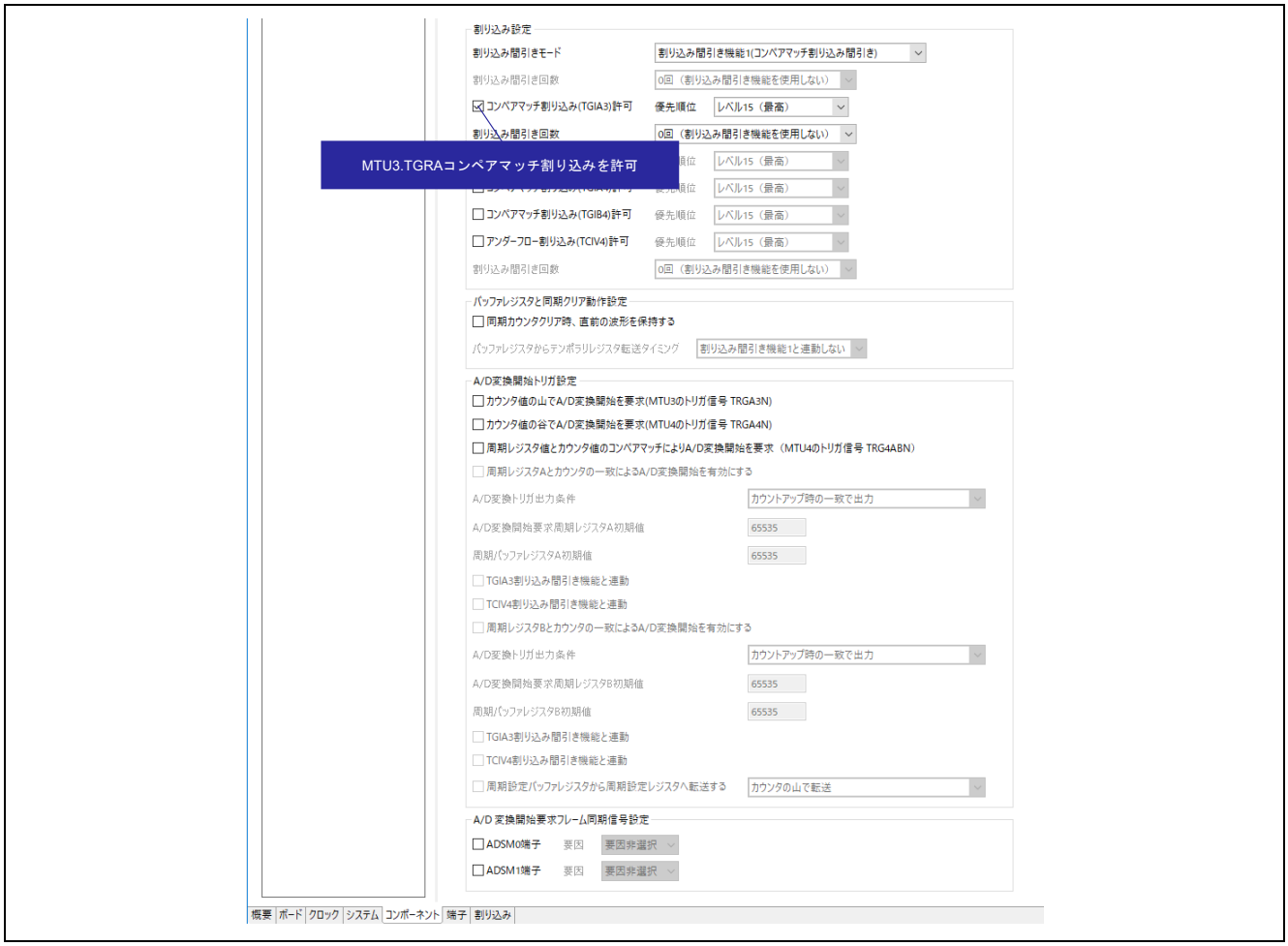


図 3-109　MTU3, MTU4 の設定(2/2)

3.15.4 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、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。

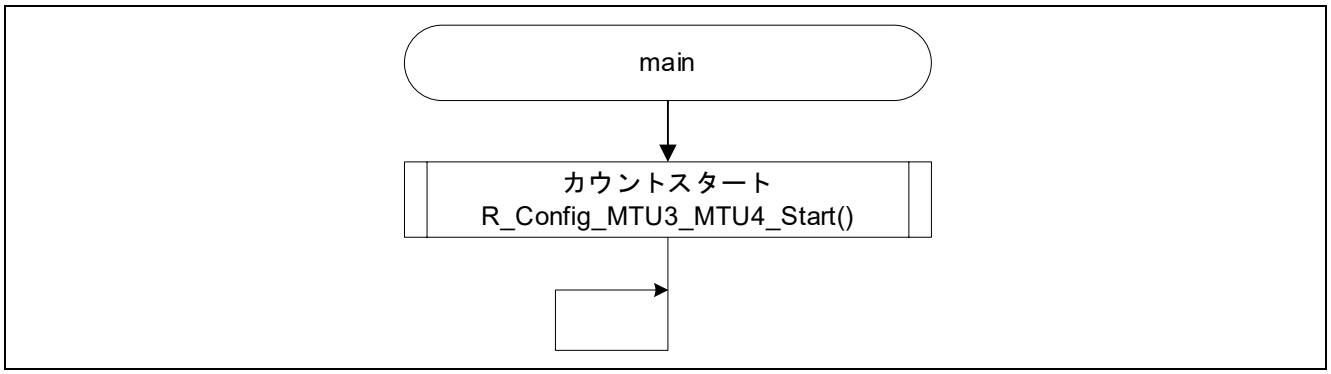


図 3-110　main 関数

TGIA3 割り込みハンドラ関数では、バッファレジスタ（MTU3.TGRD、MTU4.TGRC、MTU4.TGRD）に設定したデューティ比に応じて、次に設定するバッファレジスタの値を変更します。

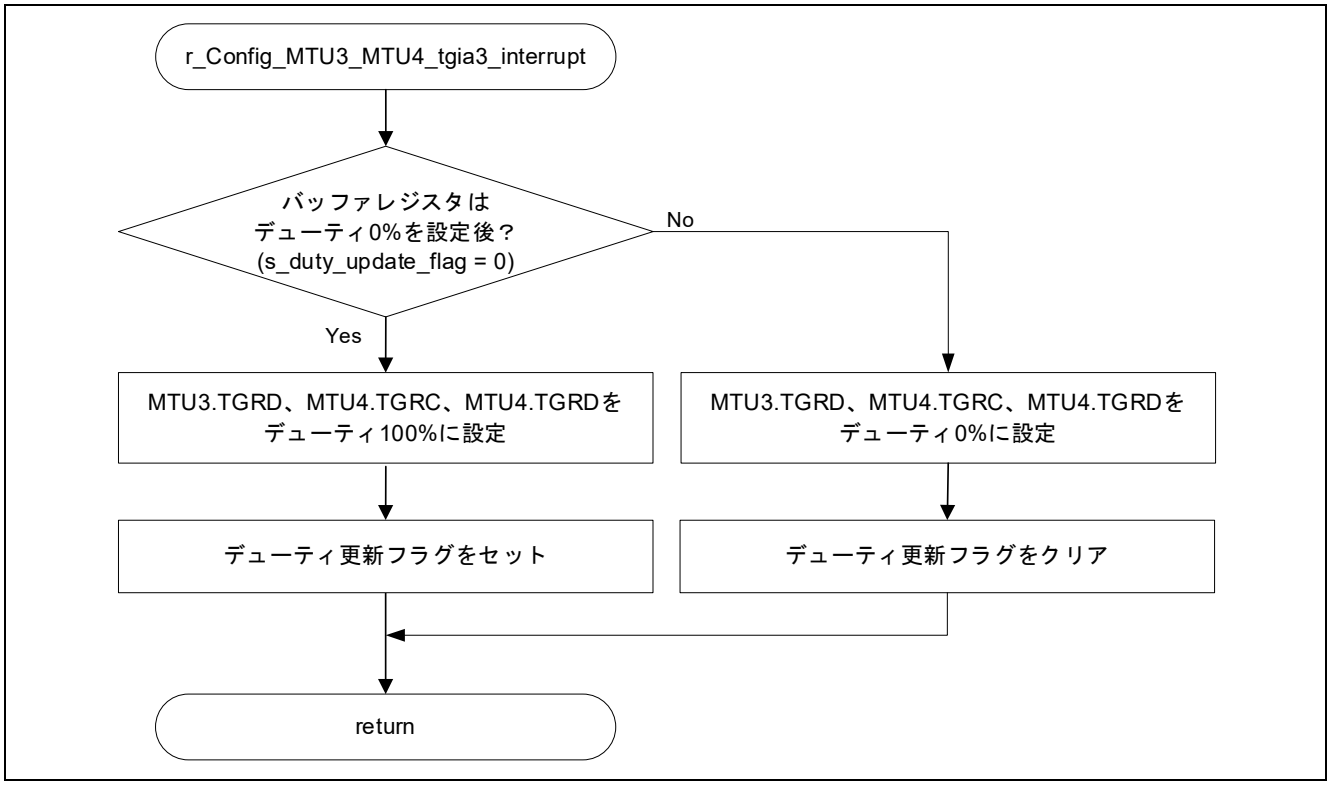


図 3-111　TGIA3 割り込みハンドラ関数

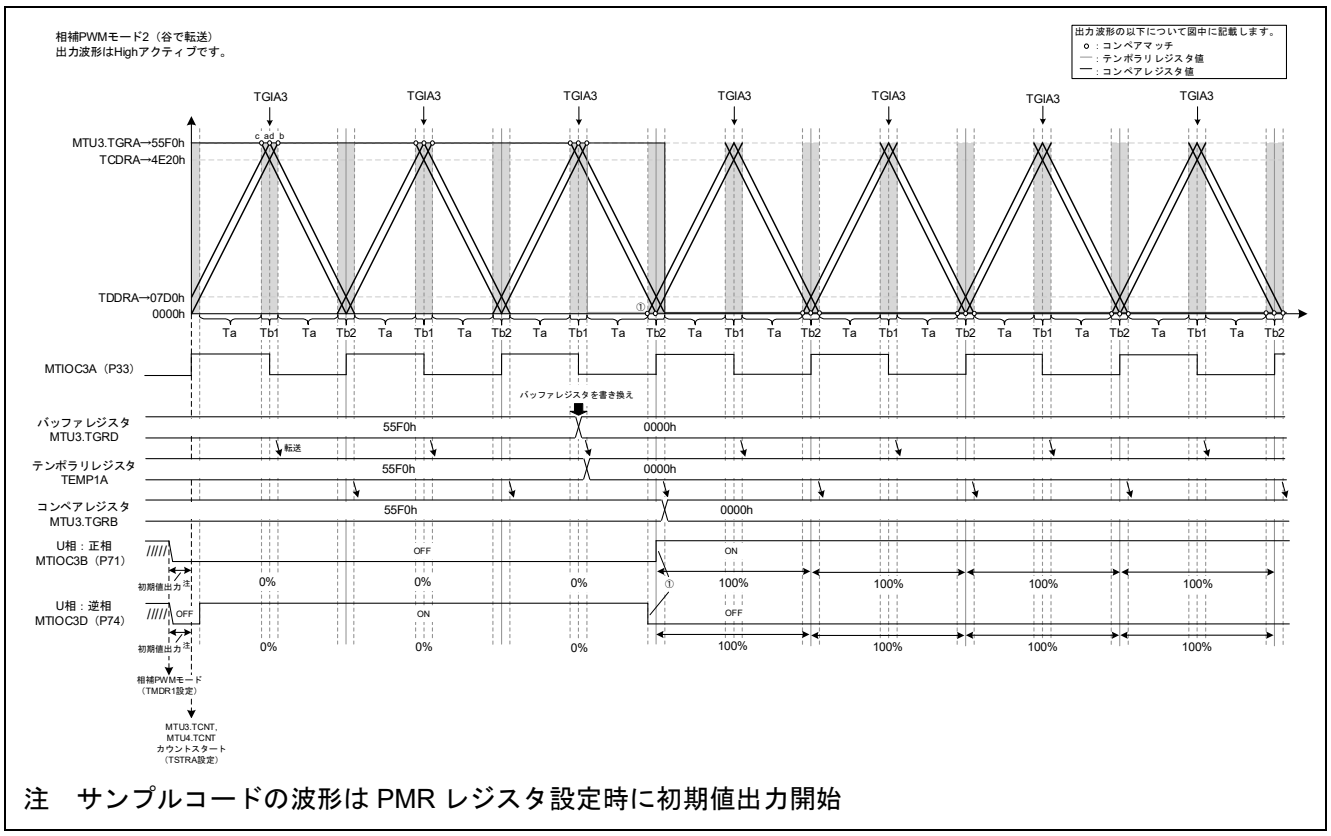
3.15.5 関連動作

3.15.5.1 初期値 Low、デューティ 0%を維持後 100%に変更

デューティ 0%を数周期出力している状態から、デューティ 100%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

Tb2 区間にコンペアレジスタとテンポラリレジスタが有効となり、テンポラリレジスタとカウンタレジスタとのコンペアマッチが発生し、逆相出力が Low、その後、正相出力が High になります（下図 ①）。

逆相の OFF 期間は、正相の ON 期間に対しデッドタイム分長くなります。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

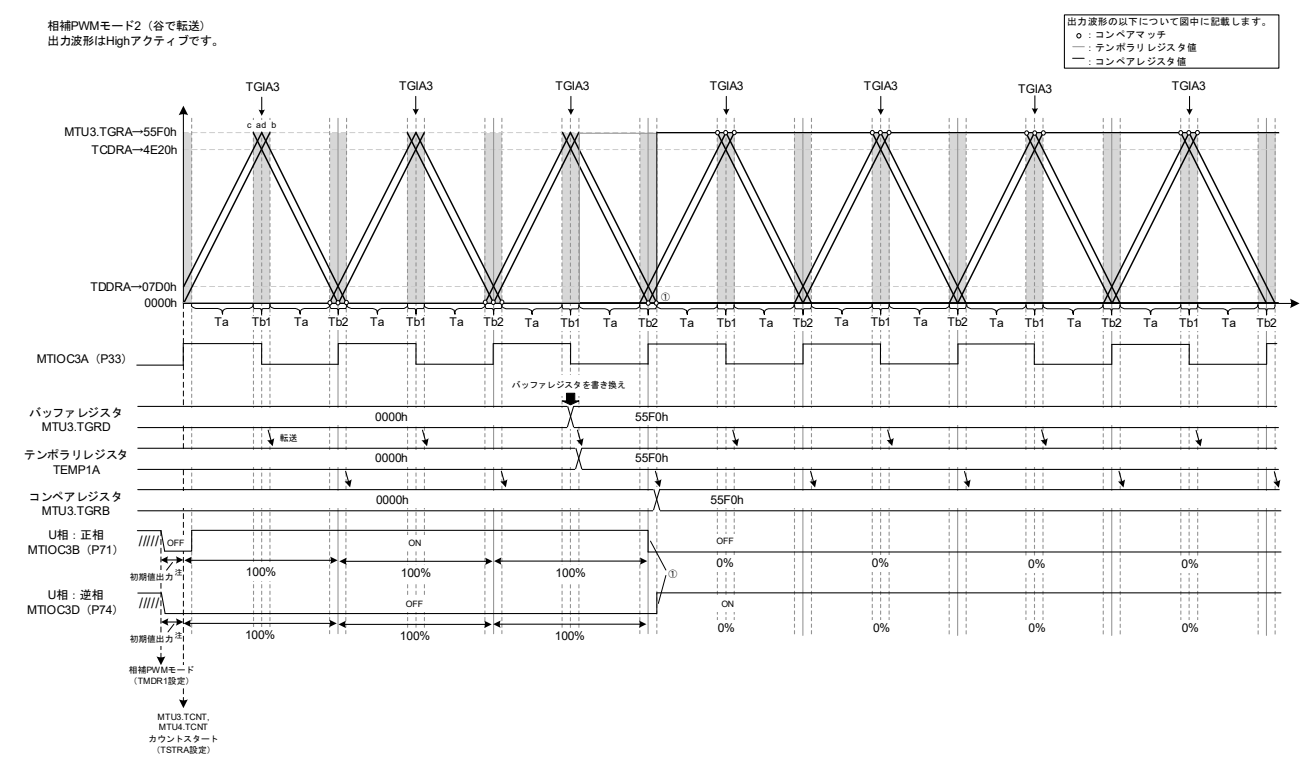
図 3-112　デューティ 0%を維持後 100%に変更

3.15.5.2 初期値 Low、デューティ 100%を維持後 0%に変更

デューティ 100%を数周期出力している状態から、デューティ 0%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

Tb2 区間にコンペアレジスタとテンポラリレジスタが有効となり、コンペアレジスタとカウンタレジスタとのコンペアマッチが発生し、正相出力が Low、その後、逆相出力が High になります（下図 ①）。

逆相の ON 期間は、正相の OFF 期間に対しデッドタイム分短くなります。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

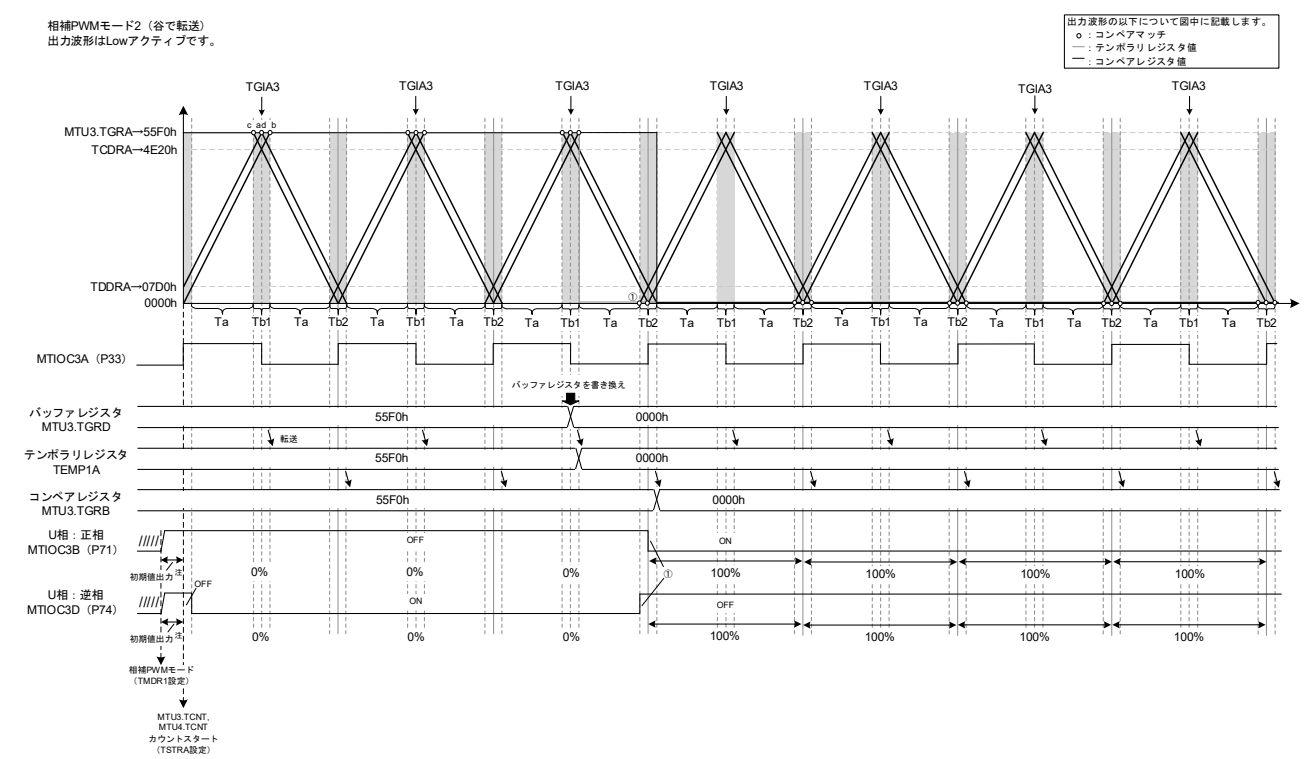
図 3-113　デューティ 100%を維持後 0%に変更

3.15.5.3 初期値 High、デューティ 0%を維持後 100%に変更

デューティ 0%を数周期出力している状態から、デューティ 100%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

Tb2 区間にコンペアレジスタとテンポラリレジスタが有効となり、テンポラリレジスタとカウンタレジスタとのコンペアマッチが発生し、逆相出力が High、その後、正相出力が Low になります（下図 ①）。

逆相の OFF 期間は、正相の ON 期間に対しデッドタイム分長くなります。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-114　デューティ 0%を維持後 100%に変更

初期値を High にするためには、各端子の「初期出力レベル」の「アクティブレベル：L」に設定してください。相補 PWM モードでは初期出力を High にする場合、アクティブレベルは Low 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「22.2.23 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。

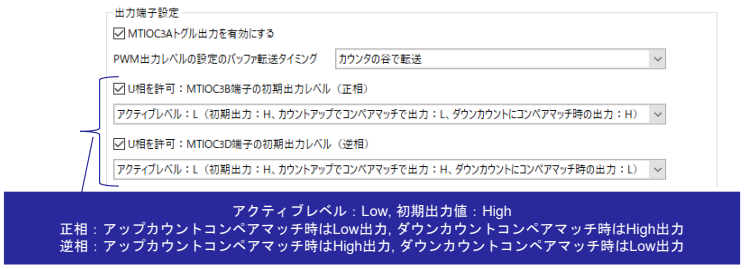


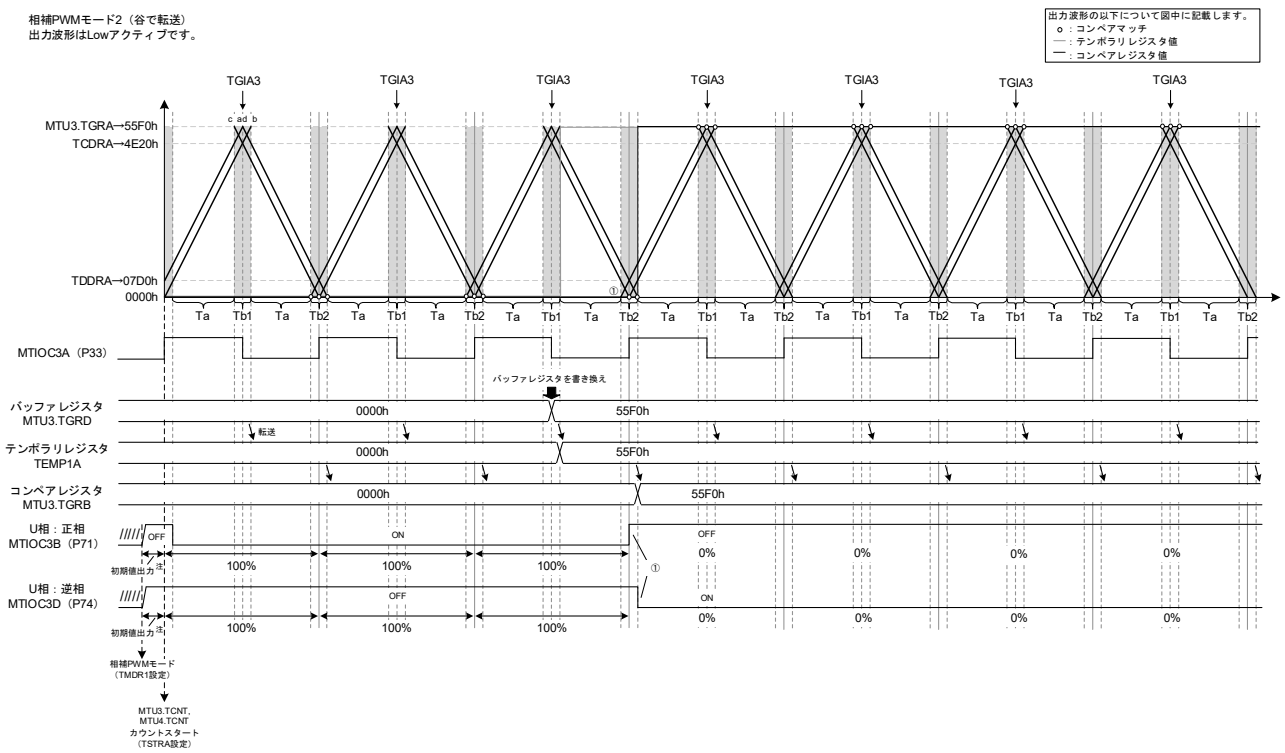
図 3-115　初期値 High にするためのスマート・コンフィグレータの設定

3.15.5.4 初期値 High、デューティ 100%を維持後 0%に変更

デューティ 100%を数周期出力している状態から、デューティ 0%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

Tb2 区間にコンペアレジスタとテンポラリレジスタが有効となり、コンペアレジスタとカウンタレジスタとのコンペアマッチが発生し、正相出力が High、その後、逆相出力が Low になります（下図 ①）。

逆相の ON 期間は、正相の OFF 期間に対しデッドタイム分短くなります。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 3-116　デューティ 100%を維持後 0%に変更

初期値を High にするためには、各端子の「初期出力レベル」の「アクティブレベル：L」に設定してください。詳細は、図 3-115 を参照してください。

3.15.6 注意事項

3.15.6.1 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。

3.15.6.2 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。

3.15.6.3 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（TCDRA、TCDRB）、デューティ設定レジスタ（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。

3.15.6.4 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。TIOR 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。

また、デッドタイムを生成しない場合、TOER レジスタで逆相側の出力のみを許可、正相側の出力を禁止とすると、逆相側は出力されません。

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「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。デューティ比について記載がないものは、80%→60%→40%→20%→･･･を繰り返す波形を出力します。

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(1/2)

名称	内容	参照
のこぎり波 PWM モード r01an5995_rx66t_gptw_sawtooth_pwm.zip	のこぎり波 PWM モードを使用 TCNT オーバフロー発生時にバッファ転送し、2 相の PWM 波形を出力	4.2
のこぎり波ワンショットパルス	のこぎり波ワンショットパルスモードを使用 TCNT オーバフローとコンペアマッチ発生時にバッファ転送し、1 相の相補 PWM 波形を出力	4.3
r01an5995_rx66t_gptw_sawtooth_1shotpls_dt.zip	デッドタイム自動設定機能を使用	4.3
r01an5995_rx66t_gptw_sawtooth_1shotpls.zip	デッドタイム自動設定機能を未使用	4.3.5.1
のこぎり波 PWM モード 3 相相補 r01an5995_rx66t_gptw_sawtooth_pwm_3phase.zip	のこぎり波 PWM モードを使用 デッドタイムなしの 3 相の相補 PWM 波形を出力 各相は 25%、50%、75%の固定デューティを出力	4.4
のこぎり波ワンショットパルス 3 相相補 r01an5995_rx66t_gptw_sawtooth_1shotpls_3phase_dt.zip	のこぎり波ワンショットパルスモードを使用 TCNT オーバフローとコンペアマッチ発生時にバッファ転送し、3 相の相補 PWM 波形を出力 出力デューティ：20%→40%→60%→80%→60%→･･･	4.5
三角波 PWM モード 1	三角波 PWM モード 1（谷 32 ビット転送）を使用 バッファによる左右対称の 3 相の相補 PWM 波形を出力 出力デューティ：20%→40%→60%→80%→60%→･･･	4.6
r01an5995_rx66t_gptw_triangle_pwm1_dt.zip	デッドタイム自動設定機能を使用	4.6
r01an5995_rx66t_gptw_triangle_pwm1.zip	デッドタイム自動設定機能を未使用	4.6.5.3
三角波 PWM モード 2	三角波 PWM モード 2（山と谷 32 ビット転送）を使用 バッファによる左右非対称の 3 相の相補 PWM 波形を出力 出力デューティ：20%→40%→60%→80%→60%→･･･	4.7
r01an5995_rx66t_gptw_triangle_pwm2_dt.zip	デッドタイム自動設定機能を使用	4.7
r01an5995_rx66t_gptw_triangle_pwm2.zip	デッドタイム自動設定機能を未使用	4.7.5.3
三角波 PWM モード 3	三角波 PWM モード 3（谷 64 ビット転送）を使用 ダブルバッファによる左右非対称の 3 相の相補 PWM 波形を出力 出力デューティ：20%→40%→60%→80%→60%→･･･	4.8
r01an5995_rx66t_gptw_triangle_pwm3_dt.zip	デッドタイム自動設定機能を使用	4.8
r01an5995_rx66t_gptw_triangle_pwm3.zip	デッドタイム自動設定機能を未使用	4.8.5.3
のこぎり波 PWM モード デューティ 0%～100% r01an5995_rx66t_gptw_sawtooth_pwm_50to100.zip	のこぎり波 PWM モードを使用 デューティ 0%と 100%を含む PWM 波形を出力 出力デューティ：50%→80%→100%→80%→50%→0%→･･･	4.9
のこぎり波ワンショットパルス デューティ 0%～100% r01an5995_rx66t_gptw_sawtooth_1shotpls_50to100.zip	のこぎり波ワンショットパルスモードを使用 デューティ 0%と 100%を含む PWM 波形を出力 出力デューティ：50%→80%→100%→80%→50%→0%→･･･	4.10

表 4-2　GPTW サンプルコード一覧(2/2)

名称	内容	参照
のこぎり波 PWM モード デューティ 0%と 100% r01an5995_rx66t_gptw_sawtooth_pwm_0to100.zip	のこぎり波 PWM モードを使用 デューティ 0%と 100%を繰り返す PWM 波形を出力 出力デューティ：0%→100%→0%→100%→･･･	4.11
三角波 PWM モード 1 デューティ 0%～100% r01an5995_rx66t_gptw_triangle_pwm_50to100_dt.zip	三角波 PWM モード 1 を使用（谷 32 ビット転送） デューティ 0%と 100%を含む PWM 波形を出力 出力デューティ：50%→80%→100%→80%→50%→0%→･･･	4.12
三角波 PWM モード 1 デューティ 0%と 100% r01an5995_rx66t_gptw_triangle_pwm_0to100_dt.zip	三角波 PWM モード 1 を使用（谷 32 ビット転送） デューティ 0%と 100%を繰り返す PWM 波形を出力 出力デューティ：0%→100%→0%→100%→･･･	4.13

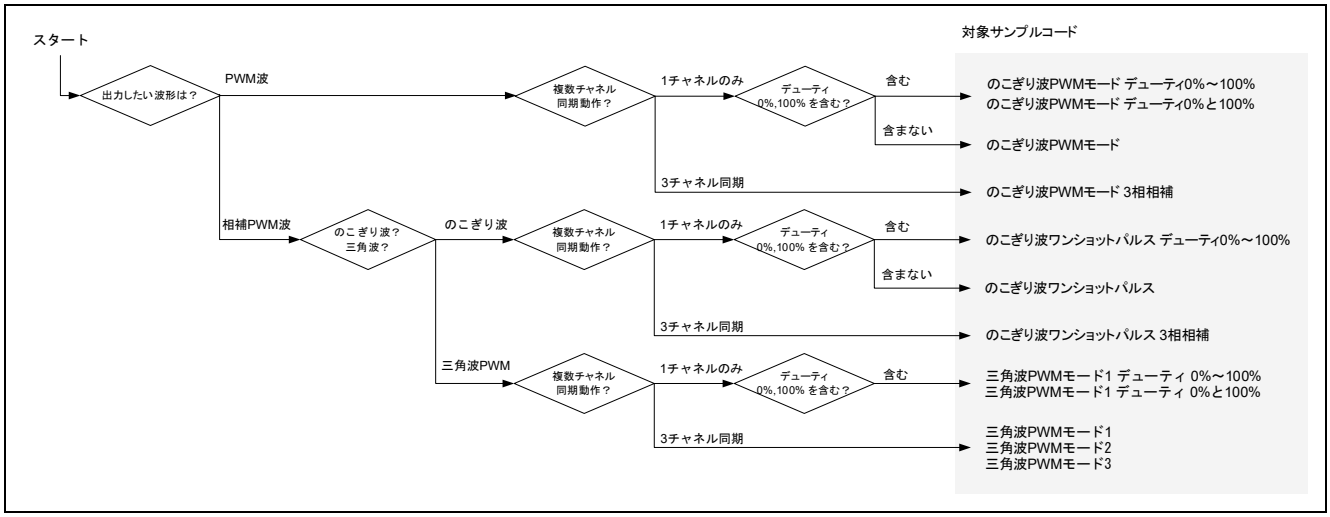


図 4-1　目的別サンプルコード

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。

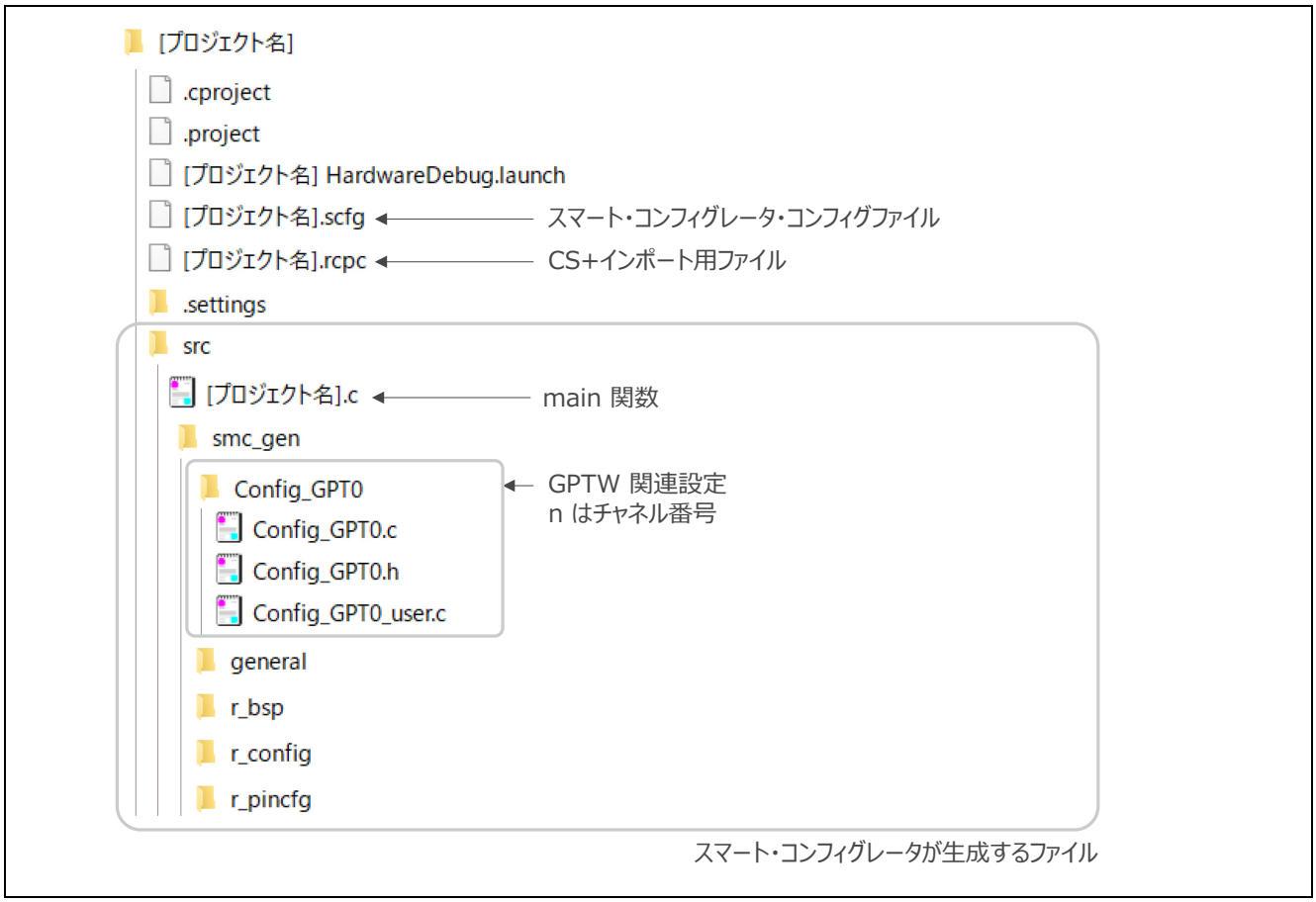


図 4-2　GPTW フォルダ構成

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 4-3　GPTW ファイル構成

ファイル名	内容
[プロジェクト名].c	main 関数 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※	R_Config_GPTn_Create 関数 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。
	R_Config_GPTn_Start 関数 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。
	R_Config_GPTn_Stop 関数 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※	r_Config_GPTn_Create_UserInit 関数 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。
	r_Config_GPTn_[割り込み名]_interrupt 関数 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 4-4 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（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）

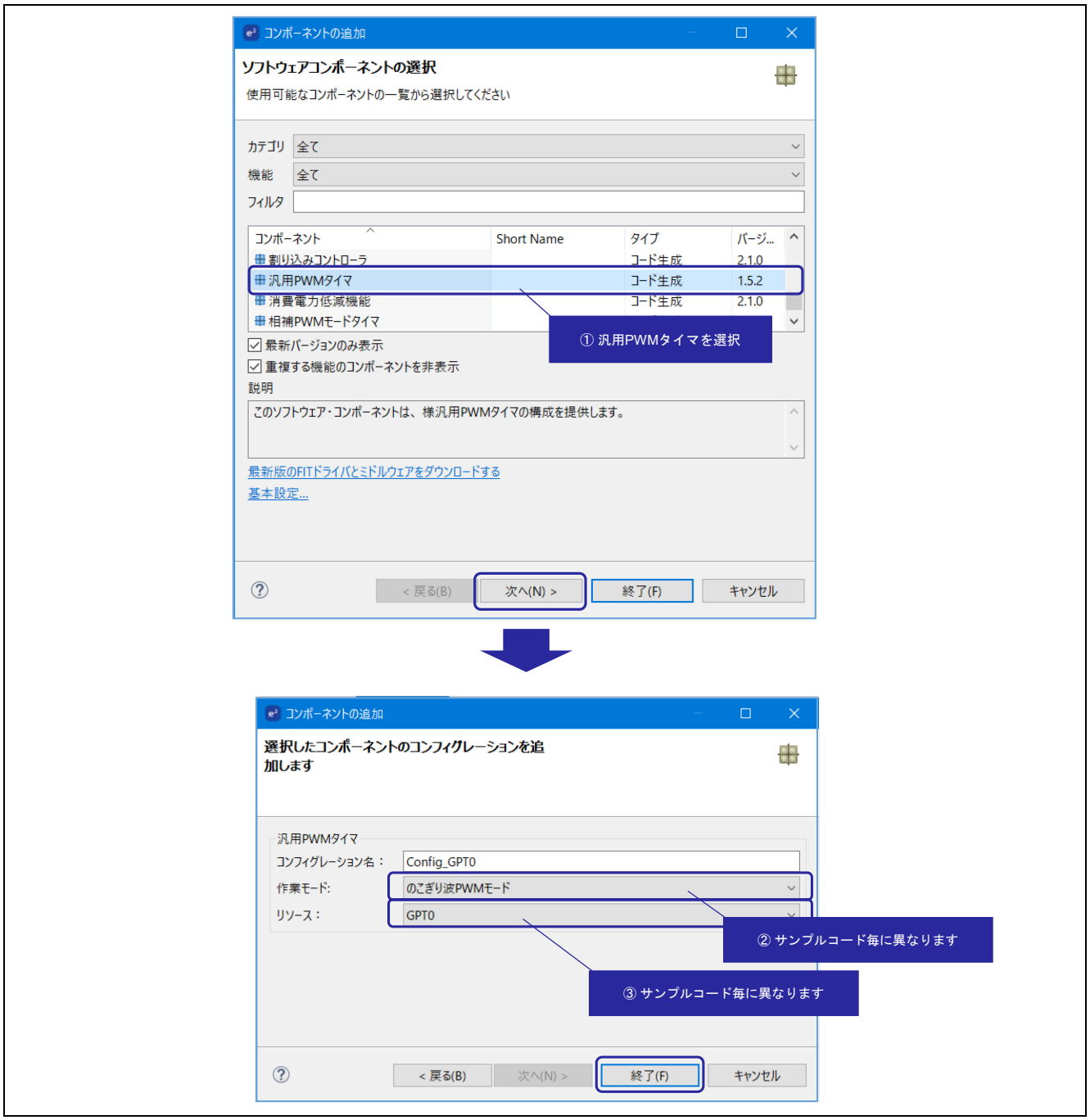


図 4-3 コンポーネントに追加

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 4-4 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。

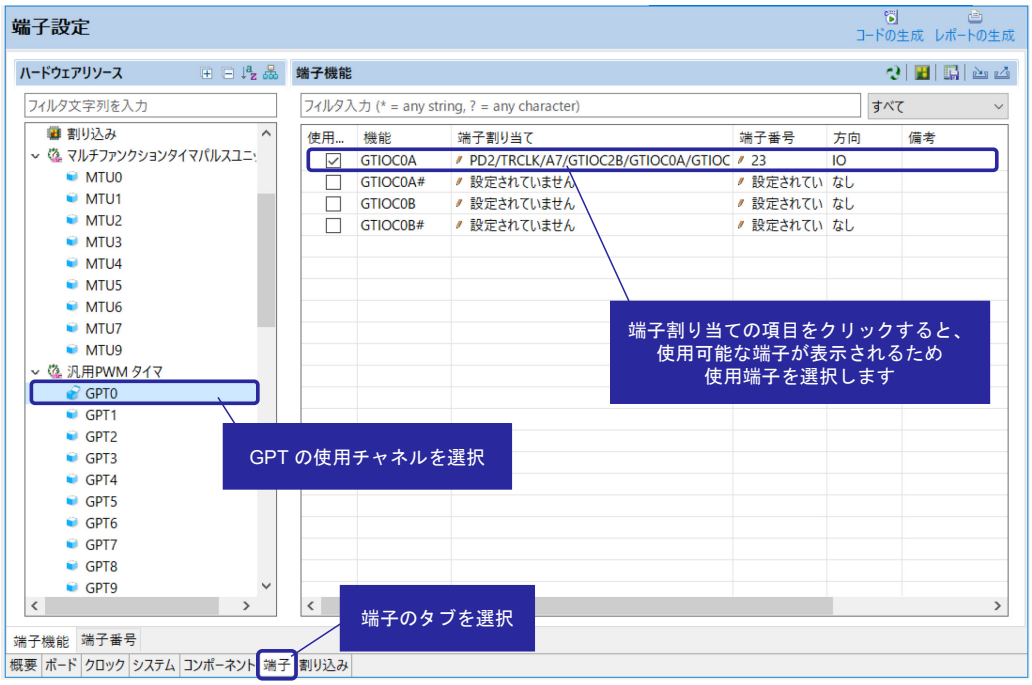


図 4-4　端子設定

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 4-5 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。

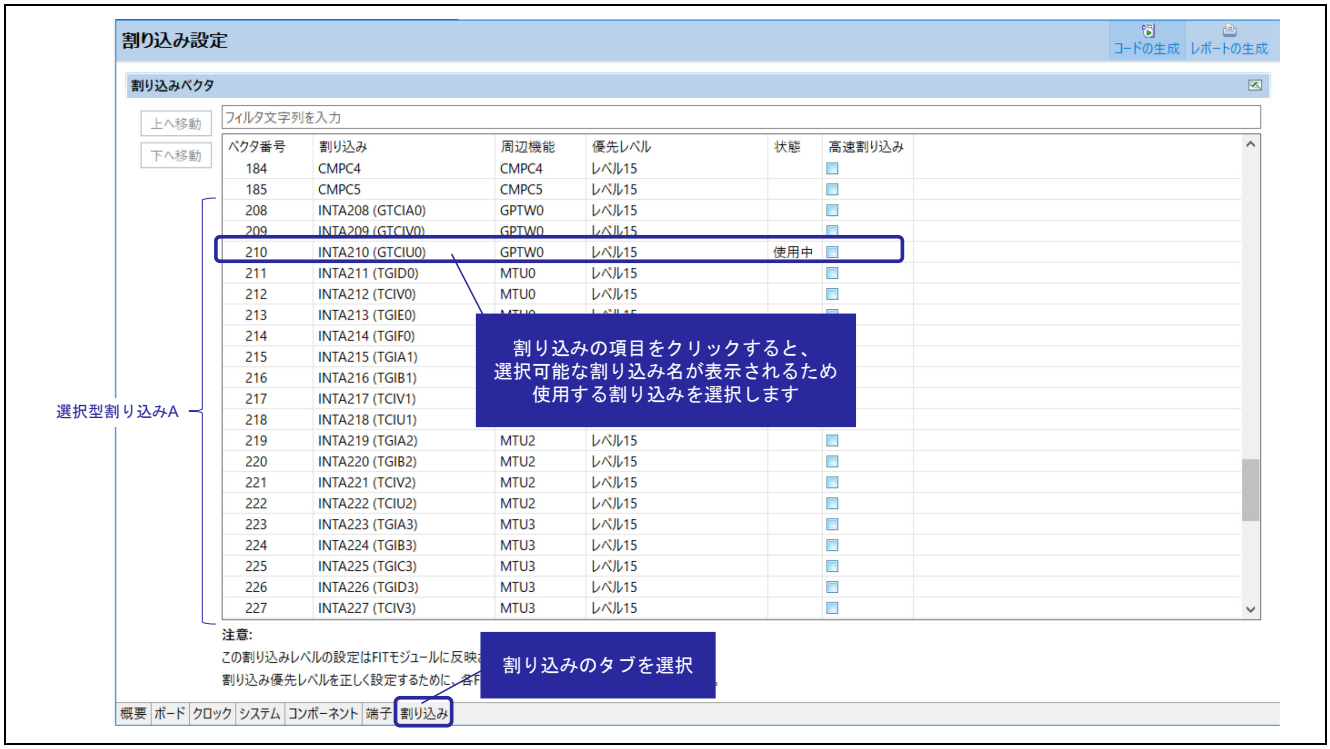


図 4-5　割り込み設定

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。

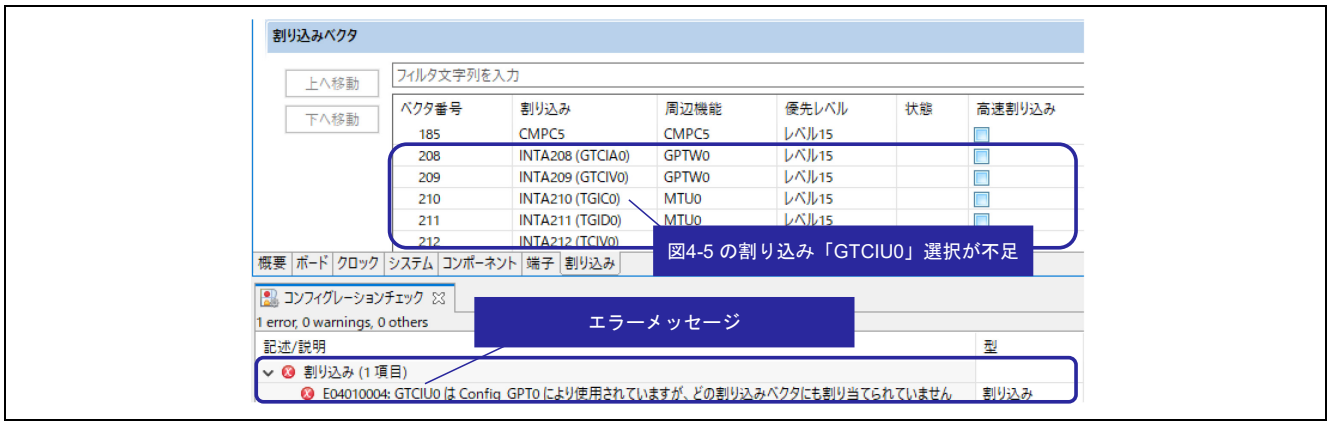


図 4-6　割り込み設定（割り込み選択の不足）

4.2　のこぎり波 PWM モード

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_gptw_sawtooth_pwm.zip

4.2.1　概要

GPTW ののこぎり波 PWM モードを使用し、GTCCR レジスタの設定によりデューティ 0%～100%の PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードではのこぎり波 PWM モードを使用し、デューティ 80% → 60% → 40% → 20% → 80% → ･･･ の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。バッファレジスタ GTCCRC、GTCCRE を使用し、オーバフロー発生時に GTCCRC、GTCCRE の値をコンペアレジスタ GTCCRA、GTCCRB へ転送することで、デューティ比を変更します。

以下に、サンプルコードが使用する GPTW の設定を示します。

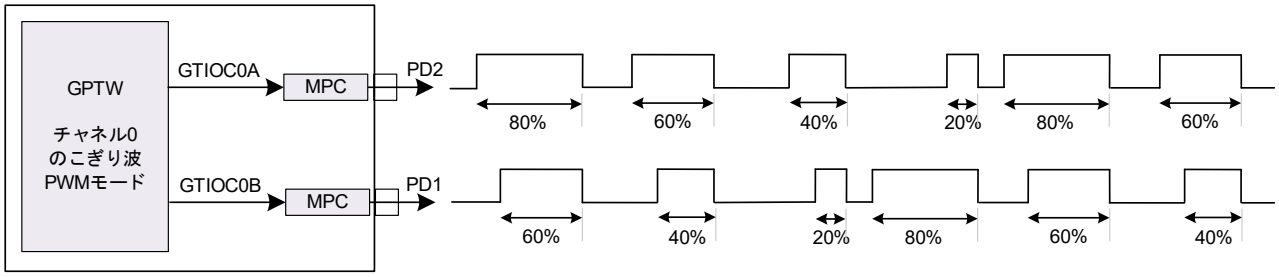
- のこぎり波 PWM モードを使用
- チャネル 0 を使用
- キャリア周期は 1ms
- タイマカウントクロックは 160MHz（PCLKC/1）
- GTPR を周期レジスタとして使用
  - カウント方向はアップカウント
  - カウンタ初期値は 0
- GTCCRA をデューティ出力のコンペアマッチとして使用
  - GTIOC0A 端子を PWM 出力端子として設定
  - カウント開始時は Low 出力
  - GTCCRA コンペアマッチで High 出力
  - 周期の終わりで Low 出力
- GTCCRB をデューティ出力のコンペアマッチとして使用
  - GTIOC0B 端子を PWM 出力端子として設定
  - カウント開始時は Low 出力
  - GTCCRB コンペアマッチで High 出力
  - 周期の終わりで Low 出力
- バッファレジスタを使用
  - GTCCRC は GTCCRA のバッファレジスタ
  - GTCCRE は GTCCRB のバッファレジスタ
- ソフトウェア要因カウントスタートを許可

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

- 周期ごとにデューティを変更
  - GTCNT カウンタのオーバフロー割り込みでデューティを変更
  - デューティの変更タイミングの詳細は図 4-8 を参照

本サンプルコードにおけるのこぎり波 PWM モード出力を以下に示します。

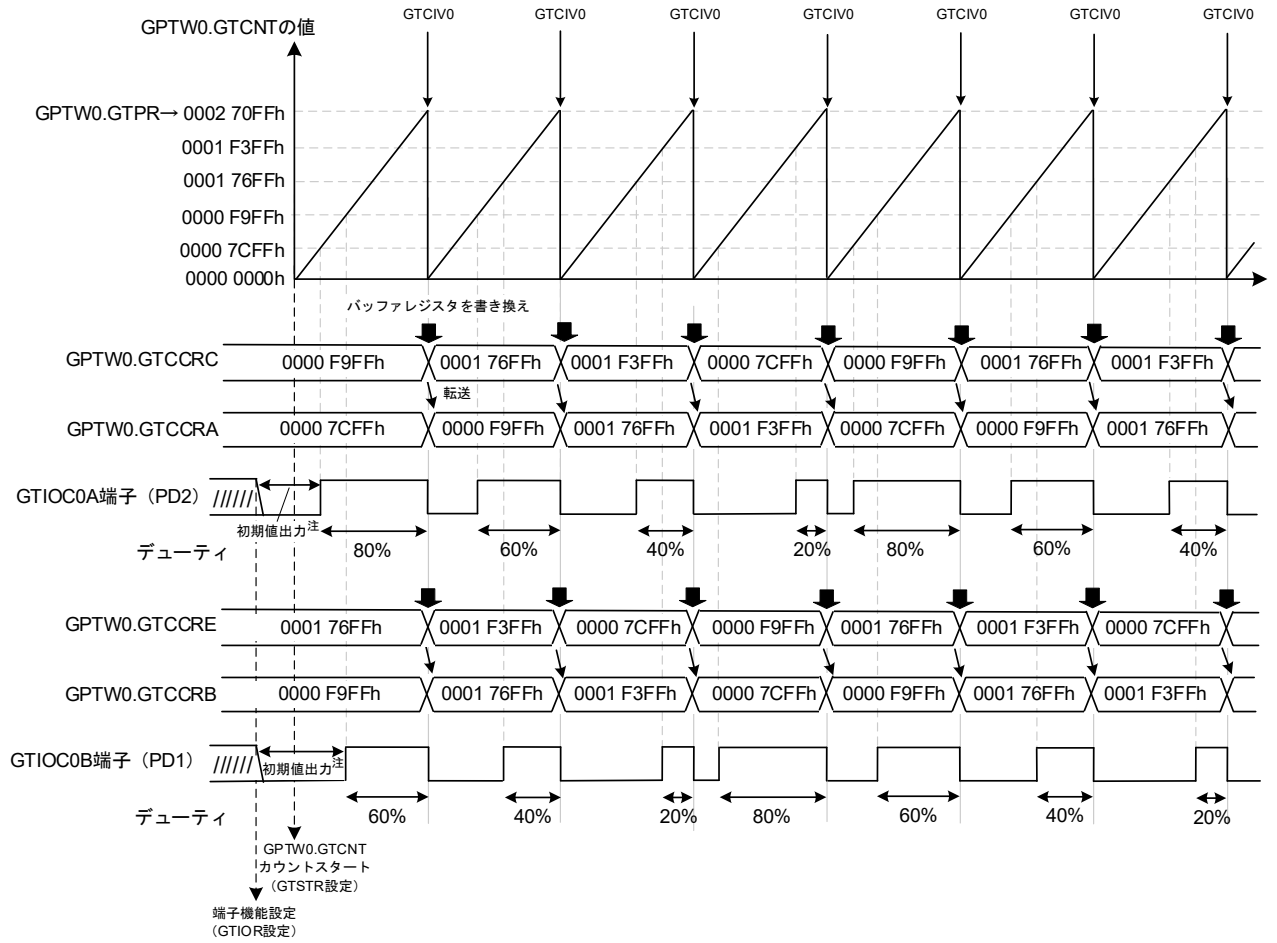


GPTW：のこぎり波PWMモード波形の生成
MPC：使用する端子を汎用入出力ポートから周辺機能の入出力ポートに設定

図 4-7　のこぎり波 PWM モード出力

4.2.2　動作詳細

本サンプルコードの動作を図 4-8 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、GTCNT カウンタのオーバフロー割り込み（GTCIV0）でバッファレジスタ GTCCRC、GTCCRE の値を書き換えます。GTCCRC、GTCCRE の値は、GTCNT カウンタのオーバフロー発生時にコンペアレジスタ GTCCRA、GTCCRB へ転送されます。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-8　サンプルコードの動作

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 4-5　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	のこぎり波 PWM モード
リソース	GPT0

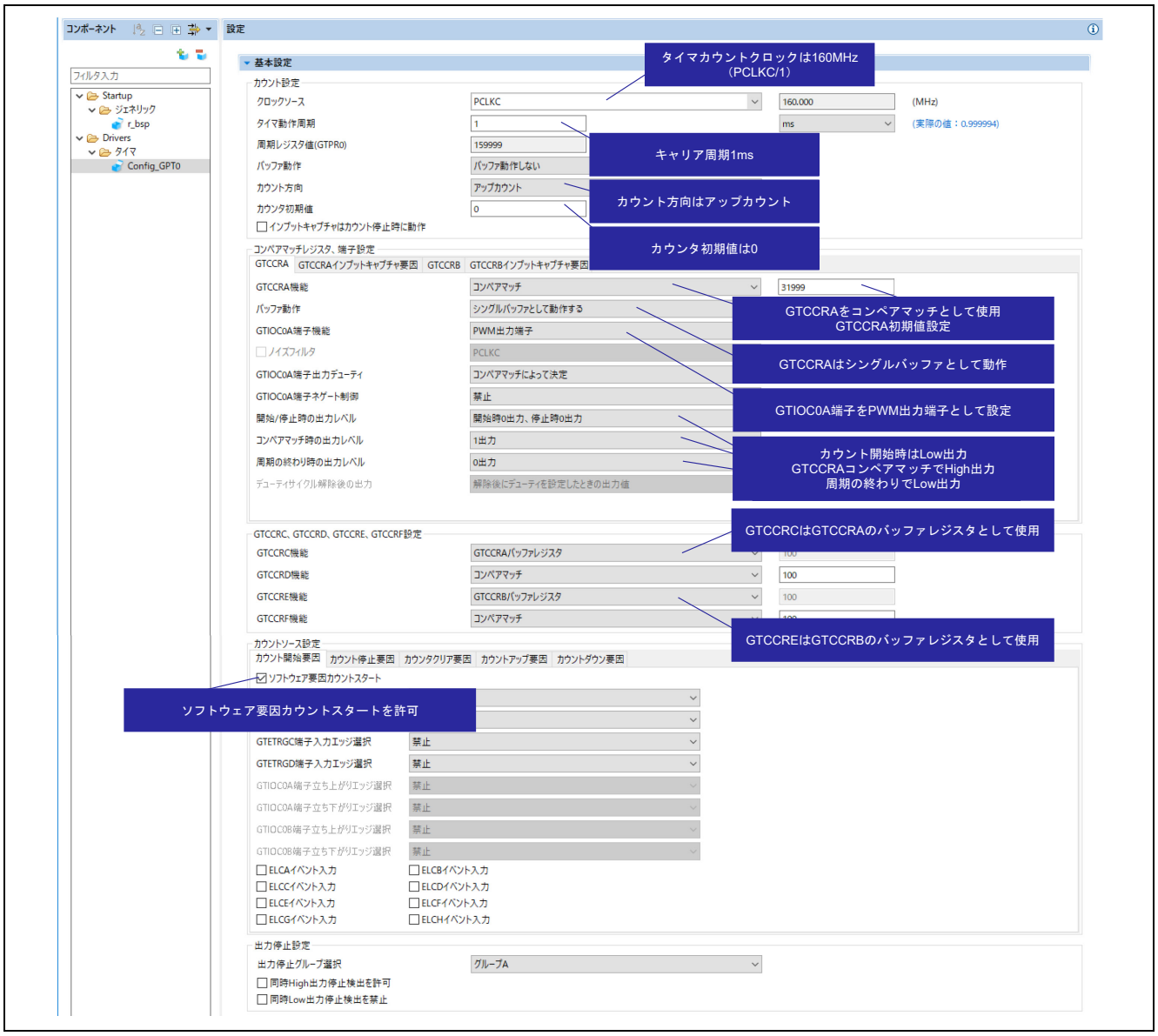


図 4-9　GPT0 の設定(1/2)

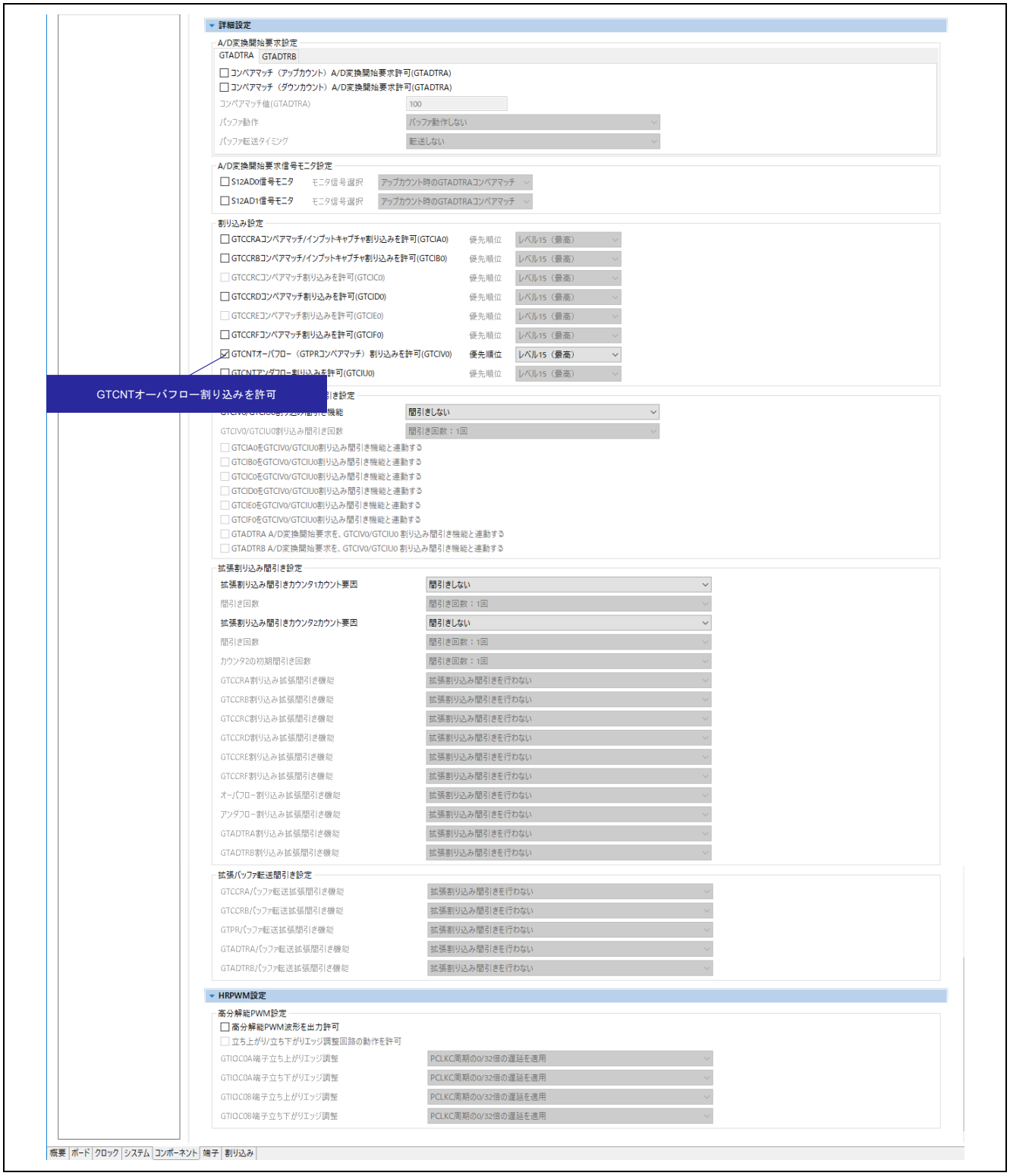


図 4-10　GPT0 の設定(2/2)

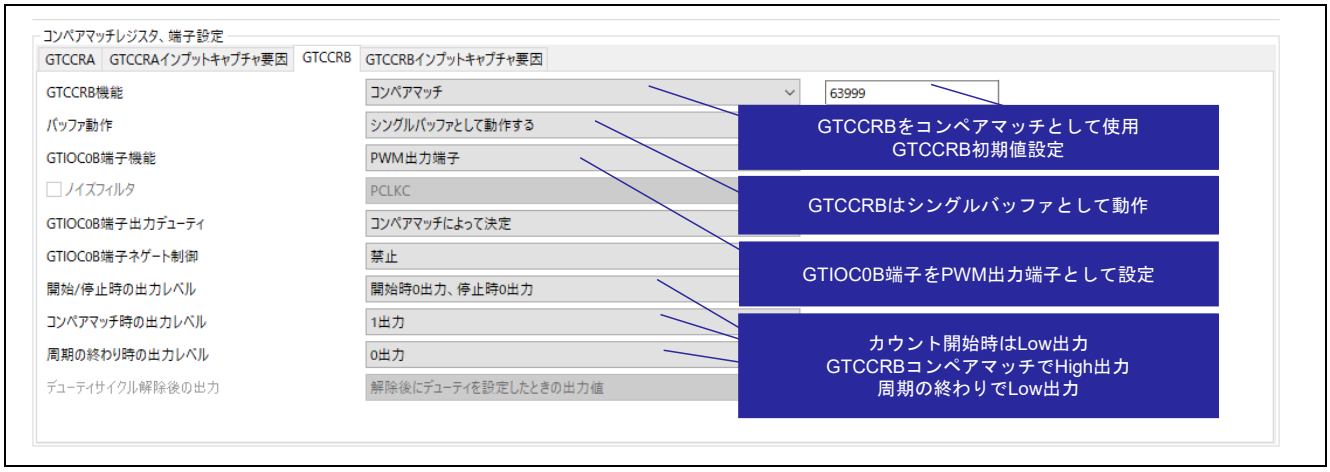


図 4-11　GPT0 の設定 GTCCRB のコンペアマッチレジスタ、端子設定

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。

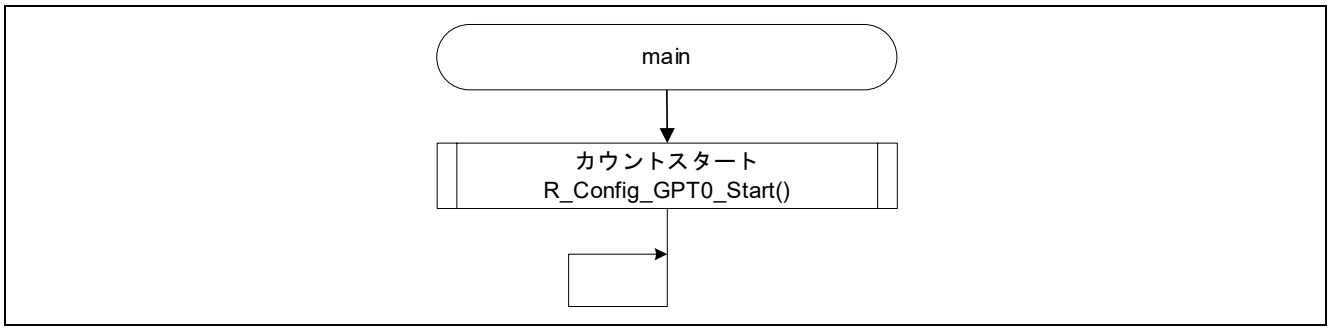


図 4-12　main 関数

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、バッファレジスタの初期値を設定します。本関数は、R_Config_GPT0_Create 関数内から呼び出されます。

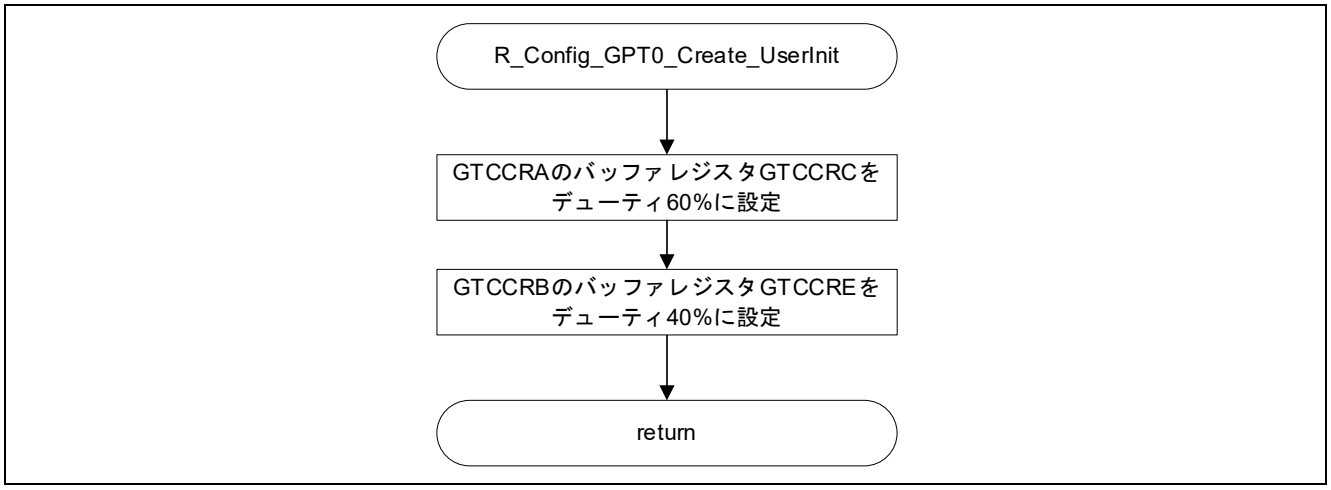


図 4-13　ユーザ初期化関数

GTCIV0 割り込みハンドラ関数では、バッファレジスタ GTCCRC、GTCCRE の値を現在のデューティ比に応じて、変更します。

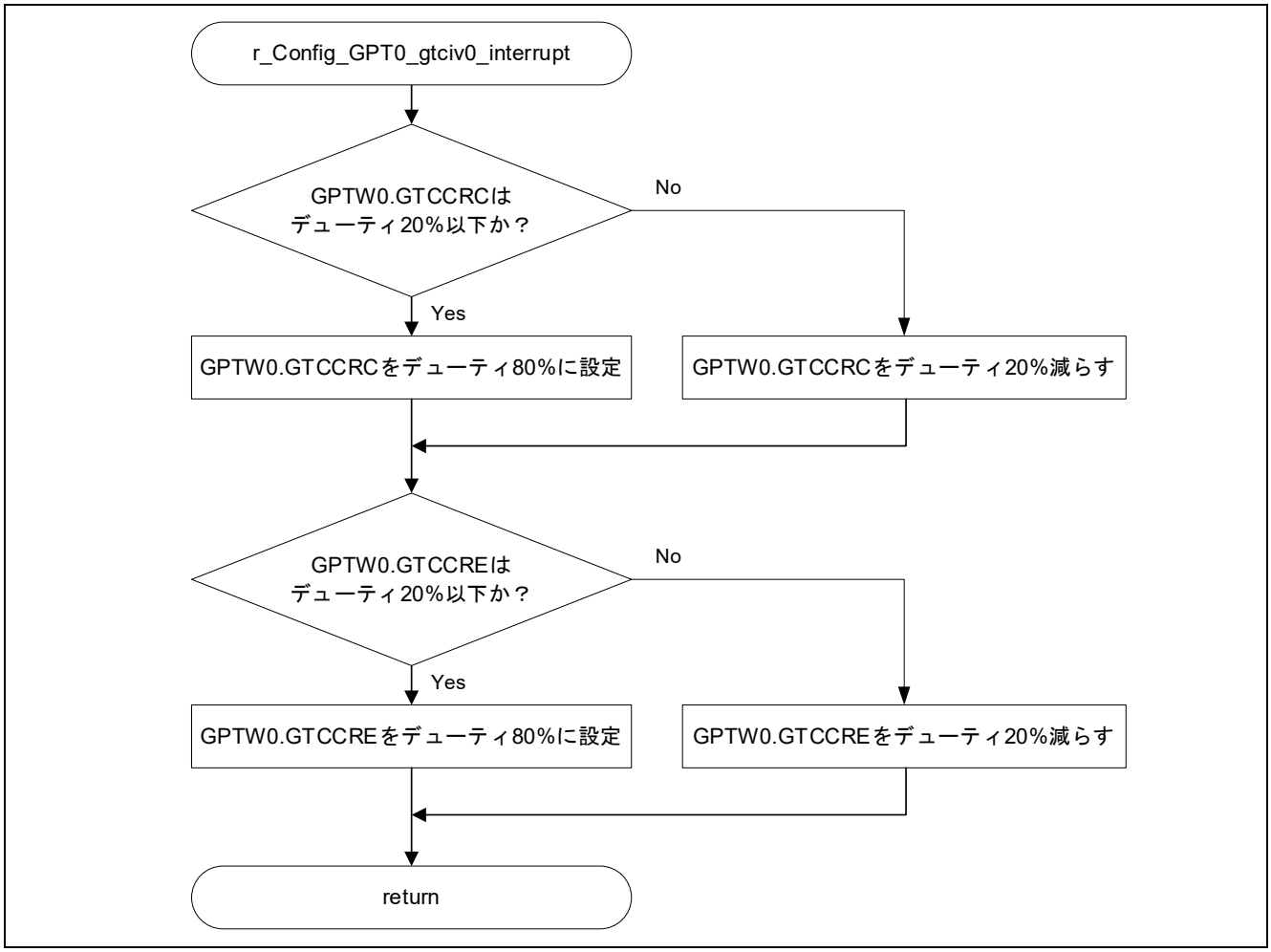


図 4-14　GTCIV0 割り込みハンドラ関数

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)

コンペアレジスタ GTCCRA、GTCCRB には、“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 レジスタと同じ値が設定された場合、周期内で発生するコンペアマッチは、コンペアレジスタの値が“0000 0000h”もしくは GTPR レジスタ値と一致したときのみ成立します。また、コンペアレジスタに GTPR レジスタ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、「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)　(5) のこぎり波 PWM モードの場合」を参照してください。

4.3　のこぎり波ワンショットパルス

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_gptw_sawtooth_1shotpls_dt.zip

4.3.1　概要

GPTW ののこぎり波ワンショットパルスモードを使用し、GTPR レジスタに周期を設定して GTCNT カウンタをのこぎり波（半波）動作させ、GTCCRA、GTCCRB レジスタ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。

本サンプルコードではのこぎり波ワンショットパルスモードにてデッドタイム自動設定機能を使用し以下の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。

- GTIOC0A 端子 High 幅切り替え：80% → 60% → 40% → 20% → 80% → 60% → …
- GTIOC0B 端子 Low 幅切り替え：90% → 70% → 50% → 30% → 90% → 70% → …

GTCCRA のコンペアマッチ発生時にテンポラリレジスタ A からコンペアレジスタ GTCCRA に転送されます。GTCNT カウンタのオーバフロー発生時に、バッファレジスタ GTCCRD からテンポラリレジスタ A へ転送、およびバッファレジスタ GTCCRC からコンペアレジスタ GTCCRA へ転送されることで、デューティ比を変更します。

以下に、サンプルコードが使用する GPTW の設定を示します。

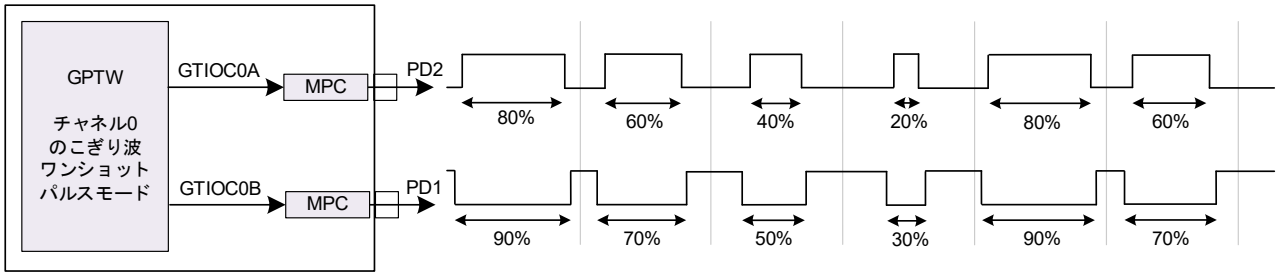
- のこぎり波ワンショットパルスモードを使用
- チャネル 0 を使用
- キャリア周期は 1ms
- タイマカウントクロックは 160MHz（PCLKC/1）
- GTPR を周期レジスタとして使用
  - — カウント方向はアップカウント
  - — カウンタ初期値は 0
- GTCCRA をデューティ出力のコンペアマッチとして使用
  - — GTIOC0A 端子を PWM 出力端子として設定
  - — カウント開始時は Low 出力
  - — GTCCRA コンペアマッチでトグル出力
  - — 周期の終わりで出力保持
- GTCCRB をデューティ出力のコンペアマッチとして使用
  - — GTIOC0B 端子を PWM 出力端子として設定
  - — 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
- ダブル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

スマート・コンフィグレータで設定可能

設定方法は 4.3.3 を参照してください

- 周期ごとにデューティを変更
  - — GTCNT カウンタのオーバフロー割り込みでデューティを変更
  - — デューティの変更タイミングの詳細は図 4-16 を参照

本サンプルコードにおけるのこぎり波ワンショットパルスモード出力を以下に示します。



GPTW：のこぎり波ワンショットパルスモード波形の生成
MPC：使用する端子を汎用入出力ポートから周辺機能の入出力ポートに設定

図 4-15　のこぎり波ワンショットパルスモード出力

4.3.2　動作詳細

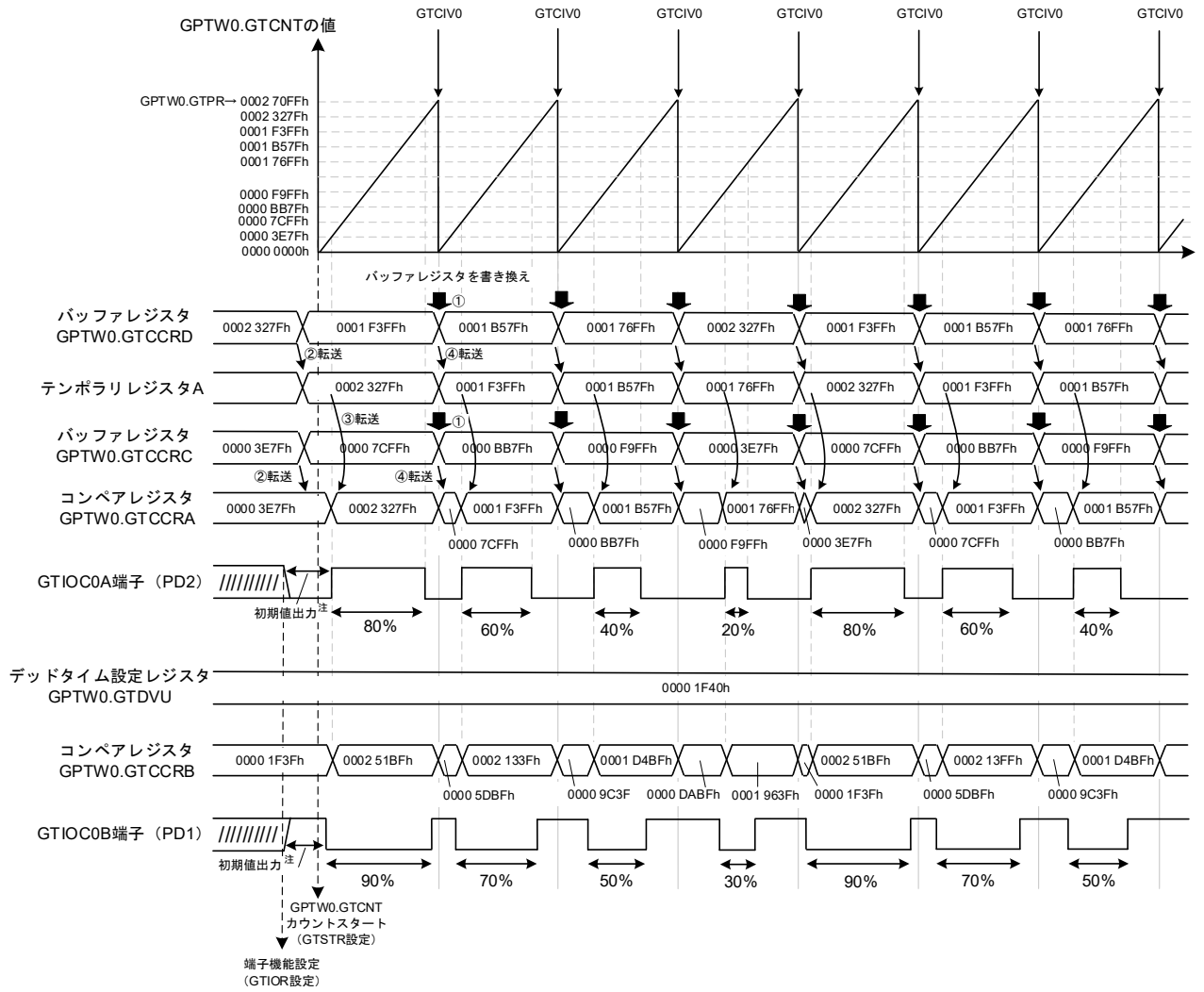
本サンプルコードの動作を図 4-16 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、GTCNT カウンタのオーバフロー割り込み（GTCIV0）でバッファレジスタ GTCCRC、GTCCRD の値を書き換えています（図 4-16 ①）。

本サンプルコードでは、スマート・コンフィグレータを使用し生成したコードのバッファレジスタ初期値はコンペアレジスタと同じ値が設定されます。そのため、カウント開始前にユーザ初期化関数 R_Config_GPT0_Create_UserInit にてバッファレジスタ値を設定しています。設定したレジスタ値は、強制バッファ転送により、バッファレジスタ GTCCRD からテンポラリレジスタ A へ転送、およびバッファレジスタ GTCCRC からコンペアレジスタ GTCCRA へ転送されます（図 4-16 ②）。

カウント開始後は、以下の 1、2 を繰り返しコンペアレジスタのデータを更新します。

1. GTCCRA のコンペアマッチ発生時にテンポラリレジスタ A からコンペアレジスタ GTCCRA に転送されます（図 4-16 ③）。
2. GTCNT カウンタのオーバフロー発生時に、バッファレジスタ GTCCRD からテンポラリレジスタ A へ転送、およびバッファレジスタ GTCCRC からコンペアレジスタ GTCCRA へ転送されます（図 4-16 ④）。

また、デッドタイム自動設定を使用しているため、GTCCRB レジスタ値は GTCCRA の更新に応じて自動的に設定されます。GTDVU と GTDVD には同じ値を設定しています。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-16　サンプルコードの動作

4.3.3　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 4-6　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	のこぎり波ワンショットパルスモード
リソース	GPT0

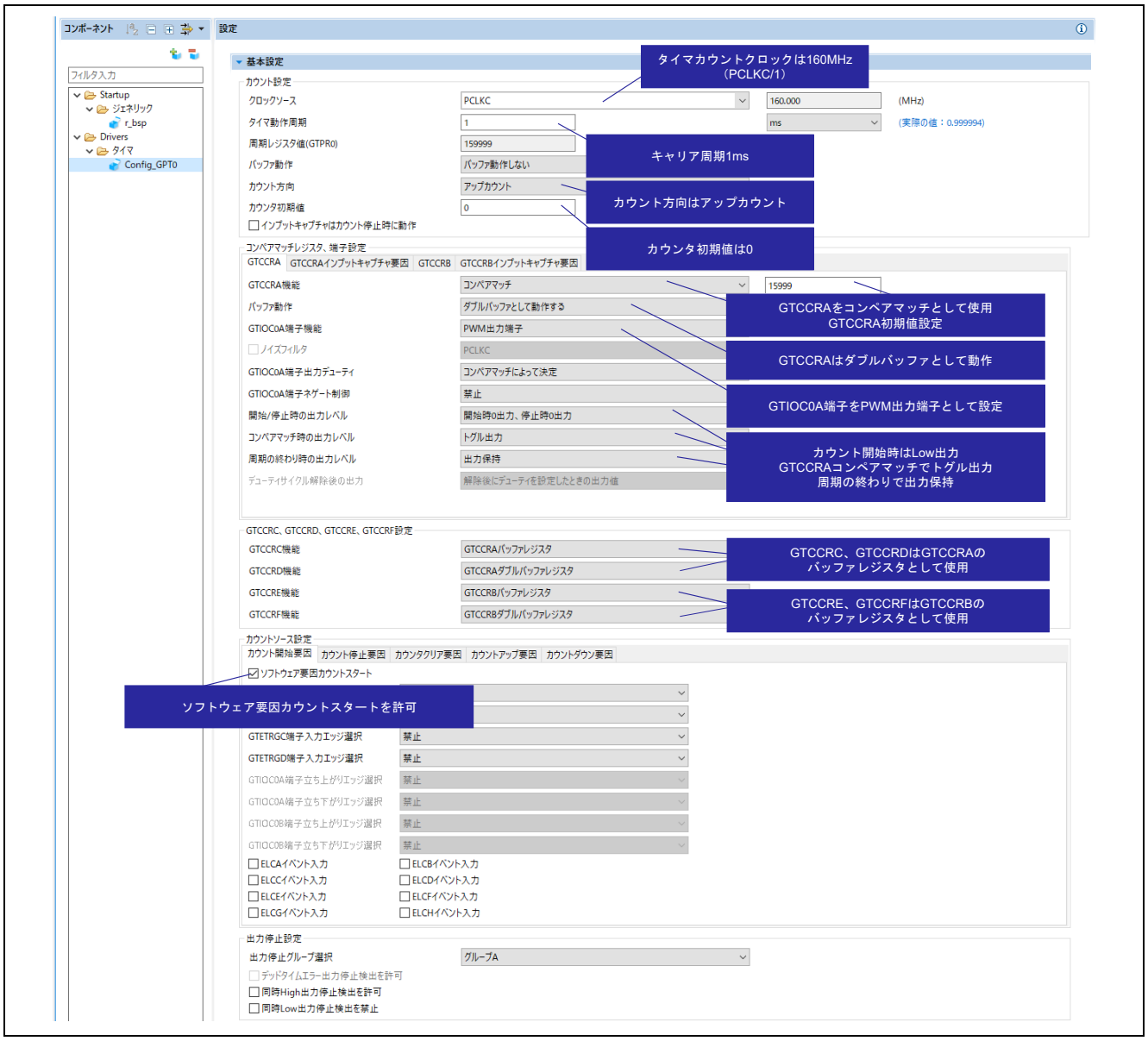


図 4-17　GPT0 の設定(1/2)

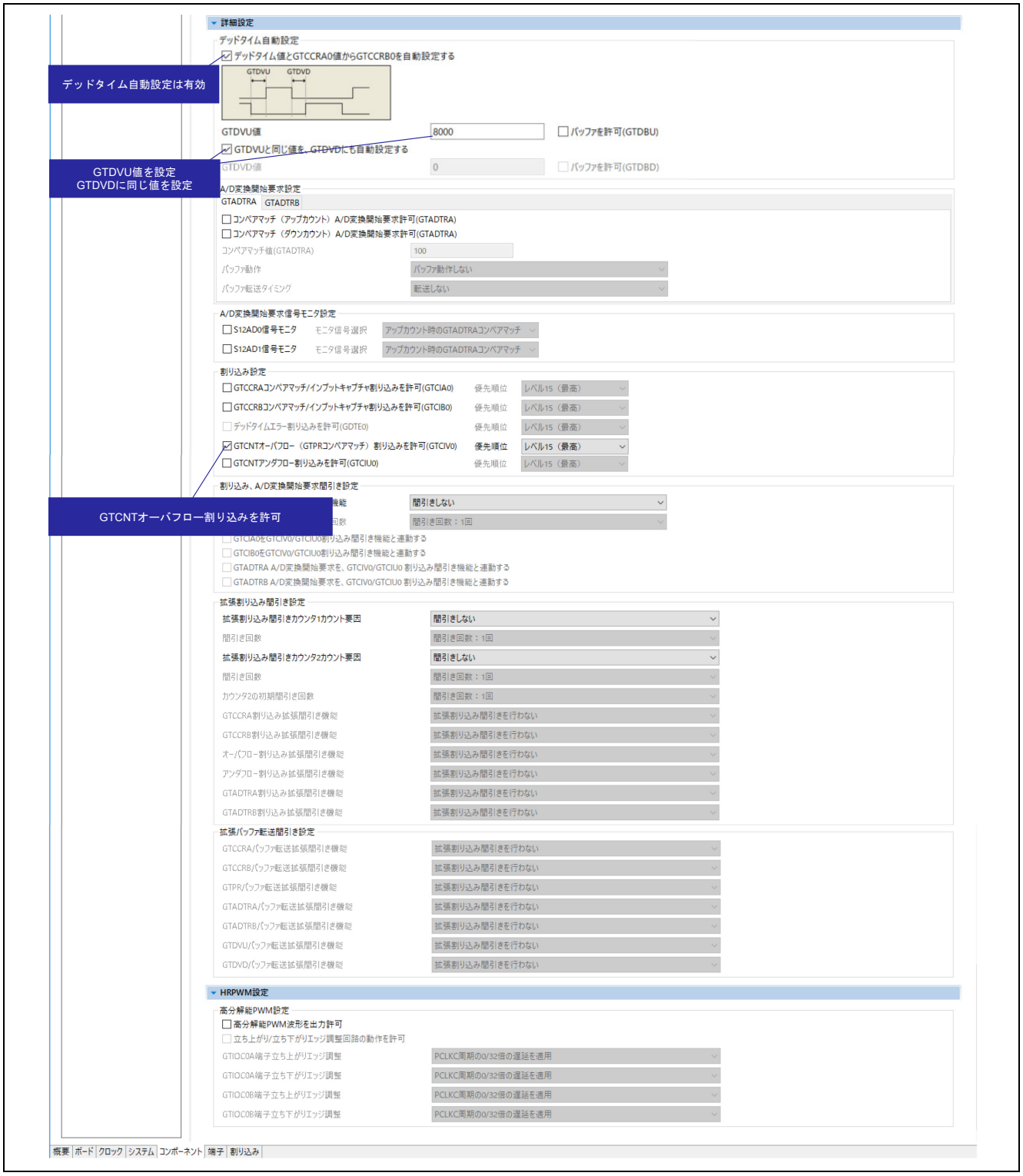


図 4-18　GPT0 の設定(2/2)

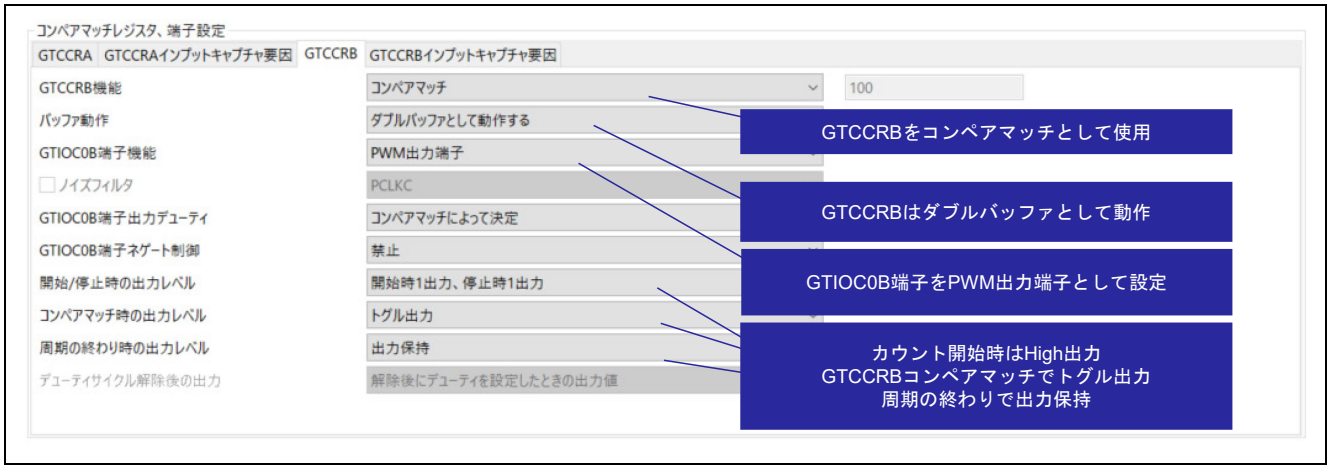


図 4-19　GPT0 の設定 GTCCRB のコンペアマッチレジスタ、端子設定

4.3.4　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。

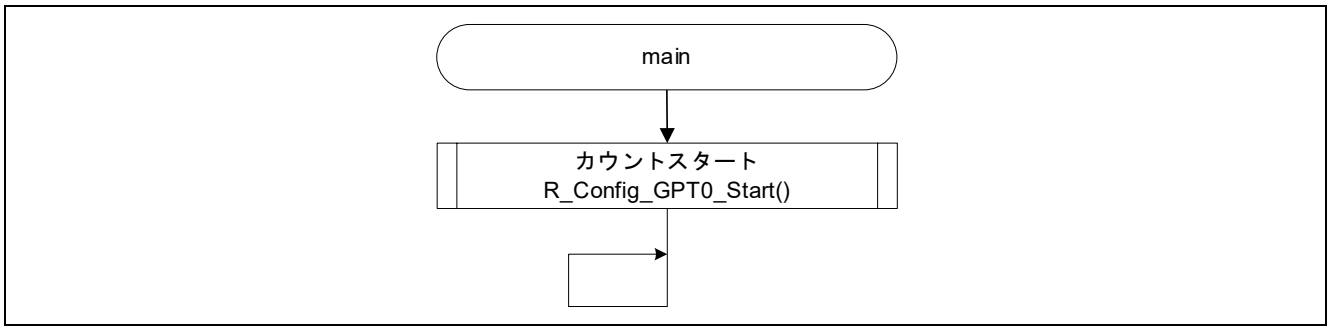


図 4-20　main 関数

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、バッファレジスタの値を設定します。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、およびコンペアレジスタの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。

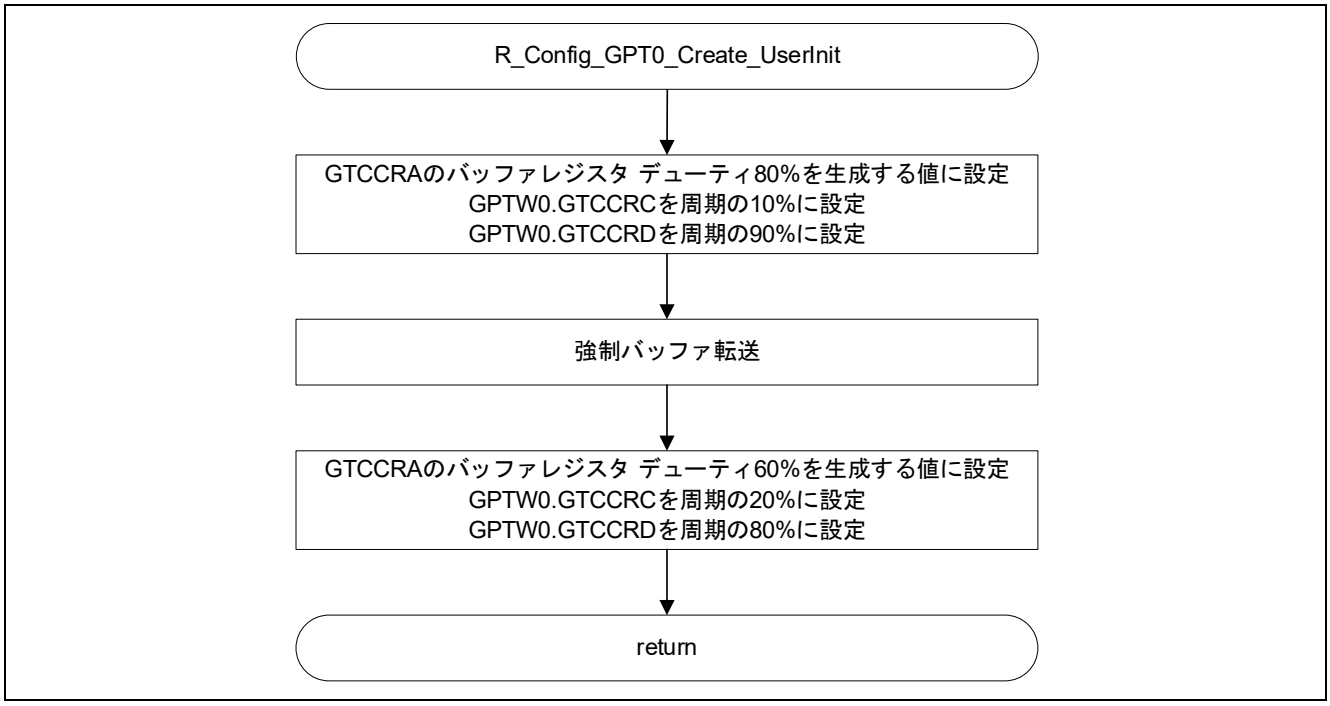


図 4-21　ユーザ初期化関数

GTCIV0 割り込みハンドラ関数では、バッファレジスタ GTCCRC、GTCCRD の値を現在のレジスタ値に応じて、変更します。

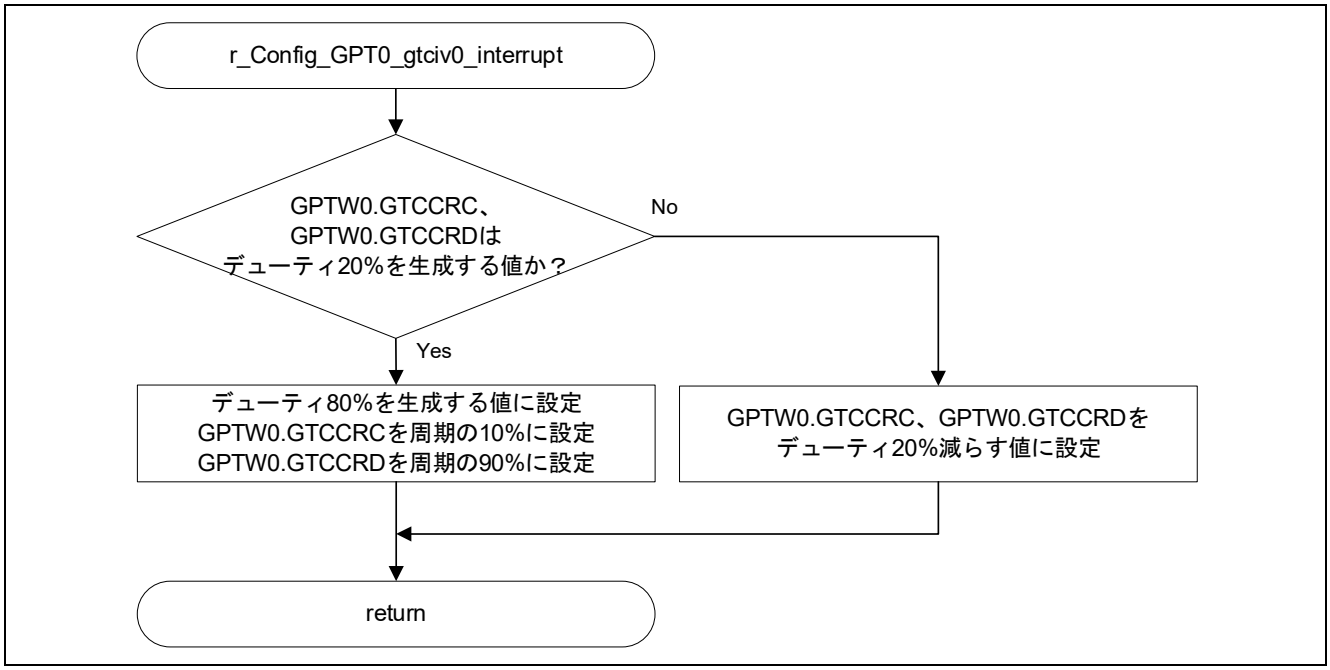


図 4-22　GTCIV0 割り込みハンドラ関数

4.3.5　関連動作

4.3.5.1　デッドタイム自動設定機能 未使用

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_gptw_sawtooth_1shotpls.zip

デッドタイム自動設定機能を使用しない場合（GTDTCR.TDE ビットが“0”）の動作を図 4-23 に示します。

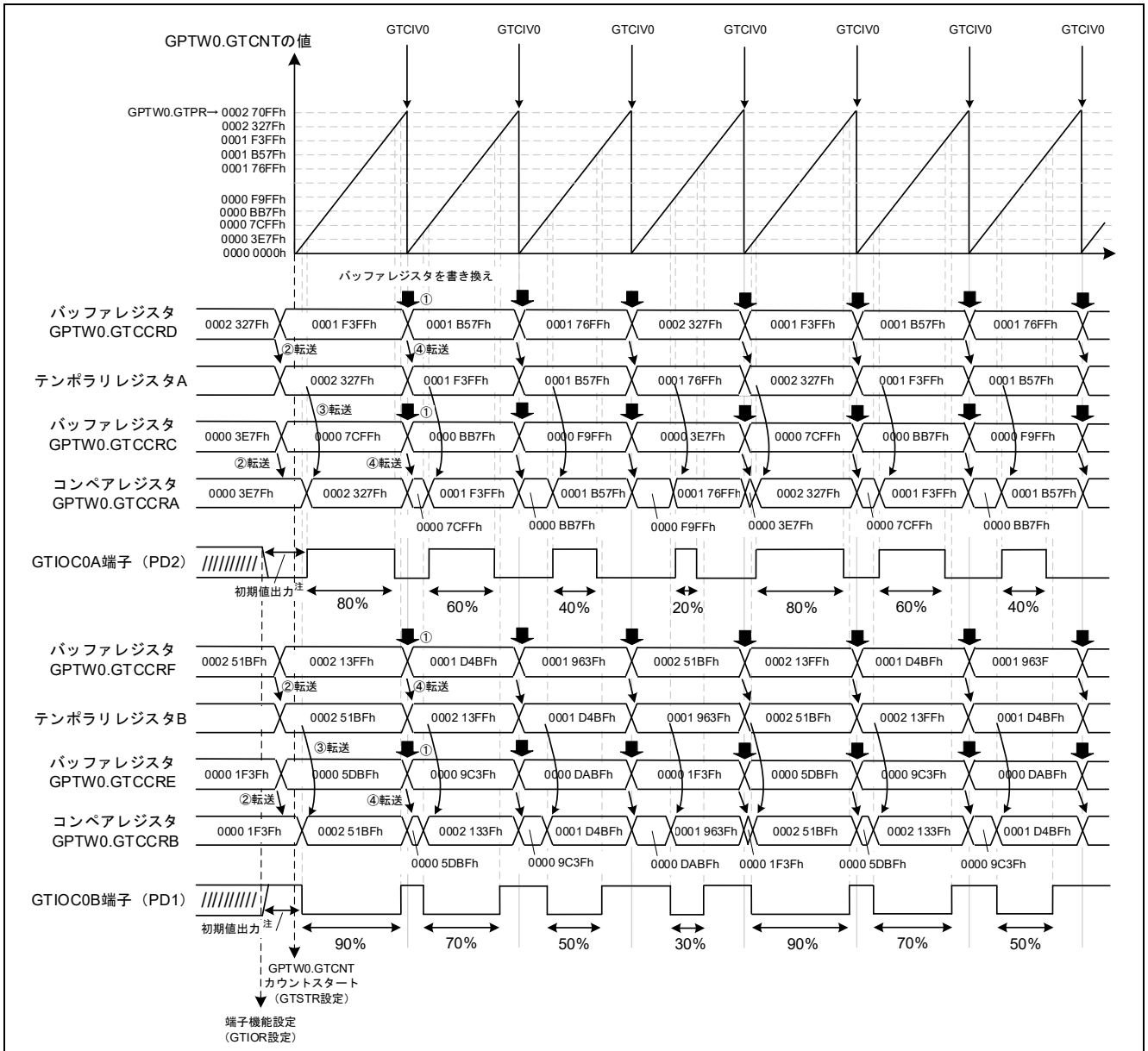
上記サンプルコードは、周期ごとにデューティの設定を変更するため、GTCNT カウンタのオーバフロー割り込み（GTCIV0）でバッファレジスタ GTCCRC、GTCCRD、GTCCRE、GTCCRF の値を書き換えています（図 4-23 ①）。

本サンプルコードでは、スマート・コンフィグレータを使用し生成したコードのバッファレジスタ初期値はコンペアレジスタと同じ値が設定されます。そのため、カウント開始前にユーザ初期化関数 R_Config_GPT0_Create_UserInit にてバッファレジスタ値を設定しています。設定したレジスタ値は、強制バッファ転送を行い、バッファレジスタ GTCCRD（GTCCRF）からテンポラリレジスタ A（B）へ転送、およびバッファレジスタ GTCCRC（GTCCRE）からコンペアレジスタ GTCCRA（GTCCRB）へ転送されます（図 4-23 ②）。

カウント開始後は、以下の 1、2 を繰り返しコンペアレジスタのデータを更新します。

1. GTCCRA（GTCCRB）のコンペアマッチ発生時にテンポラリレジスタ A（B）からコンペアレジスタ GTCCRA（GTCCRB）に転送されます（図 4-23 ③）。
2. GTCNT カウンタのオーバフロー発生時に、バッファレジスタ GTCCRD（GTCCRF）からテンポラリレジスタ A（B）へ転送、およびバッファレジスタ GTCCRC（GTCCRE）からコンペアレジスタ GTCCRA（GTCCRB）へ転送されます（図 4-23 ④）。

また、デッドタイム期間は、図 4-16 の動作と同じ期間を一定に確保します。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-23　デッドタイム自動設定機能 未使用（のこぎり波ワンショットパルスモード）

4.3.6 注意事項

4.3.6.1 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。

バッファレジスタ GTCCRC、GTCCRD は、以下の制約を満たすように設定してください。制約を満たさない場合は、デッドタイムを確保した正常な波形出力が得られない場合があります。

- アップカウント時：
  GTCCRC < GTCCRD
  GTCCRC > GTDVU
  GTCCRD < GTPR － GTDVD
- ダウンカウント時：
  GTCCRC > GTCCRD
  GTCCRC < GTPR － GTDVU
  GTCCRD > GTDVD

また、デッドタイムの自動設定を行っていない場合、バッファレジスタ GTCCRC、GTCCRD（GTCCRE、GTCCRF）は、以下の制約を満たすように設定してください。制約を満たさない場合は、コンペアマッチが 2 回発生せず、パルス出力が得られません。

- アップカウント時：0 < GTCCRC（GTCCRE） < GTCCRD（GTCCRF） < GTPR
- ダウンカウント時：GTPR > GTCCRC（GTCCRE） > GTCCRD（GTCCRF） > 0

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「24.10.2 コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ～ F)　(3) のこぎり波ワンショットパルスモードでデッドタイムの自動設定を行っている場合、(4) のこぎり波ワンショットパルス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。

4.4　のこぎり波 PWM モード 3 相相補

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_gptw_sawtooth_pwm_3phase.zip

4.4.1　概要

GPTW ののこぎり波 PWM モードをチャネル 0、1、2 にて使用し、GTCCR レジスタの設定によりデューティ 0%～100%の PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードではのこぎり波 PWM モードを使用し、PWM 波形（正相・逆相）を各 3 相、合計 6 相のデューティ比一定の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。

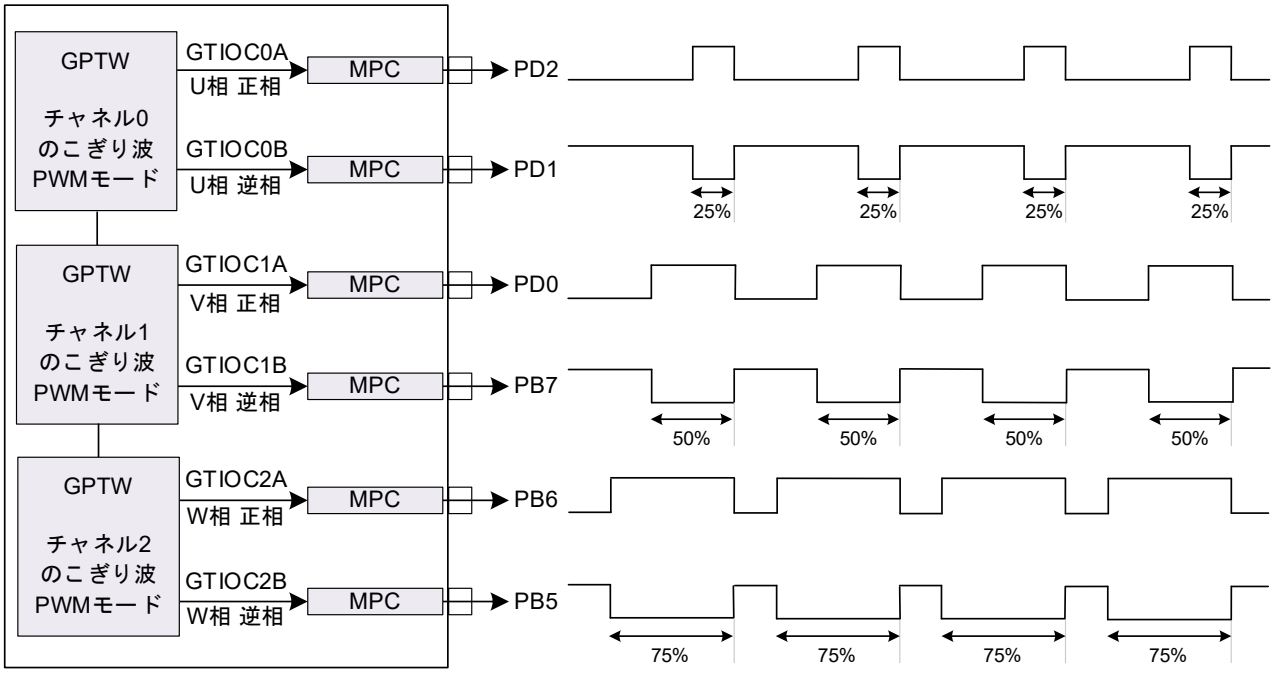
以下に、サンプルコードが使用する GPTW の設定を示します。

- のこぎり波 PWM モードを使用
- チャネル 0、1、2 を使用（チャネル番号 n = 0, 1, 2）
- 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
  - — カウント方向はアップカウント
  - — カウンタ初期値は 0
- GTCCRA をデューティ出力のコンペアマッチとして使用
  - — GTIOCnA 端子を PWM 出力端子として設定
  - — カウント開始時は Low 出力
  - — GTCCRA コンペアマッチで High 出力
  - — 周期の終わりで Low 出力
- GTCCRB をデューティ出力のコンペアマッチとして使用
  - — GTIOCnB 端子を PWM 出力端子として設定
  - — カウント開始時は High 出力
  - — GTCCRB コンペアマッチで Low 出力
  - — 周期の終わりで High 出力
- バッファ動作は未使用
- ソフトウェア要因カウントスタートを許可

スマート・コンフィグレータで設定可能

設定方法は 4.4.3 を参照してください

本サンプルコードにおけるのこぎり波 PWM モード出力を以下に示します。

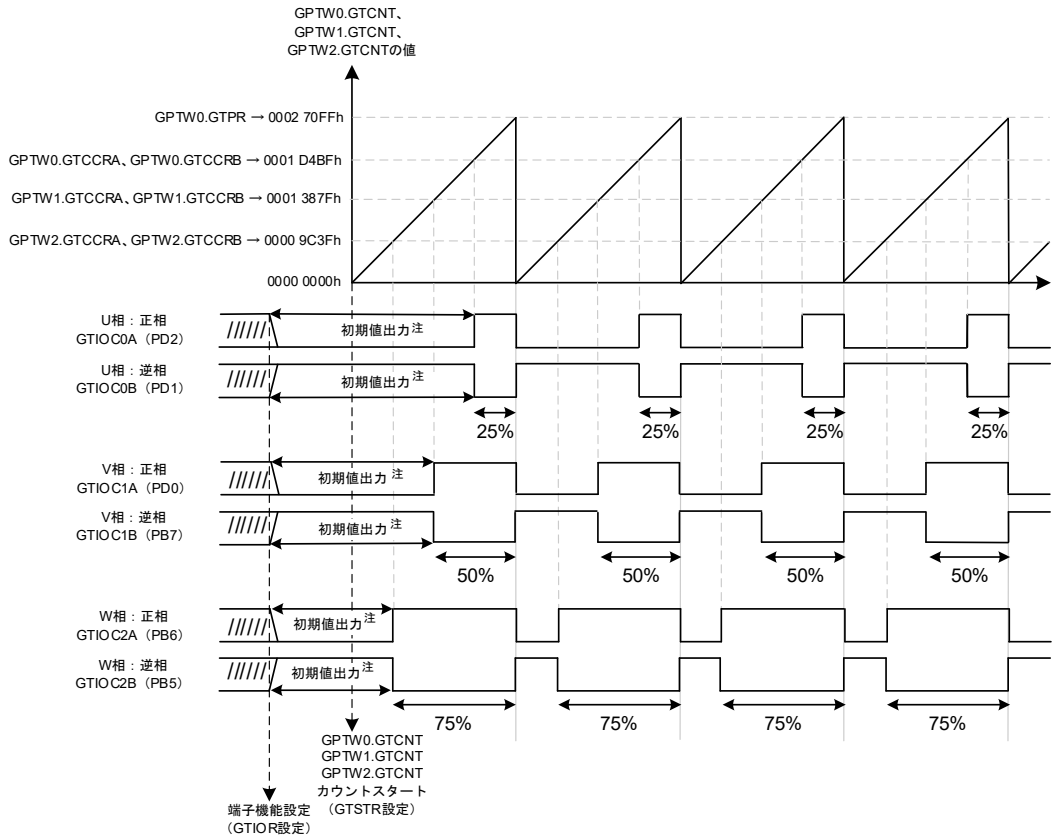


GPTW：のこぎり波PWMモード波形の生成
MPC：使用する端子を汎用入出力ポートから周辺機能の入出力ポートに設定

図 4-24　のこぎり波 PWM モード出力

4.4.2　動作詳細

本サンプルコードの動作を図 4-25 に示します。PWM 出力端子は、各チャネルの GTCCRA、GTCCRB レジスタのコンペアマッチ、および GTCNT カウンタのオーバフロー（カウンタクリア）が発生する度にトグル出力を行います。MTU リセット同期 PWM モードと同様の波形出力が得られます。詳細は、3.8 を参照してください。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-25　サンプルコードの動作

4.4.3　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 4-7　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	Config_GPT1	Config_GPT2
動作	のこぎり波 PWM モード		
リソース	GPT0	GPT1	GPT2

図 4-26 ～ 図 4-27 に Config_GPT0 の設定を示します。GPT1、GPT2 の設定も同様です。

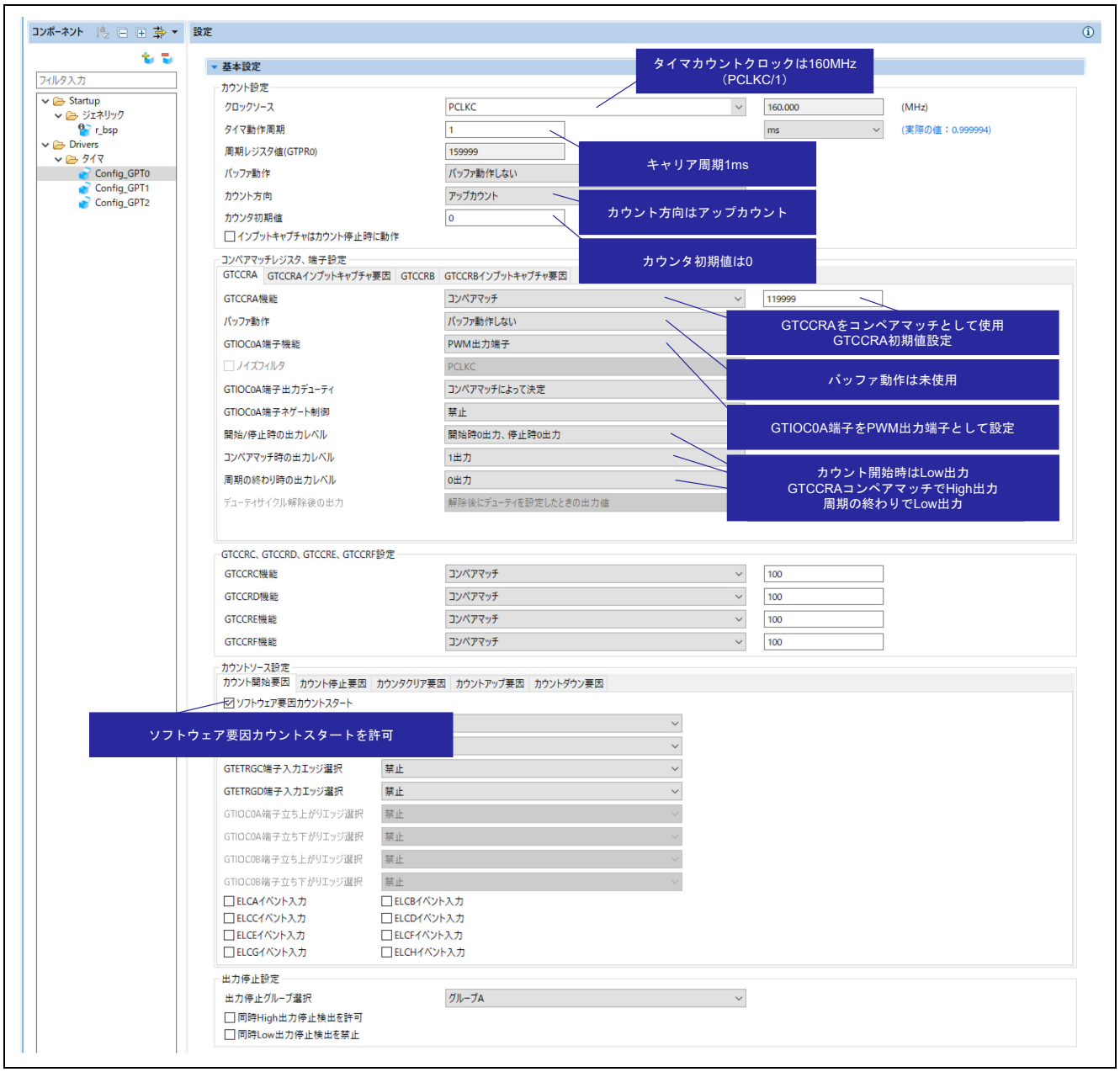


図 4-26　GPT0 の設定

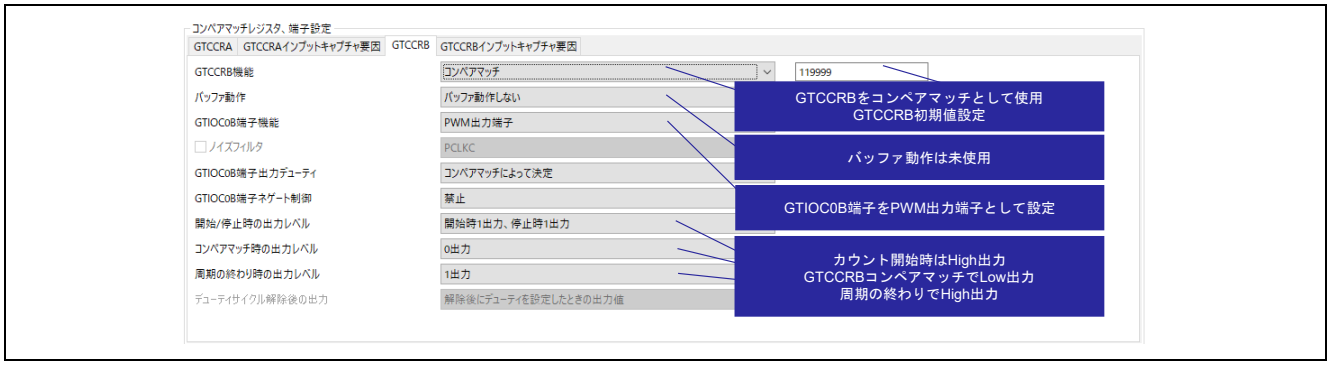


図 4-27　GPT0 の設定 GTCCRB のコンペアマッチレジスタ、端子設定

4.4.4　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処理を示します。

main 関数内でカウントスタート関数 gpt0_gpt1_gpt2_start を読み出し、カウントをスタートします。

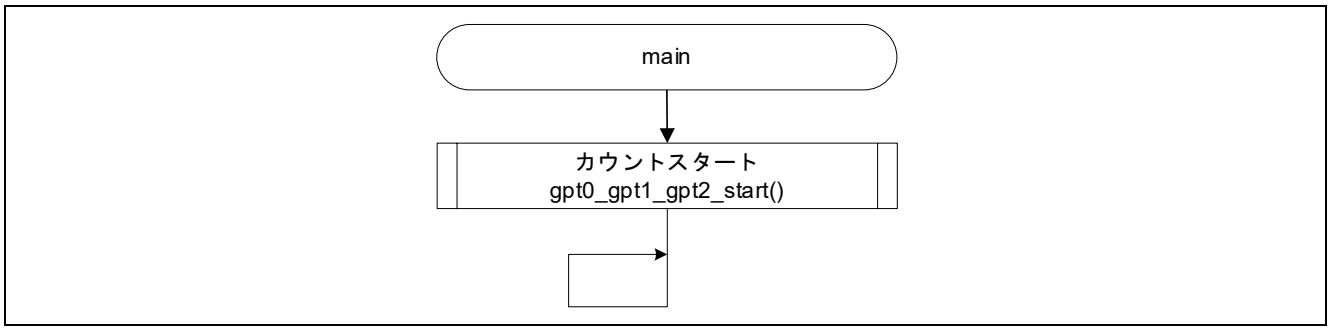


図 4-28　main 関数

カウントスタート関数では、GPT0、GPT1、GPT2 のカウントをスタートします。

本関数はスマート・コンフィグレータによるコード生成後、新規作成した関数です。

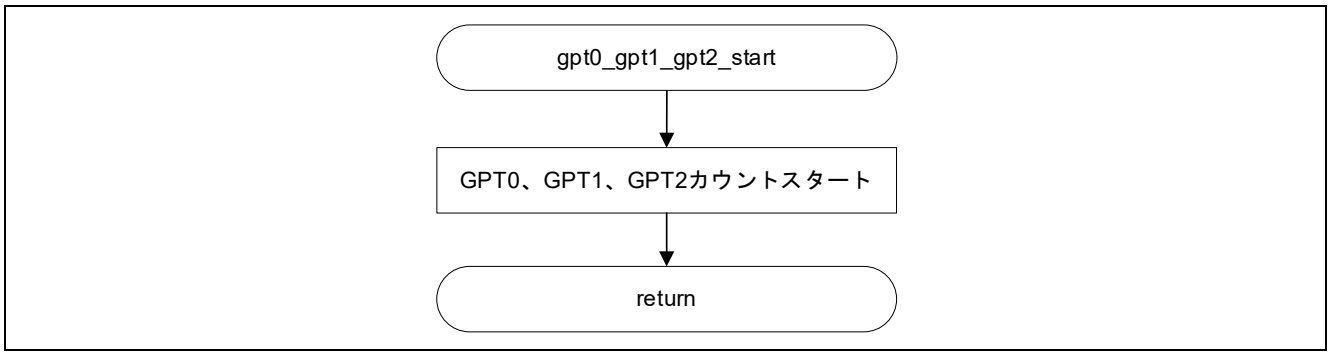


図 4-29　カウントスタート関数

4.4.5　注意事項

4.4.5.1　複数チャネルのカウントスタート

本サンプルコードでは、GPTW0、GPTW1、GPTW2 のカウントを同時にスタートするため、gpt0_gpt1_gpt2_start 関数内でタイマソフトウェアスタートレジスタ GTSTR の CSTRT0、CSTRT1、CSTRT2 ビットを同時に設定しています。

スマート・コンフィグレータで生成される R_Config_GPT0_Start、R_Config_GPT1_Start、R_Config_GPT2_Start 関数を使用した場合、各々の関数読み出しを行うため、カウントスタートタイミングにずれが生じます。

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「24.3.8.1 ソフトウェアによる同期動作」を参照してください。

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

コンペアレジスタ GTCCRA、GTCCRB には、“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 レジスタと同じ値が設定された場合、周期内で発生するコンペアマッチは、コンペアレジスタの値が“0000 0000h”もしくは GTPR レジスタ値と一致したときのみ成立します。また、コンペアレジスタに GTPR レジスタ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、「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)　(5) のこぎり波 PWM モードの場合」を参照してください。

4.5　のこぎり波ワンショットパルス 3 相相補

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_gptw_sawtooth_1shotpls_3phase_dt.zip

4.5.1　概要

GPTW ののこぎり波ワンショットパルスモードをチャネル 0、1、2 にて使用し、デッドタイム付きの 3 相相補 PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードではのこぎり波ワンショットパルスモードにてデッドタイム自動設定機能を使用し、以下の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。各デューティは、ダブルバッファを使用し左右非対称な PWM 波形で生成しています。

- U 相デューティ切り替え：20% → 40% → 60% → 80% → 60% → 40% → …
- V 相デューティ切り替え：40% → 60% → 80% → 60% → 40% → 20% → …
- W 相デューティ切り替え：60% → 80% → 60% → 40% → 20% → 40%→ …

コンペアレジスタ GTCCRA のコンペアマッチ時にテンポラリレジスタ A の値をコンペアレジスタ GTCCRA へ転送し、GTCNT カウンタのオーバフロー発生時にバッファレジスタ GTCCRD の値をテンポラリレジスタ A へ、バッファレジスタ GTCCRC の値をコンペアレジスタ GTCCRA へ転送することで、デューティ比を変更します。

以下に、サンプルコードが使用する GPTW の設定を示します。

- のこぎり波ワンショットパルスモードを使用
- チャネル 0、1、2 を使用（チャネル番号 n = 0, 1, 2）
- 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 をデューティ出力のコンペアマッチとして使用
  — GTIOCnA 端子を PWM 出力端子として使用
  — カウント開始時は High 出力、停止時は High 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
- GTCCRB をデューティ出力のコンペアマッチとして使用
  — GTIOCnB 端子を PWM 出力端子として使用
  — カウント開始時は Low 出力、停止時は Low 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
- バッファレジスタを使用
  — GTCCRA、GTCCRB はダブルバッファで動作
  — GTCCRC、GTCCRD は GTCCRA のバッファレジスタ
  — GTCCRE、GTCCRF は GTCCRB のバッファレジスタ
- デッドタイム自動生成を使用する
- ソフトウェア要因カウントスタートを許可

スマート・コンフィグレータで設定可能
設定方法は 4.5.3 を参照してください

- 周期ごとにデューティを変更
  — GTCNT カウンタのオーバフロー割り込みでデューティを変更
  — デューティの変更タイミングの詳細は図 4-32 を参照

本サンプルコードにおけるのこぎり波ワンショットパルスモード出力を以下に示します。

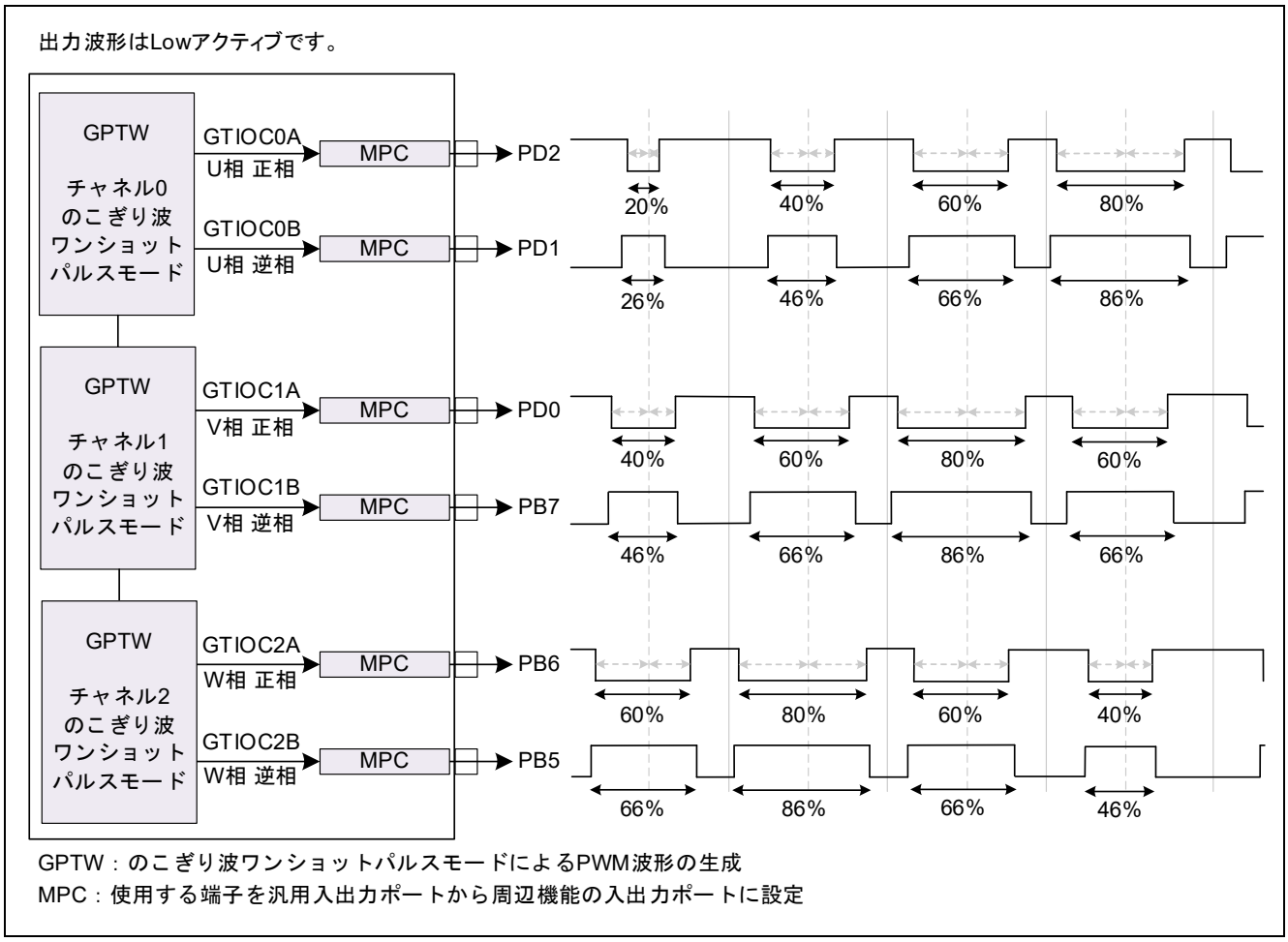


図 4-30　のこぎり波ワンショットパルスモード出力

4.5.2　動作詳細

本サンプルコードの動作を図 4-32 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、GTCNT カウンタのオーバフロー割り込み（GTCIV0）で、バッファレジスタ（GTCCRC、GTCCRD）の値を書き換えます（図 4-32 ①）。

本サンプルコードでは、スマート・コンフィグレータを使用し生成したコードのバッファレジスタ初期値はコンペアレジスタと同じ値が設定されます。そのため、カウント開始前にユーザ初期化関数 R_Config_GPT0_Create_UserInit にてバッファレジスタ値を設定しています。設定したレジスタ値は、強制バッファ転送により、バッファレジスタ GTCCRD からテンポラリレジスタ A へ転送、およびバッファレジスタ GTCCRC からコンペアレジスタ GTCCRA へ転送されます（図 4-32 ②）。

カウント開始後は、以下の 1、2 を繰り返しコンペアレジスタのデータを更新します。

1. GTCCRA のコンペアマッチ発生時にテンポラリレジスタ A からコンペアレジスタ GTCCRA に転送されます（図 4-32 ③）。
2. GTCNT カウンタのオーバフロー発生時に、バッファレジスタ GTCCRD からテンポラリレジスタ A へ転送、およびバッファレジスタ GTCCRC からコンペアレジスタ GTCCRA へ転送されます（図 4-32 ④）。

また、デッドタイム自動設定を使用しているため、GTCCRB レジスタ値は GTCCRA の更新に応じて自動的に設定されます。GTDVU と GTDVD には同じ値を設定しています。

カウント開始後、GTCCRA、GTCCRB のコンペアマッチが発生し、逆相出力が OFF、その後、正相出力が ON になります（図 4-32 ⑤）。

- 左右非対称の PWM 波形出力
  各周期のデューティは、周期の前側と後側において異なるデューティを生成しています。

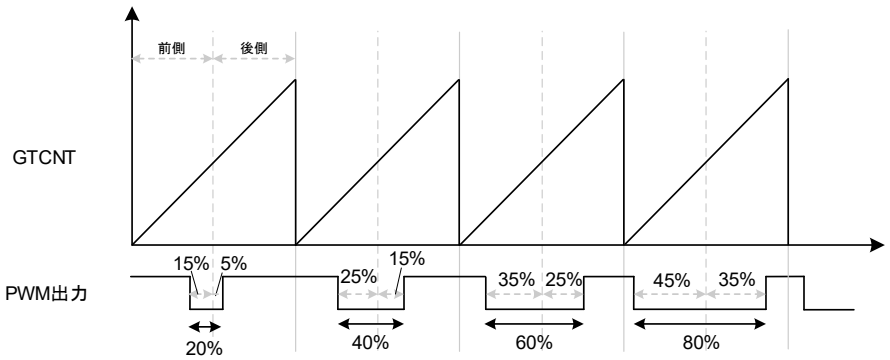
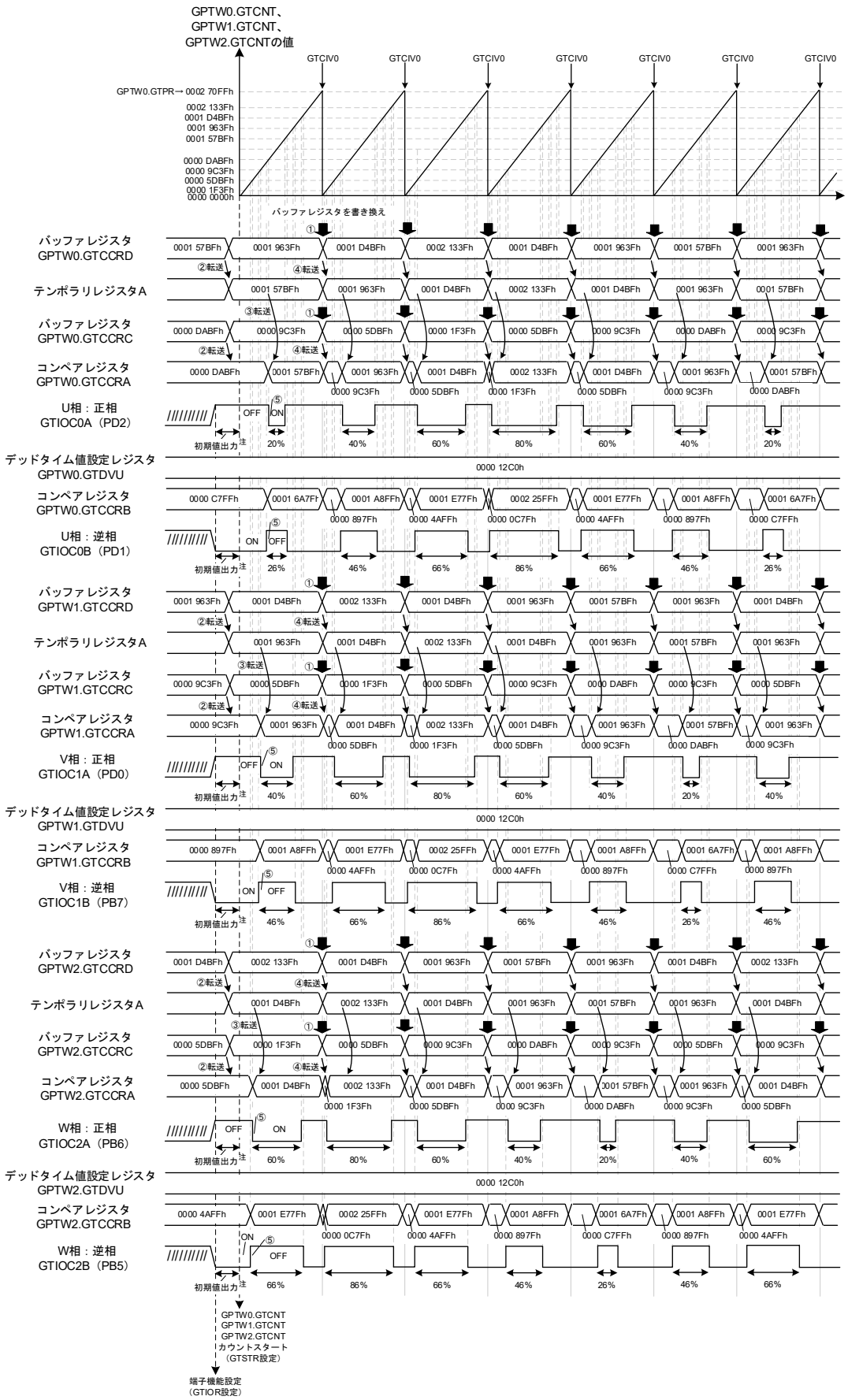


図 4-31　左右非対称の PWM 出力波形



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-32　サンプルコードの動作

4.5.3　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 4-8　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	Config_GPT1	Config_GPT2
動作	のこぎり波ワンショットパルスモード		
リソース	GPT0	GPT1	GPT2

図 4-33 ～ 図 4-35 に Config_GPT0 の設定を示します。GPT1、GPT2 の設定も同様です。

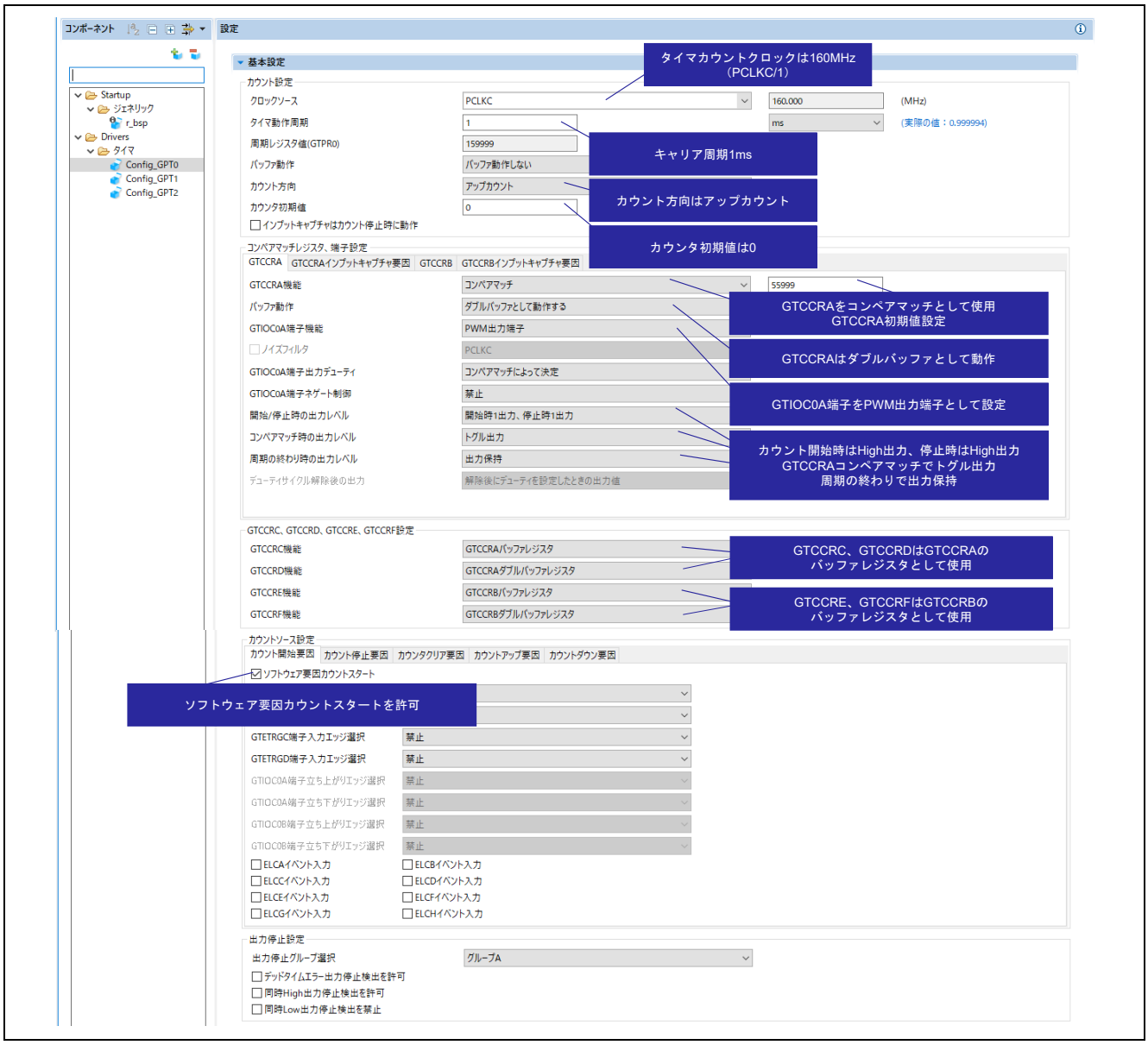


図 4-33　GPT0 の設定(1/2)

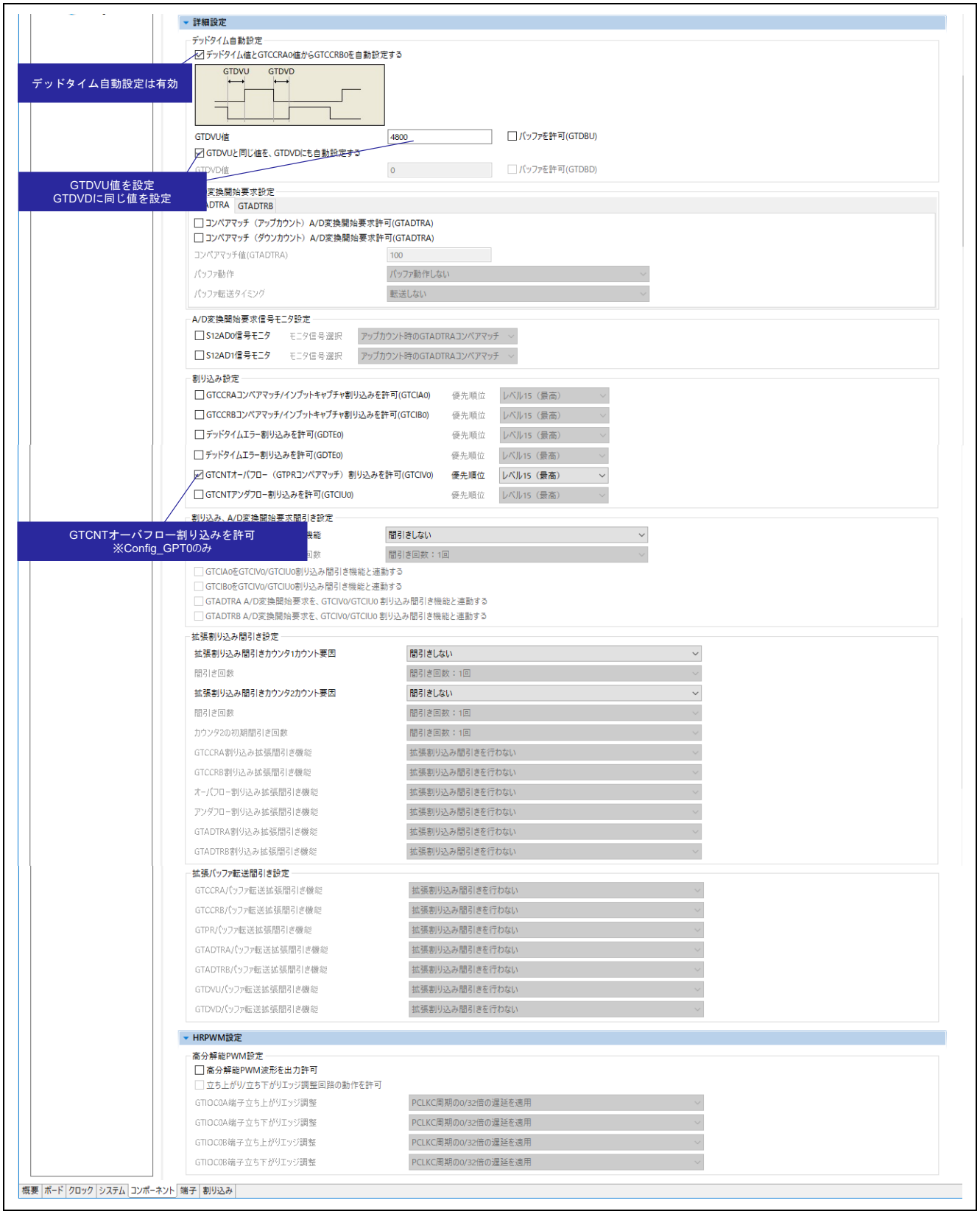


図 4-34　GPT0 の設定(2/2)

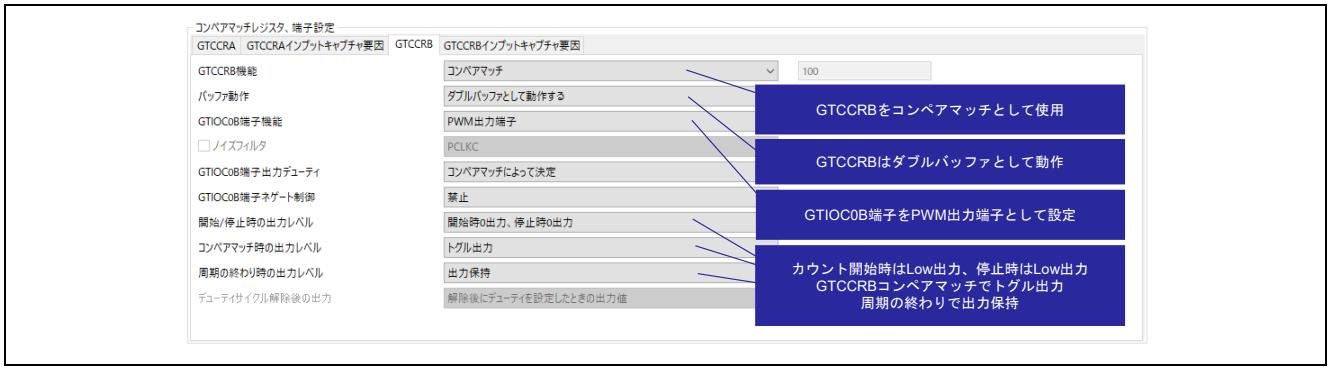


図 4-35　GPT0 の設定　GTCCRB のコンペアマッチレジスタ、端子設定

4.5.4　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、処理を示します。

main 関数内でカウントスタート関数 gpt0_gpt1_gpt2_start を読み出し、カウントをスタートします。

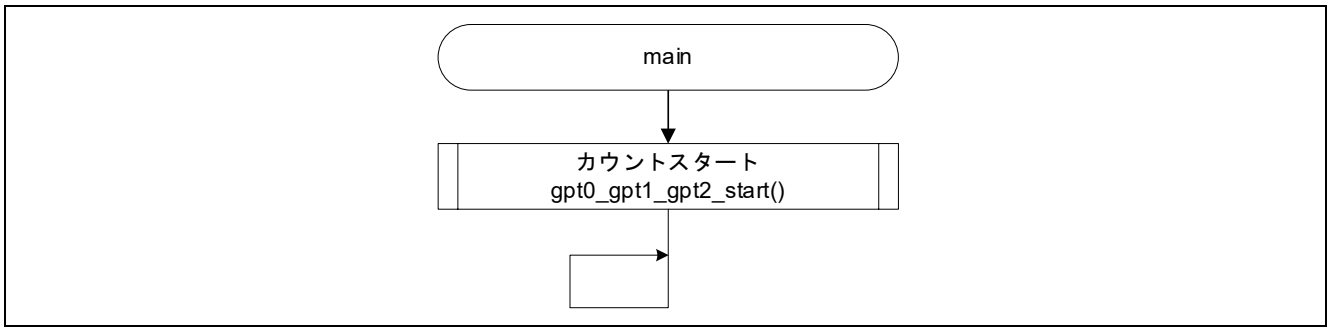


図 4-36　main 関数

カウントスタート関数では、GTCIV0 割り込み許可後、GPT0、GPT1、GPT2 のカウントをスタートします。

本関数はスマート・コンフィグレータによるコード生成後、新規作成した関数です。

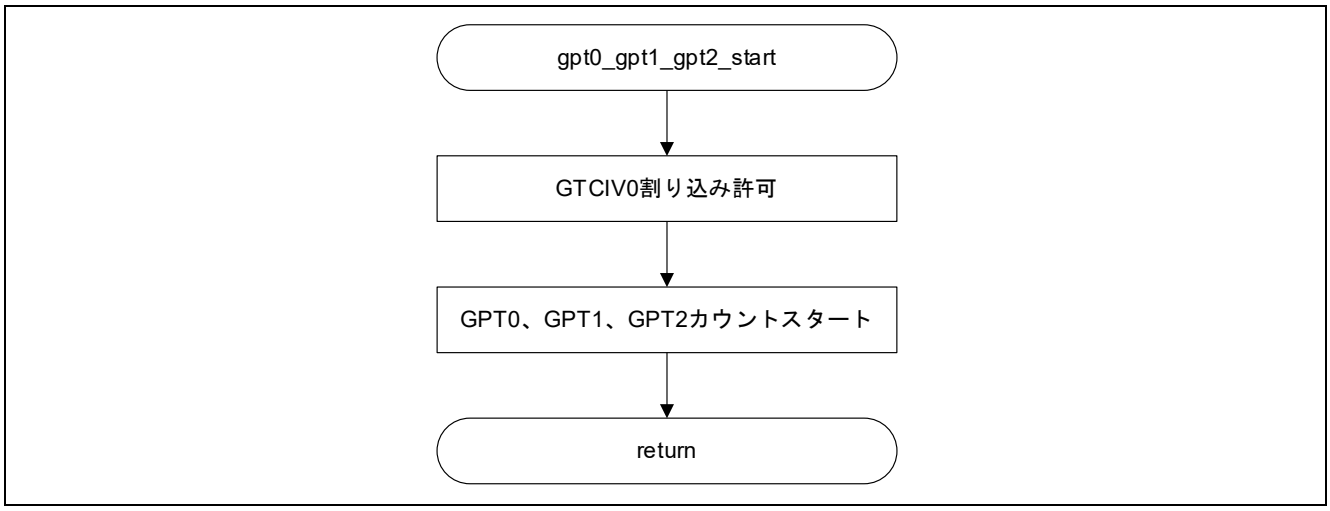


図 4-37　カウントスタート関数

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、バッファレジスタの初期値設定、および変数の初期化を行います。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_uptmg_prv　　：前回の GPTW0.GTCCRC レジスタの値（GTIOC0A 端子出力立ち上がりタイミング）を保持するための変数

また、R_Config_GPT1_Create_UserInit と R_Config_GPT2_Create_UserInit も同様の処理を行います。

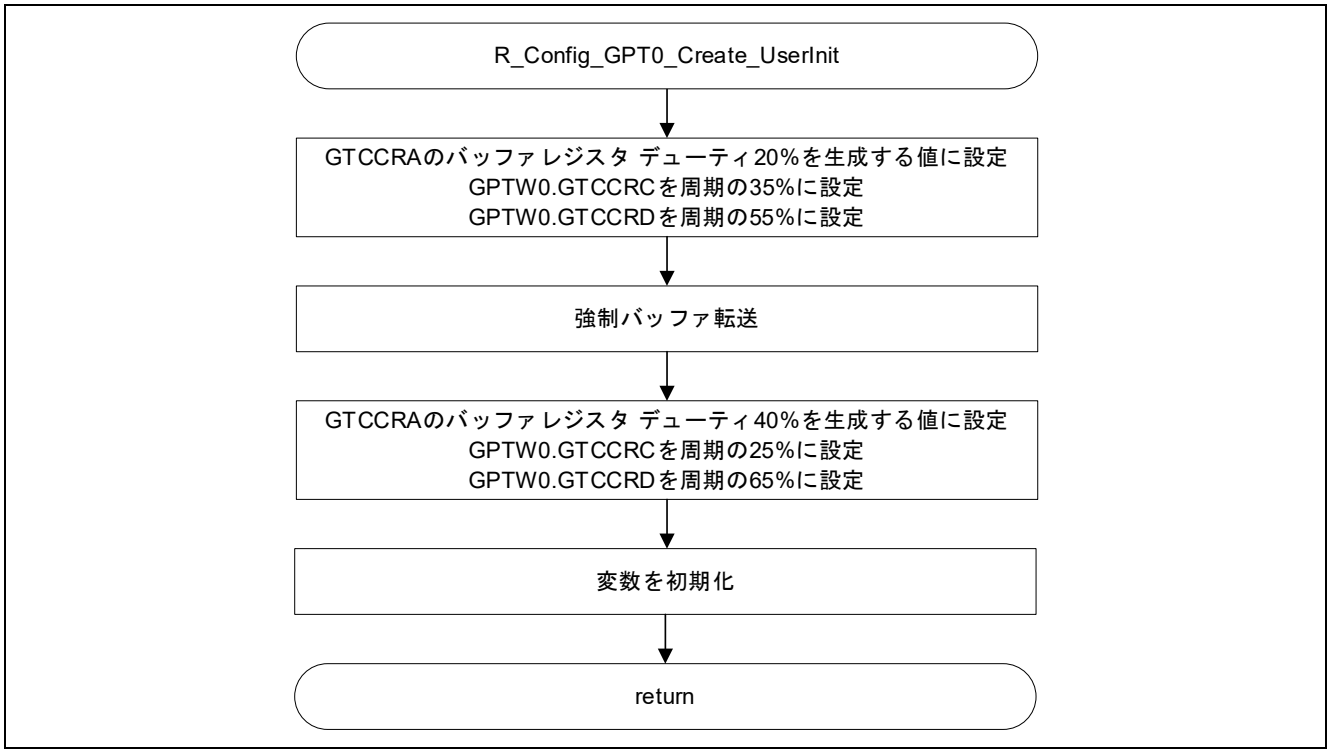


図 4-38　ユーザ初期化関数

GTCIV0 割り込みハンドラ関数では、現在のバッファレジスタ GPTW0.GTCCRC、GPTW1.GTCCRC、GPTW2.GTCCRC の値および、前回のバッファレジスタに設定されていた値に応じて、バッファレジスタの値を変更します。

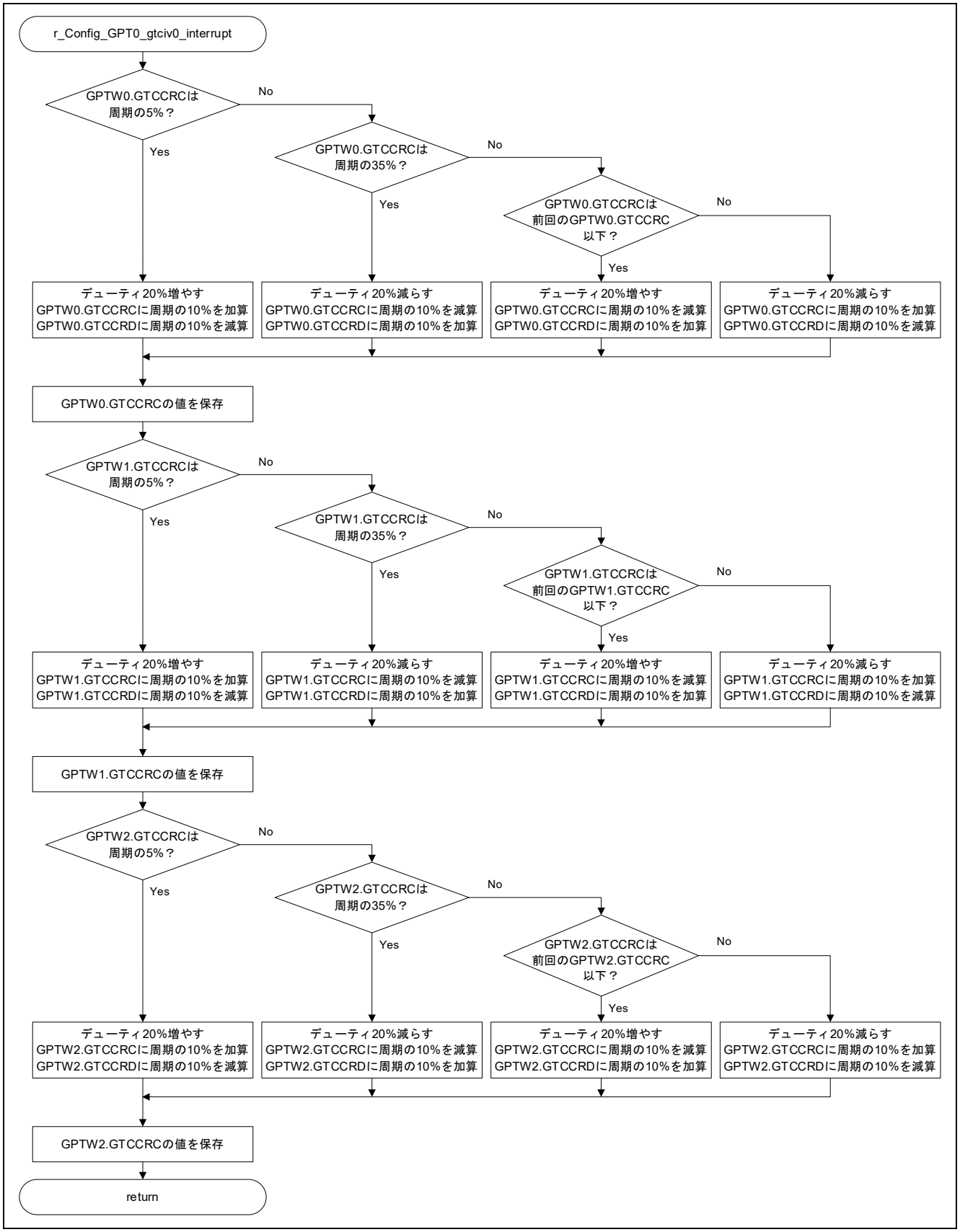


図 4-39　GTCIV0 割り込みハンドラ関数

4.5.5 関連動作

4.5.5.1 区間で異なるデッドタイム自動設定

本サンプルコードではデッドタイム自動設定機能を使用し、GTDTCR.TDFER ビットを“1”にすることによって、逆相波形の前側と後側の切り替わりポイントを共通にしたデッドタイムが生成されます。

デッドタイム自動設定機能では、前側と後側を独立して設定することができ、逆相波形の前側の切り替わりポイントに対するデッドタイムを GTDVU で、後側の切り替わりポイントに対するデッドタイムを GTDVD で設定します。

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「24.3.4 デッドタイム自動設定機能」を参照してください。

4.5.6　注意事項

4.5.6.1　複数チャネルのカウントスタート

本サンプルコードでは、GPTW0、GPTW1、GPTW2 のカウントを同時にスタートするため、gpt0_gpt1_gpt2_start 関数内でタイマソフトウェアスタートレジスタ GTSTR の CSTRT0、CSTRT1、CSTRT2 ビットを同時に設定しています。

スマート・コンフィグレータで生成される R_Config_GPT0_Start、R_Config_GPT1_Start、R_Config_GPT2_Start 関数を使用した場合、各々の関数読み出しを行うため、カウントスタートタイミングにずれが生じます。

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「24.3.8.1 ソフトウェアによる同期動作」を参照してください。

4.5.6.2　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。

バッファレジスタ GTCCRC、GTCCRD は、以下の制約を満たすように設定してください。制約を満たさない場合は、デッドタイムを確保した正常な波形出力が得られない場合があります。

- アップカウント時：
  GTCCRC < GTCCRD
  GTCCRC > GTDVU
  GTCCRD < GTPR － GTDVD
- ダウンカウント時：
  GTCCRC > GTCCRD
  GTCCRC < GTPR － GTDVU
  GTCCRD > GTDVD

また、デッドタイムの自動設定を行っていない場合、バッファレジスタ GTCCRC、GTCCRD（GTCCRE、GTCCRF）は、以下の制約を満たすように設定してください。制約を満たさない場合は、コンペアマッチが 2 回発生せず、パルス出力が得られません。

- アップカウント時：0 < GTCCRC（GTCCRE） < GTCCRD（GTCCRF） < GTPR
- ダウンカウント時：GTPR > GTCCRC（GTCCRE） > GTCCRD（GTCCRF） > 0

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「24.10.2 コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ～ F)　(3) のこぎり波ワンショットパルスモードでデッドタイムの自動設定を行っている場合、(4) のこぎり波ワンショットパルス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。

4.6　三角波 PWM モード 1

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_gptw_triangle_pwm1_dt.zip

4.6.1　概要

GPTW の三角波 PWM モード 1 を使用し、デッドタイム付きの 3 相相補 PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードでは三角波 PWM モード 1（谷 32 ビット転送） にてデッドタイム自動設定機能を使用し、以下の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。各デューティは、バッファを使用し（ダブルバッファは使用しない）左右対象な PWM 波形を生成しています。

- U 相デューティ切り替え：20% → 40% → 60% → 80% → 60% → 40% → …
- V 相デューティ切り替え：40% → 60% → 80% → 60% → 40% → 20% → …
- W 相デューティ切り替え：60% → 80% → 60% → 40% → 20% → 40%→ …

GTCNT カウンタのアンダフロー発生時に、バッファレジスタ GTCCRC の値をコンペアレジスタ GTCCRA へ転送することで、デューティ比を変更します。

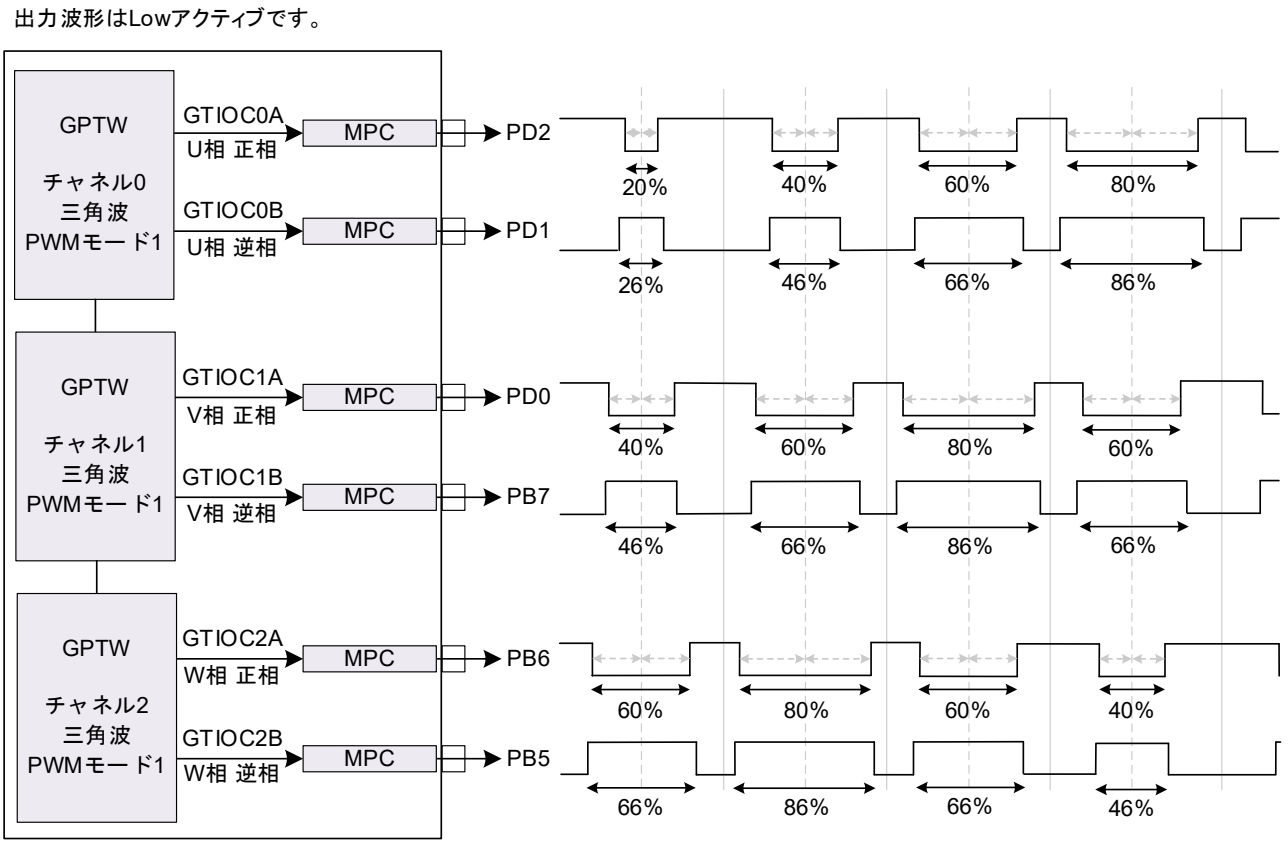
以下に、サンプルコードが使用する GPTW の設定を示します。

- 三角波 PWM モード 1 を使用
- チャネル 0、1、2 を使用（チャネル番号 n = 0, 1, 2）
- 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 をデューティ出力のコンペアマッチとして使用
  — GTIOCnA 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 High 出力、カウント停止時は High 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
- GTCCRB をデューティ出力のコンペアマッチとして使用
  — GTIOCnB 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 Low 出力、カウント停止時は Low 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
- バッファレジスタを使用
  — GTCCRA はシングルバッファで動作
  — GTCCRC 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

スマート・コンフィグレータで設定可能
設定方法は 4.6.3 を参照してください

- 周期ごとにデューティを変更
  — GTCNT カウンタのアンダフロー割り込みでデューティを変更
  — デューティの変更タイミングの詳細は図 4-42 を参照

本サンプルコードにおける三角波 PWM モード 1 出力を以下に示します。



GPTW：三角波PWMモード1によるPWM波形の生成
MPC：使用する端子を汎用入出力ポートから周辺機能の入出力ポートに設定

図 4-40　三角波 PWM モード 1 出力

4.6.2　動作詳細

本サンプルコードの動作を図 4-42 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、GTCNT カウンタのアンダフロー割り込み（GTCIU0）で、バッファレジスタ GTCCRC の値を書き換えます（図 4-42 ①）。

本サンプルコードは谷で転送を行う三角波 PWM モード 1 を使用しているため、GTCNT カウンタのアンダフロー発生時にバッファレジスタの値をコンペアマッチレジスタ GTCCRA へ転送することにより、データを更新しています（図 4-42 ②）。

また、デッドタイム自動設定を使用しているため、GTCCRB レジスタ値は GTCCRA の更新に応じて自動的に設定されます。GTDVU と GTDVD には同じ値を設定しています。本サンプルコードはカウント開始時に GTCCRB 値が自動設定されます（図 4-42 ③）。

カウント開始後、コンペアレジスタとカウンタレジスタとのコンペアマッチが発生し、逆相出力が OFF、その後、正相出力が ON になります（図 4-42 ④）。

- 左右対称の PWM 波形出力
  各周期のデューティは、アップカウント期間とダウンカウント期間において 1/2 デューティを生成しています。

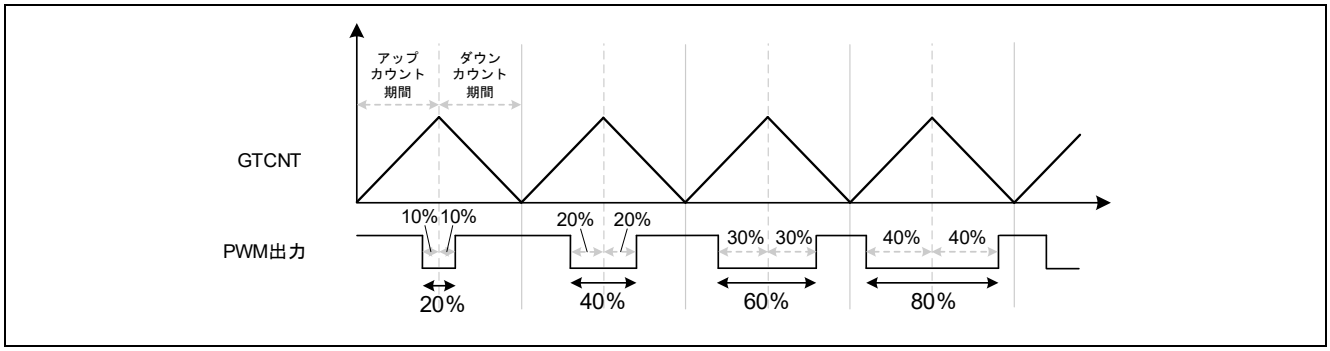
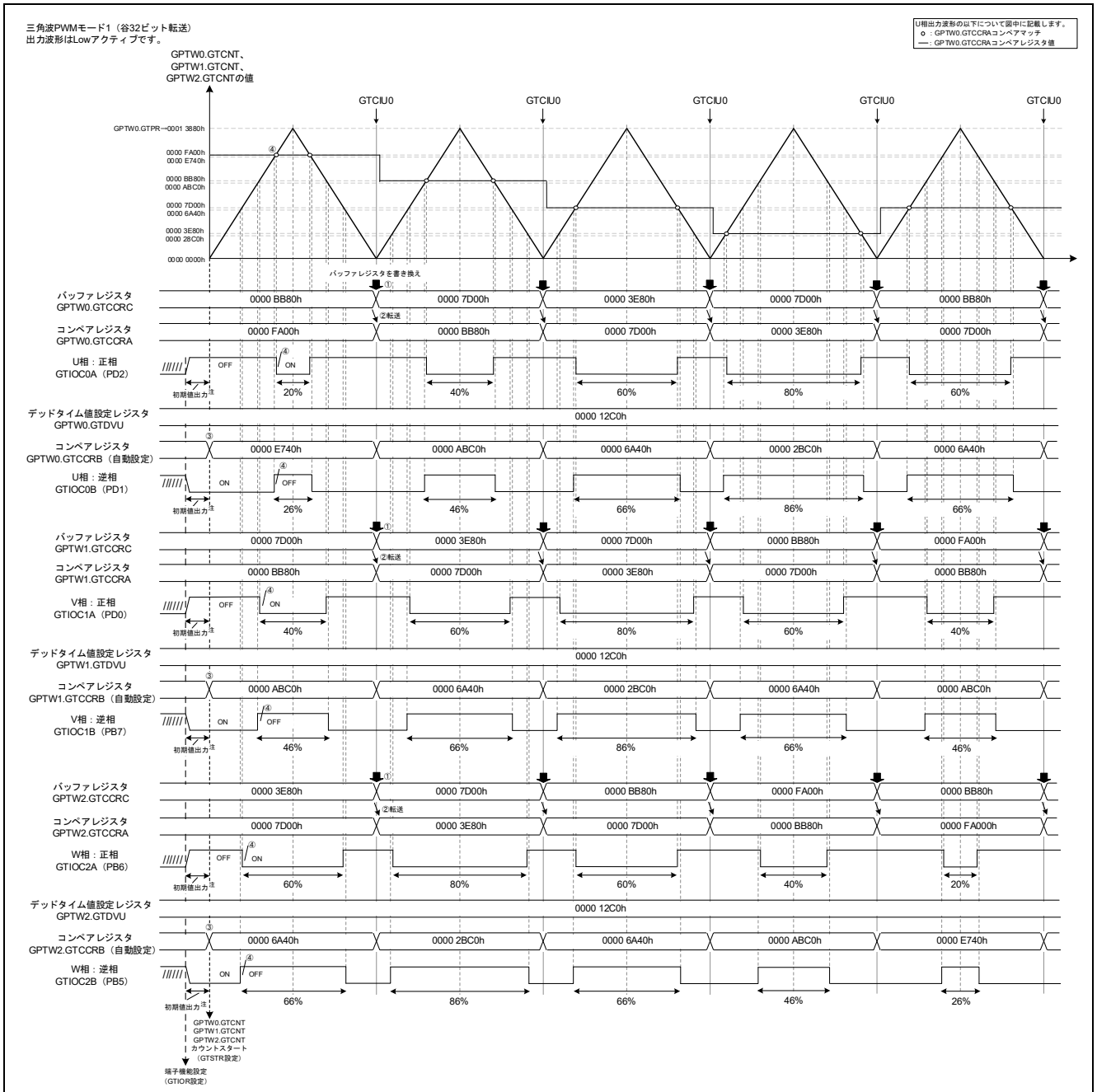


図 4-41　左右対称の PWM 出力波形



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-42　サンプルコードの動作

4.6.3　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 4-9　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	Config_GPT1	Config_GPT2
動作	三角波 PWM モード 1		
リソース	GPT0	GPT1	GPT2

図 4-43 ～ 図 4-45 に Config_GPT0 の設定を示します。GPT1、GPT2 の設定も同様です。

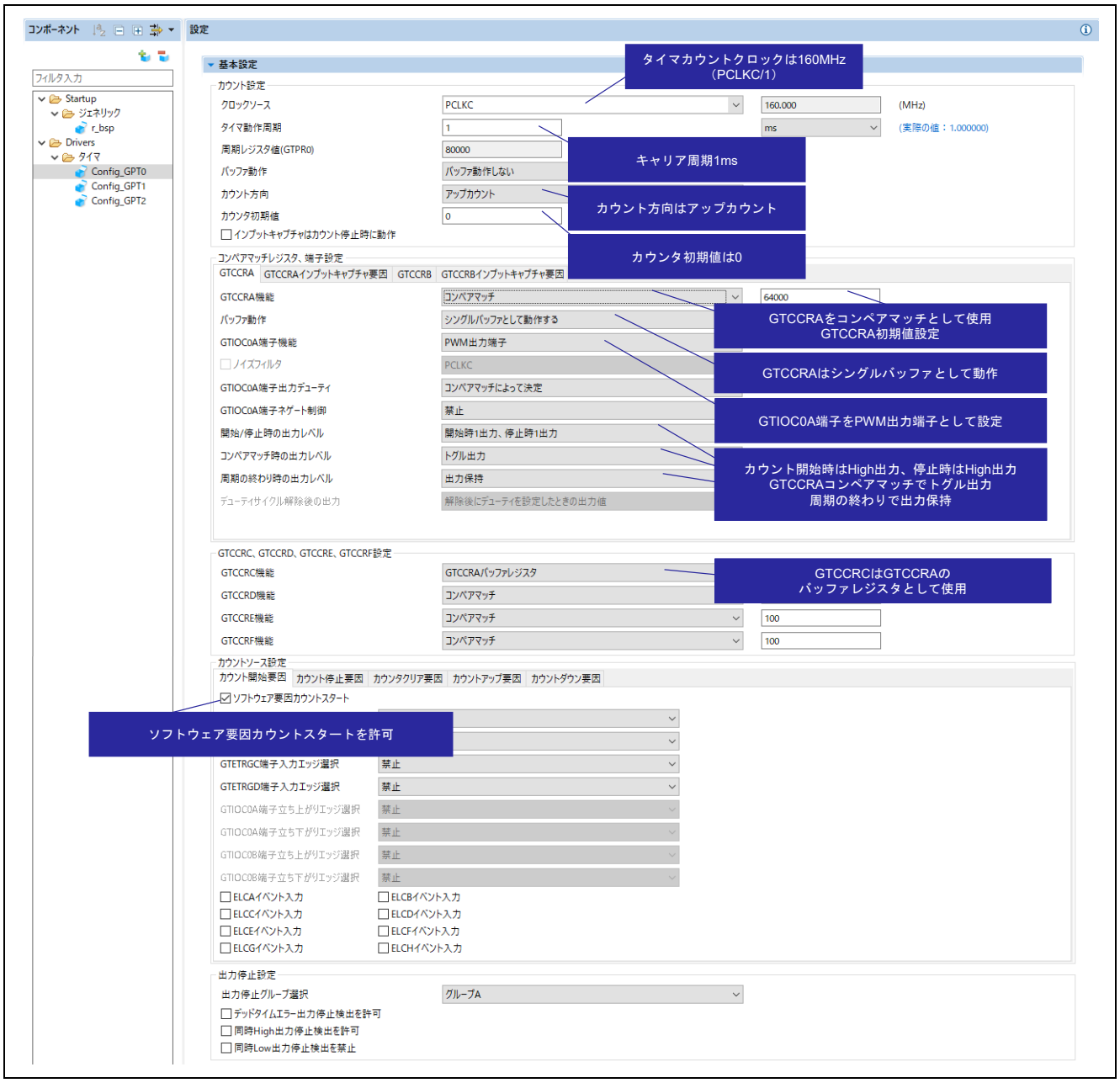


図 4-43　GPT0 の設定(1/2)

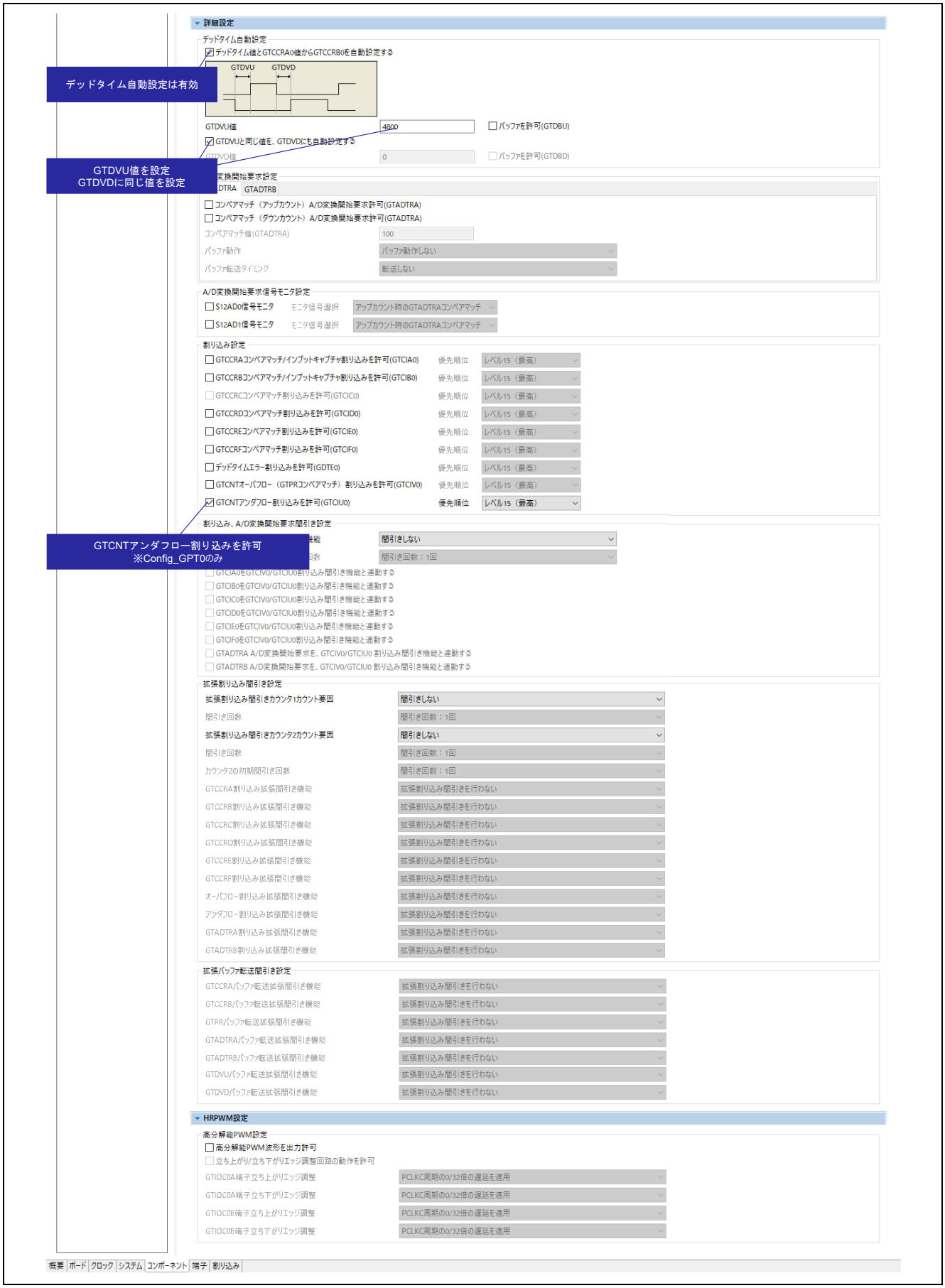


図 4-44　GPT0 の設定(2/2)

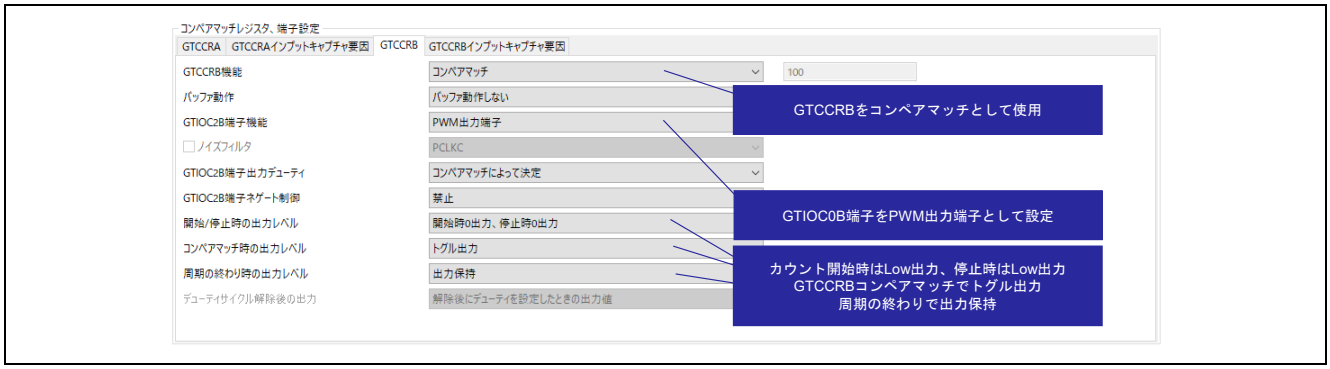


図 4-45　GPT0 の設定　GTCCRB のコンペアマッチレジスタ、端子設定

4.6.4　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、処理を示します。

main 関数内でカウントスタート関数 gpt0_gpt1_gpt2_start を読み出し、カウントをスタートします。

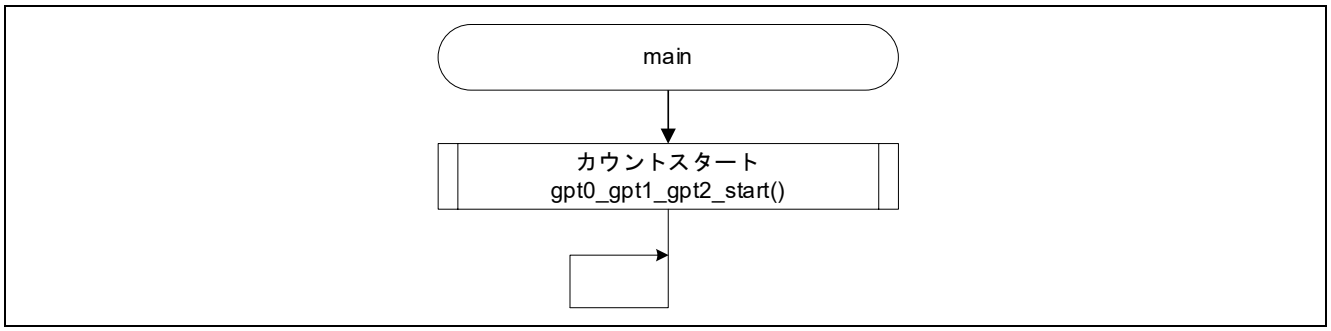


図 4-46　main 関数

カウントスタート関数では、GTCIU0 割り込み許可後、GPT0、GPT1、GPT2 のカウントをスタートします。

本関数はスマート・コンフィグレータによるコード生成後、新規作成した関数です。

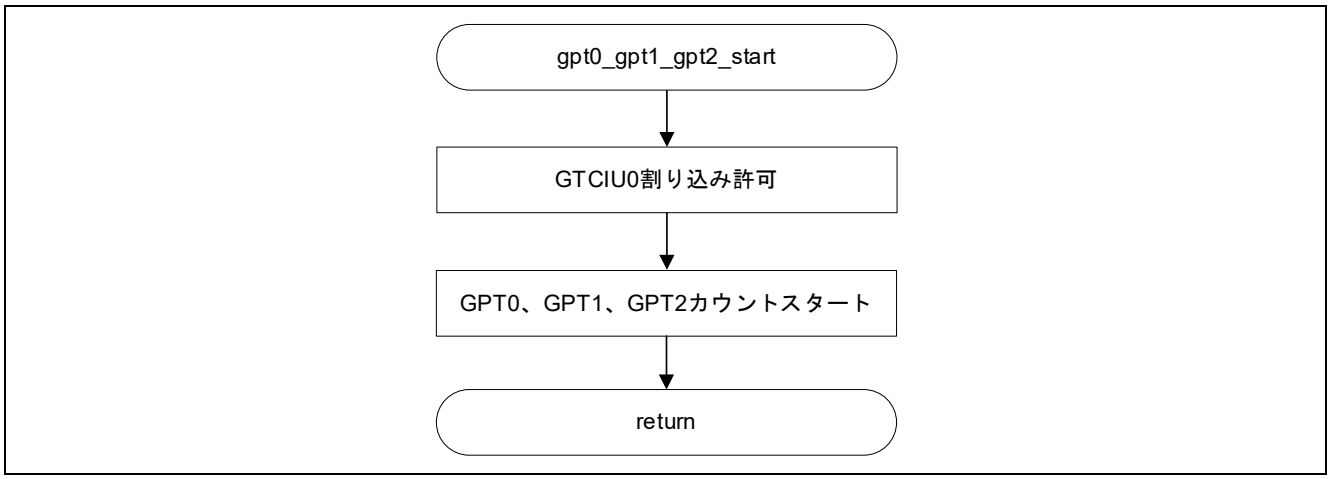


図 4-47　カウントスタート関数

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、バッファレジスタの初期値設定、および変数の初期化を行います。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。

- g_ucduty_prv0　　：前回の GPTW0.GTCCRC レジスタの値を保持するための変数

また、R_Config_GPT1_Create_UserInit と R_Config_GPT2_Create_UserInit も同様の処理を行います。

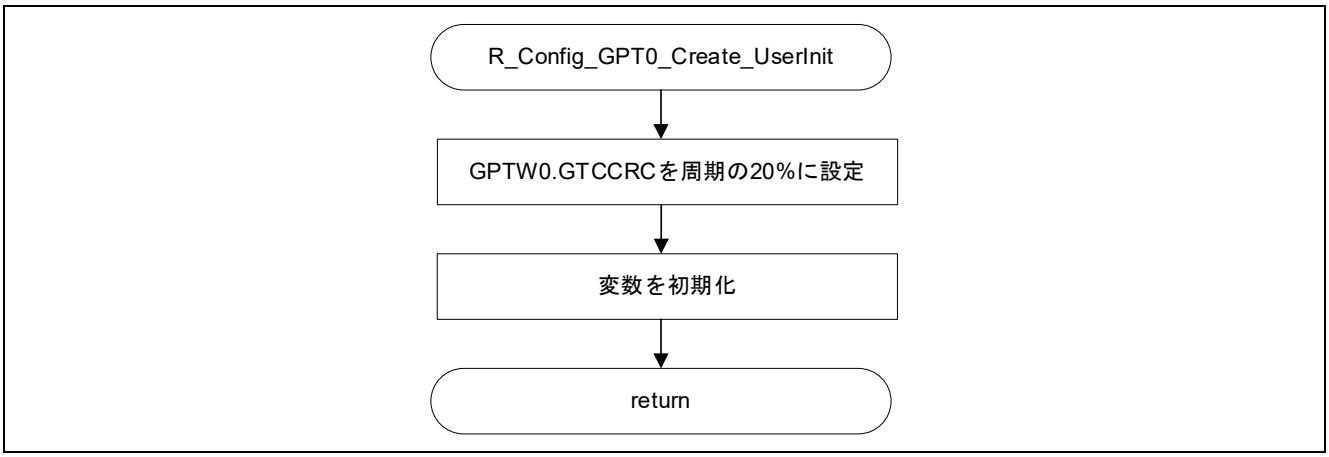


図 4-48　ユーザ初期化関数

GTCIU0 割り込みハンドラ関数では、現在のバッファレジスタ GPTW0.GTCCRC、GPTW1.GTCCRC、GPTW2.GTCCRC の値および、前回のバッファレジスタに設定されていた値に応じて、バッファレジスタの値を変更します。

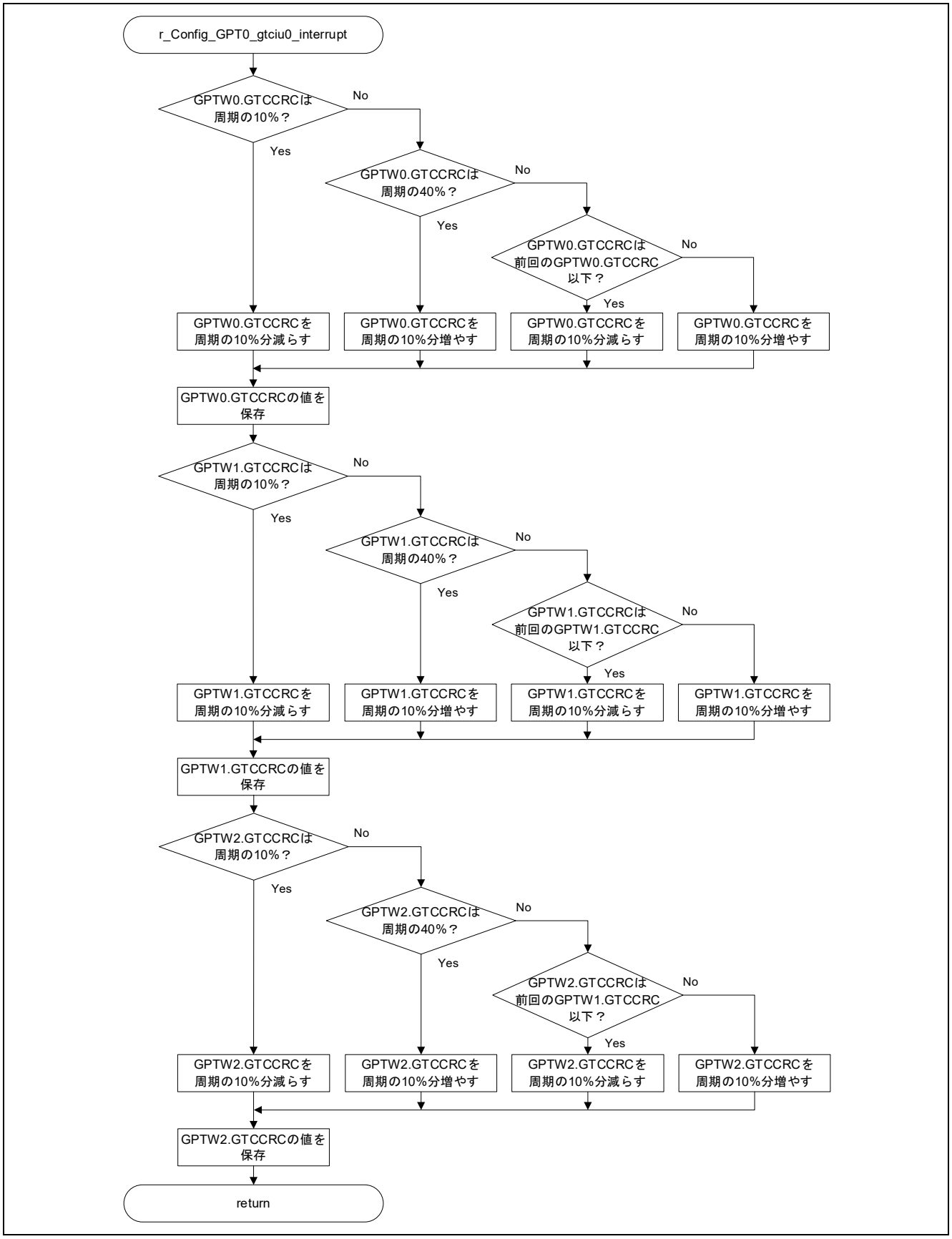


図 4-49　GTCIU0 割り込みハンドラ関数

4.6.5　関連動作

4.6.5.1　区間で異なるデッドタイム自動設定

本サンプルコードではデッドタイム自動設定機能を使用し、GTDTCR.TDFER ビットを“1”にすることによって、逆相波形の前側と後側の切り替わりポイントを共通にしたデッドタイムが生成されます。

デッドタイム自動設定機能では、前側と後側を独立して設定することができ、逆相波形の前側の切り替わりポイントに対するデッドタイムを GTDVU で、後側の切り替わりポイントに対するデッドタイムを GTDVD で設定します。

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「24.3.4 デッドタイム自動設定機能」を参照してください。

4.6.5.2　デッドタイム自動設定機能のバッファ動作

本サンプルコードではデッドタイム自動設定機能を使用し、スマート・コンフィグレータにて設定した一定のデッドタイム期間を確保する逆相波形が生成されます。

デッドタイム自動設定機能では、GTDBU を GTDVU のバッファレジスタ、GTDBD を GTDVD のバッファレジスタとして使用し、カウント周期の終わり（GTCNT カウンタのアンダフロー発生時（谷））でバッファ転送されることでカウント中にデッドタイム期間を更新することが可能です。

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「24.3.4 デッドタイム自動設定機能」を参照してください。

スマート・コンフィグレータの設定を以下に示します。

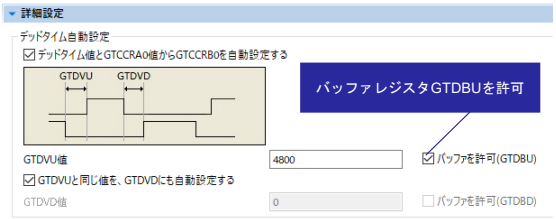
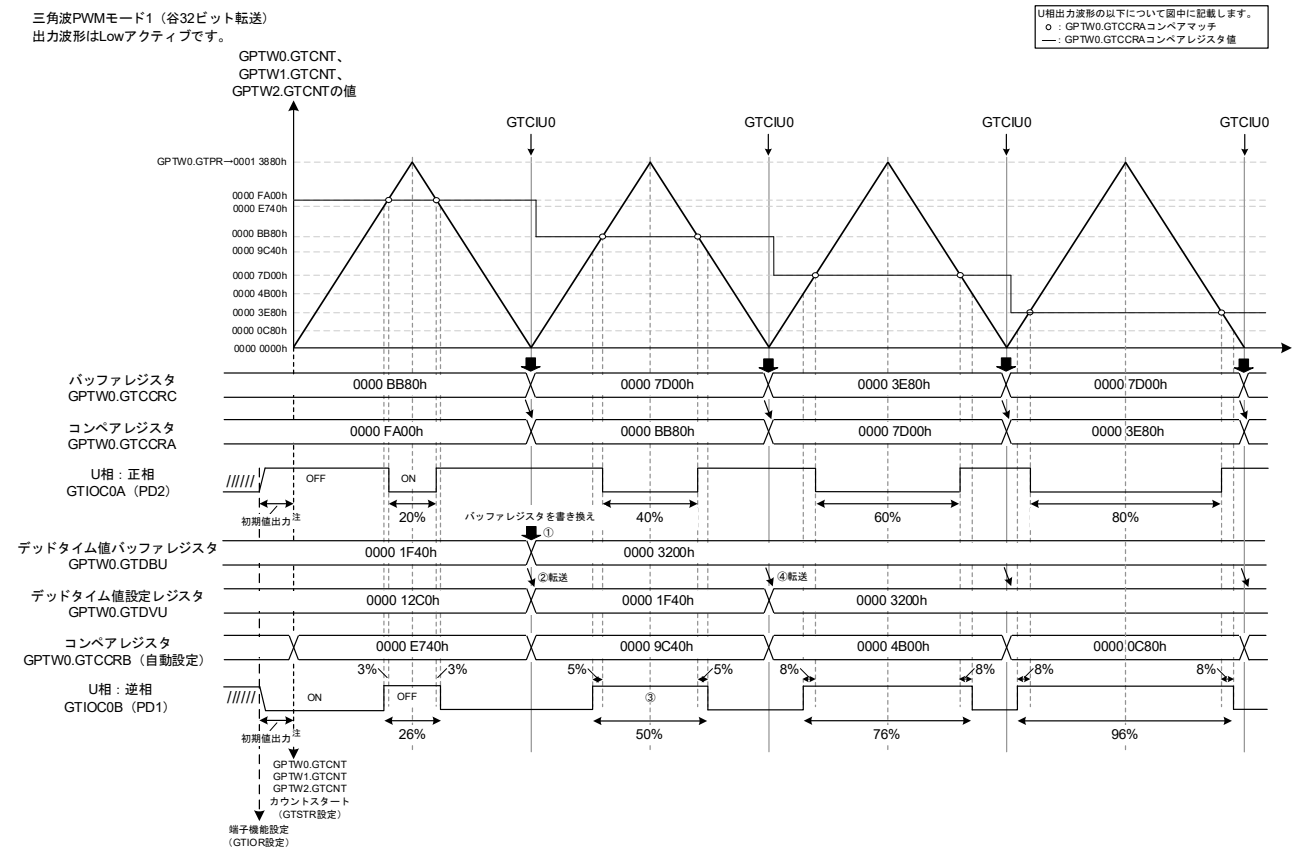


図 4-50　スマート・コンフィグレータのデッドタイム自動設定

デッドタイム値のバッファレジスタを使用したデッドタイム自動設定機能の動作例を図 4-51 に示します。

GTCNT カウンタのアンダフロー割り込み（GTCIU0）で GTDBU の値を書き換えます（図 4-51 ①）。GTDBU の値は GTCNT カウンタのアンダフロー発生時（谷）に、デッドタイム設定レジスタ GTDVU へ転送（図 4-51 ②）され、更新後のデッドタイム期間を確保した波形が出力されます（図 4-51 ③）。

3 周期目は 1 周期目の終わりに書き換えた GTDBU の値が GTDVU へ転送（図 4-51 ④）されます。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-51　デッドタイム自動設定機能のバッファ動作

4.6.5.3　デッドタイム自動設定機能 未使用

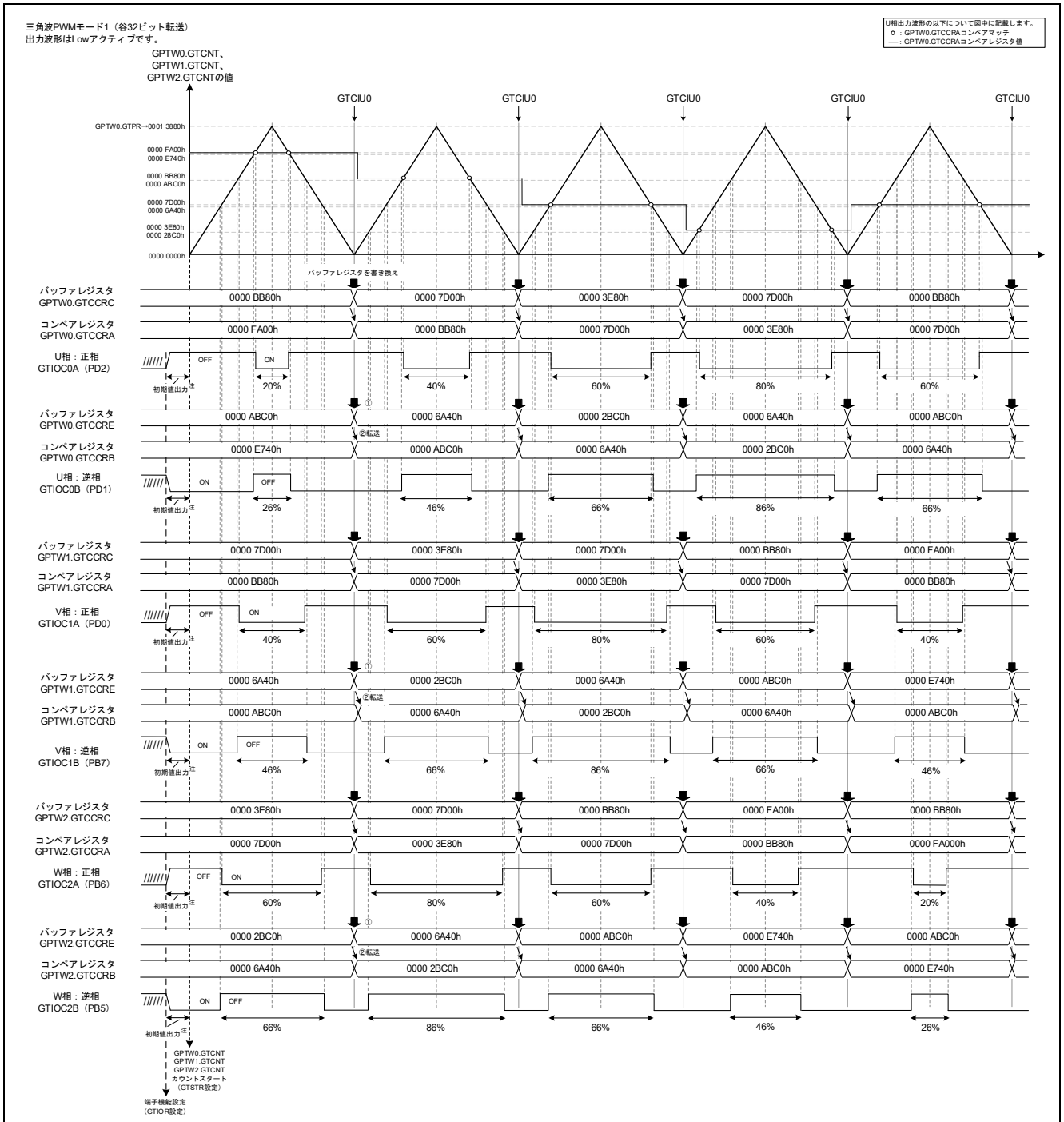
- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_gptw_triangle_pwm1.zip

デッドタイム自動設定機能を使用しない場合（GTDTCR.TDE ビットが“0”）の動作を図 4-52 に示します。

上記サンプルコードは、逆相波形用のコンペアマッチレジスタ GTCCRB とバッファレジスタ GTCCRE に値を設定することで、デッドタイム期間を確保した波形が生成されます。

逆相も正相と同様に、GTCNT カウンタのアンダフロー発生時（谷）にバッファレジスタ GTCCRE の書き換え（図 4-52 ①）とバッファレジスタからコンペアレジスタ GTCCRB への転送（図 4-52 ②）し、周期ごとにコンペア値を更新します。

また、デッドタイム期間は、図 4-42 の動作と同じ期間を一定に確保します。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-52　デッドタイム自動設定機能 未使用（三角波 PWM モード 1）

4.6.6　注意事項

4.6.6.1　複数チャネルのカウントスタート

本サンプルコードでは、GPTW0、GPTW1、GPTW2 のカウントを同時にスタートするため、gpt0_gpt1_gpt2_start 関数内でタイマソフトウェアスタートレジスタ GTSTR の CSTRT0、CSTRT1、CSTRT2 ビットを同時に設定しています。

スマート・コンフィグレータで生成される R_Config_GPT0_Start、R_Config_GPT1_Start、R_Config_GPT2_Start 関数を使用した場合、各々の関数読み出しを行うため、カウントスタートタイミングにずれが生じます。

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「24.3.8.1 ソフトウェアによる同期動作」を参照してください。

4.6.6.2　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、「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。

4.7　三角波 PWM モード 2

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_gptw_triangle_pwm2_dt.zip

4.7.1　概要

GPTW の三角波 PWM モード 2 を使用し、デッドタイム付きの 3 相相補 PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードでは三角波 PWM モード 2（山と谷 32 ビット転送）にてデッドタイム自動設定機能を使用し、以下の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。各デューティは、バッファを使用し（ダブルバッファは使用しない）左右非対称な PWM 波形で生成しています。

- U 相デューティ切り替え：20% → 40% → 60% → 80% → 60% → 40% → …
- V 相デューティ切り替え：40% → 60% → 80% → 60% → 40% → 20% → …
- W 相デューティ切り替え：60% → 80% → 60% → 40% → 20% → 40%→ …

GTCNT カウンタのオーバフロー発生時とアンダフロー発生時に、バッファレジスタ GTCCRC の値をコンペアレジスタ GTCCRA へ転送することで、デューティ比を変更します。

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 2 を使用
- チャネル 0、1、2 を使用（チャネル番号 n = 0, 1, 2）
- 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 をデューティ出力のコンペアマッチとして使用
  — GTIOCnA 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 High 出力、カウント停止時は High 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
- GTCCRB をデューティ出力のコンペアマッチとして使用
  — GTIOCnB 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 Low 出力、カウント停止時は Low 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
- バッファレジスタを使用
  — GTCCRA はシングルバッファで動作
  — GTCCRC 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
- 周期ごとにデューティを変更
  — GTCNT カウンタのオーバフロー割り込み、
    GTCNT カウンタのアンダフロー割り込みでデューティを変更
  — デューティの変更タイミングの詳細は図 4-55 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 4.7.3 を参照してください

本サンプルコードにおける三角波 PWM モード 2 出力を以下に示します。

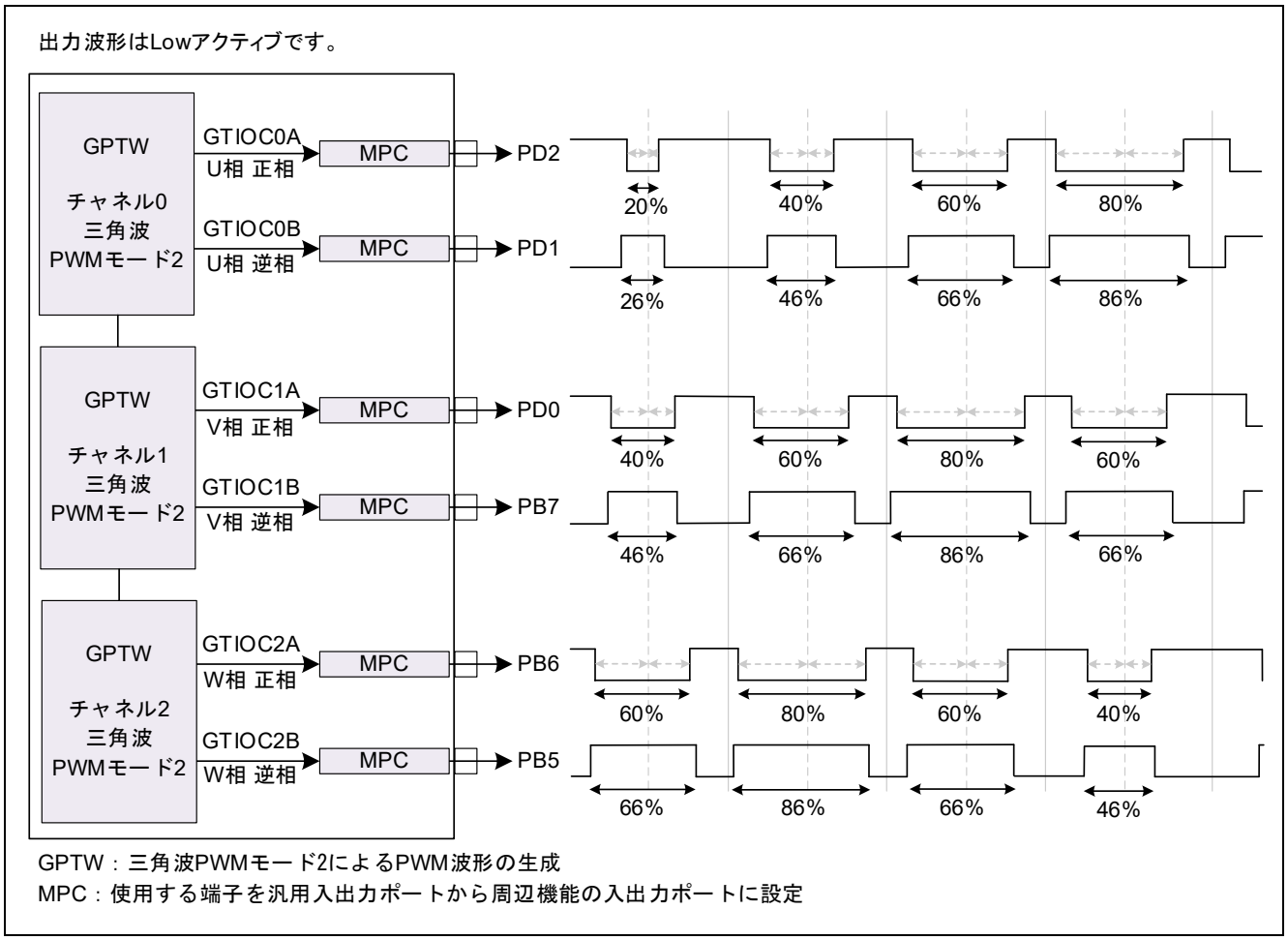


図 4-53　三角波 PWM モード 2 出力

4.7.2　動作詳細

本サンプルコードの動作を図 4-55 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、GTCNT カウンタのオーバフロー割り込み（GTCIV0）、および GTCNT カウンタのアンダフロー割り込み（GTCIU0）を発生し、バッファレジスタ GTCCRC の値を書き換えます（図 4-55 ①）。

本サンプルコードは三角波 PWM モード 2 を使用しているため、GTCNT カウンタのオーバフロー発生時（山）とアンダフロー発生時（谷）にバッファレジスタ GTCCRC からコンペアレジスタ GTCCRA へ転送することにより、データを更新しています（図 4-55 ②）。

また、デッドタイム自動設定を使用しているため、GTCCRB レジスタ値は GTCCRA の更新に応じて自動的に設定されます。GTDVU と GTDVD には同じ値を設定しています。本サンプルコードはカウント開始時に GTCCRB 値が自動設定されます（図 4-55 ③）。

カウント開始後、コンペアレジスタとカウンタレジスタとのコンペアマッチが発生し、逆相出力が OFF、その後、正相出力が ON になります（図 4-55 ④）。

- 左右非対称の PWM 波形出力
  各周期のデューティは、アップカウント期間とダウンカウント期間において異なるデューティを生成しています。

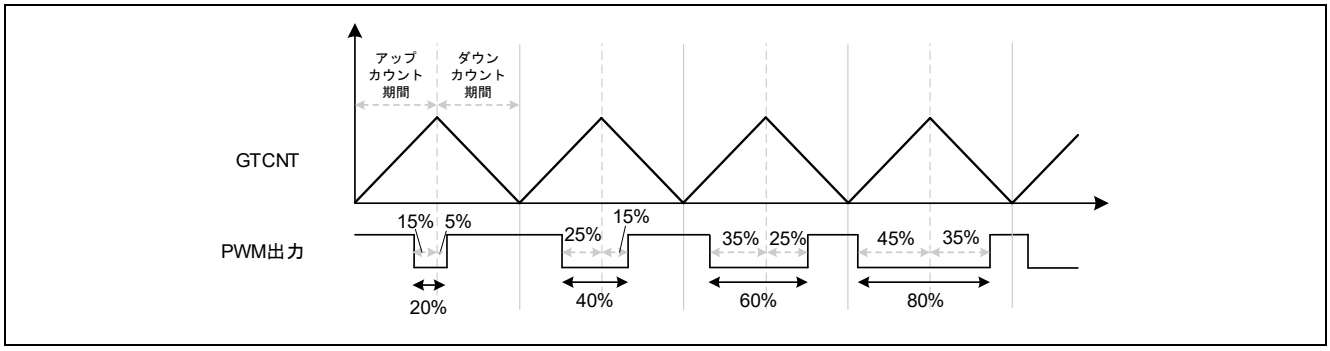
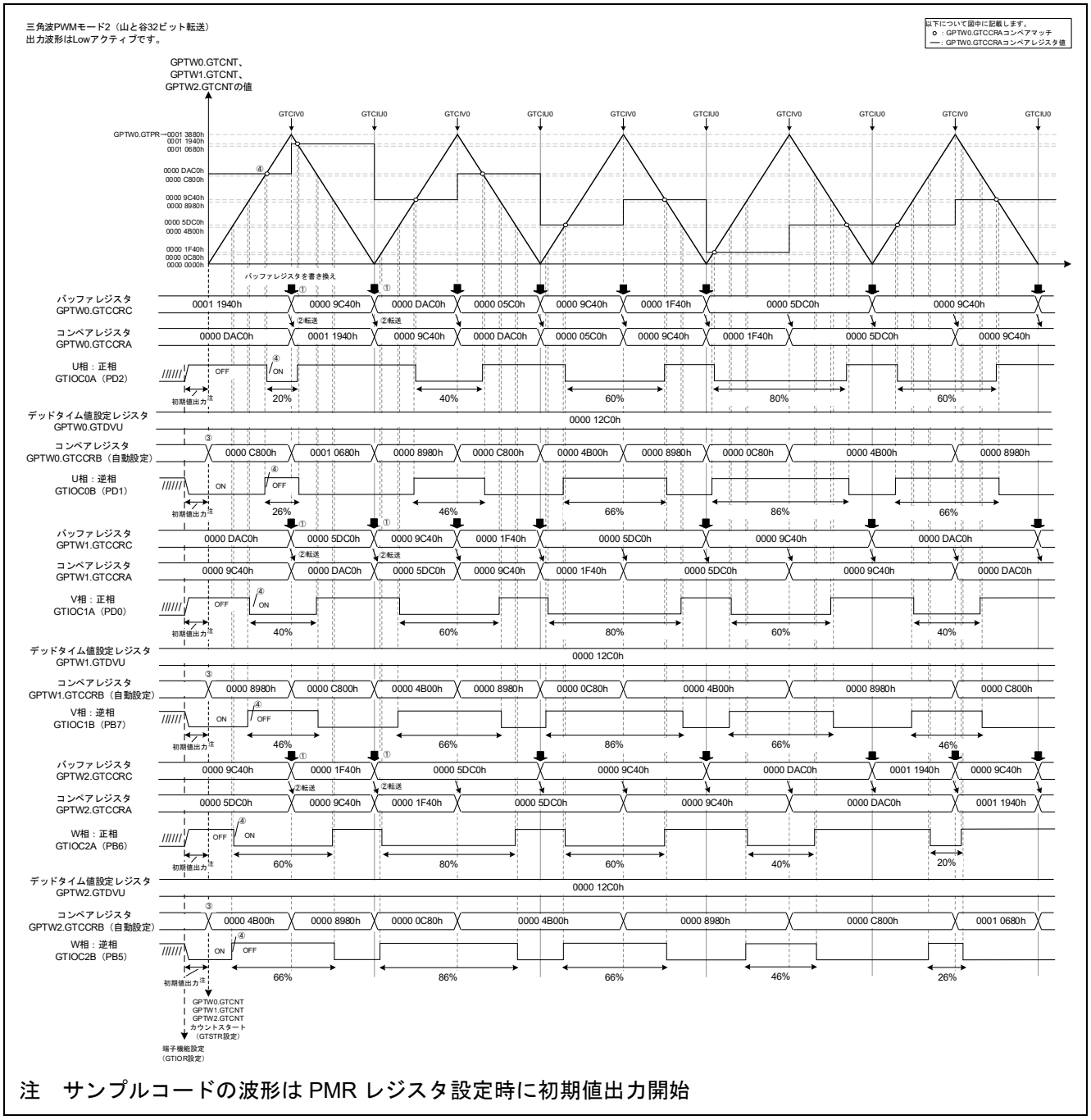


図 4-54　左右非対称の PWM 出力波形



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-55　サンプルコードの動作

4.7.3　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 4-10　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	Config_GPT1	Config_GPT2
動作	三角波 PWM モード 2		
リソース	GPT0	GPT1	GPT2

図 4-56 ～ 図 4-58 に Config_GPT0 の設定を示します。GPT1、GPT2 の設定も同様です。

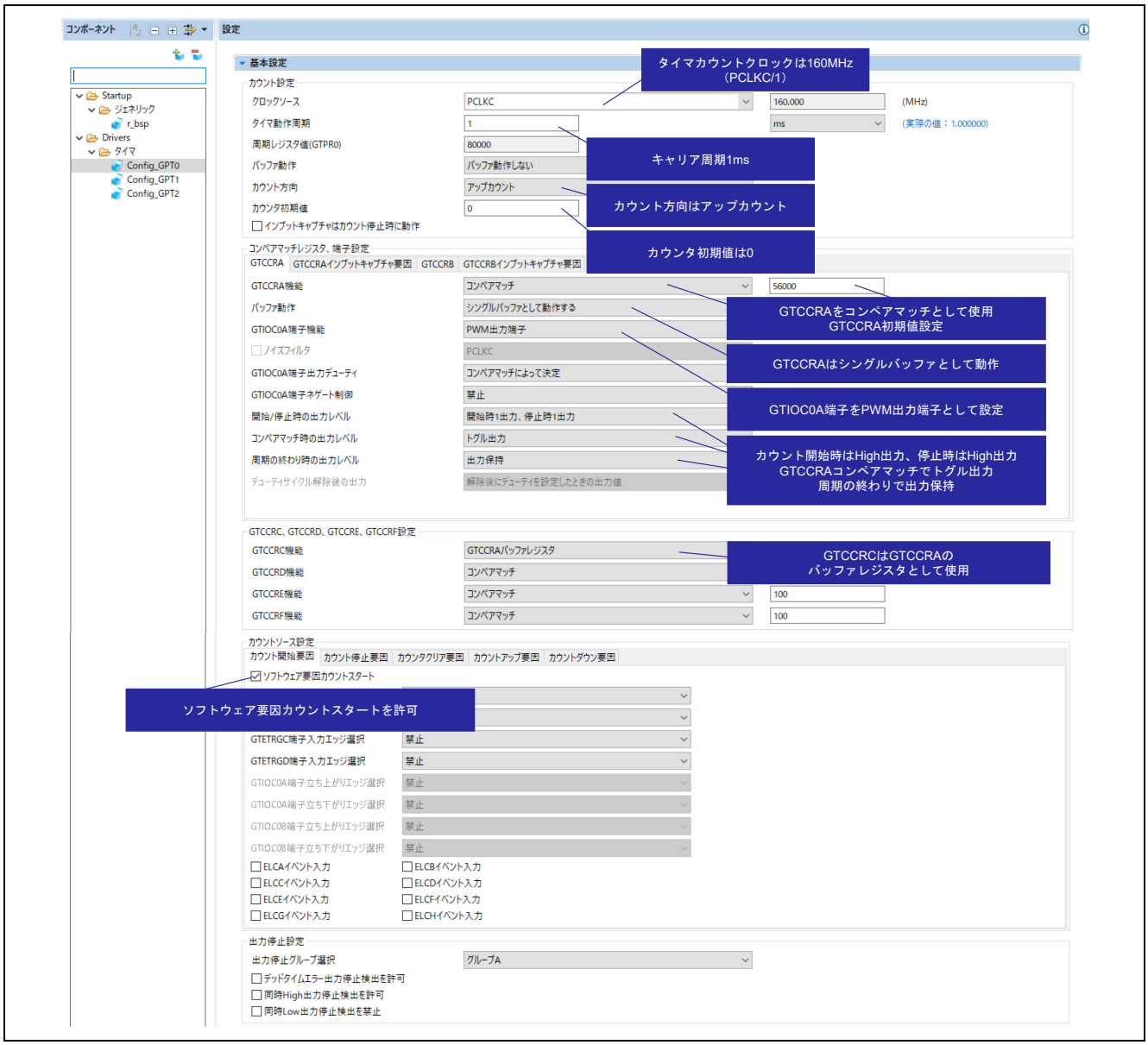


図 4-56　GPT0 の設定(1/2)

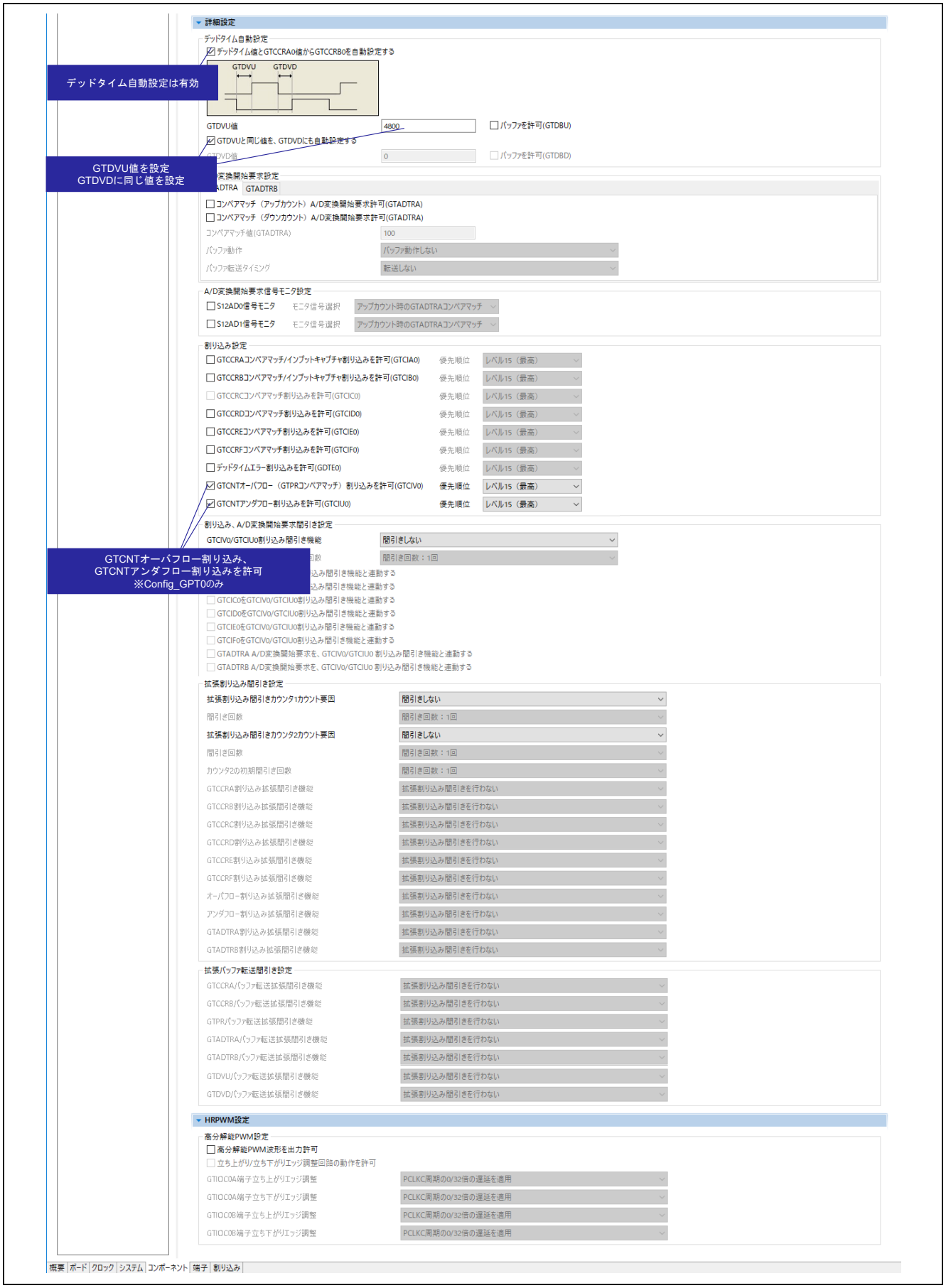


図 4-57　GPT0 の設定(2/2)

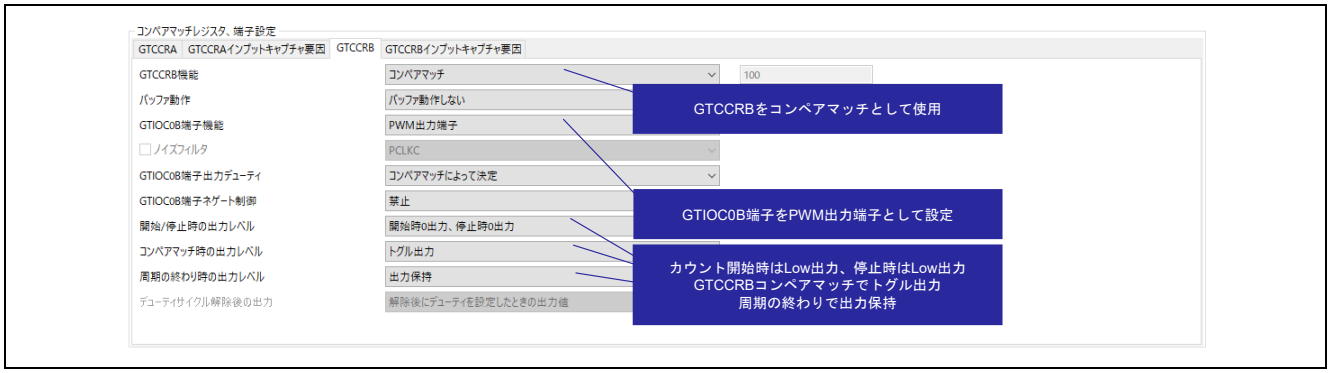


図 4-58　GPT0 の設定　GTCCRB のコンペアマッチレジスタ、端子設定

4.7.4　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、処理を示します。

main 関数内でカウントスタート関数 gpt0_gpt1_gpt2_start を読み出し、カウントをスタートします。

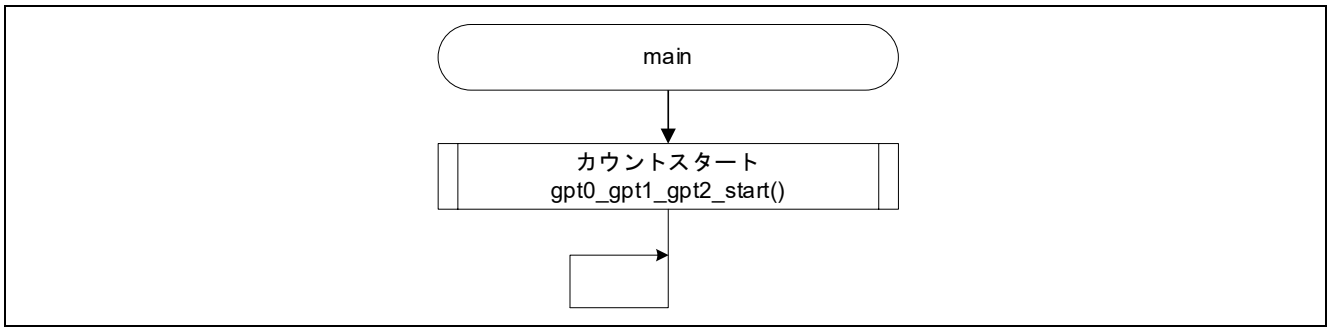


図 4-59　main 関数

カウントスタート関数では、GTCIV0、GTCIU0 割り込み許可後、GPT0、GPT1、GPT2 のカウントをスタートします。

本関数はスマート・コンフィグレータによるコード生成後、新規作成した関数です。

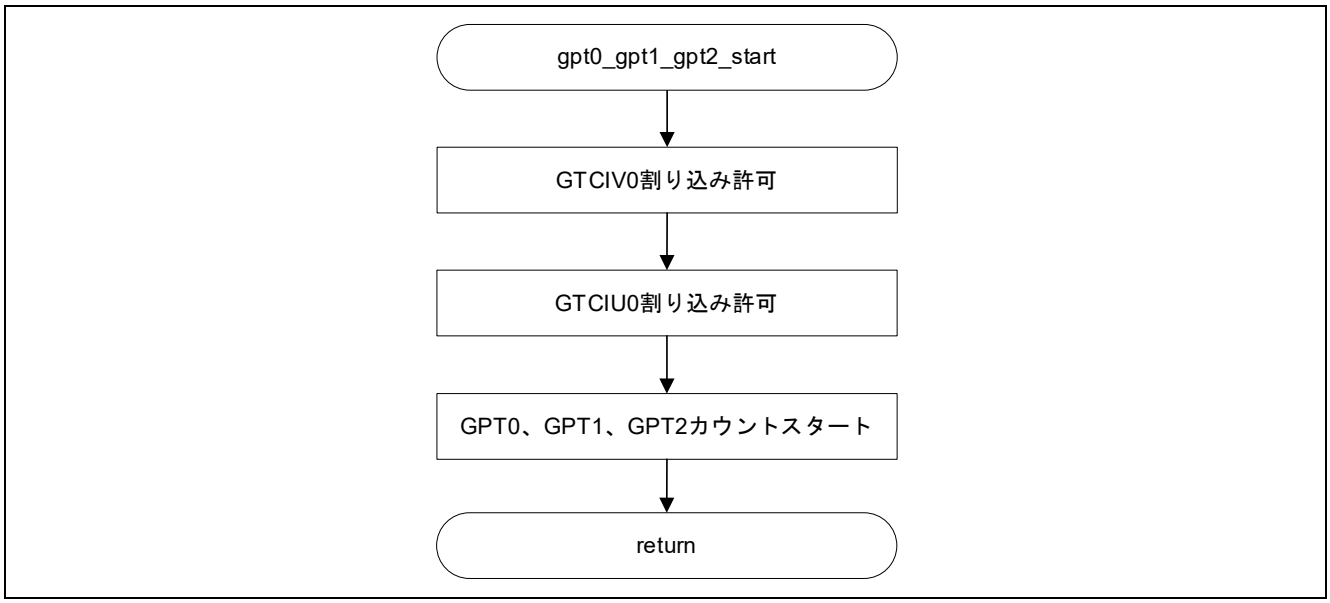


図 4-60　カウントスタート関数

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、バッファレジスタの初期値設定を行います。本関数は、R_Config_GPT0_Create 関数内から呼び出されます。

また、R_Config_GPT1_Create_UserInit と R_Config_GPT2_Create_UserInit も同様の処理を行います。

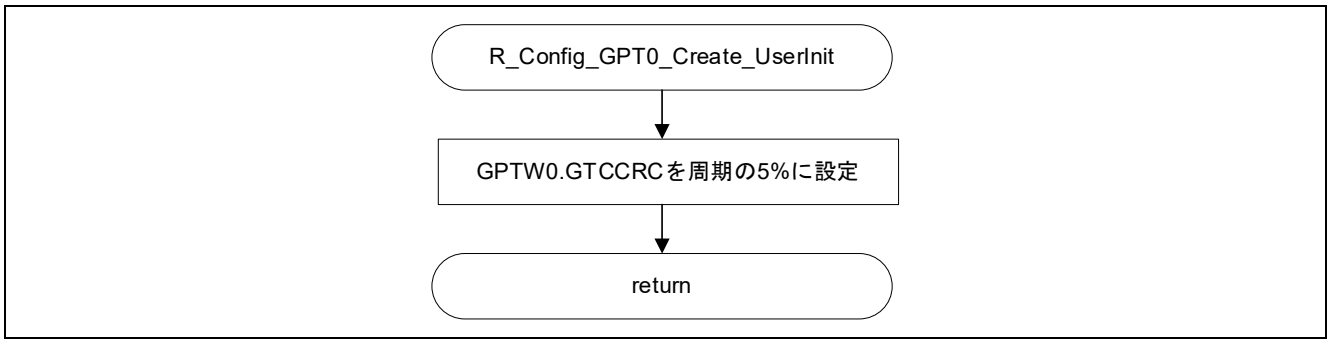


図 4-61　ユーザ初期化関数

GTCIV0 割り込みハンドラ関数では、出力デューティの変化に応じて、バッファレジスタの値を更新します。

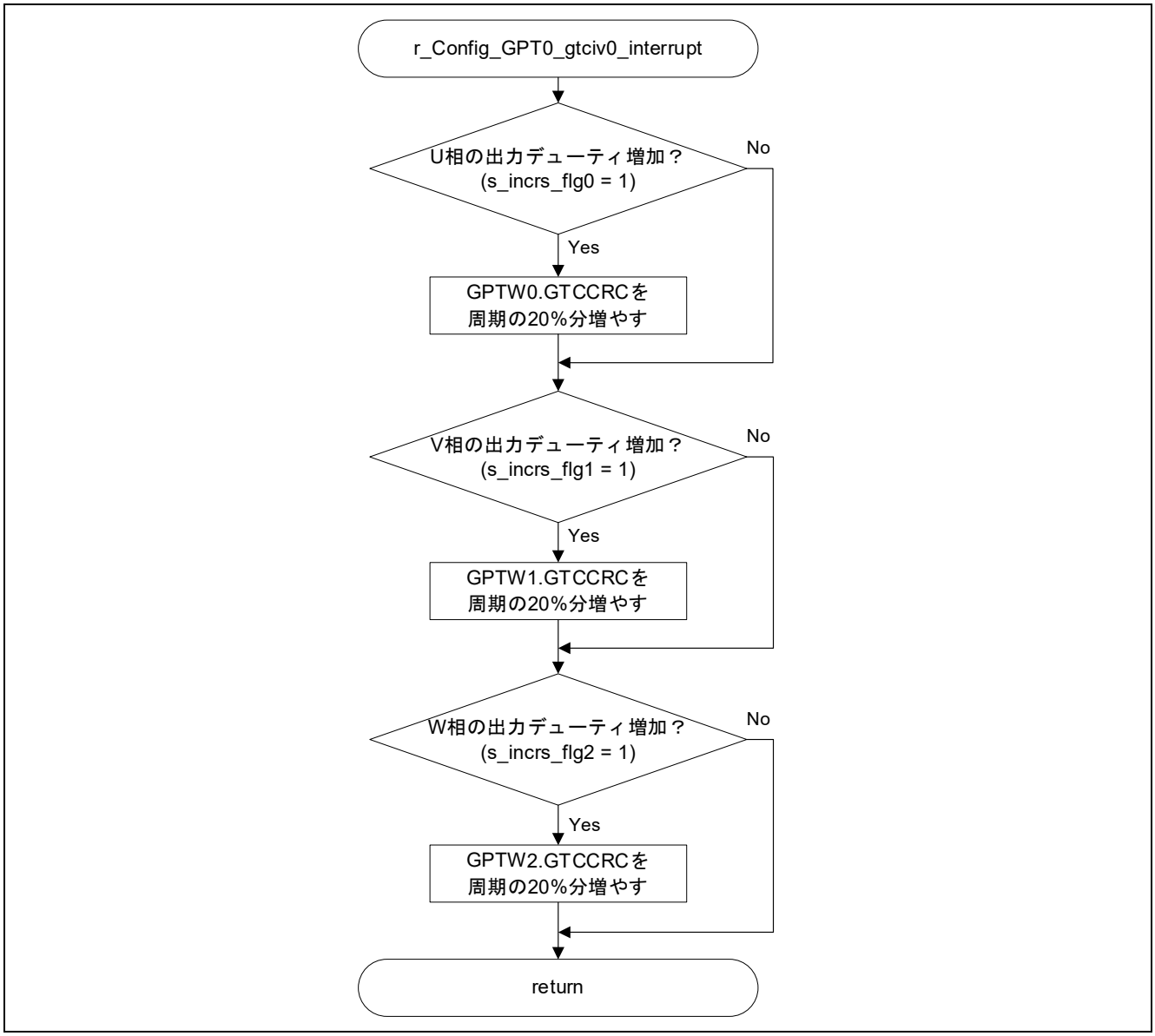


図 4-62　GTCIV0 割り込みハンドラ関数

GTCIU0 割り込みハンドラ関数では、現在のバッファレジスタの値に応じて、バッファレジスタの値を更新します。

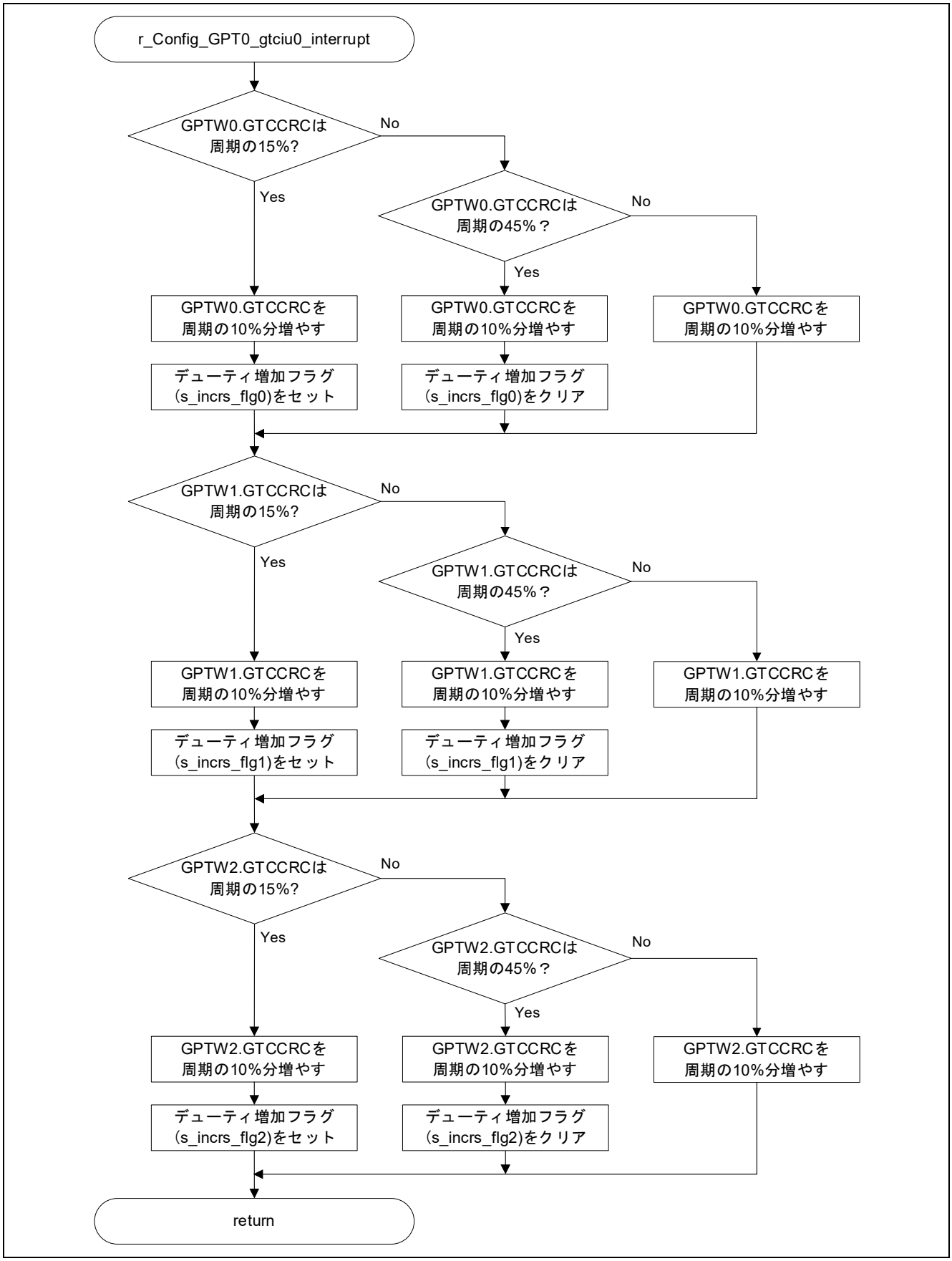


図 4-63　GTCIU0 割り込みハンドラ関数

4.7.5　関連動作

4.7.5.1　区間で異なるデッドタイム自動設定

本サンプルコードではデッドタイム自動設定機能を使用し、GTDTCR.TDFER ビットを“1”にすることによって、逆相波形の前側と後側の切り替わりポイントを共通にしたデッドタイムが生成されます。

デッドタイム自動設定機能では、前側と後側を独立して設定することができ、逆相波形の前側の切り替わりポイントに対するデッドタイムを GTDVU で、後側の切り替わりポイントに対するデッドタイムを GTDVD で設定します。

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「24.3.4 デッドタイム自動設定機能」を参照してください。

4.7.5.2　デッドタイム自動設定機能のバッファ動作

本サンプルコードではデッドタイム自動設定機能を使用し、スマート・コンフィグレータにて設定した一定のデッドタイム期間を確保する逆相波形が生成されます。

デッドタイム自動設定機能では、GTDBU を GTDVU のバッファレジスタ、GTDBD を GTDVD のバッファレジスタとして使用し、カウント周期の終わり（GTCNT カウンタのアンダフロー発生時（谷））でバッファ転送されることでカウント中にデッドタイム期間を更新することが可能です。

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「24.3.4 デッドタイム自動設定機能」を参照してください。

スマート・コンフィグレータの設定を以下に示します。

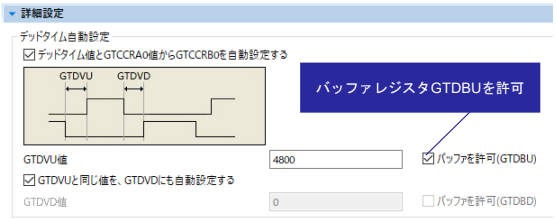


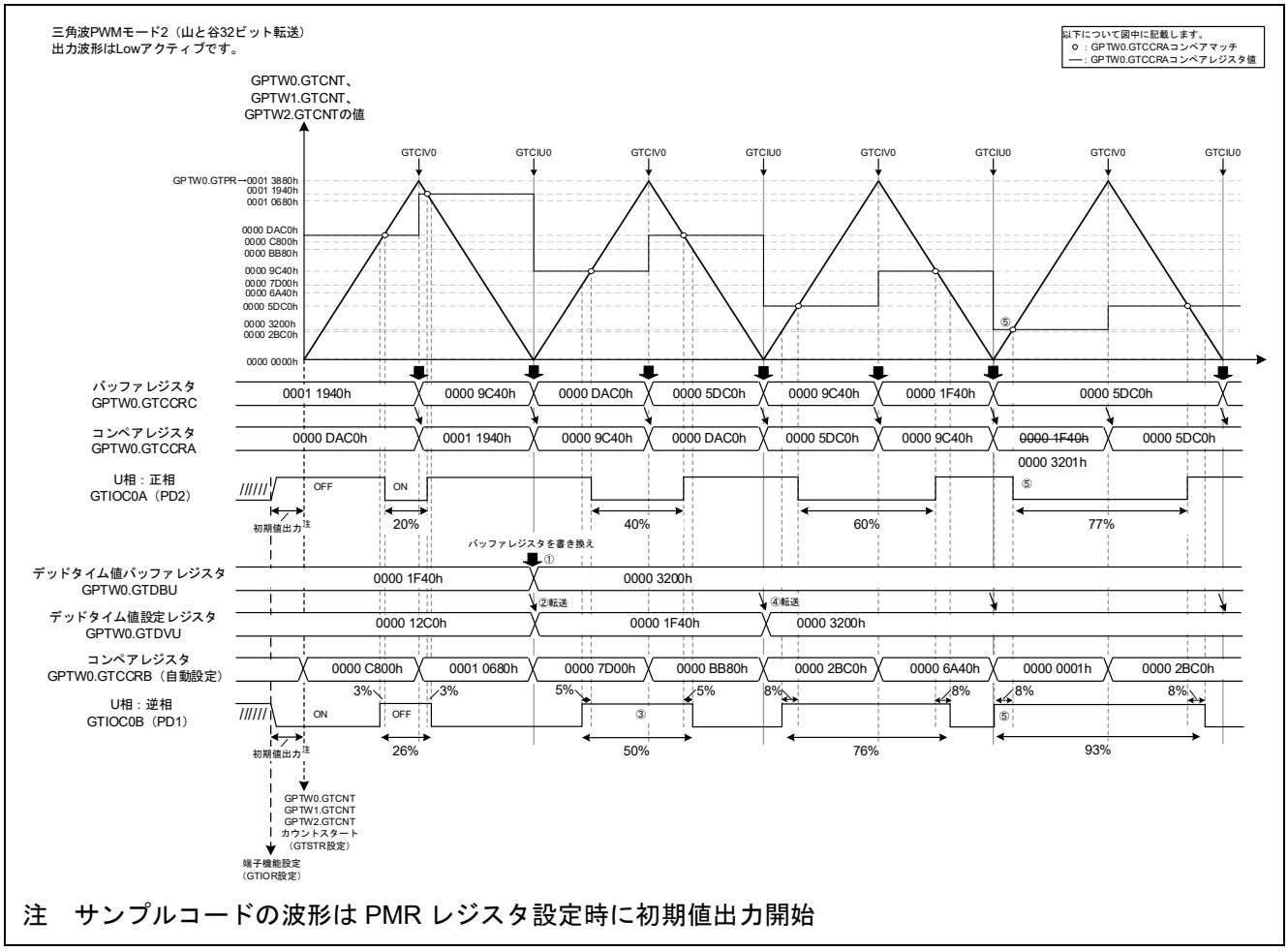
図 4-64　スマート・コンフィグレータのデッドタイム自動設定

デッドタイム値のバッファレジスタを使用したデッドタイム自動設定機能の動作例を図 4-65 に示します。

GTCNT カウンタのアンダフロー割り込み（GTCIU0）で GTDBU の値を書き換えます（図 4-65 ①）。GTDBU の値は GTCNT カウンタのアンダフロー発生時（谷）に、デッドタイム設定レジスタ GTDVU へ転送（図 4-65 ②）され、更新後のデッドタイム期間を確保した波形が出力されます（図 4-65 ③）。

3 周期目は 1 周期目の終わりに書き換えた GTDBU の値が GTDVU へ転送（図 4-65 ④）されます。

4 周期目のデッドタイム設定は逆相の前側の変化ポイントがデッドタイムエラー（GTCCRA-GTDVU<0）となるため、変化ポイントが補正された正相と逆相の波形が出力されます（図 4-65 ⑤）。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-65　デッドタイム自動設定機能のバッファ動作

4.7.5.3　デッドタイム自動設定機能 未使用

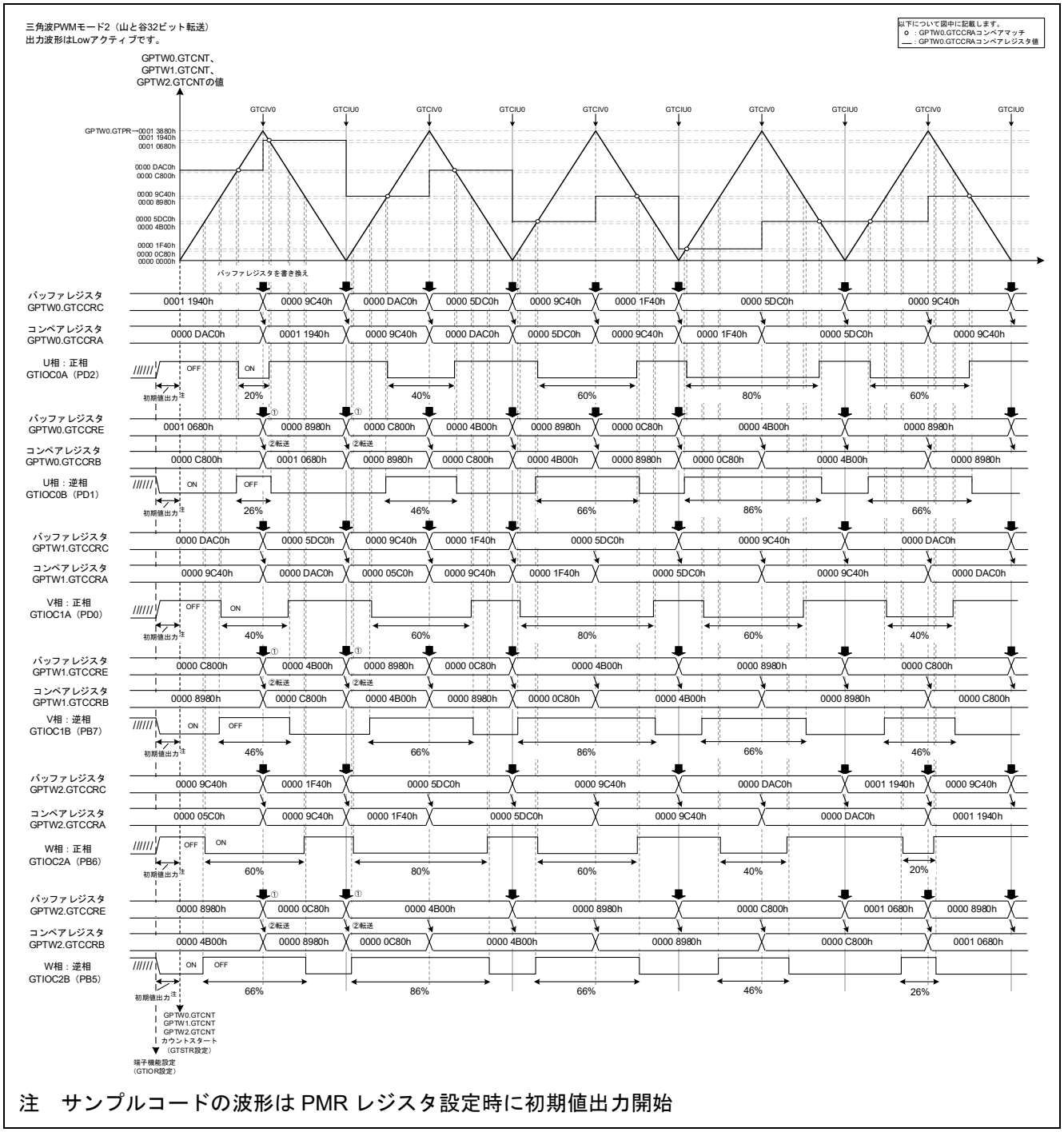
- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_gptw_triangle_pwm2.zip

デッドタイム自動設定機能を未使用時（GTDTCR.TDE ビットが“0”）の動作を図 4-66 に示します。

デッドタイム自動設定機能を使用しない場合は、逆相波形用のコンペアマッチレジスタ GTCCRB とバッファレジスタ GTCCRE に値を設定することで、デッドタイム期間を確保した波形が生成されます。

逆相も正相と同様に、GTCNT カウンタのオーバフロー割り込み（GTCIV0）、および GTCNT カウンタのアンダフロー割り込み（GTCIU0）発生時にバッファレジスタ GTCCRE の書き換え（図 4-66 ①）を行い、GTCNT カウンタのオーバフロー発生時（山）にバッファレジスタ GTCCRE からコンペアレジスタ GTCCRB へ転送（図 4-66 ②）し、コンペア値を更新します。

また、デッドタイム期間は、図 4-55 の動作と同じ期間を一定に確保します。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-66　デッドタイム自動設定機能 未使用（三角波 PWM モード 2）

4.7.6 注意事項

4.7.6.1 複数チャネルのカウントスタート

本サンプルコードでは、GPTW0、GPTW1、GPTW2 のカウントを同時にスタートするため、gpt0_gpt1_gpt2_start 関数内でタイマソフトウェアスタートレジスタ GTSTR の CSTRT0、CSTRT1、CSTRT2 ビットを同時に設定しています。

スマート・コンフィグレータで生成される R_Config_GPT0_Start、R_Config_GPT1_Start、R_Config_GPT2_Start 関数を使用した場合、各々の関数読み出しを行うため、カウントスタートタイミングにずれが生じます。

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「24.3.8.1 ソフトウェアによる同期動作」を参照してください。

4.7.6.2 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、「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。

4.8　三角波 PWM モード 3

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_gptw_triangle_pwm3_dt.zip

4.8.1　概要

GPTW の三角波 PWM モード 3 を使用し、デッドタイム付きの 3 相相補 PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードでは三角波 PWM モード 3（谷 64 ビット転送）にてデッドタイム自動設定機能を使用し、以下の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。各デューティは、ダブルバッファを使用し左右非対称な PWM 波形で生成しています。

- U 相デューティ切り替え：20% → 40% → 60% → 80% → 60% → 40% → …
- V 相デューティ切り替え：40% → 60% → 80% → 60% → 40% → 20% → …
- W 相デューティ切り替え：60% → 80% → 60% → 40% → 20% → 40%→ …

GTCNT カウンタのオーバフロー発生時にテンポラリレジスタ A の値をコンペアレジスタ GTCCRA へ転送し、アンダフロー発生時にバッファレジスタ GTCCRD の値をテンポラリレジスタ A へ、バッファレジスタ GTCCRC の値をコンペアレジスタ GTCCRA へ転送することで、デューティ比を変更します。

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
- チャネル 0、1、2 を使用（チャネル番号 n = 0, 1, 2）
- 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 をデューティ出力のコンペアマッチとして使用
  — GTIOCnA 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 High 出力、カウント停止時は High 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
- GTCCRB をデューティ出力のコンペアマッチとして使用
  — GTIOCnB 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 Low 出力、カウント停止時は Low 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
- バッファレジスタを使用
  — GTCCRA、GTCCRB はダブルバッファで動作
  — GTCCRC、GTCCRD は GTCCRA のバッファレジスタ
  — GTCCRE、GTCCRF は GTCCRB のバッファレジスタ
- デッドタイム自動生成を使用する
- ソフトウェア要因カウントスタートを許可
- 周期ごとにデューティを変更
  — GTCNT カウンタのアンダフロー割り込みでデューティを変更
  — デューティの変更タイミングの詳細は図 4-69 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 4.8.3 を参照してください

本サンプルコードにおける三角波 PWM モード 3 出力を以下に示します。

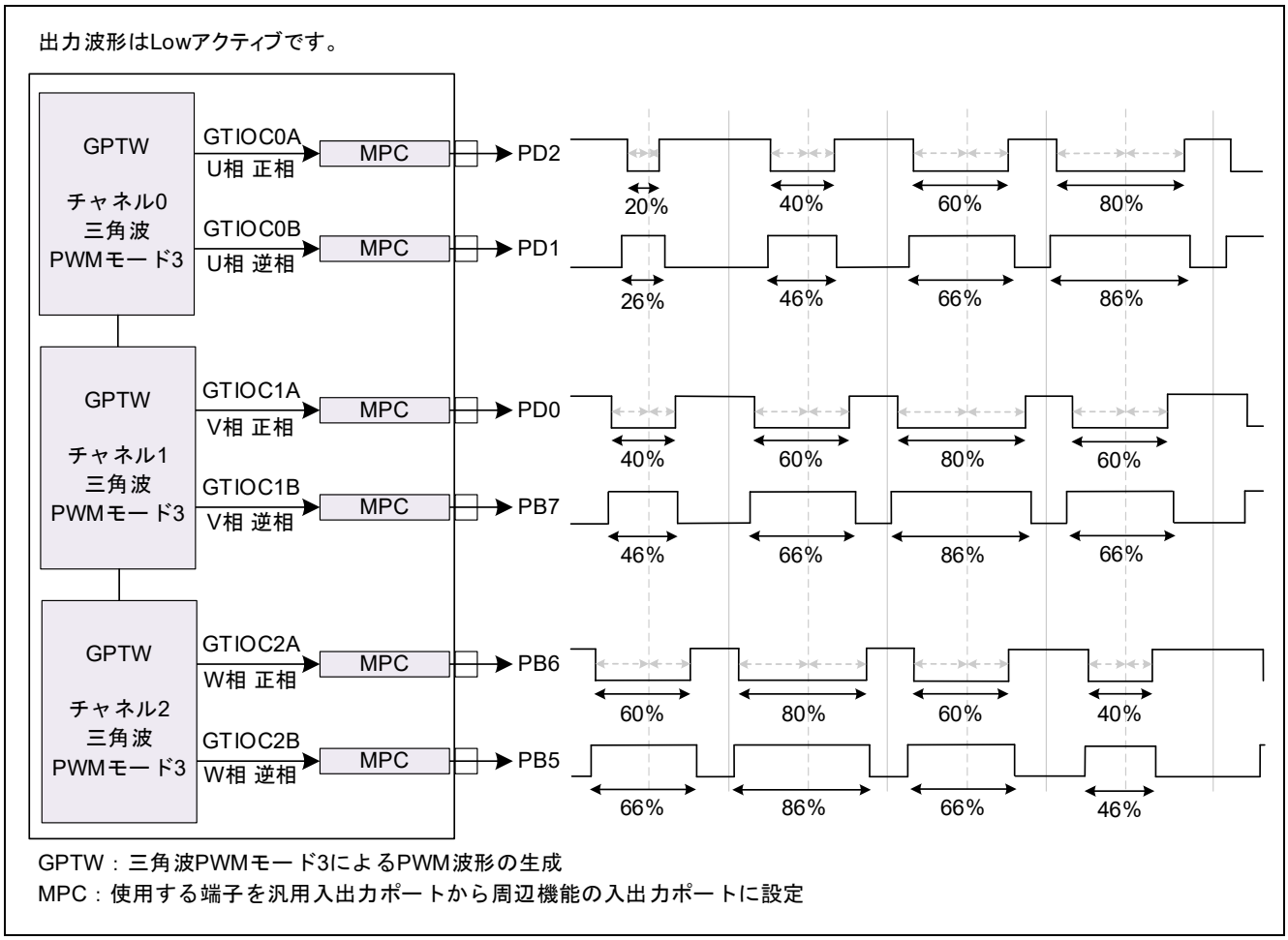


図 4-67　三角波 PWM モード 3 出力

4.8.2　動作詳細

本サンプルコードの動作を図 4-69 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、GTCNT カウンタのアンダフロー割り込み（GTCIU0）で、バッファレジスタ GTCCRC、GTCCRD の値を書き換えます（図 4-69 ①）。

スマート・コンフィグレータを使用し生成したコードのバッファレジスタ初期値はコンペアレジスタと同じ値が設定されます。そのため、カウント開始前にユーザ初期化関数 R_Config_GPT0_Create_UserInit にてバッファレジスタ値を設定しています。設定したレジスタ値は、強制バッファ転送を行い、バッファレジスタ GTCCRD からテンポラリレジスタ A へ転送、およびバッファレジスタ GTCCRC からコンペアレジスタ GTCCRA へ転送されます（図 4-69 ②）。

本サンプルコードは三角波 PWM モード 3 を使用しているため、GTCNT カウンタのオーバフロー発生時（山）にテンポラリレジスタ A からコンペアレジスタ GTCCRA へ転送し（図 4-69 ③）、GTCNT カウンタのアンダフロー発生時（谷）にバッファレジスタ GTCCRD からテンポラリレジスタ A へ、バッファレジスタ GTCCRC からコンペアレジスタ GTCCRA へ転送することにより、データを更新しています（図 4-69 ④）。

また、デッドタイム自動設定を使用しているため、GTCCRB レジスタ値は GTCCRA の更新に応じて自動的に設定されます。GTDVU と GTDVD には同じ値を設定しています。本サンプルコードはカウント開始時に GTCCRB 値が自動設定されます（図 4-69 ⑤）。

カウント開始後、コンペアレジスタとカウンタレジスタとのコンペアマッチが発生し、逆相出力が OFF、その後、正相出力が ON になります（図 4-69 ⑥）。

- 左右非対称の PWM 波形出力
  各周期のデューティは、アップカウント期間とダウンカウント期間において異なるデューティを生成しています。

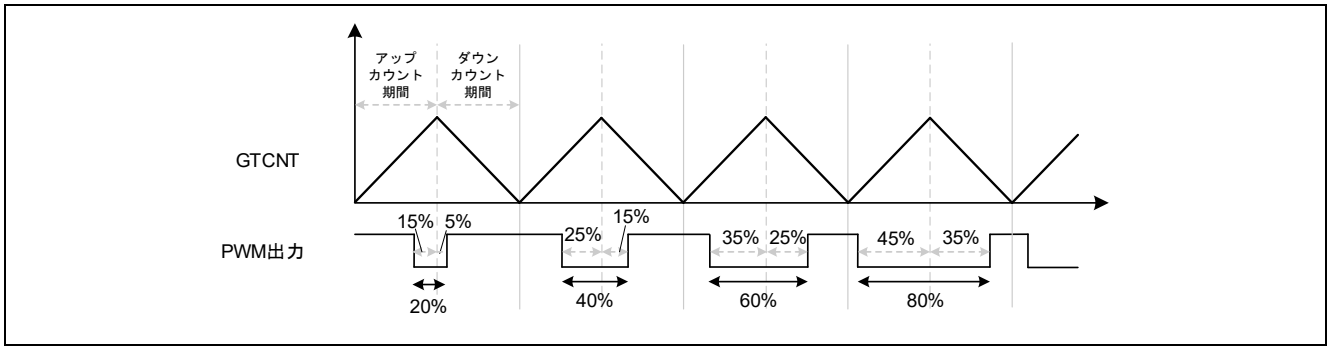
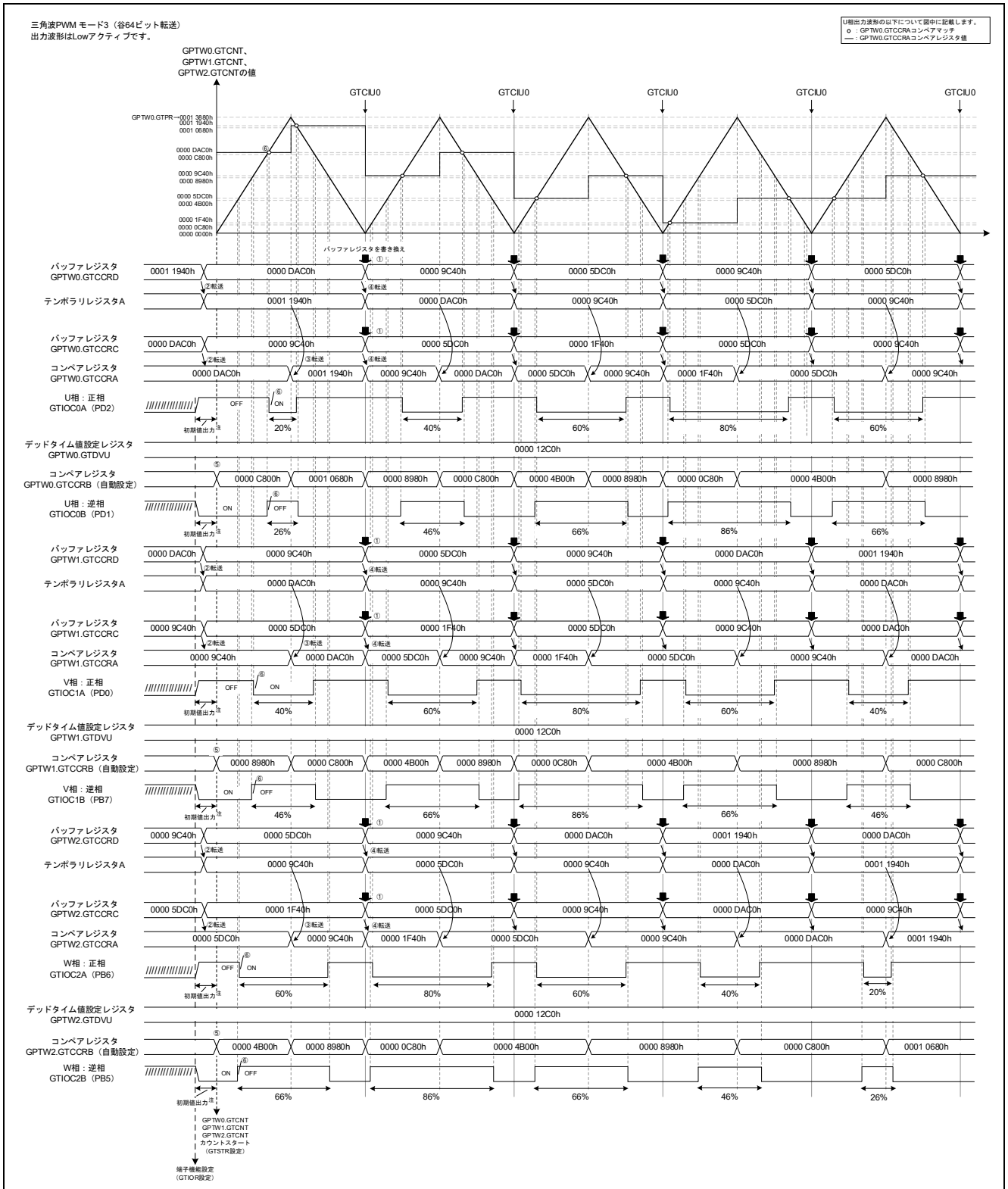


図 4-68　左右非対称の PWM 出力波形



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-69　サンプルコードの動作

4.8.3　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 4-11　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	Config_GPT1	Config_GPT2
動作	三角波 PWM モード 3		
リソース	GPT0	GPT1	GPT2

図 4-70 ～ 図 4-72 に Config_GPT0 の設定を示します。GPT1、GPT2 の設定も同様です。

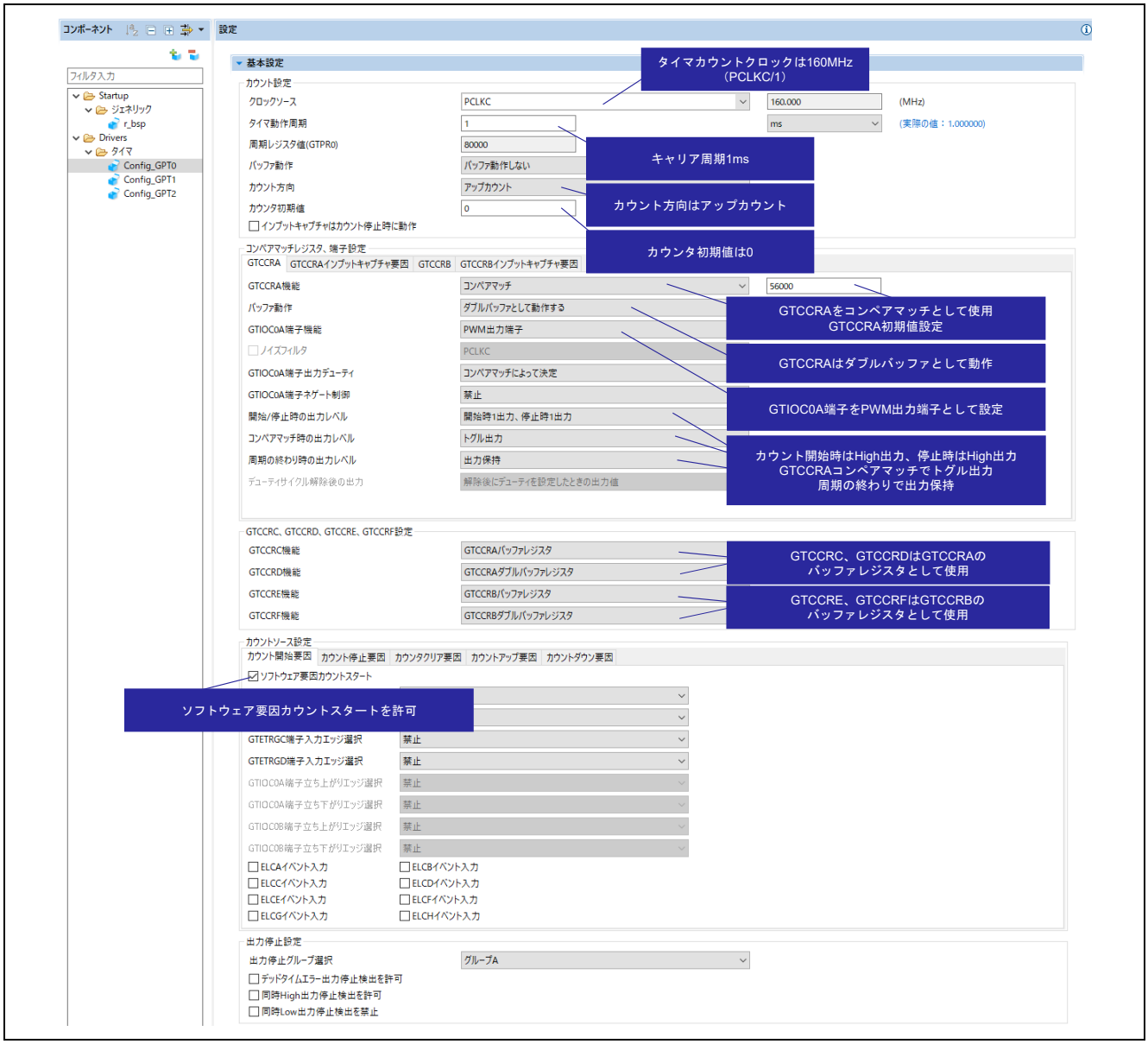


図 4-70　GPT0 の設定(1/2)

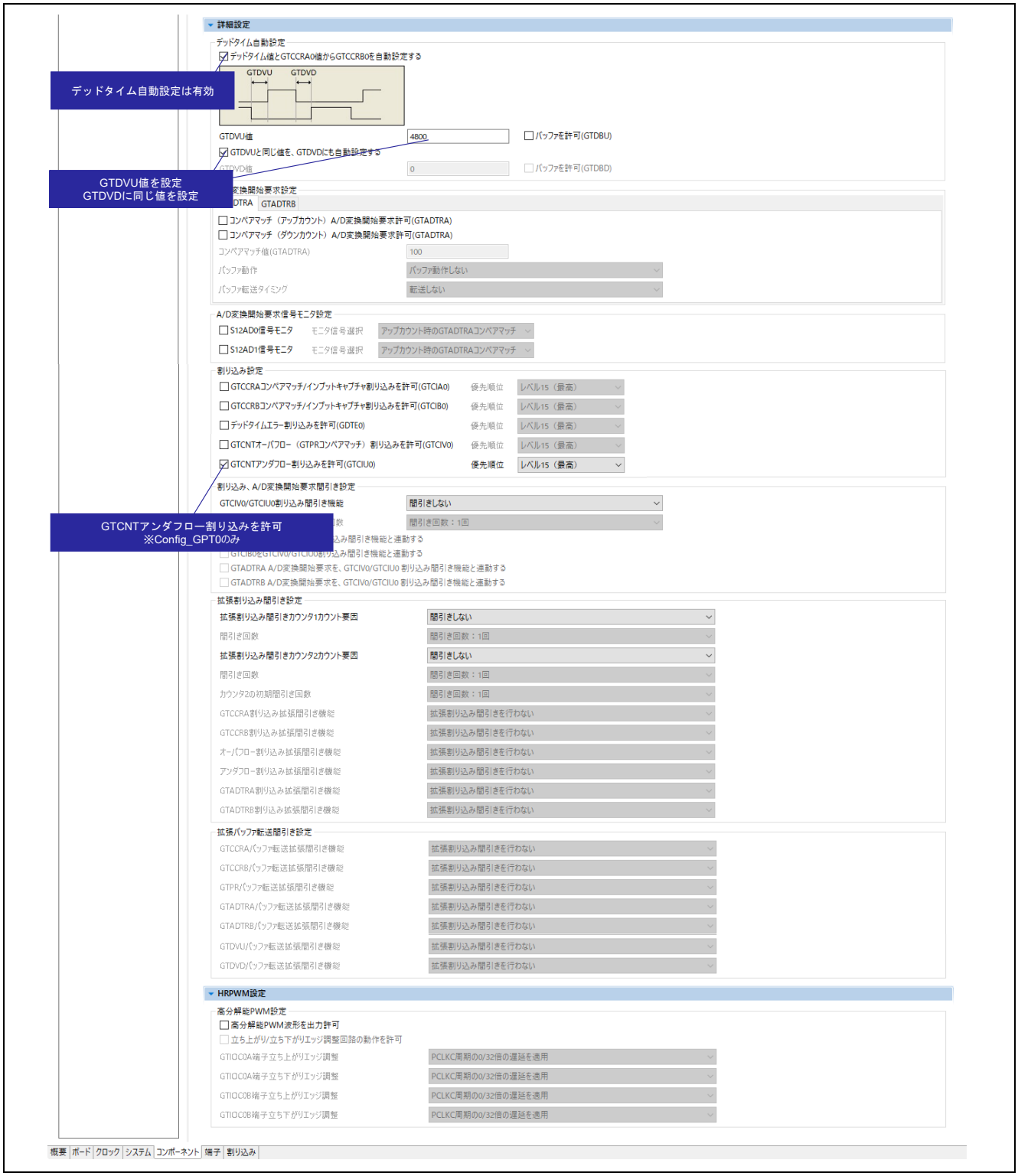


図 4-71　GPT0 の設定(2/2)

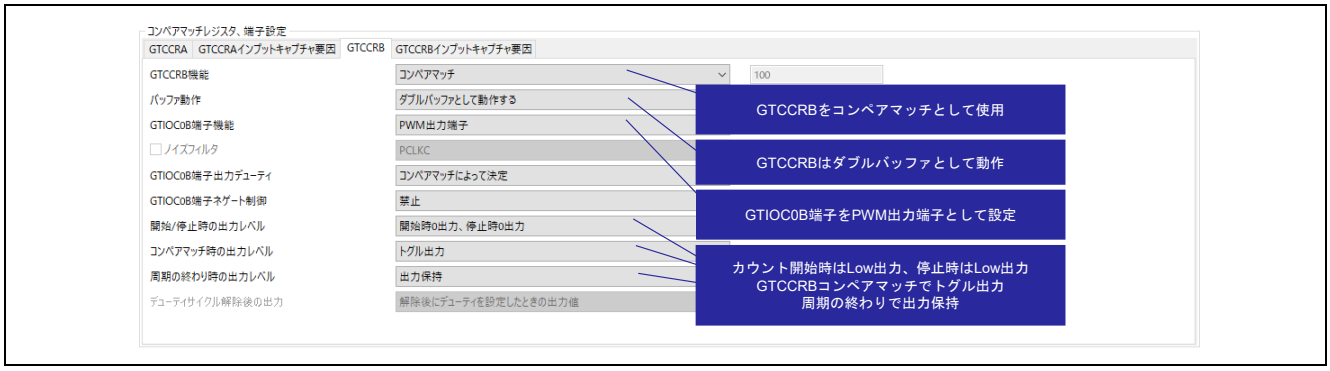


図 4-72　GPT0 の設定　GTCCRB のコンペアマッチレジスタ、端子設定

4.8.4　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、処理を示します。

main 関数内でカウントスタート関数 gpt0_gpt1_gpt2_start を読み出し、カウントをスタートします。

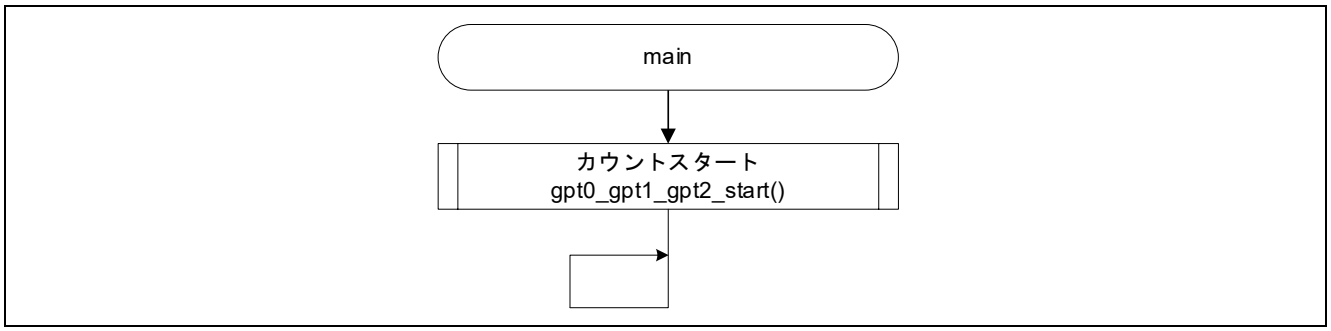


図 4-73　main 関数

カウントスタート関数では、GTCIU0 割り込み許可後、GPT0、GPT1、GPT2 のカウントをスタートします。

本関数はスマート・コンフィグレータによるコード生成後、新規作成した関数です。

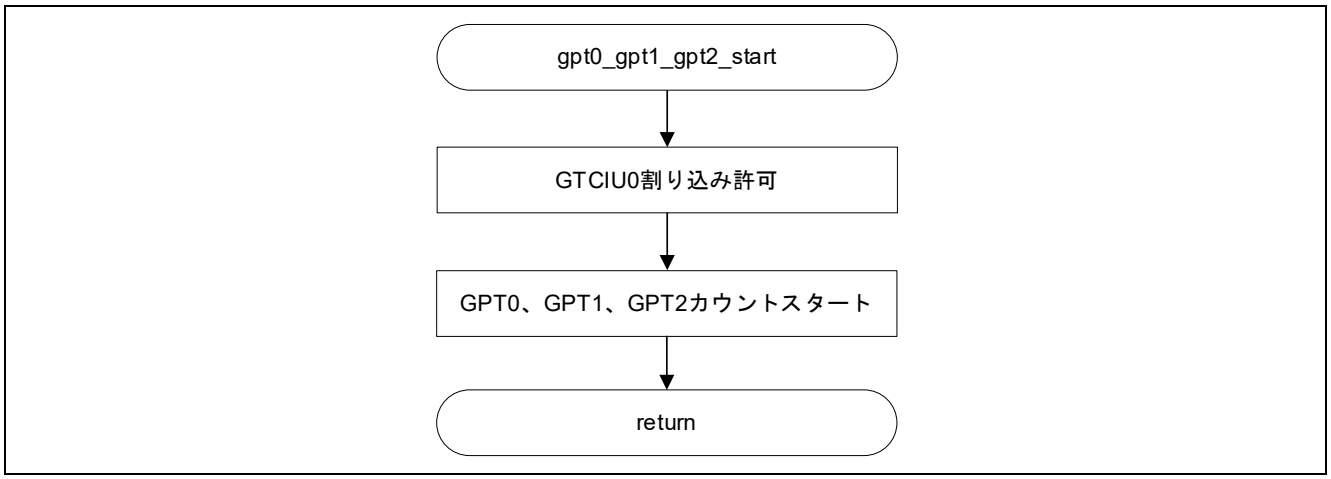


図 4-74　カウントスタート関数

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、バッファレジスタの初期値設定、および変数の初期化を行います。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、およびコンペアレジスタの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使用する、以下の変数を初期化します。

- g_ucduty_prv0　　：前回の GPTW0.GTCCRC レジスタの値を保持するための変数

また、R_Config_GPT1_Create_UserInit と R_Config_GPT2_Create_UserInit も同様の処理を行います。

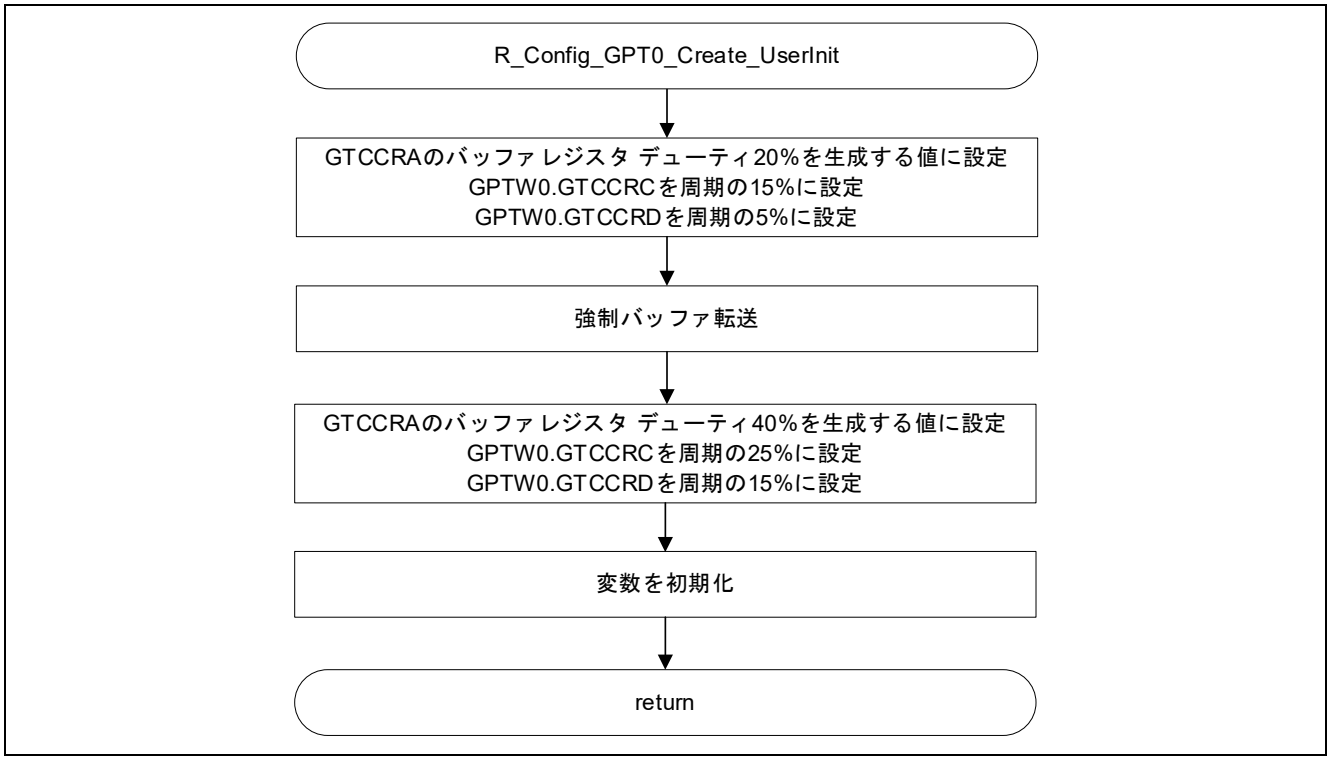


図 4-75　ユーザ初期化関数

GTCIV0 割り込みハンドラ関数では、現在のバッファレジスタ GPTW0.GTCCRC の値および、前回のバッファレジスタに設定されていた値に応じて、バッファレジスタの値を変更します。

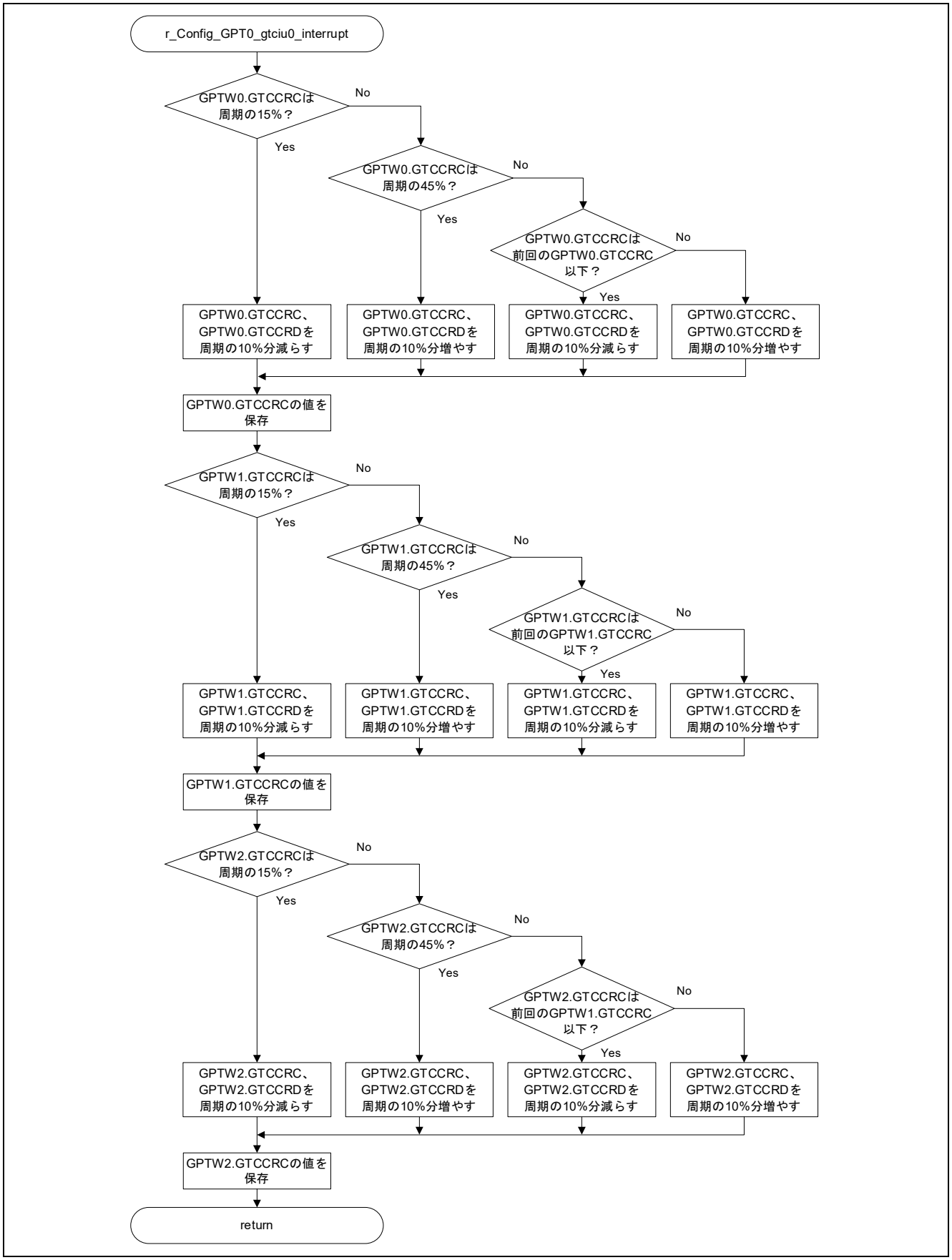


図 4-76　GTCIU0 割り込みハンドラ関数

4.8.5　関連動作

4.8.5.1　区間で異なるデッドタイム自動設定

本サンプルコードではデッドタイム自動設定機能を使用し、GTDTCR.TDFER ビットを“1”にすることによって、逆相波形の前側と後側の切り替わりポイントを共通にしたデッドタイムが生成されます。

デッドタイム自動設定機能では、前側と後側を独立して設定することができ、逆相波形の前側の切り替わりポイントに対するデッドタイムを GTDVU で、後側の切り替わりポイントに対するデッドタイムを GTDVD で設定します。

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「24.3.4 デッドタイム自動設定機能」を参照してください。

4.8.5.2　デッドタイム自動設定機能のバッファ動作

本サンプルコードではデッドタイム自動設定機能を使用し、スマート・コンフィグレータにて設定した一定のデッドタイム期間を確保する逆相波形が生成されます。

デッドタイム自動設定機能では、GTDBU を GTDVU のバッファレジスタ、GTDBD を GTDVD のバッファレジスタとして使用し、カウント周期の終わり（GTCNT カウンタのアンダフロー発生時（谷））でバッファ転送されることでカウント中にデッドタイム期間を更新することが可能です。

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「24.3.4 デッドタイム自動設定機能」を参照してください。

スマート・コンフィグレータの設定を以下に示します。

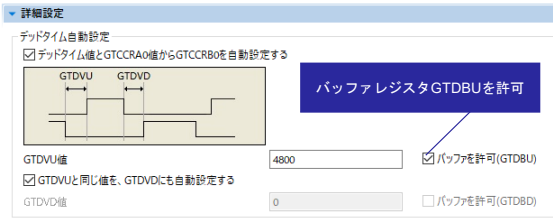


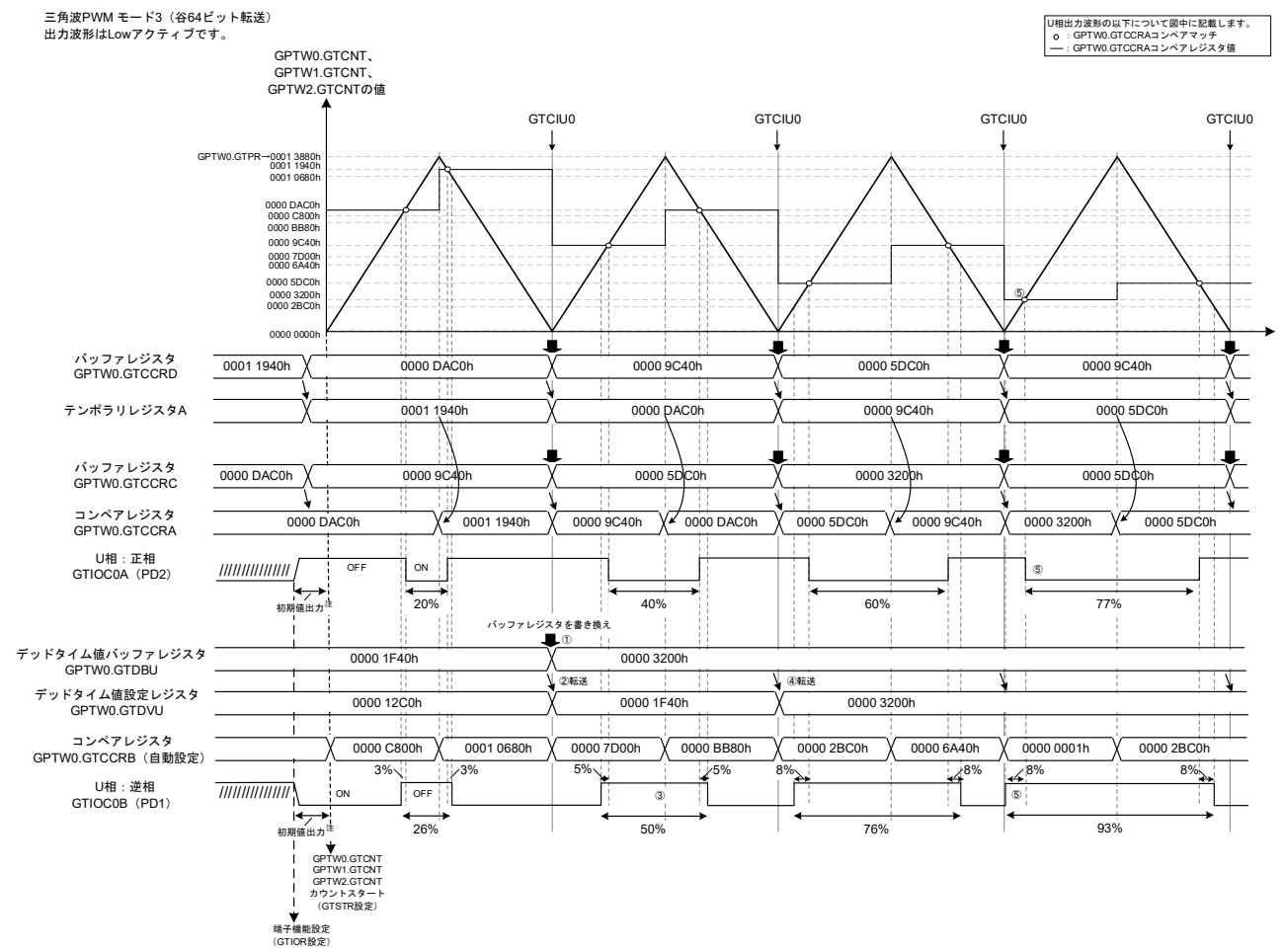
図 4-77　スマート・コンフィグレータのデッドタイム自動設定

デッドタイム値のバッファレジスタを使用したデッドタイム自動設定機能の動作例を以下に示します。

GTCNT カウンタのアンダフロー割り込み（GTCIU0）で GTDBU の値を書き換えます（図 4-77 ①）。GTDBU の値は GTCNT カウンタのアンダフロー発生時（谷）に、デッドタイム設定レジスタ GTDVU へ転送（図 4-77 ②）され、更新後のデッドタイム期間を確保した波形が出力されます（図 4-77 ③）。

3 周期目は 1 周期目の終わりに書き換えた GTDBU の値が GTDVU へ転送（図 4-77 ④）されます。

4 周期目のデッドタイム設定は逆相の前側の変化ポイントがデッドタイムエラー（GTCCRA-GTDVU<0）となるため、変化ポイントが補正された正相と逆相の波形が出力されます（図 4-77 ⑤）。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-78　デッドタイム自動設定機能のバッファ動作

4.8.5.3　デッドタイム自動設定機能 未使用

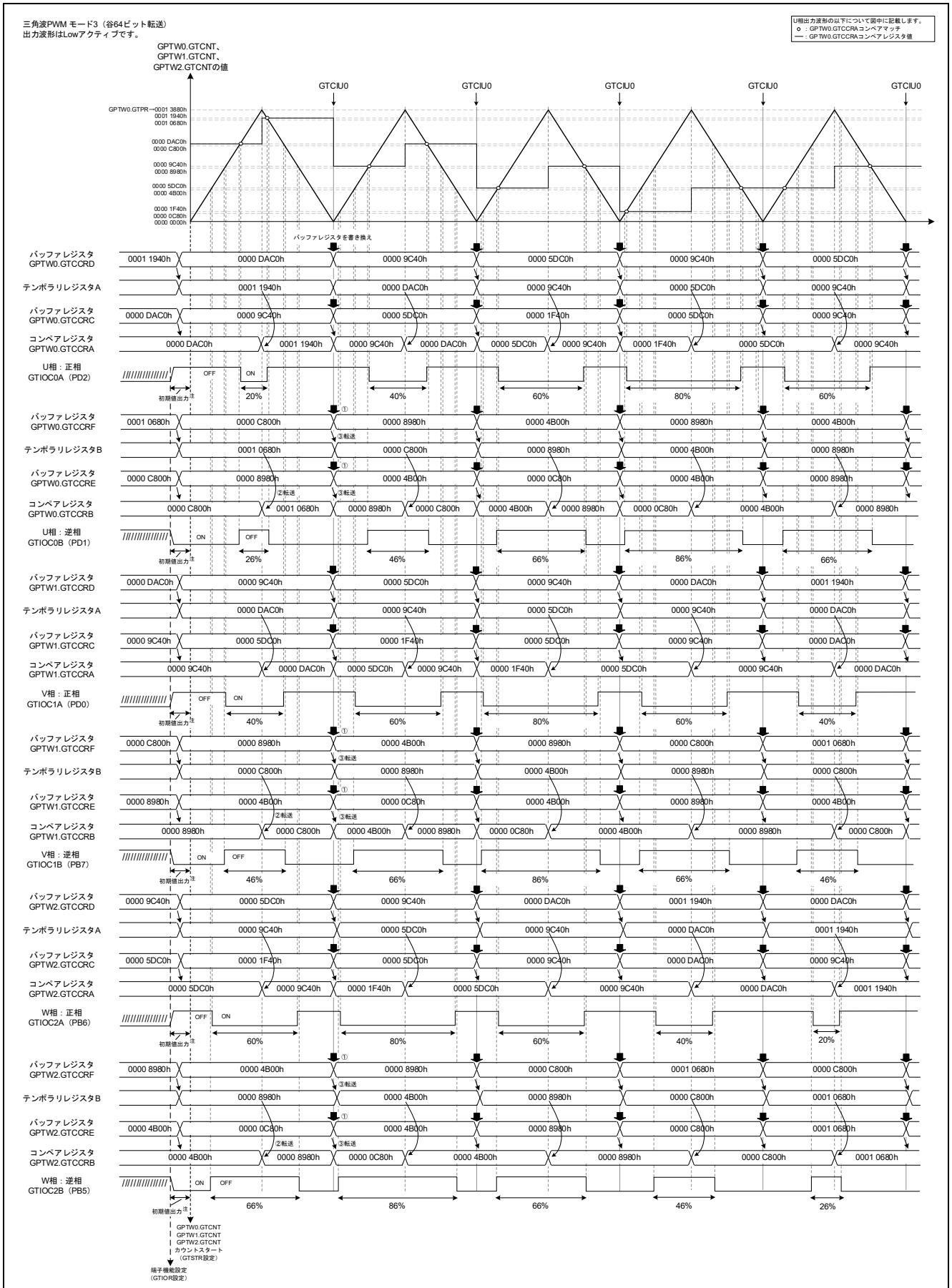
- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_gptw_triangle_pwm3.zip

デッドタイム自動設定機能を未使用時（GTDTCR.TDE ビットが“0”）の動作を図 4-79 に示します。

デッドタイム自動設定機能を使用しない場合は、逆相波形用のコンペアマッチレジスタ GTCCRB とバッファレジスタ GTCCRE、GTCCRF に値を設定することで、デッドタイム期間を確保した波形が生成されます。

逆相も正相と同様に、GTCNT カウンタのアンダフロー発生時（谷）にバッファレジスタ GTCCRE、GTCCRF の書き換え（図 4-79 ①）、GTCNT カウンタのオーバフロー発生時（山）にテンポラリレジスタ B からコンペアレジスタ GTCCRB へ転送し（図 4-79 ②）、GTCNT カウンタのアンダフロー発生時（谷）にバッファレジスタ GTCCRF からテンポラリレジスタ B へ、バッファレジスタ GTCCRE からコンペアレジスタ GTCCRB へ転送（図 4-79 ③）し、周期ごとにコンペア値を更新します。

また、デッドタイム期間は、図 4-69 の動作と同じ期間を一定に確保します。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-79　デッドタイム自動設定機能 未使用（三角波 PWM モード 3）

4.8.6　注意事項

4.8.6.1　複数チャネルのカウントスタート

本サンプルコードでは、GPTW0、GPTW1、GPTW2 のカウントを同時にスタートするため、gpt0_gpt1_gpt2_start 関数内でタイマソフトウェアスタートレジスタ GTSTR の CSTRT0、CSTRT1、CSTRT2 ビットを同時に設定しています。

スマート・コンフィグレータで生成される R_Config_GPT0_Start、R_Config_GPT1_Start、R_Config_GPT2_Start 関数を使用した場合、各々の関数読み出しを行うため、カウントスタートタイミングにずれが生じます。

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「24.3.8.1 ソフトウェアによる同期動作」を参照してください。

4.8.6.2　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、「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。

4.9　のこぎり波 PWM モード デューティ 0%～100%

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_gptw_sawtooth_pwm_50to100.zip

4.9.1　概要

GPTW ののこぎり波 PWM モードを使用し、GTCCRA レジスタのコンペアマッチおよび GTUDDTYC レジスタの設定によりデューティ 0%～100%の PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードではのこぎり波 PWM モードを使用し、デューティ 0%および 100%を含む、以下の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。

- デューティ切り替え：50% → 80% → 100% → 80% → 50% → 0% → ･･･

バッファレジスタ GTCCRC を使用し、GTCNT カウンタのオーバフロー発生時にバッファレジスタの値を GTCCRA へ転送することで、デューティ比を変更することを基本動作としています。デューティ 0%および 100%の切り替えでは、GTCNT カウンタのオーバフロー発生時に、GTUDDTYC レジスタを書き換える処理を行っています。

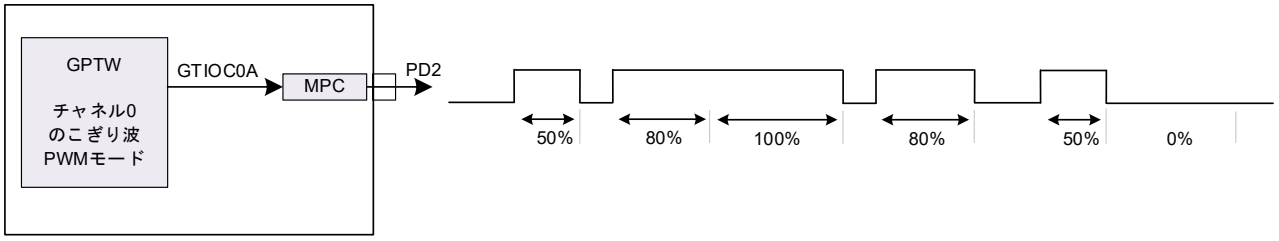
以下に、サンプルコードが使用する GPTW の設定を示します。

- のこぎり波 PWM モードを使用
- チャネル 0 を使用
- 初期出力値は Low
- 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
  - カウント方向はアップカウント
  - カウンタ初期値は 0
- GTCCRA をデューティ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 High 出力
  - 周期の終わりで Low 出力
- バッファレジスタを使用
  - GTCCRA はシングルバッファで動作
  - GTCCRC は GTCCRA のバッファレジスタ
- ソフトウェア要因カウントスタートを許可
- 周期ごとにデューティを変更
  - GTCNT カウンタのオーバフロー割り込みでデューティを変更
  - デューティの変更タイミングの詳細は図 4-81 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 4.9.3 を参照してください

本サンプルコードにおけるのこぎり波 PWM モード出力を以下に示します。



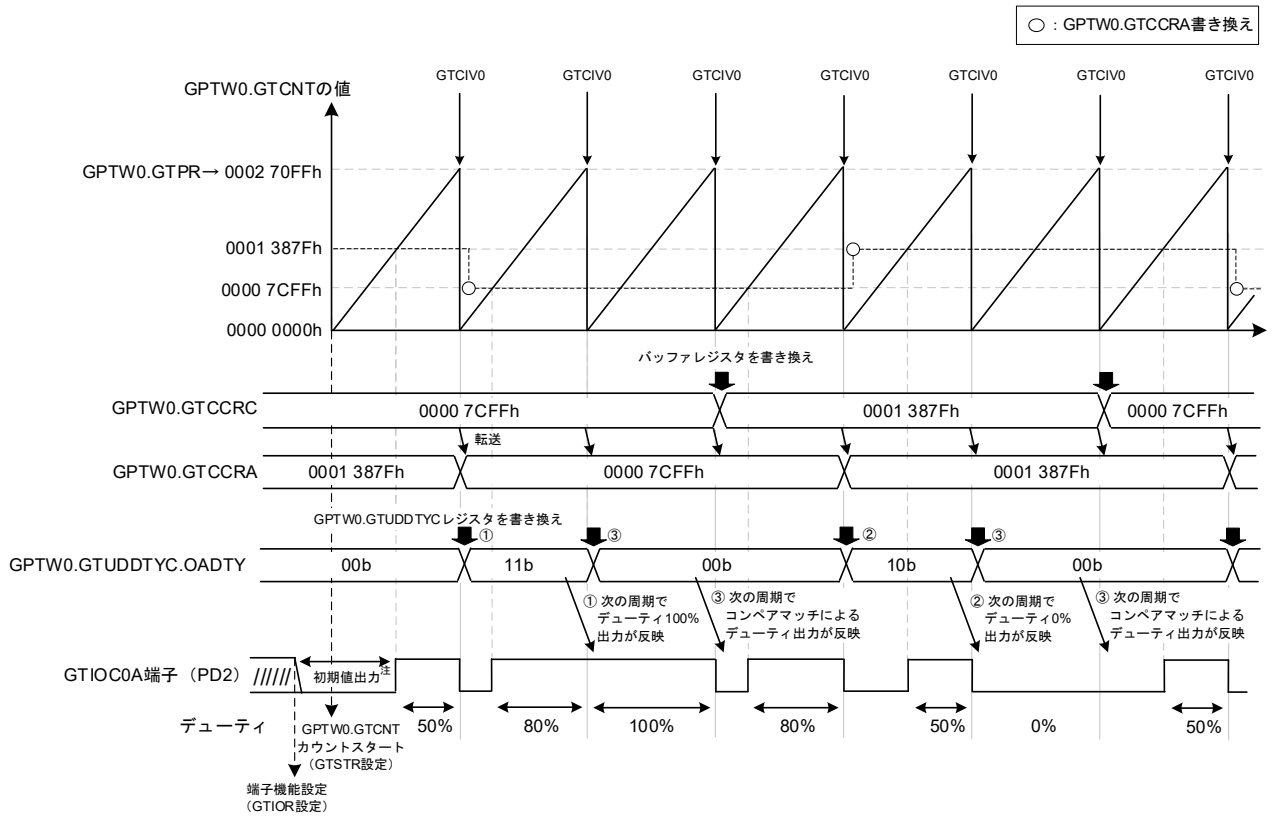
GPTW：のこぎり波PWMモード波形の生成
MPC：使用する端子を汎用入出力ポートから周辺機能の入出力ポートに設定

図 4-80　のこぎり波 PWM モード出力

4.9.2　動作詳細

本サンプルコードの動作を図 4-81 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、GTCNT カウンタのオーバフロー割り込み（GTCIV0）でバッファレジスタ GTCCRC の値を書き換え、GTCNT カウンタのオーバフロー発生時に GTCCRC の値を GTCCRA へ転送する動作を基本としています。

- デューティ 100%の出力（下図 ①）
  GTUDDTYC.OADTY ビットに 11b を設定することで、次の周期から High が出力されます。GTCCRA コンペアマッチが発生しても波形は変化しません。
- デューティ 0%の出力（下図 ②）
  GTUDDTYC.OADTY ビットに 10b を設定することで、次の周期から Low が出力されます。コンペアマッチが発生しても波形は変化しません。
- デューティ 100%および 0%からの切り替え（下図 ③）
  GTUDDTYC.OADTY ビットに 00b を設定することで、次の周期から GTCCRA コンペアマッチによるデューティ出力に変更することができます。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-81　サンプルコードの動作

4.9.3　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 4-12　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	のこぎり波 PWM モード
リソース	GPT0

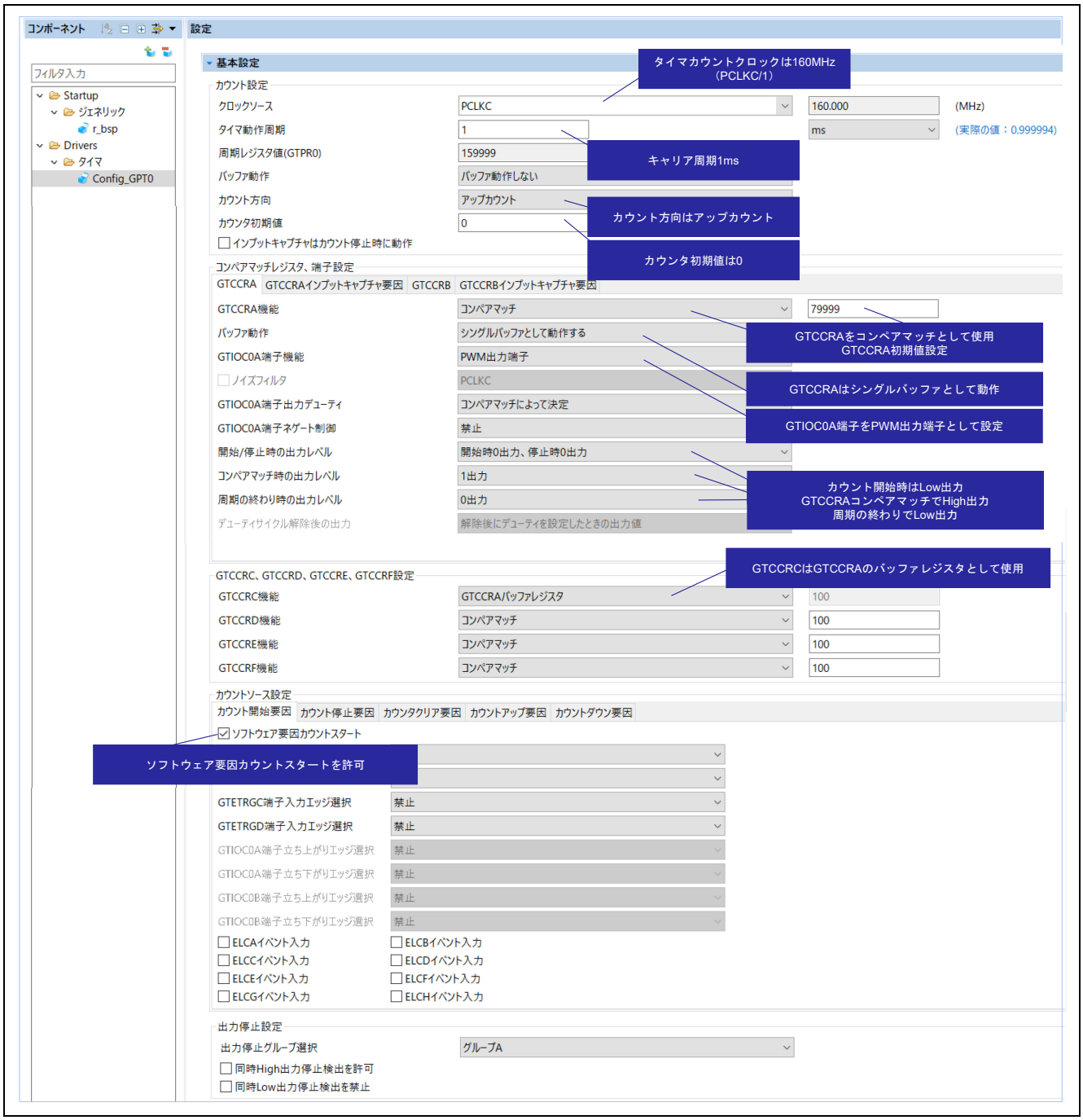


図 4-82　GPT0 の設定(1/2)

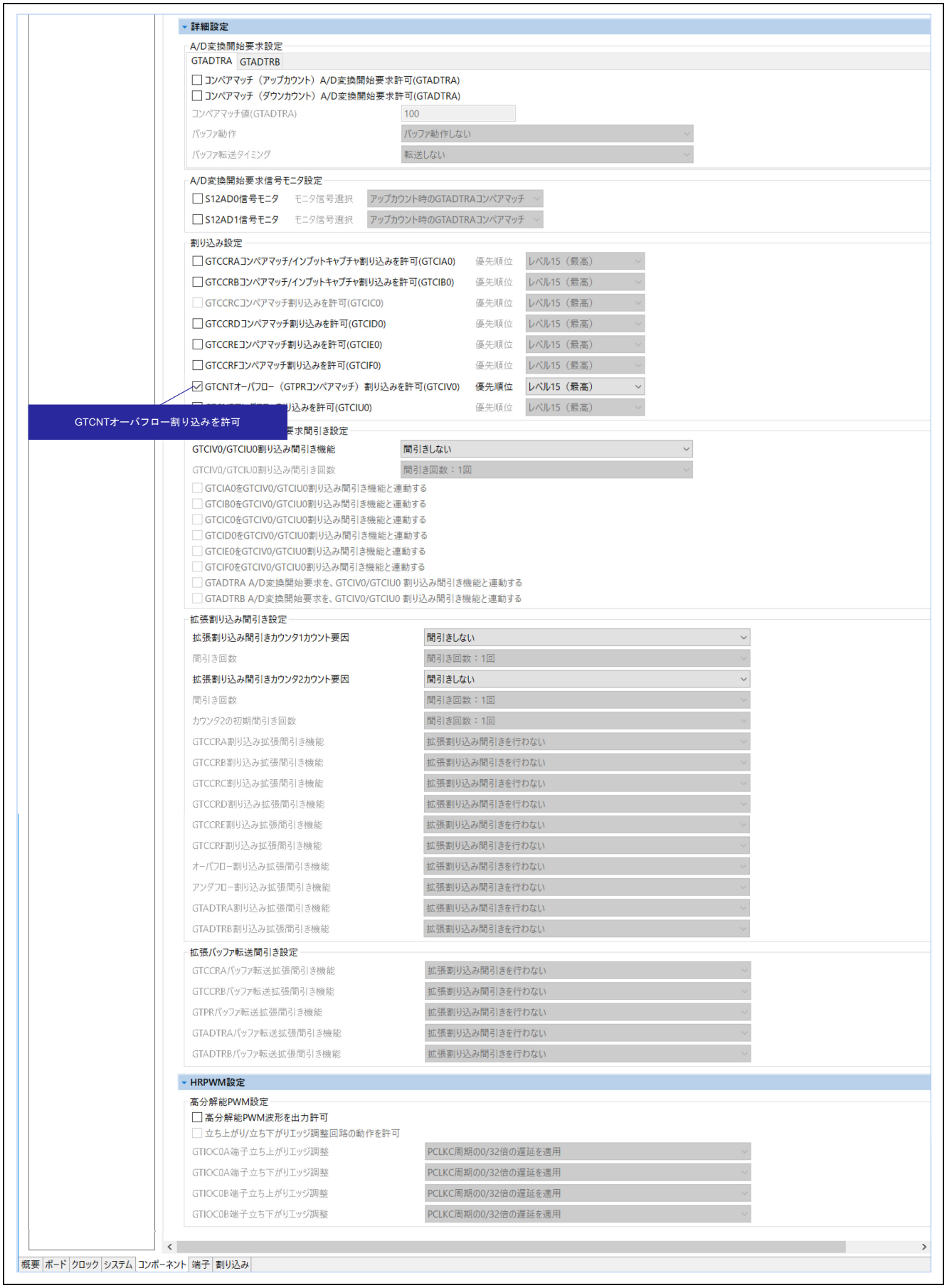


図 4-83　GPT0 の設定(2/2)

4.9.4　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。

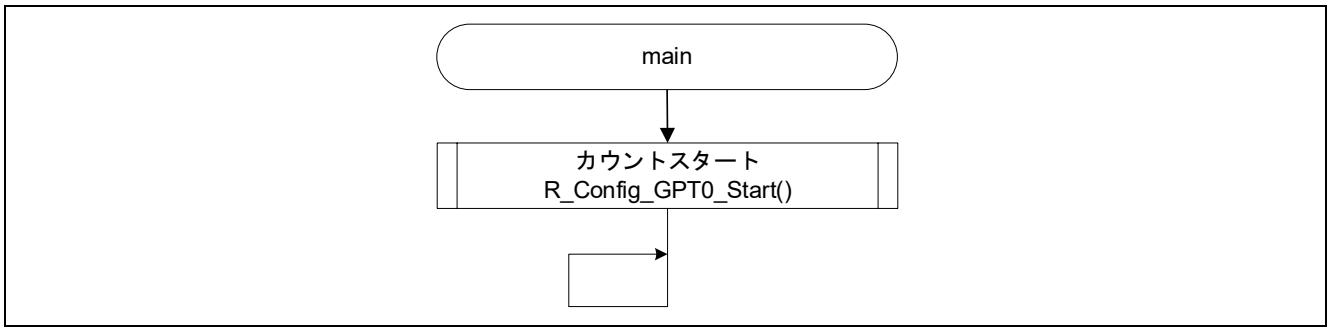


図 4-84　main 関数

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、変数の初期化とバッファレジスタの初期値の設定をします。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　：デューティ比リストから読み出すためのカウンタ変数

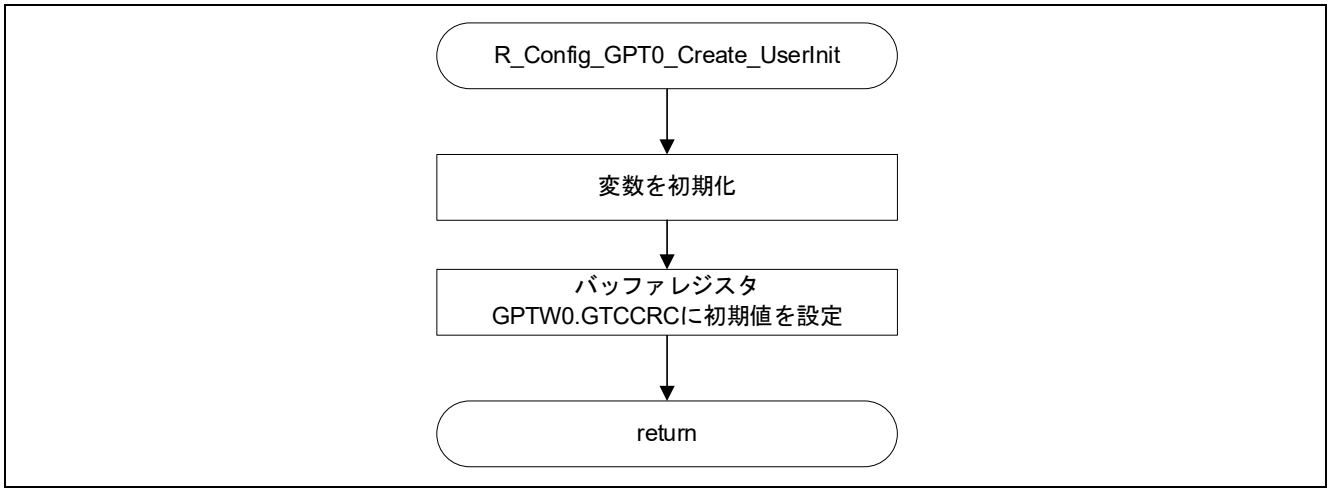


図 4-85　ユーザ初期化関数

GTCIV0 割り込みハンドラ関数では、次に設定するデューティ比に応じて、GTCCRC レジスタおよび GTUDDTYC レジスタの値を変更します。

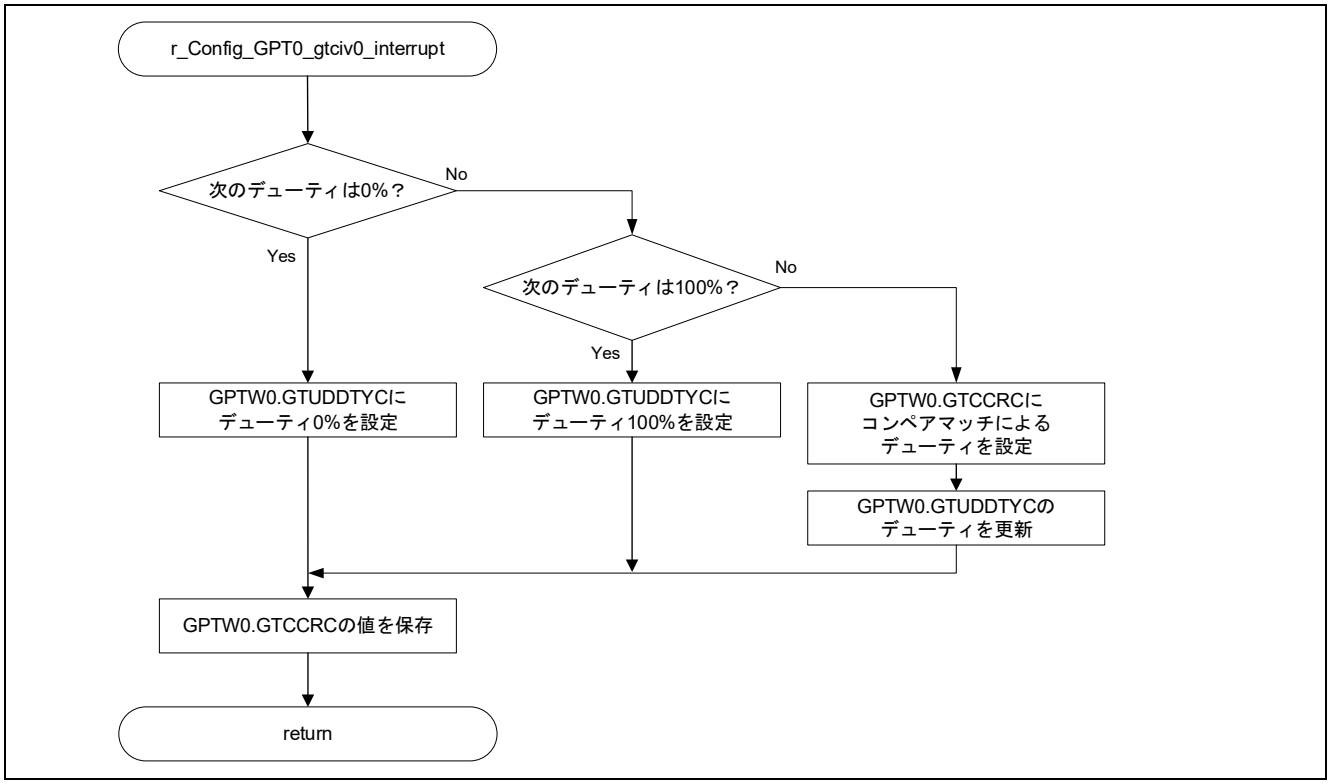


図 4-86　GTCIV0 割り込みハンドラ関数

4.9.5　注意事項

4.9.5.1　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。

バッファレジスタ GTCCRC、GTCCRD は、以下の制約を満たすように設定してください。制約を満たさない場合は、デッドタイムを確保した正常な波形出力が得られない場合があります。

- アップカウント時：
  GTCCRC < GTCCRD
  GTCCRC > GTDVU
  GTCCRD < GTPR － GTDVD
- ダウンカウント時：
  GTCCRC > GTCCRD
  GTCCRC < GTPR － GTDVU
  GTCCRD > GTDVD

また、デッドタイムの自動設定を行っていない場合、バッファレジスタ GTCCRC、GTCCRD（GTCCRE、GTCCRF）は、以下の制約を満たすように設定してください。制約を満たさない場合は、コンペアマッチが 2 回発生せず、パルス出力が得られません。

- アップカウント時：0 < GTCCRC（GTCCRE） < GTCCRD（GTCCRF） < GTPR
- ダウンカウント時：GTPR > GTCCRC（GTCCRE） > GTCCRD（GTCCRF） > 0

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「24.10.2 コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ～ F)　(3) のこぎり波ワンショットパルスモードでデッドタイムの自動設定を行っている場合、(4) のこぎり波ワンショットパルス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。

4.9.5.2　コンペアマッチでデューティ 100%の出力

GTUDDTYC レジスタを変更せずに、コンペアマッチで High アクティブのデューティ 100%を出力することはできません。High アクティブのデューティ 100%を出力する場合は、GTUDDTYC.OADTY ビットに 11b 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 レジスタに 0 を設定した場合は、GTCNT カウンタのオーバフロー発生後 1 クロックサイクル分 Low を出力して、High が出力されるため、デューティ 100%を出力することはできません。

MTU では、デューティレジスタと周期レジスタに同じ値を設定し、カウンタクリアとコンペアマッチが同時に発生した場合に波形が変化しないためデューティ 100%を出力できます。GPTW ののこぎり波 PWM モードでは、周期の終わりとコンペアマッチが同時に発生した場合、周期の終わりの出力設定が優先され波形が変化するため、同様の方法でデューティ 100%を出力することができません。

GPTW の GTCNT カウンタのオーバ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。

4.9.5.3　デューティ 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 の値を設定することでデューティ 0%および 100%を出力しています。デューティ 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、デューティ 0%および 100%出力中の割り込みにご注意ください。

4.10 のこぎり波ワンショットパルス デューティ 0%～100%

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_gptw_sawtooth_1shotpls_50to100_dt.zip

4.10.1 概要

GPTW ののこぎり波ワンショットパルスモードを使用し、GTPR レジスタに周期を設定して GTCNT カウンタをのこぎり波（半波）動作させ、GTCCRA、GTCCRB レジスタのコンペアマッチにより、GTIOCnA、GTIOCnB 端子（n = 0 ～ 9）にデューティ 0%～100%の PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードではのこぎり波ワンショットパルスモードにてデッドタイム自動設定機能を使用し、デューティ 0%および 100%を含む、以下の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。

- GTIOC0A 端子 High 幅切り替え：50% → 80% → 100% → 80% → 50% → 0% → …
- GTIOC0B 端子 Low 幅切り替え：60% → 90% → 100% → 90% → 60% → 0% → …

GTCCRA のコンペアマッチ発生時にテンポラリレジスタ A からコンペアレジスタ GTCCRA に転送されます。GTCNT カウンタのオーバフロー発生時に、バッファレジスタ GTCCRD からテンポラリレジスタ A へ転送、およびバッファレジスタ GTCCRC からコンペアレジスタ GTCCRA へ転送されることで、デューティ比を変更します。

以下に、サンプルコードが使用する GPTW の設定を示します。

- のこぎり波ワンショットパルスモードを使用
- チャネル 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
  - — カウント方向はアップカウント
  - — カウンタ初期値は 0
- GTCCRA をデューティ出力のコンペアマッチとして使用
  - — GTIOC0A 端子を PWM 出力端子として設定
  - — 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
- GTCCRB をデューティ出力のコンペアマッチとして使用
  - — GTIOC0B 端子を PWM 出力端子として設定
  - — 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
- ダブル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を使用する
- ソフトウェア要因カウントスタートを許可

スマート・コンフィグレータで設定可能

設定方法は 4.10.3 を参照してください

- 周期ごとにデューティを変更
  - — GTCNT カウンタのオーバフロー割り込みでデューティを変更
  - — デューティの変更タイミングの詳細は図 4-89 を参照

本サンプルコードにおけるのこぎり波ワンショットパルスモード出力を以下に示します。

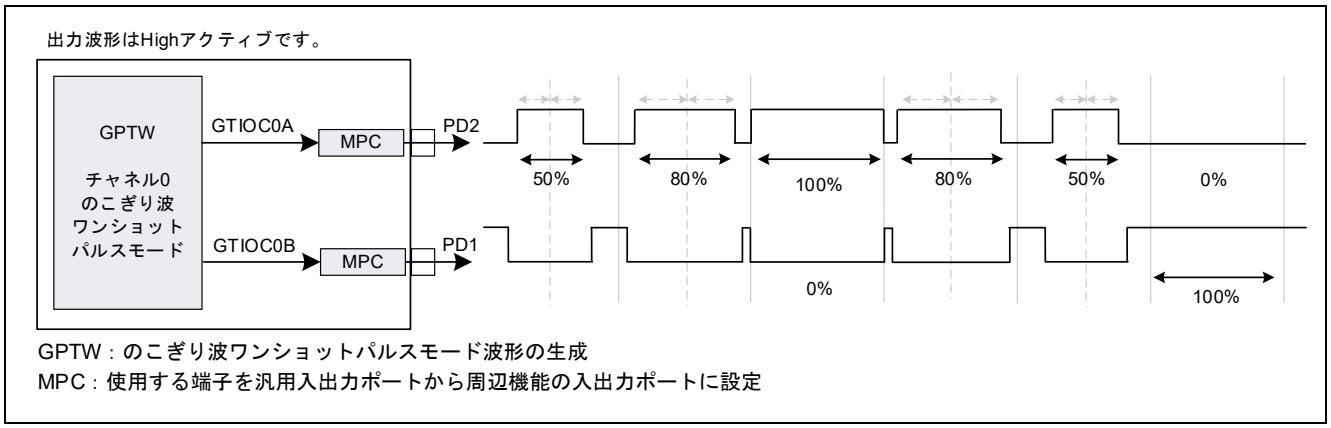


図 4-87　のこぎり波ワンショットパルスモード出力

4.10.2 動作詳細

本サンプルコードの動作を図 4-89 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、GTCNT カウンタのオーバフロー割り込み（GTCIV0）でバッファレジスタ GTCCRC、GTCCRD の値を書き換えます（図 4-89 ①）。

本サンプルコードでは、スマート・コンフィグレータを使用し生成したコードのバッファレジスタ初期値はコンペアレジスタと同じ値が設定されます。そのため、カウント開始前にユーザ初期化関数 R_Config_GPT0_Create_UserInit にてバッファレジスタ値を設定しています。設定したレジスタ値は、強制バッファ転送により、バッファレジスタ GTCCRD からテンポラリレジスタ A へ転送、およびバッファレジスタ GTCCRC からコンペアレジスタ GTCCRA へ転送されます（図 4-89 ②）。

カウント開始後は、以下の 1、2 を繰り返しコンペアレジスタのデータを更新する動作を基本としています。

1. GTCCRA のコンペアマッチ発生時にテンポラリレジスタ A からコンペアレジスタ GTCCRA に転送されます（図 4-89 ③）。
2. GTCNT カウンタのオーバフロー発生時に、バッファレジスタ GTCCRD からテンポラリレジスタ A へ転送、およびバッファレジスタ GTCCRC からコンペアレジスタ GTCCRA へ転送されます（図 4-89 ④）。

また、デッドタイム自動設定を使用しているため、GTCCRB レジスタ値は GTCCRA の更新に応じて自動的に設定されます。GTDVU と GTDVD には同じ値を設定しています。

- デューティ 100%の出力（図 4-89 ⑤）

  GTIOC0A 端子は、GTUDDTYC.OADTY ビットに 11b を設定することで、次の GTCNT カウンタのオーバフロー発生時から High を出力し、GTCCRA コンペアマッチが発生しても波形は変化しません。

  GTIOC0B 端子は、GTUDDTYC.OBDTY ビットに 10b を設定することで、次の GTCNT カウンタのオーバフロー発生時から Low を出力し、GTCCRB コンペアマッチが発生しても波形は変化しません。本サンプルコードでは、GTIOC0B 端子は 1 周期期間 Low を出力するために 10b を設定します。

- デューティ 0%の出力（図 4-89 ⑥）

  GTIOC0A 端子は、GTUDDTYC.OADTY ビットに 10b を設定することで、次の GTCNT カウンタのオーバフロー発生時から Low を出力し、GTCCRA コンペアマッチが発生しても波形は変化しません。

  GTIOC0B 端子は、GTUDDTYC.OBDTY ビットに 11b を設定することで、次の GTCNT カウンタのオーバフロー発生時から High を出力し、GTCCRB コンペアマッチが発生しても波形は変化しません。本サンプルコードでは、GTIOC0B 端子は 1 周期期間 High を出力するために 11b を設定します。

- デューティ 100%および 0%からの切り替え（図 4-89 ⑦）

  GTIOC0A 端子は、GTUDDTYC.OADTY ビットに 00b を設定することで、次の GTCNT カウンタのオーバフロー発生時から GTCCRA コンペアマッチによるデューティが出力されます。デューティ 100%および 0%解除後の出力は、GTIOR.GTIOA[3:2]ビットと GTUDDTYC.OADTYR ビットによって決定します。本サンプルコードでは、マスクされていたコンペアマッチ出力値の Low が出力されます。

  GTIOC0B 端子は、GTUDDTYC.OBDTY ビットに 00b を設定するこで、次の GTCNT カウンタのオーバフロー発生時から GTCCRB コンペアマッチによるデューティが出力されます。デューティ 100%および 0%解除後の出力は、GTIOR.GTIOB[3:2]ビットと GTUDDTYC.OBDTYR ビットによって決定します。本サンプルコードでは、マスクされていたコンペアマッチ出力値の High が出力されます。

  GTIOC0A 端子を例にデューティ 100%および 0%解除後の出力を以下に示します。

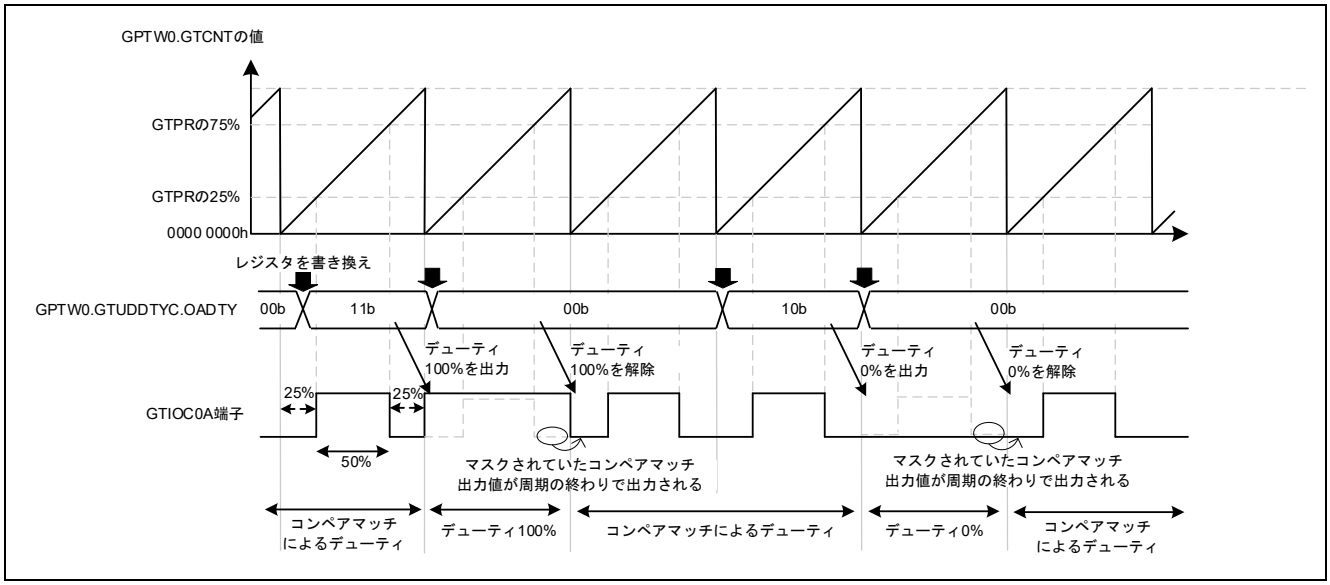
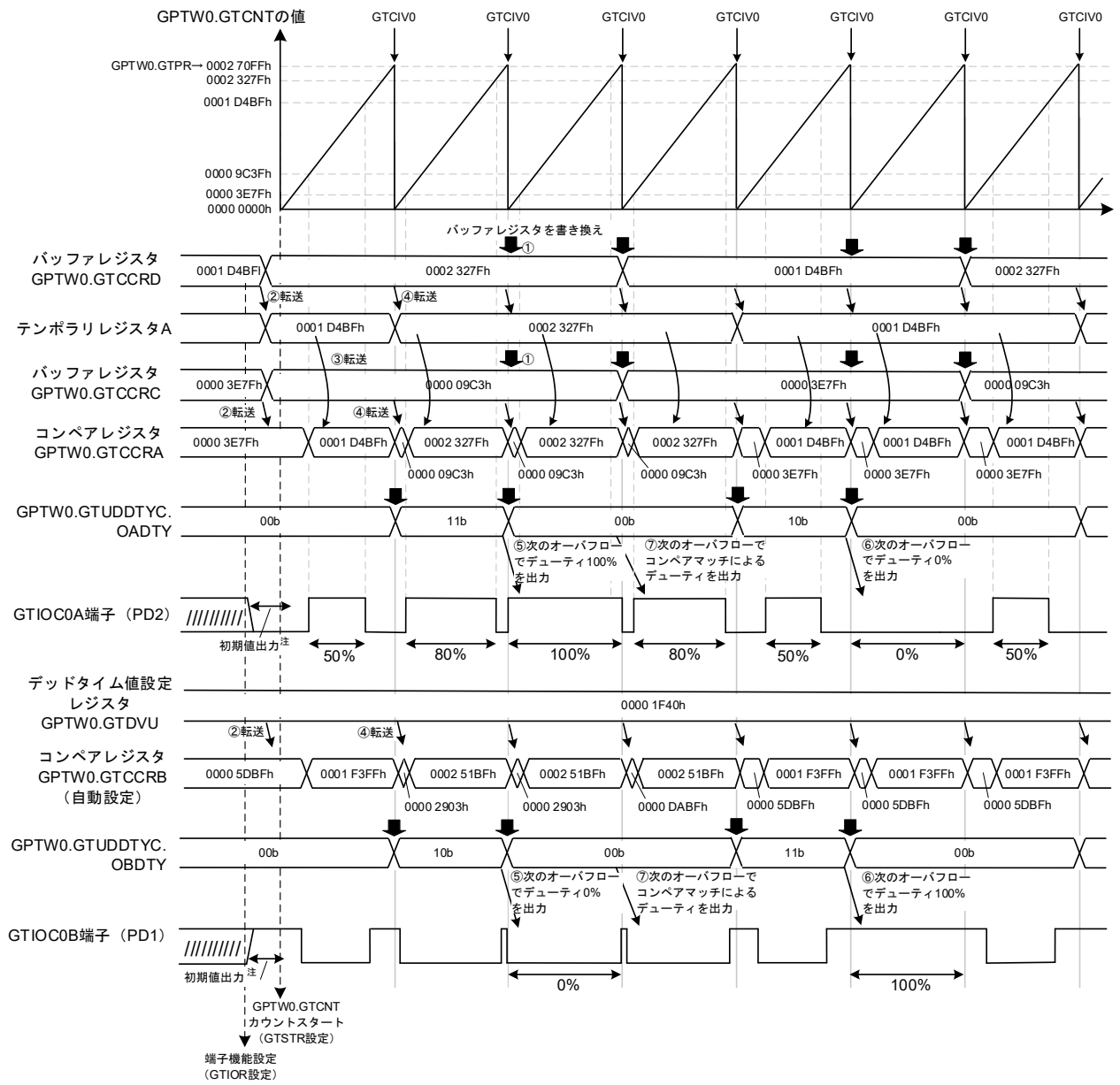


図 4-88　デューティの生成とデューティ 100%および 0%解除後の出力



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-89　サンプルコードの動作

4.10.3 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 4-13　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	のこぎり波ワンショットパルスモード
リソース	GPT0

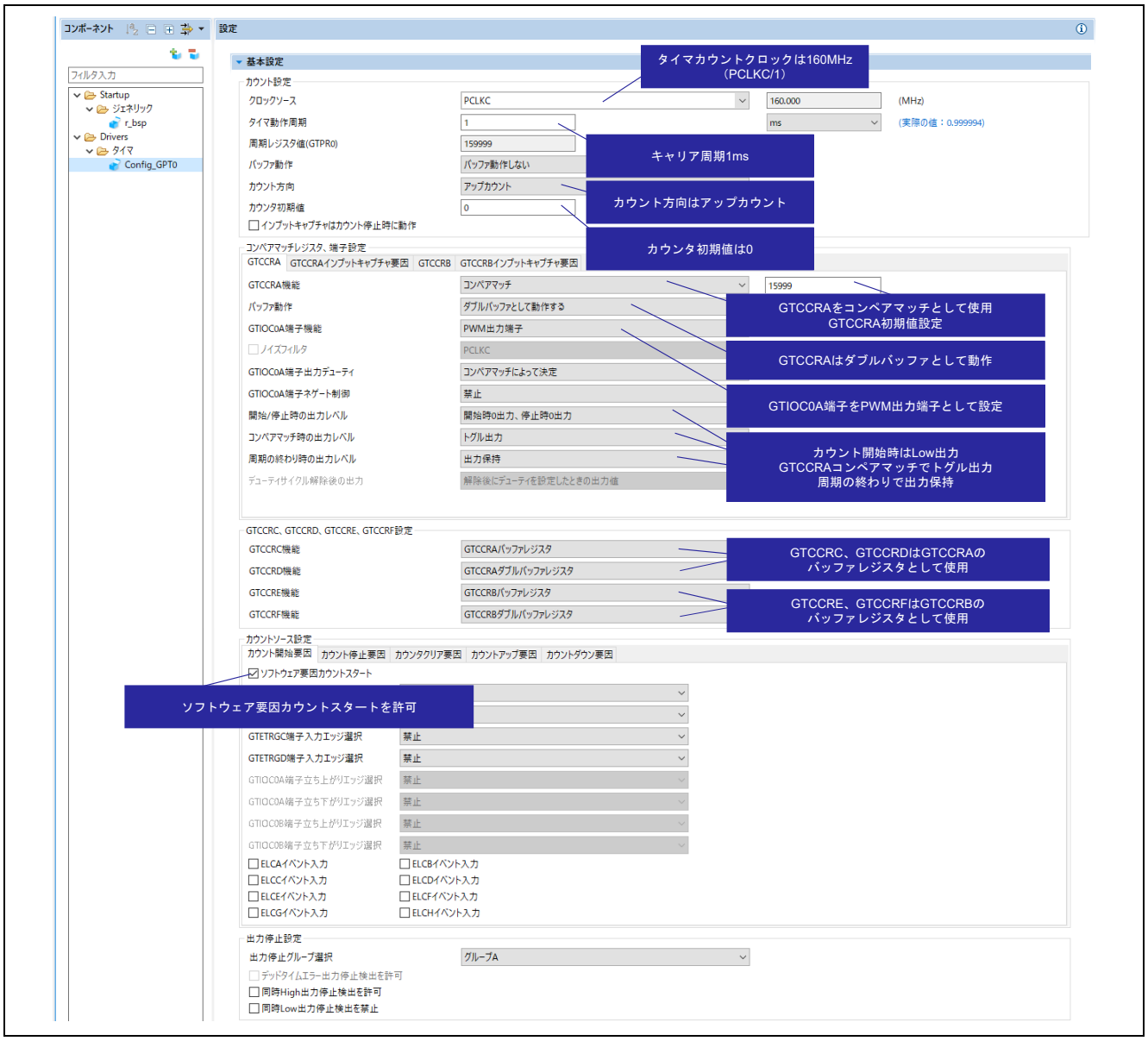


図 4-90　GPT0 の設定(1/2)

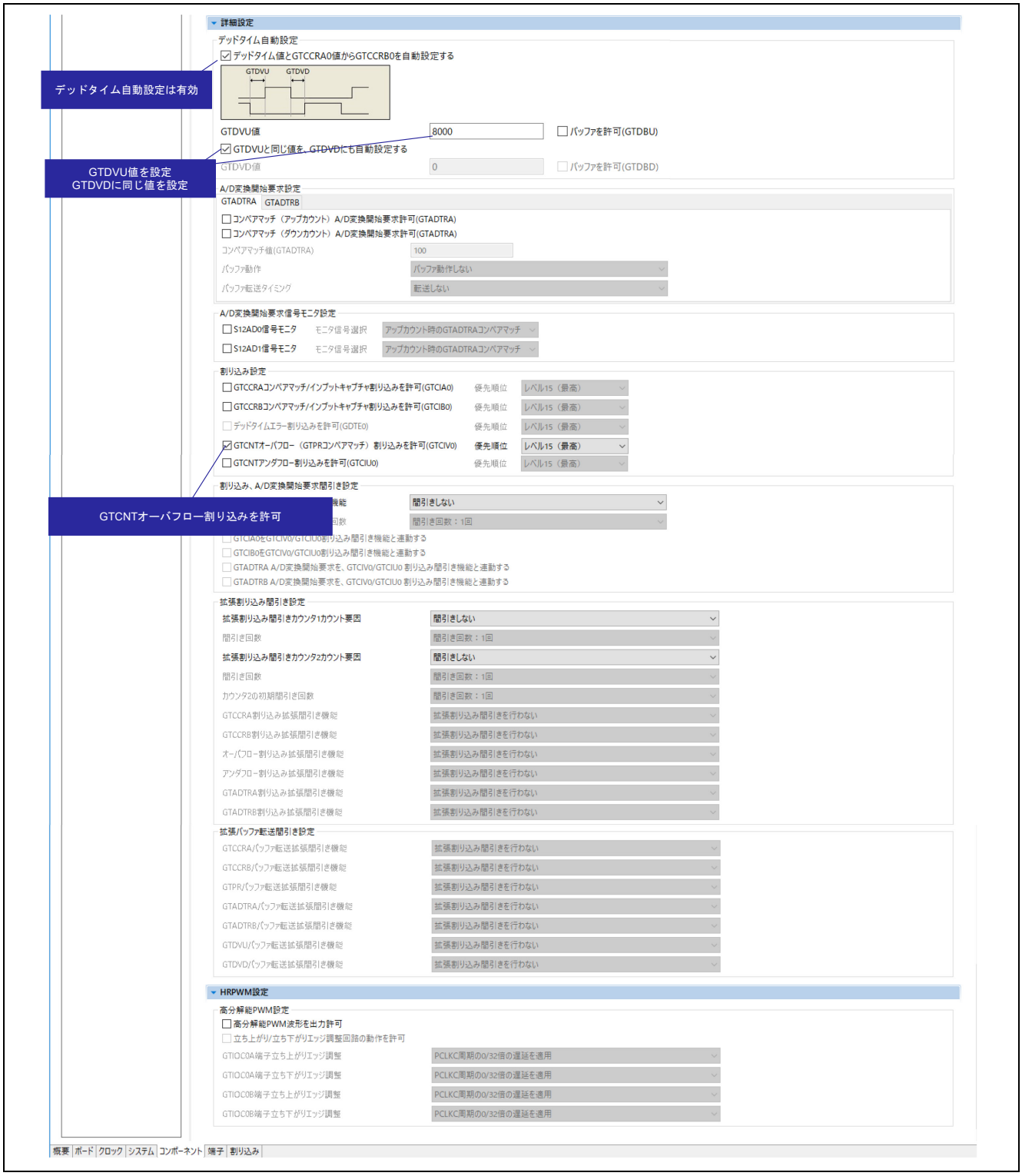


図 4-91　GPT0 の設定(2/2)

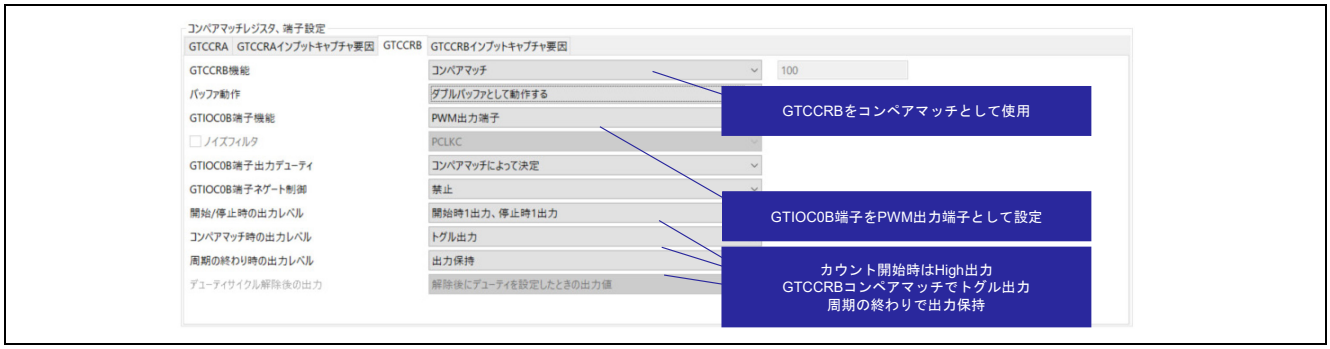


図 4-92　GPT0 の設定 GTCCRB のコンペアマッチレジスタ、端子設定

4.10.4 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。

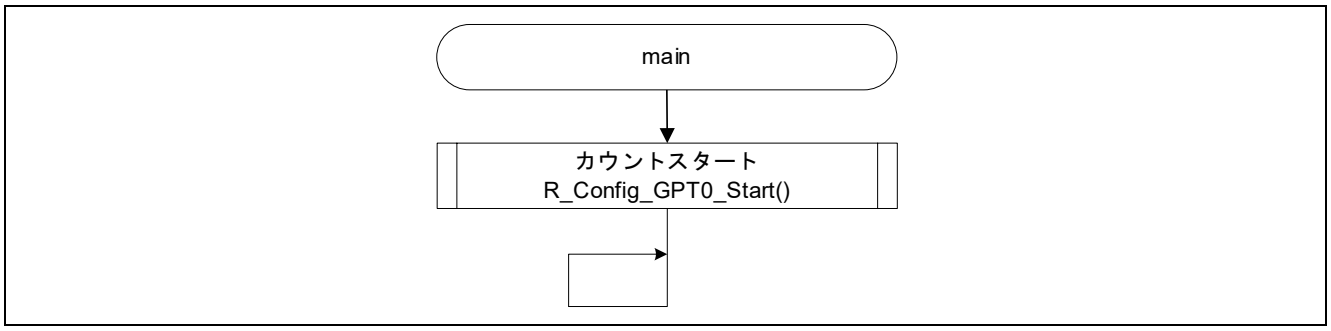


図 4-93　main 関数

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、バッファレジスタの値を設定します。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、バッファレジスタからテンポラリレジスタ、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。

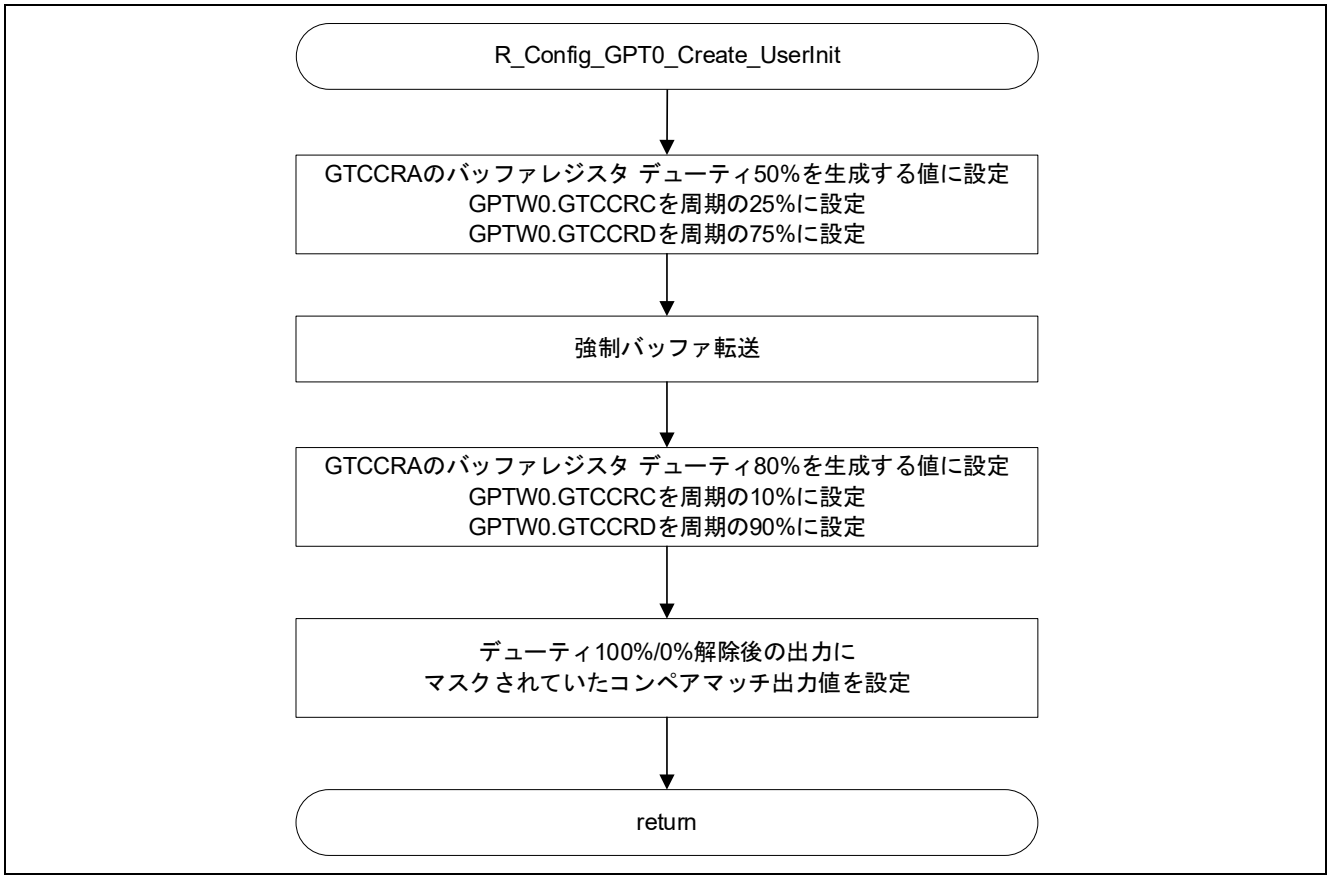


図 4-94　ユーザ初期化関数

GTCIV0 割り込みハンドラ関数では、バッファレジスタ GTCCRC、GTCCRD と GTUDDTYC レジスタの値を変更します。

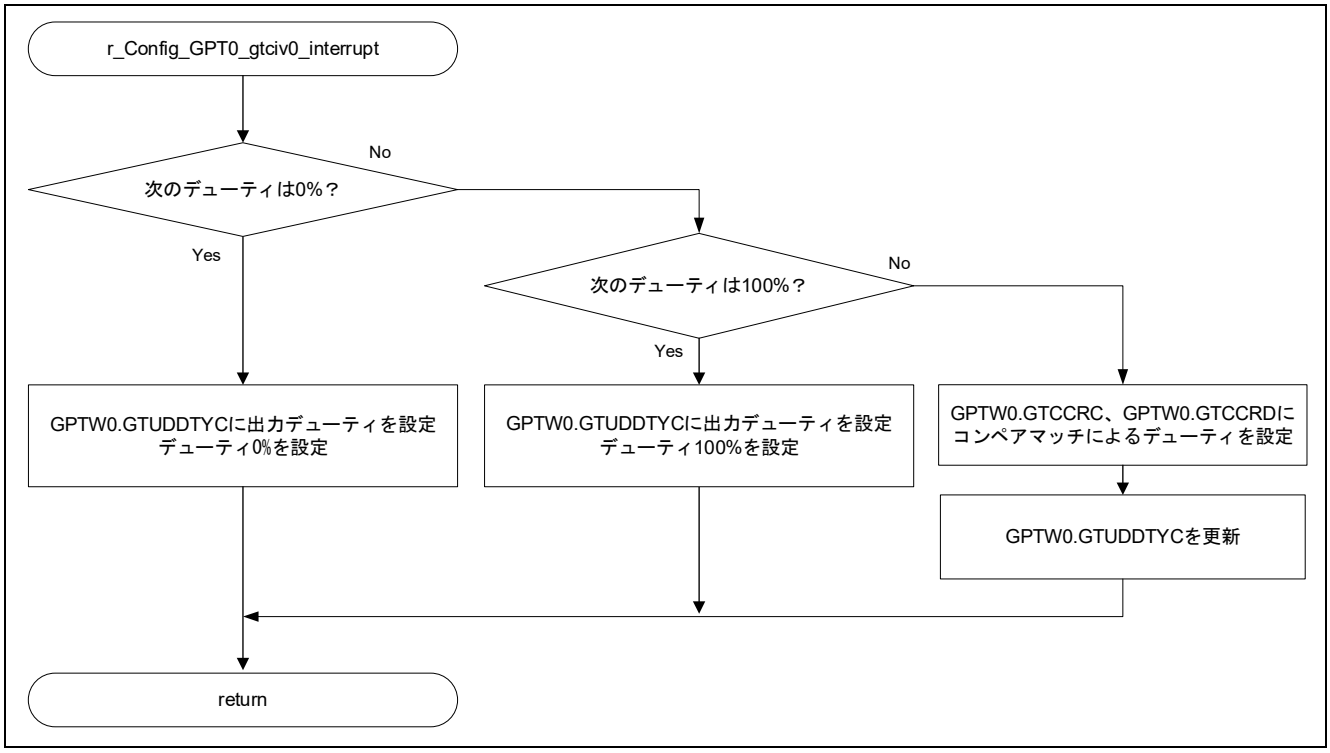


図 4-95　GTCIV0 割り込みハンドラ関数

4.10.5 注意事項

4.10.5.1 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。制約を満たさない場合はデッドタイムを確保した正常な出力波形が得られない場合があります。

- アップカウント時：
  GTCCRC < GTCCRD
  GTCCRC > GTDVU
  GTCCRD < GTPR － GTDVD
- ダウンカウント時：
  GTCCRC > GTCCRD
  GTCCRC < GTPR － GTDVU
  GTCCRD > GTDVD

また、デッドタイムの自動設定を行っていない場合、バッファレジスタ GTCCRC、GTCCRD は、以下の制約を満たすように設定してください。制約を満たさない場合は、コンペアマッチが 2 回発生せず、パルス出力が得られません。

- アップカウント時：0 < GTCCRC（GTCCRE）< GTCCRD（GTCCRF）< GTPR
- ダウンカウント時：GTPR > GTCCRC（GTCCRE）> GTCCRD（GTCCRF）> 0

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「24.10.2 コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ～ F)　(3) のこぎり波ワンショットパルスモードでデッドタイムの自動設定を行っている場合、(4) のこぎり波ワンショットパルス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。

4.10.5.2 コンペアマッチでデューティ 100%の出力

GTUDDTYC レジスタを変更せずに、コンペアマッチでデューティ 100%を出力することはできません。デューティ 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 カウンタのオーバフロー発生後 1 クロックサイクル分出力されるため、デューティ 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 カウンタのオーバ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、デューティ 100%を出力することができません。

GPTW の GTCNT カウンタのオーバ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。

4.10.5.3 デューティ 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 ビットと GTUDDTYC.OBDTY ビットの値を設定することでデューティ 0%および 100%を出力しています。デューティ 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、デューティ 0%および 100%出力中の割り込みにご注意ください。

4.10.5.4 デューティ 0%および 100%からの切り替え

出力デューティを 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%デューティ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
- GTIOR.GTIOB[3:2]　= 00b　: 周期の終わりで出力を保持
- GTUDDTYC.OBDTYR = 1　: 0%/100%デューティ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 GTIOB[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。

4.11 のこぎり波 PWM モード デューティ 0%と 100%

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_gptw_sawtooth_pwm_0to100.zip

4.11.1 概要

GPTW ののこぎり波 PWM モードを使用し、GTCCRA レジスタのコンペアマッチおよび GTUDDTYC レジスタの設定によりデューティ 0%～100%の PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードでは、のこぎり波 PWM モードを使用し、デューティ 0%と 100%の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。

GTCNT カウンタのオーバフロー発生時に GTUDDTYC レジスタを書き換えることで、0%および 100%を切り替えます。

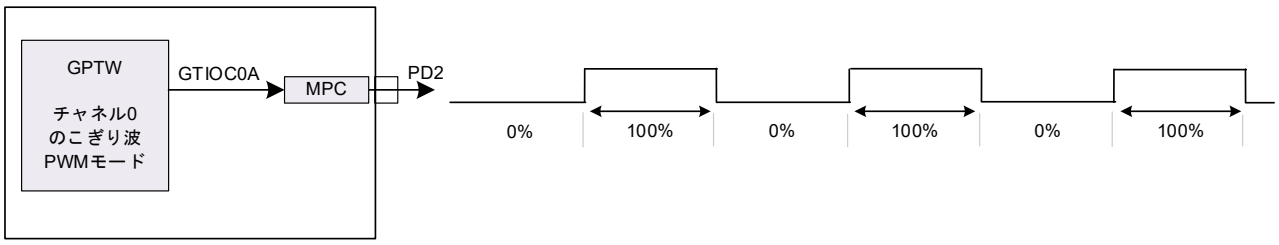
以下に、サンプルコードが使用する GPTW の設定を示します。

- のこぎり波 PWM モードを使用
- チャネル 0 を使用
- 初期出力値は Low
- 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
  - — カウント方向はアップカウント
  - — カウンタ初期値は 0
- GTCCRA をデューティ出力のコンペアマッチとして使用
  - — GTIOC0A 端子を PWM 出力端子として設定
  - — 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 High 出力
  - — 周期の終わりで Low 出力
  - — カウント開始時デューティ 0%強制出力 ※
- バッファレジスタを使用
  - — GTCCRA はシングルバッファで動作
  - — GTCCRC は GTCCRA のバッファレジスタとして使用
- ソフトウェア要因カウントスタートを許可

スマート・コンフィグレータで設定可能
設定方法は 4.11.3 を参照してください
（※ 印を除く）

- 周期ごとにデューティを変更
  - — GTCNT カウンタのオーバフロー割り込みでデューティ設定を変更
  - — デューティの変更タイミングの詳細は図 4-97 を参照

本サンプルコードにおけるのこぎり波 PWM モード出力を以下に示します。



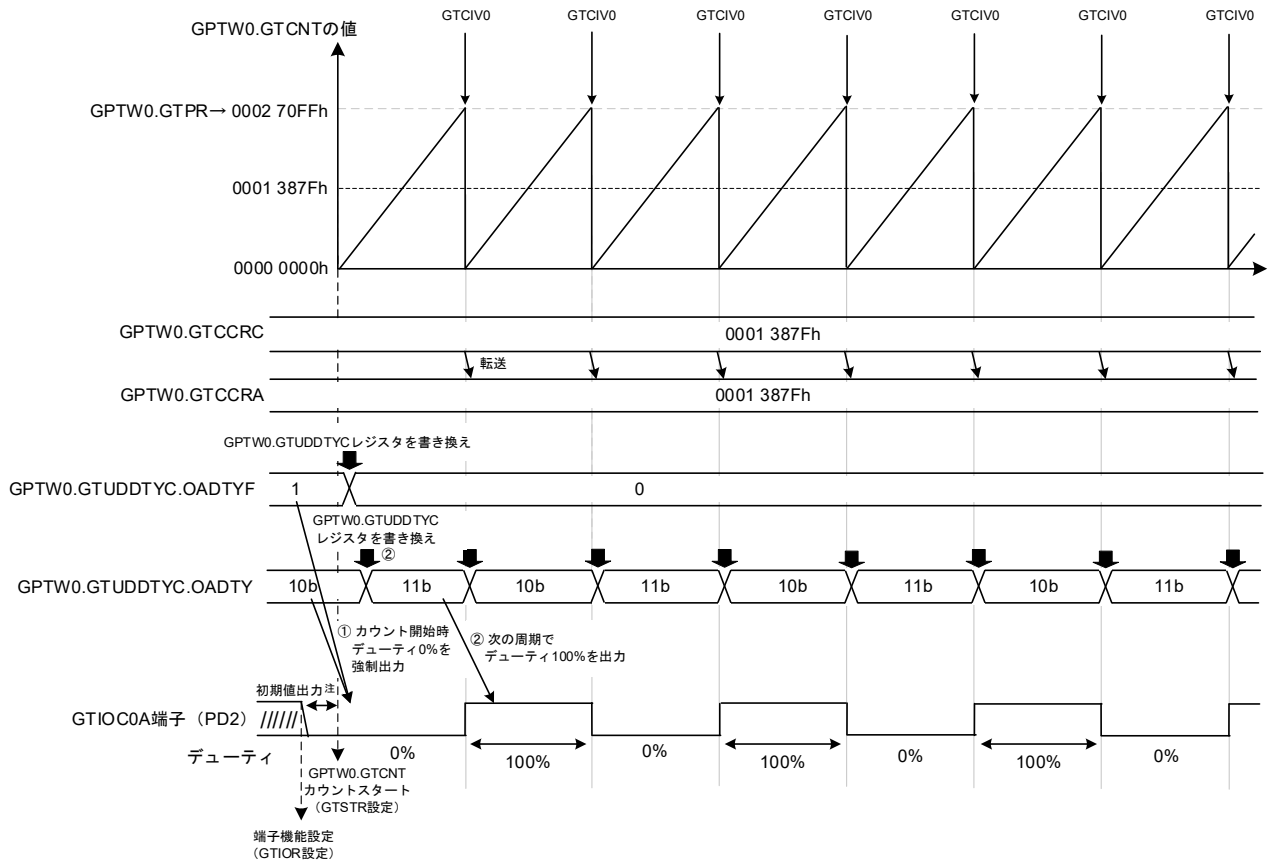
GPTW：のこぎり波PWMモード波形の生成
MPC：使用する端子を汎用入出力ポートから周辺機能の入出力ポートに設定

図 4-96　のこぎり波 PWM モード出力

4.11.2 動作詳細

本サンプルコードの動作を図 4-97 に示します。GTCNT カウンタのオーバフロー割り込み（GTCIV0）で、GTUDDTYC レジスタの値を書き換えることで、デューティ 0%とデューティ 100%を切り替えます。

- カウント開始直後にデューティ 0%を出力（下図 ①）
  カウント停止中に GTUDDTYC.OADTYF がビット 1b の状態で、GTUDDTYC.OADTY ビットに 10b を設定することで、カウント開始直後に Low が出力されます。GTCCRA コンペアマッチが発生しても波形は変化しません。
- 2 周期目にデューティ 100%を出力（下図 ②）
  カウント開始後、初めの GTCNT カウンタのオーバフローが発生する前に、GTUDDTYC.OADTY ビットに 11b を設定することで、2 周期目から High が出力されます。GTCCRA コンペアマッチが発生しても波形は変化しません。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

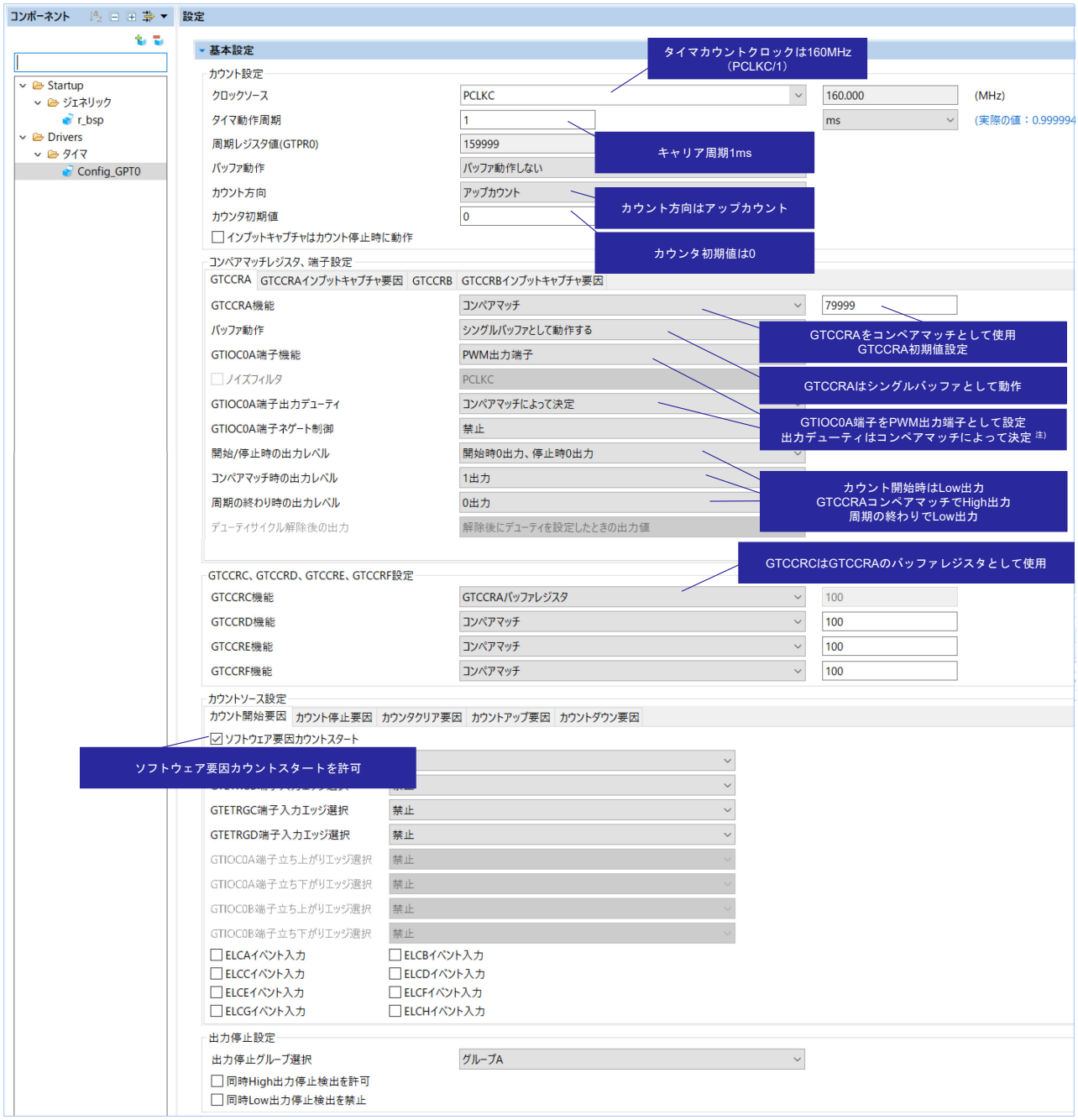
図 4-97　サンプルコードの動作

4.11.3 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 4-14　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	のこぎり波 PWM モード
リソース	GPT0



注　カウント開始時の出力デューティ強制を設定後に、出力デューティ 0%の設定を行う必要があるため、出力デューティ 0%の設定は R_Config_GPT0_Create_UserInit 関数で行います

図 4-98　GPT0 の設定(1/2)

詳細設定

A/D変換開始要求設定

GTADTRA　GTADTRB

- [ ] コンペアマッチ（アップカウント）A/D変換開始要求許可(GTADTRA)
- [ ] コンペアマッチ（ダウンカウント）A/D変換開始要求許可(GTADTRA)

コンペアマッチ値(GTADTRA)　100

バッファ動作　バッファ動作しない

バッファ転送タイミング　転送しない

A/D変換開始要求信号モニタ設定

- [ ] S12AD0信号モニタ　モニタ信号選択　アップカウント時のGTADTRAコンペアマッチ
- [ ] S12AD1信号モニタ　モニタ信号選択　アップカウント時のGTADTRAコンペアマッチ

割り込み設定

- [ ] GTCCRAコンペアマッチ/インプットキャプチャ割り込みを許可(GTCIA0)　優先順位　レベル15（最高）
- [ ] GTCCRBコンペアマッチ/インプットキャプチャ割り込みを許可(GTCIB0)　優先順位　レベル15（最高）
- [ ] GTCCRCコンペアマッチ割り込みを許可(GTCIC0)　優先順位　レベル15（最高）
- [ ] GTCCRDコンペアマッチ割り込みを許可(GTCID0)　優先順位　レベル15（最高）
- [ ] GTCCREコンペアマッチ割り込みを許可(GTCIE0)　優先順位　レベル15（最高）
- [ ] GTCCRFコンペアマッチ割り込みを許可(GTCIF0)　優先順位　レベル15（最高）
- [x] GTCNTオーバフロー（GTPRコンペアマッチ）割り込みを許可(GTCIV0)　優先順位　レベル15（最高）
- [ ] GTCNTアンダフロー割り込みを許可(GTCIU0)　優先順位　レベル15（最高）

GTCNTオーバフロー割り込みを許可

要求間引き設定

GTCIV0/GTCIU0割り込み間引き機能　間引きしない

GTCIV0/GTCIU0割り込み間引き回数　間引き回数：1回

- [ ] GTCIA0をGTCIV0/GTCIU0割り込み間引き機能と連動する
- [ ] GTCIB0をGTCIV0/GTCIU0割り込み間引き機能と連動する
- [ ] GTCIC0をGTCIV0/GTCIU0割り込み間引き機能と連動する
- [ ] GTCID0をGTCIV0/GTCIU0割り込み間引き機能と連動する
- [ ] GTCIE0をGTCIV0/GTCIU0割り込み間引き機能と連動する
- [ ] GTCIF0をGTCIV0/GTCIU0割り込み間引き機能と連動する
- [ ] GTADTRA A/D変換開始要求を、GTCIV0/GTCIU0 割り込み間引き機能と連動する
- [ ] GTADTRB A/D変換開始要求を、GTCIV0/GTCIU0 割り込み間引き機能と連動する

拡張割り込み間引き設定

拡張割り込み間引きカウンタ1カウント要因	間引きしない
間引き回数	間引き回数：1回
拡張割り込み間引きカウンタ2カウント要因	間引きしない
間引き回数	間引き回数：1回
カウンタ2の初期間引き回数	間引き回数：1回
GTCCRA割り込み拡張間引き機能	拡張割り込み間引きを行わない
GTCCRB割り込み拡張間引き機能	拡張割り込み間引きを行わない
GTCCRC割り込み拡張間引き機能	拡張割り込み間引きを行わない
GTCCRD割り込み拡張間引き機能	拡張割り込み間引きを行わない
GTCCRE割り込み拡張間引き機能	拡張割り込み間引きを行わない
GTCCRF割り込み拡張間引き機能	拡張割り込み間引きを行わない
オーバフロー割り込み拡張間引き機能	拡張割り込み間引きを行わない
アンダフロー割り込み拡張間引き機能	拡張割り込み間引きを行わない
GTADTRA割り込み拡張間引き機能	拡張割り込み間引きを行わない
GTADTRB割り込み拡張間引き機能	拡張割り込み間引きを行わない

拡張バッファ転送間引き設定

GTCCRAバッファ転送拡張間引き機能	拡張割り込み間引きを行わない
GTCCRBバッファ転送拡張間引き機能	拡張割り込み間引きを行わない
GTPRバッファ転送拡張間引き機能	拡張割り込み間引きを行わない
GTADTRAバッファ転送拡張間引き機能	拡張割り込み間引きを行わない
GTADTRBバッファ転送拡張間引き機能	拡張割り込み間引きを行わない

HRPWM設定

高分解能PWM設定

- [ ] 高分解能PWM波形を出力許可
- [ ] 立ち上がり/立ち下がりエッジ調整回路の動作を許可

GTIOC0A端子立ち上がりエッジ調整	PCLKC周期の0/32倍の遅延を適用
GTIOC0A端子立ち下がりエッジ調整	PCLKC周期の0/32倍の遅延を適用
GTIOC0B端子立ち上がりエッジ調整	PCLKC周期の0/32倍の遅延を適用
GTIOC0B端子立ち下がりエッジ調整	PCLKC周期の0/32倍の遅延を適用

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 4-99　GPT0 の設定(2/2)

4.11.4 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処理を示します。

main 関数内で、カウントをスタートし次の周期でデューティ 100%を出力するよう設定します。

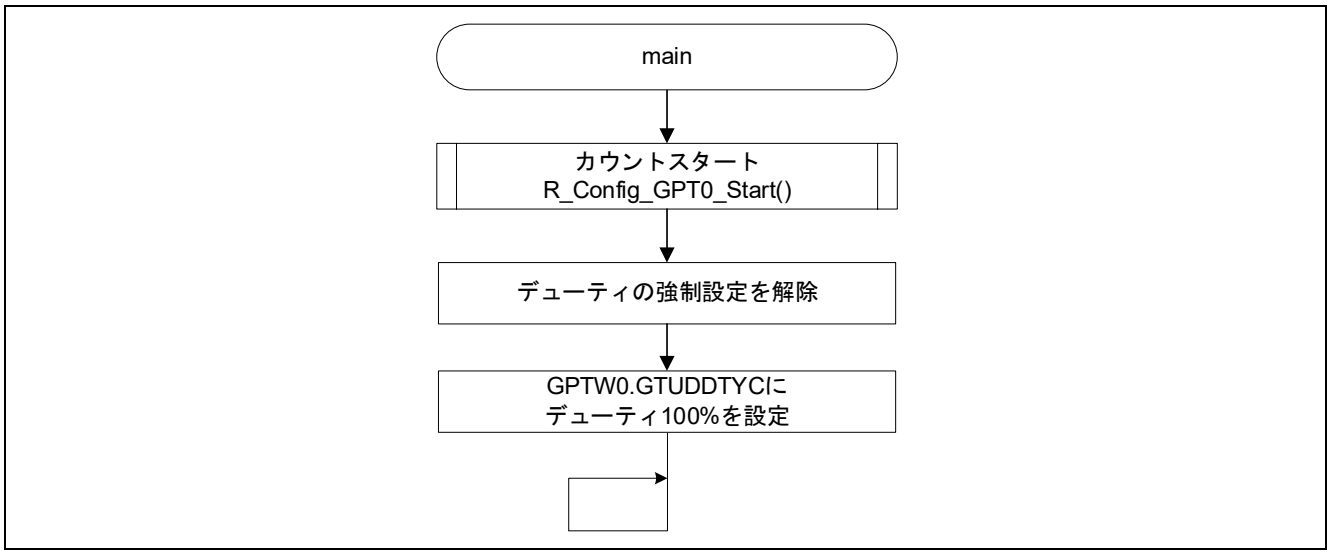


図 4-100　main 関数

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、カウント開始時のデューティ強制出力と、出力デューティ 0%を設定します。本関数は、R_Config_GPT0_Create 関数内から呼び出されます。

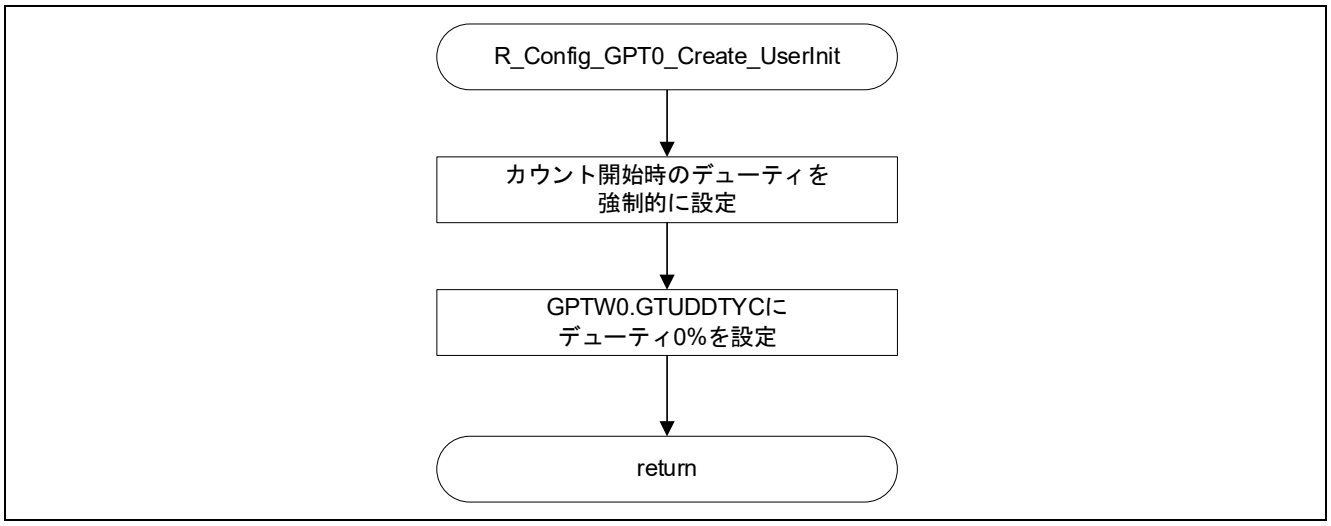


図 4-101　ユーザ初期化関数

GTCIV0 割り込みハンドラ関数では、GTUDDTYC レジスタの値を変更します。

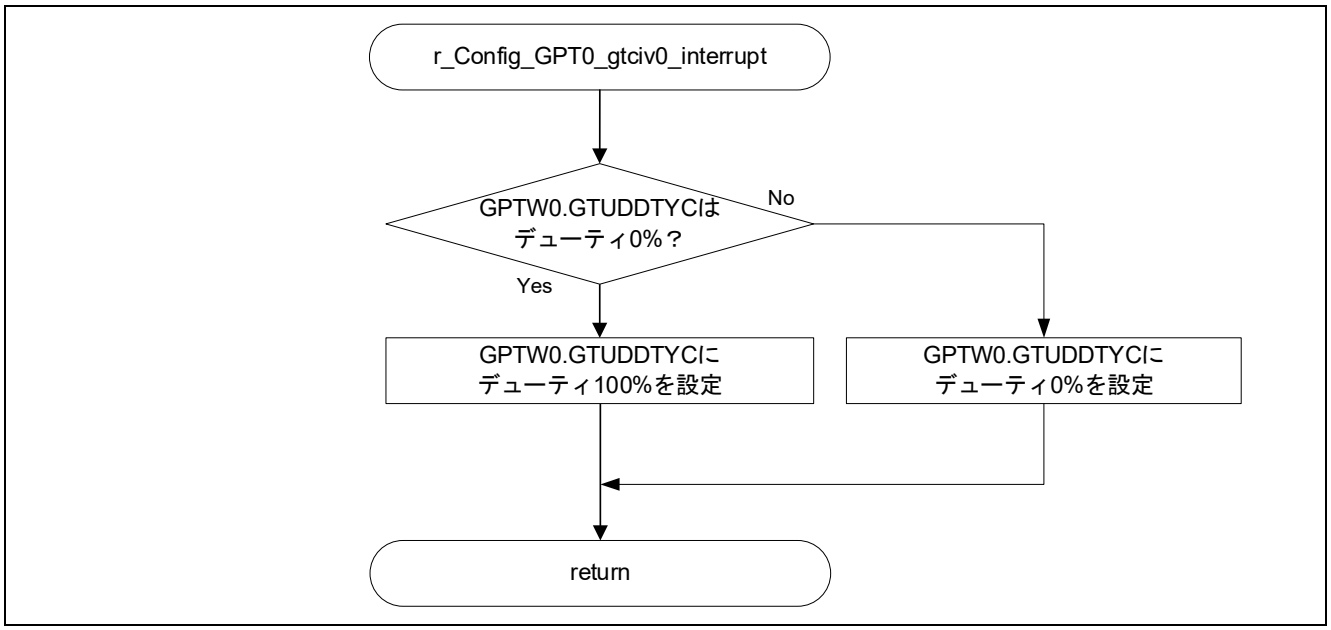


図 4-102　GTCIV0 割り込みハンドラ関数

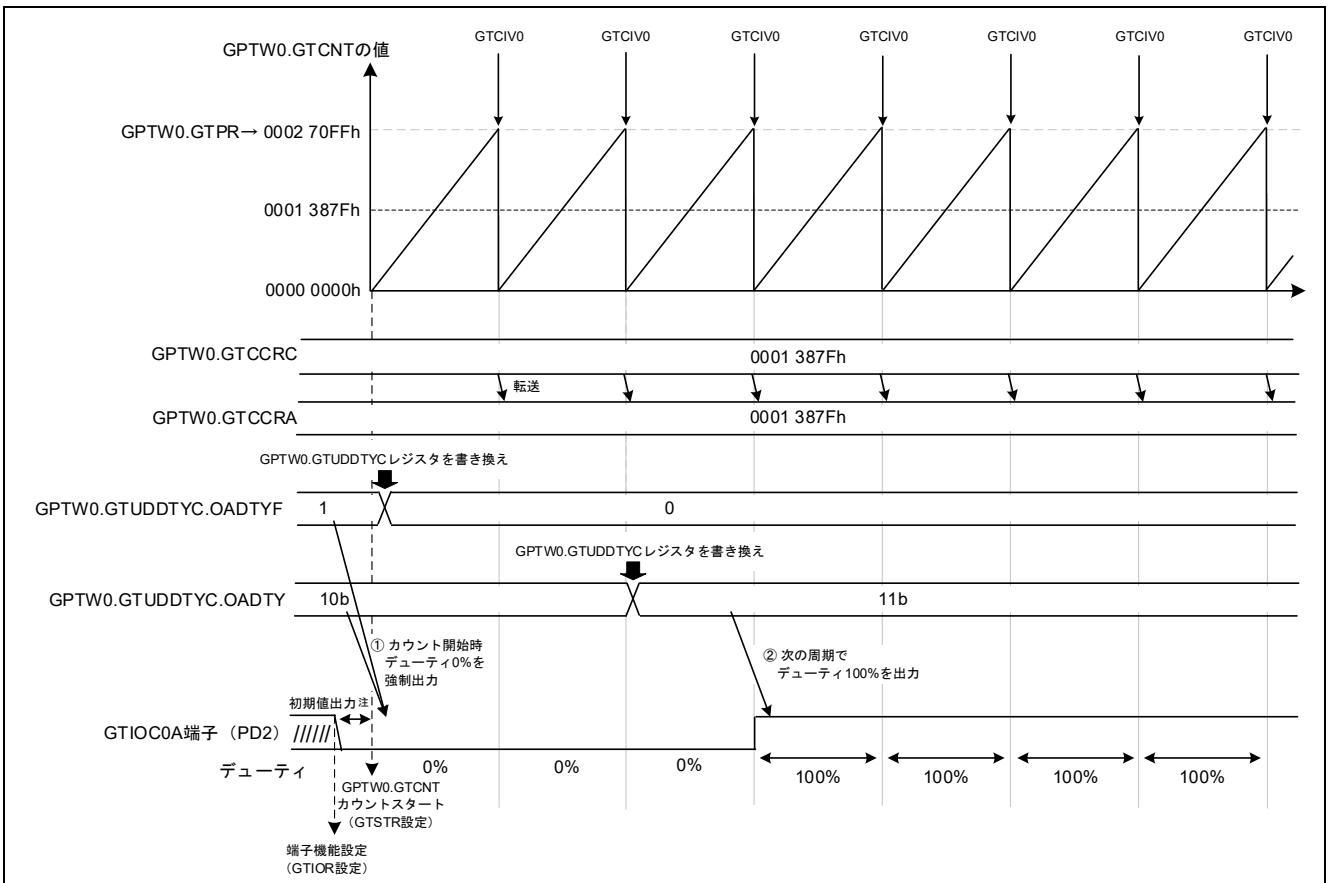
4.11.5 関連動作

4.11.5.1 初期値 Low、デューティ 0%を維持後 100%に変更

カウント開始後、デューティ 0%を数周期出力してから、デューティ 100%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

カウント停止中に GTUDDTYC.OADTYF ビットが 1b の状態で、GTUDDTYC.OADTY ビットに 10b を設定することで、カウント開始直後に Low が出力され、デューティ 0%を出力します（下図 ①）。

カウント動作中に GTUDDTYC.OADTY ビットに 11b を設定することで、次の周期から High が出力され、デューティ 100%を出力します（下図 ②）。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

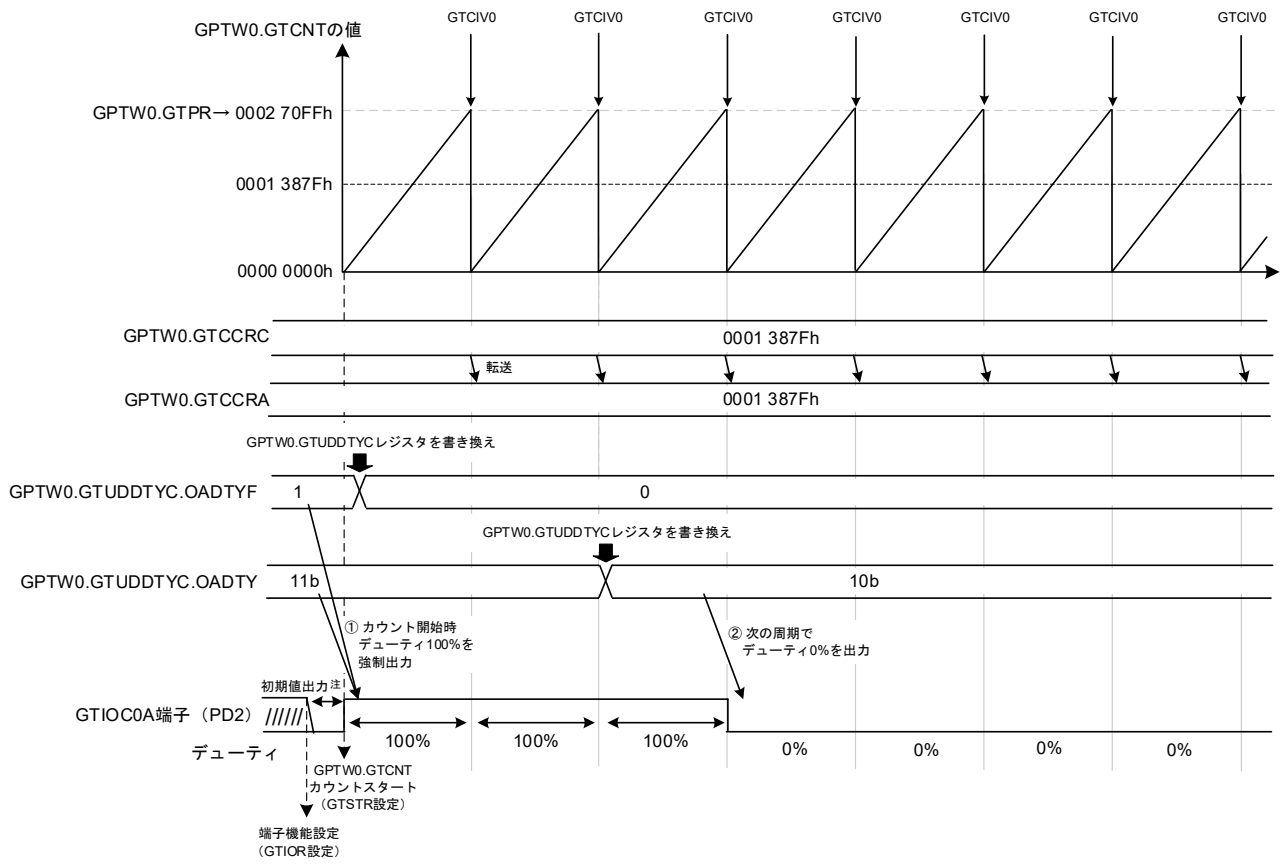
図 4-103　デューティ 0%を維持後 100%に変更

4.11.5.2 初期値 Low、デューティ 100%を維持後 0%に変更

カウント開始後、デューティ 100% を数周期出力してから、デューティ 0%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

カウント停止中に GTUDDTYC.OADTYF ビットに 1b を、GTUDDTYC.OADTY ビットに 11b を設定することで、カウント開始直後に High が出力されデューティ 100%を出力します（下図 ①）。

カウント動作中に GTUDDTYC.OADTY ビットに 10b を設定することで、次の周期から Low が出力されデューティ 0%を出力します（下図 ②）。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

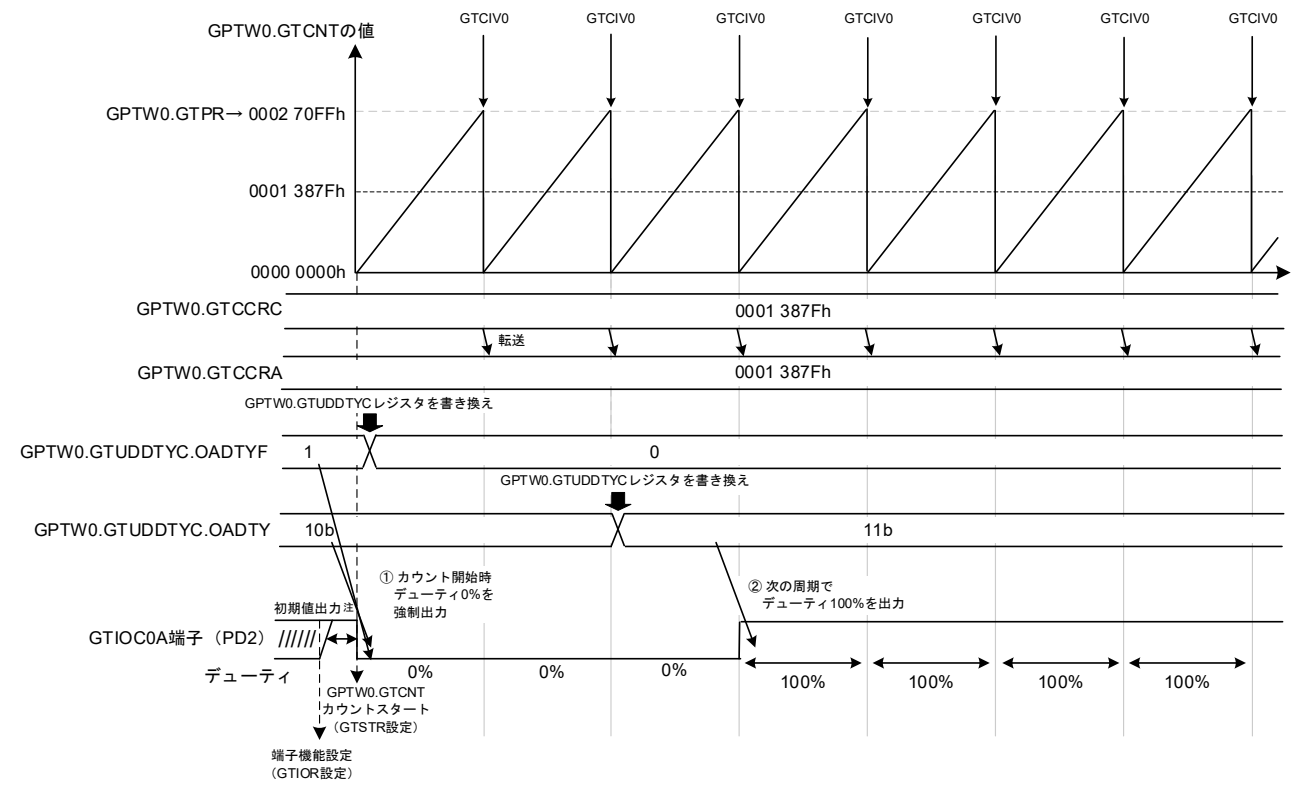
図 4-104　デューティ 100%を維持後 0%に変更

4.11.5.3 初期値 High、デューティ 0%を維持後 100%に変更

カウント開始後、デューティ 0%を数周期出力してから、デューティ 100%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

カウント停止中に GTUDDTYC.OADTYF ビットが 1b の状態で、GTUDDTYC.OADTY ビットに 10b を設定することで、カウント開始直後に Low が出力され、デューティ 0%を出力します（下図 ①）。

カウント動作中に GTUDDTYC.OADTY ビットに 11b を設定することで、次の周期から High が出力され、デューティ 100%を出力します（下図 ②）。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-105　デューティ 0%を維持後 100%に変更

初期値を High にするためには、「開始／停止時の出力レベル」を「停止時 1 出力」に設定にしてください。

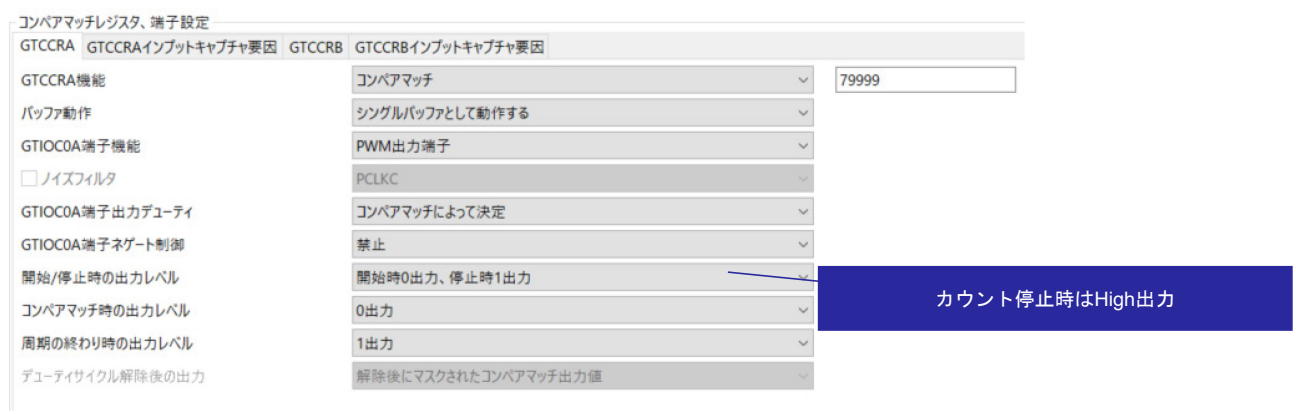


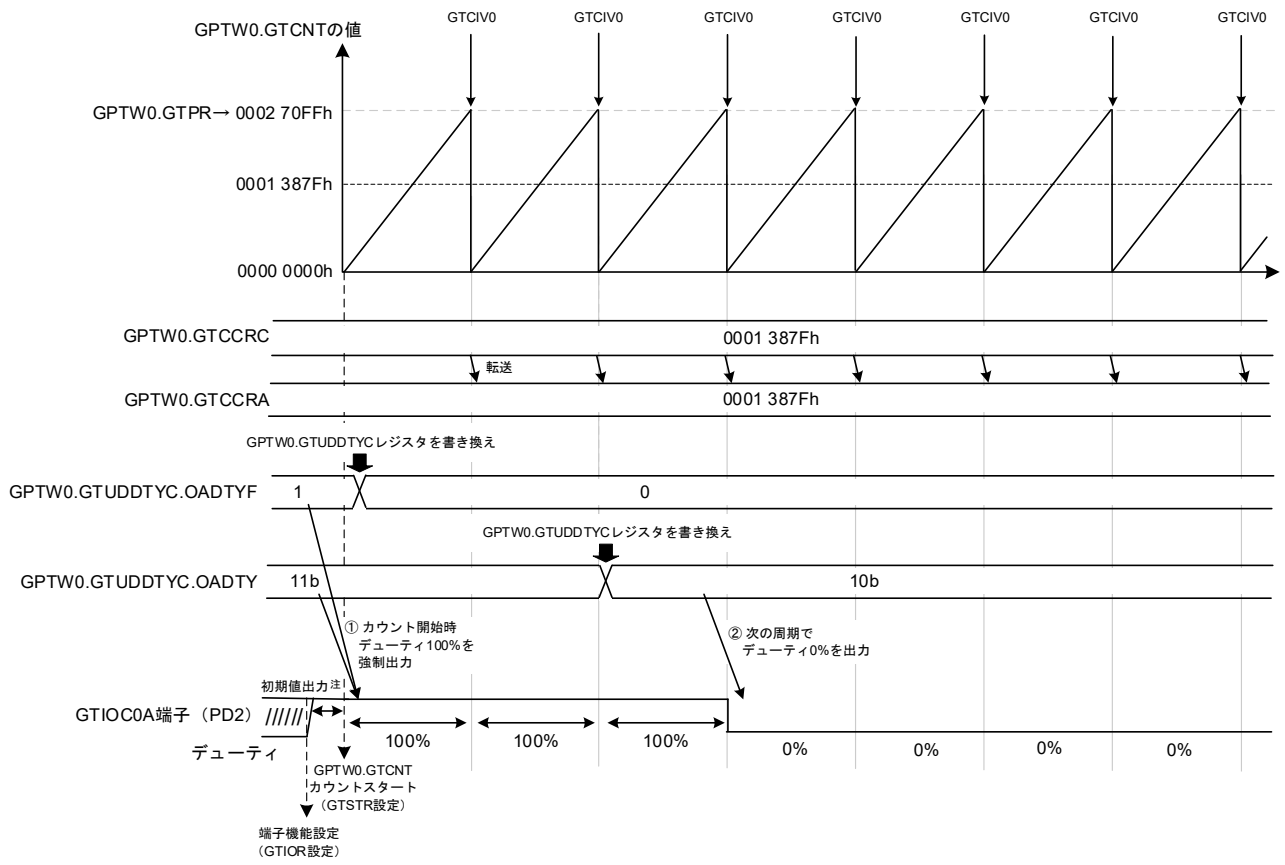
図 4-106　初期値 High にするためのスマート・コンフィグレータの設定

4.11.5.4 初期値 High、デューティ 100%を維持後 0%に変更

カウント開始後、デューティ 100% を数周期出力してから、デューティ 0%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

カウント停止中に GTUDDTYC.OADTYF ビットに 1b を、GTUDDTYC.OADTY ビットに 11b を設定することで、カウント開始直後に High が出力されデューティ 100%を出力します（下図 ①）。

カウント動作中に GTUDDTYC.OADTY ビットに 10b を設定することで、次の周期から Low が出力されデューティ 0%を出力します（下図 ②）。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-107　デューティ 100%を維持後 0%に変更

初期値を High にするためには、「開始／停止時の出力レベル」を「開始時 1 出力」に設定にしてください。詳細は、図 4-106 を参照してください。

4.11.5.5 デューティ 50%を維持後 100%に変更

デューティ 50% を数周期出力している状態から、GTUDDTYC.OADTY ビットを変更してデューティ 100%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

カウント動作中に GTUDDTYC.OADTY ビットに 11b を設定することで、次の周期からデューティ 100%を出力します（下図 ①）。

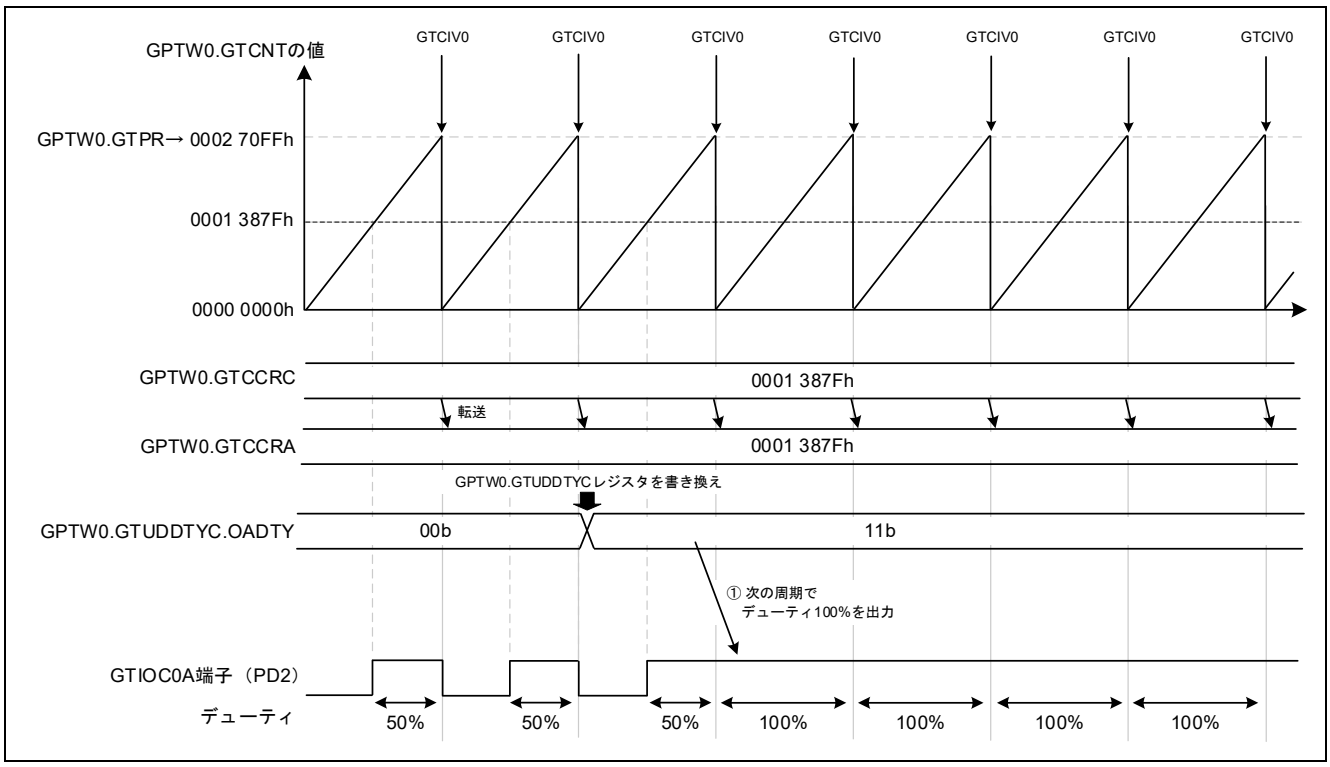


図 4-108　デューティ 50%を維持後 100%に変更

カウント動作中に GTUDDTYC.OADTY ビットを変更せずにコンペアマッチでデューティ 100%に切り替えることはできません。

4.11.5.6 デューティ 50%を維持後 0%に変更

デューティ 50% を数周期出力している状態から、GTUDDTYC.OADTY ビットを変更してデューティ 0%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

カウント動作中に GTUDDTYC.OADTY ビットに 10b を設定することで、次の周期からデューティ 0%を出力します（下図 ①）。

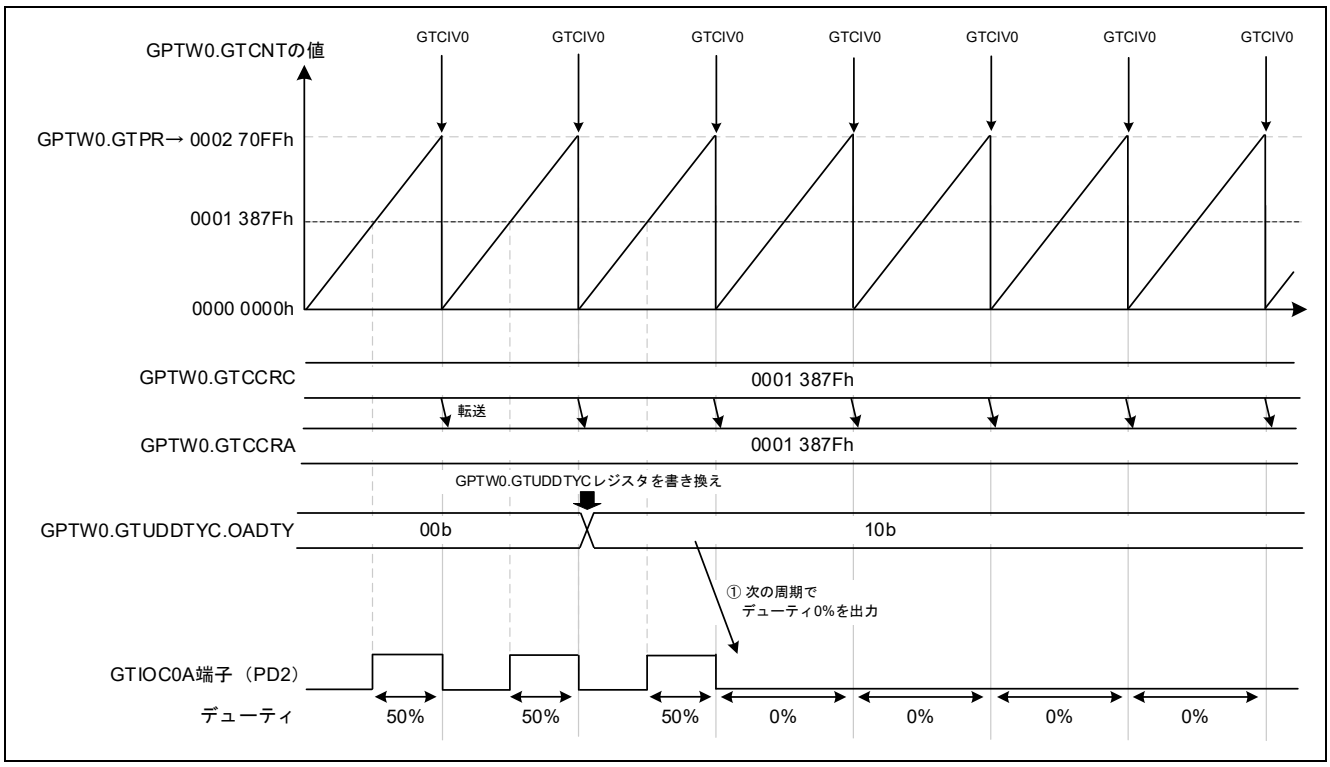


図 4-109　デューティ 50%を維持後 0%に変更

4.11.6 注意事項

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

コンペアレジスタ GTCCRA、GTCCRB には、“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 レジスタと同じ値が設定された場合、周期内で発生するコンペアマッチは、コンペアレジスタの値が“0000 0000h”もしくは GTPR レジスタ値と一致したときのみ成立します。また、コンペアレジスタに GTPR レジスタ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。

以下にコンペアレジスタに GTPR レジスタ設定値を超える値が設定した動作例を示します。コンペアマッチが発生しないので GTIOC0A 端子は Low を保持したままになります。（下図①）

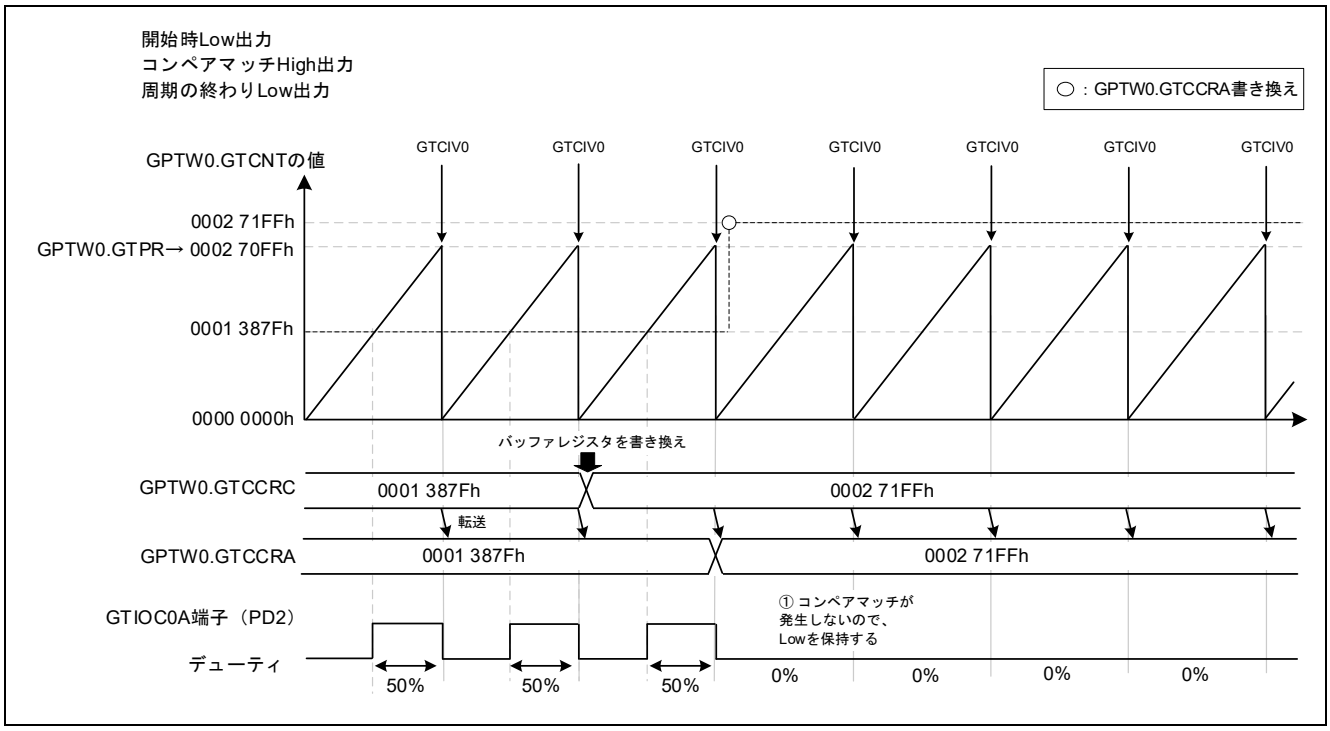


図 4-110　GTPR レジスタ設定値を超える値を設定した場合

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「24.10.2 コンペアマッチ動作時の GTCCRm レジスタの設定(m = A ～ F) (5) のこぎり波 PWM モードの場合」を参照してください。

4.11.6.2 カウント開始時の GTUDDTYC.OADTY ビット設定の反映

本サンプルコードでは、カウント停止中に GTUDDTYC.OADTYF ビットと GTUDDTYC.OADTY ビットの値を設定することで、カウント開始時のデューティを決定しています。

カウント停止中に GTUDDTYC. OADTYF ビットが 0b の状態で、GTUDDTYC.OADTY ビットの値を変更しても、カウント開始時に変更した出力デューティ設定は反映されません。カウント開始時から反映させる場合は、カウント停止中に GTUDDTYC.OADTYF ビットが 1b の状態で、GTUDDTYC.OADTY ビットの値を変更し、カウントを開始する必要があります。

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「24.3.6 デューティ 0%/100% 出力機能」を参照してください。

4.11.6.3 スマート・コンフィグレータを使用したカウント開始時のデューティ反映

スマート・コンフィグレータを使用し、端子出力デューティに 0%または 100%を設定した場合（図 4-111）、GTUDDTYC.OADTYF ビットが 0b のため、カウント開始時にデューティが反映されません。カウント開始からデューティを反映する場合は、カウント停止中に GTUDDTYC.OADTYF ビットが 1b の状態で、GTUDDTYC.OADTY ビットの値を 10b または 11b に設定するコードを、ユーザが作成する必要があります。

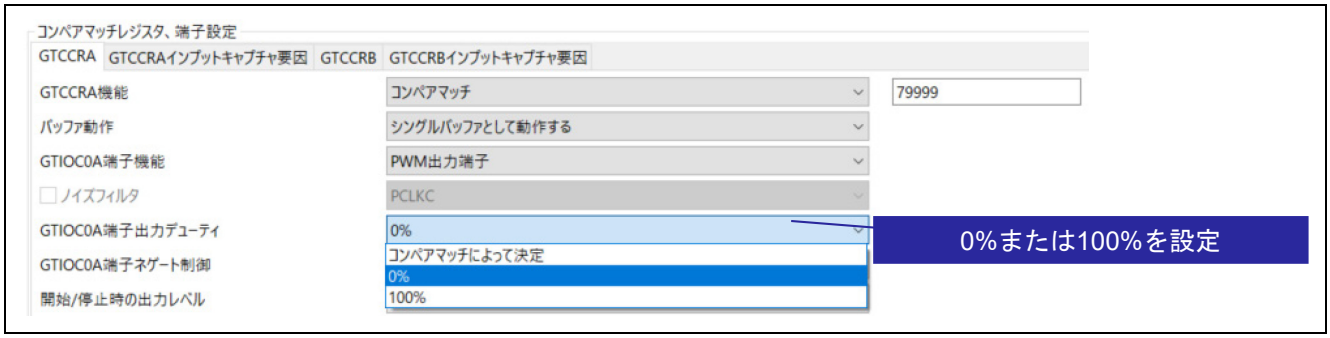


図 4-111　端子出力デューティに 0%または 100%を設定

スマート・コンフィグレータの設定は「4.11.3 スマート・コンフィグレータ設定」を、ユーザ作成コードの例は「4.11.4 フローチャート」を参照してください。

4.11.6.4 コンペアマッチでデューティ 100%の出力

GTUDDTYC レジスタを変更せずに、コンペアマッチでデューティ 100%を出力することはできません。デューティ 100%を出力する場合は、GTUDDTYC.OADTY ビットに 11b 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 レジスタに 0 を設定した場合は、GTCNT カウンタのオーバフロー発生後 1 クロックサイクル分 Low を出力して、High が出力されるため、デューティ 100%を出力することはできません。

MTU では、デューティレジスタと周期レジスタに同じ値を設定し、カウンタクリアとコンペアマッチが同時に発生した場合に波形が変化しないためデューティ 100%を出力できます。GPTW では、GTCNT カウンタのオーバフローとコンペアマッチが同時に発生した場合も波形が変化するため、同様の方法でデューティ 100%を出力することができません。

GPTW の GTCNT カウンタのオーバ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。

4.11.6.5 デューティ 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デューティ 0%および 100%を出力しています。デューティ 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、デューティ 0%および 100%出力中の割り込みにご注意ください。

4.12 三角波 PWM モード 1 デューティ 0%～100%

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_gptw_triangle_pwm_50to100_dt.zip

4.12.1 概要

GPTW の三角波 PWM モード 1 を使用し、GTCCRA レジスタのコンペアマッチおよび GTUDDTYC レジスタの設定によりデューティ 0%～100%の PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードでは三角波 PWM モード 1 にてデッドタイム自動設定機能を使用し、デューティ 0%および 100%を含む、以下の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。

- GTIOC0A 端子 High 幅切り替え：50% → 80% → 100% → 80% → 50% → 0% → ･･･
- GTIOC0B 端子 Low 幅切り替え：60% → 90% → 100% → 90% → 60% → 0% → ･･･

バッファレジスタ GTCCRC を使用し、GTCNT カウンタのアンダフロー発生時にバッファレジスタの値を GTCCRA へ転送することで、デューティ比を変更することを基本動作としています。デューティ 0%および 100%の切り替えでは、GTCNT カウンタのアンダフロー発生時に、GTUDDTYC レジスタを書き換える処理を行っています。

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 1 を使用
- チャネル 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 をデューティ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
  - デューティ 100%/0%解除後はマスクされたコンペアマッチ出力値を出力 ※
- GTCCRB をデューティ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
  - デューティ 100%/0%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
  - GTCCRA はシングルバッファで動作
  - GTCCRC 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

スマート・コンフィグレータで設定可能
設定方法は 4.12.3 を参照してください
（※ 印を除く）

- 周期ごとにデューティを変更
  - GTCNT カウンタのアンダフロー割り込みでデューティを変更
  - デューティの変更タイミングの詳細は図 4-114 を参照

本サンプルコードにおける三角波 PWM モード 1 出力を以下に示します。

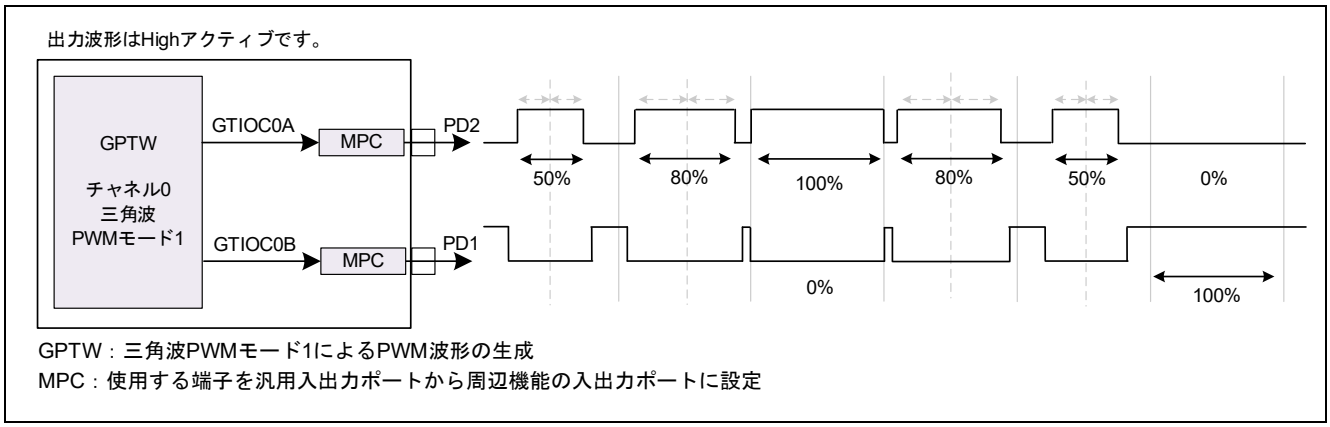


図 4-112　三角波 PWM モード 1 出力

4.12.2 動作詳細

本サンプルコードの動作を図 4-114 に示します。周期ごとにデューティの設定を変更するため、GTCNT カウンタのアンダフロー割り込み（GTCIU0）でバッファレジスタ GTCCRC の値を書き換え、GTCNT カウンタのアンダフロー発生時にバッファレジスタの値を GTCCRA へ転送する動作を基本としています。

また、デッドタイム自動設定を使用しているため、GTCCRB レジスタ値は GTCCRA の更新に応じて自動的に設定されます。GTDVU と GTDVD には同じ値を設定しています。

各周期のデューティは、アップカウント期間とダウンカウント期間において 1/2 デューティを生成しています。アップカウント期間とダウンカウント期間に生成するデューティを図 4-113 に示します。

- デューティ 100%の出力（図 4-114 ①）
  GTIOC0A 端子は、GTUDDTYC.OADTY ビットに 11b を設定することで、次の GTCNT カウンタのアンダフロー発生時（谷）から High を出力し、GTCCRA コンペアマッチが発生しても波形は変化しません。
  GTIOC0B 端子は、GTUDDTYC.OBDTY ビットに 10b を設定することで、次の GTCNT カウンタのアンダフロー発生時（谷）から Low を出力し、GTCCRB コンペアマッチが発生しても波形は変化しません。本サンプルコードでは、GTIOC0B 端子は 1 周期期間 Low を出力するために 10b を設定します。

- デューティ 0%の出力（図 4-114 ②）
  GTIOC0A 端子は、GTUDDTYC.OADTY ビットに 10b を設定することで、次の GTCNT カウンタのアンダフロー発生時（谷）から Low を出力し、し、GTCCRA コンペアマッチが発生しても波形は変化しません。
  GTIOC0B 端子は、GTUDDTYC.OBDTY ビットに 11b を設定することで、次の GTCNT カウンタのアンダフロー発生時（谷）から High を出力し、GTCCRB コンペアマッチが発生しても波形は変化しません。本サンプルコードでは、GTIOC0B 端子は 1 周期期間 High を出力するために 11b を設定します。

- デューティ 100%および 0%からの切り替え（図 4-114 ③）
  GTIOC0A 端子は、GTUDDTYC.OADTY ビットに 00b を設定することで、次の GTCNT カウンタのアンダフロー発生時（谷）から GTCCRA コンペアマッチによるデューティが出力されます。デューティ 100%および 0%解除後の出力は、GTIOR.GTIOA[3:2]ビットと GTUDDTYC.OADTYR ビットによって決定します。本サンプルコードでは、マスクされていたコンペアマッチ出力値の Low が出力されます。
  GTIOC0B 端子は、GTUDDTYC.OBDTY ビットに 00b を設定するこで、次の GTCNT カウンタのアンダフロー発生時（谷）から GTCCRB コンペアマッチによるデューティが出力されます。デューティ 100%および 0%解除後の出力は、GTIOR.GTIOB[3:2]ビットと GTUDDTYC.OBDTYR ビットによって決定します。本サンプルコードでは、マスクされていたコンペアマッチ出力値の High が出力されます。
  GTIOC0A 端子を例にデューティ 100%および 0%解除後の出力を図 4-113 に示します。

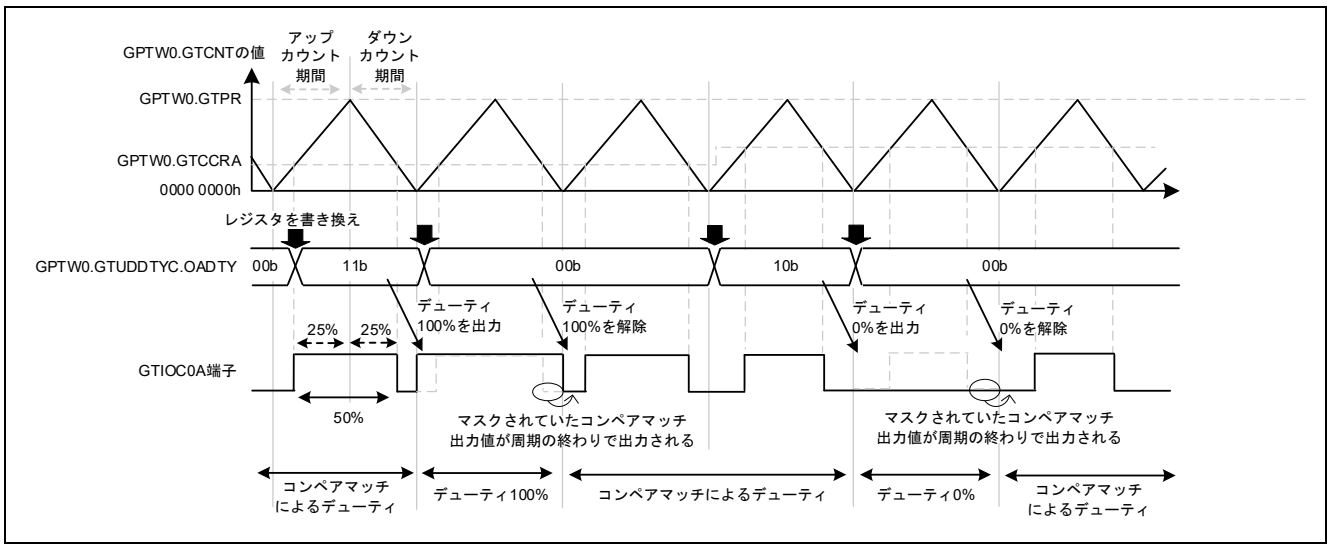
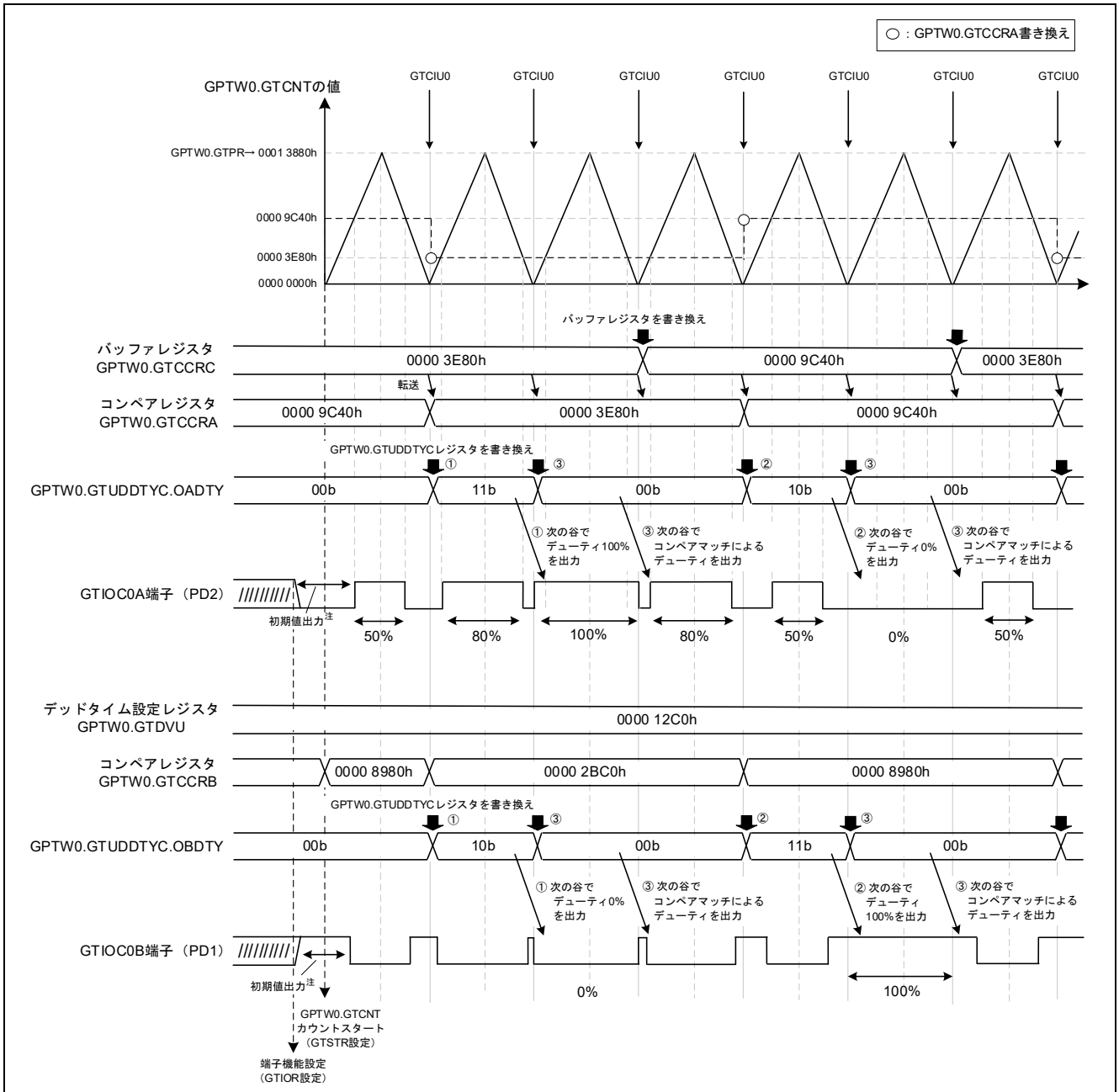


図 4-113　1/2 デューティの生成とデューティ 100%および 0%解除後の出力



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-114　サンプルコードの動作

4.12.3 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 4-15　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 1
リソース	GPT0

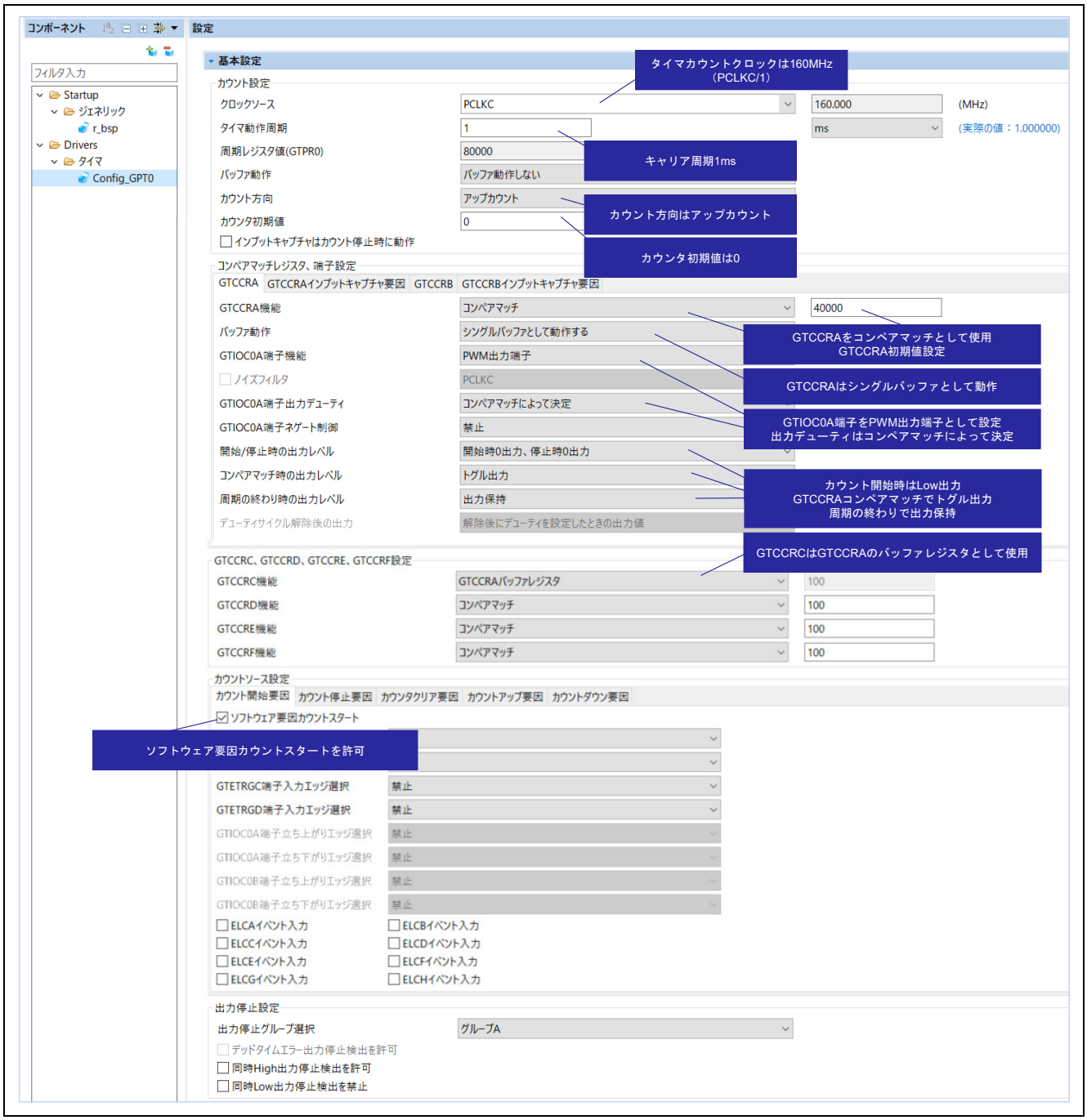


図 4-115　GPT0 の設定(1/2)

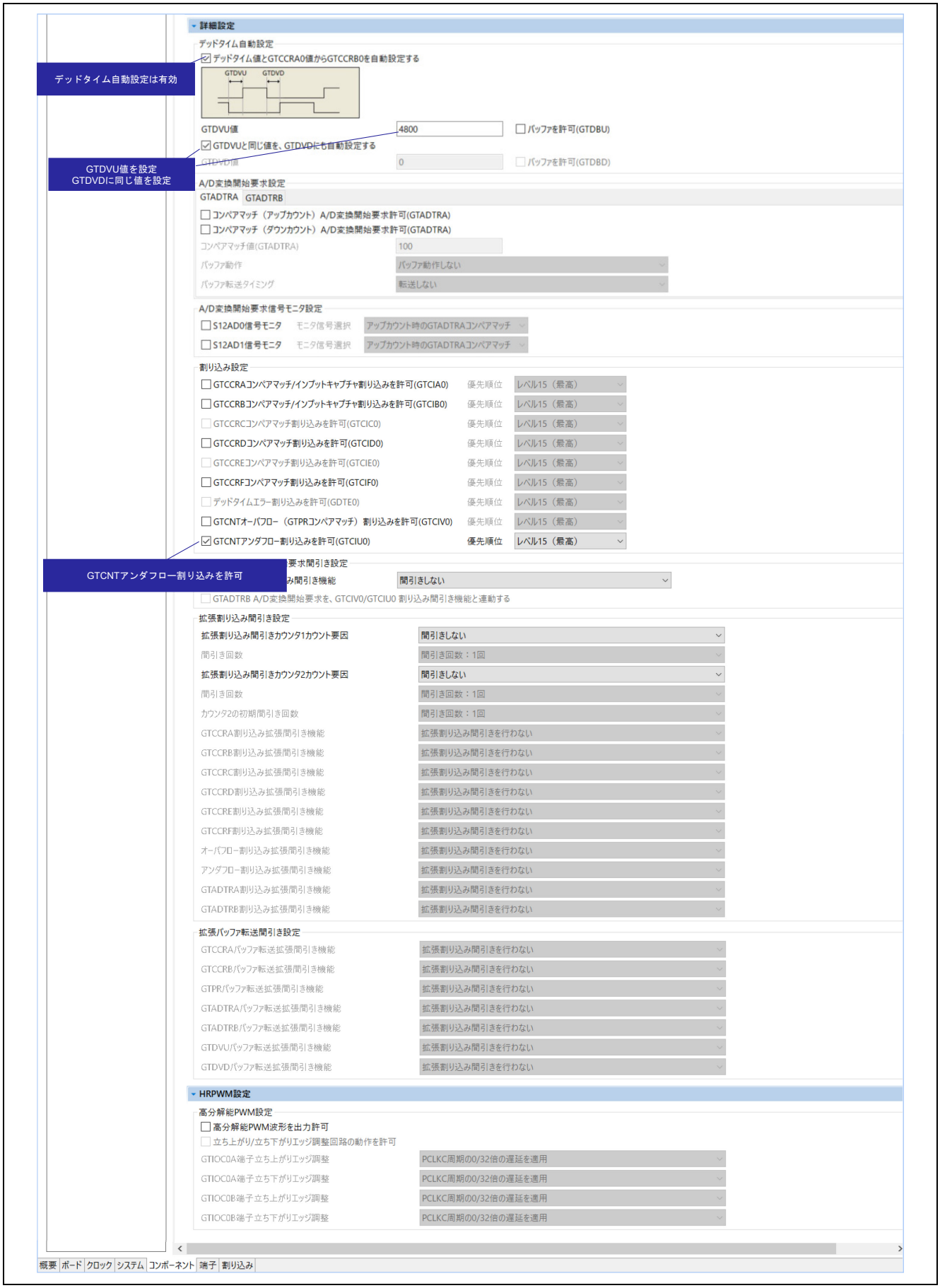


図 4-116　GPT0 の設定(2/2)

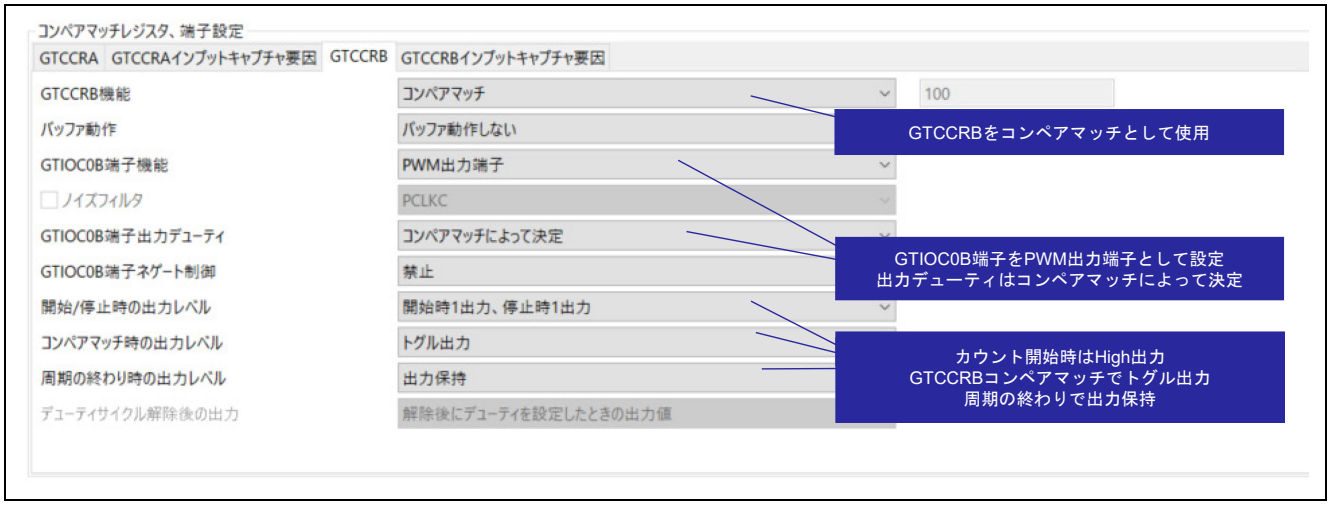


図 4-117　GPT0 の設定　GTCCRB のコンペアマッチレジスタ、端子設定

4.12.4 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。

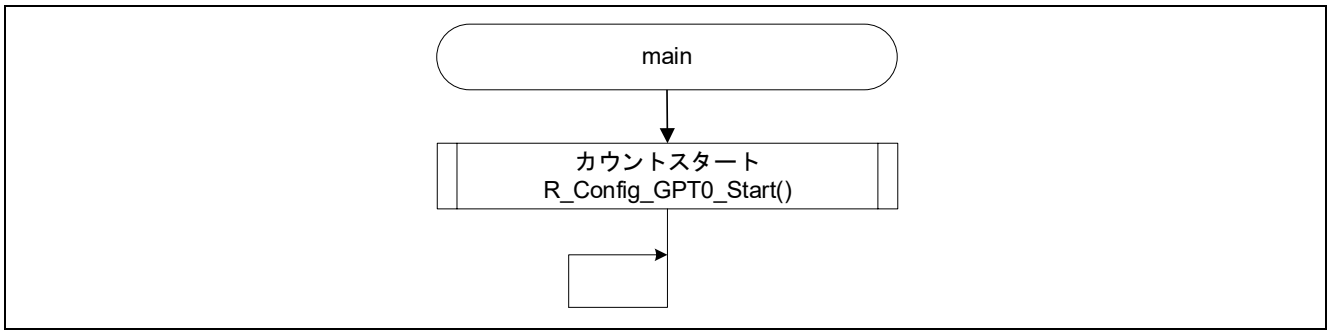


図 4-118　main 関数

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、変数の初期化とバッファレジスタの初期値の設定、デューティ 100%/0%解除後の設定をします。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　：デューティ比リストから読み出すためのカウンタ変数

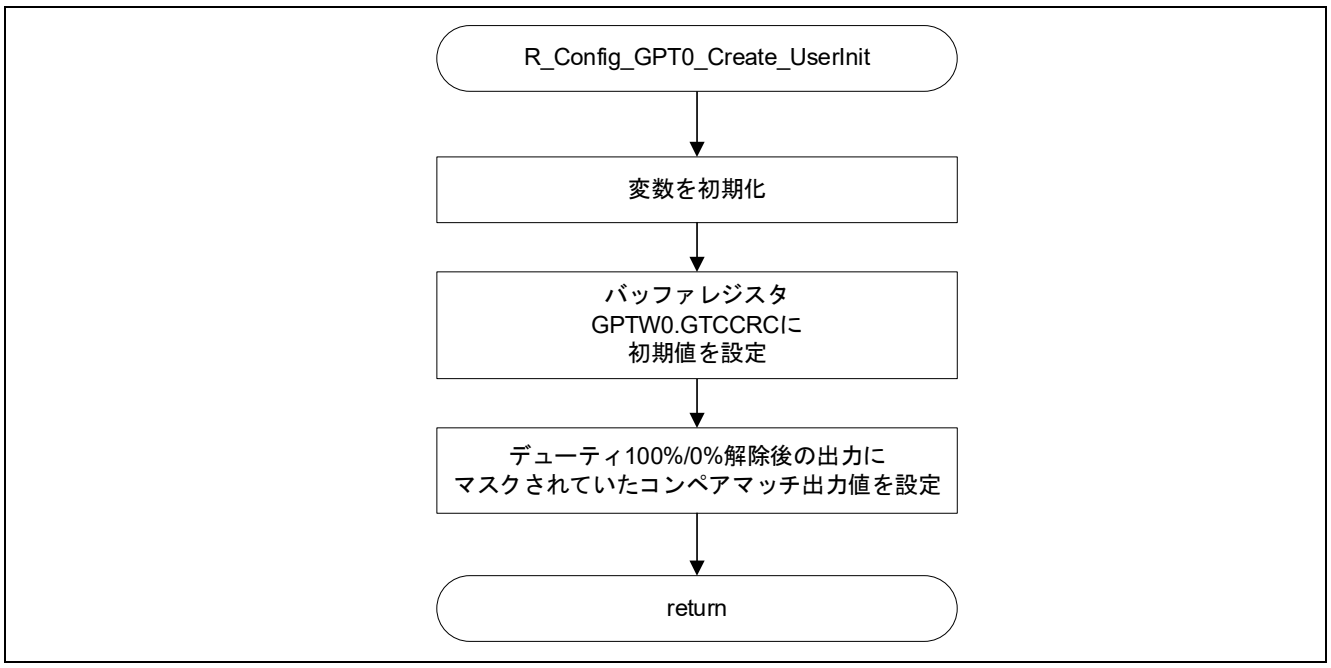


図 4-119　ユーザ初期化関数

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

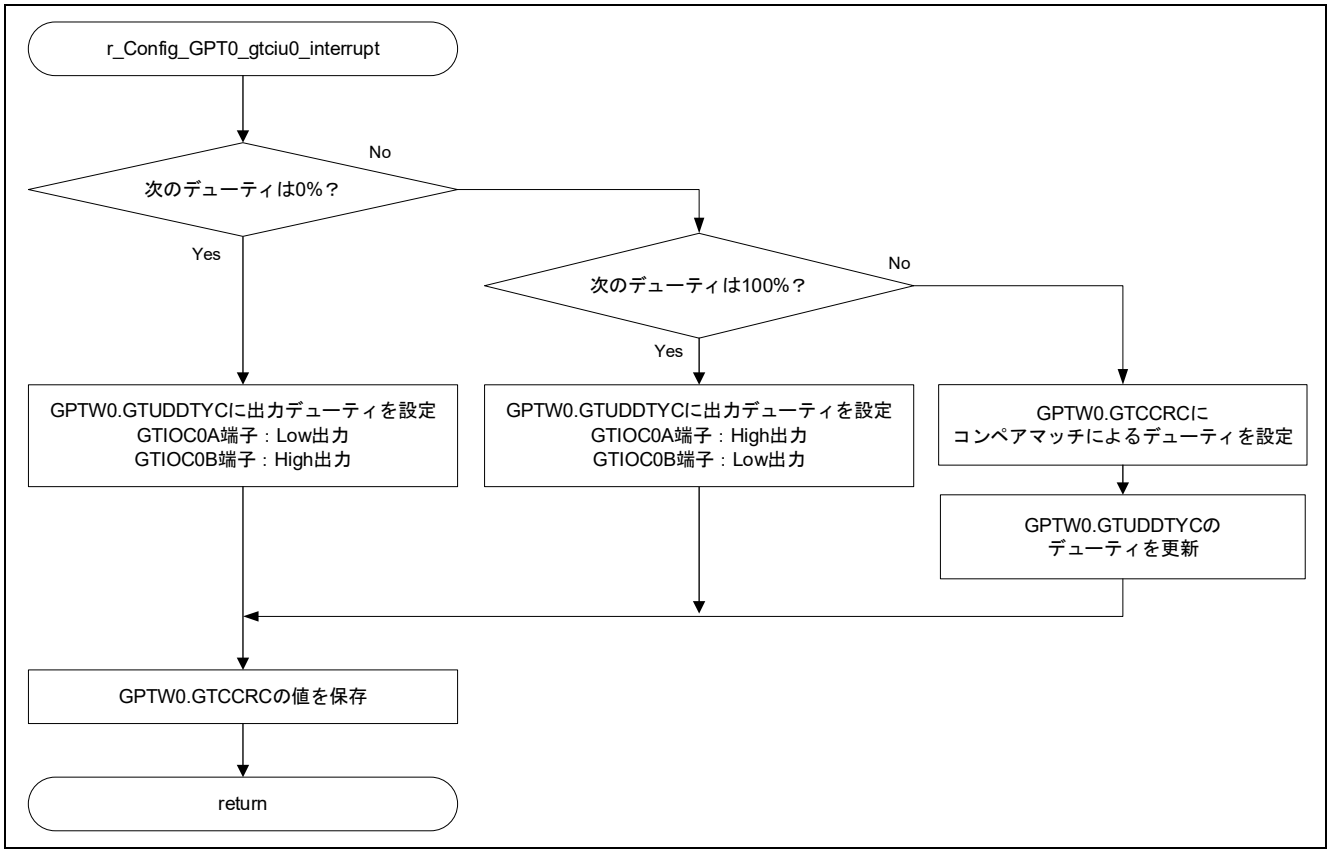


図 4-120　GTCIU0 割り込みハンドラ関数

4.12.5 注意事項

4.12.5.1 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、「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。

4.12.5.2 コンペアマッチでデューティ 100%の出力

GTUDDTYC レジスタを変更せずに、コンペアマッチでデューティ 100%を出力することはできません。デューティ 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、デューティ 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、デューティ 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。

4.12.5.3 デューティ 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デューティ 0%および 100%を出力しています。デューティ 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、デューティ 0%および 100%出力中の割り込みにご注意ください。

4.12.5.4 デューティ 0%および 100%からの切り替え

出力デューティを 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%デューティ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。

4.13 三角波 PWM モード 1 デューティ 0%と 100%

- 対象サンプルコードファイル名：r01an5995_rx66t_gptw_triangle_pwm_0to100_dt.zip

4.13.1 概要

GPTW の三角波 PWM モード 1 を使用し、GTCCRA、GTCCRB レジスタのコンペアマッチおよび GTUDDTYC レジスタの設定によりデューティ 0%～100%の PWM 波形を出力することができます。

本サンプルコードでは三角波 PWM モード 1 にてデッドタイム自動設定機能を使用し、デューティ 0%と 100%の波形出力を繰り返すサンプルコードについて説明します。

GTCNT カウンタのアンダフロー発生時に、GTUDDTYC レジスタを書き換えることで、0%および 100%を切り替えます。

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 1 を使用
- チャネル 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 をデューティ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
  - カウント開始時デューティ 0%強制出力 ※
- GTCCRB をデューティ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
  - カウント開始時デューティ 0%強制出力 ※
- バッファレジスタを使用
  - GTCCRA はシングルバッファで動作
  - GTCCRC 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
- 周期ごとにデューティを変更
  - GTCNT カウンタのアンダフロー割り込みでデューティを変更
  - デューティの変更タイミングの詳細は図 4-122 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 4.13.3 を参照してください
（※ を除く）

本サンプルコードにおける三角波 PWM モード 1 出力を以下に示します。

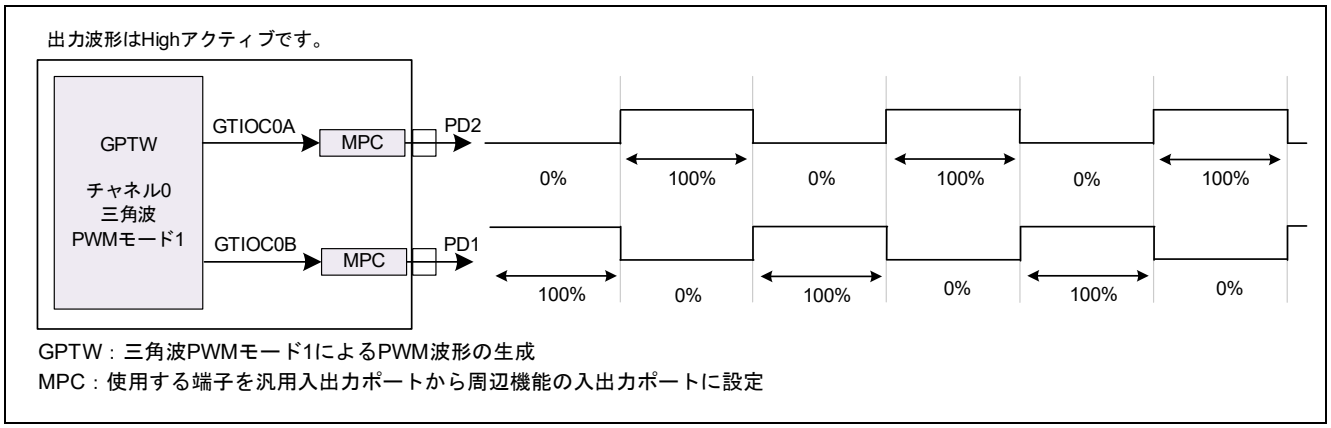


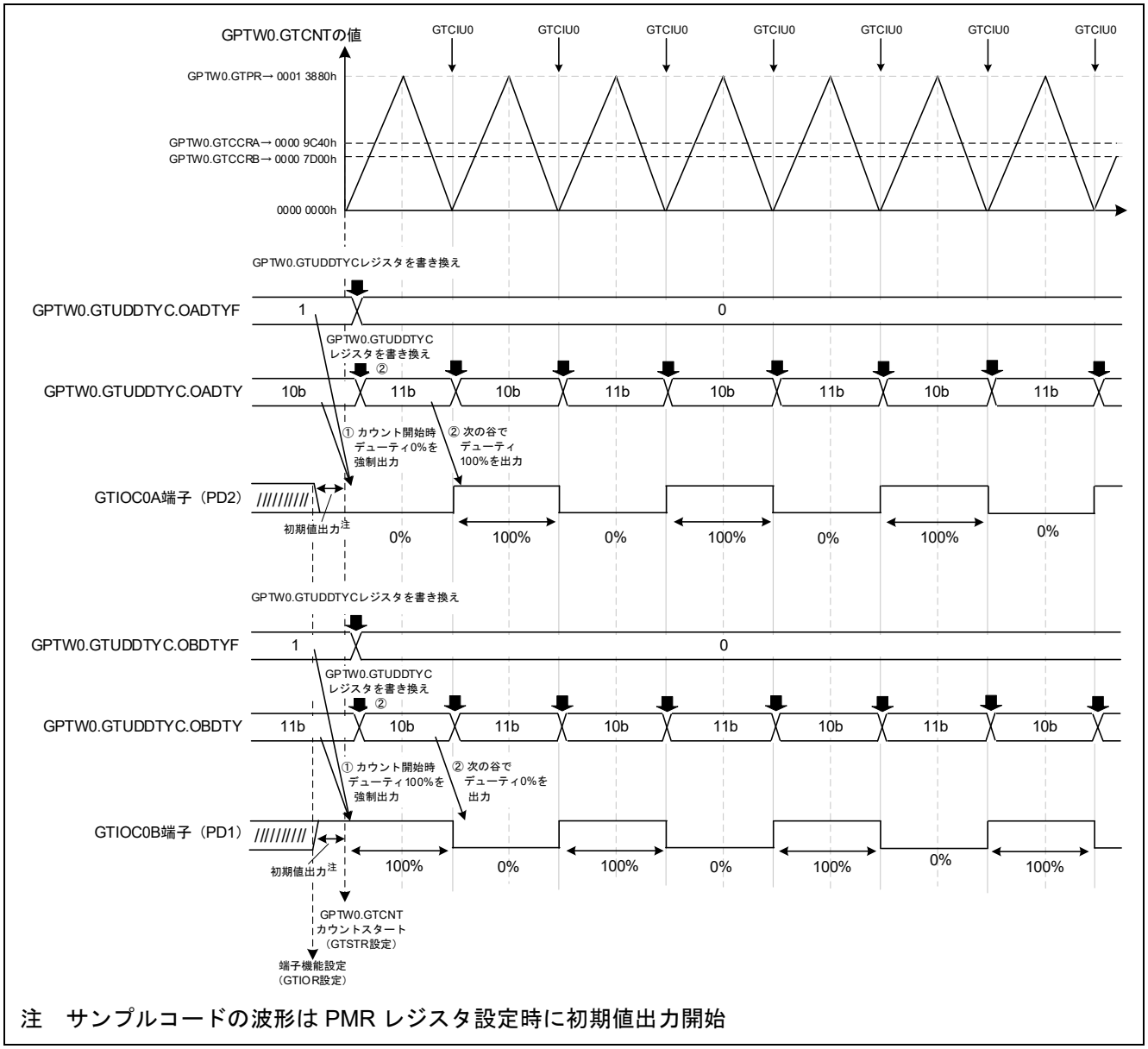
図 4-121　三角波 PWM モード 1 出力

4.13.2 動作詳細

本サンプルコードの動作を図 4-122 に示します。GTCNT カウンタのアンダフロー割り込み（GTCIU0）で GTUDDTY レジスタの値を書き換えることで、デューティ 0%とデューティ 100%を切り替えます。

- カウント開始直後にデューティ 0%を出力（図 4-122 ①）
  GTIOC0A 端子は、カウント停止中に GTUDDTYC.OADTYF ビットが 1b の状態で、GTUDDTYC.OADTY ビットに 10b を設定することで、カウント開始直後に Low を出力します。GTCCRA コンペアマッチが発生しても波形は変化しません。
  GTIOC0B 端子は、カウント停止中に GTUDDTYC.OBDTYF ビットが 1b の状態で、GTUDDTYC.OBDTY ビットに 11b を設定することで、カウント開始直後に High を出力します。GTCCRB コンペアマッチが発生しても波形は変化しません。本サンプルコードでは、GTIOC0B 端子は 1 周期期間 High を出力するために 11b を設定します。

- 2 周期目にデューティ 100%を出力（図 4-122 ②）
  GTIOC0A 端子は、カウント開始後初めの GTCNT カウンタのアンダフローが発生する前に、GTUDDTYC.OADTY ビットに 11b を設定することで、2 周期目から High を出力します。GTCCRA コンペアマッチが発生しても波形は変化しません。
  GTIOC0B 端子は、カウント開始直後初めの GTCNT カウンタのアンダフローが発生する前に、GTUDDTYC.OBDTY ビットに 10b を設定することで、2 周期目から Low を出力します。GTCCRB コンペアマッチが発生しても波形は変化しません。本サンプルコードでは、GTIOC0B 端子は 1 周期期間 Low を出力するために 10b を設定します。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

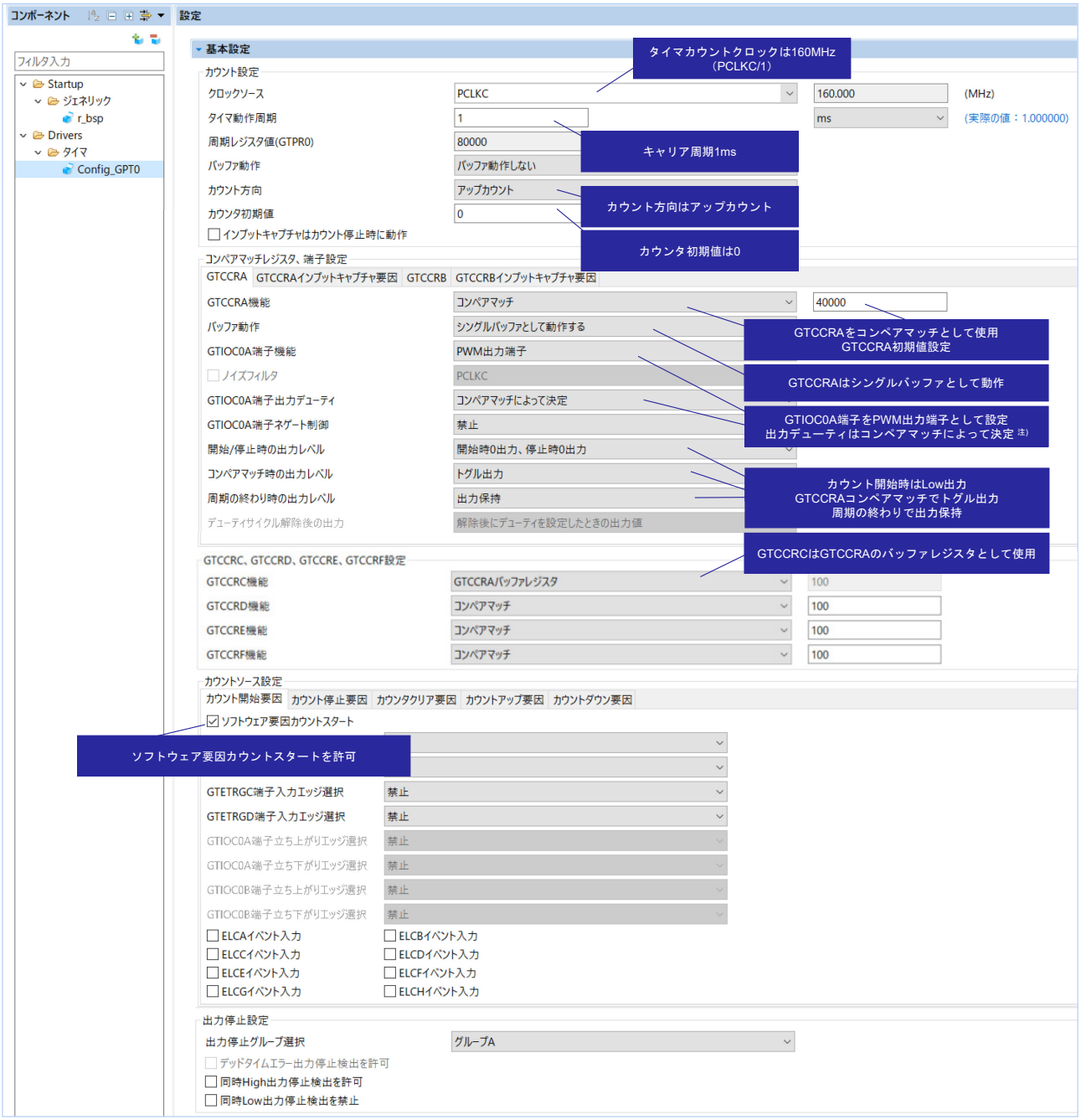
図 4-122　サンプルコードの動作

4.13.3 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 4-16　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 1
リソース	GPT0



注　カウント開始時の出力デューティ強制を設定後に、出力デューティ 0%の設定を行う必要があるため、出力デューティ 0%の設定は R_Config_GPT0_Create_UserInit 関数で行います

図 4-123　GPT0 の設定(1/2)

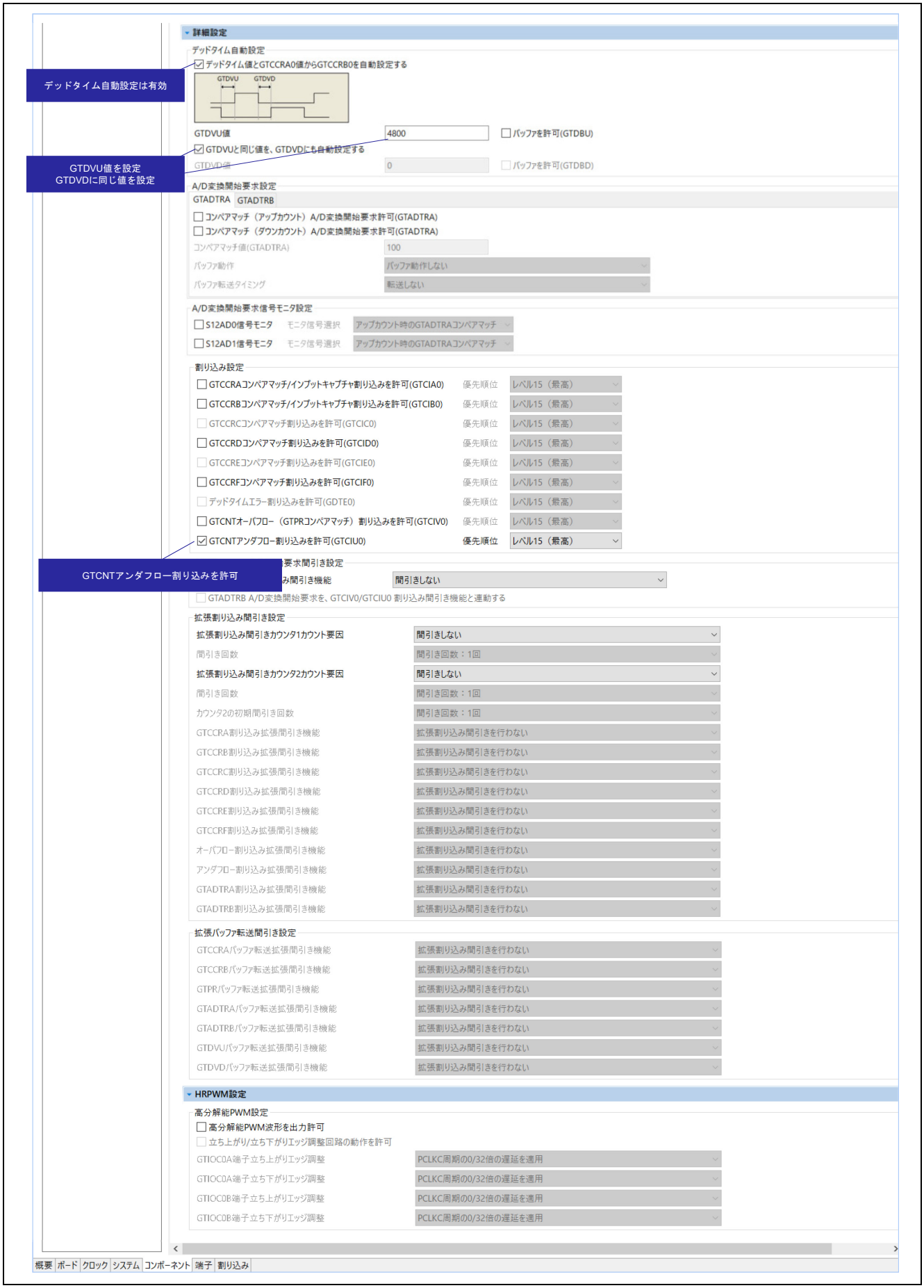


図 4-124　GPT0 の設定(2/2)

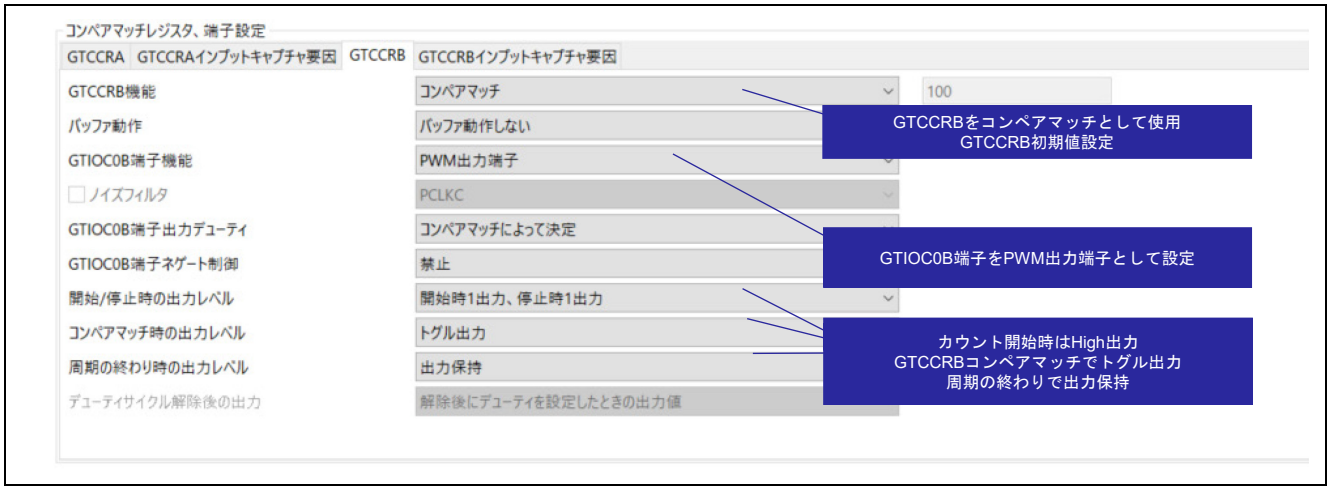


図 4-125　GPT0 の設定　GTCCRB のコンペアマッチレジスタ、端子設定

4.13.4 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処理を示します。

main 関数内で、カウントをスタートし次の周期でデューティ 100%を出力するよう設定します。

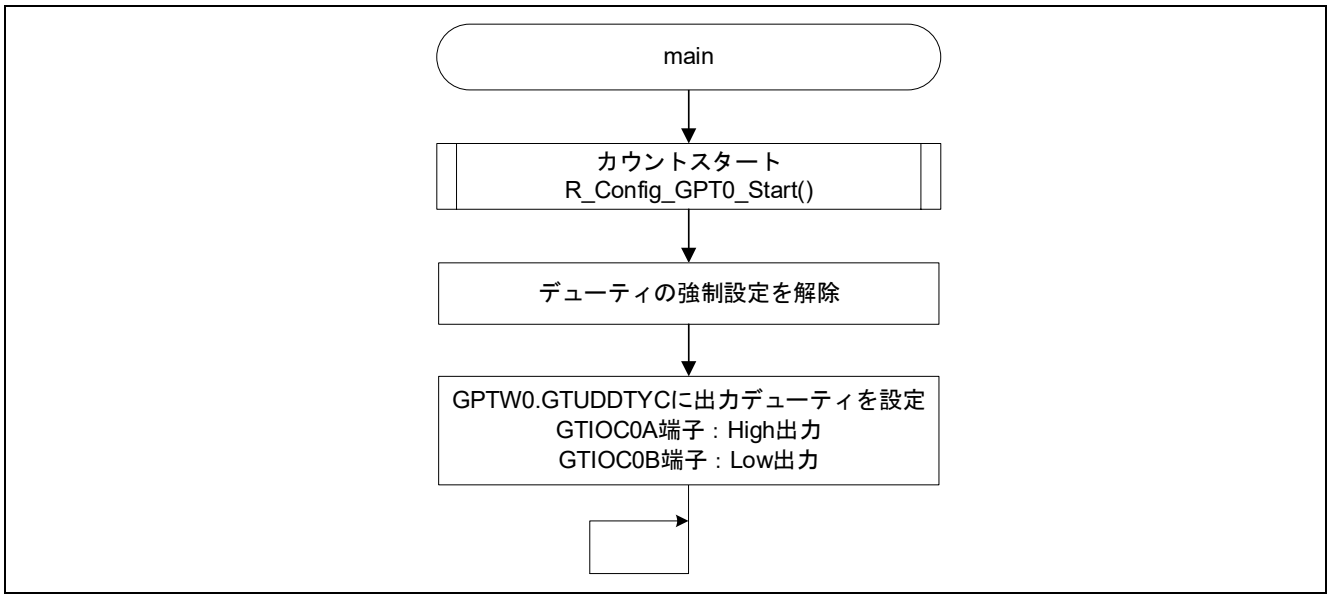


図 4-126　main 関数

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、カウント開始時のデューティ強制出力と、出力デューティ 0%を設定します。本関数は、R_Config_GPT0_Create 関数内から呼び出されます。

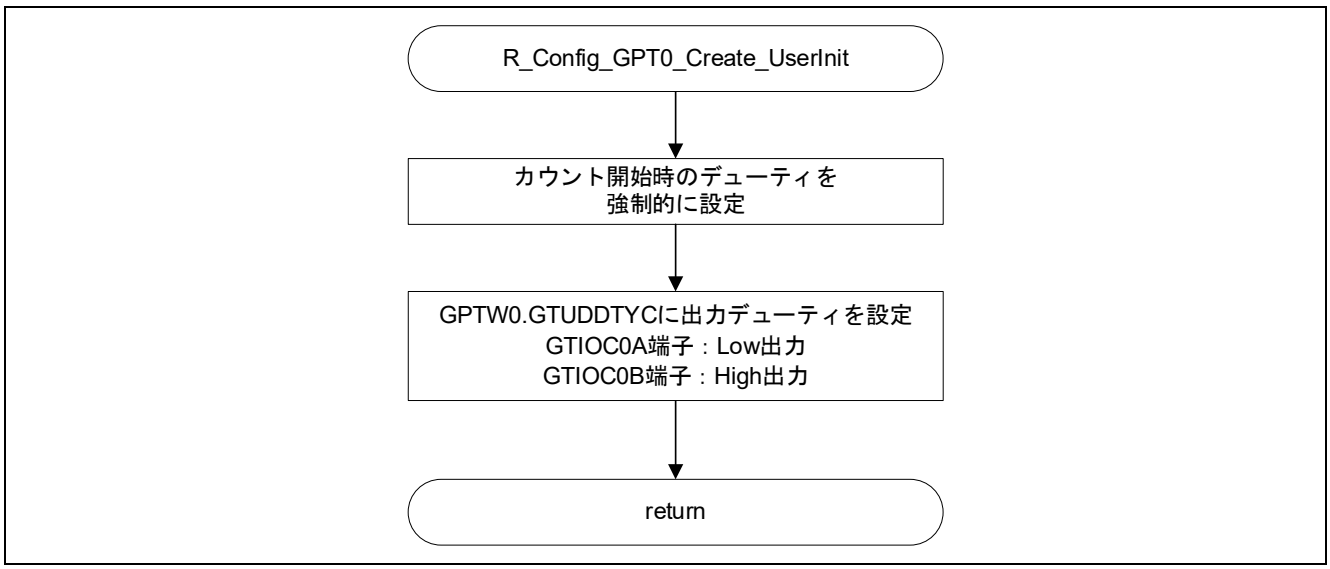


図 4-127　ユーザ初期化関数

GTCIU0 割り込みハンドラ関数では、GTUDDTYC レジスタの値を変更します。

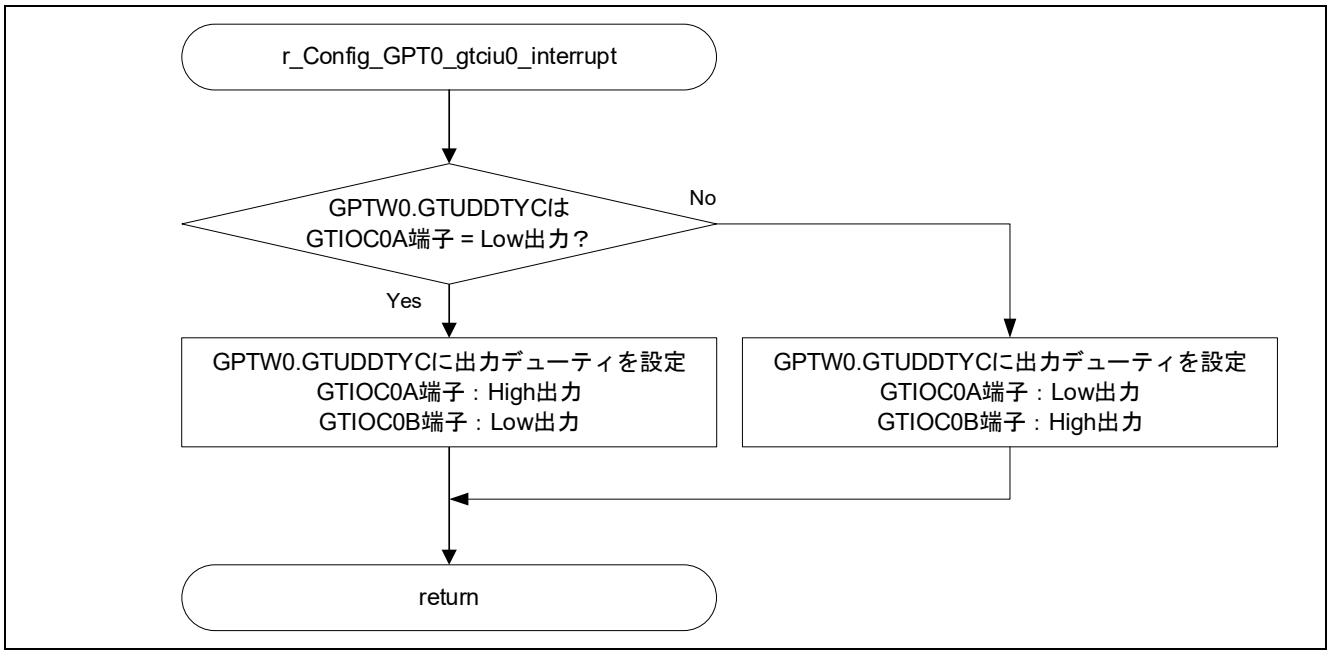


図 4-128　GTCIU0 割り込みハンドラ関数

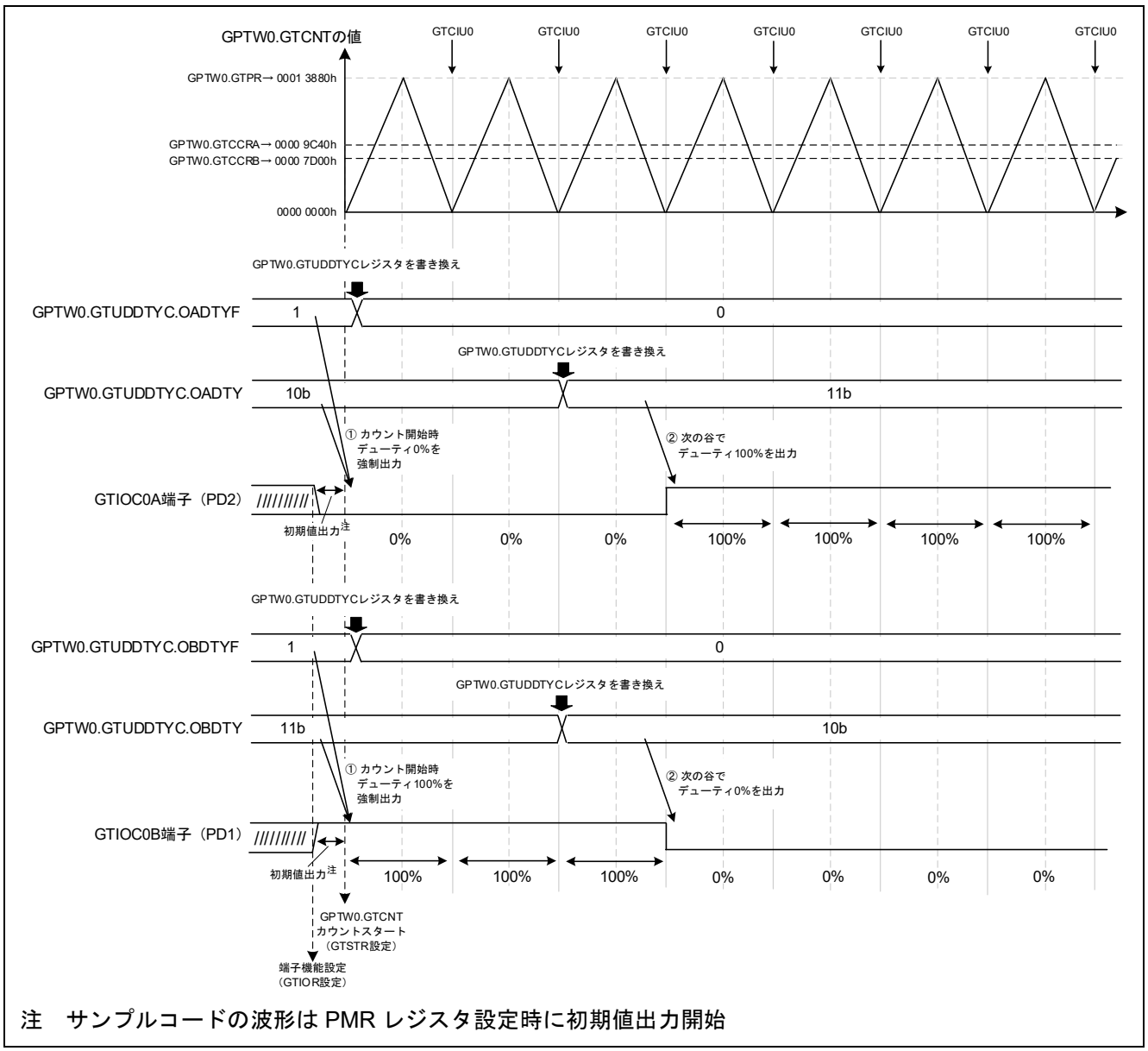
4.13.5 関連動作

4.13.5.1 初期値 Low、デューティ 0%を維持後 100%に変更

カウント開始後、デューティ 0%を数周期出力してから、デューティ 100%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

GTIOC0A 端子は、カウント停止中に GTUDDTYC.OADTYF ビットが 1b の状態で、GTUDDTYC.OADTY ビットに 10b を設定することで、カウント開始直後に Low が出力され、デューティ 0%を出力します（下図 ①）。カウント動作中に GTUDDTYC.OADTY ビットに 11b を設定することで、次の周期から High が出力され、デューティ 100%を出力します（下図 ②）。

GTIOC0B 端子は、カウント停止中に GTUDDTYC.OBDTYF ビットが 1b の状態で、GTUDDTYC.OBDTY ビットに 11b を設定することで、カウント開始直後に High が出力され、デューティ 100%を出力します（下図 ①）。カウント動作中に GTUDDTYC.OBDTY ビットに 10b を設定することで、次の周期から Low が出力され、デューティ 0%を出力します（下図 ②）。本例では、GTIOC0B 端子は High に固定しデューティ 100%を出力するために 11b を、Low に固定しデューティ 0%を出力するために 10b を設定します。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

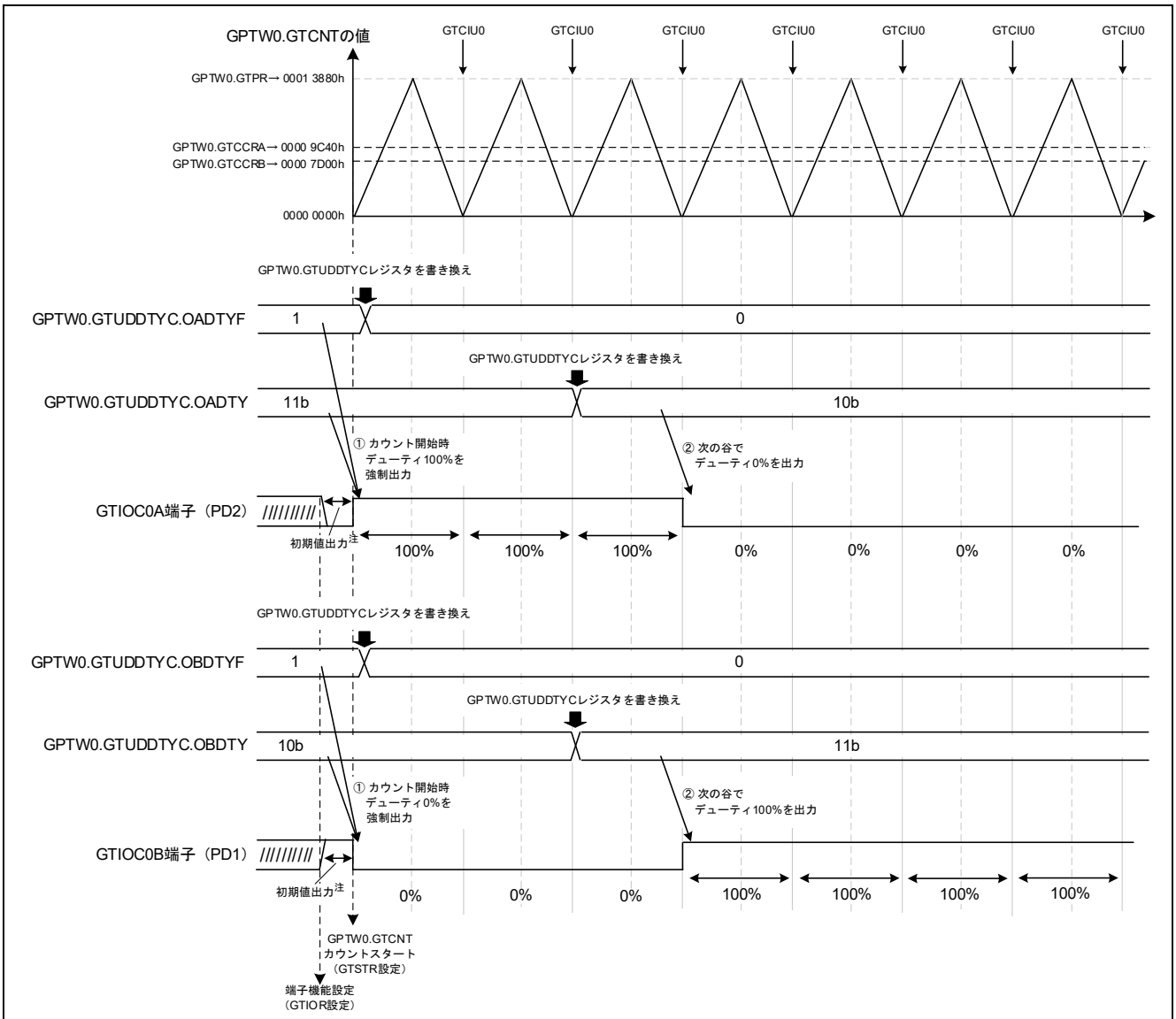
図 4-129　デューティ 0%を維持後 100%に変更

4.13.5.2 初期値 Low、デューティ 100%を維持後 0%に変更

カウント開始後、デューティ 100%を数周期出力してから、デューティ 0%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

GTIOC0A 端子は、カウント停止中に GTUDDTYC.OADTYF ビットが 1b の状態で、GTUDDTYC.OADTY ビットに 11b を設定することで、カウント開始直後に High が出力され、デューティ 100%を出力します（下図 ①）。カウント動作中に GTUDDTYC.OADTY ビットに 10b を設定することで、次の周期から Low が出力され、デューティ 0%を出力します（下図 ②）。

GTIOC0B 端子は、カウント停止中に GTUDDTYC.OBDTYF ビットが 1b の状態で、GTUDDTYC.OBDTY ビットに 10b を設定することで、カウント開始直後に Low が出力され、デューティ 0%を出力します（下図 ①）。カウント動作中に GTUDDTYC.OBDTY ビットに 11b を設定することで、次の周期から High が出力され、デューティ 100%を出力します（下図 ②）。本例では、GTIOC0B 端子は Low に固定しデューティ 0%を出力するために 10b を、High に固定しデューティ 100%を出力するために 11b を設定します。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

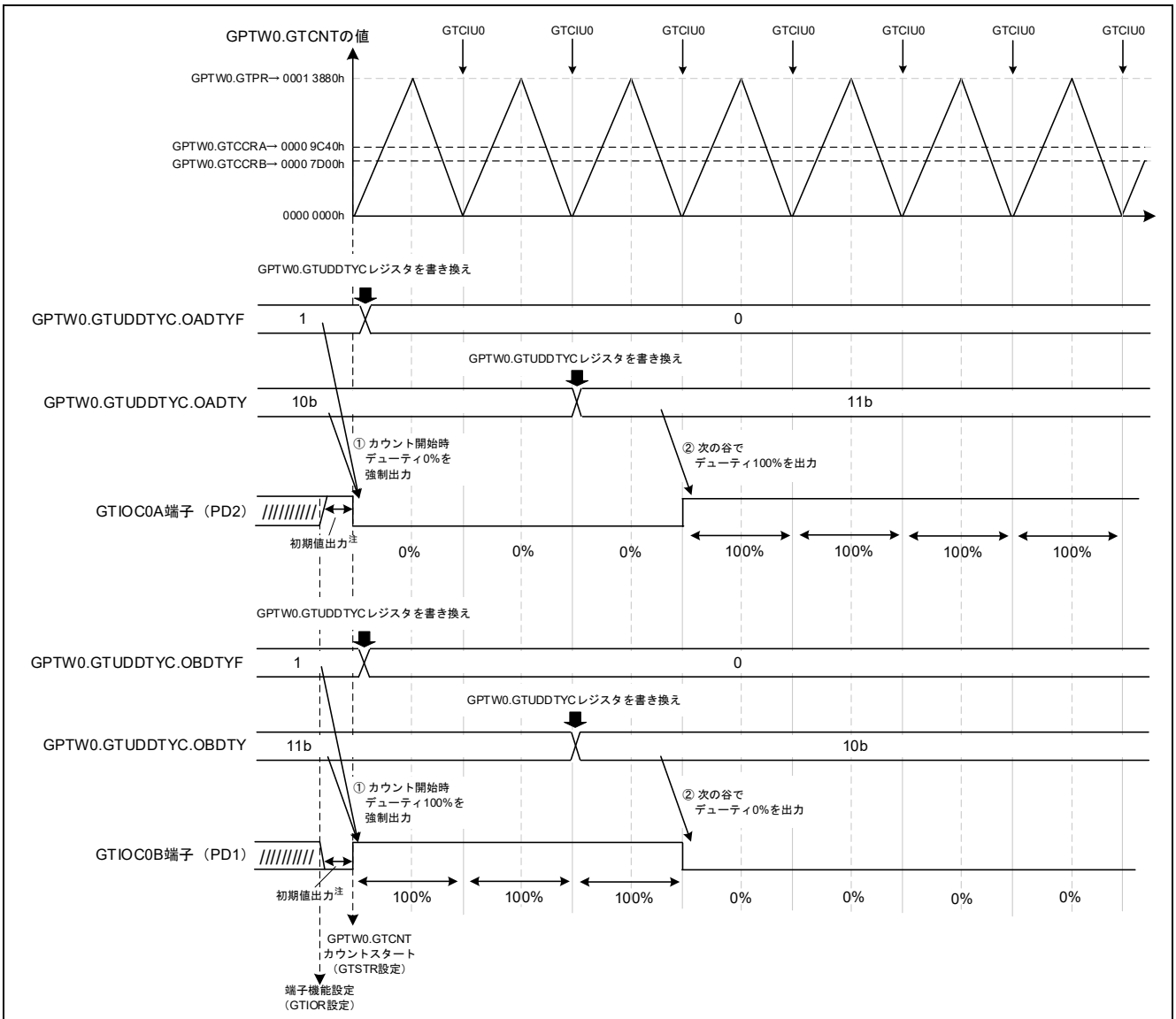
図 4-130　デューティ 100%を維持後 0%に変更

4.13.5.3 初期値 High、デューティ 0%を維持後 100%に変更

カウント開始後、デューティ 0%を数周期出力してから、デューティ 100%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

GTIOC0A 端子は、カウント停止中に GTUDDTYC.OADTYF ビットが 1b の状態で、GTUDDTYC.OADTY ビットに 10b を設定することで、カウント開始直後に Low が出力され、デューティ 0%を出力します（下図 ①）。カウント動作中に GTUDDTYC.OADTY ビットに 11b を設定することで、次の周期から High が出力され、デューティ 100%を出力します（下図 ②）。

GTIOC0B 端子は、カウント停止中に GTUDDTYC.OBDTYF ビットが 1b の状態で、GTUDDTYC.OBDTY ビットに 11b を設定することで、カウント開始直後に High が出力され、デューティ 100%を出力します（下図 ①）。カウント動作中に GTUDDTYC.OBDTY ビットに 10b を設定することで、次の周期から Low が出力され、デューティ 0%を出力します（下図 ②）。本例では、GTIOC0B 端子は High に固定しデューティ 100%を出力するために 11b を、Low に固定しデューティ 0%を出力するために 10b を設定します。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-131　デューティ 0%を維持後 100%に変更

GTIOC0A 端子の初期値を High にするためには、「開始／停止時の出力レベル」を「停止時 1 出力」に設定にしてください。

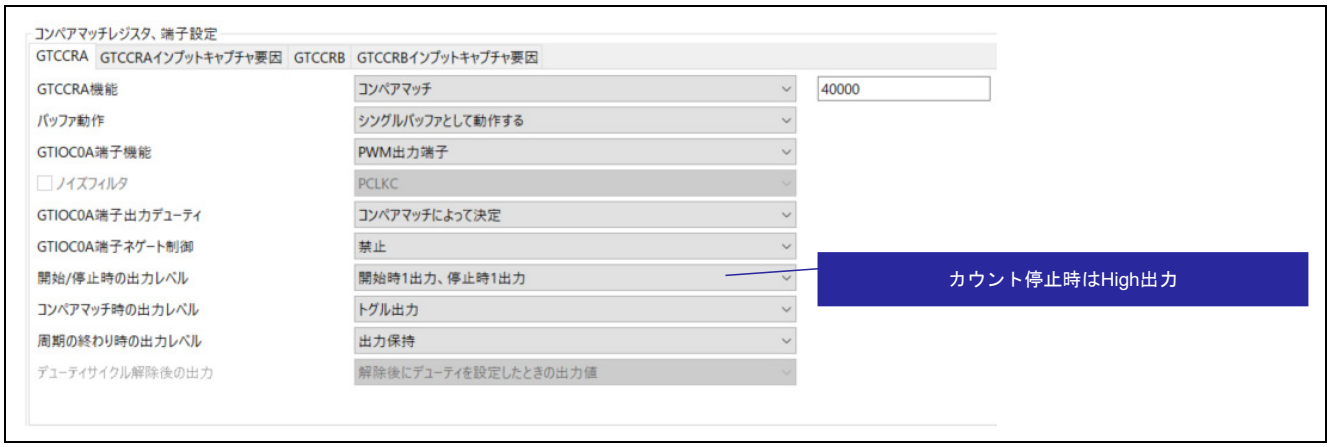


図 4-132　初期値 High にするためのスマート・コンフィグレータの設定

同様に GTIOC0B 端子の初期値を Low にするためには、「開始／停止時の出力レベル」を「停止時 0 出力」に設定にしてください。

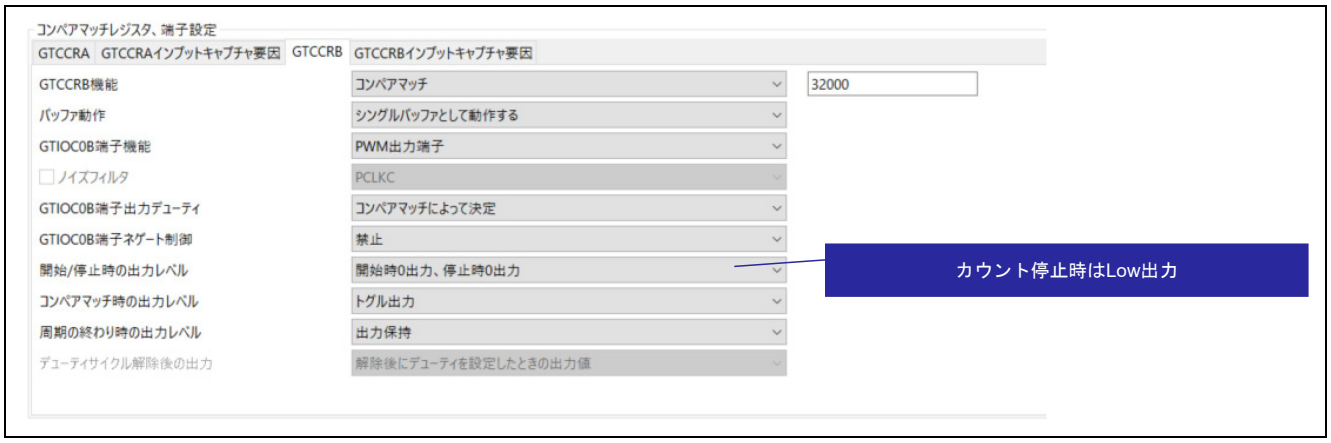


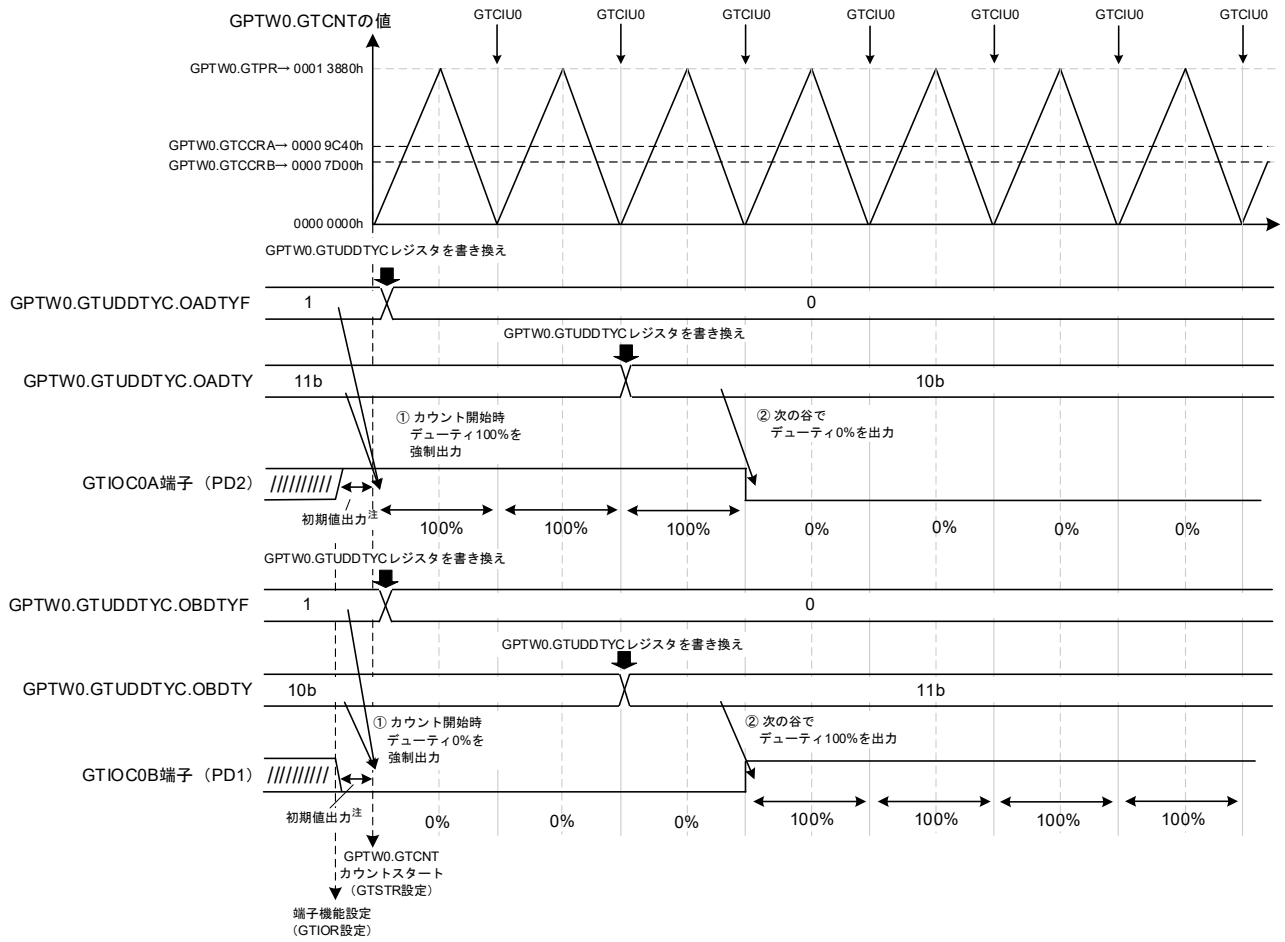
図 4-133　初期値 Low にするためのスマート・コンフィグレータの設定

4.13.5.4 初期値 High、デューティ 100%を維持後 0%に変更

カウント開始後、デューティ 100%を数周期出力してから、デューティ 0%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

GTIOC0A 端子は、カウント停止中に GTUDDTYC.OADTYF ビットが 1b の状態で、GTUDDTYC.OADTY ビットに 11b を設定することで、カウント開始直後に High が出力され、デューティ 100%を出力します（下図 ①）。カウント動作中に GTUDDTYC.OADTY ビットに 10b を設定することで、次の周期から Low が出力され、デューティ 0%を出力します（下図 ②）。

GTIOC0B 端子は、カウント停止中に GTUDDTYC.OBDTYF ビットが 1b の状態で、GTUDDTYC.OBDTY ビットに 10b を設定することで、カウント開始直後に Low が出力され、デューティ 0%を出力します（下図 ①）。カウント動作中に GTUDDTYC.OBDTY ビットに 11b を設定することで、次の周期から High が出力され、デューティ 100%を出力します（下図 ②）。本例では、GTIOC0B 端子は Low に固定しデューティ 0%を出力するために 10b を、High に固定しデューティ 100%を出力するために 11b を設定します。



注　サンプルコードの波形は PMR レジスタ設定時に初期値出力開始

図 4-134　デューティ 100%を維持後 0%に変更

GTIOC0A 端子の初期値を High にするためには、「開始／停止時の出力レベル」を「開始時 1 出力」に設定にしてください。詳細は、図 4-132 を参照してください。

同様に GTIOC0B 端子の初期値を Low にするためには、「開始／停止時の出力レベル」を「開始時 0 出力」に設定にしてください。詳細は、図 4-133 を参照してください。

4.13.5.5 デューティ 50%を維持後 100%に変更

デューティ 50% を数周期出力している状態から、GTUDDTYC.OADTY、GTUDDTYC.OBDTY ビットを変更してデューティ 100%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

GTIOC0A 端子は、カウント動作中に GTUDDTYC.OADTY ビットに 11b を設定することで、次の周期から High が出力されデューティ 100%を出力します（下図 ①）。

GTIOC0B 端子は、カウント動作中に GTUDDTYC.OBDTY ビットに 10b を設定することで、次の周期から Low が出力されデューティ 0%を出力します（下図 ①）。

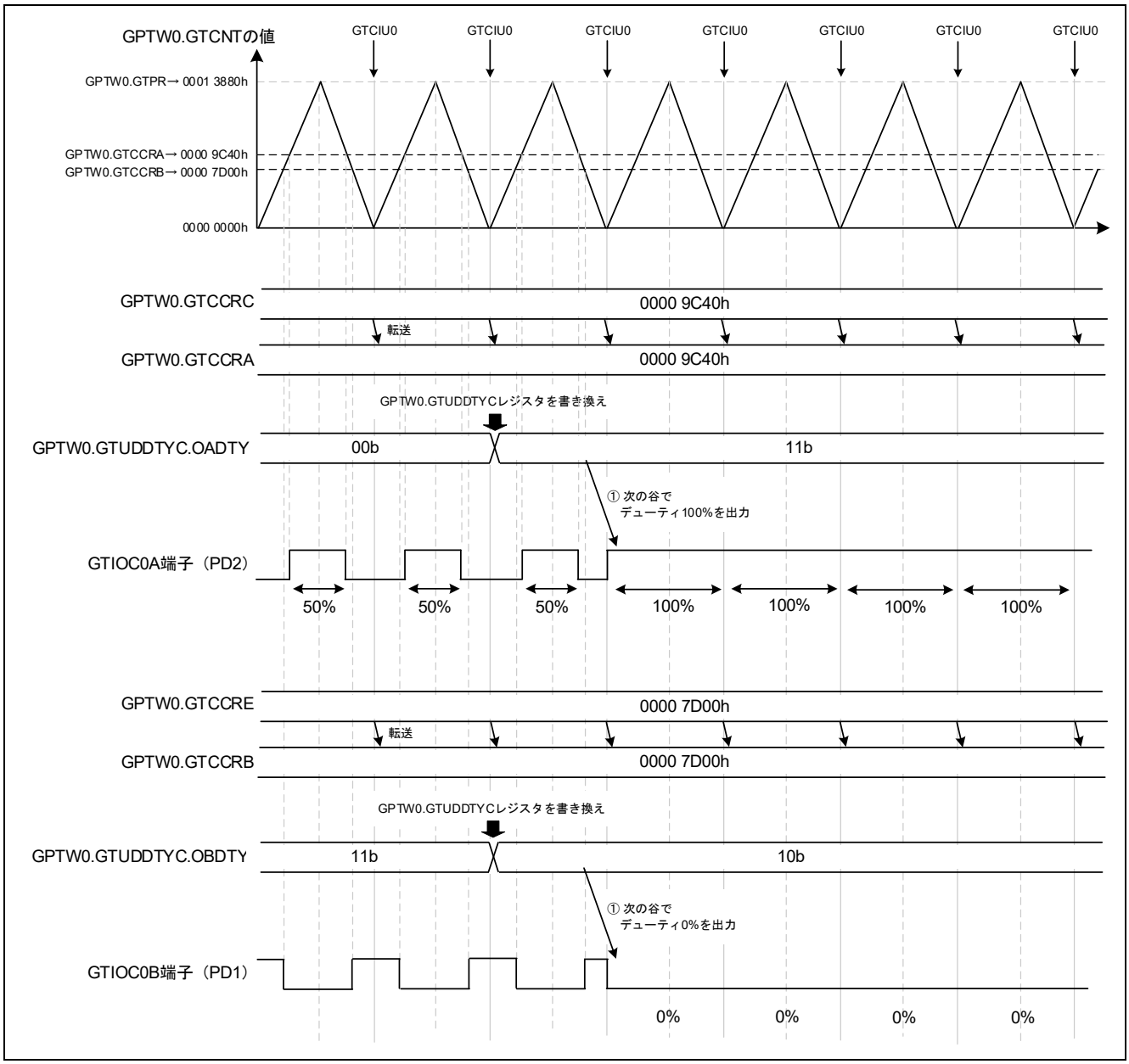


図 4-135　デューティ 50%を維持後 100%に変更

カウント動作中に GTUDDTYC.OADTY、GTUDDTYC.OBDTY ビットを変更せずにコンペアマッチでデューティ 100%に切り替えることはできません。

4.13.5.6 デューティ 50%を維持後 0%に変更

デューティ 50% を数周期出力している状態から、GTUDDTYC.OADTY、GTUDDTYC.OBDTY ビットを変更せずにデューティ 0%に切り替える場合の動作例を以下に示します。

GTPR よりも大きい値を GTCCRA、GTCCRB レジスタに設定すると、コンペアマッチが発生しないためデューティ 0%を出力することができます。

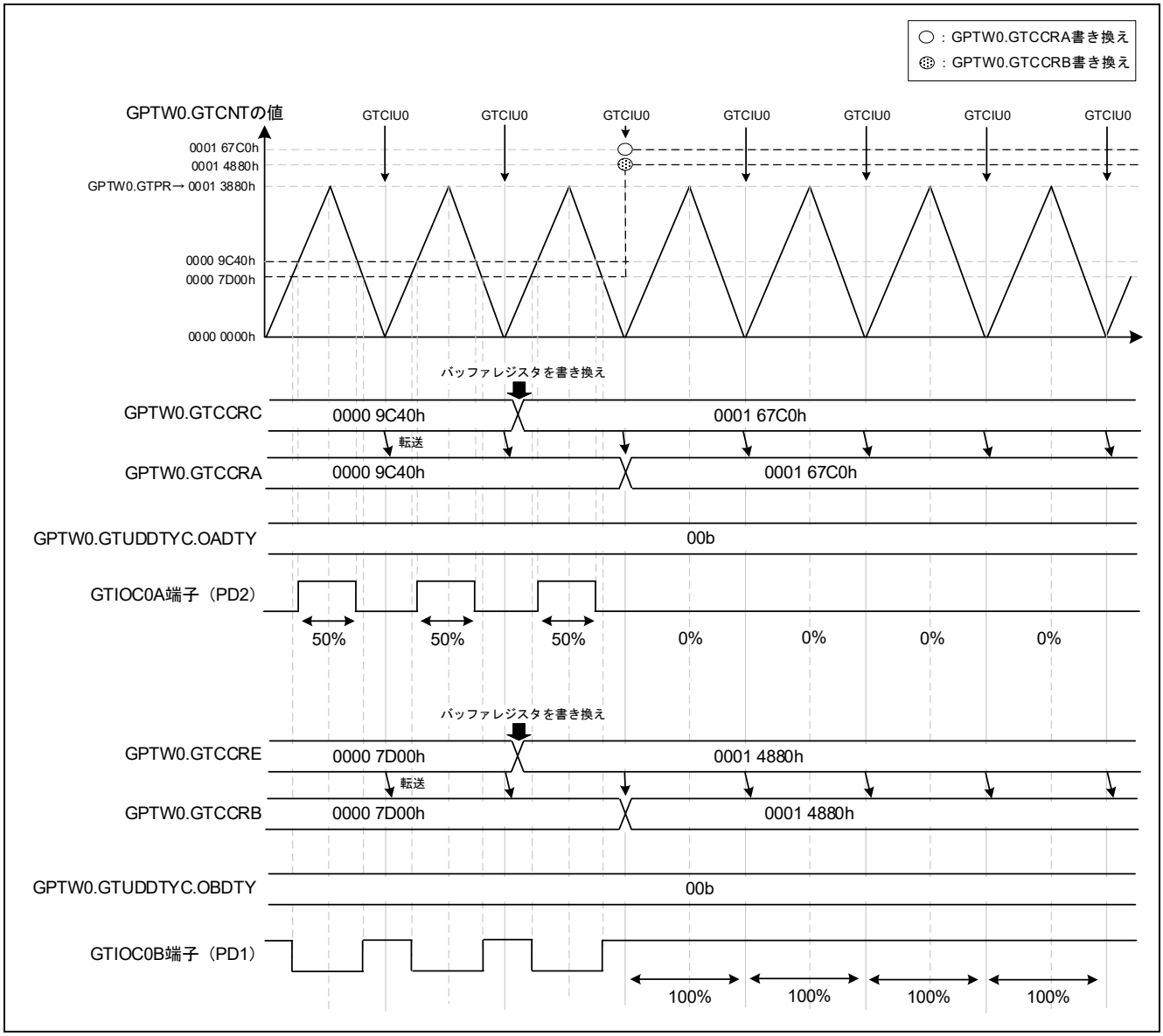


図 4-136　デューティ 50%を維持後 0%に変更

カウント動作中に GTUDDTYC.OADTY ビットに 10b、GTUDDTYC.OBDTY ビットに 11b を設定することで、次の周期からデューティ 0%を出力することもできます。

4.13.6 注意事項

4.13.6.1 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、「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。

4.13.6.2 カウント開始時の GTUDDTYC.OADTY ビット設定の反映

本サンプルコードでは、カウント停止中に GTUDDTYC.OADTYF ビットと GTUDDTYC.OADTY ビットの値を設定することで、カウント開始時のデューティを決定しています。

カウント停止中に GTUDDTYC. OADTYF ビットが 0b の状態で、GTUDDTYC.OADTY ビットの値を変更しても、カウント開始時に変更した出力デューティ設定は反映されません。カウント開始時から反映させる場合は、カウント停止中に GTUDDTYC.OADTYF ビットが 1b の状態で、GTUDDTYC.OADTY ビットの値を変更し、カウントを開始する必要があります。

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「24.3.6 デューティ 0%/100% 出力機能」を参照してください。

4.13.6.3 スマート・コンフィグレータを使用したカウント開始時のデューティ反映

スマート・コンフィグレータを使用し、端子出力デューティに 0%または 100%を設定した場合（図 4-137）、GTUDDTYC.OADTYF ビットが 0b のため、カウント開始時にデューティが反映されません。カウント開始からデューティを反映する場合は、カウント停止中に GTUDDTYC.OADTYF ビットが 1b の状態で、GTUDDTYC.OADTY ビットの値を 10b または 11b に設定するコードを、ユーザが作成する必要があります。

図 4-137　端子出力デューティに 0%または 100%を設定

スマート・コンフィグレータの設定は「4.13.3 スマート・コンフィグレータ設定」を、ユーザ作成コードの例は「4.13.4 フローチャート」を参照してください。

4.13.6.4 コンペアマッチでデューティ 100%の出力

GTUDDTYC レジスタを変更せずに、コンペアマッチでデューティ 100%を出力することはできません。デューティ 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、デューティ 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、デューティ 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。

4.13.6.5 デューティ 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デューティ 0%および 100%を出力しています。デューティ 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、デューティ 0%および 100%出力中の割り込みにご注意ください。

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。

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。）

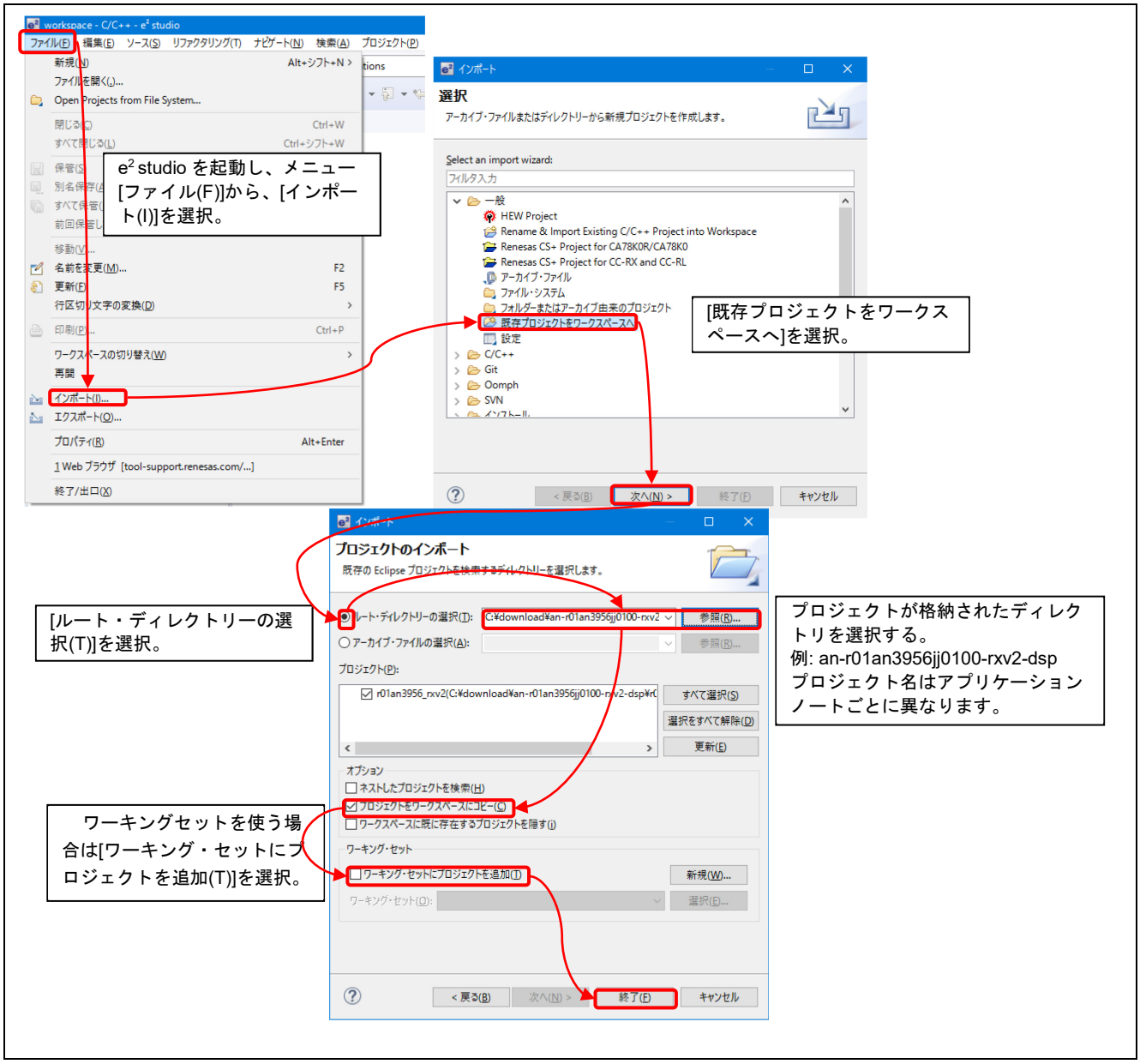


図 5-1　プロジェクトを e² studio にインポートする方法

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。）

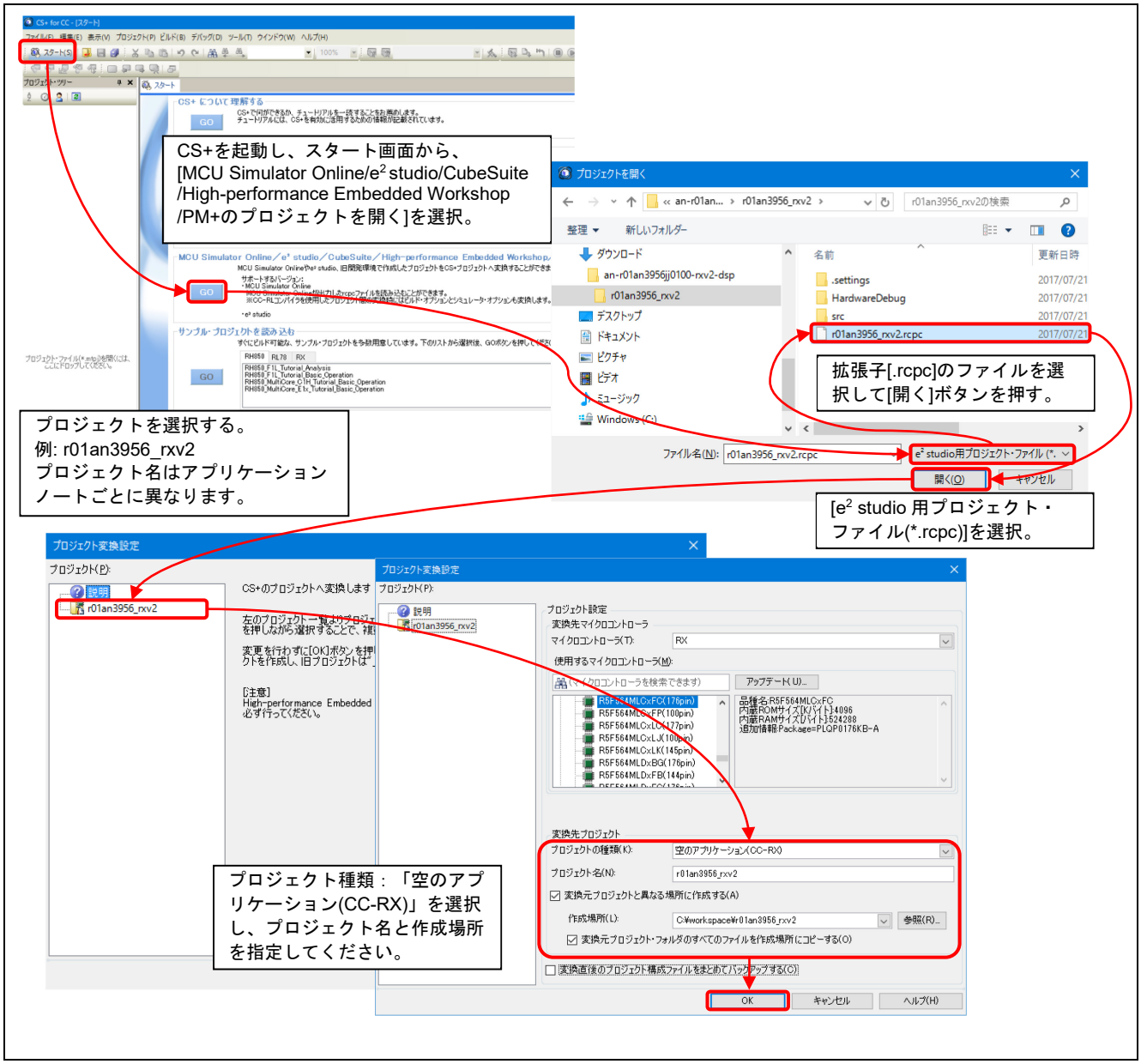


図 5-2　プロジェクトを CS+ にインポートする方法

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）

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	Dec.27.21	—	初版
1.10	Jan.6.23	17	「表 1-11　GPTW のこぎり波ワンショットパルスモード」を変更
		22	「表 1-14　デューティ 0%と 100%の設定方法」を変更
		27	「図 3-2　MTU フォルダ構成」を変更
		50	「図 3-23　サンプルコードの動作」を変更
		54	「3.5.4 フローチャート」を変更
		75	「表 3 11　コンポーネントの追加」を変更
		79	「3.8.5.2 スマート・コンフィグレータの使用コンポーネント」を変更
		89, 100, 143, 156	注意事項「出力レベル設定」を変更
		102	「3.11.2 動作詳細」を変更
		108	「図 3 75　デューティ 0%～100%の PWM 出力（バッファなし）」を変更
		128	「図 3 94　デューティ 0%を維持後 100%に変更（バッファあり）」を変更
		132	「3.13.6.2 TIOR レジスタ書き換えとコンペアマッチの競合」を変更
		137	「3.14.2 動作詳細」を変更
		141	「3.14.4 フローチャート」を変更
		163	「図 4-6　割り込み設定（割り込み選択の不足）」を変更
		167	「図 4-9　GPT0 の設定(1/2)」を変更
		188	「図 4-26　GPT0 の設定」を変更
		222	「図 4-56　GPT0 の設定(1/2)」を変更
		244	「図 4-78　デッドタイム自動設定機能のバッファ動作」を変更
		259	「4.10.2 動作詳細」を変更
		310	「4.13.6.3 スマート・コンフィグレータを使用したカウント開始時のデューティ反映」を変更

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うと、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、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が違う製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

ご注意書き

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

© 2023 Renesas Electronics Corporation. All rights reserved.