

RX72M グループ

EtherCAT CiA402 サンプルプログラム Firmware Information Technology

要旨

本アプリケーションノートは、産業イーサネット通信プロトコルの1つである EtherCAT®通信において、特にモータ制御を行う場合に用いる CiA402 ドライブプロファイルをサポートしたサンプルプログラムについて説明します。

本アプリケーションノートには、EtherCAT FIT モジュールを使用した CiA402 ドライブプロファイルのサンプル・コードが含まれます。

動作確認デバイス

- RX72M グループ

お客様の製品にてご利用される際は、お客様の環境に合わせて十分に評価してください。

また、本アプリケーションノートを他のマイコンへ適用する場合、その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。

目次

内容

1. 概要	3
1.1 本アプリケーションノートについて	3
1.2 動作環境	3
1.3 FIT モジュール構成	3
1.4 プロジェクトについて	4
2. 開発環境の入手	4
2.1 e ² studio の入手方法	4
2.2 コンパイラパッケージの入手方法	4
3. プロジェクトの構築	4
3.1 EtherCAT スレーブスタックコードをサンプルプログラムにインポート	4
3.2 プロジェクトのインポート	7
3.3 変更情報	8
3.3.1 コンフィグレーションの変更	8
3.3.2 端子設定	9
4. 動作確認	10
4.1 デバッグの準備	10
4.2 プロジェクトのビルドとデバッグ	11
5. TwinCAT との接続	13
5.1 ESI ファイルの準備	13
5.2 TwinCAT の起動	13
5.3 Ether driver の追加	13
5.4 ネットワークのスキャン	14
5.5 SII EEPROM の書き込み	15
5.6 デバイスの再スキャン	15
5.7 動作モード確認	16
5.7.1 CiA402 状態遷移	16
5.7.2 csp モード	17
5.7.3 csv モード	18
6. CiA402 プロファイル	19
6.1 動作モード	19
6.2 状態遷移	20
6.3 オブジェクトディクショナリ	20
6.4 モータ制御用プログラムを組み込む	22
参考ドキュメント	28
改訂記録	29

1. 概要

1.1 本アプリケーションノートについて

本アプリケーションノートでは、CiA402 ドライブプロファイルのサンプルプログラムと EtherCAT、

ボードサポートパッケージ（以下、BSP と略す）等の FIT モジュールと組み合わせて評価するまでの手順について説明します。

本アプリケーションノートは、Renesas Starter Kit+ for RX72M（以降、RSK ボードと表記）およびテセラ・テクノロジー社製 RX72M 搭載評価ボード（以降、通信ボードと表記）、RX72M CPU Card with RDC-IC（以降、CPU カードと表記）上で動作します。

1.2 動作環境

表 1-1 動作確認環境

対応 MCU	RX72M グループ
評価ボード	Renesas Starter Kit+ for RX72M（型名：RTK5572MNXCxxxxxBJ）
	RX72M CPU Card with RDC-IC（型名：RTK0EMXDE0C00000BJ）
	テセラ・テクノロジー社製 RX72M 搭載評価ボード TS-RX72M-COM
統合開発環境（IDE）	ルネサスエレクトロニクス製 e ² studio 2024-01
クロスツール	ルネサスエレクトロニクス製 C/C++ Compiler Package for RX Family V3.06.00
	GCC for Renesas RX 8.3.0.202305
エミュレータ	E2 Lite

1.3 FIT モジュール構成

本アプリケーションノートは以下の FIT モジュールで構成されています。

表 1-2 FIT モジュール構成

種類	モジュール名	FIT モジュール名	Rev.
Board Support Package	ボードサポートパッケージ(BSP)	r_bsp	7.42
Device Driver	コンペアマッチタイマ(CMT)	r_cmt_rx	5.60
Device Driver	シリアルコミュニケーションインターフェース (SCI)	r_sci_rx	4.90
Middleware	バイト型キューバッファ (BYTEQ)	r_byteq	2.10
Device Driver	EtherCAT	r_ecat_rx	1.31

1.4 プロジェクトについて

本アプリケーションノートに含まれるプロジェクトを示します。

以降の章では RX72M 通信ボードのプロジェクトを例にして説明します。別の評価ボードを使用したプロジェクトを使用する場合は適宜、プロジェクト名を置き換えてお読みください。

表 1-3 プロジェクト一覧

MCU	評価ボード名	プロジェクト名
RX72M	RSK ボード	ecat_cia402_demo_rskrx72m
	通信ボード	ecat_cia402_demo_comrx72m
	CPU カード	ecat_cia402_demo_cpurx72m

2. 開発環境の入手

2.1 e² studio の入手方法

以下の URL にアクセスし、e² studio をダウンロードしてください。

https://www.renesas.com/e2studio_download

なお、本アプリケーションノートは e² studio 20424-01 以降を使用することを前提としています。2024-01 よりも古い Ver.を使用した場合、e² studio の一部機能を使用できない可能性があります。ダウンロードする場合、ホームページに掲載されている最新 Ver.の e² studio を入手してください。

2.2 コンパイラパッケージの入手方法

以下の URL にアクセスし、RX ファミリー用 C/C++コンパイラパッケージをダウンロードしてください。

http://japan.renesas.com/e2studio_download

3. プロジェクトの構築

3.1 EtherCAT スレーブスタックコードをサンプルプログラムにインポート

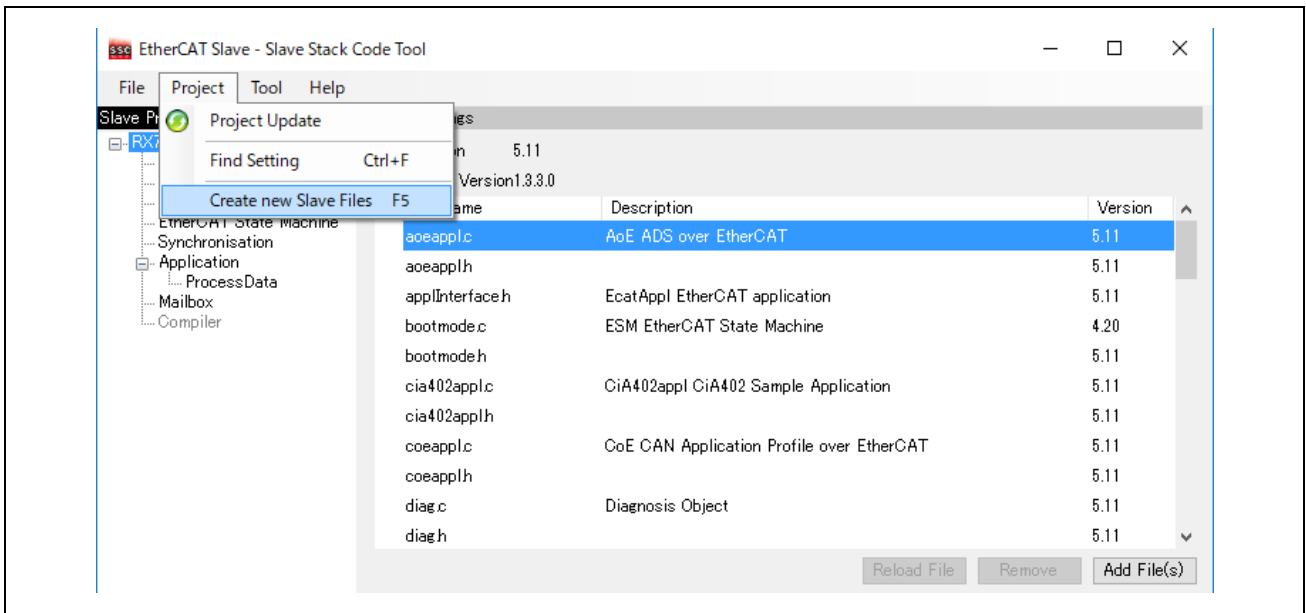
本プロジェクトには EtherCAT スレーブスタックコードは同梱されていません。

*EtherCAT スレーブスタックコードの生成には"EtherCAT Slave Stack Code(SSC) Tool"が必要です。

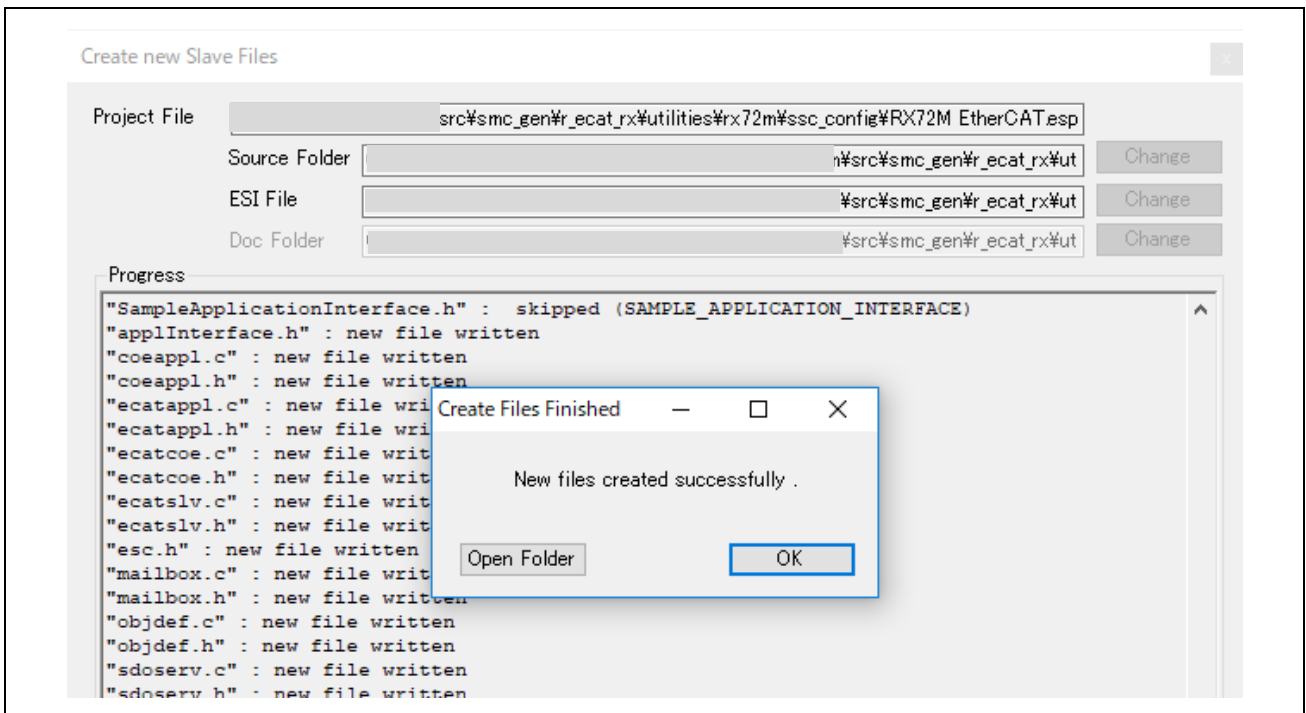
*SSC Tool は ETG 協会から入手可能です。

サンプルプログラムは"ecat_cia402_demo_comrx72m.zip"の形式で提供されますので、予め任意のフォルダに解凍してください。

- (1) サンプルプログラムの SSC プロジェクトファイルをダブルクリックして SSC ツールを起動します。
ecat_cia402_demo_comrx72m\utilities\ssc_config\RX72M EtherCAT CiA402.esp
- (2) [Project]→[Create New Slave Files]をクリック[Current new Slave Files]ダイアログで[Start]をクリックします。



- (3) ソースコードが生成され、成功すると”New Files created successfully”と表示されるので[OK]をクリックします。



- (4) パッチコマンドをインストールしていない場合、GNU Patch Ver2.5.9 以後が必要です。

インストール済みの場合は本手順をスキップしてください。

下記の Web サイトからパッチコマンド(Ver2.5.9)をダウンロードし” patch.exe” をコマンドプロンプトから実行可能なパスの通ったフォルダに格納します。

<http://gnuwin32.sourceforge.net/packages/patch.htm>

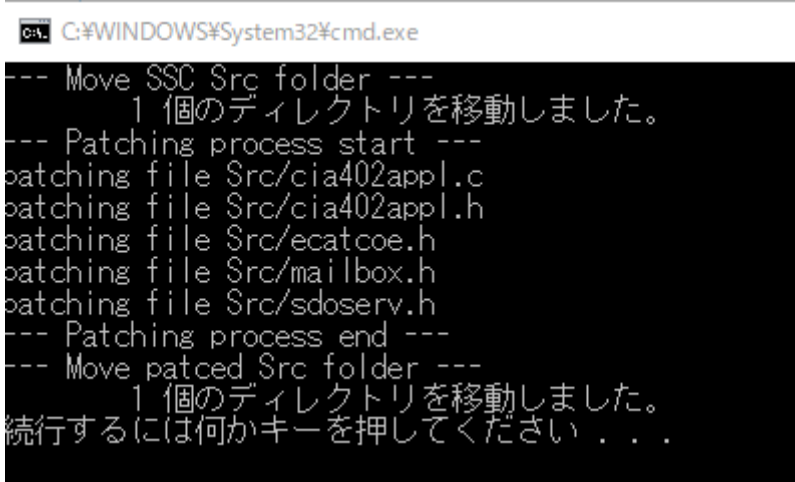
- (5) apply_patch.bat ファイルを右クリックして[管理者として実行] ⇒ [はい]を選択します。

パッチファイルは SSC ソースファイルに対する RX 向けの修正を含んでいます。

ecat_cia402_demo_comrx72m¥utilities¥batch_files¥apply_patch.bat

パッチ実行後、修正されたソースファイルは下記のフォルダに格納されます。

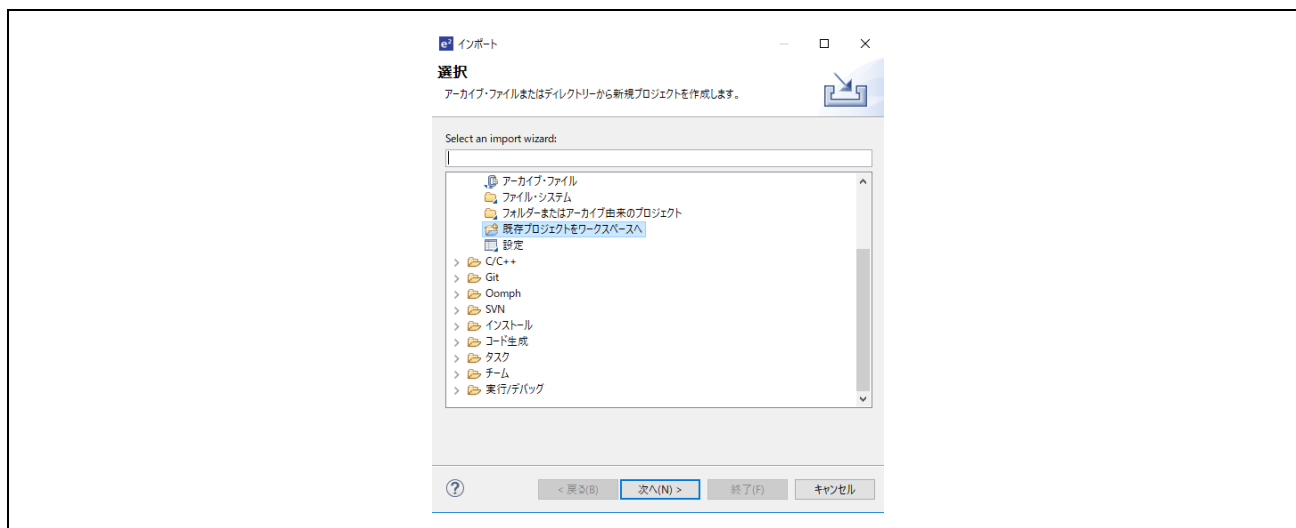
ecat_cia402_demo_comrx72m¥project¥src¥application¥ecat¥beckhoff¥Src



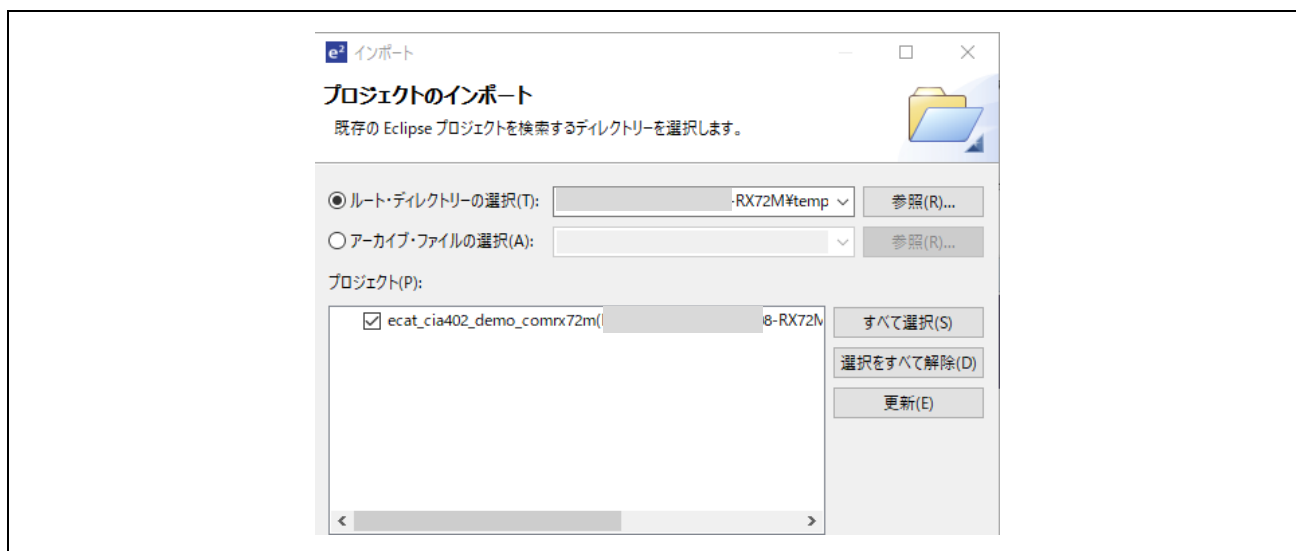
```
C:\WINDOWS\System32\cmd.exe
--- Move SSC Src folder ---
1 個のディレクトリを移動しました。
--- Patching process start ---
patching file Src/cia402appl.c
patching file Src/cia402appl.h
patching file Src/ecatcoe.h
patching file Src/mailbox.h
patching file Src/sdoserv.h
--- Patching process end ---
--- Move patched Src folder ---
1 個のディレクトリを移動しました。
続行するには何かキーを押してください . . .
```

3.2 プロジェクトのインポート

- (1) [ファイル]→[インポート]をクリックします。
- (2) [選択]ダイアログで[一般]→[既存プロジェクトをワークスペースへ]を選択し[次へ]をクリックします。



- (3) [プロジェクトのインポート]ダイアログの[ルート・ディレクトリの選択]チェックボックスを選択し、[参照]をクリックします。
- (4) 通信ボード用サンプル・プロジェクトである"ecat_cia402_demo_comrx72m"を選択して[開く]をクリックします。



- (5) [プロジェクト]の"ecat_cia402_demo_comrx72m"をチェックし[次へ]をクリックするとプロジェクトがインポートされます。

3.3 変更情報

本プロジェクトでは、本サンプルプログラムを構成するために一部 FIT モジュールのコンフィグレーションファイルを変更しています。以下に詳細を示します。

なお、本変更情報は、新規にプロジェクトを構築する場合に参照してください。インポートしたプロジェクトを使用する場合は「4 動作確認」に進んでください。

3.3.1 コンフィグレーションの変更

本サンプルプログラムを構成する各 FIT モジュールのコンフィグレーションファイルを変更します。

コンフィグレーションファイルの項目と設定内容については、各 FIT モジュールの doc フォルダに入っているマニュアル等を参照してください。

コンフィグレーションの変更箇所一覧を以下に示します。

表 3-1 コンフィグレーション変更一覧

変更項目	FIT モジュール名	Configuration	設定値
ヒープサイズの拡大	r_bsp	Heap size	0x8000
User charget 関数を使用	r_bsp	Enable user stdio charget function	Use user charget() function
User charput 関数を使用	r_bsp	Enable user stdio charput function	Use user charput() function
SCI CH6 有効化	r_sci_rx	Include software suport for channel 6	Include
送信完了割込みの有効化	r_sci_rx	Transmit end interrupt	Enable

EtherCAT FIT モジュールの設定については、評価ボード毎に異なります。

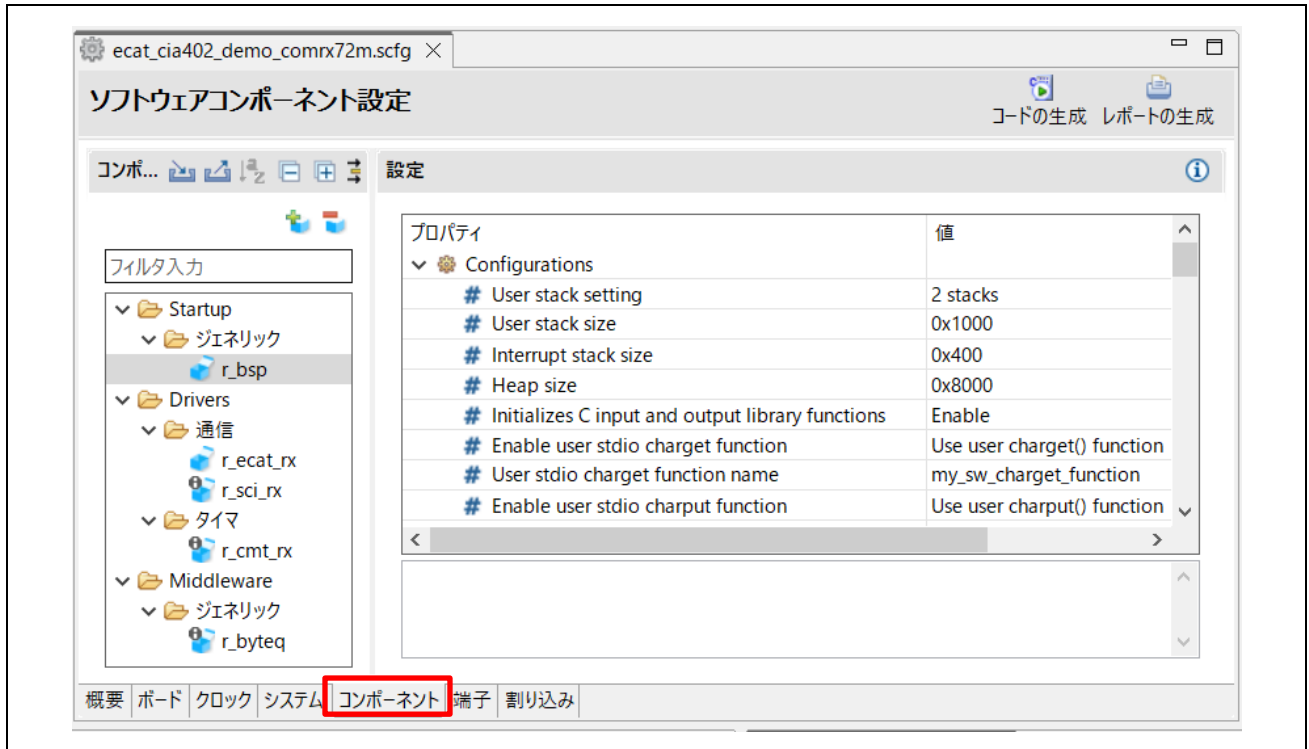
表 3-2 EtherCAT FIT モジュールの設定（COM ボード、CPU カード向け）

変更項目	FIT モジュール名	Configuration	設定値
PHY リセットウェイト時間の設定	r_ecat_rx	The waitng time for reset completion of PHY-LSI (us)	500
使用する PHY LSI の設定	r_ecat_rx	Use supported PHY-LSI	The KSZ8081MNX is used.

表 3-3 EtherCAT FIT モジュールの設定（RSK ボード向け）

変更項目	FIT モジュール名	Configuration	設定値
PHY リセットウェイト時間の設定	r_ecat_rx	The waitng time for reset completion of PHY-LSI (us)	1000
使用する PHY LSI の設定	r_ecat_rx	Use supported PHY-LSI	The KSZ8041NL is used.

各 FIT コンフィグレーションは e² studio 上で "ecat_cia402_demo_comrx72m.scfg" を開き、[コンポーネント] タブで FIT モジュールのコンフィグレーションを確認・変更することができます。

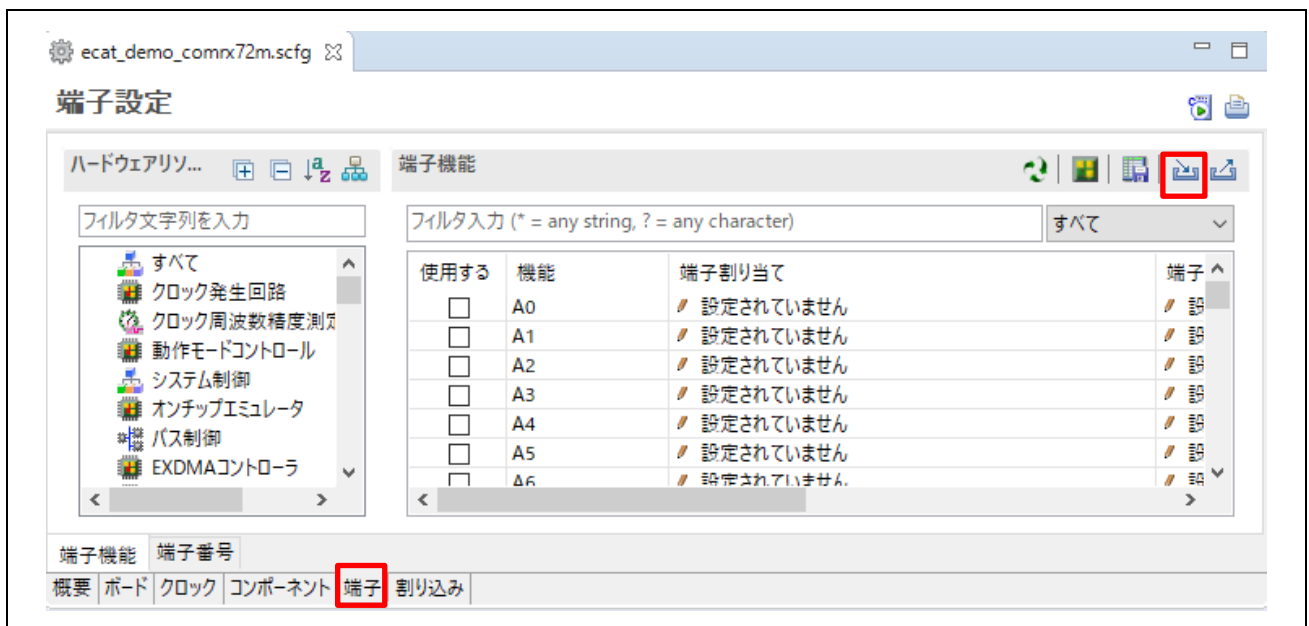


3.3.2 端子設定

サンプルプログラムを動かすための端子設定をインポートすることができます。

スマートコンフィグレータの[端子]タブで[端子機能の配置をインポート]ボタンをクリックして、"ecat_cia402_demo_comrx72m_board.xml" を選択してください。

xml ファイルはサンプルプログラムに含まれています。



FIT モジュールで使用する端子をスマートコンフィグレータの[コンポーネント]タブの[リソース]で下記の項目を有効にする必要があります。

コンポーネント	有効にするリソース	有効にする端子
r_ecat_rx	ESC ESC_MII0 ESC_MII1	全端子
r_sci_rx	SCI6	RXD6/SMISO6/SSCL6 端子 TXD6/SMOSI6/SSDA6 端子

4. 動作確認

4.1 デバッグの準備

本サンプルプログラムを動作させるための、評価ボードの設定を示します。

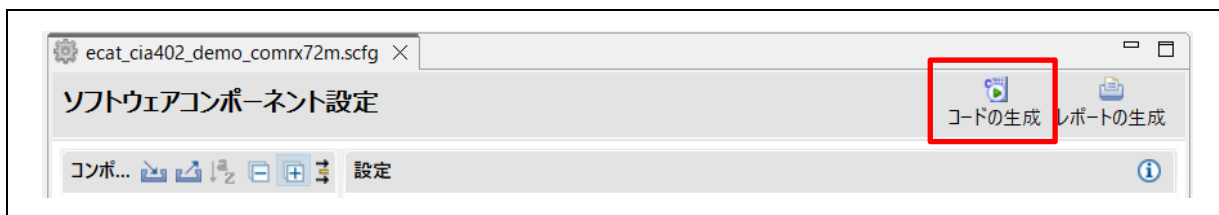
表 4-1 評価ボード設定一覧

設定項目	MCU	評価ボード名	設定内容
LAN ケーブル	RX72M	通信ボード	"ECAT IN"側に接続
		CPU カード	"CN8"側に接続
		RSK ボード	"ECAT IN"側に接続
デバッグ	RX72M	通信ボード	E2 Lite を JTAG コネクタに接続
		CPU カード	USB ケーブルを USB コネクタに接続
		RSK ボード	E2 Lite を JTAG コネクタに接続

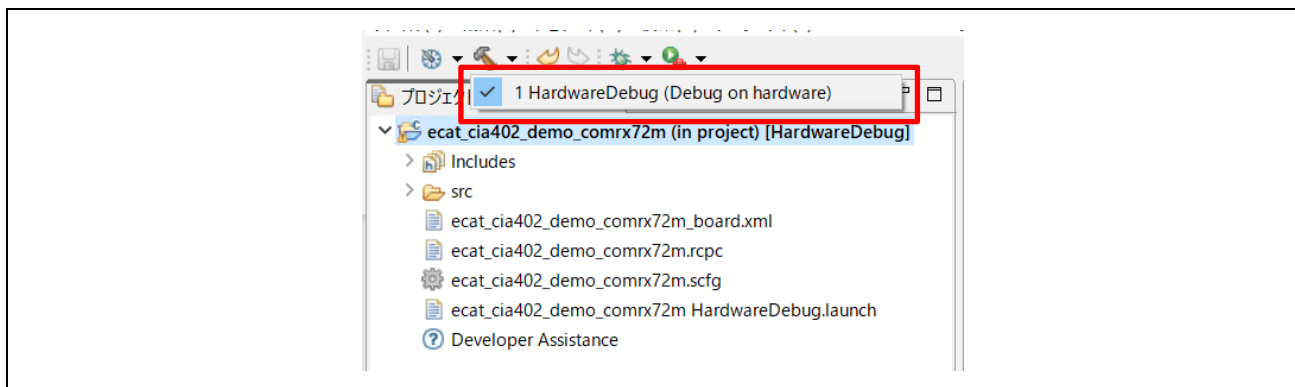
- (1) 表 4.1 に従い、LAN ケーブルを接続してください。
- (2) 表 4.1 に従い、デバッグと PC を接続してください E2 Lite を使用する場合、"ACT"LED が点滅します。
- (3) "新しいハードウェアの検出"ウィザードが表示されますので、以下の手順に従って、ドライバをインストールしてください。Windows™ 7/8/8.1 の場合、管理者権限が必要です。
Windows™ 7/8/8.1 : インストールが完了すると Windows タスクバーに完了通知されます。
Windows™ 10 : Windows タスクバーにデバイス設定のボタンが表示され自動インストールされます
- (4) 評価ボードに電源を供給してください。

4.2 プロジェクトのビルドとデバッグ

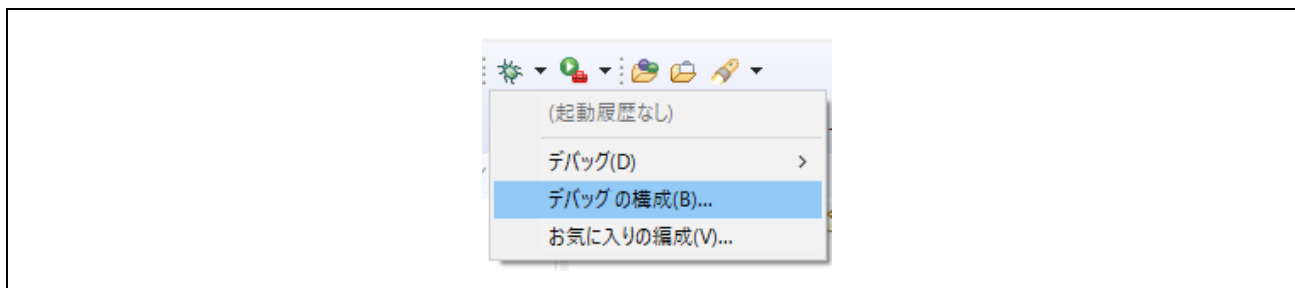
- (1) スマートコンフィギュレーションファイル“ecat_cia402_demo_comrx72m.scfg”を開き、[コード生成]を押してコード生成を実行してください。



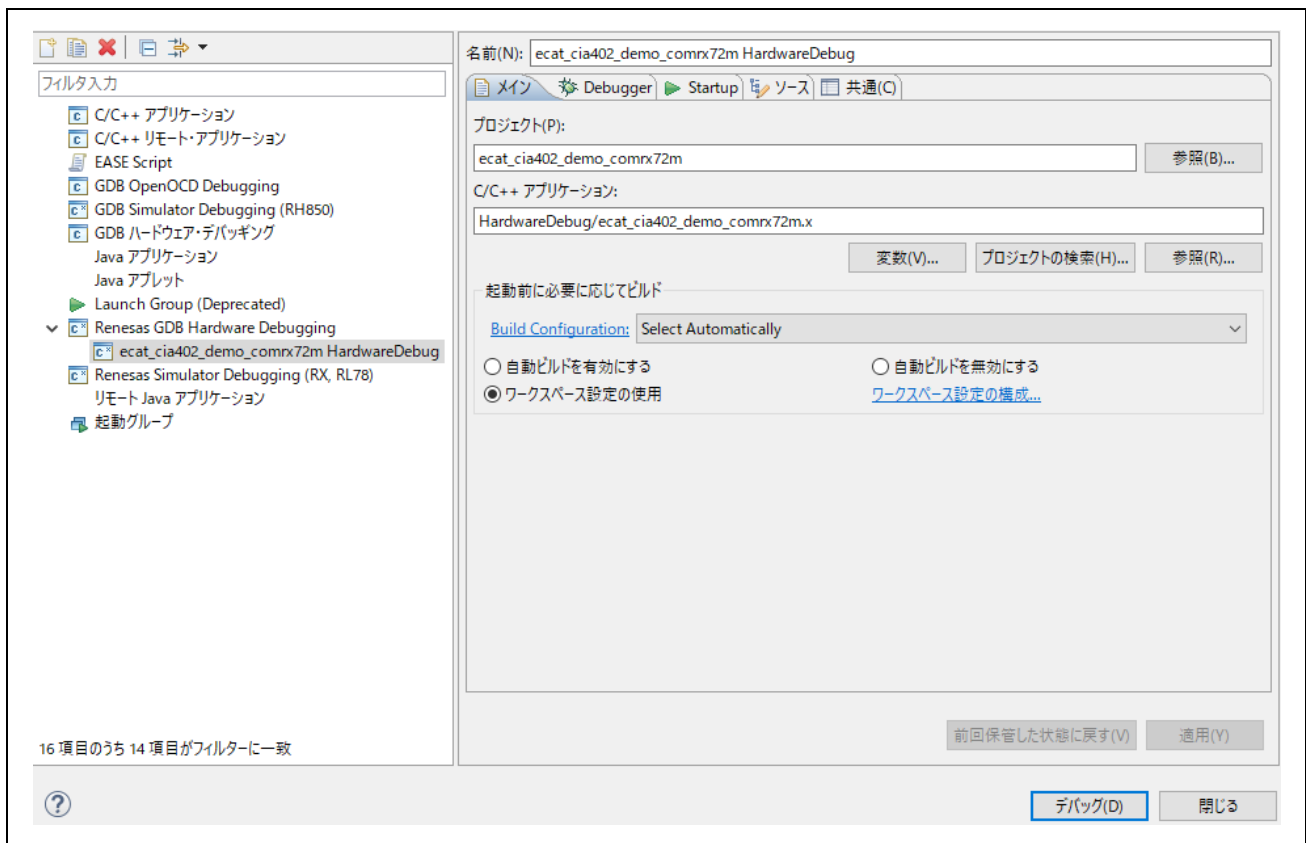
- (2) プロジェクト・エクスプローラーで“ecat_cia402_demo_comrx72m”プロジェクトを左クリックし、[ビルド]ボタン（ハンマーアイコン）の横にある矢印をクリックし、ドロップダウンメニューから[Hardware Debug]を選択します。



- (3) e² studio がプロジェクトをビルドします。ビルドが完了したら、[デバッグ]ボタン（バグアイコン）の横にある矢印をクリックし、「デバッグ構成」を選択することでデバッグを開始できます。



- (4) “ecat_cia402_demo_comrx72m Hardware Debug”をクリックしてターゲットにプログラムをダウンロードし、デバッグボタンを押して開始します。



- (5) 'e2-server-gdb.exe'のファイアウォール警告が表示されることがあります。[自宅や職場のネットワークなどのプライベートネットワーク]のチェックボックスをチェックにして、<アクセスを許可>をクリックします。
- (6) ユーザーアカウント制御 (UAC) ダイアログが表示されることがあります。管理者パスワードを入力して、[はい]をクリックします。
- (7) パースペクティブ切り替えの確認ダイアログにてパースペクティブの変更を勧めるダイアログが表示される場合は「常にこの設定を使用する」チェックボックスにチェックし、[はい]をクリックします。
- (8) E2 Lite デバッガの緑色の「ACT」LED が常に点灯します。
- (9) プログラムをダウンロードしたら、<再開>ボタンをクリックして、メイン関数 main () の最初の行までコードを実行します。もう一度<再開>ボタンをクリックすると、残りのプログラムでターゲットが実行されます。

5. TwinCAT との接続

TwinCAT3 を使用してサンプルプログラムを操作する方法について説明します。

5.1 ESI ファイルの準備

TwinCAT を起動する前にサンプルプログラムに含まれている ESI ファイルを TwinCAT の所定の場所 (¥TwinCAT¥3.x¥Config¥IO¥EtherCAT)にコピーしてください。

```
ecat_cia402_demo_comrx72m¥utilities¥esi¥RX72M EtherCAT CiA402.xml
```

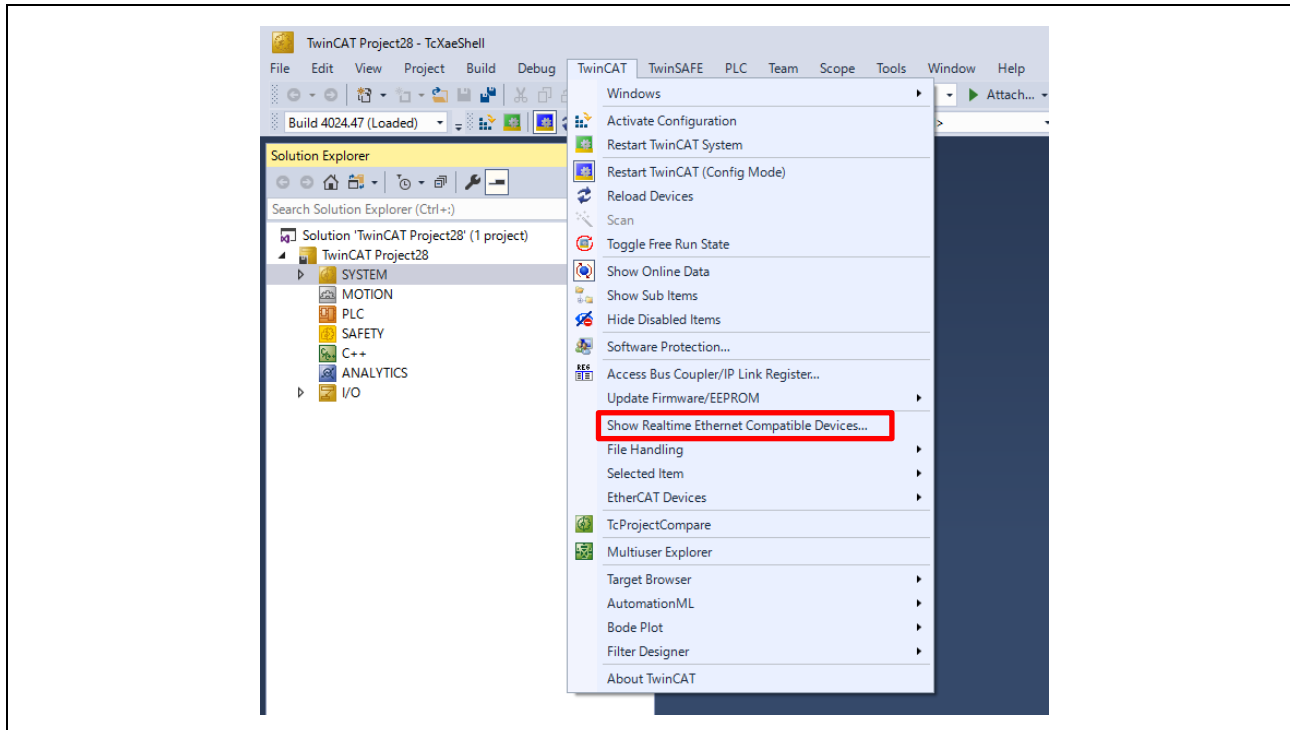
5.2 TwinCAT の起動

- (1) スタートメニューから、[Beckhoff] → [TwinCAT3] → [TwinCAT XAE (VS20xx)]を選択 します。
- (2) プログラム起動後、[File] → [New] → [Project] として、TwinCAT XAE Project タイプの新規プロジェクトを作成してください。

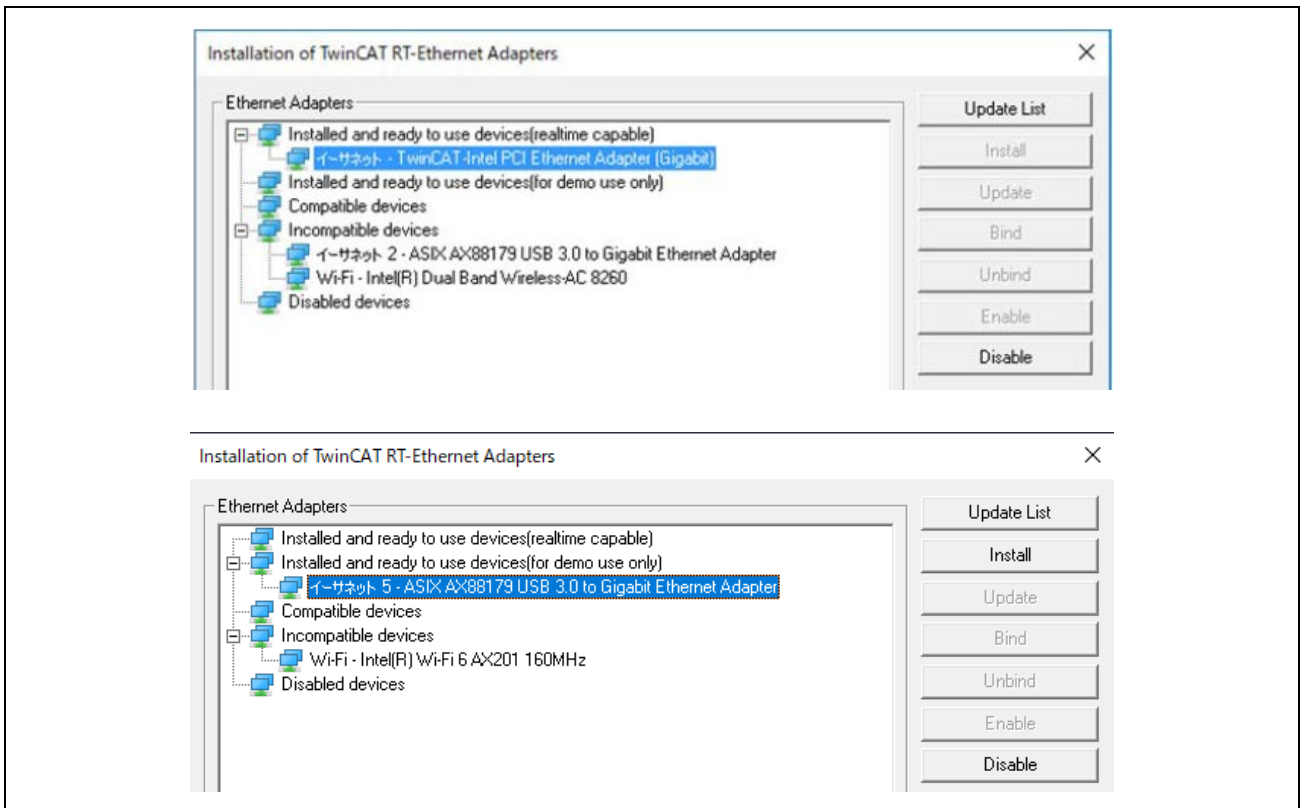
5.3 Ether driver の追加

既に本節の処理を行ったことがある場合は、本節の処理は不要です。

- (1) 上のメニューバーから[TwinCAT] → [Show Realtime Ethernet Compatible Devices...]を選択してください。



- (2) PCに接続されているEthernetアダプタを選択した後に、[Install]を押してインストールしてください。
[Installed and ready to use devices(realtime capable)] または [Installed and ready to use devices(for demo use only)] にインストールしたドライバが追加されていることを確認してください。



5.4 ネットワークのスキャン

- (1) システムマネージャツリーで[I/O]→[Devices]を右クリックし、[Scan]を選択します。
- (2) [HINT : Not all types of devices can be found automatically]ダイアログで[OK]をクリックします。
- (3) [new I/O devices found]ダイアログでスキャンを行うイーサネットアダプタのチェックボックスを選択し[OK]をクリックします。
- (4) [Scan for Boxes]ダイアログで[Yes]をクリックします。
- (5) "EtherCAT drive(s) added. Append linked axis to NC-Configuration" ダイアログが表示されるので [Yes]をクリックします。
- (6) "Active Free Run"ダイアログが表示されるので[Yes]をクリックします。
システムマネージャツリーで"I/O"→"Devices"の下に"Device 1"→"Box 1"
のように Box が追加されていれば正常です。

5.5 SII EEPROM の書き込み

評価ボードは出荷時に EEPROM がブランクになっていますので書き込みを必ず実施してください。

EEPROM の書き込みを行っている場合は本節の処理は不要です。

EEPROM がブランクの場合、システムマネージャツリーには"Box1 (PFFFFFFFF RFFFFFFFF)"のように表示されます。

- (1) システムマネージャツリーで [Box 1] をダブルクリックすると、右側にパネルが表示されます。
- (2) [EtherCAT] タブを選択し [Advanced Settings] のボタンをクリックします。
- (3) [Advanced Settings] ダイアログの左ツリーで [ESC Access] → [EEPROM] → [Hex Editor] を選択します。
- (4) [Hex Editor] ダイアログで "Download from list" を選択します。
- (5) [Write EEPROM] ダイアログで [Renesas Electronics Corp.] → [Renesas RX72M Group] → [RX72M EtherCAT CiA402] を選択し [OK] をクリックします。EEPROM が書き込まれます。
- (6) 書き込み後は通信ボードを再起動し（電源再投入またはリセット）、書き換えたデータがマイコンの動作に反映されるようにしてください。

5.6 デバイスの再スキャン

- (1) [I/O] の [devices] の下にある [Device x] を一旦削除してください。
- (2) 再びシステムマネージャツリーで [I/O] → [Devices] を右クリックし、[Scan] を選択します。
- (3) [HINT: Not all types of devices can be found automatically] ダイアログで [OK] をクリックします。
- (4) [new I/O devices found] ダイアログでスキャンを行うイーサネットアダプタのチェックボックスを選択し [OK] をクリックします。
- (5) [Scan for Boxes] ダイアログで [Yes] をクリックします。
- (6) [Active Free Run] ダイアログで [Yes] をクリックします。
システムマネージャツリーの "Box1 が "Box1(RX72M EtherCAT CiA402)" になっていれば OK です。

5.7 動作モード確認

- (1) システムマネージャツリーで“Box 1”をダブルクリックすると、右側にパネルが表示されます。
- (2) “Online”タブを選択し、“Current Status”が“OP”になっていることを確認します。
- (3) システムマネージャツリーで“Box 1”左横の+を展開します。

5.7.1 CiA402 状態遷移

csp モードおよび csv モードの動作確認を行うためには、両モードともに、まず“Operation Enabled”の状態に遷移する必要があります。

“Control Word”オブジェクトに値を設定することで状態遷移を発生させ、“Status Word”オブジェクトの値で状態を確認します。

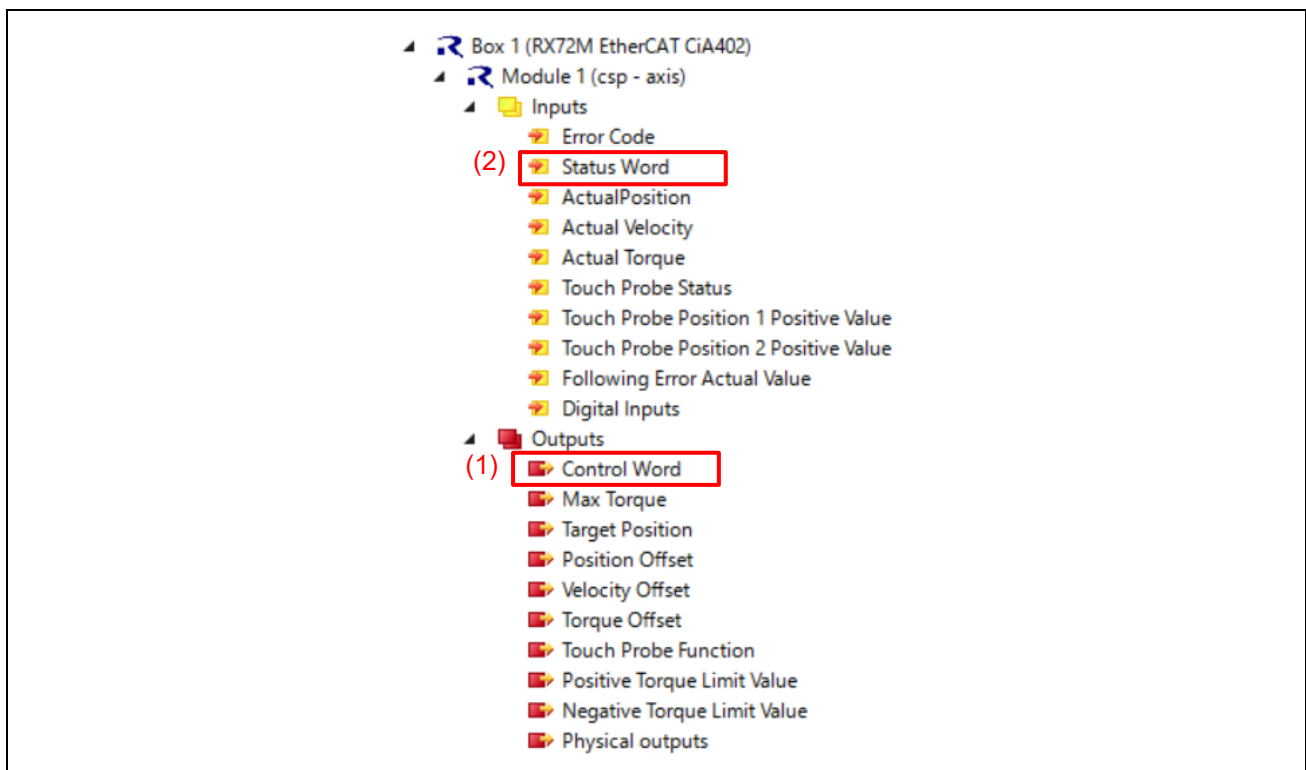
- (1) システムマネージャツリーで“Outputs→”Control Word”を選択し、右側パネルの“Online”タブを選択すると“Value”が表示されます。

[Write]をクリックし、値を[7]→[15]と順に設定します。

- (2) システムマネージャツリーで“Inputs→”Status Word”を選択し、右側パネルの“Online”タブを選択すると“Value”が表示されます。

[4663]になっていれば、“Operation Enabled”に遷移していますので次の手順に進んで下さい。

[4616]になっていれば、何等かの原因で“Fault”に遷移しています。“Control Word”をいったん、[128]に設定してから、(1)に戻ってください。



5.7.2 csp モード

“Module 1 (csp-axis)”となっていることを確認します。

- (1) システムマネージャツリーで“Outputs→”Target Position”を選択し、右側パネルの“Online”タブを選択すると“Value”が表示されます。

[Write]をクリックし、値を任意の値を設定してください。

例として、ここでは[100000]を設定します。

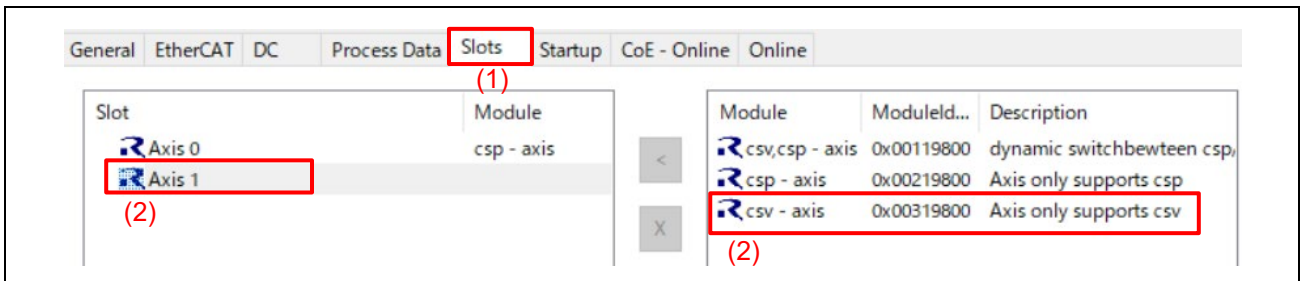
- (2) システムマネージャツリーで“Inputs→”Actual Position”を選択し、右側パネルの“Online”タブを選択すると“Value”が表示されます。

“Target Position”に設定した[100000]までインクリメントされることを確認してください。

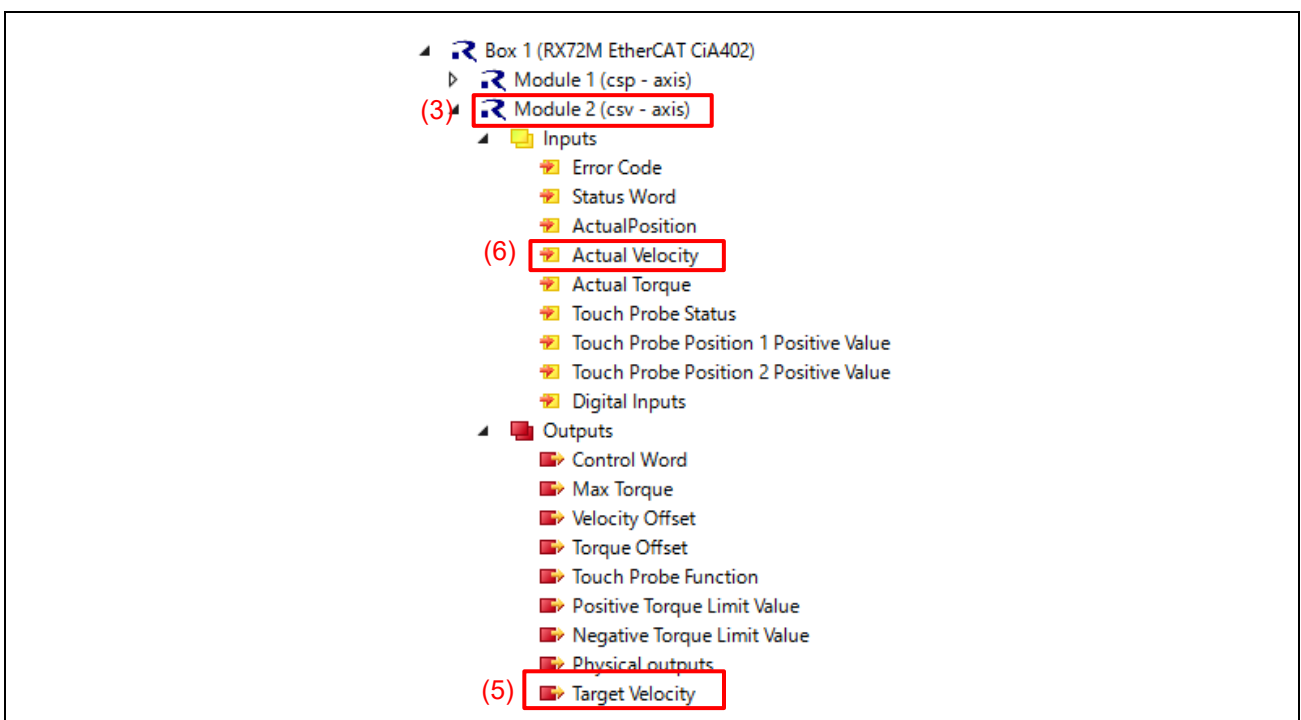


5.7.3 csv モード

- (1) システムマネージャツリーで"Box1(RX72M EtherCAT CiA402)"を選択し右側パネルの"Slots"タブを選択してください。
- (2) 左枠の"Slot"にある"Axis 1"を選択すると右枠に追加可能な"Module"が表示されるので"csv-axis"を追加してください。



- (3) システムマネージャツリーに"Module 2 (csv-axis)"が追加されたことを確認します。
- (4) 5.6.1 の手順に従い、"Operation Enabled"に遷移してください。
- (5) システムマネージャツリーで"Outputs→"Target Velocity"を選択し、右側パネルの"Online"タブを選択すると"Value"が表示されます。
[Write]をクリックし、値を任意の値を設定してください。
例として、ここでは[100000]を設定します。
- (6) システムマネージャツリーで"Inputs→"Actual Velocity"を選択し、右側パネルの"Online"タブを選択すると"Value"が表示されます。
"Target Velocity"に設定した[100000]までインクリメントされることを確認してください。



6. CiA402 プロファイル

CiA402 ドライブプロファイルはドライブおよびモーションコントロール用のデバイスプロファイルであり、主にサーボドライブ、正弦波インバータ、およびステッピングモーター用コントローラの機能動作を定義します。このプロファイルでは、複数の動作モードと対応する設定パラメータがオブジェクトディクショナリとして規定されます。また、状態ごとの内部および外部動作を規定する有限状態オートマトン（Finite State Automaton: FSA）も含まれます。状態を変更する場合はコントロールワードオブジェクトを通じて指定することで、現在の状態を示すステータスワードオブジェクトに遷移後の結果が反映されます。コントロールワードと各種コマンド値（速度など）は RxPDO に割り当てられ、ステータスワードと各種実際値（位置など）は TxPDO に割り当てられます。詳細については CiA402 規格書の内容を確認してください。

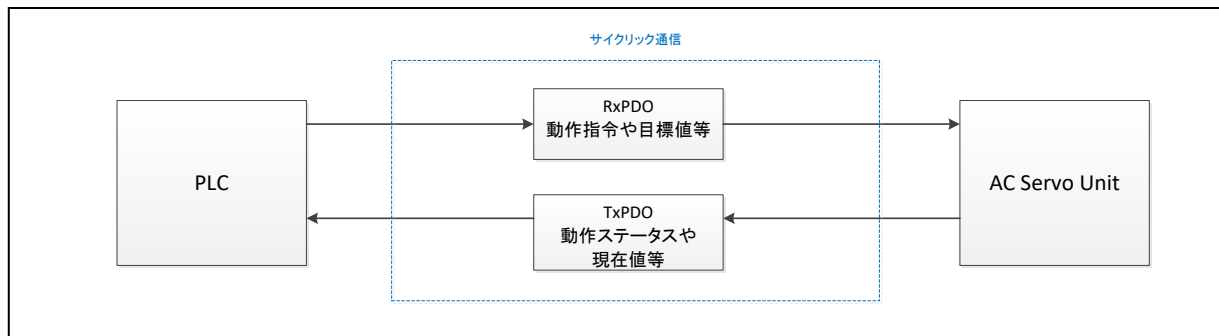


図 6-1 CiA402 通信の流れ

6.1 動作モード

CiA402 として規定されている動作モードのうち、本アプリケーションノートでは以下をサポートしません。

表 6-1 サポート動作モード一覧表

Operation Mode	Support
Profile position mode	×
Velocity mode(frequency converter)	×
Profile velocity mode	×
Profile torque mode	×
Homing mode	×
Interpolated position mode	×
Cyclic synchronous position mode	○
Cyclic synchronous velocity mode	○
Cyclic synchronous torque mode	×
Cyclic synchronous torque mode with commutation angle	×
Manufacturer specific mode	×

6.2 状態遷移

CiA402 として規定されている FSA として、本アプリケーションノートでは以下をサポートします。

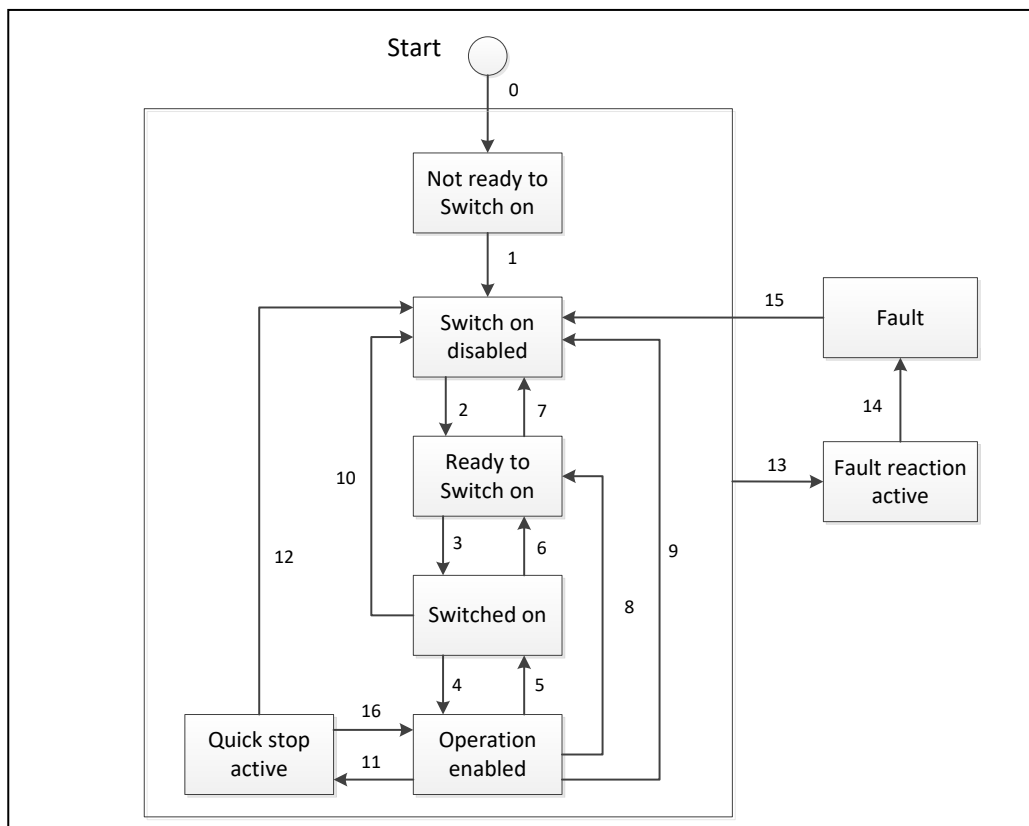


図 6-2 CiA402 状態遷移図

6.3 オブジェクトディクショナリ

本アプリケーションノートでサポートしているオブジェクトディクショナリの一覧を以下に示します。

表 6-2 サポートオブジェクトディクショナリ一覧

OperationMode	OBJECT Name	INDEX	Category	Access	DataType	PDO Mapping
Cyclic synchronous position mode + Cyclic synchronous velocity mode	Position actual value	0x6064	Mandatory	ro	INT32	Yes
	Following error window	0x6065	Optional	rw	UINT32	No
	Following error timeout	0x6066	Optional	rw	UINT16	No
	Velocity actual value	0x606C	Conditional	ro	INT32	Yes
	Max torque	0x6072	Optional	rw	UINT16	Yes
	Torque actual value	0x6077	Conditional	ro	INT16	Yes
	Target position	0x607A	Optional	rw	INT32	Yes
	Position range limit	0x607B	Optional	c,rw	INT32	No
	Software position limit	0x607D	Optional	c,rw	INT32	No
	Position offset	0x60B0	Optional	rw	INT32	Yes
	Velocity offset	0x60B1	Optional	rw	INT32	Yes
	Torque offset	0x60B2	Optional	rw	INT16	Yes
	Following error actual value	0x60F4	Optional	ro	INT32	Yes
	Target velocity	0x60FF	Conditional	rw	INT32	Yes

FunctionGroup	OBJECT Name	INDEX	Category	Access	DataType	PDO Mapping
Torque Limiting	Positive torque limit value	0x60E0	Conditional	rw	UINT16	Yes
	Negative torque limit value	0x60E1	Conditional	rw	UINT16	Yes
Homing	Home Offset	0x607C	Optional	rw	INT32	No
	Homing speeds	0x6099	Conditional	c,rw	UINT32	No
Touch Probe	Touch probe function	0x60B8	Optional	rw	UINT16	Yes
	Touch probe status	0x60B9	Optional	ro	UINT16	Yes
	Touch probe pos 1 positive value	0x60BA	Optional	ro	INT32	Yes
	Touch probe pos 1 negative value	0x60BB	Optional	ro	INT32	Yes
	Touch Probe Source	0x60D0	Conditional	c,rw	INIT16	No
Gear ratio	Gear ratio	0x6091	Optional	c,rw	UINT32	No
Other object	OBJECT Name	INDEX	Category	Access	DataType	PDO Mapping
Controlling the power drive system	Error code	0x603F	Optional	ro	UINT16	Yes
	Controlword	0x6040	Mandatory	rw	UINT16	Yes
	Statusword	0x6041	Mandatory	ro	UINT16	Yes
	Quick stop option code	0x605A	Optional	rw	INT16	No
	Shutdown option code	0x605B	Optional	rw	INT16	No
	Disable operation option code	0x605C	Optional	rw	INT16	No
	Halt option code	0x605D	Optional	rw	INT16	No
	Fault reaction option code	0x605E	Optional	rw	INT16	No
	Modes of operation	0x6060	Optional	rw	INT8	Yes
	Modes of operation disp	0x6061	Optional	ro	INT8	Yes
	Quick Stop Declaration	0x6085	Optional	rw	UINT32	Yes
	Interpolation Time Period	0x60C2	Conditional	c,rw	UINT8, INT8	No
Supported drive modes	0x6502	Mandatory	ro	INT32	No	
General object	Motor type	0x6402	Optional	rw	INT16	No
Position control function	Position demand value	0x6062	Optional	ro	INT32	No
	Position actual internal value	0x6063	Optional	ro	INT32	No
	Position window	0x6067	Optional	rw	UINT32	No
Optional application FE	Digital inputs	0x60FD	Optional	ro	UINT32	Yes
	Digital outputs	0x60FE	Optional	c,rw	UINT32	No, Yes

6.4 モータ制御用プログラムを組み込む

表 6-3 に示す CiA402 プロトコル・スタック I/F 関数一覧から CiA402 規格に従って、モータ制御アプリケーションの実装を行ってください。各関数は図 6-2 に示す CiA402 FSA の各状態遷移の番号とリンクしており、状態遷移が発生した際に対応する関数が呼び出されます。各関数内ではモータ制御用プログラムまたは MainCPU 側の当該処理を呼び出す処理を記述してください。

表 6-3 CiA402 プロトコル・スタック I/F 関数一覧

CiA402_StateTransition1	
<u>Description</u>	CiA402FSAにて規定されている状態遷移1が発生した際に使用します。状態遷移が発生した際に実行する処理を記述してください。
<u>Usage</u>	#include "cia402appl.h"
<u>Parameters</u>	TCiA402Axis *pCiA402Axis
<u>Return Value</u>	0 正常終了 1 エラー終了
<u>Remark</u>	処理中に異常が発生した場合はCiA402規格に従って、各オブジェクトに適切な値を設定して関数を終了してください。戻り値に1を設定した場合は状態遷移は行われません。
CiA402_StateTransition2	
<u>Description</u>	CiA402FSAにて規定されている状態遷移2が発生した際に使用します。状態遷移が発生した際に実行する処理を記述してください。
<u>Usage</u>	#include "cia402appl.h"
<u>Parameters</u>	TCiA402Axis *pCiA402Axis
<u>Return Value</u>	0 正常終了 1 エラー終了
<u>Remark</u>	処理中に異常が発生した場合はCiA402規格に従って、各オブジェクトに適切な値を設定して関数を終了してください。戻り値に1を設定した場合は状態遷移は行われません。

CiA402_StateTransition3	
<u>Description</u>	CiA402FSAにて規定されている状態遷移3が発生した際に使用します。状態遷移が発生した際に実行する処理を記述してください。
<u>Usage</u>	#include "cia402appl.h"
<u>Parameters</u>	TCiA402Axis *pCiA402Axis
<u>Return Value</u>	0 正常終了 1 エラー終了
<u>Remark</u>	処理中に異常が発生した場合はCiA402規格に従って、各オブジェクトに適切な値を設定して関数を終了してください。戻り値に1を設定した場合は状態遷移は行われません。
CiA402_StateTransition4	
<u>Description</u>	CiA402FSAにて規定されている状態遷移4が発生した際に使用します。状態遷移が発生した際に実行する処理を記述してください。
<u>Usage</u>	#include "cia402appl.h"
<u>Parameters</u>	TCiA402Axis *pCiA402Axis
<u>Return Value</u>	0 正常終了 1 エラー終了
<u>Remark</u>	処理中に異常が発生した場合はCiA402規格に従って、各オブジェクトに適切な値を設定して関数を終了してください。戻り値に1を設定した場合は状態遷移は行われません。
CiA402_StateTransition5	
<u>Description</u>	CiA402FSAにて規定されている状態遷移5が発生した際に使用します。状態遷移が発生した際に実行する処理を記述してください。
<u>Usage</u>	#include "cia402appl.h"
<u>Parameters</u>	TCiA402Axis *pCiA402Axis
<u>Return Value</u>	0 正常終了 1 エラー終了
<u>Remark</u>	処理中に異常が発生した場合はCiA402規格に従って、各オブジェクトに適切な値を設定して関数を終了してください。戻り値に1を設定した場合は状態遷移は行われません。

CiA402_StateTransition6	
<u>Description</u>	CiA402FSAにて規定されている状態遷移6が発生した際に使用します。状態遷移が発生した際に実行する処理を記述してください。
<u>Usage</u>	#include "cia402appl.h"
<u>Parameters</u>	TCiA402Axis *pCiA402Axis
<u>Return Value</u>	0 正常終了 1 エラー終了
<u>Remark</u>	処理中に異常が発生した場合はCiA402規格に従って、各オブジェクトに適切な値を設定して関数を終了してください。戻り値に1を設定した場合は状態遷移は行われません。
CiA402_StateTransition7	
<u>Description</u>	CiA402FSAにて規定されている状態遷移7が発生した際に使用します。状態遷移が発生した際に実行する処理を記述してください。
<u>Usage</u>	#include "cia402appl.h"
<u>Parameters</u>	TCiA402Axis *pCiA402Axis
<u>Return Value</u>	0 正常終了 1 エラー終了
<u>Remark</u>	処理中に異常が発生した場合はCiA402規格に従って、各オブジェクトに適切な値を設定して関数を終了してください。戻り値に1を設定した場合は状態遷移は行われません。
CiA402_StateTransition8	
<u>Description</u>	CiA402FSAにて規定されている状態遷移8が発生した際に使用します。状態遷移が発生した際に実行する処理を記述してください。
<u>Usage</u>	#include "cia402appl.h"
<u>Parameters</u>	TCiA402Axis *pCiA402Axis
<u>Return Value</u>	0 正常終了 1 エラー終了
<u>Remark</u>	処理中に異常が発生した場合はCiA402規格に従って、各オブジェクトに適切な値を設定して関数を終了してください。戻り値に1を設定した場合は状態遷移は行われません。

CiA402_StateTransition9	
<u>Description</u>	CiA402FSAにて規定されている状態遷移9が発生した際に使用します。状態遷移が発生した際に実行する処理を記述してください。
<u>Usage</u>	#include "cia402appl.h"
<u>Parameters</u>	TCiA402Axis *pCiA402Axis
<u>Return Value</u>	0 正常終了 1 エラー終了
<u>Remark</u>	処理中に異常が発生した場合はCiA402規格に従って、各オブジェクトに適切な値を設定して関数を終了してください。戻り値に1を設定した場合は状態遷移は行われません。
CiA402_StateTransition10	
<u>Description</u>	CiA402FSAにて規定されている状態遷移10が発生した際に使用します。状態遷移が発生した際に実行する処理を記述してください。
<u>Usage</u>	#include "cia402appl.h"
<u>Parameters</u>	TCiA402Axis *pCiA402Axis
<u>Return Value</u>	0 正常終了 1 エラー終了
<u>Remark</u>	処理中に異常が発生した場合はCiA402規格に従って、各オブジェクトに適切な値を設定して関数を終了してください。戻り値に1を設定した場合は状態遷移は行われません。
CiA402_StateTransition11	
<u>Description</u>	CiA402FSAにて規定されている状態遷移11が発生した際に使用します。状態遷移が発生した際に実行する処理を記述してください。
<u>Usage</u>	#include "cia402appl.h"
<u>Parameters</u>	TCiA402Axis *pCiA402Axis
<u>Return Value</u>	0 正常終了 1 エラー終了
<u>Remark</u>	処理中に異常が発生した場合はCiA402規格に従って、各オブジェクトに適切な値を設定して関数を終了してください。戻り値に1を設定した場合は状態遷移は行われません。

CiA402_StateTransition12	
<u>Description</u>	CiA402FSAにて規定されている状態遷移12が発生した際に使用します。状態遷移が発生した際に実行する処理を記述してください。
<u>Usage</u>	#include "cia402appl.h"
<u>Parameters</u>	TCiA402Axis *pCiA402Axis
<u>Return Value</u>	0 正常終了 1 エラー終了
<u>Remark</u>	処理中に異常が発生した場合はCiA402規格に従って、各オブジェクトに適切な値を設定して関数を終了してください。戻り値に1を設定した場合は状態遷移は行われません。
CiA402_LocalError	
<u>Description</u>	CiA402FSAにて規定されている状態遷移13が発生した際に使用します。状態遷移が発生した際に実行する処理を記述してください。
<u>Usage</u>	#include "cia402appl.h"
<u>Parameters</u>	UINT16 ErrorCode
<u>Return Value</u>	なし
<u>Remark</u>	状態遷移13に相当するエラーが発生した場合はエラー発生箇所にて必要な処理、データの保存等を行ったうえで本関数をコールしてください。
CiA402_StateTransition14	
<u>Description</u>	CiA402FSAにて規定されている状態遷移14が発生した際に使用します。状態遷移が発生した際に実行する処理を記述してください。
<u>Usage</u>	#include "cia402appl.h"
<u>Parameters</u>	TCiA402Axis *pCiA402Axis
<u>Return Value</u>	0 正常終了 1 エラー終了
<u>Remark</u>	処理中に異常が発生した場合はCiA402規格に従って、各オブジェクトに適切な値を設定して関数を終了してください。戻り値に1を設定した場合は状態遷移は行われません。

CiA402_StateTransition15	
<u>Description</u>	CiA402FSAにて規定されている状態遷移15が発生した際に使用します。状態遷移が発生した際に実行する処理を記述してください。
<u>Usage</u>	#include "cia402appl.h"
<u>Parameters</u>	TCiA402Axis *pCiA402Axis
<u>Return Value</u>	0 正常終了 1 エラー終了
<u>Remark</u>	処理中に異常が発生した場合はCiA402規格に従って、各オブジェクトに適切な値を設定して関数を終了してください。戻り値に1を設定した場合は状態遷移は行われません。
CiA402_StateTransition16	
<u>Description</u>	CiA402FSAにて規定されている状態遷移16が発生した際に使用します。状態遷移が発生した際に実行する処理を記述してください。
<u>Usage</u>	#include "cia402appl.h"
<u>Parameters</u>	TCiA402Axis *pCiA402Axis
<u>Return Value</u>	0 正常終了 1 エラー終了
<u>Remark</u>	処理中に異常が発生した場合はCiA402規格に従って、各オブジェクトに適切な値を設定して関数を終了してください。戻り値に1を設定した場合は状態遷移は行われません。
APPL_MOTOR MotionControl Main	
<u>Description</u>	CiA402 FSAの状態が"Operation enabled"であるときに実行するモーション制御用コードを記述します。動作モード毎に処理を記述してください。
<u>Usage</u>	#include "cia402appl.h"
<u>Parameters</u>	TCiA402Axis *pCiA402Axis
<u>Return Value</u>	0 正常終了 1 エラー終了
<u>Remark</u>	初期状態ではmain.cの中に配置されており、CiA402_DummyMotionControl関数を呼び出す形になっています。この関数を参考に処理を記述してください。

参考ドキュメント

ユーザーズマニュアル：ハードウェア

RX72M グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (ドキュメント No. R01UH0804)
Renesas Starter Kit+ for RX72M ユーザーズマニュアル (ドキュメント No. R20UT4383)
RX72M グループ 通信ボードハードウェアマニュアル (ドキュメント No. R01AN4661)
RX72M CPU Card with RDC-IC ユーザーズマニュアル (ドキュメント No. R12UZ0098)
(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。)

スタートアップマニュアル

RX72M グループ RSK ボード EtherCAT スタートアップマニュアル (ドキュメント No. R01AN4689)
RX72M グループ通信ボード EtherCAT スタートアップマニュアル (ドキュメント No. R01AN4672)
(最新の情報をルネサスエレクトロニクスホームページから入手してください。)

アプリケーションノート：

RX ファミリ EtherCAT モジュール Firmware Integration Technology (ドキュメント No. R01AN4881)

テクニカルアップデート／テクニカルニュース

(最新の情報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 C/C++コンパイラ、アセンブラ、最適化リンケージエディタコンパイラパッケージ
(R20UT0570)
(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。)

CiA402 規格書：

IEC 61800-7-201 Edition 1.0
Adjustable speed electrical power drive systems Part 7-201: Generic interface and use of profiles for power drive systems Profile type 1 specification

IEC 61800-7-301 Edition 1.0
Adjustable speed electrical power drive systems Part 7-301: Generic interface and use of profiles for power drive systems Mapping of profile type 1 to network technologies

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	Aug.31.2020	—	初版発行
1.10	Feb.15.2024	プログラム	EtherCAT FIT モジュール バージョン 1.31 に対応
			SSC 関連ファイルとプロジェクト関連ファイルを分けるため utilities フォルダと project フォルダを追加
			e ² studio 64 ビット版に対応
			SSC 5.13 に対応
			CPU カードプロジェクトを追加
			EtherCAT Conformance Test Tool v2.5.0 に対応
		3	「表 1-1 動作確認環境」 「表 1-2 FIT モジュール構成」を更新
		4	「表 1-3 プロジェクト一覧」に CPU カードプロジェクトを追加
		4	e ² studio のバージョンを変更
		4, 6, 11	フォルダ構成変更に伴いフォルダ名を変更
		8	3.3.1 EtherCAT FIT Module の構成変更を削除
		8	コンフィグレーション設定をコンポーネントタブで設定するように記述を変更
		9	「3.3.2 端子設定」を追加
		10	「表 4-1 評価ボード設定一覧」に CPU カードに関する設定を追加
		11	e ² studio のバージョンアップに伴い画像を更新
13	「5.3 Ether driver の追加」を追加		
15	デバイスの再スキャン方法を修正		
20-21	オブジェクトディクショナリに Object 0x6066, 0x607B, 0x6085, 0x60BB, 0x60C2, 0x60D0 を追加。		

製品ご使用上の注意事項

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

1. 静電気対策

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

2. 電源投入時の処置

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

3. 電源オフ時における入力信号

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

4. 未使用端子の処理

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

5. クロックについて

リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後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、 $V_{IL}(\text{Max.})$ から $V_{IH}(\text{Min.})$ 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、 $V_{IL}(\text{Max.})$ から $V_{IH}(\text{Min.})$ までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズなどが入らないように使用してください。

7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

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

8. 製品間の相違について

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

○Arm[®] およびCortex[®] は、Arm Limited（またはその子会社）のEUまたはその他の国における登録商標です。 All rights reserved.

○Ethernetおよびイーサネットは、富士ゼロックス株式会社の登録商標です。

○IEEEは、the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. の登録商標です。

○TRONは” The Real-time Operation system Nucleus” の略称です。

○ITRONは” Industrial TRON” の略称です。

○ μ ITRONは” Micro Industrial TRON” の略称です。

○TRON、ITRON、および μ ITRONは、特定の商品ないし商品群を指す名称ではありません。

○EtherCAT[®]、およびTwinCAT[®]は、ドイツBeckhoff Automation GmbHによりライセンスされた特許取得済み技術であり登録商標です。

○その他、本資料中の製品名やサービス名は全てそれぞれの所有者に属する商標または登録商標です。

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。お客様の機器・システムの設計において、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には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含まれます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 当社製品、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、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。
5. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。

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

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

- 当社製品は、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（宇宙機器と、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することは想定していません。たとえ、当社が想定していない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。
6. 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。
 7. 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。
 8. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。かかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
 9. 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。
 10. 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なります。
 11. 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。
 12. 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.4.0-1 2017.11)

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

お問合せ窓口

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

www.renesas.com/contact/

商標について

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