

# ソフトウェアコアを活用した制御システム構築技術

## 講師用取扱説明書

### 1 対象とする訓練

本教材は、離職者訓練（普通職業訓練の短期課程 6 か月）の電気・電子系パワーエレクトロニクス技術科において用いることを想定して作成されました。対応するシステム・ユニットは以下のとおりです。

システム：制御システム構築技術【Esub346、54 時間】、うち本教材の使用時間 54 時間

ユニット：

ユニット名	ユニット番号	時間数
マイコン周辺回路と FPGA	EU303-X820-3	18 時間
ソフトウェアコアを活用したシステム構築（基本）	EU303-X830-3	18 時間
ソフトウェアコアを活用したシステム構築（応用）	EU303-X840-3	18 時間

本教材を使用する際は、以下の技術を習得していることを前提とします。

- アナログ回路およびデジタル回路の基礎
- Verilog HDL による FPGA 開発の基礎
- マイコン制御の基礎
- 組込み C 言語プログラミング

本教材は FPGA と組込みプログラミングの両方を扱うため、幅広い技術要素が必要となっています。受講者に苦手意識がある場合は、課題を実施する前に適宜復習を行うとよいでしょう。

### 2 訓練内容と期間

本教材の訓練内容の概要を以下に示します。

- 第 1 章：FPGA を用いた SoC 設計の概要
- 第 2 章：SoC 設計ツール「Platform Designer」を用いたマイコンシステム構築技術、組込みソフトウェア開発環境 Eclipse の使用方法、パラレルポートの IP コア PIO を用いた基本入出力制御（LED、スライドスイッチ、ボタンスイッチ、7セグメント LED）
- 第 3 章：ソフトウェア処理（7セグメント LED への数値表示）のハードウェア化、FPGA 内蔵ロジックアナライザを活用したタイミング設計（トグルスイッチ出力のチャタリング除去回路の設計）、階層設計によるウィンカー回路の設計
- 第 4 章：簡易車載システムの構築（マイコンシステムの構築、ヘッドライトの制御、キャラクター LCD の制御、A/D 変換によるセンサからのデータ取り込みおよびメータへの表示、RS-232C シリアル通信によるモータ制御、センサから取得したデータの制御への応用、応用課題）

兵庫職業能力開発促進センターにおいて本教材を用いた訓練を実施した際の実績を基に、訓練内容と要

する期間の目安を示します。

範囲	テキストのページ	日数（時間数）
1章～2.3節	1～48	1日（6時間）
2.4節～2.7節	48～74	2日（12時間）
3.1節	75～108	1日（6時間）
3.2節	109～138	2日（12時間）
4章	139～213	3日（18時間）
		合計：9日（54時間）

課題によっては、3.1節のテストベンチなど、かなり長いソースコードの入力が必要なものもあります。進捗状況によっては、考え方を説明したうえで、そのようなソースコードを指導員から配布するのもよいでしょう。

第4章の簡易車載システム構築課題は、多くの機能を徐々に実装していく形で進める課題のため、C言語プログラムを既存のソースファイルの適切な場所に追加する作業を多く行います。ソースファイルが機能ごとに多く分割されるため、受講者によっては、プログラムをどこに追加すればよいか迷う場合があります。その場合は、個別に追加すべき場所を指示すると、課題を進めやすくなります。

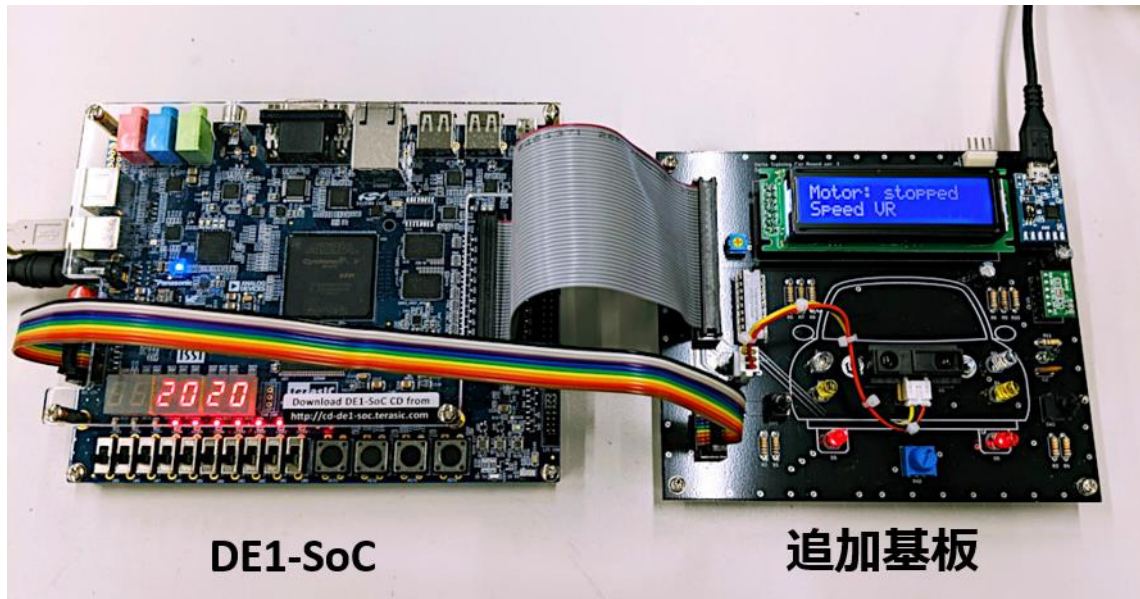
### 3 実習環境

本教材では、以下の実習環境を想定しています。

- 開発用 PC（OS：Windows 10）
- FPGA ボード：DE1-SoC（Terasic 社製 FPGA ボード、Intel 社製 FPGA の Cyclone V を搭載）
- EDA ツール：Intel Quartus Prime Lite 18.1
  - インストール時に、Intel Cyclone V 開発用のライブラリをインストールするように設定してください。

### 4 実習基板

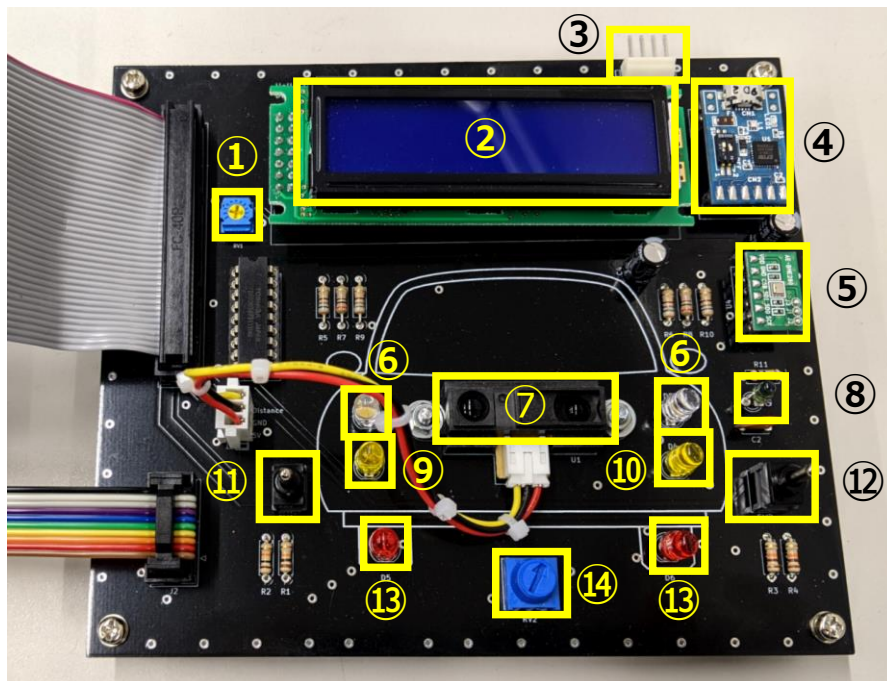
3.2 節および第4章では、本教材独自の実習基板を DE1-SoC に接続して使用する課題があります。この章では、この実習基板について解説します。



#### 4.1 諸元

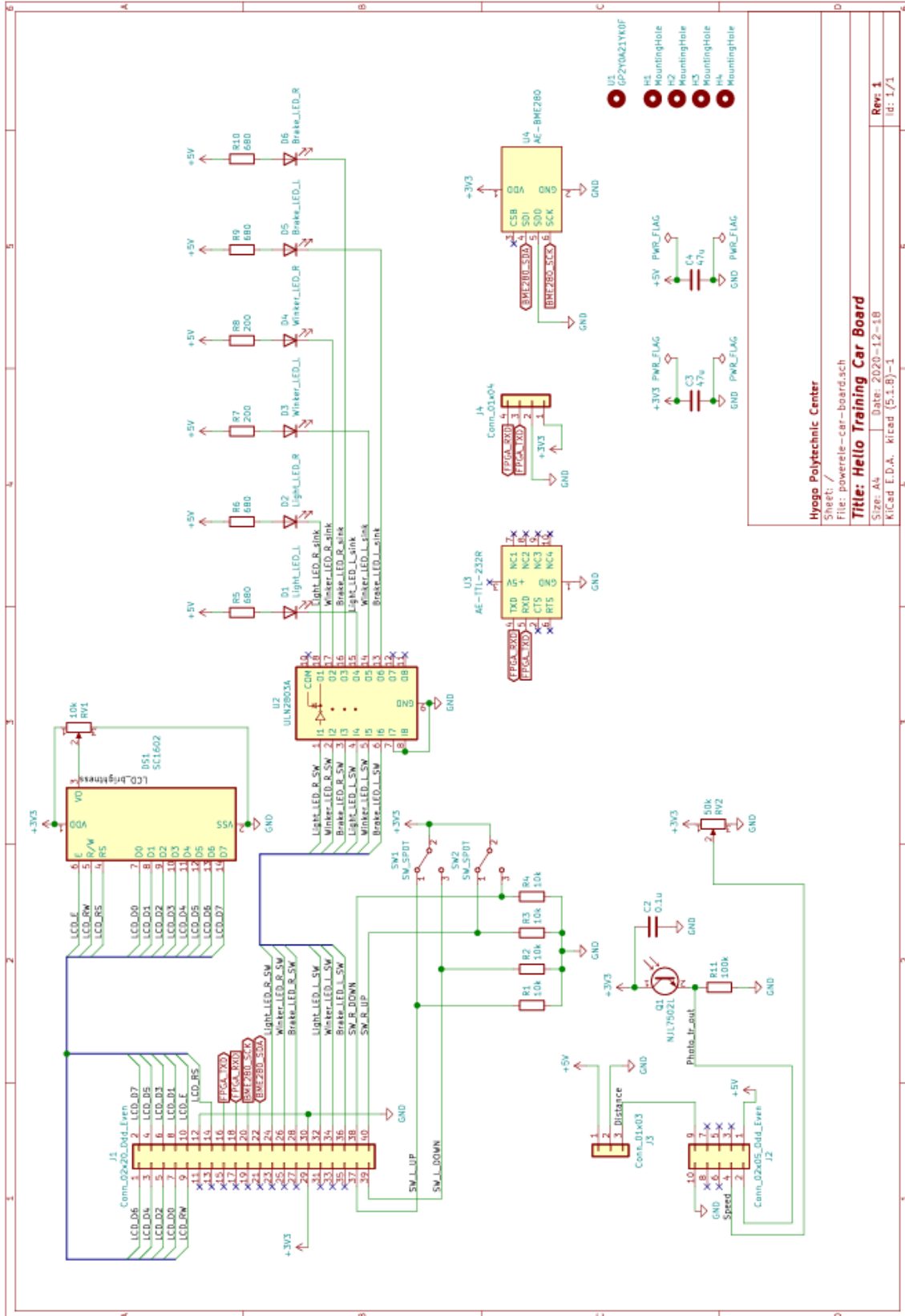
- 幅 160 mm×高さ 125 mm×厚さ 1.6 mm
- 両面基板、銅厚 35  $\mu$  m

## 4.2 実習基板に搭載されている装置



① LCDコントラスト調整用可変抵抗器	② キャラクタLCDモジュール	③ シリアル通信用コネクタ
④ USBシリアル通信モジュール (対PC用)	⑤ 温湿度・気圧センサモジュール	⑥ ヘッドライトLED
⑦ 測距センサ	⑧ 照度センサ (フォトトランジスタ)	⑨ 左ウィンカーLED
⑩ 右ウィンカーLED	⑪ 左トグルスイッチ	⑫ 右トグルスイッチ
⑬ ブレーキLED	⑭ モータ速度調整用可変抵抗器	

### 4.3 回路図



#### 4.4 ガーバーデータ

KiCad 5.1.8 を用いて回路図、基板図、およびガーバーデータを作成しました。基板を製造する際に使用してください。以下の場所に格納されています。

- KiCad データ：制御システム構築\_実習基板設計データ¥powerle-car-board
- ガーバーデータ：制御システム構築\_実習基板設計データ¥ガーバーデータ

#### 4.5 部品表

部品番号	種類	メーカー	型式番号	値、備考
C2	セラミックコンデンサ			0.1 $\mu$ F
C3、C4	アルミ電解コンデンサ			47 $\mu$ F
DS1	キャラクタ LCD モジュール	Sunlike Display Tech. Corp.	SC1602BBWB-XA-LB-G	3.3 V 動作、バックライト付き
D1、D2	LED	OptoSupply	OSM2DK5111A-UV	ヘッドライト LED、電球色、5 mm
D3、D4	LED	Para Light Electronics	L-513YT	ウインカー LED、黄色、5 mm
D5、D6	LED	Para Light Electronics	L-513LRT	ブレーキ LED、赤色、5 mm
J1	ボックスプラグ	Chyao Shiunn Electronic Industrial Ltd	JS-1200-40	直型 40 ピン
J2	ボックスプラグ	Chyao Shiunn Electronic Industrial Ltd	JS-1200-10	直型 10 ピン
J3	コネクタ	日本圧着端子製造	B3P-SHF-1AA	トップ型 3 ピン
J4	コネクタ	日本圧着端子製造	B4P-SHF-1AA	トップ型 4 ピン
Q1	フォトトランジスタ	日清紡マイクロデバイス	NJL7502L	
R1、R2、R3、R4	炭素皮膜抵抗			10 k $\Omega$ 、1/4 W
R5、R6、R9、R10	炭素皮膜抵抗			680 $\Omega$ 、1/4 W
R7、R8	炭素皮膜抵抗			200 $\Omega$ 、1/4 W
R11	炭素皮膜抵抗			100 k $\Omega$ 、1/4 W
RV1	半固定抵抗器	東京コスモス電機	GF063P1 B10k $\Omega$	10 k $\Omega$
RV2	つまみ付き半固定抵抗器	Suntan Technology Co Ltd	TSR-3386T-EY5-503TR	50 k $\Omega$
SW1、SW2	トグルスイッチ	NKK スイッチズ	A-12AP	1 回路 2 接点 (SPDT)

				単極双投
U2	トランジスタア レイ	東芝セミコンダクタ ー	TBD62083APG	シンク型 8 回路入り
U3	USB シリアル変 換モジュール	秋月電子通商	AE-TTL-232R	3.3 V レベルで使用

DE1-SoC との接続には、次のフラットケーブルを使用します。

- J1→DE1-SoC の GPIO0 (JP1) : 2×20 (40P) 両端コネクタ付 IDC リボンケーブル (Herwell Asia Limited 社、DG01032-0025-02)
- J2→DE1-SoC の J15 : 2×5 (10P) 両端コネクタ付 IDC リボンケーブル (Herwell Asia Limited 社、DG01032-0012-01)

## 5 ソースコードおよびシミュレーションデータの内容

ソースコードおよびシミュレーションデータの内容を以下に示します。

### 5.1 ♯Quartus プロジェクト

各実習のハードウェア設計プロジェクト (Quartus Prime 18.1 用) を格納しています。

- pio : 第 2 章「PIO (Parallel I/O) による入出力制御」
- sig\_tap : 3.2 節「ロジックアナライザを活用したチャタリング除去回路の設計」
- blinker\_lr : 3.2.7 項「制御への応用：ウィンカー回路の製作」
- car\_system : 第 4 章「IP コアを活用した制御システム構築」

### 5.2 ♯シミュレーション

Model Sim で実行するテストベンチを格納しています。実習で作成した Verilog HDL コードとともにご利用ください。

- seven\_seg : 3.1 節「ソフトウェアで記述した処理のハードウェア化」
  - seven\_seg\_decoder.v : 7 セグメントデコーダ回路の完成版
  - seven\_seg\_decoder\_test.v : 7 セグメント LED への基本的な数値表示処理のテストベンチ
  - seven\_seg\_decoder\_zero\_suppress\_test.v : ゼロ埋め制御機能のテストベンチ
- sig\_tap : 3.2 節「ロジックアナライザを活用したチャタリング除去回路の設計」
  - toggle\_sw\_test.v : トグルスイッチのチャタリング除去処理のテストベンチ
- blinker\_lr : 3.2.7 項「制御への応用：ウィンカー回路の製作」
  - blinker\_test.v : ウィンカー回路のテストベンチ

### 5.3 ♯C 言語ソースコード

CPU コア Nios II で実行する組込みプログラム (C 言語) のソースコードを格納しています。

- pio : 第 2 章「PIO (Parallel I/O) による入出力制御」
  - 例題
    - led1.c : 例題 2.1 「LED の点滅」

- slide\_sw1.c : 例題 2.2 「スライドスイッチ入力：レジスタの値の読み込み」
- slide\_sw2.c : 例題 2.3 「スライドスイッチ入力：スイッチの状態の判定と分岐」
- button\_sw1.c : 例題 2.4 「ボタンスイッチ入力：LED の点灯位置の制御」
- seven\_seg1.c : 例題 2.5 「7 セグメント LED への数値の表示」
- 課題：課題の模範解答
  - uart2.c : 課題 2.1 「alt 標準入出力関数」
  - led2.c : 課題 2.2 「LED の制御」
  - led3.c : 課題 2.3 「LED の制御」
  - slide\_sw3.c : 課題 2.4 「スライドスイッチ入力：論理の反転」
  - slide\_sw4.c : 課題 2.5 「スライドスイッチ入力：複数のスイッチの状態の判定」
  - button\_sw3.c : 課題 2.6 「レベルメータ」
  - seven\_seg2.c : 課題 2.7 「数値の右詰め表示」
  - seven\_seg3.c : 課題 2.8 「ボタンスイッチが押された回数の表示」
- car\_system : 第 4 章 「IP コアを活用した制御システム構築」  
 簡易車載システムの実装の各段階における、組み込みプログラムの完成版を収録しています。
  - 01\_プログラムの枠組み : 4.3.4 項 「プログラムの枠組み」
  - 02\_ヘッドライト : 4.3.5 項 「ヘッドライトの制御」
  - 03\_キャラクタ LCD : 4.3.6 項 「キャラクタ LCD の制御」
  - 04\_AD 変換 : 4.3.7 項 「センサと A/D 変換」
  - 05\_シリアル通信 : 4.3.8 項 「シリアル通信とモータ制御」
  - 06\_ヘッドライトの自動点灯 : 4.3.9 項 「各種センサの制御への応用：ヘッドライトの自動点灯（オートライト）」
  - 07\_自動ブレーキ : 4.3.9 項 「各種センサの制御への応用：自動ブレーキ」