

RA2L2 group

RA2L2 MCU USB Type-C リファレンスデザイン

要旨

本アプリケーションノートでは、RA2L2 MCU USB Type-C リファレンスデザインの全体概要、本リファレンスデザインにおける USB Type-C CC 検出に関するハードウェア及びソフトウェア仕様、小型バッテリーアプリケーションを想定したデモンストレーション動作仕様を中心にご説明します。

動作確認デバイス及びハードウェア

- ボード : RA2L2 USB-C Demonstration Board
- 製品 :
 - MCU : [Renesas RA2L2 \(R7FA2L2093CFM\)](#)
 - 充電 IC : [Renesas DA9168](#)
 - 温湿度センサ : [Renesas HS4001](#) (注)
 - モーションセンサ : [TDK ICM-42688-P](#)

使用ソフトウェア

- 統合開発環境 : e² studio 2025-04.1
- C コンパイラ : GCC Arm Embedded 13.2.1.arm-13-7
- FSP (Flexible Software Package) : v6.0.0

関連ドキュメント

- RA2L2 MCU USB Type-C リファレンスデザイン ユーザーズマニュアル : R12UZ0203
- RA2L2 グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編 : R01UH1080
- FSP ユーザーズマニュアル v6.0.0 : R11UM0155EU0500
- QE for USB 使用ガイド : R20AN0143

関連リンク

- [RA2L2 MCU USB Type-C リファレンスデザイン Web ページ](#)
- [RA2L2 製品 Web ページ](#)
- [USB アプリケーション例 USB データロガー](#)
- [QE for USB 紹介 Web ページ](#)

注 HS4001 は廃止品となりました。代替製品は、MEMS Vision#MVH4001D となる予定です。

[PLC# : 250010 End-of-Life \(EOL\) process on select part numbers](#)

目次

1.	RA2L2 MCU USB Type-C リファレンスデザインの概要	5
1.1	RA2L2 MCU USB Type-C リファレンスデザインとは	5
1.2	RA2L2 MCU USB Type-C リファレンスデザインの特長	5
1.3	RA2L2 MCU USB Type-C リファレンスデザインの構成	5
1.4	デモボードの外観と各部説明	6
1.5	ハードウェア仕様概要	7
1.6	バッテリー仕様概要	8
1.7	RA2L2 仕様概要	9
1.8	システムブロック図	10
1.9	MCU 端子割り当て/端子設定一覧	11
2.	リファレンスデザインにおける USB Type-C 検出動作仕様	13
2.1	USB Type-C CC 検出規格仕様	13
2.2	RA2L2 を用いた USB Type-C CC 検出仕様	13
2.3	リファレンスデザインにおける USB Type-C ハードウェア仕様	16
2.4	リファレンスデザインにおける USB Type-C 及び USBFS ソフトウェア動作仕様	17
2.4.1	処理構成	17
2.4.2	接続状態管理	18
2.4.3	USB Type-C CC 検出動作	19
2.5	リファレンスデザインにおける充電回路	20
2.6	システム電源 3.3V	21
2.7	リファレンスデザインにおけるバッテリー充電制御及び残量計算	22
2.7.1	処理構成	22
2.7.2	充電制御	23
2.7.3	バッテリー残量計算	26
3.	ソフトウェア動作仕様（デモ動作仕様）	27
3.1	メイン処理フローチャート	27
3.2	デモ動作概要と状態遷移	28
3.3	ソフトウェア構成	29
3.4	フォルダ構成	30
3.5	システム管理	32
3.5.1	処理構成	32
3.5.2	状態遷移	33
3.5.3	低消費電力動作	34
3.6	キー入力	36
3.6.1	処理構成	36
3.6.2	キー入力割込み	36
3.7	ジョイスティック入力	37
3.7.1	処理構成	38
3.7.2	マウスデモ動作	38
3.7.3	日時設定操作	38
3.8	ステータス LED	39
3.8.1	処理構成	39
3.9	日時管理	40

3.9.1	処理構成	40
3.9.2	日時設定	41
3.10	LCD 表示	42
3.10.1	処理構成	42
3.10.2	状態遷移	43
3.10.3	LCD 表示構成の概要	44
3.10.4	LCD 描画エリアとアイコン表示場所	45
3.10.5	LCD 描画フロー	51
3.10.6	LCD 表示データ作成方法	52
3.10.7	表示アイコン	53
3.10.8	表示文字列	54
3.11	温湿度センサ管理	55
3.11.1	処理構成	55
3.12	モーションセンサ管理	56
3.12.1	処理構成	57
3.12.2	状態遷移	58
3.12.3	加速度及び角速度計測	58
3.12.4	モーション情報検出	59
3.12.5	レジスタ設定	60
3.13	データ管理	62
3.13.1	処理構成	62
3.13.2	保存データレコードフォーマット	63
3.13.3	データフラッシュメモリ構成	63
3.13.4	レコード管理	64
3.13.5	読み出し管理	65
3.14	PC アプリとの通信	66
3.14.1	処理構成	66
3.14.2	CDC 通信	67
3.14.3	HID レポート送信	69
3.15	VBUS モニタ	71
3.15.1	処理構成	71
3.15.2	VBUS モニタ動作	72
3.15.3	VBUS 電圧、電流計算	72
3.16	USB ベンダーID 及びプロダクト ID の設定	73
3.17	ROM、RAM 使用量	73
4.	サンプルコード立ち上げ手順	74
4.1	e ² studio と FSP 最新版のダウンロード及びインストール	74
4.2	サンプルコードのダウンロード	74
4.3	e ² studio の起動～サンプルコードのプロジェクトファイルをインポート	75
4.4	ビルド実行	75
5.	ハードウェア仕様	77
5.1	MCU 消費電流測定回路	77
5.2	サブクロック回路とバッテリー電圧測定	77
5.3	スイッチ	78
5.4	ジョイスティック	78

5.5	ステータス LED.....	79
5.6	カラーLCD.....	79
5.7	温湿度センサ.....	80
5.8	モーションセンサ.....	80
5.9	Pmod インタフェース.....	81
5.10	デバッグインタフェース.....	82
5.11	拡張インタフェース.....	83
5.12	ボード回路図.....	84
6.	参考：システム全体の低消費電力化情報.....	85
	改訂記録.....	86

1. RA2L2 MCU USB Type-C リファレンスデザインの概要

1.1 RA2L2 MCU USB Type-C リファレンスデザインとは

RA2L2 MCU USB Type-C リファレンスデザインは、USB データロガーや True Wireless Stereo 充電ケース、PC 周辺機器等の USB Type-C 搭載小型バッテリーアプリケーションを想定したソリューションです。本リファレンスデザインでは、USB Type-C CC 検出機能を内蔵した RA2L2 32 ビット MCU を使用しており、実アプリケーションを想定した形で USB Type-C の各検出動作を実現しています。

また、各デモンストレーション動作により、RA2L2 の主な特長である USB2.0 フルスピード (FS)、豊富なシリアル通信制御、低消費電力動作を、USB Type-C CC 検出動作と合わせて簡単に試すことができます。

1.2 RA2L2 MCU USB Type-C リファレンスデザインの特長

- 業界初の USB Type-C 規格 Release 2.4 および USB2.0 フルスピード (FS)に対応した 32bit MCU RA2L2 を使用
- USB Type-C 搭載小型バッテリーアプリケーションを想定したシステム構成
 - USB データロガーや True Wireless Stereo 充電ケース、PC 周辺機器等に最適
 - バッテリー駆動、充電 IC/センサデバイス/LCD を搭載した小型シングルボードデザイン
- RA2L2 内蔵 USB Type-C IF を使用した USB Type-C CC 検出動作
- RA2L2 の主な特長を活かした 3 種類のユースケースデモをサポート
 - 3 種類のユースケースデモ: スタンドアローン (バッテリー動作)、充電器と接続、PC と接続
 - USB Type-C CC 検出, USB 2.0 フルスピード (FS), 豊富なコネクティビティ, 低消費電力
- PCB 設計ファイルやサンプルコードを含むさまざまな技術情報を提供

1.3 RA2L2 MCU USB Type-C リファレンスデザインの構成

本リファレンスデザインは下記提供物で構成されています。詳細は表 1-1 を参照ください。

表 1-1 リファレンスデザインの構成

No.	項目	内容
1	RA2L2 USB-C Demonstration Board (以降デモボードと称します)	RA2L2 を搭載したシングルデモボードです。本ボードは非売品ですので、ご希望の方は弊社営業、またはお問い合わせ窓口までご連絡ください。 お問い合わせ Renesas ルネサス
2	PCB デザインファイル	回路図、BOM リスト、ガーバーデータ、アートワークファイルを含むデモボードの PCB デザインデータです。 リファレンスデザインの Web ページ から入手可能です。
3	サンプルコード	本リファレンスデザインのサンプルコードです。 リファレンスデザインの Web ページ から入手可能です。
4	アプリケーションノート	RA2L2 MCU USB Type-C リファレンスデザイン (本書)

1.4 デモボードの外観と各部説明

デモボードの外観と各部説明を図 1-1 に示します。

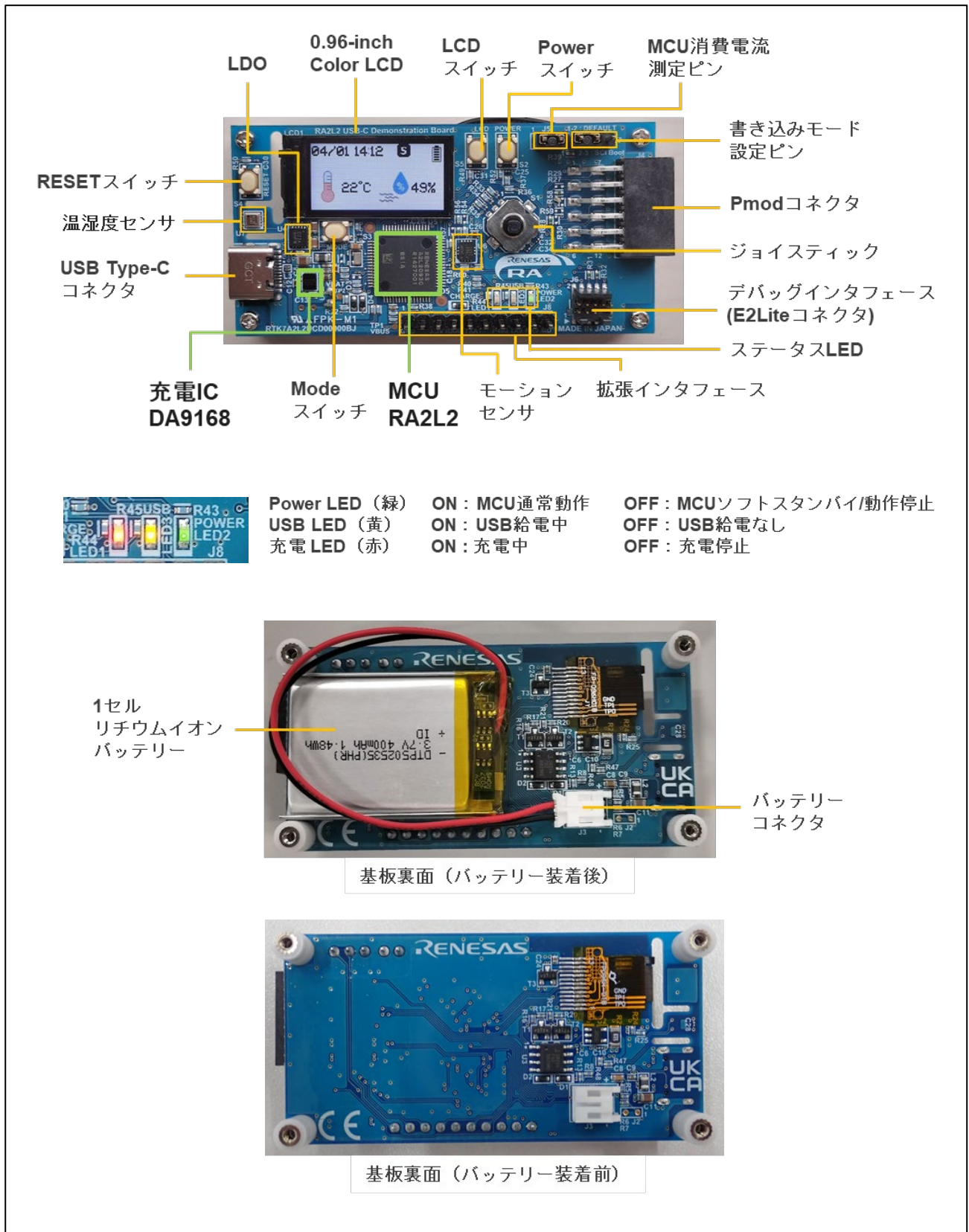


図 1-1 デモボードの外観

1.5 ハードウェア仕様概要

本デモボードのハードウェア仕様概要を表 1-2 に示します。

表 1-2 ハードウェア仕様概要

項目	仕様
ボード型名	RTK7A2L2UCD00000BJ
MCU	RA2L2:R7FA2L2093CFM (コードフラッシュメモリ:128KB, RAM:16KB, データフラッシュメモリ:4KB, PKG:64pinQFP)
クロック	高速オンチップオシレータ (48MHz 動作): システムクロック、各周辺モジュールクロック 32.768kHz 水晶発振子: RTC クロック
センサ	温湿度センサ (Renesas: HS4001) ×1 (注) モーションセンサ (TDK: ICM-42688-P) ×1
スイッチ	ジョイスティック (4 方向+センター入力) ×1 Power スイッチ, Mode スイッチ, LCD スイッチ, Reset スイッチ
ステータス LED	Power LED, 充電 LED, USB LED
ディスプレイ	0.96-inch color LCD
インタフェース	USB Type-C™ ×1 Pmod™ インタフェース ×1 デバッグインタフェース (E2Lite コネクタ) ×1 拡張インタフェース ×1
充電 IC	DA9168 (1 セルバッテリー充電 IC)
電源	1 セルリチウムイオンバッテリー (Data Power Technology Ltd.: DTP502535 400mAh) USB バスパワー
外形サイズ	35 x 70mm

注: HS4001 は廃止品となりました。代替製品は、MEMS Vision#MVH4001D となる予定です。

1.6 バッテリー仕様概要

本デモボードでは、Data Power Technology 社の 1 セルリチウムイオンバッテリー（型名：DTP502535）を使用しています。バッテリーの仕様概要を表 1-3 に、バッテリーの外形図を図 1-2 に示します。

表 1-3 バッテリー仕様概要

項目	仕様
Battery Type	Polymer Li-ion Recharged Battery
Rated Capacity	400mAh
Normal Voltage	3.70V
Charge Limited Voltage	4.20V
Discharge Cut-off Voltage	2.80V
Maximum Continuous Charge Current	1C (400mA)
Maximum Continuous Discharge Current	1C (400mA)
Operating Temperature Range	Charge: 0~45°C Discharge: -20~60°C
Storage Temperature Range	-20~60°C
Operating and Storage Humidity Range	65 ± 20%RH

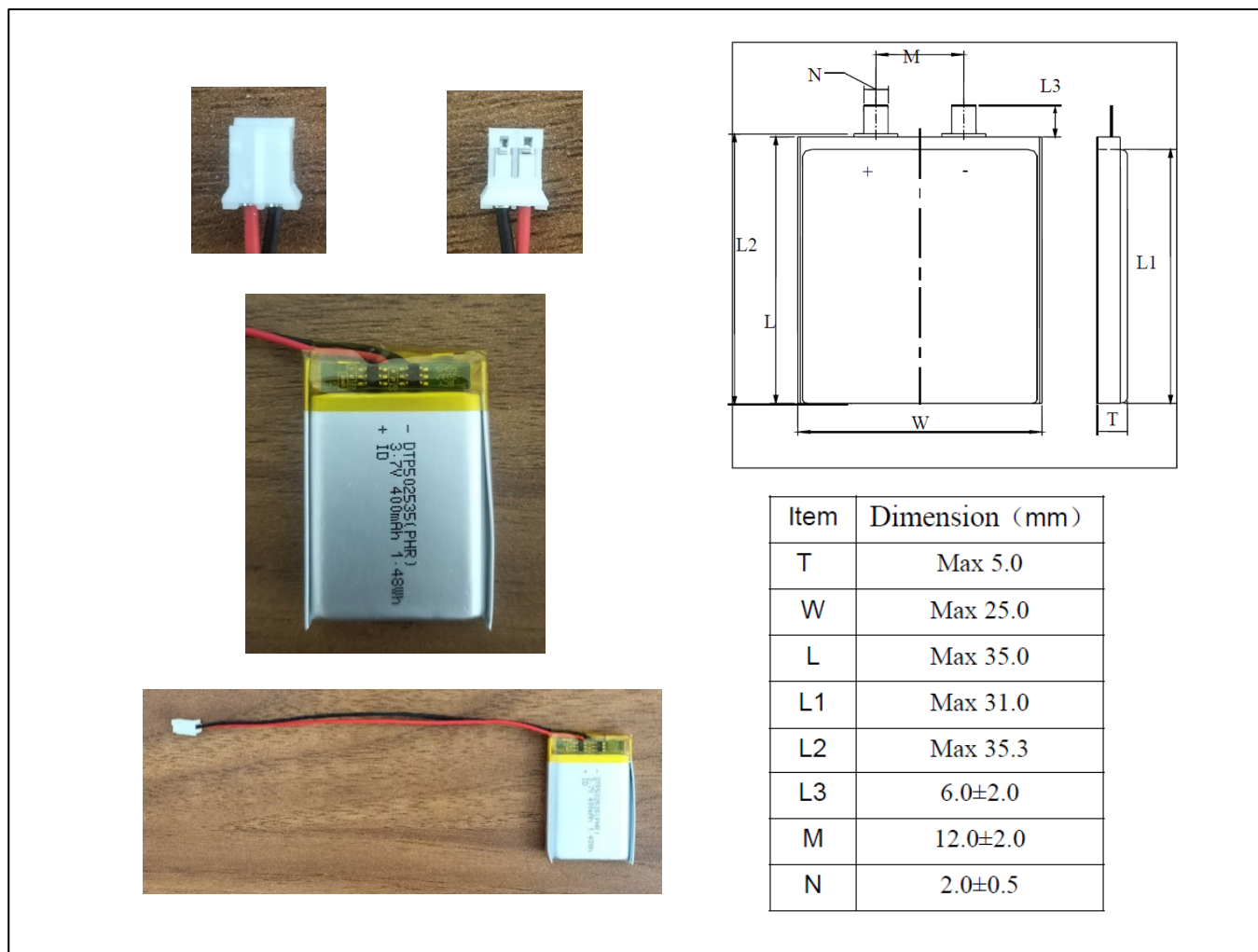


図 1-2 バッテリー外形図

1.7 RA2L2 仕様概要

本デモボードで使用している MCU (RA2L2) の仕様概要を表 1-4 に示します。なお、本デモボードで使用している型名は R7FA2L209xCFM の R7FA2L2093CFM (動作温度: -40°C~+105°C品) になります。

表 1-4 RA2L2 仕様概要

型名	R7FA2L209xCFM	R7FA2L207xCFM	R7FA2L209xCFL R7FA2L209xCNE	R7FA2L207xCFL R7FA2L207xCNE	R7FA2L209xCFJ R7FA2L209xCNH	R7FA2L207xCFJ R7FA2L207xCNH	
端子総数	64		48		32		
パッケージ	LQFP		LQFP/HWQFN		LQFP/HWQFN		
コードフラッシュメモリ	128 KB	64 KB	128 KB	64 KB	128 KB	64 KB	
データフラッシュメモリ	4 KB		4 KB		4 KB		
SRAM (パリティ)	16 KB		16 KB		16 KB		
システム	CPU クロック	48 MHz		48 MHz		48 MHz	
	サブクロック発振器	あり		あり		あり	
	ICU	あり		あり		あり	
	KINT	8		5		4	
イベントコントロール	ELC	あり		あり		あり	
DMA	DTC	あり		あり		あり	
タイマ	GPT32	1 (PWM 出力: 2)		1 (PWM 出力: 2)		1 (PWM 出力: 2)	
	GPT16	6 (PWM 出力: 12)		6 (PWM 出力: 12)		6 (PWM 出力: 7)	
	AGTW	2		2		2	
	RTC	あり		あり		あり	
	WDT/IWDT	あり		あり		あり	
通信	SCI	4		4		3	
	I3C	1		1		1	
	SPI	1		1		1	
	CAN	1		1		1	
	SSIE	1		1		1	
	UARTA	2		2		2	
	USBFS	1		1		1	
	USBCC	1		1		1	
アナログ	ADC12	17		13		10	
	TSN	あり		あり		あり	
データ処理	CRC	あり		あり		あり	
	DOC	あり		あり		あり	
セキュリティ	TRNG		TRNG		TRNG		
I/O ポート	入出力端子	51		35		21	
	入力端子	3		3		3	
	プルアップ抵抗	51		35		21	
	N チャンネルオープン ドレイン出力	38		24		13	
	5V トレランス	7		7		5	

1.9 MCU 端子割り当て/端子設定一覧

本リファレンスデザインにおける MCU の端子割り当て及び端子設定一覧を表 1-5 に示します。

表 1-5 MCU 端子割り当て及び端子設定

ピン番号	端子名	信号	端子設定モード	内蔵プルアップ プルダウン設定	アクティブ	機能
1	P400	GPIO	Output mode (Initial High)	None	Low	CC1 用外部 Rd 制御 (OD 出力)
2	P401	GPIO	Output mode (Initial High)	None	Low	CC2 用外部 Rd 制御 (OD 出力)
3	P402	GPIO	Input mode	None	Low	LCD 表示切換ボタン
4	P403	GPIO	Input mode	Input pull-up	-	空き (拡張インタフェースに 接続)
5	VCL	-	-	-	-	コンデンサ 4.7uF
6	P215	XCIN	Peripheral mode	-	-	サブクロック
7	P214	XCOU	Peripheral mode	-	-	サブクロック
8	VSS	-	-	-	-	VSS
9	P213	SDA1_A	Peripheral mode	None	-	充電 IC - SDA
10	P212	SCL1_A	Peripheral mode	None	-	充電 IC - SCL
11	VCC	-	-	-	-	VCC
12	P411	GPIO	Output mode (Initial High)	None	Low	充電 IC - CHG_EN
13	P410	IRQ5	IRQ mode	None	Low	充電 IC - INT
14	P409	GPIO	Output mode (Initial High)	None	High	充電 IC - EN (予備)
15	P408	IRQ7	IRQ mode	None	Low	モーションセンサ INT2 (or INT1)
16	USB_DM	USB_DM	-	-	-	USB 通信
17	USB_DP	USB_DP	-	-	-	USB 通信
18	P913	USB_CC1	Analog mode	None	-	USB Type-C CC 検出 (CC1)
19	P912	USB_CC2	Analog mode	None	-	USB Type-C CC 検出 (CC2)
20	P407	USB_VBUS	Peripheral mode	None	-	VBUS 検出
21	P207	GPIO	Input mode	Input pull-up	-	Pmod (#1) - CS/CTS/-
22	P206	MISO0_D RXD0_D SCL0_D	Input mode	Input pull-up	-	Pmod (#3) - MISO/RXD/SCL
23	P205	MOSI0_D TXD0_D SDA0_D	Input mode	Input pull-up	-	Pmod (#2) - MOSI/TXD/- Pmod (#4) - SDA
24	P204	SCK0_D	Input mode	Input pull-up	-	Pmod (#4) - SCK/RTS
25	RES	-	-	-	-	デバッグ (#10) - SWD/JTAG Reset スイッチ 充電 IC-RIN_N
26	P201	MD	Peripheral mode	None	-	デバッグ (#4) - SWD/JTAG (拡張インタフェースに接続 [SCI boot 用])
27	P200	GPIO	Input mode	None	-	-
28	P304	GPIO	Output mode (Initial Low)	None	High	USB LED
29	P303	GPIO	Output mode (Initial Low)	None	High	充電 LED
30	P302	SDA2_A	Peripheral mode	None	-	温湿度センサ - SDA
31	P301	SCL2_A	Peripheral mode	None	-	温湿度センサ - SCL
32	P300	SWCLK	Peripheral mode	None	-	デバッグ (#4) - SWD/JTAG
33	P108	SWDIO	Peripheral mode	None	-	デバッグ (#2) - SWD/JTAG
34	P109	SCL0_B	Peripheral mode	None	-	モーションセンサ - SCL (拡張インタフェースに接続 [SCI boot 用/TXD9_B])
35	P110	SDA0_B	Peripheral mode	Input pull-up	-	モーションセンサ - SDA (拡張インタフェースに接続 [SCI boot 用/RXD9_B])

ピン番号	端子名	信号	端子設定モード	内蔵プルアップ プルダウン設定	アクティブ	機能
36	P111	IRQ4	IRQ mode	None	Low	モーションセンサ INT1(or INT2)
37	P112	GPIO	Input mode	Input pull-up	-	Pmod (#10) - GPIO
38	P113	GPIO	Input mode	Input pull-up	-	Pmod (#9) - GPIO
39	VCC	-	-	-	-	VCC
40	VSS	-	-	-	-	VSS
41	P107	GPIO	Input mode	Input pull-up	-	Pmod (#8) - GPIO
42	P106	GPIO	Input mode	Input pull-up	-	Pmod (#7) - GPIO
43	P105	GPIO	Output mode (Initial High)	None	Low	カラーLCD - RESET
44	P104	GPIO	Output mode (Initial High)	None	-	カラーLCD - D/C
45	P103	SSLA0_A	Peripheral mode	None	-	カラーLCD - CS
46	P102	RSPCKA_A	Peripheral mode	None	-	カラーLCD - SCL (CLOCK)
47	P101	MOSIA_A	Peripheral mode	None	-	カラーLCD - SDA (DI)
48	P100	MISOA_A	Peripheral mode	None	-	カラーLCD - SDA (DO)
49	P500	GPIO	Output mode (Initial Low)	None	High	Power LED カラーLCD - バックライト
50	P501	GPIO	Output mode (Initial Low)	None	-	モーションセンサ - AD0
51	P502	GPIO	Input mode	None	Low	ジョイスティック - Center
52	P015	RXDA1_A	Input mode	Input pull-up	-	拡張インタフェース
53	P014	TXDA1_A	Input mode	Input pull-up	-	拡張インタフェース
54	P013	GPIO	Input mode	None	Low	ジョイスティック - A
55	P012	GPIO	Input mode	None	Low	ジョイスティック - B
56	AVCC0	-	-	-	-	VCC
57	AVSS0	-	-	-	-	VSS
58	P011	GPIO	Input mode	None	Low	ジョイスティック - C
59	P010	GPIO	Input mode	None	Low	ジョイスティック - D
60	P004	GPIO	Input mode	None	Low	Mode スイッチ
61	P003	AN003	Analog mode	None	-	バッテリー電圧
62	P002	AN002	Analog mode	None	-	VBUS モニタ - ISENSE
63	P001	AN001	Analog mode	None	-	VBUS モニタ - VSENSE
64	P000	IRQ6	IRQ mode	None	Low	Power スイッチ

2. リファレンスデザインにおける USB Type-C 検出動作仕様

本リファレンスデザインでは、RA2L2 内蔵 USB Type-C IF を使用して、USB Type-C 搭載小型バッテリーアプリケーションを想定したハードウェア（デモボード）及びソフトウェア（MCU サンプルコード）を構築しています。本章では、RA2L2 内蔵 USB Type-C IF 仕様や、リファレンスデザインで実現している USB Type-C に関するハードウェア及びソフトウェア動作仕様、さらに USB Type-C ソース機器と接続した時の充電制御を説明します。

2.1 USB Type-C CC 検出規格仕様

USB Type-C ケーブルで機器同士が接続されると、ソース側の Rp 抵抗とシンク側の Rd 抵抗にソース側から電圧をかけ、Rd 抵抗に掛かる電圧を判定して USB Default/1.5A Source/3.0A Source を検出します。

表 2-1 Sink CC pin Voltages Threshold (V)の差異

Source Current Detection	Power Supply	USB Type-C Cable and Connector Specifications — Threshold Voltage (V) on Sink CC Pins		RA2L2 CC Detection Circuit — Voltage Detection Threshold (V)
		Old Standard Release 2.3	New Standard Release 2.4	
Default USB	0.5 A @5 V	0.25	0.277	0.15
1.5-A source	1.5 A @5 V	0.66	0.613	0.613
3.0-A source	3.0 A @5 V	1.23	1.165	1.165

例えば 3.0A Source をシンク側で検出した場合、15W (5V/3A) のソース機器（充電器や PC の Type-C ポート）に接続されたこととなります。その後のシステム動作例としては、シンク側機器の充電 IC や電源 IC へ、MCU 等からシリアル通信経由で充電電流や受電電流を大きくする設定変更を行い、急速充電や 15W の USB バスパワー動作を行うことができます。

2.2 RA2L2 を用いた USB Type-C CC 検出仕様

RA2L2 の USB Type-C IF は、USB Type-C standard Release 2.4 に準拠した検出専用のハードウェア回路を搭載しており、以下の機能をサポートします。

- ・ USB Type-C standard Rev. 2.4 仕様に準拠する USB ポートの接続または切断の検出
- ・ CC1, CC2 にそれぞれ Rd 抵抗を内蔵しており、Rd 抵抗に掛かる電圧を判定することで、ソース供給電流能力 (USB Default/1.5A Source/3.0A Source) を検出

図 2-1 に RA2L2 の USB Type-C 接続イメージを示します。

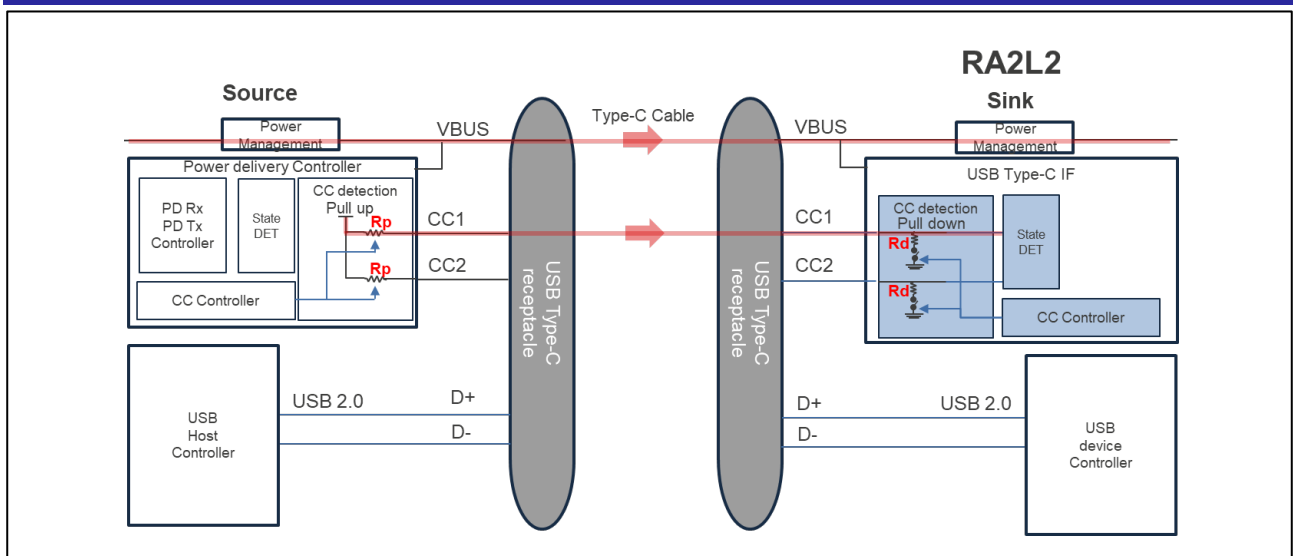


図 2-1 RA2L2 の USB Type-C 接続イメージ

また、図 2-2 に RA2L2 USB Type-C IF のブロック図を示します。

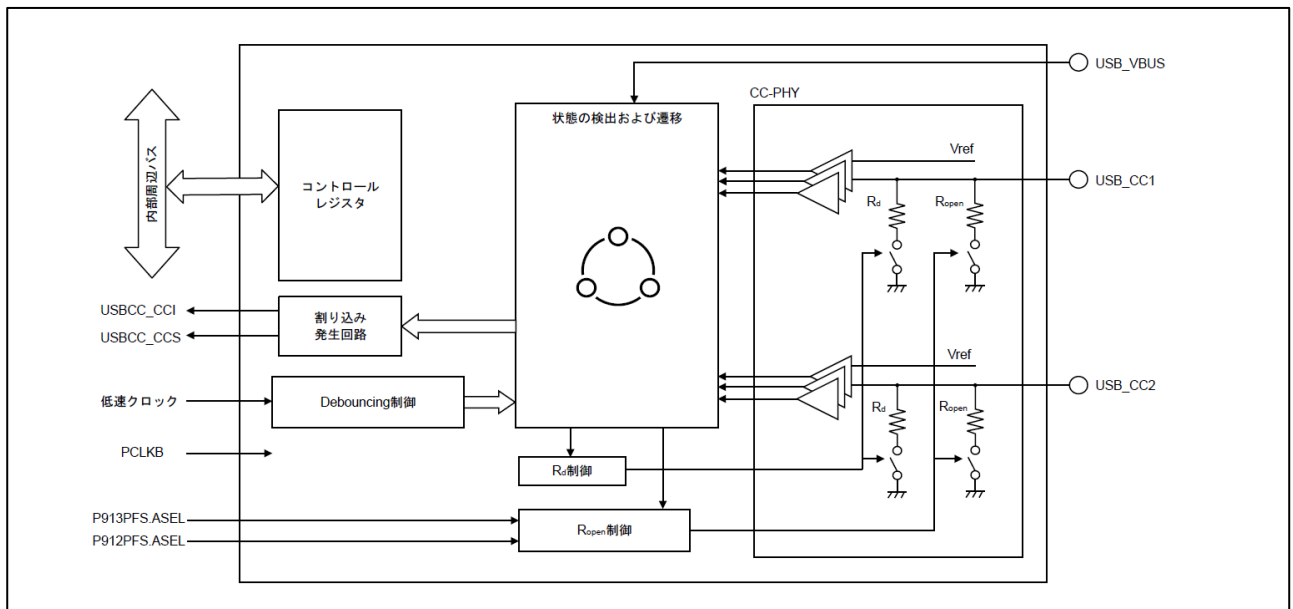


図 2-2 RA2L2 USB Type-C IF のブロック図

RA2L2 USB Type-C IF には、TCS レジスタ (Type-C CC 接続状態およびステータスレジスタ) が存在し、この TCS レジスタの各ビットの状態を読み出すことで、USB Type-C の各検出結果を知ることができます。TCS レジスタ仕様を表 2-2 に示します。詳細は RA2L2 グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH1080) の「26.2.5 TCS: Type-CC 接続状態およびステータスレジスタ」をご参照ください。

表 2-2 TCS レジスタ仕様

ビット	シンボル	機能	R/W
0	SRCD	ソース接続の検出 0: ソースが未接続 (接続ステータスは Attached.SNK ではない) 1: ソースが接続済み (接続ステータスは Attached.SNK)	R
1	VRD15D	Power1.5 ソース接続の検出 0: Power1.5 ソースは未接続 1: Power1.5 ソースは接続済み	R
2	VRD30D	Power3.0 ソース接続の検出 0: Power3.0 ソースは未接続 1: Power3.0 ソースは接続済み	R
3	PLUG	プラグの接続の向き 0: CC1 は接続済み 1: CC2 は接続済み	R(注1)
7:4	CNS[3:0]	接続状態のステータス 0000: 無効 0001: Unattached.SNK 0010: AttachWait.SNK 0100: Attached.SNK (PowerDefault.SNK) 0101: Attached.SNK (Power1.5.SNK) 0110: Attached.SNK (Power3.0.SNK) その他: 不定	R
9:8	CC1S[1:0]	CC1 のステータス 00: オープン (最大の vRa 未満) 01: デフォルトの USB (最小の vRd-Connect を超える) 10: Power1.5 (最小の vRd-Connect を超えて vRd-1.5 の範囲内の電圧) 11: Power3.0 (最小の vRd-Connect を超えて vRd-3.0 の範囲内の電圧)	R
11:10	CC2S[1:0]	CC2 のステータス 00: オープン (最大の vRa 未満) 01: デフォルトの USB (最小の vRd-Connect を超える) 10: Power1.5 (最小の vRd-Connect を超えて vRd-1.5 の範囲内の電圧) 11: Power3.0 (最小の vRd-Connect を超えて vRd-3.0 の範囲内の電圧)	R
12	VBUSS	VBUS のステータス 0: VBUS をオフ 1: VBUS をオン	R
30:13	—	読むと 0 が読めます。	R

注 1. 接続状態がシンクオンリモード (MEC.MODE = 0) で Attached.SNK の場合のみ有効

2.3 リファレンスデザインにおける USB Type-C ハードウェア仕様

本リファレンスデザインにおける USB Type-C 含む USB ブロックの回路構成図を図 2-3 に示します。

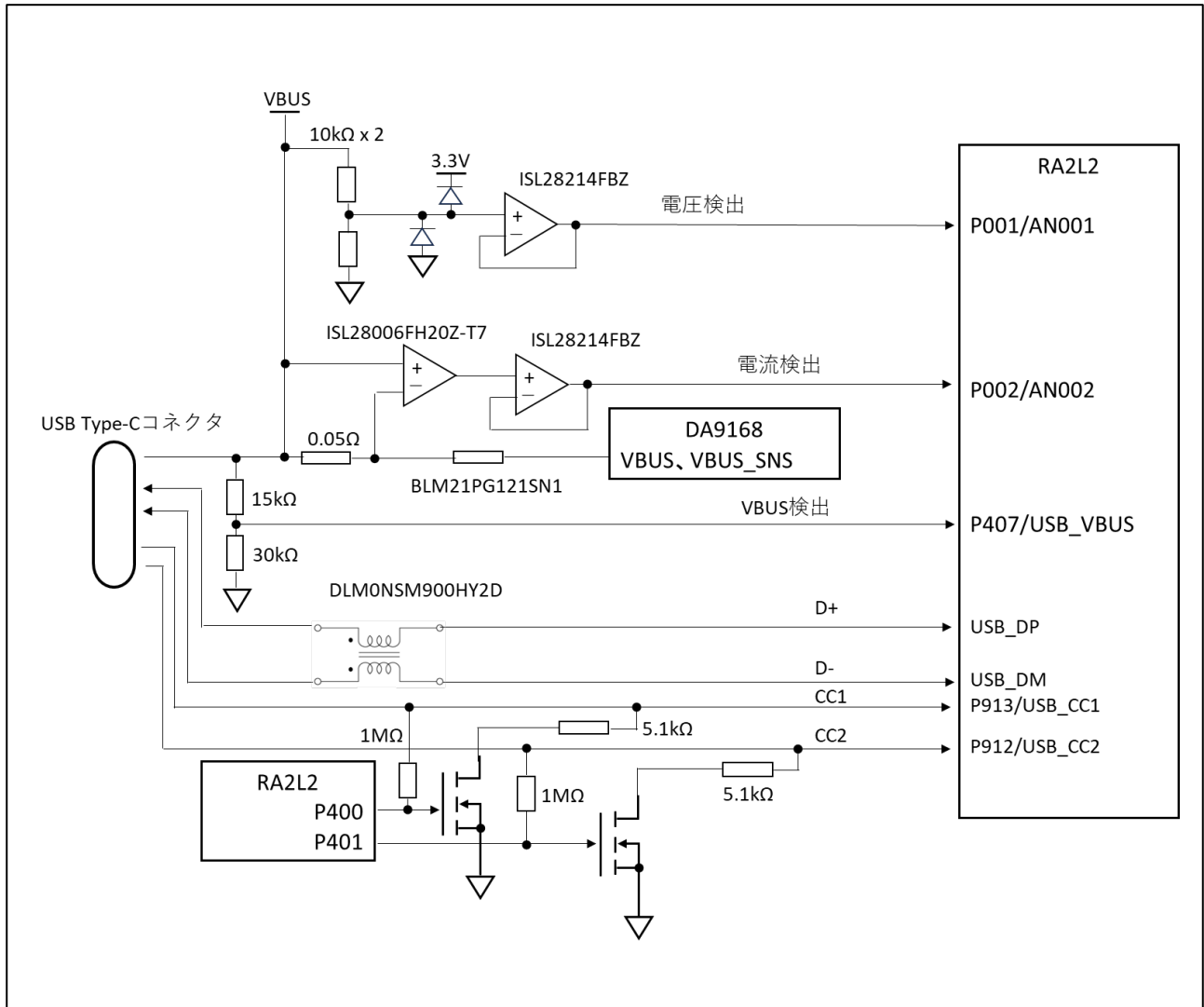


図 2-3 USB ブロックの回路構成図

2.4 リファレンスデザインにおける USB Type-C 及び USBFS ソフトウェア動作仕様

本リファレンスデザインにおける USB Type-C 及び USBFS ソフトウェア動作仕様を説明します。

2.4.1 処理構成

USB Type-C 及び USBFS 接続管理の処理構成を図 2-4 に示します。

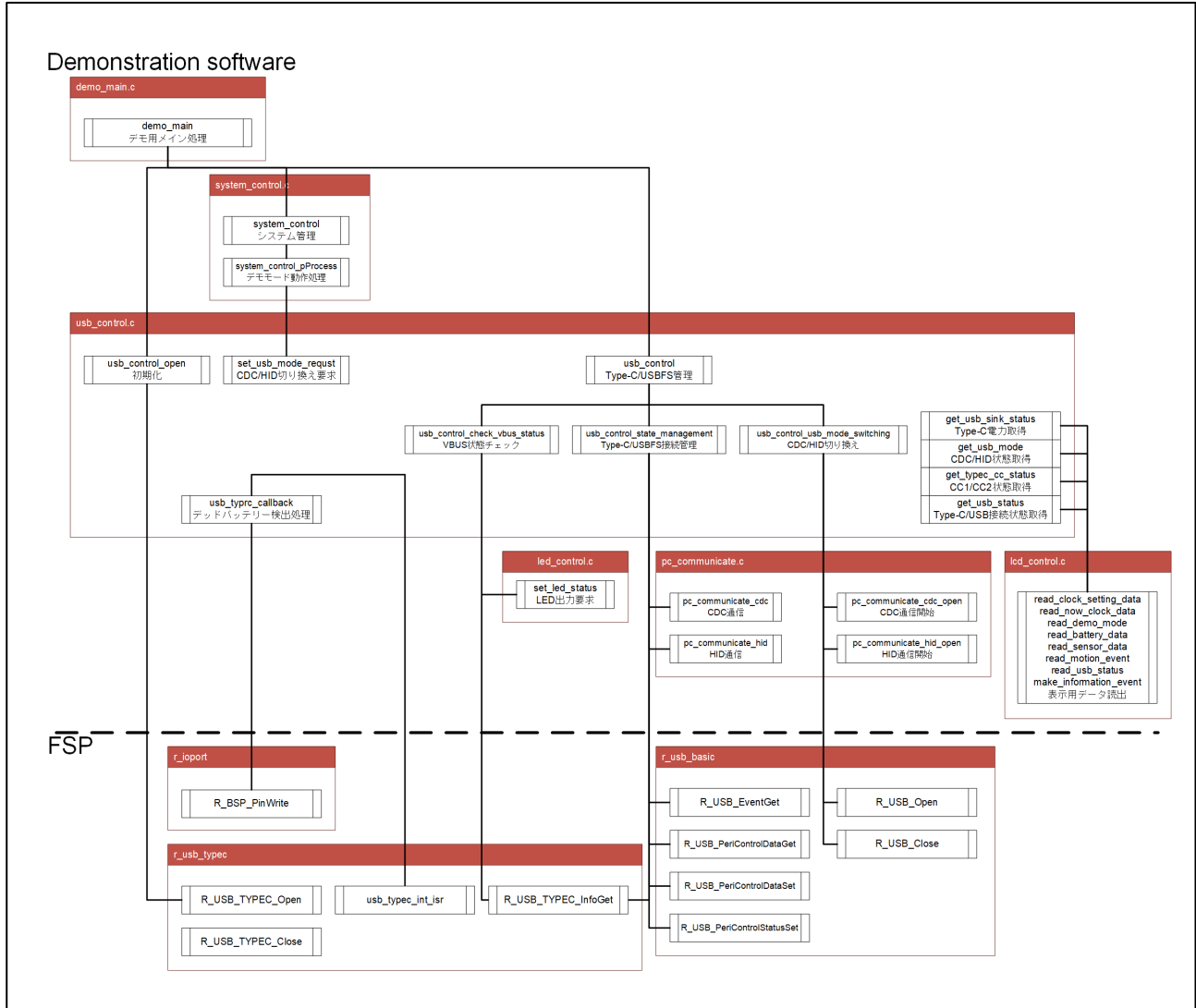


図 2-4 USB Type-C 及び USBFS 接続管理の処理構成

2.4.2 接続状態管理

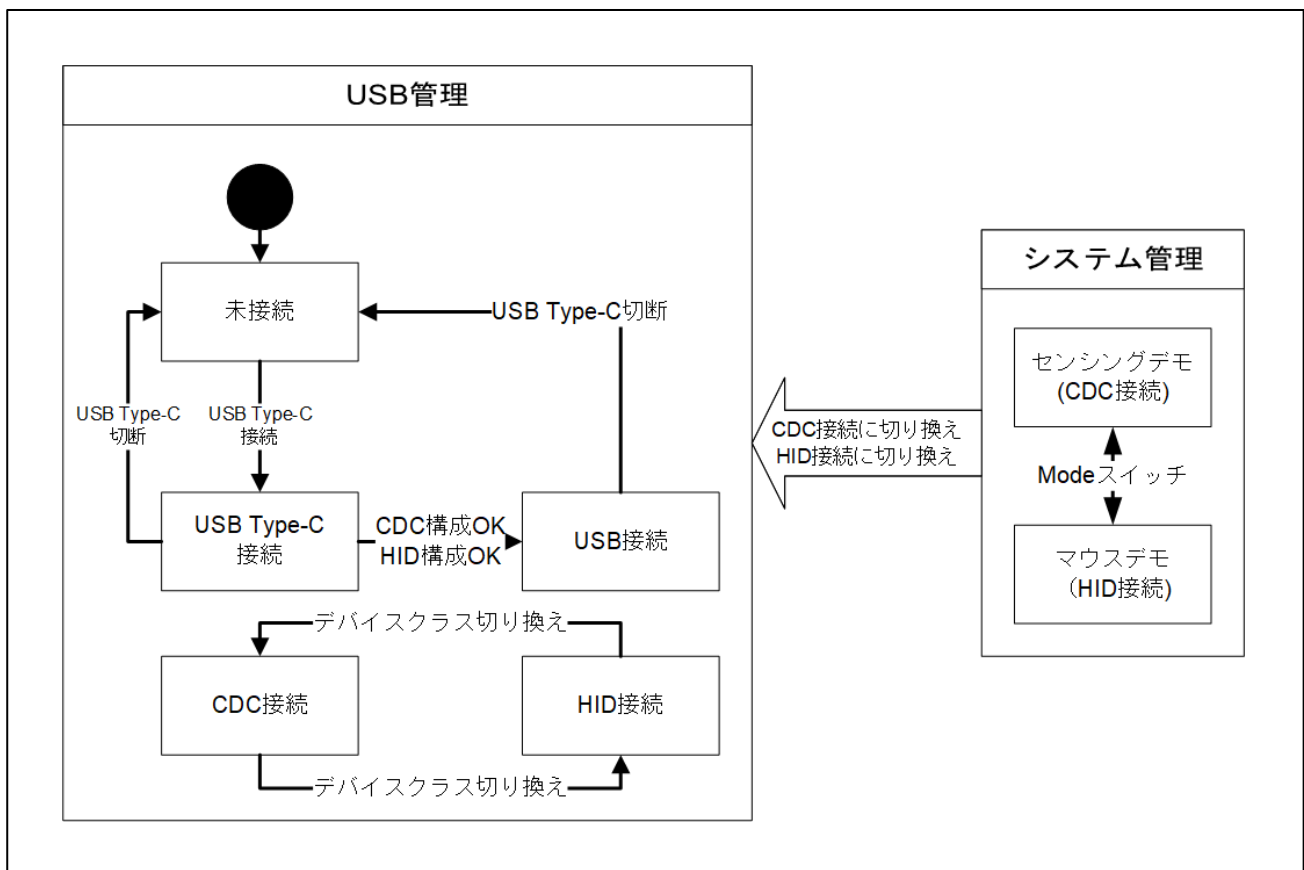
USB Type-C 及び USBFS 接続管理の状態遷移図を図 2-5 に示します。

USB Type-C の状態は、USB Type-C の接続状態と CDC/HID の接続イベントで管理します。システム管理からの要求で CDC 接続と HID 接続の切り換えを行います。CDC 接続と HID 接続の切り換えは USB Type-C 接続の状態とは独立して行い、USB Type-C 未接続時の切り換え結果は USB Type-C 接続時に反映されます。CDC/HID 接続の初期状態は CDC 接続とします。

USB Type-C CC 検出動作は、FSP の USB-TYPEC(r_usb_typec)モジュールで行っています。USB-TYPEC(r_usb_typec)モジュールの詳細仕様は、FSP V5.9.0 マニュアルの「7.2.6.45 USB TYPEC(r_usb_typec)」を参照ください。

また、FSP の USB(r_usb_basic)モジュールを用いて USBFS 接続動作（エニュメレーション動作）を行っています。USB(r_usb_basic)モジュールの詳細仕様は「7.2.6.33 USB(r_usb_basic)」を参照ください。

- ・ GitHub FSP マニュアル
 - [FSP トップページ](#)
 - [USB-TYPEC\(r_usb_typec\)モジュール](#)
 - [USB\(r_usb_basic\)モジュール](#)



2.4.3 USB Type-C CC 検出動作

USB Type-C の規格では、USB Type-C ソース機器 (PC や充電器) とシンク機器 (本リファレンスデザインの場合はデモボード) が USB Type-C ポートで接続された時、ソース機器側がシンク機器側の CC ライン上のプルダウン抵抗 R_d を必ず検出する必要があります。ソース機器側がプルダウン抵抗 R_d を検出できた後にシンク機器側へ VBUS 出力を開始する動きとなります。

RA2L2 は USB Type-C モジュール内にプルダウン抵抗 R_{d1} を内蔵していますが、RA2L2 の起動有無によらずソース側がプルダウン抵抗 R_d を検出できるように、本リファレンスデザインではデモボード上に外部プルダウン抵抗 R_{d2} を設けています。そのため本サンプルコードでは、USB ケーブルの接続有無に応じて、下記のように内蔵プルダウン抵抗 R_{d1} と外部プルダウン抵抗 R_{d2} を切り替えています。

- USB Type-C ケーブル接続時、有効になっている外部プルダウン抵抗 R_{d2} をソース側が検出し、VBUS ON で RA2L2 の USB シーケンスが始まります。その後、ソース側の USB 給電能力を検出することができるように、内蔵プルダウン抵抗 R_{d1} を有効かつ外部プルダウン抵抗 R_{d2} を無効 (R_{d2} 直下の外部 FET をオフ) にするため、P400, P401 から Low 出力しています。
- USB Type-C ケーブル切断時、VBUS OFF または CC 検出切断により、内蔵プルダウン抵抗 R_{d1} を無効かつ外部プルダウン抵抗 R_{d2} を有効 (R_{d2} 直下の外付け FET をオン) にするため、P400, P401 から High 出力しています。またソフトウェアスタンバイモード時は、消費電流低減のため RA2L2 の USB Type-C モジュールをシャットダウンしています。この場合内蔵プルダウン抵抗 R_{d1} が使用できないため、ケーブル切断時同様に内蔵プルダウン抵抗 R_{d1} を無効且つ外部プルダウン抵抗 R_{d2} を有効にしています。

上記の内蔵プルダウン抵抗 R_{d1} と外部プルダウン抵抗 R_{d2} の切替え動作イメージを図 2-6 に示します。

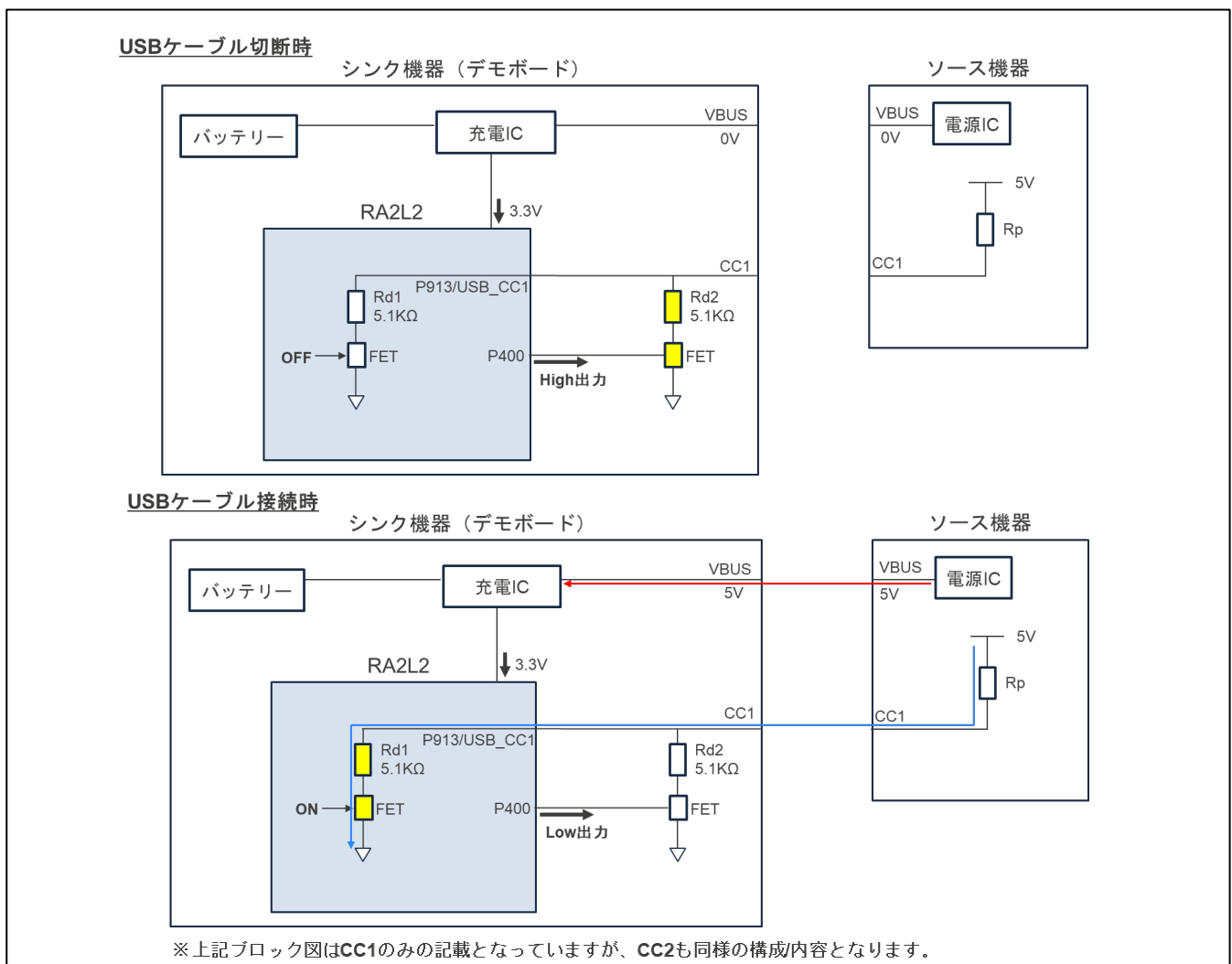


図 2-6 内蔵プルダウン抵抗 R_{d1} と外部プルダウン抵抗 R_{d2} の切替え動作イメージ

2.5 リファレンスデザインにおける充電回路

デモボードへの電源供給はバッテリー及び USB バスパワーの 2 系統あります。バッテリーへの充電はルネサス製充電 IC (DA9168) を使用して行います。図 2-7 に DA9168 の充電ブロック図を示します。赤い線がバッテリーの充電経路です。

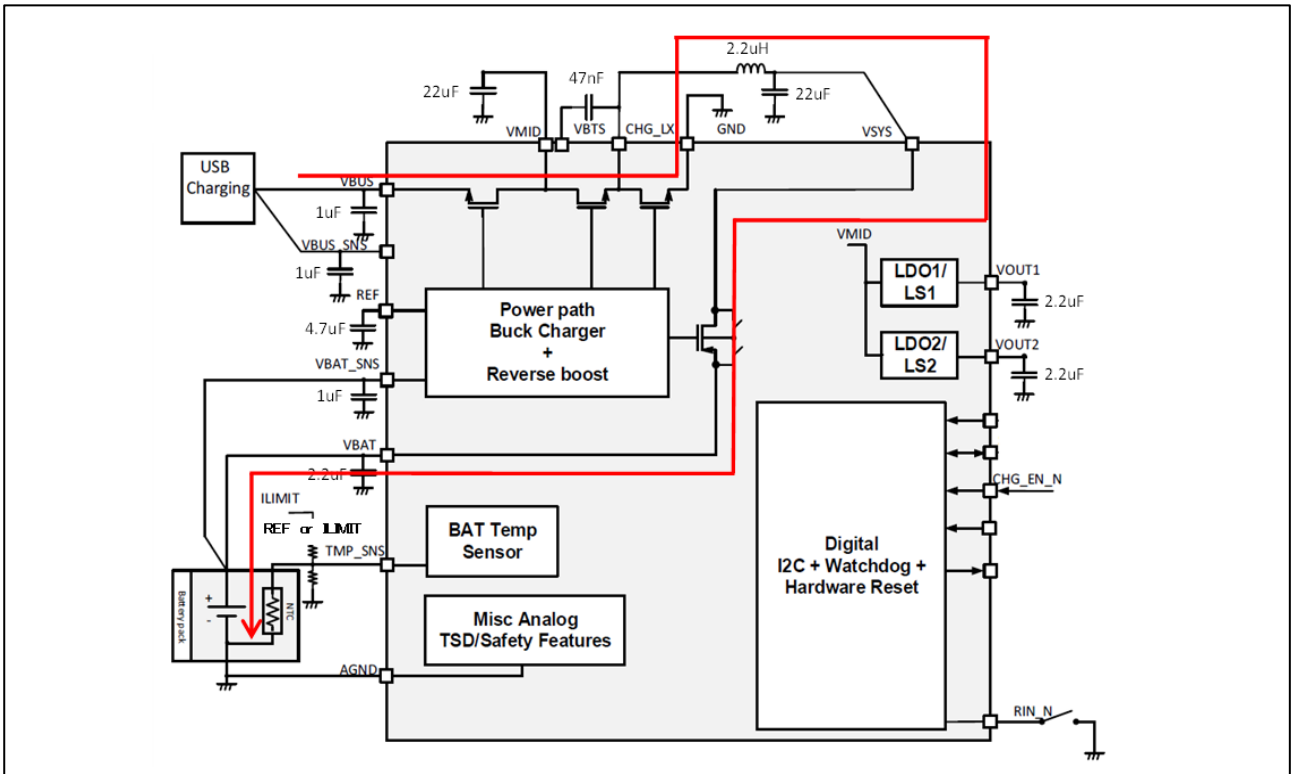


図 2-7 充電ブロック図

充電電圧は 3.4V~4.2V になります。また充電電流は RA2L2 から I²C 経由で設定します。本サンプルコードでは充電電流は 200mA に設定しています。

本デモボードでは、NTC (Negative Temperature Coefficient)サーミスタは未実装ですが、バッテリーの温度を測定できるように NTC サーミスタ回路を設けています。本デモボードにおけるサーミスタ端子周辺回路図を図 2-8 に示します。

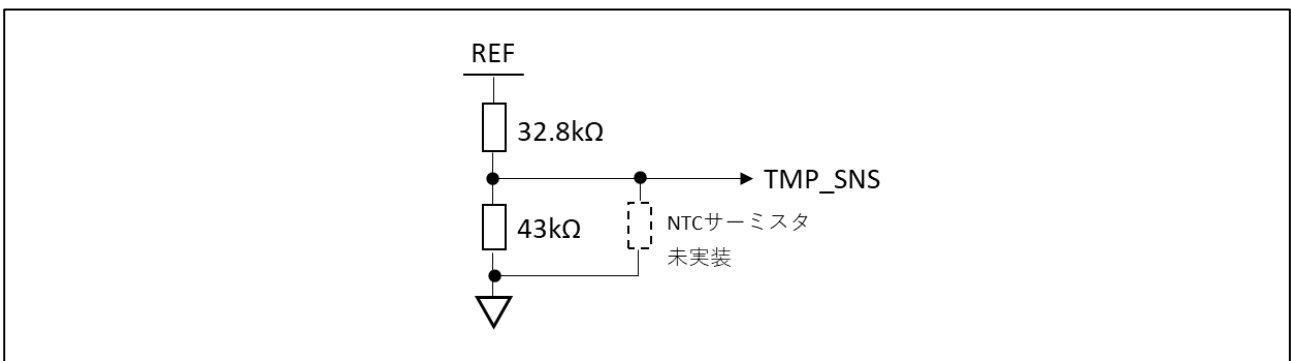


図 2-8 サーミスタ端子周辺回路

RA2L2 と DA9168 間の回路を図 2-9 に示します。

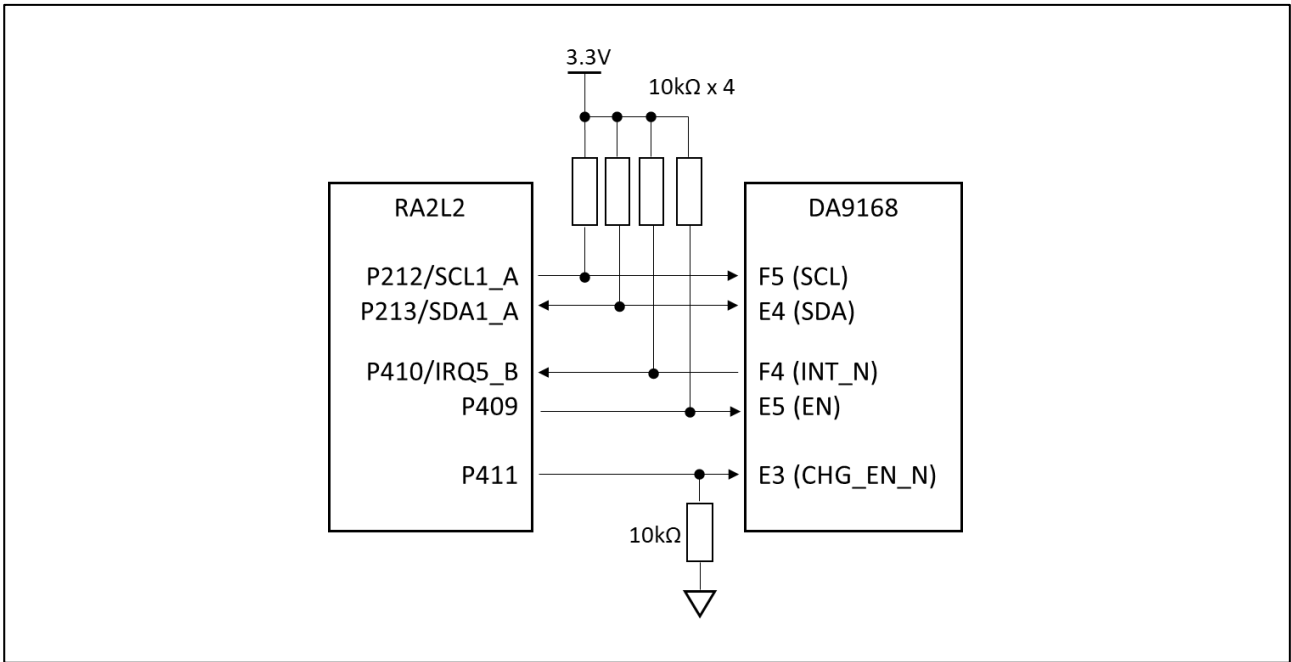


図 2-9 RA2L2 と DA9168 間の回路

2.6 システム電源 3.3V

本デモボードのシステム電源 3.3V は、DA9168 の VMID 出力電圧を外部 LDO (Low-Dropout Linear Regulator) で降圧して生成しています。RA2L2 の電源はシステム電源 3.3V を使用しています。システム電源回路を図 2-10 に示します。

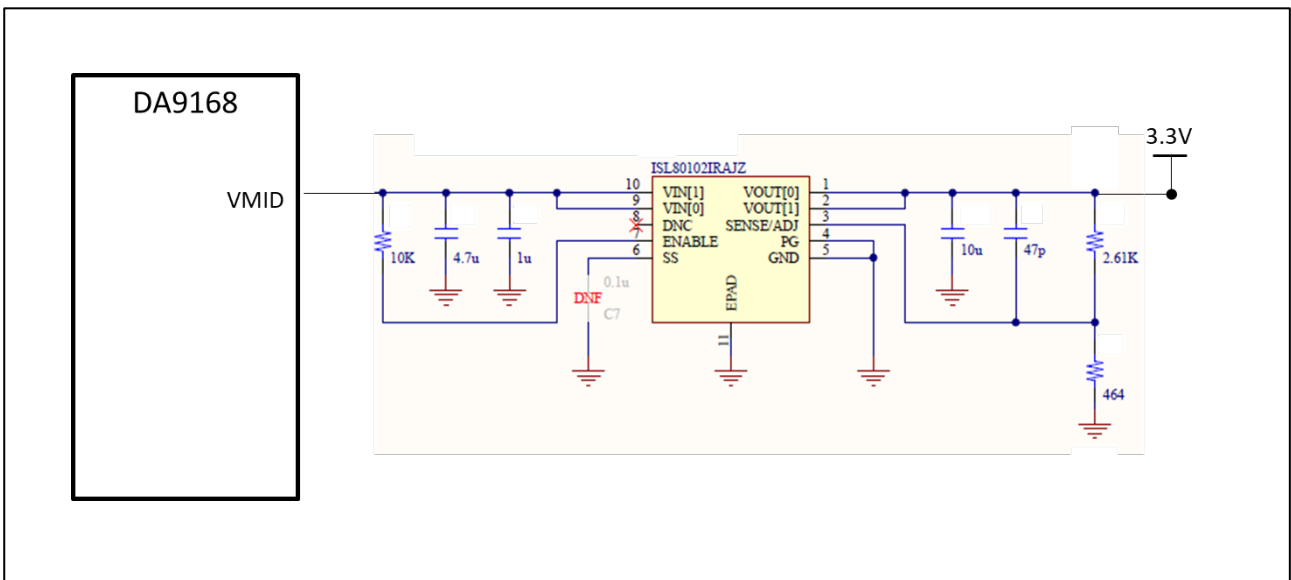


図 2-10 システム電源回路

2.7 リファレンスデザインにおけるバッテリー充電制御及び残量計算

本リファレンスデザインでは、デモボードが USB Type-C ソース機器（充電器や PC）と接続された時に、RA2L2 がデモボードに実装されている充電 IC (DA9168) を I²C で制御することにより、バッテリーの充電を行います。本節ではバッテリー充電制御仕様を説明します。

2.7.1 処理構成

バッテリー充電制御及びバッテリー残量計算の処理構成を図 2-11 に示します。

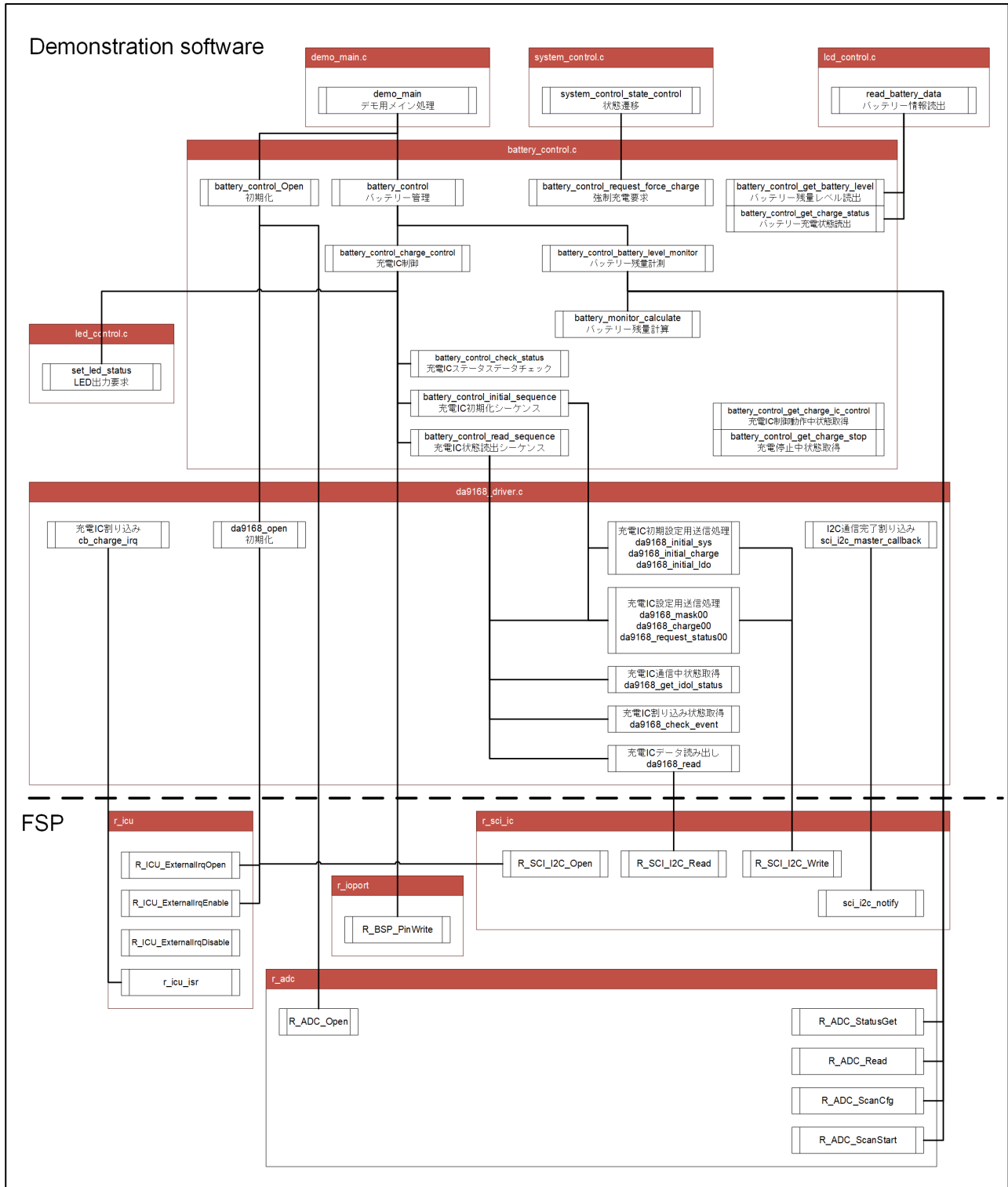


図 2-11 バッテリー充電制御及び残量計算の処理構成

2.7.2 充電制御

充電制御は充電 IC との I²C 通信、CHG_EN 端子出力、INT_N 入力で制御します。VBUS 給電状態、充電 IC のステータス、バッテリー残量計算のバッテリー電圧を組み合わせることで充電制御を行います。充電 IC のステータスは、充電 IC からの INT_N 入力によるイベント通知で取得を行います。表 2-3 と図 2-12 も合わせてご参照ください。

デモボードがバッテリー電源で動作中に USB 接続されると、バッテリー充電を行います。しかし、バッテリー電圧が低下している状態になると（VBAT_UV を検出した時）充電を一時停止し、500ms 待ってから、バッテリー電圧を確認し、0.05V 以上ならデッドバッテリー状態^(注1)、0.05V 未満ならバッテリー非接続状態（取り外されている）と判断します。500ms を待つ理由は、充電制御停止からバッテリー電圧入力の安定待ちのためです。

デッドバッテリー状態のバッテリーが接続されていると判断した時は、強制充電要求の受付でバッテリー電圧に関係なく充電を開始できます。強制充電要求はシステム管理処理から日時設定中（初回起動時は除く）に Power スイッチを 3 秒長押しすることで発行されます。

またバッテリー非接続状態と判断した時は、バッテリーが存在しないため USB 接続されていても充電を行いません。なお本デモボードでは、バッテリー非接続状態でも USB 給電（USB バスパワー）で各デモ動作を実行できます。

表 2-3 各状態の組み合わせと充電制御内容

VBUS 給電状態	充電 IC のステータス	バッテリー電圧	デモボードの状態	充電制御	充電 LED	備考
-	-	-	バッテリー確認中	停止	OFF	
OFF	-	-	充電停止	停止	OFF	
ON	S_CHG_DONE	-	充電中 満充電	充電	ON OFF	
	S_VBAT_OV		過充電	停止	OFF	
	S_VBAT_UV	<0.05V	バッテリーなし	停止	OFF	
		≥0.05V	強制充電中	充電	ON	デッドバッテリー状態のバッテリーが接続されている。

注1. デッドバッテリー状態とは、バッテリーの電圧が非常に低い状態の事を指します。デッドバッテリー状態ではバッテリー電源でデモボードは動作できないため、USB 給電が必要となります。

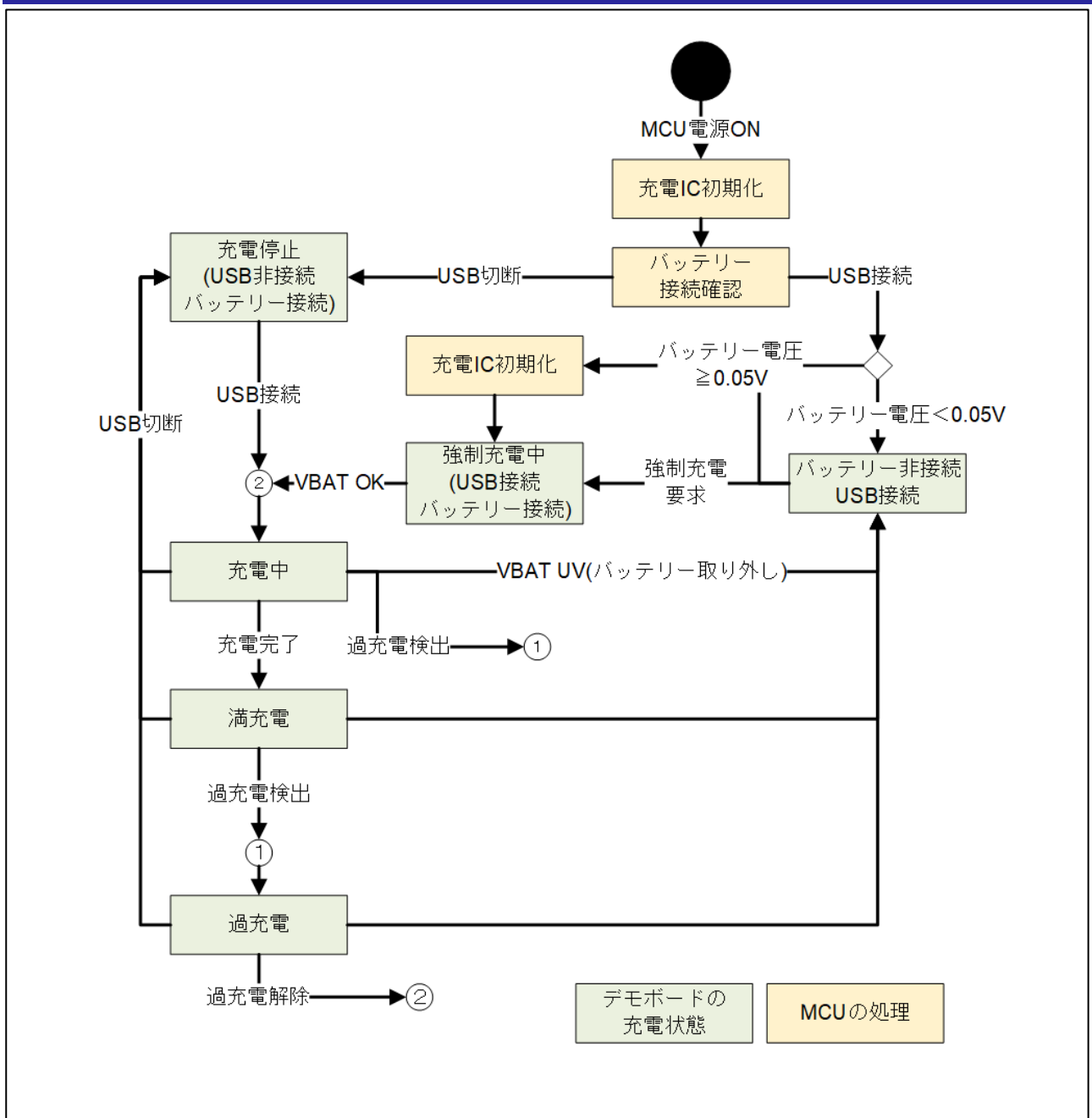


図 2-12 充電制御の状態遷移

本リファレンスデザインで使用する充電 IC (DA9168)は、I²C 経由で設定可能なレジスタを持っており、充電動作や保護機能等を変更することができます。本サンプルコードで使用する DA9168 のレジスタ設定値を表 2-4 に示します。レジスタ設定値の詳細は充電 IC (DA9168)の仕様書を参照下さい。

表 2-4 DA9168 のレジスタ設定値一覧

IC レジスタ	アドレス	設定値
PMC_MASK_00	0x0A	0xF7
PMC_MASK_01	0x0B	0xEE
PMC_MASK_02	0x0C	0xFF
PMC_MASK_03	0x0D	0xFE
PMC_MASK_04	0x0E	0xFF
PMC_SYS_00	0x0F	0x08
PMC_SYS_01	0x10	0x49
PMC_SYS_02	0x11	0x0A
PMC_SYS_03	0x12	0x34
PMC_SYS_04	0x13	0x19
PMC_SYS_05	0x14	0x92
PMC_SYS_06	0x15	0x56
PMC_CHG_00	0x16	0x0F
PMC_CHG_01	0x17	0x00
PMC_CHG_02	0x18	0x0F
PMC_CHG_03	0x19	0x28
PMC_CHG_04	0x1A	0x17
PMC_CHG_05	0x1B	0x00
PMC_CHG_06	0x1C	0x0C
PMC_LDO_00	0x1D	0x44
PMC_LDO_01	0x1E	0x22
PMC_LDO_02	0x1F	0x22
PMC_LDO_03	0x20	0x44
PMC_LDO_04	0x21	0xAA

また I²C 経由で読み出し可能なレジスタを表 2-5 に示します。表 2-5 に記載している 4 つのビットの値により充電動作状態を把握しています。

表 2-5 DA9168 のステータス/イベントレジスタ一覧

IC レジスタ	アドレス	使用するビット	ビット名称	備考
PMC_STATUS_00	0x00	未使用	-	-
PMC_STATUS_01	0x01	ビット 4	S_VBAT_OV	過充電
PMC_STATUS_02	0x02	未使用	-	-
PMC_STATUS_03	0x03	ビット 0	S_CHG_DONE	満充電
PMC_STATUS_04	0x04	未使用	-	-
PMC_EVENT_00	0x05	未使用	-	-
PMC_EVENT_01	0x06	ビット 4	E_VBAT_OV	過充電
PMC_EVENT_02	0x07	未使用	-	-
PMC_EVENT_03	0x08	ビット 0	E_CHG_DONE	満充電
PMC_EVENT_04	0x09	未使用	-	-

2.7.3 バッテリー残量計算

本サンプルコードでは、ADC 端子の A/D 変換結果から得られるバッテリー電圧をもとにバッテリー残量を計算しています。

バッテリー残量の計算は A/D 変換結果の移動平均結果を使用して行っています。なおバッテリー残量の境界値±1%の範囲は、ヒステリシス区間として残量レベルの表示を変化させないものとしています。

残量計算にあたり定義している電圧値を表 2-6 に、バッテリー残量と残量レベル表示の関係を表 2-7 にそれぞれ示します。

A/D 変換結果の移動平均値 = $0.25 * A/D \text{ 変換結果} + 0.75 * \text{前回 AD 移動平均値}$

A/D 変換結果の移動平均値 < MIN 電圧の場合は、A/D 変換結果の移動平均 = MIN 電圧

A/D 変換結果の移動平均値 > MAX 電圧の場合は、A/D 変換結果の移動平均 = MAX 電圧

$$\text{バッテリー電圧} = \frac{\text{基準電圧}}{2^{12} - 1} \times \text{A/D 変換結果の移動平均値}$$

$$\text{バッテリー残量} = \frac{\text{バッテリー電圧} - \text{MIN 電圧}}{\frac{\text{MAX 電圧} - \text{MIN 電圧}}{100}}$$

表 2-6 残量計算にあたり定義している電圧値

項目	電圧値	備考
基準電圧	3.3V	AVCC0
MAX 電圧	2.1V	4.2V ^(注1) ÷ 2 注1. バッテリー電圧の上限値
MIN 電圧	1.2V	2.4V ^(注2) ÷ 2 注1. バッテリー電圧の下限値

表 2-7 バッテリー残量と残量レベル表示の関係

バッテリー残量	残量レベル表示	備考
~29%	0	~30-1%
31%~44%	1	30+1%~45-1%
46%~59%	2	45+1%~60-1%
61%~74%	3	60+1%~75-1%
76%~89%	4	75+1%~90-1%
91%~	5	90+1%~

3. ソフトウェア動作仕様（デモ動作仕様）

本リファレンスデザインのサンプルコードでは、USB Type-C だけでなく小型バッテリーアプリケーションのシステム全体を想定したデモ動作も実現しています。本章では、2章で説明したUSB Type-C CC検出動作及びバッテリー充電制御/残量計算を除くソフトウェア動作仕様を説明します。3.1～3.4節に概要、3.5節以降に各機能の動作仕様を示します。

3.1 メイン処理フローチャート

サンプルコードのメイン処理のフローチャートを図 3-1 に示します。なお LCD 描画速度の改善のため、LCD 描画処理はメイン周期とは独立させています。また VBUS モニタ処理もメイン周期とは別の周期で動作しているため、メイン周期とは独立させています。

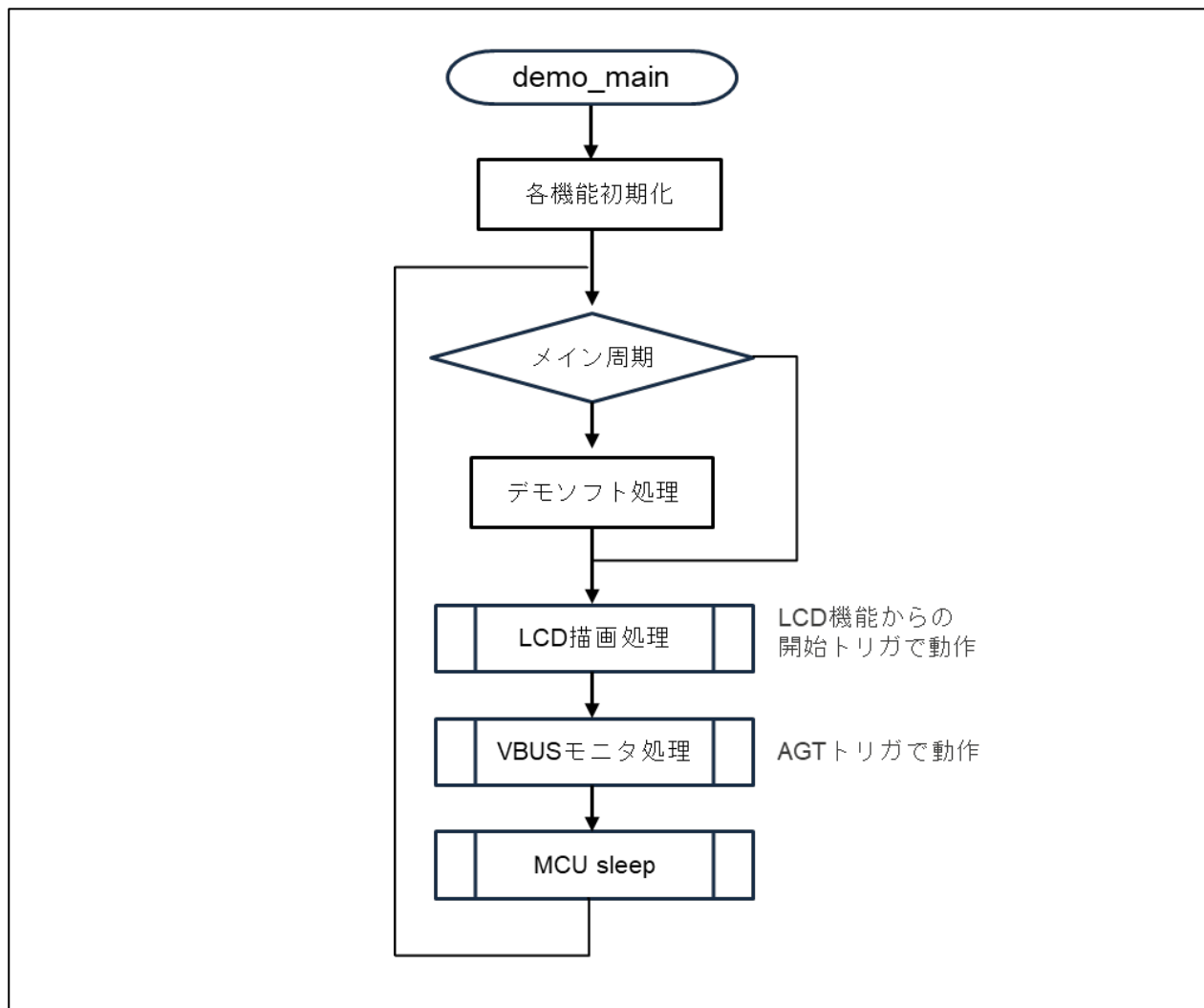


図 3-1 メイン処理フローチャート

3.2 デモ動作概要と状態遷移

本サンプルコードにおける各デモ動作の概要を表 3-1 に示します。

表 3-1 各デモ動作の概要

デモ動作	概要
日時設定モード	ジョイスティックの操作で日時を設定するモードです。
センシングデモモード	温湿度とモーションセンサ検出結果をカラーLCDに表示するモードです。また USB CDC デバイスとして PC と接続し、センサデータを送信することができます。
マウスデモモード	USB HID デバイスとして PC と接続することで USB マウスとして動作するモードです。ジョイスティックの操作でマウスカーソルを動かすことができます。
USB 通知	USB の接続または切断時に、USB Type-C CC 検出結果と USB 接続状態を LCD に通知として表示します。通知は 3 秒後に自動的に終了し、元のデモモードに戻ります。
パワーセーブモード	LCD の表示とセンサの計測を停止し、消費電力を抑えたモードです。
スタンバイモード	パワーセーブモードに加え、USB Type-C IF も停止することで最も消費電力を抑えたモードです。

サンプルコード全体の状態遷移を図 3-2 に示します。

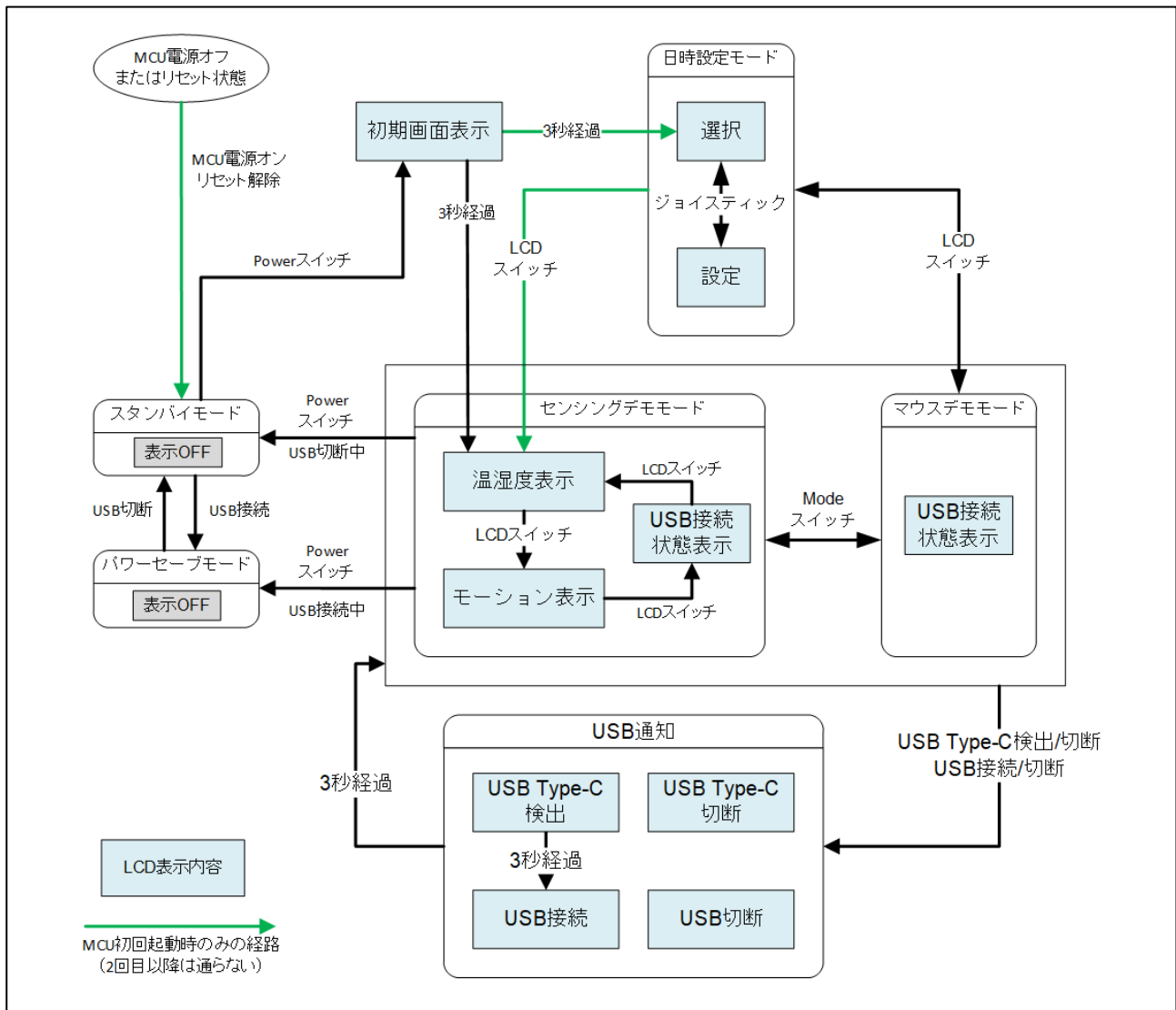


図 3-2 サンプルコード全体の状態遷移

各デモ動作における主要機能の動作状態を表 3-2 に示します。

表 3-2 各デモ動作における主要機能の動作状態

動作モード	センシング動作	LCD 表示	充電動作	USB Type-C IF ^(注1)	USBFS
センシングデモモード	動作	ON	動作	動作	動作
マウスデモモード	動作	ON	動作	動作	動作
日時設定モード	停止	ON	動作	動作	動作
パワーセーブモード	停止	OFF	動作	動作	動作
スタンバイモード	停止	OFF	停止	停止	停止

注1. RA2L2 に内蔵されている USB Type-C IF です。

3.3 ソフトウェア構成

サンプルコード全体のソフトウェア構成を図 3-3 に示します。

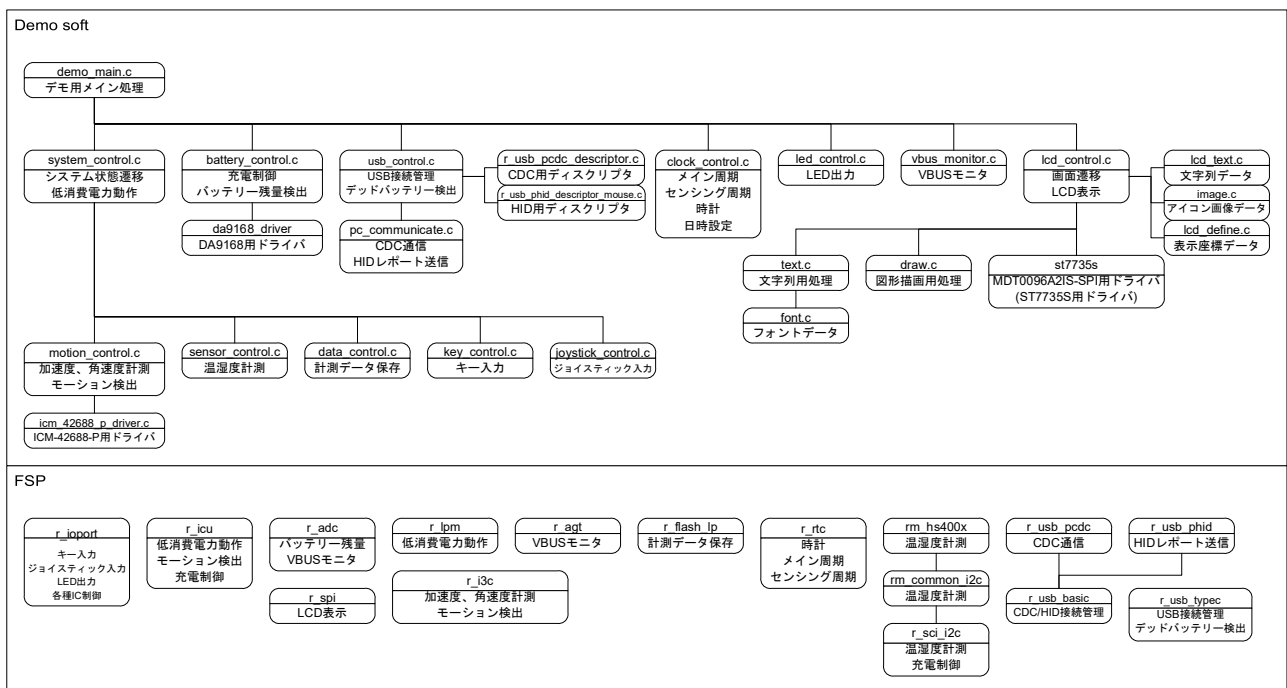


図 3-3 サンプルコード全体のソフトウェア構成

3.4 フォルダ構成

サンプルコード全体のフォルダ構成及び各ファイルの説明を表 3-3 に示します。

表 3-3 フォルダ構成

フォルダ/ファイル名	説明
ra2l2_usb_reference_demo_sample	
— Src — hal_entry.c	
— demo_main.c	デモ用メイン処理
— demo_main.h	demo_main.c のヘッダファイル
— demo	
— battery	
— battery_control.c	充電制御、バッテリー残量検出
— battery_control.h	battery_control.c のヘッダファイル
— da9168_driver.c	DA9168 用ドライバ
— da9168_driver.h	da9168_driver.c のヘッダファイル
— clock	
— clock_control.c	メイン周期、センシング周期、時計、日時設定
— clock_control.h	clock_control.c のヘッダファイル
— data	
— data_control.c	計測データ保存
— data_control.h	data_control.c のヘッダファイル
— joystick	
— joystick_control.c	ジョイスティック入力
— joystick_control.h	joystick_control.c のヘッダファイル
— key	
— key_control.c	キー入力
— key_control.h	key_control.c のヘッダファイル
— lcd	
— gfx	
— assert	
— display_assert.h	LCD 表示 API 用パラメータチェックマクロ
— draw	
— draw.c	図形描画用処理
— draw.h	draw.c のヘッダファイル
— draw_driver.h	draw.c と LCD H/W 固有ドライバ (st7735s.c) 接続用インタフェース定義
— driver	
— st7735s.c	MDT0096A2IS-SPI (st77635s 用 LCD 描画設定 API
— st7735s.h	
— st7735s_port.c	MDT0096A2IS-SPI (st77635s) 用端子、MCU 機能(SPI)定義

				text	
				font.c	フォントデータ
				font.h	font.c のヘッダファイル
				text.c	文字列用処理
				text.h	text.c のヘッダファイル
				text_driver.h	text.c と LCD H/W 固有ドライバ (st7735s.c) 接続用インタフェース定義
				images.c	アイコン画像データ
				images.h	images.c のヘッダファイル
				lcd_control.c	画面遷移、LCD 表示
				lcd_control.h	lcd_control.c のヘッダファイル
				lcd_define.c	表示座標データ
				lcd_define.h	lcd_define.c のヘッダファイル
				lcd_text.c	文字列データ
				lcd_text.h	lcd_text.c のヘッダファイル
				led	
				led_control.c	LED 出力
				led_control.h	led_control.c のヘッダファイル
				motion	
				icm_42688_p_driver.c	ICM-42688-P 用ドライバ
				icm_42688_p_driver.h	icm_42688_p_driver のヘッダファイル
				motion_control.c	加速度、角速度計測、モーション検出
				motion_control.h	motion_control.c のヘッダファイル
				sensor	
				sensor_control.c	温湿度計測
				sensor_control.h	sensor_control.c のヘッダファイル
				sys	
				system_control.c	システム状態遷移、低消費電力動作
				system_control.h	system_control.c のヘッダファイル
				usb	
				pc_communicate.c	CDC 通信、HID レポート送信
				pc_communicate.h	pc_communicate.c のヘッダファイル
				r_usb_pcdc_descriptor.c	CDC 用ディスクリプタ
				r_usb_pcdc_descriptor_mouse.c	HID 用ディスクリプタ
				usb_control.c	USB 接続管理
				usb_control.h	usb_control.c のヘッダファイル
				vbus	
				vbus_monitor.c	VBUS モニタ
				vbus_monitor.h	vbus_monitor.c のヘッダファイル

3.5 システム管理

本節ではサンプルコード全体のシステム管理仕様を説明いたします。本サンプルコードでは、RTC 周期割り込み (1/128 秒) をシステムのメイン周期として使用しています。また Power スイッチの長押し時間や LCD 表示時間などもメイン周期でカウントしています。

3.5.1 処理構成

システム管理の処理構成を図 3-4 に示します。

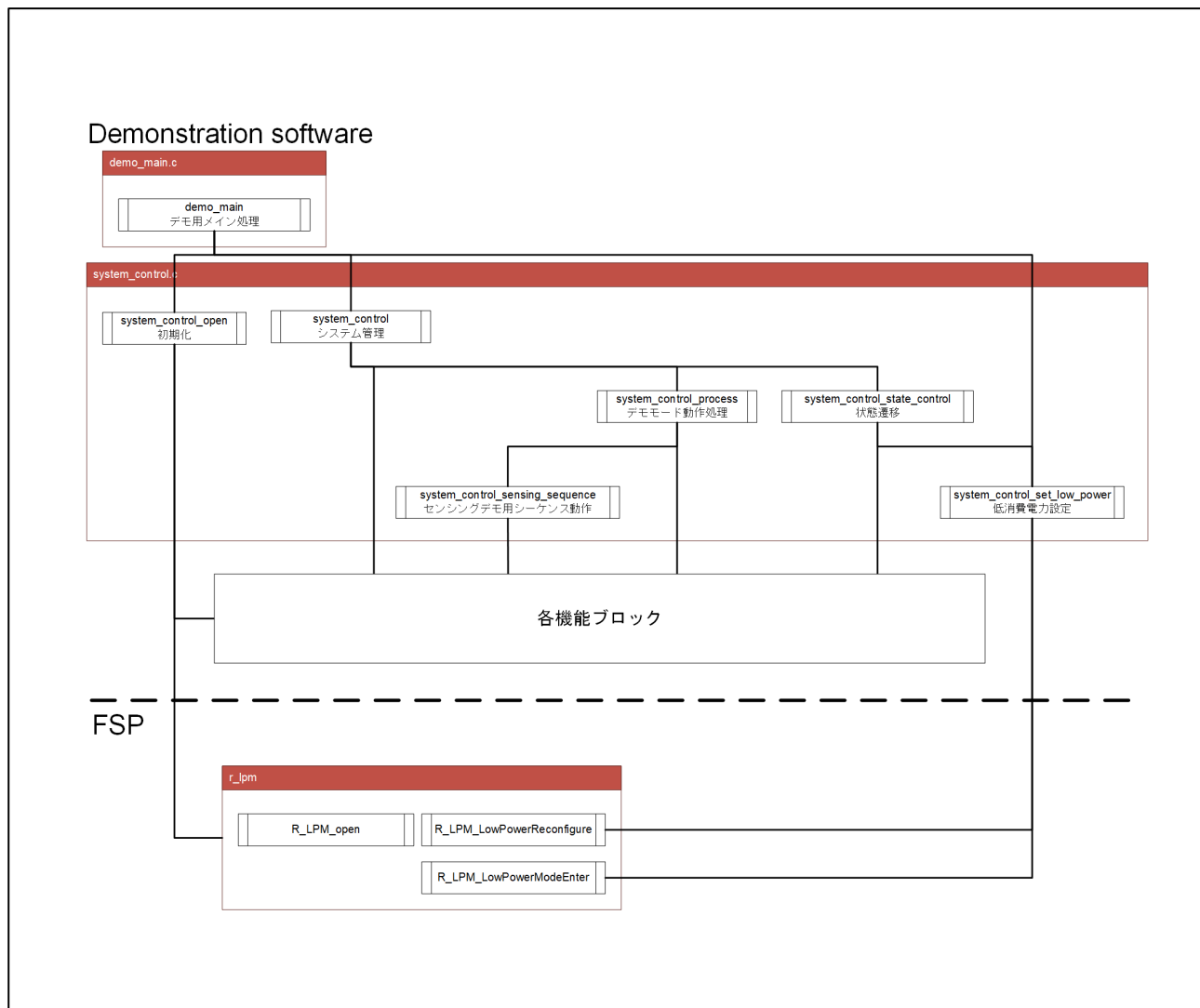


図 3-4 システム管理の処理構成

3.5.2 状態遷移

システム管理の状態遷移を図 3-5 に示します。スタンバイモードまたはパワーセーブモードから Power スイッチを押すとデモ動作を開始します。初回の Power スイッチ押下時は日時設定モードに移行し、それ以外の場合はセンシングデモモードに移行します。初回の日時設定モード中に LCD スイッチを押すと、センシングデモモードに移行します。またデモ動作中は Mode スイッチを押すことでセンシングデモモードとマウスデモモードを切り換えることができます。

マウスデモモード中に LCD スイッチを押すと日時設定モードに移行します。日時設定モードからは LCD スイッチ押下によりマウスデモモードに移行します。

センシングデモモード中に Power スイッチを 3 秒長押しすることでパワーセーブモードに移行します。パワーセーブモードからスタンバイモードには、下記 3 つの条件が揃うと自動的に移行します。

- ① RA2L2 のソフトウェア処理が全て終了していること
- ② 全てのスイッチが放されていること（押されていないこと）
- ③ USB Type-C が切断されていること

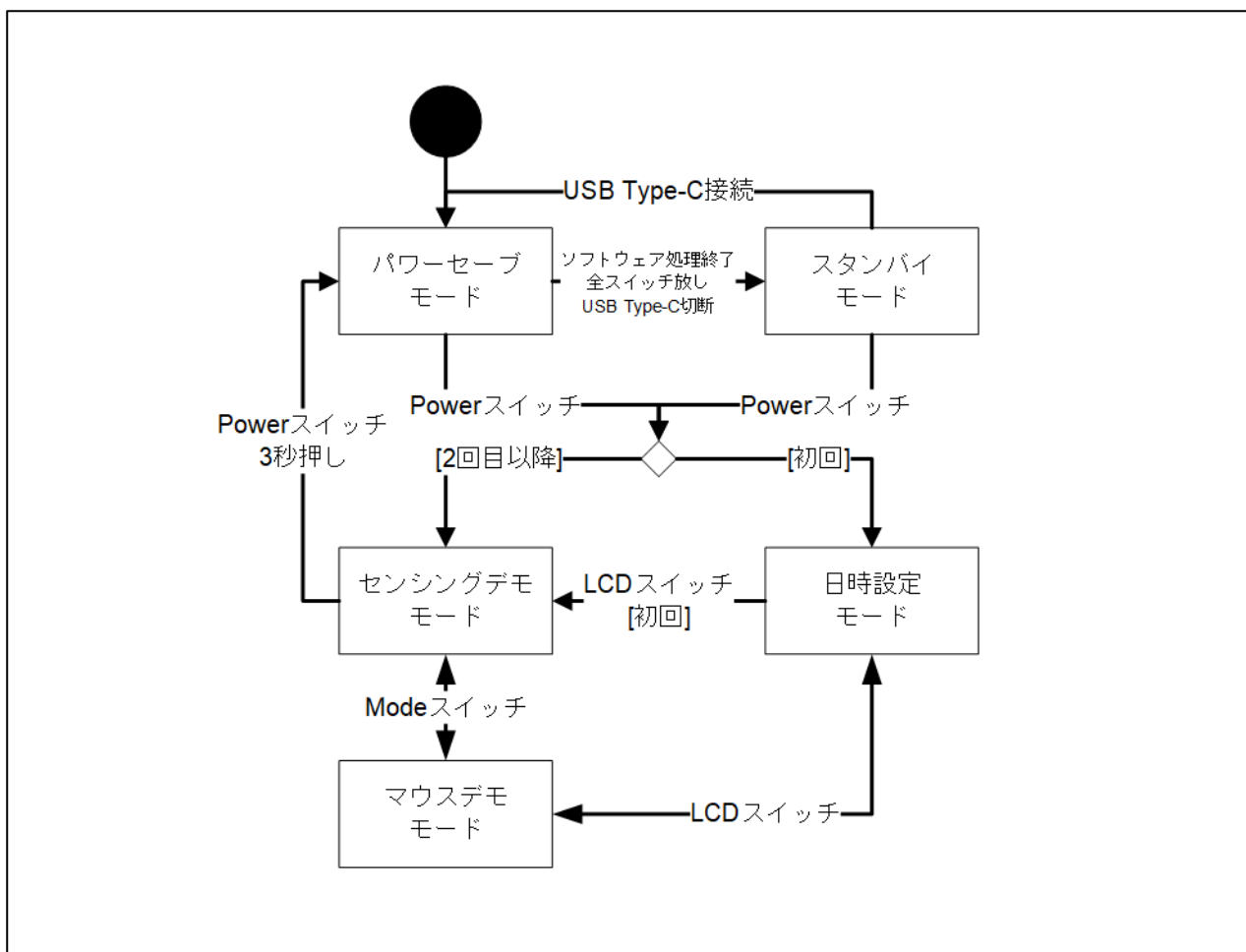


図 3-5 システム管理の状態遷移

3.5.3 低消費電力動作

低消費電力動作の状態遷移を図 3-6 に示します。また表 3-4 に MCU の各動作モードにおける MCU 周辺モジュールの動作状態を示します。

スタンバイモードの場合、低消費電力動作として RA2L2 はソフトウェアスタンバイモードに、センシングデモ/マウスデモ/日時設定モード中の場合、スリープモードに移行します。

スタンバイモード中に各機能の初期化、機能動作が終了し、Power スイッチ入力が OFF になっていることを確認してソフトウェアスタンバイモードに移行します。ただし、USB Type-C ケーブル接続状態中はソフトウェアスタンバイモードに移行しません。

ソフトウェアスタンバイモード移行時は USB Type-C モジュールを停止させています。ソフトウェアスタンバイモード時に Power スイッチ入力または充電 IC からの INT 入力により、ソフトウェアスタンバイモードから復帰します。

ソフトウェアスタンバイモードからの復帰時は USB Type-C モジュールを再起動します。充電 IC からの INT 入力により、USB Type-C 接続を検出し、復帰時はバッテリー管理機能を実施後、USB Type-C 未接続であればソフトウェアスタンバイモードに戻ります。

Power スイッチ入力によりソフトウェアスタンバイモードから復帰するとセンシングデモモードに移行します。センシングデモ、マウスデモ、日時設定中はメイン周期での各機能動作処理後の空き時間中にスリープモードに移行します。スリープモードからの復帰はメイン周期用の RTC 割り込みと VBUS モニタ用のタイマ割り込みで復帰します。

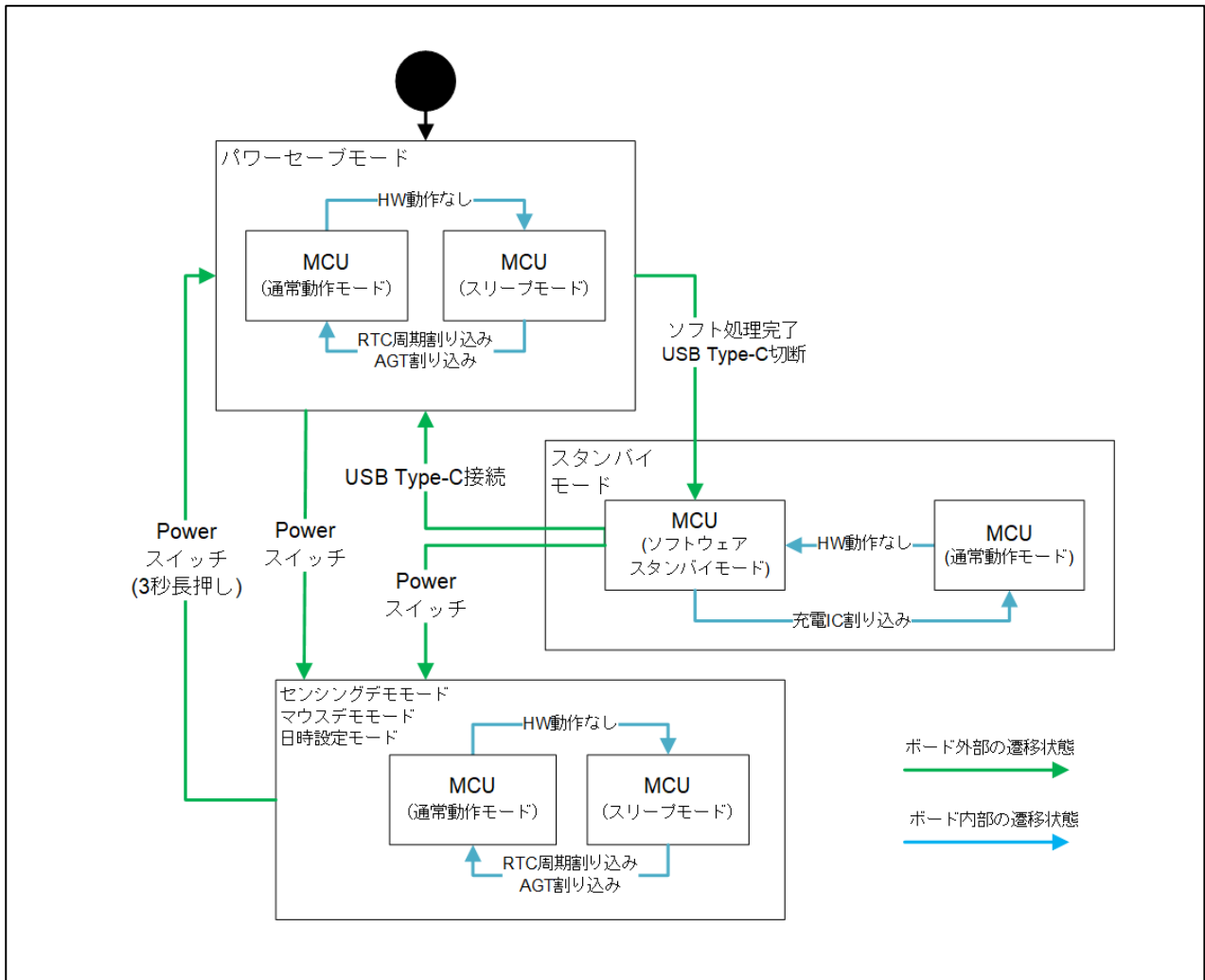


図 3-6 低消費電力動作の状態遷移

表 3-4 RA2L2 各動作モードにおける機能動作の状態

項目	通常動作モード	スリープモード	ソフトウェアスタンバイモード
サブクロック発振器	動作	動作	動作
高速オンチップオシレータ	動作	動作	停止
CPU	動作	停止	停止
SRAM	動作	動作	停止
フラッシュメモリ	動作	動作	停止
ウォッチドッグタイマ	動作	動作	停止
リアルタイムクロック	動作	動作	動作
低消費電力非同期汎用タイマ	動作	動作	動作
12ビット A/D コンバータ	動作	動作	停止
シリアルコミュニケーション インタフェース	動作	動作	停止
I3C バスインタフェース	動作	動作	停止
USB2.0 フルスピード モジュール	動作	動作	停止
USB Type-C インタフェース	動作	動作	停止
NMI, IRQn (n = 0 to 7) 端子割り込み	動作	動作	動作
低電圧検出回路	動作	動作	動作
I/O ポート	動作	動作	保持 ^(注1)

注1. ソフトウェアスタンバイモードへ移行する直前のポート設定を保持します。

3.6 キー入力

センシングデモモード、マウスデモモード、日時設定モードはメイン周期で Power スイッチ、Mode スイッチ、LCD スイッチの入力を監視します。スイッチの入力状態は 2 回一致で確定とします。なお Reset スイッチは HW リセットに使用するためキー入力として管理していません。キー入力仕様を表 3-5 に示します。

表 3-5 キー入力仕様

スイッチ	使用ブロック	アクティブ	備考
Power スイッチ	システム管理	Low	
Reset スイッチ	H/W	Low	
Mode スイッチ	システム管理	Low	
LCD スイッチ	システム管理 LCD 管理	Low	LCD 管理はシステム管理経由でキー入力を受け取る

3.6.1 処理構成

キー入力の処理構成を図 3-7 に示します。

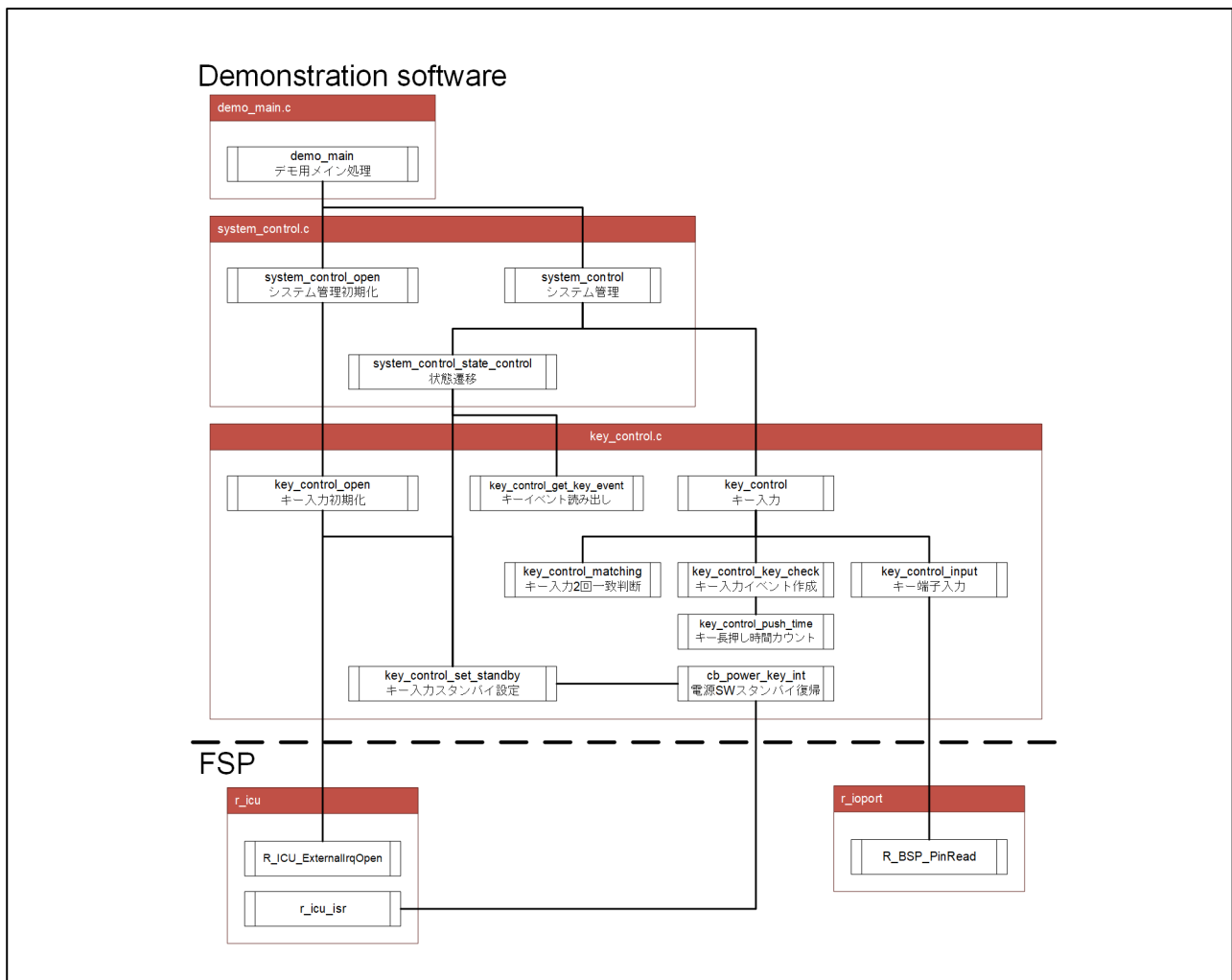


図 3-7 キー入力の処理構成

3.6.2 キー入力割り込み

スタンバイモード中に Power スイッチの入力割り込みが発生すると、スタンバイモードを解除してセンシングデモモードに移行します。

3.7 ジョイスティック入力

マウスデモモード、日時設定中はメイン周期でジョイスティックの入力を監視します。ジョイスティックの入力状態は2回一致で確定とします。ジョイスティックの入力方向の仕様を図 3-8 に示します。またジョイスティックの MCU 端子割り当て仕様を表 3-6 に示します。なお図 3-8 のようにマウスデモモード時と日時設定時で入力方向が異なります。

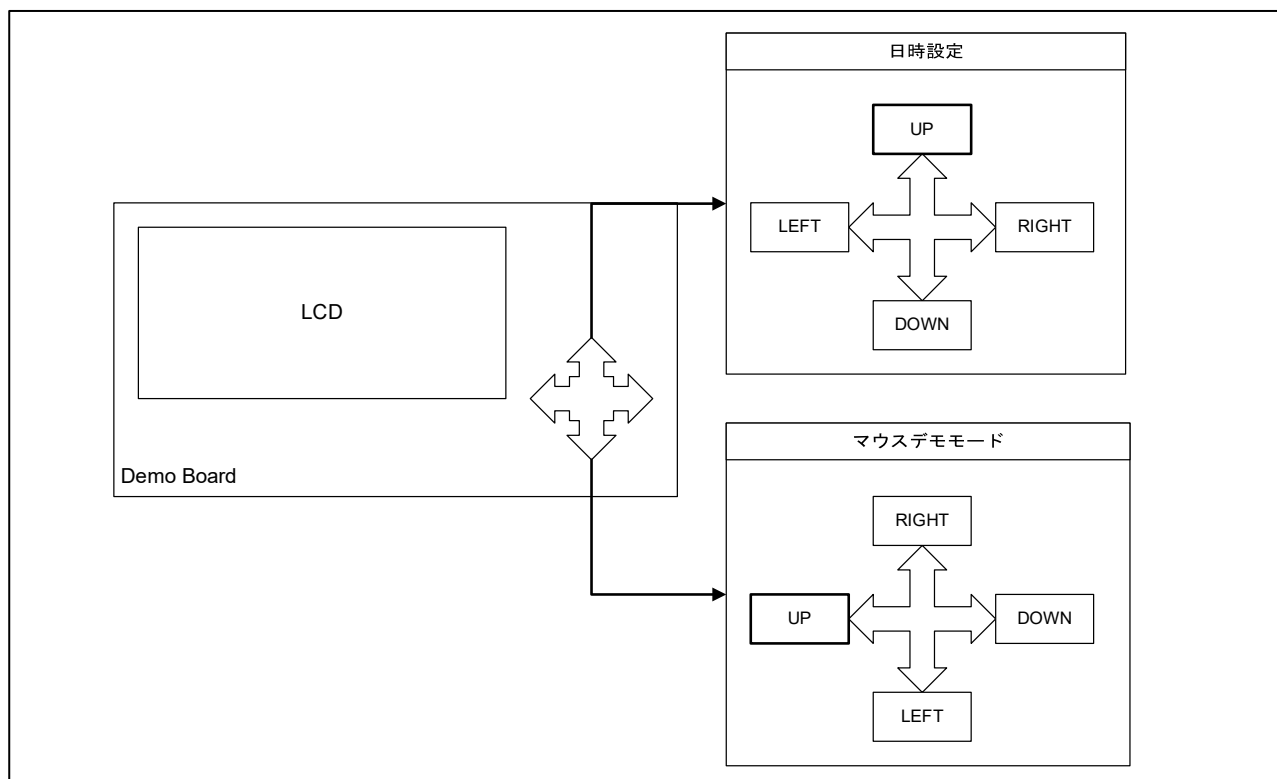


図 3-8 ジョイスティック入力仕様

表 3-6 ジョイスティックの端子割り当て

入力	日時設定時機能	マウスデモ時機能	端子名	アクティブ
A	上	右	P013	Low
B	右	下	P012	Low
C	左	上	P011	Low
D	下	左	P010	Low
Center	選択/設定切り換え	マウス左クリック	P502	Low

表 3-6 に記載されている入力 A~D 及び Center はジョイスティックの入力方向です。詳細仕様は 5.4 ジョイスティックの図 5-4 を参照ください。

3.7.1 処理構成

ジョイスティック入力の処理構成を図 3-9 に示します。

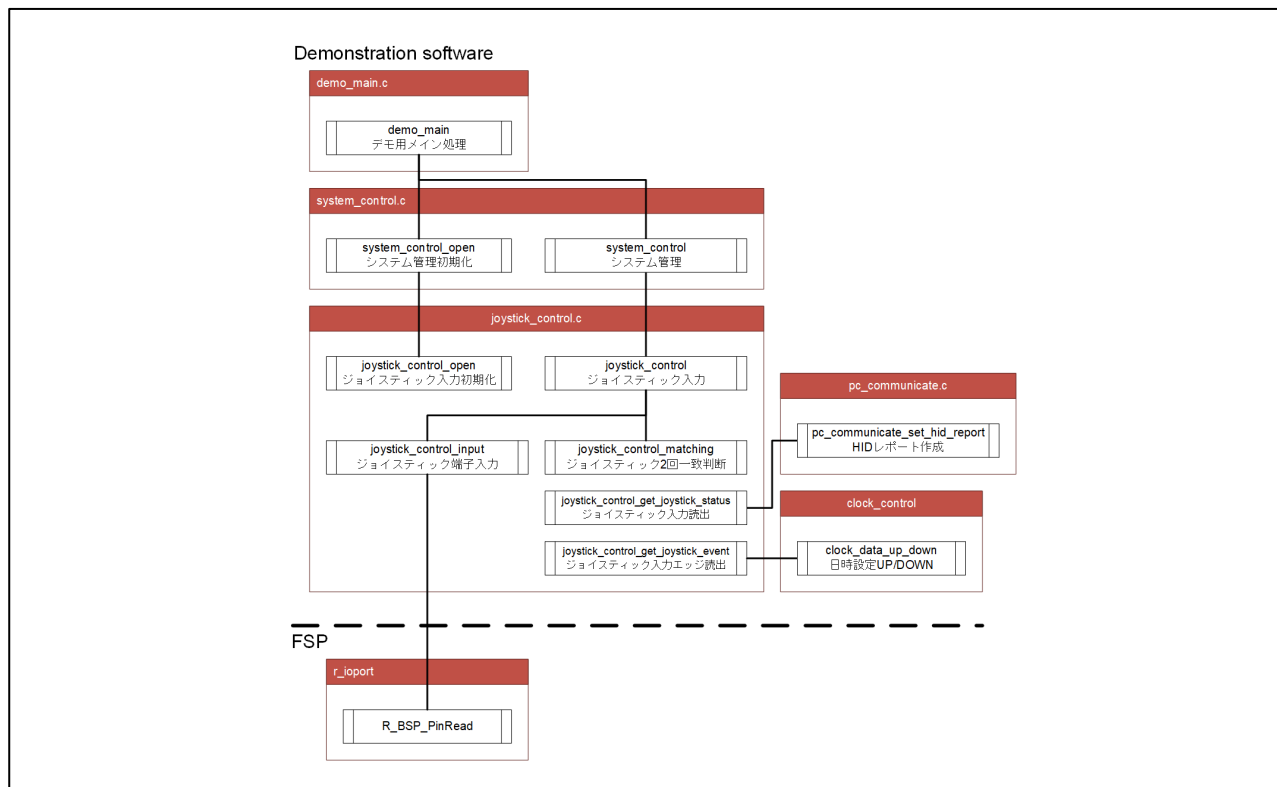


図 3-9 ジョイスティック入力の処理構成

3.7.2 マウスデモ動作

マウスデモモード中はジョイスティックの入力状態を PC アプリに通知して HID レポートの送信を行います。ジョイスティックの入力方向は基板左側を上方向として扱います。

3.7.3 日時設定操作

ジョイスティックの上下左右入力とセンタープッシュ入力により日時設定が可能です。ジョイスティックの入力方向は基板上側を上方向として扱います。

3.8 ステータス LED

ステータス LED の出力制御仕様を表 3-7 に示します。LED 出力はスタンバイ状態中も保持します。Power LED 端子は LCD のバックライト出力と共用します。

表 3-7 LED 出力制御仕様

ステータス LED	管理ブロック	アクティブ	備考
Power LED	システム状態遷移	High	LCD バックライト兼用
USB LED	USB 管理	High	
充電 LED	バッテリー管理	High	

3.8.1 処理構成

LED 出力の処理構成を図 3-10 に示します。

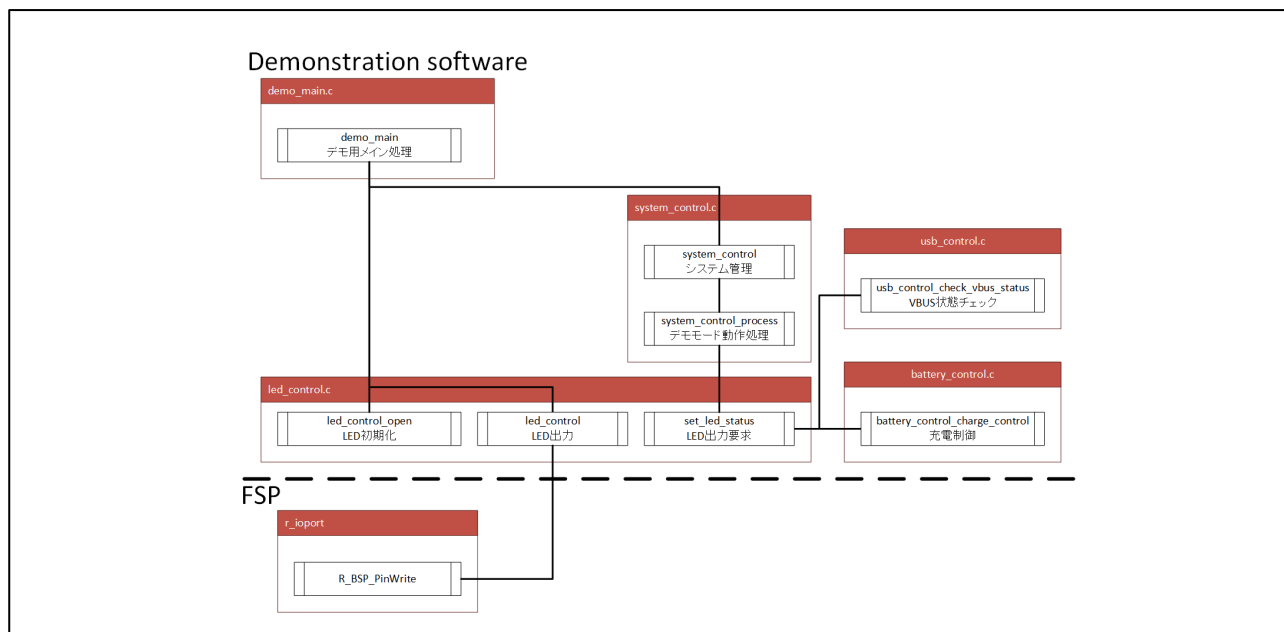


図 3-10 LED 出力の処理構成

3.9 日時管理

RTC を使用して日付、時刻を管理します。時刻は 24 時間方式で扱います。RTC 周期割り込み (1/128 秒) をシステムのメイン周期として使用しています。

3.9.1 処理構成

日時管理の処理構成を図 3-11 に示します。

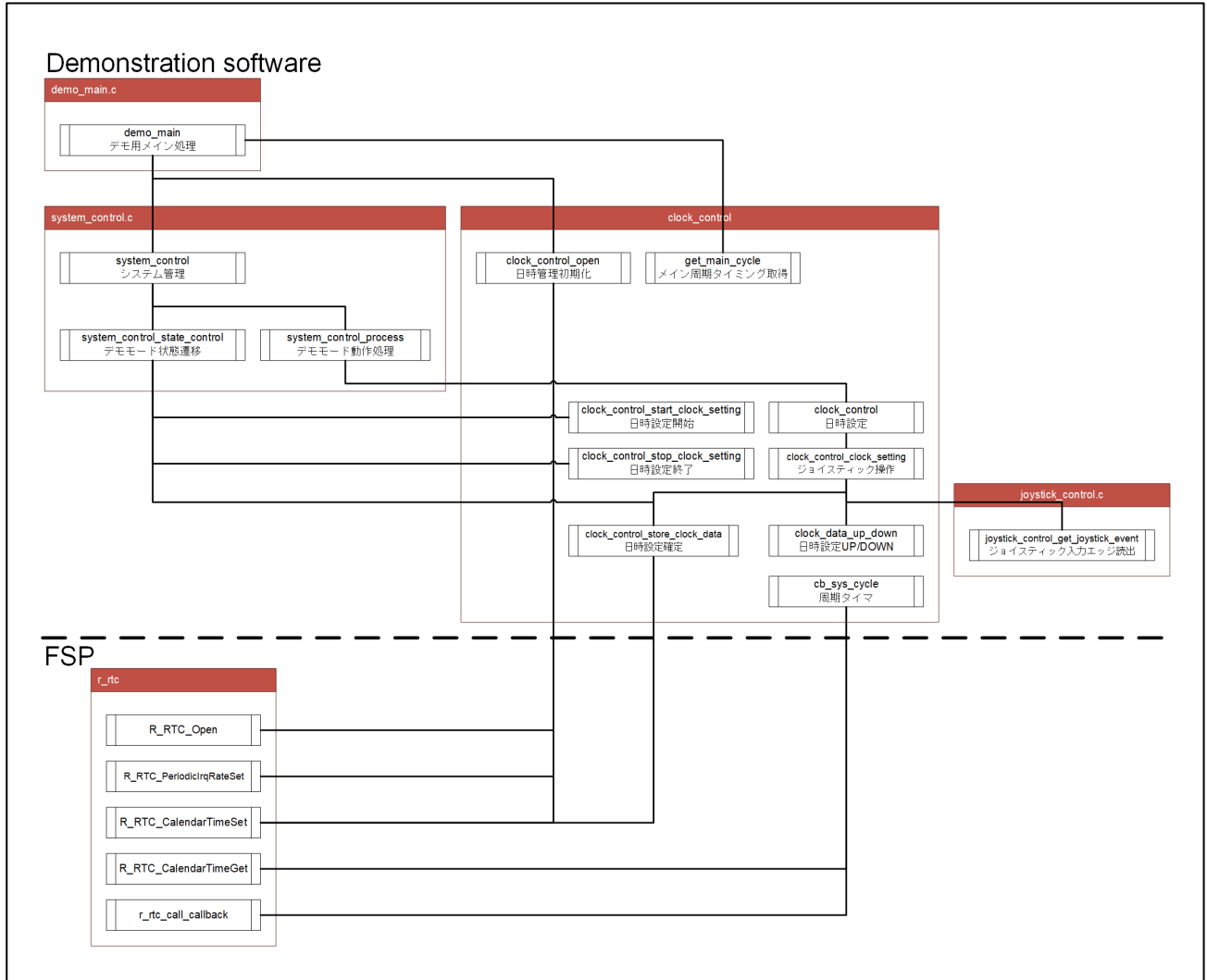


図 3-11 日時管理の処理構成

3.9.2 日時設定

日時未設定の状態では電源が供給されると、自動で日時設定モードに移行します。またマウスデモモード中にLCDスイッチを押すと、日時設定モードに移行します。日時設定モード中に、LCDスイッチを押すと設定内容をRTCに反映して日時設定を終了します。

日時未設定状態で日時設定を開始した場合は、日時設定終了後にセンシングデモモードに移行します。マウスデモモードから日時設定を開始した場合は、日時設定終了後にマウスデモモードに移行します。

日時設定モードでは、設定項目を選択した後、設定値を変更します。設定項目の選択では、ジョイスティックの上下左右入力で年月日時分秒を選択し、センタープッシュ入力で設定値の設定に移行します。

設定値は、ジョイスティックの上下入力で値を変更します。センタープッシュ入力で設定を確定し、再度設定項目の選択に遷移します。

日時設定の動作イメージを図 3-12 に示します。

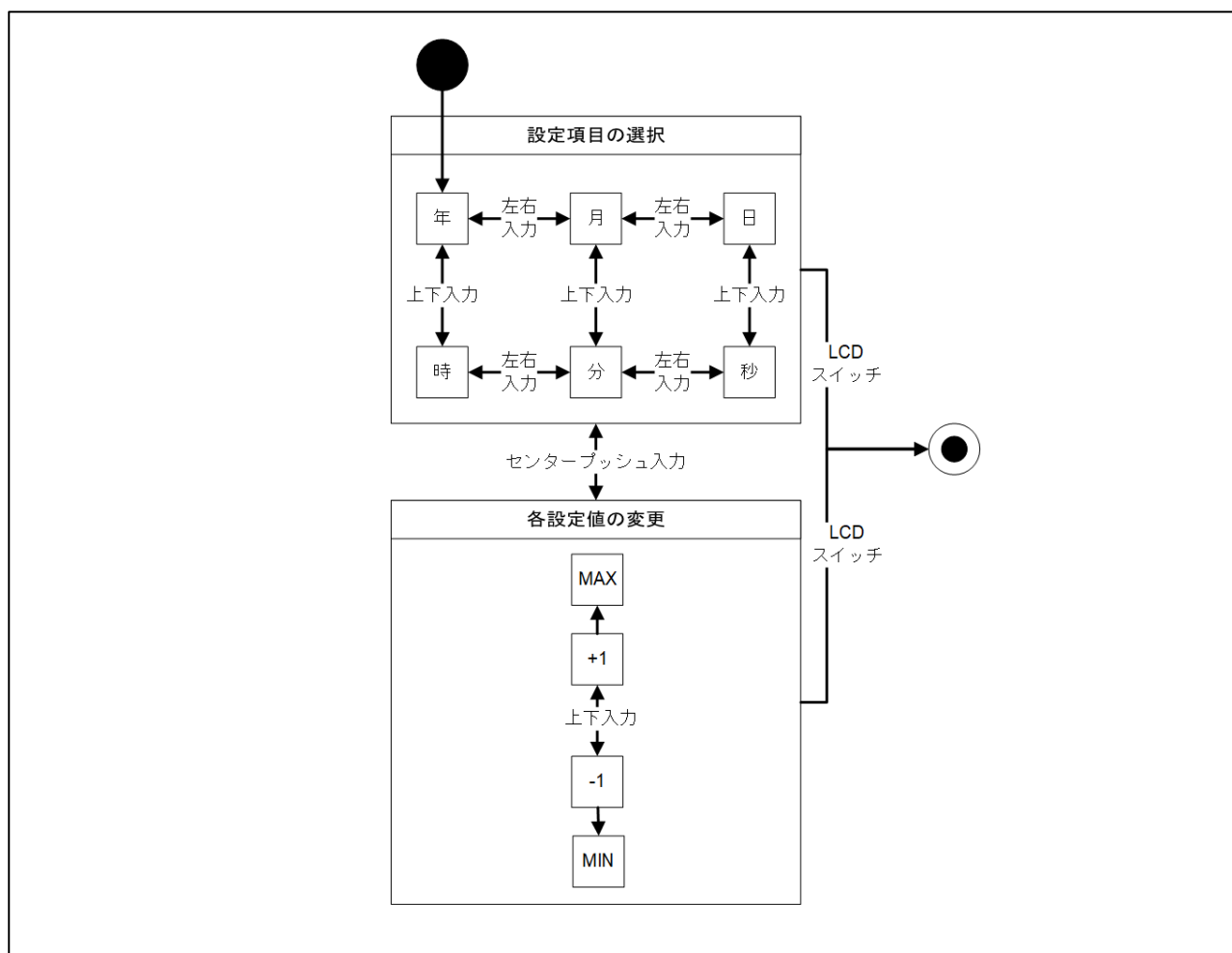


図 3-12 日時設定の動作イメージ

3.10 LCD 表示

本サンプルコードでは、C ソースコードに変換された各アイコン画像データとテキストデータを、LCD 表示制御関数及び LCD モジュールドライバソフトを用いて、LCD に描画しています。

3.10.1 処理構成

LCD 表示の処理構成を図 3-13 に示します。

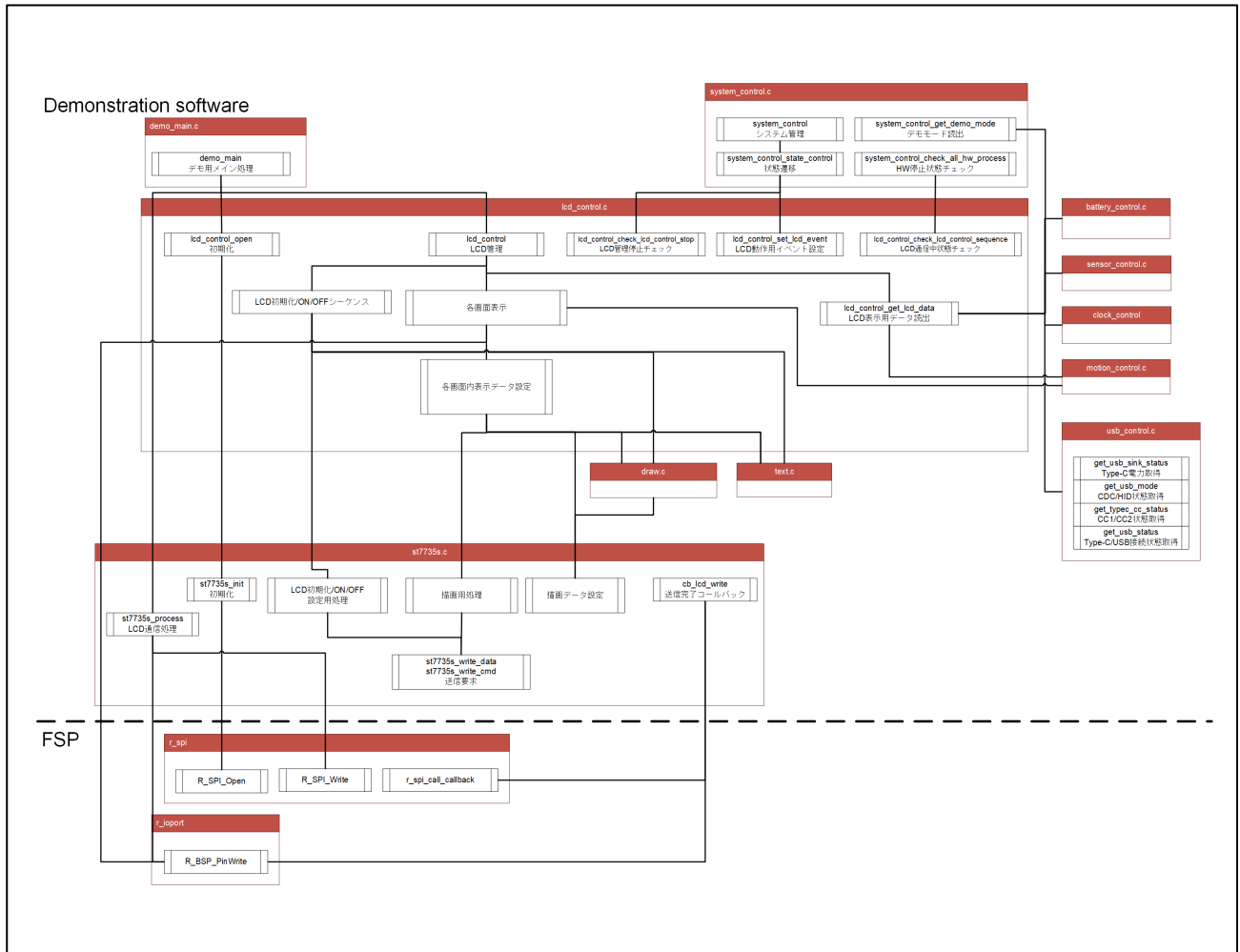


図 3-13 LCD 表示の処理構成

3.10.2 状態遷移

LCD 表示の状態遷移を図 3-14 に示します。システム管理からのスイッチ入力通知と USB 管理の接続状態変化により画面遷移を行います。一部の遷移はシステム管理、日時設定の状態により分岐します。

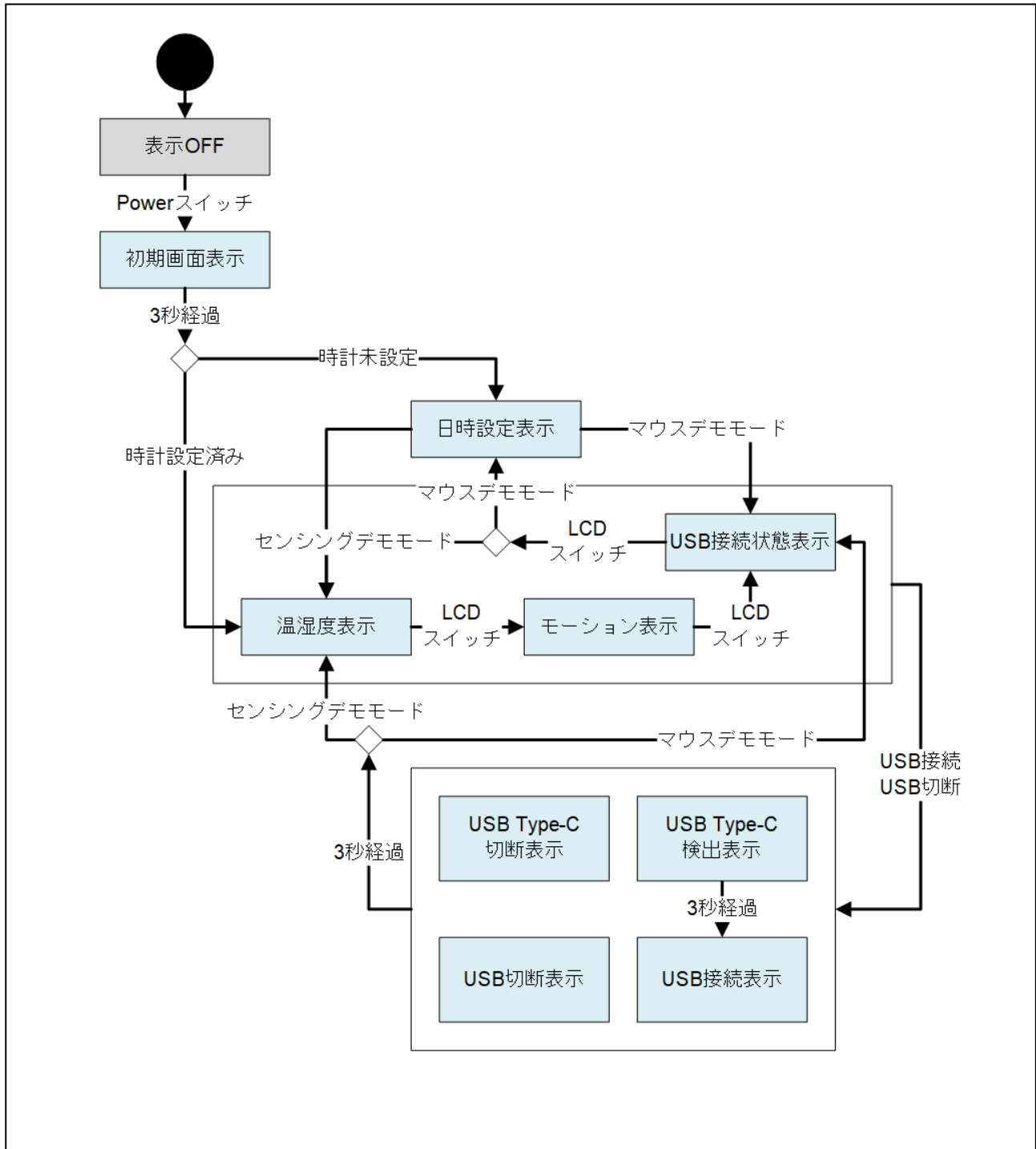


図 3-14 LCD 表示の状態遷移

3.10.3 LCD 表示構成の概要

デモ動作に合わせて6種類のLCD表示構成を定義しています。LCD表示構成の概要を図3-15に示します。図中の数字は次ページ以降で説明します。

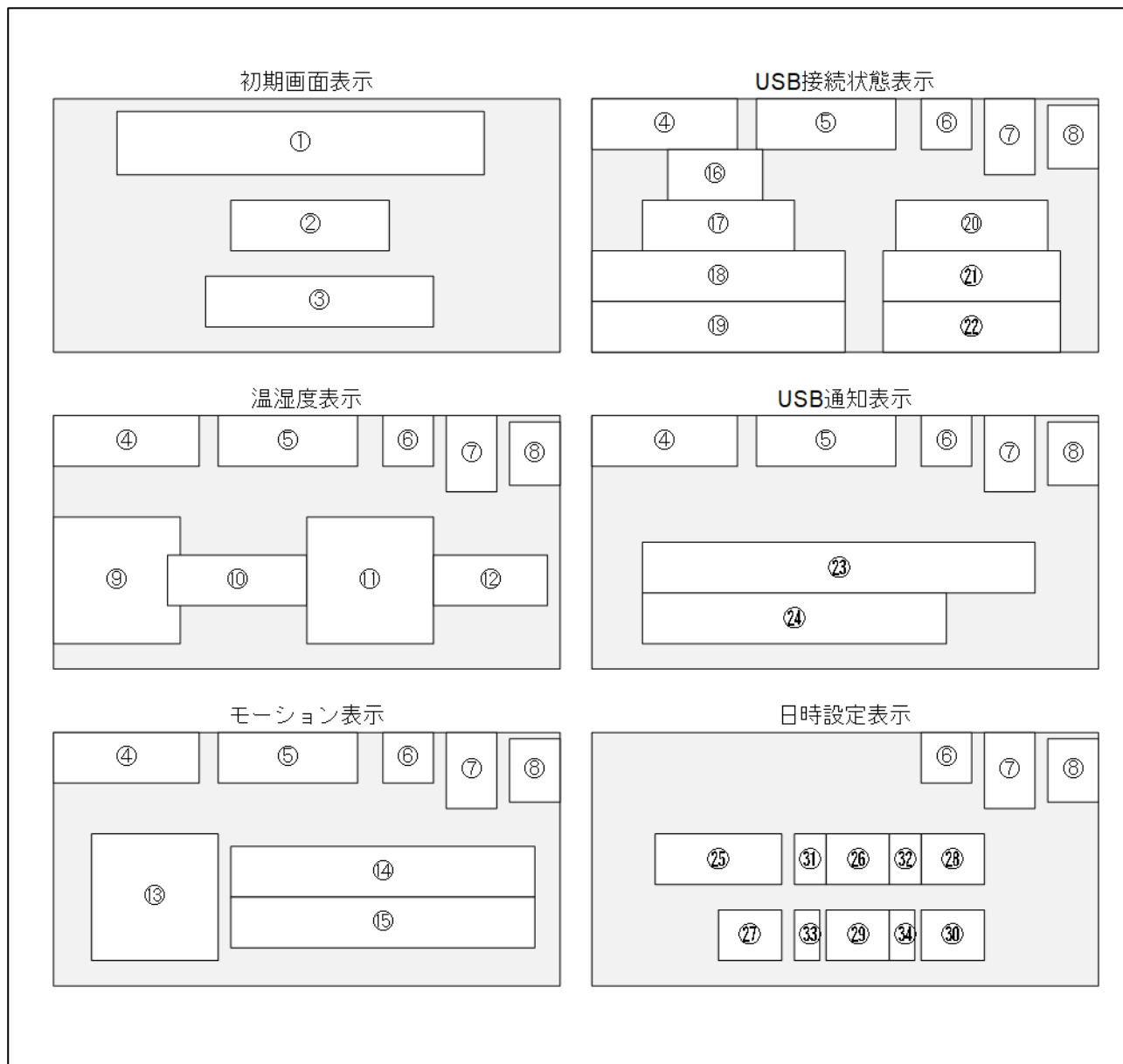


図 3-15 LCD 表示構成

3.10.4 LCD 描画エリアとアイコン表示場所

6 種類の画面表示構成それぞれにおいて、LCD 描画時間最適化のため LCD 表示更新エリアを分割して LCD 描画を行っています。LCD 描画エリアとアイコン表示場所を図 3-16～図 3-21 に示します。

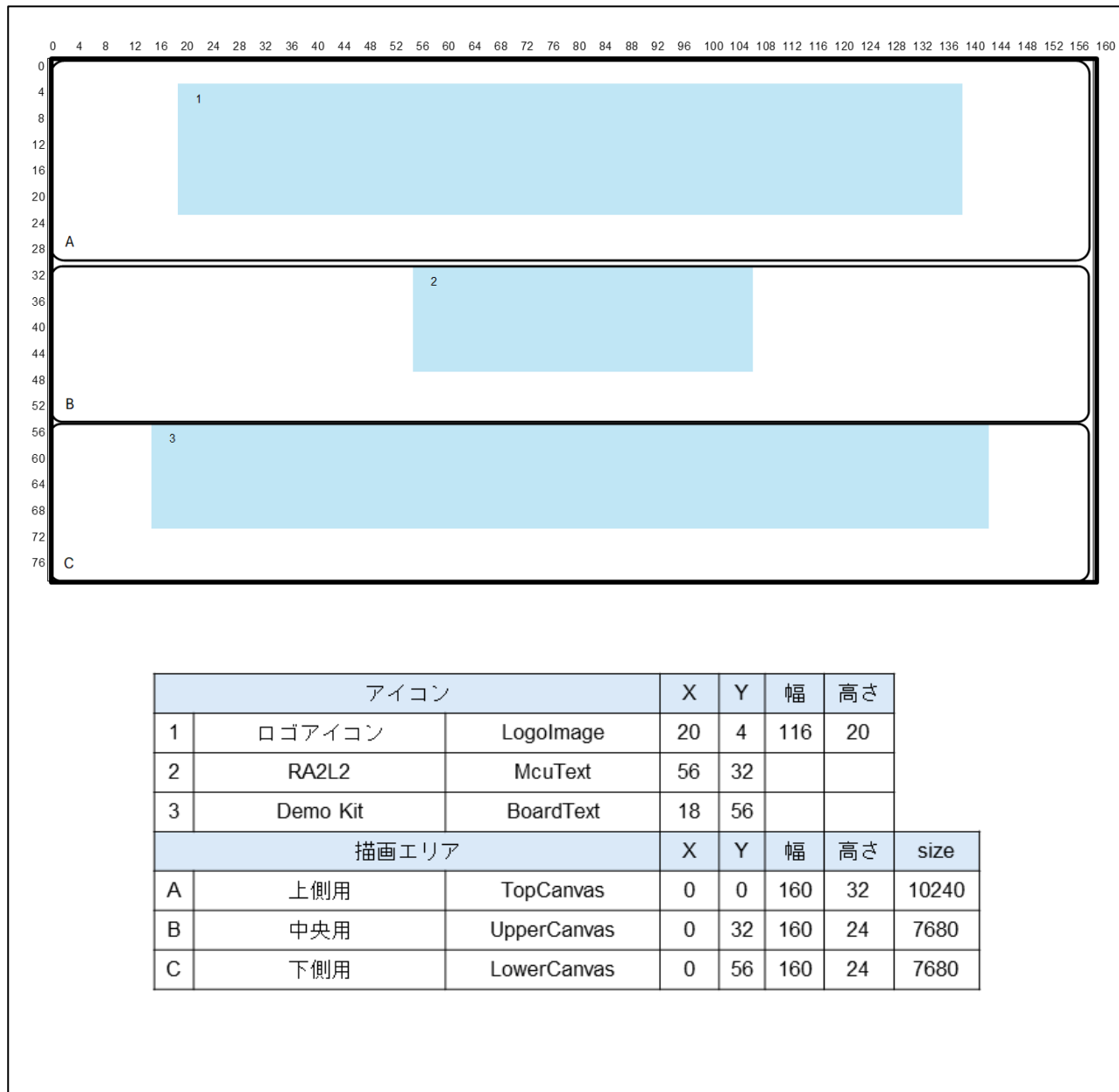


図 3-16 LCD 描画エリアとアイコン表示場所（初期画面表示）

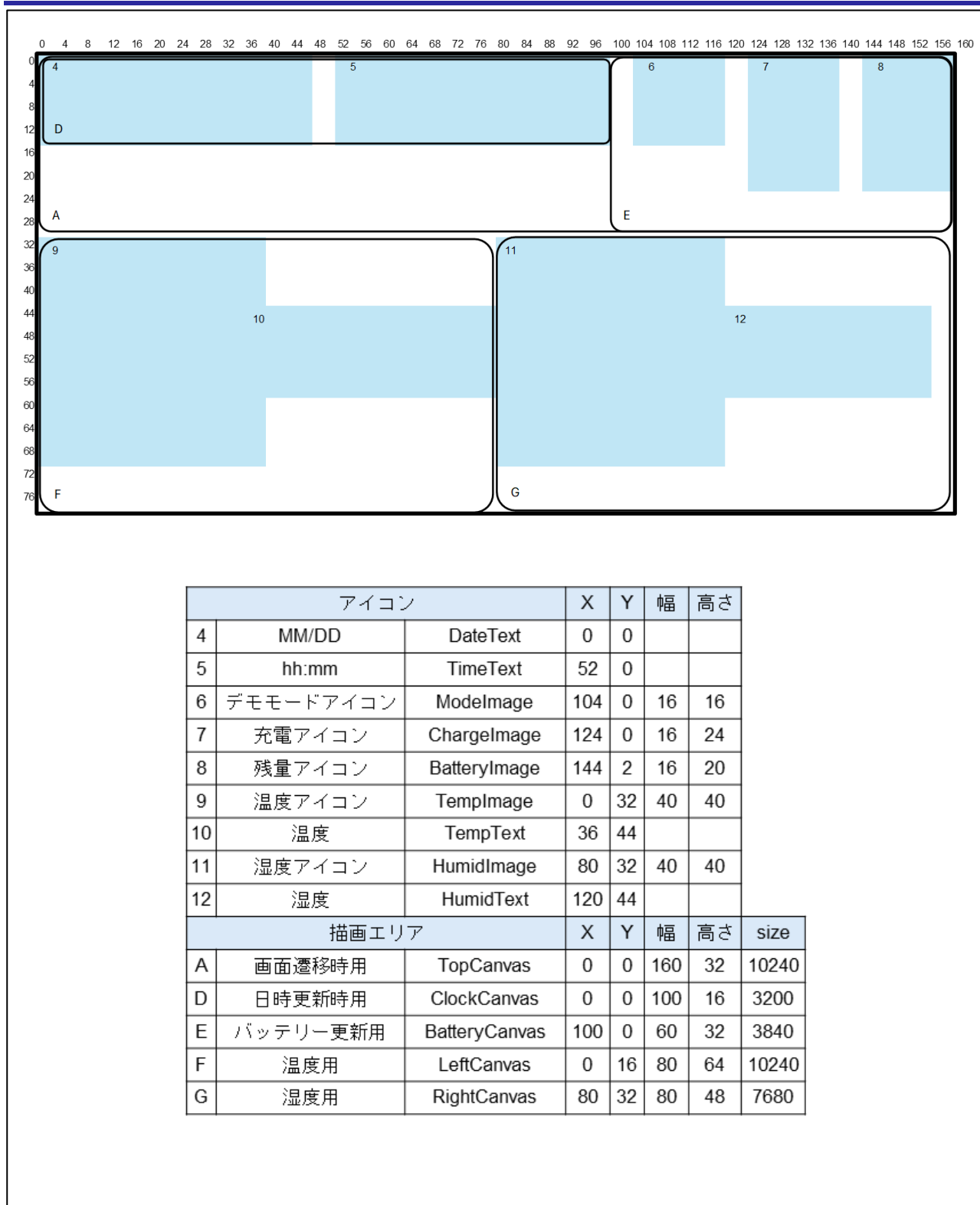


図 3-17 LCD 描画エリアとアイコン表示場所（温湿度表示）

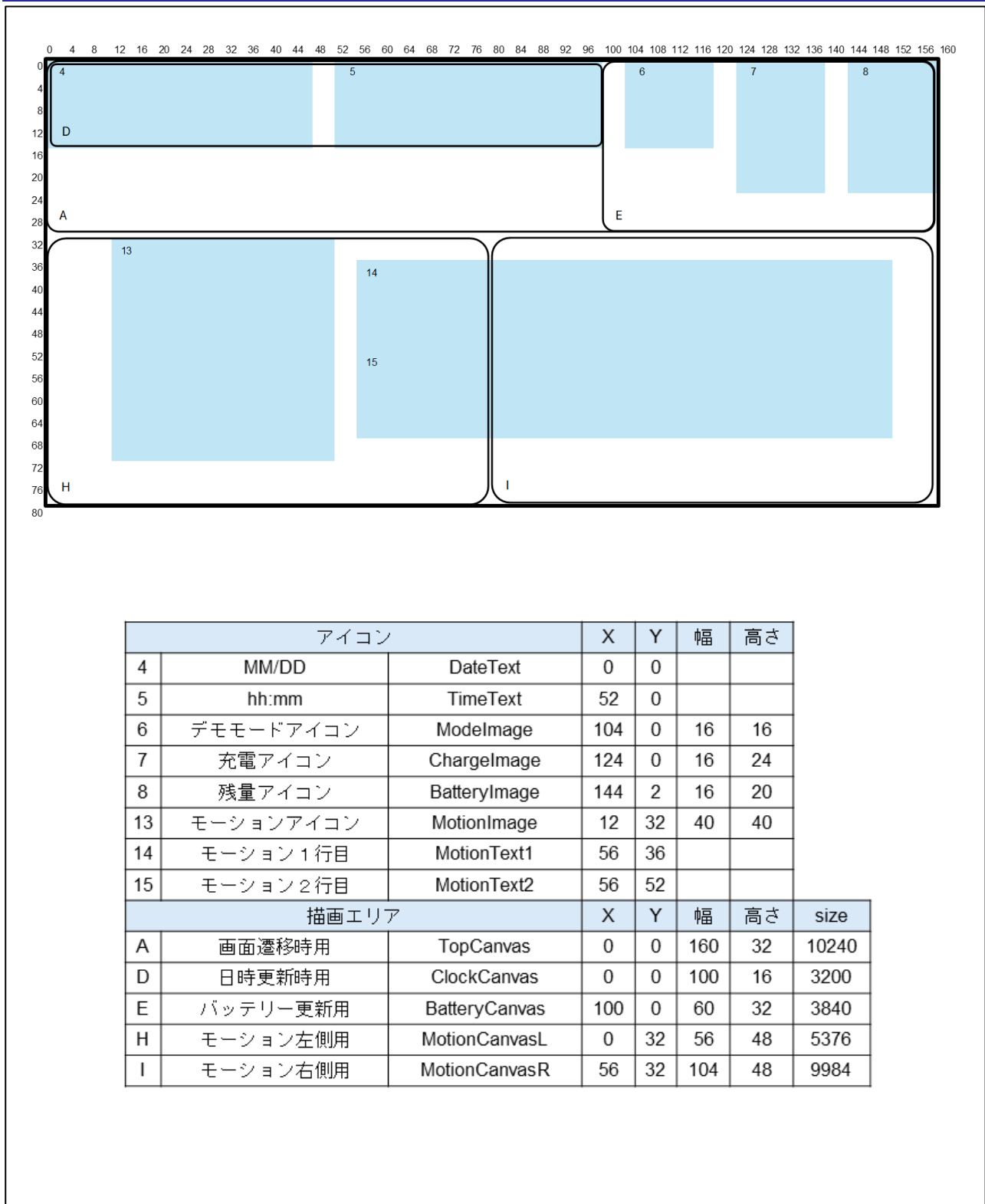
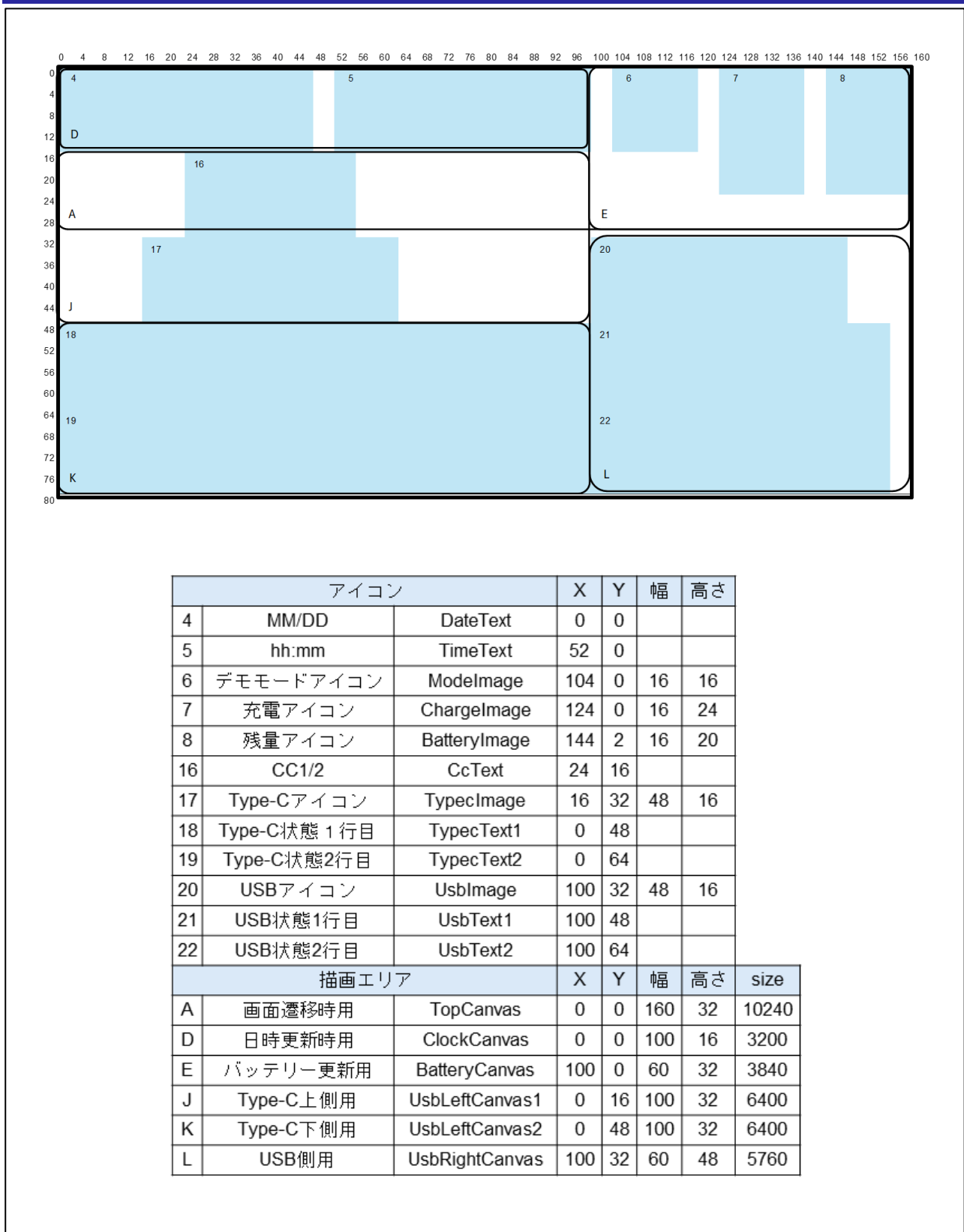


図 3-18 LCD 描画エリアとアイコン表示場所（モーション表示）



アイコン			X	Y	幅	高さ	
4	MM/DD	DateText	0	0			
5	hh:mm	TimeText	52	0			
6	デモモードアイコン	ModelImage	104	0	16	16	
7	充電アイコン	ChargeImage	124	0	16	24	
8	残量アイコン	BatteryImage	144	2	16	20	
16	CC1/2	CcText	24	16			
17	Type-Cアイコン	TypecImage	16	32	48	16	
18	Type-C状態 1行目	TypecText1	0	48			
19	Type-C状態2行目	TypecText2	0	64			
20	USBアイコン	UsbImage	100	32	48	16	
21	USB状態1行目	UsbText1	100	48			
22	USB状態2行目	UsbText2	100	64			
描画エリア			X	Y	幅	高さ	size
A	画面遷移時用	TopCanvas	0	0	160	32	10240
D	日時更新時用	ClockCanvas	0	0	100	16	3200
E	バッテリー更新用	BatteryCanvas	100	0	60	32	3840
J	Type-C上側用	UsbLeftCanvas1	0	16	100	32	6400
K	Type-C下側用	UsbLeftCanvas2	0	48	100	32	6400
L	USB側用	UsbRightCanvas	100	32	60	48	5760

図 3-19 LCD 描画エリアとアイコン表示場所 (USB 接続状態表示)

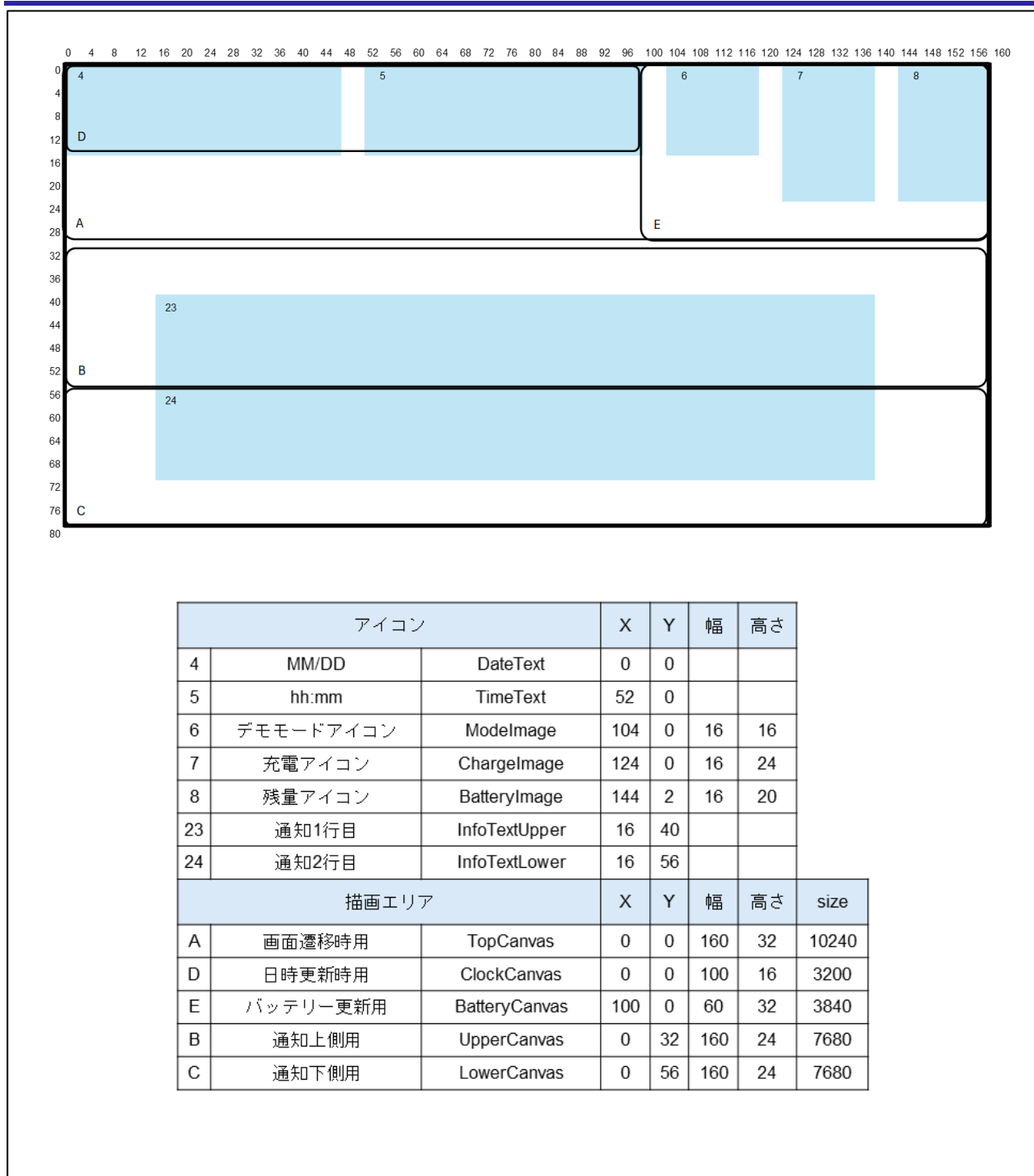


図 3-20 LCD 描画エリアとアイコン表示場所 (USB 通知表示)

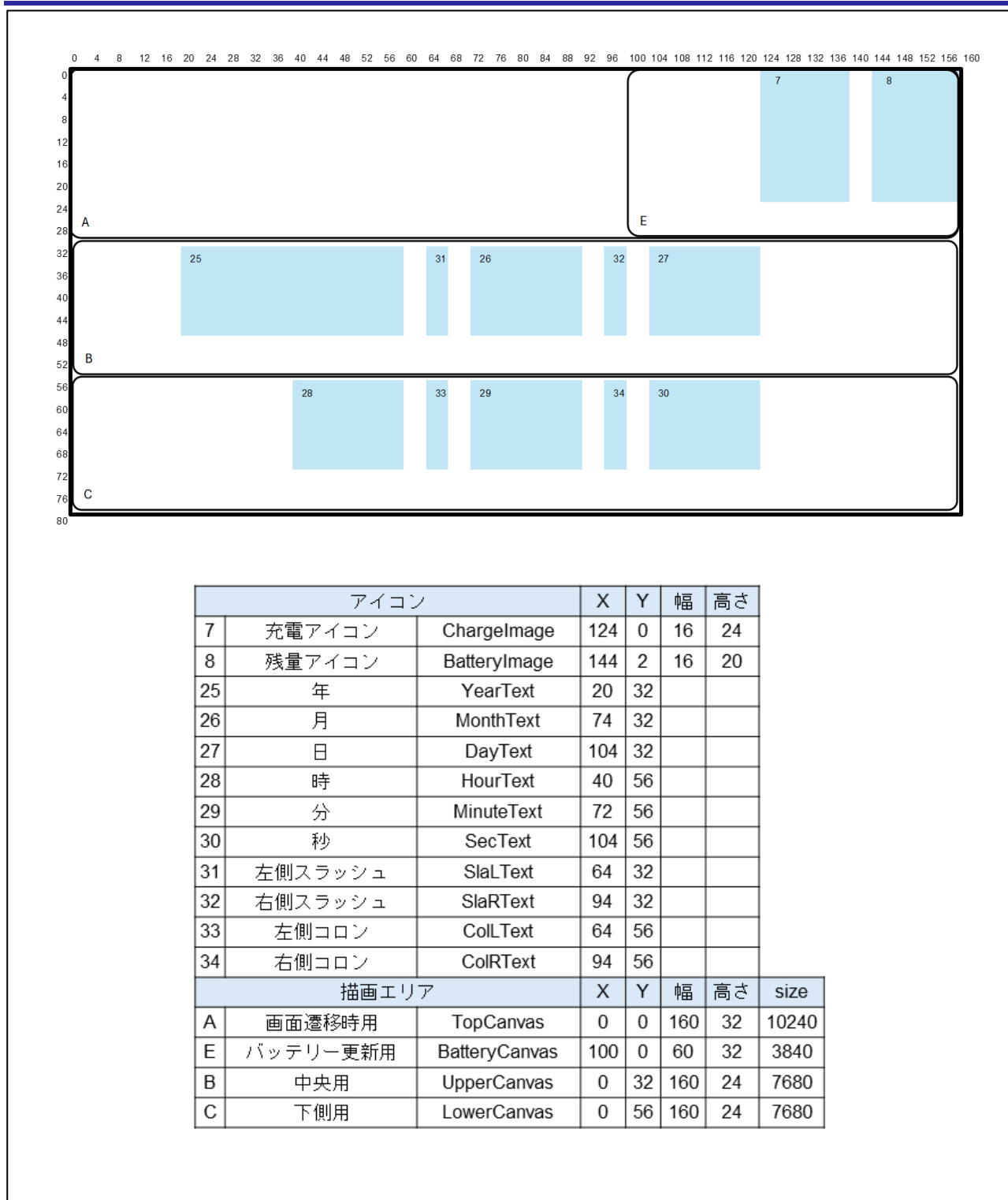


図 3-21 LCD 描画エリアとアイコン表示場所（日時設定表示）

3.10.5 LCD 描画フロー

図 3-17 に記載した温湿度表示の LCD 描画フローを、一例として図 3-22 に示します。

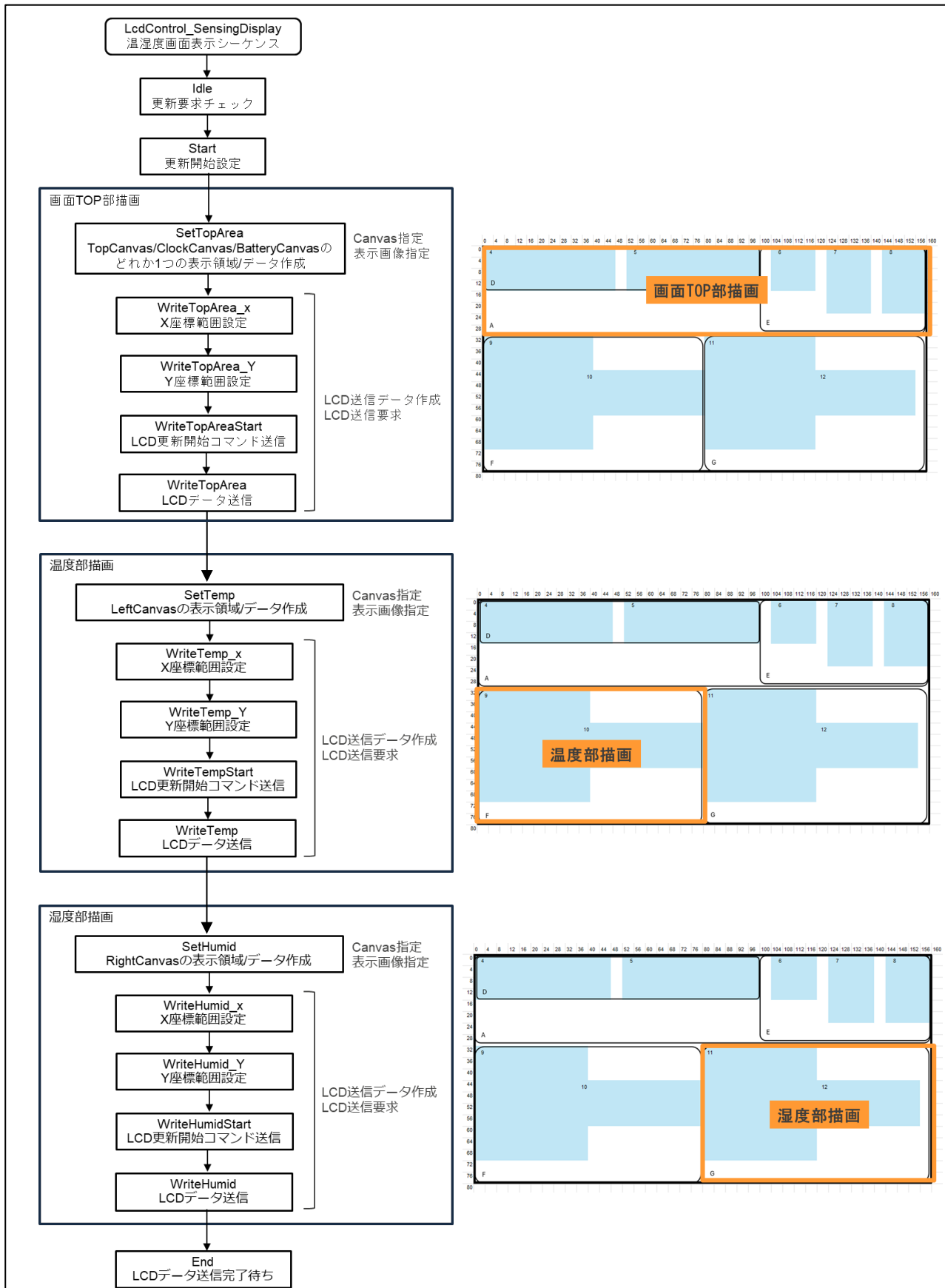
























図 3-22 温湿度表示の LCD 描画フロー

3.10.7 表示アイコン

本サンプルコードで使用しているアイコン画像データを表 3-8 に示します。

表 3-8 アイコン画像データ

項目	アイコン	X	Y	幅	高さ	備考
1		20	4	116	20	ルネサスロゴ
6		104	0	16	16	センシングデモモード
						マウスデモモード
7		124	0	16	24	充電中マーク
8		144	2	16	20	バッテリー残量レベル 0
						バッテリー残量レベル 1
						バッテリー残量レベル 2
						バッテリー残量レベル 3
						バッテリー残量レベル 4
						バッテリー残量レベル 5
9		0	32	40	40	温度アイコン
11		80	32	40	40	湿度アイコン
13		12	32	40	40	Tap Detection
						Tilt Detection
						Walk
						Run
						Board Rise
						Board Horizontal
17		16	32	48	16	未検出用 斜めの赤線を被せる
						CC1
						CC2
20		100	32	48	16	USB アイコンに斜めの赤線を被せる
	USB なし			48	16	

3.10.8 表示文字列

本サンプルコードで使用している文字列を表 3-9 に示します。

表 3-9 文字列データ

項目	文字列	X	Y	幅	高さ	備考
2	RA2L2	56	32	50	16	
3	USB-C Demo Kit	18	56	124	16	
4	01/01~12/31	0	0	50	16	
5	00:00~23:59	52	0	43	16	
10	-40°C~125°C	36	44	44	16	アイコンに被せる
12	100%	120	44	36	16	
14	No Motion	56	36	81	32	未使用
	TAP			30		
	TILT			36		
	WALKING			66		
	RUNNING			66		
	BOARD			50		
15	Detection	56	52	86	16	未使用
	RAISE			46		
	HORIZONTAL			96		
16	CC1	24	16	26	16	
	CC2			30		
18	Type-C	0	48	58	16	
	5V/3A			50		
	5V/1.5A			59		
	5V/default			100		
19	NoCharge	0	64	80	16	
	Source			60		
21	No USB	100	48	55	16	
	CDC			30		
	HID			26		
22	Device	100	64	56	16	
23	Type-C Attach	16	40	123	16	
	USB Connect			105		
	Type-C			58		
	Type-C / USB			108		
24	Success!	16	56	73	16	
	Disconnect			96		
25	2000~2099	20	32	40	16	選択中は反転表示 設定中は 1Hz 点滅
26	01~12	72	32	20	16	
27	01~31	104	32	20	16	
28	00~23	40	56	20	16	
29	00~59	72	56	20	16	
30	00~59	104	56	20	16	
31	／	64	32	10	16	
32		94				
33	:	64	56	4	16	
34		94				

3.11 温湿度センサ管理

本リファレンスデザインでは、ルネサス製温湿度センサ (HS4001) を使用しています。本サンプルコードでは、温湿度センサ制御用ドライバとして、FSP の HS400X 用ドライバをそのまま使用しています。

センシングデモモード中は 1 秒周期で温湿度センサから計測結果を取得します。温湿度センサの計測結果は他ブロックから整数部、小数部それぞれを int8_t 型で取り出せます。また温湿度センサの計測結果は直近の計測結果のみ取り出せます。

3.11.1 処理構成

温湿度センサ制御の処理構成を図 3-24 に示します。

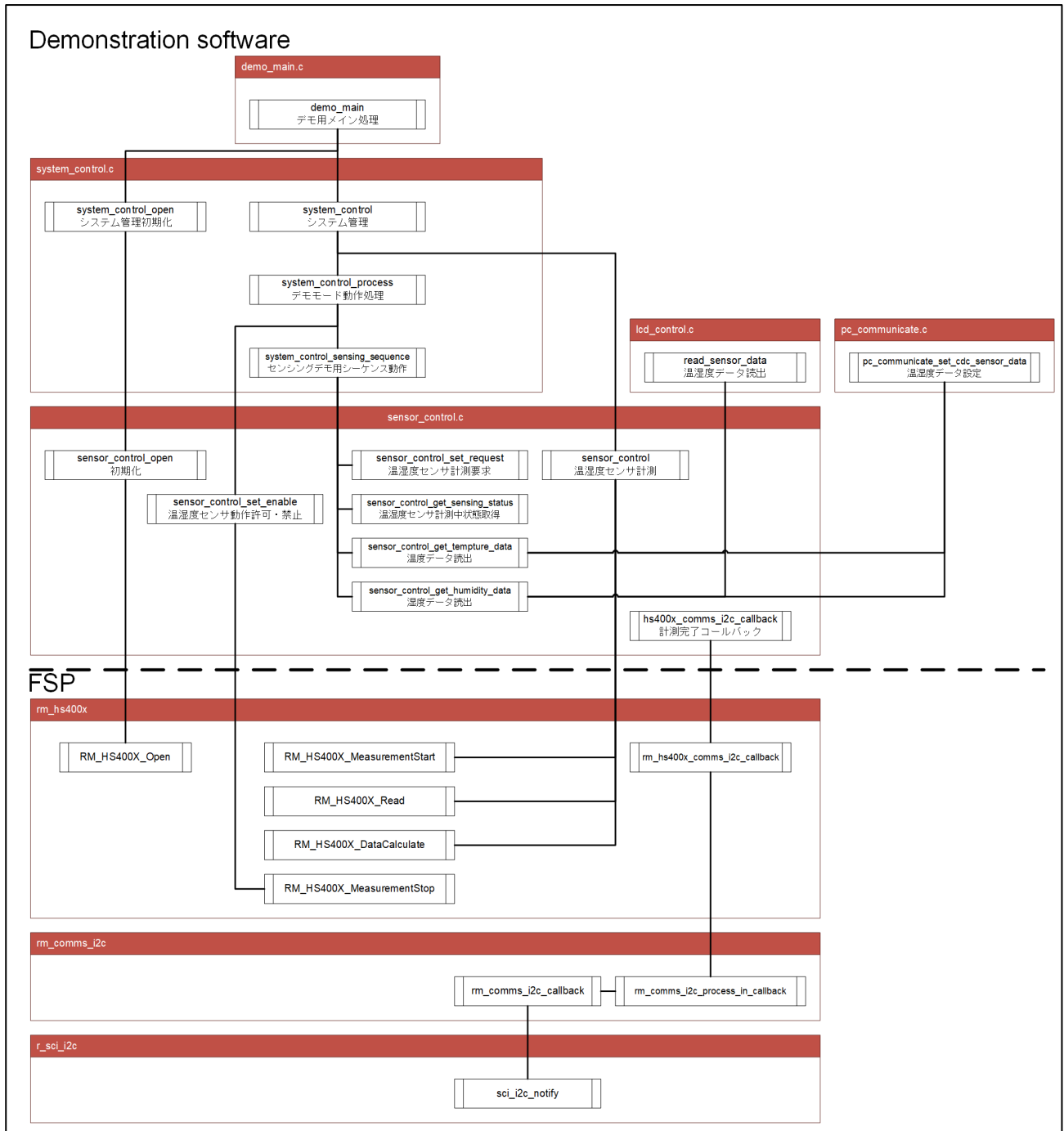


図 3-24 温湿度センサの処理構成

3.12 モーションセンサ管理

本リファレンスデザインでは、TDK 製モーションセンサ (ICM-42688-P) を使用しています。ICM-42688-P は、センサ内部でタップ検出 (TAP detection) や傾き検出 (TILT detection) などのモーション動作を検出することができる APEX Motion 機能を有しています。本サンプルコードでは検出したモーション動作を LCD に表示させています。本サンプルコードで検出可能なモーションの種類を表 3-10 に示します。

表 3-10 モーション動作の種類と動作定義

モーション名	モーション検出する時の動作定義
Tap detection	加速度センサから取得したデータが、タップ動作を想定して設定された閾値を超えた時に検出されるモーション動作です。(注1)
Tilt Detection	角速度センサの傾き角度と傾き検出時間が設定された閾値を超えた時に検出されるモーション動作です。(本デモボードの閾値は傾き角度 35 度 [デフォルト]、傾き検出時間 4 秒 [デフォルト]に設定されています)
Walk	加速度センサから取得したデータが、歩行動作を想定して設定された閾値を超えた時に検出されるモーション動作です。(注1)
Run	加速度センサから取得したデータが、ランニング動作を想定して設定された閾値を超えた時に検出されるモーション動作です。(注1)

注1. 本サンプルコードでは、各モーション検出用の閾値は全て ICM-42688-P のデフォルト値に設定されています。閾値等の詳細仕様は、ICM-42688-P の仕様書を参照ください。

3.12.1 処理構成

モーショセンサ管理の処理構成を図 3-25 に示します。

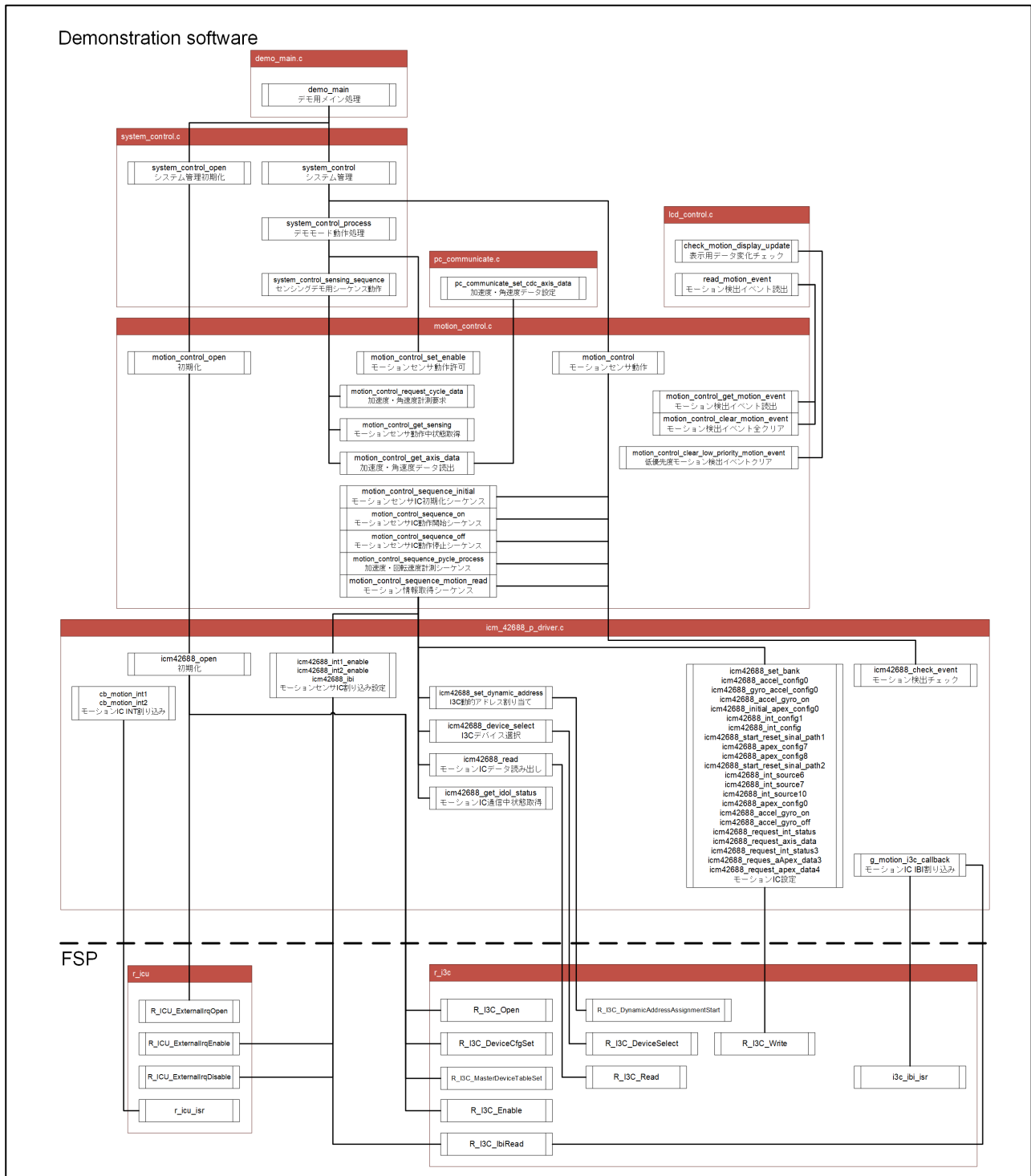


図 3-25 モーショセンサ管理の処理構成

3.12.2 状態遷移

モーションセンサはセンシングデモモード中のみ使用されており、周期的に加速度・角速度の検出を行います。またモーション検出はデフォルトではINT1 端子を使用しており、モーション検出があった場合はモーション情報の取得を行います。状態遷移を図 3-26 に示します。

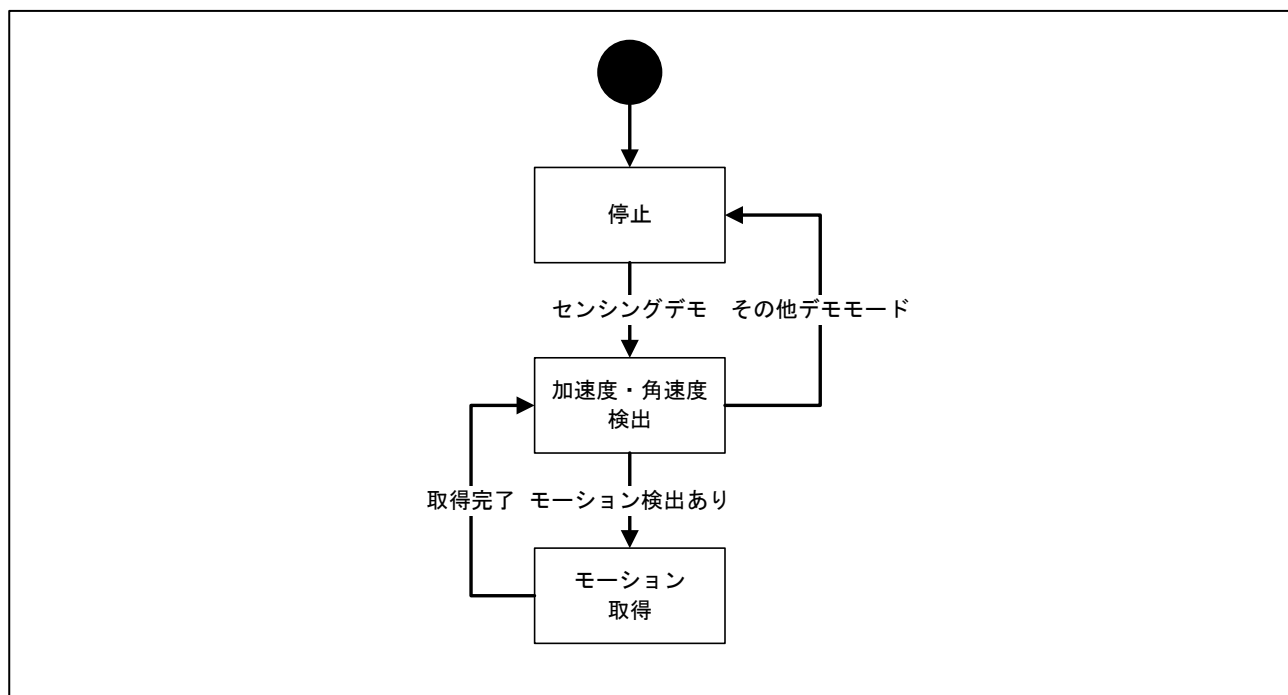


図 3-26 モーションセンサ管理の状態遷移

注1. モーション検出用端子は、サンプルコードの「icm_42688_p_driver.h」で定義している MOTION_INT（定数）で設定しています。デフォルトでは INT1 端子が設定されていますが、INT2 または IBI に変更することができます。

3.12.3 加速度及び角速度計測

センシングデモモード中は1秒周期でモーションセンサから加速度、角速度の計測結果を取得します。加速度、角速度の計測結果は5秒間分のデータを保持し、直近の計測結果と5秒間の最大値を取り出せるものとします。センサ取得結果が格納されるレジスタ仕様を表 3-11 に示します。

表 3-11 センサ取得結果レジスタ

IC レジスタ	アドレス	設定データ名	備考
ACCEL_DATA_X1	0x1F	ACCEL_DATA_X	X 軸加速度
ACCEL_DATA_X0	0x20		
ACCEL_DATA_Y1	0x21	ACCEL_DATA_Y	Y 軸加速度
ACCEL_DATA_Y0	0x22		
ACCEL_DATA_Z1	0x23	ACCEL_DATA_Z	Z 軸加速度
ACCEL_DATA_Z0	0x24		
GYRO_DATA_X1	0x25	GYRO_DATA_X	X 軸角速度
GYRO_DATA_X0	0x26		
GYRO_DATA_Y1	0x27	GYRO_DATA_Y	Y 軸角速度
GYRO_DATA_Y0	0x28		
GYRO_DATA_Z1	0x29	GYRO_DATA_Z	Z 軸角速度
GYRO_DATA_Z0	0x2A		

3.12.4 モーション情報検出

センシングデモモード中はモーションセンサ用の INT 割り込みを検出してモーション情報の検出を行います。モーション情報の検出と加速度、角速度計測タイミングが重複した場合は加速度、角速度計測を優先します。モーション情報検出では複数の検出が連続して発生する可能性があるため、周期動作である加速度、角速度計測を優先させています。モーション情報レジスタ仕様を表 3-12 に示します。

表 3-12 モーション情報レジスタ

IC レジスタ	アドレス	設定データ名	備考
APEX_DATA3	0x34	ACTIVITY_CLASS	Pedometer
APEX_DATA4	0x35	TAP_NUM	Tap Detection
INT_STATUS3	0x38	STEP_DET_INT	Pedometer
		TILT_DET_INT	Tilt Detection
		TAP_DET_INT	Tap Detection

モーション情報検出が複数発生した場合は表 3-13 の優先順位とします。

表 3-13 モーション検出の優先順位

モーション	優先順	備考
Walk	1	LCD にモーション表示後は 以降の優先順位の検出結果をクリアする
Run	2	
Tap Detection	3	
Tilt Detection	4	

3.12.5 レジスタ設定

モーションセンサの各レジスタ設定値を表 3-14 に示します。モーション検出に INT2 端子または IBI 割込みを使用する場合は、INT_SOURCE7 または INT_SOURCE10 を参照ください。モーションセンサに関する用語や仕様の詳細については、ICM-42688-P の仕様書を参照ください。

表 3-14 モーションセンサ設定レジスタ

IC レジスタ	bank	アドレス	設定データ名	設定値	備考
INT_CONFIG	0	0x14	-	00	
			INT2_MODE	0	default
			INT2_DRIVE_CIRCUIT	0	default
			INT2_POLARITY	0	default
			INT1_MODE	0	default
			INT1_DRIVE_CIRCUIT	0	default
			INT1_POLARITY	0	default
SIGNAL_PATH_RESET	0	0x4B	-	0	
			DMP_INIT_EN	1	DMP enable
				0	DMP disable
			DMP_MEM_RESET	1	DMP memory reset
				0	default
			-	0	
			ABORT_AND_RESET	0	default
			TMST_STROBE	0	default
			FIFO_FLUSH	0	default
			-	0	
PWR_MGMT0	0	0x4E	-	00	reserved
			TEMP_DIS	0	Temperature sensor off
			IDLE	0	default
			GYRO_MODE	11	LN mode
				00	off
			ACCEL_MODE	10	LP mode
00	off				
ACCEL_CONFIG0	0	0x50	ACCEL_FS_SEL	000	default
			-	0	reserved
			ACCEL_ODR	0111	200Hz
GYRO_ACCEL_CONFIG0	0	0x52	ACCEL_UI_FILT_BW	0100	
			GYRO_UI_FILT_BW	0001	Default
APEX_CONFIG0	0	0x56	DMP_POWER_SAVE	0	
			TAP_ENABLE	1	Enable
				0	Disable

IC レジスタ	bank	アドレス	設定データ名	設定値	備考
			PED_ENABLE	1	Enable
				0	Disable
			TILT_ENABLE	1	Enable
				0	Disable
			R2W_EN	1	Enable
				0	Disable
			-	0	
		DMP_ODR	10	50Hz	
INT_CONFIG1	0	0x64	-	0	
			INT_TPULSE_DURATION	0	default
			INT_TDEASSERT_DISABLE	0	default
			INT_ASYNC_RESET	0	INT1, INT2 use
			-	0000	
INT_SOURCE6	4	0x4D	-	00	
			STEP_DET_INT1_EN	1	INT1 enable
			STEP_CNT_OFL_INT1_EN	0	default
			TILT_DET_INT1_EN	1	INT1 enable
			WAKE_DET_INT1_EN	1	INT1 enable
			SLEEP_DET_INT1_EN	1	INT1 enable
			TAP_DET_INT1_EN	1	INT1 enable
INT_SOURCE7	4	0x4E	-	00	
			STEP_DET_INT2_EN	1	INT2 enable
			STEP_CNT_OFL_INT2_EN	0	default
			TILT_DET_INT2_EN	1	INT2 enable
			WAKE_DET_INT2_EN	1	INT2 enable
			SLEEP_DET_INT2_EN	1	INT2 enable
			TAP_DET_INT2_EN	1	INT2 enable
INT_SOURCE10	4	0x51	-	00	
			STEP_DET_IBI_EN	1	IBI enable
			STEP_CNT_OFL_IBI_EN	0	default
			TILT_DET_IBI_EN	1	IBI enable
			WAKE_DET_IBI_EN	1	IBI enable
			SLEEP_DET_IBI_EN	1	IBI enable
			TAP_DET_IBI_EN	1	IBI enable

3.13 データ管理

本サンプルコードでは、温湿度センサとモーションセンサの計測データを5秒おきにデータフラッシュメモリに保存します。

温度及び湿度データは保存タイミングの直近1秒以内の計測データを保存し、モーションデータは5秒間の最大値データを保存します。これらの保存データには保存タイミングの日付と時刻の情報が付与されます。

保存データは、古い順に読み出すことができます。ただし、一度読み出したデータを再度読み出すことはできません。また、日時設定の変更時は全保存データを消去します。

3.13.1 処理構成

データ管理の処理構成を図 3-27 に示します。

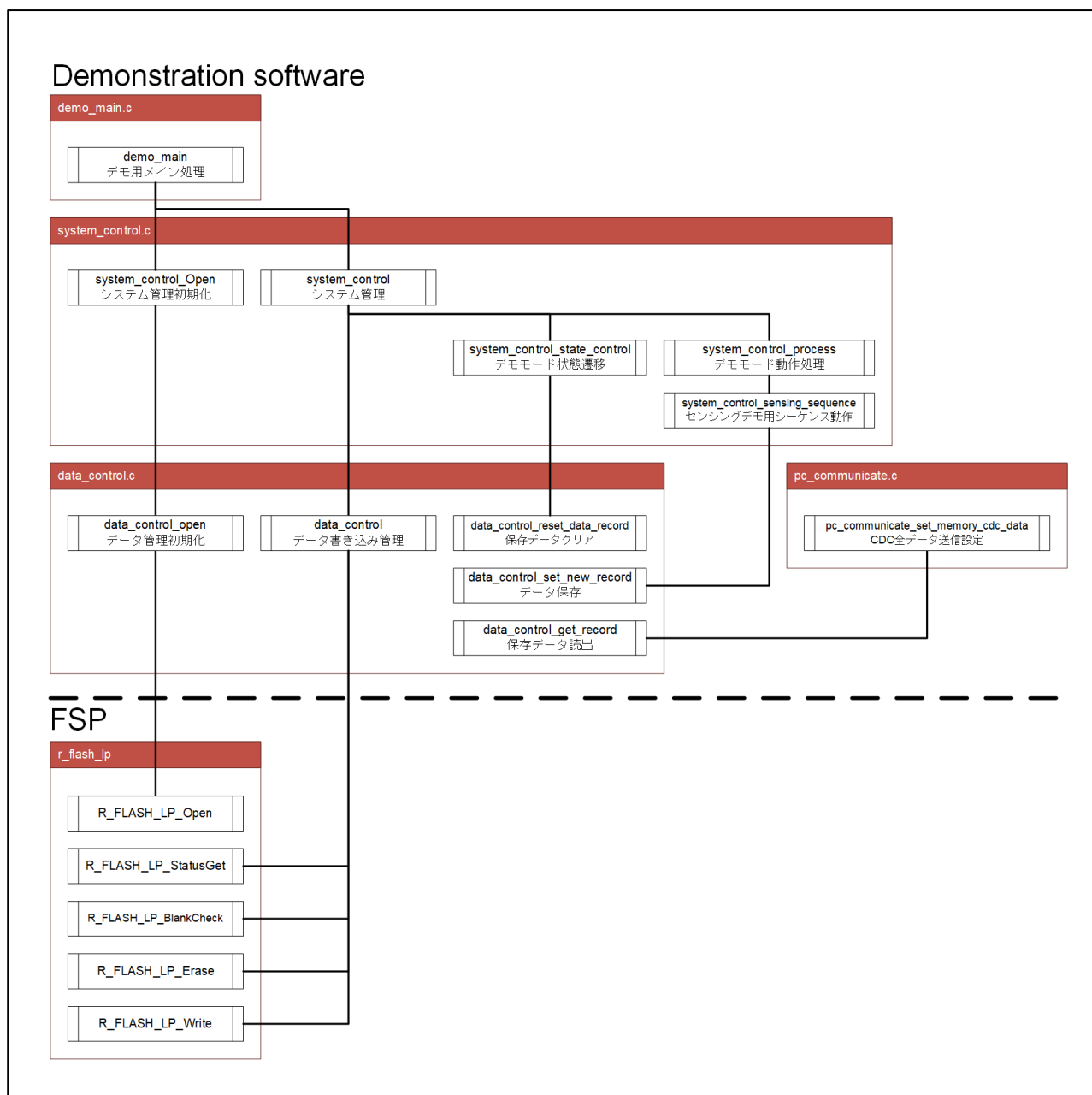


図 3-27 データ管理の処理構成

3.13.2 保存データレコードフォーマット

保存データレコードフォーマットを表 3-15 に示します。

表 3-15 保存データレコードフォーマット

データ内容	データ型	データ長	データ範囲	備考
日付 (年)	uint8_t	1	0x00~0x99	BCD
日付 (月)	uint8_t	1	0x01~0x12	BCD
日付 (日)	uint8_t	1	0x01~0x31	BCD
日付 (時)	uint8_t	1	0x00~0x23	BCD
日付 (分)	uint8_t	1	0x00~0x59	BCD
日付 (秒)	uint8_t	1	0x00~0x59	BCD
温度 (整数部)	int8_t	1	-40~125	
温度 (小数部)	int8_t	1	-99~99	
湿度 (整数部)	int8_t	1	0~100	
湿度 (小数部)	int8_t	1	0~99	
モーション (ACCEL-X)	int16_t	2	-32766~32767	
モーション (ACCEL-Y)	int16_t	2	-32766~32767	
モーション (ACCEL-Z)	int16_t	2	-32766~32767	
モーション (GYRO-X)	int16_t	2	-32766~32767	
モーション (GYRO-Y)	int16_t	2	-32766~32767	
モーション (GYRO-Z)	int16_t	2	-32766~32767	

3.13.3 データフラッシュメモリ構成

データフラッシュメモリ内のレコード配置はブロックの境界を跨がないように配置しています。データフラッシュメモリ配置構成を表 3-16 に示します。

表 3-16 データフラッシュメモリ配置構成

アドレス	ブロック	レコード ID	備考
0x000	0	0	
0x016		1	
~		~	
0x3DE		45	
0x3F4			空き
0x400	1	46	
0x416		47	
~		~	
0x7DE		91	
0x7F4			空き
0x800	2	92	
0x816		93	
~		~	
0xBDE		137	
0xBF4			空き
0xC00	3	138	
0xC16		139	
~		~	
0xCDE		183	
0xCF4			空き

3.13.4 レコード管理

レコードを保存する際に、ブロックの先頭レコードであればブロックが空かどうかを確認し、空でなければブロック消去を行います。レコード管理の動作イメージを図 3-28 に示します。

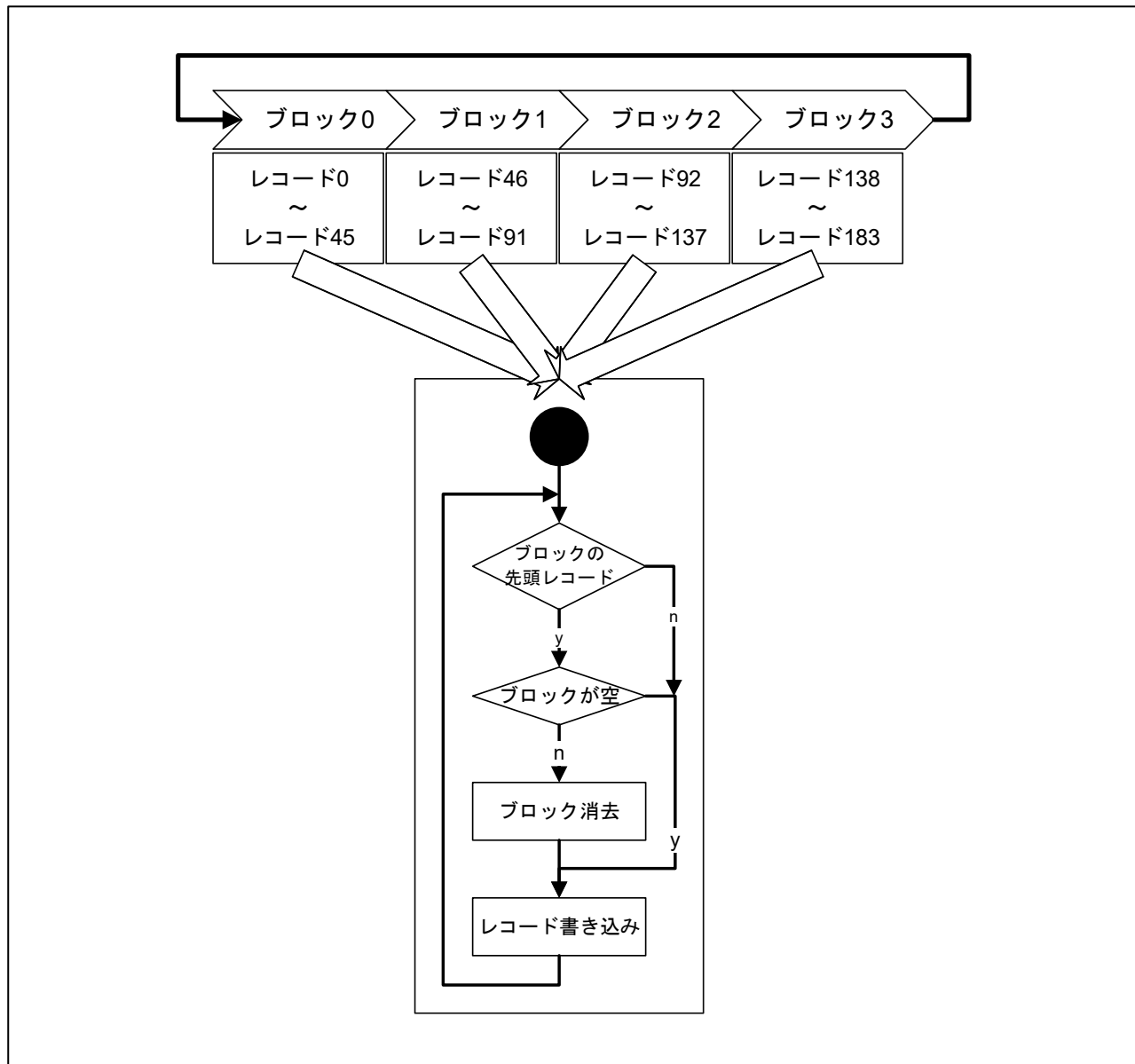


図 3-28 レコード管理動作イメージ

3.13.5 読み出し管理

保存データは読み出しの度に最古のデータから順に読み出しを行います。保存データの読み出し済み状態を管理し、読み出し済みのデータは再度読み出されないものとします。

最新のデータまで読み出し済みの場合は、読み出しデータなし応答をするものとします。レコード保存の際に最古データを含むブロックを消去する場合は、未消去ブロックの最古位置のデータを最古データとします。

読み出し管理の動作イメージを図 3-29 に示します。

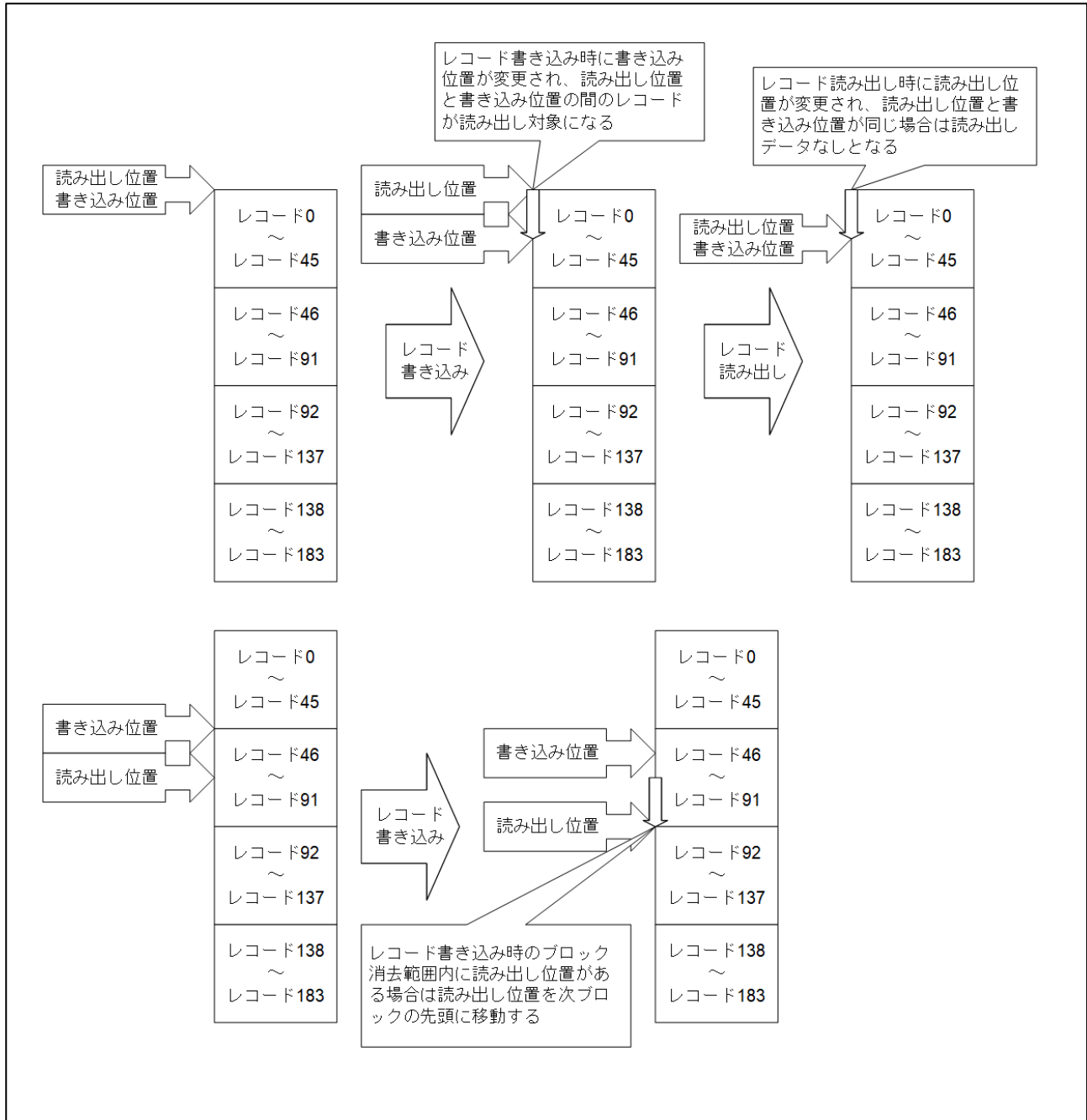


図 3-29 読み出し管理の動作イメージ

3.14 PC アプリとの通信

センシングデモモード中はデモ用 PC アプリと CDC で通信を行います。マウスデモモード中は PC アプリに HID レポートの送信を行います。スタンバイ及び日時設定中は PC との通信は行わないものとします。

3.14.1 処理構成

PC アプリとの通信における処理構成を図 3-30 に示します。

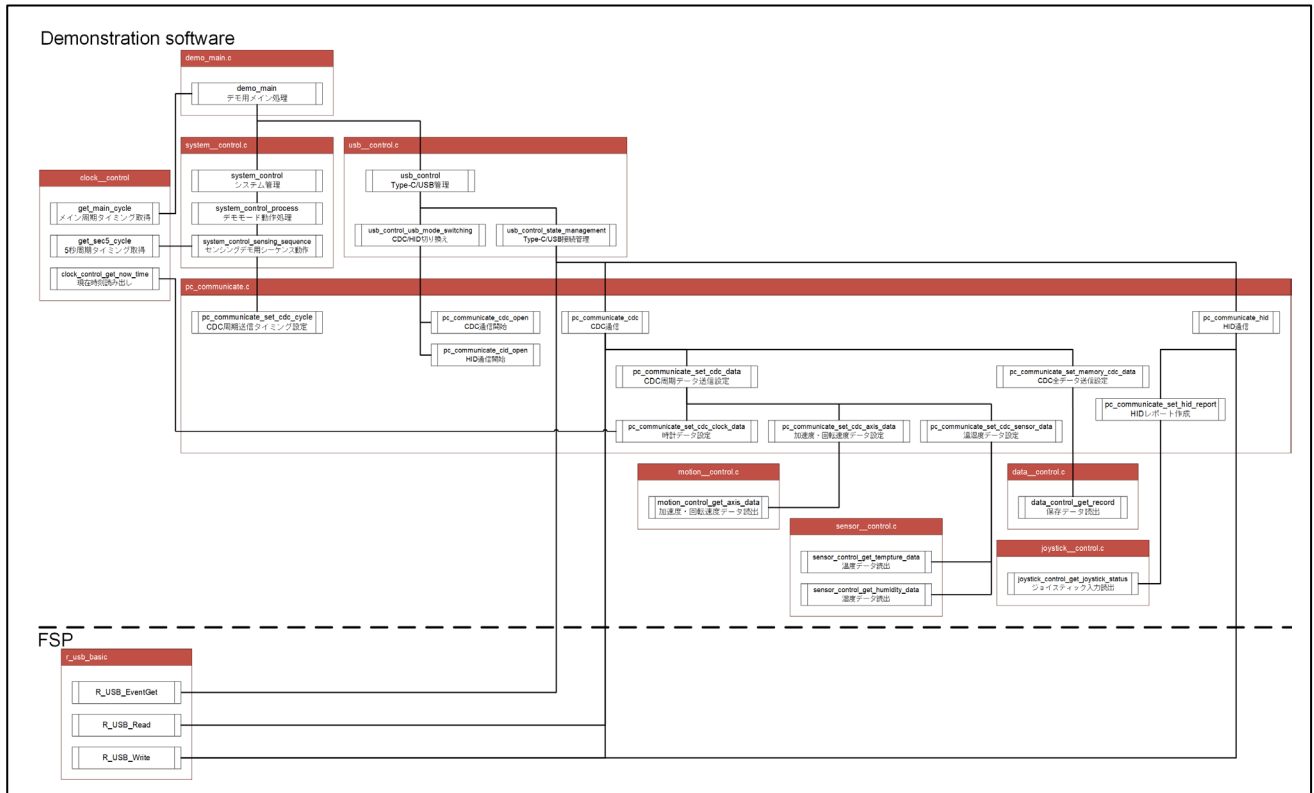


図 3-30 PC アプリとの通信における処理構成

3.14.2 CDC 通信

通信開始コマンドを受信した場合は、通信停止コマンドを受信するまで5秒周期でデータ送信を行います。全データ読み出しコマンドを受信した場合は、データ管理の読み出しデータがなくなるまで読み出し順にデータ送信を行います。CDC 通信の状態遷移を図 3-31 に示します。

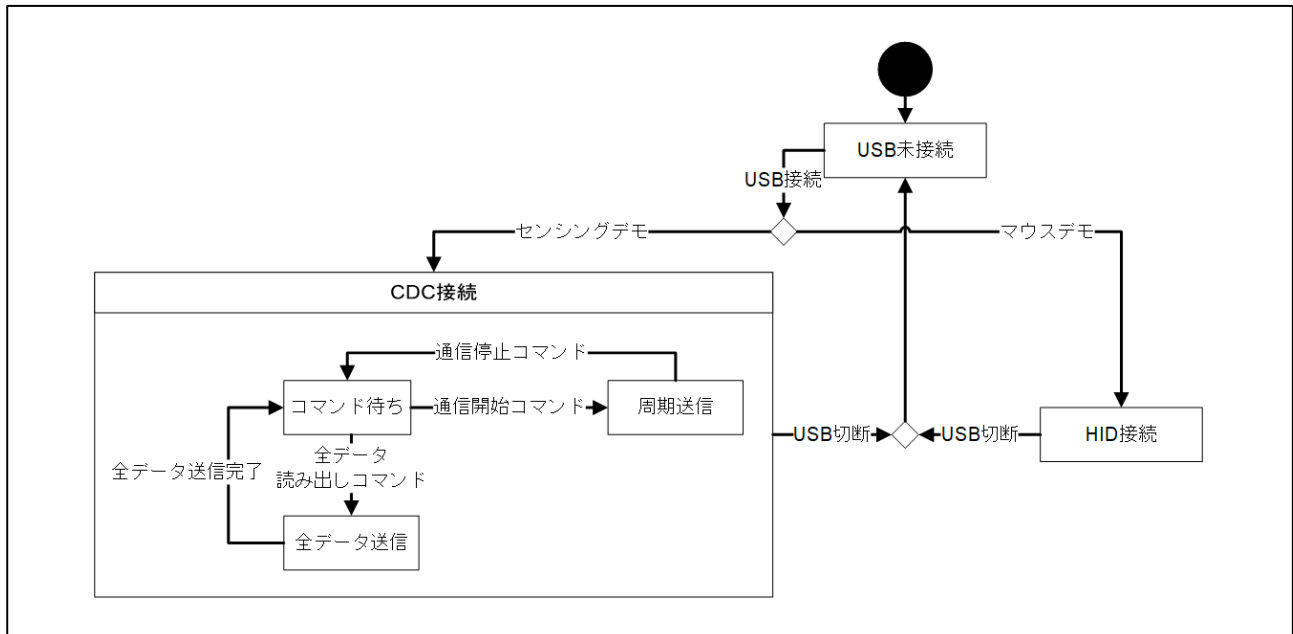


図 3-31 CDC 通信の状態遷移

3.14.2.1 周期送信

通信開始コマンド受信後は通信停止コマンドを受信するまで5秒周期でPCにデータを送信します。送信データには温湿度センサ管理、モーションセンサ管理から直近の計測結果を取得して使用します。周期送信の状態遷移を図 3-32 に示します。

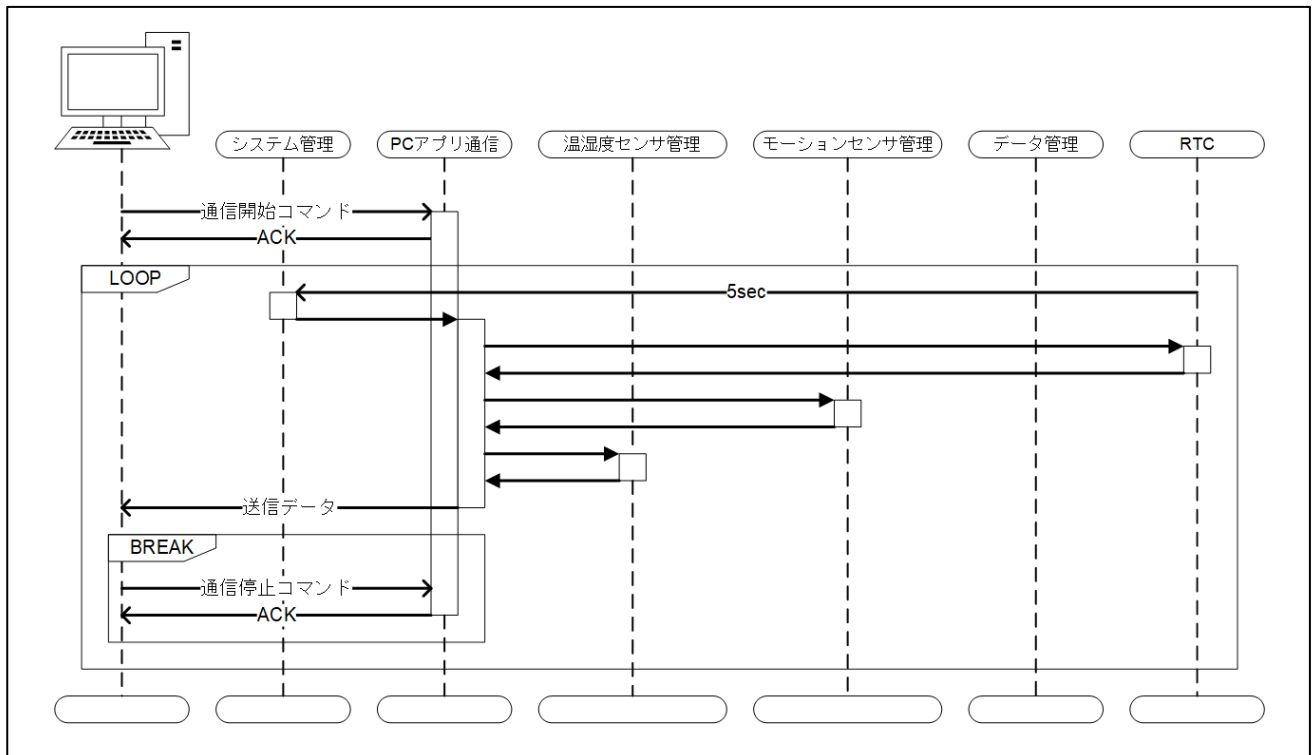


図 3-32 周期送信の状態遷移

3.14.2.2 全データ送信

読み出しコマンド受信後、メイン周期で PC にデータを送信します。送信データにはデータ管理からレコードを読み出して使用します。データ管理から読み出せるレコードがなくなった場合、データ送信を終了する。「データ終了」は STX,ETX,コマンド以外を 0xFF にした送信データを送信します。全データ送信の状態遷移を図 3-33 に示します。

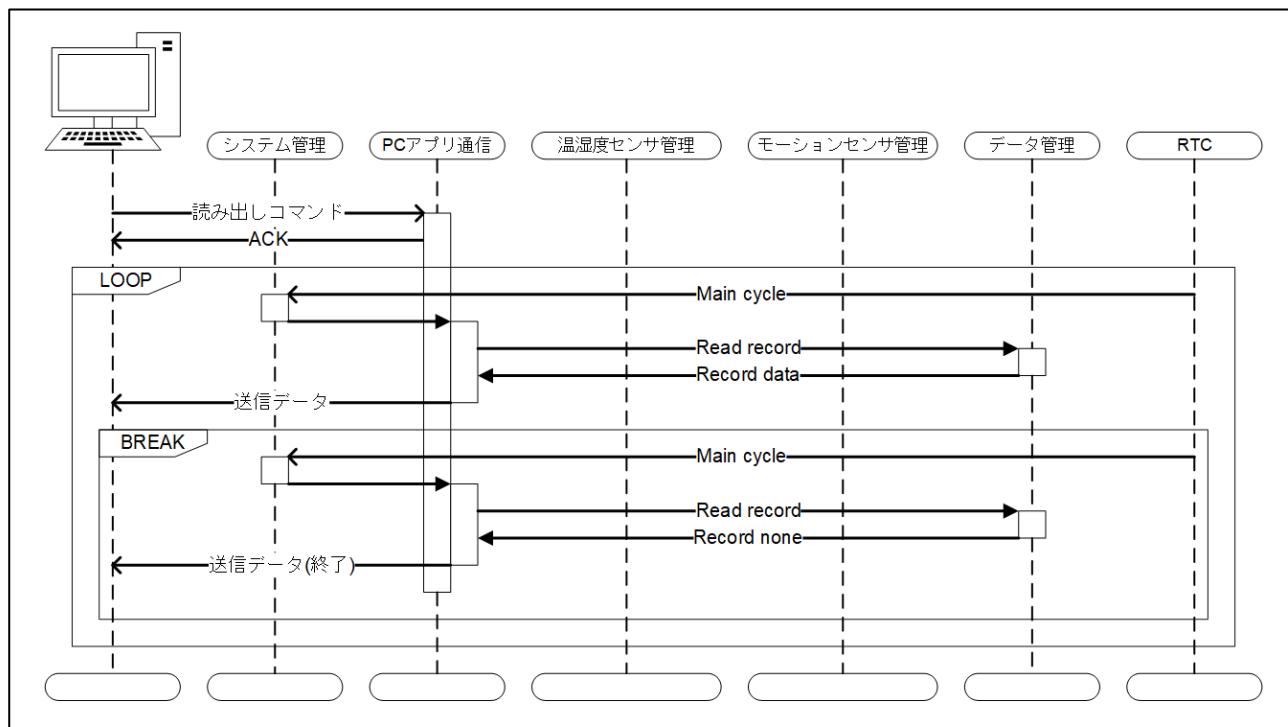


図 3-33 全データ送信の状態遷移

3.14.2.3 受信コマンドフォーマット

受信コマンドフォーマット仕様を表 3-17 に示します。

表 3-17 受信コマンドフォーマット仕様

バイト	内容	通信開始コマンド	通信停止コマンド	読み出しコマンド
0	STX	0x02	0x02	0x02
1	コマンド	0x30	0x31	0x32
2	ETX	0x03	0x03	0x03

3.14.2.4 送信データフォーマット

送信データフォーマット仕様を表 3-18 に示します。

表 3-18 送信データフォーマット仕様

バイト	内容	送信データ	備考
0	STX	0x02	
1	コマンド	0x5A	
2	年	0x00~0x99	
3	月	0x01~0x12	BCD
4	日	0x01~0x31	BCD
5	時	0x00~0x24	BCD
6	分	0x00~0x59	BCD
7	秒	0x00~0x59	BCD
8	温度	-40~125	整数部
9		-99~99	小数部
10	湿度	0~100	整数部
11		0~99	小数部
12~13	加速度	-32766~32767	X
14~15		-32766~32767	Y
16~17		-32766~32767	Z
18~19	角速度	-32766~32767	X
20~21		-32766~32767	Y
22~23		-32766~32767	X
24	ETX	0x03	

3.14.3 HID レポート送信

メイン周期でジョイスティック入力の状態を確認し、入力されていれば HID レポートを PC アプリに通知します。HID レポート送信の状態遷移を図 3-34 に示します。

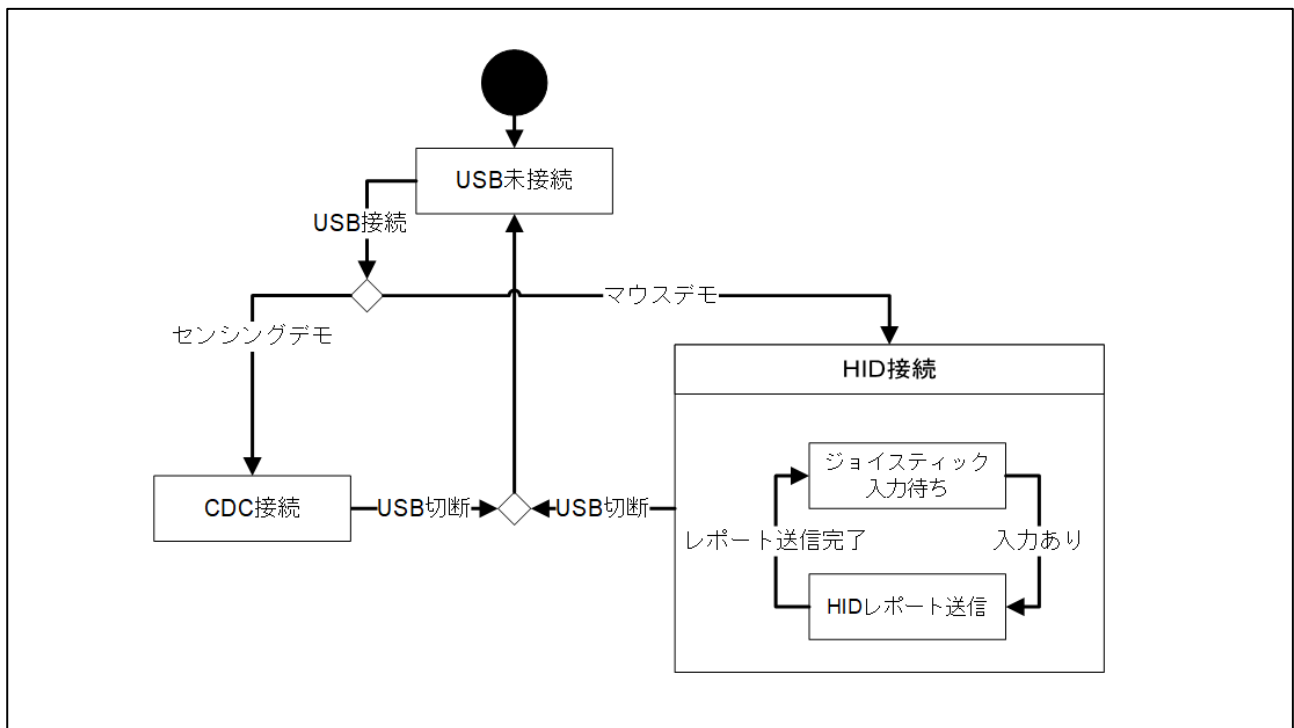


図 3-34 HID レポート送信の状態遷移

3.14.3.1 HID レポートフォーマット

HID レポートフォーマット仕様を表 3-19 に示します。

表 3-19 HID レポートフォーマット仕様

Byte 位置	Bit 位置	データ長	設定項目	設定範囲	備考
0	0	1bit	ボタン	0~1	
0	1	7bit	固定値	0	
1	0	8bit	X 移動量	-127~127	
2	0	8bit	Y 移動量	-127~127	

3.14.3.2 HID レポート設定値

HID レポートの設定仕様を表 3-20 に示します。

表 3-20 HID レポート設定仕様

ジョイスティック入力	設定項目	設定値	備考
入力なし	ボタン	0	入力なし時は レポート送信をしない
	X 移動量	0	
	Y 移動量	0	
センタープッシュ入力	ボタン	1	
右入力	Y 移動量	+5	LCD に対して 90° 左向きに
左入力		-5	
上入力	X 移動量	+5	回転させた方向の 入力として扱う
下入力		-5	

3.15 VBUS モニタ

本節ではVBUS モニタの動作について説明します。VBUS モニタ機能を動作させることで、USB 開発支援ツール「QE for USB」を用いてVBUS 電圧及びVBUS 電流をモニタリングすることができます。QE for USB によるVBUS モニタ使用方法は、[QE for USB 使用ガイド \(R20AN0413\)](#) の8章を参照ください。

3.15.1 処理構成

VBUS モニタの処理構成を図 3-35 に示します。

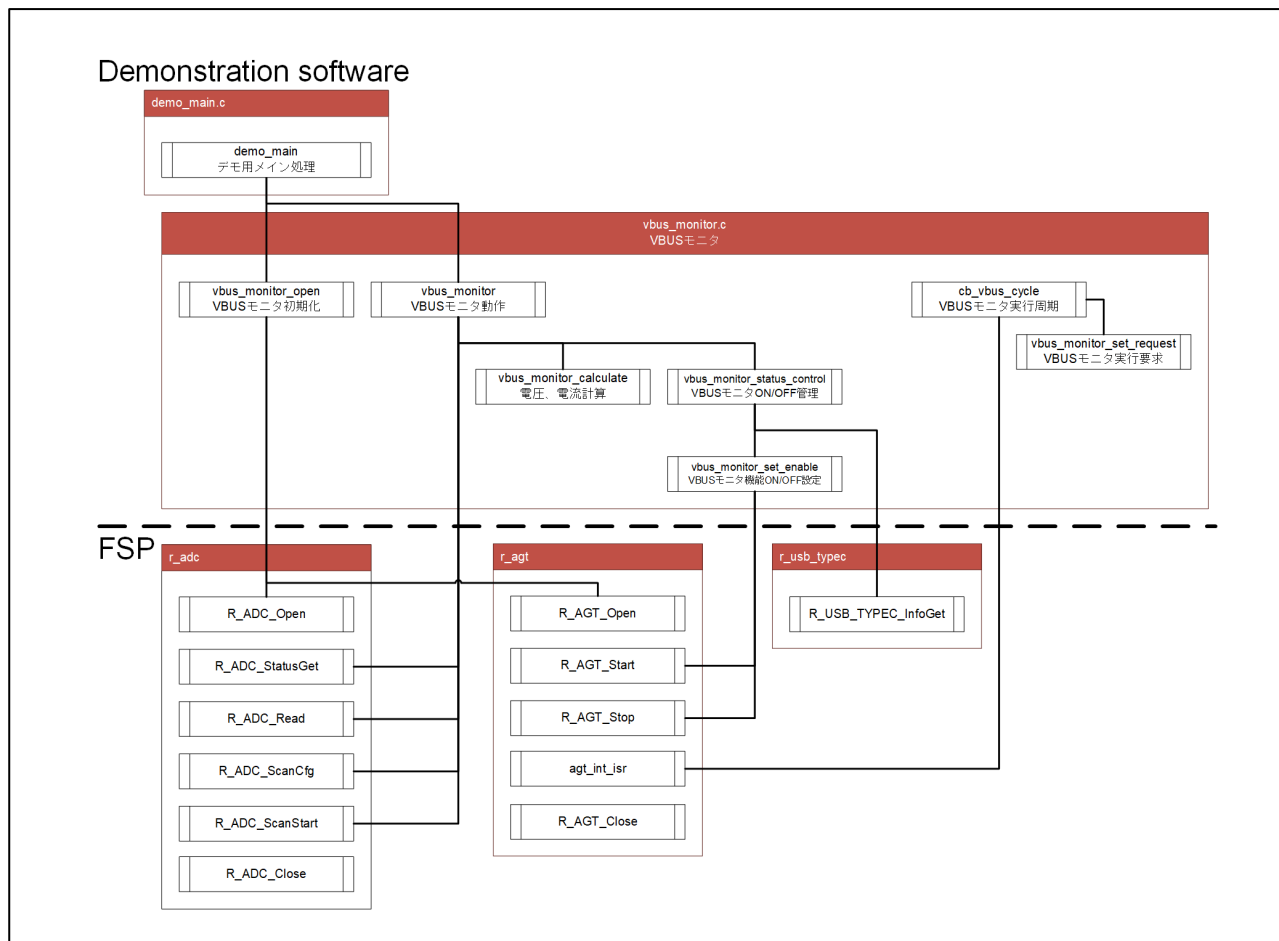


図 3-35 VBUS モニタの処理構成

3.15.2 VBUS モニタ動作

USB 管理が VBUS ON 検出中は VBUS モニタ動作を行います。40ms 周期で VSENSE、ISENSE に割り当てられている ADC 端子の A/D 変換結果を計測します。VSENSE、ISENSE の計測は A/D 変換結果の 1 回読みで行い、VSENSE、ISENSE 計測結果を電圧値、電流値に計算してグローバルデータに保存します。なお VBUS モニタの停止中は電圧値、電流値は 0 とします。VBUS モニタの状態遷移を図 3-36 に示します。

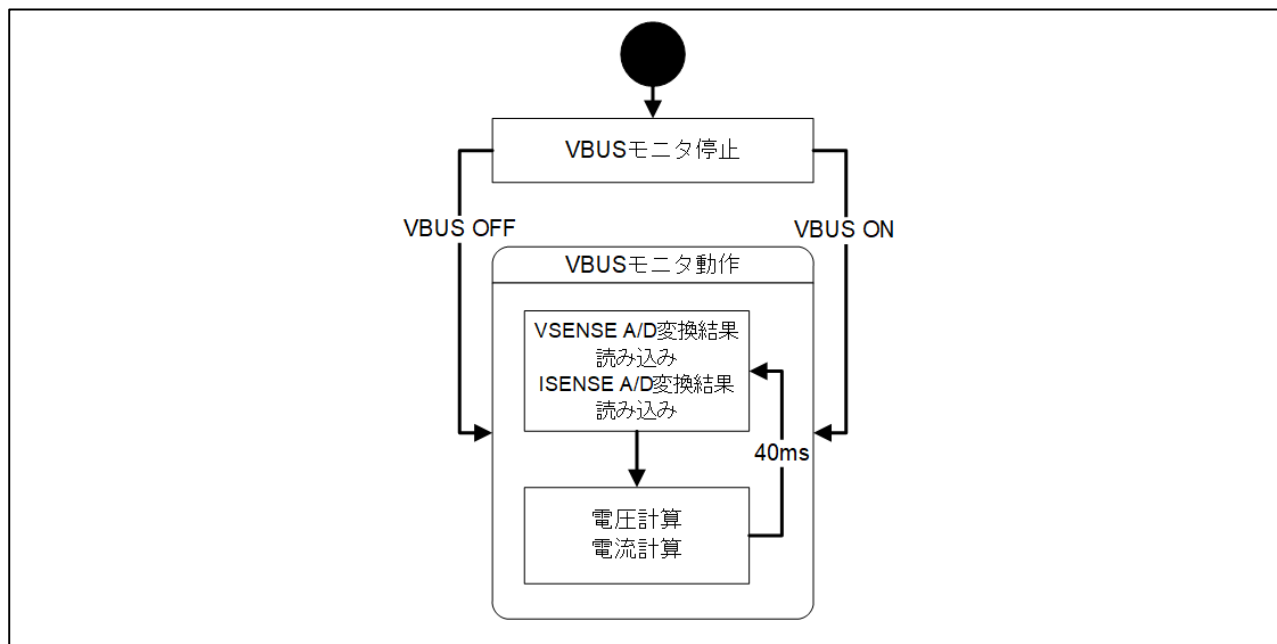


図 3-36 VBUS モニタの状態遷移

3.15.3 VBUS 電圧、電流計算

VBUS 電圧値及び電流値の計算式は下記となります。電圧値と電流値を格納するデータ (変数) 仕様を表 3-22 に示します。

$$\text{電圧値} = \frac{\text{基準電圧}}{2^{12} - 1} \times \text{VSENSE A/D 変換結果} \times 2$$

$$\text{電流値} = \frac{\text{基準電圧}}{2^{12} - 1} \times \text{ISENSE A/D 変換結果} \\ \text{抵抗値} \times 20$$

表 3-21 計算式で使用する値

項目	値	備考
基準電圧	3.3V	AVCC0
抵抗値	0.05Ω	

表 3-22 データ仕様

データ	データ名	データ型	備考
電圧値	g_VbusMonitor_VsenseData	uint16_t	mV 単位
電流値	g_VbusMonitor_IsenseData	uint16_t	mA 単位

3.16 USB ベンダーID 及びプロダクト ID の設定

本サンプルコードでは、USB ベンダーID とプロダクト ID の記述箇所（図 3-37 の橙枠部分）を「r_usb_pcdc_description.c」内に用意しています。デフォルトでは、ベンダーID とプロダクト ID は下記値が記述されておりますので、実際にお客様の機器で本サンプルコードを動作させる場合は、お客様が保有しているベンダーID とプロダクト ID に変更してください。

```

*****
* File Name      : r_usb_pcdc_descriptor.c
* Description    : Contains function definitions.
*****
* Copyright (c) 2025 Renesas Electronics Corporation and/or its affiliates
*
* SPDX-License-Identifier: BSD-3-Clause
*****
/*****
Includes <System Includes>, "Project Includes"
*****/
#include "r_usb_basic.h"
#include "r_usb_basic_api.h"
#include "r_usb_basic_cfg.h"

/*****
Macro definitions
*****/
/* bcdUSB */
#define USB_BCDNUM                (0x0200U)
/* Release Number */
#define USB_RELEASE                (0x0200U)
/* DCP max packet size */
#define USB_DCPMAXP                (64U)
/* Configuration number */
#define USB_CONFIGNUM              (1U)
/* Vendor ID */
#define USB_VENDORID               (0x0000U)
/* Product ID */
#define USB_PRODUCTID              (0x0002U)

```

図 3-37 USB ベンダーID とプロダクト ID の記述箇所

3.17 ROM、RAM 使用量

本サンプルコードの ROM、RAM 使用量を表 3-23 に示します。

- ・使用コンパイラ : GCC Arm Embedded 13.2.1.arm-13-7
- ・コンパイラ最適化レベル : Optimize more (-O2)

表 3-23 メモリ使用量一覧

機能	ROM 使用量 (byte)	RAM 使用量 (byte)
メイン処理、システム管理、キー入力等	3684	248
USB ドライバ (FSP)	16157	2227
USB 管理	1058	21
CDC 通信	922	409
HID レポート送信	384	157
バッテリー管理 (充電制御、バッテリー残量計算)	1983	31
センサ管理 (温湿度センサ管理、モーションセンサ管理)	3323	185
データ管理 (保存、読み出し)	756	34
LCD 表示	57481	10446
合計	85748	13778

4. サンプルコード立ち上げ手順

本章では、本サンプルコードのプロジェクトファイルを e² studio 上でインポートし、ビルド実行するまでの手順を記載いたします。一連の手順は下記のとおりです。

- ① e² studio と FSP 最新版のダウンロード及びインストール
- ② サンプルコードのダウンロード
- ③ e² studio の起動～サンプルコードのプロジェクトファイルをインポート
- ④ ビルド実行

4.1 e² studio と FSP 最新版のダウンロード及びインストール

まずは RA Flexible Software Package (FSP)の Web ページから最新の FSP プラットフォームインストーラをダウンロードしてください。

- [RA Flexible Software Package \(FSP\)の Web ページ](#)

ダウンロードしたファイルを実行して、手順に沿って各インストール作業を進めてください。このインストール作業により、最新の e² Studio と FSP がインストールされます。本アプリケーションノートでは下記バージョンの e² studio と FSP を使用しています。

- e² studio : e² studio 2025-04.1
- FSP : v6.0.0

4.2 サンプルコードのダウンロード

次に RA2L2 MCU USB Type-C リファレンスデザインの Web ページからサンプルコードをダウンロードしてください。

- [RA2L2 MCU USB Type-C リファレンスデザインの Web ページ](#)

4.3 e² studio の起動～サンプルコードのプロジェクトファイルをインポート

e² studio を起動して「プロジェクトをインポート」を選択してください。(図 4-1 参照)

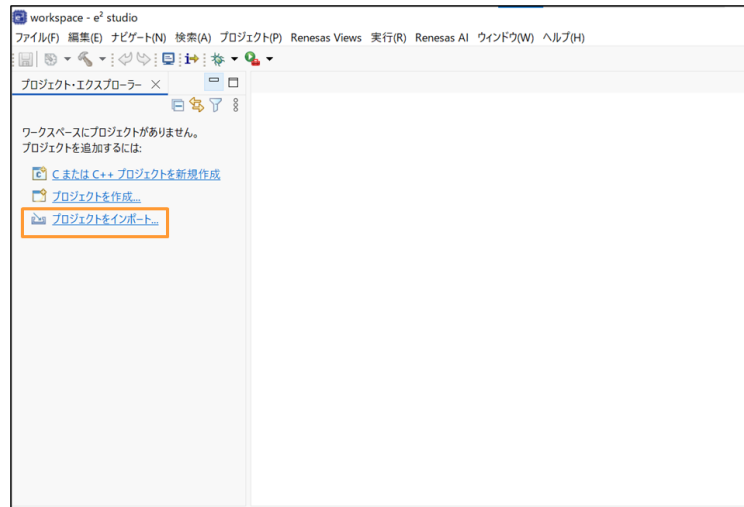


図 4-1 プロジェクトインポートの選択

ダウンロードしたサンプルコード式のフォルダを選択し、サンプルコードのプロジェクトファイルをインポートしてください。

正常にプロジェクトファイルがインポートされたら、図 4-2 のようにサンプルコードの各フォルダが表示され、それぞれのソースファイルが確認できます。

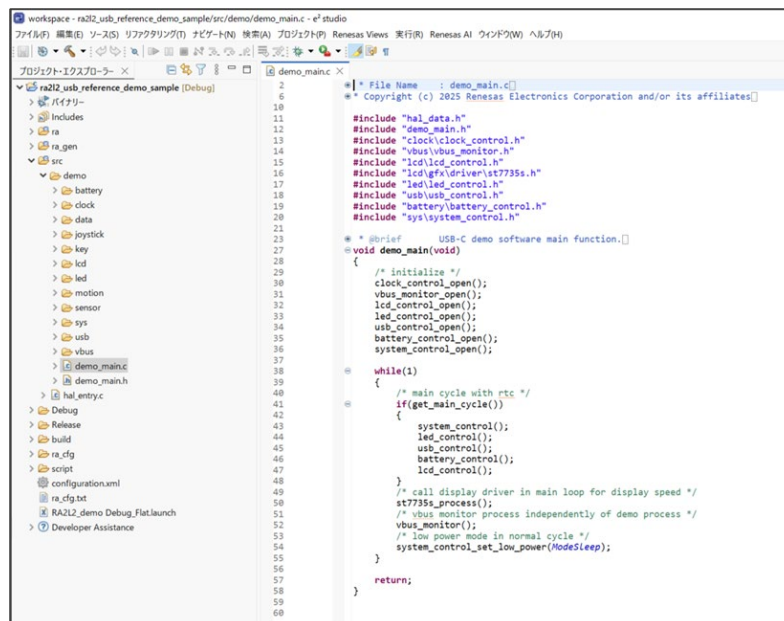


図 4-2 インポート完了後の e² studio 画面

4.4 ビルド実行

図 4-3 のように、インポートしたプロジェクトファイルを選択して右クリックし、プロジェクトのビルドをクリックしてビルドを実行してください。

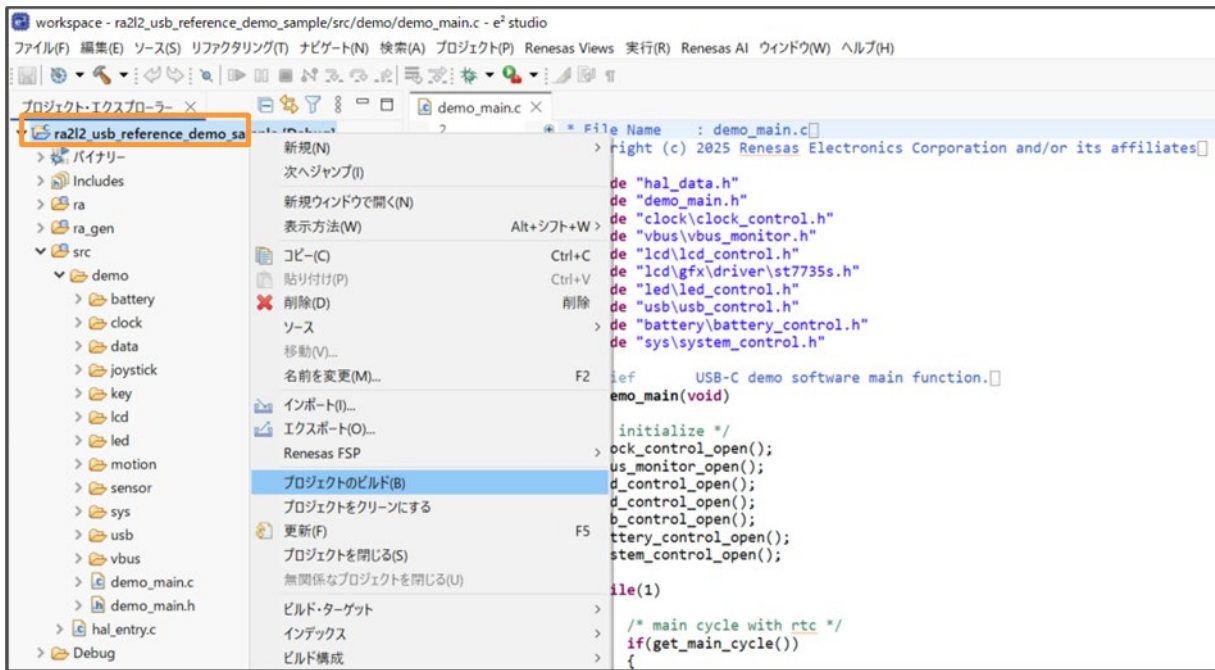


図 4-3 プロジェクトのビルド

図 4-4 のようにビルド結果（行数が多いので 2 分割しています）が表示されるとビルド成功となります。なお下記図 4-4 は初めてサンプルコードをビルドした時の表示結果で、2 回目以降はビルド時間及び表示内容は短縮されます。

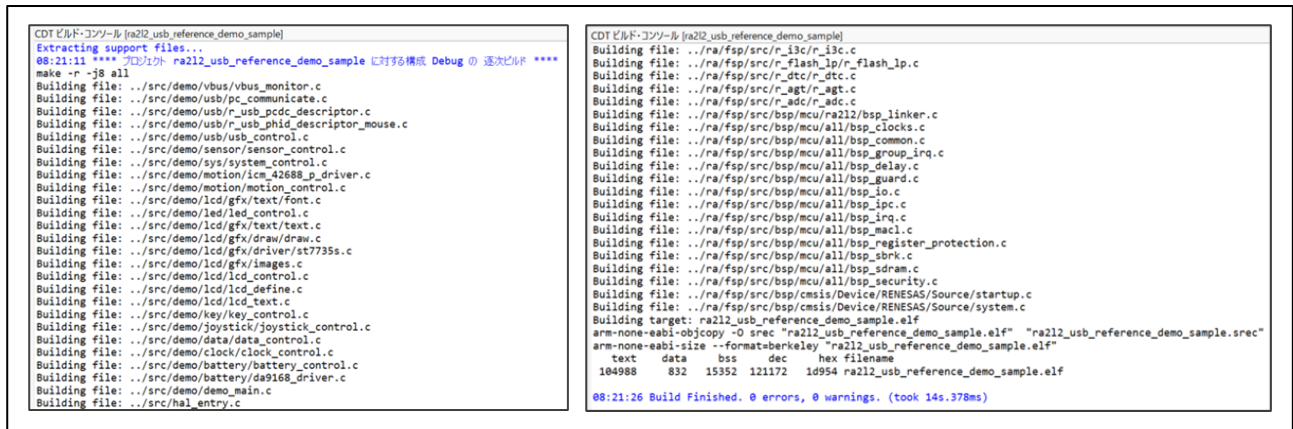


図 4-4 ビルド実行結果

以上が、本リファレンスデザインのサンプルコード立ち上げ手順の説明となります。

5. ハードウェア仕様

本章では、デモボードの各機能ブロック別にハードウェア仕様を説明します。なお2章で記載したUSB及び充電ブロックについては本章では説明を割愛します。

5.1 MCU 消費電流測定回路

本デモボードでは、MCU 電源 (3.3V) と VCC 端子間に MCU 消費電流測定回路を備えています。MCU 消費電流測定回路を図 5-1 に示します。消費電流を測定する時は、ピンヘッダ (J5) の1ピンと2ピンの間に装着されているジャンパポストを取り外して、マルチメータを挿入し測定を行ってください。

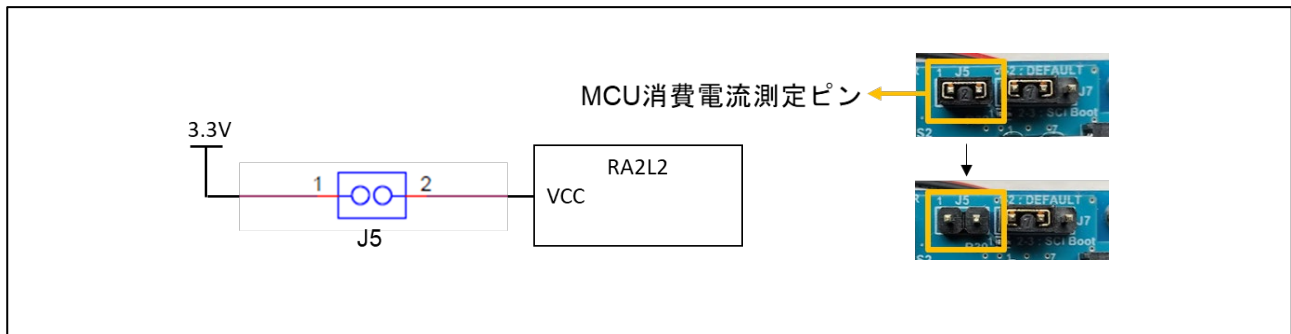


図 5-1 MCU 消費電流測定回路

5.2 サブクロック回路とバッテリー電圧測定

サブクロック回路とバッテリー電圧測定回路を図 5-2 に示します。

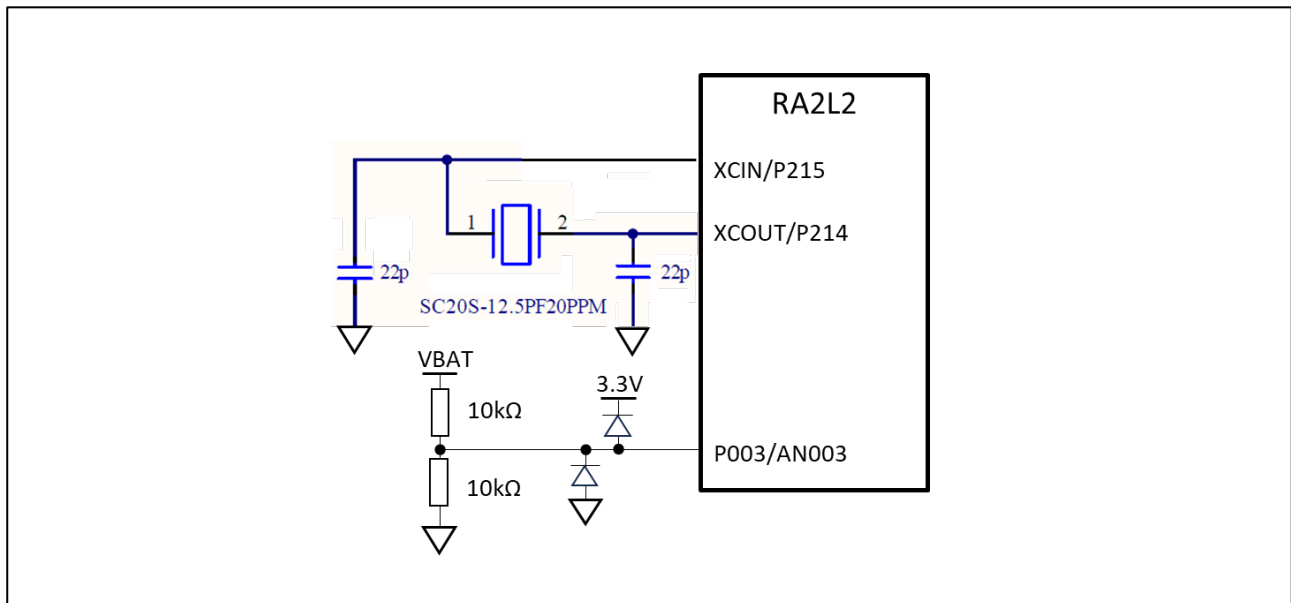


図 5-2 サブクロック回路とバッテリー電圧測定回路

5.3 スイッチ

本デモボードでは4つのプッシュスイッチを使用しています。スイッチ周辺の回路を図 5-3 に示します。

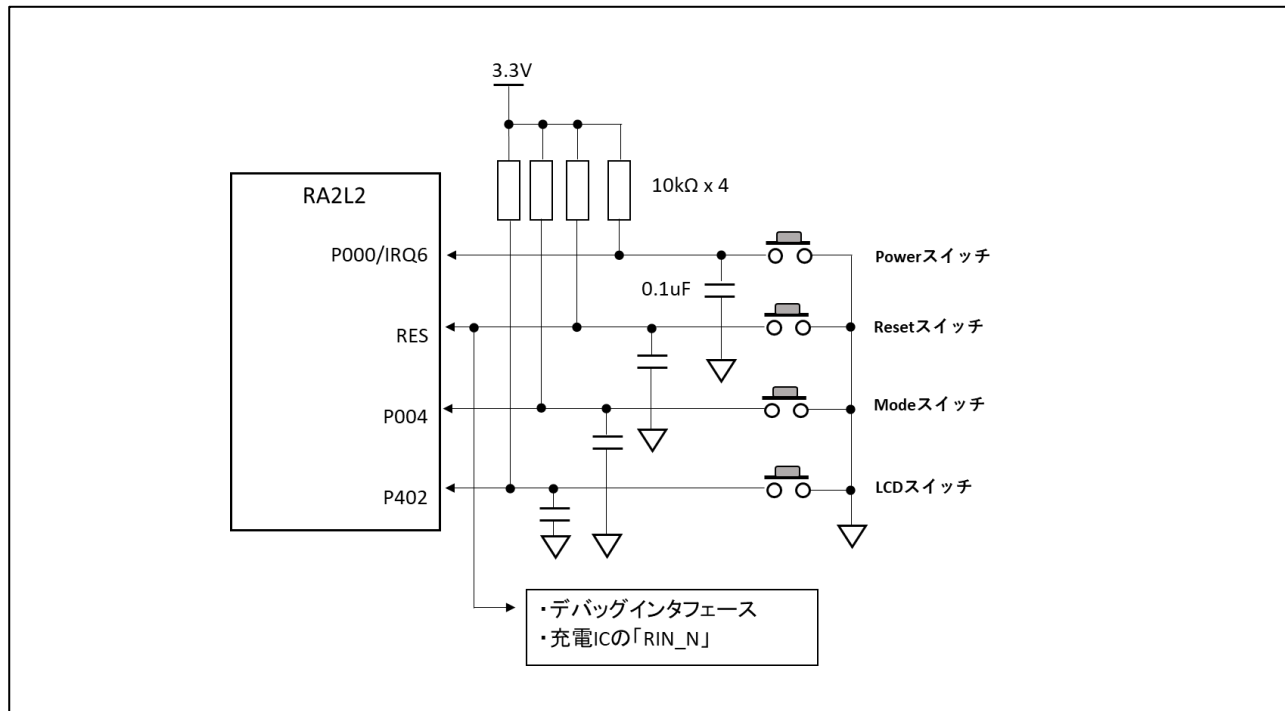


図 5-3 スイッチ周辺回路

5.4 ジョイスティック

マウスデモモード時にマウスカーソルを動かす用途としてジョイスティックを使用しています。ジョイスティック周辺の回路を図 5-4 に示します。

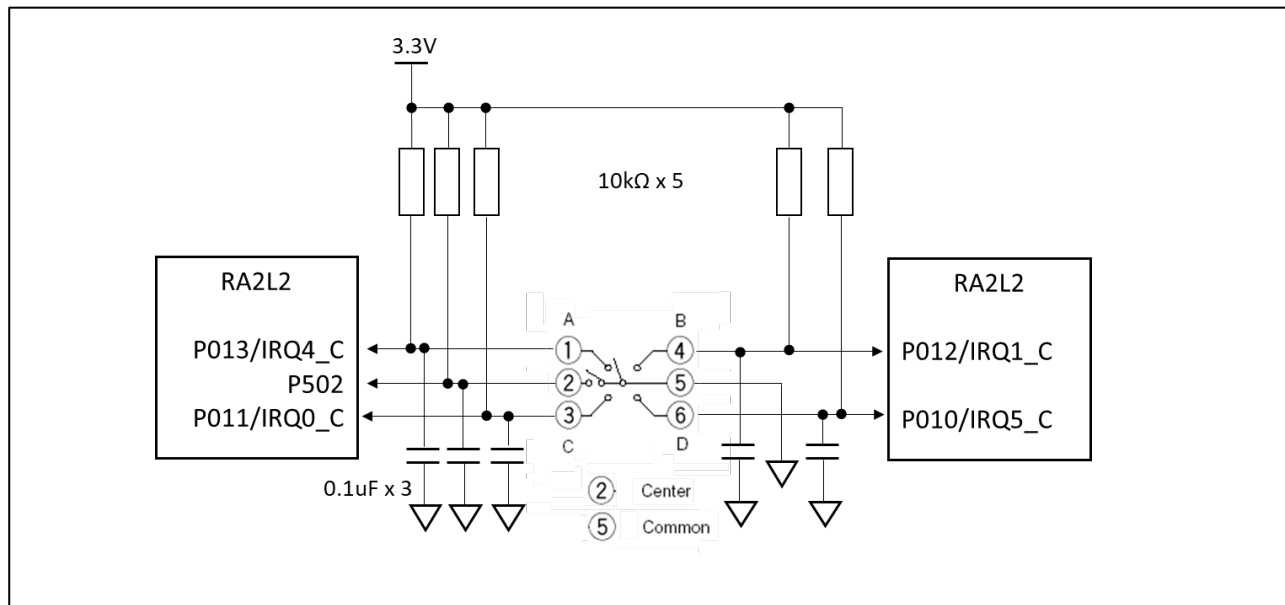


図 5-4 ジョイスティック周辺回路

5.5 ステータス LED

本デモボードには以下 3 種類の LED を使用しています。LED 周辺の回路を図 5-5 に示します。

- Power LED (緑) : デモボードが電源 ON 状態 (MCU 起動状態) の時に点灯、スタンバイ時に消灯
- 充電 LED (赤) : バッテリーが充電中の時のみ点灯
- USB LED (黄) : USB 接続されている (VBUS 給電されている) 時に点灯、USB 非接続時に消灯

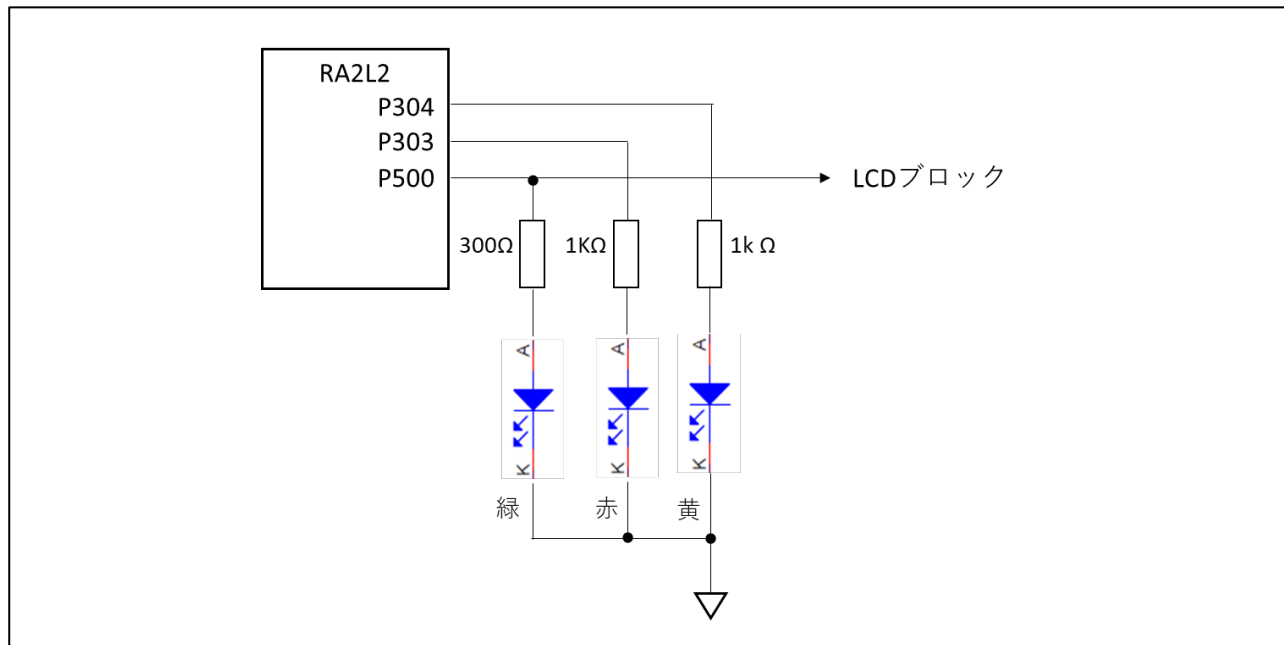


図 5-5 LED 周辺回路

5.6 カラーLCD

カラーLCD は Midas Components 製 Midas Display 「MDT0096A2IS-SPI」を使用しています。RA2L2 と LCD 間の回路を図 5-6 に示します。

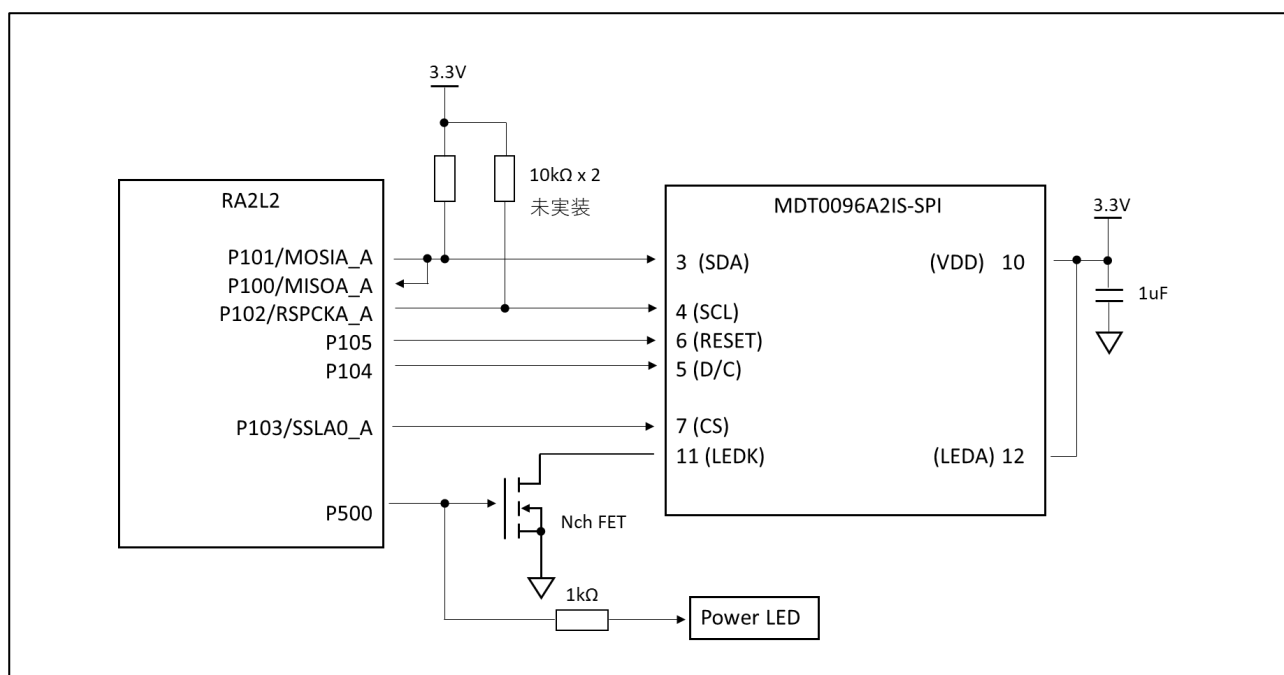


図 5-6 RA2L2 と LCD 間の回路

5.7 温湿度センサ

温湿度センサはルネサス製「HS4001」を使用しています。RA2L2 と温湿度センサ間の回路を図 5-7 に示します。

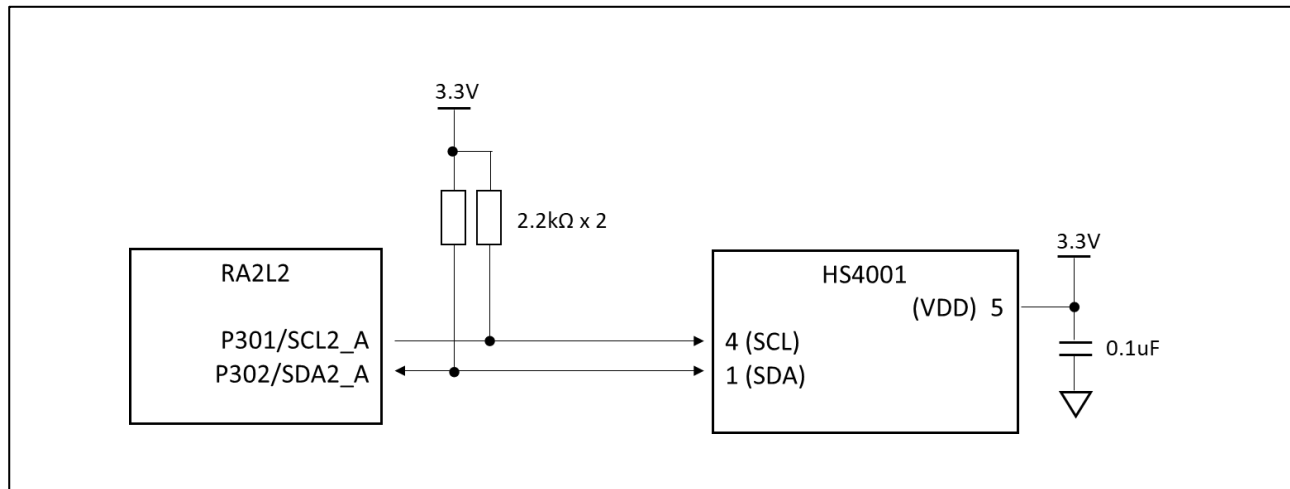


図 5-7 RA2L2 と温湿度センサ間の回路

5.8 モーションセンサ

モーションセンサは TDK 製「ICM-42688-P」を使用しています。RA2L2 とモーションセンサ間の回路を図 5-8 に示します。

- [ICM-42688-P 製品 Web ページ](#)

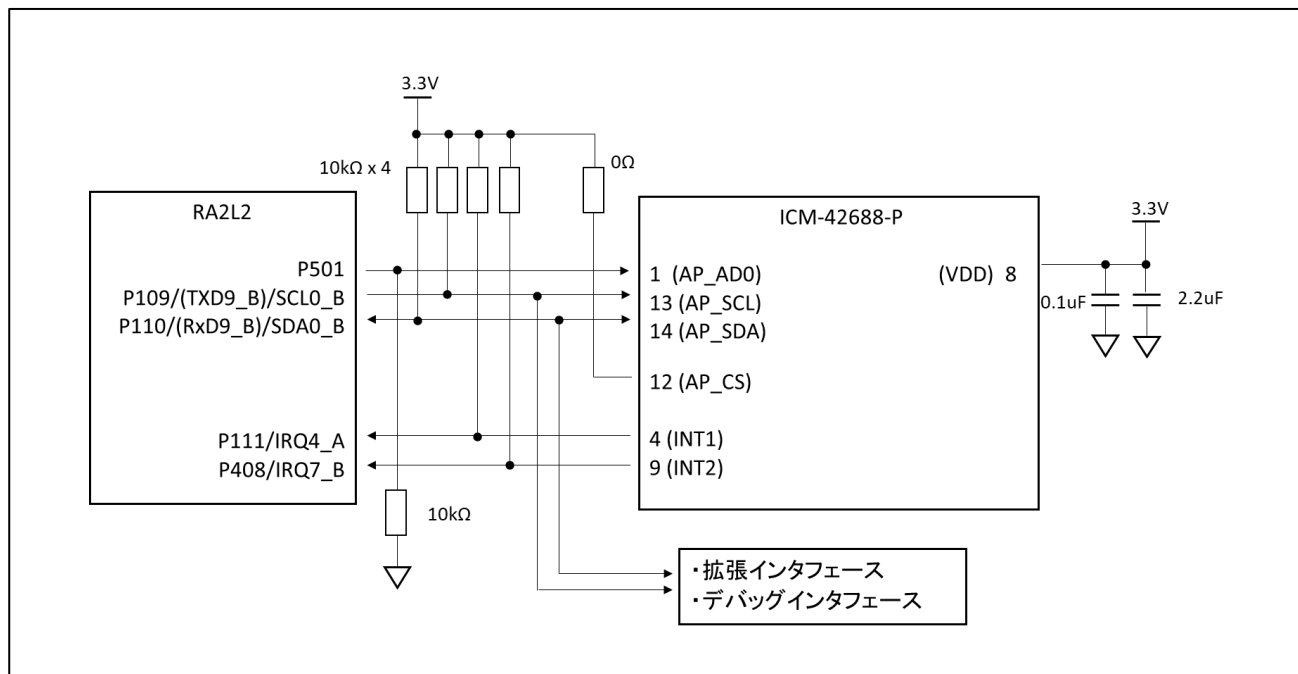


図 5-8 RA2L2 とモーションセンサ間の回路

5.9 Pmod インタフェース

本ボードには、機能拡張用に Pmod インタフェースを 1 ポート備えております。デフォルトでは Type2A 及び Type3A に対応しておりますが、図 5-9 のように実装する抵抗を緑から青に変更すると、Type6A 対応に切り替えることが可能です。

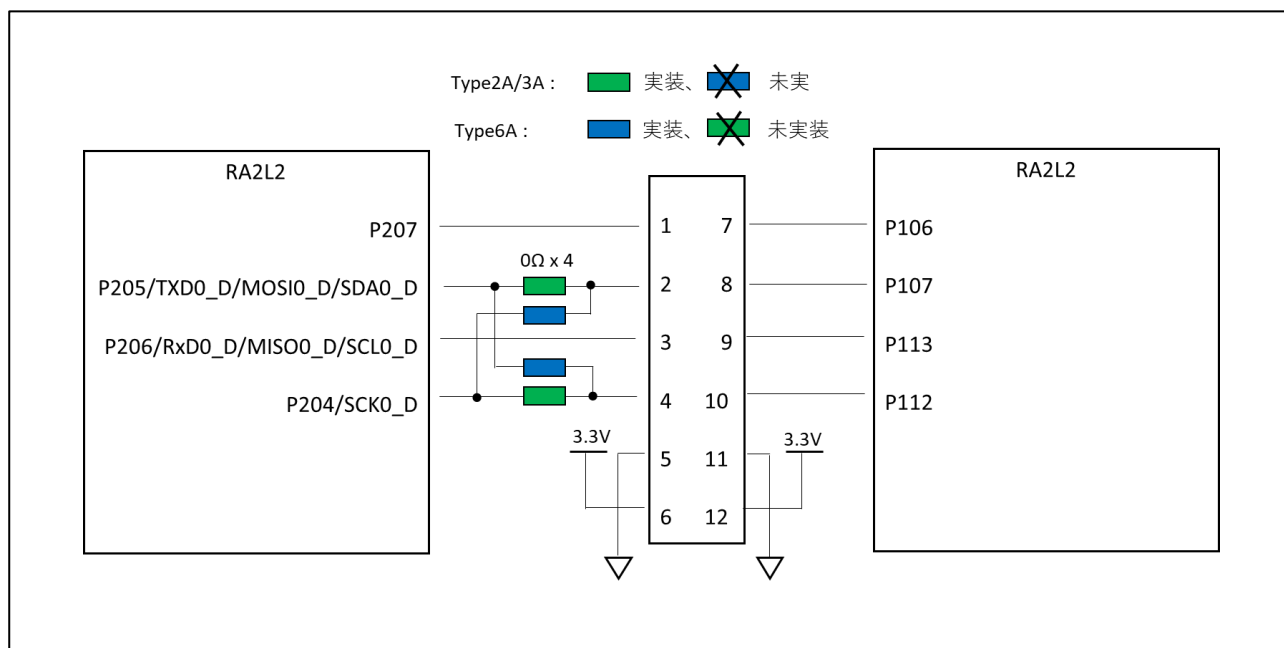


図 5-9 Pmod インタフェース回路

また、Pmod Type2A, 3A, 6A のインタフェース規格を表 5-1 に示します。

表 5-1 Pmod インタフェース規格

Pmod コネクタ Pin No.	SPI (Type2A)		UART (Type3A)		I ² C (Type6A)	
	信号名	方向	信号名	方向	信号名	方向
ピン						
1	CS	OUT	CTS/GPIO	IN/IO	GPIO/INT	IO/IN
2	MOSI	OUT	TXD	OUT	GPIO/RESET	IO/OUT
3	MISO	IN	RXD	IN	SCL	IO
4	SCK	OUT	RTS/GPIO	OUT/IO	SDA	IO
5	GND	-	GND	-	GND	-
6	VCC	-	VCC	-	VCC	-
7	GPIO/INT	IO/IN	GPIO	IO	GPIO	IO
8	GPIO/RESET	IO/OUT	GPIO	IO	GPIO	IO
9	GPIO/CS2	IO/OUT	GPIO	IO	GPIO	IO
10	GPIO/CS3	IO/OUT	GPIO	IO	GPIO	IO
11	GND	-	GND	-	GND	-
12	VCC	-	VCC	-	VCC	-

5.10 デバッグインタフェース

本デモボードにはデバッグインタフェースとして E2Lite コネクタ（2 列 10 ピン 1.27mm ピッチコネクタ）を搭載しています。デバッグインタフェース仕様を図 5-10 に示します。

また RA2L2 と E2Lite コネクタ間の回路を図 5-11 に示します。なお書き込みモード設定ピン (J7) において、通常動作、デバッグ、E2Lite によるソフト書き込み時は 1-2 ピン間をショート、SCI ブートによるソフト書き込み時は 2-3 ピン間をショートして下さい。なおデフォルトでは 1-2 ピン間をショートしています。

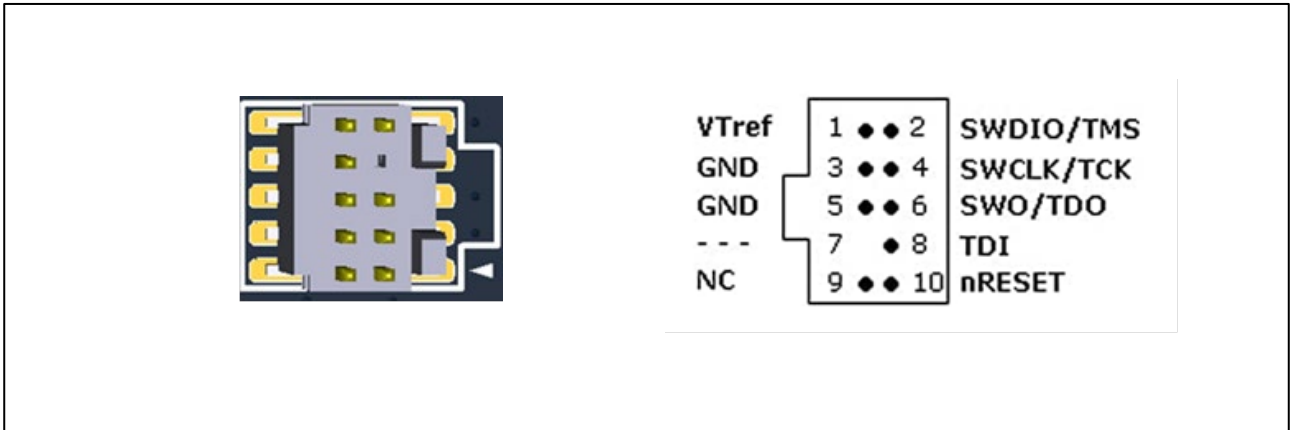


図 5-10 デバッグインタフェース仕様

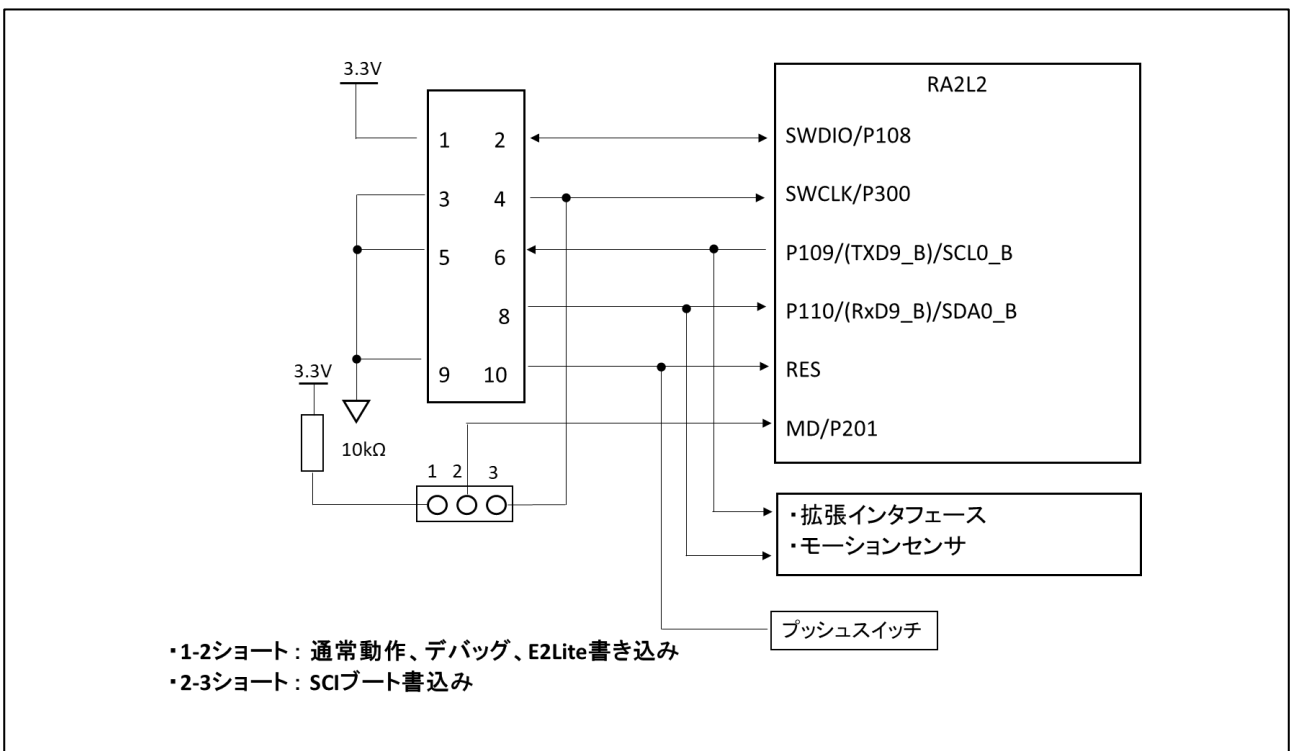


図 5-11 RA2L2 と E2Lite コネクタ間の回路

5.11 拡張インタフェース

本デモボードには、拡張インタフェースコネクタ（1列 10ピン 2.54mm ピンヘッダ）を搭載しており、未使用の UARTA 端子 (TXDA/RXDA) 及び SCI ブート用通信端子 (TXD9/RXD9/MD) が接続されています。これにより UARTA 端子を用いた USB-UART シリアル変換用途や SCI ブートにより MCU ソフト書き込み用途として活用することができます。SCI ブートを使用する時は書き込みモード設定ピン (J7) の 2-3 ピン間をショートして下さい。

拡張インタフェースコネクタ仕様を表 5-2 に、拡張インタフェースコネクタの外観を図 5-12 に示します。

表 5-2 拡張インタフェースコネクタ仕様

ピン	端子名/信号名	機能	備考
1	GND	GND	
2	-	-	空き
3	3.3V	電源	保護ダイオードあり
4	P015/RXDA1_A	UART 受信	
5	P014/TXDA1_A	UART 送信	
6	-	-	空き
7	P403	-	
8	P109/(TXD9_B)/SCL0_B	SCI ブート	
9	P110/(RxD9_B)/SDA0_B	SCI ブート	
10	MD/P201	SCI ブート	

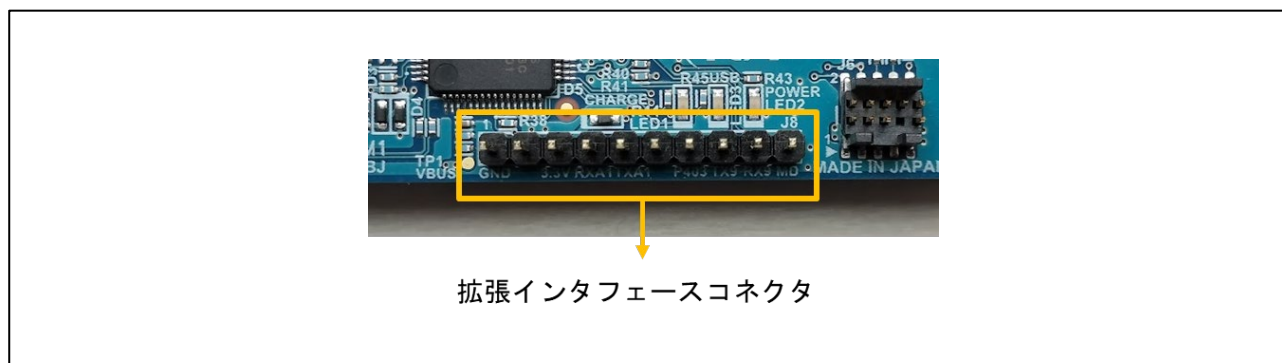


図 5-12 拡張インタフェースコネクタの外観

6. 参考：システム全体の低消費電力化情報

本デモボードではシステム電源 3.3V 生成用の外部 LDO と VBUS 電流/電圧測定用のオペアンプを使用しております。RA2L2 MCU グループ用評価キット (EK-RA2L2) との部品共通化の観点から、デモボードには表 6-1 の製品を使用しておりますが、システム全体でより低消費電力化を検討されたいお客様向けに、現行製品よりも消費電流の低い参考代替製品情報を表 6-1 に示します。また回路差分については図 6-1 に示します。

なお下記代替製品については本リファレンスデザインとして評価しているものではないため、ご使用いただく際にはお客様の方で十分にご評価いただきますようお願いいたします。

デモボード使用製品

- ・外部 LDO : ISL80102IRAJZ ([製品 Web ページ](#))
- ・オペアンプ : ISL28214FBZ ([製品 Web ページ](#))

参考代替製品

- ・外部 LDO : RAA2142204GP3 ([製品 Web ページ](#))
- ・オペアンプ : ISL28230CBZ ([製品 Web ページ](#))

表 6-1 外部 LDO とオペアンプの製品情報

製品	デモボード使用製品		参考代替製品	
	型名	静止電流 (Iq)	型名	静止電流 (Iq)
外部 LDO (U4)	ISL80102IRAJZ	9mA	RAA2142204GP3	0.08mA
オペアンプ (U3)	ISL28214FBZ	0.39mA	ISL28230CBZ	0.025mA

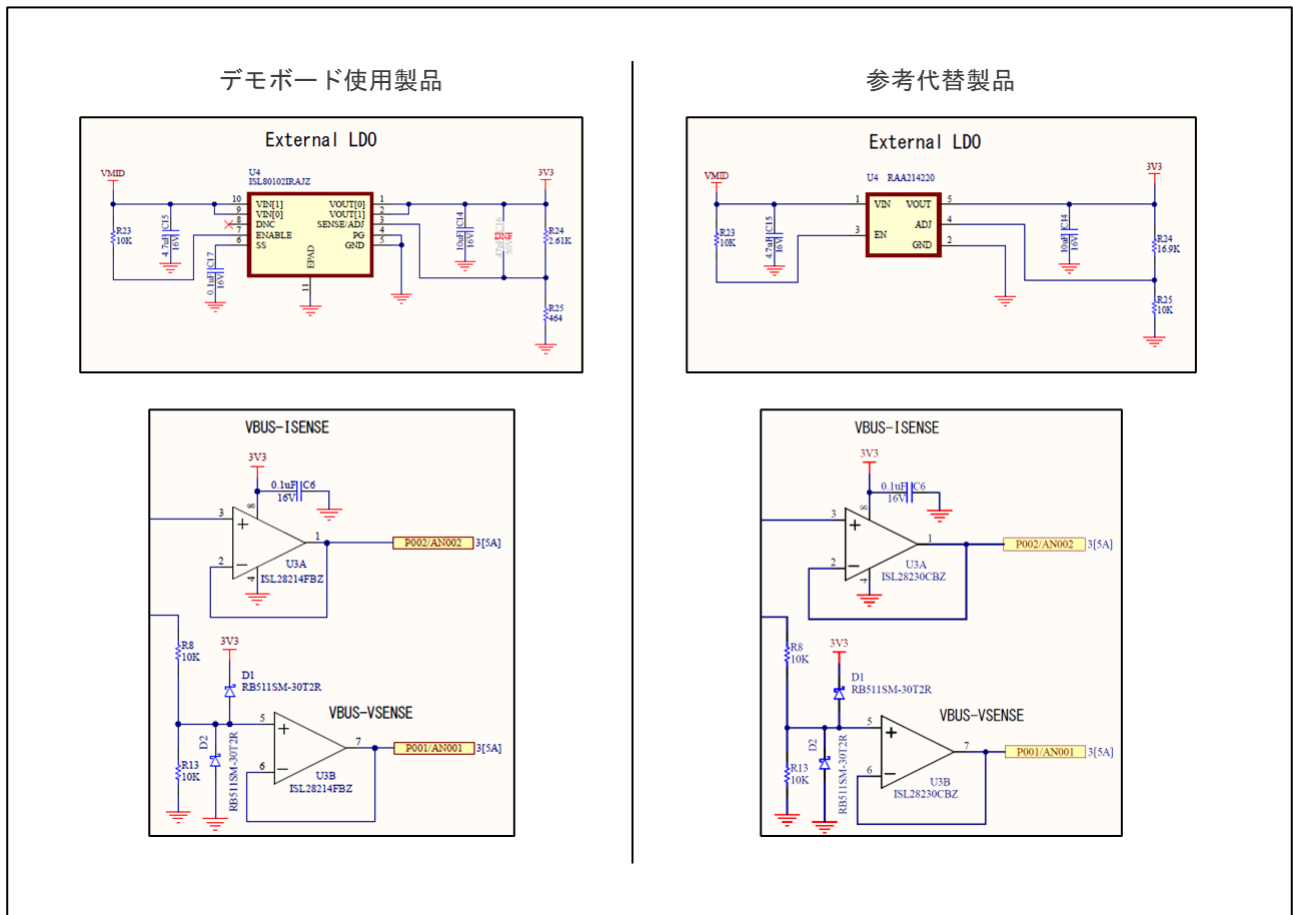


図 6-1 外部 LDO とオペアンプの回路差分

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.0	2025.8.28	-	初版

製品ご使用上の注意事項

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

1. 静電気対策

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

2. 電源投入時の処置

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

3. 電源オフ時における入力信号

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

4. 未使用端子の処理

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

5. クロックについて

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

6. 入力端子の印加波形

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

7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

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

8. 製品間の相違について

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

ご注意書き

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

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

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

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

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

(Rev.5.0-1 2020.10)

本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレシア）

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。