

S1C31D01
光電式容積脈波記録法(PPG)
デモ機
ソフトウェアマニュアル

評価ボード・キット、開発ツールご使用上の注意事項

1. 本評価ボード・キット、開発ツールは、お客様での技術的評価、動作の確認および開発のみに用いられることが想定し設計されています。それらの技術評価・開発等の目的以外には使用しないで下さい。本品は、完成品に対する設計品質に適合していません。
2. 本評価ボード・キット、開発ツールは、電子エンジニア向けであり、消費者向け製品ではありません。お客様において、適切な使用と安全に配慮願います。弊社は、本品を用いることで発生する損害や火災に対し、いかなる責も負いかねます。通常の使用においても、異常がある場合は使用を中止して下さい。
3. 本評価ボード・キット、開発ツールに用いられる部品は、予告無く変更されることがあります。

本資料のご使用につきましては、次の点にご留意願います。

本資料の内容については、予告無く変更することがあります。

1. 本資料の一部、または全部を弊社に無断で転載、または、複製など他の目的に使用することは堅くお断りいたします。
2. 本資料に掲載される応用回路、プログラム、使用方法等はあくまでも参考情報であり、これらに起因する第三者の知的財産権およびその他の権利侵害あるいは損害の発生に対し、弊社はいかなる保証を行ふものではありません。また、本資料によって第三者または弊社の知的財産権およびその他の権利の実施権の許諾を行うものではありません。
3. 特性値の数値の大小は、数直線上の大小関係で表しています。
4. 製品および弊社が提供する技術を輸出等するにあたっては「外国為替および外国貿易法」を遵守し、当該法令の定める手続きが必要です。大量破壊兵器の開発等およびその他の軍事用途に使用する目的をもって製品および弊社が提供する技術を費消、再販売または輸出等しないでください。
5. 本資料に掲載されている製品は、生命維持装置その他、きわめて高い信頼性が要求される用途を前提としていません。よって、弊社は本（当該）製品をこれらの用途に用いた場合のいかなる責任についても負いかねます。
6. 本資料に掲載されている会社名、商品名は、各社の商標または登録商標です。

目 次

1. ソフトウェア説明	1
1.1 ファイル構成	1
1.2 モジュール説明	2
1.3 操作手順	8
1.4 PpgMvLog.xlsx の使い方	9
1.5 サンプルプログラム動作概要	10
2. スイッチと表示	11
2.1 プッシュスイッチの機能と LED 表示	11
2.2 DIP スイッチの機能とデータログモード	12
2.3 表示モードの遷移と表示情報	13
Appendix-A 回路図	15
改訂履歴表	19

1. ソフトウェア説明

C31D01_PpgRefBoard は、光学式容積脈波記録法(PPG)の計測データと、加速度センサ LIS2DH で得られた 3 次元加速度のデータを用いて、脈拍数を計算するアルゴリズムを開発するための情報を、ログデータとしてマイクロ SD カードに記録するためのソフトウェアです。

マイクロ SD カードに格納されたログデータは、VBA マクロを含む Excel、PpgMvLog.xlsx で視覚化することが可能で、得られた測定結果を分析するために用います。

1.1 ファイル構成

ファイル名	機能
data_logger.c	データロガー関数ファイル
data_logger.h	データロガーヘッダ定義ファイル
hr_func.c	心拍数計算関数ファイル
hr_func.h	心拍数計算ヘッダ定義ファイル
lis2dh.c	3 軸加速度センサ LIS2DH 関数ファイル
lis2dh.h	3 軸加速度センサ LIS2DH ヘッダ定義ファイル
main.c	メイン関数ファイル
mdc_disp.c	メモリ液晶表示関数ファイル
mdc_disp.h	メモリ液晶表示ヘッダ定義ファイル
meas_data.h	測定データ定義ファイル
source_code_pro_black_28_1bit.h	28 サイズ 1 ビット フォントファイル
trigon_table.h	三角関数ヘッダ定義ファイル

1. ソフトウェア説明

1.2 モジュール説明

ファイル中のモジュールのうち、一般的でないものを中心に、関数名とその機能、変数名とその内容について説明します。

ファイル名 : data_logger.c

関数名	機能
logData	引数 logKind に従い、データロガーにデータを記録する。
addLogData	データロガー記録用の待ち行列に加える。
sendLogData	データロガー記録用の待ち行列の内容を出力する。
redLed	赤色 LED を引数 swOn に従って 0:消灯、1:点灯する。
greenLed	緑色 LED を引数 swOn に従って 0:消灯、1:点灯する。

ファイル名 : hr_func.c

関数名	機能
calcCcHr	相互相関値の最小ピーク(拍動時に暗くなる)の間隔から脈拍数を計算します。1/4 窓幅のフレーム数も一定の範囲で追従して変化します。
getMinMax	拍動を見分ける際に使うため、生データの最大値、最小値を求めます。
checkHeartBeatTiming	最新の測定生データが収縮期の判断値以下の時に 2 を、そうでないときに 1 を返します。
execFir	生データを FIR フィルタリング処理計算し、ccData.firRes[]に格納します。
calcCC	ccData.firRes[]を矩形波相関フィルタ処理計算し、得られた相互相関値を ccData.ccRes[]に格納します。
calcFftHr	FFT の計算結果から、脈拍数を計算します。
selFftHr	平均的な加速度センサの値の大小で静的状態か動的状態を判定し、FFT の計算結果から脈拍数を算出する。
subMeanVal	引数 inData[]の平均を求め、fftData.ar[]から引き去ります。
calcAcc2	加速度センサの各軸出力の自乗和を 256 で割った値を返します。

fft	fftData.ar[]をFFT解析し、結果をfftData.ar[]、fftData.ai[]に代入します。
hannWin	fftData.ar[]をハン窓で処理します。
calcPower	fftData.ar[]、fftData.ai[]の自乗和をfftData.power[]に代入します。
getPeaks	fftData.power[]のピークを探索し、ピークのポインタ値と大きさを引数の配列に入れて返します。

ファイル名 : main.c

関数名	機能
privSeI2C_Init	I2C Ch.0 の初期化関数。ペリフェラルライブラリ se_i2c.[ch]の中の関数 seI2C_Init をベースに、I2C 用の PORT 設定をマスクし、BRT の設定を変更した関数。
PORT_IRQHandler	PORT 割り込み関数。プッシュスイッチ SW2、SW3 が押されたときに呼び出される。SW2 が押されたときには測定開始、終了処理を、SW3 が押されたときには表示モードの変更処理を行う。
T16_0_IRQHandler	T16 Ch.0 割り込み関数。20 ミリ秒毎に呼び出される。脈波の ADC 値を測定し、脈拍計算のデータ前処理を行い、データロガーに測定値を記録します。加速度センサの値は 5 回に 1 回、すなわち 100 ミリ秒毎に値を得ます。
T16_2_IRQHandler	T16 Ch.2 割り込み関数。FFT 計算、計算結果のロガー出力、メモリ液晶の表示を更新します。
ADC12A_IRQHandler	ADC12A Ch.0 割り込み関数。AD 変換が終了した時に測定結果を measData.measuredVal に格納し、measData.stage=1(測定終了)に設定します。

ファイル名 : mdc_disp.c

関数名	機能
val2Str4	正の整数值 val を digit 行(最大 4 行)の数値文字列に変換し、dst に入れて返します。zeroSup が 1 の時はゼロサプレスし、0 の時はゼロサプレスしません。
pmVal2Str4	val が負の値のとき、マイナス符号を付けて返すのが val2Str4 と異なります。

1. ソフトウェア説明

val2Str6	最大 6 術までの正の整数値が変換できるのが val2Str4 と異なります。
chooseHr	瞬間的な加速度センサの値の大小で静的状態か動的状態を判定し、FFT の計算結果と矩形波相関フィルタ処理計算結果のどちらかの心拍数を選びます。
dispEpsonLogo	EPSON ロゴをメモリーディスプレイの決められた位置に表示します。
dispState	現在選択されている測定条件をメモリーディスプレイに表示します。
dispCurrMode	現在選択されている表示モードをメモリーディスプレイに表示します。
dispInternalVal	各表示モード毎に決められた内部値をメモリーディスプレイに表示します。
dispHeartRate	心拍数が計算されている時、その値をメモリーディスプレイの決められた位置に表示します。
dispExerIntens	加速度センサの値を相対的な運動強度に換算してメモリーディスプレイに表示します。
dispSwStat	SW1-1～SW1-4 の設定をメモリーディスプレイに表示します。
checkBeat	心臓が収縮しているかどうか判断し、mdcDisp.markType の値を設定します。
reDrawMdc	指定に従い、メモリーディスプレイの各表示要素を再描画します。
privSeMDC_Gfx_PutString	メモリーディスプレイの指定の位置に文字列を表示させます。

構造体名 : MEAS_DATA_ST (ファイル meas_data.h 中で定義)

変数名	内容
raw20[]	20 ミリ秒毎にサンプリングした脈波計測結果の生データ。ADC12A でデジタル値に変換しているので、0～4095 の範囲の値。
raw100[]	100 ミリ秒毎にサンプリングした脈波計測結果の生データ。ADC12A でデジタル値に変換しているので、0～4095 の範囲の値。
acc2[]	加速度センサ LIS2DH の出力の加工値。 $(x^2+y^2+z^2) / 32$
accX, accY, accZ	加速度センサ LIS2DH の各軸方向の測定値。

avail20	raw20[]の有効データ数。
avail100	raw100[]の有効データ数。
measVal	PPG の測定値。
dazzlingCount	測定値が幻惑値である場合のカウント数。
initCount	初期化の際のカウントダウンタイマー。
skip1stCount	測定開始後にデータ測定する迄に読み飛ばす際のカウンタ。
ptr20	raw20[]、firRes[]、ccRes[]の記録位置を示すポインタ。
ptr100	raw100[]、acc2[]の記録位置を示すポインタ。
interval5	20 ミリ秒毎のインターバルタイマーから、100 ミリ秒毎のインターバルを作るためのカウンタ。
stage	ADC の状態フラグ。0:測定中、1:測定終了。
running	測定状態フラグ。0:停止中、1:計測中。
interm	間歇駆動か連続駆動かの制御情報。0: 連続駆動、1: 間歇駆動
highGain	ゲインの制御情報。0: アンプゲイン低、1: アンプゲイン高
lpf	LPF の制御情報。0: LPF オフ、1: LPF オン
logRaw	データロガーへの記録周期。0:20 ミリ秒毎、1:100 ミリ秒毎。
soundFlag	効果音フラグ。0:効果音オフ、1:効果音オン。常に 1 に設定。
overRunTimes0	T16 Ch.0 タイマーのオーバーランカウンター。
overRunTimes2	T16 Ch.2 タイマーのオーバーランカウンター。

構造体名 : CC_DATA_ST(ファイル hr_func.h 中で定義)

変数名	内容
firRes[]	FIR フィルタ処理後の値。フィルタリングされることで変換元の値よりも振れ幅が小さな値になります。

1. ソフトウェア説明

ccRes[]	矩形パルス窓で計算した相互通関値。
hr	心拍数。単位は BPM(Beats Per Minute)。
numFrame	矩形パルス窓の 1/4 窓幅のフレーム数。
rawMinVal	生データの最小値。
rawMaxVal	生データの最大値。
rawRange	生データの範囲 = (最大値 - 最小値)。
rawSystoleLevel	収縮期判断値。この値より生データが小さいと収縮期と判断。
systoleCycleCounter	心臓収縮の間隔カウンター。
hrFromSystole	心臓収縮のサイクルから計算した心拍数。これを用いて numFrame を自動調整する。
shlinking	心臓収縮中を示すフラグ。

構造体名 : FFT_DATA_ST(ファイル hr_func.h 中で定義)

変数名	内容
ar[],ai[]	FFT 計算時の実数部 (リアルパート)、虚数部 (イマジナリーパート)。
ppgMaxVal[]	PPG の FFT のピークの大きさ。
accMaxVal[]	加速度センサの FFT のピークの大きさ。
ppgMaxPtr[]	PPG の FFT ピークのポインタ値。
accMaxPtr[]	加速度センサの FFT ピークのポインタ値。
ppgMaxHr[]	ppgMaxPtr[]を脈拍数に換算した値。
samePeak[]	PPG と加速度センサのピークが一致する場合に 1、そうでないなら 0。
statPpgMaxVal[]	加速度の大きさから判断して静止状態の時の、PPG の FFT ピークのポインタ値。
statPpgMaxPtr	statPpgMaxVal[]の記録位置を示すポインタ。

hr	心拍数。単位は BPM。
currStat	加速度の大きさから判断した今現在の状態。0:静止状態、1:運動状態。
checkPeakFrom	ピークチェックの開始点。
checkPeakTo	ピークチェックの終了点。
power[]	加速度センサの FFT のパワーの自乗 (RealPart^2 + ImaginaryPart^2)。
ptrToHrCoef	ポインタ値を心拍数に換算するための係数=2.34。

構造体名 : MDC_DISP_ST(ファイル mdc_disp.h 中で定義)

変数名	内容
hrBuff[]	得られた心拍数の記憶用バッファ。単位は BPM。
exIntBuff[]	運動強度の記憶用バッファ。任意単位。
hr	表示するための心拍数。単位は BPM。
exerIntens	表示される運動強度の値。
lastHr	最後に得られた脈拍数の値。単位は BPM。
dispHrCounter	心拍数の表示更新のためのカウンタ。
dispExIntConer	運動強度の表示更新のためのカウンタ。
markType	描画されるハートマークのサイズ。0:小、1:大。
frmBuff[]	メモリディスプレイの表示バッファ。
strDisp[]	表示用文字列。
Mode	表示モード。0:通常モード、1:CC モード、2:FFT モード、3:加速度モード。
updateFlag	表示を更新する必要がある項目。
needUpdate	表示内容が大きく変わったのでメモリディスプレイの全画面表示の更新を要求するフラグ。

1. ソフトウェア説明

構造体名 : DATA_LOG_ST(ファイル data_logger.h 中で定義)

変数名	内容
sendData[]	データロガーに送るデータ。addLogData()関数を呼び出すことで sendBuff[]に追加する。
sendBuff[]	データロガーに送るデータの送信バッファ。
sendLen	sendData[]の文字数。
rdBuffPtr	sendBuff[]のデータロガー送信ポインタ。
wrBuffPtr	sendBuff[]の書き込みポインタ。
lastHrForDL	ロガー出力用に構造体 MDC_DISP_ST の lastHr を保管。
Tick	サンプリングのタイミングを示す TICK 値。
bufOverFlowTimes	sendBuff[]があふれた回数のカウンタ。

1.3 操作手順

- (1) サンプルソフトウェアの Samples/WORKSPACE_IAR/Samples.eww をダブルクリックして IAR Embedded Workbench IDE を起動します。
- (2) ワークスペースのプルダウンメニューから、[C31D01_PpgRefBoard – DebugFlash]を選択します。
- (3) メニューの[プロジェクト]→[ダウンロードしてデバッグ]を選択してフラッシュにプログラムを書き込みます。
- (4) Excel の VBA の実行
Excel ファイル 「PpgMvLog.xls」 をダブルクリックして実行してください。
- (5) 実行
 1. メニューの[デバッグ]→[実行]を選択してプログラムを実行します。フラッシュにプログラムが書き込まれているので、S5U1C31D01S1200 単体に電池接続するなどの方法でも構いません。
 2. 「C31D01_PpgRefBoard」の実行後、Excel VBA からのコマンドで、マイクロ SD カードに記録された測定値の収集などの操作が可能です。

1.4 PpgMvLog.xlsx の使い方

PpgMvLog.xlsx の外観を図 1-1 に示します。

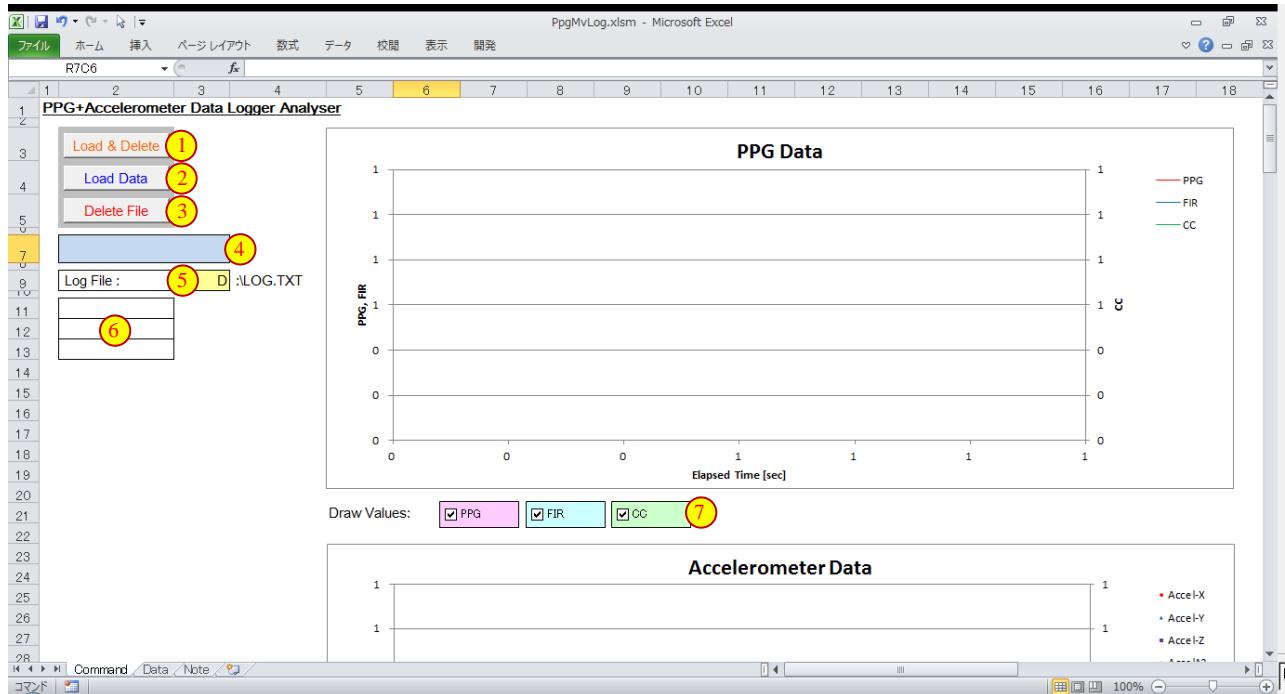


図 1-1 PpgMvLog.xlsx の外観

- | | |
|-------------|-------------------------------------|
| ① ロード&削除ボタン | マイクロ SD カードから測定値を読み込み、ログファイルを消去します。 |
| ② ロードボタン | マイクロ SD カードから測定値を読み込みます。 |
| ③ 削除ボタン | マイクロ SD カードのログファイルを消去します。 |
| ④ 状態インジケータ | 測定値の読み込み中、その旨 表示します。 |
| ⑤ ドライブ指定 | マイクロ SD カードのドライブを指定します。 |
| ⑥ データ属性 | 測定データの属性（駆動方式、アンプゲイン、LPF）が表示されます。 |
| ⑦ 描画要素 | 各グラフのプロット対象の要素を指定します。 |

注 1) グラフの描画は全データ取得後に行われます。すなわち、データ取得時には逐次更新されず、データ取得前の状態をキープします。

1. ソフトウェア説明

1.5 サンプルプログラム動作概要

サンプルプログラムは、以下の処理を実行します。

- (1) 使用するために以下の周辺機器、機能を初期化します。
 - 変数の初期化
 - OSC1 (32.768kHz) の発振を開始
 - システムクロックを IOSC (内蔵発振 20MHz) に切り替え
 - 割り込みレベルの設定、割り込みフラグをクリア
 - メモリーディスプレイを初期化し、表示をクリア
 - PPORT、T16 Ch0、T16 Ch2、T16 Ch7、UART3、I2C と LIS2DH、SNDA を初期化
 - ADC12 用に端子を割り当て、初期化
 - ブザー用に端子を割り当て
 - AFE 回路組換用の PPORT を初期化、P24=”H”を出力して PPG_Vdd=OFF に
 - LED を消灯
- (2) SW1-1～SW1-4 の状態を読み込み、メモリーディスプレイを初期画面表示に更新します。
- (3) T16 Ch0、T16 Ch.2 をスタートします。
- (4) PPORT の割り込みを待つために HALT します。
- (5) SW3 の押下による PPORT の割り込みが発生すると、表示モードを順送りに切り換えます。
- (6) SW2 の押下による PPORT の割り込みが発生すると、設定に合わせて AFE の回路を組み替えた後、以下の処理を実行します。
 - 測定停止状態のときは、測定を開始するために PPG_Vdd=ON にし、データサンプリング用に T16 Ch.0 のタイマ周期をセットし、SW 状態表示を更新要求します。
 - 測定中のときは、計測を終了するために PPG_Vdd=OFF にし、T16 Ch.0 のタイマ周期を SW1 の状態確認用にセットし、SW 状態表示を更新要求します。データロガーへの記録中を示す赤色 LED は消灯します。
- (7) T16_0_IRQHandler 関数では、間歇駆動の場合は LED を点灯後、指定の遅延時間経過後に ADC12 をトリガして AD 変換値を得、LED を消灯します。連続駆動の場合は ADC12 をトリガして AD 変換値を得るだけです。その後、加速度センサ LIS2DH の出力値を得て、定期的に脈拍計算して表示を更新します。

2. スイッチと表示

2.1 プッシュスイッチの機能と LED 表示

プッシュスイッチの機能、LED 表示を以下の表に示します。

表 2-1 プッシュスイッチの機能

プッシュスイッチ	機能
SW2	測定開始または停止
SW3	表示モードの変更

表 2-2 LED 表示

LED	状態
赤色 LED	データロガーに記録中
緑色 LED	幻惑状態



図 2-1 プッシュスイッチと LED

2. スイッチと表示

2.2 DIPスイッチの機能とデータログモード

DIPスイッチの機能を以下の表に示します。

表 2-3 DIPスイッチの機能

スイッチ	OFF	ON
SW1-1	LOG_RAW100 モード	LOG_RAW20 モード
SW1-2	C: 連続駆動	I: 間歇駆動
SW1-3	-: LPF オフ	F: LPF オン
SW1-4	L: アンプゲイン低	H: アンプゲイン高

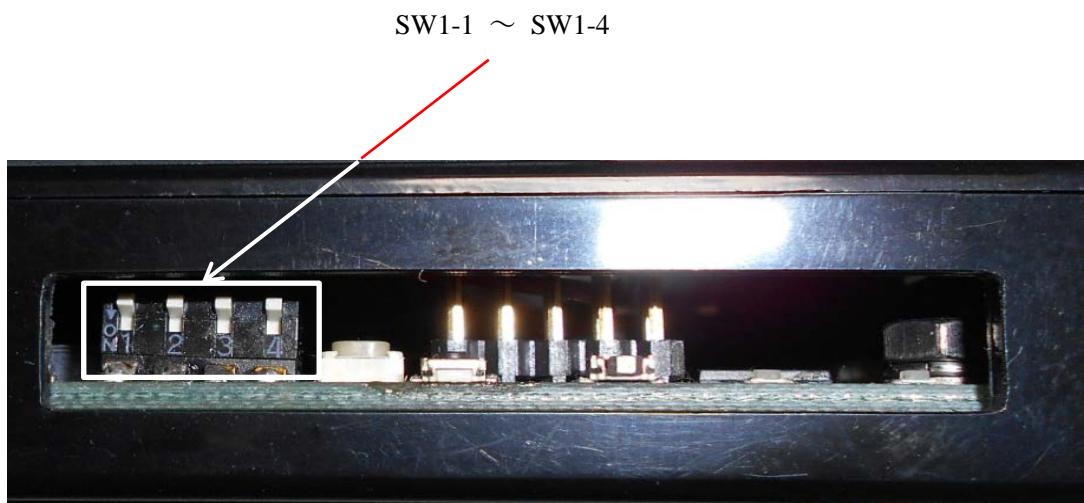


図 2-2 DIPスイッチ

データログモードで記録時間は以下のように変わります。

LOG_RAW20 モード

$$20\text{ms} \times 100,000 = 2,000\text{s} = 0\text{h}33\text{m}20\text{s}$$

FIR フィルタの計算結果と矩形波相関フィルタ処理計算結果も記録されます。

LOG_RAW100 モード

$$100\text{ms} \times 100,000 = 10,000\text{s} = 2\text{h}46\text{m}40\text{s}$$

FIR フィルタの計算結果と矩形波相関フィルタ処理計算結果は記録されません。

2.3 表示モードの遷移と表示情報

SW3 を押すことで以下のように表示モードがシフトします。

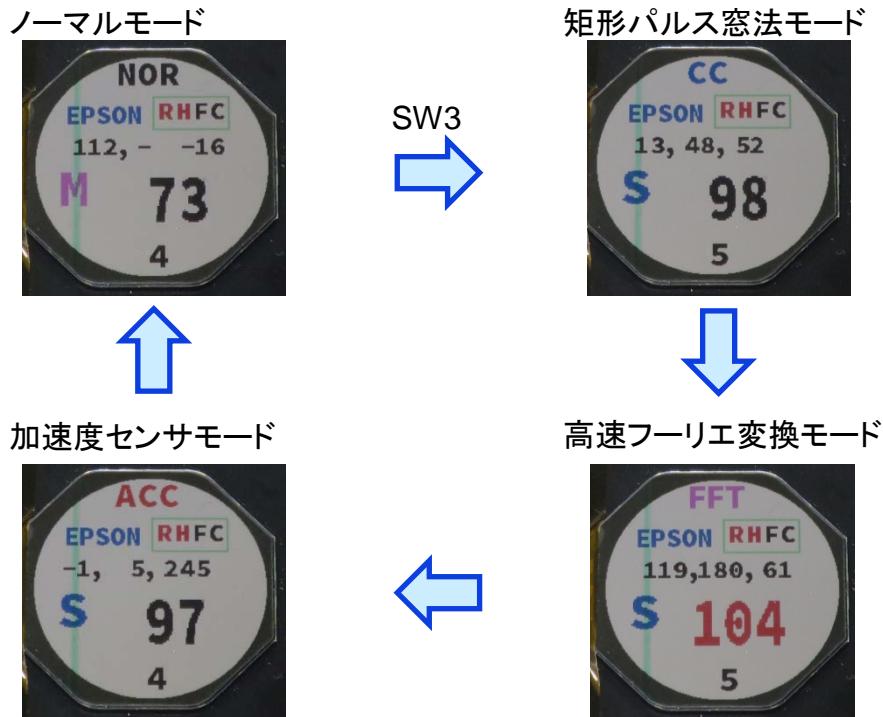


図 2-3 表示モードのシフト

表示情報は以下の通りです。

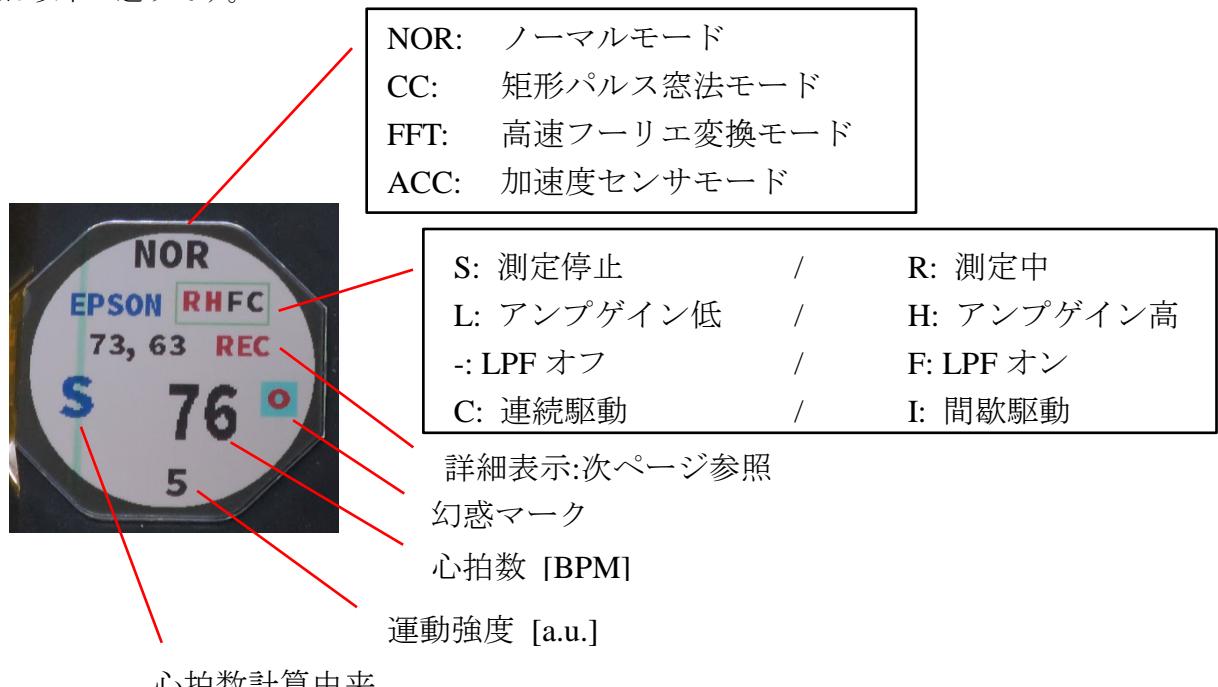


図 2-4 表示情報

2. スイッチと表示

詳細情報の表示内容は表示モードで変わりますが、以下の通りです。

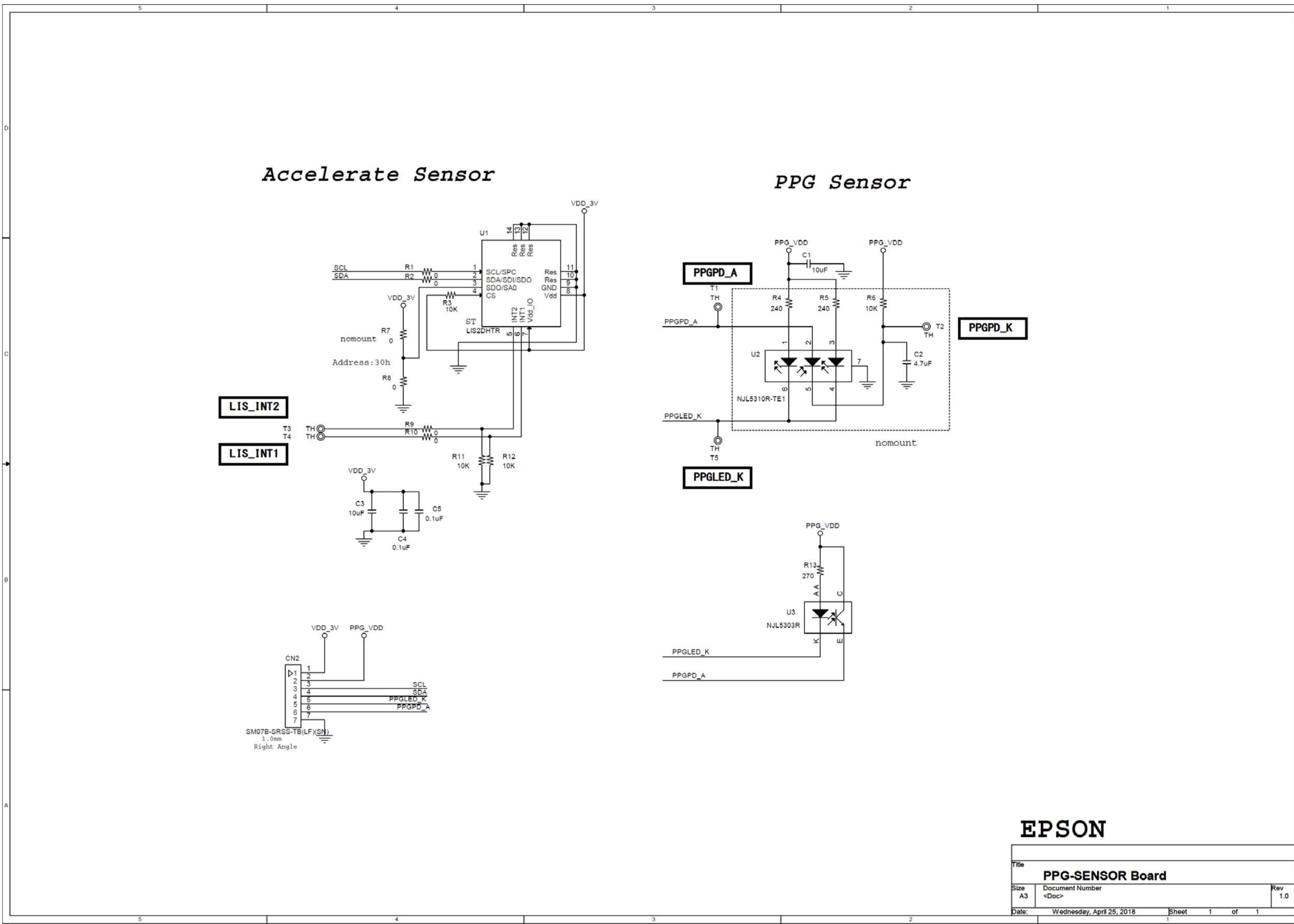
NOR: ノーマルモード
“ccData.hr” , “fftData.hr” , “measData.skip1stCount / 10” or “REC”

CC: 矩形パルス窓法モード
“ccData.numFrame” , “ccData.systoleCycleCounter” , “ccData.hrFromSystole”

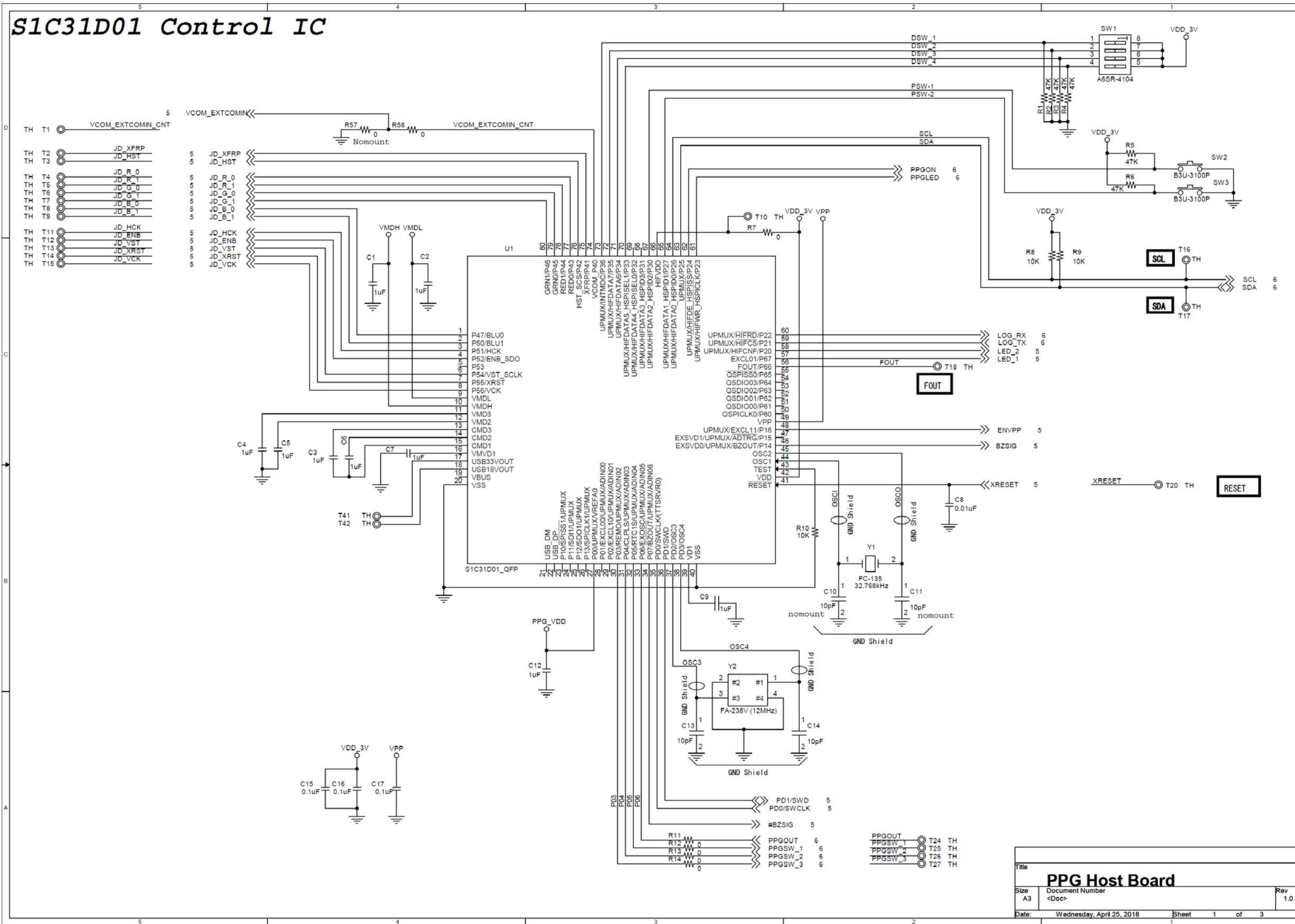
FFT: 高速フーリエ変換モード
“fftData.ppgMaxHr[0-2]”

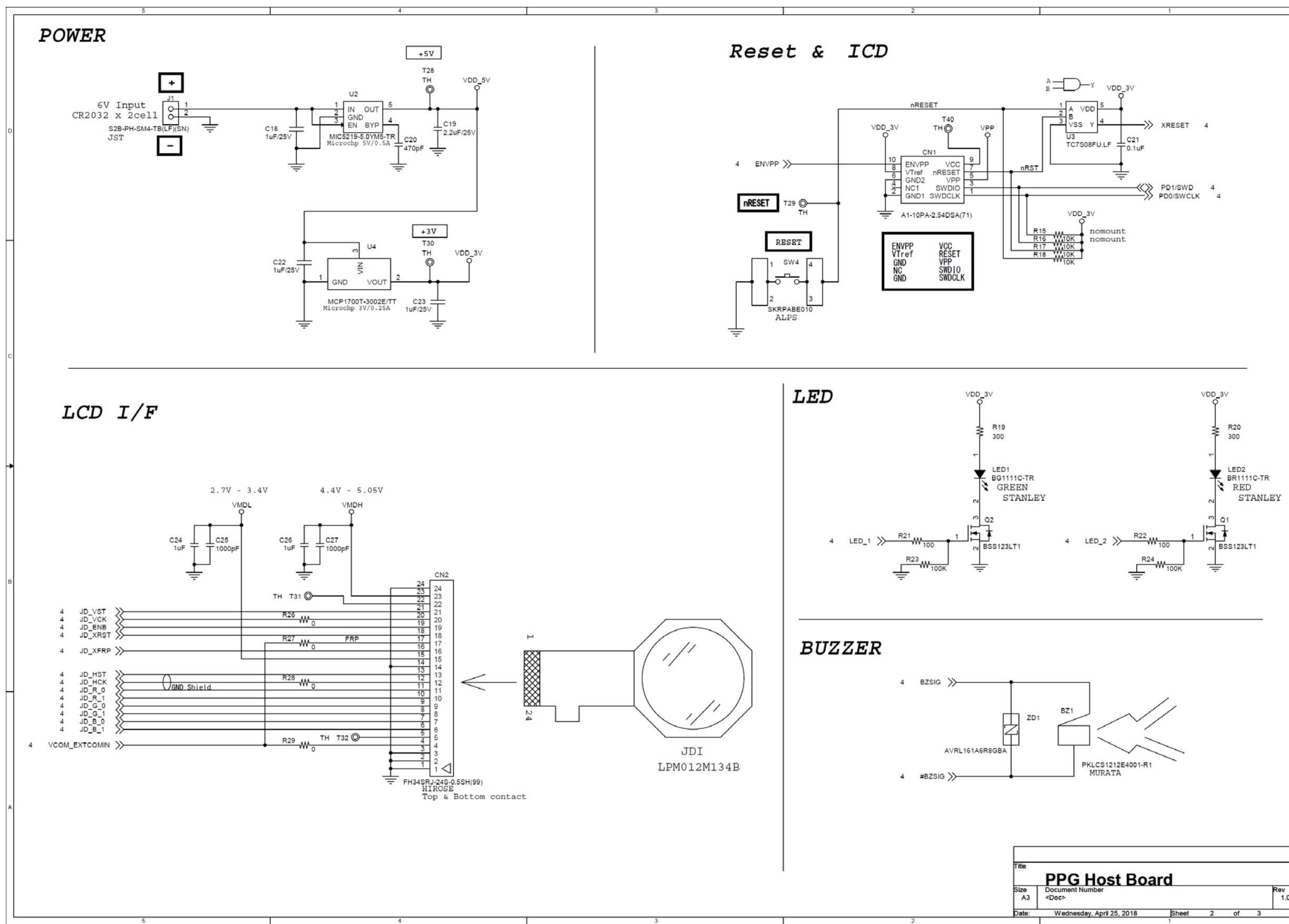
ACC: 加速度センサモード
“measData.accX” , “measData.accY” , “measData.accZ”

Appendix-A 回路図

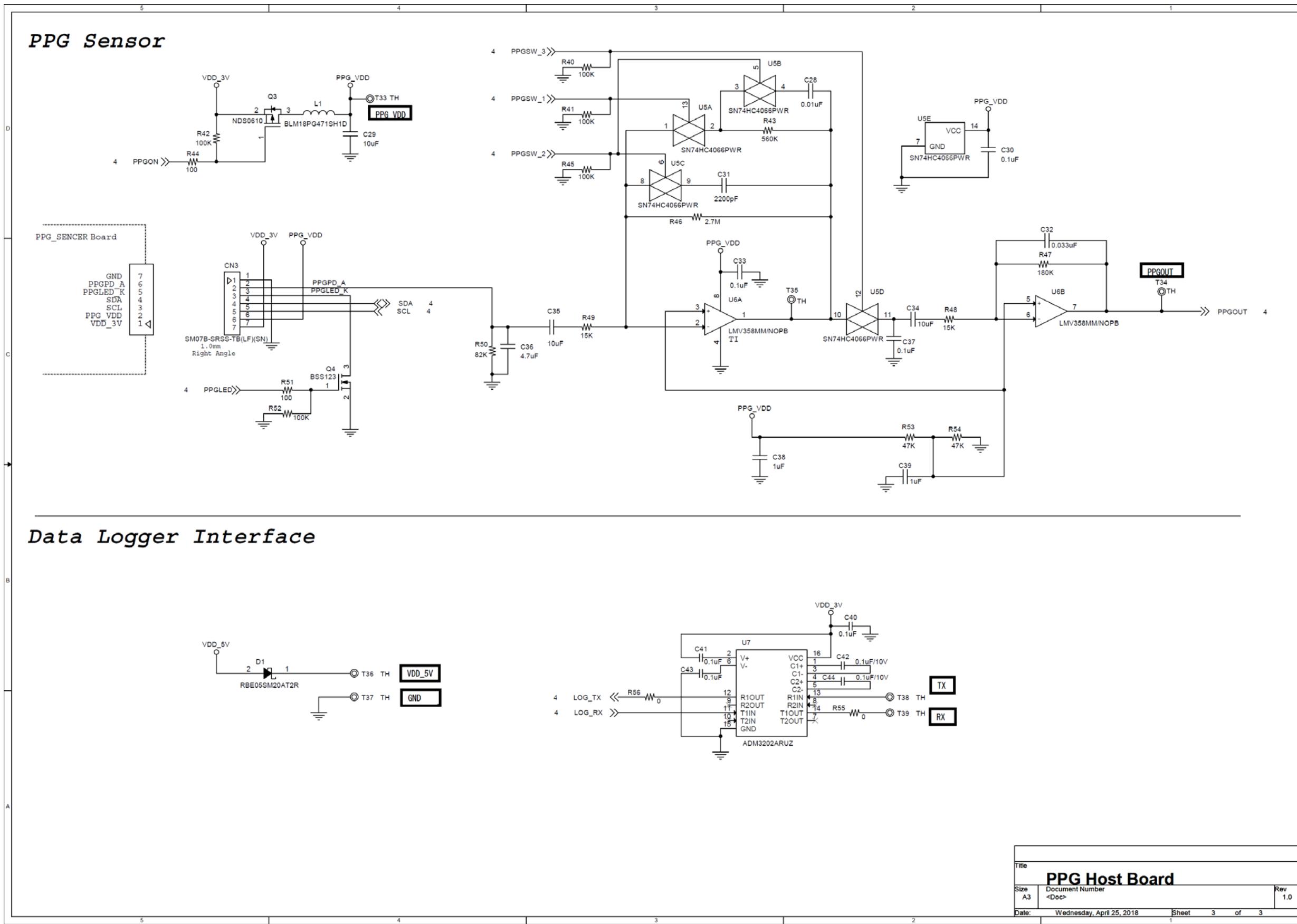


Appendix-A 回路図





Appendix-A 回路図



改訂履歴表

付-1

セイコーエプソン株式会社

営業本部 デバイス営業部

東京 〒191-8501 東京都日野市日野 421-8

TEL (042) 587-5313 (直通) FAX (042) 587-5116

大阪 〒530-6122 大阪市北区中之島 3-3-23 中之島ダイビル 22F

TEL (06) 7711-6770 (代表) FAX (06) 7711-6771

ドキュメントコード : 413650400
2018 年 4 月 作成