

# ハードウェア ガイド (NS-RX231)

## 目次

1 はじめに.....	2
2 ボードの仕様.....	3
3 ボードの構成.....	3
4 静電容量式タッチセンサボードに関する説明.....	4
4.1 ジャンパに関する説明.....	5
4.2 ジャンパーパッドに関する説明.....	5
4.3 コネクタに関する説明.....	6
4.4 主な機能ピンのプログラムで使用する機能.....	7
5 RX231を使用した静電容量式タッチセンサボードの回路.....	8
5.1 クロック部の設計.....	8
5.2 電源部の設計.....	9
5.3 パワーオンリセット回路/手動リセット回路の設計.....	11
5.4 グランド配線の設計.....	13
5.5 アナログ電源 (AVCC) とデジタル電源 (VCC) の設計.....	14
5.6 E1 JTAG デバッガの接続図.....	15
5.7 USBブートモードと電源.....	16
5.8 USBの電磁波認証のためのノイズ対策を考慮した設計.....	17
5.9 静電容量式タッチセンサ部分の設計.....	19
5.10 UART関連の部分の設計.....	22
5.11 テスト用LED部分の設計.....	23
5.12 スピーカ駆動部設計.....	24
5.13 MPU-6050 6軸加速度/ジャイロ センサモジュール接続コネクタの設計.....	25
5.14 赤外線 (IR) リモコン送信部および受信部の設計.....	25
5.15 電源部選択スイッチの設計.....	26

## 1 はじめに

このボードは、静電容量式タッチセンサを制御するRX231の評価ボードです。回路設計、プリント基板設計、タッチ部設計方法およびソフトウェア作成法などをガイドし、RX231を利用したアプリケーション設計を簡単にし、必要な機能を簡単にプログラムすることができるようにガイドすることを目的としています。

このボードを利用して、赤外線リモコン送信部、赤外線リモコン受信部、MPU-6050を利用した6軸加速度/ジャイロ センサ、スピーカ出力、そしてUARTおよびBluetooth通信などを学習することができます。また、各種ボードと接続し、これらを使って静電容量式タッチセンサを活用する方法も説明します。

このハードウェア ガイドの目的は静電容量式タッチセンサボードに関する解説、回路設計およびプリント基板設計時に効率よく設計することができるようにサポートすることを目的としています。

## 2 ボードの仕様

マイコン:32ビットのRX231 (R5F52315ADFM) 64ピン版を使用

(最高54MHz動作、88.56 DMIPS、USB2.0 Full speedをサポート)

USB専用PLL回路:水晶発振回路からの16MHzを3逡倍した48MHzをUSB用クロックとして供給

32.768kHzのサブシステムクロック発振回路

コネクタ規格: アルディーノのUNOのコネクタと互換

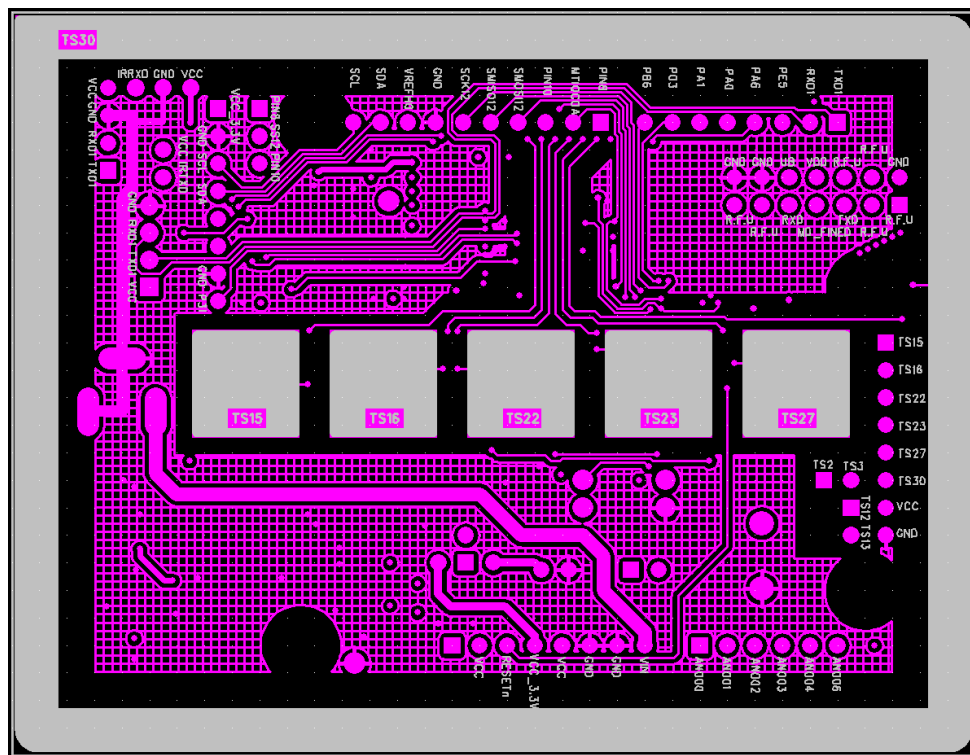
赤外線リモコン送信部 (TSOP4138) .....	1個
赤外線リモコン受信部 (ST-3311-H) .....	1個
MPU-6050 6軸加速度/ジャイロセンサモジュール用のコネクタ (J18) .....	1個
スピーカ (PS1240P02CT3互換) .....	1個
UART通信用のコネクタ (メス、Bluetoothモジュールの接続用のコネクタ) .....	1個
UART通信用のコネクタ (オス) .....	1個
電源コネクタ (バッテリー用 (J13) 、USB電源 (J12) 、アダプタ用 (J7)) .....	各1個
ジャンパ (電源選択用 (J10)、AVCC電源VCC直接接続用 (J11)、SPI通信のSSピンの選択用 (J9)) .....	各1個
リセット スイッチ (S1) .....	1個
ブートモード選択スイッチ (SW1) .....	1個
USBコネクタ (J12) .....	1個
タッチスイッチ .....	5個
近接スイッチ .....	1個
タッチスイッチ追加用外部接続コネクタ (J22 (6チャンネル) 、J23 (2チャンネル) 、J24 (2チャンネル)) .....	各1個

## 3 ボードの構成

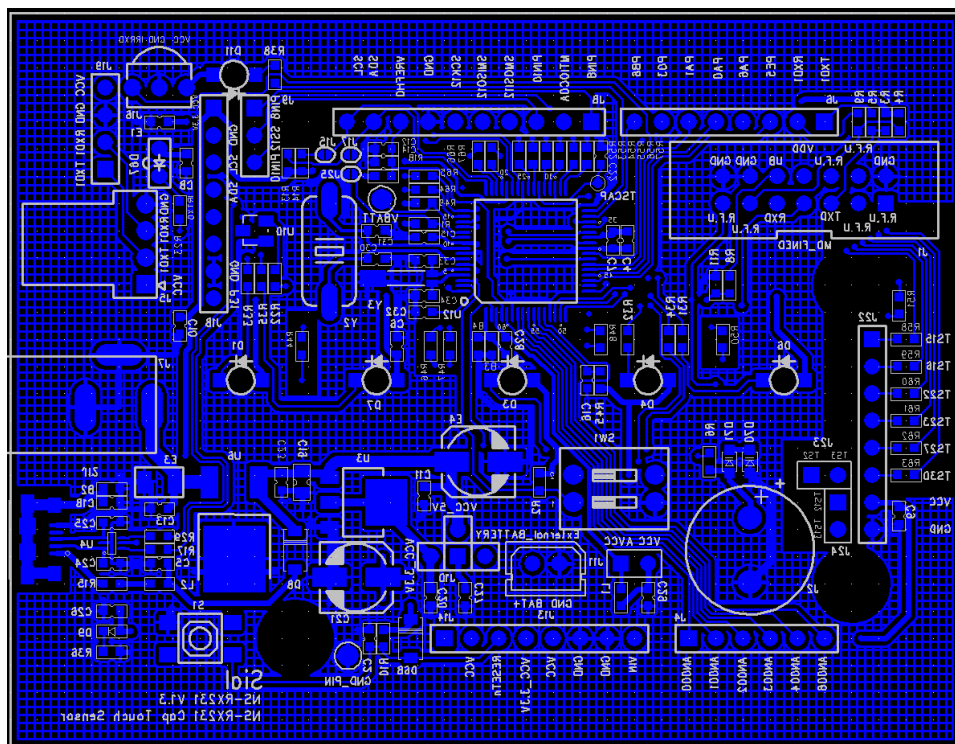
NS-RX231静電容量式タッチセンサボード .....	1枚
アクリル板 (90mm × 68.5mm × 1.5T / 90mm × 68.5mm × 1.3T) .....	各1枚
ジャンパ .....	3個
30mmピンヘッダー【ファスナーパック同梱】 (2p/4p/6p/8p/10p) .....	8pは2個, 残りは各1個

## 4 静電容量式タッチセンサボードに関する説明

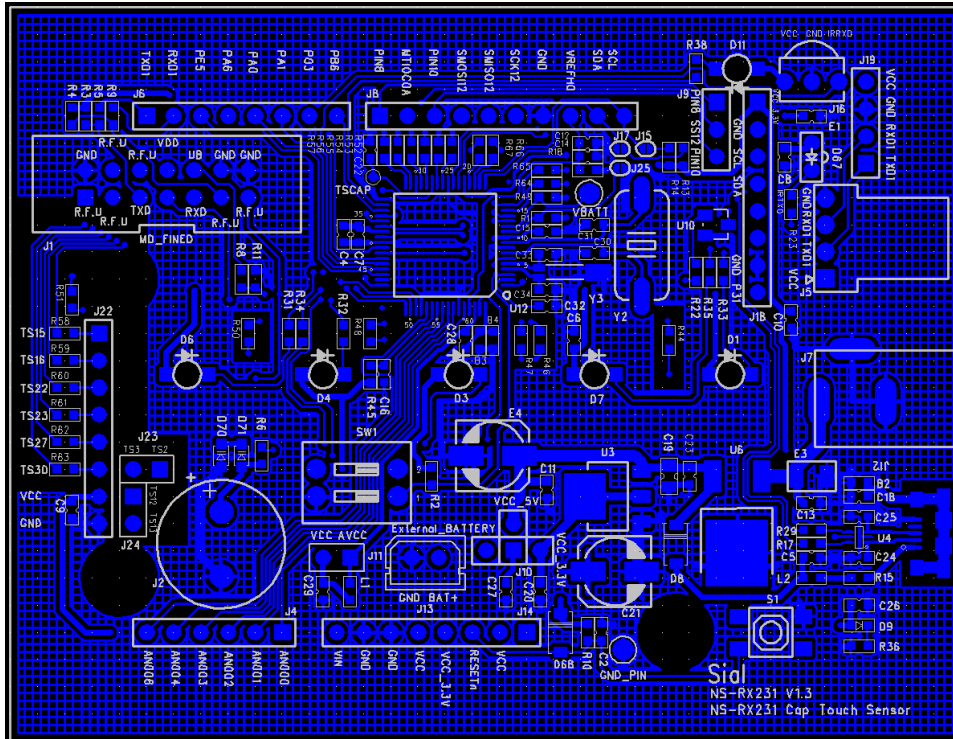
コネクタ名と各ピンの機能が簡単に調べられるようにピンの機能名を表記しています。



表面のシルク図



表面から見た裏面の透視図



裏面のシルク図

## 4.1 ジャンプに関する説明

J9 : SPI通信のSSピンの選択用 (1番:PIN8、2番:SS、3番:PIN10)

J10 : 電源選択用 (1番:VCC側、2番:VCC\_3.3V側、3番:外部電源 (外部バッテリー) 側、4番:VCC\_5V側)

J11 : AVCC電源VCC直接接続用 (1番:AVCC側、2番:VCC側)

## 4.2 ジャンパーパッドに関する説明

J15 : I2C通信ピンSCLピンにプルアップ抵抗を接続します。このピンは、工場出荷時にはんだ付けされています。

J17 : I2C通信ピンSDAピンにプルアップ抵抗を接続します。

J25 : USBブートパワーを設定します。(Open : Bus Power/ Short : Self Power)

## 4.3 コネクタに関する説明

J1 : JTAG接続用コネクタ

(1番:R.F.U、2番:GND、3番:R.F.U、4番:R.F.U、5番:TXD、6番:R.F.U、7番:MD\_FINED、  
8番:VDD、9番:R.F.U、10番:UB、11番:RXD、12番:GND、13番:RESn、14番:GND)

J4 : UNOコネクタ (1番:AN000、2番:AN001、3番:AN002、4番:AN003、5番:AN004、6番:AN006)

J5 : UART (SCI1) 接続コネクタ: (1番:VCC、2番:TXD1、3番:RXD1、4番:GND)

J6 : UNOコネクタ

(1番:TXD1、2番:RXD1、3番:PE5、4番:PA6、5番:PA0、6番:PA1、7番:P03、8番:PB6)

J7 : 電源アダプタ (1番:VIN、2番:GND、3番:GND)

J8 : UNOコネクタ (1番:PIN8、2番:MTIOCOA、3番:PIN10、4番:SMOSI12、5番:SMISO12、6番:SCK12、 7  
番:GND、8番:VREFH0、9番:SDA、10番:SCL)

J12 : USBコネクタ: (1番:VBUS、2番:D-、3番:D+、4番:N.C.、5番:SHIELD)

J13 : 外部バッテリー接続用端子: (1番:BAT+側、2番:GND側)

J14 : UNOコネクタ

(1番:N.C.、2番:VCC、3番:RESETn、4番:VCC\_3.3V、5番:VCC、6番:GND、7番:GND、8番:VIN)

J18 : MPU-6050モジュール接続用端子

(1番:VCC\_3.3V、2番:GND、3番:SCL、4番:SDA、5番:N.C.、6番:N.C.、7番:AD0、8番:P31)

J19 : UART (SCI1): (1番:TXD1、2番:RXD1、3番:GND、4番:VCC)

J22 : タッチスイッチ追加用外部接続コネクタ (1番:TS15\_e、2番:TS16\_e、3番:TS22\_e、4番:TS23\_e、  
5番:TS27\_e、6番:TS30\_e、7番:VCC、8番:GND)

J23 : タッチスイッチ追加用外部接続コネクタ (1番:TS2\_e、2番:TS3\_e)

J24 : タッチスイッチ追加用外部接続コネクタ (1番:TS12\_e、2番:TS13\_e)

## 4.4 主な機能ピンのプログラムで使用する機能

J5の2番ピン(TXD1)、3番ピン(RXD1)はSC11のUART機能のそれぞれTXD1, RXD1機能で使います。

J15 (ジャンパーパッド) は、工場出荷時にはんだ付けされて出荷されます。64ピン用RX231 MCUで18番ピンは、USBデバイスの認識に影響を与えるので、3.3Vの電源が接続されるべきです。

J18 (MPU-6050モジュール接続用端子)の該当ピンを

- 3番ピン : I2C (RIIC0) のSCLで使用、J8の10番ピンと接続
- 4番ピン : I2C (RIIC0) のSDAで使用、J8の9番ピンと接続

J19の1番ピン(TXD1)、2番ピン(RXD1)はSC11のUART機能のそれぞれTXD1, RXD1機能で使います。

J22は工場出荷時にはR58, R59, R60, R61, R62, R63はN. C (未接続) 状態で出荷されます。予め接続していないのは、ボード中央の5個のタッチセンサ(TS15, TS16, TS22, TS23, TS27) およびボード枠を使用している近接センサ(TS30)を最大感度にするためです。外部にタッチセンサを接続して使う場合には、該当する抵抗を0Ω抵抗器で接続して使うようにします。接続した以後は、TS15, TS16, TS22, TS23, TS27機能を外部のタッチセンサで使用できます。

J23はTS2とTS3機能を外部のタッチセンサで評価する場合に使用します。

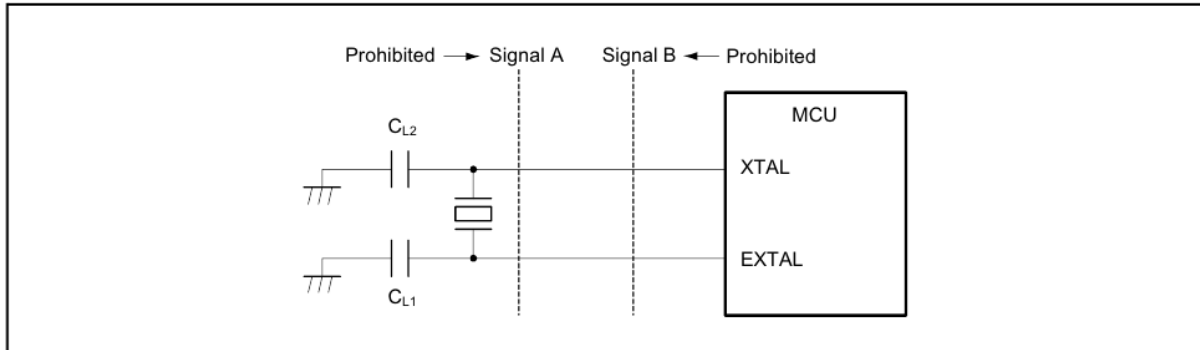
J24はTS12とTS13機能を外部のタッチセンサで評価する場合に使用します。

J21はP05を使ってGPIOをON/OFF制御してスピーカから音声を出力します。

なお、マルチファンクションピンコントローラ機能により、D/Aコンバータ出力のDA1でスピーカを駆動することも可能です。

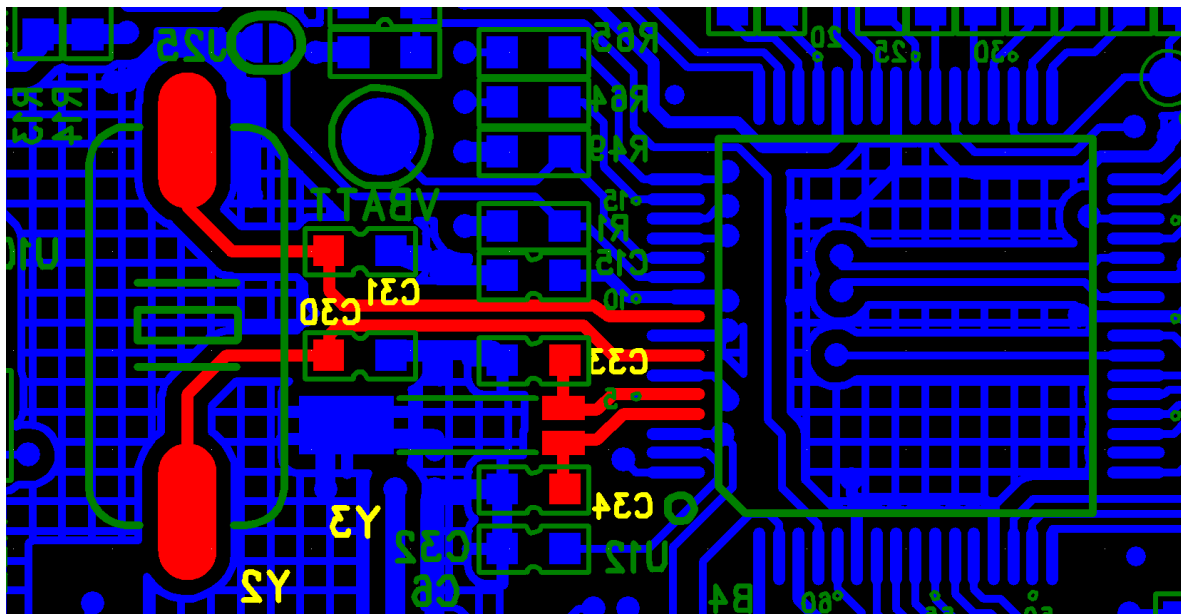
## 5 RX231を使用した静電容量式タッチセンサボードの回路

### 5.1 クロック部の設計



水晶発振を行う時に、水晶発振子と負荷容量はXTALとEXTALピンに可能な限り近くに配置しなければなりません。上の図のように、他の信号線がクロック配線と重なって配線されると、電磁誘導によってクロックに影響を与えることがあるので、他の信号線はクロック配線と重ねて配線してはいけません。

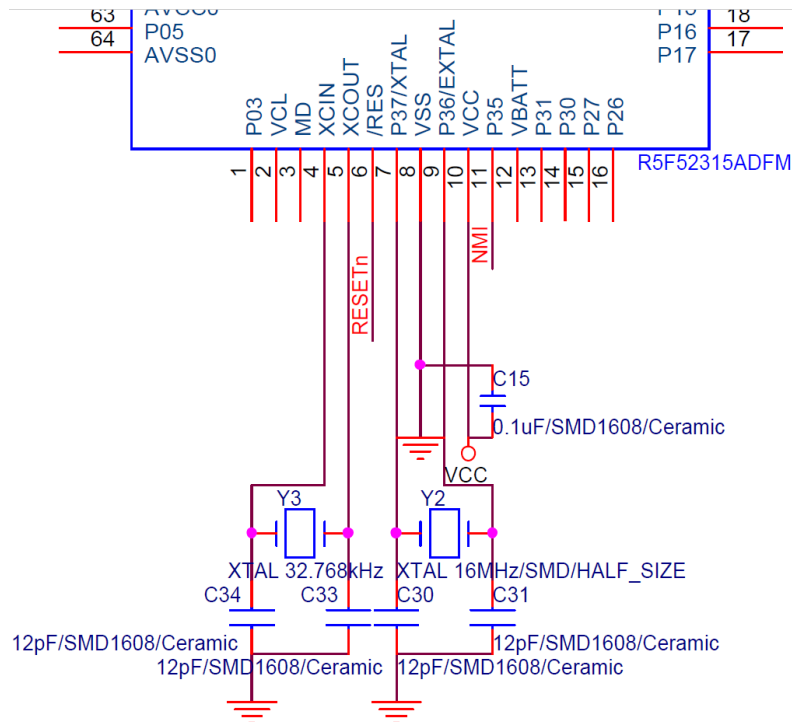
水晶発振子と負荷容量を一つのLocalized Ground Plane(以下LGP)を形成して位置させて、LGPは発振回路の周囲を囲い、少なくとも二つの層間接続用ビアホール(Via hole)を通じてPCBのグラウンド配線と直接接続します。



実際のNS-RX231ボードでのLGPを利用したクロック部のパターン設計の例

<sup>1</sup> RX230、RX231グループユーザーズマニュアル：ハードウェア 246ページの図9.11



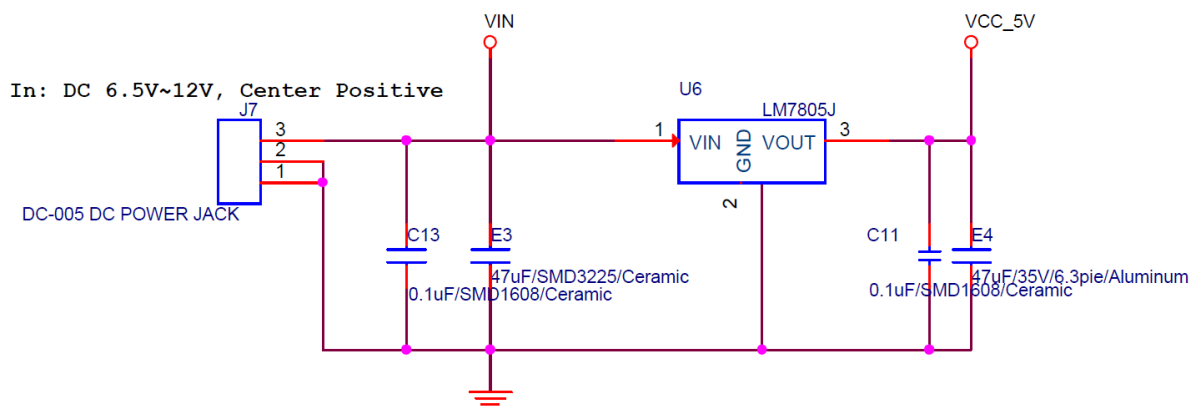


実際のNS-RX231ボードでのLGPを利用したクロック部の回路設計の例

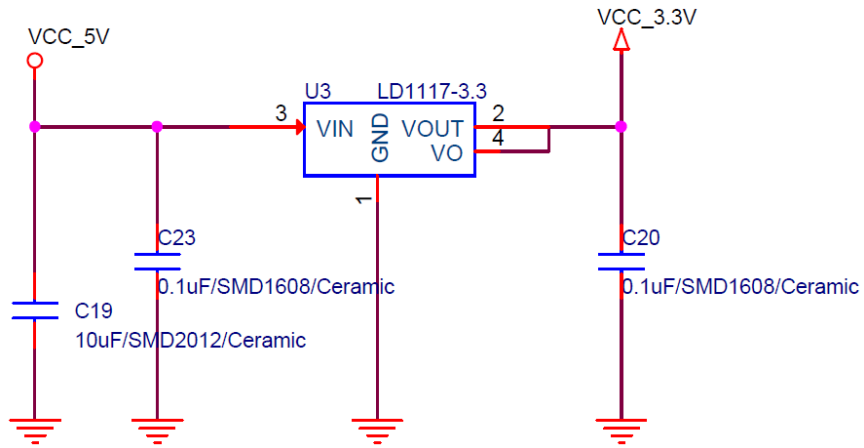
## 5.2 電源部の設計

J7電源アダプタから供給されるの6.5V~12Vの電圧から3端子レギュレータ7805を用いてVCC\_5V電源を作っています。この時、7805のVINでの高周波および低周波ノイズ対策のために、それぞれ0.1uFと47uFのセラミックコンデンサを使っています。これにより、アルミ電解コンデンサを使用して過電圧で問題が発生するタンタルコンデンサを使用しないで高周波特性と低周波特性を良くしています。

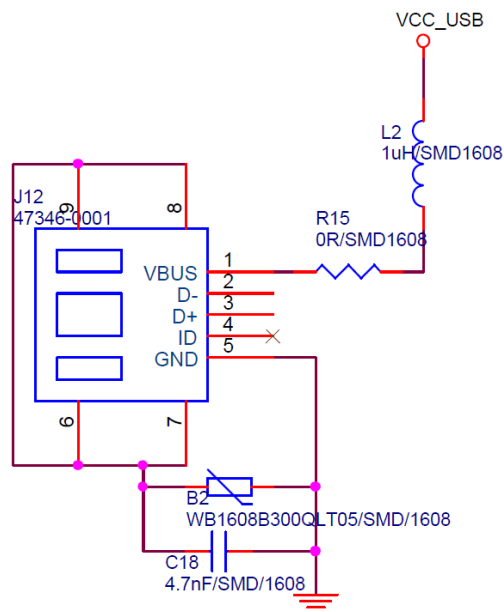
アダプタとUSB電源が同時に接続された場合に、7805で作った5VがUSB電源の5Vより高い時に、VCC\_5VからVCC\_USBに電流が流れないようにダイオードを使用しています。VCC\_5VがVCC\_USBからできるだけ降下しないように、順方向飽和電圧 (V<sub>F</sub>) が低いショットキーバリアダイオードを使用しています。



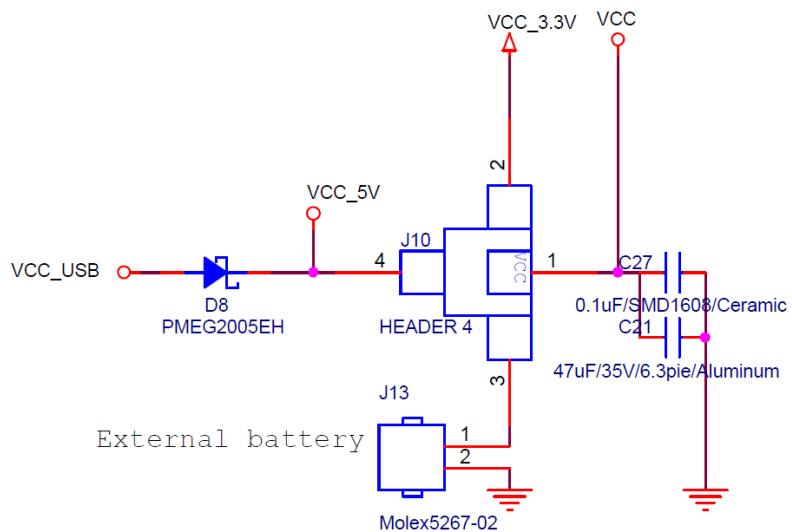
アダプタ入力電圧を5Vに変換してVCC\_5Vを作る回路設計の例



VCC\_5Vを変換してVCC\_3.3Vを作る回路設計の例



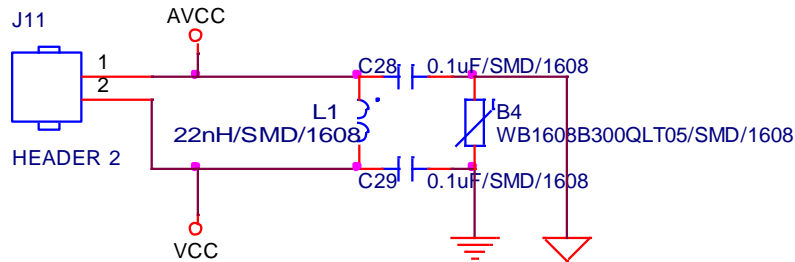
USBから供給される5V電源からVCC\_USBを作る回路設計の例



VCC\_5V、VCC\_3.3V、外部バッテリーの中からVCCを選択するジャンパ回路設計の例

J10のジャンパ接続	供給する電源
1と2を接続	DC 3.3V(VCC_3.3V)
1と3を接続	J13からの外部バッテリー
1と4を接続	アダプタまたはUSBからの5V(VCC_5V)

J10ジャンパ設定の方法

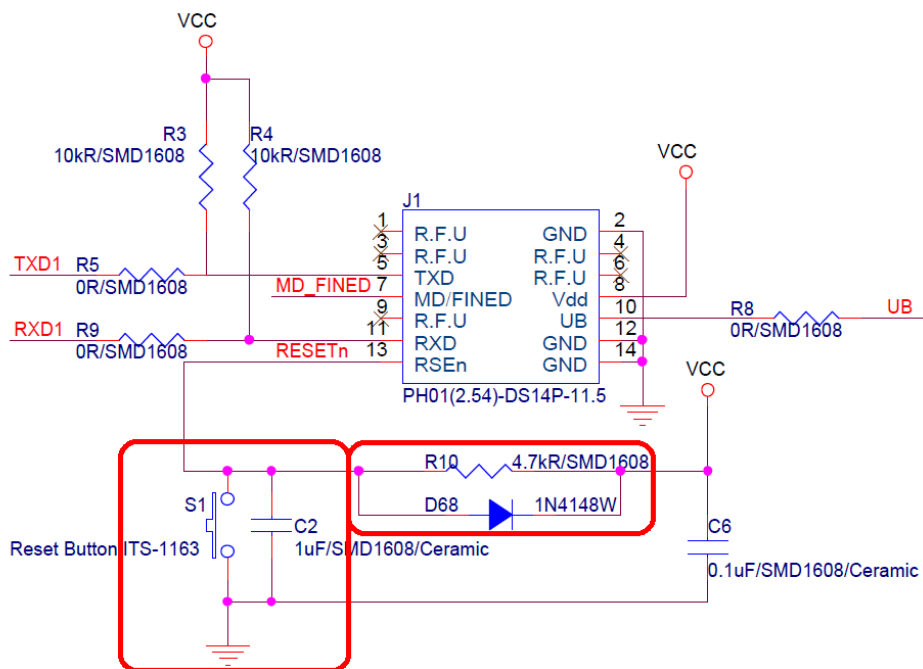


AVCCでVCCのデジタルノイズ流入を低減するための回路設計の例

## 5.3 パワーオンリセット回路/手動リセット回路の設計

RX231のハードウェア マニュアルの” 50.3.2 リセットタイミング” を参照すると、電源投入時に3 [ms]以上のリセット期間が必要となっています。そこで、余裕をみて4.7 [ms]にします。そこで、1u Fのコンデンサと4.7kΩの抵抗を利用して  $\tau = R \times C = 4.7$  [ms]の時間定数を持つパワーオンリセット回路を設計しました。また、S1による手動リセットは、C2とC6で高周波および低周波ノイズを除去することでチャタリング (Chattering) を防止する回路としています。

### RESET & E1 JTAG



パワーオンリセットおよび手動リセット回路設計の例

表 50.27 リセットタイミング

条件 :  $1.8V \leq VCC = VCC\_USB = AVCC0 \leq 5.5V$ ,  $VSS = AVSS0 = VREFL0 = VSS\_USB = 0V$ ,  $T_a = -40 \sim +105^\circ C$

項目	記号	min	typ	max	単位	測定条件
RES#パルス幅	電源投入時	$t_{RESWP}$	3	—	ms	図 50.31
	上記以外	$t_{RESW}$	30	—	$\mu s$	図 50.32
RES#解除後待機時間 (電源投入時)	通常起動時 (注1)	$t_{RESWT}$	—	8.5	ms	図 50.31
	起動時間短縮時 (注2)	$t_{RESWT}$	—	560	$\mu s$	
RES#解除後待機時間 (電源立ち上がった状態)	$t_{RESWT}$	—	120	—	$\mu s$	図 50.32
独立ウォッチドッグタイマリセット期間	$t_{RESWIW}$	—	1	—	IWDT clock cycle	図 50.33
ウォッチドッグタイマリセット期間	$t_{RESWWW}$	—	4	—	PCLKB cycle	
ソフトウェアリセット期間	$t_{RESWSW}$	—	1	—	ICLK cycle	
独立ウォッチドッグタイマリセット解除後待機時間 (注3)	$t_{RESWT2}$	—	300	—	$\mu s$	
ウォッチドッグタイマリセット解除後待機時間 (注4)	$t_{RESWT2}$	—	300	—	$\mu s$	
ソフトウェアリセット解除後待機時間	$t_{RESWT2}$	—	170	—	$\mu s$	

2

### パワーオン時のリセット入力タイミング

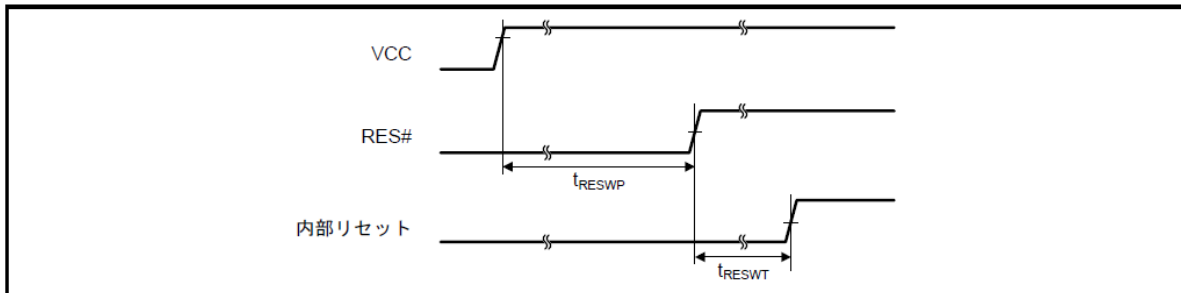


図 50.31 電源投入時リセット入力タイミング

3

### パワーオン時のリセット入力タイミング

ここで、 $t_{RESWP}$ の項目が設定しようとしているリセット タイミングの最小値です。

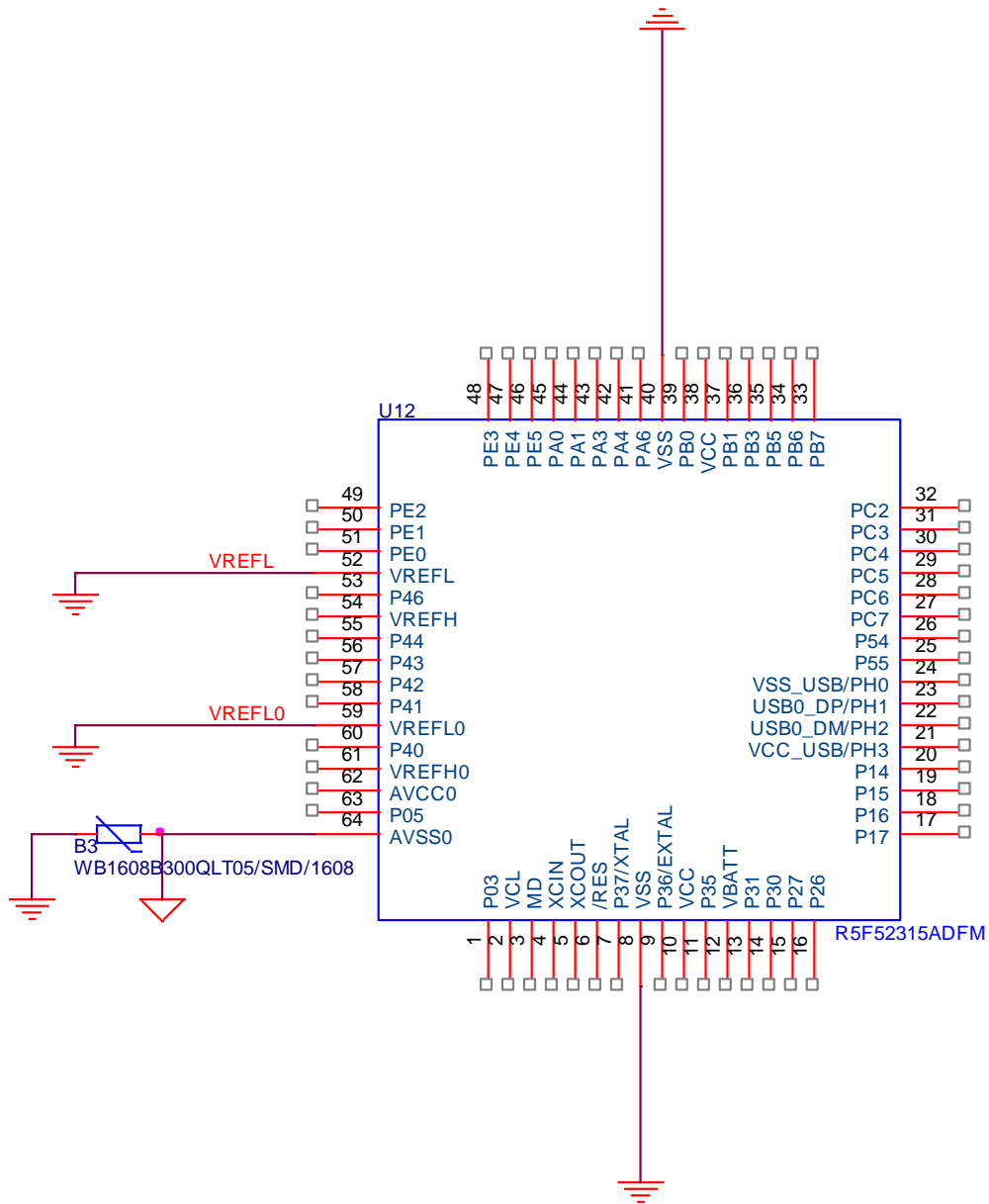
<sup>2</sup> RX230、RX231グループユーザズマニュアル：ハードウェア 1912ページの表50.27

<sup>3</sup> RX230、RX231グループユーザズマニュアル：ハードウェア 1912ページの図50.31

## 5.4 グランド配線の設計

デジタル信号のグランド信号であるVSSのノイズがアナログ信号のグランドAVSS0に伝わらないようにするために、B3（フェライトビーズ）を使って接続しました。また、RX231のすべての部分に十分に電流が流れるようにRX231のすべてのVSSピンをグランドに接続しました。アナログ基準電源グランドであるVREFLとVREFLOはグランドに接続しました。ここでは基準電源グランドとでデジタルグランドとの間に電位差が発生しないようにデジタル接地に接続しました。しかし、場合によっては、デジタルグランドのノイズがAD変換結果に影響を及ぼす場合には、デジタルノイズの除去のためにVREFLとVREFLOをアナロググランドに接続することも考えられます。

また、この回路は10MHz以上で動作する回路なので、一点接地ではなく、多点接地とします。

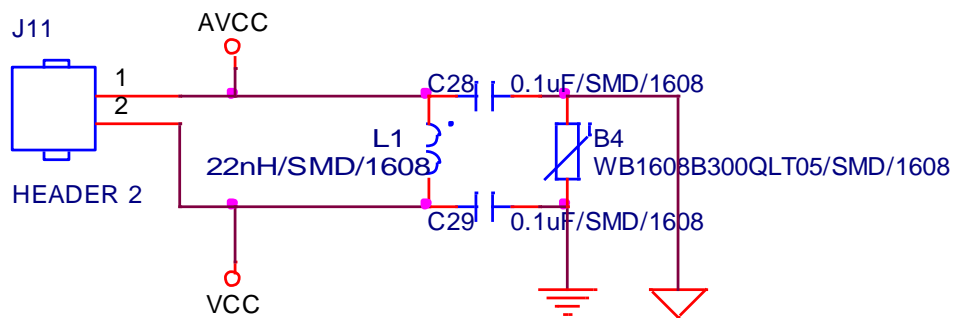


マイコンでのグランド回路設計の例

## 5.5 アナログ電源 (AVCC) とデジタル電源 (VCC) の設計

AVCCとVCCの間をインダクターで接続してACノイズの流入を遮断するが、DC電圧は減衰なしに伝えられるようにしました。また、AVCCとアナログ接地の間を0.1 $\mu$ Fで接続し、AVCCの高周波ノイズが除去されるようにしたし、VCCとデジタル接地の間にも0.1 $\mu$ Fを置いて、VCCの高周波ノイズが除去されるようにしました。また、アナログ接地とデジタル接地の間をフェライトビーズで接続し、ノイズが除去された状態で互いに接続されるようにしました。

また、場合によってはAVCCとVCCを直接接続することができるようにJ11ジャンパを準備しました。デフォルトでは工場出荷時にジャンパが接続されておらず、その分のジャンパはボード購入時に別に梱包されています。

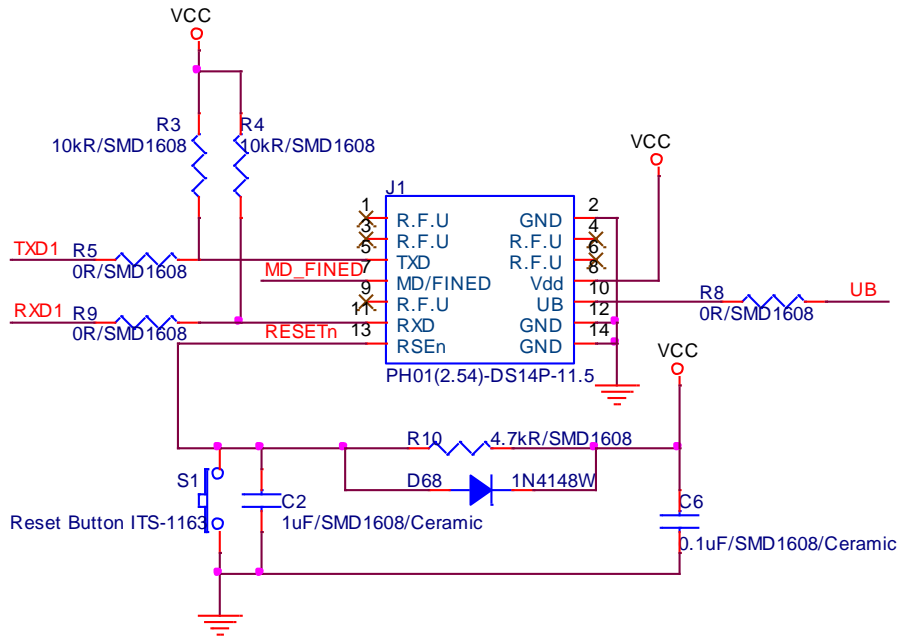


AVCCでVCCのデジタルのノイズの流入を防ぐための回路設計の例

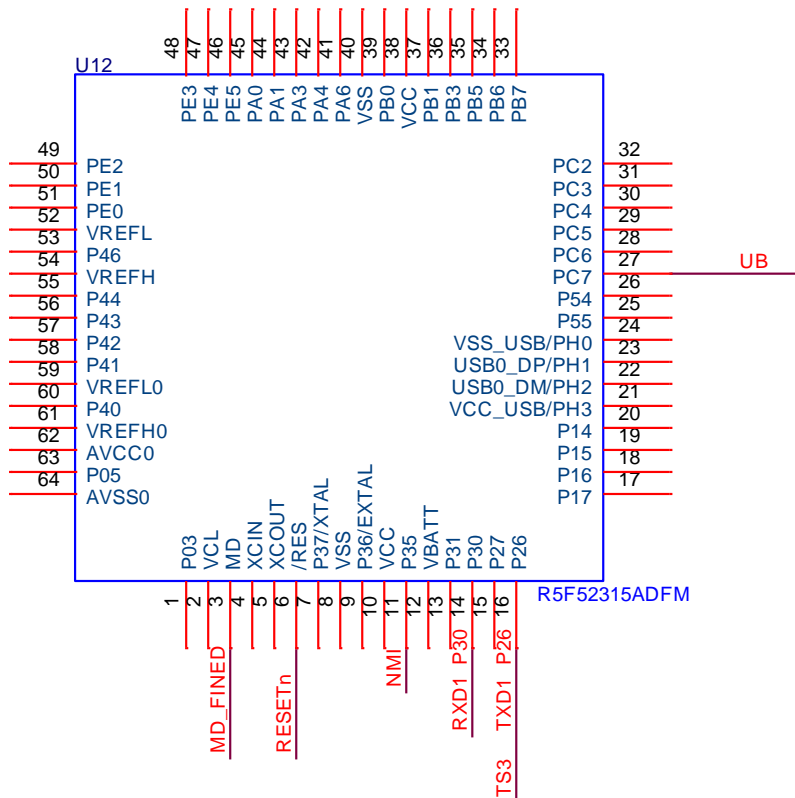
## 5.6 E1 JTAG デバッガの接続図

下記のようにE1 JTAG デバッガを接続します。

### RESET & E1 JTAG



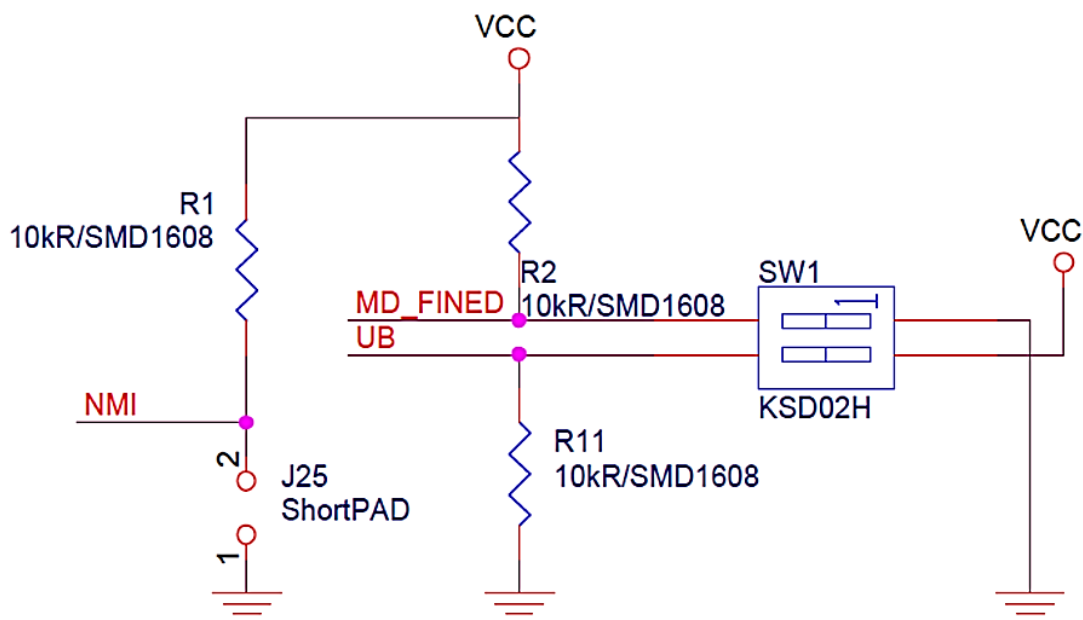
E1 JTAG デバッガでの回路設計の例



RX231でのE1を接続する回路設計の例

## 5.7 USBブートモードと電源

動作モードは工場出荷時にはデフォルトでOFF, OFFと設定されてシングルチップモード/デバッグモードになっています。



SW1 MCU動作モード設定

1	2	動作モード
OFF	OFF	FINEインターフェース
OFF	ON	シングルチップ
ON	OFF	使用しません。
ON	ON	USBインターフェイスブートモード

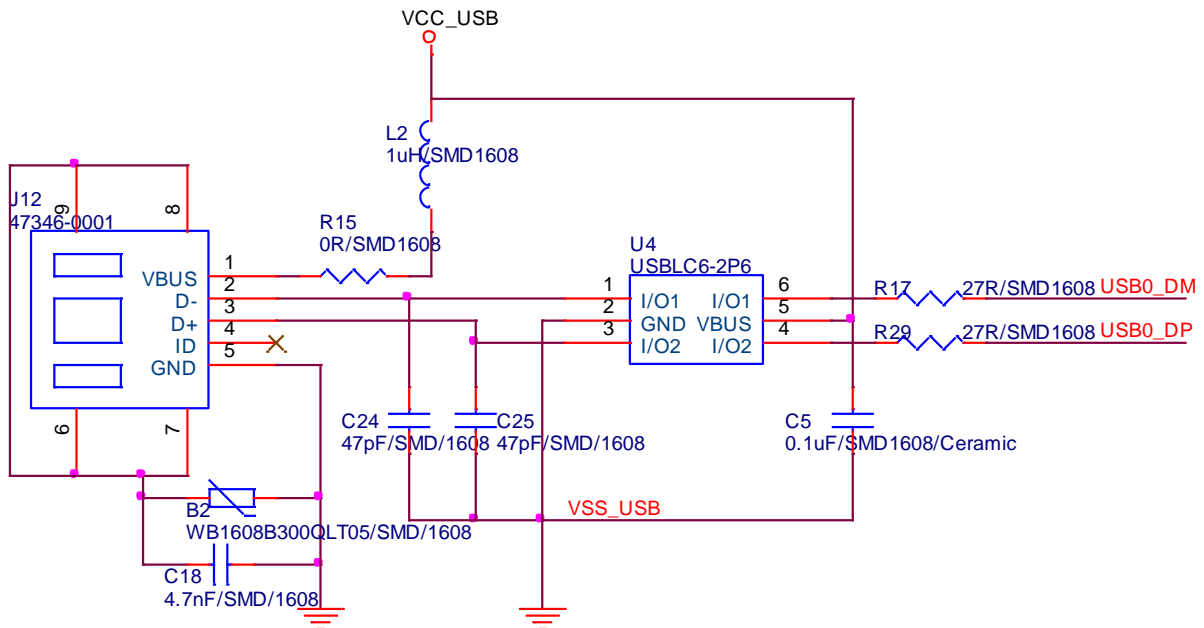
J25 USBブートモード電源設定

USBブートの電源設定	
開	バスパワ
閉	セルフパワ

USBブートモード電源条件はDefaultで工場出荷時に1-2間にジャンパを接続して出荷されます。



## 5.8 USBの電磁波認証のためのノイズ対策を考慮した設計



USBで電磁波認証のためのノイズ対策を考慮した回路設計の例

VCCとGNDは上のようにインダクターとフェライトビーズおよびコンデンサを使って回路をデザインして、データ線のD+とD-は47pFを使って入力ノイズを除去して、デバイスレベルでIEC61000-4-2 level 14互換水準の高いESD保護回路を構成して、ESDがデータに流入することを防ぎました。同時にUSBコネクタケースに直接ESDが入ってくる場合にシールドを通じて除去されるように接続しました。また、配線はCPUまで並列に配線することで、もしノイズが流入しても共通モードノイズとして打ち消すことで、入力信号と同じ電圧になるように設計しています。

また、プリント基板の設計時にノイズが入ってもGNDに直ちに流せるような経路を準備して、広いグラウンドパターンを準備してノイズがグラウンドパターンで吸収されて消えるようにデザインしました。

また、ケースをつける場合、USBの外側カバーとケース内部または、外部のグラウンドが導電性スポンジ等を通してつくようにしてグラウンド面を広くして、ESDノイズを拡散させます。

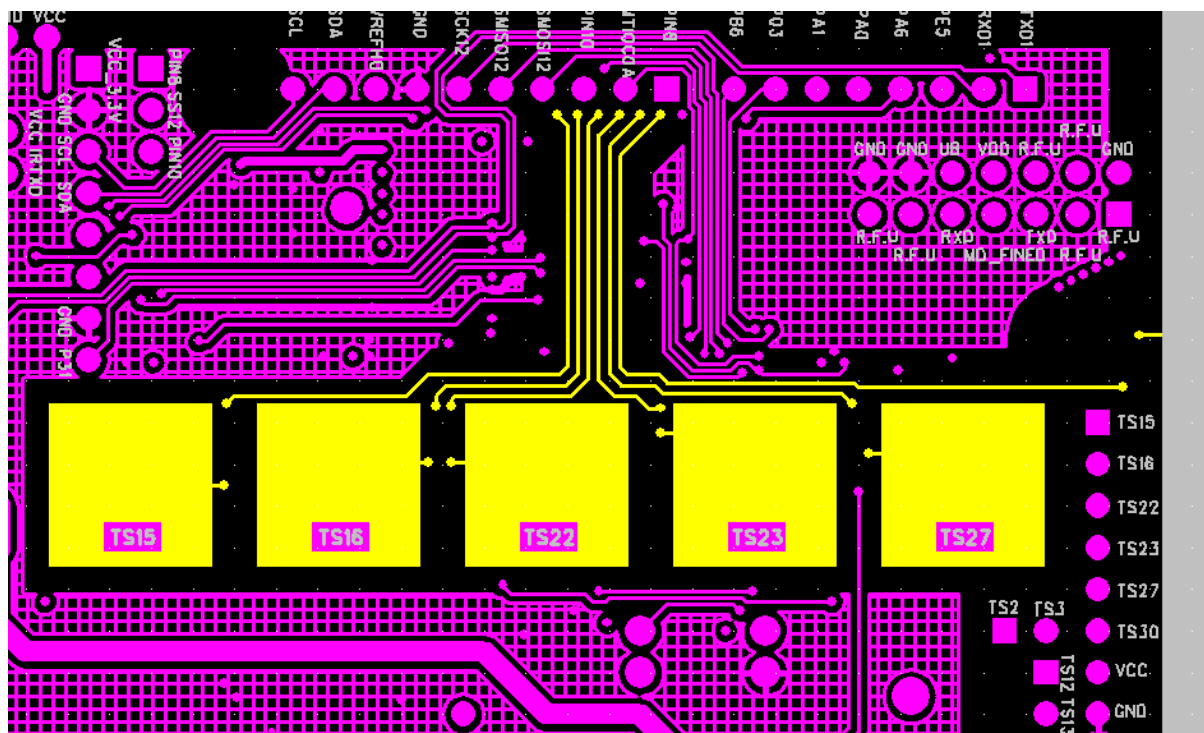


## 5.9 静電容量式タッチセンサ部分の設計

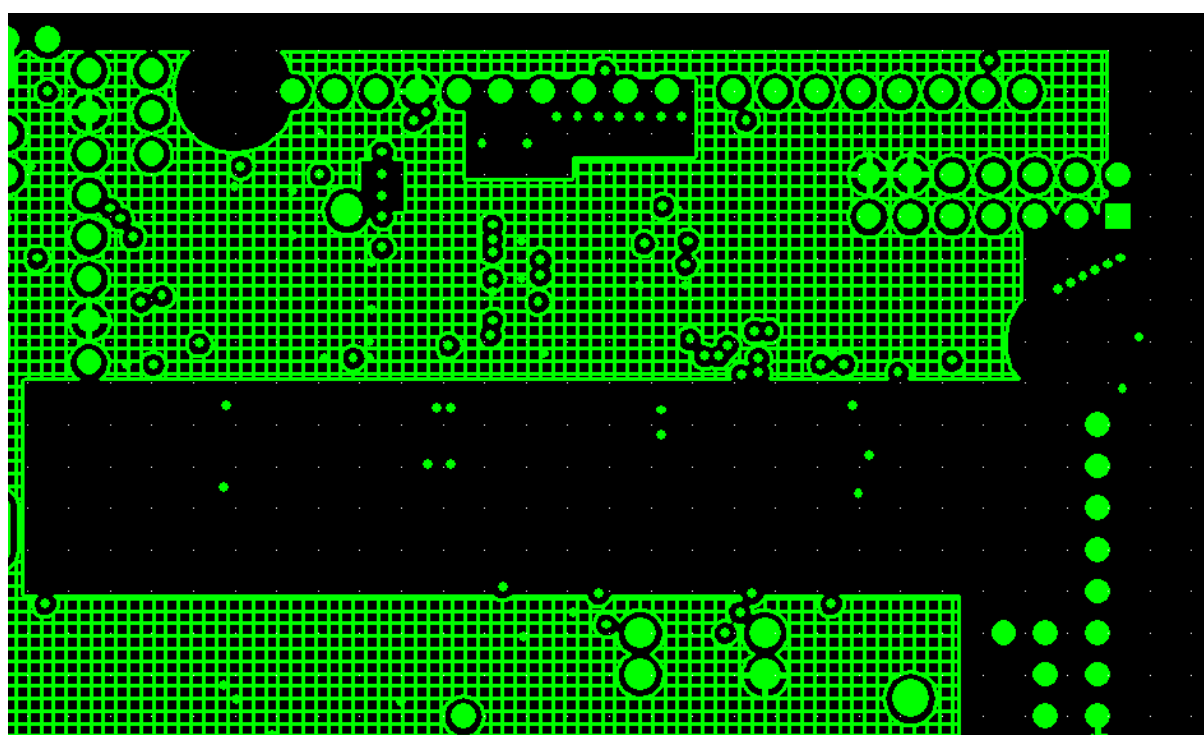
静電容量式タッチセンサの感度向上のために、寄生容量を最小化する各種テクニックを使います。

1. GNDパターンをメッシュ状にすることで、寄生容量が小さくなるようにグラウンドの面積を少なくしました。寄生容量が小さいほどタッチ時の容量は相対的に増加することになります。
2. 静電容量式タッチセンサのすべてのTS信号線とメッシュ状のGNDパターンを2mm以上離します。
3. 最大のタッチセンサ感度を得るために、タッチセンサボタンと下層のGNDパターンとはできるだけ離すために2.0~2.4mmで設計して、内層2層目と内層3層目のタッチセンサボタン位置にどんなパターンもないように設計します。そのようにすれば、部品面のタッチセンサと下層のメッシュGNDとの距離がプリント基板厚と最大限遠ざかることになるので、寄生容量が小さくなります。
4. TS信号線の上下層は可能ならばメッシュGNDにして外部からノイズが流入しないようにします。
5. ESDを防止し、マイコンを保護するために直列に保護抵抗 (560Ω) を挿入します。
6. 現在の設計されたタッチセンサボタンの感度を最大化するために外部接続用コネクタとの接続は切った状態 (R58, R59, R60, R61, R62, R63がN.C(未接続)) で出荷されます。

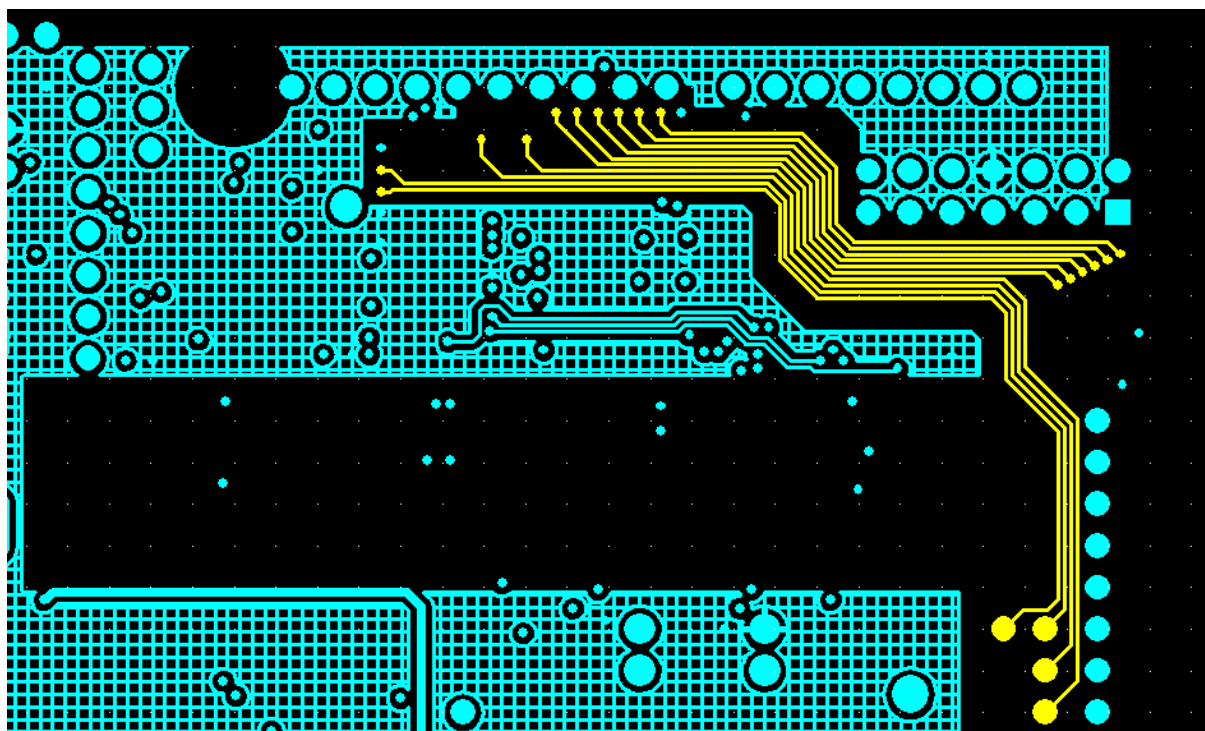
外部にタッチセンサを接続して使いたい時には、該当抵抗部を0Ω抵抗器で接続して使うようにします。



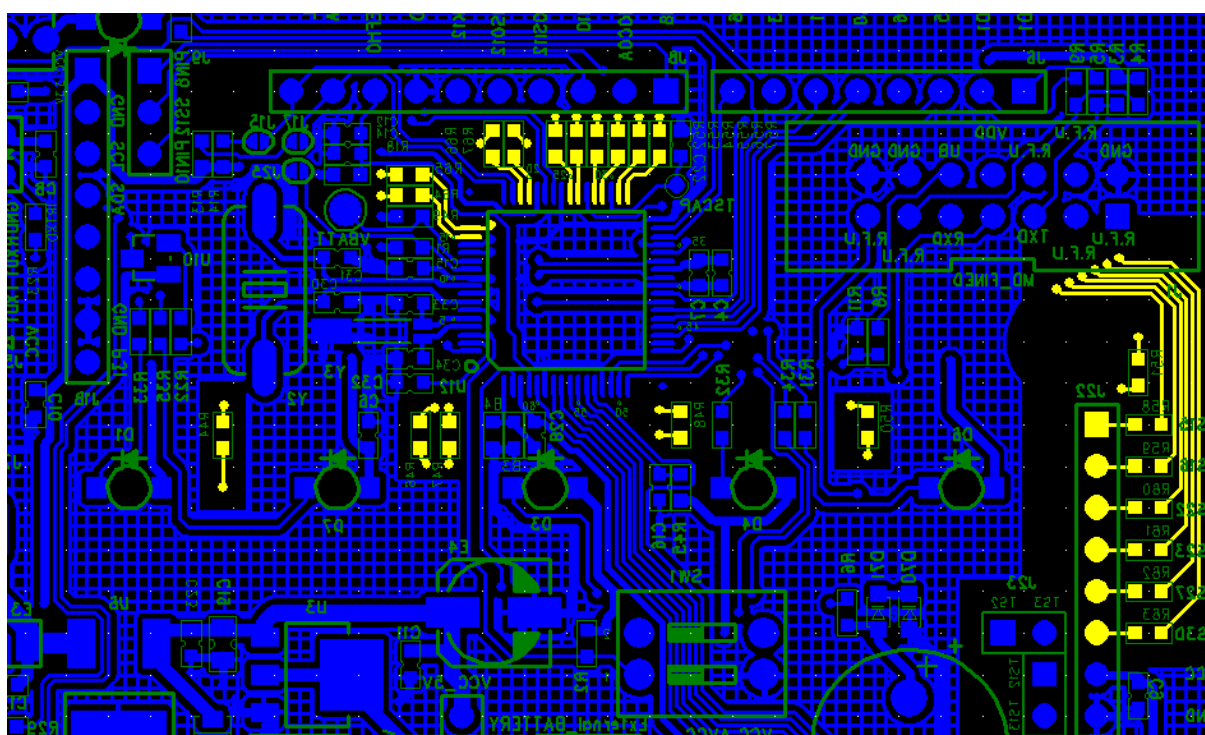
部品面 (1層) のパターン設計



内層 (第2層) のパターン設計



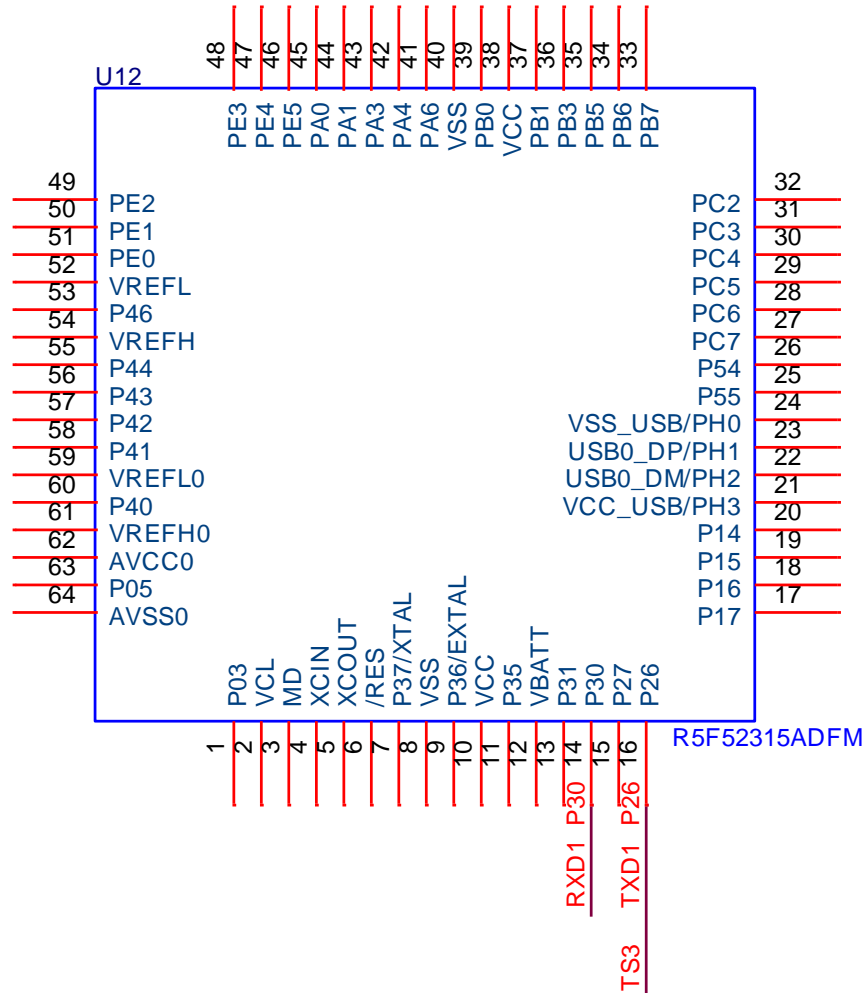
内層（第3層）のパターン設計



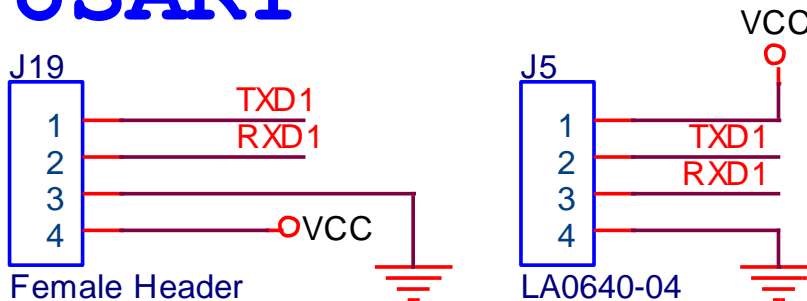
半田面（第4層）のパターン設計

## 5. 10 UART関連の部分の設計

下記のようにJ5はUARTで、J19はBluetoothモジュール(HC-06等)を接続して使います。



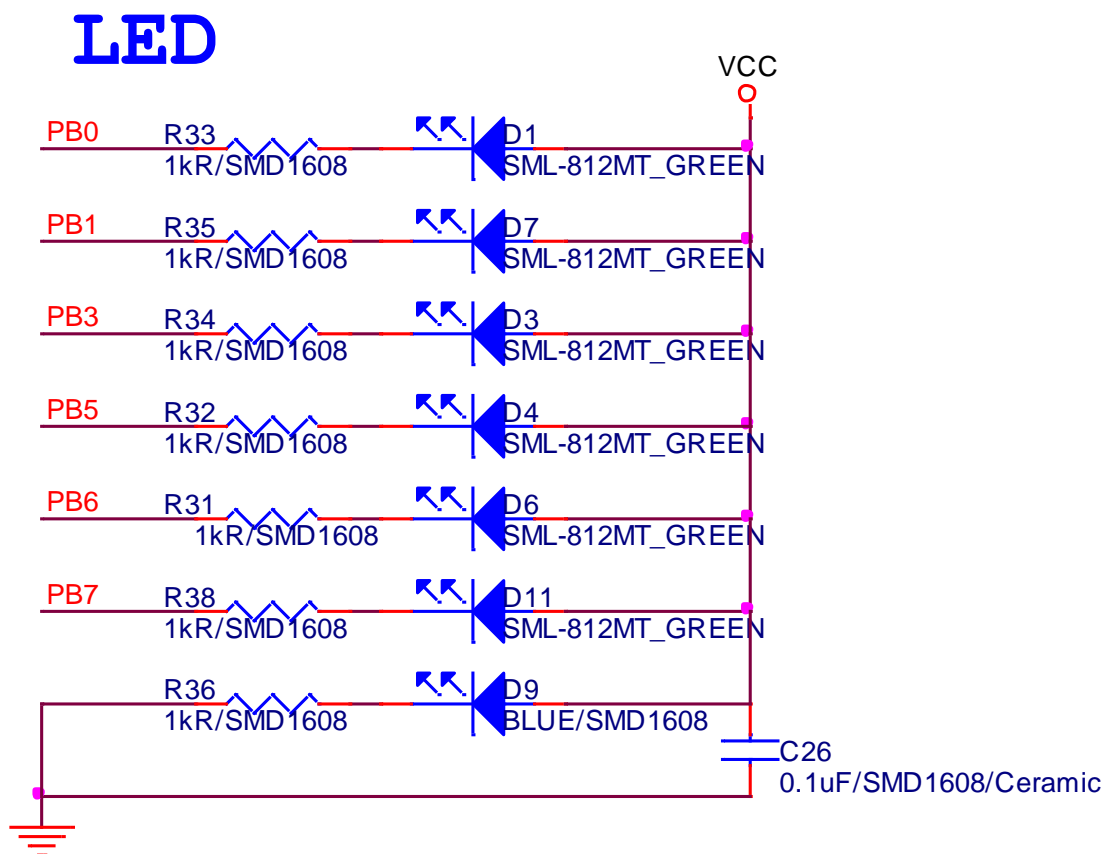
## USART



## 5.11 テスト用LED部分の設計

LEDはActive Low方法でポートに直接接続してLEDを制御します。

RX231マイコンのピンあたり許容電流は5mA程度比較的低いので、抵抗を1kRを使用してマイコンの許容電流以内電流が流れるようにしてマイコンを保護します。

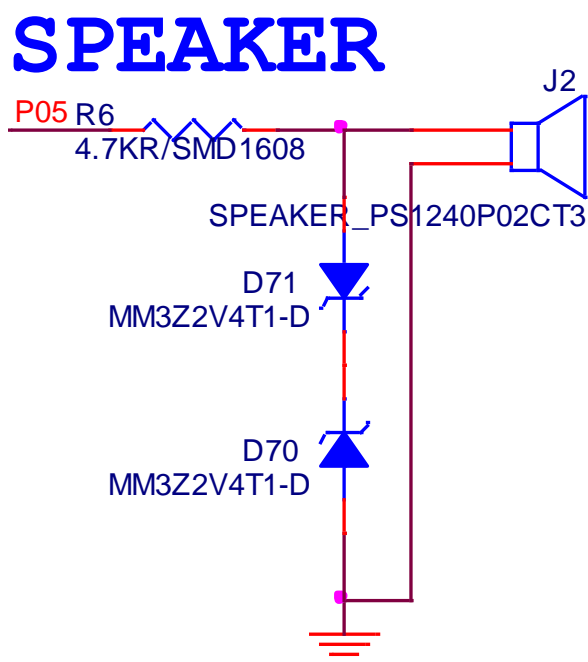


## 5.12 スピーカ駆動部設計

RX231のポート0番の5番ピンのP05を介してポート出力で制御するようにし、タイマーで一定の周波数を使用して落とし与えることができました。

P05は、複数の機能ピンでDA1です。つまり、必要な場合はDAコンバーターに出力することができます。

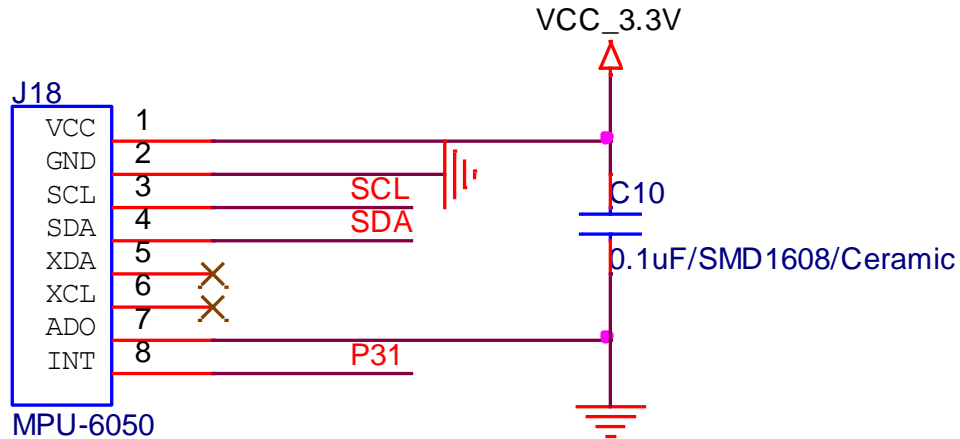
電源が印加されていないときに、物理的な衝撃によるスピーカの逆起電力がCPUに流入することを遮断するために、スピーカ出力の両端にD71とD70のツェナーダイオード（2.4V用）を使用して逆起電力を遮断しました。





## 5.13 MPU-6050 6軸加速度/ジャイロ センサモジュール接続コネクタの設計

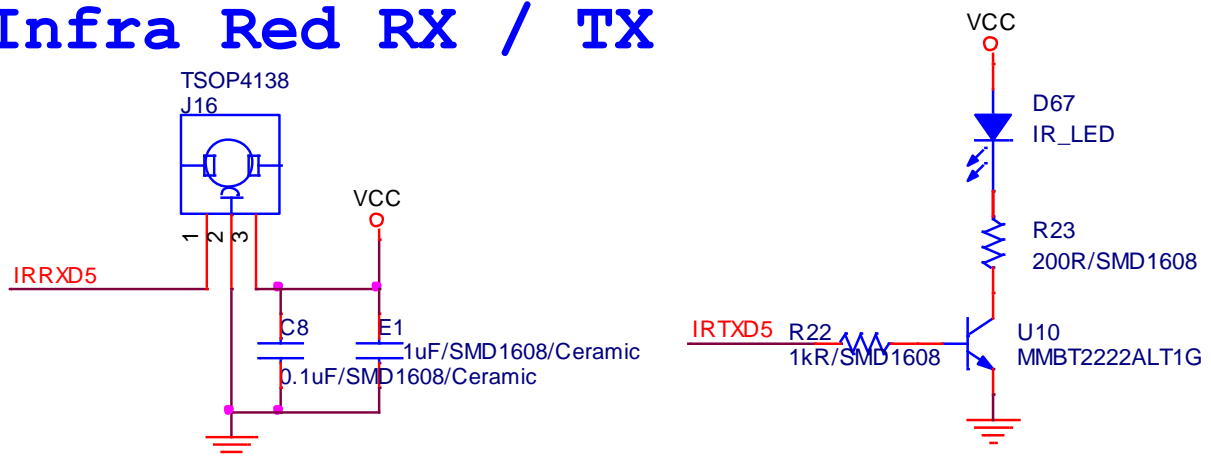
MPU-6050モジュールは6軸加速度/ジャイロ モジュールでI2C(RIIC)で制御します。 また、電源として3.3Vを使うので、VCC\_3.3Vを供給します。



## 5.14 赤外線 (IR) リモコン送信部および受信部の設計

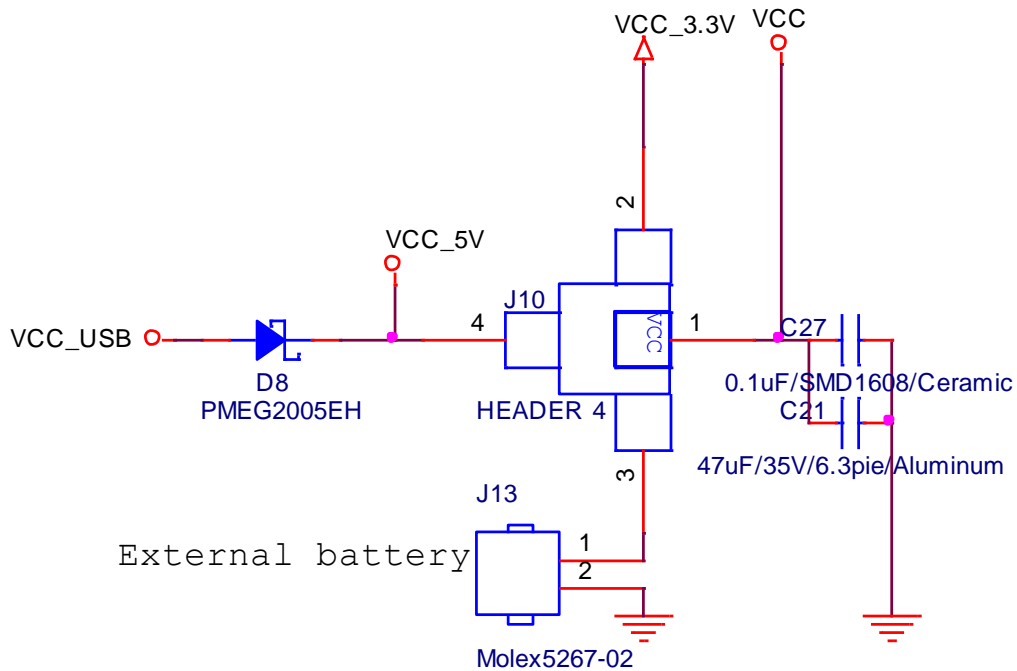
赤外線を利用したリモコン送信および受信部回路図です。 送信部および受信部の該当ソースはソフトウェア ガイドを参照してください。

### Infra Red RX / TX



## 5.15 電源部選択スイッチの設計

電源はVCC\_USBまたはアダプタからVCC\_5Vを生成するようになっていて、VCC\_USBはダイオードを介してVCC\_5Vに伝えられます。アダプタとUSB電源が同時に接続された場合、アダプタ側から作られた5VがUSB電源の5Vより高いときに、VCC\_5VがVCC\_USB側へ流れないようにダイオードを使用し、VCC\_USBからVCC\_5Vへ供給時に電圧降下をできるだけ小さく（0.2V程度以下）抑えるために $V_F$  (Forward voltage) の小さなショットキーダイオードとします。



VCC\_5V、VCC\_3.3V、外部バッテリーからVCCを選択するジャンパ設計の例

J10のジャンパ接続	供給する電源
1と2を接続	DC 3.3V (VCC_3.3V)
1と3を接続	J13からの外部バッテリー
1と4を接続	アダプタまたはUSBからの5V (VCC_5V)

J10ジャンパ設定方法