

# ハードウェア ガイド (NS-RX231)

## 目次

1 はじめに .....	3
2 ボードの仕様.....	4
3 ボードの構成.....	5
4 静電容量式タッチセンサボードに関する説明.....	6
4.1 ジャンパに関する説明.....	7
4.2 コネクタに関する説明.....	7
4.3 主な機能ピンのプログラムで使用する機能.....	9
5 RX231を使用した静電容量式タッチセンサボードの回路.....	10
5.1 クロック部の設計 .....	10
5.2 電源部の設計 .....	11
5.3 パワーオンリセット回路/手動リセット回路の設計.....	13
5.4 グランド配線の設計 .....	14
5.5 アナログ電源 (AVCC) とデジタル電源 (VCC) の設計.....	16
5.6 E1 JTAG デバッガの接続図.....	17
5.7 USBブートモードと電源.....	18
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.....	18
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.....	24
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12MHzを4逓倍した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

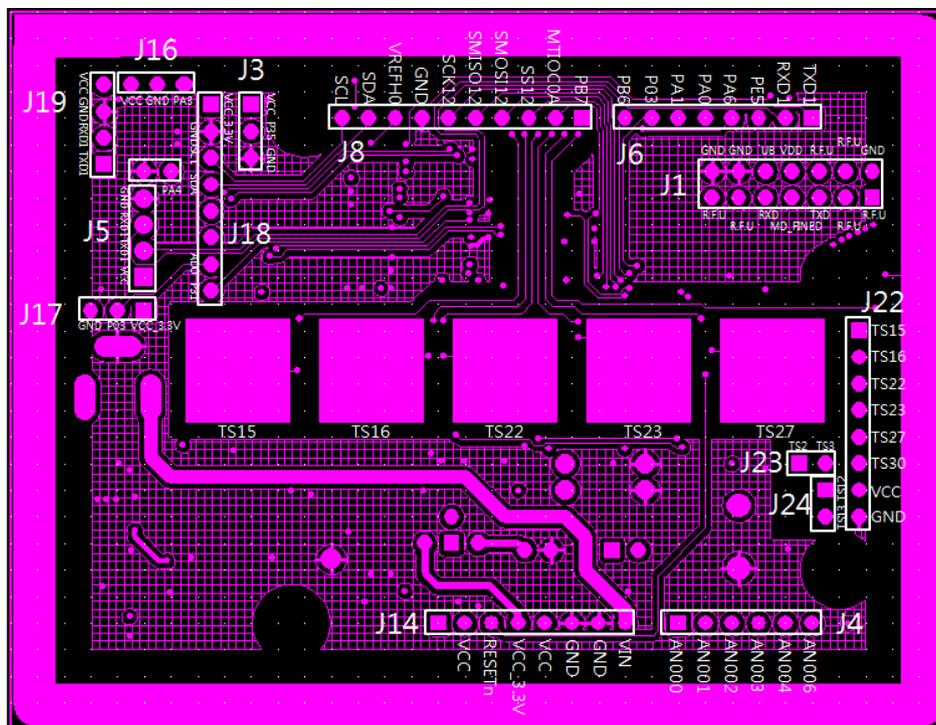
赤外線リモコン送信部 (TSOP4138) .....	1個
赤外線リモコン受信部 (ST-3311-H) .....	1個
MPU-6050 6軸加速度/ジャイロセンサモジュール用のコネクタ (J18) .....	1個
スピーカ (PS1240P02CT3互換) .....	1個
UART通信用のコネクタ (メス、Bluetoothモジュールの接続用のコネクタ) .....	1個
UART通信用のコネクタ (オス) .....	1個
電源コネクタ (バッテリー用 (J13) 、USB電源 (J12) 、アダプタ用 (J7)) .....	それぞれ1個
ジャンパ (電源選択用 (J10) 、AVCC電源VCC直接接続用 (J11) 、USBブートモード選択用 (J3) 、MPU-6050のAD0アドレス選択用 (J17)) .....	それぞれ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)) ... それぞれ .....	1個

## 3 ボードの構成

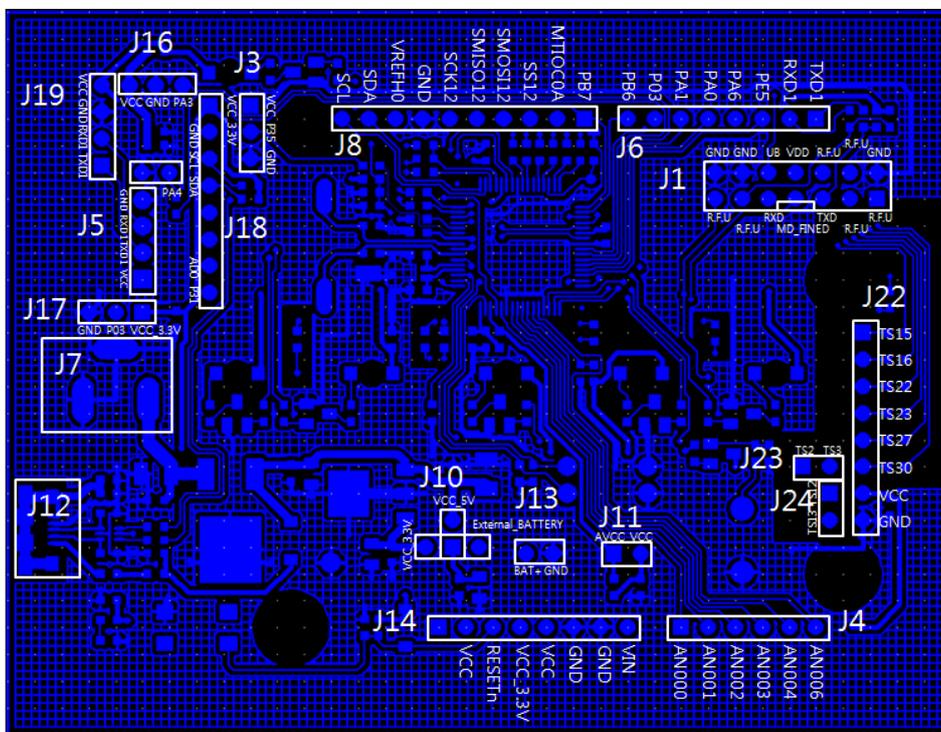
NS-RX231 静電容量式タッチセンサボード	1枚
アクリル板 (90×68.5mm)	1枚
ボードの説明書	1部
ジャンパ	4個

## 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



- J8 : UNOコネクタ (1番:PB7、2番:MTI0C0A、3番:SS12、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:GND、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)
- J16 : IR受信モジュール(1番:PA3、2番:GND、3番:VCC)
- 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)
- J2 : スピーカを直接接続します。

## 4.3 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。

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。

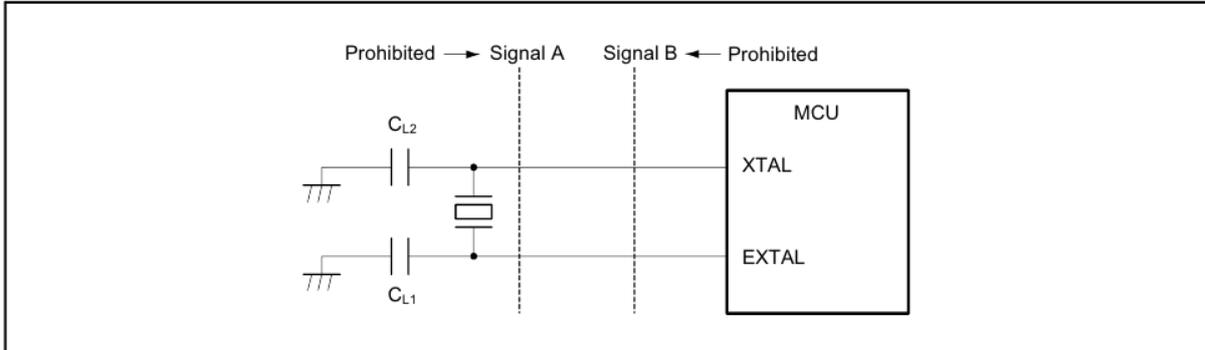
J24はTS12とTS13機能を外部のタッチセンサで評価する場合に使用します。

J2はP05を使ってGPIOをON/OFF制御してスピーカから音声を出します。

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。

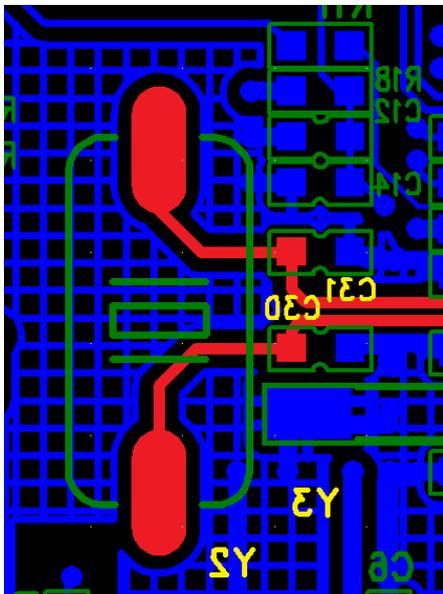
## 5 RX231を使用した静電容量式タッチセンサボードの回路

### 5.1 クロック部の設計

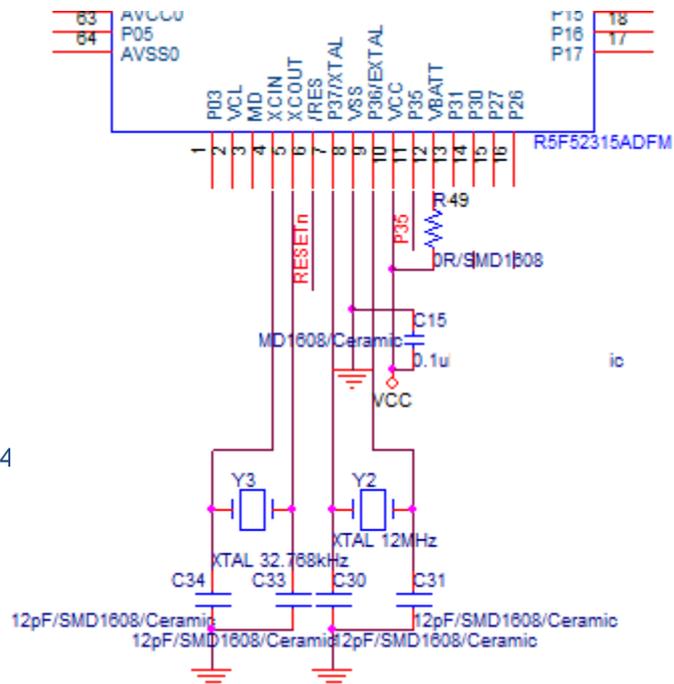


水晶発振を行う時に、水晶発振子と負荷容量はXTALとEXTALピンに可能な限り近くに配置しなければなりません。上の図のように、他の信号線がクロック配線と重なって配線されると、電磁誘導によってクロックに影響を与えることがあるので、他の信号線はクロック配線と重ねて配線してはいけません。

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  
クロック部のパターン設計の例



した

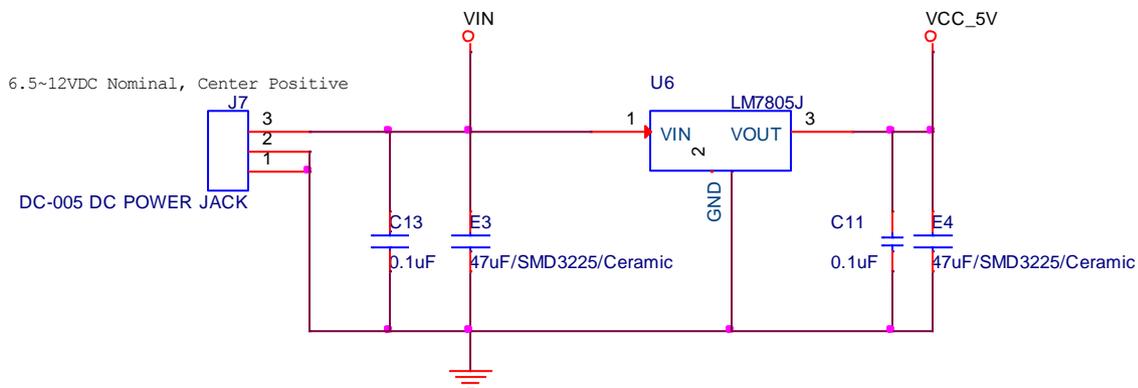
<sup>1</sup> RX231 ハードウェア マニュアル 24

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

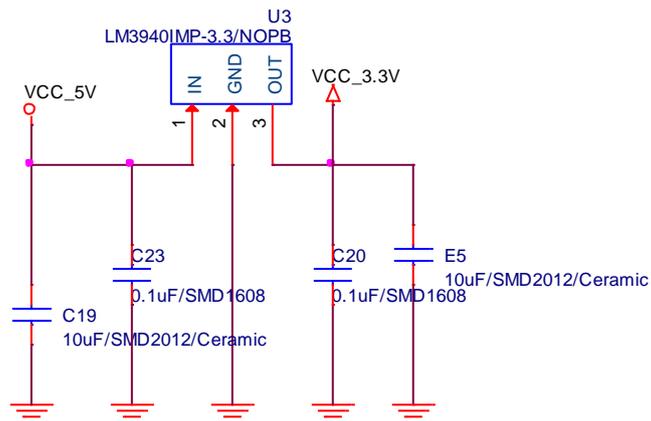
## 5.2 電源部の設計

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、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。

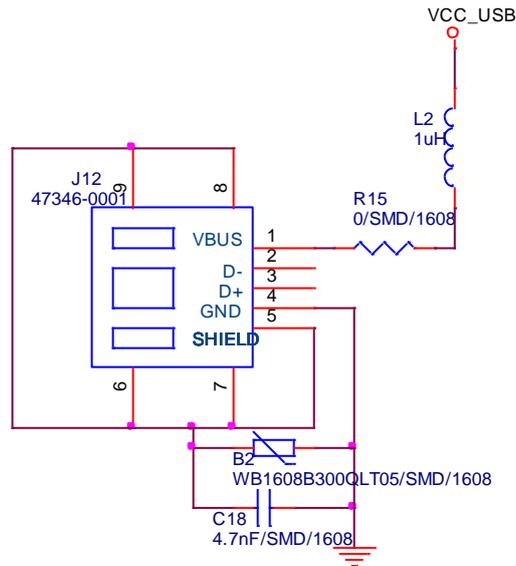
アダプタとUSB電源が同時に接続された場合に、7805で作った5VがUSB電源の5Vより高い時に、VCC\_5VからVCC\_USBに電流が流れないようにダイオードを使用しています。VCC\_5VがVCC\_USBからできるだけ降下しないように、順方向飽和電圧 ( $V_F$ ) が低いショットキーバリアダイオードを使用しています。



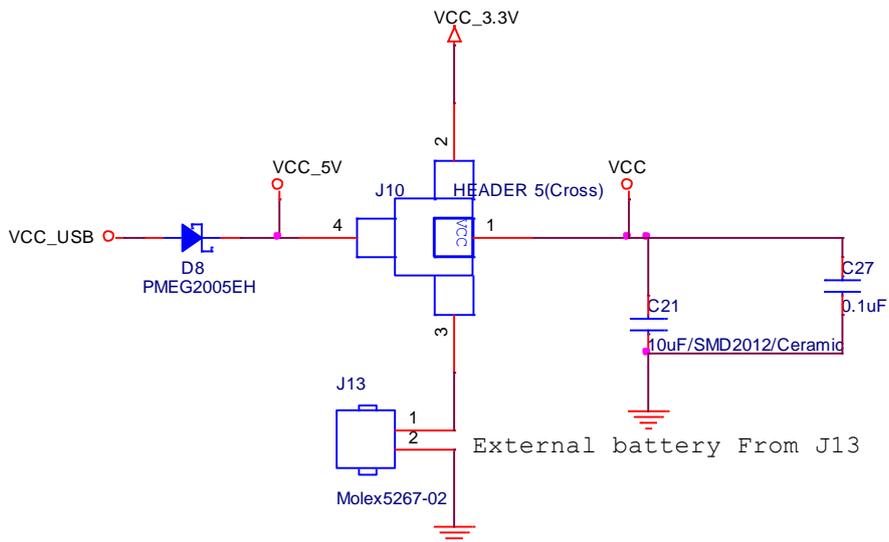
アダプタ入力電圧を5Vに変換してVCC\_5Vを作る回路設計の例



VCC\_5Vを変換してVCC\_3.3Vを作る回路設計の例



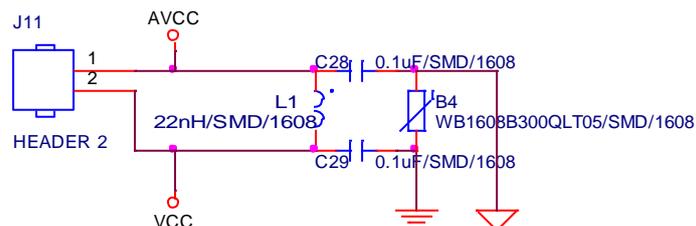
USBから供給される5V電源からVCC\_USBを作る回路設計の例



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)

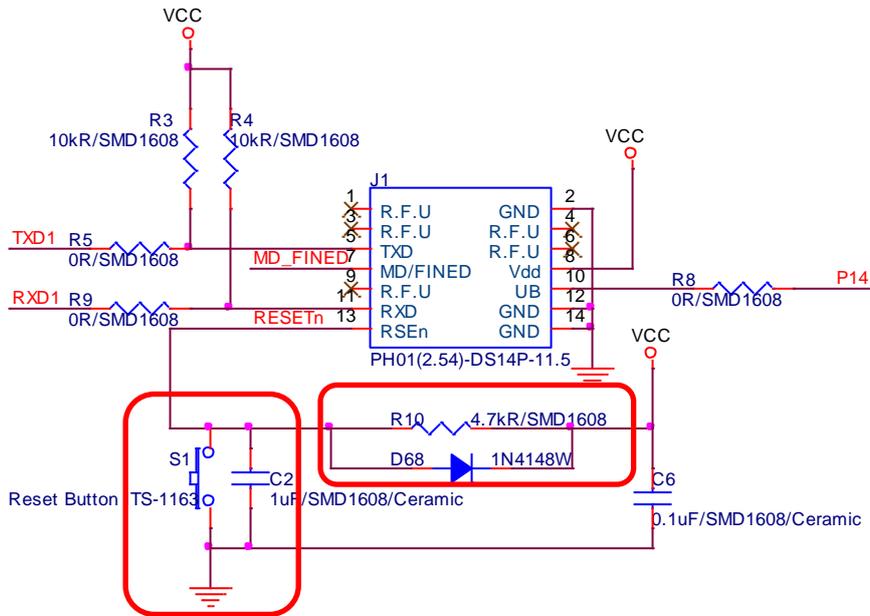
J10ジャンパ設定の方法



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。



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 ≤ VCC = VCC\_USB = AVCC0 ≤ 5.5V、VSS = AVSS0 = VREFL0 = VSS\_USB = 0V、T<sub>a</sub> = -40 ~ +105°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 <sub>RESWP</sub>	3	—	ms	図 50.31
	上記以外	t <sub>RESW</sub>	30	—	μs	図 50.32
RES#解除後待機時間 (電源投入時)	通常起動時 (注1)	t <sub>RESWT</sub>	—	8.5	ms	図 50.31
	起動時間短縮時 (注2)	t <sub>RESWT</sub>	—	560	μs	
RES#解除後待機時間 (電源立ち上がった状態)	t <sub>RESWT</sub>	—	120	—	μs	図 50.32
独立ウォッチドッグタイマリセット期間	t <sub>RESWIW</sub>	—	1	—	IWDT clock cycle	図 50.33
ウォッチドッグタイマリセット期間	t <sub>RESWWW</sub>	—	4	—	PCLKB cycle	
ソフトウェアリセット期間	t <sub>RESWSW</sub>	—	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 <sub>RESWT2</sub>	—	300	—	μs	
ウォッチドッグタイマリセット解除後待機時間 (注4)	t <sub>RESWT2</sub>	—	300	—	μs	
ソフトウェアリセット解除後待機時間	t <sub>RESWT2</sub>	—	170	—	μs	

2

### パワーオン時のリセット入力タイミング

<sup>2</sup> RX231 ハードウェア マニュアル 1912ページの表50.27

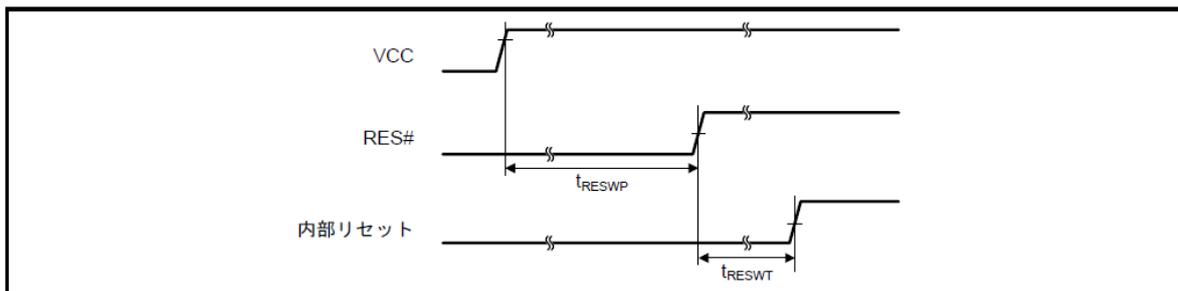


図 50.31 電源投入時リセット入力タイミング

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。

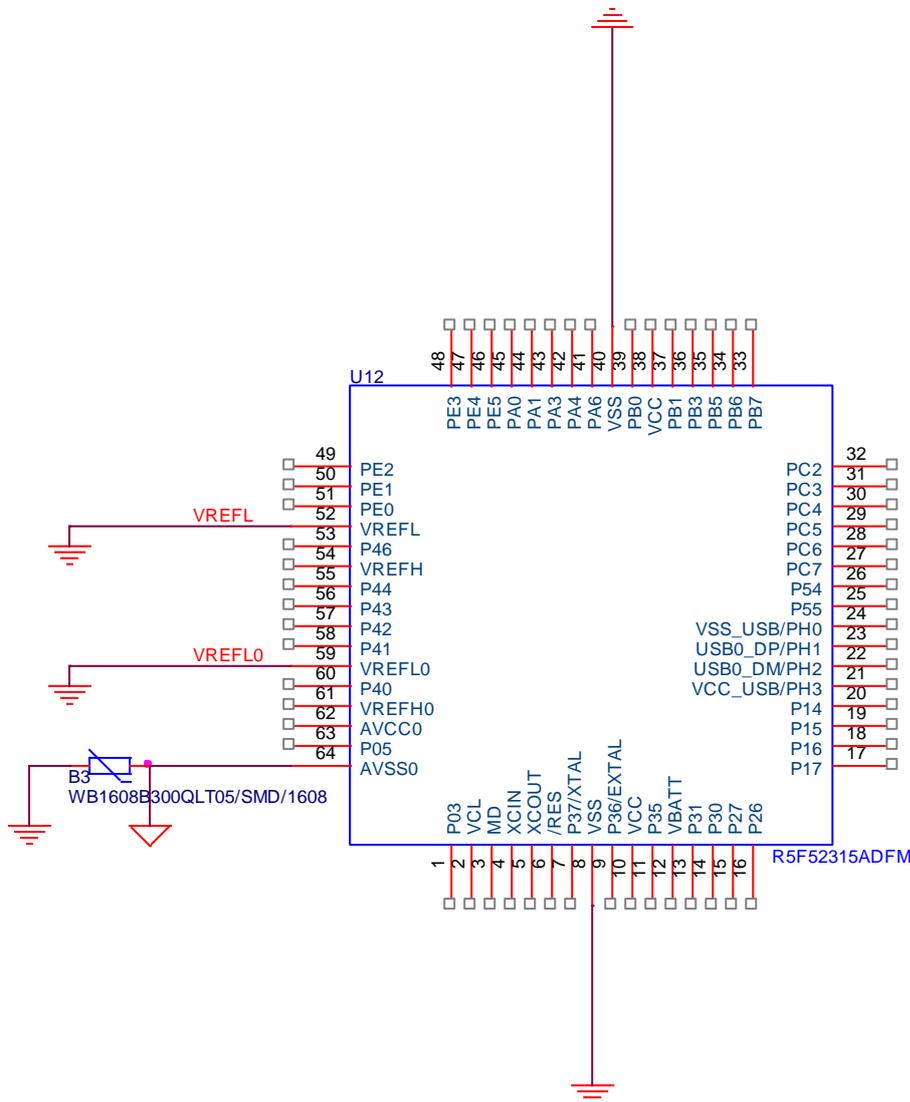
## 5.4 グランド配線の設計

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VREFL0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VRE

<sup>3</sup> RX231 ハードウェア マニュアル 1912ページの図50.31

FLとVREFL0をアナロググラウ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。

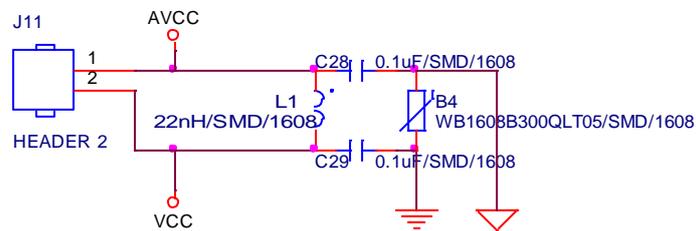


マイコンでのグラウンド回路設計の例

## 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。

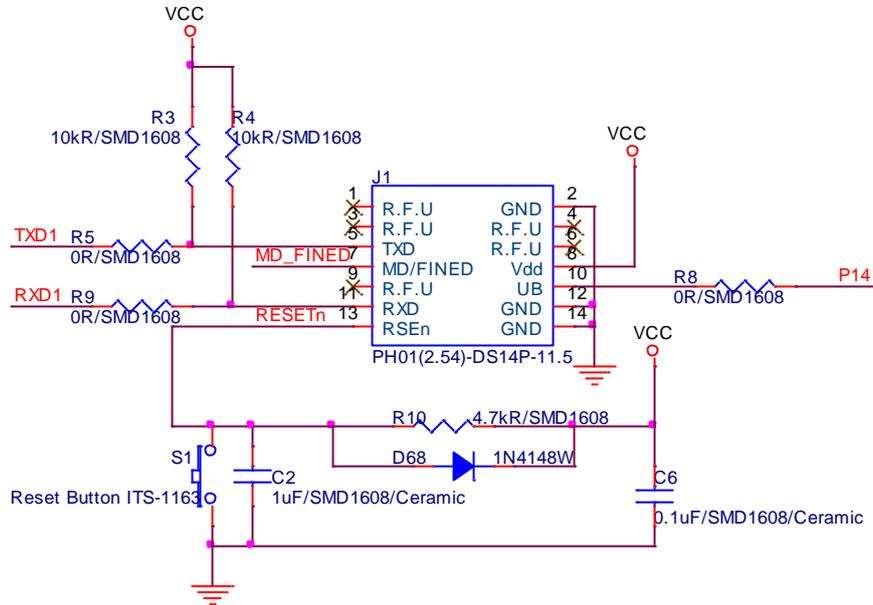
また、場合によってはAVCCとVCCを直接接続することができるようにJ11ジャンパを準備しました。デフォルトでは工場出荷時にジャンパが接続されておらず、その分のジャンパはボード購入時に別に梱包されています。



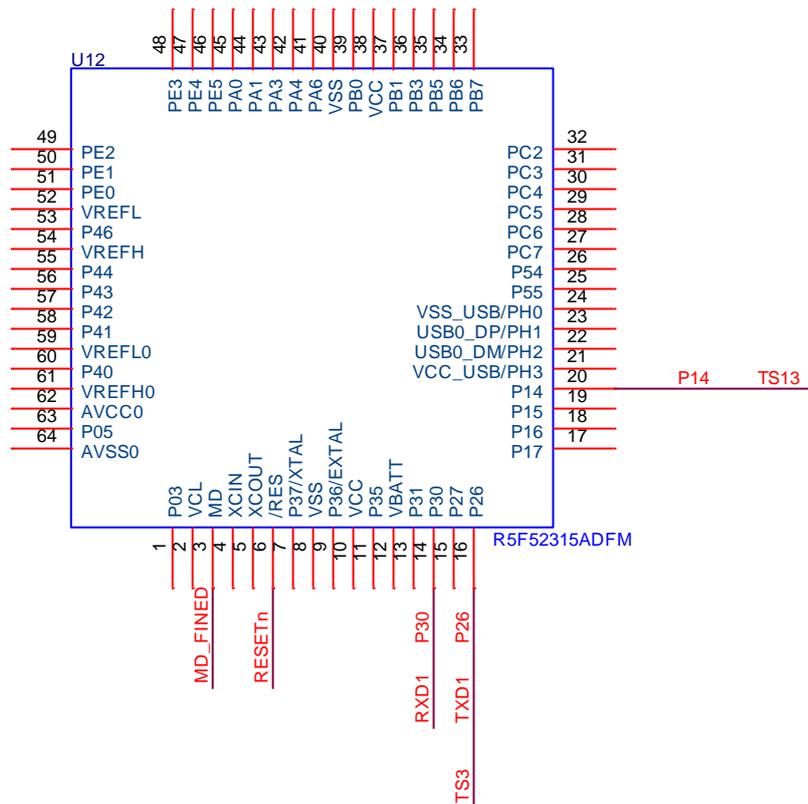
AVCCでVCCのデジタルのノイズの流入を防ぐための回路設計の例

## 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。



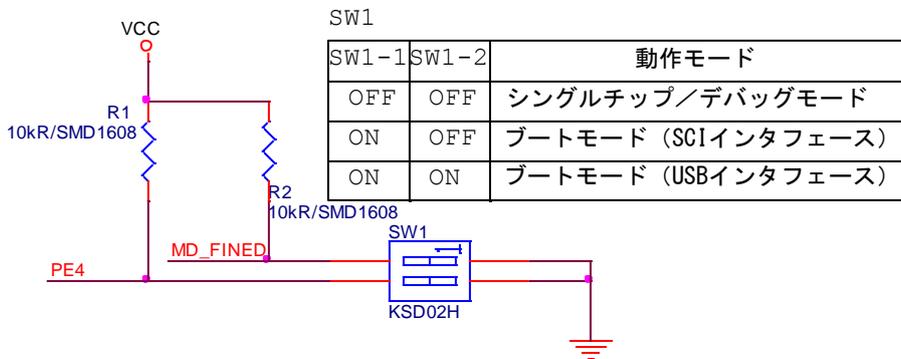
E1 JTAG デバッガでの回路設計の例



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

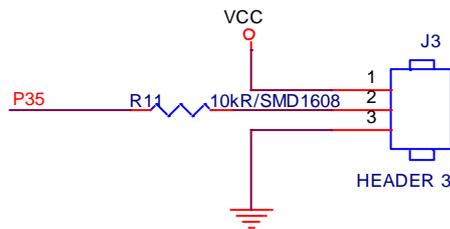
動作モードは工場出荷時にはデフォルトでOFF, OFFと設定されてシングルチップモード/デバッグモードになっています。



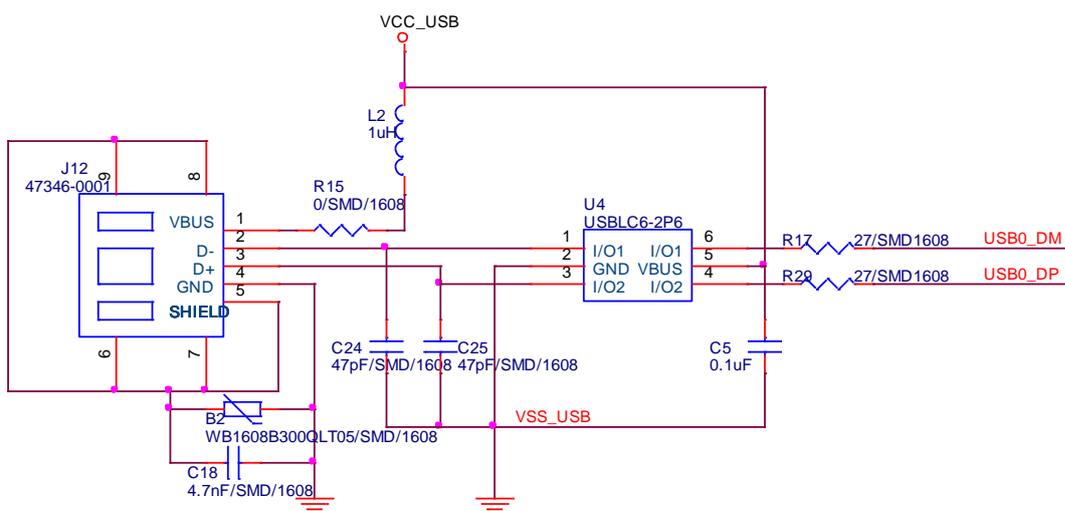
USBブートモード電源条件はDefaultで工場出荷時に1-2間にジャンパを接続して出荷されます。

USBブートモード電源条件

J3	USBブートモード電源条件
1-2	バスパワー
2-3	セルフパワー



## 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



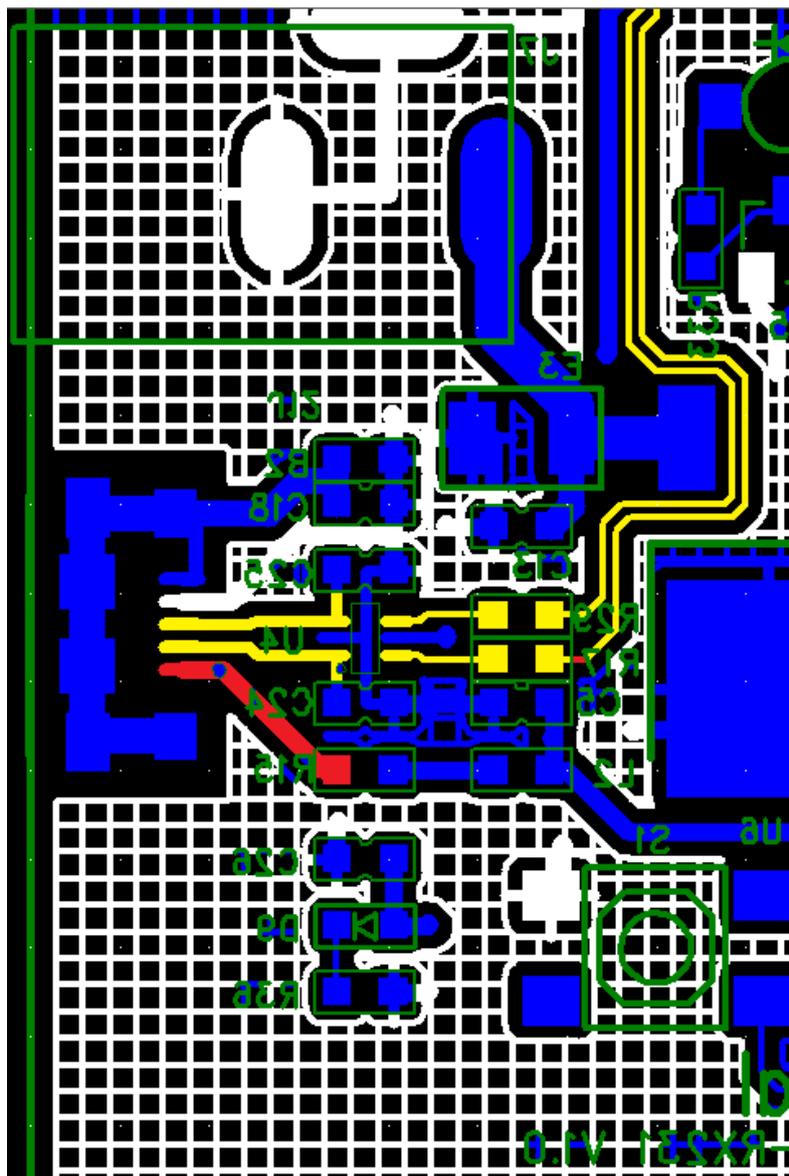
USBで電磁波認証のためのノイズ対策を考慮した回路設計の例

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を使って入カノイズを除去して、デバイス レベルでIEC61000-4-2 leve

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コモン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、広いグランドパターンを準備してノイズがグラ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、外部のグランドが導電性スポンジ等を通してつくようにしてグランド面を広くして、ESDノイズを拡散させます。



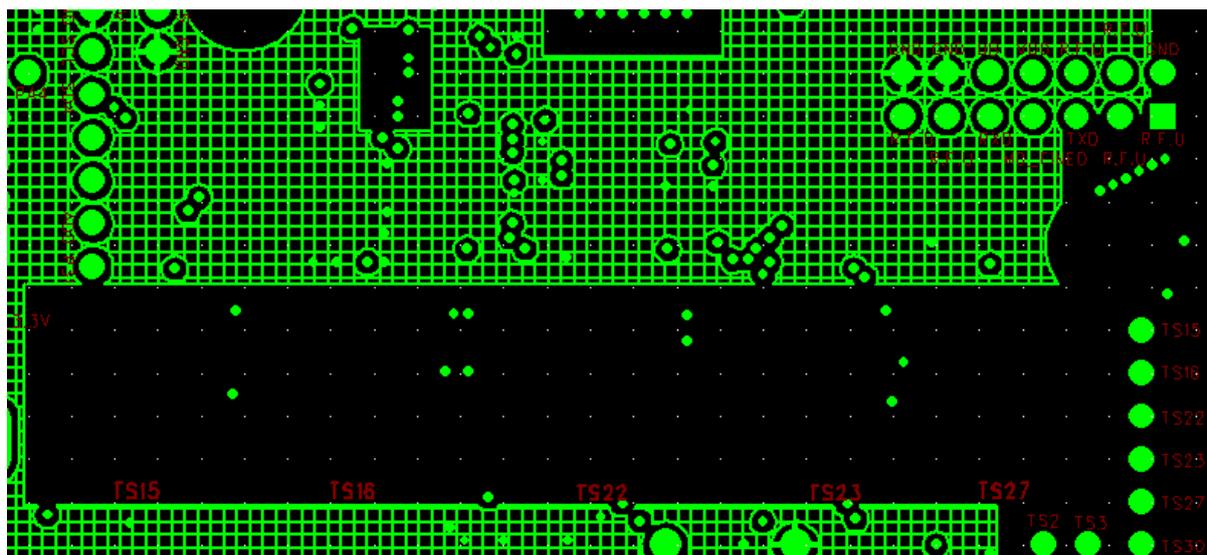
USBで効果的なノイズ除去を考慮したプリント基板の設計

## 5.9 静電容量式タッチセンサ部分の設計

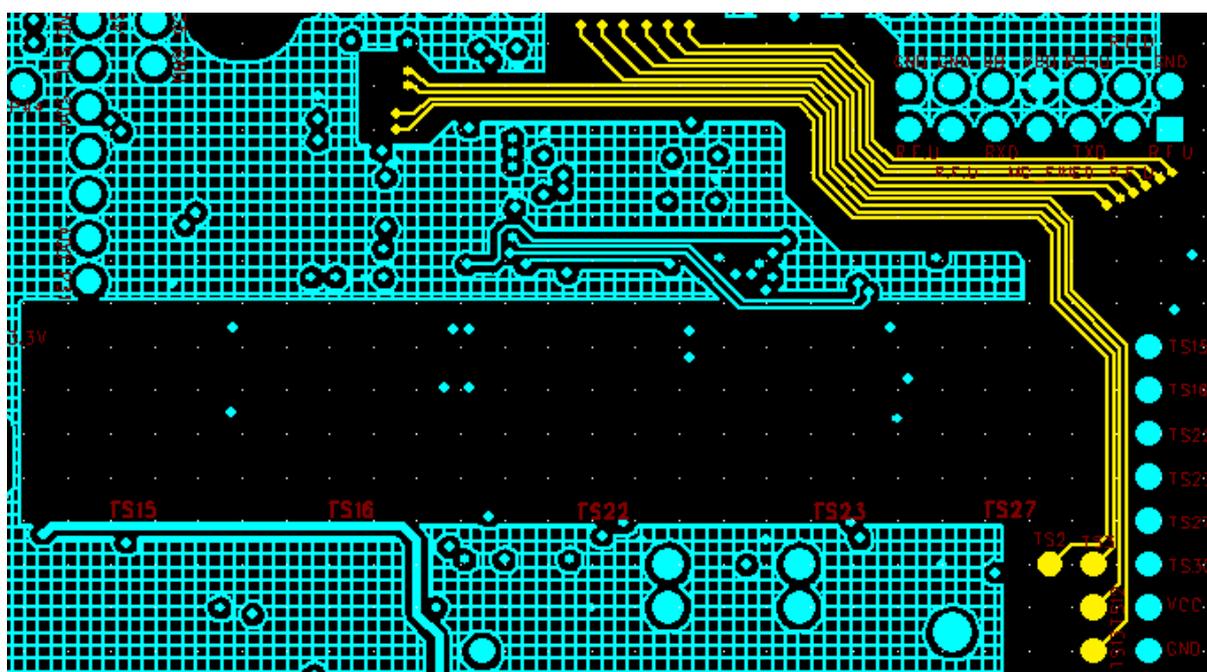
静電容量式タッチセンサの感度向上のために、寄生容量を最小化する各種テクニックを使います。

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ンドの面積を少なくし

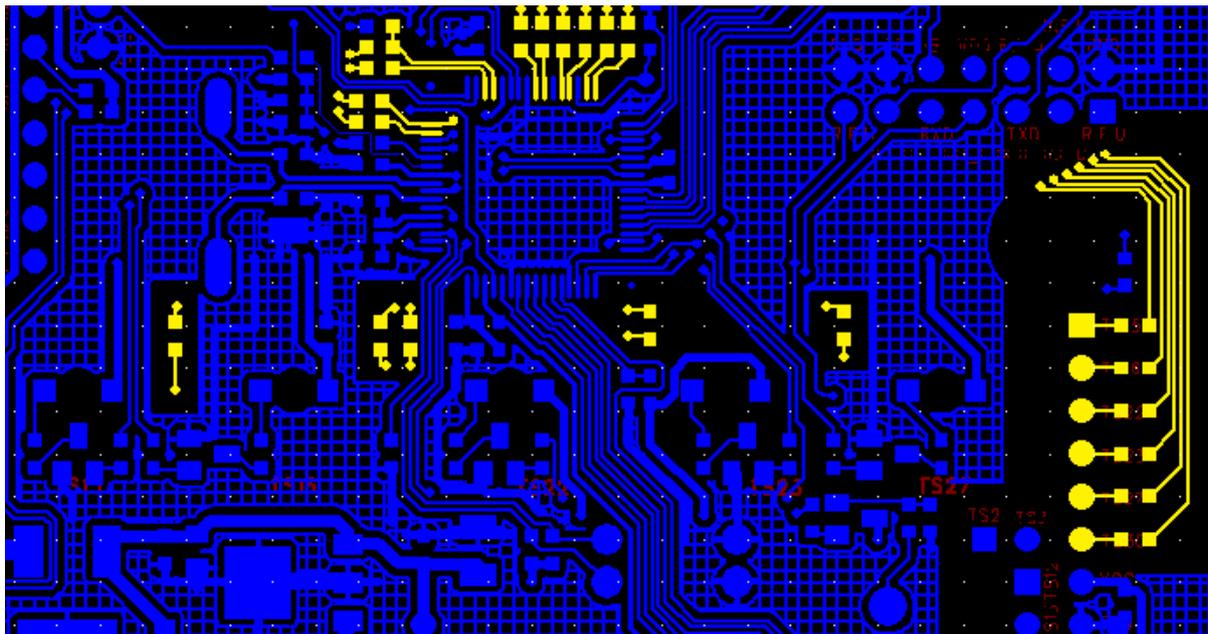




内層 (第2層) のパターン設計



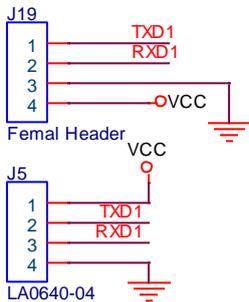
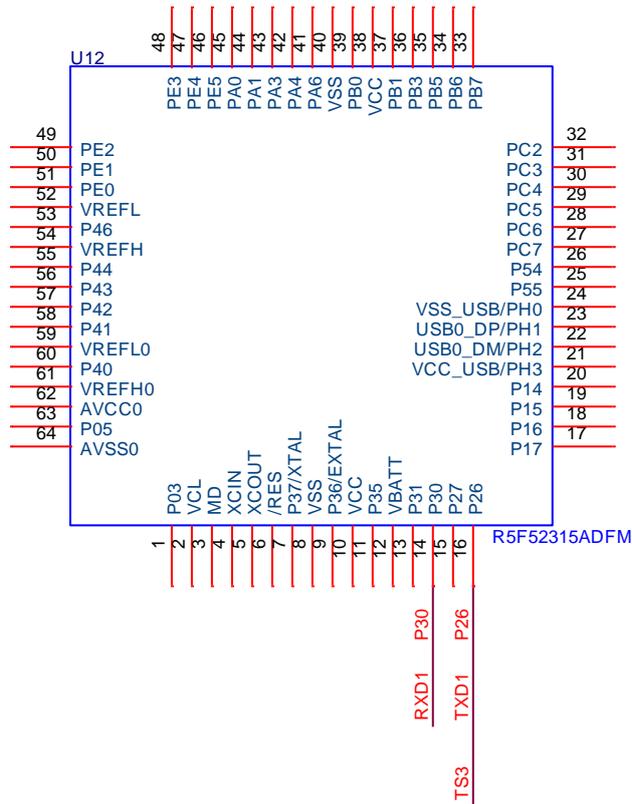
内層 (第3層) のパターン設計



半田面(第4層)のパターン設計

## 5. 10 UART関連の部分の設計

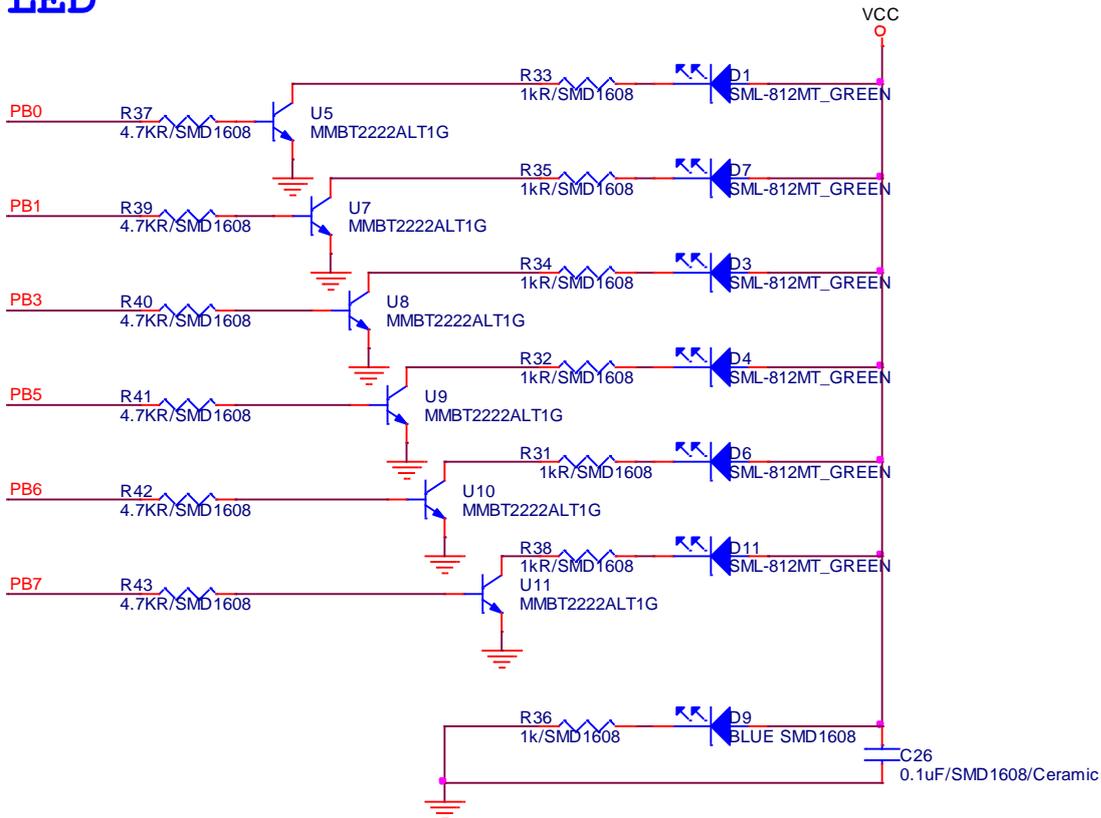
下記のように、UARTはJ5でUARTを, J19でBluetoothモジュール(HC-06)を接続して使います。



## 5.11 テスト用LED部分の設計

RX231の出力ポートの許容電流は5mA程度で比較的小さいので、マイコンの負荷を少なくするためにトランジスタを使ってLEDを制御するようにします。このボードではNPNトランジスタを使用し、出力ポート出力が1ならLEDが点灯、0なら消灯するようにしました。

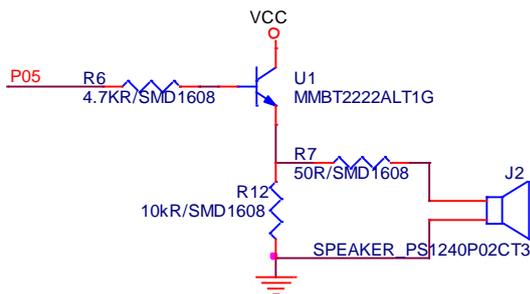
## LED



### 5.12 スピーカ駆動部設計

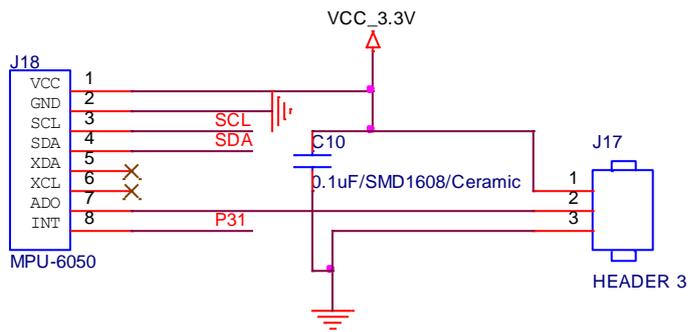
P05を通じてポート出力で制御し、タイマーで一定の周波数を使用して振動させられるようにしました。P05はマルチファンクションピンで、DA1として使用可能です。必要ならばDAコンバータを使用して出力することができます。

## SPEAKER



### 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

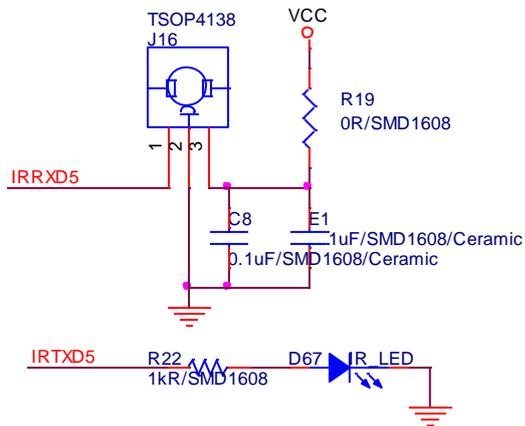
MPU-6050モジュールは6軸加速度/ジャイロモジュールでI2C(RIIC)で制御します。また、電源として3.3Vを使うので、VCC\_3.3Vを供給します。



## 5.14 赤外線 (IR) リモコン送信部および受信部の設計

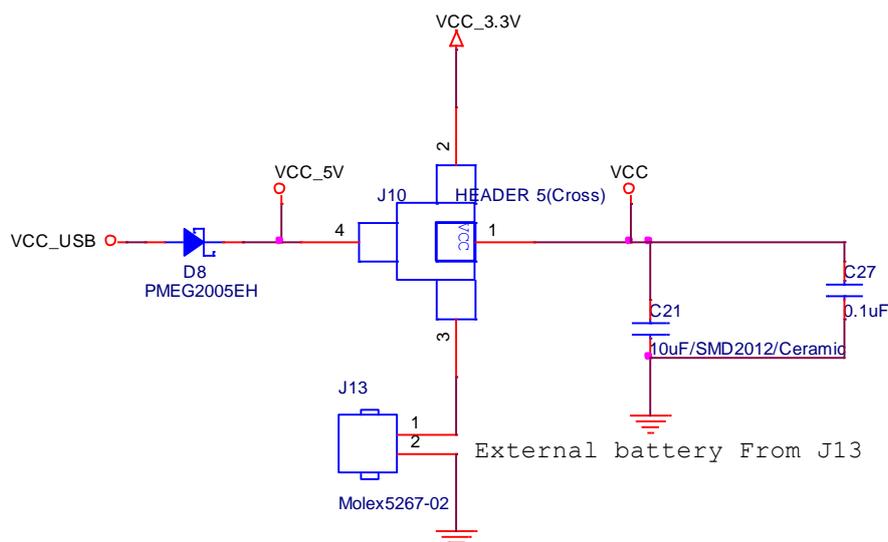
赤外線を利用したリモコン送信および受信部回路図です。送信部および受信部の該当ソースはソフトウェア ガイドを参照してください。

### 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