

RAL-SRC4392P User's Guide

Rev. 1.0 18/June/2020

1. はじめに

RAL-SRC4392PはRaspberry piのI2S出力のBCKやLRCLKをノイズやジッタが少ないものに変換し、同時に一般的なDAC Chipに接続するために必要なMCLK(Sys CLKとも呼ばれる)と同期したI2S信号を作り出すことを目的とした基板モジュールです。基板上にはSRC(Sampling Convrtter)としてTI(BB) SRC4392が搭載されRaspberry Piに接続するI2S信号入力とI2C信号はデジタルアイソレータによって完全にアイソレーションされ電源ラインやGNDライン、信号ラインからのノイズの回り込みを防止しています。またSRCによって生成されたS/PDIF信号は光(TosLink)送信モジュールおよびAudio用パルストランス(同軸・RCA)により完全にアイソレーションされて送出されています。

2. ハードウェア仕様

RAL-SRC4392P基板上にはCN2,CN4,CN5の信号入出力用コネクタ(JST PHコネクタ)と光デジタルオーディオ出力(TosLink)ジャック、同軸ケーブル用のデジタルオーディオ出力(RCAジャック)が搭載されています。このほか電源入力(DC+5V)用にCN6(JST XH-2)も搭載されています。それぞれのコネクタの端子、信号名などに関しては下記を参照してください。

(1) I2S,I2C信号入力

デジタルオーディオ信号(I2S)入力と基板上のSRC4392を制御するためのI2C信号入力を接続するためのコネクタです。相手側機器(Raspberry piなど)から電源やGNDラインに重畳されたノイズを基板上に入れないためにこれらの信号はデジタルアイソレータで分離した後、SRC4392のポートA、I2C端子(SDA,SCL)に接続しています。

コネクタ名称 : CN5

タイプ : PH 8pin

端子番号	信号名	内容
1	RP_Vdd	I2S/I2C入力アイソレータバッファ用電源入力。Raspberry piではRaspberry piの3.3Vに接続する。
2	RP_GND	I2S入力信号に対するGND。Raspberry piのSignal GNDに接続する。
3	RP_BCK	I2S入力(Bit_Clock)信号。
4	RP_LRCK	I2S入力(LR_Clock)信号。Sampling Rateに相当する。
5	RP_DATA	I2S入力(PCM DATA)信号。
6	RP_SDA	I2C DATA 入出力(双方向)信号。RP_Vddに1kでPullupされた双方向のOpen Drain信号。
7	RP_SCL	I2C Clock信号入力。
8	RP_GND	I2C信号に対するGND。本コネクタの2番端子と基板上で接続されている。

(2) 電源入力

RAL-SRC4392P基板はHost(Raspberry Piなど)との入出力信号をデジタルアイソレーションICにより絶縁することにより電源ラインやGNDライン,各信号線に重畳されているノイズをの影響を低減するように設計されています。そのため基板への電源入力もRaspberry pi本体とは独立した電源(レギュレータ)からCN6にダイレクトに供給することを推奨します。

コネクタ名称 : CN6

タイプ : XH 2pin

端子番号	信号名	内容
1	VDD	電源入力 DC +5V(最大DC+6V)。入力されたDC電力は本基板上の3.3V_LDOに接続されSRC4392などに供給されます。 Raspberry piあるいはKCM3MB1と共用する場合はデカップリングを行うもしくはいもづる式の配線を避けること。
2	GND	電源に対するReturn GND

(3) I2S信号出力

本基板上のSRC4392は一般的なDACに必要なMaster Clockに同期させたSampling Rate変換後のI2S信号をCN4より送出します。Master ClockはSRC4392の制御Softwareにより22.5792MHz(44.1k系)、24.576MHz(48k系)のどちらかを選択することができます 信号レベルはすべて3.3V CMOSレベルです。VIO_3.3V Out出力はDAC基板の入力アイソレータの一次側バッファ電源として使用できます。

コネクタ名称 : CN4

タイプ : PH 9pin

端子番号	信号名	内容
1	VIO_3.3V Out	本基板上のレギュレータ出力。DC+3.3Vが出力されている。
2	AES OUT	SRC4392のAES Out出力。CMOS 3.3V Level
3	MCLK OUT	本基板上の水晶発振モジュールの出力。 22.5792MHzもしくは24.576MHz。CMOS 3.3V Level
4	LRCLK OUT	SRC4392により変換されたSampling Rate(fs)。CMOS 3.3V Level I2S 準拠により、'L'期間がLeft Ch.、'H'期間がRight ch.を示す。
5	BCK OUT	SRC4392により変換されたBit Clock。I2S準拠により64fsとなる。 CMOS 3.3V Level
6	DATA OUT	SRC4392により変換されたPCM DATAが出力される。 CMOS 3.3V Level
7	N.C.	空き端子。何も接続されていません。
8	N.C.	空き端子。何も接続されていません。
9	GND	VIO_3.3V、AESOUT、I2S信号に対するGND。

(4) S/PDIF出力

(4-1) 光デジタル(TosLink)出力

CN1という基板上の名称でSharp GP1FAV31TKが実装されています。一般用の角型コネクタ光ケーブルに対応していますが、192kHzのS/PDIF信号を使用する場合は光ケーブル、接続相手先の受信モジュールにより通信エラーが発生することがあります。できれば96kHz以下でご使用下さい。

(4-2) 同軸デジタル出力

CN3という基板上の名称でRCAジャックが実装されています。S/PDIF信号をCoaxil (同軸)ケーブルで送出することができます。Coaxial規格の出力レベル(100mVp-p/75Ω)に合致するようDigital Audioトランス結合を採用しています。また、Cold側(RCAジャックの外側)は受信側機器とのGNDループ防止のため、本基板上のGNDには直接接続せず、100pfを介して接続しています。信号レベルが小さく(100mVp-p)。ケーブルのインピーダンスも75Ωですので使用時には注意が必要です。

(4-3) デジタルオーディオ出力

本基板の取付位置の関係でCN1(光 TosLinkコネクタ)、CN2(RCAジャック)が使用できない場合はCN2を利用して必要な信号を取り出すことができます。

コネクタ名称 : CN2

タイプ : PH 4pin

端子番号	信号名	内容
1	S/PDIF OUT	光(Toslink)送信モジュール用のDrive出力。3.3V CMOS Level.
2	GND	光送信モジュール用Driver出力に対するGND。
3	Coaxial S/PDIF OUT	Digital Isolationトランスの2次側(Hot) RCAジャックのcenter。
4	Coaxial GND	Digital Isolationトランスの2次側(cold) RCAジャックの外側。

3. RAL-KCM3MB1との接続

RAL-KCM3MB1(CM3あるいはCM3 +搭載)と本基板を接続する場合のコネクタ間結線表を示します。KCM3MB1上のI2S出力コネクタJ3(I2S)とSRC4392を設定するために必要なI2C信号をJ4(I2C)と本基板上のCN5との間を接続します。

SRC4392P CN5	信号名	方向/Level	KCM3MB1 コネクタ - 端子番号	備考
1	Vcc_3.3V	-> / 3.3V	J3(I2S) - 1	SRC4392基板 受信バッファ電源
2	GND	--	J3(I2S) - 8	
3	I2S BCK	-> / CMOS 3.3V	J3(I2S) - 5	
4	I2S LRCLK	-> / CMOS 3.3V	J3(I2S) - 6	
5	I2S DATA	-> / CMOS 3.3V	J3(I2S) - 7	
6	I2C SDA1	<-> / CMOS 3.3V	J4(I2C) - 2	KCM3MB1側で 1.8k Ω pullup(3.3V)。
7	I2C SCL1	-> / CMOS 3.3V	J4(I2C) - 3	KCM3MB1側で 1.8k Ω pullup(3.3V)。
8	GND	-----	J4(I2C) - 4	

4. Raspberry pi との接続

標準Raspberry pi 3 B, 3 B+, 4 Bモデル(40Pヘッダモデル)と組み合わせて使用する場合は40Pヘッダの各ピンと本基板上のCN5の各端子を接続して下さい。本基板はそれらのRaspberry pi各モデルの基板と同じサイズであり、取付アナもRaspberry pi本体と重ねて固定できるように外形サイズおよびネジ穴の位置(2.6M)を合わせてあります。電源(DC+5V)やGNDラインを通じたノイズを抑制するため、CN6(XH-2P)に接続するDC+5V電源は40P HDRの2番もしくは4番(5V)から取り出さないようにしておいて下さい。

SRC4392P CN5	信号名	方 向/Level	Rasberry pi 40P PIN HDR PIN 番号	備考
1	Vcc_3.3V	-> / 3.3V	3V3 - 1	SRC4392基板 受信バッファ電源
2	GND	--	GND - 30	
3	I2S BCK	-> / CMOS 3.3V	GPIO18 -12	
4	I2S LRCLK	-> / CMOS 3.3V	GPIO19 - 35	
5	I2S DATA	-> / CMOS 3.3V	GPIO21 - 40	
6	I2C SDA1	<-> / CMOS 3.3V	GPIO2 - 3	KCM3MB1側で 1.8k Ω pullup(3.3V)。
7	I2C SCL1	-> / CMOS 3.3V	GPIO3 - 5	KCM3MB1側で 1.8k Ω pullup(3.3V)。
8	GND	-----	GND - 9	

5. 初期設定programについて

(1) ソフトウェア仕様

RAL-SRC4392Pを動作させるためには基板上のSRC4392Pの初期化をおこなう必要があります。初期化はVolumio起動時に1回だけ実行すればよいので、Volumio起動時にsrc4392_2R7.pyというPython2.7で作成されたProgramが実行されるように/etc/rc.localにprogram名を記述しておきます。src4392_2R7.pyを実行させる際に引数としてSampling Rate変換後のfsを渡すことにより、出力側(S/PDIFおよびI2S)のSampling Rate(fs)を指定することができます。SRC4392はRaspberry PiからのI2S入力信号を基板上の2個のX-Tal発振モジュール(44.1kHz系は22.5792MHz,48kHz系は24.576MHz)の出力をベースに指定されたSampling RateのS/PDIF信号および新たなI2S信号に変換します。同時にS/PDIF(LPCM)信号も作り出し光(Tos-Link)と同軸(RCA)方式で出力します。

(2) ダウンロードと設定

(2-1) ダウンロードをする前に

RAL-SRC4392Pを動作させるためには必要なプログラムのダウンロードとインストール、設定が必要です。ダウンロードを行う前にWindowsPCからRaspberry piのファイルフォルダに書き込みができるようにRaspberry pi側の samba の設定変更を行っておきます。

```
$sudo nano /etc/samba/smb.conf を実行し  
表示された/etc/samba/smb.conf の最下部に下記を追加してください。
```

```
[volumio]  
comment = work folder for RAL-KCM3MB1  
path = /home/volumio  
read only = no  
guest ok = yes  
force user = volumio
```

Type missがないことを確認後ctrl-oでsave、その後ctrl-xでnanoを終了して下さい。

smb.confの設定変更を有効にするため(通常はOS起動時に有効にされます)下記のコマンドを実行して下さい。

```
$sudo service smbd restart
```

WindowsPCのexplorerを起動しURL欄に\\volumio(volumioのデフォルト名(変更している場合はその名称もしくは\\IPアドレス))を入力して下さい。Windowsからアクセス資格情報が要求されますので、SSHの場合と同じユーザ名、パスワード(デフォルトはvolumio, volumio)を入力するとVolumio(Raspbian)のフォルダが表示されます。smb.confに記述されていたフォルダ(Internal Starage, NAS, USB)に加えて先ほど追加したvolumioというフォルダも表示されるはずですが。表示されていなかったり、名前が違っている場合はもう一度smb.confの記述を確認してください。

(2-2)RAL-SRC4392に必要なプログラムのダウンロードとインストール

本基板上のSRC4392を初期設定したり動作を監視するために必要なプログラムは
e2e_store RAL-SRC4392P ダウンロードページ

http://www.ratoc-e2estore.com/products/detail.php?product_id=111#download

から RAL_SRC4392P_1R0.zip をdownloadした後、展開(解凍)して下さい。
下記のプログラムが含まれています。

src4392_2r7.py	SRC4392の初期設定を行うプログラム。OS(Raspbian)スタート時に1度だけ実行されます。
src_mute_onoff.3.py	Raspberry piのI2S出力の状況(出力されているか、止まっているか)を監視して停止時に ポツポツ音がでないようにSRC4392をコントロールするプログラム。ただしSpotifyなどVolumioのIOに直接アクセスしているプログラム実行時には無効です。
src4392_setfs_2.sh	SSH経由でSRC4392の出力(S/PDIF,I2S)のSampling周波数を設定するshell scriptです。 bashを使用して実行します。

(2-3)ダウンロードしたプログラムのcopyと設定

ダウンロードと展開が終了したら(2-1)で確認したように

Step.1. explorerでVolumio側の/home/volumioフォルダを開きそこに3本ともcopyして下さい。

Step.2. copy終了後、SSH経由でRaspberian(Volumio)側の設定を行います。

\$sudo nano /etc/rc.localと入力し /etc/rc.local にSRC4392用のプログラムを追加して
起動時に実行されるように設定して下さい。

最後のexit0の行の前に下記を追加します。

```
sudo python /home/volumio/src4392_2R7.py  
sudo python /home/volumio/src_mute_onoff_3.py &  
sudo python /home/volumio/shutdown_button_01.py &
```

Type missがないことを確認後ctrl-oでsave、その後ctrl-xでnanoを終了して下さい。

注) src4392_2R7はSRC4392の入出力をI2S(24bitLPCM,LR 2ch.)、出力をS/PDIF(24bit LPCM)、
出力Sampling Rate(fs)はデフォルト値として96kHzに設定しています。

/etc/rc.localに sudo python /home/volumio/shutdown_button_01.pyが既に含まれている場合はその
行の前にSRC4392関連の2行を追加してください。また、src_mute_onoff_3.py & の&は忘れないよ
うに記述してください。&がないと一度だけ実行されて常駐なくなりSRC4392のmute機能のコン
トロールができなくなってしまいます。

(2-4)その他のインストールと設定。

SRC4392のコントロールはI2Cを使用してPython(2.7.9)で作成したプログラムで行います。そのためあらかじめI2C(SMBUS)のライブラリをインストールしておく必要があります。

Python(2.7.9)にi2cライブラリをinstallする。

```
$ sudo apt-get install python -smbus
```

うまく動かない場合、RAL-SRC4392Pのハードウェアに問題があるのかそれともプログラムに問題があるのか切り分けるためのツール(i2c-tools)もインストールしておきます。

```
$ sudo apt-get update
```

```
$ sudo apt-get install i2c-tools
```

インストール終了後i2cdetectコマンドでSRC4392をサーチしてみてください。

```
$ sudo i2cdetect -y 1
```

RAL-SRC4392PのCN5にDC+5Vが供給されていてKCM3MB1とI2C信号が接続されていればアドレス0x70のところに70と表示され、SRC4392がStandbyしていることがわかります。

(3) Volumio 出力デバイスの設定

RAL-SRC4392Pを接続し必要なプログラムをインストールしただけでは音がでませんので、Volumioの設定が必要です。

(3-1)オーディオ出力の設定

Step1. Volumioページの右上の設定アイコン(歯車)をクリックし、"プレイバックオプション"を選択して下さい。

Step2. I2S DACを"On"に設定(枠内をクリック)して下さい。

Step3. DAC Modelの選択BOXの右▼マークをクリック、選択肢として表示されるDAC Modelのうちから R-PI DACを選択して下さい。I2Cアドレスとして0x70/71を使用していなければどのDACを選択しても問題はありません(マスタモード以外)。

Step4. I2S DACをOnにしてDAC Modelを選択した後に「保存」ボタンをクリックして設定を保存しておいて下さい。

(3-2)Audio Resamplingの設定

RAL-SRC4392Pで採用しているSRC4392はPCMの入出力FormatとしてI2Sを標準としています。右詰め16bitや左詰め16bitformatも受け付けないことはありませんがI2Sの標準formatを使うようにデータシートでは推奨しています。そのため、同じ"プレイバックオプション"ページの"Audio Resampling"で常に24bitサンプリングとなるように設定しておきます。

Audio resamplingをOnに、

Target Bit Depthを24に、

Target Sample RateはNativeに、

Resampling Algorithm Qualityはなんでもよいのですが一応"High"を選択し

"保存"ボタンで設定を保存しておいて下さい。

(3-3)音量オプション、プレイバックオプションの設定

音量オプションの設定はOffに、プレイバックオプションの設定はSRC4392の入力がI2S(PCM)のみでDSD信号を受け付けませんのでDSD Direct、DoPのどちらでも構いません。オーディオバッファサイズと再生前のバッファはデフォルト(2MBと10%)のままでもOKです。

6. ユーティリティ program

(1) mute ON(enable), OFF(disable)ユーティリティ

概要

Volumio (Raspberry Pi)から出力されるI2S信号はBCKのズレ(例えばSampling Rateが44.1kHzのI2S出力ではBit Clockが正確に64fs : 2.8224MHzではなく、それに近い2種類のClockが出されており平均すると2.822MHzに近くなるように設計されています)があるだけでなく、楽曲と楽曲の間や再生終了時や停止時には出力されないという問題点があります。そのような状況になりI2S信号が途絶えるとSRC4392の同期が外れてAudio出力からポツ、ポツという音が出力されます。

このポツポツ音が出なくなるように抑制するUtility Programがsrc_mute_onoff.pyです。これもVolumio起動時に実行されるよう/etc/rc.localに登録しておきます。

ダウンロードとcopy、/etc/rc.localへの追加に関しては(2-2),(2-3)を参照して下さい。

プログラムの内容は

```
$ mpc status
```

とmpcコマンドを実行すると下記の例のようにVolumioの現在再生中の状況や楽曲の情報が得られます。

```
$ mpc status
• Michael Naura - Three Seconds
• [playing] #1/1      1:37/8:10 (19%)
• volume:100%    repeat: off    random: off single: off consume:off
```

本プログラムはこの情報に[playing]が含まれていればSRC4392のmute機能をdisable(off)にし、[paused]が含まれていればSRC4392の出力mute機能をenable(on)にします。また[playing]も[paused]も含まれていない場合も念のためmute機能をenableにして余計な音がでないようにしています。SRC4392のmute機能のコントロールはi2csetというi2cユーティリティのコマンドを呼び出し、該当するレジスタを書き換えています。問題なのはSpotify Pluginを使用して再生中は下記のように最後の1行のみしか返されず[playing]や[paused]の情報が得られないことです。これに関しては別の手段を考えなければなりませんので調査中です。

```
$ mpc status
volume:100% repeat: off random: off single: off consume: off
```

(2) Fs 設定、変更ユーティリティ

(2-2)でダウンロード、Raspberry Pi側にcopyしたsrc4392_setfs_2.shを使用します。
使用の場合は音楽の再生は停止しておいて下さい。

Step.1 SSHでLogin後,実行許可(パーミッション)を与えます。インストール後の最初のみ
実行して下さい。

```
$ sudo chmod +x /home/volumio/src4392_setfs_2.sh
```

Step.2 実行は

```
$ bash /home/volumio/src4392_setfs_2.sh  
( $pwdコマンドで /home/volumio と返ってくる場合は $ bash src4392_setfs_2.sh でOK  
です。)
```

と入力すると番号とともにfs(Sampling周波数)が表示されます。SRC4392から出力したいfsに対応した番号を入力して下さい。ただし、S/PDIFの光出力を使用する場合は96kHz以下を推奨します。176.4kや192kを選択した場合は光ケーブルや受信側のモジュールの状況により正しく伝送されないことがあります。このプログラムの終了は7を入力して下さい。また、スクリプト内でsudoを使用していますので初回はPasswordを要求されることがあります。その場合はvolumio(デフォルト)を入力して下さい。