

同期式シリアル通信について

2019. 08. 10 福屋 浩幸

I2Cを理解してI2Sを知る

MCCが吐き出すI2Cのライブラリは割り込みを使ったドライバのような作りになっていて、理解が面倒。

一方、ラズパイオーディオに関連して知られるようになったI2S。web上では「全然違う規格です」と書いている人もいますが、信号波形から言うと基本はいっしょ。どちらもシンプルで美しい。

PICファンとしては、I2Cを押さえてしまっていて類似のI2Sを理解してしまいましょう。

ここでは、I2CのDATAとCLOCKの波形を見ながら、ノイズの影響を説明します。

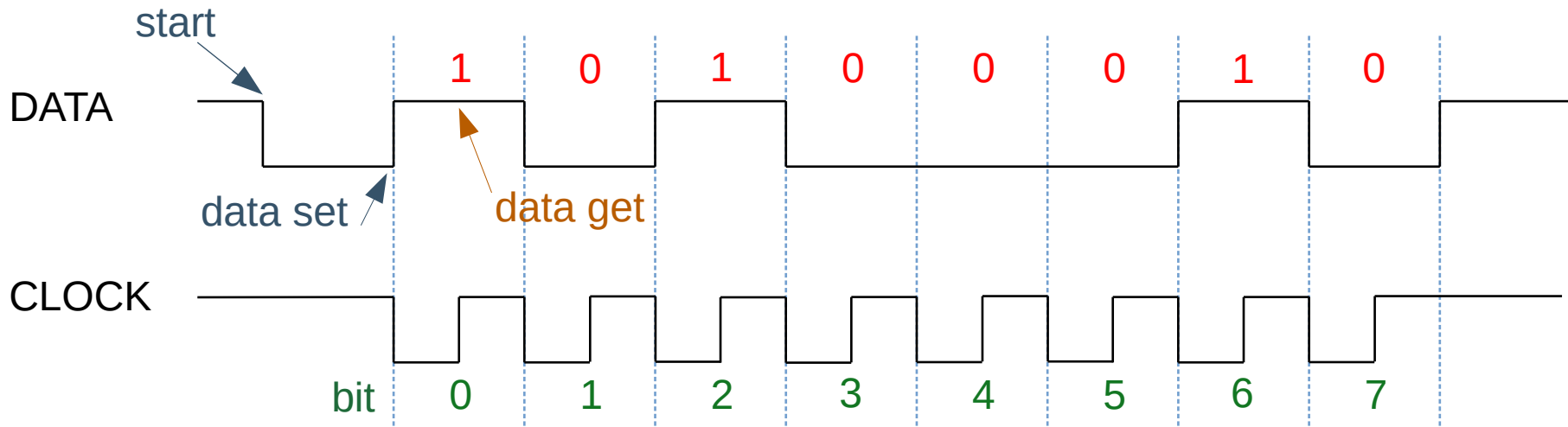
次にI2S波形を見てみます。

最終的に、デジタル伝送の要がクロックと電源にあると見当を付けて、効果を体験します。



HiFiBerry DAC+ PRO

I2C通信（同期式シリアル通信） 正常時



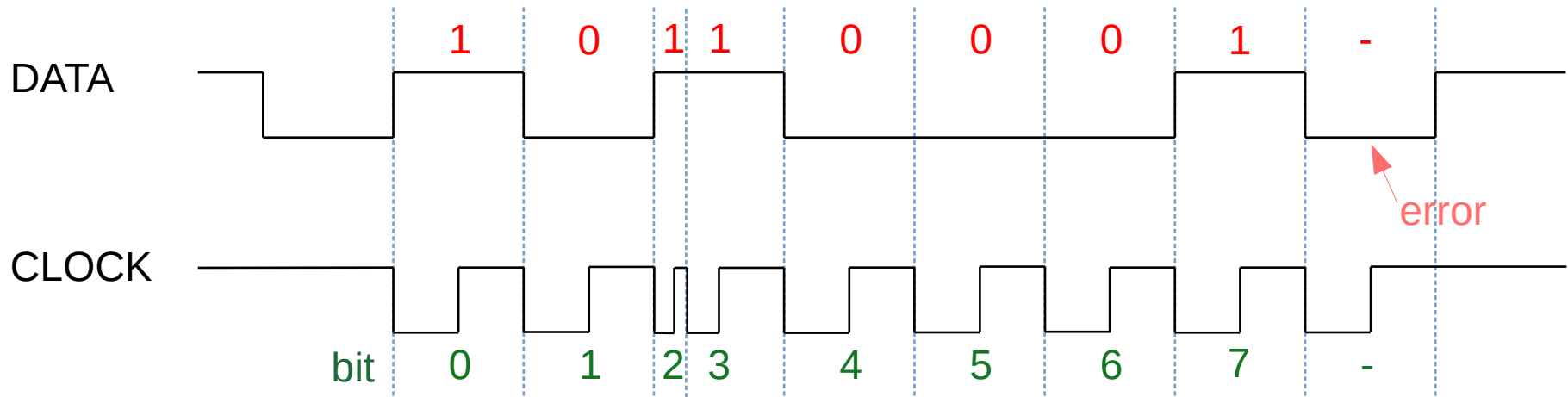
69

- 信号レベルはHighとLowで構成（デジタル）
- 無通信状態ではDATAもCLOCKもHigh
- 送信側がCLOCK立ち下がり時にDATAをセット
- 受信側がデータを受け取るのはDATA信号が安定したCLOCK立ち上がり時なので、これの周波数変動によるデータ落ちは起きにくい。

電源のレベルがしきい値を超えると正しいデータが渡らない。
2本の信号線にノイズが乗れば正しいデータが渡らない。

I2C通信（同期式シリアル通信） 異常時

141



ノイズによるCLOCK立ち上がり時にもDATAの受信が行われるので、このときは正しい値は渡らない。
また、上図では最後のデータが0で受信側のACKとダブるのでエラーが検出されない。
データ異常やエラー検出が貧弱であることを認識する必要がある。

受け取ったデータが正しくなく、かつエラーが出ないことがある。
また、エラーが検出されても訂正できないので再送かスルーかをプログラムで記述することになる。

I2C通信の用途

短距離、基板内の通信に向いている。

基板の設計を工夫してCLOCKにノイズが乗らないようにすればあまり問題は起きない。

パーティーライン構成が可能なことは非常に魅力。

高い信頼性を要求される通信には向かないが以下に使える。

- ログデータの転送（後で異常データを除去できる）
- 表示器（一瞬の表示乱れは問題にならないことが多い）
- 手動操作の機器（問題発生時に電源入れ直しで対処）

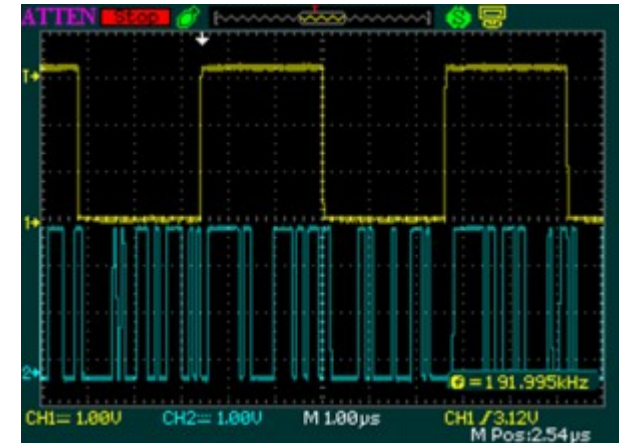
PIC大全で使われているLCD表示器のSB1602Bは、ノイズのパターンによってはDATAをLowにホールドするので、こうなるとパーティーラインが全滅する。（メンバーの誰かが発狂すると道連れ）

I2Sではどうか

同期式シリアル通信なのでCLOCKとDATAで通信を行うところは同じ。
I2Sはオーディオ用1:1の通信で、クロックが3つ。

- MCLK: マスタークロック
- LRCLK: 左右区別クロック (黄色)
- BCLK: 32bit構成用のクロック (青色)

MCLKを元にLRCLKとBCLKを作って (分周) いる。
(MCLKはPCM 384kHz MCLK:BCLK=1:1で約25MHz)



I2Cとの対比を考えると、CLOCKにはBCLKが該当する。

I2SではBCLKがコケるとLRCLKまでデータ破損 (左右片方)。
一方、LRCLKがコケると左右ともデータ破損。
どちらも次のデータで正常に戻る。

つまり、自動復帰はするがデータ訂正はできない。
また、正しいデータかを判定するのは受信側の処理が必要。

I2Sは音楽データ転送用に特化

PCM 192kHz 24bit の場合、L/Rペア1音 5.2usec ホールド。
たまに来るノイズでデータが破損しても次の 5.2usec で正常に戻る。

プログラムのバイナリコード転送レベルの信頼性は不必要と判断され、
その代わりに単純な回路と信号による低コストを享受した。

結果、音質は転送経路のノイズ対策で決まるようになった。

ノイズ対策をすると時間軸上の音の遷移が正しくなるので

- もたつかないスピード感のある音になる
- 音の粒立ちが感じ取れる
- 輪郭がはっきりし、小さい音がつぶれずに届く

などの効果が期待できる。

ノイズはどこから来るのかの検討が必要ですが、今回は電源から来ると
決めつけてみました。



改造によるI2Sノイズ対策

基板のパターンがそこそこ良いサウンドカードを手に入れたとします。

更なる高音質を狙うなら、サウンドICを高品位電源で駆動するのが効果が高いと言えます。実際、サウンド用途とした高品位レギュレータが市販されています。(100円程度、普通のは70円くらい)

今回、効果をはっきり実感したかったので以下をセレクト。

BD37201NUX-TR



Mouser #: 755-BD37201NUX-TR
Mfr. #: BD37201NUX-TR
Mfr.: ROHM Semiconductor
Customer #:

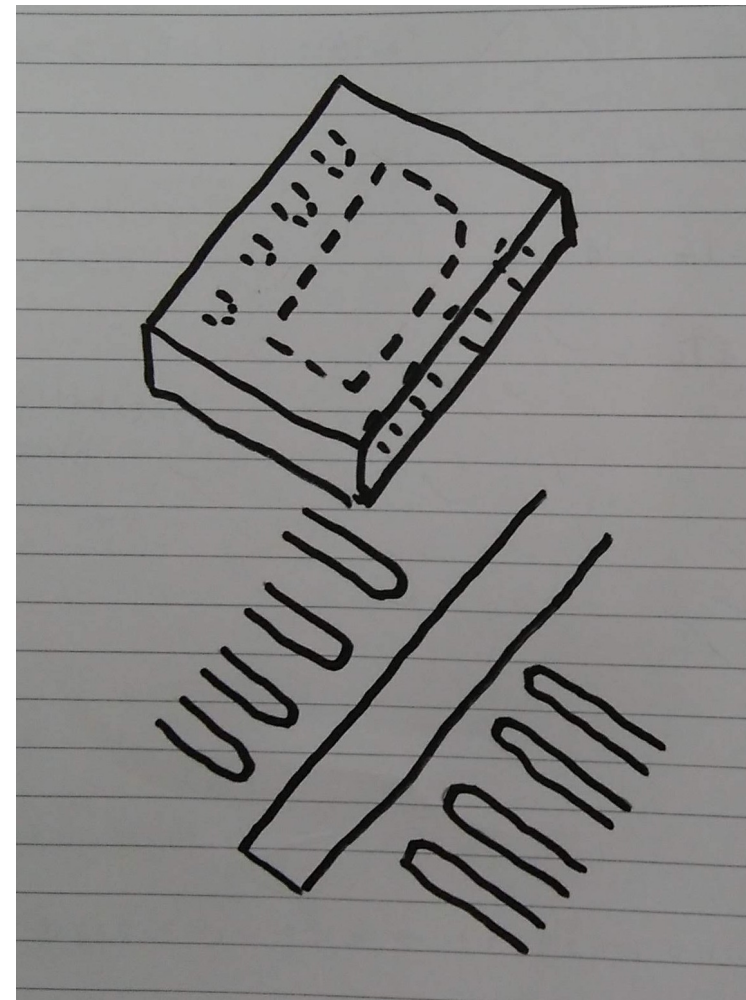
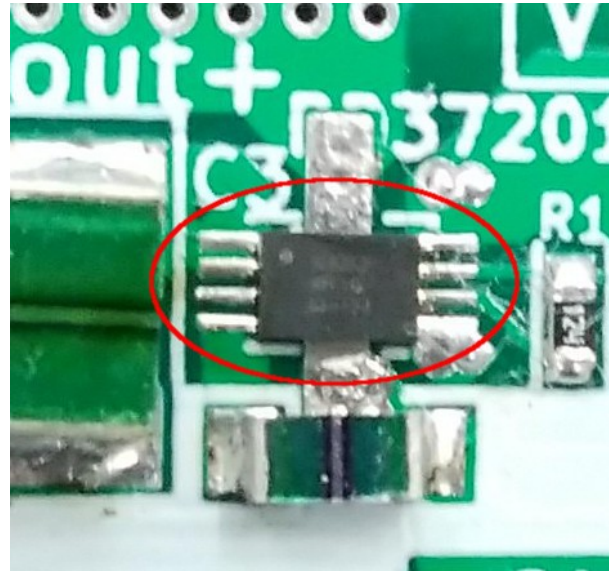
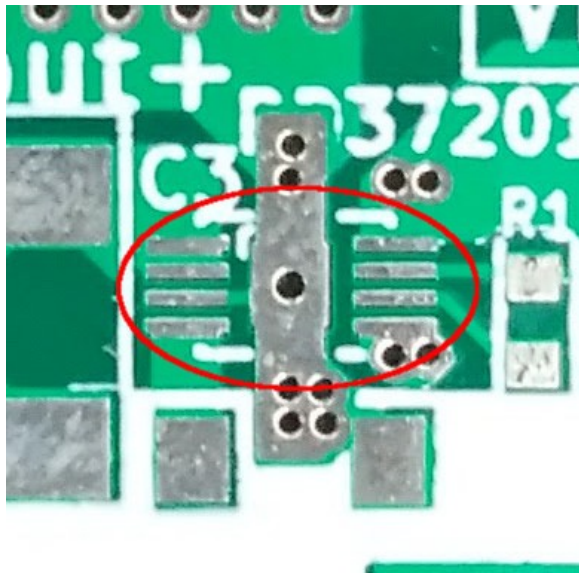
Pricing (JPY)

Qty.	Unit Price	Ext. Price
1	¥1,631	¥1,631
10	¥1,499.4	¥14,994
25	¥1,437.6	¥35,940
100	¥1,266.4	¥126,640
250	¥1,081.2	¥270,300

Enlarge
Images are for reference only
See Product Specifications
Share

どうやってハンダするか

正しいやり方かどうかはわかりませんが、基板を作って手付けしたらできてしまった。



回路はメーカーのリファレンス

データシートどおりの回路。

サウンドカードはスイス製
HiFiBerry Digi+ Pro。

MCLKマスターモードで動作。

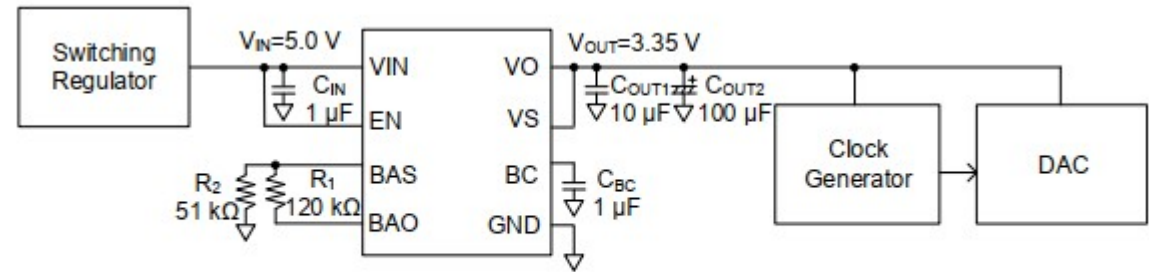
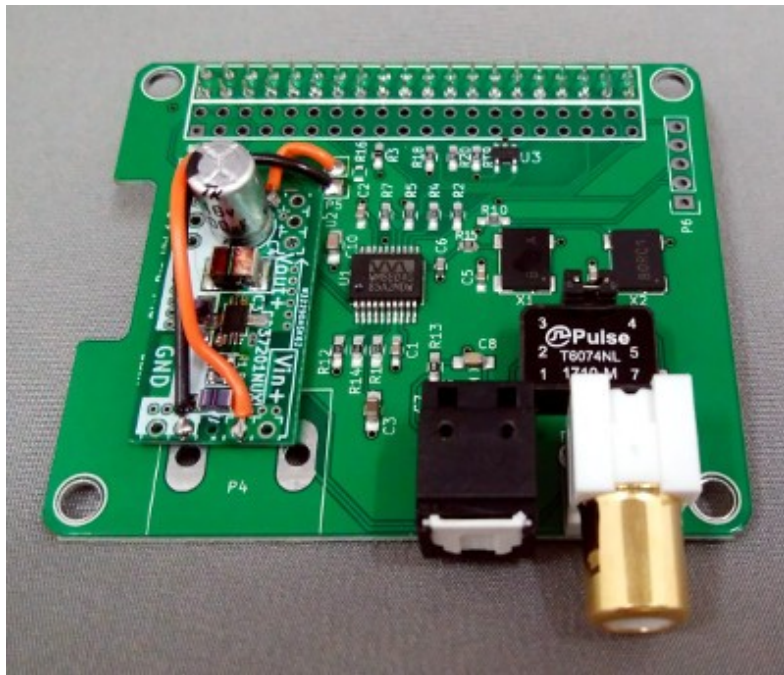


Figure 1. 基本アプリケーション回路図 (出力 3.35 V 設定時)



DACではなくDDCを使った理由

デジタル転送の改善効果を直接音質で評価したかった。

DACは数千円から100万円越えまで売られているし、そのほとんどはSPDIF同軸入力を備えているので、デジタルデータを正しく転送、変換する機能に特化したほうがよい。

最近のプリメインアンプやSACDプレイヤーにはDACを内蔵しSPDIF同軸入力をサポートしているものが多いのでそれを使う選択肢を残したい。

肝心の音質は、デモ機を用意したので各自の聴感でご判断いただきたい。無改造品が用意できなかったので比較はできないが、音のスピード感は体験していただけるとと思います。

自宅への貸し出しにも対応します。
nextstep@live.jp (hirofukuya.com) まで。