

標準ロジックと ATmega328で SPDIFを見る

About

松尾ぽる (pol8139.bsky.social)



SPDIFって知ってる？使ってる？

「光デジタル端子」とも

テレビ、PlayStation(2~4)、CDプレーヤー、
DVDプレーヤー、一部PC、古いMac...

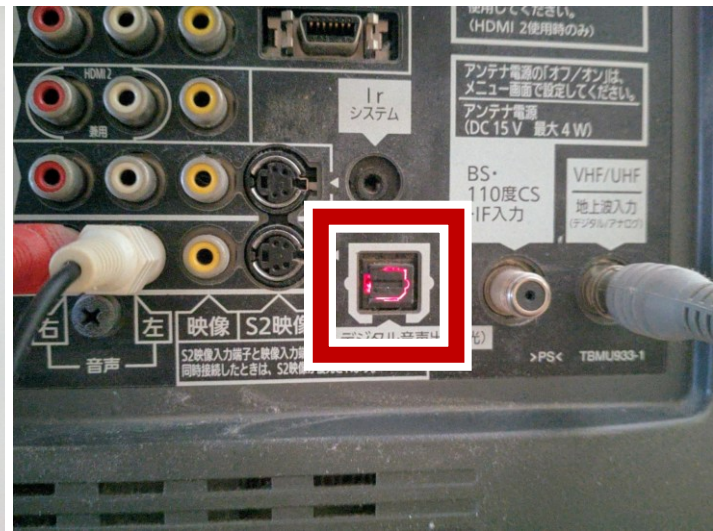


光ファイバーやRCAケーブルで

デジタル音声をシリアルで送る

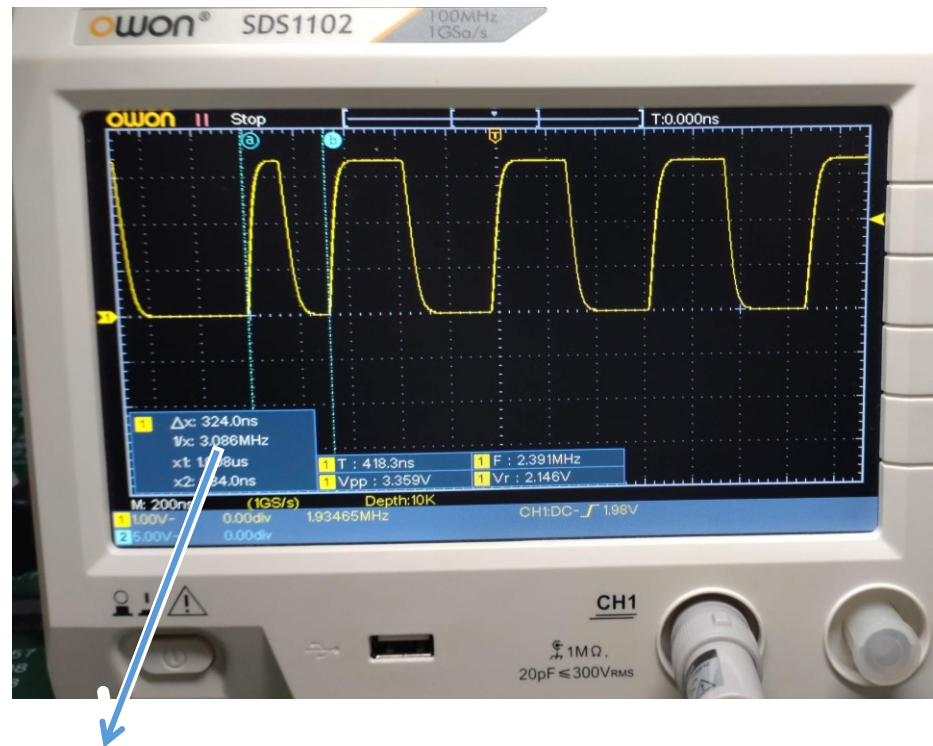
単方向(ハンドシェイクとかは無い)

一般的なステレオ音声を無圧縮で送れる



プロトコルもうちょっと詳しく

データにクロックが重畳
Biphase Mark Code (BMC)

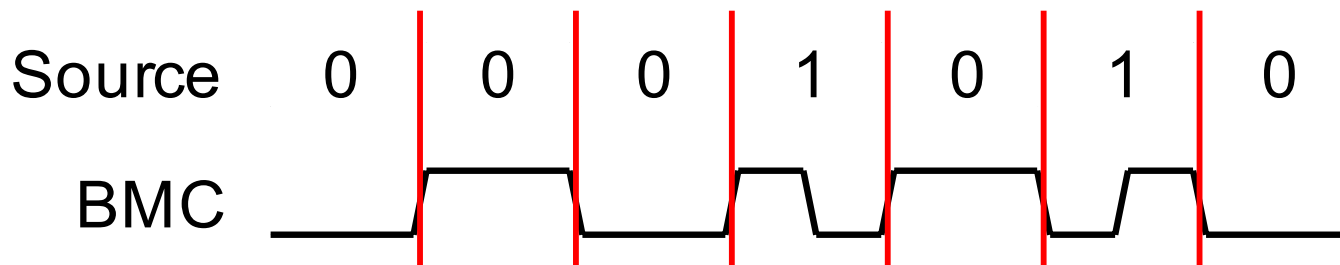


サンプリング周波数48000Hzの場合6.144Mbps (後のスライドで) 5

プロトコルもうちょっと詳しく

BMCとは...

- 周期境界で必ず遷移し
- ビット0を「周期中央で遷移なし」
- ビット1を「周期中央で遷移あり」と表現する

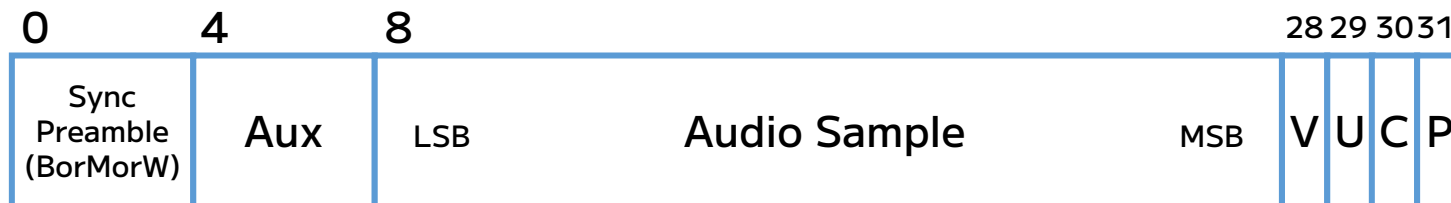


プロトコルもうちょっと詳しく

32bit = 1サブフレーム

2サブフレーム = 1フレーム

192フレーム = 1ブロック

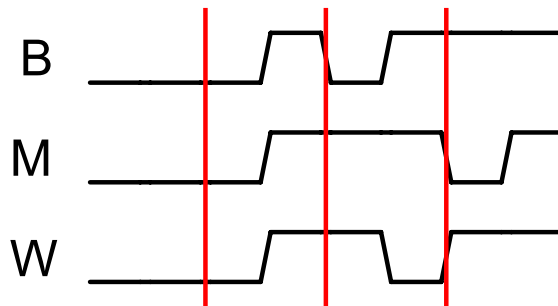
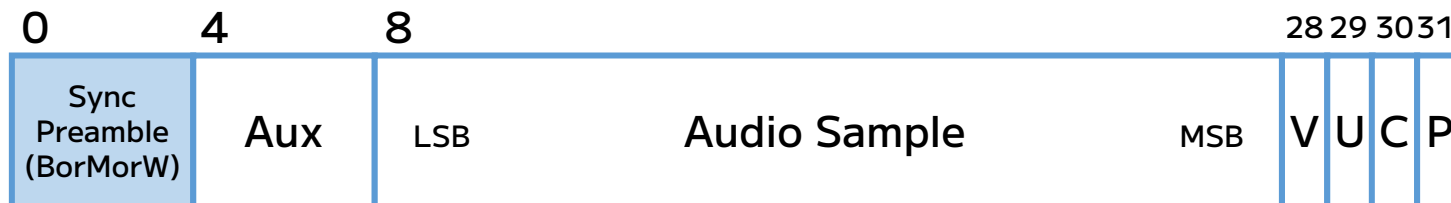


※48000×2(BMCなので)×2(ステレオなので)×32=6.144E6

プロトコルもうちょっと詳しく

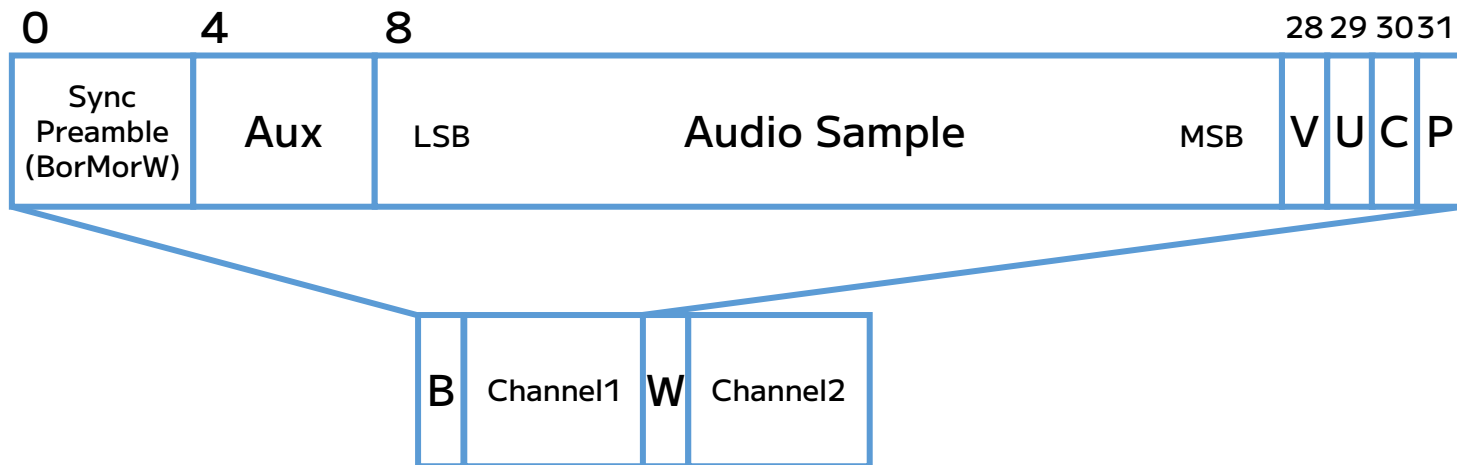
同期用プリアンプルは3種類("B"・"M"・"W")

これらはBMCのルールに違反



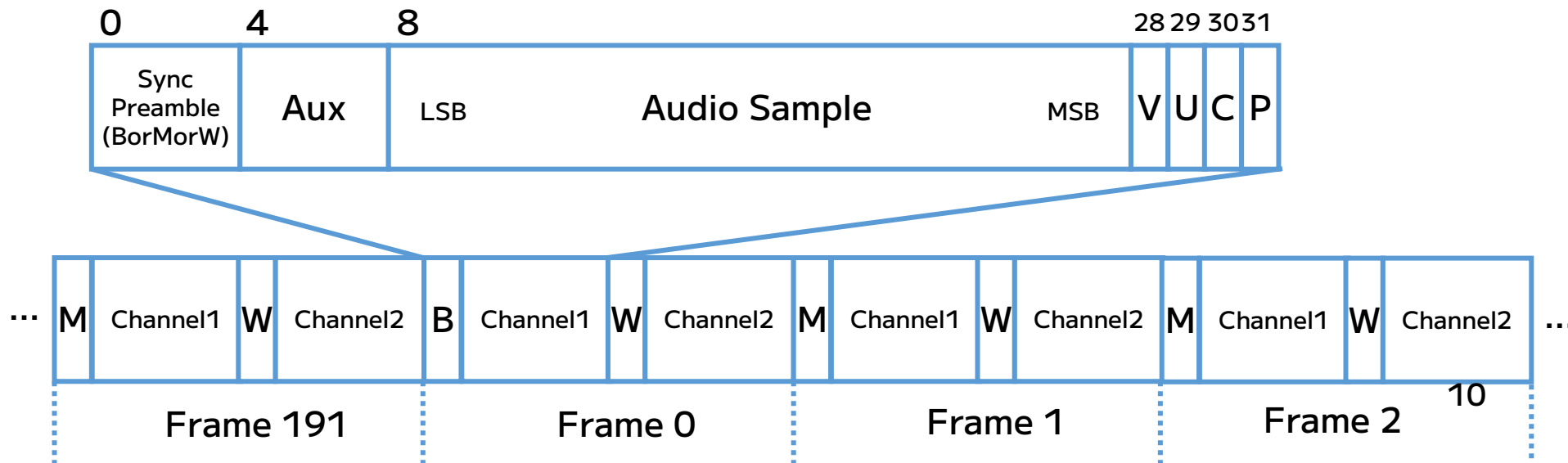
プロトコルもうちょっと詳しく

32bit = 1サブフレーム
2サブフレーム = 1フレーム
192フレーム = 1ブロック



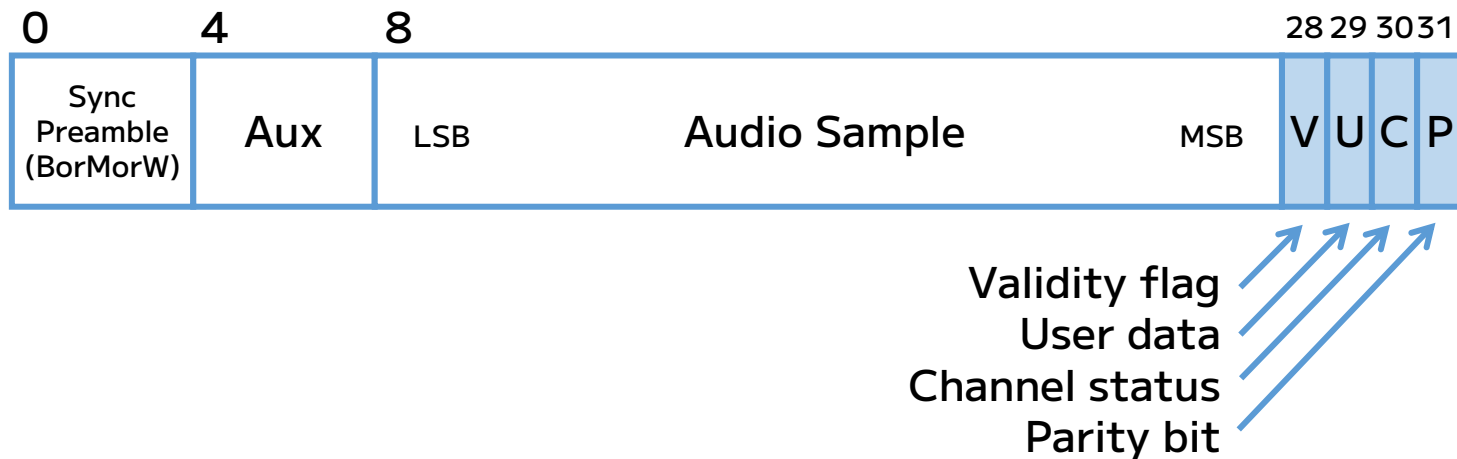
プロトコルもうちょっと詳しく

32bit = 1サブフレーム
2サブフレーム = 1フレーム
192フレーム = 1ブロック (1536Bytes)



ここ! (音声データ以外)

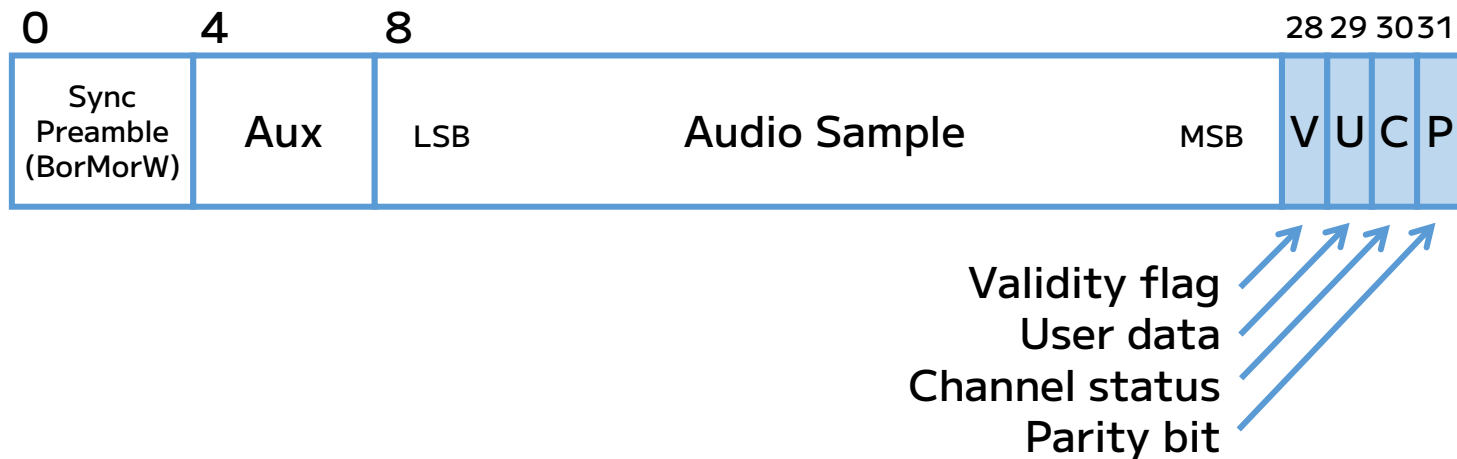
サブフレームの最後の4bitに注目



ここ! (音声データ以外)

サブフレームの最後の4bitに注目

メタデータを自分で確認したい!![どうやって?]



昨今の高性能なマイコンは...

STM32やPSoCの一部には専用ペリフェラルがあるぞ

→あまり面白くない...

昨今の高性能なマイコンは...

STM32やPSoCの一部には専用ペリフェラルがあるぞ

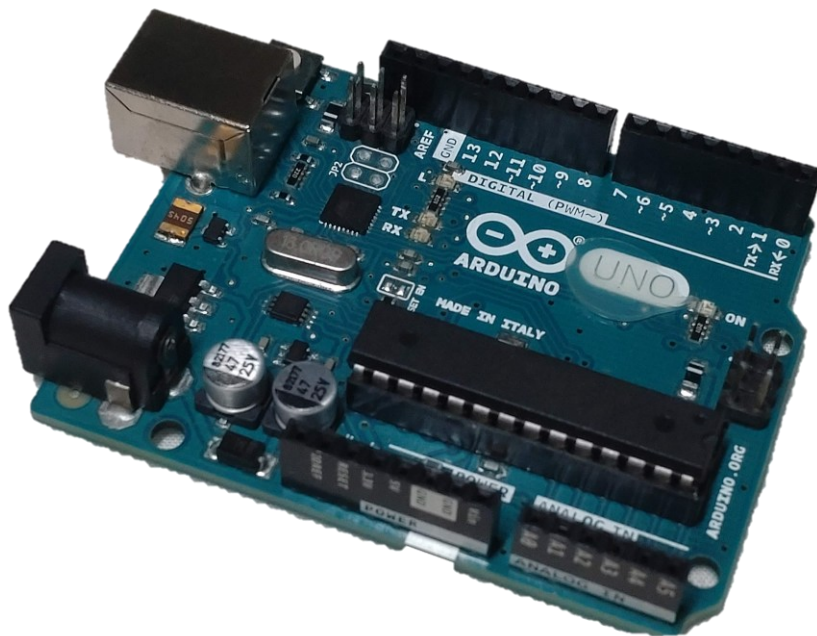
→あまり面白くない...

GPIOが高速なら直接入力してソフトウェア的に処理しても間に合うかな...

→ちょっと面白いかも？

ATmega328!

いちばん基本的な(と思われる)Arduinoである
Arduino UNO R3に搭載されたAVRマイコン



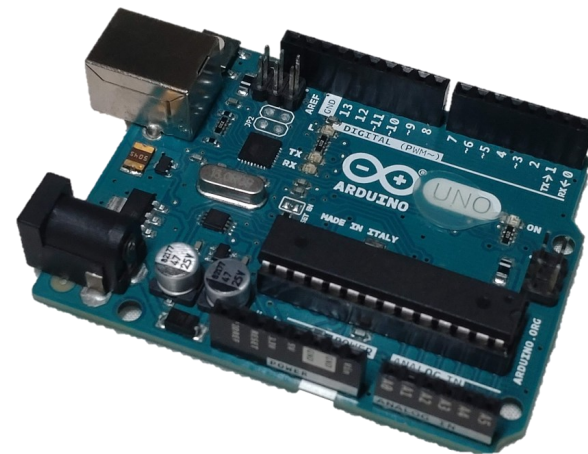
Atmega328!!

バス幅8bit

32KBytes ROM 2KBytes SRAM

GPIO19本

最高20MHz(Arduinoでは16MHz)



Atmega328!!!

バス幅8bit

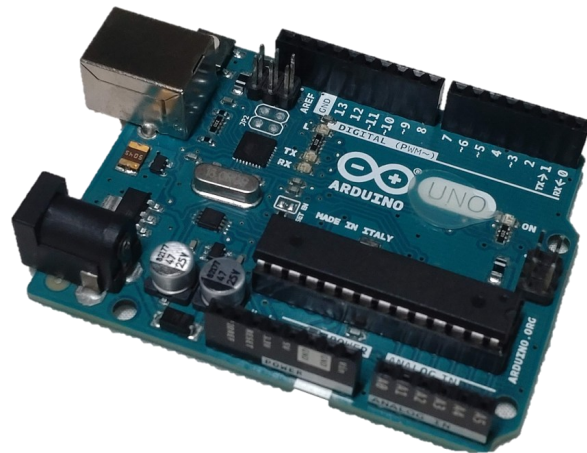
32KBytes ROM 2KBytes SRAM

GPIO19本

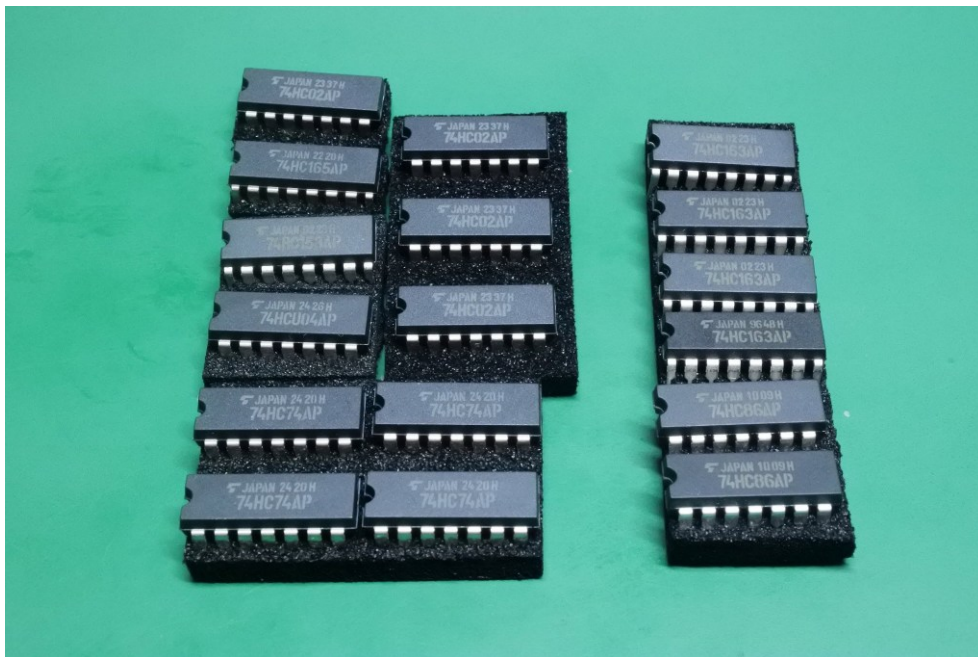
最高20MHz(Arduinoでは16MHz)

→いい感じにデータ整形すれば
SPDIFもギリギリ扱えるのでは!?

→ArduinoでSPDIFが読めたら**絶対面白い**



標準ロジック!

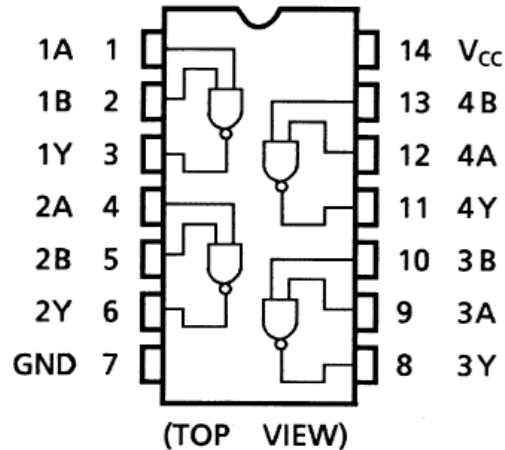


1962年から製造開始

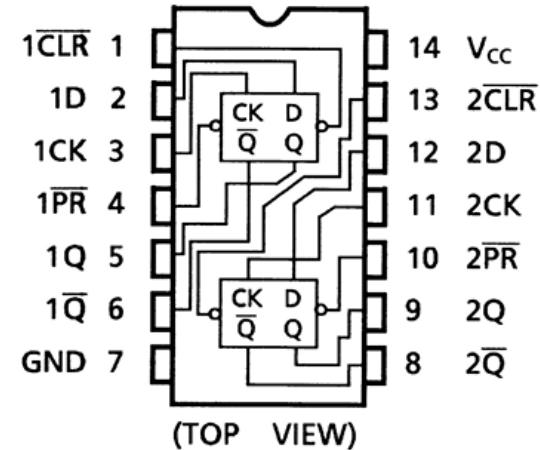
90年ごろからはPLDの普及により需要減少

74HC~~シリーズの場合 $f_{\max} = \text{数十MHz}$

標準ロジック!!



74HC00
(NAND×4)



74HC74
(D-FF×2)

標準ロジック!!!

クロックリカバリして

BMC→NRZ変換して

プリアンプルB検出→シリパラ変換の同期信号に

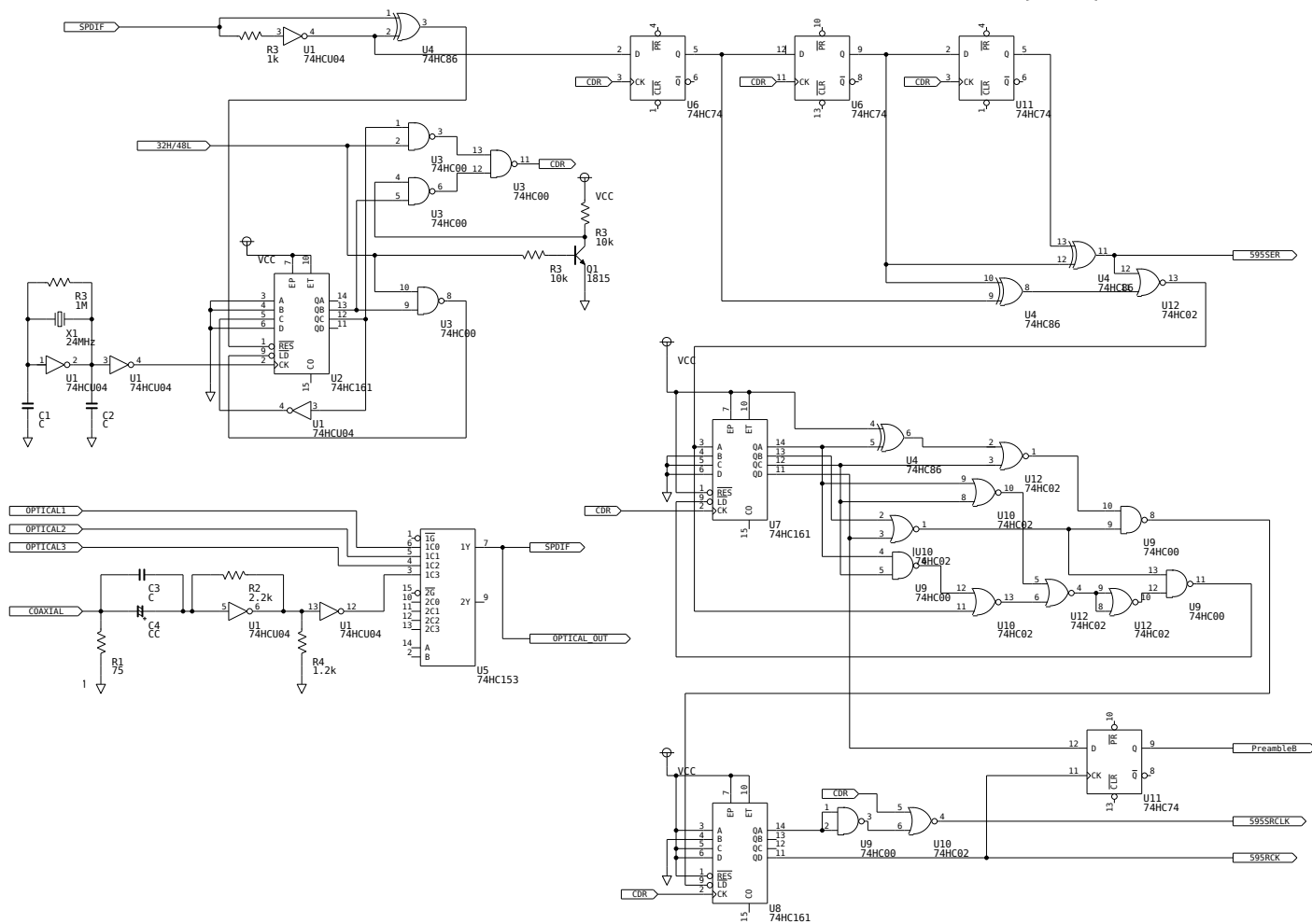
シリパラ変換用のクロック再生成して

シフトレジスタで8bitごとにパラレル出力

これをATmega328で読む!

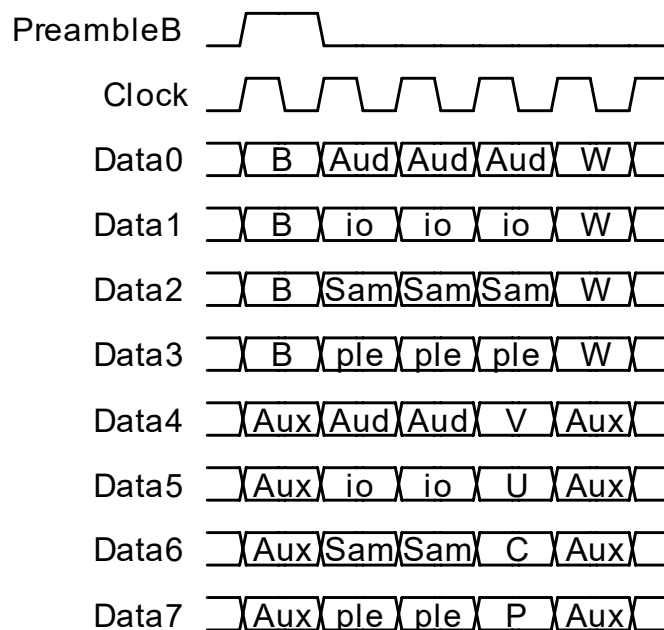
→わざわざ標準ロジック使うのは**絶対面白い**

SPDIF→8bitパラ変換を組む



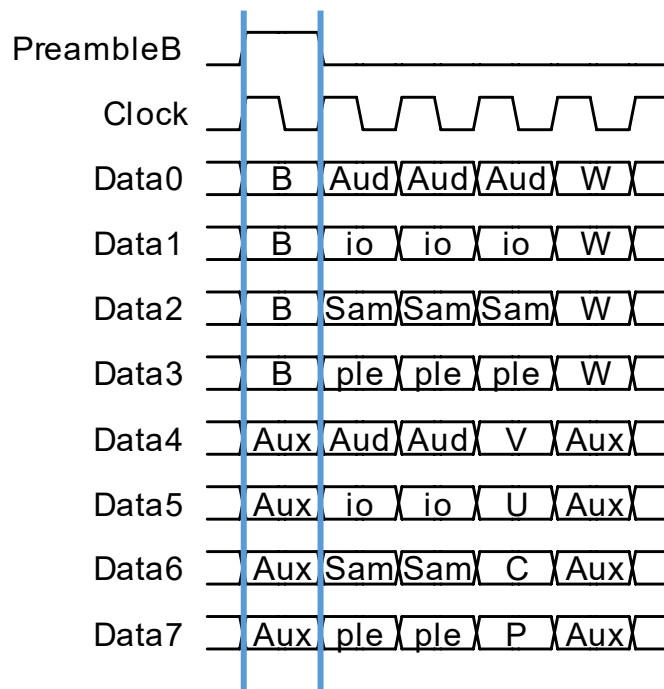
SPDIF→8bit/パラ変換を組む

いかにも古風な8bit/パラレル信号ができるはず



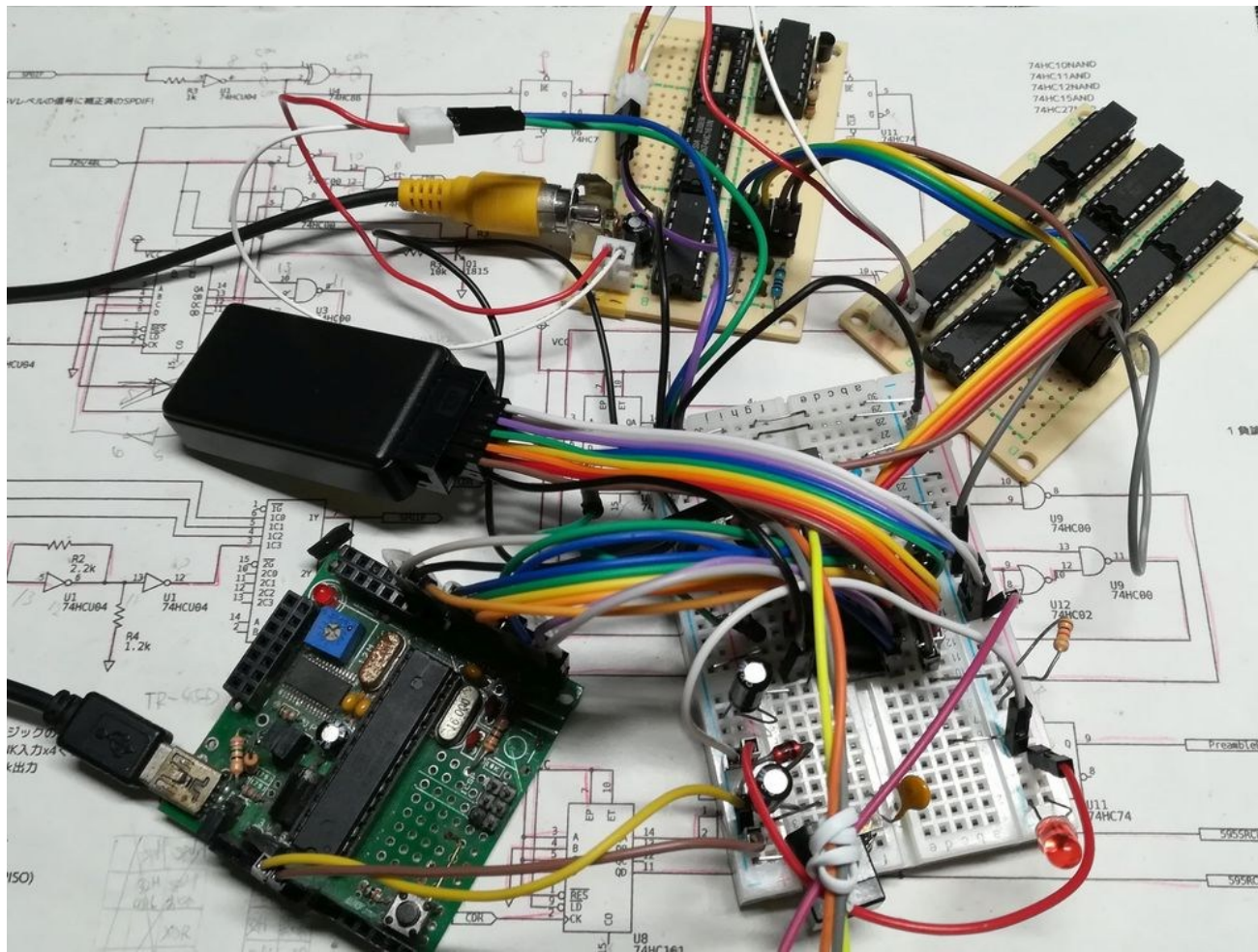
SPDIF→8bit/パラ変換を組む

いかにも古風な8bit/パラレル信号ができるはず



384kHz ($6.144\text{E}6 / (2 \times 8) = 3.84\text{E}5$)

SPDIF→8bitパラ変換を組む



SPDIF→8bit/パラ変換を組む

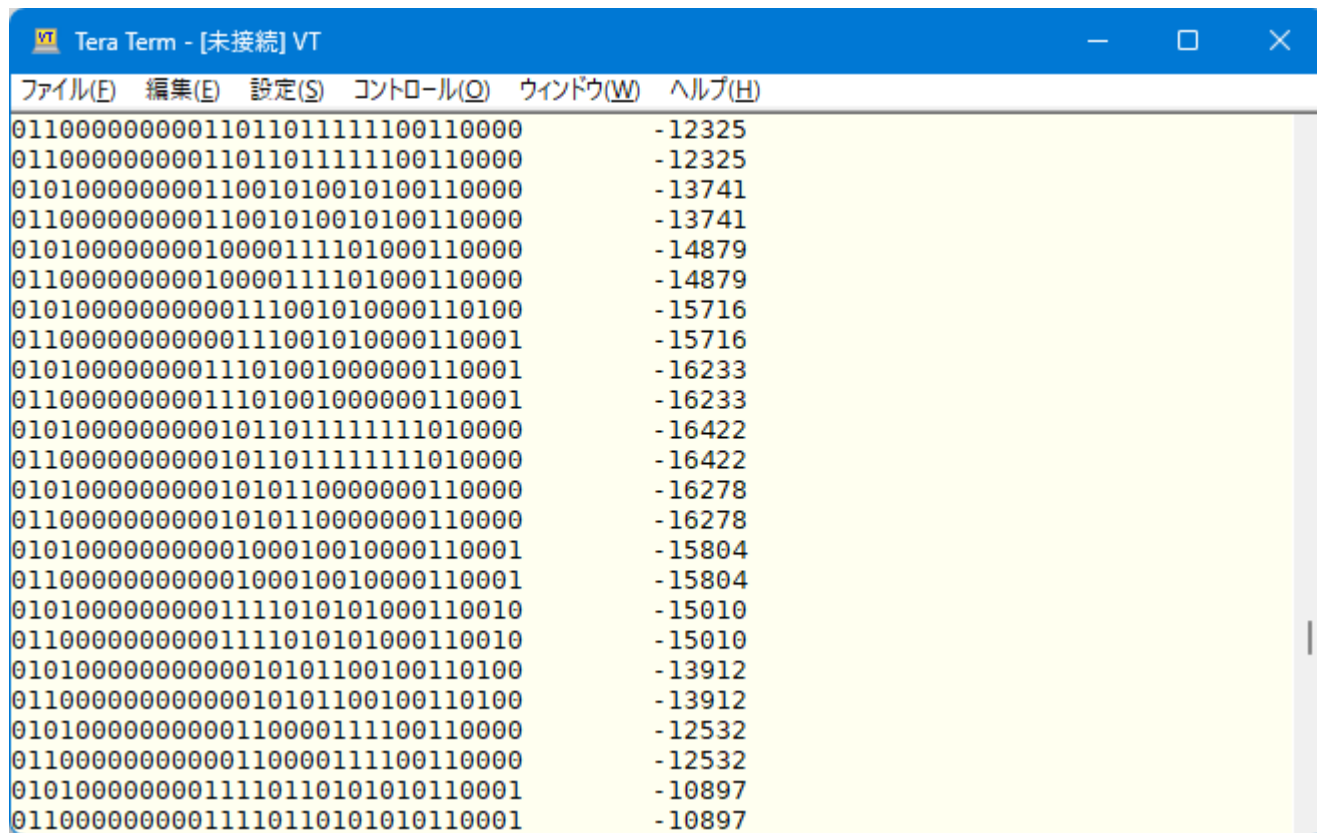
GPIOから読むだけ!

```
unsigned char buffer[1536];  
loop_until_bit_is_set(PINB, PB1);      // プリアンブルBを待つ  
for(int i = 0; i < 1536; i++) {  
    loop_until_bit_is_set(PINB, PB0);  // クロックを待つ...  
    buffer[i] = PIND;                  // 8bit一気に読み込む  
    loop_until_bit_is_clear(PINB, PB0);  
}
```


オーディオデータを見る

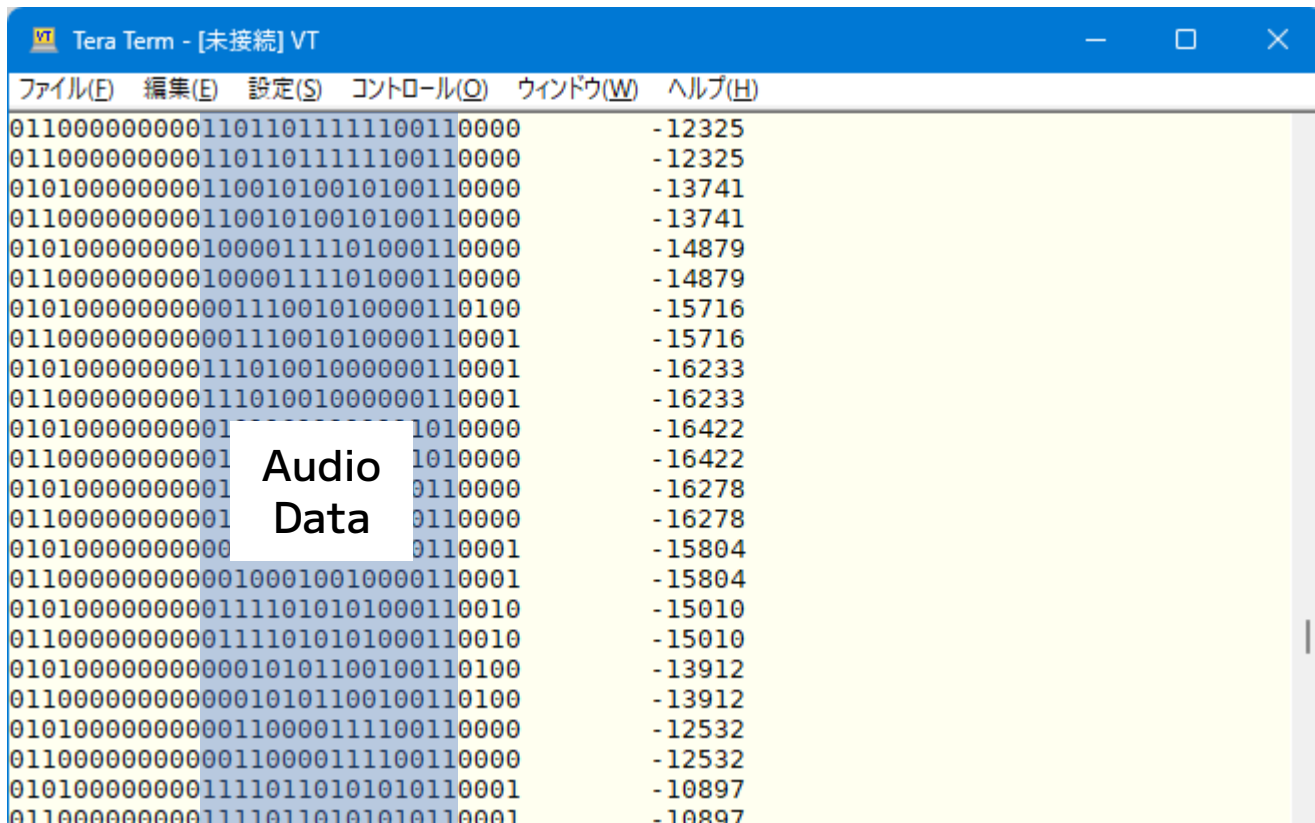


オーディオデータを見る



```
Tera Term - [未接続] VT
ファイル(E) 編集(E) 設定(S) コントロール(O) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)
01100000000011011011111100110000 -12325
01100000000011011011111100110000 -12325
01010000000011001010010100110000 -13741
01100000000011001010010100110000 -13741
01010000000010000111101000110000 -14879
01100000000010000111101000110000 -14879
010100000000000111001010000110100 -15716
011000000000000111001010000110001 -15716
01010000000011101001000000110001 -16233
01100000000011101001000000110001 -16233
01010000000001011011111111010000 -16422
01100000000001011011111111010000 -16422
01010000000001010110000000110000 -16278
01100000000001010110000000110000 -16278
010100000000000100010010000110001 -15804
011000000000000100010010000110001 -15804
01010000000001111010101000110010 -15010
01100000000001111010101000110010 -15010
01010000000000010101100100110100 -13912
01100000000000010101100100110100 -13912
010100000000000110000111100110000 -12532
011000000000000110000111100110000 -12532
01010000000011110110101010110001 -10897
01100000000011110110101010110001 -10897
```

オーディオデータを見る

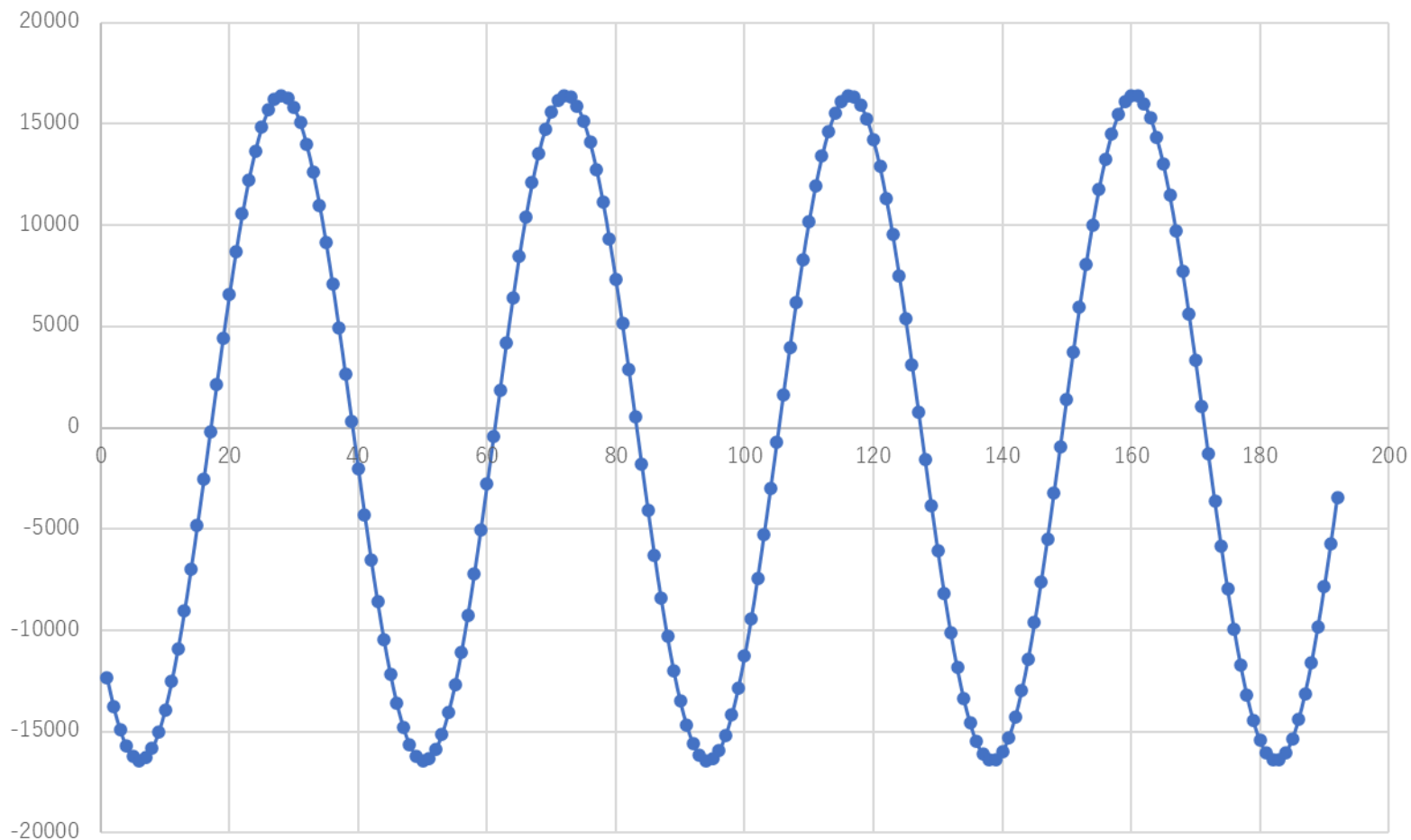


The screenshot shows a Tera Term window titled "Tera Term - [未接続] VT". The menu bar includes "ファイル(F)", "編集(E)", "設定(S)", "コントロール(C)", "ウィンドウ(W)", and "ヘルプ(H)". The main display area shows a list of audio data samples. Each sample is represented by a 32-bit binary string followed by a decimal value. A semi-transparent box labeled "Audio Data" is positioned over the middle of the list. At the bottom, two blue arrows point to the first and last bits of the bottom-most binary string, labeled "LSB" and "MSB" respectively.

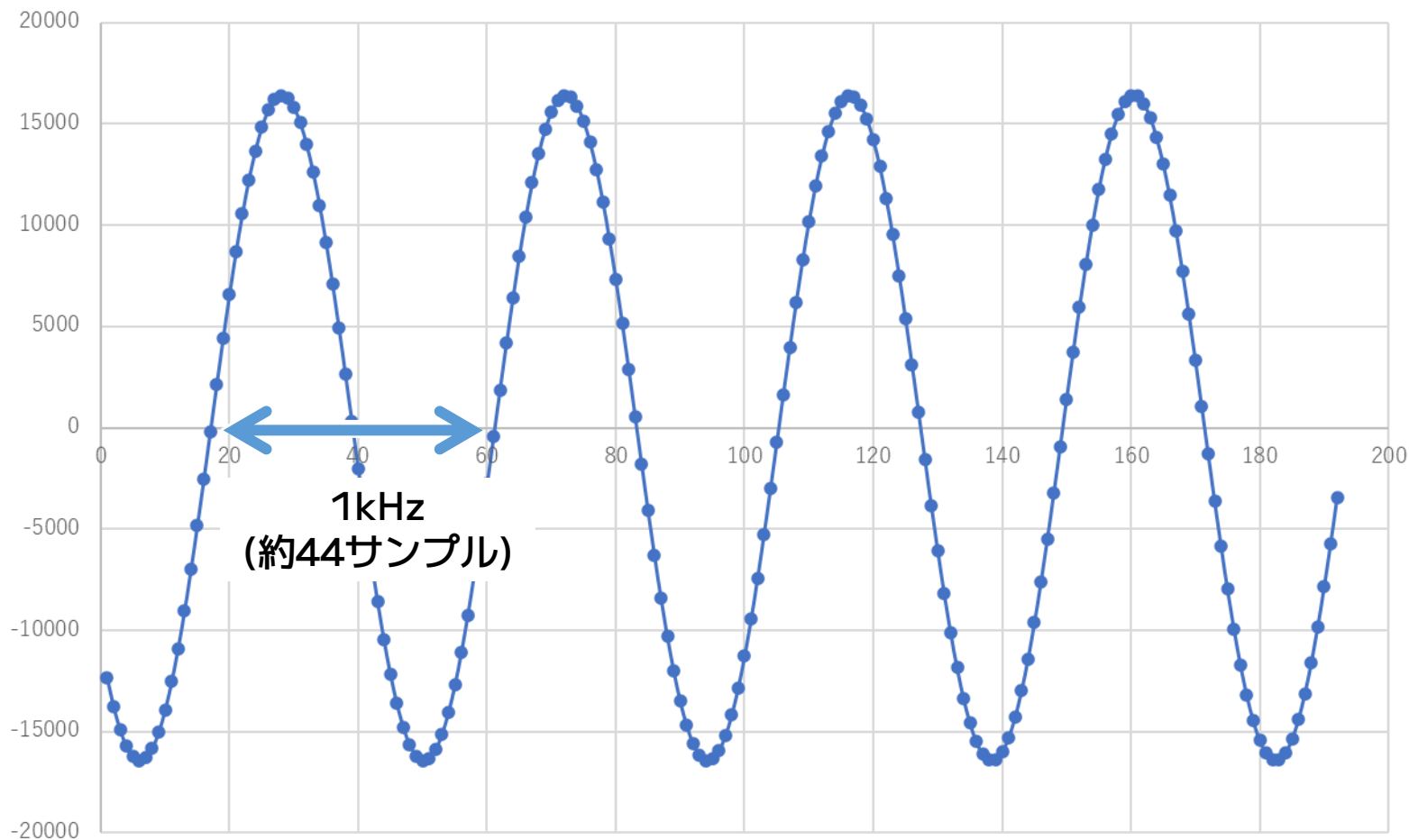
Binary Data	Decimal Value
01100000000011011011111100110000	-12325
01100000000011011011111100110000	-12325
01010000000011001010010100110000	-13741
01100000000011001010010100110000	-13741
01010000000010000111101000110000	-14879
01100000000010000111101000110000	-14879
01010000000000111001010000110100	-15716
01100000000000111001010000110001	-15716
01010000000011101001000000110001	-16233
01100000000011101001000000110001	-16233
010100000000011010000	-16422
011000000000011010000	-16422
010100000000011010000	-16278
011000000000011010000	-16278
0101000000000110001	-15804
01100000000000100010010000110001	-15804
01010000000001111010101000110010	-15010
01100000000001111010101000110010	-15010
01010000000000010101100100110100	-13912
01100000000000010101100100110100	-13912
01010000000000110000111100110000	-12532
01100000000000110000111100110000	-12532
01010000000011110110101010110001	-10897
01100000000011110110101010110001	-10897

LSB MSB

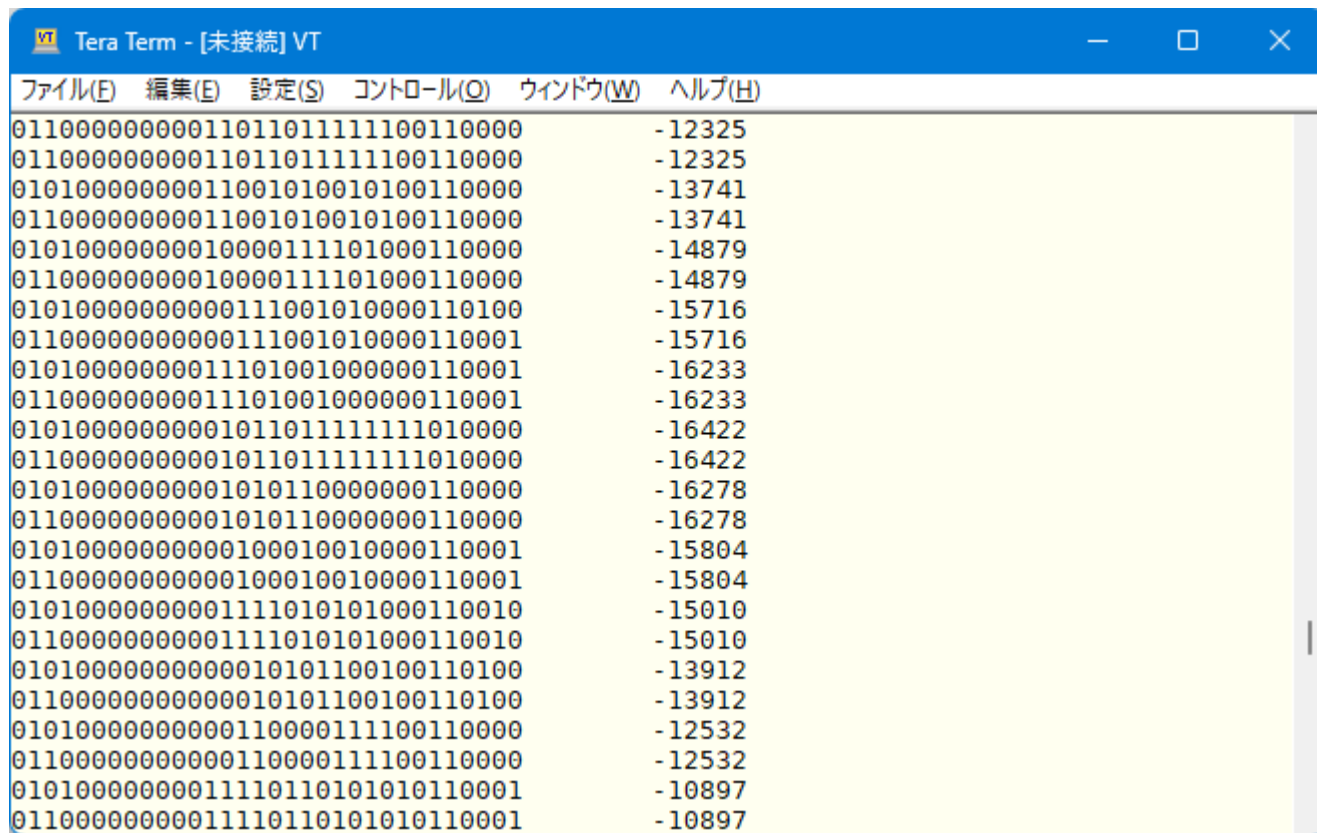
オーディオデータを見る



オーディオデータを見る



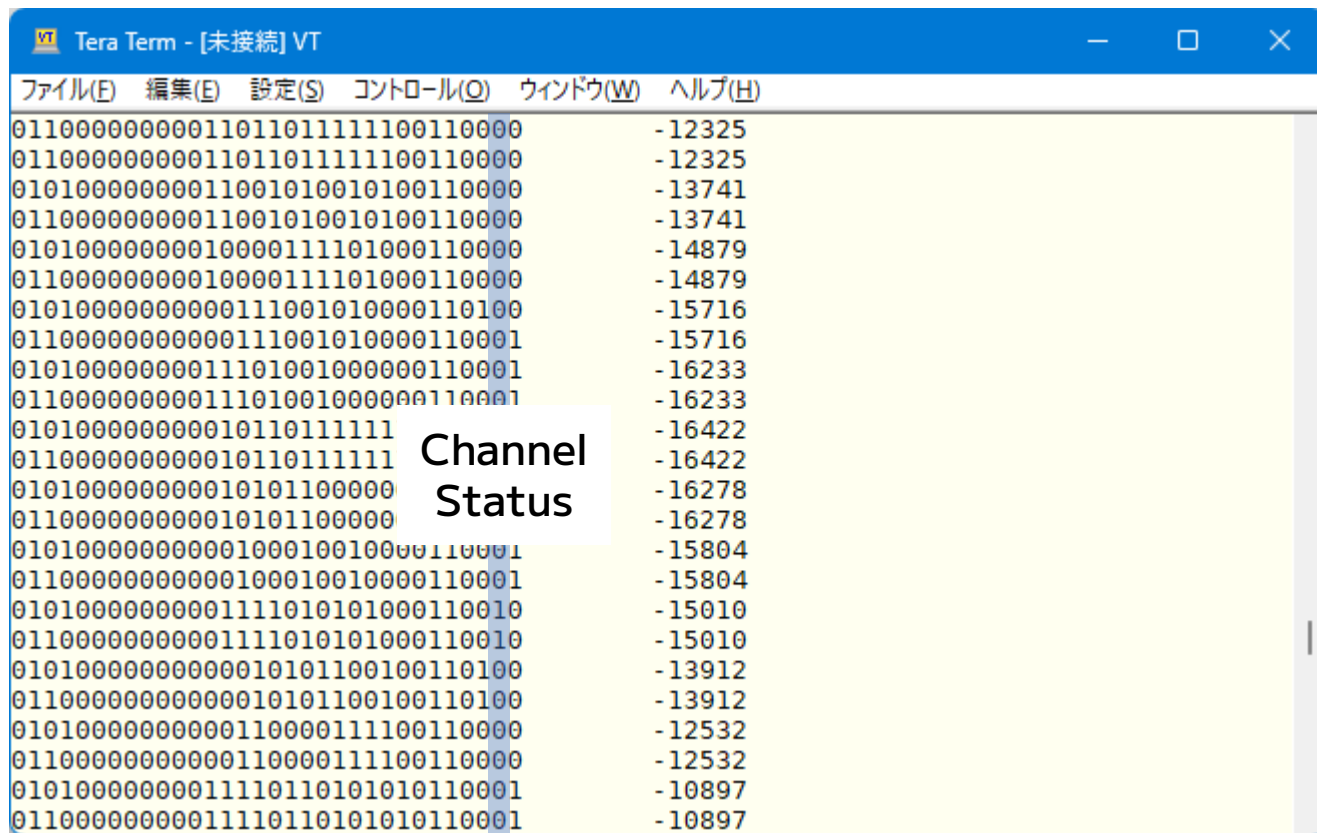
チャンネルステータスを見る



The screenshot shows a Tera Term window titled "Tera Term - [未接続] VT". The menu bar includes "ファイル(F)", "編集(E)", "設定(S)", "コントロール(C)", "ウィンドウ(W)", and "ヘルプ(H)". The main display area contains a list of 30 lines of data, each consisting of a 24-bit binary string followed by a decimal value. The binary strings are grouped into three sets of 10, each set representing a different channel or device. The decimal values are negative integers ranging from -10897 to -12325.

01100000000011011011111100110000	-12325
01100000000011011011111100110000	-12325
01010000000011001010010100110000	-13741
01100000000011001010010100110000	-13741
01010000000010000111101000110000	-14879
01100000000010000111101000110000	-14879
010100000000000111001010000110100	-15716
011000000000000111001010000110001	-15716
01010000000011101001000000110001	-16233
01100000000011101001000000110001	-16233
01010000000001011011111111010000	-16422
01100000000001011011111111010000	-16422
01010000000001010110000000110000	-16278
01100000000001010110000000110000	-16278
010100000000000100010010000110001	-15804
011000000000000100010010000110001	-15804
01010000000001111010101000110010	-15010
01100000000001111010101000110010	-15010
01010000000000010101100100110100	-13912
01100000000000010101100100110100	-13912
010100000000000110000111100110000	-12532
011000000000000110000111100110000	-12532
01010000000011110110101010110001	-10897
01100000000011110110101010110001	-10897

チャンネルステータスを見る



The screenshot shows a Tera Term window titled "Tera Term - [未接続] VT". The menu bar includes "ファイル(F)", "編集(E)", "設定(S)", "コントロール(C)", "ウィンドウ(W)", and "ヘルプ(H)". The main display area contains a list of binary data (01100000000011011011111100110000) and corresponding values (-12325, -12325, -13741, -13741, -14879, -14879, -15716, -15716, -16233, -16233, -16422, -16422, -16278, -16278, -15804, -15804, -15010, -15010, -13912, -13912, -12532, -12532, -10897, -10897). A blue vertical bar highlights the binary data. A white box with the text "Channel Status" is overlaid on the data.

Binary Data	Value
01100000000011011011111100110000	-12325
01100000000011011011111100110000	-12325
01010000000011001010010100110000	-13741
01100000000011001010010100110000	-13741
01010000000010000111101000110000	-14879
01100000000010000111101000110000	-14879
010100000000000111001010000110100	-15716
011000000000000111001010000110001	-15716
01010000000011101001000000110001	-16233
01100000000011101001000000110001	-16233
010100000000010110111111	-16422
011000000000010110111111	-16422
010100000000010101100000	-16278
011000000000010101100000	-16278
010100000000000100010010000110001	-15804
011000000000000100010010000110001	-15804
01010000000001111010101000110010	-15010
01100000000001111010101000110010	-15010
01010000000000010101100100110100	-13912
01100000000000010101100100110100	-13912
010100000000000110000111100110000	-12532
011000000000000110000111100110000	-12532
01010000000011110110101010110001	-10897
01100000000011110110101010110001	-10897

※Channel StatusはAudio Sampleとは違い
各サブフレームのCSを順に並べて初めて1つの情報として扱える

メタデータを見る

00000000100000000000000000000000

メタデータを見る

00000000100000000000000000000000

0: 民生用 (1: 業務用)

0: オーディオデータ

0: 著作権保護あり

00: プリエンファシス無し

0: 2チャンネルオーディオ (1: 4チャンネル)

00: モード0

1000000: IEC 908準拠の光ディスク(CD) (1001001: MD 1010000: シンセサイザ)

0: オリジナルデータ (1: コピーデータ)

0000: ソース番号

0000: チャンネル指定なし

0000: 標本化周波数44.1kHz (0100: 48kHz 1100: 32kHz)

00: クロック精度±1000ppm (10: 50ppm)

メタデータを見る

00000000100000000000000000000000

0: 民生用 (1: 業務用)

0: オーディオデータ

0: 著作権保護あり

00: プリエンファシス無し

0: 2チャンネルオーディオ (1: 4チャンネル)

00: モード0

1000000: IEC 908準拠の光ディスク(CD) (1001001: MD 1010000: シンセサイザ)

0: オリジナルデータ (1: コピーデータ)

0000: ソース番号

0000: チャンネル指定なし

0000: 標本化周波数44.1kHz (0100: 48kHz 1100: 32kHz)

00: クロック精度±1000ppm (10: 50ppm)

メタデータを見る

0000000100000000000000000000

0: 民生用 (1: 業務用)

0: オーディオデータ

0: 著作権保護あり

00: プリエンファシス無し

0: 2チャンネルオーディオ (1: 4チャンネル)

00: モード0

0: オリジナルデータ (1: コピーデータ)

0000:ソース番号

0000: チャンネル指定なし

00: クロック精度 $\pm 1000\text{ppm}$ (10: 50ppm)

メタデータを見る

0000000100000000000000000000

0: 民生用 (1: 業務用)

0: オーディオデータ

0: 著作権保護あり

00: プリエンファシス無し

0: 2チャンネルオーディオ (1: 4チャンネル)

00: モード0

0: オリジナルデータ (1: コピーデータ)

0000:ソース番号

0000: チャンネル指定なし

0000: 標本化周波数44.1kHz (0100: 48kHz 1100: 32kHz)

00: クロック精度 $\pm 1000\text{ppm}$ (10: 50ppm)

メタデータを見る

00000000100000000000000000000000

0: 民生用 (1: 業務用)

0: オーディオデータ

0: 著作権保護あり

00: プリエンファシス無し

0: 2チャンネルオーディオ (1: 4チャンネル)

00: モード0

0: オリジナルデータ (1: コピーデータ)

0000:ソース番号

0000: チャンネル指定なし

0000: 標本化周波数44.1kHz (0100: 48kHz 1100: 32kHz)

00: クロック精度 $\pm 1000\text{ppm}$ (10: 50ppm)

メタデータを見る

00000000100000000000000000000000

0: 民生用 (1: 業務用)

0: オーディオデータ

0: 著作権保護あり

00: プリエンファシス無し

0: 2チャンネルオーディオ (1: 4チャンネル)

00: モード0

0: オリジナルデータ (1: コピーデータ)

0000:ソース番号

0000: チャンネル指定なし

00: クロック精度 $\pm 1000\text{ppm}$ (10: 50ppm)

メタデータを見る

00000000100000000000000000000000

0: 民生用 (1: 業務用)

0: オーディオデータ

0: 著作権保護あり

00: プリエンファシス無し

0: 2チャンネルオーディオ (1: 4チャンネル)

00: モード0

1000000: IEC 908準拠の光ディスク(CD) (1001001: MD 1010000: シンセサイザ)

0: オリジナルデータ (1: コピーデータ)

0000:ソース番号

0000: チャンネル指定なし

0000: 標本化周波数44.1kHz (0100: 48kHz 1100: 32kHz)

00: クロック精度 $\pm 1000\text{ppm}$ (10: 50ppm)

メタデータを見る

00000000100000000000000000000000

0: 民生用 (1: 業務用)

0: オーディオデータ

0: 著作権保護あり

00: プリエンファシス無し

0: 2チャンネルオーディオ (1: 4チャンネル)

00: モード0

1000000: IEC 908準拠の光ディスク(CD) (1001001: MD 1010000: シンセサイザ)

0: **オリジナルデータ** (1: コピーデータ)

0000: ソース番号

0000: チャンネル指定なし

0000: 標本化周波数44.1kHz (0100: 48kHz 1100: 32kHz)

00: クロック精度±1000ppm (10: 50ppm)

メタデータを見る

00000000100000000000000000000000

0: 民生用 (1: 業務用)

0: オーディオデータ

0: 著作権保護あり

00: プリエンファシス無し

0: 2チャンネルオーディオ (1: 4チャンネル)

00: モード0

1000000: IEC 908準拠の光ディスク(CD) (1001001: MD 1010000: シンセサイザ)

0: オリジナルデータ (1: コピーデータ)

0000:ソース番号

0000: チャンネル指定なし

0000: 標本化周波数44.1kHz (0100: 48kHz 1100: 32kHz)

00: クロック精度 $\pm 1000\text{ppm}$ (10: 50ppm)

メタデータを見る

00000000100000000000000000000000

0: 民生用 (1: 業務用)

0: オーディオデータ

0: 著作権保護あり

00: プリエンファシス無し

0: 2チャンネルオーディオ (1: 4チャンネル)

00: モード0

1000000: IEC 908準拠の光ディスク(CD) (1001001: MD 1010000: シンセサイザ)

0: オリジナルデータ (1: コピーデータ)

0000: ソース番号

0000: チャンネル指定なし

0000: 標本化周波数44.1kHz (0100: 48kHz 1100: 32kHz)

00: クロック精度±1000ppm (10: 50ppm)

メタデータを見る

00000000100000000000000000000000

0: 民生用 (1: 業務用)

0: オーディオデータ

0: 著作権保護あり

00: プリエンファシス無し

0: 2チャンネルオーディオ (1: 4チャンネル)

00: モード0

1000000: IEC 908準拠の光ディスク(CD) (1001001: MD 1010000: シンセサイザ)

0: オリジナルデータ (1: コピーデータ)

0000:ソース番号

0000: チャンネル指定なし

0000: 標本化周波数44.1kHz (0100: 48kHz 1100: 32kHz)

00: クロック精度 $\pm 1000\text{ppm}$ (10: 50ppm)

メタデータを見る

00000000100000000000000000000000

0: 民生用 (1: 業務用)

0: オーディオデータ

0: 著作権保護あり

00: プリエンファシス無し

0: 2チャンネルオーディオ (1: 4チャンネル)

00: モード0

1000000: IEC 908準拠の光ディスク(CD) (1001001: MD 1010000: シンセサイザ)

0: オリジナルデータ (1: コピーデータ)

0000:ソース番号

0000: チャンネル指定なし

0000: 標本化周波数44.1kHz (0100: 48kHz 1100: 32kHz)

00: クロック精度 $\pm 1000\text{ppm}$ (10: 50ppm)

まとめ

標準ロジックとATmega328を使ってSPDIFの受信に成功した

Audio SampleとChannel Statusを見た

いろんな機器に接続したいね...

もう1つのメタデータUser Dataも見たいね...