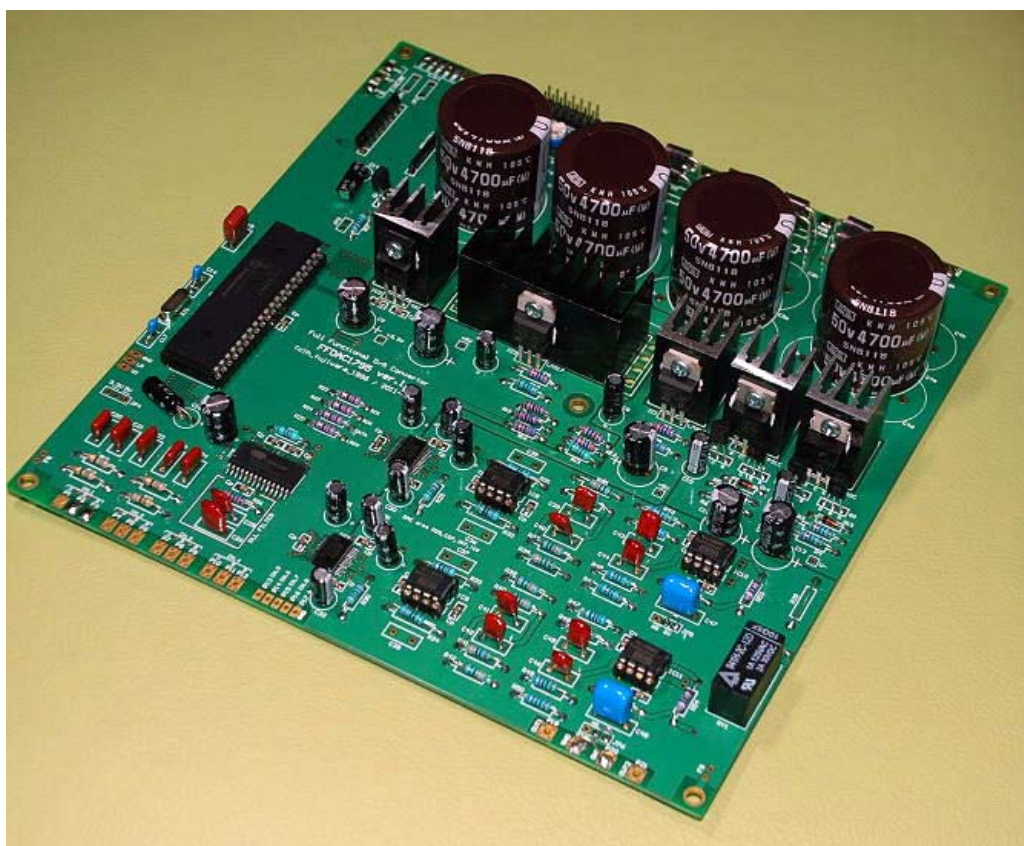


FFDAC1795 PCM1795 フルファンクショナル DAC 製作マニュアル

1. はじめに

この基板はT I社の 32 ビット DAC である PCM1795 をモノラルモードで使用したオーディオ用 DAC になります。PCM1795 はソフトモードでの動作のためマイコンでの制御が必須になりますが、内部に豊富な機能をもっています。この DAC 基板には PIC マイコンを搭載させ、数多くの機能を搭載していろいろと遊べることを目的に作ってみました。電子ボリュームも内蔵しておりますので、アンプに直結も可能でしょう。

動作モードは内部のジャンパーにより 2 種類が選べます。外部スイッチにより入力やフィルターを切り換えるだけのシンプルファンクションモードと、プッシュスイッチにより入力やフィルタだけでなく各種の機能を切り換えることができるフルファンクショナルモードです。どちらのモードでも LCD（液晶表示）が可能ですので、状態の詳細な表示が可能です。



完成例

2. 主な仕様

表 主な仕様

機能	オーディオ用デジタル・アナログコンバータ
使用 DAC	PCM1795(32 ビット) をモノラルモードで使用
出力	オーディオ音声出力 2 Vrms
入力数	最大 4ch (シンプルファンクションモード) 最大 8ch (フルファンクションモード)
対応周波数	32~192kHz(CS8416 に依存)
基板	FR4。寸法：188×188mm。銅箔厚 70um
その他	デジタルフィルタ：Sharp/Slow roll off 切り換え機能有り。 電子ボリューム機能 等

3. 基板端子、コネクタ、ジャンパー機能

(1)基板端子

表 基板端子機能表

No	表示	機能	説明
P1	V	電源出力(*)	Ch.1 同軸信号入力
P2	S	信号入力 (ch.1)	
P3	G	GND	
P4	V	電源出力(*)	Ch.2 同軸信号入力
P5	S	信号入力 (ch.2)	
P6	G	GND	
P7	V	電源出力(*)	Ch.3 同軸信号入力
P8	S	信号入力 (ch.3)	
P9	G	GND	
P10	V	電源出力(*)	Ch.4 同軸信号入力
P11	S	信号入力 (ch.4)	
P12	G	GND	
P13	CH.5	信号入力 (Ch.5)	Ch.5~8 信号入力
P14	CH.5	信号入力 (Ch.6)	
P15	CH.5	信号入力 (Ch.7)	
P16	CH.5	信号入力 (Ch.8)	
P17	GND	信号 GND	
P18	OUT1	音声出力(右)	オーディオ出力
P19	GND	GND	
P20	GND	GND	
P21	OUT2	音声出力(左)	
P22	AC1	トランス入力 1	アナログ (オペアンプ) 回路用 平滑後に 20~25V 程度になること。
P23	CT2	トランス入力(CT)	
P24	AC2	トランス入力 2	
P25	AC3	トランス入力 3	DAC 内アナログ回路用 平滑後に 10~12V 程度になること。
P26	AC4	トランス入力 4	
P27	LED-	LED(K)	パイロットランプ あるいは LCD バックライト
P28	LED+	LED(A)	
P29	AC5	トランス入力 5	デジタル回路用 平滑後に 10~12V 程度になること。
P30	AC6	トランス入力 6	
P31-37	I/O-2	設定 IO-2	「5. 接続」にて接続法を詳述 (動作モードに依存します)
P38-42	I/O-1	設定 IO-1	
P43-45	I/O-3	設定 IO-3	
P46	VO	VR (High 側)	電子ボリューム用
P47	Cent.	VR 中点	
P48	GND	VR (Low 側)	

(*)JP4 により電圧は 3.3V あるいは 5V の変更が可能です。

I/O-2 (フィルター切替え用の I/O)

No	シンプルファンクション時の機能	フルファンクション時の機能
P31	開放 : フィルタを Sharp roll off に設定 GND : フィルタを Slow roll off に設定	未使用
P32-P35	未使用	未使用
P36	GND	
P37	VDD(+5V)	

I/O-1（入力切替用の I/O）

No	シンプルファンクション時の機能	フルファンクション時の機能
P38	GND に接続時は CH.4 を選択	未使用
P39	GND に接続時は CH.3 を選択	表示切替プッシュスイッチを GND 間に接続
P40	GND に接続時は CH.2 を選択	フィルタ切替プッシュスイッチを GND 間に接続
P41	GND に接続時は CH.1 を選択	入力切替プッシュスイッチを GND 間に接続
P42	GND	

I/O-3（電子ボリュームの LED 表示データ出力用）

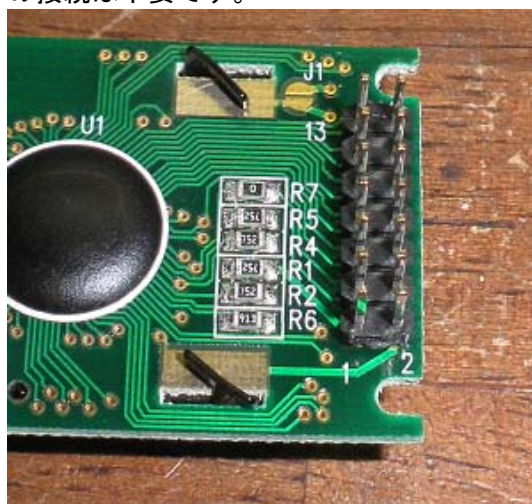
No	シンプルファンクション時の機能	フルファンクション時の機能
P43	GND	
P44	LED 表示コントローラ用のシリアルデータ出力 (JP3 を接続した場合に有効)	
P45	VDD(5V)	

(2)コネクタ

(i)CN1 / LCD 接続用

CN1 は液晶表示器(LCD)との接続用です。秋月電子等で販売されている SC1602 シリーズとの接続を前提としたピン配置になっています。SC1602 と偶数、奇数ピンが反転していますが、これは 14P のフラットケーブルで接続することを考慮しているためです。その理由は次図を参考にしてください。

フラットケーブルでなくバラ線で接続してもかまいません。この場合、CN1 と LCD 間の Pin7~10 の接続は不要です。



LCD にこのようにピンを実装した場合
左下が 1 番ピンになる。



コネクタの 1 番ピンは LCD の 2 番ピンとなるため
偶数ピンと奇数ピンの入れ替えが必要になる。

また LCD に供給する電源電圧については JP5,6 により設定します。通常は JP5,6 ととも A 側(SC1602)を選択します。B 側(SC2004 側)を選択することにより SC2004(20×4 表示)との接続も可能ですが、推奨はしません（うまく表示できない可能性がある）。

下図に CN1 のピン配置と参考に SC1602 のピン配置を示します。

CN ピン配置(*)

VSS	1	2	VDD
RS	3	4	Vo
E	5	6	R/W
GND	7	8	GND
GND	9	10	GND
DB5	11	12	DB4
DB7	13	14	DB6

(参考) SC1602 ピン配置

VDD	1	2	VSS
Vo	3	4	RS
R/W	5	6	E
DB0	7	8	DB1
DB2	9	10	DB3
DB4	11	12	DB5
DB6	13	14	DB7

(*)JP5,6 を A 側(SC1602) とした場合。

(3)ジャンパー JP1～8 の機能

(注) ver1 基板のシルク印刷では JP5,6 のだぶりがあります。C47,C48 の隣にあるジャンパーJP5,6 をそれぞれ JP7,8 と読み替えてください。

(i)JP1

DAC の動作モードを設定します。JP1 の状態は電源投入時に識別しますので、電源投入後に変更しても動作モードは変わりません。

表 JP1 の設定

開放	シンプルファンクションモードで動作
接続	フルファンクションモードで動作

(ii)JP2

使用しません。開放のままにしてください。

(iii)JP3

I/O3(P44)を使用して LED 表示コントローラ（電子ボリューム用）を接続する場合に JP3 は接続します。

(iv)JP4

P1,4,7,10 に供給する電圧を設定します。使用する光モジュールにあわせて選択ください。光モジュールを使用しない場合は未接続でもかまいません。

表 JP4 の設定

3.3V	P1,4,7,10 を 3.3V に設定
5V	P1,4,7,10 を 5V に設定

(v)JP5,6

CN1 の電源電圧を設定します。通常は A 側にしてください。

表 JP5,6 の設定

	CN1-Pin1	CN2-Pin2
A 側(SC1602)	GND	Vcc(5V)
B 側 (SC2004)	Vcc(5V)	GND

(vi)JP7,8

オーディオ出力回路部のサーボ回路（オフセットキャンセル）を機能させるかどうかを選択します。かならずどちらかを選択ください。

表 JP7,8 の設定

設定	機能
NS	サーボ回路を機能させない。
SV	サーボ回路を機能させる。

4. 部品表例

図. 部品表例

部品名	No	規格	仕様	個数	備考
抵抗	R1, 2	炭素皮膜皮膜 (1/4W)	1.5k Ω	2	LCD バックライト用
	R3	金属皮膜 (1/4W)	330 Ω	1	
	R4	金属皮膜 (1/4W)	200 Ω	1	
	R5	金属皮膜 (1/4W)	330 Ω	1	
	R6	金属皮膜 (1/4W)	200 Ω	1	
	R7	金属皮膜 (1/4W)	120 Ω	1	5V 設定
	R8	金属皮膜 (1/4W)	360 Ω	1	5V 設定
	R9	金属皮膜 (1/4W)	120 Ω	1	5V 設定
	R10	金属皮膜 (1/4W)	360 Ω	1	5V 設定
	R11, 12	金属皮膜 (1/4W)	36k Ω	2	
	R13	金属皮膜 (1/4W)	47k Ω	1	
	R14, 15	金属皮膜 (1/4W)	12k Ω	2	
	R16	金属皮膜 (1/4W)	6.8k Ω	1	
	R17	金属皮膜 (1/4W)	2k Ω	1	
	R18-21	金属皮膜 (1/4W)	75 Ω	4	
	R22-25	金属皮膜 (1/4W)	22 Ω	4	
	R26	金属皮膜 (1/4W)	3k Ω	1	
	R27	金属皮膜 (1/4W)	47k Ω	1	
	R28	金属皮膜 (1/4W)	ジャンパー	1	RA40-144 トランス接続 12V リレー : ジャンパー 9V リレー : 51 Ω
	R29, 30	金属皮膜 (1/4W)	10k Ω	2	
	R31-34	金属皮膜 (1/4W)	390 Ω	4	IV 抵抗
	R35-42	金属皮膜 (1/4W)	330 Ω	8	
	R43-50	金属皮膜 (1/4W)	620 Ω	8	
	R51, 52	金属皮膜 (1/4W)	200k Ω	2	
	R53, 54	金属皮膜 (1/4W)	100 Ω	2	出力保護用
集合抵抗	AR1, 2	8 素子	22~47k Ω	2	プルアップ用
半固定抵抗	VR1	1 回転サーメット	10k Ω	1	LCD コントラスト調整
コンデンサ	C1	電解コンデンサ	2200uF 以上	1or2	耐圧 25V 以上
	C2	電解コンデンサ	2200uF 以上	1or2	耐圧 25V 以上
	C3, 4	電解コンデンサ	1000uF 以上	2~8	耐圧 35V 以上
	C5, 6	電解コンデンサ	470uF/16V	2	
	C7, 8	電解コンデンサ	47uF/16V	2	
	C10, 11	電解コンデンサ	47uF/25V	2	
	C12, 13	電解コンデンサ	220uF/25V	2	
	C14	電解コンデンサ	100uF/16V	1	
	C15	フィルムコンデンサ	0.1uF	1	
	C16, 17	セラミック/フィルム	22pF	2	
	C18, 19	電解コンデンサ	47uF/16V	2	
	C20-24	フィルムコンデンサ	0.01uF	5	
	C25	フィルムコンデンサ	1000pF	1	
	C26	フィルムコンデンサ	0.022uF	1	
	C27-34	電解コンデンサ	47uF/16V	8	
	C35-38	フィルムコンデンサ	1000pF	4	OP アンプによっては 無くても可

図. 部品表例 (つづき)

部品名	No	規格	仕様	個数	備考
	C39-42	フィルムコンデンサ	6800pF	4	
	C43-46	フィルムコンデンサ	2200pF	4	
	C47, 48	フィルムコンデンサ	1uF	2	
	Cp	チップセラミック	0.1uF	22	
	Cb	チップセラミック	なくてもよい	1	10uF 程度推奨
ダイオード	D1-D12	シリコン整流器	1N4001 など	12	100V1A 以上
	D13, 14	ツェナー	16V	2	15~17V 程度
	D15	小信号 SW 用	1S1588 相当	1	リレーの逆電圧吸収用
トランジスタ	Q1	電力 PNP	TIP32C など	1	100V2A 以上 (TO-220)
	Q2	電力 NPN	TIP31C など	1	100V2A 以上 (TO-220)
	Q3	小信号 N-FET	2SK30A など	1	定電流用 (Y, GR ランク)
	Q4	小信号 PNP	2SA1015 など	1	
	Q5	小信号 N-FET	2SK30A など	1	定電流用 (Y, GR ランク)
	Q6	小信号 NPN	2SC1815 など	1	
	Q7	小信号 NPN	2SC1815 など	1	リレー制御用
IC	IC1, 2	電圧レギュレータ	LM317	2	
	IC3	電圧レギュレータ	48033 など	1	3.3V 用 (78N と同じ配列)
	IC4	制御マイコン	PIC16F887	1	
	IC5	DAI	CS8416	1	
	IC6, 7	DAC	PCM1795	2	
	IC8-11	2 回路オペアンプ	OPA2134 など	4	
リレー	RY1	9V あるいは 12V リレー	941H-2C-12D	1	その他 941H-2C-9D など 秋月電子 @100 円
水晶発振子	XT1	H C - 4 9 / S 型	20.000MHz	1	

5. 接続

(1)電源 (トランス) との接続

右図に RA40-144 トランスとの接続法を示します。他のトランスでも結構です。なお基板上に Orange, Red のシルクは反対になっています。

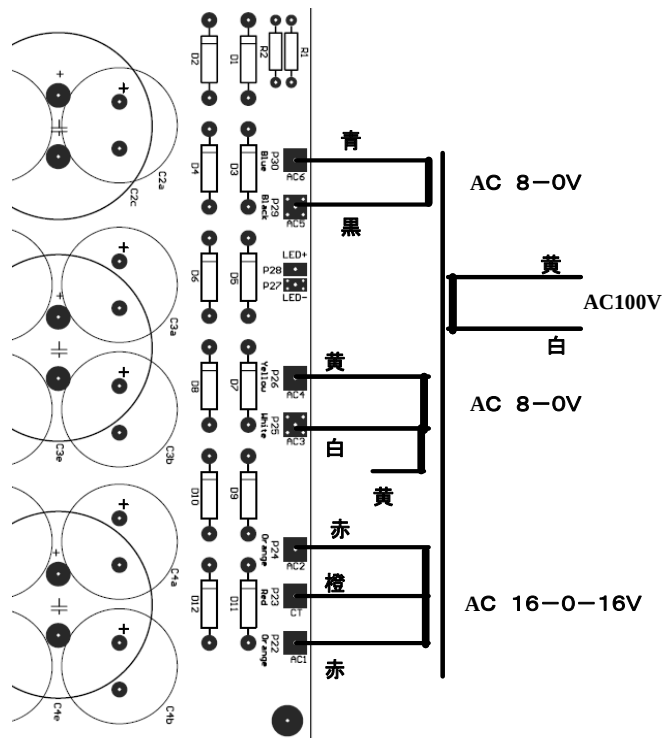
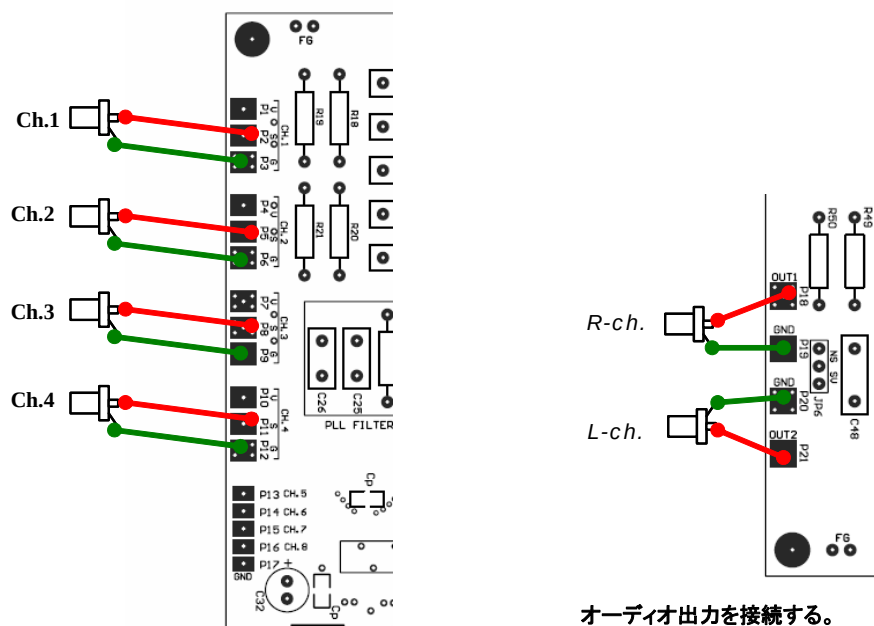


図 RA40-144 トランスとの接続。

(2)入出力との接続

下記を参照にして接続します。入力に光モジュールを使用する場合は相当するチャンネルの終端抵抗値を75Ωから47kΩに変更ください（CH1:R18,CH2:R19,CH3:R20,CH4:R21）。



同軸入力を接続する。

オーディオ出力を接続する。

図 入出力の接続

(3)操作スイッチ類

- ・電子ボリューム： 使用しない場合はP46,47 短絡させて減衰量を0dBとしておいてください。
- ・LCD（液晶表示器）： CN1とSC1602の間を14Pフラットケーブルで接続します。接続における注意点は3.(2)(i)を参照ください。なおLCDはシンプルファンクションモードでは必須ではありません。

切替えスイッチについては動作モードにより接続方法が異なります。FFDAC1795では動作モードが2通りあり、JP1の接続の有無で変更できます。下記に各動作モードにでのスイッチの接続方法を説明します。

(i)シンプルファンクションモードで使用する場合（JP1を開放）

入力の切り替えは4接点のロータリースwitchで行います。フィルターの切り替えは2Pのトグルスイッチで行います。

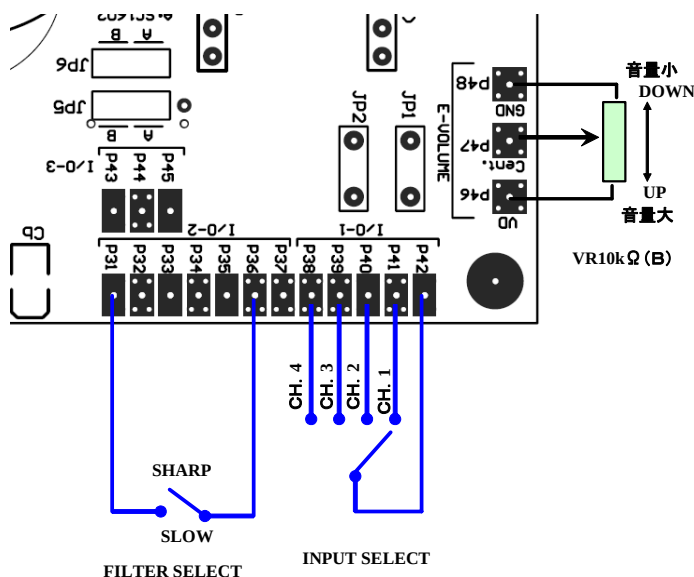


図 シンプルファンクションモードでの操作スイッチ類の接続

(ii)フルファンクションモードで使用する場合（J P 1 を接続）

すべての機能は2個あるいは3個のプッシュスイッチで切り替えを行います。表示切替用のプッシュスイッチは必須ではありません。入力切替およびフィルタ切替スイッチはかならずつけてください。また機能表示のためのLCDは必須です（なくても動作しますが、動作の状態がわかりません）。

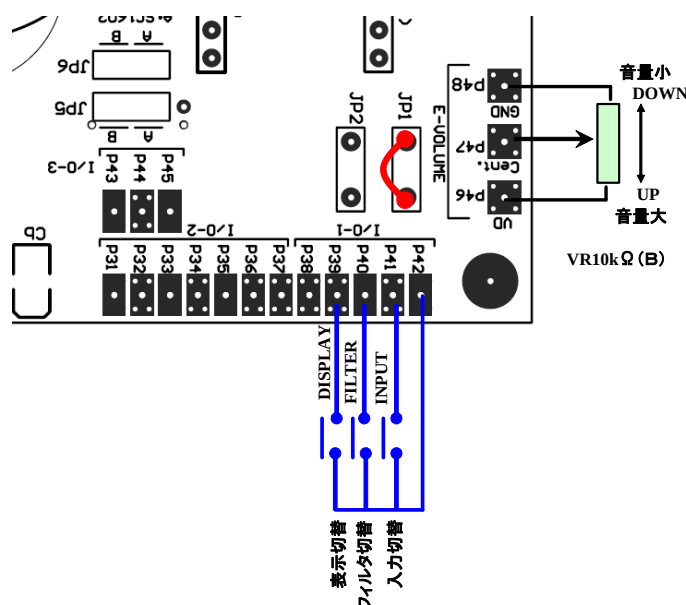


図 フルファンクションモードでの操作スイッチ類の接続

6. 操作方法

(1) シンプルファンクションモード

入力切り替えのロータリースwitchにて入力の選択を行い、フィルタ切り替えのトグルスイッチで

フィルターの切り替えを行います。LCD は必須ではありませんが、取り付けた場合は基本表示のみとなり、右図の表示内容になります。

入力チャンネルの
周波数32～192kHz。
未入力時などはUNLOCK



デジタルフィルタ 電子ボリュームによる減衰量

(2) フルファンクションモード

(a) 基本操作

- ・入力切り替えプッシュスイッチによる入力チャンネルを選択します。
- ・フィルター切り替えスイッチによりフィルタの Sharp Roll Off と Slow Roll Off を切り替えます。
- ・表示切替スイッチにより状態表示を切り替えます。

基本表示 → 電源表示 → CS8416 入力状態 1 → CS8416 入力状態 2 → 基本表示の順番で切り替わります。

※上記の表示状態において入力切替え、フィルタ切替えスイッチは有効に作用します。表示内容については(c)にて説明します。

図 LCD の基本表示（シンプルファンクションモード）

(b) メニューモード

「基本表示」の状態において、フィルタ切り替えスイッチを長押しするとメニューモードになり、機能の設定が可能になります。メニューは10項目あり、フィルター切り替えスイッチで項目の切り替え（順送り）、入力切替えスイッチにて機能選択を行います。メニュー項目は順番に切替わり、最後の10項目を終了すると、基本表示に切替わります。

表 メニューモードでの設定項目と機能

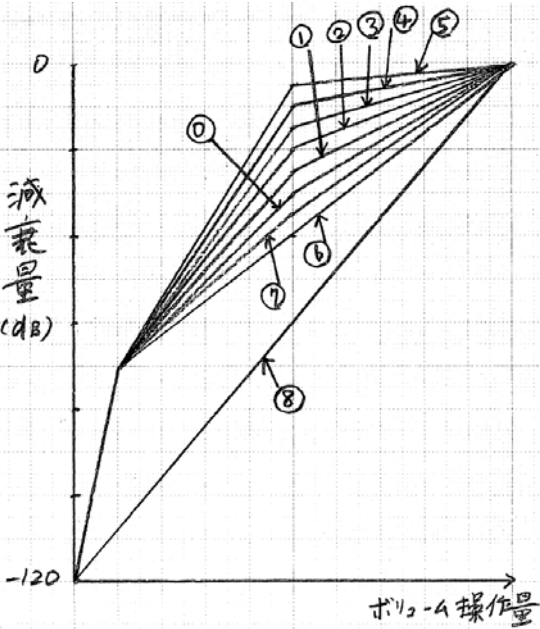
No	項目	機能	説明
1	N of inputs	1～8 で選択	使用する入力チャンネル数を設定します。設定値は1～8の範囲です。たとえば4に設定すれば入力スイッチを押せば1→2→3→4→1→2 と切り替わります。
2	ATT Curve	0～8 で選択	電子ボリュームのつまみ位置に対する減衰の曲線を指定します。減衰曲線の中から好みに応じて選択します。 
3	Out Phase	NOR,REV	NOR: オーディオ出力の出力位相は通常 REV: オーディオ出力の出力位相を反転
4	Output LR	NOR,REV	NOR: オーディオ出力の左右は通常 REV: オーディオ出力の左右を反転
5	OVS Rate	32fs,64fs,128fs	PCM1795 内部でのオーバーサンプリングレートを指定します。既定値は 64fs です。
6	DEMP rate	OFF,48kHz,44kHz,32kHz	DeEmphasis 時の周波数を設定します。 (通常はOFF)
7	DEMP flag	OFF,ON,AUTO,A32,A44,A48	OFF:DeEmphasis は OFF にします。 ON:DeEmphasis は ON にします。 AUTO:CS8416 の DeEmphasis 受信に応じて自動的に ON/OFF を切り替えます。 A32:CS8416 の DeEmphasis 受信時に周波数を 32kHz に設定して ON します。 A44:CS8416 の DeEmphasis 受信時に周波数を 44.1kHz に設定して ON します。 A48:CS8416 の DeEmphasis 受信時に周波数を 48kHz に設定して ON します。 (通常はOFF)
8	R-Error	Mute,No Chg,Hold	CS8416の受信エラー時のデータの取り扱いを設定します。 Mute:MUTE 状態にする。 No Chg:変更しない。 Hold:前回の値を保持する。 (通常はHOLD)

表 メニューモードでの設定項目と機能（つづき）

No	項目	機能	説明
9	RMCKF	128fs,256fs	PCM1795 のマスタークロックを設定します。
10	PDUR	NORMAL,HIGH	CS8416 の PLL の位相検出器の動作モードです。 通常は NORMAL。 (*)を参照ください。

(*)PDUR の説明

PDUR – Changes the type of phase detector used to lock to the active RXP[7:0] input. This bit should only be set if the sample rate range is between 32 kHz and 108 kHz. If the sample rate is outside of this range and the PDUR bit is set, loss of lock may occur.

Default = '0'

0 – Normal Update Rate Phase Detector - Recovered master clock (RMCK) will have low wide-band jitter, but increased in-band jitter.

1 – Higher Update Rate Phase Detector - Recovered master clock (RMCK) will have low in-band jitter, but increased wide-band jitter. Use this setting for the best performance when the output is connected to a delta-sigma digital-to-analog converter (DAC).

（c）表示内容

フルファンクションモードでは表示切替えスイッチにより下記の表示内容で切り替わります。

(i)基本表示

これはシンプルファンクションモードと同じです。なお電源投入後はこの表示画面になります。

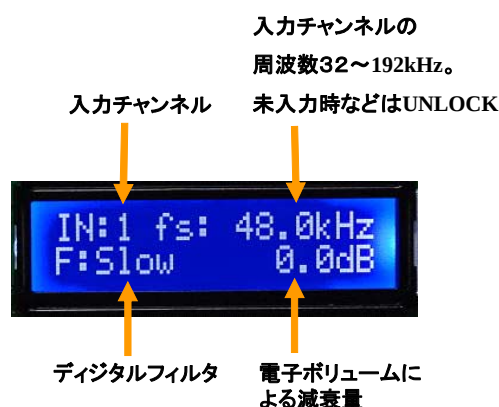


図 基本表示

(ii)電圧表示

定電圧回路前の整流直後の電圧をモニターしています。表示の単位は（V）です。

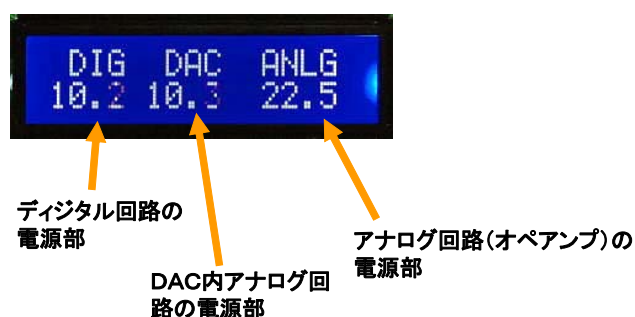


図 電圧表示

(iii)CS8416 入力状態 1

これは CS8416 の内部レジスタの Receiver Channel Status と Format Detect Status を読み出して表示しています。詳細は CS8416 のデータシートを参照ください。

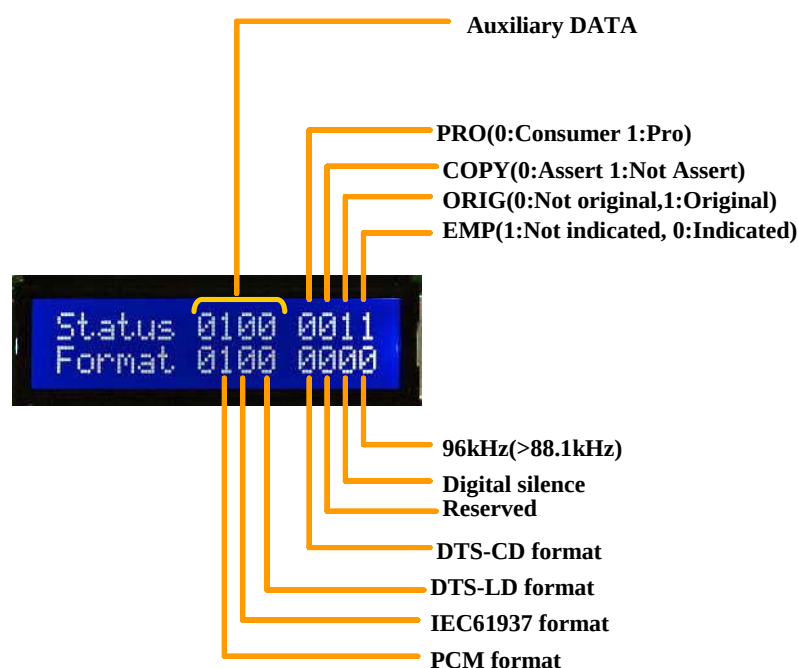


図 CS8416 入力状態 1

表示内容の説明 (CS8416 マニュアルより抜粋)

AUX3:0 - Incoming auxiliary data field width, as indicated by the incoming channel status bits, decoded according to IEC60958 and AES3.

0000 - Auxiliary data is not present.
0001 - Auxiliary data is 1 bit long.
0010 - Auxiliary data is 2 bits long.
0011 - Auxiliary data is 3 bits long.
0100 - Auxiliary data is 4 bits long.
0101 - Auxiliary data is 5 bits long.
0110 - Auxiliary data is 6 bits long.
0111 - Auxiliary data is 7 bits long.
1000 - Auxiliary data is 8 bits long.
1001 - 1111 Reserved

PRO - Channel status block format indicator

0 - Received channel status block is in the consumer format.
1 - Received channel status block is in the professional format.

COPY - SCMS copyright indicator

0 - Copyright asserted.
1 - Copyright not asserted. If the category code is set to General in the incoming AES3 stream, copyright will always be indicated by COPY, even when the stream indicates no copyright.

ORIG - SCMS generation indicator, decoded from the category code and the L bit.

0 - Received data is 1st generation or higher.
1 - Received data is original.

Note: **COPY** and **ORIG** will both be set to 1 if incoming data is flagged as professional or if the receiver is not in use.

EMPH - Indicates whether the input audio data has been pre-emphasized. Also indicates turning on of the de-emphasis filter during de-emphasis auto-select mode.

0 - 50 μ s/15 μ s pre-emphasis indicated.
1 - 50 μ s/15 μ s pre-emphasis not indicated.

PCM – Uncompressed PCM data was detected.

IEC61937 – IEC61937 data was detected.

DTS_LD – DTS_LD data was detected.

DTS_CD – DTS_CD data was detected.

Reserved – This bit may change state depending on the input audio data.

DGTL_SIL – Digital Silence was detected: at least 2047 consecutive constant samples of the same 24-bit audio data on both channels.

96KHZ – If the input sample rate is ≤ 48 kHz, outputs a “0”. Outputs a “1” if the sample rate is ≥ 88.1 kHz. Otherwise the output is indeterminate.

(iv)CS8416 入力状態 2

これは CS8416 の内部レジスタの Receiver Error を読み出して表示しています。

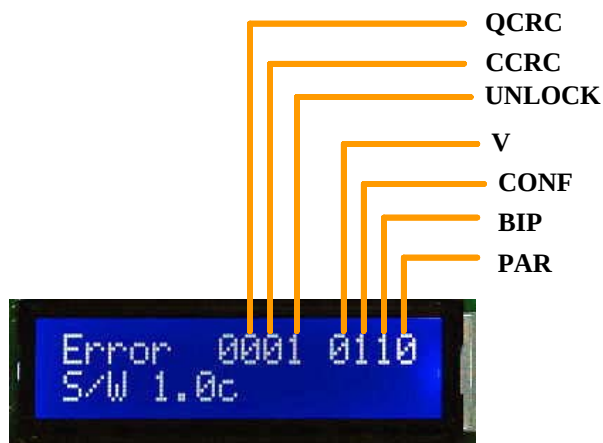


図 CS8416 入力状態 2

(表示内容の説明：CS8416 マニュアルより抜粋)

QCRC - Q-subcode data CRC error indicator. Updated on Q-subcode block boundaries

0 - No error.
1 - Error.

CCRC - Channel Status Block Cyclic Redundancy Check bit. Updated on CS block boundaries, valid in Pro mode

0 - No error.
1 - Error.

UNLOCK - PLL lock status bit. Updated on CS block boundaries.

0 - PLL locked.
1 - PLL out of lock.

V - Received AES3 Validity bit status. Updated on sub-frame boundaries.

0 - Data is valid and is normally linear coded PCM audio.
1 - Data is invalid, or may be valid compressed audio.

CONF - Confidence bit. Updated on sub-frame boundaries.

0 - No error.
1 - Confidence error. The logical OR of UNLOCK and BIP. The input data stream may be near error condition due to jitter degradation.

BIP - Bi-phase error bit. Updated on sub-frame boundaries.

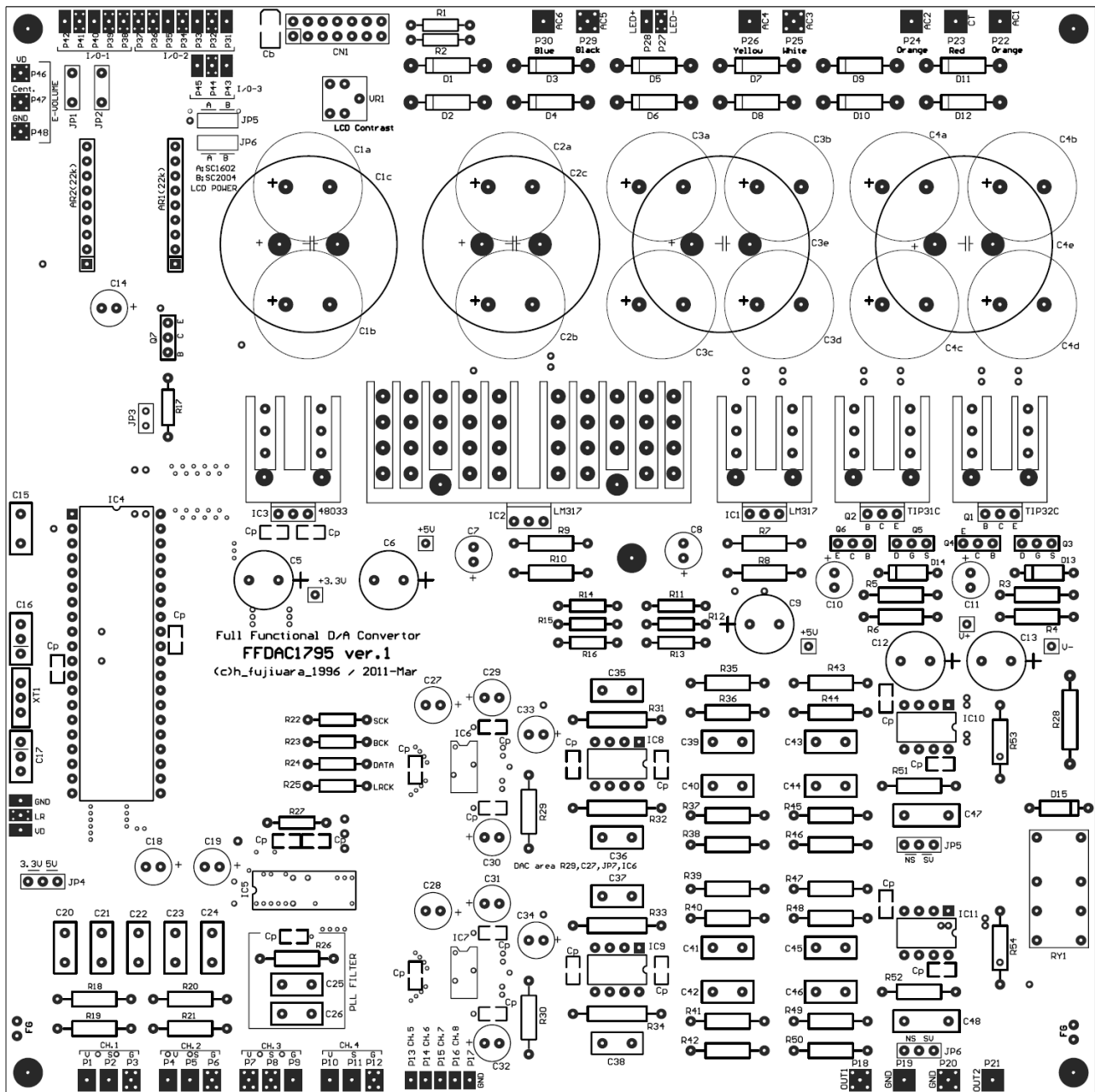
0 - No error.
1 - Bi-phase error. This indicates an error in the received bi-phase coding.

PAR - Parity bit. Updated on sub-frame boundaries.

0 - No error.
1 - Parity error.

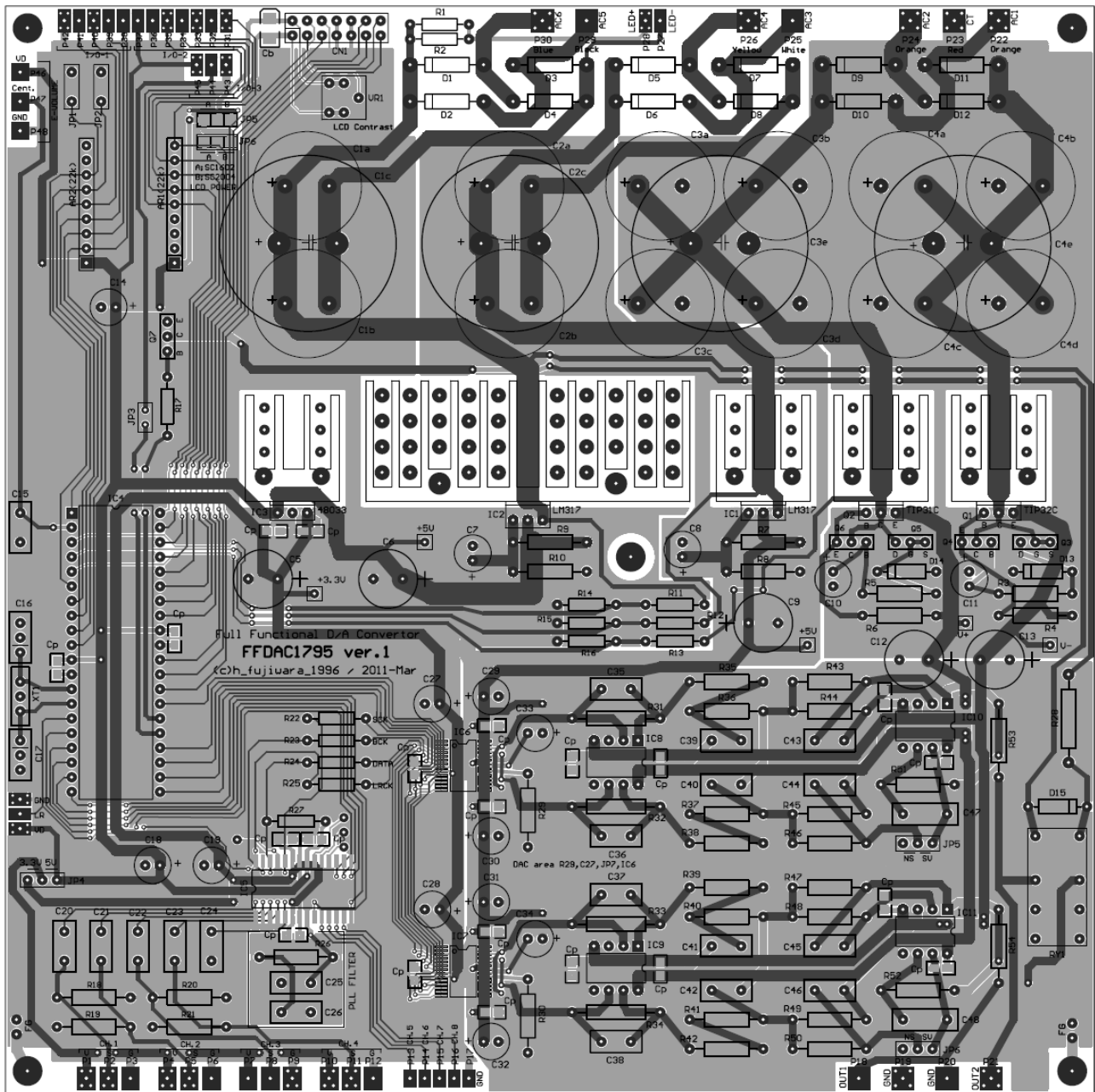
7. 基板パターン

(a) シルク



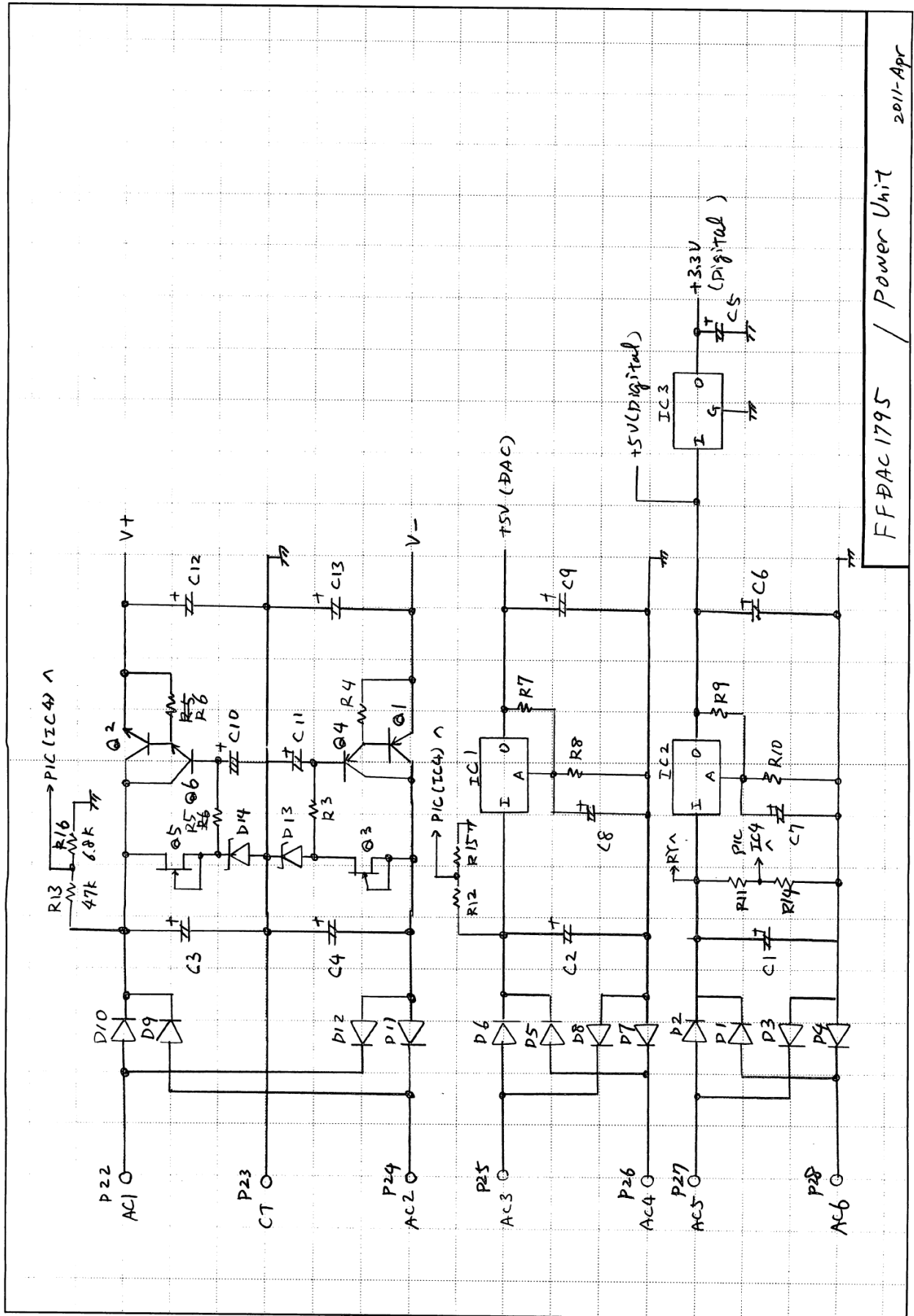
※C 4 7, C 4 8の下側のジャンパーJ 5, J 6はそれぞれJ P 7, J P 8と読み替えてください。

(b) 配線パターン



8. 回路図

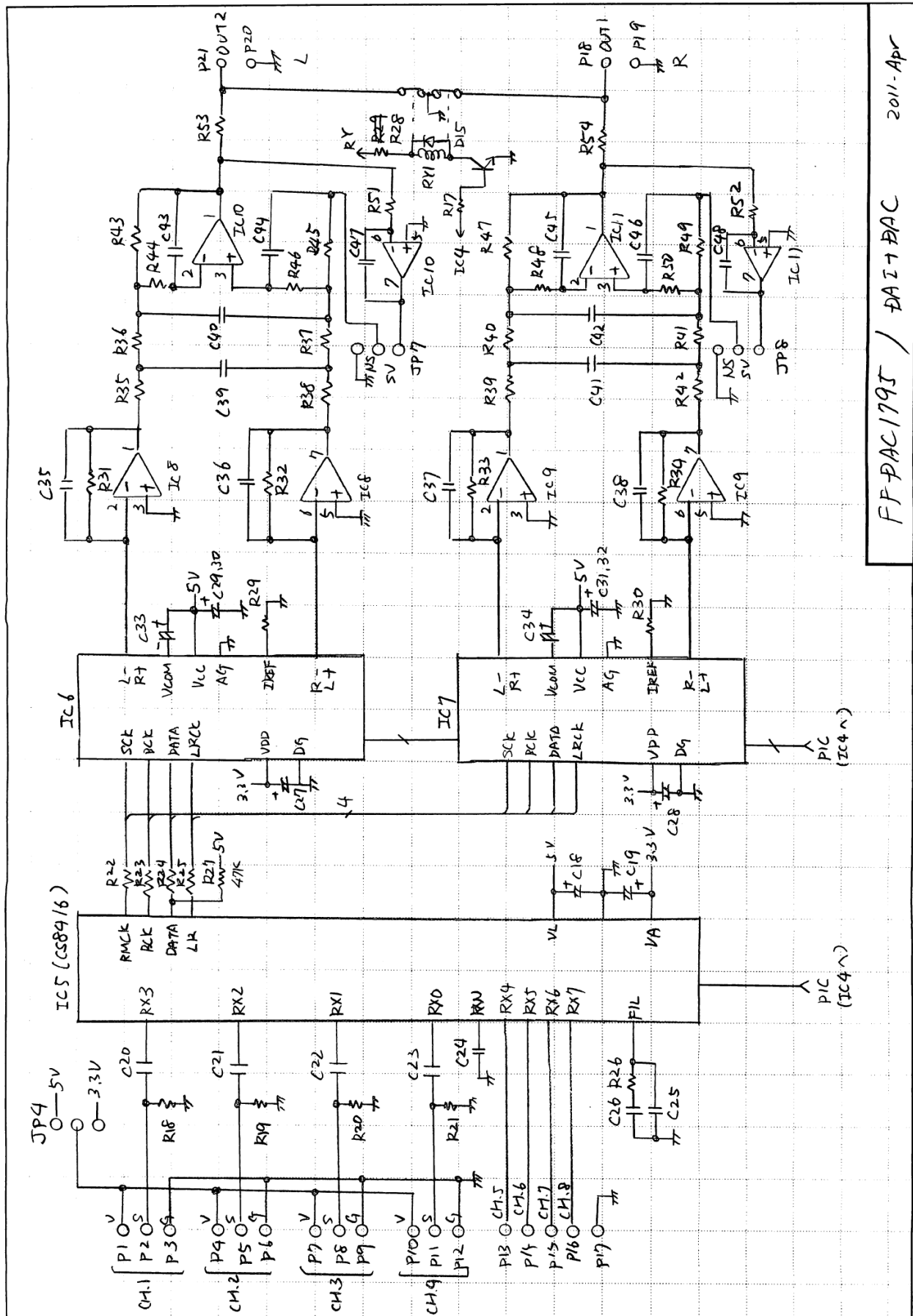
(1) 電源部



FFDAC1795 / Power Unit

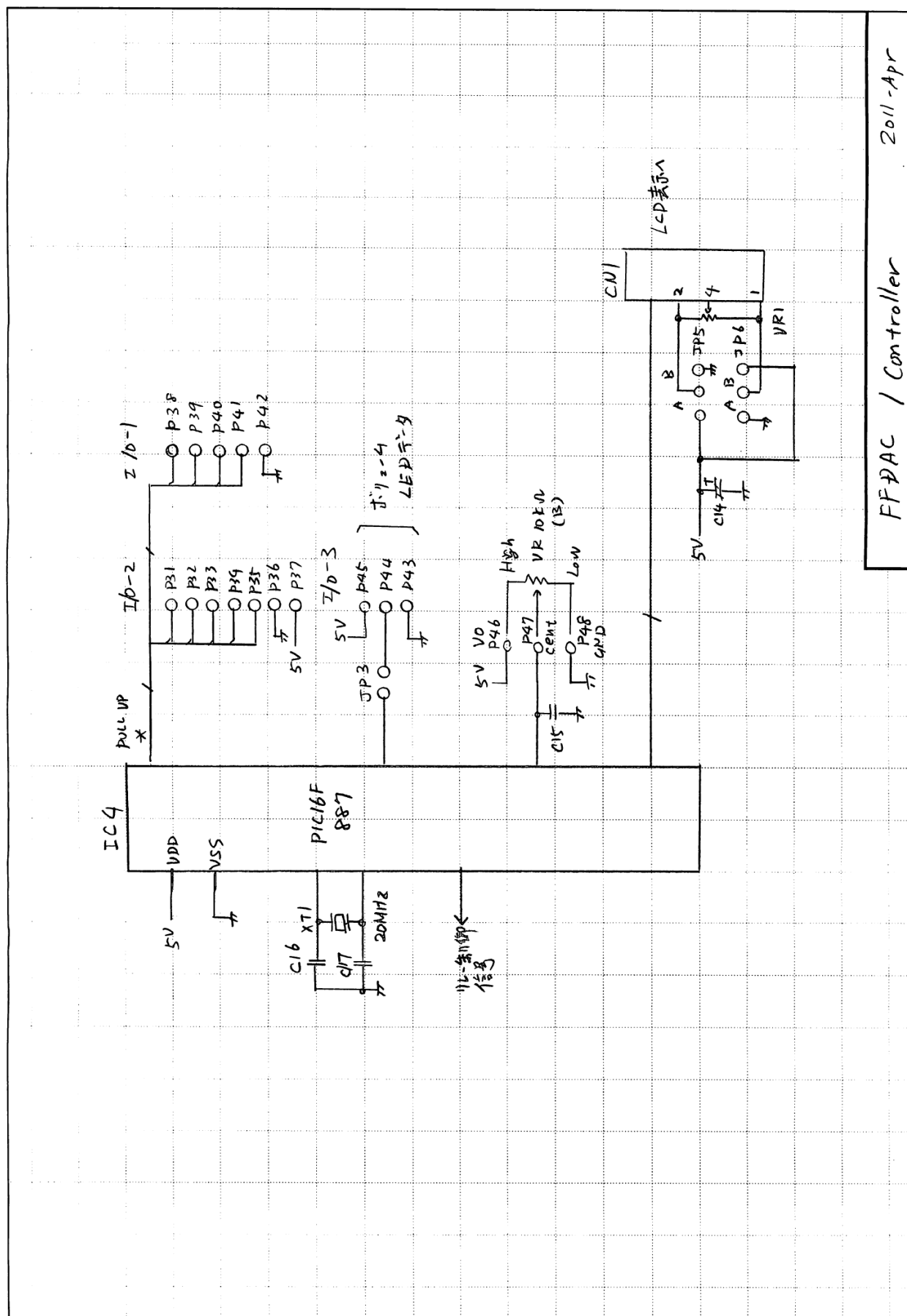
2011-Apr

(2)DAI+DAC 部



FF-DAC1795 / DAI+DAC 2011-Apr

(3)コントローラ部（詳細は省略しています）。



9. 更新記録

R1 2011.4.16

R2 2011.4.16 部品表 XT1 24.576→20.000

R3 2011.4.17 追補、回路図修正、部品表 R26 追加

R4 2011.4.29 部品表 C35-38 コメント追加

A. 付録

(1) SPDIF Freq. Checker との接続

基板端子番号は振り当てていませんが、LR 信号が取り出せるようになっています。併せて電源ラインも配置していますので、これらの出力を SPDIF Freq. Checker に接続してもいいでしょう。ただし、CS8416 からの信号を直接取り出しているの、配線長は極力短くなるようにしてください。

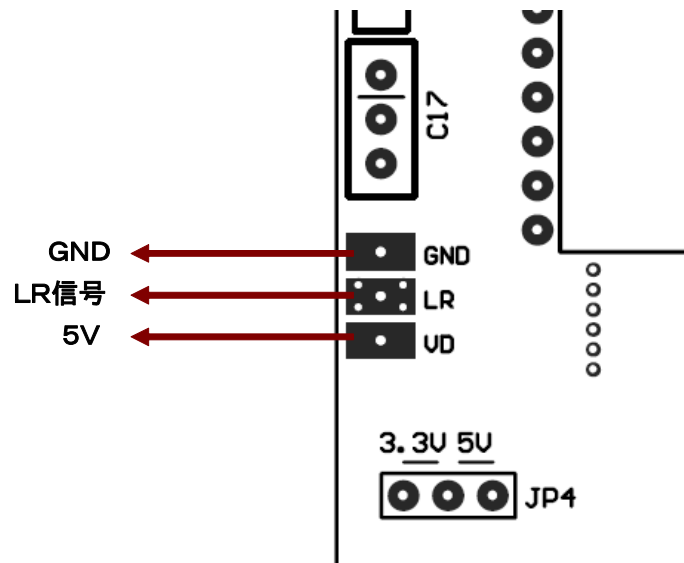


図 LR 信号の取り出し

(2) 初期化モード

フルファンクションモードに設定した場合、メニューモードで設定した内容は EEPROM に記録しています。もし、EEPROM の書き込み最中などに電源が落ちた場合などは不定な値が書き込まれる場合が想定され、次の立ち上がり時に予期せぬ動作をするかもしれません。こういった場合に備えて初期化モードを設けています。フルファンクションモードに設定しているばあ、入力切替スイッチを押しながら電源を立ち上げると EEPROM の内容を初期化するようにしています。

(3) シャットダウン機能

この DAC では電源ライン（定電圧回路前の平滑後）を常にモニターしており、電源 OFF 時などで立ち上げ時の電圧から 20% 電圧が下がればシャットダウン（具体的には MUTE リレーを OFF にして一切の操作を受け付けなくする）します。

（以 上）