

1. 概要

(1) 特長

Aproc-1 Plus は多くの演算や信号処理機能を関数として備えたシグナルプロセッサです。ユーザは、これらの関数をプログラムから呼び出すことによって、その機能を自由に使うことができます。

Aproc-1 Plus は以下の特徴を備えています。

- 多数の関数を内蔵し、簡単なプログラムで複雑な信号処理を実行
- 浮動小数点演算 DSP 機能付き高性能 CPU を使用
- 8チャンネルの 16ビット分解能アナログ入出力と8ビットのデジタル入出力
- スタンドアロン運転モードあり
- 小型 軽量 省電力

上記は Aproc-1 と同じですが、Aproc-1 Plus では、さらに下記機能を追加しています。

- 4チャンネルのエンコーダカウンタを内蔵
- 8チャンネルの PWM 出力機能を内蔵
- 拡張インターフェースを同期シリアル通信 (SPI) 方式とし、ユーザによる設計が可能
- データレコーダとして使用する場合の通信の信頼性を向上

さらに、2019年4月以降の出荷品には、下記機能を追加しています。

- デジタル入力信号の周期計測、およびパルス幅 (オン時間) の計測機能

(2) Aproc-1 Plus の構成

Aproc-1 Plus のハードウェア構成を 図1 に示します。

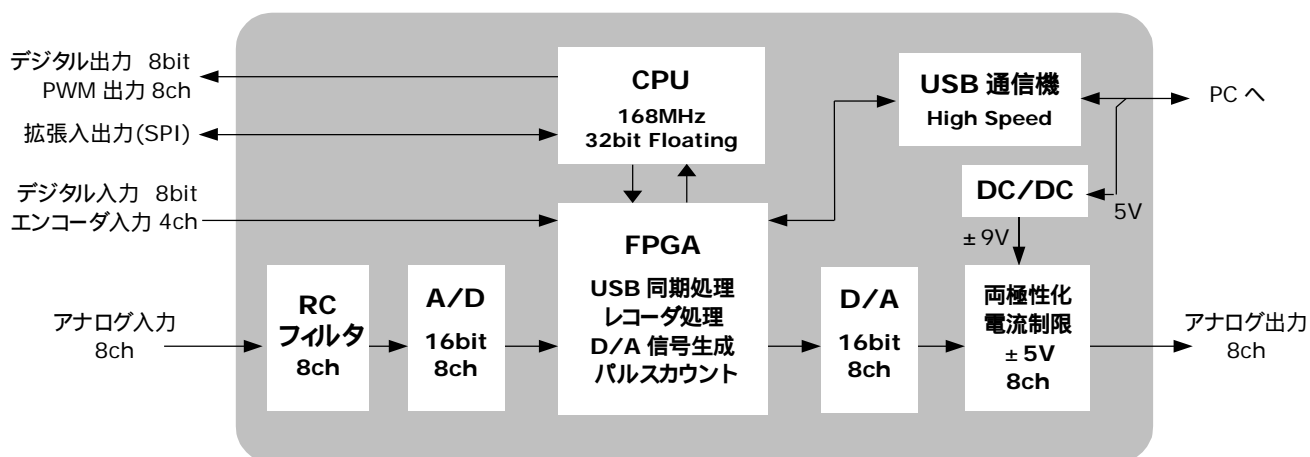


図1 Aproc-1 Plus のハードウェア構成

2. 電氣的仕様

(1) 電氣的仕様の概要

Aproc-1 Plus の電氣的仕様を表 1 に示します。

表 1 電氣的仕様

項目	仕様	
アナログ入力	チャンネル数	8
	分解能	16 ビット
	電圧範囲	±10V、±5V
	サンプリング方式	全チャンネル同時サンプリング
	入力インピーダンス	1M
	精度	±6LSB (±10V 時)、±12LSB (±5V 時)
	直線性	±2LSB
	入力フィルタ帯域	12KHz (±10V 時)、10KHz (±5V 時)
	入力絶縁	なし
	過電圧保護	±16.5V 以内
アナログ出力	チャンネル数	8
	分解能	16 ビット
	電圧範囲	±5V
	精度	±16LSB (2018年12月以降は±3LSB)
	非直線性	±1LSB
デジタル入力 エンコーダ入力	出力絶縁	なし
	本数または チャンネル数	デジタル入力とエンコーダ入力の合計で 8 本。ただし、エンコーダ入力は 2 本 / チャンネルなので最大 4 チャンネル
	電圧レベル	LVTTL (3.3V) ただし、5V まで許容
	カウントモード	4 倍
	最大カウント数	±2 ²³ (±8×10 ⁶)
デジタル出力および PWM 出力	最大カウント周波数	演算周期 20ms 以下で 3MHz 以上 (図 6 参照)
	チャンネル数	デジタル出力および PWM 出力の合計で 8 チャンネル
	電圧レベル	LVTTL (3.3V) ただし、5V まで許容
パルス周期および パルス幅計測	周期分解能	PWM 周波数約 2.5KHz までは 15bit の分解能 それ以上は周波数が 2 倍になる毎に 1 ビット減少 例えば 10KHz なら 13bit、40KHz なら 11bit
	チャンネル数	1 (デジタル入力 ch7 のピンと兼用)
	周波数分解能	最大 168MHz
拡張入出力	カウント桁数	32 ビット
	方式	同期シリアル通信 (SPI)
通信	方式	USB2.0 ハイスピードモード FTDI 社 トランシーバ FT232H の 245 同期 FIFO モード
電源	電圧	5V (USBバスパワー)
	電流	200mA 未満 (信号出力が無い場合)

(2) コネクタ

Aproc-1 Plus には外部信号を接続するための3つのコネクタと、パソコンと接続するためのUSBコネクタがあります。アナログ入出力コネクタコネクタのピンアサインを表 2、表 3に、デジタル入出力用コネクタのピンアサインを表 4に示します。

表 2 アナログ入力コネクタ (A IN)ピンアサイン

番号	記号	信号名	信号種別
1	Ain0	アナログ入力 CH0	-10V ~ 10V
2	Ain1	アナログ入力 CH1	
3	Ain2	アナログ入力 CH2	
4	Ain3	アナログ入力 CH3	
5	AGND	アナロググラウンド	0V (非絶縁)
6	AGND	アナロググラウンド	0V (非絶縁)
7	AGND		
8	AGND		
9	AGND		
10	AGND		
11	Ain4	アナログ入力 CH4	-10V ~ 10V
12	Ain5	アナログ入力 CH5	
13	Ain6	アナログ入力 CH6	
14	Ain7	アナログ入力 CH7	
15	AGND	アナロググラウンド	0V (非絶縁)

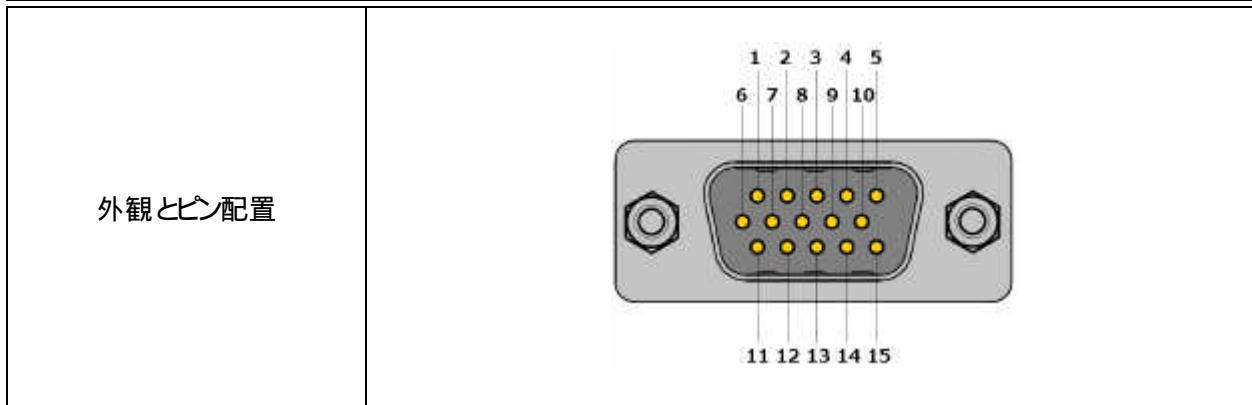


表 3 アナログ出力コネクタ(A U)ピンアサイン

番号	記号	信号名	信号種別
1	Aout0	アナログ出力 CH0	-5V ~ 5V
2	Aout1	アナログ出力 CH1	
3	Aout2	アナログ出力 CH2	
4	Aout3	アナログ出力 CH3	
5	AGND	アナロググラウンド	0V (非絶縁)
6	AGND	アナロググラウンド	0V (非絶縁)
7	AGND		
8	AGND		
9	AGND		
10	AGND		
11	Aout4	アナログ出力 CH4	-5V ~ 5V
12	Aout5	アナログ出力 CH5	
13	Aout6	アナログ出力 CH6	
14	Aout7	アナログ出力 CH7	
15	AGND	アナロググラウンド	0V (非絶縁)

外観とソケット配置

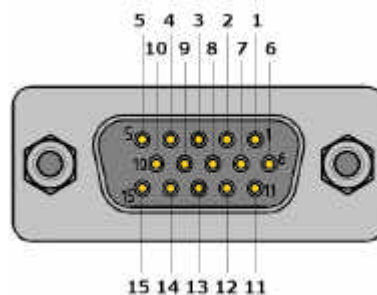
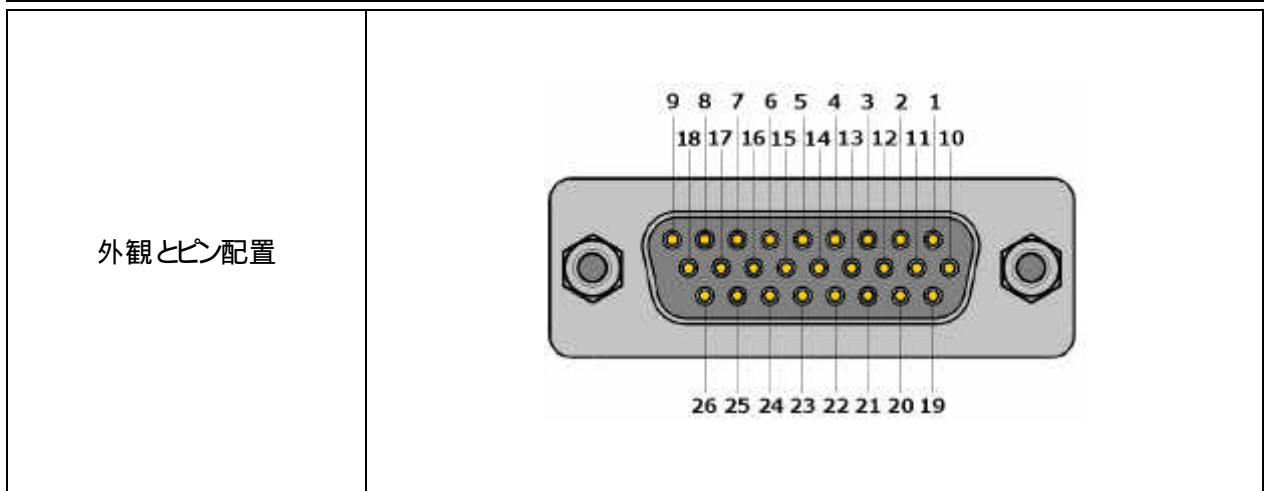


表 4 デジタル入出力コネクタ(DI)ピンアサイン

番号	記号	信号名	信号種別
1	Din6	デジタル入力 bit6 / エンコーダ A3	LVTTTL
2	Din4	デジタル入力 bit4 / エンコーダ A2	
3	Din2	デジタル入力 bit2 / エンコーダ A1	
4	Din0	デジタル入力 bit0 / エンコーダ A0	
5	GND	デジタルグラウンド	0V (非絶縁)
6	Dout6	デジタル出力 bit6 / PWM6	LVTTTL
7	Dout4	デジタル出力 bit4 / PWM4	
8	Dout2	デジタル出力 bit2 / PWM2	
9	Dout0	デジタル出力 bit0 / PWM0	
10	Din7	デジタル入力 bit7 / エンコーダ B3 パルス周期・パルス幅計測入力	LVTTTL
11	Din5	デジタル入力 bit5 / エンコーダ B2	
12	Din3	デジタル入力 bit3 / エンコーダ B1	
13	Din1	デジタル入力 bit1 / エンコーダ B0	
14	GND	デジタルグラウンド	0V (非絶縁)
15	Dout7	デジタル出力 bit7 / PWM7	LVTTTL
16	Dout5	デジタル出力 bit5 / PWM5	
17	Dout3	デジタル出力 bit3 / PWM3	
18	Dout1	デジタル出力 bit1 / PWM1	
19	GND	デジタルグラウンド	0V (非絶縁)
20	GND	デジタルグラウンド	0V (非絶縁)
21	MOSI	拡張制御信号入出力 【注意】	LVTTTL
22	MISO		
23	SCL		
24	CS		
25	Vcc	電源 5V	USB バス
26	Vss	電源 0V	



【注意】 Aproc-1/1B 用拡張インターフェース (AX/BX シリーズ) との互換性はありません。

(3) アナログ入力

アナログ入力の等価回路を図2に示します。入力信号はRCフィルタを通過してA/D変換器への入力となります。A/D変換器の入力にはクランプ回路があって、過大な入力電圧から保護されます。ただし、保護可能な電圧範囲は±16.5Vまでなので、それを超える電圧が印加されるとA/D変換器に破損や恒久的な性能劣化が生じます。入力電圧範囲には十分な注意を払ってください。

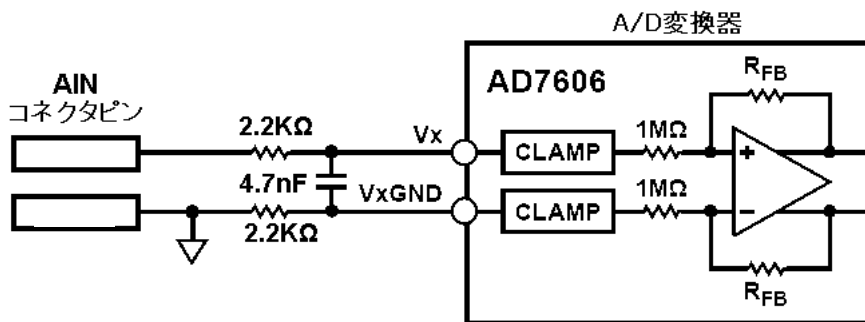


図2 アナログ入力とその保護機能

(4) アナログ出力

アナログ出力とその電源部の構造を図3に示します。D/A変換器の出力は0~5Vなので、オペアンプを使って、-5V~5Vの電圧に変換しています。これらのオペアンプの電源部には、50mA以上の電流を流さない保護回路を備えています。この保護回路は8チャンネルの出力に共通です。したがって、いずれかのチャンネルで大きい電流が流れると他のチャンネルの出力電圧にも影響が現れることに注意してください。

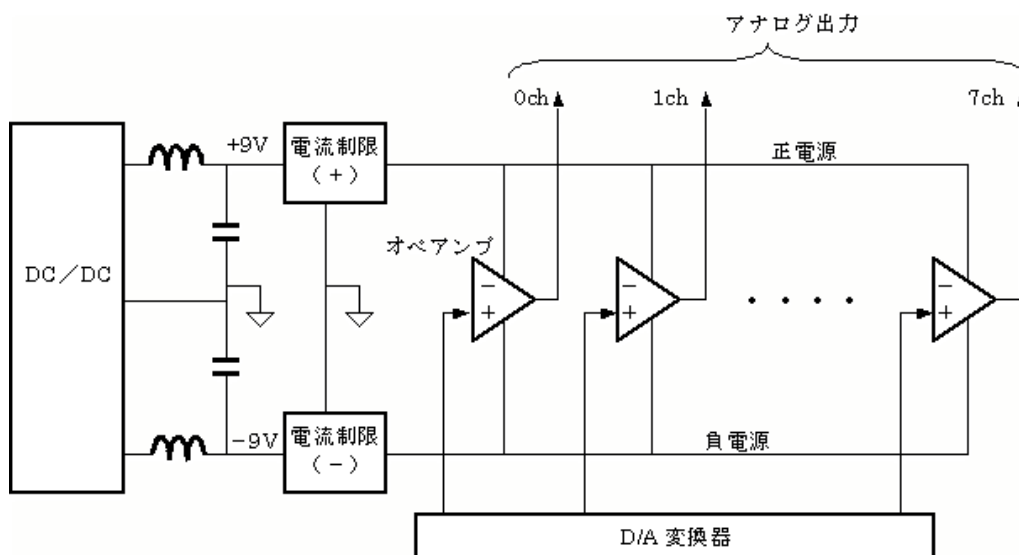


図3 アナログ出力とその電流制限

(5) デジタル入力またはエンコーダカウンタ入力

8本のデジタル入力ピンは、8ビットの標準として、または4組のエンコーダパルス入力として使用されます。入力の等価回路を図4に示します。入力レベルはLVTTTL(3.3V)です。

Aproc-1Plusはデジタル入力とエンコーダパルス入力を区別しませんので、ソフトウェアで両者を切り替える必要はありません。デジタル入力の8つの端子に何を接続したかによって、ユーザが適宜デジタル入力として読むべきか、エンコーダパルス積算値として読むかを判断することになります。エンコーダ入力を接続したときは、デジタル入力として読んでもエンコーダ信号のHigh/Lowが現れるだけです。意味のある情報にはなりません。同様にHigh/Lowのデジタル信号が接続された場合、パルス積算値は意味のある値にはなりません。

開発ツール AprocS では、デジタル入力用関数として Din (Digital input) と Bin (Byte input) が、エンコーダパルス積算値の入力用関数として Cin (Count input) が使えます。AprocS 2.4 以降では、パルス周期/パルス幅計測用関数として WTin (WidthTime input) が使えます。

エンコーダ信号がRS422レベルで与えられる場合は、例えば図5の回路を使ってエンコーダ信号をLVTTTLレベルに変換してください。また、エンコーダ信号がオープンコレクタで与えられる場合は3.3Vにプルアップする抵抗器が必要です。その抵抗値はプルダウン抵抗47kより先充分小さく選んでください。なお、図5で1A, 1B, 2A, 2BはAM26LV32につけられた端子記号であり、エンコーダのA相B相とは関係ありません。

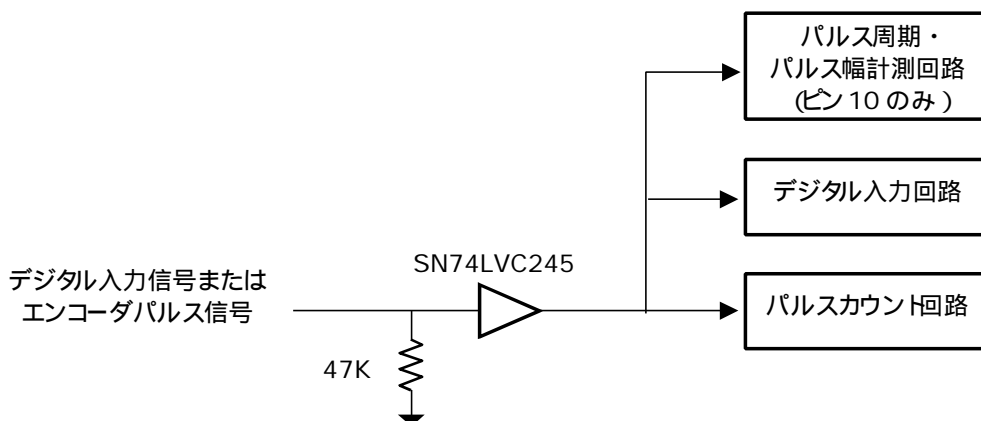


図4 デジタル入力またはエンコーダ入力回路

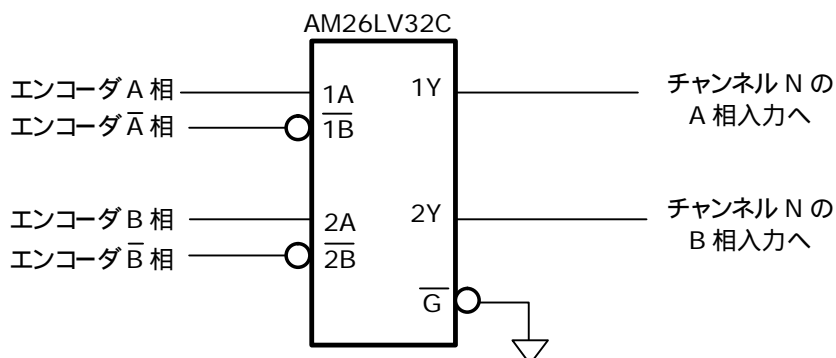


図5 RS422 信号の変換回路例

エンコーダカウンタは32ビット幅です。しかし Aproc-1 Plus での演算は単精度浮動小数点なので、積算値が仮数部の24ビットを超えると精度が劣化します。できるだけ24ビットの範囲で使用してください。また、このカウンタは下位19ビットをFPGAの回路で構成し、ソフトウェアで演算周期ごとにオーバーフロー/アンダーフローを検出して上位13ビットを増減させています。そのため、演算周期が長くなると、上位ビットの演算が間に合わなくなります。演算周期と積算可能なパルス周波数の関係を図6に示します。演算周期20msまでは3MHz以上の周波数を積算できますが、それを超えると徐々に扱える周波数が低くなります。高速のパルスを積算する場合はできるだけ演算周期を短くしてください。

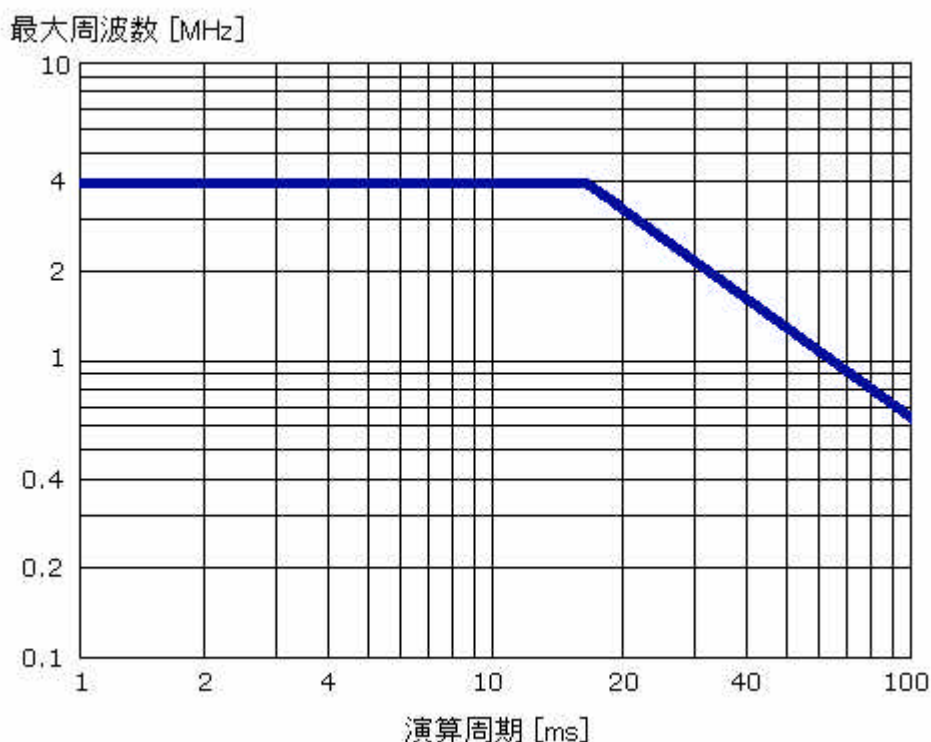


図6 演算周期とエンコーダパルス周波数の関係

(6) デジタル出力または PWM 出力

デジタル出力または PWM 信号出力の等価回路を図 7 に示します。出力のレベルは LVTTTL です。

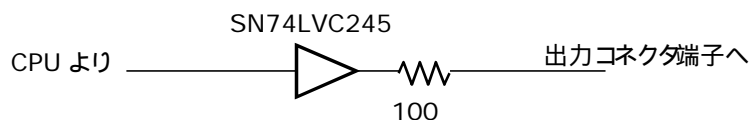


図 7 デジタル出力または PWM 出力回路

8 つの出力信号は、それぞれがメモリの 16 ビットの数値に対応づけられており、その値が 16 進数で 0000 または FFFF の場合はデジタル信号の Low または High レベルに、それ以外の場合はその値に応じたデューティ比の PWM 信号となります。開発ツール **AprocS** では、関数 Bout (Byte out または Binary out)、Dout (Digital out) によりデジタル出力を、関数 Pout (PWM out) により PWM 信号を発生させることができます。

ただし、これらの関数は出力に対応するメモリに直接アクセスしますので、混在させる場合には注意を要します。例えば関数 Bout は 8 つの出力を同時に更新しますので、それ以前に使われた Pout または Dout による出力値は Bout により上書きされ、無効になってしまいます。Bout と Pout を同時に使う場合は、まず Bout でデジタル出力を設定し、その後で出力したいチャンネルを指定して関数 Pout を書きます。すると、Pout で指定したチャンネルには PWM 信号が、それ以外のチャンネルには Bout で指定したデジタルレベルが出力されます。

3. ソフトウェア仕様

Aproc-1 Plus のソフトウェア仕様を表 5 に示します。ソフトウェアの詳細は、下記弊社ホームページの Aproc-1 取扱説明 6. プログラミング をご覧ください。

<http://e-arma.com/Aproc-1/manual6.htm>

表 5 ソフトウェアの仕様

部位	項目	仕様
演算部	演算精度	単精度(32 ビット)浮動小数点演算の精度
	算術関数	四則演算、比較、積分、微分、位相進み遅れ、平方根、三角関数、逆三角関数、指数関数、自然・常用対数、ユーザ定義関数など
	フィルタ関数	1次、2次、位相進み遅れ、微分、積分、FIR、IIR、移動平均、遅延、PID 制御など
	波形生成関数	正弦波、矩形波、三角波、のこぎり波、PWM 波、ユーザ定義波、白色正規雑音、一様雑音、折線・階段関数
	入出力関数、	アナログ入出力、デジタル入出力、デジタルバイト入出力、エンコーダパルスカウント入力、PWM 出力、パルス周期・パルス幅計測入力 ^{注)} 、拡張入出力
	演算周期	0.1ms ~ 100ms
通信部	方式	USB2.0ハイスピードモード
メモリ	信号、パラメータ数	各 4095 ワード(約 16K バイト)
	プログラムサイズ	8192 ステップ(約 16K バイト)
	スタンドアロン用	フラッシュメモリ約 400K バイト
データレコーダ	最大記録速度	8×200K サンプル/秒 (5μ秒周期)
	トリガ入力	内部トリガ

注) パルス周期 / パルス幅計測機能は 2019 年 4 月以降に出荷された Aproc-1 Plus の機能です。

4 . 機械的仕様

Aproc-1 Plus の機械的仕様を表 6に、外形図を図 8に示します。

表 6 Aproc-1 Plus の機械的仕様

項目	仕様	型番	製造
ケース	ABS 樹脂 (UL94HB) ホワイト色	PF15-3-10W	タカチ電機工業
A INコネクタ	高密度 DSUB15 (プラグ)	10090926-P154VLF	AMPHENOL FCI
A OUTコネクタ	高密度 DSUB15 (レセプタクル)	XM4L-1542-132	OMRON
D IDコネクタ	高密度 DSUB26 (レセプタクル)	17EHD026S	AMPHENOL FCI
USBコネクタ	USB-B	61729-1011BLF	AMPHENOL FCI
インジケータ	LED波長 570nm (黄緑色)	OSNG3133A	OptoSupply
寸法	図 8参照		
重量	240g		

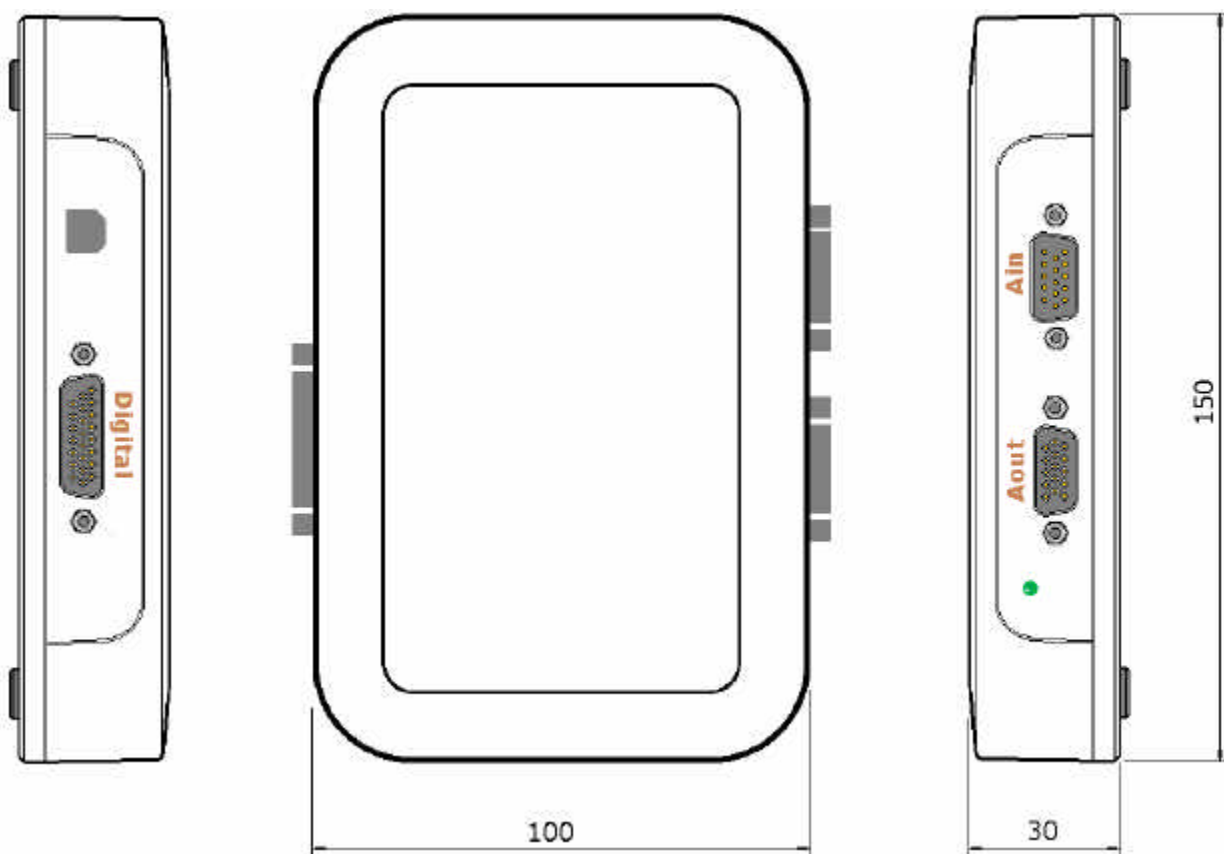


図8 Aproc-1 Plus の外形

5. 拡張インターフェース

(1)概要

たとえば下記のような、直接は Aproc-1 Plus に接続することができない信号でも、拡張インターフェースを使うことにより利用可能になります。

- 分解能 24bit の高精度アナログ信号
- アブソリュート方式のシリアルロータリーエンコーダ信号
- I₂C などの形態で出力されるセンサ(温度、加速度、角速度など)の信号
- パソコンと通信するための RS-232C または RS422 などのシリアル信号
- 8 チャンネルを越える数のアナログ / デジタル入出力
- その他

Aproc-1 Plus の拡張インターフェースは SPI 規格によるシリアル通信なので、それに合わせて信号を変換して接続します。拡張インターフェースの仕様を表 7 に示します。なお、旧 Aproc-1/1B 用拡張インターフェースとの互換性はありません。

表7 Aproc-1 Plus 拡張インターフェースの仕様

項目	内容	備考
通信方式	Aproc-1 Plus 本体側をマスタ、拡張側をスレーブとする SPI 方式	SPI : Serial Peripheral Interface
信号線 (4 本)	MOSI : データ出力 MISO : データ入力 SCL : クロック出力 10.5MHz CS : 動作中フラグ出力 (負論理)	表 4 参照
タイミング	CLK の降タイミングにてデータ切替	
マスタが発行するコマンド	1) 初期化コマンド (命令コード C3 _H) 2) 入力処理コマンド (命令コード C5 _H) 3) 出力処理コマンド (命令コード C9 _H)	命令コードは 8 ビットの数値です。スレーブは、これらのコマンドに対して適切に応答するように設計します。
通信単位	8 ビット MSB ファースト	
エンディアン	リトルエンディアン(下位バイト先行)	
初期化コマンド設定データ数	最大 8 バイト	通信バイト数は 9
入力の分解能	8 ビット 16 ビット 24 ビットのいずれか	ユーザプログラムで設定しします。入力と出力とで異なる分解能に設定することができます。
出力の分解能	8 ビット 16 ビット 24 ビットのいずれか	
入力信号数 または 出力信号数	8 ビットの場合は 256 16 ビットの場合は 128 24 ビットの場合は 64	DMA 転送のため、24ビットの場合でも 4バイトのデータとして通信されます。
入力遅延	SPI バイトサイクル周期 (約 1us の整数倍で設定)	最大 64 バイトサイクル

以下にマスタが発行する3つのコマンドを説明します。拡張側の回路は、これらに対して正しく応答する必要があります。

(2)初期化コマンド応答

このコマンドは、AprocS の起動時、およびユーザプログラムの運転開始時に発行されます。コマンドに続いて、ユーザプログラムの宣言部で定義された設定データが送られてきますので、それらを読んでデバイスを適切に設定するとともに、スレーブ固有の識別番号を16ビット(2バイト)の数値で返信します。この数値は16進数でD000~D7FFの範囲で任意とし、下位バイトを先に送信します。識別コードはユーザプログラムでデバイスを指定するためのものです。

AprocS 起動時には設定パラメータはありませんので、単に識別コードを返すだけになります(図9)。運転開始時にはユーザプログラムの宣言部で定義された設定データが送られてきます(図10)ので、それを使ってデバイスを初期化します。

なお、ユーザ定義による設定データは、最初の2バイトで受信バイト数と送信バイト数とその順序で現れ、それに続くデータが文字列で記述されたユーザ定義データとなります。

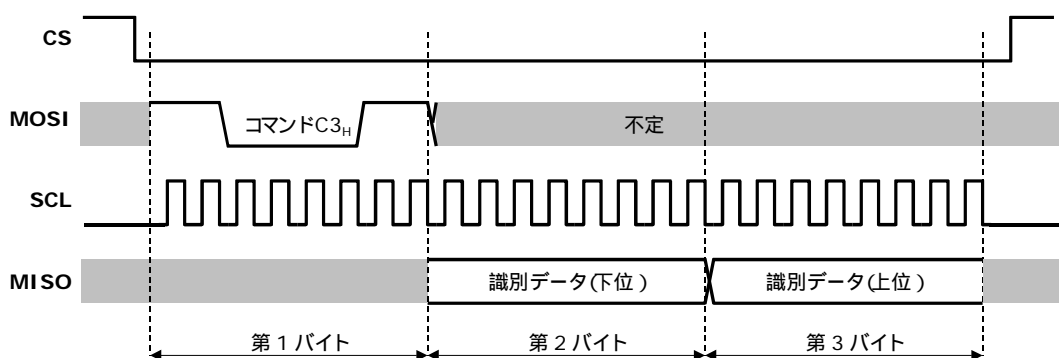


図9 初期化コマンドの信号波形 (AprocS 起動時の場合)

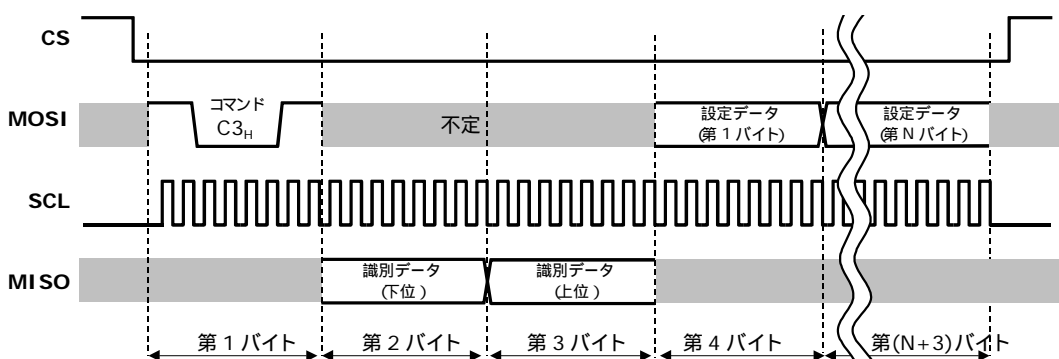


図10 初期化コマンドの信号波形 (Nバイトの設定データがある場合)

(3)入力コマンド応答

このコマンドは、A/D 変換を開始するときのタイミングで毎サイクル発行されます。

コマンドコードに続いて、ユーザプログラムで設定された、遅延サイクルを含むバイト数のクロックが送られてきますので、それに同期してデータを返送します。図 11は、2 サイクルの遅延がある場合の例で、第 4 サイクルから N バイトのデータを Aproc-1 Plus へ送信しています。なお、データのサイズが 1 ワード=3 バイトの場合は、1 ワードの転送に 4 サイクルを要するため、各ワードの 4 番目のバイトは無視されます。

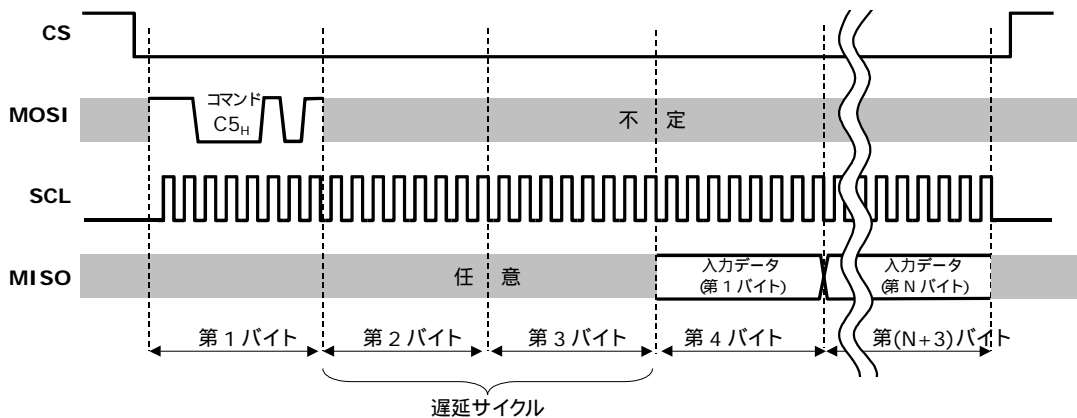


図 11 入力コマンドの信号波形 (2サイクルの遅延がある場合)

(4)出力コマンド応答

このコマンドは、毎サイクルの演算処理が終了した時に発行されます。

コマンドコードに続いて、ユーザプログラムで出力された信号の値が設定されたバイト数送られてきますので、それらを受信して必要な処理を与えます。マスターへ何も返信する必要はありません。なお、データのサイズが 1 ワード= 3バイトの場合、1 ワードの転送に 4 サイクルを要するため、各ワードの4番目のデータは無意味です。使用しないでください。

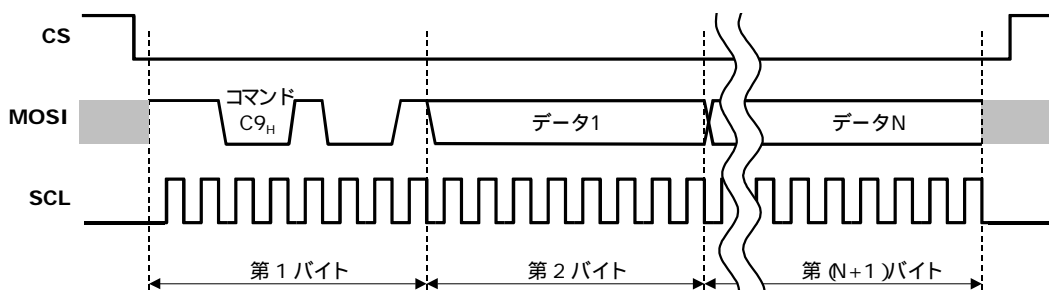


図 12 出力コマンドの信号波形

6 . 改訂履歴

日付	バージョン	改訂内容
2017/04/12	2.0	パルス周期・パルス幅時間の計測機能を追加 拡張インターフェースに関する記述の変更
2016/08/25	1.2	図 4の抵抗値を 47K に変更 図 6 とその説明を追加 図 11 を遅延がある場合の波形に変更
2016/07/25	1.1	図 10と付録 1を修正し、図 9を追加
2016/07/12	1.0	初版