AP01 AVR MCU 仕様書

1 概要

ATmega328Pを使用したリーフ。14個のデジタル入出力ピン（6個はPWM出力として使用可能）、6個のアナログ入力ピン、8MHz振動子、およびリセットボタンを備えている。

USB接続する場合はUSB を接続、ICSPを使用する場合はShield を接続する。

Arduino IDE使用時は、ボードをArduino Pro or Pro Mini、プロセッサをATmega328P(3.3V,8MHz)選択。

2 リーフ仕様

2.1 ブロック図

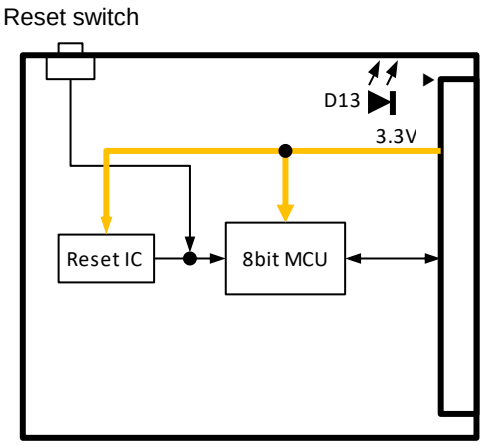


図 2.1 ブロック図

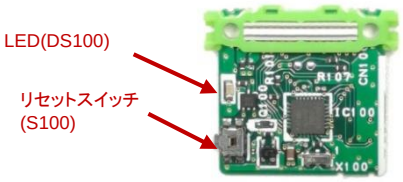
2.2 電源仕様

Symbol	Parameter	Condition	Min.	Typ.	Max.
Vdd	Power Supply Voltage	—	1.9V	3.3V	5.5V
Idd	Operating current	Active	-	5.2mA	-
		Sleep	-	4.7uA	-

2.3 主要部品

部品番号	部品名	型番	ベンダー名	備考
IC100	AVR MCU	ATmega328P-MMH	Microchip	28pinQFN

2.4 外観

表面	裏面
	

2.5 ピンアサイン

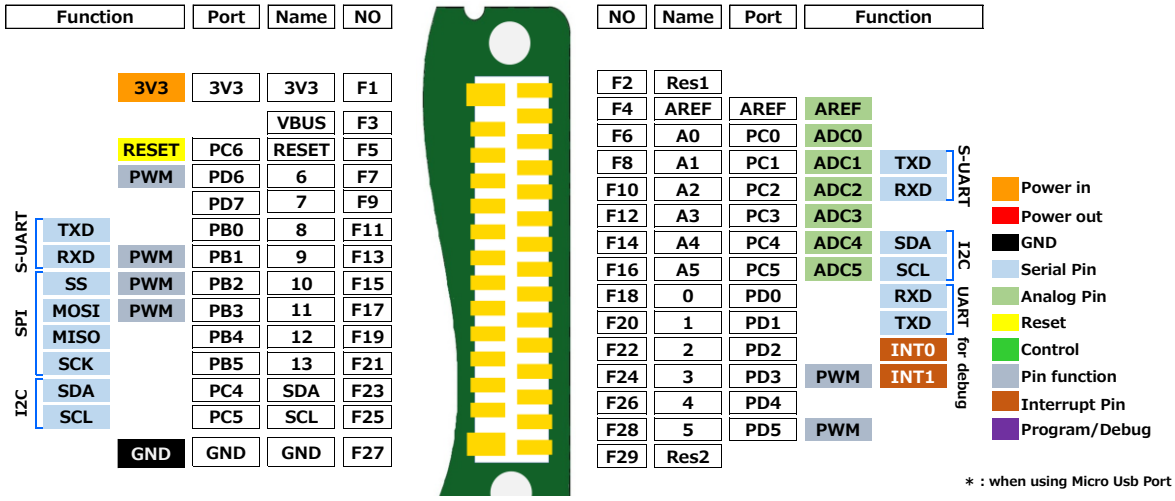


図 2.2 ピンアサイン

2.6 LED/スイッチ

項目	部品番号	内容
LED	DS100	pin 13 により LED 制御する(Arduino UNO と同じ) 抵抗 R105(1kΩ)を外すことにより点灯しないように出来る。
リセットスイッチ	S100	マイコン、および他のデバイスをリセットする。

3 8bit MCU(ATmega382P-MMH)仕様

3.1 概要

項目	内容
Microcontroller	ATmega328P,28pin QFN
Operating Voltage	3.3V
Input Voltage	1.5-5 V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
Flash Memory	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	8 MHz
LED_BUILTIN	13
Compatibility	Arduino Pro/Pro mini ／ATmega328P（3.3V 8MHZ）

3.2 電気的特性

3.2.1 最大定格

Parameter	Value
Operating Temperature	-55℃ to +125℃
Maximum Operation Voltage	6.0V

3.2.2 定格　　(WDT＝Watch Dog Timer)

Symbol	Parameter	Condition	Min.	Typ.	Max.
Vdd	Power Supply Voltage	_	1.8V		5.5V
Idd	Active	1MHz, Vcc=2V		0.3mA	0.5mA
		4MHz, Vcc=3V		1.7mA	2.5mA
		8MHz, Vcc=5V		5.2mA	9mA
	Power-save	32KHz,Vcc=1.8V		0.8uA	
		32KHz,Vcc=3V		0.9uA	
	Power-down	WDT enabled,　Vcc=3V		4.2uA	8uA
		WDT disabled,　Vcc=3V		0.1uA	2uA

3.3 データシートリンク先

https://www.microchip.com/wwwproducts/en/atmega328p

3.4 主な関数とライブラリ

3.4.1 デジタル入出力

関数	概要
pinMode(pin,mode)	ピンの動作を入力か出力に設定。 【パラメータ】 pin: 設定したいピンの番号 mode: INPUT(内部プルアップは無効) 、INPUT_PULLUP(内部プルアップ抵抗を有効)、OUTPUT 【戻り値】 なし
digitalWrite(pin, value)	HIGH または LOW を指定したピンに出力。 【パラメータ】 pin: ピン番号 value: HIGH(3.3V)か LOW(0V) 【戻り値】 なし
digitalRead(pin)	指定したピンの値を読み取る。 【パラメータ】 pin: 読みたいピンの番号 【戻り値】 HIGH または LOW

3.4.2 アナログ入力

関数	概要
analogRead(pin)	指定したアナログピンの値を読み取る。 【パラメータ】 pin: 読みたいピンの番号 読み取りに使いたいピンの番号を整数で指定。0 から 5 が有効な数値。 【戻り値】 0 から 1023 までの整数値

3.4.3 外部割込

関数	概要
attachInterrupt(interrupt, function, mode)	外部割り込みが発生したときに実行する関数を指定。割り込み番号(int.0~)と、それに対応するピン番号は下記のとおり。 pin2(int.0) pin3(int.1) 【パラメータ】 interrupt: 割り込み番号 function: 割り込み発生時に呼び出す関数 mode: 割り込みを発生させるトリガ LOW ピンが LOW のとき発生 CHANGE ピンの状態が変化したときに発生 RISING ピンの状態が LOW から HIGH に変わったときに発生 FALLING ピンの状態が HIGH から LOW に変わったときに発生 【戻り値】 なし
detachInterrupt(interrupt)	割り込みを無効にする。 【パラメータ】 なし 【戻り値】 なし

3.4.4 UART通信(USB-シリアル変換)

関数	概要
Serial.begin(speed)	シリアル通信のデータ転送レート(ボーレート)を指定。Arudino IDE と接続する場合は 115200 を設定。 【パラメータ】 speed: 転送レート (int) 【戻り値】 なし
Serial.end()	シリアル通信を終了。 【パラメータ】 なし 【戻り値】 なし
Serial.read()	受信データを読み込み。 【パラメータ】 なし 【戻り値】 読み込み可能なデータの最初の 1 バイトを返す。-1 の場合は、データが存在しない
Serial.flush()	データの送信がすべて完了するまで待つ。 【パラメータ】 なし 【戻り値】 なし
Serial.print(data, format)	テキスト形式でデータをシリアルポートへ出力する。 オプションの第 2 パラメータによって基数(フォーマット)を指定できる。 【構文】 Serial.print(data) Serial.print(data, format) 【パラメータ】 data: 出力する値。すべての型に対応。

	format: 基数または有効桁数(浮動小数点数の場合) 【戻り値】 送信したバイト数
Serial.println(data, format)	データの末尾に CR と LF を付けて送信。Serial.print()と同じフォーマットが使える。詳細は Serial.print()の項を参照。 【パラメータ】 data: すべての整数型と String 型 format: data を変換する方法を指定 (省略可) 【戻り値】 送信したバイト数 (byte)
Serial.write(val)	シリアルポートにバイナリデータを出力。 【構文】 Serial.write(val) Serial.write(str) Serial.write(buf, len) 【パラメータ】 val: 送信する値(1 バイト) str: 文字列(複数バイト) buf: 配列として定義された複数のバイト len: 配列の長さ 【戻り値】 送信したバイト数 (byte)

3.4.5 ソフトウエアシリアル通信

include file:SoftwareSerial.h (Arduino IDE Standard Libraries)

関数	概要
SoftwareSerial name(rxPin, txPin)	Software Serial を使用可能にする。オブジェクトに名前を付ける必要がある。SoftwareSerial.begin()を実行することも必要。複数のポートを同時に開くことができるが、受信できるのは 1 度に 1 ポートのみ。 【パラメータ】 rxPin: データを受信するピン txPin: データを送信するピン
name.begin(speed)	シリアル通信のスピード(ボーレート)を設定する。通常は 9600 を設定する。 【パラメータ】 speed: ボーレート (long) 【戻り値】 なし
name.read()	受信した文字を返す。同時に複数の SoftwareSerial で受信することはできない。listen()を使って、ひとつ選択する必要がある。 【パラメータ】 なし 【戻り値】 読みこんだ文字 (データがないときは -1)
name.print(data)	ソフトウェアシリアルポートにデータを出力。Serial.print()と同じ機能。 【パラメータ】 Serial.print()の項参照。 【戻り値】 送信するバイト数 (byte)

name.println(data)	ソフトウェアシリアルポートにデータを出力。Serial.println()と同じ機能。 【パラメータ】 Serial.println()の項参照。 【戻り値】 送信したバイト数 (byte)
name.listen()	指定したソフトウェアシリアルポートを受信状態(listen)する。同時に複数のポートを受信状態にすることはできない。 【パラメータ】 なし 【戻り値】 なし
name.write(val)	ソフトウェアシリアルポートにデータを出力。Serial.write()と同じ機能。 【パラメータ】 Serial.write()の項参照。 【戻り値】 送信したバイト数 (byte)

3.4.6 I2C通信

include file：Wire.h (Arduino IDE Standard Libraries)

関数	概要
Wire.begin(address)	Wire ライブラリを初期化し、I2C バスにマスタかスレーブとして接続。 【パラメータ】 address: 7 ビットの I2C スレーブアドレス。省略した場合は、マスタとしてバスに接続。 【戻り値】 なし
Wire.requestFrom(address, count)	他のデバイスにデータを要求。データは read()関数を使って取得。 【パラメータ】 address: データを要求するデバイスのアドレス(7 ビット) quantity: 要求するデータのバイト数 stop(省略可): true に設定すると stop メッセージをリクエストのあと送信 false に設定すると restart メッセージをリクエストのあと送信 【戻り値】 実際に受信したバイト数を返す。
Wire.beginTransmission(address)	指定したアドレスの I2C スレーブに対して送信処理を開始。 【パラメータ】 address: 送信対象のアドレス(7 ビット) 【戻り値】 なし
Wire.endTransmission()	スレーブデバイスに対する送信を完了する。 【パラメータ】 stop(省略可): true に設定すると stop メッセージをリクエストのあと送信(デフォルト)。 false に設定すると restart メッセージをリクエストのあと送信 【戻り値】 送信結果 (byte) 0: 成功 1: 送ろうとしたデータが送信バッファのサイズを超えた 2: スレーブアドレスを送信し、NACK を受信した 3: データ・バイトを送信し、NACK を受信した 4: その他のエラー

Wire.write(value)	データを送信。beginTransmission()と endTransmission()の間で実行する。 【構文】 Wire.write(value) Wire.write(string) Wire.write(data, length) 【パラメータ】 value: 送信する 1 バイトのデータ (byte) string: 文字列 (char *) data: 配列 (byte *) length: 送信するバイト数 (byte) 【戻り値】 送信したバイト数 (byte)
Wire.read()	データを受信。マスタデバイスでは、requestFrom()を実行したあと、スレーブから送られてきたデータを読み取るときに使用。 【パラメータ】 なし 【戻り値】 受信データ (byte)

3.4.7 ウォッチドッグタイマー

include file：avr/wdt.h (Arduino IDE Standard Libraries)

関数	概要
wdt_enable(value)	ウォッチドッグタイマーを有効にする。リセットされるまでの時間は 15ms～8s。 【パラメータ】 リセットがされるまでの時間 【戻り値】 なし
wdt_reset()	ウォッチドッグタイマーをリセットする。 【パラメータ】 なし 【戻り値】 なし
wdt_disable()	ウォッチドッグタイマーを無効にする。 【パラメータ】 なし 【戻り値】 なし

3.4.8 スリープモード

include file：avr/sleep.h (Arduino IDE Standard Libraries)

関数	概要
set_sleep_mode(parameter)	スリープモードの設定。 【パラメータ】 parameter： SLEEP_MODE_PWR_DOWN SLEEP_MODE_PWR_SAVE SLEEP_MODE_STANDBY SLEEP_MODE_IDLE SLEEP_MODE_EXT_STANDBY 【戻り値】 なし
sleep_enable()	スリープを有効にする。
sleep_mode()	スリープを開始する。

3.4.9 タイマー割り込み

include file：MsTimer2.h (Contributed Libraries)

http://playground.arduino.cc/Main/MsTimer2

関数	概要
MsTimer2::set(unsigned long ms, void (*f)())	タイマー時間を ms で指定。時間が来るたびに関数 f が呼ばれる。f は引数なしの void 型として宣言。 【パラメータ】 オーバーフローする時間(ms) 【戻り値】 なし
MsTimer2::start()	タイマー割り込みを有効にする。 【パラメータ】 なし 【戻り値】 なし
MsTimer2::stop()	タイマー割り込みを無効にする。 【パラメータ】 なし 【戻り値】 なし

3.5 省電力制御

3.5.1 ActiveモードとSleepモード

Activeモード：動作状態。通常、大きな電源電流が流れる。

Sleepモード：低消費電力状態。スタンバイ・モードともいう。

Wakeup：SleepモードからActiveモードへの移行。Wakeupには、典型的には次の2種類がある。

1)WDT（ウォッチドッグタイマー）：MCUが持っているタイマーで定期的（例えば数秒間ごと）にWakeupする。この機能を生かしたい場合はSleepモードに入る前に、WDTをenabledに設定する必要がある。

2)外部割り込み：センサー値の変化やリアルタイムクロックなどによる割り込みでWakeupする。WDTに比べてMCUを低消費電力に出来る。

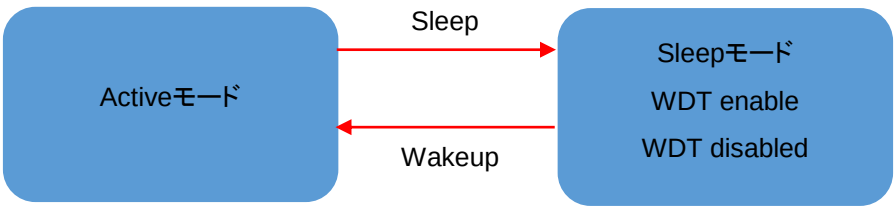


図 3.1 モード遷移図

3.5.2 Sleepモード・WDTサンプルスケッチ

Sleep関数とWDT関数のライブラリ群を使って定時間ごとにWakeupするサンプルスケッチ。Sleep時間は、8秒となる。avr/wdt.h のwdt_enable()関数を使用するとWDTによる復帰時にリセットが発生する。Wakup時にリセットをさせたくない場合は以下の様にWDTの設定をATmega328Pのレジスタに書き込む。

```
#include <avr/wdt.h>
#include <avr/sleep.h>
void WDT_setup(){
        cli();                                          // 割り込み禁止
        wdt_reset();                                    // WDT タイマーカウンタリセット
        MCUSR &= ~(1 << WDRF);                          // WatchDog system Reset Flag(WDRF)リセット
        WDTCSR |= 1 << WDCE | 1 << WDE;                 //WDT変更有効 (WDCEとWDE を同時に1にセットでWDT変更許可)
        WDTCSR = 1 << WDIE | 0 << WDE | 1 << WDP3 | 0 << WDP2 | 0 << WDP1 | 1 << WDP0; //WDT設定
                                                        // WDE=0,WDIE=1 :WDT overflowで割り込み
                                                        // WDP3=1,WDP2=0,WDP1=0,WDP0=1: 8s
        sei();                                          //割り込み許可
}
void sleepMode(){
        Serial.println("Sleep Mode");
        delay(10);
        WDT_setup();
        set_sleep_mode(SLEEP_MODE_PWR_DOWN);            //SLEEPモード設定
        sleep_bod_disable();                            //低電圧検出器(BOD)禁止
        sleep_mode();                                   //SLEEP移行
        __asm__("nop\n\t");
    Serial.println("WakeUp");
        digitalWrite(13,HIGH); delay(10);
        digitalWrite(13,LOW);
}
void setup(){
  Serial.begin(115200);
}
void loop() {
        sleepMode();
}
ISR(WDT_vect) {                                         // WDTがタイムアップした時に実行される処理
        wdt_disable();
}
```

3.5.3 Sleepモード

ATmega328PではSleepモードの一つに最も低電力状態になるPower-down modeがある。ここでは、Power-downモード関連のスケッチの書き方について説明する。

Sleepモードへの移行に必要な関数

set_sleep_mode(パラメータ) : Sleepモード(パラメータ)設定
sleep_mode() : Sleepモードに移行

ライブラリの呼び出し

#include <avr/sleep.h>

Sleep モードパラメータ	処理内容
SLEEP_MODE_PWR_DOWN	Power-Down モードへ設定。

スケッチの例

```
#include <avr/sleep.h>
void setup() { }
void sleep() {
   set_sleep_mode(SLEEP_MODE_PWR_DOWN);
   ADCSRA &= ~(1 << ADEN);                                  //ADC停止
   sleep_enable();
   MCUCR |= (1 << BODSE) | (1 << BODS);                     // MCUCRのBODSとBODSEに1をセット
   MCUCR = (MCUCR & ~(1 << BODSE)) | (1 << BODS);   //  すぐに（4クロック以内）BODSSEを0, BODSを1に設定
   asm("sleep");                                                 // 3クロック以内にスリープ
}
```

Sleepモード設定前にWDTの設定を行う。WDTによるSleepモード復帰を行う場合はWDTを有効にし、WDTの設定を行い開始する。ここでWDTを無効にすることにより、Power-down mode(WDT disabled)に設定することが可能。

消費電流を下げるためには、Sleepモード設定時にADCとBODを停止させる必要がある。

3.5.4 Wakeup

Wakeupには、以下の方法がある。ここでは、Power-downモード関連のスケッチの書き方について説明する。

・WDTを使う方法(一定時間間隔で自動復帰)最大8秒
・外部割り込みを使う方法

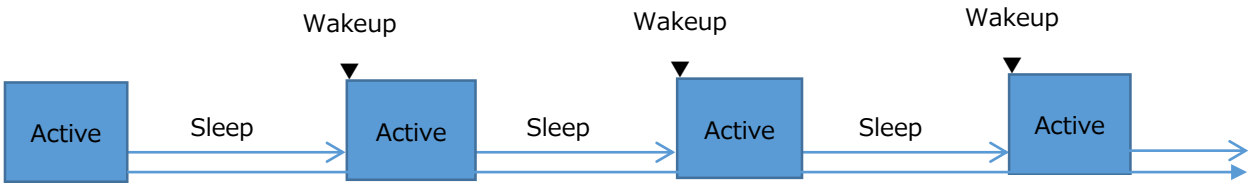


図 3.2 Wakeup遷移図

1)WDTでのWakeup

WDTのSleep時間は、最大8秒である。それ以上Sleepさせたい場合は、Sleepを複数回繰り返すことにより8秒の整数倍のSleep時間を得ることが出来る。

WDTの制御に必要な関数

wdt_reset()　　：WDTの設定をリセットするための関数
wdt_enable(value)　　:WDTを有効にする関数。valueに定数を入れて時間を設定する

ただし、WDTのオーバーフロー発生時リセットが発生する

wdt_disable()　　：WDTを無効にする関数

ライブラリの呼び出し

#include <avr/wdt.h>

2)外部割り込みでのWakeup

外部割り込みは、通常のプログラム実行中に、センサーなどの応答値が閾値を超えたり、スイッチがON/OFF切り替わった時に割り込みが発生し処理を行う。

8bit-MCU Leafには、pin 2またはpin 3に割り込み機能が割り当てられており、HighとLowの切り替わりで割り込みが発生する。

割り込み処理関数

attachInterrupt(割り込み番号，関数名，割り込みモード)

割り込み番号

外部割り込み　pin 2の場合：割り込み番号=0
pin 3の場合：割り込み番号=1

関数名

割り込み発生時に呼び出す関数

割り込みモード
LOW　　：ピンがLowのとき発生
CHANGE：ピンの状態が変化したときに発生
RISING　：ピンの状態がLowからHighに変わったときに発生
FALLING：ピンの状態がHighからLowに変わったときに発生

4 変更履歴

Rev A1.0: 2019年8月初版