

BH2 Lite

テクニカルノート

最終更新日: 2017/05/08

バージョン: 1.6

(株)ビズライト・テクノロジー



| | |
|-------------------------------------|----|
| 1. 本製品について | 3 |
| 2. BH2Lite の概要 | 3 |
| 3. 電池版簡易 UPS 機能 | 3 |
| 4. RTC(リアルタイムクロック)搭載 | 4 |
| 5. 電源供給の安定化 | 4 |
| 6. CPU の放熱対策 | 4 |
| 7. ノイズ、静電対策 | 4 |
| 8. 電源断サポート | 4 |
| 9. ウォッチドッグタイマーの有効化 | 4 |
| 10. ハード仕様 | 5 |
| 11. 試験結果 | 6 |
| 12. 外寸と各部名称 | 7 |
| 13. I/O コネクタへのアクセスと GPIO ポート | 8 |
| 14. 汎用ボタンの GPIO 割り当て | 9 |
| 15. 汎用スイッチの無効化、リセットコントロール端子切替 | 10 |
| 16. OS について | 12 |
| 17. 高速シャットダウンの処理シーケンス | 14 |
| 18. RTC の設定シーケンス | 16 |
| 19. ウォッチドッグタイマーのセットアップ内容 | 18 |
| 20. 汎用スイッチを利用したプログラムのサンプルソース | 19 |
| 21. 改訂履歴 | 25 |

1. 本製品について

この度は BH シリーズ、BH2Lite をご購入いただき、誠にありがとうございます。

本製品は下記を組み込んだセットとなっております。

- ・金属ケース(放熱用パッドつき)
- ・Raspberry Pi2 Model B
- ・(株)ビズライト・テクノロジー、オリジナル基盤
- ・簡易 UPS 用電池ソケット
- ・AC アダプター(7.5V3A)

※microSD カードと単三アルカリ電池(4 本)は別売となっております。

2. BH2Lite の概要

BH2Lite は Raspberry Pi2 Model B を使用した汎用エンベデッド STB です。

ご好評いただきました当社 BH1 をベースに、電源断があまり多く起こらない現場での利用を想定した簡易 UPS(単三アルカリ電池版)とすることで、コストダウンを行いました。同時に、当社オリジナル基盤のパターンを変更し汎用スイッチに割り当てられている GPIO を開放できるようにするなど、機能性もアップしております。

Raspberry Pi は特に IoT 分野などに多く使われはじめております。しかし、プロトタイプを終えて実際にフィールドで利用するためには、電源断時に正常終了させたい、電源のブレーカー連動、システム時刻保持、電源の安定化、耐ノイズ、放熱、ウォッチドックタイマーなどクリアしなければならない問題がたくさん出てきます。BH2Lite は特に堅牢性に重点を置き、フィールドでも使える STB を目指して開発されました。

3. 電池版簡易 UPS 機能

Linux ベースであるが故に正常なシャットダウンの確保は必須となります。BH2Lite は供給電源断を検出し、CPU に割込みを発生させます。単三アルカリ電池 4 本を使用した簡易 UPS 機能を持ち、1 回のシャットダウン発生時に約 30 秒程度の無電源動作を行うことができるため、プログラムはこの間に安全なシャットダウンプロセスを実行することが可能となり、OS のクラッシュや、Micro SD カードのクラッシュの可能性を大幅に低減させることが可能です。

これにより、Raspberry Pi 環境で OS レスの機器組込シングルボードと同じような扱いをすることが可能となりました。

4. RTC(リアルタイムクロック)搭載

データロギングなど大抵のアプリケーションには、正しいシステム時刻が必要です。BH2Lite はバッテリーでバックアップされた RTC を搭載しています。

5. 電源供給の安定化

Raspberry Pi は通常ミニ USB コネクタから電源を供給しますが、消費電流が増加したときに、このコネクタの内部抵抗が問題になり、電源が不安定になることがありました。BH2Lite は I/O バスポートから電源を供給していますので、この問題が発生しません。また、内部にレギュレーターを搭載し、安定した動作電圧を確保しています。

6. CPU の放熱対策

BH2Lite はケースに熱伝導パッドを装着し、これを CPU に密着させることにより、放熱対策をしています。50°C の外部環境での動作テストをクリアしていますので、フィールドで安心してご利用になれます。

7. ノイズ、静電対策

金属ケースの採用や、グランド処理などにより、静電気、雷サージ、GPIO ラインノイズなどの対策を施しています。

8. 電源断サポート

電源切断時に電源断検出(GPIO23)の信号を受けて高速シャットダウンが可能です。高速シャットダウン時に任意のコマンド(独自に作成したプログラムなど)を実行することが可能です。

9. ウォッチドッグタイマーの有効化

Raspberry Pi に搭載されたウォッチドッグタイマーを有効にし、万が一 CPU が暴走した場合でも、ハードウェア的に CPU をリブートさせます。システムがハングアップしたままになる可能性を減らすことが可能です。

10. ハード仕様

| | |
|------------|--|
| OS | Raspbian 3.18 以上 |
| CPU | Raspberry Pi2 Model B 900MHz quad-core ARM Cortex-A7 |
| GPU | 250 MHz / Broadcom VideoCore IV |
| メモリ | 1GB |
| 簡易 UPS | 単三アルカリ電池 4 本(別売) |
| 電源断検出 | GPIO23 Lレベルで検出 |
| RTC | MAXIM DS3231 I2C 接続(10K Ω でプルアップ済み) GPIO2、3を使用 |
| リセットコントロール | GPIO18を使用 |
| 汎用スイッチ | センター、上下左右モメンタリスイッチを搭載 |
| ビデオ出力 | HDMI(1.3 / 1.4) |
| 音声出力 | 3.5mm ジャック / HDMI |
| USB | USB2.0 \times 4 |
| I/O コネクタ | 40 ピン(ピンアサインはオリジナルと同様) |
| ネットワーク | 10 / 100Mbps イーサネット |
| ストレージ | Micro SD カード(別売) |
| CPU 熱対策 | CPU よりケースへ放熱。0 $^{\circ}$ C \sim 50 $^{\circ}$ C 動作試験 |
| 静電試験 | 接触 4KV 放電 8KV |
| 電源 | AC100-240V、50/60Hz (専用 AC アダプタ使用時) DC 7.5V 3A |
| 外寸 | 高さ 32mm \times 幅 115mm \times 奥行き 115mm |
| 重量 | 420g(乾電池、AC アダプタ含まず) |
| 動作保障温度 | 0 度 \sim 40 度(非結露) |
| 動作保障湿度 | 10% \sim 80% |

11. 試験結果

試験場所： 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 工業試験場
北海道札幌市北区北 19 条西 11 丁目

雷サージ許容度試験(試験装置: ノイズ研究所(株)LSS-15AX-C3)

| | |
|------|--|
| 試験内容 | AC ラインより 1KV の雷サージを、正負 1 回ずつ、20 秒間隔で 5 回、合計 10 回与える。 |
| 試験結果 | 正常 |

| | |
|------|--|
| 試験内容 | AC ラインより 2KV の雷サージを、正負 1 回ずつ、20 秒間隔で 5 回、合計 10 回与える。 |
| 試験結果 | 正常 |

静電気許容度試験(試験装置: ノイズ研究所(株)ESS-2000 & 放電ガン TC=815R)

| | |
|------|-----------------------------------|
| 試験内容 | 間接放電(本装置から 10 センチメートル離れたところで放電する) |
| 試験結果 | 8KV * 20 回: 正常 15KV * 20 回: 正常 |

| | |
|------|----------------------------------|
| 試験内容 | 直接放電(本装置に放電ガンを接触させて放電する) |
| 試験結果 | 4KV * 20 回: 正常 8KV * 20 回: 正常 |

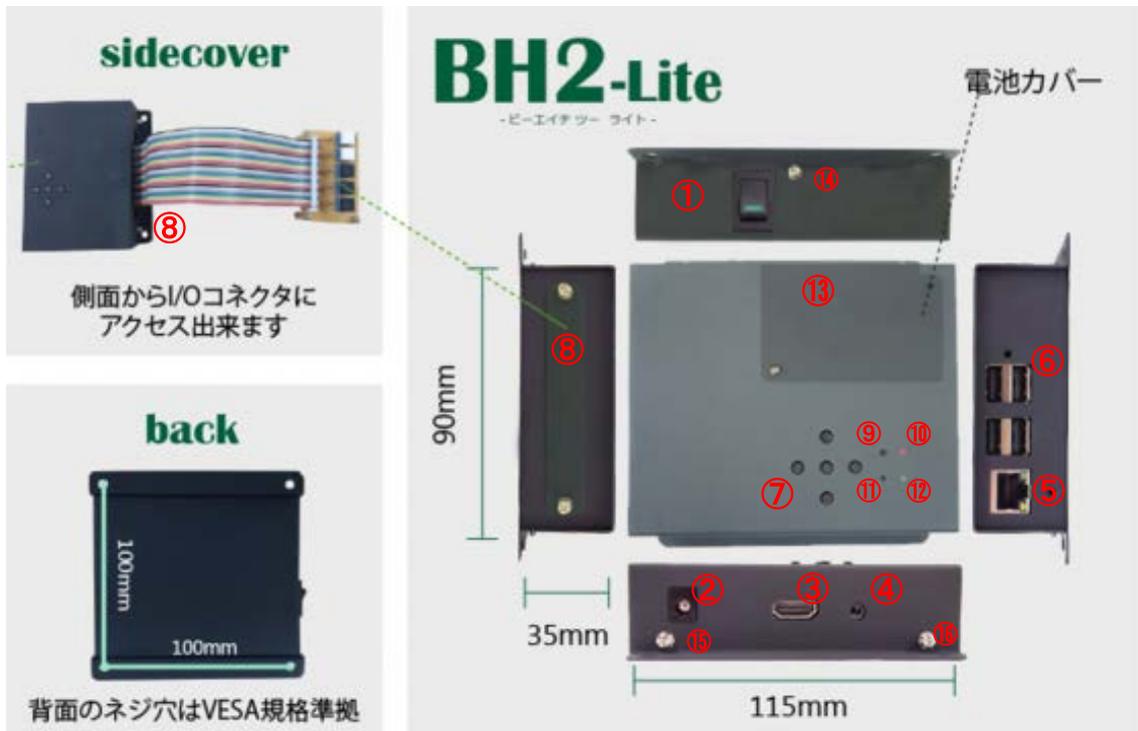
ただし間接、直接双方とも放電時にモニタ画面が一瞬乱れて 1 秒以内に正常に戻るといった現象が見られた。本体リセットがかかったのではなく、高圧パルスによるノイズで HDMI の同期が一瞬だけ外れることが原因と推測する。

電子機器用低温恒温恒湿試験(試験装置: エスペック(株)PL-4KP)

| | |
|------|-------------------------|
| 試験内容 | 0℃において本装置を 24 時間連続運転する。 |
| 試験結果 | 正常 |

| | |
|------|--------------------------|
| 試験内容 | 50℃において本装置を 24 時間連続運転する。 |
| 試験結果 | 正常 |

12. 外寸と各部名称



- ①電源スイッチ
- ②電源ジャック
- ③HDMI ジャック
- ④3.5mm ジャック
- ⑤10 / 100Mbps イーサネット
- ⑥USB2.0 × 4
- ⑦汎用ボタン
- ⑧I/O コネクタ
- ⑨電池劣化チェックボタン
- ⑩電池劣化表示 LED
- ⑪電池起動ボタン
- ⑫OS 起動 LED
- ⑬電池用蓋
- ⑭⑮⑯裏蓋用ネジ

Micro SD カードは、⑭⑮⑯裏蓋用ネジをはずし、裏蓋を開けて、Raspberry Pi に直接挿します。

アルカリ乾電池4本(別売)は、⑬電池用蓋を開けてセットしてください。

※⑬電池蓋開口時



13. I/O コネクタへのアクセスと GPIO ポート

⑧I/O コネクタのネジと蓋をはずすと、I/O コネクタにアクセスできます。
GPIO ポート番号は下図のようになっております。



| | | | |
|----|--------|--------|----|
| 40 | GPIO21 | GND | 39 |
| 38 | GPIO20 | GPIO26 | 37 |
| 36 | GPIO16 | GPIO19 | 35 |
| 34 | GND | GPIO13 | 33 |
| 32 | GPIO12 | GPIO6 | 31 |
| 30 | GND | GPIO5 | 29 |
| 28 | ID SC | ID SD | 27 |
| 26 | GPIO7 | GND | 25 |
| 24 | GPIO8 | GPIO11 | 23 |
| 22 | GPIO25 | GPIO9 | 21 |
| 20 | GND | GPIO10 | 19 |
| 18 | GPIO24 | 3.3V | 17 |
| 16 | GPIO23 | GPIO22 | 15 |
| 14 | GND | GPIO27 | 13 |
| 12 | GPIO18 | GPIO17 | 11 |
| 10 | GPIO15 | GND | 9 |
| 8 | GPIO14 | GPIO4 | 7 |
| 6 | GND | GPIO3 | 5 |
| 4 | VCC | GPIO2 | 3 |
| 2 | VCC | 3.3V | 1 |

14. 汎用ボタンの GPIO 割り当て



- ① UP ボタン: GPIO 17
- ② DOWN ボタン: GPIO 27
- ③ LEFT ボタン: GPIO 24
- ④ RIGHT ボタン: GPIO 22
- ⑤ ENTER ボタン: GPIO 25

- PULLUP モード(Raspberry Pi 内蔵のプルアップ抵抗を有効)にします
- 汎用ボタンは GPIO のピンと GND が接続されています
(外付けのプルアップ抵抗は接続されていません)
- 押されていない場合は H レベル(1)、押された場合は L レベル(0)の値になります
コマンドラインから値を取得する場合の例

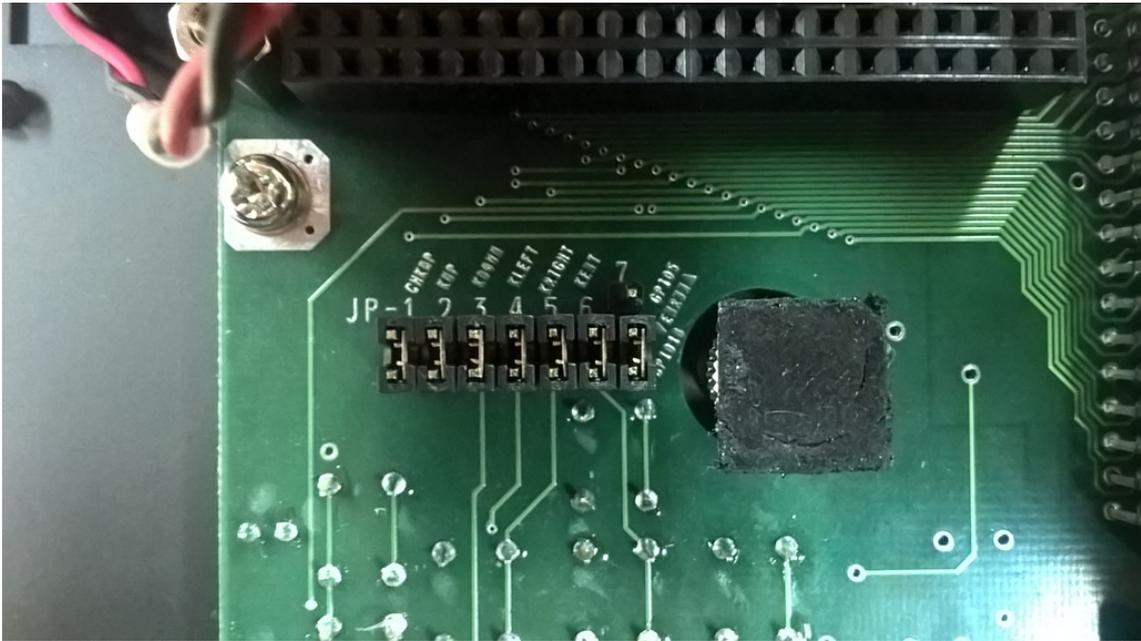
(Wiring Pi の gpio コマンドを利用して up ボタンの値を取得する場合):

```
gpio -g mode 17 input
gpio -g mode 17 up
gpio -g read 17
```

15. 汎用スイッチの無効化、リセットコントロール端子切替

本製品では、ジャンパピンによって汎用スイッチを無効化しスイッチに割り当てられている GPIO ポートを利用するようにすることができます。

ENRUN 端子の GPIO ポート番号を変更することが可能となっております。



ジャンパピンへのアクセスは裏蓋を開け、Raspberry Pi をはずすことによりアクセス可能です。

| | |
|------|--|
| JP-1 | ジャンパピンを抜くと、乾電池電圧チェックが無効になり GPIO4 が利用可能になります。 |
| JP-2 | ジャンパピンを抜くと、UP ボタンを無効化し GPIO17 が利用できるようになります。 |
| JP-3 | ジャンパピンを抜くと、DOWN ボタンを無効化し GPIO27 が利用できるようになります。 |
| JP-4 | ジャンパピンを抜くと、LEFT ボタンを無効化し GPIO24 が利用できるようになります。 |
| JP-5 | ジャンパピンを抜くと、RIGHT ボタンを無効化し GPIO22 が利用できるようになります。 |
| JP-6 | ジャンパピンを抜くと、ENTER ボタンを無効化し GPIO25 が利用できるようになります。 |
| JP-7 | 出荷時はリセットコントロールと OS 起動 LED 制御を GPIO18 に設定しております。ジャンパピンの切り替えで GPIO5 に変更できます。 |

JP-7 GPIO5 に変更した場合は、設定ファイル shutdownSensor.conf を /usr/local/sbin/以下に下記の内容で作成し、保存します。設定ファイルを保存後、OS の再起動が必要です。

/usr/local/sbin/shutdownSensor.conf

```
# Shutdown sensor config file
```

```
enrun pin = 18
```

16. OS について

Raspbian に対してセットアップツールをインストールします。

セットアップツールを利用すると、次の機能を追加します。

- 電源切断による高速シャットダウン
- OS 起動時に RTC 時刻をシステム時刻に設定
- ntpdate を利用して現在時刻を取得し RTC 時刻に設定
(設定タイミング: ネットワーク接続時、毎時 30 分(1 時間毎))
- ウォッチドッグタイマーの有効化

セットアップツールは、以下からダウンロードできます。

<http://dl.bizright.jp/bh/bh-tools-latest.tar.gz>

(対応 OS: Raspbian 3.18 以上)

Raspbian 3.18 以上をインストール後、次のコマンドを実行します。

セットアップツールのインストールコマンド:

```
curl -O http://dl.bizright.jp/bh/bh-tools-latest.tar.gz
tar xfvz bh-tools-latest.tar.gz
cd bh-tools
./build (※Installation of BH tools completed.が表示されれば成功)
sudo reboot
```

注意: build ファイル内で git や apt-get を呼び出しているためインターネットに接続できる状態で実行します。

既にセットアップツールを導入済みの方でバージョンアップする場合もこちらのコマンドを実行します。

一緒にインストールされるライブラリやパッケージ一覧:

- Wiring Pi
- ntpdate
- watchdog
- upstart(systemd がインストールされていない場合にインストールされる)
- git(git がインストールされていない場合にインストールされる)

セットアップツールをアンインストールする場合は次のコマンドを実行します。

セットアップツールのアンインストールコマンド:

```
cd bh-tools (※インストール時に利用したディレクトリに移動)
./build uninstall
(※Uninstall of BH tools completed.が表示されれば成功)
cd wiringPi
./build uninstall (※今後 Wiring Pi を利用しない場合)
sudo apt-get -y remove ntpdate (※今後 ntpdate を利用しない場合)
sudo apt-get -y remove watchdog (※今後 watchdog を利用しない場合)
sudo reboot -f
```

※セットアップツールでエラーが出てインストールできない場合

Error: WDT module is unknown.

のようなエラーが出てインストールが正常に行えない場合は、

```
apt-get update
```

```
apt-get upgrade
```

を行った後に、BH を再起動していない可能性があります。

```
sudo reboot
```

を行った後、再度セットアップツールのインストールを行ってください。

17. 高速シャットダウンの処理シーケンス

BH2Lite 上での高速シャットダウンする際の処理シーケンスです。

1. BH2Lite の電源切断時に GPIO の 23 番 (INPUT モード) が H レベル(1)から L レベル(0)になります
※AC アダプタ経由の電源を使わず、単三アルカリ電池 4 本での稼働で最大 30 秒間利用可能
2. 常駐プログラム「/usr/local/sbin/shutdownSensor」が 1.の割り込みを受けて次のスクリプトを実行します
 - /usr/local/sbin/fastshutdown
 - /usr/local/sbin/__fastdown-function (fastshutdown から呼ばれます)
3. 開始時間をログに出力します (高速シャットダウンの処理時間を計測するため)
出力先: /var/log/fastshutdown.log
Start time: (/proc/uptime の内容)
4. ディスプレイの信号を OFF にします
5. /usr/local/sbin/system-stop-use-usb スクリプトを実行します
(10 秒経過するとタイムアウトとなり、強制終了します)
6. USB コントローラの電源を OFF にします (シャットダウン時の消費電力を減らすため、有線 LAN と USB に接続された機器を利用不可にします)
7. /usr/local/sbin/system-stop スクリプトを実行します
(10 秒経過するとタイムアウトとなり、強制終了します)
8. 現在の時刻を保存します
(RTC が接続されていない場合でも動作可能にするため)
9. 全てのプロセスを正常終了させます
10. メモリ上のデータの内容を強制的にディスクに書き込みます
11. 全てのプロセスを強制終了します
12. 終了時間をログに出力します (高速シャットダウンの処理時間を計測するため)
出力先: /var/log/fastshutdown.log
End time: (/proc/uptime の内容)
13. メモリ上のデータの内容を強制的にディスクに書き込みます
14. マウントされているすべてのファイルシステムを読み込み専用モードで再マウントします
15. GPIO の 23 番 (INPUT モード) が H レベル(1)の場合はシステムを再起動、L レベル(0)の場合はシステムを停止します
(ユーザが誤って AC 電源を切ってしまう、シャットダウンプロセスが走り始めたの

に AC 電源を復旧させたようなケースを想定)

高速シャットダウン時に任意のコマンド(独自に作成したプログラムなど)を実行したい場合は、次のスクリプトに任意のコマンドを追加します。

```
/usr/local/sbin/system-stop
```

任意のコマンド内でネットワークと通信する処理や USB を利用した処理(有線 LAN や無線 LAN の利用、USB メモリへのファイル保存など)を行う場合は、「/usr/local/sbin/system-stop」に記述せずに次のスクリプトに任意のコマンドを追加します。

```
/usr/local/sbin/system-stop-use-usb
```

system-stop スクリプトと system-stop-use-usb スクリプトは 10 秒以内に処理を完了してください。10 秒経過するとタイムアウトとなり、強制終了します。

タイムアウトの秒数は次のスクリプトで変更可能です。

```
/usr/local/sbin/__fastdown-function
```

```
timeout -s 9 タイムアウトの秒数 /usr/local/sbin/system-stop-use-usb  
timeout -s 9 タイムアウトの秒数 /usr/local/sbin/system-stop
```

高速シャットダウン時に独自に作成したプログラム内でファイルのクローズ処理などを行う場合は、kill シグナルの割込みを受けてファイルのクローズ処理を行います。system-stop スクリプトまたは system-stop-use-usb スクリプトに killall コマンドなどを追加して、高速シャットダウン時に独自に作成したプログラムに対して kill シグナルが送られるようにします。

追加例:

```
/usr/local/sbin/system-stop
```

```
killall 独自に作成したプログラム名
```

OS 起動中に予期しないリセットが発生しないようにするため、常駐プログラム「/usr/local/sbin/shutdownSensor」の起動時(OS 起動時)に GPIO の 18 番(OUT モード)を H レベル(1)にし、シャットダウン完了までそのままの状態を保持していません。

18. RTC の設定シーケンス

OS 起動時(/usr/local/sbin/set-rtc):

1. RTC の I2C 接続を初期化します
2. RTC 時刻をシステム時刻に設定します
3. 2.の実行結果が失敗の場合、fake-hwclock を利用して前回のシャットダウン時刻をシステム時刻に設定します

ネットワーク接続時と毎時 30 分(1 時間毎))に実行(/etc/network/if-up.d/ntpdate):

1. 重複起動をチェックします(既に起動中の場合は処理を停止)
2. 20 秒間待機します(ネットワーク接続直後は ntpdate が失敗しやすいため)
3. /usr/sbin/ntpdate-debian コマンドを実行し、ネットワーク経由でシステム時刻を設定します
4. 3. の実行結果が成功の場合、システム時刻を RTC 時刻に設定します
5. 3. の実行結果が成功の場合、10 分間待機します
(ntpdate が連続して実行されるのを防ぐため)

ntpdate の実行間隔は次のファイルで変更可能です。

/etc/cron.d/ntpdate(毎時 30 分(1 時間毎)の場合)

```
30 * * * * root /etc/network/if-up.d/ntpdate > /dev/null 2>&1
```

NTP サーバーを指定する場合は次のファイルを修正します。

/etc/default/ntpdate

```
NTPSERVERS="ntp.nict.jp ntp.jst.mfeed.ad.jp ntp.ring.gr.jp"
```

手動で ntpdate を実行し、システム時刻を RTC に設定する場合は次のコマンドを実行します。

```
sudo /usr/sbin/ntpdate-debian
```

```
sudo hwclock -w
```

ネットワークに接続しない場合や ntpdate を利用してシステム時刻を合わせる必要がない場合は次のファイルを削除します。

```
/etc/cron.d/ntpdate  
/etc/network/if-up.d/ntpdate
```

任意の時刻を RTC に設定する場合は次のコマンドを実行します。

```
sudo date -s '時刻(例: 2015-06-19 00:00:00)'  
sudo hwclock -w
```

RTC 時刻を表示する場合は次のコマンドを実行します。

```
sudo hwclock -r
```

RTC 時刻をシステム時刻に設定する場合は次のコマンドを実行します。

```
sudo hwclock -s
```

19. ウォッチドッグタイマーのセットアップ内容

セットアップツールを利用した場合、次のコマンドを実行してウォッチドッグタイマーを有効化しています。watchdog のプログラムをインストールして設定ファイルを変更し、OS 起動時に bcm2708_wdog モジュール(Raspbian 4.2 以下の場合)または bcm2835_wdt モジュール(Raspbian 4.3 以上の場合)を自動的にロードします。

```
sudo apt-get install watchdog
```

```
sudo vi /etc/default/watchdog
```

変更前:

```
watchdog_module="none"
```

変更後(Raspbian 4.2 以下の場合):

```
watchdog_module="bcm2708_wdog"
```

変更後(Raspbian 4.3 以上の場合):

```
watchdog_module=" bcm2835_wdt "
```

```
sudo vi /etc/watchdog.conf
```

変更前:

```
#max-load-1= 24
```

```
#watchdog-device = /dev/watchdog
```

変更後:

```
max-load-1= 24
```

```
watchdog-device = /dev/watchdog
```

```
watchdog-timeout = 10
```

```
sudo vi /etc/modules
```

最終行に追加(Raspbian 4.2 以下の場合):

```
bcm2708_wdog
```

最終行に追加(Raspbian 4.3 以上の場合):

```
bcm2835_wdt
```

```
sudo vi /lib/systemd/system/watchdog.service
```

最終行に追加(ファイル内の[Install]の下に追加)

```
WantedBy=multi-user.target
```

```
sudo update-rc.d watchdog enable
```

```
sudo reboot
```

20. 汎用スイッチを利用したプログラムのサンプルソース

汎用スイッチを押すとボタン名を表示するプログラムのサンプルソースです。
このサンプルソースは、以下からダウンロードできます。

<http://dl.bizright.jp/bh/bhButton.zip>

C 言語で Wiring Pi を利用した場合：

bhButton.c

```
#include <stdio.h>
#include <sys/time.h>
#include <wiringPi.h>

#define GPIO_UP 17
#define GPIO_DOWN 27
#define GPIO_RIGHT 22
#define GPIO_LEFT 24
#define GPIO_ENTER 25
#define BUTTON_USLEEP 50000
#define RESET_SEC 5

int setupGpio();
void isrUp();
void isrDown();
void isrRight();
void isrLeft();
void isrEnter();
void isrButton(int pin, char *button);

// 現在押されているボタン名
static volatile char *currentButton = NULL;

// 押された時間
static volatile long currentButtonTime = 0;

// メイン関数
int main(int argc, char *argv[]) {
```



```
struct timeval now;

// GPIO の初期化
if (setupGpio() == -1) return 1;

while (1) {
    sleep(1);

    // 現在、汎用ボタンが押されている場合
    // 他の汎用ボタンを最大 RESET_SEC(5 秒)間無効
    if (currentButton != NULL) {
        gettimeofday(&now, NULL);
        if (RESET_SEC < now.tv_sec - currentButtonTime) {
            currentButton = NULL;
        }
    }
}
return 0;
}

// GPIO の初期化関数
int setupGpio() {
    // WiringPi の初期化
    if (wiringPiSetupGpio() == -1) return -1;

    // 入力モードに設定
    pinMode(GPIO_UP, INPUT);
    pinMode(GPIO_DOWN, INPUT);
    pinMode(GPIO_RIGHT, INPUT);
    pinMode(GPIO_LEFT, INPUT);
    pinMode(GPIO_ENTER, INPUT);

    // PULLUP モードに設定
    pullUpDnControl(GPIO_UP, PUD_UP);
    pullUpDnControl(GPIO_DOWN, PUD_UP);
    pullUpDnControl(GPIO_RIGHT, PUD_UP);
```

```
pullUpDnControl(GPIO_LEFT, PUD_UP);
pullUpDnControl(GPIO_ENTER, PUD_UP);

// GPIO の値の変化を検出し、割り込み処理を行う
wiringPiISR(GPIO_UP, INT_EDGE_BOTH, &isrUp);
wiringPiISR(GPIO_DOWN, INT_EDGE_BOTH, &isrDown);
wiringPiISR(GPIO_RIGHT, INT_EDGE_BOTH, &isrRight);
wiringPiISR(GPIO_LEFT, INT_EDGE_BOTH, &isrLeft);
wiringPiISR(GPIO_ENTER, INT_EDGE_BOTH, &isrEnter);
return 0;
}

// up ボタンの割り込み関数
void isrUp() {
    isrButton(GPIO_UP, "up");
}

// down ボタンの割り込み関数
void isrDown() {
    isrButton(GPIO_DOWN, "down");
}

// right ボタンの割り込み関数
void isrRight() {
    isrButton(GPIO_RIGHT, "right");
}

// left ボタンの割り込み関数
void isrLeft() {
    isrButton(GPIO_LEFT, "left");
}

// enter ボタンの割り込み関数
void isrEnter() {
    isrButton(GPIO_ENTER, "enter");
}
```

```
// ボタンの割込み関数
void isrButton(int pin, char *button) {
    int read1, read2;
    struct timeval now;

    // チャタリングによる誤動作防止のため
    // BUTTON_USLEEP(0.05 秒)の間隔で GPIO の値を 2 回取得し
    // 一致する場合のみボタン名を表示
    read1 = digitalRead(pin);
    usleep(BUTTON_USLEEP);
    read2 = digitalRead(pin);
    if (read1 == 0 && read2 == 0) {
        if (currentButton == NULL) {
            gettimeofday(&now, NULL);
            currentButtonTime = now.tv_sec;
            currentButton = button;
            printf("%s¥n", button);
        }
    } else if (currentButton == button && read1 == 1 && read2 == 1) {
        currentButton = NULL;
    }
}
```

ビルドコマンド:

```
gcc -lwiringPi -o bhButton bhButton.c
```

実行コマンド:

```
sudo ./bhButton
```

Python で RPi.GPIO を利用した場合:

bhButton.py

```
# coding: UTF-8

import RPi.GPIO as GPIO
import time

GPIO_UP = 17
GPIO_DOWN = 27
GPIO_RIGHT = 22
GPIO_LEFT = 24
GPIO_ENTER = 25
BUTTON_SLEEP = 0.05

# ボタンの割込み関数
def gpio_callback(channel):

    # チャタリングによる誤動作防止のため
    # BUTTON_SLEEP(0.05 秒)の間隔で GPIO の値を 2 回取得し
    # 一致する場合のみボタン名を表示
    value1 = GPIO.input(channel)
    if value1 == 1:
        return
    time.sleep(BUTTON_SLEEP)
    value2 = GPIO.input(channel)
    if value2 == 1:
        return
    if value1 != value2:
        return

    if channel == GPIO_UP:
        print('up')
    elif channel == GPIO_DOWN:
        print('down')
    elif channel == GPIO_RIGHT:
        print('right')
```

```
elif channel == GPIO_LEFT:
    print('left')
elif channel == GPIO_ENTER:
    print('enter')

# 入力モード,PULLUP モードに設定
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(GPIO_UP, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
GPIO.setup(GPIO_DOWN, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
GPIO.setup(GPIO_RIGHT, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
GPIO.setup(GPIO_LEFT, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
GPIO.setup(GPIO_ENTER, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)

# GPIO の値の変化(1 から 0)を検出し、割り込み処理を行う
GPIO.add_event_detect(GPIO_UP, GPIO.FALLING)
GPIO.add_event_detect(GPIO_DOWN, GPIO.FALLING)
GPIO.add_event_detect(GPIO_RIGHT, GPIO.FALLING)
GPIO.add_event_detect(GPIO_LEFT, GPIO.FALLING)
GPIO.add_event_detect(GPIO_ENTER, GPIO.FALLING)
GPIO.add_event_callback(GPIO_UP, gpio_callback)
GPIO.add_event_callback(GPIO_DOWN, gpio_callback)
GPIO.add_event_callback(GPIO_RIGHT, gpio_callback)
GPIO.add_event_callback(GPIO_LEFT, gpio_callback)
GPIO.add_event_callback(GPIO_ENTER, gpio_callback)

while 1:
    time.sleep(1)
```

実行コマンド:

```
sudo python bhButton.py
```

21. 改訂履歴

| 更新日 | バージョン | 内容 |
|------------|-------|---|
| 2016/02/01 | 1.0 | 初版 |
| 2016/05/24 | 1.1 | 「20. ウォッチドッグタイマーのセットアップ内容」で Raspbian 4.3 以上の場合にウォッチドッグタイマーのモジュール名が「bcm2708_wdog」から「bcm2835_wdt」に変更になったため、設定コマンドの内容を修正 |
| 2016/05/27 | 1.2 | 「16. OS について」 次の文言を追加 git(git がインストールされていない場合にインストールされる) |
| 2016/05/30 | 1.3 | 「16. OS について」 専用 OS イメージについての説明を削除 (今後は Raspbian に対してセットアップツールをインストールする方法のみとする) 「17.コンソール / SSH でのログイン」を削除(専用 OS イメージについての説明のため削除) |
| 2016/06/24 | 1.4 | 「13.I/O コネクタへのアクセスと GPIO ポート」 GPIO のポートの図を変更 |
| 2016/12/06 | 1.5 | 「17.高速シャットダウンの処理シーケンス」 8.現在の時刻を保存します の後に、 すべてのプロセスを正常終了させるシーケンスを追加 |
| 2017/05/08 | 1.6 | 「16. OS について」 セットアップツールのインストール時にエラーが出た場合の対応について追記 |