

話題沸騰ポット (GOMA-1015 型)
要求仕様書

第3版



胡麻印まほうびん (株)

この要求仕様書は、組込みソフトウェア管理者・技術者育成研究会（SESSAME）が著作権を所有しています。営利目的として複製、利用される場合にはあらかじめ SESSAME の事務局から承諾を受ける必要があります。

この要求仕様書を利用したことによって生ずるいかなる損害に関しても、組込みソフトウェア技術者・管理者育成研究会（SESSAME）は一切責任を負いません。

なお、この要求仕様書に関するご意見、ご提言、ご感想、ご質問等がありましたら、SESSAME の事務局まで E-Mail にてご連絡ください。

組込みソフトウェア技術者・管理者育成研究会（SESSAME）事務局：

〒113-8656

東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学大学院 工学系研究科 化学システム工学専攻 飯塚研究室

E-Mail : seesame@blues.tqm.t.u-tokyo.ac.jp

目 次

1. 機能要件.....	4
2. ハードウェア構成	5
3. 操作パネル部.....	7
4. 温度制御方式.....	9
5. 温度制御仕様.....	12
6. エラー検知	14
7. システムとしての動作	16
8. 制約事項.....	17

1. 機能要件

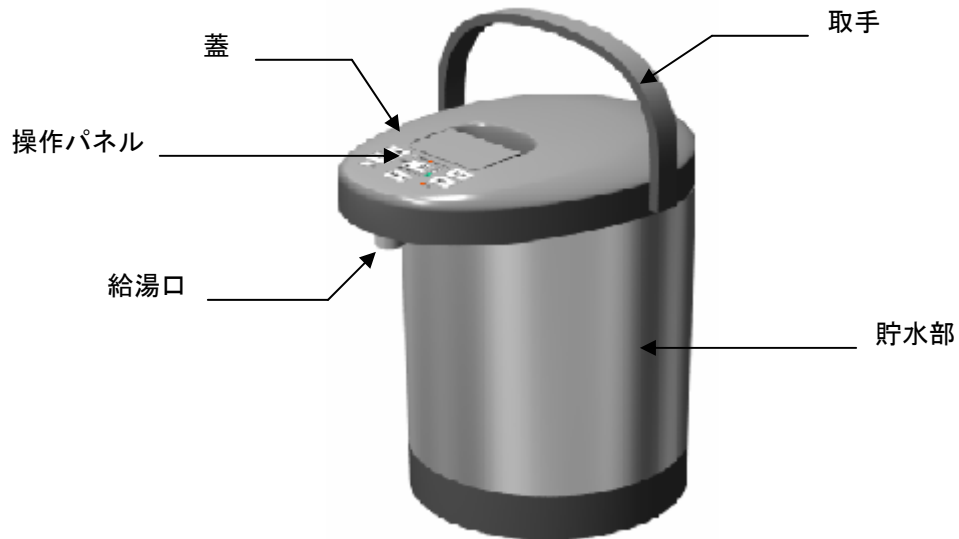
今回設計する沸騰ポットとは、ユーザに以下の機能を提供する家電製品です。

- ポット内の水を沸騰・保温する機能
- ポット内の水を給湯する機能
- ユーザが指定した時間がきたら、ブザーを鳴らして知らせるキッチンタイマ機能

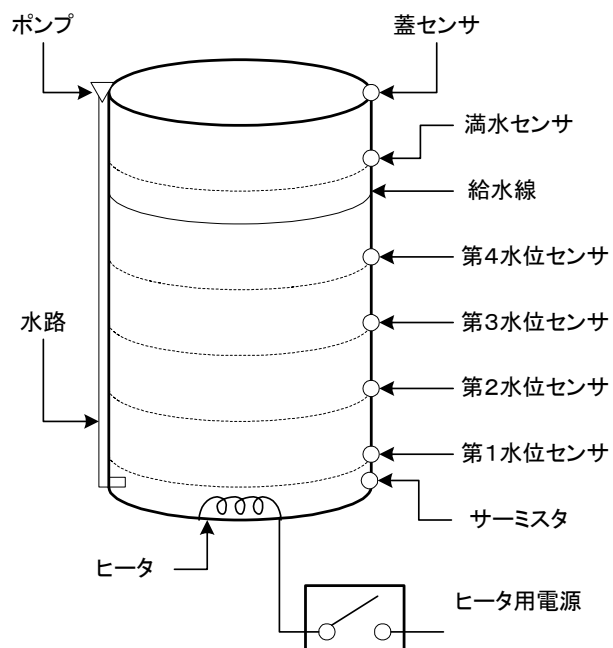
以降の章では、このポットに要求される機能の詳細を説明します。

2. ハードウェア構成

対象とするポットは、以下に示すような外観になっています。



貯水部には断熱性の高いステンレス素材を使用しているため、ポット内の水を保温できるようになっています。その内部は、以下のような構成になっています。

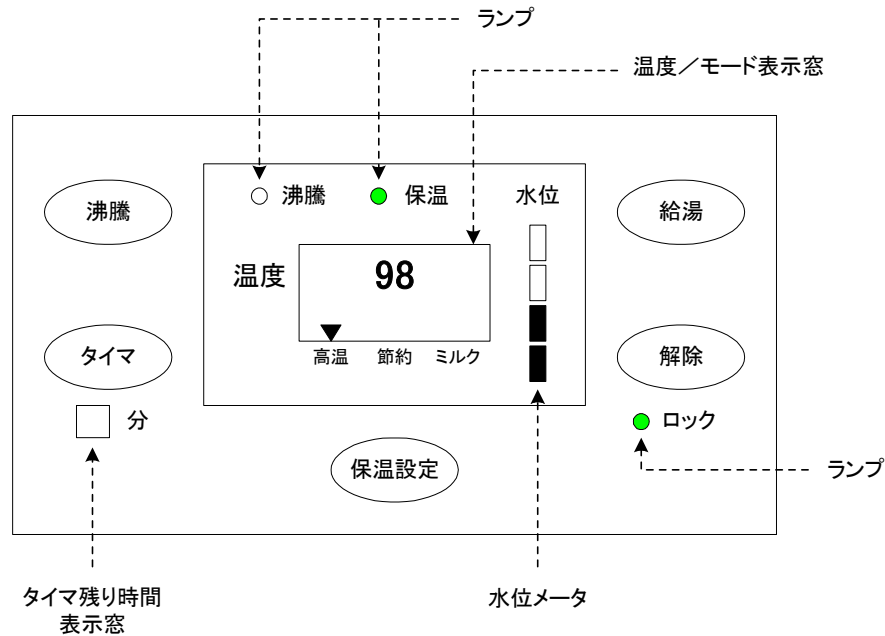


ここで、各用語の意味は次のとおりです。

- 満水センサ
水位が、このポットの許容上限を超えていないかどうかを検出します。このセンサが on の時、水位が許容上限を超えていることになります。
- 第 n 水位センサ
水位を検出します。各センサは on の時、その位置よりも水位が高いことになります。
- 蓋センサ
蓋が開いているかどうかを検出します。蓋が閉じている時に on になります。
- サーミスタ
ポット内の水温を検出します。
- ヒータ
ポット内の水を加熱します。
- ヒータ用電源
ヒータへ電力を供給します。通常は on で、ヒータに異常が発生した時に off にして電力を遮断します。
- 給水線
ユーザに、このポットに入れることができる水量の上限を知らせるための目印です。満水センサの位置よりも若干下にあります。
- ポンプ
ポット内の水を吸い上げて、給湯口から排出します。
- 水路
ポンプによって吸い上げられる水の通路です。

3. 操作パネル部

ポット上部にある操作パネルは、以下のような構成になっています。



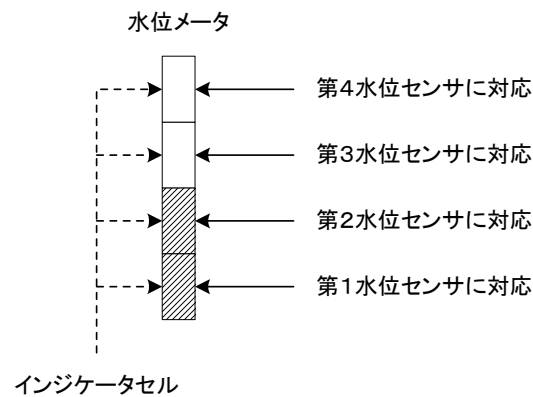
ここで、各用語の意味は次のとおりです。

- タイマボタン
 このボタンを押すとタイマが起動し、1回押す毎に1分追加されます。
- タイマ残り時間表示窓
 タイムアップまでの残り時間（分単位に切り上げ）が表示されます。
- 保温設定ボタン
 このボタンを押すと、保温モードを高温（98℃保温）、節約（90℃保温）、ミルク（60℃保温）モードに設定します。1回押す毎に高温→節約→ミルク→高温とモードが変わります。
- 温度／モード表示窓
 現在の水温と、設定されている保温モード（図中の▼）が表示されます。
- 解除ボタン
 給湯口のロック／解除を行います。ロック中は、給湯ボタンを押しても水は出ません。ロック中に押すとロックは解除され、解除されている時に押すと給湯口をロックします。また、給湯中はロックできません。
- ロックランプ
 給湯口がロックされているかどうかを表わします。給湯口がロックされている時

に点灯します。

- 給湯ボタン
このボタンを押すと、ポンプを動作させて給湯口から水を排出します。押している間中は給湯を行い、ボタンから手を離すと給湯を停止します。
- 沸騰ボタン
このボタンを押すと、ポット内の水を沸騰させてカルキ抜きを行います。沸騰中に押すと、沸騰を中止して保温状態になります。1回押す毎に沸騰→保温→沸騰と変わります。
- 沸騰ランプ
水を沸かしている時に点灯します。沸騰が終了すると消灯します。
- 保温ランプ
沸騰中でない時に点灯します。ユーザの沸騰ボタン押下等で水を沸かし始めた時に消灯します。
- 水位メータ
ポット内の水位を表示します。

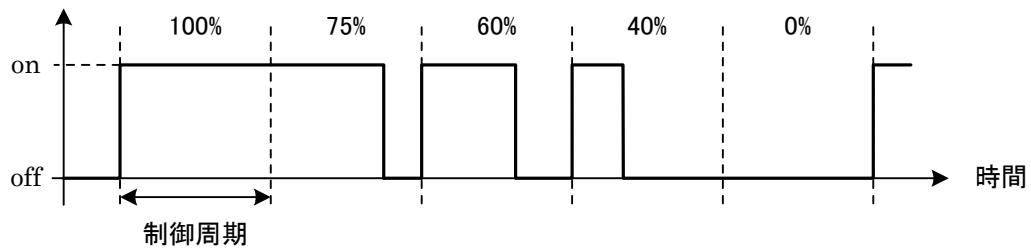
水位メータと各水位センサの関係は以下のとおりです。



水位メータは複数のインジケータセルと呼ばれるランプにより構成され、水位センサの数と同数のセルにより構成されます。水位センサが on 状態の時(水があると検出された時)、対応するインジケータセルが点灯します。この例では、第1水位センサと第2水位センサが on 状態であることを示しています。すなわち、水位は第2水位センサと第3水位センサの間にあることとなります。

4. 温度制御方式

本ポットでは、ヒータの on/off により水温を制御します。その制御方式は、以下のように制御周期と操作量 (%) により行われます。下図のように、ヒータが on で操作量が 75% の時、制御周期の 75% の時間だけヒータが on 状態になります。

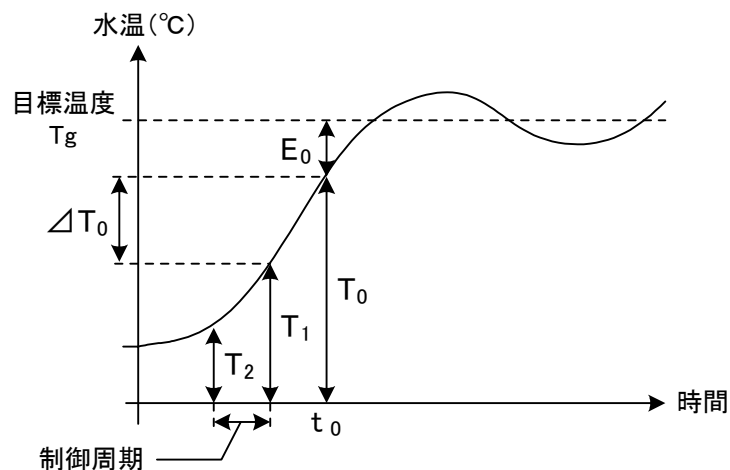


上記の操作量を決定する方式としては、以下の 3 つがあります。

(1) PID 制御方式

この方式では、水の温度特性により決定される比例係数 K_p 、微分係数 K_d 、積分係数 K_i を使って、以下の式で時間 t_0 における操作量 M (%) が計算されます。

$$M(E_0) = K_p E_0 + K_i \int E_0 dt + K_d dE_0/dt$$



この数式を展開すると、前回の操作量 M_1 と今回の操作量 M_0 の差 ΔM (%) は、

$$\Delta M = M_0 - M_1 = K_p (T_1 - T_0) + K_i (T_g - T_0) + K_d (2 T_1 - T_0 - T_2)$$

で表わされるので、今回の操作量 M_0 は、

$$M_0 = M_1 + \Delta M \quad (\text{ただし、} 0 \leq M_0 \leq 100\%)$$

となります。

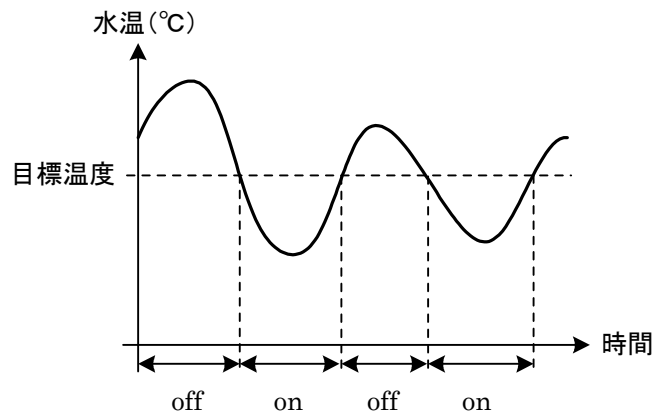
(2) 温度制御テーブル方式

この方式では、PID 制御方式の図の E_0 と ΔT_0 に対してあらかじめ決められた操作量をテーブルとして保存しておき、操作量決定時にこのテーブルを参照して操作量を求めます。

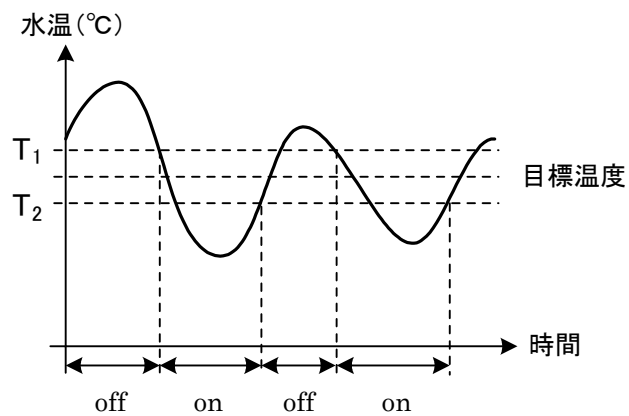
		E_0 (°C)				
		< -3	≥ -3	= 0	≤ 3	> 3
ΔT_0 (°C)	< -3	0	100	100	100	100
	≥ -3	0	70	70	70	100
	= 0	0	30	30	50	100
	≤ 3	0	0	0	30	100
	> 3	0	0	0	0	100

(3) 目標温度 ON/OFF 方式

温度上昇中に目標温度に達したらヒータを off、温度下降中に目標温度に達したらヒータを on します。操作量はヒータ on 時は 100%、ヒータ off 時は 0% となります。



また、目標温度を境にヒステリシスをもたせる方法もあります。この場合、目標温度 $+ \alpha$ の温度 T_1 と、目標温度 $- \alpha$ の温度 T_2 を設定し、温度上昇中に T_2 に達したらヒータを off、温度下降中に T_1 に達したらヒータを on します。操作量はヒータ on 時は 100%、ヒータ off 時は 0% となります。

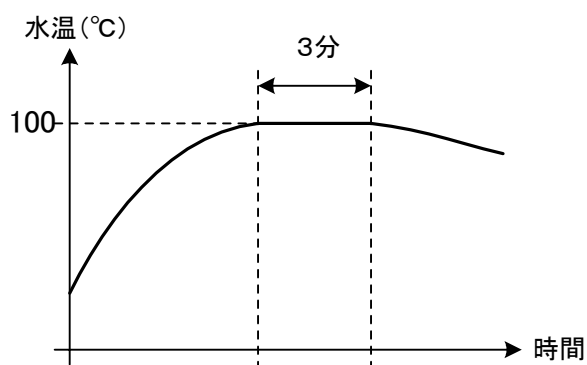


5. 温度制御仕様

本ポットでは水温を制御するため、以下の仕様に従ってヒータを制御します。

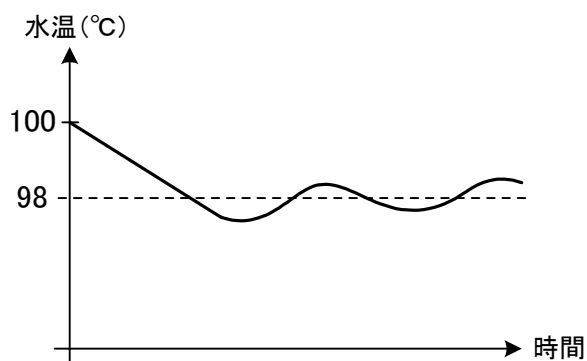
(1) 蓋が閉じられた場合

温度制御可能な水位ならば沸騰状態に移行し、ポット内の水を加熱します。水温が100°Cに達した後も3分間加熱を続け、その後保温状態に移行します。この場合、温度制御の操作量算出には目標温度 ON/OFF 方式（ヒステリシスなし）を適用します。



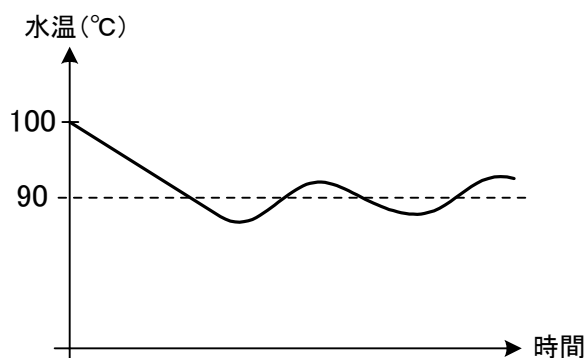
(2) 沸騰状態が終了した場合（高温モードが設定されている場合）

この場合、水温を98°Cに保つようにヒータを制御します。温度制御の操作量算出にはPID制御方式を適用します。



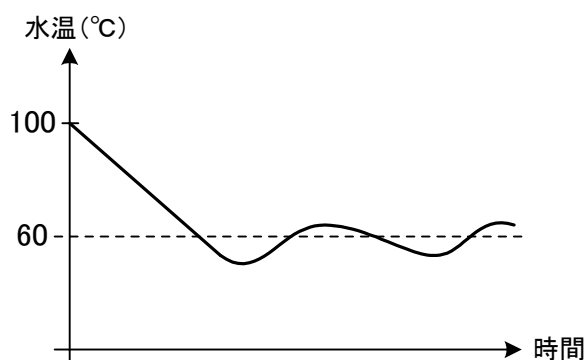
(3) 沸騰状態が終了した場合（節約モードが設定されている場合）

この場合、水温を90°Cに保つようにヒータを制御します。温度制御の操作量算出にはPID制御方式を適用します。



(4) 沸騰状態が終了した場合（ミルクモードが設定されている場合）

この場合、水温を 60°C に保つようにヒータを制御します。温度制御の操作量算出には PID 制御方式を適用します。



(5) 沸騰ボタン押下により、強制沸騰する場合

(1)の制御仕様と同様です。

(6) 保温設定ボタンにより、保温モードを変更した場合

移行した保温モードの制御仕様（(2)、(3)、(4)）に従い、目標温度に水温を保つようにヒータを制御します。

※ 仕様毎の温度制御の操作量算出方法は、機種によって変わる場合があります。

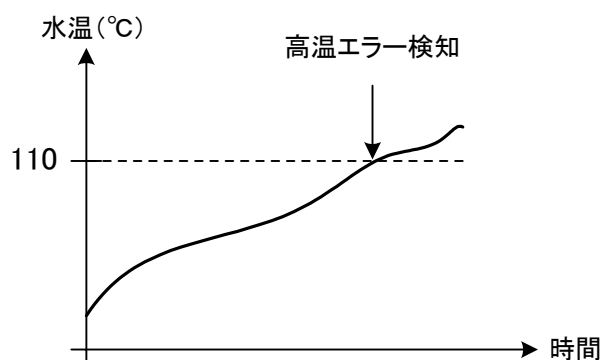
6. エラー検知

この沸騰ポットでは、ヒータが故障／誤動作した場合のエラーを検知します。これは、ヒータの異常過熱による火災等の危険を回避するためです。サーミスタの故障による異常過熱が発生した場合は、ソフトウェアではエラーを検知できないため、ハードウェア的に断線することにより安全を確保するようになっています。水位センサ、蓋センサ、及びポンプの故障／誤動作については、今回の設計では扱わないものとします。

エラーの種類としては以下のように分類することができます。

(1) 高温エラー

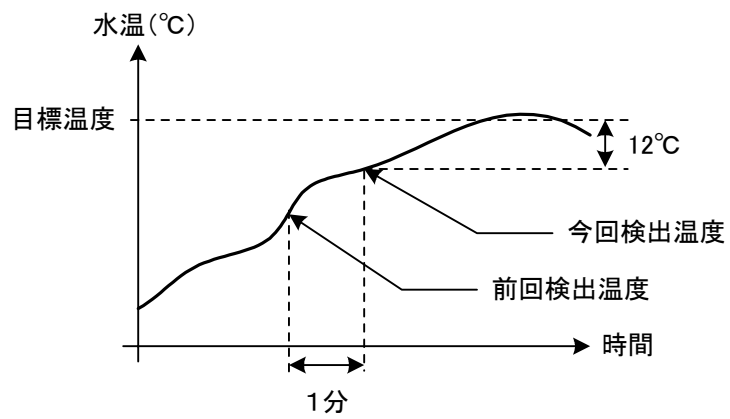
これは、ヒータが停止できなくなった場合に発生します。水温が 110℃を超えた場合、ヒータ用電源を off して 30 秒間ブザーを鳴らします。



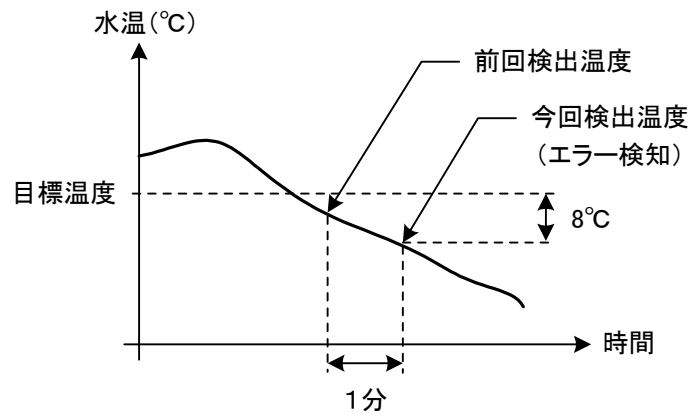
(2) 温度上がらずエラー

これは、ヒータが動作しなくなった場合や、ヒータの動作が不安定になった場合に発生します。ヒータ制御中に一定周期で水温を検出し、目標温度よりも水温が 5℃下がり、かつ前回検出した水温よりも今回検出した水温の方が低い場合、ヒータ用電源を off して 30 秒間ブザーを鳴らします。水温検出周期は 1 分とします。

以下の最初の例では、目標温度よりも 12℃水温が低いですが、今回検出温度 > 前回検出温度なのでエラーとはなりません。2 番目の例では、目標温度よりも 8℃水温が低く、今回検出温度 < 前回検出温度なので温度上がらずエラーとなります。



(b) 温度上がらずエラーでない例



(c) 温度上がらずエラーが検知される例

7. システムとしての動作

システム全体として、以下の動作仕様を満たさなければなりません。

- 第 n 水位センサが **on** で、かつ満水センサが **off** の場合、温度制御が可能になります。それ以外の場合は、沸騰ボタン・ヒータは動作しません。
- 蓋が開けられると、ヒータは停止します。沸騰ボタンは動作しません。
- ヒータが動作していないときは、沸騰ランプ及び保温ランプは消灯します。
- 保温モードに設定した際、 100°C でなかった場合は、必ず一度沸騰させた後、自然に冷やしながら設定温度に保つ動作をします。
- タイマは最大 1 時間まで設定できます。
- ユーザからボタン (タイマ・保温設定・沸騰・解除・給湯の 5 つ) が押された時、ブザーを 1 回鳴らします。しかし、上記 2 つの制約時には、沸騰ボタンが押されてもブザーを鳴らさないこととします。
- ユーザが設定したタイマのタイムアウト時、及び沸騰状態終了時には、ブザーを 3 回鳴らします。

8. 制約事項

制約事項は以下のとおりです。

- T.B.D.
(ハードウェアの要件が確定していないので T.B.D.としています。本要求仕様書を教育用資料として利用される環境で、適宜、制約を設定していただいで結構です。)

発行履歴:

話題沸騰ポット (GOMA-1015 型) 要求仕様書

2002年10月15日 初版発行

2003年 3月28日 第2版発行

2003年 9月10日 第3版発行

Copyright © 2002-2003 組込みソフトウェア技術者・管理者育成研究会