

## 課題情報シート

テーマ名 :	漬物器用荷重計測システムの開発				
担当指導員名 :	高井秀悦、渡辺克彦	実施年度 :	25 年度		
施設名 :	東北職業能力開発大学校附属青森職業能力開発短期大学校				
課程名 :	専門課程	訓練科名 :	電子情報技術科		
課題の区分 :	総合制作実習	学生数 :	2 名	時間 :	22 単位 (396h)

### 課題制作・開発のポイント

#### 【開発（制作）のポイント】

企業から「重石を使わない漬物器を試作したが、荷重がわからないのでうまく漬けられなかった。どうすればよいか？」との相談を受け、共同研究テーマに取り上げました。製品化するための条件として、低コストと電池動作を考慮しました。

#### 【訓練（指導）のポイント】

ストレインゲージは応力による抵抗変化が微弱なため、効率よく電気信号に変換するためブリッジ回路を使用しました。また、その信号をPICマイコンで精度よく読み取るために計装アンプを使用しました。さらに、重さを表示するためLCD表示器を用いました。表示のためのプログラムをライブラリ化し、使用方法を習得させるようにしました。これらの回路を理解させるために機能ごとに単独に特性評価実験を行い、知識を習得させました。センサ、計装アンプとPIC<sup>®</sup>について特性をよく理解させた上で、設計製作と評価を進めることが大切です。

### 課題に関する問い合わせ先

施設名 : 東北職業能力開発大学校附属青森職業能力開発短期大学校  
住所 : 〒037-0002 青森県五所川原市飯詰字狐野 171-2  
電話番号 : 0173-37-3201 (代表)  
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/aomori/college/page/chotatu-c.html>

### 課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

# 漬物器用荷重計測システムの開発

青森職業能力開発短期大学校  
電子情報技術科  
指導教員

## 1. はじめに

重石を用いずに機械的に押圧する機構をもつ漬物製造器が複数考案されている[1]。しかし、これらは荷重表示機能をもたないため、うまく漬けられないことがあるという問題があった。

そこで我々は野菜に加えられる圧力を計測し、表示する荷重計測システムを試作した。

## 2. 荷重計測システムの仕組み

図1に荷重計測システムのブロック図を示す。まず圧力センサに荷重を掛けるとそれに応じた電圧が出力される。センサから出力される電圧は数[mV]程度と微小であるので、計装アンプで電圧を増幅する。増幅された電圧をPIC<sup>®</sup>へ取り込みA/Dコンバータでデジタル信号に変換して荷重をLCDに表示する。

## 3. 各ブロックの特性測定

### 3.1 圧力センサの荷重-電圧特性

センサはSEN-10245<sup>®</sup> (SparkFun社)を使用した。図2に示すように測定系としてセンサと抵抗でブリッジ回路を構成する。ブリッジ回路は抵抗の比で出力電圧が変化する回路なので、その1つをセンサ(可変抵抗)にすると、加圧したとき抵抗の平衡が崩れ、電圧が出力される。出力電圧Vは式(1)で求められる。

$$V = V_{12} - V_{3m} = \frac{R_3 \cdot R_2 - R_1 \cdot R(m)}{(R_1 + R_2)(R_3 + R(m))} \cdot V_{cc} \quad [mV] \quad (1)$$

センサが圧縮される場合をパターンA、伸張される場合をパターンBとして実験した結果、パターンAでは切片が正、傾きが負となった。

一方パターンBでは切片、傾き共に正であった。パターンBに対して電源電圧を9[V]として、4個のセンサに荷重を加えて電圧を測定した結果を図3に示す。センサ3の荷重m[kg]と出力電圧V[mV]の関係を最小二乗法により求めたところ

$$V[mV] = 3.268 + 0.200 \cdot m[kg] \quad (2)$$

であった。

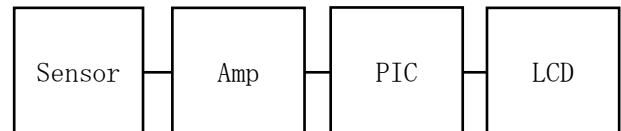


図1 システムのブロック図

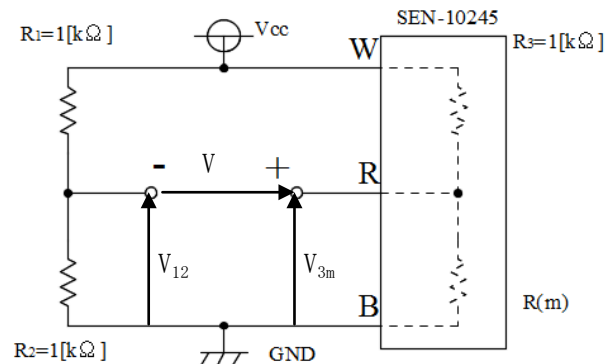


図2 SEN-10245<sup>®</sup>の特性測定回路

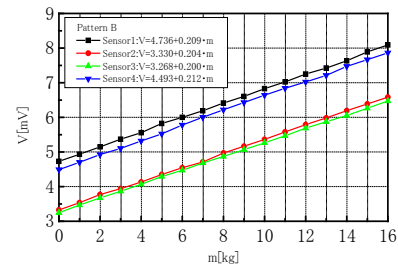


図3 荷重対電圧特性(パターンB)

### 3.2 計装アンプの特性測定

ノイズの影響を受けやすい環境や、大きな同相信号のある環境でも高い精度で電圧を増幅することができるので、計装アンプLT1167<sup>®</sup>

(Linear Technology社)を使用することにした。

アンプの利得Gは抵抗 $R_G$ を外付けすることにより設定される。 $R_G$ とGの関係は

$$R_G = \frac{49.4 \times 10^3}{G-1} \quad [\Omega] \quad (3)$$

で与えられる。利得が1000倍のとき、 $R_G$ はおおよそ51[ $\Omega$ ]である。

電源電圧 $V_S$ を±5、10、15[V]、利得を1000倍にしてアンプの入出力特性を測定した。入力電圧の設定は可変抵抗を用いたブリッジ回路により行った。

実験の結果、利得が1000倍の場合、理論値通り入力電圧 $V_i$ に対して出力電圧 $V_o$ は1000倍された。電源電圧 $V_S$ が±5[V]で入力電圧が

$|V_i| > 4$ [mV]のとき、出力電圧は飽和した。 $V_S$ を大きくすると、直線性が改善された。

### 3.3 PICについて

荷重センサのほかに温度センサ等を取り付けられるようA/Dコンバータを10ch持つ、

18F2520(Microchip<sup>®</sup>社)を選定した。

荷重センサの代わりに可変抵抗を使用してユニバーサル基板上にテスト回路を製作した。抵抗値を変化させ、0~5[V]の入力電圧に応じて荷重を表示するようプログラムを作り、LCDに表示させた。PIC<sup>®</sup>のA/Dコンバータは10bitで、基準電圧は5[V]であるので分解能は4.9[mV]である。

## 4. 荷重計測システムの設計と製作

荷重センサと計装アンプを接続した実際の回路では、センサの電源は9[V]、計装アンプは±9[V]とする。またPICとLCDには三端子レギュレータを用いて5[V]を作って供給する。

荷重の上限を30[kg]とし、センサ3を使用すると、センサの出力電圧の範囲は

3.268[V]<9.268[mV]となる。計装アンプで490倍に電圧を増幅すると、出力電圧の範囲は1.602[V]<4.543[V]になる。式(2)から荷重 $m$ を求めると

$$m[\text{kg}] = 10.20 \cdot V[\text{V}] - 16.34 \quad (4)$$

となる。A/Dコンバータの入力電圧を用いて式(4)を計算するようにプログラムすれば荷重を求めることができる。基板加工機で加工し、各部品を実装した基板を図4に示す。2[kHz]でサンプリングし、そして1000回平均を取り0.5秒間隔でLCDに表示した。センサ特性のバラつき等で切片と傾きが変化するので、それを調整するための変数を設定した。実際に回路を用いて荷重を測定した結果を図5に示す。+1%の誤差が発生した。

## 5. おわりに

ひずみゲージと計装アンプの特性を測定するとともにPIC<sup>®</sup>とLCDのテスト回路を製作した。また、それらを組み合わせてプリント基板を作成し、液晶に正しく荷重が表示されるのを確認できた。今後は実際に製造器に取り付けてテストする予定である。

参考文献 [1]田辺栄一 公開特許公報 特開平8-228672



図4 完成した回路

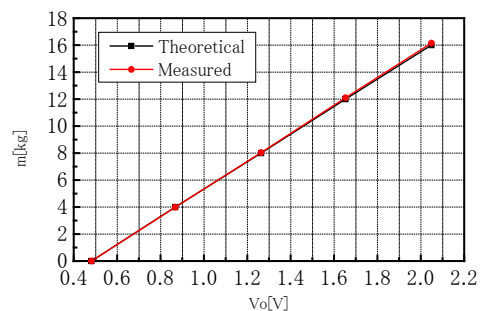


図5 完成した基板の評価

# 課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 月 日

科名： 電子情報技術科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習		漬物器用荷重計測システムの開発	
		担当学生	
電子情報技術科	高井秀悦		
電子情報技術科	渡辺克彦		
課題実習の技能・技術習得目標			
漬物器荷重計測システムの試作を通して、設計、製作及び組立・調整技術等の総合的な実践力を身につけるとともに、荷重センサの特性評価、計装アンプの設計並びにマイコンのハードとソフト設計を通して、実践的な設計技術を身につけます。			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
特許や実用新案を調査したところ、重石を用いない漬物器がいくつか出願されている。しかしながらこれらの漬物器は荷重表示機能をもたないため、うまく漬からないことがあるという問題があった。本実習では、ストレインゲージ、計装アンプとマイコンシステムで構成される漬物荷重表示装置を設計製作し、「モノづくり」の面白さや発展性を理解するとともに、期限までに成果物を完成させることでスケジュール管理の重要性を認識します。			
実習テーマの特徴・概要			
ストレインゲージ、計装アンプとマイコンシステムからなる漬物荷重表示器です。最初にストレインゲージの特性を評価します。次に計装アンプとマイコンシステムの設計を行い、プリント基板を設計製作します。完成後は各種性能評価試験を行います。そして漬物器本体に取り付け評価を行います。最後に報告書を作成します。			
No	取組目標		
①	ストレインゲージの特性を評価します。		
②	計装アンプの回路を設計し、制作します。		
③	マイコンシステムを設計します。		
④	プリント基板を設計製作し、荷重表示の評価を行います。		
⑤	想定した動作が行われなかった場合には、問題を分析し、その問題の解決に取り組みます。		
⑥	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。		
⑦	材料、工具、機器及び部品等については、チェックリストを用いて厳密に管理します。		
⑧	報告書の作成、製作品の展示及び発表会を行います。		
⑨	実習の進捗状況や、発生した問題等については、単独、グループの場合にかかわらず、担当教員へ報告します。		