

発光ダイオードの温度センシング機能を利用した計測制御システムの開発

兵庫教育大学大学院（院生） ○西村 尚大
兵庫教育大学大学院 小山 英樹
兵庫教育大学大学院 森山 潤

1. はじめに

近年、発光ダイオード（LED）はホームセンターなどでも販売されており、高輝度で省エネであることから信号機や照明器具などに使われ、私たちの生活に溶け込んでいる。私たちにとって今や身近になった LED を教材に用いることで、児童・生徒に電気・電子分野への興味・関心を引き出せるのではないかと考えられる。

LED はダイオードの一種であり、そのダイオードは、電気的な特性が温度に大きく依存することが知られている。一定電流が流れているときのダイオードに加わる電圧（順方向電圧）は温度とともにほぼ直線的に減少する。その特性に着目し、比較的簡単な回路で高精度の温度計測装置を作ることができ、実際に教育現場でも製作が試みられている¹⁾。LED も、整流用ダイオードと同様の温度特性をもつが、整流用ダイオードに比べ、かなり低い電流でも直線性の高い温度特性が見られることが特徴である²⁾。しかし、実際に LED を温度センサとして用いた温度計測装置についての報告は見られない。

そのため我々は、LED の温度センシング機能を利用した温度計測システムの開発に向け、種々の高輝度 LED の温度特性を測定し、回路設計に必要なデータを得た³⁾。本研究では、得られたデータを基に、パソコン制御による簡易な計測・制御システムを設計・製作し、動作確認を行ったので、その結果について報告する。

今回製作した装置は、1 個のスイッチを切替えるだけで、LED による温度測定（計測）と D/A 変換出力実験（制御）の両方の実験ができるようになっている。そのため、1 個の LED で整流、発光、温度測定という半導体の 3 つの機能に関して同時に学べる教材・教具（例えば工業高校の電

気・電子分野における専門教科・課題研究などで利用するためのもの）として使用することも可能である。

2. システム構成

2.1 全体の構成

試作したシステムの電子回路部分を図 1 に示す。パソコンによる制御・計測を行うため、制御基板に USB-IO 2.0⁴⁾ を用いた。回路の電源（5V）は USB-IO2.0 の Vcc 端子から供給している。制御・計測のプログラムには Excel VBA を用いているため、Excel がインストールされているパソコンであれば使用することができる。

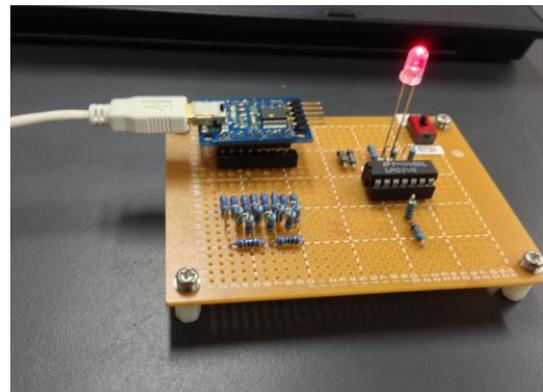


図 1. システムの電子回路部分

2.2 回路の構成

試作したシステムの回路図を図 2 に示す。制御・計測を切替えて使用するため 2 回路 2 接点のスイッチ（SW）を用いている。図 2 では計測モードのときの SW の状態を示している。

LED を用いて温度計測を行う場合、直線性の高い応答を得るためには、一定電流で駆動する必要がある。しかし本装置では回路を簡単にするため、560Ω の抵抗を直列に接続し定電圧（5V）を加えている。実験の結果、この方法でも 10～40℃の

温度範囲では良好な直線性が得られることがわかった。なおこのとき、LED の駆動電流は約 8.9 mA である。

LED の順方向電圧の変化は、約 56 倍の差動増幅回路で増幅され、8 ビットの A/D コンバータを通してパソコンに取り込まれる。この A/D コンバータは、制御基板 (USB-IO 2.0), R-2R ラダー回路による D/A コンバータ, およびコンパレータを用い、Excel VBA によるプログラムで逐次比較方式により動作するようになっている。

一方、SW を切換えて制御モードになると、コンパレータとして用いていたオペアンプがボルテージフォロワとなり、D/A 変換出力実験が可能となる。プログラムによって LED を点滅させたり、発光強度を変化させたりする実験を行うことができる。

制御基板と抵抗以外に使用した電子部品はオペアンプ IC 1 個 (4 回路入) と 2 回路 2 接点のスイッチ 1 個、および LED 1 個であり、ユニバーサル基板や USB ケーブルを入れても 1,500 円程度と低コストで製作が可能である。

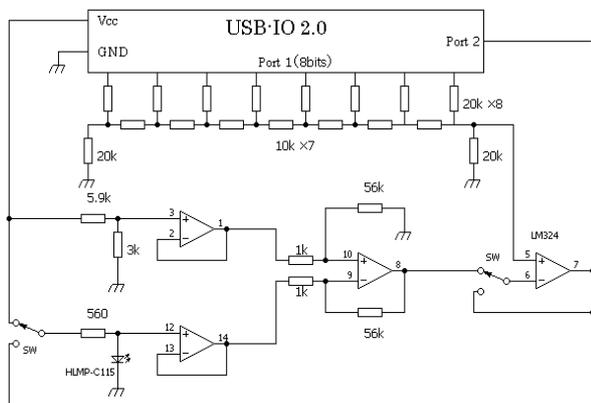


図 2. システムの回路 (計測モード時)

3. システムの評価

計測モードでの測定電圧の温度依存性を評価するため、恒温槽 (日本ブローア製バイオチャンバー LS-5N) に LED を入れて実験を行った。結果を図 3 に示す。図より、約 10°C~30°C の温度範囲で、測定電圧 (A/D コンバータを通してパソコンに取り込んだ電圧値) が、直線的に変化して

いることがわかる。直線の傾きは $101\text{mV}/^\circ\text{C}$ であり、これは LED の順方向電圧の温度依存性 ($1.68\text{mV}/^\circ\text{C}$) に差動増幅回路の増幅度 (56) を掛けた値にほぼ一致する。

また制御モードにおいては、Excel VBA によるプログラムによって D/A 変換の出力実験ができることを確認した。

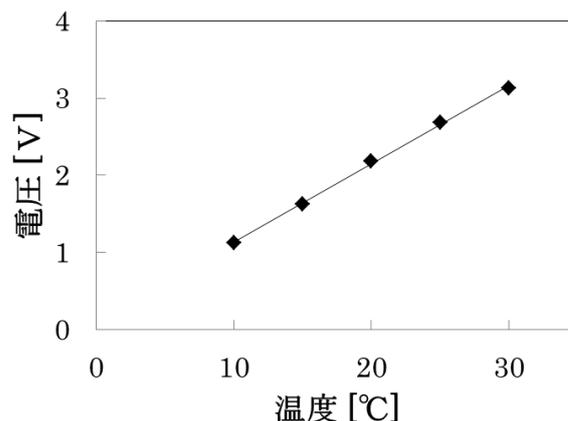


図 3. 測定電圧の温度依存性

4. まとめ

LED の温度センシング機能に着目し、1 つの基板で計測 (温度測定) と制御 (D/A 変換出力による LED 点灯制御) の両方の実験ができる簡易で低コストのシステムを開発した。温度測定動作を評価した結果、測定電圧が温度に対して良好な直線性を示すことが確認できた。

[文献]

- 1) 西岡正泰, 伊藤康明: ダイオード温度計を用いた液体の比熱の測定, 物理教育第 26 巻第 2 号 pp.133-136 (1978).
- 2) Y. B. Acharya and P. D. Vyavahare: Study on the temperature sensing capability of a light-emitting diode, Rev. Sci. Instrum. Vol.68, No.12, pp. 4465-4467 (1997).
- 3) 西村尚大, 小山英樹: 発光ダイオードの温度センシング特性, 日本産業技術教育学会近畿支部第 28 回研究発表会講演論文集 pp.37-38 (2011).
- 4) 小松: “かんたん! USB で動かす電子工作” オーム社 (2011).