

電流-電圧特性の自動測定装置における回路の検討

○池田 政也*1・小山 英樹*2・森山 潤*2

*1 兵庫県立小野工業高等学校, *2 兵庫教育大学大学院

1. はじめに

電子部品の動作原理や特性の理解向上を目的とした、パーソナルコンピュータ (PC) 制御による電流-電圧特性の自動測定装置の開発が行われている¹⁾。このような測定装置は、工業高校の電気・電子分野における電子部品の学習にも有効である。前回われわれは、低価格の USB インタフェース用マイクロコントローラ (USB-I/O) を使用した簡易型の電流-電圧特性測定装置を提案し、試作装置による動作確認の結果について報告した²⁾。今回は、各部の回路についての詳細な検討結果を報告する。

2. 電流 - 電圧特性測定装置の概要

本装置のブロック図を図 1 に示す。外部電源を使用せず USB の電源のみで 0~5V の電圧を出力し、電流を約 17mA まで流すことができるようにするため、電圧加算形 R-2R ラダー回路と Rail-to-Rail 入出力オペアンプを用い、それぞれ D/A 変換部と電圧バッファ部を構成している。電流の測定は、測定対象の電子部品に直列に接続された抵抗 (10Ω) の電圧を増幅し、それを A/D 変換することにより行っている。なお、USB-I/O の同一ポート (Port0) を出力と入力の両方に用いているため、D フリップフロップ (D-FF) IC を設置して、USB-I/O から出力されるデジタルデータを一時的に記憶するようにしている。測定結果は自動的に Excel のシートに記録され、グラフに表示される。

3. 各部の回路の検討

(1) D/A 変換部

R-2R ラダー回路の出力電圧に及ぼす R の値の影響について検討した。測定結果を図 2 に示

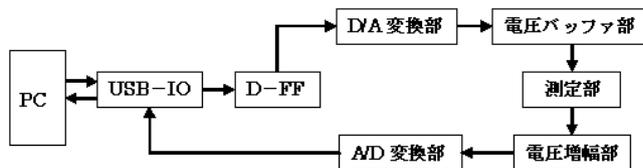


図 1 電流 - 電圧特性装置の構成

す。R が 100Ω 以下のとき、出力電圧に脈動が見られる。これは、D-FF IC (SN74HC574) の出力抵抗が、R に比べて無視できないためと考えられる。IC の“H”レベルおよび“L”レベル時の出力抵抗 R_H , R_L を測定したところ、それぞれ 37.2 及び 24.2 (Ω) であった。そこでこれらの値を使用して計算により出力電圧を求めたところ、図 2 に示すように測定値とおおむね一致する結果が得られた。

脈動を除去するためには、出力抵抗に比べて十分大きい抵抗を使用してラダー回路を組めばよい。実際、R の値を 1kΩ 以上にすると、計算値・測定値ともに脈動が見られなくなった。本装置では R の値を 10kΩ とすることにした。

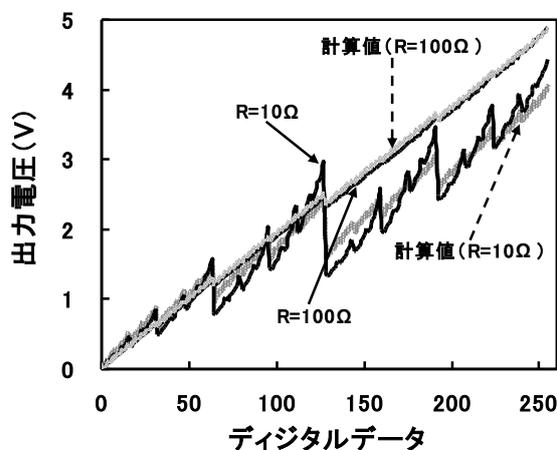


図 2 D/A 変換部の入出力特性

(2) 電圧バッファ部

D/A 変換部からの出力電圧 (0~5V) を入力とし、バッファ部の出力電圧を測定した結果を図 3 に示す。無負荷状態では、5V 近くまで出

力されているのに対し、 $300\ \Omega$ の抵抗を接続した状態では、 4.7V 付近で出力電圧が飽和する現象が見られた。これは、オペアンプの出力抵抗での電圧降下によるものと考えられる。

本装置では、この問題をソフトウェアで解決することにした。すなわち、測定時に電流が飽和レベルを超えた場合、電圧が 5V に達していても電圧を減少させるルーチンに移行するようにプログラムを改良した。ただし、この出力抵抗はオペアンプ内部の出力段 MOSFET のドレイン-ソース間抵抗であるため、流れる電流値に依存する。そこで、出力電圧と飽和が始まる電流値（飽和電流値）との関係を実際に測定し、飽和電流値を多項近似で電圧の関数として表した。

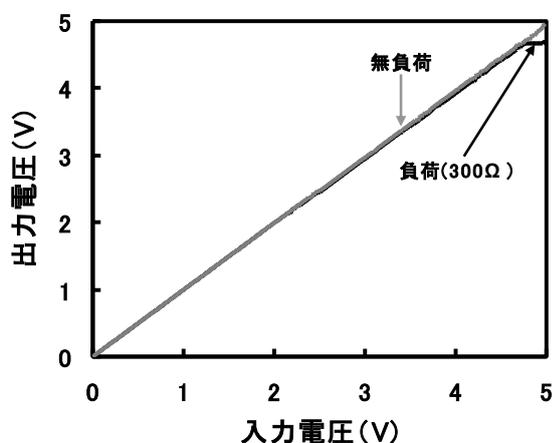


図 3 出力バッファ部の入出力特性

(3) 電圧増幅部

電圧増幅部の入出力特性を評価するため、測定部に $300\ \Omega$ の抵抗を接続し、D/A 変換部の出力電圧と電圧増幅部の出力電圧の関係を調べた。電圧増幅度が 31 倍であるため、理論的には両者の電圧は等しくなるはずであるが、図 4 に示すように使用するオペアンプのオフセット電圧の影響があることがわかった。

同型のオペアンプでもオフセット電圧の値にばらつきがあるため、この問題もソフトウェアで対応するのが有効である。抵抗の電流-電圧特性を測定することによりオフセット電圧を求め、それを利用して測定値を補正するようにプログラムの改良を行った。

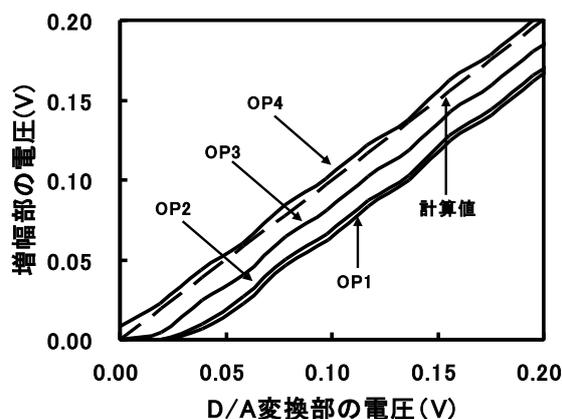


図 4 電圧増幅部の入出力特性

4. A/D 変換部の検討

本装置では製作時間短縮のため、A/D 変換部には市販の専用 IC を用いている。しかし汎用の電子部品を使用して A/D 変換部を構成すれば、さらなる低コスト化が実現されるばかりでなく、A/D 変換の仕組みの理解にも役立つものと思われる³⁾。そこで、電圧加算形 R-2R ラダー回路と Rail-to-Rail オペアンプを使用した A/D 変換器の製作と評価を行い、本装置に導入した。変換速度の低下が見られるものの、本装置の A/D 変換部として使用できることがわかった。

5. まとめと今後の課題

以上、本研究では、PC 制御による簡易型電流-電圧特性測定装置の各部の回路について検討し、使用する部品の最適化と制御プログラムの改良を行った。今後は、本装置を用いて計測制御分野の教材化を検討していく予定である。

文献

- 1) 相知政司, 他: 「V-I 特性が観測可能な電子回路学習支援システムの設計と実装」電気学会論文誌 A, 128, pp275-282, 2008 年
- 2) 池田政也, 小山英樹, 森山潤: 「コンピュータを用いた簡易な電流-電圧特性測定装置の開発」, 日本産業技術教育学会近畿支部講演論文集, pp17-18, 2008 年
- 3) 但馬文昭, 武澤隆: 「プリンタインタフェースを使用した計測制御教材用 A/D 変換装置」, 横浜国立大学教育紀要 34, pp87-94, 1994 年