

麻生 愛*, 福本 尚生**, 伊藤 秀昭**

(*佐賀大学大学院先進健康科学研究科, **佐賀大学理工学部)

1. 緒論

空気ポンプは空気を吸引あるいは吐出するデバイスであり、物体の搬送など様々な目的で使用されている。中でも村田製作所が製造しているマイクロプロアは、ピエゾ（圧電素子）の超音波振動を利用した空気ポンプで、小型・薄型・静音・即応性が高い・空気の脈動がないなどの特長を有し、これまでにマイクロ流体システム[1]や、被験者にアロマの香りを送るウェアラブルデバイスなど多くのシステムで利用されている。

しかし、このマイクロプロアを駆動するためには、周波数20kHz強、振幅10V程度のAC電圧を印加しなければならず、少々複雑な駆動回路が必要であった。例えば今回対象とするマイクロプロアMZB1001T02（村田製作所）においては、データシートにオペアンプを用いた駆動回路が掲載されているが、計13個の素子が必要である。他の文献で、タイマーICやマイコンなどを用いた例もあるが、素子数が多かったり、AC電圧ではなくDC電圧を印加したりしている。そこで本研究では、ArduinoマイコンとH-bridge回路を用い、より簡便な駆動法の実現を試みた。

2. 動作原理

図1に今回作製したシステムの全体像を示す。Arduino UNO R4の出力を、H-bridgeモータドライバ（秋月電子通商、AE-DRV8835-S）を介してマイクロプロアMZB1001T02につないだだけの簡単な回路である。このドライバはIC（TEXAS INSTRUMENTS, DRV8835）1個にコンデンサ2個をつないだものであり、個別素子で実現するとしても3個の素子だけで実現できる。なお、このICにはH-bridge回路が二つ入っているが、今回は一つだけ使用した。電源はArduino用に5V、マイクロプロア用に9.5Vを用意した。

回路図は省略するが、Arduinoの2本のデジタル出力（D1, D2とする）をドライバに入力し、D1をHigh(5V)、D2をLow(0V)とするとドライバの出力が+9.5Vに、逆にD1をLow、D2をHighとするとドライバの出力が-9.5Vになるようにした。この出力をマイクロプロアに印加した。

今回対象としたマイクロプロアMZB1001T02には、24kHz程度のAC入力を与える必要がある（最適な周波数は個体毎に異なる）。そのため、D1とD2のHigh/Lowを高速に入れ替えるプログラムを作成した。具体的には、Arduino UNO R4は約48MHzの内部クロックを持つので、このクロックパルスを数え、所定の数(n とする)毎に割り込みを発生させてD1とD2のHigh/Lowを入れ替えた。これにより、 $48/2n$ MHz程度、例えば $n = 1000$ とすれば24kHz程度のAC出力が得られる。プログラムは30行以下で作成できた。

3. 実験

前節のシステムでマイクロプロアを駆動したところ、空気を吐出させることができた。図1の右上部分には、吐出された空気によってティッシュペーパーの端が浮き上がっている様子を示している。

図2に、マイクロプロアに印加された電圧をオシロスコープで計測した結果を示す。周波数が25.3kHz、振幅が約9VのAC電圧を印加できていることがわかる。周波数は前節の n の値を変えることによって調整できるが、今回は $n = 940$ とした。

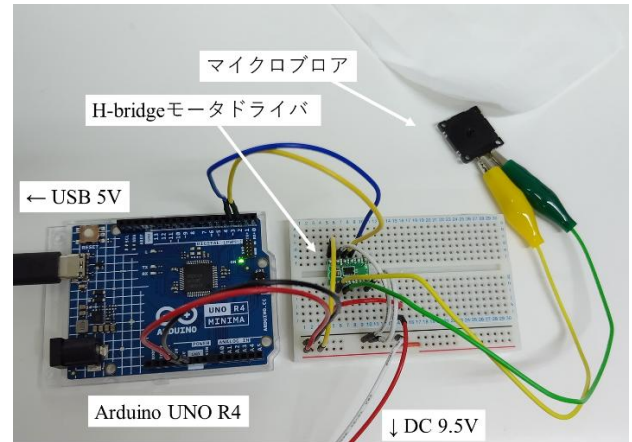


図1 システム全体像

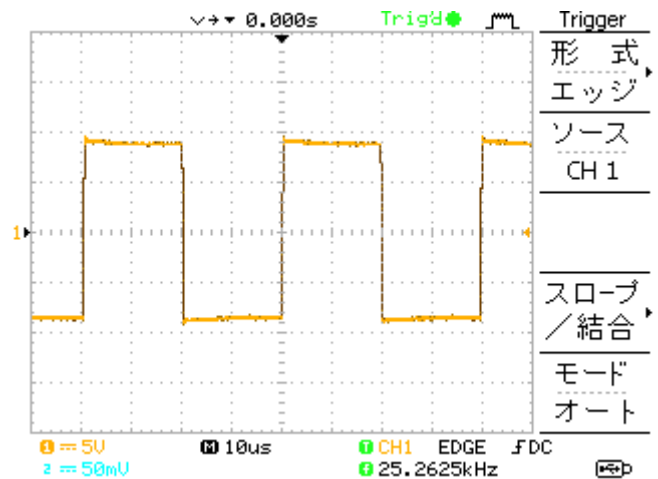


図2 マイクロプロアに印加された電圧

また、詳細は省略するが、Arduino UNO R4ではなくR3でも同様のシステムを作成したところ、同じくマイクロプロアを駆動することができた。ただし、Arduino UNO R3は内部クロックの周波数が16MHzと低いため、R4よりも荒くしか周波数調整ができないという弱点がある。

4. 結論

本研究では、ArduinoマイコンとH-bridge回路を用いた非常に簡便な回路でマイクロプロアを駆動することができた。現状では、前述の n の最適値を見つけるのに試行錯誤が必要で時間がかかるので、今後の課題として、これを自動でできるようにプログラムを改良することが挙げられる。

参考文献

[1] T. Sato, A. Hamai, T. Kadonosono, S. Kizaka-Kondoh, and T. Omata, "Droplet-based valveless microfluidic system for phage-display screening against spheroids," *Biomicrofluidics*, vol.16, no.2, article.024107, April 2022.