

周期可変 LED 点滅回路のミニブレッドボードへの実装と 工作体験教室での利用

松岡 雷士*

(令和4年10月28日受付)

Implementation of a duration-variable LED flasher circuit on a mini breadboard and utilization in craft workshops

Leo MATSUOKA

(Received Oct. 28, 2022)

Abstract

タイマーICを利用したLED点滅回路を、170穴のミニブレッドボード上に実装するための回路設計について報告する。LEDの点滅周期は半固定抵抗器で変更可能となっている。この回路はコンパクトで半田付けが不要であるため、小学生以上の幅広い年齢層に向けた初心者向けの電子工作体験教室での利用に適している。本報告では回路設計と実装の詳細について述べるとともに、広島工業大学のオープンキャンパスにおける利用実績について来訪者のアンケート集計結果と共に紹介する。

Key Words: 555 Timer, Electric work, LED flashing

1. はじめに

2010年代前半、Arduinoを始めとする比較的安価で高性能なワンボードマイコンの流行が始まり、電子工作の敷居はそれまでよりも大きく下がった^[1]。それに伴い、マイコンを用いてLEDをチカチカと点滅させる行為、通称「Lチカ」に関する報告をインターネット上で目にするものが多くなった。Lチカはプログラミングにおける「Hello worldの表示」にあたる作業であり、新しいプラットフォームでの最初の試行に対応する。電子工作の初心者はインターネットで検索をかけることにより、簡単に経験者のLチカ報告を参照してマイコンを使った電子工作を始めることが出来る状況となっている。

一方で、インターネット上で様々なワンボードマイコンを用いたLチカの報告が増えたことにより、本当の電子工作の初心者が「Lチカを行うためにはワンボードマイコンが必要」と思い込んでしまうことを懸念する。

ワンボードマイコンはプログラムの書き換えが容易なため応用範囲は広いが、用途によってはコストが高い手段となってしまうこともある。純粋にLチカだけを実装する手段、もしくは、Lチカのベースにある周期信号の生成を行う手段について、ワンボードマイコンの利用以外の選択肢があることを知ることは、初心者にとって電子工作学習の幅を広げるきっかけとなり得る。

著者は大学のオープンキャンパスの工作体験教室を担当するにあたり、この「ワンボードマイコンを使わないLチカ体験」を一つのテーマとした。ワンボードマイコンを使わずにLチカを実装するためには主に以下の三つの方法が考えられる。

- (1) トランジスタ素子による実装^[2]
- (2) タイマーICを用いた実装
- (3) PICなどのマイコン素子を用いた実装^[3]

ここでは既存教材での利用例が比較的少なく、パソコンによる書き込みも不要なタイマーICを用いた手法(2)を採用

* 広島工業大学工学部電気システム工学科

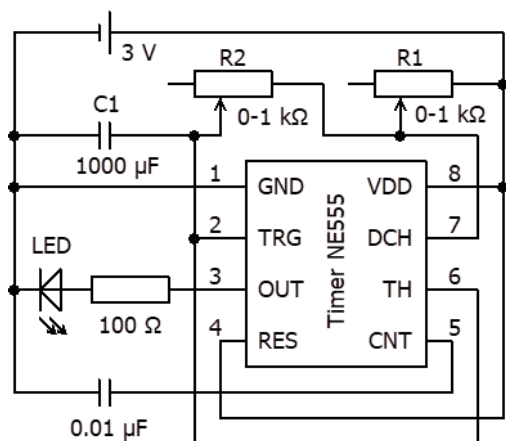


図1. 周期可変LED点滅回路の回路図

することとした。また、タイマーICを用いれば簡単に矩形波の信号を得ることが出来るため、将来的には大学レベルの実験におけるファンクションジェネレータの簡易的な代用品として改良できる可能性にも期待した。

ここでは回路の実装基板として、170穴のミニブレッドボードを用いることとした。ミニブレッドボードは半田付けが不要であるだけでなく、様々な色の製品が販売されている。カラフルなジャンプワイヤで彩ることによって、工作教室などで使いやすいデザインに回路を実装することが出来る。一方でミニブレッドボード上にコンパクトに回路を実装するためには、それなりの思索と試行錯誤に基づいた「配線のデザイン」が必要になってくる。

本報告では我々がオープンキャンパスの工作教室で使用したオリジナルのミニブレッドボード工作教材のデザインと実装について、部品の価格情報なども交えて紹介する。また、工作教室における二年間の利用実績、安全のための注意事項、および、参加者アンケートの結果についても報告する。

2. タイマー IC を用いた LED 点滅回路の実装

LED点滅回路はタイマーICの最も標準的な使用方法の一つであり、データシートに掲載された回路構成をほぼそのまま作成することで実装できる^[4]。今回はLEDの点灯時間と消灯時間を独立に設定できるようにするため、無安定動作の回路構成を利用した。回路図を図1に示す。タイマーICとして、低い電源電圧で駆動できるCMOS版のNE555を用いた。点滅周期はR1、R2の抵抗値 R_1 、 R_2 [Ω]とコンデンサC1の静電容量C [F]によって設定することが出来る。点灯時間 T_H [s]と消灯時間 T_L [s]は R_1 、 R_2 、Cを用いて以下の式で表すことが出来る。

$$T_H = (R_1 + R_2)C \log_e 2$$

$$T_L = R_2 C \log_e 2$$

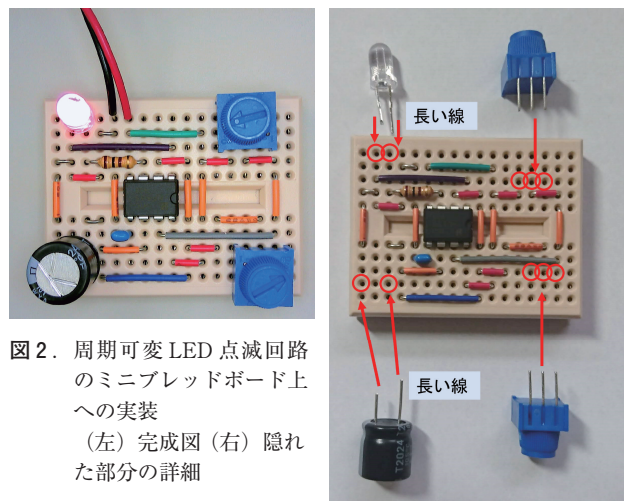


図2. 周期可変LED点滅回路のミニブレッドボード上への実装 (左)完成図(右)隠れた部分の詳細

LEDの明滅が目に見えてわかりやすいようにするため、点滅の周期が0.1s程度のオーダーとなるよう、可変抵抗とコンデンサをそれぞれ1kΩ、1mF程度に設定した。

図2にミニブレッドボード上への回路実装の完成図と隠れた部分の詳細を示す。赤と黒のワイヤは電池ボックスにつながっており、赤がプラス極に接続している。完成すればLEDが点滅する。点灯と消灯の時間は可変抵抗で調整が可能である。可変抵抗は指で調整しやすい小型素子として、半固定ボリュームを利用した。デザインを考慮し、ジャンプワイヤは全て硬質のものとした。この回路は軟質のワイヤによる空中配線を実装するのであれば、設計はさほど難しくはない。完成図のように、ミニブレッドボード上に大きな部品を分散配置しつつ、見た目にもこだわりながら硬質のワイヤのみで実装するのはそれなりの思考を要した。

表1. 使用した部品とその価格

部品	個数	単価	価格(円)
単4電池	2	25	50
電池ボックス単4×2	1	50	50
ミニブレッドボード(170穴)	1	300	300
カラーLED	1	30	30
タイマーIC NE555	1	20	20
半固定ボリューム 1kΩ	2	50	100
1/4Wカーボン抵抗 100Ω	1	1	1
電解コンデンサー 1000μF	1	20	20
セラミックコンデンサー 0.01μF	1	10	10
ジャンプワイヤ 2.54mm(銀)	3	10	30
ジャンプワイヤ 5.08mm(赤)	6	10	60
ジャンプワイヤ 7.62mm(橙)	7	10	70
ジャンプワイヤ 12.7mm(緑)	1	10	10
ジャンプワイヤ 15.24mm(青)	1	10	10
ジャンプワイヤ 17.78mm(紫)	1	10	10
ジャンプワイヤ 20.32mm(灰)	1	10	10
合計			781

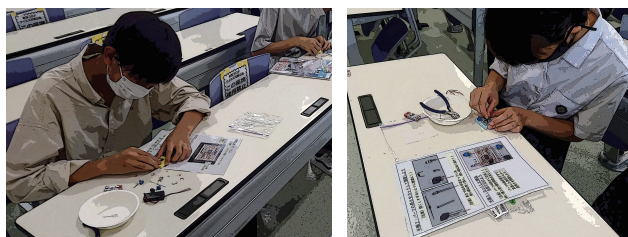


図 3. 本回路を利用した工作教室の様子

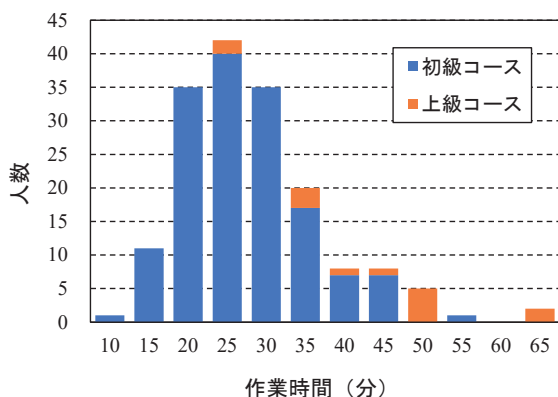


図 4. 完成に要した作業時間の分布

表 1 に使用した回路部品とおおよその単価の一覧を示す。タイマー IC は安価に手に入れることができるが、乾電池 2 本で駆動するためには CMOS 版の選定が必須となる。ミニブレッドボードはカラフルな製品が各社から発売されている。ここでは少し高価なミニブレッドボードの価格を掲載しているが、安価なものも 100 円程度から購入可能である。ただし、安価なブレッドボードは個体によってワイヤが差し込みにくいことなどもあり、特に使用者が女性や低年齢の子供などの場合は少し高価なボードを選定の方が良い。意外と価格を占めてしまったのがジャンプワイヤである。一個作成するのであれば混成品のワイヤを買えば良いが、工作教室で使用する場合は各色のパックが必要となる。品切れしていることも多いので、注意を要する。

3. 工作教室での利用と注意事項

令和 3 年度と令和 4 年度の広島工業大学のオープンキャンパスにおいて、本回路を作成するための工作教室を企画・実施した。もともと本企画枠は半田付けを使用した電子工作を主に行っていたが、半田付けは綿密に指導しなければ火傷のリスクなどもあり、コロナ対策のために指導が比較的少なくても作成可能なブレッドボードへの変更を企図した。一方で通常大きなブレッドボードは参加者の持ち帰りには向いていないため、ミニブレッドボード上での実装を考案するきっかけとなった。

工作教室には小学生から高校生、保護者も含めた様々な

ゲストが参加した。図 3 に工作教室の様子を示す。参加者には手順ごとに写真が掲載された資料を配布し、基本的には各自で作業してもらった。完成に要する時間はおおよそ 20 分から 30 分程度であった (図 4)。ブレッドボードの使用経験や手先の器用さ、もしくはブレッドボード上の穴の数を数える行為への抵抗の有無などが所要時間を決めていたようであった。

令和 3 年度は一人分の部品を事前に一括パックして配布したが、令和 4 年度は部品を紙皿に集める作業から参加者に行ってもらった。参加者自身による部品集めの作業は概ね楽しそうに行われていた。

令和 3 年度には三本のワイヤの位置をあえて記さないマニュアルを渡す「上級コース」を用意した。しかしながら、他人の考えた配線の一部のみを考えさせられることに参加者はあまり楽しさを見いだせていない印象を感じたため、令和 4 年度は上級編を廃止した。

工作教室では事前に想定していなかったトラブルもあった。まず回路の作成を間違えると IC や電池が発熱することがある。場合によっては触れないくらいの温度になったり、電池の外装が溶けるくらいの発熱となることもあった。主な原因としては IC を差し込む際に足を一本折り曲げたまま差し込んでしまった例などが見られた。発熱を感じた際にはすぐに電池の接続コードを引き抜くことを入念に指導した。また、発熱については、回路を持ち帰る際にも注意を喚起した。

また、短いジャンプワイヤの配線を間違えた場合などは指で抜けなくなることがある。このような場合のために、事前にピンセットを用意しておくのが良い。LED やコンデンサには極性があるため、カットするときに端子の長さがわかるようにしておく必要がある。工作教室ではこの点については事前に想定し、切断の詳細な手順を記したマニュアル写真を用意した。

4. アンケート結果

令和 4 年度の工作教室の参加者に対し、簡単なアンケートを行った。集計結果を図 5 に示す。(a) は電子工作の経験に関する回答である。7 割に迫る参加者が何らかの電子工作の経験を有していた。他大学や他学科のオープンキャンパス等も含まれていると推察されるが、工業大学を訪れる参加者の電子工作への関心は低くはないことが伺われる。(b) はミニブレッドボードの使用経験に関する回答である。ミニブレッドボードを複数回利用した経験のある参加者が 1 割程度含まれていた。(a) で「複数回」、もしくは、「日常的」と回答した参加者のおよそ半数はミニブレッドボードを複数回使用したことがあると回答しており、電子工作経験者のミニブレッドボードの使用率は比較

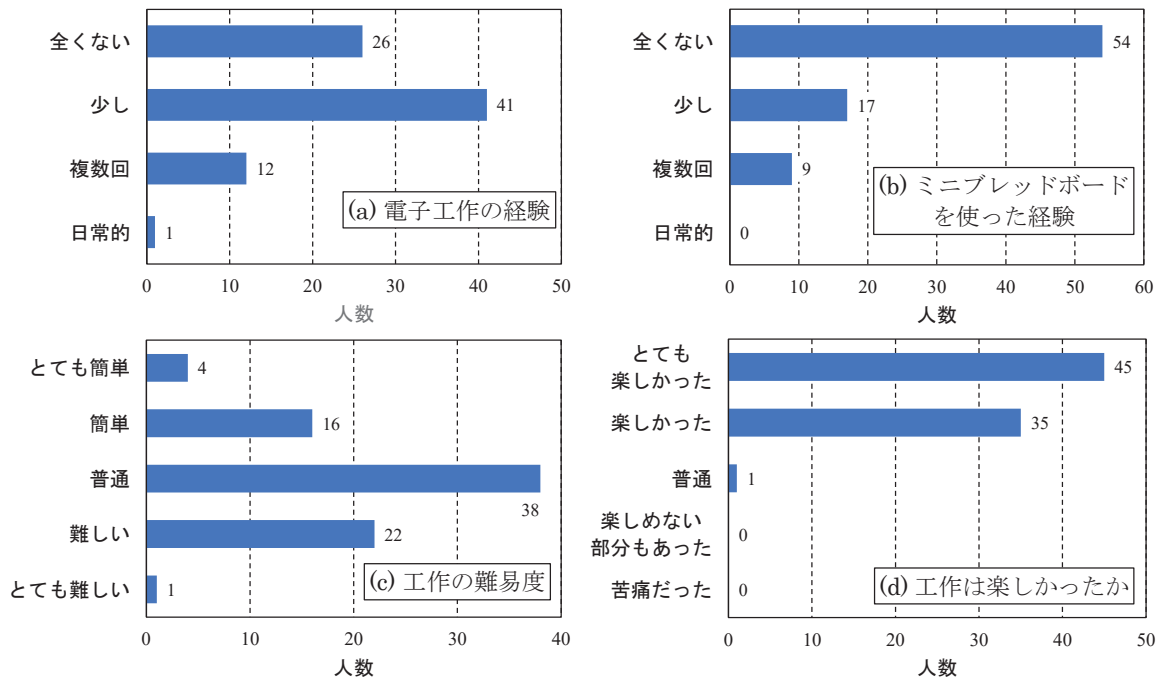


図5. 令和4年度のアンケート集計結果

的高いことが伺えた。また、(a)で「少し」と回答した参加者の中にもミニブレッドボードを複数回使用した経験のある参加者が2名含まれていた。特徴的な参加者ではあるが、もしかしたら令和3年度の同企画のリピーターであったのかも知れない。(c)は工作の難易度に関する回答であり、難易度は「普通」を中心におおよそ均等に分布した。「とても簡単」と回答した参加者は(a)において電子工作の経験が複数回以上ある参加者であったが、全体として(a)と(c)の集計結果に有意な相関は見られなかった。(d)は満足度に関する回答である。本企画は概ね良い評価が得られていた。

5. まとめ

ワンボードマイコンを利用せずにLチカを体験できる電子工作の題材として、ミニブレッドボード上にタイマーICを利用した周期可変LED点滅回路を実装するための手法を示した。工作教室における参加者の満足度も高く、体験教室としては使い勝手の良い題材であることを示すことができた。

工作教室の企画として実施するのは難しいが、本来であればこの回路配線のデザインの過程こそ電子工作の初級者に体験していただきたいものであると考えている。面積と穴数に制限のあるミニブレッドボード上に特定の回路を実

装する過程はパズルのような面白さがあり、うまく実装できたときの達成感は大きい。

謝辞

広島工業大学オープンキャンパスにおいて工作教室の実施を手伝っていただいた学生の皆様、ならびに、アンケート記入にご協力いただいた参加者の皆さまに深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] たとえば、神崎康宏「Arduinoで計る、測る、量る」CQ出版社(2012)など
- [2] たとえば、子供の科学特別編集「光と色であそぶLED実験・工作キット」誠文堂新光社(2015)など
- [3] たとえば、神田民太郎「PICマイコン」で学ぶ電子工作実験」I/O BOOKS(2021)など
- [4] たとえば、NJM555のデータシート(秋月電子通商のウェブサイトに掲載)など
https://akizukidenshi.com/download/ds/njr/njm555_j.pdf