

アクリル板を用いたニキシー管風時計の設計・作製

Design and manufacture for something like a Nixie tube clocks using acrylic plates

松井陽平*1

MATSUI Yohei

要約 2020 年度総合制作実習において「アクリル板を用いたニキシー管風時計の設計・作製」をテーマとして設定し、電子回路製品の作製に取り組んだ。本テーマは、電子情報技術科で習得する技術を活用したものづくりを経験すること、作製した製品をオープンキャンパス等で提示することで広報に役立てることを目的としている。本稿では、総合制作実習において取り組んだ事柄、作製した製品の活用状況について報告する。

1 はじめに

電子情報技術科は、エレクトロニクス技術とコンピュータ技術、ネットワーク技術を融合した組込み技術を担うことができ、かつ IoT 社会に対応できる実践技術者の育成を教育訓練目標としている。標準カリキュラムは、それらの技術を要素毎に各科目において習得する構成となっており、技術を融合させる部分については総合制作実習で行うこととなっている。

本稿に述べる総合制作実習においては前述した内容を踏まえ、実際に販売されている組込み製品について調査、模倣、改善案作成、設計、作製、評価という段階を経て、ものづくりにおける一連の作業を経験することと各技術要素の融合を目指した。作製した製品をオープンキャンパス等で提示し広報に役立てることを想定した場合に、実用性や見映えが重要と考え、アクリル板を用いたニキシー管風時計の設計・作製をテーマとして設定した。

当該テーマは電子情報技術科で習得する技術の融合の他、3次元 CAD による時計本体の設計技術、レーザー加工機による機械加工技術も併せて経験することで、組込みシステム開発に必要なハードウェアとソフトウェアを包括的に考えられる広い視野を持った人材の育成も目指した。本総合制作実習の技術要素とカリキュラムの関連性を表 1 に示す。

2 総合制作実習の概要

アクリル板を用いたニキシー管風時計とは、従来か

表 1 標準カリキュラムとの関連性

総合制作テーマ内の 技術要素	標準カリキュラム
電子回路基板設計	電子工学、電気回路、電子回路設計製作実習等
LED 点灯制御 プログラム	組込みソフトウェア基礎 実習、マイクロコンピュータ工学・実習等
モジュール間データ通信 プログラム	情報通信工学・実習、インターフェース技術等
筐体設計・加工	機械工作実習

らあるニキシー管を使用した時計におけるニキシー管部分をアクリル板と LED を組み合わせた光点式表示器に置き換えた製品である。ニキシー管は、1956 年に米国のバロース社（現ユニシス社）が開発した数字表示器である。ガラス管の中に電極とネオンガスが封入されており、グロー放電現象により発光し数字を表示する。柔らかく温かみのある発光の様子から一定数の愛好者が存在している一方、1990 年代には全世界で生産が終了しており入手が困難かつ高価であるという問題がある。

以上のことから、総合制作実習ではニキシー管の代わりになる表示器（図 1）を作製し、その表示器を使用して時計の作製を行うことをテーマとした。また、既存の製品¹⁾との差別化のため低コスト化かつ小型化を目指した。

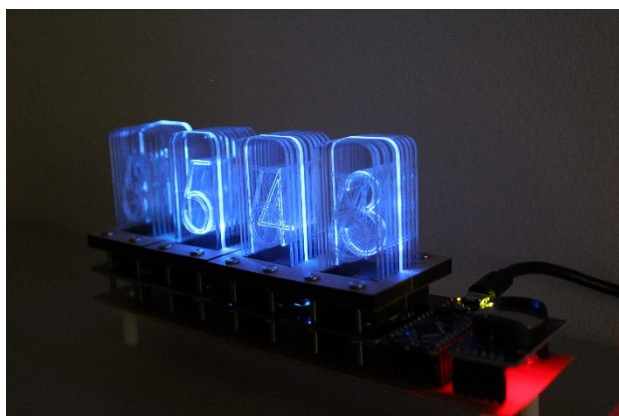


図 1 ニキシー管風表示器

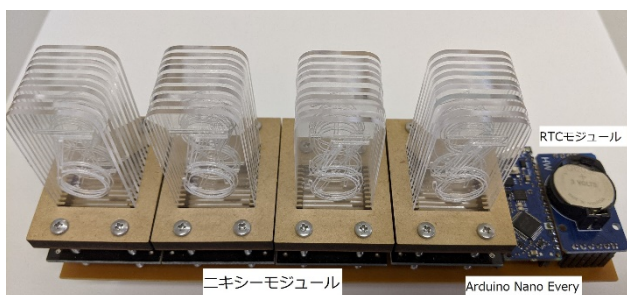


図 2 ニキシー管風時計の構成

3 製品の構成

3-1 ニキシー管風時計の構成

ニキシー管風時計の構成を図 2 に示す。

本製品は、ニキシー管をアクリル板と LED の光点表示により再現するモジュール (以降、ニキシーモジュール) とニキシーモジュールの制御用コントローラ、時刻同期用の RTC モジュールにより構成する。

制御用コントローラは Arduino Nano Every を使用し、電源は USB (DC5V) により供給し駆動する方式とした。また、時刻同期用の RTC モジュールは DS3231 を使用し、電源はボタン電池 (CR2032 (DC3V)) で駆動する方式とした。制御用コントローラと RTC モジュール間は I2C 接続とし、時刻データを定期的に通信することにより正確な時刻表示を可能とした。

3-2 ニキシーモジュールの構成

ニキシーモジュールの構成を図 3 に示す。

ニキシーモジュールは、アクリル板と LED を遮光板を挟んで 10 枚整列させた構造をしている。アクリル板に刻まれた数字状の傷に対しアクリル板底部から LED 光をピンポイントに照射することにより、発光さ

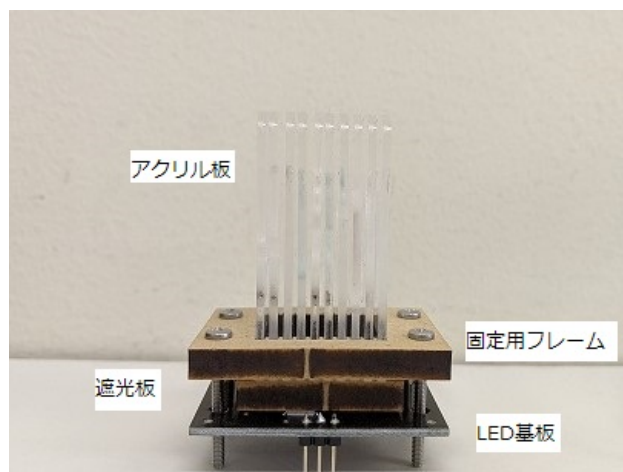


図 3 ニキシーモジュールの構成

せたい数字のアクリル板にのみ LED 光が照射される。アクリル板に刻まれた傷による反射光により数字状に発光させ、数字の目視が可能となる仕組みである。

LED は WS2812B を使用した。WS2812B はマイコンを内蔵するフルカラー LED であり、電源線 2 本とデータ線 1 本の計 3 本の信号線で制御用コントローラ及び WS2812B 相互と通信を行う。

4 製品の設計及び作製

ニキシー管風時計全体については新規で設計を行った。ニキシーモジュールは既存の製品のリバースエンジニアリングを行い、動作原理や製造方法を調査し、新たに小型化したものを設計・作製した。

4-1 ハードウェアの設計・作製

ハードウェアの設計は、電子回路の設計と製品筐体の設計の両方を実施した。設計・作製した電子回路を図 4、筐体を図 5 に示す。

電子回路の設計においては、ニキシーモジュールの電子回路部分および各モジュール接続用のベース回路部分についてプリント基板設計ソフトウェア Altium Designer18 (Altium Limited 社) で設計を行い、ガーバーデータを作成した。ガーバーデータを基に、プリント基板加工機 (Mits 社製) を使用してプリント基板の試作を行った後、プリント基板製造業者に発注し電子回路を作製した。

製品筐体の設計においては、3DCAD ソフトウェア Fusion360 (Autodesk 社) で設計を行い、OneCNC で NC プログラムに変換した後、レーザー加工機 (澁谷工業社製 WTS4112) で加工し筐体を作製した。数

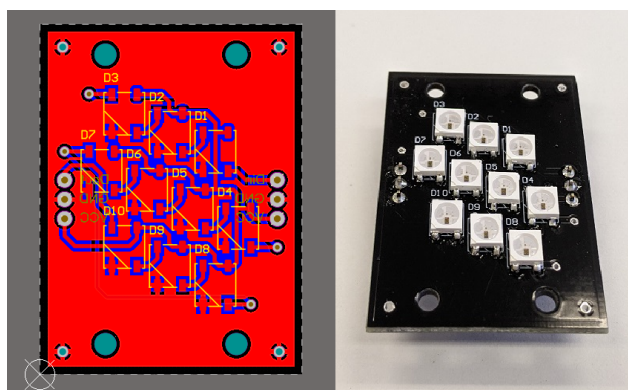


図 4 設計・作製した電子回路

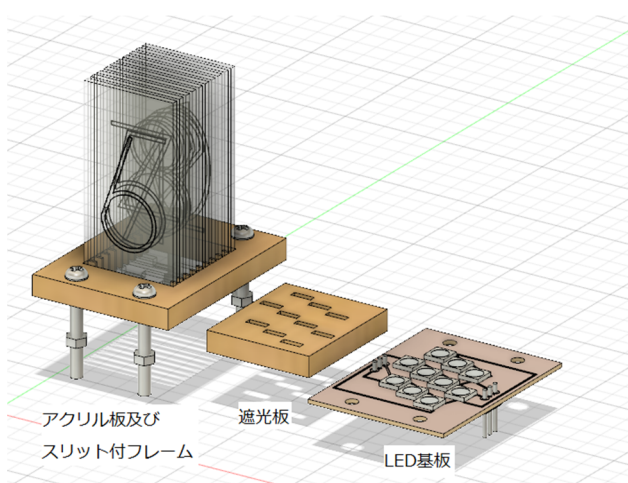


図 5 設計した筐体

字表示部は 1.5[mm]厚のアクリル板を使用し、レーザーによる各数字形状のケガキ加工および外形の切断加工を行った。遮光板及びモジュールフレームは 5[mm]厚の MDF 材を使用し、レーザー加工による外形の切断加工を行った。

作製したニキシーモジュールは、高さ 65[mm]、横幅 35[mm]、奥行 40[mm]となった。また、小型化の他に筐体下部フレームにアクリル板挿入用のスリット加工を設けたこと、アクリル板上部角を半径 1[mm]で面取りしたことにより組立て易さが向上した(図 6)。

4-2 ソフトウェアの設計

制御ソフトウェアは開発環境 ArduinoIDE を使用して、Arduino 言語及び C++ 言語でプログラミングを行った。ニキシーモジュールの LED 点灯制御は、1wire 方式のシリアル通信で LED1 つにつき 24bit の GRB データを送信して行く。複数の LED 相互間はデジチェーン接続し、1 段目の LED が 24bit の GRB デ



図 6 組立て易さ向上の為の加工

ータを受信した後のデータをスルーすることで、2 段目以降の LED に GRB データを送信する仕組みとなっている。各 bit データは PWM 信号の Duty 比により決定するため、メーカーのデータシートに記載されている Duty 比に従い High, Low の送信時間を設定する。今回の実習においては開発期間短縮の為、ソースコード管理・共有サービス Github 上で ngy188 氏が公開している、ArduinoNanoEvery 向けに調整された FastLED ライブラリ²⁾ (WS2812B 制御用) の使用および connornishijima 氏が公開している Lixie ライブラリ³⁾ を調整・使用して点灯制御プログラムを作成した。

また、時刻同期制御は RTC モジュールと I2C 方式のシリアル通信で時刻データを送受信して行く。これについても点灯制御プログラムと同様に、Github 上で JChristensen 氏が公開している DS3232RTC ライブラリ⁴⁾ を使用して時刻同期制御プログラムを作成した。

5 製品の評価と活用状況

5-1 計時機能の持続性と正確性の評価

RTC モジュールの駆動可能時間 T_D [h]は、式 (1) により電池容量 Q_B [Wh]および消費電力 P [W]から求めることができる。

$$T_D = \frac{Q_B}{P} \quad (1)$$

ボタン電池 CR2302 の電池容量は $Q_B = 3[V] \times 225[\text{mAh}]$ であり、RTC モジュールの消費電力は12C 接続により時刻データを通信している状態で $P = 3[V] \times 80[\mu\text{A}]$ 程度であることから、駆動可能時間は28,125 時間程度と求めることが出来る。ニキシーモジュール及び制御用コントローラについては、USB 電源入力により駆動しているため評価項目から省略した。

本製品の計時誤差については、EPSON 社 HP の Q&A⁵⁾ に記述されている式 (2) により求めることが出来る。

$$D_M = F_T \times T_M \quad (2)$$

ここで D_M は月差 [s]、 F_T は周波数許容偏差 [ppm]、 T_M は1ヶ月の秒数 [s]である。

RTC モジュールに搭載されている DS3231 のデータシートに「Accuracy $\pm 2\text{ppm}$ from 0°C to $+40^\circ\text{C}$ 」と記載されており、1ヶ月を30日と考えた時の秒数が2,592,000[s]であることから計時誤差は月差5秒程度と求めることが出来る。

5-2 視認性の評価

視認性について、下記の評価方法により明るさの異なる状況で発光色に応じた見やすさの評価を行った。評価方法は、作製した製品を床からの高さ1[m]の棚の上に置き、直線距離で1[m]離れた場所からカメラで撮影した画像により視認出来るかを評価することとした。

今回の実験において、図7および図8に示す通り、日光や蛍光灯の明かりがない暗い部屋であれば十分に視認出来ることを確認した。実験条件を表2に示す。

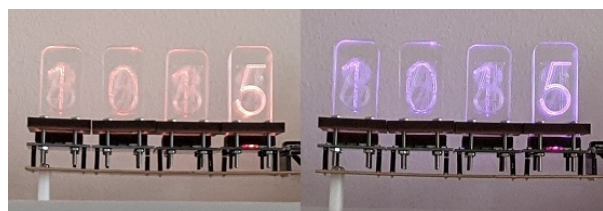


図7 暗い部屋 (27 [lux]) における視認性

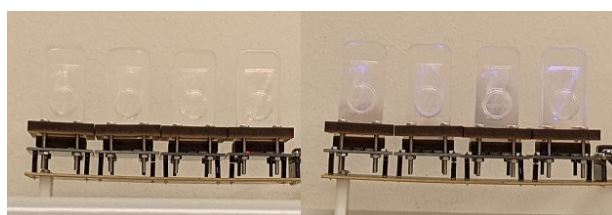


図8 明るい部屋 (780 [lux]) における視認性

表2 視認性評価の実験条件

実験番号	実験日時	天候	照度 [lux]
1	2021 8/31 10:15	晴れ	27
2	2021 8/31 10:17	晴れ	780

5-3 製品の活用状況

本製品はオープンキャンパスや訓練体験、基板設計やマイコン制御プログラミングの訓練の導入時に提示し、広報のための学科紹介や訓練受講の動機付けをする際に活用している。

6 まとめ

本稿に述べた総合制作実習において、担当した学生に対してのものづくりにおける一連の作業を経験させることが出来た。また学生からは、各技術要素を融合して一つの製品を作り上げたことで技術の習得を実感しているとの意見を聞くことが出来た。

以上のことから、当該テーマを設定した当初の目的である、技術要素の融合や広い視野を持つ人材の育成及び作製した製品を広報に役立てることについて概ね達成出来たと考える。

7 謝辞

本総合制作実習を進めるにあたりレーザー加工用のデータ作成や加工機の操作を支援していただいた、当校メカトロニクス技術科の佐藤玲子先生に感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) tindie, LIXIE II - The #NewNixie for Arduino! (Digit Kit)
<https://www.tindie.com/products/connornishijima/lixie-ii-the-newnixie-for-arduino-digit-kit/>
- 2) Github, ngyl88-arduino / FastLED
<https://github.com/ngyl88-arduino/FastLED>
- 3) Github, connornishijima / Lixie-arduino
<https://github.com/connornishijima/Lixie-arduino>
- 4) Github, JChristensen / DS3232RTC
<https://github.com/JChristensen/DS3232RTC>
- 5) EPSON 社リアルタイムクロック FAQ
https://www5.epsondevice.com/ja/information/support/faq_rtc/all/