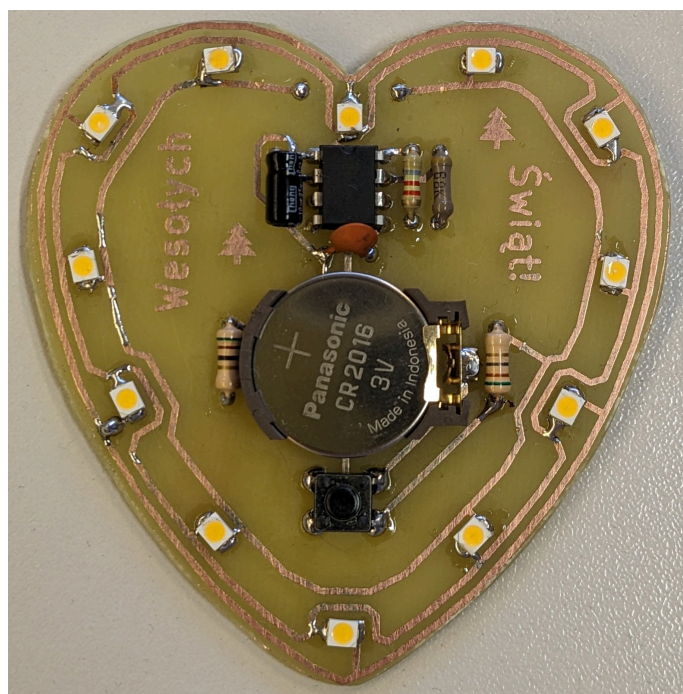


# Komputerowe wspomaganie projektowania układów elektronicznych

## Projekt własny - mrugające serce



Rys 1: Finalny efekt

## 1. Wstęp

Celem projektu jest stworzenie płytki w kształcie serca, które przy przytrzymaniu przycisku będzie mrugać naprzemiennie diodami LED. Jego funkcja jest czysto ozdobna, co czyni je świetnym pomysłem na prezent dla bliskiej osoby :)

Sercem układu będzie NE555 - układ ten jest łatwo dostępny w zasobach każdego elektronika, dzięki czemu projekt będzie prosty w realizacji, oraz nie wymaga dodatkowych umiejętności jak np. programowanie mikroprocesorów.

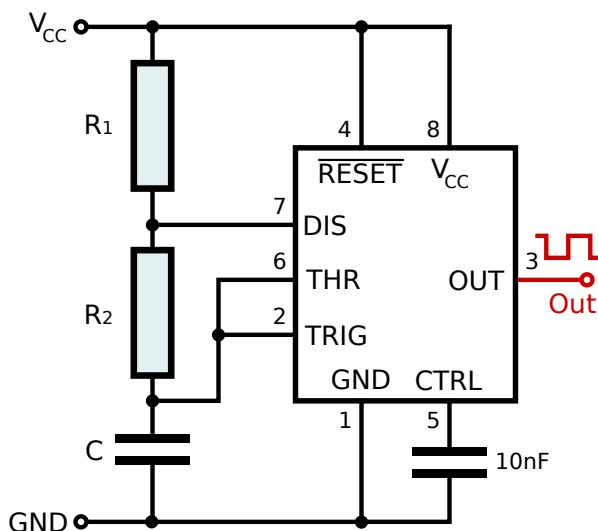
Schemat układu, jego symulacje oraz płytkę PCB zaprojektowałem w całości w programie KiCad. Następnie, z pomocą Pana mgr Grzegorza Klubnińskiego, z sukcesem wytrawiłem i obrobiłem płytkę PCB, na której następnie zamontowałem wszystkie elementy. Finalnie więc projekt zakończył się sukcesem, gotowym efektem w dłoni, i dużą ilością satysfakcji.

## 2. Założenia projektowe

Płytką będzie zasilana jednorazową baterią CR2032, oraz będzie mieścić się w dłoni. Wykonana będzie jednorazowo, ręcznie, dlatego problemem nie jest niestandardowy kształt płytki, natomiast problemami mogą okazać się:

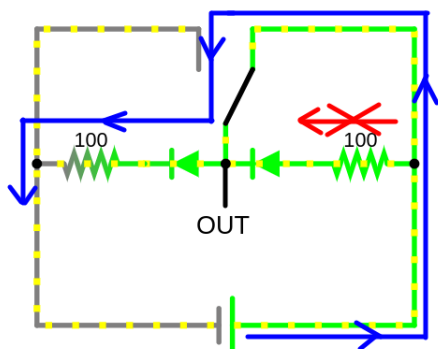
- marginesy i grubości ścieżek - oba te parametry ustaliłem na 0,8 mm, dla bezpieczeństwa
- grubość płytki - gotowe serce będzie samą płytką, bez żadnej obudowy - płytka nie może być zbyt cienka, żeby się nie połamać - wybrałem więc najgrubszą, jaka była dostępna w OpenLabie - 2 mm
- montaż - całość montażu chciałbym przeprowadzić samą lutownicą - muszę więc dobierać odpowiednio duże footprinty elementów, żeby było to możliwie ułatwione
- złożoność ścieżek - ręczne wytrawianie płytek dwu-stronnych jest bardzo podatne na błędy, będę więc musiał utrzymać cały schemat na jednej stronie

Diody led poukładane będą wzdłuż krawędzi, a po naciśnięciu przycisku będą naprzemiennie mrugać - kolejno co sekunde będą zapalać się wszystkie parzyste, lub nieparzyste diody. Do takiego działania świetnie nada się konfiguracja astabilna NE555. Zdecydowałem się na częstotliwość 1Hz, i pożytkując się artykułem na Wikipedii[1] ustaliłem, że układ będzie tak pracował w konfiguracji:  $R_1 = 8,2 \text{ k}\Omega$   $R_2 = 68 \text{ k}\Omega$   $C_1 = 10 \text{ }\mu\text{F}$

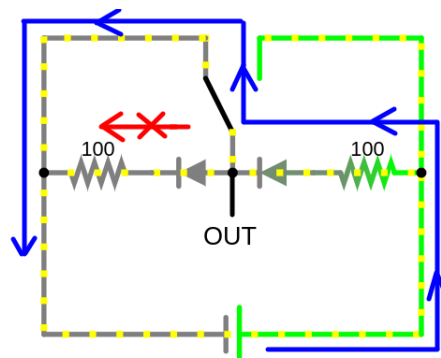


Rys 2: NE555 w trybie astabilnym, Wikipedia[1]

Zasada przełączania par łańcuchów LED jest następująca: diody są połączone szeregowo, od  $V_{CC}$  do GND - tak pozostawione, świeciłyby wszystkie na raz, jednak pomiędzy nimi podłączone jest wyjście NE555 - gdy  $U_{OUT} = V_{CC}$ , jeden łańcuch świeci, a drugi ma zarówno na katodzie jak i anodzie  $V_{CC}$  - prąd więc nie płynie. Analogicznie przy  $U_{OUT} = GND$ :

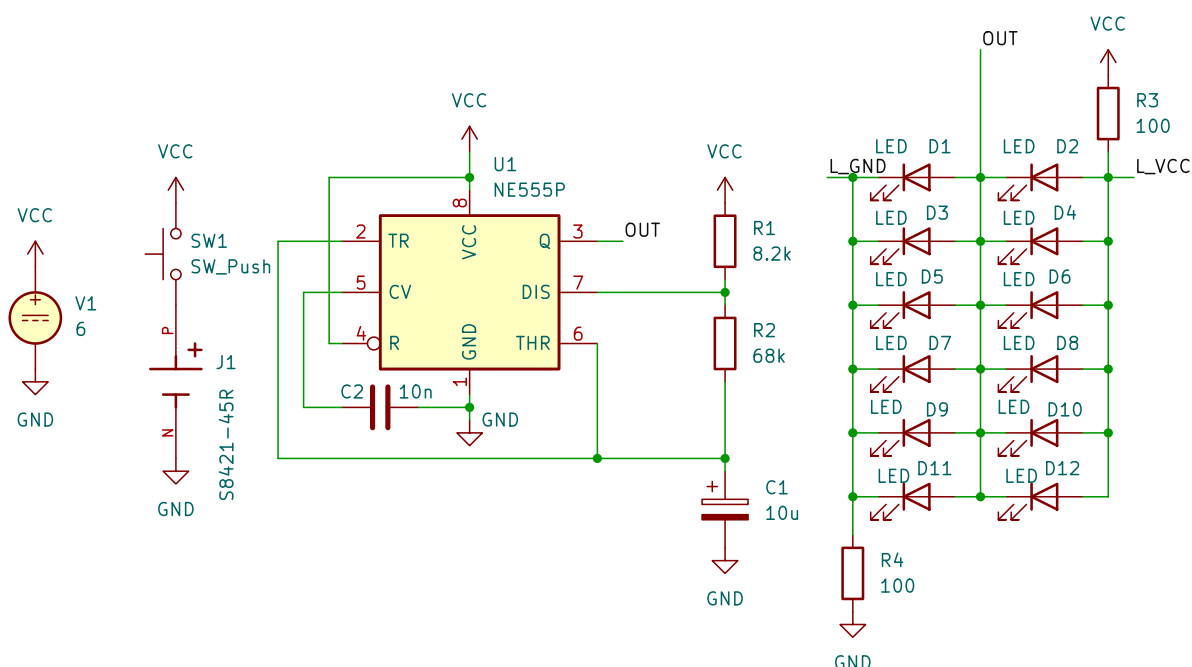


Rys 3: Przepływ prądu przy  $U_{OUT} = V_{CC}$



Rys 4: Przepływ prądu przy  $U_{OUT} = GND$

### 3. Schemat układu



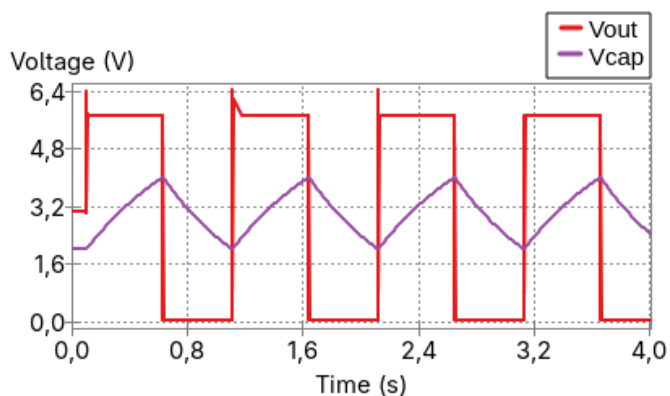
Rys 5: Schemat układu w KiCad'zie

### 4. Symulacja

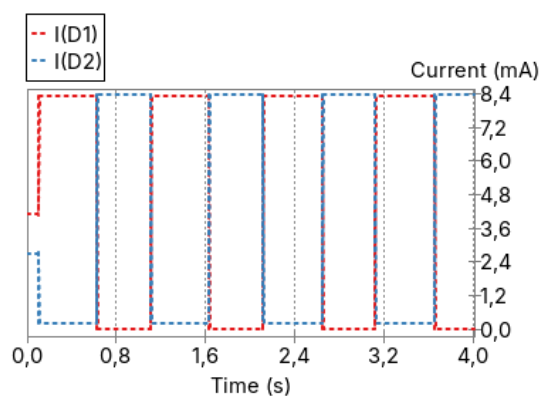
Wykonałem symulację pracy układu przez pierwsze 4 sekundy - widać jak kondensator cyklicznie ładuje i rozładowuje się, a diody nieparzyste i parzyste naprzemiennie przełączają się.

Okres cyklu jest nieco inny niż idealna 1s, ale to akceptowalne. Jak widać układ pracuje w 6V, a nie 3 z pojedynczej baterii tak jak oryginalnie zakładałem (o czym poniżej w: Sekcja 6.3).

KiCad nie posiadał wbudowanego modelu symulacji NE555, jednak znalazłem odpowiedni plik .lib w internecie[2].



Rys 6: Napięcie wyjściowe oraz naładowanie kondensatora



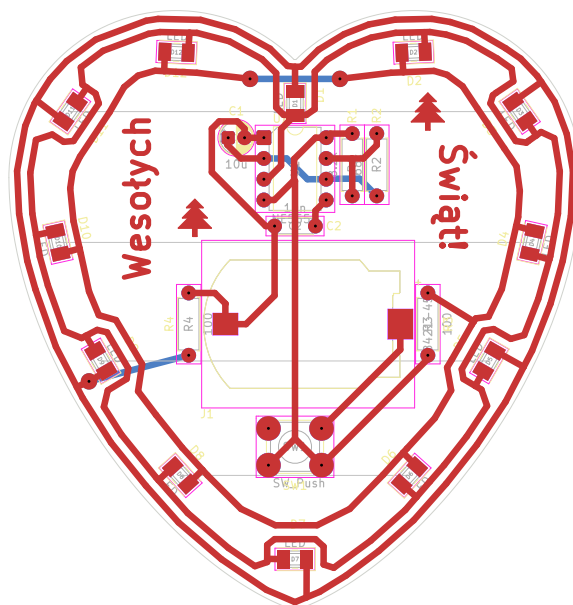
Rys 7: Prąd płynący przed diodą parzystą i nieparzystą

## 5. Projekt płytki PCB

Posiadając gotowy schemat, ułożyłem komponenty na projekcie płytki PCB.

Z racji oryginalnego kształtu płytki i ozdobnego charakteru, ułożenie ścieżek w odpowiednim kształcie zajęło wyjątkowo dużo czasu. Nie udało mi się uniknąć czterech połączeń na drugiej warstwie, ale nie oznacza to że będę musiał użyć płytki dwuwarstwowej - ograniczyłem ich długość do minimum, i w tamtych miejscach po prostu przeciągnę kawałek srebrzanki po drugiej stronie.

Footprint koszyczka na baterie który posiadałem nie był wbudowany w bibliotekę KiCada, ale znalazłem go w internecie[3]. Footprinty LEDów dobrałem natomiast możliwie jak największe. Po wszystkim na płytce zostało sporo miejsca, więc umieściłem tam ozdobne napisy.



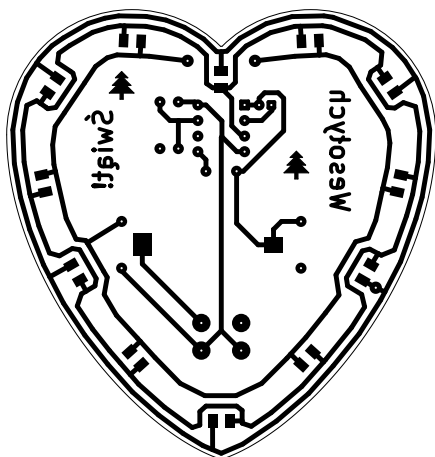
Rys 8: Układ ścieżek PCB w KiCad'zie

## 6. Wykonanie płytki

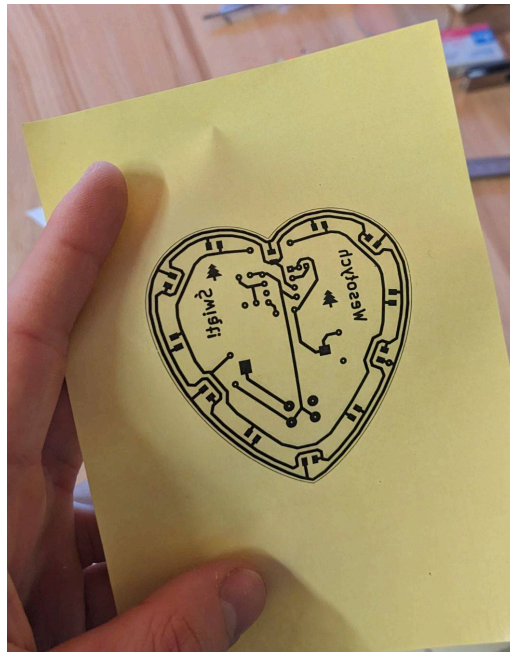
Na całym etapie wykonania płytki w OpenLabie ogromną pomocą wykazał się Pan Grzegorz Klubiński, ale też koledzy z sąsiednich kierunków którzy mieli tam zajęcia.

### 6.1. Wytrawianie

Do wytrawienia płytki musiałem wydrukować odbicie lustrzane samej przedniej warstwy na specjalnym papierze termotransferowym.



Rys 9: Ścieżki płytki do wydrukowania na papierze termotransferowym



Rys 10: Ścieżki płytki wydrukowane na papierze termotransferowym

Następnie, wydruk jest odbijany na płytce na płycie grzewczej - ten etap jest bardzo ważny, i wykonanie go niedokładnie może skutkować przerwami w ścieżkach.

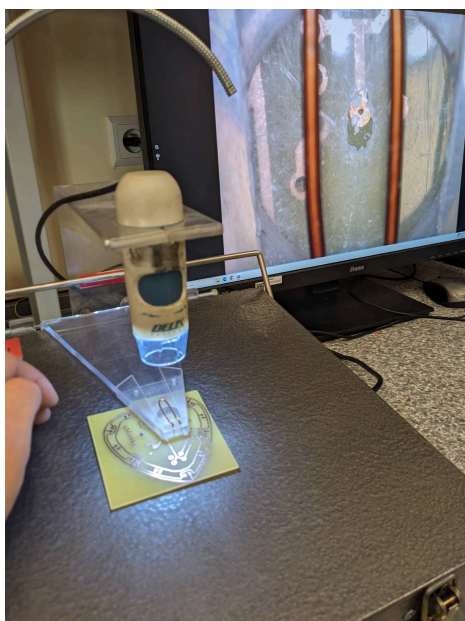


Rys 11: Płytką PCB gotowa do zanurzenia w wytrawiaczu

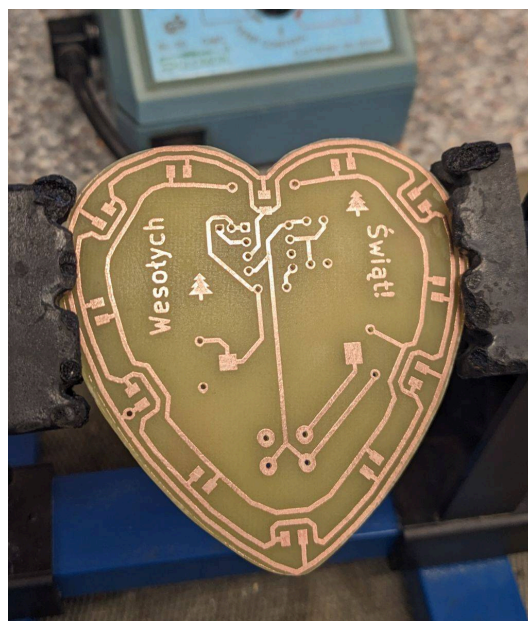


## 6.2. Obróbka

Po wytrawieniu płytki pozostało odwiercenie otworów na elementy przewlekane, oraz wycięcie kształtu płytki i oszlifowanie jej z ostrych krawędzi.



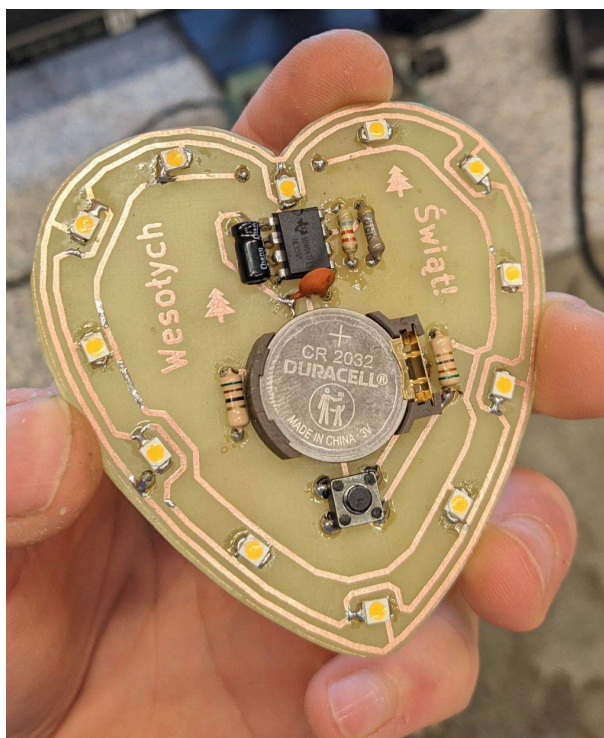
Rys 12: Wiercenie otworów w płytce PCB



Rys 13: Płytką PCB po całej obróbce

## 6.3. Montaż

Na koniec została chyba najprzyjemniejsza część - montaż elementów na płytce:



Rys 14: Złożony układ

Niestety, po uruchomieniu okazało się, że układ nie daje sobie rady na samych 3V z pojedynczej CR2032 - diody nieparzyste ledwo zauważalnie się świeciły. Pan Grzegorz zasugerował sprytnie rozwiązanie - zastąpienie baterii dwoma o połowę cieńszymi CR2016 - nie wymagało to żadnej modyfikacji płytki, a układ działa w ten sposób na 6 V bez zarzutów!

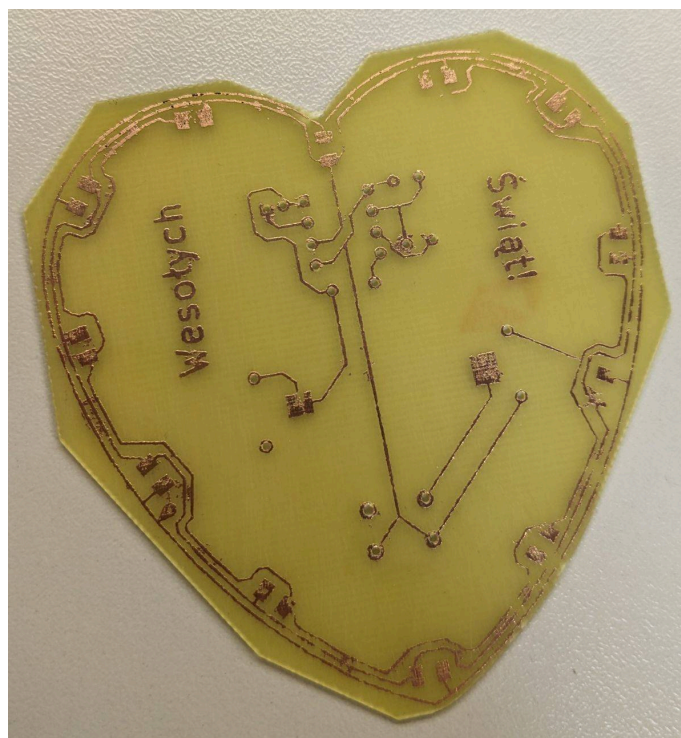
## 7. Wnioski

Projektowanie ścieżek PCB, które samo w sobie jest sprawą nietrywialną staje się bardziej czasochłonne przy nietypowych kształtach płytki, aczkolwiek nietypowe kształty wynikają zazwyczaj z nietypowych zastosowań, nad którymi z pewnością ciekawiej się pracuje.

Własnoręczne wytrawianie płytek jest też bardzo uczącym, ale podatnym na błędy procesem - wszystkie dotychczasowe schematy i rysunki są tak naprawdę drugą, poprawioną wersją płytki - pierwsza zakładała ścieżki i przerwy między nimi o szerokości 0,4 mm - trawiła się 40 minut, i po tym czasie miała miejsca niedotrawione, jak i przerwane ścieżki. Mogło to być spowodowane kombinacją:

- starego, zużytego wytrawiacza
- niedokładnego oczyszczenia płytki przed termotransferem
- niedokładnego termotransferu

W drugiej próbie pogrubilem więc ścieżki do wyżej ustalonych 0,8 mm, jednak okazało się to potencjalnie zbędne, ponieważ po wymianie wytrawiacza i pomocy opiekunów sali, druga płytka wytrawiła się w zasadzie idealnie!



Rys 15: Pierwsza wersja płytki, zakończona niepowodzeniem

## Przypisy

- [1] Wikipedia, „555 timer IC”. [Online]. Dostępne na: [https://en.wikipedia.org/wiki/555\\_timer\\_IC](https://en.wikipedia.org/wiki/555_timer_IC)
- [2] cslammy, „spice\_models”. [Online]. Dostępne na: [https://github.com/cslammy/spice\\_models/blob/main/NE555.lib](https://github.com/cslammy/spice_models/blob/main/NE555.lib)
- [3] SnapMagick, „S8421-45R Symbol, Footprint & 3D Model by Harwin”. [Online]. Dostępne na: <https://www.snapeda.com/parts/S8421-45R/Harwin/view-part/>