



AGH

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

**WYDZIAŁ INFORMATYKI, ELEKTRONIKI I TELEKOMUNIKACJI
KATEDRA ELEKTRONIKI**

PRACA DYPLOMOWA

System do wytwarzania wody destylowanej

System for the production of distilled water

Autor:	Filip Jacek Świderski
Kierunek studiów:	Elektronika i Telekomunikacja
Typ studiów:	Stacjonarne
Opiekun pracy:	dr inż. Marek Frankowski

Kraków, 2020

Spis treści

1	Wstęp	4
2	Część teoretyczna.....	5
2.1	Pojęcie destylacji, jej funkcje i zasady działania.....	5
2.2	Pojęcie wody destylowanej, jej funkcje.	6
2.3	Destylator.....	6
3	Płytki obwodu drukowanego, jej projekt, użyte elementy, zasada działania.	8
3.1	Płytki obwodu drukowanego	8
3.2	Środowisko EAGLE	8
3.3	Wykorzystane elementy	8
3.4	Schematy płytki w programie EAGLE.....	10
3.5	Sposób działania układu, opis elementów	11
3.5.1	Zasilanie układu	11
3.5.2	Wyświetlanie temperatury	12
3.5.3	Mierzenie i odczyt temperatury	13
3.5.4	Ustawianie temperatury	15
3.5.5	Sterowanie układem grzałki.....	16
3.5.6	Komunikacja układu z programatorem.....	18
3.5.7	Mikrokontroler.....	18
4	Programowanie i sposób działania układu.....	19
4.1	Środowisko projektowe STM32CubeIDE.....	19
4.2	Sposób działania układu	20
5	Napotkane problemy	22
6	Koszt stworzenia układu oraz przegląd dostępnych rozwiązań.....	23
6.1	Koszt wytworzenia układu	23
6.2	Przegląd dostępnych rozwiązań.....	25

7	Testy.....	25
8	Podsumowanie	28
9	Bibliografia	30
9.1	Książki	30
9.2	Artykuły na stronach WWW	30
9.3	Strony internetowe.....	32

1 Wstęp

Destylacja stanowi nieodłączny element życia ludzkiego od tysięcy lat. Wczesne dowody destylacji znaleziono na akadyjskich tabliczkach datowanych na ok. 1200 r. p.n.e. opisujące działalność perfumerii.¹ Destylacja to długotrwały proces wymagający ciągłej kontroli w celu uzyskania jakościowego produktu. Urządzenie pozwalające skrócić czas kontroli destylatora mogło by w znaczący sposób przyczynić się do ułatwienia pracy z procesem destylacji. Podczas destylacji produktów sfermentowanych wymagana jest niemal nieustanna kontrola. Aby otrzymać produkt wysokiej jakości destylacje należy przeprowadzić więcej niż jednokrotnie. Oznacza to żmudną, wielogodzinną pracę.

Celem pracy było stworzenie systemu do wytwarzania wody destylowanej w sposób umożliwiający automatyczność. Stworzono układ składający się z destylatora wykorzystującego zbiornik keg z zamontowaną w środku grzałką oraz płytki pcb, która jest odpowiedzialna za sterowanie grzałką. System, pozwala w sposób zautomatyzowany wytworzyć wodę destylowaną poprzez sterowanie grzałką w zależności od temperatury na szczycie kolumny. Dzięki zastosowaniu sterownika można utrzymać stałe tempo parowania cieczy. Takie rozwiązanie pozwala na wytworzenie destylowanej wody w sposób optymalny pod względem jakości produktu. Pozwoli w zoptymalizowany sposób skrócić czas spędzony przy tworzeniu destylatu do minimum. Urządzenie zapewnia wielofunkcyjność. Oprócz wytwarzania wody destylowanej oraz napojów alkoholowych możliwy jest również montaż w wędzarni, w której również wymagana jest kontrola temperatury.

W pracy przedstawiono wstęp teoretyczny opisujący destylację, jej funkcje oraz potrzebne do destylacji urządzenia. Wyjaśniono sposób realizacji pracy, użyte komponenty potrzebne do sterowania grzałką oraz sposób działania układu. Przedstawiono podobne rozwiązania oraz plany dalszego rozwoju urządzenia.

Podczas zbierania informacji oraz w toku pisania pracy szczególnie przydatne okazały się pozycje Bandrowski Jan, Troniewski Leon, *Destylacja i rektyfikacja*² oraz Horowitz Paul,

¹ Levey, Martin, *Chemistry and Chemical Technology in Ancient Mesopotamia*. Elsevier. 1959. s. 36, z ang. „Jak już wspomniano, tekstowe dowody destylacji sumero-babilońskiej są ujawnione w grupie tabliczek akadyjskich opisujących działalność perfumeryjną, datowanych na ok. 1200 pne”

² Bandrowski Jan, Troniewski Leon, *Destylacja i rektyfikacja*, PWN, Warszawa 1980

Hill Winfield, *Sztuka Elektroniki Wydanie drugie zmienione* ³. Obie pozycje w fachowy sposób odnoszą się do poruszanych w nich tematów co znacznie ułatwiło pracę.

2 Część teoretyczna

2.1 Pojęcie destylacji, jej funkcje i zasady działania.

Destylacja, to rozdzielanie składników wieloskładnikowej mieszaniny za pomocą selektywnego wrzenia i kondensacji. Stosowana jest w celu wyizolowania lub oczyszczenia jednego lub więcej związków składowych. Destylacja ma wiele zastosowań. Na przykład:

-w wyniku destylacji produktów sfermentowanych wytwarza się napoje o dużej zawartości alkoholu,

- jest to skuteczna i tradycyjna metoda odsalania wody,
- jest stosowana w przemyśle chemicznym
- jest stosowana w licznych analizach chemicznych oraz wszędzie tam gdzie wymagana jest wysoka czystość roztworu.

Wykorzystywana jest różna lotność względna składników mieszanin. Destylacja prosta, to podstawowa operacja procesów destylacji. Polega na odparowaniu ciekłej surówki i odbiorze wytworzonej pary która jest skraplana, ciecz, która jest głównym produktem destylacji nazywana jest destylatem, natomiast pozostałości po destylacji to ciecz wyczerpana. Podczas destylacji prostej obie fazy znajdują się w stanie bliskim równowagi fizykochemicznej. ⁴

Skraplanie proste, to proces odwrotny do destylacji prostej. Stosuje się go głównie do uzupełnienia procesu destylacji, czasami stosowana jest również do wytworzenia orosienia szczytowego w rektyfikacji.

Proces destylacji przeprowadzany jest za pomocą urządzenia zwanego destylatorem. W przypadku destylacji prostej w zbiorniku podgrzewana jest ciecz. Para powstała poprzez podgrzanie odprowadzana jest przez kolumnę na szczycie której znajdują się termometr i kierowana jest do skraplacza chłodzonego spiralą z wodą. Po kondensacji do zbiornika odprowadzana jest pożądana ciecz. Termometr umieszczony na kolumnie pozwala na

³ Horowitz Paul; Hill, Winfield, *Sztuka Elektroniki Wydanie drugie zmienione*, tłum. Kalinowska B.; Kalinowska G, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ, Warszawa

⁴ Destylacja prosta - powtórka z chemii, Powtórka z chemii,
<https://www.youtube.com/watch?v=eJdE6OzTbCI>

kontrolę temperatury, która rośnie wraz ze wzrostem szybkości parowania. Dzięki możliwości kontroli temperatury jesteśmy w stanie uzyskać destylat bez znacznej ingerencji człowieka.^{5 6}

2.2 Pojęcie wody destylowanej, jej funkcje.

Woda destylowana to woda pozbawiona soli mineralnych oraz większości substancji zanieczyszczających za pomocą metody destylacji. Zawiera rozpuszczone gazy (głównie dwutlenek węgla, także tlen i azot) oraz zanieczyszczenia lotnymi substancjami organicznymi. Stosowana jest między innymi w akumulatorach jako rozcieńczalnik elektrolitu, w żelazkach parowych oraz w licznych analizach chemicznych.

2.3 Destylator

Do projektu został wykorzystany destylator Potstill 3. Jest on przeznaczony do destylacji prostej. Urządzenie pozwala na destylację wody oraz destylację produktów sfermentowanych. Keg o pojemności 30l zapewnia komfortową pracę dzięki wygodnym uchwytom oraz zaworom do wypuszczania cieczy wyczerpanej oraz oczyszczania odstojnika. Do chłodnicy zostały doprowadzone węże gumowe służące do przepływu wody przez chłodnicę.

W skład destylatora wchodzi:

- Zbiornik typu Keg o pojemności 30 litrów,
- Kolumna destylacyjna o długości 40 cm wykonana z rury nierdzewnej. Kolumna posiada haczyk do podwieszenia filtra węglowego,
- filtr węglowy umieszczony w kolumnie destylacyjnej,
- odstojnik o pojemności 0,5 L z odkręcanym zaworem, który umożliwia spuszczenie frakcji niepożądanych w trakcie i po zakończeniu destylacji. Odstojnik znacząco zwiększają efektywność procesu destylacji poprzez rozdzielenie mieszanin ciekłych.
- Chłodnica wykonana z rurki fi 8 mm o długości 4 metrów ze stali nierdzewnej, co zapewnia idealne schłodzenie destylatu. Dzięki zastosowaniu największej w tego typu destylatorach chłodnicy destylat z chłodnicy wypływa całkowicie schłodzony. Duża chłodnica znacząco

⁵ Bandrowski J. ,Troniewski L. *Destylacja i rektyfikacja*, PWN, Warszawa 1980, s56-72

⁶ Destylacja, umb.edu.pl

https://www.umb.edu.pl/photo/pliki/farm/chemia_org/kosm/k-skrypt-destylacja.pdf

zwiększa wydajność pracy,

- Dwie zespolone grzałki elektryczne o mocy 1500 W i 2000 W posiadające oddzielne włączniki, obudowa z kablem i wtyczką,
- Zawór spustowy do zlewania cieczy z kega,
- Wąż zbrojony ze złączką do podłączenia wody,
- Wąż zbrojony do odprowadzenia wody,
- Precyzyjny termometr elektroniczny mierzący temperaturę na szczycie,
- Uszczelki silikonowe
- Do kega dospawany został ciśnieniowy zawór bezpieczeństwa, w razie zatkania się kolumny zawór otwiera się przy ciśnieniu 3 Bar. Zapewnia to bezpieczeństwo nawet w przypadku braku kontroli destylatora przez człowieka.



Rysunek 1 Destylator

3 Płytki obwodu drukowanego, jej projekt, użyte elementy, zasada działania.

3.1 Płytki obwodu drukowanego

Płytki PCB – płytki izolacyjne pokryte folią miedzianą, w której metodami fotochemicznymi została uformowana mozaika połączeń elektrycznych i pól lutowniczych. Przeznaczona jest do montażu podzespołów elektronicznych. Płytki drukowane projektowane są do budowy układów elektronicznych.⁷

3.2 Środowisko EAGLE

Do zaprojektowania płytki obwodu drukowanego do projektu wykorzystany został program komputerowy EAGLE. Jest to program wspierający projektowanie obwodów elektronicznych stworzony przez firmę CadSoft. Obecnie rozwijany jest przez firmę Autodesk.⁸

Program umożliwia edycję schematów i płytek drukowanych. Wykorzystano darmową wersję programu przeznaczoną do zastosowania niekomercyjnego.

3.3 Wykorzystane elementy

Przed przystąpieniem do pracy wskazane było w przemyślny sposób zaplanować układ logiczny i fizyczny płytki. Należało zastanowić się nad sposobem realizacji oraz zaplanować używane w układzie urządzenia elektroniczne. Podczas wyboru elementów uwzględniano głównie niezawodność układu oraz cenę elementów. Po analizach oraz konsultacjach ze specjalistami w dziedzinie projektowania układów elektronicznych wybrano następujące elementy do stworzenia układu:|

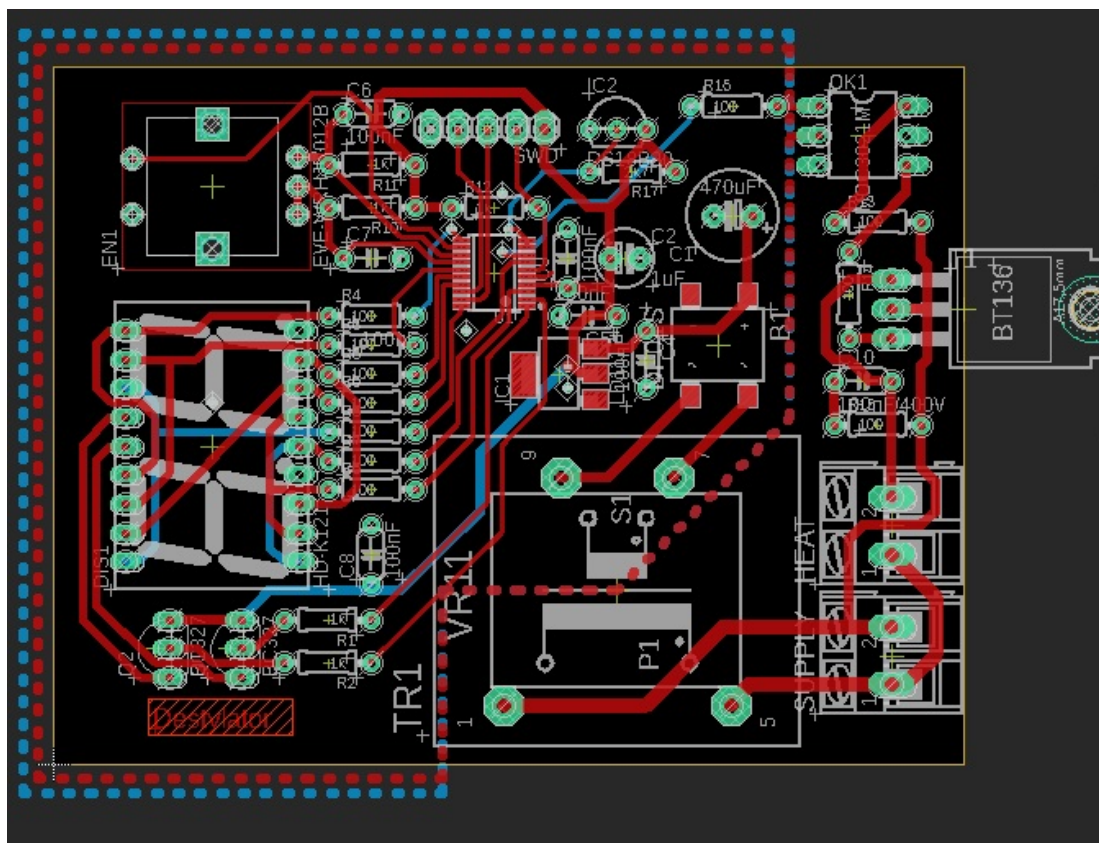
- Rezystory węglowe - 1k Ω ;
- Rezystory węglowe - 100 Ω ;

⁷ Płytki PCB – co to jest, Printor Electronic Manufacturing,
<https://printor.pl/plytka-pcb-co-to-jest/>

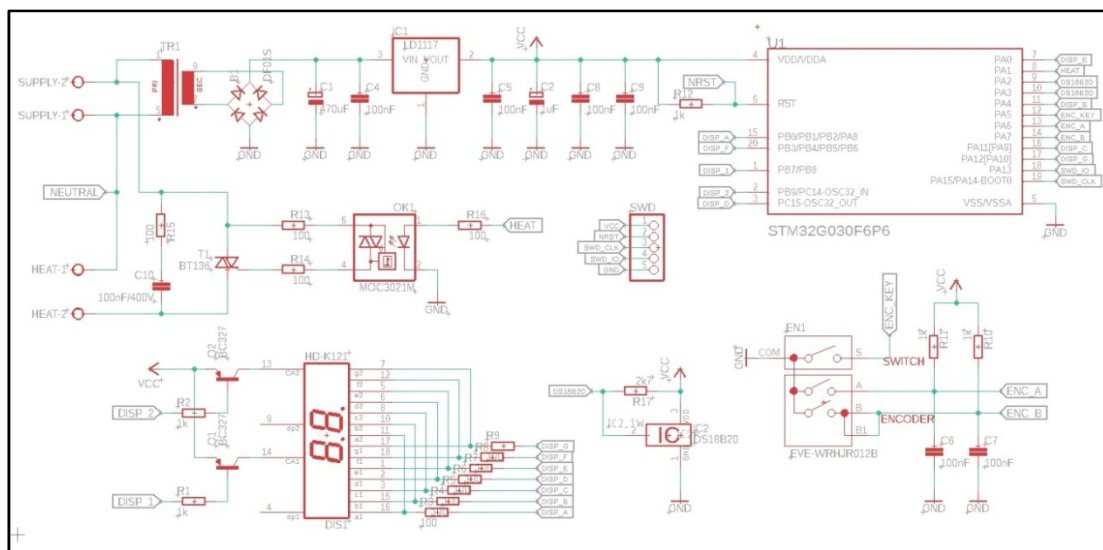
⁸ What is EAGLE, Autodesk,
<https://www.autodesk.com/products/eagle/overview?plc=F360&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>

- Rezystor węglowe - $2,7k\Omega$;
- Stabilizator napięcia - $3,3V;1A$;
- Triak;
- Kondensatory ceramiczne - $100nF$;
- Kondensatory elektrolityczne - $1\mu F$;
- Kondensatory elektrolityczne - $470\mu F$;
- Mostek prostowniczy;
- Czujnik temperatury DS18B20 - $-55\div 125^{\circ}C$;
- Optotriak;
- Listwa zaciskowa do druku;
- Wyświetlacz LED; 7-segmentowe, kolor czerwony;
- Mikrokontroler STM32G030F6P6
- Transformatory zalewany;
- Impulsator optyczny, enkoder;
- Tranzystory bipolarne PNP;

3.4 Schematy płytki w programie EAGLE



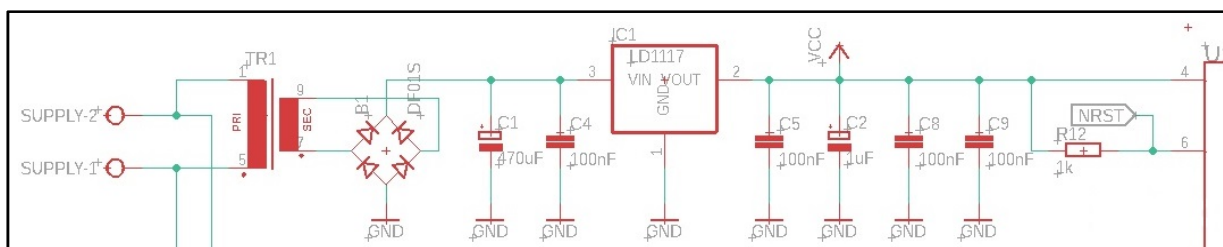
Rysunek 2 Schemat fizyczny płytki pcb w programie EAGLE



Rysunek 3 Schemat logiczny płytki pcb w programie EAGLE

3.5 Sposób działania układu, opis elementów

3.5.1 Zasilanie układu



Rysunek 4 Realizacja zasilania układu.

SUPPLY1 oraz SUPPLY2 to piny do których zostało podłączone napięcie wejściowe 230V, częstotliwości 50 Hz oraz rodzaju prądu: prąd przemienny. Podpięcie następuje poprzez listwę zaciskową do płytek drukowanych. Złącze ARK o rozstawie nóg 2,54 cm pozwala na podpięcie dwużyłowego przewodu zasilającego składającego się z przewodu fazowego w kolorze brązowym oraz przewodu neutralnego w kolorze niebieskim. Napięcie wejściowe doprowadzane jest do transformatora oraz do układu sterowania grzałką. Napięcie 230VAC jest jedynie na wejściu na transformator oraz w układzie sterowania grzałką, reszta układu została oddzielona „masą”.⁹

TR1 jest to transformator zalewany 230VAC na 6V.¹⁰

Dzięki transformatorowi oraz dwufazowemu układowi mostkowemu zwanemu również układem mostkowym Graetza, doprowadzono napięcie 6V do układu mikrokontrolera. Mostek Graetza jest to prostownik zbudowany z czterech diod prostowniczych. Podstawową cechą mostka diodowego jest to, że polaryzacja wyjścia jest taka sama niezależnie od polaryzacji na wejściu. Nie zależnie od kierunku w jakim przepływa prąd na wejściu, prąd na wyjściu będzie płynąć zawsze w tą samą stronę. Dwie z czterech diod w danej chwili pracują jednocześnie w kierunku przewodzenia, drugie dwie natomiast działają w kierunku zaporowym. Za Mostkiem Graetza znajdują się kondensator elektrolityczny 470uF który pełni rolę stabilizatora napięcia. Prąd po wyjściu z prostownika posiada bardzo słabe parametry.

⁹DG308-2.54 Product Specification, Degson Electronics CO., LTD.

<https://www.tme.eu/Document/e399f683de63f8ff6d8fcb1baa663eaf/DG308-2.54.pdf>

¹⁰Transformatory do obwodów drukowanych, Breve Tufvasson,

https://www.tme.eu/Document/7dcd4dc6ab3886d90da603b0e74178c6/TEZ_2020_TME_PL.PDF

Płynie nieregularnie i impulsowo. Aby napięcie dostarczane przez zasilacz było w miarę stabilne, wstawia się odpowiednio dużą pojemność. Zapewnia on ciągłość pracy układu poprzez gromadzenie ładunku elektrycznego co umożliwia ograniczenie wahań napięcia.¹¹

Następnie napięcie zostaje doprowadzone do stabilizatora napięcia LD1117A, który odpowiada za stabilizację napięcia na 3.3V. Celem użycia stabilizatora jest uzyskanie stabilnego napięcia stałego, takiego którego wartość nie zmienia się, niezależnie od temperatury, czasu, pobieranego prądu czy umiejscowienia w urządzeniu. Prawidłowe zasilanie pozwala ograniczyć możliwość wystąpienia błędów w działaniu urządzenia. Dwa kondensatory o pojemnościach 100nF są wymagane przez producenta w celu prawidłowej pracy układu¹².

Kondensator o pojemności 1uF działa na podobnej zasadzie co kondensator o pojemności 470uF używany w układzie. Stosuje się go jako „magazyn” energii, który odpowiedzialny jest za eliminację zakłóceń w przypadku szybkich zmian prądu wyjściowego.

Kolejne dwa kondensatory o pojemności 100nF są wymagane przez producenta mikrokontrolera. W dokumentacji znajdują się informacje o konieczności dołączenia kondensatora 100nF na każdym pinie zasilania. Do mikrokontrolera doprowadzone jest dwa piny zasilania, VDD oraz RST.^{13 14}

3.5.2 Wyświetlanie temperatury

Wyświetlacz siedmiosegmentowy to wskaźnik składający się z 7 segmentów, najczęściej wykorzystywany do wyświetlania cyfr dziesiętnych choć można też na nim wyświetlać niektóre znaki. W wyświetlaczach siedmiosegmentowych często znajduje się również ósmy segment zwany kropką. Wyświetlacze te posiadają wyprowadzenia do sterowania oddzielnie każdym z segmentów.¹⁵

Wyświetlacz LED składa się z dwóch wskaźników cyfrowych połączonych w konfiguracji wyświetlacza multipleksowanego. Oznacza to, że w danej chwili czasu można

¹¹ Horowitz Paul; Hill, Winfield, *Sztuka Elektroniki Wydanie drugie zmienione*, tłum. Kalinowska B.; Kalinowska G, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ, Warszawa s. 57-61

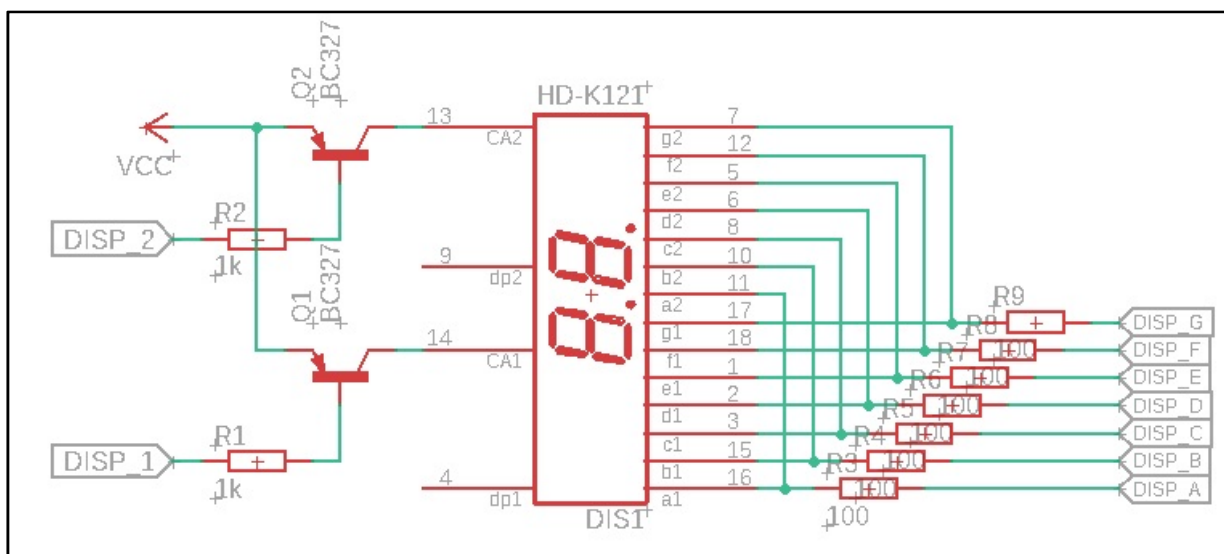
¹² LD1117A Low drop fixed and adjustable positive voltage regulators Datasheet - production data, STMicroelectronics,
<https://www.tme.eu/Document/bad00e7fc591b73ff810af309b2bb7a4/LD1117A.pdf>

¹³ Horowitz Paul; Hill, Winfield, *Sztuka Elektroniki Wydanie drugie zmienione*, tłum. Kalinowska B.; Kalinowska G, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ, Warszawa, s. 34

¹⁴ STM32G030x6/x8 Datasheet - production data, STMicroelectronics,
<https://www.tme.eu/Document/2b266aab99d3bc1b99b972cf5ab5232a/STM32G030K6T6.pdf>

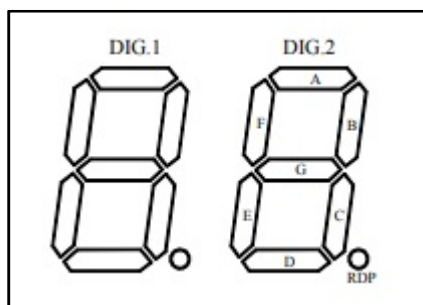
¹⁵ Specification LDD056BUE-101, ROHS,
<https://www.tme.eu/Document/6627c9c368f1797fdc1b91bd2e4fd88a/LDD056BUE-101.pdf>

wyświetlać tylko jedną kombinację segmentów na jednym lub więcej wskaźnikach. Wyświetlacz jest sterowany poprzez dwa bufory: bufor wyboru wskaźnika odpowiedzialny za wybór wskaźników, które w danej chwili mają być załączone oraz bufor danych wskaźnika, do którego ładuje się kombinację segmentów, które mają zostać w danej chwili zapalone.¹⁶ Na rysunku 5 przedstawiono schemat układu wyświetlacza siedmiosegmentowego użytego w układzie.



Rysunek 5 Schemat wyświetlacza 7-segmentowego użytego w układzie.

Opis segmentów użytych podczas wyświetlania cyfry. Aby zaświecić segment należy wstawić zero na bit reprezentujący dany segment według rysunku 6.



Rysunek 6 Oznaczenie segmentów wskaźnika wyświetlacza

3.5.3 Mierzenie i odczyt temperatury

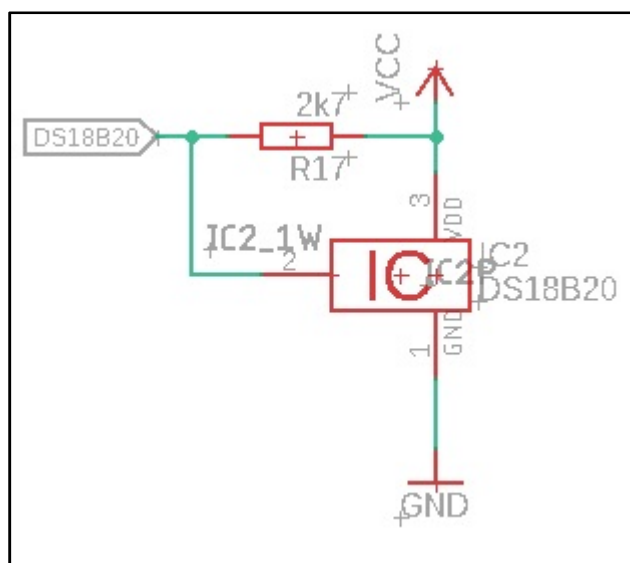
Czujnik temperatury (termometr) DS1820 zbudowany jest z jednostki zasilającej go, na którą składa się kondensator pasożytniczy, który ładuje się pasożytniczo na energii sygnału

¹⁶. Specification LDD056BUE-101, ROHS,
<https://www.tmc.eu/Document/6627c9c368f1797fdc1b91bd2e4fd88a/LDD056BUE-101.pdf>

linii danych w wariacie zasilania jednym przewodem (one wire) dwóch diod wejściowych zabezpieczających wejście układu czujnika temperatury (termometru) DS1820 i jednostki kontrolującej pojawienie się zasilania na linii danych. Kolejnym elementem jest 64 bitowa pamięć ROM, w której przechowywany jest unikatowy numer seryjny danego czujnika oraz interfejs kontrolujący pracę magistrali danych one wire. Innymi elementami czujnika temperatury DS1820 jest jednostka pamięci i zarządzania magistralą akwizycji danych łączącą elementy pomiarowe z interfejsem one wire wysyłającym dane na zewnątrz układu. Czujnik temperatury DS1820 wyposażony jest w sprzętowy termostat z możliwością nastawienia dwóch progów zadziałania. Termometr DS1820 wyposażony został również w sprzętową 8bitową kontrolę CRC.¹⁷

Na rysunku 7 przedstawiono schemat połączenia układu czujnika temperatury użytego w układzie. Pin DS18B20 widoczny na rysunku 7 odpowiada za komunikację czujnika z mikrokontrolerem.

W celu prawidłowej pracy czujnika temperatury został wmontowany rezystor 2.7kΩ. Wynika to z zaleceń producenta.



Rysunek 7 Schemat połączenia układu czujnika temperatury użytego w układzie.

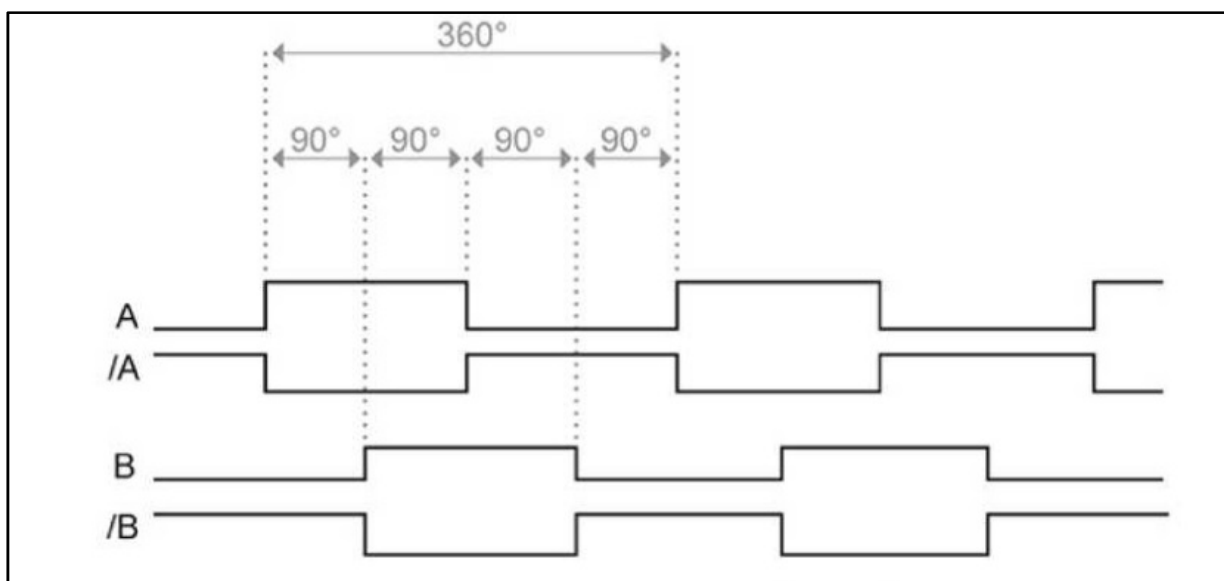
¹⁷DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer, Maxim Integrated, <https://www.tme.eu/Document/dd11228ca818d1ed1f3029ea47fef609/DS18B20+.pdf>

3.5.4 Ustawianie temperatury

Enkoder jest czujnikiem kontroli ruchu, dostarcza informacje zwrotne do układu sterowania. Przekształca on ruch obrotowy lub liniowy w sygnał elektryczny. Sygnał następnie zostaje odczytany w układzie sterowania na przykład za pomocą licznika. Dzięki zastosowaniu enkodera można dokładnie określić na przykład: pozycję elementów maszyn, kąt i liczbę obrotów wału silnika, prędkość obrotową lub jej kierunek. W układzie zastosowano 20-sto impulsowy enkoder inkrementalny, generuje on sygnał cyfrowy podczas obrotu wału. Liczba sygnałów (impulsów) na jeden obrót określa rozdzielczość. Położenie wału określane jest przez zliczanie impulsów co w przypadku braku zasilania oznacza, że w miejscu w którym nastąpiło zatrzymanie układu położenie będzie zliczane od zera. Wewnętrzne elementy enkodera inkrementalnego – między innymi ze względu na brak określania pozycji bezwzględnej wału – są prostsze i bardziej ekonomiczne pod względem wytwarzania, w porównaniu do enkoderów absolutnych.

Enkoder inkrementalny ma co najmniej jeden sygnał wyjściowy „A”, zazwyczaj są to jednak dwa sygnały wyjściowe, tak zwane sygnały „A” i „B”, przesunięte względem siebie o 90° . Obrócenie wału w prawo powoduje wysłanie impulsu „A” przed impulsem „B”. Obrócenie wału przeciwnie do ruchu wskazówek zegara spowoduje wysłanie impulsu „B” przed impulsem „A”.¹⁸

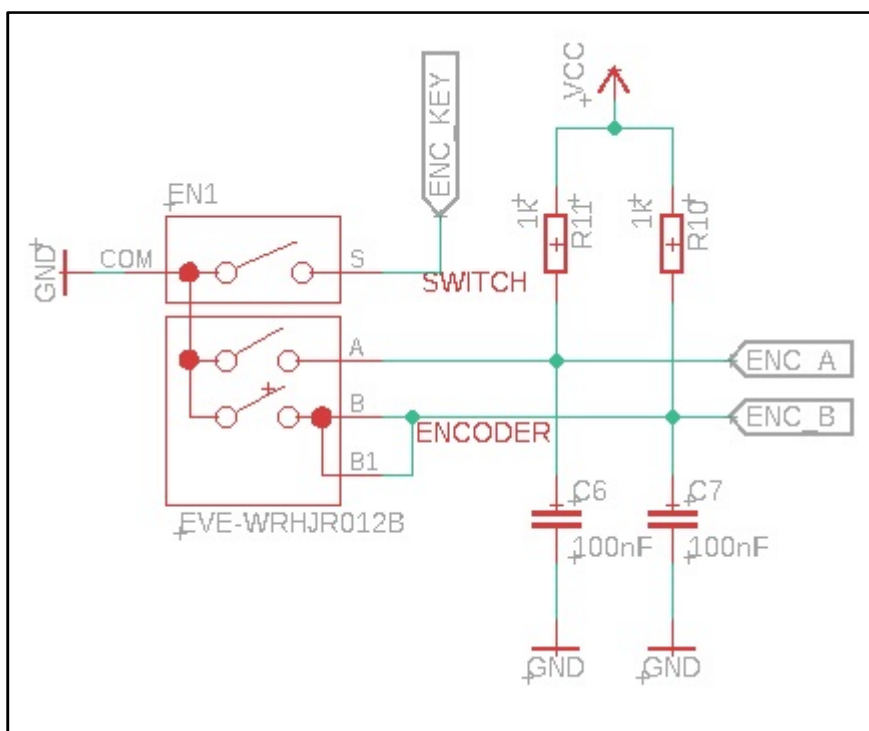
Na rysunku 8 przedstawiono przebieg sygnałów wyjściowych A oraz B enkodera.



Rysunek 8 Przebieg sygnałów wyjściowych enkodera inkrementalnego

¹⁸ Enkoder – zasada działania, rodzaje, budowa, Elementy Budowy Maszyn i Automatyki, <https://www.ebmia.pl/wiedza/porady/automatyka-porady/enkoder/>

Aby określić kierunek obrotu enkodera wykorzystuje się powyższe przebiegi. Na rysunku 9 przedstawiono schemat podłączenia enkodera w układzie. Piny ENC_A oraz ENC_B oznaczają sygnały wyjściowe A oraz B. Na schemacie użyto również ENC_KEY który odpowiada za wciśnięcie przycisku enkodera¹⁹.



Rysunek 9 Schemat połączenia enkodera w układzie.

3.5.5 Sterowanie układem grzałki

Transoptor – jest to półprzewodnikowy element optoelektroniczny składający się z co najmniej jednego fotodetektora umieszczonych we wspólnej obudowie. Sprężenie optyczne może być stałe (w przypadku obudowy zamkniętej izolującej optycznie od otoczenia) lub zmienne, modulowane z zewnątrz poprzez zmianę współczynnika transmisji lub odbicia światła (w przypadku obudowy optycznie otwartej).²⁰ W układzie wykorzystano optotriak – element składający się z triaka oraz diody elektroluminescencyjnej zamkniętych w obudowie.

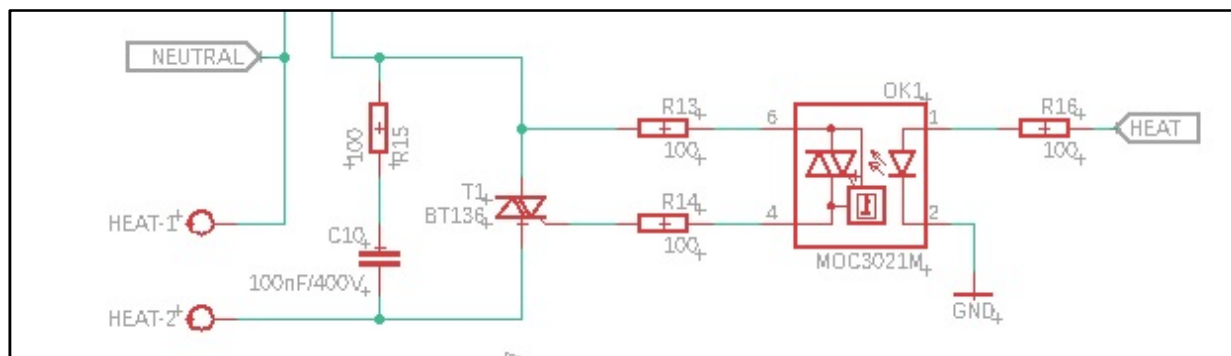
¹⁹ EC11, Specifications,

<https://www.tme.eu/Document/947fff760d3e8051ff1d91b3169c392a/ALPS-EC11.pdf>

²⁰ Rusek M.; Pasierbiński J.; *Elementy i układy elektroniczne w pytaniach i odpowiedziach*. Akademia Górniczo Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Kraków 2009 s.178-183

Zasada działania opiera się o sterowanie triakiem za pomocą diody. Triak można załączyć przez bramę dodatnim lub ujemnym impulsem prądowym.

Układ sterowania grzałką przedstawiono na rysunku 10.



Rysunek 10 Układ sterowania grzałką

Podczas podania stanu wysokiego z mikrokontrolera na pin HEAT doprowadzamy prąd do diody w optotriaku co pozwala na zamknięcie obwodu i doprowadzenie prądu do bramki triaka.²¹

Triak BT316 CDIL odpowiedzialny jest za doprowadzenie fazy do pinu HEAT 2. W momencie doprowadzenia prądu do bramki triaka z optotriaka, przewodzi on prąd elektryczny. Gdy natężenie prądu bramki jest równe zero, triak przechodzi w stan blokowania.

Rezystor połączony szeregowo z kondensatorem to filtr RC. Odpowiada za zabezpieczenie w razie problemów z rozłączaniem triaka.^{22 23}

Dodatkowo w urządzeniu zamontowano radiator. Jest on wymagany ponieważ podczas przepływu prądu elektrycznego przez triak wyzwalane jest ciepło. Radiator służy do odprowadzania kłopotliwego ciepła. Konieczne było aby w odpowiedni sposób odprowadzić ciepło z triaka aby nie nastąpił gwałtowny wzrost temperatury złącza a w konsekwencji jego

²¹ *Optically Coupled Bilateral Switch Light Activated Zero Voltage Crossing Triac*, ISOCOM COPONENTS ROHS,
<https://www.tme.eu/Document/3ecc6342913686c6824592e5ccb5ec82/MOC306x-SMD-I.pdf>

²² *Product Selection, Guide WeEn Semiconductors*
<https://www.tme.eu/Document/8a3e845ee0a490d87a3886675380a1c6/517527518528.pdf>

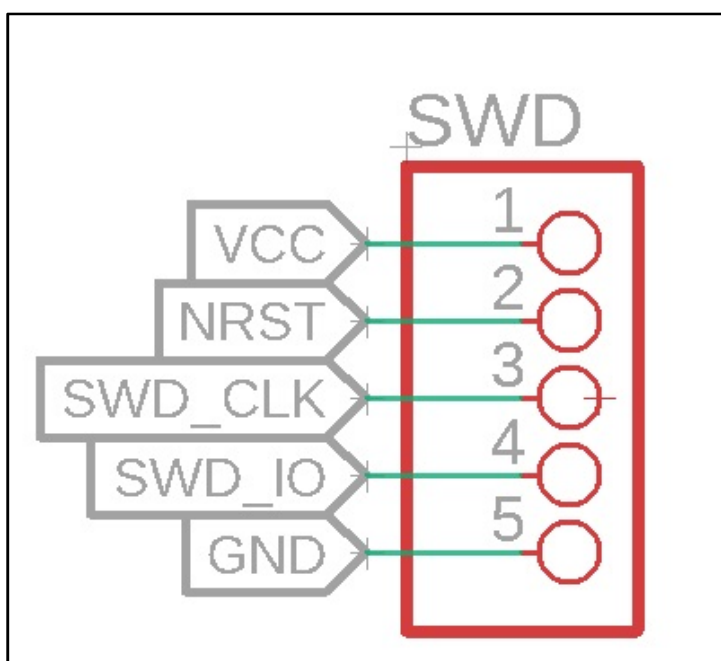
²³ Horowitz Paul; Hill, Winfield, *Sztuka Elektroniki* Wydanie drugie zmienione, tłum. Kalinowska B.; Kalinowska G, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ, Warszawa s. 48-49

uszkodzenie. Wybrano radiator 527-45AB, zapewnia on odprowadzanie ciepła w sposób pozwalający na poprawną pracę układu.²⁴

3.5.6 Komunikacja układu z programatorem

Programowanie układu wykonano za pomocą dedykowanego programatora NUCLEO-G070RB. Producent wymaga układu SWD w celu poprawnej komunikacji mikrokontrolera z programatorem.²⁵

Schemat w układzie przedstawiono na rysunku 11.



Rysunek 11 Schemat układu pinów do połączenia z programatorem w układzie.

3.5.7 Mikrokontroler

Do układu został wykorzystany mikrokontroler STM STM32G030F6P6. STMicroelectronics to francusko-włoskie przedsiębiorstwo produkujące układy elektroniczne z siedzibą administracyjną w Genewie. Potocznie nazywana jest skrótem ST. Mikrokontroler został wybrany ponieważ spełniał warunki pracy układu jednocześnie w optymalny sposób zapewniając wykorzystanie potrzebnych pinów.²⁶

²⁴ 527-45AB, Wakefield-vette

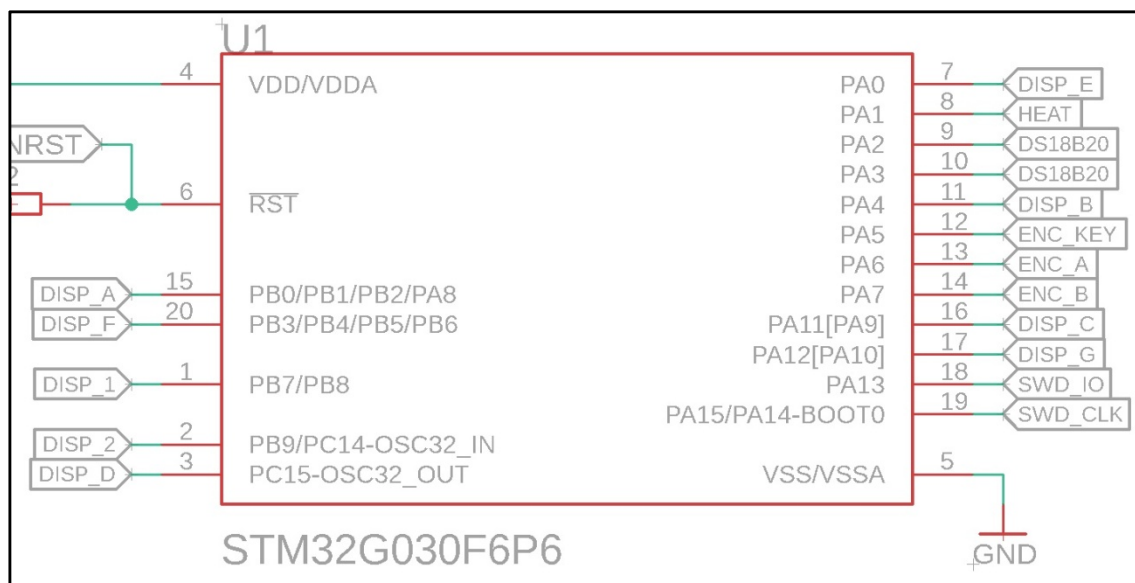
<https://www.tme.eu/Document/8a3e845ee0a490d87a3886675380a1c6/517527518528.pdf>

²⁵ STM32 Nucleo-64 boards (MB1360) - User manual, STMicroelectronics, s15

https://www.st.com/resource/en/user_manual/dm00452640-stm32-nucleo-64-boards-with-stm32g07xrb-mcus-stmicroelectronics.pdf

²⁶ STM32G030x6/x8 Datasheet - production data, STMicroelectronics,

Schemat podłączonych pinów przedstawia rysunek 12.



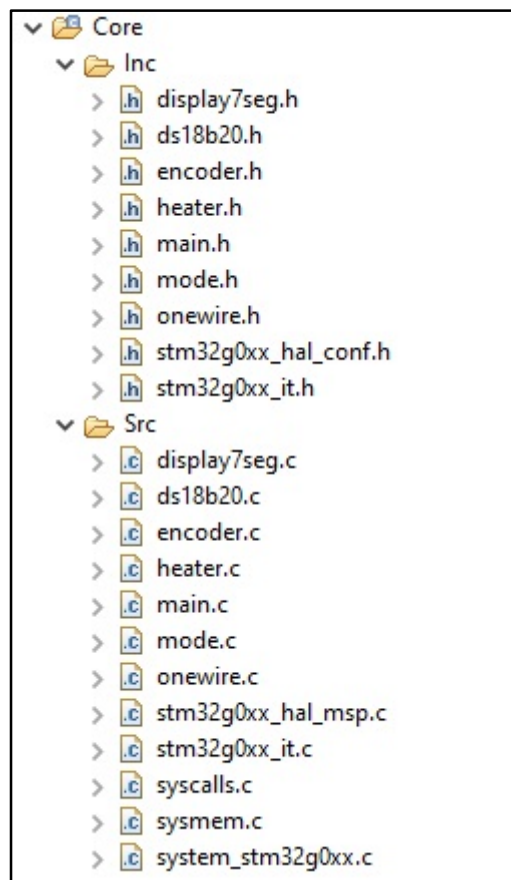
Rysunek 12 Schemat mikrokontrolera STM32G030F6P6 oraz użytych pinów

4 Programowanie i sposób działania układu.

4.1 Środowisko projektowe STM32CubeIDE

Środowisko projektowe STM32CubeIDE jest zaawansowaną platformą projektową opartą o framework Eclipse/CDT przeznaczoną do tworzenia projektów w języku C/C++. Zawiera zestaw narzędzi przeznaczony do edycji, kompilowania i debugowania kodu. Kompilator C/C++ wykorzystuje GCC (GNU Compiler Collection), a debugger GDB (GNU Project Debugger). Dzięki użyciu środowiska STM32CubeIDE wygenerowane zostały podstawowe pliki źródłowe oraz pliki nagłówkowe w języku C.

Stworzono pliki do zarządzania wyświetlaczem, odpowiednio display7seg.h oraz display7seg.c. Pliki sterujące czujnikiem temperatury ds18b20.h, ds18b20.c i onerwie.c. Za sterowanie enkoderem odpowiadają pliki encoder.h oraz encoder.c. Za włączanie oraz wyłączanie grzałki odpowiedzialne są pliki heater.h i heater.c. W plikach mode.h i mode.c wypierany jest sposób wyświetlania wyświetlacza. Każdy z tych plików używany jest w pliku main.c który odpowiada za pracę programu.

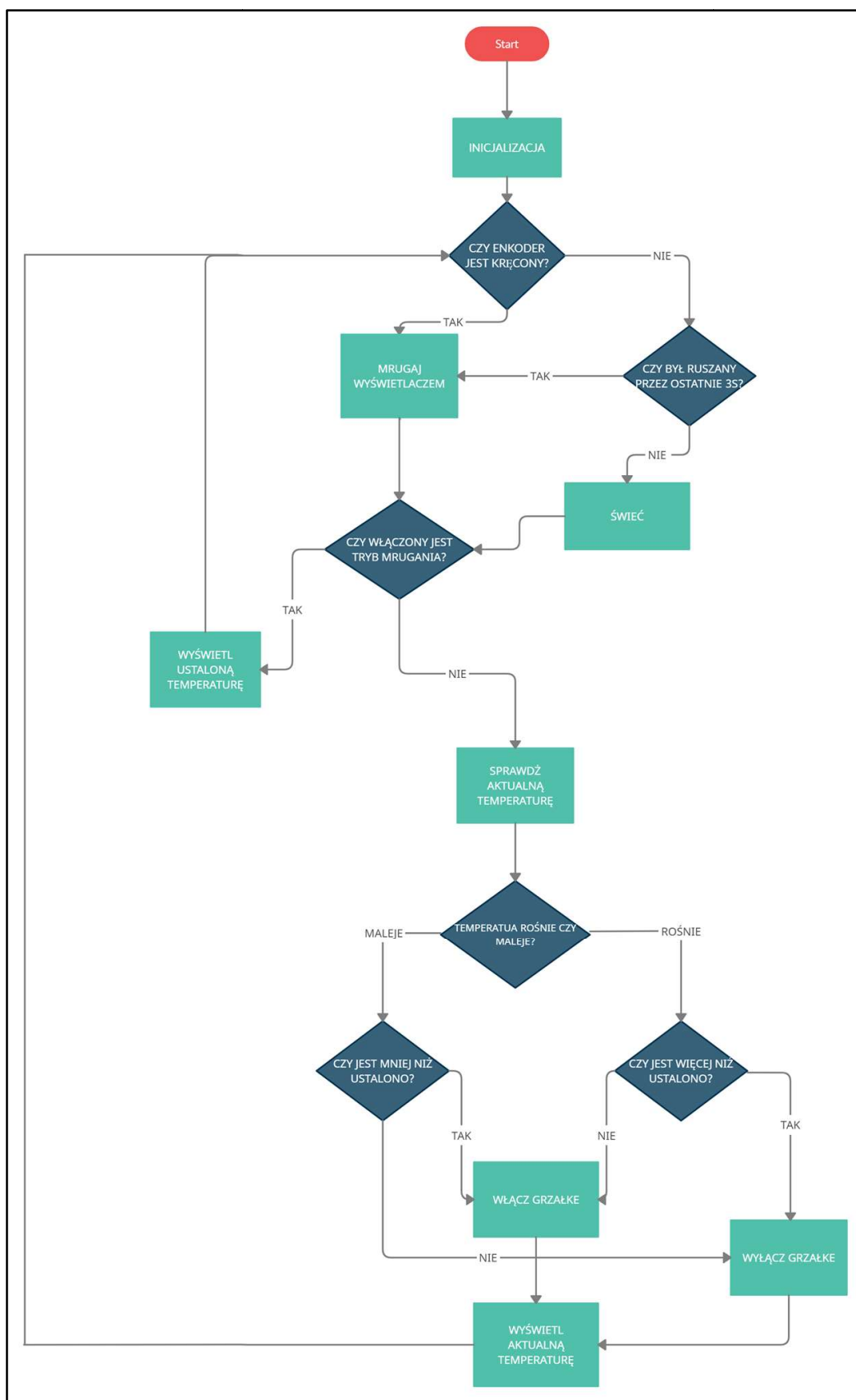


Rysunek 13 *Pliki użyte w programie* ²⁷.

4.2 Sposób działania układu

Sposób działania układu przedstawia Rysunek 14. Układ działa w nieskończonej pętli w której sprawdzane są warunki. Głównym zadaniem jest odczytywanie aktualnej temperatury z czujnika temperatury i porównywanie jej z zadaną przez użytkownika. Na podstawie porównania grzałka jest włączana lub wyłączana. Aby uniknąć ciągłego przełączania się kod odpowiedzialny za sterowaniem grzałką działa z opóźnieniem związanym z odczytem nowej temperatury. Jeżeli nie kręcimy enkoderem układ wyświetla ustawianą temperaturę na wyświetlaczu siedmiosegmentowym. Jeżeli ustawiamy temperaturę wyświetlacz mruga co oznacza tryb ustawiania, następnie mruga przez 3 sekundy. Po procesie ustawiania temperatury wyświetlany w sposób ciągły jest aktualna temperatura.

²⁷ Świdorski Filip, *Pliki źródłowe i nagłówkowe Sterownika Destylatorem*,
<https://github.com/Filipswidorski/SystemDoWytwarzaniaWodyDestylowanej>



Rysunek 14 Schemat blokowy przedstawiający sposób działania układu.

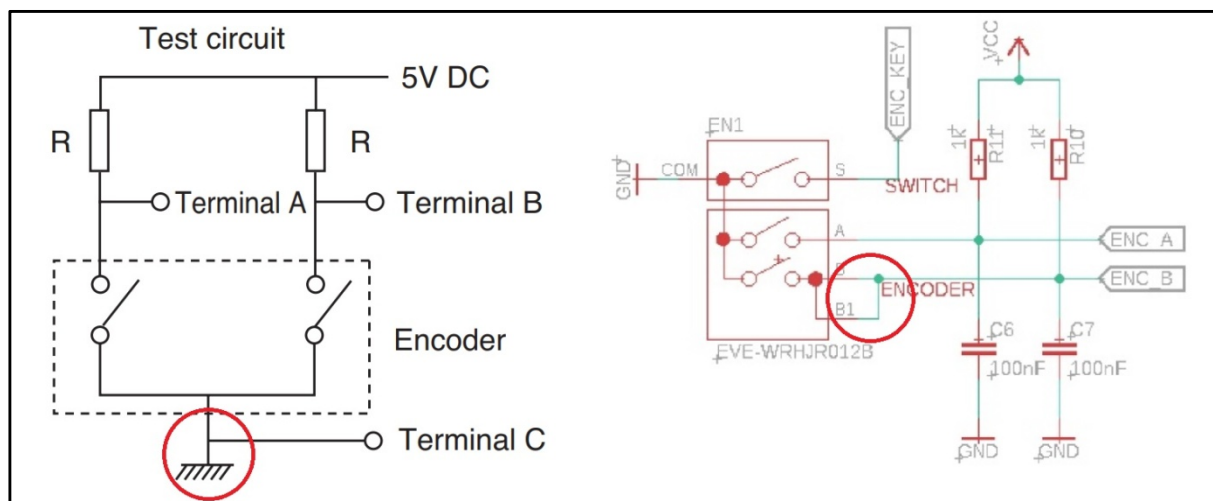
5 Napotkane problemy

Podczas prac nad układem napotkano na dwa znaczące problemy. Związane były z doborem enkodera oraz ze złym zlutowaniem czujnika temperatury.

Pierwszy problem, związany z enkoderem, polegał na błędnym połączeniu na płycie poprzez ścieżkę nogi B oraz C enkodera. Urządzenie Pin C powinno mieć połączone z masą, a pin B powinien zostać doprowadzony przez rezystor do nogi mikrokontrolera.²⁸

Różnicę w układzie przedstawia rysunek 15, w czerwonych okręgach znajdują się błędne połączenie.

Aby naprawić układ należało przerwać połączenie ścieżek na płycie pcb między nogami B oraz C. Połączyć pin C krótkim przewodem z masą natomiast pin B został doprowadzony do mikrokontrolera przez rezystor po ścieżce na płycie PCB. Należało dolutować krótkie połączenie między rezystorem a pinem B enkodera.



Rysunek 15 Różnica między zaprojektowanym układem a sposobem działania enkodera

EC11

Drugi napotkany problem związany był z przegrzaniem pinu łączy danych czujnika temperatury.²⁹

Niestety zostało przeoczone, że pin odpadł, spowodowało to spory nadkład pracy związanej z poszukiwaniem miejsca problemu. Aby naprawić układ zlutowano pin DQ

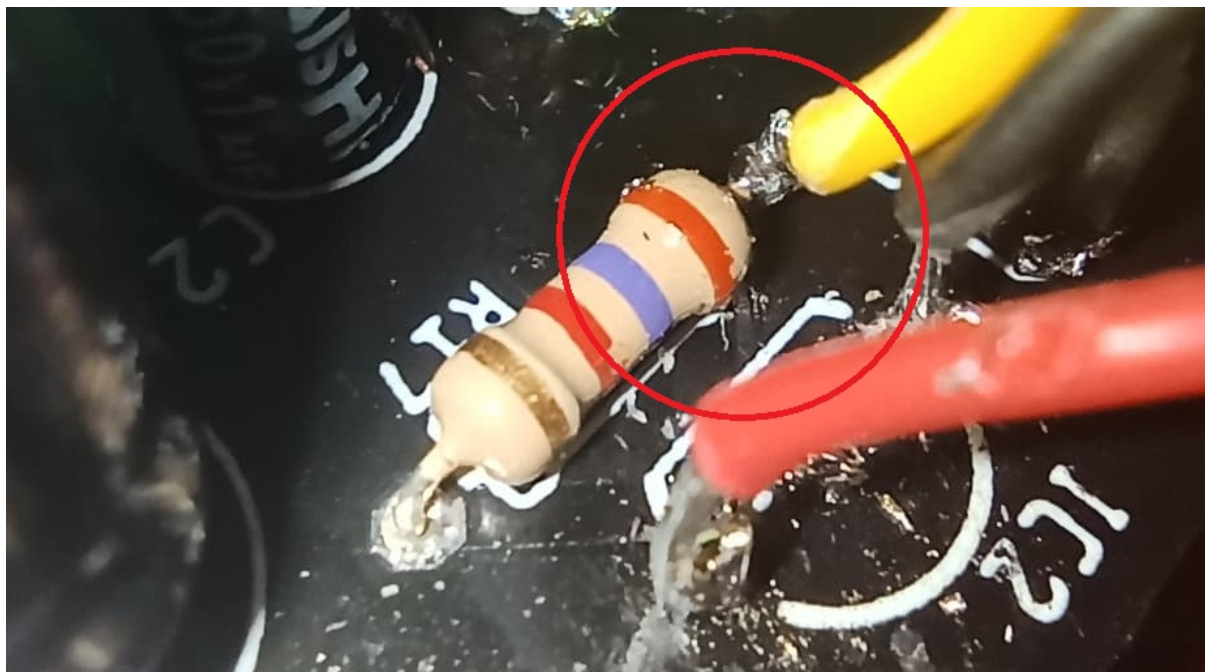
²⁸ EC11, Specifications, s7

<https://www.tme.eu/Document/947fff760d3e8051ff1d91b3169c392a/ALPS-EC11.pdf>

²⁹ DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer, Maxim Integrated, s.3, <https://www.tme.eu/Document/dd11228ca818d1ed1f3029ea47fef609/DS18B20+.pdf>

czujnika DS18B20 bezpośrednio do rezystora podciągającego, z pominięciem ścieżki biegnącej po płytce.

Sposób naprawy przedstawiono na zdjęciu nr16. Miejsce połączenia zaznaczono czerwonym okręgiem.



Zdjęcie nr 16: Sposób połączenia czujnika z rezystorem.

6 Koszt stworzenia układu oraz przegląd dostępnych rozwiązań

6.1 Koszt wytworzenia układu

Koszty zostaną obliczone na podstawie złożonych zamówień. Nie zostaną uwzględnione koszty eksploatacji urządzeń potrzebnych do wytworzenia układu, nie zostanie wliczony koszt pracy osoby tworzącej układ, oraz kosztów związanych z dostarczeniem potrzebnych komponentów układu.

Elementy potrzebne do wykonania układu zostały zakupione w sklepie TME Electronic Components.³⁰ Płytki pcb zostały zamówione w sklepie JLCPCB.³¹

³⁰ Dostęp pod linkiem:
<https://www.tme.eu/pl/>

³¹ Dostęp pod linkiem:
https://jlcpcb.com/?gclid=Cj0KCQiA3NX_BRDQARIsALA3fIJidesR8TPqgwF0l5z6HVv8tZM5iWs9vAD_3URo7G4gRvZUo8-uYY8aAgYHEALw_wcB

Podane wartości będą uwzględniały koszt w przeliczeniu na jedną sztukę, ponieważ w niektórych przypadkach wymagano zamówienia większej liczby elementów niż były wymagane.

- Płytki PCB – 6,74 zł
- Rezystory węglowe - 1kΩ - 0,04 zł
- Rezystory węglowe - 100Ω - 0,06 zł
- Rezystor węglowy - 2,7kΩ; - 0,04 zł
- Stabilizator napięcia -3,3V;1A – 0,79 zł
- Triak – 2,71 zł
- Kondensatory ceramiczne - 100nF – 0,42 zł
- Kondensatory elektrolityczne - 1uF – 0,20 zł
- Kondensatory elektrolityczne - 470uF – 0,20 zł
- Mostek prostowniczy – 1,54 zł
- Czujnik temperatury DS18B20 -55÷125°C – 7,50 zł
- Optotriak -3,06 zł
- Listwa zaciskowa do druku – 1,11 zł
- Wyświetlacz LED;7-segmentowy, kolor czerwony - 4,26 zł
- Mikrokontroler STM32G030F6P6 - 5,64 zł
- Transformatory zalewany - 8,86 zł
- Impulsator optyczny, enkoder – 4,70 zł
- Tranzystor bipolarny PNP – 0,33 zł
- Radiator – 10,71 zł

Uwzględniając liczbę użytych elementów w układzie koszt wykonania płytki wynosi 59,11 zł. Cenę można zmniejszyć poprzez zamówienia hurtowe.

6.2 Przegląd dostępnych rozwiązań

W Internecie można znaleźć wiele podobnych rozwiązań tego problemu lecz są one znacznie droższe. Ceny urządzeń, które spełniają założone warunki rozpoczynają się od 329zł.³²

Co prawda możemy również skorzystać z nieco tańszych rozwiązań rozpoczynających się od 179zł ale nie posiadają one bieżącej kontroli temperatury w destylatorze, a jedynie pozwalają na ustawienie maksymalnej mocy, która nie może zostać przekroczona. Dostępne są również urządzenia kosztujące 30 zł, nazywają się regulatorami temperatury natomiast, umożliwiają one jedynie włączenie alarmu w momencie osiągnięcia ustawionej temperatury.

Urządzenia zawierają liczne udogodnienia, które nie zostały wliczone w koszty tworzenia układu takie jak: obudowa oraz przewody do podłączenia urządzenia.

Cena podłączenia układu wynosi około 10zł uwzględniając dwa kable z wtyczkami odpowiednio męską i żeńską, w celu włączenia układu między gniazdko elektryczne, a destylator.

7 Testy

Przeprowadzono testy pracy systemu do wytwarzania wody destylowanej. Każdy z testów przebiegł pomyślnie i nie nastąpiły żadne komplikacje. Testy przeprowadzono na trzy sposoby. W pierwszym, destylowano wodę bez użycia urządzenia do sterowania grzałką, w drugim włączono sterowanie grzałką a w trzecim przeprowadzono proces odsalania z udziałem sterowania grzałką. Zebrano odpowiednio po 1 litr destylatu z każdej próby. Ciecze przechowywane są w szczelnie zamkniętych szklanych butelkach, jeżeli sytuacja epidemiologiczna pozwoli na testy ciecze zostaną przebadane w laboratoriach chemicznych AGH.

Wyniki testu pierwszej próby przedstawia tabela 1. W destylatorze umieszczone zostało 15l wody. Urządzenie zostało włączone bez układu sterowania grzałką. Proces przebiegał zgodnie z oczekiwaniem. Odebrano 1l destylatu. W odstojniku zebrano około 200ml frakcji niepożądanych.

³² Dostęp pod linkiem:
<https://allegro.pl/kategoria/gorzelnictwo-destylacja-93841?string=REGULATOR%20MOCY%20Grza%C5%82ka%20Destylator&bmatch=nbn-dict201214-ctx-fd-col-1-4-1218>

Czas w minutach	Temperatura w °C	Komentarz
0'	23,3	temperatura pokojowa
14'	23,5	Temperatura utrzymuje się na równym poziomie
20'	30.5	Temperatura utrzymywała się na równym poziomie po czym rozpoczęło się znaczne wzrastanie temperatury
26'	97,4	rozpoczęcie skraplania, ciecz wylewa się ciągłym strumieniem, odłączona druga grzałka odpowiedzialna za rozgrzewanie
35'	99.2	ciecz wylewa się ciągłym strumieniem
45'	98.9	zostało odzyskane 0,5l cieczy
55'	99.2	zostało odzyskane 1l cieczy

Tabela 1: Test destylacji bez sterowania grzałką

Wyniki drugiego testu przedstawia tabela 2. W destylatorze umieszczone 15l wody. Urządzenie zostało włączone wraz ze sterownikiem grzałki. Temperaturę na szczycie kolumny ustawiono na 95°C. Proces przebiegał bezproblemowo. Można było zauważyć, że destylat skrapla się wolniej niż w przypadku pierwszej próby. Jest to związane ze zmniejszeniem czasu pracy grzałki związanego ze sterowaniem przez urządzenie sterujące. Proces spełnił założone cele, temperatura na szczycie kolumny utrzymywała się z dokładnością do 2°C. Odebrano 1l destylatu. W odstojniku zebrano około 100ml frakcji niepożądanych.

Czas w minutach	Temperatura w °C	Komentarz
0'	25,8	temperatura wyższa niż pokojowa spowodowana nagrzaniem kega
14'	33,3	Powolny przyrost temperatury
16'	92,3	rozpoczęcie skraplania, ciecz wylewa się kropiąc, odłączona druga grzałka odpowiedzialna za rozgrzewanie
26'	95,4	ciecz wylewa się kropiąc ze stałą szybkością, można wyraźnie zauważyć rozdzielne krople.
40'	94,8	zostało odzyskane 0,5l cieczy
50'	94,7	Ciecz wylewa się ciągłym lecz małym strumieniem
60'	95,3	zostało odzyskane 1l cieczy

Tabela 2: Test destylacji ze sterowaniem grzałką

W trzecim teście przeprowadzono symulację odsalania wody. W destylatorze umieszczono 9l wody oraz 315g soli. Średnie zasolenie w oceanach na świecie wynosi 35g soli na kilogram wody.³³ W wodzie był wyraźnie wyczuwalny smak soli. Roztwór poddano destylacji. Proces przebiegał bezproblemowo. Temperaturę na szczycie kolumny ustawiono na 95°C. Odebrano 1l destylatu, zostanie on szczegółowo przebadany pod względem ilości soli w laboratoriach AGH. Poglądowo stwierdzono, że woda jest zdatna do picia, nie było wyczuwalnego smaku soli. W odstojniku zebrano około 150 ml frakcji niepożądanych.

Czas w minutach	Temperatura w °C	Komentarz
0'	25,4	temperatura wyższa niż pokojowa spowodowana nagrzaniem kega
10'	25,8	temperatura utrzymywała się na równym poziomie i zaczęła rosnąć
14'	65,7	temperatura cały czas rośnie, brak skraplania
20'	95,5	rozpoczęcie skraplania, ciecz wylewa się kropiąc ze stałą szybkością, odłączenie grzałki odpowiedzialnej za rozgrzewanie
30'	95,0	zostało odzyskane 0,5l cieczy
47'	94,6	Ciecz wylewa się ciągłym lecz małym strumieniem
57'	95,8	zostało odzyskane 1l cieczy

Tabela 3: Test odsalania wody ze sterowaniem grzałką

³³ Monika Zabłocka, *Zasolenie czyli ile łyżeczek soli jest w Bałtyku*, Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk,
<http://www.satbaltyk.pl/wp-content/uploads/2017/11/MZab%C5%82ocka-Zasolenie.pdf>

8 Podsumowanie

System do wytwarzania wody destylowanej w sposób zautomatyzowany to przydatne urządzenie, które pozwoli skrócić czas spędzany na procesie destylacji. Automatyzacja w obecnych czasach stanowi podstawę rozwoju cywilizacji. Stworzone urządzenie pozwoli wytworzyć wodę destylowaną bez znacznego udziału człowieka. Płytką oraz napisany do niej program stanowią rozwiązanie problemu związanego z kontrolą procesu destylacji oraz niezawodne urządzenie, które w praktyczny sposób będzie służyło przy pracy z destylatorem. Urządzenie stanowi bezpieczne rozwiązanie dla automatycznej destylacji. Użyty radiator oraz zawór ciśnieniowy pozwala bez obaw pozostawić pracujący destylator.

Urządzenie działa poprawnie, zostało przetestowane w procesie destylacji. Stworzony układ właściwie odczytuje temperaturę, na jej podstawie podejmuje decyzje związane z załączaniem grzałką. Enkoder oraz wyświetlacz umożliwiają sterowanie układem w sposób intuicyjny, zapewnia to wygodę pracy oraz jego funkcjonalność. Logika działania jest poprawna i zgodna z założonym celem. Urządzenie spełnia zadane wymagania, co przyczyni się do ułatwienia pracy z destylatorem. Sterowanie grzałką zapewnia automatyczność, która pozwala na wytworzenie jakościowego produktu przy mniejszym udziale człowieka.

Atutem urządzenia jest wielofunkcyjność, dzięki zastosowanym rozwiązaniom umożliwia ono nie tylko destylację wody lecz również destylację napojów sfermentowanych. Istnieje również możliwość montażu urządzenia w wędzarni elektrycznej, gdzie również na podstawie odczytanej temperatury sterownik mógłby podejmować decyzje o pracy urządzenia, co znacznie ułatwia pracę człowiekowi

W celu rozwoju urządzenia planowane jest przeprowadzenie dodatkowych testów w laboratoriach chemicznych AGH, gdy pozwoli na to sytuacja związana z COVID-19. Przebadana zostanie jakość destylowanej wody. Sprawdzone zostanie zawartość jonów ołowiu, kadmu i rtęci przed i po destylacji. Są to najbardziej szkodliwe dla człowieka kationy w wodzie wodociągowej. Dodatkowo zbadane zostaną aniony: chlorkowy Cl^- , siarczanowy (VI) SO_4^{2-} , wodorowęglanowy HCO_3^- , krzemianowy SiO_3^{2-} oraz kationy: sodu Na^+ , potasu K^+ , wapnia Ca^{2+} , magnezu Mg^{2+} , żelaza (II) Fe^{2+} , żelaza (III) Fe^{3+} , manganu (II) Mn^{2+} .³⁴

³⁴ Łubkowska Beata, *Rola wody w życiu człowieka*, Żywnienie a środowisko, pod red. M Podgórskiej, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Zarządzania, Gdańsk 2016 s30-31,
<https://depot.ceon.pl/bitstream/handle/123456789/14500/Rola%20wody%20w%20%20yciu%20cz%20owieka%20i%20%20rodowisku.pdf?sequence=1>

Planowane jest również przeprowadzenie dodatkowych testów rozdzielania mieszaniny woda – spirytus. Zbadana zostanie jakość cieczy, ilość odzyskanego alkoholu oraz czas potrzebny na kontrolę destylatora w celu osiągnięcia jak najlepszego rezultatu pod względem jakości rozdzielania spirytusu od wody.

W celu zwiększenia efektywności urządzenia planowany jest układ pozwalający na mierzenie temperatury wewnątrz kotła. Pozwoli to na dokładniejsze sprawdzanie oraz kontrolę pracy destylatora. Estetyczny wygląd urządzenia jest jednym z kolejnych celów planowanego rozwoju. Zostanie stworzona obudowa umożliwiająca pełną funkcjonalność oraz zapewniająca elegancki wygląd dzięki schowaniu elementów płytki do pudełka z otworami na enkoder oraz wyświetlacz.

9 Bibliografia

9.1 Książki

[1] Bandrowski Jan, Troniewski Leon, *Destylacja i rektyfikacja*, PWN, Warszawa 1980

[2] Horowitz Paul; Hill, Winfield, *Sztuka Elektroniki Wydanie drugie zmienione*, tłum. Kalinowska B.; Kalinowska G, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ, Warszawa

[3] Levey, Martin, *Chemistry and Chemical Technology in Ancient Mesopotamia*. Elsevier. 1959

[4] Rusek M.; Pasierbiński J.; *Elementy i układy elektroniczne w pytaniach i odpowiedziach*, Akademia Górniczo Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Kraków 2009

9.2 Artykuły na stronach WWW

[5] 527-45AB, Wakefield-vette
<https://www.tme.eu/Document/8a3e845ee0a490d87a3886675380a1c6/517527518528.pdf>

[6] Destylacja, umb.edu.pl
https://www.umb.edu.pl/photo/pliki/farm/chemia_org/kosm/k-skrypt-destylacja.pdf

[7] *Destylacja prosta - powtórka z chemii*, Powtórka z chemii,
<https://www.youtube.com/watch?v=eJdE6OzTbCI>

[8] DG308-2.54 *Product Specification*, Degson Electronics CO., LTD.
<https://www.tme.eu/Document/e399f683de63f8ff6d8fcb1baa663eaf/DG308-2.54.pdf>

[9] *DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer*, Maxim Integrated,

<https://www.tme.eu/Document/dd11228ca818d1ed1f3029ea47fef609/DS18B20+.pdf>

[10] *EC11*, Specifications,

<https://www.tme.eu/Document/947fff760d3e8051ff1d91b3169c392a/ALPS-EC11.pdf>

[11] *Enkoder – zasada działania, rodzaje, budowa*, Elementy Budowy Maszyn i Automatyki,

<https://www.ebmia.pl/wiedza/porady/automatyka-porady/enkoder/>

[12] Łubkowska Beata, *Rola wody w życiu człowieka*, Żywnienie a środowisko, pod red. M Podgórskiej, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Zarządzania, Gdańsk 2016,

<https://depot.ceon.pl/bitstream/handle/123456789/14500/Rola%20wody%20w%20%20yciu%20cz%20owieka%20i%20%20rodowisku.pdf?sequence=1>

[13] Monika Zabłocka, *Zasolenie czyli ile łyżeczek soli jest w Bałtyku*, Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk,

<http://www.satbałtyk.pl/wp-content/uploads/2017/11/MZab%C5%82ocka-Zasolenie.pdf>

[14] *Optically Coupled Bilateral Switch Light Activated Zero Voltage Crossing Triac*, ISOCOM COPONENTS ROHS,

<https://www.tme.eu/Document/3ecc6342913686c6824592e5ccb5ec82/MOC306x-SMD-I.pdf>

[15] *Płytki PCB – co to jest*, Printor Electronic Manufacturing,

<https://printor.pl/plytka-pcb-co-to-jest/>

[16] *Product Selection*, Guide WeEn Semiconductors

<https://www.tme.eu/Document/8a3e845ee0a490d87a3886675380a1c6/517527518528.pdf>

[17] *Specification LDD056BUE-101*, ROHS,
<https://www.tme.eu/Document/6627c9c368f1797fdc1b91bd2e4fd88a/LDD056BUE-101.pdf>

[18] *STM32G030x6/x8 Datasheet - production data*, STMicroelectronics,
<https://www.tme.eu/Document/2b266aab99d3bc1b99b972cf5ab5232a/STM32G030K6T6.pdf>

[19] *STM32 Nucleo-64 boards (MB1360) - User manual*, STMicroelectronics, s15
https://www.st.com/resource/en/user_manual/dm00452640-stm32-nucleo-64-boards-with-stm32g07xrb-mcus-stmicroelectronics.pdf

[20] *What is EAGLE*, Autodesk,
<https://www.autodesk.com/products/eagle/overview?plc=F360&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>

9.3 Strony internetowe

[16] Świdorski Filip, *Pliki źródłowe i nagłówkowe Sterownika Destylatorem*,
<https://github.com/Filipswiderski/SystemDoWytwarzaniaWodyDestylowanej>

[17] Dostęp pod linkiem:
<https://allegro.pl/kategoria/gorzelnictwo-destylacja-93841?string=REGULATOR%20MOCY%20Grza%C5%82ka%20Destylator&bmatch=nbndict201214-ctx-fd-col-1-4-1218>

[18] Dostęp pod linkiem:
https://jlcpcb.com/?gclid=Cj0KCQiA3NX_BRDQARIsALA3fIJdcsR8TPqgwF0l5z6HVv8tZM5iWs9vAD_3URo7G4gRvZUo8-uYY8aAgYHEALw_wcB

[19] Dostęp pod linkiem:
<https://www.tme.eu/pl/>