

**WYDZIAŁ
ELEKTROTECHNIKI
I INFORMATYKI
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ**

Wojciech Flis

Sterowany zdalnie wielokanałowy kontroler
urządzeń jednofazowych

Praca dyplomowa inżynierska

Opiekun pracy:
dr inż. Kazimierz Kuryło

Rzeszów, 2020

Spis treści

1. Wstęp	6
1.1. Cel pracy.....	7
1.2. Zakres pracy.....	8
2. Część teoretyczna.....	9
2.1. Inteligentny dom	9
2.2. Systemy inteligentnego budynku.....	11
2.3. Analiza podobnych urządzeń rynku komercyjnego.....	14
2.3.1. Funkcjonalność i technologie komercyjnych urządzeń inteligentnego domu	14
2.3.2. Urządzenia komercyjne zbliżone funkcjonalnie.....	15
2.4. Ocena urządzeń inteligentnego domu rynku komercyjnego.....	20
2.5. Propozycja urządzenia do kontroli odbiorników jednofazowych - założenia ...	21
3. Część projektowa	23
3.1. Konstrukcja systemu.....	23
3.2. Kontroler.....	25
3.2.1. Schemat elektryczny kontrolera	27
3.2.2. Schemat elektryczny testowego układu sterowniczego przekaźnika	28
3.2.3. Specyfikacja urządzenia	29
3.2.4. Biblioteki wykorzystane w programie	29
3.2.5. Program.....	30
3.2.6. Działanie programu	31
3.2.7. Funkcje programu	34
3.3. Sterownik	43
3.3.1. Schemat elektryczny sterownika.....	45
3.3.2. Specyfikacja urządzenia	46
3.3.3. Biblioteki wykorzystane w programie	46
3.3.4. Program.....	46
3.4. Wykorzystane moduły	47
3.4.1. Wykaz wykorzystanych modułów	47
3.4.2. Przygotowywanie modułu HC-05 ZS-040 do pracy	49
3.5. Przyrząd do pomiaru przepływu prądu czuwania odbiorników jednofazowych	51
3.5.1. Schemat elektryczny oraz projekt PCB przyrządu do pomiaru przepływu prądu czuwania.....	52

3.6. Problemy napotkane podczas tworzenia programu kontrolera	53
4. Część wykonawcza	56
4.1. Wykonanie kontrolera.....	56
4.2. Przetestowanie kontrolera oraz sterownika.....	65
4.3. Przyrząd do pomiaru zużycia prądu w trybie czuwania urządzeń jednofazowych	73
4.3.1. Wykonanie przyrządu	73
4.3.2. Przetestowanie przyrządu	74
5. Analiza zużycia energii i opracowanie wyników zastosowania kontrolera	75
5.1. Zestawienie kosztów pracy urządzeń w trybie czuwania oraz oszczędności wynikających z zastosowania kontrolera	75
5.2. Wnioski	78
6. Podsumowanie.....	79
Załączniki.....	81
BIBLIOGRAFIA.....	82

1. Wstęp

W dobie dzisiejszego rozwoju technologii urządzenia produkowane komercyjnie zaledwie kilka lat później potrafią być technologicznie przestarzałe, posiadać liczne wady takie jak zastosowanie oprogramowania które z czasem traci wsparcie lub jest wypierane przez nowsze rozwiązania, albo posiadają już ograniczoną funkcjonalność uniemożliwiającą korzystanie na poziomie porównywalnym do najnowszych rozwiązań.

Chcąc korzystać z najnowszych technologii często jesteśmy zmuszani do porzucenia sprawnego urządzenia.

Dużym problemem jest też zjawisko cyklu życia produktu skierowanego na zysk producenta, co w praktyce często oznacza to że współczesne urządzenia choć bardziej funkcjonalne posiadają dużo krótszą żywotność, jak i nie rzadko pomimo rozwoju technologicznego są droższe oferując podobne a nieraz nawet gorsze parametry kluczowych dla nich funkcji niż ich poprzednicy, ponieważ posiadają wiele nowych często zbędnych funkcji które większości użytkowników nie są potrzebne, jednakże ich implementacja zwiększa koszty procesu projektowego i produkcyjnego co przekłada się na ich wyższą końcową cenę.

Z tych powodów często korzystamy z urządzeń, które są przestarzałe, stworzone w klasach sprawnościowych odbiegających od dzisiejszych standardów, ponieważ realizują oczekiwane od nich zadania, są tańsze niż współczesne odpowiedniki i dalej sprawnie działają. Zarówno w starszych jak i obecnych rozwiązaniach produkowanych urządzeń powszechnie stosuje się funkcję pozwalającą na działanie urządzenia w trybie czuwania. Jest to wygodne ponieważ umożliwia zdalne sterowanie urządzeniem przy pomocy pilota czy z wykorzystaniem aplikacji internetowych.

Jedną z konsekwencji takiego działania jest zwiększone zużycie energii przez urządzenia w trybie czuwania, co w przypadku wielu urządzeń może prowadzić do znacznego zużycia energii elektrycznej. Cena energii elektrycznej stale rośnie, głównie przez wzrost opłat emisyjnych za korzystanie z paliw z których jest ona uzyskiwana. Coraz więcej osób zaczyna dostrzegać ten problem i zastanawia się nad oszczędnościami za opłaty za energię poprzez jej oszczędzanie i umiejętne wykorzystywanie.

Pożądana jest również funkcjonalność urządzeń zainstalowanych w domach, wiele najnowszych urządzeń tworzonych jest w koncepcji Internetu Rzeczy (ang. Internet of Things) – koncepcja urządzeń mogących udostępniać zbierane przez nie dane jak i wpływać na nie za pomocą sterownika np. systemu inteligentnego domu, przez co posiadają możliwość kontroli zdalnej przez użytkownika lub automatyki systemu.

Urządzenia zbudowane w koncepcji Internetu rzeczy mogą obejmować budynki mieszkalne, budynki przedsiębiorstw, budynki przemysłowe jak i całe miasta czy systemy energetyczne. Współcześnie budowane domy często wyposażane są w instalacje inteligentnego domu oparte o systemy inteligentnego sterowania oświetleniem, ogrzewaniem czy dostępem do drzwi i bramy, kontrolowane sterownikiem znajdującym się w domu lub np. poprzez aplikację na telefon komórkowy. Wadą takich systemów jest ich złożoność, cena, niekompatybilność pomiędzy nimi oraz często konieczność uwzględnienia instalacji na etapie projektowania instalacji domu i rozrowadzenia okablowania po całym budynku.

Jest to rozwiązanie które często jest porzucane przez potencjalnych użytkowników którzy nie uwzględnili wykorzystania takiej instalacji w przeszłości choćby ze względu na konieczność doprowadzenia okablowania systemu po całym budynku.

Nie oznacza to, że decyzja o wdrożeniu instalacji inteligentnego domu w wybudowanych już budynkach nie ma sensu, mało tego, szczególnie właśnie domy posiadające wiele urządzeń które są przestarzałe mogą najwięcej zyskać wdrażając taki system – poprzez poprawę oszczędności zużycia energii oraz możliwość rozszerzenia funkcjonalności leciwych już urządzeń często niemal do poziomu porównywalnego z urządzeniami współczesnymi czy nawet tymi, które zaprojektowano w konwencji Internetu Rzeczy.

1.1.Cel pracy

Celem niniejszej pracy dyplomowej jest zaprojektowanie, wykonanie, przetestowanie zdalnie sterowanego kontrolera pozwalającego włączać i wyłączać odbiorniki elektryczne będące w trybie czuwania celem zaoszczędzenia zużycia energii elektrycznej oraz prezentacja i omówienie funkcji kodu źródłowego urządzeń wchodzących w skład systemu, dokonanie przeglądu podobnych rozwiązań komercyjnych, analiza zużycia energii pobieranej przez odbiorniki gospodarstwa domowego będące w trybie czuwania oraz oszacowanie zmniejszenia zużycia energii elektrycznej i zysku ekonomicznego po zastosowaniu kontrolera.

1.2. Zakres pracy

Dokument podzielono na rozdziały opisujące kolejne etapy opracowywania zagadnienia pracy dyplomowej.

Rozdział 1 skupia się na wprowadzeniu czytelnika w kwestie dotyczące problematyki związanej z produkowanymi komercyjnie urządzeniami przeznaczonymi na rynek konsumencki oraz kwestii sprawności energetycznej takich urządzeń.

Rozdział 2 skupia się na przedstawieniu zagadnienia inteligentnego domu, przeglądu i analizy komercyjnych rozwiązań podobnych funkcjonalnie oraz analizy rynku urządzeń inteligentnego domu, stosowanych rozwiązań i technologii oraz ich cech i parametrów tych urządzeń. Ponadto zawiera założenia projektowe proponowanego systemu.

Rozdział 3 skupia się na aspekcie projektowym proponowanego systemu – jego cechy, idee działania, dane konstrukcyjne urządzeń w nim zawartych, opis zastosowanych w nich modułów wraz z opisem programu wykorzystywanego przez urządzenia uzupełnionym prezentacją i omówieniem wybranych funkcji w nim zastosowanych.

Rozdział 4 przedstawia realizację wykonania urządzeń wchodzących w skład systemu, ich działanie i funkcjonalność oraz prezentację wykonania przyrządu do pomiaru poboru energii elektrycznej urządzeń w trybie czuwania.

Rozdział 5 traktuje o analizie zużycia energii przez urządzenia w trybie czuwania, oszacowaniu oszczędności energii wynikającej z zastosowania systemu oraz oszczędności finansowej w skali czasu wynikającej z zastosowania kontrolera.

Rozdział 6 zawiera podsumowanie tematyki pracy dyplomowej składające się na ocenę dziedziny oszczędzania energii elektrycznej z wykorzystaniem proponowanego systemu ze wskazaniem na rozwiązania prowadzące do dalszego zoptymalizowania zużycia energii oraz podsumowaniu aspektów projektowych pracy dyplomowej.

Dodatkową treścią będącą uzupełnieniem niniejszej pracy dyplomowej są kody źródłowe urządzeń wchodzących w skład systemu, które zostały dołączone w formie elektronicznej jako załączniki wchodzące w skład niniejszej publikacji jako oddzielne pliki w formacie tekstowym, uzupełnione o komentarze objaśniające niektóre fragmenty programów oraz proponujące ewentualne kroki celem usprawnienia programu.

2. Część teoretyczna

2.1. Inteligentny dom

Inteligentny dom to określenie budynku korzystającego z urządzeń i systemów automatyki przeznaczonych głównie do budynków mieszkalnych mających na celu oszczędzanie energii, komunikację z pozostałymi urządzeniami i mieszkańcami oraz rozszerzenie ich funkcjonalności.

Koncepcja inteligentnego domu zakłada zastosowanie systemu automatycznego zarządzania domem który jest w stanie monitorować oraz kontrolować pozostałe urządzenia zainstalowane w domu takie jak różnego rodzaju odbiorniki począwszy od oświetlenia, poprzez rolety, wentylację, ogrzewanie, klimatyzację, kontrolę dostępu przez drzwi wejściowe i garażowe, odbiorniki takie jak lodówki, telewizory, sprzęt audio czy różnego rodzaju czujniki takie jak czujniki ruchu, temperatury, obecności gazów czy mierzące pobór energii.

Podstawą koncepcji inteligentnego domu są urządzenia oparte o koncepcję Internetu Rzeczy. Założeniem koncepcji urządzeń Internetu Rzeczy jest wprowadzenie możliwości komunikacji i kontroli wszelkich urządzeń znajdujących się w budynku, połączenie ich w sieć w której mogą się komunikować pomiędzy sobą i użytkownikiem za pomocą np. telefonu komórkowego lub sterownika systemu inteligentnego domu. Systemy takie umożliwiają kontrolę oświetlenia wprowadzając możliwości takie jak automatyczne zapalanie światła lub grupy punktów oświetleniowych w danym pomieszczeniu gdy ktoś się w nim znajdzie, czy też automatyczne gaszenie po opuszczeniu pomieszczenia, jak i zarówno uruchomienie oświetlenia o danej porze dnia według ustalonego przez użytkownika harmonogramu z uwzględnieniem możliwości przełączenia danej sekcji oświetlenia w tryb poranny lub wieczorny czy też zmianę mocy oświetlenia w dowolnej chwili za pomocą zdalnego sterowania na żądany przez użytkownika poziom.

Współcześnie systemy posiadają oprogramowanie, które potrafi samo oszacować potrzeby użytkowników domu i dostosowywać się do ich potrzeb, zapewniając możliwość pracy automatycznej jak i umożliwiając ręczną bezprzewodową kontrolę przez Internet czy podgląd parametrów poszczególnych elementów systemu. Dla przykładu będąc na dłuższym wyjeździe czy wakacjach nie musimy martwić się o pozostawione załączone urządzenia, oświetlenie czy niedomknięte rolety lub zbyt niską temperaturę w domu. Za pomocą systemów inteligentnego domu w takiej sytuacji możemy nie tylko sprawdzić jakie są parametry w danym pomieszczeniu czy urządzeń domowych i zdalnie zmienić

temperaturę gdy ta spadnie zbyt nisko, ale również często za pomocą transmitowanego obrazu obejrzeć stan podwórza, okolicy, jak i poszczególnych pomieszczeń domu. Jest to możliwe dzięki systemom inteligentnego domu, które są wyposażone w system wizyjny, zaś droższe systemy posiadają również zabezpieczenia antywłamaniowe takie jak programy sterujące pracą urządzeń będących na wyposażeniu domu podłączonych do systemu takich jak oświetlenie celem symulacji obecności lokatorów w domu, czy też w formie alarmu odstraszaającego osobę która pod naszą nieobecność znajdzie się w pobliżu domu. System inteligentnego domu reagując na takie zdarzenie automatycznie zasunie rolety oraz wyświetli nam alarm za pomocą aplikacji czy wiadomości SMS w telefonie komórkowym ukazując nam obraz na żywo i nagrywając zajście.

Systemy inteligentnego domu potrafią o wiele więcej, choćby mierzyć temperaturę w każdym pomieszczeniu i automatycznie kontrolować pracą pieca grzewczego i mocą poszczególnych wymienników ciepła przy użyciu inteligentnych termostatów umieszczonych w miejsce tradycyjnych, dających takie możliwości jak zdalna kontrola lub automatyczna praca przy użyciu algorytmów dostosowujących pracę wymiennika ciepła zależnie od naszych upodobań i warunków panujących w pomieszczeniu. Inteligentne domy zyskują jednak najbardziej gdy dom wyposażony jest w urządzenia wykonane w koncepcji Internetu Rzeczy, dzięki temu gdy wstaniemy rano światło w sypialni będzie się samo stopniowo rozjaśniać, ogrzewanie domu samo ustali odpowiednią temperaturę, gdy pójdziemy do kuchni nasza kawa będzie już gotowa ponieważ ekspres do kawy również wykonano w koncepcji Internetu Rzeczy, co pozwala na ustalenie parametrów przygotowywanej kawy jeszcze będąc w łóżku, zaś w tle będzie grała nasza ulubiona stacja radiowa, nim wrócimy do domu nasza lodówka również podpięta do systemu da nam znać iż należy ją dziś odmrozić, po czym dostaniemy informację, że o 11:20 kurier próbował się z nami widzieć. Po powrocie w domu przywita nas przyjemna atmosfera, ponieważ system uruchomił piec grzewczy widząc, że zbliżamy się w kierunku domu nawet gdy dziś wróciliśmy godzinę wcześniej. Możemy również nie mieć możliwości wdrożenia skompilowanego i drogiego systemu i zadowalać się niższymi rachunkami dzięki zastosowaniu mniej funkcjonalnego kontrolera, który sam wyłącza niepotrzebne nam w danym momencie urządzenia według ustalonego przez nas harmonogramu.

Tak wygląda koncepcja inteligentnego domu oraz Internetu Rzeczy, jednakże większość systemów z tej dziedziny wymaga wdrożenia drogich rozbudowanych wymagających obszernego okablowania sterowników, co jednak się zmienia. Systemy inteligentnego domu stają się coraz bardziej inteligentne, funkcjonalne oraz coraz częściej umożliwiają choć częściowe pozbycie się problemu okablowania stosując bezprzewodowe

moduły powiązane z systemem czy też bardziej dostępne dla typowego konsumenta mniej wyspecjalizowane systemy, których ceny są coraz atrakcyjniejsze, a ich producenci konkurują między sobą chcąc sprzedać nam swój produkt oferujący coraz to większe możliwości. Chcąc jednak korzystać z pełni funkcjonalności i najbardziej dopracowanych wygod oferowanych przez urządzenia koncepcji inteligentnego domu oraz Internetu Rzeczy musimy się przygotować na wybór jednego z zintegrowanych systemów zarządzania budynkiem po dokonaniu analizy rozwiązań dostępnych na rynku.

2.2. Systemy inteligentnego budynku

Chcąc zdecydować się na wdrożenie systemu inteligentnego budynku musimy zdecydować się jakiego typu będzie to system, jak bardzo może być on rozbudowany, jakie posiada funkcje, czy producent posiada w swojej ofercie urządzenia zintegrowane z tym systemem lub umożliwia jego współpracę z urządzeniami innych producentów, oraz kwestie ewentualnych wymogów systemu takich jak okablowanie czy też oferowanie bezprzewodowej kontroli urządzeń w systemie.

Jednym ze sposobów rozróżnienia rodzajów systemów inteligentnego budynku jest następujący podział:

a) System zarządzania budynkiem (ang. Building Management System) – scentralizowany system najczęściej zajmujący się kontrolą kilku aspektów związanych ze środowiskiem budynku takich jak oświetlenie, praca systemu grzewczego, pomiar zużycia energii elektrycznej w budynku czy załączanie zasilania podłączonych do nich odbiorników. Cechują się tym iż są najtańszą odmianą systemów inteligentnego budynku oferując ograniczony zakres funkcjonalności, umożliwiając kontrolę różnorodnych urządzeń przez co jedną ich charakterystycznych cech jest często spotykany nacisk na uniwersalność oraz przygotowanie do adaptacji jako element bardziej rozbudowanych systemów, jednak w wielu przypadkach funkcje kontroli urządzeń w systemie są ograniczone i sprowadzają się do kontroli załączenia zasilania danego urządzenia.

b) Zintegrowany system zarządzania budynkiem (ang. Integrated Building Management System) – są to systemy zarządzania budynkiem, które są bardziej rozbudowane, oferując znacznie więcej możliwości. Poza kontrolą stanu zasilania danego urządzenia potrafią się również z nim komunikować wywołując w nim różne funkcje, zmieniać ustawienia urządzeń zawartych w systemie i odczytywać parametry ich pracy. Nierzadko ograniczeniem jest to, że dane urządzenie musi być

przygotowane do pracy z danym systemem, co zazwyczaj oznacza konieczność dokupienia odpowiednich modułów i urządzeń producenta systemu.

c) Inteligentny zintegrowany system zarządzania budynkiem (ang. Intelligent Integrated Building Management System) – są to najbardziej rozbudowane systemy zarządzania budynkiem, ich producent posiada w ofercie urządzenia przygotowane do wdrożenia do systemu z najbardziej rozwiniętymi funkcjami umożliwiające odczytywanie stanu i różnych parametrów pracy danych urządzeń oraz możliwość wpływania na nie z użyciem systemu zarówno przez użytkownika jak i automatykę systemu.

Najistotniejszą różnicą jest to, że systemy te posiadają liczne różnego rodzaju czujniki, za pomocą zbierają dane następnie analizowane przez kontroler systemu których producenci zazwyczaj kładą nacisk na odpowiednie oprogramowanie implementujące najbardziej rozbudowane algorytmy przewidywania oraz optymalizacji, dzięki czemu mogą sterować domem automatycznie nie wymagając działań ze strony użytkownika.

Powyższy podział w dzisiejszych czasach jest jednak nieaktualny, zaś współczesne podejście producentów urządzeń inteligentnego domu polega na mieszanii się cech wymienionych jako charakterystyczne dla wyżej przedstawionego podziału przez co jest on odpowiedni głównie w odniesieniu do najdroższych systemów inteligentnego budynku oferowanych na rynku. Podziałem który bardziej odpowiada dzisiejszemu rynkowi urządzeń inteligentnego domu jest rozróżnienie ze względu na topologię pracy danych urządzeń, przy czym możemy rozróżnić przedstawiony poniżej podział

- a) Urządzenia przewidziane do pracy samodzielnej, oferujące ograniczony zakres funkcji, nie posiadające możliwości powiązania z innymi systemami przeznaczone do wykonywania jedynie poszczególnych zadań takie jak zdalnie sterowane zestawy gniazd zasilania wyposażone w pilot do obsługi stanu zasilania odbiorników czy różnorakie programatory czasowe umożliwiające pracę podłączonych do nich urządzeń według ustalonego harmonogramu. Jest to grupa najtańszych urządzeń, wystarczające potrzebom użytkownika szukającego prostego taniego rozwiązania do realizacji określonego celu.
- b) Urządzenia przeznaczone do pracy w formie zdecentralizowanego systemu, często wyposażone w szeroki zakres funkcji począwszy od pomiaru zużycia energii danego urządzenia lub budynku, poprzez moduły zautomatyzowanej kontroli oraz odczytu parametrów z pozostałych urządzeń inteligentnego domu stosowanych w danym budynku, inteligentne przełączniki z funkcją zdalnego sterowania, inteligentne termostaty, inteligentne gniazdzka umożliwiające ich współpracę z

innymi urządzeniami inteligentnego budynku czy też inteligentne sterowniki oświetlenia umożliwiające zdalną kontrolę stanu oświetlenia jak i również oferujące automatyczne funkcje takie jak praca według ustalonego harmonogramu, czy też reakcji na sygnały otrzymane od innych urządzeń takich jak czujniki ruchu. Cechą charakterystyczną tej grupy urządzeń są ich rozbudowane funkcje oprogramowania, możliwość pracy zarówno samodzielnej jak i możliwość współpracy z innymi urządzeniami inteligentnego domu, często oferując możliwość współpracy z systemami innych producentów urządzeń inteligentnego domu. Jest to obecnie najszybciej rozwijająca się odmiana urządzeń inteligentnego domu między innymi ze względu na możliwość stopniowego rozbudowywania systemu na co istotny wpływ ma nacisk ich producentów na uniwersalność oraz możliwość współpracy z urządzeniami innych producentów oraz stanowią średnią półkę cenową.

- c) Urządzenia przystosowane do pracy z innymi urządzeniami danego producenta to kolejna grupa urządzeń inteligentnego budynku. Ich charakterystycznymi cechami jest między innymi posiadanie przez nie najbardziej rozbudowanych algorytmów, możliwość kontroli specyficznych parametrów dla danego urządzenia jak np. automat do kawy oraz z reguły scentralizowana topologia. Są to również najdroższe z wymienionych rodzajów urządzeń.

Przy rozmiarach rynku współczesnych urządzeń inteligentnego domu stosowanie podziału w odniesieniu do poszczególnych urządzeń coraz bardziej traci sens. Producenci konkurują między sobą w ilości funkcji oferowanych przez ich produkty, większość producentów tego typu urządzeń skupia się na oferowaniu urządzeń należących głównie do jednego z prezentowanych wyżej podziałów, to jednak niektórzy z nich oferują urządzenia z każdego z prezentowanych wyżej podziałów. Te wszystkie cechy współczesnego rynku urządzeń inteligentnego domu powodują że najkorzystniejszym wyborem wydaje się zakup urządzeń umożliwiających uniwersalną współpracę z innymi urządzeniami oraz systemami oferując wysoką funkcjonalność, możliwość stopniowego rozbudowywania systemu zachowując przy tym niskie koszty jego wdrożenia, często jednak wiąże się to z koniecznością przystosowania tych urządzeń do współpracy ze sobą. Pomimo faktu występowania wielu bardzo podobnych lub niemal takich samych urządzeń w ofercie rynkowej ilość producentów urządzeń tworzonych w koncepcji inteligentnego domu stale rośnie.

2.3. Analiza podobnych urządzeń rynku komercyjnego

Współcześnie producenci urządzeń z dziedziny inteligentnego domu prześcigają się we wdrażaniu coraz to bardziej funkcjonalnych, inteligentnych, opartych o coraz lepsze rozwiązania technologii. W ofercie rynkowej znajdziemy całą gamę urządzeń z dziedziny inteligentnego domu, począwszy od najbardziej rozbudowanych systemów zarządzania budynkiem, poprzez mogące wchodzić w skład systemów zarządzania budynkiem monitory zużycia energii elektrycznej, bezprzewodowe listwy zasilające, inteligentne bezprzewodowe włączniki światła, systemy zdalnego sterowania, inteligentne gniazdka, układy czasowe, inteligentne gniazda oświetleniowe, kamery, systemy zabezpieczeń, na czujnikach kończąc.

2.3.1. Funkcjonalność i technologie komercyjnych urządzeń inteligentnego domu

Współcześnie oferowane urządzenia komercyjne inteligentnego domu dają użytkownikom takie możliwości jak zdalna kontrola danego urządzenia za pomocą pilota wykorzystującego do komunikacji podczerwień lub sygnał radiowy, zdalna kontrola za pomocą aplikacji na telefon komórkowy czy sterownik, często z zachowaniem możliwości ręcznej kontroli z poziomu kontrolera systemu inteligentnego domu lub poszczególnych jego elementów. W skład oferowanych możliwości kontroli wchodzi takie jak kontrola stanu zasilania urządzeń, odczytu i zmiany parametrów owych urządzeń oraz zmiany ustawień algorytmów automatycznej kontroli za pomocą np. programatora czasowego lub harmonogramu. Aktualnie intensywnie rozwijaną przez producentów urządzeń wchodzących w skład inteligentnych domów dziedziną funkcjonalności są działania wywoływane zdarzeniowo często określane jako tzw. sceny. Są to funkcje wywoływane przez system inteligentnego domu poprzez informacje uzyskane z urządzeń wchodzących w skład systemu takie jak czujniki ruchu lub uzyskane z aplikacji na telefon komórkowy informacje o lokalizacji zbliżającego się do budynku użytkownika systemu, powodujące wywołanie poszczególnych funkcji takich jak uruchomienie oświetlenia, ogrzewania czy klimatyzacji. Wielu producentów dąży do zwiększenia kompatybilności swoich urządzeń przeznaczonych na rynek inteligentnych domów celem umożliwienia ich współpracy z systemami innych producentów, w co wchodzi coraz częściej pożądana cecha możliwości dzielenia kontroli poszczególnych elementów systemu pomiędzy różne aplikacje i urządzenia wchodzące w jego skład.

Technologiami stosowanymi w systemach inteligentnego domu są między innymi technologie komunikacji bezprzewodowej takie jak komunikacja radiowa w pasmach

amatorskich 433 MHz oraz 868 MHz, pasmach 2.4 GHz z użyciem standardu Bluetooth lub WiFi oraz pasmach komunikacji komórkowej z użyciem standardów GSM i GPRS.

2.3.2. Urządzenia komercyjne zbliżone funkcjonalnie

Urządzeniami komercyjnymi posiadającymi funkcje zbliżone do opracowanego systemu są między innymi:

- Sterownik WiFi Eura tech El Home WS-45H1



Rysunek 2.1 Zdjęcie przedstawiające sterownik Eura tech El Home WS-45H1 [1]

Eura tech El Home WS-45H1 to uniwersalny 4 kanałowy przełącznik do kontroli urządzeń elektrycznych. Pozwala na manualne włączanie i wyłączanie urządzeń oraz tryb pracy automatycznej z użyciem programatora czasowego, ustawianie harmonogramów czasu pracy, ustawianie scen czyli reakcji na impuls z innego urządzenia połączonego w sieci WiFi oraz zarządzanie zakresem uprawnień kontroli przez poszczególnych użytkowników.

Tabela 2.1. Wybrane parametry sterownika WiFi Eura tech El Home WS-45H1 [2]

Ilość kanałów wyjściowych	4
Napięcie zasilania	230 V AC
Maksymalny prąd obciążenia	8 A na kanał 16 A dla wszystkich wyjść
Komunikacja	WiFi 2.4 GHz IEEE 802.11 b/g/n, 2G, 3G, 4G
Obsługiwane standardy szyfrowania WiFi	WEP, WPA-PSK, WPA2-PSK
Współpraca z systemami mobilnymi	Android, iOS
Obsługiwane protokoły	P2P, TCP, SMTP
Stopień ochrony	IP20
Moc nadajnika WiFi	2dBi

- Zestaw gniazd bezprzewodowych sterowanych pilotem 3+1 ORNO OR-GB-434



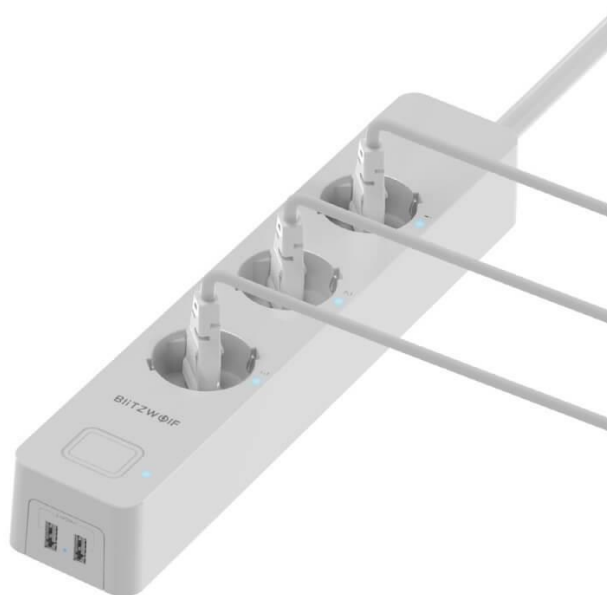
Rysunek 2.2 Zdjęcie przedstawiające zestaw ORNO OR-GB-434 [3]

Jest to zestaw składający się z trzech sterowanych zdalnie gniazd pozwalających na włączanie oraz wyłączanie urządzeń elektrycznych oraz pilota do ich obsługi. Umożliwia manualną kontrolę indywidualnie każdego z gniazd oraz posiada funkcje zegara i minutnika. Komunikacja pomiędzy gniazdami a pilotem realizowana jest za pomocą komunikacji radiowej. Zestaw charakteryzuje się niskim stopniem skomplikowania obsługi, wysokim poziomem dopuszczalnej obciążalności prądowej każdego z gniazd wyjściowych oraz łatwością wdrożenia zestawu do użycia. Wadą zestawu jest fakt iż gniazda można kontrolować wyłącznie za pomocą zawartego w zestawie pilota i nie posiada on możliwości integracji z żadnym systemem.

Tabela 2.2. Wybrane parametry zestawu gniazd bezprzewodowych sterowanych pilotem 3+1 ORNO OR-GB-434 [4]

Ilość kanałów wyjściowych	3
Napięcie zasilania	230 V AC
Zasięg w terenie otwartym	30m
Maksymalna moc obciążenia	3680 W na kanał
Typ gniazda	2P+Z
Standard gniazd	french (typ E)
Komunikacja	radiowa
Stopień ochrony	IP20
Zasilanie pilota	1 x CR2032

- Inteligentna listwa zasilająca Blitzwolf BW-SHP9 Smart Power Strip



Rysunek 2.3. Zdjęcie przedstawiające inteligentną listwę zasilającą Blitzwolf BW-SHP9 Smart Power Strip [5]

Blitzwolf BW-SHP9 Smart Power Strip to inteligentna listwa zasilająca sterowana za pomocą WiFi, wyposażona w 3 gniazda oraz 2 porty USB. Urządzenie to sterowane jest za pomocą aplikacji Tuya Smart Life, które umożliwia kontrolę każdego z gniazd oddzielnie na żądanie użytkownika oraz z użyciem funkcji czasowych. Sygnalizacja stanu każdego z wyjść za pomocą diody LED. Listwa wyposażona jest w przycisk pozwalający wyłączyć lub włączyć wszystkie gniazda ręcznie z poziomu listwy. Urządzenie wyposażone jest w zabezpieczenia przed przeciążeniem prądowym oraz zabezpieczenie przed zwarciami i przekroczeniem temperatury. Aplikacja do obsługi pozwala na kontrolę za pomocą głosu z użyciem Google Assistant oraz Amazon Alexa.

Tabela 2.3. Wybrane parametry inteligentnej listwy zasilającej Blitzwolf BW-SHP9 Smart Power Strip [6]

Ilość kanałów wyjściowych AC	3
Ilość kanałów USB	2
Napięcie zasilania	100-240 V AC
Częstotliwość napięcia zasilania	50/60 Hz
Maksymalny prąd obciążenia	15 A na kanał
Napięcie zasilania gniazd USB	5 V DC
Wydajność prądowa gniazd USB	2.4 A sumarycznie dla obu kanałów
Długość kabla zasilającego	140 cm
Komunikacja	WiFi 2.4 GHz
Typ gniazda	EU

- Zdalnie sterowany przełącznik Sonoff Basic R3



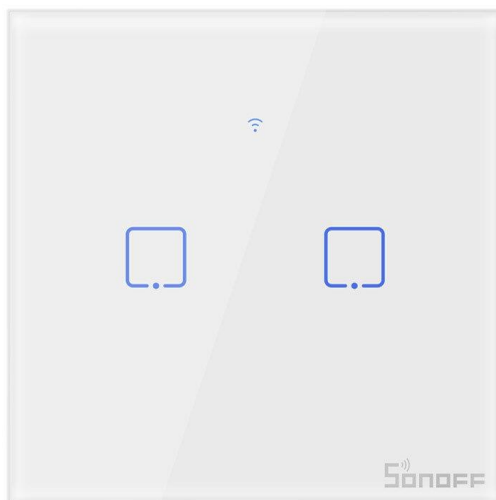
Rysunek 2.4. Zdjęcie przedstawiające zdalnie sterowany przełącznik Sonoff Basic R3 [7]

Sonoff Basic R3 to sterowany za pomocą WiFi przełącznik wyposażony w oprogramowanie umożliwiające ingerencję użytkownika określaną przez producenta jako tryb DIY. Daje to użytkownikowi szeroki zakres możliwości dostosowania przełącznika do potrzeb użytkownika takich jak praca z systemami zarządzania budynkiem innych producentów oraz umożliwia użytkownikowi stworzenie własnego systemu opartego o użycie przełącznika Sonoff Basic R3 oraz innych produktów tego producenta jak i wykorzystania urządzeń innych producentów we własnym systemie. Obsługiwany za pomocą aplikacji eWeLink dostępnej na urządzenia mobilne z systemami Android oraz iOS. Posiada wbudowane funkcje czasowe oraz harmonogram tygodniowy. W przypadku gdy sieć WiFi w której pracuje ów przełącznik posiada połączenie internetowe użytkownik ma możliwość kontroli przełącznika zdalnie przez Internet. Urządzenie wyposażone jest w przycisk na obudowie umożliwiający kontrolę wyjścia z poziomu urządzenia oraz diody LED informujące o stanie połączenia oraz stanie wyjścia. Aplikacja do obsługi pozwala na kontrolę za pomocą głosu z użyciem Google Assistant oraz Amazon Alexa.

Tabela 2.4. Wybrane parametry zdalnie sterowanego przełącznika Sonoff Basic R3 [8]

liczba kanałów wyjściowych	1
Napięcie zasilania	100-240 V AC
Częstotliwość napięcia zasilania	50/60 Hz
Maksymalny prąd obciążenia	10 A
Maksymalna moc obciążenia	2200 W
Komunikacja	WiFi 2.4 GHz

- Inteligentny włącznik światła Sonoff T1EU2C-TX WiFi Smart Wall Touch Switch



Rysunek 2.5. Zdjęcie przedstawiające inteligentny włącznik światła Sonoff T1EU2C-TX Wi-Fi Smart Wall Touch Switch [9]

Jest to dotykowy inteligentny włącznik światła. Pozwala na kontrolę za pomocą aplikacji eWeLink dostępnej na urządzenia mobilne z systemami Android oraz iOS oraz za pomocą dotyku. Powyższy model posiada dwa kanały, występuje również w wariantach jedno oraz trzy kanałowych. Posiada wbudowane funkcje czasowe, harmonogram tygodniowy oraz możliwość kontroli zdalnie przez Internet. Powyższy model umożliwia również obsługę za pomocą pilotów pracujących w paśmie radiowym 433 MHz. Aplikacja do obsługi pozwala na kontrolę za pomocą głosu z użyciem Google Assistant oraz Amazon Alexa. Urządzenie wyposażone jest w diody informujące o stanie połączenia oraz aktualnym stanie każdego kanału. Oprogramowanie zawiera również funkcję obsługi tzw. scen, przez co włączone w system zarządzania budynkiem potrafi reagować na impulsy z innych urządzeń takie jak wejście osoby do pomieszczenia. Ponadto umożliwia dzielenie kontroli nad swoją pracą innym urządzeniom zawartym w systemie.

Tabela 2.5. Wybrane parametry inteligentnego włącznika światła Sonoff T1EU2C-TX WiFi Smart Wall Touch Switch [10]

Ilość kanałów wyjściowych	2
Napięcie zasilania	100-240 V AC
Częstotliwość napięcia zasilania	50/60 Hz
Maksymalny prąd obciążenia	2 A na kanał
Komunikacja	WiFi 2.4 GHz 802.11 b/g/n oraz RF 433 MHz

- Gniazda elektryczne na pilota DPM DT22



Rysunek 2.6. Zdjęcie przedstawiające zestaw gniazd elektrycznych na pilota DPM DT22 [11]

Jest to zestaw gniazd elektrycznych z możliwością kontroli zdalnej za pomocą pilota korzystającego z komunikacji radiowej. Posiada funkcje włączania oraz wyłączania poszczególnych wyjść oraz diody LED wyświetlające stan każdego z nich. Kontrola gniazdami oparta jest wyłącznie na obsłudze przez użytkownika za pomocą pilota.

Tabela 2.6. Wybrane parametry zestawu gniazd elektrycznych na pilota DPM DT22 [12]

Ilość kanałów wyjściowych	3
Napięcie zasilania	230 V AC
Częstotliwość napięcia zasilania	50 Hz
Maksymalny prąd obciążenia	16 A na kanał
Komunikacja	radiowa w paśmie 433,92 MHz
Stopień ochrony	IP20

2.4. Ocena urządzeń inteligentnego domu rynku komercyjnego

Urządzenia rynku komercyjnego w koncepcji inteligentnego domu posiadają coraz to bardziej rozbudowaną funkcjonalność umożliwiając współpracę urządzeń z użytkownikiem i coraz częściej również między sobą. Częstym problemem dotyczącym większości występujących rozwiązań na rynku jest wymóg użycia urządzenia centralnego zarządzania systemem lub aplikacji na telefon komórkowy wyposażony w odpowiednie

oprogramowanie do obsługi, co w przypadku osób które nie są zaznajomione z podobnymi technologiami lub w danym zastosowaniu obsługa z poziomu sterownika jest wygodniejsza powoduje trudności w znalezieniu odpowiedniego rozwiązania. W przypadku urządzeń nie wymagających aplikacji na telefon komórkowy częstym problemem jest skomplikowana obsługa systemu, która może zniechęcać sporą grupę potencjalnych klientów, którzy wręcz byliby zainteresowani takim systemem, gdyby tylko był odpowiedni na ich potrzeby i był intuicyjny w obsłudze, nie zajmował dużo czasu na konfigurację, czy nie wymagał do obsługi korzystania z telefonu komórkowego. Kolejnym problemem jest fakt, iż wiele elementów budujących bardziej skomplikowane systemy jest zbędnie rozbudowanych, te mniej rozbudowane zaś nie posiadają podstawowych funkcji takich jak na przykład funkcji czasowych załączania danych urządzeń w systemie.

Rozbudowane oprogramowanie oraz bardziej skomplikowany proces badawczy konstrukcji takich urządzeń zwiększa ich koszt, jednakże przeciętny użytkownik i tak z większości z tych funkcji nie będzie mógł skorzystać.

Optymalną propozycją na taki stan rzeczy jest kompromis pomiędzy niedużym nieskomplikowanym w obsłudze systemem z brakiem funkcji innych niż włącz/wyłącz dane urządzenie z zachowaniem łatwości obsługi a rozbudowanymi systemami zbudowanymi z urządzeń stworzonych w koncepcji Internetu rzeczy i przygotowanymi do obsługi za pomocą systemu kontroli domem. Ponadto większość rozwiązań do działania wymaga sieci WiFi oraz routera jako urządzenia pośredniczącego w komunikacji, co w wielu przypadkach np. zastosowanie systemu w innym budynku niż budynek mieszkalny który nie posiada sieci opartej o bezprzewodowy router ma znaczenie i ogranicza ich zastosowanie. Zapotrzebowanie na możliwość kontroli urządzeń zainstalowanych w budynku czy też jego okolicy jak i urządzeń AGD na wyposażeniu budynku takich jak automat do kawy wykonany w koncepcji IoT czy inteligentna lodówka informująca, że nasze jedzenie wkrótce się przeterminuje na pierwszy rzut oka mogą być kuszące. Jednak kluczowym warunkiem, aby korzystać z takich funkcji, jest możliwość podłączenia danego urządzenia do systemu i jego kompatybilność, co często znacznie zawęża funkcjonalność takich systemów.

2.5. Propozycja urządzenia do kontroli odbiorników jednofazowych - założenia

Założenia proponowanego systemu są następujące:

- Zdalnie sterowany składający się z dwóch urządzeń system kontroli urządzeń jednofazowych do realizacji powierzonych zadań wymagający jedynie jednego urządzenia drugie zaś umożliwia zdalną obsługę
- Samodzielna nie wymagająca dodatkowych urządzeń takich jak telefon komórkowy konstrukcja – posiada własny sterownik kontroli zdalnej, nie wymaga również routera WiFi ani połączenia internetowego do funkcjonowania
- Minimalne zużycie energii elektrycznej przez oba urządzenia
- Wyposażony w wyświetlacz na obu urządzeniach do komunikacji z użytkownikiem
- Prosta intuicyjna obsługa podstawowych funkcji sterowania przez użytkownika wyjściami kontrolera dostępna zarówno z poziomu sterownika jak i samego kontrolera
- Automatyczny harmonogram załączania i wyłączania każdego z osobna lub wszystkich odbiorników oparty o podanie godziny załączenia i wyłączenia danego wyjścia
- Możliwość manualnej kontroli na żądanie użytkownika wszystkimi wyjściami jak i każdym wyjściem indywidualnie, trybem pracy każdego wyjścia oddzielnie
- Wyświetlanie stanu wyjść na obu urządzeniach
- Odporny na zakłócenia interfejs komunikacyjny
- Możliwość rozbudowy urządzenia o dodatkowe funkcje.
- Możliwość wprowadzenia obsługi przez telefon komórkowy z użyciem aplikacji bez zmian w sprzęcie urządzenia
- Stabilny zegar oparty o dokładny układ RTC bez konieczności synchronizacji z serwerem czasu
- Zabezpieczenie odbiorników przed przekroczeniem dopuszczalnego prądu obciążenia wyjścia oraz zwarcie
- Umożliwienie awaryjnego wyłączenia podłączonych odbiorników bez wykorzystania systemu ekranów menu możliwe do zrealizowania za pomocą zarówno kontrolera jak i sterownika
- Wprowadzenie funkcji minimalizacji zużycia energii poprzez możliwość wygaszania ekranu wyświetlacza po określonym czasie braku aktywności przy użyciu przycisków oraz wyłączenia diod stanów wyjść kontrolera.

3. Część projektowa

3.1. Konstrukcja systemu

Prezentowany system składa się z dwóch urządzeń czyli kontrolera oraz sterownika, które komunikują się ze sobą bezprzewodowo. Jest to system samodzielny, co oznacza, iż nie wymaga on do funkcjonowania urządzeń zewnętrznych takich jak router WiFi czy aplikacja na telefon komórkowy.

System umożliwia kontrolę stanu wyjść urządzeń odbiorczych udostępniając z poziomu obu urządzeń informację o stanie każdego z wyjść za pomocą anodowanych diod LED RGB co zwiększa ich widoczność. Oba urządzenia umożliwiają kontrolę stanu wyjść oraz trybu pracy danego wyjścia. Ponadto urządzenie wykonawcze jakim jest kontroler nie wymaga do pracy użycia urządzenia sterowniczego umożliwiającego bezprzewodową obsługę kontrolera, co pozwala na zastosowanie różnych konfiguracji użytkownika.

System umożliwia pracę każdego z wyjść w dwóch trybach:

- Tryb manualny umożliwiający użytkownikowi kontrolę każdego z wyjść oddzielnie poprzez jego włączenie lub wyłączenie. Załączenie tego trybu automatycznie wyłącza pracę trybu auto dla danego wyjścia.
- Tryb auto umożliwiający ustawienie harmonogramu dziennego włączającego i wyłączającego dane wyjście o określonej porze poprzez podanie godziny oraz minuty załączenia danego wyjścia oraz godzinę i minuty wyłączenia danego wyjścia. Dane wyjście pracując w trybie auto ignoruje ustawienia trybu manualnego danego wyjścia do momentu zmiany stanu danego wyjścia poprzez zmianę stanu w trybie manualnym lub do momentu zmiany stanu pracy danego wyjścia na tryb manualny.

Urządzenia zawarte w systemie wyposażone są w wyświetlacz LCD 16x2, zbudowany na bazie sterownika HD44780[13] wyposażony w układ PHILIPS 8574T[13], co umożliwia komunikację mikrokontrolera z wyświetlaczem za pomocą magistrali I2C[14]. Umożliwia on użytkownikowi wyświetlenie aktualnej daty, godziny, trybów pracy wyjść oraz ustawień trybów pracy i urządzenia. Do obsługi urządzeń zastosowano układ 4 przycisków oznaczonych kolejno OK, góra, dół oraz cofnij umożliwiających zmianę stanu poszczególnych wyjść, ustawień poszczególnych wyjść, ustawień urządzenia oraz poruszanie się po jego menu. Przyciski korzystają ze zintegrowanych we wnętrzu mikrokontrolera rezystorów podciągających celem ustalenia stanu wejścia, gdy przycisk nie jest wciśnięty. Powoduje to ustalenie wysokiego stanu na wejściach przycisków w

stanie otwartego przycisku oraz niskiego stanu wejścia w przypadku wciśnięcia przycisku. Pozwala to na rezygnację z umieszczenia rezystorów przy przyciskach.

Program wgrany do mikrokontrolera urządzeń zawartych w systemie dodatkowo pozwala na zmianę trybu pracy danego wyjścia bez konieczności zmiany ustawień trybu tego wyjścia[listing] wczytując poprzednio ustawiony stan w przypadku trybu manualnego lub sprawdzając warunki czasowe załączenia wyjścia dla trybu auto. Oba urządzenia posiadają funkcję wyłączenia diod LED sygnalizujących stan wyjść oraz zmiany pracy wyświetlacza ze stale pracującego na wygaszający się po minucie nieaktywności za pomocą interfejsu przycisków. Pozwala to na zminimalizowanie energii zużywanej przez urządzenia.

Komunikacja bezprzewodowa realizowana jest za pomocą modułów komunikacji bezprzewodowej HC-05 wersja ZS-040 pracujących z użyciem standardu Bluetooth 2.0 + EDR[15] zapewniającego sprawdzanie poprawności danych w przypadku wystąpienia zakłóceń i umożliwiającego komunikację z innymi urządzeniami oraz ewentualne wdrożenie obsługi za pomocą aplikacji na telefon komórkowy. Zastosowanie niniejszej wersji standardu Bluetooth zapewnia kompatybilność z poprzednimi wersjami standardu Bluetooth, co pozwala na komunikację z większą ilością urządzeń. W związku z faktem iż celem stworzenia systemu było ograniczenie zużycia energii przez urządzenia pracujące w trybie czuwania w trakcie projektowania obu urządzeń kładziono nacisk na minimalizację zużycia energii przez urządzenia wchodzące w skład systemu – co jest istotnym warunkiem aby zachować sens stosowania proponowanego rozwiązania.

Obsługa daty i czasu realizowana jest z użyciem modułu zegara czasu rzeczywistego opartego na układzie scalonym DS3231 producenta Maxim Integrated wyposażonym w zintegrowany kompensowany temperaturowo oscylator[16], co pozwala na minimalizację błędu czasu przedstawianego przez ów moduł, dzięki czemu system do zachowania poprawnego czasu nie wymaga synchronizacji z zewnętrznym źródłem czasu. Moduł zegara czasu rzeczywistego umieszczono w kontrolerze, sterownik zaś datę oraz godzinę pobiera z kontrolera za pomocą pakietu synchronizacji czasu. Dodatkowo moduł DS3231 posiada zasilanie bateryjne oparte na 1 baterii CR2032[16] dzięki czemu prawidłowo odmierza czas nawet w czasie zaniku napięcia zasilania sieciowego kontrolera.

Oba urządzenia zbudowano na bazie mikrokontrolera producenta Atmel model ATmega328P-PU zastosowanego w platformie Arduino Uno[17] z wgranym programem (tzw. bootloader) Arduino umożliwiającym programowanie mikrokontrolera z użyciem środowiska Arduino IDE. Mikrokontrolery te po zaprogramowaniu zostały przeniesione z

modułu ewaluacyjnego Arduino Uno do urządzeń wchodzących w skład systemu, co pozwala na rezygnację z umieszczenia modułów ewaluacyjnych Arduino Uno w urządzeniach, co z kolei przekłada się na możliwość zastosowania dla nich własnego zasilania oraz zmniejszenie gabarytów urządzeń. Zastosowane mikrokontrolery pracują z częstotliwością 16 MHz z użyciem oscylatora kwarcowego 16 MHz oraz dwóch kondensatorów ceramicznych o wartości 22pF dzięki czemu zachowują stabilne parametry częstotliwości pracy, co jest szczególnie istotne w przypadku komunikacji bezprzewodowej.

3.2. Kontroler

Podstawowym urządzeniem wchodzącym w skład systemu jest urządzenie wykonawcze jakim jest kontroler.

Kontroler jest urządzeniem zasilanym za pomocą napięcia sieciowego przy pomocy umieszczonego wewnątrz układu zasilania. Kontroler jest urządzeniem odpowiadającym za sterowanie wyjściami przekaźnikowymi, których zadaniem jest przekazanie napięcia sieciowego do urządzeń odbiorczych. Kontroler wyposażony jest w wyświetlacz, który przekazuje informacje do użytkownika, zastosowany wyświetlacz LCD pozwala wyświetlać 16 znaków w 2 liniach. Kontroler wyposażony jest w moduł zegara czasu rzeczywistego zbudowany na układzie DS3231.

Do komunikacji bezprzewodowej wykorzystuje moduł komunikacji bezprzewodowej HC-05 EGBT-045MS w wersji ZS-040 zasilany napięciem 5V, jednak napięcie wejść i wyjść sygnałów RX i TX pracuje na napięciu 3.3V co zmusza do zastosowania dzielnika napięcia na wejściu RX modułu zbudowanego z dwóch rezystorów o wartości 3,3k Ω oraz 2,2 k Ω . Napięcie stanu wysokiego pinu TX modułu wynosi 3,3V co wystarczy do zinterpretowania stanu przez mikrokontroler jako stan wysoki będąc wyższe niż 2,7 V[18].

Diody LED wykorzystane w urządzeniu są diodami LED RGB o wspólnej katodzie co ułatwia ich sterowanie. Diody zasilane i sterowane są przy użyciu dwóch układów PHILIPS PCF8574P sterowanego za pomocą magistrali I2C co pozwala na odciążenie prądowe mikrokontrolera oraz zaoszczędzenie jego wyjść.

Zasilanie 5V DC wykorzystywane przez wyświetlacz, moduł zegara czasu rzeczywistego, moduł komunikacji bezprzewodowej i mikrokontroler dostarczane jest za pomocą zawartego w kontrolerze układu zasilania składającego się z zasilanego napięciem sieciowym przetwornicy AC/DC producenta Vigortronix model VTX-214-003-106

cechującym się poborem energii w stanie spoczynkowym na poziomie $<0.15\text{W}$ [19] oraz sprawności powyżej 70% który posiada napięcie wyjściowe 6V DC.

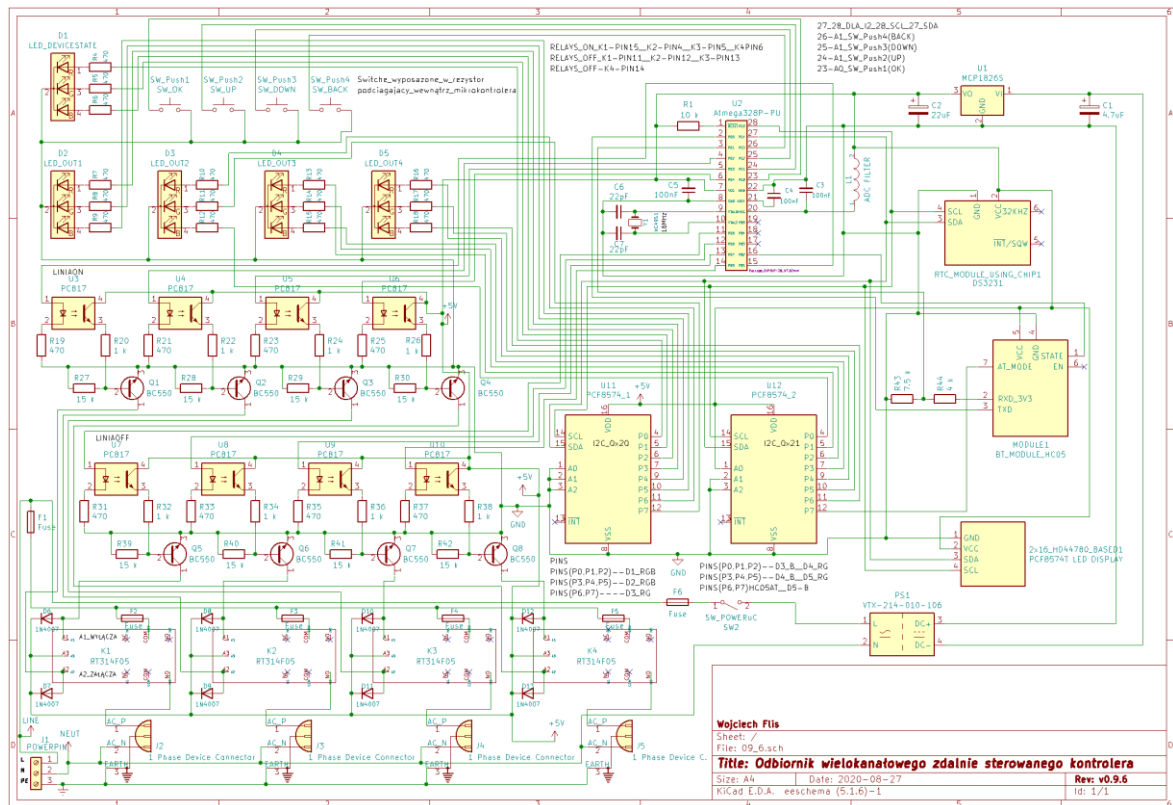
Następnie układ stabilizatora liniowego MCP1826S producenta Microchip, który obniża poziom napięcia zasilającego do poziomu +5V oraz stabilizuje je, co jest istotne dla zachowania stałych parametrów pracy mikrokontrolera ATmega328P-PU oraz modułu komunikacji bezprzewodowej HC-05 EGBT-045MS w wersji ZS-040. Przed stabilizatorem zgodnie z zaleceniami producenta[20] umieszczono kondensator elektrolityczny o pojemności $4,7\mu\text{F}$. Na wyjściu stabilizatora zgodnie z notą katalogową producenta[20] umieszczono kondensator elektrolityczny o pojemności $22\mu\text{F}$.

Piny zasilające układu ATmega328P-PU filtrowane są kondensatorami ceramicznymi o wartości 100nF , zaś zasilanie części analogowej mikrokontrolera wyposażone jest w dławik L1 o indukcyjności $10\mu\text{H}$. Pin reset mikrokontrolera połączono za pomocą rezystora $10\text{k}\Omega$ do zasilania 5V aby uniknąć przypadkowego resetowania się mikrokontrolera zgodnie z zaleceniami konstrukcyjnymi producenta[21].

Każde z wyjść odbiorników wyposażono w bezpieczniki instalacyjne o prądzie znamionowym 15A celem umożliwienia obciążenia jednego z wyjść w stopniu bliskim dopuszczalnego prądu obciążenia styków zastosowanych przekaźników, z zachowaniem niedużego zapasu, przez co celem zabezpieczenia przekaźnika zastosowane bezpieczniki są typu szybkozwłocznego ze względu na maksymalny dopuszczalny prąd obciążenia styków przekaźników przekaźników wynoszący 16A. Styki przekaźników w czasie do 4 sekund są w stanie wytrzymać przepływ prądu o wartości do 30A[22].

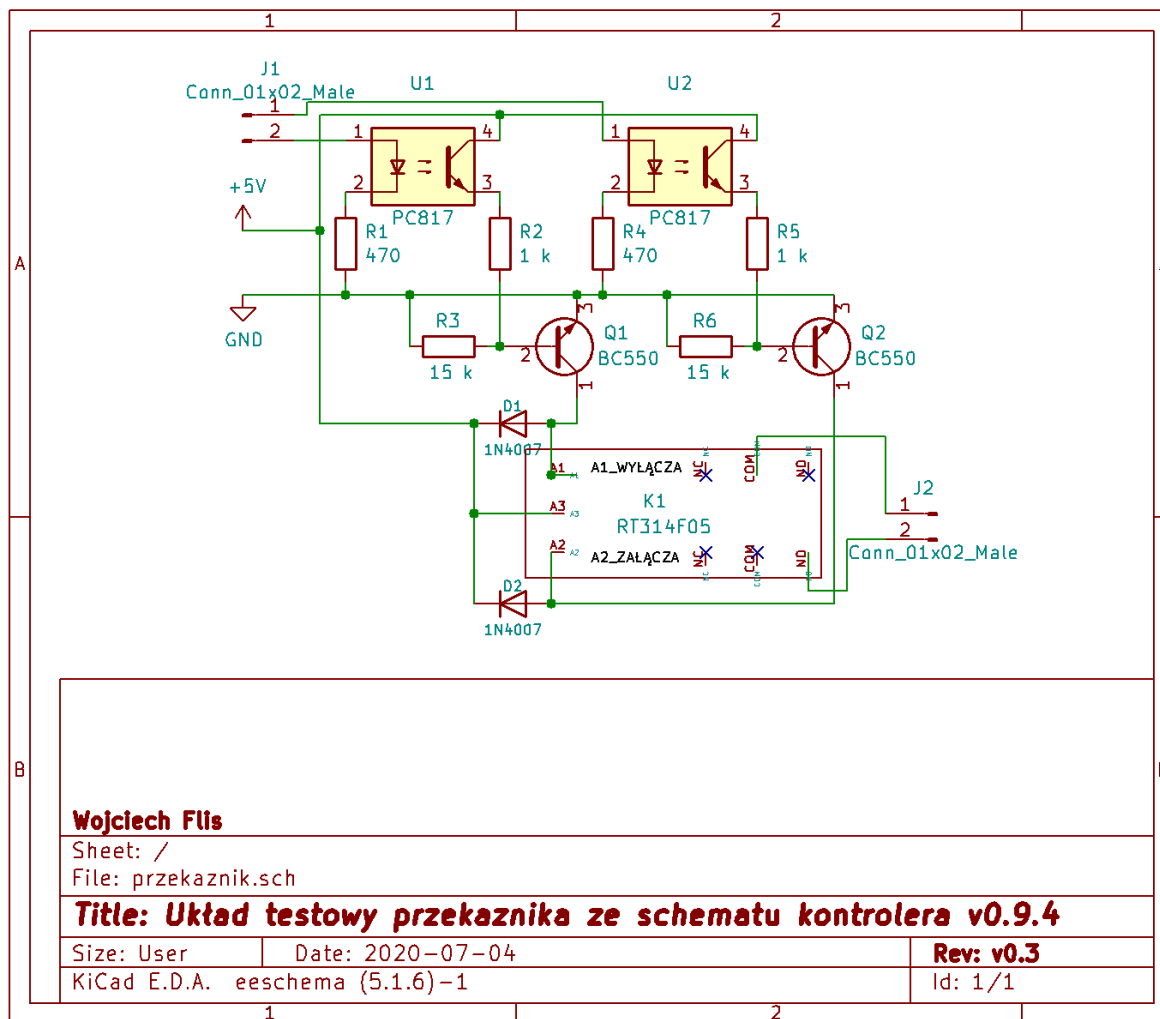
Dodatkowo zastosowano bezpiecznik główny 20A ograniczający całkowity przepływ prądu do wszystkich kanałów. Dodatkowo zasilanie mikrokontrolera posiada własny bezpiecznik umieszczony przed przetwornikiem AC/DC o wartości 1A. Zasilanie mikrokontrolera można wyłączyć za pomocą przełącznika SW_POWERuC aby umożliwić funkcjonowanie kontrolera bez użycia mikrokontrolera. W ten sposób można całkowicie wyeliminować pobieranie przez mikrokontroler energii.

3.2.1. Schemat elektryczny kontrolera



Rysunek 3.1. Ilustracja przedstawiająca schemat elektryczny kontrolera

3.2.2. Schemat elektryczny testowego układu sterowniczego przekaźnika



Rysunek 3.2. Ilustracja przedstawiająca schemat elektryczny testowego układu sterowniczego przekaźnika

Układ sterowniczy przekaźników dostarcza energię wykorzystywaną do zmiany stanu pracy przekaźników. Przełączniki zasilane za pomocą napięcia sieciowego zamykają lub otwierają obwód toru prądowego do zasilania odbiorników wyjściowych. W urządzeniu użyto przekaźników bistabilnych producenta TE Connectivity model SCHRACK RT314F05, co zapewnia niskie zużycie energii przez przekaźniki w związku z faktem, iż pobierają one energię wyłącznie podczas zmiany ich stanu.

Przełączniki sterowane są sygnałem przekazywanym z mikrokontrolera za pomocą układu sterowniczego, który składa się z transoptora producenta SHARP model PC817 izolującego wrażliwe wyjścia mikrokontrolera od układu sterowniczego, który następnie załącza tranzystor NPN BC 550C producenta ON Semiconductor będący elementem wzmacniającym sygnał prądowo tak, aby umożliwić zmianę stanu przekaźnika, co wymaga przepływu wyższego prądu niż wyjście mikrokontrolera jest w stanie dostarczyć.

Tranzystory wyposażone są w rezystory ściąające o wartości 15 k Ω celem pełnego domknięcia tranzystora po jego wyłączeniu. Dodatkowo tranzystory są zabezpieczone diodami 1N4007 umieszczonymi na wyjściach cewek przekaźników celem rozładowania przepięcia o ujemnej polaryzacji pochodzącego z przekaźnika po wyłączeniu jego cewki. Ze względu iż są to przekaźniki bistabilne każdy przekaźnik posiada dwa stopnie sterownicze służące do załączenia oraz wyłączenia przekaźnika.

3.2.3. Specyfikacja urządzenia

Kontroler cechuje się następującymi parametrami.

Tabela 3.1. Parametry kontrolera

Ilość kanałów wyjściowych	4
Napięcie zasilania	100-240 V AC
Częstotliwość napięcia zasilania	50/60 Hz
Maksymalny prąd obciążenia	15 A na kanał 20 A łącznie
Komunikacja	Bluetooth 2.0 + EDR

3.2.4. Biblioteki wykorzystane w programie

W programie kontrolera wykorzystano następujące biblioteki:

- stdlib.h - autor Marek Michalkiewicz (c) @ 2002 & Joerg Wunsch @ 2004, 2007; C Standard General Utilities Library
- Wire.h - autor Nicholas Zambetti (c) @ 2006 & edycja Todd Krein @ 2012 Licencja GNU LGPL - biblioteka zawarta standardowo w Arduino IDE (www.arduino.cc)
- EEPROM.h - autor David A. Mellis. (c) @ 2006 & nowa wersja Christopher Andrews @ 2015 Licencja GNU LGPL - biblioteka zawarta standardowo w Arduino IDE (www.arduino.cc) wersja 2.0.0
- TimeLib.h - autor Michael Margolis & edycja Paul Stoffregen (c) @ 2019 Licencja GNU LGPL - (<https://github.com/PaulStoffregen/Time>) - do obsługi czasu pobranego z RTC oraz funkcji opartych na czasie. wersja 1.6
- PCF8574.h - autor Rob Tillaart (c) @ 2013 Licencja MIT License - (<https://github.com/RobTillaart/PCF8574>) do obsługi LED z użyciem układu PCF8574P Philips. wersja 0.1.9
- LiquidCrystal_PCF8574.h - autor Matthias Hertel (c) @ 2019 Licencja BSD License - (https://github.com/mathertel/LiquidCrystal_PCF8574) wersja 1.2.0

- DS1307RTC.h - autor Michael Margolis (c) @ 2009 & edycja Paul Stoffregen (c) Licencja GNU LGPL (<https://github.com/PaulStoffregen/DS1307RTC>) do obsługi modułu RTC DS3231 - biblioteka zgodna z modułem DS3231 i współpracująca z bibliotekami Time i TimeAlarms. wersja 1.4.1

Powyższe biblioteki udostępnione są na licencjach pozwalających na ich użycie w celach naukowych z zachowaniem warunków takich jak przedstawienie autora oraz licencji na bazie których zostały udostępnione, z zachowaniem warunku nie dokonywania w nich zmian.

3.2.5. Program

Program kontrolera napisano przy użyciu środowiska Arduino IDE (www.arduino.cc) w wersji 1.8.12 za pomocą którego został on wgrany do pamięci układu mikrokontrolera Atmel ATmega328P-PU z wgranym bootloaderem Arduino będącego na wyposażeniu modułu ewaluacyjnego Arduino Uno.

Do zadań realizowanych przez program kontrolera należą m.in.:

- obsługa komunikacji w standardzie TWI (biblioteka Wire.h)
- obsługa układu PHILIPS PCF8574P (biblioteka PCF574.h) celem sterowania diodami informującymi o stanach wyjść i urządzenia
- obsługa zadań związanych z użyciem czasu (biblioteka Timelib.h)
- obsługa wyświetlacza opartego na sterowniku HD44780 z użyciem układu do komunikacji za pomocą magistrali TWI (biblioteka LiquidCrystal_PCF8574.h)
- obsługa czasu RTC z użyciem modułu DS3231 (biblioteka DS1307RTC.h)
- odbieranie danych przesyłanych za pomocą Bluetooth pomiędzy kontrolerem a sterownikiem
- obsługa danych przesyłanych pomiędzy urządzeniami m.in. do kontroli trybów pracy i manualnej kontroli wyjść z poziomu sterownika
- obsługa stanów wyjść kontrolera polegająca na umożliwieniu każdemu wyjściu indywidualnie pracy w trybie manualnym wyzwalanym i kontrolowanym przez użytkownika lub pracy w trybie automatycznym wyzwalanym zależnie od czasu
- odczytanie stanów przycisków z zastosowaniem czasu opóźnienia uznania wciśniętego przycisku jako aktywny
- wykonywanie działań wywołanych wciśnięciami przycisków

- przetwarzanie odbieranych danych typu string na dane typu unsigned long dla przesyłu czasu w formie Unix tj. liczba sekund od 1 stycznia 1970
- przetwarzanie odbieranych danych typu string na dane typu int celem ustawienia parametrów automatycznego trybu pracy wyjść
- wyświetlenie stanu połączenia urządzeń ze sobą za pomocą modułów HC-05 kontrolera oraz sterownika za pomocą diody D1
- przesyłanie aktualnego stanu wyjść kontrolera do sterownika

3.2.6. Działanie programu

Poniżej przedstawiono opis sposobu działania programu kontrolera.

Po dostarczeniu napięcia zasilającego mikrokontroler zawarty w kontrolerze poprzez załączenie przełącznika SW_POWERuC mikrokontroler wczytuje ustawienia stanów wyjść, trybów pracy oraz ustawienia urządzenia zapisane w pamięci EEPROM. Następnie wyświetlany jest ekran powitalny, po czym wyświetlany jest naprzemiennie co 5 sekund jeden z dwóch ekranów wstępnych, odświeżających się co sekundę zawierających aktualną datę oraz godzinę lub godzinę i tryby pracy poszczególnych wyjść. Przytrzymanie przycisku cofnij przez 4 sekundy powoduje wyłączenie wszystkich wyjść celem umożliwienia szybkiego wyłączenia wszystkich wyjść działającego z każdego poziomu menu, celem umożliwienia wyłączenia wyjść np. w sytuacji awarii jednego z odbiorników.

Wyświetlanie ekranów wstępnych jest zależne od ustawienia „Tryb wyświetlacz”, które umożliwia automatyczne wyłączenie ekranu po 30 sekundach bezczynności co definiowane jest poprzez nie korzystanie z przycisków kontrolera gdy wyświetlane są ekrany wstępne.

Ponadto pod wyświetlaczem usytuowane są diody LED sygnalizujące stan połączenia urządzenia oraz stany poszczególnych wyjść sterowane programem kontrolera. Zmiana ustawienia „Tryb pracy diod” umożliwia ich wyłączenie celem oszczędności zużycia energii.

Z tego punktu programu przyciśnięcie i przytrzymanie przez 750 milisekund przycisku OK powoduje przejście do menu wyboru ekranu. Poruszania się po menu urządzenia i wyboru opcji dokonuje się za pomocą dwóch środkowych przycisków góra dół, zatwierdzając z użyciem pierwszego od lewej przycisku OK oraz cofając z użyciem ostatniego przycisku cofnij.

Ekranami do wyboru najwyższego poziomu są „Menu główne” oraz „Ustawienia” pomiędzy którymi wyboru dokonuje się analogicznie jak w innych pozycjach menu przy

użyciu przycisków góra oraz dół. W tym miejscu należy dokonać wyboru i zatwierdzić go przyciskiem OK. Użycie przycisku cofnij spowoduje powrót do wyświetlania ekranów wstępnych. Ekran menu główne zawiera następujące pozycje:

- Wl/wyl wszystkie – ekran umożliwiający manualną kontrolę wszystkich wyjść jednocześnie. Po wybraniu wyświetla opcje „Włącz wszystkie” lub „Wylacz wszystkie” które są wykonywane po zatwierdzeniu.
- A/M wszystkie – ekran umożliwiający zmianę trybu pracy wszystkich wyjść jednocześnie. Po wybraniu wyświetla opcje „Auto wszystkie” lub „Manual wszystkie” które są wykonywane po zatwierdzeniu.
- Wl/wyl indywidual – ekran umożliwiający manualną kontrolę każdego z wyjść osobno. Po wybraniu wyświetla wybór numeru wyjścia w formie napisu „Wyjscie 1 OK < >” dla wyjścia pierwszego umożliwiając zmianę numeru wyjścia przyciskami góra/dół. Po zatwierdzeniu wyświetla opcje „Włącz wyjscie 1” lub „Wylacz wyjscie 1” oraz analogicznie dla innych wyjść, po zatwierdzeniu realizując funkcję.
- A/M indywidual – ekran umożliwiający zmianę trybu pracy każdego z wyjść osobno. Po wybraniu wyświetla wybór numeru wyjścia w formie napisu „Wyjscie 1 OK < >” dla wyjścia pierwszego oraz analogicznie dla pozostałych wyjść umożliwiając zmianę numeru wyjścia przyciskami góra/dół. Po zatwierdzeniu wyświetla opcje „Auto wyjscie 1” lub „Manual wyjscie 1” oraz analogicznie dla innych wyjść, po zatwierdzeniu realizując funkcję.
- Ustaw. tryb Auto – ekran umożliwiający ustawienie godziny włączenia i włączenia każdego z wyjść osobno dla trybu auto. wyświetla wybór numeru wyjścia w formie napisu „Wyjscie 1 OK < >” dla wyjścia pierwszego oraz analogicznie dla pozostałych wyjść umożliwiając zmianę numeru wyjścia przyciskami góra/dół. Po wybraniu wyświetlana jest aktualna godzina włączenia oraz wyłączenia danego wyjścia w trybie auto oraz kursor na kolejnych cyfrach których zmiany wartości dokonuje się przyciskami góra/dół zatwierdzając kolejne cyfry przyciskiem OK. Po zatwierdzeniu ostatniej cyfry ustawienia danego wyjścia są zmieniane. Wciśnięcie przycisku cofnij w trakcie ustawiania anuluje wprowadzone ustawienia i cofa do ekranu wyższego poziomu.

- Odczyt ust. Auto – ekran umożliwiający wybór numeru wyjścia, po zatwierdzeniu wyświetlający aktualne ustawienia trybu auto danego wyjścia.

Po przejściu do niższego poziomu menu w górnym rzędzie wyświetlacza wyświetlana jest nazwa ekranu wyższego poziomu do którego należy dany ekran, zaś w dolnym rzędzie opcje lub nazwa funkcji.

Po zatwierdzeniu funkcji ekran cofa się do poprzedniego poziomu menu zaś kontroler realizuje daną funkcję.

Ekran najwyższego poziomu „Ustawienia” po zatwierdzeniu wyświetla następujące opcje:

- „Tryb wyświetlacz” – ekran umożliwiający zmianę trybu pracy wyświetlacza podczas wyświetlania ekranów wstępnych. Opcje zawarte w tym ustawieniu to „Włączony” co powoduje stałe działanie wyświetlacza i wyświetlanie ekranów wstępnych oraz „Wygazanie 1min” której wybranie powoduje wyłączenie wyświetlacza znajdującego się na poziomie wyświetlania ekranów wstępnych po minucie bezczynności ze strony użytkownika czyli braku użycia przycisków.
- „Tryb pracy diod” – ekran umożliwiający zmianę trybu pracy diod sygnalizujących stan wyjść. Opcje zawarte w tym ustawieniu to „Włączony” co powoduje stałe działanie diod LED i wyświetlanie stanów wyjść oraz „Wylaczony” której wybranie powoduje wyłączenie diod LED sygnalizujących stany wyjść celem oszczędzania zużycia energii przez kontroler.
- „Ustaw zegar RTC” – ekran umożliwiający zmianę daty i godziny zegara czasu rzeczywistego po zatwierdzeniu przyciskiem OK po czym wyświetlana jest aktualna data. Zmiany daty dokonuje się z użyciem przycisków góra/dół zatwierdzając kolejne pozycje przyciskiem OK. Po ustawieniu daty wyświetlany jest ekran ustawiania godziny, w którym za pomocą klawiszy góra/dół zmienia się wartość kolejnych cyfr zatwierdzając ustawienie danej cyfry przyciskiem OK. Zatwierdzając ostatnią cyfrę godziny (sekundy) ustawienie jest przekazywane do układu zegara czasu rzeczywistego.
- „Połączenie BT=” – ekran bez zatwierdzania wyświetlający stan połączenia modułu komunikacji bezprzewodowej HC-05 poprzez

wypisanie cyfry 1 – połączono lub 0 – brak połączenia. Stan połączenia odczytywany jest poprzez sprawdzenie poziomu logicznego wyjścia STATE modułu HC-05 przez mikrokontroler.

- „Wczytaj/zapisz” – ekran umożliwiający zapisanie oraz wczytanie aktualnych ustawień trybów pracy oraz ustawień urządzenia takich jak tryb pracy wyświetlacza i diod.

3.2.7. Funkcje programu

Program urządzenia kontrolera zawiera funkcje obsługi przekaźników do kontroli stanów wyjść. Celem uzyskania pełnej kontroli nad procesem obsługi przekaźników i ułatwieniu wpływania na niego pozostałym funkcjom w programie zrezygnowano z zastosowania alarmów wbudowanych w moduł RTC DS3231 umożliwiających ustawienie jedynie dwóch zdarzeń realizowanych zależnie od czasu oraz wyspecjalizowanych bibliotek oraz utworzono funkcje realizujące obsługę stanów wyjść.

Program zmienia również stan diody D1 zależnie od nawiązania lub braku połączenia modułu komunikacji bezprzewodowej z innym urządzeniem.

Poniżej ukazano kody źródłowe wybranych funkcji programu w tym funkcje dotyczące obsługi trybów pracy kontrolera lub funkcje dotyczące obsługi stanów wyjścia pierwszego. Funkcje obsługi pozostałych wyjść są analogiczne z uwzględnieniem zmiany indeksu numeru wyjścia w wykorzystywanych przez nie zmiennych.

Poniżej funkcja realizująca załączenie przekaźnika w przypadku zmiany stanu wyjścia pierwszego.

Listing 1.0 Kod źródłowy funkcji *sterujrelay1*

```
void sterujrelay1() {
    if ((manualrelay1on == 1 && trybmanualrelay1 == 1 && zmianastanurel1 == 1 &&
laststaterel1 == 0) || (autorelay1on == 1 && trybautorelay1 == 1 && zmianastanurel1
== 1 && laststaterel1 == 0)) {
        digitalWrite(relay1onpin, HIGH);
        delay(100);
        digitalWrite(relay1onpin, LOW);
        zmianastanurel1on = 0;
        laststaterel1 = 1;
        diodyrel1zmiana = 1;
        zmianastanurel1 = 0;
        wyslij_stany_wyjsc();
    }
    if ((manualrelay1on == 0 && trybmanualrelay1 == 1 && zmianastanurel1 == 1 &&
laststaterel1 == 1 || autorelay1on == 0 && trybautorelay1 == 1 && zmianastanurel1 ==
1 && laststaterel1 == 1)) {
        digitalWrite(relay1offpin, HIGH);
        delay(100);
        digitalWrite(relay1offpin, LOW);
        zmianastanurel1off = 0;
        laststaterel1 = 0;
    }
}
```

Listning 1.0. c.d.

```
        diodyrelizmiana = 1;
        zmianastanurel1 = 0;
        wyslij_stany_wyjsc();
    }
}
```

Jest to kluczowa funkcja w obsłudze stanów wyjść kontrolera cyklicznie wywoływana w pętli głównej programu kontrolera. Odpowiada ona za podanie sygnału do układu sterowania przekaźnikiem wyjścia pierwszego. Dokonuje zmiany stanu wywołanej zarówno przez tryb pracy automatycznej jak i manualnej, dzięki czemu kod obsługi układu sterowniczego danego przekaźnika występuje w programie tylko raz, ponadto takie rozwiązanie ułatwia również utrzymanie stanu przekaźnika jeżeli pomimo zmiany trybu pracy danego wyjścia jego stan ma być wciąż taki sam.

Wykonywana jest jednokrotnie dla zmiany stanu każdego z wyjść, aktualizuje diody stanu wyjść kontrolera oraz wysyła aktualny stan wyjść do sterownika. Wywoływana jest innymi funkcjami wyższego poziomu inicjalizującymi kolejne etapy obsługi danego trybu pracy tak, aby uniemożliwić niepożądane zmiany stanów spowodowane pozostałymi funkcjami obsługi trybów pracy wyjść kontrolera takimi jak zmienne pozostawione w poprzednim trybie pracy danego wyjścia.

Poniżej przedstawiona została funkcja realizująca obsługę trybu manualnego wyjścia pierwszego.

Listning 1.1. Kod źródłowy funkcji *manual_relay1*

```
void manual_relay1() {
    if (zalaczmanualrelay1 == 1 && trybmanualrelay1 == 1 && zmianastanurel1on == 1) {
        zmianastanurel1 = 1;
        manualrelay1on = 1;
    }
    else if (zalaczmanualrelay1 == 0 && trybmanualrelay1 == 1 && zmianastanurel1off == 1) {
        zmianastanurel1 = 1;
        manualrelay1on = 0;
    }
}
```

Funkcja *manual_relay1* odpowiada za realizację zmiany stanu wyjścia pierwszego w trybie pracy manualnej realizowanej następnie przy użyciu funkcji *sterujrelay1*. Jest ona wykonywana jednokrotnie dzięki warunkowi *zmiastanurel1on* który po pomyślnym wykonaniu funkcji jest zerowany wewnątrz funkcji *sterujrelay1*. Funkcja ta realizowana jest jedynie podczas manualnego trybu pracy danego wyjścia.

Funkcja zmiany stanu pierwszego wyjścia indywidualnie w trybie pracy manualnej na załączony to *ustaw_relay_manual1on*. Funkcja ta wykonywana jest jednokrotnie każdorazowo przy jej wywołaniu przez inne funkcje takie jak wciśnięcie przycisku OK w

menu LCD odpowiadającym za załączanie danego wyjścia w trybie manualnym lub w wyniku przetworzenia odebranego za pomocą komunikacji bezprzewodowej polecenia.

Listing 1.2. Kod źródłowy funkcji *ustaw_manualrelay1on*

```
void ustaw_relay1_manualon() {
    trybmanualrelay1 = 1;
    zalaczmanualrelay1 = 1;
    trybautorelay1 = 0;
    zmianastanurel1 = 1;
    zmianastanurel1on = 1;
}
```

Wykonywana jednokrotnie ustawia zmienne obsługiwane następnie przez funkcję *manual_relay1* oraz dokonuje zmiany trybu pracy danego wyjścia na tryb manualny.

Analogiczna funkcja zmiany stanu wyjścia pierwszego indywidualnie w trybie pracy manualnej na wyłączony to *ustaw_relay_manual1off*.

Listing 1.3. Kod źródłowy funkcji *ustaw_manualrelay1off*

```
void ustaw_relay1_manualoff() {
    trybmanualrelay1 = 1;
    zalaczmanualrelay1 = 0;
    trybautorelay1 = 0;
    zmianastanurel1 = 1;
    zmianastanurel1off = 1;
}
```

Poniżej przedstawiona została funkcja sprawdzająca warunki obsługi wyjścia pierwszego w trybie automatycznym poprzez porównanie aktualnego czasu z wartościami zmiennych określających czasy załączenia oraz wyłączenia dla trybu automatycznego danego wyjścia.

Listing 1.4. Kod źródłowy funkcji *sprawdzCzasyrelay1*

```
void sprawdzCzasyrelay1() {
    if (hour() >= relay1onhour && minute() >= relay1onmins && trybautorelay1 == 1 &&
    sprawdzajrel1on == 1 && (relay1onhour != 0 && relay1onmins != 0)) {
        sprawdzajrel1on = 0;
        sprawdzajrel1off = 1;
        zmianastanurel1aon = 1;
    }
    if (hour() >= relay1offhour && minute() >= relay1offmins && trybautorelay1 == 1 &&
    sprawdzajrel1off == 1 && (relay1offhour != 0 && relay1offmins != 0)) {
        sprawdzajrel1off = 0;
        sprawdzajrel1on = 1;
        zmianastanurel1aoff = 1;
    }
}
```

Jest to funkcja wywoływana cyklicznie w pętli głównej programu oraz wykonywana podczas automatycznego trybu pracy celem bieżącego sprawdzania jej warunków. Zmienne *sprawdzajrel1on* oraz *sprawdzajrel1off* są naprzemiennie przełączane aby zapewnić jej wykonanie jedynie gdy aktualny stan wyjścia jest przeciwny.

Po wykonaniu funkcji *sprawdzCzasyrelay1* przy spełnieniu zawartych w niej warunków obsługa automatycznego trybu pracy danego wyjścia jest następnie realizowana przy użyciu funkcji *auto_ster_relay1*.

Listing 1.5. Kod źródłowy funkcji *auto_ster_relay1*

```
void auto_ster_relay1() {
    if (zmianastanurell1aon == 1 && trybautorelay1 == 1) {
        zmianastanurell1 = 1;
        autorelay1on = 1;
        zmianastanurell1aon = 0;
    }
    if (zmianastanurell1aoff == 1 && trybautorelay1 == 1) {
        zmianastanurell1 = 1;
        autorelay1on = 0;
        zmianastanurell1aoff = 0;
    }
}
```

Funkcja stworzona została aby być wykonywana jednokrotnie w odróżnieniu od cyklicznie wykonywanej funkcji *sprawdzCzasyrelay1* przez którą zostaje wywołana, ponownie sprawdzając warunki trybu pracy celem uniknięcia niepożądanych zmian stanu wyjścia. Dalsza obsługa automatycznego trybu pracy wyjścia pierwszego realizowana jest z użyciem funkcji kontrolującej układ sterowniczy przekaźnika danego wyjścia *sterujrelay1*.

Zmiana trybu pracy danego wyjścia na tryb manualny realizowana jest przy użyciu funkcji *tryb_relay1m* polegającej na prostym przełączeniu stanu zmiennych trybów pracy.

Listing 1.6. Kod źródłowy funkcji *tryb_relay1m*

```
void tryb_relay1m() {
    trybmanualrelay1 = 1;
    trybautorelay1 = 0;
}
```

Jej odpowiednik do zmiany trybu pracy danego wyjścia na automatyczny poza zmianą trybu pracy ustawia stany wysokie warunków wykorzystywanych w cyklicznie wykonywanej funkcji dla danego wyjścia trybu automatycznego *sprawdzCzasyrelay1* aby umożliwić sprawdzenie warunków dla obu stanów wyjścia.

Listing 1.7. Kod źródłowy funkcji *tryb_relay1a*

```
void tryb_relay1a() {
    trybmanualrelay1 = 0;
    trybautorelay1 = 1;
    sprawdzajrel1on = 1;
    sprawdzajrel1off = 1;
}
```

Kolejną funkcją związaną z obsługą trybów pracy kontrolera jest funkcja *ustaw_relay1*.

Listing 1.8. Kod źródłowy funkcji *ustaw_relay1*

```
void ustaw_relay1() {
    relay1onhour = pobranyint1;
    relay1onmins = pobranyint2;
    relay1offhour = pobranyint3;
    relay1offmins = pobranyint4;
    nowedane = false;
}
```

W sytuacji gdy funkcja wywołana z poziomu menu LCD lub odebranych za pomocą połączenia bezprzewodowego poleceń dokonuje zmiany trybu pracy lub stanu dla wszystkich wyjść jednocześnie wywoływane są funkcje ustawienia danego trybu pracy lub odpowiednio zmiany stanu dla każdego z wyjść po kolei, przy użyciu funkcji zmieniających ich tryb pracy lub stan indywidualnie celem uniknięcia dublowania kodu.

Przykładem takich funkcji wywoływanych za pomocą odebranego polecenia przy użyciu połączenia bezprzewodowego są niektóre funkcje realizowane warunkowo umieszczone wewnątrz funkcji zajmującej się obsługą odebranych danych za pomocą połączenia bezprzewodowego nazwanej *obsługa_danych_serial*.

Aby jednak odebrane dane mogły być przekazane do funkcji *obsługa_danych_serial* muszą być one pierw odebrane z bufora magistrali komunikacji szeregowej UART przy użyciu której realizowana jest komunikacja kontrolera z modułem komunikacji bezprzewodowej, co jest realizowane przy użyciu przedstawionej poniżej funkcji *serial_odbierzdane*. W związku z faktem iż z bufora danych interfejsu UART można pobrać jedynie pojedyncze bajty celem otrzymania wiadomości w formie ciągu niezbędne jest dokonywanie kolejnych iteracji odczytu kolejnych bajtów w nim zawartych oraz ich zapisanie do oddzielnej zmiennej. Ponadto w przypadku interfejsu UART w formie będącego na wyposażeniu mikrokontrolera ATmega328P-PU wykorzystanego do budowy kontrolera częstym zjawiskiem jest ucinanie fragmentów transmisji oraz szczególnie nieporządane przesyłanie danych zawartych w buforze które nie zostały uprzednio odczytane, co może powodować niepoprawną interpretację odebranych poleceń i ich realizację niezgodnie z ich przewidzianym przeznaczeniem. Zabiegiem umożliwiającym rozwiązanie tego problemu jest wykorzystanie znaków początku oraz końca porcji danych, co znacznie usprawnia odbieranie danych przy użyciu interfejsu UART. Kolejnym poważnym utrudnieniem przy korzystaniu z owego interfejsu jest blokowanie pętli głównej programu. Spowodowane jest to z faktem, że w przy odbiorze danych program nie wie kiedy zakończyć odbiór danych, przez co zatrzymuje się w oczekiwaniu na przesyłane dane. Rozwiązaniem tego dość dużego problemu jest zastosowanie znaków początku oraz końca porcji danych z wykorzystaniem zmiennej będącej warunkiem którego stan zmieniany jest po zakończeniu odbioru porcji danych w

połączeniu z warunkiem wykonania funkcji jedynie gdy zawartość bufora danych UART jest większa od zera, po czym jest natychmiastowo opróżniana poprzez jej odczytanie i przypisanie jej wartości zmiennej co pozwala na odbiór kolejnych danych.

Listing 1.9. Kod źródłowy funkcji *serial_odbierzdane*

```
void serial_odbierzdane() {
byte licznik = 0;           //deklaracja zmiennej licznika wykorzystywanego do iteracji
kolejnych bajtów pobieranych z bufora interfejsu UART
bool pobieranie_danych = false; //zmienna zapewniająca odczytywanie danych tylko
po przetworzeniu poprzednich celem zachowania treści poprzedniej transmisji
char odczyt;           //deklaracja zmiennej przechowującej pojedynczy znak wiadomosci
const char znak_poczatku = '<';           //deklaracja znaku rozpoczęcia wiadomosci
const char znak_konca = '>';           //deklaracja znaku zakończenia wiadomosci
while (Serial.available() > 0 && nowedane == false) { //odbieraj dane tylko
jeżeli przekazano poprzednia wiadomosc do innej funkcji a zawartość bufora UART jest
większa od zera
odczyt = Serial.read();           //przypisz znak pobrany z buforu UART do zmiennej
następnie przekazywanej do ciągu przechowującego wiadomość oraz przez dokonanie
odczytu opróżnij bufor UART
if (pobieranie_danych == true) { //jeżeli odbiór danych w trakcie przejdź dalej
if (odczyt != znak_konca) //jeżeli odebrany znak nie jest znakiem
zakonczenia wiadomości przejdź dalej
odebrane_dane[licznik] = odczyt; //przypisz kolejnej pozycji ciągu zapamiętującego
odebraną wiadomość zawartość aktualnie odczytaną z bufora UART
licznik++;           //zwiększ licznik aby przejść do następnej pozycji ciągu zmiennej
if (licznik >= liczbaznakow) licznik = liczbaznakow - 1; // jeżeli odbierany ciąg
danych jest dłuższy niż zmienna przechowująca dane plus znak zakończenia ciągu
wyzeruj wartość licznika
if (odczyt == znak_konca) { //jeżeli odczytany znak jest znakiem zakończenia
porcji danych w związku z faktem iż odebrane dane są przechowywane w ciągu zmiennej
typu char wstaw na jej koniec znak zakończenia ciągu aby program wiedział gdzie się
on kończy
odebrane_dane[licznik] = '\0'; // jeżeli odebrany z bufora UART znak to znak
konca > zapisz do kolejnej pozycji ciągu z pobranymi danymi znacznik zamknięcia
ciągu
nowedane = true;           // ustaw zmienna oznaczająca odebranie
nowej porcji danych co blokuje nadpisanie odebranych danych do czasu ich
wykorzystania przez inna funkcje
pobieranie_danych = false; // zakoncz pobieranie danych
licznik = 0;           // oraz zeruj licznik
strcpy(kopiaznakow, odebrane_dane); // skopiuj odebrane dane do kopii ciągu
odebranych danych celem wykorzystania do późniejszego przetworzenia
}
}
if (odczyt == znak_poczatku) pobieranie_danych = true; // jeżeli odebrany
z bufora UART znak to znak początku rozpocznij zapisywanie danych do zmiennej
} // umieszczenie tego warunku na koncu funkcji pozwala pominąć znak początku przy
zapisywaniu wiadomosci do zmiennej z odebranymi danymi
}
}
```

Tak odebrane dane są przechowywane w ciągu o nazwie `odebrane_dane[30]` typu `char` oraz jego kopii nazwanej `kopiaznakow[30]` celem ich dalszego ewentualnego przetworzenia. Nim to jednak nastąpi odebrane dane muszą zostać zinterpretowane, tak aby konkretny rodzaj danych przesłany w specyficznym dla niego szyku wymaganym do późniejszego przetworzenia tych danych był przekazany do odpowiedniej funkcji zajmującej się jego interpretacją.

Tym zadaniem zajmuje się wspomniana wcześniej funkcja *obsługa_danych_serial* której fragmenty można zobaczyć na poniższym listingu.

Listing 2.0. Wybrane fragmenty funkcji *obsługa_danych_serial*

```
void obsługa_danych_serial() {
    if (odebrane_dane[0] == 'T' && nowedane == true) {
        przetworzdane1();
        ustawczasRTC_w_serialu();
    }
    if (odebrane_dane[0] == 'x' && nowedane == true) {
        wyslijczas();
    }
    if (odebrane_dane[0] == 'a' && nowedane == true) {
        przetworzdane2();
        ustaw_relay1();
        nowedane = false;
    }
    if (odebrane_dane[0] == 'e' && nowedane == true) {
        ustaw_relay1_manualon();
        nowedane = false;
    }
    if (odebrane_dane[0] == 'f' && nowedane == true) {
        ustaw_relay1_manualoff();
        nowedane = false;
    }
    if (odebrane_dane[0] == 'o' && odebrane_dane[1] == '1' && nowedane == true) {
        tryb_relay1m();
        nowedane = false;
    }
    if (odebrane_dane[0] == 'o' && odebrane_dane[1] == '2' && nowedane == true) {
        tryb_relay1a();
        nowedane = false;
    }

    if (odebrane_dane[0] == 'm' && odebrane_dane[1] == '1' && nowedane == true) {
        tryb_relay1m();
        tryb_relay2m();
        tryb_relay3m();
        tryb_relay4m();
        nowedane = false;
    }
    if (odebrane_dane[0] == 'm' && odebrane_dane[1] == '5' && nowedane == true) {
        wyslij_stany_wyjsc(); // wyslij stan wyjsc
        nowedane = false;
    }
}
```

Całość kodu źródłowego funkcji jest zawarta w formie załącznika stanowiącego element tego dokumentu w postaci oddzielnego pliku tekstowego. Funkcja ta zajmuje się interpretacją odebranych danych, wywołaniem odpowiednich dla przesłanych poleceń funkcji oraz co przedstawiają niektóre z przytoczonych fragmentów funkcji *obsługa_danych_serial* warunki dokonujące przetwarzania odebranych danych.

Jest to o tyle istotną kwestią, że w przypadku gdy wartości które zostały odebrane chcemy wykorzystać do przypisania używanym przez nasz program zmiennym liczbowym takim jak typu `int` czy `unsigned long`, które w programie kontrolera są wykorzystywane kolejno do przesyłania czasów załączenia oraz wyłączenia poszczególnych wyjść w trybie

pracy automatycznej, stanu wyjść czy aktualnego czasu, łącznie z przesłaniem aktualnego czasu w formacie Unix zapisanego za pomocą liczby sekund która upłynęła do aktualnej chwili od 1 stycznia 1970 roku. Do zapisu tak dużej liczby wykorzystywana jest zmienna liczbowa typu unsigned long, której przetwarzaniem zajmuje się poniższa funkcja *przetworzdane1*.

Listing 2.1. Kod źródłowy funkcji *przetworzdane1*

```
void przetworzdane1() {
    char * przeliczanieindex; //zamien dane na wartosc UL
    przeliczanieindex = strtok(kopiaznakow, ","); // format wiadomosci <T, 1598415600>
    //pobieraj pierwsza porcje
    danych do napotkania przecinka
    strcpy(naglowekdanych, przeliczanieindex);
    przeliczanieindex = strtok(NULL, ","); // naglowek danych zakonczony
    przecinkiem
    pobranyul = strtoul(przeliczanieindex, NULL, 0); // zamien druga porcje danych w
    zmienna typu unsigned long
}
```

Funkcja ta realizowana jest z użyciem funkcji pochodzących z biblioteki języka C <stdlib.h>, ponadto wymaga specjalnie sformatowanych danych, oddzielanych za pomocą przecinka oraz znaku spacji po nim następującego. Pozwala to na zawarcie w jednej wiadomości znaku informującego program o rodzaju przesyłanych danych oraz ich treść, w tym przypadku ciąg znaków zamieniany później do zmiennej typu unsigned long wykorzystywanej w programie przez biblioteki <TimeLib.h> oraz <DS1307RTC.h>.

Druga funkcja zajmująca się konwersją rodzaju odebranych danych jest wykorzystywana do zapisania otrzymanych danych do zmiennych typu int celem wykorzystania jako parametry ustawień trybu automatycznego.

Listing 2.2. Kod źródłowy funkcji *przetworzdane2*

```
void przetworzdane2() { // zamien dane na wartosci int
    char * przeliczanieindex2; // format wiadomosci <a, 10, 11, 12, 13>
    przeliczanieindex2 = strtok(kopiaznakow, ","); // pobieraj pierwsza porcje
    danych do napotkania przecinka
    strcpy(naglowekdanych, przeliczanieindex2);
    przeliczanieindex2 = strtok(NULL, ","); // pobieraj kolejna porcje
    danych do napotkania przecinka
    pobranyint1 = atoi(przeliczanieindex2); // zamien w int
    przeliczanieindex2 = strtok(NULL, ","); // pobieraj kolejna porcje
    danych do napotkania przecinka
    pobranyint2 = atoi(przeliczanieindex2); // zamien w int
    przeliczanieindex2 = strtok(NULL, ","); // pobieraj kolejna porcje
    danych do napotkania przecinka
    pobranyint3 = atoi(przeliczanieindex2); // zamien w int
    przeliczanieindex2 = strtok(NULL, ","); // pobieraj kolejna porcje
    danych do napotkania przecinka
    pobranyint4 = atoi(przeliczanieindex2); // zamien w int
}
```

Funkcja ta również do swojego działania korzysta z funkcji zawartych w bibliotece <stdlib.h>. Innymi funkcjami wartymi uwagi są funkcje tworzące ekrany wstępne, na

których prezentowana jest cyklicznie odświeżana data oraz godzina lub godzina oraz stany trybów pracy poszczególnych wyjść.

Listing 2.3. Kod źródłowy funkcji *wyswietl_date_i_godzine*

```
void wyswietl_date_i_godzine() {
unsigned long refresh_milis_actual = millis();
if (refresh_milis_actual - refresh_milis_saved >= czas_refresh) {
    refresh_milis_saved = refresh_milis_actual;
    lcd.home();
    lcd.print(wypiszCzas());
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(wypiszDate());
}
return; // jezeli nie minal czas odswiezenia zakoncz funkcje
}
```

Poniżej funkcja realizująca wyświetlanie drugiego ekranu wstępnego wyświetlającego godzinę i stany wyjść. Obie funkcje ekranów wstępnych zostały napisane z wykorzystaniem nieblokujących opóźnień działających na zasadzie porównania aktualnej liczby milisekund od ostatniego wykonania funkcji.

Listing 2.4. Kod źródłowy funkcji *wyswietl_godzine_i_wyjscia*

```
void wyswietl_godzine_i_wyjscia() {
unsigned long refresh_milis_actual2 = millis();
if (refresh_milis_actual2 - refresh_milis_saved2 >= czas_refresh) {
    refresh_milis_saved2 = refresh_milis_actual2;
    lcd.home();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(wypiszCzas());
    lcd.setCursor(10, 0);
    lcd.print("Tryb:");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("1");
    lcd.setCursor(1, 1);
    lcd.print(znakrel1trybstate);
    lcd.setCursor(4, 1);
    lcd.print("2");
    lcd.setCursor(5, 1);
    lcd.print(znakrel2trybstate);
    lcd.setCursor(8, 1);
    lcd.print("3");
    lcd.setCursor(9, 1);
    lcd.print(znakrel3trybstate);
    lcd.setCursor(12, 1);
    lcd.print("4");
    lcd.setCursor(13, 1);
    lcd.print(znakrel4trybstate);
}
return;
}
}
```

Za komunikację bezprzewodową odpowiada moduł HC-05 wersja ZS-040, który przesyła dane do sterownika, w przypadku odbioru danych dane odbierane są z wykorzystaniem modułu oraz funkcji *serial_odbierzdane*, przetwarzane z wykorzystaniem funkcji *przetworzdane1* oraz *przetworzdane2* i realizują wykonanie odpowiednich działań

za pomocą funkcji *obsługa_danych_serial*. Stany wciśnięcia przycisków odczytuje funkcja *sprawdzprzyciski2* zaś wywołanie funkcji odpowiedniego przycisku realizuje funkcja *obsluzprzyciski* która zależnie od wciśniętego przycisku wywołuje jedną z funkcji realizujących działanie danego przycisku jakimi są *guzikOK*, *guzikUP*, *guzikDOWN* oraz *guzikBACK*. Pracę diod LED stanów wyjść kontroluje funkcja *diodystanuwyjsc* zaś zarządzaniem zawartości ekranu LCD zajmuje się napisana na potrzeby tej publikacji funkcja *rysujmenu*. Ponadto zaimplementowana została funkcja *dioda_glowna* sterująca stanem diody LED D1 zależnie od stanu połączenia modułu HC-05 sygnalizując brak połączenia miganiem na niebiesko lub połączenie stałym zielonym kolorem.

3.3. Sterownik

Sterownik jest urządzeniem umożliwiającym zdalną kontrolę oraz odczyt stanów wyjść kontrolera. Może funkcjonować jako urządzenie stacjonarne podłączone do zasilania sieciowego poprzez zasilacz wtyczkowy. Sterownik wyświetla stany wyjść kontrolera zapewniając użytkownikowi kontrolę nad pracą kontrolera lub może służyć jako mobilne urządzenie do sterowania kontrolerem dzięki wyposażeniu w układ niezależnego zasilania korzystający z dwóch szeregowo połączonych akumulatorów LiFePo4 o napięciu w stanie pełnego naładowania wynoszącym 3,7 V na ogniwo, dając maksymalne napięcie zasilania na poziomie 7,4 V.

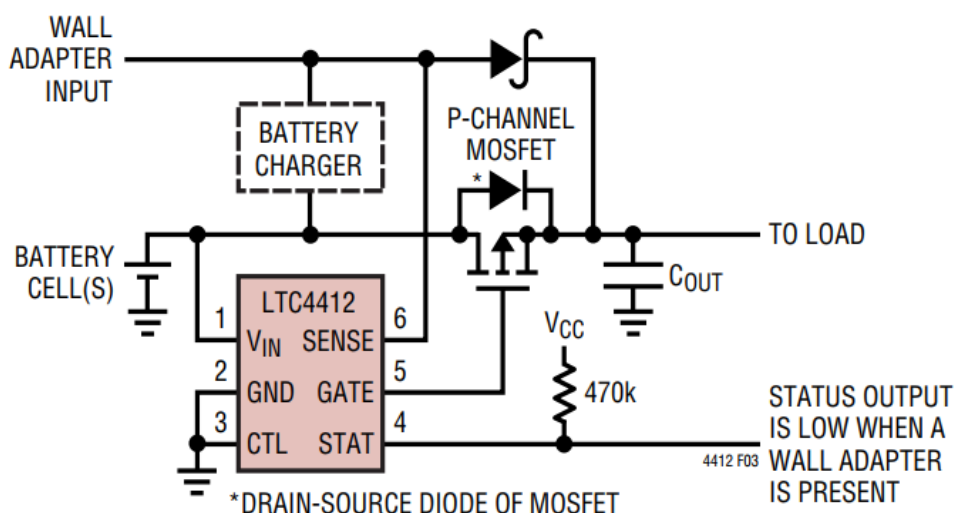
Ogniwa LiFePo4 posiadają doskonałe parametry dla urządzeń mobilnych takie jak brak efektu pamięci znanego z akumulatorów Ni-Mh oraz Ni-Cd objawiającego się stale malejącą pojemnością akumulatora w przypadku jego pełnego naładowania, ponieważ ogniwa LiFePo4 najlepsze parametry osiągają gdy poziom ich naładowania jest utrzymywany w górnym zakresie. Jednakże ogniwa LiFePo4 należąc do grupy ogniw litowych są wyjątkowo niebezpiecznymi ogniwami ze względu na ryzyko ich zapłonu a nawet wybuchu w sytuacji gdy zostaną zbyt rozładowane lub przeładowane. Ponadto źle znoszą rozładowanie poniżej pewnego poziomu, wtedy zaś są szczególnie niebezpieczne.

Ryzykownym jest również wykorzystywanie ogniw LiFePo4 łączonych szeregowo gdyż może dojść do osiągnięcia różnych poziomów napięcia przez poszczególne ogniwa co również jest niebezpieczne ponieważ może doprowadzić do sytuacji w której tylko jedno ogniwo będzie ładowane. Akumulatory LiFePo4 wymagają specjalnej procedury ładowania ze stanu głębokiego rozładowania. Gdy napięcie ogniw LiFePo4 jest powyżej poziomu głębokiego rozładowania należy je ładować w trybie stałego prądu ładowania, zaś gdy ich napięcie dociera do poziomu pełnego naładowania należy ładować je w trybie stałego napięcia.

Te cechy powodują, że do bezpiecznego zastosowania tych ogniw należy skorzystać z dedykowanego dla tej konkretnej odmiany ogniw oraz konkretnego sposobu ich połączenia takiego jak szeregowe połączenie dwóch ogniw układu ładowania i monitorowania stanu ogniw.

Celem zapewnienia bezpiecznego funkcjonowania ogniw LiFePo4 w urządzeniu sterownika zastosowano układ scalony MCP73223 producenta Microchip wykorzystany do ładowania i monitorowania dwóch ogniw LiFePo4 połączonych szeregowo.

Powyższy układ scalony realizuje funkcje ładowania w trybie stałego prądu ładowania, utrzymywania ogniw w stanie pełnego naładowania ładując ogniwa w trybie stałego napięcia oraz bezpiecznego ładowania ogniw głęboko rozładowanych zaczynając od niskich stopniowo zwiększanych prądów ładowania. Układem izolującym oraz przełączającym źródła zasilania sterownika jest układ LTC4412ES6 producenta Linear Technology pracującego w układzie otwartego komparatora. W tym trybie pracy układ ten dokonuje pomiaru napięcia pochodzącego z zasilacza sieciowego oraz napięcia ogniw akumulatorowych. W przypadku gdy układ stwierdzi obecność napięcia z pochodzącego z zasilacza sieciowego przełącza tranzystor z kanałem typu P FDN306P dostarczający energię z zasilania bateryjnego w tryb zaporowy. Jeżeli napięcie zasilania pochodzącego z zasilacza sieciowego zaniknie układ bezprzerwowo przełącza zasilanie na akumulatorowe przełączając tranzystor z kanałem typu P FDN306P w stan przewodzenia. Powyższy układ pracy przedstawia poniższa ilustracja pochodząca z noty katalogowej producenta układu LTC4412ES6.

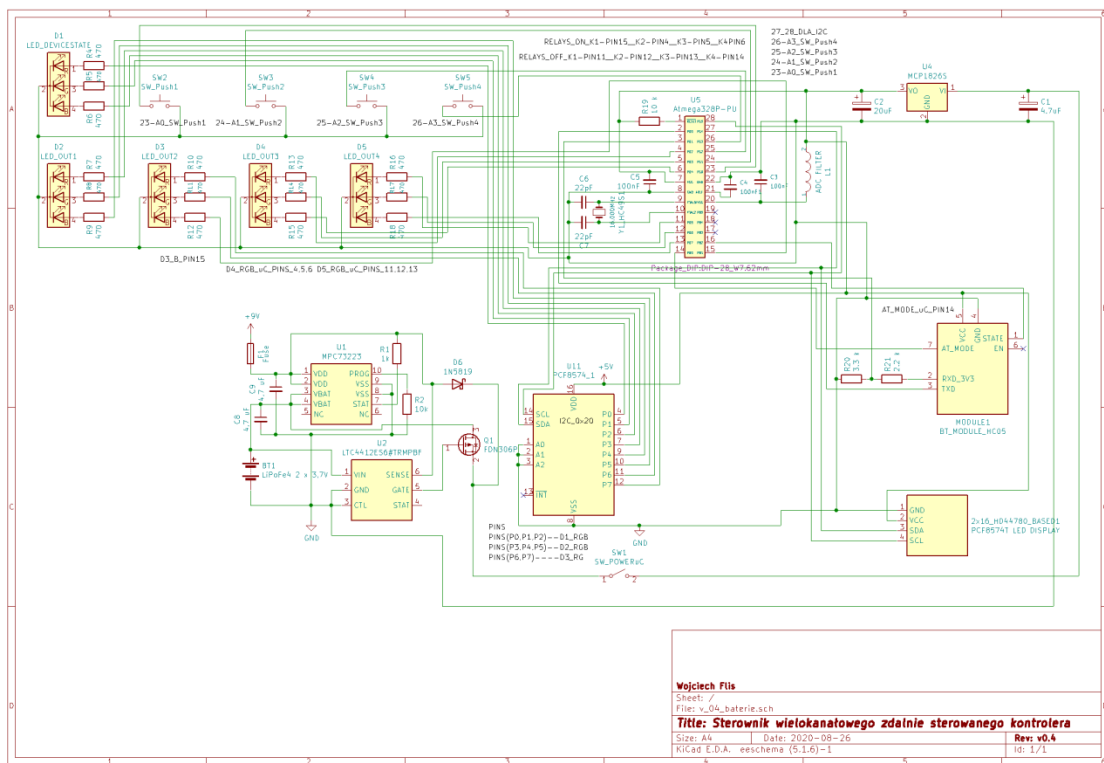


Rysunek 3.3. Ilustracja przedstawiająca układ LTC4412ES6 z zastosowaniem układu ładowania baterii pracujący w układzie komparatora pochodząca z noty katalogowej producenta elementu LTC4412[23]

Napięcie dostarczone do sterownika za pomocą układu LTC4412ES6 jest następnie stabilizowane za pomocą stabilizatora liniowego MPC1826S producenta Microchip wyposażonym zgodnie z zaleceniami producenta[20] w dwa kondensatory elektrolityczne o pojemności 4.7μF przed stabilizatorem oraz o pojemności 20μF umieszczonym za stabilizatorem, po czym zasila mikrokontroler ATmega328P-PU będący w konfiguracji analogicznej jak zastosowany w kontrolerze. Sterownik posiada również taki sam wyświetlacz LCD 16x2, moduł komunikacji bezprzewodowej HC-05 ZS-040 jak w kontrolerze oraz taki sam układ przycisków do obsługi. Do sterowania diodami LED wyświetlającymi stan wyjść oraz stan pracy sterownika wykorzystano jeden układ PHILIPS PCF8574P oraz wyjścia mikrokontrolera.

Do zasilania sterownika sugeruje się użycie zasilacza impulsowego firmy Cellevia Power model CLW-0909-W2E-ER o napięciu wyjściowym 9 V[24] prądu stałego i maksymalnym prądzie wyjściowym wynoszącym 1A[24], co zdecydowanie przekracza potrzeby sterownika, jednakże jest on zaprojektowany w zgodności z nowoczesną normą sprawności energetycznej zasilaczy Energy efficiency Level VI[24] posiada niski poziom zużycia energii elektrycznej na poziomie <0.075W[24] oraz odpowiednią sprawność na poziomie 81,6%[24] co czyni go odpowiednim zasilaczem do zastosowania go jako zasilacz sterownika.

3.3.1. Schemat elektryczny sterownika



Rysunek 3.4. Ilustracja przedstawiająca schemat elektryczny sterownika

3.3.2. Specyfikacja urządzenia

Sterownik cechuje się następującymi parametrami.

Tabela 3.2. Parametry sterownika

Napięcie zasilania	9-18 V DC
Zasilanie akumulatorowe	2 x LiFePo4 3,7 V
Napięcie zasilania akumulatorowego	7,4 V przy pełnym naładowaniu
Tryby zasilania	sieciowe poprzez zasilacz impulsowy lub akumulatorowe
Komunikacja	Bluetooth 2.0 + EDR

3.3.3. Biblioteki wykorzystane w programie

Analogiczne do zastosowanych w kontrolerze z wyłączeniem poniższej biblioteki ze względu na brak układu zegara czasu rzeczywistego w sterowniku:

- DS1307RTC.h - autor Michael Margolis (c) @ 2009 & edycja Paul Stoffregen (c) Licencja GNU LGPL (<https://github.com/PaulStoffregen/DS1307RTC>)

3.3.4. Program

Działanie programu zastosowanego w sterowniku jest analogiczne do programu zawartego w kontrolerze, różnicami jest fakt braku funkcji związanych z obsługą stanu przekaźników i trybów pracy które przeniesiono do różniącej się od kontrolera funkcji *guzikOK*, zamiast funkcji umieszczonej w kontrolerze *ustawczasRTC_w_serialu* w sterowniku znajduje się jej odpowiednik *ustawczas* oraz inna funkcja *obsługa_danych_serial*, tak samo jak w przypadku kontrolera działająca z wykorzystaniem modułu komunikacji bezprzewodowej HC-05 ZS-040 oraz funkcji *przetworzdane1*, *przetworzdane2* oraz zastosowana tylko w sterowniku funkcja *przetworzdane3*, zaprezentowana w kodzie źródłowym sterownika zawartym jako załącznik w formie elektronicznej wchodzący w skład publikacji. Jest to funkcja odpowiadająca za przetwarzanie danych zawierających aktualną datę oraz godzinę pobranych z kontrolera który nie posiada własnego zegara czasu rzeczywistego co zmniejsza wymiary konstrukcji.

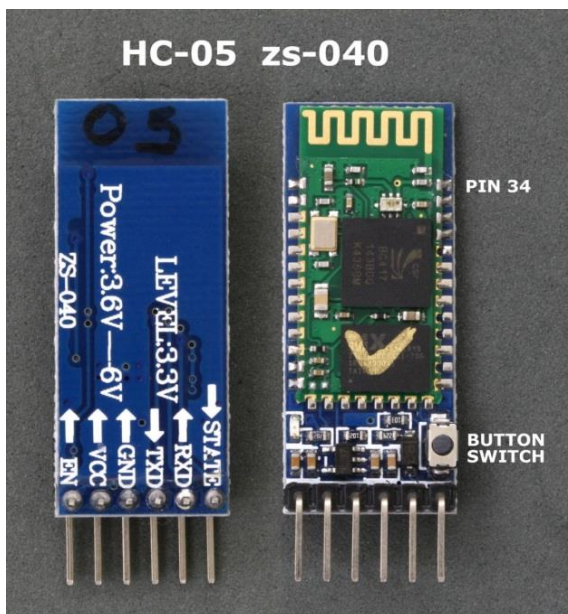
Większość pozostałych kwestii związanych z działaniem programu szczególnie takich jak konstrukcja menu i jego obsługa są analogiczne do zastosowanych w przypadku kontrolera.

3.4. Wykorzystane moduły

3.4.1. Wykaz wykorzystanych modułów

W urządzeniach wykorzystano następujące moduły:

- **Moduł komunikacji bezprzewodowej HC-05 EGBT-045MS wersja ZS-040**



Rysunek 3.5. Zdjęcie modułu HC-05 w wersji ZS-040[25]

Moduł HC-05 w wersji ZS-040 to układ komunikacyjny pracujący w standardzie Bluetooth v 2.0 + EDR (Enhanced Data Rate) dzięki czemu możliwa jest kompatybilność wsteczna standardu Bluetooth co umożliwia połączenie z urządzeniami wyposażonymi w dowolną wersję standardu Bluetooth. Komunikacja tego modułu z mikrokontrolerem dokonywana jest za pomocą interfejsu szeregowego UART. Wersja ZS-040 w odróżnieniu od większości modułów HC-05 wymaga poziomu napięcia zasilającego w zakresie 3,6-6,0V przy zachowaniu poziomu napięcia sygnałów danych TX oraz RX wynoszącego 3,3 V co wymaga ostrożności w wykorzystywaniu tego modułu w układach zasilanych napięciem 5V.

Tabela 3.3. Wybrane parametry modułu HC-05 w wersji ZS-040 [26]

Układ scalony realizujący komunikację bezprzewodową	CSR BC417
Zasięg pracy	10m
Standard komunikacji radiowej	Bluetooth 2.0 + EDR
Interfejs komunikacji z modułem	UART
Napięcie zasilania	3.6-6 V DC
Napięcie sygnałów TX oraz RX	3,3 V
Pobierane natężenie prądu	8mA podczas pracy

- **Moduł wyświetlacza LCD 16x2 wyposażony w konwerter obsługi magistrali I2C**



Rysunek 3.6. Zdjęcie wykorzystanego w urządzeniach wyświetlacza LCD 16x2 opartego o sterownik zgodny z HD44780 wyposażony w interfejs komunikacji I2C z użyciem układu PHILIPS PCF8574T[27]

Wyświetlacz ten pozwala na programową kontrolę stanu załączenia diody podświetlającej ekran wyświetlacza przy użyciu funkcji `lcd.setBrightness()` zaimplementowanej w większości bibliotek przeznaczonych do obsługi wyświetlaczy zgodnych ze sterownikiem HD44780, co ułatwia jego wyłączenie w stanach bezczynności celem umożliwienia redukcji zużycia energii przez urządzenie w niego wyposażone. W przypadku funkcji wyświetlania znaków na jego ekranie warto rozważyć zastosowanie znacznika F w funkcji `lcd.print` co znacząco zmniejsza użycie pamięci dynamicznej.

Tabela 3.4. Wybrane parametry wyświetlacza LCD 16x2[28]

Napięcie zasilania	5 V DC
Kolor podświetlenia	niebieski
Kolor znaków	biały
Interfejs komunikacji	I2C
Wymiary modułu	80 x 36 mm

- **Moduł zegara czasu rzeczywistego DS3231**



Rysunek 3.7. Zdjęcie przedstawiające moduł zegara czasu rzeczywistego DS3231[29]

Tabela 3.5. Wybrane parametry modułu DS3231[30]

Napięcie zasilania	3,3 – 5,5 V DC
Układ scalony RTC	DS3231
Zasilanie bateryjne	1 x LIR2032
Interfejs komunikacji	I2C
Wymiary modułu	38mm x 22mm x 14mm

3.4.2. Przygotowywanie modułu HC-05 ZS-040 do pracy

Moduł HC-05 w wersji ZS-040 to układ komunikacyjny pracujący w standardzie Bluetooth v 2.0 + EDR (Enhanced Data Rate) wyposażony w przekaźnik radiowy pracujący z częstotliwością 2.4 GHz, dzięki czemu możliwe jest połączenie z urządzeniami wyposażonymi w dowolną wersję standardu Bluetooth. Komunikacja tego modułu z mikrokontrolerem dokonywana jest za pomocą interfejsu szeregowego UART.

Aby dwa moduły HC-05 mogły poprawnie się ze sobą połączyć i pracować należy je odpowiednio ustawić.

Przed dokonaniem konfiguracji fabryczne parametry połączenia są następujące:

Tabela 3.6. Fabryczne parametry połączenia modułu HC-05[31]

Nazwa urządzenia Bluetooth	HC-05
PIN	1234
Przepustowość	9600 bps
Tryb pracy	slave

Moduł HC-05 w trybie pracy slave może jedynie przyjmować połączenia, nie może jednak ich nawiązywać, jednak fabrycznie moduły są ustawione w trybie AT+CMODE=0 co powoduje że nawiążą połączenie jedynie z modulem ustalonym za pomocą komendy AT+BIND=adres::bluetooth::modulu co w większości modułów oznacza, iż nie nawiążemy żadnego połączenia bez uprzedniej konfiguracji danego modułu.

Aby dokonać konfiguracji modułu HC-05 ZS-040 należy przejść w tryb komend AT. W wersji ZS-040 aby przejść w tryb komend AT należy przed zasilaniem modułu podać stan wysoki (+5V) na pin 34 modułu. Jeżeli stan wysoki pinu 34 zostanie wprowadzony po uruchomieniu modułu zostanie uruchomiony jedynie częściowy tryb AT, w którym nie wszystkie komendy działają. Fabrycznie pin 34 nie posiada wyprowadzenia, należy go więc samemu wyprowadzić.

Uwaga! W trybie komend AT przepustowość zawsze wynosi 38400 bps.

Aby przygotować moduł do połączeń z innymi urządzeniami niż inny moduł HC-05 należy:

- 1) Ustawić pin 34 modułu w stan wysoki, następnie podać napięcie zasilania +5V na Vcc modułu
- 2) Za pomocą UART przesłać do modułu kolejno poniższe komendy:

Listing 2.4. Komendy do przesłania przygotowując moduł do pracy

```
AT+RMAAD (czyszczenie listy sparowanych urządzeń)
AT+CMODE=1 (odblokowanie połączeń z innym modulem niż ustawiony w „AT+BIND=“
```

Aby dokonać poprawnego połączenia dwóch modułów należy:

- 1) Ustawić pin 34 modułu slave w stan wysoki, następnie podać napięcie zasilania +5V na in Vcc modułu
- 2) Za pomocą UART przesłać do modułu slave kolejno następujące komendy.

Listing 2.5. Komendy do przesłania do modułu slave

```
AT+RMAAD
AT+PSWD=1234 (wartość fabryczna, można pominąć warto sprawdzić)
AT+CMODE=0 (wartość fabryczna, można pominąć warto sprawdzić)
AT+ROLE=0 (wartość fabryczna, można pominąć warto sprawdzić)
AT+ADDR? (w odpowiedzi dostaniemy adres modułu który należy zapisać)
```

Listing 2.6. Komendy do przesłania do modułu master

```
AT+RMAAD
AT+ROLE=1
AT+CMODE=0
AT+PAIR=<otrzymany adres modułu slave>,20
```

Listing 2.6. c.d.

```
AT+BIND= <adres modułu slave w formacie czesc1::czesc2::czesc3>  
AT+LINK=< adres modułu slave w formacie czesc1::czesc2::czesc3>  
AT+ADDR? (w odpowiedzi dostaniemy adres modułu który należy zapisać)
```

Listing 2.7. Kolejne komendy do przesłania do modułu slave

```
AT+PAIR=<otrzymany adres modułu master>,20  
AT+BIND=<adres modułu master>  
AT+LINK=<adres modułu master>
```

Oba moduły powinny mieć tą samą wartość AT+PSWD oraz AT+CMODE=0. Po wyjściu z trybu AT w obu urządzeniach dokonywanym przez ustawienie ich pinu 34 w stan niski/niepodłączony, wyłączeniu zasilania modułu a następnie uruchomieniu obu modułów powinniśmy ujrzeć, że diody obu modułów zaczęły migać razem w równych odstępach czasu.

To oznacza nawiązanie połączenia obu modułów. Po ustawieniu modułów w ten sposób po każdym ponownym uruchomieniu moduły te będą łączyć się ze sobą automatycznie.

3.5. Przyrząd do pomiaru przepływu prądu czuwania odbiorników jednofazowych

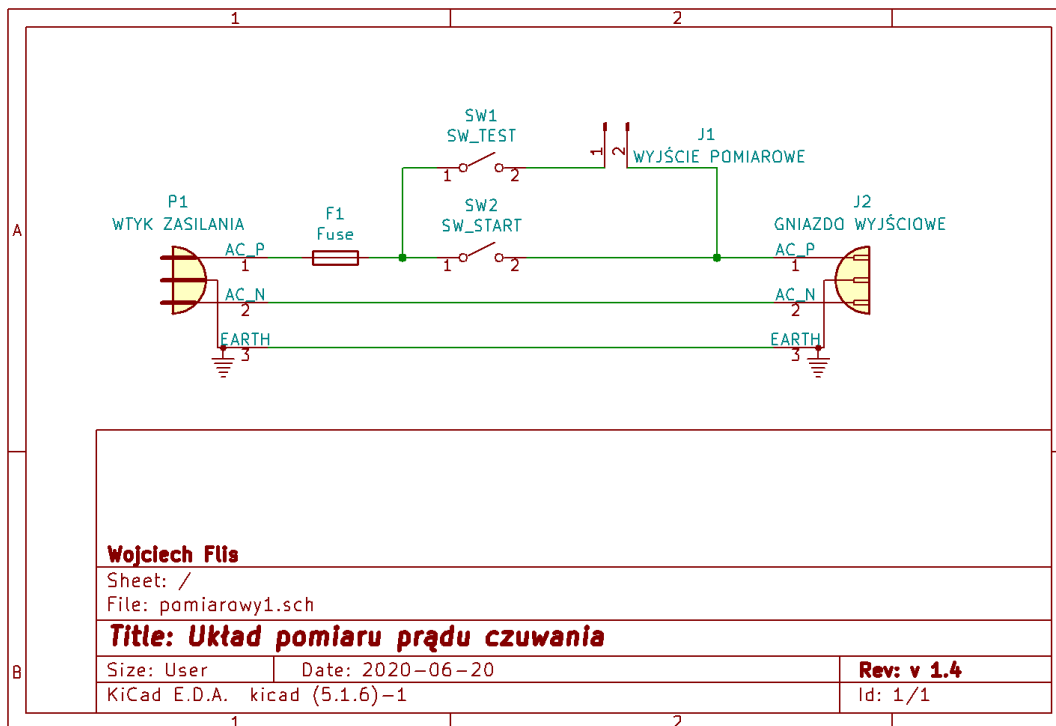
Przyrząd do pomiaru przepływu prądu czuwania odbiorników jednofazowych służy do wykonania bezpiecznych pomiarów przepływu prądu czuwania urządzeń przewidywanych do bycia obsługiwanych przez kontroler jako odbiorniki.

Konstrukcja przyrządu do pomiaru przepływu prądu czuwania posiadająca dwa tory prądowe pozwala na włączenie go w obwód zasilania badanego odbiornika oraz uruchomienia odbiornika korzystając z głównego toru prądowego załączanego za pomocą przełącznika SW_START.

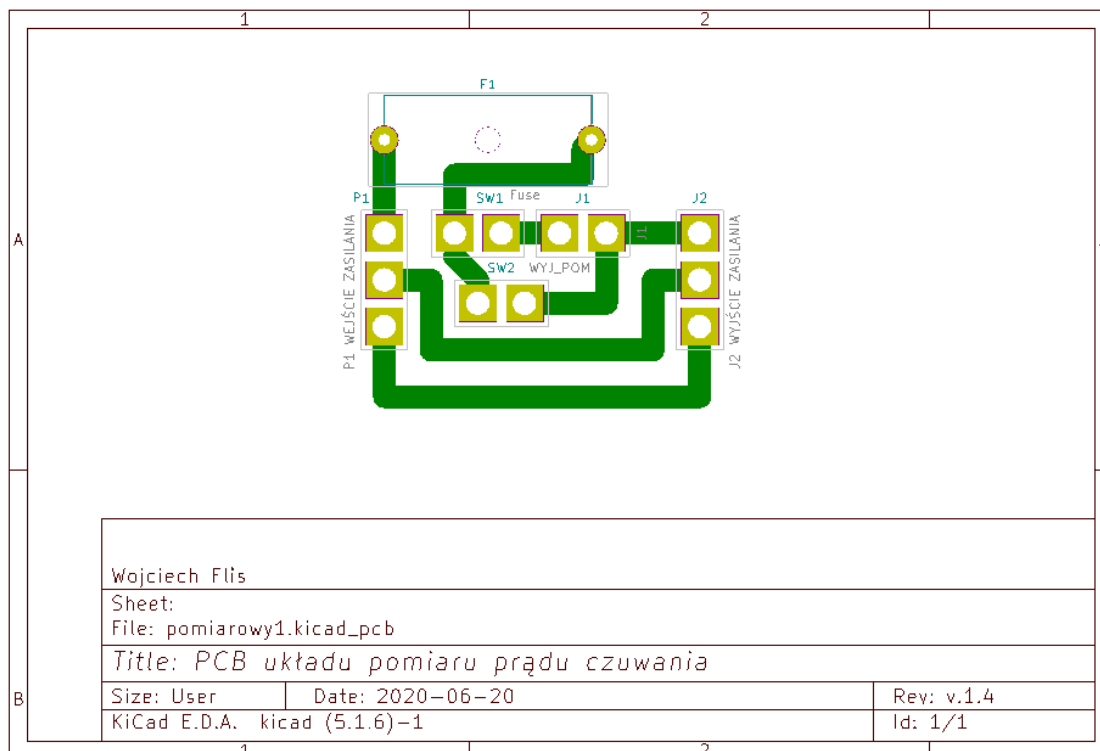
To rozwiązanie pozwala uniknąć ryzyka związanego ze zwiększonym poborem prądu przez odbiornik po dostarczeniu mu napięcia sieciowego. Kolejnym atutem zastosowania dwóch torów prądowych w przyrządzie jest możliwość bezprzerwowego przełączenia zasilania na tor pomiarowy włączając kolejno przełącznik SW_TEST następnie wyłączając przełącznik SW_START. Pozwala to na dokonanie pomiaru w znanym ustabilizowanym stanie pracy badanego odbiornika oraz skrócenie czasu pomiaru co może być istotne dla żywotności miernika wykorzystywanego do pomiaru.

Po zakończeniu pomiaru należy kolejno włączyć przełącznik SW_START następnie wyłączyć przełącznik SW_TEST zamykając obwód pomiarowy.

3.5.1. Schemat elektryczny oraz projekt PCB przyrządu do pomiaru przepływu prądu czuwania



Rysunek 3.8. Ilustracja przedstawiająca schemat elektryczny przyrządu do pomiaru przepływu prądu czuwania



Rysunek 3.9. Ilustracja przedstawiająca projekt PCB przyrządu do pomiaru przepływu prądu czuwania

Procedura pomiarowa z wykorzystaniem przyrządu do pomiaru przepływu prądu czuwania

Aby dokonać pomiaru przepływu prądu czuwania urządzeń jednofazowych z użyciem zaprojektowanego przyrządu należy wykonać kolejno poniższe czynności:

- Odłączyć urządzenie jednofazowe przewidziane do pomiaru od zasilania sieciowego
- Przełączyć oba przełączniki przyrządu w stan wyłączony oznaczony znakiem 0
- Podłączyć przewód zasilania badanego urządzenia jednofazowego do przyrządu
- Podłączyć miernik pomiarowy do wtyków pomiarowych przyrządu
- Włączyć miernik oraz ustawić w tryb pomiaru przepływu prądu
- Podłączyć przyrząd do zasilania sieciowego
- Dostarczyć napięcie sieciowe do badanego urządzenia zmieniając stan przełącznika SW_START znajdującego się po lewej stronie przyrządu w stan włączony oznaczony znakiem 1, następnie poczekać na przejście w ustabilizowany tryb czuwania badanego urządzenia
- Przełączyć przełącznik SW_TEST znajdujący się po prawej stronie przyrządu w stan włączony oznaczony znakiem 1 umożliwiając przepływ prądu w obwodzie miernika
- Rozpocząć pomiar przełączając przełącznik SW_START w stan wyłączony co spowoduje przepływ prądu wyłącznie przez obwód pomiarowy
- Odczytać pomiar wskazany przy użyciu miernika
- Po dokonaniu pomiaru przełączyć przełącznik SW_START w tryb włączony
- Przełączyć przełącznik SW_TEST w stan wyłączony zamykając przepływ prądu przez obwód miernika
- Przełączyć przełącznik SW_START w tryb wyłączony powodując zanik napięcia dostarczanego do badanego urządzenia
- Odłączyć badane urządzenie od przyrządu pomiarowego

3.6. Problemy napotkane podczas tworzenia programu kontrolera

Obszar programowej realizacji niniejszej pracy dyplomowej celem zapewnienia pożądanej funkcjonalności urządzeń wchodzących w skład systemu wymagał analizy realizacji każdej z wykonywanych przez zawarte w programach funkcji, celem zapewnienia kontroli nad ich działaniem. Ponadto przy objętości kodu źródłowego programu kontrolera oraz ilości zadań przez niego realizowanych, co spowodowało

szybkie wykorzystanie dostępnej w zastosowanych mikrokontrolerach ATmega328P-PU ilości pamięci zarówno statycznej przeznaczonej na przechowywanie programu jak i dynamicznej przeznaczonej na przechowywanie zmiennych przez niego używanych, co wymagało odpowiedniego podejścia przy tworzeniu kodu tych programów. Polegało to między innymi na minimalizacji wykorzystania gotowych bibliotek które często będąc nieoptymalizowane zużywają duże ilości dostępnej pamięci, a szczególnie pamięci dynamicznej, co w przypadku wykorzystania jej dostępnego zakresu powoduje błędy programu uniemożliwiające jego poprawne działanie. Ponadto stosowanie gotowych bibliotek znacznie redukuje możliwości kontroli funkcji wykonywanych z ich użyciem, w związku z powyższym dążono do minimalizacji ich użycia. Pomimo takiego podejścia pamięć dynamiczna już na wczesnych etapach konstrukcji programu celem realizacji oczekiwanych od niego zadań była wykorzystywana w dużym zakresie co powodowało sporadycznie występujące błędy w działaniu programu, co szczególnie w przypadku urządzenia takiego jak prezentowany kontroler jest całkowicie niedopuszczalne, choćby ze względu na kwestie bezpieczeństwa w związku z faktem zarządzania przez kontroler wyjściami pracującymi z wykorzystaniem napięcia sieciowego. To spowodowało dążenie do minimalizacji zużycia pamięci dynamicznej zaczynając począwszy od najprostszych rozwiązań takich jak wykorzystywanie zmiennych o jak najmniejszym zapotrzebowaniu pamięci przy zachowaniu realizacji oczekiwanych od nich zadań, zrezygnowania z powodującej defragmentację pamięci dynamicznej klasy String która choć wygodna w użyciu nie znając swojego rozmiaru podczas jej deklaracji w przypadku przekroczenia przydzielonego jej do tej pory obszaru pamięci dynamicznej przenosi się do następnej mieszczącej jej zawartość części pamięci dynamicznej, co następuje każdorazowo przy przekroczeniu przydzielonego jej zakresu pamięci dynamicznej, co bardzo szybko powoduje zapelnienie pamięci dynamicznej nie nadającymi się do wykorzystania fragmentami o nieregularnej długości, przez co nie mogą być one wykorzystywane przez pozostałe zmienne. Rezygnacja z wykorzystania klasy String znacząco zredukowała zużycie pamięci dynamicznej a szczególnie występowanie losowych błędów spowodowanych jej przepełnieniem. W związku z powyższym korzystając z oprogramowania Arduino autor nie zaleca wykorzystywania klas String w programach w których istotnymi cechami jest stabilność, przewidywalność lub niskie zużycie pamięci dynamicznej. Kolejnymi krokami dążącymi do optymalizacji wykorzystania pamięci było zrezygnowanie z innych gotowych rozbudowanych funkcji na rzecz pisanych od podstaw funkcji składających się z podstawowych algorytmów. Dodatkowym obszarem optymalizacji zużycia pamięci jest zamiast dublowania kodu korzystanie z funkcji

iteracyjnych, polegających na następującym wielokrotnie wykonywaniu prostych zadań. Ostatnim kluczowym rozwiązaniem powodującym zwolnienie niespodziewanie dużych zasobów pamięci dynamicznej było przeniesienie treści wypisywanej przez funkcje wyświetlania treści na wyświetlaczu LCD `lcd.print` oraz funkcję `Serial.print` służącą do wysyłania danych za pomocą interfejsu UART, których dane takie jak wypisywanie stałego nie zmieniającego się podczas działania programu napisu o dziwo przechowywane są w pamięci dynamicznej. Pierwotnie zadanie to realizowano przenosząc treści przez nie wyświetlane do zmiennych do zmiennych typu `const` których wykorzystanie wbrew pozorom zapewnia zmniejszenia zużycia pamięci dynamicznej w trakcie działania programu, a ewentualnie jedynie podczas jego kompilacji. Jest to spowodowane faktem zaprojektowania mikrokontrolera ATmega328P-PU według architektury Harvardzkiej której pamięć statyczna oraz dynamiczna są od siebie oddzielone i celem wykorzystania zmiennej typu `const` przechowywanej w pamięci statycznej podczas jej wykorzystania zostaje i tak załadowana do pamięci dynamicznej, co powoduje przeciwne do zamierzonych skutki jakimi jest zdublowanie używanej przez nie pamięci zarówno statycznej jak i dynamicznej. Rozwiązaniem tego problemu okazało się użycie wskaźnika `F` wewnątrz nawiasu, przed treścią wypisywanej przez funkcje `lcd.print` oraz `Serial.print` który jest zagnieżdżony wewnątrz tego nawiasu. To rozwiązanie zapewnia umieszczenie wypisywanej treści w całości w pamięci statycznej oraz zwalnia ogromne ilości pamięci dynamicznej. Te wszystkie rozwiązania doprowadziły do zachowania stabilnej pracy programu redukując zużycie pamięci dynamicznej kilkukrotnie oraz wyeliminowanie niebezpiecznych sytuacji kiedy jest ona niespodziewanie zapełniana, gdzie obecnie przez zajmujący niemal całą dostępną pamięć statyczną mikrokontrolera ATmega328P-PU program kontrolera wykorzystuje zaledwie 55 % pamięci dynamicznej zapewniając bezpieczną oraz stabilną pracę kontrolera.

Ponadto jedną z funkcji wymagających niespodziewanego wcześniej zaangażowania celem utworzenia jej działającej zgodnie z zamysłem autora była funkcja obsługi przycisków. Wymaganiami jej postawionymi była filtracja zakłóceń o wysokiej częstotliwości występujących podczas zwalniania przycisku skutkujących wielokrotnym odczytaniem stanu wciśnięcia danego przycisku oraz między innymi ze względu na obszerność zastosowanych obsłudze kontrolera i sterownika ekranów menu wyświetlanego na wyświetlaczu LCD chęć wprowadzenia opóźnienia pomiędzy każdym uznaniem danego przycisku jako wciśnięty aby zapobiec niekontrolowanemu ich działaniu.

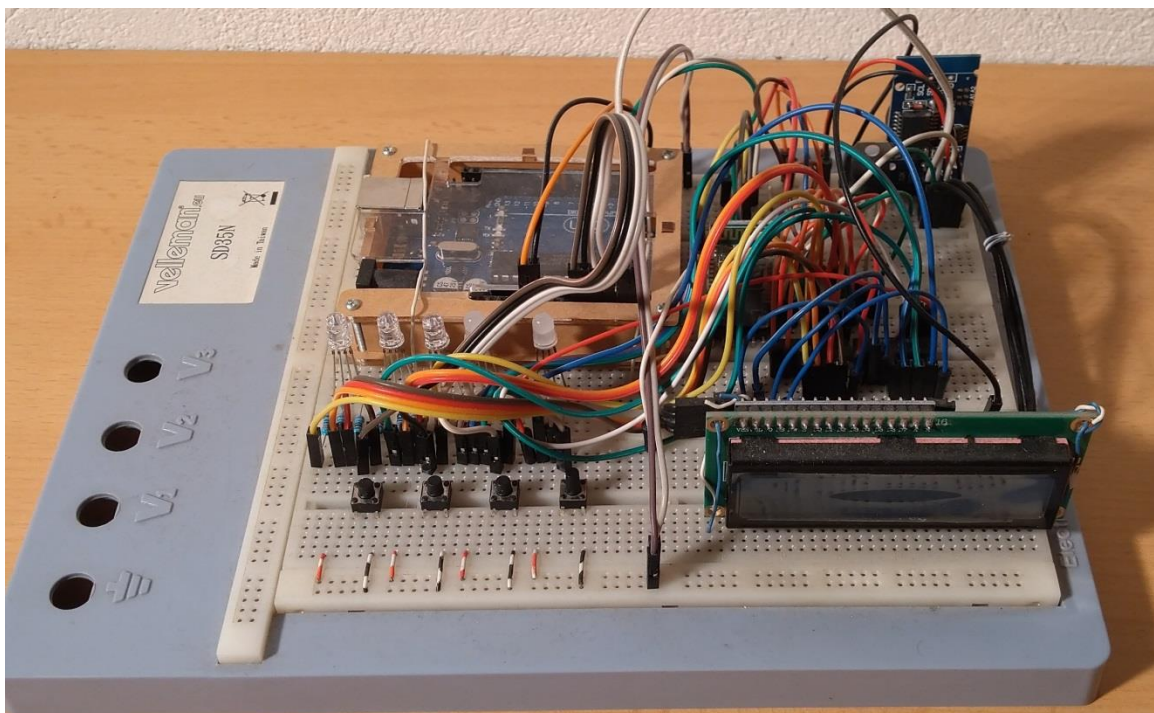
4. Część wykonawcza

Jednym z problemów napotkanych przy realizacji wykonania urządzenia kontrolera było osiągnięcie zbyt dużej pojemności linii danych magistrali TwoWire stosowanej przez układy zasilania i kontroli diod led zastosowanych w kontrolerze, zastosowanego wyświetlacza oraz układu zegara czasu rzeczywistego DS3231. Skutkowało to niemożnością nawiązania sukcesywnej komunikacji pomiędzy mikrokontrolerem po jego umieszczeniu na PCB kontrolera a układami korzystającymi z magistrali TwoWire. Problem ten choć trudny do zlokalizowania sugerujący błędy na etapie wykonania konstrukcyjnego kontrolera zmuszając do przetestowania poszczególnych elementów układu celem znalezienia przyczyny błędu. Brak błędów w połączeniach wykonanych na PCB kontrolera przy świadomości możliwości wystąpienia takiego zjawiska jak zbyt duża impedancja linii sygnałowej TwoWire, co choć było trudne do zweryfikowania jako przyczyny błędów komunikacji pozwoliło na pomyślne rozwiązanie problemu poprzez skrócenie linii danych prowadzącej do układu DS3231.

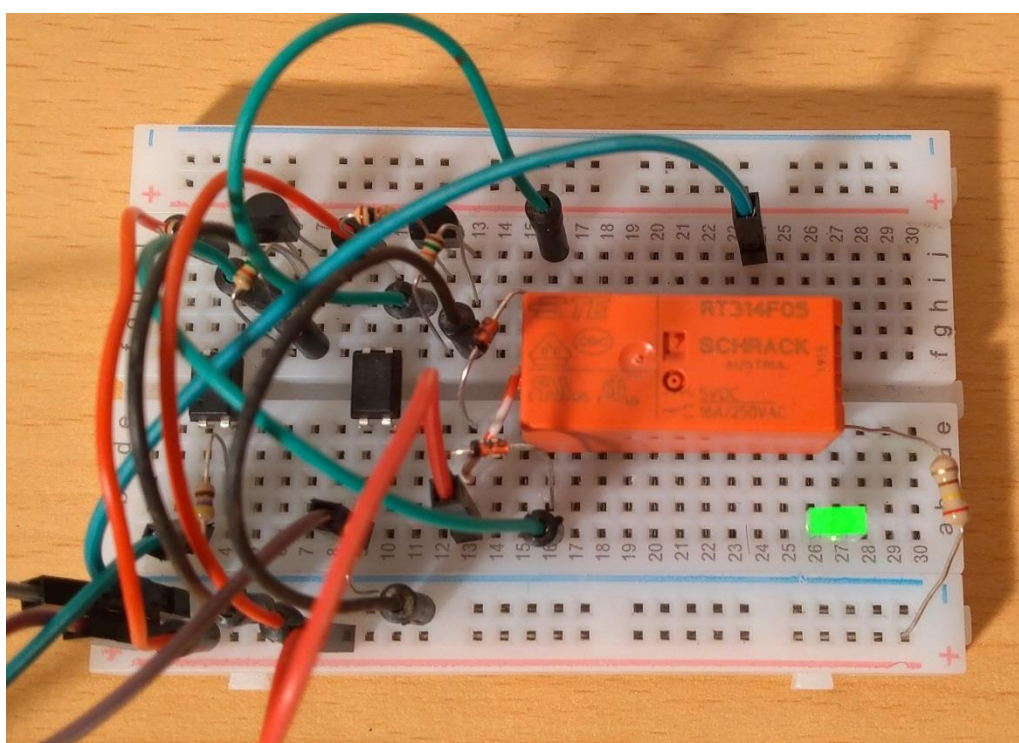
4.1. Wykonanie kontrolera

Elementy składające się na budowę kontrolera umieszczono na drukowanej płytce uniwersalnej która umieszczona została wewnątrz uniwersalnej obudowy Z-46 wykonanej z tworzywa koloru czarnego.

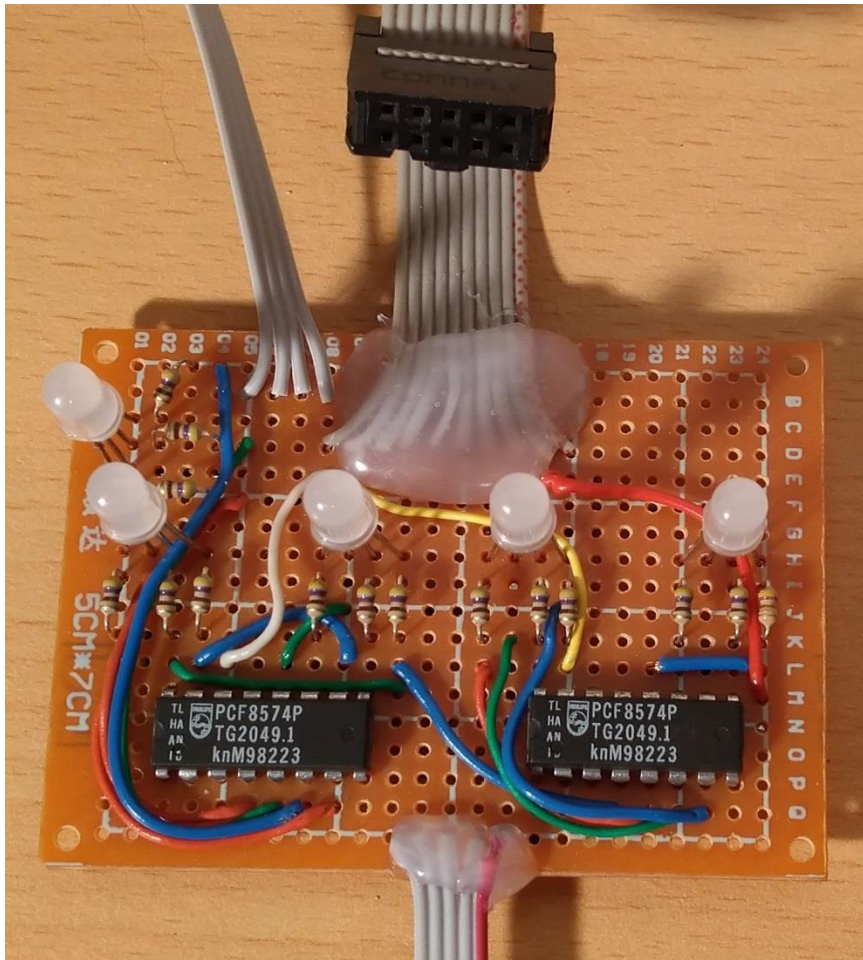
Poniżej przedstawiono zdjęcie układu prototypowego kontrolera wykorzystywanego do testów programu w nim stosowanego.



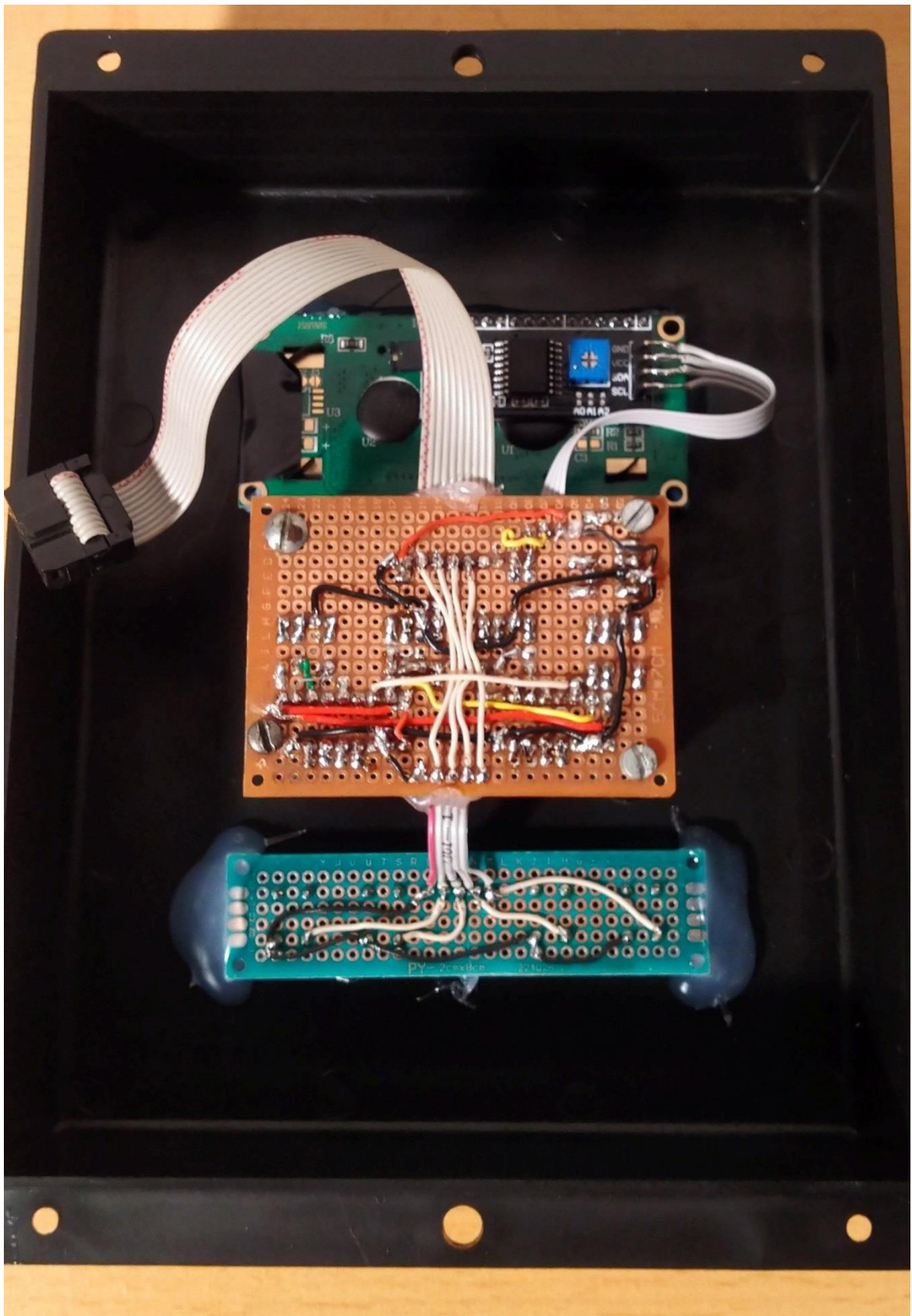
Rysunek 4.1. Zdjęcie układu prototypowego kontrolera



Rysunek 4.2. Zdjęcie układu testowo pomiarowego układu sterowania przekaźnikiem



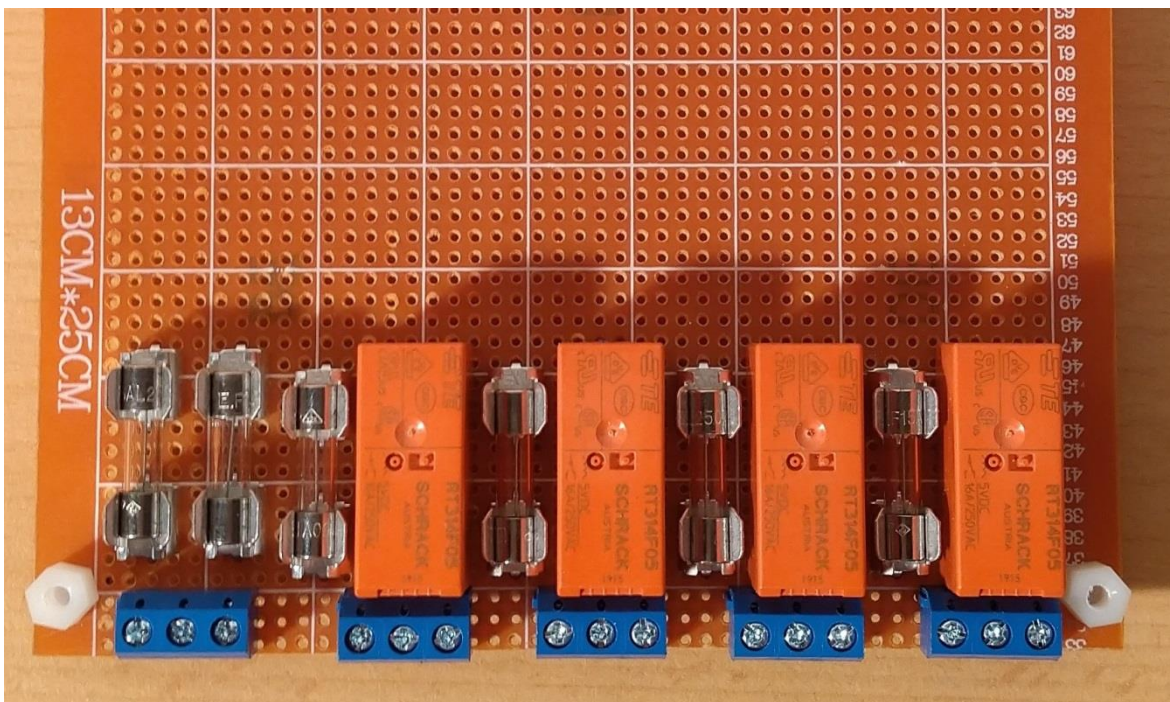
Rysunek 4.3. Zdjęcie płytki uniwersalnej z diodami LED oraz układami PHILIPS PCF8574P przedniego panelu kontrolera.



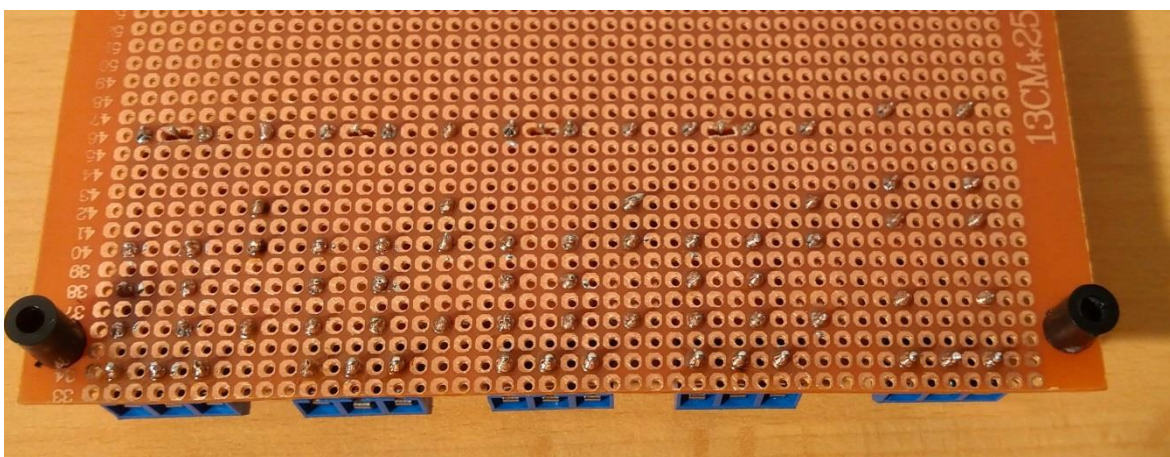
Rysunek 4.4. Zdjęcie przedstawiające wnętrze przedniego panelu kontrolera

W panelu przednim do komunikacji z dolną częścią kontrolera zastosowano taśmę komunikacyjną celem umożliwienia łatwego pełnego demontażu przedniego panelu.

Poniżej przedstawiono kolejne etapy umieszczania elementów na płytce kontrolera. Montaż elementów składowych na płytce PCB kontrolera rozpoczęto od części w której występuje napięcie sieciowe.

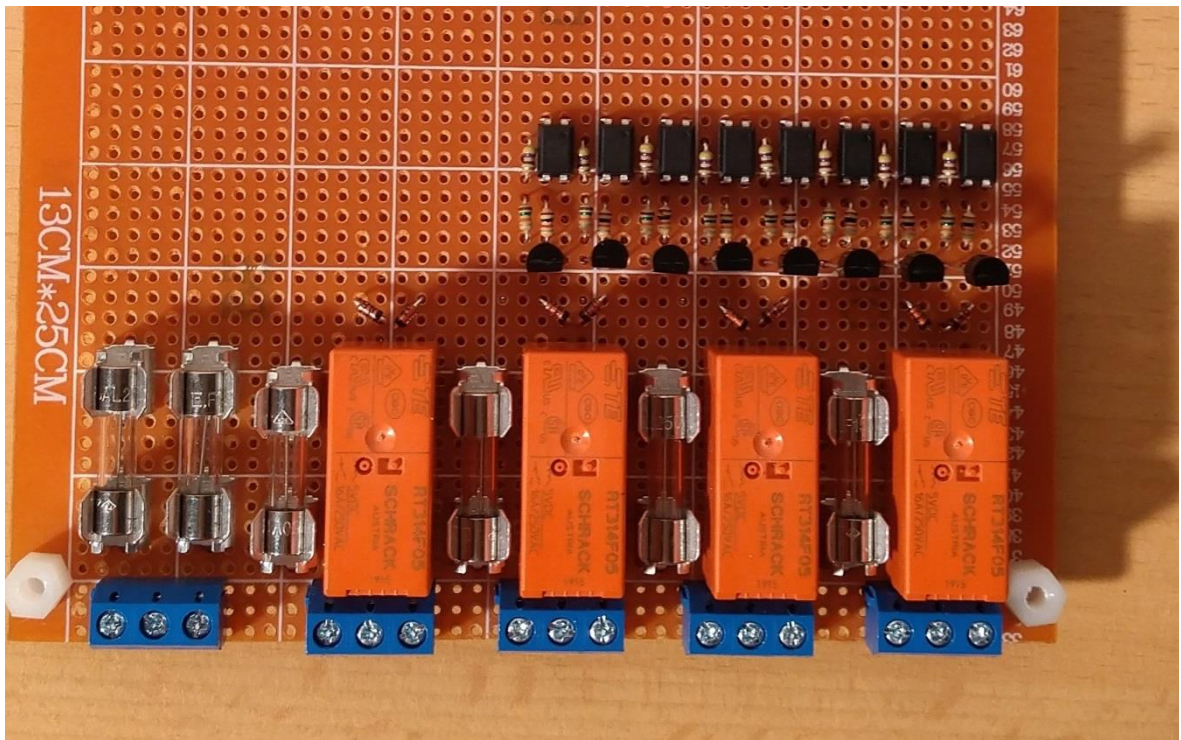


Rysunek 4.5. Zdjęcie przedstawiające gniazdo zasilające wraz z gniazdami wyjść, przekaźnikami zabezpieczonych bezpiecznikami

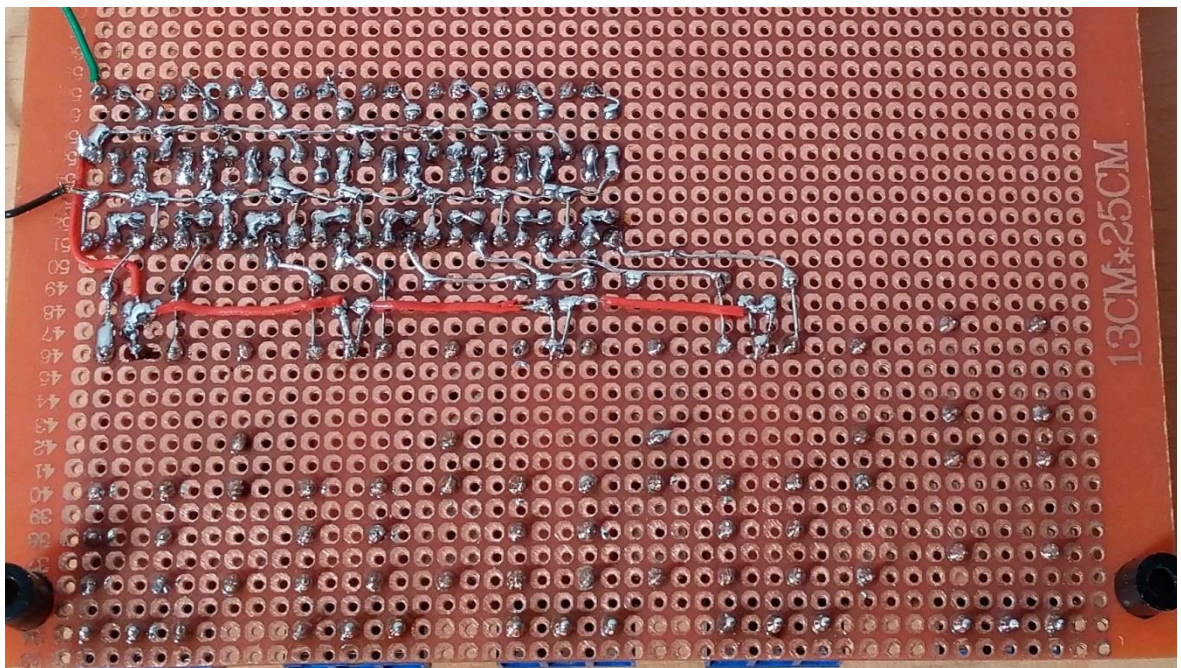


Rysunek 4.6. Zdjęcie przedstawiające punkty lutownicze przekaźników, gniaz bezpiecznikowych oraz gniazd zasilania

Kolejnym etapem było wyposażenie PCB w elementy bierne oraz półprzewodnikowe odpowiadające za odizolowanie i wzmocnienie sygnału sterującego pochodzącego od mikrokontrolera do sterowania przekaźnikami .



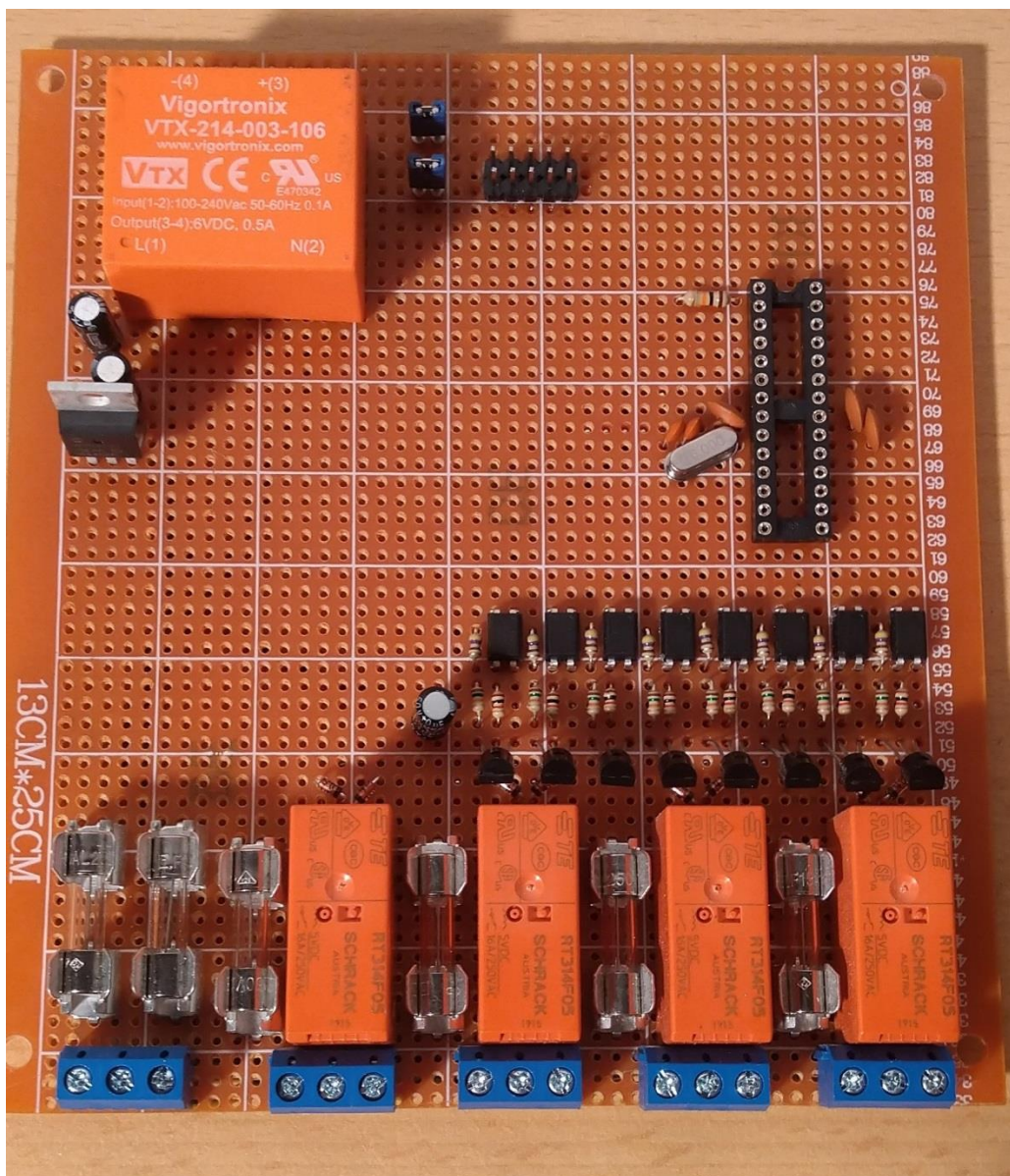
Rysunek 4.7. Zdjęcie przedstawiające sekcję układów sterowniczych sterujących przekaźnikami



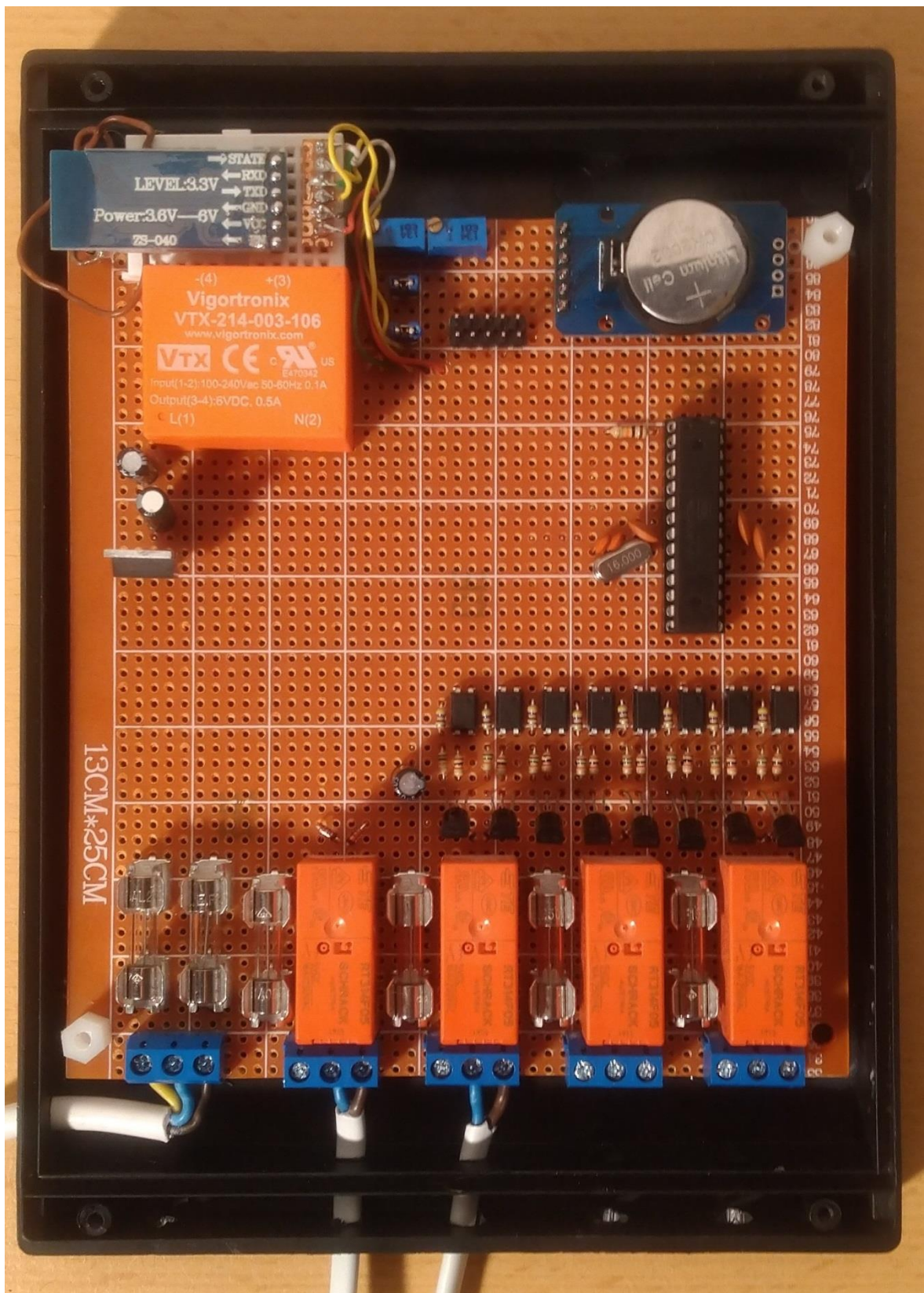
Rysunek 4.8. Zdjęcie przedstawiające dolną część płytki kontrolera oraz wykonane połączenia części sterującej przekaźnikami

Następnie umieszczono kolejne elementy na PCB kontrolera takie jak przetwornik AC/DC Vigortronix VTX-214-003-106, stabilizator liniowy Microchip MCP1826S i towarzyszące mu dwa kondensatory elektrolityczne o pojemności 10 μ F umieszczone kolejno za stabilizatorem oraz w rejonie o najwyższym zapotrzebowaniu na energię

elektryczną w układzie jakim są okolice przekaźników i części sterowniczej. Zamiast jednego kondensatora o pojemności $20\mu\text{F}$ zastosowano dwa o wartości $10\mu\text{F}$, co zmniejsza ich rezystancję oraz skraca drogę dla przepływającego w układzie prądu do miejsca jego największego zużycia w obszarze przekaźników, co minimalizuje zmiany poziomu napięć linii +5V. Ponadto na PCB znalazło się gniazdo umożliwiające komunikację z przednim panelem, dwie zworki umożliwiające odizolowanie sygnałów TX oraz RX modułu komunikacji bezprzewodowej HC-05 oraz gniazdo DIP-28 przeznaczone dla serca urządzenia jakim jest mikrokontroler ATmega328P-PU wokół którego umieszczono kondensatory ceramiczne o pojemności 100nF celem odfiltrowania zakłóceń z pinów zasilania mikrokontrolera oraz oscylator kwarcowy 16.000 MHz wraz z towarzyszącymi mu kondensatorami o wartości 22pF wymaganymi do poprawnej pracy oscylatora.



Rysunek 4.9. Zdjęcie przedstawiające dolną część płytki kontrolera z umieszczoną większością elementów przeznaczonych do montażu w kontrolerze



Rysunek 4.10. Zdjęcie przedstawiające dolną część płytki kontrolera z umieszczonymi wszystkimi elementami składowymi.

Moduł komunikacji bezprzewodowej HC-05 umieszczono na płytce stykowej zamieszczonej wewnątrz obudowy kontrolera aby umożliwić jego demontażu celem

wprowadzania zmian w jego ustawieniach przy użyciu monitora portu szeregowego Arduino IDE oraz układu komunikacyjnego zbudowanego na Arduino Uno.

Dzielnik napięcia celem obniżenia poziomu napięć sygnału TX wychodzącego z mikrokontrolera z 5V do stosowanych przez układ HC-05 zbudowano przy użyciu dwóch potencjometrów montażowych celem umożliwienia zmian ich wartości.



Rysunek 4.11. Zdjęcie przedstawiające gotowy panel przedni kontrolera

4.2. Przetestowanie kontrolera oraz sterownika

Następnym etapem było przetestowanie zbudowanego układu. Etap ten pozwolił na uwidocznienie błędów występujących w programie oraz ich sukcesywne eliminowanie.

Po dopracowaniu większości funkcji stosowanych w programie z powodzeniem można było przejść do etapu prezentacji działania kontrolera. Sterownik na etapie testów umieszczony był na płytce prototypowej jednakże programowo niemal ukończony.



Rysunek 4.12. Zdjęcie przedstawiające drugi z ekranów wstępnych wykonywany funkcją `wyświetl_godzine_i_wyjscia` prezentującą tryb pracy poszczególnych kanałów

Ponadto na powyższym zdjęciu widać funkcjonujące diody stanów wyjść umieszczone w rzędzie pod wyświetlaczem. Dioda świecąca kolorem zielonym to dioda stanu połączenia, zaś zielony kolor oznacza nawiązane połączenie z drugim modulem HC-05 umieszczonym na uruchomionym obok układzie prototypowym sterownika.

Po potwierdzeniu poprawnej możliwości poruszania się menu LCD zarówno kontrolera jak i sterownika następnym etapem było przetestowanie kluczowej funkcji zmianu stanu wyjść kontrolera wywoływanej zarówno przy użyciu kontrolera jak i sterownika.

Poniższe zdjęcie prezentuje układ testowy podłączony do kontrolera z ustawionymi wyjściami w stan wyłączony.



Rysunek 4.13. Zdjęcie przedstawiające działające oba urządzenia składające się na system poprawnie komunikujące się wraz z przykładowym obciążeniem wyjść kontrolera

Następne zdjęcie przedstawia poprawnie funkcjonującą możliwość załączenia wszystkich wyjść wywołaną za pomocą znajdującego się obok sterownika przy użyciu połączenia bezprzewodowego.



Rysunek 4.14. Zdjęcie przedstawiające działające oba urządzenia składające się na system poprawnie kominukujące się wraz z przykładowym obciążeniem wyjść kontrolera

Następnie przetestowano obsługę wyjść przy pomocy menu LCD kontrolera.



Rysunek 4.15. Zdjęcie przedstawiające kontroler z układem testowym po wyłączeniu wszystkich wyjść przy pomocy menu LCD kontrolera



Rysunek 4.16. Zdjęcie przedstawiające kontroler z układem testowym po włączeniu wszystkich wyjść z poziomu menu LCD kontrolera

Następnie testowano zmianę stanu kanałów wyjściowych indywidualnie przy użyciu menu LCD kontrolera



Rysunek 4.17. Zdjęcie przedstawiające wyłączony jeden z kanałów kontrolera



Rysunek 4.18. Zdjęcie przedstawiające dwa indywidualnie wyłączone kanały kontrolera przy użyciu menu LCD kontrolera

Kolejną przetestowaną funkcją była funkcja zmiany stanu świecenia diod wyjść zmieniana z poziomu menu LCD kontrolera.



Rysunek 4.19. Zdjęcie przedstawiające włączone diody stanów wyjść



Rysunek 4.20. Zdjęcie przedstawiające działającą funkcję wyłączenia diod stanu

4.3. Przyrząd do pomiaru zużycia prądu w trybie czuwania urządzeń jednofazowych

4.3.1. Wykonanie przyrządu

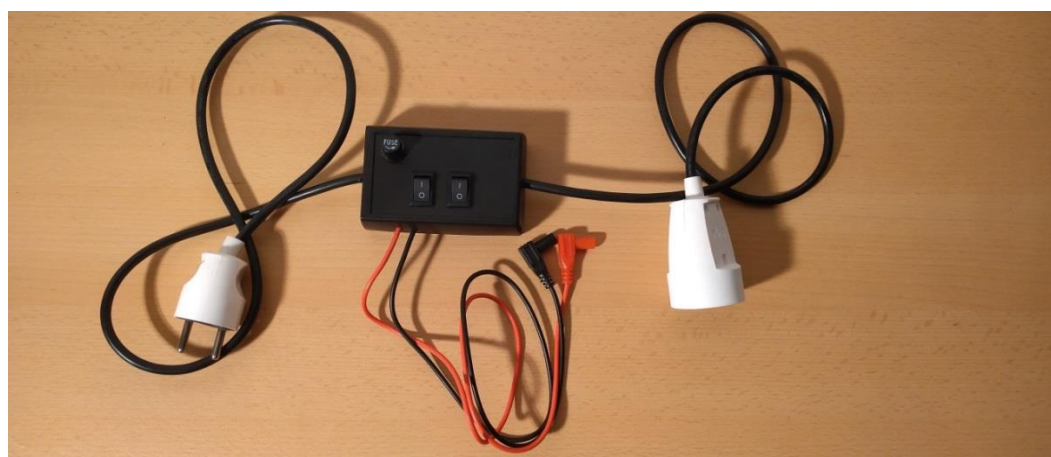
Przyrząd wykonano z wykorzystaniem poniższych elementów:

Tabela 4.1. Lista elementów wykorzystanych do budowy przyrządu do pomiaru przepływu prądu urządzeń jednofazowych w trybie czuwania

Obudowa uniwersalna Z-119 z czarnego tworzywa
Gniazdo pojedyncze z uziemieniem 16A IP20 SE ELDA S-131
Wtyczka z uziemieniem 16A IP20 SE ELDA W-131
Przewód zasilający KEMA-KEUR H03VV-F 3 żyłowy 0.75mm ²
2x Przełącznik kołyskowy ZF ELECTRONICS LRA32H2FBBNN 10A
Przewody pomiarowe do miernika XTREME 57-009# 10A 1000V
Przewód czarny LGY 1x0.75mm ² 300/500V
Przewód czerwony LGY 1x0.75mm ² 300/500V



Rysunek 4.21. Zdjęcie przedstawiające elementy wykorzystane do konstrukcji przyrządu do pomiaru przepływu prądu czuwania urządzeń jednofazowych



Rysunek 4.22. Zdjęcie przedstawiające wykonany przyrząd do pomiaru przepływu prądu czuwania urządzeń jednofazowych

4.3.2. Przetestowanie przyrządu

Poniżej przedstawiono użycie przyrządu do pomiaru przepływu prądu czuwania urządzeń jednofazowych podczas dokonywania pomiaru z wykorzystaniem miernika UNI-T UT33A.



Rysunek 4.23. Zdjęcie przedstawiające dokonywanie pomiaru z użyciem przyrządu do pomiaru przepływu prądu urządzeń jednofazowych oraz miernika UNI-T UT33A wyświetlając wskazanie przepływu prądu w trybie czuwania na poziomie 357,8 μA

5. Analiza zużycia energii i opracowanie wyników zastosowania kontrolera

Poniżej zaprezentowano zestawienie wyników pomiarów uzyskanych za pomocą przyrządu do pomiaru przepływu prądu w trybie czuwania urządzeń jednofazowych.

Tabela 5.1. Wyniki pomiarów przepływu prądu w trybie czuwania badanych odbiorników jednofazowych uzyskane z użyciem wykonanego przyrządu

Nazwa urządzenia	Uzyskany pomiar przepływu prądu
Monitor AG Neovo F-417	348,9 μ A
Monitor Samsung Syncmaster 923NW	315,2 μ A
Monitor DELL S2316H	357,8 μ A
TV Manta 43LFN120D	352,2 μ A
komputer stacjonarny 5 letni	320,5 μ A
komputer stacjonarny 7 letni	343,7 μ A
komputer stacjonarny 10 letni	370,1 μ A
Drukarka HP DeskJet 5075	305,2 μ A

5.1. Zestawienie kosztów pracy urządzeń w trybie czuwania oraz oszczędności wynikających z zastosowania kontrolera

Uwzględniając cenę energii elektrycznej uzyskanej od operatora PGE sprzedawanej przez PGE Obrót według taryfy G11 dla gospodarstw domowych, według strony www.cena-pradu.pl/tabela.html z dnia 10.09.2020 wynoszącą 0,64 zł/kWh koszty energii elektrycznej zużytej przez urządzenia przedstawione w Tabeli 5.1. przyjmując wartość napięcia sieciowego równą dokładnie 230 V, gdyby urządzenia przez cały czas pozostawały w trybie czuwania powodując przepływ prądu jak w trakcie dokonanych pomiarów przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 5.2. Zestawienie zużycia energii w kilowatogodzinach przez zbadane urządzenia w skali czasu

Nazwa urządzenia	8 godzin [kWh]	doba [kWh]	tydzień [kWh]	miesiąc [kWh]	rok [kWh]	dwa lata [kWh]
Monitor AG Neovo F-417	0,000641	0,001925	0,013481	0,053925	0,647111	1,294223
Monitor Samsung Syncmaster 923NW	0,000579	0,001739	0,012179	0,048717	0,584607	1,169215
Monitor DELL S2316H	0,000658	0,001975	0,013825	0,055301	0,663618	1,327237
TV Manta 43LFN120D	0,000648	0,001944	0,013609	0,054436	0,653232	1,306464
komputer stacjonarny 5 letni	0,000589	0,001769	0,012384	0,049536	0,594437	1,188875
komputer stacjonarny 7 letni	0,000632	0,001897	0,013280	0,053122	0,637467	1,274934
komputer	0,000680	0,002042	0,014300	0,057202	0,686431	1,372863

stacjonarny 10 letni						
Drukarka HP DeskJet 5075	0,000561	0,001684	0,011792	0,047171	0,566060	1,132121

Zużycie energii w trybie czuwania badanych urządzeń jest na porównywalnym poziomie co tyczy się również starszych urządzeń jak 10 letni komputer stacjonarny.

Przyjmując cenę energii dostarczanej przez PGE oraz kupionej od PGE Obrót według taryfy G11 dla gospodarstw domowych wynoszącą 0,64 zł/kWh otrzymujemy wyniki kosztów energii elektrycznej zużytej przez zbadane urządzenia w skali czasu ukazane w poniższej tabeli.

Tabela 5.3. Zestawienie kosztów zużytej energii zakładając koszt energii elektrycznej na poziomie 0,64 zł/kWh przez zbadane urządzenia w skali czasu

Nazwa urządzenia	8 godzin [zł]	dość [zł]	tydzień [zł]	miesiąc [zł]	rok [zł]	dwa lata [zł]
Monitor AG Neovo F-417	0,000410	0,001232	0,008628	0,034512	0,414151	0,828303
Monitor Samsung Syncmaster 923NW	0,000371	0,001113	0,007794	0,031179	0,374149	0,748297
Monitor DELL S2316H	0,000421	0,001264	0,008848	0,035393	0,424716	0,849432
TV Manta 43LFN120D	0,000414	0,001244	0,008709	0,034839	0,418068	0,836137
komputer stacjonarny 5 letni	0,000447	0,001132	0,007925	0,031703	0,380440	0,760880
komputer stacjonarny 7 letni	0,000318	0,001214	0,008499	0,033998	0,407979	0,815958
komputer stacjonarny 10 letni	0,000435	0,001307	0,009152	0,036609	0,439316	0,878632
Drukarka HP DeskJet 5075	0,000359	0,001078	0,007547	0,030189	0,362278	0,724557

Zestawienie zużycia energii elektrycznej w kWh przez wybrane 4 urządzenia z zastosowaniem kontrolera w trybie oszczędnej oraz zwykłej pracy w porównaniu do zużycia energii elektrycznej bez zastosowania kontrolera.

Tabela 5.4. Zestawienie zużycia energii elektrycznej 3 monitorów oraz telewizora w kWh bez użycia kontrolera oraz z użyciem kontrolera w trybie zwykłej pracy oraz pracy oszczędnej

Nazwa urządzenia lub konfiguracji	dość [kWh]	tydzień [kWh]	miesiąc [kWh]	rok [kWh]	dwa lata [kWh]
Monitor AG Neovo F-417, Monitor Samsung Syncmaster 923NW, Monitor DELL S2316H oraz TV Manta 43LFN120D bez kontrolera	0,0075	0,0530	0,2123	2,5485	5,0971
z kontrolerem wyłączającym urządzenia na 8 h w trybie pracy normalnej	0,0055	0,0386	0,1547	1,8566	3,7133
z kontrolerem wyłączającym urządzenia na 8 h w trybie pracy oszczędnej	0,0054	0,0379	0,1516	1,8196	3,6392

W powyższym zestawieniu przyjęto zużycie energii zaprojektowanego kontrolera w trybie normalnej pracy wyświetlacza i normalnej pracy diod LED na zmierzonym poziomie 85 μ A oraz 50 μ A w trybie wygaszanego ekranu oraz wyłączonych diodach LED

co daje przedstawione powyżej wyniki w przypadku wykorzystania kontrolera do wyłączenia na czas 8 godzin 4 odbiorników w formie zbadanych monitorów oraz telewizora.

Kolejnym zestawieniem jest przedstawienie wyników kosztów energii elektrycznej pracy 4 użytych w analizie urządzeń oraz oszczędności wynikających z zastosowania kontrolera w obu trybach pracy.

Tabela 5.5. Zestawienie kosztów zużytej energii elektrycznej przez 3 monitory i telewizor bez użycia kontrolera oraz z użyciem kontrolera w trybie zwykłej pracy oraz pracy oszczędnej

Nazwa urządzenia lub konfiguracji	dość [zł]	tydzień [zł]	miesiąc [zł]	rok [zł]	dwa lata [zł]
Monitor AG Neovo F-417, Monitor Samsung Syncmaster 923NW, Monitor DELL S2316H oraz TV Manta 43LFN120D bez kontrolera	0,00485	0,03398	0,13592	1,63108	3,26217
z kontrolerem wyłączającym urządzenia na 8 h w trybie pracy normalnej	0,00353	0,02475	0,09902	1,18828	2,37657
z kontrolerem wyłączającym urządzenia na 8 h w trybie pracy oszczędnej	0,00346	0,02426	0,09704	1,16454	2,32909

Korzystając z tych wyników można oszacować oszczędności kosztów zużycia energii w skali czasu przedstawione w następnym tabeli.

Tabela 5.6. Zestawienie oszczędności kosztów zużytej energii elektrycznej przez 3 monitory i telewizor z użyciem kontrolera w trybie zwykłej pracy oraz pracy oszczędnej

Nazwa konfiguracji	dość [zł]	tydzień [zł]	miesiąc [zł]	rok [zł]	dwa lata [zł]
z kontrolerem wyłączającym urządzenia na 8 h w trybie pracy normalnej	0,00131	0,00922	0,03689	0,44279	0,88559
z kontrolerem wyłączającym urządzenia na 8 h w trybie pracy oszczędnej	0,00138	0,00971	0,03887	0,46653	0,93307

Uzyskane wyniki pozwalają na wyliczenie procentowej oszczędności zużycia energii elektrycznej w stosunku do funkcjonowania urządzeń bez wykorzystania kontrolera co jest równoznaczne wprost proporcjonalnej oszczędności kosztów zużytej energii.

Tabela 5.7. Zestawienie zużytej energii elektrycznej przez 3 monitory i telewizor z użyciem kontrolera w trybie zwykłej pracy oraz pracy oszczędnej przedstawionej w porównaniu do zużycia energii przez te urządzenia w formie procentowej

Nazwa konfiguracji	Procentowa oszczędność w danym trybie pracy
z kontrolerem wyłączającym urządzenia na 8 h w trybie pracy normalnej	27,147%
z kontrolerem wyłączającym urządzenia na 8 h w trybie pracy oszczędnej	28,603%

5.2. Wnioski

Uzyskane wyniki jasno pokazują, że wykonanie systemu dokonującego realnych oszczędności jest zadaniem wymagającym, jednakże wartym wysiłku. Urządzenia wykorzystane do zestawienia cechowały się niskim zużyciem energii elektrycznej w ich trybach czuwania a mimo to osiągnięto oszczędności na poziomie 28%. Doskonałym rozwinięciem takiego systemu byłoby wprowadzenie możliwości monitorowania zużycia energii przez poszczególne odbiorniki zasilane za pomocą kontrolera oraz możliwość regulacji mocy odbiorników takich jak oświetlenie.

Wprowadzenie inteligentnego załączania oświetlenia ze względu na obecność osoby w danym pomieszczeniu posunęłyby te oszczędności jeszcze dalej. Ponadto atrakcyjnym aspektem takich systemów jest ich funkcjonalność dzięki takim możliwościom jak umożliwienie zdalnej kontroli, podejrzenia parametrów urządzeń będących w systemie inteligentnego domu czy możliwość ustalenia automatycznego harmonogramu załączania takich urządzeń wedle naszych upodobań. Zaproponowany kontroler celem osiągnięcia wyższych oszczędności kosztów zużytej przez podłączone do niego odbiorniki musiałby wykorzystywać do pracy mikrokontroler pracujący na niższym taktowaniu i napięciu zasilania, co zmniejszyłoby zużywaną przez niego energię, jednak wymagałoby zastosowania innych rozwiązań konstrukcyjnych.

Innym rozwiązaniem które również mogłoby znacząco zmniejszyć zużycie energii przez kontroler byłoby wprowadzanie mikrokontrolera obsługującego kontroler w jeden ze stanów oszczędzania energii, przygotowany przez producenta układów Atmel, co jednak byłoby rozwiązaniem problematycznym ze względu na konieczność wybudzania go za pomocą sygnału przerwania, który musiałby być generowany przez oddzielny układ, taki jak zastosowany w kontrolerze układ zegara czasu rzeczywistego DS3231. Wykorzystanie tego układu wymagałoby jednak odpowiedniej konstrukcji programu poprzez ustawianie alarmu układu DS3231 na najbliższe działanie które ma zostać zrealizowane przez kontroler o określonej godzinie, ponadto uniemożliwiłoby komunikację sterownika z kontrolerem do czasu wystąpienia przerwania generowanego z układu DS3231.

W dalszym ciągu oszczędności wynikające z tych rozwiązań będą wprost proporcjonalne do ilości urządzeń przez nie kontrolowanych oraz zużycia energii elektrycznej przez te urządzenia.

6. Podsumowanie

Wyniki pomiarów przepływu prądu urządzeń jednofazowych w trybie czuwania wykorzystanych do pomiarów, ich zużycie energii, jej kosztów oraz oszczędności wynikających z zastosowania systemu jasno przedstawiają, że zastosowanie podobnych systemów z wykorzystaniem współczesnych urządzeń staje się zauważalne w skali czasu wraz ze wzrostem ilości urządzeń podłączonych do systemu oraz zużycia energii przez te urządzenia.

W przypadku zaproponowanego rozwiązania jakim jest prezentowany kontroler oszczędności na poziomie 27,14% dla trybu normalnej pracy kontrolera 28,6% są wynikiem bardzo dobrym biorąc pod uwagę, iż urządzenia współcześnie projektowane i produkowane stają przed koniecznością spełnienia coraz to bardziej wymagających norm energetycznych.

Pomimo tego przy użyciu zaproponowanego kontrolera udało się uzyskać oszczędności rzędu 28%, które byłyby znacznie wyższe gdyby zastosować go do użycia ze starszym sprzętem lub urządzeniami pracującymi w normalnych stanach pracy, gdzie energia zużywana przez nie byłaby znacznie większa, a co za tym idzie również i dużo większe oszczędności możliwe do uzyskania. Dobrym przykładem może być sterowanie oświetlenia które może się automatycznie wyłączać o danej porze lub załączać jedynie podczas obecności osoby w danym pomieszczeniu czy też stopniowej regulacji mocy takiego odbiornika.

Wykorzystanie urządzeń oraz systemów inteligentnego domu pozwala na zmniejszenie skutków coraz bardziej zauważanego przez ogół społeczeństwa problemu jakim jest zużycie energii przez urządzenia pracujące w trybie czuwania. Coraz to nowsze układy zasilania stosowane w urządzeniach konsumenckich muszą spełniać normy energetyczne których wymogi stale rosną. W wielu przypadkach odpowiednie wykorzystanie urządzeń inteligentnego domu pozwala znacząco zredukować zużycie energii elektrycznej przez urządzenia zużywające ją podczas gdy nie są wykorzystywane.

Ponadto istotne znaczenie w dziedzinie oszczędzania energii przy użyciu systemów inteligentnego domu mają urządzenia monitorujące zużycie energii elektrycznej co pozwala na oszacowanie zużycia energii przez poszczególne urządzenia oraz zlokalizowanie urządzeń które zużywają jej dużo więcej niż sądzili ich posiadacze.

Zastosowanie systemu takiego jak prezentowany w ramach niniejszej pracy dyplomowej pozwala na zauważalną redukcję zużywanej energii elektrycznej nawet w

przypadku małej ilości kontrolowanych urządzeń pozwalając na osiągnięcie oszczędności na poziomie 28% nawet przy współczesnych urządzeniach.

Autor za wkład własny uważa zaprojektowanie schematów kontrolera oraz sterownika, co wymagało analizy dostępnych rozwiązań dla zadań realizowanych przez poszczególne elementy tych urządzeń, na co składała się głównie analiza dokumentacji technicznej dostarczanej przez producentów poszczególnych elementów. Miało to szczególne znaczenie przy konstruowaniu urządzeń wchodzących w skład prezentowanej pracy ze względu na charakter realizowanych przez te urządzenia zadań, jakimi są optymalizacja i minimalizacja zużycia energii elektrycznej. Wymagało to dobrania elementów wprowadzających jak najmniejsze straty w układzie, szczególnie w kwestiach doboru rozwiązań i elementów zasilania, których koncepcja była wielokrotnie zmieniana celem osiągnięcia jak najwyższego poziomu sprawności tych urządzeń oraz minimalizacji energii rozpraszanej przez elementy wchodzące w skład prezentowanych urządzeń w stanie ich niskiego obciążenia. Obszar konstrukcyjny był jednym z kluczowych obszarów którym poświęcono uwagę przy realizacji tej pracy dyplomowej, jednakże drugim z nich które autor uważa za swój wkład własny który wymagał dużej uwagi było napisanie programów wykorzystywanych przez urządzenia wchodzące w skład systemu, których funkcje zostały stworzone na potrzeby realizacji tej pracy dyplomowej, dążąc do wykonywania oczekiwanych przez nie zadań w możliwie sprawny sposób z założeniem umożliwienia jak największej kontroli każdej z funkcji wchodzących w skład tych programów oraz możliwości wpływania na nie między sobą.

Praca dyplomowa została zrealizowana w trakcie pandemii COVID-19, co wiązało się z licznymi utrudnieniami.

Załączniki

Załączniki w postaci kodu źródłowego programu kontrolera oraz sterownika zawarto w formie elektronicznej jako oddzielne pliki tekstowe stanowiące element publikacji.

BIBLIOGRAFIA

- [1] https://www.eura-tech.eu/b2b/img/g1000/Sterowanie_bezprzewodowe_Sterowanie_WiFi_Sterowniki_WiFi_EuraTecheu_H11H145_WS45H1_5905548276373_1620_10.jpg. Dostęp 5.09.2020.
- [2] <https://www.eura-tech.eu/sterownik-wifi-el-home-ws-45h1-4-kanaly-ac-230v-50hz-na-szyne-din,3,325,1620>. Dostęp 5.09.2020. Dostęp 5.09.2020.
- [3] <https://files.orno.pl/foto/5900378659938.png>. Dostęp 5.09.2020.
- [4] <https://www.orno.pl/pl/category/productData/5681/Zestaw-gniazd-bezprzew--ster--pilotem-3-1>. Dostęp 5.09.2020.
- [5] <https://elty.pl/userdata/public/gfx/11013/inteligentna-listwa-zasilajaca-Wifi-blitzwolf-BW-SHP9-Tuya.jpg>. Dostęp 6.09.2020.
- [6] <https://www.blitzwolf.com/BlitzWolf-BW-SHP9-15A-3300W-Smart-Power-Strip---3-Outlets-EU-with-Dual-USB-2.4A-Output,-Remote-Control,-Timing-Function,-Voice-Control,-Safety-Protection-and-Indicator-Light-p-417.html>. Dostęp 5.09.2020.
- [7] <https://elty.pl/userdata/public/gfx/9378/SONOFF-BASIC-R3---przelacznik-sterowany-WiFi.jpg>. Dostęp 5.09.2020.
- [8] <https://sonoff.ie/sonoff/98-sonoff-basic.html>. Dostęp 5.09.2020.
- [9] https://repro.pl/pol_pl_Dotykowy-wlaczni-swiatla-WiFi-RF-433-Sonoff-T1-EU-TX-2-kanalowy-16209_1.jpg. Dostęp 5.09.2020.
- [10] Instrukcja użytkownika producenta inteligentnego włącznika światła Sonoff <http://dl.itead.cc/txseries/TX-EU-user-manual.pdf>. Dostęp 5.09.2020., str.1
- [11] https://dpm.eu/img/master/1950/00_dt22%20-%20widok%201. Dostęp 5.09.2020.
- [12] <https://dpm.eu/gniazda-elektryczne-na-pilota-3-szt,3,42225,5326>. Dostęp 5.09.2020.
- [13] <https://botland.com.pl/pl/wyswietlacze-alfanumeryczne-i-graficzne/2351-wyswietlacz-lcd-2x16-znakow-niebieski-konwerter-i2c-lcm1602.html>. Dostęp 5.09.2020.
- [14] Dokumentacja techniczna producenta dla układu PHILIPS PCF8574 http://www.elenota.pl/datasheet_download/156868/PCF8574. Dostęp 5.09.2020., str.1
- [15] <https://www.piekarz.pl/31302-modul-rozszerzeniowy-bluetooth-hc-05-bluetooth/>. Dostęp 7.09.2020
- [16] Dokumentacja techniczna producenta dla układu MAXIM DS3231 <http://www.jarzebski.pl/datasheets/DS3231.pdf>. Dostęp 7.09.2020.,str.1
- [17] <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>. Dostęp 7.09.2020.

- [18] Dokumentacja techniczna producenta dla układu Atmel ATmega328P-PU
http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf. Dostęp 7.09.2020., str.258
- [19] Dokumentacja techniczna producenta dla przetwornika AC/DC Vigortronix VTX-214-003-106 <http://www.farnell.com/datasheets/2060418.pdf>. Dostęp 7.09.2020., str.2
- [20] Dokumentacja techniczna producenta dla stabilizatora liniowego MPC1826S
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/22057B.pdf>. Dostęp 7.09.2020., str.17
- [21] Dokumentacja konstrukcyjna producenta mikrokontrolera Atmel ATmega328P-PU
http://ww1.microchip.com/downloads/en/Appnotes/atmel-2521-avr-hardware-design-considerations_applicationnote_avr042.pdf. Dostęp 7.09.2020., str.6
- [22] Dokumentacja techniczna producenta dla przekaźnika SCHRACK RT314F05
https://www.te.com/commerce/DocumentDelivery/DDEController?Action=showdoc&DocId=Data+Sheet%7FRT1_bistable%7F0819%7Fpdf%7FEnglish%7FENG_DS_RT1_bistable_0819.pdf. Dostęp 7.09.2020., str.1
- [23] Dokumentacja techniczna producenta dla układu scalonego Linear Technology LTC4412ES6
<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/datasheets/4412fb.pdf>. Dostęp 7.09.2020., str.9
- [24] Dokumentacja techniczna producenta dla zasilacza Cellevia Power CLW-0909-W2E-ER
<https://www.tme.eu/Document/590a51c1b9e3ddb989c4833d12a49cc6/CLW-0909-W2E-ER.pdf>. Dostęp 7.09.2020., str.1
- [25] http://www.martyncurrey.com/wp-content/uploads/2014/10/HC-05_zs-040_01_1200.jpg. Dostęp 7.09.2020.
- [26] <https://www.piekarz.pl/31302-modul-rozszerzeniowy-bluetooth-hc-05-bluetooth/>. Dostęp 8.09.2020.
- [27] https://botland.com.pl/8455-thickbox_default/wyswietlacz-lcd-2x16-znakow-niebieski-konwerter-i2c-lcm1602.jpg. Dostęp 8.09.2020.
- [28] <https://botland.com.pl/pl/wyswietlacze-alfanumeryczne-i-graficzne/2351-wyswietlacz-lcd-2x16-znakow-niebieski-konwerter-i2c-lcm1602.html>. Dostęp 8.09.2020.
- [29] <https://nettigo.pl/system/images/1596/original.jpg>. Dostęp 8.09.2020.
- [30] <https://nettigo.pl/products/modul-dokladnego-zegara-rtc-ds3231-z-pamiecia-EEPROM>. Dostęp 8.09.2020.
- [31] https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/hc_hc-05-user-instructions-bluetooth.pdf. Dostęp 8.09.2020.

STRESZCZENIE PRACY DYPLOMOWEJ INŻYNIERSKIEJ**STEROWANY ZDALNIE WIELOKANALOWY KONTROLER
ODBIORNIKÓW JEDNOFAZOWYCH**

Autor: Wojciech Flis, 150781: EE-ZI-4 Opiekun: dr inż. Kazimierz

Kuryło

Słowa kluczowe: zdalnie, sterowany, kontroler, oszczędzania, energii

Praca przedstawia tematykę koncepcji inteligentnego domu, prezentuje przykładowe komercyjne rozwiązania urządzeń inteligentnego domu oraz analizę ich właściwości. Zawiera propozycję składającego się z dwóch urządzeń systemu w koncepcji urządzeń inteligentnego domu w formie projektu kontrolera oraz sterownika tworzących ten system. Projekt każdego z urządzeń porusza zarówno tematykę aspektów konstrukcyjnych jak i przedstawia program do realizacji działania tych urządzeń. Dokument zawiera także projekt przyrządu do pomiaru przepływu prądu urządzeń w trybie czuwania. Praca przedstawia również realizację wykonania zaprojektowanych urządzeń oraz prezentację ich działania. Przedstawia również analizę wyników zużycia energii przez urządzenia w trybie czuwania oraz wyniki zastosowania prezentowanego systemu

DIPLOMA THESIS (BS) ABSTRACT**REMOTE CONTROLLED MULTI CHANNEL SINGLE PHASE
DEVICES CONTROLLER**Author: Wojciech Flis, code: EE-ZI -4 Supervisor: Kazimierz Kuryło,
DSc, PhD, Eng.

Key words: remote, controlled, controller, energy, saver

Thesis presents concept of intelligent home, examples of devices made in this concept and analysis of their properties. Thesis includes a proposal of system consisting of two devices in intelligent home concept in form of project of controller and driver which builds this system. Project of both devices raise the subjects of construction aspects and presents program used to implement in them to make them work. Document also includes project of instrument to measure current flow of devices in standby mode. Thesis also presents realisation of designed devices and presents their work. Thesis also includes presentation of results from analysis of power usage of devices in standby mode and results of implementation of presented system.