



Politechnika Wrocławska
Katedra Metrologii Elektronicznej i Fotonicznej

Powerbank oraz urządzenie testujące

Projekt zespołowy

Mikołaj Siewierski 263686

Jakub Wrona 263589

Wrocław 2024

Spis treści

1. Wstęp	3
2. Dokumentacja Urządzenia	4
2.1. IP5328P – Układ do zarządzania powerbankiem	4
2.2. Schemat – powerbank	5
2.3. PCB – powerbank	6
2.4. Obudowa – Powerbank	9
2.5. Schemat - Sztuczne obciążenie	10
2.6. Symulacja - Sztuczne obciążenie	11
2.7. Schemat i działanie – Wyzwalacz Quick-Charge	14
3. Wykres Ganta.....	16
4. Koszty	17
5. Analiza ryzyka oraz Przebieg zadań	18
5.1. Zapoznanie z tematyką projektu	19
5.2. Wstępny dobór układu odpowiedzialnego za obsługę Quick Charge.....	19
5.3. / 5.4. Prototypowa wersja układu.....	19
5.5. Schemat układu	20
5.6. Stworzenie płytki PCB.....	22
5.7. Zamówienie potrzebnych elementów.	24
5.8. Otrzymanie wszystkich elementów.....	25
5.9. Zaprojektowanie obudowy.....	25
5.10. Testy	25
5.11. Dokumentacja	26
6. Pomiary	27
6.1. Pomiar spadku napięcia wyjściowego przy różnych prądach wyjściowych z protokołu Quick Charge	27
6.2. Pomiary działania sztucznego obciążenia.....	27
7. Realizacja projektu – analiza oczekiwanego ryzyka do napotkanych problemów	29
8. Podsumowanie	30

1. Wstęp

Powerbanki to niezbędne urządzenia w codziennym życiu, umożliwiające ładowanie telefonów, tabletów i innych gadżetów w dowolnym miejscu i czasie. W zaprojektowanym przez nas urządzeniu zdecydowaliśmy się użyć baterii litowo-polimerowej o pojemności 10000 mAh, opierając się na układzie scalonym IP5328P, który jest dedykowany do powerbanków i kompatybilny z szybkim ładowaniem przez złącze typu C.

Bateria litowo-polimerowa (Li-Pol), została wybrana ze względu na atrakcyjną cenę jak i również dużą pojemność, która umożliwia co najmniej dwukrotne naładowanie standardowego telefonu. Zaletą tego wyboru także jest mniejsza masa niż w przypadku innych rodzajów ogniw oraz długa żywotność.

Układ scalony IP5328P służył do zarządzania energią, obsługiwaniem szybkiego ładowania oraz zabezpieczeniem przed przeładowaniem i nadmiernym rozładowaniem baterii. Ochronia on również konstrukcję przed zbyt wysoką temperaturą. Dodatkowym atutem tego układu jest niska cena oraz obszerna dokumentacja techniczna, która zawiera również znaczną ilość informacji pomagających w konstrukcji płytki powerbanka.

Oprócz samego powerbanka zdecydowano się skonstruować urządzenie pomagające w testowaniu. Z tego powodu skonstruowano sztuczne obciążenie jak i również układ wykorzystujący mikrokontroler ATmega 328P jako wyzwalacz Quick-Charge.

Początkowe założenia projektowe obejmowały wyposażenie urządzenia w porty USB C i USB A, pojemność wystarczającą do pełnego naładowania telefonu, optymalny rozmiar i temperaturę pracy oraz konkurencyjny koszt.

2. Dokumentacja Urządzenia

2.1. IP5328P – Układ do zarządzania powerbankiem

Pierwsze tygodnie pracy nad urządzeniem poświęcono na dobór odpowiednich układów, które nadawałyby się do wykorzystania w projekcie. Ważnymi aspektami podczas poszukiwania odpowiedniego układu do zarządzania powerbankiem były:

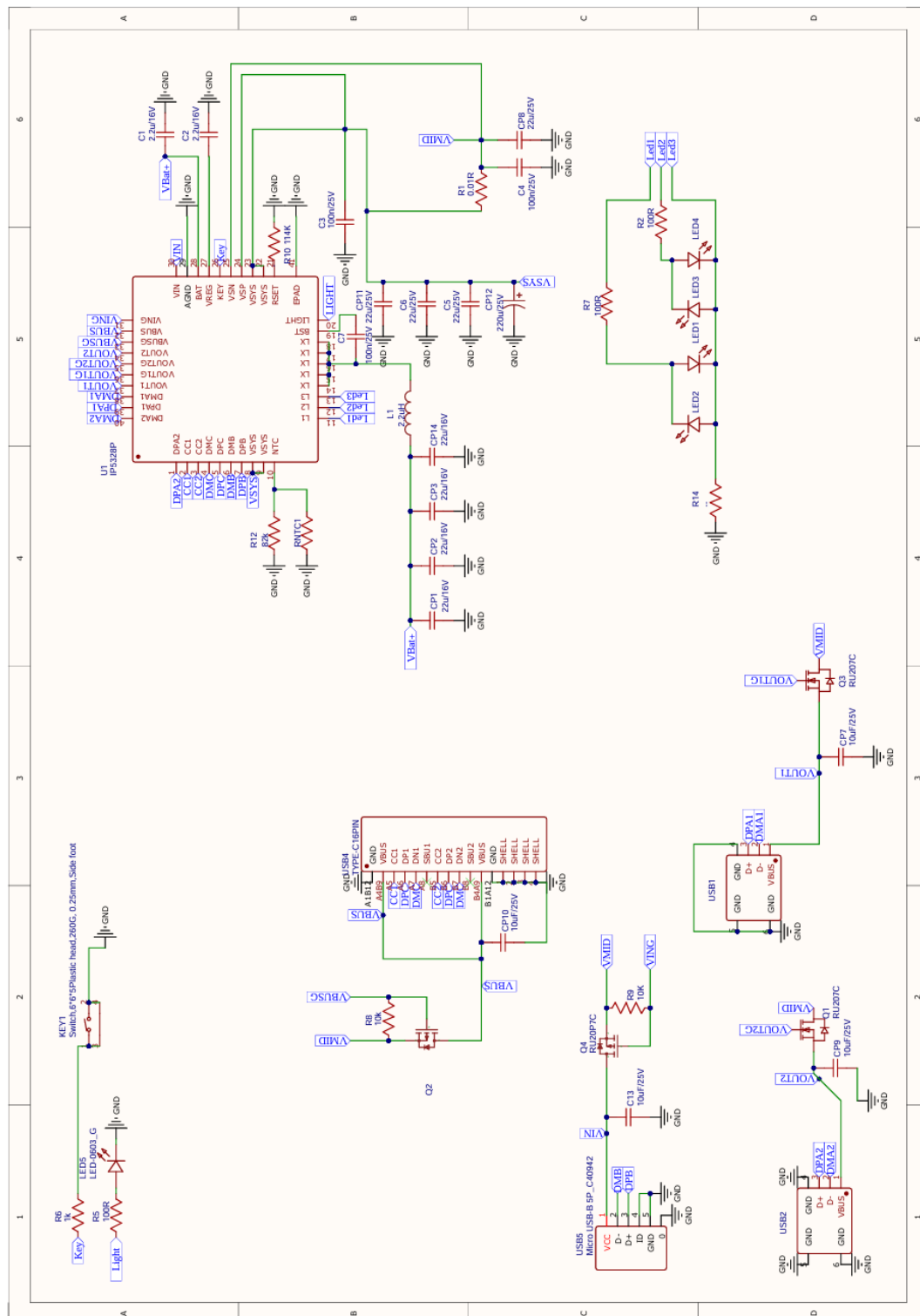
- Co najmniej 2 wyjściowe porty ładowania i jeden port wejściowy ładowania
- Złącze USB type C
- Wsparcie dużej ilości protokołów Quick Charge
- Niska cena
- Wysoka sprawność układu

Po dwóch tygodniach dokonano wyboru układu IP5328P. Zalety wybranego układu były następujące:

- 2 porty wyjściowe ładowania USB A
- 2 porty wejściowo / wyjściowe ładowania (1x USB type C oraz 1x Micro USB)
- Wsparcie dużej ilości protokołów Quick Charge w tym również różnych producentów urządzeń tj. Samsung oraz Apple
- Wbudowany protokół Power Delivery 2.0
- Wsparcie różnych typów baterii od napięcia 4.20V do 4.50V
- Maksymalny prąd wyjściowy dla poszczególnych napięć wyjściowych:
 - 5V / 3.1A
 - 9V / 2A
 - 12V / 1.5A
- Sprawność do 95% (przy 5V / 2A prądu wyjściowego) osiągnięta dzięki zastosowaniu wbudowanych tranzystorów mocy typu MOSFET
- Zabezpieczenie przed zbyt dużym oraz zbyt małym napięciem wejściowym
- Zabezpieczenie przed zbyt dużym prądem wyjściowym
- Zabezpieczenie przed zbyt dużym oraz zbyt małym napięciem baterii
- Ochrona temperaturowa układu oraz baterii

2.2. Schemat – powerbank

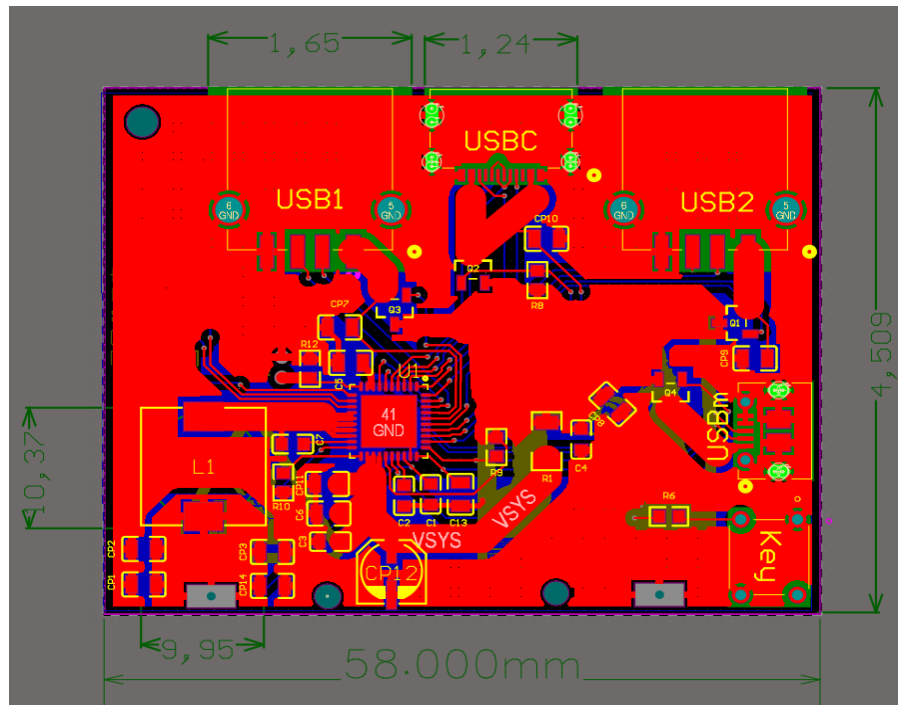
Schemat blokowy został wykonany w programie Altium Designer.



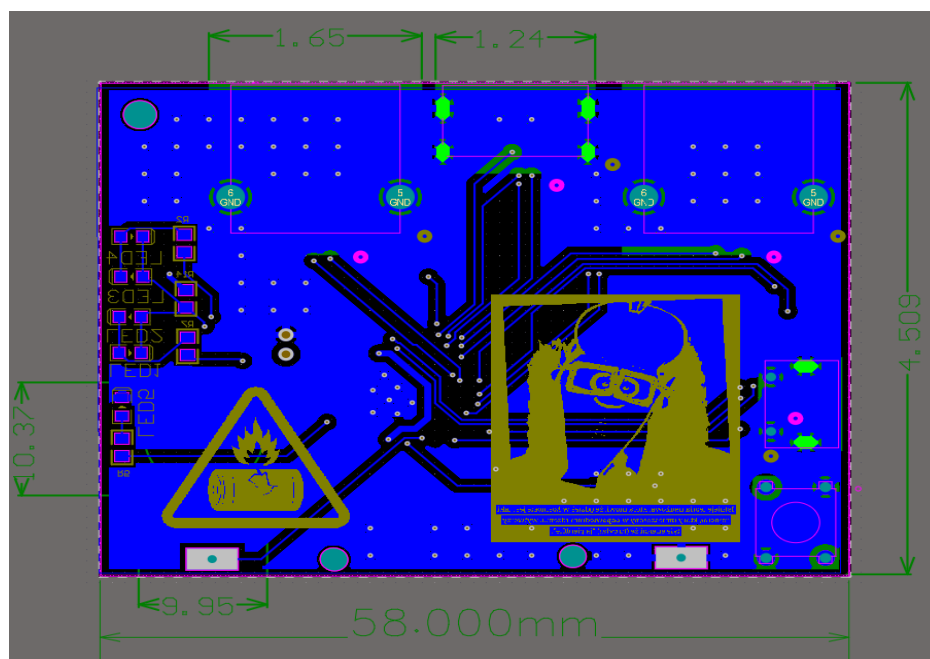
Rysunek 1 Schemat blokowy Powerbanka

2.3. PCB – powerbank

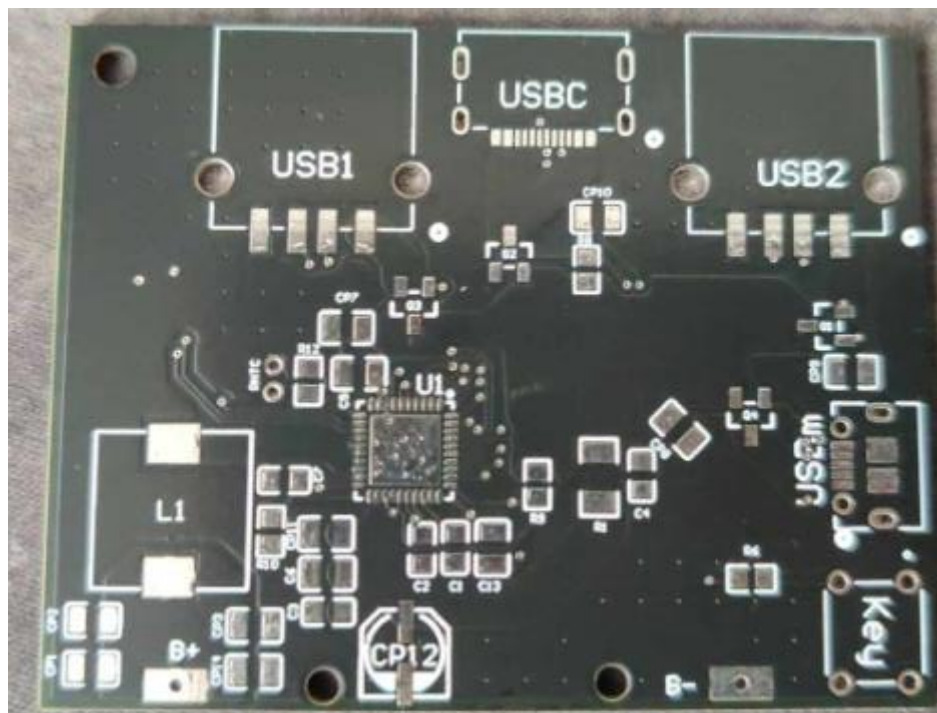
PCB płytki zostało wykonane w programie Altium Designer i przedstawia poprawioną wersję płytki drukowanej. Wymiar płytki na szerokość został dobrany do szerokości baterii tak aby zmieścił się w prostokątnej obudowie.



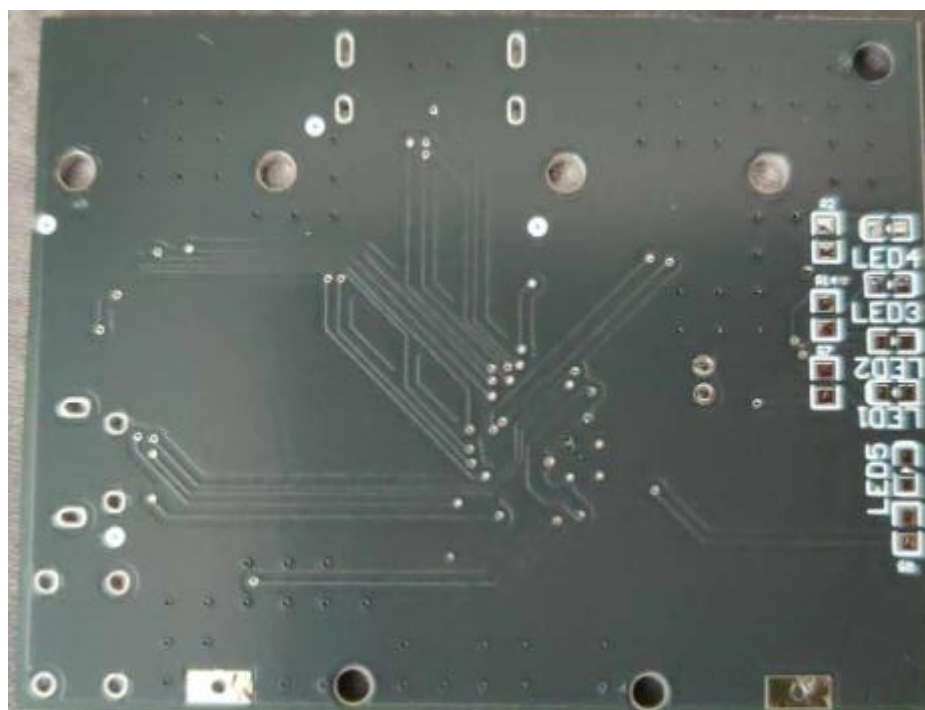
Rysunek 2 PCB - powerbank góra



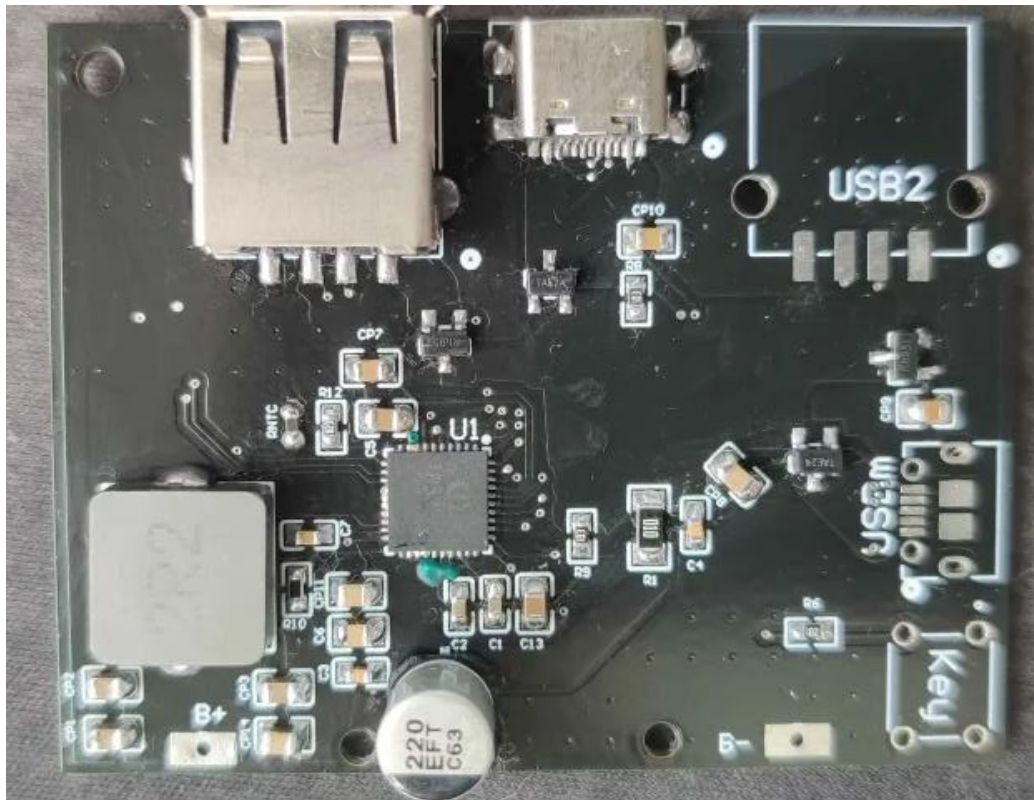
Rysunek 3 PCB - Powerbank dół



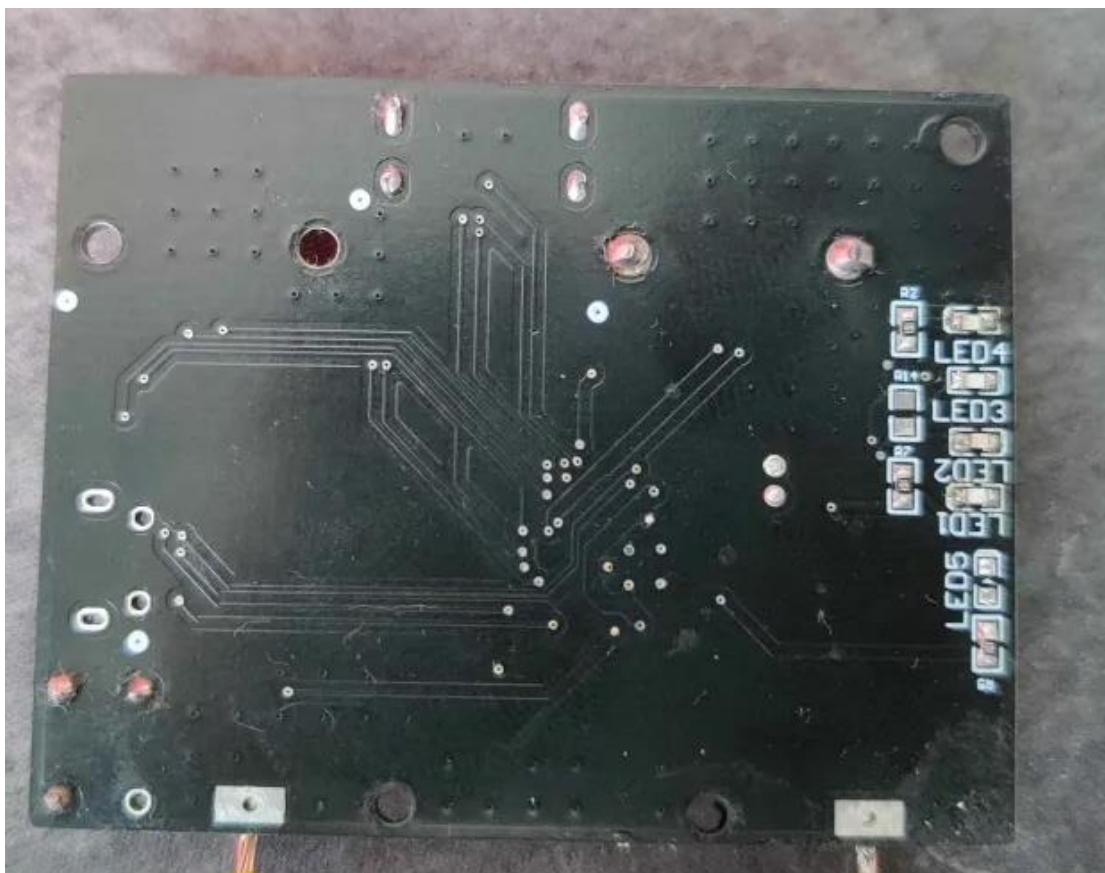
Rysunek 4 Rzeczywisty wygląd płytki od góry



Rysunek 5 Rzeczywisty wygląd płytki od dołu



Rysunek 6 Układ polutowany od góry



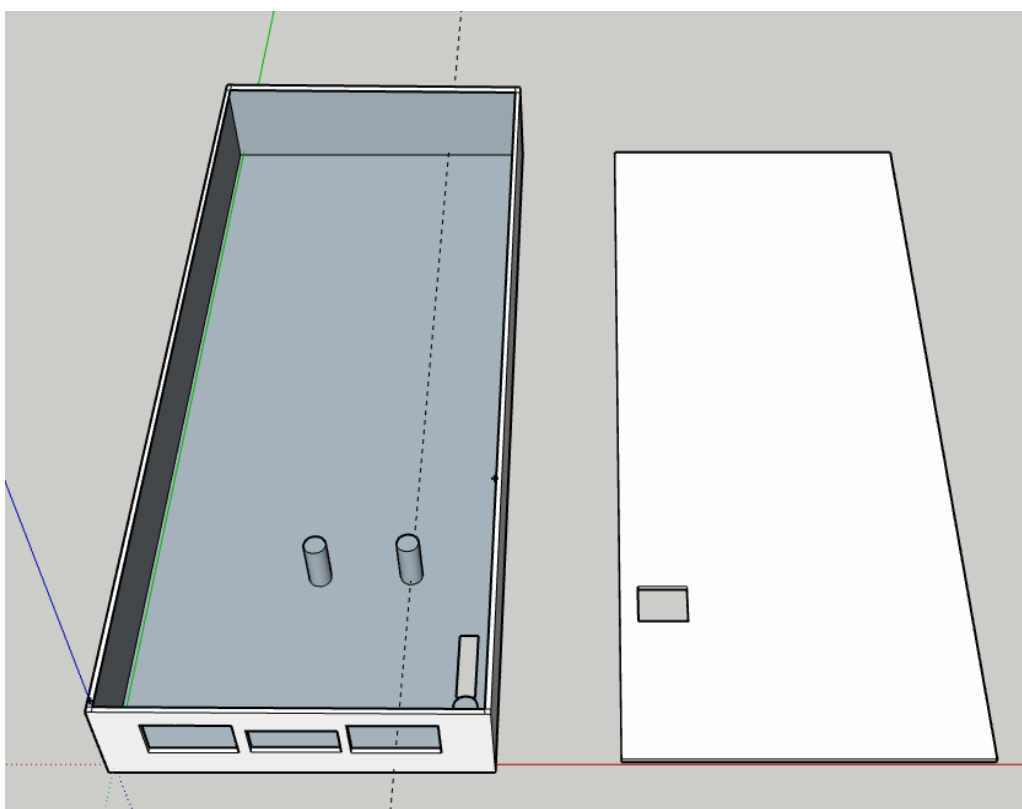
Rysunek 7 Układ polutowany od dołu

2.4. Obudowa – Powerbank

Obudowa powerbanka została zaprojektowana w aplikacji SketchUp, co pozwoliło na dokładne odwzorowanie rzeczywistego wyglądu i przygotowanie jej do druku 3D. Wymiary obudowy zaprezentowano w tabeli poniżej. Otwory oraz filary zostały wymierzone, aby pokrywały się z otworami na płytce PCB, portami USB, diodami LED oraz przyciskiem.

Tabela 1 Rozmiar obudowy do powerbanka

Jednostka	Długość	Szerokość	Wysokość
[mm]	1576	63	14



Rysunek 8 Obudowa od przodu powerbanka

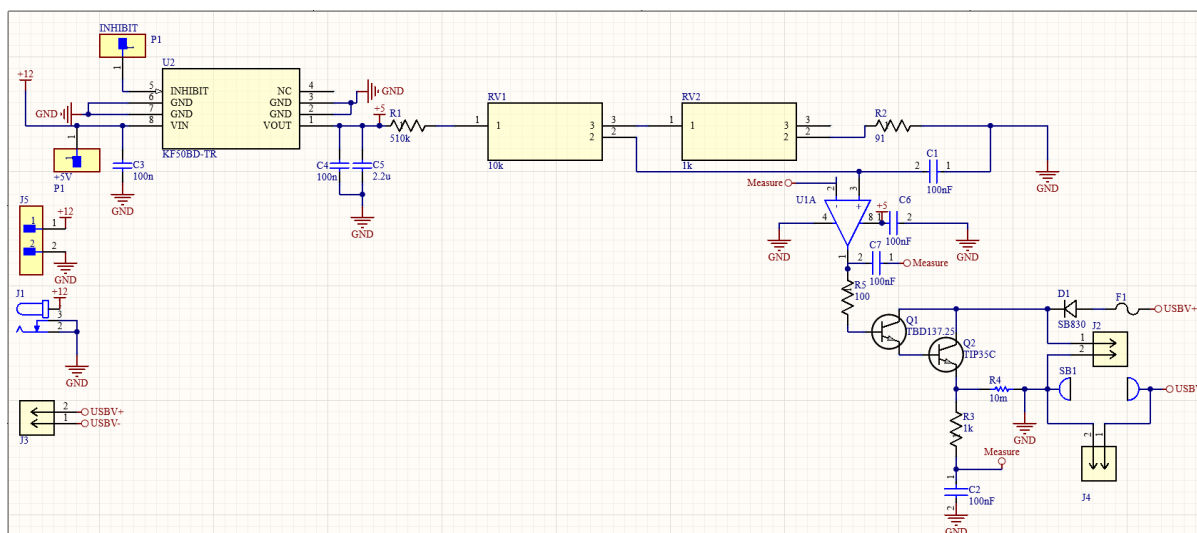
2.5. Schemat - Sztuczne obciążenie

Schemat urządzenia został zaprojektowany w środowisku Altium Designer. Urządzenie skonstruowano w oparciu o układ Darlingtona, sterowany poprzez wzmacniacz operacyjny w układzie komparatora, porównujący napięcie z potencjometru do napięcia na rezystorze pomiarowym 10 mOhm. Rezystancję rezystorów R1 oraz R2 jak i również potencjometry RV1 oraz RV2 zostały dobrane tak, aby minimalny prąd wynosił około 100mA, maksymalny zaś wynosił około 5A. Urządzenie zasilane jest z zasilacza zewnętrznego 12V, które trafia na układ przetwornicy 5V. Z uwagi na prostotę konstrukcji i redukcję kosztów zdecydowano się na stworzenie płytki na płycie drukowanej zamiast projektowanie i zamawianie płytki. Jako chłodzenie tranzystorów wykorzystano radiator od chłodzenia procesora AMD Sempron. Tranzystory przymocowano do radiatora klejem termoprzewodzącym. Wyjście na goldpinach J5 służy do podłączenia wentylatora przymocowanego do radiatora.

Zastosowano tutaj układ Stabilizatora napięcia LDO 5V – KF50BD-TR. Napięcie wyjściowe układu wynosi 5V a maksymalny prąd 1A. Na wyjściu układu umieszczono kondensator 100nF oraz 2.2 uF zgodnie z zaleceniami producenta.

Para Darlingtona została zaprojektowana z użyciem dwóch tranzystorów: TBD137.25 jako sterowanie oraz główny tranzystor TIP35C. Parametry tranzystora TBD137.25 są następujące: napięcie kolektor – emiter 60V, prąd kolektora 1.5A, moc rozpraszana 12.5W oraz wzmocnienie w zakresie 160-240. Maksymalna moc układu założono, iż wynosić będzie 60W (12V / 5A). Główny tranzystor dobrano, jednak z dużym zapasem, w celu wykorzystania go w przyszłości w bardziej rozbudowanym sztucznym obciążeniu. Z tego powodu maksymalna moc tranzystora TIP53C wynosi 125W, prąd kolektora 25A, a napięcie kolektor emiter 100V.

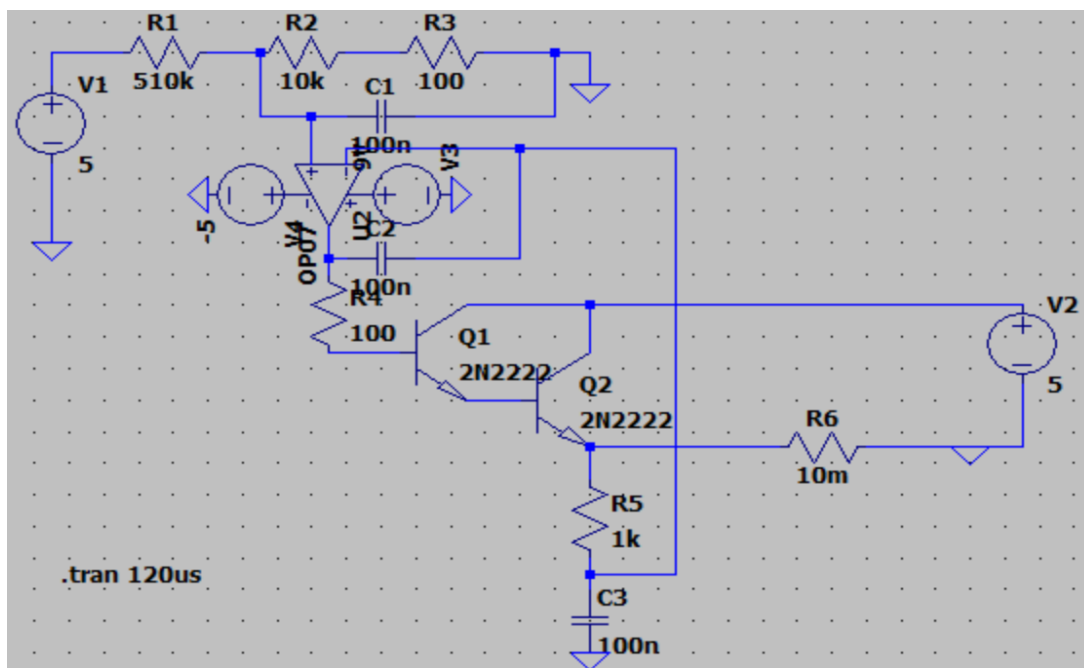
Jako komparator wykorzystano wzmacniacz operacyjny rail-to-rail TLV272. Układ wybrano z uwagi na dobre parametry dla takiego zastosowania oraz niską cenę. Parametry układu były następujące: wejściowe napięcie nie zrównoważenia 0.5 mV, pasmo 3 MHz, szybkość narastania napięcia 2.4 V/us.



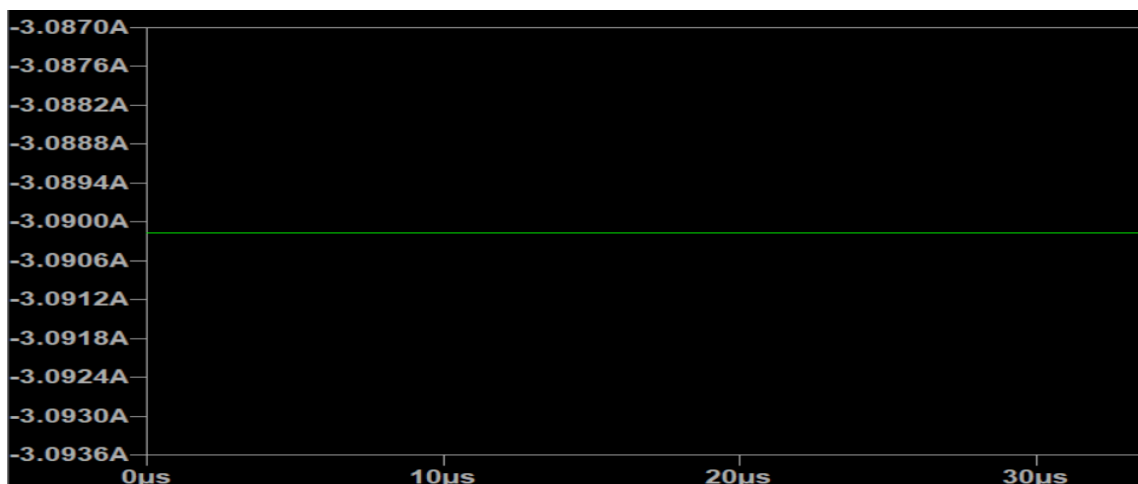
Rysunek 9 Schemat sztucznego obciążenia

2.6. Symulacja - Sztuczne obciążenie

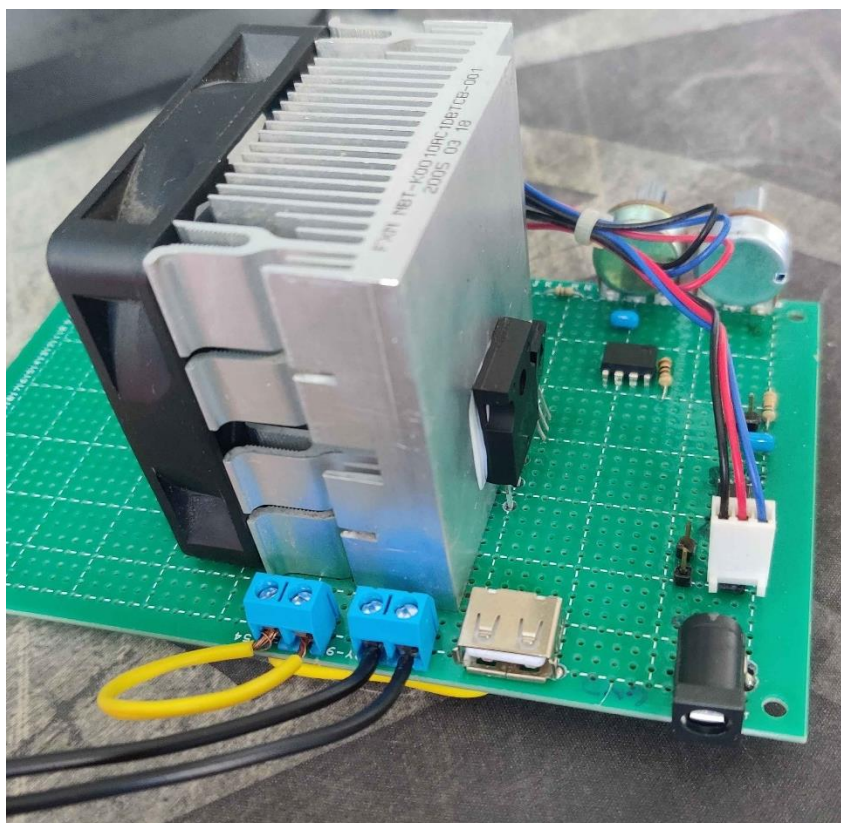
Symulacja została wykonana w programie LtSpice i przedstawia stabilność prądu dla odpowiednio ustawionej wartości potencjometru (zasymulowanego rezystorem R2) przy obciążaniu powerbanka.



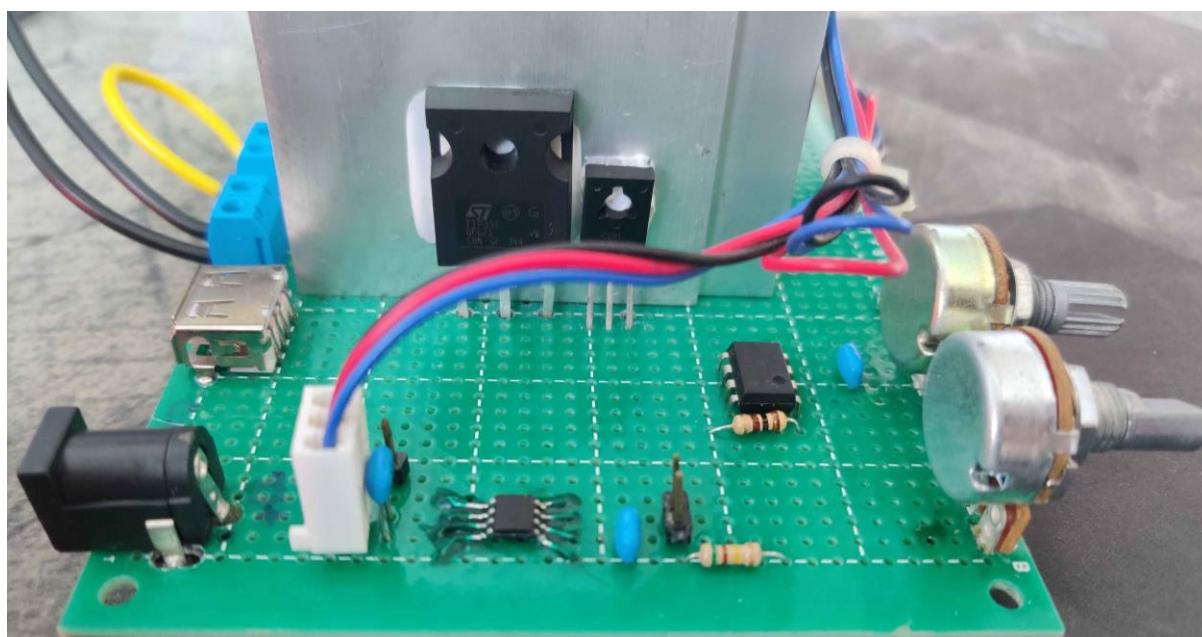
Rysunek 10 Schemat Symulacji LtSpacie



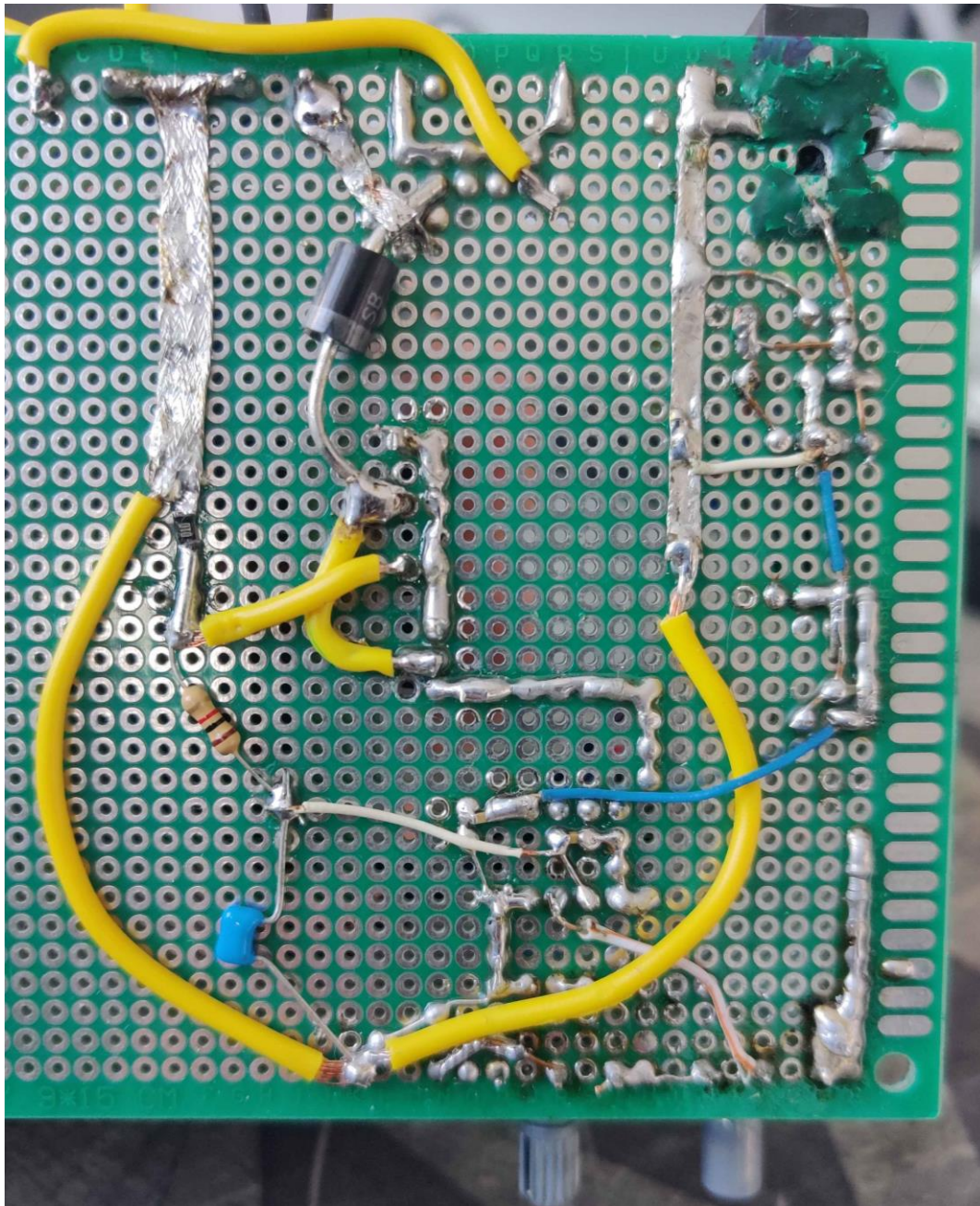
Rysunek 11 Wynik Symulacji



Rysunek 12 Prezentacja gotowej płytki sztucznego obciążenia - od boku.



Rysunek 13 Prezentacja gotowej płytki sztucznego obciążenia - od przodu.



Rysunek 14 Prezentacja gotowej płytki sztucznego obciążenia - od dołu.

2.7. Schemat i działanie – Wyzwalacz Quick-Charge

Konstrukcja wyzwalacza Quick Charge polega na prostym układzie z wykorzystaniem mikrokontrolera ATMega 328P. Linia D+ jak i D- od powerbanka podłączone są pod dwa rezystory 10kOhm oraz 2.2 kOhm. Rezystory podłączone są zaś pod odpowiednie linie mikrokontrolera. Wykorzystano 5 wyjść cyfrowych: 4 do podłączenia linii D+ i D- oraz 1 do przycisku wykorzystywanego do zmiany QC. Z uwagi, iż w używanym mikrokontrolerze napięcie wyjściowe na pinach cyfrowych po wystawieniu stanu wysokiego wynosiło 5V zamiast potrzebnych 3.3V, na każdym z 4 pinów używanych do linii D+ oraz D- zastosowano dzielnik napięciowy.

$$U_{wyj} = U_{wej} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

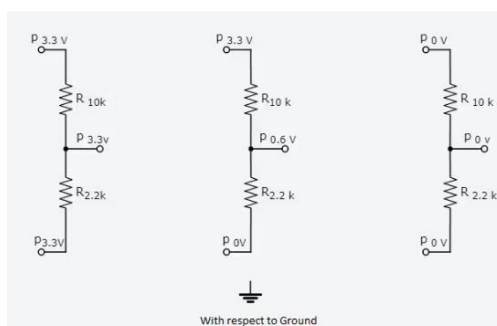
Wzór przekształcono do następującej postaci:

$$R_1 = R_2 \times \left(\frac{U_{wej}}{U_{wyj}} - 1 \right)$$

Doświadczalnie dobierano wartość R_2 z dostępnych wartości, a następnie obliczano powyższym wzorem wartość rezystora R_1 . Najbliższą wartość uzyskano przyjmując wartości rezystorów $R_2 = 2.2k$ oraz $R_2 = 1.2k$. Napięcie U_{wyj} wynosiło wtedy:

$$U_{wyj} = U_{wej} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 5 \times \frac{2.2k}{2.2k + 1.2k} \approx 3,24 [V]$$

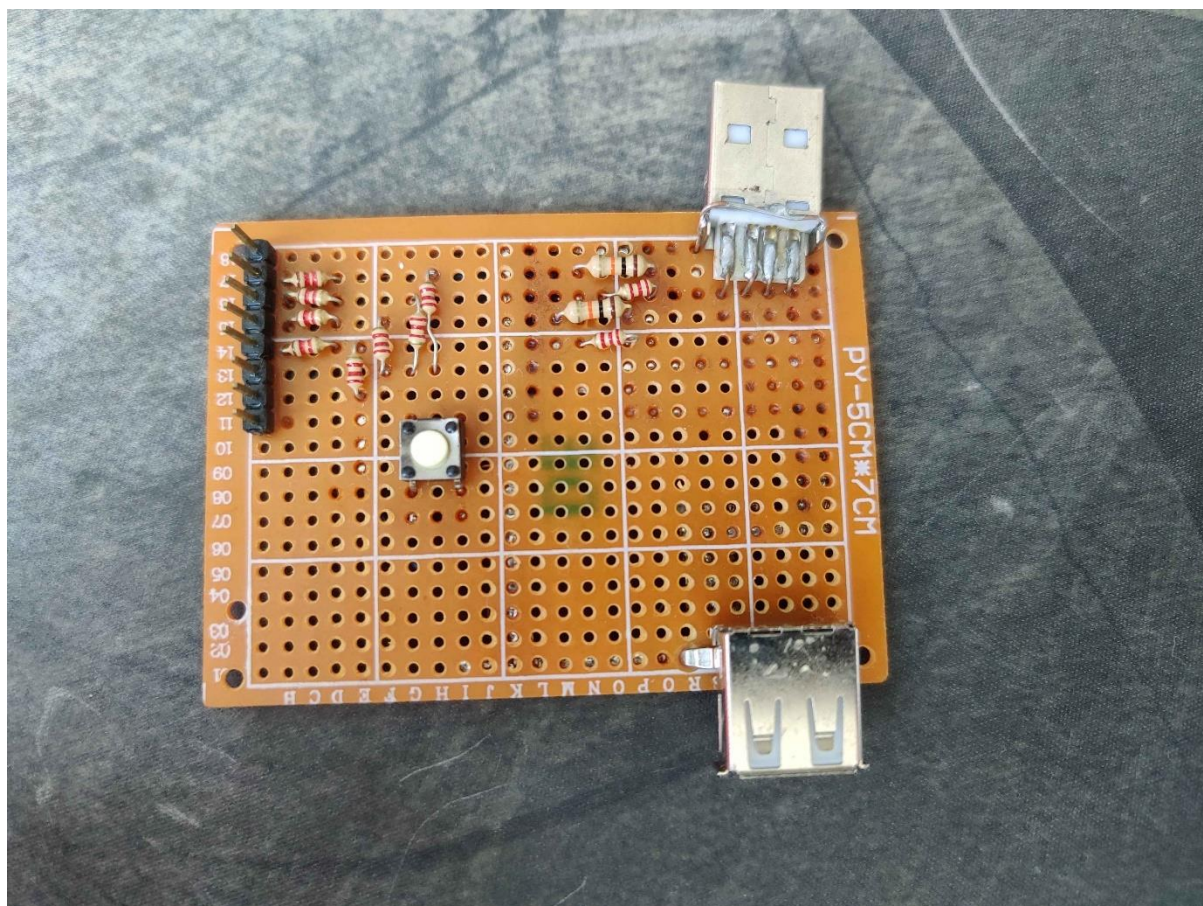
Wystawienie odpowiedniego stanu (wysoki lub niski) na poszczególne rezystory powoduje wystawienie odpowiedniego napięcia na linii D+ lub D-. Układ rezystorów jak i tabelę odpowiednich wartości na liniach sygnałowych dla poszczególnych wartości napięć Quick Charge zaprezentowano poniżej.



Rysunek 15 Wystawienie odpowiednich napięć na piny sygnałowe D+ lub D- dla wyzwolenia Quick Charge.

Tabela 2 Wartości napięcia na pinach sygnałowych D+ oraz D- dla wyzwolenia poszczególnych trybów Quick Charge.

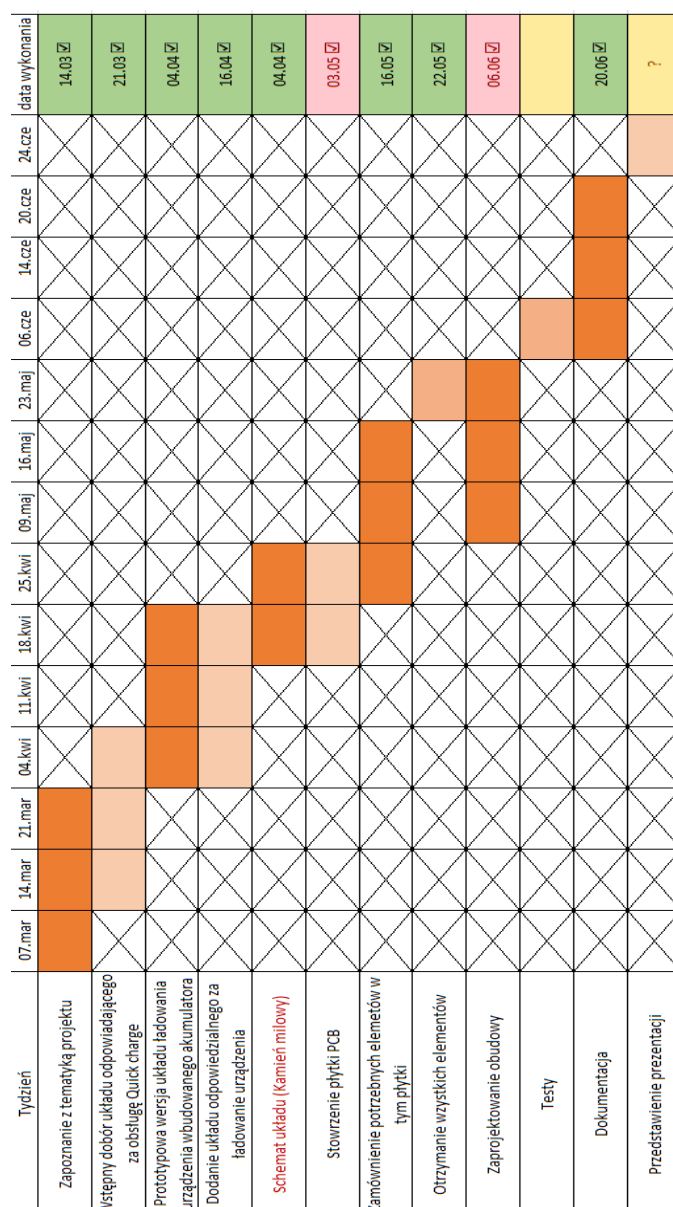
D+	D-	Output
0.6 V	0.6 V	12 V
3.3 V	0.6 V	9 V
3.3 V	3.3 V	20 V
0.6 V	GND	5 V (default)



Rysunek 16 Prezentacja gotowej płytki wyzwalacza Quick Charge bez podłączonego mikrokontrolera.

3. Wykres Ganta

Wykres Gantta to narzędzie do zarządzania projektami, które ilustruje prace ukończone w okresie czasu w stosunku do czasu zaplanowanego na pracę. Zazwyczaj ma on dwie sekcje: lewa strona przedstawia listę zadań, natomiast prawa strona zawiera oś czasu z paskami harmonogramu, które wizualizują prace. Wykres Gantta może również zawierać daty rozpoczęcia i zakończenia zadań oraz kamienie milowe, co można zauważyć na rysunku poniżej. W naszym przypadku większość zadań została wykonana na czas co jest oznaczone kolorem zielonym. W przypadku opóźnień z powodu przyczyn losowych lub przewidzianych w ryzyku uwzględnionym, oznaczano je kolorem czerwonym. Kolor żółty natomiast oznacza, iż zadanie jest w trakcie realizacji.



Rysunek 17 Wykres Ganta

4. Koszty

Wraz z czasem wykonywania zadań koszty ulegały ciągłemu wzrostowi, będąc bardzo leniwymi i skąpymi osobami moglibyśmy zamknąć się w koszcie niecałych 52 złotych by wykonać ten projekt, jednakże ambicja nam na to nie pozwoliła i postanowiliśmy grupowo wydać niecałe 331 złotych. Należy rozważyć teraz pytanie, czy w tym wypadku ambicje członków grupy ni były zbyt wygórowane. Jak by nie patrzeć nie uwzględniliśmy wszystkich kosztów, gdyż w tym miejscu można by się po szarpnąć na wszystko, np. koszty biletów, wynajmu mieszkań czy nawet psychologów, jednakże woleliśmy tego nie uwzględniać ze względu na przyzwoitość. Najwięcej pieniędzy wydaliśmy na zakupy komponentów na TME w sumie 173 zł co stanowi większą część wydanej kwoty. Następnym większym wydatkiem jest bateria gdzie wydaliśmy 50 zł oraz tranzystory które były specjalnie importowane z Chin w kwocie 42,19 zł.

Kto zabrał	Wydatki	cena	Suma
JW.	Płytki testowa	1,97	330,55
JW.	bateria 10000 mAh	49,99	142,7
MS.	Układ IP x3	15,77	187,85
JW.	Płytki na części	4,24	
MS.	Płytki na części	4,13	
MS.	Płytki PCB	29,27	
MS.	Tranzystory	44,19	
MS.	Płytki drukowana	7,99	
JW.	TME	86,5	
MS.	TME	86,5	

Rysunek 18 Koszty całego projektu

5. Analiza ryzyka oraz Przebieg zadań

I oto, w nadchodzących punktach, objawione będą czyny nasze, podjęte podczas konstruowania tego urządzenia. Rozdziały te ukażą zmagania nasze, opisując trudności, które na drodze naszej stanęły, oraz sposoby, dzięki którym te przeciwności przezwyciężyliśmy. Zostanie również odsłonięty tok myślenia, który nami kierował, gdy kroczyliśmy ścieżką realizacji tego dzieła.

	ryzyko	Czy wydało się?	Jak wydłużyło by to czas?	ile faktycznie jeśli tak	Przeciwdziałania
Zapoznanie z tematyką projektu	używanie błędnych datasheetów 50% ryzyko wydłużenia czasu o tydzień	Tak	tydzień	pół dnia	analiza gotowych schematów na bazie danego ukł
Wstępny dobór układu odpowiadającego za obsługę Quick charge	Święta, urodziny, imieniny Ani (Ani moje Ani Twoje) (20%)	Nie	miesiąc górą dwa		Unikać rodziny, przyjaciół, pić w samotności, w sprawie projektu spotykać się zdalnie
Prototypowa wersja układu ładowania urządzenia wbudowanego akumulatora	Otrzymanie złego układu od chińczyka(80%), Przeprowadzenie błędnych symulacji (10%)	Tak	nie wydłużyło	przez złą wysyłkę trzeba będzie użyć innych datasheetów więc tam czas jest wliczony	Zamówienie kilku układów z różnych źródeł, stworzenie dodatkowych symulacji opartych o gotowe układy
Dodanie układu odpowiedzialnego za ładowanie urządzenia	Przeprowadzenie błędnych symulacji (10%)	Nie	2 dni		stworzenie dodatkowych symulacji opartych na gotowych rozwiązaniach wykorzystujących badane układy
Schemat układu (Kamień milowy)	Błędne połączenie elementów(15%), Przecoczenie elementów (30%),	Tak	2 dni	2 minut	Sprawdzenie układu przez osoby nie związane z projektem płytki, sprawdzenie układu jednocześnie w kilka osób
Stworzenie płytki PCB	Błędne przeniesienie elementów schematu na płytkę (30%), Uszkodzona w produkcji płytka (10%)	Tak	2-3 miesiące	2 dni	Zamówienie płytek z różnych źródeł, modlitwa do Pana Boga o taskę dla chińczyków tworzących nasze płytki
Zamówienie potrzebnych elementów w tym płytki	Użycie w konstrukcji płytki niedostępnych układów (30%),	Nie	1 miesiąc		Zakup części elementów przed stworzeniem końcowej wersji płytki, sprawdzić ten jeden raz więcej
Otrzymanie wszystkich elementów	Wydłużony czas dostawy (10%), Długi czas dostawy elementów spoza kraju produkcji (50%)	Tak	2-3 tygodni	chińczyk nassoszuwał i 2 dni jednak	Stukanie elementów w kraju produkcji, rozpatrzenie zamienników
Zaprojektowanie obudowy	Błędna konstrukcja obudowy (20%), Błędny konstrukcji obudowy spowodowane użyciu drukarką 3D (50%)	rezygnacja z obudowy po spaleniu ale zaprojektowanie jej	3-5 dni (roboczych)		Zamówienie obudowy od profesjonalnej firmy, nie proszenie jimmiego o druk, stworzenie z kartonu lub innego onu
Testy	Spalenie co najmniej jednego elementu układu (95%)	Tak	2-3 miesiące (dostawa)	użycie płytki chińskiej (przewidziane)	Zamówienie zapasu części, odpowiednie zabezpieczenie przeciw zwarcioi i przeciw przepięciowie przy testowaniu układu
Dokumentacja	Problemy ze zdrowiem fizycznym co najmniej jednej osoby z grupy (20%), Problemy ze zdrowiem psychicznym członków grupy (80%)	Nie	do 3 miesięcy		Pić więcej - soku, uważać na siebie, dostępny psycholog dla studentów
Przedstawienie prezentacji	Pies może zjeść prezentację (10%), Brak chęci stworzenia prezentacji (80%), Zapomnienie przyniesienia prezentacji (99,9%)		tydzień		Zapisywać postępy na dysku online jak i na dyskach przenośnych / wewnętrznych (najlepiej na 4 pendrivach)

Rysunek 19 Wykres analizy ryzyka

Na wykresie znajdującym się na Rysunku nr 19 przedstawiono analizę ryzyka dla każdego etapu projektowania powerbanka. Wykres składa się z 6 kolumn, z których każda odpowiada za inny aspekt oceny ryzyka.

Kolumny wykresu:

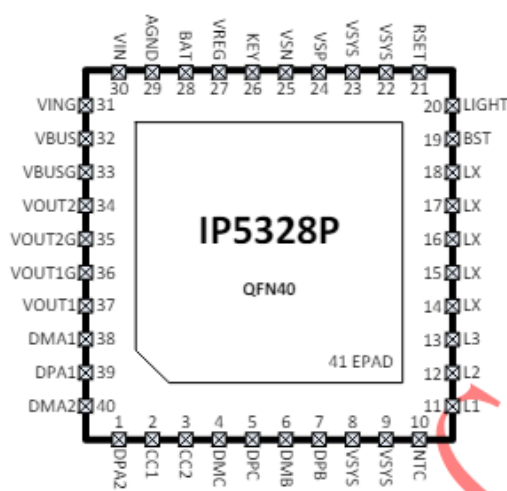
1. Zadania projektowe: Zawiera listę kolejnych zadań w projekcie.
2. Ryzyka: Opisuje potencjalne ryzyka związane z każdym zadaniem oraz szacunkowe prawdopodobieństwo na wystąpienia ryzyka.
3. Wystąpienie ryzyka: Zaznacza, czy dane ryzyko rzeczywiście miało miejsce. Zielony kolor oznacza że sytuacją się zadziała. Kolor czerwony że nie wystąpiło. Kolor pomarańczowy oznacza komplikacje gdzie trudno stwierdzić.
4. Szacunkowy czas: Określa czas potrzebny na wykonanie zadania, uwzględniając ewentualne komplikacje.
5. Rzeczywisty czas: określa faktyczny czas jaki został wykonany podczas wystąpienia komplikacji
6. Środki zapobiegawcze: Proponuje działania, które można podjąć, aby zapobiec wystąpieniu ryzyka w przyszłości.

5.1. Zapoznanie z tematyką projektu

W ramach tego zadania przeprowadziliśmy wspólny research, aby ustalić, jak najlepiej zaprojektować nasze urządzenie. Przeglądaliśmy różne źródła, takie jak YouTube i Forbot, aby znaleźć najbardziej odpowiednie komponenty. Raz zajrzeliśmy na Elektrode, ale ponieważ temat był tam już wielokrotnie omawiany i zamykany to ostatecznie skupiliśmy się na szukaniu informacji na Forbocie.

5.2. Wstępny dobór układu odpowiedzialnego za obsługę Quick Charge

Na początku projektu przeanalizowano konstrukcję często spotykanych powerbanków oraz układy dostępne na rynku, które nadawałyby się do takiego rozwiązania. Zdecydowano się na układ IP5328P. Wybór ten został dokonany z uwagi na szeroką dokumentację układu, cenę oraz kompatybilność z wieloma protokołami Quick Charge.



Rysunek 20 Schemat pinów układu wykorzystanego.

Jak się okazało z biegiem czasu chińczyk przez swoje niekompetencje wysłał nam zły układ przez co musieliśmy przestudiować kolejną dokumentację techniczną tym razem wykonaną w języku mandaryńskim, do układu IP5328, jednak po głębszej analizie okazało się że różnica pomiędzy tymi dwoma układami polega na tym że z dopiskiem P wspiera także protokół Power Delivery.

5.3. / 5.4. Prototypowa wersja układu

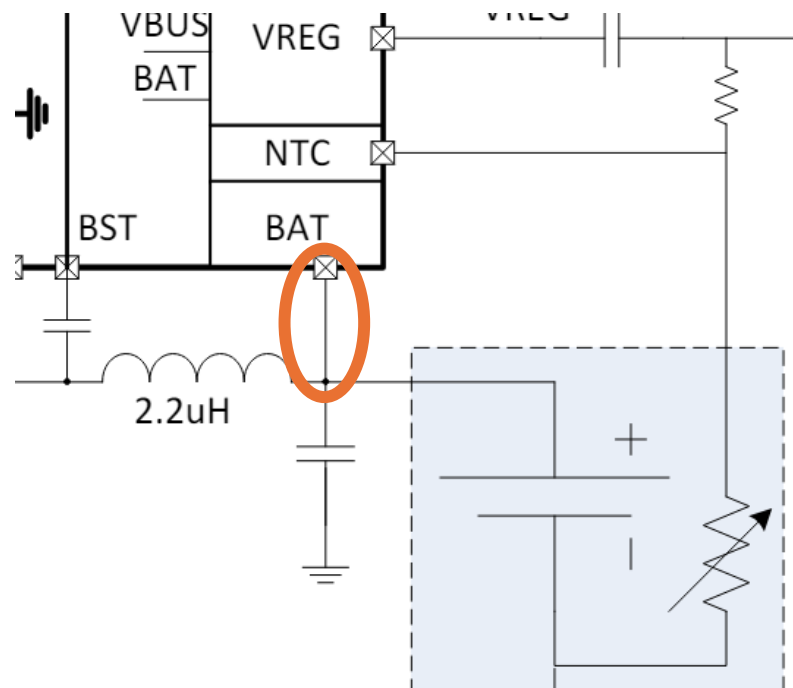
W tym zadaniu zamówiliśmy gotową płytkę wyposażoną w układ IP5328P za atrakcyjną cenę 2 zł. Po odebraniu paczki okazało się że chińczyk z Aliexpress wysłał nam płytkę z układem IP5328 zamiast IP5328P. Dobrze że przynajmniej wysłał nam dobrą płytkę bo zdarzały się sytuacje u tego dystrybutora gdzie potrafią wysłać coś kompletnie innego. Po zapoznaniu się z płytką stwierdziliśmy że spełnia nasze wymagania i wszystkie założone cele dotyczące Quick Charge'a jak i portów. Jedyne co to pozostało przerobienie jej na pożądany przez nas rozmiar.



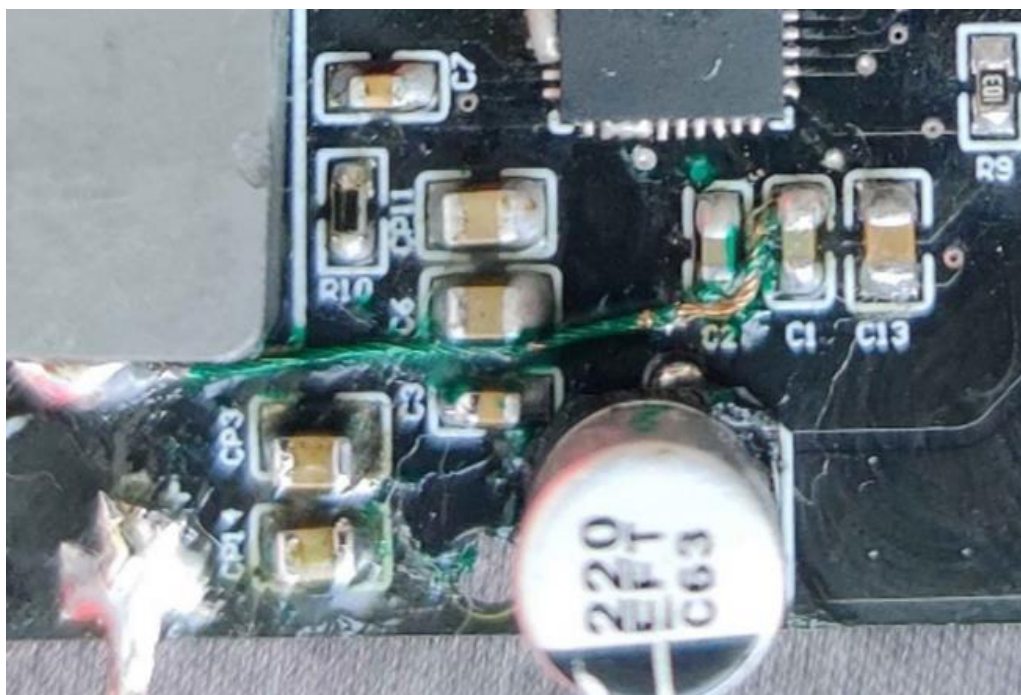
Rysunek 21 Płytkę z Chin

5.5. Schemat układu

Schemat układu można zobaczyć na Rysunek 1. Największym problemem dotyczącą tej części zadania było obsługa Altiuma, a następnie znalezienie footprinta układu. Podczas pierwszego uruchomienia układ nie działał poprawnie. Po podłączeniu zasilania symulującego baterie płytka nie dawała oznak życia. Po podłączeniu zasilania przez port USB type C płytka zaczynała działać, lecz po uśpieniu płytka ponownie stawała się martwa. Analizując schemat układu nie zauważono błędu. Wraz z prowadzącym ćwiczenia podjęto się przelutowania układu, jednakże nie zaobserwowano poprawy działania. Następnie dokonano wymiany układu na nowy lecz problem nadal występował. Wtedy ponownie przeanalizowano schemat płytki i dokumentację układu. Zaobserwowano, iż prawdopodobnie nie pojawia się detekcja ogniwa. Dzięki temu namierzono błąd w schemacie urządzenia. Problemem okazał się brak jednej ścieżki pomiędzy kondensatorem C1, a dodatnim biegunem baterii zaznaczonego okręgiem na Rysunek 22. Ścieżka ta odpowiadała za wstępnie zasilanie układu zanim załączone zostały wewnątrz tranzystory MOSFET. Po namierzeniu błędu poprawiono schemat urządzenia, a w przypadku płytki zostało dorozone połączenie za pomocą emaliowanego kilkukrotnie skręconego przewodu, co zaprezentowano na Rysunek 23.



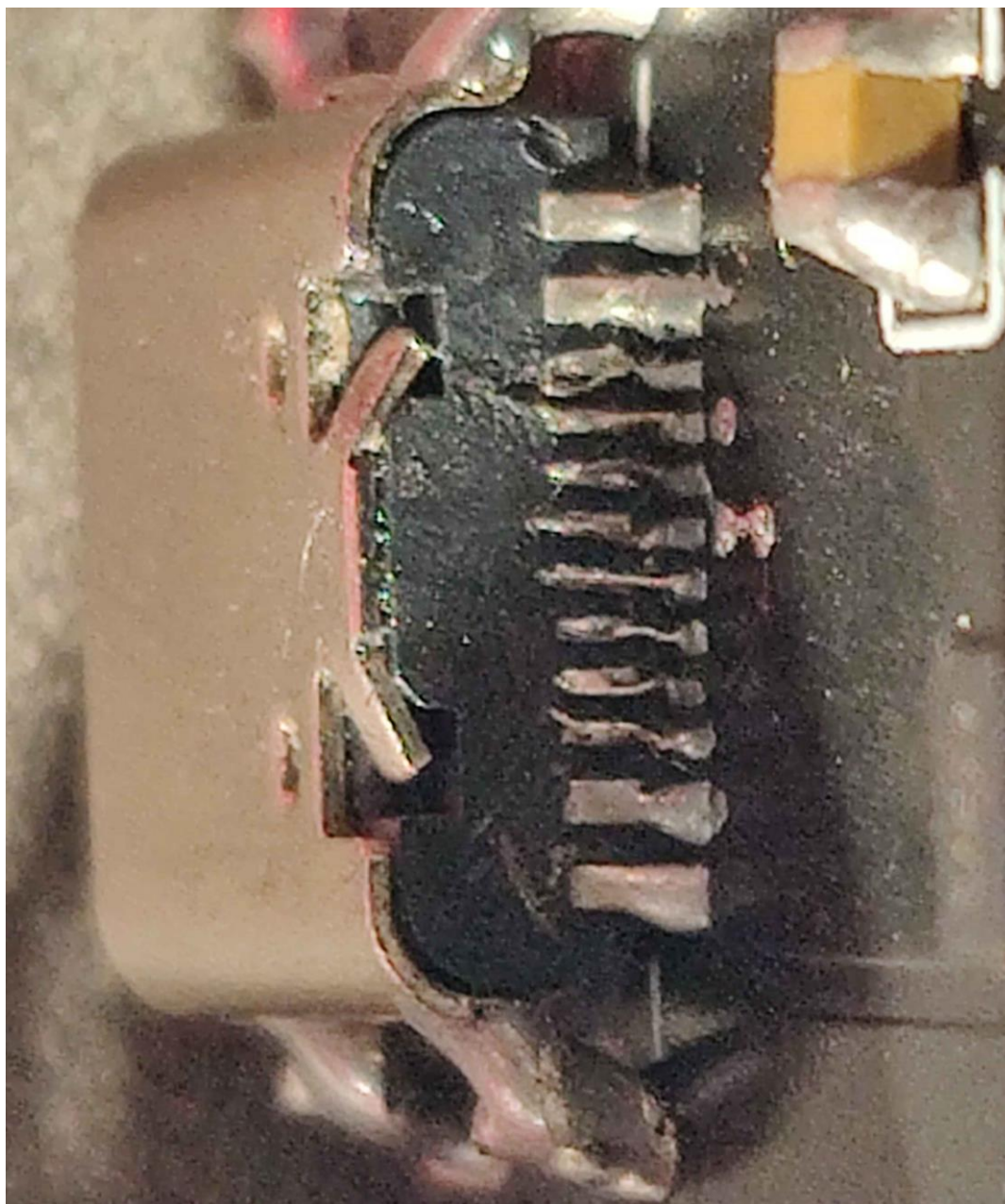
Rysunek 22 Miejsce błędu na schemacie zaznaczone na dokumentacji.



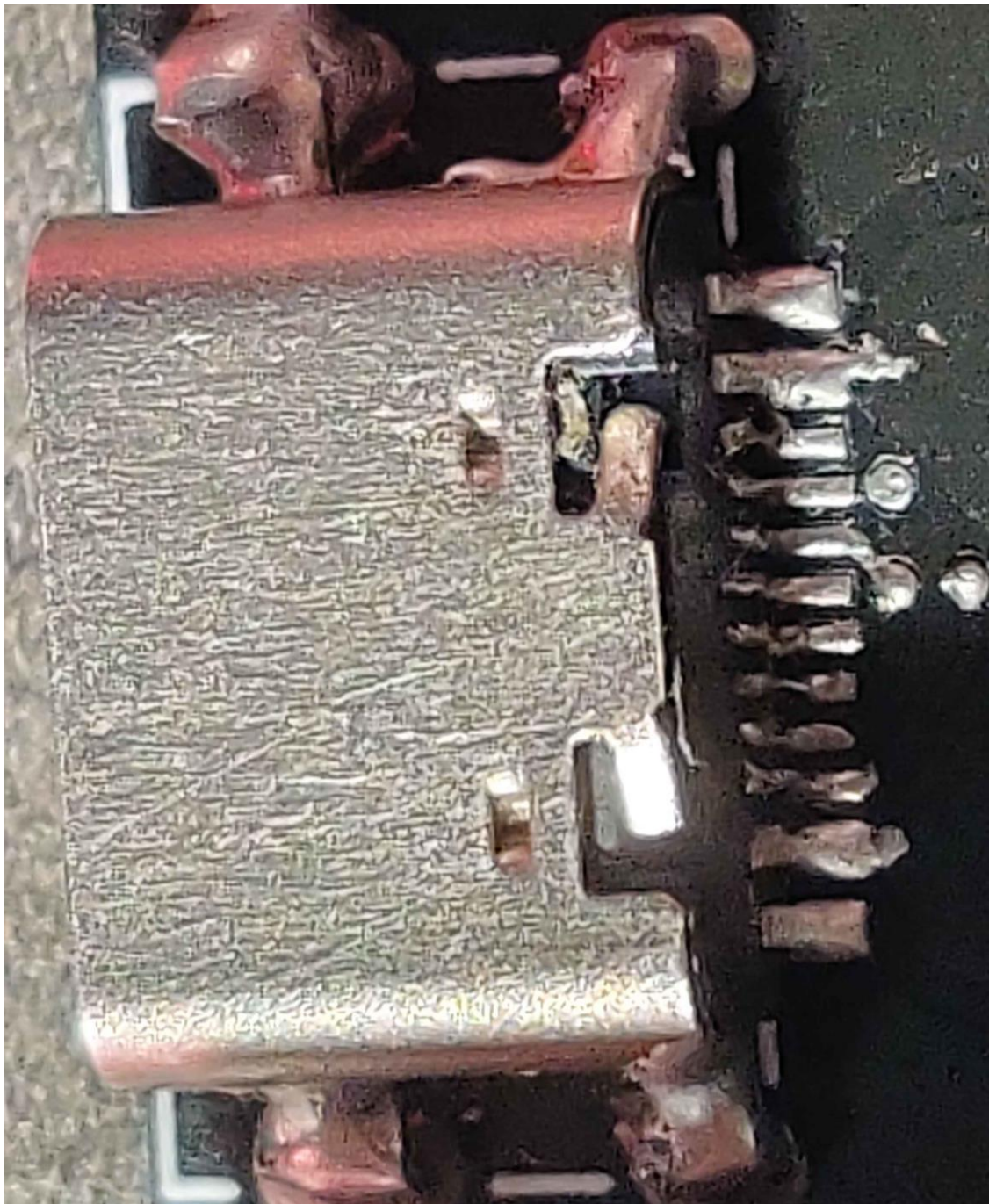
Rysunek 23 Rozwiązanie problemu brakującej ścieżki

5.6. Stworzenie płytki PCB

W tej części zadania po walce z obsługą oprogramowania Altium Designer oraz znalezieniu odpowiednich footprintów do dostępnych elementów okazało się że jeden z nich był już niedostępny. Podczas konstrukcji płytki dobrano złącze USB type C z montażem SMD. Niestety nie zwrócono wtedy uwagi na to, iż złącze to wymaga dziury w PCB, gdyż piny SMD są na wysokości 1mm. Problem rozwiązano poprzez ponad dwu-godzinne lutowanie cienkimi emaliowanymi drucikami. Po zakończeniu pracy połączenia sprawdzono miernikiem ciągłości i potwierdzono poprawne działanie.



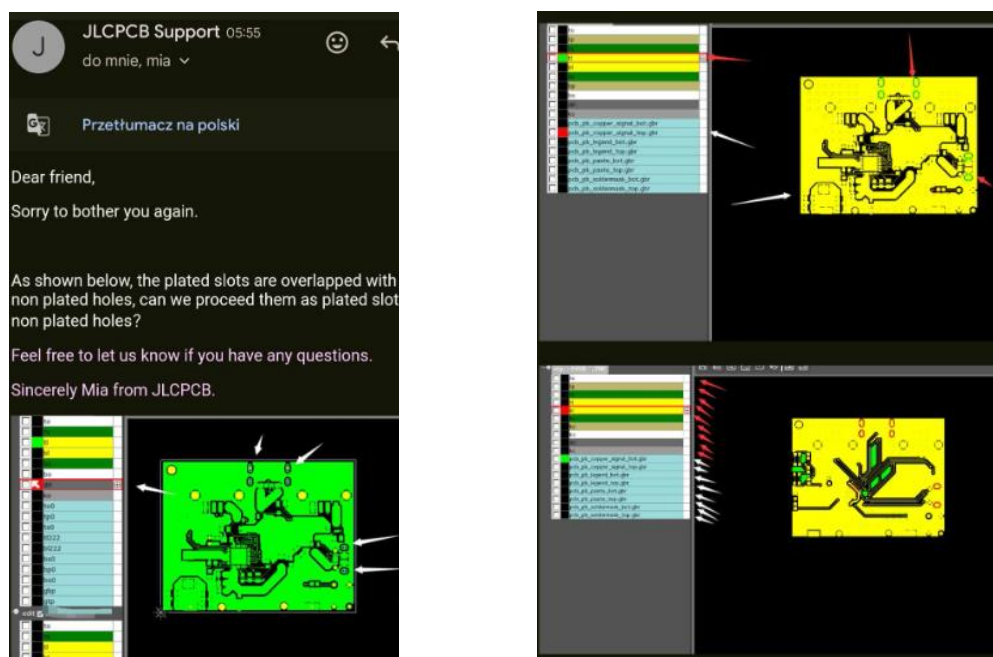
Rysunek 24 Przylutowane złącze USB type C – od przodu



Rysunek 25 Przylutowane złącze USB tpe C - od góry

Kolejnym napotkanym problemem okazało się stworzenie pliku gerber. Plik tworzony był kilkakrotnie w celu sprawdzenia poprawności działania, oraz dokonywania mniejszych zmian, takich jak dodanie większej ilości przelotek masowych czy też usunięcie martwych pól oraz dodanie rysunków. Niestety podczas tworzenia ostatniego gerbera nie zwrócono uwagi na fakt nadpisania poprzedniego pliku, zamiast stworzenia nowego. Z tego powodu kontaktował się z nami przedstawiciel firmy JLCPCB w celu sprostowania, które pliki są poprawne i mają zostać wykorzystane do produkcji płytki. Po przeanalizowaniu plików wybrano pliki, które po przyjsciu płytki sprawdzono, iż były prawidłowe. Okazało się jednak, że pominięte zostały pliki odpowiedzialne za dodatkowe rysunki odnośnie ostrzeżeń i motta autorów płytki. Rysunki

te są widoczne na Rysunek 2 oraz Rysunek 3, a na Rysunek 4 oraz Rysunek 5 można zauważyć brak tych obrazów.



Rysunek 26 Rozmowa z przedstawicielem JLC PCB

5.7. Zamówienie potrzebnych elementów.

Większość zamówionych elementów udało się zamówić bez problemów. Błędem okazało się wcześniej wspomniane złącze USB type C. Postanowiono zamówić nowe złącze, jednakże nie znaleziono złącza odpowiadającego płytce i z tego powodu postanowiono złącze „zdrutować”.

Kolejnym napotkanym problemem okazała się dostępność tranzystorów odpowiadających wymaganiom. Od początku zakładano, iż zakup układu IP5328P zostanie dokonany w jedynym dostępnym źródle – Aliexpress. Całą resztę elementów zakładano jednak, iż uda się zakupić w polskich sklepach z elementami elektronicznymi. Wybiórczo sprawdzono dostępność elementów, jednakże pominięto w tym tranzystory, gdyż uważano iż są to elementy na tyle powszechne, iż zakup ich nie powinien wiązać się z ewentualnymi problemami. Gdy problem został dostrzeżony, znaleziono kilka elementów zamiennych. Niestety wiązało by się to z dwukrotnie większą wartością RDSon bądź mniejszym maksymalnym prądem. Z tego względu tranzystory również zamówiono z azjatyckiej strony, które na szczęście okazały się w pełni sprawne.

5.8. Otrzymanie wszystkich elementów.

Układy IP5328P, które zamówiliśmy na portalu u skośno-okich przyjaciół, przez wybuch wojny na bliskim wschodzie wydłużył czas dostawy do 20 czerwca zamiast do planowanej dostawy w majówkę. W ramach szybkiego reagowania zauważyliśmy że gotowe płytki, których czas dostawy wynosił do kilkunastu dni i kupiliśmy je do wylutowania potrzebnych układów. Koszty te są umieszczone na Rysunek 18. W połowie maja okazało się, że chińczyk znowu nas oszukał z czasem dostawy i układy przyszły o miesiąc szybciej niż nas poinformował. Jednak to nie koniec problemów związanych z tym układem. Zamówiliśmy od tego samego sprzedawcy 2 układy IP5328P i jeden IP5328, tak aby pracownik wysłał na pewno dwa różne układy. Niestety nie przyniosło to oczekiwanego rezultatu, gdyż wysłano nam 3 te same układy IP5328. Układu zostały wysłane w osobnych dwóch małych workach strunowych, jednakże zauważono iż przecięcie rolki od układów oznaczonych jako „IP5328” oraz „IP5328P” idealnie się ze sobą schodzą. Teraz nastało pytanie czy te układy IP5328P istnieją. Z uwagi na pełną kompatybilność układów nie wpłynęło to na konstrukcję projektu. Wpłynęło to natomiast na stan psychiczny grupy projektowej oraz zauważono znaczny wzrost nieufności do naszych zachodnich przyjaciół.

5.9. Zaprojektowanie obudowy

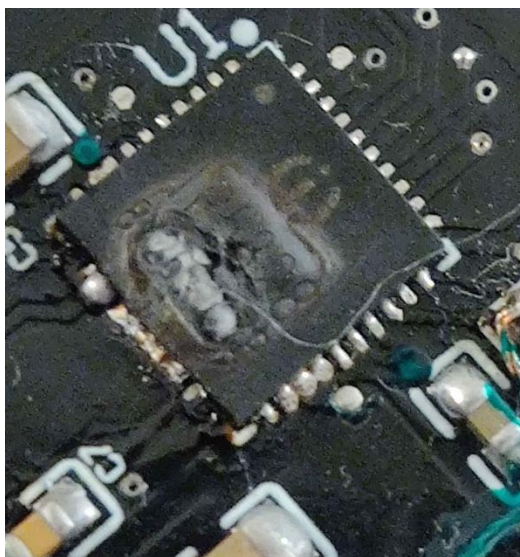
W tym punkcie obudowa została zaprojektowana, jednakże zdecydowaliśmy się na nie drukowanie jej za pomocą druku 3D ze względu nie narażania się na dodatkowe koszty. Dodatkowo problem polegał na tym, iż nie wiedzieliśmy, która płytka będzie wykorzystywana, gdyż płytka zaprojektowana i zlutowana przez nas uległa awarii, a gotowa miała inne wymiary.

5.10. Testy

Podczas jednych z zajęć postanowiono wymienić diody. Niestety skorzystano wtedy z niesprawdzonej lutownicy. Podczas lutowania diod zauważono, iż diody zaczynają świecić. Po zakończonym lutowaniu płytka przestała działać poprawnie. Prawdopodobnie brak uziemienia spowodował przebicie wbudowanych Mosfetów, które w układzie były przy wejściu baterii jak i również przy sygnalizacji naładowania stanu baterii przez diody. Po wymianie układu na nowy powerbank ponownie zaczął działać, co udokumentowano filmem.

Planowano działanie płytki zaprezentować na kolejnych zajęciach. Podłączono układ jak i również podłączono baterie. Pomiędzy gniazdem baterii a płytką zamontowano przełącznik dla bezpieczeństwa. Niestety prawdopodobnie z uwagi na słabą jakość przełącznika i niepewny styk przełącznik zadziałał jak dodatkowy klucz przetwornicy powerbanka powodując zmianę przetwornicy step-down na step-up, a co za tym idzie stopienie się przełącznika oraz zapalenie się układu. Układ oraz przełącznik został wylutowany oraz sprawdzono płytkę czy nie posiada ewentualnych wypaleń bądź uszkodzeń, jednak nic nie zaobserwowano. Po wlutowaniu nowego układu płytka się uruchomiła, jednakże nie przechodziła ona procedury odblokowania. Wylutowano kondensatory, rezystory oraz cewkę z linii przetwornicy jak i również baterii i sprawdzono je na testerze elementów RLC, jednakże nie zaobserwowano żadnych błędów. Po ponownym wlutowaniu elementów nie zaobserwowano poprawy. Dokonano pomiarów rezystancji i porównywano je ze sprawną chińską płytką, zakupioną w celu wylutu układu z uwagi na niższą cenę, aniżeli sam układ. Oporności w znacznym stopniu się pokrywały. Jako problem uznano możliwe wypalenie

przelotek przy układzie bądź mniejsze zwęglenie, które może wpływać na działanie układu. Jako rozwiązanie uznano przelutowanie układów na nową płytkę, jednakże z uwagi na kończący się czas oraz już tylko jeden sprawny układ IP5328P zaprzestano naprawy układu.



Rysunek 27 Spalony układ

Problem napotkano również w wyzwalaczu napięcia. Jako grupa zdecydowano, iż nie zostanie użyty gotowy układ do sterowania procedurą Quick Charge, a zostanie to zrobione poprzez użycie mikrokontrolera i odpowiedniego programu. Po zrobieniu płytki napięcia na poszczególnych liniach w pełni zgadzały się z tabelą 2. Pomimo tego układ nie wyzwolił wyższych napięć aniżeli 5V. Po konsultacji z prowadzącym uznano, iż prawdopodobnie zastosowanie w tej sytuacji mikrokontrolera może być problematyczne, z uwagi na rozbudowany protokół Quick Charge, a opisany protokół w punkcie 8 może być niewspierany przed dostępne urządzenia na których sprawdzano działanie.

5.11. Dokumentacja

Dla tego zadania z powodu dużej ilości innych rzeczy związanych z studiami nastąpił zjawisko prokrastynacji, inaczej zwane jako syndrom studenta, tzn. dokumentacja została zapisana na ostatnią chwilę. Pomimo tego uznano, iż dzieło które powstało zostało wykonane z ogromną starannością i zachowaną strukturą przyczynowo skutkową za co należy się wysoka ocena.

6. Pomiar

6.1. Pomiar spadku napięcia wyjściowego przy różnych prądach wyjściowych z protokołu Quick Charge

W pomiarach planowano zmierzyć, jak wzrost prądu na wyjściu układu przy poszczególnych napięciach 5V, 9V oraz 12V spowoduje spadek tych napięć i porównanie tych wartości z wartościami oczekiwanymi. Z uwagi na niedziałające urządzenie do wyzwolenia Quick Charge pomiar ten był niemożliwy. Jedyny możliwy pomiar był bez wyzwolenia jakiegokolwiek protokołu Quick Charge, tj. 5V / 1A. Wyniki pomiaru wyglądały następująco:

Tabela 3 Pomiar wartości napięcia wyjściowego przy prądzie wyjściowym 1A.

I_{wyj} [A]	$U_{wyj-oczekiwane}$ [V]	$U_{wyj-zmierzona}$ [V]	ΔV [V]
0.9	5.0	4.85	0.15

Wartości te są prawidłowe, a rozbieżność między wartością oczekiwaną, a zmierzoną mieści się w przyjętej normie $\Delta V = 0,25$ [V].

6.2. Pomiar działania sztucznego obciążenia

Dla układu sztucznego obciążenia dokonano pomiaru minimalnego i maksymalnego prądu wejściowego, zakresu prądu oraz sprawdzenia, czy układ nie przegrzewa się za bardzo.

Tabela 4 Pomiar zakresu ustawiania wartości prądu wejściowego wraz z mocą wydzieloną na parze Darlingtona.

I_{wej} [A]	U_{wej} [V]	P [W]
0.05	5.076	0.254
0.25	5.030	1.258
0.50	5.042	2.521
0.75	5.031	3.773
1.01	4.951	5.100
1.52	4.873	7.407
2.00	4.797	9.594
2.50	4.751	11.878
2.99	4.664	13.945
3.48	4.578	15.931
4.00	4.493	17.972
4.50	4.408	19.836
5.00	4.316	21.580
5.47	4.232	23.149
6.03	4.137	24.946
6.18	1.611	9.956

Jak można zauważyć na powyższej tabeli, wartość napięcia przy prądzie 6.18A znacząco spadła. Było to spowodowane maksymalną wartością prądu użytego zasilacza, którego obciążono. Z tego powodu nie zmierzono maksymalnego prądu wejściowego, jednakże przy

6.18 A uzyskano przy prawie maksymalnie ustawionych potencjometrach co oznacza, że wartość prądu maksymalnego wynosi około 6.30 A. Minimalny prąd wyjściowy wynosi 50 mA. Są to wartości różniące się od założonych i obliczonych. Wynika to z faktu dołożenia drugiego potencjometru, którego rezystancja wynosiła z zakresu 10 Ohm – 1k Ohm. Dodatkowo wartości obliczone rezystorów nie pokrywały się z szeregiem dlatego wartości odpowiednio dobrano, aby zakres założony zawierał się w zakresie uzyskanym, tj. 100mA – 5A, co pokrywa się z pomiarami. Podczas pomiarów sprawdzano dłonią temperaturę układu. Pomimo długotrwałych pomiarów układ ledwo się nagrzewał. Na koniec zwiększono napięcie wejściowe do 12V, wartość prądu ustawiono na 5A. Podczas takiego ustawienia temperatura układu zwiększyła się, jednakże dalej była to temperatura ledwo odczuwalna podczas dotyku opuszką palca. Zastosowany układ chłodzenia w pełni spełnia swoje zadanie.

7. Realizacja projektu – analiza oczekiwanego ryzyka do napotkanych problemów

Na początku tworzenia projektu stworzono wykres Gantta jak i również ustalenie możliwego ryzyka przy kolejnych etapach tworzenia urządzenia. Do każdego z nich zapisano wartości opóźnienia, jakie przy każdym z nich mogą wystąpić. Na końcowym etapie projektu możliwe jest porównanie otrzymanego efektu oraz zaobserwowanych problemów, do rozpatrzonych już wcześniej. Każdy problem oraz błąd napotkany podczas realizacji projektów został przewidziany już na początku powstawania projektów. Dzięki temu znacząco wpłynęło to na szybkie rozwiązanie tychże projektów.

	ryzyko	Czy wydarzy się?	Jak wydłużyłoby to czas?	Ile faktycznie jeśli tak	Przewidywania
Zapoznanie z tematyką projektu	używanie błędnych datasheetów 50% ryzyko wydłużenia czasu o tydzień	Tak	tydzień	pół dnia	analiza gotowych schematów na bazie danego ukł
Wstępny dobór układu odpowiadającego za obsługę Quick charge	Święta, urodziny, imieniny Ani (Ani moje Ani Twojej) (20%)	Nie	miesiąc-góra dwa		Unikać rodziny, przyjaciół, pić w samotności, w sprawie projektu spotykać się zdalnie
Prototypowa wersja układu ładowania urządzenia w budowanego akumulatora	Otrzymanie złego układu od chińczyka(80%), Przeprowadzenie błędnych symulacji (10%)	Tak	nie wydłużyło	przez złe wysyłki trzeba będzie użyć innych datasheetów więc tam czas jest wliczony	Zamówienie kilkunastu układów z różnych źródeł, stworzenie dodatkowych symulacji opartych o gotowe układy
Dodanie układu odpowiedzialnego za ładowanie urządzenia	Przeprowadzenie błędnych symulacji (10%)	Nie	2 dni		stworzenie dodatkowych symulacji opartych na gotowych rozwiązaniach wykorzystujących badane układy
Schemat układu (Kamień milowy)	Błędne połączenie elementów(15%), Przecoczenie elementów (30%),	Tak	2 dni	2 minut	Sprawdzenie układu przez osoby nie związane z projektem płytki, sprawdzenie układu jednocześnie w kilka osób
Stworzenie płytki PCB	Błędne przeniesienie elementów schematu na płytkę (30%), Uszkodzona w produkcji płytka (10%)	Tak	2-3 miesiące	2 dni	Zamówienie płytek z różnych źródeł, modlitwa do Pana Boga o łaskę dla chińczyków tworzących nasze płytki
Zamówienie potrzebnych elementów w tym płytki	Użycie w konstrukcji płytki niedostępnych układów (30%),	Nie	1 miesiąc		Zakup części elementów przed stworzeniem końcowej wersji płytki, sprawdzić ten jeden raz więcej
Otrzymanie wszystkich elementów	Wydłużony czas dostawy (10%), Długi czas dostawy elementów spoza kraju produkcji (50%)	Tak	2-3 tygodnie	chińczyk nassoszuł i 2 dni jednak	Skupienie elementów w kraju produkcji, rozpatrzenie zamienników
Zaprojektowanie obudowy	Błędna konstrukcja obudowy (20%), Błędny konstrukcji obudowy spowodowane użycie drukarką 3D (50%)	rezygnacja z obudowy po spaleniu ale zaprojektowanie jej	3-5 dni (roboczych)		Zamówienie obudowy od profesjonalnej firmy, nie prosić jimmiego o druk, stworzenie z kartonu lub innego onu
Testy	Spalenie co najmniej jednego elementu układu (95%)	Tak	2-3 miesięcy (dostawa)	użycie płytki chińskiej (przewidywane)	Zamówienie zapasu części, odpowiednie zabezpieczenie przeciw zwarceniu i przeciw przepięciom przy testowaniu układu
Dokumentacja	Problemy ze zdrowiem fizycznym co najmniej jednej osoby z grupy (20%), Problemy ze zdrowiem psychicznym członków grupy (80%)	Nie	do 3 miesięcy		Pić więcej... soku, uważać na siebie, dostępny psycholog dla studentów
Przedstawienie prezentacji	Pies może zjeść prezentację (10%), Brak chęci stworzenia prezentacji (80%), Zapomnienie przyniesienia prezentacji (99.9%)		tydzień		Zapisywać postępy na dysku online jak i na dyskach przenośnych / wewnętrznych (najlepiej na 4 pendriveach)

Rysunek 28 Analiza zaplanowanego ryzyka i ich możliwych rozwiązań

Wszystkie problemy opisane w tym dokumencie pokrywają się z ryzykiem wypisanym na wykresie. Po wystąpieniu problemu powodującego zapalenie się układu i problemach ze znalezieniem rozwiązania, przy obojgu członkach grupy zaobserwowano znaczące uszczerbki na zdrowiu psychicznym. Zjawisko zostało to przewidziane, wraz z czasem możliwego wydłużenia potrzebnego czasu na realizację w pełni projektu. Z uwagi, iż w tym wypadku możliwy objazd czasowy może wynosić do 3 miesięcy, a problem wystąpił około 2 tygodnie przed oddaniem projektu uznano, iż jest to sytuacja przewidziana i nieukończenie projektu w ustalonym początkowo terminie jest zrozumiałe i akceptowalne. Zostały podjęte odpowiednie kroki w celu poprawy zdrowia psychicznego obojga członków projektu jak i również przemyślano oraz zaplanowano rozwiązanie problemu płytki. Poza tym pojedynczym problemem, każdy inny został zrealizowany z czasem krótszym bądź wynoszącym równo czas przewidziany w analizie ryzyka. Większość zadań projektowych została zrealizowana w zaplanowanym czasie, a dodatkowo poza projektem zaprojektowano dwa kolejne urządzenia w celu przeprowadzenia testów. Budowa i konstrukcja tych urządzeń nie wpłynęła na dodatkowe opóźnienia projektu.

8. Podsumowanie

Niestety, nie udało się w pełni zrealizować budowy i testów powerbanka. Napotkane problemy, które wyżej opisano, znacząco wydłużyły potrzebny czas na ukończenie projektu. Pomimo tego rozważono rozwiązania, które powinny poskutkować pełnym sukcesem projektu.

W płytce powerbanka wykluczono problemy związane z elementami układu, dlatego rozwiązaniem problemu jest zlutowanie nowej płytki z nowymi elementami, bądź ich przelutowanie. Problemy napotkane podczas konstrukcji i testowania płytki powerbanka znacząco wpłynęły na rozwój członków grupy. Dzięki temu zespół zapamięta na długo, aby korzystać z urządzeń ze sprawdzonych źródeł. W przypadku kiedy to jest niemożliwe uczestnicy projektu na długo zapamiętają, aby sprawdzić czy grot lutownicy został prawidłowo uziemiony. Spalenie układu, pomimo iż końcowo uniemożliwiło skończenie projektu na czas, wymusiło na członkach grupy lepsze zrozumienie działania przetwornic oraz błędu, jakim było zastosowanie przełącznika w tym obwodzie. Przełącznik ten miał służyć dla większego bezpieczeństwa, tym czasem stał się przysłowiowym „gwoździem do trumny”. W celu większego bezpieczeństwa powinno zastosować się w takim wypadku kondensator pomiędzy przełącznikiem, który eliminowałby efekt „kołysania się” przełącznika. Zaobserwowano tutaj również problem ze stosowaniem układów z wbudowanymi tranzystorami. Układ taki ma swoje zalety, gdyż w większości wypadków skutkuje to większą efektywnością przetwornicy jak i mniejszymi szumami. Niestety ma to również swoje wady. W obu wyżej wymienionych wypadkach wystarczyło by prawdopodobnie wymienić jedynie tranzystory, jednak z uwagi iż są one wbudowane, wymusiło to wymianę całego układu. Doświadczenie z konstrukcji i budowy przetwornic jest ważną lekcją dla członków zespołu.

W płytce wyzwalacza Quick Charge należy zamiast mikroprocesora zastosować gotowy układ wyzwalacza oraz skonstruować z nim płytkę, która spełniała by wymagania projektowe. Aktualnie można stwierdzić, iż konstrukcja ma mikrokontrolerze była tzw. „przerostem formy nad treścią”. Zastosowanie w tym wypadku gotowego układu znacznie zmniejszyła by ilość możliwych problemów, zwiększyła kompatybilność różnych protokołów Quick Charge, jak i również zakup gotowego układu byłby tańszy aniżeli płytki Arduino Uno. Wyzwalacz protokołu Quick Charge chciano skonstruować samodzielnie, w celu zapoznania się z samą zasadą działania tego protokołu. Z uwagi jednak na dużą ilość takich protokołów oraz częste braki w udostępnieniu zasady działania, urządzenie uznano jako niedziałające i niespełniające założeń. Pomimo tego uznano, iż czas poświęcony temu urządzeniu nie został w pełni zmarnowany, gdyż zdobyto cenne doświadczenie z zasadą działania protokołów, przeanalizowano dostępne układy spełniające takie warunki oraz zapoznano się ze środowiskiem ArduinoIDE. Wiedza, która została zdobyta przy tej płytce z pewnością przyda się w dalszych etapach wielkiej kariery tej grupy elektroników.

Sztuczne obciążenie jako jedyna część projektu jest w pełni sprawna i spełnia oczekiwania założone na początku projektu. Działanie układu jest ponad zadowalające, a zwiększony zakres minimalnego i maksymalnego prądu wpływa znacząco na lepszą użyteczność urządzenia. Dodatkowo dołożenie drugiego potencjometru znacząco wpłynęło na wygodę ustawiania zgrubnej i dokładnej wartości prądu. Konstrukcja tego urządzenia pomogła w zrozumieniu zasady działania i dobierania tranzystorów do pary Darlingtona jak również parametrów wzmacniaczy operacyjnych. Układ podczas symulowania nie działał w pełni prawidłowo. Założono, iż jest to błąd symulacji i postanowiono podjąć ryzyko zakupienia

elementów i złożenia płytki. Dzięki temu zrozumiano, iż to, że układ nie działa prawidłowo w symulacji nie oznacza, że nie będzie on działać prawidłowo w praktyce.

W przypadku obudowy została ona tylko zaprojektowana, jednak przez problemy z płytką zdecydowano się na wstrzymanie wydruku.

Zgodnie z rozważeniem wszystkich problemów i wyszukaniem możliwych rozwiązań wynika, iż z dodatkowym czasem projekt jest możliwy do doprowadzenia go do pełnej sprawności.

Pomimo problemów projekt ten przysłużył się do zdobycia znaczącej wiedzy w projektowaniu, konstrukcji i lutowania płytek PCB, doboru elementów, poszukiwania i rozwiązywania problemów jak i również zapoznania się ze środowiskiem Altium Designer.

Zapoznano się z lutowaniem układów zawierających pady pod układem. Jest to bardzo ważne w przypadku zawodu elektronika, aby potrafił on lutować takie układy, a z uwagi na problemy przećwiczo no wielokrotnie lutowanie układu IP5328P o footprintie QFN40. Dodatkowo zyskano doświadczenie w lutowaniu małych elementów SMD, np. 0603 oraz 0805.

Podczas konstrukcji projektu nauczono się techniki tzw. „druciarstwa”. Dotyczy się to złącza USB type C, zlutowania układu SMD przetwornicy na płytce drukowanej, jak również pomocy z lutowaniem elementów niepasujących do wykorzystanych footprintów w innych grupach. Wymaganie zdrutowania połączeń jest często wymagane np. w przypadku wypalonych ścieżek. Jest to umiejętność, która z pewnością przyda się w przyszłości członków projektu.

Mimo napotkanych problemów, udało się spełnić znaczną część założeń projektowych, takich jak zastosowanie portów USB C i USB A, pojemność wystarczającą do pełnego naładowania telefonu oraz utrzymanie optymalnej temperatury.

Należy jednak tutaj pamiętać, iż powerbank choćby działał i był sprawny, pewnego dnia i tak uległ by uszkodzeniu, bądź jego parametry nie nadawały by się do dalszego użytkowania i zostałby on porzucony. Również tyczy się to pozostałych dwóch urządzeń. W aktualnych czasach można zaobserwować szybki rozwój technologiczny w wielu aspektach elektroniki. Każde urządzenie kiedyś będzie musiało zostać zastąpione nowszym, lepszym. Wiedza natomiast, którą zdobyto podczas tworzenia tego projektu pozostanie na zawsze i pomimo faktu, iż aktualnie zespół poniósł straty pieniężne, to zdobyta tutaj nauka może posłużyć się do zaoszczędzenia znacznie większych kwot na błędach w przyszłości.