

INSTYTUT AUTOMATYKI
I INŻYNIERII INFORMATYCZNEJ
WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY
POLITECHNIKA POZNAŃSKA

INŻYNIERSKA PRACA DYPLOMOWA

**SYSTEM WSPOMAGAJĄCY KIEROWANIE
POJAZDEM
Z UŻYCIEM ZŁĄCZA DIAGNOSTYCZNEGO**

Mateusz BARTOSZ

Promotor:
Dr inż. Konrad URBAŃSKI

Poznań 2017

Spis treści

1	Wstęp	5
1.1	Wybór tematu	5
1.2	Cel i zakres pracy	5
1.3	Założenia i wymagania	5
2	Zagadnienia wprowadzające	6
2.1	Złącze diagnostyczne	6
2.1.1	Złącze diagnostyczne OBD-II	7
2.1.2	Protokoły komunikacyjne dostępne w złączu diagnostycznym . .	8
2.2	Struktura zapytań złącza diagnostycznego	10
2.3	Struktura kodów błędów	12
3	Struktura projektu	14
4	Projekt układu do komunikacji ze złączem diagnostycznym	15
4.1	Zastosowane elementy	15
4.2	Schemat elektryczny	17
4.3	Projekt obwodu drukowanego	19
5	Aplikacja przetwarzająca dane ze złącza diagnostycznego	21
6	Interfejs użytkownika	22
7	Podsumowanie	23

Streszczenie

Abstract

1 Wstęp

1.1 Wybór tematu

Głównym czynnikiem decydującym o wyborze tematu było zainteresowanie rozwiązaniami elektronicznymi stosowanymi we współczesnej motoryzacji oraz chęć podjęcia próby zbudowania układu opartego o własną koncepcję pracującego jako komputer pokładowy w samochodzie osobowym. Kolejnym czynnikiem było umożliwienie cyklicznego badania i kontroli parametrów pracy poszczególnych układów pojazdu, w celu uniknięcia lub wczesnego wykrycia potencjalnych usterek. Dodatkową motywacją była chęć zbudowania układu, który mógłby być w przyszłości praktycznie wykorzystywany w samochodach niewyposażonych w wbudowany komputer pokładowy.

1.2 Cel i zakres pracy

Celem pracy było zaprojektowanie oraz wykonanie układu przyłącza do gniazda diagnostycznego w samochodzie osobowym Seat Cordoba III oraz zbudowanie interfejsu użytkownika umożliwiającego wizualizację odczytywanych parametrów, kontrolę wartości granicznych, a także przechowanie ich w celach dalszej diagnostyki. Dodatkowym celem było określenie możliwości wykorzystania odbieranych parametrów do opracowania algorytmów umożliwiających wspomaganie kierującego pojazdem, aby zoptymalizować jazdę, zwiększyć bezpieczeństwo podróży oraz zminimalizować ryzyko wystąpienia usterek.

1.3 Założenia i wymagania

Założeniem pracy jest opracowanie kompleksowego układu umożliwiającego odczytywanie, wizualizację oraz kontrolę parametrów odbieranych przez złącze diagnostyczne w samochodzie osobowym Seat Cordoba III, a także określenie możliwości wykorzystania tych parametrów do opracowania algorytmów wspomagających prowadzenie pojazdu.

2 Zagadnienia wprowadzające

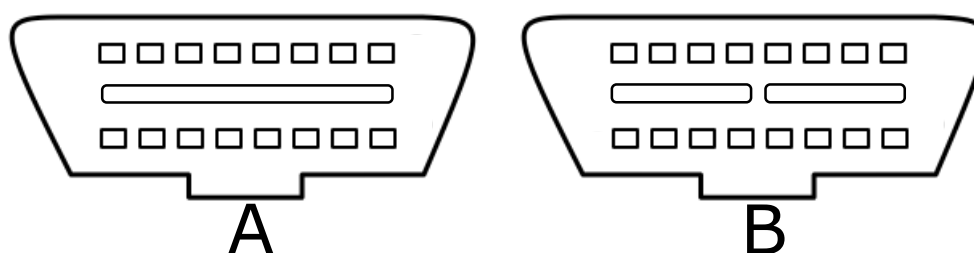
We współczesnej motoryzacji wyraźnie można zauważyć tendencję automatyzacji procesu prowadzenia pojazdu oraz kontroli stanu jego parametrów. W samochodach dostępnych na rynku można spotkać bardzo wiele różnych protokołów komunikacyjnych. Cześć z nich służy do komunikacji pomiędzy urządzeniami wewnętrznymi pojazdu, inne do komunikacji z użytkownikiem, w celu zwiększenia komfortu jazdy, a jeszcze inne wykorzystywane są w diagnostyce stanu poszczególnych układów samochodu. Te ostatnie, wyprowadzone są do gniazda diagnostycznego(ang. On-Board Diagnostics - OBD). W zależności od producenta, modelu oraz roku produkcji pojazdu do dyspozycji są różne protokoły. Umożliwiają one między innymi odczytywanie aktualnych wskazań niektórych czujników, kontrolę zużywania się elementów eksploatacyjnych czy detekcję błędów silnika. W niniejszym rozdziale omówione zostało złącze diagnostyczne w wersji drugiej(OBD2) wraz z udostępnianymi przez nie protokołami komunikacyjnymi.

2.1 Złącze diagnostyczne

Historia złącza diagnostycznego używanego w motoryzacji sięga końcówki lat sześćdziesiątych dwudziestego wieku. Pierwsze komputery pokładowe wprowadzone zostały w samochodach marki Volkswagen w 1968 roku. Dziesięć lat później za sprawą marki Nissan komputery pokładowe pojawiły się w pojazdach konsumenckich. Kolejnym krokiem było wprowadzenie protokołu ALDL przez General Motors w 1980 roku. Był to pierwszy standard zbliżony do obecnie stosowanego w gniazdach OBD2. Występował w trzech wersjach: dwunasto, dziesięcio i pięciopinowej. Pierwsze wersje były jednokierunkowe i umożliwiały przesyłanie 160 bity danych. W późniejszych wersjach wprowadzono dwukierunkową transmisję danych o zwiększono szybkości transmisji do 8192 bity. W 1991 roku agencja California Air Resources Board zażądała, aby każdy nowy pojazd sprzedawany w Kalifornii posiadał wyprowadzenie diagnostyczne. Stało się to impulsem do opracowania i wprowadzenia standardu OBD-I, choć nazwa ta została wprowadzona dopiero po opracowaniu kolejnego standardu OBD w wersji drugiej. Złącze OBD-I nie zostało ściśle ustandaryzowane i każdy producent samochodów mógł wykonać je w swojej wersji. Główną motywacją do wprowadzenia tego standardu było zachęcenie producentów pojazdów do zaprojektowania systemów kontroli emisji spalin. Często spotykana wersja tego złącza umożliwia odczytywanie kodów błędów poprzez analizę migania diody znajdującej się przy złączu. Miganie diody reprezentowało odpowiednią liczbę dwucyfrową, która była interpretowana jako odpowiedni kod błędu pojazdu. W 1994 roku na bazie poprawionej i uzupełnionej specyfikacji OBD-I powstał standard OBD-II. Jest to najpopularniejszy, aktualnie używany system diagnostyki samochodowej. Od roku 1996 wszystkie nowe samochody sprzedawane w Stanach Zjednoczonych muszą być wyposażone właśnie w gniazdo OBD w wersji drugiej. W 2001 roku standard OBD-II pod nazwą EOBD został wprowadzony jako obowiązkowy w samochodach benzynowych produkowanych w Unii Europejskiej, a w 2003 roku również w samochodach z silnikami wysokoprężnymi.

2.1.1 Złącze diagnostyczne OBD-II

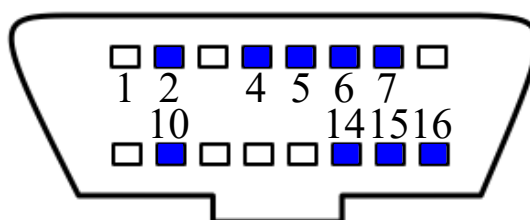
Złącze diagnostyczne OBD w wersji drugiej jest aktualnie stosowanym w motoryzacji wyprowadzeniem umożliwiającym wykrywanie błędów poszczególnych układów pojazdu. Opis budowy tego złącza zawarty jest w normie SAE J1962[[7]]. Standard OBD-II zawiera specyfikację dotyczącą budowy złącza, a także opis udostępnianych przez nie protokołów komunikacyjnych. Zgodnie z normą, złącze występuje w dwóch wersjach: A oraz B, oba szesnastopinowe (2x8), żeńskie. Na Rys. 2.1 przedstawiono budowę obu typów złączy.



Rys. 2.1: Porównanie złącza diagnostycznego w wersji A oraz B.

Złącze typu A stosowane jest w pojazdach wyposażonych w akumulator o napięciu 12V, natomiast złącze typu B w pojazdach wyposażonych w akumulator o napięciu 24V.

Norma SAE J1962 definiuje protokoły komunikacyjne udostępniane przez złącze diagnostyczne. Dostępność poszczególnych protokołów komunikacyjnych może być różna w zależności od producenta pojazdu oraz roku produkcji. Na Rys. 2.2 oraz w tabeli 2.1 przedstawione zostały potencjalnie dostępne protokoły komunikacyjne wraz z numerem pinu, do którego powinny być podłączone.



Rys. 2.2: Opis wyprowadzeń złącza diagnostycznego. Wykorzystywane wyprowadzenia zostały zaznaczone kolorem niebieskim oraz odpowiednim numerem. Opis wyprowadzeń znajduje się w Tab 2.1

W złączu diagnostycznym udostępnionych jest 5 różnych protokołów. Dodatkowo różniono się dwie masy: masa podwozia oraz masa sygnałowa. W praktyce najczęściej wyprowadzenia te są ze sobą zwarte. Zazwyczaj w pojazdach udostępniony jest tylko jeden z opisanych poniżej protokołów.

Tabela 2.1: Opis wyprowadzeń złącza diagnostycznego OBD-II.

Numer wyprowadzenia	Przeznaczenie wyprowadzenia
2	Linia dodatnia protokołu SAE J1850 PWM oraz VPW
4	Masa podwozia
5	Masa sygnałowa
6	Linia wysoka magistrali CAN
7	Linia K protokołu ISO 9141-2 oraz ISO 14230-4
10	Linia ujemna protokołu SAE J1850 PWM
14	Linia niska magistrali CAN
15	Linia L protokołu ISO 9141-2 oraz ISO 14230-4
16	Zasilanie 12V/4A dla złącza typu A 24V/2A dla złącza typu B

2.1.2 Protokoły komunikacyjne dostępne w złączu diagnostycznym

Zgodnie z normą SAE J1962 do złącza diagnostycznego doprowadzone może być pięć różnych magistral danych które udostępniają następujące protokoły komunikacji:

- SAE J1850 PWM,
- SAE J1850 VPW,
- CAN,
- ISO 9141,
- ISO 14230 - KWP2000.

SAE J1850 to magistrala wykorzystywana głównie w samochodach marek amerykańskich. Występuje w dwóch odmianach. Pierwsza z nich to J1850 PWM (Pulse width modulation). Jest to technologia komunikacji wykorzystująca modulację szerokością impulsu do kodowania logicznych stanów (0 oraz 1). Każdy bit zaczyna się zmianą stanu niskiego na wysoki. Następnie, w zależności od wysyłanego bitu danych, zmienia się wypełnienie impulsu, dla logicznego „0” stan wysoki utrzymuje się przez 2/3 czasu impulsu, natomiast dla „1” stan wysoki to 1/3 impulsu. Czas trwania impulsu jest stały. Magistrala jest dwuprzewodowa, kodowanie różnicą pomiędzy potencjałami obu kanałów. Prędkość transmisji wynosi 41,6 kb/s. Głównym koncernem wykorzystującym magistralę J1850 PWM jest Ford.

Drugą odmianą magistrali J1850 jest wersja VPW (variable pulse width). W tej wersji każdy nowy bit sygnalizowany jest za pomocą zmianą stanu. W związku z tym, aby rozpoznać logiczne zmiany, w zależności od wartości poprzedniego bitu kolejny bit kodowany jest za pomocą długości impulsu, nie zaś stanem wysokim lub niskim. W związku z tym, że długości bitów są różne, nie można jednoznacznie określić prędkości transmisji, przyjmowane jest średnio 10,4 kbit/s. Jest to magistrala jedнопrzewodowa, używana przez General Motors.

Magistrala CAN (Controller Area Network), zastosowana pierwszy raz przez koncern Mercedes w roku 1992, umożliwia komunikację pomiędzy urządzeniami oraz mikrokontrolerami bez używania urządzenia nadrzędnego. Początkowo używany w branży motoryzacyjnej, został również z powodzeniem wprowadzony do automatyki przemysłowej. Transmisja sygnału odbywa się za pomocą dwóch przewodów, na każdym występują dwa stany. Jeden stan jest zgodny (dla linii wysokiej oraz niskiej potencjał jest ten sam), oznacza logiczne 0, drugi stan sygnalizowany jest za pomocą wysokiego stanu na linii „High”, a niskim na linii „Low”.

Tańszym odpowiednikiem CAN stosowanym we wcześniejszych pojazdach jest magistrala oparta na normie ISO 9141, LIN (Local Interconnect Network). Komunikacja opiera się na architekturze master/slave. Komunikacja wywoływana jest poprzez zapytanie wysyłane przez mastera, przez co nie ma konieczności wykrywania kolizji. Jest to sieć stworzona jedнопrzewodowo lub dwuprzewodowo, w zależności od zastosowania, pozwalająca na podłączenie maksymalnie 16 urządzeń do jednej sieci. Maksymalna prędkość przesyłania to 20 kbit/s.

2.2 Struktura zapytań złącza diagnostycznego

Zgodnie z normą SAE J1979 z komputerem pokładowym pojazdu można komunikować się poprzez złącze diagnostyczne wysyłając odpowiednie komendy. Mają one postać heksadecymalnego ciągu cyfr, a pojedyncze instrukcje komputera pokładowego kodowane są jako dwie cyfry. Kod zapytania musi składać się z przynajmniej dwóch znaków. Każda instrukcja powinna być zakończona znakiem powrotu karetki. Kody zapytań podzielone są na dziesięć grup zwanych modami pracy złącza diagnostycznego. Nagłówki zapytań dla poszczególnych modów wraz z ich opisem przedstawiono w tabeli 2.2.

Tabela 2.2: Tryby pracy złącza diagnostycznego

Tryb (hex)	Opis
01	Aktualny stan parametrów
02	Zapisane w pamięci stan parametrów
03	Wyświetlenie kodów błędów
04	Wyczyszczenie kodów błędów
05	Wyniki testu czujników tlenu
06	Wyniki testu czujnika tlenu (CAN)
07	Wyświetlenie niepotwierdzonych kodów błędów
08	Kontrola operacji poszczególnych układów wewnętrznych
09	Wyświetlanie informacji o pojeździe
0A	Trwałe kody błędów (czyste kody błędów)

W złączu diagnostycznym pojazdu nie muszą być udostępnione wszystkie mody pracy, a także nie muszą być udostępnione wszystkie kody zapytań z udostępnionego modu. Ogólna struktura kodów zapytań ma postać:

- AA BB C,

gdzie AA to numer modu, BB to kod danego zapytania z wybranego modu natomiast C to liczba linii oczekiwanej odpowiedzi. Kody BB oraz C są opcjonalne, kod AA musi być zawarty w każdym zapytaniu.

Struktura odpowiedzi złącza diagnostycznego na zadany kod jest podobna do zapytania:

- AA BB XX XX XX XX,

gdzie AA to wartość modu zapytania powiększona o 40, BB to powtórzenie kodu z zapytania, natomiast wartości XX XX XX XX to właściwa treść odpowiedzi. W zależności od wysłanego zapytania liczba bajtów odpowiedzi może być różna. Poniżej zaprezentowane zostało przykładowe zapytanie, wraz z przykładową odpowiedzią.

- 01 00
- 41 00 BE 1F B8 10

Interpretacja odpowiedzi jest różna w zależności od wysłanego zapytania. Powyższe zapytanie dotyczy kodów udostępnionych przez złącze diagnostyczne dla modu 01 z zakresu 01-20. Odpowiedź - po usunięciu z niej nagłówka - należy zapisać w postaci binarnej, w której wartość 1 oznacza że dany kod jest udostępniony. Interpretacja tego przykładu przedstawiona została w tabeli 2.3

Tabela 2.3: Interpretacja części odpowiedzi na kod zapytania 01 00

Bajt odpowiedzi (hex)	B				E				.	.
Postać binarna	1	0	1	1	1	1	1	0	.	.
Kod PID	01	02	03	04	05	06	07	08	.	.

Pełna specyfikacja kodów zapytań oraz ich odpowiedzi zapisana jest w normie SAE J1979[8].

2.3 Struktura kodów błędów

Podstawową funkcjonalnością złącza diagnostycznego jest raportowanie błędów poszczególnych układów za pomocą diagnostycznych kodów błędów(ang. Diagnostic Trouble Codes - DTC). Aby uzyskać informację o zapisanych kodach należy wysłać zapytanie 03 do złącza diagnostycznego, ale najpierw zdefiniować ile kodów jest obecnych w pamięci. W tym celu należy wysłać komendę:

- 01 01.

Kod odpowiedzi powinien mieć postać zbliżoną do:

- 41 01 81 07 65 04.

Wartości 41 01 to nagłówek odpowiedzi. Właściwa odpowiedź zaczyna się od dwóch pary bajtów 81, w których zapisana jest informacja o ilości przechowywanych kodów błędów pojazdu. Wartość 81 to liczba zapisana w postaci szesnastkowej, której wartość w systemie dziesiętnym to 129. Nie jest to jednak wprost liczba kodów błędów. W kodzie tym zawarta jest również informacja o stanie diody kontrolnej silnika, który zapisany jest na najbardziej znaczącym bicie, co oznacza, że odczytaną wartość należy pomniejszyć o 128 lub 80 w systemie szesnastkowym. Wynika z tego że w zaprezentowanym przykładzie przechowywany jest tylko jeden kod błędu. Podany przykład ilustruje sytuację, w której pojazd udostępnia tylko jeden moduł, który raportuje kody błędów. Jeżeli takich modułów byłoby więcej w odpowiedzi na instrukcję 01 01 wysłana zostanie odpowiedź podobna do przedstawionej dla każdego modułu. W celu sprawdzenia z którego modułu wysłana została odpowiedź należy włączyć wysyłanie nagłówka odpowiedzi.

Po ustaleniu liczby przechowywanych błędów można przejść do odczytywania ich kodów poprzez wysłanie instrukcji 03. Odpowiedź powinna mieć postać zbliżoną do:

- 43 01 33 00 00 00 00.

Wartość 43 to nagłówek odpowiedzi na kod 03. Kolejnych 6 bajtów powinno być odczytywanych parami. Każda para reprezentuje jeden kod błędu. W powyższym przypadku przechowywany jest tylko jeden kod 0133, natomiast zgodnie z standardem SAE odpowiedź została uzupełniona bajtami 00, które nie są interpretowane jako kody diagnostyczne. Pierwsza cyfra w odczytanym kodzie zawsze przechowuje zakodowaną informację o źródle błędu. Sposób dekodowania źródła wystąpienia błędu przedstawiony został w tabeli 2.4.

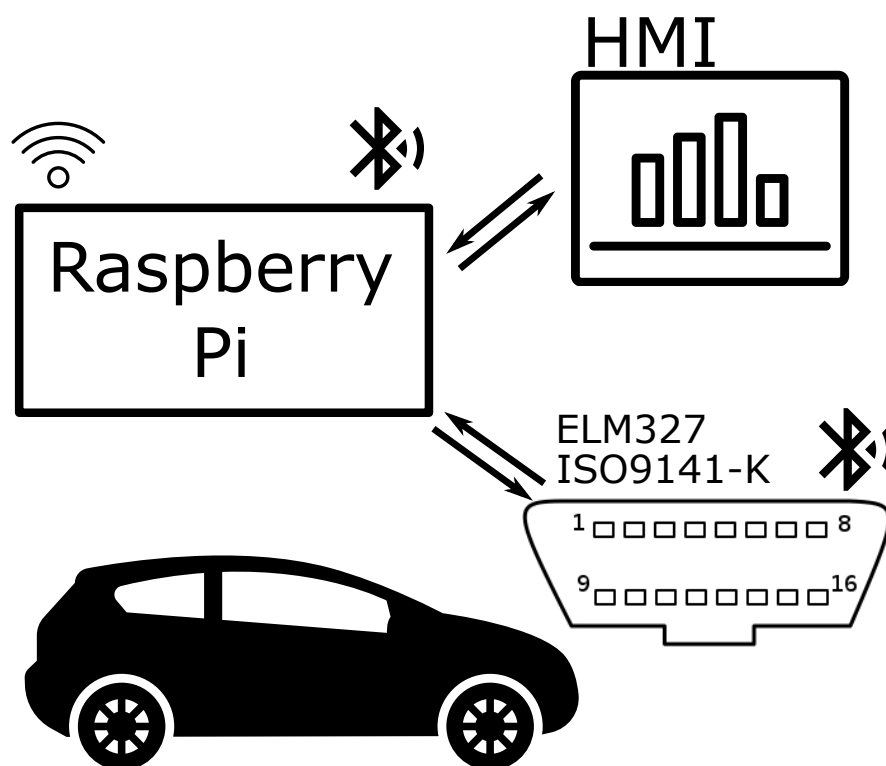
Tabela 2.4: Kodowanie źródła błędu.

Pierwsza cyfra odpowiedzi	Zakodowany identyfikator	Opis
0	P0	Kody układu napędowego zdefiniowane w normie SAE
1	P1	Kody zdefiniowane przez producenta
2	P2	Kody zdefiniowane w normie SAE
3	P3	Kody zdefiniowane przez producenta
4	C0	Kody podwozia zdefiniowane w normie SAE
5	C1	Kody zdefiniowane przez producenta
6	C2	Kody zdefiniowane przez producenta
7	C3	Zarezerwowane dla przyszłych zastosowań
8	B0	Kody zdefiniowane w normie SAE
9	B1	Kody zdefiniowane przez producenta
A	B2	Kody zdefiniowane przez producenta
B	B3	Zarezerwowane dla przyszłych zastosowań
C	U0	Kody sieci zdefiniowane w normie SAE
D	U1	Kody zdefiniowane przez producenta
E	U2	Kody zdefiniowane przez producenta
F	U3	Zarezerwowane dla przyszłych zastosowań

Kod błędu z przykładowej odpowiedzi to 0133. Pierwszą cyfrę należy zastąpić wartością z tabeli, a pozostałe trzy cyfry pozostawić bez zmiany. W przedstawionym przykładzie daje to wartość P0133 co oznacza wystąpienie błędu wolnej odpowiedzi obwodu czujnika tlenu. Analogicznie po otrzymaniu odpowiedzi w postaci D016 odczytanym kodem jest U1016. Znaczenie wszystkich kodów błędów można odnaleźć w dokumentacji normie [8].

3 Struktura projektu

OPIS



Rys. 3.1: Schemat układu.

OPIS

4 Projekt układu do komunikacji ze złączem diagnostycznym

4.1 Zastosowane elementy

W projekcie układu do komunikacji ze złączem diagnostycznym wykorzystane zostały układy scalone wymienione poniżej (w nawiasie znajduje się symbol odpowiadający danemu elementowi na Rys. 4.1).

- Mikroprocesor F103CBT6 firmy STM32(U1). W tabeli 4.1 przedstawione zostały jego najważniejsze w kontekście omawianego układu dane katalogowe.

Tabela 4.1: Najważniejsze parametry STM32F103CBT6 [9].

Napięcie zasilania	Częstotliwość Taktowania	Pamięć Flash	Pamięć SRAM
3.3V	72MHz	128kB	20kB
Liczba timerów	Interfejsy	Obudowa	Montaż
4, 16bit	CAN, I2C x2, LIN SPI x2, USART x2	LQFP48	SMD

- Moduł komunikacji bluetooth RN4020-V/RM firmy Microchip(U2). W tabeli 4.2 przedstawione zostały jego najważniejsze dane katalogowe.

Tabela 4.2: Najważniejsze parametry RN4020-V/RM [10].

Napięcie zasilania	Standard	Komunikacja	Protokół
3.0-3.6V	4.1	UART	ASCII AT Commands
Programowalne GPIO	Częstotliwość pracy	Wbudowana antena	Montaż
7 cyfrowych 3 analogowe	2.402-2.480GHz	Tak	SMD

- Interfejs protokołu ISO9141-2, L9637D firmy STMicroelectronics(U3). Dane katalogowe tego układu znaleźć można w odnośniku [11].
- Regulator napięcia 5V MC7805BDTRK(U4). Dane katalogowe tego układu znaleźć można w odnośniku [12].
- Regulator napięcia 3V MCP1703T-3302E/CB(U5). Dane katalogowe tego układu znaleźć można w odnośniku [13].

W tabeli 4.3 znajduje się pełny wykaz wykorzystanych elementów.

Tabela 4.3: Wykaz wykorzystanych elementów wraz z opisem obudowy, rodzaju montażu oraz warstwy na projekcie obwodu drukowanego.

Oznaczenie	Nazwa/wartość	Obudowa	Montaż	Ilość	Warstwa
U1	STM32F103CBT6	LQFP48	SMD	1	Górna
U2	RN4020-V/RM	RN4020-ALT	SMD	1	Dolna
U3	L9637D	SO8	SMD	1	Górna
U4	MC78M05 BDTRK	TO-252-3	SMD	1	Górna
U5	MCP1703T-3302 E/CB	SOT-23-3	SMD	1	Górna
R1, R2, R3	330 Ω	0402	SMD	3	Dolna
R4, R5	330 Ω	0402	SMD	2	Górna
R7	510 Ω	0402	SMD	1	Górna
R8	12k Ω	0402	SMD	1	Górna
R9	22k Ω	0402	SMD	1	Górna
R10	1M Ω	0402	SMD	1	Dolna
R11	10k Ω	0402	SMD	1	Dolna
C1, C2, C12	1 μ F 16V	0402	SMD	3	Górna
C3	1 μ F 25V	0603	SMD	1	Górna
C5	100nF 16V	0402	SMD	1	Dolna
C6	100nF 16V	0402	SMD	1	Górna
C7, C8	22pF 50V	0402	SMD	2	Dolna
C9, C10	10pF 50V	0402	SMD	2	Dolna
C11	4.7 μ F 10V	0402	SMD	1	Dolna
D1, D2, D3	Red diode	0402	SMD	3	Dolna
D4, D5	Red diode	0402	SMD	2	Górna
D8	1N4007	DO-41	THT	1	Górna
Q1	32.768kHz	3.2x1.5x0.9	SMD	1	Dolna
Q2	8MHz	HC49U	THT	1	Dolna
P1	Header	HDR1X4	THT	1	Górna
P3	Header	HDR1X5	SMD	1	Górna
P4	Header	HDR1X3	THT	1	Górna
S1	Button PS-03B	SPST-NO	THT	1	Górna
CB1	Button PS11ABK	SPST-NO	THT	1	Górna

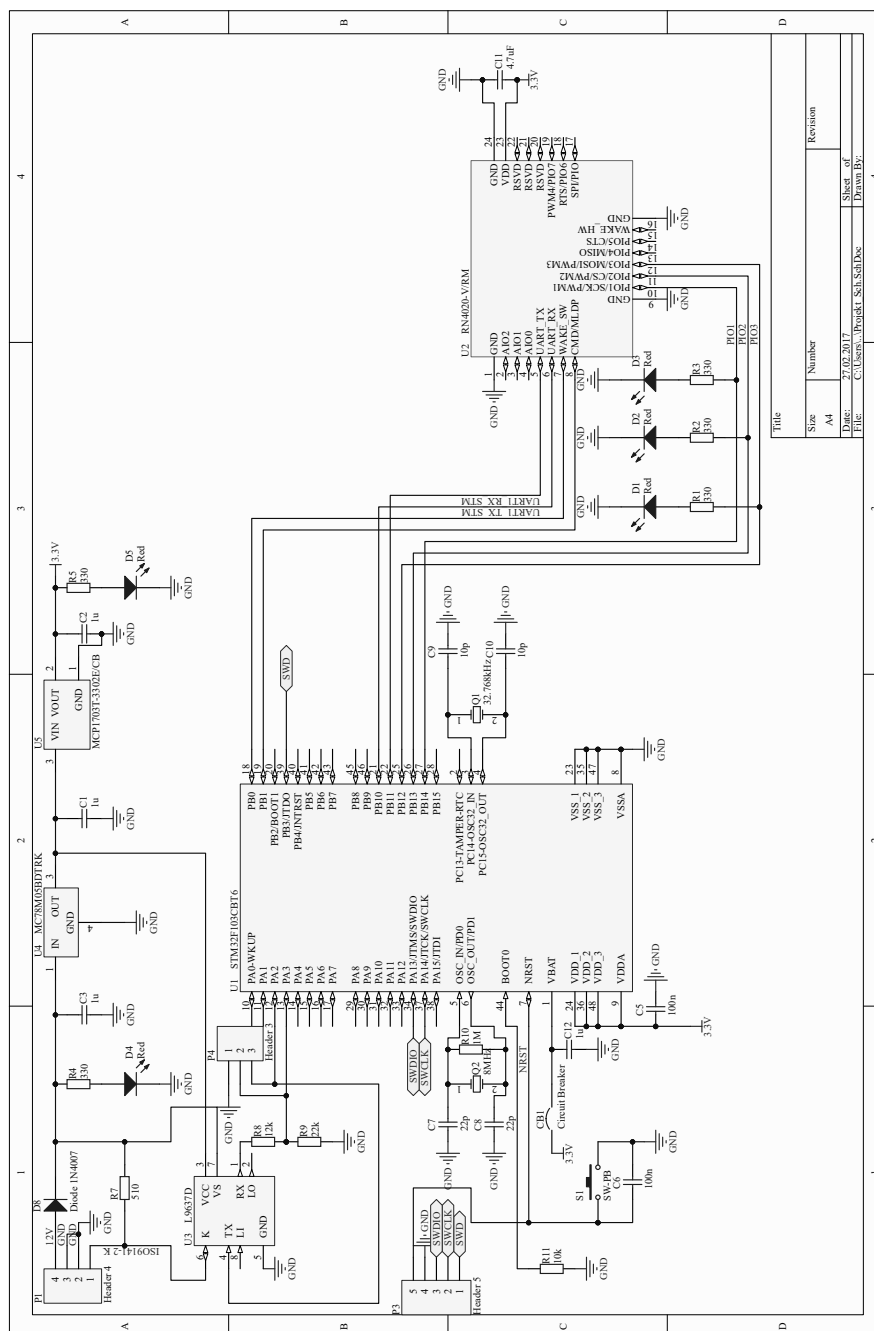
4.2 Schemat elektryczny

Celem zaprojektowanego układu było umożliwienie komunikacji z samochodowym komputerem pokładowym poprzez złącze diagnostyczne. Głównym elementem układu jest mikroprocesor U1, którego zadaniem jest odbieranie danych ze złącza diagnostycznego oraz przesyłanie odebranych danych za pomocą modułu bluetooth do układu wizualizacji danych. Mikroprocesor zasilany jest napięciem 3.3V. Układ został zaprojektowany do obsługi tylko jednego protokołu komunikacyjnego udostępnianego przez złącze diagnostyczne - ISO 9141-2. Wynika to z potrzeby minimalizacji całego układu, a także minimalizacji ceny jego wykonania. Sygnał protokołu komunikacyjnego doprowadzony jest do złącza P1 wraz z napięciem 12V - którego źródłem jest akumulator - oraz wyprowadzeniami masy układu. Sygnał zasilania złącza P1 doprowadzony jest to dwóch regulatorów napięcia U4 oraz U5, dzięki którym w układzie dostępne są napięcia zasilające odpowiednio 5V oraz 3.3V. W obwodzie wejściowym oraz wyjściowym umieszczone zostały kondensatory C1, C2 i C3 zgodnie z zaleceniami producenta [12][13]. W obwodzie zasilania znajduje się dioda prostownicza D8 oraz dodatkowo dwie czerwone diody LED D4 i D5 wraz z odpowiadającymi im rezystorami R4 i R5, których zadaniem jest sygnalizowanie obecności napięcia.

Sygnał linii k protokołu ISO 9141-2 wychodzący ze złącza P1 doprowadzony jest do układu interfejsu magistrali ISO 9141. Układ ten zasilany jest napięciem 5V, a jego zadaniem jest przetwarzanie sygnału wyprowadzonego ze złącza diagnostycznego. Zastosowanie takiego rozwiązania umożliwia wygodne programowanie komunikacji ze złączem diagnostycznym przy użyciu interfejsu UART, które jest bezpośrednio dostępne w zastosowanym mikroprocesorze. Ze względu na różnicę napięć pracy układu L9637D oraz mikroprocesora do odbierania danych z wyprowadzenia Rx interfejsu ISO należy dodatkowo obniżyć napięcie sygnału. Do tego celu wykorzystano rezystancyjny dzielnik napięcia R8 i R9. Wysyłanie danych z mikroprocesora może odbywać się bezpośrednio, ponieważ napięcie 3.3V jest wystarczające do zmiany stanu na wejściu Tx układu U3. W obwodzie komunikacji pomiędzy modułami umieszczono dodatkowo złącze umożliwiające bezpośrednie odczytywanie danych na liniach Rx oraz Tx, które może być wykorzystywane w celach diagnostycznych lub jako wyprowadzenie do dodatkowego mikroprocesora. Dokładny opis układu można znaleźć w nocie katalogowej producenta [11].

Układ U2 znajdujący się na schemacie to moduł komunikacyjny bluetooth. Jego zadaniem jest odbieranie wstępnie opracowanych wyników ze złącza diagnostycznego do układu wizualizacji danych. Moduł charakteryzuje się małym poborem prądu w stanie pracy(12mA), bardzo małym w stanie spoczynku(<0.5A), a także dużą szybkością przesyłania danych(do 1Mbps). Dokładną specyfikację urządzenia można znaleźć w nocie katalogowej producenta [10]. Układ zasilany jest napięciem 3.3V oraz komunikuje się z mikroprocesorem wykorzystując magistralę UART. Dodatkowo do modułu U2 doprowadzony jest sygnał wybudzający ze stanu czuwania(7:WAKE_ SW) oraz sygnał wejścia resetującego układ(8:CMD/MLDP). Wyprowadzenia PIO1, PIO2, PIO3 wykorzystane zostały do sygnalizowania stanu komunikacji układu. Dodatkowo moduł bluetooth posiada wyprowadzenia magistrali SPI, które w zaprojektowanym układzie nie zostały wykorzystane.

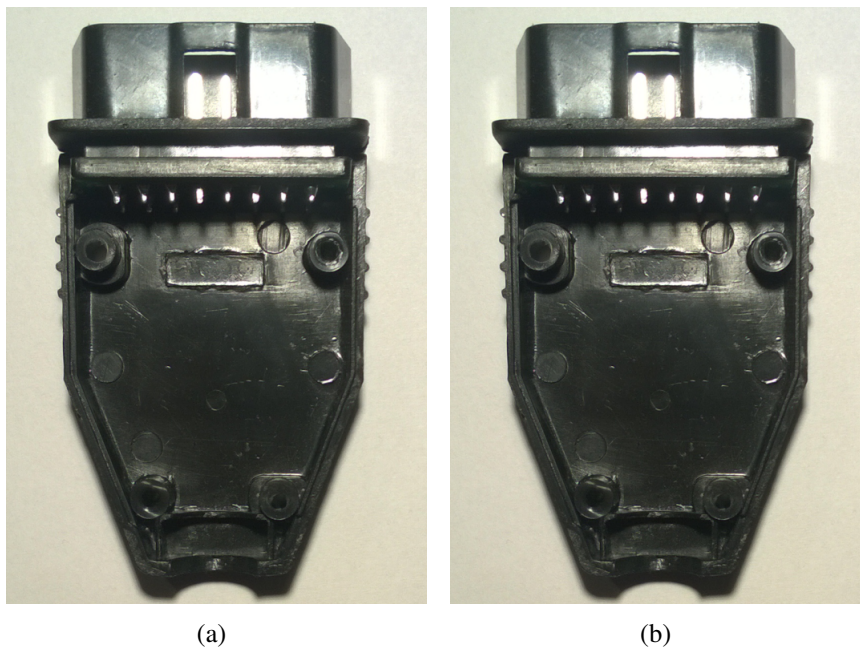
Rys. 4.1 przedstawia schemat zaprojektowanego układu. Schemat w większym rozmiarze dodany został również do załączników na końcu dokumentu.



Rys. 4.1: Schemat obwodu układu do komunikacji ze złączem diagnostycznym. Opis w tekście.

4.3 Projekt obwodu drukowanego

Na podstawie zaprojektowanego schematu elektrycznego zaprojektowany został obwód drukowany. Przy projektowaniu istotnym aspektem był rozmiar oraz kształt wykonanej płytki, aby układ mógł zostać umieszczony w obudowie, której widok oraz przekrój poprzeczny wraz z wymiarami przedstawiony został na Rys. 4.2.



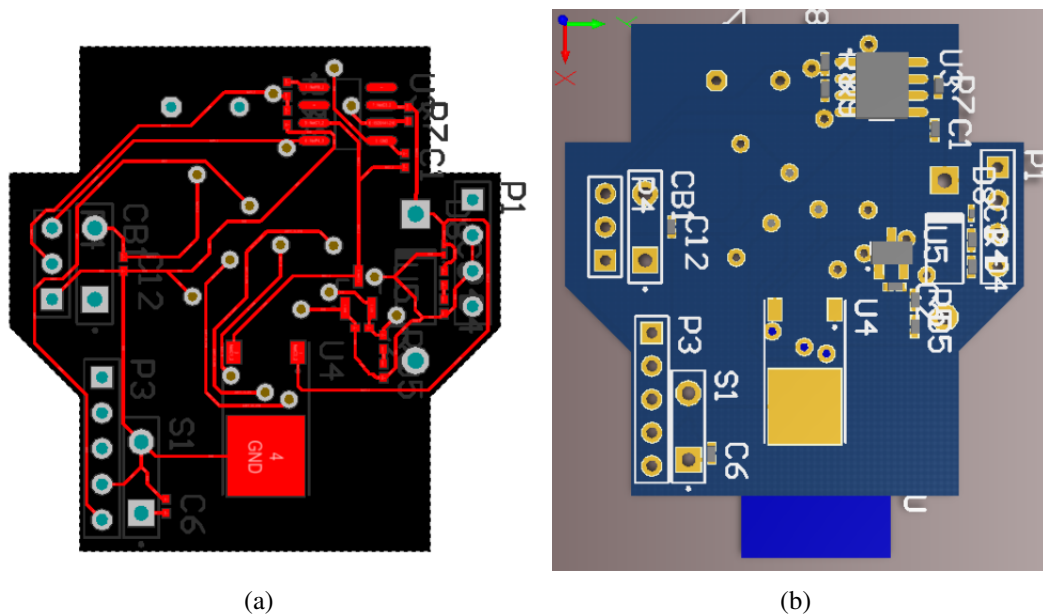
Rys. 4.2: Widok (a) oraz przekrój poprzeczny z wymiarami (b) obudowy układu do komunikacji ze złączem diagnostycznym.

Projekt obwodu drukowanego został wykonany w technologii dwustronnej. W tabeli 4.4 znajduje się opis poszczególnych warstw zaprojektowanej płytki.

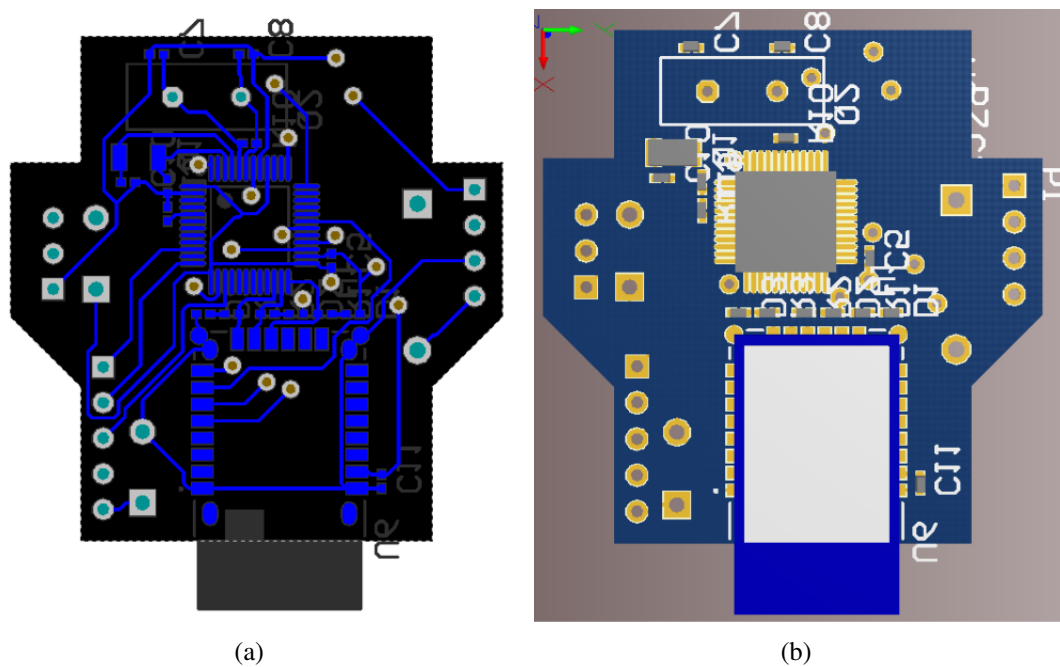
Tabela 4.4: Opis wykorzystanych warstw.

Nazwa/Typ	Materiał	Grubość [mm]	Stała dielektryczna
Pokrycie górne			
Górna soldermaska	Poliamid	0.01016	3.5
Górna warstwa sygnałowa	Miedź	0.03556	
Warstwa dielektryczna	Dielektryk FR-4	0.32004	4.8
Dolna warstwa Sygnałowa	Miedź	0.03556	
Dolna soldermaska	Poliamid	0.01016	3.5
Pokrycie dolne			

W tabeli 4.3 znajduje się wykaz zastosowanych elementów wraz z warstwą, na której zostały umieszczone. Na Rys. 4.3 4.4 przedstawione zostały schematy obwodów obu warstw, a także widoki modelu.



Rys. 4.3: Schemat obwodu (a) oraz widok modelu (b) górnej warstwy płytki.



Rys. 4.4: Schemat obwodu (a) oraz widok modelu (b) dolnej warstwy płytki.

5 Aplikacja przetwarzająca dane ze złącza diagnostycznego

6 Interfejs użytkownika

7 Podsumowanie

Literatura

- [1] Schmidgall R., Zimmermann W., *Magistrale Danych w Pojazdach. Protokoły i Standardy*, Wydawnictwo Helion, Warszawa, 2008.
- [2] Upton E., Halfacree G., *Raspberry Pi. Przewodnik użytkownika. Wydanie III*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ, Gliwice, 2015.
- [3] <https://www.raspberrypi.org/documentation/>
- [4] Schildt H., *Java. Kompendium programisty. Wydanie IX*, Wydawnictwo Helion, Gliwice, 2015.
- [5] <http://docs.oracle.com/javase/8/javafx/api/toc.htm> (14.02.2017)
- [6] <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/index.html>
- [7] <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/005/sae.j1962.2002.pdf> (14.02.2017)
- [8] <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/005/sae.j1979.2002.pdf> (14.02.2017)
- [9] <http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/33/d4/6f/1d/df/0b/4c/6d/CD00161566.pdf/files/CD00161566.pdf/jcr:content/translations/en.CD00161566.pdf> (27.02.2017)
- [10] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/50002279A.pdf> (27.02.2017)
- [11] <http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/4a/80/83/26/e0/78/4d/18/CD00000234.pdf/files/CD00000234.pdf/jcr:content/translations/en.CD00000234.pdf> (27.02.2017)
- [12] <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet2/9/0p4t1g1lw0spoo5ukh2s1uxchzky.pdf> (27.02.2017)
- [13] <http://www.mouser.com/ds/2/268/22049a-51817.pdf> (27.02.2017)

Spis rysunków

2.1	Porównanie złącza diagnostycznego w wersji A oraz B.	7
2.2	Opis wyprowadzeń złącza diagnostycznego. Wykorzystywane wyprowa- dzenia zostały zaznaczone kolorem niebieskim oraz odpowiednim nume- rem. Opis wyprowadzeń znajduje się w Tab 2.1	7
3.1	Schemat układu.	14
4.1	Schemat obwodu układu do komunikacji ze złączem diagnostycznym. Opis w tekście.	18
4.2	Widok (a) oraz przekrój poprzeczny z wymiarami (b) obudowy układu do komunikacji ze złączem diagnostycznym.	19
4.3	Schemat obwodu (a) oraz widok modelu (b) górnej warstwy płytki.	20
4.4	Schemat obwodu (a) oraz widok modelu (b) dolnej warstwy płytki.	20

Spis tabel

2.1	Opis wyprowadzeń złącza diagnostycznego OBD-II.	8
2.2	Tryby pracy złącza diagnostycznego	10
2.3	Interpretacja części odpowiedzi na kod zapytania 01 00	11
2.4	Kodowanie źródła błędu.	13
4.1	Najważniejsze parametry STM32F103CBT6 [9].	15
4.2	Najważniejsze parametry RN4020-V/RM [10].	15
4.3	Wykaz wykorzystanych elementów wraz z opisem obudowy, rodzaju montażu oraz warstwy na projekcie obwodu drukowanego.	16
4.4	Opis wykorzystanych warstw.	19