

Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji. Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrótu). Do artykułu należy dołączyć podpisane oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

PROJEKT  
NR 235



# Miernik spalania LPG

*Po drogach porusza się wiele samochodów wyposażonych w ekonomiczne instalacje LPG. Mój samochód; Honda Accord, ma również instalację LPG, jednak brakowało mi w nim miernika spalania paliwa. Postanowiłem zaprojektować i zbudować wskaźnik spalania LPG. Jednym z celów projektu była prostota montażu w samochodzie i ograniczenie liczby podłączeń elektrycznych projektowanego miernika. Urządzenie zostało wykonane z myślą o instalacjach czwartej generacji – z sekwencyjnym, wielopunktowym wtryskiem paliwa.*

Układ odczytuje, z sterownika instalacji LPG, dane o parametrach pracy silnika oraz prędkość pojazdu z czujnika prędkości. Na podstawie czasu wtrysku paliwa i obrotów silnika oblicza spalanie. Wzór na obliczenie spalania chwilowego jest następujący:

$$\text{Spalanie} \left[ \frac{l}{100\text{km}} \right] = \frac{t_w \cdot Q_w \cdot \text{obr} \cdot c \cdot 100}{v}$$

$t_w$  – czas wtrysku paliwa,

$Q_w$  – wydajność/przepływ wtryskiwacza LPG,

obr – obroty silnika,

c – liczba cylindrów silnika,

v – prędkość pojazdu.

Schemat ideowy miernika spalania zamieszczono na **rysunku 1**. Do jego budowy zastosowałem płytkę Nucleo 32 z mikrokontrolerem STM32L031. Ten mikrokontroler ma bardzo rozbudowane peryferia, a przede wszystkim ma 2 interfejsy UART. Jeden z tych interfejsów wykorzystałem do komunikacji z sterownikiem STAG 300-4, natomiast drugiego użyłem do komunikacji

z wyświetlaczem graficznym. Zastosowałem wyświetlacz z panelem dotykowym tj. panel HMI – Nextion firmy ITEAD o przekątnej ekranu 2,4 cala. Zaimplementowałem także nieulotną pamięć FRAM o pojemności 64 kbit, aby niektóre dane były zapamiętane po wyłączeniu układu. Komunikacja z pamięcią tą odbywa się przez interfejs I<sup>2</sup>C. W obwodzie zasilania użyłem gotowej przetwornicy DC-DC, która obniża samochodowe napięcie 14,4 V do 5 V. Schemat elektryczny i projekt płytki drukowanej wykonałem w programie Eagle (**rysunek 2**), a samą płytkę metodą termotransferu (**fotografia 3**).

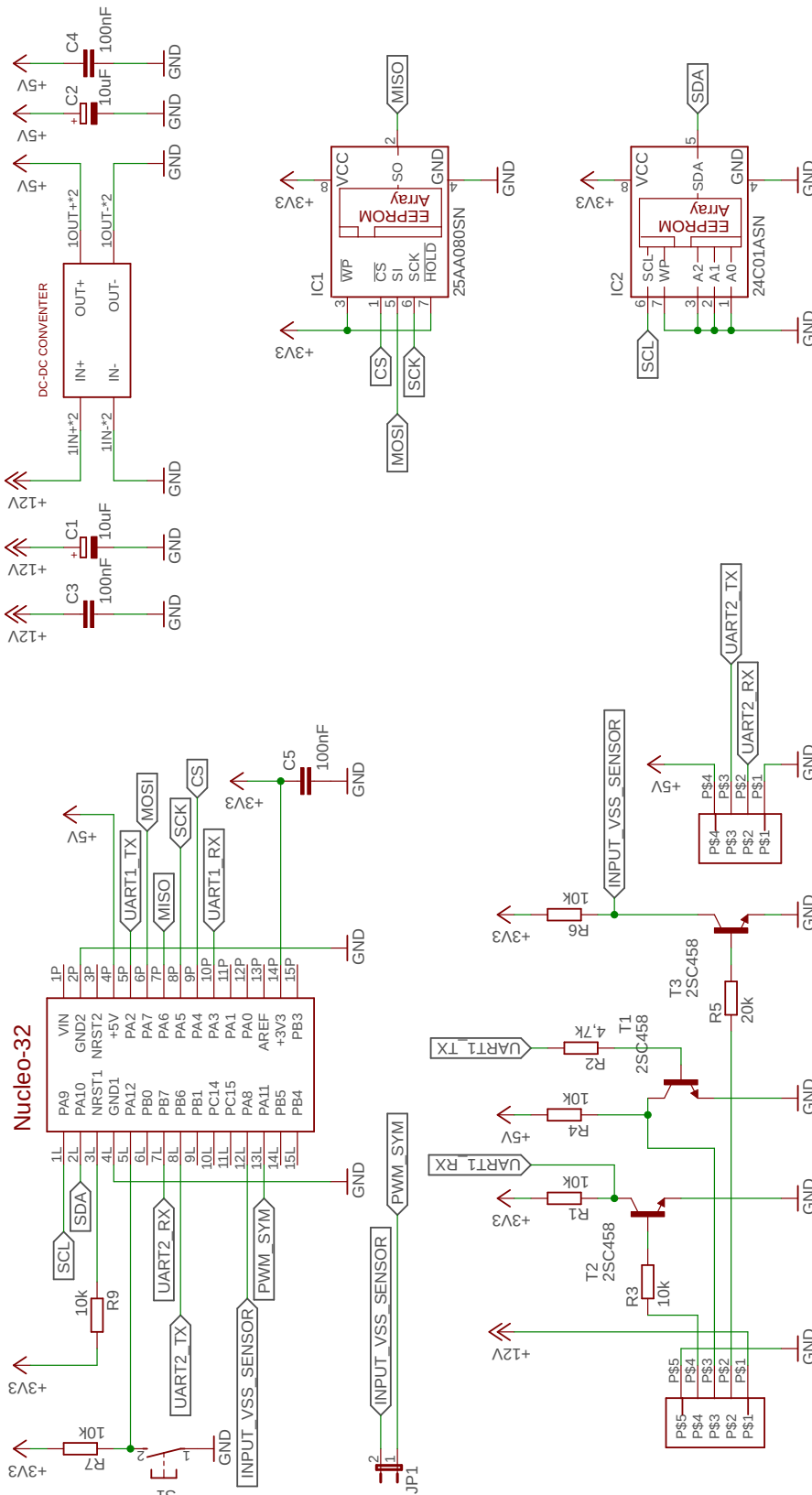
Podczas pisania oprogramowania korzystałem z programów Atollic TrueSTUDIO for ARM oraz STM32CubeMX. Program został napisany w języku C z wykorzystaniem bibliotek HAL dostępnych z środowiskiem CubeMX. Prawie cała część kodu jest obsługiwana przez mikrokontroler w przerwaniach, dzięki czemu różne części programu przeplatają się. Jako programista

chciałem, aby wykonywane operacje nie blokowały się wzajemnie. Wspomnę, że dane w postaci stringów wysyłane przez oba interfejsy UART są wysyłane w sekwencjach po 1 bajcie, tak że procesor nie czeka aż bufor nadawczy się zwolni. Bufor nadawczy jest cyklicznie sprawdzany i kiedy jest zajęty procesor może wykonywać inne operacje, a nie czekać.

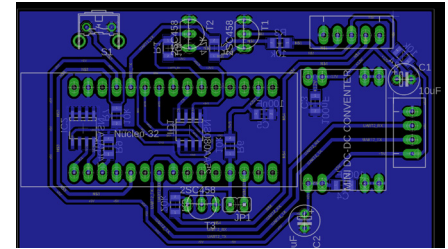
Jednym z trudniejszych problemów do rozwiązania był odczyt parametrów z sterownika instalacji. W moim samochodzie jest zainstalowany sterownik polskiej firmy – STAG 300-4. Komunikacja ze sterownikiem odbywa się przez złącze diagnostyczne. Producent sterownika LPG wykorzystał do komunikacji interfejs UART. Odczyt danych odbywa się po nadaniu ciągu 4 bajtów,

następnie sterownik odpowiada ciągiem 57 bajtów, w których zawarte są informacje o parametach pracy silnika.

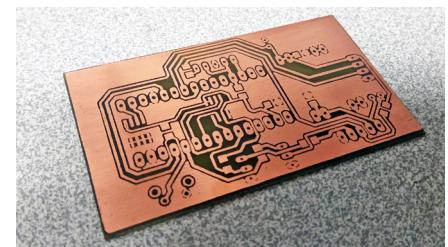
Odczyt prędkości odbywa się przez odczyt sygnału cyfrowego, o zmiennej



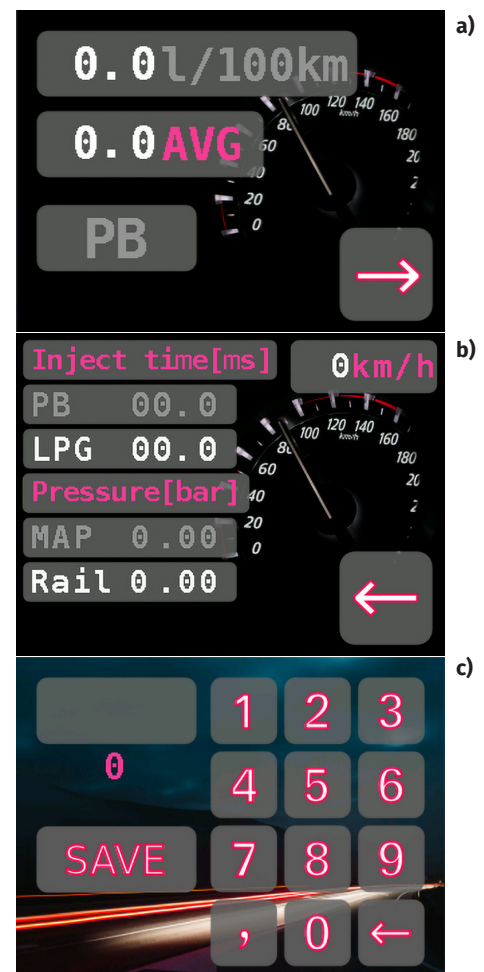
Rysunek 1. Schemat ideowy miernika zużycia LPG



Rysunek 2. Projekt płytki drukowanej – zrzut ekranowy z programu Eagle



Fotografia 3. Płytką wykonaną metodą termotransferu



Fotografia 4. Komunikaty na wyświetlaczu: a) strona główna spalanie chwilowe i średnie, b) podgląd podstawowych parametrów pracy silnika, c) strona kalibracji – można wprowadzić ilość zatankowanego paliwa

częstotliwości, generowanego przez czujnik prędkości (mierzący na wałku skrzyni biegów). Mikrokontroler mierzy okres czasu pomiędzy dwoma zboczami opadającymi. Do tego pomiaru użyłem TIMER 2 mikrokontrolera STM32 ustawiony w trybie Input Capture. Wykrycie każdego zbocza opadającego sygnału generuje przerwanie, w którym pomiar jest przeliczany na prędkość. Im większa prędkość tym mniejszy odstęp czasu pomiędzy zboczami.

$$v \left[ \frac{km}{godz.} \right] = \frac{w}{t_z}$$

v – prędkość samochodu,

w – współczynnik zależny od czasu pomiaru TIMER'a 2 mikrokontrolera STM32,

t<sub>z</sub> – okres czasu pomiędzy dwoma zboczami sygnału.

Obliczanie średniego spalania odbywa się przez wyliczanie średniej arytmetycznej 600 pomiarów zbieranych co każde przejechane 200 metrów. Program został napisany tak, że kiedy układ jest zresetowany to zaczyna cykl zbierania pomiarów – próbek, od zera i liczy średnią zbieranych kolejno próbek (1,2,3... próbek itd.). Kiedy doliczy do 600 to kasuje po kolei każdą następną próbkę, a w jej miejsce zapisuje nową, bieżącą. Przez takie rozwiązanie wynik średniego spalania aktualizuje się około po przejechaniu 120 kilometrów. Wszystkie próbki i dane potrzebne do obliczania średniego spalania zapisywane są do pamięci FRAM, tak aby po zgaszeniu pojazdu dane się nie kasowały, ale aby obliczenia były kontynuowane po ponownym uruchomieniu samochodu.

Jednym z celów i założeń tego projektu była możliwość instalacji go w innych



Fotografia 5. Miernik zamontowany w miejscu popielniczki w samochodzie

pojazdach z instalacjami LPG, pomimo stosowania w nich wtryskiwaczy paliwa o innych parametrach. Urządzenie wyposażylem więc w funkcję kalibracji, na podstawie której w prosty sposób można wyznaczyć wydajność zastosowanych wtryskiwaczy paliwa. Układ zlicza parametry pracy silnika cały czas podczas kalibracji i oblicza średnią arytmetyczną czasów wtrysków i obrotów pracy silnika. Kalibrację należy włączyć po zatankowaniu butli do pełna i nie wyłączać jej do następnego tankowania. Najlepiej jest jeździć do momentu aż zużyje się cały gaz zatankowany do butli. Podczas kolejnego tankowania trzeba podać ile paliwa zatankowaliśmy.

Kalibracja jest więc niezwykle łatwa do wykonania, aby ją załączyć należy nacisnąć przycisk na urządzeniu i przekręcić stacyjkę pojazdu na 2 położenie – „zapłon”. Zakończenie kalibracji odbywa się

po naciśnięciu i przytrzymaniu na wyświetlaczu pola „SAVE”. Komunikaty pokazywane przez miernik na wyświetlaczu pokazano na **rysunku 4**.

Montaż urządzenia w samochodzie nie był skomplikowany. Obejmował on między innymi poprowadzenie przewodów do złącza diagnostycznego sterownika STAG 300-4, podłączenia zasilania „po zapłonie” i wpięcie w wiązkę do przewodu czujnika prędkości. Miernik zamontowałem w miejscu popielniczki.

Aleksander Ostrowski

Źródła

- <https://intercars.com.pl/pl/Zadania-ukladu-paliwowego-ukladu-wtrysku-benzyny/>
- zdjęcia użyte jako tła na wyświetlaczu <https://www.pexels.com>

REKLAMA

## Klub Aplikantów Próbek

to inicjatywa redakcji Elektroniki Praktycznej. W kontaktach z firmami redakcja często otrzymuje do przetestowania próbki podzespołów, modułów, a nawet całych urządzeń elektronicznych. Są to zwykle najnowsze typy/modeli produktów na rynku. Z chęcią podzielenia się z Czytelnikami tymi próbkami zrodziła się inicjatywa pod nazwą Klub Aplikantów Próbek. Członkiem KAP staje się każdy, kto zgłosi chęć przetestowania próbki. Wykaz i krótki opis próbek, którymi dysponuje redakcja EP, można znaleźć poniżej ([www.ep.com.pl/KAP](http://www.ep.com.pl/KAP)).

Wystarczy wybrać rodzaj próbek i zwrócić się majlmem (na adres: Szef Pracowni Konstrukcyjnej [grzegorz.becker@ep.com.pl](mailto:grzegorz.becker@ep.com.pl)) z prośbą o przesłanie bezpłatnych próbek, podając ich nazwę i adres wysyłki. Warto dopisać jaki jest plan zastosowania tych próbek. Nie jest to konieczne, ale może mieć znaczenie przy podziale próbek w przypadku większej liczby zgłoszeń. Mile widziane, choć nieobowiązkowe, jest też przysłanie do redakcji EP opisu wykonanej aplikacji próbek, oczywiście po jej wykonaniu z zastosowaniem otrzymanej próbki. Autorom przysłanych opisów przyznamy punkty, które będą im dawały pierwszeństwo przy ubieganiu się o kolejne próbki. Najciekawsze opisy aplikacji opublikujemy na forum [ep.com.pl](http://ep.com.pl) lub na łamach Elektroniki Praktycznej.

Dla pełnej jasności jeszcze raz podkreślamy, że próbki przekazujemy bezpłatnie i nie trzeba ich zwracać do redakcji.



# www.ep.com.pl/kap