

Waldemar Holubowski¹, Andrzej Sikora², Adam Zielonka¹

¹ Instytut Matematyki, Politechnika Śląska, Gliwice

² Instytut Elektrotechniki i Informatyki, Politechnika Śląska, Gliwice

STANOWISKO DYDAKTYCZNE DO NAUKI PROGRAMOWANIA MIKROKONTROLERÓW

TRAINING TEST STAND FOR LEARNING MICROCONTROLLER PROGRAMMING

Streszczenie: W wielu rozwiązaniach technicznych wykorzystuje się mikrokontrolery, które odpowiedzialne są przede wszystkim w procesie sterowania elektronicznego. Dużą zaletą tych elementów jest ich nieskomplikowana budowa przy jednoczesnym szerokim spektrum dostarczonych przez nie funkcjonalności. Aktualnie, żyjemy w czasach wysoko rozwiniętych technologii, gdzie rozwiązania informatyczne bazują na bardzo zaawansowanych układach elektronicznych co powoduje, że w procesie kształcenia informatyków coraz mniej czasu poświęca się na naukę programowania, a jednocześnie na poznanie i zrozumienie działania mikrokontrolerów, które są nieporównywalnie mniej skomplikowane niż współczesne procesory, ale wciąż mają szereg istotnych zastosowań. Stąd postawiono za cel przygotowanie stanowiska dydaktycznego, które pozwoliłoby na naukę programowania mikrokontrolerów polegającą na zrozumieniu ich działania i nakreśleniu ich możliwości, które wykorzystuje się w rozwiązywaniu problemów inżynierskich. Jednocześnie postawiono sobie za cel przygotowanie stanowiska, które pozwoli na łatwą interpretację ich działania, co istotnie ułatwi proces dydaktyczny.

Abstract: Microcontrollers are widely used in many technical fields, they are responsible mostly for electronic control processes. One of key advantages of these elements is their simple design accompanied by wide spectrum of provided functionalities. Our epoch is characterized by highly developed technologies: computer solutions are based on highly advanced electronic circuits. In the education of IT specialists less and less time is devoted to learning programming procedures and mastering the know-how of microcontrollers, which are much less complex than contemporary processors, but still are very useful and may be applied in many designs. Our goal was to design a training stand for students. This stand should make it possible to learn how to program microcontrollers, to understand their performance and to comprehend the potential of microcontrollers in solving diverse engineering problems. At the same time this stand should help to interpret easily the performance of microcontrollers, which in turn should facilitate the educational process.

Słowa kluczowe: stanowisko dydaktyczne, mikrokontroler, sterowanie

Keywords: training stand for students, microcontroller, control

1. Wstęp

Mikrokontrolery są podstawowymi elementami odpowiedzialnymi za sterowanie w układach elektronicznych. Posiadają bardzo szerokie zastosowania między innymi w realizacji urządzeń wykorzystywanych w pracach badawczych. W wielu projektach realizowanych przez autorów znalazły one szerokie zastosowania. Jedne z najprostszych mikrokontrolerów zostały wykorzystane do budowy komutatora elektronicznego zasilającego silnik BLDC, gdzie jeden z nich był odpowiedzialny za przełączanie tranzystorów w zależności od położenia wału silnika, a drugi realizował zadania związane z ograniczeniem prądowym [1]. Kolejnym zastosowaniem było stworzenie elektronicznej tachoprądnicy, która została zgłoszona jako wzór

użytkowy. W tym przypadku mikrokontroler analizował sygnały z dwóch czujników hallotronowych współpracujących z wirującym magnesem. Na podstawie przebiegu tych sygnałów określana była prędkość i kierunek wirowania. Mikroprocesor generował sygnał PWM o wypełnieniu zależnym od prędkości i kierunku wirowania magnesu enkodera. Sygnał wyjściowy z mikroprocesora był filtrowany i wzmacniany w stopniu końcowym do poziomu wymaganego przez układ automatyki. Ponadto w wielu innych zadaniach stworzona została aparatura pomiarowa, której celem była rejestracja różnego rodzaju parametrów między innymi temperatury, prędkości obrotowej, itp. Od pewnego czasu popularne i jednocześnie po-

wszechnie dostępne są coraz bardziej zaawansowane i wyspecjalizowane zestawy modułów np. Arduino [2], które ułatwiają budowę układów elektronicznych, a dzięki swej uniwersalności i modułowości pozwalają na realizowanie różnorodnych aplikacji osobom nie posiadającym zaawansowanej wiedzy i umiejętności dotyczących budowy układów elektronicznych. Zestawy zawierające mikrokontroler posiadają cyfrowe linie wejścia / wyjścia, przetworniki analogowo-cyfrowe, wyjścia sygnału PWM, interfejs UART lub USB. Liczba dostępnych portów zależy od zastosowanego mikrokontrolera. Mikrokontroler w połączeniu z różnego rodzaju czujnikami może tworzyć układ pomiarowo – rejestrujący, natomiast poprzez połączenie go z przekaźnikami lub tranzystorami mocy pozwala konstruować układy wyjściowe realizujące przełączanie i regulację obwodów o znacznej mocy. Porty komunikacyjne mikrokontrolera wykorzystać można do komunikacji z komputerem pełniącym funkcję hosta w celu przesyłania danych do rejestracji. Można również mikrokontroler wyposażyć w układy pozwalające na komunikację bezprzewodową typu Bluetooth, WIFI. Długoletnie doświadczenia autorów w pracy dydaktycznej przemawiają za koniecznością przygotowania stanowiska dydaktycznego, które pozwoli w łatwy i ciekawy sposób interpretować rezultaty działania mikrokontrolera.

2. Cel i opis koncepcji działania

2.1. Cel

Celem projektu jest stworzenie stanowiska dydaktycznego, posiadającego wirujący moduł elektroniczny wyposażony w zestaw diod, które wirując wokół osi obrotu modułu elektronicznego umożliwią wyświetlanie zapisanych w pamięci mikrokontrolera sekwencji napisów. Będzie to możliwe ze względu na zjawisko stroboskopowe, które będzie towarzyszyć obserwacji wirujących z odpowiednią prędkością świecących diod. Podstawowym celem dydaktycznym zaproponowanego stanowiska będzie nabycie umiejętności przełączania wirujących diod, tak aby powstały zaplanowane napisy.

2.2. Koncepcja działania stanowiska

Konstrukcję stanowiska można podzielić na dwie podstawowe części: mechaniczną i elektroniczną. Podstawowym zadaniem części mechanicznej jest zapewnienie wirowania układu elektronicznego, z prędkością zapewniającą

powstanie efektu stroboskopowego. Układ elektroniczny odpowiedzialny jest za zadania, które zostaną przedstawione poniżej.

1. Wyznaczenie prędkości obrotowej modułu wirującego. Do tego celu należy użyć układ detekcji charakterystycznego położenia wału silnika. Prędkość będzie wyznaczana przez mikrokontroler w taki sposób, że znacznik położenia będzie odpowiedzialny za wywołanie przerwania zewnętrznego, które wyzwoli naliczanie się wewnętrznego licznika. Ponieważ zaplanowano podział jednego pełnego obrotu układu elektronicznego na 128 równych części (pojedynczy niezmienny stan układu wyświetlającego) do wyznaczenia prędkości wirowania należy użyć licznika 16-bitowego. Należy tu zwrócić uwagę, że czas jednego pełnego obrotu należy podzielić na 2^k części, dzięki czemu czas trwania jednego stanu wyznaczony zostanie poprzez przesunięcie bitowe naliczonego przez licznik 16-bitowy czasu trwania jednego obrotu.

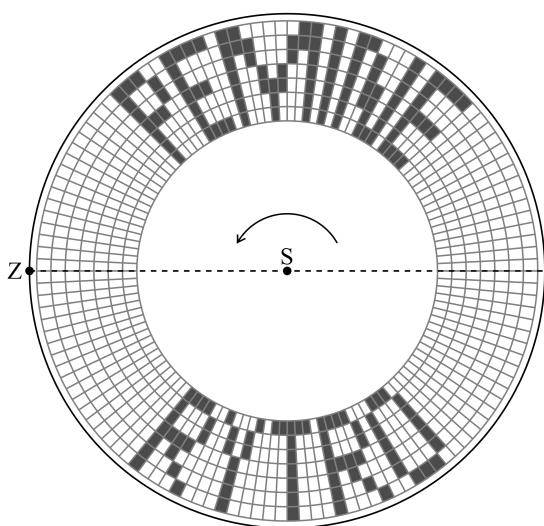
2. Zakodowanie liter i ich zapisanie w pamięci mikrokontrolera. Przyjęto, że każda litera zostanie zapisana w postaci następujących po sobie sekwencji bajtów, gdzie każdy z nich oznacza, które z 8 kolejnych bitów (diod) należy ustawić (zapalić).

bit				
7				
6				
5				
4				
3				
2				
1				
0				
	255	136	136	128 bajt

Rys. 1. Reprezentacja litery „F”, gdzie pola szare oznaczają zapalone diody

Przykład takiej reprezentacji dla litery „F” zamieszczono na Rys 1. Litera „F” w pamięci mikrokontrolera będzie reprezentowana przez ciąg bajtów: 255,136,136,128. Przyjęto, że bajty definiujące kolejne litery będą rozdzielone bajtem zerowym. Wówczas wypisanie danej litery oznacza odczyt kolejnych zapisanych w tablicy bajtów, aż do bajtu równego zero. Jest to o tyle istotne, że różne litery wymagają różnej liczby bajtów do ich zdefiniowania.

3. Zapis sekwencji liter w poszczególnych ekranach. Polega na stworzeniu tablicy, która zawiera adresy w pamięci mikrokontrolera, od których zaczynają się wzorce poszczególnych liter. W miejscu tym należy zwrócić również uwagę na sytuację, gdy napis będzie zawierał dwie części. Pierwsza część (widoczna na Rys. 2 ponad przerywaną linią) wypisana w pierwszej połowie wirującego koła (napis powstaje na zewnętrznym pierścieniu wirującego koła) - tu wystarczy podać wskaźniki do pierwszych bajtów kolejnych liter. W sytuacji, gdy chcemy, aby napis wyświetlany był w drugiej części wirującego pierścienia (widoczna na Rys. 2 pod przerywaną linią), tak aby litery nie były zwrócone do wnętrza wirującego koła, a na zewnątrz należy podać wskaźniki do ostatnich bajtów użytych liter, w bajtach odwrócić kolejność bitów i zapisać te wskaźniki w kolejności od ostatniej litery do pierwszej.



Rys. 2. Przykładowy szablon napisu z zaznaczonym kierunkiem wirowania, gdzie punkt Z oznacza znacznik położenia wirującej tarczy z układem elektronicznym, S – oś wirowania

4. Wywołanie sekwencji kolejnych liter w pojedynczym ekranie. Kolejne bajty użytych w napisie liter będą ustawiane (zapalane diody) poprzez wywołanie przerwania trwającego tyle czasu ile wynosi czas trwania $1/128$ czasu pełnego obrotu.

5. Wyświetlanie sekwencji kolejnych ekranów. Do tego celu użyte zostanie wewnętrzne przerwanie mikrokontrolera.

Dodatkowo założono, że stanowisko powinno być zasilane z portu USB z uwzględnieniem ograniczeń prądowych tego źródła zasilania.

3. Realizacja

Do realizacji modułu elektronicznego użyto mikrokontrolera AVR Attiny24 [3,4]. Przy użyciu tego układu zrealizowane zostaną wszystkie określone w powyższym punkcie zadania. Układ 8 diod będzie sterowany poprzez jego 8-bitowy PORTA ustawiony jako wyjście. Do realizacji zadania detektora położenia układu wirującego zastosowano dwie diody: jedną emitującą podczerwień, umieszczoną na nieruchomej podstawie oraz drugą odbierającą fale podczerwone umieszczoną na zewnętrznym brzegu wirującej tarczy. Rys. 3 przedstawia realizację detektora położenia tarczy, gdzie A oznacza diodę emitującą fale podczerwone, B – diodę odbierającą podczerwień. Impuls napięciowy pojawiający się na zaciskach diody przy rozpoczęciu każdego obrotu powoduje wyzwolenie przerwania zewnętrznego INT0 mikroprocesora. Przerwanie to powoduje odczytanie i wyzerowanie wewnętrznego licznika TCNT1 (16-bitowy). W ten sposób określa się czas trwania jednego obrotu. Następnie poprzez jego przesunięcie bitowe (o 7 bitów w prawo) wyznacza się czas trwania jednego niezmiennego stanu wysterowania diod (jedno ustawienie portu przedstawione np. na Rys. 1) zapisany w 8-bitowym liczniku TCNT0.

Zgodnie z przyjętymi założeniami litery zostały zakodowane kolejnymi bajtami je tworzącymi i rozdzielone bajtem zero. Dane te zostały zapisane w pamięci EEPROM mikrokontrolera, natomiast wyświetlane napisy (adresy bajtów dla poszczególnych liter) w pamięci FLASH. Algorytm wyświetlający napisy został stworzony w taki sposób, że przerwanie wyzwalane przez licznik TCNT0 powoduje wysterowanie kolejnej sekwencji diod. W ten sposób cyklicznie jest realizowane przełączanie diod dla peł-

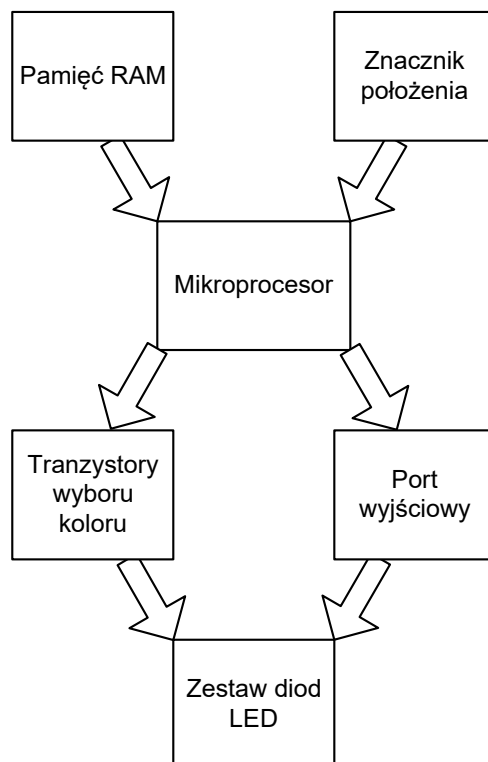
nego obrotu tarczy, co w rezultacie daje efekt pozornego obrazu o zadanej treści.



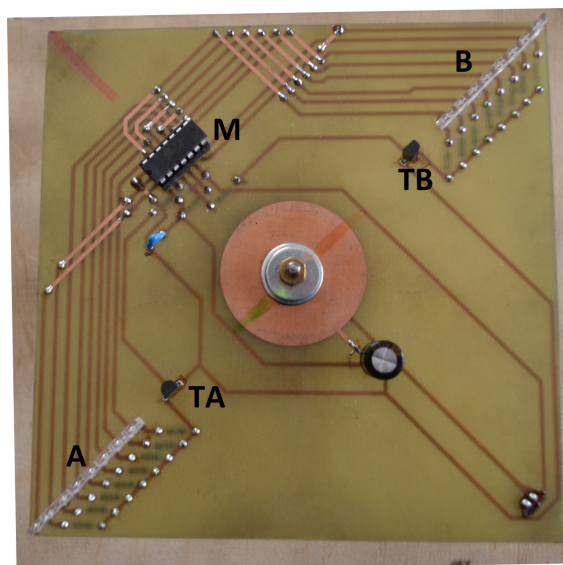
Rys. 3. Fotografia detektora położenia tarczy

Wyświetlenie kolejnego ekranu rozumiane jako kolejny pozorny obraz (obejmujący całą tarczę) inicjowane jest wewnętrznym przerwaniem mikrokontrolera wyzwalanym przez licznik Watchdog. Na poniższym schemacie (Rys.4) przedstawiano schemat blokowy układu elektronicznego. Dodatkowo układ elektroniczny wyposażono w drugi zestaw diod pozwalający na realizację napisów w innym kolorze.

Na Rys 5. przedstawiono górną warstwę modułu elektronicznego zawierającą podstawowe elementy elektroniczne (pozostałe elementy zamontowane są na dolnej warstwie dwustronnej płytki PCB).



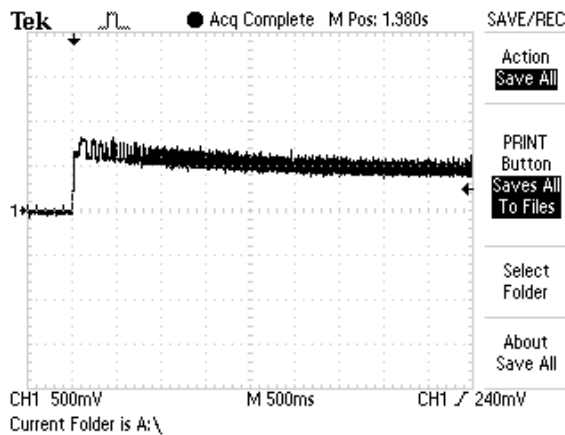
Rys. 4. Schemat blokowy układu elektronicznego realizującego wysterowanie diod



Rys. 5. Fotografia przedstawiająca realizację górnej warstwy układu elektronicznego zawierającej diody (A – jeden zestaw, B – drugi zestaw), M – mikrokontroler, TA, TB – tranzystory wyboru zestawu diod.

Do napędu elementów wirujących stanowiska zastosowano silnik wykonawczy prądu stałego, który zasilany jest napięciem 5V. Silnik został dobrany w taki sposób, żeby zapewnił obroty pozwalające na otrzymanie efektu stroboskopowego (pomiar wykazały prędkość obrotową

ok. 950 obr/min) i pobór mocy nie przekraczał możliwości zasilania go z portu USB. Na Rys. 6 zamieszczono zarejestrowany na oscyloskopie pobór prądu silnika podczas rozruchu stanowiska.



Rys. 6. Oscylogram prądu podczas rozruchu silnika stanowiska, gdzie napięcie 1mV odpowiada prądowi 1mA

4. Podsumowanie

W ramach prac zaprojektowano i wykonano stanowisko dydaktyczne, którego funkcjonalność odpowiada przyjętym założeniom. Stanowisko to pozwala w łatwy sposób ocenić poprawność działania zaimplementowanego algorytmu. Wykorzystany do budowy stanowiska mikrokontroler jest jednym z najprostszych mikrokontrolerów, którego możliwości są wystarczające do realizacji w czasie rzeczywistym niemałej liczby zadań związanych ze sterowaniem układu elektronicznego. Docelowo stanowisko zostanie włączone do cyklu zadań realizowanych w ramach przedmiotu Laboratorium techniki komputerowej dla studentów kierunku Informatyka na Wydziale Matematyki Stosowanej Politechniki Śląskiej.

5. Literatura

- [1]. A. Sikora, A. Zielonka, T. Rudnicki, Porównanie nagrzewania silnika BLDC w zależności od sposobu zasilania. *Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe*, nr 2/2013.
- [2]. S. Monk, *Elektronika z wykorzystaniem Arduino i Rapsberry Pi. Receptury*, Helion, 2018.
- [3]. P. Borkowski: *AVR i ARM7. Programowanie mikrokontrolerów dla każdego*, Helion, 2006.
- [4]. <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/391510/ATMEL/ATTINY24.html> [dostępny 10.03.2018]