XXV Seminarium

ZASTOSOWANIE KOMPUTERÓW W NAUCE I TECHNICE 2015

Oddział Gdański PTETiS

ROZPOZNAWANIE ELEMENTÓW ELEKTRONICZNYCH W OBUDOWACH SOT-23

Rafał KOWALSKI[1], Arkadiusz SZEWCZYK[2]

1. Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych – student
   tel.: 48 514 557 214 e-mail: rafal.kowalski92@gmail.com
2. Politechnika Gdańska, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki, Katedra Metrologii i Optoelektroniki
   tel.: 48 58 347 21 40 e-mail: szewczyk@eti.pg.gda.pl

Streszczenie: Produkowane obecnie elementy elektroniczne do montażu powierzchniowego (SMD) mają tak małe obudowy, że producenci nie są w stanie umieszczać na nich dostatecznej ilości oznaczeń umożliwiających ich jednoznaczną identyfikację. Ponadto, podobnie jak w przypadku elementów do montażu przewlekanego, w obudowie jednego typu mogą być zamknięte różne rodzaje elementów. Przykładem takiej obudowy jest obudowa SOT-23 (Small Outline Transistor).
W celu umożliwienia szybkiej identyfikacji elementów umieszczanych w obudowie SOT-23 opracowany został algorytm oparty o macierze rozpływu prądów pomiędzy wyprowadzeniami obudowy. Opracowany algorytm został zaimplementowany w urządzeniu mikroprocesorowym, które, po dołączeniu do komputera PC, umożliwia również wyznaczanie charakterystyki zidentyfikowanego elementu.

Słowa kluczowe: obudowa SOT-23, SMD, SMT.

1. WSTĘP

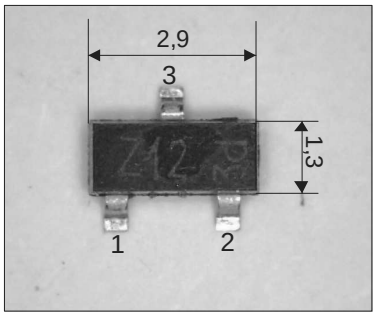
Rozwój elektroniki oraz konkurencja pomiędzy producentami elementów półprzewodnikowych doprowadziły do dużej różnorodności na rynku podzespołów elektronicznych. Obecnie istnieją dwie popularne metody montażu elementów elektronicznych, pierwszą jest technologia montażu przewlekanego - THT (z ang. Through-Hole Technology), drugą technologia montażu powierzchniowego - SMT (z ang. Surface Mounting Technology). Obecnie elementy przewlekane są rzadziej wykorzystywane ze względu na swoje większe rozmiary. Projektanci układów elektronicznych dążą do miniaturyzacji urządzeń i nierzadko korzystają tylko z elementów SMT.

Każdy element elektroniczny ma swoją obudowę która chroni go przed środowiskiem zewnętrznym, zapewnia odpowiednią wytrzymałość mechaniczną oraz zapewnia odprowadzanie ciepła wytwarzanego podczas pracy elementu [1]. Obecnie istnieje kilka organizacji zajmujących się standaryzowaniem elementów elektronicznych, np. JEDEC, IEC, JEITA. Najczęściej standard obudowy opisuje jedynie jej wymiary oraz materiał z którego powinna być wykonana, a nie definiuje jej zawartości, dlatego producenci mają dowolność w wyborze obudowy dla swoich elementów. Jedynym ograniczeniem z jakim muszą się liczyć jest moc cieplna jaką obudowa jest w stanie odprowadzić. Dopóki podzespoły są na tyle duże, aby umieścić na nich odpowiednie oznaczenia pozwalające jednoznacznie zidentyfikować element, nie ma znaczenia co producent umieszcza w obudowie. Problem pojawia się dopiero gdy wymiary obudowy są tak małe, że nie pozwalają na umieszczenie dostatecznej ilości informacji potrzebnych do jednoznacznej identyfikacji elementu. Istnieją oczywiście strony internetowe na których można za pomocą kodu z obudowy odnaleźć specyfikację techniczną układu scalonego, jednak okazuje się, że tym samym, krótkim kodem, mogą być oznaczone różne elementy wyprodukowane przez różne firmy. Może to w znacznym stopniu utrudnić prace konstrukcyjne amatorom, studentom i inżynierom przygotowującym prototypy urządzeń elektronicznych, zwłaszcza, gdy wiele elementów dostępnych jest jedynie w obudowach do montażu powierzchniowego.

1.2. Obudowa SOT-23

Przykładem obudowy o niewielkich rozmiarach, w której umieszczane są różne elementy elektroniczne jest pokazana na rysunku 1 obudowa SOT-23.

Standard SOT-23 został wprowadzony przez amerykańską organizację JEDEC zrzeszającą największych producentów elementów półprzewodnikowych. Na stronie organizacji można znaleźć dokumentację techniczną, która zawiera informacje o wymiarach obudowy. Standaryzacja dotyczy jedynie wymiarów i nie definiuje zawartości obudowy. Obudowa została zaprojektowana z zamiarem umieszczania w niej tranzystorów (SOT – Small Outline Transistor) [2].



Rys. 1. Widok obudowy SOT-23 z naniesionymi numerami wyprowadzeń i wymiarami w mm; dopuszczalna tolerancja wymiarów wynosi 0,1 mm

W obudowach SOT-23, oprócz tranzystorów bipolarnych i z efektem polowym montowane są również, między innymi diody pojedyncze i podwójne w różnej konfiguracji wyprowadzeń, stabilizatory napięcia, dzielniki

rezystorowe, czujniki temperatury, układy Darlingtona. W tablicy 1 zestawiono przykładowe elementy montowane w obudowie SOT-23 wraz z przyporządkowaniem wyprowadzeń, zgodnie z numeracją z rysunku 1.

Tablica 1. Przykłady elementów elektronicznych w obudowie SOT-23 – opis wyprowadzeń

Rodzaj elementu	Typ	Wyprowadzenia		
		1	2	3
tranzystor NPN	BC817	B	E	C
tranzystor NPN	BCX70	B	E	C
tranzystor PNP	BC807	B	E	C
tranzystor polowy z kanałem N	BST82	G	S	D
tranzystor polowy z kanałem P	BSS84LT1G	G	S	D
dioda Zenera	BZX84C2V4	A	-	K
dioda Schottky'ego	BAS70	A	-	K
dioda podwójna	BAS70-40	A1	K2	K1/A2
dioda podwójna	BAT54C	A1	A2	K1/K2
dioda podwójna	BAT54A	K1	K2	A1/A2

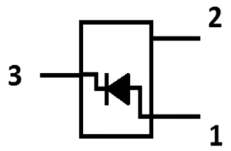
Wyszczególnione w tablicy 1 konfiguracje wyprowadzeń prezentują wszystkie występujące konfiguracje dla tranzystorów, diod pojedynczych i podwójnych, co jest faktem szczególnie ważnym dla dalszych rozważań nad metodą rozpoznawania rodzaju elementu w obudowie.

2. METODA ROZPOZNAWANIA ELEMENTÓW

Najprostszą metodą rozpoznania konfiguracji wyprowadzeń diody lub tranzystora bipolarnego jest sprawdzenie kierunku przepływu prądu pomiędzy wyprowadzeniami elementu przy przyłożonym do nich niewielkim napięciu testującym - pobudzeniu. Wartość pobudzenia powinna być tak dobrana, by nie spowodować uszkodzenia elementu przez jego przebicie lub przegrzanie w wyniku przepływu prądu o znacznej wartości. W przypadku diody półprzewodnikowej, by wystąpił przepływ prądu przewodzenia, pobudzenie powinno być przyłożone do anody (A). Tranzystor bipolarny można zaś traktować jako dwie diody (uformowane przez dwa złącza p-n) połączone wspólną katodą (baza tranzystora NPN) lub wspólną anodą (baza tranzystora PNP). Warto tu zauważyć, że dla diod podwójnych w obudowie SOT-23 wspólna anoda lub wspólna katoda dołączona jest do wyprowadzenia 3, zaś baza tranzystora bipolarnego do wyprowadzenia 1. Stosując zatem metodę sprawdzania kierunku przepływu prądu pomiędzy wyprowadzeniami obudowy, nie ma możliwości pomylenia tranzystora bipolarnego z układem dwóch diod.

Metoda wykorzystana do rozpoznawania elementów została oparta na założeniu, że każdy element umieszczany w obudowie z trzema wyprowadzeniami, ma swój unikalny rozpływ prądów i na tej podstawie może być rozpoznany. Pomimo, iż założenie nie jest prawdziwe dla każdego elementu jaki może znajdować się w obudowie SOT-23, to jest ono wystarczające dla typowych elementów półprzewodnikowych, takich jak diody w różnej konfiguracji, tranzystory bipolarne i tranzystory unipolarne. W metodzie nie jest mierzona wartość prądu płynącego przez wyprowadzenia a jedynie sprawdzane jest czy płynący prąd przekroczył pewną wartość wynikającą z konstrukcji układów pomocniczych.

Biorąc jako przykład diodę podłączoną w taki sposób, że katoda podłączona jest do wyprowadzania 3, anoda do wyprowadzenia 1 obudowy SOT23, a wyprowadzenie 2 nie jest do niczego podłączone, jak to pokazano na rysunku 2 (przykładowo dioda BAS70, tablica 1), można w formie tabeli przedstawić przepływ prądu przez element dla wszystkich możliwych sposobów podłączenia układów pobudzającego i detekcji prądu. Przykładowy rozpływ prądów dla przypadku z rysunku 2 przedstawiony jest w tablicy 2. Wartość "1" w środkowej części tablicy oznacza, że prąd wpłynął lub wypłynął z wyprowadzenia, a wartość "0", że prąd nie płynie przez wyprowadzenie oznaczone numerem po lewej stronie. Kolumna definiuje jakie układy zostały dołączone do wyprowadzeń, np. kolumna pierwsza oznacza, że układ pobudzający został podłączony do wyprowadzenia 1, a układy detekcji prądu do wyprowadzeń 2 i 3.



Rys. 2. Podłączenie diody prostowniczej w obudowie SOT-23

Tablica 2. Tablica przepływu prądów przez element z rysunku 2

		Numer wyprowadzenia do którego podłączono układ pobudzający					
		1	2	3	1;2	1;3	2;3
Numer wprowadzenia	1	1	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	0	0
	3	1	0	0	1	0	0
		2;3	1;3	1;2	3	2	1
		Numer wyprowadzenia do którego podłączono układ detekcji prądu					

W rozpatrywanym przypadku, przy pobudzeniu dołączonym do wyprowadzenia 1 oraz do wyprowadzeń 1 i 2 przepływ prądu został wykryty w wyprowadzeniach 1 i 3, natomiast przez wyprowadzenie 2 prąd nie płynie.

Podobne tablice zostały opracowane dla pozostałych rozpoznawanych elementów, to jest: tranzystorów bipolarnych typu NPN i PNP i diod podwójnych we wszystkich konfiguracjach. Przykładowo, rozpływ prądów dla tranzystora bipolarnego typu NPN pokazany jest w tablicy 3.

Tablica 3. Tablica przepływu prądów w tranzystorze typu NPN w obudowie SOT-23

		Numer wyprowadzenia do którego podłączono układ pobudzający					
		1	2	3	1;2	1;3	2;3
Numer wprowadzenia	1	1	0	0	1	1	0
	2	1	0	0	1	1	0
	3	1	0	0	1	1	0
		2;3	1;3	1;2	3	2	1
		Numer wyprowadzenia do którego podłączono układ detekcji prądu					

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

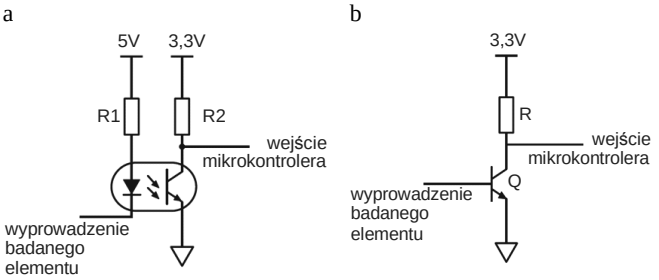
Aby rozpoznać rodzaj elementu w obudowie SOT-23 wystarczy przyłożyć pobudzenie do poszczególnych wyprowadzeń i monitorować przepływ prądu, a uzyskane wyniki porównać z tablicami rozpływu prądów. Metoda ta została zaimplementowana w skonstruowanym urządzeniu mikroprocesorowym.

3. REALIZACJA UKŁADOWA

Skonstruowane urządzenie składa się z mikroprocesora sterującego, układów wykonawczych, wyświetlacza i interfejsu UART do połączenia z komputerem PC. Urządzenie może pracować autonomicznie – informacje o rozpoznanym elemencie wyświetlane są na wyświetlaczu alfanumerycznym, lub w trybie podłączenia do komputera PC poprzez złącze UART. Wtedy praca urządzenia jest sterowana za pomocą dedykowanej aplikacji oraz możliwe jest wyznaczenie charakterystyk elektrycznych rozpoznanego elementu.

3.1. Rozpoznawanie elementu

Dla realizacji detekcji rozpływu prądów konieczne było skonstruowanie układów pobudzających i detekcji, które dostarczają mikroprocesorowi sterującemu informację o płynącym przez wyprowadzenia badanego elementu prądzie. Zostały one umownie nazwane układem pobudzającym (rys. 3a) i detekcji prądu (rys. 3b).



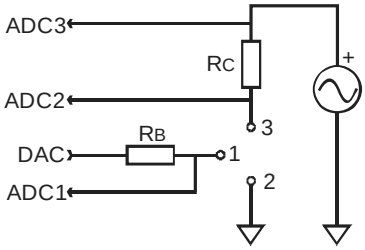
Rys. 3. Układ pobudzający (a) i detekcji prądu (b)

Układ pobudzający składa się z transoptora i dwóch rezystorów: R1, który ogranicza prąd płynący przez układ badany, oraz R2, który ogranicza prąd fototranzystora. Rezystancja rezystora R2 została tak dobrana aby tranzystor działał jako klucz. W układzie wynosi ona 2,2 kΩ a wartość rezystora R1 to 6,2 kΩ. Układ detekcji składa się z tranzystora oraz rezystora ograniczającego jego prąd.

Każde z wyprowadzeń badanego elementu posiada własny układ pobudzający i detekcji prądu. Wybór układu aktywnego zrealizowano za pomocą multiplekserów sterowanych poprzez układ mikrokontrolera. Po uruchomieniu procedury rozpoznawania, komutatory przełączają dołączone układy w taki sposób, aby wyczerpać wszystkie możliwe kombinacje. Dla każdej kombinacji informacje z układów pomocniczych zapisywane są w pamięci mikrokontrolera. Zapisane dane są porównywane z danymi wzorcowymi dla poszczególnych elementów i na tej podstawie jest rozpoznawany rodzaj elementu w badanej obudowie.

3.2. Wyznaczanie charakterystyk statycznych elementów

Schemat układu do wyznaczania charakterystyk przedstawiony jest na rysunku 4. W układzie jako źródło sygnału pobudzającego użyte zostało źródło sygnału zmiennego. Rezystory R_C i R_B pozwalają na wyznaczenie wartości prądu płynącego przez element. Wartości napięć mierzone są wewnętrznym przetwornikiem analogowo-cyfrowym mikrokontrolera (ADC) i zapisywane w pamięci.



Rys. 3. Układ do wyznaczania charakterystyk rozpoznanego elementu

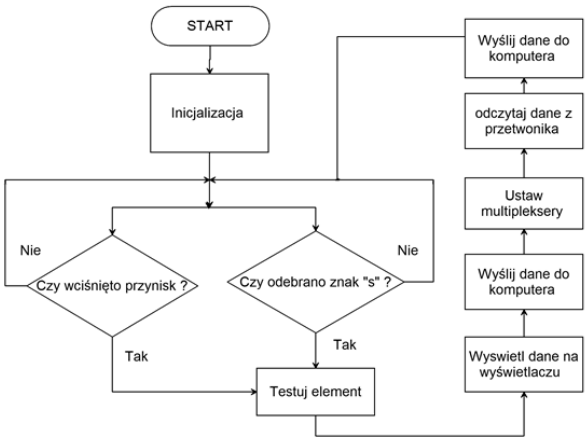
W celu prawidłowego wyznaczenia charakterystyk należy odpowiednio skonfigurować połączenia układów pomocniczych w zależności od tego jaki element jest badany. Po rozpoznaniu elementu w obudowie, jest on odpowiednio dołączany za pomocą multiplekserów analogowych do końcówek układu pomiarowego, oznaczonych na rysunku 3 jako 1, 2 i 3. W przypadku tranzystora bipolarnego, końcówka 1 dołączana jest do bazy, końcówka 2 do emitera a końcówka 3 do kolektora i wyznaczana jest charakterystyka wyjściowa $I_c(U_{ce})$, dla konfiguracji ze wspólnym emiterem, przy stałej wartości prądu bazy regulowanej napięciem wyjściowym przetwornika cyfrowo – analogowego (DAC) mikrokontrolera.

W przypadku diody wyznaczana jest charakterystyka prądowo – napięciowa I(U) w kierunku przewodzenia, przy dołączeniu końcówki 3 do anody a końcówki 2 do katody diody. Końcówka 1 pozostaje niepodłączona. Gdy w obudowie znajdują się dwie diody rysowana jest charakterystyka tylko jednej z nich, przy założeniu, że dwie diody w jednej obudowie mają takie same parametry elektryczne.

Po zakończeniu cyklu pomiarowego dane wysyłane są do komputera PC, gdzie w dedykowanym programie są przetwarzane i rysowana jest charakterystyka rozpoznanego elementu

3.3. Algorytm działania urządzenia

Pracą wykonanego urządzenia steruje mikrokontroler z rodziny STM32F051. Algorytm programu sterującego pokazany jest na rysunku 5.



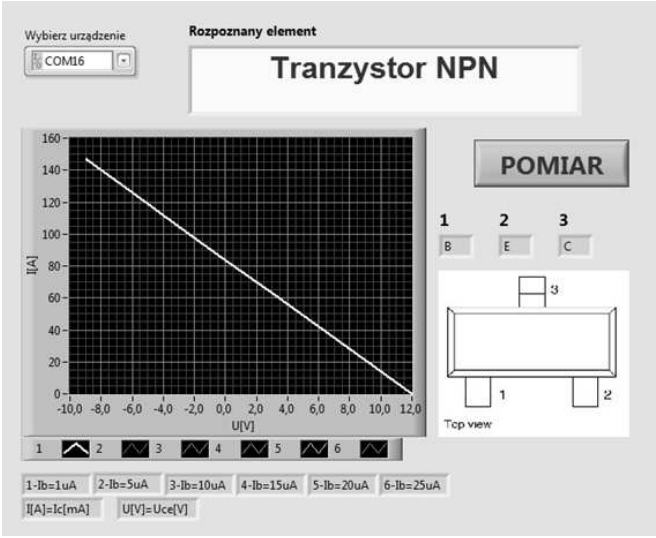
Rys. 5. Algorytm programu sterującego

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Po włączeniu urządzenia następuje inicjalizacja, konfigurowane są linie wejścia/wyjścia, peryferia oraz wyświetlacz. Po tym procesie program zaczyna wykonywać nieskończoną pętlę, w której oczekuje na wciśnięcie przycisku wyzwolenia pomiaru lub odebranie znaku "s" od komputera. Gdy warunek jest spełniony uruchamiana jest funkcja testowania, która określa jaki element został umieszczony w głowicy testującej. Po zakończeniu działania funkcji, na wyświetlacz wysyłana jest odpowiednia informacja, następnie do komputera wysyłany jest bajt danych na podstawie którego program na komputerze PC również może określić jaki element umieszczono w głowicy. Kolejnym etapem pracy mikrokontrolera jest odpowiednie ustawienie multiplekserów, według przypisanej dla każdego rozpoznanego elementu konfiguracji. Następnie rozpoczyna się procedura wyznaczania charakterystyki. Dane z przetwornika A/C zapisywane są do bufora, a gdy wszystkie pomiary zostaną zakończone zawartość bufora jest wysyłana do komputera. Po stronie mikrokontrolera nie odbywa się przetwarzanie zebranych danych, to zadanie jest realizowane w programie uruchomionym na komputerze PC.

3.4. Aplikacja dla komputera PC

Do opracowania interfejsu użytkownika umożliwiającego wyświetlanie wyników pomiaru na ekranie komputera wykorzystano graficzne środowisko programowania "LabView" firmy National Instruments. Interfejs programu pokazany jest na rysunku 6.



Rys. 6. Widok interfejsu programu sterującego

Po wciśnięciu przycisku "POMIAR" do mikrokontrolera wysyłany jest bajt danych o wartości 0x73 (znak "s"). Odebranie tej wartości przez mikrokontroler powoduje rozpoczęcie procedury rozpoznawania elementu. Po jej zakończeniu mikrokontroler odsyła bajt danych, na podstawie którego program określa jaki element został rozpoznany. Na podstawie tej informacji aktualizowana jest wartość pola tekstowego "rozpoznany element", nad obrazem obudowy SOT23 wyświetlana jest konfiguracja wyprowadzeń badanego elementu, a pod wykresem wyświetlana jest odpowiednia legenda. W tym czasie mikrokontroler rozpoczyna procedurę pomiaru wartości potrzebnych do wyznaczenia charakterystyki. Po zebraniu danych są one wysyłane do komputera, przetwarzane i wyświetlana jest wyznaczona charakterystyka rozpoznanego elementu.

4. WNIOSKI KOŃCOWE

Przegląd rynku podzespołów elektronicznych pokazuje, że obudowa SOT-23 jest chętnie wybierana przez producentów dla wielu elementów półprzewodnikowych. Założenia projektowe ograniczały zakres rozpoznawanych elementów do tych, jakie można najczęściej spotkać (diody, tranzystory bipolarne PNP, NPN). Wykonane urządzenie jest tak zaprojektowane, by dalszy rozwój oprogramowania umożliwił rozszerzenie jego funkcjonalności o rozpoznawanie innych elementów. Ponieważ jest to urządzenie prototypowe, nie udało się uniknąć pewnych ograniczeń. Jednym z nich może być niewielki zakres napięć testujących użytych do wyznaczania charakterystyk rozpoznanych elementów, co może okazać się niewystarczające do narysowania pełnej charakterystyki niektórych z nich.

Dysponując odpowiednią wiedzą, możliwe jest rozpoznanie rodzaju elementu elektronicznego przy użyciu np. multimetru. W przypadku małych elementów, jak te umieszczane w obudowie SOT-23 jest to jednak niewygodne, a ręczne wyznaczenie charakterystyki wymaga czasu. Zaprojektowane urządzenie może być wygodnym uzupełnieniem podstawowych przyrządów pomiarowych, wykorzystywanych w warsztacie elektronika.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Rymarski Z.,: Materiałoznawstwo i konstrukcja urządzeń elektronicznych, WPŚ Gliwice 2000.
2. Revision to 3 lead SOT Package http://www.jedec.org/standards-documents/results/TO-236

RECOGNITION OF ELECTRONIC COMPONENTS ENCASED IN SOT-23 OUTLINE

Currently produced electronic components outlines are so small that producers are not able to put on them a sufficient quantity markings to allow unambiguous identification. The aim of this work was to build an apparatus that will allow testing items packed in the SOT-23 package. As a part of the project the family of electronic components in SOT-23 outline was reviewed. The method for identification of basic semiconductor devices based on current distribution in the element was developed as well as the method of plotting their characteristics using a microcontroller that communicates with a PC. Both methods are implemented in the prototype that recognizes and characterizes electronic components and communicates with a personal computer to display results using dedicated application.

Keywords: SOT-23 outline, SMD, SMT.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl