

*XVI Seminarium*  
**ZASTOSOWANIE KOMPUTERÓW W NAUCE I TECHNICIE' 2006**  
Oddział Gdański PTETiS  
*Referat nr 4*

## TECHNIKA RFID I JEJ APLIKACJE

**Leszek DĘBOWSKI**

Instytut Elektrotechniki Oddział w Gdańsku, 80-557 Gdańsk, ul. Narwicka 1  
tel: (058) 3431291 w. 213 fax: (058) 3431295 e-mail: leszek.debowski@iel.gda.pl

Układy i systemy wykorzystujące technikę RFID (ang. Radio Frequency Identification) stanowią obecnie bardzo dynamicznie rozwijającą się dziedzinę elektroniki. Karty i etykiety radiowe znajdują zastosowania w przemyśle o coraz wyższym stopniu automatyzacji, jak również we współczesnych rozwiązaniach związanych z życiem codziennym. W referacie omówiono podstawy koncepcyjne i ewolucję technologii RFID. Opisano jeden ze współczesnych standardów standardów - MIFARE. Przedstawiono przykładową strukturę czytnika RFID i podano przykłady aplikacyjne.

### 1. WSTĘP

We współczesnym rozumieniu RFID jest technologią obejmującą bilateralną radiową transmisję danych pomiędzy czytnikami i transponderami, które wykonywane są obecnie w postaci elektronicznych etykiet mocowanych na stałe do określonych obiektów, bądź też funkcjonują jako rozwiązania przenośne. Kształty i wymiary produkowanych obecnie transponderów są bardzo zróżnicowane i uzależnione od wymagań aplikacyjnych.

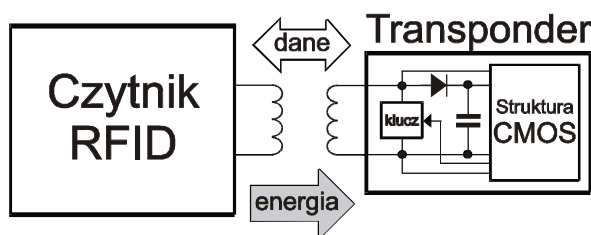
Na przestrzeni ostatnich kilku lat nastąpił niezwykle szybki wzrost zastosowań RFID dzięki opracowaniu tanich transponderów pasywnych. Niezbędne do pracy napięcie zasilające pojawia się z chwilą umieszczenia ich w odpowiednio silnym polu elektromagnetycznym czytnika [1] [3]. Dzięki nowym rozwiązaniom technologicznym możliwe jest masowe wykorzystanie transponderów pasywnych, które osadzone są w formie struktur planarnych na różnorodnych, w tym także elastycznych podłożach [4].

### 2. PODSTAWY I EWOLUCJA TECHNOLOGII RFID

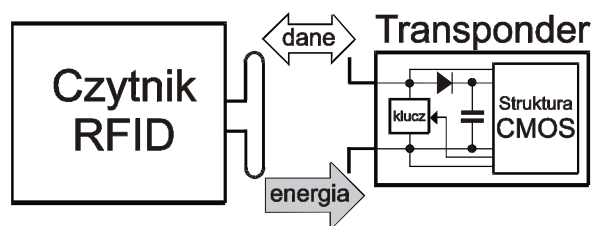
Najprostszy system RFID składa się z pojedynczego czytnika i transpondera komunikujących się między sobą w sposób bezkontaktowy, poprzez łącze radiowe. Dwukierunkowa transmisja danych jest możliwa wówczas, gdy transponder znajduje się w polu elektro-

magnetycznym wytwarzanym przez antenę czytnika. Stosowane są rozwiązania wykorzystujące zakres pól bliskich i dalekich, co pokazują rysunki 1 i 2:

- zakres pól bliskich, częstotliwości 125÷134kHz (pasmo LF), 13.56MHz (HF),
- zakres pól dalekich (pasmo UHF), częstotliwości 433MHz, 868÷965MHz i częstotliwości mikrofalowe 2.45GHz, 5.8GHz.



Rys. 1. Schemat blokowy zestawu RFID pracującego w paśmie niskich częstotliwości



Rys. 2. Schemat blokowy zestawu RFID pracującego w paśmie wysokich częstotliwości

Transponder pasywny nie posiada własnego źródła zasilania, a energia niezbędna do działania czerpana jest z czytnika. Układ zasilający magazynuje ją w kondensatorze, skąd czerpią ją poszczególne obwody elektroniczne transpondera. Transponder pasywny nie przesyła żadnego fizycznego sygnału do czytnika, zaburza jedynie jego nośną, co jest interpretowane jako zwrotny ciąg danych. Zasięg rozwiązania pasywnego nie przekracza kilku metrów (pasmo UHF). Opracowanie bardzo tanich i dojrzałych technologicznie transponderów pasywnych (obecnie około 0.2euro) stało się główną przyczyną gwałtownego rozwoju aplikacji RFID w ostatnich latach. Transponder aktywny wyposażony jest we własny nadajnik radiowy i zasilanie bateryjne, transmisja ma zasięg do 100m. Zakres jego zastosowań jest ograniczony, ze względu na wysoki koszt (10÷30euro). W określonych aplikacjach może samodzielnie inicjować transmisję danych. Transponder semi-pasywny posiada zasilanie bateryjne, lecz transmisja danych może odbywać się jedynie w obecności pola czytnika.

Transpondery mogą być wykonywane w wersji RO (ang. Read Only) z pamięcią tylko do odczytu lub jako RW (ang. Read-Write) z możliwością zapisu informacji w nieulotnej pamięci E<sup>2</sup>PROM, bądź FRAM. W najprostszej wersji transponder typu RO wysyła jedynie 64- lub 96-bitowy kod produktu EPC (ang. Electronic Product Code). Jest on odpowiednikiem EAN/UPC (ang. European Article Number / Universal product Code) stosowanego w stosowanym w technice kodów kreskowych. Najnowsza generacja transponderów RFID dla pasma 13.56MHz, opracowana przez firmę Fujitsu [8] wyposażona jest reprogramowalną pamięć FRAM o pojemności 2kB. Zarówno zapis jak i odczyt całego obszaru pamięci trwa ok. 1.5s. Liczba reprogramowań wynosi 10<sup>10</sup>.

W systemach RFID stosowane są różne metody kodowania danych, m.in. NRZ (ang. Non Return Zero), Manchester oraz różnicowe. W sytuacji, gdy w zasięgu czytnika może znaleźć się jednocześnie dwa lub więcej transponderów konieczne staje się stosowanie protokołów antykolizyjnych. Istotnym elementem związanym z transmisją jest również bezpieczeństwo danych, przy czym ze względu na niewielką moc obliczeniową transpondera funkcje kryptograficzne przejmuje zazwyczaj czytnik. Bardziej szczegółowe ujęcie rozwiązań technologii RFID znaleźć można w artykule [1].

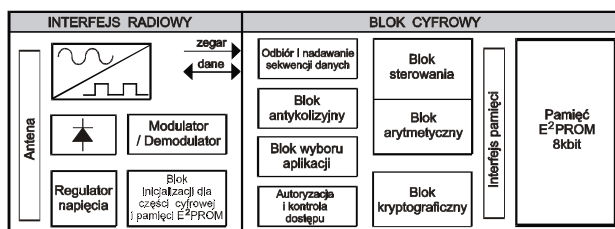
Perspektywą dla nowych zastosowań RFID jest tendencja do integracji w strukturze transpondera części radiowej, mikroprocesora z pamięcią oraz bloków o charakterze pomiarowym wyposażonych w zintegrowane czujniki wielkości fizycznych (temperatury, ciśnienia, wilgotności). Ze względu na coraz powszechniejsze występowanie urządzeń i systemów RFID ważne staje się ograniczanie szkodliwości oddziaływań występujących pól na organizm człowieka. Także inne uwarunkowania, m.in. związane z kompatybilnością elektromagnetyczną powodują, że poprawna praca systemu RFID wymaga spełnienia stosownych norm (np. EN 300330), w tym ograniczenia natężenia pola magnetycznego, wytworzonego przez antenę nadawczą w przypadku systemów niskiej częstotliwości oraz ograniczenia efektywnej mocy wypromieniowanej dla systemów pracujących w obszarze UHF i mikrofal.

### 3. MIFARE – STANDARD RFID

Jednym z powszechnie stosowanych standardów RFID jest system MIFARE [5] opracowany przez firmę PHILIPS. Karty radiowe MIFARE są transponderami pasywnymi, które spełniają ostre wymagania stawiane elektronicznym biletom stosowanym w komunikacji miejskiej i podobnych aplikacjach:

- odległość pomiędzy czytnikiem i kartą – do 100mm, w zależności od geometrii anteny,
- częstotliwość robocza 13.56MHz, szybkość transmisji – do 106kbit/s,
- czas typowej transakcji biletowej z pojedynczą kartą – mniejszy od 100ms,
- właściwość antykolizyjnej obsługi wielu kart, które znalazły się jednocześnie w polu anteny czytnika (wykorzystywany jest specjalny algorytm antykolizyjny wykrywający i uaktywniający kolejno poszczególne karty),
- rozbudowane systemy zabezpieczeń i korekcji błędów transmisyjnych,
- każda karta posiada niezmienny, unikalny numer seryjny,
- możliwość wykorzystania tej samej karty w wielu aplikacjach, dzięki wewnętrznej pamięci E<sup>2</sup>PROM (1kB) podzielonej na 16 sektorów po 4 bloki z indywidualnymi kodami dostępu.

Schemat blokowy struktury wewnętrznej karty MIFARE przedstawiony jest na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat blokowy struktury wewnętrznej transpondera MIFARE

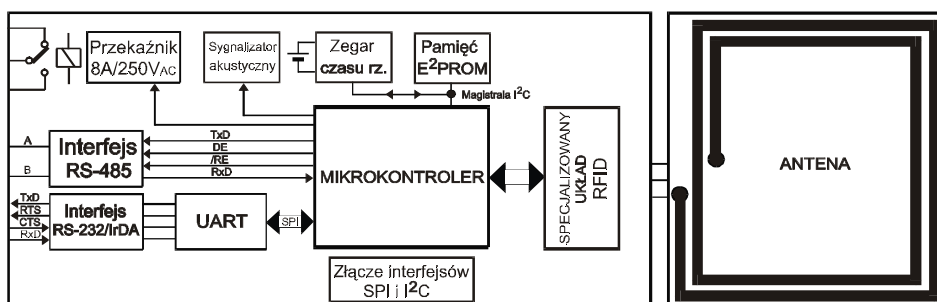
Karty MIFARE produkowane są w różnych wersjach, m.in. w postaci plastikowych kart o ustandaryzowanych wymiarach oraz jako komponenty do umieszczenia wewnątrz obiektu, na obudowie lub opakowaniu. Przykłady wykonania kart MIFARE przedstawia rysunek 4.



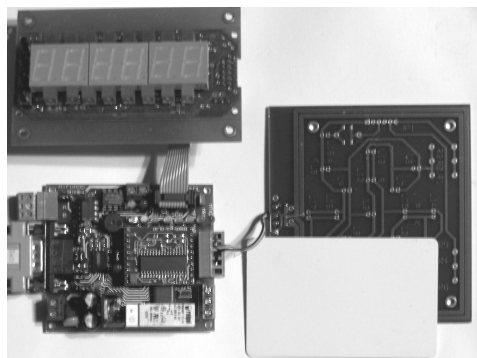
Rys. 4. Przykłady wykonania transponderów MIFARE

#### 4. CZYTNIK RFID DLA TRANSPONDERÓW MIFARE

Opracowany przez autora czytnik RFID przystosowany jest do współpracy z transponderami pasywnymi z rodziny MIFARE. Wykorzystano specjalizowany układ scalony MF RC500 zawierający zaawansowane algorytmy kodowania i dekodowania danych, zabezpieczenia oraz protokół bezkolizyjnej obsługi wielu transponderów [6]. Z układem współpracuje standardowy mikrokontroler 8-bitowy. Czytnik wyposażony został w szeregowy interfejs komunikacyjny RS-485 i RS-232. Interfejs RS-485 umożliwia połączenie wielu czytników w sieć z nadrzędnym systemem komputerowym prowadzącym akwizycję i analizę danych, a także realizującym funkcje decyzyjne. RS-232 pozwala na przyłączenie lokalnego urządzenia współpracującego z czytnikiem (np. komputera PC, panelu operatorского lub opcjonalnego skanera kodów kreskowych). Rozszerzenie funkcji czytnika możliwe jest poprzez złącze interfejsów SPI i I<sup>2</sup>C. Wyjście przekaźnikowe i sygnalizator akustyczny stają się przydatne w systemach kontroli dostępu (np. w bramkach wejściowych). Schemat blokowy czytnika RFID współpracującego z transponderami rodziny MIFARE przedstawia rysunek 5, zaś jego prototyp – rysunek 6.



Rys. 5. Schemat blokowy czytnika RFID dla transponderów MIFARE



Rys. 6. Układ prototypowy czytnika RFID z modułem wyświetlacza i transponderem MIFARE

W trakcie projektowania układu opracowano własną wersję anteny o wymiarach różniących się od zalecanych przez producenta. Do nowej anteny dobrano odpowiednie wartości elementów obwodu rezonansowego. W efekcie uzyskano zasięg czytnika do 40mm. Ze względu na rozbudowany zestaw komend wykorzystywanych do współpracy ze specjalizowanym układem RFID w pierwszym etapie prac uruchomieniowych opracowano testową wersję oprogramowania mikrokontrolera pozwalającą monitorować poprzez interfejs RS-232 wymianę danych za pomocą komputera PC i programu terminala. Zaobserwowano zmiany w bloku informacji diagnostycznych w zależności od położenia transpondera względem anteny:

- brak kontaktu czytnika z transponderem,
- błędy komunikacji - kontakt niepewny, transponder na granicy zasięgu ,
- transmisja poprawna.

Podczas przeprowadzonych testów stwierdzono, że odmiana transpondera MIFARE Ultraligt posiada protokół komunikacyjny odbiegający nieco od standardu. Umieszczenie na płycie drukowanej anteny aktywnych, lecz wolno przełączanych elementów elektronicznych (diody LED) nie wpłynęło na pogorszenie jakości transmisji. Kolejny etap uruchamiania czytnika obejmować będzie opracowanie procedur wymiany danych pomiędzy mikrokontrolerem a transponderem: wywołanie, obsługa kluczy, logowanie do sektora, zapis, odczyt, kopiowanie bloku danych, zwiększanie/zmniejszanie wartości zapisanej w bloku.

Pośród dostępnych obecnie na rynku czytników RFID zaproponowane rozwiązanie sprzętowe wyróżnia się elastycznością, bogatym zestawem interfejsów i peryferiów, które w razie potrzeby mogą zostać dodatkowo rozbudowane dzięki magistralom SPI i I<sup>2</sup>C wyprowadzonym na złącze rozszerzające. Opracowany czytnik może zostać wbudowany w urządzenie autonomiczne (np. maszyna pakująca) lub funkcjonować w ramach sieci złożonych systemu przetwarzania danych.

## 5. PRZYKŁADY APLIKACJI

RFID jest jedną z ważniejszych współczesnych technologii elektronicznych, która znalazła już znaczącą liczbę aplikacji w sektorach związanych z logistyką, usługami, przemysłem, komunikacją, administracją i bezpieczeństwem:

- globalne systemy dystrybucji towarów, centra logistyczne [3], hipermarkety, systemy kart rabatowych, opłaty za przejazdy autostradami, „elektroniczny pieniądz”,
- elektroniczne bilety np. komunikacji miejskiej, na imprezy masowe,
- systemy śledzenia przesyłek pocztowych/kurierskich i bagażu na lotniskach [3],
- zautomatyzowane linie produkcyjne,
- identyfikacja elementów maszyn [2], gromadzenie danych eksploatacyjnych,
- „inteligentne” budynki, systemy kontrola dostępu, biblioteki,
- aplikacje medyczne, znakowanie zwierząt.

## 6. PODSUMOWANIE

Dynamicznie rozwijająca się technika RFID, dzięki obniżeniu kosztów i elastyczności w kształtowaniu wymiarów transponderów pasywnych, wkracza w nowe obszary zastosowań związanych z życiem codziennym, przemysłem, transportem i dystrybucją towarów oraz medycyną. Zaproponowane rozwiązanie czytnika kart radiowych MIFARE może znaleźć zastosowanie w systemach kontroli dostępu oraz w układach automatyki.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. Jankowski H., Krzak Ł., Szczurkowski M., Warzecha M., Worek C.: Technologia radiowej identyfikacji obiektów RFID, Wiadomości Elektrotechniczne Nr 9/2006, str. 8-14, ISSN 0043-5112.
2. Fitowski K., Jankowski H., Krzak Ł., Stankiewicz J., Szczurkowski M., Warzecha M., Worek C.: System identyfikacji elementów maszyn górniczych z wykorzystaniem technologii RFID, Poznańskie Warsztaty Telekomunikacyjne, 8÷9.12.2005
3. Dobkin D., Wandingen T.: A Radio-Oriented Introduction to RFID – Protocols, Tags and Applications, RFID Tutorial, High Frequency Electronics, pp. 32÷46, 08/2005
4. Ludwig K.: Printed Electronics and Display Applications (Printed Organic Circuitry), UK Annual General Meeting “Flexible Displays and Electronics”, 5÷6.04.2006, Knebworth House, Stevenage, United Kingdom
5. MIFARE Standard Card IC Functional Specification, materiały kat. firmy PHILIPS.
6. MIFARE MF RC5000 Highly Integrated ISO 14443A Reader IC, Philips Semiconductors, January 2002
7. Series 2000 Reader System, Standard Radio frequency Module RI-RFM-104B, Reference Guide, Texas Instruments, October 2002
8. FerVID Family MB89R118/119 FRAMEmbedded Transponder IC, materiały katalogowe firmy Fujitsu

## RFID TECHNOLOGY AND ITS APPLICATIONS

Dynamic growth has been currently observed in area of circuits and systems based-on RFID (Radio Frequency Identification) technology. A wide range of RFID tags, cards and labels have been successfully applied in automation-based industry and common life. The paper summarizes RFID basis and evolution. MIFARE standard is described. An example design of compact RFID reader is briefly discussed. Modern RFID technology applications are presented.