

Politechnika Poznańska  
Wydział Elektryczny  
Instytut Automatyki i Inżynierii Informatycznej



Monika Grądzka, Robert Kazimierczak

Kody QR z wykorzystaniem mikrokontrolera STM32

Dokumentacja projektu z Wybranych Technologii Internetowych

Opiekun projektu:  
dr inż. Krzysztof T. Zwierzyński

Poznań, 2017

Poznan University of Technology  
Faculty of Electrical Engineering  
Institute of Control and Information Engineering

# QR codes using the STM32 microcontroller

by  
Monika Grądzka, Robert Kazimierczak

## **Abstract**

The main aim of STMQRCode system is to generate and display QR codes from data stored on SD card.

**Keywords:** QR codes, STM32, microcontroller, Nokia 5110/3110 display, flashcards, Chinese radicals

## **Streszczenie**

Głównym celem systemu STMQRCode jest generowanie i wyświetlanie kodów QR na podstawie danych z karty SD.

**Słowa kluczowe:** kody QR, STM32, mikrokontroler, wyświetlacz Nokia 5110/3110, fiszki, radykały chińskie

# Spis treści

<b>1 Wstęp</b>	<b>4</b>
1.1 Cel i zakres pracy . . . . .	4
1.2 Plan pracy . . . . .	4
1.3 Harmonogram pracy . . . . .	5
1.4 Metodyka pracy grupowej . . . . .	6
<b>2 Opis dziedziny przedmiotowej pracy</b>	<b>6</b>
2.1 STM32F407VG . . . . .	6
2.2 Wyświetlacz Nokia 5110/3110 . . . . .	6
2.3 Czytnik kart SD . . . . .	7
2.4 Kod QR . . . . .	7
<b>3 Wybór technologii informatycznych</b>	<b>7</b>
3.1 Serwis sharelatex.com . . . . .	7
3.2 Serwis github.com . . . . .	7
3.3 Język programowania C . . . . .	7
3.4 Środowisko programistyczne CooCox CoIDE, Version: 1.7.8 . . . . .	7
<b>4 Architektura systemu STMQRCODE</b>	<b>7</b>
4.1 Import i wyświetlenie zimportowanych danych . . . . .	8
<b>5 Implementacja</b>	<b>9</b>
5.1 Model struktur danych . . . . .	13
<b>6 Wdrożenie i testowanie systemu STMQRCODE</b>	<b>13</b>
6.1 Wizualizacja działania systemu STMQRCODE . . . . .	13
6.2 Ankieta . . . . .	15
<b>7 Podsumowanie</b>	<b>17</b>
<b>Literatura</b>	<b>17</b>

# 1 Wstęp

System STMQRCode jest akademickim projektem generowania kodów QR na urządzeniu o ograniczonych zasobach. Użyto mikrokontrolera STM32F407 Discovery.

Dodatkowe zadanie to wyświetlanie wygenerowanych kodów QR na ekranie, do tego celu wybrano wyświetlacz Nokii 5110.

Kody QR są tworzone na podstawie danych tekstowych przechowywanych na karcie SD, która kontaktuje się z systemem poprzez moduł obsługi kart SD. Użytkownik może wprowadzić dowolne dane na karcie, np. tekst, link do strony internetowej, symbol. Ważne jest, aby wprowadzona treść była w formacie tekstowym.

STMQRCode dodatkowo pozwala na naukę radykałów chińskich. Za pomocą przycisków w pseudolosowy sposób wybierany jest radykal i wyświetlany wraz z odpowiadającym mu kodem QR na ekranie. Zeskanowawszy kod za pomocą aplikacji, można sprawdzić znaczenie radykałów w języku angielskim.

## 1.1 Cel i zakres pracy

System STMQRCode służy do wygenerowania kodu QR na podstawie danych, które użytkownik wprowadza na kartę SD. Komunikacja między systemem, a użytkownikiem odbywa się dzięki przyciskom. Po wciśnięciu odpowiedniego przycisku, następuje uruchomienie algorytmu generowania kodu QR na podstawie zawartości wybranego pliku tekstopowego, a następnie wyświetlenie kodu QR na wyświetlaczu. W Tabeli 1 zamieszczono spis głównych funkcjonalności systemu STMQRCode.

STMQRCode udostępnia moduł nauki radykałów chińskich. Na ekranie wyświetlany jest pseudolosowy radykal wraz z odpowiadającym mu kodem QR. Za pomocą przycisków użytkownik może losować radykały.

Tabela 1: Funkcjonalność systemu STMQRCode (u – użytkownik, s – system)

Lp.	Opis funkcjonalności	Dostępność	Priorytet
1.	Komunikowanie systemu z użytkownikiem za pomocą wyświetlacza i przycisków	u	Wysoki
2.	Obsługa karty SD	s	Wysoki
3.	Wczytywanie danych tekstowych z karty SD	s	Wysoki
4.	Wyświetlanie kodów QR na wyświetlaczu	u	Wysoki
5.	Zapis kodu QR na karcie SD	s	Niski
6.	Odczyt bitmapy z karty SD	s	Niski

## 1.2 Plan pracy

W rozdziale 1. przedstawiono skrócony opis systemu STMQRCode. Uzwarterniono w nim główne funkcjonalności, plan, harmonogram oraz metodykę pracy. Rozdział 2. zawiera definicje pojęć związanych z projektem. W rozdziale 3. opisane są technologie, które wykorzystano w trakcie pracy. Sposób działania systemu przedstawiono w rozdziale 4., natomiast szczegóły dotyczące implementacji zawarto w rozdziale 5.. W rozdziale 6. zamieszczono informacje związane z wdrażaniem i testowaniem systemu.

Rozdział 7. zawiera podsumowanie projektu, w szczególności odniesienie do zrealizowanych celów, rozpatrzenie ewentualnej kontynuacji projektu.

### 1.3 Harmonogram pracy

Do zaplanowania pracy nad projektem wykorzystano wykres Gantta<sup>1</sup>. Przedstawiono go w formie tabeli 2.

**Uwaga!** \* oznacza planowane wykonanie zadania, + oznacza wykonanie zadania.

Tabela 2: Wykres Gantta cd. (Tn – n-ty tydzień pracy, M – Monika, R – Robert)

Zadania:	Osoba:	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Wybór tematu	M, R	* +											
Przygotowanie wstępnej dokumentacji	M, R		* +										
Określenie wymagań funkcjonalnych i nie-funkcjonalnych	M, R		* +						+				
Wybór środowiska i narzędzi	M, R		* +										
Przygotowanie i podłączenie sprzętu	M			* +									
Implementacja kodów QR	M			* +	* +	*							
Obsługa karty SD	R				* +	*	*	*					
Obsługa wyświetlacza	M, R				* +	*	*	*	*				
Obsługa przycisków	R					* +	*	*	*				
Tworzenie ankiety	M									*		+	
Testy systemu	R									*		+	
Przygotowanie kompletnej dokumentacji	M, R										*	+	+

<sup>1</sup>Graficzny sposób planowania i kontroli

Tabela 3: Wykres Gantta (Tn – n-ty tydzień pracy, M – Monika, R – Robert)

Zadania:	Osoba:	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Zadania ponadprogramowe													
Przygotowanie korpusu radykałów chińskich	M						+						
Wyświetlanie bitmapy z radkałem chińskim na bitmapie	M, R						+						
Wyświetlanie bitmapy z radkałem chińskim na bitmapie i odpowiadającym mu kodem QR	M, R						+						
Wybieranie fiszki do wyświetlenia w sposób pseudolosowy	R							+					
Obsługa modułu bluetootha (nieukończone)	M, R								+	+	+		

## 1.4 Metodyka pracy grupowej

Ze względu na to, że zespół składa się z dwóch osób, przyjęto, że każda osoba jest odpowiedzialna za wykonywanie przydzielonych wcześniej zadań. Kontrolę pracy oparto o repozytorium na <https://github.com/kazimierczak-robert/STMQRCode>

## 2 Opis dziedziny przedmiotowej pracy

### 2.1 STM32F407VG

Jest to mikrokontroler z rdzeniem Cortex-M4F o częstotliwości taktowania do 168MHz, wbudowaną pamięcią Flash 1MB, pamięcią RAM 192kB oraz wbudowanymi modułami m.in. SPI, USART, timery.

### 2.2 Wyświetlacz Nokia 5110/3110

Wyświetlacz LCD graficzny 84x48px o wymiarach 45x45mm Nokia 5110/3100. Wykorzystuje sterownik PCD8544 odpowiedzialny za funkcje niezbędne do pracy wyświetlacza. Wykorzystuje interfejs komunikacyjny magistrali SPI.

## **2.3 Czytnik kart SD**

Wykorzystywany jest do podłączenia karty SD do mikrokontrolera. Napięcie zasilania: 5V lub 3,4V. Wykorzystuje interfejs komunikacyjny magistrali SPI.

## **2.4 Kod QR**

Kod kreskowy pozwala na zapisanie dużej ilości danych, która jest zmienna. Dla znaków alfanumerycznych to 4296 znaków. Kod QR jest alfanumerycznym, dwuwymiarowym, matrycowym, kwadratowym kodem kreskowym wynalezionym przez japońską firmę Denso-Wave w 1994 roku. Umożliwia kodowanie znaków Kanji/Kana, stąd jest popularny w Japonii. Dodatkowo pozwala na zakodowanie znaków należących do alfabetu arabskiego, greckiego, hebrajskiego lub cyrylicy jak również innych symboli określonych przez użytkownika <sup>2</sup>.

# **3 Wybór technologii informatycznych**

## **3.1 Serwis sharelatex.com**

Serwis użyty do pisania dokumentacji. Umożliwia on kooperacyjne tworzenie dokumentów Latex. Po skompilowaniu wszystkich plików wyświetla się podgląd dokumentu lub stosowne komunikaty o błędach.

## **3.2 Serwis github.com**

W serwisie zamieszczono repozytorium projektu (<https://github.com/kazimierczak-robert/STMQRCode>). Dzięki niemu, można łatwiej zarządzać projektem oraz współpracować w pisaniu kodu.

## **3.3 Język programowania C**

Przy wyborze języka programowania kierowano się doświadczeniem w pisaniu aplikacji w języku C na mikrokontroler STM32F4VG.

## **3.4 Środowisko programistyczne CooCox CoIDE, Version: 1.7.8**

Wykorzystano darmowe środowisko CooCox CoIDE do pisania programów na różne modele mikrokontrolerów.

# **4 Architektura systemu STMQRCode**

Generowane przez program kody QR wykorzystują kodowanie nadmiarowe. Wykorzystywany jest poziom L, który umożliwia odzyskanie około 7% uszkodzonych danych, aby maksymalnie zmniejszyć liczbę wykorzystywanych pikseli i tym samym zmniejszyć wymiary kodu QR. Jest to ważne ze względu na ograniczoną rozdzielcość wyświetlacz Nokii 5110/3110. Maksymalna wersja wyświetlonego kodu QR wynosi 7 (maksymalne wymiary to 45px x 45px).

---

<sup>2</sup> Źródło: <http://www.qr-online.pl/kody-qr.html>

## 4.1 Import i wyświetlenie zimportowanych danych

Dane do STMQRCode można wprowadzać, używając karty SD. Wiadomości tekstowe należy wprowadzać za pomocą plików tekstowych o dowolnej nazwie, przy czym muszą być umieszczone w katalogu głównym karty SD.

Nazwa	Data modyfikacji	Typ
Radicals	2017-04-21 22:55	Folder plików
MMMMMMMMMMMMMM	2017-04-02 18:56	Dokument tekstowy
plik	2017-04-08 17:50	Dokument tekstowy
pusty	2017-04-08 18:26	Dokument tekstowy
test	2017-04-04 12:28	Dokument tekstowy

Rys. 1: Zawartość karty SD

Aby zmienić fiszki, należy do folderu Radicals zainportować bitmapy o wymiarach 40x40px i głębi w bitach: 24. Ograniczeniem liczby obsługiwanych bitmap oraz plików.txt jest pojemność karty oraz ilość pamięci RAM mikrokontrolera. Folder Radicals musi być umieszczony w katalogu głównym karty SD.

Nazwa	Data modyfikacji	Typ
Again	2017-04-21 22:55	IrfanView BMP File
And	2017-04-21 22:56	IrfanView BMP File
Arrive	2017-04-21 22:56	IrfanView BMP File
Arrow	2017-04-21 22:56	IrfanView BMP File
Axe	2017-04-21 22:57	IrfanView BMP File
Badger	2017-04-21 22:58	IrfanView BMP File
Bamboo	2017-04-21 22:58	IrfanView BMP File
Bean	2017-04-21 22:58	IrfanView BMP File
Big	2017-04-21 22:57	IrfanView BMP File
Bird	2017-04-21 22:58	IrfanView BMP File
Diarrhoea	2017-04-21 22:57	IrfanView BMP File

Rys. 2: Zawartość folderu Radicals

Dane wyświetlane są na ekranie wyświetlacza Nokii 5110/3100 w postaci kodu QR (dla wiadomości tekstowych) lub kodu QR i bitmapy (dla fiszek).

## 5 Implementacja

Listing 1 zawiera metodę, która na podstawie informacji o pliku sprawdza, czy jest to plik tekstowy (zawiera rozszerzenie .txt).

```
bool isTXT(FILINFO fileInfo)
{
    int i=0;
    for (i=0;i<maxFileNameLength -3; i++)
    {
        if(fileInfo.fname[i]=='.')
        {
            if((fileInfo.fname[i+1]=='T' || fileInfo.fname[i+1]=='t')  

                && (fileInfo.fname[i+2]=='X' || fileInfo.fname[i+2]=='x')  

                && (fileInfo.fname[i+3]=='T' || fileInfo.fname[i+3]=='t'))
            {
                fileInfo.fname[i+4]='\0';
                return 1;
            }
        }
    }
    return 0;
}
```

Listing 1: Metoda sprawdzająca, czy plik ma rozszerzenie .txt.

Listing 2 zawiera metodę, która wyświetla wygenerowany kod QR na wyświetlaczu Nokia 5110/3110).

```
void displayQRCode(int side, uint8_t *bitdata)
{
    PCD8544_Clear();
    int i=0;
    int j=0;
    int a=0;
    int l=0;
    int n=0;
    int OUT_FILE_PIXEL_PRESCALER=1;
    if (side==21)
    {
        OUT_FILE_PIXEL_PRESCALER=2;
    }
    for (i = 0; i < side; i++)
    {
        for (j = 0; j < side; j++)
        {
            a = j * side + i;
            if ((bitdata[a / 8] & (1 << (7 - a % 8))))
            {
                for (l = 0; l < OUT_FILE_PIXEL_PRESCALER; l++)
                {
                    for (n = 0; n < OUT_FILE_PIXEL_PRESCALER; n++)
                    {
                        PCD8544_DrawPixel
                        (OUT_FILE_PIXEL_PRESCALER*i+l,
                         OUT_FILE_PIXEL_PRESCALER*(j)+n,
                         PCD8544_Pixel_Set);
                    }
                }
            }
        }
    }
    PCD8544_Refresh();
}
```

Listing 2: Metoda wyświetlająca kod QR.

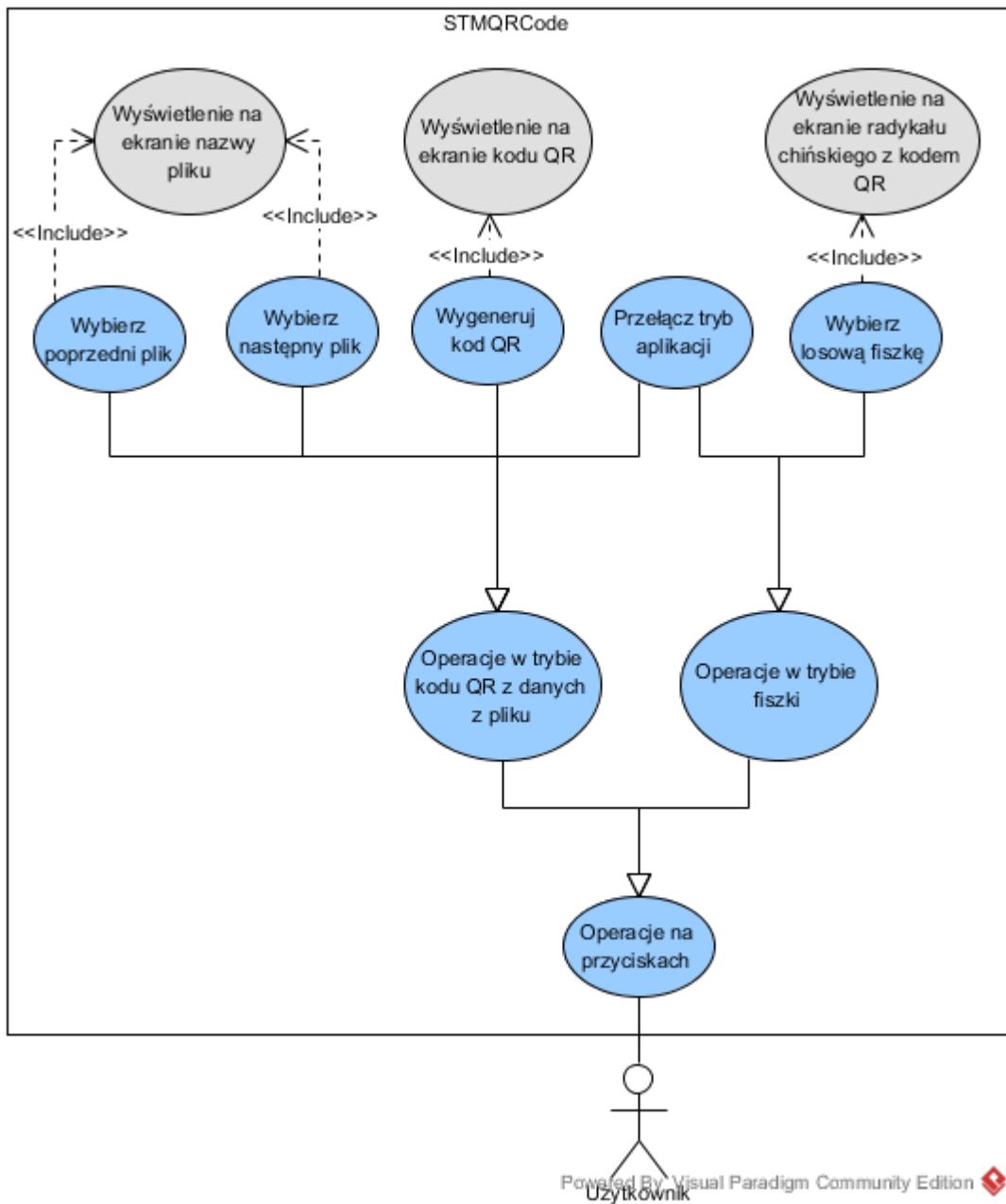
Listing 3 zawiera strukturę przechowującą informacje o pliku tekstowym i wskaźniki na poprzedni i następny element oraz metody od dodawania nowego elementu na listę i czyszczenia listy.

```
struct List
{
    FILINFO file;
    struct List *next;
    struct List *previous;
};

struct List *add_last(struct List *last, FILINFO data)
{
    struct List *pointer;
    pointer = (struct List*)malloc(sizeof(struct List));
    pointer->file = data;
    pointer->next = 0;
    pointer->previous = last;
    if(last != 0)
    {
        last->next = pointer;
    }
    return pointer;
}

struct List* remove_all(struct List *first, struct List *last)
{
    struct List *pointer1;
    while(first!=0)
    {
        pointer1=first->next;
        if(pointer1==0)
        {
            break;
        }
        first->next=0;
        free(first);
        first=pointer1;
    }
    return 0;
}
```

Listing 3: Struktura przechowująca informacje o pliku



Rys. 3: Diagram przypadków użycia systemu STMQRCode

## 5.1 Model struktur danych

Zaimplementowano listę cykliczną zawierającą wskaźniki na strukturę FILINFO, która zawiera informacje o pliku:

- rozmiar pliku,
- data modyfikacji,
- czas modyfikacji,
- atrybuty pliku,
- nazwa alternatywna pliku,
- nazwa główna pliku.

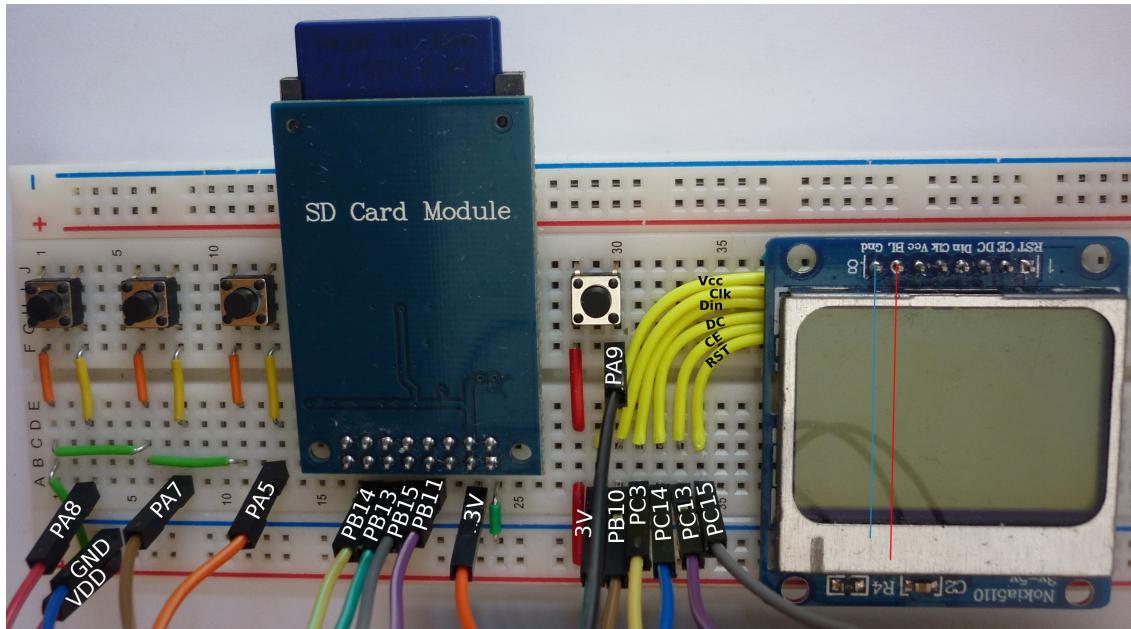
Lista pozwala nawigować po plikach na karcie za pomocą przycisków.

Wykorzystano gotowe struktury do obsługi modułów mikrokontrolera - Repository/Peripherals.

## 6 Wdrożenie i testowanie systemu STMQRCode

### 6.1 Wizualizacja działania systemu STMQRCode

Rysunek 4 prezentuje montaż elementów na płytce i symbole pinów, do których muszą zostać podłączone. Niebieska, pionowa linia oznacza połączenie z GND, czerwona z VDD.

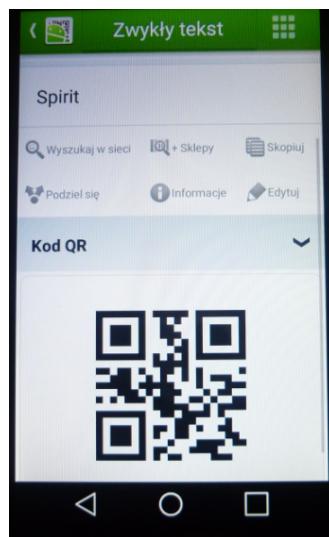


Rys. 4: Schemat połączeń STMQRCode



Rys. 5: Przykładowa zawartość wyświetiana na ekranie Nokii 5110/3110 w STMQRCode

Do zeskanowania QR kodu można użyć darmowych aplikacji, np. QR Droid.



Rys. 6: Efekt zeskanowania kodu QR za pomocą aplikacji QR Droid

Filmik prezentujący działanie aplikacji zamieszczono na: <https://youtu.be/rdWzFnNedUs>

## 6.2 Ankieta

Przygotowano przykładową ankietę do wypełnienia przez osobę testującą. Zawiera ona scenariusz do zrealizowania oraz pytania decyzyjne.

### Testowanie systemu STMQRCode przez osobę trzecią

DATA	
WIEK	
PŁEĆ	

#### Scenariusz

1. Zapisz na karcie SD plik tekstowy z dowolną wiadomością.
2. Włóż do modułu SD kartę SD.
3. Sprawdź komunikat na wyświetlaczu, jeżeli znajduje się na nim informacja o błędzie zresetuj mikrokontroler.
4. Upewnij się, że jesteś w trybie programu do generowania kodu QR z wiadomości zapisanych na karcie SD. W tym celu spójrz na wyświetlacz, jeżeli znajdują się na nim nazwy plików z karty SD jesteś w dobrym trybie, w przeciwnym przypadku wciśnij przycisk, który znajduje się poza rzędem 3 przycisków.
5. Wciśnij jeden ze skrajnych przycisków w rzędzie 3 przycisków, aby nawigować po liście dostępnych plików tekstowych.
6. Wciśnij środkowy przycisk w rzędzie 3 przycisków.
7. Sprawdź na wyświetlaczu, czy jest na nim kod QR, jeżeli nie - przejdź do punktu 3.
8. Zeskanuj kod QR za pomocą dowolnej aplikacji.
9. Odczytaj wiadomość.

	TAK	NIE
Czy po włożeniu karty SD do modułu pojawił się komunikat o błędzie?		
Czy po wciśnięciu jednego ze skrajnych przycisków w rzędzie 3 przycisków zmieniła się nazwa aktualnie wybranego pliku?		
Czy po wciśnięciu środkowego przycisku pojawił się kod QR lub odpowiedni komunikat?		
Czy udało się zeskanować wyświetlony na wyświetlaczu kod QR?		
Czy odczytano wiadomość po zeskanowaniu kodu QR?		

1. Upewnij się, że jesteś w trybie programu do nauki radykałów chińskich z fiszek. W tym celu spójrz na wyświetlacz, jeżeli znajdują się na nim radykały chińskie z odpowiadającym im kodem QR jesteś w dobrym trybie, w przeciwnym przypadku wciśnij przycisk, który znajduje się poza rzędem 3 przycisków.
2. Zeskanuj kod QR z wyświetlacza za pomocą dowolnej aplikacji.
3. Sprawdź znaczenie zeskanowanego radykału.

4. Wciśnij jeden ze skrajnych przycisków w rzędzie 3 przycisków. Zeskanuj widoczny kod QR i sprawdź znaczenie radykału.
5. Powtórz krok 4. kilkakrotnie.

	<i>TAK</i>	<i>NIE</i>
Czy przełączono tryb pracy STMQRCode?		
Czy poprawnie wyświetlono QR kod z odpowiadającym mu radykałem?		
Czy rozmieszczenie przycisków jest intuicyjne?		
Czy wykonano krok 4. wielokrotnie?		

1. Wybierz dowolny z trybów.
2. Wygeneruj kod QR i zeskanuj go z wyświetlacza.

	<i>TAK</i>	<i>NIE</i>
Czy napotkano błędy podczas testowania? STMQRCode		

Uwagi testującego: ...

## 7 Podsumowanie

Zrealizowano większość założeń postawionych w fazie projektowej STMQRCode.

System generuje kody QR na podstawie danych przechowywanych w pliku .txt umieszczonym na karcie SD. Dodatkowo, co nie było założeniem początkowym projektu, zaimplementowano moduł fiszek umożliwiający naukę chińskich readykałów. W każdym z modułów na wyświetlaczu prezentowany jest QR kod, który należy zeskanować, by poznać wiadomość.

Projekt jest warty kontynuacji. STMQRCode powinien być uzupełniony o zapis bitmapy z kodem QR na kartę SD, czy komunikację poprzez moduł bluetooth z wykorzystaniem aplikacji na telefon umożliwiającej wysyłanie wiadomości.

## Literatura

- [1] Informacje o kodzie QR <http://www.qr-online.pl/kody-qr.html>
- [2] Oficjalna strona o kodzie QR <http://www.qrcode.com/en/index.html>
- [3] Biblioteka generowania kodu QR <https://github.com/trezor/trezor-qrenc>
- [4] Biblioteka FatFS [http://elm-chan.org/fsw/ff/00index\\_e.html](http://elm-chan.org/fsw/ff/00index_e.html)
- [5] Diagram Gantta [https://pl.wikipedia.org/wiki/Diagram\\_Gantta](https://pl.wikipedia.org/wiki/Diagram_Gantta)