



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
DIN CLUJ-NAPOCA

CITITOR DE CODURI QR

Proiect realizat de:

Razvan-Vasile Bumbu

Eusebiu-Ioan Florean



Cuprins:

1. Ce este un cod QR?
2. Structura unui cod QR
3. Decodificarea unui cod QR
4. Rezolvarea problemei
5. Generarea de coduri
6. Testare
7. Avantaje
8. Limitari
9. Concluzii
10. Bibliografie



1. Ce este un cod QR

Codul QR este o gama de standarde de codare cu forma de bare bidimensionale (cod matrice). Primul astfel de standard a fost creat in 1994 de catre compania japoneza Denso Wave. QR este o prescurtare din engleza de la "quick response" ("raspuns rapid").

In general, codurile QR sunt utilizat pe telefoanele inteligente, deoarece aceste coduri pot reprezenta (in mod codificat) siruri de caractere precum site-uri de internet (de tip URL). Pentru access dorit la sirul de caractere, utilizatorul trebuie doar sa scaneze codul cu ajutorul camerei telefonului.

Codurile QR sunt foarte eficiente in momentul in care utilizatorul este nevoit sa tasteze siruri de caractere de dimensiuni mari, intrucat codul odata scanat va descifra instant textul din spatele codului.

Un cod QR poate sa stocheze pana la 7089 caractere numerice sau 4296 caractere alfanumerice.

2. Structura unui cod QR

Un cod QR este format din mai multe patrate (de obicei negre) plasate pe un fundal alb. Aceste patrate sunt aranjate pe baza anumitor reguli, astfel incat mesajul stocat de codul QR sa poata fi interpretat corespunzator.

Codurile QR au in total 40 de versiuni. Versiunile se diferentiaza intre ele prin numarul de patrate care sunt pe fiecare linie/coloana a codului. Versiunea 1 este cea mai mica (21x21), in timp ce versiunea 40 este cea mai mare (177x177). De la o versiune la alta, liniile si coloanele codului cresc cu cate 4 patrate.

Structura unui cod QR este urmatoarea:

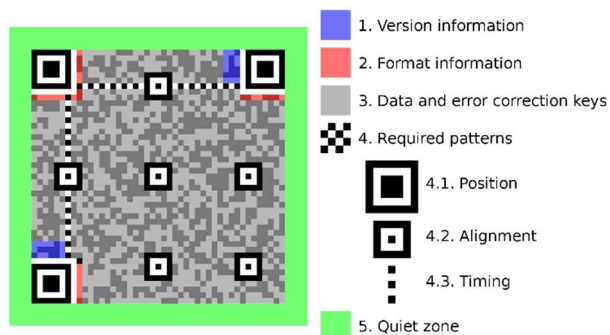


Fig 1. Structura unui cod QR



- **Version information**
 - ofera informatii despre dimensiunea codului QR
- **Format information**
 - ofera informatii despre tipul de masca necesar pentru a decodifica informatiile stocate de cod
- **Data and error correction keys**
 - informatiile stocate de cod sub forma codificata
- **Position**
 - pe baza acestora se identifica pozitia corecta a codului, necesara pentru a putea fi interpretat
- **Alignment**
 - Realizeaza alinierea datelor
- **Timing**
 - Zona de alternare a patratelor alb-negre
- **Quiet zone**
 - Zona exterioara codului

3. Decodificarea unui cod QR

Algoritmul de decodificare a unui cod QR este unul foarte complex.

Pentru a decodifica informatiile stocate de codul QR sunt necesare cunoasterea urmatoarelor informatii:

- Nivelul de corectie
- Tipul de masca

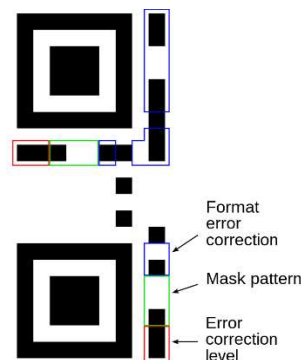


Fig 2. Identificarea nivelului de corectie si a tipului de masca



UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN CLUJ-NAPOCA

Nivelul de corectie specifica procentul de caractere care pot fi recuperate in cazul in care codul QR a fost interpretat gresit. Acesta se foloseste in cazul diferitelor erori care pot aparea in momentul citirii codului QR (de exemplu, imaginea nu este clara).

EC Levels	Error Correction Level	% of Codewords that can be recovered
L	Level L (Low)	7%
M	Level M (Medium)	15%
Q	Level Q (Quartile)	25%
H	Level H (High)	30%

Fig 3. Niveluri de corectie

Masca reprezinta model care trebuie aplicat asupra codului QR pentru a putea identifica mesajul stocat de acesta.

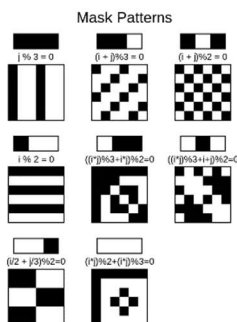


Fig 4. Tipuri de masca

Masca functioneaza in felul urmatoar:

1. Se creeaza o masca de dimensiunea codului
2. Se suprapune masca peste cod
3. Patratele negre din masca odata suprapuse vor inversa valoarea patratelor din codul initial

OBS! Masca nu se aplica numai asupra zonei care contine informatia si corectia informatiei din codul QR.

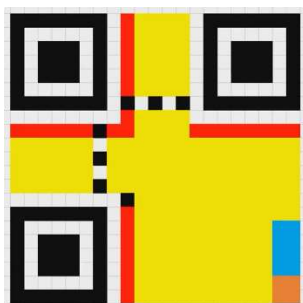


Fig 5. Zona in care se aplica masca



UNIVERSITATEA TEHNICĂ

DIN CLUJ-NAPOCA

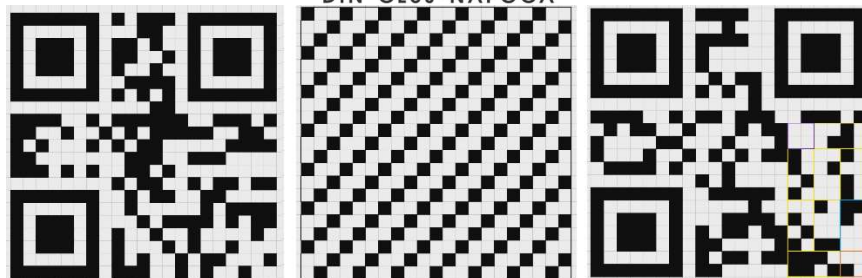


Fig 6. Codul original – Masca – Codul rezultat

Odata aplicata masca, codul va putea fi interpretat. Pentru a interpreta codul, trebuie sa se cunoasca mai intai tipul de codificare si lungimea mesajului.

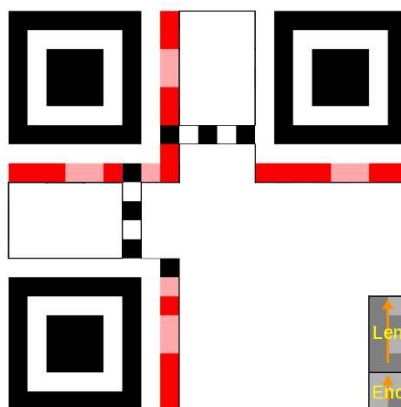


Fig 7. Localizare tip de codificare si lungime mesaj

Tipul de codificare specifica numarul de biti necesari pentru a putea forma un caracter.

Indicator	Meaning
0001	Numeric encoding (10 bits per 3 digits)
0010	Alphanumeric encoding (11 bits per 2 characters)
0100	Byte encoding (8 bits per character)
1000	Kanji encoding (13 bits per character)

Fig 8. Tipuri de codificare

Decodificarea mesajul se face astfel:

1. Se grupeaza bitii (patratele) in functie de dimensiunea specificata in tipul de codificare, dupa anumite sabloane (cel mai simplu sablon este cel al codificarii pe byte, care este format din dreptunghiuri de dimensiune 4x2).
2. Se citesc bitii de la cel mai semnificativ pana la cel mai putin semnificativ.
3. Se formeaza caracterele.



pixelii care au valori sub acel prag vor deveni negrii, in timp ce toti pixelii care au valori peste acel prag vor deveni albi.



Fig 12. Test binarizare

2. Calcularea unghiului cu care este rotit codul

Pentru a afla unghiul cu care este rotit codul QR, se determina coordonatele pixelului negru cel mai de sus, respectiv ale pixelului negru cel mai din stanga. Se va calcula panta formata de acesti doi pixeli. Din folosind ecuatia pantei unei drepte, se va calcula unghiul ei. Unghiul pantei este unghiul cu care este rotit codul QR.

3. Rotirea imaginii

Se roteste imaginea cu unghiul calculat la pasul anterior folosind functia de rotatie a bibliotecii OpenCV (wrapAffine).

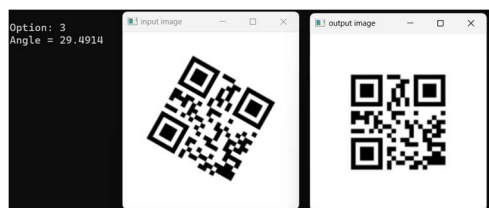


Fig 13. Test rotire

4. Dilatarea imaginii

Dilatarea se face pentru a umple eventualele goluri existente in structura codului QR. Aceste goluri pot sa existe fie din cauza calitatii imaginii, fie din cauza rotatiei.



Fig 14. Test dilatare



5. Transformarea codului QR într-o matrice

Pentru decodificarea codului QR, am ales să îl transformăm într-o matrice care să conțină un pixel negru pentru fiecare pătrat negru și un pixel alb pentru fiecare pătrat alb.

Pentru a crea această matrice, mai întâi am calculat numărul de pixeli de pe muchia unui pătrat din compoziția codului. Întrucât codul poate să sufere anumite modificări în momentul rotației sau pur și simplu imaginea are o calitate slabă, am calculat și erorile care pot să apară.

Cunoscând numărul de pixeli de pe muchia unui pătrat, dar și eroarea care poate să apară, am parcurs codul și am verificat culoarea dominantă din fiecare pătrat al acestuia, după care am pus valoarea culorii în matricea rezultat.



Fig 15. Test generare matrice

6. Calculul și aplicarea măști

Masca se identifică utilizând Fig 2 și Fig 4.

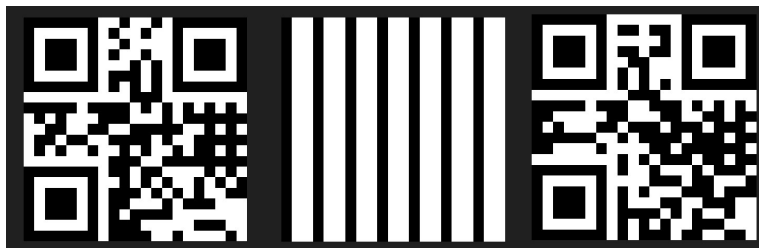


Fig 16. Test calculare și aplicare mască

7. Aflarea tipului de codificare și a lungimii textului

Tipul de codificare și lungimea textului se identifică utilizând Fig 7.

```
ENCODING = 4
TEXT LENGTH = 14
```

Fig 17. Test calculare tip codificare și lungime text



8. Decodificarea mesajului

Pentru a decodifica mesajul am parcurs matricea in conformitate cu Fig 10, dupa care am transformat valoarea binara a codului in caractere, conform codificarii **ISO 8859-1 (ASCII)**.

Fig 18. Tabel codificare ISO 8859-1 (ASCII)

5. Generarea de coduri

Pentru generarea de coduri am folosit:

https://pewscorner.github.io/barcodes/qrcode_generator.html

Pentru a genera coduri QR care pot fi citite exact, trebuie sa se verifice ca modul de generare sa fie pe **byte**, iar **error correction** sa fie setat pe low.

Fig 19. Setari pentru generarea de coduri QR valide

De asemenea, doar codurile de dimensiune 21x21 care au o rezolutie suficient de mare vor fi citite corect, din cauza limitarilor programului. In cazul in care codul QR nu este citit corect, se recomanda redimensionarea imaginii.



6. Testare

Pentru testarea functionarii programului, am create un set de teste care sa acopere cat mai multe cazuri posibile.

- Cod QR 21x21



- Cod QR 21x21 rotit



- Cod QR 21x21 rotit invers





- Cod QR 21x21 colorat



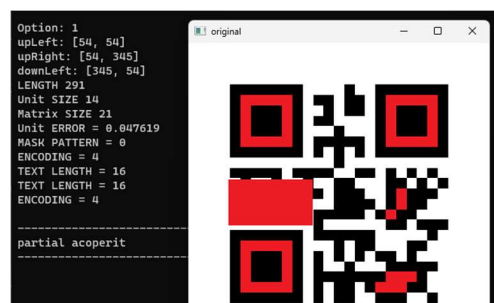
- Cod QR 21x21 colorat si rotit



- Cod QR 21x21 colorat si rotit invers



- Cod QR 21x21 partial acoperit





- Cod QR 21x21 limita maxima de caractere



- Cod QR 25x25 (codurile de dimensiuni mai mari au limita de caractere din cauza aparitiei alinierii)



8. Avantaje

Orice cititor de coduri QR are nevoie sa cunoasca pixelii corectiei. Intrucat programul nostru realizeaza o citire precisa a pixelilor care stocheaza datele, nu mai este nevoie sa se cunoasca si pixelii care stocheaza corectiile. Exemplul in figura de mai jos.

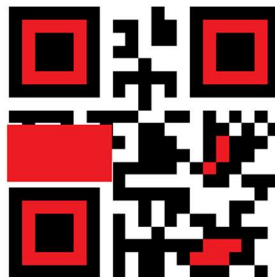


Fig 20. Exemplu de cod QR



8. Limitari

- Nu pot fi citite decat coduri QR care sunt codificate pe byte.
- Codurile QR de dimensiuni mai mari de 21x21 au limitari de lungime a textului impusa de aparitia alinierii.
- Imaginile de calitate slaba pot avea erori la citire din cauza lipsei decodificarii corectiei.
- Codul poate sa fie rotit cu maximum 90° in ambele directii.
- Pot fi citite doar codurile QR care sunt plane din cauza lipsei rotatiei planului.

OBS. In cazul aparitiei unei erori generata de limitari, aceasta va fi afisata in consola.

9. Concluzii

Codurile QR sunt o metoda foarte eficienta de a stoca siruri de caractere care pot fi citite cu ajutorul camerei telefoanelor sau a altor aplicatii.

Desi acestea pot parea banale, fiind doar un set de caractere codificate, in realitate modul de generare al acestora este mult mai complex.

Dimensiunea variata a codurilor QR, diferitele tipuri de codificare, diferitele tipuri de masti, corectiile si alinierea care pot sa apara sunt cele care ofera codurilor QR o complexitate neasteptat de mare.

Aplicatia creata de noi este una de baza, care poate sa citeasca si sa decodifice cele mai simple tipuri de coduri QR, dar aceasta poate sa primeasca in timp anumite imbunatatiri, precum tratarea corectiilor si a alinierilor, sau, de ce nu, decodificarea si a altor tipuri de coduri QR in afara de cele codificate pe byte.

10. Bibliografie

- <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/jisys-2020-0143/html>
- <https://smartengines.medium.com/qr-code-localization-the-important-recognition-step-that-has-been-neglected-8b3ed4e8037>
- <https://www.semanticscholar.org/paper/QR-code-recognition-based-on-image-processing-Gu-Zhang/40479466134b50729f7fc6717c62e52ebd55f47d>
- https://www.youtube.com/watch?v=kHTWTyV7VJQ&ab_channel=CodeQuriouZ
- https://www.youtube.com/watch?v=KA8hDldvf0&ab_channel=Pollazo