

Código de barra - EAN-8

Códigos de barras, aqueles que encontramos em produtos de supermercados, boletos bancários, livros de bibliotecas, etiquetas do correio e tantas outras situações, são representações visuais de códigos usados para identificar e rastrear itens. Estas representações visuais em barras são muito populares porque são bem mais fáceis de serem interpretadas por scanners do que usando imagens com letras e números.

Existem vários padrões de código. O mais usado aqui no Brasil é o padrão GTIN-13, mais conhecido por sua denominação original EAN-13. Este é um padrão internacional que possui 13 dígitos codificados, dos quais 2 ou 3 são reservados para o país de origem do item, 9 ou 10 são reservados para o produto em si e 1 para um dígito verificador. A figura a seguir ilustra um código EAN-13.



O padrão EAN-13 não é, entretanto, adequado para pequenos itens, cujo tamanho impede que uma etiqueta com tantas barras seja utilizada. Para esses itens, uma variação denominada EAN-8, possuindo apenas 8 dígitos, foi criada. A figura a seguir ilustra um código EAN-8.



Neste padrão, 2 ou 3 dígitos são também reservados para o país de origem, restando, portanto, apenas 4 ou 5 para o produto em si, uma vez que ele também tem um dígito verificador.

Esse padrão é bastante utilizado por mercadinhos e pequenas lojas que precisam de um código de barras apenas para automatizar seus PDV (pontos de venda). Nesse caso, eles não fazem uso do código do país, aproveitando todos os 7 dígitos de informação para gerenciamento interno de seus itens. Este será o caso do nosso projeto.

O presente projeto tem como objetivo desenvolver 2 programas: um para gerar um arquivo PBM contendo uma imagem com um código de barras EAN-8 a partir de um dado identificador, e um outro programa para extrair o identificador de uma imagem em um arquivo PBM contendo um código de barras EAN-8. Não há necessidade de lidar com programas gráficos de manipulação de imagens, pois os arquivos PBM possuem uma estrutura de dados muito simples.

As descrições tanto do padrão EAN-8 quanto do formato PBM são apresentadas a seguir.

Padrão EAN-8

O padrão EAN-8 possui 7 dígitos com informações úteis e 1 dígito adicional para verificar se o código de barras foi escaneado corretamente.

Dígito verificador

O último dígito do identificador é usado como dígito verificador. Um cálculo é feito usando os 7 primeiros dígitos e se o resultado desse cálculo não corresponder com o dígito verificador é porque houve algum erro na leitura realizada pelo scanner... e uma nova tentativa deve ser feita.

O cálculo no padrão EAN-8 é feito a partir de uma soma ponderada dos dígitos, como descrito a seguir:

1. Calcula-se a soma ponderada dos 7 primeiros dígitos, usando o peso 3 para os dígitos de índice ímpar e o peso 1 para os de índice par.
2. Com o valor da soma, calcula-se quanto falta para o próximo múltiplo de 10. O resultado será o dígito verificador.

Por exemplo, digamos que os 7 primeiros dígitos do código sejam 4017072. Logo, 4 encontra-se no 1º índice, 0 no 2º índice, 1 no 3º, 7 no 4º... e assim por diante. A soma ponderada será, portanto, calculada através da expressão abaixo:

$$soma = (3 \times 4) + (1 \times 0) + (3 \times 1) + (1 \times 7) + (3 \times 0) + (1 \times 7) + (3 \times 2)$$

$$soma = 12 + 0 + 3 + 7 + 0 + 7 + 6$$

$$soma = 35$$

O próximo múltiplo é 40. Logo, o dígito verificador será $40 - 35 = 5$. Se o 8º dígito do código não for 5, então houve um erro na leitura do código.

Codificação das barras

A codificação dos dígitos em barras é demarcada por **áreas**, também chamadas de módulos, de tamanhos iguais. Dentre essas áreas, há algumas reservadas para servirem como marcadores de início, central e de fim do código, a fim de facilitar sua identificação. Assim, o código consiste em:

- 3 áreas para o marcador de início;
- 28 áreas para codificar os 4 primeiros dígitos (7 áreas por dígito);
- 5 áreas para o marcador central;
- 28 áreas para codificar os 4 primeiros dígitos (7 áreas por dígito);
- 3 áreas para o marcador de fim.

Os marcadores de início e fim possuem 3 áreas contendo barras equivalentes à sequência **101**, onde **1** representa o preenchimento da área (barra) e **0** o não preenchimento (espaço em branco). O marcador central possui 5 áreas contendo barras equivalentes a **01010**. Por exemplo, o código de barras abaixo indica bem os marcadores de início, de fim e o central, além das barras dos dígitos.



Para codificar os dígitos, o padrão EAN-8 utiliza duas codificações: uma para os 4 dígitos iniciais, chamada de L-code, e outra para os 4 dígitos finais, chamada de R-code. A tabela abaixo apresenta a codificação de cada dígito nas duas formas. Novamente, o valor 1 representa o preenchimento das respectivas áreas (barra) e 0 o não preenchimento (espaço em branco).

Dígito	L-code	R-code
0	0001101	1110010
1	0011001	1100110
2	0010011	1101100
3	0111101	1000010
4	0100011	1011100

Dígito	L-code	R-code
5	0110001	1001110
6	0101111	1010000
7	0111011	1000100
8	0110111	1001000
9	0001011	1110100

Exemplo de codificação

Digamos que queremos criar o código de barras para o número 40170725. Os 4 primeiros dígitos, 4017, serão representados pelo L-code:

Dígito	L-code
4	0100011
0	0001101
1	0011001
7	0111011

... e 4 dígitos seguintes, 0725, serão representados pelo R-code:

Dígito	R-code
0	1110010
7	1000100
2	1101100
5	1001110

Assim, os 8 dígitos serão representados por:

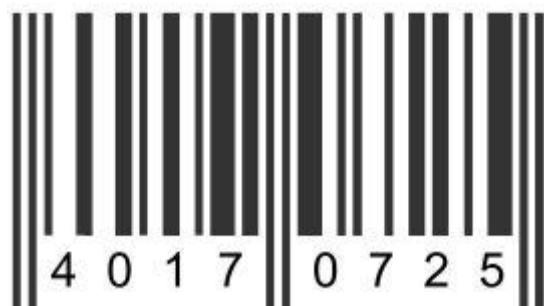
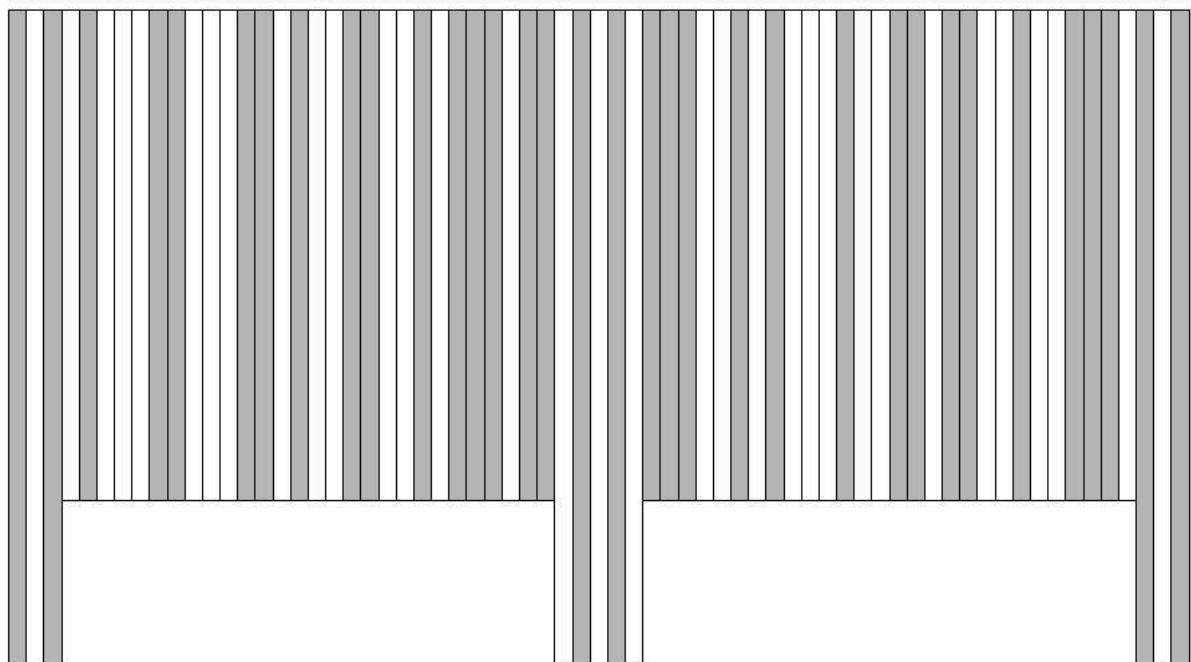
- Marcador inicial: **101**
- Dígitos iniciais: **0100011 0001101 0011001 0111011**
- Marcador central: **01010**
- Dígitos finais: **1110010 1000100 1101100 1001110**
- Marcador final: **101**

A representação final contendo barras e espaços será, portanto, a junção de todas essas áreas, ficando assim:

1010100011000110100110010111011010101110010100010011011001001110101

A figura abaixo realça as áreas preenchidas e os espaços em branco do código 40170725.

10101000110001101001100101110110101110010100010011011001001110101



Formato de imagem PBM

O formato de imagem PBM faz parte de um pacote de formatos definidos no Linux por um projeto chamado NetPBM. Nele, foram estabelecidos vários formatos simples de imagens, como o PPM, o PGM e o PBM. Este último, acrônimo de Portable Bitmap Format, é utilizado para definir imagens com apenas duas cores: preto e branco, sendo, portanto, ideal para representar nossos códigos de barras.

Há duas versões do formato PBM, uma em formato ASCII e outra em binário. Neste projeto, iremos trabalhar com a primeira forma, na qual cada pixel é representado por um dos seguintes caracteres:

- **1**: caso o pixel seja preto, ou;
- **0**: caso o pixel seja branco.

Assim, a imagem é representada por uma matriz de **1s** e **0s**, indicando onde o pixel é preto e onde é branco.

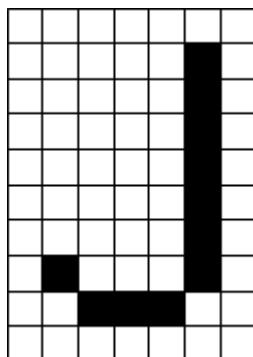
A matriz é precedida de um cabeçalho com duas linhas. A primeira contém obrigatoriamente a string **P1** e a segunda contém o tamanho da imagem, mais especificamente a largura e a altura da imagem.

Um exemplo de imagem PBM de tamanho 7 x 10 com a letra J é apresentado a seguir.

```
P1
7 10
0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 0 1 0
0 1 0 0 0 1 0
0 0 1 1 1 0 0
0 0 0 0 0 0 0
```

Apesar dos espaços em branco e saltos de linhas entre os **0s** e **1s** no arquivo acima, esses espaços não são obrigatórios. O conteúdo abaixo continuaria sendo uma imagem PBM válida, representando o mesmo J.

```
P1
7 10
000000000001000001000001000001000001001001000111000000000
```



Código de barra no PBM

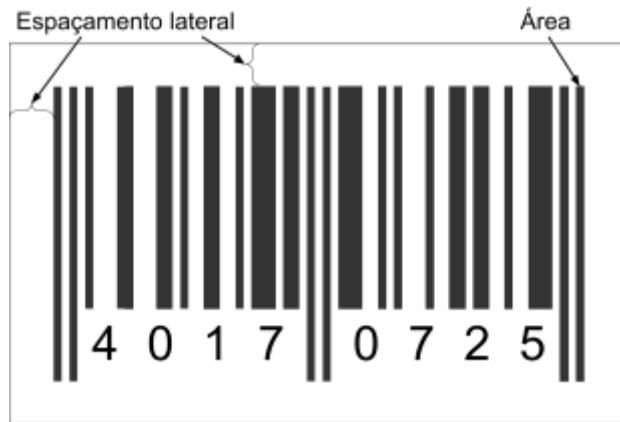
Para criar uma imagem com um código de barras, precisamos estabelecer inicialmente um espaçamento lateral para que o código não fique no limite da imagem. Depois disso, inserimos a sequência de **0**s e **1**s de suas áreas, considerando a largura fixa de cada área do código.

Como dito anteriormente, cada área possui uma largura de tamanho fixo. Assim, se cada área ocupar 3 pixels de largura, o código de barras terá uma largura total de $(3 + 28 + 5 + 28 + 3) \times 3 = 67 \times 3 = 201$ pixels. Se uma área ocupar 4 pixels, o código terá $67 \times 4 = 268$ pixels. Se for 5, será $67 \times 5 = 335$, e assim por diante. A altura do código pode ser variável e se adequar à largura, de forma que facilite a leitura por um scanner.

Para exemplificar, vamos considerar apenas a representação do marcador inicial **101** em uma imagem PBM. Os demais valores, inclusive linhas omitidas, serão representados neste exemplo por ...

Considerando uma imagem gerada com um espaçamento lateral de 4 pixels, com a largura de cada área do código de 3 pixels e a altura de 50 pixels, teremos o seguinte arquivo:

```
P1
209 58
0000000000000...
000000000000...
000000000000...
000000000000...
0000111000111...
0000111000111...
0000111000111...
0000111000111...
...
0000111000111...
0000111000111...
0000111000111...
0000111000111...
000000000000...
000000000000...
000000000000...
000000000000...
```



A imagem terá uma largura de 209 pixels porque serão 201 para o código de barras mais 4 de espaçamento em cada lado. Da mesma forma, ela terá uma altura de 58 pixels devido aos 50 da altura do código mais 4 de espaçamento em cima e embaixo.

Programas a serem desenvolvidos

No presente projeto, você deve desenvolver dois programas: um para gerar uma imagem com um código de barras no padrão EAN-8 representando um dado identificador, e outro para extrair o identificador representado em uma imagem com um código de barras no padrão EAN-8. Os dois programas devem fazer uso de um "código compartilhado", útil a ambos os programas.

Como são dois programas diferentes, com código compartilhado entre eles, seu projeto deverá ter pelo menos:

- Um arquivo .c com a função main() do programa para gerar a imagem com o código de barras;
- Um arquivo .c com a função main() do programa para extrair o identificador do código de barras;
- Um ou mais arquivos .c ou .h com struct e funções para manipulação das imagens, de valores ou qualquer outra funcionalidade compartilhada pelos 2 programas.

Além disso, com a função main() em arquivos diferentes, a compilação de cada um dos programas (codificação e decodificação) deve ser feita de forma separada.

Geração do código de barras

O programa que gera a imagem PBM deve adotar o seguinte funcionamento:

- O programa deve receber como argumento obrigatório (**em linha de comando**) o identificador a ser inserido no código de barras.
- Haverá também os seguintes argumentos opcionais (**em linha de comando**):
 - O espaçoamento lateral do código na imagem (em pixels);
 - A quantidade de pixels por área do código (em pixels);
 - A altura do código de barras (em pixels);
 - O nome da imagem PBM a ser gerada.

- Caso o usuário não informe os argumentos opcionais, o programa adotará um valor padrão pré-definido.
- Se o identificador a ser inserido não for um identificador válido, o programa deve informar o problema e parar a execução. Possíveis problemas são:
 - Identificador contém valores não numéricos;
 - Identificador não possui 8 dígitos;
 - O dígito verificador do identificador é inválido (não corresponde aos valores anteriores).
- Se o arquivo da imagem a ser gerada já existir, o programa deverá informar que o arquivo já existe e perguntar se poderá sobrescrevê-lo. Se o usuário informar que "não", o programa deverá mostrar uma mensagem de erro ("arquivo resultante já existe") e parar a execução.
- Caso não haja erro, o programa deverá gerar a imagem PBM com o código de barras.

Extração do identificador do código de barras

O programa que extrai o identificador do código de barras presente numa imagem PBM deve adotar o seguinte funcionamento:

- O programa deve receber como argumento obrigatório (**em linha de comando**) apenas o nome do arquivo da imagem PBM com o código de barras;
- Se o arquivo não existir, ou se existir e não for um arquivo PBM válido, o programa deve informar que o arquivo é inválido e parar a execução;
- Caso seja um arquivo PBM válido, o programa deve verificar se há um código de barras na imagem. Se não houver, o programa deverá informar que o código não foi encontrado;
- Caso não haja erro, o programa deverá extrair o identificador presente no código de barras e enviá-lo para a saída padrão.

Critérios de correção

Funcionalidades: 6,0 pontos

- Argumentos em linha de comando
 - Os programas consideram argumentos passados na linha de comando?
 - Se argumentos não forem passados, valores padrão serão utilizados?
- Geração do código de barra
 - O dígito verificador é validado?
 - O identificador é codificado corretamente?
 - A codificação é transformada em imagem de forma adequada?
 - O arquivo de imagem é gerado com o código de barras correto?
- Extração do identificador
 - O arquivo de imagem é lido corretamente?
 - O programa consegue verificar se há um código de barras na imagem?
 - Foi possível calcular o número de pixels para definir uma área do código (largura da área)?
 - O programa conseguiu extrair o identificador?

Código desenvolvido: 4,0 pontos

- Definições
 - Estruturas de dados globais e funções comuns a ambos os programas são especificadas usando os arquivos .h e .c adequadamente? Isso evita redundância de código que pode levar a inconsistências.
- A alocação dinâmica
 - Utilizou-se alocação dinâmica de forma adequada?
 - Tomou-se cuidado para desalocar o que não era mais útil?
- Organização e documentação
 - O código segue um padrão de indentação, nomenclatura e organização?

Pontos adicionais: até 2,0 pontos

- Inserção dos dígitos na imagem abaixo do código;
- Uso do formato PBM no modo binário (P4);
- Uso de interfaces gráficas (bibliotecas de interface);
- Uso de ferramentas de desenvolvimento colaborativo como o GitHub.

Submissão do Projeto

- O projeto pode ser feito **individualmente** ou em **duplas**.
- O projeto deve ser apresentado na forma de um vídeo do tipo captura de tela, **mostrando a execução do projeto** e depois **comentando todo o código** desenvolvido.
- No caso de duplas, **ambos devem participar da apresentação**, informando no início o seu nome e, principalmente, **comentando o código**, pois esses comentários serão os principais fatores de avaliação do trabalho.
- **A submissão do vídeo será feita pelo Google Classroom**. Você pode submeter o arquivo do vídeo ou um link (não listado) para seu canal do YouTube.