Aufgabe C

Das JPEG-Verfahren verarbeitet Bilddaten in Form von 8x8 Pixel großen Blöcken, die Werte zwischen -128 und 127 enthalten. Für die weitere Verarbeitung werden diese 8x8-Blöcke in einer festgelegten Reihenfolge ausgelesen und als Zahlenfolgen notiert. Alle Nullen nach dem letzten Wert, der ungleich Null ist, werden weggelassen.

Abbildung 1 zeigt drei typische Beispiele solcher Block-Zahlenfolgen.

|  |  |
| --- | --- |
| Block X: | 7,-1,0,0,-3,1,0,0,0,0,0,0,0,-1 |
| Block Y: | 0,-1,2,-1,0,0,-1 |
| Block Z: | -1,-3,-2,-1,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,1 |

Abbildung 1: Block-Zahlenfolgen der Blöcke X, Y und Z

In dieser Aufgabe geht es um die Binärcodierung solcher Block-Zahlenfolgen unter Verwendung einer Kombination zweier verschiedener Codierungsverfahren, die im Folgenden als „Code A“ und „Code B“ bezeichnet werden.

Code A codiert die von Null verschiedenen Zahlenwerte mit einem Code variabler Länge. Abbildung 5 im Material zeigt alle Codewörter der sogenannten „Kategorien“ 1, 2 und 3.

1. Geben Sie alle Codewörter der Kategorie 4 von Code A zusammen mit ihrem dezimalen Wert an. [3 BE]
2. Beschreiben Sie, nach welchem Prinzip die Binärcodes von Code A gebildet werden. [3 BE]
3. Erläutern Sie anhand eines Beispiels, welche Problematik sich ergibt, wenn man die Codewörter mehrerer Zahlenwerte direkt aneinanderreiht. [3 BE]

Code B codiert in einem ersten Schritt für jeden Zahlenwert ungleich Null zwei zusätzliche Informationen:

* Die Anzahl der aufeinander folgenden Nullen, die unmittelbar vor dem Zahlenwert stehen.   
  (*Hinweis*: Wenn keine Null vor dem Zahlenwert steht, ist die Anzahl der Nullen gleich 0.)
* Die Kategorie des Zahlenwerts in Code A.

Beide Informationen werden zu einem „Datenpaket“ der Form (Anzahl der vorangehenden Nullen, Kategorie in Code A) zusammengefasst.

Zum Beispiel ergibt sich für die Block-Zahlenfolge von Block X:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Anzahl der vorangehenden Nullen | Wert | Kategorie des Werts | Datenpaket |
| 0 | 7 | 3 | (0,3) |
| 0 | -1 | 1 | (0,1) |
| 2 | -3 | 2 | (2,2) |
| 0 | 1 | 1 | (0,1) |
| 7 | -1 | 1 | (7,1) |

Abbildung 2: Datenpakete der Block-Zahlenfolge von Block X

1. Bestimmen Sie die Datenpakete, die sich aus der Block-Zahlenfolge des Blocks Z ergeben. [4 BE]

In Abbildung 3 sind die Häufigkeiten der Datenpakete der Blöcke X, Y und Z dargestellt.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Datenpaket | (0,1) | (0,2) | (2,1) | (7,1) | (0,3) | (1,1) | (2,2) | (3,1) |
| Anzahl | 5 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung der Datenpakete der Blöcke X, Y und Z

Die auftretenden Datenpakete sollen in einem zweiten Schritt mit Hilfe des Huffman-Verfahrens binär codiert werden.

1. EntwickelnSie auf der Basis dieser Häufigkeitsverteilung eine Huffman-Codierung für die Datenpakete. Geben Sie Ihr Ergebnis in Form einer Codetabelle an. [4 BE]

Der Binärcode für einen gesamten Block ergibt sich, indem man abwechselnd ein Codewort von Code B (d.h. für ein Datenpaket) und von Code A (für einen Zahlenwert ungleich Null) aneinanderreiht.

Unter Verwendung der Huffman-Codes für Datenpakete aus Abbildung 6 im Material ergibt sich für die Zahlenfolge 7,-1,0,0,-3,1,0,0,0,0,0,0,0,-1 von Block X:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Code B | Code A | Code B | Code A | … |
| (0,3) | 7 | (0,1) | -1 | … |
| 1111 | 111 | 10 | 0 | … |

Abbildung 4: Anfang des Binärcodes für Block X

Der Anfang des Binärcodes für Block X lautet also 1111111100.

1. VervollständigenSie den Binärcode von Block X. [3 BE]

Der unter Verwendung der Huffman-Codes aus Abbildung 6 erstellte Binärcode von Block Q lautet 11110101011000100010001011101101.

1. Bestimmen Sie die Block-Zahlenfolge von Block Q. [5 BE]
2. Begründen Sie, dass sich ein Binärcode für einen Block immer eindeutig decodieren lässt. [3 BE]
3. Die Länge des Binärcodes für Block X aus Aufgabenteil f) beträgt 30 bit.   
   Vergleichen Sie diese Länge mit der Länge des Binärcodes, der sich ergibt, wenn man jeden Wert von Block X mit 8 bit codiert. [2 BE]

Material

zu Aufgabenteil a)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Kategorie 1 | dezimal |  |  |  | -1 | 1 |  |  |  |
| binär |  |  |  | 0 | 1 |  |  |  |
| Kategorie 2 | dezimal |  |  | -3 | -2 | 2 | 3 |  |  |
| binär |  |  | 00 | 01 | 10 | 11 |  |  |
| Kategorie 3 | dezimal | -7 | -6 | -5 | -4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| binär | 000 | 001 | 010 | 011 | 100 | 101 | 110 | 111 |

Abbildung 5: Binärcodes von Code A der Kategorien 1, 2 und 3 mit zugehörigen Dezimalwerten

zu den Aufgabenteilen f), g)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| (0,1) = 10  (0,2) = 00  (0,3) = 1111  (0,4) = 0101  (0,5) = 111000  (0,6) = 1100000110  (1,1) = 1101  (1,2) = 01000  (1,3) = 1100001  (1,4) = 1100000101  (1,5) = 110000011110  (2,1) = 11001  (2,2) = 1100011 | (2,3) = 111010010  (2,4) = 11000000010  (3,1) = 01001  (3,2) = 11101000  (3,3) = 111010110  (3,4) = 11000001111110  (4,1) = 111001  (4,2) = 111010011  (4,3) = 11000001111111  (5,1) = 1110111  (5,2) = 1110101111  (6,1) = 1100010  (6,2) = 1100000011 | (6,3) = 1100000111110  (7,1) = 1110110  (7,2) = 1100000100  (8,1) = 111010101  (8,2) = 1100000001100  (9,1) = 111010100  (9,2) = 1100000001101  (10,1) = 1110101110  (11,1) = 1100000010  (12,1) = 1100000000  (13,1) = 1100000001110  (14,1) = 11000001110 |

Abbildung 6: Huffman-Codes für Datenpakete