Gegeben sind die Zahlen $A = (0.012221)_8$ und $B = (-0.25E6)_{16}$.

Gleitpunktformat: $F(2, 11, -14, 15, \text{true})$

$(0{,}012221)_8 = A$

$2^3 = 8$ => 1 Stelle in Oct. entspricht 3 Stellen Binär vgl. Hex in Binär: $2^4 = 16$

$\begin{bmatrix} 7 \\ 111 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 5 \\ 101 \end{bmatrix}$

$(0,0\ \ 1\ \ 2\ \ 2\ \ 2\ \ 1)_8$

$(000,000\ 001\ 010\ 010\ 010\ 001)_2$

Normalisieren:

=> $1{,}010010010001 \cdot 2^{-6}$ → Exponent

11 Stellen g r s

G	R	S	Ergebnis (Erg.)
0	x	x	unverändert
1	1	x	Ergebnis += 1
1	0	0	lsb = 0 => unverändert lsb = 1 => Erg. += 1
1	0	1	Erg. += 1

Mantisse = 0100100100

Exponent: In Excessdarstellung: $e = 2^{5-1} - 1 = (01111)_2 = (15)_{10}$

5Bit!

$$\begin{array}{lll} e & 01111 & 15 \\ + \text{Exp.} & 00110 & -6 \\ \hline & 01001 & \end{array}$$

Vorzeichen: + => 0

=> $A = 0\ 01001\ 0100100100$

$B = (-0{,}25E6)_{16} \rightarrow$ Gleitpunktformat $\mathbb{F}(2, 11, -14, 15, true)$

$B = (-0{,}00100101\ 1110\ 0110)_2$

2) Normalisieren: $1{,}0010\ 11110\ 0110 \cdot 2^{-3}$

g r s => +1

Mantisse = 0010 1111 01

3) Exponent:

$$\begin{array}{r} 0111\ 1 \\ -\ 0001\ 1 \\ \hline 0110\ 0 \end{array}$$

4) VZ: 1

=> $B = 101100\ 0010\ 111101$

A = 0 10101 0100100100

B = 1 10010 0010 111101

VZ:1 und B - A [-(A - B) = B - A]

$A + (-B) = A - B$ $A - B$: $B > A$? x $B = A$? x

A - B: VZ wird 0

1) Exp angl. $B = 101100\ 0010010\ 111101$

um 2^3 größer

2) Mantisse berechnen:

$$\begin{array}{rl} A: & 1|0100\ 100100\ 000 \\ -B: & 0|0010010\ 111101 \\ \hline & 1|0010001100011 \end{array}$$

g r s

4) Runden

=> $A + B = 001100\ 0010001100$

(3) Ergebnis normalisiert

$B = (-0{,}00100101\ 1110\ 0110)_2$

2) Normalisieren: $1{,}0010\ 1111\ 00|11\ 0 \cdot 2^{-3}$

g r s => +=1

Mantisse = 0010 1111 01

3) Exponent:

$$\begin{array}{r} 0111\ 1 \\ -\ 0001\ 1 \\ \hline 011\ 00 \end{array}$$

4) VZ: 1

=> $B = 1\ 01100\ 0010\ 111101$

VZ:1 ~ B−A [−(A−B) = B−A]

~~A = 0 10101 0100100100~~

~~B = 1 10010 0010 111101~~

A+(−B) = A−B

A−B: B > A ? × B = A ? ×

A−B: VZ wird 1

1) Exp angl. B = 1 01100 0010010 111101
um 2^3 größer

2) Mantisse berechnen:

$$\begin{array}{rl} A: & 1{:}0100\ 100100{:}000 \\ -B: & 0{:}0010010\ 111101 \\ \hline & \underline{1}{:}0010001100011 \end{array}$$

g r s

(3) Bereits normalisiert

4) Runden 01100

=> A+B = 1 01100 0.0000 11000

=> A = 0 0110 0 0100 100100
0 0010 0100100 0

1:00000 11000:100
g r s
abrunden

3

A = 0 10101 0100100100
B = 1 10010 0010 111101

$A-(-B) = A+B$

A + B : 1) Exp angleichen: A > B
B = 10 1100 0010010 111101
um 2^3 größer

2) Mantissen +

A: 1 0100100100000
+ B: 0 0010010 111101
1 0110111 011101

3) Bereits normalisiert

grs => + = 1
4) Runden

=> A+B = 0 01100 0110 111 100

Exp 01100

2) A - 0 01100 | 000100 100 100
+ B 1 | 0010111101
1 0101100001 100

A+B = 1 0101100001 100
grs => + 1 V > 0

1 0101100010

=> A+B = 0 01100 0101100010

$A - B \Rightarrow B < 0 \Rightarrow A - (-B) = A + B$

$$
\begin{array}{rlll}
 & A = 0 & 01100 & \boxed{0}0010100100\ 100 \\
+ & B = 1 & 01100 & \boxed{1}0001011101 \\
\hline
 & 0 & 01101 & \boxed{1}0101100001|100 \\
 & & & \qquad\qquad\quad g\ r\ s
\end{array}
$$

round to even $\Rightarrow r = 1$

$\Rightarrow \boxed{A - B = 0\ 01101\ 0101100010}$

2) a) $A = 1\ 10001\ 1001101101$

$B = 0\ 00111\ 0010000000$

$A * B$: $VZ = 1$

exp:
$$
\begin{array}{rl}
 & 10001 \\
- & 01111 \\
\hline
 & 00010 \\
+ & 00111 \\
\hline
 & 01001
\end{array}
$$

m:
$$
\begin{array}{rl}
 & 1{,}1001101101 \cdot 1{,}0010000000 \\
+ & 11001101101 \\
\hline
 & 1{,}1100111010|10100 \ldots \\
 & \qquad\qquad\quad g\ r\ s
\end{array}
$$

$\Rightarrow r = 1$

$\Rightarrow m = 1100111011$

$\boxed{\Rightarrow A * B = 1\ 01001\ 1100111011}$

b)

A = 1 10001 1001101101

C = 1 01100 1000100111

$\frac{A}{C}$: Vz = $\underline{0}$

ep = 10001
- 01100
= 00101
+e 01111
= $\underline{10100}$

```
  1,1001101101 : 1,1000100111 = 1,00001
- 1,1000100111                   0110111
  0000100011000000               00
  -    1,1000100111
    00101001100100
    -    1,1000100111
      010000111010
      -    1,1000100111
        0010010100100
        -    1,1000100111
          0011001001010
          -    1,1000100111
            000001000111000
```

=> R≠0 => s = 1

=> m = 1,0000101101|101
g r s => +1

m = 1,0000101110

=> $\boxed{\frac{A}{C} = 0\ 10100\ 0000101110}$

Aufgabe 3:

A = 0 00101 0010000000

B = 0 01010 1011000000

C = 1 11110 1000000000

D = 0 01000 0011111111

A · B: Vorzeichen: (+) · (+) = (+) ⟹ 0

Exponent: $\underbrace{(101)_2 + (1010)_2}$ $- (1111)_2 = (0)_2$

(00101 + 1) Exponent = $(-15)_{10}$

0 00110 $\xrightarrow{\text{um 1 Stelle}}$ 1001000000

$(110)_2 + (1010)_2 - (1111)_2 = (00001)_2$

Mantissen:

1,1011000000 · 0,1001

+ 11011000000

11011000000

0,1111001110000000

0 00000 1111001100

B+D: Vorzeichen: (+) ⟹ 0

Exponente angleichen:

D = 0 01010 (0)-impl. Bit 0100111111111 GR

Mantissen:

+ 1,1011000000

(00101 + 1)

Exponent = $(-15)_{10}$

$\xrightarrow{\text{um 1 Stelle}}$

0 00110 1001000000

$(110)_2 + (1010)_2 - (1111)_2 = (00001)_2$

Mantissen:

1,1011000000 · 0,1001

0

+ 11011000000
   11011000000

0,1111001 1 000000

0 00000 1111001100

B+D: Vorzeichen: (+) ⇒ 0

Exponente angleichen:

(0) - impl. Bit GR

D = 0 01010 0 1 00 1 1 1 1 1 1 1 1

Mantissen:

   1,1011000000
+ 0,0100 1 1 1 1 1 1 11

1,1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 (round to + infinity)

GR

10,0000000000

Exponent um $(1)_2$ vergrößern: 01010 + 1 = 01011

Mantisse um $(1)_{10}$ Stellen nach rechts: 1,0000000000

0 01011 0000000000

A/C: Vorzeichen: (+)/(−) ⇒ (−) ⇒ 1

Exponent:

$$\begin{array}{r} 00101 \\ +\ 01111 \\ \hline 10100 \\ -\ 11110 \\ \hline -1010 \end{array}$$

01111 Exzess

$\Rightarrow (-10)_{10} \Rightarrow$ Exponent $= (-25)_{10}$

Minimaler Exponent: $(-14)_{10}$

$$(-25)_{10} - (-14)_{10} = (-11)_{10}$$

Wir müssen den Exponenten von A um $(1011)_2$ erhöhen:

$$A = 0\ 00101\ 0010000000 = 0\ 10000\ \underset{\substack{\wedge \\ (0)\ \text{impl. Bit}}}{0}000000000\ \underset{GRS}{101}$$

Wenn wir diese Zahl durch (1,1000000000) dividieren kommt bei uns eine Zahl heraus, die mit dem Exponenten $(-14)_{10}$ nicht darstellbar ist.

$$1\ 00000\ 0000000000 = (-0)$$

Aufgabe 4: EAN-13-Code

a) Decodieren Sie die nachfolgende EAN.

9 4 1 6 3 7 8 7 1 4 2 8

2 A A B B A B

p=8 ✓

2+27+9+3·4+1+3·6+3+3·7+8+3·7+1+3·4+2+3·p = 102+p ≡ 0 mod 10

b) Codieren Sie die EAN 5 811892 67381. Berechnen Sie hierzu die Prüfziffer und tragen Sie den resultierenden Code in das vorgedruckte Raster ein.

Hinweis: Rand- und Trennzeichen sind grau hinterlegt.

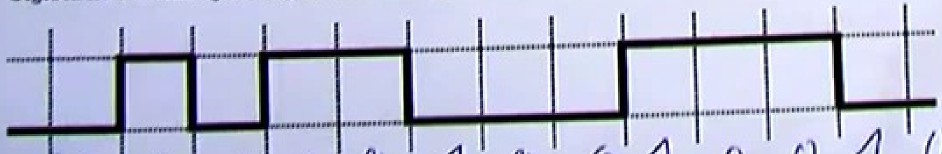
5 A B B A A B C C C C C C

8 1 1 8 9 2 6 7 3 8 1 5

5 24 1 3 8 27 2 18 7 9 8 3 115

Aufgabe 5: NRZ-Code

Gegeben ist der nachfolgende Signalverlauf mit Pegel 1 (*high*) und Pegel 0 (*low*).



0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0

b) 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0

a) Interpretieren Sie den Signalverlauf als NRZ-M-Codierung und geben Sie die decodierte 0/1-Folge an.

Rand | 3_A | 4_A | 1_B | 6_B | 3_A | 7_B | Trenn | 8_C | 7_C | 1_C | 4_C | 2_C | 8_C | Rand

AABBAB ⇒ 1 Stelle = 2 ⇒ Prüfsumme = 110 ✓

b) Codieren Sie die EAN 5 811892 67381. Berechnen Sie hierzu die Prüfziffer und tragen Sie den resultierenden Code in das vorgedruckte Raster ein.

Hinweis: Rand- und Trennzeichen sind grau hinterlegt.

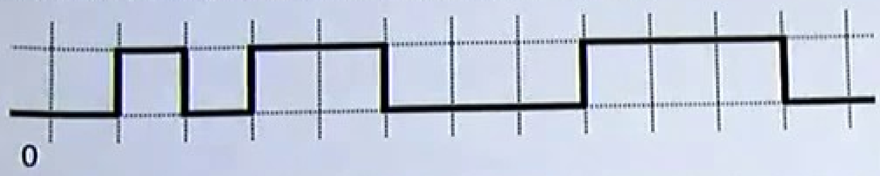
Prüfziffer: 115 + p ≡ 0 mod 10 ⇒ p = 5

1 Stelle = 5 ⇒ ABBAAB

p = 5

Aufgabe 5: NRZ-Code

Gegeben ist der nachfolgende Signalverlauf mit Pegel 1 (*high*) und Pegel 0 (*low*).



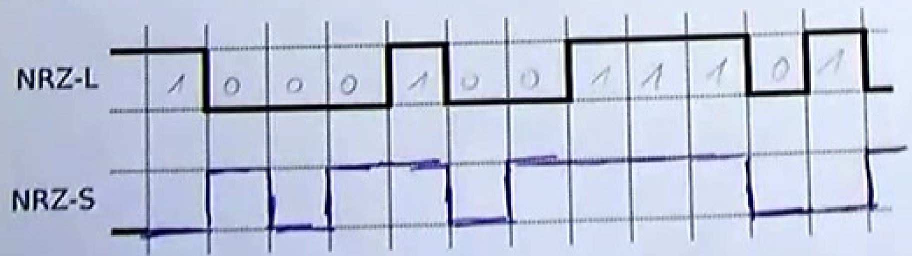
a) Interpretieren Sie den Signalverlauf als NRZ-M-Codierung und geben Sie die decodierte 0/1-Folge an.

0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0

b) Interpretieren Sie den Signalverlauf als NRZ-L-Codierung und geben Sie die decodierte 0/1-Folge an.

0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0

c) Zeichnen Sie zum nachfolgend gegebenen Signalverlauf in NRZ-L-Codierung darunter den entsprechenden Signalverlauf in NRZ-S-Codierung.



a) 'W' mit CRC-CCITT codieren

'W' = $(57)_{16}$ = $(0101\,0111)_2$

$G(x)_{CRC-CCITT} = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$

$T(x) = r \cdot M(x) - R(x)$

$r_{G(x)} = 16$

$r \cdot M(x) = (x^6 + x^4 + x^2 + x^1 + 1) \cdot x^{16} = (x^{22} + x^{20} + x^{18} + x^{17} + x^{16})$

$R(x) = (r\,M(x)) : G(x)$

$\Leftrightarrow x^{22} + x^{20} + x^{18} + x^{17} + x^{16} : x^{16} + x^{12} + x^5 + 1 = x^6 + x^4 + x$

$$
\begin{array}{l}
x^{22} + x^{20} + x^{18} + x^{17} + x^{16} \\
\underline{x^{22} \qquad + x^{18} \qquad + x^{11} + x^6} \\
x^{20} + x^{17} + x^{16} + x^{11} + x^6 \\
\underline{x^{20} \qquad + x^{16} \quad + x^9 \quad + x^4} \\
x^{17} + x^{11} + x^9 + x^6 + x^4 \\
\underline{x^{17} + x^{13} \qquad + x^6 \qquad + x} \\
x^{13} + x^{11} + x^9 + x^4 + x \leftarrow R(x)
\end{array}
$$

$T(x) = x^{22} + x^{20} + x^{18} + x^{17} + x^{16} - x^{13} - x^{11} - x^9 - x^4 - x$

$T(x) = x^{22} + x^{20} + x^{18} + x^{17} + x^{16} + x^{13} + x^{11} + x^9 + x^4 + x$

$T(x) =$ 0|10,1011,1001,0101·0100011001·0

b) $T(x) =$ 0100 1011 1000 0001 0011 1010

CRC-16: $x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$

Wenn $T(x) \% G(x) = 0 \Rightarrow$ Nachricht wurde nicht gestört

Aufgabe 7: Hamming-Distanz

Gegeben ist ein Code mit fünf Codewörtern: 0110001, 0001100, 1110011, 1000011 und 1111101

a) Berechnen Sie die Hamming-Distanz zwischen den einzelnen Codewörtern und vervollständigen Sie die nachfolgende Distanz-Matrix.

	0110001	0001100	1110011	1000011	1111101
0110001	–	5	2	4	3
0001100	5	–	7	5	4
1110011	2	7	–	2	3
1000011	4	5	2	–	5
1111101	3	4	3	5	–

b) Geben Sie den Hamming-Abstand D des Codes an.

2

c) Wie viele Bits braucht man mindestens, um einen Code für 8 Codewörter zu entwerfen, der einen Hamming-Abstand von $D = 2$ aufweist?

0001
0010
0100
1000 } 4 Bits

3 Bits → 8 Wörter mit $D=1$
+1 Bit → 8 Wörter mit $D=2$
(Paritäts-Bit)

1111101	3	4	3	5	–

b) Geben Sie den Hamming-Abstand D des Codes an.

2

c) Wie viele Bits braucht man mindestens, um einen Code für 8 Codewörter zu entwerfen, der einen Hamming-Abstand von $D = 2$ aufweist?

$$\left.\begin{array}{l} 0001 \\ 0010 \\ 0100 \\ 1000 \\ 0111 \\ 1011 \\ 1100 \\ 1110 \end{array}\right\} \text{4 Bits}$$

3 Bits → 8 Wörter mit $D=1$

+1 Bit → 8 Wörter mit $D=2$

(Paritäts-Bit)

Aufgabe 8: Hamming-Code

~~1000~~
~~0110~~

~~0001~~
~~0010~~
~~0011~~
~~0100~~

0101
0110
1001
1010
1100
1111

$\longrightarrow D=2$ ~~Hamming~~ 4 Bits

8a) 6 Datenbits : Prüfbits $\rightarrow$ 1, 2, 4 Potenzen von 2

$p_1\, p_2\, d_1\, p_3\, d_2\, d_3\, d_4\, p_4\, d_5\, d_6$

4 Prüfbits $\rightarrow$ Codewort 10 Bit lang

~~Codewort 9 Bit lang~~

b)

2^0	2^1		2^2				2^3		
c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7	c_8	c_9	c_{10}
p_1	p_2	d_1	p_3	d_2	d_3	d_4	p_4	d_5	d_6

$p_1 = (c_3 + c_5 + c_7 + c_9) \mod 2$

$p_2 = (c_3 + c_6 + c_7 + c_{10}) \mod 2$

$p_3 = (c_5 + c_6 + c_7) \mod 2$

$p_4 = (c_9 + c_{10}) \mod 2$

Aufgabe 8: Hamming-Code

Es soll ein Hamming-Code für 6 Datenbits konstruiert werden.

a) Wie viele Prüfbits werden benötigt? Wie lang (in Bit) können die

b) Wie lauten die Gleichungen für die nötigen Prüfbits dieses Codes?

c) Listen Sie alle gültigen Codewörter eines Hamming-Code mit 5 C

Hinweis: Es werden möglicherweise nicht alle Zeilen und/oder Sp

c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7
0						

Modulo-Arithmetik

Code

8d) Bsp 1.: 10011

Bsp 2

Di

8e)

8c)

$$\begin{array}{ccccc} & & d_1 & & d_2 \\ c_1 & c_2 & c_3 & c_4 & c_5 \\ p_1 & p_2 & & p_3 & \end{array}$$

$p_1 = (c_3 + c_5) \bmod 2$

$p_2 = (c_3) \bmod 2$

$p_3 = (c_5) \bmod 2$

$d_1 d_2$: 00 $\longrightarrow$ $p_1 = 0$, $p_2 = 0$, $p_3 = 0$

01 $\longrightarrow$ $p_1 = 1$, $p_2 = 0$, $p_3 = 1$

10 $\longrightarrow$ $p_1 = 1$, $p_2 = 1$, $p_3 = 0$

11 $\longrightarrow$ $p_1 = 0$, $p_2 = 1$, $p_3 = 1$

d_1 d_2

c_3 c_5

p_1	p_2	d_1	p_3	d_2
c_1	c_2	c_3	c_4	c_5
0	0	0	0	0

Aufgabe 8: Hamming-Code

Es soll ein Hamming-Code für 6 Datenbits konstruiert werden.

a) Wie viele Prüfbits werden benötigt? Wie lang (in Bit) könne

b) Wie lauten die Gleichungen für die nötigen Prüfbits dieses

c) Listen Sie alle gültigen Codewörter eines Hamming-Code

Hinweis: Es werden möglicherweise nicht alle Zeilen un

c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7
0						

Bsp 1.: 10011
+01111
11100

Bsp 2: 11100
+0111
100

Die 2

$p_1 \quad p_2 \quad p_3$

$p_1 = (c_3 + c_5) \bmod 2$

$p_2 = (c_3) \bmod 2$

$p_3 = (c_5) \bmod 2$

$d_1 d_2$: 00 $\longrightarrow$ $p_1 = 0$, $p_2 = 0$, $p_3 = 0$

01 $\longrightarrow$ $p_1 = 1$, $p_2 = 0$, $p_3 = 1$

10 $\longrightarrow$ $p_1 = 1$, $p_2 = 1$, $p_3 = 0$

11 $\longrightarrow$ $p_1 = 0$, $p_2 = 1$, $p_3 = 1$

$d_1 \; d_2$

$c_3 \; c_5$

p_1	p_2	d_1	p_3	d_2
c_1	c_2	c_3	c_4	c_5
0	0	0	0	0
1	0	0	1	1
~~1~~	~~0~~	~~0~~		
~~1~~	~~1~~			
1	1	1	0	0
0	1	1	1	1

Aufgabe 8: Hamming-Code

Es soll ein Hamming-Code für 6 Datenbits konstrui

a) Wie viele Prüfbits werden benötigt? Wie lang

b) Wie lauten die Gleichungen für die nötigen Prü

c) Listen Sie alle gültigen Codewörter eines Hamm

Hinweis: Es werden möglicherweise nicht alle Z

c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7
0						

d) Überprüfen Sie anhand von

Modulo-Arithmetik

8d) Bsp 1.: 10011
$\oplus$ 01111
11100 → gültiger Code

Bsp 2: 11100
$\oplus$ 01111
10011 → gültiger Code

Diese 2 Bsp. deuten auf einen linearen Code hin.

8e) 010110
$c_1 c_2 c_3 c_4 c_5 c_6$
$p_1 p_2 d_1 p_3 d_2 d_3$

$p_1 = (c_3 + c_5) \bmod 2 = (0+1) \bmod 2 = 1 \rightarrow 1 \neq 0$
$\ldots \bmod 2 = (0+0) \bmod 2 = 0 \rightarrow 0 \neq 1$
$\ldots = 1 \rightarrow 1 = 1$

Aufgabe 8: Hamming-Code

Es soll ein Hamming-Code für 6 Datenbits konstrui…

a) Wie viele Prüfbits werden benötigt? Wie lang …

b) Wie lauten die Gleichungen für die nötigen Pr…

c) Listen Sie alle gültigen Codewörter eines Hamm…
Hinweis: Es werden möglicherweise nicht alle Z…

c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7
0						

d) Überprüfen Sie anhand von zwei Beispielen exe…
linearen Code handeln könnte.

$\underline{\underline{10011}} \rightarrow$ gültiger Code

Diese 2 Bsp. deuten auf einen linearen Code hin.

8 e) 010110

$c_1\, c_2\, c_3\, c_4\, c_5\, c_6$

$p_1\, p_2\, d_1\, p_3\, d_2\, d_3$

$p_1 = (c_3 + c_5) \bmod 2 = (0+1) \bmod 2 = 1 \rightarrow 1 \neq 0$

$p_2 = (c_3 + c_6) \bmod 2 = (0+0) \bmod 2 = 0 \rightarrow 0 \neq 1$

$p_3 = (c_5 + c_6) \bmod 2 = (1+0) \bmod 2 = 1 \rightarrow 1 = 1$

$3 = 2 + 1$

c_3 falsch unter Annahme, dass nur 1 Fehler vorliegt.

<u>Korrigiert: 011110</u>

110

Aufgabe 8: Hamming-Co

Es soll ein Hamming-Code

a) Wie viele Prüfbits wer

b) Wie lauten die Gleichun

c) Listen Sie alle gültigen Code

Hinweis: Es werden möglicher

c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
0					

d) Überprüfen Sie anhand von zwei Be
linearen Code handeln könnte.

e) Decodieren und ggf. korrigieren Sie das
mal ein Bit gestört wurde.