Zkoušený dostane pět otázek z následujícího seznamu, tři z toho teoretické (u nich bude specifikováno, zda stačí formulovat pojmy či tvrzení nebo je třeba formulované dokázat) a dvě praktické. U první, teoretické otázky jsou uvedena čísla tvrzení, na něž míří (úlohy bez čísla míří jen na pojmy), druhá otázka sestává z dvou úloh ze seznamu a může být číselně modifikována.

1. Teoretické otázky

1.1. Vyslovte a dokažte Hammingovu nerovnost a definujte perfektní kódy. Uveďte netriviální příklad perfektního kódu. (1.3)

1.2. Vysvětlete pojem vzdálenosti a nosnosti kódu. Vyslovte a dokažte Singletonův odhad. (1.5)

1.3. Definujte schopnost kódu opravit chybu a popište ji pomocí vzdálenost kódu. Vyslovte a dokažte tvrzení o určení vzdálenost lineárního kódu z kontrolní matice. (2.3)

1.4. Definujte MDS-kódy a zobecněné Reed-Solomonovy kódy. Vyslovte a dokažte tvrzení o duálních kódech k lineárním MDS-kódům. (3.2)

1.5. Zaveďte pojmy lineární kódy, generující a kontrolní matice. Co je standardní tvar generující matice?

1.6. Lineární MDS-kódy, jejich charakterizace pomocí generující matice. Vyslovte a dokažte tvrzení o nutných podmínkách pro parametry MDS-kódů. (3.4)

1.7. Popište ireducibilní polynomy nad konečnými tělesy pomocí polynomu $x^{q^n} - x$. Své tvrzení dokažte. (4.4)

1.8. Kolik členů má ireducibilní rozklad cyklotomických polynomů Q_n nad konečnými tělesy? Tvrzení dokažte. (4.7)

1.9. Popište všechny lineární cyklické kódy jako ideály okruhu $\mathbb{F}[x]_n$ a jako množiny $\mathcal{C}(f)$ a tvrzení dokažte. Jak vypadá generující a kontrolní matice lineárního cyklického kódu? (5.3, formulace 5.4)

1.10. Zaveďte reziduální kódy a Reedovy-Solomonovy kódy. Co jsou BCH-kódy? (formulace 6.2 a 6.3)

1.11. Vyslovte a dokažte tvrzení o zaručené vzdálenosti reziduálních kódů pro MDS kódy. Konstrukce BCH-kódů. (6.5)

1.12. Zaveďte okruhy booleovských funkcí a booleovských polynomů a popište jejich vztahy. Definujte binární Reed-Mullerovy kódy a ukažte jejich konstrukci pomocí booleovských polynomů.

1.13. Vyslovte a dokažte tvrzení o dimenzi a vzdálenosti RM-kódu. (7.2)

1.14. Vyslovte a dokažte tvrzení o dualitě RM-kódu. Poište Idea kódování a dekódování pomocí RM-kódů. (7.3)

1.15. Zkonstruujte lineárního samoduálního $[24, 12, 8]_2$-kódu a 3-perfektního $[23, 12, 7]_2$ a uveďte a dokažte jejich základní vlastnosti. (8.5., 8.6)

1.16. Zaveďte pojem konvoluční kód a generující matice konvolučního kódu.

1.17. Vysvětlete pojmy stupeň a Forneyho indexy konvolučního kódu a dokažte tvrzení, které říká, že jsou Forneyho indexy dobře definované. (9.3)

1.18. Zformulujte, vysvětlete pojmy a dokažte tvrzení o vztahu abstraktního a fyzického konvolučního kódovače. (9.7)

1.19. Zaveďte pojmy vnitřní a vnější stupeň a základní a redukovaná polynomiální matice.

1.20. Vysvětlete pojmy a vyslovte a dokažte tvrzení, které charakterizuje kanonické generující matice pomocí stupně generovaného konvolučního kódu. (10.6)

1.21. Zaveďte pojem mřížoví abstraktního konvolučního kódovače? Co je vrstva mřížoví?

1.22. Napište Viterbiho algoritmus pro hledání minimální cesty. (11.4)

2. Aplikační úlohy

2.1. Určete všechny parametry a nějakou generující matici lineárního binárního kódu s kontrolní maticí $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$.

2.2. Určete nějakou generující a nějakou kontrolní matici Hammingova $[7,4,3]_2$-kódu. Najděte nějaké slovo délky 7, které v kódu neleží a opravte ho na kódové.

2.3. Určete nějakou kontrolní matici Hammingova $[15,11,3]_2$-kódu. Najděte nějaké slovo délky 15, které v kódu neleží a opravte ho na kódové.

2.4. Určete polynomy Q_1, Q_3, (Q_5, Q_{15}) nad tělesem $\mathbb{F}_2$.

2.5. Určete kolik existuje různých ireducibilních polynomů stupně a) 2, b) 3, c) 4, d) 5 nad tělesem $\mathbb{F}_3$.

2.6. Známe-li ireducibilní rozklad $x^7-1=(x+1)(x^3+x+1)(x^3+x^2+1)$ v oboru $\mathbb{F}_2[x]$, popište všechny binární cyklické kódy délky 7 a dimenze 4.

2.7. Známe-li ireducibilní rozklad $x^7-1=(x+1)(x^3+x+1)(x^3+x^2+1)$ v oboru $\mathbb{F}_2[x]$, najděte generující a kontrolní matici kódu $\mathcal{C}(x^3+x^2+1)$.

2.8. Je-li lineární binární MDS-kód $\mathcal{C}$ délky n a dimenze k, určete parametry propíchnutí kódu $\mathcal{C}$ v i souřadnicích pro každé $i<n-k+1$.

2.9. Najděte generující matici nějakého lineárního MDS kódu s parametry $[6,2]$.

2.10. Najděte kontrolní matici nějakého lineárního MDS kódu s parametry $[5,4]$.

2.11. Určete parametry binárního BCH-kódu určeného RS kódem s parametry $[7,4,4]_8$.

2.12. Sestrojte pro dané k generující a kontrolní matici lineárního MDS-kódu dimenze k.

2.13. Sestrojte generující matici binárního Reed-Mullerova kódu $\mathcal{R}(4,2)$ a určete jeho parametry.

2.14. Sestrojte generující matici binárního Reed-Mullerova kódu $\mathcal{R}(4,1)$ a určete jeho parametry.

2.15. Rozhodněte, které z matic (a) $G = \begin{pmatrix} 1+2D & D+D^2 \\ D & 2D^2 \end{pmatrix}$,

(b) $G = \frac{1}{D}\begin{pmatrix} D+D^2 & 2D \end{pmatrix}$, (c) $G = \frac{1}{D}\begin{pmatrix} D+D^2 & 2D & 2+D^2 \end{pmatrix}$ nad tělesem $\mathbb{F}_3(D)$ jsou generující matice konvolučního kódu a u těch, které jsou, určete stupeň kódu.

2.16. Určete stupeň a Forneyho indexy kódů nad tělesem $\mathbb{F}_2$ s generující maticí

(a) $G = \begin{pmatrix} \frac{1}{1+D} & D \\ D & D^2 \end{pmatrix}$,

(b) $G = \begin{pmatrix} \frac{1}{1+D^2} & \frac{1}{1+D} \end{pmatrix}$.

2.17. Pro abstraktní konvoluční kódovač nad tělesem $\mathbb{F}_2$ daný přechodovou funkcí $\delta(s,u) = sP + uQ$ a výstupní funkcí $\lambda(s,u) = sR + uS$ popište realizaci odpovídajícího fyzického konvolučního kódovače obvodem, jestliže

$P = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$, $Q = \begin{pmatrix} 1 & 1 \end{pmatrix}$, $R = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$, $S = \begin{pmatrix} 0 & 1 \end{pmatrix}$.

2.18. Pro abstraktní konvoluční kódovač nad tělesem $\mathbb{F}_3$ daný přechodovou funkcí $\delta(s,u) = sP + uQ$ a výstupní funkcí $\lambda(s,u) = sR + uS$ najděte generující matici G odpovídajícího fyzického konvolučního kódovače, jestliže

$P = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$, $Q = \begin{pmatrix} 1 & 1 \end{pmatrix}$, $R = \begin{pmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$, $S = \begin{pmatrix} 2 & 0 \end{pmatrix}$.

2.19. Pro fyzický konvoluční kódovač nad tělesem $\mathbb{F}_2$ najděte jeho popis jako abstraktní konvoluční kódovač, má-li generující maticí $G = \begin{pmatrix} 1+D & D+D^2 & 1 \\ D & 1+D^2 & 1+D \end{pmatrix}$.

2.20. Pro fyzický konvoluční kódovač nad tělesem $\mathbb{F}_2$ určete vnější stupeň $\mathrm{extdeg} G$ a spočítejte jeho popis jako abstraktního konvolučního kódovače, má-li generující maticí $G = \begin{pmatrix} \frac{1}{1+D} & \frac{D}{1+D^2} \end{pmatrix}$.

2.21. Pro fyzický konvoluční kódovač nad tělesem $\mathbb{F}_3$ s generující maticí $G = \left(\frac{1+2D}{2+D+D^2}\right)$ najděte jeho realizaci obvodem a spočítejte jeho popis jako abstraktního konvolučního kódovače.

2.22. Pro matici $G = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & D^2+D^3 & D \end{pmatrix}$ nad oborem $\mathbb{F}_2[D]$ spočítejte $\mathrm{extdeg}(G)$ a $\mathrm{intdeg}(G)$ a rozhodněte, zda je základní.

2.23. Pro matici $G = \begin{pmatrix} 1 & 0 & D \\ 0 & 1+D^4 & 1+D^2 \end{pmatrix}$ nad oborem $\mathbb{F}_2[D]$ spočítejte $\mathrm{extdeg}(G)$ a $\mathrm{intdeg}(G)$ a rozhodněte, zda je redukovaná.

2.24. Pro konvoluční kód nad tělesem $\mathbb{F}_2$ s generující maticí $G = \begin{pmatrix} 1+D & 1+D^2 & D \end{pmatrix}$ najděte jeho kanonickou generující matici.

2.25. Typ úlohy: Pro abstraktní konvolučního kódovač nakreslete jeho multigraf(nebo vrstvu mřížoví).

2.26. Typ úlohy: Pro abstraktní konvolučního kódovač dekódujte přijaté slovo Viterbiho algoritmem.