

1 LABORATÓRNA ÚLOHA

1.1 Zadanie

1. Preštudujte teóriu prepínania, neurónových sietí, QoS a architektúru prepínača.
2. Navrhните hodnoty kvality služby pre zadané typy služieb.
3. Simulujte rôzne možnosti prevádzky pre rôzny počet užívateľov.
4. V prostredí Matlab vytvorte a analyzujte neurónovú sieť.
5. Simulujte model prepínača riadeného neurónovou sieťou.
6. Porovnajte oba modely prepínačov.
7. Výsledky analyzujte a vyhodnoťte.

1.2 Teoretický úvod

1.2.1 Prepínač a QoS

Prepínače sú jedným zo základných prvkov moderných komunikačných sietí. Pracujú na druhej (spojovej) vrstve referenčného modelu ISO/OSI a zaisťujú prenos dátových jednotiek – rámcov.

Dnešné moderné prepínače sú schopné pracovať aj na tretej vrstve, a teda sú schopné spracovávať pakety. Hlavička paketu zahŕňa pole ToS (*Type of Service*), ktoré nám zaisťuje značenie paketov, a teda kvalitu služieb. Pole ToS je 8-bitové, z toho 3 bity nám určujú prioritu podľa špecifikácie typu služby. Ďalšie 3 bity určujú požiadavky na prenos a zvyšné 2 bity sú nepoužívané a musia mať nastavenú hodnotu 0.

U mechanizmu diferencovaných služieb je spracovanie prevádzky riadené relatívnymi prioritami priradených jednotlivým triedam prevádzky. Špecifikácia uvádza nové pole DS (*Differentiated Services*), viď obr. 1.1. Prvých 6 bitov tohoto poľa je



Obr. 1.1: Štruktúra poľa DS

označovaných ako DSCP (*DiffServ Code Point*), zvyšné 2 bity sú taktiež nevyužívané. Na základe hodnoty DSCP je paketom zaistený požadovaný spôsob zachádzania – PHB (*Per-Hop Behavior*).

Ľavý krajný bit tohoto poľa sa označuje 0. bit, ktorý je najvýznamnejší a naopak pravý bit je najmenej významný a označuje sa 5. bit. Týmito bitmi je teda možno vyjadriť 64 rôznych hodnôt. Zoznam bežne používaných hodnôt je uvedený v tab. 1.1. AF (*Assured Forwarding*) zaisťuje zaručené preposielanie dát, EF (*Expedited*

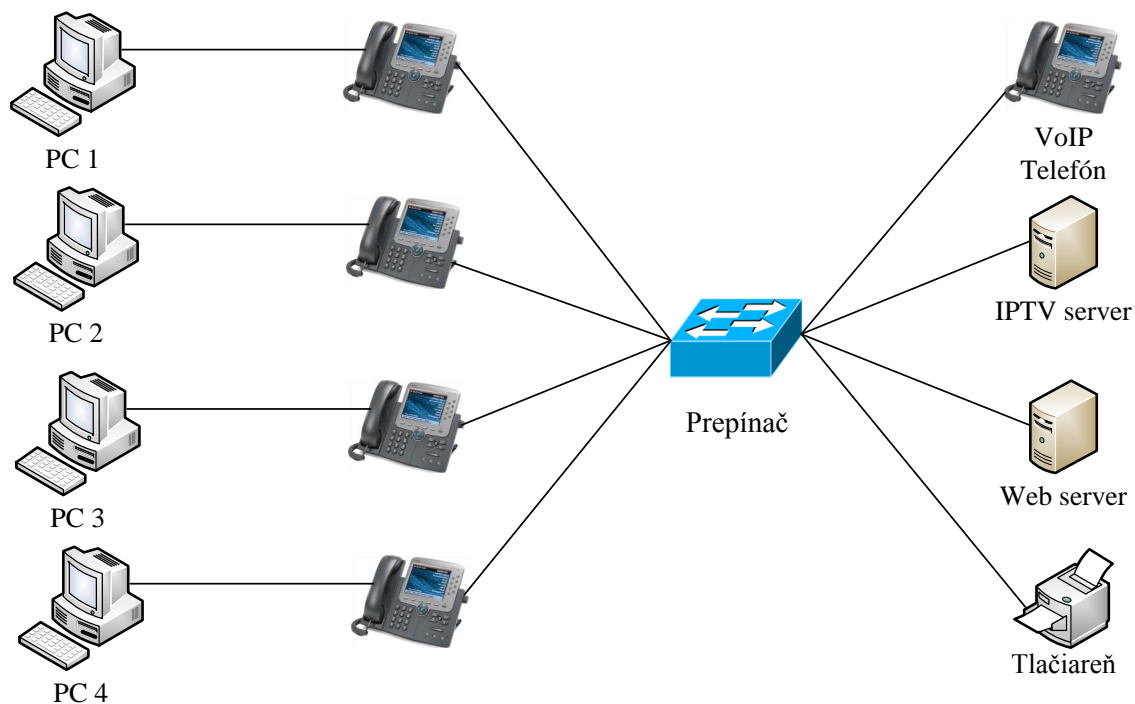
Tab. 1.1: Bežne používané DSCP hodnoty

DSCP hodnota	Decimálna hodnota	Význam	Ekvivalentná IP priorita
000 000	0	BE	000
101 110	46	EF	101
001 010	10	AF11	001
001 100	12	AF12	001
001 110	14	AF13	001
010 010	18	AF21	010
010 100	20	AF22	010
010 110	22	AF23	010
011 010	26	AF31	011
011 100	28	AF32	011
011 110	30	AF33	011
100 010	34	AF41	100
100 100	36	AF42	100
100 110	38	AF43	100
001 000	8	CS1	1
010 000	16	CS2	2
011 000	24	CS3	3
100 000	32	CS4	4
101 000	40	CS5	5
110 000	48	CS6	6
111 000	56	CS7	7

Forwarding) znamená urýchlené preposielanie, zaisťuje nízku stratovosť, nízke oneskorenie a nízke kolísanie oneskorenia. CS (*Class Selector*) je označenie DSCP hodnoty, ktoré odpovedá určitej IP priorite a BE (*Best-effort*) je prednastavená (*default*) priorita, ktorá nám ale nezaručuje, že všetky dáta budú doručené.

1.2.2 Topológia siete

Topológia siete je zobrazená na obr. 1.2. V topológii sú do prepínača pripojené 4 počítače cez IP telefóny. Na druhej strane je VoIP telefón, IPTV server, ktorý poskytuje službu sledovania televízie cez internet, webový server pre prístup na webovú stránku a tlačiareň pre tlač dokumentov.



Obr. 1.2: Topológia siete

Každé zariadenie má pridelenú fixnú MAC adresu, viď tab. 1.2. MAC adresa je 48-bitové číslo, kde prvých 24 bitov nám udáva výrobcu a ďalších 24 bitov udáva adresu konkrétnej stanice. Napríklad v prípade MAC adresy telefónu č. 1 – 00-24-97-34-0E-C5, je prvých 24 bitov „00-24-97“. Podľa IEEE prislúcha táto MAC adresa firme *Cisco systems*. V tomto prípade sa teda jedná o Cisco telefón.

Keďže v našej topológii je len obmedzený počet zariadení, nie je potrebné, aby model prepínača pracoval s celou 48-bitovou MAC adresou. Prepínač je teda navrhnutý tak, že pracuje len s poslednými 8 bitmi MAC adresy, ktorých dekadickú hodnotu budeme v simulácii zobrazovať. Tieto dekadické hodnoty sú taktiež uvedené v tab. 1.2.

Tab. 1.2: MAC adresy zariadení

Zariadenie	MAC adresa	MAC adresa binárne	Dekadické zobrazenie
Telefón 1	00-24-97-34-0E-C5	00000000-00100100-10010111-00110100-00001111-11000101	197
Telefón 2	00-24-97-34-0D-C3	00000000-00100100-10010111-00110100-00001101-11000011	195
Telefón 3	00-24-97-34-0C-FB	00000000-00100100-10010111-00110100-00001100-11111011	251
Telefón 4	00-24-97-34-0A-E2	00000000-00100100-10010111-00110100-00001010-11100010	226
Telefón	00-24-97-34-0F-C4	00000000-00100100-10010111-00110100-00001111-11000100	196
IPTV server	20-16-D8-E3-70-CF	00100000-00010110-11011000-11100011-01110000-11001111	207
Web server	20-16-D8-E3-70-DE	00100000-00010110-11011000-11100011-01110000-11011110	222
Tlačiareň	00-30-C1-31-73-9D	00000000-00110000-11000001-00110001-01110011-10011101	157

1.2.3 Model prepínača

Model prepínača je umiestnený na pracovnej ploche – súbor *prepinac.mdl*. Prepínač je tvorený 4 vstupnými a 4 výstupnými portmi. Na vstup prepínača sú pripojené 4 počítače. Na výstupe sú 4 výstupné jednotky predstavujúce spomínané sieťové prvky. Z každej vstupnej jednotky je vyvedený zobrazovač dekadického čísla, pomocou ktorého budeme zobrazovať zvolenú MAC adresu cieľovej stanice a nastavenú hodnotu DSCP. Z výstupných jednotiek sú taktiež vyvedené zobrazovače, jeden však slúži na zobrazenie prijatej hodnoty DSCP a MAC adresy fixne nastavenej na každej jednotke. Pre kontrolu správnej funkčnosti prepínača bude prijaté dáta predstavovať prijatá hodnota DSCP, na základe ktorej bude taktiež príslušná prevádzka adekvátne uprednostnená.

Vstupná jednotka

Úlohou vstupnej dátovej jednotky je v tomto prípade generovanie dát (rámcov). Rámec bude vytvorený spojením všetkých nastavených dát pomocou maticového zlučovača. V tomto komponente nastavujeme počet vstupov, v našom prípade sú to 4 vstupy, do ktorých privádzame nasledovné dáta:

- typ protokolu,
- zdrojová MAC adresa,
- cieľová MAC adresa,
- hodnota DSCP.

Jednotlivé dáta sú implementované pomocou komponenty konštantnej hodnoty, kde je nadefinovaná príslušná dátová postupnosť bitov, ktoré vytvoria jeden vektor. Maticový zlučovač nám teda spojí jednotlivé vektory do jedného veľkého vektora, ktorý je vlastne postupnosť bitov a predstavuje zdrojový rámec. Cieľové MAC adresy sú

fixne nastavené v 4 komponentoch (podľa tab. 1.2) a pomocou spínačov môžeme voľiť požadovanú adresu cieľového zariadenia. Zdrojová MAC adresa je taktiež fixne nastavená podľa tab. 1.2.

Ďalej do vytvoreného rámca definujeme pole typ protokolu. Toto pole nebude v tejto simulácii využité, definujeme ho len z ilustračných dôvodov. Pole 16-bitové a v našom prípade definujeme protokol ipv4 – podľa IEEE je tomuto typu protokolu pridelená hexadecimálna hodnota 0x0800.

Posledným poľom navrhnutého rámca je dôležité pole – DSCP. Pole taktiež odpovedá reálnej hodnote, a teda je tvorené 6 bitmi, ktoré zvolíme podľa tab. 1.1. Toto pole narozdiel od cieľovej MAC adresy môžeme voľiť ľubovoľne, keďže počet možných hodnôt DSCP je podstatne väčší.

Výstupná jednotka

Do výstupnej dátovej jednotky je privedený výstupný port prepínača. Pre overenie správnej činnosti zobrazíme prijatú hodnotu DSCP. Tak, ako boli pri tvorení rámca jednotlivé polia spojené pomocou maticového zlúčovača, tak potrebujeme požadované hodnoty z vytvoreného rámca vyfiltrovať. Použijeme k tomu komponent *Submatrix*, v ktorom definujeme index začiatku a konca dát, ktoré chceme z vektora vyfiltrovať. Napríklad v prípade filtrácie hodnoty DSCP bude index začiatku vektora (*Starting column index*) 113 a index konca (*Ending column index*) 118.

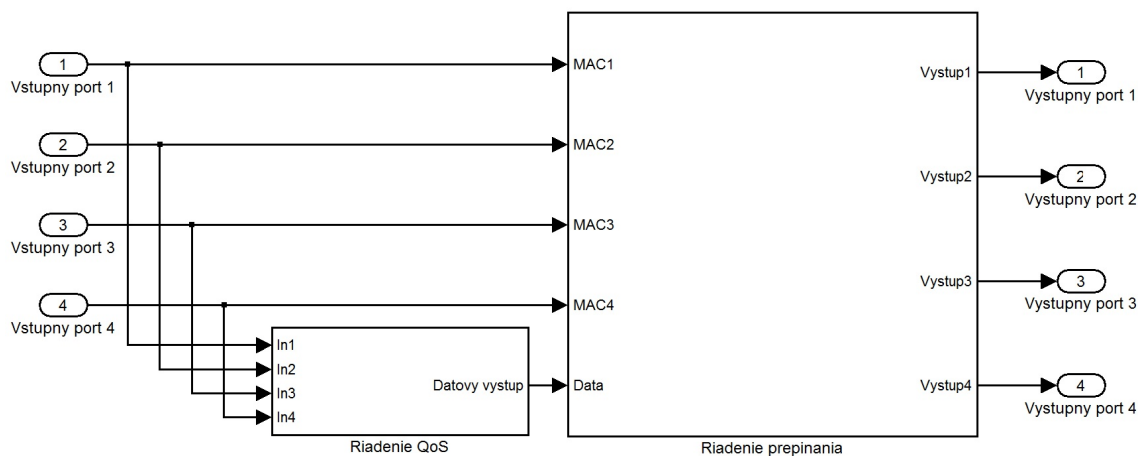
Ďalej je vo výstupnej jednotke fixne definovaná MAC adresa, ktorá je vždy fixne pridelená sieťovému rozhraniu. Budeme ju zobrazovať vo výstupnom zobrazovači dekadického čísla pre porovnanie s požadovanou cieľovou adresou nastavovanou v zdrojovej jednotke. Z MAC adresy je taktiež odrezaných posledných 8 bitov, aby bolo možné určiť totožnosť s MAC adresou, s ktorou prepínač v skutočnosti pracuje.

Telo prepínača

Model prepínača je rozdelený na niekoľko subsystémov, kde jednotlivé subsystémy plnia určitú funkcionálnosť. V prípade nepoužitia týchto subsystémov by bola schéma prepínača príliš rozsiahla a neprehľadná. Dva základné subsystémy prepínača sú:

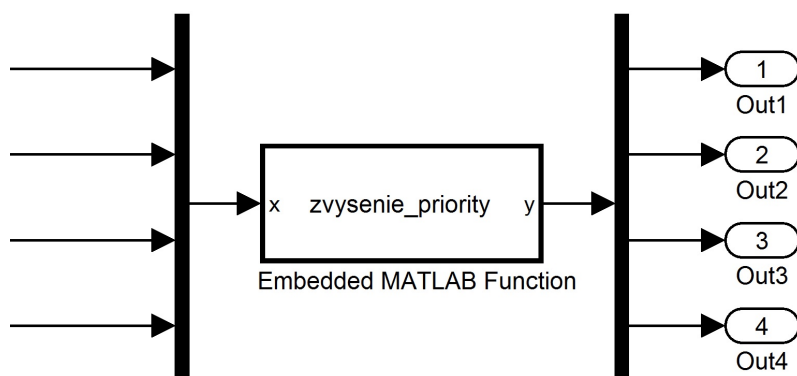
- riadenie QoS,
- riadenie prepínania.

Riadenie QoS má za úlohu určiť, v akom poradí budú dáta doručené do subsystému riadenie prepínania, kde budú dáta následne priradené na príslušný výstupný port. V subsystéme sa zo vstupných dát filtruje cieľová MAC adresa, ktorá je následne prevedená do dekadického tvaru. Filtruje sa iba potrebná časť MAC adresy, čiže posledných 8 bitov – z vytvoreného rámca sa jedná o bity 105-112.



Obr. 1.3: Telo prepínača

Okrem klasifikácie rámcov sú signály ešte privedené do subsystému priorit, ktorý rieši situáciu, v ktorej by 2 rámce s rovnakou prioritou mali byť prepnuté na rovnaký výstupný port. Jeden z týchto rámcov je treba uprednostniť, a teda zvýšiť mu prioritu. Algoritmus je implementovaný v komponente *Embedded MATLAB Function*, viď obr. 1.4.



Obr. 1.4: Zvýšenie priority

V subsystéme radenie priorit sú jednotlivé priority zoradené vzostupne. Zoradenie je realizované pomocou algoritmu *Bubblesort*. Ďalej sú príslušné páry signálov navzájom porovnávané, aby subsystém postupne obslúžil aj rámce s najnižšou prioritou.

Pre implementáciu poradia prepínania je potrebné vložiť časovač (*trigger*), ktorý riadi pomocný spínač. Tento prepínač vysiela do spínača poradia postupnosť riadiacich pulzov podľa príslušnej kvality služby. Spínače sú zoradené v kaskáde a dáta sa prenášajú sériovo. Subsystém radenie priorit generuje signály pre spínač poradia, ktorý má hodnotu 1-4 a bude ovládať v zoradenom poradí hlavný spínač.

V modeli prepínača je ARP tabuľka implementovaná v subsystéme riadenie prepínania. V tomto prípade nám postačí, ak budú v ARP tabuľke uložené záznamy o zariadeniach, ktoré sú pripojené na výstupných portoch prepínača. Následne sú tieto záznamy z tabuľky načítavané a porovnávané s prijatými MAC adresami nastavenými na zdrojovej stanici. Taktiež pracujeme iba s poslednými 8 bitmi, ktoré ďalej konvertujeme do dekadického podoby.

Keďže v modeli môžu byť len 4 MAC adresy, prepojí sa odpovedajúca adresa tým spôsobom, že portový spínač dostane povel na prepnutie dát, inak prepojí nulu. Vo výstupe sú nakoniec signály dát prepnutých podľa príslušnej MAC adresy nastavenej na zdrojovej stanici a v poradí podľa príslušnej hodnoty DSCP.

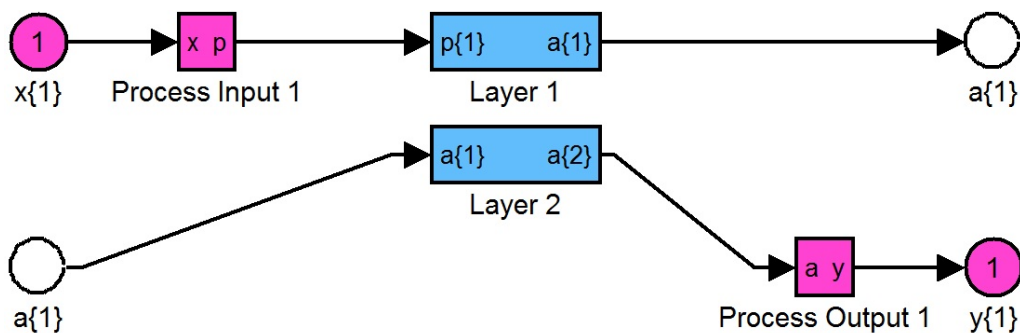
1.2.4 Neurónová sieť

Neurónová sieť je výpočtový model zostavený na základe abstrakcie vlastností biologických nervových systémov. Modelovanie neurónovej siete vychádza z nasledujúceho vzťahu:

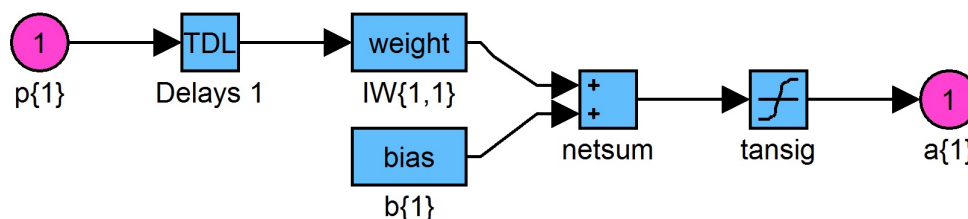
$$a = f\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i + b\right), \quad (1.1)$$

kde a je výstupný signál neurónu, f je funkcia prenosu signálu (aktivačná funkcia neurónu), n je počet vstupov do neurónu, w_i sú váhy (*weights*) vstupných brán, x_i je vstupný signál neurónu snímaný zo vstupu alebo zo spolupracujúceho neurónu a b je hodnota prahu (*bias*).

Jednoduchá neurónová sieť (tzv. lineárny model neurónovej siete) môže byť jednovrstvová alebo viacvrstvová. V tejto laboratórnej úlohe je použitá dvojvrstvová neurónová sieť, ktorú je možné vytvoriť pripraveným skriptom *script.m*. Jej štruktúra je zobrazená na obr. 1.5. Neurónová sieť je tvorená vstupnou a výstupnou vrstvou. Každá z vrstiev je tvorená blokmi charakteristickými pre neurónovú sieť podľa vzťahu 1.1 – oneskorovací člen, váhy (*weights*), hodnota prahu (*bias*), súčet a funkcia prenosu signálu (aktivačná funkcia neurónu), viď obr. 1.6.



Obr. 1.5: Štruktúra neurónovej siete



Obr. 1.6: Štruktúra vrstvy neurónovej siete

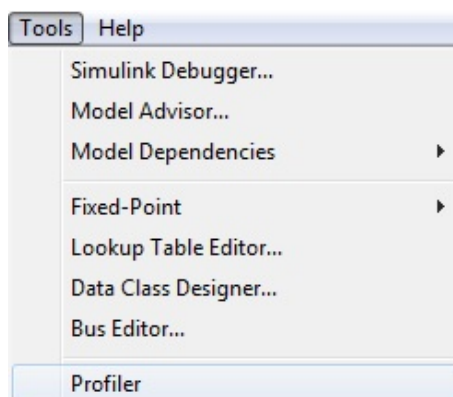
Sieť má nastavené váhové a prahové hodnoty tak, aby konkrétnej adrese priradila príslušný výstup. Neurónová sieť teda zvolí, na ktorý port bude daný rámec prepnutý. Výstupom neurónovej siete je reálne číslo veľmi blízke hodnote 0 alebo 1. Na základe tejto hodnoty ďalej prepínač určí, či má byť rámec na daný výstupný port poslaný alebo nie. Preto je potrebné hodnotu zaokrúhliť na presnú hodnotu 0, resp. 1. Toto zaokrúhlenie je implementované v bloku *Porovnanie*, kde prebieha prevod na absolútnu hodnotu a následne porovnanie s referenčnou hodnotou a vrátenie hodnoty 1 v prípade, že je hodnota väčšia ako nastavená referenčná hodnota.

Signál je následne privedený do 4 spínačov, ktoré pošlú na výstup vyfiltrovanú hodnotu DSCP, pokiaľ sa na ich riadiacom porte objaví hodnota 1. Výstupy týchto spínačov sú ďalej už privedené do cieľových staníc, kde je na displeji zobrazená príslušná hodnota DSCP.

1.3 Pracovný postup

1. Spustíte program Matlab a otvorte v ňom model prepínača umiestnený na ploche (*prepinac.mdl*).
2. Zoznámte sa s jednotlivými blokmi a preštudujte ich činnosť.
3. Navrhnete vhodnú prioritu a priradíte príslušné hodnoty DSCP podľa tab. 1.1 pre služby VoIP, IPTV, surfovanie na webe a tlač dokumentov.
4. V blokoch vstupných zariadení nastavte vybrané hodnoty DSCP tak, aby každý užívateľ používal práve jednu službu.
5. Podobne nastavte hodnoty tak, aby jednu zo služieb využívalo viac užívateľov.
6. Pomocou skriptu *script.m* vytvorte a natrénujte neurónovú sieť a analyzujte jej parametre a výkonnosť (skript je možné spustiť z príkazového riadka Matlabu, skúste si aj postupné zadávanie jednotlivých príkazov zo skriptu a snažte sa porozumieť funkcionalite jednotlivých príkazov).
7. Simuláciu z bodov 4 a 5 preveďte aj s prepínačom riadeným neurónovou sieťou (*prepinac-neural.mdl*).
8. Zmerajte dobu dĺžky simulácie postupne pre 1 – 4 počítače využívajúce službu IPTV, viď obr. 1.8 (*Tools -> Profiler* – obr. 1.7).

9. Porovnajte oba modely prepínača. Výsledky analyzujte, vyneste do grafu a prezentujte vyučujúcemu.



Obr. 1.7: Nastavenie merania parametrov simulácie

Simulink Profile Report: Summary

Report generated 11-Apr-2015 00:49:01

Total recorded time:	0.76 s
Number of Block Methods:	311
Number of Internal Methods:	6
Number of Nonvirtual Subsystem Methods:	7
Clock precision:	0.00000005 s
Clock Speed:	2200 MHz

To write this data as prepinacl3ProfileData in the base workspace click [here](#)

Obr. 1.8: Meranie doby dĺžky simulácie

1.4 Otázky

1. Z koľkých bitov sa skladá DSCP?
2. V akých aplikáciách je dôležitá kvalita služby?
3. Ktorý transportný protokol používa VoIP a prečo?
4. Ktoré dva základné prvky tvoria biologický neurón?
5. V ktorých blokoch prepínača by bolo možné využiť neurónové siete?
6. V ktorom bloku prepínača bola neurónová sieť využitá v tejto laboratórnej úlohe a prečo?
7. Z ktorých prvkov sa skladá neurónová sieť vytvorená v tejto laboratórnej úlohe a popíšte ich funkcionality.