

## COMPUTER DIDACTIC TOOL FOR NETWORK ADDRESSING AND ROUTING

**Abstract:** Education in universities and high schools has undergone major changes, dictated by the current state of technology and the interests of students. The proposed Subnetting training tool provides a theory of the teaching material presented with attractive interest.

---

### Author information:

#### Tsvetoslav Tsankov

Assoc. prof. Eng., PhD

Faculty of Technical Sciences

at Konstantin Preslavsky – University of Shumen

✉ [c.cankov@shu.bg](mailto:c.cankov@shu.bg)

🌐 Bulgaria

### Keywords:

Computer didactic tool, learning through play, subnetting, teach yourself.

#### Ekaterina Konstantinova

student

Faculty of Technical Sciences

at Konstantin Preslavsky – University of Shumen

✉ [katminkova2@gmail.com](mailto:katminkova2@gmail.com)

🌐 Bulgaria

## 1. Въведение

Технологичната революция на XXI век е свързана с интензивно развитие и използване на нанотехнологии, роботика, биотехнологии и други модерни технологии. Тя изисква създаването на научен и технологичен капацитет на страната ни, адекватен на съвременните предизвикателства на глобално развитие на технологиите [8].

В съвременните условия на живот е все по-неподходящо преподаването на учебния материал по класическите методи в учебните заведения. Черната/бялата дъска в редица уроци/лекции се заменя с интерактивни дъски или просто с екран и прожекционен апарат. Представени в слайдове, лекциите имат стегнат и приятен вид: схемите са начертани безупречно, текста е лесно четим, могат да се използват много допълнителни мултимедийни възможности. При използването на тези предимства е малка вероятността за отклоняване на вниманието или загубата на интерес от студентите към учебния материал.

В търсене на нови и интересни дидактични материали, в настоящия доклад е представен интересен способ за изчисляване на мрежов префикс, брой на възможните подмрежи и броят на адреси за хостове. Теорията по извеждане на правила е преплетена със своеобразна игра, ангажираща вниманието на обучаемите.

След натрупването на достатъчен брой подобни дидактични материали следва да се проведе педагогическо изследване с изследователски метод – педагогически експеримент.

## 2. Теоретична обосновка

IPv4 – Internet Protocol version 4 (Интернет протокол версия 4) е описан за пръв път в публикация от септември 1981 г. [10]. IPv6 е новата версия на протокола, предложена през декември 1998 г. Тя е предназначена да замени IPv4, т.к. се допускаше, че адресите от старата версия ще бъдат изчерпани. Това се оказа погрешно, защото 20 години след това ние използваме „малкото“ адресно пространство с много мрежови устройства, благодарение на други способности.

IPv6 поддържа по-голямо адресно пространство – един IPv6 адрес е 128 бита, а при IPv4 е едва 32 бита. Така адресите при IPv6 са  $2^{128}$ , а при IPv4 –  $2^{32}$ . След запълване на адресното пространство в IPv4, двата стека протоколи – IPv6 и IPv4 ще се използват паралелно. Паралелното използване на IPv4 и IPv6 ще продължи още дълги години, т.к. и днес се продава комуникационно оборудване, което не поддържа по-новата версия.

Адресацията по IP адрес се използва от мрежовият слой на OSI модела. IP адресът е уникален и се отнася за краен възел или порт на рутер. IP адресът се назначава от администратор при конфигуриране на компютрите и рутерите. Този адрес се състои от две части [7]:

- адрес на мрежата (Net ID);
- адрес на хоста (Host ID).

Адресът на мрежата може да се избере произволно от администратор от безплатното адресно пространство или да се даде от специалните адреси на Internet централите които са:

- INTERNIC за северна Америка;
- RIPE – NIC за Европа;
- AP – NIC за Азия.

Локалния адрес на хоста и IP адресът са независими. Разделението между адреса на мрежата и адреса на хоста е гъвкаво, като границата между тях е произволна и се определя с помощта на „подмрежова маска“ (subnet mask). Допуска се един краен възел да влиза в състава на няколко IP мрежи ако има съответните IP адреси. Мрежовото съединение се определя от IP адреса, а не от компютъра или рутера. IP адресите са четири байтови и се записват с четири десетични числа разделени с точки. В протокола IP са предвидени някои специални адреси [2], [3], [4]:

- когато целият адрес е съставен само от  $0_2$  нули се указва хоста, който е генерирал пакета;
- ако само частта Net ID от IP адреса на хоста-получател се състои от  $0_2$  той се намира в мрежата на хоста-подател;
- ако целият IP адрес на хоста-получател е от  $1_2$  то IP дейтаграмата е предназначена за всички хостове, намиращи се в подмрежата на хоста-подател (предаване до всички);
- ако само Host ID от IP адреса на хоста-получател се състои от  $1_2$ , това означава, че IP дейтаграмата е предназначена за всички хостове на подмрежата с посочения Net ID;
- ако само Host ID от IP адреса на хоста-получател се състои от  $0_2$ , то IP адресът указва подмрежата със зададения Net ID;
- IP адресът 127.0.0.1 се използва за тестване на протоколния стек TCP/IP, реализиран в дадения хост.

Четвъртата версия на IP протокола (IPv4) определя пет класа IP адреси (A, B, C, D и E). Различните класове мрежи са представени в табл. 1.

**Таблица 1.** IPv4 адреси за различните класове мрежи

	0	7	8	15	16	23	24	31
A	0	Net ID			Host ID			
B	1	0	Net ID			Host ID		
C	1	1	0	Net ID			Host ID	
D	1	1	1	0	Групов адрес (multicast)			
E	1	1	1	1	0	Запазен за бъдещи нужди		

Първият байт на IP адресите в мрежи клас А започва с  $0_2$  и адресите от този клас започват от 1 до 126. Адресът на Net ID заема един байт, а останалите три байта са адрес на Host (Host ID). Клас А адресите се използват за големи мрежи с много крайни възли. Десетичната нула  $0_{10}$  е първото число на IP адресите, а адресът започващ със 127 се използва само за тестване работата на TCP/IP стека в един възел без да се изпращат пакети в мрежата.

Първият байт на IP адресите в мрежи клас В започва с  $10_2$ . IP адресите започват с  $128_{10}$  и завършват с  $191_{10}$  включително. Този клас адреси се ползва за мрежи със среден размер, университетски мрежи и мрежи на по-големи компании.

Първият байт на IP адресите в мрежи клас С започва с комбинацията  $110_2$ . IP адресите са от  $192_{10}$  до  $223_{10}$ . Използва се за локални мрежи. Net ID заема 3 байта, а Host ID – 1 байт. В такава мрежа може да има до 254 хоста и един рутер.

Първият байт на IP адресите на мрежи клас D започва с  $1110_2$ . IP адресите са в диапазона от  $224_{10} \div 239_{10}$  включително. Използват се за изпращане на съобщения до група хостове, на които е присвоен уникалният адрес. Този адрес не се дели на Net ID и Host ID [7], [8], [9].

Първият байт на IP адресите на мрежи клас Е започва с двоичната комбинация  $11110_2$ . IP адресите са в диапазона  $240_{10} \div 254_{10}$  включително. Този клас адреси са запазени за бъдещи приложения.

В IP адресацията се използват „подмрежови маски“, когато адресите Net ID не достигат за да се структурират по-големите мрежи.

Маската е четири байтово число, двоичният запис на което съдържа  $1_2$  в битовете, представляващи адреса на мрежата (Net ID) и  $0_2$  в Host ID.

- за мрежи клас А маската е 255.0.0.0;
- за мрежи клас В маската е 255.255.0.0;
- за мрежи клас С маската е 255.255.255.0.

Подмрежовата маска в IPv4 се състои от 32 бита, като представлява непрекъсната последователност от единици, след които следва непрекъсната последователност от нули. В подмрежовата маска не може да стои единица след нула [5], [6].

Разделянето на подмрежи при IPv4 представлява отделянето на мрежата и подмрежовата част от даден адрес от хост идентификатора. Това се извършва от логическата операция побитово AND, между IP адреса и подмрежовата маска. В резултат се получава мрежов адрес или префикс, а останалата част е хост идентификатор (табл. 2).

**Таблица 2.** Изчисляване на мрежовия префикс

	Двоична форма	Десетична нотация
IP адрес	11000000.10101000.00000101.01100100	192.168.5.100
Подмрежова маска	11111111.11111111.11111111.00000000	255.255.255.0
Мрежов префикс	11000000.10101000.00000101.00000000	192.168.5.0
Хост №	00000000.00000000.00000000.01100100	0.0.0.100

За разделянето на една мрежа на по-малки подмрежи се добавят битове към подмрежовата маска. За пример да увеличим с 3 бита подмрежовата маска от табл. 2, като получим табл. 3.

**Таблица 3.** Разделяне на една мрежа на по-малки подмрежи

	Двоична форма	Десетична нотация
IP адрес	11000000.10101000.00000101.10100110	192.168.5.166
Подмрежова маска	11111111.11111111.11111111.11100000	255.255.255.224
Мрежов префикс	11000000.10101000.00000101.10100000	192.168.5.160
Хост №	00000000.00000000.00000000.00000110	0.0.0.6

При увеличената с 3 бита подмрежова маска от табл. 2, се сформират  $2^3 = 8$  по-малки подмрежи. Общата формула за това е  $N = 2^n$ , в която  $N$  е броят подмрежи, а  $n$  е CIDR нотацията на маската по модул 8 (или просто броя добавени битове към маската).

Битовете от маската, които са равни на нула са отведени за адресите на хостовете. В примера с 27 битовата маска, остават 5 бита за идентификация на хостовете [7], [8], [9].

Броят на възможните хостове в една подмрежа може лесно да бъде пресметнат по формулата  $2^{32-n} - 2$ , където  $n$  е CIDR нотацията на маската. В случая при CIDR нотация /27 по формулата се получава, че осемте подмрежи са с по 30 хоста ( $2^5 - 2$ ).

Извадените два адреса от броя на хостовете във всяка подмрежа са първият и последният. Това са съответно адреса на мрежата и адреса за излъчване (broadcast address) [7], [8], [9]. Последният е условен адрес, не се присъжда на никое устройство, но съобщение до него може да бъде получено от всички прикачени към мрежата хостове.

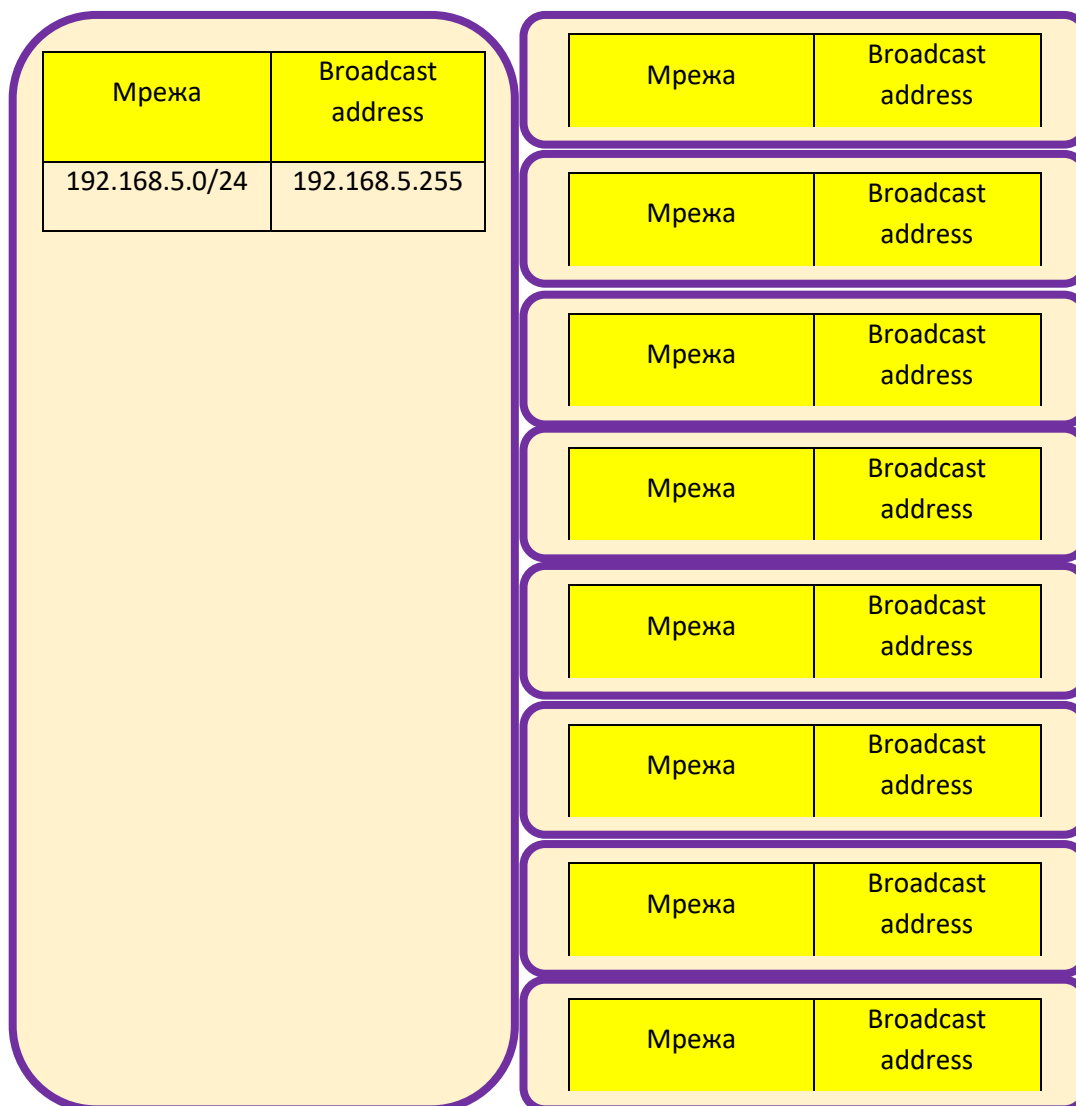
Осемте подмрежи с тения обхват са нагледно илюстрирани на фиг. 1.

По дадения пример може да се състави таблица за всичките възможни увеличения на битове в последния октет на маската (табл. 4).

**Таблица 4.** Възможности за разделяне на /24

Размер на префикса в битове	Подмрежова маска	Достъпни подмрежи	Достъпни адреси за хостове	Всички хостове
/24	255.255.255.0	1	254	254
/25	255.255.255.128	2	126	252
/26	255.255.255.192	4	62	248
/27	255.255.255.224	8	30	240
/28	255.255.255.240	16	14	224
/29	255.255.255.248	32	6	192
/30	255.255.255.252	64	2	128
/31	255.255.255.254	128	2 (точка-точка)	256

Адресното пространство на IPv6 се различава от това на IPv4. IPv6 разполага с голямо адресно пространство, като подмрежата използва 64 бита за хост частта. Възможно е използването на по-малки подмрежи, но те са непрактични за локални мрежи базирани на Ethernet [7], [8], [9].



**Фиг 1.** Разделяне на мрежа със стандартна маска на 8 подмрежи

### 3. Компютърна дидактична програма за определяне на подмрежи на IPv4

Изготвянето на нагледна дидактична програма е нелека задача и често пъти не може да се изпълни целта на преподавателя за по-лесно усвояване на учебния материал. Изготвянето на настоящата дидактична програма е в табличен вид, т.к. възприемането на информацията е значително по-улеснено в графичен и табличен вид, отколкото в описателен текст.

При спазване на всички условия от теоретичната част на настоящата работа, се построяват нагледни таблици, поясняващи изчисляването на префикс, броят на подмрежите, броят на адреси за хостове и др. На фиг. 2 е даден общият вид на дидактичната програма, онагледяваща изчисленията за подмрежите в IPv4.

Формулите в таблицата са видими при работа в потребителски режим, но са забранени за редакция, т.е. те са в режим на „разузнаване“.



- адреси за хостове;
- общо хостове.

Четири таблици, които съответстват на четирите октета за IP и подмрежова маска, съответно извършват десетично-двоично преобразуване, допълване до 8 бита, разделяне на отделни битове, побитово AND между IP адреса и подмрежовата маска, двоично-десетично преобразуване и записването им в първата таблица на реда „Мрежов префикс“. Същата група от четири таблици изчисляват и попълват реда „Хост №“ в първата таблица.

Ако въведената подмрежова маска не отговаря на условието „Маската в бинарна система трябва да е непрекъсната последователност от единици, следвана от непрекъсната последователност от нули“, то се изписва автоматично с червен текст в групата информационни клетки между таблиците. Едновременно с това клетката с октета на маската, който задължително трябва да стане нула, се оцветява в червено. Последното е спомогнато от скрита таблица (фиг. 4), която следи правилото и дава информация в главната таблица.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
битове	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
mod 8	6																							1								
	1	0							0							0							1									

Фиг 4. Скрита таблица за проверка на подмрежовата маска

Под четирите таблици с подробната работа по октетите на IP адреса и подмрежовата маска, се намира скрита подробна таблица (фиг. 5), която дава възможността за точен избор на стойности за всеки октет на маската в главната таблица.

0	0	00000000	0 0 0 0 0 0 0 0
128	10000000	10000000	1 0 0 0 0 0 0 0
192	11000000	11000000	1 1 0 0 0 0 0 0
224	11100000	11100000	1 1 1 0 0 0 0 0
240	11110000	11110000	1 1 1 1 0 0 0 0
248	11111000	11111000	1 1 1 1 1 0 0 0
252	11111100	11111100	1 1 1 1 1 1 0 0
254	11111110	11111110	1 1 1 1 1 1 1 0
255	11111111	11111111	1 1 1 1 1 1 1 1

Фиг 5. Скрита таблица за точните стойности на подмрежовата маска

Изложените дотук изчисляващи таблици са за един IP адрес с прилежащата му подмрежова маска. За да се извърши сравнение между два хоста, целия този комплект от изчисляващи таблици и информационни клетки е поставен още веднъж до първия, както се вижда на фиг. 2.

За съпоставянето на двата хоста между тях са предвидени и някои съобщения, когато са налице съответствия или грешки:

- „IP адресите са еднакви“;
- „Двата хоста са в една подмрежа“;
- „Различен мрежов префикс“.

Основните функции в Microsoft Excel [1], освен формули, с помощта на които е съставена дидактичната програма са:

- BIN2DEC;
- DEC2BIN;
- IF;

- MID;
- MOD;
- SUM;
- TEXT.

#### 4. Заключение

Педагогическото майсторство на съвременния учител се изразява в подходящото съчетание на методите на обучение в процеса на учебния процес. Този акт от страна на учителя провокира активността за учене от страна на учениците [9].

Предложена компютърна дидактична програма значително улеснява възприемането на конкретен учебен материал. Целта е чрез учебна игра да се усвоява разделянето на подмрежи и всички правила, които трябва да бъдат научени.

#### References:

1. Bott E., C. Siechert, 2013. Microsoft Office Inside Out 2013 Edition. Microsoft Press, California.
2. Boyanov, P., Hristov, Hr., Fetfov, O., Trifonov, T., Educational simulation the local area network of academic departments with securely configured FTP server, International Scientific Online Journal, www.sociobrain.com, Publ.: Smart Ideas - Wise Decisions Ltd, ISSN 2367-5721 (online), Issue 31, March 2017, Bulgaria, 2017, pp. 146-154.
3. Boyanov, P., Stoyanov St., Hristov, Hr., Fetfov, O., Trifonov, T., Routing information security in the local area network of academic departments using an enhanced distance vector routing protocol - EIGRP, a refereed Journal Scientific and Applied Research (Licensed in EBSCO, USA), Konstantin Preslavsky University Press, ISSN 1314-6289, vol. 11, 2017, pp. 35-46.
4. Boyanov, P., Stoyanov St., Hristov, Hr., Fetfov, O., Trifonov, T., Security routing simulation the local area network of academic departments using a link-state routing protocol – OSPF, a refereed Journal Scientific and Applied Research (Licensed in EBSCO, USA), Konstantin Preslavsky University Press, ISSN 1314-6289, vol. 11, 2017, pp. 47-58.
5. Mogul, J., Postel, J., 1985. Internet Standard Subnetting Procedure. IETF, doi:10.17487/RFC0950.
6. Pummill, T., Manning, B., 1995. Variable Length Subnet Table For IPv4. IETF, doi:10.17487/RFC1878.
7. Tsonev, I., Stanev, S., 2008. Kompyutarni mrezhi i komunikatsii. Universitetsko izdatelstvo „Episkop Konstantin Preslavski“, Shumen, ISBN 978-954-577-496-6.
8. Velcheva, K., 2015. Innovation of environment and spatial facilities of technological education. Inovatsii v obrazovaniето, Sbornik nauchni trudove ot patuvasht seminar Odrin – Cheshme – Izmir – Odrin, Pedagogicheski fakultet, Shumen, ISBN 978-619-00-0265-9.
9. Velcheva, K., 2019. Specificity peculiarities on didactic methods graphics preparation. Inovatsii v obrazovaniето, Sbornik nauchni trudove ot patuvasht seminar Istanbul – Kushadasa – Izmir, Pedagogicheski fakultet, Shumen, ISBN 978-619-00-0996-2.
10. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc791>