

розвитку сильних сторін особистості й спрямовуватися підтримку їхнього ментального здоров'я.

**СПИСОК ДЖЕРЕЛ**

1. Аксиологія освіти в сфері комунікативної культури: ціннісні акценти; комунікативні тенденції; дистанційний формат: Навчально-методичний посібник. За загальною редакцією С. Хрипка. Київ. НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2011. С. 7–21.
2. Лупак Н. Художня комунікація в площині мистецької освіти: теорія, практика, інновації. *Теорія художньої освіти та виховання. Мистецтво та освіта*. 2019. №1 (91). С. 6–11.
3. Растрюгіна А. Ціннісні основи арт-комунікації у мистецько-педагогічній освіті: інтегративно-міждисциплінарний дискурс. *Наукові записки ЦДУ ім. В. Винниченка*. Серія: Педагогічні науки. Вип. 209. 2023. С. 86–92.
4. Растрюгіна А. Мистецькі комунікації в музично-педагогічній освіті: до постановки проблеми. *Теорія та практика мистецької освіти у цифровізаційних викликах сьогодення*. Ред.кол. З. Гнатів, Т. Медвідь, Дрогобич. 2023. С. 31–33.
5. Рудницька О. Педагогіка мистецтва: пошуки і перспективи. *Професійна освіта: педагогіка і психологія: Українсько-польський щорічник*. Київ- Ченстохова, 2000. Вип. II. С. 233–245.

**REFERENCES**

1. Aksiologiya osvity v sferi komunikatyvnoyi kul'tury: tsinnisni aktsenty; komunikatyvni tendentsiyi; dystantsiyyny format: Navchal'no-metodychny posibnyk (2011). [Axiology of education in the field of communicative culture: value accents; communicative tendencies; distance format: Educational and methodological guide]. Za zahal'noyu redaktsiyeyu S. Khrypko. Kyiv. NPU im. M. P. Drahomanova, S.7–21. [in Ukrainian]
2. Lupak, N. (2019). Khudozhnya komunikatsiya v ploshchyni mystets'koyi osvity: teoriya, prytyka, innovatsiyi [Lupak N. Artistic communication in the field of art education: theory, practice, innovations]. *Theory of art education and upbringing*. Art and education. No. 1(91). S.6–11. [in Ukrainian]
3. Rastrygina, A. (2023). Tsinnisni osnovy art-komunikatsiy u mystets'ko-pedahohichniy osviti: intehratsiyono-

mizhdystyplinarynyy dyskurs [Value bases of art communication in art and pedagogical education: integrative and interdisciplinary discourse]. *Naukovi zapysky CUSU im. V. Vynnychenka*. – Seriya: Pedagogichni nauky. Vypusk 209. S.86–92. [in Ukrainian]

4. Rastrygina, A. (2023). Art-komunikatsiyi v muzychno-pedahohichniy osviti: do postanovky problemy [Art communications in musical and pedagogical education: before the problem statement]. *Teoriya ta praktyka mystets'koyi osvity u tsyvilizatsiynykh vyklykakh s'ohodennya*. Red.-upor. Z.Gnativ, T.Medvid'. Drohobych. S. 31–33. [in Ukrainian]
5. Rudnyts'ka, O. (2000). Pedagogika mystetstva: poshuky i perspektyvy [Art pedagogy: searches and perspectives]. *Profesiyna osvita: pedagogika i psykholohiya: Ukrayins'ko-pol's'kyu shchorichnyk*. Kyiv- Chenchtoхова, Vyp. II. S. 233–245. [in Ukrainian]

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА**

**РАСТРЮГІНА Алла Миколаївна** – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри мистецької освіти Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка.

*Наукові інтереси:* арт-комунікації в мистецькій освіті; диригентсько-хорова педагогіка, теоретичні та методичні основи професійної мистецької освіти в Україні та за кордоном; педагогіка свободи в контексті реалізації сучасної освітньої парадигми; впровадження інноваційних моделей та технологій у вітчизняну систему професійної мистецької освіти.

**INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

**RASTRYGINA Alla Mykholaivna** – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor, of the Department of Art Education of Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University.

*Scientific interests:* art-communications in art education conducting and choral pedagogy, theoretical and methodological foundations of professional art education in Ukraine and abroad; pedagogy of freedom in the context of implementation of the modern educational paradigm; introduction of innovative models and technologies into the domestic system of art professional education.

*Стаття надійшла до редакції 02.02.2024 р.*

УДК 378.147

DOI: 10.36550/2415-7988-2024-1-213-296-303

**САДОВИЙ Микола Ілліч** –

доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри математики та цифрових технологій Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6582-6506>

e-mail: smikdpu@i.ua

**ТРИФОНОВА Олена Михайлівна** –

доктор педагогічних наук, професор, в.о. зав. кафедри математики та цифрових технологій Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6146-9844>

e-mail: olenatrifonova82@gmail.com

**ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИКИ ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТУДЕНТІВ ПРИ НАВЧАННІ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ ОСВІТНЬОЇ РОБОТОТЕХНІКИ, МЕХАТРОНІКИ, САПР**

*Стаття присвячена проблемі методики формування предметних компетентностей студентів при навчанні елементної бази освітньої робототехніки, мехатроніки, систем автоматизованого проектування (САПР) та інших дисциплін спеціальності Професійна освіта (Цифрові технології). Ґрунтовно розглядається поняття «електронні ключі» в схемотехніці й електроніці, яке застосовується вже для позначення пристрою чи електронного компонента, що виконує функцію перемикання складних електричних сигналів. Ця функція докорінно відрізняється від функції традиційного механічного ключа електричного кола, де вже виконуються операції в логічних самоорганізуючих схемах, та інші подібні операції. Такі схеми базуються на напівпровідникових транзисторах, тиристорах, інтегральних схемах та ін., які з успіхом використовуються для управління електричними струмами в машинах, пристроях, установках самих різноманітних галузей.*

З винайденням діоду введено поняття діодного ключа, де робочим елементом є сам напівпровідниковий або електровакуумний діод – в одному напрямку відкритий, а у другому – закритий.

Виокремлено біполярний транзистор і деталізовано індивідуальні виводи від кожного проширку легованого напівпровідника. Емітер (E) та колектор (K) є крайніми виводами, а від середнього проширку відходить вивід база (B). Скорочення латиницею: емітер (E), колектор (C), база (B).

Наголошено, що зовсім інший принцип дії закладено у приладах, де керуючим і контролюючим елементом модуляції робочого потоку носіїв зарядів (електронів чи дірок) у специфічному провідному каналі є не слабкі струми, як у біполярних транзисторах, а електричне поле. Таким електронним приладом є польовий транзистор: уніполярний MOSFET - Metal-Oxide-Semiconductor FET та біполярний JFET – Junction FET. У такому транзисторі струмом керує напруга, яка створює електричне поле (не струм, як у біполярному транзисторі). Відповідно виникла назва польовий (поле) транзистор. Керуюча напруга забезпечує зміну площі поперечного перерізу провідного каналу змінюючи величину напруженості електричного поля, а відповідно регулюється вихідна сила струму. Саме ці приклади сучасних технологій забезпечують формування професійних компетентностей студентів під час навчання елементної бази освітньої робототехніки, мехатроніки, САПР.

**Ключові слова:** напівпровідникові прилади, фізичні характеристики, освітній процес, освітня робототехніка, мехатроніка, САПР.

**SADOVYI Mykola Illich –**

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Mathematics and Digital Technologies of the Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6582-6506>

e-mail: [smikdpu@i.ua](mailto:smikdpu@i.ua)

**TRYFONOVA Olena Mykhaylivna –**

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Acting Head of the Department of Mathematics and Digital Technologies of the Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6146-9844>

e-mail: [olenatryfonova82@gmail.com](mailto:olenatryfonova82@gmail.com)

#### PECULIARITIES OF THE METHODOLOGY FOR THE FORMATION OF STUDENTS' COMPETENCIES WHEN TEACHING THE ELEMENTARY BASE OF EDUCATIONAL ROBOTICS, MECHATRONICS, ADS

*The article is devoted to the problem of the method of forming the subject competencies of students when teaching the elementary base of educational robotics, mechatronics, automated design systems (ADS) and other disciplines of the Vocational Education (Digital Technologies) specialty. The concept of «electronic keys» in circuit engineering and electronics, which is already used to designate a device or electronic component that performs the function of switching complex electrical signals, is thoroughly considered. This function is fundamentally different from the function of a traditional mechanical switch of an electric circuit, where operations in logical self-organizing circuits and other similar operations are already performed. Such circuits are based on semiconductor transistors, thyristors, integrated circuits, etc., which are successfully used to control electric currents in machines, devices, and installations of a wide variety of industries. With the invention of the diode, the concept of a diode switch was introduced, where the working element is the semiconductor or electrovacuum diode itself - open in one direction, and closed in the other.*

*The bipolar transistor is singled out and the individual outputs from each layer of the doped semiconductor are detailed. The emitter (E) and collector (C) are the extreme terminals, and the base terminal (B) departs from the middle layer. Abbreviations in Latin: emitter (E), collector (C), base (B).*

*It is emphasized that a completely different principle of action is embedded in devices where the controlling and controlling element of modulating the working flow of charge carriers (electrons or holes) in a specific conductive channel is not weak currents, as in bipolar transistors, but an electric field. Such an electronic device is a field-effect transistor: unipolar MOSFET - Metal-Oxide-Semiconductor FET and bipolar JFET - Junction FET. In such a transistor, the current is controlled by a voltage that creates an electric field (not a current, as in a bipolar transistor). Accordingly, the name field (field) transistor arose. The control voltage provides a change in the cross-sectional area of the conductive channel by changing the magnitude of the electric field intensity, and the output current strength is adjusted accordingly. It is these examples of modern technologies that ensure the formation of professional competencies of students during the training of the elementary base of educational robotics, mechatronics, and ADS.*

**Key words:** semiconductor devices, physical characteristics, educational process, educational robotics, mechatronics, ADS.

**Постановка та обґрунтування актуальності проблеми.** Епоха цифровізації вимагає появи нових термінів та понять, які б описували сьогоденну реальність. Під поняттям «електронний ключ» розуміється електронний пристрій, який призначений для перемикання, регулювання, виконання інших операцій зі струмами та потенціалами в електронних колах навантаження. Поширення такі ключі набули, насамперед завдяки можливості їх множинних комбінацій, що дозволяє виконувати будь-які з'єднувально-перемикальні функції в обчислювальній техніці, автоматичних засобах виробництва, управління, аналізу та ін. Електронні ключі використовуються у

схемотехніці, системах автоматизованого проектування, пристроях регулювання та захисту, комп'ютерах, робототехніці, квадрокоптерах, 3D-друці та багатьох інших галузях [3].

Поняття «ключ» має певну історію. В електротехнічних схемах воно вживається для механічного перемикання струмів, потенціалів та комбінацій електронних пристроїв. Із створенням у середині ХХ ст. напівпровідникових приладів роль ключів (перемикачів) значно змінилася. Цей процес продовжує розвиватися й удосконалюватися.

У схемотехніці й електроніці термін виокремився в специфічний термін «електронний ключ», який застосовується вже для позначення

пристрою чи електронного компонента, який виконує функцію перемикачів складних електричних сигналів [6]. Ця функція докорінно відрізняється від функції традиційного механічного ключа електричного кола, де вже виконуються операції в логічних самоорганізуючих схемах та інші подібні операції. Такі схеми базуються на напівпровідникових транзисторах, тиристорах, інтегральних схемах та ін., які з успіхом використовуються для управління електричними струмами в машинах, пристроях, установках самих різноманітних галузей.

Однією з основних форм електронного ключа є робота транзистора в ролі вимикача, перемикача, регулятора для ввімкнення чи вимкнення електричного струму через інший елемент схеми. В якості елементів перемикачів електронних ключів також широко використовуються напівпровідникові діоди, біполярні та польові транзистори, тиристри й оптронні пари, що працюють в режимі великого сигналу з яскраво вираженими нелінійними властивостями [5].

Ключі на польових транзисторах використовуються для комутації як аналогових, так і цифрових сигналів, причому комутатори аналогових сигналів виконують на польових транзисторах із керуючим *p-n*-переходом або МОН-транзисторах із індукованим каналом. У цифрових схемах застосовують лише МОН-транзистори з індукованим каналом.

Ключі на польових транзисторах мають незначну залишкову напругу. За рахунок того, що вихідні характеристики польових транзисторів проходять через початок координат з'являється можливість комутувати слабкі сигнали (в одиниці мікровольт і менше).

Нині у всі галузі науки, виробництва, побуту проникли мікросхеми, які складаються з великої кількості (тисяч, мільйонів) транзисторних ключів. Цифрова техніка виключно базується на них.

Таким чином, термін «електронний ключ» широко використовується в різних контекстах залежно від конкретної області та задачі, в якій він застосовується. Тому постає проблема більш детально розглянути методичну сторону навчання поняття ключа в його сучасній інтерпретації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема методики формування предметних компетентностей у здобувачів освіти при навчанні елементної бази освітньої робототехніки, мехатроніки, систем автоматизованого проектування (САПР) та інших професійно-орієнтованих дисциплін спеціальності Професійна освіта (Цифрові технології) в методичній та спеціальній літературі мало розглядалася. Предметні компетентності навчання елементної бази приладів, установок, машин дисципліни галузі електроніки, робототехніки, цифрових технологій є недостатньо ґрунтовними. Проблемами твердотільної електроніки займалися вчені І.М. Бондаренко, О.В. Бородин, О.Б. Галат, В.П. Карнаушенко; елементну базу електронних приладів та апаратури вивчали М.А. Філінок, О.О. Лазпарєв, О.В. Войцеховська, С.Є. Фурса; комп'ютерну електроніку вивчав колектив під

керівництвом А.О. Новицького; дослідники М.Д. Матвійків, Б.С. Вус, О.М. Матвійків звернули увагу на елементи та компоненти електронних пристроїв; напівпровідникові прилади новітнього покоління досліджували Л.Д. Васильєва, Б.І. Медведенко, Ю.І. Якименко; промислову електроніку вивчали А.Г. Сосков, Ю.П. Колонтаєвський. Високо оцінюючи їх здобутки ми виокремили, що вони більше приділили увагу технічній складовій і незначну педагогічній. В цьому зв'язку постала проблема розглянути методику формування компетентностей здобувачів освіти звернувши увагу на формування наскрізного поняття цифрових технологій – електронних ключів.

**Метою дослідження** є виявити особливості методики навчання фундаментальної напівпровідникової елементної бази, що пов'язано з ознайомленням студентів із основами освітньої робототехніки, схемотехніки аналогових і цифрових пристроїв побудованих на інтегральній технології, а також формування у студентів знань і умінь, що дозволяють здійснювати схемотехнічне автоматизоване проектування робототехнічних виробів і забезпечує аналогову й цифрову обробку сигналів.

**Завданням дослідження** є визначити зміст поняття «електронний ключ» у методиці навчання мехатроніки, освітньої робототехніки, схемотехніки, САПР та інших дисциплін.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** До електронних компонентів, які використовуються для виготовлення приладів цифрової й аналогової електроніки доцільно віднести електронні прилади: діоди, тиристри транзистори, оптоелектроніка, мікроелектроніка варикапи, оптрони, інтегральні схеми та ін. Вихідним моментом електронної галузі є прилади, в основі роботи яких лежить функціонування електронних ключів [4].

Здавна поняття ключовий режим характеризується двома станами ключа: «увімкнуто» – «вимкнуто». Тривалий час поняття ключа поєднувалося з замком. Ключ – інструмент для відкриття замків. Ключ мав дві складові – лезо та ручка. Лезо вставлялося у замкову щілину, а ручка слугувала важелем для відкриття замка (рис. 1). Ключі виготовляли з металу, дерева чи пластика. Його поворотом відкривався чи закривався замок.



Рис. 1. Механічні замки з ключами, ключ (вимикач) в електричному колі

У випадку, коли розглядається електричне коло, то вимикач виконує функцію ключа. Наприклад, коли сила струму в колі  $I = 0$ , то напруга на виході буде рівною електрорушійній силі  $U_{\text{вих}} = E$ , а у випадку наявності сили струму  $I = E/R$ ,  $U_{\text{вих}} = 0$ .

З винайденням діоду введено поняття діодного ключа, де робочим елементом є сам напівпровідниковий або електровакуумний діод – в одному напрямку відкритий, а у другому закритий. Електронні ключі стали описувати основними параметрами:  $U_0$ ,  $U_1$  – напруги нульового й одиничного входних сигналів;  $U_{\text{пор}}$  – порогова напруга;  $U_{02\text{max}}$ ,  $U_{12\text{min}}$  – граничні рівні нульового й одиничного вихідних сигналів;  $P_0$ ,  $P_1$  – потужність, за нульової та одиничної напруги на виході та ін.

З появою транзисторів поняття ключа не зникло, а навпаки розширилося і твердо утвердилося в електротехніці, радіотехніці, електроніці інших сферах науки, освіти, виробництва, побуту та ін. Тут основне завдання будь-якого транзисторного ключа полягає у комутації потужного навантаження з керуючою командою малопотужного сигналу, тобто відкриття та закриття є регулюванням. Із методичної точки зору такий процес можна розглядати як аналогію з водопровідним краном: закритий, відкритий, регульований (рис. 2).

Проведені нами спостереження за навчанням студентів природничих наук, цифрових технологій показали слабкість методичної складової навчання бази електроніки – поняття «електронні ключі», що й склало проблему дослідження.

Далі ми акцентуємо увагу на функціях відкриття-закриття різних транзисторів. Будова біполярного транзистора в певній мірі нагадує структуру діака (двоспрямований напівпровідниковий тригерний елемент – різновид тиристора). Цей напівпровідниковий пристрій також має два переходи в одному кристалі (тришарову структуру з різними видами провідності). Особливість полягає в тому, що тонкий середній шар, значно менше насичений електронами ніж набагато масивніші крайні прошарки: дірками у  $p$ - $n$ - $p$  транзисторів і навпаки у  $n$ - $p$ - $n$  електронами. Відповідно від чергування  $p$  та  $n$  прошарків розрізняють транзистори зі структурою  $p$ - $n$ - $p$  та  $n$ - $p$ - $n$  (рис. 3) [5; 6]. Біполярний транзистор має три індивідуальні виводи від кожного прошарку легованого напівпровідника. Емітер ( $E$ ) та колектор ( $K$ ) є крайніми виводами, а від середнього прошарку відходить вивід база ( $B$ ). Скорочення латиницею: емітер ( $E$ ), колектор ( $C$ ), база ( $B$ ). Провідність колектора та емітера завжди однакова, а провідність бази завжди протилежна їхній провідності [5; 6]. В залежності від чергування  $p$  та  $n$  прошарків існують транзистори зі структурою  $p$ - $n$ - $p$  ( $VT 2$ ) та  $n$ - $p$ - $n$  ( $VT 1$ ) (рис. 3). Особливість таких транзисторів у тому, що потужними струмами управляють малі струми (рис. 4). У цьому особливість біполярних транзисторів, де робочі та керуючі величини є струми.



Рис. 2. Кран

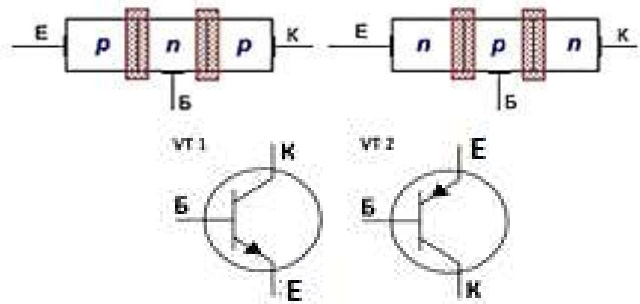


Рис. 3. Умовні позначення біполярних транзисторів

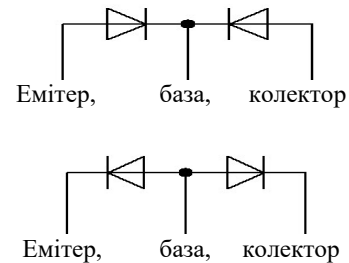


Рис. 4. Функціональні дії біполярного транзистора  $p$ - $n$ - $p$  ( $VT 2$ ) та  $n$ - $p$ - $n$  ( $VT 1$ ) типів

Зовсім інший принцип дії закладено у приладах, де керуючим і контролюючим елементом модуляції робочого потоку носіїв зарядів (електронів чи дірок) у специфічному провідному каналі є не слабкі струми, як у біполярних транзисторах, а електричне поле. Таким електронним приладом є польовий транзистор: уніполярний MOSFET – Metal-Oxide-Semiconductor FET та біполярний JFET – Junction FET. У такому транзисторі струмом керує напруга, яка створює електричне поле (не струм, як у біполярному транзисторі). Відповідно виникла назва польовий (поле) транзистор. Керуюча напруга забезпечує зміну площі поперечного перерізу провідного каналу змінюючи величину напруженості електричного поля, а відповідно регулюється вихідна сила струму (рис. 5). Транзистор використовується для вимірювання чи підсилення електричних сигналів.

Область напівпровідникового приладу (польового транзистора), де регулюється потік основних носіїв заряду називається провідним каналом (рис. 6). Витоком ( $B$ ) називають електрод, через який витікають основні носії заряду, а затвором ( $Z$ ) є електрод, до якого подається керуючий сигнал, щоб сформувати електричне поле для носіїв. Функцію бази виконує затвор, колектора – стік, емітера витік [1; 2].

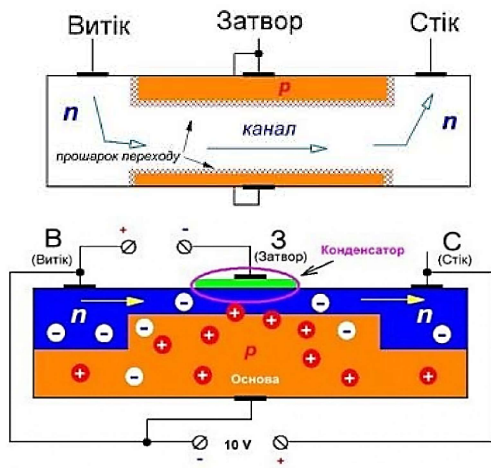


Рис. 5. Схема принципу будови та принципу дії польового транзистора [9]

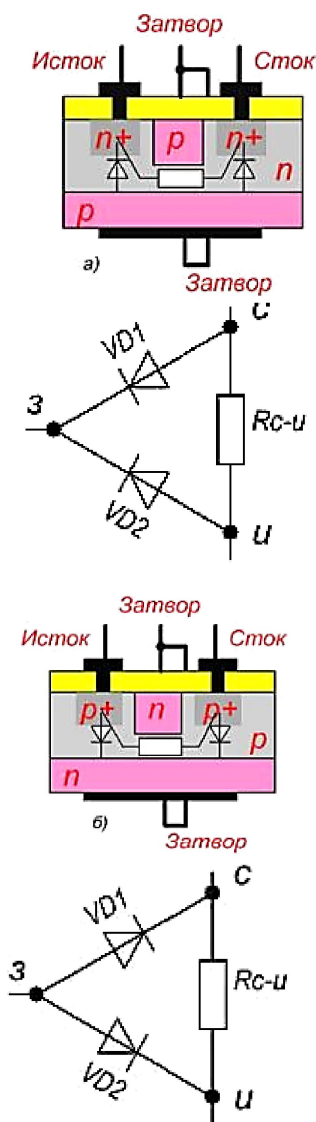


Рис. 6. Принципові схеми P- та N каналних польових транзисторів [10]

Важлива роль у таких транзисторах належить провідному каналу, принцип дії якого ґрунтується на контролі потоку електронів (або дірок) в ньому

електричним полем. Таке поле створюється напругою на межі металевого затвору (Gate) – оксидного ізолятора (Oxide) – напівпровідникового каналу – джерелом (Source) та стоком (Drain) (рис. 7).

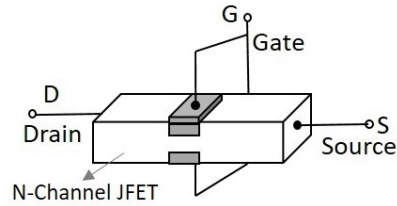
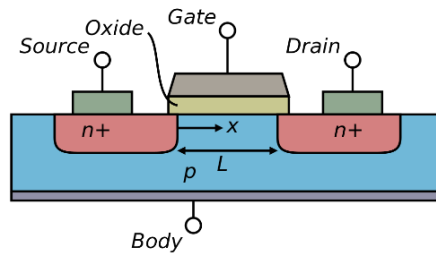


Рис. 7. Схема будови метал-оксидного польового транзистора: source – витік, gate – затвор, drain – стік [7]

Якщо на затвор gate подати напругу, то в каналі створюється електричне поле (рис. 8 b). Тоді електрони в провідному каналі потрапляють під дію цього поля. Коли напруга набуває від'ємної (високої) величини, тоді електрони відштовхуються від затвору. Відповідно канал стає менш провідним (рис. 8 b, c, d). У разі низької (або відсутності) напруги на затворі, електрони можуть вільно просочуватися через канал від джерела до стоку, що створює ефективний електронний потік між джерелом source і стоком drain (рис. 8 a).

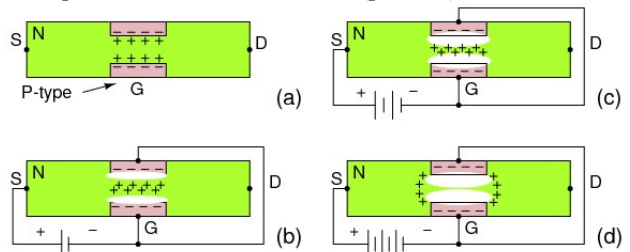


Рис. 8. Схема принципу управління носіями заряду в провідному каналі [8]

На рис. 8 послідовно показано як здійснюється зміна виснаження товщини цієї області. На рис. 8b має місце помірне зворотне зміщення. За рахунок цього збільшує опір джерела зливному каналу, бо канал звужується. Якщо продовжити збільшувати зворотне зміщення (рис. 8 c), то збільшується область виснаження, відповідно зменшується ширина провідного каналу і, безумовно, збільшується опір каналу. Подальше збільшення зворотного зміщення напруги ділянки GS (рис. 8 d), ще більше «затискатиме» струм у провідному каналі. Опір каналу стає дедалі більшим аж до напруги відключення, практично в кілька вольт. Таким чином, опором провідного каналу можна контролювати ступінь зворотного зміщення напруги на затворі, а полівкладений транзистор

може слугувати як вимикачем, так і підсилювачем сигналів, залежно від режиму роботи та зовнішніх впливів на напругу на затворі [5].

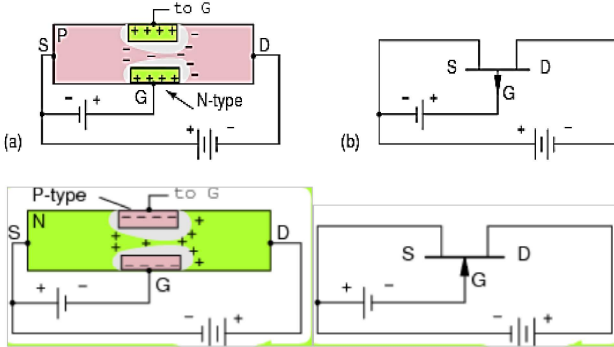


Рис. 9. Схема переходу від фізичного принципу до схематичного зображення польового транзистора (*N*-каналний струм електронів та *P*-каналний струм дірок) [8]

Джерело і стік є взаємозамінними. Зі збільшенням напруги стоку *DS* область виснаження затвора розширюється в напрямку до стоку (рис. 9). Це збільшує довжину вузького каналу, повільно збільшуючи його опір. Стрілка на рис. 9 вказує на смугу, що відповідає напівпровідникам *p* і *n*-типу відповідно [8].

На рис. 10 показані: схема підключення польового транзистора з керуючим *p-n* – переходом із загальним витоком; схема підключення польового транзистора з керуючим *p-n* – переходом із загальним стоком; схема підключення польового транзистора з керуючим *p-n* – переходом із загальним затвором.

Згідно описаних властивостей польових транзисторів їх кількісні оцінки можна описати за вольтамперними характеристиками (рис. 11).

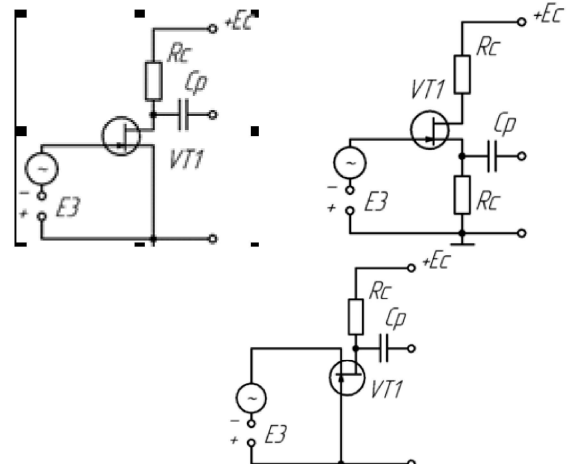


Рис. 10. Схеми ввімкнення польових транзисторів різних типів

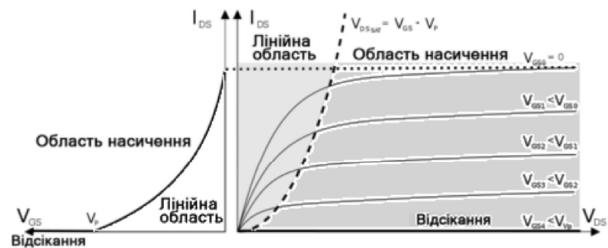


Рис. 11. Вольтамперні характеристики польового транзистора [7]

Польові транзистори поділяються на транзистори з затвором (базою) у вигляді *p-n* переходу та і затвором ізолюваним від робочого напівпровідникового об'єму діелектриком (рис. 12). Перший тип у свою чергу поділяється на транзистори з *P*-каналом та *N*-каналом, другий із вбудованим каналом (*N*-каналний; *P*-каналний) та з індукованим каналом (*N*-каналний; *P*-каналний). На рис. 12 подано схеми їх позначень виводів.



Рис. 12. Класифікація польових транзисторів [7]

Із розробкою технології інтегральних схем польові транзистори майже витіснили біполярні транзистори в більшості галузей електроніки. Понад 100 млн транзисторів у процесорі комп'ютера є польовими транзисторами. Вони використовуються також у мікросхемах, які входять до складу більшості радіоелектронних приладів:

мобільних телефонів, телевізорів, пральних машин, холодильників тощо [11].

Стрімко розвиваються галузі застосування потужних польових транзисторів. У силовій електроніці потужні польові транзистори успішно замінюють і витісняють потужні біполярні транзистори. В підсилювачах потужності звукових

частот класу Hi-Fi і Hi-End потужні польові транзистори успішно замінюють потужні електронні лампи, оскільки мають малі нелінійні і динамічні спотворення [13; 14].

Електронні ключі не мають механічної рухомої частини, вони втиснулися в автоматику значно витіснивши звідти електромагнітні реле. У такого ключа значно більший робочий ресурс, швидкодія, надійність, швидкість вмикання та вимикання пристроїв та ін. Проте електромагнітними реле не слід нехтувати, адже в них падіння напруги на замкнутих контактах набагато менше ніж у напівпровідникових, також є наявна гальванічна розв'язка високовольтних мереж із низьковольтними та ін. Тобто необхідна комбінація їх використання.

**Висновки та перспективи подальших розвідок напрямку.** Філософія електронного проєктування і використання складних керованих технологічних систем ґрунтується на фізичних закономірностях, де електронні ключі відіграють центральну роль. Реалізація цієї філософії здійснюється на основі принципу саморозвиваючих і самоорганізуючих систем електронних ключів, об'єднаних точною механікою, електронними, електротехнічними й комп'ютерними компонентами. Їх інтеграція забезпечує розробку теорії, проєктування і виробництво механізмів, машин, підсистем з інтелектуальним керуванням їх функціональними рухами. Зокрема, така інтеграція реалізована, наприклад, на атомних електростанціях як системах, які складається з основних енергетичних блоків реакторів: твелів (середня частина реактора); керуючих частин твелів (верхня частина реактора); теплових частин (середня частина реактора, де відбирається тепло і концентрується у нижній частині реактора). Функціонування визначеної системи немислиме без електронних ключів. Механіка – електроніка є інформативною системою, де через функціональні ключі від датчиків інформація сприймається і подається на електронно-комп'ютерний синтезатор-пульт атомної електростанції, обробляється комп'ютерними компонентами, де визначається стан реактора у кожній його точці. А далі виробляються нормативні сигнали, які через електротехнічні виконавчі і автоматичні пристрої виконують ті чи інші команди з пульта керування атомною електростанцією. Саме ці приклади сучасних технологій забезпечують формування професійних компетентностей студентів під час навчання елементної бази освітньої робототехніки, мехатроніки, САПР.

#### СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Бондаренко І. М., Бородин О. В., Галат О. Б., Карнаушенко В. П. Твердотільна електроніка: навч. посібник для студентів ЗВО. Харків : ХНУРЕ, 2020. 236 с.
2. Васильєва Л. Д., Медведенко Б. І., Якименко Ю. І. Напівпровідникові прилади : підручник. К.: Кондор, 2008. 556 с.
3. Елементна база електронних апаратів. Частина I. Фізичні основи електронної техніки: навчальний посібник / Філінок М. А., Лазпарєв О. О., Войцеховська О. В., Фурса С. С. та ін. Вінниця: ВНТУ, 2015. 100 с.
4. Комп'ютерна електроніка: Лабораторний практикум: навч. посіб. для студ. освітньої програми «Інтегровані

інформаційні системи» спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» / укл.: А. О. Новацький. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 415 с.

5. Матвійків М. Д., Вус Б. С., Матвійків О. М. Елементи та компоненти електронних пристроїв: підручник. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2015. 496 с.

6. Медяний Л. П. Аналогова схемотехніка. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 177 с.

7. Польовий транзистор, FET. URL: <http://surl.li/bnlxc>

8. Проєкт LibreTexts. URL: <https://ukrayinska.libretexts.org>

9. Радіодеталі: Транзистори. URL: <https://radiodetali.com.ua/ua/articles/shodinka-vosyma-tranzistori-chastina-druga>

10. Розвиваючі конструктори українського виробництва BitKit. URL: [bitkit.com.ua](http://bitkit.com.ua)

11. Садовий М. І., Соменко Д. В., Трифонова О. М. Робототехнічні комплекти в освітньому процесі. *Зб. наук. пр. Кам.-Под. нац. ун-ту імені Івана Огієнка: Серія педагогічна*. Кам'янець-Подільський, 2021. Вип. 27. С. 125–128.

12. Садовий М. І. Особливості методики професійно спрямованого навчання загальноосвітніх дисциплін у закладах фахової передвищої освіти. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки (ЦДПУ ім. В. Винниченка)*. Кропивницький, 2021. Вип. 198. С. 55–69

13. Сосков А. Г., Колонтасєвський Ю. П. Промислова електроніка: Теорія і практикум: підручник / за ред. А. Г. Соскова. К.: Каравела, 2013. 496 с.

14. Трифонова О. М. Методична система розвитку інформаційно-цифрової компетентності майбутніх фахівців комп'ютерних технологій у навчанні фізики і технічних дисциплін: дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02, 13.00.04 / ЦДПУ ім. В. Винниченка. Кропивницький, 2020. 595 с.

#### REFERENCES

1. Bondarenko, I. M., Borodin, O. V., Halat, O. B., Karnauhenko, V. P. (2020). *Tverdotoil'na elektronika* [Solid-state electronics]. Kharkiv: KHNURE [in Ukrainian]
2. Vasyl'yeva, L. D., Medvedenko, B. I., Yakymenko, YU. I. (2008). *Napivprovodnykovy prylady* [Semiconductor devices]. K.: Kondor [in Ukrainian]
3. Filinyuk, M. A., Lazpar'yev, O. O., Voytsekhov'ska, O. V., Fursa S. YE. ta in. (2015). *Elementna baza elektronnykh aparativ. Chastyna I. Fizychni osnovy elektronnoy tekhniki* [Element base of electronic devices. Part I. Physical basics of electronic technology: a study guide]. Vinnytsya: VNTU [in Ukrainian]
4. Novats'kyi, A. O. (2018). *Komp'yuterna elektronika: Laboratornyy praktykum* [Computer electronics: Laboratory practicum]. Kyiv: KPI im. Ihorya Sikors'koho [in Ukrainian]
5. Matviykyiv, M. D., Vus, B. S., Matviykyiv, O. M. *Elementy ta komponenty elektronnykh prystroyiv* [Elements and components of electronic devices]. L'viv: Vyd-vo L'viv's'koyi politekhniki [in Ukrainian]
6. Medyanyy, L. P. (2017). *Analogova skhemotekhnika* [Analog circuitry]. Kyiv: KPI im. Ihor Sikors'koho [in Ukrainian]
7. Pol'ovyy tranzystor, FET [Field-effect transistor, FET]. URL: <http://surl.li/bnlxc> [in Ukrainian]
8. Proyeckt LibreTexts [LibreTexts project]. URL: <https://ukrayinska.libretexts.org> [in Ukrainian]
9. Radiodetali: Tranzystory [Radio parts: Transistors]. URL: <https://radiodetali.com.ua/ua/articles/shodinka-vosyma-tranzistori-chastina-druga> [in Ukrainian]
10. Rozvyvayuchi konstruktory ukrayins'koho vyrobnytstva BitKit [Developing designers of Ukrainian production BitKit]. URL: [bitkit.com.ua](http://bitkit.com.ua) [in Ukrainian]
11. Sadovy, M. I., Somenko, D. V., Tryfonova, O. M. (2021). *Robototekhnichni komplekty v osviti'nomu protsesi* [Robotic kits in the educational process]. *Zb. nauk. pr. Kam. -Pod. nats. un-tu imeni Ivana Ohiyenka: Seriya pedahohichna*. Vyp. 27. S. 125–128 [in Ukrainian]
12. Sadovy, M. I. (2021). *Osoblyvosti metodyky profesiyno spryamovanooho navchannya zahal'noosvitnikh dystsyplin u zakladakh fakhovoyi peredvysshchoy osvity* [Peculiarities of the methodology of professionally oriented teaching of general education disciplines in institutions of vocational pre-higher

education]. Naukovi zapysky. Seriya: Pedagogichni nauky (TSDPU im. V. Vynnychenka). Vyp. 198. S. 55–69 [in Ukrainian]

13. Soskov, A. H., Kolontayevs'kyu, YU.P. (2013) Promyslova elektronika: Teoriya i praktykum [Industrial electronics: Theory and practice]. K.: Karavela [in Ukrainian]

14. Tryfonova, O. M. (2020). Metodychna systema rozvytku informatsiyno-tyfrovoyi kompetentnosti maybutnikh fakhivtsiv komp'yuternykh tekhnolohiy u navchanni fizyky i tekhnichnykh dystsyplin [Methodical system of developing information digital competence of prospective computer technologies professionals in teaching physics and technical disciplines]: dys. d-ra ped. nauk : 13.00.02, 13.00.04 / TSDPU im. V. Vynnychenka. Kropyvnyts'kyu [in Ukrainian]

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**САДОВИЙ Микола Ілліч** – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри математики та цифрових технологій Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка.

**Наукові інтереси:** дидактика природничих наук та професійної освіти.

**ТРИФОНОВА Олена Михайлівна** – доктор педагогічних наук, професор, в.о. завідувача кафедри математики та цифрових технологій Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка.

**Наукові інтереси:** теорія і методика природничих наук та професійної освіти.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**SADOVYI Mykola Illich** – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Mathematics and Digital Technologies of the Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University.

**Scientific interests:** didactics of natural and professional education.

**TRYFONOVA Olena Mykhaylivna** – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Acting Head of the Department of Mathematics and Digital Technologies of the Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University.

**Scientific interests:** theory and methodology of natural and professional education.

Стаття надійшла до редакції 04.02.2024 р.

УДК 811.111(072)(045)

DOI: 10.36550/2415-7988-2024-1-213-303-307

**ГАБЕЛКО Олена Миколаївна** –

кандидат педагогічних наук, доцент, декан факультету української філології, іноземних мов та соціальних комунікацій Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3769-3616>  
e-mail: [lena\\_gabelko@i.ua](mailto:lena_gabelko@i.ua)

### ФОРМУВАННЯ АНГЛІОМОВНОЇ ЛЕКСИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ – ЕКОНОМІСТІВ

*Одне з наших головних завдань сьогодні – навчити студентів ефективно застосовувати різні види навичок в особистих, професійних і суспільних життєвих ситуаціях, навчити їх самостійно знаходити та аналізувати необхідну інформацію, пов'язану з наукою, розширювати необхідні знання, означає вміти ділитися відповідними матеріалами, підкреслювати навички, які спрацюють у разі виникнення непередбачених, невизначених, проблемних ситуацій.*

*Стаття присвячена проблемам навчання іноземної професійно спрямованої лексики майбутніх студентів-економістів. Умовою отримання студентами-економістами якісного освітнього продукту у результаті професійно орієнтованого вивчення англійської мови є оволодіння ними галузевою термінологією.*

*Зазначається, що проблеми засвоєння лексики, особливо професійно орієнтованої, пов'язані з недостатньою розробленістю сучасних технологій навчання іноземної лексики. У статті розкриваються ефективні форми роботи зі студентами щодо формування лексичної компетенції. Автор робить висновок, що проблема формування мовної компетенції (професійного говоріння), а саме лексичної як її складової, є досить актуальною для нашого суспільства. Тому особлива увага приділяється проблемі формування лексичної компетенції в процесі навчання іноземної мови студентів-економістів.*

*Описано алгоритм навчання, який складається з трьох основних етапів; подано приклади завдань до вправ на закріплення вивченої лексики; показано систему роботи над уведенням і закріпленням економічної лексики.*

**Ключові слова:** комунікативні навички, лексична компетенція, майбутні економісти, мотивація, професійно спрямована лексика, система вправ.

**HABELKO Olena Mykolaivna** –

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,  
Dean of the faculty of Ukrainian philology, Foreign  
Languages and Social Communications  
Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3769-3616>  
e-mail: [lena\\_gabelko@i.ua](mailto:lena_gabelko@i.ua)

### THE FORMATION OF ENGLISH LANGUAGE LEXICAL COMPETENCE OF FUTURE SPECIALISTS IN THE FIELD OF ECONOMICS

*One of our main tasks today is to teach students to effectively apply their various types of skills in personal, professional and social life situations, to teach them independently find and analyze the necessary information related to science, to increase their*