

## TRIODDAN TRANZISTORGACHA EVOLYUTSION QADAMLAR

**Eshonov Ravshanbek Muxammadmusayevich**

Biotibbiyot muhandisligi, biofizika va axborot texnologiyalari kafedrasida kafedrasida o'qituvchisi, Farg'ona jamoat salomatligi tibbiyot instituti, O'zbekiston.

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada vakuumli triod lampasidan yarimo'tkazgichli tranzistorga o'tishning fizik, tarixiy va texnologik asoslari tahlil qilinadi. Trioddagi termoelektron emissiya, grid orqali boshqaruv hamda tranzistordagi p-n o'tish va elektr maydon bilan boshqaruvning o'xshash va farqli jihatlari ko'rsatiladi. Integral sxema, planarlash, MOSFET va CMOS arxitekturalari rivoji misolida miniaturizatsiya va energiya samaradorligi qonuniyatlari yoritiladi. So'nggi avlod chiplaridagi tranzistorlar soni (milliardlab) bo'yicha misollar keltirilib, elektronikaning ijtimoiy-iqtisodiy ta'siri muhokama qilinadi.

**Kalit so'zlar:** triod, audion, termoelektron emissiya, p-n o'tish, tranzistor, MOSFET, planar jarayon, integral sxema, CMOS, miniaturizatsiya.

## FROM TRIODES TO TRANSISTORS: EVOLUTIONARY STEPS

**Eshonov Ravshanbek Muxammadmusayevich**

Lecturer, Department of Biomedical Engineering, Biophysics and Information Technologies, Fergana Institute of Public Health, Uzbekistan.

**Abstract:** This article analyzes the physical, historical, and technological foundations of the transition from the vacuum triode tube to the semiconductor transistor. The similarities and differences between thermionic emission and grid control in the triode and the p-n junction and electric field control in the transistor are shown. The laws of miniaturization and energy efficiency are illustrated using the example of the development of integrated circuits, planarization, MOSFET, and CMOS architectures. Examples are given of the number of transistors (billions) in the latest generation of chips, and the socio-economic impact of electronics is discussed.

**Keywords:** triode, audion, thermionic emission, p-n junction, transistor, MOSFET, planar process, integrated circuit, CMOS, miniaturization.

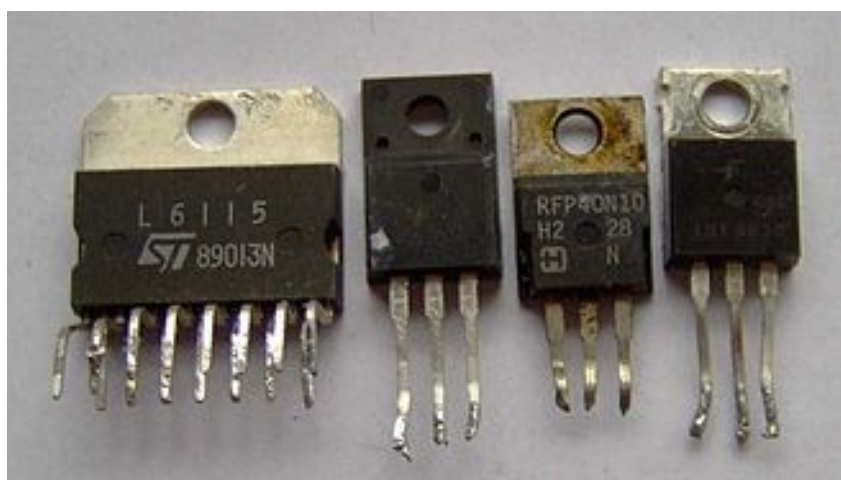
**Kirish.** XX asr boshida aloqa va radio muhandisligi uchun kuchaytirgich va kommutatsiya elementlari sifatida vakuum lampalari paydo bo'ldi. 1906-1908-yillarda Li de Forest tomonidan uch elektrodli audion-triod yaratilishi signalni kuchaytirish imkonini berdi. Biroq, katta hajm, yuqori issiqlik, qisqa xizmat muddati va yuqori kuchlanish talablaridan kelib chiqqan holda, yarimo'tkazgichli alternativga ehtiyoj kuchaydi. 1947-yilda Bell laboratoriyalarida germaniy asosidagi nuqtaviy kontaktli tranzistor ishlashi namoyish etilgach, elektronika yangi davrga kirdi.

Triod lampasining fizik asoslari va boshqaruv metaforasi. Triodning uch asosiy elektrodi - katod, grid (boshqaruvchi to'r) va anoddir. Katod qizdirilganda elektronlar katod yuzasidan chiqish ishi yengilgan taqdirda vakuumga emissiya qiladi (termoelektron emissiya). Gridning katodga nisbatan manfiy potentsiali elektronlar oqimini «klapan» singari boshqaradi: manfiylik ortsa, anod toki kamayadi; kamayganda esa ortadi. Shu jihatdan, triod «suv krani» metaforasi orqali o'qitishda o'ta intuitiv tushuntiriladi. Triodlar radioeshittirish, telefoniyadagi kuchaytirgichlar va dastlabki hisoblash mashinalarida muhim rol o'ynagan, biroq issiqlik va barqarorlik cheklovlari ularni zamonaviy masshtabda samara bermaydigan qilgan.

#### **Jadval. Triod va tranzistorning konseptual taqqoslashi**

| <b>Xususiyat</b>      | <b>Triod (vakuum lampa)</b>           | <b>Tranzistor<br/>(yarimo'tkazgich)</b>    |
|-----------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|
| <i>Ish muhiti</i>     | Vakuum (qizigan katod)                | Yarimo'tkazgich kristall                   |
| <i>Boshqaruv</i>      | Grid potentsiali bilan elektron oqimi | Baza toki / zatvor kuchlanishi bilan kanal |
| <i>Energiya sarfi</i> | Yuqori (isitish zarur)                | Past (qizdirish shart emas)                |
| <i>Hajm</i>           | Katta, mo'rt                          | Miniatuyura, yuqori zichlik                |
| <i>Ishonchlilik</i>   | Past-o'rta                            | Yuqori                                     |

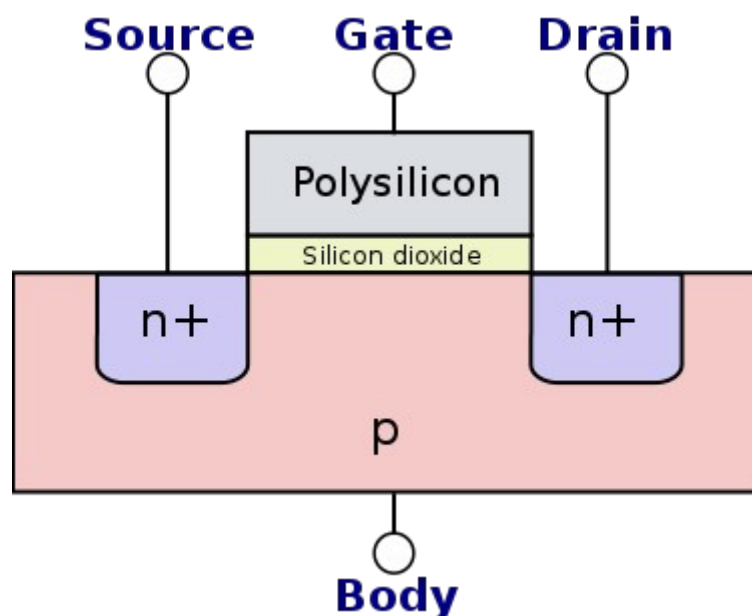
|                        |                |                     |
|------------------------|----------------|---------------------|
| <i>Chastota/tezlik</i> | MHz–o‘nlab MHz | GHz va undan yuqori |
|------------------------|----------------|---------------------|



“Alohida qadoqlangan diskret MOSFETlar”

Individually packaged discrete MOSFETs

Tranzistorning paydo bo‘lishi: nuqtaviy kontakt, o‘tishli (BJT) va MOSFET. Nuqtaviy kontaktli tranzistorda germaniy yuzasiga yaqin joylashtirilgan ikki metall igna (emitter va kollektor) hamda past qarshilikli baza kontakti mavjud bo‘lib, mos ofset kuchlanishlarda kuchaytirish kuzatiladi. Keyingi bosqichda yaratilgan o‘tishli (BJT) tranzistorda n–p–n yoki p–n–p qatlamlari tashuvchilar injeksiyasi va kollektor-baza teskari siljishi orqali katta oqimni kichik baza toki bilan boshqarish imkonini berdi. 1959-yilda Atalla va Kahng metall–oksid–yarimo‘tkazgichli maydoniy tranzistor (MOSFET)ning amaliy nusxasini ko‘rsatdilar; u elektr maydoni orqali kanal o‘tkazuvchanligini boshqaradi va CMOS logikasining poydevorini yaratdi.



“p-tipli yarimo‘tkazgich”

p-type semiconductor

Planar jarayon va integral sxemaga o‘tish (IC). Planar jarayon (Jean Hoerni, 1959) va sirtni passivlashtirish usullari tranzistorning ishonchliligini keskin oshirdi va litografiya asosida ketma-ket qatlamlarni yaratishga imkon berdi. Robert Noyce planar jarayonga metall izlar bilan o‘zaro ulash g‘oyasini qo‘shib, monolit integral sxema konsepsiyasini patentladi. Bunga parallel ravishda Jack Kilby (Texas Instruments) 1958-yilda birinchi ishchi integral sxemani namoyish etdi. Ushbu yutuqlar natijasida bitta chip ichida yuzlab, so‘ng minglab va nihoyat milliardlab tranzistorlarni joylashtirish imkoni tug‘ildi.

MOSFET va CMOSning hukmronligi, miqyoslash va bugungi ko‘rsatkichlar. MOSFET bugungi kunda eng keng qo‘llaniladigan tranzistor bo‘lib, zamonaviy raqamli integral sxemalarning asosini tashkil etadi; bitta chipda milliardlab MOSFETlar bo‘lishi odatiy hol. Apple M3 chipida 25 milliard tranzistor mavjudligi e‘lon qilingan, NVIDIA H100 (GH100) grafik protsessorida esa 80 milliard tranzistor bor. 2025-yilda taqdim etilgan Apple M3 Ultra paketli arxitekturasi esa ikki yirik matritsani birlashtirib, 184 milliard tranzistorgacha yetganini ko‘rsatadi. Bular miniaturizatsiya, materiallar muhandisligi, ko‘p

qatlamli metallizatsiya va ilg'or litografiya (EUV) singari omillar kombinatsiyasining natijasidir.



“NVIDIA Hopper H100 GPU texnik xususiyatlari yangilandi: FP32 unumdorligi 60 dan 67 TFLOPS gacha oshirildi.”

NVIDIA Hopper H100 GPU specs upgraded: FP32 perf from 60 to 67 TFLOPS

Fizik metaforadan texnologik paradigmagacha: “elektron kran”dan “maydon kanal”gacha. Trioddagi boshqaruv - grid orqali vakuumdagi elektron oqimini «bo‘g‘ish/ochish» (klapan) tamoyiliga tayanadi. Tranzistorda esa boshqaruv yarimo‘tkazgich ichidagi zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi va harakatiga bog‘liq: BJTda baza orqali injeksiya va rekombinatsiya dinamikasi, MOSFETda esa darvoza (gate) ostida kanalda kuchlanish bilan induktsiyalangan o‘tkazuvchan qatlam. Shunday qilib, funksional mohiyat bir xil - oqimni boshqarish bo‘lsa-da, fizik vosita tamoman boshqacha: vakuumdan qattiq jism ichiga ko‘chgan boshqaruv. Bu o‘zgarish elektronika tarixida energiya samaradorligi, ishonchlilik va integratsiya zichligida eksponensial sakrashlarni ta’minladi.

Ijtimoiy-iqtisodiy ta’sir va kelajak yo‘nalishlari. Trioddan tranzistorgacha bo‘lgan evolyutsiya raqamli iqtisodiyotning tamal toshiga aylandi: mobil aloqa, internet, boshqaruv tizimlari, tibbiy diagnostika va terapiya (masalan, UZI, MRT elektronikalari), aviatsiya-kosmonavtika va sun’iy intellekt infratuzilmasining barchasi yarimo‘tkazgichlar va integral sxemalarsiz mumkin emas edi. Keyingi

bosqichda 2D materiallar, 3D stacking, chiplet va tizim-darajadagi paketlash, shuningdek quvvat elektronikasida keng tarmoqli materiallar (SiC, GaN) muhim rol o'ynashda davom etadi. Ammo konseptual nuqtai nazardan, barchasi bir fikrga qaytadi: oqimni aniq, tez va iqtisodiy boshqarish.

**Xulosa.** Triod - «boshqariladigan elektron oqimi» g'oyasini amalda ko'rsatdi; tranzistor esa shu g'oyani qattiq jism fizikasida nihoyatda ixcham, ishonchli va energiya tejamkor shaklda ro'yobga chiqardi. Planar jarayon, integral sxema va MOSFET/CMOS kombinatsiyasi esa bu g'oyani milliardlab nusxada takrorlay oladigan, global miqyosdagi texnologik paradigmagacha kengaytirdi. Bugungi kunda elektronika taraqqiyoti, mohiyatan, ana shu evolyutsiyaning izchil davomidir.

#### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. National MagLab. "Audion – 1906." (Accessed 2025-10-29).
2. History of Information. "Lee de Forest Invents the Triode (Audion)." (Accessed 2025-10-29).
3. Computer History Museum. "Invention of the Point-Contact Transistor." (Accessed 2025-10-29).
4. Bardeen, J. "Physical Principles Involved in Transistor Action." Physical Review, 1949.
5. APS Reviews. "The invention of the transistor." Rev. Mod. Phys., 1999.
6. Wikipedia. "Point-contact transistor." (Accessed 2025-10-29).
7. Computer History Museum. "MOS Transistor Demonstrated (Atalla & Kahng, 1959)." (Accessed 2025-10-29).
8. Wikipedia. "Mohamed M. Atalla." (Accessed 2025-10-29).
9. EE Journal. "A Brief History of the MOS transistor." 2023.
10. Computer History Museum. "Fairchild's Planar Process." (Accessed 2025-10-29).

11. R.M.Eshonov, “Automated Control Systems in Medicine” International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET) Volume 12, Issue 3.