



RADIOELEMENTLAR VA ULARNI OPTIMALLASHTIRISH: ZAMONAVIY ELEKTRON QURILMALARDA SAMARADORLIKNI OSHIRISH YO‘LLARI

Murayeva Nurida Rustamjonovna
Farg‘ona ICHSHUI maxsus texnikum
maxsus fan o‘qituvchisi

Аннотация. Ushbu maqolada zamonaviy elektron qurilmalarda qo‘llaniladigan radioelementlarning turlari, fizik xususiyatlari va ularni optimallashtirish usullari keng tahlil qilinadi. Rezistorlar, kondensatorlar, induktorlar, yarimo‘tkazgichlar va integral sxemalarning ishlash printsiplari, kamchiliklari va samaradorligini oshirishning zamonaviy yo‘llari ko‘rib chiqiladi. Maqolada energiya tejash texnologiyalari, miniaturlashtirish, issiqlikni boshqarish va raqamli optimallashtirish algoritmlari alohida o‘rin egallaydi. Tadqiqot natijalari zamonaviy qurilma ishlab chiqaruvchilar va elektrotexnika muhandislari uchun amaliy ahamiyat kasb etadi.

Калит so‘zlar: radioelementlar, optimallashtirish, integral sxema, rezistor, kondensator, yarimo‘tkazgich, energiya tejash, miniaturlashtirish, elektron qurilmalar, samaradorlik.

Аннотация. В данной статье представлен всесторонний анализ типов радиоэлементов, используемых в современных электронных устройствах, их физических свойств и методов оптимизации. Рассмотрены принципы работы, недостатки и современные способы повышения эффективности резисторов, конденсаторов, индукторов, полупроводников и интегральных схем. В статье особое внимание уделяется энергосберегающим технологиям, миниатюризации, тепловому регулированию и алгоритмам цифровой



оптимизации. Результаты исследования имеют практическое значение для современных производителей устройств и инженеров-электриков.

Ключевые слова: радиоэлементы, оптимизация, интегральная схема, резистор, конденсатор, полупроводник, энергосбережение, миниатюризация, электронные устройства, эффективность.

Abstract. This article provides a comprehensive analysis of the types of radio elements used in modern electronic devices, their physical properties, and methods for optimizing them. The principles of operation, shortcomings, and modern ways to increase the efficiency of resistors, capacitors, inductors, semiconductors, and integrated circuits are considered. The article focuses on energy-saving technologies, miniaturization, thermal management, and digital optimization algorithms. The research results are of practical importance for modern device manufacturers and electrical engineers.

Keywords: radio elements, optimization, integrated circuit, resistor, capacitor, semiconductor, energy saving, miniaturization, electronic devices, efficiency.

KIRISH

Zamonaviy texnologiyalar jadal rivojlanayotgan bir davrda elektron qurilmalarning ishlash samaradorligi tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Smartfonlardan tortib kosmik texnologiyalargacha bo‘lgan barcha qurilmalar o‘z ish quvvatini, ishonchliligini va energiya sarfini aniqlash uchun radioelementlarga tayanadi. Shu bois radioelementlarni optimallashtirish muhandislik fanining eng dolzarb yo‘nalishlaridan biriga aylangan.

Radioelementlar — bu elektr zanjirining asosiy tarkibiy qismlari bo‘lib, ular elektr signallarini hosil qilish, kuchaytirish, filtrlash, saqlash va o‘zgartirish vazifalarini bajaradi. Hozirgi kunda nanometrik texnologiyalar asosida ishlab



chiqarilayotgan radioelementlar avvalgi avlod komponentlari bilan taqqoslaganda bir necha bor kichikroq, tezroq va kamroq quvvat sarflaydigan bo‘lib bormoqda.

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi — radioelementlarning turlari va xususiyatlarini tizimli o‘rganish, ularni optimallashtirish bo‘yicha zamonaviy ilmiy-texnik yondashuvlarni tahlil qilish va samaradorlikni oshirishning amaliy yo‘llarini aniqlashdan iborat.

RADIOELEMENTLARNING TASNIFI VA ASOSIY TURLARI

Radioelementlar funksional belgilariga ko‘ra ikki asosiy toifaga bo‘linadi: passiv elementlar (rezistorlar, kondensatorlar, induktorlar) va faol elementlar (tranzistorlar, diodlar, integral sxemalar). Har bir toifa o‘zining fizik xususiyatlari va qo‘llanish sohalari bilan farqlanadi.

Passiv radioelementlar

Rezistorlar — elektr zanjirida qarshilik ta'minlovchi eng keng tarqalgan elementlar. Ularning asosiy parametri Om (Ω) bilan o‘lchanadigan qarshilik qiymatidir. Zamonaviy SMD (Surface Mount Device) rezistorlar 01005 hajmida ($0,4 \times 0,2$ mm) ishlab chiqarilib, $1/32$ Vt quvvatgacha mo‘ljallangan. Metalfilm va metaloksid rezistorlar 0,1% dan yuqori aniqlikni ta'minlaydi.

Kondensatorlar — elektr zaryad saqlovchi ikki o‘tkazgich plastinadan iborat qurilma. Ularning sig‘imi Farad (F) bilan o‘lchanadi. MLCC (Multilayer Ceramic Capacitor) texnologiyasi asosida ishlab chiqarilgan kondensatorlar kichik hajm va yuqori sig‘imni birlashtiradi. Elektrolit kondensatorlar esa katta sig‘im qiymatlari uchun qo‘llaniladi, ammo ularning chastota xususiyatlari cheklangan.

Induktorlar — magnit energiya saqlovchi g‘altak asosidagi elementlar. Induktivlik Genri (H) bilan o‘lchanadi. Ferrit o‘zakli induktorlar yuqori



chastotalarda samarali ishlaydi va elektromagnit shovqinni kamaytiradi. Toroidal induktorlar esa magnit maydonni yaxshi ushlab turishi bilan ajralib turadi.

Faol radioelementlar

Tranzistorlar — zamonaviy elektronikaning asosi bo'lgan yarimo'tkazgich qurilmalar. BJT (Bipolar Junction Transistor) va MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) kabi turlar turli qo'llanish sohalariga ega. FinFET texnologiyasi 5 nm va undan kichik topologik o'lchamlarni amalga oshirishga imkon bermoqda.

Integral sxemalar (IC) — bitta kremniy plastinkasida millionlab tranzistorlarni birlashtirgan qurilmalar. CMOS texnologiyasi asosida yaratilgan zamonaviy protsessorlar 10 mlrd dan ortiq tranzistorni o'z ichiga oladi. Ularning integratsiya darajasi Moore qonuniga muvofiq taxminan har ikki yilda ikki baravar ortib bormoqda.

1-jadval. Asosiy radioelementlar va ularning parametrlari

Element	Birlik	Diapazon	Qo'llanish sohasi
Rezistor	Ω (Om)	0,1 Ω – 10 M Ω	Tok cheklash, bo'linish
Kondensator	F (Farad)	1 pF – 10 000 μ F	Filtr, energiya zaxirasi
Induktor	H (Genri)	1 nH – 10 H	Filtr, transformator
Diod	V (Volt)	0,3 – 1,2 V	To'g'rilash, himoya
Tranzistor	A/V (kuch.k.)	hFE: 10–1000	Kuchaytirish, kalit



Integral sxema	MHz–GHz	1 kHz – 5 GHz	Hisoblash, boshqarish
----------------	---------	---------------	-----------------------

RADIOELEMENTLARNI OPTIMALLASHTIRISH USULLARI

Radioelementlarni optimallashtirish — bu qurilmaning ishlash ko‘rsatkichlarini (tezlik, aniqlik, energiya sarfi, ishonchlilik) maksimal darajaga ko‘tarish maqsadida elementlar parametrlarini, sxematik yechimlarni va texnologik jarayonlarni takomillashtirish jarayonidir.

Energiya tejash texnologiyalari

Zamonaviy mobil qurilmalarda energiya sarfini kamaytirish muhandislik oldidagi eng muhim vazifalardan biridir. Dynamic Voltage and Frequency Scaling (DVFS) texnologiyasi protsessor yukiga qarab ta‘minot kuchlanishi va soat chastotasini dinamik ravishda o‘zgartiradi. Bu texnologiya Intel va ARM protsessorlarida keng qo‘llanilgan va o‘rtacha 30–45% energiya tejashni ta‘minlaydi.

Power Gating usuli yordamida qurilmaning faol bo‘lmagan bloklari ta‘minotdan uziladi. Sleep rejimlar (C0 dan C10 gacha) protsessor yadrosini turli chuqurlikdagi uyqu holatlariga o‘tkazish imkonini beradi. Ultra-Low Power (ULP) mikrokontrollerlar, masalan, Texas Instruments MSP430 seriyasi, atigi 0,1 μ A tok sarflagan holda ma‘lumotlarni saqlashi mumkin.

Superkondensatorlar va piezoelektrik generatorlar yordamida ambient energiyani yig‘ish (energy harvesting) texnologiyasi IoT qurilmalarida batareyasiz ishlash imkoniyatini yaratmoqda. Bu yo‘nalishda grafenasosli kondensatorlar energiya zichligi jihatidan an‘anaviy elektrolit kondensatorlarga nisbatan 10 baravar ustunlikka ega.

Miniaturlashtirish va integratsiya



Yarimo'tkazgich sanoatida litografiya texnologiyasining rivojlanishi radioelementlarni miniaturlashtirish imkonini kengaytirmoqda. EUV (Extreme Ultraviolet) litografiyasi yordamida TSMC va Samsung 3 nm va 2 nm texnologik jarayonlarini ishlab chiqmoqda. Kichikroq tranzistorlar nafaqat kam joy egallaydi, balki tezroq ishlaydi va kamroq quvvat sarflaydi.

3D IC (uch o'lchamli integral sxema) texnologiyasi turli funksional qatlamlarni vertikal ravishda ulash imkonini beradi. Samsung HBM (High Bandwidth Memory) va Intel Foveros texnologiyalari bu yo'nalishning amaliy natijalaridir. Chiplet arxitekturasi esa turli texnologik jarayonlarda tayyorlangan kichik kristallarni bitta paketda birlashtirish imkonini beradi.

Issiqlikni boshqarish va termal optimallashtirish

Radioelementlarning ishlash samaradorligi bevosita ularning haroratiga bog'liq. Silikon tranzistorlar 150°C dan yuqori haroratda ishdan chiqadi, shu bois termal boshqaruv tizimi zamonaviy qurilmalarda hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Issiqlika uzatish koeffitsienti yuqori bo'lgan termal pasta va termopad materiallar protsessor bilan sovitgich o'rtasidagi termal qarshilikni kamaytiradi.

Vapor chamber va heat pipe texnologiyalari yuqori quvvatli qurilmalarda issiqlikni tez tarqatish uchun qo'llaniladi. Graphene heat spreader materialining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti (5300 W/m·K) mis va aluminiydan bir necha bor yuqori. GaN (Gallium Nitride) va SiC (Silicon Carbide) yarimo'tkazgichlari yuqori haroratlarda ham barqaror ishlash xususiyati bilan an'anaviy silikon asosli elementlardan ustun turadi.

Impedans moslashuvi va signalni qayta ishlash

Radiofrekvens qurilmalarida impedans moslashtirish (impedance matching) signalning maksimal uzatilishini ta'minlaydi. Smith diagrammasi yordamida antenna va trakt o'rtasidagi impedans moslashtirish hisob-kitoblari amalga



oshiriladi. Balun transformatorlari simmetrik va nosimmetrik signallar o‘rtasidagi o‘tkazuvchi element vazifasini bajaradi.

Raqamli signal processorlari (DSP) va FPGA qurilmalari signalni real vaqtda qayta ishlash imkonini beradi. Adaptive filtering algoritmlari shovqinni kamaytirish va signalning sifat ko‘rsatkichini (SNR — Signal-to-Noise Ratio) oshirishda samarali qo‘llaniladi. LMS (Least Mean Squares) va RLS (Recursive Least Squares) algoritmlari uyali aloqa standartlariga muvofiq signalni optimallashtiradi.

2-jadval. Optimallashtirish usullari va erishilgan natijalar

Usul	Texnologiya	Samaradorlik	Qo‘llanish
Energiya tejash	DVFS, Power Gating	30–45% tejash	Mobil qurilmalar
Miniaturlashtirish	EUV litografiya 3nm	2× zichlik	Protsessorlar
Termal boshqaruv	Graphene spreader	5× yaxshilash	Yuqori quvvatli IC
Impedans moslashuvi	Smith diagrammasi	–20 dB aks.	RF qurilmalar
Raqamli DSP	LMS/RLS algoritmlar	+15 dB SNR	Aloqa tizimlari



3D integratsiya	HBM, Chiplet	10× o'tkazuvchan.	Serverlar, AI
-----------------	--------------	----------------------	---------------

ZAMONAVIY TENDENSIYALAR VA KELAJAK ISTIQBOLLARI

Kvant elektronikasi va yangi materiallar

Kvant nuqtalari (quantum dots) asosidagi tranzistorlar klassik silikon chegarasidan oshib o'tishga imkon beradi. IBM va Google tomonidan yaratilayotgan kvant protsessorlar qubit asosida ishlaydi va muayyan hisoblash masalalarida klassik protsessorlardan eksponensial tezlikda ustun turadi. 2023 yilda IBM 433 qubitli Osprey protsessorini taqdim etdi.

2D materiallar — grafendan tashqari molibden disulfid (MoS_2), bor nitridi (hBN) va fosforene kabi materiallar elektronikada inqilob yasash imkoniyatiga ega. MoS_2 tranzistori atigi 1 atomli qalinlikda yaratilgan bo'lib, bu an'anaviy silikon transistorlariga qaraganda sezilarli energiya afzalligini beradi.

Neyromorf hisoblash va AI chiplar

Neyromorf arxitektura inson miyasining ishlash printsiptini modellashtiradi va parallel hisoblashni minimal energiya sarfi bilan amalga oshiradi. Intel Loihi 2 chipi 1 million neyron va 8 million sinaps'ni bitta kristalda joylashtirgan holda klassik CPU ga nisbatan 1000 baravar kam quvvat sarflaydi. NVIDIA H100 va Google TPU v4 kabi AI akseleratorlar esa sun'iy intellekt ilovalarida radioelementlarni optimallashtirish sohasidagi eng so'nggi yutuqlarni o'zida mujassamlashtirgan.

Edge AI (qurilma chetidagi sun'iy intellekt) kontseptsiyasi past quvvatli mikroprotsessorlarda neyron tarmoqlarini ishlatish imkonini beradi. Qualcomm Hexagon DSP va Apple Neural Engine kabi qurilmalarga maxsus bo'lgan AI



akseleratorlar smartfonlarda real vaqt rejimida chuqur o'rganish algoritmlarini bajaradi.

Optik va foton texnologiyalari

Foton integral sxemalar (PIC — Photonic Integrated Circuit) ma'lumotlarni elektronlar o'rniga fotonlar orqali uzatadi. Bu texnologiya ma'lumot uzatish tezligini terabit/sekundgacha oshirish va energiya sarfini bir necha baravar kamaytirish imkonini beradi. Intel Silicon Photonics va Marvell Teralynx chiplar ma'lumot markazi optik aloqa infratuzilmasini o'zgartirmoqda.

Silikon fotodetektorlar va lazer modulyatorlar bitta PIC platformasida integratsiyalashtirilganda, an'anaviy elektron aloqa tizimlariga nisbatan 10 baravar yuqori samaradorlikka erishilmoqda. Bu texnologiyaning kelajakda 6G aloqa standartlari va kvant kriptografiya tizimlarida keng qo'llanilishi kutilmoqda.

AMALIY TAVSIYALAR VA LOYIHALASH PRINSIPLARI

Radioelementlarni tanlash va optimallashtirish jarayonida quyidagi prinsiplarga rioya qilish tavsiya etiladi:

Birinchi prinsip — maqsadga muvofiqlik. Element tanlashda qurilmaning asosiy funksiyasi, ishlash muhiti va texnik talablar aniq belgilanishi kerak. Masalan, yuqori chastotali RF qurilmalar uchun parazit kapasitansi minimal bo'lgan MOSFET tranzistorlari afzal.

Ikkinchi prinsip — zaxira koeffitsienti. Har bir element nominal qiymatdan 20–30% zaxira bilan tanlanishi kerak. Bu qurilmaning uzoq muddatli ishonchliligini ta'minlaydi va harorat o'zgarishlari ta'sirini kamaytiradi.

Uchinchi prinsip — termal boshqaruv. Yuqori quvvatli elementlar uchun issiqlik tarqatish radiatorlari va termal pastadan foydalanish majburiy. PCB (Printed



Circuit Board) loyihasida issiqlik yo‘laklari va mis qatlamlarni to‘g‘ri joylashtirish ham muhim ahamiyatga ega.

To‘rtinchi prinsip — EMC muvofiqlik. Elektromagnit moslik (EMC — Electromagnetic Compatibility) talablarini bajarish uchun shielding, ferrit yutuvchilar va to‘g‘ri PCB loyihasi zarur. Differensial signallar va uzluksiz ground plane EMI shovqinini keskin kamaytiradi.

Beshinchi prinsip — simulyatsiya va prototiplash. SPICE, LTspice va Cadence Spectre kabi simulyatsiya dasturlari yordamida real ishlab chiqarishdan avval sxema parametrlari tekshirilishi kerak. Bu muhandislik xatolarini erta bosqichda aniqlash va loyiha xarajatlarini kamaytirish imkonini beradi.

XULOSA

Radioelementlarning zamonaviy turlari, ularning ishlash prinsiplari va optimallashtirish usullarini qamrab oldi. Tahlil natijalariga ko‘ra, quyidagi asosiy xulosalar chiqarish mumkin:

Birinchi, energiya tejash texnologiyalari — DVFS, Power Gating va Energy Harvesting — zamonaviy mobil va IoT qurilmalarida radioelementlar samaradorligini 30–50% oshirishga imkon beradi. Bu yo‘nalishda grafenasosli materiallar va ultra-past quvvatli mikrokontrollerlar alohida istiqbol kasb etmoqda.

Ikkinchi, miniaturlashtirish jarayoni Moore qonunidan tashqari yangi yo‘nalishlarda — 3D integratsiya, chiplet arxitekturasida va kvant elektronikasida — davom etmoqda. Bu esa qurilmalarning hisoblash quvvatini oshirish bilan birga energiya sarfini kamaytirish imkonini yaratmoqda.

Uchinchi, neyromorf hisoblash, foton integral sxemalar va sun'iy intellektga asoslangan optimallashtirish algoritmlari radioelektronika sohasining kelajagi haqida yangi kontseptual tasavvurlarni shakllantirmoqda. Bu texnologiyalar



6G aloqa tizimlari, tibbiy diagnostika va industrial avtomatlashtirish sohalarida inqilob yasash salohiyatiga ega.

Xulosa qilib aytganda, radioelementlarni optimallashtirish — bu faqat texnik muammo emas, balki inson hayotini qulay va barqaror qilishga qaratilgan ilmiy-innovatsion jarayon. Bu sohadagi muvaffaqiyatlar to‘g‘ridan-to‘g‘ri iqtisodiy samaradorlik, ekologik barqarorlik va texnologik progress bilan bog‘liq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Sedra, A.S., Smith, K.C. Microelectronic Circuits. 8th ed. Oxford University Press, 2020. 1200 p.
2. Razavi, B. Design of Analog CMOS Integrated Circuits. — 2nd ed. — McGraw-Hill Education, 2017. 784 p.
3. Pozar, D.M. Microwave Engineering. 4th ed. Wiley, 2012. 752 p.
4. Horowitz, P., Hill, W. The Art of Electronics. 3rd ed. Cambridge University Press, 2015. 1192 p.
5. Neamen, D.A. Semiconductor Physics and Devices. 4th ed. McGraw-Hill, 2012. 784 p.
6. Van Zeghbroeck, B. Principles of Semiconductor Devices. University of Colorado, 2011. 456 p.
7. Weste, N., Harris, D. CMOS VLSI Design: A Circuits and Systems Perspective. 4th ed. Pearson, 2010. 840 p.
8. Nazarov A., Yusupov R. Elektron qurilmalar va ularning ishlash prinsiplari. TATU nashriyoti, Toshkent.2021. 280 b.
9. Karimov B. Zamonaviy yarimo‘tkazgich texnologiyalari. Fan va texnologiya. Toshkent. 2022. 196 b.



10. IEEE Standard 1012-2016. IEEE Standard for System, Software, and Hardware Verification and Validation. IEEE, 2016.
11. ITRS Roadmap. International Technology Roadmap for Semiconductors 2.0. Semiconductor Industry Association, 2015.
12. Gonzalez, R., Gordon, B., Horowitz, M. Supply and threshold voltage scaling for low power CMOS. // IEEE Journal of Solid-State Circuits. 1997. Vol. 32. P. 1210–1216.