O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

OLIY TA’LIM TIZIMI PEDAGOG VA RAHBAR KADRLARINI QAYTA TAYYORLASH VA ULARNING MALAKASINI OSHIRISHNI TASHKIL ETISH BOSH ILMIY-METODIK MARKAZI

TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI HUZURIDAGI PEDAGOG KADRLARNI QAYTA TAYYORLASH VA ULARNING MALAKASINI OSHIRISH TARMOQ MARKAZI

ELEKTRONIKA VA ASBOBSOZLIK

yo‘nalishi

“ELEKTRONIKANING ZAMONAVIY HOLATI VA RIVOJLANISH TENDENTSIYALARI” MODULIDAN

O‘QUV-USLUBIY MAJMUA

TOSHKENT -2025

Mazkur o‘quv-uslubiy majmua Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligining 2024 -yil 27-dekabrdagi 485-sonli buyrug‘i bilan tasdiqlangan o‘quv dasturi va o‘quv rejasiga muvofiq ishlab chiqilgan

Tuzuvchilar: **G‘.H. Mavlonov –** fizika-matematika fanlari doktori, professor.

S.B. Isamov – fizikaka-matematika fanlari PhD, dotsent.

U.H. Sodiqov – fizikaka-matematika fanlari PhD.

Taqrizchilar: **A.Z. Raxmatov –** texnika fanlari doktori, professor.

B.A. Abduraxmonov – texnika fanlari PhD, dotsent.

O‘quv-uslubiy majmua Toshkent davlat texnika universiteti Kengashining 2024 yil 27-noyabrdagi 3-sonli qarori bilan nashrga tavsiya qilingan.

MUNDARIJA

I. ISHCHI O‘QUV DASTUR 4

II. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA’LIM METODLARI 16

III. NAZARIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI 24

IV. AMALIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI 103

V. KEYSLAR BANKI ..... **Error! Bookmark not defined.**

VI. GLOSSARIY 135

VII. ADABIYOTLAR RO‘YXATI 179

I. ISHCHI O‘QUV DASTUR

Kirish

Dastur O‘zbekiston Respublikasining 2020 yil 23 sentabrda tasdiqlangan “Ta’lim to‘g‘risida”gi Qonuni, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevral “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-4947-son, 2019 yil 27 avgust “Oliy ta’lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining uzluksiz malakasini oshirish tizimini joriy etish to‘g‘risida”gi PF-5789-son, 2019 yil 8 oktabr “O‘zbekiston Respublikasi oliy ta’lim tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-5847-sonli Farmonlari hamda O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019 yil 23 sentabr “Oliy ta’lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi 797-sonli Qarorida belgilangan ustuvor vazifalar mazmunidan kelib chiqqan holda tuzilgan bo‘lib, u oliy ta’lim muassasalari pedagog kadrlarining kasb mahorati hamda innovatsion kompetentligini rivojlantirish hamda oliy ta’lim muassasalari pedagog kadrlarining kasbiy kompetentligini muntazam oshirib borishni maqsad qiladi.

Elektronikaning zamonaviy – “Raqamli elektronika”, “Katta quvvatli elektronika”, “Nanoelektronika” kabi sohalarini chuqur o‘zlashtirish va amaliyotda qo‘llash mutaxassislarning oldida turgan dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Hozirgi vaqtda elektron zanjirlar boshqaruvi mikrokontrollerlar asosida loyihalashtirilayotganligini hisobga olsak, elektronikada dasturlash muhim ahamiyat kasb etadi. Elektronika bilan shug‘ullanadigan mutaxassislardan ham sxemotexnikani, ham dasturlash asoslarini bilish talab etiladi. Bundan tashqari mikrokontrollerlarning ichki tuzilishi – registrlari, xotiralari, taymerlari, analog-raqamli o‘zgartgichlarini kerakli vaqtda ishga tushirib, to‘xtatib qo‘yishni bilish, dasturlash asosida mukammal loyihani yaratish imkonini beradi. Ishchi dastur elektronikaning zamonaviy holati va rivojlanish tendentsiyalari bo‘yicha tegishli bilim, ko‘nikma, malaka va kompetensiyalarni rivojlantirishga yo‘naltirilgan.

Modulning maqsadi va vazifalari

“Elektronikaning zamonaviy holati, rivojlanish tendentsiyalari” modulining maqsadi – elektron zanjirlar tuzishning zamonaviy usullarini, bosqichlarini, sxemotexnik loyihalash va unga dastur tuzishni, signallarni uzatish va qabul qilishning zamonaviy, distansion usullarini, loyihalash jarayonida simulyatsiyalovchi dasturlardan foydalanishni, ularning mazmun mohiyatini hamda amaliy natijalar olishda zamonaviy yondashuv usullarini o‘rgatishdan iborat.

Modulning vazifalari - tinglovchilarda elektronikada sxemotexnik loyihalashning o‘ziga xos jihatlari, zamonaviy Buck-Booster o‘zgartgichlar, Yarimo‘tkazgich materiallar va ularning elektronikadagi o‘rni va kelajagi. *p-n* o‘tish va uning xossalari, tranzistorlar va katta quvvatli kalitlar, mikrokontrollerlardan foydalangan holda elektron sxemalar asosidagi loyihalarni yaratishni o‘rgatishdir.

Modul bo‘yicha tinglovchilarning bilimi, ko‘nikmasi, malakasi va kompetensiyalariga qo‘yiladigan talablar

“Elektronikaning zamonaviy holati, rivojlanish tendentsiyalari” modulini o‘zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida:

Tinglovchi:

- Elektr toki va uning hosil bo‘lish asoslari;
- Elektronikada “+” va “-” tushunchalarining mohiyati;
- O‘zgarmas tok zanjirlar nazariyasi;
- O‘zgaruvchan tok zanjirlar nazariyasi;
- Aktiv qarshilik, kondensator, induktiv g‘altaklarning ishlash tamoyili.
- Diodlarning ishlash tamoyili;
- Tranzistorlarning ishlash tamoyili;
- Tiristorlarning ishlash tamoyili;
- Fotoelektrik elementlarning ishlash tamoyili;

- Integral sxemalar va ularning turlarini;
- Kuchaytirgichlar va ularning turlarini;
- Operatsion kuchaytirgichlar va ularning turlari;
- Operatsion kuchaytirgichlarning ishlash tamoyili;
- Proteus dasturi va uning imkoniyatlari;
- Altium designer dasturi va uning imkoniyatlari;
- Mikrokontrollerlar registrlari;
- Mikrokontrollerlarning ichki yordamchi qurilmalari;
- Mikrokontrollerlarni dasturlash asoslari;
- Elektr xavfsizligi va standartlari haqida **tasavvur va bilimga ega bo'lishi lozim**.

Tinglovchi:

- maket platalarni sxemalar yig'ishda qo'llash;
- o'zgaruvchan va o'zgarmas tok asosiy parametrlarini farqlash;
- elektr toki manbalaridan to'g'ri foydalanish;
- funksional va prinsipial elektr sxemalarni chizish;
- elektr zanjir elementlari ustida tajriba o'tkazish;
- elektr sxemalardan funksional qurilma yaratish;
- elektr sxemalarni simulyatsion dasturlardan foydalanib ishlashini tekshirish;
- analog elektron zanjirlarni yig'ish;
- operatsion kuchaytirgichlarni qo'llash;
- raqamli elektron zanjirlarni yig'ish;
- raqamli mikrosxemalar bilan ishlash;
- mikroprotsessorlar bilan ishlash;
- mikrokontrollerlar bilan ishlash;
- katta quvvatli elektron zanjirlar tuzish **ko'nikmalariga ega bo'lishi lozim.**

Tinglovchi:

- belgilangan elektron qurilma uchun loyihalar tuzish;
- elektron zanjirlarni mustaqil yaratish;
- o'lchov asboblaridan to'g'ri foydalanishni bilish;

- kovsharlash jarayonlarini o‘tkazish;
- texnik vositalarning hujjatlarini yurgizish;
- mikrokontrollerlar uchun dastur tuzish;
- elektronikada sun’iy intellect elementlarini qo‘llash;
- onlayn ochiq platformalardan foydalanish **malakalariga ega bo‘lishi zarur.**

Tinglovchi:

- loyihalarni amaliyotga joriy qilish;
- laboratoriya qurilmalarini yaratish;
- dastur asosida qurilmalarni boshqarish;
- elektron qurilmalarni internet tarmog‘idan boshqarish;
- katta quvvatli qurilmalarni ishga tushirish;
- Altium Designer, Proteus, EasyEDA va boshqa kompyuter dasturlarida elektron qurilmalar modellarni yaratish **kompetensiyalariga ega bo‘lishi lozim.**

Modulni tashkil etish va o‘tkazish bo‘yicha tavsiyalar

“Elektronikaning zamonaviy holati, rivojlanish tendentsiyalari” moduli ma’ruza, amaliy mashg‘ulot va ko‘chma mashg‘ulotlar shaklida olib boriladi.

Modulni o‘qitish jarayonida ta’limning zamonaviy usullari (metod), pedagogik texnologiyalar va axborot-kommunikatsiya texnologiyalari qo‘llanilishi nazarda tutilgan:

- ma’ruza darslarida zamonaviy kompyuter texnologiyalari yordamida taqdimot (prezentatsiya) va elektron-didaktik texnologiyalardan;

- o‘tkaziladigan amaliy mashg‘ulotlarda texnik vositalardan, ekspress-so‘rovlar, test so‘rovlari, aqliy hujum, guruhli fikrlash, kichik guruhlar bilan ishlash, kollokvium o‘tkazish va boshqa inter faol (interaktiv) ta’lim usullarini qo‘llash nazarda tutiladi.

Modulning o‘quv rejadagi boshqa modullar bilan bog‘liqligi va uzviyligi

“Elektronikaning zamonaviy holati, rivojlanish tendentsiyalari” moduli mazmuni o‘quv rejadagi “Raqamli ta’lim resurslari va dasturiy mahsulotlarini o‘quv

jarayoniga faol tatbiq etilishini tashkil etish”, “Raqamli ta’lim resursini pedagogik loyihalash texnologiyasi asoslarini o‘zlashtirish”, “Katta quvvatli elektronika”, “Raqamli elektronika”, “Nanoelektronika”, “Mikrokontrollerlarni dasturlash”, “Yarimo‘tkazgichlar fizikasi” va “Mikrosxemotexnika” o‘quv modullari bilan uzviy bog‘langan holda pedagoglarning elektronika va asbobsozlik sohasini chuqurroq egallashga, hamda kasbiy pedagogik tayyorgarlik darajasini oshirishga xizmat qiladi.

Modulning oliy ta’limdagi o‘rni

Modulni o‘zlashtirish orqali tinglovchilar eng so‘nggi texnologiyalar, ularning ishlash tamoyillari, ularnini loyihalashtirish asoslari va amaliyotga qo‘llash bo‘yicha bilimlarga ega bo‘ladilar. Elektronika qishloq xo‘jaligida, maishiy texnikada, meditsinada, harbiy sohada, ishlab chiqarishda va kosmosda ajralmas qismga aylanib bo‘ldi va shu sohalar bilan birgalikda rivojlanib bormoqda. Elektronikaning rivojlanishi barcha sohalarda ko‘tarilishga olib keladi. Boshqacha so‘z balan aytadigan bo‘lsak, elektronika – barqaror taraqqiyotning ustunlaridan biri. Shunday ekan elektronika sohasida zamonaviy yutuqlardan nafaqat xabardor bo‘lish, balki yangi elektron asboblarni loyihalashtirish, ishlab chiqarish, amaliyotga joriy qilish muhim vazifalardan biri. Bu borada muhandis pedagog kadrlarni so‘ggi yangiliklardan xabardor qilish, mahoratli kadrlarni tayyorlash bo‘yicha fikr almashinish muhim ahamiyat kasb etadi. So‘nggi yillarda elektronikaning energiya ishlab chiqarishdagi hissasi quyosh elementlari misolida yaqqol namoyon bo‘lmoqda. Bundan tashqari jamiyatimizga elektromobillarning kirib kelishi va ularning keng tarqaliishi elektronikaning yutuqlaridan biri. Hozirda elektron qurilmalar sun’iy intellekt bilan qurollantirilmoqda. Bunda dasturiy ta’minot bilan elektron apparatning integratsiyasi muhim ahamiyatga ega. Demak elektronika sohasida ishlovchi zamonaviy mutaxassis ham dasturlash, ham sxemotexnikani mukammal bilishi kerak.

Modul bo‘yicha soatlar taqsimoti

№	Modul mavzulari	Tinglovchining o‘quv yuklamasi, soat			
		Jami	Nazariy	Amaliy mashg‘ ulot	Ko‘ chma mashg‘ ulot
1.	**Elektronikaning rivojlanish tendensiyalari va istiqbollari.** Elektronikaning rivojlanish tarixi va istiqbollari. Elektronika va asbobsozlik sohasida ilmiy tadqiqot ishlarni amalga oshirishning metodlari hamda ulardan foydalanish usullari. Elektron sxemalar turlari va rivojlanish dinamikasi. Elekton qurilmalarning sanoatda qo‘llanilishi.	4	2	2	
2.	**Zamonaviy Buck-Booster o‘zgartgichlar.** Rezistorlar, kondensator va induktiv g‘altaklarning zamonaviy elektronikada qo‘llanilishi. Kuchlanishni kuchaytiruvchi va pasaytiruvchi o‘zgartirgichlar.	4	2	2	
3.	**Yarımo‘tkazgıch diodlarnıng zamonaviy turlari va qo‘llanilishi.** Yarimo‘tkazgich materiallar va ularning xossalari. *p-n* o‘tish va uning xossalari. Diodlar qo‘llaniladigan sxemalardagi muammolar.	4	2	2	
4.	**Tranzistorlarning zamonaviy elektronikada o‘rni.** Maydonli va bipolyar tranzistorlarning afzalliklari va kamchiliklari. Gibrid tranzistorlarning yutuqlari va kamchiliklari.	4	2	2	
5.	***Zamonaviy elektronikada operatsion kuchaytirgichlar.*** ***Opretsion kuchaytirgich (OK) lar tuzilishi va asosiy parametrlari. OK larni sxemaga ulash turlari. OK lar ishlatiladigan zamonaviy sxemalar.***	4	2	2	
6	**Zamonaviy yarimo‘tkazgichli kalitlar.** Yarimo'tkazgich kalitlarning parametrlari. Katta quvvatli kalitlar texnologiyasining rivojlanishi. Yarimo‘tkazgichli kalitlarning qo‘llanilish sohalari. Tiristorlar va dinistorlar.	4	2	2	
7	**Mantiq elementlarining zamonaviy raqamli elektronikadagi o‘rni.** Zamonaviy triggerlar va	4	2	2	

	registrlar. Shifratorlar, deshifratorlar, summatorlar, xotira elementlari.				
8	**Hozirgi zamonaviy dasturlanadigan mikrosxemalar va mikrokontrollerlar.** Mikrokontrollerlarning yordamchi qurilmalari va ularni dastur asosida ishga tushirish hamda to‘xtatish. Raqmli ma’lumotlarni mikrokontrollerlar yordamida qabul qilib olish, qayta ishlash va uzatish. Internet narsalari (IoT) bilan ishlash. Mashinani o‘qitish. Mikrokontrollerlarda sun’iy intellektni qo‘llash.	10	2	2	6
9	**Zamonaviy bosma platalar.** Bosma platalar tayyorlash texnologiyalari. Elementlarni bosma plataga montaj qilishdagi muammolar. Kovsharlashning zamonaviy turlari va nuqsonlari. Zamonaviy elektron texnikani sozlash va ta’mirlash usullari.	8		2	6
	Jami:	**46**	**16**	**18**	**12**

NAZARIY MASHG‘ULOTLAR MAZMUNI

1-mavzu. Elektronikaning rivojlanish tendensiyalari va istiqbollari.

Elektronikaning rivojlanish tarixi va istiqbollari. Elektronika va asbobsozlik sohasida ilmiy tadqiqot ishlarni amalga oshirishning metodlari hamda ulardan foydalanish usullari. Elektron sxemalar turlari va rivojlanish dinamikasi. Elekton qurilmalarning sanoatda qo‘llanilishi.

2-mavzu. Zamonaviy Buck-Boost o‘zgartgichlar.

Rezistorlar, kondensator va induktiv g‘altaklarning zamonaviy elektronikada qo‘llanilishi. Kuchlanishni kuchaytiruvchi va pasaytiruvchi o‘zgartirgichlar. Sxemalarda o‘tish jarayonlari. Teskari aloqa zanjiri orqali chiqish kuchlanishini bir qiymatda ushlab turish.

3-mavzu. Yarımo‘tkazgıch diodlarnıng zamonaviy turlari va qo‘llanilishi.

Yarimo‘tkazgich materiallar va ularning xossalari. *p-n* o‘tish va uning xossalari. Diodlar qo‘llaniladigan sxemalardagi muammolar.

4-mavzu. Tranzistorlarning zamonaviy elektronikada o‘rni.

Maydonli va bipolyar tranzistorlarning afzalliklari va kamchiliklari. Gibrid tranzistorlarning yutuqlari va kamchiliklari.

5-mavzu. ***Zamonaviy elektronikada operatsion kuchaytirgichlar.***

Opretsion kuchaytirgich (OK) lar tuzilishi va asosiy parametrlari. OK larni sxemaga ulash turlari. OK lar ishlatiladigan zamonaviy sxemalar.

6-mavzu. Zamonaviy yarimo‘tkazgichli kalitlar.

Yarimo'tkazgich kalitlarning parametrlari. Katta quvvatli kalitlar texnologiyasining rivojlanishi. Yarimo‘tkazgichli kalitlarning qo‘llanilish sohalari. Tiristorlar va dinistorlar.

7-mavzu. Mantiq elementlarining zamonaviy raqamli elektronikadagi o‘rni.

Zamonaviy triggerlar va registrlar. Shifratorlar, deshifratorlar, summatorlar, xotira elementlari.

8-mavzu. Hozirgi zamonaviy dasturlanadigan mikrosxemalar va mikrokontrollerlar.

Mikrokontrollerlarning yordamchi qurilmalari va ularni dastur asosida ishga tushirish hamda to‘xtatish. Raqmli ma’lumotlarni mikrokontrollerlar yordamida qabul qilib olish, qayta ishlash va uzatish. Internet narsalari (IoT) bilan ishlash. Mashinani o‘qitish. Mikrokontrollerlarda sun’iy intellektni qo‘llash.

AMALIY MASHG‘ULOTLAR MAZMUNI

1-amaliy mashg‘ulot. Elektron sxemalar turlari va rivojlanish tendensiyasi.

Elektronikaning rivojlanish tarixi va istiqbollari. Elektron sxemalar turlari va rivojlanish tendensiyasini o‘rganish.

2-amaliy mashg‘ulot. Zamonaviy Buck-Boost o‘zgartgichlar.

Kuchlanishni kuchaytiruvchi va pasaytiruvchi o‘zgartirgichlar. Sxemalarda o‘tish jarayonlari. Teskari aloqa zanjiri orqali chiqish kuchlanishini bir qiymatda ushlab turish.

3- amaliy mashg‘ulot. Diodlar qo‘llaniladigan sxemalardagi muammolar.

Yarımo‘tkazgıch diodlarnıng zamonaviy turlari va qo‘llanilishi. Yarimo‘tkazgich materiallar va ularning xossalari. *p-n* o‘tish va uning xossalarini o‘rganish.

4-amaliy mashg‘ulot. Tranzistorlarning zamonaviy elektronikada qo‘llanilishi.

Maydonli va bipolyar tranzistorlarning afzalliklari va kamchiliklari. Gibrid tranzistorlarning yutuqlari va kamchiliklarini tahlil qilish va ularni tanlashni o‘rganish.

5-amaliy mashg‘ulot. ***Zamonaviy elektronikada operatsion kuchaytirgichlar.***

Opretsion kuchaytirgich (OK) lar tuzilishi va asosiy parametrlari. OK larni sxemaga ulash turlari. OK lar ishlatiladigan zamonaviy sxemalarni o‘rganish.

6-amaliy mashg‘ulot. Yarimo'tkazgich kalitlarning parametrlari.

Zamonaviy yarimo‘tkazgichli kalitlar. Katta quvvatli kalitlar texnologiyasining rivojlanishi. Yarimo‘tkazgichli kalitlarning qo‘llanilish sohalari. Tiristorlar va dinistorlar asosidagi sxemalarni o‘rganish.

7-amaliy mashg‘ulot. Zamonaviy triggerlar va registrlarni o‘rganish.

Mantiq elementlarining zamonaviy raqamli elektronikadagi o‘rni. Shifratorlar, deshifratorlar, summatorlar, xotira elementlari asosidagi sxemalarni o‘rganish.

8-amaliy mashg‘ulot. Dasturlanadigan mikrosxemalar va mikrokontrollerlar.

Mikrokontrollerlarning yordamchi qurilmalari va ularni dastur asosida ishga tushirish hamda to‘xtatish. Raqmli ma’lumotlarni mikrokontrollerlar yordamida qabul qilib olish, qayta ishlash va uzatish. Internet narsalari (IoT) bilan ishlash. Mashinani o‘qitish. Mikrokontrollerlarda sun’iy intellektni qo‘llash.

9-amaliy mashg‘ulot. Zamonaviy bosma platalar tayyorlash texnologiyalari.

Bosma platalar tayyorlash texnologiyalari. Elementlarni bosma plataga montaj qilishdagi muammolar. Kovsharlashning zamonaviy turlari va nuqsonlari. Zamonaviy elektron texnikani sozlash va ta’mirlash usullarini o‘rganish.

KO‘CHMA MASHG‘ULOTLAR MAZMUNI

1-mavzu: Hozirgi zamonaviy dasturlanadigan mikrosxemalar va mikrokontrollerlar.

2-mavzu: Zamonaviy bosma platalar tayyorlash texnologiyalari.

Ko‘chma mashg‘ulotda tinglovchilarni “Artel Electronics” MChJ ga olib borish ko‘zda tutilgan. Mavzu yuzasidan yangi texnika texnologiyalar va ishlab chiqarish bilan tanishish rejalashtirilgan.

TA’LIMNI TASHKIL ETISHNING SHAKLLARI

Ta’limni tashkil etish shakllari aniq o‘quv materiali mazmuni ustida ishlayotganda o‘qituvchini tinglovchilar bilan o‘zaro harakatini tartiblashtirishni, yo‘lga qo‘yishni, tizimga keltirishni nazarda tutadi.

Modulni o‘qitish jarayonida quyidagi ta’limning tashkil etish shakllaridan foydalaniladi:

- ma’ruza;
- amaliy mashg‘ulot.

O‘quv ishini tashkil etish usuliga ko‘ra:

- jamoaviy;
- guruhli (kichik guruhlarda, juftlikda);
- yakka tartibda.

Jamoaviy ishlash – bunda o‘qituvchi guruhlarning bilish faoliyatiga rahbarlik qilib, o‘quv maqsadiga erishish uchun o‘zi belgilaydigan didaktik va tarbiyaviy vazifalarga erishish uchun xilma-xil usullardan (metod) foydalanadi.

Guruhlarda ishlash – bu o‘quv topshirig‘ini hamkorlikda bajarish uchun tashkil etilgan, o‘quv jarayonida kichik guruhlarda ishlashda (3 tadan – 7 tagacha ishtirokchi) faol rol o‘ynaydigan ishtirokchilarga qaratilgan ta’limni tashkil etish shaklidir. O‘qitish usuliga (metod) ko‘ra guruhni kichik guruhlarga, juftliklarga va guruhlarora shaklga bo‘lish mumkin.

Bir turdagi guruhli ish o‘quv guruhlari uchun bir turdagi topshiriq bajarishni nazarda tutadi.

Tabaqalashgan guruhli ish guruhlarda turli topshiriqlarni bajarishni nazarda tutadi.

Yakka tartibdagi shaklda - har bir ta'lim oluvchiga alohida – alohida mustaqil vazifalar beriladi hamda vazifaning bajarilishi nazorat qilinadi.

Adabiyotlar

1. Mirziyoev Sh.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz. – T.: "O'zbekiston", 2017. – 488 b.
2. Mirziyoev Sh.M. Milliy taraqqiyot yo'limizni qat'iyat bilan davom ettirib, yangi bosqichga ko'taramiz. 1-jild. – T.: "O'zbekiston", 2017. – 592 b.
3. Mirziyoev Sh.M. Xalqimizning roziligi bizning faoliyatimizga berilgan eng oliy bahodir. 2-jild. T.: "O'zbekiston", 2018. – 507 b.
4. Mirziyoev Sh.M. Niyati ulug' xalqning ishi ham ulug', hayoti yorug' va kelajagi farovon bo'ladi. 3-jild.– T.: "O'zbekiston", 2019. – 400 b.
5. Mirziyoev Sh.M. Milliy tiklanishdan – milliy yuksalish sari. 4-jild.– T.: "O'zbekiston", 2021. – 400 b.
6. Jonathan Bartlett. Electronics for Beginners: A Practical Introduction to Schematics, Circuits, and Microcontrollers. Tulsa, OK, USA, 2020.
7. Kevin Robinson. Practical audio electronics. 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon OX14 4RN, 2020.
8. Pradeeka Seneviratne. Building Arduino PLCs: The essential techniques you need to develop Arduino-based PLCs – Sri Lanka: Springer Science+Business Media New York – 2017.
9. Kimmo Karvinen and Tero Karvinen. Getting Started with Sensors. – Printed in the United States of America. – Published by Maker Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472. – 2014.
10. Белов А.В. Разработка устройств на микроконтроллерах AVR: шагаем от «чайника» до профи. Книга + видеокурс на CD. — Санкт-Петербург: Наука и Техника. - 2013.
11. Ўлжаев Э. Микропроцессорлар ва микроЭҲМ асослари. Ўқув қўлланма.- Т.: Фарзай-полиграф, 2012.- 364 б.
12. Paul Scherz and Simon Monk. Practical Electronics for Inventors, Fourth Edition. McGraw-Hill Education. 2016. P. 1056.
13. Nazirov Sh.A., Qobulov R.V., Bobojonov M.R., Raxmanov Q.S. C va C++ tili. T.:- Voris-nashriyot, 2013. - 488 b.
14. Alex Allain. Jumping into C++. USA, 2014. p 340.

Internet saytlar

1. http://edu.uz – O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi.
2. http://lex.uz – O'zbekiston Respublikasi Qonun hujjatlari ma'lumotlari milliy bazasi.
3. http://bimm.uz – Oliy ta'lim tizimi pedagog va rahbar kadrlarini qayta

tayyorlash va ularning malakasini oshirishni tashkil etish bosh ilmiy-metodik markazi.

4. http://ziyonet.uz – Ta’lim portali ZiyoNET
5. http://natlib.uz – Alisher Navoiy nomidagi O‘zbekiston Milliy kutubxonasi
6. http://www.arduino.cc/en/
7. http://mooc.org/
8. https://www.edx.org/
9. https://ru.coursera.org/
10. https://www.udemy.com/
11. https://www.codecademy.com/
12. https://ru.khanacademy.org/

II. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA’LIM METODLARI

“SWOT-tahlil” metodi.

Metodning maqsadi: mavjud nazariy bilimlar va amaliy tajribalarni tahlil qilish, taqqoslash orqali muammoni hal etish yo‘llarni topishga, bilimlarni mustahkamlash, takrorlash, baholashga, mustaqil, tanqidiy fikrlashni, nostandart tafakkurni shakllantirishga xizmat qiladi.

S – (strength)	• kuchli tomonlari
W – (weakness)	• kuchsiz tomonlari
O – (opportunity)	• imkoniyatlari
T – (threat)	• xavf-xatarlar

Metodning qo‘llanilishi: Boost konvertorlarning SWOT tahlilini ushbu jadvalga tushiring.

S	Boost konvertorlarning kuchli tomonlari	O‘lchami va massasi kichikligi …
W	Boost konvertorlarning kuchsiz tomonlari	Elektromagnit shovqinlar paydo bo‘lishi ...
O	Boost konvertorlardan foydalanishning imkoniyatlari	Texnologiyaning rivojlanishiga olib keladi ...
T	Boost konvertorlar uchun to‘siqlar	Bozordagi noturg‘unlik ...

«Xulosalash» (Rezyume, Veer) metodi

Metodning maqsadi: Bu metod murakkab, ko‘ptarmoqli, mumkin qadar, muammoli xarakteridagi mavzularni o‘rganishga qaratilgan. Metodning mohiyati shundan iboratki, bunda mavzuning turli tarmoqlari bo‘yicha bir xil axborot beriladi va ayni paytda, ularning har biri alohida aspektlarda muhokama etiladi. Masalan, muammo ijobiy va salbiy tomonlari, afzallik, fazilat va kamchiliklari, foyda va zararlari bo‘yicha o‘rganiladi. Bu interfaol metod tanqidiy, tahliliy, aniq mantiqiy fikrlashni muvaffaqiyatli rivojlantirishga hamda o‘quvchilarning mustaqil g‘oyalari, fikrlarini yozma va og‘zaki shaklda tizimli bayon etish, himoya qilishga imkoniyat yaratadi. “Xulosalash” metodidan ma`ruza mashg‘ulotlarida individual va juftliklardagi ish shaklida, amaliy va seminar mashg‘ulotlarida kichik guruhlardagi ish shaklida mavzu yuzasidan bilimlarni mustahkamlash, tahlili qilish va taqqoslash maqsadida foydalanish mumkin.

Metodni amalga oshirish tartibi:

Trener-o‘qituvchi ishtirokchilarni 5-6 kishidan iborat kichik guruhlarga ajratadi;

trening maqsadi, shartlari va tartibi bilan ishtirokchilarni tanishtirgach, har bir guruhga umumiy muammoni tahlil qilinishi zarur bo‘lgan qismlari tushirilgan tarqatma materiallarni tarqatadi;

har bir guruh o‘ziga berilgan muammoni atroflicha tahlil qilib, o‘z mulohazalarini tavsiya etilayotgan sxema bo‘yicha tarqatmaga yozma bayon qiladi;

navbatdagi bosqichda barcha guruhlar o‘z taqdimotlarini o‘tkazadilar. Shundan so‘ng, trener tomonidan tahlillar umumlashtiriladi, zaruriy axborotlar bilan to‘ldiriladi va mavzu yakunlanadi.

Metodning qo‘llanilishi:

Elektr yoyli payvandlash					
Yoyli dastakli		**Flyus ostida**		**Himoya gaz muhitida**	
afzalligi	kamchiligi	afzalligi	kamchiligi	afzalligi	kamchiligi
Xulosa:					

“Keys-stadi” metodi

«Keys-stadi» - inglizcha so‘z bo‘lib, («case» – aniq vaziyat, hodisa, «stadi» – o‘rganmoq, tahlil qilmoq) aniq vaziyatlarni o‘rganish, tahlil qilish asosida o‘qitishni amalga oshirishga qaratilgan metod hisoblanadi. Mazkur metod dastlab 1921 yil Garvard universitetida amaliy vaziyatlardan iqtisodiy boshqaruv fanlarini o‘rganishda foydalanish tartibida qo‘llanilgan. Keysda ochiq axborotlardan yoki aniq voqea-hodisadan vaziyat sifatida tahlil uchun foydalanish mumkin. Keys harakatlari o‘z ichiga quyidagilarni qamrab oladi: Kim (Who), Qachon (When), Qaerda (Where), Nima uchun (Why), Qanday/ Qanaqa (How), Nima-natija (What).

“Keys metodi” ni amalga oshirish bosqichlari

Ish bosqichlari	Faoliyat shakli va mazmuni
1-bosqich: Keys va uning axborot ta`minoti bilan tanishtirish	✓ yakka tartibdagi audio-vizual ish; ✓ keys bilan tanishish(matnli, audio yoki media shaklda); ✓ axborotni umumlashtirish; ✓ axborot tahlili; ✓ muammolarni aniqlash
2-bosqich: Keysni aniqlashtirish va o‘quv topshirig‘ni belgilash	✓ individual va guruhda ishlash; ✓ muammolarni dolzarblik ierarxiyasini aniqlash; ✓ asosiy muammoli vaziyatni belgilash
3-bosqich: Keysdagi asosiy muammoni tahlil etish orqali o‘quv topshirig‘ining echimini izlash, hal etish yo‘llarini ishlab chiqish	✓ individual va guruhda ishlash; ✓ muqobil yechim yo‘llarini ishlab chiqish; ✓ har bir yechimning imkoniyatlari va to‘siqlarni tahlil qilish; ✓ muqobil yechimlarni tanlash

4-bosqich: Keys echimini echimini shakllantirish va asoslash, taqdimot.	✓ yakka va guruhda ishlash; ✓ muqobil variantlarni amalda qo‘llash imkoniyatlarini asoslash; ✓ ijodiy-loyiha taqdimotini tayyorlash; ✓ yakuniy xulosa va vaziyat yechimining amaliy aspektlarini yoritish

Keys. 09Г2С markali po‘latdan tayyorlangan kosinka devorga payvandlangan va gorizontal yo‘nalgan P kuch bilan yuklangan. 1)Payvand birikma mustaxkamligi xisoblansin. 2) Kuchni vertikal xolda yo‘naltirish mumkinligi tekshirilsin. H=200mm, a=160mm, k=5mm, P=4000kg, [σ]=2000kg/sm^2

«FSMU» metodi

Texnologiyaning maqsadi: Mazkur texnologiya ishtirokchilardagi umumiy fikrlardan xususiy xulosalar chiqarish, taqqoslash, qiyoslash orqali axborotni o‘zlashtirish, xulosalash, shuningdek, mustaqil ijodiy fikrlash ko‘nikmalarini shakllantirishga xizmat qiladi. Mazkur texnologiyadan ma`ruza mashg‘ulotlarida, mustahkamlashda, o‘tilgan mavzuni so‘rashda, uyga vazifa berishda hamda amaliy mashg‘ulot natijalarini tahlil etishda foydalanish tavsiya etiladi.

F	• fikringizni bayon eting
S	• fikringizni bayoniga sabab ko‘rsating
M	• ko‘rsatgan sababingizni isbotlab misol keltiring
U	• fikringizni umumlashtiring

Texnologiyani amalga oshirish tartibi:

- qatnashchilarga mavzuga oid bo‘lgan yakuniy xulosa yoki g‘oya taklif etiladi;
- har bir ishtirokchiga FSMU texnologiyasining bosqichlari yozilgan qog‘ozlarni tarqatiladi:
- ishtirokchilarning munosabatlari individual yoki guruhiy tartibda taqdimot qilinadi.

FSMU tahlili qatnashchilarda kasbiy-nazariy bilimlarni amaliy mashqlar va mavjud tajribalar asosida tezroq va muvaffaqiyatli o‘zlashtirilishiga asos bo‘ladi.

Mavzuga qo‘llanilish:

Fikr: pechat platalarda sirtda montaj – bu yuqori samaradorli usuldir.

Topshiriq: Mazkur fikrga nisbatan munosabatingizni FSMU orqali tahlil qiling.

“Assesment” metodi

Metodning maqsadi: mazkur metod ta`lim oluvchilarning bilim darajasini baholash, nazorat qilish, o‘zlashtirish ko‘rsatkichi va amaliy ko‘nikmalarini tekshirishga yo‘naltirilgan. Mazkur texnika orqali ta`lim oluvchilarning bilish faoliyati turli yo‘nalishlar (test, amaliy ko‘nikmalar, muammoli vaziyatlar mashqi, qiyosiy tahlil, simptomlarni aniqlash) bo‘yicha tashhis qilinadi va baholanadi.

Test

1. Qaysi montajda teshik ochish talab etilmaydi?

- A. THM montaj
- B. SMT montaj
- C. Gibrid montaj

Qiyosiy tahlil

- Sirtda montaj SMT jarayonini boshqa montaj usullari bilan samaradorlik jihatdan tahlil qiling.

Tushuncha tahlili

- SMT korpuslar turlarini izohlang ...

Amaliy ko‘nikma

- SMT montajga moslangan pechat platani loyihalang.

Metodni amalga oshirish tartibi:

“Assesment” lardan ma`ruza mashg‘ulotlarida tinglovchilarning yoki qatnashchilarning mavjud bilim darajasini o‘rganishda, yangi ma`lumotlarni bayon qilishda, seminar, amaliy mashg‘ulotlarda esa mavzu yoki ma’lumotlarni o‘zlashtirish

darajasini baholash, shuningdek, o‘z-o‘zini baholash maqsadida individual shaklda

foydalanish tavsiya etiladi. Shuningdek, o‘qituvchining ijodiy yondashuvi hamda o‘quv maqsadlaridan kelib chiqib, assesmentga qo‘shimcha topshiriqlarni kiritish mumkin.

Metodning qo‘llanilishi:

Har bir katakdagi to‘g‘ri javob 5 ball yoki 1-5 balgacha baholanishi mumkin.

“Bilaman / Bilishni hohlayman / Bilib oldim” metodi (B-B-B)

“Bilaman / Bilishni hohlayman / Bilib oldim” metodi - yangi o‘tiladigan mavzu bo‘yicha tinglovchilarning birlamchi bilimlarini aniqlash yoki o‘tilgan mavzuni qay darajada o‘zlashtirganligini aniqlash uchun ishlatiladi. Metodni amalga oshirish uchun sinf doskasiga yangi o‘tiladigan mavu bo‘yicha asosiy tushuncha va iboralar yoziladi, tinglovchi berilgan vazifani o‘zlariga belgilaydi. Yuqorida berilgan tushuncha iboralarni bilish maqsadida quyidagi chizma chiziladi:

Bilaman	**Bilishni hohlayman**	**Bilib oldim**

Ushbu metodda tinglovchi berilgan vazifani yakka tartibda yoki jutlikda jadvalni to‘ldiradi. Ya’ni taxminan biz nimani bilamiz ustunida ro‘yxat tuzish fikrlarni toifalar bo‘yicha guruhlash. Bilishni hohlayman ustuni uchun savollar olish va savollarni o‘ylab belgilar qo‘yish. Biz nimani bildik ustuniga asosiy fikrlarni yozish.

Mavzuga qo‘llanilishi:

Bilaman	**Bilishni hohlayman**	**Bilib oldim**
Kovsharlar turlari va ularning sinflanishi: _____	_____ _____	_____ _____
Elementlarni kovsharlash: _____	_____	_____
Mikrosxemalarni kovsharlash: _____	_____ _____	_____ _____

“5 daqiqali esse” metodi

Esse metodi – fransuzcha tajriba, dastlabki loyiha, shaxsning biror mavzuga oid yozma ravishda ifodalangan dastlabki mustaqil erkin fikri. Bunda tinglovchi o‘zining mavzu bo‘yicha taassurotlari, g‘oyasi va qarashlarini erkin tarzda bayon qiladi. Esse yozishda hayolga kelgan dastlabki fikrlarni zudlik bilan qog‘ozga tushirish, iloji boricha ruchkani qog‘ozdan uzmasdan - to‘xtamasdan yozish, so‘ngra matnni qayta tahlil qilib, takomillashtirish tavsiya etiladi. Mana shundagina yozilgan essening haqqoniy bo‘lishi e’tirof etilgan. Esseni muayyan mavzu, tayanch tushuncha yoki erkin mavzuga bag‘ishlab yozish maqsadga muvofiq. Ba’zan, ayniqsa tarbiyaviy soatlarda ta’lim oluvchilarga o‘zlariga yoqqan mavzu bo‘yicha esse yozdirish ham yaxshi natija beradi.

Yozma topshiriqning ushbu turi tinglovchilarning mavzuga doir o‘z mustaqil fikrlarini ifodalay olishga yordam berish va o‘qituvchiga o‘z tinglovchilari o‘quv materiali bilan tanishganda qaysi jihatlariga ko‘proq e’tibor berishlari xususida fikrlash imkonini beradi. Aniq qilib aytganda, tinglovchilardan quyidagi ikki topshiriqni bajarish: mazkur mavzu bo‘yicha ular nimalarni o‘rganganliklarini mustaqil bayon etish va ular baribir javobini ololmagan bitta savol berishni so‘raladi.

“Venn diagramma” metodi

Metodning maqsadi: Bu metod grafik tasvir orqali o‘qitishni tashkil etish shakli bo‘lib, u ikkita o‘zaro kesishgan aylanalar tasviri orqali ifodalanadi. Mazkur metod turli tushunchalar, asoslar, tasavvurlarning analiz va sintezini ikki aspekt orqali ko‘rib chiqish, ularning umumiy va farqlovchi jihatlarini aniqlash, taqqoslash imkonini beradi.

Metodni amalga oshirish tartibi:

• ishtirokchilar ikki kishidan iborat juftliklarga birlashtiriladilar va ularga ko‘rib chiqilayotgan tushuncha yoki asosning o‘ziga xos, farqli jihatlarini (yoki aksi) doiralar ichiga yozib chiqish taklif etiladi;

• navbatdagi bosqichda ishtirokchilar to‘rt kishidan iborat kichik guruhlarga birlashtiriladi va har bir juftlik o‘z tahlili bilan guruh a’zolarini tanishtiradilar;

• juftliklarning tahlili eshitilgach, ular birgalashib, ko‘rib chiqilayotgan muammo yohud tushunchalarning umumiy (yoki farqli) jihatlarini izlab topadilar, umumlashtiradilar va doirachalarning kesishgan qismiga yozadilar.

Tasavvur qilaylik, bizda uchta funksional blokdan iborat elektron qurilma bor: boshqaruv bloki (Control Unit), ma’lumotlarni qayta ishlash bloki (Data Processing Unit) va aloqa bloki (Communication Unit). Har bir blok qanday funksiyalarni bajarishini va qaysi funksiyalar bloklar o‘rtasida mos kelishini tahlil qilishimiz kerak.

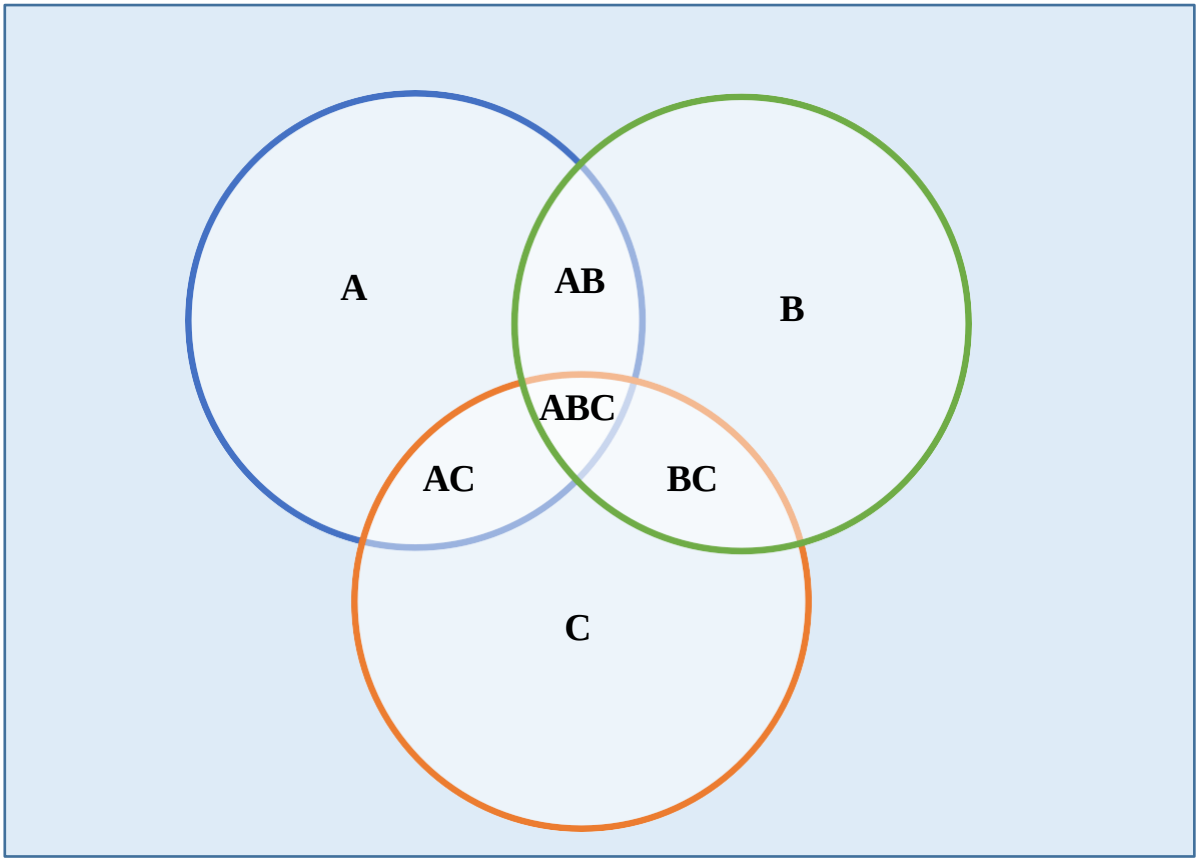
Buni Venn diagrammasida quyidagicha ifodalashimiz mumkin:

A to'plami: Boshqarish bloki funktsiyalari.

B to'plami: Ma’lumotlarni qayta ishlash blokining funksiyalari.

C to'plami: Aloqa bloki funksiyalari.

Keyin Venn diagrammasini yaratishimiz mumkin, bunda kesishish joylari bir vaqtning o‘zida bir nechta bloklar tomonidan bajariladigan funksiyalarni ko‘rsatadi:



III. NAZARIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI

1- ma’ruza. Elektronikaning zamonaviy holati, rivojlanish tendensiyalari

Reja:

1.1. Dunyo elektronika bozorining asosiy ko‘rsatkichlari.

1.2. Elektron sxemalar turlari va rivojlanish dinamikasi.

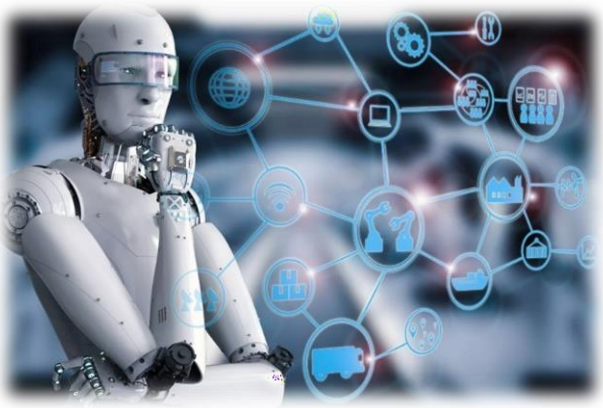
1.3. Elekton qurilmalarning barcha sanoatdagi imkoniyatlari.

Kirish

Zamonaviy elektronika tez rivojlanish va doimiy o‘zgarish holatida. Hozirgi holat va rivojlanish tendentsiyalarining asosiy jihatlaridan ba'zilari:

1. **Buyumlar interneti (IoT) (buyumlar tarmog‘i):** Har yili maishiy texnikadan tortib sanoat uskunalarigacha bo‘lgan ko‘plab qurilmalar Internetga ulanmoqda. Bu qurilmalarni masofadan boshqarish va kuzatish, shuningdek, katta hajmdagi ma’lumotlarni to‘plash va tahlil qilish imkoniyatini yaratadi.

2. **Sun’iy intellekt va mashinani o‘rgatish:** Sun’iy intellekt va mashinani o‘rganish texnologiyalaridan foydalanish elektronikada tobora keng tarqalmoqda. Bu avtonom tizimlarning rivojlanishiga, nusxalarni aniqlashning yaxshilanishiga, bashoratli tahlillarga va boshqalarga olib keladi.

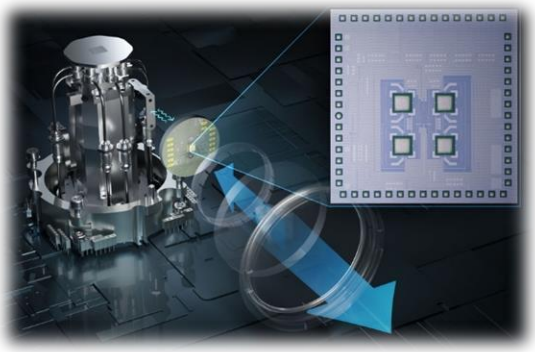


3. **Simsiz texnologiyalar:** 5G kabi simsiz texnologiyalardagi yutuqlar tezroq va ishonchli simsiz ulanishlarni ta’minlamoqda. Bu buyumlar interneti, mobil aloqa, aqlli shaharlar va boshqalar uchun yangi imkoniyatlar ochadi.

4. **Aqlli qurilmalar va aqlli uy:** Tobora ko‘proq qurilmalar **“aqlli”** bo‘lib bormoqda, ya’ni ular boshqa qurilmalar va foydalanuvchilar bilan muloqot qilish imkoniyatiga ega. Avtomatlashtirish va qulaylikni yaxshilash uchun turli xil qurilmalarni birlashtirgan aqlli uylar tobora ommalashib bormoqda.

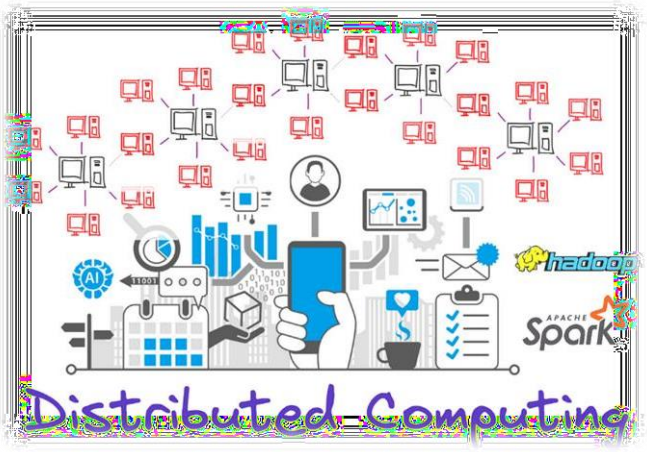
5. **Energiyani tejash va barqarorlik:** Iqlim o‘zgarishi haqida xabardorlikning ortishi bilan elektronika energiya samaradorligi va ekologik jihatdan barqaror bo‘lib bormoqda. Ishlab chiquvchilar kam quvvat sarflaydigan qurilmalar yaratishga va ekologik toza materiallardan foydalanishga intilmoqda.

6. **Kvant hisoblash va kvant elektronikasini rivojlantirish:** Kvant texnologiyalari jadal rivojlana boshladi, hisoblash, kriptografiya, zondlash va boshqa sohalarda potentsial inqilobiy imkoniyatlarni taklif etadi.



7. **Gibrid va taqsimlangan hisoblash:** Turli xil bulutli hisoblash texnologiyalari, kraudsorsing va tarqatilgan tizimlar paydo bo‘lishi bilan kompaniyalar va ishlab chiquvchilar o‘zlarining ilovalari va xizmatlarining ishlashi va ishonchliligini oshirish

uchun gibrid va taqsimlangan hisoblash modellariga tobora ko‘proq e’tibor qaratmoqda.



Ushbu tendentsiyalar elektronika hayotimizning turli jabhalarida asosiy rol o‘ynashda davom etishini va yanada aqlli, bog‘langan va barqaror tizimlar tomon rivojlanishda davom etishini ko‘rsatadi.

1.1. Dunyo elektronika bozorining asosiy ko‘rsatkichlari.

Keling, global elektronika bozorining asosiy ko'rsatkichlarini ko'rib chiqaylik:

1. **Bozor hajmi:** Bu ma'lum vaqt oralig'ida elektronika sanoatida sotilgan barcha tovar va xizmatlarning umumiy qiymati bo'lib, odatda AQSh dollarida o'lchanadi. Bozor hajmi iqtisodiy vaziyat, innovatsiyalar, mavsumiy omillar va boshqalar kabi turli omillarga qarab farq qilishi mumkin.

2. **O'sish sur'ati:** ma'lum vaqt oralig'ida bozor hajmining oldingi davrga nisbatan foiz o'zgarishi. Ijobiy o'sish sur'atlari bozor o'sishini ko'rsatadi, salbiy o'sish sur'atlari esa qisqarishni ko'rsatadi.

3. **Turkum bo'yicha sotuvlar:** Elektronika smartfonlar, planshetlar, kompyuterlar, televizorlar, maishiy texnika, butlovchi qismlar va boshqalar kabi turli xil mahsulot toifalarini o'z ichiga oladi. Har bir toifadagi sotuvlarni tahlil qilish bizga iste'mol talabini va alohida bozor segmentlarining rivojlanish tendentsiyalarini tushunishga imkon beradi.

4. **Geografik taqsimot:** Elektronika bozori global xarakterga ega va uning shartlari dunyoning turli mintaqalarida sezilarli darajada farq qilishi mumkin. Masalan, rivojlanayotgan mamlakatlarda talab tez sur'atlar bilan o'sib borayotgan bir paytda rivojlangan mamlakatlar bozori to'yingan bo'lishi mumkin.

5. **Iste'molchi tendentsiyalari:** yangi texnologiyalar, moda tendentsiyalari, turmush tarzidagi o'zgarishlar va boshqa omillar tufayli iste'molchilarning afzalliklari va talablari doimiy ravishda o'zgarib turadi. Ushbu tendentsiyalarni tahlil qilish kompaniyalarga o'z mahsulotlarini va marketing strategiyalarini moslashtirishga imkon beradi.

6. **Innovatsiyalar va yangi texnologiyalar:** Elektronika bozori innovatsiyalarning tez sur'atlari bilan ajralib turadi. Sun'iy intellekt, narsalar interneti, kengaytirilgan reallik va boshqalar kabi yangi texnologiyalarni joriy etish kompaniyalarning talabi va raqobatbardoshligiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin.

7. **Raqobat muhiti:** Elektronika bozori Apple, Samsung, Huawei, Sony, LG va boshqalar kabi yirik global o'yinchilar bilan yuqori raqobatbardoshdir. Bozor ulushlari, raqobatchilarning strategiyalari va sanoat o'zgarishlariga munosabatini tahlil qilish kompaniyalarga o'zlarining rivojlanish strategiyalarini ishlab chiqishga yordam beradi.

Ushbu ko'rsatkichlar kompaniyalarga ham, investorlarga ham, tahlilchilarga ham jahon elektronika bozorining hozirgi holati va rivojlanish istiqbollarini baholash va olingan ma'lumotlar asosida asosli qarorlar qabul qilish imkonini beradi.

1.2. Elektron sxemalar turlari va rivojlanish dinamikasi

Elektronika – bu elektron komponentlar yordamida elektr signallari va ma'lumotlarini boshqarish bilan shug‘ullanadigan soha. Bu fan va texnologiyaning keng va muhim sohasi bo‘lib, hayotimizning deyarli barcha jabhalariga ta’sir qiladi. Mobil telefonlar va kompyuterlardan tortib avtomobillar va tibbiy asboblargacha elektronika muhim rol o‘ynaydi.

Elektronika va uning roli:

• Signallar va axborot: Elektronika elektr shaklidagi signallar va axborotlarni boshqarish bilan shug‘ullanadi. U ma’lumotlarni qayta ishlash, uzatish va saqlashni o‘z ichiga oladi.

• Integral sxemalar (IS): ISlar elektronikaning asosiy elementi hisoblanadi. Ular bir nechta komponentlarni bitta chipda birlashtirib, axborotni samarali qayta ishlash imkonini beradi.

• Signalni kuchaytirish va qayta ishlash: Elektronika kuchsiz signallarni kuchaytirish, ularni qayta ishlash, filtrlash, modulyatsiya qilish, demodulyatsiya qilish va uzatish yoki tahlil qilish uchun turli shakllarga aylantirish usullarini taqdim etadi.

Elektronikaning asosiy komponentlari:

• Transistorlar: bular elektr signallarini boshqaradigan elektronikaning asosiy faol elementlari. Ular kuchaytirgichlarda, integral mikrosxemalarda va mantiqiy elementlarda keng qo‘llaniladi.

• Mantiqiy elementlar: ular raqamli shaklda axborotni qayta ishlash uchun ishlatiladi. Masalan, VA, YOKI, EMAS va hokazo mantiqiy elementlar.

• Kondensatorlar, rezistorlar, induktorlar: ushbu passiv komponentlar filtrlash, energiyani saqlash va signalni o‘zgartirish orqali elektronikada muhim rol o‘ynaydi.

Qo‘llanilish:

• Aloqa: barcha zamonaviy aloqa vositalari, jumladan telefonlar, Internet, radio, televidenie va ma’lumotlar uzatish tarmoqlari axborotni uzatish uchun elektronikaga bog‘liq.

• Kompyuterlar va axborot texnologiyalari: kompyuterlar, raqamli signallarni qayta ishlash, ma’lumotlarni saqlash va axborot texnologiyalarining barcha jihatlari asosida elektronika yotadi.

• Tibbiy texnologiya: elektronika tibbiy asbob-uskunalarda bemorlarni tashxislash, kuzatish va davolash uchun ishlatiladi.

Elektronika keng ko‘lamli ilovalarda elektr signallarini boshqarish va ma’lumotlarni qayta ishlash uchun asosdir. U turli sohalarda axborotni qayta ishlash va uzatishning yangi usullarini taqdim etuvchi rivojlanishda davom etmoqda.

Elektronikaning rivojlanish tarixi

Elektronikaning rivojlanish tarixi fizika, matematika va texnika sohalaridagi taraqqiyot bilan chambarchas bog‘liq.

1. Elektr va elektronlarning kashf etilishi:

• 19-asrda elektr tokining asosiy tamoyillari, jumladan Kulon, Om va Faraday qonunlari kashf qilindi va o‘rganildi.

• 1833 yil: Faraday elektromagnit induksiya hodisasini kashf qildi, u elektr generatorlari uchun asos bo‘lib xizmat qildi.

• 1897 yil: Jozef Tomson elektronikada muhim rol o‘ynaydigan, asosiy zarra bo‘lgan elektronni kashf etdi.

2. Texnologiyaning rivojlanishi:

• 20-asrda elektronikaga sezilarli ta’sir ko‘rsatgan asosiy ixtirolar bo‘ldi.

• Triod: 1906 yilda Li De Forest elektr signallarining birinchi kuchaytirgichi triodni yaratib, radiotexnologiyaning rivojlanishiga zamin yaratdi.

• Transistor: 1947 yilda Barden, Brattain va Shockley Bell Laboratoriyasida mikroelektronika uchun asos bo‘lib xizmat qilgan tranzistorni ixtiro qildi.

3. Mikroelektronika va integral mikrosxemalarning rivojlanishi:

• 1958 yil: Jek Kilbi va Robert Noys Texas Instruments kompaniyasida mikroelektronika davrining boshlanishini belgilab beruvchi birinchi integral sxemani (IS) ishlab chiqdi.

• 1971 yil: Intel kompaniyasi birinchi mikroprotsessori Intel 4004 ni taqdim etdi, u birinchi tijorat mikroprotsessor hisoblanadi.

4. Axborot texnologiyalarini rivojlantirish:

• 1980-90 yillar: kompyuterlar va axborot texnologiyalari davri elektronika rivojlanishida sezilarli yutuqlarga erishdi.

• Bugungi kunda: Mikroelektronika va Internet rivojlanishi bilan elektronika hayotimizning deyarli barcha jabhalariga ta’sir o‘tkazmoqda.

5. Futuristik yo‘nalishlar:

• Kvant hisoblash: Kvant kompyuterlari kvant hodisalaridan foydalangan holda axborotni qayta ishlash uchun yangi imkoniyatlarni va’da qiladi.

• Kvant kriptografiyasi: kvant xususiyatlaridan foydalangan holda xavfsiz axborot uzatish istiqbollari.

Elektronikaning rivojlanish tarixi yangi texnologiyalar va axborotni qayta ishlash usullarini uzluksiz takomillashtirish bilan bog‘liq bo‘lib, bu fan va texnikaning ko‘plab sohalarida sezilarli yutuqlarga olib keldi.

6. Kelajak istiqbollari:

a. Kvant texnologiyalarning rivojlanishi: axborotni qayta ishlash va xavfsizlikni yaxshilash uchun kvant xususiyatlarini qo‘llash.

b. Neyromorfik kompyuterlar: axborotni qayta ishlash va sun’iy intellekt uchun inson miyasining ishlashiga o‘xshash kompyuterlarni ishlab chiqish.

c. Tibbiyotda elektronika: implantlar, diagnostika uskunalari va davolash usullarini yaratish texnologiyalarini ishlab chiqish.

Elektronika zamonaviy dunyoning muhim qismi bo‘lib, hayotimizning ko‘p jabhalariga ta’sir qiladi. Ushbu sohaning tarixi va asosiy tushunchalarini tushunish uning kelajakdagi texnologiya rivojlanishidagi roli va salohiyatini yaxshiroq baholashga yordam beradi.

1.3. Elekton qurilmalarning barcha sanoatdagi imkoniyatlari

Turli sohalarda elektron qurilmalardan foydalanish kengayib bormoqda:

1. **Ishlab chiqarish va avtomatlashtirish:**

- Dasturlashtiriladigan mantiqiy kontrollerlar (PLC) va sanoat kontrollerlari yig'ish, qadoqlash va qayta ishlash kabi ishlab chiqarish jarayonlarini nazorat qiladi.
- Sanoat robotlari payvandlash, yig'ish va yuklash/tushirish kabi avtomatlashtirilgan operatsiyalarni bajaradi.
- Sensorlar va monitoring tizimlari harorat, bosim va suyuqlik darajasi kabi ishlab chiqarish parametrlarini nazorat qiladi.
- Jarayonlarni boshqarish tizimlari (SCADA) ishlab chiqarish jarayonlarini masofaviy darajada vizuallashtirish va boshqarishni ta'minlaydi.

2. **Transport va logistika:**

- Elektronika avtomobillar, poyezdlar va samolyotlarda dvigatellar, transmissiyalar va xavfsizlik tizimlarini boshqarish uchun ishlatiladi.

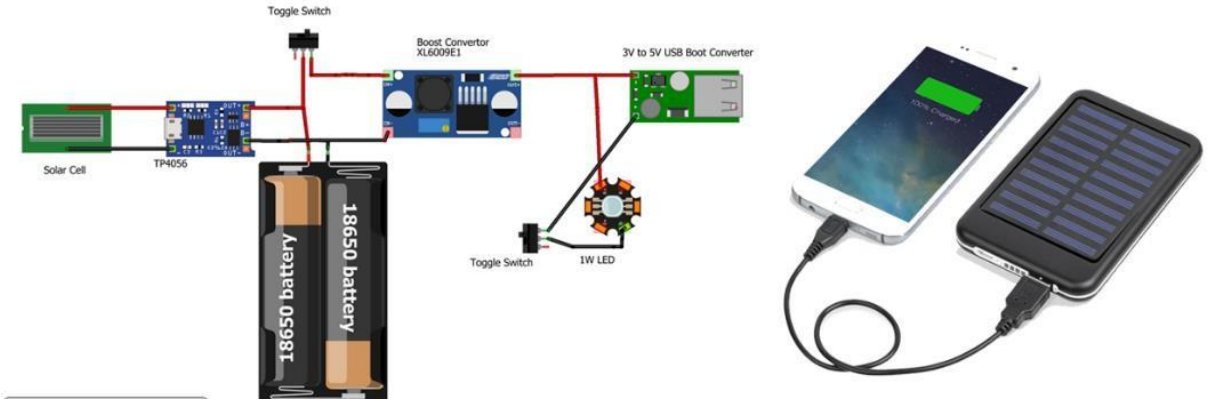
- GPS va GLONASS navigatsiya tizimlari transport vositalarini marshrutlash va kuzatishni ta'minlaydi.

– Yuk va yo‘lovchilarni avtomatlashtirilgan holda yetkazib berishda uchuvchisiz transport vositalari va dronlardan foydalaniladi.

3. **Energiya:**

- taqsimlangan ishlab chiqarish monitoringi va nazorat qilish tizimlari (masalan, quyosh panellari va shamol generatorlari) energiya ishlab chiqarishni optimallashtiradi.

- Smart hisoblagichlar va yuklarni boshqarish tizimlari energiya samaradorligini oshiradi va energiya sarfini kamaytiradi.

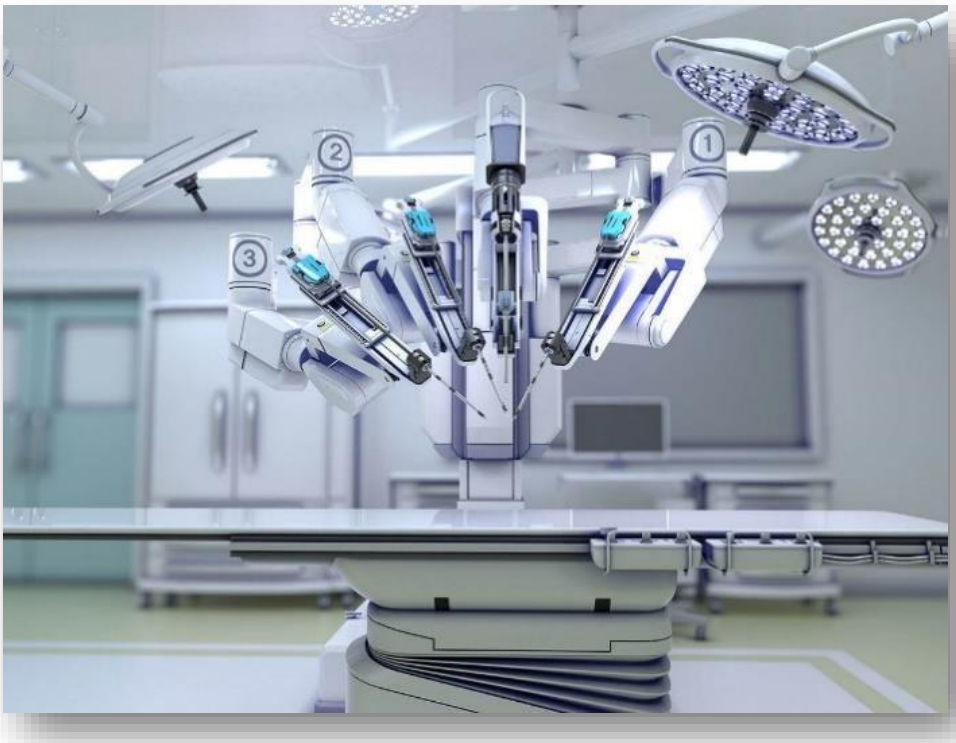


4. **Tibbiyot va sog‘liqni saqlash:**

- EKG va bemor monitorlari kabi tibbiy o'lchash asboblari salomatlik holatini doimiy monitoringini ta'minlaydi.

– Tibbiy skanerlar, jumladan, ultratovush, kompyuter tomografiyasi va MRT yordamida kasallik va jarohatlarga tashxis qo‘yish imkonini beradi.

- Tibbiy robotlar jarrohlikda aniq va murakkab operatsiyalarni bajarish uchun ishlatiladi.



5. **Telekommunikatsiyalar:**

– Mobil qurilmalar, smartfon va kompyuterlar aloqa va internet tarmog‘iga kirishni ta’minlaydi.

- 5G va Wi-Fi kabi aloqa va ma’lumotlar tizimlari axborotdan yuqori tezlikda foydalanish imkonini beradi.

- Optik tolalar va kabellar kabi ma'lumotlar tarmoqlari axborotni keng polosali uzatishni ta'minlaydi.

6. **Qishloq xo‘jaligi:**

- Tuproq, ob-havo va o'simliklar uchun sensorlar va monitoring tizimlari ekinlar hosildorligi va resurslar samaradorligini optimallashtirish uchun ishlatiladi.

- Avtonom traktorlar va dronlardan tuproqqa ishlov berish va ekinlarni parvarish qilish jarayonlarini avtomatlashtirish va optimallashtirish uchun foydalaniladi.

7. **Qurilish va qurilish materiallari:**

- Binolarni boshqarishning elektron tizimlari binolar ichidagi sharoitlarni, jumladan, isitish, ventilyatsiya va iqlimni nazorat qiladi.

- Qurilish materiallari sifatini nazorat qilish va nuqsonlarni aniqlash uchun datchiklar va monitoring tizimlari qo'llaniladi.

Bular turli sohalarda elektron qurilmalardan foydalanishning bir necha misolidir. Zamonaviy elektronika va axborot texnologiyalari sanoat jarayonlarining samaradorligi, xavfsizligi va barqarorligini oshirishda tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Savollar

1. Ayni paytda qaysi IoT texnologiyalari eng faol rivojlanmoqda va ularning yaqin kelajakdagi istiqbollari qanday?

2. Sun'iy intellekt zamonaviy elektronika rivojlanishiga qanday ta'sir qiladi va u qanday yangi imkoniyatlarni ochadi?

3. 5G kabi simsiz texnologiyalarda qanday afzalliklar va qiyinchiliklar mavjud va ular boshqa tarmoqlar rivojiga qanday ta’sir qiladi?

4. Elektronika barqaror rivojlanishga qanday hissa qo'shadi va energiya sarfini kamaytirish va atrof-muhit samaradorligini oshirish uchun qanday yangi texnologiyalar yoki usullar qo'llaniladi?

5. Kvant texnologiyalari rivojlanishi oldida qanday vazifalar turibdi va ularning elektronika va hisoblash texnikasi sohasidagi imkoniyatlari qanday?

6. Gibrid va taqsimlangan hisoblash tizimlariga qanday misollar keltiriladi va ular an’anaviy markazlashgan arxitekturalarga nisbatan qanday afzalliklarga ega?

7. Yaqin kelajakda qanday texnologik yangiliklar kutilmoqda va ularning jahon elektronika bozoriga ta’siri qanday?

8. Elektronika sohasida iste'molchilar xatti-harakatlarining asosiy tendentsiyalari qanday va ular mahsulotga talabni qanday yaratadi?

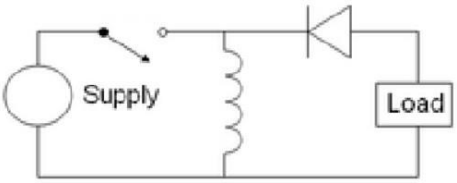
9. Qaysi kompaniyalar jahon elektronika bozorida yetakchi hisoblanadi va ular o‘z pozitsiyalarini saqlab qolish uchun qanday strategiyalardan foydalanadilar?

10. Kelgusi 5-10 yil ichida jahon elektronika bozorini rivojlantirish prognozlari qanday va o'zgaruvchan bozor sharoitida kompaniyalar uchun qanday strategiyalar eng samarali bo'lishi mumkin?

2- ma’ruza. Zamonaviy Buck-Booster o‘zgartgichlar

Buck-boost konvertor - bu kirish kuchlanishining qiymatidan katta yoki undan kichik bo'lgan chiqish kuchlanishiga ega bo'lgan DC-DC konvertorining bir turi.

Ikki xil topologiya buck-boost converter deb ataladi. Ularning ikkalasi ham kirish kuchlanishidan ancha katta (mutlaq qiymatda) chiqish kuchlanishidan deyarli nolga qadar oraliqdagi chiqish kuchlanishlarini ishlab chiqishi mumkin.



2.1-rasm. Invertirlovchi buck-boost konvertorining asosiy sxemasi

Kommutatsiya topologiyasi

Chiqish kuchlanishi kirishga qaraganda teskari ishoraga ega. Bu kuchaytiruvchi (boost) konvertor va pasaytiruvchi (buck) konvertorga o‘xshash sxema topologiyasiga ega bo‘lgan kommutatsiya rejimidagi (ya’ni o‘tkinchi jarayonlar hisobiga ishlaydigan) quvvat manbai. Chiqish kuchlanishi kommutatsiya tranzistorining uzilib qo‘shilish davriyligiga qarab sozlanadi. Ushbu konvertorning mumkin bo‘lgan kamchiliklaridan biri shundaki, kalitning yerga ulanadigan terminali yo‘q; bu konverter sxemasini murakkablashtiradi. Elektr ta’minoti yuklama zanjiridan ajratilgan bo‘lsa (masalan, batareyadan), hech qanday kamchilik paydo bo‘lmaydi, chunki ta’minot va diod qutblarini shunchaki teskari aylantirish mumkin. Kalit (tranzistor) ta’minot tomonning manfiy (GND) yoki musbat (Vcc) qutblarining biriga ulanishi mumkin.

Buck (pasaytiruvchi) konvertodan keyin boost (ko‘taruvchi) konvertor keladi. Chiqish kuchlanishi kirish kuchlanishi bilan bir xil ishoraga ega va kirish kuchlanishidan past yoki yuqori bo‘lishi mumkin. Bunday invertirlamaydigan buck-boost konvertorda bitta induksiyali kalit qo‘llanilishi mumkin, bu har ikkala, kuchaytiruvchi va pasaytiruvchi tomonlarda ham ishlatiladi.

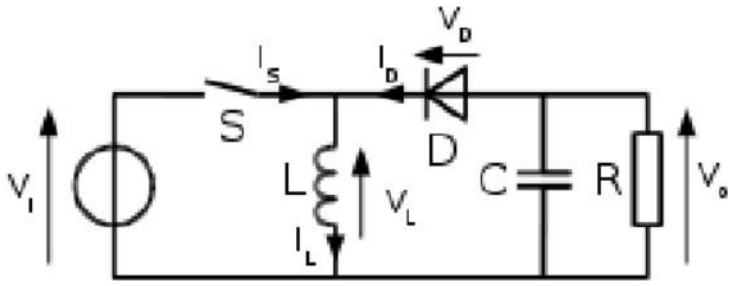
Ishlash printsipi

Kalit ulangan (On) holatda, kirish kuchlanish manbai to‘g‘ridan-to‘g ‘ri (L) induktivlikka ulanadi. Natijada L da energiya to'plana boshlaydi. Ushbu bosqichda kondensator chiqishdagi yuklamani energiya bilan ta‘minlab turadi. Kalit uzilgan (Off) holatda bo‘lganida, induktivlik chiqishdagi yuklama va kondensatorga ulanadi, shuning uchun energiya L dan C va R ga o‘tkaziladi.

Buck va boost konvertorlari bilan taqqoslaganda, buck-boost konvertorining xususiyatlari asosan quyidagilardir:

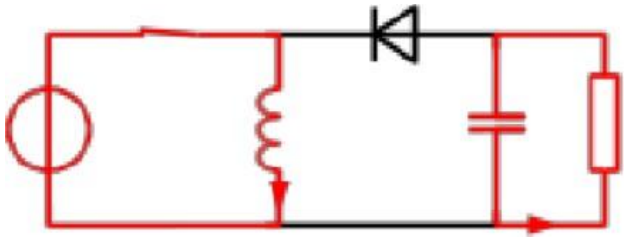
1. Chiqish kuchlanishining ishorasi kirishga qarama-qarshidir;

2. Chiqish kuchlanishi uzluksiz ravishda 0 dan –Ve cheksizlikkacha o‘zgarishi mumkin (ideal konvertor uchun). Alohida buck va boost konvertorlarda chiqish kuchlanishi oraliqlari mos ravishda 0 dan Vi gacha va Vi dan cheksizlikkacha o‘zgaradi.

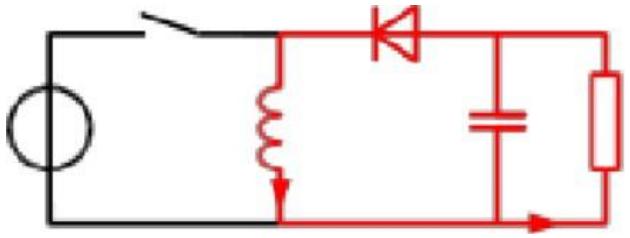


2.2-rasm. Buck-boost konvertorning sxemasi

On-holat



Off-holat



2.3-rasm. buck-boost konvertorining ikkita ish holati

Uzluksiz rejim

L induktivlikdan o‘tadigan oqim kommutatsiya davri davomida hech qachon nolga tushmasa, konvertor uzluksiz rejimda ishlaydi. Ideal konvertordagi tok va kuchlanish to‘lqin shakllarini 2.4-rasmda ko‘rish mumkin.

t =0 dan *t* = DT gacha, konvertor On-State holatida bo‘lsa, *S* kalit yopiq bo‘ladi. Induktivlikdan o‘tayotgan (I_L) tokning o‘zgarish tezligi quyidagicha topiladi:

$$\frac{dI_L}{dt} = \frac{V_i}{L}. \quad (1)$$

On-holatning oxirida I_L ning o‘sishi:

$$\Delta I_{L_{On}} = \int_0^{DT} dI_L = \int_0^{DT} \frac{V_i}{L} dt = \frac{V_i DT}{L}. \quad (2)$$

D – ishchi holatdagi sikl. Bu *T* kommutatsiya davrining kalit On-holatda bo‘lgan ulushini ifodalaydi. Shuning uchun *D* 0 (*S* uzilgan) va 1 (*S* ulangan) oralig‘ida bo‘ladi.

Off-holatida S kaliti ochiq, shuning uchun induktivlik toki yuklama orqali oqadi. Agar diodda kuchlanish nolga teng bo‘lsa va uning kuchlanishi doimiy bo‘lib qolishi uchun yetarlicha katta kondensator bo‘lsa, I_L ning evolyutsiyasi:

$$\frac{dI_L}{dt} = \frac{V_0}{L}.$$

Shunday qilib, Off-davrdagi I_L ning o'zgarishi:

$$\Delta I_{L_{Off}} = \int_0^{(1-D)T} dI_L = \int_0^{(1-D)T} \frac{V_0 dt}{L} = \frac{V_0 (1-D)T}{L}. \quad (3)$$

Konverter barqaror holat sharoitida ishlashini hisobga olsak, uning har bir komponentida saqlanadigan energiya miqdori kommutatsiya davrining boshida va oxirida bir xil bo'lishi kerak. Induktivlikdagi energiya quyidagicha ifodalanadi:

$$E = \frac{1}{2} L I_L^2 . \ (4)$$

Off-holatning oxiridagi I_L qiymati On-holatning boshidagi I_L qiymat bilan bir xil bo‘lishi kerakligi aniq, ya’ni kalitning ulangan va uzilgan holatlardagi I_L o‘zgarishlari yig‘indisi nol bo‘lishi kerak:

$$\Delta I_{L_{On}} + \Delta I_{L_{Off}} = 0 . \ (5)$$

$\Delta I_{L_{On}}$ va $\Delta I_{L_{Off}}$ larni ifodalari bilan almashtirsak,

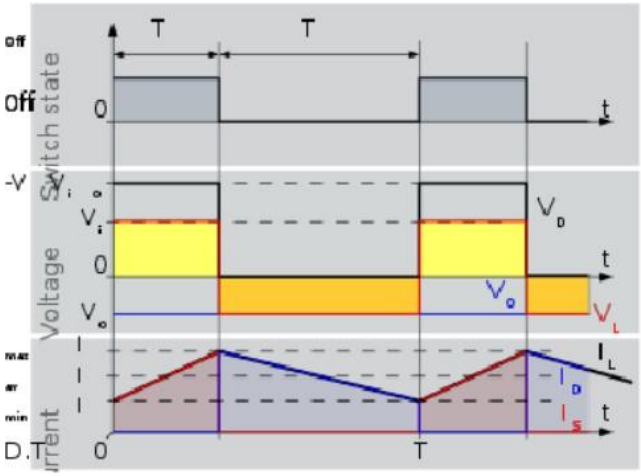
$$\Delta I_{L_{On}} + \Delta I_{L_{Off}} = \frac{V_i DT}{L} + \frac{V_0 (1-D)T}{L} = 0 \ \ (6)$$

natijani olamiz. Buni quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{V_0}{V_i} = \left(\frac{-D}{1-D} \right) . \ (7)$$

Bu o‘z navbatida quyidagini beradi:

$$D = \frac{V_0}{V_0 - V_i} . \ (8)$$



2.4-rasm. Uzluksiz rejimda ishlaydigan buck-boost konvertorda tok va kuchlanishning vaqt bo‘yicha o‘zgarishi

Yuqoridagi ifodadan ko‘rinib turibdiki, chiqish kuchlanishining ishorasi har doim manfiy bo‘ladi (chunki ishchi davr 0 dan 1 ga boradi) va uning absolyut qiymati *D* bilan ortib, nazariy jihatdan minus cheksizlikdan 1 ga yaqinlashguncha boradi. Kuchlanish ishorasining o‘zgarishini hisobga olmasak, bu konvertor ham ko'taruvchi (boost) ham tushiruvchi (buck) konvertor hisoblanadi. Shunday qilib, u buck-boost konvertor deb ataladi.

Uzlukli rejim

Ba’zi hollarda, yuklama tomonidan talab qilinadigan energiya miqdori butun kommutatsiya davridan kichikroq vaqt ichida o‘tkazilishni talab etadi. Bunday holda, davrning bir qismida induktivlikdan oqadigan tok nolga tushadi. Yuqorida tavsiflangan prinsipdan yagona farqi shundaki, induktivlik kommutatsiya davrining oxirida to‘liq zaryadsizlanadi (2.5-rasmdagi egri chiziqlarga qarang). Kichkina bo‘lsa-da, bu farq chiqish kuchlanish tenglamasiga kuchli ta‘sir qiladi. Buni quyidagicha hisoblash mumkin:

Tsikl boshida induktivlik toki nolga teng bo‘lgani uchun uning maksimal qiymati (*t* =DT da) quyidagicha bo‘ladi:

$$I_{L_{\max}} = \frac{V_i DT}{L}. \quad (9)$$

Off-davrda I_L δT vaqtdan dan keyin nolga tushadi:

$$I_{L_{\max}} + \frac{V_0 \delta T}{L} = 0. \quad (10)$$

Oldingi ikkita tenglamadan foydalanib, δ ni topamiz:

$$\delta = -\frac{V_i D}{V_0}. \quad (11)$$

I_0 yuklama toki diodning (I_d) o‘rtacha tokiga teng. 2.4-rasmda ko‘rinib turganidek, diod toki Off-holat vaqtida induktivlik tokiga teng. Shunday qilib, chiqish tokini quyidagicha yozsh mumkin:

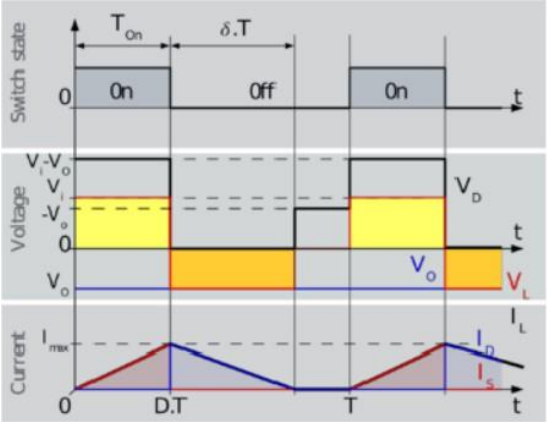
$$I_0 = I_D = \frac{I_{L_{\max}}}{2}\delta \quad (12)$$

$I_{L_{\max}}$ va δ ni tegishli ifodalar bilan almashtirish natijasida:

$$I_0 = -\frac{V_i DT}{2L}\frac{V_i D}{V_D} = -\frac{V_i^2 D^2 T}{2LV_0}. \quad (13)$$

Natijada, chiqish kuchlanishining kuchayishi quyidagicha yozilishi mumkin:

$$\frac{V_0}{V_i} = -\frac{V_i D^2 T}{2LI_0}. \quad (14)$$



2.5-rasm. Uzlukli rejimda ishlaydigan buck-boost konvertordagi tok va kuchlanishning vaqt diagrammasi

Savollar

1. Buck-boost konvertorining vazifasi nima?
2. Buck-boost konvertorining ishlash tamoyilini tushuntiring.
3. Buck-boost konvertorining uzliksiz rejmda qanday ishlaydi?
4. Buck-boost konvertorining uzlukli rejimda qanday ishlaydi?

3- ma’ruza. Yarimo‘tkazgich diodlarning zamonaviy turlari va qo‘llanilishi

1. Diodlarning funksional qo‘llanilishi.
2. Diodlarning tavsiflari.
3. Diodning maksimal tok kuchi va quvvati
4. Diodning dinamik xususiyatlari.

Oddiy so‘zlar bilan aytganda, diodni tok oqimini faqat bitta yo‘nalishda o‘tkazadigan faol elektr elementi sifatida tushunish mumkin. Ishlash tamoyili, yasalgan materiali bilan farq qiluvchi bir necha turdagi diodlar mavjud. Umuman olganda, ular yarimo‘tkazgichli va vakuumli turlarga bo‘linadi.

Diodlar konstruksiyasi bo‘yicha quyidagi turlarga bo‘linadi:

- vakuumli diodlar (kenotronlar);

- *p-n* o‘tish asosidagi diodlar: kremniyli (Si) germaniyli (Ge)

- yarimo‘tkazgich va metal orasidagi Shottki kontakti asosidagi diodlar.

Hozirgi vaqtda vakuumli diodlar juda kamdan-kam hollarda qo‘llaniladi, faqat yuqori voltli va yuqori chastotali maxsus sxemalarda ishlatilishi mumkin.

Diodlar funksional maqsadlariga ko‘ra quyidagi turlarga bo‘linadi:

- to‘g‘rilovchi diodlar – odatda past chastotali tarmoq kuchlanishini (50 Hz) to‘g‘rilash uchun ishlatiladi.

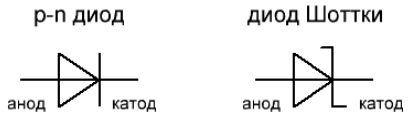
- tez ishlovchi kremniyli diodlar – katta teskari kuchlanish qiymatida (100-1000 V) ishlaydigan impulsli elektr ta’minot manbalari tarkibida qo‘llaniladi. 200 ns dan kam bo‘lgan teskari o‘tkazuvchanlikning qisqa tiklanish vaqti bilan tavsiflanadi. Ularning Fast (500-150 ns), Ultra-Fast (70-50 ns), Hyper Fast (35-20 ns) turlari mavjud.

- kremniyli impulsli diodlar – funksional (katta quvvatli bo‘lmagan) zanjirlar tarkibida ishlatiladi. Misol uchun 1N4148 diodi;

- yuqori voltli diodlar – bir korpusda bir nechta (5-20 dona) kremniyli diod kristallari ketma-ket ulangan bo‘ladi. Bunday holda, maksimal teskari kuchlanish bir necha o‘nlab kilovoltlarni tashkil qiladi.

Schottky diodlari – ular ham funksional (signal), ham katta quvvatli zanjirlarda ishlatilishi mumkin. Teskari teshilish kuchlanishi nisbatan past bo‘ladi (20-100 V). Schottky diodlari ko‘pincha past kuchlanishli, yuqori chastotali invertorlar uchun to‘g‘rilagich diodlari sifatida ishlatiladi.

Diod belgisi 2.1-rasmda ko‘rsatilgan:



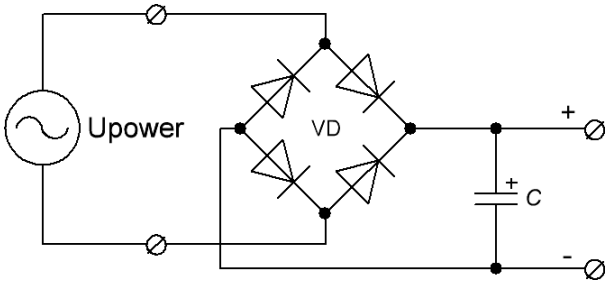
2.1-rasm. *p-n* o‘tishli va Shottki diodlarining belgisi.

Tok oqimi kiradigan elektrodga **anod**, tok oqib chiqadigan elektrod esa **katod** deb ataladi. Ushbu tarixiy nomlar vakuumli diodlar bilan bog‘liq bo‘lib, ularda elektronlar katod tomonidan chiqarilgan va anod tomonidan qabul qilingan. Ramziy ma’noda, diod belgisi tok oqimining yo‘nalishini ko‘rsatadi.

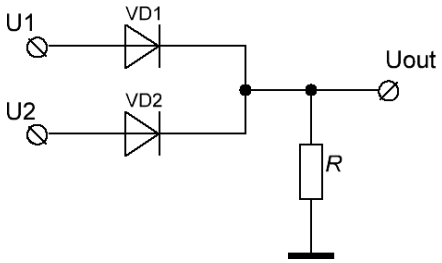
Diodlarning funksional qo‘llanilishi

- muayyan to‘g’irlagichlarning bir qismi sifatida o‘zgaruvchan tokni to‘g‘rilashda (shu jumladan kuchlanish ko‘paytirgichlarida);
- kuchlanish sathini cheklash sxemalari va snabber zanjirlarida ortiqcha kuchlanishdan himoya qilish;
- operatsion kuchaytirgichlarda cho‘qqi detektorlarida;
- past kuchlanishli kuchlanish stabilizatorlarida (to‘g‘ridan-to'g'ri kuchlanishning tushishi qo‘llaniladi);
- kommutatsiyalanadigan kondensatorlarga asoslangan sxemalarda, shu jumladan kuchaytiruvchi elektr ta’minoti sxemalarida;
- mantiqiy elementlar operatsiyalarini amalga oshirish sxemalarida;
- signal amplitudasini cheklash sxemalarida.

Quyida diodlar qo ‘llaniladigan sxemalarga ba’zi misollari keltirilgan.

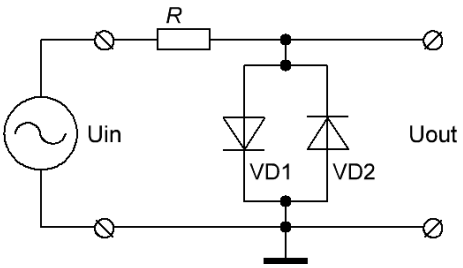


2.2-rasm. Ikki yarim davrli to‘g‘rilagich sxemasi



U1	U2	Uout
1	0	1
0	1	1
1	1	1
0	0	0

2.3-rasm - YOKI mantiqiy operatsiyalarni amalga oshirish sxemasi

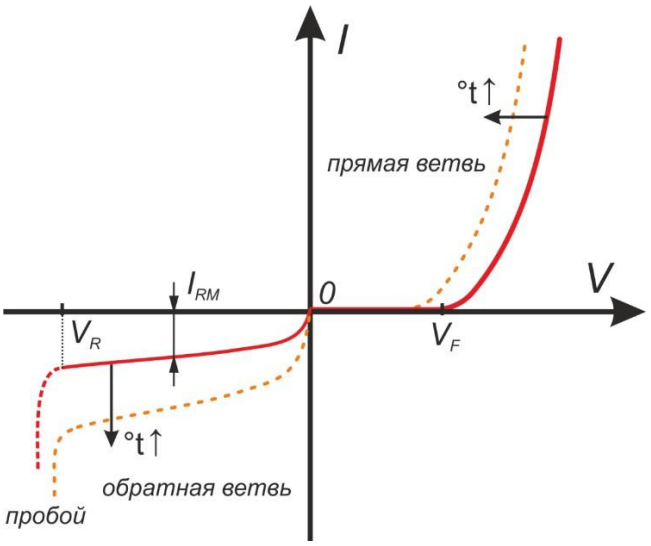


2.4-rasm. Signal amplitudasini cheklovchi sxema

Diodlarning tavsiflari

Diodning asosiy xarakteristikasi uning Volt-Amper tavsifi (VAT) – dioddan o‘tgan oqimning undagi kuchlanishga bog‘liqligidir. U chiziqli emas va eksponensial bog‘lanishga ega.

Diod VATi egri chizig‘ining shakli haroratga bog‘liq (2.5-rasm): qizdirilganda to‘g‘ri kuchlanish tushuvi pasayadi, teskari tok oqimi kuchayadi va teshilish kuchlanishi kamayadi.



2.5-rasm. Diod Volt-Amper tavsifining haroratga bog‘liqligi

Diodning Volt-Amper tavsifidan kelib chiqadigan xossalari:

- diodga V_F to‘g‘ri kuchlanish tushishi (ma’lum bir tok va haroratda);
- teskari sirqish tok kuchi I_{RM} (ma’lum teskari kuchlanish va haroratda);
- maksimal teskari kuchlanish V_R (ma’lum bir haroratda).

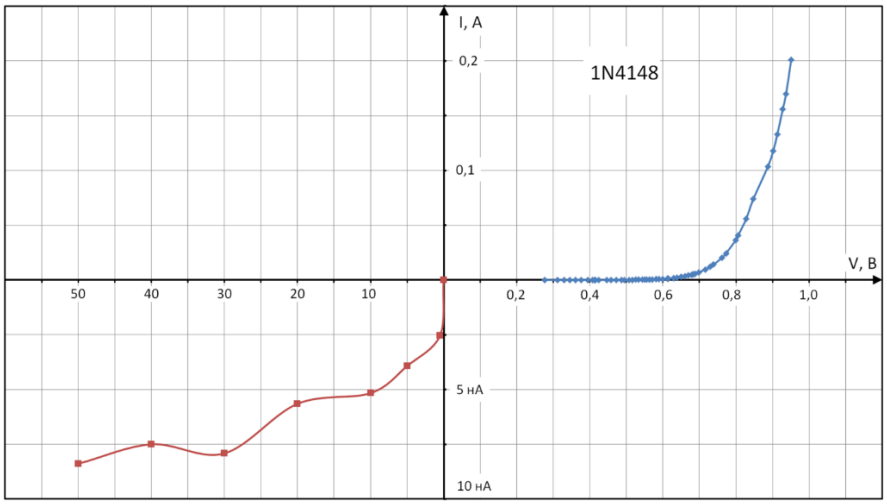
P-n- o‘tish yuzasi, kristallning o‘lchami va issiqlik qabul qiluvchining dizayni diodning quvvat xususiyatlarini aniqlaydi:

- maksimal doimiy ishchi tok kuchi;
- maksimal impuls tok kuchi (ma’lum bir impuls davomiyligida);
- maksimal chiqaradigan (tarqatadigan) quvvat;
- korpusning issiqlik qarshiligi.

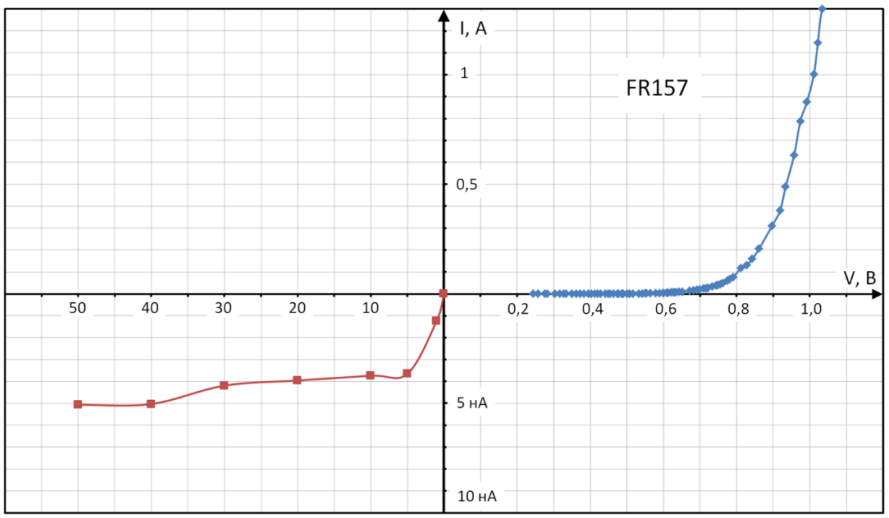
Diodning dinamik xususiyatlarini aniqlaydigan kattaliklar:

- to‘g‘ri kuchlanishning teskariga keskin o‘zgarganda ishini tiklash vaqti;
- o‘tish sig‘imi.

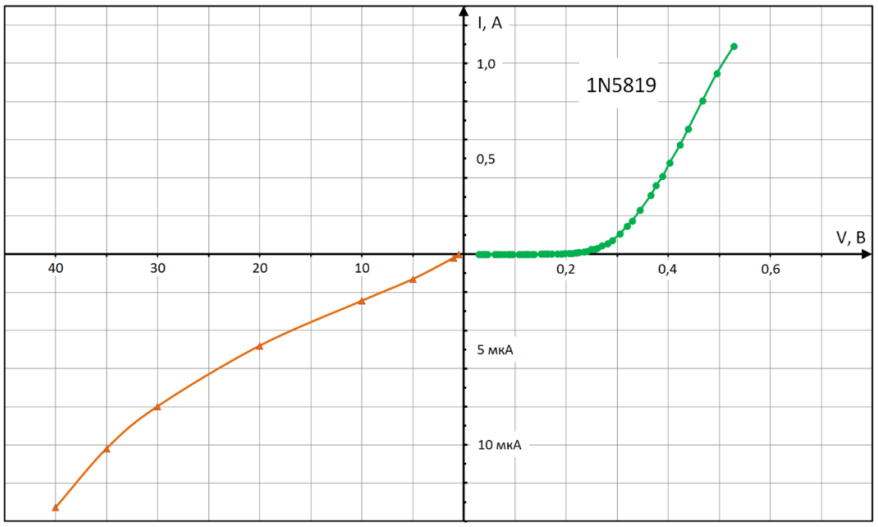
2.6 – 2.8 rasmlarda keng tarqalgan turdagi diodlarning tajribada o‘lchangan Volt-Amper tavsiflari keltirilgan (taqqoslash uchun kremniyli diod va Shottki diodlarning VAT lari tasvirlangan).



2.6-rasm. 1N4148 kremniyli diodining tajribada o‘lchangan VATi



2.7-rasm. FR157 kremniyli diodining tajribada o‘lchangan VATi



2.8-rasm. 1N5819 Shottki diodining tajribada o‘lchangan VATi

Diodning maksimal tok kuchi va quvvati

Doimiy tok rejimi

Yarimo‘tkazgichli diod – chiziqli bo‘lmagan element bo‘lib, diod tomonidan tarqaladigan quvvat diodga tushadigan kuchlanish va u orqali o‘tadigan tok kuchining ko‘paytmasiga teng:

$$P_{VD_stat+} = V_{VD} \cdot I_{VD}$$

Amaliy hisob-kitoblar uchun V_{VD} sifatida texnik hujjatlarda ko‘rsatilgan nominal tokda o‘tayotganda diodga tushadigan kuchlanishni qabul qilish mumkin. Diodga tushadigan kuchlanish 1,0 – 1,5 V ni tashkil qiladi (kremniyli diod uchun, Shottki

uchun kamroq) va tok kuchining ortishi bilan kam o‘zgarganligi sababli, diodda tarqaladigan quvvat undan o‘tayotgan tok kuchiga to‘g‘ri proporsional deb taxmin qilishimiz mumkin:

$$P_{VD_stat+} \sim I_{VD}$$

Bu bog‘lanish chiziqli rezistordan chiziqli bo‘lmagan diodni sezilarli darajada ajratib turadi. Texnik hujjatda diod orqali o‘tadigan maksimal doimiy tok kuchi ko‘rsatilgan bo‘ladi. Ushbu tok diod kristalidan chiqariladigan issiqlik quvvatining maksimal qiymatini belgilaydi.

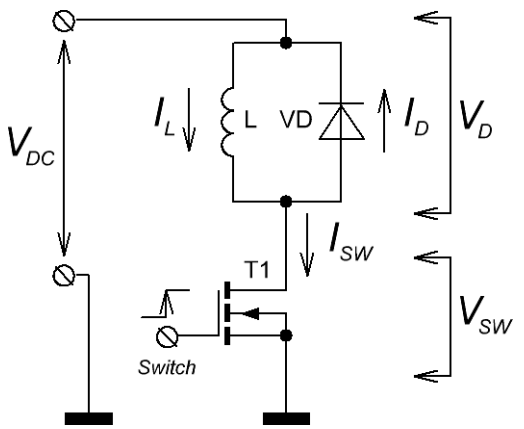
Taqdim etilgan formula diod orqali to‘g‘ri tok o‘tganda diod kristalidagi yo‘qotishlarni tavsiflaydi. Teskari tok o‘tganda yo‘qotishlar odatda ahamiyatsiz, ammo ba’zi hollarda ularni hisobga olish kerak (quyida bu haqda batafsilroq).

Impulsli tok rejimi

Diod orqali o‘tadigan impulsli tok kuchi, doimiy tok uchun maksimal qiymatdan bir necha baravar yuqori bo‘lishi mumkin. Impulsli tok rejimida diod kristalining maksimal energiya tarqatishi birinchi o‘rinda turadi, bu kristalning impulsli yuklama tasirida issiqlikdan kuyib qolmaydigan darajadagi ishlash rejimini belgilaydi. Texnik hujjatlarda beriladigan tok impulsining davomiyligi va uning kattaligi o‘rtasidagi bog‘lanishlar keltirilgan bo‘ladi.

Diodning dinamik xususiyatlari

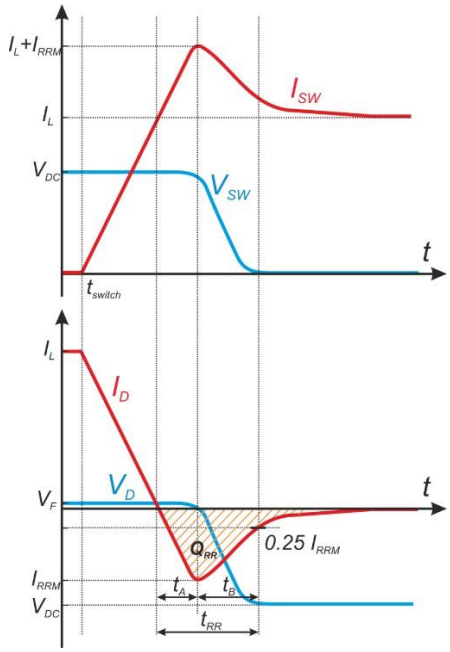
Diodning tezkor ishlashi, ya’ni teskari o‘tkazuvchanlikni tezda tiklash qobiliyati, diodga tushadigan kuchlanish ishorasining tez o‘zgarishida ishlaydigan diodlar uchun muhim xususiyatdir. Yuqori chastotali to‘g‘rilagichlarda, kuchaytiruvchi (booster) ta’minot manbalarida, detektor sxemalarida va boshqa bir qator sxemalarda tez ishlash zarur hisoblanadi.



2.9-rasm. Teskari tiklanish hodisasini tushuntirish uchun diodning ulanish sxemasi

2.9-rasmda diodlar va yarimo‘tkazgichli kalitlar ishlatiladigan elektr sxemalarning tipik qismlaridan biri ko‘rsatilgan. Ushbu sxema diodning qattiq teskari tiklanish rejimini tavsiflaydi. Ushbu sxema misolida, diodning teskari o‘tkazuvchanligini tiklash jarayonini tushuntiramiz. Taqdim etilgan sxemadagi jarayonlarni tavsiflovchi tok kuchi va kuchlanishlarning vaqt diagrammalari 2.10-rasmda keltirilgan.

Diodning yopilish jarayonlarini tushunish uchun biz tok manbai sifatida ishlaydigan L induktivlikdan foydalanamiz. Vaqtning dastlabki momentida yarimo‘tkazgichli kalit yopiq va induktivlikdagi tok diod orqali qisqa tutashtiriladi. Tranzistor zatvoriga boshqaruv impulsi berilib, ma’lum chegaraviy kuchlanishdan oshirilgandan so‘ng, tranzistor orqali o‘tadigan I_{SW} tok vaqt o‘tishi bilan t_{switch} dan boshlab asta-sekin o‘sib boradi.



2.10-rasm. Diod teskari o‘tkazuvchanligining tiklanish jarayonini tushuntiruvchi, kuchlanish va tokning vaqt diagrammasi

Bunday holda, diod orqali oqib o‘tayotgan I_D tok asta-sekin kamayadi, chunki induktivlik qisman ochilish bilan tranzistor orqali “birlasha” boshlaydi. Ma’lum vaqtda (t_A intervalining boshlanishi) induktivlikdan o‘tayotgan tok to‘yinganda ($I_L = I_{SW}$), diod orqali o‘tayotgan tok o‘z yo‘nalishini o‘zgartiradi. Teskari tok impulsining birinchi yarmida (t_A davr) *p-n* o‘tish sig‘imi razryadlanadi, dioddagi kuchlanish bir muncha vaqt musbat bo‘lib qoladi va teskari tok maksimal darajaga yetadi. Keyinchalik, diod orqali o‘tayotgan teskari tok kamaya boshlaydi (t_B davr) va teskari kuchlanish V_{DC} manba kuchlanishigacha oshadi.

Teskari o‘tkazuvchanlikning tiklanish momentidagi teskari tok egri chizig‘ining shakli (10-rasm), amaliy jihatdan muhim ahamiyatga ega. Egri chiziqdan tiklanish vaqti va “tiklanishning yumshoqligi” aniqlanadi. Teskari tok egri chizig‘i ikkita xarakterli davrga ega:

- t_A davr – teskari tok impulsining boshlanishidan (nolinchi chiziqni kesib o‘tgan tok) I_{RRM} teskari tok kuchining maksimal qiymatigacha bo‘lgan vaqt. P-n o‘tish joyining qambag‘allashgan sohasida to‘plangan zaryadlarning razryadlanishiga to‘g‘ri keladi.

- t_B davr - maksimal teskari I_{RRM} tokka to‘g‘ri keladigan momentdan teskari tokning 25% ga pasaygan momenti o‘rtasidagi vaqt.

VAT ning teskari tarmog‘i

Diodga tushadigan teskari kuchlanish kuchayishi bilan teskari tok monoton ravishda ortadi. Bunday holda, turli diodlar uchun alohida teskari kuchlanishlar mavjud bo‘lib, unga erishilganda teskari tok keskin ortadi va diodga tushadigan kuchlanish tezda pasayadi. Ushbu chegaraviy kuchlanishda diodning buzilishi (teshilishi) sodir bo‘ladi – ko‘p hollarda diodning ichki *p-n* o‘tish tuzilishi buzilib qaytarilmas jarayon yuz beradi. Teshilishdan so‘ng diod ishdan chiqadi. Istisno tariqasida ko‘chki diodlarni olish mumkin, ularning teshilishi tiklanish xarakteriga ega.

Teskari tok harorat oshishi bilan ortadi va teshilish kuchlanishi esa harorat oshishi bilan kamayadi.

Normal haroratlarda ishlaydigan kremniyli diodlarga tushadigan teskari kuchlanish natijasida hosil bo‘ladigan issiqlik quvvatini hisobga olmasa ham bo‘ladi. Biroq, yuqori harorat sharoitida va yuqori teskari kuchlanish qiymatlarida, bu quvvat o‘tkazuvchanlik holatidagi quvvat yo‘qotishlari bilan taqqoslanadigan darajadagi qiymatga ega bo‘lishi mumkin.

Shottki diodlari uchun teskari tok kremniyli diodlarga qaraganda sezilarli darajada kattaroqdir va har qanday holatda hisob-kitoblarda bu hisobga olinishi kerak.

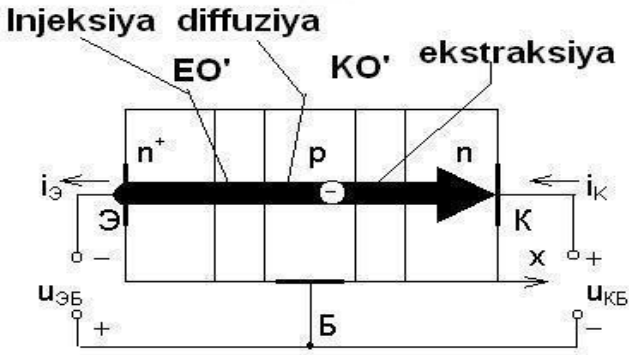
Savollar

1. Yarino‘tkazgichli diodlarning ishlash tamoyilini tushuntiring.
2. Dioadlar qo‘llaniladigan sxemalarga misollar keltiring.
3. Nima uchun Shottki diodlarining teskari tokini hisobga olish kerak?
4. Diodning quvvari qanday topiladi?
5. Diodlar ishlatilgan qurilmalarga misollar keltiring.
6. Diodning VAT dan qanday ma’lumotlar olish mumkin?

4- ma’ruza. Tranzistorlarning zamonaviy elektronikada o‘rni

1) Bipolyar tranzistorning ishlash prinsipi.
2) Tranzistor tokining tashkil etuvchilari.
3) Maydon tranzistorlari.

Dastlab tranzistorning aktiv rejimda ishlash tamoyili, unda kuzatiladigan fizik jarayonlarni va ular asosida elektr signallarini kuchaytirish sohalarida qo’llanilishini o’rganib chiqamiz. Tranzistorni tahlil qilishda bir o’lchamli yassi tranzistor modelidan foydalanamiz. Bu modelda zaryad tashuvchilar konsentrasiyasi faqat X koordinata o’qlari bo’yicha o’zgaradi deb qaraymiz. Tashqi manbadan tranzistor emitteri, bazasi va kollektoriga tashqi doimiy kuchlanishni sxema asosida ulangan bo’lsin. 4-rasmda tasvirlangan.



4-Rasm umumiy baza asosida ulangan bipolyar tranzistor strukturasi

Bunday ulashda $U_{eb}<0$ va $U_{kb}>0$, ya’ni tranzistor aktiv rejimda ishlaydi. Ushbu holatda $U_{eb}<0$, emitterli o’tish ochiq , $U_{kb}>0$ kollektorli o’tish yopiq holdaga ulanishga mos keladi, ya’ni elektronlar injeksiyalanib emitterdan bazaga o’tadi va bu oqim U_{eb} kuchlanishga kuchli bog’langan bo’lib, eksponensial ravishda oshadi. Bazada injeksiyalangan elektronlar ortiqcha asosiy bo’lmagan zaryad tashuvchilar bo’lib hisoblanadi. Bular ham o’z navbatida kollektor o’tish orqali diffuziyalanadi va qisman bazada kovaklar bilan rekombinasiyalashadi. Kollektor o’tishga yaqin borgan elektronlar kollektor sohasida ekstraksiyalanadi. Ma’lumki, elektronlar uchun birinchi yaqinlashishda kollektor o’tish potensial to’siq yo’qligi kollektor baza U_{kb} kuchlanishga kuchli bog’langandir. Shunday qilib tranzistor aktiv rejimda ishlayotganda elektronlar emitterdan kollektor tomon harakatlanadi. Natijada I_e va I_k toklarni hosil qiladi. Ma’lumki I_k tranzistorning chiqish toki hisoblanadi, bu tok U_{eb} bilan boshqariladi va o’z navbatida U_{kb} bog’liq emas. Bazada injeksiyalangan

elektronlar nomuvozanat zaryad tashuvchilar bo'lib hisoblanadi va ularning bazada bir qismi asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar bo'lib hisoblanadi. Ularda kollektor o'tishga yetib borgan elektronlar elektr maydon tomonidan sug'urib olinadi, ya'ni elektr maydon tomonidan ekstraksiyalanadi. Ma'lumki tranzistor aktiv rejimda ishlayotganda, emitterdan kollektorga butun struktura bo'ylab to'g'ridan-to'g'ri elektronlar oqimi hosil bo'ladi. Tashqi ulash sxemasida (3.5 rasmda) bir-biriga qarama-qarshi ravishda yo'nalgan emitter va kollektor I_e va I_k toklarini hosil qiladi. Shuni aytish kerakki bu elektronlar oqimi va shunga mos ravishda kollektor toki I_k tranzistorning chiqish toki bo'lib hisoblanadi va kirish kuchlanishi U_{eb} boshqariladi va u U_{kb} chiqish kuchlanishiga bog'liq emas. Chiqish toki I_k kirish kuchlanishi U_{eb} bo'lib boshqarilishi bipolyar tranzistorning elektr signallari kuchaytirishga imkon beradi

Umumiy baza sxemada ulangan, tranzistor asosidagi ulangan sodda kuchaytirgich kaskadi sxemasi keltirilgan. 3.4 rasmdan farqi shundaki, emitter zanjirida o'zgaruvchi kuchlanish manbayi U_{eb}, kollektor zanjiriga esa R_{yu} yuklama qarshiligi ulangan. U_{eb} o'zgaruvchan kuchlanish manbaidan tushayotgan kuchlanish bilan emitterdan kollektor tomon yo'nalgan elektronlar oqimga ta'sir ko'rsatadi. Natijada kollektor I_k tokining aynan shu qismi U_{eb} ning eng kichik qiymatlarida ham yetarli qiymatga ega bo'ladi. Kollektor tok I_k R_{yu} yuklama qarshili orqali o'tganda unda hosil bo'lgan kuchlanish tushuvi ham $U_{eb}= I_k*R_k$ o'zgaruvchan tashkil etuvchiga ega bo'ladi. Bu chiqish kuchlanishi o'zgaruvchan bo'lib, yetarli darajada katta R_k da o'zgaruvchan kirish kuchlanishi U_{eb} dan katta bo'lishi mumkin. Shunday qilib umumiy baza sxemada ulangan tranzistor elektr signallarni kuchaytirish bo'yicha kuchaytiradi. Bunday ulanishda tranzistor tok kuchlanishni ta'minlay olmaydi, chunki kirish va chiqish toklari deyarli bir-biriga teng ($I_e \approx I_k$).

Bipolyar tranzistorlarda kuzatiladigan fizik jarayonlar.

Tranzistorning ishlash jarayoni zaryad tashuvchilar injeksiyasi, diffuziyasi va rekombinasiyasiga asoslangan. Ma'lumki, tranzistor to'rt rejimda ishlaydi:

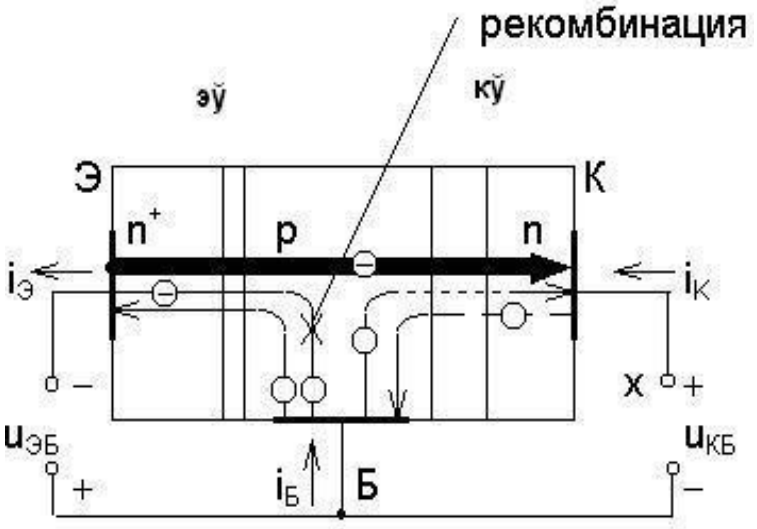
1.Aktiv

2.ajratish

3.invers

4.to'yinish

Aktiv rejim. Agar tranzistorning emitterga to'g'ri yo'nalishda kollektorga teskari yo'nalishda kuchlanish qo'yilsa, u aktiv rejimda ishlaydi.



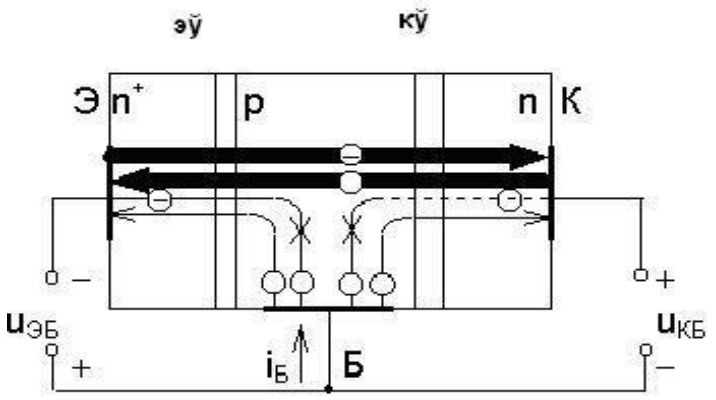
3-рам

3 rasmda tranzistorning aktiv rejimda ishlashi ko’rsatilgan. 3 rasmda elektronlarning tranzistor bo’ylab o’tishi va ularning bazada rekombinasiyalanishi va elektronlarga qarama qarshi yo’nalishda oqayotgan kovak tokining yo’nalishlari ko’rsatilgan. Emitter o’tishidan injeksiyalangan elektronlar bazadagi kovaklar bilan rekombinasiyalashadilar.Xuddi shuningdek kovak toki ham rekombinasiya hisobiga bazada kamayadi. Shuningdek 3 rasmda asosiy d tashuvchilar hosil qilgan tokni, issiqlik toki ham deb atash mumkin. Bazadan bo’lmagan zaryad tashuvchilar oqimi ham ko’rsatilgan. Bu asosiy bo’lmagan zaryakollektorga harakatlanayotgan elektronlar toki kollektordan bazaga harakatlanayotgan kovaklar toki har bir ko’rsatilgan tokning qiymatlari tashqi zanjirdan oqayotgan to’liq tokga ma’lum hissasini qo’shadi. Shuni aytish lozimki, tranzistor bo’ylab to’g’ridan-to’g’ri oqayotgan elektronlar oqimi asosiy va muhim foydali zaryad tashuvchilar oqimi bo’lib hisoblanadi. Aynan shu elektronlar oqimi elektr signallarini kuchaytirishda rol o’ynaydi. Qolgan zaryad tashuvchilar oqimi elektr signallarni elektr signalini kuchaytirishda ishtirok etmaydi. Shuning uchun ham to’g’ridan-to’g’ri elektronlar oqimining to’g’ridan-to’g’ri zaryad tashuvchilar oqimiga nisbati iloji boricha kichik bo’lishi kerak. Elektronlar oqimiga juda kuchli bo’lishi uchun bazada elektronlar rekombinasiyasi kichik bo’lishi, baza qalinligi kichik qilib olinadi. Bazadagi kirishmalar konsentrasiyasi emitter va kollektordagi kirishmalar konsentrasiyasidan ancha kichik qilib olinadi.

Invers rejim : Inverc rejimni invers aktiv rejim deb yuritish mumkin. Chunki bunda kollektorli o’tishga to’g’ri yo’nalish, emitter o’tish esa teskari yo’nalishda kuchlanish qo’yiladi. Ammo bu rejim amalda deyarli foydalanilmaydilar, chunki

bunda tranzistorning kuchaytirish sifati aktiv rejimga qaraganda ancha yomonroq bo'ladi. Shuning uchun ular amaliyotda bulardan foydanilmaydi.

To'yinish rejimda tranzistorning ikkala o'tishi ham ochiq holatda bo'ladi.

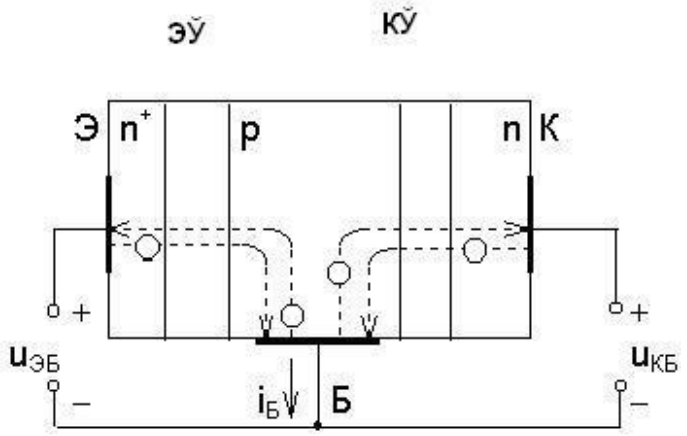


4-расм

4- rasmda tranzistor strukturasi va zaryad tashuvchilar oqimi to'yinish rejimda keltirilgan. Bu rejimda emitter va kollektordan elektronlar bazaga qarab injeksiyalanadi. Bu strukturada ikkita to'g'ridan-to'g'ri elektronlar oqimi bir-biriga tomon harakatlanadilar(normal va invers).

Tranzistor bazasiga injeksiyalanadigan zaryad tashuvchilar ortiqcha elektronlarni hosil qiladilar. Buning hisobiga bazada rekombinasiyalashayotgan va bazada rekombinasion tokning qiymati aktiv va inversli rejimga nisbatan katta bo'ladi. Shuni aytish kerakki, tranzistor bazada ortiqcha zaryad tavushchi hosil bo'lishi baza qarshiligi kamayishiga olib keladi. Bunday rejimda ishlovchi tranzistorlarni qisqa tutashuvchi deyish mumkin. Tranzistorning elektrodlari orasida kuchlanish tushuvi voltning bir necha o'ndan bir qismini tashkil qiladi. Shuning uchun ham ushbu rejimda tranzistorni ekvipotensial nuqta deb ham atashadi.

Tranzistorning ajratish rejimi tranzistor bu rejimda ishlayotganda ikkala o'tishda ham tranzistor yopiq holatda bo'ladi. Bu rejimda ishlayotgan tranzistorning strukturasi va zaryad tashuvchilar oqimi 5rasmda ko'rsatilgan.



5-расм

5 rasmdan ko'rinib turibdiki, ushbu rejimda to'g'ridan-to'g'ri elektronlan oqimi mavjud emas. Tranzistor o'tishlarnidan faqatgina asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar oqishi o'tadi va albatta uning qiymati kichik boshqarib bo'lmaydigan issiqlik toklari hisoblanadi. Baza va tranzistor o'tishlarida harakatlangan zaryad tashuvchilar bilan kambag'allashgan bo'ladi. Binobarin tranzistor qarshiligi ancha yuqori bo'ladi. Bu rejimda ishlashda uni uzlukli sxemada ishlaydi deb ataladi.

Bipolyar tranzistor toklarini hisoblash.

Bipolyar tranzistorning ideal nazariyasi ushbu ideal bipolyar tranzistor nazariyasida tranzistor ikkita asosiy sohadan iborat deb qaraladi.

1. Emittorli va kollektorli o'tishning kambag'allashgan sohasi
2. Tranzistorning kvazi neytral sohalari

Bu sohalarda elektroneytrallik sharti bajariladi $n \approx \Delta p$. Bundan tashqari ideal p - n o'tishni tahlil qilishda ba'zi bir yaqinlashishlarni ko'rib chiqamiz.

1. Fazoviy zaryad sohasida harakatlangan zaryad tashuvchilar mavjud emas.Kvazineytral emmiter baza va kollektor sohalari orasida keskin o'tishlar mavjud.
2. Baza, emmiter va kollektor sohalarining elektr qarshiligi kichik va qarib nolga teng deb olinadi. Tashqi kuchlanishning tushuvi asosan emitterli va kollektorli o'tishlarga to'g'ri keladi.
3. Fazoviy zaryad sohasining chekkalarida chegaraviy shartlar o'rinlidir.
4. Emmiterli, baza va kollektor sohalarida asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning injeksiyasi juda kichik qiymatni tashkil qiladi.

Tranzistor tokining tashkil etuvchilari.

Umumiy baza asosida ulangan tranzistorning tashqi zanjirda I_e, I_k va I_b toklari oqadi. Bu toklarning yo'nalishlari 6 rasmda ko'rsatilgan.

Biz o'rganayotgan n-p-n tranzistor uchun $U_{eo'} = U_{eb}$ va $U_{ko'} = -U_{kb}$.

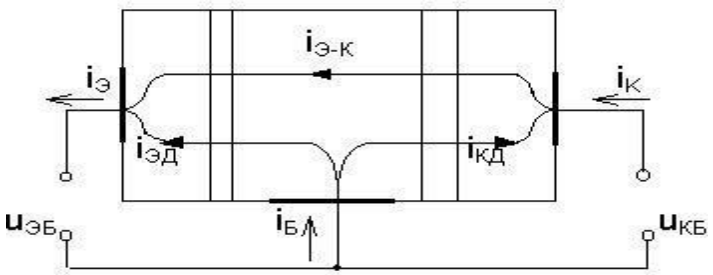
Bu yerda $U_{eo'}$ – emitterli o'tishga to'g'ri kelgan kuchlanish, $U_{ko'}$ – kollektorli o'tishga to'g'ri kelgan kuchlanish.

Tranzistor toklarining qo'yidagi ko'rinishda ifodalash mumkin.

$$I_e=I_{e-k}+ I_{ed}$$

$$I_k=I_{e-k}+I_{kd} \qquad (1)$$

$$I_b=I_{ed}+I_{kd}$$



Расм 9

Bu yerda I_{e-k} elektronlarning to'g'ridan to'g'ri emmiterdan kollektorga tomon harakatlanishidan hosil bo'lgan tok, I_{ed} emitterdan o'tayotgan kovak toki, I_{kd} – kollektorli o'tishdan o'tayotgan kovak toki. Emmitordan kolektorga harakatlanayotgan elektron toki.

Emitterdan kollektorga elektronlarni uzatilishi. Bog'lanish toki.

Tranzistorning kuchaytirgich sifatida qo'llanilishida foydali bo'lgan bog'lanish tokini I_{e-k} hisoblashda boshqa qo'shimcha kichik toklarni hisobga olmaymiz. Fizik nuqtaviy nazaridan, tranzistordagi o'tishlarda va bazasida rekombinasiya jarayoni kichik bo'lganligi uchun rekombinasiya hodisasini hisobga olmasak ham bo'ladi. Emitterdan kollektorga o'tayotgan elektronlar oqimi tranzistorning ixtiyoriy ko'ndalang kesimi yuzasida bir xil bo'lib uning kattaligi bazadagi jarayonlarga bog'liq bo'ladi. (Emitter va kollektordagi elektronlar asosiy zaryad tashuvchilar bo'lib, ularning konsentrasiyaasi katta va ularning harakati elektr maydonning hisobga olmas qiymatlarida ham ta'minlanadi).

B) Elektronlarning bazadan o'tishi (uning uchun elektronlar asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar) diffuziya yo'li bilan bazaning emitter va kollektordagi o'tishlari

chegaralaridagi konsentrasiyalar farqi hisobiga amalga oshadi. (Ikkala o'tishdagi kuchlanish tushuvi $U_{eo'} > U_{ko'} > 0$ munosabat urinli deb qabul qilamiz.)

Bog'lanish tokini hisoblash uchun ixtiyoriy bazaning ko'ndalang kesimi uchun quyidagi tartibda olib boramiz.

1) Bazada elektronlarning diffuziya tenglamasi yechimini ko'ramiz.
2) Zaryad tashuvchilar konsentratsiyasining chegaraviy shartlarini ko'rib chiqamiz $n(x'_p)$ va (x'_p) .
3) n(x) tashuvchilar konsentrasiyasining taqsimotini o'rganamiz va zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi gradiyenti dn/dx ni aniqlaymiz

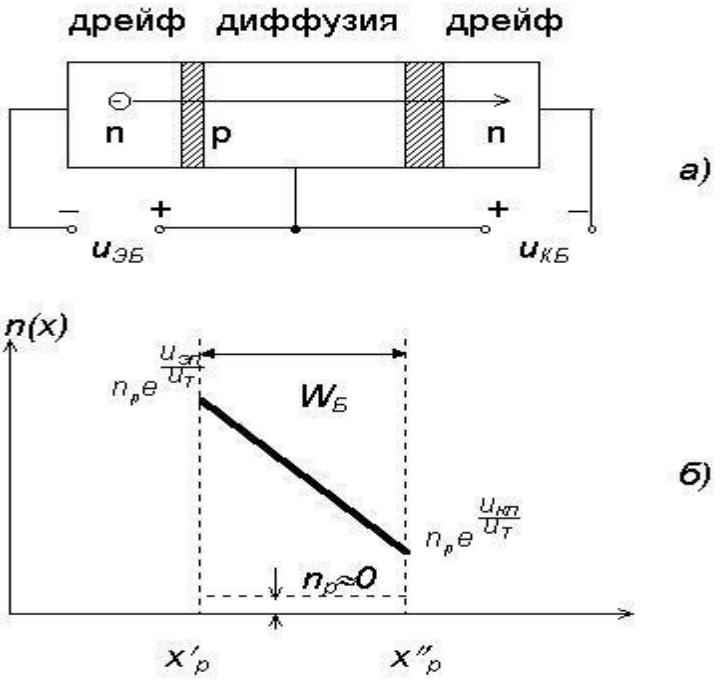
Bazadagi diffuzion tokning qiymati bog'lanish tokini teng deb hisoblashimiz mumkin. p-n o'tishdagi chegaraviy shartga ko'ra quyidagilarni hisob qilamiz.

Bazadagi zaryad tashuvchilar rekombinasiyasini hisobga olmasak, (L→∞ intiladi) 3- tenglamamiz qo'yidagicha sodda ko'rinishga keladi.

$$\frac{d^2 n(x)}{dx^2} = 0$$

va

$$\frac{dn(x)}{dx} = const \qquad (4)$$



Расм10

Shunday qilib tenglamaning yechimi to'g'ri chiziqdan iborat ekan, bu to'g'ri chiziqlar chegaralardan o'tadi. Elektronlarning R- bazadagi taqsimot grafigi 7 rasmda keltirilgan. Elektronning R- bazada taqsimot tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi.

Bog'lanish toki qo'yidagi formula yordamida hisoblab topishimiz mumkin.

$$\frac{dn(x)}{dx} = \frac{n(x'_p) - n(x'_p{}')}{W_b} = \frac{n_p}{W_b}\left[\exp\frac{U_{em}}{U_m} - \exp\frac{U_{kn}}{U_m}\right]$$

Bu yerda S- tranzistordagi o'tishlarning ko'ndalang kesim yuzasi, Bog'lanish toki quyidagi ko'rinishda keladi.

$$I_{э-к} = I_0\left[\exp\frac{U_{tm}}{U_m} - \exp\frac{U_{rn}}{U_m}\right] \qquad (5)$$

Bu yerda

$$I_0 = qS\frac{D_n n_p}{w_б} \qquad (6)$$

J_0-issiqlik toki (ba'zi bir adabiyotlarda to'yinish toki ham deb ataladi). Ko'pincha bog'lanish tokini normal va invers tashkil etuvchiga ajratadilar.

$$I_{э-к} = I_N - I_i \qquad \textbf{(7)}$$

$$I_N = I_0 \exp\frac{U_{ep}}{U_m} - 1 \qquad (8)$$

Bu yerda

$$I_i = I_0 \exp \frac{U_{kp}}{U} - 1$$

m

(9)

To'liq tokning normal tashkil etuvchisi $U_{ko'}=0$, invers tashkil etuvchi J_I $U_{eo'}=0$ bo'lganda to'liq tokga teng bo'ladi.

Shunday qilib bog'lanish toki ikkita normal va invers tashkil etuvchilarga ega. Ularning qiymatlari har bir o'tishdagi kuchlanishning tushishiga bog'liq ekan.

Normal tashkil etuvchisi emitterli o'tishga qo'yilgan kuchlanishga, invers tashkil etuvchisi esa kollektorli o'tishga qo'yilgan kuchlanishga bog'liq bo'ladi.

5.6-§. Tranzistor o'tishlaridagi qo'shimcha toklar.

Biz yuqorida tranzistordagi asosiy tokni ko'rib chiqgan edik. Endi qo'shimcha toklarni ko'rib chiqamiz. Tranzistordagi qo'shimcha toklar kovaklarning yo'nalishli harakatidan va zaryad tashuvchilarning rekombinasiyalanishidan hosil bo'ladi. Ma'lumki, tranzistorning har bir o'tishida faqatgina elektronlar injeksiyalanmasdan kovaklarning injeksiyalanishi ham kuzatiladi. Chunki kovaklar p- bazadan asosiy zaryad tashuvchilar hisoblanadi. $N_{ab} << N_{de}$ bo'lganligi uchun bu tokning qiymati bir necha o'n marta ham kichik bo'ladi. Ularni qo'yidagi formulalar yordamida hisoblashimiz mumkin.

$$I_{er} = qD_p \frac{p_{nE}}{L_p}\left(\exp\frac{U_{ep}}{U_t} - 1\right)$$

$$I_{kr} = qD_r \frac{p_{nE}}{L_r}\left(\exp\frac{U_{kp}}{U_t} - 1\right) \qquad \textbf{(10)}$$

Bu yerda p_{pe} emitterdagi muvozanat kovaklar konsentrasiyasi va p_{pk} kollektordagi kovaklar konsentrasiyasi

Bizga ma'lumki, kam miqdorda bo'lsa ham diffuziyalanib o'tgan elektronlar qisman rekombinasiyalashadi. Bazada rekombinatsiyalash tezligi taqsimotiga bog'liqdir. Rekombinasion tokni vujudga keltiradi va uning qiymati qo'yidagicha ifodalanadi.

$$I_{rek} = qS\int_{x'_p}^{x'_p{}'} \frac{\Delta n(x)}{\tau}dx \qquad (11)$$

Bu yerda $\Delta n(x)= n(x) - n_p$, $\Delta n(x)$ chiziqli ravishda kamayishi uchun trapesiya formulasidan qo'yidagiga ega bo'lamiz.

$$I_{rek} = qS\frac{\Delta n(x'_p) + \Delta n(x'_p{}')}{2\tau}W_b = I'_{rek} + I'_{rek} \qquad (12)$$

Bu yerda

$$i'_{рек} = qS\frac{n_p w_Б}{2\tau}(\exp\frac{u_{ЭП}}{u_m} - 1) \qquad (13)$$

$$i''_{рек} = qS\frac{n_p w_Б}{2\tau}(\exp\frac{u_{КП}}{u_m} - 1) \qquad (14)$$

$J^{1}_{rek}(U_{eo'})$ toki elektronlar rekombinatsiyasi hisobiga hosil bo'ladi.

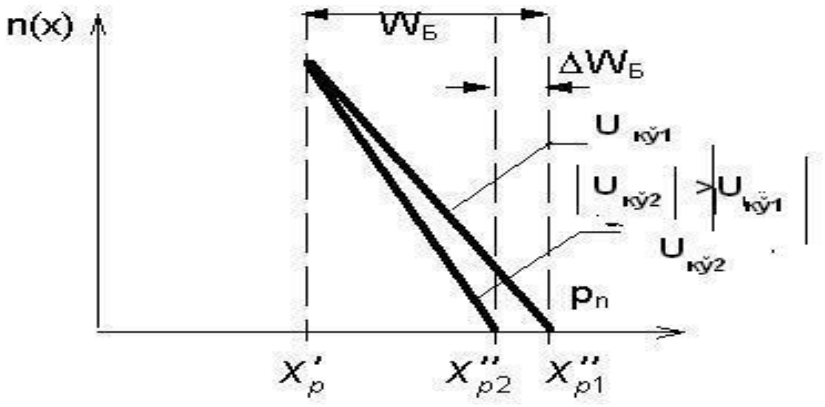
$$i_{ЭД} = i'_{рек}(u_{ЭП}) + i_{Эр}(u_{ЭП})\ ;$$

$$i_{КД} = i''_{рек}(u_{КП}) + i_{Кр}(u_{КП}) \qquad (15)$$

xulosa qilib aytganda, qo'shimcha toklar rekombinasion va kovak toklarining yig'indisidan iborat ekan. U toklarning qiymatlari har bir o'tishga qo'yilgan kuchlanishga bog'liq.5- 8 formulalarga asosan teskari kuchlanishning ($U_{ko'}$) >>U_t =26 mV bo'lganda bog'lanish toki teskari kuchlanishga bog'liq bo'lmaydi. Malumki, teskari kuchlanishning ortishi bilan p-n o'tish kengligi ortsa , baza kengligi esa kamaydi. Baza kengligining kollektorga qo'yilgan teskari kuchlanishga bog'liqligi baza kengligining modulyasiyasi deb ataladi. Yoki ***Erli effekti*** deb ham ataladi.(bunday jarayon emettorli utishda kuzatilmaydi.

$$\frac{dn}{dx} = \frac{n(x'_p)}{w_Б} \qquad (16)$$

Chunki emitterli o'tishga katta qiymatlari teskari kuchlanish qo'yilmaydi). 12-rasmdan, ko'rinib turibdiki $I_{ko'}=I_{ko'2}$ sa baza kengligi Δw_b kamaydi. Natijada elektronlar konsentrasiyasining gradiyenti ortadi, bog'lanish toki ham mos ravishda ortadi.



Расм 12

12- rasmdan ko'rinib turibdiki, $I_{ko'2}$ ga mos katta kuchlanish qo'yilganda bog'lanish toki J_{ek} va emitter va kollektor toklari mos ravishda ortadi.

Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, bu effekt to'g'ri kuchlanish qo'yilgandagi, elektronlar oqimiga qaraganda 100 marotabalab kichik kiymatni tashkil qiladi.

Shuning uchun ham bu tokning qiymatini ko'pincha e'tiborga olinmaydi. Erli effektini hisobga olib issiqlik toki uchun quyidagi ifodaga ega bo'lamiz.

$$I_0' = I_0 (1 + \frac{|u_{KЭ}|}{u_A}), \quad (17)$$

Bu yerda J_0 Erli effektini hisobga olinmagandagi issiqlik toki, I_A – Erli kuchlanishi, bu tranzistorning asosiy parametrlaridan biri bo'lib hisoblanadi,

tok bo'yicha uzatish koeffisiyenti.

Tranzistor uchun eng foydali, samarali effektlardan bittasi emitter tokining uzatish koeffisiyentidir.

$$\alpha = \frac{i_K}{i_Э}$$

$I_{ko'}$=0 da kollektorli o'tishdan qo'shimcha toklar o'tmaydi. U holda kollektorli zanjirda elektronlar tokining normal tashkil etuvchisi qoladi.

Tok uzatishning invers kkoeffisiyenti quyidagicha ifodalaniladi.

$$i_{ЭД} = \frac{1-\alpha}{\alpha} i_N = \frac{1}{\beta} i_N \quad (18)$$

$$i_{КД} = \frac{1-\alpha_I}{\alpha_I} i_I = \frac{1}{\beta_I} i_N \quad (19)$$

Bu yerda $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$

Baza tokini uzatish koeffisenti

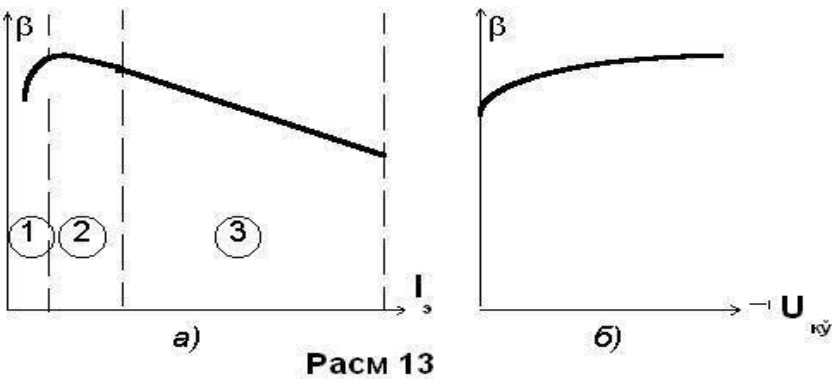
$$\beta_I = \frac{\alpha_I}{1-\alpha_I}$$

(17) va (18) formulalarni e’tiborga olib (1) formulani qo’yidagi ko’rinishga keltirishimiz mumkin

$$i_K = i_N - i_I - \frac{i_I}{\beta} = i_N - (1 + \frac{1}{\beta_I}) i_I = i_N - \frac{1}{\alpha_I} i_I$$

$$i_Э = i_N - i_I + \frac{i_N}{\beta} = (1 + \frac{1}{\beta}) i_N - i_I = \frac{1}{\alpha} i_N - i_I \quad (20)$$

$$i_Б = \frac{i_N}{\beta} + \frac{i_I}{\beta_I} = \frac{1-\alpha}{\alpha} i_N + \frac{1-\alpha_I}{\alpha_I} i_I$$



Расм 13

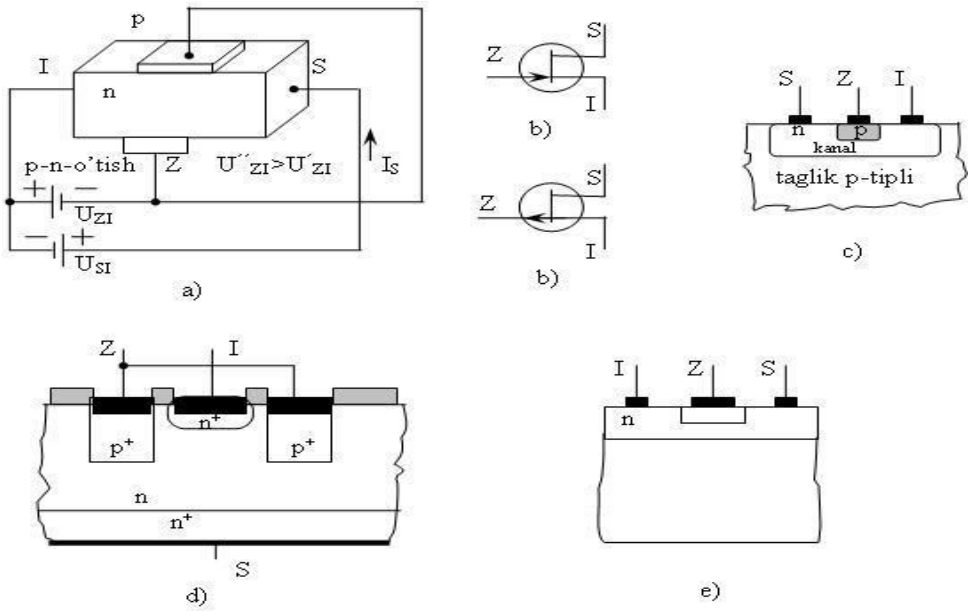
Biz tahlil qilayotgan nazariyada α, α_1, β, β_1, koeffisiyentlar doimiy deb qaraladi. Ammo tajribalar natijasi shuni ko'rsatadiki, o'rganilayotgan koeffisiyentning qiymatlari bog'lanish toki J_{ek} hamda $I_{ko'}$ kollektorli o'tish kuchlanishiga bog'liqdir.β koeffisiyentning yuqoridagi parametrlarga bog'liqdir. B koeffisiyentning yuqoridagi parametrlarga bog'liqlik grafigi 13 rasmda ko'rsatilgan. (Odatda α koeffisent qiymati birga yaqin bo'lganligi uchun α ≈ 1 uchun uni o'zgarishlarni e'tiborga olmaymiz.) Masalan, α= 0,99 bo'lgan bo'ladi. Shunday qilib 1 % ga o'zgarsa , shu qiymatga to'g'ri keladigan ikki marta o'zgaradi. Emitter tokning kichik qiymatlarida 13 rasm emmiterli o'tishdagi zaryad tashuvchilarning rekombinasiyalanish jarayoni birinchi sohada koeffitsiyentning o'sishiga olib keladi. Emmiter tokining katta qiymatlarida (13- rasm, uchinchi soha) koeffisentning kamayishi bazadagi kovaklar konsentratsiyasi ortishi va emmiterli o'tishdagi kovak tokini ortishi bilan bog'liqdir. Kollektorga teskari qo'yilgan kuchlanishni ortishi bilan koeffisiyentning o'sishi kuzatiladi. Buning sababi shundan iboratki, kuchlanishning ortishi bilan baza kengligini kamayishi kuzatiladi va unga mos ravishda rekombinatsion tokning kamayishi kuzatiladi.

Maydon tranzistorlari.

Maydonli tranzistorlarning qarshiligi ko'ndalang elektr maydoni bilan boshqariladi. Elektr o'tkazuvchanlikda faqat bir turdagi zaryad tashuvchilar (elektronlar yoki kovaklar) ishtirok etadi.

Ikki xil maydonli maydonli tranzistor mavjud: boshqariladigan p-n – o'tishli va metall – dielektrik – yarim o'tkazgich (MDP - tranzistor) strukturali tranzistorlar.

Boshqariladigan p-n – o'tishli tranzistor (2.57 rasm) yarim o'tkazgich materialdan tayyorlangan plastinkadan iborat bo'ladi, ikki chiqishga ega bo'ladi – stok va istok elektrodlari. Plastina bo'ylab elektr o'tish yasaladi (p-n – o'tish yoki Shotki bareri) va undan uchunchi chiqish zatvor chiqadi.



Boshqariladigan p-n – o'tishli maydonli tranzistorning soddalashtirilgan sxemasi (a); n-tipli (b) va p-tipli (c) kanalga ega bo'lgan tranzistorlarnig shartli belgilari; strukturalari (d, e); yuqori tezlanishga ega bo'lgan tranzistor cxemasi (f).

Tashqi kuchlanish quyilganda stok va istok elektrodlari orasida tok o'tib, zatvordagi kuchlanish p-n – o'tishni teskari ulash lozim. Elektr o'tish ostida joylashgan soha kanal deyiladi. Kanal qarshiligi zatvordagi kuchlanishga bog'liq bo'ladi, chunki teskari kuchlanish ortishi bilan p-n – o'tish o'lchami kattalashadi va kanalning elektr qarshiligi ortadi.

Shunday qilib, boshqariladigan p-n – o'tishli maydonli tranzistorlarda zatvorga quyilgan teskari kuchlanish yordamida kanal qarshiligini o'zgartirish mumkin. Maydonli tranzistorlar haqidagi umumiy ma'lumotlarni [2-8] keltirilgan.

Biz Maydonli tranzistorlarning asosiy parametrlarini keltiramiz.

Xarakteristika qirraligi: $S = \frac{\partial I_s}{\partial U_{34}}$

| U_{cu} = const, U_{Tu} = const,

U_{Tu} – taglik – istok, kuchlanishi.

2. Taglik buyicha xarakteristika qirraligi:

$$S_T = \frac{\partial I_c}{\partial U_{34}} \mid U_{cu} = const,\ U_{34} = const,$$

3. Stokning boshlang'ich toki $I_{c\ bosh}$: U_{34} =0.
4. Otsechka kuchlanishi $U_{34\ ots}$.
5. Bo'sag'a kuchlanish $U_{34\ bo's}$.
6. Ochiq holatda stok – istok qarshiligi $R_{cu\ ochiq}$.
7. Doimiy stok toki $I_{c\ max}$.
8. Maksimal ko'chaytirish chastotasi f_r: K_{ur} quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffisenti birga teng bo'ladi.

Savollar

1. Bipolyar tranzistorlarning ishlash tamoyilini tushuntiring.
2. Bipolyar tranzistorlarning qo'llanish sohasiga misol keltiring.
3. Maydonli tranzistorlar ishlash tamoyilini tushuntiring
4. Maydonli tranzistorlarning qo'llanish sohasiga misol keltiring.

5-ma'ruza. Zamonaviy elektronikada operatsion kuchaytirgichlar

Operatsion kuchaytirgich – bu yuqori kuchaytirish koeffitsiyentiga ega bo'lgan differensial kirishli va simmetrik bo'lmagan chiqishli kuchaytirgich. Dastlabki operatsion kuchaytirgichlar elektrovakuum lampalarida qurilgan edi va ular analog hisoblash mashinalarida qo'llanilgan. Hozirgi kunda operatsion kuchaytirgichlar mikrosxema ko'rinishida ishlab chiqariladi. Ularning ayrimlari deyarli ideal kuchaytirgich hisoblanadi.

741 tipdagi operatsion kuchaytirgich

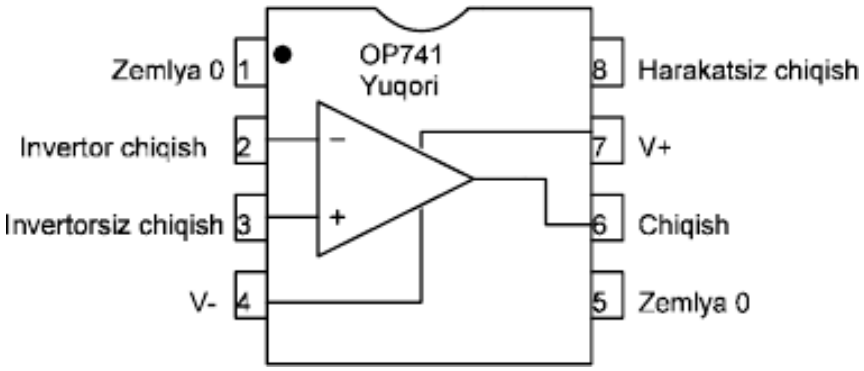
741 operatsion kuchaytirgichi keng tarqalgan bo'lib, turli qurilmalardan ko'p foydalaniladi. Bunday kuchaytirgichning ikkita modifikatsiyasi mavjud – chiziqli

integral sxema (chiqish signali kirishidagi bilan proporsional) va raqamli integral sxema (chiqish faqat ikkita holatga ega bo‘ladi).

Turli ishlab chiqaruvchilar 741-kuchaytirgichni turlicha markalaydilar. Masalan National Semiconductors uni LM741 deb ataydi, Fairchild – AD741, lekin bu kuchaytirgichlar bitta funksiyani bajaradi. Mikrosxemalar turlicha korpuslarga o‘rnatilishi mumkin, shuningdek turli ishchi harorat diapazoniga mo‘ljallangan bo‘ladi. Amaliy mashg‘ulotda 0 dan 70 °C harorat diapazonida ishlashga mo‘ljallangan, mini –DIP plastmassa ko‘rpusga joylangan mikrosxemalardan foydalanamiz. 741 mikrosxema texnik ma’lumotlarining to‘liqroq bayonini ishlab chiqaruvchilarning saytlaridan va maxsus ma’lumotlar to‘plamidan topish mumkin.

Ideal operatsion kuchaytirgichda invertirlovchi kirish va invertirlamaydigan kirish orasidagi kuchlanishning farqi nol bo‘lishi kerak va nolli chiqishni ta’minlashi kerak, ya’ni sinfaz signalning kuchaytirish koeffitsiyenti va siljish nolga teng bo‘lishi kerak. Bundan tashqari differensial signal bo‘lganida kirish impedansi va kuchaytirish koeffitsiyenti cheksiz hisoblanadi, chiqish impedansi esa nolga teng bo‘ladi. O‘tkazish kengligi va kuchlanishning o‘sish tezligi bunda cheksizga teng bo‘ladi. Albatta ideal xarakteristikali sxemani yaratish mumkin emas.

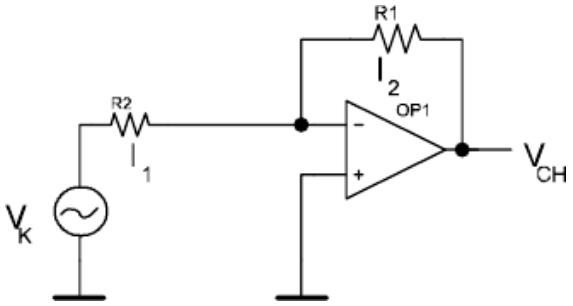
1- rasmda 741 operatsion kuchaytirgich 8 - chiqishli DIP korpusining sxemasi keltirilgan. Bu korpus to‘g‘ri burchak shaklidagi qora plastikdan ishlangan. №1 chiqish maxsus belgicha bilan markalanadi (ishlab chiquvchiga bog‘liq bo‘ladi). 741 operatsion kuchaytirgichga manbadan maksimal ±18 V, ishchi holatda esa ±15 V berish mumkin.



1-rasm. 741 operatsion kuchaytirgich 8-chiqishli DIP-korpusining sxemasi

Invertirlovchi va invertirlamaydigan kuchaytirlgichlarni kuchaytirish koeffitsiyenti

Operatsion kuchaytirgich asosida yig‘ilgan invertirlovchi kuchaytirgichning sxemasi 2-rasmda keltirilgan. Bunday kuchaytirgichni ishlash tamoyili xarakteristikasi bo‘lib manfiy teskari bog‘lanish hisoblanadi. Chiqish signalining bir qismi kuchaytirgichning invertirlovchi kirishiga beriladi. Chunki kuchaytirish koeffitsiyenti juda katta, invertlamaydigan kirish esa yerga ulangan, shunda invertirlovchi kirishga berilgan uncha katta bo‘lmagan kuchlanish teskari ishorali katta chiqish kuchlanishini keltirib chiqaradi, ya’ni kuchaytirgichning stabil holati uchun chiqishlar orasidagi nolli kuchlanish farqini ushlab turish kerak bo‘ladi.



2-rasm. Operatsion kuchaytirgichda yig‘ilgan invertirlovchi kuchaytirgich sxemasi

Faraz qilamiz, operatsion kuchaytirgichning kirish toki nolga teng, shunda R_1 rezistor orqali oqadigan tok R_3 qarshiligi orqali oqishi kerak, ya’ni $I_1=I_2$. Yopiq bo‘lmagan teskari bog‘lanishda kuchaytirish koeffitsiyenti cheksizlikga teng. Om qonuniga mos ravishda olamiz:

$$V_- = V_{pe} - I_1 R_1 = 0 \qquad (4.1)$$

$$I_t = \frac{V_m}{R_1} \qquad (4.2)$$

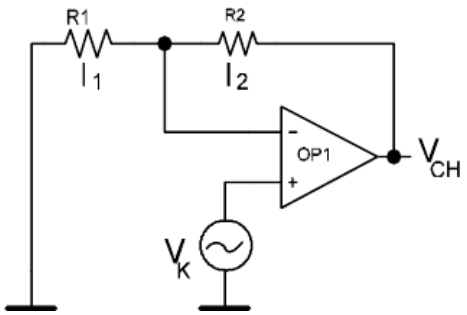
$$V_{cct} = V_- - I_2 R_2 = - l_2 R_2 \qquad (4.3)$$

$$V_{CC} = \frac{R_2}{R_1} V_m \qquad (4.4)$$

Shunday qilib, bu yopiq bo‘lmagan zanjirli sxemada kuchaytirish koeffitsiyenti quyidagicha bo‘ladi:

$$A_{\upsilon} = \frac{V_{cct}}{V_m} = \frac{R_2}{R_1} \qquad (4.5)$$

Operatsion kuchaytirgichda yig‘ilgan invertirlamaydigan kuchaytirgichning sxemasi 3-rasmda keltirilgan. Oldingi sxemadagi kabi kirishdagi uncha katta bo‘lmagan kuchlanish chiqishda katta kuchlanish paydo bo‘lishiga olib keladi.

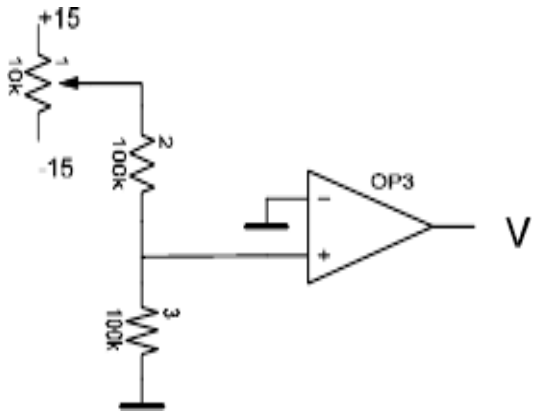


3-rasm. Operatsion kuchaytirgichda yig‘ilgan invertirlamaydigan kuchaytirgichning sxemasi

2. Tajribalar

2.1. Yopiq bo‘lmagan zanjirdagi kuchaytirish koeffitsiyentini testlash

4-rasmdagi sxemaga xos sxemani yig‘ing, potensiometr yordamida kirishda ±15 mV cheklashni o‘rnating. Shunday keyin sxemani sozlang, uning chiqishida kuchlanish 0 V bo‘lsin.



4-rasm. Operatsion kuchaytirgichning yopiq bo‘lmagan zanjirida kuchaytirish koeffitsiyentini testlash uchun sxema

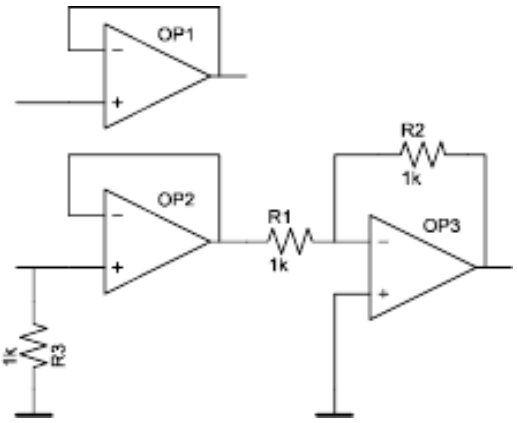
Kirishdagi kuchlanishni 100 dan 200 pV gacha qadamlab o‘zgartiring. Shunda chiqish kuchlanishi maksimal manfiy qiymatdan maksimal musbat qiymatgacha o‘zgaradi. Natijalarni yozib oling. Qaysi kirish kuchlanishida chiqish kuchlanishi nolga teng bo‘ladi? Bu chiqish kuchlanishi sizning operatsion kuchaytirgichingizning siljishi hisoblanadi.

2.2. Kuchlanish takrorlagich

Operatsion kuchaytirgichdagi kuchlanish takrorlagich sxemasi 5-a, rasmda ko‘rsatilgan. Rasmga mos keladigan sxemani yig‘ing, «+» operatsion kuchaytirgichning kirishiga funksional generator chiqishini ulang.

► *Topshiriq*

Sxema to‘g‘ri yig‘ilganmi, yo‘qmi tekshiring.

a)	
b)	

5- rasm. *a* – operatsion kuchaytirgichdagi kuchlanish takrorlagichi;
b – invertirlovchi kuchaytirgichning kirish kaskadi kabi kuchlanish takrorlagichi

Kuchlanish takrorlagiching kuchaytirish koeffitsiyenti 1 ga teng bo‘lsa hamda u signalni invertirlamasa, u holda bu kuchaytirgich nima uchun kerak?

2.3. Differensial kuchaytirgich

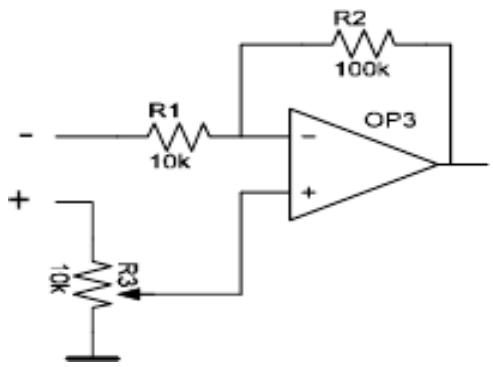
Differensial kuchaytirgich – bu kuchaytirgich uning chiqish kuchlanishi ikkita kirish kuchlanishlarini orasidagi farqni kuchaytirilganiga teng. Differensial kuchaytirgich invertrlaydigan va invertrlamaydigan kuchaytirgich bo‘lishi mumkin. Invertlovchi differensial kuchaytirgich hosil bo‘ladi, agar «+» yerga ulangan bo‘lsa, invertlamaydigan differensial kuchaytirgich hosil bo‘ladi agar «—» kirish yerga ulanagn bo‘lsa. Ikkita kirishga signallar beriladi va kuchaytirgich ular orasidagi farqni kuchaytiradi. Shunda agar ikkala sxemadagi kuchaytirish koeffitsiyentlari teng bo‘lsa shunda natija bir hil bo‘ladi. Talab qilingan kuchaytirish koeffitsiyenti rezistrlarni tanlab hosil qilinadi va teng bo‘ladi:

$$A = \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}, \qquad (4.6)$$

Differensial kuchaytirgich shunday hollarda qo‘llaniladiki qachonki signallar juda kichik bo‘lib shovqinlarga talab yuyori bo‘lganida (misol uchun elektrokardiograflarda). Sinfaz shovqin ham shu kuchaytirgich bilan yoqotiladi, shu vaqtda foydali signal esa kuchaytirilib chiqishga beriladi. Ko‘pincha differensial kuchaytirgichlarda potensiometrdan foydalaniladi kuchaytirish koeffitsiyentini boshqarish va sinfaz signalni yo‘qotish uchun.

Differensial kuchaytirgich sifati sinfaz signalni kuchsizlantirish koeffitsiyenti bilan (*CMRR*) baholanadi, u differensial kuchlanishni kuchaytirish koeffitsiyenti va sinfaz signalni kuchaytirish koeffitsiyentini nisbati bilan aniqlanadi:

$$CMRR = 10\log\left(\frac{A_{dif}}{A_{CM}}\right) \tag{4.7}$$



6- rasm. Differensial kuchaytirgich.

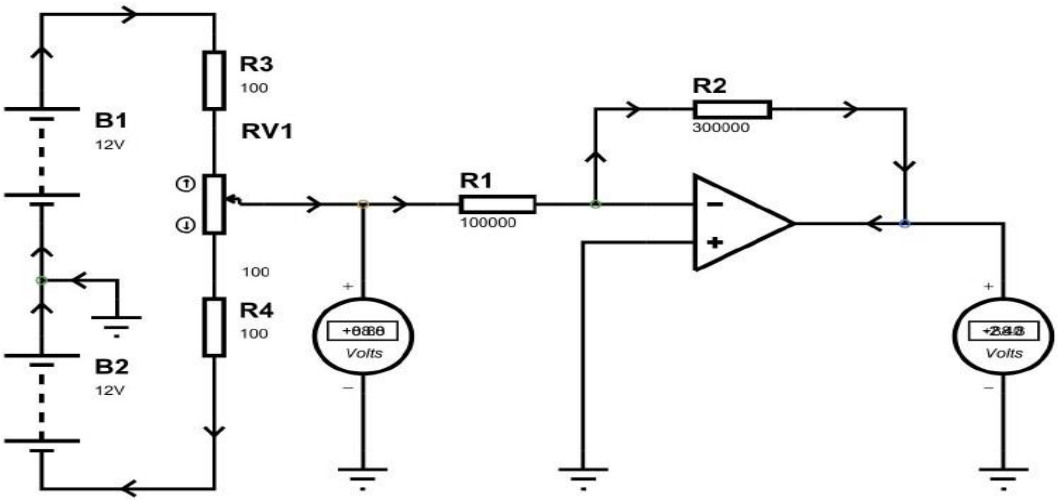
CMRR ditsibellarda o‘lchanadi. 741 amaliy kuchaytirgis asosida yig‘ilgan differensial kuchaytirgich *70 dB CMRR* ga ega. 741 operatsion kuchaytirgichlarini pritsizionlari uchun 140 *dB* va undan yuqori *CMRR* harakterli.

6- rasmga mos sxemani yig‘ing. Juda ehtiyot bo‘ling potensiometrni suriluvchi kontaktini «yer» yoki ta’minot bilan tutashtirib qo‘ymang. Sxemani *CMRR*ni aniqlash mumkin differentsial kuchlanish va sinfaz signalni kuchaytirish koeffitsiyentlarini alohida-alohida o‘lchab.

Sinfaz signalni kuchaytirish koeffitsiyenti aniqlanadi, agar kuchaytirgichni kirishlariga bir hil signallarni bersak:

$$A_{CM} = \frac{V_{outCM}}{V_{inCM}}$$

Kirishga chastotasi *1 kGs* bo‘lgan sinuoidalni berish va maksimal amplituda patensiometr yordamida minimal chiqish kuchlanishiga erishish kerak bo‘ladi. Shu vaqtda ossillografni menyusidan «ACQUIRE» opsiyadan foydalaning minimal chiqish kuchlanishini aniqroq aniqlashga erishish uchun. Quyidagi sxemadan operatsion kuchaytirgichni ishlashini ko‘rishimiz mumkin.



Nazorat savollari

1. Operatsion kuchaytirgich nima ?
2. Kuchaytirish nima uchun kerak ?
3. Invertirlovchi kuchaytirlgichlarni kuchaytirish koeffitsiyenti nima ?
4. Kuchaytirish koeffitsiyenti qanday topiladi ?
5. Invertirlamaydigan kuchaytirlgichlarni kuchaytirish koeffitsiyenti nima ?

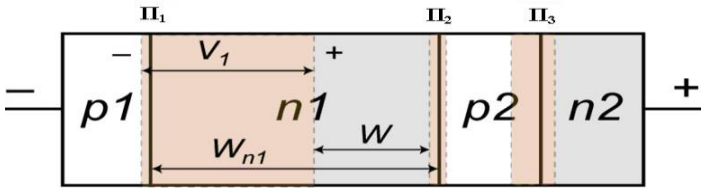
6-ma’ruza. Zamonaviy yarimo‘tkazgichli kalitlar

1) Tiristorning tuzilishi va ishlash tamoyili
2) Tiristorning VAXsi (manfiy differensial qarshilikli soha va shu sohaning vujudga kelishida tok kuchi hamda kuchlanishning o’zgarishi).
3) Tiristorning ishchi rejimlari (ochiq holat, yopiq holat, ikki tranzistorli model).

1. Tiristorning energetik diagrammasi (Fermi energetik sathi, p-n o’tishga to’gti va teskari kuchlanish quyilgandagi energetik diagrammalari).

Uchta va undan ortiq p-n o`tishlarga hamda ikkita ulash uchiga ega bo`lgan elektron sxemalarida elektr tokini katta ulashda elekron kalit vazifasini bajaradigan yarim o`tkazgichli materialga kristall tiristor deyiladi. Unda turli xil o`tkazuvchanlikka ega qatlamlar ketma-ket ulanadi.

Tiristorning tuzilishi quyidagicha:



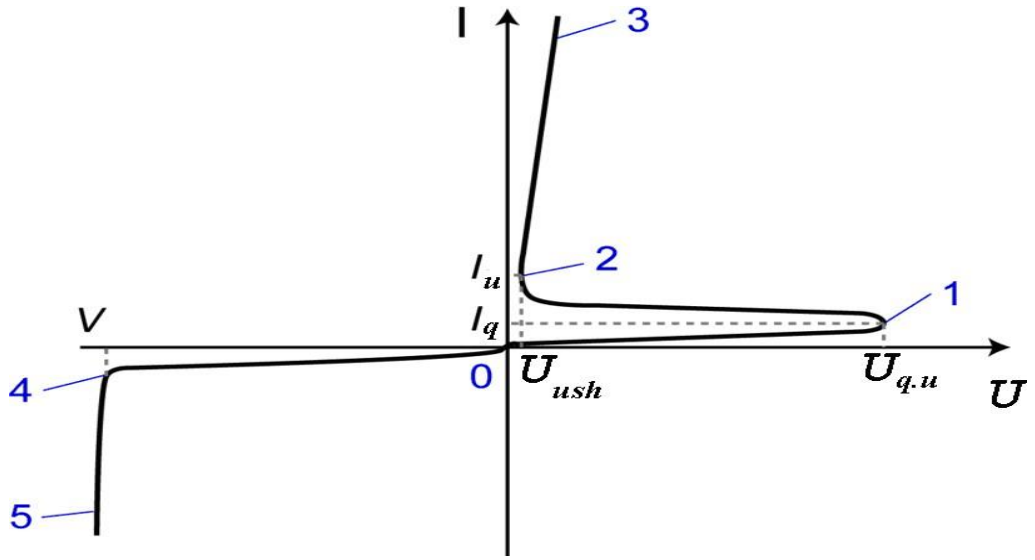
3.1-rasm.Tiristor tuzilishi.

Tashqi kuchlanish anod-katod oralig`iga qo`yilgan holni ko`raylik. Manbaani musbat qutbi anodga manfiy qutbi katodga ulangan bo`lsin.Bunda kuchlanishning kichik qiymatlarida $Ï_1$ va $Ï_3$ p-n o`tishlarga to`g`ri , $Ï_2$ p-n o`tishga esa teskari kuchlanish qo`yilgan bo`ladi. Shuning uchun ham to`liq $Ï_2$ p-n o`tishga qo`yilgan deb qarash mumkin.

U yopiq bo`lgani uchun ham tiristordan o`tadigan tok kam bo`ladi. Oqayotgan tokning taxminiy qiymati $Ï_2$ o`tish orqali o`tayotgan teskari tokning qiymatiga tengdir. Tiristorning qarshiligi ana shu yopiq $Ï_2$ o`tish qarshiligi orqali xarakterlanadi.Agar tashqi kuchlanish orta boshlasa ,qolganlardagi tok o`tishi bilan bog`liq jarayonlar sifat

jihatdan o`zgaradi. $\ddot{I}_2$ o`tishdagi teskari tokning biroz ortishi bilan har ikki bazaga asosiy bo`lmagan tok tashuvchilarning elektronlarning erkin chopish masofasi uzunligida olgan energiyasi ortadi.

Bunda elektronlarning tutilib qolishi ham zo`rayadi. Masalan, $\ddot{I}_2$ bazada kovaklar zichligi ortadi. Bu $\ddot{I}_2$ o`tish potensial to`sig`ining kichrayishiga ya`ni qarshiligini kamayishiga olib keladi. Natijada tiristordan o`tadigan tok faqat teskari tokka emas,balki $\ddot{I}_2$ o`tishga etib kelgan bazalardagi asosiy bo`lmagan tok tashuvchilar tokiga ham bog`liq holda orta boshlaydi. Buni 3.2-rasmda keltirilgan tiristorning VAXsi orqali ko’rishimiz mumkin: bunda, 0-4 teskari kuchlanish qo’yilgandagi yopiq holat; 4-5 teskari kuchlanish qo’yilgandagi darz ketish sohasi.



3.2-rasm. **Tiristorning VAXsi**:

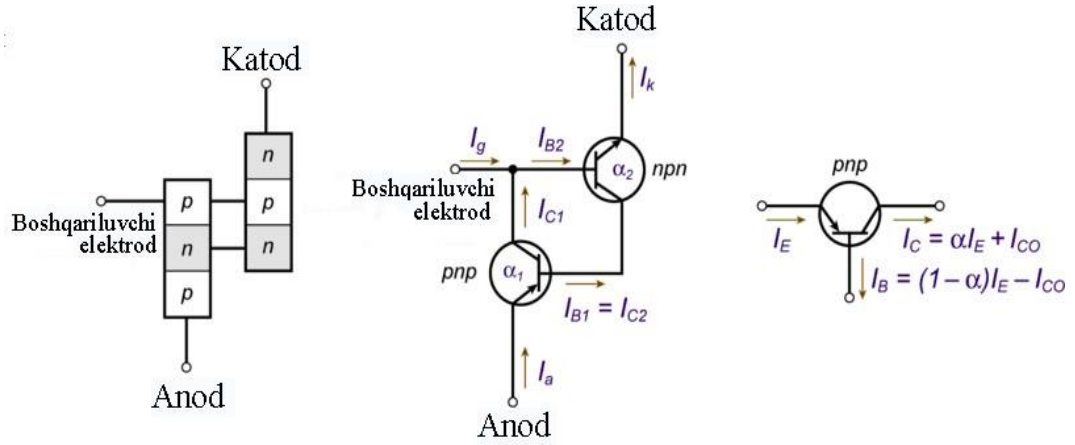
Teskari yopiq holatda ishlayotganda katodga manfiy kuchlanish, anodga esa musbat kuchlanish beriladi.P_1 va P_3 o’tishlarga teskari kuchlanish qo’yilgan bo’ladi. P_2 o’tishga esa to’g’ri yo’nalishda kuchlanish qo’yilgan bo’ladi.

Albatta bu holatda tiristorga qo’yilgan kuchlanish tushuvi P_1 va P_3 o’tishlarga to’g’ri keladi (har bir sohaga kiritilgan kirishmalar konsentratsiyasiga bog’liq holda).Bizning misolimizda bu o’tish P_1 o’tish bo’lsin. W_{n-1} qatlam qalinligiga qarab

ko’chkisimon ko’payish (kambag’allashgan soha kengligi darz ketish holatida W_{n1} dan kichik bo’ladi) yoki kambag’allashagan sohaning darz ketishi (bu holda kambag’allashgan soha kengliigi butun n_1 qatlamni egallaydi va P_1 va P_2 o’tishlar o’zaro bir-biriga tegib qoladi), ya’ni mos ravishda $\ddot{I}_2$ o`tish orqali o`tayotgan tokninig qiymati oshib boradi, bu oshgandan keyin $\ddot{I}_1$ va $\ddot{I}_2$ o`tishlarning to`g`ri yo`nalishidagi VAXsi kabi bo`ladi. Hozirgi vaqtda VAXlari bir xil bo`lgan tiristorlar ishlab chiqarish amalda keng qo`llanilmoqda.

To’g’ri yopiq holat: To’g’ri yopiq holatda anodga musbat, katodga manfiy kuchlanish qo’yiladi. U holda P_1 va P_3 o’tishlar ochiq ya’ni to’g’ri kuchlanish qo’yilgan bo’ladi. P_2 o’tishga esa teskari kuchlanish qo’yilgan bo’ladi. Shuning uchun ham kuchlanish tushuvi asosan P_2 otishga to’g’ri keladi. P_1 va P_3 o’tishlardan injeksiyalanib o’tgan asosiy bo’lmagan zaryad tashuvchilar P_2 o’tish elektr qarshiligini qisman kamaytiradi. Binobarin undan P_2 o’tishdan o’tayotgan tokning qiymati biroz ortadi va undagi kuchlanish esa biroz kamayadi. Agar kuchlanishning qiymatini yanada orttirsak asta sekin tiristordan o’tayotgan tokning qiymati qisman ortadi. 3.2- rasmdagi tiristor VAXsining 0-1 sohasiga to’g’ri keladi. Bu holatda P_2 o’tish elektr qarshiligining hali ham juda yuqori ekanligini e’tiborga olsak, tiristorni ham P_1 ham yopiq holatda deb hisoblashimiz mumkin.Tirirstorga qo’yilgan kuchlanishning ma`lum bir qiymatida tiristor yopiq holatdan ochiq holatga o’tadi, ya’ni tiristordan o’tayotgan tok katta bo’ladi,tiristorning qarshiligi kichik bo’ladi. Yopiq holatdan ochiq holatga o’tadi.

Ikki tranzistorli model: Asbob xarakteristikalarini to’g`ri yopiq holatdagi ishlash prinsiplarini tushuntirish uchun ikki tranzistorli modeldan foydalanamiz.Tiristorni p-n-p va n-p-n tranzistorlar 3.3-rasmdagi kabi ulangan deb tushuntiriladi.Markaziy o’tish P_2 o’tishdagi kovaklar injeksiyasini va P3 o’tishdagi elektronlar injeksiyasini ifodalaydi. Emitter toki I_E, kollektor toki I_C va baza toklari I_B orasidagi o’zaro munosabat va p-n-p tranzistorning statik tok bo’yicha kuchaytirish koeffitsienti α_1 ham 3.3-rasmda keltirilgan:



Bu yerda I_{Co} kollektor –baza o'tishdagi teskari tokning to'yinish qiymati. 3.3-rasmda n-p-n tranzistorning kollektor toki bir vaqtda p-n-p tranzistorning baza toki ham bo'lib hisoblanadi. P-n-p tranzistorning kollektor toki va boshqarish toki I_g n-p-n tranzistorning bazasiga kiradi va natijada kuchaytirish koeffitsienti juda katta bo'lib , darz ketish hodisasini yuzaga keltiradi. p-n-p tranzistorning baza toki quyidagicha ifodalanadi:

$$I_{B1} = (1-\alpha_1)I_A - I_{C_01} \qquad (3.1)$$

Bu erda I_A-anod toki.

I_{B1} toki n-p-n tranzistorning kollektorli o'tishidan o'tadi. Uholda n-p-n kollektor toki quyidagicha ifodalanadi:

$$I_{C2} = \alpha_2 I_K + I_{C_02} \qquad (3.2)$$

Bu erda α_2- n-p-n tranzistor kollektor tokining kuchaytirish koeffitsienti. Yuqoridagilarni inobatga olib, tiristor toki uchun quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$I = M_l[I(\alpha_1 + \alpha_2) + I_{KB01} + I_{KBo2}] = M_l I_{ko}/(1 - M_l\alpha) \qquad (3.3)$$

M_l -ko'chkisimon kuchaytirish koeffitsienti;

Agar $M_l\alpha=1$ bo'lsa tiristor qayta ulanadi.Ya'nibu holda o'tayotgan tok chegaralovchi R qarshilik yordamida chegaralanadi, chunki tiristorning ochiq holatdagi qarshiligi juda ham kichik bo'ladi.Agar boshqacha aytadigan bo'lsak $\alpha_1 + \alpha_2<1$ b'olsa I_A juda kichik bo'ladi. $\alpha_1 + \alpha_2 =1$ bo'lsa to'g`ri chorakdagi darz ketish hodisasi kuzatiladi

va tiristor yopiq holatdan ochiq holatga o’tadi.

Tiristorning kambag'allashgan soha kengligi va energetik zona diagrammasi:

Tiristorga tashqi kuchlanish qo'yilmaganda chapdan o'nga va o'ngdan chapga o'tayotgan zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi o'zaro teng bo'ladi ya'ni dinamik muvozanat qaror topadi. Uning energetik diagrammasi 3.5.a- rasmda ko'rsatilgan.

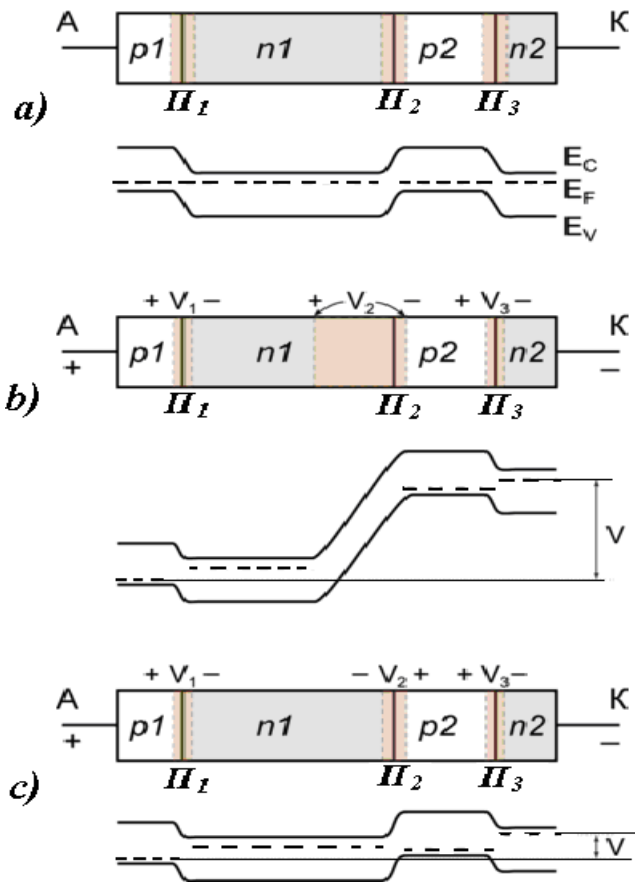
Albatta har bir o'tishdagi kontakt potensiallar farqi va kambag'allashgan soha kengliklari kirishmalar konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi. Bu haqidagi to'liq ma'lumotlar [2,3] va boshqa adabiyotlarda keltirilgan.

Fermi energetik sathi dinamik muvozanat vaqtida har bir sohada Fermi energiyasi bir xil qiymatga ega bo'ladi ya'ni har bir p va n sohalarda Fermi energetik sathlari o'zaro moslashgan bo'ladi.

Agar tiristorning anodiga musbat kuchlanish, katodiga manfiy kuchlanish qo'yilganda P_1 va P_3 o'tishlar to'g'ri yo'nalishda , P_2 o'tishga esa teskari yo'nalishda kuchlanish qo'yilgan bo'ladi.Bu holatning energetik diagrammasi 3.5.b-rasmda ko'rsatilgan. Anod va katod orasidagi kuchlanish har bir kuchlanishlarning algebraik yig'indisiga teng bo'ladi:

$$V_{AK} = V_1 + V_2 + V_3 \qquad (3.4)$$

Agar kuchlanishning qiymatini orttira boshlasak $\alpha_1 + \alpha_2$ kuchaytirish koeffitsientlari ham ortib boradi va mos ravishda asbobdan o'tayotgan tok kuchining qiymati ham ortib boradi.



Tiristorning ochiq holati(rejimi):

Tiristorga qo'yilayotgan tashqi kuchlanishning qiymatini yana ham orttirib boramiz.Kuchlanishning ma'lum bir qiymatiga etganda P_2 o'tishda darz ketish ro'y beradi. Asbob tiristor yopiq holatdan ochiq holatga o'tadi.

Bu holatning strukturasi va energetik diagrammasi 3.5.c- rasmda ko'rsatilgan. Tiristor ochiq holatdan o'tayotganda undan o'tayotgan tokni tashqi yuklanish orqali cheklash kerak bo'ladi.Chunki tiristor ochiq holatda kichik qarshilikka ega bo'lganligi uchun katta kuchlanish tiristorni ishdan chiqarishi mumkin. Tiristor yopiq holatdan ochiq holatga o'tganda anod va katod kuchlanishi quyidagicha munosabatda bo'ladi:

$$V_{AK} = (V_1 — |V_2| + V_3) \qquad (3.5)$$

Bu holatda p_1 sohadan kovaklar injeksiyasi n_2 sohadan elektronlar injeksiyasi kuzatiladi.Bu esa tiristorning to'yinish sohasiga to'g'ri keladi. Bu erda tiristor xuddi p-i-n diod kabi bo'ladi.

Savollar

1. Tiristorlarning ishlash tamoyilini tushuntiring.

2. Tiristorlarning qo‘llanilish sohasiga misol keltiring.
3. Tiristordan o ‘tadigan tokni qanday usullar bilan boshqarish mumkin?
4. Tiristorning VAT ini tushuntirib bering.

7- ma’ruza. Mantiq elementlarining zamonaviy raqamli elektronikadagi o‘rni

Mantiqiy amallarni ko‘rib chiqish uchun 1-jadvalda keltirilgan aksioma va qonunlar qatoridan foydalanamiz.

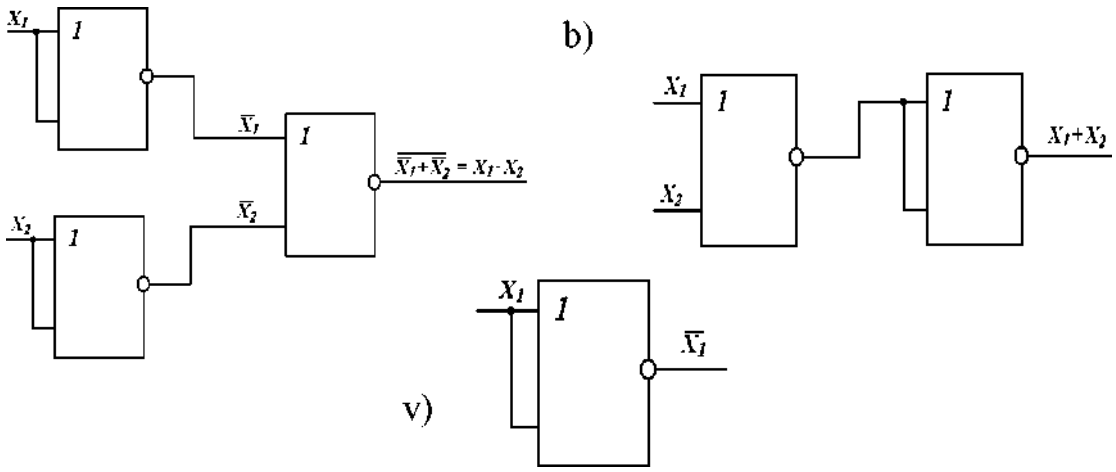
Mantiq algebrasining asosiy aksioma va qonunlari 1-jadval

Aksiomalar	$0+x=x$ $0\cdot x=0$	(1)
	$1+x=x$ $1\cdot x=x$	(2)
	$x+x=x$ $x\cdot x=x$	(3)
	$x+\bar{x}=1$ $x\cdot\bar{x}=0$	(4)
	$x=x$	(5)
Kommutativlik qonunlari	$x_1+x_2=x_2+x_1$ $x_1\cdot x_2=x_2\cdot x_1$	(6)
Assotsiativlik qonunlari	$x_1+x_2+x_3=x_1+(x_2+x_3)$ $x_1\cdot x_2\cdot x_3=x_1\cdot(x_2\cdot x_3)$	(7)
Distributlik qonunlari	$x_1\cdot(x_2+x_3)=(x_1\cdot x_2)+(x_1\cdot x_3)$ $x_1+(x_2\cdot x_3)=(x_1+x_2)\cdot(x_1+x_3)$	(8)
Duallik qonunlari (de - Morgan teoremasi)	$x+x_2=\bar{x}\bullet\bar{x}_2$ $x_1-x_2=\bar{x}_1+\bar{x}_2$	(9)
Yutilish qonunlari	$x_1+x_1\cdot x_2=x_1$ $x_1\cdot(x_1+x_2)=x_1$	(10)

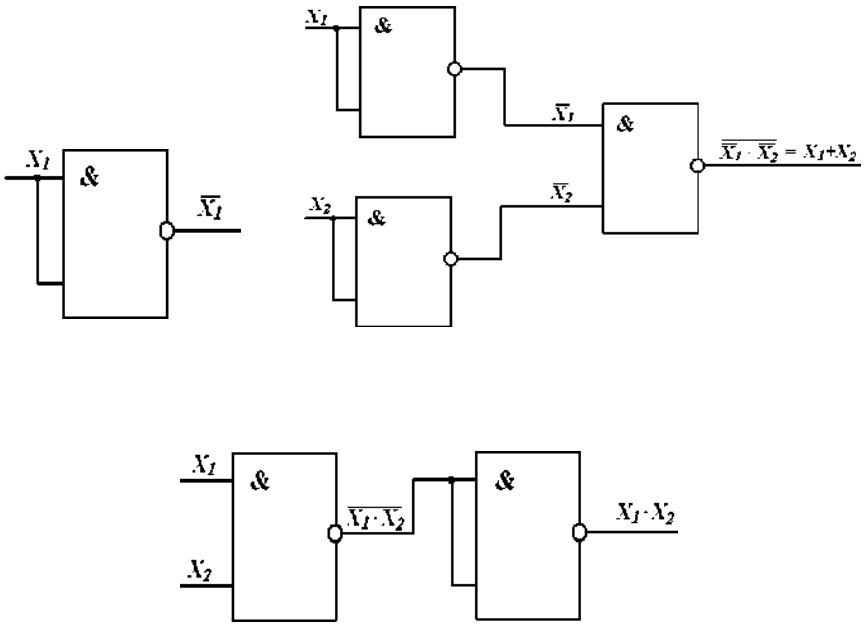
Raqamli sxemalarda turli mantiqiy funktsiyalarni amalga oshirish uchun ***minimal element bazis*** (yoki ***baza***) deb ataluvchi mantiqiy elementlar majmuasiga ega bo‘lish yetarli hisoblanadi.

Minimal element bazislar:

- biri VA, ikkinchisi esa – EMAS amalini bajaruvchi ikki turdagi mantiqiy elementlar majmui;
- biri YOKI, ikkinchisi esa – EMAS amalini bajaruvchi ikki turdagi mantiqiy elementlar majmui;
- YOKI-EMAS amalini bajaruvchi Pirs mantiqiy elementlari majmui;
- VA-EMAS amalini bajaruvchi Sheffer mantiqiy elementlari majmui.



1-rasm. 2YOKI-EMAS elementi asosida VA (a), YOKI (b) va EMAS (v) mantiqiy amallarini shakllaniishi.



2-rasm. 2 VA-EMAS elementi asosida VA (a), YOKI (b) va EMAS (b) mantiqiy amallarini shakllaniishi

Amalda elementlar va boshqalar nomenklaturasini qisqartirish maqsadida HAM-EMAS yoki YOKI-EMAS amallarni bajaruvchi element bazasidan foydalaniladi. Lekin, faqat minimal bazis elementlaridan foydalangan holda raqamli tizimni shakllantirish qurilmaning murakkablashib ketishiga olib keladi.

U holda tizim parametrlarini yaxshilash maqsadida, VA-EMAS yoki YOKI-EMAS minimal bazis elementlaridan tashqari, VA-YOKI-EMAS, VA, YOKI, istisnoli YOKI va boshqa amallarni bajaruvchi sxemalar ham qo‘llaniladi.

Minimal element bazisi mantiqiy elementlarning ***funktsional to‘liq tizimi*** hisoblanadi. Ya’ni, minimal bazis mantiqiy elementlari majmui ixtiyoriy murakkablikdagi mantiqiy sxemani shakllantirishga imkon beradi.

Misol tariqasida, YOKI-EMAS elementi yordamida (3.1-rasm) va faqat VA-EMAS elementlari yordamida (3.2-rasm) VA, YOKI va EMAS amallari qanday bajarilishini ko‘rib chiqamiz.

Murakkab mantiqiy qurilmalar sintezini boshlashdan avval, quyidagi amallar ketma-ketligini bajarish zarur:

- mazkur tugun (blok) bajarishi kerak bo‘lgan berilgan murakkab mantiqiy funktsiyani minimallash;
- element baza tanlash;
- minimallashgan mantiqiy funktsiyani tanlangan bazaga ko‘ra o‘zgartirish;
- elektr sxemani sintezlash.

O‘zgaruvchi kattaliklar orasidagi $u=f(x)$ bog‘liqlik yoki funktsiya turli shaklda ifodalanishi mumkin.

Raqamli qurilmalarning ishlash algoritmi matematik mantiq yordamida ifodalanadi. Shu sababli qurilmalar mantiqiy qurilmalar sinfiga ta’lluqli. Mantiqiy qurilmalarda chiqishdagi o‘zgaruvchilar (funktsiya) u_i ning kirishdagi o‘zgaruvchilar

majmuasi $x_{n-1}...x_2x_1$ orqali, mantiq algebrasi yordamida ifodalanishi ***mantiq algebrasi funktsiyasi*** (MAF) deb ataladi. Raqamli qurilmalarda qayta ulanuvchi elementlar (“ochiq” xolatidan “berk” holatiga o‘tuvchi va aksincha) qo‘llanilgani sababli mantiq algebra funktsiyasini yana ***qayta ulanuvchi funktsiya*** deb ham atashadi.

Triggerlar

Ikki turg`un holatga (1 yoki 0 holatga) ega bo`lib, bir turg`un holatdan ikkinchisiga tashqi ishga tushurish signali ta`sirida sakrab o`tadigan elektron qurilma trigger deyiladi.

Triggerning ikkita chiqishi bo`lib, ulardagi signallar (kuchlanishlar) biri shartli ravishda “0” bo`lsa, ikkinchisi “1” bo`ladi (4.1 - rasm). Trigger ikki turg`un holatga ega bo`lgani uchun t1 ÷ $t_2$ vaqt oralig`i U_{chiq1} dagi signal kuchlanishning “o”, U_{chiq2} dagi signal kuchlanishning 1 – qiymatlariga mos bo`ladi. Bu holatda trigger ishga tushirish impulsi UTI berilmaguncha turg`un turadi. t_2 vaqtda UTI ta`sirida chiqish kuchlanishlari triggerning har ikkala chiqishida teskarisiga o`zgaradi va trigger ikkinchi turg`un holatda, ya`ni t_2 va t_3 vaqt oralig`ida $U_{chiq1}$ da “1”, $U_{chiq2}$ da esa “0” signal hosil bo`ladi. Demak, triggerning ikkala chiqishidagi signallar qarama – qarshi fazada $\overline{Q}$ rgani uchun birinchi chiqish turg`un chiqish (Q), ikkinchisi esa inkor chiqish ($\overline{Q}$)deyiladi.

Triggerlar ilgari tranzistorlarda yaratilgan bo`lsa, xozirgi vaqtda integral mikrosxema ko`rinishidagi “**VA – EMAS**”, “**YOKI – EMAS**” kabi mantiqiy elementlarda yoki integral mikrosxema ko`rinishida tugal element (integral trigger) sifatida yaratilmoqda.

Triggerlarning axborotni eslab qolish xususiyatga ega ekanligi ulardan murakkab hisoblash (summatorlar, hisoblagichlar), xotirlash qurilmalari (registrlar), elektron relelar va boshqa qurilmalar yaratish imkonini beradi.

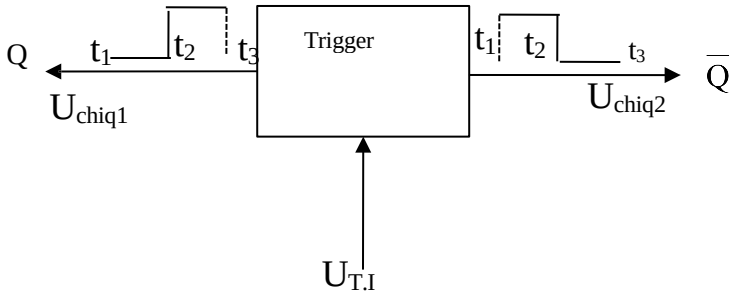
Triggerlarning bir turg`un holatdan ikkinchisiga o`tishi ikkita (RS – trigger) yoki bitta (D va T – triggerlar) ishga tushurish signali manbalari ta`sirida sodir bo`ladi.

Bunday ishga tushirish signali manbalarini axborot manbalari, bu signallarni qabul qiladigan trigger kirishlari axborot kirish (информационый вход) deyiladi.

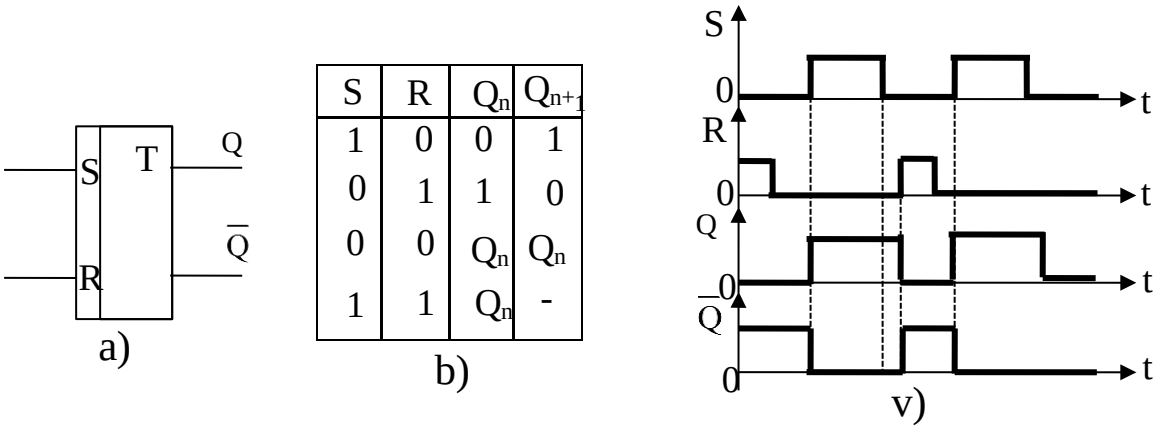
Triggerlarni boshqarish, ya`ni ularga axborot yozish usuli ikki xil bo`ladi: asinxron va sinxron. Asinxron usulda triggerni boshqarish faqat ishga tushirish signalidan bo`lsa, sinxron usulda bu signaldan tashqari , alohida takt signali bo`ladi. Bu signal triggerga ishga tushirish signalini qabul qilishga yoki qabul qilmaslikka (разрешаюший или синхронный вход) ruxsat beradi.

Integral mikrosxema ko`rinishidagi triggerlarning quyidagi turlari bor:

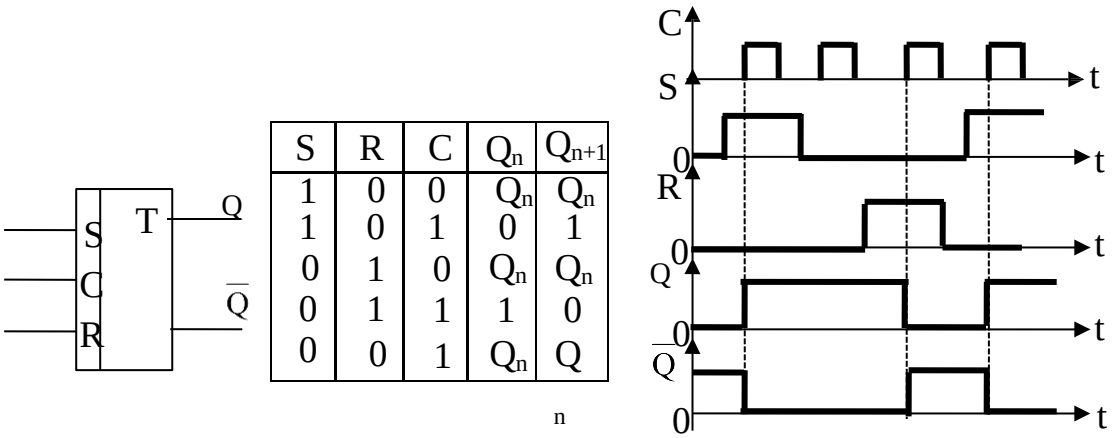
RS – triggerlar, D – triggerlar, T – triggerlar, JK – triggerlar.



4.1 – rasm. Triggerning tuzilish sxemasi



4.2 – rasm. Asinxron RS triggerning shartli belgisi (a), holatlar jadvali (b) va ishlash (v) diagrammasi



4.3 – rasm. Sinxron RS triggerning shartli belgisi (a), holatlar jadvali (b) va ishlash (v) diagrammasi

Asinxron RS – trigger

Asinxron RS – triggerning shartli belgisi, holatlar jadvali ishlash diogrammasi 4.2 – rasmda ko`rsatilgan. Holatlar jadvalida ishga tushirish signali ta`sir etishgacha triggerning oldingi holati n indeksi bilan, ishga tushirish signali ta`sir etgandan so`ng triggerning keyingi holati n + 1 indeksi bilan ifodalanadi.

Ishga tushirish signallarini qabul qiladigan axborot kirishlar (S va R) triggerni 1 yoki 0 turg`un holatga sakrab o`tishiga xizmat qiladi. S kirishga berilgan signal triggerni 1 holatga o`tkazadi, ya`ni triggerning turg`un chiqishi Q da 1 signal, inkor chiqish $\overline{Q}$ da 0 signal hosil bo`ladi. R kirisga berilgan signal, triggerni 0 holatga o`tkazadi, ya`ni triggerning to`g`ri chiqishi Q da 0 signal, inkor chiqishi $\overline{Q}$ da esa 1 signal hosil bo`ladi

Sinxron RS - trigger

Sinxron RS – triggerning shartli belgisi, holatlar jadvali va ishlash diagrammasi 4.3 – rasmda ko`rsatilgan. Bu triggerni boshqarish R va S kirishga beriladigan axborot signallaridan tashqari sinxron kirish C ga beriladigan takt signalini talab etadi. Takr signali bo`lmasa, ishga tushiruvchi signallar sinxron RS – triggerni ishlata olmaydi.

D – trigger

D – triggerning shartli belgisi, holatlar jadvali va ishlash diagrammasi 4.4 – rasmda ko`rsatilgan. Bu trigger bitta axborot kirish D va sinxron kirish C ga ega. Uning asosiy xususiyati shundaki, D kirishidagi signal tugasa ham, to keyingi takt signali kelguncha (C kirish) trigger 1 – holatini saqlab turadi.

T – trigger

T – triggerning shartli belgisi, holatlar jadvali va ishlash diagrammasi 4.5 – rasmda ko`rsatilgan. Bu triggyerda bitta takt kirishi T bo`lib, bu kirishga kelgan har bir signal ta`sirida trigger bir holatdan boshqasiga o`tadi

JK – trigger

Bu trigger universal trigger bo`lib, uni har xil turdagi triggerlar (RS, D, T) sifatida ishlatish mumkin.

4.1-jadval

Kirishdagi impulslar soni	Triggerlar holati (chiqish kodi)			
	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

Registrlar

Ikkilik kodlarda ifodalangan axborotlarni qabul qilish, xotirada saqlash va qaytarib berish uchun xizmat qiladigan funktsional qurilmalarga *registrlar* deyiladi.

Registrlar asosan triggerlar va mantiqiy elementlarning ma`lum bir ko`rinishiadgi ulanishidan tashkil topgan. Har bir trigger elementar xotira xonacha(ячейка)si bo`lib hisoblanadi. Ikkilik kodining har bir razryadi alohida triggerlarga yozilgani uchun resiztordagi triggerlarning soni yoziladigan kod razryadi bilan belgilanadi.

Xotirada saqlanishi kerak bo`lgan ko`p razryadli kodning kiritilish usuliga qarab registrlar parallel va ketma – ket turlarga ajratiladi. Parallel registrlarda ko`p razryadli kodning barcha razryadlari bir vaqtda yoziladi (qabul qilinadi) va o`qiladi (qaytarib beriladi). Bunday registrlar axborotni faqat qabul qiladilar, saqlaydilar va qaytarib beradilar. Shuning uchun parallel registrlar xotira registrlari ham deb ataladi. Ketma – ket registrlarda ko`p razryadli kodning razryadlari ketma – ket yoziladi va o`qiladi, chunki bunday rezistrlar ketma – ket ulangan triggerlardan tashkil topgan. Takt impulslari ta`sirida triggerlarning holatlari biridan ikkinchisiga tomon siljiydi, shuning uchun ketma – ket registrlar siljish registrlari deb ham ataladi. Siljish registrlari kodni xotirada saqlashdan tashqari yana signal kodini o`zgartirish (paralleldan ketma – ketga va aksincha o`tkazish), impulslarni sanash va boshqa xususiyatlarga ega.

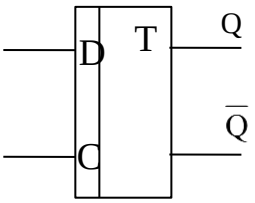
4.6 – rasmda D – triggerlarda tuzilgan to`rt razryadli parallel registrning soddalashtirilgan tuzilish sxemasi keltirilgan. Boshlang`ich vaqtda barcha triggerlar nol holatga keltiriladi.

Registrga kodni kiritish (*Yozish*) triggerlarning C_1 kirishiga takt signali berilganda sodir bo`ladi. Natijada triggerlar kirish signallarini ($x_1$, $x_2$, $x_3$, $x_4$ kodlarni) eslab qoladilar va qayta nolga keltirish signali ta`sir etguncha, yoki manba uzilguncha xotirada saqlaydilar. Saqlangan kodni ko`p marotaba mazmunini o`zgartirmasdan

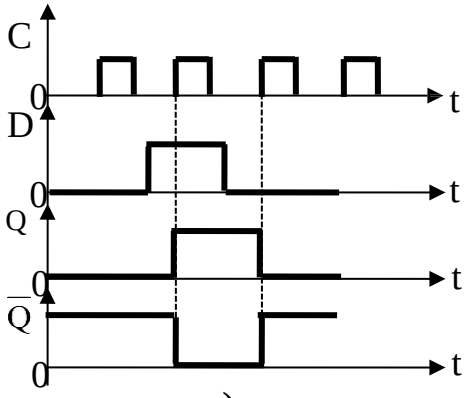
qaytarish (*O`qish*) mumkin. Buning uchun registrning C_2 kirishiga xotiradagi kodni qaytarib berishga ruxsat etuvchi signal berish kerak.

4.7 – rasmda to`rt razryadli ketma – ket registrning soddalashtirilgan sxemasi keltirilgan. Unda triggerlar o`zaro ketma – ket ulangan va ular ham bosh`lang`ich vaqtda nol holatga keltiriladi. Registrning C_1 kirishiga kodni yozishga ruxsat beruvchi takt signallari beriladi. Birinchi takt signali berilganda kodning eng kichik razryadi registrning birinchi triggeriga yoziladi. Navbatdagi ikkinchi takt signali kodning birinchi eng kichik razryadini registrning birinchi triggeridan ikkinchisiga siljitadi (o`tkazadi), birinchi triggerga esa kodning ikkinchi razryadi yoziladi. Navbatdagi uchinchi takt signali ikkinchi triggerga yozilgan kodni uchinchiga, birinchidagini ikkinchiga va birinchi triggerga esa kodning uchinchi razryadini yozadi. Shu tariqa navbatdagi har bir takt signali kirishagi kodni bir razryadga siljitadi.

Shunday qilib registrda kodni xotiraga olish uni triggerga ketma – ket siljitib yozib borish bilan amalga oshiriladi. Registrda triggerlar soni qancha bo`lsa, unga shunch razryadli kod yoziladi. Axborotni o`qish jarayoni ham parallel, ham ketma – ket kodda amalga oshirilishi mumkin. Axborotni parallel kodda chiqarib olish uchun VA mantiqiy elementlarining *O`qish* kirishiga kerakli marta (razryadiga mos holda) takt signallari berish kerak. Shunday qilib registr yordamida ketma – ket kodni parallel kodga aylantirish mumkin. Ketma – ket kodda chiqarib olish uchun esa triggerlarning C_1 – kirishiga takt signallari beriladi. U triggerlarda yozilgan kodni birma – bir chapdan o`ngga qarab siljitib (ko`chirib) boradi.

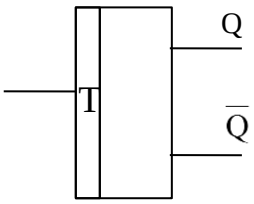


D	C	Q_n	Q_{n+1}
0	1	0	0
1	0	0	0
1	1	0	1
0	1	1	0

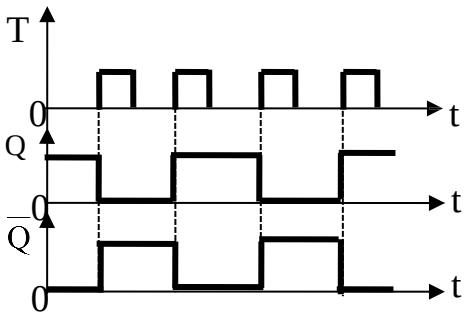


a) b) v)

4.4 – rasm. D - triggerning shartli belgisi (a), holatlar jadvali (b) va ishlash (v) diagrammasi



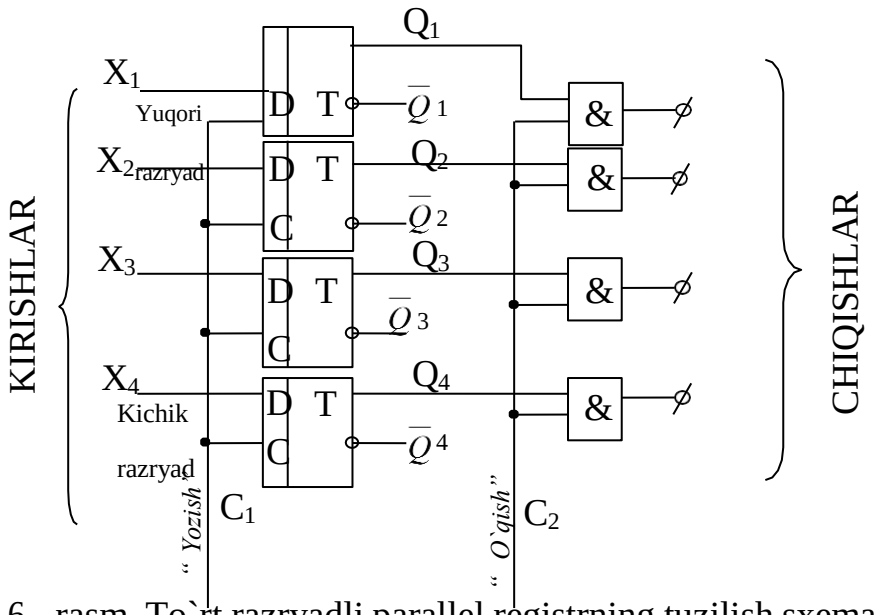
C	Q_n	Q_{n+1}
0	Q_n	Q_n
1	1	0
1	0	1



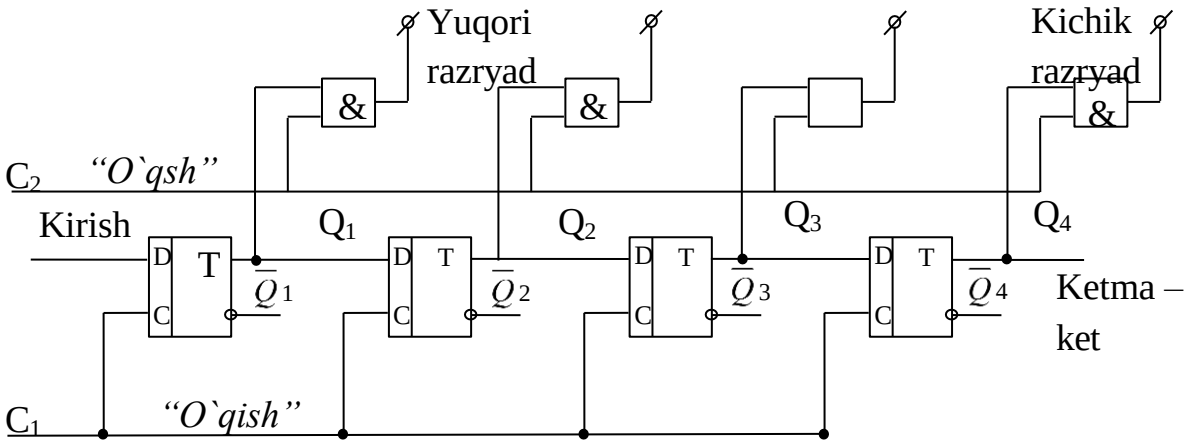
a) b) v)

4.5 – rasm. T - triggerning shartli belgisi (a), holatlar jadvali (b) va ishlash (v) diagrammasi

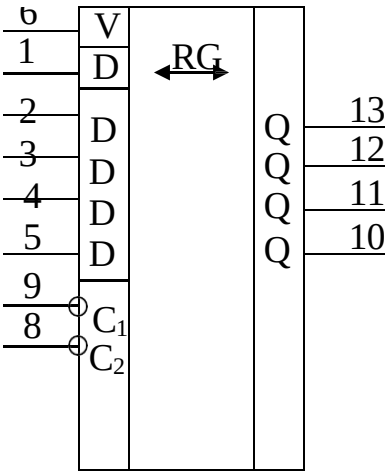
Agar bu vaqtda ularning D – kirishlariga signal ham ta`sir etsa, u yuqoridagi tartibda triggerlarga yozilib boradi.



4.6– rasm. To`rt razryadli parallel registrning tuzilish sxemasi



4.7 – rasm. To`rt razryadli ketma - ket registrning tuzilish sxemasi



4.8 – rasm. К155ИР1 seriyadagi reversiv registrning shartli belgisi

Ketma – ket registrning xarakterli belgisi shuki, uning chiqishini kirishi bilan ulab qo`yish mumkin. Bunda chiqishdan olinadigan signal uning kirishiga qayta uzatilib, davriy ravishda qayta yozilish vujudga keladi, ya`ni bir marta yozilgan signal davriy ravishda butun sistema bo`yicha aylanib turadi. Sinxronlovchi signalning takrorlanish davrini va triggerlar sonini o`zgartirib, signalning registr bo`yicha aylanish davrini boshqarish mumkin. Bunday registrlar reversiv registrlar deb ataladi. 4.8 – rasmda integral mikrosxema ko`rinishidagi registrning shartli belgisi keltirilgan.

Boshqaruv signali V = 0 bo`lganda registr ketma – ket rejimda ishlaydi va bu holda $C_1$ kirishdagi takt impulslari ta`sirida D_0 kirishga ma`lumot kodi razryadlari ketma – ket yoziladi. Agar V = 1 bo`lsa registr parallel rejimda ishlaydi va bu holda C_2 kirishdagi takt impelslari ta`sirida $D_1 \div D_4$ kirishlarga ma`lumot kodi razryadlari bir vaqtda yoziladi.Parallel va ketma – ket ulanish sxemalari asosida registrlarning turli xillari hosil qilinadi. Ularda, masalan, yozilgan signalni chapdan o`ngga yoki aksincha, o`ngdan chapga siljitish, ya`ni ikkiga ko`paytirish yoki bo`lish mumkin.

Registrlar asosan D va JK triggerlar asosida yaratiladi. Mikrosxemali registrlarda ularning soni 100 tadan ortishi mumkin.

Savollar

1. Asosiy mantiqiy elementlar qaysilar?
2. Mantiqiy elementlarni tranzistorlar asosida yig‘ing.
3. Mantiqiy elementlarni diodlar asosida yig‘ing.
4. Mantiqiy elementlar asosida triiggerlardan birini yig‘ing.

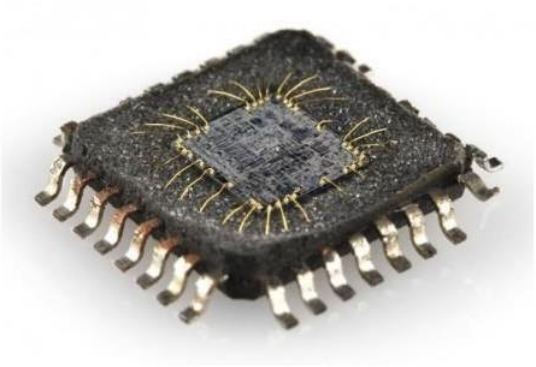
8- ma’ruza. Hozirgi zamonaviy dasturlanadigan mikrosxemalar va mikrokontrollerlar

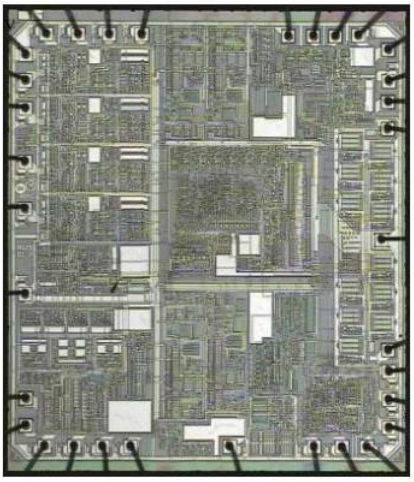
Mikrokontroller – bu bitta chipda (bitta mikrosxemada) mikroprotsessor tizimi joylashgan sxema. Ushbu chip elektron qurilmalarni boshqarish va ko'p funksiyalarni bajarish uchun mo'ljallangan. Elektron qurilmalarning o'zaro ta'siri mikrokontrollerga o'rnatilgan dasturga muvofiq amalga oshiriladi.

Mikrokontrollerlar turli xil elektron qurilmalarni boshqarishga imkon beradi. Mikrokontroller yakka o'zi ishlamaydi, lekin turli xil tashqi qurilmalar (monitorlar, klaviatura, turli xil sensorlar va boshqalar) ni boshqaradi. Mikroprotsessorlar deyarli bir vaqtning o'zida Jek Kilbi (Texas Instruments) va Robert Neuss (Firechild Semicondactors) tomonidan 1958 yilda ixtiro qilingan. Sanoatda ishlab chiqarish faqat 70-yillarning boshlarida boshlangan. Birinchi protsessor (8080) 1974 yilda chiqarildi. U Intel 4040 nomi bilan 1969 yilda paydo bo'lgan, ammo 1974 yilda tijorat ishlab chiqarishga o'tgan.

Bitta chipli mikro-kompyuterlarning paydo bo'lishi bilan boshqaruv sohasida kompyuter avtomatizatsiyasini ommaviy ravishda qo'llash davri boshlandi. Ehtimol, ushbu holat "controller" atamasini keltirib chiqargan (inglizcha controller – nazoratchi, boshqaruv moslamasi). Mahalliy ishlab chiqarishning keskin pasayishi va uskunalar, shu jumladan hisoblash uskunalari importining ko'payishi sababli "mikrokontroller" (MK) atamasi "bitta chipli mikro kompyuter" atamasini bekor qildi. Bitta chipli mikrokompyuter uchun birinchi patent 1971 yilda Amerikaning Texas Instruments

kompaniyasi xodimlari muhandis Maykl Koen va Gari Bounga berilgan. Ular bitta protsessorga nafaqat protsessorni, balki kirish chiqish moslamalari bilan ishlaydigan xotirani ham joylashtirish g'oyasining kashfiyotchilari. 1976 yilda Amerikaning Intel kompaniyasi i8048 mikrokontrollerini chiqardi. 4 yildan so'ng, 1980 yilda Intel quyidagi mikrokontrolerni chiqaradi: i8051. Tashqi yoki ichki dastur xotirasini moslashuvchan tanlash qobiliyati va arzon narx ushbu mikrokontrollerni bozordagi muvaffaqiyatini ta'minladi.





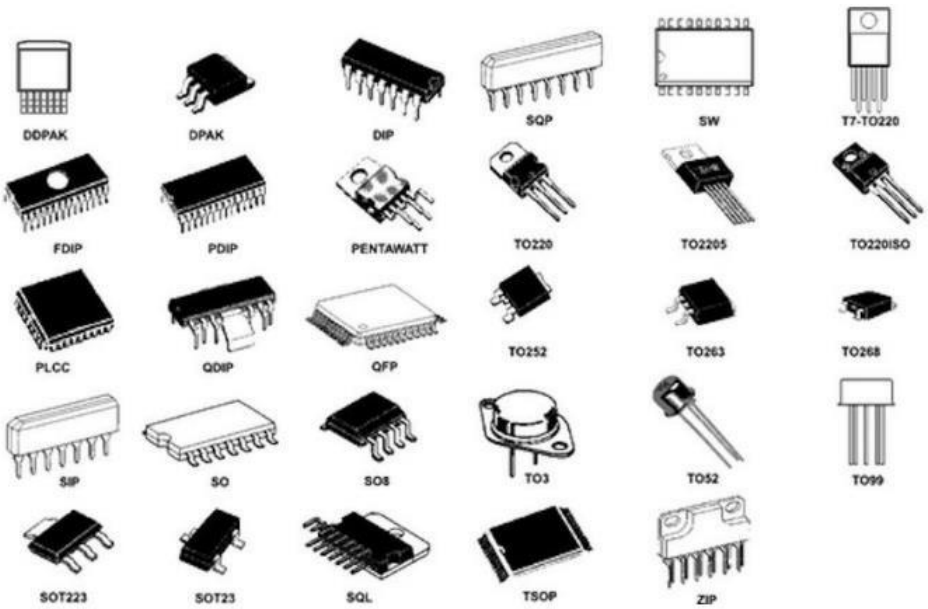
Texnologiya nuqtai nazaridan, i8051 mikrokontroleri o'z davri uchun juda murakkab mahsulot edi – kristalda 128 ming tranzistorlar ishlatilgan, bu i8086 16- bitli mikroprosessordagi tranzistorlarning sonidan 4 baravar ko'p edi.

Mikrokontrollerlarning turlari An'anaviy ravishda mikrokontrollerlarni uch guruhga bo'lish mumkin: oddiy, o'rnatilgan va universal.

Eng oddiy mikrokontroller yuqori ishlash talab qilinmaydigan holatlarda qo'llaniladi, ammo narxi arzon. Asbob-uskunalarga o'rnatilgan mikrokontrollerlar juda ixtisoslashgan vazifalarni bajarish uchun mo‘ljallangan.

Universal mikrokontrollerlar boshqarish va tartibga solish tizimlarida ko'plab muammolarni hal qilishga qaratilgan. Mikrokontrollerlar quyidagi asosiy turlarga bo'lish mumkin: o'rnatilgan 8 bitli MK, 16- va 32-bitli MK, raqamli signal protsessorlari (raqamli signallarni qayta ishlash uchun mo'ljallangan ixtisoslashtirilgan mikroprotsessor).

Elektronika elementlari va mikrokontrollerlar uchun ishlatiladigan korpuslarning nomlari:



DIP (Dual Inline Package) - ikki qator kontaktli korpus.

SOIC (Kichik konturli integral mikrosxemalar) – planar mikrokontroller - oyoqlari sirtga kovsharlanadi. Oyoqlarning soni va ularning raqamlanishi DIP bilan bir xil. Korpusdagi oyoqlarning soni 8 dan 56 gacha bo‘lishi mumkin.

PLCC (Plastic Leader Chip Carrier) - kvadrat quti. Oyoqlar har to'rt tomonda joylashgan va J simon shaklga ega.

TQFP (yupqa profilli to'rtburchak yassi korpus) - SOIC va PLCC o'rtasidagi o'rtacha o‘lcham. Taxminan 1 mm qalinlikdagi kvadrat korpus, tashqi qurilmalar har tomondan joylashgan. Oyoqlarning soni 32 dan 144 gacha.

Mikrokontrolerning asosiy tarkibiy qismlarini sanab o'tamiz:

Arifmetik mantiqiy qurilma - ushbu mikrosxema mikrokontrolerlarning yuragi hisoblanadi.

Xotira - mikrokontroler tarkibada xotira mavjud bo‘lib, unda dasturlar saqlanadi. Ushbu xotira manba quvvatini o'chirilgandan keyin ham ma'lumotlarni saqlab qoladi. Batareya yoki boshqa manba ulanganda mikrokontrollerda saqlangan ma'lumotlar yana o‘qilishi mumkin.

I/O portlari - mikrokontrolderga tashqi qurilmalar ulanishiga imkon beradigan kiritish / chiqarish portlari.

Yuqori darajadagi integratsiya (birlik yuzadagi elementlar soni) va ishonchlilikka erishish uchun barcha mikrokontrollerlarda o'rnatilgan qo'shimcha qurilmalar mavjud. O'rnatilgan qurilmalar tizimning ishonchliligini oshiradi, chunki ular tashqi elektr zanjirlarini talab qilmaydi. Ular ishlab chiqaruvchi tomonidan oldindan mikrokontrolerga joylashtiriladi. Eng keng tarqalgan o'rnatilgan qurilmalar qatoriga xotira qurilmalari va kirish / chiqish portlari, aloqa interfeysi, taymerlar, tizim soatlari kiradi. Xotira moslamalariga tasodifiy kirish xotirasi (RAM), faqat o'qish uchun xotira (ROM), flesh ROM (EPROM), elektr flesh ROM (EEPROM) kiradi.

Taymerlar real vaqtda vaqtni ham, uzilish taymerini ham o'z ichiga oladi. I / O vositalariga ketma-ket aloqa portlari, parallel ulanish portlari (I / O liniyalari), analogdan raqamli o'zgartirgichlar (A / D), raqamli-analogli konvertorlar (D / A),

suyuq kristall displey (LCD) drayverlari yoki vakuumli lyuminestsent displey (VFD) drayverlari kiradi. . O'rnatilgan qurilmalar juda ishonchli, chunki ular tashqi elektr konturlarini talab qilmaydi.

ALU raqamlar bo'yicha operatsiyalarni bajaradi va operatsiya natijasini raqam sifatida qaytaradi. Bu raqamlar joylashtirilgan umumiy maqsadli registrlar - vaqtinchalik xotira turi. Har bir mikrokontrolderda turli xil registrlar bo'lishi mumkin. Biroq, mikrokontrolцrъn normal ishlashi uchun umumiy maqsadli registrlar etarli emas, chunki, masalan, 32 bayt juda kam xotira. Qo'shimcha ma'lumotni saqlash uchun undan foydalaniladi tasodifiy kirish xotirasi (RAM). Umumiy maqsad registrlarida ALU hozirgi vaqtda, qolganlari esa RAM bilan ishlaydigan ma'lumotlar mavjud. ALU bajaradigan buyruqlar, aniqrog'i buyruqlar ketma-ketligi saqlanadi faqat o'qish uchun xotira (ROM). Bu odatda flesh-xotira. Buyruqlar ketma-ketligi - bu dasturchi yaratadigan mikrokontroler dasturidan boshqa narsa emas. Barcha buyruqlar ROM-da ma'lum manzillarda joylashgan. ROMdan buyruq olish uchun siz uning manzili, dastur hisoblagichi yoki guruh hisoblagichi bilan bog'lanishingiz kerak. ROMdagi ma'lumotlar buyruqlar reestriga tushadi. ALU buyruqlar registrining tarkibiga doimiy ravishda "qaraydi" va agar unda buyruq paydo bo'lsa, ALU darhol uni bajarishni boshlaydi. Ushbu mikrokontrollerlarning barchasi kirish / chiqish portlarisiz tashqi dunyo bilan o'zaro aloqada bo'ladigan foydasiz bo'ladi. Kirish / chiqish portlari kirish va chiqish kabi ishlashga sozlanishi mumkin. Portni boshqarish maxsus registrlar orqali amalga oshiriladi. Odatiy bo'lib, mikrokontrolцrъn barcha portlari chiqish uchun sozlangan.

Shuni ham ta'kidlash kerakki, mikrokontrolцrъn barcha ishlari ichki yoki tashqi bo'lishi mumkin bo'lgan soat generatori bilan sinxronlashtiriladi. Soat chastotasi, aniqrog'i, shina tezligi vaqt birligiga qancha hisob-kitob qilish mumkinligini aniqlaydi.

Mikrokontroller aslida kichik kompyuter deb hisoblanganligi sababli uning imkoniyatlari nihoyatda kengdir. Masalan, mikrokontrolderga turli xil qiymatlarni o'lchash, turli xil signallarni qayta ishlash va turli xil qurilmalarning keng doirasini boshqarish bo'yicha ko'rsatma berilishi mumkin. Ko'p jihatdan, mikrokontrollerlarning

imkoniyatlari faqat tasavvur va ular bilan ishlash qobiliyati bilan cheklanadi, ammo ikkalasini ham o'rganish mumkin.

Mikrokontrollerni dasturlash uchun u kompyuterga ulangan bo'lishi kerak, buning uchun dasturchi deb nomlangan maxsus qurilma ishlatiladi. Uning yordamida mikrokontrolцr va kompyuter o'rtasidagi munosabatlar amalga oshiriladi. Siz hatto dasturchini o'ziga xos ko'prik deb ayta olasiz. Masalan, siz C dasturlash tilida mikrokontroller uchun dastur yozasiz, shundan so'ng siz dasturiy ta'minot faylini yaratasiz va kompyuteringizdagi dasturdan foydalanib mikrokontrolleringizni ushbu dasturiy ta'minot bilan o'chirasiz. Aslida, hamma narsa juda oddiy va agar so'ralsa, osonlikcha o'zlashtiriladi!

Mikrokontrollerga asoslangan moslama, o'zingiz xohlaganingiz va taklif qilinayotgan qurilmaning murakkabligiga qarab, o'z taxtasida ham, taxta panelida ham yoki devorga o'rnatish usulida ham o'rnatilishi mumkin. Mikrokontrollerlar bugungi kunda deyarli hamma joyda qo'llaniladi: zamonaviy monitorlarda, muzlatgichlar, planshetlar, xavfsizlik tizimlari, kir yuvish mashinalari va boshqalar. Tekshirish talab etiladigan har qanday elektron qurilmada mikrokontroller o'z joyini egallashi mumkin va barchasi tufayli, uni deyarli xohlaganingizcha dasturlash mumkin. Shuning uchun, hatto bitta turdagi chip ham elektron qurilmalarda ishlatilishi mumkin.

Zamonaviy mikrokontrolцr dizaynining murakkabligiga qaramay, uning qanday ishlashini faqat bitta jumla bilan aytish mumkin: "Dastur kodi shunchaki mikrokontrolderning xotirasiga yozilgan, MK ushbu dasturning buyruqlarini o'qiydi va keyin ularni oddiygina bajaradi" - bu ishning butun printsipi.

Ba'zi MK-lar juda ko'p miqdordagi asosiy buyruqlarga ega bo'lishi mumkin, boshqalarida esa ancha kam. Bu shartli bo'linish uchun olimlar ikkita atamani ishlatadilar: CISC va RISC.

Mikrokontroller taymerlari

Arduino platasi turli muammolarni tez va minimal vositalar bilan hal qilish imkonini beradi. Ammo vaqt oralig'i kerak bo'lganda (datchiklarning davriy so'rovi, yuqori aniqlikdagi PWM signallari, uzoq muddatli impulslar), standart kutubxona kechikish funktsiyalari qulay emas. Ularning harakati davomida sketch to'xtatiladi va

uni boshqarish imkonsiz bo'ladi. Bunday vaziyatda o'rnatilgan AVR taymerlaridan foydalanish yaxshiroqdir.

Kundalik hayotda bo'lgani kabi, mikrokontrolörlarda ham taymer, o'rnatilgan vaqtda signal berishi mumkin bo'lgan narsadir. Ushbu o’rnatilgan vaqtda mikrokontrollerda uzilish chaqiriladi va unga biror narsa qilishni eslatadi, masalan, ma'lum bir kod qismini bajarish.

Taymer nima?

Taymerlar, tashqi uzilishlar kabi, asosiy dasturdan mustaqil ishlaydi. Sikllarning bajarilishi yoki millis() ga qayta-qayta murojaat qilish o'rniga, kod boshqa ishlarni bajarayotganda uning ishini bajarish uchun taymerni belgilash mumkin.

Aytaylik, bizda LEDni har 5 soniyada miltillash kabi biror narsa qilish kerak bo'lgan qurilma bor. Agar siz taymerlardan foydalanmasangiz, lekin oddiy kod yozsangiz, LED yonib turgan vaqtda o'zgaruvchini o'rnatishingiz va uni almashtirish vaqti kelganligini doimiy ravishda tekshirishingiz kerak. Taymer uzilishi bilan siz shunchaki uzilishni sozlaysiz va keyin taymerni ishga tushirasiz. Asosiy dasturning harakatlaridan qat'iy nazar, LED o'z vaqtida miltillaydi.

Taymer qanday ishlaydi?

U hisoblash registri deb ataladigan o'zgaruvchini oshirish orqali ishlaydi. Sanoq registrining o'lchamiga qarab ma'lum miqdorgacha hisoblash mumkin. Taymer maksimal qiymatga yetguncha o'z hisoblagichini qayta-qayta oshiradi, shu nuqtada hisoblagich maksimal qiymatga yetadi va nolga qaytadi. Taymer odatda maksimal qiymatga yetish sodir bo'lganligini bildirish uchun bayroq bitini o'rnatadi.

Ushbu bayroqni qo'lda tekshirish yoki vaqtni almashtirish mumkin - bayroq o'rnatilganda avtomatik ravishda uzilishni ishga tushirish kerak. Har qanday boshqa uzilishlar singari, taymer maksimal qiymatga yetganda belgilangan kodni bajarish uchun uzilish xizmati tartibini (ISR - *Interrupt Service Routine*) belgilash mumkin. ISR bayroqni o'zi o'chiradi, shuning uchun uzilishlardan foydalanish odatda soddalik va tezlik uchun eng yaxshi tanlovdir.

Hisoblagichni aniq vaqt oralig'ida oshirish uchun taymer takt manbasiga ulangan bo'lishi kerak. Takt manbai uzluksiz takrorlanadigan signal hosil qiladi. Taymer har

safar bu signalni aniqlaganda hisoblagich qiymatini bir marta oshiradi. Taymer takt manbasidan ishlaganligi sababli, o'lchash mumkin bo'lgan eng kichik vaqt birligi takt davri hisoblanadi. Agar 1 MHz chastotali takt signali ulansa, taymer o'lchamlari (yoki taymer davri) quyidagicha bo'ladi:

$T = 1 / f$ (f - soat chastotasi)

$T = 1 / 1\ MHz = 1 / 10^6\ Hz$

$T = (1 * 10^{-6})\ s$

Shunday qilib, taymer o'lchamlari soniyaning milliondan bir qismidir. Taymerlar uchun tashqi takt manbasidan foydalanish mumkin bo'lsa-da, aksariyat hollarda chipning o'zi ichki manbadan foydalaniladi.

Taymerlarning turlari

8-bitli AVR chipidagi standart Arduino platalarida bir nechta taymerlar mavjud. Atmega168 va Atmega328 chiplarida uchta taymer Timer0, Timer1 va Timer2 mavjud. Shuningdek, ular nosozliklarni himoya qilish yoki qayta o'rnatish mexanizmi sifatida ishlatilishi mumkin bo'lgan qo'riqchi taymeriga ega. Bu yerda har bir taymerning ba'zi xususiyatlari ko’rsatilgan:

Taymer0: Taymer0 8 bitli taymer bo'lib, uning hisoblash registrida 255 gacha raqamlarni saqlashi mumkin. Timer0 delay() va millis() kabi standart Arduino vaqt funksiyalari tomonidan qo'llaniladi.

Taymer1: Taymer1 16 bitli taymer bo'lib, maksimal hisoblash qiymati 6553. Ushbu taymer Arduino Servo kutubxonasi tomonidan qo'llaniladi.

Taymer2: Taymer2 8 bit va Timer0 ga juda o'xshaydi. U Arduino tone() funksiyasida ishlatiladi.

Timer3, Timer4, Timer5: ATmega1280 va ATmega2560 chiplari (Arduino Mega variantlarida o'rnatilgan) uchta qo'shimcha taymerga ega. Ularning barchasi 16 bitli va Timer1 bilan bir xil ishlaydi.

Aytaylik, Timer1 ning har bir davr uchun bitta namuna bilan takt chastotasida ishlashini ko’rsak. U maksimal qiymatga yetganda, 13-pinga ulangan LEDni yoqish yoki o'chirish uchun uzilish tartibini chaqirishi kerak. Ushbu misol uchun Arduino kodi

yoziladi, lekin avr-libc kutubxonasining protseduralari va funktsiyalaridan, agar u ishlarni juda murakkablashtirmasa, ishlatamiz.

Avval taymerni ishga tushiramiz:

```
// avr-libc library includes
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>
#define LEDPIN 13

void setup()
{
    pinMode(LEDPIN, OUTPUT);

    // инициализация Timer1
    cli();  // отключить глобальные прерывания
    TCCR1A = 0;  // установить TCCR1A регистр в 0
    TCCR1B = 0;

    // включить прерывание Timer1 overflow:
    TIMSK1 = (1 << TOIE1);
    // Установить CS10 бит так, чтобы таймер работал при тактовой частоте:
    TCCR1B |= (1 << CS10);

    sei();   // включить глобальные прерывания
}
```

Keyin ISR uzilish funksiyasini aniqlaymiz:

```
ISR(TIMER1_OVF_vect)
{
```

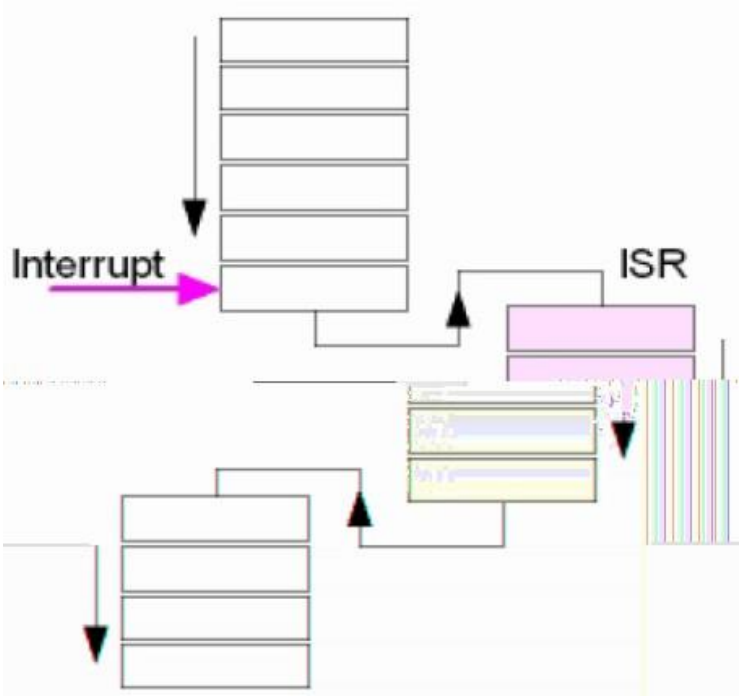
```
  digitalWrite (LEDPIN, !digitalRead (LEDPIN));
}
```

1. Uzilishlar.

Arduinoning joriy ishini to'xtatib qo'yadi, shunda boshqa ishni bajarish mumkin. Aytaylik, siz uyda o'tirib, kimdir bilan suhbatlashyapsiz. Birdan telefon jiringladi. Siz suhbatni to'xtatasiz va qo'ng'iroq qiluvchi bilan gaplashish uchun telefonni ko'tarasiz. Telefon orqali suhbatni tugatganingizdan so'ng, siz telefon jiringlashidan oldin u bilan suhbatga qaytasiz.

Xuddi shunday, siz asosiy tartibni kimdir bilan suhbatlashish deb o'ylashingiz mumkin, telefon jiringlashi sizni suhbatni to'xtatishga olib keladi. Xizmatni uzish tartibi telefonda gaplashish jarayonidir. Telefon suhbati tugagach, siz suhbatning asosiy tartibiga qaytasiz. Ushbu misol uzilish protsessorning qanday ishlashini aniq tushuntiradi.

Asosiy dastur sxemada ba'zi funktsiyalarni bajaradi va ishlaydi. Biroq, uzilish sodir bo'lganda, asosiy dastur to'xtab qoladi va boshqa tartib bajariladi. Ushbu tartib tugagach, protsessor yana asosiy rejimga qaytadi.



1-rasm. Interruptlar

Bu yerda uzilishlar haqida ba'zi muhim xususiyatlar keltirilgan:

- Uzilishlar turli manbalardan kelib chiqishi mumkin. Bunday holda, biz raqamli pinlardan birida holat o'zgarishi bilan qo'zg'atiladigan apparat uzilishidan foydalanmoqdamiz.
- Ko'pgina Arduino dizaynlarida mos ravishda 2 va 3 raqamli kirish/chiqarish pinlariga ulangan ikkita apparat uzilishi ("interrupt0" va "interrupt1") mavjud.
- Arduino Megada 21, 20, 19 va 18-pinlarda qo'shimcha uzilishlar ("interrupt2" dan "interrupt5") o'z ichiga olgan oltita apparat uzilishlari mavjud.
- Siz tartibni “Xizmatni uzish tartibi” (odatda ISR deb nomlanuvchi) deb nomlangan maxsus funksiya yordamida belgilashingiz mumkin.
- Siz tartibni belgilashingiz va ko'tarilgan chekkada, tushgan chekkada yoki ikkalasida shartlarni belgilashingiz mumkin. Ushbu maxsus sharoitlarda uzilishga xizmat ko'rsatiladi.
- Har safar kirish pinida hodisa sodir bo'lganda, bu funksiya avtomatik ravishda bajarilishi mumkin.

AttachInterrupt sintaksisi quyidagicha:

attachInterrupt (digitalPinToInterrupt (pin), ISR, mode);
attachInterrupt (pin, ISR, mode);

Quyidagi uchta konstanta haqiqiy qiymatlar sifatida oldindan belgilangan -

- LOW – pin past bo'lganda uzilishni ishga tushirish uchun**.**
- **CHANGE** - pin qiymati har doim o'zgarganda uzilishni ishga tushirish uchun **.**
- FALLING - pin har doim yuqoridan pastga o'tganda**.**

Namuna:

```
int pin = 2; //define interrupt pin to 2
volatile int state = LOW; // To make sure variables shared between an ISR
//the main program are updated correctly,declare them as volatile.
void setup() {
  pinMode(13, OUTPUT); //set pin 13 as output
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pin), blink, CHANGE);
```

//interrupt at pin 2 blink ISR when pin to change the value

```
}
void loop() {
  digitalWrite(13, state); //pin 13 equal the state value
}
void blink() {
  //ISR function
  state = !state; //toggle the state when the interrupt occurs
}
```

Savollar

1. Mikrokontroller nima?
2. Mikrokontrollerning ichki tuzilishi nimalardan iborat?
3. Mikrokontroller qanday vazifalar bajaradi?
4. Mikrokontroller qayerlarda qo‘llanilad?
5. Mikrokontrollerda to‘xtalishlar nima uchun kerak?
6. Mikrokontrollerlarda qanday turdagi to‘xtalishlar mavjud?

IV. AMALIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI

1- amaliy mashg‘ulot: Elektron sxemalar turlari va rivojlanish tendensiyasi

Reja:

1. Qanday turdagi elektron sxemalar mavjud.
2. Elektron sxemalar va rivojlanish tendensiyasi.
3. Sxema elementlarining shartli bajarilishi
4. Sxemalarni bajarish qoidalari
5. Sxema kodlari.

Elektron sxemalar funksionalligi, ishlatiladigan komponentlari va qo‘llanilishiga qarab har xil turlarga bo‘linishi mumkin:

1. Analog sxemalar vaqt o‘tishi bilan o‘zgarib turadigan uzluksiz signallarni qayta ishlaydi. Ular signalning amplitudasi va fazasini aniq ifodalash zarur bo‘lgan hollarda ovoz kuchaytirgichlari, kuchlanish regulyatorlari va analog sensorlar uchun ishlatiladi.

2. Raqamli sxemalar yuqori (1) yoki past (0) bo‘lgan ikkilik raqamlar (bitlar) bilan ifodalangan diskret signallarni qayta ishlaydi. Ular raqamli kompyuterlar, mikrokontrollerlar, raqamli signal prosessorlari (RSP) va aloqa tizimlarida qo‘llaniladi.

3. Aralash signalli sxemalar analog va raqamli komponentlarni bitta chipda birlashtiradi. Ular analog va raqamli signallarni birgalikda qayta ishlash kerak bo‘lgan tizimlarda, masalan, ma'lumotlar o‘zgartgichlari (ADC va DAC), aloqa interfeyslari va sensorli interfeyslarda qo‘llaniladi.

4. Chiziqli sxemalar kirish va chiqish signallari orasidagi chiziqli munosabatni saqlaydi. Ular kuchaytirgichlar, filtrlar va kuchlanish regulyatorlarida qo‘llaniladi.

5. Chiziqli bo‘lmagan sxemalar:

- Chiziqli bo‘lmagan sxemalar kirish va chiqish signallari o‘rtasida chiziqli bo‘lmagan munosabatlarni ko‘rsatadi. Ular osilatorlar, mikserlar va quvvat o‘zgartgichlari kabi qurilmalarda qo‘llaniladi.

6. Quvvat zanjirlari yuqori quvvat darajalarini boshqaradi va quvvat manbalari, invertorlar, motorli drayvlar va quvvat kuchaytirgichlarida qo‘llaniladi.

7. Radiochastota (RF) sxemalari radiochastotalarda ishlaydi va simsiz aloqa tizimlarida, radar tizimlarida va RF identifikatsiya (RFID) tizimlarida qo‘llaniladi.

8. Integratsiyalashgan sxemalar bitta yarimo‘tkazgichli asosda ishlab chiqarilgan bir nechta elektron komponentlarni (tranzistorlar, rezistorlar, kondensatorlar) o‘z ichiga oladi. Ular deyarli barcha elektron qurilmalarda, shu jumladan mikroprosessorlarda, xotira chiplarida va dasturga xos integral mikrosxemalarda qo‘llaniladi.

9. Analog-raqamli o‘zgartgichlar analog signallarni raqamli sxemalarda qayta ishlash uchun raqamli shaklga aylantiradi. Ular raqamli aloqa tizimlarida, ma'lumotlarni yig‘ish tizimlarida va asboblarda muhim komponentlardir.

10. Raqamli-analog o‘zgartgichlar raqamli signallarni analog qurilmalarga chiqarish uchun analog shaklga aylantiradi. Ular audio tizimlarda, video displeylarda va boshqaruv tizimlarida qo‘llaniladi.

GOST 2.701-68 sxemalarning turlarini, ularning belgilanishini va sxemalarni amalga oshirish uchun umumiy talablarni belgilaydi.

Funksional vazifasi va qo‘yilgan talabga qarab elementlar va ulanishlarning tabiatiga qarab, sxemalar nomning birinchi harfi bilan belgilanadigan turlarga bo‘linadi: elektr - "E", gidravlik - "G", pnevmatik "P", kinematik - "K", optik - "L", vakuum "B", gaz - "X", avtomatlashtirish - "A", kombinatsiyalangan - "C".

Sxemalar asosiy maqsadiga qarab turlarga bo‘linadi, ularning har biri raqam bilan ko‘rsatiladi: strukturaviy - 1, funktsional - 2, asosiy - 3, oddiy ulanishlar - 4, tarmoq ulanishlar - 5, umumiy - 6, joylashuv - 7. Elektron sxemaning nomi masalan, prinsipial elektr sxemasi kabi uning ko‘rinishi va turi bilan belgilanadi.

Mahsulotlarning konstruktor hujjatlariga kiritilgan sxemalar kodlari turini a belgilaydigan harf va elektron turini ko‘rsatadigan raqamdan iborat bo‘lishi kerak.

Tinglovchi oddiy mahsulotning elektr elementlarning tasviri va ular orasidagi bog‘lanishlar mavjud elektr zanjirining eskizini oladi.

Ish tartibi

GOST 2.702-75 ga muvofiq, elektr sxemasi elementlarning to‘liq tarkibini, ular orasidagi aloqalarni o‘z ichiga olishi va mahsulotning ishlash tamoyillari haqida to‘liq tasavvurni berishi kerak.

Talabaga elektr sxemasini quyidagi ketma-ketlikda to‘ldirish tavsiya etiladi:

1) Tavsifni o‘rganish va qurilmaning ishlash printsipini taqdim etish;

2) Elektr elementlarini an'anaviy grafik belgilar ko‘rinishida chizish, ularning o‘lchamlari tegishli standartlarda ko‘rsatilgan, elementlarni bir-biriga elektr aloqa liniyalari bilan ulash. Diagrammadagi an'anaviy grafik belgilar ko‘paytmali burchak bilan aylantirilishi mumkin. Aloqa chiziqlari eng kam burilishlar va o‘zaro bog‘lanishlar bilan chiziladi, kesishmalar, parallel aloqa liniyalari orasidagi masofa kamida 3 mm bo‘lishi kerak. Aloqa liniyalarining elektr ulanishlari diametri 1-2 mm bo‘lgan nuqta bilan ko‘rsatilgan. An'anaviy grafik belgilar, elektr aloqa liniyalari va asosiy yozuvlarni qalinligi 0,5-1 mm bo‘lgan mustahkam asosiy chiziq sifatida tasvirlash tavsiya etiladi;

3) Ketma-ket yoki parallel ulangan bir xil elementlarni belgilang. Agar mahsulot parallel ravishda ulangan bir nechta bir xil elementlarni o‘z ichiga olsa, filial belgisi (a) yordamida filiallar sonini ko‘rsatadigan faqat bitta filial tasvirlangan. Agar mahsulot ketma-ket ulangan bir nechta bir xil elementlarni o‘z ichiga olsa, faqat tashqi elementlar tasvirlangan va belgilanadi;

4) Sxema elementlarini, kirish va chiqish sxemalarini aniqlash. Diagrammada ko‘rsatilgan barcha elementlar alifbo-raqamli pozitsion belgilar bo‘lib, ular uning turini aniqlaydigan elementning harf kodidan iborat - lotin alifbosining bir yoki bir nechta harflari va ushbu turdagi elementlar ichidagi elementning seriya raqami - bitta yoki ko‘proq raqamlar (arab raqamlari). Seriya raqamlari ma'lum bir turdagi elementlar guruhidagi elementlarga, masalan, R1, R2 va boshqalar, C1, C2 va boshqalar ketma-ketligiga muvofiq, birdan boshlab, ma'lum turdagi elementlarga beriladi. diagrammada ushbu elementlarning joylashishi, chapdan o‘ngga yo‘nalishda yuqoridan pastgacha

hisoblash faqat gorizontal tarzda yozilishi va grafik belgilarning tepasida yoki o‘ng tomonida joylashgan bo‘lishi kerak. Alfanumerik belgilar uchun 5-shrift tavsiya etiladi, harflar va raqamlarning balandligi bir xil bo‘lishi kerak. Alfanumerik belgilarning namunasi shaklda ko‘rsatilgan;

5) Sxema elementlari ro‘yxatini to‘ldiring. Ro‘yxat diagrammaning birinchi varag‘iga joylashtirilishi yoki alohida hujjat sifatida bajarilishi mumkin. 4-sonli grafik ishda elementlar ro‘yxatini diagramma maydonida jadval shaklida tuzish tavsiya etiladi. Ro‘yxat jadvali asosiy yozuvning tepasida, undan kamida 12 mm masofada joylashgan. Jadval GOST 2.710-75 da harflarning joylashuv belgilarini joylashtirish tartibida yuqoridan pastgacha to‘ldiriladi. Nomi jihatidan bir xil, ammo turi va qiymati jihatidan farq qiluvchi elementlarni guruhlarga birlashtirish tavsiya etiladi. Umumiy sarlavhaga ega bo‘lgan har bir guruh ichida elementlar umumiy sonni ko‘rsatadigan bir qatorga yoziladi. Elementlar ro‘yxatini 5-shriftda tuzish tavsiya etiladi.

6) asosiy yozuvni to‘ldiring. Sarlavha blokidagi elektr sxemasining belgilanishi E3 kodi bilan tugashi kerak.

Ta'riflar va atamalar

Diagramma - bu mahsulot yoki mahsulot tizimining tarkibiy qismlari va ular orasidagi bog‘lanishlar belgilar va tasvirlar bilan ko‘rsatilgan grafik. U mahsulotni loyihalash, sozlash, nazorat qilish, ta'mirlash va ishlatish uchun zarur bo‘lgan ma'lumotlarni o‘z ichiga oladi, ishlashning asosiy tamoyillarini va mexanizm, qurilmaning ishlashi paytida jarayonlar ketma-ketligini tushuntiradi. qurilma, struktura va boshqalarnio‘z ichiga oladi. Turlari va turlari sxemalari, ularni amalga oshirish uchun umumiy talablar tasniflash guruhining tegishli standartlari bilan tartibga solinadi, unda quyidagi atamalar va ta'riflar mavjud:

O‘chirish elementi - mahsulotdagi muayyan funktsiyani bajaradigan va mustaqil funktsional maqsadga ega bo‘lgan qismlarga (masalan, transformator, qarshilik, diod va boshqalar) bo‘linib bo‘lmaydigan sxemaning tarkibiy qismidir.

Qurilma - bu bitta strukturani tashkil etuvchi elementlarning yig‘indisi (masalan, taxta).

Funktsional guruh - bu mahsulotda muayyan vazifani bajaradigan va yagona tuzilishga birlashtirilmagan elementlar to‘plami.

Funktsional qism - muayyan funktsiyani bajaradigan element, funktsional guruh va qurilma.

Funktsional zanjir - ma'lum bir maqsad uchun chiziq, kanal, yo‘l.

O‘zaro bog‘lanish chizig‘i - mahsulotning funktsional qismlari o‘rtasida aloqa mavjudligini ko‘rsatadigan chiziq segmenti.

O‘rnatish - bu diagramma berilgan energiya tuzilmalaridagi ob'ektning ramzi.

Sxemalarning turlari va turlari

GOST 2.701-84 sanoatning barcha tarmoqlari mahsulotlari uchun sxemalarning turlari va turlarini va ushbu sxemalarni amalga oshirishga qo‘yiladigan umumiy talablarni, shuningdek energiya inshootlarining elektr zanjirlarini belgilaydi.

Mahsulotga kiritilgan elementlar va ulanish turlariga qarab, sxemalar harflar bilan belgilangan quyidagi turlarga bo‘linadi:

elektr - E; gidravlik - G; kinematik - K; optik - L; vakuum - B; gaz - X; energiya - P;

mahsulotni uning tarkibiy qismlariga bo‘lish - E; birlashtirilgan - S.

Asosiy maqsadga qarab, sxemalar raqamlar bilan ko‘rsatilgan quyidagi turlarga bo‘linadi:

tarkibiy - 1;

funktsional - 2;

sxematik (to‘liq - elektr zanjirlari uchun) - 3; ulanishlar (elektr zanjirlari uchun o‘rnatish) - 4; ulanishlar - 5;

umumiy - 6;

joylashuvi - 7;

birlashtirilgan - 0.

Sxemaning nomi uning turi va turiga qarab belgilanadi (masalan, elektron sxema).

Strukturaviy diagramma mahsulotning asosiy funktsional qismlarini, ularning maqsadi va munosabatlarini belgilaydi. Funktsional qismlar to‘rtburchaklar shaklida

tasvirlangan. Alohida qismlarni an'anaviy grafik belgilar shaklida ko‘rsatishga ruxsat beriladi.

Agar sxema elementlari to‘rtburchaklar shaklida tasvirlangan bo‘lsa, unda to‘rtburchaklar ichiga qurilma elementlarining nomlari, belgilari (raqamlari) yoki turlari (kodlari) yoziladi. Raqamlar yoki kodlar bilan kontaktlarning zanglashiga olib keladigan funktsional qismlarini belgilashda, ikkinchisi erkin shakldagi jadvaldagi sxema maydonida dekodlanishi kerak.

O‘zaro bog‘lanish liniyalarida jarayonlarning yo‘nalishi GOST 2.721-74 ga muvofiq strelkalar bilan ko‘rsatilgan va diagrammaning tuzilishi chapdan o‘ngga yo‘nalishda ish jarayonining borishi haqida fikr berishi kerak.

Strukturaviy diagrammalar mahsulotlarni loyihalashda boshqa turdagi sxemalarni ishlab chiqishdan oldingi bosqichlarda ishlab chiqiladi va ular mahsulot bilan umumiy tanishish uchun ishlatiladi.

Nazorat savollari

1. Elektron sxemalarni loyihalash va tayyorlashda qanday ma’lumotlarni bilish lozim?

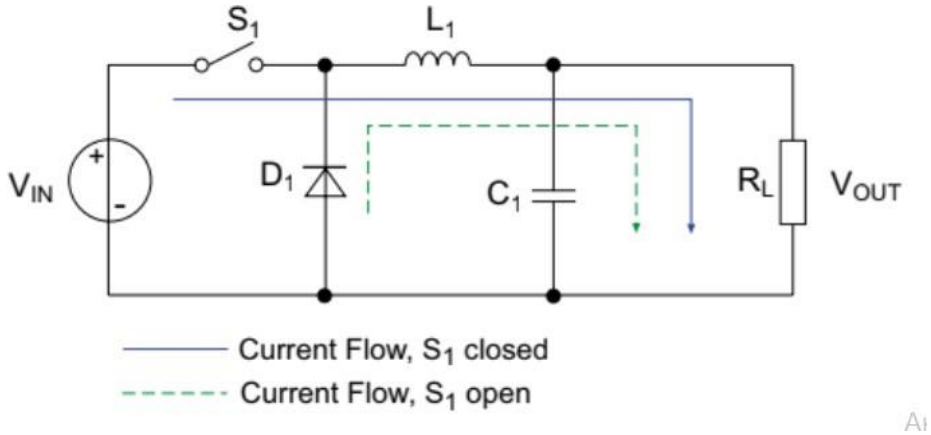
2. Har xil turdagi elektron sxemalarga misollar keltiring va ularning qo‘llanilishi haqida tushuntiring.

3. Elektron sxemalarni prototiplash va muammolarni bartaraf etish bo‘yicha amaliy ko‘nikmalaringiz bilan bo‘lishing.

2- amaliy mashg‘ulot: Zamonaviy Buck-Boost o‘zgartgichlar

Quvvatni almashtirish rejimi ko‘p yillar davomida kommunal, sanoat, tijorat va iste'mol bozorlari kabi ko‘plab sohalarda zamonaviy elektronika texnologiyasining ustuni bo‘lib kelgan. Kam quvvatli DC/DC konvertatsiya qilish qurilmalarida ko‘pgina zamonaviy quvvat o‘zgartgichlari uch xil turdagi quvvat o‘zgartgichlari - Buck, Boost va Buck-Boost o‘zgartgichlari bilan amalga oshiriladi. Ushbu maqolada har bir turdagi o‘zgartgichning asoslari ko‘rib chiqiladi va ular haqiqiy dunyoda qayerda ishlatilishi mumkinligi ko‘rib chiqiladi.

Buck-Boost o‘zgartgichi doimiy to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘zgartiruvchi rejimdagi quvvat manbai bo‘lib, u tartibga solinmagan doimiy tokning kirish kuchlanishini barqarorlashtirilgan pastki chiqish kuchlanishiga tushirish (yoki tushirish) uchun mo‘ljallangan. O‘zgartgichlar an'anaviy kuchlanish regulyatorlari bilan solishtirganda, ularning 95% dan osongina oshib ketishi mumkin bo‘lgan juda yuqori samaradorligi uchun keng baholanadi. Quyidagi soddalashtirilgan prinsipal sxemasda almashtirish rejimida tok pasaytiruvchi o‘zgartkich orqali o‘tadi.



2.1 – rasm. Soddalashtrilgan Buck-Boost o‘zgartgichi sxemasi

Zamonaviy Buck-Boost o‘zgartgichlar DC-DC o‘zgartgichining bir turi bo‘lib, kirish kuchlanishidagi o‘zgarishlardan qat'iy nazar, barqaror chiqish kuchlanishini ta'minlash uchun kirish kuchlanishini oshirish (boost) yoki pasaytirish (buck) mumkin. Ushbu o‘zgartgichlar portativ elektron qurilmalar, avtomobil tizimlari, qayta tiklanadigan energiya tizimlari va quvvat manbalari kabi turli xil qurilmalarda keng qo‘llaniladi. Quyida Buck-Boost o‘zgartgichlar asosiy xususiyatlari keltirilgan:

1. Yuqori samaradorlik. Yuqori konversiya samaradorligiga erishish uchun zamonaviy quvvatli o‘zgartgichlar odatda MOSFETlar (metall oksidi-yarim o‘tkazgichli maydon effektli tranzistorlar) va sinxron to‘g‘rilash usullari kabi ilg‘or quvvatli yarimo‘tkazgich qurilmalaridan foydalanadilar. Samaradorlikni yaxshilash portativ qurilmalarda quvvat yo‘qotilishini kamaytirishga va batareyaning ishlash muddatini va energiya tizimlarida energiya samaradorligini oshirishga yordam beradi.

2. Kirish kuchlanishining keng diapazoni. Ko‘pgina zamonaviy buck-boost o‘zgartgichlari keng kirish kuchlanish diapazonini qo‘llab-quvvatlaydi, turli xil kirish manbalaridan, jumladan, batareyalar, quyosh panellari va o‘zgaruvchan quvvat

manbalaridan ishlashga imkon beradi. Ushbu moslashuvchanlik ularni dinamik yoki noaniq kirish kuchlanishi bo‘lgan qurilmalar uchun moslashtiriladi.

3. Tez vaqtinchalik javob ilg‘or boshqaruv texnikasi va sxema konstruksiyalari zamonaviy o‘zgartgichlarga yuklamadagi o‘zgarishlarga tez reaksiya berish imkonini beradi, barqaror chiqish kuchlanishini ta'minlaydi va kuchlanish o‘zgarishi yoki haddan tashqari oshib ketishini minimallashtiradi. Oniy reaksiya sezgir elektron qurilmalarning ishlashi va ishonchliligini ta'minlash uchun muhim hisoblanadi.

4. Ixcham o‘lcham va integratsiya. Yarimo‘tkazgich texnologiyasidagi davom etayotgan yutuqlar kichikroq paketlarga ko‘proq funksionallikni integratsiyalash imkonini beradi, natijada ixcham va yengil buck-boost o‘zgartgich modullari paydo bo‘ladi. O‘rnatilgan boshqaruv mantig‘i, himoya funktsiyalari va quvvat kalitlari bilan o‘rnatilgan integral sxemalar zamonaviy elektron tizimlarda loyihalash jarayonini soddalashtiradi, komponentlar sonini kamaytiradi va plata maydonini tejaydi.

5. Raqamli nazorat va monitoring. Ba'zi zamonaviy buck-boost o‘zgartgichlari raqamli boshqaruv halqalari va interfeyslariga ega bo‘lib, kuchlanishni aniq tartibga solish, moslashuvchan kommutatsiya chastotasini sozlash va ilg‘or monitoring va diagnostika imkonini beradi. Raqamli boshqaruv unumdorlik, moslashuvchanlik va konfiguratsiyani kuchaytirib, qurilma optimallashtirish imkonini beradi.

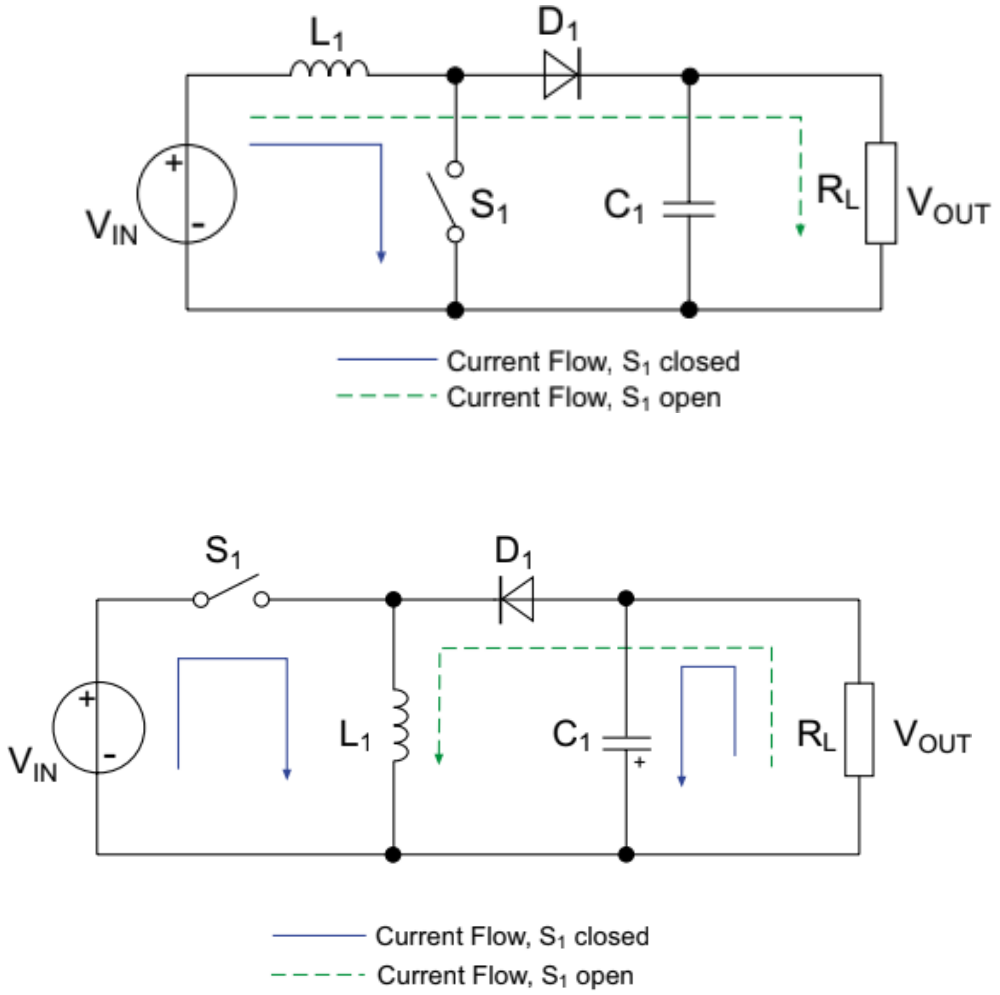
6. Quvvatni boshqarish xususiyatlari. Kengaytirilgan buck-boost o‘zgartgichlar o‘zgartgich quvvat ketma-ketligi, quvvat signallari, stabil ishga tushirish, haddan tashqari tokdan himoya qilish, termal o‘chirish va kirish/chiqish kuchlanish ini kuzatish kabi qo‘shimcha quvvatni boshqarish xususiyatlarini ichiga olishi mumkin. Bu xususiyatlar tizim ishonchliligini oshiradi, komponentlarni shikastlanishdan himoya qiladi va tizim darajasida integratsiya va nazoratni osonlashtiradi.

7. Energiyani samarali yig‘ish:

Buck-boost o‘zgartgichlari energiyani energiya manbalaridan (masalan, quyosh panellari yoki termoelektrik generatorlar) saqlash elementlariga (batareyalar yoki superkondensatorlar) samarali o‘tkazish orqali energiya yig‘ish tizimlarida hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Optimallashtirilgan energiya yig‘ish yechimlari o‘z-o‘zidan ishlaydigan

yoki kam quvvatli simsiz sensorli tugunlarni va IoT (Internet of Things) qurilmalarini ishga tushiradi.

Zamonaviy buck-boost o‘zgartgichlari samaradorlik, moslashuvchanligi elektron tizimlar va energiya konvertatsiya qilish qurilmalarining muhim tarkibiy qismlarga aylantiradi. Yarimo‘tkazgich texnologiyasi va quvvat elektronikasidagi innovatsiyalar samaradorlik, o‘lcham va funksionallikni yanada yaxshilashga yordam beradi, rivojlanayotgan texnologiyalar va tarmoqlar uchun energiyani boshqarish bo‘yicha samarali va ishonchli yechimlarni yaratish imkonini beradi.



2.2 – rasm. Buck-Boost o‘zgartgichi ishlash pirnsipi.

Buck-boost o‘zgartgichining hisoblash jarayoni kirish kuchlanishi va kerakli chiqish kuchlanishiga qarab chiqish kuchlanishini tartibga solish uchun kalitning ish aylanishini (odatda MOSFET) aniqlashni o‘z ichiga oladi. Buck-boost o‘zgartgichining ishlashini bir necha bosqichda tushuntirish mumkin:

1. Buck-boost o‘zgartgichi bilan ta'minlangan U_{kir} kirish kuchlanishini o‘lchang. Bu kuchlanish batareya yoki shahar quvvat manbai kabi quvvat manbaiga qarab farq qilishi mumkin.

2. Buck-boost o‘zgartgich ishlab chiqarishi kerak bo‘lgan kerakli chiqish kuchlanishini U_{chiq} aniqlang. Ushbu kuchlanish o‘zgartgichga ulangan yuklama talablariga bog‘liq.

3. Ish davrini hisoblash. Quyidagi formuladan foydalanib, yuklamali ko‘taruvchi o‘zgartgichning ish aylanishi D ni hisoblang:

$$D=V_{out}/V_{in}+V_{out}$$

Ish aylanishi umumiy kommutatsiya davriga nisbatan kalit (MOSFET) yoqilgan vaqtning ulushini ifodalaydi. Kirish kuchlanishiga qarab o‘rtacha chiqish kuchlanishini aniqlaydi.

4. Almashtirish chastotasini aniqlash:

Buck-boost o‘zgartgichi uchun mos almashtirish chastotasini f_{almash} tanlang. Kommutatsiya chastotasi passiv komponentlarning (induktor, kondensator) va samaradorlik va elektromagnit xususiyatlariga ta'sir qiladi.

5. Boshqaruv signalini yaratish:

Hisoblangan ish aylanishi va tanlangan kommutatsiya chastotasi asosida kalit (MOSFET) uchun boshqaruv signalini yarating. Nazorat signali o‘zgaruvchan puls kengligi bir qator bo‘lgan impulslardan iborat bo‘lib, chastota ish aylanishi bilan belgilanadi.

6. Kommutatsiya operatsiyasi:

Boshqarish signalini kalitga (MOSFET) qo‘llab, uni belgilangan chastota va ish aylanishida yoqing va o‘chiring. MOSFET yoqilgan bo‘lsa, tok induktor orqali o‘tadi va energiyani magnit maydonida saqlaydi. MOSFET o‘chirilgan bo‘lsa, induktor o‘z energiyasini barqaror chiqish kuchlanishini saqlab, chiqish yuklamasiga chiqaradi.

7. Ixtiyoriy boshqaruv. Buck-boost o‘zgartgichning chiqish kuchlanishini yoki tokini tartibga solish uchun kuchlanish yoki tokning teskari aloqasi kabi qayta aloqani boshqarish mexanizmlarini amalga oshiring. Teskari aloqa nazorati chiqishning

barqaror va kerakli diapazonda bo‘lishini ta'minlaydi, kirish kuchlanishi va yuk sharoitida o‘zgarishlarni qoplaydi.

8. Himoya va xavfsizlik choralari:

Katta kuchlanish va tokdan himoya qilish va termal o‘chirish kabi himoya va xavfsizlik xususiyatlarini o‘zida mujassamlashtiruvchi o‘zgartgichni va ulangan yukni mumkin bo‘lgan shikastlanish yoki nosozlikdan himoya qilish uchun.

Ushbu bosqichlarni bajarish orqali, buck-boost o‘zgartgichining hisoblash jarayoni amalga oshiriladi, buning natijasida o‘zgaruvchan kirish kuchlanishidan barqaror chiqish kuchlanishi hosil bo‘ladi.

Xulosa qilib aytadigan bo‘lsak, an'anaviy chiziqli kuchlanish regulyatorlariga qaraganda zamonaviy buck-boost o‘zgartgichlari yuqori samaradorlik, kengroq kirish kuchlanish diapazoni, tezroq vaqtinchalik javob, ixcham o‘lcham va ilg‘or boshqaruv imkoniyatlarini taklif qiladi. Ushbu afzalliklar ularni keng ko‘lamli ilovalar, jumladan, portativ elektronika, avtomobil tizimlari, qayta tiklanadigan energiya tizimlari, IoT qurilmalari va sanoat avtomatizatsiyasi uchun juda mos keladi.

Nazorat savollari

1. Zamonaviy buck-boost o‘zgartgichlari haqida ma’lumot bering.
2. Zamonaviy buck-boost o‘zgartgichlari ishlash prinsipi va qo‘llanish sohalari.
3. Zamonaviy buck-boost o‘zgartgichlari hisoblash jarayonini tushuntiring.

3- amaliy mashg‘ulot: Diodlar qo‘llaniladigan sxemalardagi muammolar

Diodlardan foydalanadigan sxemalar noto‘g‘ri funksionallikdan komponentlarning ishdan chiqishigacha bo‘lgan turli muammolarga duch kelishi mumkin. Diodlardan foydalangan holda kontaktlarning zanglashiga olib keladigan bir nechta keng tarqalgan muammolar:

1. Noto‘g‘ri qutublilik:

Noto‘g‘ri qutubli dioddan foydalanish teskari yo‘nalishda tok oqimining ortishiga olib kelishi mumkin, yoki diod kerakli yo‘nalishda oqim o‘tkazmaydi.

Natijada kutilmagan qisqa tutashuvlarga olib kelishi va diod yoki boshqa komponentlarning ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin.

2. Kuchlanishning tushishi:

Diodlarda harorat va nominal qiymatdan og‘ishiga qarab o‘zgarib turadigan oldinga kuchlanish pasayishi (U_p) mavjud. Aniq kuchlanish talab qilinadigan bloklarda to‘g‘ridan-to‘g‘ri kuchlanish pasayishidagi o‘zgarishlar noaniqliklarga va ishlashda muammolarga olib kelishi mumkin.

3. Teskari aloqadagi xatolik. Diodning teskari uzilish kuchlanishidan (U_t) tashqari teskari kuchlanishni qo‘llash diodning teskari yo‘nalishda faolligiga olib kelib, boshqa sxema qismlari va komponentlariga zarar etkazishi mumkin. Yuqori kuchlanish yoki noto‘g‘ri sxema loyihasi tufayli teskari aloqa xatoligi sodir bo‘lishi mumkin.

4. Haroratga bog‘liqlik. Diodlarning elektr xarakteristikalari, to‘g‘ridan-to‘g‘ri kuchlanishning pasayishi va tok oqimi haroratga bog‘liq. Belgilangan harorat oralig‘idan tashqarida ishlaydigan diodlarning ishlashi va ishonchlilikning o‘zgarishiga olib kelishi mumkin.

5. Tok oqimi boshqarish. Diodlar tokni blokirovka qilish uchun mo‘ljallangan bo‘lsa ham, teskari yo‘nalishda kichik tok qiymati saqlanib qoladi. Yuqori qarshilikli sxema bloklarida bu holat signalning buzilishiga olib kelishi mumkin.

6. Diodlarda teskari tiklanish vaqti deb nomlanuvchi muhim parameter cheklangan yoqish va o‘chirish vaqtiga ega. Yuqori chastotali kommutatsiya yoki tez o‘tkinchi signallarga ega bo‘lgan davrlarda diodlaning teskari tiklanish vaqti signalning buzilishi yoki kommutatsiya yo‘qotishlariga olib kelishi mumkin.

7. Quvvatning tarqalishi:

Diod orqali yuqori qiymqtli tokning oqishi undagi quvvatning tarqalishiga olib kelishi mumkin, bu holat diodning qizib ketishiga olib keladi. Agar diod maksimal quvvat sarfi ko‘rsatkichidan oshib ketgan bo‘lsa, u shikastlanishi yoki halokatli ishdan chiqishi mumkin.

8. Diodlar kuchlanish qiymati oshishi va o‘tish davrida jarayonlarni boshqarish uchun ishlatiladi. Agar diodning eng yuqori teskari kuchlanish qiymati oshib ketgan

bo‘lsa, u kuchlanishni yetarli darajada kamaytirla olmasligi mumkin, bu esa sezgir komponentlarning potentsial shikastlanishiga olib keladi.

Ushbu muammolarni bartaraf etish uchun ehtiyotkorlik bilan sxemani loyihalash, to‘g‘ri komponentlarni tanlash va diod xususiyatlariga rioya qilish muhimdir. Bundan tashqari, oqimni cheklovchi rezistorlar, vaqtinchalik kuchlanishni bostiruvchilar va teskari polaritdan himoya qiluvchi diodlar kabi himoya choralarini o‘z ichiga olish diodlardan foydalanish ishonchliligi va ishlash davrini oshirishga yordam beradi. Muntazam sinov va tekshirish tartib-qoidalari, shuningdek, mumkin bo‘lgan muammolarni jiddiy muammolarga olib kelishidan oldin aniqlashi va hal qilishi mumkin.

Diod parametrlarini hisoblash

Konstruksiya parametrlari.

Diod bazasi qalinligi W_b quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$W_b = W_{epi} - X_j, \qquad \textbf{(1)}$$

Bu yerda W_{epi} - epitaksial qatlam qalinligi, X_j - *p-n* o‘tish chuqurligi.

p-n o‘tish silindrik shaklda bo‘lsa, uni maydoni S va perimetri P:

$$S = \pi \cdot R^2 \qquad \textbf{(2)}$$

$$P = 2 \cdot \pi \cdot R \qquad \textbf{(3)}$$

Materialning fizik parametrlarini hisoblash.

Kuchli legirlangan materialning solishtirma qarshiligi:

$$\rho_E = R_{SE} \cdot X_j \qquad \textbf{(4)}$$

bu yerda R_{SE} - diffusion qatlam qarshiligi.

Qolgan sohalarning legirlanganligi quyidagiga teng:

$$\rho_E = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{\left(q \cdot \mu_p(N_E) \cdot N_E\right)} \qquad \textbf{(5)}$$

$$\rho_B = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{\left(q \cdot \mu_n(N_B) \cdot N_B\right)} \qquad \textbf{(6)}$$

$$\rho_{n^+} = \frac{1}{\sigma} = \left(\frac{1}{q \cdot \mu_n (N_{n^+}) \cdot N_{n^+}} \right). \quad \textbf{(7)}$$

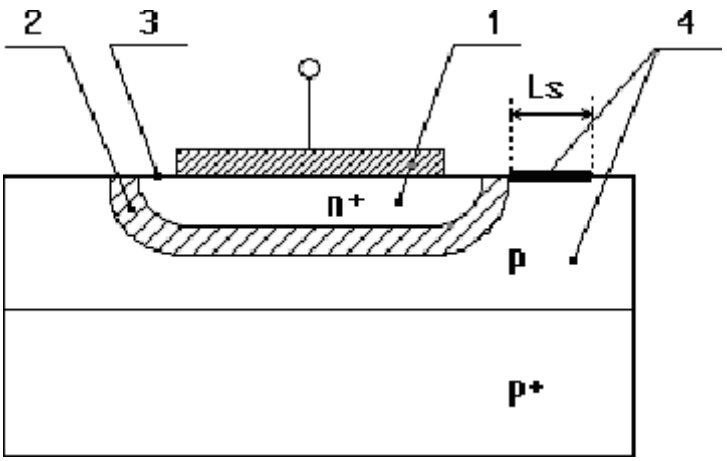
Zaryad tashuvchilarning harakatchanligi:

$$\mu_n(N) = 65 + \frac{1265}{\left(1 + \left(\frac{N}{6.2 \cdot 10^{16}}\right)^{0.72}\right)} \quad \textbf{(8)}$$

$$\mu_p(N) = 47.7 + \frac{447}{\left(1 + \left(\frac{N}{8.2 \cdot 10^{16}}\right)^{0.76}\right)} \quad \textbf{(9)}$$

bu yerda $\rho_E, \rho_B, \rho_{n^+}$ - solishtirma qarshiliklar.

Teskari tokni hisoblash.



2.3 - rasm. Diodni teskari tokini hosil qiluvchi sohalar.

Diodni teskari tokini hosil qiluvchi sohalar:

$$I_{tesk} = \sum I_i = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \quad (21)$$

Bu yerda,

I_1 - kvazineytral hajm va kontaktlardagi tok;

I_2 - hajmiy zaryad sohasidagi tok;

I_3 - hajmiy zaryad yuzasidagi tok;

I_4 - kvazineytral hajm yuzasi va nofaol hajmdagi tok.

Kuchlanish teshilishi.

Kuchlanish teshilishi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$U_{B0} = 5.4 \cdot 10^{13} \cdot N_B^{-0.75} \quad (22)$$

Maksimal harorat qiymati:

$$T_{\max} = \frac{6400}{1043 + \ln \rho_B} \tag{23}$$

$$T_{\max} = T_0 + P_{\max} \cdot R_T \tag{24}$$

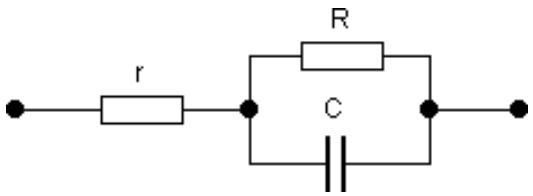
Bu yerda R_T - diodning harorat qarshiligi.

P_{max} - maksimal quvvat soshilishi.

Barqarorlik rejimida maksimal tok qiymati.

$$I_{max} = \frac{P_{max}}{U} \qquad \textbf{(25)}$$

$$I_{max} = \frac{T_{max}^{B} - T_0}{R_T \cdot U_B} \qquad \textbf{(26)}$$



2.4 - rasm. Diodning ekvivalent sxemasi.

Nazorat savollari

1. Diod nima va tuzilishi.
2. Diodning funksional vazifasi va asosiy parametrlari.
3. Elektron sxemalarda diod bilan bog‘liq qanday muammolar kuzatiladi?

4- amaliy mashg‘ulot: Tranzistorlarning zamonaviy elektronikada qo‘llanilishi

Ma'lumki, birinchi bipolyar tranzistor 1947 yilda AQShda J. Bardin va U. Brattain tomonidan ishlab chiqilgan. Maydonli tranzistorlarning ishlash tamoyillariga oid birinchi patentlar birinchi bipolyar qurilmalar yaratilishidan ancha oldin, ya'ni 1925-1935 yillarda berilgan va bu tranzistorlar faqat 20-asrning 50-yillarida paydo bo‘ldi. Shundan beri tranzistorlar ishlab chiqarishning ko‘plab turlari va texnologiyalari ishlab chiqildi, bu turli xil xususiyatlar va parametrlarga ega qurilmalarni olish imkonini berdi va maydonli tranzistorlarni bipolyar maydonli tranzistorlar ishlab chiqarish texnologiyalaridan ilgarilab ketdi.

Barcha turdagi zamonaviy tranzistorlar va ularning ishlashini belgilaydigan jarayonlarning tavsifiga bipolyar tranzistorlar (p-n-p va n-p-n) turi, ko‘p elektrodli

(masalan, ikki emitentli tranzistorlar), geteroo‘tishli bipolyar tranzistorlar, ko‘chki

tranzistorlari; birlashtiruvchi tranzistorlar (p-bazasi yoki n-baza bilan), boshqarish o‘tishga ega bo‘lgan maydonli (unipolyar, nazorat p-n o‘tish (JFET) bilan, p-tipli va n-tipli kanal bilan; statik induksion tranzistorlar (VFET/SIT), bipolyar statik induksion tranzistorlar, boshqaruv Schottky birikmasi (MESFET) bilan (metall-yarim o‘tkazgich kontakti), boshqaruv hetero-birikmasi bilan (HFET/MODFET/HEMT), izolyatsiya qilingan maydon effektli tranzistorlar (MOSFETs), o‘rnatilgan kanal bilan (tushgan MOS tranzistorlari), induktsiyalangan kanal bilan (boyitilgan MOS tranzistorlari); ko‘p zatvorli tranzistorlar (ikki zatvorlilar keng tarqalgan); izolyatsiyalangan zatvorli bipolyar tranzistorlar (IGBT); sirt zaryadli tranzistorlarni misol qilib keltirishimiz mumkin. Real qurilmalarda kommutatsiya sxemalari va tranzistorlarning ishlash rejimlarini o‘rganishdan oldin ushbu qurilmalarning ishlash fizikasi, sxemalarni hisoblash va tahlil qilish uchun ishlatiladigan ularning parametrlari va xarakteristikalari bilan tanishish kerak.

Zamonaviy tranzistorlarning bir nechta namunalari bo‘lib, ularning har biri muayyan ishlash talablari va ilovalari uchun mo‘ljallangan. Yarimo‘tkazgichli materiallar, qurilmalar tuzilmalari va ishlab chiqarish texnologiyalaridagi yutuqlar tranzistorlar loyihasida innovatsiyalarni elektron tizimlarda ishlash, samaradorlik va ishonchlilikni oshirishga olib keladi. Zamonaviy tranzistorlar turli xil elektron ilovalarda ishlatiladigan yarimo‘tkazgichli qurilmalarning keng doirasini o‘z ichiga oladi. Quyida zamonaviy tranzistorlarning asosiy turlari va ularning xususiyatlari keltirilgan:

1. MOSFET (metall-oksid-yarim o‘tkazgichli maydon effektli tranzistor):

- MOSFETlar energiya elektronikasi, integral mikrosxemalar va raqamli kommutatsiya dasturlarida keng qo‘llaniladi.

- Ular yuqori kirish qarshiligi, tez almashish tezligi, past ON-qarshilik (Rds(on)) va past zatvor haydovchi quvvatini taklif qiladi.

- MOSFETlar ikkita asosiy turga ega: yaxshilash rejimi (odatda o‘chirilgan) va tugatish rejimi (odatda yoqilgan).

2. Bipolyar o‘tish tranzistori (BO‘T):

- BO‘Tlar analog va yuqori chastotali qurilmalarda, kuchaytirgichlar, osillyatorlar va kommutatsion qurilmalarda qo‘llaniladi.

- Ular yuqori, past to‘yingan kuchlanishni va tezkor javob vaqtini ta'minlaydi.

- BO‘Tlar ikkita asosiy turga bo‘linadi: NPN va PNP.

3. IGBT (izolyatsiya qilingan zatvor bipolyar tranzistor):

- IGBTlar MOSFETlarning yuqori kirish empedansini BJTlarning past to‘yinganlik kuchlanishi bilan birlashtiradi.

- Ular motorli drayvlar, invertorlar va quvvat manbalari kabi yuqori quvvatli ilovalarda qo‘llaniladi.

- IGBT-lar yuqori kuchlanish va oqimlarni boshqarish imkoniyatlarini, shuningdek, tez almashtirish tezligi va past o‘tkazuvchanlik yo‘qotishlarini taklif qiladi.

4. GBT (Getereoo‘tishli Bipolyar tranzistor):

- GBT lar yuqori chastotali va yuqori tezlikdagi ilovalarda, jumladan, simsiz aloqa tizimlari, mikroto‘lqinli sxemalar va optik tarmoqlarda qo‘llaniladi.

- Ular turli xil yarimo‘tkazgich materiallari orasidagi hetero-birikma tufayli yuqori chastotalarda yuqori ishlashni taklif qiladi.

- GBT lar odatda GaAs (Gallium Arsenide) va InP (Indium Fosphide) kabi ilg‘or yarimo‘tkazgich texnologiyalarida uchraydi.

5. JFET (Junction Field Effect Transistor):

- JFETlar kuchaytirgichlar, kalitlar va kuchlanish bilan boshqariladigan rezistorlar kabi kam quvvatli va yuqori empedansli ilovalarda qo‘llaniladi.

- Ular past kirish empedansi va yuqori daromadni taklif qiladi, bu ularni past shovqinli ilovalar uchun mos qiladi.

- JFETlar ikkita asosiy turda mavjud: N-kanal va P-kanal, zaryad tashuvchilarning turiga asoslangan.

6. MCT (MOS tomonidan boshqariladigan tiristor):

- MCTlar MOSFET va tiristorlarning xususiyatlarini birlashtirib, yuqori oqim o‘tkazish qobiliyatini va tez almashtirish tezligini taklif qiladi.

- Ular yuqori quvvatli va yuqori kuchlanishli ilovalarda, masalan, quvvat konvertorlari, motorli haydovchilar va tortish tizimlarida qo‘llaniladi.

Transistorlar zamonaviy elektronikada muhim rol o‘ynaydi va keng ko‘lamli ilovalarda asosiy qurilish bloklari bo‘lib xizmat qiladi. Tranzistorlar zamonaviy elektron qurilmalarda keng qo‘llaniladigan ba'zi asosiy yo‘nalishlar:

1. Raqamli integral sxemalar (RIS):

Transistorlar mikroprotsessorlar, xotira chiplari va mantiqiy zatvorlar kabi raqamli IClarning asosini tashkil qiladi. Ular ma'lumotlarni qayta ishlaydigan, hisob-kitoblarni amalga oshiradigan va elektron qurilmalarning ishlashini boshqaruvchi raqamli sxemani yaratish uchun ishlatiladi.

2. Analog integral sxemalar:

Transistorlar kuchaytirgichlar, filtrlar, osilatorlar va kuchlanish regulyatorlarini o‘z ichiga olgan analog IC-larning muhim komponentlari hisoblanadi. Ular kuchaytirish, filtrlash va signalni sozlash kabi vazifalar uchun uzluksiz signallarni manipulyatsiya qilish uchun ishlatiladi.

3. Elektroenergetika:

Transistorlar kuchlanish regulyatorlari, dvigatel drayvlari, invertorlar va quvvat konvertorlari kabi quvvat elektroniği ilovalarida keng qo‘llaniladi. MOSFETs, IGBTs va BJTs kabi qurilmalar yuqori quvvatli elektr toklarining oqimini nazorat qiladi, bu esa sanoat, avtomobil va qayta tiklanadigan energiya tizimlarida energiyani samarali aylantirish va motorni boshqarish imkonini beradi.

4. Radiochastotasi (RF) va simsiz aloqa:

Tranzistorlar RF va simsiz aloqa tizimlarida, jumladan uyali tarmoqlar, Wi-Fi routerlar va radar tizimlarida hal qiluvchi ahamiyatga ega. GBT va GaN (Gallium Nitride) tranzistorlari kabi yuqori chastotali tranzistorlar uzatish va qabul qilish uchun radio signallarni kuchaytiradi va modulyatsiya qiladi, simsiz ulanish va uzoq masofali aloqani ta'minlaydi.

5. Displey texnologiyasi:

Transistorlar zamonaviy suyuq kristall displeylar (LCD), organik yorug‘lik chiqaradigan diodli (OLED) displeylar va faol matritsali displeylarning asosini tashkil

etuvchi nozik plyonkali tranzistor (TFT) texnologiyasida qo‘llaniladi. TFT'lar displeydagi har bir pikselning yorqinligi va rangini boshqaradigan individual piksel kalitlari sifatida ishlaydi.

6. Sensor interfeyslari:

Transistorlar haroratni sezish, bosimni sezish va atrof-muhit monitoringi kabi ilovalarda sensor signallarini kuchaytirish va qayta ishlash uchun sensor interfeyslarida qo‘llaniladi. Ular hodisalarni sezish, o‘lchash va tahlil qilish uchun elektr signallariga aylantirish imkonini beradi.

7. Kommutatsiya sxemalari:

Transistorlar turli xil elektron sxemalarda kalit sifatida, raqamli mantiqiy zatvorlar, kommutatsiya regulyatorlarida ishlatiladi. Ular elektron sxemalarda yoqish-o‘chirishni boshqarish va signalni yo‘naltirishni ta'minlovchi oqim oqimini nazorat qiladi.

8. Avtomobil elektronikasi. Tranzistorlar avtomobil elektronikasi tizimlarining ajralmas qismidir, jumladan, dvigatelni boshqarish bloklari (DBB), quvvat boshqaruv modullari (QBM) va elektron barqarorlikni boshqarish (EBB) tizimlari. Ular samaradorlik va ishonchlilikni oshirib, dvigatelning ishlashi, chiqindilarni nazorat qilish va avtomobil xavfsizligi xususiyatlarini boshqaradi.

9. Maishiy elektronika. Transistorlar smartfonlar, noutbuklar, televizorlar va audio tizimlar kabi maishiy elektronika qurilmalarining keng assortimentida mavjud. Ular turli xil vazifalar va funktsiyalarni bajarish uchun ushbu qurilmalar uchun zarur bo‘lgan qayta ishlash, kuchaytirish va boshqarish funktsiyalarini ta'minlaydi.

Tranzistorlar zamonaviy elektronikada, sanoat va raqamli sohalarda elektron qurilmalarning funksionalligi, ishlashi va miniatyurasini ta'minlaydi. Tranzistor texnologiyasida yutuqlar innovatsiyalarni tatbiqetish va yanada kuchli, samarali va ko‘p qirrali elektron tizimlarni ishlab chiqishga imkon beradi.

5- amaliy mashg‘ulot: Zamonaviy elektronikada operatsion kuchaytirgichlar

Operatsion kuchaytirgich (OK, ing. OpAmp) - bu differensial kirish va bitta chiqishga ega bo‘lgan, yuqori kuchaytirish koeffisientiga ega bo‘lgan to‘g‘ridan-to‘g‘ri signal kuchaytirgichi hisoblanadi. OKlar har doim murakkab salbiy teskari aloqaga ega bo‘lgan holatlarda qo‘llanilib, yuqori kuchaytirish koeffisienti signalning sifatli va to‘liq uzatilishini ta’minlaydi. Zamonaviy elektronikada OK alohida chiplar ko‘rinishida va murakkab integral mikrosxemalarning bir qismi sifatida funktsional bloklar sifatida keng qo‘llaniladi. OK asosida ko‘p sonli turli xil elektron komponentlarni qurish mumkin. Elektron sxemalarda. 1 kOm qarshilikdan kam bo‘lgan rezistorlardan foydalanish tavsiya etilmaydi, sababi ulardan OK chiqishida yuqori tok o‘tishi yuklamaga salbiy ta’sir qiladi. OK kirishlariga ulangan 1 MOm dan katta rezistorlar esa issiqlik shovqinini oshiradi va kirish toklarining siljishi ta'siri ish jarayonida nostabil holatlarni keltirib chiqaradi.

Zamonaviy elektronikada integratsiyalangan ko‘rinishdagi OKlar ishlatiladi. Ular universalligi, ishonchliligi va keng doiradagi qo‘llanilishi tufayli sohada muhim component sifatida qolmoqda. Zamonaviy elektron sxemalarda operatsion kuchaytirgichlar keng qo‘llaniladigan yo‘nalishlar:

1. Signalni qayta ishlash va kuchaytirish. OKlar turli o‘lchash va asboblar tizimlarida signalni qayta ishlash sozlash va kuchaytirish uchun keng qo‘llanilib, sensorlar, o‘zgartkichlar va boshqa kirish manbalaridan zaif signallarni kuchaytiradi, ma'lumotlarni yig‘ish, tibbiy asboblar va sanoat nazorat qilish tizimlarida aniq va ishonchli signalni qayta ishlashni ta'minlaydi.

2. Filtr sxemalari. OKlar faol filtr sxemalarini loyihalashda, past va yuqori chastotalarda, polosali va tarmoqli filtrlarda qo‘llaniladi. Faol filtrlar passiv filtrlarga nisbatan yuqori ishlash va moslashuvchanlikka ega, cheklash chastotalari, filtr qiyaliklari va kuchaytirish jarayonlarini aniq boshqarish imkonini beradi. Ular keraksiz chastotalarni olib tashlash va signallarning chastota xarakteristikasini shakllantirish uchun audio tizimlarda, aloqa tizimlarida va asboblarda qo‘llaniladi.

3. Kuchlanish va tokni boshqarish. OKlar kuchlanish regulyatorlari va oqim regulyatorlarida kirish voltaji yoki yuk sharoitida o‘zgarishlarga qaramasdan barqaror chiqish kuchlanishlari va oqimlarini saqlab qolish uchun ishlatiladi. Chiziqli regulyatorlar,va kommutatsiya regulyatorlari, aniq kuchlanish moslamalari quvvat manbalari, batareya zaryadlovchilari va elektron qurilmalarda to‘g‘ri va ishonchli kuchlanishni boshqarishni ta'minlash uchun OKlardan foydalanadi.

4. Signal ishlab chiqarish va tebranish. OKlar sinus to‘lqinlar, kvadrat to‘lqinlar, uchburchak to‘lqinlar va boshqa davriy signallarni yaratish uchun osilatorlar va to‘lqin shakli generatorlarini loyihalashda qo‘llaniladi. Op-amplarga asoslangan osilator sxemalari elektron sinov uskunalari va aloqa tizimlarida soat ishlab chiqarish, chastota sintezi va to‘lqin shakllarini sinovdan o‘tkazish kabi ilovalarda qo‘llaniladi.

5. Komparatorlar va Shmitt triggerlarida kirish kuchlanishlarini solishtirish va oldindan belgilangan chegaralariga asoslangan raqamli chiqish signallarini yaratish uchun ishlatiladi. Komparatorlar bo‘sag‘aviy kuchlanishlarni aniqlashda, oyna komparatorlarida va detektorlarda, dvigatelni boshqarish tizimlarida va kuchlanishni nazorat qilish davrlarida noldan o‘tish detektorlarida keng qo‘llaniladi.

6. Faol kuchlanishni oqimga va tokni kuchlanishga aylantirishda OKlar qo‘llaniladi. Ushbu sxemalar kuchlanish va tok signallari o‘rtasida aniq konvertatsiya qilish zarur bo‘lgan sensorlar interfeysi, o‘zgartkichlar o‘lchash va nazorat qilish ilovalarida qo‘llaniladi.

7. Integrator va differentsial sxemalar. OK kirish signallarida integratsiya va differentsiatsiya kabi matematik operatsiyalarni bajarish uchun integrator va differentsial sxemalarda qo‘llaniladi. Ushbu sxemalar to‘lqin shaklini shakllantirish, signalni qayta ishlash va to‘lqin shaklini integratsiyalash, farqlash va faza almashinuvi kompensatsiyasi kabi vazifalarni boshqarish tizimlarida ilovalarni topadi.

8. Faol rektifikator va aniq rektifikatorlar. OK AC signallarini past buzilish va yuqori aniqlik bilan doimiy tok signallariga aylantirish uchun to‘g‘rilash uchun qo‘llaniladi. Ushbu sxemalar signallarni aniq tuzatish talab qilinadigan ovoz kuchaytirgichlari, quvvat manbalari va signalni qayta ishlash dasturlarida qo‘llaniladi.

OK zamonaviy elektronikaning ajralmas komponentlari bo‘lib qolmoqda, turli sohalarda, telekommunikatsiya, avtomobilsozlik, maishiy elektronika, tibbiy asboblar va sanoat avtomatlashtirishda keng ko‘lamli funktsiyalarni amalga oshirish imkonini beradi. Yarimo‘tkazgich texnologiyasi samaradorlik va integratsiyani yaxshilash fonida OK xarakteristikalri yaxshilanmoqda, zamonaviy elektron tizimlarda op-amp asosidagi sxemalarning imkoniyatlarini yanada kengaytirmoqda.

OK ishlatish uchun kerakli sxemani tanlash va unga kiritilgan elementlarning qiymatlarini aniqlash uchun kerakli uzatish xarakteristikasini aniqlash kerak. Chiziqli kuchaytirgichning uzatish xarakteristikasi ifoda bilan tavsiflanadi

$$y = \pm mx \pm b \qquad (1)$$

To‘g‘ri chiziqning bu tenglamasi m (tik) va b (ordinatalar o‘qi bilan kesishish nuqtasi) belgilariga qarab to‘rtta variantga ega bo‘lishi mumkin:

$$V_{OUT} = +mV_{IN} + b \qquad (2)$$
$$V_{OUT} = +mV_{IN} - b \qquad (3)$$
$$V_{OUT} = -mV_{IN} + b \qquad (4)$$
$$V_{OUT} = -mV_{IN} - b \qquad (5)$$

Ushbu xarakteristikaning kamida ikkita nuqtasi parametrlariga ega bo‘lgan holda (V_{OUT} va V_{IN})> kerakli uzatish xarakteristikasini tavsiflovchi ifodada m va b qiymatlarini aniqlanadi. Misol uchun, sensorning chiqish signali 0,1 dan 0,2 V gacha bo‘lgan diapazonda o‘zgarib turadi va 1...4 V diapazonidagi signallar kirishga berilishi kerak. Ushbu ma'lumotlarni (V_{OUT} = 1 V da V_{IN} = 0,1 V va V_{OUT} = 4 V V_{IN} = 0,2 V) tenglamaga (2) almashtirgandan so‘ng,

$$1 = m(0.1) + b \qquad (6)$$
$$4 = m(0.2) + b \qquad (7)$$

(6) tenglamaning ikkala tomonini 2 ga ko‘paytirib, (7) tenglamadan olingan natijani ayirish natijasida hosil bo‘ladi.

$$2 = m(0.2) + 2b \qquad (8)$$
$$b = -52 \qquad (9)$$

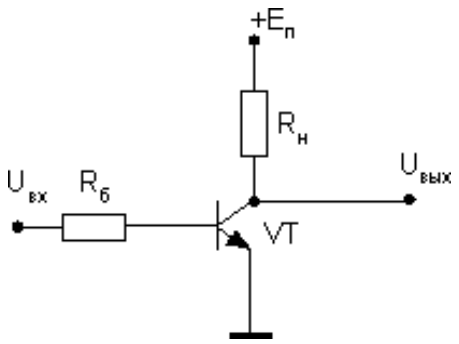
Natijada b ning qiymatini (6) tenglamaga qo‘yib, topamiz

$$m = \frac{(2+1)}{0.1} = 30 \qquad (10)$$

Endi m va b ning topilgan qiymatlarini (2) tenglamaga almashtirib, kuchaytirgichning kerakli uzatish xarakteristikasi uchun ifodani olamiz. Hisob-kitoblarda (2) tenglamadan foydalangan bo‘lsakda, (11) tenglama shakli (3) tenglama shakliga mos keladi. Kuchaytirgichning uzatish xarakteristikasi parametrlari uchun spetsifikatsiyalar yoki belgilangan talablar hisob-kitoblarda topilgan m va b koeffitsientlarining belgilarini aniqlaydi. Sxemani ishlab chiqishning keyingi bosqichi m = 30 va b = -2 bo‘lishini ta'minlash uchun uning parametrlarini hisoblashdir. Keyinchalik, (2) ... (5) tenglamalar bilan tavsiflangan uzatish xususiyatlarini amalga oshirish uchun ishlatiladigan sxemalarni ko‘rib chiqiladi.

6- amaliy mashg‘ulot: Yarimo'tkazgich kalitlarning parametrlari

Elektron kalitlar raqamli mantiqiy elementlarni qurish uchun asosdir. Elektron kalitlar bipolyar va unipolyar tranzistorlar va impulsli diodlar asosida qurilgan, masalan, tranzistor-tranzistor logika (TTL) sxema asosi bo‘lgan bipolyar tranzistorlardagi kalitlarni o‘rganish bo‘ladi. Umumiy emitter asosida ulangan bipolyar tranzistordagi o‘tish davri rasmda ko‘rsatilgan. Umumiy emitterli sxemaga ulangan bipolyar tranzistorga asoslangan kalit sxemasi kam nazorat quvvatini talab qiladi.



Ma'lum bir yuklama qarshiligida (Rn) kalitni boshqarish tokini cheklaydigan qarshilikni (R_b) hisoblash kerak bo‘lsin. Kalitning statik ish rejimlarini hisoblash ko‘rsatmalari keltiraylik. Hisoblashda yuklama tokini aniqlash uchun kalitning to‘yinganlik toki aniqlanadi:

$$I_{кн} = \frac{E_п}{R_н}.$$

Tranzistorni to‘yinganlik rejimiga kiritish uchun tranzistor bazasiga berilishi kerak bo‘lgan to‘yinganlik bazasi tokini quyidagiga teng:

$$I_{бн} = \frac{I_{кн}}{\beta}$$

β – umumiy emitterli zanjirdagi bipolyar tranzistorning statik oqim o‘tkazish koeffitsienti.

Yarimo‘tkazgich elektron kalit turlaridan biri tiristor va uning oilasidir. Tiristor yarimo‘tkazgichli monokristal asosidagi uch yoki undan ortiq p-n o‘tishlari bo‘lgan va ikkita barqaror holatga ega bo‘lgan yarimo‘tkazgichli qurilma: yopiq holat, ya'ni past o‘tkazuvchanlik holati va ochiq holat, ya'ni yuqori o‘tkazuvchanlik holati. Tiristorlarning qo‘llanilishi kichik (zaif) signallar yoki kommutatsiya qurilmalari yordamida kuchli yuklamani boshqarishdir.

Tiristor (yun. thyra — eshik, kirish va rezistor) — elektrik ventil xossasiga ega bo‘lgan kremniy monokristall asosidagi yarimo‘tkazgich asbob. Yarimo‘tkazgich elementi kremniy (bir oz bor, alyuminiy va fosfor qo‘shilgan) monokristall disk (plastinka)dan tayyorlanadi. Ishlash prinsipi kremniy monokristallning elektronteshikli o‘tish (elektron p o‘tkazuvchanlikdan teshikli r o‘tkazuvchanlikka o‘tish) xossasiga asoslanadi. Bu xossa asbobning ventilli o‘tkazuvchanligini ta’minlaydi. Tiristorning triodli (trinistor; uchta tashqi chiqish — katod, anod, boshqaruvchi elektrod) va diodli (dinistor, boshkaruvchi elektrodsiz) turlari bor. Vazifasiga ko‘ra, bir tomonlama va ikki tomonlama o‘tkazuvchan, yuqori chastotali, impulsli, ikki operatsiyali va maxsus xillarga bo‘linadi. Fotorezistorlar, galliy arsenid asosidagi tiristorlar ham bor. Tiristorlar elektr o‘zgartirgichlarida ventil, avtomatik boshqarish tizimining ijrochi va kuchaytiruvchi elementlari, turli elektron qurilmalarda xotira kaliti hamda elementlari

va boshqa sifatida ishlatiladi. Tiristor elektr o‘zgartirgichlarida ventil, avtomatik boshqarish tizimining ijrochi va kuchaytiruvchi elementlari, turli elektron qurilmalarda xotira kaliti hamda elementlari va boshqa sifatida ishlatiladi.

7- amaliy mashg‘ulot: Zamonaviy triggerlar va registrlarni o‘rganish

Elektronikada triggerlar ko‘pincha raqamli manbalarda ishlatiladigan, signallar yordamida yoqilishi va o‘chirilishi mumkin bo‘lgan qurilmalardir. Triggerlar axborotni saqlash yoki raqamli sxemalarda ma'lumotlar oqimini boshqarish uchun ishlatiladi, raqamli elektronika va kompyuter arxitekturasining muhim tarkibiy qismlari bo‘lgan zamonaviy trigger va registrlardan tashkil topgan. Triggerlar - chiqish signalini yaratish yoki oldindan belgilangan harakatni bajarish orqali ma'lum kirish sharoitlariga javob beradigan elektron sxemalar. Raqamli elektronikada signallarning vaqtini va ketma-ketligini nazorat qilish uchun triggerlar odatda ketma-ket mantiqiy sxemalarda, masalan, yoqib-o‘chirish, ochib-berkitish va qulflar kabi ishlatiladi. Triggerlar holatini o‘zgartirish uchun kirish signalining ma'lum bir qismiga (ko‘tarilishi yoki tushishiga) javob beradi. Misol uchun D, JK va T triggerlar mavjud va har birining o‘ziga xos xususiyatlari va turli raqamli sxemalarda qo‘llanilishi mavjud.

- D triggerlar chiqish holatini yopish yoki ushlab turish uchun kirish signalining uzluksiz bo‘lishini ta’minlaydi (D mandallari va SR mandallari). U bitta ma'lumot kiritishiga (D) va ikkita boshqaruv kirishiga (Set va Reset) ega. Bu triggerlar ma'lumotni saqlab, boshqaruv signali o‘zgarganda bitni chiqishga o‘tkazish qobiliyatiga ega.

- JK triggeri D triggeriga nisbatan ancha murakkab qurilma va u ikkita boshqaruv kirishiga ega (J va K) va oldindan o‘rnatish (o‘rnatish), qayta o‘rnatish (qayta o‘rnatish), yozib olish (ushlab turish) va inversiya (o‘tish) kabi turli rejimlarda ishlashi mumkin Puls generator triggerlarиш kirish signaliga javoban ma'lum bir davomiylik yoki chastotadagi chiqish impulslarini hosil qiladi. Vaqt sxemalarida va raqamli signallarni qayta ishlashda qo‘llaniladi. Ular bilish raqamli sxemalarni loyihalash va tahlil qilish, mikroprotsessorlar, xotira tizimlari va aloqa interfeyslarini

vaqt, sinxronizatsiya va holatni saqlash muhim bo‘lgan qurilmalarda unumli foydalanishdan iborat. RS trigger oddiy tuzilgan bo‘lib, ikkita boshqaruv kirishiga ega (R va S) metastabil holatga kirish imkoniyatining kamchiliklariga ega.

Registrlar raqamli tizimlardagi saqlash elementlari bo‘lib, ikkilik ma'lumotlarni saqlash va manipulyatsiya qilish uchun ishlatiladi. Ular ko‘p bitli saqlash blokini yaratish uchun o‘zaro bog‘langan flip-floplar yoki mandallar guruhidan iborat. Registrlar odatda raqamli ma'lumotlarni qayta ishlash, arifmetik operatsiyalar, ma'lumotlarni uzatish va boshqarish vazifalarida qo‘llaniladi. Registrlarning ba'zi asosiy turlari quyidagilardan iborat:

- Shift registrlari: Ushbu registrlar soat signaliga javoban o‘zlarining saqlangan ma'lumotlarini chapga yoki o‘ngga siljitishi mumkin. Ular ketma-ket ma'lumotlarni uzatishda, parallel-seriyaga o‘tkazishda va ketma-ket-parallelga o‘tkazishda qo‘llaniladi.

- Parallel registrlar: Ushbu registrlar ma'lumotlarni parallel ravishda saqlaydi va bir vaqtning o‘zida bir nechta bitlarni registrdan o‘qish yoki unga yozish imkonini beradi. Ular arifmetik mantiq birliklarida (ALU), xotira interfeysida va umumiy maqsadli ma'lumotlarni saqlashda qo‘llaniladi.

- Hisoblagich registrlari: Bu registrlar soat pulslariga javoban saqlangan qiymatini oshiradi yoki kamaytiradi. Ular hisoblash, ketma-ketlik va vaqtni yaratishni talab qiladigan ilovalarda qo‘llaniladi.

Registrlar raqamli tizimlarda asosiy rol o‘ynaydi, ma'lumotlarni vaqtincha saqlash va qayta ishlash jarayonida ma'lumotlarni nazorat qilish vazifasini bajaradi. Har xil turdagi registrlar va ularning funktsiyalarini tushunish samarali va ishonchli raqamli tizimlarni, mikroprotsessorlar, kontrollerlar va raqamli signal protsessorlarini loyihalash uchun zarurdir.

Zamonaviy trigger va registrlar ishtirokida simulyatsiya dasturlari yoki apparat prototiplash platformalaridan foydalangan holda raqamli sxemalarni loyihalash mumkin.

8- amaliy mashg‘ulot: Dasturlanadigan mikrosxemalar va mikrokontrollerlar

Dasturlashtiriladigan mikrosxemalar va mikrokontrollerlar keng doiradagi elektron qurilmalar va tizimlarda qo‘llaniladigan ko‘p funksiyali integral mikrosxemalarni tashkil etadi. Dasturlashtiriladigan mikrosxemalar deganda foydalanuvchilarga o‘z funksiyalarini muayyan talablarga muvofiq sozlash yoki dasturlash imkonini beruvchi integral mikrosxemalar tushuniladi. Bular dasturlashtiriladigan mantiqiy qurilmalar (DMQ) va foydalanuvchilar tomonidan dasturlanadigan ventil matrisalarni (DVM) o‘z ichiga oladi.

1. Dasturlashtiriladigan mantiqiy qurilmalar (DMQ) turli raqamli funktsiyalarni amalga oshirish uchun dasturlashtirilishi mumkin bo‘lgan raqamli integral mikrosxemalar turidir. Dasturlashtiriladigan mantiqiy massivlar (DMM), murakkab dasturlashtiriladigan mantiqiy qurilmalar (MDMQ) va foydalanuvchilar tomonidan dasturlanadigan ventil matrisalarni (DVM) kabi qurilmalar kiradi. DMQlar raqamli signallarni qayta ishlash, ma'lumotlarni qayta ishlash, boshqaruv tizimlari va o‘rnatilgan tizimlar kabi ilovalarda qo‘llaniladi.

2. Foydalanuvchilar tomonidan dasturlanadigan ventil matrisalar (DVM) yuqori darajada sozlanishi mumkin bo‘lgan integral mikrosxemalar bo‘lib, ular qator mantiqiy hujayralar va dasturlashtiriladigan o‘zaro ulanishlarni o‘z ichiga oladi. Ular murakkab raqamli sxemalar va tizimlarni, protsessorlarni, aloqa interfeyslarini va moslashtirilgan mantiqni amalga oshirish uchun dasturlashtirilishi mumkin. DVMlar telekommunikatsiya, aerokosmik, avtomobilsozlik, sanoatni avtomatlashtirish va ilmiy tadqiqotlar kabi ilovalarda keng qo‘llaniladi.

Mikrokontrollerlar protsessor yadrosi, xotira, kirish/chiqarish tashqi qurilmalari va o‘rnatilgan tizimlarda mustaqil ishlash uchun zarur bo‘lgan boshqa xususiyatlarni

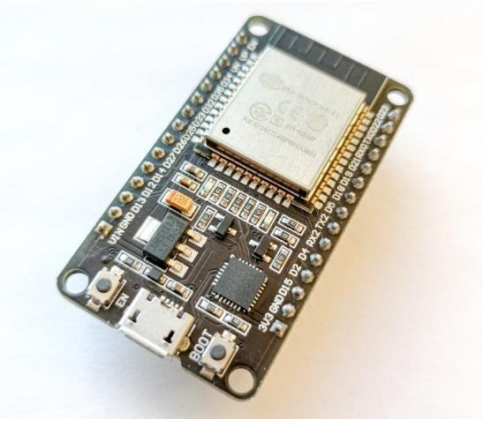
o‘z ichiga olgan integral mikrosxemalar bo‘lib, ular dasturlashtiriladi va muayyan vazifalarni bajarish uchun xotirasida saqlangan ko‘rsatmalarni bajaradi. Uning arxitekturasi mikrokontroller - mikroprotsessor yadrosi, chipdagi xotira (masalan, ROM, RAM), kirish/chiqish (I/U) tashqi qurilmalari (masalan, GPIO, UART, SPI), taymerlar va ko‘pincha analogdan raqamliga o‘zgartirgichlarga ega (ADC) va raqamli-analog konvertorlar (DAC) iborat bo‘ladi. U impuls kengligi modulyatsiyasi (PWM), uzilish kontrollerlari va aloqa interfeyslari (masalan, UART, SPI, I2C) kabi maxsus apparat xususiyatlarini o‘z ichiga oladi.

Dasturlash qismida mikrokontrollerlar integratsiyalashgan ishlab chiqish muhitlari (IDE), kompilyatorlar, assemblerlar va tuzatuvchilar kabi dasturiy ta'minot ishlab chiqish vositalari yordamida dasturlashtiriladi va dasturlash tillariga C, C++ va Assembler tili kiritish mumkin. Mikrokontrollerlar keng ko‘lamli o‘rnatilgan tizimlarda, maishiy elektronika, avtomobil tizimlari, sanoat avtomatizatsiyasi, tibbiy asboblar, aqlli maishiy texnika va narsalar Interneti (IoT) qurilmalarida qo‘llaniladi. Ular sensorli interfeys, ma'lumotlarni qayta ishlash, motorni boshqarish, aloqa va foydalanuvchi interfeysini boshqarish kabi vazifalarni boshqarish va qayta ishlash imkoniyatlarini ta'minlaydi. Mikrokontrollerlar turli xil arxitekturalarda (masalan, 8-bit, 16-bit, 32-bit) mavjud bo‘lib, turli xil dastur talablariga mos keladigan turli darajadagi ishlash, quvvat sarfi va periferik integratsiyaga ega.

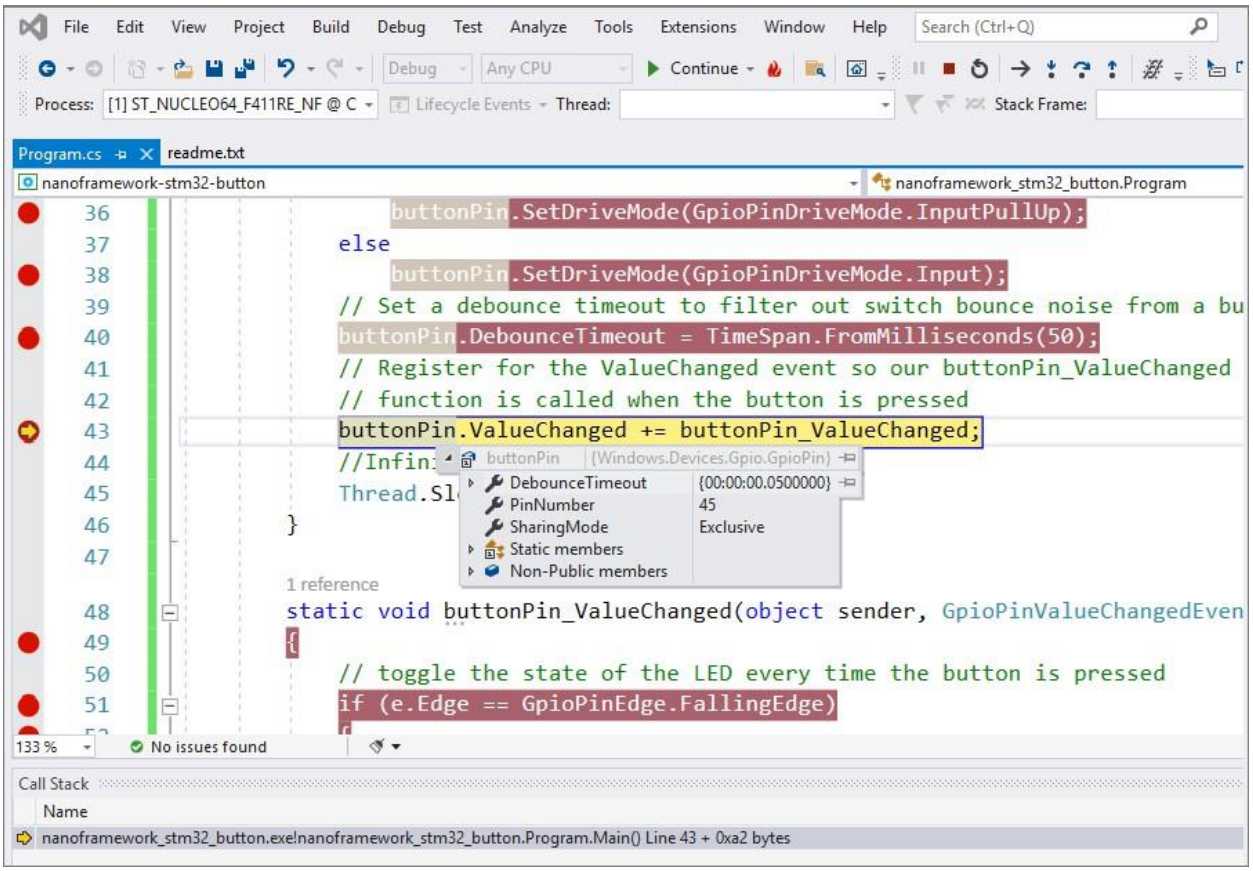
DVMlar yuqori moslashuvchanlikni ta'minlaydi va murakkab raqamli mantiqni amalga oshirish va tezkor prototiplashni talab qiladigan ilovalar uchun javob beradi. Mikrokontrollerlar o‘rnatilgan tizim ilovalari uchun ko‘proq ixtisoslashgan bo‘lib, tashqi qurilmalar va tizimlarni boshqarish va ular bilan ishlash uchun ishlov berish quvvati, xotira va periferik integratsiya o‘rtasidagi muvozanatni ta'minlaydi. Dasturlashtiriladigan mikrosxemalar va mikrokontrollerlar zamonaviy elektronikada muhim rol o‘ynaydi, bu esa murakkab raqamli tizimlar va turli sohalarda va ilovalarda o‘rnatilgan echimlarni ishlab chiqishga imkon beradi.

.NET nanoFramework - bu .NET ga asoslangan va kichik o‘rnatilgan qurilmalar, mikrokontrollerlar uchun mo‘ljallangan bepul va ochiq manbali platform bo‘lib, u bilan narsalar Interneti (IoT) uchun turli xil qurilmalarni, taqiladigan qurilmalarni,

ilmiy asboblarni, robot qurilmalarni ishlab chiqish, prototiplarni yaratish va ularni sanoat uskunalarida ishlatish mumkin. Amaliyotda .NET nanoFramework platformasi, uning arxitekturasi, asosiy imkoniyatlari va dastur kodlari misollarini ko‘rib chiqiladi. NanoFramework-ni ESP32 va STM32 seriyali mikrokontrollerlarga o‘rnatish va apparat interfeyslari bilan ishlaymiz va kodning "katta" .NET dan nanoFramework platformasiga o‘tish qobiliyatini baholanadi.



ESP32 DevKit v1 plata moduli



.NET nanoFramework platformasi interfeysi

9- amaliy mashg‘ulot: Zamonaviy bosma platalar tayyorlash texnologiyalari

Reja:

1. Bosma platalar va ularning rivojlanish tarixi
2. Bosma platalarning ish funksiyalari
3. Zamonaviy bosma platalar va ularga qo‘yilgan texnik talablar

Bosma plata elektron komponentlarni o‘rnatish va ularni bir-biriga elektr toki va signali bilan ulash uchun ishlatiladigan plastinka shaklidagi strukturaviy element hisobalanadi. Uning asosi uning yuzasida, ba'zi hollarda esa ichida o‘tkazuvchan elementlarga ega bo‘lgan dielektrik materialdir.

Ushbu plastinka teshish va qo‘shimcha yopishtiruvchi yoki lakni mahkamlash orqali elektron komponentlarni ishonchli mahkamlashni ta'minlaydi. Komponentlar orasidagi elektr aloqalari uchun odatda tenglikni ishlab chiqarish jarayonida izlar deb ataladigan tekis mis o‘tkazgichlar hosil bo‘ladi. Yo‘llarda kontakt yostiqchalari hosil bo‘ladi. Planar elektron komponentlar ularga to‘g‘ridan-to‘g‘ri lehimlanadi. Pim va qo‘rg‘oshin sim qismlarini lehimlash va biriktirish uchun prokladkalar orqali teshiklar ochiladi.

Zamonaviy elektronikada elektron komponentlar uchun mexanik yordam va elektr aloqalarini ta'minlash orqali bosilgan elektron platalar asosiy rol o‘ynaydi. Bosilgan elektron plata elektron sxemaning turli elementlarini, masalan, rezistorlar, kondansatörler, chiplar, konnektorlar va boshqa komponentlarni o‘rnatish va o‘zaro bog‘lash uchun vositadir. Komponentlar orasidagi ishonchli elektr aloqasini ta'minlash, strukturaning mexanik mustahkamligini ta'minlashdir. Bosma elektron plata elektron komponentlarning mexanik ta'minoti va elektr ulanishlari uchun jismoniy asosni ta'minlaydi. Rezistorlar, kondensator, integral sxema, konnektorlar va komponentlar kabi turli xil elektron elektron elementlarni o‘rnatish, o‘zaro bog‘lash uchun ishlatiladi. Elektronikada bosma elektron plataning roli komponentlar o‘rtasida ishonchli aloqani ta'minlash va dizaynning mexanik mustahkamligini ta'minlash, shuningdek, komponentlar o‘rtasida signal va quvvatni o‘tkazish uchun sxemalarning to‘g‘ri yo‘nalishini ta'minlashdan iborat.

Bosma elektron platalar murakkab elektron qurilmalar va tizimlarni yaratishga imkon beruvchi komponentlarni joylashtirish va ulash uchun elektr aloqalari va mexanik infratuzilmani ta'minlash orqali funktsional elektron qurilmalarni yaratishda muhim rol o‘ynaydi.

Bosma elektron platalar texnologiyasi oddiy bir qatlamli loyihadan boshlab, ilg‘or materiallar va ishlab chiqarish texnikasidan foydalangan holda murakkab ko‘p qatlamli platalarga o‘tdi. Ushbu evolyutsiya materiallar, burg‘ulash jarayonlari, mis qoplama texnikasi, komponentlarni o‘rnatish texnologiyalari va boshqa ko‘plab jihatlardagi yutuqlarni o‘z ichiga oladi, bu esa yanada ixcham, ammo boy xususiyatlarga ega qurilmalarga bo‘lgan talabning ortib borishi bilan birgalikda zamonaviy taxtalarni haqiqiy texnologik san'at asariga aylantiradi. Elektronikada bosma elektron platalarning ahamiyati katta va ular jadal rivojlanmoqda. Bosma elektron platalar texnologiyasining evolyutsiyasi elektronika komponentlarini loyihalash va ishlab chiqarish usuli va inkoniyatini tubdan o‘zgartirgan jarayondir. Oddiy bir qatlamli platalardan boshlab, bosilgan elektron platalar texnologiyasi yanada yuqori ishlash va ixchamlik standartlarini qo‘llab-quvvatlaydigan murakkab ko‘p qatlamliga aylangan.

Materiallardagi yutuqlar yanada ishonchli va samarali bosilgan elektron platalarni yaratishga imkon berdi, aniqroq iz va teshiklarni ochish usullaridan foydalanish, shuningdek, ko‘p qatlamli tuzilmalar va sirtga o‘rnatish texnologiyalari (SMT) ni ishlab chiqish bo‘ldi. Texnologiyaning yana bir yutug‘i murakkab va ixcham elektron qurilmalarga talabning ortishi bilan bog‘liq. Smartfon, noutbuk, planshet, tibbiy asbob-uskunalar va boshqa qurilmalar sanoatining jadal rivojlanishi bosilgan elektron platalarga qadoqlash zichligini oshirishdan tortib, yaxshilangan ishlash va ishonchlilikgacha ko‘proq talablarni qo‘yadi. Bosma elektron platalar texnologiyasining evolyutsiyasi kichikroq, kuchliroq va ishonchli elektron tizimlarni birgalikda yaratishga imkon beradigan materiallar, ishlab chiqarish va o‘rnatish texnikasidagi yutuqlarni o‘z ichiga oladi.

Zamonaviy bosma elektron platalar har xil materiallardan tayyorlangan bo‘lib, ularning har biri o‘ziga xos xususiyatlarga ega. Quyida zamonaviy bosma platalarni yaratish uchun ishlatiladigan eng keng tarqalgan materiallar ro‘yxati keltirilgan:

Fenol-formaldegid kompozitlari (FR-4): FR-4 bosilgan elektron platalarda ishlatiladigan eng keng tarqalgan materiallardan biridir. Nisbatan arzon narxlarda mexanik kuch, issiqlik barqarorligi va mukammal izolyatsiyalash qobiliyatiga ega.

Ftoroplastiklar (masalan, PTFE): PTFE materiallari yuqori termal barqarorlikka, past dielektrik o‘tkazuvchanlikka va yuqori chastotalarda kam yo‘qotishga ega, bu ularni RF va mikroto‘lqinli qurilmalar kabi yuqori chastotali qurilmalar uchun ideal tanlovdir.

Metall asoslar: Quvvatli yarimo‘tkazgich qurilmalari kabi issiqlik ishlab chiqaruvchi komponentlarni boshqaradigan bosilgan elektron platalarni loyihalashda samarali issiqlik tarqalishini ta'minlash uchun metall asosli bosilgan elektron platalar ishlatilishi mumkin.

Polimidlar: Polimid bosma platalar mukammal issiqlikka chidamlilik va kimyoviy qarshilikka ega, bu ularni aerokosmik va aviatsiya sanoati kabi muhim muhitlarda qo‘llash uchun ishlatiladi.

Keramika materiallari: mukammal issiqlik o‘tkazuvchanligiga va yuqori darajadagi ishonchlilikka ega, bu ularni yuqori harorat va ishonchlilikka sezgir ilovalarda foydalanish uchun ideal qiladi.

Zamonaviy bosma elektron platalarni tayyorlash uchun ishlatiladigan materiallarning o‘ziga xos xususiyatlari bor va tanlov texnik xususiyatlar, issiqlik o‘tkazuvchanligi, narx va boshqa talablarga bog‘liq.

V. GLOSSARIY

uz.Solishtirma elektr o´tkazuvchanlik

ru.Удельная электропроводность

en.Specific conduction

Uzunligi va kesim yuzasi bir birlikka teng bo´lgan silindrsimon o´tkazgichning elektr o´tkazuvchanligiga teng kattalik. U solishtirma elektr qarshiligining tesari qiymatiga teng. Solishtirma o´tkazuvchanlik σ bilan belgilanadi va uning birligi $[\sigma] = [Om \cdot sm]^{-1}$. Qattiq jismlarda solishtirma o´tkazuvchanlik:

$$\sigma = en\mu$$

e–elektron zaryadi,

($1{,}6 \cdot 10^{-19}$Kl),

n–elektronlar konsentratsiyasi (sm^{-3}), μ - elektron harakatchanligi ($sm^2/V{\cdot}s$).

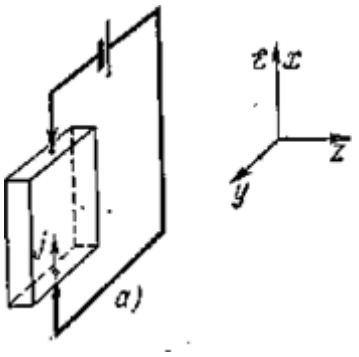
Величина, равная электропроводности проводника имеющая форму цилиндра, единичной длины и поперечного сечения. Она равна обратное величины удельного электрического сопротивления, обозначается через σ и имеет размерность:

$[\sigma] = [Ом \cdot см]^{-1}$. Удельная проводимость в твердых телах: $\sigma = en\mu$

где *e*-заряд электрона

($1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл), *n*-концентрация электронов

($см^{-3}$), μ -подвижность электронов ($см^2/В{\cdot}с$).



Ba´zi elementlarning T=300°K dagi solishtirma o´tkazuvchanligi

Удельная электропроводность при T=300°K

Material Материал	σ - qiymati величина σ
Ge	$21 \cdot 10^{-3}$
Si	$3{,}7 \cdot 10^{-4}$
GaAs	10^{-8}
InP	10^{-9}
CdTe	$2 \cdot 10^{-10}$

uz.Ta´qiqlangan zona

ru.Запрещенная зона

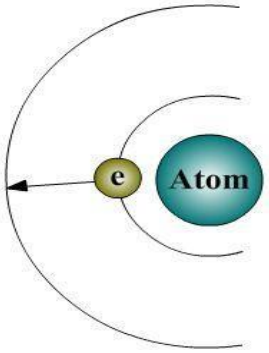
en.Forbidden band

Yarim o´tkazgichlarda hamma valent elektronlar kimyoviy bog´lanishda qatnashganligi tufayli T=0°K erkin elektronlar bo´lmaydi. Berilgan issiqlik

В полупроводниках отсутствуют свободные электроны при T=0 K из-за участия всех валентных электронов в химической

Bog´langan elektronni urib chiqarish uchun kerak bo´ladigan energiya qiymati:

Величина энергии, необходимая для выбивания связанного электрона:

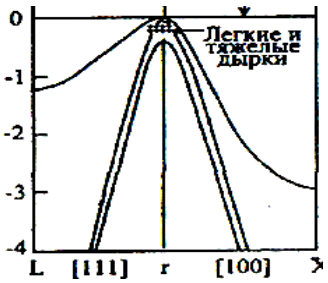
yoki yorug´lik hisobiga kimyoviy bog´lanishda ishtirok etgan elektronni ma´lum energiya berib ozod qilish mumkin. Ana shundagina bu elektron elektr toki o´tkazishda qatnashadi. Shuning uchun ta´qiqlangan zona deganda har qanday yarim o´tkazgich kimyoviy bog´lanishdagi elektronni ozod qilish uchun (ya´ni bog´lanish energiyasiga teng energiya) kerak bo´lgan energiyaga aytiladi va E_g bilan belgilanib, uning qiymati eV larda o´lchanadi.Chunki elektronga E_g dan kam energiya berilganda elektronni ozod qilib bo´lmaydi. Bu degan so´z elektron yo bog´langan holatda (valent) yoki erkin holatda bo´ladi (o´tkazuvchanlik zona). Ta´qiqlangan zona kattaligi kimyoviy bog´lanishda qatnashayotgan valent elektronlarining atomga qanday energiya bilan bog´langanligiga bog´liq. Masalan, IV guruh elementlari hammasi bir xil kristall strukturaga ega va kimyoviy bog´lanishga ega bo´lsa ham, ularning E_g si har xil bo´ladi. Valent E_g elektronlari T=300°K C – $2s^22p^2$ 5,0 eV *Si* – $3s^23p^2$ 1,12 eV *Ge* – $4s^24p^2$ 0,66 eV	связи. Электроны, находящиеся в химической связи можно освободить передачей тепловой или световой энергии. Только в этом случае электроны участвует в электропроводимости. Поэтому под запрещенной зоной понимают энергию, необходимую для освобождения химически связанного электрона в полупроводниках (т.е. энергию, равную энергии связи) и обозначается через E_g, ее величина измеряется в эВ. Т.к. при передаче энергии меньшую E_g, невозможно освободить электрон. Это означает, что электрон может находиться или в связанном (валентная зона) или в свободном состоянии (зона проводимости). Величина запрещенной зоны зависит от энергии связи валентного электрона в атоме участвующих в химической связи. Например, хотя все элементы IV группы имеют одинаковую кристаллическую структуру и химическую связь, их E_g имеют различные величины. Валентные E_g электроны T=300°K C – $2s^22p^2$ 5,0 эВ *Si* – $3s^23p^2$ 1,12 эВ *Ge* – $4s^24p^2$ 0,66 эВ	 Elektron qancha atomga yaqin joylashgan bo´lsa uni urib chiqarishga shuncha ko´p energiya kerak bo´ladi. Чем ближе электрон находится к ядру, тем больше энергия потребуется для его выбивания.

<table>
<tr><td colspan="2">uz.Valent zona

ru.Валентная зона

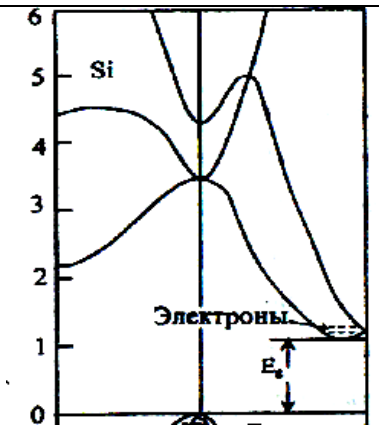
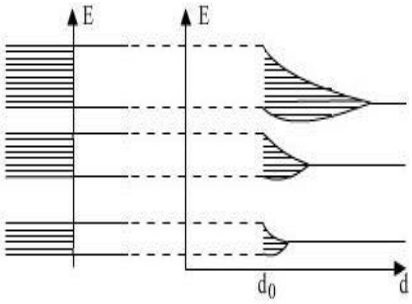
en.Valence band</td><td rowspan="2">Kremniyning valent zonasi tasviri

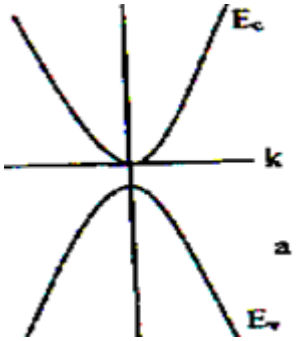
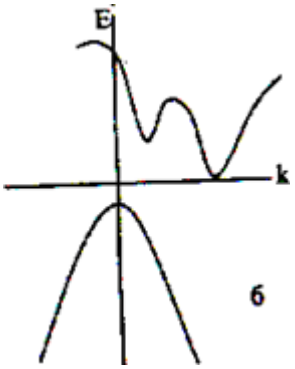
Схема валентной зоны кремния

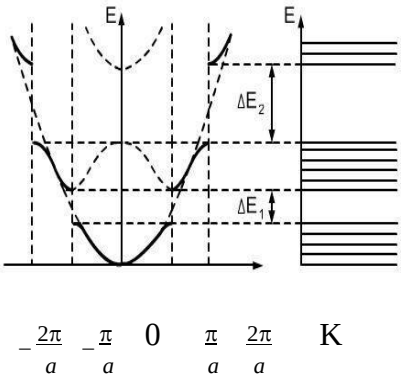
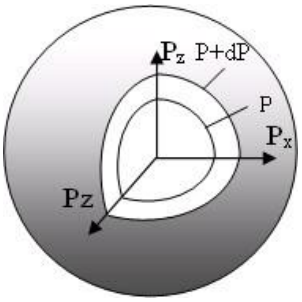
  </td></tr>
<tr><td>Absolyut nol temperaturada hamma energiya holatlari elektronlar bilan band bo´lgan ruxsat etilgan zonaning yuqori chegarasiga aytiladi. Ya´ni T=0°K temperaturada elektronlar atomga bog´langan bo´ladi. Kris-tallda zonalar tuzilishi (strukturasi) ga qarab, valent zonalar, yetarlicha murakkab bo´lishi mumkin.</td><td>Называется верхняя граница запрещенной зоны занятая электронами всех энергетических уровней при абсолютном нуле температуры. Т.е. все электроны находятся в связанном состоянии в атоме при Т=0 К. Валентная зона может быть достаточно сложным, в зависимости от структуры зон в кристаллах. Все валентные электроны находятся в валентной зоне кристаллической решетки при Т=0 К.</td></tr>
<tr><td colspan="2">uz.O´tkazuvchanlik zonasi

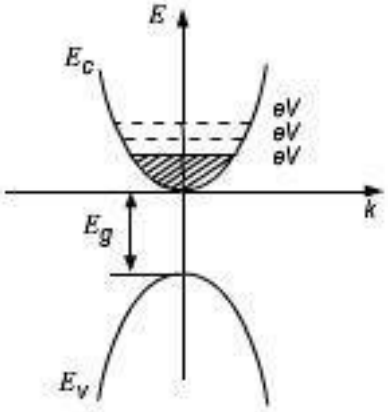
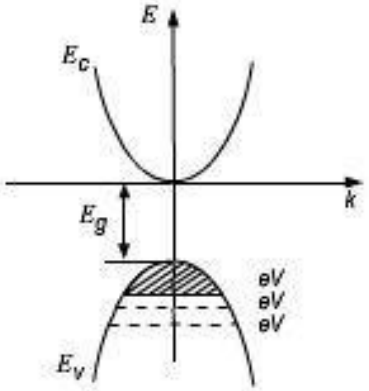
ru.Зона проводимости

en.Conduction band</td><td></td></tr>
</table>

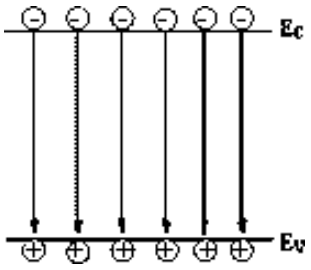
Tashqaridan ta´sir ettirilganda masalan, temperatura, yorug´lik, elektr maydon va b.) elektronlar qabul qilishi mumkin bo´lgan, absolyut nol temperaturada esa elektronlarga ega bo´lmaydigan ruxsat etilgan zonaga aytiladi. Kristall panjarada T>0°K da malum bir elektronlar bog´lanish energiyasini yengib erkin holatga o´tadi, ya´ni tok tashishda qatnashadi. Bu holat o´tkazuvchanlik zonasi deb qabul qilingan.	Называется разрешенной зоне способное принимать электронов при воздействии с внешной стороны (например, температуры, света, электрического поля и др.) и не имеющих электронов при абсолютном ноле температуры. При T>0°K в кристаллической решетке определенное количество электронов переходят в свободное состояние преодолев энергию связи и могут участвовать в переносе тока. Такое состояние принято как зона проводимости.	 Kremniyning o´tkazuvchanlik zonasi tasviri Зона проводимости кремния
uz.Ruxsat etilgan zona ru.Разрешённая зона en.Allowed band		Atomlar bir-biriga yaqinlashib kristall hosil qilganda ayrim-ayrim energiya sathlardan energiya zonalari paydo bo´ladi.
Qattiq jismlarda atomlar orasidagi masofa kamayishi natijasida, ularning elektron qobiqlarining o´zaro bir-biriga kirishishi oqibatida atomdagi elektron energetik sathlarga mos holda energetik zonalar paydo bo´lishi – ya´ni elektron turishi mumkin bo´lgan zonalar. Bunday zanjirlar bir-biridan ta´qiqlangan zonalari bilan ajraladi. Ruxsat etilgan zona ichida elektronlarning energiyasi uzluksiz o´zgaradi, chunki har bir zona ichidagi energiya sathlari juda zich joylashgan (zonadagi sathlar soni kristalldagi atomlar soniga yaqin bo´ladi). Zonaning tartibi ortgan sari ruxsat etilgan energiya zonalari kengayib,	Возникновение энергетических зон соответствено электронному энергетическому уровню вследствие взаимопроникновения электронных оболочек в результате уменьшения расстояния между атомами в твердых телах. Такие уровни различаются запрещенными зонами. Энергия электронов внутри разрещенной зоны непрерывно изменяется, т.к. энергетические уровни внутри каждой зоны расположены плотно (число уровней в зоне приблизительно равно числу атомов). С изменением порядка зоны расширяется разрешенные энергетические	При образовании кристалла приближаясь атомы друг другу образуются энергетические зоны из отдельных энергетических уровней. 

ta´qiqlangan zona torayib boradi.	зоны, сужается запрещеная зона.	
uz.Energetik zona ru.Энергетическая зона en.Energy band		To´g´ri zonali yarim o´tkazgich zonalar tuzulishi: Структура зон полупроводника с прямой зоной:  Noto´g´ri zonali yarim o´tkazgich zonalar tuzilishi: Структура зон полупроводника с непрямой зоной: 
Yarim o´tkazgichda elektronlar energetik sathlarning K-fazadagi (K-to´lqin vektori) taqsimoti. Bunday taqsimot – har qanday yarim o´tkazichni o´tka-zuvchanlik, valent zonalar tuzilishini ifodalash bilan birga, materiallarni asosiy fundamental parametrlar, ta´qiqlangan zona, energiya holat zichligi, elektron va kovaklar effektiv massasi qiymatlarini aniqlaydi. Yarim o´tkazgichlar zonalar tuzilishi bo´yicha 2 turga bo´linadi: 1. To´g´ri zonali, 2. To´g´ri bo´lmagan zonali. To´g´ri zonali – o´tkazuvchanlik zonasining minimum qiymati va valent zonaning maksimum qiymati bir xil K – qiymatda yotadi. Noto´g´ri zonali bo´lganda ular K-ning har xil qiymatida yotadi.	Распределение энергетических уровней электронов в К-фазе (К-волновой вектор). Такое распределение выражая структуру зоны проводимости, валентную зону любого полупроводника, определяет величину основных параметров материалов, запрещенной зоны, плотность энергетических состояний, эффективную массу электронов и дырок. Полупроводники делятся на два вида на основе структуры зоны: 1. С прямой зоны, 2. С непрямой зоны. В полупроводниках с прямой зоны минимальная величина зоны проводимости и максимальная величина валентной зоны лежат на одной К-величине. При непрямой зоне – они лежат на разных значениях К-величины.	
uz.Brillyuen zonalari ru.Зоны Бриллюэна en.Brilluen´s band		
To´lqin vektori (k_i) qiymatlarining mavjud sohalarida elektronlar energiyasi uzluksiz	Зона, в которых энергия электронов меняется непрерывно в области, где существует величина	

o´zgaradigan, ularning chegaralarida esa uziladigan zona. Bunday zonada elektron mumkin bo´lgan barcha energiya qiymatiga ega bo´ladi. Birinchi Brillyuen zonasi: $-\frac{\pi}{a} \le \vec{k}_i \le \frac{\pi}{a}$ ifoda bilan aniqlanadi, Ikkinchi Brillyuen zonasi $-\frac{2\pi}{a} < \vec{k}_i < -\pi$ va $+\pi < \vec{k}_i < +\frac{2\pi}{a}$ tengsizliklar bilan topiladi.	волнового вектора (k_i), а на ее граница претерпевает разрыв. В таких зонах электрон будет иметь все всевозможные энергии. Первая зона Бриллюэна определяется выражением: $-\frac{\pi}{a} \le \vec{k}_i \le \frac{\pi}{a}$. Вторая зона Бриллюэна определяется выражением: $-\frac{2\pi}{a} < \vec{k}_i < -\pi$ и $+\pi < \vec{k}_i < +\frac{2\pi}{a}$.	Brillyuen zonasi: Зона Бриллюэна: 
uz.Holat zichligi ru.Плотность состояний en.Density of the conditions		Holatlar zichligini aniqlash uchun quyidagi sxemadan foydalaniladi: Используемая схема для определения плотности состояний: 
Kristallning birlik hajmi uchun energiyaning bir birlik intervaliga to´g´ri keluvchi holatlar soniga aytiladi. Holat zichligi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi: $g(E) = 4\pi(\frac{2m^*}{h^2})^{\frac{3}{2}}\sqrt{E}$ Holat zichligini impulslar fazosida p va p+dp radiusli sferalar orasidagi sferik qatlamning hajmi $\hbar^3$ ga nisbatiga teng. $g(E)dE = \frac{4mp^2dp}{\hbar^3}$.	Называется число состояний, приходящаяся на единичный интервал энергии в единичном объеме кристалла. Плотность состояний определяется выражением: $g(E) = 4\pi(\frac{2m^*}{h^2})^{\frac{3}{2}}\sqrt{E}$. Плотность состояний равна отношению сферического слоя между сферами радиусов p и p+dp в импульсной фазе к объему $\hbar^3$: $g(E)dE = \frac{4mp^2dp}{\hbar^3}$.	
uz.O´tkazuvchanlik zonasi elektronlari effektiv holat zichligi ru.Эффективная плотность состояний электронов в зоне проводимости en.Efficient density of the conditions electron in band of the		

<table>
<tr><td colspan="2">conductivities</td><td rowspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>O´tkazuvchanlik zonasida bir birlik energiya oralig´ida (intervalida) elektronlar joylashishi mumkin bo´lgan holatlar miqdori. U N_c bilan belginadi. N_c ning qiymati albatta temperatura va energiyaga bog´liq, ular oshishi bilan N_c ham ortadi. N_c ni aniqlash formulasi:
$N_c = 2\left(\frac{2\pi m_n^* kT}{h^2}\right)^{3/2}$.</td><td>Число состояний электронов в зоне проводимости в единичном энергетическом интервале, где возможно размещение электронов. Он обозначается через N_c. Значение N_c, разумеется, зависит от температуры и энергии, с повышением которых растет и N_c. N_c определяется формулой: $N_c = 2\left(\frac{2\pi m_n^* kT}{h^2}\right)^{3/2}$.</td></tr>
<tr><td colspan="2">uz.Valent zonadagi kovaklar effektiv holat zichligi
ru.Эффективная плотность состояний дырок в валентной зоне
en.Efficient density of the conditions of the holes in valence band</td><td rowspan="2"> 

<table>
<tr><td>Modda
Вещество</td><td>N_V
(T=300°K)</td></tr>
<tr><td>Ge</td><td>$6{,}0\cdot10^{18}$</td></tr>
<tr><td>Si</td><td>$1{,}04\cdot10^{19}$</td></tr>
<tr><td>GaAs</td><td>$7{,}0\cdot10^{18}$</td></tr>
<tr><td>CdS</td><td>$8{,}32\cdot10^{19}$</td></tr>
<tr><td>CdTe</td><td>$9{,}6\cdot10^{19}$</td></tr>
<tr><td>ZnS</td><td>$1{,}42\cdot10^{19}$</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Valent zonasidagi bir birlik energiya oralig´ida (intervalida) kovaklar joylashishi mumkin bo´lgan holatlar miqdoriga aytiladi. U N_v bilan belgilanadi. N_v ning qiymati albatta temperatura va energiyaga bog´liq, ular oshishi bilan N_v ham ortadi. N_v ni aniqlash formulasi: $N_v = 2\left(\frac{2\pi m_p^* kT}{h^2}\right)^{3/2}$.</td><td>Число состояний дырок в валентней зоне в единичном интервале, где могут размещаться дырки. Он определяется через N_v. Значение N_v, разумеется, зависит от температуры и энергии, с повышением которых растет и N_v. N_v определяется формулой:
$N_v = 2\left(\frac{2\pi m_p^* kT}{h^2}\right)^{3/2}$.</td></tr>
<tr><td colspan="2">uz.Rekombinatsiya jarayoni
ru.Процесс рекомбинации
en.Recombination process</td><td>Rekombinatsiya jarayoni:
Процесс рекомбинации:</td></tr>
</table>

Nomuvozanatiy zaryad tashuvchilar elektron va kovaklar uchrashib, ularning yo´q bo´lishi. Bunda elektron yana kimyoviy bog´lanish holatiga qaytadi. Rekombinatsiya o´z tabiatiga qarab zonalar orasida, zona va rekombinatsiya sathi E_R orasida bo´lishi mumkin. Rekombinatsiya jarayonida ajralib chiqadigan energiya issiqlik ajralishi yoki kvant holatida chiqishi mumkin.	Исчезновение неравновесных носителей заряда – электронов и дырок при встрече. При этом электрон снова возвращается в состояние химической связи. Рекомбинация возможна по своей природе внутри зоны, в интервале между зоной и рекомбинационным уровнем E_R. Энергия выделяемая при рекомбинационном процессе может сопроваждаться с выделением тепла или выходом из квантового состояния.	
uz.Zaryad tashuvchilar yashash vaqti ru.Время жизни носителей заряда en.Lifetime of charge carriers		Tok tashuvchilar yashash vaqtini maxsus (har xil zaryadga ega) nuqsonlar, kirishma atomlari kiritish yo´li bilan $\tau \approx 10^{-1} \div 10^{-11} s$ gacha boshqarish mumkin. Masalan, Selen atomi Kremniyda Se^{++} bo´lgan holatda, elektronlarni yutuvchi yuza o´ta katta kovaklar uchun esa o´ta kichik bo´ladi $S_n^{++} >> S_p^{+}$. Natijada elektronlar yashash vaqti kovaklar yashash vaqtidan juda kichik bo´ladi.
Yarim o´tkazgichlarda elektronlar yoki kovaklarning o´tkazuvchanlikda qatnashish vaqti. Elektronlarning o´tkazuvchanlik zonasida, kovaklarning esa valent zonada bo´lish vaqti. Yashash vaqti elektron va kovaklarning rekombinatsiya qilinishi bilan chegaralanadi. Rekombinatsiya esa mavjud rekombinatsiya markazlari (nuqsonlar) orqali amalga oshiriladi. Elektronlarning yashash vaqti: $\tau_n = \frac{1}{N_p V S_n}$ Kovaklarnig yashash vaqti: $\tau_p = \frac{1}{N_n V S_p}$	Время участия в проводимости электронов или дырок в полупроводниках. Время пребывания электронов в зоне проводимости, а дырок – в валентной зоне. Время жизни ограничивается процессом рекомбинации электронов и дырок. Рекомбинация осуществляется через существующими рекомбинационными центрами (дефектами). Время жизни электронов: $\tau_n = \frac{1}{N_p V S_n}$. Время жизни дырок: $\tau_p = \frac{1}{N_n V S_p}$, где V – тепловая скорость электрона, $V=10^7$	Время жизни носителей можно управлять с помощью специальных (имеет различные заряды) дефектов, введением атомов примеси $\tau \approx 10^{-1} \div 10^{-11} s$. Например, в случае атом селена в кремнии имеет в виде Se^{++}, тогда сечение поглощения электронов для сверхбольших дырок будет наименьшим:

V – Elektronning issiqlik tezligi, T=300°K da V=10^7 sm/s; N_n, N_p – elektron va kovaklarni yutuvchi nuqsonlar konsentratsiyasi; S_n,S_p – nuqsonlardagi tok tashuvchilarni yutish yuzasi. Yutish yuzasi (S_n, S_p) bu nuqson hosil qilgan potensialni ifodalaydi. Bu potensial nuqsonni zaryadiga mos quyidagicha ko´rsatish mumkin: *Elektron uchun* *musbat neytral manfiy*	см/с при T=300 K; N_n, N_p – концентрация дефектов электронов и дырок; S_n,S_p – сечение поглощения носителей тока в дефектах. Сечения поглощения (S_n, S_p) выражает потенциал дефекта. Этот потенциал дефекта можно представить ток в зависимости от заряда: *Для электрона* *(+) нейтральный (-)*	$S_n^{++} >> S_p^{+}$. В результате время жизны электронов будет очень маленьким по сравнению времени жизни дырок.

uz.Tok tashuvchilarning harakatchanligi

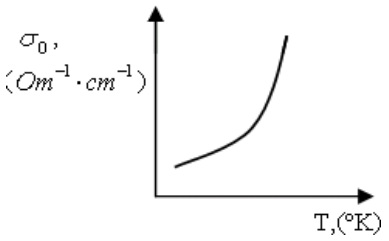
ru.Подвижность носителей тока

en.Mobility of carriers of the current

Zaryad tashuvchilarning, tashqi bir birlik elektr maydon kuchlanganligi ta´sirida olgan dreyf tezliklariga son qiymati jihatdan teng bo´lgan kattalik bo´lib, u μ harfi bilan ifodalanadi. Elektron va kovaklar harakatchanligi, kristalldagi mavjud nuqsonlar tabiati, ularning konsentratsiyasi, temperatura va boshqa ta´sirlarga juda bog´liq bo´ladi. Harakatchanlik yarim o´tkazgich materiallarning asosiy fundamental parametrlaridan biridir. Uning qiymati temperaturaga, kirishma atomlar	Величина, равная дрейфовой скорости которую приобретает носители заряда под действием внешней единичной напряженности электрического поля и обозначается через μ. Подвижность электронов и дырок сильно зависит от природы существующих дефектов в кристалле, от их концентрации, температуры и других воздействий. Подвижность это есть один из основных фундаментальных параметров полупроводных материалов. Ее величина сильно зависит от

Material Материал	$\mu_n, (\frac{sm^2}{V \cdot s})$	$\mu_p, (\frac{sm^2}{V \cdot s})$
Ge	3600 – 3900	1700–1900
Si	1200 – 1900	350–500
Te	910	570
GaAs	2000 – 6800	200–680
InAs	20000-30000	100–240
InP	3400 – 5000	50 – 700

konsentratsiyasi va tashqi ta´sirlarga o´ta bog´liqdir. $\mu = \frac{V_{dr}}{E}, [\mu] = \frac{sm^2}{V \cdot s}$ Yarim o´tkazgichlarda elektronlar va kovaklarning harakatchanligi: $\mu_n = \frac{e}{m_e^*} < \tau >$ $\mu_p = \frac{e}{m_p^*} < \tau >$ τ – relaksatsiya vaqti. Harakatchanlik qiymati qancha ko´p bo´lsa, unday yarim o´tkazgich materiallarning elektronikada foydalilik ehtimolligi shuncha ko´p bo´ladi.	температуры, концентрации атомов примеси и внешних воздействий. $\mu = \frac{V_{др}}{E}, [\mu] = \frac{см^2}{В \cdot с}$. Подвижность электронов и дырок в полупроводниках: $\mu_n = \frac{e}{m_e^*} < \tau >$ $\mu_p = \frac{e}{m_p^*} < \tau >$ τ – время релаксации. Чем больше величина подвижности тем больше вероятность полезности использования полупроводниковых материалов в электронике.	InSe	900	–
		CdTe	800	100
		CdSe	500	–
		CdS	200	–
		PbS	600	250–800
		PbTe	1200 – 2100	750–870
		$AgFeSe_2$	> 250	70
		$AgFeTe_2$	> 2000	150
		Ba´zi yarim o´tkazgichlarning T=300°K da elektron va kovaklar harakatchanligi Подвижность электронов и дырок для некоторых полупроводников при T=300 K		
uz.Relaksatsiya vaqti ru.Время релаксации en.Relaxation time		Yarim o´tkazgichda relaksatsiya vaqtini Boltsman tenglamasi orqali ifodalash mumkin. $-\left(\frac{\partial f}{\partial T}\right) = \frac{f_1(r,k,t) - f_0(r,k)}{\tau(k)} = \frac{\Delta f}{\tau(k)}$ f_1 – tashqi ta´sir natijasida taqsimot funksiyasi; f_0 – muvozanat (tashqi ta´sir to´xtagandagi) taqsimot funksiyasi.		
Tashqi ta´sir natijasida (elektr maydon) zaryad tashuvchilar muvozanati buziladi va tashqi ta´sir olingandan so´ng yana oldingi muvozanat holatiga qaytish uchun kerak bo´lgan vaqt yoki qisqacha tashqi ta´sir olingandan so´ng, zaryad tashuvchlar muvozanat (umuman har qanday sistema) holini tiklash uchun kerak	Время, необходимая для возвращения в прежнее равновесное состояние носителей заряда из возбужденного состояния на, которую были переведены под действием внешних воздействий или время восстановления равновесного состояния (любых систем, в общем случае) (τ). Т.к.			

bo´lgan vaqt (τ). Metallarda o´tkazuvchanlik zonasida elektronlar soni n~(5–10)·10^{22} bo´lganligi uchun, bularda asosiy sochilish mexanizmi, elektronlar o´zaro to´qnashishi hisobiga bo´ladi. Bunday qattiq jismlarda relaksatsiya vaqti $\tau \sim 10^{-13} s$ ga teng. Buni Maksvel relaksatsiya vaqti deyiladi.	число электронов в зоне проводимости металлов n~(5–10)·10^{22}, то в них основной механизм рассеяния происходит за счет взаимного столкновения электронов. В таких веществах время релаксации равна $\tau \sim 10^{-13} c$. Это называется временем релаксации Максвелла.	В полупроводниках время релаксации выражается через уровнение Больцмана: $-\left(\frac{\partial f}{\partial T}\right) = \frac{f_1(r,k,t) - f_0(r,k)}{\tau(k)} = \frac{\Delta f}{\tau(k)}$ f_1 – функция распределения под внешним воздействием; f_0 – равновесная (после прекращения внешнего воздействия) функция распределения.
uz.Yarim o´tkazgich ru.Полупроводник en.Semiconductor		Yarim o´tkazgichda o´tkazuvchanlik haroratga quyidagi ifoda orqali bog´langan: В полупроводниках проводимость связана от температуры следующим выражением: $\sigma = A e^{\exp\left(\frac{-E_g}{2kT}\right)}$ $\sigma = 10^4 \div 10^{-10} Om^{-1} \cdot cm^{-1}$ 
Solishtirma elektr o´tkazuvchanligi metall va dielektrik orasida bo´lgan va solishtirma o´tkazuvchanligi temperatura ortishi bilan eksponensial kamayadigan, kirishma atomlariga o´ta sezgir bo´lgan qattiq jism. Si, Ge, Sn, GaAs, InAs, CdS, CdSe, CdTe, ... Metallardan farqli holda yarim o´tkazgichlarda ikki xil tok tashuvchilar mavjud: elektron va kovak. Hozirgi zamon elektronika asboblarining deyarli hammasi yarim o´tkazgich materiallar asosida yaratilmoqda.	Твердое тело, удельная электрическая проводимость которого находится между металлом и диэлектриком и у которого удельная проводимость уменьшающая экспоненциально с ростом температуры, а также проявляющая сильную чувствительность к атомам примеси. Это элементы Si, Ge, Sn, соединения GaAs, InAs, CdS, CdSe, CdTe, ... В полупроводниках в отличии от металлов существует два вида носителей тока: электронов и дырок. Почти все современные приборы создаются на основе полупроводниковых материалов.	

uz.Xususiy yarim o´tkazgich

ru.Собственный полупроводник

en.Intrinsic semiconductor

Yarim o´kazgichlar hajmida donorlar va akseptorlar, kirishma atomlari yoki elektroaktiv boshqa nuqsonlar konsentratsiyasi o´ta kam bo´lgan yarim o´tkazgichlarga aytiladi. Xususiy yarim o´tkazgichlarda erkin elektronlar konsentratsiyasi, erkin kovaklar konsentratsiyasiga teng bo´lgan yarim o´tkazgichdir, ($n=p=n_i$).

Bunday yarim o´tkazgichlarda Fermi sathi (F) quyidagicha aniqlanadi:

$$F = -\frac{E_c - E_v}{2} \pm kT \ln\frac{N_v}{N_c} = -\frac{E_g}{2} \pm kT \ln\frac{N_v}{N_c}$$

Xususiy yarim o´tkazgichlar o´tkazuvchanligi tashqi ta´sirga o´ta sezgir bo´lishi bilan, bunday yarim o´tkazgichlar shu turdagi yarim o´t-kazgichlar ega bo´lgan eng kichik o´tkazuvchanlikka ega bo´ladi.

$\sigma_0 = en_0\mu_{n0} + ep_0\mu_{p0}$; μ_{n0}, μ_{p0} – xususiy yarim o´tkazgichdagi elektron va kovaklar harakatchanligi

$\sigma_{0Ge} = 21 \cdot 10^{-3}$

$\sigma_{0Si} = 3{,}7 \cdot 10^{-4}$

$\sigma_{0GaAs} = 10^{-8}$

Называется полупроводники, в объеме которого существуют в ничтожно малом количестве доноры и акцепторы, атомы примеси или другие электроактивные дефекты. В собственном полупроводнике концентрация свободных электронов равно концентрации свободных дырок: $n=p=n_i$. В таких полупроводниках уровень Ферми определяется так:

$$F = -\frac{E_c - E_v}{2} \pm kT \ln\frac{N_v}{N_c} = -\frac{E_g}{2} \pm kT \ln\frac{N_v}{N_c}$$

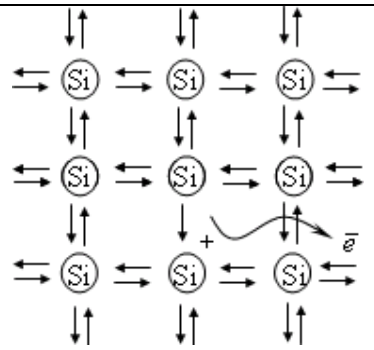
Проводимость собственных полупроводников сверхчувствительна к внешним воздействиям; такие полупроводники имеют наименьшую проводимость по сравнению других типов полупроводников.

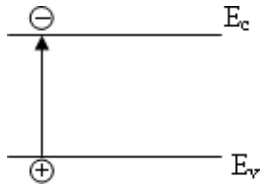
$\sigma_0 = en_0\mu_{n0} + ep_0\mu_{p0}$; μ_{n0}, μ_{p0} – подвижность электронов и дырок в полупроводнике.

$\sigma_{0Ge} = 21 \cdot 10_{-3}$

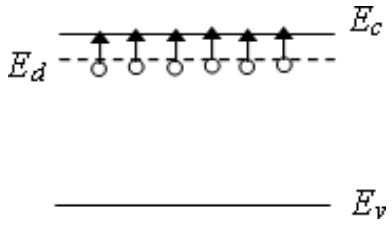
$\sigma_{0Si} = 3{,}7 \cdot 10_{-4}$

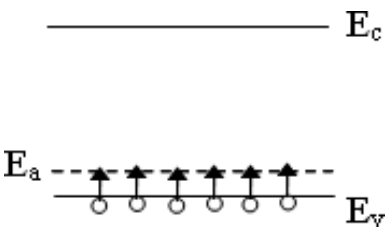
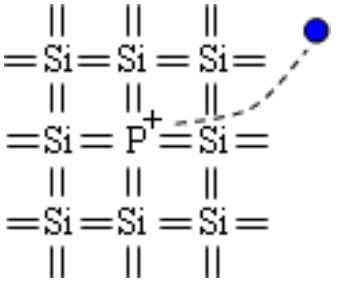
$\sigma_{0GaAs} = 10_{-8}$

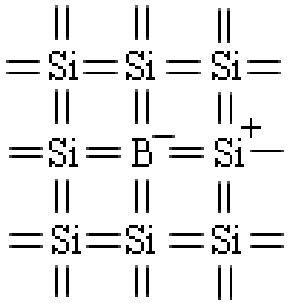




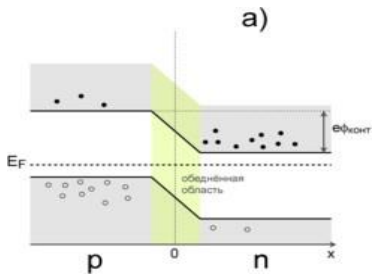
$$n_i = (N_c \cdot N_v)^{1/2} \exp(-\frac{E_g}{2kT})$$

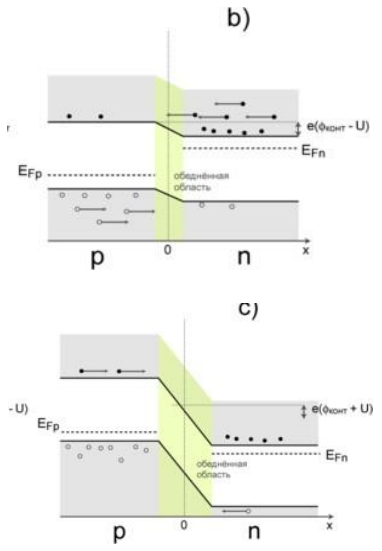
uz.n-turli yarim o´tkazgich ru.Полупроводник n-типа en.Semiconductor of n-type		
Yetarli miqdorda donor kirishma kiritilgan va o´tkazuvchanligi kiritilgan donor atomlar miqdori bilan aniqlanadigan materialdir. n – turli yarim o´tkazgichda erkin elelektronlar konsentratsiyasi kovklarnikidan juda ko´p bo´ladi (n>>p). n – turli Si da donor krishma atomlari (P, As, Li) hosil qilgan energetik sathlar: $E_{D(P)}=E_C - 0{,}045$ eV $E_{D(Li)}=E_C - 0{,}033$ eV $E_{D(As)}=E_C - 0{,}054$ eV O´tkazuvchanlik esa $\sigma = en_n\mu_n$.	Материал, который определяется легированием необходимого количества донорных примесей и проводимость которого определяется легированными донорными атомами. В полупроводнике n-типа концентрация свободных электронов намного больше концентрации дырок (n>>p). Энергетические уровни атомов донорных примесей (P, As, Li) в кремнии n-типа: $E_{D(P)}=E_C - 0{,}045$ эВ $E_{D(Li)}=E_C - 0{,}033$ эВ $E_{D(As)}=E_C - 0{,}054$ эВ Проводимость равна: $\sigma = en_n\mu_n$.	Bunday materiallarda T>100 K elektronlar konsentratsiyasi kiritilgan donor kirishma atomlari konsentratsiyasiga teng bo´ladi: $n_n = N_d^+$. Kovaklar (p_n) konsentratsiyasi: $p_n = \frac{(n_i)^2}{n_n}$; n_i – berilgan temperaturadagi xususiy tok tashuvchilar konsentratsiyasi. В таких материалах концентрация электронов равна концентрации атомов донорных примесей: $n_n = N_d^+$. Концентрация дырок: $p_n = \frac{(n_i)^2}{n_n}$; n_i –концентрация собственных носителей тока при данной температуре.
uz.p-turli yarim o´tkazgich ru.Полупроводник p-типа en.Semiconductor of p-type		Bunday materiallarda T>100 K bo´lganida valent zonadagi kovaklar konsentratsiyasi akseptor kirishma atomlari konsentratsiyasiga teng bo´ladi: $p_p = N_a^-$ elektron (n_p) konsentratsiyasi $n_p = \frac{(n_i)^2}{p_p}$ n_i – berilgan temperaturadagi xususiy tok tashuvchilar konsentratsiyasi.
Yetarlicha miqdorda akseptor kirishma kiritilgan va undagi kovaklar miqdori, kiritilgan akseptor atomlar miqdoriga mos keladigan material. p-turli yarim o´tkazgichda erkin kovaklar konsentratsiyasi elektronlarnikidan juda ko´p bo´ladi (n<<p). p-turli Si da akseptor krishma atomlari (B,	Материал, который легирован необходимым акцепторных примесей и в котором количество дырок соответствует величине акцепторных примесей. В полупроводнике p-типа концентрация свободных дырок намного больше концентрации электронов	

Al, Ga, In) hosil qilgan energetik sathlar: $E_{A(B)}=E_V+0{,}045$ eV $E_{A(Al)}=E_V+0{,}067$ eV $E_{A(Ga)}=E_V+0{,}072$ eV $E_{A(In)}=E_V+0{,}160$ eV. O´tkazuvchanlik esa $\sigma = ep_p\mu_p$.	(n<<p). Энергетические уровни, создаваемые атомами (B, Al, Ga, In) акцепторных примесей в p-типе кремния: $E_{A(B)}=E_V+0{,}045$ эВ $E_{A(Al)}=E_V+0{,}067$ эВ $E_{A(Ga)}=E_V+0{,}072$ эВ $E_{A(In)}=E_V+0{,}160$ эВ. Проводимость равна: $\sigma = ep_p\mu_p$.	В таких материалах концентрация дырок в валентной зоне равна концентрации атомов акцепторных примесей $p_p = N_a^-$. Концентрация электронов (n_p): $n_p = \frac{(n_i)^2}{p_p}$ n_i –концентрация собственных носителей ток при данной температуре. 
uz.Donor ru.Донор en.Donor		Donorli fosfor kirishmali kremniyning sxematik tasviri: Схематическое изображение кремния с донорной примесью фосфора: 
Qattiq jismlar fizikasida (shuningdek yarim o´tkazgichlar) kristall panjaradagi kirishma bo´lib, u kristallga elektron beradi. Kovalent bog´lanish turiga kiradi. Bir va ko´p zaryadli donorlar bo´ladi. Masalan, elementlar davriy sistemasining IV guruh elementlari (kremniy, germaniy) kristallida bir zaryadli donorlar bo´lib V guruh elementlari – fosfor, mishyak (margumush), surma hisoblanadi. Beshinchi guruh elementlari valentligi 5 bo´lgani uchun, to´rtta elektronlari panjaradagi qo´shni kremniyning to´rtta atomlari bilan kimyoviy bog´lanish hosil qiladi, beshinchi elektron esa	Донор в физике твёрдого тела (также полупроводники) примесь в кристаллической решётке, которая отдаёт кристаллу электрон. Вводится при ковалентном типе связи. Бывают однозарядные и многозарядные доноры. Например, в кристаллах элементов IV группы периодической системы элементов (кремнии, германии) однозарядными донорами являются элементы V группы: фосфор, мышьяк, сурьма. Так как элементы пятой группы обладают валентностью 5, то четыре электрона образуют химическую связь с четырьмя соседними атомами кремния	

kuchsiz bog´langan (bog´lanish energiyasi bir necha millielektronvolt) bo´lib vodorodsimon kirishma markazi deb ataluvchi markaz hosil qiladi, uning energiyasini vodorod atomi uchun Shredinger tenglamasini osongina yechib aniqlash mumkin; bunda kristalldagi elektronni kvazizarracha deb hisoblanadi, shuningdek uning massasi elektronning tinch holatdagi massasidan farq qiladi, elektron vakuumda emas, balki qandaydir dielektrik kirituvchanlikka ega bo´lgan muhitda harakatlanadi deb hisoblanadi.	в решётке, а пятый электрон оказывается слабо связан (энергия связи порядка нескольких миллиэлектрон вольт) и образует так называемый водородоподоб-ный примесный центр, энергию которого просто оценить из решения уравнения Шрёдингера для атома водорода, принимая во внимание, что электрон в кристалле – квазичастица и по массе отличается от массы покоя электрона, а также, что электрон движется не в вакууме, а в среде с некой диэлектрической проницаемостью.	
uz.Akseptor ru.Акцептор en.Impurity		 Uni hosil qiluvchi elektron valent zona yuqorigi qismi energiyasidan bir necha millivolt ko´p energiyaga ega bo´ladi. Bunda valent zonada kovak hosil bo´ladi va u kristall bo´yicha erkin harakat qila oladi va natijada kristalldagi elektr o´tkazuvchanlikda qatnashadi.
Qattiq jismlar fizikasida (shuningdek yarim o´tkazgichlar) kristallga kovak beradigan kristall panjaradagi kirishma. Kovalent bog´lanish turiga kiritiladi. Akseptorlar bir va ko´p zaryadli bo´ladi. Masalan, elementlar davriy sistemasining IV guruh elementlari (kremniy, germaniy) kristallarida III guruh elementlari (alyuminiy, indiy, galliy) bir zaryadli akseptorlar hisoblanadi. Uchinchi guruh elementlarining valentligi 3 ga teng bo´lgani uchun, uchta elektron kubik panjaradagi uchta qo´shni kremniy atomlari bilan kimyoviy bog´lanish hosil qiladi va to´rtinchi bog´lanish hosil qilish uchun bitta elektron	В физике твёрдого тела (также полупроводники) примесь в кристаллической решётке, которая отдаёт кристаллу дырку. Вводится при ковалентном типе связи. Акцепторы бывают однозарядными и многозарядными. Например, в кристаллах элементов IV группы периодической системы элементов (кремния, германия) элементы III группы (алюминий, индий, галлий) являются однозарядными акцепторами. Поскольку элементы третьей группы имеют валентность 3, то три электрона образуют химическую связь с тремя соседними атомами кремния	Электрон, который его образует, имеет энергию на несколько миллиэлектрон-вольт выше энергии потолка валентной зоны. При этом в валентной зоне образуется так называемая дырка, которая

<table>
<tr><td>yetishmaydi. Ammo temperatura nol bo´lmaganida to´rtinchi bog´lanish ma´lum ehtimollik bilan hosil bo´ladi.</td><td>в кубической решётке, а электрона для образования четвертой связи недостает. Однако при ненулевой температуре с определенной вероятностью четвертая связь образуется.</td><td>может свободно двигаться по кристаллу, и, таким образом, участвовать в электропроводности кристалла.</td></tr>
<tr><td colspan="2">uz.Kovakli va elektronli yarim o´tkazgich chegarasidagi energetik zonalar
ru.Энергетические зоны на границе дырочного и электронного полупроводников
en.Energy zones on border of hole and electron semiconductor</td><td rowspan="2">Tashqi elektr maydoni baryer balandligini o´zgartiradi va baryer orqali o´tuvchi tok tashuvchilar oqimi muvozanatini buzadi. Agar musbat potensial p-sohaga qo´yilgan bo´lsa potensial baryer pasayadi (to´g´ri siljish), FZS esa torayadi. Bu holda qo´yilgan kuchlanish ortishi bilan baryerni yengib o´tishga qodir bo´lgan asosiy zaryad tashuvchilar soni eksponenta bo´yicha ortadi. Bu zaryad tashuvchilar p-n-o´tishdan o´tib bo´lishlari bilan asosiy bo´lmagan bo´lib qolishadi. Shuning uchun asosiy bo´lmagan tashuvchilar konsentratsiyasi o´tishning ikkala tomonida ortadi (asosiy bo´lmagan tashuvchilar injeksiyasi). Bir vaqtning o´zida p- va n-sohalarda kontaktlar orqali teng miqdordagi asosiy tashuvchilar kiradi, oqibatda injeksiyalangan tashuvchilar zaryadlari kompensatsiyalanadi. Natijada rekombinatsiya tezligi ortadi va o´tish orqali noldan farqli tok paydo bo´ladi, u esa kuchlanish ortishi bilan eksponensial ortadi.
———
Внешнее электрическое поле изменяет высоту барьера и нарушает равновесие потоков носителей тока через барьер.</td></tr>
<tr><td>Elektronli va kovakli o´tkazuvchanlikka ega bo´lgan kristallning ikkita sohalari o´rtasidagi bo´lim chegarasi elektron-kovakli o´tish yoki p-n-o´tish deyiladi. p-n-o´tish (n-negative – manfiy, elektronli; p-positive – musbat, kovakli), yoki elektron-kovakli o´tish – gomoo´tishning ko´rinishi (bir turi). p-n-o´tish zonasi deb yarim o´tkazgichning shunday sohasiga aytiladiki, unda o´tkazuvchanlik turining elektronli n dan kovakli p ga fazoviy o´tishi mavjud bo´ladi. Elektron-kovakli o´tish turli yo´llar bilan: bir qismi donorli kirishma bilan legirlangan (n-soha), ikkinchi qismi esa akseptorli kirishma bilan legirlangan soha (p-soha) lari bo´lgan bitta yarim o´tkazgich hajmida; turli o´tkazuvchanlik turiga ega bo´lgan ikkita turli yarim o´tkazgich chegarasida hosil qilinishi mumkin. Agar monokristallik yarim o´tkazgichda kirishmani eritish</td><td>Граница раздела между двумя областями кристалла с электронной и дырочной проводимостью называются электронно-дырочным переходом или p-n-переходом. p-n-переход (n - negative - отрицательный, электронный, p - positive - положительный, дырочный), или электронно-дырочный переход - разновидность гомопереходов, зоной p-n перехода называется область полупроводника, в которой имеет место пространственное изменение типа проводимости от электронной n к дырочной p. Электронно-дырочный переход может быть создан различными путями: в объёме одного и того же полупроводникового материала, легированного в одной части донорной примесью (n-область), а в другой - акцепторной (p-область); на границе двух</td></tr>
</table>

bilan p-n-o´tish hosil qilinganda n sohadan p sohaga o´tish sakrab yuz beradi (keskin o´tish). Agar kirishmalar diffuziyasi ishlatilsa silliq o´tish hosil bo´ladi. n- va p-turdagi ikkita soha kontaktga keltirilganida zaryad tashuvchilar konsentratsiya gradiyenti tufayli keyingilarining elektr o´tkazuvchanligi qarama-qarshi turdagi sohasiga diffuziya sodir bo´ladi. Kontakt yaqinidagi p-sohada undan kovaklar diffuziyalanib chiqib ketgach kompensatsiya qilinmagan ionlashgan akseptorlar (manfiy qo´zg´almas zaryadlar) qoladi, n-sohada esa – kompensatsiyalanmagan ionlashgan donorlar (musbat qo´zg´almas zaryadlar) qoladi. Ikki turli ishorali zaryadlangan qatlamlardan tashkil topgan fazoviy zaryad sohasi (FZS) hosil bo´ladi. Kompensatsiyalanmagan turli ishorali zaryadlar ionlashgan kirishmalar o´rtasida n-sohadan p-sohaga yo´nalgan va diffuzion elektr maydoni deb ataluvchi elektr maydoni hosil bo´ladi. Bu maydon kontakt orqali asosiy zaryad tashuvchilarning keyingi diffuziyasiga qarshilik qiladi – muvozanat holat o´rnatiladi (bunda diffuziya tufayli ozgina asosiy zaryad tashuvchilar toki bo´ladi va kontakt maydon ta´siri tufayli asosiy bo´lmagan zaryad tashuvchilar toki bor, bu toklar bir-birini kompensatsiya qiladi). Bunda n- va p-sohalar o´rtasida kontakt potensiallar	различных полупроводников с разными типами проводимости. Если p - n-переход получают вплавлением примесей в монокристаллический полупроводник, то переход от n- к p-области происходит скачком (резкий переход). Если используется диффузия примесей, то образуется плавный переход. При контакте двух областей n- и p- типа из-за градиента концентрации носителей заряда возникает диффузия последних в области с противоположным типом электропроводности. В p-области вблизи контакта после диффузии из неё дырок остаются некомпенсированные ионизированные акцепторы (отрицательные неподвижные заряды), а в n-области - некомпенсированные ионизированные доноры (положительные неподвижные заряды). Образуется область пространственного заряда (ОПЗ), состоящая из двух разноимённо заряженных слоёв. Между некомпенсированными разноимёнными зарядами ионизированных примесей возникает электрическое поле, направленное от n-области к p-области и называемое диффузионным электрическим полем. Данное поле препятствует дальнейшей диффузии	Если положительный потенциал приложен к p-области, то потенциальный барьер понижается (прямое смещение), а ОПЗ сужается. В этом случае с ростом приложенного напряжения экспоненциально возрастает число основных носителей, способных преодолеть барьер. Как только эти носители миновали p-n-переход, они становятся неосновными. Поэтому концентрация неосновных носителей по обе стороны перехода увеличивается (инжекция неосновных носителей). Одновременно в p- и n-областях через контакты входят равные количества основных носителей, вызывающих компенсацию зарядов инжектированных носителей. В результате возрастает скорость рекомбинации и появляется отличный от нуля ток через переход, который с ростом напряжения экспоненциально возрастает. 

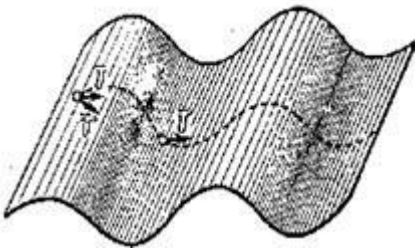
ayirmasi deb ataluvchi potensiallar farqi mavjud bo´ladi. n-soha potensiali p-soha potensialiga qaraganda musbat. Odatda bunday hollarda kontakt potensiallar ayirmasi voltning bir necha o´n ulushlarini tashkil etadi.	основных носителей через контакт - устанавливается равновесное состояние (при этом есть небольшой ток основных носителей из-за диффузии, и ток неосновных носителей под действием контактного поля, эти токи компенсируют друг друга). Между n- и p-областями при этом существует разность потенциалов, называемая контактной разностью потенциалов. Потенциал n-области положителен по отношению к потенциалу p-области. Обычно контактная разность потенциалов в данном случае составляет десятые доли вольта.	 p-n-o´tishning energetik diagrammasi: a) Muvozanat holati; b) To´g´ri kuchlanish qo´yilganida; c) Teskari kuchlanish qo´yilganida. ——— Энергетическая диаграмма p-n-перехода: a) Состояние равновесия; b) При приложенном прямом напряжении; c) При приложенном обратном напряжении.
uz.Yarim o´tkazgich materiallar ru.Полупроводниковые материалы en.Semiconductor materials		$A^{II}B^{IV}C^{V}_{2}$ turidagi uchlamchi birikmalar asosan xalkopirit panjarasida kristallanadi. Magnit va elektr tartiblanishi kuzatiladi. O´zaro qattiq qotishmalar hosil qiladi. Ko´proq $A^{III}B^{V}$ turidagi birikmaga elektron analog hisoblanadi. Tipik namoyondalari: $CuInSe_2$, $CdSnAs_2$, $CdGeAs_2$, $ZnSnAs_2$. Kremniy karbidi SiC – VI guruh elementlari hosil qiladigan yagona kimyoviy birikma. Barcha struktura modifikatsiyalarida: β-SiC (sfalerit strukturasi); α-SiC (geksagonal struktura), 15 ga
Tuzilishiga ko´ra kristall, qattiq, amorf va suyuqqa bo´linadi. Amaliy tomondan noorganik kristall yarim o´tkazgich materiallar eng ko´p ishlatilib, ular kimyoviy tarkibiga ko´ra quyidagi asosiy guruhlarga bo´linadi. Elementar yarim o´tkazgichlar: Ge, Si, uglerod (olmos va grafit), B, α -Sn (kul rang qalay), Te, Se. Bu guruhning eng muhim	По структуре делятся на кристаллические, твердые, аморфные и жидкие. Наибольшее практическое применение находят неорганические кристаллические полупроводниковые материалы, которые по химическому составу разделяются на следующие основные группы.	

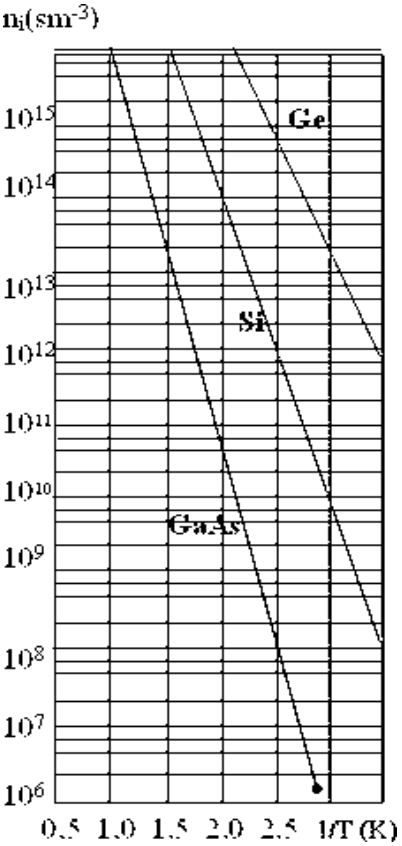
namunalari – Ge va Si olmos turidagi (olmossimon) kristall panjaraga ega. Noto´g´ri chiziq zonali yarim o´tkazgich hisoblanadi; o´zlari o´rtasida qattiq qotishmalarning uzluksiz qatorini hosil qiladi, ular ham yarim o´tkazgich xossasiga ega bo´ladi. Davriy sistemaning III va V guruh elementlarning $A^{III}B^{V}$ turidagi birikmalari asosan sfalerit turidagi kristall strukturaga ega. Kristall panjaradagi atomlar bog´lanishi asosan ion tashkil etuvchisining bir qancha ulushi bilan (15 % gacha) kovalent xarakterga ega bo´ladi. Kongruent (tarkibi o´zgarmasdan) eriydi. Gomogenlikning yetarlicha tor sohasiga ega, ya´ni shunday tarkib intervaliga egaki, bunda holat parametrlari (temperatura, bosim va h.k.) ga bog´liq holda asosan defekt turi o´zgarishi mumkin, bu esa o´tkazuvchanlik turi (p, n) ning o´zgarishiga va solishtirma elektr o´tkazuvchanlikning tarkibga bog´lanishiga olib keladi. Bu guruhning eng muhim namoyondalari: GaAs, InP, InAs, InSb, GaN bo´lib, ular to´g´ri zonali yarim o´tkazgichlar hisoblanadi va GaP, AlAs bo´lib, ular noto´g´ri zonali yarim o´tkazgichlar hisoblanadi. $A^{III}B^{V}$ turidagi ko´pgina yarim o´tkazgich materiallar o´zlari o´rtasida qattiq eritmalarning uzluksiz qatorini hosil qiladi – uchlamchi va ancha murakkab qotishmalar ($Ga_xAl_{1-x}As$, $GaAs_xP1_{-x}$, $Ga_xIn_{1-x}P$, Ga_xIn_{1-}	Элементарные полупроводники: Ge, Si, углерод (алмаз и графит), B, α -Sn (серое олово), Te, Se. Важнейшие представители этой группы - Ge и Si имеют кристаллическую решетку типа алмаза (алмазоподобны). Являются непрямозонными полупроводниками; образуют между собой непрерывный ряд твердых расплавов, также обладающих полупроводниковыми свойствами. Соединения типа $A^{III}B^{V}$ элементов III и V группы периодической системы имеют в основном кристаллическую структуру типа сфалерита. Связь атомов в кристаллической решетке носит преимущественно ковалентный характер с некоторой долей (до 15%) ионной составляющей. Плавятся конгруэнтно (без изменения состава). Обладают достаточно узкой областью гомогенности, т.е. интервалом составов, в котором в зависимости от параметров состояния (температуры, давления и др.) преимуществ. тип дефектов может меняться, а это приводит к изменению типа проводимости (n, p) и зависимости удельной электрической проводимости от состава. Важнейшие представители этой группы: GaAs, InP, InAs, InSb, GaN, являющиеся прямозонными полупроводниками, и GaP, AlAs - непрямозонные	yaqin turlari yarim o´tkazgich xossaga ega. Ishlatiladigan yarim o´tkazgich materiallar orasida eng qiyin eriydigan va keng zonali birikmalar hisoblanadi. Nokristallik yarim o´tkazgich materiallar. Bu guruhning tipik namoyondalari bo´lib shishasimon yarim o´tkazgich materiallar – xalkogenidli va oksidli materiallar hisoblanadi. Birinchisiga Tl, P, As, Sb, Bi: larning S, Se, Te bilan qotishmalari kiradi, bular solishtirma elektr o´tkazuvchanligining keng diapazondagi qiymati bilan, past temperaturada yumshashi bilan, kislota va ishqorlarga chidamliligi bilan xarakterlanadi. Tipik namoyondalari: As_2Se_3-As_2Te_3, Tl_2Se-As_2Se_3. Oksidli shishasimon yarim o´tkazgich materiallar V_2O_5-P_2O_5-RO_x (R-I-IV guruh metalli) tipidagi tarkibga ega va 10^{-4}-10^{-5} $Om\cdot sm^{-1}$ solishtirma elektr o´tkazuvchanlik bilan xarakterlanadi. Barcha shishasimon yarim o´tkazgich materiallar elektron o´tkazuvchanlikka ega, ularda fotoo´tkazuvchanlik va termoe.yu.k. kuzatiladi. Sekin sovutilganida odatda kristall yarim o´tkazgich materiallarga aylanib qoladi. ——— Тройные соединения типа $A^{II}B^{IV}C^{V}{}_2$ кристаллизуются в основном в решетке халькопирита. Обнаруживают магнитное и электрическое упорядочение. Образуют

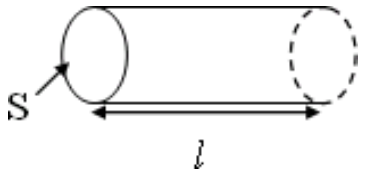
$_xAs_yP_{1-y}$ va h.k.) ni hosil qiladi, bu qotishmalar ham muhim qotishmalar hisoblanadi. Davriy sistema I-V guruh elementlari, shuningdek o´tuvchi metallar va ishqoriy-yer elementlari bilan VI guruh elementlari (O, S, Se, Te) birikmalari. Bunday yarim o´tkazgich materiallarning katta keng guruhida eng katta qiziqish uyg´otadigan materiallar bo´lib sfalerit yoki vyursit ko´rinishidagi kristall tuzilishga ega bo´lgan $A^{II}B^{VI}$ ko´rinishidagi birikmalar va kamdan-kam uchraydigan NaCl turidagi materiallar hisoblanadi. Panjaradagi atomlar o´rtasidagi bog´lanish kovalent-ion xarakteriga ega (ion tashkil etuvchi ulushi 45-60 % ga yetadi). $A^{III}B^{V}$ turidagi yarim o´tkazgich materiallarga qaraganda ko´proq gomogenlik cho´zilgan sohasiga ega. $A^{II}B^{VI}$ ko´rinishidagi birikma uchun polimorfizm hamda kubik va geksagonal modifikatsiyali politiplarning mavjudligi xarakterlidir. Asosan to´g´ri zonali yarim o´tkazgich hisoblanadi. Bu turdagi yarim o´tkazgich materiallarning eng muhim namoyondalari CdTe, CdS, ZnTe, ZnSe, ZnO, ZnS. $A^{II}B^{VI}$ turidagi ko´pgina birikmalar o´zlari o´rtasida qattiq qotishmalarning uzluksiz qatorini hosil qiladi, uning asosiy namoyondalari: $Cd_xHg_{1-x}Te$, $Cd_xHg_{1-x}Se$, $CdTe_xSe_{1-x}$. $A^{II}B^{VI}$ turidagi birikmalarning fizik xossalari ko´p jihatdan strukturadagi shaxsiy nuqtaviy defektlarining mavjudligi bilan	полупроводники. Многие полупроводниковые материалы типа $A^{III}B^{V}$ образуют между собой непрерывный ряд твердых расплавов - тройных и более сложных ($Ga_xAl_{1-x}As$, $GaAs_xP1_{-x}$, $Ga_xIn_{1-x}P$, $Ga_xIn_{1-x}As_yP_{1-y}$ и т.п.), также являющихся важными. Соединения элементов VI группы (O, S, Se, Te) с элементами I-V групп периодической системы, а также с переходными металлами и РЗЭ. В обширной группе этих полупроводниковых материалов наибольший интерес представляют соединения типа $A^{II}B^{VI}$ с кристаллической структурой типа сфалерита или вюрцита, реже типа NaCl. Связь между атомами в решетке носит ковалентно-ионный характер (доля ионной составляющей достигает 45-60%). Имеют большую, чем у полупроводниковых материалов типа $A^{III}B^{V}$, протяженность области гомогенности. Для соединений типа $A^{II}B^{VI}$ характерен полиморфизм и наличие политипов кубической и гексагональной модификаций. Являются в основном прямозонными полупроводниками. Важнейшие представители этой группы полупроводниковых материалов - CdTe, CdS, ZnTe, ZnSe, ZnO, ZnS.	между собой твердые расплавы. Во многом являются электронными аналогами соединений типа $A^{III}B^{V}$. Типичные представители: $CuInSe_2$, $CdSnAs_2$, $CdGeAs_2$, $ZnSnAs_2$. Карбид кремния SiC - единственное химическое соединение, образуемое элементами IV группы. Обладает полупроводниковыми свойствами во всех структурных модификациях: β-SiC (структура сфалерита); α-SiC (гексагональная структура), имеющая около 15 разновидностей. Один из наиболее тугоплавких и широкозонных среди широко используемых полупроводниковых материалов. Некристаллические полупроводниковые материалы Типичными представителями этой группы являются стеклообразные полупроводниковые материалы - халькогенидные и оксидные. К первым относятся сплавы Tl, P, As, Sb, Bi с S, Se, Te, характеризующиеся широким диапазоном значений удельной электрической проводимости, низкими температурами размягчения, устойчивостью к кислотам и щелочам. Типичные представители: As_2Se_3-As_2Te_3, Tl_2Se-As_2Se_3. Оксидные стеклообразные полупроводниковые

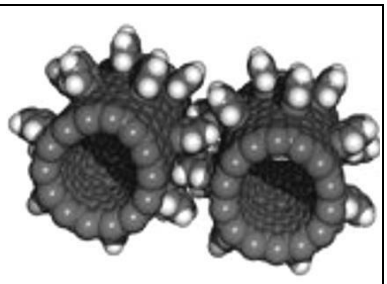
aniqlanadi, bu defektlar ionizatsiyaning kichik energiyasiga va yuqori elektr faollikka ega.	Многие соединения типа $A^{II}B^{VI}$ образуют между собой непрерывный ряд твердых расплавов, характерными представителями которых являются $Cd_xHg_{1-x}Te$, $Cd_xHg_{1-x}Se$, $CdTe_xSe_{1-x}$. Физические свойства соединений типа $A^{II}B^{VI}$ в значительной мере определяются содержанием собственных точечных дефектов структуры, имеющих низкую энергию ионизации и проявляющих высокую электрическую активность.	материалы имеют состав типа V_2O_5-P_2O_5-RO_x (R-металл I-IV гр.) и характеризуются удельной электрической проводимостью 10^{-4}-10^{-5} $Ом^{-1}$ $см^{-1}$. Все стеклообразные полупроводниковые материалы имеют электронную проводимость, обнаруживают фотопроводимость и термоэдс. При медленном охлаждении обычно превращаются в кристаллические полупроводниковые материалы.
uz.Effektiv massa ru.Эффективная масса en.Efficient mass		Ba´zi yarim o´tkazgichlar uchun effektiv massa qiymati: Эффективная масса для некоторых полупроводников:
Birligi massa birligiga mos, elektron yoki kovaklarning tashqi maydon ta´siridagi harakatiga kristall panjara potensialining ta´sirini ifodalovchi kvazi massadir. U m^* bilan belgilanadi. Effektiv massa miqdori asosan zonalar tuzulishiga bog´liq bo´ladi va bitta yarim o´tkazgich zonalar tuzilishi va kristall tuzilishiga qarab elektron yoki kovak har xil effektiv massaga ega bo´lishi mumkin (og´ir, yengil va h.k). Effektiv massa: $m^* = \frac{\hbar^2}{\frac{\partial^2 E}{\partial k^2}}$. Elektronning effekiv massasi:	Квази масса, размерность которого соответствует единичной массе выражающая воздействие решеточного потенциала кристалла на движение электронов или дырок под действием внешнего поля. Она обозначается через m^*. Величина эффективной массы в основном зависит от структуры зоны, и для одной зонной структуры полупроводника и в зависимости от структуры кристалла электрон или дырка может иметь различные (тяжелые, легкие и др.) эффективные массы.	

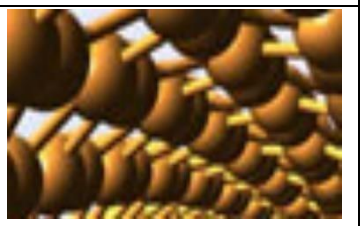
Element Элемент	m^*_n	m^*_p
C	0,2	0,25
Ge	1,64 0,082	0,044 0,28
Si	0,98 0,19	0,16 0,49
GaAs	0,067	0,082
GaP	0,82	0,60
CdS	0,21	0,80
CdTe	0,096	0,35
ZnS	0,27	0,58

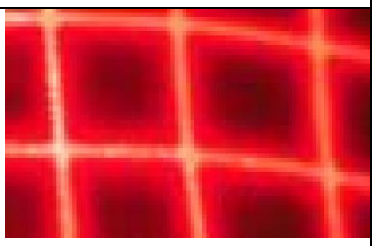
$m^*_n = \dfrac{\hbar^2}{\dfrac{\partial^2 E_c}{\partial k^2}}$. Kovakninhg effektiv massasi: $m^*_p = \dfrac{\hbar^2}{\dfrac{\partial^2 E_v}{\partial k^2}}$.	Эффективная масса: $m^* = \dfrac{\hbar^2}{\dfrac{\partial^2 E}{\partial k^2}}$. Эффективная масса электрона: $m^*_n = \dfrac{\hbar^2}{\dfrac{\partial^2 E_c}{\partial k^2}}$. Эффективная масса дырок: $m^*_p = \dfrac{\hbar^2}{\dfrac{\partial^2 E_v}{\partial k^2}}$.	
uz.Elektron va kovaklarning konsentratsiyasi ru.Концентрация электронов и дырок en.Concentration of elektrons and holes		Yarim o´tkazgichlarda elektron va kovaklar konsentratsiyasi – unga kiritilgan kirishma atomlari (donor, akseptor) konsentratsiyasi va ularning ionlashish holatiga bog´liq. Yuqori temperaturalarda (T>100°K) Si materialida, donor (P, As, Sb) yoki akseptor (B, Al, Ga) kirishmalar to´la ionlashgani uchun $n = N_d^+ = N_d$, $p = N_a^- = N_a$; Past temperaturalarda esa $n = N_d^+ \neq N_d$, $p = N_a^- \neq N_a$.
Hajm birligidagi erkin elektronlar va kovaklar soni. O´tkazuvchanlik zonasidagi elektronlar konsentratsiyasi *n* bilan belgilanadi, valent zonadagi kovaklar konsentratsiyasi *p* bilan belgilanadi. Ularning o´lchov birligi – sm^{-3}. Yarim o´tkazgichlarda ularning miqdori Fermi sathi bilan aniqlanadi. Muvozanat holatda elektronlarning konsentratsiyasi: $n = N_c \cdot e^{\frac{E_c - F}{kT}}$. Muvozanat holatda kovaklarning konsentratsiyasi: $p = N_v \cdot e^{\frac{E_v - F}{kT}}$.	Число свободных электронов и дырок в единичном объеме. Концентрация электронов в зоне проводимости обозначается через *n*, а концентрация дырок в валентной зоне – через p. Их размерность – $см^{-3}$. Их количество в полупроводниках определяется уровнем Ферми. Концентрация электронов в равновесном состоянии: $n = N_c \cdot e^{\frac{E_c - F}{kT}}$. Концентрация дырок в равновесном состоянии: $p = N_v \cdot e^{\frac{E_v - F}{kT}}$.	Концентрация электронов и дырок в полупроводниках зависит от концентрации атомов примеси (доноров, акцепторов) и от их состояния ионизации. В материале Si при высоких температурах (T>100°K) из-за полной ионизации донорных примесей (P,As, Sb) или акцепторных примесей (B, Al, Ga): $n = N_d^+ = N_d$, $p = N_a^- = N_a$; А при низких

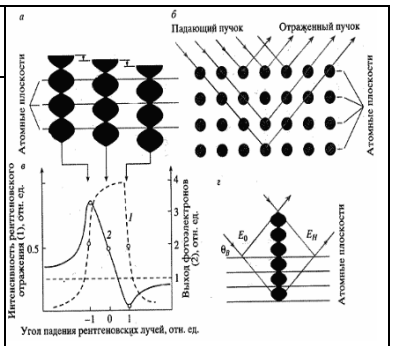
		температурах $n = N_d^+ \neq N_d$, $p = N_a^- \neq N_a$.
uz.Xususiy tok tashuvchilar konsentratsiyasi ru.Концентрация носителей заряда в собственном полупроводников en.Concentration of the carriers of the charge in simple semiconductor		Si, Ge, GaAs larda xususiy tok tashuvchilar konsentrasiyasining temperaturaga bog´liqligi: Зависимость концентрации собственных носителей тока для Si, Ge, GaAs: 
Yarim o´tkazgichda kirishma atomlari mavjud bo´lmagan holda, berilgan tem-peraturada faqat issiqlik ta´sirida valent zonadan o´tkazuvchanlik zonasiga elektronlarning chiqishi orqali paydo bo´lgan erkin elektron va kovaklar konsentratsiyasidir. Xususiy tok tashuvchilar konsentratsiyasi quyidagi ifoda bilan topiladi: $n_0 = p_0 = n_i$ $n_i = (N_v N_c)^{\frac{1}{2}} e^{\frac{E_g}{2kT}}$ Temperatura oshishi bilan n_i miqdori eksponensial qonun bilan oshadi, xona harorati (T=300°K) da uning qiymati ba´zi elementlar uchun quyidagicha: $n_{i\,Ge}$=2,4·10^{13} sm^{-3} $n_{i\,Si}$=21,45·10^{10} sm^{-3} $n_{i\,GaAs}$=1,79·10^{6} sm^{-3}	Концентрация свободных электронов и дырок, возникающих при переходе электронов из валентной зоны в зоны проводимости только под действием тепла при данной температуре в беспримесном полупроводнике. Концентрация собственных носителей тока определяется следующим выражением: $n_0 = p_0 = n_i$ $n_i = (N_v N_c)^{\frac{1}{2}} e^{\frac{E_g}{2kT}}$ С повышением температуры величина n_i растет по экспоненциальному закону. Ее величина для различных элементов при комнатной температуре (T=300°K): $n_{i\,Ge}$=2,4·10^{13} см$^{-3}$ $n_{i\,Si}$=21,45·10^{10} см$^{-3}$ $n_{i\,GaAs}$=1,79·10^{6} см$^{-3}$ $n_{i\,GaP}$=6,7 см$^{-3}$	

$n_{i\ GaP}$ =6,7 sm^{-3} $n_{i\ CdS}$ =0,299 sm^{-3} $n_{i\ CdTe}$ =4,03·10^{6} sm^{-3} $n_{i\ ZnS}$ =2,02·10^{-12} sm^{-3}.	$n_{i\ CdS}$ =0,299 $см^{-3}$ $n_{i\ CdTe}$ =4,03·10^{6} $см^{-3}$ $n_{i\ ZnS}$ =2,02·10^{-12} $см^{-3}$.	
uz.Solishlirma qarshilik ru.Удельное сопротивление en.Specific Resisitivity		
Uzunligi va kesim yuzasi bir birlikka teng bo´lgan silindrsimon o´tkazgichning elektr qarshiligiga aytiladi. Solishtirma qarshilik qiymati solishtirma o´tkazuvchanlik qiymati bilan teskari bog´langan: $\rho = \frac{1}{\sigma}$. Solishtirma qarshilikning birligi: $[\rho] = [Om \cdot sm]$ $\rho = \frac{R \cdot S}{l}$. S-yuza, *l*-uzunlik (sm), R-modda qarshiligi.	Называется электрическое сопротивление цилиндрообразного проводника, единичной длины и поперечного сечения. Величина удельного сопротивления обратно пропорциональна величине удельной проводимости: $\rho = \frac{1}{\sigma}$. Размерность удельного сопротивления: $[\rho] = [Ом \cdot см]$, $\rho = \frac{R \cdot S}{l}$. S-сечение, *l*-длина (см), R-сопротивление вещества.	T=300K da ba´zi elementlarda: Для некоторых элементов при T=300 K: $\rho_{Ge} = 47 Om \cdot sm$ $\rho_{Si} = 2{,}7 \cdot 10^{5} Om \cdot sm$.

uz.Nanotexnologiya ru.Нанотехнология en.Nanotechnology		
Yadro fizikasidan farqli holda atomlar bilan emas, balki molekulalar, klasterlar va nanokristallar bilan ish ko´radi. Nanotexnologiya – fundamental va amaliy fan va texnika o´rtasidagi fanlararo soha bo´lib, amaliy tatqiqot usullarini nazariy	В отличие от ядерной физики, имеет дело не с атомами, а с молекулами, кластерами и нанокристаллами. Нанотехнология - междисциплинарная область фундаментальной и прикладной науки и техники, имеющая дело	

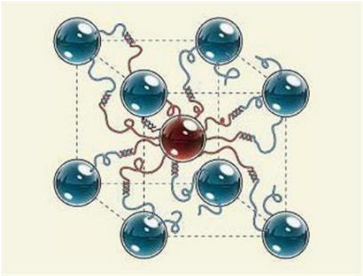
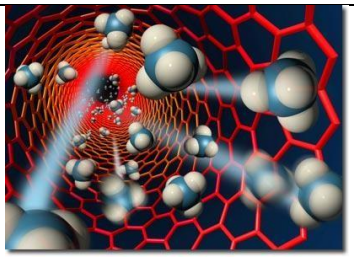
asoslash, analiz va sintez qilish bilan shug´ullanadi, shuningdek berilgan atomar strukturani ayrim atom va molekulani nazorat qila oladigan qilib manipulyatsiyalash usuli bilan ishlab chiqarish va mahsulotni ishlatish usullari bilan shug´ullanadi. Molekula odatda bir nechta atomdan, klasterlar esa bir necha o´n va yuzlab atomlardan, nanokristall – bir necha yuz va minglab atomlardan, monokristall esa 1018 dan ortiq atomlardan tashkil topadi. Qiziqarlisi shundaki, birlik atomdan molekulaga, klasterga yoki nanokristallga o´tganda energetik sathlarning joylashishida muhim o´zgarishlar sodir bo´ladi.	с совокупностью теоретического обоснования, практических методов исследования, анализа и синтеза, а также методов производства и применения продуктов с заданной атомарной структурой путём контролируемого манипулирования отдельными атомами и молекулами. Молекула, как правило, состоит из нескольких атомов, кластер – из нескольких десятков и сотен атомов, нанокристалл – из нескольких сотен и тысяч атомов, а монокристалл – из более чем 1018 атомов. Интересно, что при переходе от единичного атома к молекуле, кластеру или нанокристаллу в расположении энергетических уровней происходят существенные изменения.	
uz.Nanoelektronika ru.Наноэлектроника en.Nanoelectronics		
Nanoelektronika – elektronika taraqqiyotining zamonaviy to´rtinchi bosqichi. Xarakterli topologik o´lchamlari 100 nm dan kichik elementli integral elektron sxemalarning fizik va texnologik asoslarini ishlab chiqish bilan shug´ullanuvchi elektronikaning sohasi. Nanoelektronikaning asosiy muammolari: nanometr o´lchamli aktiv asboblar, birinchi navbatda kvant o´lchamli asboblar ishlashining fizik asoslarini ishlab chiqish; texnologik jarayonlarning fizik asoslarini ishlab chiqish; asboblarning o´zini va ularni	Наноэлектроника – это современный четвертый этап развития электроники. Область электроники, занимающаяся разработкой физических и технологических основ создания интегральных электронных схем с характерными топологическими размерами элементов менее 100 нм. Основные задачи наноэлектроники: - разработка физических основ работы активных приборов с	

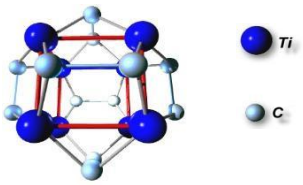
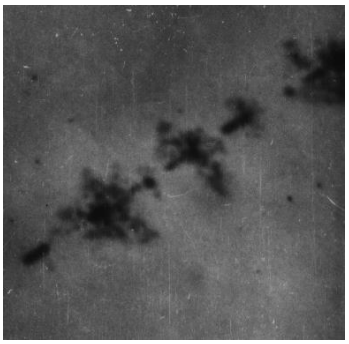
tayyorlash texnologiyasini ishlab chiqish; nanometrli texnologik o´lchamli integral sxemalarni va nanoelektronli element baza asosidagi elektronika mahsulotlarini ishlab chiqish.	нанометровыми размерами, в первую очередь квантовых; - разработка физических основ технологических процессов; - разработка самих приборов и технологий их изготовления; разработка интегральных схем с нанометровыми технологическими размерами и изделий электроники на основе наноэлектронной элементной базы.	
uz.Nanofan ru.Нанонаука en.Nanoscience		Nanodunyo uch o´lchamli (nanozarrachalar), ikki o´lchamli (pardalar) va bir o´lchamli (nanonaychalar) obyektlarni birlashtiradi. Наномир объединяет трехмерные (наночастицы), двумерные (пленки) и одномерные (нанотрубки) объекти.
Nanofan – nanometr o´lchamdagi modda xossalari haqidagi barcha bilimlar to´plami. Nanomateriallar ishlatishning samarali usullarini qidirish bilan shug´ullanuvchi nanoinjeneriyani alohida ajratishadi.	Нанонаука – это совокупность всех знаний о свойствах вещества на нанометровом уровне.Выделяют также наноинженерию, занимающуюся поиском эффективных методов использования наноматериалов.	
uz.Nanoinjeneriya ru.Наноинженерия en.Nanoengineering		
Nanoo´lchamli obyektlar yoki strukturalar, shuningdek nanotexnologiya usullari bilan yaratilgan obyekt yoki strukturalarni loyihalash, tayyorlash va tatbiq qilish bo´yicha insonning ilmiy-amaliy faoliyati.	Научно-практическая деятельность человека по конструированию, изготовлению и применению наноразмерных объектов или структур, а также объектов или структур, созданных методами нанотехнологий.	
uz.Nanotashxis ru.Нанодиагностика		

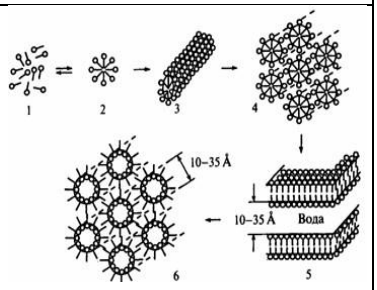
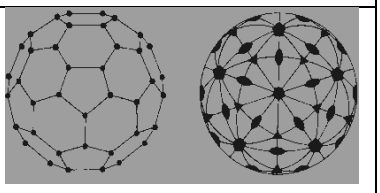
en.Nanodiagnostics		
Nanomateriallar va nanosistemalarning strukturaviy, topologik, mexanik, elektrofizik, optik, biologik xarakteristikalarini o´rganishga yo´naltirilgan maxsus tatqiqot usullarining to´plami. Modda nanomiqdorini analiz qilish, metrik parametrlarni nanoaniqlikda o´lchash.	Совокупность специализированных методов исследований, направленных на изучение структурных, топологических, механических, электрофизических, оптических, биологических характеристик наноматериалов и наносистем, анализ наноколичеств вещества, измерение метрических параметров с наноточностью.	
uz.Fotonika ru.Фотоника en.Photonics		Fotonika optikaviy, elektrooptikaviy va optoelektron qurilmalarini va ularning turli-tuman sohalarda qo´llashning keng spektrini qamrab oladi. Fotonikaning asosiy tatqiqot sohalariga tolalai va integral optika, shu jumladan nochiziqli optika, yarim o´tkazgichli birikmalar fizikasi va texnologiyasi, yarim o´tkazgichli lazerlar, optoelektron qurilmalar, yuqori tezlikda ishlaydigan elektron qurilmalar kiradi.
Fotonika – fotonlarni, ayniqsa ko´rinadigan va yaqin infraqizil spektrdagi fotonlarni generatsiya qilish, boshqarish va aniqlash haqidagi, shuningdek ularning spektrning ultrabinafsha (to´lqin uzunligi 10-380 nm), uzun to´lqinli infraqizil (to´lqin uzunligi 15-150 mkm) va o´ta infraqizil (2-4 THz chastotali, ya´ni 75-150 mkm to´lqin uzunligidagi) sohasida tarqalishi haqidagi fan bo´lib, bu borada hozirgi kunda kvant kaskad lazerlari faol rivojlanmoqda. Fotonika optikaviy signallarni nazorat qilish va qayta o´zgartirish bilan shug´ullanadi va qo´llanilish sohalari juda keng: optikaviy tola orqali axborotni uzatishdan to yangi sensorlarni yaratishgacha bo´lgan sohalarda ishlatiladi. Yangi sensorlar atrof muhitning juda oz o´zgarishiga mos holda yorug´lik signallarini modulyatsiya qiladi. Ayrim manbalarda “optika” termini	Фотоника – это наука о генерации, управлении и обнаружении фотонов, особенно в видимом и ближнем инфракрасном спектре, а также о их распространении на ультрафиолетовой (длина волны 10-380 нм), длинноволновой инфракрасной (длина волны 15-150 мкм) и сверхинфракрасной части спектра (например, 2-4 ТГц соответствует длине волны 75-150 мкм), где сегодня активно развиваются квантовые каскадные лазеры.Фотоника занимается контролем и преобразованием оптических сигналов и имеет широкое поле для своего применения: от передачи информации через оптические волокна до создания новых сенсоров, которые модулируют световые сигналы в соответствии с малейшими изменениями окружающей среды. Некоторые источники	Фотоника покрывает широкий спектр оптических, электрооптических и оптоэлектронных устройств и их разнообразных применений. Коренные области исследований фотоники включают волоконную и интегральную оптику, в

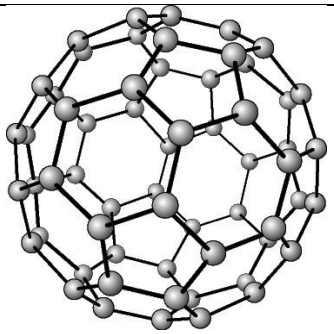
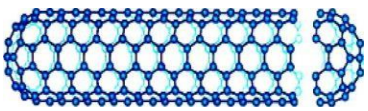
sekin-asta “fotonika” degan umumlashtirilgan nomga almashtiriladi deb yozilayapti.	отмечают, что термин «оптика» постепенно заменяется новым обобщённым названием - «фотоника».	том числе нелинейную оптику, физику и технологию полупроводниковых соединений, полупроводниковые лазеры, оптоэлектронные устройства, высокоскоростные электронные устройства.
uz.Nanofotonika ru.Нанофотоника en.Nanophotonics		Nanofotonika fan va texnikaga yangi o´lchash natijalarini qo´shib, u fundamental tatqiqotlar chegarasini kengaytiradi va yangi texnologiyalar uchun imkoniyatlar yaratadi. ——— Добавляя новое измерение в науку и технику, нанофотоника раздвигает границы фундаментальных исследований и создает возможности для новых технологий.
Nanometr o´lchamdagi modda bilan yorug´likning o´zaro ta´siri haqidagi fan bo´lib, u butun dunyodagi odamlarning tasavvurini o´z ichiga olgan, fan va texnikaning gurkirab o´sayotgan yangi sohasi. Muhim fakt shundan iboratki, nanofotonika yorug´lik va o´lchami yorug´lik to´lqin uzunligidan kichikroq o´lchamdagi modda bilan o´zaro ta´sir bilan ishlaydi.	Наука о взаимодействии света с веществом в нанометровом масштабе – новая, бурно развивающаяся область науки и техники, захватывающая воображение людей во всем мире. Ключевой факт – то, что нанофотоника имеет дело со взаимодействиями между светом и веществом в масштабе короче, чем длина волны света.	
uz.Spintronika ru.Спинтроника (Спиновая электроника) en.Spintronics		Bunday yarim o´tkazgichga spin-qutblangan elektronlar injeksiya qilinganida ham yuqori va ham pastki sathlarga o´tishni boshqarish mumkin bo´ladi, bu esa, xususan joylashishning inversiyasini ta´minlaydi va bunga mos holda magnit maydon chastotasi bilan boshqariladigan kogerent elektromagnit nurlanishni generatsiya qiladi.
Qattiq jismlardagi, xususan ferromagnetik-paramagnetik yoki ferromagnetik-o´ta o´tkazgich geterostrukturalardagi spinli tok o´tishi (spin-qutblanishning o´tishi) ni o´rganish bilan shug´ullanadi. Bunday geterostrukturalarda spin-qutblangan elektronlar (spin-injektorlar) manbai bo´lib magnitlangan holatda spontan,	Раздел квантовой электроники, занимающийся изучением спинового токопереноса (спин-поляризованного транспорта) в твердотельных веществах, в частности в гетероструктурах ферромагнетик-парамагнетик или ферромагнетик-сверхпроводник. В таких гетероструктурах источником спин-поляризованных	

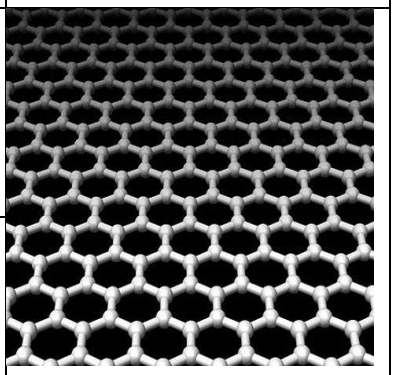
spinlari tartiblashgan tok tashuvchilariga ega bo´lgan o´tkazuvchan ferromagnetik (o´tkazgich yoki yarim o´tkazgich) ferromagnit yarim o´tkazgichlarda spin qutblanish darajasi metallardagiga qaraganda (10 % gacha) ancha yuqori (100 % gacha) bo´ladi. Tashqi magnit maydonida yarim o´tkazgich o´tkazuvchanlik zonasining Zeeman bo´linishi va ikkita Zeeman energetik sathchalari hosil bo´lishi mumkin.	электронов (спин-инжектором) является проводящий ферромагнетик (проводник или полупроводник), обладающий в намагниченном состоянии спонтанной, спиновой упорядоченностью носителей заряда; в ферромагнитных полупроводниках достигаются уровни спиновой поляризации значительно более высокие (до 100%), чем в металлах (до 10%). Во внешнем магнитном поле возможно зеемановское расщепление зоны проводимости в полупроводнике с формированием двух зеемановских энергетических подуровней.	При инжекции спин-поляризованных электронов в такой полупроводник возможны управляемые переходы как на верхний, так и на нижний уровень, что даёт, в частности, возможность создания инверсии населённости и соответственно, генерации когерентного электромагнитного излучения с управлением частоты магнитным полем.
uz.Nanomateriallar ru.Наноматериалы en.Nanomaterials		
Moddalar va kompozitsion (turli moddalar qotishmasi) moddalar bo´lib, ular tayanch elementlarning sun´iy yoki tabiiy tartiblangan yoki tartibsiz tizimi bo´lib, o´lchamlari nanometr darajasida bo´ladi va nanoo´lchamli elementlar bilan o´zaro aloqaga kelganida maxsus fizikaviy va kimyoviy o´zaro ta´sirni namoyon qiladi; natijada materiallar va sistemalarda ilgari noma´lum bo´lgan mexanikaviy, kimyoviy, elektrofizikaviy, optikaviy, teplofizikaviy va boshqa xossalar hosil bo´ladi va bular nanoo´lchamli faktor holida namoyon bo´ladi.	Вещества и композиции веществ, представляющие собой искусственно или естественно упорядоченную или неупорядоченную систему базовых элементов с нанометрическими характеристическими размерами и особым проявление физического и (или) химического взаимодействия при кооперации наноразмерных элементов, обеспечивающих возникновение у материалов и систем совокупности ранее неизвестных механических, химических, электрофизических, оптических, теплофизических и других свойств, определяемых проявлением наномасштабных факторов.	

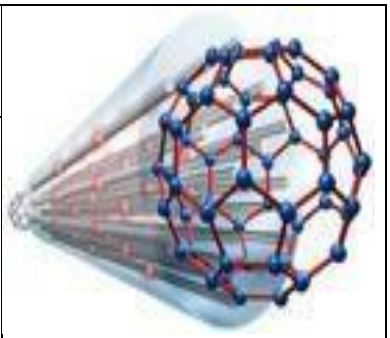
uz.Nanokristall ru.Нанокристалл en.Nanocrystal		
Aynan shulardan xossalari bo´yicha eng yaxshi kompozit materiallar – keramika va metall asosidagi aralashma ishlab chiqariladi. Nanokristallarni kompozit materiallarga qo´shganda xossalari tubdan o´zgaruvchi materiallar hosil bo´ladi: ularning elektr qarshiligi ortib ketadi (ba´zan 10^{14} marta), mo´rt modda elastik va plastik bo´lib qoladi, mustahkamlik keskin ortadi.	Именно из них производят наилучшие по свойствам композитные материалы – смеси на основе керамик и металлов Добавление нанокристаллов к композитам коренным образом меняет их свойства: увеличивает их электрическое сопротивление (иногда в 10^{14} раз), превращают хрупкий материал в упругий и пластичный, резко увеличивает его прочность.	
uz.Nanozarracha ru.Наночастица en.Nanoparticle		
Agar moddaning kichkina zarrasini olib qaralsa, u moddaning xossasidan batamom farq qiluvchi yangi xususiyatlarga ega bo´ladi. O´lchami 1 dan 100 nm gacha bo´lgan zarrachalarni nanozarrachalar deyiladi. Masalan, ayrim materiallarning nanozarrachalari yaxshi katalitik va adsorbsion xususiyatlarga ega. Boshqa materiallar hayratlantiruvchi optik xossalarni ko´rsatadi. Masalan, organik materiallarning o´ta yupqa pardalaridan quyosh batareyasi ishlab chiqarishda ishlatiladi.	Вещество может иметь совершенно новые свойства, если взять очень маленькую частицу этого вещества. Частицы, размерами от 1 до 100 нанометров обычно называют “наночастицами”. Например, оказалось, что наночастицы некоторых материалов имеют очень хорошие каталитические и адсорбционные свойства. Другие материалы показывают удивительные оптические свойства, например, сверхтонкие пленки органических материалов применяют для производства солнечных батарей.	

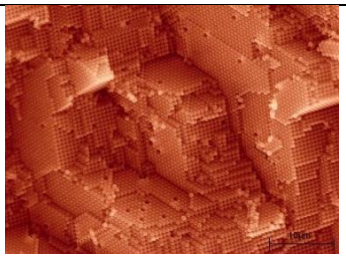
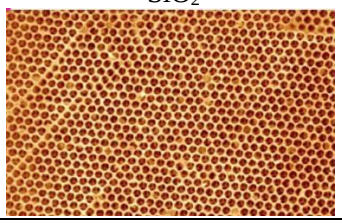
uz.Nanotizim ru.Наносистема en.Nanosystem		
Tartiblangan yoki o´zi tartiblangan ko´rinishdagi moddiy obyekt, ular nanometrik xarakteristik o´lchamli elementlar bilan o´zaro bog´langan. Bunday elementlarni taqsimot qilish asosida kvant o´lchamli, sinergetik kooperatsiya qilingan, “gigant” effektli va nanoo´lcham faktorining yuzaga kelishi bilan bog´langan boshqa hodisa va jarayonlar ko´rinishidagi yangi xossali obyektlarni hosil qilish mumkin.	Материальный объект в виде упорядоченных или само упорядоченных, связанных между собой элементов с нанометрическими характеристическими размерами, кооперация которых обеспечивает возникновение у объекта новых свойств, проявляющихся в виде квантово-размерных, синергетически – кооперативных, "гигантских" эффектов и других явлений и процессов, связанных с проявлением наномасштабных факторов.	
uz.Klaster ru.Кластер en.Cluster		 
Klaster (inglizcha cluster – to´planish) – bir nechta bir jinsli elementlarning qo´shilishi bo´lib, uni ma´lum xossalarga ega bo´lgan mustaqil birlik sifatida qarash mukin. Metallarning molekulyar klasterlari – ko´p yadroli kompleks birikma bo´lib, uning molekulyar strukturasi asosida atrofida ligandalar mavjud bo´lgan metall atomlaridan birining o´zagi joylashgan. Ikkitadan ortiq atomlardan iborat yadro klaster hisoblanadi. Metall o´zak turli uzunlikdagi zanjirdan, tarmoqlangan sikllardan, poliedr	Кластер (англ. cluster скопление)-объединение нескольких однородных элементов, которое может рассматриваться как самостоятельная единица, обладающая определёнными свойствами. Молекулярные кластеры металлов-это многоядерные комплексные соединения, в основе молекулярной структуры которых находится окруженный лигандами остов из атомов металлов. Кластером считается ядро, включающее более двух атомов. Металлический остов представляет собой цепи	

va ularning kombinatsiyasidan iborat bo´ladi.	различной длины, разветвленные циклы, полиэдры и их комбинации.	
uz.Kolloid klasterlar ru.Коллоидные кластеры en.Colloidal clusters		
Kolloid klasterlar eritmalarda kimyoviy jarayon natijasida hosil bo´ladi va 1 dan 100 nm gacha o´lchamga ega bo´ladi. Ular suyuq fazada uzoq vaqt cho´kmasdan, koagulyatsiya qilmasdan klasterlar o´rtasidagi kuchsiz o´zaro ta´sir, zaryadlarning itarishishi va sirtning passivatsiyasi tufayli mavjud bo´lishi mumkin. Suyuq fazaga nisbatan kolloidli klasterlar ikkita guruhga bo´linishi mumkin: liofil (gidrofil) va liofob (gidrofob).	Коллоидные кластеры образуются в растворах в результате химических реакций и могут иметь размеры от 1 до 100 нм. Они могут долго существовать в жидкой фазе, не осаждаясь и не коагулируя, благодаря слабым межкластерным взаимодействиям, зарядовому отталкиванию и пассивации поверхности. По отношению к жидкой фазе коллоидные кластеры могут быть разделены на две группы: лиофильные (гидрофильные) и лиофобные (гидрофобные).	
uz.Fulleren ru.Фуллерен en.Fulleren		
Uglerod allotrop shakli sinfiga mansub molekulyar birikmalar (boshqalar – olmos, karbin va grafit) bo´lib, juft sonli uch koordinatali uglerod atomidan tuzilgan qavariq yopiq ko´pqirradan iborat. Diametri ~0,7 nm bo´lgan fulleren C_{60} yangi strukturalarning katta sinfiga asos bo´ldi. Futbol to´pi ko´rinishidagi C_{60} molekulasi o´ta mustahkam – shu o´lchamdagi po´latdan yuzlab	Молекулярные соединения, принадлежащие классу аллотропных форм углерода (другие – алмаз, карбин и графит) и представляющие собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа трёхкоординированных атомов углерода. Фуллерен C_{60} диаметром ~0,7 нм, ставшую родоначальником целого класса новых структур. Имеющая форму футбольного мяча,	C_{60} fullereni va uning tuzilishidagi 6L510L315L215PC simmetriya elementlari Фуллерен C_{60} и элементы симметрии 6L510L315L215PC его структуры

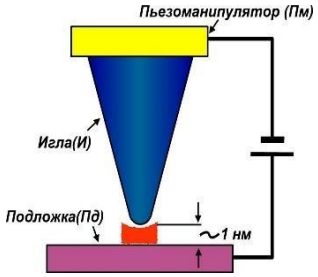
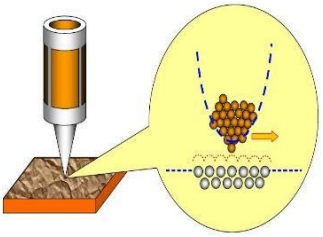
marta mustahkam va olti marta yengil.	молекула C_{60} чрезвычайно прочная – в сотни раз прочнее и в шесть раз легче стальных шариков того же размера.	
uz.Fulleritlar ru.Фуллериты en.Fullerits		
C_{60} molekulalari o´z navbatida qirrasi markazlashgan kubik panjarali va yetarlicha kuchsiz molekulyar bog´lanishli fullerit kristallini hosil qilishi mumkin. Bu kristallda oktoedrik va tetroedrik bo´shliqlar bo´lib ularda begona atomlar joylashishi mumkin. Agar oktoedrik bo´shliqlar ishqoriy metallar (K (kaliy), Rb (rubidiy), Cs (seziy)) ionlari bilan to´lgan bo´lsa, u holda xona haroratidan past temperaturalarda bu moddalarning strukturasini o´zgartiradi va yangi polimer material C_{60} hosil bo´ladi. Agar tetroedrik bo´shliqni ham to´ldirilsa kritik harorati 20-40 K bo´lgan o´ta o´tkazgich material hosil bo´ladi.	Молекулы C_{60} , в свою очередь, могут образовать кристалл фуллерит с гранецентрированной кубической решеткой и достаточно слабыми межмолекулярными связями. В этом кристалле имеются октаэдрические и тетраэдрические полости, в которых могут находиться посторонние атомыЕсли октаэдрические полости заполнены ионами щелочных металлов (K (калий), Rb (рубидий), Cs (цезий)), то при температурах ниже комнатной структура этих веществ перестраивается и образуется новый полимерный материал C_{60}. Если заполнить также и тетраэдрические полости, то образуется сверхпроводящий материал C_{60} с критической температурой 20-40 K.	1990-yil boshlarida fullerit-kristall fulleren olishga muyassar bo´lindi, unda C_{60} molekulalari bir-biri bilan o´lchami 1,5 nm dan kichikroq bo´lgan yacheykalarda bog´langan. Fulleritning qattiqligi olmosdan 2-3 marta yuqoriroq ekan! В начале 1990-х гг. сумели получить фуллерит – кристаллический фуллерен, в котором молекулы C_{60} соединены друг с другом в небольших ячейках размером менее 1,5 нм. Оказалось, что фуллерит по твердости в два-три раза превосходит алмаз!
uz.Uglerodli nanonaylar ru.Углеродные нанотрубки en.Carbonic nanotubes		
Cho´zilgan silindrik strukturalar bo´lib, ularning diametri bir nm dan bir necha o´n nm gacha	Протяжённые цилиндрические структуры диаметром от одного до нескольких десятков	

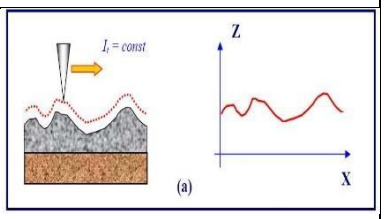
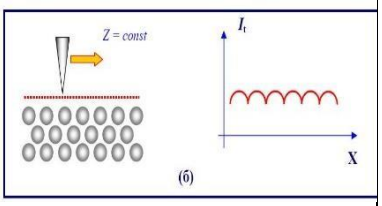
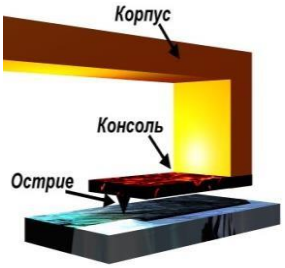
bo´ladi va uzunligi bir necha sm gacha bo´ladi. Ular bitta yoki bir nechta geksagonal grafit tekisligi (grafen) larning o´ralgan trubkalaridan iborat bo´ladi va odatda yarim sferik bosh bilan tugaydi. Ugleroddan gigant (juda ko´p) sonli atomlardan iborat molekulalar olish mumkin. Shunday molekulalardan biri, masalan C=1000000 bo´lib, u diametri taxminan nm va uzunligi bir necha o´n mkm bo´lgan bir qatlamli naydan iborat. Nay sirtida to´g´ri olti burchakning uchlarida uglerod atomlari joylashgan. Nay oxirgi qismlari oltita to´g´ri besh burchak yordamida yopilgan.	нанометров и длиной до нескольких сантиметров, состоящие из одной или нескольких свёрнутых в трубку гексагональных графитовых плоскостей (графенов) и обычно заканчивающиеся полусферической головкой.Из углерода можно получить молекулы с гигантским числом атомов. Такая молекула, например C=1000000, может представлять собой однослойную трубку с диаметром около нанометра и длиной в несколько десятков микрон. На поверхности трубки атомы углерода расположены в вершинах правильных шестиугольников. Концы трубки закрыты с помощью шести правильных пятиугольников.	
uz.Grafen ru.Графен en.Graphen		
Uglerod atomlarining monoqatlami. Grafenni mikrosxemadagi birlik molekulaning kelishi va ketishini detektirlash imkoniyatini beruvchi (NO_2) molekula detektori sifatida ishlatish mumkin. Grafen xona haroratida yuqori harakatchanlikka ega, shuning uchun yarim metallda ta´qiqlangan zonani shakllantirish muammosini yechishda grafenni integral sxemada kremniyning o´rnini bosuvchi kelajagi porloq material sifatida qaraladi.	Монослой атомов углерода. Графен можно использовать, как детектор молекул (NO_2), позволяющий детектировать приход и уход единичных молекул. микросхемах. Графен обладает высокой подвижностью при комнатной температуре, благодаря чему как только решат проблему формирования запрещённой зоны в этом полуметалле, обсуждают графен как перспективный материал, который заменит кремний в интегральных.	

uz.Plazmonlar ru.Плазмоны en.Plasmon		
Metallardagi erkin elektronlarning kollektiv tebranishi. Plazmonlar g´alayonining xarakterli xususiyati deb plazmon rezonansi deb ataluvchi rezonansni hisoblash mumkin. Plazmon rezonansi to´lqin uzunligi, masalan diametri 50 nm bo´lgan sferik kumush zarrachasi uchun taxminan 400 nm ga teng, bu esa nanozarrachani difraksiya kuzatilish sohasi chegarasidan ancha uzoqda ham (nurlanish to´lqin uzunligi zarracha o´lchamidan ancha katta) qayd qilish mumkin ekanligini ko´rsatadi.	Коллективные колебания свободных электронов в металле. Характерной особенностью возбуждения плазмонов можно считать так называемый плазмонный резонанс. Длина волны плазмонного резонанса, например, для сферической частицы серебра диаметром 50 нм составляет примерно 400 нм, что указывает на возможность регистрации наночастиц далеко за границами дифракционного предела (длина волны излучения много больше размеров частицы).	
uz.Nanosensorlar ru.Наносенсоры en.Nanosensors		Masalan, ayniqsa hayvonlar nanoo´lchamli molekulalarni ushlab oluvchi reseptorlar hisobiga sezgir bo´ladi. Ayrim o´simliklar ultrabinafsha nurlarni qabul qilib olishda nanosensorlarni ishlatishadi. Kimyoviy nanosensorlar gaz fazadagi molekula ayrim xossalarini detektirlash uchun nanonayni ishlatishadi. Karbonli nanonaylar gaz fazadagi molekula ionlashishini aniqlash uchun ishlatiladi, titanli nanonaylar esa atmosferadagi vodorod konsentratsiyasini molekulyar o´lchamda detektirlaydi.
Bu makroskopik o´lchamlarda nanozarrachalar haqidagi axborotni uzatuvchi ixtiyoriy biologik, kimyoviy yoki boshqa sensor nuqtalar. U meditsinada turli-tuman ko´rinishlarda, shuningdek nanodiapazonda ishlaydigan nanorobotlarda ishlatiladi. Hozirgi vaqtda nanosensorlarni bir necha usullar bilan, masalan botayotgan litografiya, ko´tariladigan yig´ish va molekulyar o´z-o´zini yig´ish usullari yordamida tayyorlanadi. Nanosensorlarni meditsinada qo´´llash asosida ularning zaruriy to´qima va organizm qismlarini aniq identifikatsiya qilish yotadi. Organizm to´qimalarining bosimi va harorati, gravitatsion, elektr va magnit kuchlarining siljishi va o´zgarish tezligi, hajm, konsentratsiya o´zgarishini	Это любые биологические, химические или другие сенсорные точки для передачи информации о наночастицах на макроскопический уровень. Их использование, в основном, включает различные медицинские применения, а также компьютерные чипы, работающие на нанодиапазоне и в нанороботах. В настоящий момент наносенсоры изготавливают несколькими путями, такими как нисходящая литография, восходящая сборка и молекулярная самосборка. Медицинское применение наносенсоров связано с их способностью точно идентифицировать необходимые клетки и области организма. За счет измерения изменений объема,	

o´lchash hisobiga nanosensorlar ayrim to´qimalarni farqlash qobiliyatiga ega, ayniqsa rak kasalligini davolashda molekulyar o´lchamda preparatni organizm ma´lum sohalariga yetkazib berish yoki sog´ayish jarayonining monitoringini amalga oshirish qobiliyatiga ega. Nanosensorga misol qilib shishni qidirishda ishlatiladigan selenid kadmiy kvant nuqtalarining fluoressent xossalari ishlatiladigan sensorni keltrirish mukin. Tabiatda eng keng tarqalgan va ko´plab ishlab chiqariladigan nanosensorlar biologiya sohasida mavjud. Ular tashqi qo´zg´atuvchilarning tabiiy reseptorlari hisoblanadi.	концентрации, смещения и скорости гравитационных, электрических и магнитных сил, давления или температуры клеток организма наносенсоры способны различать отдельные клетки, в основном раковые, на молекулярном уровне с целью доставки препаратов или мониторинга развития определенных областей организма. Примером наносенсора может служить сенсор, использующий флуоресцентные свойства квантовых точек селенида кадмия для поиска опухолей. В природе наиболее распространенные и массово производящиеся наносенсоры относятся к классу биологических. Они являются естественными рецепторами внешних раздражителей.	Например, обоняние, особенно у животных, основано на рецепторах, улавливающих молекулы наноразмеров. Некоторые растения также используют наносенсоры для улавливания ультрафиолета. Химические наносенсоры используют нанотрубки для детектирования отдельных свойств молекул в газовой фазе. Карбоновые нанотрубки используются для определения ионизации молекул в газовой фазе, в то время как титановые нанотрубки детектируют концентрацию водорода в атмосфере на молекулярном уровне.
uz.Nanouy ru.Нанодом en.Nanohome		
Polistirol sferik mikrozarracha asosidagi foton kristallining ichki sirti (raqamli skanlovchi elektron mikroskop).	Внутренняя поверхность фотонного кристалла на основе сферических микрочастиц полистирола (цифровая сканирующая электронная микроскопия).	
uz.Nanouyalar ru.Наносоты en.Nanohoneycomb		“Nanouya”–SiO_2 materiali devori Материал стенок «наносот»-SiO_2
Zol-gel usuli va polimer templatlarni ishlatib olingan to´ntarilgan opal matritsalar.	Инвертированные опаловые матрицы, полученные с использование золь-гель метода и полимерного темплата.	

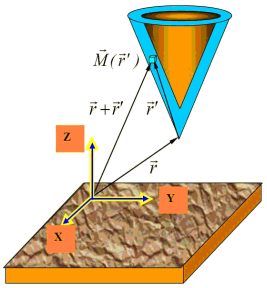
uz.Oddiy uch o´lchamli yarim o´tkazgichdagi elektron ru.Электрон в обычных трёхмерных полупроводниках en.Electron in usual three-dimensional semiconductor	
O´lchamlari L_x, L_y va L_z bo´lgan qutiga joylashtirilgan elektronni ko´raylik. Bu holda sistemadagi elektronning tabiati oddiy uch o´lchamli (3D) $\lambda << L_x$, L_y va L_z yarim o´tkazgich tabiatidan hech qanday farq qilmaydi. λ -to´lqin uzunligi, L_x, L_y va L_z lar – "quti" o´lchamlari.	Рассмотрим электрон, помещенный в ящик с размерами L_x, L_y и L_z. В этом случае поведение электрона в системе ничем не отличается от поведения в обычных трёхмерных (3D) полупроводниках $\lambda << L_x$, L_y и L_z. λ -длина волны, L_x, L_y и L_z - размеры «ящик»а.
uz.Kompozitsion materiallar ru.Композиционные материалы en.Composition materials	
Kompozitsion materiallar odatda bir nechta, umuman olganda fazoda muntazam yoki tasodifan joylashgan anizotrop komponentlardan tashkil topadi. Komponentlarning xossalari, ularning fazoviy joylashishi, geometrik shakli va ularning oriyentatsion (yo´nalishli) joylashishi, polikristall tarkibidagi kristallitning kristallografik o´qlari va o´lchamlari mikrostrukturani va shunga mos holda materialning fizikaviy, kimyoviy xossalarini aniqlaydi. Kompozitsion material (kompozit) lar haqidagi hozirgi zamon tasavvuri quyidagi shartlarning bajarilishini talab qiladi: 1) kompozitsiya bo´lim chegarasi aniq bo´lgan materiallar to´plamidan iborat bo´lishi kerak; 2) kompozitsiya komponentlari o´zining hajmiy to´plami bilan hosil bo´lishi kerak; 3) kompozitsiya uning komponentlarida mavjud bo´lmagan xossalarga ega bo´lishi kerak.	Композиционные материалы обычно состоят из нескольких, в общем случае, анизотропных компонентов, регулярно или случайно расположенных в пространстве Свойства компонентов, их пространственное расположение, геометрическая форма и ее ориентационное положение, ориентация кристаллографических осей и размеры кристаллитов, составляющих поликристалл, определяют микроструктуру и соответственно физико-химические свойства материала. Современное представление о композиционных материалах (композитах) предполагает выполнение следующих условий: 1) композиция должна представляет собой сочетание материалов с четкой границей раздела; 2) компоненты композиции образуют ее своим объемным сочетанием; 3) композиция должна обладать свойствами, которые отсутствуют у ее компонент.

uz.Skanerlovchi tunnel mikroskopiya ru.Сканирующая туннельная микроскопия en.Scanning tunnel microscopy		
Atomning ulushlarini ajrata olish qobiliyatiga ega bo´lgan mikroskop. Unda tunnel effekti – ya´ni elektronning to´la energiyasi potensial to´siqdan kichik bo´lganida baryerdan o´tib kela olish hodisasi ishlatiladi. Skanerlovchi tunnel mikroskop ishchi instrumenti bo´lib namuna (metall yoki qandaydir boshqa o´tkazgich) va diametri 10-20 nm bo´lgan volfram igna o´rtasidagi kuchlanganligi ~10^3 V/sm bo´lgan elektr maydoni xizmat qiladi. Kuchlanishi ~10 V bo´lgan manba yordamida ~1 nm oraliqda maydon hosil qilinadi. Igna (nina) pyezomanipulyatorga ~3 nm/V tartibidagi yuqori sezgirlikka ega bo´lgan keramik trubkaga o´rnatiladi. Mikroskop namuna – igna uchi oralig´idagi kuchsiz maydonda (~0,1 V) nanotekisliklarni tekislaydi, yana kichik maydonlarda profilometr bo´lib xizmat qiladi, katta maydonlarda (~0,7 V) do´ngchalar hosil qiladi, yanada katta maydonlarda (~3 V) chuqurchalar hosil qiladi. Do´nglik va chuqurliklarni ~10^{10} sm^{-2} zichlikda hosil qilish mumkin. Skanerlovchi tunnel mikroskop – nanotexnologiya uchun ideal qurilma hisoblanadi. Undagi tunnel toki sirt strukturasini indikatori (aniqlovchisi) va sirtni “qurish” jarayonini ushlab turuvchi qabul qilgich bo´lib xizmat qiladi.	Микроскоп с разрешающей способностью до долей атома. В нем используется туннельный эффект - преодоление электроном потенциального барьера в случае, когда его полная энергия меньше высоты барьера. Рабочим инструментом в СТМ служит электрическое поле между образцом (металл или какой-либо другой проводник) и вольфрамовой иглой диаметром 10-20 нм напряженностью ~10^3 В/см. Поле в зазоре ~1 нм создается источником с напряжением ~10 В. Игла закрепляется в пьезоманипуляторе - керамической трубке с высокой чувствительностью порядка 3 нм/В. При сравнительно слабых полях в промежутке образец-острие (~0,1 В) микроскоп выравнивает нанонеровности, при еще меньших полях служит профилометром, при больших полях (~0,7 В) формирует бугорки, при еще больших (~3 В) формирует лунки. Бугорки и ямки можно наносить с плотностью ~10^{10} $см^{-2}$. СТМ – идеальное устройство для нанотехнологии. Туннельный ток в нем может служить и индикатором структуры поверхности, и датчиком для поддержания	Tunnel mikroskop chizmasi Схема туннельного микроскопа  Skanerlovchi tunnel mikroskopida atomlar ajrata olishni amalga oshirish Реализация атомарного разрешения в

	процессов "конструирования" поверхности.	сканирующем туннельном микроскопе
uz.Atom kuchaytiruvchi mikroskopiya ru.Атомно-силовая микроскопия (АСМ) en.Atomic power microscopy		 
Sezgirligi namunadagi yakka elektronni detektirlash uchun yetarli bo´lgan mikroskop. Atom kuchaytirgichli mikroskop (AKM) ni tunnel mikroskop, magnit kuch mikroskopi, REM bilan birga ishlatish mumkin. AKM dagi tasvir yuqori ajrata olish qobiliyati va sifati bilan farq qiladi. U skanerli tunnel mikroskopidan farqli holda dielektrik va magnit materiallarni ham o´rganish imkoniyatini beradi. Sirt fizikasi revolyutsiya (yaxshi tomonga keskin o´zgarish) kutilayapti! Unda egiluvchan plastinaga – konsol (kantilever) ga qotirilgan o´tkir uch va namuna o´rtasida atomlararo o´zaro ta´sir kuchlari ishlatiladi. Konsolni avval tilla folga (yupqa qatlam) dan, ignani esa olmosdan tayyorlashgan edi. So´ngra atom kuchlarining barcha datchigini kremniydan litografiya usuli bilan yasay boshlashdi. Igna yoki sirt bilan kontaktga keltiriladi va ushlagich-plastina (kantilever) dan qaytgan lazer nuri yordamida sirt profili (tuzilishi) ni beradi; yoki 10 nm masofada ushlab turilib atomlar o´rtasidagi o´zgaradigan kuchlarni fiksatsiya (qayd) qiladi (pyezoqurilma yordamida skanerlaganda).	Микроскоп с чувствительностью, достаточной для детектирования в образце единичного электрона. АСМ можно совмещать с туннельным микроскопом, магнитным силовым микроскопом, РЭМом. Изображения в АСМ-е отличаются высоким разрешением и качеством. В отличие от СТМ он позволяет изучать и диэлектрики, и магнтитные материалы. Следует ожидать революции в физике поверхности! В нем используются силы межатомного взаимодействия между образцом и острием, закрепленной на гибкой пластинке - консоли (кантилевере). Консоль вначале делали из золотой фольги, иглу - из алмаза. Затем весь датчик атомных сил стали делать из кремния методом литографии. Игла либо контактирует с поверхностью и с помощью луча лазера, отражаемого от держателя-пластинки (кантилевера), передает профиль поверхности; либо держится на расстоянии 10 нм и фиксирует (при сканировании пьезоустройством) изменяющиеся межатомные силы.	Atom kuchaytiruvchi mikroskop chizmasi Схема атомном силовом микроскопа 

<table>
<tr><td colspan="2">uz.Magnit kuchaytiruvchi mikroskopiya

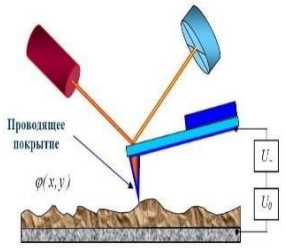
ru.Магнитно-силовая микроскопия

en.Magnetic-power microscopy</td><td rowspan="2"> 

МКМ zondining namuna magnit maydoni bilan o´zaro ta´siri

Взаимодействие МСМ зонда с магнитным полем образца</td></tr>
<tr><td>Bu mikroskop namunalarning lokal magnit xossalarini tatqiq qilish uchun ishlatiladi. Ushbu asbob atomli kuch mikroskopi bo´lib, uning zondi solishtirma magnitlanuvchanligi $\vec{M}(\vec{r})$ bo´lgan ferromagnit material bilan qoplangan.</td><td>Это микроскоп используется для исследования локальных магнитных свойств образцов. Данный прибор представляет собой атомно-силовой микроскоп, у которого зонд покрыт слоем ферромагнитного материала с удельной намагниченностью $\vec{M}(\vec{r})$.</td></tr>
<tr><td colspan="2">uz.Elektr kuchaytiruvchi mikroskopiya

ru.Электросиловая микроскопия

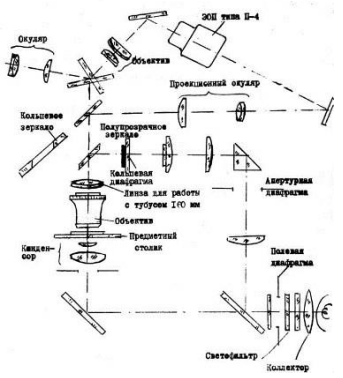
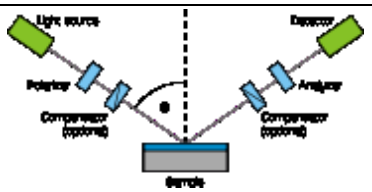
en.Electric power microscopy</td><td rowspan="2"> 

Zondning namuna bilan elektr o´zaro ta´sirini o´lchovchi sxema

Схема измерения электрического взаимодействия зонда с образцом</td></tr>
<tr><td>Elektr kuchaytiruvchi mikroskopda sirt xossalari haqida axborot olish uchun zond va namuna o´rtasidagi elektr o´zaro ta´sir ishlatiladi. Zondli datchikdan iborat sistemani ko´raylik: bunda zond o´tkazuvchan qobiqqa ega va namuna yaxshi o´tkazuvchan taglik ustidagi materialning yupqa qatlamidan iborat.</td><td>В электросиловой микроскопии для получения информации о свойствах поверхности используется электрическое взаимодействие между зондом и образцом. Рассмотрим систему, состоящую из зондового датчика, у которого зонд имеет проводящее покрытие, и образца, представляющего собой тонкий слой материала на хорошо проводящей подложке.</td></tr>
<tr><td colspan="2">uz.Infraqizil mikroskopiya

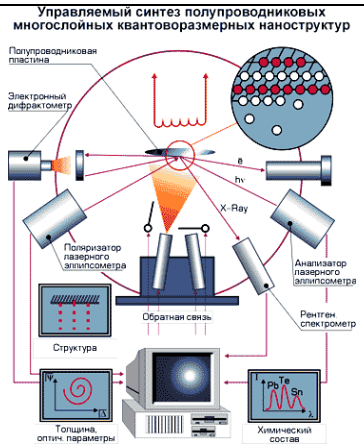
ru.Инфракрасная микроскопия

en.Infrared mikroscopy</td><td></td></tr>
</table>

Infraqizil mikroskoplar ko´rinadigan spektr sohasi uchun noshaffof va to´lqin uzunligi 0.8÷1,3 mkm bo´lgan infraqizil nurlar uchun shaffof bo´lgan moddalarni tekshirishda qo´llaniladi. Mikroskop obyektlarni o´tuvchi va qaytgan nurda, yorug´ va qorong´u maydonda va ko´rinadigan spektr sohasining o´tuvchi va qaytgan nurida fazaviy kontrast usuli bilan kuzatish va rasmga olish imkonini beradi.	Инфракрасные микроскопы применяются для исследования веществ непрозрачных для видимой области спектра и прозрачных для инфракрасных лучей с длиной волны 0.8÷1,3 мкм. Микроскоп позволяет наблюдать и фотографировать объекты в проходящем и отраженном свете; в светлом и темном поле и методом фазового контраста в проходящем и отраженном свете в видимой области спектра.	
uz.Ellipsometriya ru.Эллипсометрия en.Ellipsometry		 Ellipsometr sxemasi Схема эллипсометра
Sirt va turli modda (qattiq, suyuq, gazsimon) bo´laklari chegarasini tatqiq qiluvchi yuqori sezgirlikdagi va aniq qutblangan-optik usul. U qutblangan nurning bu muhitlar chegara sirti bilan o´zaro ta´sirdan so´ng yorug´lik qutblanganlik holatining o´zgarishini o´rganishga asoslangan. Odatda ellipsometriyada qaytganda qutblangan yorug´lik o´zgarishini o´rganish tushuniladi. Birinchi chegaradan qaytgan nur uchun Drudening asosiy ellipsometriya tenglamasi quyidagi sodda ko´rinishga ega: $R_{refr} = -\frac{\cos(\theta_{ins} + \theta_{tran})}{\cos(\theta_{ins} - \theta_{tran})}$.	Высокочувствительный и точный поляризационно-оптический метод исследования поверхностей и границ раздела различных сред (твердых, жидких, газообразных), основанный на изучении изменения состояния поляризации света после взаимодействия его с поверхностью границ раздела этих сред. Обычно в эллипсометрии подразумевают изучение изменений поляризации света при отражении. Основное уравнение эллипсометрии Друде для отражённого света на первой границе имеет простой вид: $R_{refr} = -\frac{\cos(\theta_{ins} + \theta_{tran})}{\cos(\theta_{ins} - \theta_{tran})}$.	

<table>
<tr><td colspan="2">uz.Molekulyar-nurli epitaksiya

ru.Молекулярно-лучевая эпитаксия

en.Molecular-beam epitaxy</td><td rowspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>MNE GaAs va $Al_xGa_{1-x}As$ asosida priborlar yasashda parda va qatlamli strukturalar tayyorlashda ishlatiladi. Bunday asboblarga shiddatli uchib o´tuvchili diodlar, o´chirib-ulovchi o´ta yuqori chastotali diodlar, Shottki baryeri asosidagi maydonli tranzistorlar, integral optik strukturalar kiradi. MNE o´lchamlari juda kichik bo´lgan quyidagi strukturalarni olish mumkin:

- 0 o´lchamli: kvant nuqtalari;

- 1 o´lchamli: kvant iplari (simlari);

-2 o´lchamli: kvant o´ralari, o´tapanjara, yassi volnovodlar (to´lqin o´tkazuvchilar).</td><td>МЛЭ используется для изготовления пленок и слоистых структур при создании приборов на GaAs и $Al_xGa_{1-x}As$. К таким приборам относятся лавиннопролетные диоды, переключающие СВЧ-диоды, полевые транзисторы с барьером Шоттки, интегральные оптические структуры. МЛЭ позволяет получать следующие структуры с пониженной размерностью:

- 0-мерные: квантовые точки;

- 1-мерные: квантовые нити (проволоки);

- 2-мерные: квантовые ямы, сверхрешётки, плоские волноводы.</td></tr>
<tr><td colspan="2">uz.Yoritib ko´ruvchi elektron mikroskopiya

ru.Электронная микроскопия просвечивающая

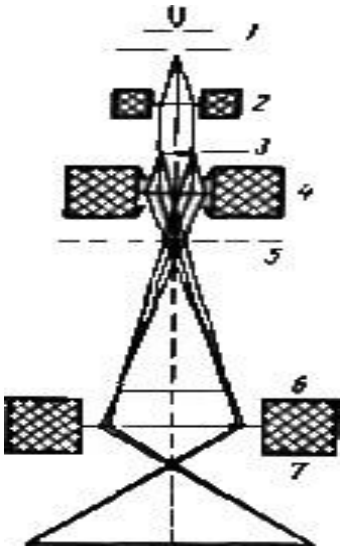
en.Elektron enlightening microscopy</td><td rowspan="2">YKEM ning prinsipial sxemasi:

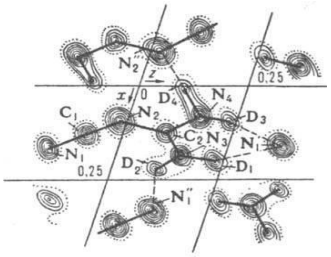
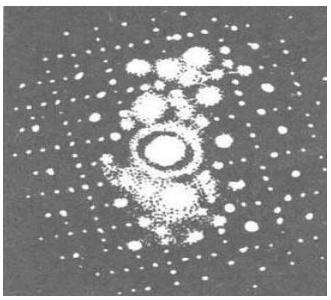
1-nur manbai; 2-kondensor; 3-obyekt; 4-obyektiv; 5-birlamchi oraliq tasvir; 6-ikkilamchi oraliq tasvir; 7-proyeksion linza.

———

Принципиальная схема просвечивающего электронного микроскопа:

1-источник излучения; 2-конденсор; 3-объект; 4-объектив; 5-первичное промежуточное изображение; 6-вторичное</td></tr>
<tr><td>O´lchami ~1 nm gacha bo´lgan zarrachalarni lokal elektronografiya bilan birgalikda to´g´ridan-to´g´ri kuzatish mumkin. Kattalashtirish 10^6 gacha. Yoritib ko´ruvchi elektron mikroskop (YKEM) xom ashyo materiali tuzilishining ichki dunyosiga “qarash” imkoniyatini berdi, aralashmalarning nurli optik mikroskop yordamida ko´rib bo´lmaydigan mayda zarrachalarini, kristall tuzilish</td><td>Прямое наблюдение частиц до ~1 нм в сочетании с локальной электронографией. Увеличение до 10^6. Просвечивающий электронный микроскоп дает возможность "заглянуть" во внутренний мир строения материала изделия, наблюдать очень мелкие частицы включений, несовершенства кристаллического строения - субзерна, дислокации, которые невозможно разглядеть с</td></tr>
</table>

mukammalmasligi – subdona, dislokatsiyalarni ko´rish imkonini beradi. Tasvir qaytgan yorug´lik nurlarida hosil bo´ladigan nurli metallografik mikroskopdan farqli holda YKEM o´tuvchi elektron nurlar sxemasida ishlaydi. Elektron mikroskopda yorug´lik manbai elektronlar manbai bilan almashtirilgan, shisha optika o´rnida (elektron nurlarni sindirish uchun) elektromagnit linzalar ishlatiladi.	помощью светового оптического микроскопа. ПЭМ работает по схеме проходящих электронных лучей в отличие от светового металлографического микроскопа, в котором изображение формируется отраженными световыми лучами. Источник света в электронном микроскопе заменен источником электронов, вместо стеклянной оптики используются электромагнитные линзы (для преломления электронных лучей).	промежуточное изображение; 7-проекционная линза. 
uz.Rentgen difraksiya usullari ru.Рентгеновские дифракционные методы en.X-ray diffractional method		Elastik sochilish manzarasini sochuvchi markazlarning fazoviy joylashishiga bog´liqligini ifodalovchi nazariya barcha nurlanishlar uchun bir xil. Ammo, turli xil nurlanishning modda bilan o´zaro ta´siri turlicha fizik tabiatga ega bo´lgani uchun difraksion manzaraning aniq turi va xususiyati atomning turli xarakteristikalari orqali aniqlanadi.
Difraksion qaytish kengayishining dispers (ion) likdan, mikrodeformatsiyadan va nogomogenlikdan ajratish. O´lchami 300 nm dan kichik zarrachalarni aniqlash. Moddaning strukturasini tekshirish tekshirilayotgan moddadan rentgen (shu jumladan sinxroton) nurlanishi elektronlar yoki neytronlar oqimi va Myossbauer g-nurlanishi sochilish intensivligining burchak taqsimlanishini o´rganishga asoslangan. Shunga mos holda rentgenografiya, elektronografiya, neytronografiya va myossbauerografiyalar farq qilinadi. Barcha hollarda birlamchi, ko´pincha monoxromatik dasta tekshirilayotgan obyektga	Разделение уширения дифракционной отражений от дисперсности, микродеформаций и негомогенности. Определение размера частиц менее 300 нм. Исследования структуры вещества, основаны на изучении углового распределения интенсивности рассеяния исследуемым в-вом излучения - рентгеновского (в т. ч. синхротронного), потока электронов или нейтронов и мёссбауэровского g-излучения. Соотв. различают рентгенографию, электронографию, нейтронографию и мёссбауэрографию (см. ниже). Во всех случаях первичный, чаще всего монохроматич., пучок направляют на	Теория, описывающая связь картины упругого рассеяния с пространств. расположением рассеивающих центров, для всех излучений одинакова. Однако, поскольку взаимод. разного рода излучений с в-вом имеет разную физ. природу, конкретный вид

yuboriladi va sochilish manzarasi tahlil qilinadi. Sochilgan nurlanish fotografik yoki hisoblagichlar yordamida qayd qilinadi. Nurlanish to´lqin uzunligi odatda 0,2 nm dan ortiq bo´lmagani uchun, ya´ni modda atomlari o´lchami (0,1-0,4 nm) ga yaqin bo´lgani uchun, tushayotgan to´lqinning sochilishi atomlardagi difraksiyadan iborat. Difraksion manzara asosida, umuman olganda, moddaning atom tuzilishini tiklash mumkin.	исследуемый объект и анализируют картину рассеяния. Рассеянное излучение регистрируется фотографически или с помощью счетчиков. Поскольку длина волны излучения составляет обычно не более 0,2 нм, т. е. соизмерима с расстояниями между атомами в веществе (0,1-0,4 нм), то рассеяние падающей волны представляет собой дифракцию на атомах. По дифракц. картине можно в принципе восстановить атомную структуру вещества.	и особенности дифракц. картины определяются разными характеристиками атомов.  

Saytlar:

Сайты:

1. http://ru.wikipedia.org/wiki/Квант,
2. http://ru.wikipedia.org/wiki/Атом
3. http://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes
4. http://www.e-science.ru/physics/theory/=19
5. http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/5827

VII. ADABIYOTLAR RO‘YXATI

15. Jonathan Bartlett. Electronics for Beginners: A Practical Introduction to Schematics, Circuits, and Microcontrollers. Tulsa, OK, USA, 2020.
16. Kevin Robinson. Practical audio electronics. 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon OX14 4RN, 2020.
17. Pradeeka Seneviratne. Building Arduino PLCs: The essential techniques you need to develop Arduino-based PLCs – Sri Lanka: Springer Science+Business Media New York – 2017.
18. Kimmo Karvinen and Tero Karvinen. Getting Started with Sensors. – Printed in the United States of America. – Published by Maker Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472. – 2014.
19. Белов А.В. Разработка устройств на микроконтроллерах AVR: шагаем от «чайника» до профи. Книга + видеокурс на CD. — Санкт-Петербург: Наука и Техника. - 2013.
20. Ўлжаев Э. Микропроцессорлар ва микроЭҲМ асослари. Ўқув қўлланма.- Т.: Фарзай-полиграф, 2012.- 364 б.
21. Paul Scherz and Simon Monk. Practical Electronics for Inventors, Fourth Edition. McGraw-Hill Education. 2016. P. 1056.
22. Nazirov Sh.A., Qobulov R.V., Bobojonov M.R., Raxmanov Q.S. C va C++ tili. T.:- Voris-nashriyot, 2013. - 488 b.
23. Alex Allain. Jumping into C++. USA, 2014. p 340.

Internet saytlar

1. http://edu.uz – O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi.
2. http://lex.uz – O‘zbekiston Respublikasi Qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi.
3. http://bimm.uz – Oliy ta’lim tizimi pedagog va rahbar kadrlarini qayta tayyorlash va ularning malakasini oshirishni tashkil etish bosh ilmiy-metodik markazi.

4. http://ziyonet.uz – Ta’lim portali ZiyoNET
5. http://natlib.uz – Alisher Navoiy nomidagi O‘zbekiston Milliy kutubxonasi
6. http://www.arduino.cc/en/
7. http://mooc.org/
8. https://www.edx.org/
9. https://ru.coursera.org/
10. https://www.udemy.com/
11. https://www.codecademy.com/
12. https://ru.khanacademy.org/