

# **Mexatron Tizimlar uchun Elektronika Fani**

## **Ma'ruza №5**

### **Signallarni Raqamlidan Analogga o'tkazgichlar**

#### **Reja:**

- Signallarni Raqamlidan Analogga o'tkazgich (DAC) nima?
- DAC sxematexnikasi
- R/2R Ladder (narvon)
- Raqamli-analogli konvertor (DAC) o'lchamlari
- Raqamli-analogli konvertor aniqliligi
- Offset Error (Ofset xato)
- Tartibga solish vaqti
- Monotonlik
- Avtomatik sinov
- Signalni qayta ishlash

Xulosa

## Signallarni Raqamlidan Analogga o'tkazgich (DAC) nima?

Raqamli-analog konvertorning maqsadi ikkilik so'zni proportsional oqim yoki kuchlanishga aylantirishdir.

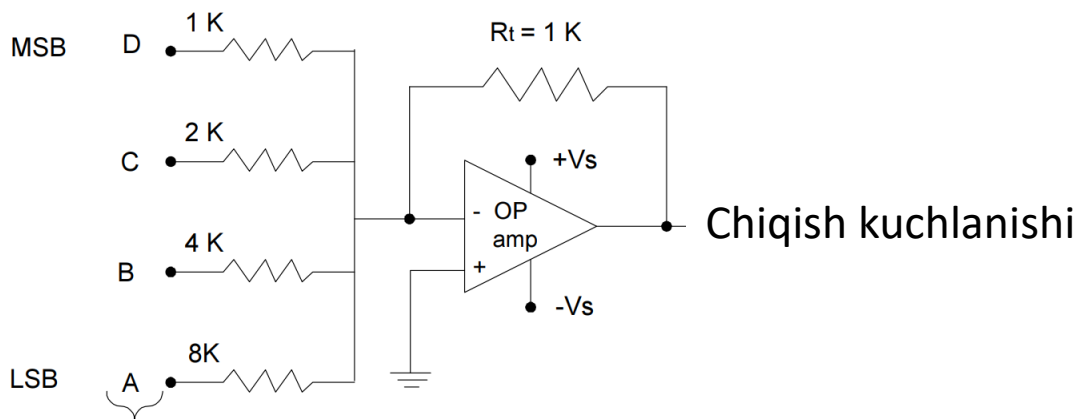
Ikkilik vaznli rezistorlar proportsional chiqish kuchlanishini ishlab chiqarish uchun op-amp tomonidan jamlangan ikkilik vaznli oqim ishlab chiqaradi.

Kalitlarga qo'llaniladigan ikkilik so'z proportsional chiqish kuchlanishini hosil qiladi.

To'g'ri ikkilik, ikkilik kodli o'nlik (BCD - ikkilik kodli o'nlik) va ofset ikkilik kabi bir necha xil ikkilik kodlar odatda D/A konvertorlariga kirish sifatida ishlatiladi.

### DAC sxematexnikasi

D/A operatsiyasini ishlab chiqarish uchun bir nechta usullar va sxemalar mavjud. Amaldagi g'oyalarni tushunish uchun biz bir nechta asosiy sxemalarni ko'rib chiqamiz.



Raqamli kirish kuchlanishi:

0V yoki 5V

Yuqoridagi rasmda 4 bitli DAC ning asosiy sxemasi ko'rsatilgan. A, B, C va D kirishlari 0 V yoki 5 V qiymatga ega bo'lgan ikkilik kirishlardir. Operatsion kuchaytirgich yig'indisi kuchaytirgich sifatida ishlatiladi va bu kirish kuchlanishlarining vaznli yig'indisini hosil qiladi. Yig'ish kuchaytirgichi har bir kirish kuchlanishini qayta aloqa rezistorining  $R_F$  ning tegishli kirish qarshiligi  $R_{IN}$  ga nisbati bilan ko'paytiradi. Ushbu sxemada  $R_F = R_{IN} = 1k\Omega$  va kirish rezistorlari 1 dan 8  $k\Omega$  gacha. D kirishi  $R_{IN} = 1k\Omega$  ga ega, shuning uchun yig'ish kuchaytirgichi D dagi kuchlanishni susaytirmasdan o'tkazadi. C kirishi  $R_{IN} = 2k\Omega$  ga ega, shuning uchun u zaiflashadi. Xuddi shunday, B kirish  $\frac{1}{4}$  ga va A kirish  $\frac{1}{8}$  ga zaiflashadi.

Kuchaytirgichning chiqishi shunday ifodalanishi mumkin:

$$V_{OUT} = - (V_D + 1/2 V_C + 1/4 V_B + 1/8 V_A)$$

Manfiy belgi mavjud, chunki yig'ish kuchaytirgichi qutbiy teskari kuchaytirgichdir, lekin u bu yerda biz uchun qiziqarlidir.

Shubhasiz, yig'ish kuchaytirgichining chiqishi analog kuchlanish bo'lib, raqamli kirishlarning vaznli yig'indisini ifodalaydi. Chiqish har qanday kirish holati uchun tegishli kirishlarni 0 V yoki 5 V ga o'rnatish orqali baholanadi.

Misol uchun, agar raqamli kirish 1010 bo'lsa, u holda  $V_D = V_B = 5V$  va  $V_C = V_A = 0V$ . Shunday qilib, quyidagi tenglamadan foydalanish o'rinalidir:

$$V_{OUT} = - (5V + 0V + 1/4 \times 5V + 0V) = - 6.25V$$

Ushbu D / A konvertorining o'lchamlari  $1/8 \times 5V = 0,625 V$  bo'lgan oxirgi muhim bitning (LSB) og'irligiga teng. Ikkilik kirish raqami bir qadam oldinga siljishi bilan analog chiqish 0,625 V ga oshadi.

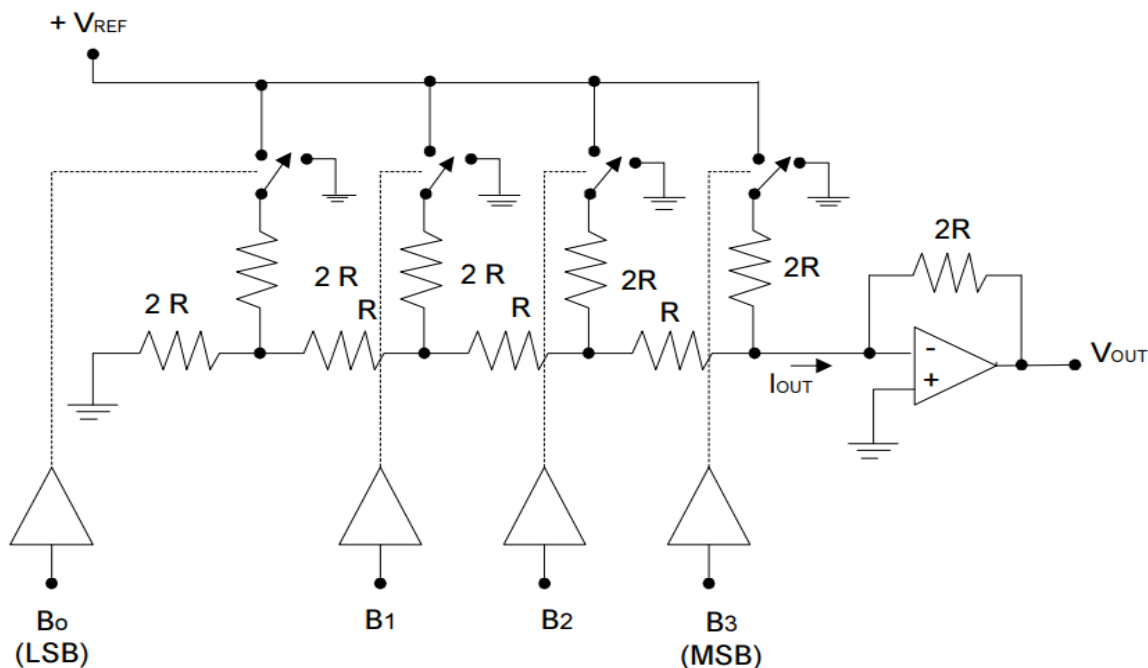
### **R/2R Ladder (narvon)**

Biz ko'rib chiqqan Raqamli-analog konvertor sxemalari ba'zi amaliy cheklovlarga ega. Eng katta muammo - eng kam ahamiyatli bit va eng muhim bit o'rtasidagi qarshilik qiymatlaridagi katta farq, ayniqsa yuqori aniqlikdagi Raqamli-analogli konvertorlarda. Qarshilikning juda yaqin qiymatidan foydalanadigan eng keng tarqalgan raqamli-analog konvertor sxemalaridan biri bu R/2R narvon (ladder) tarmog'idir. Bu yerda qarshilik qiymatlari faqat 2 dan 1 gacha bo'lgan diapazonni o'z ichiga oladi.

Rezistorlar qanday joylashtirilganiga e'tibor bering va faqat ikkita turli qiymatdan foydalaniladi, R va 2R. Joriy  $I_{OUT}$  to'rtta kalitning holatiga bog'liq va B3 B2 B1 B0 ikkilik kirishlari kalitlarning holatini nazorat qiladi. Ushbu oqim  $V_{OUT}$ ni ishlab chiqish uchun ishlaydigan kuchaytirgich oqim-kuchlanish konvertori orqali oqishiga ruxsat beriladi.  $V_{OUT}$  qiymati ifoda bilan berilganligini ko'rsatish mumkin.

$$V_{OUT} = \frac{-V_{REF}}{8} \times B$$

Bu yerda B - ikkilik kiritishning qiymati, u 000 (0) dan 1111 (15) gacha bo'lishi mumkin.



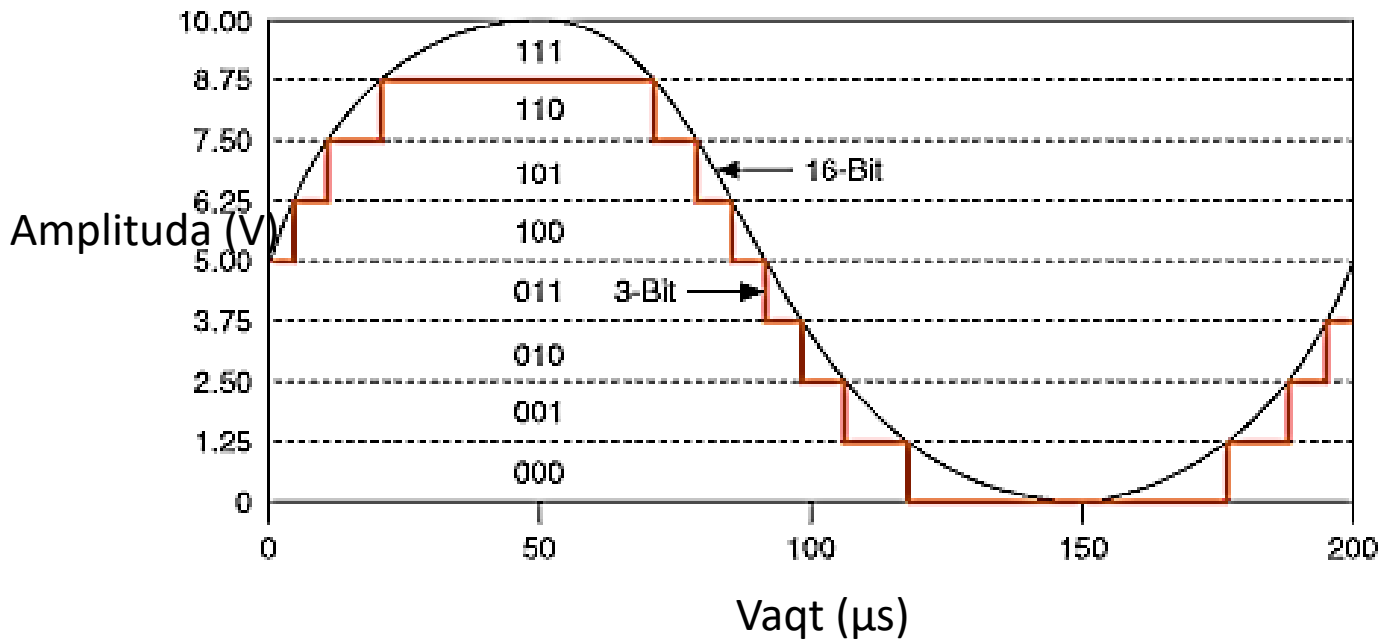
R/2R narvon (ladder) Raqamli-analog konvertor

### Raqamli-analogli konvertor (DAC) o'lchamlari

Raqamli-analog konvertorning (DAC) o'lchamlari raqamli namunalardan analog to'lqin shaklini qayta yaratishning aniqligini aniqlashda cheklovchi omil hisoblanadi. Agar Raqamli-analog konvertor ruxsati oshirilsa, to'lqin shaklida ko'proq ma'lumotlar mavjud. 3-bitli Raqamli-analog konvertor vertikal diapazonni sakkizta diskret darajaga ajratadi. 10 V vertikal diapazonda 3 bitli Raqamli-analog konvertor 1,25 V dan kichik kuchlanish farqlarini yarata olmaydi. Taqqoslash uchun, 65 536 diskret darajali 16 bitli Raqamli-analog konvertor 153 mkV gacha kuchlanish farqlarini yaratishi mumkin.

Quyidagi rasmda ikkita to'lqin shakli o'rtasidagi farq ko'rsatilgan. 16-bitli to'lqin shakli uzluksiz sinus to'lqinga o'xshaydi, lekin agar siz kattalashtirsangiz, 153 mkV diskret qadamlarni ko'rasiz. Ikkala to'lqin shakli ham diskret kuchlanish bosqichlaridan iborat, ammo 16-bitli versiya "sof" doimiy sinus to'lqin shakliga ancha yaqinroq ko'rinadi.

Yuqorida aytib o'tilganidek, DAC ning foizli ruxsati bitlar soniga bog'liq. 10-bitli DAC 8-bitli DACga qaraganda nozikroq (kichikroq) ruxsatga ega.



### Raqamli-analogli konvertor aniqliligi

Aniqlikni aniqlashning bir necha yo'li mavjud. Eng keng tarqalgan ikkitasi to'liq masshtabli xato va chiziqli xato deb ataladi. Odatda konvertorning to'liq miqyosdagi chiqishining foizi sifatida ifodalanadi (%F.S.)

To'liq masshtabli xato - bu Raqamli-analog konvertor chiqishining undan maksimal og'ishi to'liq masshtabning foizi sifatida ifodalangan kutilgan (ideal) qiymat. Misol uchun, DCA  $\pm 0,01\%$  to'liq shkala aniqligiga ega deb hisoblang. Ushbu konvertor 9,375 V to'liq hajmli chiqishga ega bo'lganligi sababli, bu foiz quyidagiga aylanadi

$$\pm 0.01\% \times 9.375 \text{ V} = \pm 0.9375 \text{ mV}$$

Bu shuni anglatadiki, ushbu Raqamli-analog konvertor chiqishi istalgan vaqtda kutilgan qiymatdan 0,9375 mV ga o'chirilishi mumkin.

Lineerlik xatosi - qadam o'lchamidagi ideal qadam o'lchamidan maksimal og'ish. Misol uchun, Raqamli-analog konvertor kutilgan qadam hajmi 0,625 V. Agar bu konvertorda  $\pm 0,01\text{F.S}$  chiziqlilik xatosi bo'lsa, bu haqiqiy qadam hajmi 0,9375 mV ga o'chirilishi mumkinligini bildiradi.

**Offset Error**  
**Ofset xato**

Ideal holda, ikkilik kirish 0 ga teng bo'lsa, DAC chiqishi nol volt bo'ladi. Amalda esa, bu holat uchun juda kichik chiqish kuchlanishi bo'ladi; bu ofset xatosi deb ataladi. Ushbu ofset xatosi, agar tuzatilmasa, barcha kirish holatlari uchun kutilgan DAC chiqishiga qo'shiladi. Ofset xatosi ijobiy va salbiy bo'lishi mumkin.

Ko'pgina DAC-larda ofsetni nolga tenglashtirishga imkon beruvchi tashqi ofset sozlamalari mavjud. Bu, odatda, barcha 0 larni DAC kirishiga qo'llash va chiqishni kuzatish orqali amalga oshiriladi, bunda ofsetni sozlash potansiyometri chiqish kerak bo'lganda 0 V ga yaqin bo'lgunga qadar sozlanadi.

### **Tartibga solish vaqti**

DAC o'rnatish vaqti - bu kirish kodini qo'llashdan boshlab, yakuniy qiymat atrofida ma'lum bir xato diapazoni ichida chiqishgacha o'tgan vaqt. Odatda to'liq o'lchovli 10V o'tish uchun ko'rsatilgan. Quydagi rasmda DAC o'rnatish vaqti uchta alohida komponentga ega ekanligini ko'rsatadi. Kechikish vaqti juda kichik va deyarli butunlay DAC va chiqish kuchaytirgichi orqali tarqalish kechikishiga bog'liq. Ushbu intervalda chiqish harakati yo'q. O'zgartirish vaqtida chiqish kuchaytirgichi maksimal tezlikda yakuniy qiymatga qarab harakat qiladi. Qo'ng'iroq vaqti kuchaytirgich burilishdan tiklanadigan va ma'lum bir xato diapazoni ichida harakatni to'xtatadigan hududni belgilaydi. Odatda aylanish va qo'ng'iroq vaqti o'rtasida o'zaro kelishuv mavjud. Tez aylanadigan kuchaytirgichlar odatda qo'ng'iroq qilish vaqtini uzaytiradi, bu kuchaytirgichni tanlash va chastota kompensatsiyasini murakkablashtiradi. Bundan tashqari, juda tez kuchaytirgichlarning arxitekturasi odatda DC xatolik shartlarini pasaytiradigan o'zaro kelishuvlarni belgilaydi.

DAC ning ishlash tezligi odatda uning o'rnatish vaqtini berish orqali aniqlanadi, bu DAC chiqishi noldan to'liq shkalaga o'tishi uchun zarur bo'lgan vaqt, chunki ikkilik kirish barcha 0 dan barcha 1 ga o'zgartiriladi. Cho'kish vaqti uchun odatiy qiymatlar 50 ns dan 10 mks gacha.

DAC o'lik vaqti kod DAC ga yuklangan paytdan boshlab analog chiqish yakuniy analog qiymatiga o'ta boshlagan vaqtga to'g'ri keladi. O'lik vaqt tafsilotlari DACga kirish raqamli kodini yuklash uchun ketadigan vaqt, ichki DAC almashtirish vaqtlari va chiqish kuchaytirgichining tarqalish kechikishidan iborat. Video kabi ko'plab ilovalarda bu o'lik vaqtni e'tiborsiz qoldirish mumkin.

O'lik vaqtdan keyin o'zgaruvchan vaqt. O'zgaruvchan vaqt davomida DAC chiqishi yakuniy qiymatning 10 foizidan 90 foizigacha o'tadi. Bu burilish holati DAC ning ichki kuchaytirgich kirishlari individual DAC op kuchaytirgichiga qarab ~100 mV dan 1 V(2) ga oshganida boshlanadi.

Kuchaytirgich bu o'zgaruvchan holatda bo'lsa-da, u qo'shimcha kirish DAC raqamli kod o'zgarishlariga javob bera olmaydi. Asosan, kuchaytirgichning kirish bosqichi haddan tashqari oshirilgan va kuchaytirgichning chiqish o'zgarish tezligi maksimal darajada. Umuman olganda, bu kuchaytirgichning ichki yoki tashqi DAC dan keyin topilgan xususiyatlari bilan boshqariladi.

### **Monotonlik**

Monotonlik.

Signalni raqamli holatdan analogga o'tkazgich monotonik hisoblanadi, agar uning chiqishi ikkilik kiritish bir qiymatdan ikkinchisiga oshgani sayin ortib borsa. Buni ta'riflashning yana bir usuli shundaki, zinapoyadan chiqishda pastga qadamlar bo'lmaydi, chunki ikkilik kiritish noldan to'liq masshtabgacha oshiriladi.

### **Signalni raqamli holatdan analogga o'tkazgich qurilmalari.**

Signalni raqamli holatdan analogga o'tkazgichlar raqamli kontaktlarning uzilishiga olib chiqishi analog qurilmani boshqarish uchun analog kuchlanish yoki oqimni ta'minlashi kerak bo'lganda ishlatiladi. Eng keng tarqalgan ilovalarning ba'zilari quyidagi paragraflarda tasvirlangan.

Boshqaruv.

Kompyuterning raqamli chiqishi deyarli har qanday jismoniy o'zgaruvchini boshqarish uchun vosita tezligini yoki pechning haroratini sozlash uchun analog boshqaruv signaliga aylantirilishi mumkin.

### **Avtomatik sinov**

Avtomatik sinov.

Kompyuterlar analog sxemalarni sinash uchun zarur bo'lgan analog signallarni (Signalni raqamli holatdan analogga o'tkazgichlar orqali) yaratish uchun dasturlashtirilishi mumkin. Sinov davrining analog chiqish javobi odatda Analogdan raqamligga o'tkazgich tomonidan raqamli qiymatga aylantiriladi va kompyuterga saqlanadi, ko'rsatiladi va ba'zan tahlil qilinadi.

### **Signalni qayta qurish**

## Signalni qayta qurish

Ko'pgina ilovalarda analog signal raqamlashtiriladi, ya'ni signaldagi ketma-ket nuqtalar ularning raqamli ekvivalentiga aylantiriladi va xotirada saqlanadi. Ushbu konvertatsiya analog-raqamli konvertor (ADC) tomonidan amalga oshiriladi. Keyin DAC saqlangan raqamlashtirilgan ma'lumotlarni bir vaqtning o'zida analog-bitta nuqtaga aylantirish uchun ishlatilishi mumkin va shu bilan asl signalni qayta tiklaydi. Raqamlashtirish va rekonstruksiyaning bu kombinatsiyasi raqamli saqlash osiloskoplarida, audio kompakt disk tizimlarida va raqamli audio va video yozuvlarda qo'llaniladi.

## Xulosa

Ushbu darsdagi biz quyidagilarni bilib oldik:

- ✓ Signallarni raqamli ko'rinishdan analog ko'rinishga o'tkazgich haqida umumiy tushunchalar va ishlash prinsiplari
- ✓ DAC sxematexnikasi va R/2R Narvon sxemasi
- ✓ Raqamli-analogli konvertor (DAC) o'lchamlari haqida umumiy tushunchalar
- ✓ Raqamli-analogli konvertor aniqliligi nima ekanligi va uning ta'siri
- ✓ Offset Error (Ofset xato) nima va uni qanday bartaraf etish mumkinligi
- ✓ Tartibga solish vaqti qanday aniqlanadi
- ✓ Monotonlik nima ekanligi
- ✓ Avtomatik sinov nima uchun kerakligi
- ✓ Signalni qayta ishlash haqida umumiy tushunchalar

## Foydalanilgan adabiyotlar

- 1) Electronics: A Systems Approach (6th edition), Neil Storey, Pearson Education UK, 2017
- 2) Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering, William Bolton, Pearson Education Limited 2015
- 3) Elektronika. X. Aripov, A. Abdullayev. Fan va texnologiya nashriyoti, 2011
- 4) wikipedia.org veb sayti
- 5) <https://www.planetanalog.com/dac-basics-part-5-settling-down-the-impact-of-the-dac/>

6) <https://www.analog.com/en/technical-articles/component-and-measurement-advances-ensure-16bit-dac-setting-time-part1.html#:~:text=DAC%20settling%20time%20is%20the,a%20full%2Dscale%2010V%20transition.>