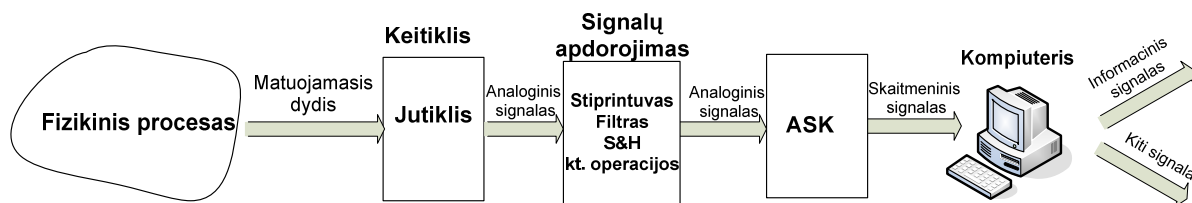


Analoginiai skaitmeniniai keitikliai (ASK)

Tipinė skaitmeninio matuoklio struktūrinė schema:



Pagrindinės ASK funkcijos – signalo atranka (angl. *sampling*) ir kvantavimas (angl. *quantization*).

Svarbūs parametrai:

signalo atrankos dažnis (angl. *sampling rate*)

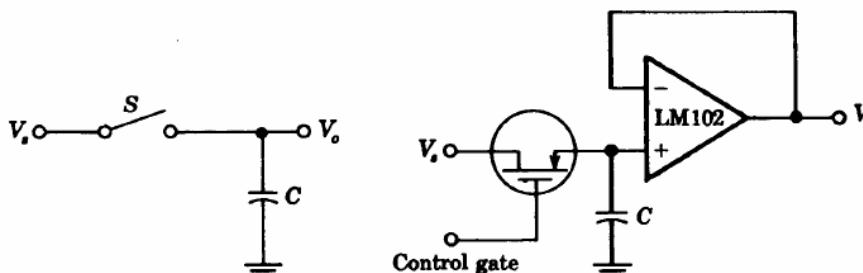
kvantavimo laipsnis (skiriamoji geba) (angl. *resolution*)

Nuo jų priklauso informacijos apie matuojamą signalą kiekis bei kokybė ir informacijos apdorojimo greitis bei kaina.

1

Signalų atranka

Signalas išrenkamas ir saugomas tam tikrą (paprastai pastovų) laiko tarpą. Signalo atranką vykdo signalo atrankos ir saugojimo (angl. *Sample & Hold*) schema.



Ši schema įėjimo signalą išlaiko pastovų (įkrauna kondensatorių), jei signalas ir kinta laike.

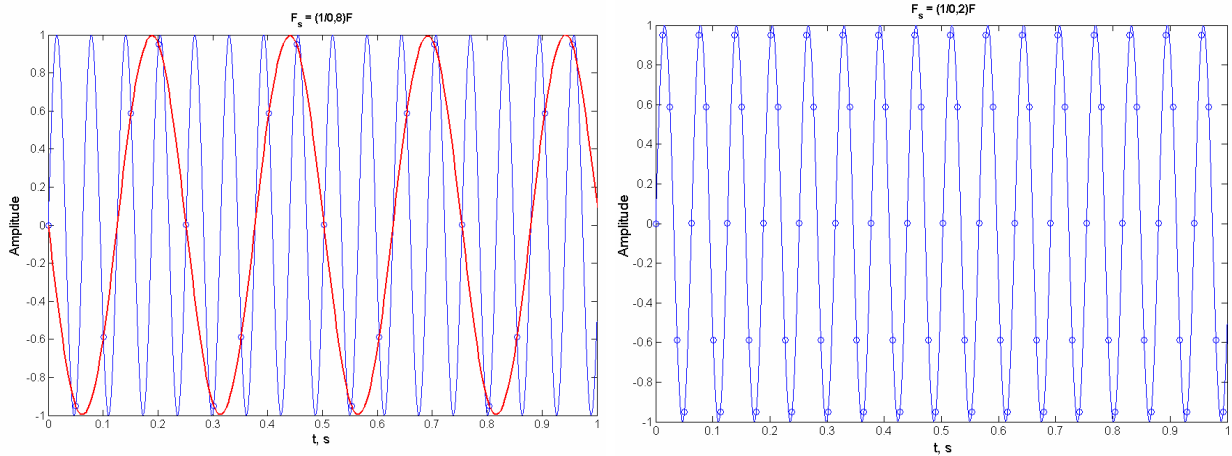
Vykdamt signalų atanką dalis informacijos yra prarandama. Labai svarbu, kad nebūtų prarasta **reikalinga** informacija. Tam tikslui yra sudaryta signalo atrankos metodika (tinkamas signalo atrankos dažnis). Pasirinkus per mažą signalo atrankos periodą, gaunama nesutaptis (angl. *aliasing*). Pvz., 2 kHz dažnio signalo vertes atrenkant kas 1,5 kHz, išėjime „atpažįstamas“ dažnis yra 500 Hz.

2

Nyquist-'o-Shannon'o teorema:

Vykdamt ribotos dažnio pralaidumo juostos signalų atranką, atrankos dažnis turi būti daugiau nei 2 kartus didesnis už didžiausią įėjimo signalo dažnį.

Signalų atranka, kai $F_s = 1,25F$ ir $F_s = 5F$



Pasirinkus per mažą atrankos dažnį, išėjime gaunama mažesnio dažnio išėjimo įtampa. Taigi, gaunamas klaidingas rezultatas.

3

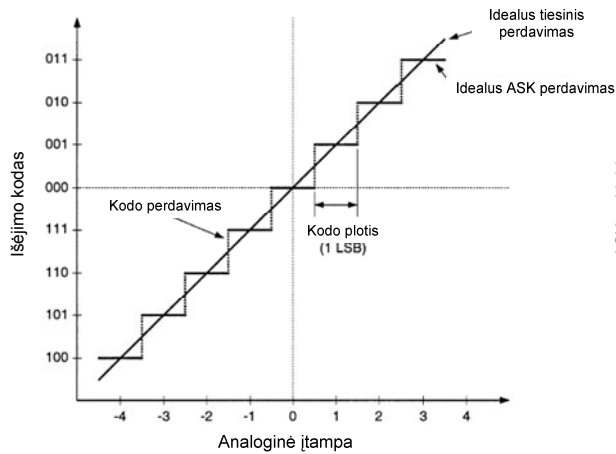
Signalų kvantavimas

Signalų atranka susijusi su signalo dažniu, o kvantavimas – su amplitude. Norint analoginį signalą pakeisti skaitmeniniu, reikia sudaryti skaičių, atitinkančių tam tikrą kvantuotą (išrinktą) signalo vertę, sąrašą. Šio sąrašo ilgis priklauso nuo ASK skiriamosios gebos (skilčių skaičiaus).

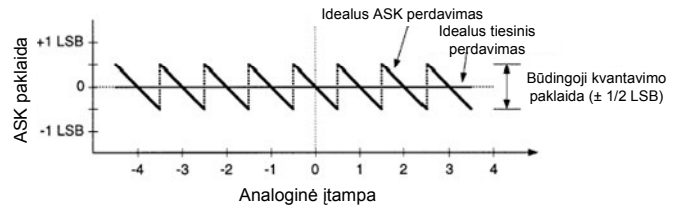
Kiekvienas diskretusis skaičius atitinka, tam tikrą analoginio signalo verčių diapazoną. Paprastai ASK iš sudaryto sąrašo pasirenka kodo vertę, kuri labiausiai atitinka analoginio signalo vertę (paprastai ieškoma mažiausio skirtumo tarp momentinės signalo vertės ir lentelėje įrašytos vertės). Ši taisyklė išreiškia analoginio signalo keitimo skaitmeniniu perdavimo funkciją – laiptuotą charakteristiką.

Pvz., 12 bitų ASK skiriamoji geba yra $2^{12} = 4096$, t. y. į lentelę galima įrašyti 4096 skirtingų kodų, atitinkančių tam tikras analoginio signalo vertes. Jei matuojamos įtampos maksimali vertė yra 10 V, tai ASK skiriamoji geba bus $10/4096 = 2,44$ mV. Tokiu atveju maksimali keitimo paklaida bus $2,44/2 = 1,22$ V.

4



3 bitų kvantavimo charakteristika



Kvantavimo paklaidos charakteristika

Čia analoginis įėjimo signalas keičiamas skaitmeniniu, turinčiu 8 galimas kombinacijas. Kiekvienas kvantavimo žingsnis (x ašies atžvilgiu) teoriškai yra vienodo ilgio ir vadinamas kodo pločiu (angl. *code width*). Žingsnio (kodo) plotis yra lygus vienam mažiausios vertės bitui *LSB* (angl. *LSB – Least Significant Bit*). Šiuo atveju *LSB* lygus 1 V, nes įtampos kitimo diapazonas nuo -4 V iki +4 V (iš viso 8 V).

Visada geriausia būtų turėti tiesinę (nelaипtuotą) perdavimo funkciją. Tuo atveju keitimo paklaida visada galėtų būti lygi nuliui. 5 pav. pateikta kvantavimo paklaidos (angl. *quantization error*) charakteristika. Ji gaunama atėmus tiesinės ir laiptuotos perdavimų funkcijos signalus. Idealiajame ASK kvantavimo paklaida būtų nedidesnė už $\pm 1/2$ LSB.

5

Pagrindinės ASK charakteristikos:

Įėjimo diapazonas (angl. *input range*) parodo įėjimo signalo kitimo ribas (diapazoną).

Skiriamoji geba (angl. *resolution*) – tai mažiausias įėjimo įtampos pasikeitimas, kurį ASK gali atpažinti.

Kodavimas

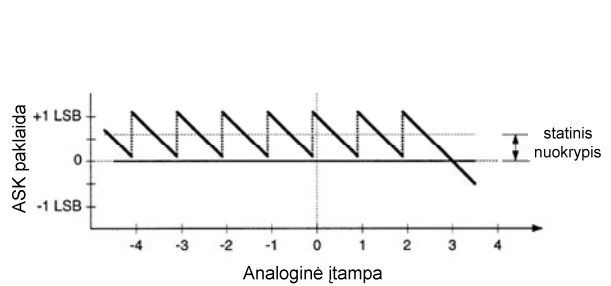
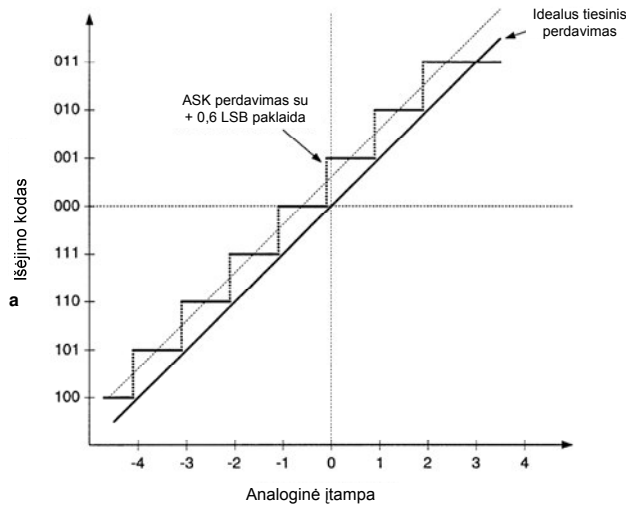
Yra keletas skirtingų išėjimo kodo pateikimo formatų. Vienodo poliškumo įtampos kodavimo atveju, išėjimo kode yra visi nuliai (pvz., 000), esant nulinei įtampai ir visi vienetai (pvz., 111), esant didžiausiai įtampai. Jei reikia užkoduoti skirtingo poliškumo įtampą, tai nulinis kodas (pvz., 000) nebeatitinka nulinės įtampos. Tuo atveju invertuojamas pats svarbiausias bitas *MSB* (angl. *MSB – Most Significant Bit*), tolesnis kodavimas toks pat kaip ir vienodo poliškumo įtampos kodavimo atveju. Čia neigiamą didžiausią įtampą atitiks kodas 100...00, nulinę – 000...00, didžiausią teigiamą – 011...111.

6

Tiesinės paklaidos

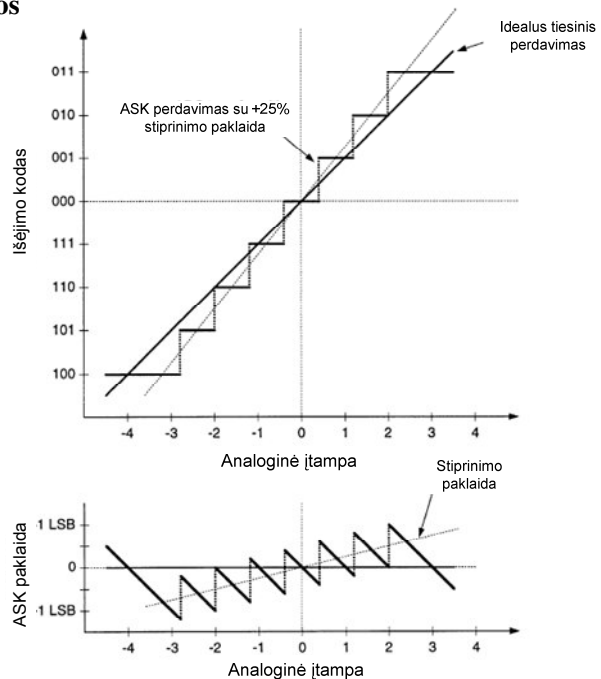
Tiesinės paklaidos yra pačios didžiausios ir dažniausios. Tačiau paprastai jas lengviausia ištaisyti panaudojus kalibravimo ir korekcijos procedūrą. Tiesinės paklaidos neiškraipo perdavimo funkcijos, o tik tam tikru būdu pakeičia išėjimo kodo ir įėjimo įtampos santykį.

ASK charakteristikos turinčios 0,6 LSB statinį nuokrypį:



7

ASK 3 bitų kvantavimo ir paklaidos charakteristikos turinčios 25 % stiprinimo nuokrypį



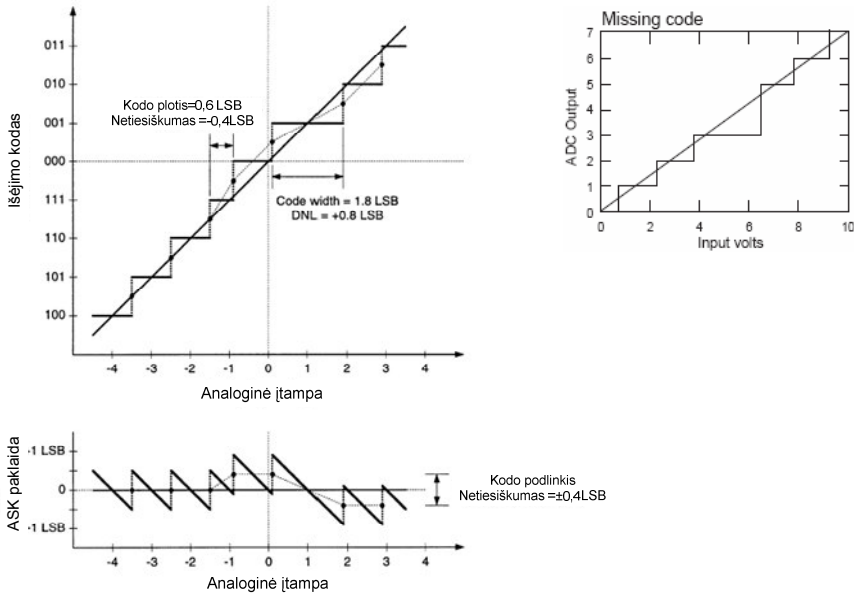
Statinis nuokrypis gali būti kompensuotas pridendant (atimant) reikiamo dydžio fiksuotą įtampą. stiprinimo paklaidos kompensuojamos panaudojant potenciometrus, įtampos stiprintuvus arba skaitmeninį kodą padauginant iš konstantos.

8

Netiesinės paklaidos

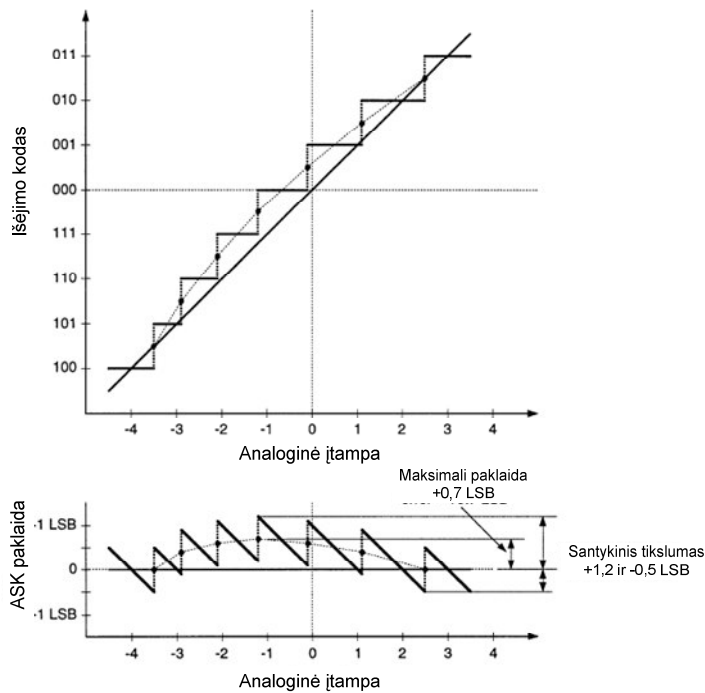
Netiesines paklaidas yra žymiai sunkiau kompensuoti nei tiesines. Netiesiškumai yra apibrėžiami dviem būdais: diferencialiniu ir integraliniu.

Diferencialinis netiesiškumas parodo kodo pločio nuokrypį, lyginant su idealiuoju, lygiu 1 LSB. Pasitaiko atveju, kada ASK nefiksuoja tam tikrų įtampos pokyčių, tai vadinama „trūkstamu arba dingusiu kodu“.



9

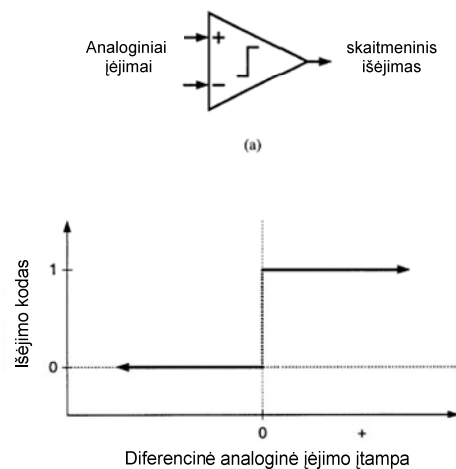
Integralinis netiesiškumas parodo kodo nuokrypį lyginant su idealiąja perdavimo charakteristika.



10

ASK tipai

Pagrindinis ASK elementas – komparatorius (bet kuris ASK turi bent jau vieną). Pats komparatorius yra 1 bito ASK.

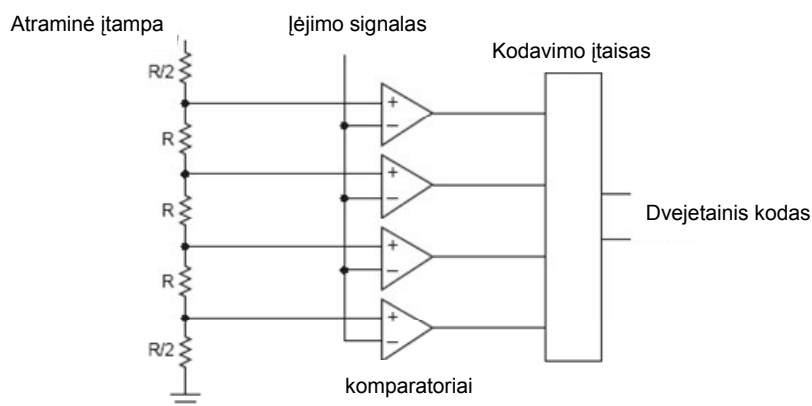


ASK taip pat turi atraminės įtampos šaltinius, kurių amplitudės lygios maksimaliai keičiamai įtampai bei analoginės įtampos ir skaitmeninio kodo sąryšio lenteles.

11

Akimirkiniai (angl. *flash*) arba lygiagretieji ASK

Tai patys greičiausi ASK. Tačiau čia yra ribota skiriamoji geba iki 10 skilčių. Skiriamąją gebą riboja didelis lygiagrečiai dirbančių komparatorių skaičius, kurių yra 2^n .

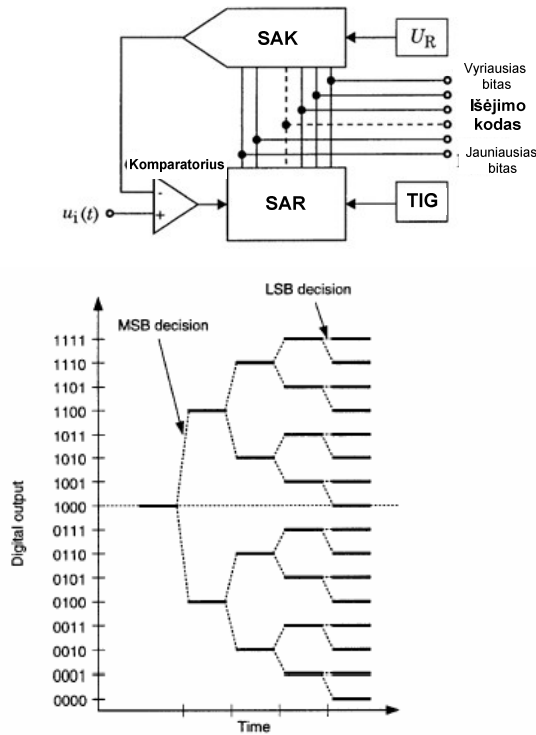


Rezistorių įtampos daliklis paskirsto komparatoriams atraminę įtampą, kuri vienu metu lyginama su įėjimo įtampa. Jei atraminė įtampa yra didesnė už įėjimo, komparatoriaus išėjime formuojamas aukšto lygio signalas – loginis vienetas. Jei atraminė įtampa yra mažesnė už įėjimo, komparatoriaus išėjime formuojamas žemo lygio signalas – loginis nulis. Tokiu būdu visų komparatorių išėjimuose gaunamas „termometro kodas“, savo prigimtimi panašus į termometro skalę. Toliau „termometro kodas“ keičiamas įprastu dvejetainiu.

12

Nuoseklojo priartėjimo registras SAR (angl. Successive Approximation Register) ASK

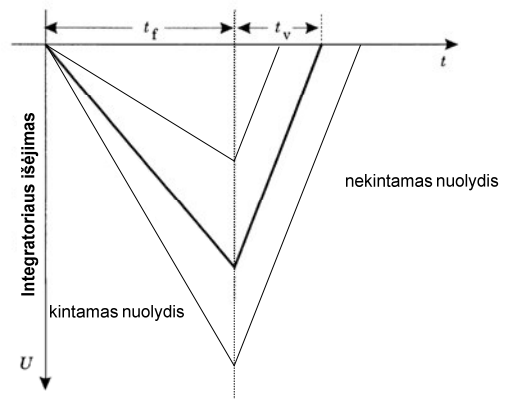
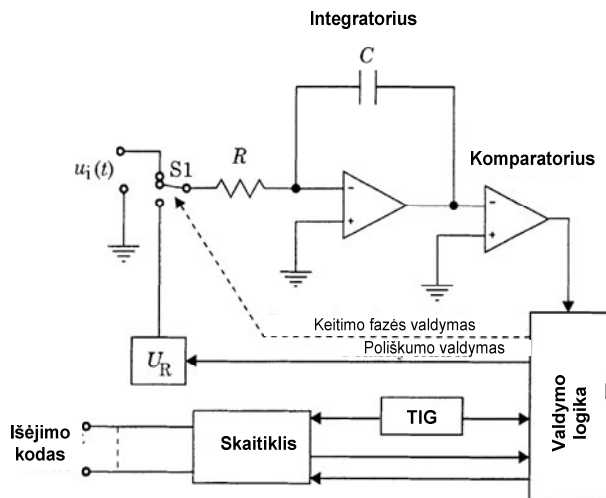
Tai labiausiai paplitę ASK. Jų skiriamoji geba siekia iki 16 bitų. Greitis mažesnis nei *flash* ASK. SAR ASK sudaro didelio greičio SAK, komparatorius (grįžtamojo ryšio grandinėje), nuoseklojo priartėjimo registras. Įtampos keitimas kodu vyksta nuosekliai pabičiuui, artėjant prie įėjimo įtampą atitinkančio kodo vertės.



13

Integruojantys ASK

Integruojantys ASK naudojami lėtai laike kintantiems signalams koduoti. Jų privalumas – nesudėtinga konstrukcija



$$\frac{1}{RC} \int_0^t U_i dt = \frac{t_v}{RC} U_R$$

$$U_i = U_R \frac{t_v}{t_f}$$

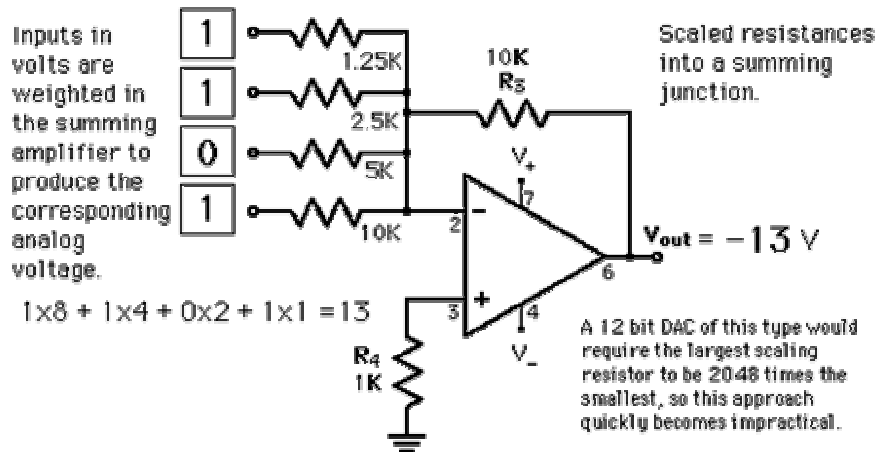
14

Skaitmeniniai analoginiai keitikliai (SAK)

Jie keičia skaitmeninį kodą analoginiu signalu

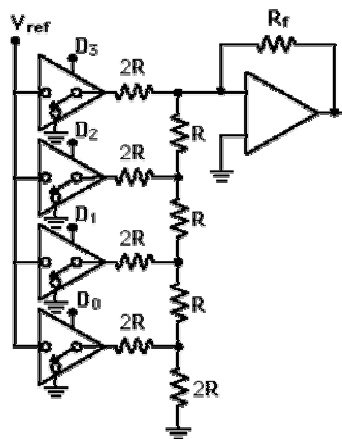
SAK tipai

Sumuojantis stiprintuvas



15

R-2R laiptuotas SAK



$$V_{out} = \frac{R_f}{R} V_{ref} \left[\frac{D_0}{16} + \frac{D_1}{8} + \frac{D_2}{4} + \frac{D_3}{2} \right]$$

Privalumas: šį SAK sudaro įėjimo varžos, kurių vertės R ir 2R. Čia nėra problemos, susijusios su dideliu įėjimo varžų diapazonu, esant dideliame bitų skaičiui.

16