

Digitál-analóg átalakítók (D/A konverterek)

1. A gyakorlat célja

Digitál-analóg konverterek szerkezeti felépítése, működése, egy négy bites DAC karakterisztikájának felrajzolása, valamint az átalakítási hibák tanulmányozása.

2. Elméleti bevezető

A D/A konverterek numerikus jelet analóg jellé alakítanak át, rendszerint feszültséggé, melynek értéke arányos a bemenetre kapcsolt bináris számmal. A statikus átviteli karakterisztika egyenlete a következő képpen írható:

$$U_o = N \cdot U_{ref} = U_{ref} \cdot \sum_{k=1}^n a_k 2^{-k} \quad (10.1.)$$

U_o – kimeneti feszültség

U_{ref} –referencia feszültség, amely az átalakításhoz szükséges, annak alapján képezi a kimeneti feszültséget és egyben meghatározza annak maximális értékét

N – a bemenetre kapcsolt bináris szám, mely n számú bitből áll

A D/A átalakítók jellemző paramétere a válasz idő T_v , ami a bemeneten a bináris szám megjelenése és a kimeneten az analóg jel megjelenése közt eltelt idő. Egy másik paraméter, mely az átalakítás pontosságát határozza meg a lépés vagy kvantum.

$$q = \frac{U_{max}}{2^n} \quad (10.2.)$$

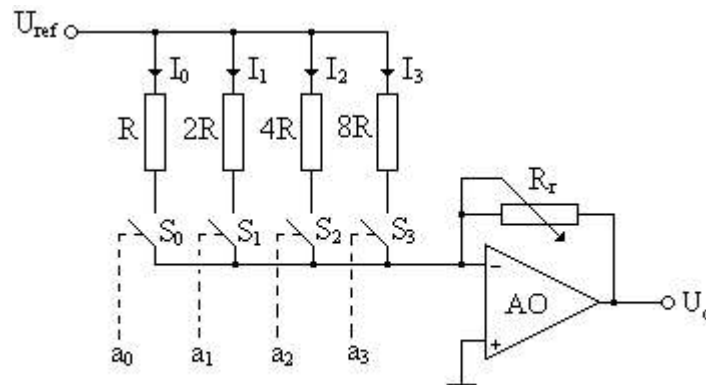
$U_{max} = U_{ref}$ – a maximális kimeneti feszültség.

n - a bináris számot alkotó bitek száma. Innen látható, hogy ugyanannál a referencia feszültségnél, ha a bitek száma nő, a felbontóképesség nagyobb, a lépés kisebb, a pontosság, amivel megközelíti a kimeneti feszültség a bináris számot (vagy fordítva) nagyobb. A kvantumokat még úgy is meghatározhatjuk, mint az a kimeneti feszültség változás, amit a legkisebb helyértékű bit megváltozása okoz. Egy adott U_{ref} –nál és egy adott típusú konverternél a q = állandó.

A leggyakrabban használt D/A konverter típusok, R-2R ellenállás hálózatot vagy súlyozott ellenállás hálózatot használnak.

A (10.1.) ábrán egy súlyozott ellenállás hálózattal rendelkező, 4 bites D/A átalakító látható. Az AO műveleti erősítő összegező áramkörként működik és összeadja az I_0, I_1, I_2, I_3

áramokat az S_0, S_1, S_2, S_3 , kapcsolók helyzetétől függően. Az S_k bezárva ($k=0\div3$), $\Rightarrow a_k = 1$ ($k=0\div3$), ha S_k nyitva, akkor $a_k = 0$. Az R_r ellenállás az erősítést határozza meg, és úgy állítjuk be, hogy amikor a bináris szám maximális ($a_k = 1, k = 0\div3$) a kimeneti feszültség is maximális legyen.



10.1.ábra

A (10.2.) ábrán egy négy bites súlyozott ellenállás hálózattal működő D/A konverter részletes rajza található, két változatban. Az első változatnál az S_k kapcsolókat tranzisztorok segítségével valósítottuk meg ($T_1...T_4$ BC171 típusú tranzisztorok), a második esetben pedig INVERTER kapukkal (CDB404 és CDB406). A műveleti erősítő (βA 741) összegezi az ellenállás hálózat áramait. Egy adott ág árama:

$$I_k = \frac{U_{ref}}{R \cdot 2^k} = \frac{5V}{R \cdot 2^k}$$

(10.3.)

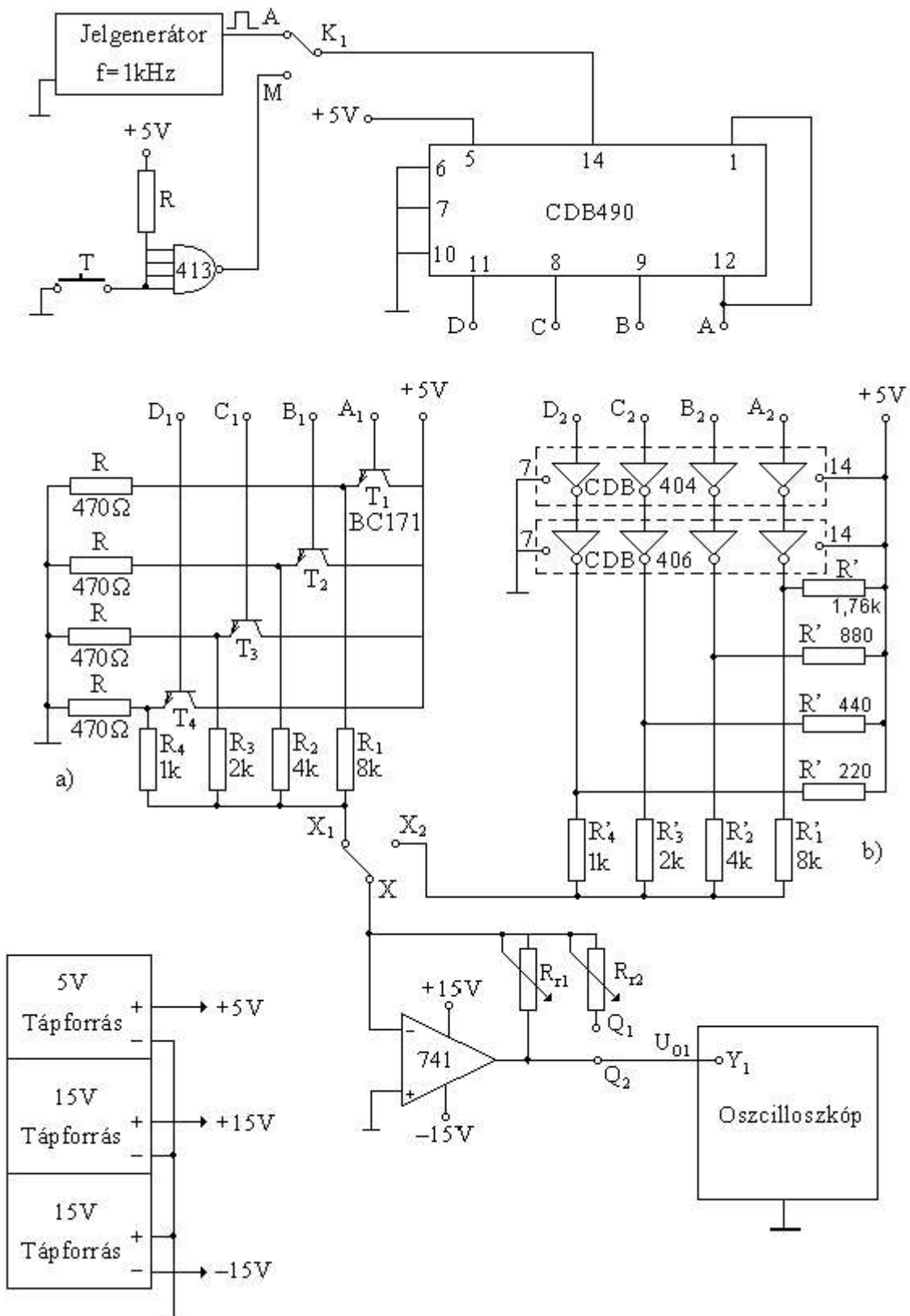
A kimeneti feszültséget U_{o1} voltmérővel mérhetjük, vagy az oszcilloszkóp Y_1 bemenetére kötjük.

Az AO2 műveleti erősítő komparátorként működik, melynek egyik bemenetén az U_{o1} feszültség, másik bemenetén egy referencia feszültség van. Ez utóbbit a P potenciométerrel változtathatjuk. Így egy A/D átalakítót szimulálhatunk. Ha U_{o1} nagyobb, mint a referencia feszültség a komparátor kimenete "1", ha U_{o1} kisebb, a komparátor kimenete "0".

A K_1 kapcsoló helyzetének megváltoztatásával az áramkört kézi vezérlésre alakíthatjuk át, az impulzusokat a T nyomógombbal adjuk és így lépésről-lépésre követhetjük a működést. Az oszcilloszkópon vagy voltmérőn a kimeneti egyenfeszültség lépcsők értékeit olvashatjuk le.

3. A mérés menete

A laboratóriumi mérőhelyen a 10.2. ábrán bemutatott áramköri rajznak megfelelő D/A konvertert találunk. Ezen megfigyeljük az a), illetve a b) variánsokat, azonosítjuk a bemeneteket, kimeneteket, kapcsolókat, amelyekkel áttérhetünk egyik variánsról a másik variánusra, valamint a betáplálási csatlakozókat.



10.2. ábra

3.1. Először az a) kapcsolási rajzon feltüntetett változatot tanulmányozzuk. Ennek megfelelően a következő kötések végessük:

- a CDB490 számláló kimeneteit a $T_1 \div T_4$ tranzisztorok bázisaira kapcsoljuk D-D₁; C-C₁; B-B₁; A-A₁.
- a súlyozott ellenállás hálózat kimenetét a műveleti erősítő bemenetére csatlakoztatjuk X-X₁
- a Q₁ és Q₂ csatlakozókat rövidre zárjuk
- az áramkört $\pm 15V$ és $5V$ tápláljuk
- az U₀₁ kimenetre az oszcilloszkóp Y₁ szondáját kapcsoljuk a kimeneti jel megjelenítésére.

A K₁ kapcsolót az A (automatikus) állásba kapcsolva a számláló bemenetére 1kHz-es órajelet kapcsolunk a jelgenerátorból. Az U₀₁ kimeneten a feszültséglépcsőket figyeljük meg.

Az oszcilloszkópon meghatározzuk a feszültséglépcsők számát, az egyes feszültséglépcsők értékét (ismerve az oszcilloszkóp V/div kapcsolójának állását), meghatározzuk a feszültséglépcsők közti különbséget, a kvantumot (q). Ismerve a feszültséglépcsők számát, meghatározhatjuk az egyes feszültséglépcsőknek megfelelő bináris számot (bináris kódot).

A 10.1. táblázatba az a) variánsnak megfelelő oszlopokba beírjuk a számolt és mért értékeket.

10.1.táblázat

Kimeneti lépcső száma	Bináris kód	U ₀₁ [V] a)		U ₀₁ [V] b)		q [V] a)		q [V] b)	
		A	M	A	M	A	M	A	M

2.1. A b) kapcsolási rajzon feltüntetett változat tanulmányozásához a következő módosításokat végessük:

- a számláló kimeneteit a logikai kapuk bemeneteire kötjük D-D₂; C-C₂; B-B₂; A-A₂
- az ennek megfelelő ellenállás hálózat kimenetét tesszük a műveleti erősítő bemenetére X-X₂
- a K₁ kapcsolót szintén az A pozícióba kapcsoljuk.

Hasonlóan járunk el, mint az előző esetben és az adatokat a 10.1. táblázatba a b) variánsnak megfelelő oszlopokba írjuk

A K₁ kapcsolót az M (manuális) pozícióba téve is megfigyelhetjük a konverterek működését, ebben az esetben az U₀₁ kimenetre voltmérőt teszünk. Ugyanazokat a méréseket végessük el mint az előző esetben. Az adatokat szintén a 10.1.táblázatba írjuk a megfelelő oszlopokba.

Minden két szomszédos feszültséglépcső közt meghatározzuk a kvantumot (q), a következő összefüggéssel:

$$q_{(k)} = U_{o1(k)} - U_{o1(k-1)} \quad (10.4.)$$

Ismerve a maximális kimeneti feszültséget U_{omax} , a bitek számát (n), kiszámoljuk a 10.2 összefüggés alapján az ideális kvantumot, majd meghatározzuk a különbséget: $\Delta q = (q - q_i) \quad [\%]$

Megrajzoljuk mindkét variáns karakterisztikáját.

4. Kérdések, megjegyzések

- 4.1. A mért és számolt adatok, valamint a karakterisztika alapján határozzátok meg, melyik variáns a pontosabb. Miért?
- 4.2. Milyen szerepet töltenek be a tranzistorok, illetve az invertáló kapuk?
- 4.3. Ha növeljük a D/A konverter kimeneti feszültségét ugyanannál a bemeneti bitkombinációnál, hogyan változik a q (kvantum)? Mit kell tenni, hogy a q változatlan maradjon?
- 4.4. A 10.2. ábrán levő R_{r1} és R_{r2} potenciométereknek mi a szerepe?
- 4.5. Keressetek D/A konvertereket (legalább kettőt) és \Leftrightarrow játok le röviden működési elvüket!