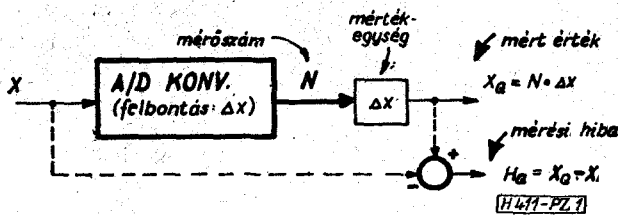


Kvázistatisztikus modell A/D konverter hatásának becslésére

ETO 519.22:681.34

Az A/D konverzió (kvantálás) hatásának leírásánál előnyös a bemenő jelet véletlén változónak tekinteni; a statisztikus vizsgálatnál azonban az eszközre determinisztikus modell, azaz konstans döntési szintek a hipotézis [1-7]. Lényegesen jobb becslés (mert az eszköz további hibaforrásaival is számol) a statisztikus modell, amely az aktuális csatorna-profil felhasználásával jellemzi az A/D konverter statisztikai hatását.

Tekintsük az 1. ábra szerinti funkcionális vázlatot: globálisan egyenletes kvantálást tételezünk fel (vagyis



1. ábra

a Δx felbontás=mértékegység), a mérés szám $N=i$ egész értékű lehet, és normált:

$$W = \frac{X}{\Delta x}, \quad n_Q = \frac{H_Q}{\Delta x} = N - W$$

változókat használunk, a $W=w$ aktuális érték valós szám. Egydimenziós esetet és telítésmentes működést véve i mérés szám fellépésének valószínűsége rögzített bemenet feltételezésével:

$$\begin{aligned} P\{i|W=w\} &= \lim_{\epsilon \rightarrow 0} P\{i|w < W \leq w + \epsilon\} = \\ &= \frac{p(w|N=i) \cdot P\{N=i\}}{p_W(w)} \end{aligned}$$

és ez alapján — ami számunkra a továbbiakban lényeges — a legáltalánosabb leírást biztosító együttes eloszlás és karakterisztikus függvény:

$$\begin{aligned} P(i, w) &= P\{i|W=w\} \cdot p_W(w) \\ \varphi_{N, W}(u_1, u_2) &= \int_{-\infty}^{\infty} dw \sum_i P(i, w) \cdot e^{k(u_1 i + u_2 w)}, \end{aligned} \quad (1)$$

ahol $p_W(w)$ a bemenet sűrűségfüggvénye, $P\{i|W=w\} = P_i(w)$ pedig — rögzített i mellett w függvényében — a csatorna-profil. Szükségképpen

$$\sum_i P_i(w) = 1. \quad (2)$$

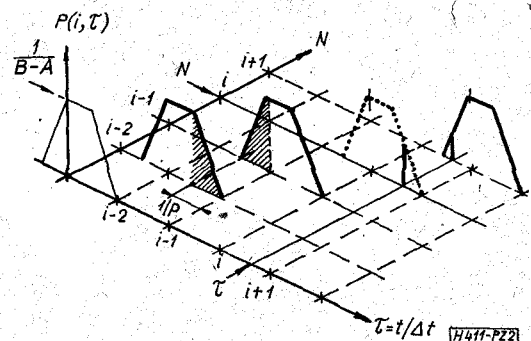
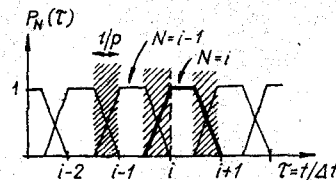
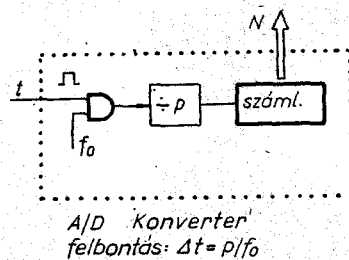
A csatorna-profil mérhető (becsülhető) az aktuális eszköznél [8, 11, 12], így ismeretében statisztikusan modellezhető az A/D konverter.

A számításokat lényegesen egyszerűsíti — és gyakran elegendő becslés — kvázistatisztikus modell alkalmazása, amikor is minden i -re azonos

$$P_i(w) = P_x(w-i) \quad (3)$$

csatorna-profil formát veszünk. Ezt az esetet vizsgáljuk a továbbiakban; egy példát szemléltet N és $w=\tau$ együttes eloszlására a 2. ábra [10] (a jó áttekinthetőség érdekében τ az $[A, B]$ intervallumon egyenletes eloszlású). Felhasználva $p_W(w) \leftrightarrow \varphi_W(u) = M\{\exp(juw)\}$ ismeretét, az előbbi $P_x(z) = P_i(z+i)$ feltétellel (ahol $z=w-i$), és

$$\begin{aligned} \Phi_x(u) &= \int_{-\infty}^{\infty} P_x(z) \cdot e^{-juz} dz \\ P_x(z) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \Phi_x(u) \cdot e^{juz} du \end{aligned} \quad (4)$$



2. ábra

egyszerűsítő jelöléssel (1) alapján adódik:

$$\varphi_{N, W}(u_1, u_2) = \sum_k \varphi_W(u_1 + u_2 + 2\pi k) \cdot \Phi_x(u_1 + 2\pi k)$$

$$P(i, w) = \frac{1}{(2\pi)^2} \int_{-\pi}^{\pi} du_1 \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_{N, W}(u_1, u_2) e^{-j(u_1 + u_2 w)} du_2, \quad (5)$$

$k=0, \pm 1, \pm 2, \dots$ Ez a kvázisztatikus modellel történő leírás alapösszefüggése elsőrendű (korrelálatlan) statisztikára. Az együttes karakterisztikus függvény u_1 mentén 2π szerint periodikus.

Az A/D konverterről csak a (mérhető és a bemenet eloszlásától független) $P_x(z)$ csatorna-profil ismeretét tételezzük fel, egyébként fekete doboznak tekintjük. $\Phi_x(u)$ a $z=w-i$ normalizált változóra a adott csatorna-profil Fourier-transzformáltja (u valós változó); s az eltolási-tétel alkalmazható csatorna-profil eltolás esetén. (5)-ből már jól ismert módszerekkel — többek között a karakterisztikus függvény momentum generáló tulajdonságát felhasználva — bármely szükséges statisztika közvetlenül előállítható.

Néhány illusztratív példa: a kimenetre

$$\varphi_N(u) = \varphi_{N, W}(u, 0) = \varphi_W(u) \cdot \Phi_x(u) + \sum_{k \neq 0} \varphi_W(u + 2\pi k) \cdot \Phi_x(u + 2\pi k)$$

és jól szemléltethető, hogy „ q -limitált” (azaz jó becsléssel $\varphi_W(q) \approx 0$, ha $|q| \geq 2\pi$) esetben additív-modellt használhatunk a várható értékek (momentumok) előállításához, s ennek hibabecslése is megadható. A mérési hibára

$$\varphi_n(u) = \varphi_{N, W}(u, -u) = \Phi_x(u) + \sum_{k \neq 0} \varphi_W(2\pi k) \cdot \Phi_w(u + 2\pi k),$$

és ebből adódóan

$$p_n(u_Q) = P_x(-n_Q) \left[1 + \sum_{k \neq 0} \varphi_W(2\pi k) \cdot e^{j2\pi k n_Q} \right].$$

a hiba sűrűségfüggvénye (általánosabban lásd [10], a hiba várható értékeit adja meg egy specifikus esetben [9]); a hiba és bemenet együttes karakterisztikus függvénye $\varphi_{n, W}(v_1, v_2) = \varphi_{N, W}(v_1, v_2 - v_1)$, ezzel a gyakran használható lineáris becsléshez:

$$\begin{aligned} \text{Cov}\{n_Q, w\} &= \mathbf{M}\{n_Q \cdot w\} - \mathbf{M}\{n_Q\} \cdot \mathbf{M}\{w\} = \\ &= 0 + \sum_{k \neq 0} \frac{\partial \Phi_x(2\pi k)}{\partial u} \left[\frac{\partial \varphi_W(0)}{\partial u} \cdot \varphi_W(2\pi k) - \frac{\partial \varphi_W(2\pi k)}{\partial u} \right], \end{aligned}$$

ahol $\partial \varphi_W(0)/\partial u = j\mathbf{M}\{w\}$; és így tovább. Megjegyzések: 1. A (2) feltétel alapján igazolható, hogy valóban $\varphi_W(u) = \varphi_{N, W}(0, u)$. 2. A dimenziós mennyiségek egyszerű lineáris transzformációival ($W \leftarrow X; N \rightarrow X_Q, n_Q \rightarrow H_Q$) vehetők figyelembe.

Könnyen belátható, hogy a kvázisztatikus modellel speciális $P_x(z)$ választással — speciális esetként — adódnak a determinisztikus modellel nyert eredmények.

A számításokhoz $P_x(z) \leftrightarrow \Phi_x(u)$ analitikus formája — a mérési eredményekből történő approximációval — gyakran a gyakorlati esettel konzisztens matematikai modell segítségével is előállítható [10].

Illusztratív példaként: a 2. ábra szerinti esetben

$$P_x(z) = \begin{cases} p \cdot z + i & \text{ha } -1/p < z < 0 \\ 1, & \text{ha } 0 < z < 1 - (1/p) \\ (1-z) \cdot p, & \text{ha } 1 - (1/p) < z < 1, \end{cases} \quad (6a)$$

itt $p \geq 1$ valós konstans (többnyire $p=1$), így (4)-ből

$$\Phi_x(u) = \frac{\sin(u/2)}{u/2} \cdot \frac{\sin(u/2p)}{u/2p} \cdot e^{-ju[(p-1)/2p]}, \quad (6b)$$

Nyilvánvaló azonban, hogy ez egészen általános: bármely A/D konverterre érvényes, amelynél b szélességű — Δx mértékegységben — az átváltási (kapcsolási) sáv, és (6a) szerinti $p=1/b$ értékű a csatorna-profil! A $b \rightarrow 0$ eset a szokásos determinisztikus modell:

$$\Phi_x^*(u) = \frac{\sin(u/2)}{u/2} \cdot e^{-ju/2},$$

azaz 1 valószínűséggel $N=i$, ha $i < w < i+1$. Legyen $\lambda = (p-1)/2p$, ezzel (6b)

$$\Phi_x(u) = A(u) \cdot e^{-ju\lambda}$$

és így „ q -limitált” esetben pl. a mérési hibára

$$\mathbf{M}\{n_Q\} = -\lambda,$$

$$\text{Var}\{n_Q\} = -\frac{\partial^2 A(0)}{\partial u^2} = \frac{1}{12} \left[1 + \frac{1}{p^2} \right].$$

Az esetleges eltolás figyelembevétele — a fentiek alapján — nem okoz nehézséget.

Az ismert $\varphi_W(u_1 + u_2) = \varphi_{W, W}(u_1, u_2)$ kapcsolat felhasználásával az (5) alapegyenlet:

$$\varphi_{N, W}(u_1, u_2) = \sum_k \varphi_{W, W}(u_1 + 2\pi k, u_2) \cdot \Phi_x(u_1 + 2\pi k) \quad (5')$$

alakba is írható. Következésképpen egy W változó N kvantált értékének és egy másik, kvantálatlan Y változónak az együttes karakterisztikus függvénye:

$$\varphi_{N, Y}(u_1, u_2) = \sum_k \varphi_{W, Y}(u_1 + 2\pi k, u_2) \cdot \Phi_x(u_1 + 2\pi k), \quad (7)$$

ahol $\varphi_{W, Y}(u_1, u_2) = \mathbf{M}\{\exp[j(u_1 w + u_2 y)]\}$, ami W és Y együttes eloszlásának ismeretében meghatározható. A speciális esetek — mint előbb — közvetlenül megadhatók.

Nem jelent nehézséget két különböző kvantált változó együttes statisztikájának megadása sem; a leírás kézenfekvő módon kiterjeszthető kétdimenziós esetre, azaz stacionárius, korrelált bemenet kvantálására is.

A javasolt kvázisztatikus modell — bár az egyszerű számítás érdekében idealizálja az A/D konvertert — a mérhető csatorna-profil alapján a valósághoz közelebb álló becslést ad az eszköz aktuális statisztikai hatására, és speciális esetként tartalmazza a determinisztikus modellt.

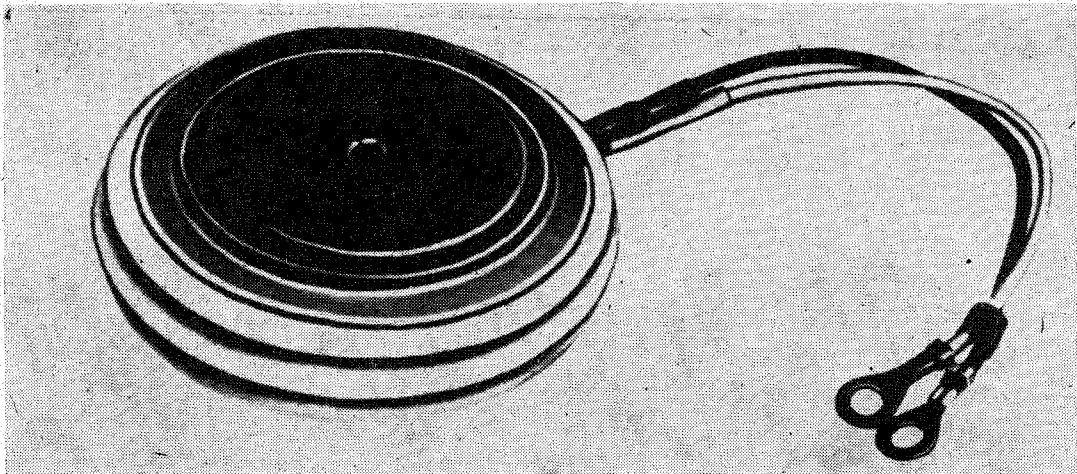
I R O D A L O M

[1] Widrow, B.: A study of rough amplitude quantization by means of Nyquist sampling theory. IRE Trans. on CT, No. 4. Dec. 1956. (266-276)

- [2] *Кослякин, А. А.*: Статистическая теория квантования по уровню. Авт. и телемех., №. 6. 1961. (722—729)
- [3] *Watts, D. G.*: A general theory of amplitude quantization with applications to correlation determination. IEE Monograph No. 481M, Nov. 1961.
- [4] *Korn, G. A.*: Random-process simulation and measurements (Chap. 6: „Statistical measurements with quantized data”). McGraw-Hill, New York, 1966.
- [5] *Саванов, В. Л.*: Влияние квантования на точность вычисления моментов случайных величин. Авт. и телемех., №. 10. 1973 (74—81)
- [6] *Requicha, A. A. G.*: Expected values of functions of quantized random variables. IEEE Trans. on COM, No. 7. July 1973. (850-854)
- [7] *Dr. Pápay Zs.*: Digitális mérés technika (J5—1109). Tankönyvkiadó, Bp. 1974.
- [8] *Gatti, E.—Manfredi, P. F.—Svelto, V.*: Some remarks about the sliding-scale for A/D converters. Int. symp. on Nuclear Electronics, Versailles, Sept. 1968.
- [9] *Элочевский, Е. М.—Николаев, В. М.—Самойленко, В. И.*: Оценка влияния вида выходной характеристики АЦП на характеристики шума квантования. Авт. и телемех., №. 11. 1974 (169—172)
- [10] *Dr. Pápay Zs.*: Az időtarlalom-kvantálás csatorna-profilja. Mérés és Automatika, 1975. 2. szám (46—49)
- [11] *Hetényi T.*: Kvantáló eszközök minősítési problémái; számítógép-vezérelt kvantáló tesztelés. IV. Orsz. Elektronikus Műszer és Mérés technikai Konferencia, Bp. 1976.
- [12] *Dr. Pápay Zs.—Hetényi T.—Csernák J.*: A/D konverter csatorna-profiljának tesztelése. IV. Orsz. Elektronikus Műszer és Mérés technikai Konferencia, Bp. 1976.
- [13] *Papoulis, A.*: Probability, random variables and stochastic processes. McGraw-Hill, New York, 1965.

Félvezető-alkalmazások előállításánál jó hatásfokot biztosít Önnek a gyártásban a félvezető építőkészlet

T 400 típusú tirisztor



Főbb műszaki jellemzők:

Záróirányú kapcsolt feszültség

3000 V $du/dt \approx 300 \dots 3000 \text{ V}/\mu\text{s}$

Áteresztőirányú áram $I_{T(AV)}$

400 A $di/dt = 50 \text{ A}/\mu\text{s}$ 1750 V

$T_c = 90^\circ\text{C}$

Áramtúlterhelés

7700 A max. 10 ms-ig

Kikapcsolási idő t_q

max. 250 μs

Működtetési hőmérséklettartomány

$-50 \dots 125^\circ\text{C}$

Exportőr:

Gyártó cég



ČKD PRAHA

pragoinvest

Cím: 180 56 Praha 9
Csehszlovákia