

# Časovna stabilnost občutljivosti zvočne kartice v akustičnih merilnih sistemih

Samo Beguš, Franc Policardi, Janko Drnovšek

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Tržaška 25, 1000 Ljubljana, Slovenija  
E-pošta: samo.begus@fe.uni-lj.si

## Time stability of sound card sensitivity in acoustic measurement systems

*The use of sound card is not limited to audio signals capture and playback. Modern external and some built-in sound cards are able to sample signals with sampling frequencies of 192 kHz and more, at a bit depth of 16 to 24 bits.*

*In this paper we have evaluated sensitivity stability and temperature dependence of two external USB sound cards: EMU 0404 and UGM96.*

### 1 Uvod

Uporaba zvočne kartice ni omejena le na zajemanje in predvajanje audio signalov. Moderne zunanje in tudi nekatere vgrajene zvočne kartice omogočajo delovanje s frekvencami vzorčenja 192 kHz in tudi več, pri bitni globini vzorčenja 16 do 24 bitov. Uporabi se jih lahko pri enostavnih merilnih sistemih, kot je npr. osciloskop [1], fonometer [2], audio analizatorji [3, 4], kot del sprejemnika in oddajnika radijskih signalov [5], analizator visokofrekvenčnih vezij [6], RLC meter [7], ipd. Omenjene aplikacije uporabljajo zvočno kartico kot digitalni voltmeter, merilnik faze, oziroma kot splošni sistem za zajemanje in generiranje analognih signalov. Poleg zvočne kartice je potrebna tudi ustrezna programska oprema.

Omejitev pri uporabi zvočne kartice lahko predstavljajo omejena pasovna širina, vgrajeno digitalno in/ali analogno visoko-propustno sito na vhodu in izhodu, omejeno dinamično območje, harmonska in intermodulacijska popačenja [8]. Zvočne kartice imajo lahko vhod izveden v simetrični obliki s tipično vrednostjo vhodne impedance 1 M $\Omega$  in 1 k $\Omega$ . Meritve skupnega harmonskega popačenja, razmerja signal/šum, frekvenčne odvisnosti zvočne kartice in intermodulacijskega popačenja so pogosto objavljene pri različnih primerjalnih testih zvočnih kartic in velikokrat uporabljajo kar samo zvočno kartico za generiranje testnih signalov in njihovo analizo.

V članku bomo izmerili stabilnost in temperaturno odvisnost občutljivosti zunanjih USB zvočnih kartic EMU 0404 in UGM96.

### 2 Zvočna kartica

Zvočna kartica EMU 0404 je zunanja zvočna kartica, katero že več let uspešno uporabljamo pri laboratorijskih vajah [9, 10] v funkciji analognega

sistema za zajemanje in generiranje testnih signalov. Zvočna kartica ima vhoda s kombiniranim konektorjem (XLR/6.3 mm) in avtomatskim preklopom, nastavljivim ojačanjem (0 dB do +65 dB) ter dvema neodvisnima izhodoma (linijski izhod in izhod z nizko izhodno impedanco za priključitev slušalk). EMU 0404 vsebuje kakovostna 24 bitna, analogno-digitalni (AK5385A) in digitalno-analogni pretvornik (AK4396) s frekvenco vzorčenja do 196 kHz, žal pa ima pomanjkljivo programsko opremo za novejšje operacijske sisteme.

Za primerjavo smo testirali tudi zunanjo zvočno kartico z nesimetričnim vhodom UGM96. Frekvenca vzorčenja je lahko največ 96 kHz pri bitni globini 24 bitov. Zvočna kartica uporablja CS5341 analogno-digitalni pretvornik in namensko integrirano vezje za digitalno-analogni pretvornik ter komunikacijski vmesnik.



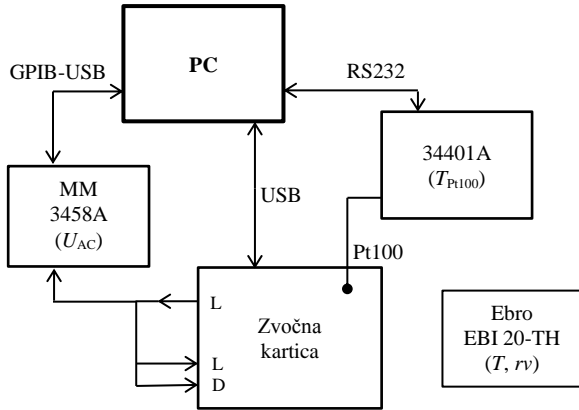
Slika 1: Zvočna kartica EMU 0404 (levo) in zvočna kartica UGM96 (desno).

### 3 Merilni sistem

Za merjenje stabilnosti in temperaturne odvisnosti občutljivosti zvočne kartice smo zgradili merilni sistem, ki meri amplitudo testnega signala z multimetrom Agilent 3458A, temperaturo zvočne kartice z platinastim uporovnim temperaturnim senzorjem in multimetrom Agilent 34401A ter temperaturo in relativno vlažnost okolice z merilnikom Ebro EBI 20TH, kakor je prikazano v sliki 2.

Za generiranje testnega signala smo uporabili kar testirano zvočno kartico. Preizkusili smo tudi možnost uporabe signalnega generatorja, vendar tako nimamo informacije o stabilnosti digitalno-analognega pretvornika z ojačevalniki, poleg tega je časovna stabilnost signala generiranega s signalnim generatorjem slabša za faktor 2 kot z zvočno kartico EMU 0404.

Multimeter 3458A je bil povezan z osebnim računalnikom preko GPIB-USB vmesnika, multimeter 34401A preko RS232 povezave, zvočna kartica preko vodila USB.

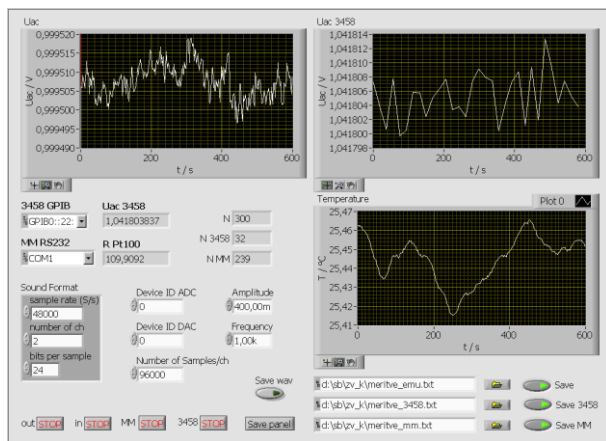


Slika 2. Merilni sistem.

Oprema je bila postavljena v klimatiziranem laboratoriju. Zvočni kartici sta bili postavljeni tudi v klimatsko komoro kjer se je med meritvijo občutljivosti temperaturni cikel s temperature 22 °C na 32 °C in nazaj na 22 °C.

### 3.1 Programska oprema

Merilni sistem je računalniško krmiljen z virtualnim instrumentom izdelanim v programskem okolju LabView. Nadzorna plošča je prikazana na sliki 3.



Slika 3. Nadzorna plošča virtualnega instrumenta za merjenje stabilnosti in temperaturne odvisnosti občutljivosti zvočne kartice.

Program je zasnovan iz štirih neodvisnih podprogramov: generiranje testnega signala za zvočno kartico, merjenje amplitude signala na levem (L) in desnem (D) vhodu zvočne kartice, merjenje amplitude izmeničnega signala z multimetrom 3458A in štirivodnim merjenjem upornosti temperaturnega senzorja Pt100. Temperatura se računa po enačbi Callendar–Van Dusen, z LabView podprogramom [11].

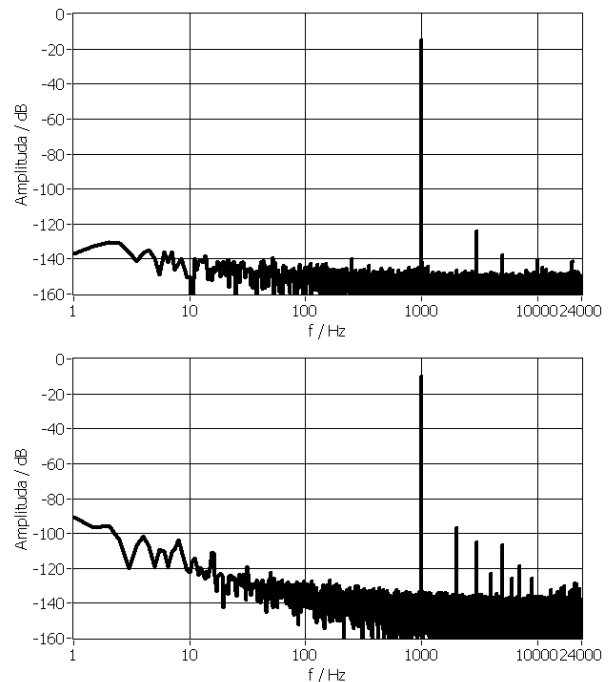
Zaradi različnih frekvenc vzorčenja tečejo vsi štirje podprogrami neodvisno, rezultati meritev pa se shranjujejo v tri datoteke. Generiranje in zajemanje signalov z zvočno kartico deluje brez prekinitev izvajanja programa le, če v programu ločimo generiranje in zajemanje signalov, kljub enaki frekvenci vzorčenja.

Multimeter 3458A ima najmanjši pogrešek pri merjenju izmeničnega signala v t.i. načinu delovanja s sinhronskim pod-vzorčenjem (Synchronous Sub-sampled Mode), pri frekvenci 1 kHz je največji relativni pogrešek 0,0002, temperaturni koeficient pa je manjši od 0,000012/°C.

Zaradi različnih hitrosti vzorčenja je potrebno pred primerjavo merjene signale z nižjo frekvenco vzorčenja ustrezno interpolirati. Merjenje amplitude signala zvočne kartice je potekalo programsko z izračunom učinkovite vrednosti zajetega signala v času trajanja 2 s. V vseh primerih je bil generiran testni signal s frekvenco  $f = 1$  kHz in amplitudo  $U = 1$  V<sub>rms</sub>. Frekvenca vzorčenja pri obeh zvočnih karticah je bila nastavljena na  $f_s = 48$  kHz.

## 4 Rezultati meritev

Na sliki 4 sta prikazana spektra merjenega signala pri obeh zvočnih karticah za desna kanala.



Slika 4. Spekter merjenega signala zajetega z EMU0404 zvočno kartico (zgoraj) in UGM96 zvočno kartico (spodaj).

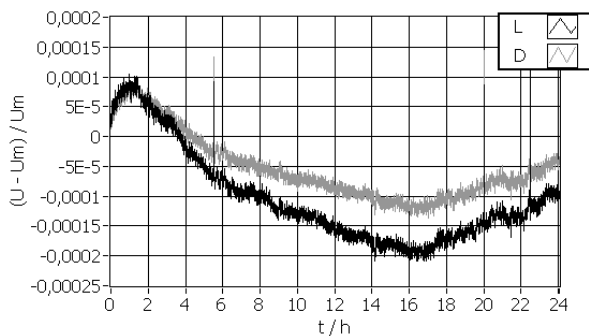
V tabeli 1 so izračunane občutljivost L in D kanala obeh zvočnih kartic pri temperaturi 22 °C. Občutljivost je podana kot največja vhodna napetost glede na 1 V.

Tabela 1. Občutljivosti zvočnih kartic pri temperaturi 22 °C: meritve in tovarniški podatki.

Zv. kartica / kanal	Meritev dB/V	Podatek dB/V
EMU / L	+11,64	+12
EMU / D	+12,00	+12
UGM / L	+6,71	+4,5
UGM / D	+6,67	+4,5

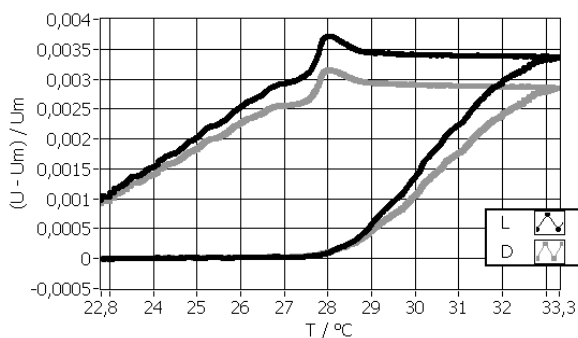
Občutljivost je bila izmerjena pri najmanjšem ojačanju predojačevalnika zvočne kartice EMU0404 in brez dodatnega ojačanja vhodnega signala v kontrolnem programu pri zvočni kartici UGM96.

#### 4.1 EMU 0404



Slika 5. Relativno odstopanje izmerjene napetosti  $U$  z zvočno kartico EMU 0404 in izmerjene napetosti z Agilent 3458A multimetrom  $U_m$  za oba kanala v obdobju 24 ur.

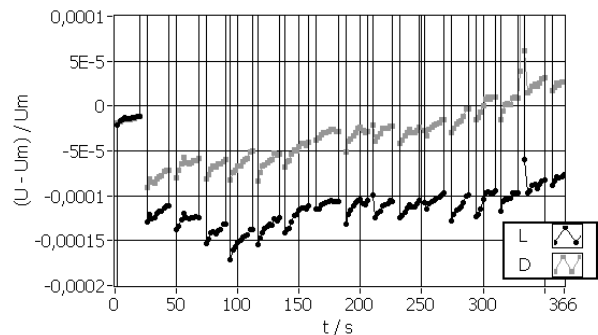
Na sliki 5 je prikazano relativno odstopanje izmerjene napetosti z zvočno kartico  $U$  in izmerjene napetosti z Agilent 3458A multimetrom  $U_m$  za oba kanala v časovnem obdobju 24 ur. Zvočna kartica in vsa merilna oprema je bila v laboratoriju s temperaturo okolice od 22,2 °C do 22,6 °C in relativno zračno vlago v območju od 51 % do 57 %.



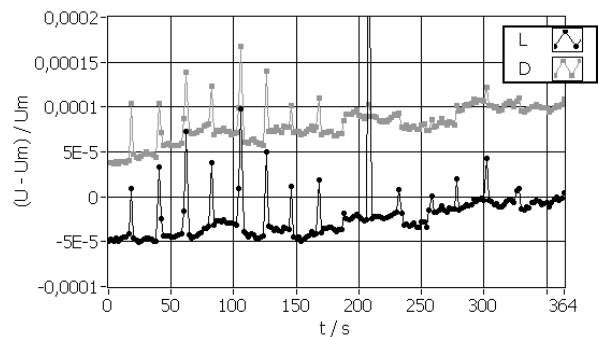
Slika 6. Relativno odstopanje izmerjene napetosti  $U$  z zvočno kartico EMU 0404 in izmerjene napetosti z Agilent 3458A multimetrom  $U_m$  v odvisnosti od temperature okolice.

Opazno je različno odstopanje izmerjene napetosti v odvisnosti od časa za oba kanala, kar je lahko posledica spreminjanja vrednosti upornosti potenciometra za nastavljanje ojačanja posameznega kanala in s tem tudi občutljivosti zvočne kartice. Največje relativno odstopanje je manjše od 0,0003. Relativna sprememba amplitude izhodne napetosti je 0,00004.

Temperaturna odvisnost občutljivosti pri zvočni kartici EMU0404 izkazuje histerezo, slika 6, Ocenjeni relativni koeficient temperaturne občutljivosti pa je  $+0,0003 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .



Slika 7. Relativno odstopanje nastavitve minimalnega ojačanja po spremembi nastavitve ojačanja na največjo vrednost in nazaj na minimalno, 16 ponovitev.

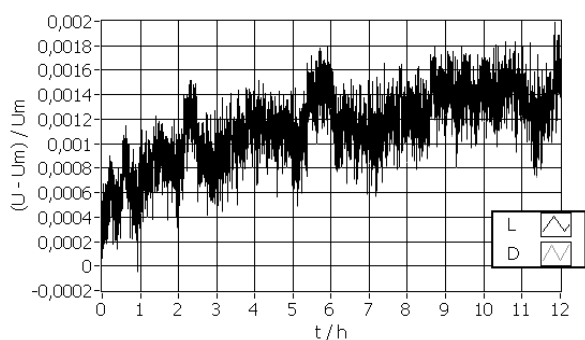


Slika 8. Relativno odstopanje nastavitve minimalnega ojačanja pri dotiku gumba za nastavev ojačanja, 15 ponovitev.

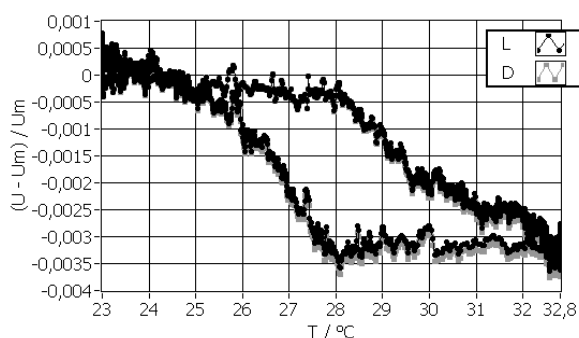
Zvočni kartici EMU04040 se nastavlja občutljivost s potenciometrom. Ponovljivost nastavitve ojačanja je najboljša pri najmanjšem ojačanju, meritve prikazuje slika 7. Zvočni kartici se je med merjenjem napetosti za kratek čas (1s) povečalo ojačanje na maksimum in nato nazaj na minimum. Največje relativno odstopanje od začetne nastavitve je 0,00017 za L kanal in 0,00009 za D kanal pri 16 ponovitvah. Že sam dotik gumba, brez spreminjanja položaja vpliva na občutljivost, kot kaže slika 8. Največje relativno odstopanje od začetne nastavitve je 0,00006 za L in D kanal pri 16 ponovitvah.

#### 4.2 UGM 96

Na sliki 8 je prikazano relativno odstopanje izmerjene napetosti z zvočno kartico  $U$  in izmerjene napetosti z Agilent 3458A multimetrom  $U_m$  za oba kanala v časovnem obdobju 12 ur. Zvočna kartica in vsa merilna oprema je bila v laboratoriju s temperaturo okolice od 22,1 °C do 22,3 °C in relativno zračno vlago v območju od 55 % do 58 %. Največje relativno odstopanje je manjše od 0,002, kar je za faktor 10 večje kot pri zvočni kartici EMU 0404. Relativna sprememba amplitude izhodne napetosti je 0,0001.



Slika 8. Relativno odstopanje izmerjene napetosti  $U$  z zvočno kartico UGM 96 in izmerjene napetosti z Agilent 3458A multimetrom  $U_m$  za oba kanala v obdobju 12 ur.



Slika 9. Relativno odstopanje izmerjene napetosti  $U$  z zvočno kartico UGM 96 in izmerjene napetosti z Agilent 3458A multimetrom  $U_m$  v odvisnosti od temperature okolice.

Ocenjeni relativni koeficient temperature občutljivosti pri zvočni kartici UGM96 je  $-0,0003 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$ .

Tabela 2. Standardni odklon  $s$  merjene napetosti  $U_{\text{gen}} = 1 \text{ V}$  z zvočno kartico, s korekcijo lezenja merjene napetosti pri različnih časih merjenja  $t$ .

Zv. kartica / kanal	$s / \mu\text{V}$ $t = 24 \text{ h}$	$s / \mu\text{V}$ $t = 12 \text{ h}$	$s / \mu\text{V}$ $t = 0,5 \text{ h}$
EMU / L	80	70	12
EMU / D	60	50	12
UGM / L		300	130
UGM / D		300	130

Pri merjenju napetosti  $U_{\text{gen}} = 1 \text{ V}$  z zvočno kartico je bil izmerjen tudi standardni odklon v različnih časovnih obdobjih, kakor prikazuje tabela 2. Pri meritvah je bilo upoštevano in korigirano lezenje merjene napetosti  $U_{\text{gen}}$ .

## 5 Zaključek

Rezultati meritev stabilnosti občutljivosti zvočne kartice EMU 0404 kažejo, da ima potenciometer za nastavljanje ojačanja predojačevalnika velik vpliv tudi pri nastavljenem minimalnem ojačanju.

Največje relativno odstopanje v časovnem obdobju 24 ur je bilo manjše od 0,0003; kratkoročna relativna stabilnost v obdobju 30 minut pa je bila manjša od 0,00005. Največje relativno odstopanje izhoda zvočne kartice v časovnem obdobju 24 ur je bilo manjše od 0,00004; kratkoročna relativna stabilnost v obdobju 30 minut pa je bila manjša od 0,00003. Z ustrezno predelavo, to je premostitvijo potenciometra za nastavljanje ojačanja, bi bilo možno izboljšati dolgoročno časovno stabilnost merjenja izmeničnih napetosti. Relativna ponovljivost nastavitve občutljivosti s potenciometrom je manjša od 0,0002.

Ocenjeni relativni temperaturni koeficient občutljivosti EMU 0404 je  $+0,0003 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$ , pri merjenju smo opazili histerezo, zvočna kartica UGM96 ima relativni temperaturni koeficient občutljivosti  $-0,0003 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$ .

## Literatura

- [1] Doug Mercer, Front End Turns PC Sound Card into High-Speed Sampling Oscilloscope, Analog Dialogue 45-11 Back Burner, November (2011); <http://www.analog.com/library/analogdialogue/archives/45-11/soundcard.pdf> (junij 2014);
- [2] Samo Beguš, Moderni pristopi k poučevanju akustike in ultrazvoka, Elektrotehniški vestnik 80(1-2): 27-33, 201333, 2013;
- [3] Wolfgang Büscher, Spectrum Analyzer with Waterfall Display and real-time audio processing. <http://www.qsl.net/dl4yh/spectra1.html>
- [4] Audio Measurement and Analysis Software <http://www.artalabs.hr/>
- [5] Gerald Youngblood, A software-defined radio for the masses: part 1. QEX 1-9, Jul-Aug 2002;
- [6] Thomas C. Baier, A Low Budget Vector Network Analyzer for AF to UHF, QEX, 46-54, Mar/Apr 2007;
- [7] Martin Klaper, Heinz Mathis, 2-Pound RLC Meter impedance measurement using a sound card, Elektor, 64-68 Junij 2008;
- [8] Franc Policardi-Antoncich, Some electrotechnical problems in audio, 19th International Electrotechnical and Computer Science Conference ERK 2010, Portorož, Slovenija 2010;
- [9] Samo Beguš. Avdio inženiring: gradivo za laboratorijske vaje. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, Laboratorij za metrologijo in kakovost, 2013;
- [10] Samo Beguš, Senzorji in zajemanje podatkov: gradivo za laboratorijske vaje. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, Laboratorij za metrologijo in kakovost, 2014;
- [11] Valentin Batagelj, Jovan, Bojkovski, Janko Drnovšek, Software integration in national measurement-standards laboratories. IET science, measurement & technology, 2(2): 100-106, Mar. 2008.