

Datum: 11.04.2009. god.

**Predmet:** Mišljenje o ispunjenosti kriterijuma za priznanje tehničkog rešenja

Na osnovu dostavljenog materijala, u skladu sa odredbama *Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja, i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača*, koji je doneo Nacionalni savet za naučni i tehnološki razvoj Republike Srbije ("Službeni glasnik RS", br. 38/2008) **recenzenti: Dr Milan Bajović- VTI Beograd i Doc.dr Tomislav Šekara – Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu** su ocenili da su ispunjeni uslovi za priznanje svojstva tehničkog rešenja sledećem rezultatu naučnoistraživačkog rada:

**NAZIV: Inercijalni elektronski merni modul M\_ACC\_GYRO-1/06 za merenje ubrzanja i ugaone brzine po tri ose** (Projekat sa ev. brojem govora 1364/2006 od 10.11.2006 od strane EdePro d.o.o, Beograd i ev. brojem govora Nv1-01 od 14.11.2006 od strane DSU Oziris, Kosmajnska 32, Sopot)

**Autori:** Željko Despotović- Institut "M.Pupin" Beograd, Miloš Živanović –EdePro, Beograd

**Kategorija tehničkog rešenja:** M(82) - industrijski prototip

### OBRAZLOŽENJE

Recenzentska komisija je utvrdila da je predloženo rešenje urađeno na zahtev preduzeća za digitalne sisteme automatskog upravljanja DSU Oziris, Kosmajnska 32, Sopot (<http://www.dsuoiziris.coolpage.biz>)

**Subjekt koji rešenje koristi:** Preduzeće za proizvodnju, trgovinu i eksperimentalni razvoj EdePro d.o.o, Kralja Milutina 33, Beograd, Preduzeće za digitalne sisteme automatskog upravljanja DSU Oziris, Kosmajnska 32, Sopot

**Predloženo rešenje je urađeno:** 2006/2007 godine.

**Subjekt koji je rešenje prihvatio i primenjuje:** Preduzeće za proizvodnju, trgovinu i eksperimentalni razvoj EdePro d.o.o, Kralja Milutina 33, Beograd (U sklopu digitalnog sistema upravljanja borbene bespilotne letelice ALAS)

**Rezultati su verifikovani na sledeći način, tj. od strane sledećih tela:**

Istraživačko-razvojni timovi Preduzeća za proizvodnju, trgovinu i eksperimentalni razvoj EdePro d.o.o, Kralja Milutina 33, Beograd i Preduzeća za digitalne sisteme automatskog upravljanja DSU Oziris, Kosmajnska 32, Sopot (potvrda o verifikaciji data u PRILOGU).

**Predloženo rešenje se koristi na sledeći način:** Integralni je deo digitalnog sistema upravljanja borbene bespilotne letelice ALAS

**Link/potvrda tehničkog rešenja:**

[http://dsuoiziris.coolpage.biz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=80&Itemid=65&lang=sr](http://dsuoiziris.coolpage.biz/index.php?option=com_content&view=article&id=80&Itemid=65&lang=sr)  
<http://www.youtube.com/watch?v=3G6lJM8ZRIY>, <http://www.youtube.com/watch?v=1oyWC58npY4>

**Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi je** automatsko upravljanje, vojna elektronika, merna tehnika.

**Problem koji se tehničkim rešenjem rešava:**

Potrebno je bilo razviti inercijalni merni modul kojim bi bilo obezbeđeno pouzdano i precizno određivanje orijentacije borbene bespilotne letelice, u konketnom slučaju letelice ALAS (Advanced Light Attack System). Modul je trebao biti prilagođen *upravljačkoj sekciji letelice* odnosno integrisan u dati sistem. Dakle, potrebno je razviti inercijalni merni modul IMU (Inertial

Measurement Unit) koji na svom izlazu treba da generiše 7 analognih naponskih signala proporcionalanih sledećim veličinama: tri komponente vektora ugaone brzine ( $W_x$ ,  $W_y$ ,  $W_z$ ) u odnosu na koordinatni sistem koji je čvrst vezan za štampanu ploču IMU modula, tri komponente vektora ubrzanja ( $a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$ ) u odnosu na koordinatni sistem odnosno na koordinatni sistem koji je čvrst vezan za štampanu ploču IMU modula i ambijentalna temperatura okoline (koristi se kao temperaturna kompenzacija u sklopu upravljačkog sistema letelice)

### **Stanje rešenosti problema u svetu:**

U svetu postoje brojne firme koje se bave razvojem inercijalnih mernih modula IMU baziranih na MEMS sensorim. Razlog za to je širok dijapazon primene počev od primena u filmskoj industriji, robotskih sistema, navigacionih vojnih i civilnih sistema, simulatora raznih namena i sl. Jedan od vodećih proizvođača je firma čiji se proizvodni program može videti na internet adresi <http://www.xsens.com/>. Referentna firma iz ove oblasti je SBG- systems koja takođe ima širok dijapazon proizvoda, koji se mogu videti na internet adresi [http://www.sbg-systems.com/?gclid=CM\\_msPuD3KICFViP3wod5jk6mQ](http://www.sbg-systems.com/?gclid=CM_msPuD3KICFViP3wod5jk6mQ). Vodeći lider u oblasti minijaturnih MEMS mernih jedinica je firma GLADIATOR TECHNOLOGIE, koja pokriva celokupnu oblast mernih jedinica ubrzanja, ugaone brzine kao i njihove kombinacije. Reultati razvoja ove firme se mogu videti na internet adresi <http://www.gladiatortechnologies.com/>. U sklopu razvoja upravljačkog sistema borbene bespilotne letelice ALAS (Advanced Light Attack System) ukazala se potreba za razvojem inercijalnog mernog modula IMU, koji bi trebao biti prilagođen PC104 usvojenom formatu upravljačkih kartica. Pomenuti vodeći proizvođači nude merne module po izuzetno visokim cenama, dok je za vojne primene veoma teško naći način za njihovu nabavku. Stoga se pristupilo razvoju IMU koji bi bio baziran na komponentama (MEMS sensorima ubrzanja i GYRO sensorima ugaone brzine i sl.) koje se mogu nabaviti kod proizvođača elektronskih komponenti MOTOOLA, FREESCALE, MURATA i dr. Nakon toga je izvršena integracija u okviru upravljačke sekcije borbene bespilotne letelice.

### **Suština tehničkog rešenja:**

Merni modul M\_ACC\_GYRO-1/06 je elektronski uređaj izrađen u PC104 formatu. On se sastoji iz nekoliko funkcionalnih celina i to:

1. Elektronski deo za merenje ubrzanja (ACC) po tri ose u prostoru (X,Y,Z)
2. Elektronski deo za merenje ugaone brzine (GYRO) po tri ose u prostoru (X,Y,Z)
3. Elektronski deo za merenje ambijentalne temperature
4. Blok rezervnih pojačavača
5. Stabilni izvor napona +3.3V
6. Konektori J1, J2 i J3 prilagođeni za spajanje modula u PC 104 sendvič

Tekst koji sledi se odnosi na elektronsku šemu štampane ploče modula (crtež br.1) i montažnu šemu modula (crtež 2) koje su date u grafičkoj dokumentaciji u PRILOGU.

Ovaj merni modul obezbeđuje nezavisno merenje ubrzanja po tri ose (signali  $X_{out}$ ,  $Y_{out}$ ,  $Z_{out}$ ), nezavisno merenje ugaone brzine po tri ose (signali  $W_x_{out}$ ,  $W_y_{out}$ ,  $W_z_{out}$ ) i merenje ambijentalne temperature (signal  $T_{out}$ ). Svi ovi signali se vode na konektor J3. Na isti konektor se dovode dva digitalna ulaza (0-5V) SEL1 i SEL2 o kojima će biti više reči u nastavku a odnose se na setovanje osetljivosti senzora ubrzanja. Na konektoru J1 se dovodi napajanje +12V DC, -12VDC i GND.

U nastavku teksta će biti detalno opisani svaki od pomenutih elektronskih delova ponaosob.

# 1. Elektronski deo za merenje ubrzanja (ACC)

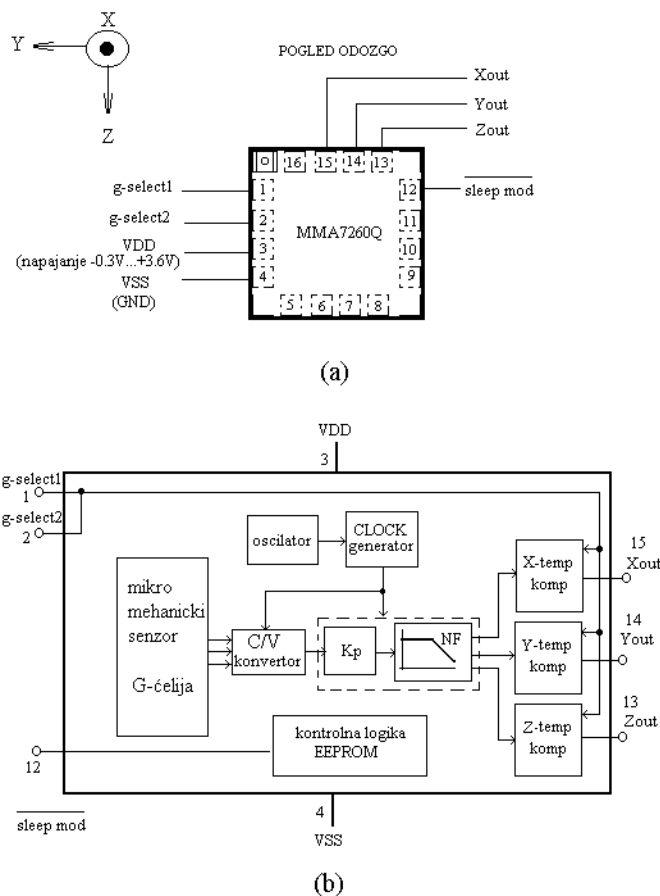
## 1.1. Senzor ubrzanja

Osnovni deo ovog mernog bloka čini senzor ubrzanja MMA7260Q-Frescale koji meri ubrzanje po tro ose u prostoru (X,Y,Z) u opsegu  $\pm 1.5g$  do  $\pm 6g$ . Ovaj senzor je mikromehanički i zasnovan je merenju promene kapacitivnosti. U sebi ima ugrađen jednopolni niskopropusni filter, temperaturnu kompenzaciju i funkciju *g-select* koja obezbeđuje izbor 4 vrednosti merne osetljivosti. Nula ofseta *g*-ubrzanja i "cut-off" učestanost filtera su fabrički podešene tako da se ne zahtevaju eksterni dodatni elementi.

Srce senzora čine dvo-površinske mikromehaničke merne ćelije (g-cell) i kolo za kondicioniranje signala ASIC sadržano u integrisanom kućištu (Sl.1a). Blok dijagram senzora sa svim pripadajućim funkcionalnim blokovima je dat na Sl.1b.

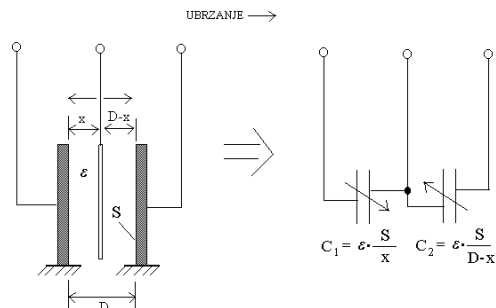
Svaka od nezavisnih mernih ćelija (ima ih 3) predstavlja jednu mehaničku struktura koja je načinjena od polisilikona uz pomoć poluprovodničkih postupaka (maskiranja i nagrizanja). Mehanički gledano struktura predstavlja jednu centralnu masu koja je elastičnim mikro-štapovima vezana za fiksirani kraj. Pokretni štapovi se zakreću zavisno od dejstva ubrzanja kao što je prikazano na Sl.2.

Rastojanje pokretnog dela od fiksinih delova se menja kako deluje ubrzanje. Na taj način se menjaju kapaciteti svakog od ekvivalentnih kondenzatora. Kapacitet jednog se povećava, dok se drugog smanjuje i obrnuto zavisno od smera ubrzanja. Ekvivalentna šema kapacitivnog polumosta senzora je data na Sl.2.



Sl.1-Izgled mernog senzora ubrzanja MM7260Q; (a)-kućište (b)-raspored priključaka

Kapacitivni polumostovi mernih ćelija se napajaju nezavisno internim taktom koji iznosi oko 11kHz. Napona napajanja je u opsegu VDD (2.2Vmin do +3.6Vmax). Signal sa srednjeg kraja polumosta se uvodi u C/V konvertor koji izdvaja signal ubrzanja iz signala koji je proporcionalan razlici kapaciteta kondenzatora C1 i C2. Izlaz iz C/V konvertora se dalje pojačava i filtrira (NF) tako da se na izlazu dobija naponski signal proporcionalan ubrzanju.



Sl.2- Uprošćeni fizički model mernog pretvarača

Izlazni signal ima offset (pri ubrzanju 0g) i pri uslovima ambijentalne temperature od 25°C pri naponu napajanja +3.3V od:

$$V_{off} = 1.65V_{typ} (1.485V_{min} \dots 1.815V_{max}).$$

Treba napomenuti da je svaki od izlaznih signala temperaturno kompenzovan tako da je drift izlaznog offset napona oko  $\pm 2mg/^{\circ}C$ . Performanse izlaznog stepena su takve da je puni opseg napona na izlazu  $V_{fso}$  u granicama od  $V_{ss}+0.25V$  do  $V_{dd}-0.25V$ .

Funkcija *g-select* koja je obezbeđena u samom senzoru i dozvoljava izbor 4 moguće osetljivosti mernog kola senzora, zavisno od naponskih logičkih nivoa (logička nula  $V_s < 2.5V$ ; logička jedinica  $> 2.5V$  (maksimalno do 5V) na pinovima 1 i 2. Moguće je ostvariti četiri vrednosti osetljivosti što je pregledno prikazano u TABELI 1.

<b>g-select 2</b>	<b>g-select 1</b>	<b>g-merni opseg</b>	<b>osetljivost</b>
0	0	$\pm 1.5g$	800mV/g
0	1	$\pm 2g$	600mV/g
1	0	$\pm 4g$	300mV/g
1	1	$\pm 6g$	200mV/g

Tabela 1-Opis funkcije promene osetljivosti senzora

Ova osobina je jako podesna jer se u svakom trenutku može menjati osetljivost senzora i na taj način obezbediti optimalne performanse mernog kola. Moguće je i u toku rada i pokreta menjati osetljivost. Osustvo logičkih nivoa na pinovima 1 i 2 daje osetljivosz 800mV/g pri osegu  $\pm 1.5g$ .

Propusni opseg senzora nije isti po svim mernim osama. Propusni opseg po X iY osama iznosi približno  $f_{x-3dB} = f_{y-3dB} = 350Hz$  dok je on po Z osi  $f_{z-3dB} = 350Hz$ .

Senzor ima mogućnost rada u *sleep*(mirnom) modu. Ova funkcija je jako povoljna kod baterijski napajanog senzora. Kad je ovaj mod aktivan sva tri izlaza senzora su isključeni obezbeđujući značajno smanjenje potrošnje. Sa niskim nivoom naponskog signala na pinu 12 ( $V < 2.5V$ ) se obezbeđuje *sleep mode* tako da se redukuje struja potrošnje na tipično 3uA .Dodatno smanjenj struje potrošnje se moe postići kada su signali *g-select*1/2 jednaki logičkoj nuli. Dovođenjem visokog nivoa naponskog signala na pinu 12( $V > 2.5V$ ) senzor se vraća iz *sleep*, mirnog moda u normalni režim rada.

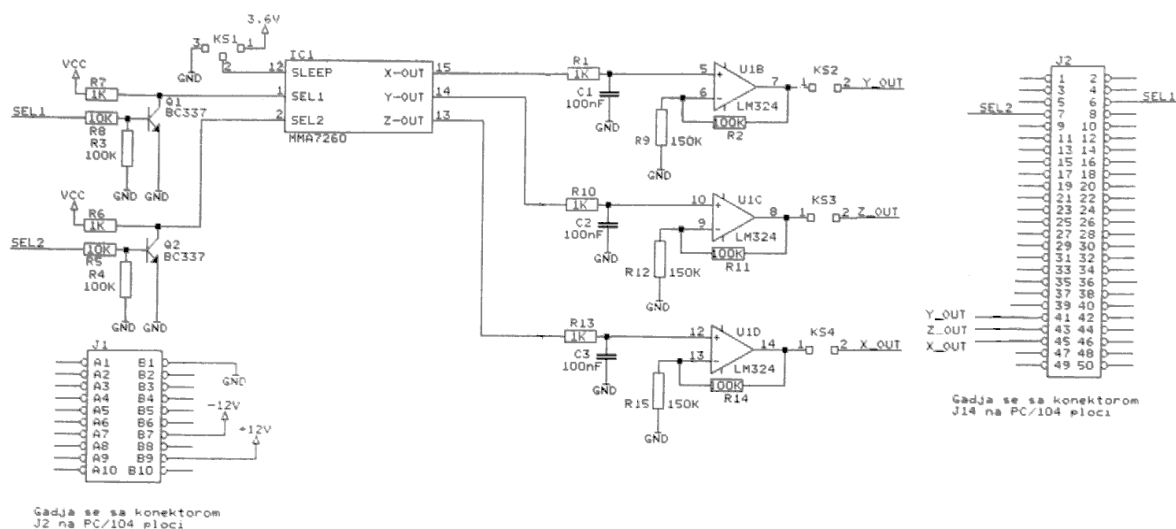
Što se tiče šuma treba napomenuti da je njegova efektivna (RMS) vrednost u opsegu učestanosti (0.1Hz do 1kHz) i u modu 1.5g (0.0) iznosi  $N_{rms}=4.7mV$  dok je spektralna gustina snage oko  $350\mu g/\sqrt{Hz}$ .

Kontrolna vremena senzora su određena sa dve vrednosti: vreme odziva prilikom starta napajanja odnosno dovođenja pod napon od 10%-90%Vdd je tipično 1ms dok je vreme dozvole u sleep modu tipično 0.5ms.

Što se rezonantnih učestanosti mernih ćelija tiče može se reći da su vrednosti za XY osu oko 6kHz dok su za Z osu oko 3.4kHz. Nelinearnosti merenja po svim osama (X,Y,Z) su u opsegu  $\pm 1\%$ .

## 1.2. Elektronski pojačavač

Senzor ubrzanja je montiran na štampanoj ploči (PRILOG 1) tako da je orijentacija mernih osa kao na Sl.1a. Signali sa izlaza senzora ubrzanja (na štampanoj ploči je označen sa IC1) se vode u pripadajuće RC filtre ( $R=1K$ ;  $C=100nF$ ) koji minimiziraju šum koji potiče od internog takt signala 11kHz. Sva tri signala se nezavisno pojačavaju operacionim pojačavačima (U1B,C,D) i pripadajućim komponentama. Napajanje operacionih pojačavača je  $\pm 12V$ . Električna šema pojačavača je data na Sl.3.



Sl.3- Električna šema pojačavača signala sa akcelerometra

Na izlazu pojačavača se dobijaju signali po osama:

### X osa

**Ulaz**  $\Rightarrow$  IC1(13) $\rightarrow$ R13-C3 filter $\rightarrow$  pojačavač U1D(12)  $\left\{ \text{pojaćanje } 1+R14/R15=1.66 \right\}$  pojačavač U1D(14)-kratkospojnik KS4-konektor J3(45)  $\Rightarrow$  **izlaz**

### Y osa

**Ulaz**  $\Rightarrow$  IC1(15) $\rightarrow$ R1-C1 filter $\rightarrow$  pojačavač U1B(5)  $\left\{ \text{pojaćanje } 1+R2/R9=1.66 \right\}$  pojačavač U1B(7)-kratkospojnik KS2-konektor J3(41)  $\Rightarrow$  **izlaz**

### Z osa

**Ulaz**  $\Rightarrow$  IC1(14) $\rightarrow$ R10-C2 filter $\rightarrow$  pojačavač U1C(10)  $\left\{ \text{pojaćanje } 1+R11/R12=1.66 \right\}$  pojačavač U1C(8)-kratkospojnik KS3-konektor J3(43)  $\Rightarrow$  **izlaz**

$R2=R11=R14=100k$ ;  $R9=R12=R15=150k$

Za sva tri kanala je projektovano da se :

- za offset ulaznog napona pojačavača od 1.65V tip dobija offset napona na izlazu pojačavača od 2.75V
- za maksimalnu vrednost ulaznog napona pojačavača od 2.85V ( $V_{offset}+1.2V$ ) dobija na izlazu pojačavača napon od 4.73V
- za minimalnu vrednost ulaznog napona pojačavača od 0.45V ( $V_{offset}-1.2V$ ) dobija na izlazu pojačavača napon od 0.75V.

Kratkospojnikom KS1 se bira da li senzor radi u normalnom režimu kada se na ulaz SLEEP (pin12) od IC1 dovodi logička "0" (spojeni KS1(3) i KS1(2)) ili u sleep modu kada se na ulaz SLEEP (pin12) od IC1 dovodi logička "1" odnosno +3.3V (spojeni KS1(1) i KS1(2)).

Ulazi g-select 1,2 na IC1 služe za setovanje tražene osetljivosti senzora. Moguće su četiri kombinacije kao što je dato u tabeli 1. Aktiviranje ovih ulaza se ostvaruje sa tranzistorima Q1 i Q2. Ovi tranzistori rade u režimu zasićenja odnosno u prekidačkom režimu a njihova pobuda se ostvaruje eksternim logičkim signalima SEL1,2 koji se dovode na konektor J3(6) i J3(7) respektivno. Kada su Q1 i Q3 u isključenom stanju (SEL1=SEL2="0") na date ulaze g-select se dovodi logička "1" odnosno +3.3V(max +3.6V). I obrnuto kada su oni u uključenom stanju (SEL1=SEL2="1") na date ulaze g-select se dovodi logička "0" odnosno GND. Ustvari je moguće ostvariti četiri moguće kombinacije na ulazima g-select 1,2. Kao što je dato u TABELI 2.

SEL 2	SEL 1	g-merni opseg	osetljivost
1	1	$\pm 1.5g$	800mV/g
1	0	$\pm 2g$	600mV/g
0	1	$\pm 4g$	300mV/g
0	0	$\pm 6g$	200mV/g

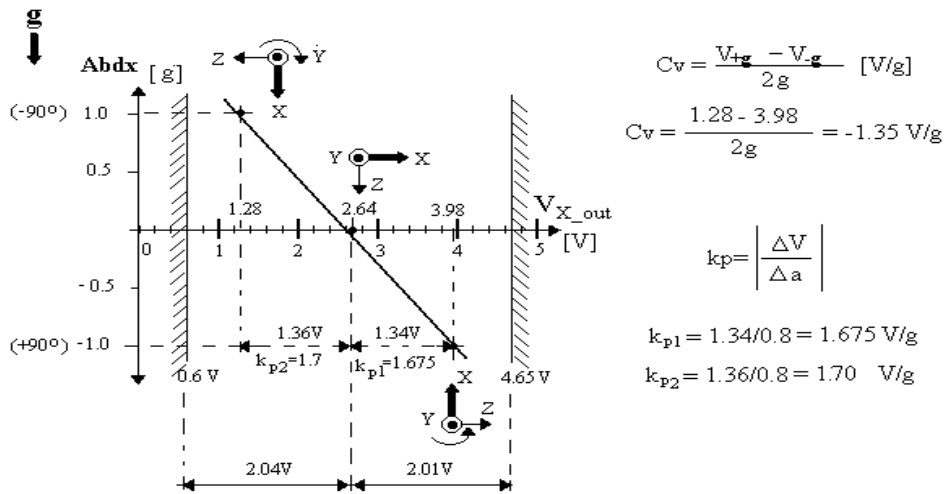
*Tabela 2-Opis funkcije promene osetljivosti senzora u zavisnosti od eksternih logičkih signala SEL1,2*

### 1.3. Rezultati merenja

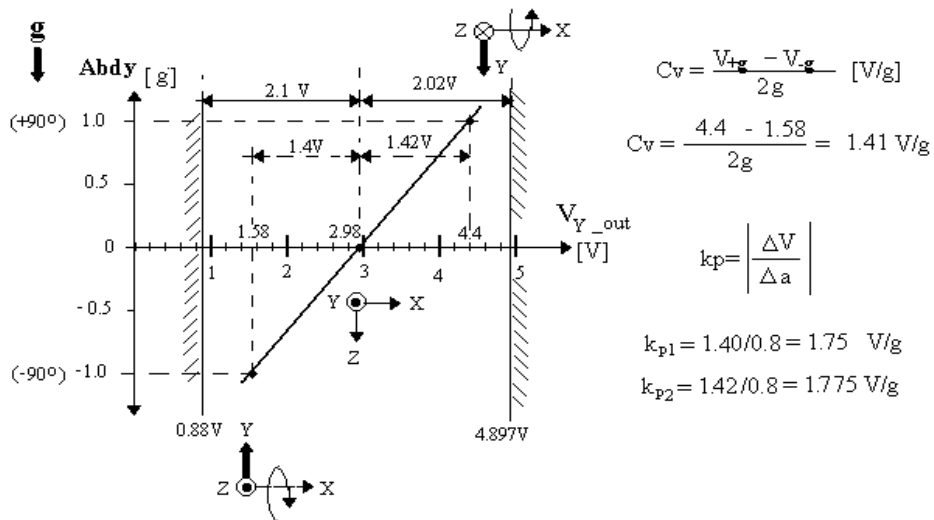
U ovom delu će biti dati rezultati merenja dobijeni na ispitnom modelu u laboratorijskim uslovima. Merenje je vršeno za sve tri ose pri sledećim uslovima:

- Napon napajanja elektronskog pojačavača  $V_{DD}=+3.25V$
- Kratkospojnik KS1 postavljen na +VDD
- Ulazi SEL1=logička "0" i SEL2=logička "0" (opseg  $\pm 1.5g$ )
- Pojačanje svih pojačavača  $K_p=1.666$
- Spojenci kratko spojnici KS2,KS3,KS4

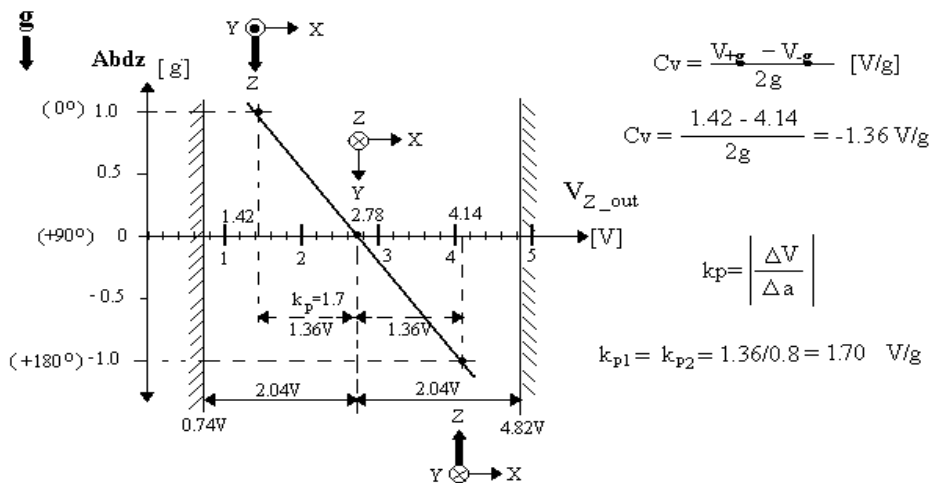
Rezultati merenja su dati grafičkim dijagramima koji će biti dati u nastavku teksta, a interpolacija je vršena za tri izmerene vrednosti.



Sl.4- Rezultati merenja ubrzanja po X osi



Sl.5- Rezultati merenja ubrzanja po Y osi



Sl.6 Rezultati merenja ubrzanja po Z osi

## 2. Elektronski deo za merenje ugaone brzine (GYRO)

### 2.1. Senzor

Senzor za merenje ugaone brzine je ustvari piezoelektrični žiroskop serije ENC-03J proizvođača Murata. Ovaj senzor koristi fenomen Koriolisove sile, koja se generiše kada je rotaciona ugaona brzine primenjena na oscilujuće telo. Srce senzora čini specijalna keramička vibraciona jedinica. Senzor je veoma male veličine i ima veoma brz odziv izlaznog napona na promenu ugaone brzine. Sam senzor ima četiri priključka :

**Pin1(Vcc)** - priključak za napajanje koje se može kretati u opsegu +2.7V...+5.5V (3.3V typ)

**Pin2(Vref)**- referentni priključak  $V_{ref}=1.35V$

**Pin3(GND)**-masa napajanja

**Pin4 (OUT)**-izlaz koji je pri nultoj ugaonoj brzini jednak  $V_{out}=1.35V$  DC.

Maksimalna ugaona brzina koja se može meriti ovim senzorom je  $\pm 300$  °/s. Pojačnje samog senzora je određeno tzv. *scale factor*(SF) koji iznosi  $0.67mV/^\circ/s$ . To znači da je pri maksimalnoj ugaonoj brzini od  $300^\circ/s$  izlaz  $V_{out}$  jednak:

$$V_{out} = V_{REF} + SF \cdot \omega = 1.35V + 0.67 \cdot 300 = 1350mV + 201mV = 1551mV$$

dok je pri maksimalnoj ugaonoj brzini od  $-300^\circ/s$  izlaz  $V_{out}$  jednak:

$$V_{out} = V_{REF} + SF \cdot \omega = 1.35V - 0.67 \cdot 300 = 1350mV - 201mV = 1149mV$$

U sklopu mernog modula kojim se meri ugaona brzina po tri ose (X,Y,Z) se nalaze tri ovakva senzora za svaku osu po jedan.

### 2.2. Merni pojačavač

Merni pojačavač za svaku osu rotacije ponaosob je dat na prikazanoj električnoj šemi modula. Dva senzora (IC2,IC3) su montirana na samoj štampanoj pločici te se stoga nalaze u istoj ravni i služe za merenje ugaonih brzina po Z-osi i Y-osi odnosno  $W_z$  i  $W_y$  respektivno. Treći senzor nalazi na dodatnoj *pigi-back* pločici koja se nadograđuje na osnovnu i on služi za merenje ugaone brzine po X-osi odnosno  $W_x$ . Ova pločica je sa osnovnom pločom vezana preko konerktora J3.

Merni pojačavač U2 (četiri pojačavača U2A,U2B,U2C, U2D) je izveden kao neinvertujući pojačavač sa fiksnim pojačanjem većim od jedan a koje je određeno odnosom otpornika u grani negativne povratne sprege i otpornika u direktnoj grani odnosno. Tako se za svaku osu rotacije dobijaju vrednosti izlaznih napona:

-ugaona brzina po X-osi je određena izlaznim naponom pojačavača U2D

$$V(w_x) = \left(1 + \frac{R_{23}}{R_{24}}\right) \cdot (V_{outX} - V_{REF}) = 34 \cdot (V_{outX} - 1.35V)$$

-ugaona brzina po Y-osi je određena izlaznim naponom pojačavača U2C

$$V(w_y) = \left(1 + \frac{R_{17}}{R_{18}}\right) \cdot (V_{outY} - V_{REF}) = 34 \cdot (V_{outY} - 1.35V)$$

-ugaona brzina po Z-osi je određena izlaznim naponom pojačavača U2B

$$V(w_z) = \left(1 + \frac{R_{20}}{R_{21}}\right) \cdot (V_{outZ} - V_{REF}) = 34 \cdot (V_{outZ} - 1.35V)$$



Za svaki od pojačavačkih kanala su opciono predviđeni visoko-propusni (*high-pass*) filtri određeni RC članovima:

R22-C12 za merni kanal po X-osi

9-C9 za merni kanal po Y-osi

R16-C5 za merni kanal po Z-osi

Za svaki od pojačavačkih kanala su opciono predviđeni nisko-propusni (*low-pass*) filtri određeni kondenzatorom u paraleli sa pripadajućim otpornikom u grani negativne reakcije pojačavača:

C14 za merni kanal po X-osi

C11 za merni kanal po Y-osi

C7 za merni kanal po Z-osi

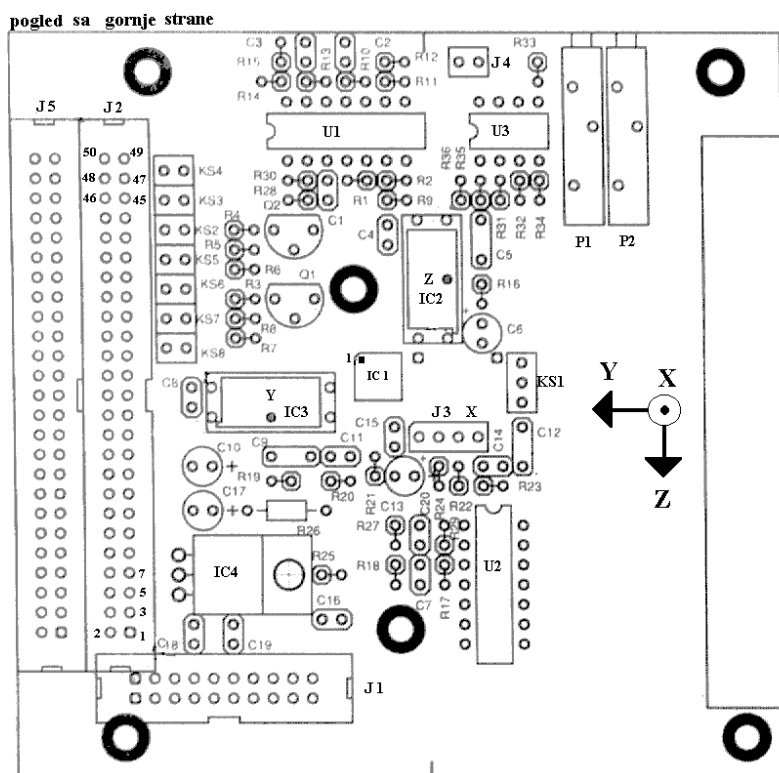
Kondenzatori C4, C8 i C15 služe za dodatnu zaštitu od naglih promena napona Vcc za svaki od pojačavačkih stepena. Stabilizacija referentnih napona Vref za svaki od kanala je ostvarena tantal kondenzatorima C6=C10=C13= 4.7uF.

### 3. Sklop za merenje ambijentalne temperature

Merenje ambijentalne temperature je ostvareno u cilju temperaturne kompenzacije mernih senzora ubrzanja i ugaone brzine. Kao senzor temperature se koristi KTY-81-110 koji daje dobru linearnost u opsegu od -55°C...+150°C.

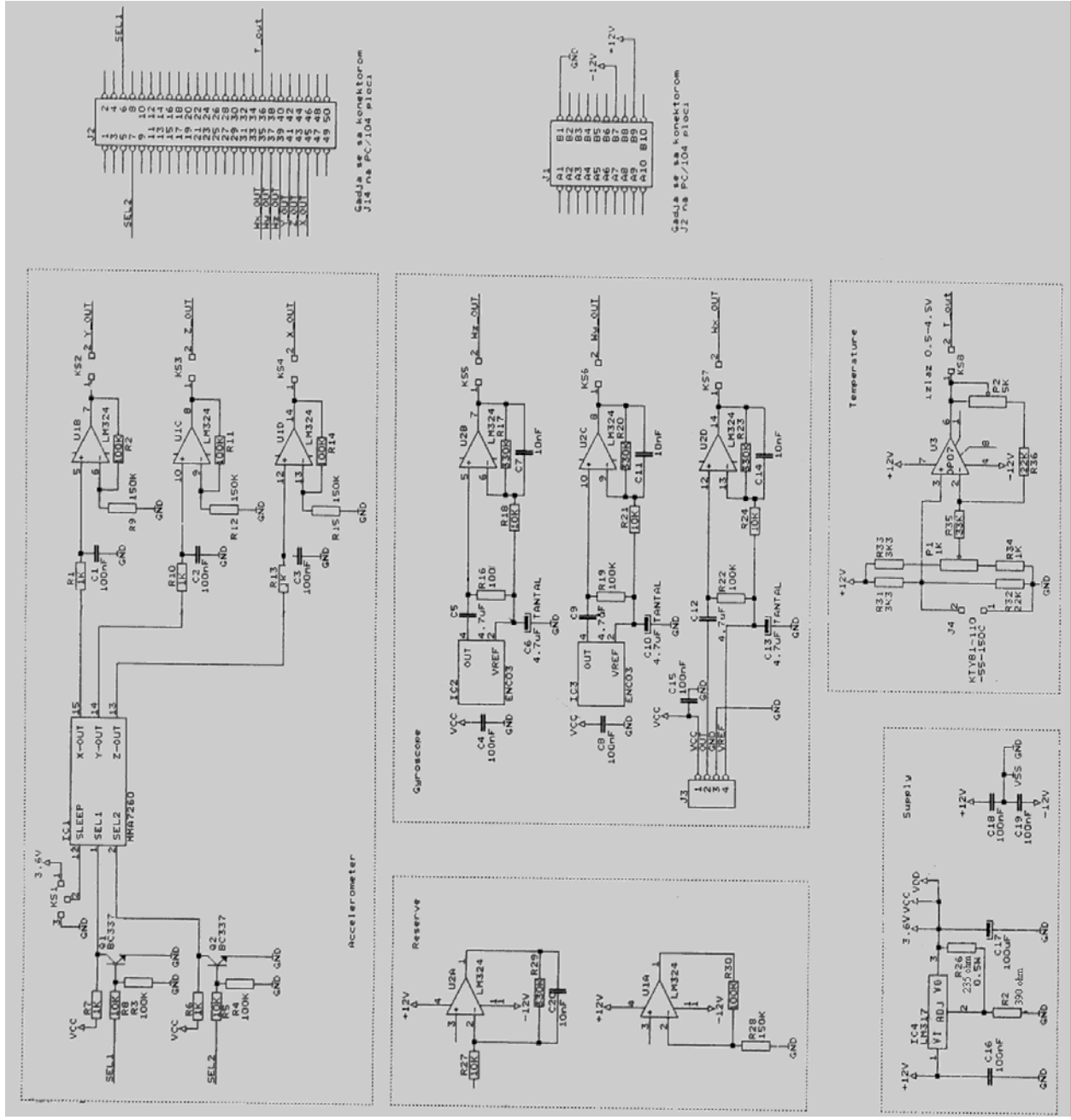
Obrada signala sa temperaturnog senzora je ostvarena naponskim razdelnikom R31-R32, R33-P1-R34 i invertujućim pojačavačem U3 sa potencijetrom P2 za podešavanjem pojačanja mernog kola. Opseg izlaznog napona za datu ulazni opseg temperatura je  $V_{t\_out} = 0.5-4.5V$ .

### IZGLED ŠTAMPANE PLOČE MODULA

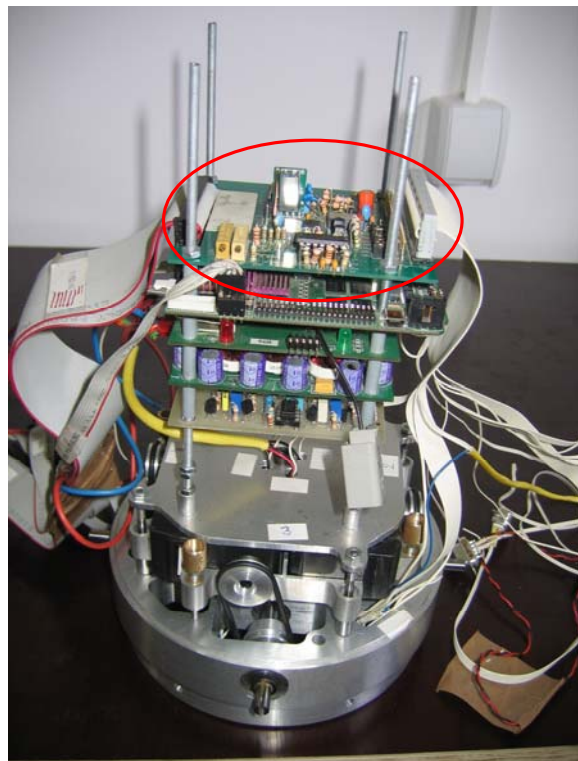
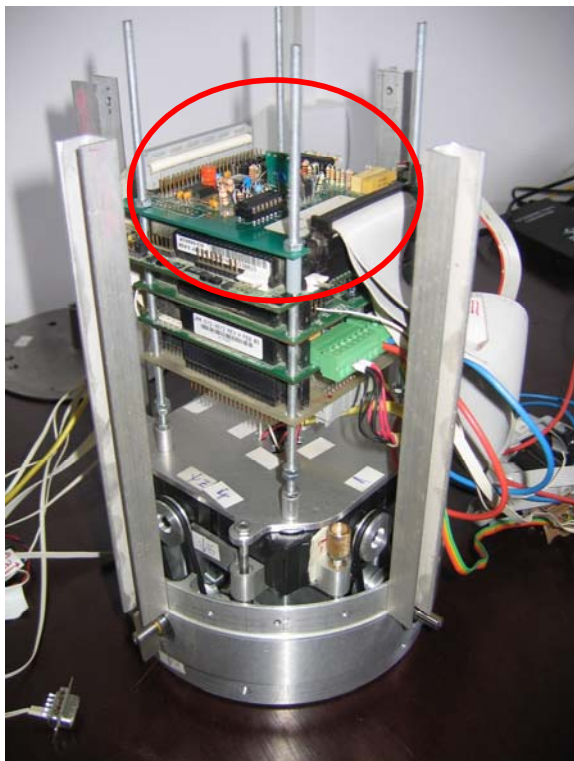
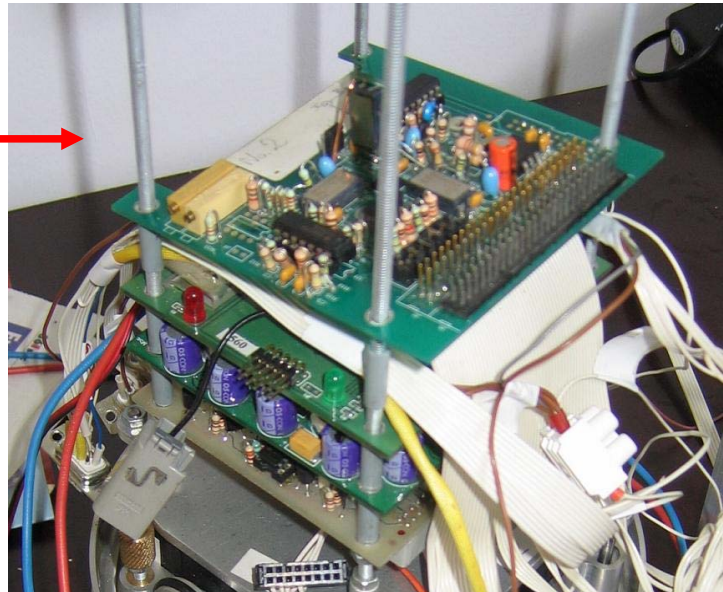
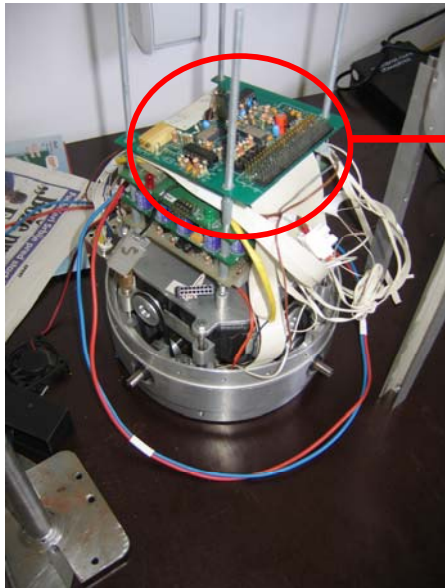


Montažna šema ploče akcelerometra i žiroa

# ELEKTRONSKA ŠEMA MODULA



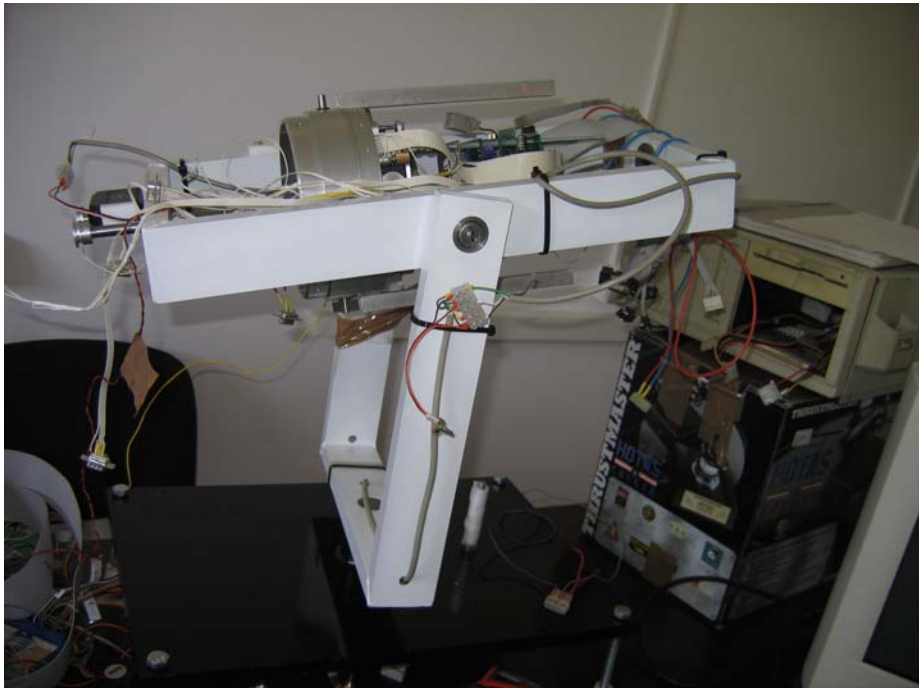
**IZGLED UPRAVLJAČKE SEKCIJE BORBENE BESPILOTNE LETILICE U TOKU MONTAŽE sa mestom ugradnje mernog modula M\_ACC\_GYRO-1/06 (u naznačenoj oblasti)**



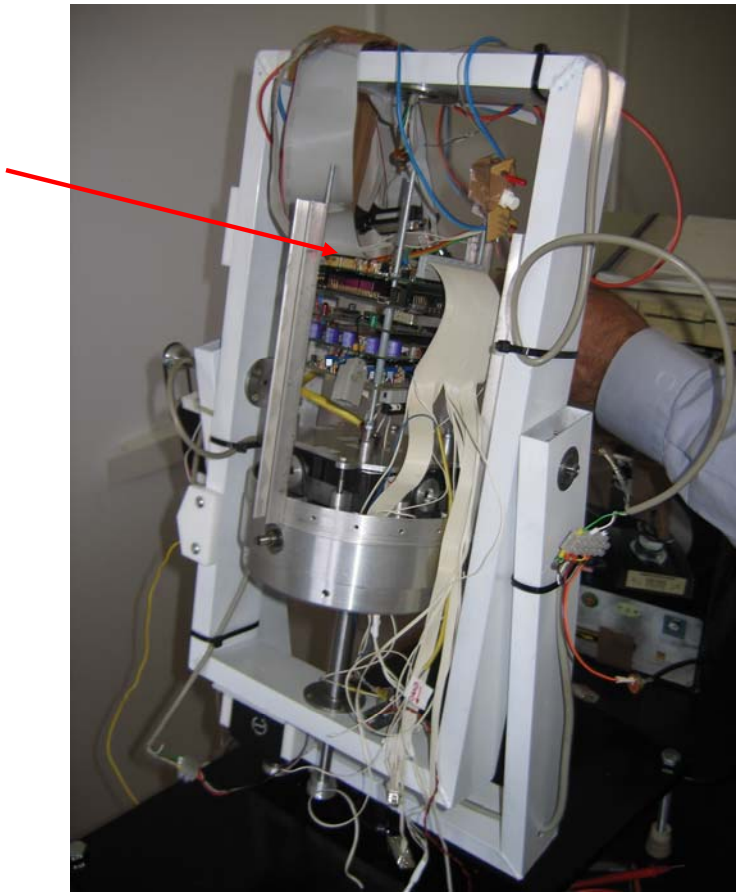
LINKOVI :

[http://dsuoziris.coolpage.biz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=80&Itemid=65&lang=sr](http://dsuoziris.coolpage.biz/index.php?option=com_content&view=article&id=80&Itemid=65&lang=sr)  
<http://www.youtube.com/watch?v=1oyWC58npY4>, <http://www.youtube.com/watch?v=317gKZM1yeE>

**IZGLED TEST PLATFORME (simulator leta letelice) u skopu koje je testiran merni modul M\_ACC\_GYRO-1/06**



IMU merni modul  
M ACC GYRO-1/06





## Karakteristike predloženog tehničkog rešenja su sledeće:

<b>Senzori:</b>	Murata ENC-03J - Rate Gyro za merenje ugaone brzine po tri ose (3 kom.) MMA7260Q- XYZ Akcelerometar ±1.5g/2g/4g/6g KTY-81-110: Temperaturni senzor
<b>Merni ulazi:</b>	3 ubrzanja po X, Y, Z osi -6g ...6g max 3 ugaone brzine po X, Y, Z osi -150°/s...+150°/s 1 temperatura -55°C...150°C
<b>Digitalni ulazi:</b>	Izbor mernog opsega SEL1, SEL2 0...5V Izbor "sleep mode" 0...5V
<b>Analogni izlazi:</b>	3 Naponska signala ubrzanja po X, Y, Z osi 0.6V....4.8V max 3 Naponska signala ugaone brzine po X, Y, Z osi 0.5V....5.0V max 1 signal ambijentalne temperature 0.5V....4.5V
<b>Napajanje:</b>	Stabilisano 3.6V/1A max, +12V, 150mA, -12V /50mA
<b>Dimenzije modula:</b>	85mm x 90mm x 2 mm (PC/104 Board)
<b>Montaža :</b>	PC 104 BUS konektor 64p, 40p na osnovnoj ploči
<b>Konektori:</b>	Input IDC connector J2 50 pin Output IDC connector J1 16 pin Piggy-back ploča (senzor X ose) IDC connector J3 4 pin
<b>Radni uslovi:</b>	radna temperatura 273 - 323 K temperatura skladištenja 253 - 343 K atmosfera bez korozivnih gasova relativna vlažnost , bez kondenzacije -45-85%

## Mogućnosti primene predloženog tehničkog rešenja:

Mogućnost primene ovog tehničkog rešenja, koje je realizovano u PC104 formatu, bi bila u servisnoj robotici, humanoidnoj robotici, raznim mehanizmima, kao i drugim vojnim napravama sličnih karakteristika (bespilotne letelice, projektili, i sl.) koje su podržane sa PC104 upravljačkim modulima.

## LITERATURA:

- [1]- 3D Orientation Sensor IMU , link: <http://www.xsens.com/>
- [2]- Miniature Inertial Sensor, link: <http://www.sbg-systems.com/>
- [3]- <http://www.microstrain.com/>
- [4] - <http://www.gladiatortechnologies.com/>
- [5]- <http://www.es.northropgrumman.com/>
- [6]- Inertial Measuring Units ( IMUS)- Analog Devices  
Link: [http://www.analog.com/en/mems/imu/products/index.html?gclid=CKmatdmO3KICFUqU3wod1gy\\_wg](http://www.analog.com/en/mems/imu/products/index.html?gclid=CKmatdmO3KICFUqU3wod1gy_wg)
- [7]- Inertial Measuremet IMS, link: [www.summitinstruments.com/](http://www.summitinstruments.com/)

## MIŠLJENJE RECENZENATA

Autori tehničkog rešenja Željko Despotović i Miloš Živanović su jasno prikazali i obradili kompletnu strukturu tehničkog rešenja. Na osnovu svega navedenog recenzenti su ocenili da tehničko rešenje pod nazivom: "**Inercijalni elektronski merni modul M\_ACC\_GYRO-1/06 za merenje ubrzanja i ugaone brzine po tri ose**" predstavlja rezultat koji pored stručne komponente pruža originalni naučnoistraživački doprinos. Sa zadovoljstvom predlažemo da se opisano tehničko rešenje **prihvati kao tehničko rešenje u kategoriji M82-industrijski prototip.**

### Recenzenti:

---

Dr Milan Bajović, dipl inž.  
Vojnotehnički Institut, VTI-Beograd

---

Doc.dr Tomislav Šekara ,  
Elektrotehnički fakultet - Beograd