

VIŠINOMER

(Seminarska naloga pri predmetu Elektronska vezja)

Uvod

Višinomer je naprava za merjenje višine. Višino merimo s pomočjo senzorja tlaka. Vemo namreč da tlak z višino pada. Obstajajo tudi drugi načini (GPS) za merjenje višine, a z njimi ne dosegamo takšne natančnosti. Na spremembo tlaka vplivata tudi temperatura in vlaga, ampak v manjši meri. Tako lahko z določenimi poenostavitvami še vedno pridemo do dobrih meritev. Višinomer bom uporabil za merjenje višine modela jadralnega letala.

Pristop

Zvezo med tlakom in višino je eksponentna in je prikazana v spodnji enačbi. p_1 in h_1 sta tlak in višina v izhodišču, p in h pa na točki merjenja. Ostalo so konstante.

$$p = p_1 e^{-\left[\frac{g}{RT}\right](h-h_1)}$$

Enačba 1

Enačbo obrnemo tako, da izrazimo višino h . Ker nas zanima relativna višina postavimo h_1 na 0. V začetni točki izmerimo p_1 , ki je od sedaj naprej konstanta. Tako nam ostaneta samo še dve spremenljivki, tlak, ki ga merimo, in višina ki jo računamo. Matematika je izvedena mikrokontrolerjem, prikaz je pa na display.

Izvedba

Senzorski del

Uporabljeni senzor tlaka je MPX4100. To je absolutni tlačni senzor, ki nam da na izhodu enosmerno napetost med 0.3V in 4.9V, ki je linearno proporcionalna vhodnemu tlaku med 20Pa in 105kPa. Uporabljeni mikrokontroler Atmel Mega 8 ima 10 bitni AD pretvornik, kar pomeni 1024 različnih višin. Ker se gibljemo v ozkem območju senzorjeve karakteristike je direktna priključitev na mikrokontroler nesmiselna, ker bi bila resolucija zelo slaba. Treba je uporabiti večbitni AD pretvornik ali pa operacijski ojačevalnik s katerim del karakteristike preslikamo tako, da izkoristimo celotno območje AD pretvornika. Za mojo aplikacijo potrebujem razpon višine okoli 1000m. Zaradi razlik pritiska ki je posledica vremena in ker se merjenje ne bo začelo na 0m nadmorske višine, bo

še malo rezerve, tako da bo doseg 1200m. Rezolucija bo tako 1.2m. Normalni zračni pritisk ob morju znaša 1013.25mb, in ker je moja začetna točka približno na višini morja, uporabimo ta tlak v izračunu.

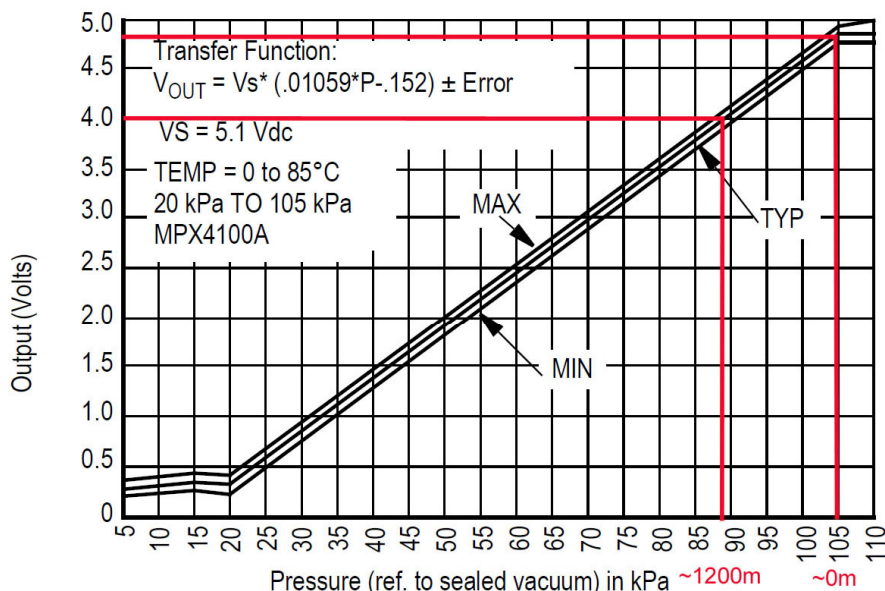


Figure 4. Output versus Absolute Pressure

Slika 1

S pomočjo prenosne funkcije (slika1) iz kataloga senzorja in enačbe 1 izračunamo napetosti, ki jih dobimo iz senzorja pri določenem tlaku (višini).

$$V_{out}(\text{max}) \sim 4.8\text{V} \sim 0\text{m} \sim 101.3\text{kPa}$$

$$V_{out}(\text{min}) \sim 4\text{V} \sim 1200\text{m} \sim 88.4\text{kPa}$$

Tako vidimo da se nam izhodna napetost senzorja spreminja med 4.8V in 4V. Ker je razpon napetosti AD pretvornika 5V, moramo poskrbeti da se nam napetost med 4.8V in 4V preslika v napetost med 0V in 5V. Zaradi tega uporabimo vezavo kot invertirajoči ojačevalnik. Prenosna funkcija je oblike $V_{out} = -mV_{in} + b$, pri čemer moramo iz znanih podatkov o razponih napetosti poračunat parametra m in b.

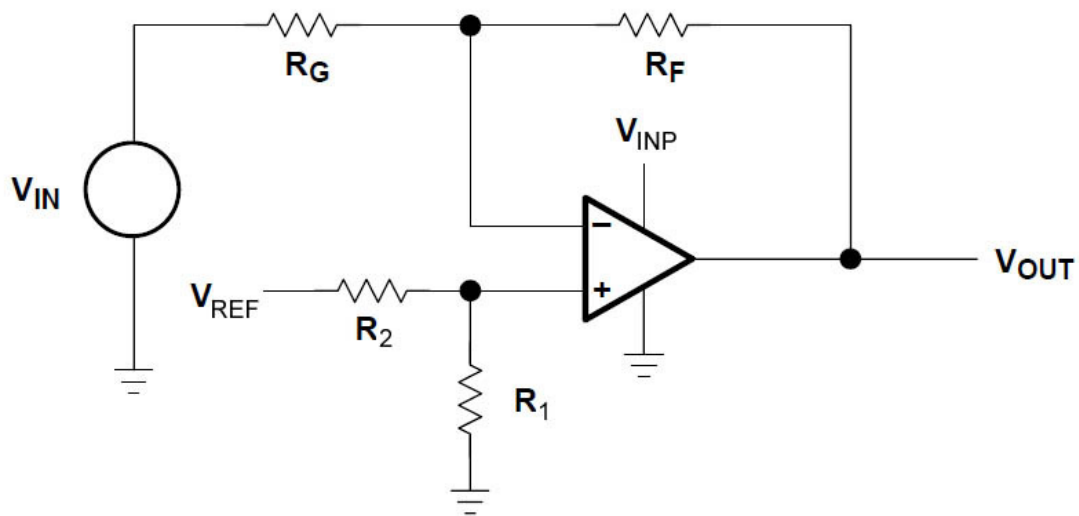
$$0 = 4.8m + b \rightarrow b = -4.8m$$

$$5 = 4m + b \rightarrow 5 = 4m - 4.8m = -0.8m$$

$$m = \frac{-5}{0.8} = -6.25$$

$$b = -4.8(-6.25) = 30$$

Tako moramo realizirati prenosno funkcijo $V_{out} = -6.25V_{in} + 30$



Slika 2

Napetost napetostnega delilnika med R1 in R2 označimo z V_x .

$$V_x = V_{REF} \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Upoštevamo pravilo ki pravi da sta oba potenciala na vhodu ojačevalnika enaka, in napišemo enačbo za vozlišče invertirajočega vhoda.

$$\frac{V_{IN} - V_x}{R_G} = \frac{V_x - V_{OUT}}{R_F}$$

Obe enačbi združimo in dobimo prenosno funkcijo

$$V_{OUT} = -V_{IN} \left(\frac{R_F}{R_G} \right) + V_{REF} \left(\frac{R_1}{R_2 + R_1} \right) \left(\frac{R_F + R_G}{R_G} \right)$$

Prej izračunane parametre uporabimo za izračun razmerij uporov

$$|m| = \frac{R_F}{R_G}$$

$$R_F = 6.25R_G$$

$$b = V_{REF} \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \left(\frac{R_F + R_G}{R_G} \right)$$

$$R_2 = R_1 \left(\left(\frac{R_F + R_G}{R_G} \right) \left(\frac{V_{REF}}{b} \right) - 1 \right)$$

$$R_2 = 0.21R_1$$

Uporabil sem upore ki sem jih imel na zalogi.

$$R_G = 10\text{k}\Omega$$

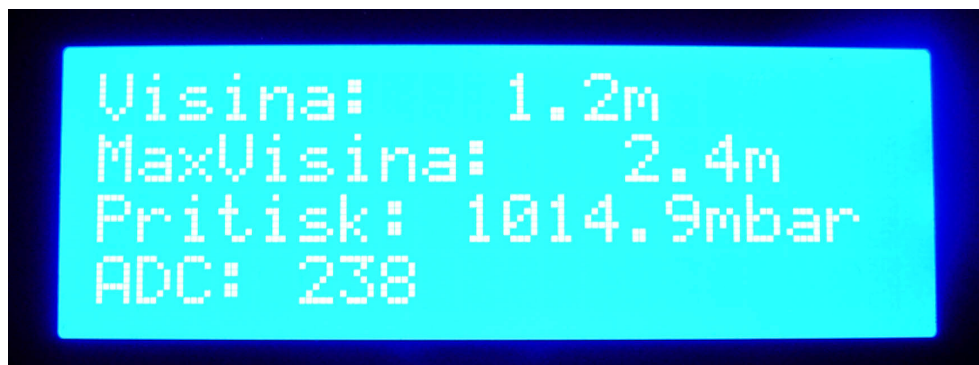
$$R_F = 62.5\text{k}\Omega \rightarrow 47\text{k}\Omega + 15\text{k}\Omega$$

$$R_1 = 100\text{k}\Omega$$

$$R_2 = 21\text{k}\Omega \rightarrow 22\text{k}\Omega$$

Mikrokontroler

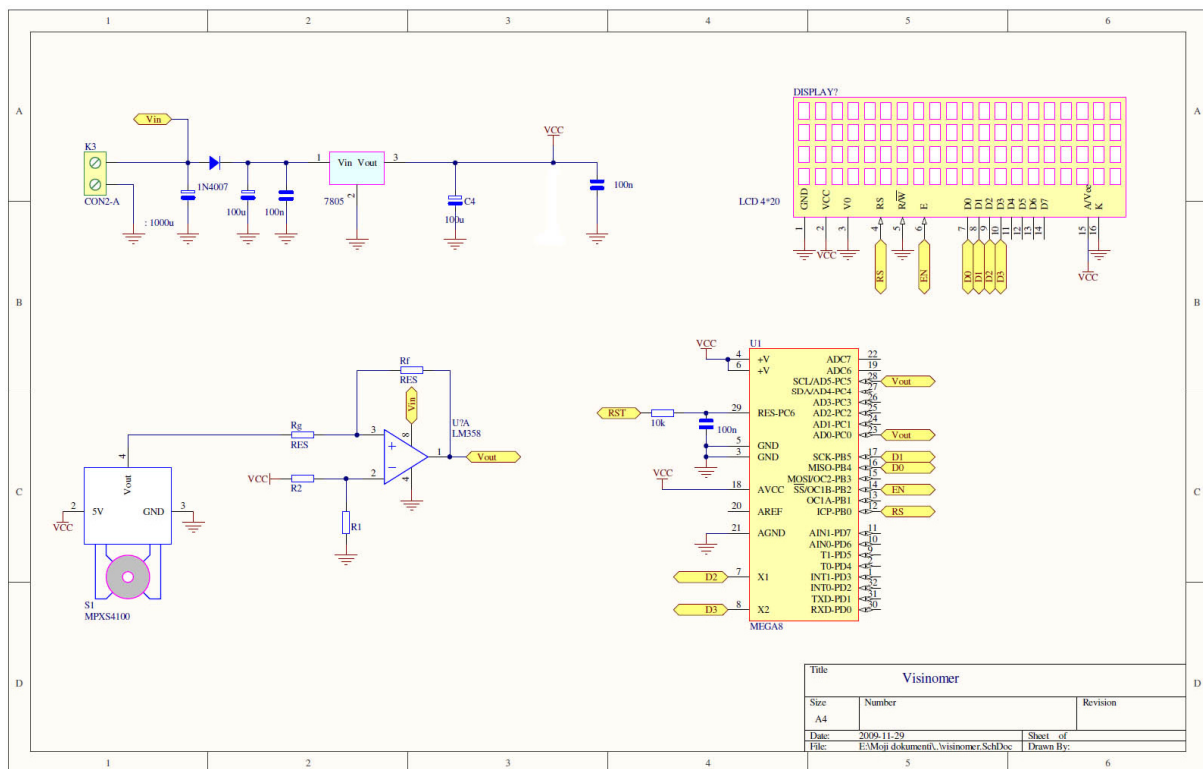
Na proste pine mikrokontrolerja je priključen izhod operacijskega ojačevalnika in display. Program sestoji iz treh osnovnih enot ki so: zajemanje podatkov, obdelava podatkov in prikaz. Pri inicializaciji programa najprej pokličemo funkcijo ki izvaja meritve na AD in izračuna povprečje. Nato pokličemo funkcijo ki iz prenosne karakteristike senzorja izračuna tlak (uporabimo enačbo transfer function iz slike 1). Ta tlak shranimo kot p1. V glavni zanki najprej kličemo funkcijo ki izvaja meritve na AD in računa povprečje. Nato sledi izračun tlaka. Sedaj se lahko izračuna višina (enačba1) in rezultat prikaže na ekran. Na voljo so nam še naslednji podatki: Največja višina, trenutni tlak in vrednost AD pretvornika.



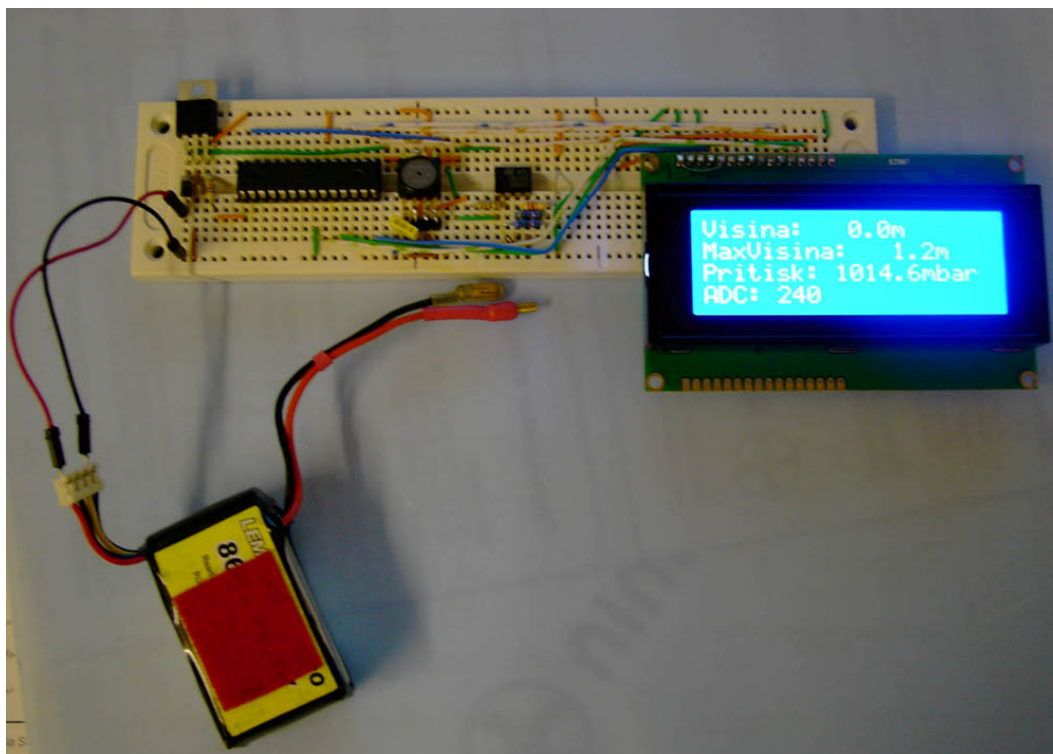
Slika3

Napajalni del:

Sestavljen je iz napetostnega regulatorja, diode in kondenzatorjev. Pomembno je da imamo konstantnih 5V napetosti, ker je to referenčna napetost pri operacijskem ojačevalniku. Senzor tlaka zahteva prav tako 5V. Paziti je treba tudi da je operacijski ojačevalnik LM358 priključen na vsaj 1.5V višjo napajalno napetost kot je napetost na njegovem vhodu. Baterija je lipo 3S (12.6V).



Slika 4 -shema



Slika 5 –testno na protobordu

Zaključek

Ob stabilnem vremenu naprava lepo deluje. Primerjava višin z Google Earth je pokazala odstopanja do 5m, pri čemer je večji del napake najverjetneje na googlovi strani. Ob nestanovitnem vremenu se zaradi spremembe tlaka pri časovno daljšem merjenju pojavijo skoki in zamiki višine.

Prvi korak je tako narejen. V nadgradnji bom dodal eprom za shranjevanje podatkov in komunikacijo za prenos podatkov na računalnik. Smiselno je tudi dodati možnost spreminjanja referenčne napetosti, da lahko višinomer uporabljamo tudi na višjih nadmorski višinah, brez zmanjšanega dosega. Ker bo višinomer v modelu letala mora biti čim manjši in čim lažji. Display bo odstranjen, ker v zraku tako ali tako nima pomena. Sledi še izdelava tiskanega vezja.

Viri

- Op Amps For Everyone TEXAS INSTRUMENTS
- <http://www.kansasflyer.org/>
- mpx4100 Datasheet
- Atmel mega 8 datashet
- Lm358 datashet