

Galvansko ločevanje merilnih tokokrogov (ojačevalniki z galvansko ločitvijo)

Galvansko ločevanje merilnih tokokrogov od preostale elektronike za zajem in obdelavo merilnih signalov je pogosto obvezen ukrep v merilni tehniki (industrijski senzorji, sensorika v medicini, galvansko ločevanje v močnostni elektrotehniki). Glavna razloga za to sta:

- senzorji se nahajajo v tokokrogih z različnimi medsebojnimi potencialnimi ralikami,
- varnost uporabnika (npr. medicina EEG, ECG).

Od tod sledijo osnovne zahteve, ki jih morajo izponjevati takšni ojačevalniki:

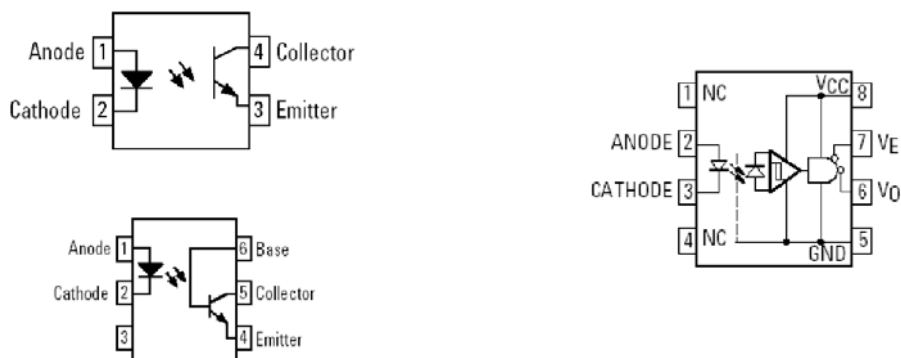
- imeti morajo ustrezno ojačenje,
- morajo biti linearni,
- zdržati morajo veliko električno prebojno napetost,
- morajo biti neobčutljivi na velike strmine du/dt med galvansko ločenima tokokrogoma (CMR).

Ojačevalnike z galvansko ločitvijo delimo glede na način medsebojnega sklopa na:

- ojačevalnike z induktivnim sklopom,
- ojačevalnike s kapacitivnim sklopom,
- ojačevalnike z optičnim sklopom.

Ojačevalniki z optičnim sklopom

Najpogosteje se uporabljajo digitalni optosklopniki, ki v enem ohišju vsebujejo tako oddajno fotodiodo kot galvansko ločeni sprejemni tranzistor. Namesto tranzistorja se uporabljajo tudi preostali polprevodniški elementi, ki jih lahko krmilimo s svetlobnim tokom (npr. dioda, tiristor, triak). Ker v digitalni tehniki operiramo zgolj z dvema logičnima vrednostima, je izhodna stopnja digitalnega optosklopnika pogosto podobna izhodnim stopnjam digitalnih logičnih vezij (IN, ALI).

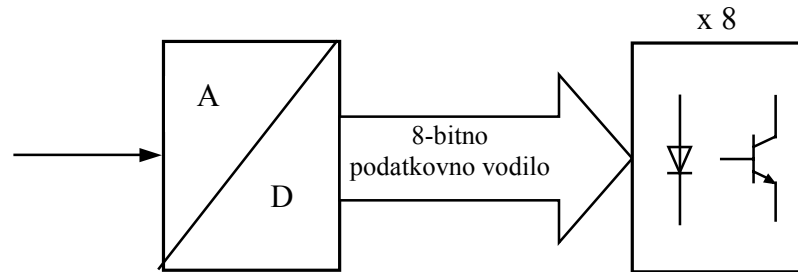


Slika: Izvedbe digitalnih optosklopnikov

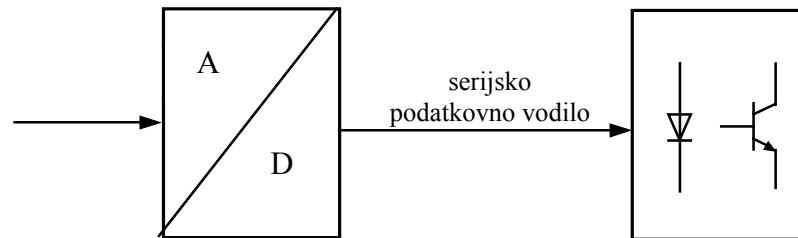
Za digitalne optosklopnike je značilno, da dosegajo velike hitrosti, t.j. zakasnitev signala pri prehodu skozi element je majhna, prebojna trdost je velika in je dosežena na relativno majhni površini znotraj polprevodniškega elementa. Glavna pomanjkljivost pa je izrazita nelinearnost med vhodnim in izhodnim signalom, ki onemogoča verodostojen prenos analognega merilnega signala.

Tej pomanjkljivosti se izognemo s predhodno pretvorbo analognega merilnega signala v digitalno obliko. Poznamo več rešitev, najpogosteje uporabimo:

- A/D pretvornik s paralelnim podatkovnim vodilom,
- A/D pretvornik s serijskim podatkovnim vodilom,
- napetostno-frekvenčni pretvornik.



Slika: A/D pretvornik s paralelnim podatkovnim vodilom

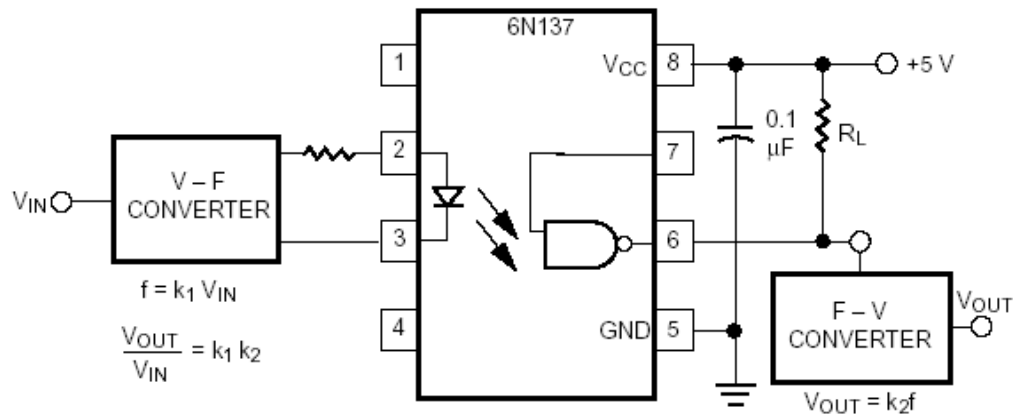
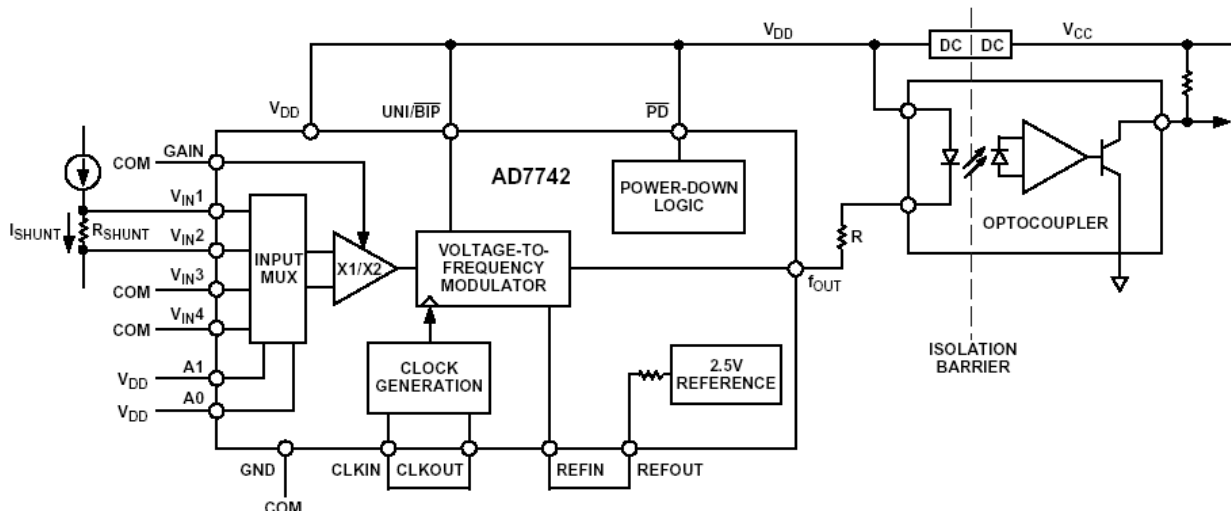


Slika: A/D pretvornik s serijskim podatkovnim vodilom

A typical optical-isolation circuit uses a VFC (voltage-to-frequency converter) with an optocoupler (**Figure 1**). Due to noise, safety requirements, or distance, you may need to isolate a transducer from its controlling circuitry. Thus, this circuit consists of a transducer and a VFC on the isolated side. The transducer measures some physical quantity, such as temperature, weight, or acceleration, and the VFC converts the transducer's analog output into a pulse train. The circuit feeds the pulse train to the host computer via an optocoupler, which eliminates any ground-loop noise or common-mode-voltage

Isolated VFCs

A circuit technique that is popular in applications that require high accuracy but can tolerate limited bandwidth is V/F conversion. V/F conversion is really a form of modulation that produces a digital output (usually a pulse train but sometimes a square wave) whose frequency is proportional to the input signal level. Because their outputs are digital (that is, because output-voltage levels and pulse shapes have limited importance), VFCs can use optoisolators, capacitors, or transformers to send signals across an isolation barrier. VFCs offer another advantage. Today, nearly all data-acquisition systems convert analog signals to digital form near the system input. You can easily convert a VFC output to a numerical representation of the input voltage; just count the pulses for a fixed time interval. VFCs are by no means the only method of isolated



Slika: Napetostno-frekvenčni pretvornik

Uporaba digitalnih optosklopnikov z izhodnim tranzistorjem

Unipolarni merilni ojačevalnik z dvema optosklopnikoma

Ojačevalnik sestavljata dva identična optosklopnika, ki delujeta v tako imenovani servo vezavi. Z njo želimo odpraviti izrazito nelinearnost posameznega optosklopnika, t.j. želimo se izogniti nelinearni odvisnosti med tokom fotodiode in kolektorskim tokom fototranzistorja $i_{C1} = k_1 \cdot i_{F1}$. Z omenjeno vezavo občutno zmanjšamo tudi temperaturni vpliv ter vpliv staranja elementov na prenosno karakteristiko.

Opis delovanja:

Ker sta optosklopnika identična, imata enako (nelinearno) karakteristiko, ki ju podamo z nelinearnim faktorjem k_1 in k_2

$$i_{C1} = k_1 \cdot i_{F1} \text{ in } i_{C2} = k_2 \cdot i_{F2}.$$

Predpostavimo, da sta v začetnem trenutku opazovanja vhodna in izhodna napetost enaki nič. Če sedaj na vhod priključimo neko pozitivno napetost, le-ta požene skozi fotodiodo tok, zaradi česar naraste tudi kolektorski tok fototranzistorja. Ker fototranzistorja obeh optosklopnikov tvorita z uporoma R_3 in R_4 ter operacijskim ojačevalnikom t.i. ojačevalnik razlike (odštevalno vezje), napetost na invertirajočem vhodu OP-ja tedaj upade, medtem ko izhodna napetost naraste. Posledica tega je, da se poveča tudi tok skozi fotodiodo drugega optosklopnika. Ker se posledično poveča tudi tok i_{C2} , se napetost na neinvertirajočem vhodu OP-ja zmanjša. Ko opisani prehodni pojav izzveni, OP skozi fotodiodo vriva ravno tolikšen tok, da je diferenčna napetost med neinvertirajočim in invertirajočim vhodom enaka nič.

$$U_{CC} - R_4 \cdot i_{C2} = U_{CC} - R_3 \cdot i_{C1}$$

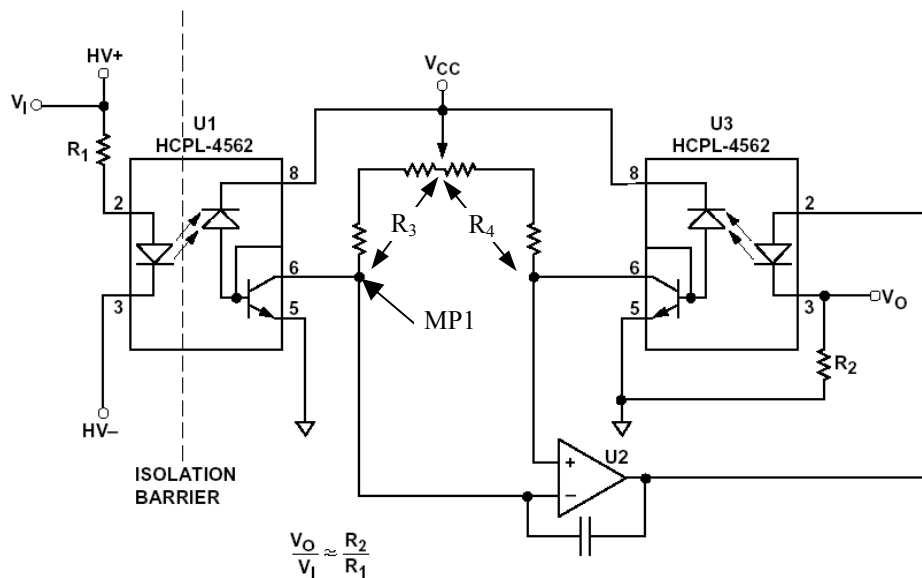
oziroma, če upoštevamo enakost uporov R_3 in R_4

$$i_{C2} = i_{C1}.$$

Iz izraza vidimo, da servo vezje optosklopnikov teži k enakosti tokov obeh fototranzistorjev. Ker sta karakteristiki optosklopnikov enaki ($k_1 = k_2$), je izhodna napetost servo vezja

$$u_{izh} = R_2 \cdot i_{F2},$$

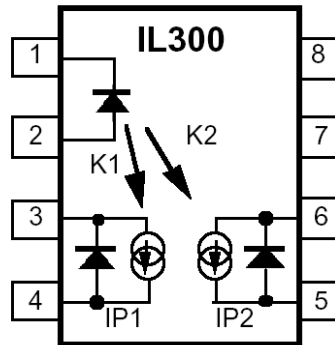
kljub nelinearnosti posameznega optosklopnika, premosorazmerna toku prve fotodiode, t.j. merjeni napetosti.



Slika 1: Vezje unipolarnega ojačevalnika z dvema optosklopnikoma

Bipolarni merilni ojačevalnik z linearnim optosklopnikom IL300

Linearni optosklopnik IL300 vsebuje znotraj istega ohišja oddajno fotodiodo ter dve galvansko ločeni sprejemni fotodiodi. V primerjavi s servo vezavo dveh optosklopnikov s slike 1, je možno z IL300 servo sklop med oddajno in sprejemno fotodiodo izvesti znotraj enega optosklopnika. S tem se izognemo pogreškom, ki v vezju s slike 1 nastopijo zaradi neenakih karakteristik.

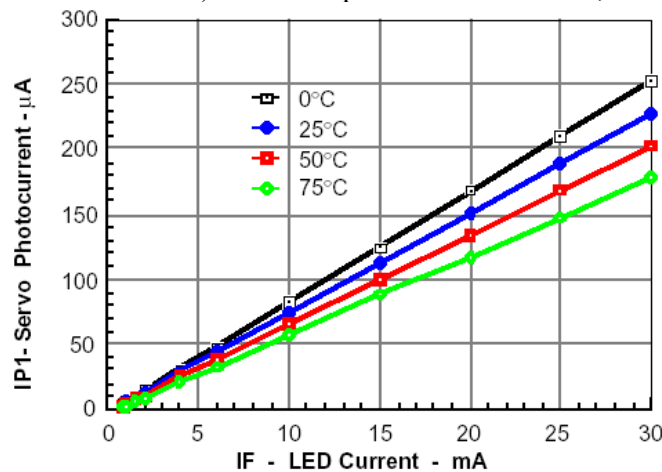


Slika 2:

Linearizacija optosklopnika je v IL300 dosežena s servo sklopom med oddajno fotodiodo in sprejemno fotodiodo, ki se obe nahajata na isti (primarni) strani galvanske bariere. Njuno tokovno razmerje podajamo s servo ojačenjem

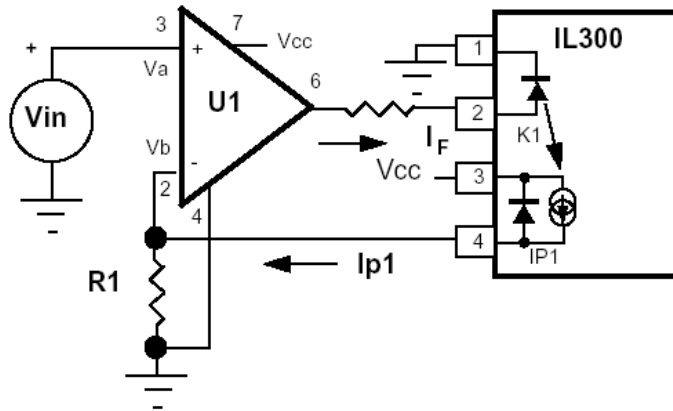
$$k_1 = \frac{i_{P1}}{i_F}$$

Njegova linearnost je približno 1%, vendar ima servo ojačenje (tu je mišljeno odprtozračno ojačenje in ne ojačenje v servo vezavi!) veliko temperaturno odvisnost 0,5 % / °C.



Graf 1: Temperaturna odvisnost servo ojačenja k_1

Omenjenim slabostim se izognemo z enostavno servo vezavo, ki jo kaže spodnja slika.



Slika 3: Servo vezava IL300

V trenutku, ko na neinvertirajoči vhod OP-ja priključimo neko pozitivno napetost, bo njegova izhodna napetost postala pozitivnejša. Skozi oddajno fotodiodo zato steče večji tok. Posledično se poveča tudi tok sprejemne fotodiode i_{p1} , zaradi česar se diferencialna napetost na vhodu OP-ja zmanjša. Ko prehodni pojav izzveni, t.j. ko postane diferencialna napetost enaka 0 V, je tok i_{p1} premosorazmeren vhodni napetosti

$$u_{VH} = R_1 \cdot i_{p1},$$

oziroma

$$u_{VH} = R_1 \cdot i_F \cdot k_1.$$

Ker sta sprejemni fotodiode enaki in ju obseva svetlobni tok skupne oddajne fotodiode, je tok sekundarne fotodiode enak

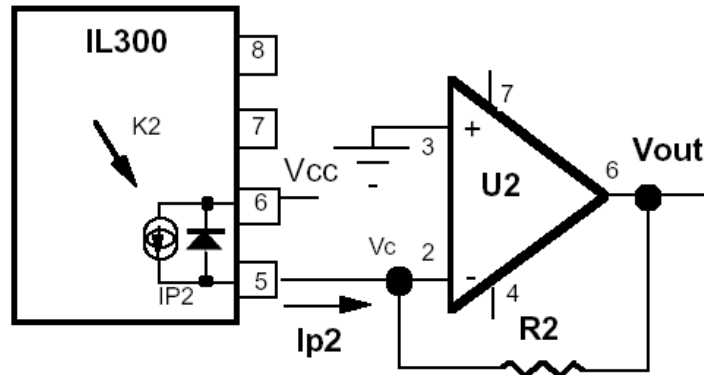
$$i_{p2} = k_2 \cdot i_F.$$

Če v zgornji enačbi izrazimo i_F s pomočjo predhodne enačbe, kjer je k_2 ojačenje sekundarne diode, dobimo

$$i_{p2} = k_2 \cdot \frac{u_{VH}}{R_1 \cdot k_1}.$$

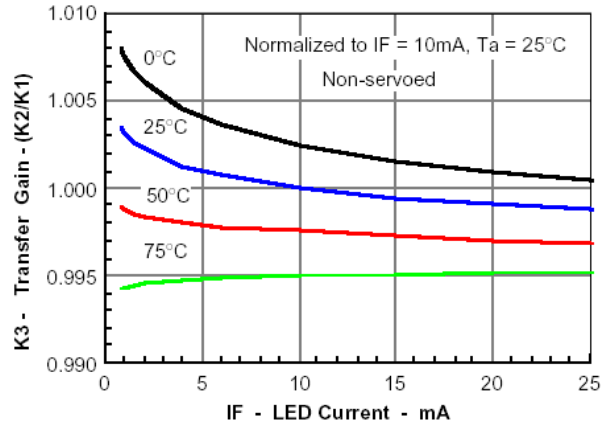
Iz izraza vidimo, da je tok i_{p2} pravtako premosorazmeren vhodni napetosti. Tok oddajne fotodiode pretvorimo z i/u pretvornikom (slika 4) v izhodno napetost

$$u_{IZH} = -R_2 \cdot i_{p2} = -\frac{k_2}{k_1} \cdot \frac{R_2}{R_1} \cdot u_{VH}$$



Slika 4: i/u pretvornik

Prenosno razmerje med izhodno in vhodno napetostjo je odvisno torej zgolj od razmerja upornosti R_2/R_1 ter od razmerja $k_3 = k_2/k_1$, ki ga imenujemo prenosno ojačenje. Njegova majhna temperaturna odvisnost (0,005 % / °C) je razvidna iz grafa 2 in je posledica namestitve obeh sprejemnih fotodiod znotraj istega polprevodniškega elementa.



Graf 2:

Ojačevalniki z induktivnim sklopom

For applications that require both power and signal isolation, you can use transformer-coupled isolation amplifiers to provide complete isolation. This approach eliminates the need for an external dc/dc converter, which reduces overall design and component costs. Some isolation amplifiers use internal transformer coupling to provide 62 kV of continuous common-mode isolation. You can use these isolation amplifiers to provide excitation to a strain gauge, to isolate low-level temperature sensors, or to power a range of ancillary circuits.

For example, the circuit in **Figure 6** shows how you can use this type of isolation amplifier, IC1, to provide local power to a temperature sensor, IC2, and to isolate the sensor's analog output from the main control system. IC2 requires a 5V supply and 0.65-mA operating current. Its output ranges from 0.475 to 3.288V for a temperature range of 2408C to 1858C. A low-power regulator, IC3, generates 5V from the 7.5V output of IC1. IC1 can supply as much as 3 mA, which is sufficient to drive the regulator and the temperature sensor.

