

па следи:

$$C_d = C_v C_c \quad (31)$$

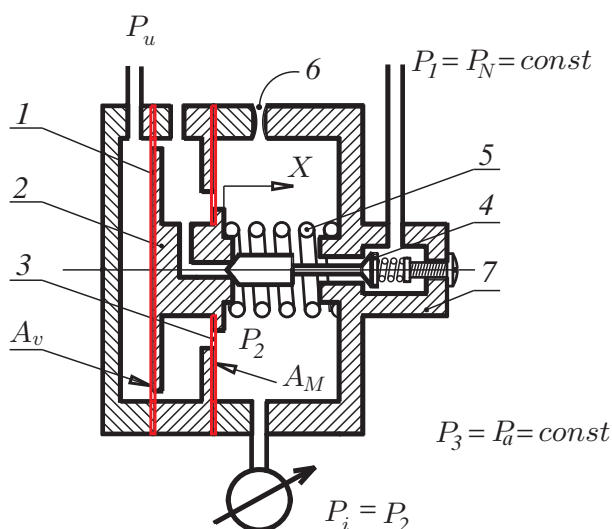
## 5 Појачавачи

Појачавачи улазе у састав сваке управљачке компоненте било да је електрична, хидрауличка, пнеуматска или комбинована. Стога ћемо овде представити по један од сваке врсте.

### 5.1 Пнеуматски појачавачи

Пнеуматски појачавачи су уређаји који улазе у састав готово сваке пнеумоелектричне компоненте, па морају детаљно да се проуче да би се сагледао њихов принцип рада као и математчки модел.

Мембрански пнеуматски појачавач је најшире у примени у пнеумоелектричним компонентама. На слици 37 представљен је један мембрански појачавач фирме Taylor.



Слика 37: Пнеуматски појачавач.

Појачавач се састоји из две мембране, веће површине  $A_v$  која је обележена бројем 1 и мање површине  $A_m$  која је обележена бројем 3. Укрупњење обе мембране је обележено бројем 2 и оно може да се помера улево и удесно. Печурка вентила је обележена бројем 4 док је константна пригушница обележена бројем 6 а опруга бројем 5. Кућиште појачавача је обележено бројем 7. Ово би били сви елементи битни за функционалност компоненте. Следеће физичке величине са слике 37 су,

$P_u$  - улазни притисак у појачавач -  $[Pa]$ ,

$P_i = P_2$  - излазни притисак из појачавача -  $[Pa]$ ,

$P_1 = P_N$  - напојни притисак -  $[Pa]$ ,

$P_3 = P_a$  - атмосферски притисак -  $[Pa]$ ,

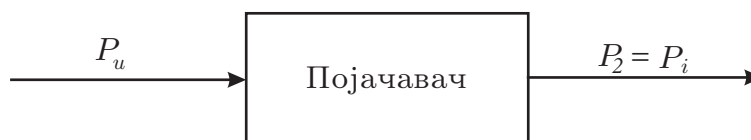
$A_v$  - површина веће мембране -  $[m^2]$ ,

$A_m$  - површина мање мембране -  $[m^2]$ .

Касније ће у току извођења бити уведене још неке величине које ће се односити на вентил 4.

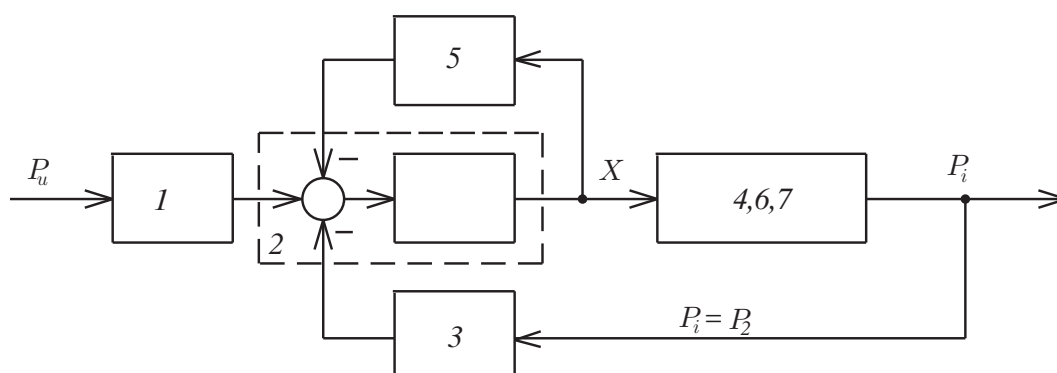
Основни принцип рада појачавача се заснива на равнотежи сила. Наиме сила притиска  $P_u$  на мембрани 1 и сила притиска  $P_i$  на мембрани 3 заједно са силом у опрузи се уравнотежавају у стационарном стању. Што је виши притисак  $P_u$  то се вентил 4 више отвара па притисак  $P_i$  расте и обрнуто.

Дијаграм појачавача је дат на слици 38.



Слика 38: Дијаграм пнеуматског појачавача.

док је његов структурни дијаграм дат на слици 39.



Слика 39: Структурни дијаграм пнеуматског појачавача.

Приближна преносна функција пнеуматског појачавача изгледа:

$$W(s) = \frac{P_i(s)}{P_u(s)} \approx \frac{A_v}{A_m}. \quad (32)$$

Сада се из једначине 32 може добити позиционо појачање,

$$K^o = \frac{A_v}{A_m}, \quad (33)$$

одакле се види да је оно директно пропорционално односу површина мембрана.

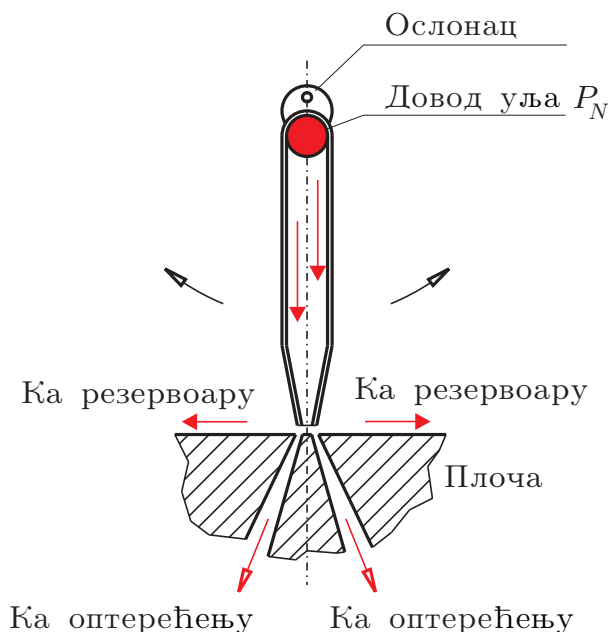
## 5.2 Хидраулички појачавачи

Овде ћемо поменути неколико најважнијих хидрауличких појачавача и то:

- појачавач са млазником и отворима,
- појачавач са млазником и заслоном и
- појачавач са клиповима - разводник.

### 5.2.1 Појачавач са млазником и отворима

Појачавач са млазником и отворима је представљен на слици 40:



Слика 40: Појачавач са млазником и отворима.

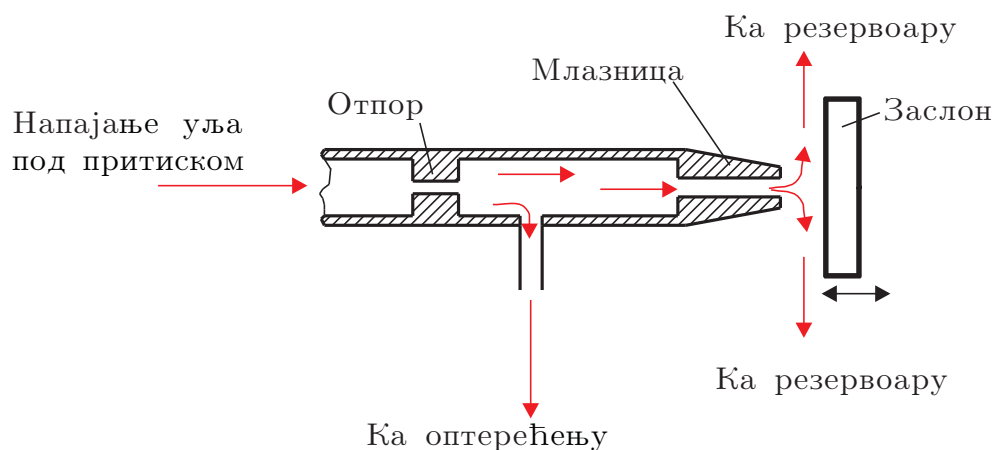
Он се састоји од једног млазника који може да се окреће око ослонца и плоче са два отвора. Када је млазница у вертикали тада се оба отпора напајају истом количином уља а један део уља иде и ка резервоару са обе стране млазника. Млазник се напаја са уљем под притиском на свом врху близу ослонца. Закретањем врха млазника у десну страну, десни отвор ће добити већу количину уља него леви тако да може да напаја већом количином уља неки покретач који није дат на слици. Појачање се постиже тако што покретање млазника захтева врло малу силу док уље које иде ка оптерећењу може на неком хидрауличном мотору да постигне велику силу.

Главни недостатак овог појачавача је што стално одређена количина уља цури у резервоар па му је степен корисности доста мали и изводи се за мање снаге.

### 5.2.2 Појачавач са млазником и заслоном

Појачавач са млазником и заслоном је представљен на слици 41:

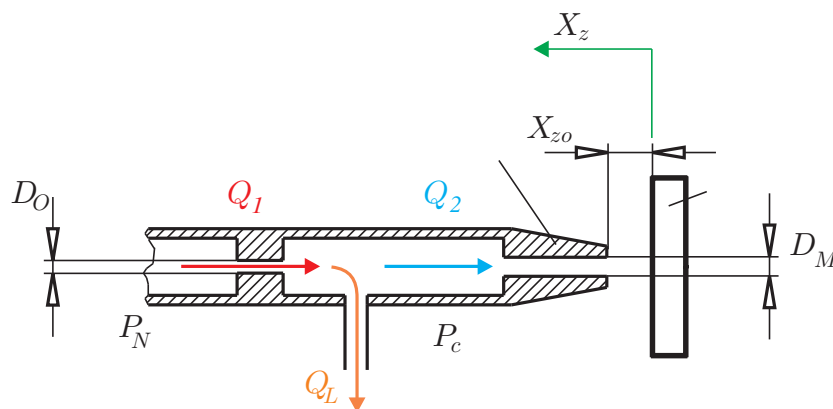
Овај појачавач се састоји од млазнице са заслоном и једног хидрауличког отпора. Млазница се преко хидрауличног отпора напаја уљем под константним притиском. Један део уља пролази кроз млазницу и удара у заслон па



Слика 41: Појачавач са млазником и заслоном.

затим скреће ка резервоару. Мањи део уља иде ка оптерећењу. Ако приближимо заслон млазнику тада ће мање уља да протиче кроз њега а већи ће да иде ка оптерећењу. Појачање се постиже тако што покретање млазника захтева врло малу силу док уље које иде ка оптерећењу може на неком хидрауличном мотору да постигне велику силу.

Да би могле да се испишу основне једначине неопходно је да се млазник са наслоном нацрта у другој форми (слика 42).



Слика 42: Појачавач са млазником и заслоном-основне величине.

Прво ћемо да напишемо једначину континуитета за гранање:

$$Q_1 = Q_2 + Q_L \quad (34)$$

На основу једначине (28) протоци изгледају:

$$Q_1 = A_0 C_{d0} \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_N - P_c)} = \frac{\pi}{4} D_0^2 C_{d0} \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_N - P_c)} \quad (35)$$

$$Q_2 = A_M C_{dz} \sqrt{\frac{2}{\rho} P_c} = \pi D_M (X_{z0} - X_z) C_{dz} \sqrt{\frac{2}{\rho} P_c} \quad (36)$$

Ако се затвори вод који води ка оптерећењу то је  $Q_L = 0$  па из једначина (35) и(36) следи:

$$\frac{P_c}{P_N} = \left[ 1 + \left( \frac{C_{dz} A_z^2}{C_{d0} A_0} \right) \right]^{-1} \quad (37)$$

У случају да постоји проток  $Q_L$  (појачавач је оптерећен) његова карактеристика изгледа:

$$\frac{Q_L}{C_{d0} A_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} P_N}} = \sqrt{1 - \frac{P_c}{P_N}} - \left( 1 - \frac{X_z}{X_{z0}} \right) \sqrt{\frac{P_c}{P_N}} \quad (38)$$

Једначина (38) је нелинеарна. За њену линеаризацију је неопходно да се одреде следећи коефицијенти:

$$K_{q0} = \left. \frac{\partial Q_L}{\partial X_z} \right|_N = C_{dz} \pi D_M \sqrt{\frac{P_N}{\rho}} \quad (39)$$

$$K_{p0} = \left. \frac{\partial P_c}{\partial X_z} \right|_N = \frac{P_N}{2X_{z0}} \quad (40)$$

$$K_{c0} = - \left. \frac{\partial Q_L}{\partial P_c} \right|_N = \frac{2C_{dz} \pi D_M X_{z0}}{\sqrt{\rho P_N}} \quad (41)$$

Коефицијент  $K_{q0}$  се назива коефицијент протока, док је коефицијент  $K_{p0}$  коефицијент притиска а коефицијент  $K_{c0}$  је коефицијент проток-притисак. Сада може да се напише линеаризована једначина протока у форми:

$$q_L = K_{q0} x_z - K_{c0} p_c \quad (42)$$

где су:

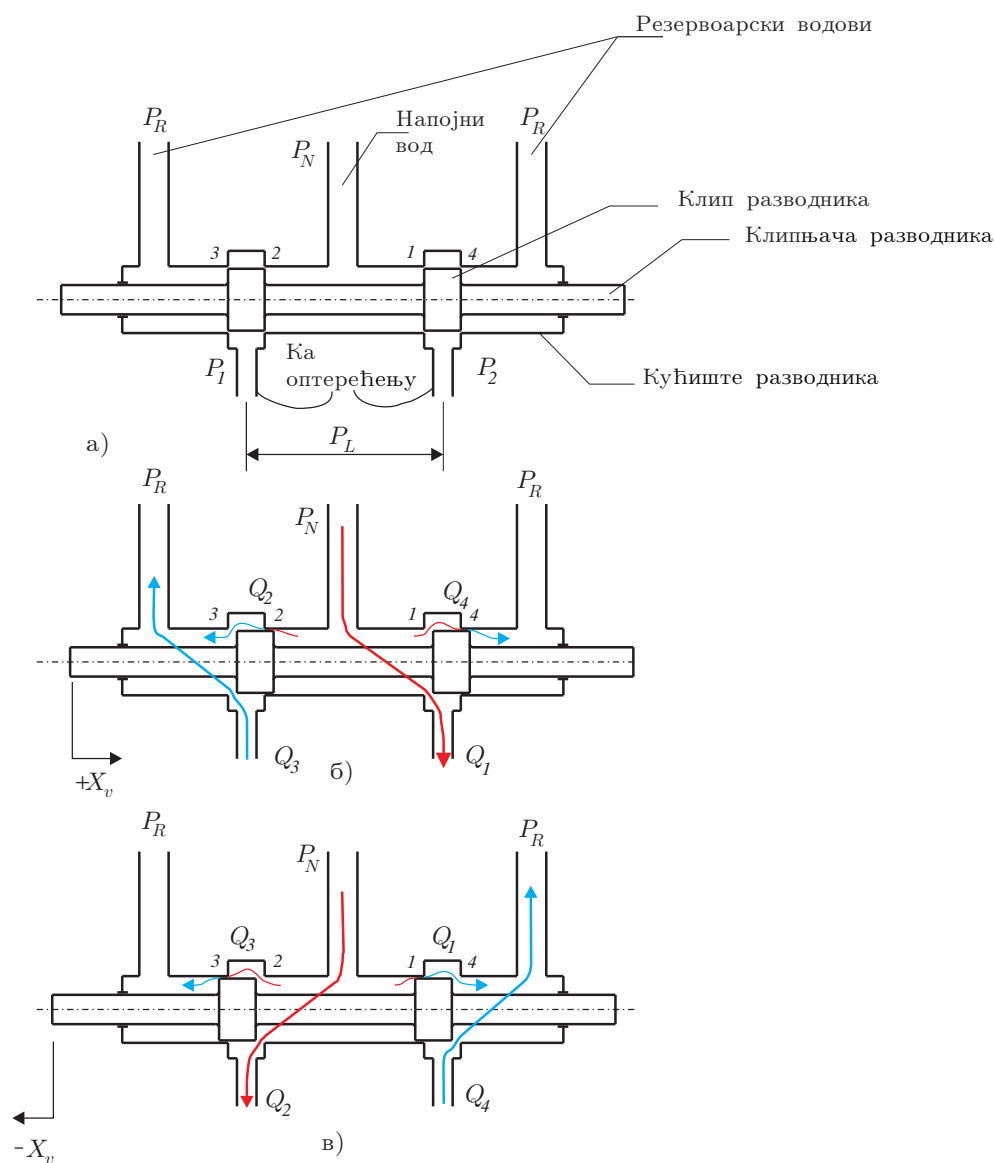
$q_L = Q_L - Q_{LN}$  - одступање протока

$p_c = P_c - P_{cN}$  - одступање притиска

$x_z = X_z - X_{zN}$  - одступање померања заслона

### 5.2.3 Појачавач са клиповима-разводник

На слици 43 је представљен клипни разводник у своја три положаја.



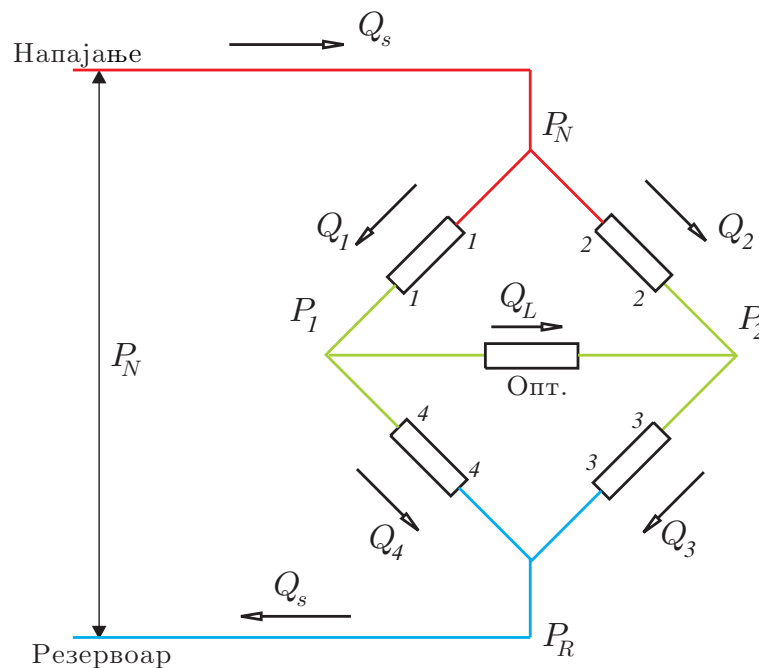
Слика 43: Клипни разводник-разни положаји.

Како се лепо види са слике клипни разводник се састоји из два клипа, клипњаче и кућишта разводника. Такође се види да има четири прикључка и то: ка оптерећењу два, од пумпе (напојни) и ка резервоару (два али је то у суштини један). На слици 43 а) види се хидраулички разводник у "нултом" положају тј. у том положају нема протока ула у било ком воду. Напојни притисак од пумпе је обележен са  $P_N$  и он је константан. Резервоарски притисак је обележен са  $P_R$  док су притисци ка хидрауличном мотору обележени са  $P_1$  и  $P_2$  респективно. последње наведене притиске одређује оптерећење мотора па се обележава  $P_L = P_1 - P_2$ .

На слици 43 б) је представљен хидраулички разводник са помереним клипом у (+) положају. Тада се обезбеђују протоци како је нацртано стре-

лицама у боји. Проток  $Q_1$  обележен црвеном стрелицом је главни проток на високом притиску и он иде ка хидрауличком мотору. Такође проток обележен плавом стрелицом и ознаком  $Q_2$  је главни али повратни од хидрауличног мотора. Затим се виде и два протока  $Q_2$  и  $Q_4$  обележених са тањим стрелицама а који представљају протоке цурења. Они су много мањи од главних протока. На слици 43 в) је дата ситуација када се клип разводника помери у негативном смеру. И у том случају постоје два главна протока  $Q_2$  и  $Q_4$  док су протоци цурења  $Q_1$  и  $Q_3$ . Наравно сада је проток кроз хидраулички мотор у супротном смеру.

Ради лакшег математичког описа овога појачавача прави се поједностављена хидрауличка шема која је дата на слици 44.



Слика 44: Клипни разводник-симболичка шема.

Напојни притисак  $P_N$  ће се сматрати да је приближно константан као и притисак у резервоару  $P_R$ . Хидраулички отпори 1 – 1, 2 – 2, 3 – 3 и 4 – 4 одговарају пригушењима код клипаова разводника (слика 43). За позитивно померање клипа разводника  $X_v > 0$  главни проток уља иде преко отпора 1 – 1 и 3 – 3 што обезбеђује и проток уља кроз оптеретни отпор за разводник. За негативно померање клипа разводника  $X_v < 0$  главни проток уља иде преко отпора 2 – 2 и 4 – 4 што обезбеђује проток уља кроз оптеретни отпор али у супротном смеру.

Сада могу да се напишу једначине континуитета за леви (зелени) чвор и десни (зелени) чвор као:

$$Q_L = Q_1 - Q_4 \quad (43)$$

$$Q_L = Q_3 - Q_2. \quad (44)$$

Такође разлику притисака ка оптеретном отпору можемо да напишемо као:

$$P_L = P_1 - P_2. \quad (45)$$

Користећи једначину протока (28) кроз хидраулички отпор могу да се пишу протоци кроз сва пригушења:

$$Q_1 = C_d A_1 \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_N - P_1)} \quad (46)$$

$$Q_2 = C_d A_2 \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_N - P_2)} \quad (47)$$

$$Q_3 = C_d A_3 \sqrt{\frac{2}{\rho} P_2} \quad (48)$$

$$Q_4 = C_d A_4 \sqrt{\frac{2}{\rho} P_1}. \quad (49)$$

У највећем броју случајева разводници су направљени тако да важи:

$$A_1 = A_1(X_v) \quad A_2 = A_2(-X_v) \quad A_3 = A_3(X_v) \quad A_4 = A_4(-X_v) \quad (50)$$

односно:

$$A_1 = A_3 \quad (51)$$

$$A_2 = A_4 \quad (52)$$

Површине разводника које задовољавају услове 47, 48 и 49 називају се упарене и симетричне. За њих важи (ако се занемари цурење) да је:

$$Q_1 = Q_3 \quad (53)$$

$$Q_2 = Q_4 \quad (54)$$

Замењујући 46, 48 и 51 у 53 следи:

$$P_N = P_1 + P_2. \quad (55)$$

Повезујући једначине 45 и 55 добија се веза притисака:

$$P_1 = \frac{P_N + P_L}{2} \quad (56)$$

$$P_2 = \frac{P_N - P_L}{2} \quad (57)$$

Замењујући једначине 46, 49, 56 и 57 у једначину 43 добија се проток кроз оптеретни отпорник:

$$Q_L = C_d A_1 \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_N - P_L)} - C_d A_2 \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_N + P_L)} \quad (58)$$



За многе прорачуне (посебно динамичке) потребно је имати линеаризоване једначине које зависе од коефицијената разводника. У овом случају коефицијент протока, коефицијент проток-притисак и коефицијент притиска изгледају:

$$K_q = C_d w \sqrt{\frac{1}{\rho}(P_N - P_L)} \Big|_N \quad (59)$$

$$K_c = \frac{C_d w X_v \sqrt{\frac{1}{\rho}(P_N - P_L)}}{2(P_N - P_L)} \Big|_N \quad (60)$$

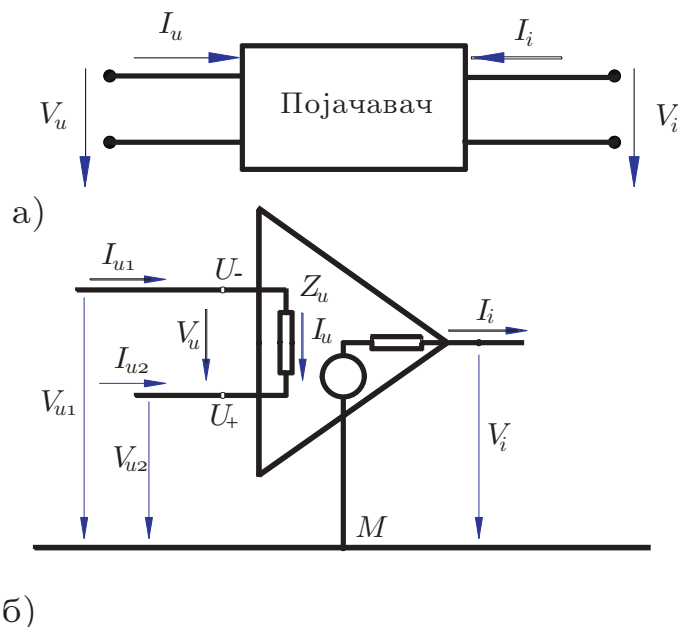
$$K_p = \frac{2(P_N - P_L)}{X_v} \Big|_N \quad (61)$$

па линеаризована једначина протока може да се напише:

$$q_L = K_q x_v - K_c p_L \quad (62)$$

### 5.3 Електронски појачавачи

У компонентама и системима аутоматског управљања у највећем броју случајева у употреби су електронски операциони појачавач краће ОП. Овде ће бити размотрне основне карактеристике поменутих електронских компоненти. ОП ће бити представљен као четворопол слика 45 (а),



Слика 45: Електронски операциони појачавач.

где су:

$I_u$  - улазна струја - [A],

$V_u$  - улазни напон - [V],

$I_i$  - излазна струја - [A],

$V_i$  - излазни напон -  $[V]$ ,

док је детаљнија симболичка шема дата на слици 31 (б). Улазни део ОП има два прикључка обележена са  $U_-$  и  $U_+$  са припадним улазним струјама  $I_{u1}$  и  $I_{u2}$  и припадним улазним напонима  $V_{u1}$  и  $V_{u2}$ , мерено у односу на тачку  $M$ . Улазна комплексна импеданса је обележена са  $Z_u$ . Разлика улазних напона  $V_{u1}$  и  $V_{u2}$  је обележена као  $V_u$ ,

$$V_u = V_{u1} - V_{u2}. \quad (63)$$

Разлика између улазних струја  $I_{u1}$  и  $I_{u2}$  је обележена са  $I_u$ ,

$$I_u = I_{u1} - I_{u2} \quad (64)$$

Излазни део ОП је одређен излазним напоном  $V_i$  у односу на тачку  $M$ , излазном струјом  $I_i$  и комплексном излазном импедансом  $Z_i$ . Пошто је ОП активни елемент тада ће се сматрати да он на излазу има напонски извор који је у овом случају обележен са  $-V$ . Знак "-" испред излазне струје и напона је присутан из конструктивних разлога. Сада је за излазни део могуће написати једначину,

$$-V = -V_i - I_i Z_i. \quad (65)$$

Наравно ако се претпостави да је излазна струја мала тада важи,

$$V = V_i, \quad (66)$$

док се за улазну страну слично може писати,

$$V_u = Z_u I_u. \quad (67)$$

Најважнија карактеристика ОП је његово појачање  $K_u$  дефинисано као,

$$-V = K_u V_u, \quad (68)$$

односно у логаритамским координатама,

$$L_a = 20 \cdot \log \left( \frac{-V}{V_u} \right), \quad (69)$$

изражено у  $[db]$ .

Такође преносна импеданса може да се дефинише као,

$$Z_k = \frac{-V}{I_u}. \quad (70)$$

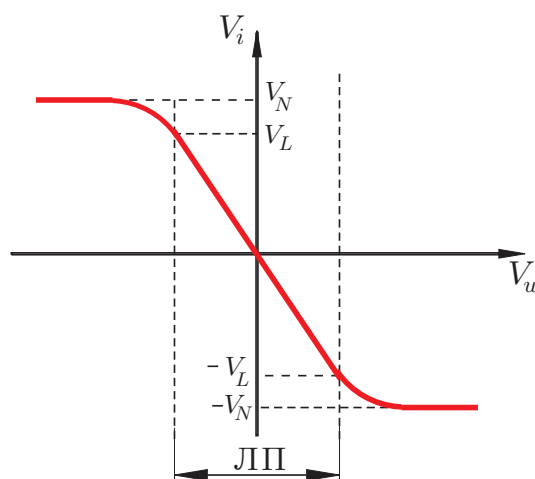
Идеални појачавач има појачање  $K_u \rightarrow +\infty$ , улазну импедансу  $Z_u \rightarrow +\infty$  а улазну струју  $I_u \rightarrow 0$ . На излазном делу излазна импеданса  $Z_i \rightarrow 0$ . Такође појачање  $K_z \rightarrow 0$  што повлачи да  $\mathcal{P}_z \rightarrow +\infty$ . Овакав појачавач наравно није могуће реализовати.

Стварни појачавач се данас технолошки изводи у интегрисаној технологији чиме се постиже поузданији рад и нижа цена коштања. Посматрајући појачање идеалног појачавача које је бесконачно, појачање

стварног појачавача је велико али није бесконачно и креће се и до  $10^7$ . И код стварног ОП се разликују два улаза,

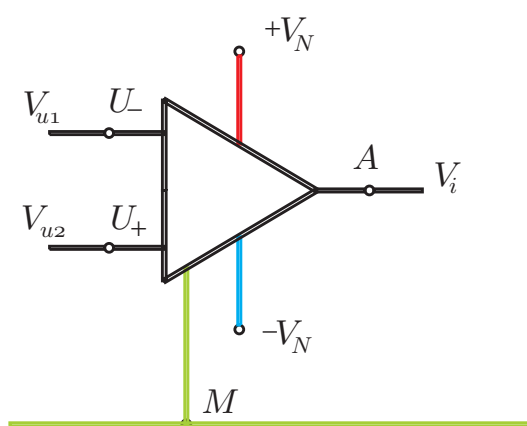
- 1)  $U_-$  - инвертујући улаз и
- 2)  $U_+$  - неинвертујући улаз.

Ово значи да кад се улаз  $U_+$  веже преко отпорника на нулу а на улаз  $U_-$  доведе позитиван напон на излазу ће се појавити негативан напон. Супротно важи за улаз  $U_+$ . Статичка карактеристика стварног појачавача је дата на слици 46 за инвертујући улаз.



Слика 46: Статичка карактеристика ОП.

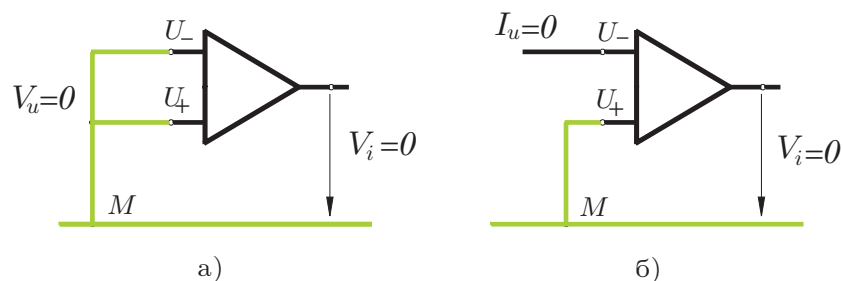
Јасно је да је статичка карактеристика стварног ОП нелинеарна и то типа засићења. Напони  $+V_N$  и  $-V_N$  су напони напајања ОП слика 47. За овакво напајање се каже да је симетрично.



Слика 47: Симетрично напајање ОП.

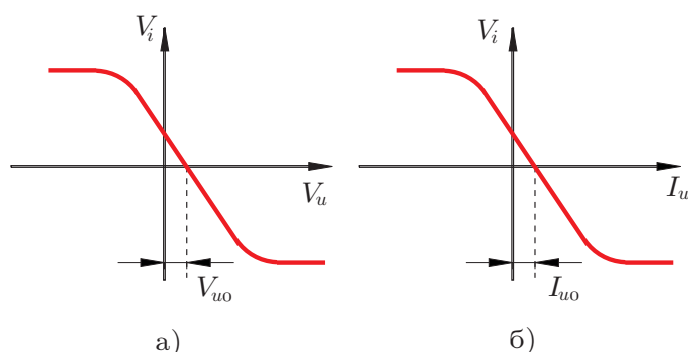
Са статичке карактеристике се види да постоји једно линеарно подручје које је у области улаза обележено са  $LP$  а у области излаза са  $(-V_L, +V_L)$ . У неком условно речено нормалном раду тежиће се да ОП ради у овом линеарном делу статичке карактеристике.

Надаље се мора напоменути да статичка карактеристика стварног ОП не изгледа ни тако "идеално" како је представљено на слици 47. Стога ће се размотрити два случаја везивања ОП дата на слици 48.



Слика 48: Неидеалности ОП.

На слици 48 (а) улази су кратко спојени са референтним напонам ( $0V$ ) док се на излазу ОП услед неидеалности у изради појављује напон  $V_i \neq 0$ . На слици 48 (б) је представљен случај када улаз  $U_-$  отворен тако да је улазна струја  $I_u = 0$  али се ипак на излазу појављује неки напон  $V_i \neq 0$ . Статичке карактеристике за ове случајеве су представљене на слици 49.



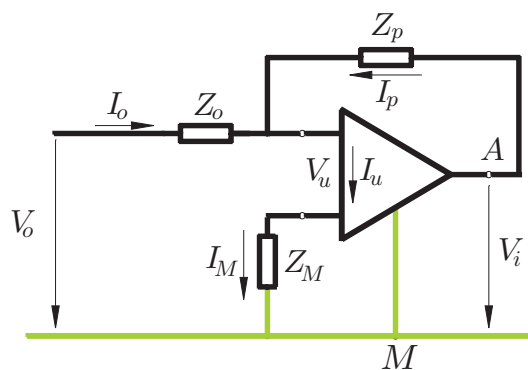
Слика 49: Неидеалности ОП на статичким карактеристикама.

Напон  $V_{uo}$  је напон раздешености (offset voltage). Овај напон доведен на улаз ОП своди излазни напон на нулу. Струја побуде  $I_{uo}$  (bias current) је струја која ће довести излазни напон на нулу.

Инвертујући појачавач. Електронска шема инвертујућег појачавача је дата на слици 50.

Улазни напон инвертујућег појачавача је  $V_o$ , улазна импеданса  $Z_o$  а улазна струја је  $I_o$ . У повратној грани се налази импеданса  $Z_p$  а кроз њу протиче струја  $I_p$ . Разлика потенцијала између улазних прикључака ОП је  $V_u$  док је улазна струја у ОП  $I_u$ . Излазни напон из инвертујућег појачавача је означен са  $-V_i$ . Да би се струја  $I_{uo}$  свела на најмању могућу меру, неинвертујући улаз  $U_+$  се повезује преко импедансе  $Z_M$  на масу. Вредност  $Z_M$  се одређује на основу једначине,

$$Z_M = \frac{Z_o Z_p}{Z_o + Z_p}. \quad (71)$$



Слика 50: Инвертујући појачавач.

Пошто је разлика потенцијала између тачака  $U_-$  и  $U_+$  мала, то може да се сматра да су обе на потенцијалу  $V_u$ . У том случају може да се пише,

$$I_o = \frac{V_o - V_u}{Z_o}. \quad (72)$$

Струја у повратној спрези се лако израчунава на основу,

$$-I_p = \frac{V_u - V_i}{Z_p}, \quad (73)$$

па пошто су струје  $I_u$  и  $I_M$  блиске нули то се за улазни чвор може писати следећа једначина,

$$I_o = -I_p. \quad (74)$$

Повезујући једначине 72 до 74 следи,

$$\frac{-V_i}{V_o} = \frac{Z_p}{Z_o}. \quad (75)$$

Тачност једначине 74 зависи тога колико је струја  $I_o$  већа од струје  $I_u$ . Ако се претпостави да струја  $I_u$  није занемарљиво мала тада једначина 74 изгледа,

$$I_o + I_p = I_u. \quad (76)$$

Повезујући једначине 66, 68, 73 и 74 са једначином 76 добија се заправо једначина понашања инвертујућег појачавача,

$$\frac{-V_i}{V_o} = \frac{Z_p}{Z_o} \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{K_u}\right) \left(\frac{Z_o + Z_p}{Z_o}\right)}. \quad (77)$$

Ако су импедансе  $Z_p$  и  $Z_o$  омске отпорности то је

$$\begin{aligned} Z_p &= R_p \\ Z_o &= R_o. \end{aligned} \quad (78)$$

Сада је лако могуће одредити појачање инвертујућег појачавача као,

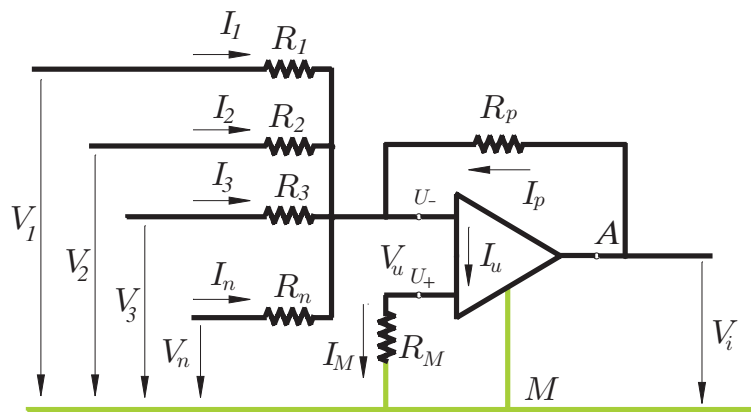
$$\frac{-V_i}{V_o} = K_p = K_p^* \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{K_u}\right) (1 + K_p^*)}. \quad (79)$$

Коефицијент  $K_p^*$  представља појачање инвертујућег појачавача када се претпостави да је ОП идеалан. Ово појачање може да се напише у форми,

$$K_p^* = \frac{R_p}{R_o}. \quad (80)$$

Из једначине 79 се види да је појачање инвертујућег појачавача  $K_p \approx K_p^*$ , када је појачање стварног ОП велико што је у пракси евидентно. На пример за  $K_u = 10^4$  и  $K_p^* = 3$  релативна грешка  $K_p$  у односу на  $K_p^*$  је  $-0,004$  процента што је занемарљиво мало. Значи за већину прорачуна слободно је могуће одредити појачање из једначине 80 док за неке специјалне примене треба користити једначину 79.

Надаље је лако направити шему електронског сабирача слика 51.



Слика 51: Сабирач.

Да би се добила једначина понашања сабирача користе се све једначине које су коришћене при извођењу једначине инвертујућег појачавача осим што се уместо једначине 74 за чвор  $U_-$  пише једначина,

$$I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = -I_p. \quad (81)$$

Наравно и отпор  $R_M$  се мења и добија се из релације,

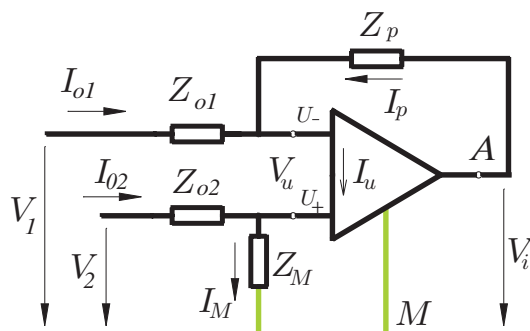
$$\frac{1}{R_M} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} + \frac{1}{R_p}. \quad (82)$$

Коначно једначина понашања сабирача изгледа,

$$-V_i = \sum_{j=1}^n K_j V_j. \quad (83)$$

$$K_j = \frac{R_p}{R_j}$$

Диференцијални појачавач. ОП повезан за осталим елементима како је представљено на слици 52 је диференцијални појачавач. Улазни напони су  $V_1$  и  $V_2$  а излазни напон је  $-V_i$ .



Слика 52: Диференцијални појачавач.

Пошто су улазна струја  $I_u$  и улазни напон  $V_u$  у ОП мали то су тачке  $U_-$  и  $U_+$  на приближно истом потенцијалу  $V_u$ . Две улазне струје се сада могу израчунати на основу једначина,

$$I_{o1} = \frac{V_1 - V_u}{Z_{o1}} \quad (84)$$

$$I_{o2} = \frac{V_2 - V_u}{Z_{o2}}$$

Струја у повратној грани је,

$$I_p = \frac{V_u - V_A}{Z_p}, \quad (85)$$

и пошто је струја  $I_u$  врло мала следи,

$$\begin{aligned} I_M &= I_{o2} \\ -I_p &= I_{o1} \end{aligned} \quad (86)$$

па се лако добија једначина понашања диференцијалног појачавача као,

$$-V_i = V_1 \frac{Z_p}{Z_{o1}} - V_2 \frac{Z_p}{Z_{o1}} \left( \frac{Z_{o1} Z_M}{(Z_{o2} + Z_M) Z_p} + \frac{Z_M}{Z_{o2} + Z_M} \right). \quad (87)$$

За специјални случај када су све импедансе омски отпори и када су они у следећој међусобној релацији,

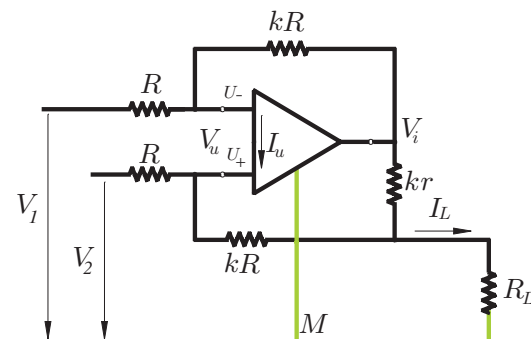
$$Z_{o1} = Z_{o2} = R_o \quad Z_p = Z_M = R_p, \quad (88)$$

једначина понашања може да се пише у облику ,

$$-V_i = (V_1 - V_2) \frac{R_p}{R_o}. \quad (89)$$

Овај појачавач се назива диференцијални појачавач зато што излазни напон зависи од разлике улазних напона.

Напонско струјни претварач. У неким случајевима потребно је претворити напонски сигнал у струјни, на пример када се сигнал преноси на велике даљине. Овакав уређај је представљен на слици 53.



Слика 53: Напонско-струјни појачавач.

Улазна струја  $I_u$  је занемарљиво мала па се за чворове  $U_-$  и  $U_+$  може сматрати да се налазе на истом потенцијалу  $V_u$  одакле следе једначине,

$$\frac{V_1 - V_u}{R} = \frac{V_u - V_i}{kR}, \quad (90)$$

$$\frac{-V_2 + V_u}{R + r} = \frac{-V_u + V_x}{kR}, \quad (91)$$

док се за чвор на излазу добија,

$$\frac{V_i - V_x}{kr} = I_L + \frac{-V_u + V_x}{kR}. \quad (92)$$

Користећи једначине 90 до 92 може се добити једначина понашања напонско струјног претварача,

$$I_L = (V_2 - V_1) \frac{1}{r}. \quad (93)$$

Вредност отпора  $R_L$  који оптерећује ОП мора да задовољи следећи услов,

$$R_{Lmax} \leq \left| \frac{V_{imax}}{I_{LN}} \right| \cdot \frac{R}{R + r} - \left[ \frac{r}{2R + r} + \frac{kR}{R + r} \right] r, \quad (94)$$

где је  $I_{LN}$  номинална струја ОП.

Обично се за параметар  $k$  усваја вредност 0,1 да би се добио значајнији оптеретни отпор  $R_L$ . Нагиб статичке карактеристике претварача је  $1/r$ .



## 6 Дигитални рачунар као део управљачког система

Савремени управљачки системи се по правилу изводе коришћењем дигиталних рачунара. Како је на почетку курса речено они раде са дигиталним подацима а због цикличног рада пренос сигнала је временски дискретан. Да би могао да се разуме рад оваквих делова управљачких система треба нешто да се каже о бројчаним системима који се у њима користе.

### 6.1 Бројчани системи

Већина дигиталних рачунара ради тако што препознаје сигнале који имају само два стања и то:

- стање 1 или H (H-high)
- стање 0 или L (L-low).

Самим тим записивање свих бројчаних вредности се одвија у бинарном систему. Претварање броја 17 децималног записа у бинарни изгледа:

$$17 = 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$$

$$17 \rightarrow 16 + 0 + 0 + 0 + 1 \quad .$$

$$17_{dec} \rightarrow 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1_{bin} \quad .$$

Значи број 17 у бинарном запису може да се представи као 10001. Види се да се један двоцифрени децимални број трансформише у петоцифрени у бинарном запису. Пошто рачунари раде са веома великим бројевима, непрактично би било записивати их поворком нула и јединица па се зато они често представљају у хексадецималном запису. Овај запис садржи следеће цифре:

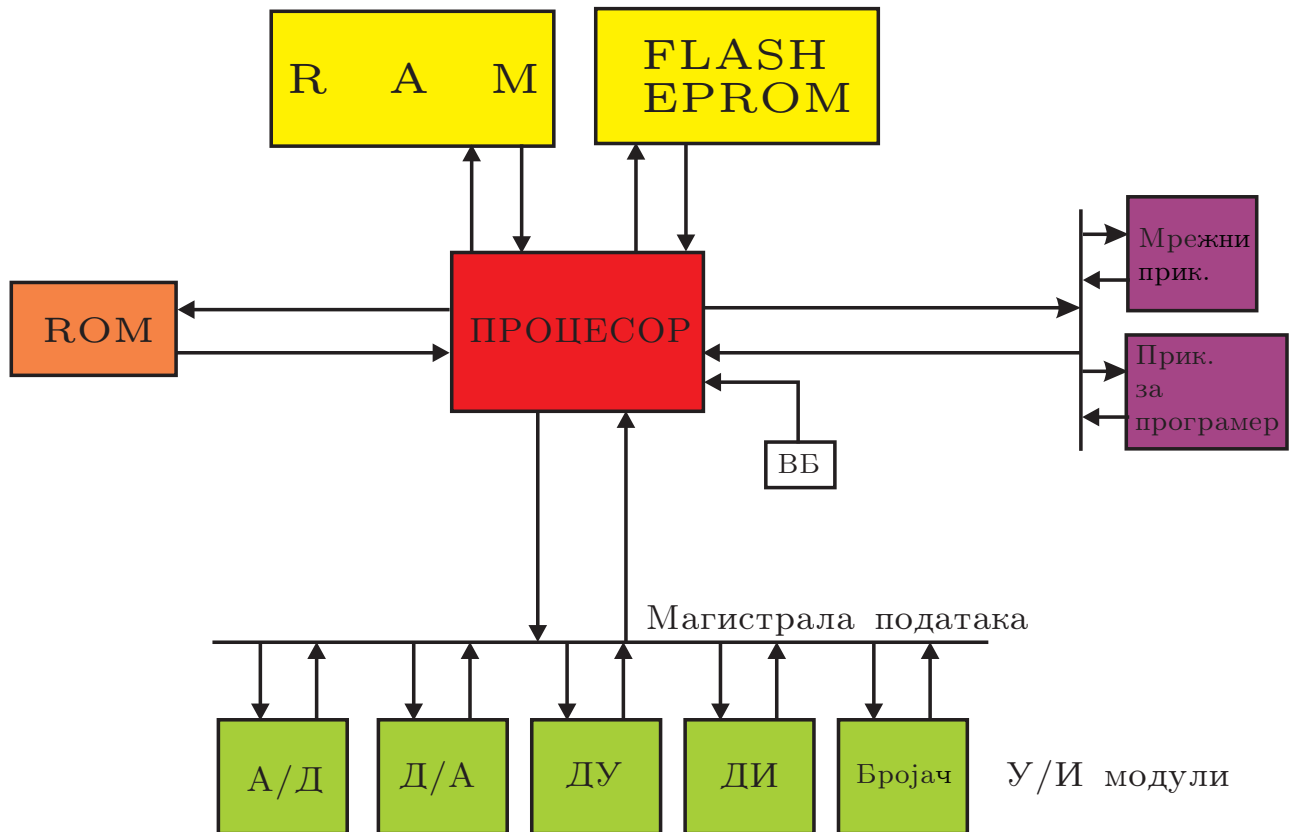
$$0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F$$

и основа му је 16. Број 17 у хексадецималном систему изгледа:

$$1 \cdot 16^1 + 1 \cdot 16^0$$

$$. \quad 16 + 1 = 11_H$$

Значи хексадецимални систем заузима мање цифарских места од децималног и бинарног. Оно што је велика предност хексадецималног бројчаног система у односу на децимални је лако трансформисање у бинарни обрнуто.



Слика 54: Основна структура управљачког рачунара.

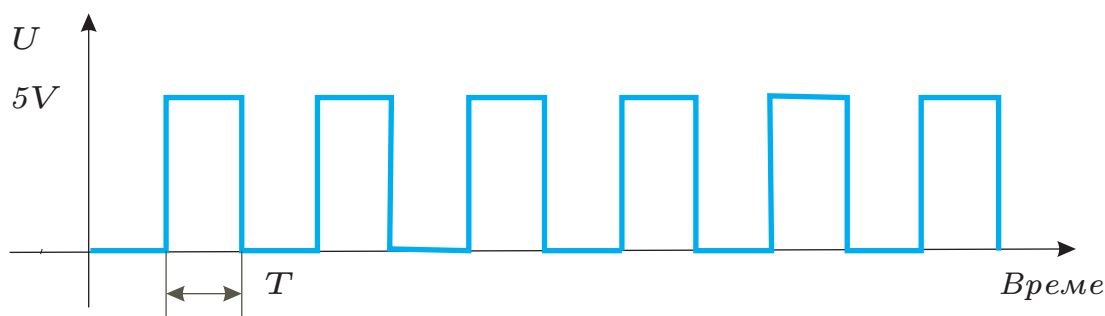
## 6.2 Структура управљачког рачунара

Да би дигитални рачунар ефикасно могао да се користи аутоматском као део управљачког система потребно је да се упознају његове основне компоненте као и њихова међусобна повезаност. **Процесор** или микропроцесор је основа сваког управљачког рачунара. Он извршава рачунске операције и контролише рад свих осталих компоненти рачунара. Важно је да се напомене да процесор у **једном** моменту може да изврши само **једну** операцију. Процесор треба да координира рад великог броја околних уређаја као и да извршава сложене програме. Пошто он извршава програм секвенцијално (операцију за операцијом) мора да има изузетну брзину рада да не би дошло до временских кашњења.

**Временска база** обележена са ВБ служи за стварање сигнала који служи за синхронизацију рада рачунара и свих периферних уређаја. Она има облик четвртке што је представљено на слици 19. Амплитуда му је  $5V$ . Једна од карактеристика рачунара је и вредност периода  $T$ , чешће вредност фреквенције  $f$ :

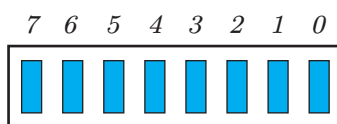
$$f = \frac{2\pi}{T} \dots [Hz].$$

Дањашњи управљачки рачунари имају фреквенцију синхронизације и до  $1000MHz$ .



Слика 55: Временска база-изглед сигнала.

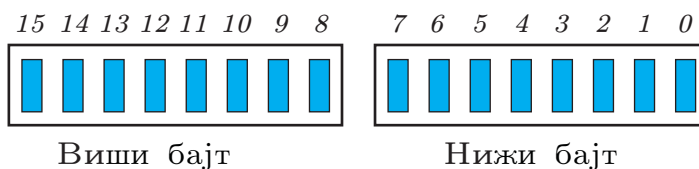
**Меморија ROM**, Read Only Memory је део меморије где се налазе системски подаци. Они су смештени у групама од по 8 бита и називају се бајт. Два



Бајт података

Слика 56: Бајт података.

бајта чине реч (WORD). Реч дакле садржи 16 бита података. Две речи чине **дуплу** реч (DW) која има 32 бита података. Свака меморија па и ROM може да се представи као низ сандучића у којима се налазе подаци величине 8 бита. Из ROM-а микропроцесор може само да узима податке (исчитава их)



Виши бајт

Нижи бајт

Реч података

Слика 57: Реч података.

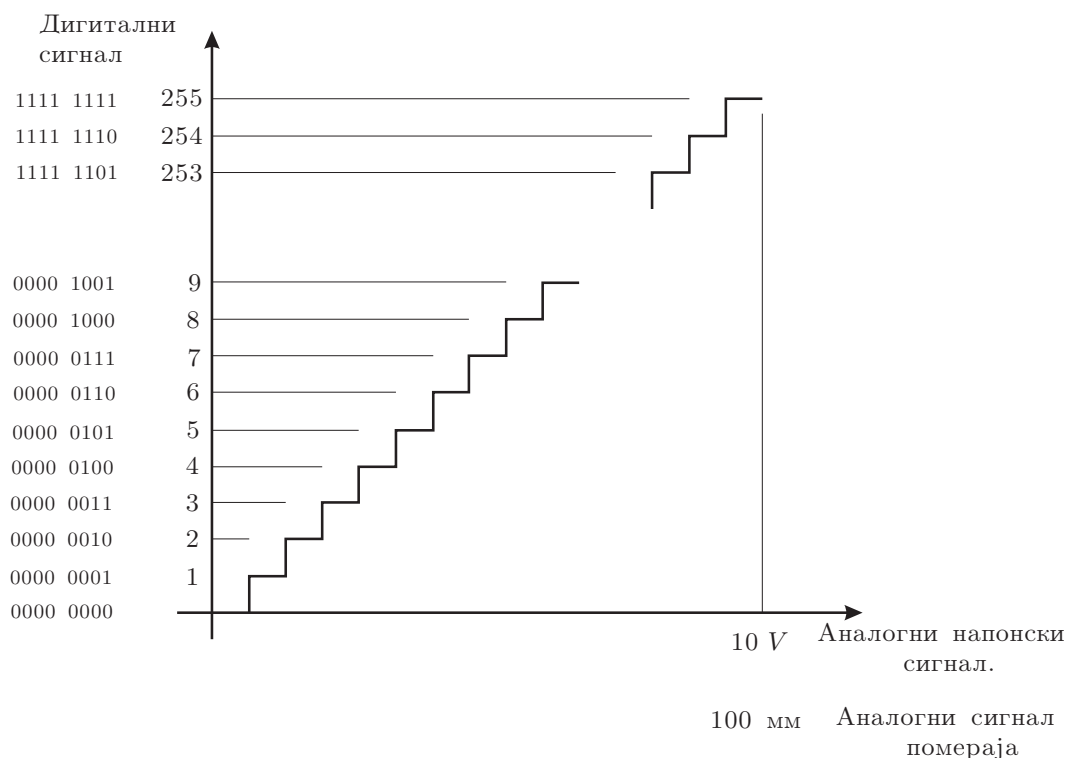
а не може да их бележи у њега. Пошто у ROM меморији постоји велики број бајта (неколико стотона килобајта) то да би процесор могао да зна где му се који податак налази исти имају адресу (као и поштанско сандуче у зградама) најчешће изражену у хексадецималном запису. Са слике 58 се види да се на адреси  $0000_H$  налази број  $00101001$  односно  $41_{dec}$  а на адреси  $0005_H$  број  $11111111$  односно  $255_{dec}$ . Значи у ROM-у се налазе подаци који се једном у њега унесу (најчешће када се рачунар произведе) и не мењају се током рада система. Нестанком напајања не губе се подаци из ROM-а.

**Меморија RAM** (Random Access Memory) има исту структуру као и ROM само што у њу можемо уписивати бројеве (мењати садржај сваког бајта) као што можемо из ње и исчитавати бројеве. Нестанком напајања губе се сви подаци из RAM-а. Сви остали уређаји који се налазе на слици 54 се називају периферни уређаји.

8. Бајт									$0007_H$	Адресе
7. Бајт									$0006_H$	
6. Бајт	1	1	1	1	1	1	1	1	$0005_H$	
5. Бајт									$0004_H$	
4. Бајт									$0003_H$	
3. Бајт									$0002_H$	
2. Бајт									$0001_H$	
1. Бајт	0	0	1	0	1	0	0	1	$0000_H$	

Слика 58: Структура ROM-а.

**А/Д претварачи (конвертери)** служе да аналогне временски непрекидне сигнале претворе у дигиталне временски дискретне сигнале. Њихова тачност се одређује бројем бита у које се конвертује аналогни сигнал. Ако за пример узмемо осмобитни А/Д конвертер он има карактеристику конверзије дефинисану степенастом функцијом. Стога кажемо да осмобитни А/Д кон-



Слика 59: Статичка карактеристика А/Д конвертера.

вертер има 255 степеница. Ако претпоставимо да на свом улазу А/Д конвертер прима аналогни напонски сигнал од 0 до 10 V тада можемо да видимо

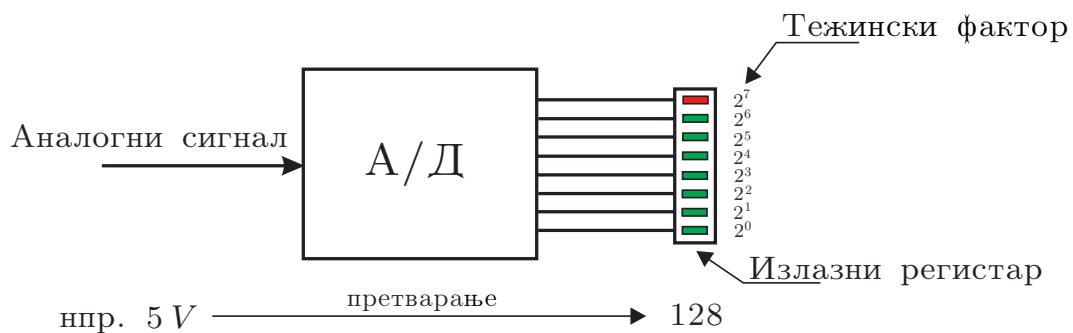
колико свака представља волти,

$$\text{степенница} = \frac{10 V}{255 \text{ степ.}} = 3,92 \cdot 10^{-2} \frac{V}{\text{степ.}}$$

Надаље ако напонском сигналу одговара померај некога дела од  $100 \text{ mm}$  тада можемо да израчунамо колико једна степенница представља милиметара хода,

$$\text{степенница} = \frac{100 \text{ mm}}{255 \text{ степ.}} = 0,392 \frac{\text{mm}}{\text{степ.}}$$

Другим речима рачунар не може боље да прочита позицију од  $0,392 \text{ mm}$  па је тачност овога А/Д конвертера  $0,392 \%$ . Структурна шема А/Д конвертера је дата на следећој слици. Како се види аналогни сигнал долази до кон-



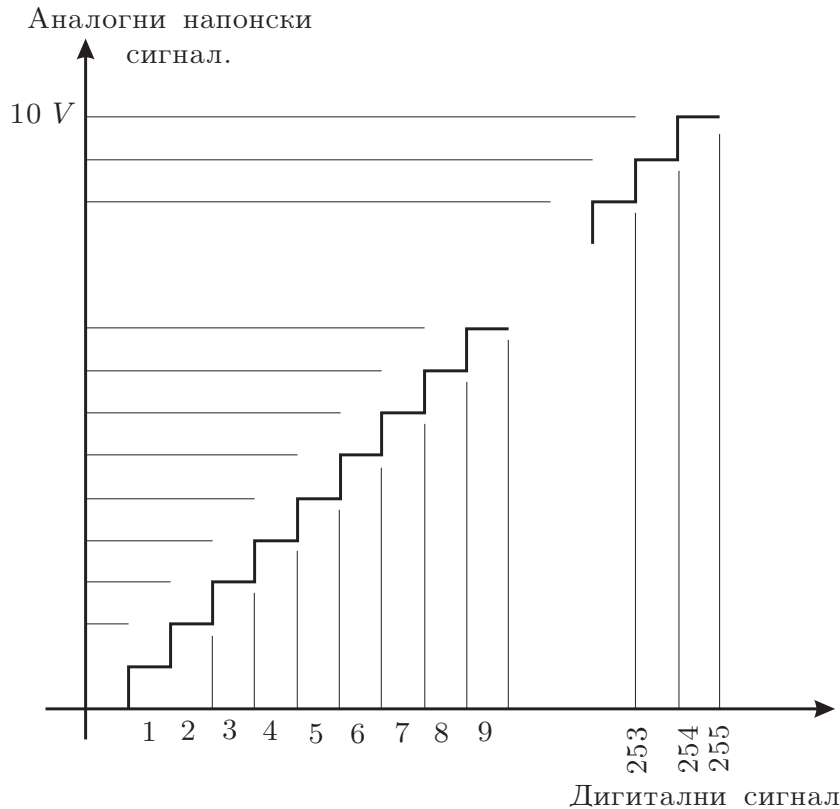
Слика 60: Структурна шема А/Д конвертера.

верторског блока који аналогну вредност напона од  $0$  до  $10 V$  претвара у осмобитни дигитални податак. Та вредност се чува у посебној меморијској локацији самог уређаја која се назива излазни регистар. Из ње даље тај податак могу да узму сви околни корисници те величине. У нашем примеру опсег за опсег улазног сигнала од  $0$  до  $10 V$  добија се вредност дигиталног податка од  $0$  до  $255$  степенница. Значи ако дамо  $5 V$  аналогног сигнала у регистру ће да буде уписан број  $128$ . Ова ситуација је и приказана на слици 60. Конверзија аналогних сигнала се врши периодично па се тако и вредност у регистру мења периодично. Најчешћи опсези улазних електричних сигнала су,

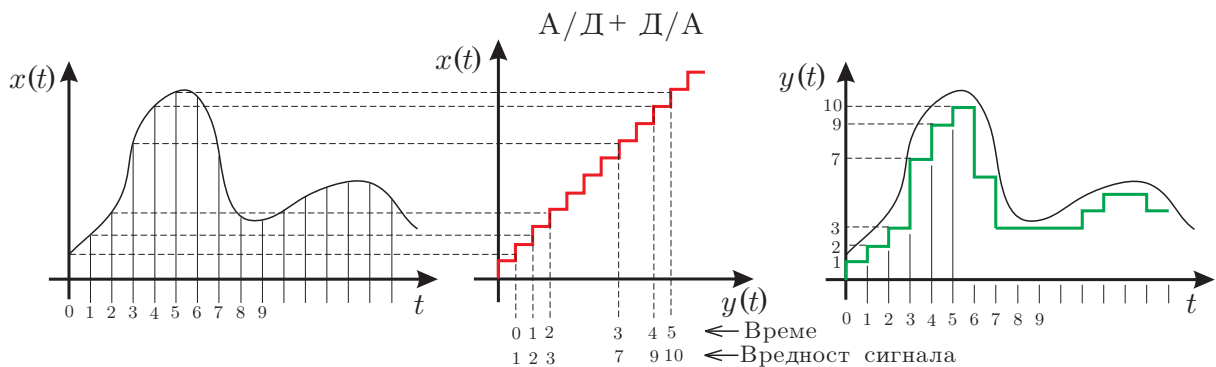
$$\begin{aligned} x(t) &\in (4 \div 20) \text{ mA}, & x(t) &\in (0 \div 20) \text{ mA}, \\ x(t) &\in (2 \div 10) \text{ V}, & x(t) &\in (0 \div 10) \text{ V}, \\ x(t) &\in (1 \div 5) \text{ V}, & x(t) &\in (0 \div 5) \text{ V}. \end{aligned}$$

**Д/А претварачи (конвертери)** служе да дигитални временски дискретни сигнал претворе у приближно аналогни временски непрекидни сигнал. Као и код А/Д конвертера и овде број бита одређује његову тачност. Његова статичка карактеристика је приказана на слици 61. Слично А/Д конвертеру и Д/А конвертер има по блоковима исту структурну шему. Наиме ствар је обрнута. Из улазног регистра се узима дигитални податак и води до Д/А конверторског блока на чијем излазу се појављује приближно аналогни временски непрекидни сигнал.

Да би се видело које деформације улазног аналогног сигнала су присутне приликом А/Д а затим и Д/А конверзије неопходно је да се прикаже један једноставан пример. Ово се постиже тако што се задати аналогни сигнал  $x(t)$



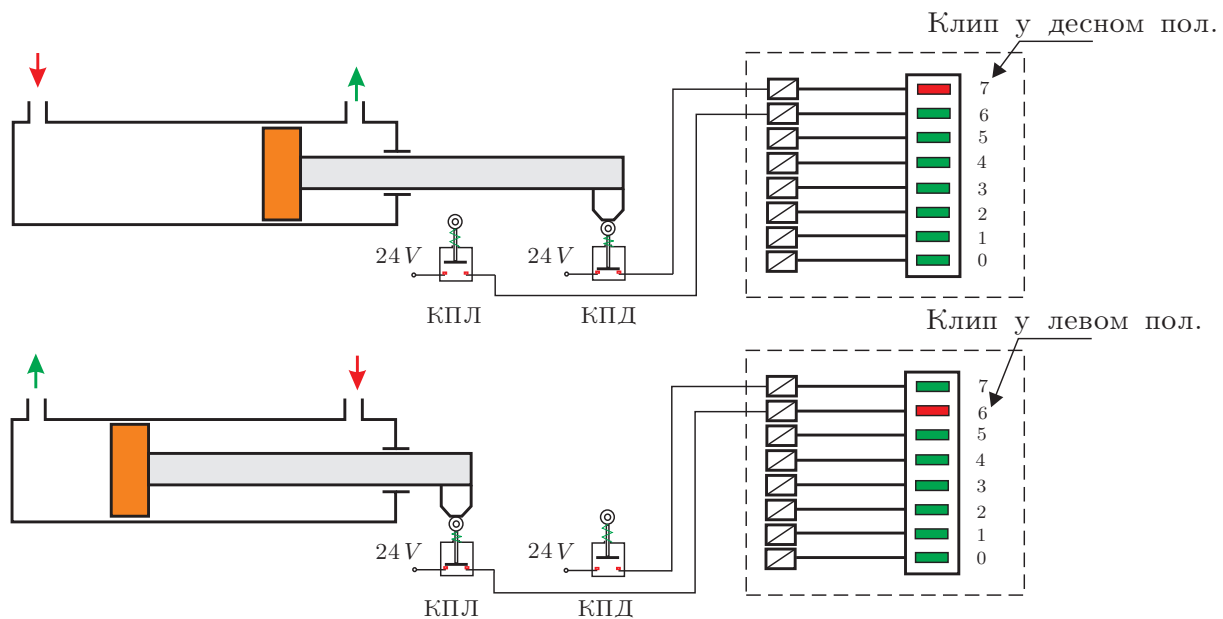
Слика 61: Статичка карактеристика Д/А конвертера.



Слика 62: Изобличење сигнала после А/Д и Д/А конверзије.

прво претвара у дигитални сигнал помоћу А/Д конвертера. Пошто исти ради само у дискретним временским тренутцима то се конверзија врши у нултој па у првој па у другој секунди и тд. Потом се врши Д/А конверзија. За нулту секунду вредност сигнала  $y(t)$  износи 1, за прву 2 за другу 3 за трећу 7 и тд. Када се то графички представи на временском дијаграму за функцију  $y(t)$  добија се изломљена зелена крива. За овакву излазну функцију  $y(t)$  кажемо да је дискретизована и по времену и по нивоу. Пошто је изабрана овако велика периода одабирања од једне секунде и доста груба резолуција А/Д и Д/А конвертера (релативно висока степеница) ни излазни сигнал не може да буде врхунског квалитета. Међутим ако се усвоји финија периода одабирања и нижа степеница (користимо конверторе са више битова) и добијена крива је ближа улазној аналогној.

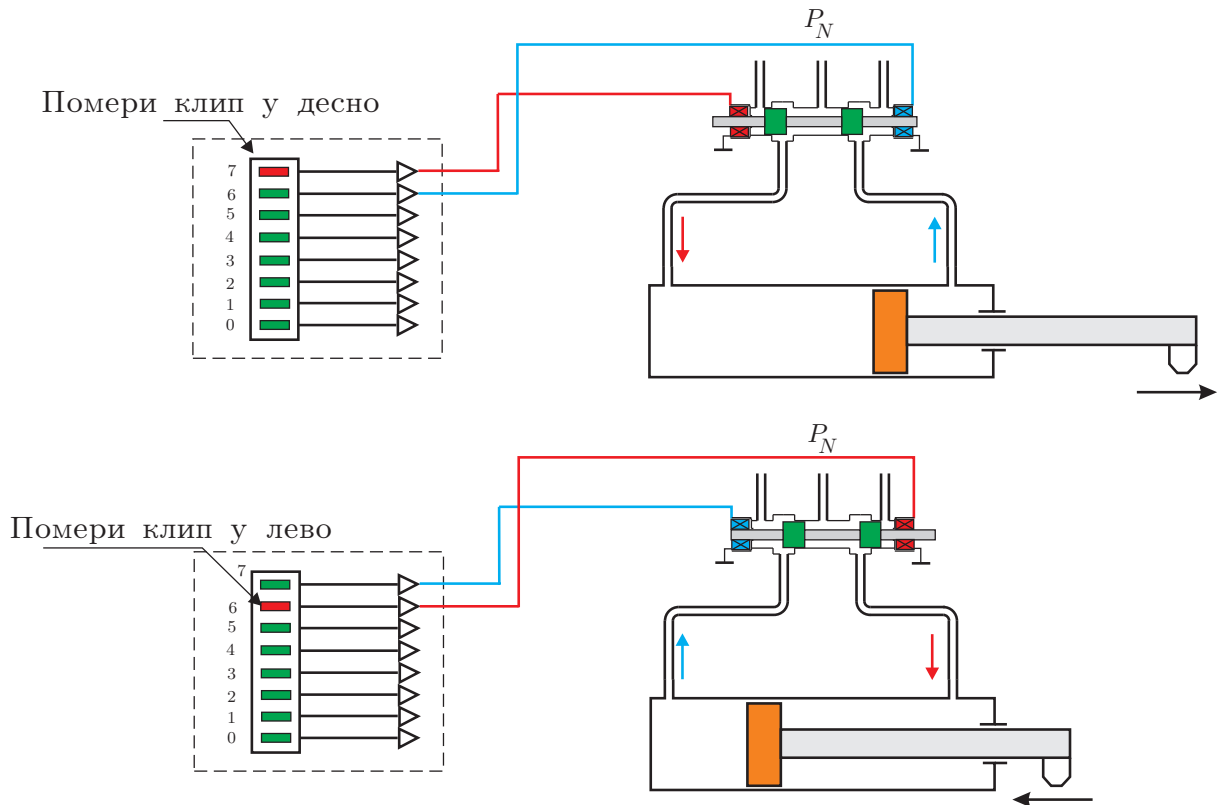
Дигитални улази (ДУ) се користе за детектовање улазних сигнала који имају само два стања. Њихову функцију је најбоље илустровати једним примером приказаним на слици 63. Наиме један пнеуматски цилиндар са



Слика 63: Пример дигиталног улазног сигнала.

клипом може да се покреће лево и десно. Нас само интересује да ли је клип са клипњачом у крајњем десном положају или у крајњем левом положају. За ту сврху се користе крајњи прекидачи који се обележени КПЛ за леву позицију и КПД за десну позицију. Наиме када је клип са клипњачом у десном положају брег на клипњачи је потиснуо котву крајњег прекидача КПД на доле и на тај начин је успостављено струјно коло које доводи напон од  $24\text{ V}$  до седмог бита дигиталног улазног елемента. Значи да је седми бит подигнут на ниво логичке јединице. Овај цео бајт података је доступан микропроцесору за даљу обраду. У случају да се клип са клипњачом налази у крајњем левом положају тада брег потискује котву на крајњем прекидачу КПЛ што резултује затварањем струјног кола и довођење напона од  $24\text{ V}$  на шести бит где се успоставља логичка јединица. Седми бит се враћа на логичку нулу чим брег сиђе са крајњег прекидача КПД. Код индустријских рачунара напонски ниво на дигиталним улазима је најчешће  $24\text{ V}$  једносмерне струје. Ређе се користе напони од  $110\text{ V}$  или  $220\text{ V}$  наизменичне струје.

Дигитални излази (ДИ) се користе за формирање једноставних управљачких сигнала код којих постоје само два стања има сигнала и нема сигнала. Као и у претходном случају најбоље је да се примена и функционисање објасне на примеру. Користићемо такође пнеуматски цилиндар и могућност управљања његовог померања. И овоме случају постоји регистар са подацима који излазни бит треба да се постави на логичку јединицу. После тога постоје појачавачи сигнала и на излазу обично имамо напонски сигнал од  $24\text{ V}$  једносмерне струје. Пнеумацки цилиндар добија ваздух под притиском преко електропнеумацког логичког разводника. Он има два магнета за померање у једну или другу страну. Када хоћемо да померимо клип на десно тада клип разводника треба да се помери на лево. Ово се остварује тако што се доводи



Слика 64: Пример дигиталног излазног сигнала.

сигнал од  $24\text{ V}$  на леви калем. То се постиже постављањем на логичку јединицу седмог бита. Када хоћемо да померимо клип на лево неопходно је да на регистру поставимо шести бит на логичку јединицу а седми бит на логичку нулу. Тада се активира десни калем разводника и његов клип иде на десно, а клип цилиндра се креће на лево.

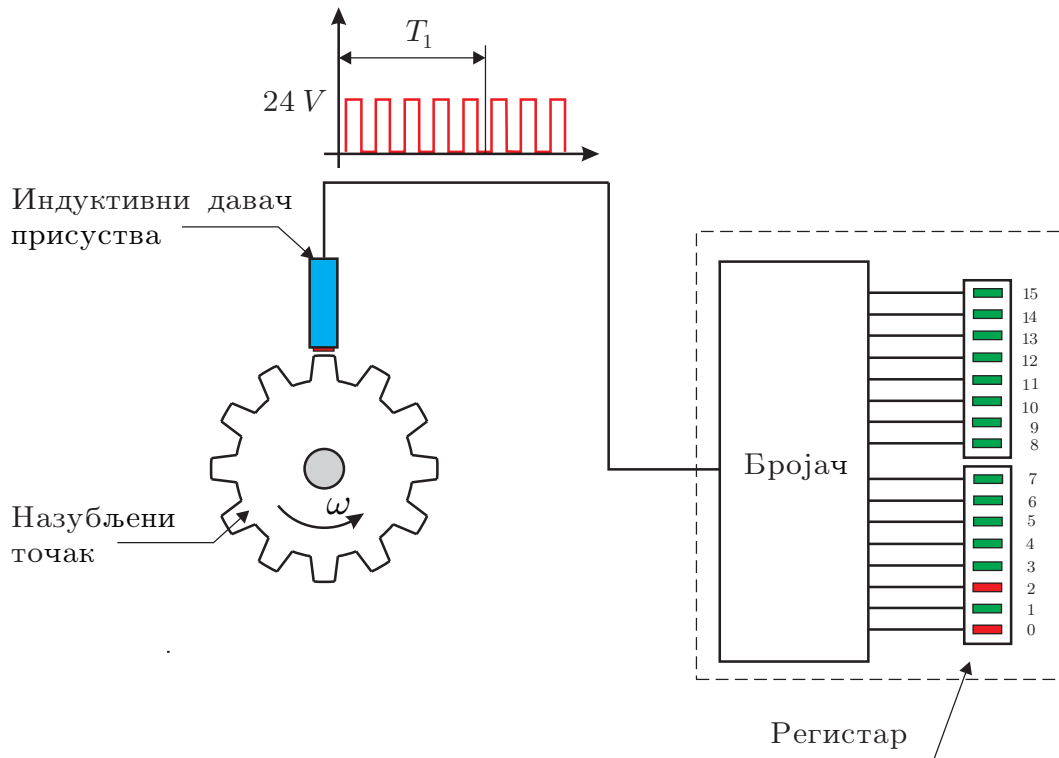
**Бројачи** се користе веома широко у савременој аутоматизацији. Наравно, најбоље је да се њихова примена илуструје примером одакле ће се видети и сви елементи самог уређаја. Наиме бројач у овоме примеру се користи као део уређаја за мерење угаоне брзине. Нека се назубљени точак окреће угаоном брзином  $\omega$ . на малом растојању од зуба точка се постави електрични давач присуства метала. Када је зуб близу давача он на свом излазу даје напон од  $24\text{ V}$ . Када се наспрам њега нађе међузубље тада он на излазу даје провлично  $0\text{ V}$ . Значи у проводнику постоји временска функција типа четвртке. Овај сигнал се води до бројача. У њему се зада време  $T_1$  у којем ће да броји узлазне ивице четвртке. Тај резултат он складишти у регистру. У нашем примеру нека време  $T_1 = 100\text{ ms}$ . У том интервалу се појавило пет узлазних ивица. Овај број је запамћен у регистру. Како се сада добија угаона брзина. Пошто се види да точак има 12 зуба то је угао међу њима

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{6} \text{ rad}$$

тада угаону брзину можемо да одредимо као

$$\omega = n \frac{\varphi_0}{T_1} = 5 \frac{\pi}{6 \cdot 0,1} = 26,18 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

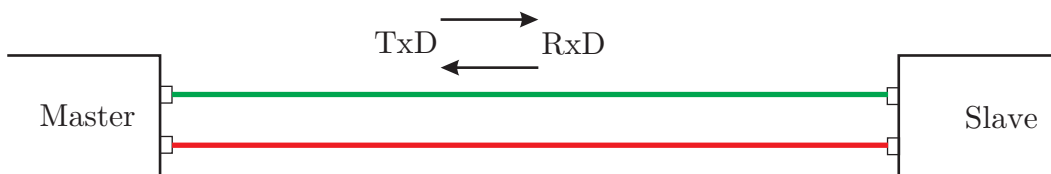




Слика 65: Пример бројача.

Наравно ово рачунање се обавља у процесору али је овде урађено да би се илустровао пример.

**Мрежни прикључак** служи за повезивање више процесних рачунара у мрежу што представља главну предност у односу на аналогне електронске уређаје. Постоје у Европи два основна стандарда за повезивање рачунара у мрежу и то PROFIBUS и индустријски етернет. За пренос информација PROFIBUS-ом неопходна су само два проводника. Оваква веза се назива биди-

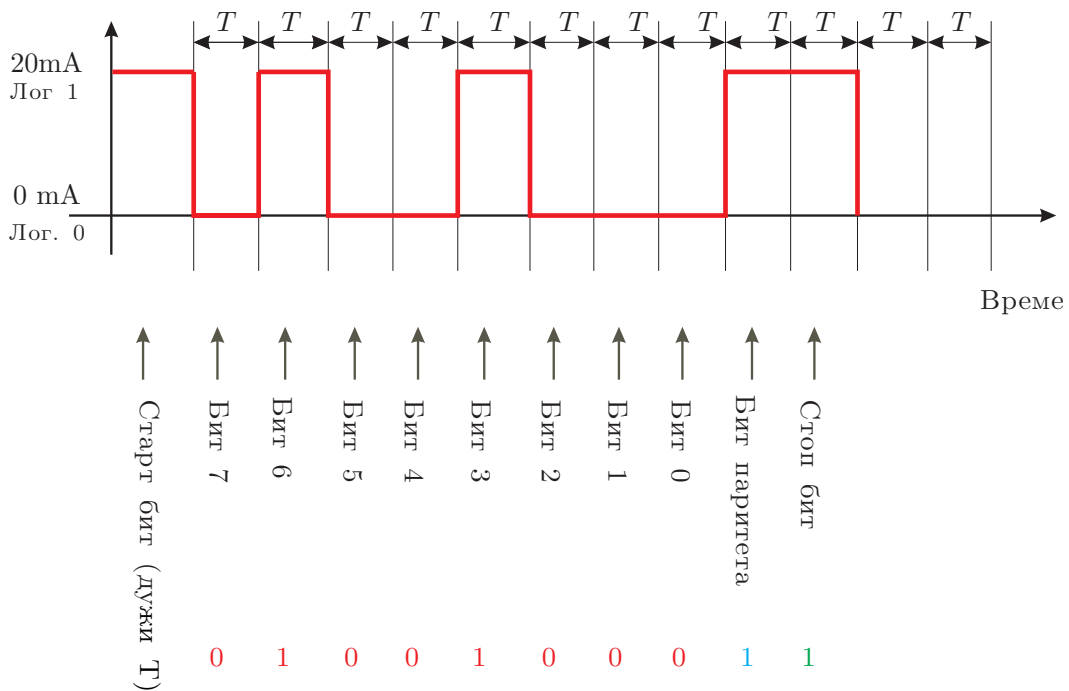


Слика 66: Пренос сигнала PROFIBUS-ом.

рекция. Наиме ту податке меже да шаље master рачунар, рачунару који је означен као slave. А могуће је да се подаци преносе и у супротном смеру наравно не истовремено. Овај пренос података се назива редни или серијски. како он функционише у пракси? Узећемо за пример да пребацимо децимални број 72 од master рачунара до slave рачунара. Усвајамо брзину преноса сигнала од  $10 \frac{Mbit}{s}$ . Значи да се 1 бит преноси за  $T = 10^{-6} s$ . Неопходно је да овај податак буде на располагању на оба рачунара. Овај број у бинарном запису може да се напише

$$72_{dec} \sim 01001000$$

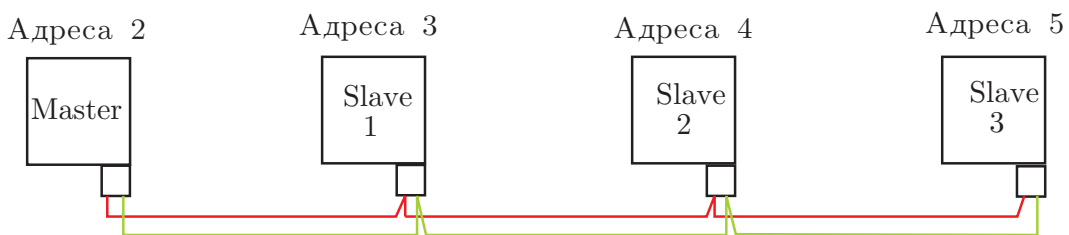
На слици 67 је графички представљен овај пример. Како се види прво се по-



Слика 67: Редни пренос података.

јављује старт бит чији је период нешто већи а затим иде реч од седам битова и на крају бит за проверу преноса и стоп бит. Бит за проверу преноса је најједноставнији начин провере ваљаности података од предајника ка пријемнику. Он може да буде паран или непаран. У нашем случају изабраћемо да он буде паран. Погледамо наш број у бинарном запису и пребројимо број јединица. Има их две. Значи да се бит парности поставља на логичку јединицу. Пријемник добија податак и на самом пријему проверава да ли постоји паран број јединица ако је то тако према овој провери податак је веродостојан.

Како на овој мрежи може да се нађе више рачунара? Рачунар master



Слика 68: Повезивање више рачунара.

координира у преносу података. Наиме само он на мрежи може да захтева податке под појединих slave рачунара. да би ово могло да се оствари сваки рачунар мора да добије своју адресу. Тако да master рачунар има адресу 2 док остали slave рачунари имају адресе 3,4 и 5 следствено. Прво master рачунар који има адресу 2 пошаље захтев за податцима рачунару са адресом 4. Он се одазива са траженим податком рачунару са адресом 2. Ако хоћемо да пребацимо податке са рачунара адресе 2 на рачунар адресе 5 то је могуће само преко master рачунара адресе 2. За ову мрежу кажемо да је синхрона

зато што постоји врло прецизна периода за пренос свакога бита података обележена са  $T$ .

Индустријски етернет је веома сличан конвенционалном етернету којим су умпрежени скоро сви персонални рачунари само је протокол преноса сигнала нешто друкчији.

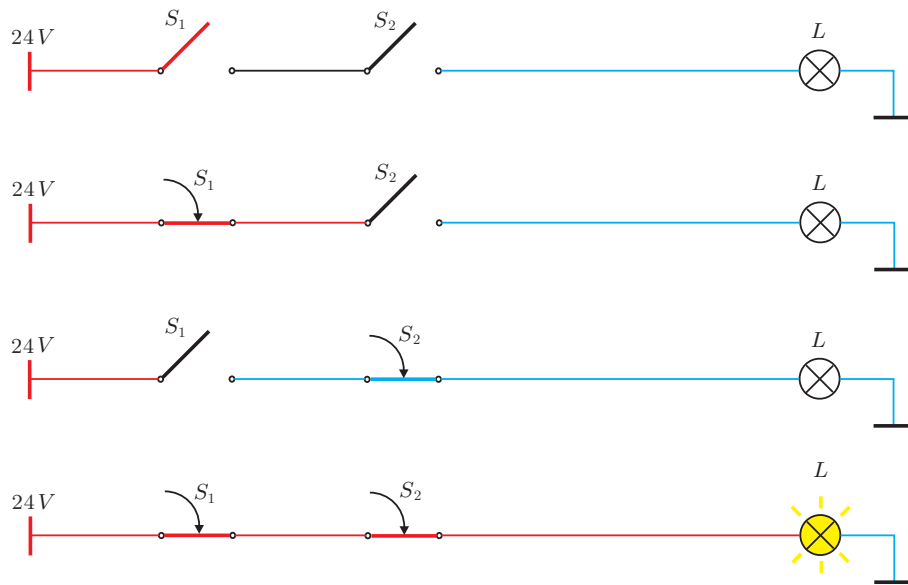


Слика 69: Редни пренос података са раздвојеним каналима за пријем и слање.

### 6.3 Програмирање индустријских рачунара

познато је да се програмирање персоналних рачунара обавља у неком од виших програмских језика и то BASIC-у, FORTEAN-у, Pascal-у или C-у. Индустријски рачунари се програмирају у много нижим програмским језицима. Они су асемблерског нивоа што значи да оперишу са једноставним рачунским операцијама на нивоу меморијских локација рачунара. Постоје три записа програмских језика за индустријске рачунаре и то STL односно Statement List односно **Листа наредби** или LAD односно Ladder diagram односно **Лествичаста дијаграм** или FBD односно Functional Block Diagram односно **Блок дијаграм функција**. Да би могле да се објасне основне наредбе у поменутих записима неопходно је да се размотре неке од логичких функција. Оне се најлакше описују на примерима.

**Логичка функција "И"** На слици 70 је дат пример ове логичке функције. Нека имамо два прекидача  $S_1$  и  $S_2$  везаних на ред. Помоћу њих може да се упали сијалица  $L$ . На првој слици се види ситуација када су и прекидач  $S_1$  и прекидач  $S_2$  искључени. Логички њихова стања можемо да опишемо са  $S_1 = 0$  и  $S_2 = 0$ . Пошто је коло прекинуто на два места ти о сијалица не гори. Њено логичко стање може да се прикаже са  $L = 0$ . Надаље укључићемо прекидач  $S_1$ . Сада је струјно коло прекинуто на месту прекидача  $S_2$  па сијалица  $L$  и даље не гори. Логички стања прекидача могу да се опишу са  $S_1 = 1$  и  $S_2 = 0$  а сијалице  $L = 0$ . На трћој слици је приказана ситуација када је прекидач  $S_1$  искључен а прекидач  $S_2$  укључен. Сада је струјно коло прекинуто код прекидача  $S_1$  па сијалица  $L$  и даље не гори. Логичко стање прекидача може да се прикаже са  $S_1 = 0$  и  $S_2 = 1$  док је сијалица  $L = 0$ . На последњој слици смо активирали оба прекидача. Сада је струјно коло успостављено па је сијалица  $L$  упаљена. Ово логичко стање може да се прикаже код прекидача  $S_1 = 1$  и  $S_2 = 1$  а сијалица  $L = 1$ . Како се види ова логичка функција је добила назив по томе када се сијалица пали. Наиме то се дешава ако су упаљени **и** прекидач  $S_1$  **и** прекидач  $S_2$ . Ова функција може лакше и прегледније опише табеларно

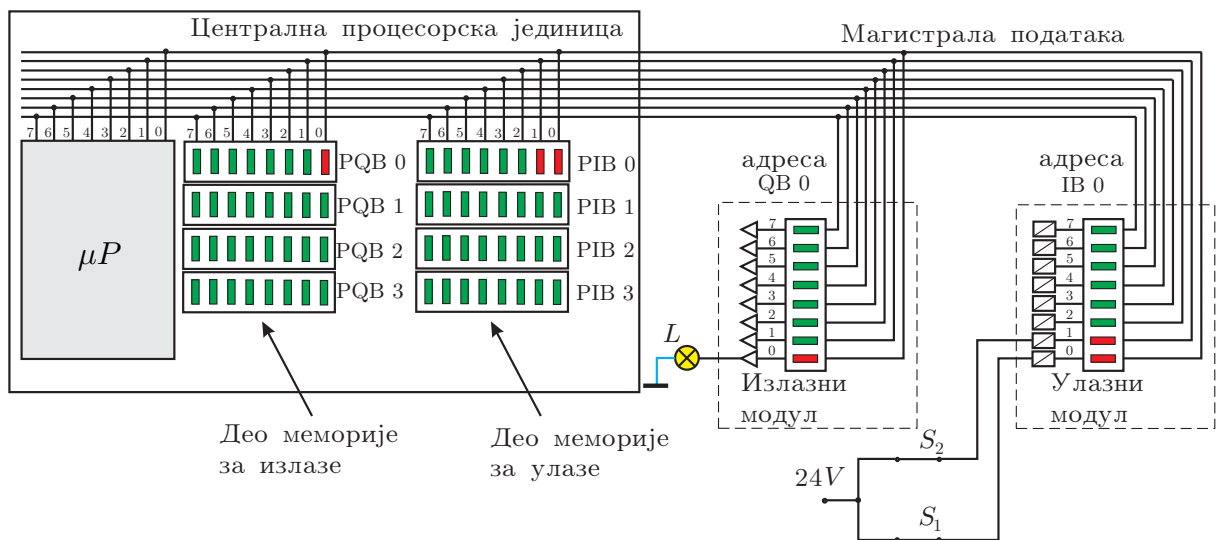


Слика 70: Логичка функција И.

како је приказано на следећој табели

$S_1$	$S_2$	$L$
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Реализација И логичке функције на индустријском рачунару је проказана на

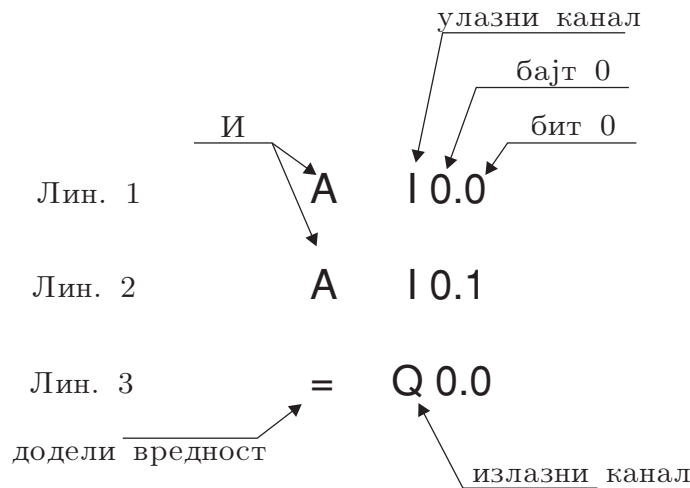


Слика 71: Реализација логичке функције И на рачунару.

слици 71. На њој је представљена централна процесорска јединица и два модула улазни и излазни. Улазни модул има осам улазних канала и осмобитни улазни регистар који има адресу ИВ 0 (улазни бајт 0). На његовом нултом

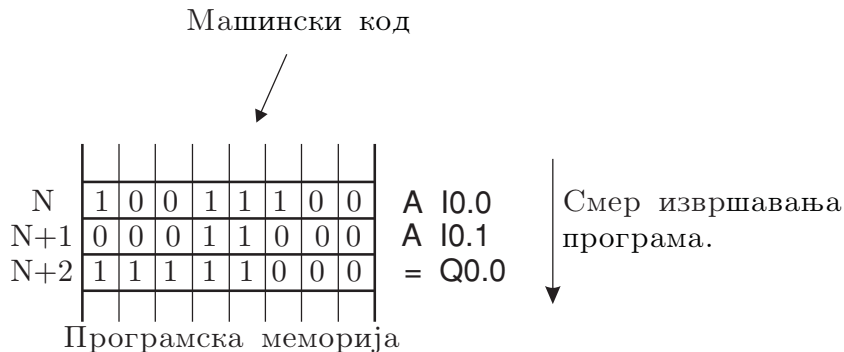
биту је повезан прекидач  $S_1$  а на његовом првом биту је повезан прекидач  $S_2$ . Излазни модул има такође осам али излазних канала и његова адреса је QВ 0 (излазни бајт 0). На његовом нултом биту је повезана сијалица  $L$ . Ми треба да напишемо програм у рачунару тако да када укључимо и прекидач  $S_1$  и прекидач  $S_2$  истовремено сијалица  $L$  се пали.

У централној процесорској јединици постоје два дела радне меморије RAM-а који садрже пресликане све регистре улазних и излазних модула. У првом делу се налазе подаци са улазних модула са обележеним адресама PИВ 0, PИВ 1, PИВ 2, PИВ 3...док се у другом делу налазе излазни подаци који се пресликавају у оне на излазним регистрима и њихове адресе су PQВ 0, PQВ 1, PQВ 2, PQВ 3...Процес пресликавање улазних регистара у део меморије улазних података као и пресликавање излазних података у излазне регистре обавља оперативни систем рачунара и ми то не можемо да контролишемо. Коначно програм који реализује ову функцију у STL-у изгледа,



Слика 72: STL запис логичке функције И.

Овај кратак програм се извршава линија по линија. Значи прво се изврши линија А I0.0 па затим линија А I0.1 и на крају линија = Q0.0. Он се циклично извршава брзином коју одређује рачунар и величина програма. Овај кратак програм се чува у програмској меморији што је приказано на слици 73.



Слика 73: Програмска меморија и извршавање програма.

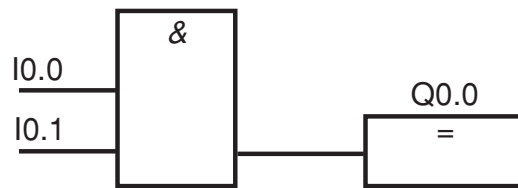
Место у програмској меморији где се смешта кориснички програм одређује оперативни систем рачунара и корисник на то нема утицаја. У начелу

корисник нема приступа меморијским локацијама где се исти налази.

Како је речено напред постоје још два записа истог програма и они су представљени на следећој слици.



Лествичаста дијаграм

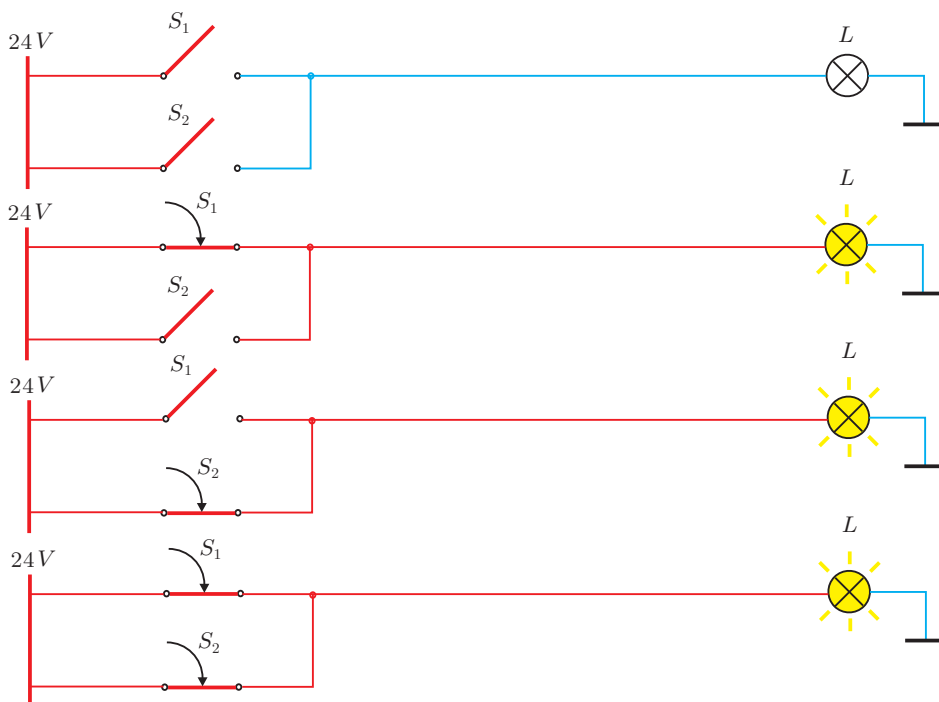


Функцијски блок дијаграм

Слика 74: Лествичаста дијаграм и функцијски блок дијаграм за логичку функцију И.

### Логичка функција "ИЛИ"

Логичка функција ИЛИ је илустрована примером приказаним на следећој слици.



Слика 75: Логичка функција ИЛИ.

Ту су прекидачи  $S_1$  и  $S_2$  везани паралелно. Ако је било који од прекидача активираан или оба истовремено, пали се сијалица  $L$ . табеларно је могуће

представити сва логичка стања прекидача и сијалице као,

$S_1$	$S_2$	$L$
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Запис у STL формату изгледа,

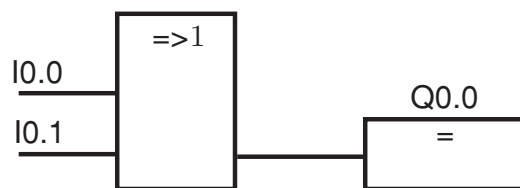
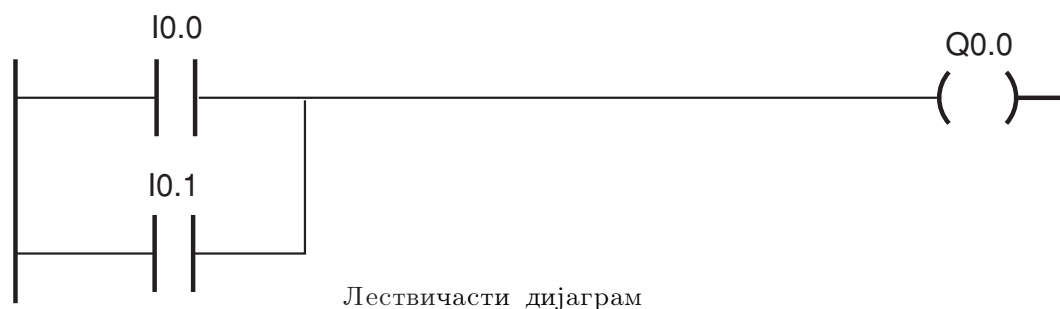
```

Лин. 1      O   I 0.0
Лин. 2      O   I 0.1
Лин. 3      =   Q 0.0

```

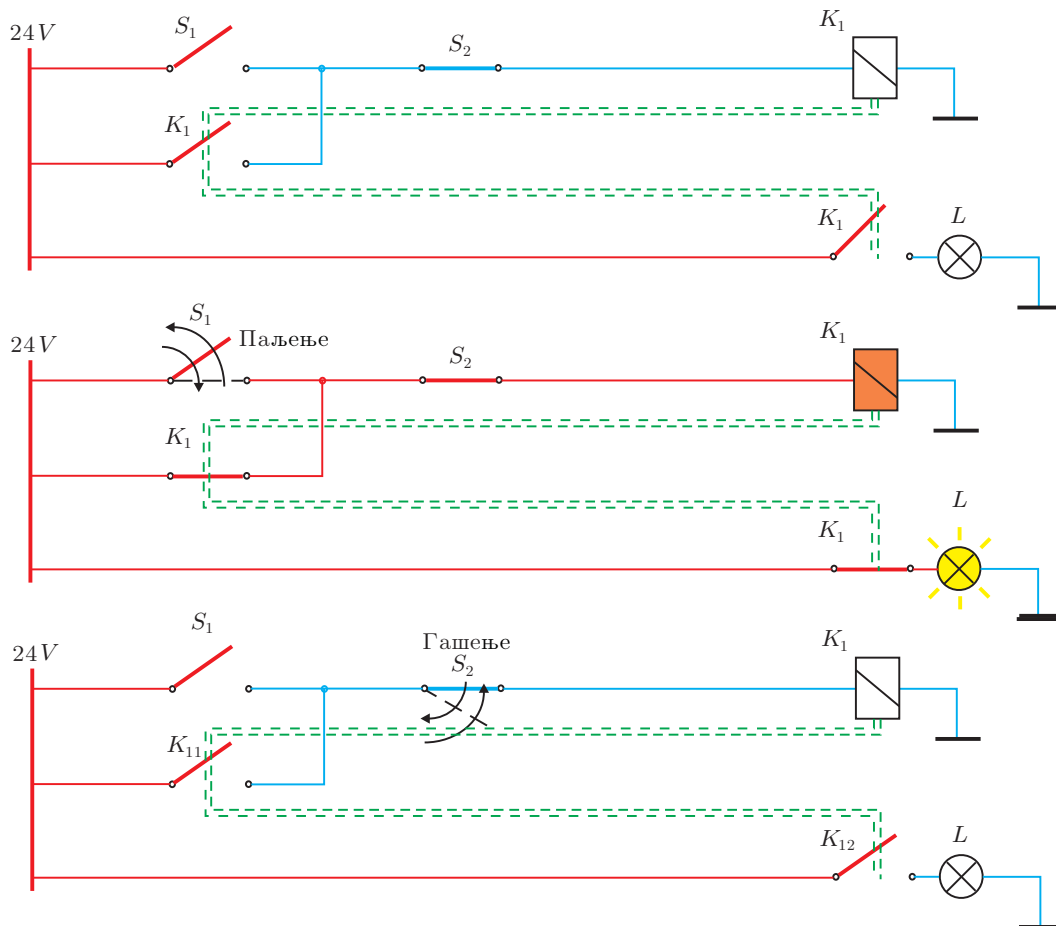
Слика 76: STL запис функције ИЛИ.

док је као лествичасти дијаграм и функцијски блок дијаграм приказан на слици 77,



Слика 77: Лествичасти дијаграм и функцијски блок дијаграм за логичку функцију ИЛИ.

Наравно да постоји веома велики број разних логичких функција које у овде неће да буду поменуте. Међутим неке интересантне ћемо ипак да поменемо. Кроз пример ћемо да покажемо и следећу мало сложенију логичку функцију. Узећемо пример поменутих прекидача  $S_1$  и  $S_2$  помоћу којих је могла да се пали и гаси сијалица  $L$ . Задатак се састоји у томе да се направи логичка функција помоћу које би се палила сијалица тастирањем прекидача

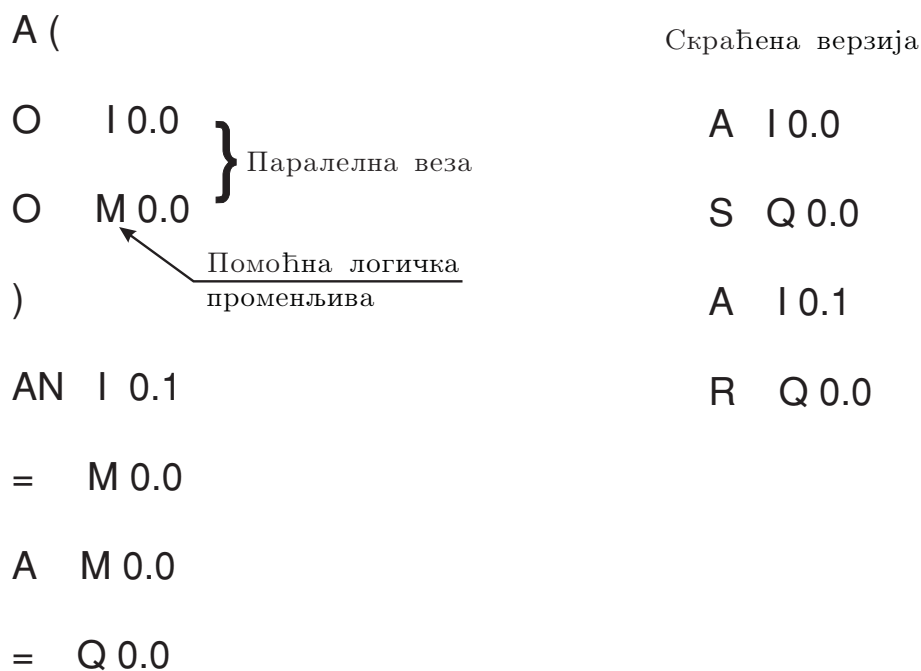


Слика 78: Флип флоп.

$S_1$  угасила такође тастирањем прекидача  $S_2$ . Ово решење је дато на слици 78. Како се види постоје два тастера-прекидача  $S_1$  и  $S_2$ . Тастер  $S_2$  је нешто друкчији од тастера  $S_1$  зато што у неактивираним стању проводи струју. Зато се он назива нормално затворен (НЗ). Тада за тастер  $S_1$  можемо да кажемо да је нормално отворен (НО). На слици је приказан још један нови елемент а то је контактор  $K_1$ . Он има електромагнет на који може да се доведе једносмерни напон од 24 V. Када се он доведе тада се активира електромагнет и споји контакте који су повезани испрекиданом линијом (механичка веза). Паљење сијалице  $L$  се остварује затварањем и отварањем прекидача  $S_1$  (тастирање). Тада се напоји контактор  $K_1$  и споји контакте  $K_{11}$  око прекидача  $S_1$  а други  $K_{12}$  који пали сијалицу  $L$ . Тада кажемо да је прекидач  $S_1$  забрављен зато што се контактор  $K_1$  напаја преко свог контакта  $K_{11}$  па остаје стално под напоном. Када желимо да угасимо сијалицу  $L$  тада отворимо па затворимо прекидач  $S_2$  чиме прекидамо напајање контактора  $K_1$  а самим тим и контакти  $K_{11}$  и  $K_{12}$  се отварају. Значи да се сијалица  $L$  гаси и прекида се забрављење прекидача  $S_1$  па се долази у почетно стање. Овакви логички елементи се називају **флип флопови**.

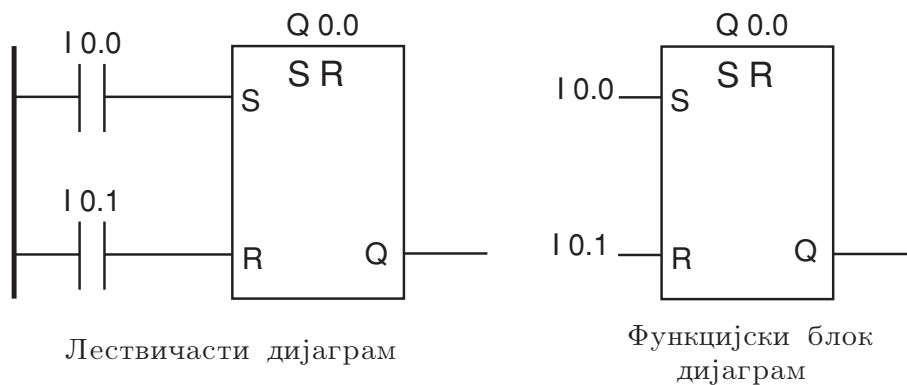
У STL запису ово може да се прикаже као, Постоји дужа верзија која је урађена на основу електричне логичке шеме и скраћена верзија преко наредби S постави на јединицу и R ресетуј на нулу. Наравно да се у писању програма користи ова скраћена верзија која је много јаснија него она дужа





Слика 79: Програм за флип флоп.

која је урађена само да би се видело да физички систем има веран програмски еквивалент код дигиталних рачунара. И у остала два записа постоје ознаке за флип флопове и изгледају,



Слика 80: Приказ флип флопа у лествичастом дијаграму и функцијском блок дијаграму.

## 7 Давачи сигнала

Давачки елементи су елементи који трансформишу неку физичку величину (померање, силу, притисак, брзину) у другу физичку величину која је погодна за обраду сигнала (притисак, струја, напон). Данас је постоји велики број квалитетних давачких елемената за мерење различитих физичких величина.