

## Рачунарско управљање



Зоран М. Бучевац

# Рачунарско управљање

*Београд, 2007.*



# Садржај

|          |                                                                                                  |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Увод у Рачунарско управљање</b>                                                               | <b>1</b>  |
| 1.1      | Врсте преноса сигнала и врсте система управљања . . . . .                                        | 2         |
| 1.1.1    | Временски непрекидан пренос сигнала . . . . .                                                    | 3         |
| 1.1.2    | Временски дискретан пренос сигнала . . . . .                                                     | 3         |
| 1.1.3    | Непрекидно дискретни пренос сигнала . . . . .                                                    | 4         |
| 1.1.4    | Дискретно дискретни пренос сигнала . . . . .                                                     | 5         |
| 1.1.5    | Дискретни дигитални пренос сигнала . . . . .                                                     | 5         |
| 1.1.6    | Значај дискретно дигиталног преноса сигнала и Рачунарски управљаних система . . . . .            | 6         |
| 1.2      | Структура и подсистеми дискретног дигиталног система управљања и аутоматског управљања . . . . . | 8         |
| 1.3      | Примери рачунарских система аутоматског управљања . . . . .                                      | 10        |
| <b>2</b> | <b>Одабирачи, квантовање и кодирање</b>                                                          | <b>17</b> |
| 2.1      | Стварни и идеални одабирач . . . . .                                                             | 18        |
| 2.1.1    | Прва апроксимација рада стварног одабирача . . . . .                                             | 19        |
| 2.1.2    | Друга апроксимација рада стварног одабирача . . . . .                                            | 20        |
| 2.1.3    | Врсте временске дискретизације . . . . .                                                         | 23        |
| 2.1.4    | Техничко електронско извођење одабирача и продуктивача . . . . .                                 | 25        |
| 2.2      | Квантовање . . . . .                                                                             | 26        |
| 2.3      | Кодирање . . . . .                                                                               | 27        |
| 2.4      | Модел дискретног дигиталног система аутоматског управљања . . . . .                              | 28        |
| <b>3</b> | <b>Комплексни и фреквентни лик излаза идеалног одабирача</b>                                     | <b>31</b> |
| 3.1      | Лапласова и Фуријеова трансформација излазног сигнала идеалног одабирача . . . . .               | 32        |
| 3.1.1    | Први облик комплексног и фреквентног лика излазног сигнала идеалног одабирача . . . . .          | 32        |
| 3.1.2    | Други облик комплексног и фреквентног лика излазног сигнала идеалног одабирача . . . . .         | 33        |
| 3.1.3    | Трећи облик комплексног и фреквентног лика излазног сигнала идеалног одабирача . . . . .         | 38        |
| 3.2      | Периодичност комплексног лика $X^*(s)$ . . . . .                                                 | 39        |

|          |                                                                                                             |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.3      | Периодичност фреквентног лика $X^*(j\omega)$ . . . . .                                                      | 40        |
| 3.3.1    | Појава виших учестаности у фреквентном лику $X^*(j\omega)$ . . . . .                                        | 40        |
| 3.3.2    | Ниско пропусни пригушивач (филтер) . . . . .                                                                | 42        |
| 3.3.3    | Шенонова теорема (Теорема одабирања) . . . . .                                                              | 43        |
| 3.3.4    | Физичко тумачење Шенонове теореме кроз пример . . . . .                                                     | 44        |
| 3.4      | Једноструко преносни и вишеструко преносни дискретни системи . . . . .                                      | 49        |
| <b>4</b> | <b>Преносне карактеристике дискретног система</b> . . . . .                                                 | <b>51</b> |
| 4.1      | Преносна функција и фреквентна карактеристика једноструко преносног дискретног система . . . . .            | 52        |
| 4.1.1    | Дискретна преносна функција и дискретна фреквентна карактеристика отвореног дискретног система . . . . .    | 53        |
| 4.1.2    | Први облик дискретне преносне функције . . . . .                                                            | 55        |
| 4.1.3    | Други облик дискретне преносне функције . . . . .                                                           | 56        |
| 4.1.4    | Трећи облик дискретне преносне функције . . . . .                                                           | 56        |
| 4.1.5    | Први облик дискретне фреквентне карактеристике . . . . .                                                    | 57        |
| 4.1.6    | Други облик дискретне фреквентне карактеристике . . . . .                                                   | 57        |
| 4.1.7    | Трећи облик дискретне фреквентне карактеристике . . . . .                                                   | 57        |
| 4.2      | Дискретна преносна матрица и дискретна фреквентна матрица вишеструко преносног дискретног система . . . . . | 58        |
| <b>5</b> | <b>Системи за продужавање трајања сигнала</b> . . . . .                                                     | <b>61</b> |
| 5.1      | Системи за продужавање трајања сигнала нултог реда . . . . .                                                | 62        |
| 5.1.1    | Преносна функција . . . . .                                                                                 | 63        |
| 5.1.2    | Фреквентна карактеристика . . . . .                                                                         | 64        |
| 5.2      | Системи за продужавање трајања сигнала првог реда . . . . .                                                 | 65        |
| 5.2.1    | Преносна функција . . . . .                                                                                 | 66        |
| 5.2.2    | Фреквентна карактеристика . . . . .                                                                         | 70        |
| <b>6</b> | <b><math>Z</math> трансформација</b> . . . . .                                                              | <b>71</b> |
| 6.1      | Дефиниција $z$ комплексног броја . . . . .                                                                  | 72        |
| 6.2      | Пресликавање $s$ равни у $z$ раван . . . . .                                                                | 73        |
| 6.2.1    | Пресликавање интервала $[-\frac{j\omega_0}{2}, \frac{j\omega_0}{2}]$ . . . . .                              | 75        |
| 6.2.2    | Пресликавање правих $s = \sigma \pm \frac{j\omega_0}{2}, \sigma \in \mathcal{R}$ . . . . .                  | 76        |
| 6.2.3    | Пресликавање реалне осе $s = \sigma \in \mathcal{R}$ . . . . .                                              | 78        |
| 6.2.4    | Пресликавање $s$ равни у $z$ раван . . . . .                                                                | 78        |
| 6.2.5    | Пресликавање праве одређеног времена смирења . . . . .                                                      | 79        |
| 6.2.6    | Пресликавање праве одређеног степена пригушења . . . . .                                                    | 80        |
| 6.3      | Дефиниција $Z$ трансформације . . . . .                                                                     | 80        |
| 6.3.1    | Особине $Z$ трансформације . . . . .                                                                        | 83        |
| 6.3.2    | Инверзна $Z$ трансформација . . . . .                                                                       | 88        |
| 6.3.3    | Граничне теореме $Z$ трансформације . . . . .                                                               | 88        |
| 6.4      | Одређивање дискретног сигнала на основу његове $Z$ трансформације . . . . .                                 | 90        |
| 6.4.1    | Примена таблице $Z$ трансформација . . . . .                                                                | 90        |
| 6.4.2    | Примена инверзне трансформације . . . . .                                                                   | 91        |

|       |                                                        |    |
|-------|--------------------------------------------------------|----|
| 6.4.3 | Развијање у степени ред по $z^{-1}$ . . . . .          | 91 |
| 6.5   | $Z$ преносна функција и $Z$ преносна матрица . . . . . | 92 |

випи

*Садржај*



## Поглавље 1

# Увод у Рачунарско управљање

## 1.1 Врсте преноса сигнала и врсте система управљања

У току рада система управљања остварује се како пренос сигнала између његових подсистема тако и обрада сигнала у тим подсистемима.

Са информацијског становишта подсистеми система управљања су:

1. Предајници (одашиљачи) чија је улога, као што и сам њихов назив показује, да предају (одашиљају) сигнале,
2. Канали веза (преносне линије, преносници) чија је улога да се кроз њих физички преносе сигнали,
3. Пријемници чија је улога да примају сигнале од предајника посредством канала веза,
4. Обрадне јединице чија је улога да се у њима сигнали обрађују и
5. Преносни органи у којима се остварује претварање сигнала.

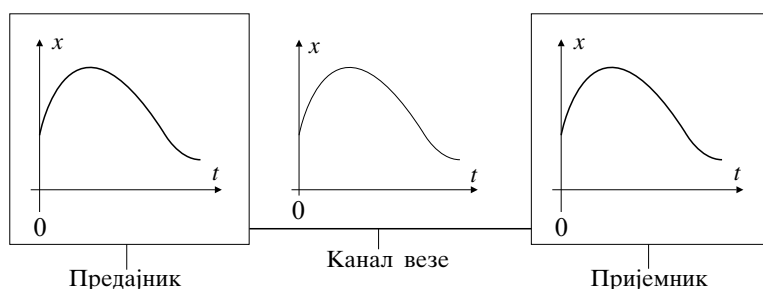
Са становишта њихове природе ови подсистеми могу бити:

- механички,
- пнеуматски,
- хидраулички,
- флуидички,
- електрични,
- електронски и
- комбиновани.

У актуелном тренутку технолошког и техничког развоја системи управљања са њиховим подсистемима су доминантно електричне и електронске природе, са изузетком извршних органа који су врло често хидрауличке природе због њихове особине да иако су релативно малих габарита могу да остварују велику снагу.

**Пример 1.1** *Хидраулички извршни органи се користе за покретање кормила код бродова, закрилаца на крилима авиона и слично.*

Пренос сигнала кроз канал везе је могућ ако се предајник налази на вишем енергетском потенцијалу у односу на пријемник.



Слика 1.1: Временски непрекидан пренос сигнала

### 1.1.1 Временски непрекидан пренос сигнала

У случају сталног одржавања наведене потенцијалне разлике између предајника и пријемника и непрекинутог канала везе остварује се **временски непрекидан пренос сигнала** што илуструје слика 1.1.

Системи управљања код којих се у свим каналима веза остварује временски непрекидан пренос сигнала су **временски непрекидни системи управљања**. Рад оваквих система се посматра на временском скупу

$$\mathcal{T}_n = \{t : t \in \mathbb{R}\}$$

или на повезаном подскупу овог скупа.

### 1.1.2 Временски дискретан пренос сигнала

Могућ је пренос сигнала кроз канал везе само у појединим тренуцима  $0, T, 2T, \dots$ , при чему се остварује **временски прекидан (дискретан) пренос сигнала**. Овакав пренос сигнала илуструје слика 1.2.

**Дефиниција 1.1** *Одабирач је аутоматски прекидач који се затвара само у појединим тренуцима  $0, T, 2T, \dots$ , а у осталим тренуцима је отворен.*

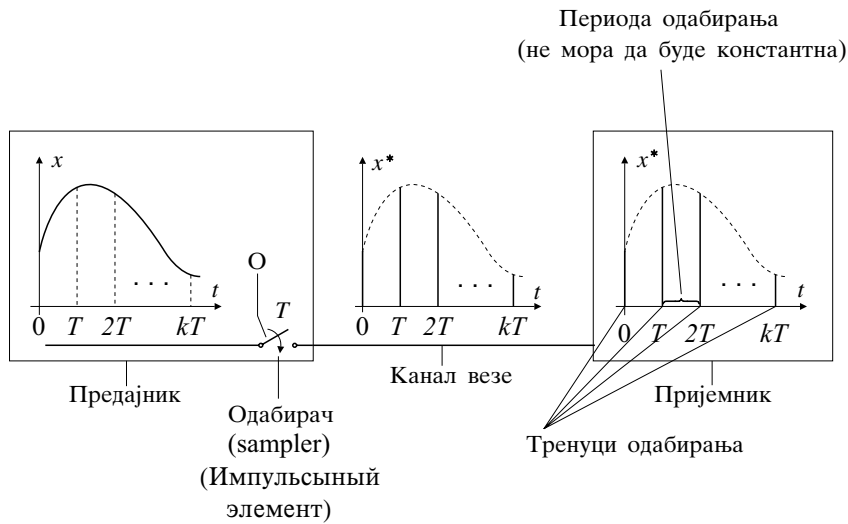
Системи управљања код којих се бар у једном каналу везе остварује временски прекидан пренос сигнала је **временски прекидан (дискретан) систем управљања**. Рад оваквих система се посматра на временском скупу

$$\mathcal{T}_d = \{0, T, 2T, \dots, kT, \dots\} \implies$$

,

$$x^*(t) = \begin{cases} x(t), & \forall t \in \mathcal{T}_d \\ 0, & \forall t \in \mathcal{T}/\mathcal{T}_d. \end{cases}$$

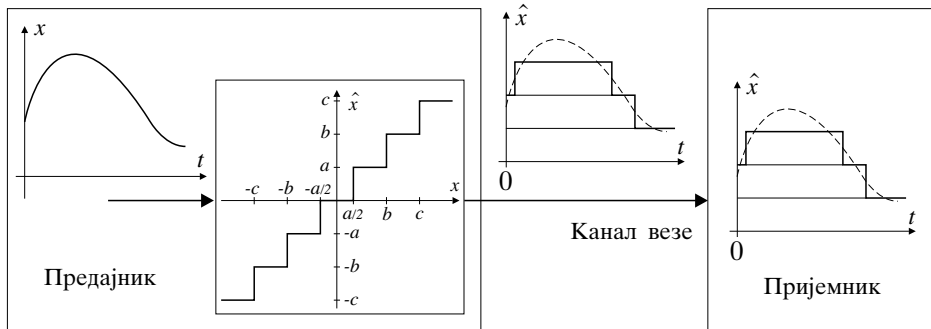
Оба поменутога сигнала  $x$  и  $x^*$  могу да имају произвољне реалне вредности. Такви сигнали називају се *аналогни сигнали*.



Слика 1.2: Временски прекидан (дискретан) пренос сигнала

### 1.1.3 Непрекидно дискретни пренос сигнала

Када предајник садржи нелинеарност релејног типа са зоном неосетљивости онда се остварује дискретизација (квантовање) сигнала по вредностима (нивоу) што значи да излазни сигнал може да има само одређене константне вредности изузев у тренуцима прекида. Овакав пренос сигнала је непрекидан по времену а прекидан по нивоу и назива се **непрекидно дискретан пренос сигнала** што је илустровано на слици 1.3.



Слика 1.3: Непрекидно дискретан пренос сигнала

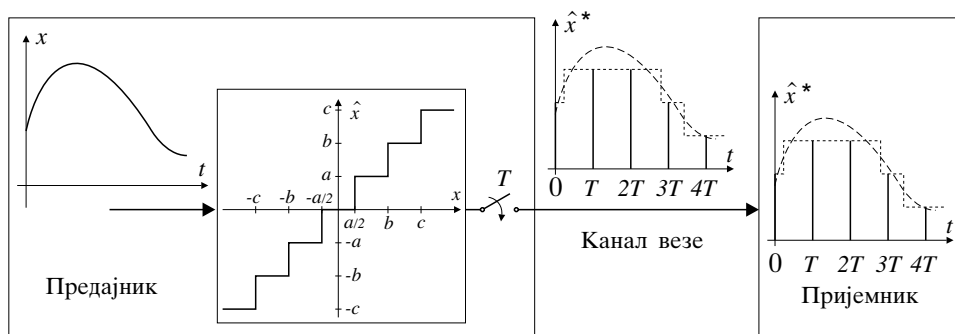
Системи управљања код којих се бар у једном каналу везе остварује непрекидно дискретан пренос сигнала су **непрекидно дискретни системи управљања**. Збор нелинеарности релејног типа ови системи се зову и **релејни системи**.

Бројчаним (цифарским, дигиталним) кодирањем сваког константног нивоа код непрекидно дискретног сигнала настаје **дигитални (цифарски)**

**сигнал.** Системи управљања код којих је у сваком каналу везе дигитални пренос сигнала су **дигитални системи управљања**.

#### 1.1.4 Дискретно дискретни пренос сигнала

Ако предајник садржи нелинеарност релејног типа и одабирач долази до дискретизације и по нивоу и по времену и остварује се **дискретно дискретни пренос сигнала** што илуструје слика 1.4.

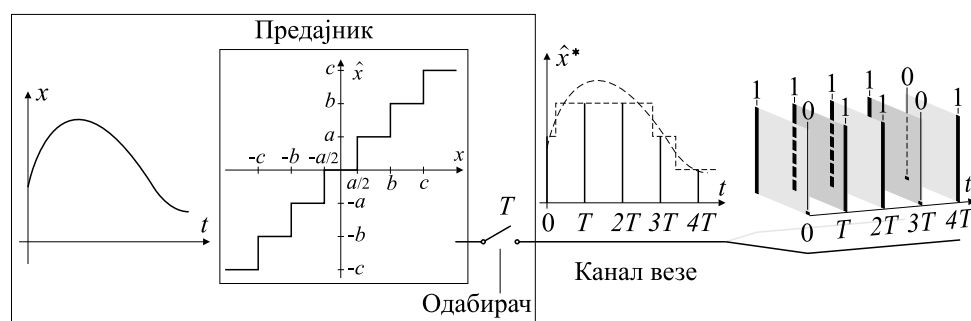


Слика 1.4: Дискретно дискретан пренос сигнала

Системи управљања код којих је бар у једном каналу везе дискретно дискретни пренос сигнала су **дискретно дискретни системи управљања**.

#### 1.1.5 Дискретни дигитални пренос сигнала

Ако се код дискретно дискретног преноса сигнала спроводи и дигитално кодирање онда се остварује **дискретни дигитални пренос сигнала**. Дискретни дигитални пренос сигнала илуструје слика 1.5.



Слика 1.5: Дискретни дигитални пренос сигнала

Сигнал  $x(t)$  у предајнику изворно је временски непрекидан, континуалан тј. произвољна реална функција континуалног временског аргу-

мента. Он као такав неће бити одаслат кроз канал везе због постојања одабирача и нелинеарности релејног типа са зоном неосетљивости у оквиру предајника.

Захваљујући постојању нелинеарности релејног типа са зоном неосетљивости долази до дискретизације сигнала  $x(t)$  по нивоу који се претвара у сигнал  $\hat{x}(t)$  који има само константне вредности, одређене нивоима релејне нелинеарности, изузев у тренуцима прекида. На дијаграму изнад канала везе то је сигнал приказан искпрекиданом линијом који има само три константне вредности. Сигнал  $\hat{x}(t)$  има константну вредност за све вредности сигнала  $x(t)$  које припадају интервалу на коме релејна нелинеарност има ту константну вредност.

Захваљујући постојању одабирача долази до дискретизације сигнала  $\hat{x}(t)$  по времену који се идеално посматрано претвара у низ еквидистантних импулса чије површине зависе од вредности сигнала  $\hat{x}$  у тренутку појављивања импулса. Иако су висине овако добијених импулса, као и висине било којих импулса уопште, бесконачне, они су на дијаграму изнад канала везе приказани вертикалним дужима у тренуцима одабирања које иду само до нивоа сигнала  $\hat{x}(t)$ . То симболично означава да су површине импулса једнаке вредностима сигнала  $\hat{x}$  у тренуцима одабирања.

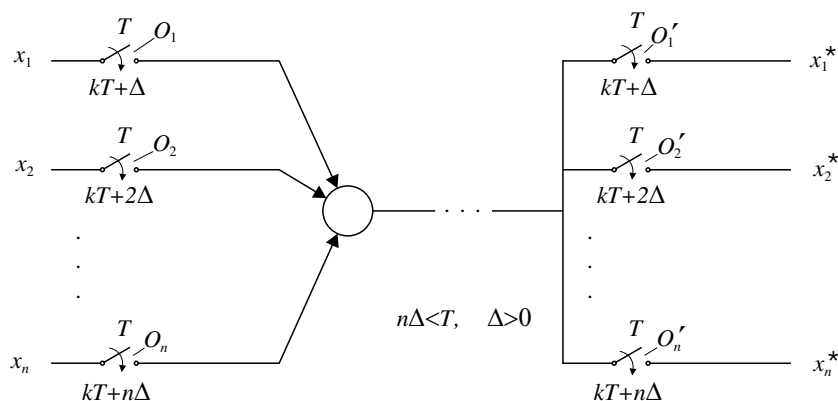
Константне вредности сигнала  $\hat{x}^*(t)$  могу се схватити као коначан број дискретних елемената информација који се могу представити тј. кодирати помоћу сигнала који имају само две вредности, низак ниво који се математички представља цифром 0 и висок ниво који се математички представља цифром 1. Отуда се овакво представљање константних вредности сигнала  $\hat{x}^*(t)$  назива дигитално тј. цифарско кодирање. У примеру са слике укупно четири могуће различите константне вредности се кодирају са уређеним скупом од две цифре од којих свака може да буде 0 или 1, и то константна вредност 0 кодира се са 00, константна вредност  $a$  са 01, константна вредност  $b$  са 10 и најзад константна вредност  $c$  са 11. Пошто свака цифра у поменутом уређеном скупу цифара означава посебан двовредносни сигнал, сигнал  $\hat{x}^*(t)$  који се преноси кроз једноструки канал везе после дигиталног кодирања се преноси кроз двоструки канал везе или се појављује на двоканалном излазу.

Систем управљања код кога се бар у једном каналу везе остварује дискретни дигитални пренос сигнала је дискретни дигитални систем управљања. Код система управљања са дигиталним рачунаром остварује се овакав пренос сигнала. **Рачунарско управљање** подразумева дискретни дигитални пренос сигнала. Код **рачунарско управљаних система** остварује се дискретни дигитални пренос сигнала.

### 1.1.6 Значај дискретно дигиталног преноса сигнала и Рачунарски управљаних система

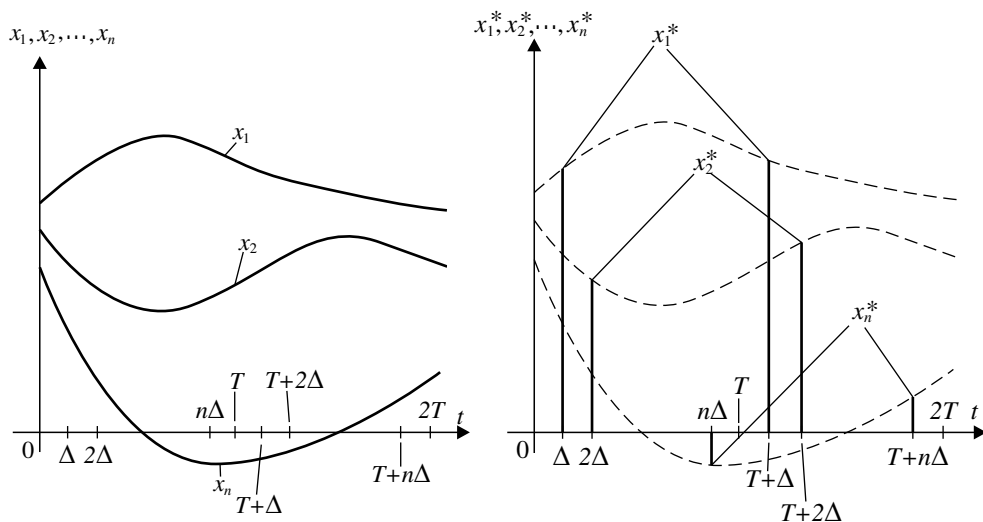
1. Временска дискретизација даје могућност да се више временски дискретних сигнала пренесе једним каналом везе. То се остварује уз помоћ вишеструких одабирача што илуструје слика 1.6.

На слици 1.7 су приказани у временском домену временски непрекидни



Слика 1.6: Улазно излазни вишеструки одабирачи

и временски дискретни сигнали који се преносе кроз један канал везе.



Слика 1.7: Временски дискретни сигнали који се преносе кроз један канал везе

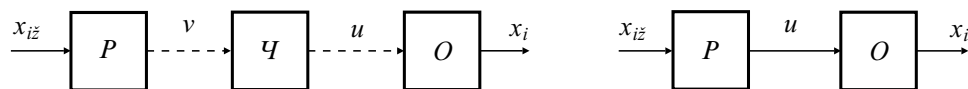
2. На основу претходног могуће је користити само један упоређивач код вишеструкопреносних затворених система управљања.
3. Ефикасније и економичније се користе инструменти и енергетски извори (смањује се потрошња енергије).
4. Дигитални рачунар као део управљачког система може да:
  - изводи сложене операције,

- обрађује брзо и тачно велики број података,
- доноси брзе и правилне одлуке у складу са одређеним алгоритмима,
- остварује правилно и правовремено управљање,
- постиже високу тачност обраде сигнала,
- прилагођава се у промени алгоритма,
- реализује сложене али врло ефикасне алгоритме управљања,
- реализује алгоритме који се не могу остварити аналогним преносним органима.

## 1.2 Структура и подсистеми дискретног дигиталног система управљања и аутоматског управљања

Мада у општем случају дискретни дигитални систем управљања и аутоматског управљања не мора да буде са дигиталним рачунаром у ужем смислу већ може да буде и са специјалним дигиталним уређајем чија је природа једнака природи дигиталног рачунара овде се дискретни дигитални систем управљања и аутоматског управљања поистовећује са системом управљања и аутоматског управљања са дигиталним рачунаром.

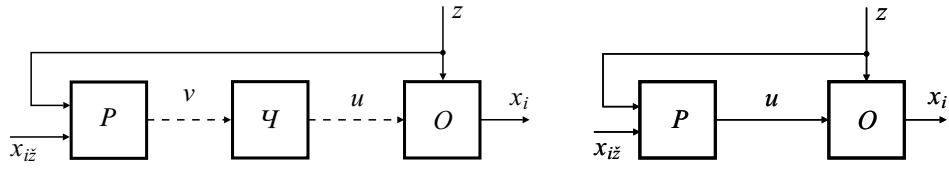
Дигитални рачунар је део управљачког система и има улогу корекционог органа управљачког система, где се остварује алгоритам управљања, задавача где се задаје жељени излаз и упоређивача где се пореде сигнали о жељеном и стварном излазу. Остали делови управљачког система код ових система, као што су извршни органи, давачи стварних вредности излаза или поремећаја, су обично по својој природи различити од природе дигиталног рачунара, тј. они су временски непрекидни подсистеми. Ради једноставности, код ових система управљања и аутоматског управљања, дигитални рачунар се поистовећује с управљачким системом. На сликама 1.8, 1.9, 1.10 и 1.11 приказани су структурни дијаграми отвореног, отвореног с директном компензацијом поремећаја, затвореног и комбинованог дискретно дигиталног система управљања и аутоматског управљања.



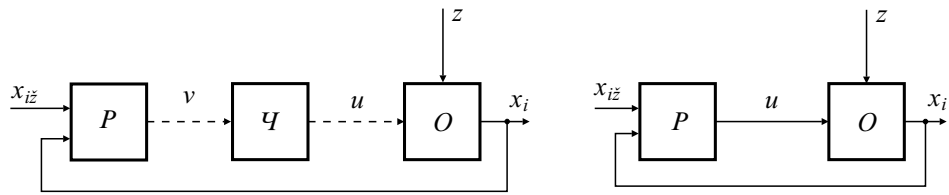
Слика 1.8: Структурни дијаграм отвореног дискретног дигиталног система управљања и аутоматског управљања без директне компензације поремећаја

На приказаним структурним дијаграмима коришћене су ознаке које се иначе користе код система управљања и аутоматског управљања изузев

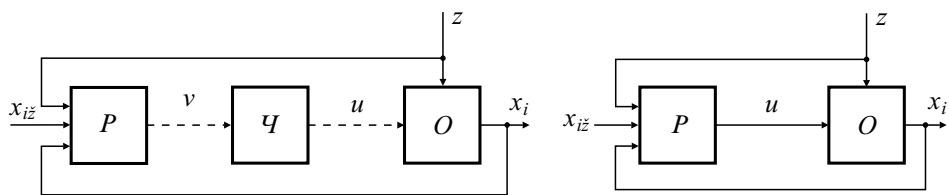




Слика 1.9: Структурни дијаграм отвореног дискретног дигиталног система управљања и аутоматског управљања са директном компензацијом поремећаја



Слика 1.10: Структурни дијаграм затвореног дискретног дигиталног система управљања и аутоматског управљања



Слика 1.11: Структурни дијаграм комбинованог дискретног дигиталног система управљања и аутоматског управљања

ознаке  $P$  и  $C$  која претставља дигитални рачунар и човека. Наведени структурни дијаграми формално се не разликују од структурних дијаграма наведених типова система управљања и аутоматског управљања уопште. Једина разлика је што код овде разматраних система дигитални рачунар има улогу управљачког система.

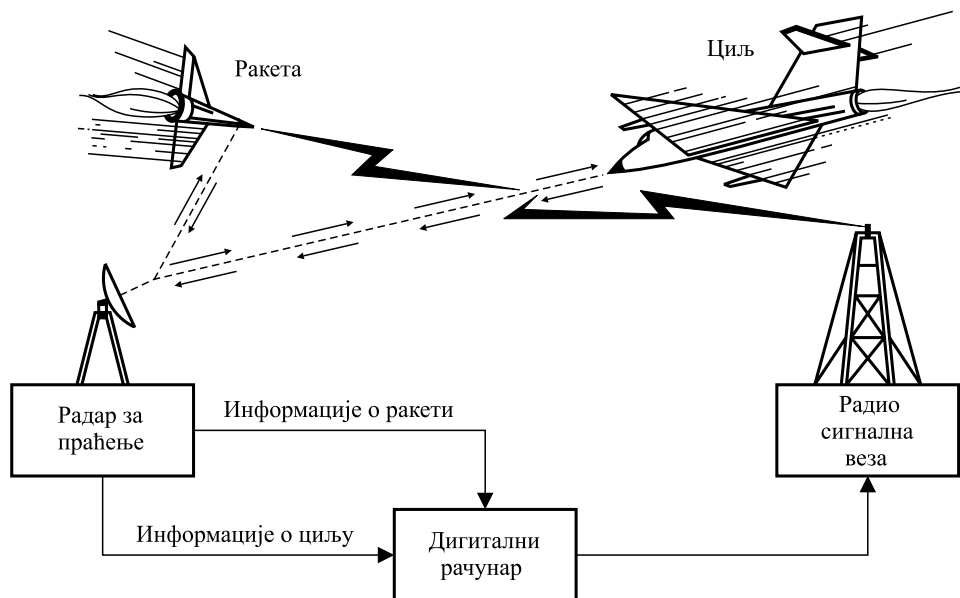
Дигитални рачунар, као што је већ напоменуто у одељку 1.3, драстично се по својој природи разликује од осталих делова система. Да би се омогућио несметан проток сигнала који су у различитим деловима система потпуно различити по својој природи, неопходно је да код оваквих система постоје претварачи сигнала. У самом дигиталном рачунару су присутни дигитални сигнали и он оперише само са таквим сигнаlima, док су у осталим деловима система заступљени аналогни сигнали. Зато је потребно аналогне сигнале пре њиховог уласка у рачунар претворити у дигиталне сигнале. То се остварује помоћу аналогно дигиталних претварача који се означавају са  $A/D$ . Дигитални сигнали који излазе из рачунара, да би могли да се пренесу у друге аналогне подсистеме, морају бити претворени у аналогне сигнале. То се остварује помоћу дигитално аналогних претварача који се означавају са  $D/A$ .  $A/D$  и  $D/A$  претварачи, поред дигиталног рачунара, су подсистеми дискретних дигиталних система управљања и аутоматског управљања, по којима се они разликују од осталих система управљања и аутоматског управљања. Остали подсистеми су исти као код система управљања и аутоматског управљања уопште. На структурним дијаграмима приказаним на сликама 1.8, 1.9, 1.10 и 1.11  $A/D$  и  $D/A$  претварачи нису експлицитно приказани, већ се подразумева да су они саставни део дигиталног рачунара. То одговара и чињеничном стању у пракси, јер су  $A/D$  и  $D/A$  претварачи физички реализовани помоћу тзв.  $ADDA$  електронске карте, која се иначе смешта у дигитални рачунар.

### 1.3 Примери рачунарских система аутоматског управљања

#### Пример 1.2 Сигнално вођени пресретачки систем

На слици 1.12 приказана је функционално структурна шема сигнално вођеног пресретачког система (ракете) [16] чији је задатак да лет ракете буде усмераван у простору тако да дође до пресретања и уништења непријатељског авиона у покрету пре него што он избаци своје бомбе.

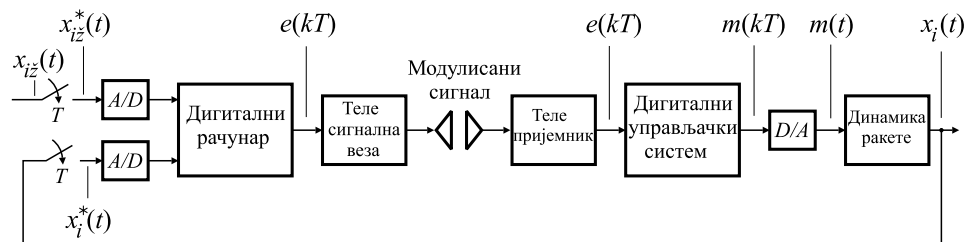
Радар за праћење циља прво открива а потом прати циљ. Он даје информације неопходне за одређивање удаљености и угла циља као и њихове брзине промене тј. изводе по времену ових величина. Те информације непрекидно се шаљу у дигитални рачунар који израчунава предвиђани будући курс циља. Радар за праћење ракете даје сличне информације о ракети које рачунар користи за одређивање њене путање лета. Рачунар пореди путање лета циља и ракете и одређује корекцију путање лета ракете како би дошло до укрштања њихових курсева. Потребне ин-



Слика 1.12: Функционално структурна шема сигнално вођеног пресретачког система

формације о корекцији лета путање ракете преносе се до ње путем радио сигналне везе. Ове информације о грешци путање лета неопходне за њену корекцију користи управљачки систем ракете. Управљачки систем ракете претвара сигнал грешке у померање аеродинамичких управљачких површина уз помоћ извршног органа. Ракета одговара на положај аеродинамичких управљачких површина и заузима прописану путању лета која треба да доведе до судара са циљем. Праћење циља на монитору је непрекидно тако да се промена курса ракете спроводи све до тачке судара.

На слици 1.13 приказан је детаљан структурни дијаграм сигнално вођеног пресретачког система.

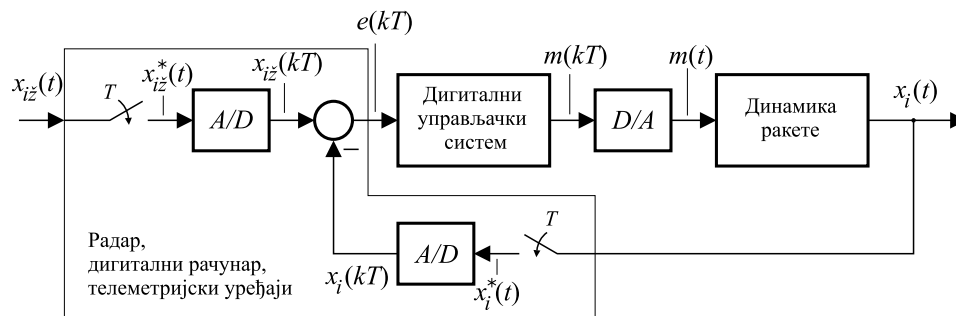


Слика 1.13: Детаљан структурни дијаграм сигнално вођеног пресретачког система

$x_{i\bar{z}}(t)$  је сигнал о путањи лета циља који се добија помоћу радара у

виду временски дискретизованог сигнала  $x_{i\bar{z}}^*(t)$ . Овај сигнал има улогу сигнала о жељеном излазу.  $x_i(t)$  је сигнал о путањи лета ракете који се добија такође помоћу радара у виду временски дискретизованог сигнала  $x_i^*(t)$ . Овај сигнал има улогу сигнала о стварном излазу. Оба поменута сигнала се уводе у дигитални рачунар. Имајући у виду да је дигитални рачунар уређај који оперише само са дигиталним сигналима а да су  $x_{i\bar{z}}^*(t)$  и  $x_i^*(t)$  аналогни сигнали, који су по својој природи потпуно различити од дигиталних сигнала, неопходно их је пре увођења у дигитални рачунар петворити у дигиталне сигнале помоћу аналогно дигиталних претварача. Аналогно дигитални претварачи су на овом структурном дијаграму означени са  $A/D$ . Дигитални рачунар израчунава сигнал грешке  $e(kT) = x_{i\bar{z}}(kT) - x_i(kT)$  који се радио везом преноси до дела управљачког система који се налази у ракети и који је такође дигиталног типа. У дигиталном управљачком систему који је смештен у ракети сигнал грешке се обрађује по одређеном алгоритму и добија се дигитални сигнал  $m(kT)$  који се мора претворити у аналогни сигнал  $m(t)$  да би се могло помоћу њега деловати на аналогне извршне органе. Ово претварање се остварује помоћу дигитално аналогног претварача који је на слици 1.13 означен са  $D/A$ . Најзад извршни органи покрећу аеродинамичке управљачке површине које усмеравају ракету ка покретном циљу ради његовог пресретања и уништења.

На слици 1.14 приказан је упрошћени структурни дијаграм сигнално вођеног пресретачког система.



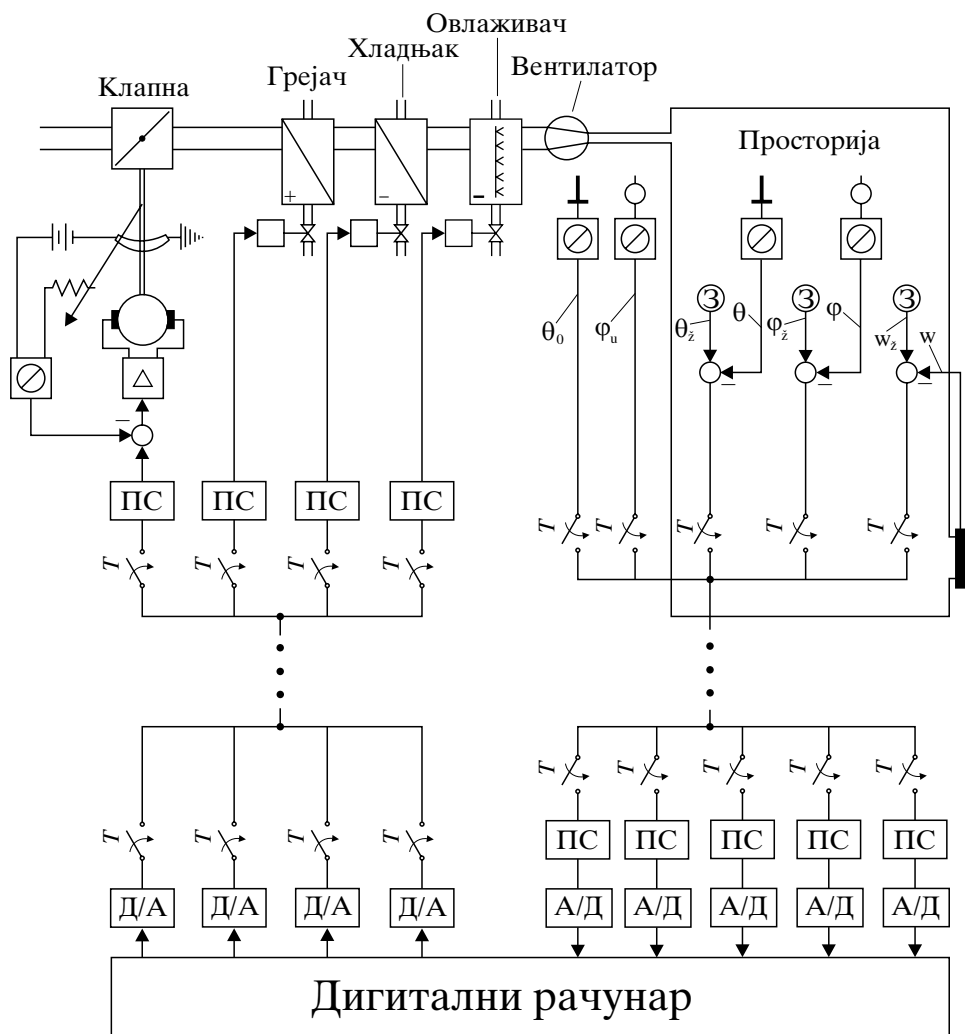
Слика 1.14: Упрошћени структурни дијаграм сигнално вођеног пресретачког система

Имајући у виду да се у систему остварује дискретни дигитални пренос сигнала захваљујући постојању  $A/D$  и  $D/A$  претварача овај систем аутоматског управљања припада групи дискретних дигиталних система аутоматског управљања.

### Пример 1.3 Рачунарски систем аутоматског регулисања климе у просторији

На слици 1.15 приказана је функционално симболична шема рачунарског система аутоматског регулисања (РСАР-а) климе у просторији.

Све строжији захтеви за квалитетом климе у просторијама у којима се живи и ради подразумевају одржавање жељене температуре, влажности и брзине ваздуха у њима. У случају да се ради о великом броју просторија једне зграде или насеља може се користити дигитални рачунар за аутоматско управљање климом у свим просторијама.



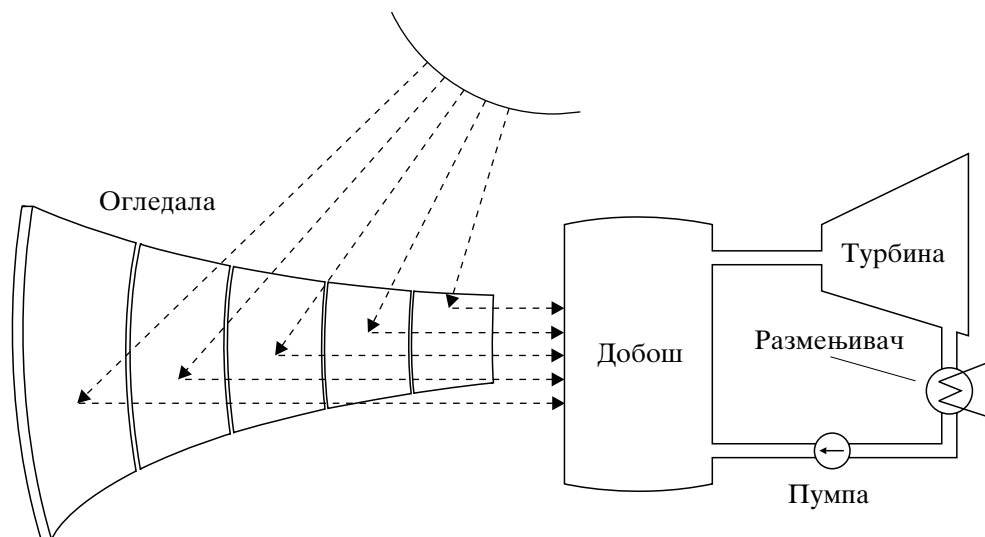
Слика 1.15: Функционално симболична шема РСАР-а климе у просторији

$\theta_z$  је жељена а  $\theta$  стварна температура ваздуха у просторији док је  $\theta_0$  температура спољњег ваздуха.  $\varphi_z$  је жељена а  $\varphi$  стварна влажност ваздуха у просторији док је  $\varphi_u$  влажност улазног ваздуха.  $w_z$  је жељена а  $w$  стварна брзина струјања ваздуха кроз просторију.  $A/D$  означава аналогно-дигитални претварач чији је задатак да аналогни улазни сиг-

нал претвори у дигитални излазни.  $D/A$  означава дигитално-аналогни претварач чији је задатак да дигитални улазни сигнал претвори у аналогни излазни.  $ПС$  означава **продуживач трајања сигнала** чији је задатак да прима излазни сигнал одабирача у тренутку одабирања и да га преноси на свој излаз у том тренутку и у свим другим тренуцима до наредног тренутка одабирања.

**Пример 1.4** *Рачунарски систем аутоматског регулисања положаја огледала соларне електране*

На слици 1.16 приказана је функционална шема соларне електране а на слици 1.17 функционално симболична шема РСАР-а положаја огледала ове електране са рачунаром.

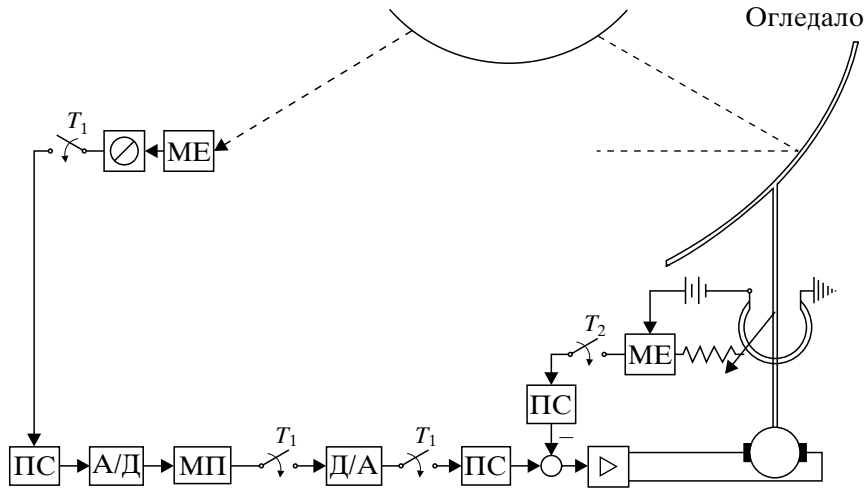


Слика 1.16: Соларна електрана

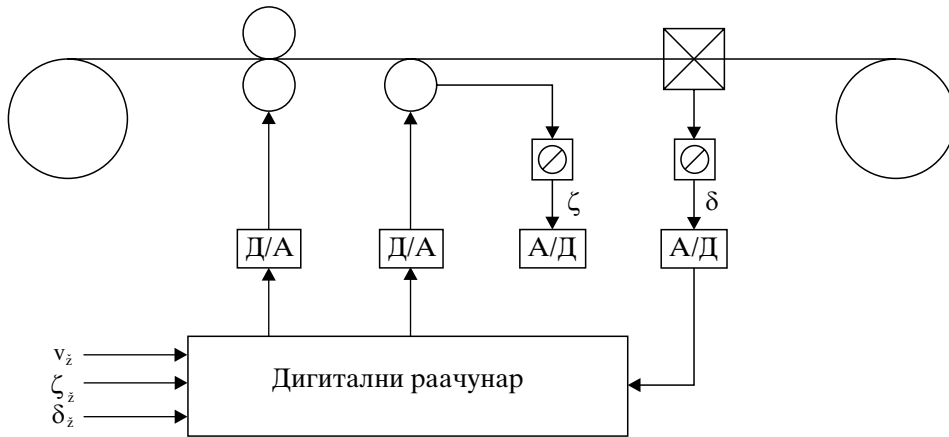
Положај огледала треба да буде такав да обезбеди пренос што веће количине сунчеве енергије на добош. Пошто се земља креће то се и положај огледала мења у односу на сунце у току дана тако да га је стално потребно кориговати у датом смислу. Број огледала је велики и она су подељена у поља која се састоје од више сегмената. Свим огледалима једног поља се обезбеђује једнако понашање, тј. аутоматски се управља њиховим положајем. У овај САР укључен је микропроцесор МП чији је задатак да на основу информације о положају сунца израчунава жељени положај огледала. МЕ означава мерни елемент.

**Пример 1.5** *Рачунарски систем аутоматског регулисања ваљаонице лима*

На слици 1.18 приказана је функционално-симболична шема РСАР-а ваљаоницом лима.



Слика 1.17: Функционално симболичка шема РСАР-а положаја огледала соларне електране



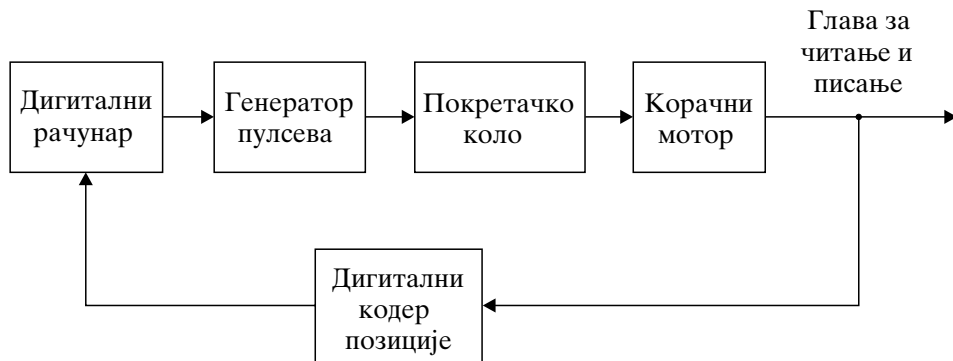
Слика 1.18: Функционално-симболичка шема РСАР-а ваљаоницом лима

$\delta_z$  је жељена а  $\delta$  стварна дебљина лима.  $\zeta_z$  је жељени а  $\zeta$  стварни напон лима.  $v_z$  је задата брзина ваљања.

Рачунар прима жељене вредности наведених величина у дигиталном облику.

**Пример 1.6** РСАР положаја "главе" меморијског диска

На слици 1.19 приказан је структурни дијаграм РСАР-а положаја "главе" за читање са и уписивање на меморијски диск.



Слика 1.19: Структурни дијаграм РСАР-а положаја "главе" меморијског диска

Сваки пулс којим се побуђује корачни мотор обезбеђује његово заокрећење за тачно одређени угао.

У овом систему постоји само дигитални пренос сигнала тако да не постоји потреба за  $A/D$  и  $D/A$  претварачима. Систем је чисто дигитални. Дигитални кодер позиције је у уствари дигитални мерни елемент позиције.