

Висока школа електротехнике и  
рачунарства струковних студија

# **ДИЈАГНОСТИКА СИСТЕМА УБРИЗГАВАЊА ДИЗЕЛ МОТОРА**

---

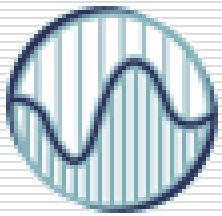
Арихтектура ЕУЈ



# Електронско управљање радом дизел мотора

---

- Електронско управљање радом дизел мотора омогућава прецизно и високо флексибилно дефинисање параметара убризгавања.
- **EDC** (Electronic Diesel Control) - Систем електронског управљања радом дизел мотора подељен је у три подсистема:
  1. Сензори и генератори жељених вредности
  2. Електронска управљачка јединица
  3. Актуатори



# Електронско управљање радом дизел мотора

---

## Технички захтеви:

- ☐ Емисија издувних гасова
- ☐ Повећање снаге и обртног момента мотора

Решење – мотори са директним убризгавањем дизел горива.

Резултат:

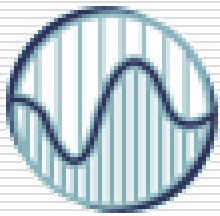
- ☐ Високи притисци убризгавања,
- ☐ Побољаше састава смеше А/Ф,
- ☐ Комплетније сагоревање фино атомизованих честица горива,
- ☐ Мање несагорелих НС у издувним гасовима.



# Електронско управљање радом дизел мотора

---

- ❑ Развој на пољу технологија дизел мотора допринело је смањењу емисије издувних гасова и побољшању перформанси дизел мотора.
- ❑ Дизел мотори са директним убризгавањем су преузели примат у односу на моторе са индиректним убризгавањем захваљујући обезбеђењу квалитетнијег мешања горива са ваздухом (нема губитака у преткомори-вихорној комори) што је допринело смањењу потрошње у опсегу од 10-20%.
- ❑ Савремени дизел мотори пружају много већи комфор путницима пре свега у погледу буке.

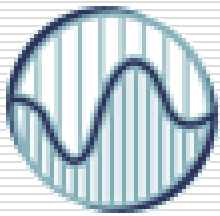


# Електронско управљање радом дизел мотора

---

Осим овога перформансе савремених дизел мотора побољшане су захваљујући савременим системима убризгавања који омогућавају:

- ❑ Високе притиске убризгавања горива,
- ❑ Управљање законом убризгавања,
- ❑ Вишеструка убризгавања током једног циклуса (пилот и пост убризгавање),
- ❑ Прецизна регулација количине убризганог горива, степена пуњења и почетка убризгавања у функцији режима рада,
- ❑ Управљање притиском издувних гасова,

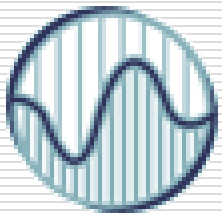


# Електронско управљање радом дизел мотора

---

Осим овога перформансе савремених дизел мотора побољшане су захваљујући савременим системима убризгавања који омогућавају:

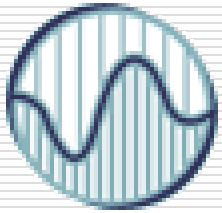
- ❑ Температурно зависно продужено убризгавање горива током старта мотора,
- ❑ Управљање радом на празном ходу независно од оптерећења мотора,
- ❑ Управљање рецикулацијом издувних гасова,
- ❑ Уске толеранције времена и количине убризганог горива и одржавање перформанси система током читавог радног века.



# Електронско управљање радом дизел мотора

---

- ❑ Конвенционални системи управљања радом дизел мотора користе механичке уређаје (нпр. са замајним масама), као и бројне урежаје како би се регистровали различити радни услови и обезбедила одговарајућа смеша. Ови системи раде са отвореном петљом која не омогућава квалитетно образовање смеше, а поједини утицајне променљиве нису довољно прецизно дефинисане или се не прате уопште!
- ❑ Електронски управљани системи за рад дизел мотора су у основи врло једноставни, а са друге стране обезбеђују веома прецизно и комплексно управљање радом мотора!



# Електронско управљање радом дизел мотора

---

Количина убризганог горива код **EDC** система зависи од:

- ☐ Захтева возача,
- ☐ Радних услова,
- ☐ Температуре мотора,
- ☐ Захтева других система возила (TCS, ESP, клима,...),
- ☐ Емисије издувних гасова.

Осим прорачуна потребне количине горива **EDC**, узима у обзир и заштитне мере, добијене дијагностичким методама, нпр. limp-home!





# Електронско управљање радом дизел мотора

---

- ❑ **EDC**- управља и моментом убризгавања на бази горе наведених фактора.
- ❑ **EDC** размењује информације и са другим системима возила као што су TCS, ESP и ETC.
- ❑ Осим овога **EDC** је потпуно интегрисан у систем дијагностике возила према OBD захтевима

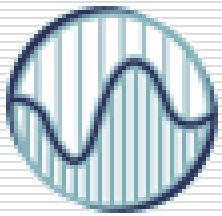


# Електронско управљање радом дизел мотора

---

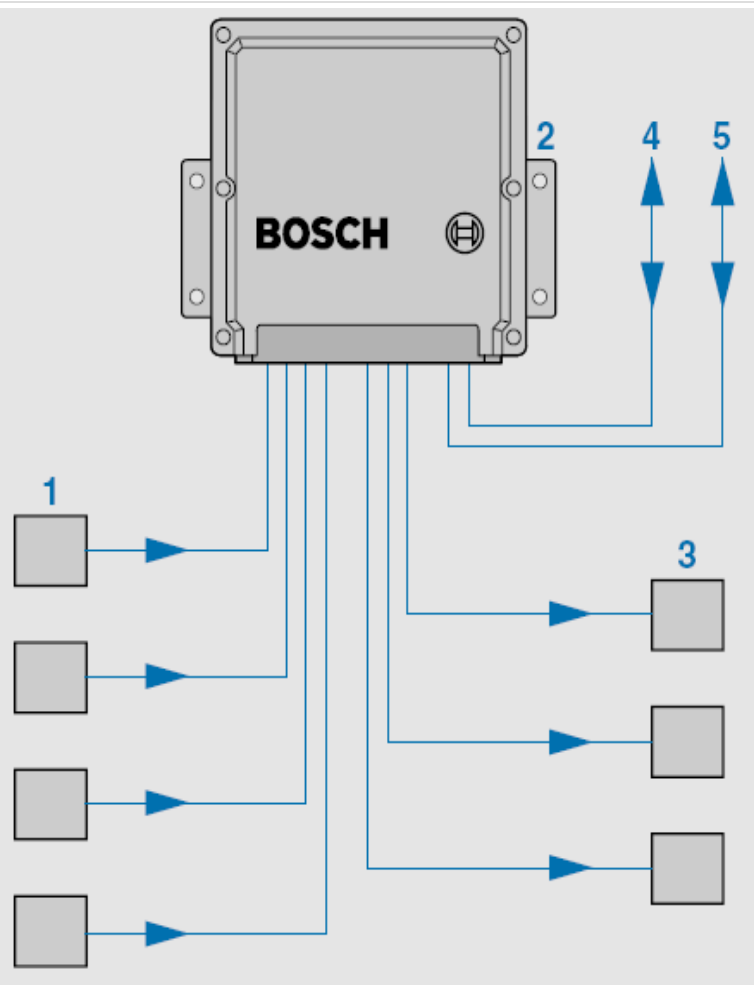
## Компоненте EDC система:

- 1. Сензори** – детектују тренутне радне услове мотора, као и задате жељене вредности (нпр. позиција педале акцелератора). Сензори конвертују физичке величине у електричне сигнале.
- 2. Управљачка јединица** обрађује податке добијене од сензора на бази дефинисаних алгоритама. На основу овога управља радом актуатора. Осим овога управљачка јединица комуницира са другим системима возила и омогућава приступ за дијагностику стања мотора.
- 3. Актуатори** претварају излазне електричне сигнале из електронске управљачке јединице у механике параметре (нпр. ел.магнетни вентил у брызгачима).



# Електронско управљање радом дизел мотора

## Компоненте EDC система:



1. Сензори и генератори жељених вредности
2. ЕУЈ
3. Актуатори
4. Интерфејс према другим системима возила, TCS, ESP, ...,
5. Дијагностички интерфејс





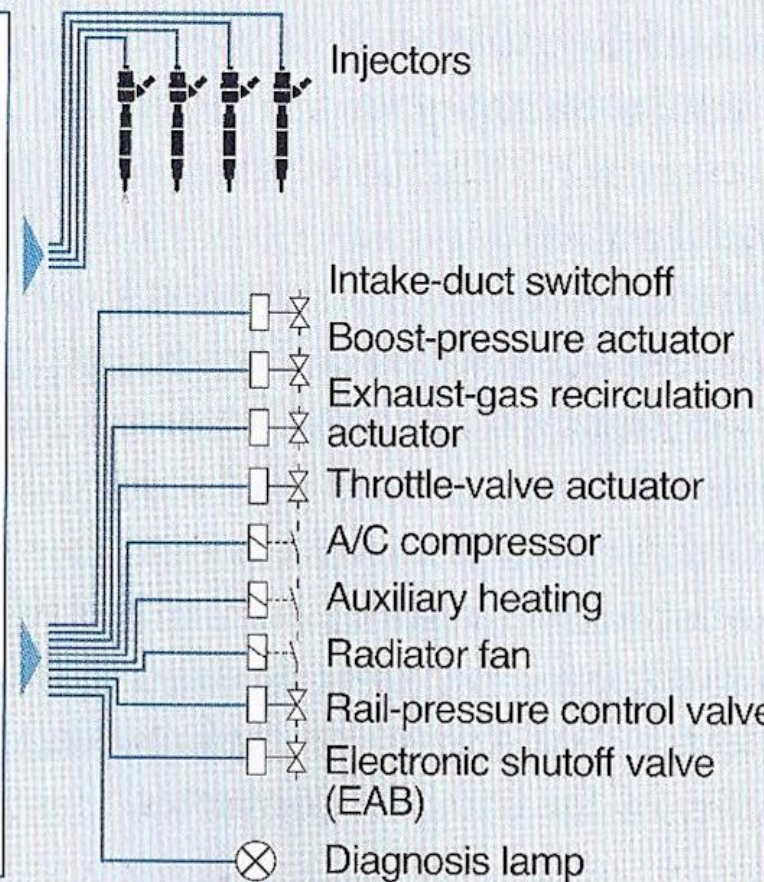
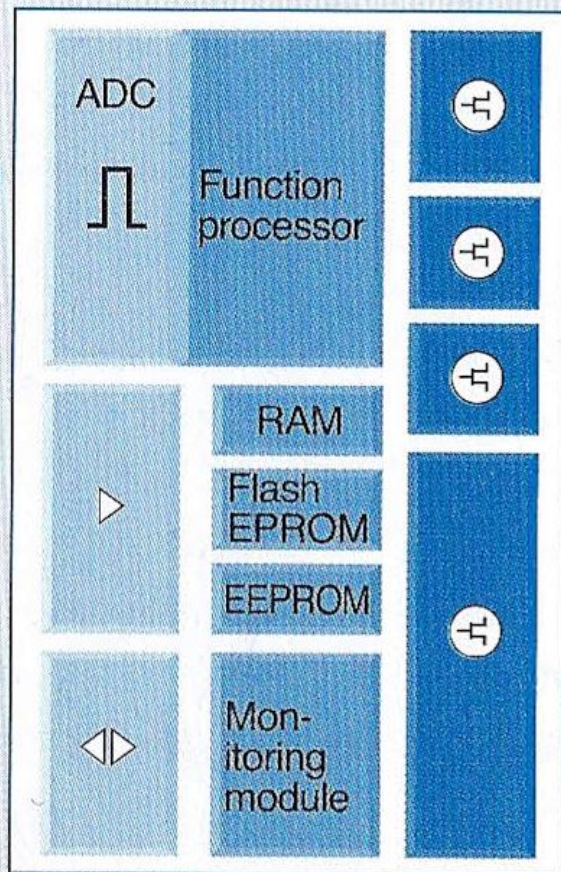
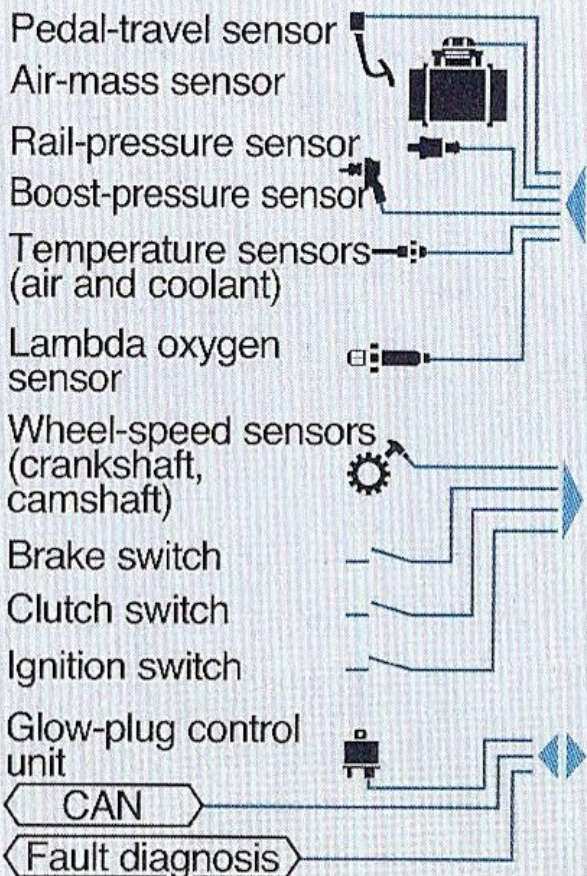
# Електронско управљање радом дизел мотора

## Компоненте EDC система:

### Sensors and setpoint generators

### ECU

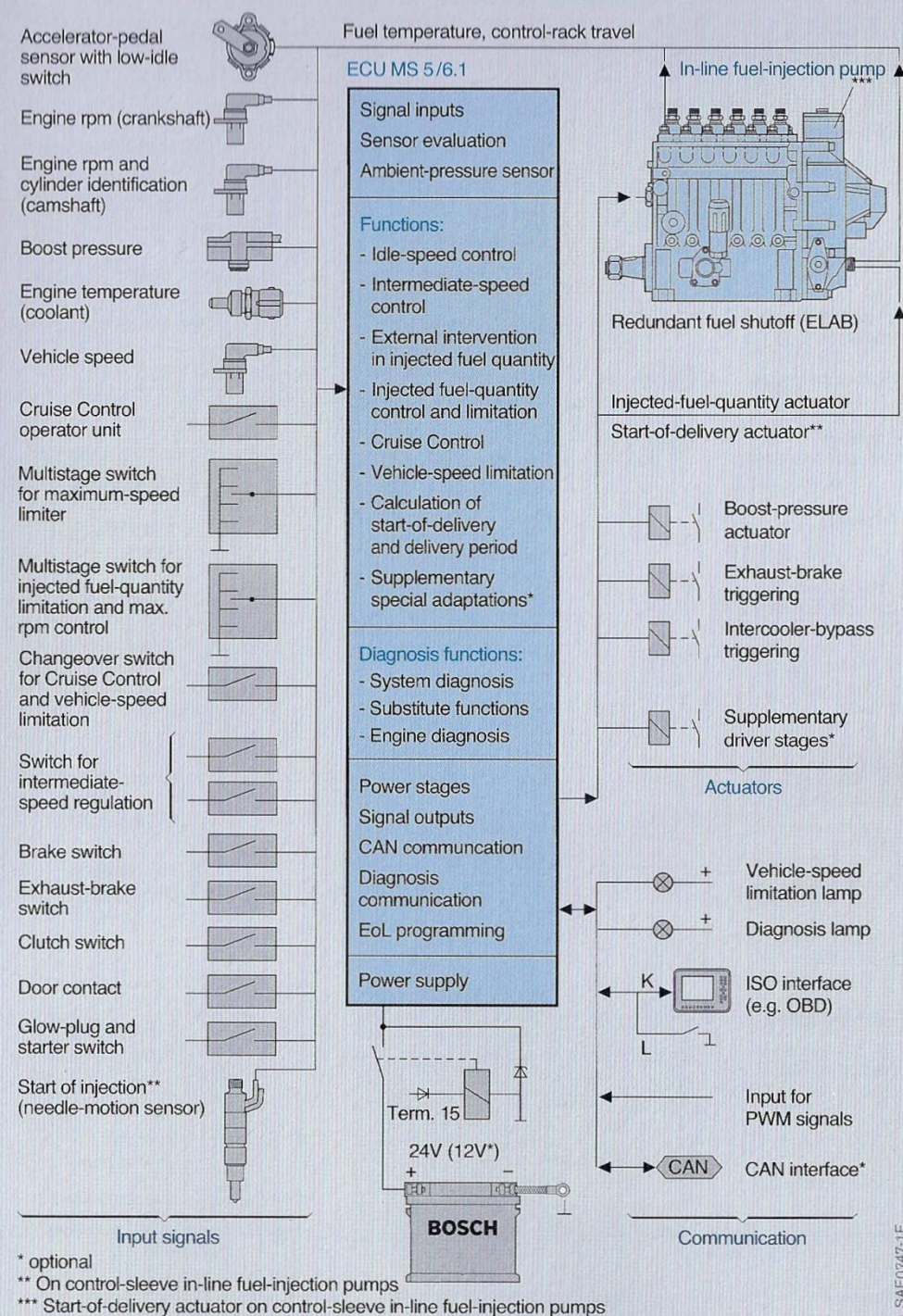
### Actuators







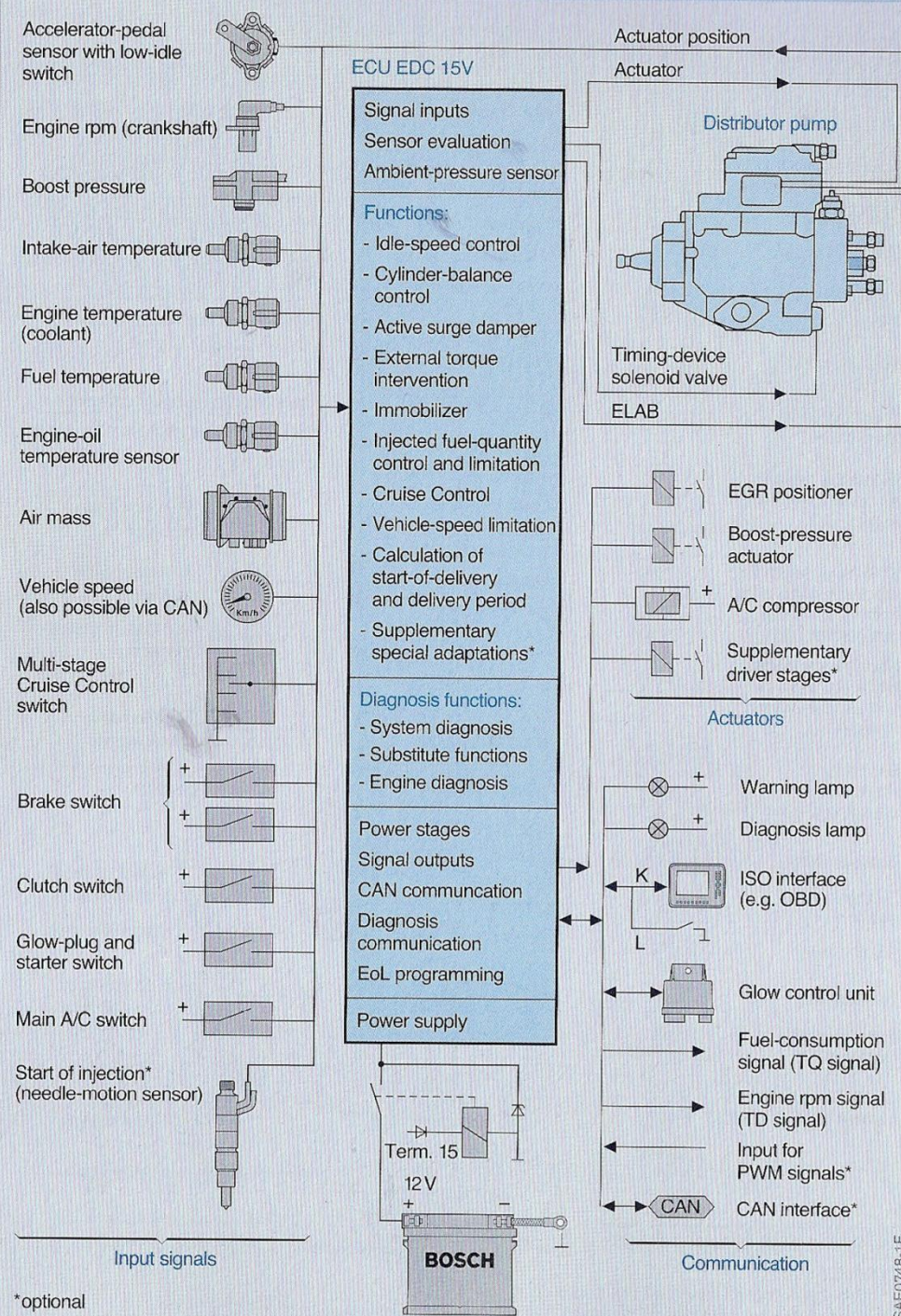
# Управљање системом убризгавања дизел горива са линијском ПВП







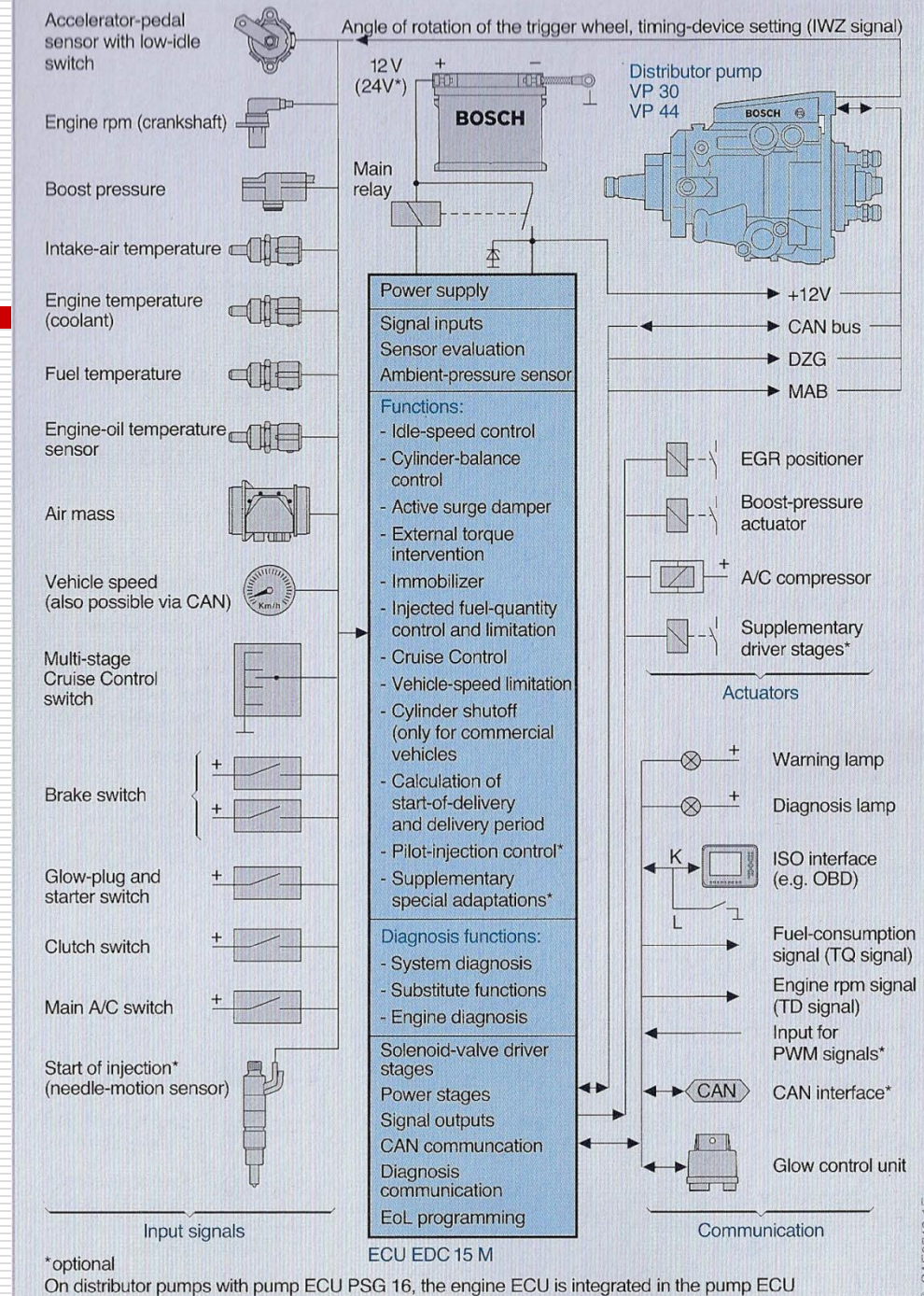
# Управљање системом убризгавања дизел горива са аксијалном ПВП







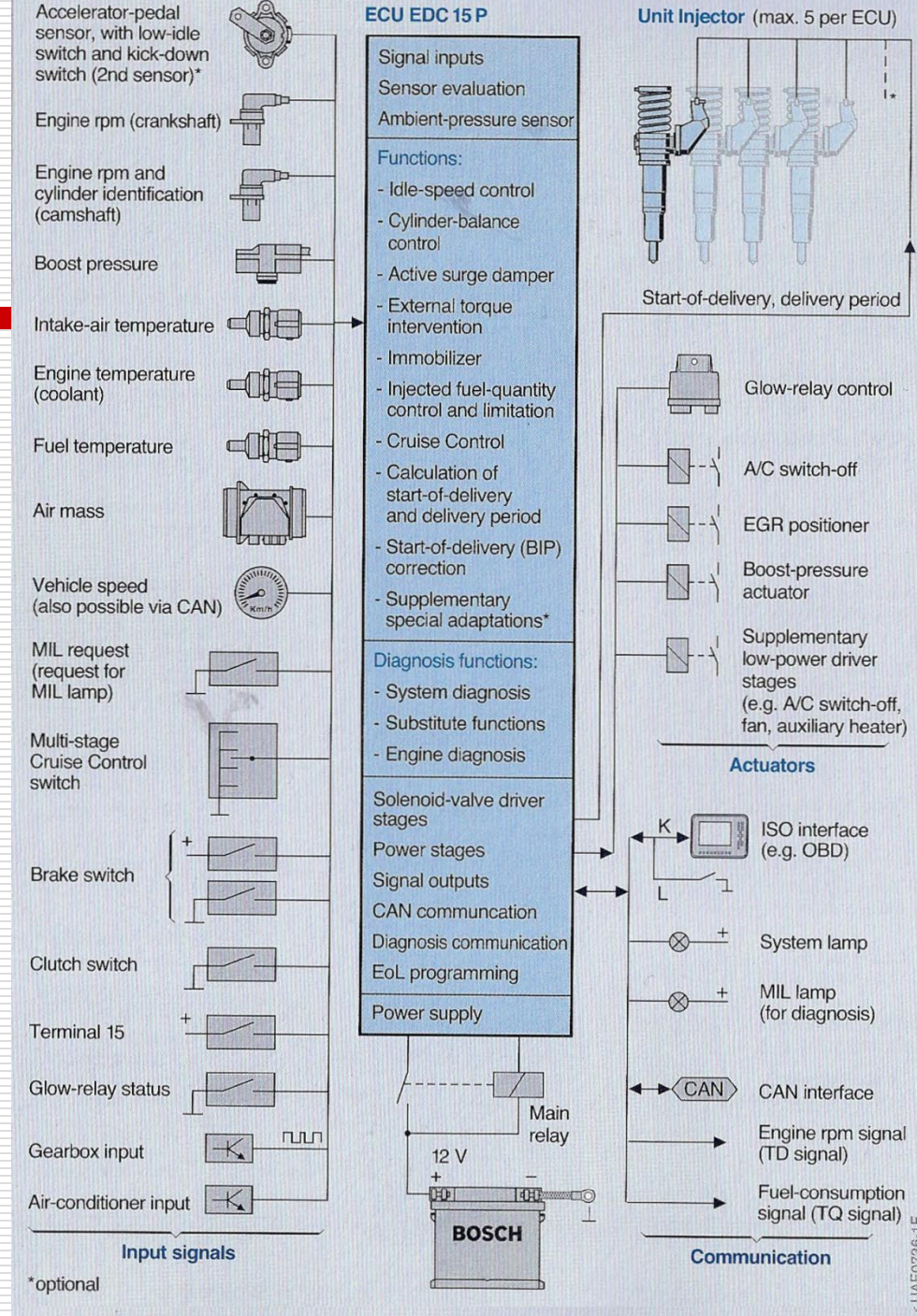
# Управљање системом убризгавања дизел горива са ради- аксијалном ПВП







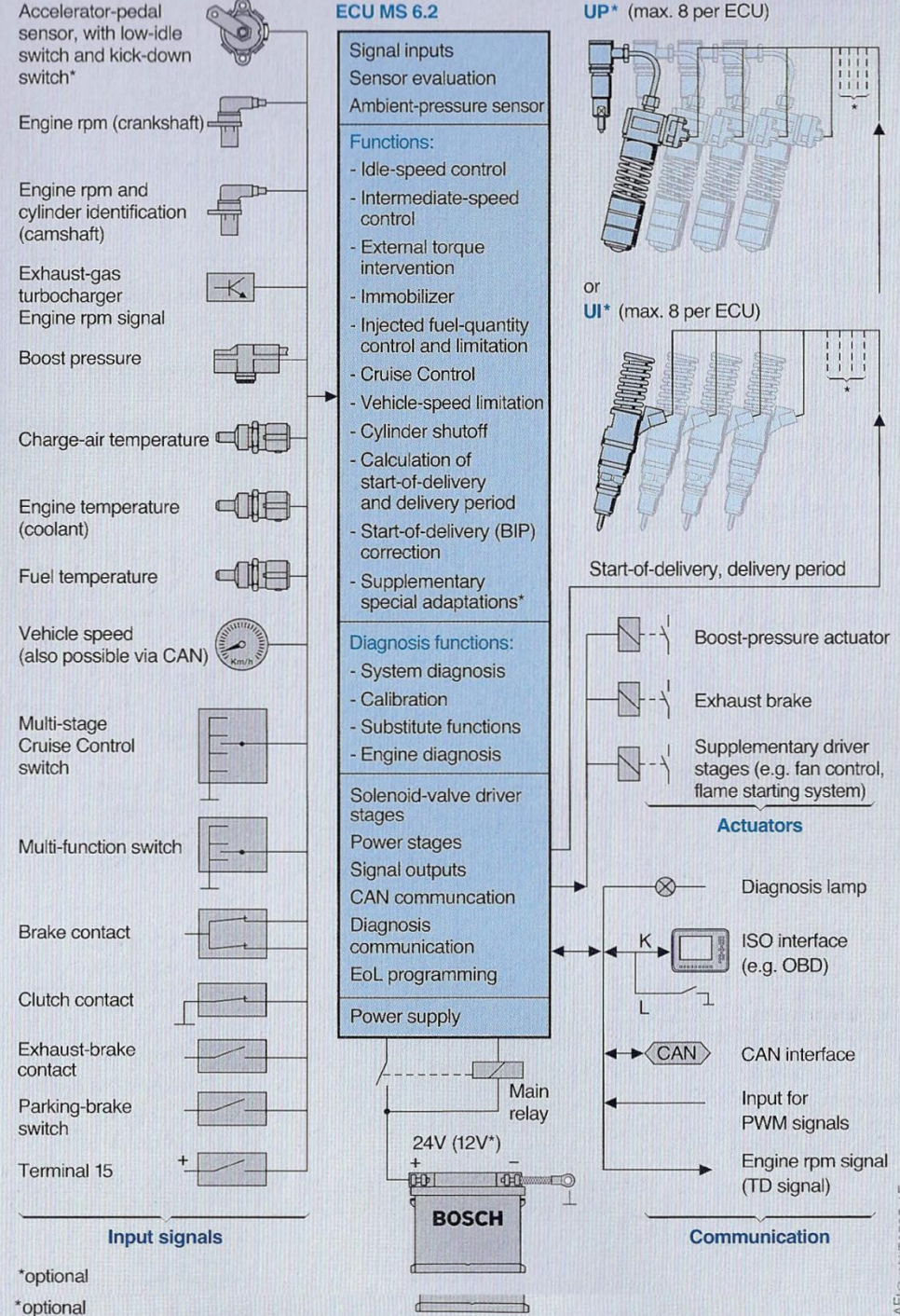
# Управљање системом убризгавања дизел горива UIS за путничка возила







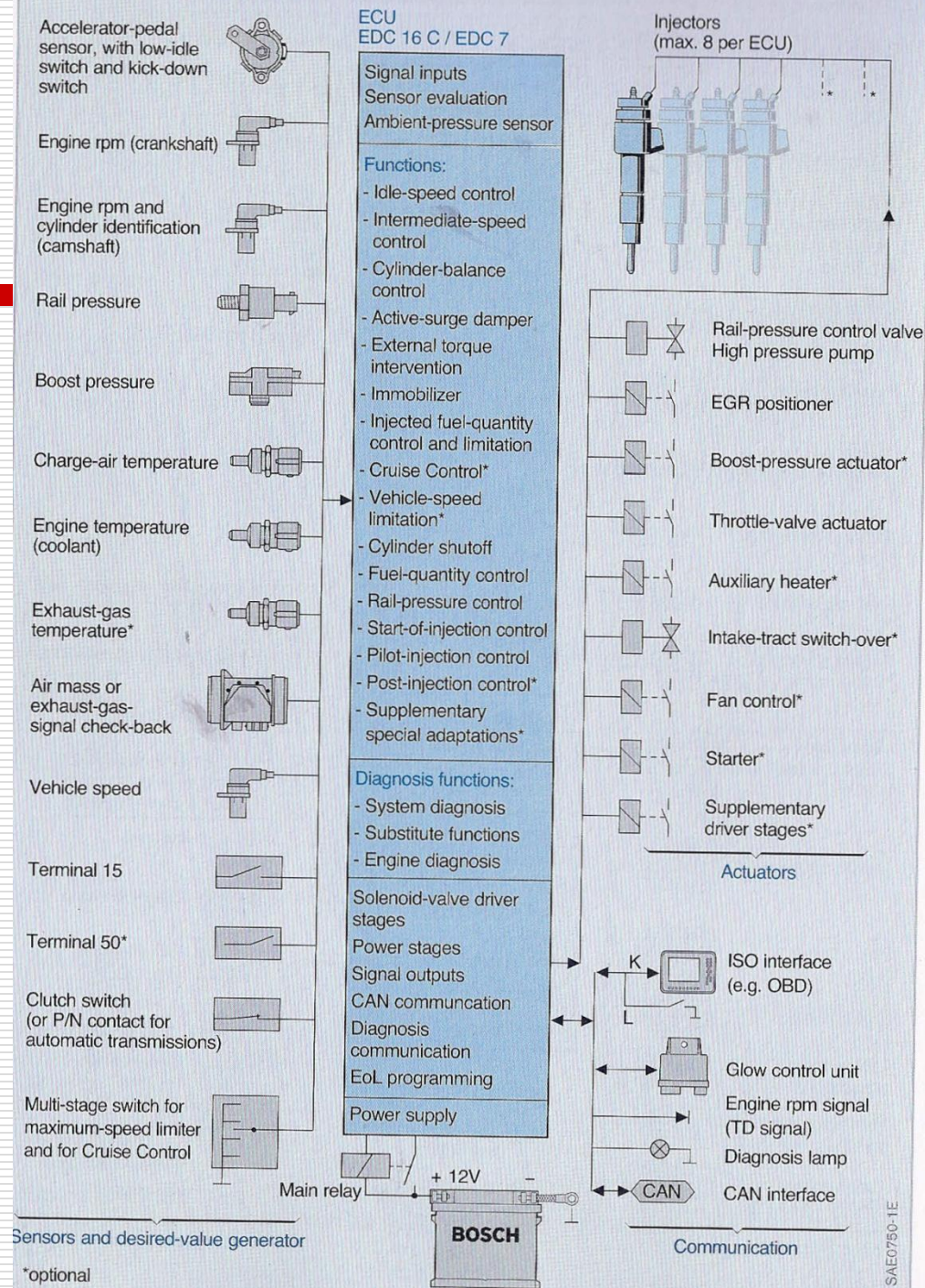
# Управљање системом убризгавања дизел горива UIS и UPS за комерцијална возила







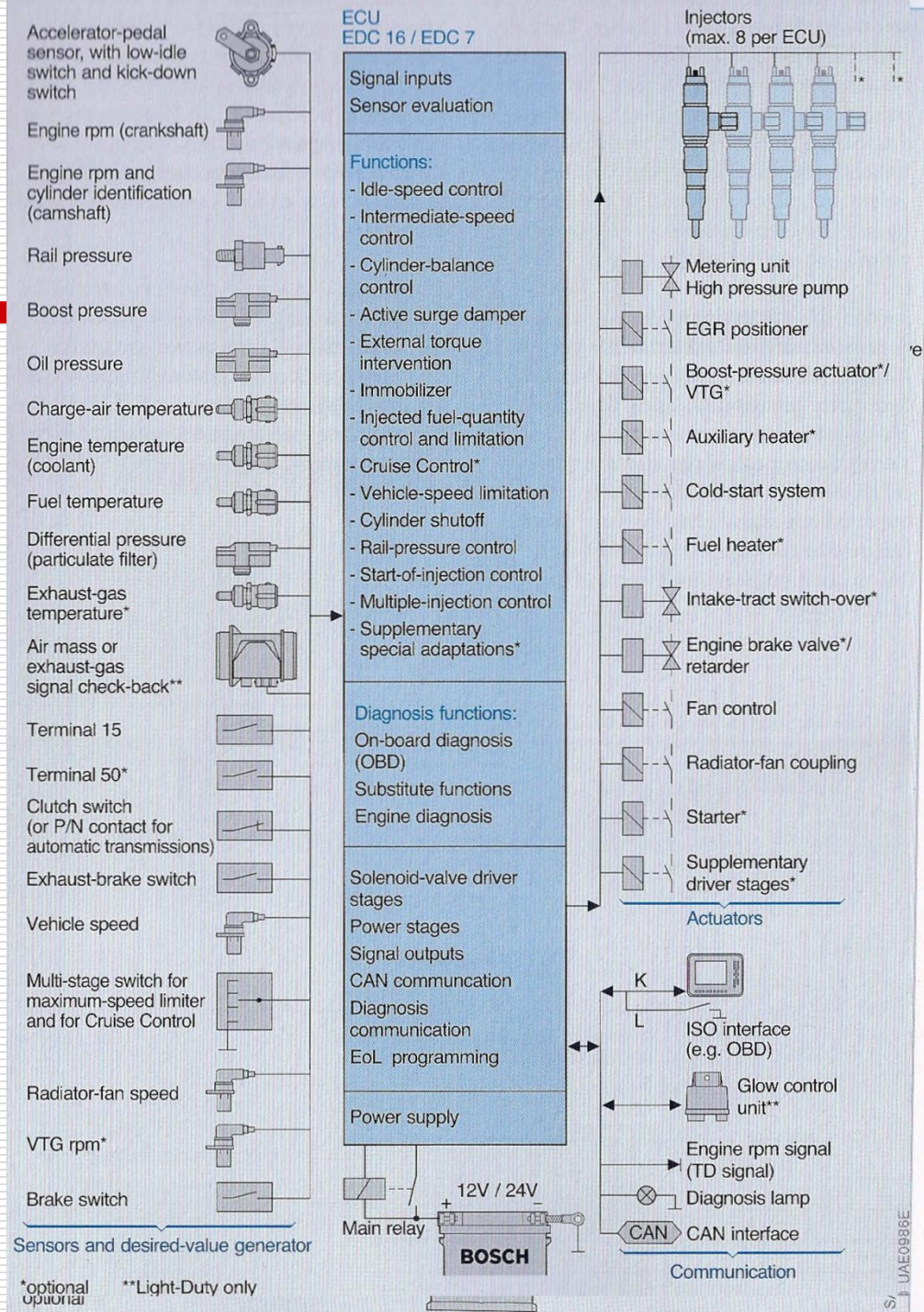
# Управљање системом убризгавања дизел горива CR за путничка возила







# Управљање системом убризгавања дизел горива CR за комерцијална возила





# Електронска управљачка јединица

---

- Дигитална технологија омогућава примену великог броја затворених петљи (система са повратном спрегом) ради управљања радом мотора и других система возила.
- Утицајне променљиве се обрађују симултано што омогућава велику ефикасност оваквих система.
- ЕУЈ прима информације од сензора, обрађује добијене податке и на основу њих прорачунава сигнале које шаље актуаторима.

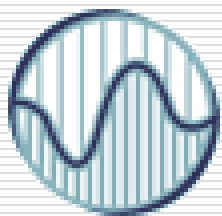


# Електронска управљачка јединица

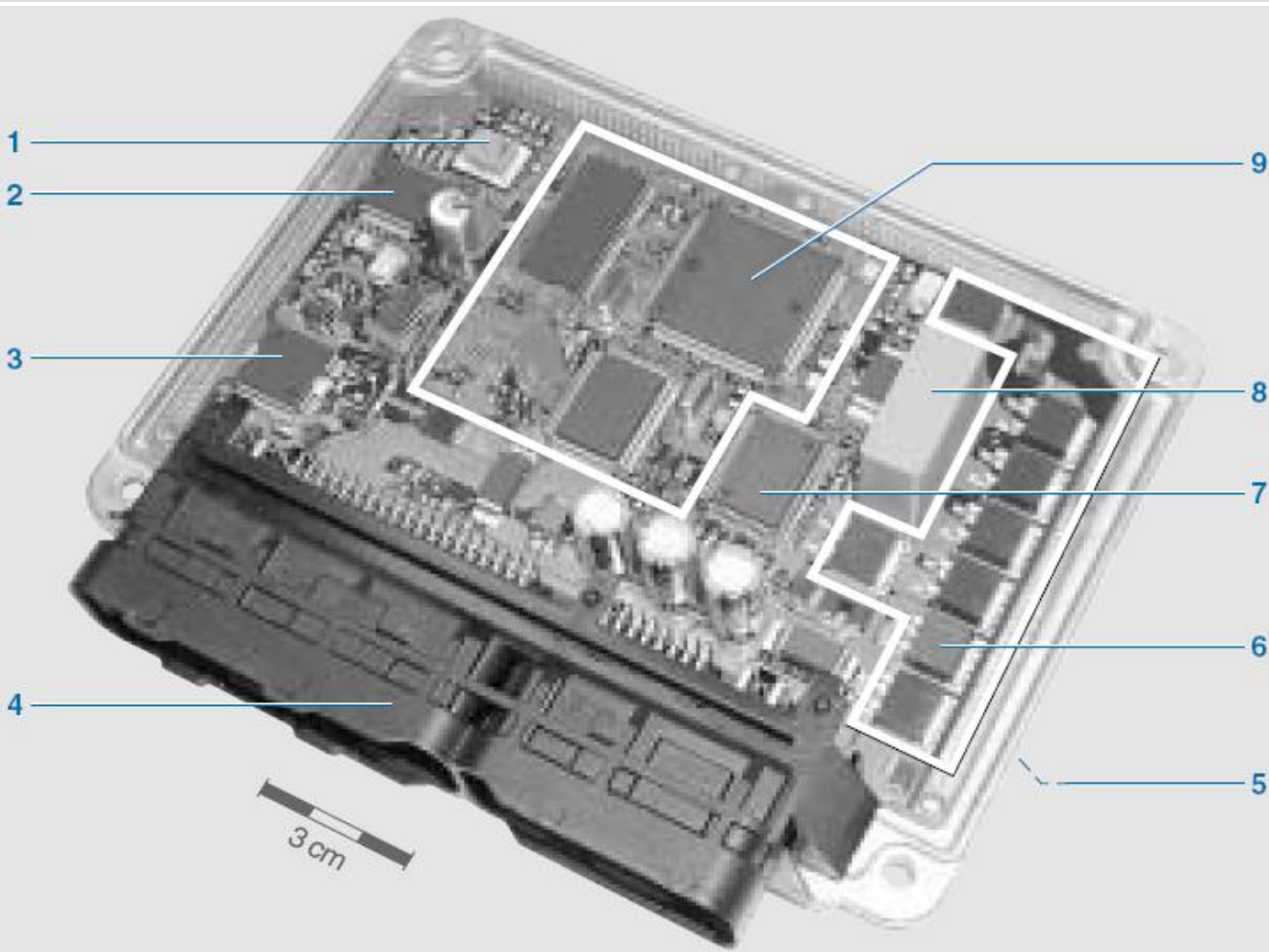
---

**□ Од ЕУЈ се захтева рад у условима:**

- Температура од -40 до +125 °C,
- Присуства уља и горива,
- Влаге,
- Механичких оптерећења, вибрација (до 30g),
- Флуктуација напона напајања – хладан старт са нижим напоном акумулатора,
- Електромагнетног зрачења.



# Електронска управљачка јединица



1. Сензор атмосферског притиска
2. Модул за снабдевање енергијом са стабилизатором напона
3. Драјвер мале снаге
4. Конектор за повезивање са сензорима, актуаторима и напајањем
5. CAN интерфејс (са доње стране)
6. Драјвер велике снаге (директно управљање актуаторима)
7. ASIC (Application Specific Integrated Circuit) тригер
8. Кондезатор високог напона (common rail)
9. Језгро микроконтролера

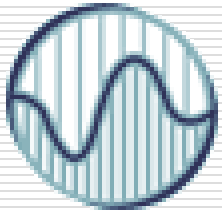




# Електронска управљачка јединица

---

- ❑ ЕУЈ се током рада греје. Када је монтирана у близини мотора обавезно се на кућиште поставља и систем за одвођење топлоте.
- ❑ Хладњак као посебан елемент се монтира само код комерцијалних возила.
- ❑ Већина уграђених компоненти користи тзв. SMD (Surface Mounted Device) технологију. Класичан метод повезивања користи се само код појединих компоненти веће снаге и код конектора.



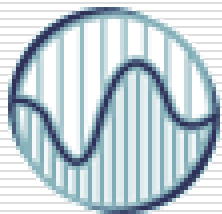
# Електронска управљачка јединица

---

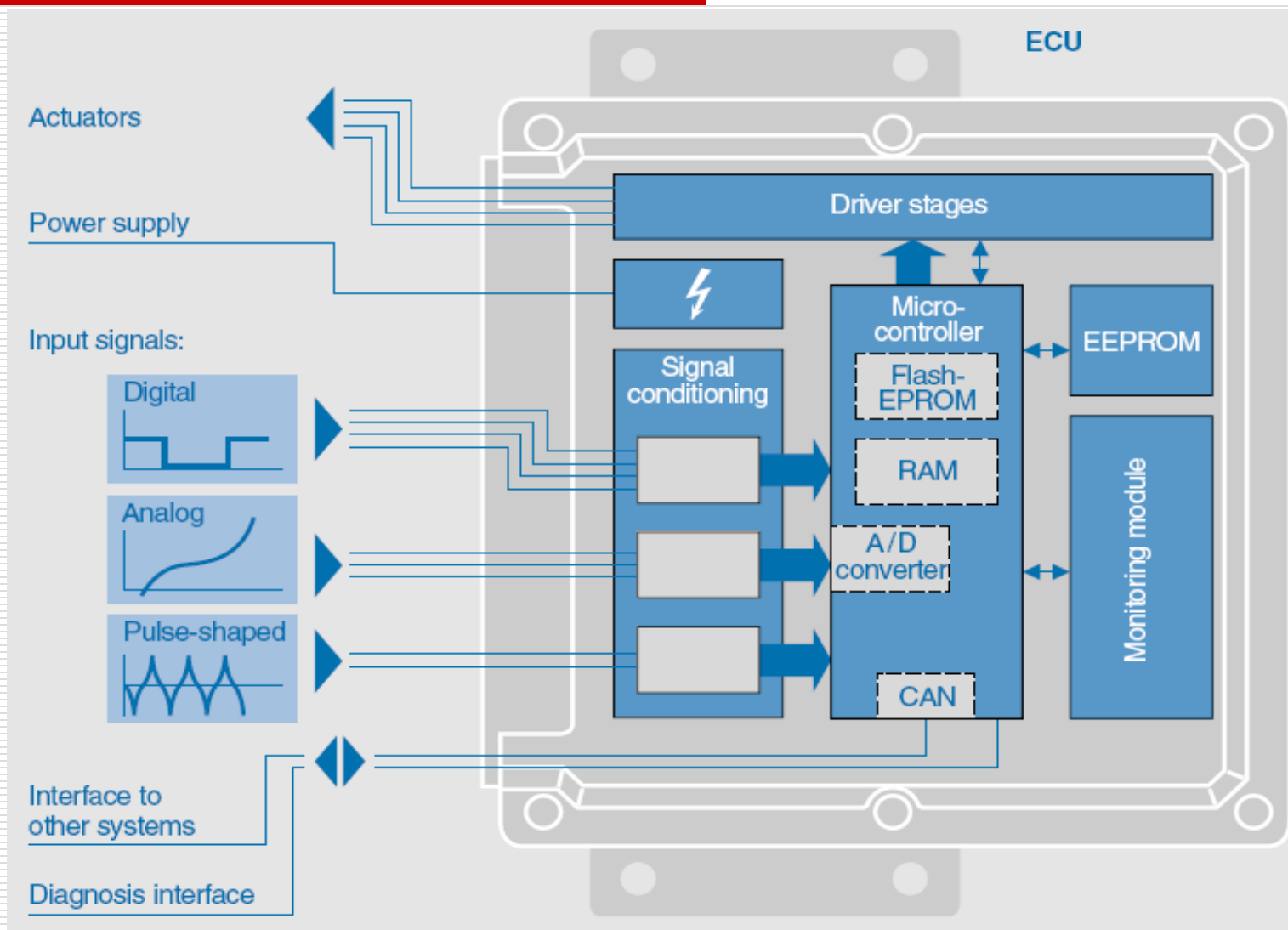
## ***Улазни и излазни сигнали:***

- Сензори и актуатори представљају периферне компоненте и они представљају интерфејс између мотора и ЕУЈ.
- ЕУЈ прима сигнале преко вишежилног конектора. Ови сигнали могу бити:
  - Аналогни (потребна АД конверзија),
  - Дигитални (могу се директно читати),
  - Импулсни.





# Електронска управљачка јединица





# Електронска управљачка јединица

---

## ***Микроконтролер***

- Представља централну компоненту ЕУЈ која управља његовим оперативним поступцима.
- ***Састоји се од:***
  - CPU (central processor unit), која садржи управљачку, аритметичку и логичку јединицу. Управља и извршава инструкције из програмске меморије, док аритметичка и логичка јединица спроводе аритметичке и логичке операције,
  - Улазних и излазних канала на које су повезани I/O уређаји, преко којих се врши размена података са перфиреним уређајима.



# Електронска управљачка јединица

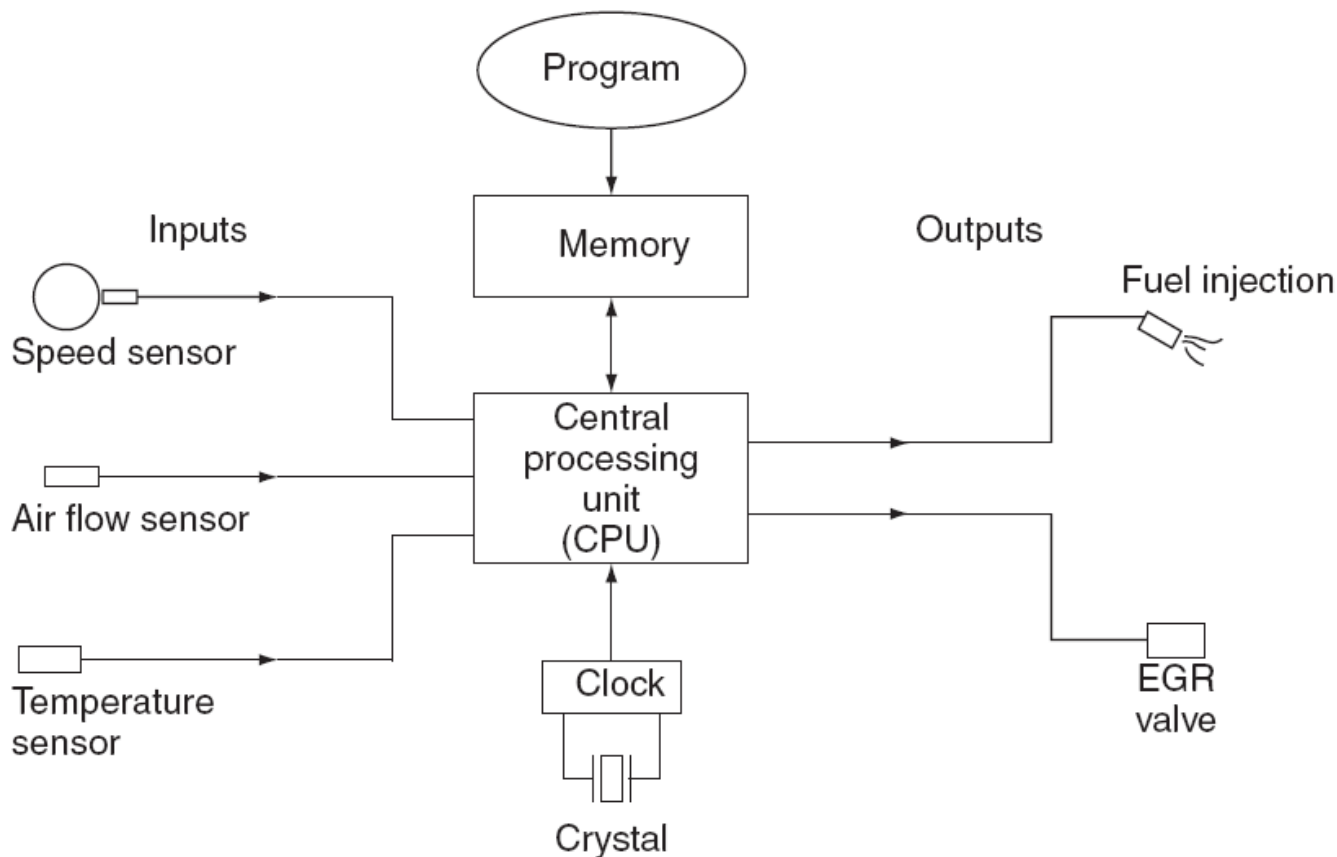
---

## ***Микроконтролер***

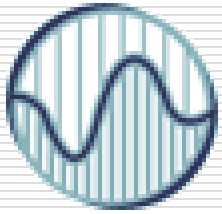
- Представља централну компоненту ЕУЈ која управља његовим оперативним поступцима.
- ***Састоји се од:***
  - Програмске меморије (ROM, PROM, EPROM, Flash EPROM),
  - Радне меморије (RAM, EEPROM),
  - bus system-а који повезује појединачне елементет микроконтролера,
  - Генератора сата (унутрашњи сат) и
  - Логичких кола која извршавају специјализоване задатке као што је прекидање програма.



# Електронска управљачка јединица



- ❑ Централна процесорска јединица (CPU)
- ❑ Улазни и излазни уређаји (I/O)
- ❑ Меморија
- ❑ Програм
- ❑ Унутрашњи сат

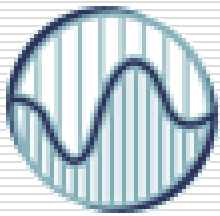


# Електронска управљачка јединица

---

## Рачунарска меморија

- Read Only Memory (ROM) – смештен рачунарски програм који управља радом система. Садржи електронска кола која дају излаз за предефинисани улаз. Садржај ове меморије је дефинисан током производње и не може се мењати током рада мотора. Има ограничен капацитет.

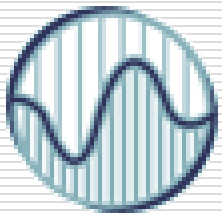


# Електронска управљачка јединица

---

## Рачунарска меморија

- ❑ EPROM (Erasable Programmable ROM), може бити брисана применом UV светла. Након брисања могу се унети нови подаци. CPU јој приступа преко Address/Data-Bus-a.
- ❑ Flash EPROM (FEEPROM), често се назива и само Flash. Може бити брисана електричним путем (преко серијског интерфејса) што омогућава репрограмирање ЕУЈ без отварања. Све је заступљенија.

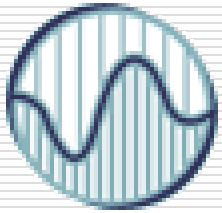


# Електронска управљачка јединица

---

## Рачунарска меморија

- ❑ Read and write - Random Access Memory (RAM), намењена је за смештај тренутних података током рада процесорске јединице (сигнали сензора и рачунске променљиве). Процес уношења података у меморију представља писање (write), док коришћење тих података представља читање (read). Када је ЕУЈ искључена (прекид рада мотора) подаци из ове меморије нестају.



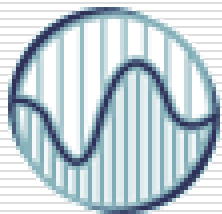
# Електронска управљачка јединица

---

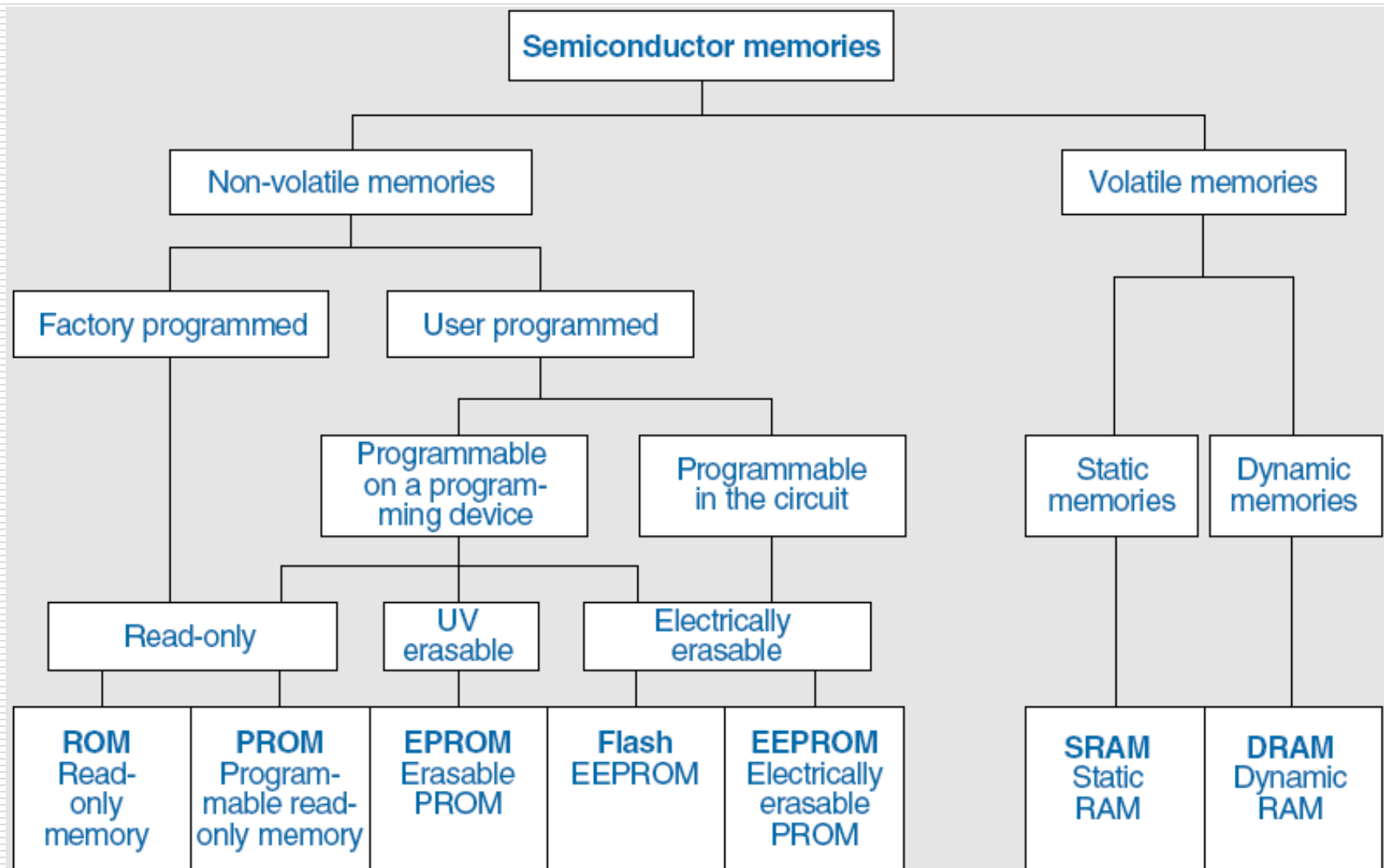
## Рачунарска меморија

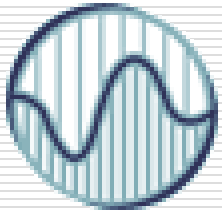
- EEPROM или E<sup>2</sup>PROM – може се електрично брисати. Намењена је за смештај података који морају бити задржани. Нпр. код за блокаду мотора, подаци о грешкама у раду мотора. Омогућава брисање сваке појединачне меморијске локације. Представља непроменљиву пиши/бриши меморију.





# Електронска управљачка јединица



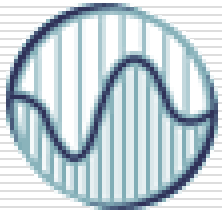


# Електронска управљачка јединица

---

## Мониторинг модул

- Рад ЕУЈ је обзбеђен кроз овај модул. Примењујући циклус „питања и одговора“ микорконтролер и мониторинг модул надгледају један другог. У случају појаве квара тригер аутоматски кативира бек ап функцију независно од овог другог.

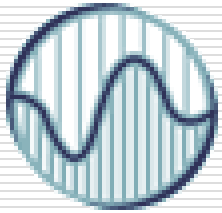


# Електронска управљачка јединица

---

## Унутрашњи сат

- Сат је електронско коло које користи пиезоелектрични ефекат кристала кварца које производе временски прецизне електричне импулсе који се користе за управљање процесима управљачке јединице. Брзина сата представља број електричних импулса који се генеришу у једној секунди. Што је већи број импулса, односно фреквенција сата то је прецизнији рад ЕУЈ.

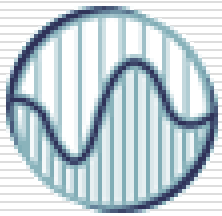


# Електронска управљачка јединица

---

## Излазни сигнали

- ❑ Микроконтролер излазним сигнаlima преко драјвера директно управља радом актуатора и релејима.
- ❑ Драјвер за управљање је заштићен од кратког споја, као и од електричних и термичких преоптерећења.
- ❑ У случају појаве таквих стања као и у случају прекида јавља се микроконтролору да је дошло од грешке!

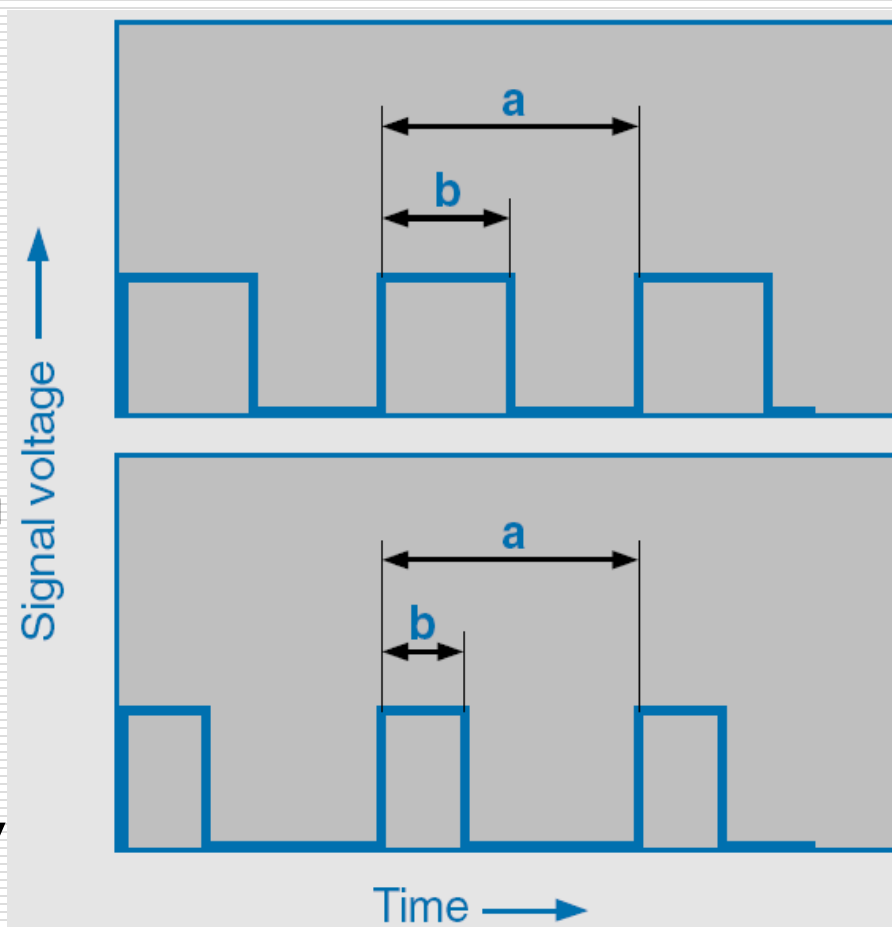


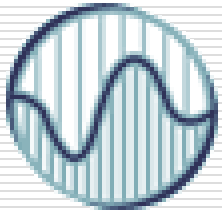
# Електронска управљачка јединица

## Излазни сигнали

- ❑ **Прекидни сигнали** – укључено искључено, нпр. брызгач, вентилатор,...
- ❑ **PWM (pulse width modulation) сигнали** - правоугаони сигнал константне фреквенције са променљивом дужином у времену. Довођење актуатора на жељену вредност, нпр. EGR вентил, грејачи,...

- a) Константна фреквенција
- b) Променљива дужина трајања



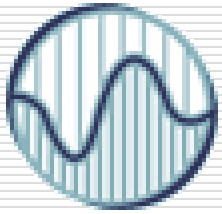


# Електронска управљачка јединица

---

## Комуникација унутар ЕУЈ

- ❑ Комуникација између елемената ЕУЈ обавља се преко тзв. address/data-bus-а. Микроконтролер нпр. користи предефинисану адресу да би приступио подацима који се налазе у RAM-у. Након приступа адреси, data-bus се користи за пренос података.
- ❑ Код старијих аутомобилских апликација користила се 8-bit-на структура која је омогућавала симулатини пренос 256 података.

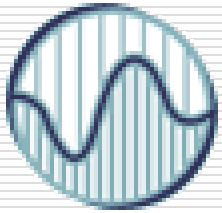


# Електронска управљачка јединица

---

## Комуникација унутар ЕУЈ

- Данас је углавном у примени 16-bit-на address bus која омогућава истовремени приступ на 65536 адреса.
- У неким варијантима користи се и 32-bit-на конфигурација.
- Пренос података се обавља мултиплексирањем.



# Електронска управљачка јединица

---

## ЕоЛ (End-of-Line) програмирање

- У циљу смањења трошкова, а због великог броја различитих модела истог произвођача мотора и возила, Flash EPROM се програмира на крају производње за одређени тип мотора/возила подацима специфичним само за конкретан модел, ЕоЛ (End-of-Line) програмирање.
- Следећа могућност је да је у оквиру истог модела могуће унети некс специфичности (нпр., возила са аутоматским мењачем) и ти се подаци уносе у EEPROM.





# Електронска управљачка јединица

---

## Управљачки програм

- Како би могао да обавља прорачуне микроконтролеру је неопходан управљачки програм (софтвер) који је у форми бинарних бројева снимљених и ускладиштених у програмској меморији.
- Овим бинарним вредностима приступа CPU који их интерпретира као команде и спроводи једну за другом.
- Програм је ускладиштен у Read Only Memory (ROM, EPROM или flash EPROM) која такође садржи различите специфичне податке (карактеристике кривих, мапе).



# Електронска управљачка јединица

---

## Управљачки програм

- ❑ Кориснички програм је за разлику од РС рачунара јединствен и не може се користити за друге намене.
- ❑ Једини командни облик који микропроцесор може да «разуме» је бинарни код. Тешко за писање – користи се асемблер (машински језик).
- ❑ Код комплекснијих система писање програма се спроводи у програмским језицима (C нпр.) који се преко компајлера преводе у форму која је разумљива микроконтролерима.
- ❑ Машински код је смештен у програмску меморију. CPU му приступа преко bus system-а, чита нумеричке команде и извршава их.

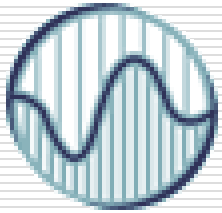


# Електронска управљачка јединица

---

## Управљачки програм

- ❑ Микроконтролер у управљачкој јединици извршава команде секвенцијално.
- ❑ Командни код се добија из прорамске меморије.
- ❑ Време које је неопходно за читање и извршавање команди зависи од микроконтролера који се користи и фреквенције сата.
- ❑ Микроконтролери који се тренутно користе у ЕУЈ извршавају 1 милион команди у секунди (фреквенција 1 MHz).

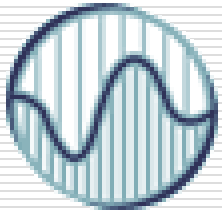


# Електронска управљачка јединица

---

## Управљачки програм

- Због ограничене брзине којом се програм може извршити, структура софтвера мора обезбедити да се временски критичне функције могу обрадити са високим приоритетом.
- Нпр. Програм мора веома брзо да реагује на сигнале са сензора који региструје број обртаја коленастог вратила мотора и положај КВ. Ови сигнали долазе у кратким временским интервалима, реда величина милисекунди, у зависности од броја обртаја мотора.

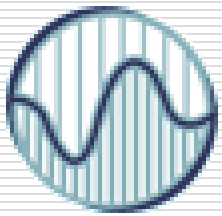


# Електронска управљачка јединица

---

## Управљачки програм

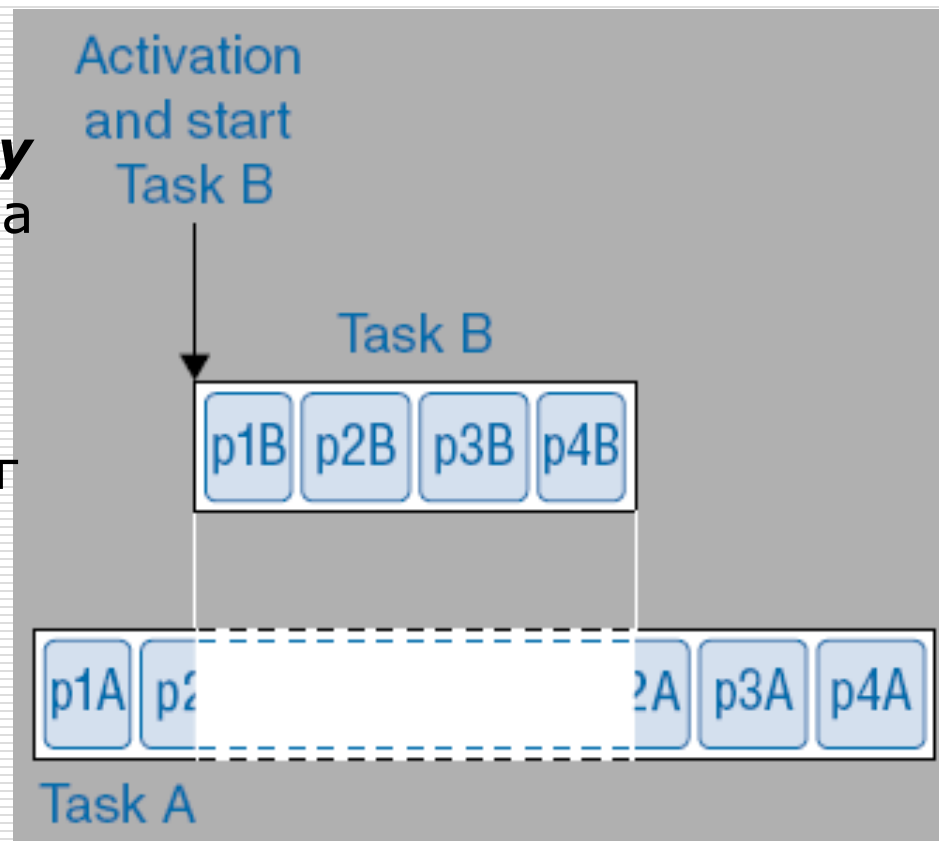
- ☐ ЕУЈ мора да вреднује ове сигнале са високим приоритетом, за разлику од рецимо сигнала са сензора температуре.
- ☐ У случају примера сигнала високог приоритета други програми који се тренутно извршавају морају бити прекинути.
- ☐ Ово се може урадити помоћу микроконтролеровог система за управљање прекидом функције.

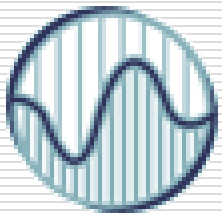


# Електронска управљачка јединица

## Управљачки програм

- Унутрашњи или спољашњи тригер активира тзв. «**рутину за прекидање**» која прекида тренутну функцију која се извршава и извршава приоритетну. Након тога се враћа на извршење започетог програма.
- Прекидна функција (тригер, извор) може да захтева да се прекине функција која је прекинула неку другу. О овоме одлучује контролор приоритета.

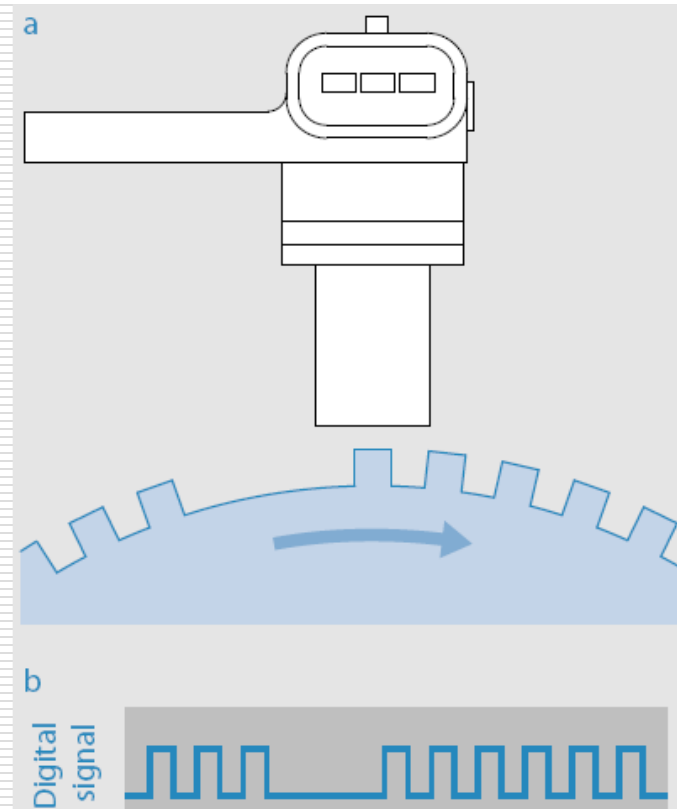


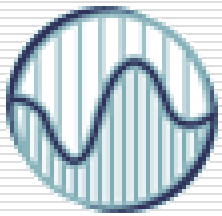


# Електронска управљачка јединица

## Управљачки програм

- ❑ Растојање између пара зуба је  $6^\circ$ . Да би се одредио положај КВ управљача јединица мора да спроведе одређене рутине како би се детектовао сваки зуб. При 6000 о/мин време детекције између два зуба је око  $300\mu\text{s}$ .
- ❑ Све команде у овој рутини морају бити извршене за ово време.
- ❑ Свака падајућа сигнална ивица на овом улазу прекида тренутне прорачуне који су у току и присиљава грану на прекидну рутину.
- ❑ Након извршења команде програм наставља са нормалним радом.

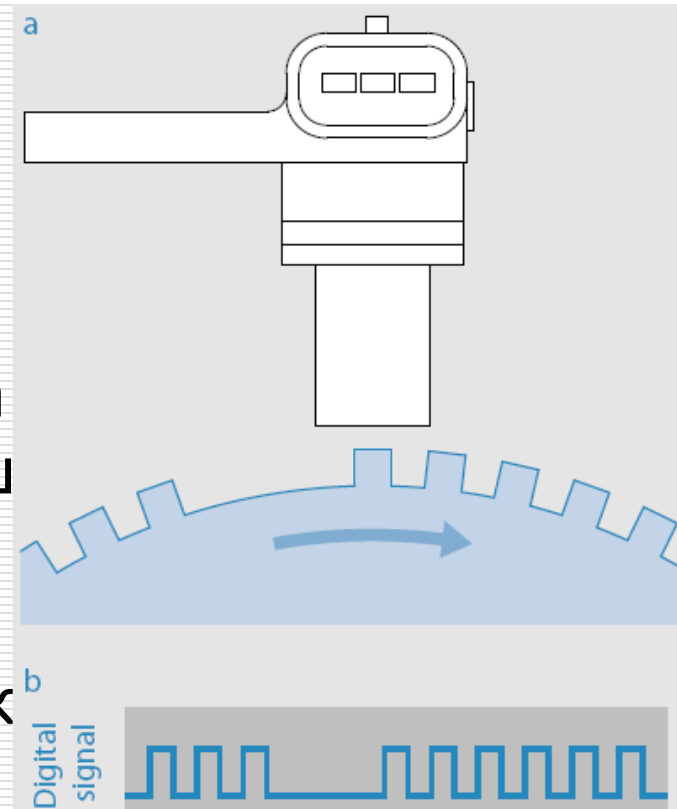




# Електронска управљачка јединица

## Управљачки програм

- ❑ EDC мора у сваком тренутку да зна положај коленастог вратила како би се прецизно одредио тренутак убризгавања.
- ❑ Распон од 6 степени између зуба је сувише велики па се мора врш прорачун уз помоћ тајмера чији икремент зависи фреквенције осилатора и генерално износи ок  $0,5\mu\text{s}$ .
- ❑ Недосатак два зуба на наzubљеном венцу означава CMT.



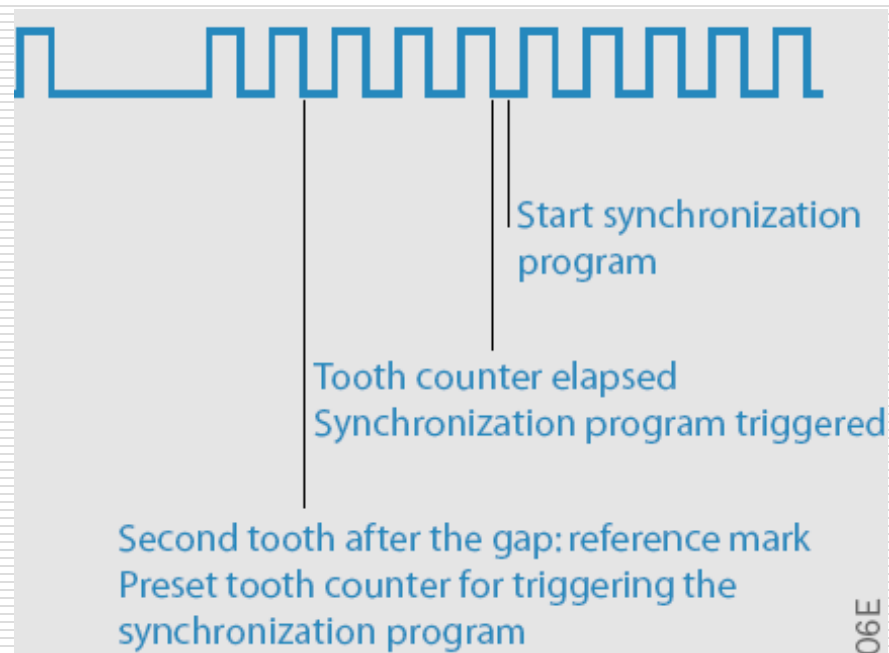




# Електронска управљачка јединица

## Управљачки програм

- ❑ Поједини прорачуни морају се спровести за сваки циклус сагоревања. Нпр. време предубризгавања.
- ❑ Синхорнизација се спроводи након дефинсаног броја зуба (30 код 4-цилиндричних, 20 код 6-цилиндричних мотора).
- ❑ Синхорнизација је фиксирана за одређену позицију зуба и извршава се са високим приоритетом.





# Електронска управљачка јединица

---

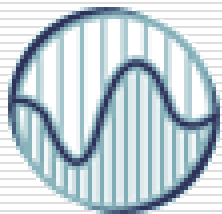
## Управљачки програм

### ***Временски оквир (Time frame)***

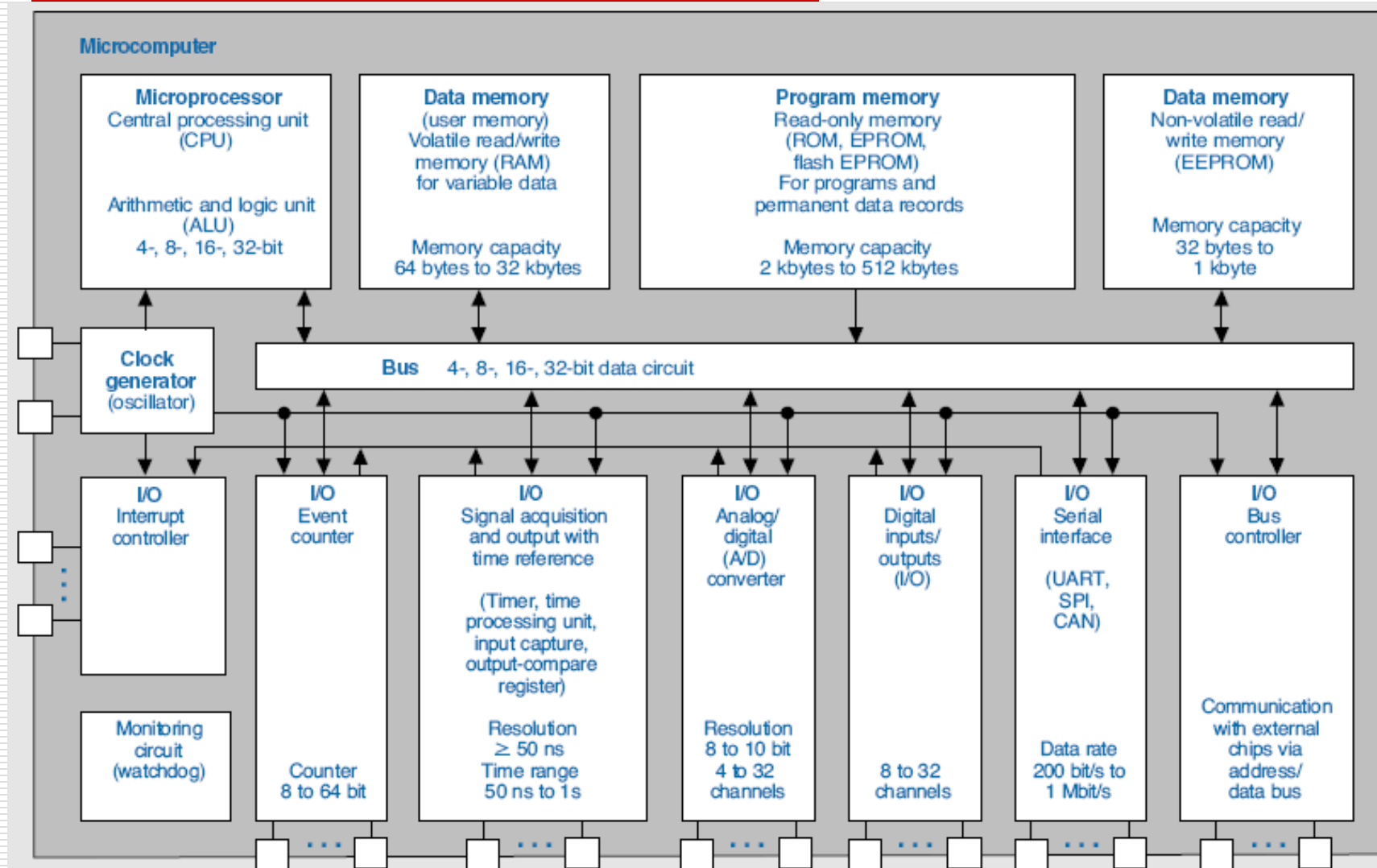
- ❑ Многи управљачки алгоритми се обављају у дефинисаним временским оквирима, нпр. ламбда петља има фиксно време од 10 ms па се корекција на основу ове променљиве спроводи довољно брзо.

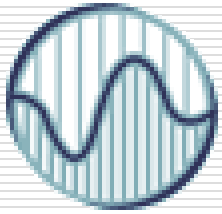
### ***Програми који се спровode у позадини (Background program)***

- ❑ Сви остали програми који немају висок приоритет ни временски оквир се спровode у позадини
- ❑ Имају низак приоритет



# Електронска управљачка јединица



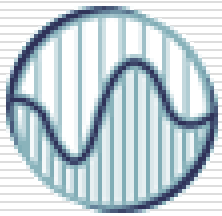


# Електронска управљачка јединица

---

## Дијагностичке функције

- ❑ У савременим возилима 30% софтвера ЕУЈ је намењена дијагностичким функцијама!
- ❑ Потпуна дијагностика система мотора у првом реду повећава безбедност у вожњи и кроз заменске функције повећава поузданост система.

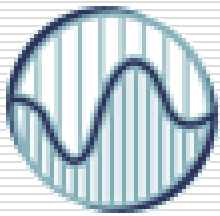


# Електронска управљачка јединица

---

## Дијагностичке функције

- Управљање дијагностичким функцијама мора да омогући следеће:
  - Управљање меморијом грешака,
  - Управљање грешкама које се односе на емисију издувних гасова,
  - Филтрирање (управљање временом и догађајима),
  - Спровођење захтеваних мера (заменске функције, limp-home),
  - Обезбеђење података за примену управљања дијагностиком за сваки појединачни тип грешке,
  - Обезбеђење функције надзора.



# Електронска управљачка јединица

---

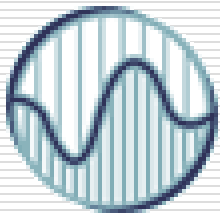
## Дијагностичке функције

### ***Меморија грешака***

- ❑ Подељена је у различите секције, којима се управља различито у односу на меморијску локацију и у односу на сигнал – прекид рада мотора.

### ***Примарна меморија грешака (Primary Fault Memory PFM)***

- ❑ Снима податке у непроменљиву меморију EEPROM
- ❑ Обично има 10 меморијских места
- ❑ Садржи кодове грешака који се односе на емисију издувних гасова.



# Електронска управљачка јединица

---

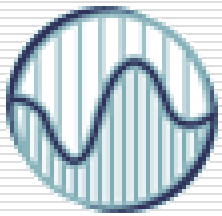
## Дијагностичке функције

### ***Секундарна меморија (Secondary Fault Memory SFM)***

- Једна меморијска локација за сваки код грешке - складиштење података у променљиву RAM меморију,

### ***Backup Fault Memory (BFM)***

- Примењује се опционо,
- Податке снима у непормљиву меморију,
- Снима податке који су обрисани из примарне меморије.



# Електронска управљачка јединица

---

## Дијагностичке функције

### ***Snapshot Memory***

- ☐ Опционо,
- ☐ Садржи додатне податке везане за грешке које су настале у вези са емисијом издувних гасова које су првобитно унете у примарну меморију,
- ☐ Може се очитати дијагностичким интерфејсом у сервису (радионици) и обезбеђује додатне информације неопходне за поправку мотора.