

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

# РОЗПОДІЛЕНІ МІКРОПРОЦЕСОРНІ СИСТЕМИ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ АСПІРАНТІВ

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
як навчальний посібник для аспірантів,  
які навчаються за спеціальністю 171 «Електроніка»,  
спеціалізацією «Електронні системи»*

Київ  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2017

Розподілені мікропроцесорні системи: методичні рекомендації до самостійної роботи аспірантів [Електронний ресурс]: навч. посіб. для підготовки фахівців рівня «Доктор філософії» спеціальності 171 «Електроніка», спеціалізації «Електронні системи» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Т. О. Терещенко – Електронні текстові данні (1 файл:122 кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 28 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол №        від        р.)  
за поданням Вченої ради факультету електроніки (протокол №        /2018 від        .2018 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

# МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА

## МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ АСПІРАНТІВ

Укладач:                    *Терещенко Тетяна Олександрівна, докт. техн. наук.*

Відповідальний редактор    *Ямненко Ю. С., завідувач кафедри промислової електроніки, д-р техн. наук, проф.*

Рецензенти:                *Михайлов С.Р., доцент кафедри електронних приладів та пристроїв, канд. техн. наук, доц.*

Метою посібника «Розподілені мікропроцесорні системи: методичні рекомендації до самостійної роботи аспірантів» є допомога в самостійному вивченні основних питань розробки апаратної і програмної частини розподілених мікропроцесорних систем. зокрема послідовних інтерфейсів розподілених систем.

ВСТУП .....	3
1. Загальні положення.....	4
2. Таблиця розподілу навчального часу.....	6
3. Календарно-тематичний план.....	8
4. Методичні вказівки по вивченню курсу .....	11
5. Модульна семестрова контрольна робота .....	13
6. Список запитань, що виносяться на екзамен .....	19
7. Система основних рейтингових балів та відповідні критерії оцінювання	22
Навчально-методичні матеріали.....	25

## ВСТУП

На сьогоднішній день розподілені мікроконтролерні та мікропроцесорні системи керування займають провідне положення в сфері автоматизації процесів, починаючи від великих виробництв і закінчуючи автоматизацією будівель. Основні переваги при використанні розподілених мікропроцесорних систем у порівнянні із централізованими системами полягають у меншій вартості установки розподіленої системи, її супроводженні й модернізації, більшій надійності, гнучкості й здатності до інтеграції. Тому здатність використовувати основні архітектурно-структурні ідеї проектування розподілених мікропроцесорних систем на базі сучасних інтерфейсів та отримання практичних навичок побудови таких систем є актуальним для підготовки висококваліфікованих спеціалістів технічного профілю та наукових кадрів. Метою посібника «Розподілені мікропроцесорні системи: методичні рекомендації до самостійної роботи» Т. О. Терещенко є допомога в самостійному вивченні основних питань розробки апаратної і програмної частини розподілених мікропроцесорних систем, зокрема послідовних інтерфейсів розподілених систем.

Курс "Розподілені мікропроцесорні систем" є компонентом загальної підготовки фахівців рівня «Доктор філософії» в галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікація» за спеціальністю 171 «Електроніка» за спеціалізацією «Електронні системи» за денною формою навчання і відноситься до навчальних дисциплін для здобуття глибинних знань зі спеціальності

Курс базується на дисциплінах підготовки магістрів: «Мікропроцесорні системи» та «Сучасні напрямки комп'ютерної і мікропроцесорної техніки».

## 1. Загальні положення

*Метою кредитного модуля є* здатність використовувати основні архітектурно-структурні ідеї проектування мультимікропроцесорних систем на базі сучасних інтерфейсів та отримання практичних навичок побудови таких систем.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни аспіранти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

### *знання*

- сучасних напрямків розвитку комп'ютерної та мікропроцесорної техніки;
- загальних принципів побудови та функціонування розподілених мікропроцесорних систем
- методів та засобів розробки розподілених мікропроцесорних систем.

### *уміння:*

- самостійно працювати з науково-технічною літературою по розподіленим мікропроцесорним системам різноманітного призначення;
- проводити порівняльний аналіз літературних джерел по різним структурам мікропроцесорних систем та послідовних інтерфейсів
- мати практичні навички по вибору послідовних інтерфейсів розподілених мікропроцесорних систем
- використовувати набуті знання при проектуванні і конструюванні новітніх розподілених систем;
- розробляти програмне забезпечення розподілених мікропроцесорних систем

### *досвід:*

- проведення порівняльного аналізу структур розподілених мікропроцесорних систем та послідовних інтерфейсів

- розробки апаратної частини та програмного забезпечення розподілених мікропроцесорних систем
- використання бібліотечних функцій програмного забезпечення

## 2. Таблиця розподілу навчального часу

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з кредитного модуля згідно з робочою навчальною програмою приведено у табл. 1.

Таблиця 1.

Форма навчання	Семестри	Всього кред./годин	Розподіл навчального часу за видами занять <sup>1</sup>					Семестрова атестація	
			Лекції	Практичні заняття	Семінари	Лабораторні роботи	Комп'ютерний практикум		СРС
Денна	2	4/120	18	18	-	-	-	84	Екз.

У табл.2 приведено розподіл навчального часу з кредитного модуля за видами занять.

Таблиця 2

Найменування розділів, тем	Розподіл навчального часу			
	Всього	Лекції	Практичні заняття	СРС
<b>Розділ 1 . Розподілені мультимікроконтролерні системи</b>				
Тема 1.1. Области застосування та принципи побудови розподілених мікроконтролерних систем.	5	2		3
Тема 1.2. Послідовний периферійний інтерфейс SPI	7	2	2	3
Тема 1.3. Розподілена мікропроцесорна система на базі шини I2C	7	2	2	3
Тема 1.4.. Двопровідний послідовний інтерфейс TWI.	7	2	2	3
Тема 1.5. Розподілена мікропроцесорна система на базі CAN інтерфейсу.	7	2	2	3
Тема 1.6. Розподілена мікропроцесорна система на базі інтерфейсу 1-Wire	7	2	2	3
Тема 1.7. Інтерфейс USB.	7	2	2	3

<b>Розділ 2. Комунікаційні інтерфейси ARM процесорів</b>				
<i>Тема 2.1. Характеристики та архітектура ARM процесорів</i>	13	2	4	3
<i>Тема 2.2. Периферія мікроконтролера STM32F407VG. Інтерфейси I2C, SPI, USART, SDIO та SAI.</i>	10	2	2	6
Підготовка до лекцій 18х0,5	9			9
Підготовка до практичних занять 18х0.75	13			13
<b>Модульна контрольна робота</b>	2			2
<b>Підготовка до екзамену</b>	30			30
<b>Всього в семестрі</b>	<b>120</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>84</b>



### 3. Календарно-тематичний план

Тиждень	Вид та тема занять	Заходи
1	<b>Лекція 1.</b> Основні поняття курсу. Области застосування та принципи побудо-ви розподілених мікроконтролерних систем. Мультимікропроцесорна система з інтерфейсом UART. Універсальний синхронний / асинхронний прийомопередатчик (UART/USART). Приклад системи з інтерфейсами RS232 і UART.	Отримання методичних рекомендацій щодо СРС.
2	<b>Лекція 2.</b> Послідовний периферійний інтерфейс SPI (Serial Peripheral Interface). Базовий та розширений інтерфейс SPI. Особливості архі-тектури сучасних мікроконтролерних систем, оснащених послідовним периферійним інтерфейсом SPI. Схема підключення двох МК по інтерфейсу SPI. Режим роботи.	
3	<b>Лекція 3.</b> Переваги та недоліки шини I2C. Пересилка біта даних. Сигнали START і STOP. Пересилка байта. Підтвердження. Синхронізація. Арбітраж. Використання механізму синхронізації як процедури керування зв'язком. Формати з 7-бітною адресою. Адреса загального виклику. Байт СТАРТУ	
4	<b>Лекція 4.</b> Двопровідний послідовний інтерфейс TWI. Використання модуля TWI як провідного інтерфейсу I2C. Опис регістрів TWI. Рекомендації з використання TWI. Послідовність обслуговування TWI при типовій передачі. Приклад на Асемблері та Сі.	
5	<b>Лекція 5.</b> Визначення CAN інтерфейсу. Характеристики. Принцип роботи. Ідентифікатори. Фізична шина. Висока надійність. Мережева гнучкість та легкість розширення. Формат посилки. Арбітраж CAN-шини. Формат CAN-повідомлення.	
6	<b>Лекція 6.</b> Системи ідентифікації й контролю доступу (технологія iButton або Touch Memory). Програмування убудованої пам'яті інтегральних компонентів.	
7	<b>Лекція 7.</b> Специфікація USB. Технологія USB 2.0. Багаторівневе каскадування. Функції хоста, концентратора (хаба), Параметри функціонального	

	пристрою. Типи передач. Режими шини. Пакети даних. Протоколи обміну..	
<b>8</b>	<b>Лекція 8.</b> Історичні аспекти розвитку ARM процесорів. Архітектура мікро-контролера STM32F407VG, його характеристики. Вбудовані інтерфейси комунікації. Робота з аналоговими сигналами. даних.	
<b>9</b>	<b>Лекція 9.</b> Порти GPIO та їх характеристики. Аналого-цифровий та цифро-аналоговий перетворювачі Таймери . Інтерфейси I2C, SPI, USART, SDIO TA SAI.	
<b>10</b>	<b>Практична робота 1. Програмні середовища розробок мікропроцесорних систем на базі ARM</b> 1.1. Здобуття навичок роботи з програмним середовищем розробки мікроконтролерних систем Coocox	Перша атестація
<b>11</b>	<b>Практична робота 1. Програмні середовища розробок мікропроцесорних систем на базі ARM</b> 1.2 Здобуття навичок роботи з програмним середовищем розробки мікроконтролерних систем STM32CubeMX	Захист практичної роботи №1
<b>12</b>	<b>Практична робота 2. Особливості використання портів загального призначення GPIO</b> Аналіз різних способів написання програми (за допомогою встановлення конкретних бітів; за допомогою написання HEX значення регістра; за допомогою макросів). Визначити переваги та недоліки кожного способу	Захист практичної роботи №2
<b>13</b>	<b>Практична робота 3. Контролер переривань EXTI та NVIC. Таймери</b> Визначення частот тактування процесора та периферії. Здобуття навичок роботи з налаштуванням тактової частоти процесора, таймерами та перериваннями мікроконтролера, порядком їх налаштування та обробки	Захист практичної роботи №3
<b>14</b>	<b>Практична робота 4. Інтерфейс UART /USART .</b> Здобуття навичок роботи з інтерфейсом USART у мікроконтролерах STM Використання бібліотечних функцій	Захист практичної роботи №4
<b>15</b>	<b>Практична робота 5. Інтерфейс SPI</b> Здобуття навичок роботи з інтерфейсом SPI у мікроконтролерах STM Використання бібліотечних функцій	Захист практичної роботи №5

<b>16</b>	<b>Практична робота 6 Інтерфейс I2C</b> Здобуття навичок роботи з інтерфейсами I2C та TWI у мікроконтролерах STM Використання бібліотечних функцій роботи з інтерфейсами I2C	Захист практичної роботи №6.
	<b>Модульна контрольна робота</b>	Проведення модульної контрольної роботи
<b>17</b>	<b>Практична робота 7 Інтерфейс USB та USB OTG</b> Здобуття навичок роботи з інтерфейсами <b>USB та USB OTG</b> Використання бібліотечних функцій	Захист практичної роботи №7
<b>18</b>	<b>Практична робота 8 Інтерфейс CAN</b> Здобуття навичок роботи з CAN інтерфейсом	Захист практичної роботи №8

#### **4. Методичні вказівки по вивченню курсу**

На лекціях викладається основний зміст кредитного модуля дисципліни. Читання лекцій супроводжується розглядом прикладів застосування мікроконтролерів та інтерфейсних схем, що поглиблюють розуміння лекційного матеріалу.

На лекціях викладається основний зміст кредитного модуля дисципліни. Читання лекцій супроводжується розглядом прикладів застосування сучасних розподілених мікропроцесорних та мікроконтролерних систем, що поглиблюють розуміння лекційного матеріалу.

Основними завданнями циклу практичних занять є закріплення теоретичних положень навчальної дисципліни і набуття умінь та досвіду їх практичного застосування шляхом виконання завдань, заданих викладачем. На практичних заняттях аспіранти опановують основні методи та прийоми розробки послідовних інтерфейсів розподілених мікропроцесорних систем на базі ARM процесорів.

Метою виконання циклу практичних робіт є:

- закріплення і експериментальна перевірка теоретичних положень найважливіших розділів і тем навчального матеріалу;
- оволодіння інтегрованими програмними комплексами відпрацювання прикладного програмного забезпечення, та допоміжними програмами, що спрощують цей процес;
- практичне опанування основними ресурсами ARM процесорів,
- набуття практичних навичок по створенню типових програмних продуктів та їх налагодженню;
- набуття практичних навичок по програмуванню ARM процесорів

Важлива роль у засвоєнні дисципліни приділяється самостійній роботі аспірантів. Ця робота полягає у вивченні теоретичних відомостей, що

отримані під час лекцій, виконання поточних завдань, підготовки до модульної контрольної роботи та екзамену.

Результативність самостійної роботи перевіряється за допомогою поточного опитування, результатів вирішення аспірантами ряду завдань під час проведення лекцій, результатів захисту практичних робіт, результатів модульної контрольної роботи та екзамену з дисципліни.

## **5. Модульна семестрова контрольна робота**

Модульна контрольна робота проводиться другим атестаційним тижнем за темами .

### **Розділ 1 . Розподілені мікроконтролерні системи**

*Тема 1.1.* Основні поняття курсу. Области застосування та принципи побудови розподілених мікроконтролерних систем.

*Тема 1.2.* Мультимікропроцесорна система з інтерфейсом першого рівня UART. Принципи організації мультимікропроцесорних систем.

*Тема 1.3.* Послідовний периферійний інтерфейс SPI.

*Тема 1.4.* Розподілена мікропроцесорна система на базі шини I2C.

Двопровідний послідовний інтерфейс TWI.

*Тема 1.5.* Розподілена мікропроцесорна система на базі CAN інтерфейсу.

*Тема 1.6.* Розподілена мікропроцесорна система на базі інтерфейсу 1-Wire

*Тема 1.7.* Інтерфейс USB.

Метою контрольних робіт є перевірка ступеня засвоєння аспірантами лекційного матеріалу, вміння самостійно обирати напрямки вирішення задач розробки елементарних проектів по розробці прикладного програмного забезпечення.

### Комплект завдань модульної контрольної роботи

1. Якою буде швидкість передачі по інтерфейсу SPI, якщо вміст регістра SPIOCKR дорівнює {b} (в кілободах)? Значення частоти системного генератора прийняти 1 МГц.

2. Скільки байт передається за {t} сек при використанні інтерфейсу I2C в стандартному режимі?

3. Скільки байт передається по I2C інтерфейсу за {t} сек в швидкому режимі?

4. Поставте у відповідність довжину формату пересилки та швидкість режимів роботи UART.

режим 1	8 біт, швидкість фіксована
режим 3	10 біт, швидкість програмована
режим 0	11 біт, швидкість фіксована
режим 2	11 біт, швидкість програмована

5. Які принципи мережного арбітражу використовуються в наступних мережах?

принцип передачі маркера	мережа Modbus
принцип опитування	Profibus
принцип випадкового доступу	Ethernet

6. В чому полягає вдосконалення архітектури 4x-проводної SPI шини з одним ведучим і декількома веденими?

7. Який пристрій починає тайм-слот при передачі від ведучого до ведомого пристрою по інтерфейсу 1 wire?

- а. ведучий
- б. ведений

8. Скільки режимів роботи у послідовному інтерфейсі UART мікроконтролера МК-51?

- a. 3
- b. 5
- c. 4
- d. 2

9. Скільки семплів використовується для визначення біта даних в передачі по інтерфейсу UART?

- a. 1
- b. 5
- c. 2
- d. 3
- e. 4

10. Скільки семплів використовується для визначення старт-біта в передачі по інтерфейсу UART?

- a. 2
- b. 3
- c. 1
- d. 5
- e. 4

11. Скільки семплів використовується для визначення стоп-біта в передачі по інтерфейсу UART?

- a. 5



- b. 1
- c. 4
- d. 3
- e. 2

**12.** Які задачі вирішують інтелектуальні вузли розподіленої мікроконтролерної мережі?

- a. видача керуючих сигналів
- b. мультимедійні дії
- c. побудова трансп'ютерної мережі
- d. паралельні обчислення
- e. побудова масово паралельних обчислювальних систем
- f. обробка даних з датчиків
- g. обчислення згортки
- h. цифрова обробка сигналів

**13.** Початок передачі даних по інтерфейсу I2C визначається при виконанні умови

- a. SDA=1, передній фронтSCL
- b. SDA=1, задній фронтSCL
- c. SCL=1, задній фронтSDA
- d. SDA=0, задній фронтSCL
- e. SCL=1, передній фронтSDA
- f. SDA=0, передній фронтSCL
- g. SCL=0, передній фронтSDA

h. SCL=0, задній фронтSDA

**14.** Кінець передачі даних по інтерфейсу I2C визначається при виконанні умови

a. SDA=0, задній фронтSCL

b. SCL=0, задній фронтSDA

c. SCL=1, задній фронтSDA

d. SDA=1, передній фронтSCL

e. SCL=1, передній фронтSDA

f. SDA=1, задній фронтSCL

g. SDA=0, передній фронтSCL

h. SCL=0, передній фронтSDA

**15.** Які інтерфейси використовуються в розподілених мікроконтролерних мережах?

a. I2C

b. EISA

c. SPI

d. TW!

e. PCI

f. UART

g. 1-wire

h. ISA

**16.** Скільки байт передається за 16 сек при використанні інтерфейсу I2C в стандартному режимі?

**17.** Яка максимальна швидкість передачі в системі з CAN інтерфейсом (в кбод)?

- 18.** Яка максимальна відстань передачі в системі з CAN інтерфейсом (в м)?
- 19.** Назвіть максимальну кількість мікросхем в системі з CAN інтерфейсом
- 20.** Який інтерфейс мікроконтролер Atmel використовує для програмування пам'яті EEPROM ?
- 21.** Назвіть максимальну кількість мікросхем в системі з TWI
- 22.** Яка швидкість передачі в системі з TWI в стандартному режимі (в кбод)?

## **6. Список запитань, що виносяться на екзамен**

1. Назвіть задачі, які вирішують інтелектуальні вузли розподіленої мікроконтролерної мережі. Вкажіть перевагами розподіленої системи перед централізованою системою
2. Назвіть інтерфейси, що використовуються в розподілених мікроконтролерних мережах?
3. Перерахуйте методи арбітражу в розподілених мікроконтролерних мережах.
4. Коротко опишіть режими роботи послідовного інтерфейсу мікроконтролера МК-51.
5. Опишіть регістри інтерфейсу SPI.
6. Коротко опишіть роботу інтерфейсу SPI.
7. Опишіть архітектуру 4x–проводної SPI шини з одним ведучим і декількома веденими. Як її можна вдосконалити?
8. Опишіть архітектуру 4x–проводної SPI шини з двома ведучими. Як її можна вдосконалити?
9. Опишіть двопроцесорну архітектуру SPI шини з ресурсом, що розділяється.
10. Опишіть двопроцесорну архітектуру SPI шини з розділеним ресурсом і лініями запиту шини.
11. Область застосування шини I2C? Вкажіть її переваги і недоліки.
12. Поясніть, яким чином здійснюється підключення I2C-приладів до шини?
13. Поясніть пересилку біта даних по шині I2C
14. Опишіть сигнали START и STOP шини I2C.
15. Опишіть формат байта шини I2C.

16. Поясніть, як здійснюється підтвердження при передачі даних шини I2C.
17. Поясніть, як здійснюється синхронізація по шині I2C.
18. Поясніть, як здійснюється арбітраж по шині I2C?
19. Поясніть, як використовується механізм синхронізації при процедурі управління по шині I2C?
20. Поясніть, як здійснюється 7-бітова адресація по шині I2C?
21. Опишіть загального виклику для шини I2C.
22. Опишіть призначення байту старту для шини I2C.
23. Опишіть основні характеристики двопровідного послідовного інтерфейсу TWI.
24. Опишіть блок генератора швидкості зв'язку модуля TWI.
25. Опишіть блок шинного інтерфейсу модуля TWI.
26. Опишіть блок виявлення адреси модуля TWI.
27. Опишіть блок керування модуля TWI.
28. Коротко опишіть регістри TWI.
29. Яка послідовність обслуговування TWI при типовій передачі?
30. Дайте визначення CAN інтерфейсу.
31. Опишіть технічні характеристики CAN інтерфейсу.
32. Принцип роботи CAN інтерфейсу.
33. Ідентифікатори CAN інтерфейсу.
34. Фізична шина CAN інтерфейсу.
35. Поясніть, як досягається висока надійність CAN інтерфейсу?
36. Поясніть, як здійснюється арбітраж CAN шини?
37. Поясніть, як здійснюється виявлення помилок CAN шини?.
38. Опишіть формат CAN повідомлення.
39. Коротко опишіть однопровідний інтерфейс 1-Wire.
40. Для чого використовується система автоматизації на базі мереж MicroLAN?

41. Поясніть, як здійснюється обмін інформацією по шині 1-Wire?
42. Назвіть класи, на які були поділені процесори лінійки Cortex по областях їх застосування.
43. На основі якої архітектури побудовані мікроконтролери серії STM32?
44. Назвіть основні переваги мікроконтролера STM32F407.
45. Наведіть структуру мікроконтролерів серії STM32F4xx.
46. Назвіть, з яких інтерфейсів складається блок комунікації?
47. За допомогою якого інтерфейсу можна організувати пряме підключення до камери або CMOS-матриці мікроконтролера STM32F407?
48. Назвіть основні компоненти блоку роботи з аналоговими сигналами (Analog) мікроконтролера STM32F407 та їх призначення.
49. Дайте визначення Inter-IntegratedCircuit (I2C) модуля мікроконтролера STM32F407
50. Назвіть режими передачі даних в інтерфейсі I2C мікроконтролера STM32F407
51. Як формується умова START (S) мікроконтролера STM32F407?
52. Як формується умова STOP(P) мікроконтролера STM32F407?
53. Поясніть роботу інтерфейсу передачі даних SPI мікроконтролера STM32F407?
54. Який існує стандартний набір швидкостей передачі даних інтерфейсом UART мікроконтролера STM32F407?
55. Дайте визначення інтерфейсу SDIO мікроконтролера STM32F407
56. Дайте визначення інтерфейсу SAI (Serial audio interface) мікроконтролера STM32F407

## **7. Система основних рейтингових балів та відповідні критерії оцінювання**

Рейтинг аспіранта з кредитного модуля складається з балів, що отримуються:

- за виконання та захист 8 робіт практичних робіт (ПР)
- за модульну контрольну роботу
- за відповідь на екзамені

### **Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання**

#### *1. Виконання практичних робіт*

- повне виконання (захист ПР відбувається на наступному занятті) ..... 5
- зменшення рейтингу за затримку захисту ПР на кожне наступне заняття.....0,5
- захист після 31 грудня .....0

#### *2. Модульна контрольна робота*

- контрольна виконана без помилок..... 10
- контрольна виконана з незначними помилками.....8
- контрольна виконана із значними помилками .....6
- контрольна не виконана..... 0

Максимальна стартова складова обчислюється як

$$r_c = 10 + 8 \times 5 = 50$$

Умовою допуску до екзамену є зарахування всіх практичних робіт. Стартовий рейтинг не менш 25 балів.

#### *4. Відповідь на екзамені*

На екзамені аспіранти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних питання і одне практичне. Теоретичні питання оцінюються по 15 балів, практичне – в 20.

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації).....15 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації).....12-14 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації)..... 8-11-балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам до «задовільно»).....0 балів.

Система оцінювання практичного запитання:

- «відмінно», повне безпомилкове розв'язування завдання.....20 балів;
- «добре», повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями .....16-18 балів;
- «задовільно», завдання виконано з певними недоліками.....12-15 балів;
- «незадовільно», завдання не виконано.....0 балів.

**При порушенні графіка** навчального процесу або дисципліни можуть застосовуватись штрафні бали (-1 за пропуск лекції чи практичної роботи )

Сума стартових балів і балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею



Кількість балів за семестр	Оцінка
95 ÷ 100	Відмінно
85 ÷ 94	Дуже добре
75 ÷ 84	Добре
65 ÷ 74	Задовільно
60 ÷ 64	Достатньо
< 60	Незадовільно
Не допущено	необхідна додаткова робота)

*Аспіранти, які отримали оцінку «F» до екзамену не допускаються і повинні підвищити свій рейтинг.*

## Навчально-методичні матеріали

### . ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА

1. Дистанційний курс Сучасні напрямки комп'ютерної та мікропроцесорної техніки Сертифікат УЦДО від 25.04.2013; № НМП №3670  
Режим доступу до ресурсу:  
<http://moodle.ipk.kpi.ua/moodle/course/view.php?id=516>
2. Дистанційний курс Спеціалізовані та промислові мікропроцесорні системи; Сертифікат УЦДО від 15.05.2012; № НМП №2536 Режим доступу до ресурсу: <http://moodle.udec.ntu-kpi.kiev.ua/moodle/course/view.php?id=309>
3. Конспект лекцій з дисципліни «Сучасні напрямки комп'ютерної та мікропроцесорної техніки. Розділ 3. Архітектура сучасних мікроконтролерів» для спеціальності 6.050802 – «Електронні пристрої та системи» (171 Електроніка)/ Укладачі: Терещенко Т.О., Ямненко Ю.С., Хохлов Ю.В.: НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», 2015. -230 с. Гриф «Рекомендовано» надано Вченою радою факультету електроніки НТУУ «КПІ»
4. Терещенко Т. О., Тодоренко В.А., Батрак Л.М.,Ямненко Ю. С. Мікропроцесорні пристрої. Навчальний посібник для аспірантів спеціальності «Електроніка». - К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. - 244с. Гриф надано Вченою радою КПІ ім.Ігоря Сікорського, протокол №6 від 12.06.2017 р.
5. Жуйков В.Я., Терещенко Т.О., Петергеря Ю.С. Електронний підручник «Мікропроцесори і мікроконтролери» - 2009 Гриф надано Міністерством освіти і науки України (лист № 1.4\_18-Г-114 від 10.01.2009 р. - режим доступу до ресурсу: <http://www.kaf-pe.ntu-kpi.kiev.ua>
6. UART и USART. COM-порт. Часть 1. - режим доступу до ресурсу: [http://www.rotr.info/electronics/mcu/arm\\_usart.htm](http://www.rotr.info/electronics/mcu/arm_usart.htm)
7. Описание шины I2C - режим доступу до ресурсу: [http://www.itt-ltd.com/reference/ref\\_i2c.html](http://www.itt-ltd.com/reference/ref_i2c.html)

8. Описание шины CAN- - режим доступа до ресурсу: [http://itt-ltd.com/reference/ref\\_can.html](http://itt-ltd.com/reference/ref_can.html)
9. Принцип действия шины TWI. режим доступа до ресурсу [http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/micros/avr/arh\\_xmega\\_a/19\\_3.htm](http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/micros/avr/arh_xmega_a/19_3.htm)
10. 1-Wire-интерфейс - режим доступа до ресурсу: <http://www.elin.ru/1-Wire/>
11. Universal serial bus режим доступа до ресурсу: <http://www.usb.org>
12. Последовательный интерфейс SPI (3-wire) - режим доступа до ресурсу: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/interface/spi/index.htm>
13. Дитрих Д., Артемов Н.И., Низамутдинов О.Б., Белковский С.В. Fieldbus-концепция построения систем промышленной автоматизации // Приборы и системы. Управление, Контроль, Диагностика, 11/2000. – С. 35-38.
14. Белковский С.В. Анализ протокола в системах полевых шин // Теоретические и прикладные аспекты информационных технологий: Сб. науч. тр. / НИИУМС. – Пермь, 1999. – Вып. 48. – С. 136-138.

## 6.2. ДОДАТКОВА ЛИТЕРАТУРА

1. STM32F4xx\_StdPeriph\_Driver Режим доступа до ресурсу [https://github.com/mikeferguson/stm32/tree/master/libraries/STM32F4xx\\_StdPeriph\\_Driver](https://github.com/mikeferguson/stm32/tree/master/libraries/STM32F4xx_StdPeriph_Driver)
2. Режим доступа до ресурсу: <http://microsin.net/programming/arm/stm32f407-peripheral-clock-enable.html>
3. STM32F407XX Datasheet, PDF Режим доступа до ресурсу: <http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Stm32f407xx>
4. STM32F4-Discovery\_FW\_V1.1.0. Режим доступа до ресурсу: [http://www.promelec.ru/UPLOAD/files/STM32F4-Discovery\\_FW\\_V1.1.0.zip](http://www.promelec.ru/UPLOAD/files/STM32F4-Discovery_FW_V1.1.0.zip)

5. [STM32F4xx StdPeriph Examples](#) Режим доступа до ресурсу:
6. [STM32F4xx DSP StdPeriph Lib V1.0.0\Project\STM32F4xx StdPeriph Examples](#)
7. АЦП в групповом режиме <http://cxem.net/mc/mc338.php>
8. ARM – это просто (часть 3) Режим доступа до ресурсу:  
<http://cxem.net/mc/mc133.php>
9. Cortex-M4 Devices Generic User Guide – 2010 Режим доступа до ресурсу:  
[http://infocenter.arm.com/help/topic/com.arm.doc.dui0553a/DUI0553A\\_cortex\\_m4\\_dgug.pdf](http://infocenter.arm.com/help/topic/com.arm.doc.dui0553a/DUI0553A_cortex_m4_dgug.pdf)
10. Осваиваем ARM-микроконтроллер Cortex-M4. - 2014 Режим доступа до ресурсу: <http://firsthand.ru/site-books/osvaivaem-cortex-m4>
11. Осваиваем и изучаем микроконтроллер на основе ЦПУ ARM Cortex-M4. -2013 Режим доступа до ресурсу: <http://firsthand.ru/book/osvaivaem-cortex-m4>
12. STM32Cube. Создание проекта -2014 . <http://microtechnics.ru/stm32cube-sozdanie-proekta/>