

**ДВНЗ «Ужгородський національний університет»  
Фізичний факультет  
Кафедра фізики напівпровідників**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання курсового проекту з дисципліни

### **"Мікропроцесорна техніка"**

для студентів за напрямом підготовки 6.050801 – мікро та наноелектроніка  
спеціальності 7.05080102, 8.05080102 –фізична та біомедична електроніка  
денної форми навчання

**Ужгород, 2016**

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни "Мікропроцесорна техніка" для студентів за напрямом підготовки 6.050801 – мікро та наноелектроніка спеціальності 7.05080102, 8.05080102 – фізична та біомедична електроніка денної форми навчання / Укл. О.О.Молнар – Ужгород: УжНУ, 2016. – 29 с.

Рекомендовано до видання як методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни "Мікропроцесорна техніка" усіх форм навчання.

Укладач: О.О. Молнар, доцент, канд.фіз.мат. наук

Рецензент: А.А.Горват, доцент, канд.фіз.мат. наук

Затверджено  
на засіданні кафедри  
"Фізики напівпровідників"  
Протокол №8 від 30 червня 2016

**ЗМІСТ**

1 Мета і задачі курсового проекту	4
2 Завдання на курсовий проект	4
3 Організаційні вказівки	4
4 Методичні вказівки до виконання розділів курсового проекту	5
4.1 Основні розділи курсового проекту	5
4.2 Рекомендації до виконання етапів курсового проекту	5
4.2.1 Відомості про використовувану елементну базу	5
4.2.2 Доступна елементна база	6
5 Вказівки щодо оформлення і захисту курсового проекту	25
6 Рекомендована література	26
Додаток А. Варіанти завдань до курсового проекту	27
Додаток Б. Приблизний календарний план виконання курсового проекту	28

## 1. МЕТА І ЗАДАЧІ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Метою курсового проекту (КП) є поглиблення і розширення теоретичних знань, вироблення у студентів системного підходу до вирішення задач проектування схемотехніки мікропроцесорних пристроїв, отримання навичок по вибору і науковому обґрунтуванню прийнятих проектних рішень, по застосуванню систем автоматизованого проектування в процесі розробки апаратури, по користуванню спеціальною науковою і довідковою літературою, діючими стандартами.

Важлива роль даного КП полягає в пристосуванні знань, набутих студентами при попередньому вивченні дисциплін "Інформатика", "Твердотільна електроніка", "Моделювання в електроніці", "Аналогова схемотехніка", "Цифрова схемотехніка".

При роботі над курсовим проектом студент набуває досвіду для подальшої роботи над дипломним проектом і в майбутній інженерній діяльності.

В результаті виконання даного курсового проекту студент повинен засвоїти:

- прийоми самостійного аналізу літературних джерел за заданою темою;
- підходи до вибору перспективної елементної бази, придатної для реалізації заданих характеристик пристрою що проектується;
- методику процесу проектування цифрових пристроїв на основі мікропроцесорів та мікроконтролерів;
- методику реалізації проекту засобами САПР;
- мову АССЕМБЛЕР або СИ для написання програми керування;
- прийоми функціонального моделювання цифрових пристроїв.

Після виконання курсового проекту студент повинен уміти:

- синтезувати структурну схему мікропроцесорного цифрового пристрою за заданим алгоритмом його роботи;
- виконувати проектування пристроїв з використанням сучасної САПР;
- проводити комп'ютерний аналіз роботи пристрою;
- критично оцінювати результати аналізу.

## 2. ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

Теми КП задаються студентам керівником курсового проекту. Студенту надається право вибору теми КП. Студент може також запропонувати свою тему з обґрунтуванням доцільності її розробки.

Завдання на КП видається студенту на початку семестру за типовою формою. Приблизний перелік тем КП наведений у додатку А.

## 3. ОРГАНІЗАЦІЙНІ ВКАЗІВКИ

Робота над курсовим проектом повинна проводитись згідно з календарним планом. Приблизний календарний план виконання курсового проекту приводиться у додатку Б. Фактичний календарний план розробляється керівником проекту сумісно зі студентом після видачі завдання на проект.

Керівник проекту визначає зміст і об'єм розрахункової і графічної частин проекту, надає допомогу студенту у виборі літературних джерел, проводить консультації, виявляє помилки, допущені в ході проектування, систематично здійснює контроль виконання календарного плану. Після закінчення курсового проекту керівник перевіряє пояснювальну записку і графічну частину.

У процесі виконання проекту студент повинен доповідати керівникові про поетапне виконання ним робіт.

## 4. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛІВ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

### 4.1 Основні розділи курсового проекту

Курсовий проект може включати в себе нижченазвані розділи.

1. Основні теоретичні відомості.
2. Обґрунтування вибору елементної бази для реалізації пристрою.
3. Опис принципів роботи проектованого пристрою.
4. Синтез цифрового мікропроцесорного пристрою заданого типу.
5. Реалізація пристрою з використанням мікропроцесора, мікро контролера, інтегральних схем середнього чи великого типу інтеграції або на мікросхемі програмованої логіки.
6. Верифікація проекту схеми.
7. Аналіз результатів проектування.

### 4.2 Рекомендації до виконання етапів курсового проекту

#### 4.2.1 Відомості про використовувану елементну базу

В проекті розробляється цифровий або цифро-аналоговий пристрій на базі мікропроцесора, мікроконтролера, інтегральних схем середнього чи великого типу інтеграції або на мікросхемі програмованої логіки (ПЛІС). При цьому передбачається використання ПЛІС типів CPLD і FPGA.

Мікропроцесор (англ. microprocessor) — інтегральна схема, яка виконує функції обробки інформації по наперед заданій програмі. До цього класу, наприклад, відносяться всі мікропроцесори архітектури x86 або x64 компаній INTEL або AMD.

Мікроконтролер (англ. microcontroller), або однокристална мікроЕОМ — виконана у вигляді мікросхеми спеціалізована мікропроцесорна система, що включає мікропроцесор, блоки пам'яті для збереження коду програм і даних, порти вводу-виводу і блоки зі спеціальними функціями (лічильники, компаратори, АЦП та інші). Використовується для керування електронними пристроями. По суті, це — однокристалний комп'ютер, здатний виконувати прості завдання. Використання однієї мікросхеми значно знижує розміри, енергоспоживання і вартість пристроїв, побудованих на базі мікроконтролерів.

CPLD (Complex Programmable Logic Device) є програмованими комутованими матричними блоками. Це ПЛІС, що містять декілька матричних логічних блоків, об'єднаних комутаційною матрицею. Кожен блок – це програмована матриця "І", фіксована матриця "АБО" і макрокомірки. До цього класу, наприклад, відносяться ПЛІС сімейства MAX3000, MAX7000 і MAX9000 фірми Altera, схеми XC7000 і XC9500 фірми Xilinx тощо.

FPGA (Field Programmable Gate Array) - програмовані користувачем вентиляльні матриці. Це ПЛІС з матрицею комірок, які мають від двох до п'яти входів і складаються з логічних елементів, тригерів, відрізків ліній зв'язку, що з'єднуються перемичками з польових транзисторів. Архітектура FPGA розробляється фірмами Xilinx, Actel, Altera, Atmel тощо. До класу FPGA, наприклад, відносяться ПЛІС сімейства FLEX10K, FLEX8000, FLEX6000 фірми Altera, XC2000, XC3000, XC4000, Spartan, Virtex фірми Xilinx.

ПЛІС програмуються зміною рівня електричного поля (field) в затворах польових транзисторів. Затвори всіх "програмованих" польових транзисторів підключені до виходів тригерів одного довгого регістра зсуву, в який записується інформація при програмуванні

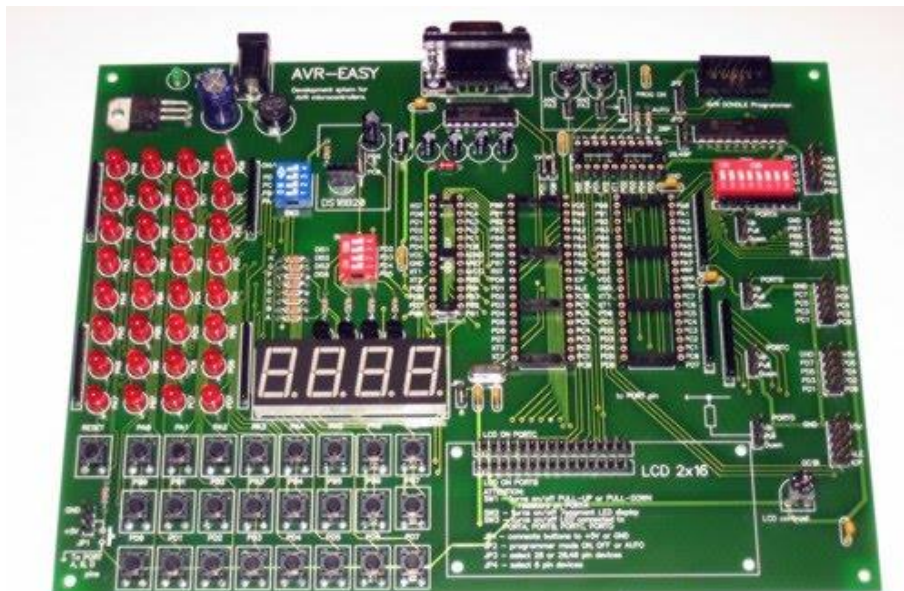
ПЛІС. Деякі з ділянок цього регістра можуть також виконувати роль комірок постійних ЗП. Отримання конкретного проекту на базі FPGA, як і на основі інших ПЛІС, реалізується дією на програмовані міжз'єднання, внаслідок чого забезпечується замкнений стан одних ділянок і розімкнений – інших.

#### 4.2.2 Доступна елементна база

**Учбовий Мікропроцесорний Комплект "УМПК" (мікропроцесор Intel 8080).**



Налагоджувальний комплекс **AVR-Easy** призначений для макетування і налагодження різних пристроїв на базі AVR-контролерів. Він може бути корисним як для розробників embedded-пристроїв, так і для молодих фахівців, що бажають ознайомитися з основами мікроконтролерної техніки і оволодіти потужним інструментом для реалізації широкого спектру задач цифрової обробки даних і управління різного роду периферійними пристроями.



В основу AVR-Easy покладено принцип максимальної універсальності і зручності програмування і налагодження програм на базі AVR-контролерів. Він є ідеальним засобом навчання, що дозволяє в короткий термін навчитися вирішувати типові завдання сполучення AVR-контролерів з периферійними модулями. Зокрема, AVR-Easy дозволяє вивчити сполучення AVR-контролерів з рідкокристалічним алфавітно-цифровим індикатором (LCD) і семи сегментним світлодіодним індикатором, організувати зв'язок з послідовним портом персонального комп'ютера (COM-порт), організувати роботу з інтелектуальними датчиками температури (на прикладі мікросхеми DS1820 фірми DALLAS).

AVR-Easy має контакти або роз'єми для перерахованих вище елементів і не вимагає напайки зовнішніх навісних деталей. Разом з тим, кожен порт AVR-контролера має вихід на окремий роз'єм, куди можна підключити будь-який зовнішній пристрій. Передбачено світлодіодна індикація сигналів на входах-виходах портів ABCD AVR-контролера. На входах-виходах портів ABD підключені кнопки, при натисканні на які можна подавати логічний рівень "0" або "1" на відповідні порти. На входи АЦП AVR-контролера можна подавати аналогову напругу за допомогою змінних резисторів в діапазоні 0-5 В. Таким чином, AVR-Easy можна використовувати не тільки як засіб навчання, але і як пристрій для макетування і налагодження реальних практичних розробок на базі AVR-контролерів. Він має кілька панельок для установки AVR-контролерів в корпусах DIP-20, DIP-28 і DIP-40, куди можна встановлювати практично будь які контролери, включаючи самі останні моделі широко використовуваних контролерів сімейств ATMEGA8515 і ATMEGA8535.

AVR-Easy має роз'єм для програмування і налагодження, який дозволяє замінити програму AVR-контролера, не виймаючи його з посадкової панелі.

На компакт-диску з програмним забезпеченням є файл демонстраційної прошивки для мікроконтролера ATMEGA8515. Демонстраційна прошивка дозволяє спостерігати роботу окремих вузлів ОК - світлодіодів, семисегментного дисплея і COM-порту. Також на компакт-диску є документація на мікроконтролери фірми ATMEL, програмне забезпечення фірми ATMEL, різні утиліти.

**EFM32™ Giant Gecko StarterKit EFM32GG-STK3700.**



**EFM32GG-STK3700** - повно функціональний стартовий набір, виконаний на базі потужного 32-розрядного мікроконтролера з ядром ARM Cortex-M3 EFM32GG990F1024. Набір є гарною відправною точкою при вивченні мікроконтролерів сімейства EFM32 Giant Gecko, а також може використовуватися для розробки додатків.

До складу набору входить оціночна плата з доволі багатою периферією, яка дозволить оцінити кілька з багатьох можливостей мікроконтролера. Сигнали багатьох ліній вводу / виводу мікроконтролера доступні на контактних майданчиках зверху і внизу плати, допускається установка однорядних конекторів для полегшення доступу до ліній вводу / виводу, для нарощування функціоналу плати або для можливості використання її в якості процесорного модуля для систем користувача.

Для організації, розробки і тестування користувальницького інтерфейсу на платі передбачені спеціальні кнопки, сенсорний слайдер і сегментний РК індикатор.

Живлення плати можливе від USB інтерфейсу або від батареї 3 В, режим живлення вибирається користувачем за допомогою перемикача.

На плату інтегрований відладчик / емулятор з USB інтерфейсом, робота з яким підтримується в багатьох інтегрованих середовищах розробки, тому виключається необхідність в зовнішньому JTAG адаптері.

Відмінні особливості:

- повно функціональний стартовий набір:
- встановлений мікроконтролер EFM32GG990F1024:
- ядро ARM Cortex-M3, робоча частота до 48 МГц;
- 1 МБайт Flash-пам'ять, 128 КБ SRAM;
- 12 каналів DMA;
- апаратний прискорювач AES;
- п'ять 16-розрядних таймерів;
- годинник реального часу, три лічильника імпульсів;
- контролер РК індикатора;
- інтерфейс зовнішньої шини (EBI)
- 3 порти USART (SPI / UART)
- 4 порти UART
- 2 порти I2C
- контролер USB 2.0 (Device, HOST, OTG)
- 8 каналів 12-розрядного АЦП;
- 2 каналу 12-розрядного ЦАП;
- 2 аналогових компаратора
- 3 операційних підсилювача
- модуль LESENSE для організації сенсорного інтерфейсу;
- встановлена зовнішня Flash-пам'ять NAND 32 МБайт;
- вбудована система моніторингу струму споживання;
- інтегрований USB відладчик / емулятор Segger J-Link;
- конектор USB Micro-AB;
- встановлений 160-сегментний РК індикатор;



- встановлений датчик освітленості;
- інтегрована схема індуктивного датчика металу;
- користувальницькі кнопки, світлодіоди, сенсорний слайдер;
- сигнали ліній вводу / виводу доступні на контактних майданчиках внизу і зверху плати;
- встановлено окремий 20-вивідний конектор розширення;
- живлення від USB інтерфейсу або батареї 3 В;
- встановлено джерело резервного живлення - іоністор ємністю 0.03 Ф;
- повна програмна та технічна підтримка.

## Лабораторні макети STM32F4 Discovery kit for STM32F407



Макети «**STM32F4 Discovery kit**» побудовані на основі мікроконтролера STM32F407VGT6 з 32-бітним ядром ARM Cortex-M4F, 1 МВ флеш та 192 КВ RAM, містять два MEMS датчики, аналого-цифровий та цифрово-аналоговий перетворювач, вихідний підсилювач класу – D. Вони дозволяють вивчати програмування та різні галузі використання контролерів на базі ARM®Cortex™-M4, а також засвоювати основи роботи цифрових сигнальних процесорів (кодування звуку, декодування MP3 та ін.). Програмування може здійснюватись з використанням Keil Microcontroller Development Kit (MDK-ARM).

## Freescale Lab-in-a-Box for ARM/Freescale-based Embedded Systems/MCU



Платформа розробки компанії **NXP FRDM-KL25Z** є невеликою оціночною платою, з низьким енергоспоживанням, яка заснована на мікроконтролері серії Kinetis L. L серія контролерів Kinetis побудований на процесорному ядрі ARM® Cortex™ -M0+. NXP Freedom поєднує в собі формфактор згідно з промисловими стандартами, та дозволяє підключати багатий набір сторонніх плат розширення. Вона прискорює розробку різних додатків, таких як невеликі прилади, ігрові аксесуари, портативні медичні системи, аудіо системи, інтелектуальні лічильники, управління освітленням і потужністю. Платформа розробки компанії NXP Freedom дозволяє розробникам використовувати 32-бітові можливості і масштабованість, які необхідні для розширення майбутніх продуктивних лінійок по ціні 8- і 16-розрядних систем з малим енергоспоживанням. NXP Freedom сумісний з популярними апаратними засобами сторонніх виробників, які призначені для роботи з Arduino™ і Arduino-сумісних плат.

#### Особливості FRDM-KL25Z :

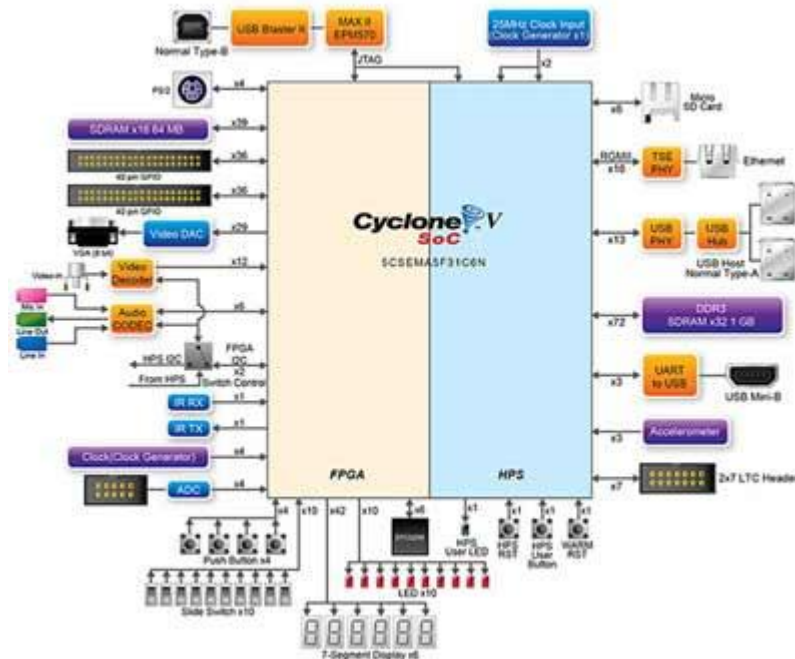
- Процесорне ядро KL25Z128VLK4-Cortex-M0 + MCU з: 128KB flash та 16KB SRAM
- Тактова частота понад 48MHz
- USB контролер на повній швидкості
- OpenSDA-складний інтерфейс USB для налагодження
- Три колірний світлодіод
- Ємнісний сенсорний "слайдер"
- Акселерометр компанія NXP MMA8451QR1
- Гнучкі варіанти живлення: від роз'єму USB, від стільникової батареї, 5-12V Vin зі входу IO, 3.3V Vin зі входу IO
- кнопка "Reset"
- Контакти IO для розширення, сумісні з форм-фактором Arduino Uno

### ALTERA DE1-SoC Board

**DE1-SoC** - оцінний комплект являє собою потужну апаратну платформу, побудовану на основі ALTERA System-on Chip (SoC) FPGA, яка є комбінацією новітнього вбудованого двоядерного процесора Cortex-A9 і провідною в галузі програмованої логіки. Тепер розробники можуть використовувати міць переконфігуруємої системи в поєднанні з високою продуктивністю і низьким споживанням процесора. Системи на кристалі (SoC) від компанії ALTERA інтегрують в собі процесор на основі ARM, інтерфейси, периферію і пам'ять, органічно пов'язані з ПЛИС FPGA. Отлагодочная плата DE1-SoC включає в себе високошвидкісну пам'ять DDR3, аудіо- та відео-інтерфейси, Ethernet і багато іншого. Комплект містить всі компоненти, необхідні для його використання в поєднанні з комп'ютером (операційною системою Microsoft Windows XP і вище).



Системи на кристалі (SoC) від компанії ALTERA.



Структурна схема плати DE1-SoC.

Апаратні особливості плати дозволяють користувачеві в найкоротші терміни створити власне рішення в широкому спектрі застосувань: від найпростіших проектів зі стандартною периферією до найскладніших мультимедійних проектів.

Відмінні особливості:

- встановлена мікросхема Cyclone V SoC 5CSEMA5F31C6;
- двоядерний Cortex-A9 (HPS);
- 85К елементів програмованої логіки;
- 4,450 Kbits вбудованої пам'яті;
- 6 фракційних ФАПЧ (Fractional PLLs);
- 2 контролера пам'яті;
- встановлена мікросхема EPCQ256;
- на платі встановлений USB BlasterII;
- 64 MB (32Mx16) SDRAM on FPGA;
- 1GB (2x256Mx16) DDR3 SDRAM on HPS;
- MicroSD Card Socket on HPS;
- два порти USB 2.0 Host (ULPI інтерфейс з USB роз'ємом типу A);
- USB-UART (роз'єм microUSB type B);
- 10/100/1000 Ethernet;
- PS / 2 mouse / keyboard;
- IR Emitter / Receiver;
- два 40-pin роз'єму розширення;
- один 10-pin роз'єм ADC;
- один LTC роз'єм (один послідовний периферійний інтерфейс (SPI) Master, один I2C і один GPIO інтерфейс);
- 24-bit CODEC, лінійний вхід, лінійний вихід, вхід мікрофона;
- TV Decoder (NTSC / PAL / SECAM) і вхідний TV роз'єм;
- АЦП: розрядність 12 біт, 8 каналів, номінальна швидкість вибірки 1 MSPS;
- вхідний діапазон аналогового сигналу 0 ~ 2.5 V або 0 ~ 5V (встановлюється програмно);
- 4 користувальницьких ключа (FPGAx4);
- 10 призначених для користувача вимикачів (FPGAx10);
- 11 світлодіодів користувача (FPGAx10; HPSx1);



- 2 HPS кнопки скидання (HPS\_RST\_n and HPS\_WARM\_RST\_n);
- шестіразрядний семісегментний дисплей;
- G-Sensor on HPS;
- 12 V DC роз'єм живлення.

### **ALTERA DE0-Nano Development and Education Board.**

DE0-Nano - малогабаритна плата на базі FPGA Altera Cyclone IVEP4CE22F17.

Функціональні можливості плати можуть бути розширені за допомогою дочірніх плат: LTM (дисплейний модуль з TFTLCD 4,3"), THDB-ADA (модуль зі швидкісними АЦП і ЦАП), D5M (модуль відеокамери 5 Мп) або плат користувача.



DE0-Nano- малогабаритна плата на базі FPGA Altera Cyclone IVEP4CE22F17  
Відмінні особливості:

- встановлена FPGA Cyclone® IV EP4CE22F17C6N: 22,320 логічних елементів (LE), 594 кбіт вбудованої пам'яті, 66 модулів перемноження 18 x18, 4 PLL загального користування, 153 I / O;
- інтегрований USB-завантажувач;
- встановлена конфігураційна пам'ять EPCS16;
- два з'єднувача по 40 виводів для підключення плат функціонального розширення (LTM, THDB-ADA, D5M) або плат користувача;
- по 2 виведення джерел живлення + 5 В і +3,3 В;
- з'єднання на 26 виводів: 16 цифрових I / O, 8 аналогових входів;
- встановлена SDRAM 32 МБ;
- 2 кБ I<sup>2</sup>C EEPROM;
- периферія користувача: 8 світлодіодів, дві кнопки, 4 дір перемикача, трьох осевий акселерометр ADXL345;
- 8-канальний АЦП NSC ADC128S022, 12-розрядний до 200 ksps;
- осцилятор 50 МГц;
- USB роз'єм (завантажувач, живлення).

Для покращення можливостей даних модулів, наявні також - 1 модуль MTL (7-inch amorphous-TFT-LCD Multitouch module) та модуль введення-виведення аналогових сигналів Highspeed AD/DA Card.

### CY8CKIT-030 PSoC3 Development kit.

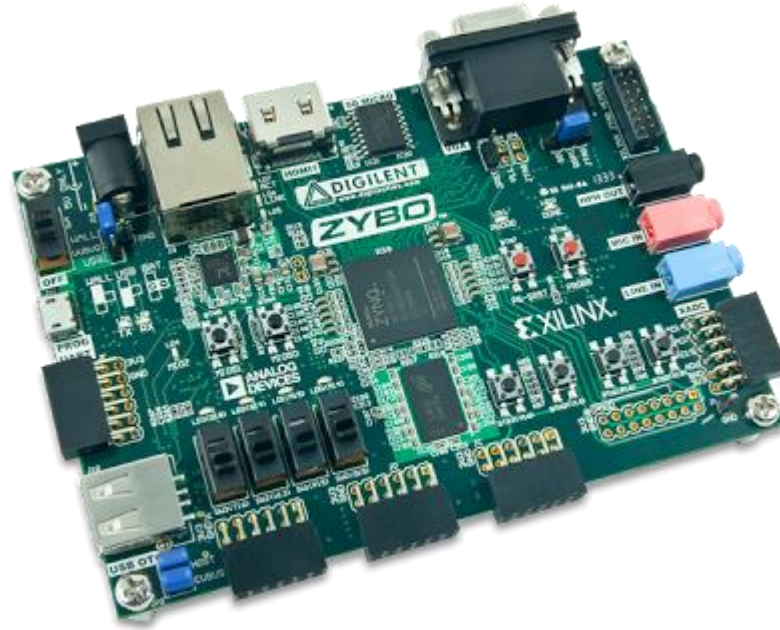


Базовий компонент платформи розробника **CY8C3866AXI-030** входить в сімейство CY8C38xxx PSoC 3 для прецизійних аналогових застосувань і має 20-бітний сігма-даельта АЦП, чотири ЦАП, 4 програмованих аналогових блоки і блок цифрового фільтра. У пристроях сімейства PSoC 3 використовується популярне процесорний ядро 8051, повністю сумісний з набором інструкцій оригінального MCS-51. Для організації інтерфейсу користувача плата має сенсорні кнопки, 5-сегментний слайдер, виконаний за технологією CapSense і двох стрічковий символний ЖК індикатор.

### Xilinx [ZedBoard](http://www.zedboard.org) Zynq™-7000 Development Board



## ZYBO Zynq™-7000 Development Board



Платформа розробки **ZedBoard** містить - пам'ять: 512 МБ DDR3; 256 МБ Quad-SPIFlash; 4 ГБ SD-карта; вбудований USB-JTAG програматор; 10/100/1000 Мбіт Ethernet; USB-OTG 2.0; UART-USB; підтримка відео (1080p HDMI, 8-біт VGA, 128x32 OLED); I2S аудіо кодек; 8 світлодіодів; 7 тактових кнопок; 8-DIP перемикачів. Цей макет побудований на основі системи на чіпі Zynq-7000 який містить - Dual ARM® Cortex™-A9 MPCore™ with CoreSight™, 32 KB Instruction, 32 KB Data per processor L1 Cache, 512 KB уніфікованої кеш-пам'яті L2, 256 Кб пам'яті на кристалі, 2x UART, CAN 2.0B 2x, 2x I2C, 2x SPI, GPIO 4x 32b, 2x USB 2.0 (OTG), 2x трьох режимних портів Gigabit Ethernet, 2x SD / SDIO на-чіпі для периферійних пристроїв, 85К логічні комірки (13300 логічні шматочки, кожен з чотирма 6-вхідними LUTs і 8 тригерів) блоку швидкої пам'яті на 560 Кбіт, чотирьох модулів управління таймером, кожен з фазовою автопідстройкою частоти (PLL), 220 DSP модулів, внутрішній генератор з тактовою частотою, що перевищує 450MHz, 2x 12 біт, 1 MSPS аналого-цифрових перетворювачів на чіпі (XADC). Плата розроблена для створення рішень на основі Linux, Android, Windows та інших операційних систем, у тому числі реального часу.

### TMDX5535EZDSP

**TMDX5535EZDSP** - налагоджувальний набір від компанії Texas Instruments на базі новітнього високо інтегрованого і продуктивного цифрового сигнального процесора TMS320C5535 з ультра низьким енергоспоживанням.

Процесори TMS320C553x є 16-розрядними пристроями з самим малим енергоспоживанням в галузі і низькою вартістю. Володіючи продуктивністю 240 MIPS, вбудованою Flash-пам'яттю програм обсягом до 320 КБ, високою інтеграцією, дані цифрові сигнальні процесори є основою для широкого кола додатків обробки сигналів у реальному часі.

Набір включає в себе все необхідне програмне і апаратне забезпечення для оцінки можливостей і розробки додатків. До складу входить налагоджувальна плата з інтегрованим емулятором типу XDS100 для налагодження та програмування процесора, робота з яким підтримується в інтегрованому середовищі розробки Code Composer Studio. Також до складу набору входить microSD карта пам'яті об'ємом 2 Гбайт і навушники з мікрофоном. Встановлене ПЗ має підтримку USB аудіо і USB HID пристрою.





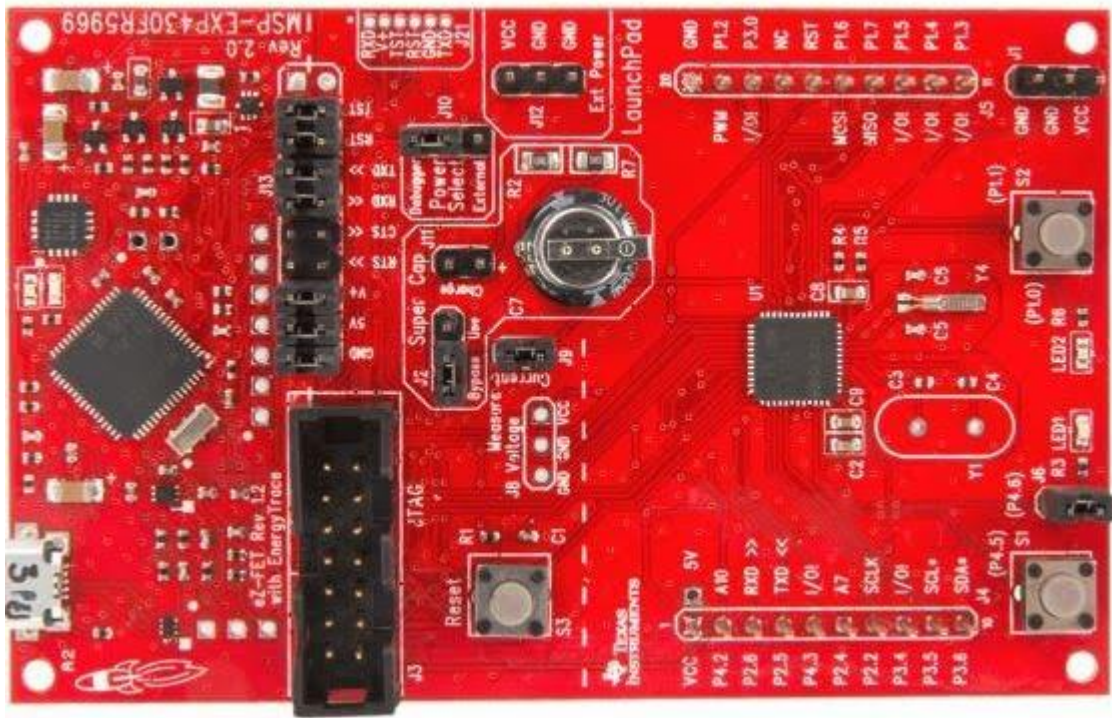
Відмінні особливості налагоджувального набору:

- компактний форм-фактор налагоджувальної плати;
- встановлений процесор TMS320C5535 з підтримкою обчислень з фіксованою точкою;
- вбудований емулятор XDS100;
- інтерфейс USB 2.0;
- інтерфейс і слот для карт пам'яті SD;
- аудіо кодека, аудіо інтерфейс, лінійний вхід, мікрофонний вхід, вихід на навушники;
- коннектор розширення для підключення бездротових модулів;
- встановлений OLED дисплей 96 × 16 точок;
- встановлена додаткова Flash-пам'ять 8 Мбайт з інтерфейсом SPI;
- користувальницькі кнопки;
- повна програмна та технічна підтримка:
- інтегроване середовище розробки Complete Code Composer Studio;
- програмні бібліотеки підтримки USB аудіо і HID;
- демонстраційне ПЗ;
- повна документація на плату, вихідні коди додатків.

### **MSP-EXP430FR5969**

Плата **MSP-EXP430FR5969**, дозволяє швидко вивчити і почати розробку на контролері з ультра низьким споживання MSP430FR5969.





Це простий у використанні налагоджувальний засіб містить все необхідне для завантаження і налагодження додатків, а також для вимірювання споживаної мікроконтролером MSP430FR5969 енергії. Плата містить тактові кнопки і світлодіоди для реалізації елементарного інтерфейсу користувача. Для реалізації додатків з автономним живленням на платі встановлений іоністор (суперконденсатор).

Основні параметри отладоочной плати MSP-EXP430FR5969:

- мікроконтролер MSP430FR5969 (16 МГц, 64 Кб FRAM);
- стандартний 20-піновий роз'єм підключення модулів BoosterPack;
- іоністор ємністю 0.1 Ф для автономного живлення;
- вбудований емулятор eZ-FET;
- 2 тактових кнопки і 2 світлодіода;
- додатковий UART-канал для обміну повідомленнями з ПК.

Основний мікроконтролер MSP430FR5969 примітний тим, що містить FRAM-пам'ять, яка відрізняється своїм ультранизьким споживанням, високою надійністю і швидким записом даних.

Основні переваги використання FRAM-пам'яті в мікроконтролерах:

- швидкість запису в 160 разів вище, ніж у FLASH-пам'яті;
- споживання в 3 рази нижче, ніж у FLASH-пам'яті;
- продуктивність, характерна для SRAM-пам'яті - час доступу ~ 50 нс;
- запис не вимагає попереднього стирання;
- $+10^{14}$  Циклів перезапису;
- стійкість до електромагнітних полів.

## MSP-EXP430FR4133



**MSP-EXP430FR4133** - налагоджувальний комплект сімейства LaunchPad являє собою простий у використанні оціночний модуль для вивчення можливостей мікроконтролера MSP430FR4133 від Texas Instruments. Плата містить все найнеобхідніше для швидкого початку розробки пристроїв з ультранизьким енергоспоживанням на базі мікроконтролера з енергонезалежною FRAM пам'яттю. Вбудований на плату емулятор дозволяє програмувати мікроконтролер, налагоджувати виконуваний код і вимірювати енергоспоживання системи. Також на платі є кнопки, світлодіоди і рідкокристалічний (LCD) дисплей.

Швидке прототипування спрощується завдяки використанню 20-контактних модулів розширення BoosterPack. Вони дозволяють швидко додати новий функціонал платі, включаючи бездротову передачу даних, графічні можливості, можливість вимірювання фізичних величин і багато іншого. Також користувач має можливість створювати власні BoosterPack і для вирішення конкретних завдань.

«З коробки» плата може працювати в двох режимах. Перший режим - це секундомір, який запускає таймер до 100 годин, або альтернативно секундомір працює у фоновому режимі, а зображення на дисплеї «заморожено». Другий режим демонструє можливості вбудованого в мікроконтролер датчика температури. Температура відображається на дисплеї в градусах Цельсія або Фаренгейта.

Для створення коду доступні безкоштовні середовища розробки - це Code Composer Studio від Texas Instruments і IAR Embedded Workbench. Обидва середовища розробки підтримують технологію EnergyTrace.

Відмінні особливості:

- мікроконтролер MSP430FR4133, 16-біт, 16 КБ FRAM, 16 МГц, вбудований драйвер 8x32-сегментного LCD дисплея;
- технологія EnergyTrace;
- 20-вивідний роз'єм для підключення BoosterPack-ів;
- вбудований емулятор eZ-FET;
- 2 кнопки і два світлодіода;
- символічний LCD.

## MSP-EXP430G2



**MSP-EXP430G2** - налагоджувальний засіб, в який входить все необхідне для початку розробки - сокет для мікросхем в 14/20-вивідному DIP-корпусі і інтегрований відладчик / програматор, що дозволяє працювати з МК через інтерфейс Spy Bi-Wire (2 - wire JTAG).

У комплект входить 2 запрограмованих МК MSP430G2231IN14 і MSP430G2231IN14. Flash-пам'ять мікроконтролера може бути запрограмована на протязі декількох секунд, при цьому не потрібно підключення зовнішнього живлення.

Дані мікроконтролери забезпечують 10-кратне зростання швидкодії і 10-кратне збільшення часу автономної роботи в порівнянні з 8-розрядними мікроконтролерами, при вартості від 40 центів. Оскільки всі мікроконтролери MSP430 сумісні по програмних кодах, то розроблені із застосуванням комплекту MSP-EXP430G2 (LaunchPad) рішення можуть бути органічно перенесені на будь-які інші мікроконтролери MSP430, забезпечуючи додаткову масштабованість.

Основні особливості та переваги комплекту розробника MSP-EXP430G2:

- Роз'єм DIP для налагодження та програмування підтримує пристрої, що мають до 20 виводів, і дозволяє здійснювати швидке макетування з використанням мікроконтролерів MSP430 Value Line; розробники можуть оперативно міняти мікроконтролери один за іншим для оцінки, програмування або налагодження пристроїв.
- Запрограмовані мікроконтролери можна легко витягти і встановити на замовні друковані плати або макетні плати.
- Розробники можуть користуватися кнопками, світлодіодними індикаторами для підключення зовнішніх компонентів, що дозволяють комплекту LaunchPad функціонувати в якості автономної системи.
- Вбудований емулятор з живленням через USB дозволяє програмувати флеш-пам'ять, налагоджувати мікропрограмне забезпечення і підтримувати послідовний комунікаційний інтерфейс, роблячи непотрібним зовнішній емулятор.
- Комплект MSP-EXP430G2 (LaunchPad) сумісний з будь-яким мікроконтролером MSP430 Value Line, існуючими налагоджувальними платами eZ430 і пристроями MSP430, здатними підтримувати інтерфейс Spy-Bi-Wire.



- Безкоштовно надаються компілятори і отладчики без обмеження функціональності, в тому числі Code Composer Studio і IAR Embedded Workbench, що підтримують комплексне середовище розробки програмного забезпечення.
- Кварцовий резонатор 32 кГц підвищує точність вбудованого в мікроконтролери MSP430 генератора частоти з цифровим управлінням, забезпечуючи необхідну для різних периферійних пристроїв і таймерів точність режиму реального часу.
- У комплект включені два пристрої MSP430 Value Line; один з них заздалегідь запрограмований з використанням демонстраційного мікропрограмного забезпечення, щоб продемонструвати використання вбудованих периферійних пристроїв, у тому числі 10-розрядного АЦП, компараторів і внутрішнього датчика температури.
- Дизайн з відкритим вихідним кодом дозволяє розробникам створювати власні апаратні засоби на базі комплекту MSP-EXP430G2 (LaunchPad).

Відмінні особливості:

- 2 мікроконтролера в комплекті:
  1. - MSP430G2211IN14 - 2 кБ Flash, 128 Б RAM, 10 GPIO, 1x 16-розрядний таймер, WDT, BOR, Comparator A +,
  2. - MSP430G2231IN14 - 2 кБ Flash, 128 Б RAM, 10 GPIO, 1x 16-розрядний таймер, WDT, BOR, 1x USI (I2C / SPI) 8-канальний 10-розрядний АЦП;
- інтегрований на плату емулятор / програматор;
- кнопка користувача ;
- кнопка сбросу;
- користувальницькі світлодіоди;
- IDE розробника IAR Kickstart і Code Composer Studio Ver 4.

### MSP-EXP430F5529LP



**MSP-EXP430F5529LP** - бюджетна плата серії LaunchPad дозволить в найкоротші терміни вивчити можливості мікроконтролера MSP430F5529 і почати створювати на його основі власні рішення. Можливість швидко створювати власні рішення забезпечується завдяки наявності вбудованого емулятора, який дозволяє програмувати контролер і налагоджувати код.

Для швидкого прототипування на платі передбачений 40-вивідний роз'єм для підключення плат розширення серії BoosterPack. Плати BoosterPack дозволяють істотно розширити функціональні можливості LaunchPad-ів, додаючи до них можливості для створення рішень в області інтернету речей, визначення положення, мобільних устройств, світлодіодного освітлення, сенсорного управління та ін.

Оціночна плата MSP-EXP430F5529LP включає в себе 16-бітний мікроконтролер MSP430F5529, що працює з частотою до 25 МГц, 128 КБ Flash, 8 КБ RAM, с інтегрованим USB 2.0 PHY, 12-бітовим АЦП, таймерами, послідовними інтерфейсами (UART, I2C, SPI) та ін. Безкоштовні та відкриті USB API стеки і MSP430 USB Descriptor Tool доступні для скачування в наборі розробника MSP430 USB Developers Package, дозволяють з легкістю конфігурувати USB додаток. Так само для скачування доступні безкоштовні середовища розробки Code Composer Studio від Texas Instruments і IAR Embedded Workbench.

Відмінні особливості:

- мікроконтролер MSP430F5529, 25 МГц, 128 КБ Flash, 8 КБ RAM;
- вбудований програматор-відладчик з інтерфейсом USB;
- 40-вивідний роз'єм розширення BoosterPack;
- харчування +5 В через USB.

#### 430BOOST-SHARP96



**430BOOST-SHARP96** - модуль розширення Sharp® Memory LCD BoosterPack представляє плату розширення на базі дисплея LS013B4DN04 від Sharp Electronics і ємнісними слайдерами по краях підкладки. Дисплей має діагональ 1,3 "з роздільною здатністю 96x96 пікселів, володіє ультранизьким енергоспоживанням, забезпечує чудові кути огляду і високий контраст зображення. Управління дисплеєм здійснюється по послідовному інтерфейсу SPI. Для якнайшвидшого початку роботи Texas Instruments забезпечує модуль графічною бібліотекою з прикладами і бібліотекою для роботи з ємнісними сенсорами.

Модуль 430BOOST-SHARP96 на базі дисплея з ультранизьким енергоспоживанням.

Відмінні особливості:

- дисплей LS013B4DN04 Memory LCD від Sharp;
- діагональ 1,3 ", дозвіл 96x96 пікселів;
- ультранизьким енергоспоживанням;
- чудові кути огляду;
- управління з SPI;
- 2 емнісних сенсорних слайдера;
- підвищувальний перетворювач живлення 3 В - 5 В;
- графічна та сенсорна бібліотеки.

### LDC1000EVM



**LDC1000EVM** - повнофункціональний оцінний модуль призначений для демонстрації можливостей мікросхеми LDC1000 і нової технології індуктивних датчиків положення і руху. Дана мікросхема є першою в галузі мікросхемою перетворювача індуктивність-цифровий код (LDC, inductance-to-digital converter) - це новий клас перетворювачів даних, який працює з індуктивними датчиками у формі котушок і спіралей, і дозволяє підвищити точність вимірювань, надійність і гнучкість систем, у порівнянні з існуючими рішеннями індуктивних датчиків. Нова технологія індуктивних датчиків дозволить з високою точністю визначати присутність, переміщення і положення металевих або проводять об'єктів.

Оцінний модуль являє собою завершене компактне рішення, до складу якого входить індуктивний датчик у вигляді друкованої котушки, мікросхема перетворювача індуктивність-цифровий код LDC1000 і мікроконтролер з ультранизьким енергоспоживанням сімейства MSP430. Мікроконтролер використовується для підключення модуля до ПК по інтерфейсу USB.

Модуль розроблений таким чином, щоб надати користувачеві максимальну гнучкість при прототіпуванні систем. Перфорація на платі модуля дозволяє відокремити дві області: перша - між індуктивним датчиком з резонансним LC контуром і мікросхемою перетворювача, друга - між мікросхемою перетворювача і мікроконтролером. Таким чином, перша перфорація дає можливість відключити друкований датчик індуктивності і використовувати користувальницькі котушки, друга - дає можливість підключити мікросхему перетворювача з датчиком до різних мікроконтролерів або використовувати безліч таких датчиків в одній системі.

Додатково компанія надає програмний інструмент з графічним інтерфейсом для роботи з модулем.

Відмінні особливості:

- повнофункціональний оцінний модуль;
- демонстрація можливостей мікросхеми перетворювача індуктивність-цифровий код;
- демонстрація нової технології індуктивних датчиків положення і руху;

- встановлена мікросхема LDC1000;
- перфорація плати модуля ділить його на дві області, що надає гнучкість при прототіпуванні систем;
- можливість підключення користувальницьких датчиків (котушок і спіралі);
- можливість підключення мікросхеми перетворювача до різних мікроконтролерам;
- можливість підключення декількох датчиків до однієї системи;
- поставляється з друкованою котушкою в якості датчика;
- модуль може працювати автономно або підключатися до ПК по інтерфейсу USB;
- встановлений мікроконтролер сімейства MSP430;
- схема регулятора напруги 3.3 В;
- програмний інструмент з графічним інтерфейсом для демонстрації і візуалізації отриманих даних.

### LDC1614EVM



Для оцінки LDC1614 розроблена плата **LDC1614EVM** з ультрамаломощним мікроконтролером MSP430F5528.

Ключові переваги сімейства LDC1614:

Кілька добре узгоджених каналів:

- Дають можливість виконання диференціальних та логометричних вимірювань, дозволяючи розробникам легко компенсувати ефекти старіння і впливу навколишнього середовища, такі як температура, вологість і дрейф механічних параметрів.

Можливість прецизійних вимірів:

- При вирішенні 28 біт пристрої можуть виявляти зміни відстані менше одного мікрона.

Широкий діапазон частот датчика:

- Пристрої працюють в діапазоні частот від 1 кГц до 10 МГц, що дає розробникам можливість використання в якості датчиків безлічі типів котушок індуктивності. Такий діапазон частот також дозволяє використовувати дуже мініатюрні друковані котушки, завдяки яким знижуються загальні вартість і розміри пристрою.

Мале споживання системи:



- При напрузі живлення 3.3 В мікросхеми сімейства LDC1614 споживають приблизно 6.9 мВт при звичайній роботі і 0.12 мВт в режимі відключення.

Висока надійність:

- Пристрої забезпечують безконтактний спосіб вимірювань, нечутливий до забруднень, таких як масло, бруд і пил, які можуть скоротити термін служби обладнання.

### BOOSTXL-SENSHUB



**BOOSTXL-SENSHUB** - дочірня плата-Boosterpack, сумісна з популярною отладою платою EK-LM4F120XL (Stellaris® LM4F120 LaunchPad Evaluation) і призначена для оцінки роботи Cortex-M4F мікроконтролерів Texas Instruments спільно з сучасними датчиками, з демонстрацією математичних обчислень і застосуванням різноманітних алгоритмів.

На плату встановлені:

- 9-осьовий MEMS датчик InvenSense MPU-9150, що включає в себе 3-осьовий акселерометр, 3-осьовий гіроскоп і 3-осьовий компас;
- датчик тиску Bosch Sensortec BMP180;
- датчик вологості і температури навколишнього середовища Sensirion SHT21;
- датчик світла Intersil ISL29023;
- безконтактний інфрачервоний датчик температури TMP006.

Бустерпак BOOSTXL-SENSHUB сумісний з наступними середовищами розробки:

- Code Composer Studio™ IDE;
- Keil™ RealView®;
- IAR Systems Embedded Workbench®;
- Mentor Embedded Sourcery CodeBench™.

### ADS1282EVM-PDK

Технічні характеристики:



- Роздільна здатність: 31 bit
- Кількість входів: 2
- Максимальна швидкість перетворень: 4kSPS
- Тип архітектури: Delta-Sigma
- Інтерфейс: SPI
- Конфігурація входів: 0.5Vref / PGA
- SNR: 130 dB
- Споживана потужність: 27 мВт
- Reference Mode: Ext
- Кількість джерел живлення: 2
- Analog Voltage AV / DD (min) (V): 4.75 V
- Analog Voltage AV / DD (max) (V): 5.25 V
- Logic Voltage DV / DD (min) (V): 1.65 V
- Logic Voltage DV / DD (max) (V): 3.6 V
- Примітки: Ultra High Resolution Delta Sigma ADC with PGA for Seismic and Energy Exploration.



Оціночна плата, типове рішення **ADS1282EVM-PDK**.

**DAC1220EVM**



**DAC1220EVM** - плата 20-бітного сигма-дельта ЦАП DAC1220. Виводи DAC1220 доступні через аналогові і цифрові роз'єми на оціночній платі. DAC1220EVM призначена для прототипування і оцінки можливостей ЦАП DAC1220 і включає в себе референс-дизайн плати, схему осцилятора і вихідного буферного підсилювача. Використання буферного підсилювача є опціональним.

Відмінні особливості:

- опорна напруга і тактовий генератор доступні на платі через роз'єми;
- роз'єм розширення на платі включає в себе сигнальні лінії I2C для EEPROM;
- для підключення DAC1220EVM використовуються три роз'єми: аналоговий, послідовний і живлення.

## **5 ВКАЗІВКИ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ І ЗАХИСТУ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

Курсовий проект складається з двох взаємозв'язаних частин: пояснювальної записки об'ємом 30-40 сторінок і графічної частини, яка складається з декількох аркушів формату A1. В деяких випадках можуть бути представлені діючі макети, установки, вироби.

Пояснювальна записка – це документ, що вміщує опис будови та принципу дії електронного пристрою, який розробляється, а також обґрунтування прийнятих при його розробці технічних рішень.

Пояснювальна записка повинна містити: титульний лист; завдання на курсовий проект; реферат; зміст; вступ, у якому наводяться короткі загальні відомості про пристрій; теоретичні відомості, необхідні для виконання проекту, аналітичний огляд і аналіз можливих рішень; практичну (розрахункову) частину; висновки; перелік посилань.

Захист курсового проекту відбувається по графіку, затвердженому кафедрою, у складі комісії з двох-трьох викладачів і в присутності студентів.

При захисті студент повинен зробити коротку доповідь (на 5-7 хвилин) по виконаному проекту з використанням мультимедійного обладнання або плакатів і відповіді на поставлені запитання.

При оцінці курсового проекту комісія враховує якість проекту і результати його захисту. При цьому звертається увага на повноту, якість і самостійність виконання поставленої задачі, акуратність оформлення пояснювальної записки і листів, складність завдання, наявність елементів наукових досліджень, додержання термінів захисту і якість захисту.

При захисті студент повинен:

- мати відомості про етапи проектування пристрою;
- знати особливості і архітектуру елементної бази, що використані в проекті;
- знати принцип роботи пристрою;
- володіти методикою синтезу цифрового мікропроцесорного пристрою;
- вміти критично оцінювати отримані результати.

Студент, що не подав курсовий проект у зазначений термін, або не захистив його без поважної причини, вважається таким, що має академічну заборгованість.

## 6 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Базова

1. Ю.І. Якименко, Т.О. Терещенко, Є.І. Сокол та ін. Мікропроцесорна техніка: Підручник. – 2-ге вид., переробл. та доповн. – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”; “Кондор”, 2004. – 440с.
2. В.І.Бойко, А.М. Гуржій, В.Я. Жуйков та ін.. Схемотехніка електронних систем: У 3 кн. Кн. 3. Мікропроцесори та мікроконтролери: Підручник. – 2-ге вид., допов. і переробл. – К.: Вища шк., 2004. – 399с.
3. Ю.М.Височанський, А.А.Горват, О.О.Грабар та ін. Твердотільна електроніка: Лабораторний практикум. Навч. посібник. – Ужгород: ІВА, 2001. – 388с.
4. М.С. Будішев Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка. Підручник. – Львів: Афіша, 2001. – 424с.

### Додаткова

1. В.В. Корнеев, А.В. Киселев Современные микропроцессоры. – 3-е изд., перераб. И доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 448с.
2. А.В. Белов Самоучитель по микропроцессорной технике. – СПб.: Наука и Техника, 2003 – 224 с.
3. Grant McFarland Microprocessor Design. A Practical Guide from Design Planning to Manufacturing. – McGraw-Hill Publishing Companies, Inc. – 2006. – 432p.
4. John Crisp Microprocessors and Microcontrollers, - Second edition, - Elsevier, 2004. – 287p.
5. Gunther Gridling, Bettina Weiss Introduction to Microcontrollers, - Vienna University of Technology, 2006. – 103p.
6. Bruce Jacob, Spencer W. Ng, David T. Wang Memory Systems Cache, DRAM, Disk, - Elsevier, 2008. – 1017p.
7. М. Предко Руководство по микроконтроллерам. Том I. – Москва: Постмаркет , 2001. – 416с.
8. М. Предко Руководство по микроконтроллерам. Том II. – Москва: Постмаркет , 2001. – 488с.
9. Р. Токхайм Микропроцессоры: Курс и упражнения/ Пер. с англ., под ред. В.Н.Грасевича. М.: Энергоатомиздат, 1988. – 336 с.
10. ДСТУ 3212-95. Мікросхеми інтегровані. Класифікація та система умовних позначень.
11. ДСТУ 2399-94. Системи обробки інформації. Логічні пристрої, схеми, сигнали. Терміни та визначення.
12. ДСТУ 2383-94. Мікросхеми інтегровані. Терміни, визначення та літерні позначення електричних параметрів.
13. ДСТУ 2533-94. Системи обробки інформації. Арифметичні та логічні операції. Терміни та визначення.

## Додаток А

### Орієнтовний перелік тем Курсових Проектів

1. Розробка мікропроцесорної системи вимірювання та стабілізації температури.
2. Розробка модуля інтерфейсу USB для підключення мікропроцесорної системи до керуючого комп'ютера.
3. Програмування введення даних з клавіатури, та виведення даних на дисплей в мікроконтролерах з системою команд MPC555.
4. Методи візуалізації графічної та квазі-графічної інформації на рідкокристалічному дисплеї в мікроконтролерах з системою команд MPC555.
5. Розробка бездротових інтерфейсів для мікропроцесорних систем.
6. Підключення датчиків електричних та не електричних величин до мікропроцесорних систем.
7. Мікропроцесорна система керування кроковим двигуном.
8. Обробка експериментальних результатів в мікроконтролерах з системою команд MPC555.
9. Система введення та обробки відео сигналу на основі одного кристалічного мікроконтролера.
10. Підключення системи GPS до мікроконтролера з системою команд MPC555.
11. Розробка микро-WEB сервера на одному кристалічному мікроконтролері.
12. Розробка мікропроцесорної системи ідентифікації на основі RFID ключів.
13. Низьковольтний блок живлення з можливістю керування по шині USB.
14. Аналого-цифрові перетворювачі для мікропроцесорних систем накопичення інформації.
15. Цифро-аналогові перетворювачі з інтерфейсом USB.
16. Контролер крейта КАМАК з інтерфейсом USB.
17. USB контролер інтерфейсу IEEE-488.
18. Розробка модуля підключення мікропроцесорної системи з системою команд MPC555 до мережі ETHERNET.
19. Система збереження технічної документації в форматі PDF в мікропроцесорних системах з інтерфейсом USB.
20. Синтезатор мови для реалізації інтерфейсу людина-комп'ютер.
21. USB модуль виводу цифрових сигналів з релейним виходом.
22. Число - імпульсна мікропроцесорна система регулювання потужності з твердо тільним реле.
23. Програмний функціональний генератор на мікро контролері.
24. DDS генератор високочастотних сигналів.
25. Мікропроцесорна система охоронної сигналізації.
26. Система розумний дім з каналами зв'язку по мережі 220В.
27. Мікропроцесорна система автоматичного керування освітленням.
28. Цифрова система відео спостереження.
29. Автоматизована система свій-чужий на основі RFID ідентифікаторів.
30. Мікропроцесорна система пожежної сигналізації.

**Додаток Б****Приблизний календарний план виконання курсового проекту**

1 Проробка літературних джерел	- 1 тиждень
2 Розробка структурної схеми	- 2 тижня
3 Розробка принципової схеми приладу	- 2 тижня
4 Реалізація проекту пристрою	- 2 тижня
5 Написання програми керування	- 2 тижня
6 Верифікація розробленого проекту	- 1 тиждень
7 Написання і оформлення пояснювальної записки	- 2 тижня
8 Виготовлення креслень	- 2 тижня
9 Захист курсового проекту	