

Вінницький національний технічний університет  
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії  
Кафедра обчислювальної техніки

# МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПРОГРАМУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ AVR

Магістерська кваліфікаційної робота

спеціальність 8.05010201 «Комп'ютерні системи та мережі»

Керівник: к.т.н., доц.

*Цирульник С. М.*

Розробив: студент гр. КІ-15 м

*Бартоломеу Е.*

Вінниця ВНТУ 2016 р

## АКТУАЛЬНІСТЬ

Мікроконтролери можна зустріти практично в будь-якому технічному виробі, в якому потрібно вирішувати завдання вимірювання, обробки інформації та управління. Це може бути електропобутова техніка, вимірювальні прилади або засоби комунікації, а також такі складні об'єкти управління, як автомобілі або літаки. Коло розв'язуваних мікроконтролерами завдань дуже широкий, починаючи від включення звукової або світлової сигналізації та закінчуючи складною математичною обробкою та аналізом інформації, що надходить від різних датчиків, з подальшим формуванням керуючих впливів на об'єкт управління.

Корпорація Atmel, є на сьогоднішній день одним з визнаних світових лідерів у виробництві виробів сучасної мікроелектроніки. Вона добре відома на світовому ринку електронних компонентів. Фірма Atmel визначила для своєї продукції такі сфери додатків: телекомунікації та мережі, обчислювальна техніка, вбудовані системи контролю та управління, побутова техніка та автомобільний транспорті.

## МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою роботи є дослідження методів та інструментальних засобів проектування та програмування мікроконтролерів AVR, що забезпечують зменшення часу синтезу схем та дозволяють отримати оптимальні за критерієм «продуктивність/вартість» проектні рішення.

Відповідно до поставленої мети в роботі вирішуються такі задачі:

- аналіз програмних засобів підтримки проектування та відлагодження систем;
- аналіз апаратних засобів підтримки проектування та відлагодження систем на базі мікроконтролерів AVR;
- дослідження архітектурних особливостей методів програмування FLASH-пам'яті, EEPROM-пам'яті, конфігураційних комірок, комірок захисту, комірок ідентифікатора, комірок калібрування мікроконтролерів AVR;
- обґрунтування методу комутації ZIF панелі для реалізації універсального програматора мікроконтролерів AVR.

*Об'єктом дослідження* є процес програмування мікроконтролерів AVR вбудованих систем.

*Предметом дослідження* є методи та засоби програмування мікроконтролерів AVR вбудованих систем.

**Методи дослідження.** Для досягнення поставленої в роботі мети використовуються такі методи дослідження:

- системний аналіз, який застосовується для дослідження механізмів функціонування програмно-апаратних засобів програмування мікроконтролерів AVR;
- об'єктно-орієнтовані методи програмування мікроконтролерів AVR;
- формальні методи опису синтаксису мов програмування;
- методи комп'ютерного та натурального моделювання.

**Наукова новизна отриманих результатів.** У роботі вперше комплексно розглянуті та актуалізовані апаратно-програмні засоби підтримки мікроконтролерів AVR, що має вагоме значення для розробників вбудованих систем.

**Практичне значення отриманих результатів:**

- рекомендації, що дозволяють підвищити ефективність розробки та відлагодження програмного забезпечення мікроконтролерів AVR
- застосування методу послідовного внутрисхемного програмування для реалізації універсального програматора, який дозволить читати, стирати та записувати комірки захисту та конфігурації, комірки ідентифікатора та комірки калібрування, конфігураційні комірки, EEPROM та FLASH-пам'яті мікроконтролерів AVR.

Процес написання програм для МК AVR як і для будь-яких інших МК, складається з декількох етапів:

- підготовка вихідного тексту програми на якій-небудь мові програмування;
- компіляція програми;
- налагодження й тестування програми;
- остаточне програмування й підготовка до серійного виробництва.



Рисунок 1 – Етапи розробки програмного забезпечення мікроконтролерів AVR

# КОМПІЛЯТОРИ

**Асемблер**

**AVR Studio  
IAR AVR Assembler  
GNU/Linux AVR Assembler**

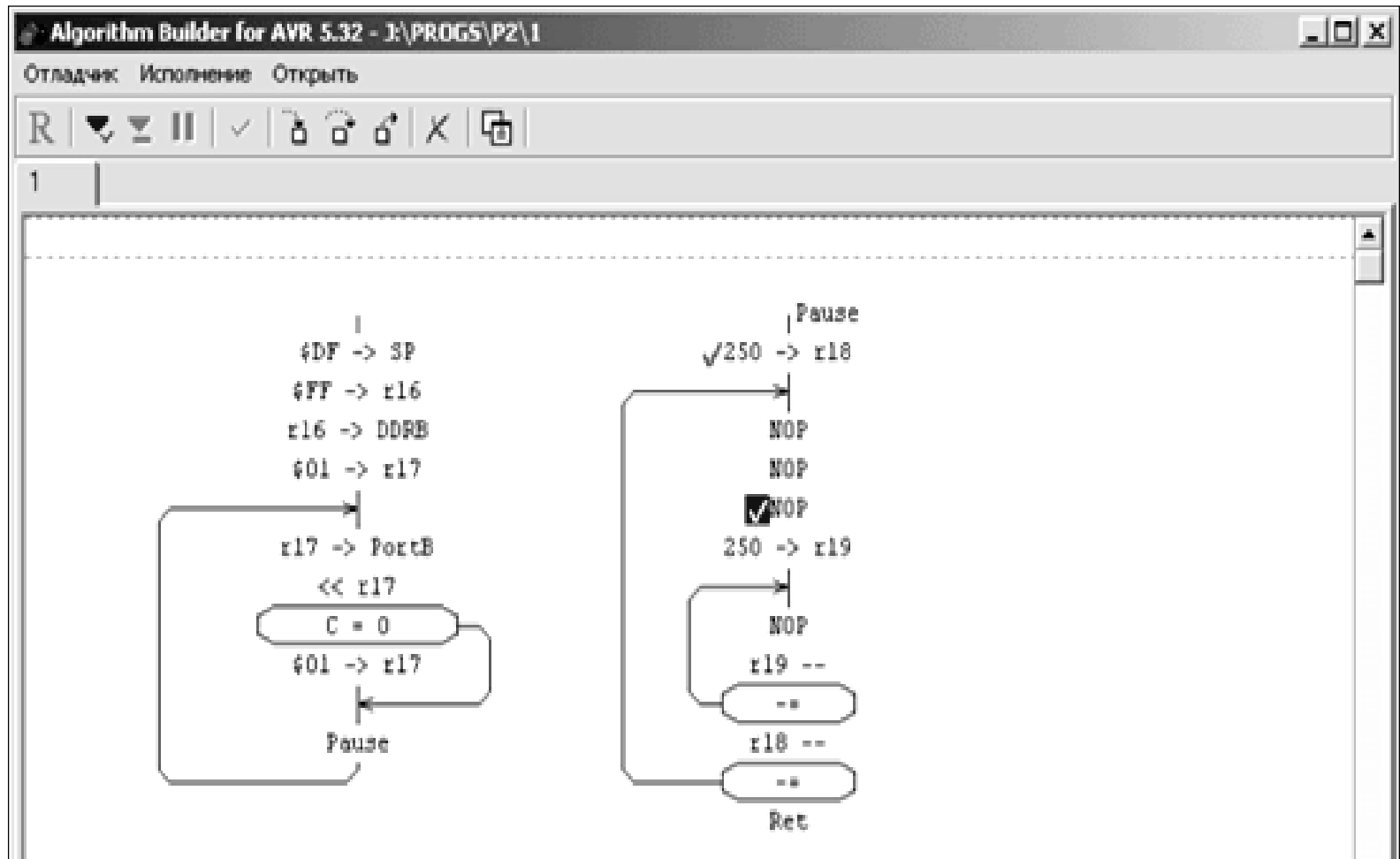
**Мова С**

**WinAVR  
IAR C Compiler  
Image Craft C Compiler  
Code Vision AVR C Compiler**

**Basic та Pascal**

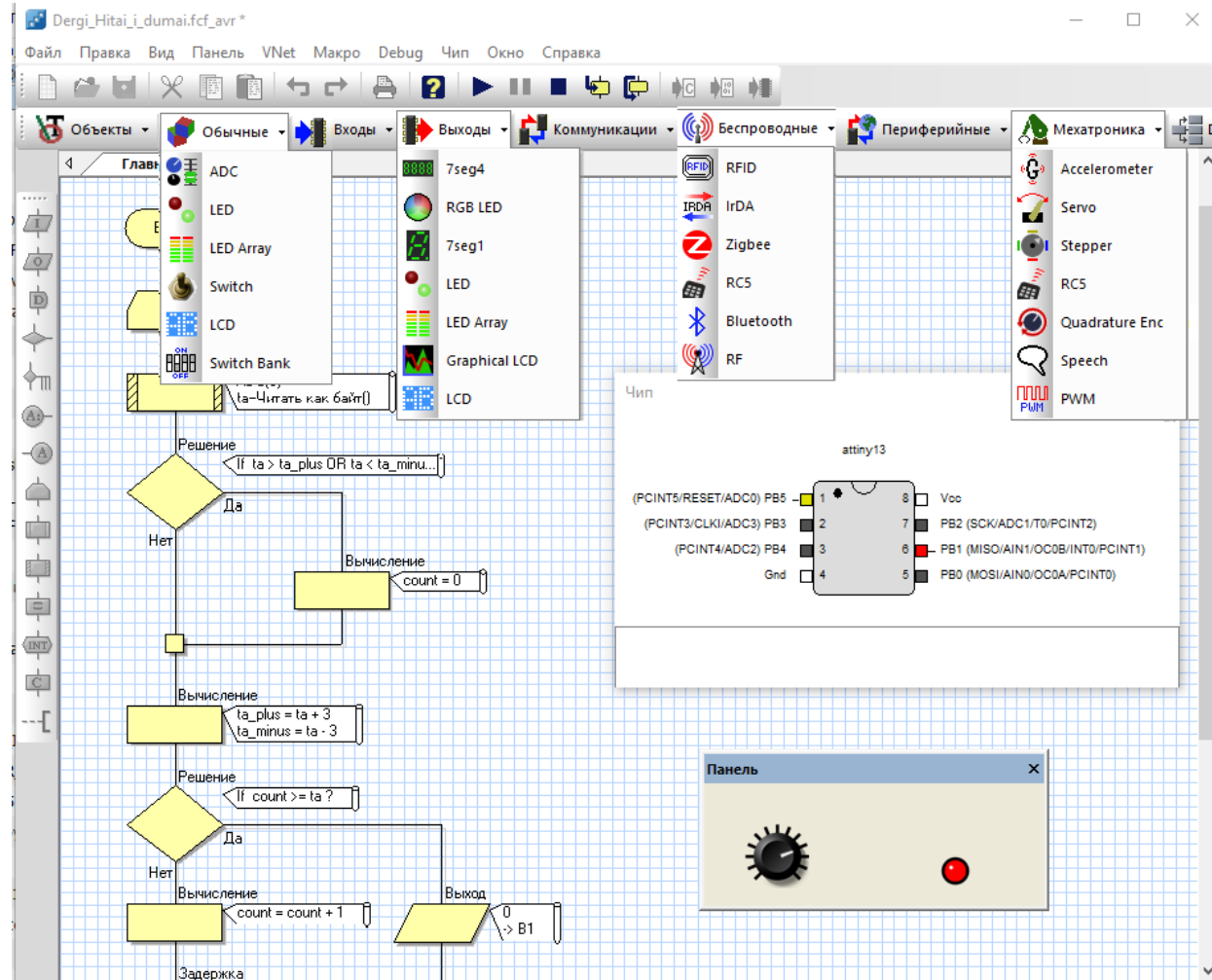
**AVR Studio  
IAR AVR Assembler  
GNU/Linux AVR Assembler**

# ІНТЕГРОВАНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ВІЗУАЛЬНОГО ПРОГРАМУВАННЯ AVR BUILDER

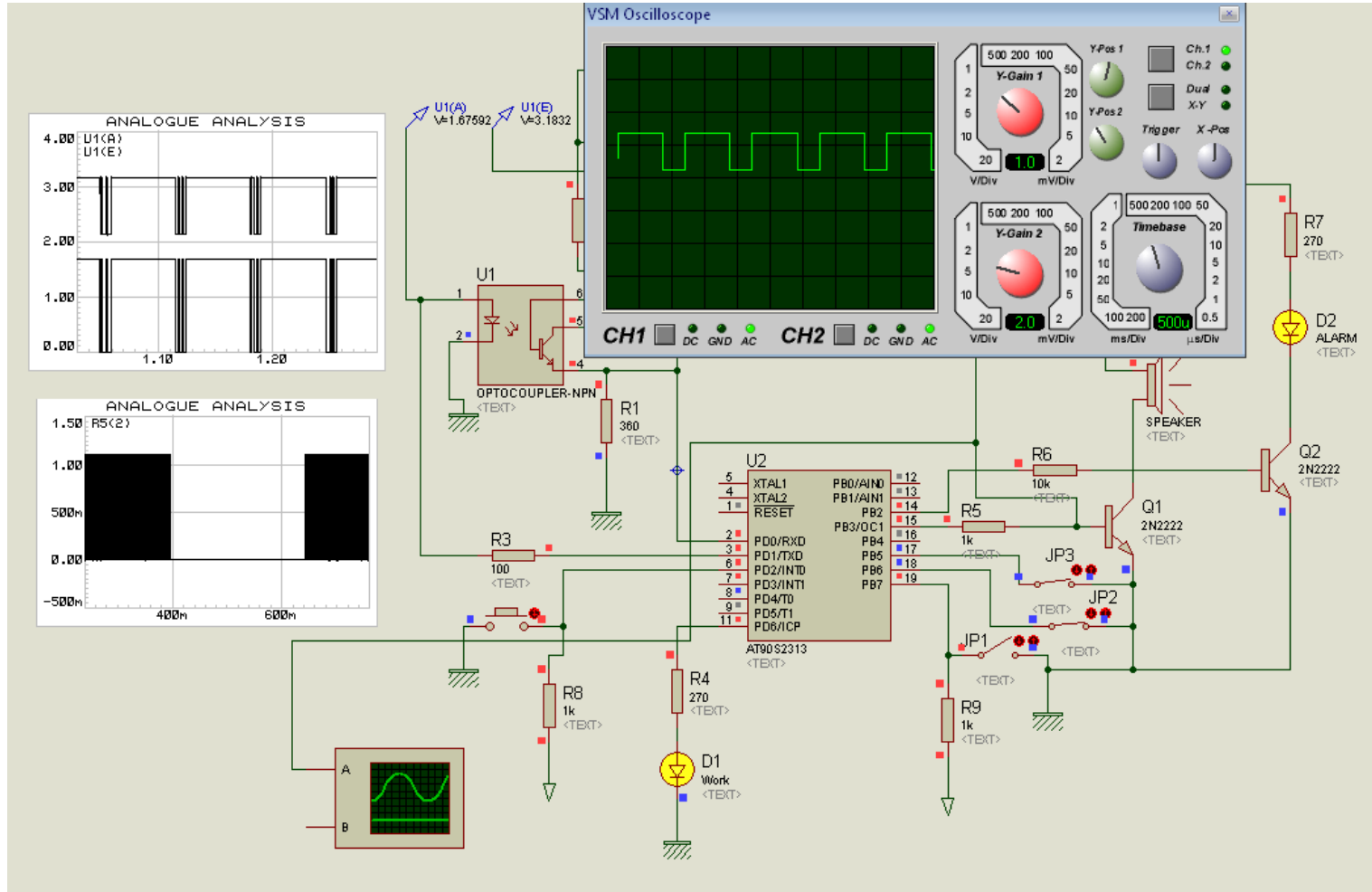




# ІНТЕГРОВАНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ВІЗУАЛЬНОГО ПРОГРАМУВАННЯ FLOW CODE



# ПРОГРАММНЫЙ СИМУЛЯТОР PROTEUS VSM



## АПАРАТНІ ЗАСОБИ ПІДТРИМКИ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ AVR

- 1) **Оціночні та демонстраційні плати** (Evaluation & demonstration board). Дозволяють швидко ознайомитися з тим чи іншим приладом або сімейством приладів та в короткі терміни розробити на ньому пристрій.
- 2) **Внутрішні емулятори (In-circuit emulator)**. Найбільш потужні й універсальні налагоджувальні інструменти, що представляють собою набір апаратно-програмних засобів, які дозволяють заміщати собою емульований мікроконтролер в реальній схемі.
- 3) **Відлагоджувачі (Debugger)**. Свого роду міст між розробником і налагоджувати пристроєм, що дозволяє користувачеві одночасно контролювати хід виконання програми і бачити відповідність між вихідним текстом, образом програми в машинних кодах і станом всіх ресурсів емульованого мікроконтролера.
- 4) **Емулятори ПЗП (ROM emulator)**. Програмно-апаратні засоби, здатні заміщати ПЗП на платі, що відлагоджується, шляхом підстановки замість нього ОЗП і завантаження програми за допомогою комп'ютера через один зі стандартних інтерфейсів.
- 5) **Програматори (Programmer)**. Пристрої, що дозволяють програмувати мікросхеми пам'яті, мікроконтролери і програмовані логічні інтегральні схеми.

## ПРОГРАМУВАННЯ МК AVR

У процесі програмування можуть виконуватися такі операції:

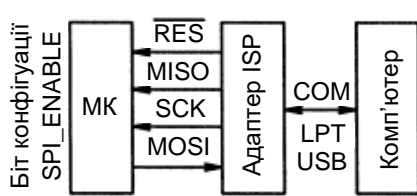
- стирання кристала (chip erase);
- читання / запис FLASH-пам'яті програм;
- читання / запис EEPROM-пам'яті даних;
- читання / запис конфігураційних комірок;
- читання / запис комірок захисту;
- читання комірок ідентифікатора;
- читання байту калібрування.

## РІЗНОВИДИ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОГРАМУВАННЯ

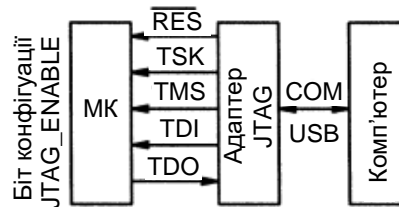
У різних мікроконтролерних платформах при програмуванні застосовуються свої фірмові засоби, технології і навіть назви, а саме:

- ISP (In - System Programming), ICSP (In - Circuit Serial Programming), ISSP (In - System Serial Programming) - низьковольтне послідовне програмування ;
- JTAG (Joint Test Action Group) - низьковольтне шлейфове програмування за стандартом IEEE Std 1149.1 з можливістю відлагодження;
- debugWire - низьковольтне однопровідне програмування з можливістю відлагодження ;
- BootLoader - низьковольтне програмування, при якому в ПЗП МК спочатку заносяться коди завантажувача на іншому програматорі (рис. 1, г, д);
- HVSP (High Voltage Serial Programming) - високовольтне послідовне програмування ;
- HVPP (High Voltage Parallel Programming) - високовольтне паралельне програмування

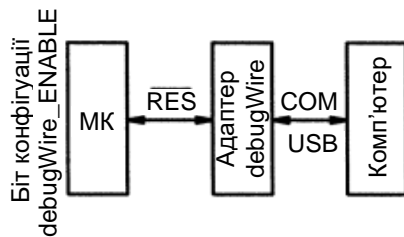
# РІЗНОВИДИ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОГРАМУВАННЯ



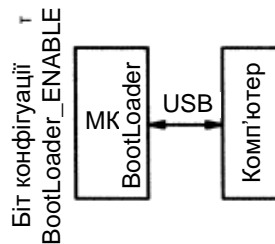
а)



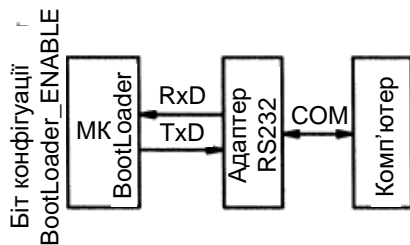
б)



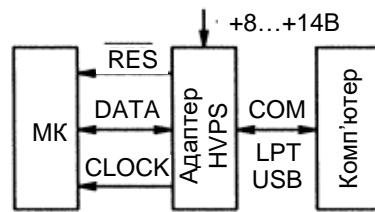
в)



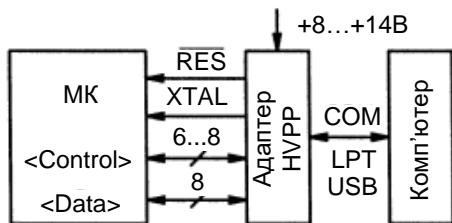
г)



д)



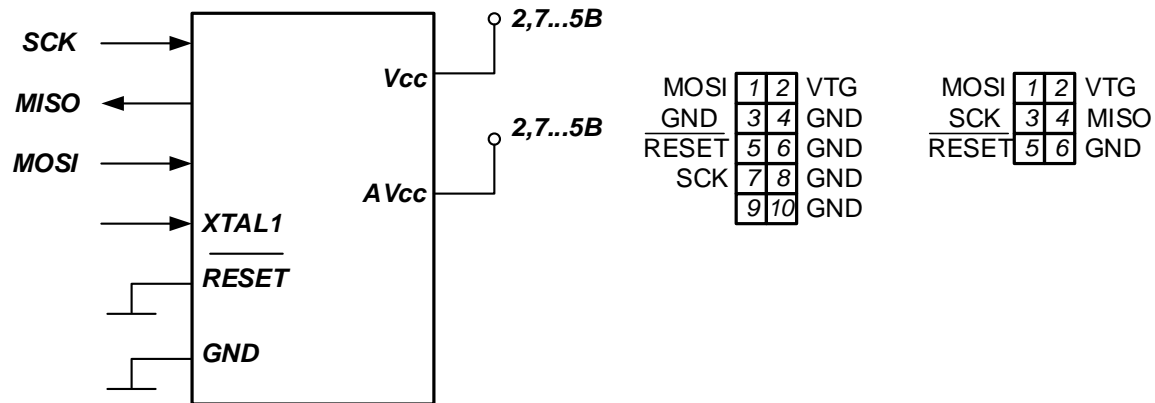
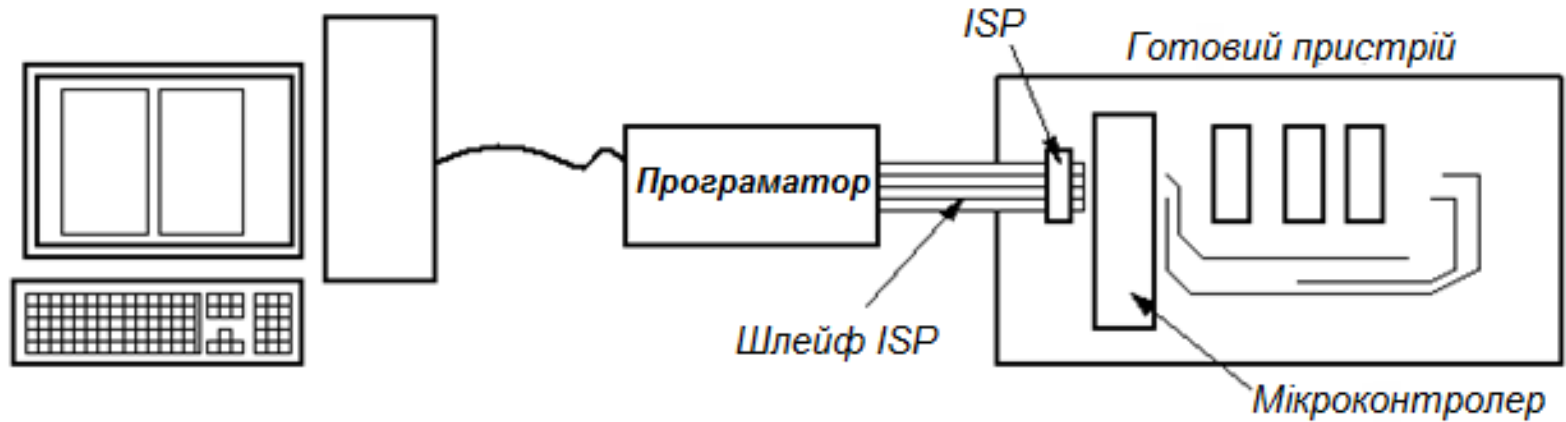
е)



ж)

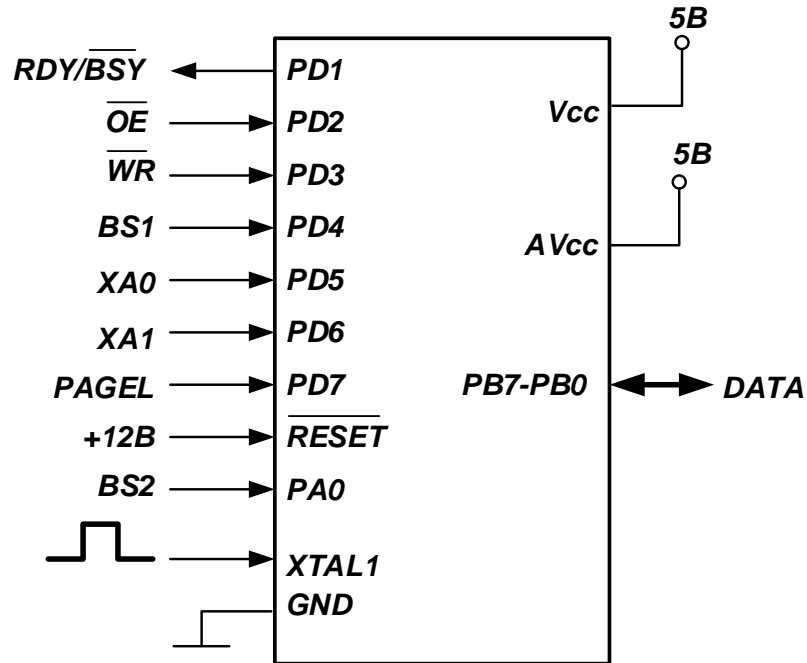
Рисунок 2– Різновиди систем програмування:  
 а) інтерфейс ISP;  
 б) інтерфейс JTAG;  
 в) інтерфейс debugWire;  
 г) BootLoader з USB - завантажувачем;  
 д) BootLoader з COM - завантажувачем;  
 е) технологія HVSP;  
 ж) технологія HVPP.

# ТЕХНОЛОГІЯ ВНУТРІСХЕМНОГО ПРОГРАМУВАННЯ



Включення мікроконтролерів в режим програмування по послідовному каналу

# РЕЖИМ ПАРАЛЕЛЬНОГО ПРОГРАМУВАННЯ





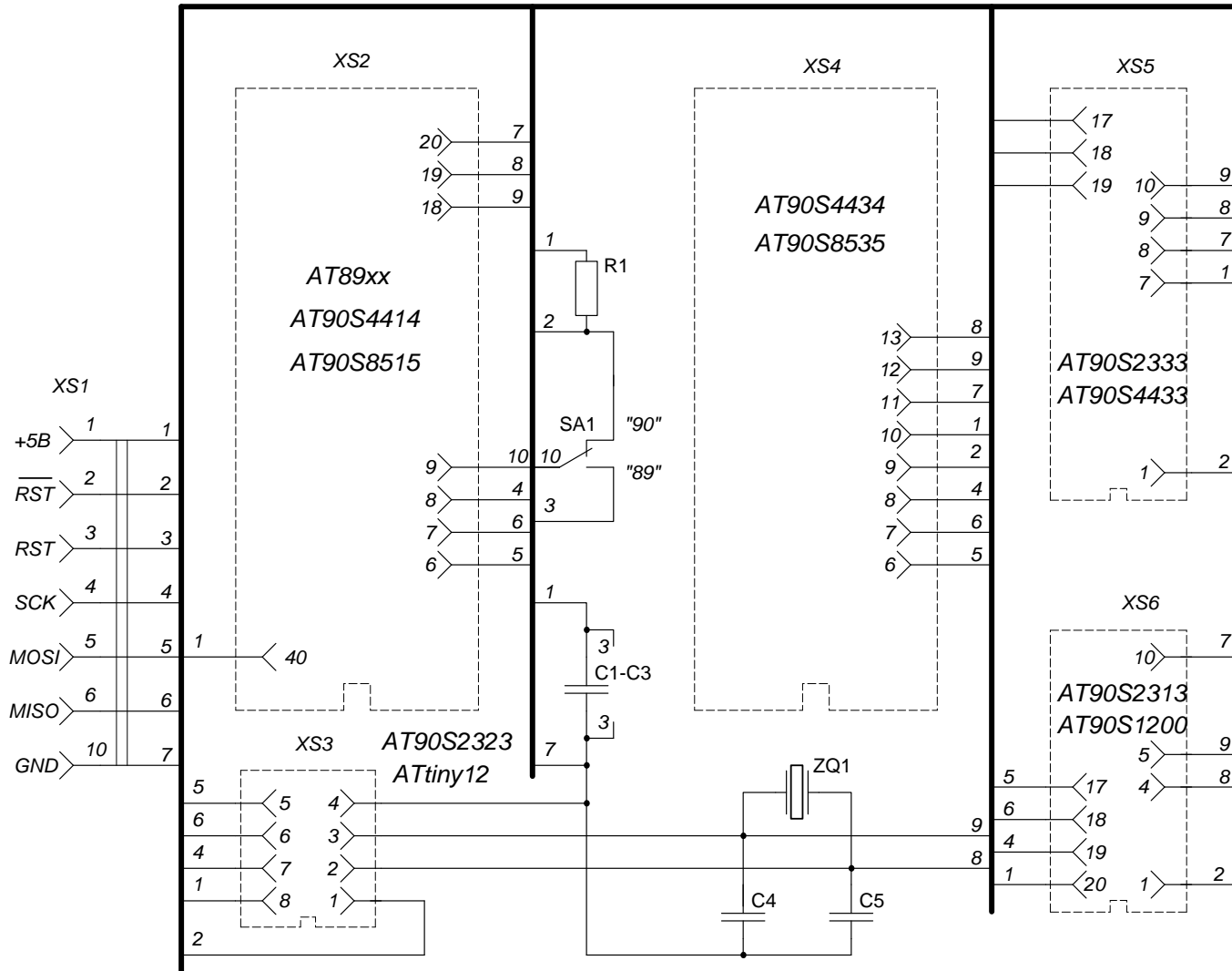
## РОЗТАШУВАННЯ ВИВОДІВ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ AVR, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ВНУТРІСХЕМНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Група	Мікроконтролер	Номера виводів МК для ISP програмування						
		MOSI	MISO	SCK	RES	XTAL	GND	$U_{CC}$
1	AT90S2313	17	18	19	1	5	10	20
	ATtiny2313							
2	AT90S8515							
	AT89S8252	6	7	8	9	19	20	40
	ATmega8515							
3	AT90S8535							
	ATmega16							
	ATmega32	6	7	8	9	13	11, 31	10,30
	ATmega8535							
4	ATmega8							
	ATmega48							
	ATmega88	17	18	19	1	9	8, 22	7, 20
	ATmega168							
	ATmega328							
5	ATtiny12							
	ATtiny13	5	6	7	1	2	4	8
	ATtiny15							

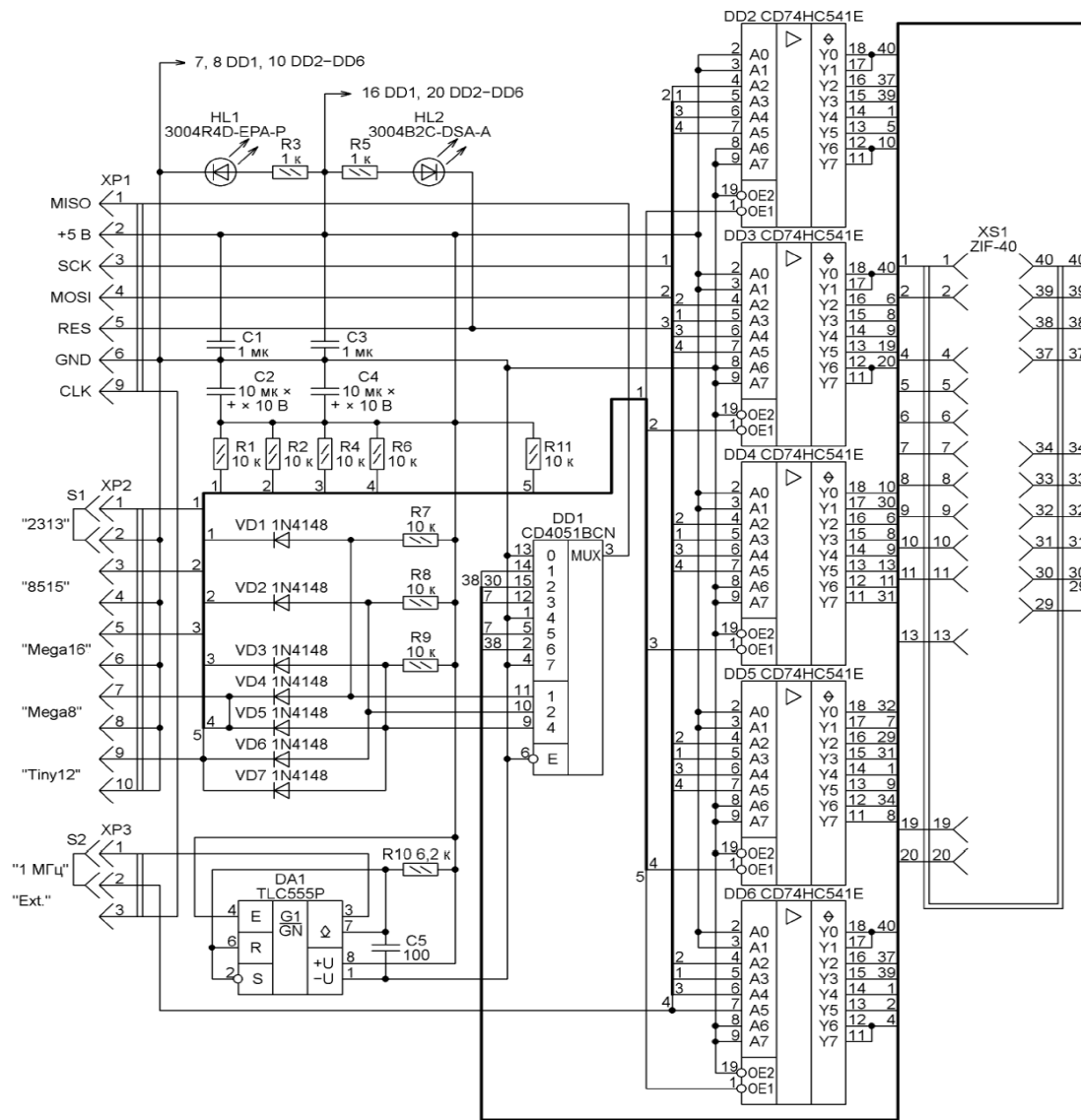
## ВІДПОВІДНІСТЬ ВИВОДІВ ДЛЯ ISP ПРОГРАМУВАННЯ У ZIF ПАНЕЛІ

Група	Мікроконтролер	Номера виводів ZIF панелі						
		MOSI	MISO	SCK	RES	XTAL	GND	$U_{CC}$
1	AT90S2313 ATtiny2313	37	38	39	1	5	10	40
2	AT90S8515 AT89S8252 ATmega8515	6	7	8	9	19	20	40
3	AT90S8535 ATmega16 ATmega32 ATmega8535	6	7	8	9	13	11, 31	10,30
4	ATmega8 ATmega48 ATmega88 ATmega168 ATmega328	29	30	31	1	9	8, 22	7, 32
5	ATtiny12 ATtiny13 ATtiny15	37	38	39	1	2	4	40

# СХЕМА АДАПТЕРА ДЛЯ ПРОГРАМУВАННЯ AVR МК КОМПАНІЇ ATMEL



# СХЕМА КОМУТАТОРА ZIF ПАНЕЛІ ПРОГРАМУВАННЯ AVR



Дякую за увагу !