

МЕТОД ОПИСУ ІНЖЕНЕРНИХ ЗАДАЧ ЗА ДОПОМОГОЮ УНІВЕРСАЛЬНОЇ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ

Вступ

Для створення кінцевого пристрою і написання програми керуючого мікроконтролера першим етапом є осмислення інженерного завдання і опис структури пристрою. Для цього інженер, який є користувачем системи автоматизації програмування, повинен першочергово осмислити який кінцевий результат він хоче побачити при проектуванні пристрою. Процес створення радіоелектронної системи на основі мікроконтролера, з точки зору осмислення принципів її роботи та опису для системи автоматизації проектування, можна розбити на три основних етапи:

1. Визначення вхідних і вихідних пристроїв, які будуть обмінюватися інформацією з кінцевим користувачем системи і навколишнім середовищем.
2. Визначення структури складових частин мікроконтролерної системи.
3. Визначення принципів взаємодії складових частин та загального алгоритму роботи системи.

Класифікація пристроїв, що підключаються до мікроконтролерів

Для визначення вхідних і вихідних пристроїв в першу чергу необхідно класифікувати периферійні пристрої, що підключаються до мікроконтролерів, та можуть бути виконані, як у вигляді зовнішніх пристроїв так і у вигляді вбудованої в мікроконтролер периферії. Класифікація пристроїв за принципами організації зв'язку з мікроконтролером, а також по взаємодії з користувачем і навколишнім середовищем наведена на рис.1.

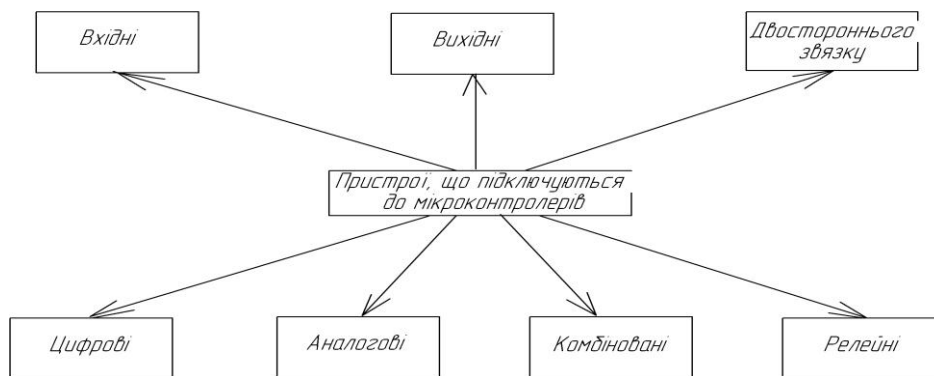


Рис. 1. Класифікація пристроїв, що підключаються до мікроконтролера

Як видно з рисунку пристрої, що підключаються до мікроконтролерів можна розділити на вхідні, вихідні та пристрої двостороннього зв'язку.

Вхідні пристрої здатні лише передавати будь-яку інформацію мікроконтролеру для подальшої обробки. До них можна віднести всі види датчиків, пристрої введення, такі як кнопки, клавіатура, до них можна також віднести компаратори, АЦП, ЦАП (у разі підключення їх виходів до мікроконтролера) і т.д.

До вихідних пристроїв відносяться пристрої здатні тільки виводити дані. До них відносяться різні типи індикаторів (світлодіоди, рідкокристалічні індикатори, сімисегментні індикатори, дисплеї), виконавчі пристрої (електромеханічні, електричні і т.д.), АЦП, ЦАП, регістри (у разі підключення їх входів до мікроконтролера) і т.д.

До пристроїв двостороннього зв'язку можна віднести різні види зовнішньої та вбудованої пам'яті і інші пристрої, які дозволяють проводити обмін даними з мікроконтроллером за стандартними шинами обміну [1].

Опис периферійних пристроїв за допомогою універсальної мови програмування мікроконтролерів

За допомогою запропонованих в [2 – 6] методів опису структури мікроконтролерів і периферійних пристроїв, що входять в його склад можна описувати будь-який тип периферійних пристроїв, що підключаються до різних мікроконтролерів. В кінцевому програмному комплексі для цих цілей використовується файл, що містить докладний опис принципів роботи периферійних пристроїв `device.dat`. Тому користувач/інженер може в програмному комплексі вибирати зі списку необхідний йому тип пристрою, а в разі необхідності конкретний пристрій для подальшого його підключення до мікроконтролера. Завдяки відкритій архітектурі файлу опису пристроїв, а також наявності вбудованих інструментів створення і редагування опису пристроїв, існує можливість додавання як нових типів пристроїв так і нових конкретних пристроїв, що випускаються різними виробниками.

Для вирішення завдання реалізації першого етапу процесу створення радіоелектронної системи на основі мікроконтролера, з точки зору осмислення принципів її роботи та опису для системи автоматизації проектування, тобто визначення вхідних і вихідних пристроїв, які будуть обмінюватися інформацією з кінцевим користувачем системи і навколишнім середовищем, у програмному комплексі передбачена можливість вибору і додавання пристроїв в проект. З точки зору програмної реалізації дана процедура відбувається шляхом додавання в проект нового об'єкта, що має певну архітектуру, властивості і функції для управління ним і реалізації взаємодії з мікроконтроллером.

Наприклад, термопара, яка за запропонованою класифікацією відноситься до вхідного аналогового пристрою, описується таким чином:

Thermocouple:

Type, commands, tmin, Udt, tmax, gisteresise, dt, gisk, pins.

Після додавання в проект цей об'єкт має такі функції для процедури управління ним і реалізації взаємодії з мікроконтроллером:

overload (true, false) – вихід за верхню межу t°

notload (true, false) – вихід ха нижню межу t°

work (true, false) – режим нормальної роботи

readtemp – функція читання t°

На другому етапі користувач / інженер вказує структуру взаємодії запропонованих пристроїв з мікроконтроллером. З математичної точки зору це відбувається як присвоєння доступним для даного об'єкта параметрами і функціями певних значень, які необхідні для подальшого вибору мікроконтролера і створення блоків ініціалізації пристроїв у коді програми мікроконтролера, а також включення переривань.

Як приклад розглянемо підключення конкретного типу термопари (не задаючись конкретною моделлю даного пристрою для більшої гнучкості використання моделей в кінцевій мікроконтролерній системі) до мікроконтроллера для введення з навколишнього середовища значення температури, яка змінюється в діапазоні від 0 до 100°C . При цьому будемо вважати, що коефіцієнт термоЕРС даного типу термопари дорівнює $50 \text{ мкВ}/^{\circ}\text{C}$, при мінімальній вимірюваній температурі (тобто при 0°C) вихідна напруга має значення 100 мВ , похибку вимірювання приймемо $0,1^{\circ}\text{C}$ для спрощення завдання будемо вважати, що ефект гістерезиса для

даної терморпарі відсутній. У цьому випадку об'єкт `thermocouple` буде мати наступні значення параметрів:

```
Type = analog
commands = no
tmin = 0
Udt =50(мкВ/°С)
tmax =100
gisteresise = none
u0=100(мВ)
dt =0.1
gisk = 0
pins = 2
```

На третьому етапі процесу створення радіоелектронної системи на основі мікроконтролера, з точки зору осмислення принципів її роботи та опису для системи автоматизації проектування користувач / інженер визначає принципи взаємодії складових частин та загальний алгоритм роботи системи.

Приклади реалізації введення інженерних задач в систему автоматизації програмування

Пропонується для опису функціонування розроблюваної мікроконтролерної системи використовувати описану в [2 – 6] універсальний алгоритмічний мову програмування мікроконтролерів шляхом вказання логічних взаємозв'язків між об'єктами прив'язаними до конкретних пристроїв підключеним користувачем на попередніх етапах планування завдання. Опис проводиться за допомогою встановлення чіткого взаємозв'язку вхідних і вихідних пристроїв з використанням, в якості посередника, мікроконтролера. Взаємозв'язок описується шляхом встановлення умовних зв'язків між об'єктами з допомогою, в першу чергу, оператора умови (`if`) і оператора присвоєння (`=`), а також за допомогою мінімального набору функцій і процедур універсальної алгоритмічної мови програмування мікроконтролерів. Як приклад розглянемо опис двох мікроконтролерних систем, в яких використовуються різні види вхідних і вихідних пристроїв.

Перша система, яка пропонується до розгляду як приклад, термометр з індикацією температури на текстовому однорядковому монохромному дисплеї. Система складається з чотирьох основних елементів:

- терморпарі (властивості, параметри і функції якої розглянуті вище);
- кнопки включення / виключення, яка описана у вигляді вхідного цифрового релейного пристрої з єдиним параметром `pin_in` дозволяє встановити в одиницю або скинути в нуль вхід порту мікроконтролера;
- монохромного однорядкового восьмисимвольного текстового дисплею, об'єкта типу `display`, який описаний у вигляді вихідного цифрового паралельного пристрою;
- безпосередньо керуючого мікроконтролера.

При цьому вважаємо, що система вимірює температуру від 0 до 100 °С з кроком 0,5 °С за допомогою терморпарі, значення температури виводиться на дисплей у вигляді числа з комою тобто у форматі від 1 до 3 цифр до коми, сама кома, одна цифра після коми і значок градуса Цельсія, який складається з двох символів "°" і "C". Кнопка використовується для включення і виключення розроблюваної системи.

У цьому випадку алгоритм роботи даної мікроконтролерної системи матиме такий вигляд (рис. 2):

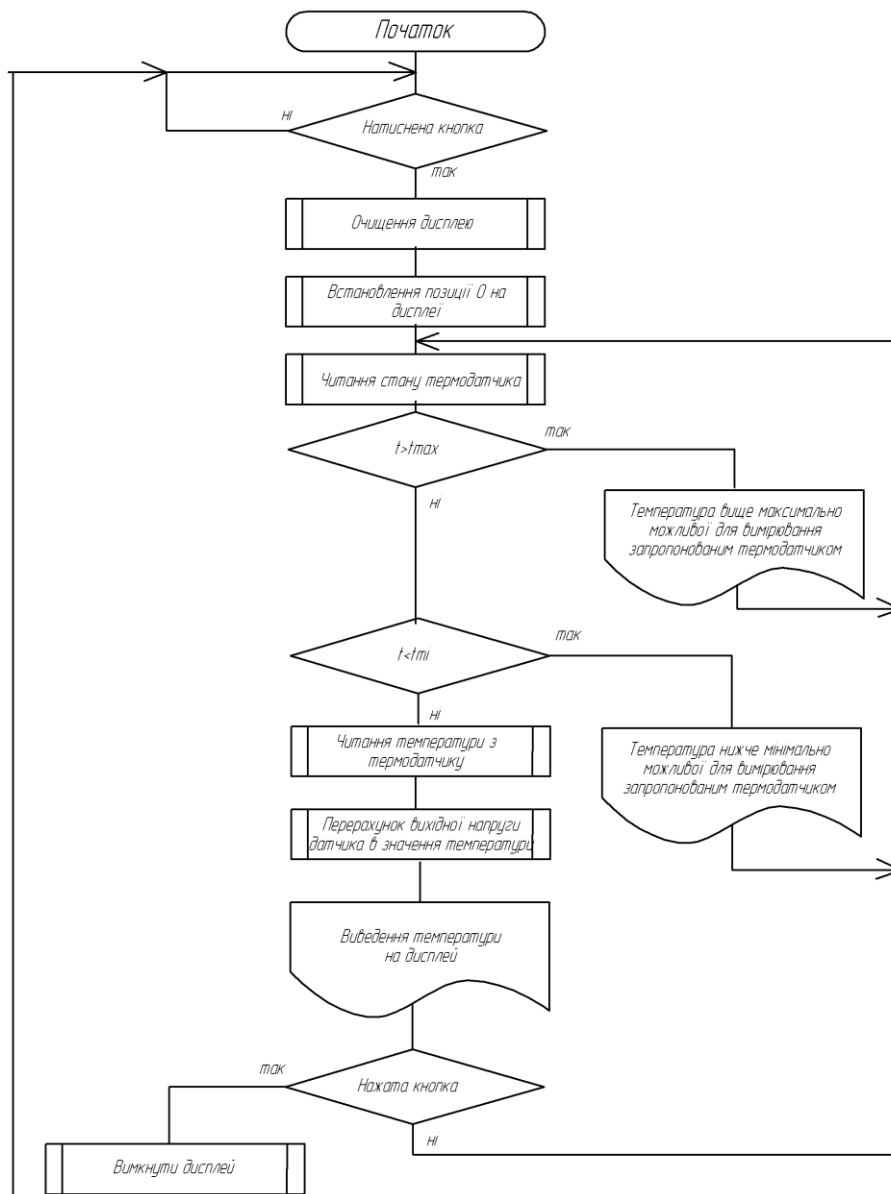


Рис. 2. Алгоритм роботи термометра з індикацією температури на текстовому однорядковому монохромному дисплеї

Універсальною алгоритмічною мовою програмування (УМП) даний алгоритм роботи пристрою з урахуванням введених пристроїв у вигляді об'єктів буде описаний інженером в наступному вигляді:

```

m2: if sw1.swon = true then
    pause(500)
endif
if sw1.swof = true then
    display1.positionset = 0
m1: if thermocouple1.work then
    if thermocouple1.overload = true then
        display1.positionset = 7
        display1.load text = 'temp > max'
        goto m1
    endif
  
```

```

    if thermocouple1.notload = true than
display1.positionset = 7
    display1.load text = 'temp < min'
        goto m1
    endif
    s = thermocouple1.readtemp
temp = S/termocople1.Udt
display1.positionset = 6
If temp < 100 then
Display1.setsimbol = ' '
endif
t= int(temp/100)
if t <>0 then display1.setsimbol = simb(t)
endif
    display1.position set = 5
If temp < 10 then
display1.setsimbol = ' '
endif
temp = temp-t*100
t=int(temp/10)
if t >=10 then
display1.setsimbol =simb(t)
endif
display1.positionset = 4
temp = temp - t*10
t = int (temp)
display1.setsimbol = simb (t)
display1.positionset = 3
display1.setsimbol = '.'
display1.positionset =2
temp=temp - t
t=int(temp*10)
display1.setsimbol = simb (t)
display1.positionset = 1
display1.setsimbol = 'o'
display1.positionset = 0
display1.setsimbol ='C'
endif
if sw1.swon=true then
display1.dispon=false
pause(500)
go to m2
endif
goto m1

```

З прикладу видно, що інженеру немає необхідності вникати в тонкощі перетворення аналогового сигналу з виходу термопар в значення температури, а також в особливості системи команд управління дисплеєм, а можна використовувати тільки функції об'єктів thermocouple і display.

Друга система, яку ми розглянемо в якості прикладу, представляє електронний замок, який працює з використанням електронних смарткарт і управляє електронним замком і двома світлодіодами (червоним і зеленим), які індицирують стан замку.

Система складається з п'яти основних елементів:

- картоприймача / роз'єму для підключення смарткартки з контактом визначальним наявність картки (в даному випадку не дивлячись на пасивність цього пристрою воно описується як цифрове послідовне пристрій двостороннього зв'язку т.к. увазі підключення смарткартки, яка як передає так і приймає цифрову інформацію з мікроконтролера) об'єкт smartcard;

- двох світлодіодів, які описані як вихідні цифрові релейні пристрої з єдиним параметром pin_out, що дозволяє включатися якщо вихід порту мікроконтролера дорівнює одиниці і вимикатися якщо вихід порту дорівнює нулю;

- електро-механічного замка, (в електронній схемі буде виконуватися тільки роз'єм для його підключення) який працює як реле і отже описаний у вигляді вихідного цифрового релейного пристрою єдиним параметром pin_out (зелений світлодіод за бажанням інженера можна запаралелить із замком);

- енергонезалежної пам'яті, що зберігає набір дампов пам'яті дозволених карт, яка описана як послідовне пристрій двостороннього зв'язку, об'єкти типу eeprom (пам'ять може бути реалізована як всередині мікроконтролера так і зовні у вигляді окремої мікросхеми);

- безпосередньо керуючого мікроконтролера.

При цьому вважаємо, що в початковому стані загоряється червоний світлодіод, система в разі наявності картки в роз'ємі (це визначається наявністю сигналу на контакті картоприймача) виробляє читання дампа пам'яті картки, а також реалізує алгоритм аутентифікації карти challenge / response і порівнює зчитаний дампов з дозволеними дампами для доступу, які зберігаються в незалежній пам'яті. Якщо дампов, зчитаний з карти, збігається з яким-небудь дампом, що зберігаються в пам'яті, і карта пройшла алгоритм аутентифікації, то червоний світлодіод гасне, а загоряється зелений і разом з тим подається сигнал на вхід електро-механічного замка, який після цього відкривається. Після відкриття система відміряє 10 с, після чого замок закривається, зелений світлодіод гасне і спалахує червоний і система переходить в початковий стан.

У цьому випадку алгоритм роботи даної мікроконтролерної системи матиме такий вигляд (рис. 3):

Універсальною алгоритмічною мовою програмування даний алгоритм роботи пристрою з урахуванням введених пристроїв у вигляді об'єктів буде описаний інженером у вигляді

```
lock1.pin_out=false
vs1. pin_out=true
vs2. pin_out= false
m:8
if cardreader1.cardset =true then
  cardreader1. reset-
  byte = 0
m2:if bit<128 then
  bit=0
  byte=byte +1
  card =dump[byte]=0
m1: if <8 then
  card_dump[byte]=card_dump[byte]*2+cardreader1.read
  bit = bit+1
  goto m1
endif
goto m2
endif
```

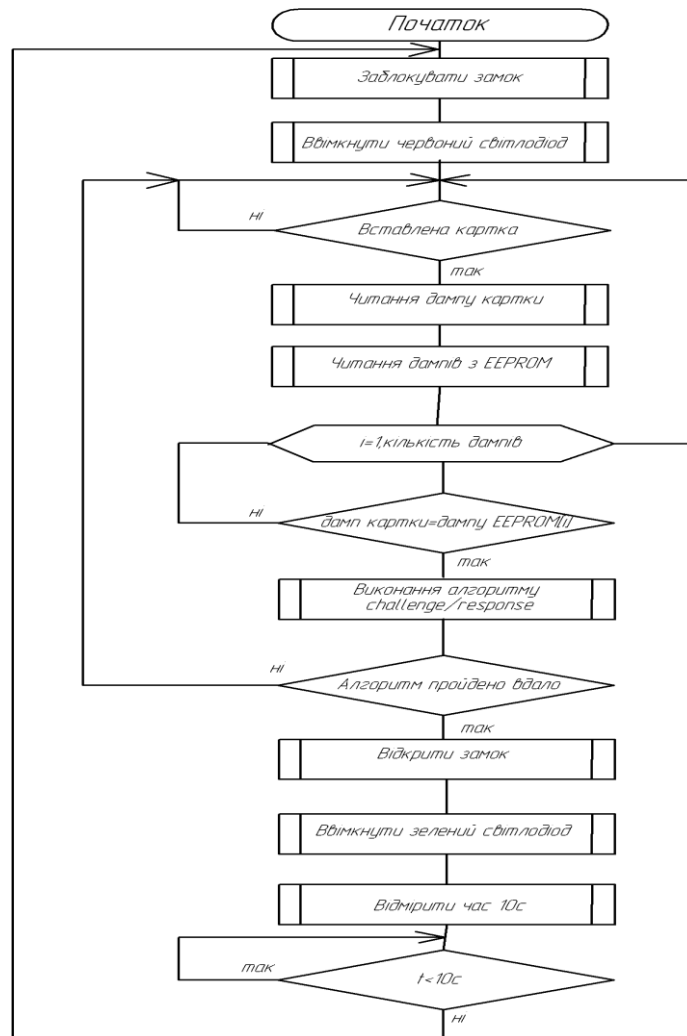


Рис. 3. Алгоритм роботи електронного замка

```

num =0
eeprom1.setadd=0
m4: if num<16 then
  byte =0
  num=num+1
m3: byte=byte<128 then
  byte=byte+1
  ee_dump[num,byte] =eeprom1.readword
  ee_prom1.set add=eeprom1.get add+1
  goto m3
endif
goto m4
endif
m5: if num<16 then
  byte =0
  num=num+1
m5: if byte<128 then
  byte=byte+1
  if card_dump[byte]<>ee_dump [num,byte] then

```

```

    goto m5
endif
    goto m6
endif
    goto m7
end if
    goto m8
m7: byte =0
    cardreader1.next
m14: if byte <14 then
    byte=byte+1
    bit=0
m13: if bit <8 then
    t=cardreader1.read
    if byte =13 then
    if byte =3 then
    cardreader1.write
    ch[1]=08
    ch[2]=12
    ch[3]=19
    ch[4]=81
    need[1]=22
    need[2]=06
    need[3]=19
    need[4]=41
    i=0
m10: if i<4 then
    j=0
    i=i+1
m9: if j<8 then
    t=ch[i] and 128
    cardreader1.pin[io]=t
    ch[i]=ch[i]*2
    j=j+1
    goto m9
endif
    goto m10
endif
    i=0
m12: if i<4 then
    j=0
    i=i+1
    resp[i]=0
m11: if j<8 then
    cardreader1.write
    t=cardreader1.pin[io]
    resp[i]=resp[i]*2+t
    j=j+1
    goto m11
endif
    goto m12

```



```

endif
goto m13
end if
goto m14
end if
i=0
m15: if i<4 then
i=i+1
if resp[i]<>need[i] then
goto m8
endif
goto m15
endif
lock1.pin_out=true
vs1.pin_out=false
vs2.pin_out=true
pause(10000)
goto m8

```

З цього прикладу також видно, що інженеру немає необхідності вникати в тонкощі обміну даними між пам'яттю і мікроконтроллером, а також процесом роботи мікроконтроллера зі смарткарти, а просто використовуються функції об'єктів eergom і smartcard.

Висновки

Запропонований метод дозволяє описувати інженерну задачу у вигляді програми на УМП, що дозволяє далі шляхом трансляції проводити автоматизовану генерацію тексту програми обраного мікроконтроллера. На відміну від раніше запропонованих методів дозволяє не прив'язуватися до окремих фірм виробників периферійних пристроїв та мікроконтролерів, що, в свою чергу, дозволяє отримати оптимальне схемотехнічне рішення інженерної задачі з мінімальними витратами для виробника.

Список літератури: 1. *Сташин, В.В.* и др. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах / В.В. Сташин, А.В. Урусов, О.Ф. Мологонцева. – М. : Энергоатомиздат, 1990 – 223с. 2. *Vladimir Krischuk, Alexandr Maly.* Development of methods of designing of means of the automatized creation of the programs of microcontrollers in difficult electronic systems // The expirience of disigning and aplication of CAD Systems in Microelectronic. – Lviv, Ukraine, 2005, p. 279-280 3. *В.М. Крищук, О.Ю. Малий.* Універсальна алгоритмічна мова програмування мікроконтролерів // Тези доповідей Міжнарод. наук.-практ. конф. “Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіоелектроніки, телекомунікацій та інформаційних технологій”, Запоріжжя, Україна, 2006. – С. 152-153 4. *Alexandr Maly, Volodimir Krischuk* The dynamic description of system of instructions of microcontrollers // CADSM-2007, Polyana, 21-25 Feb.2007 5. *Малий, О.Ю.* Універсальна алгоритмічна мова програмування мікроконтролерів / В.М. Крищук, О.Ю. Малий, О.Ю. Воропай // Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. – 2009. – №2. – С. 115-120. 6. *Малий, А.Ю.* Математическое обеспечение автоматизации разработки и проверки программ микроконтроллеров / А.Ю. Воропай, В.Н.Крищук, А.Ю. Малий // Радіотехніка. – 2009. –№3 – с. 165-169 11. *Малий, О.Ю.* Розробка методів універсалізації програмування мікроконтролерів різних сімейств / А.Ю. Малий // Радіотехніка. – 2009. –№4 – с. 210-225

Запорізький національний технічний університет

Надійшла до редколегії 11.04.2012