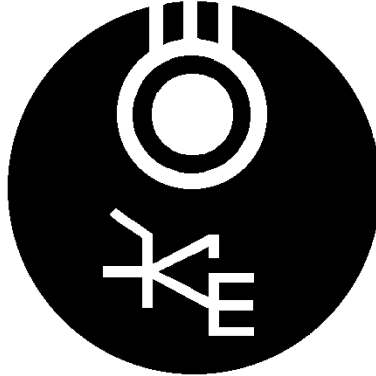


П.І.Б. _____
Група _____
Варіант _____
Відмітка про залік:



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи МПП-8
“МЕТОДИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ОБРОБКИ ЧАСТОТНИХ
І ЧАСОВИХ СИГНАЛІВ”,
індивідуальних завдань та самостійної роботи
з професійно-орієнтованої дисципліни
“Мікропроцесорні пристрої”

для студентів спеціальності 7.092203 “Електромеханічні системи автоматизації
та електропривод” напрямку “Електромеханіка”

Міністерство освіти і науки України
Національний гірничий університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи МПП-8 “Методи організації та обробки частотних і часових сигналів”, індивідуальних завдань та самостійної роботи з професійно-орієнтованої дисципліни “Мікропроцесорні пристрої” для студентів спеціальності 7.092203 “Електромеханічні системи автоматизації та електропривод” напряму "Електромеханіка”

Дніпропетровськ
НГУ
2015

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи МПП-8 “Методи організації та обробки частотних і часових сигналів”, індивідуальних завдань та самостійної роботи з професійно-орієнтованої дисципліни “Мікропроцесорні пристрої” для студентів спеціальності 7.092203 “Електромеханічні системи автоматизації та електропривод” напряму “Електромеханіка” / Упорядн.: В.І. Кириченко, О.А. Яланський, В.Г. Алпаєв.

– Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2006. – 25 с.

Упорядники: В.І. Кириченко, д-р техн. наук, проф.

О.А. Яланський, канд. техн. наук, доц.

В.Г. Алпаєв, молодш. наук. співробітник

Відповідальний за випуск завідувач кафедри електричного приводу

О.С. Бешта, д-р техн. наук, проф.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ЗМІСТ САМОСТІЙНОЇ ТА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБІТ	5
1.1. Самостійна робота.....	5
1.2. Лабораторна робота	5
Програма виконання	6
Вказівки щодо складання звіту	6
2. МЕТОДИ ОРГАНІЗАЦІЇ І ОБРОБКИ ЧАСТОТНИХ І ЧАСОВИХ СИГНАЛІВ.....	6
3. ТАЙМЕРИ/ЛІЧИЛЬНИКИ.....	8
3.1. Склад та організація роботи таймерів/лічильників	8
3.2. Регістри керування таймерами/лічильниками.....	9
3.3. Робота таймерів/лічильників у різних режимах.....	11
4. РОЗРАХУНОК ПОЧАТКОВОГО ВМІСТУ РЕГІСТРОВОЇ ПАРИ ТАЙМЕРА/ЛІЧИЛЬНИКА, ВИКОРИСТАНОГО ЯК ТАЙМЕР	14
ПРИКЛАДИ ТИПОВИХ ПРОГРАМ	15
Приклад 1	15
Приклад 2	18
Приклад 3	20
ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ.....	21
ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	22
Індивідуальні завдання низького рівня складності	22
Індивідуальні завдання середнього рівня складності.....	22
Індивідуальні завдання підвищеного рівня складності.....	22
Додаток А	23
Список рекомендованої літератури.....	24

ВСТУП

Мета самостійної та лабораторної робіт – поглиблення знань з дисципліни “Мікропроцесорні пристрої” шляхом теоретичного вивчення та отримання навичок програмування контролерів сімейства MCS-51 для обробки частотних і часових сигналів. Для досягнення цієї мети слід засвоїти організацію внутрішньої структури та логіку роботи таймерів/лічильників (Т/С), опис послідовності налагодження їх на певний режим роботи та загальні відомості про можливі варіанти обробки частотних та часових сигналів.

Для практичного засвоєння навчального матеріалу і отримання навичок програмування мікроконтролера 8051АН, а саме організації режимів роботи його таймерів/лічильників для обробки частотних і часових сигналів слід скористатися навчально-налагоджувальним стендом EV8031/AVR, який базується на використанні мікропроцесора 8031 і дає змогу наочно аналізувати результати розроблених програмних засобів.

При розробці програми рекомендується скористатися інтегрованим інструментальним середовищем IDE COMPASS/51, який має у своєму складі усі необхідні інструменти для розробки асемблерних програм від тексту до завантажувального модуля.

1. ЗМІСТ САМОСТІЙНОЇ ТА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБІТ

1.1. Самостійна робота

Самостійна робота полягає у вивченні теоретичного матеріалу, який викладений у даних методичних вказівках. Слід ознайомитися з режимами роботи таймерів/лічильників, загальними принципами вимірювання частоти та періоду дискретних сигналів, а також із особливостями використання зовнішніх генераторів змінної і фіксованої частот як джерел зовнішніх подій. Після засвоєння матеріалу слід відповісти на запитання самоперевірки та виконати індивідуальне завдання до самостійної роботи.

1.2. Лабораторна робота

Виконується у комп'ютерних класах кафедри. До виконання допускаються студенти, які ознайомилися із теоретичним матеріалом п.п. 2...3 методичних вказівок та підготували попередній звіт згідно поставлених до нього вимог. Метою роботи є закріплення теоретичних знань та отримання практичних навичок програмування таймерів/лічильників для вимірювання частотних та часових сигналів. Захист роботи – шляхом демонстрації викладачу ефективності розробленого програмного забезпечення відповідно до вибраного рівня складності індивідуального завдання і доказу самостійності розробки при варіативних змінах викладачем умов вибраного завдання. Остаточний захист – шляхом виконання тестової контрольної роботи на ПЕОМ або співбесіди з викладачем.

Програма виконання

- Після засвоєння матеріалу п.п. 2...3 методичних вказівок (МВ) відповісти на запитання самоперевірки.
- Виконати індивідуальний варіант самостійної роботи (номер варіанту повинен збігатися із порядковим номером студента у журналі групи).
- Після ознайомлення із матеріалом п.п. 2...3 та вибору рівня складності індивідуального завдання на виконання лабораторної роботи модифікувати необхідні програмні продукти до вигляду підпрограм.
- На основі розроблених підпрограм та вимог ГОСТ розробити алгоритм та налагодити у середовищі COMPASS/51 необхідне програмне забезпечення відповідно до вибраного рівня складності індивідуального завдання.

Скласти підсумковий звіт і захистити лабораторну роботу відповідно наведених вище умов захисту.

Вказівки щодо складання звіту

Попередній звіт повинен містити:

- Назву, мету та програму роботи.
- Відповіді на запитання самоперевірки.
- Відповіді на запитання індивідуального варіанту самостійної роботи.
- Чернетку з алгоритмом та програмою індивідуального завдання вибраного рівня складності.
- *Підсумковий звіт*, окрім перших трьох пунктів попереднього звіту, повинен містити алгоритм та налагоджену програму індивідуального завдання вибраного рівня складності, перевірені та підписані викладачем.

Увага! Допуском до виконання лабораторної роботи є підготовлений попередній звіт згідно поставлених до нього вимог.

2. МЕТОДИ ОРГАНІЗАЦІЇ І ОБРОБКИ ЧАСТОТНИХ І ЧАСОВИХ СИГНАЛІВ

У системах автоматичного керування часто доводиться вимірювати такі величини як частота f і період T , тривалість τ та зсув фаз ϕ . Для цього застосовується перетворення частота-код. Залежно від того, який саме параметр слід вимірювати застосовують різні методи.

При вимірюванні невідомої частоти f_x здійснюють підрахунок кількості імпульсів вхідного сигналу впродовж фіксованого відрізка часу (рис. 2.1).

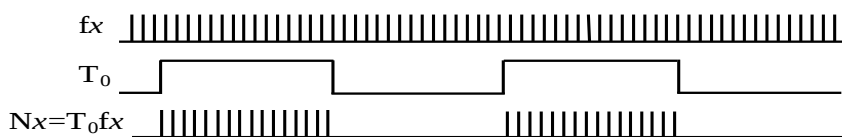


Рис.2.1. Вимірювання частоти підрахунком кількості імпульсів вхідного сигналу

Цей метод вживають для вимірювання частот вище 100 Гц. Вимірювана частота обмежується швидкодією елементів схеми і розрядністю лічильників. Вимірювання частот нижче 100 Гц здійснюють вимірюванням періоду імпульсів T_x (рис.2.2).

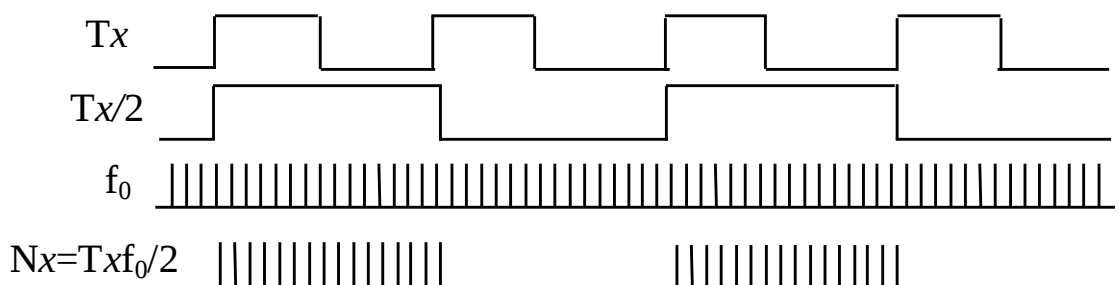


Рис.2.2. Вимірювання періоду проходження методом підрахунку кількості імпульсів відомої частоти

При цьому здійснюють підрахунок імпульсів фіксованої частоти f_0 за інтервал часу, який однаковий або кратний вимірюваному періоду.

Подібним же чином вимірюється тривалість імпульсу τ_x . Відмінність полягає лише в тому, що при вимірюванні тривалості імпульсу частоту ділити на 2 не слід.

При вимірюванні зсуву фаз часовий інтервал τ_ϕ формують шляхом кон'юнкції сигналів f_{1x} і f_{2x} (рис. 2.3). Отриманий інтервал часу вимірюють описаним вище методом.

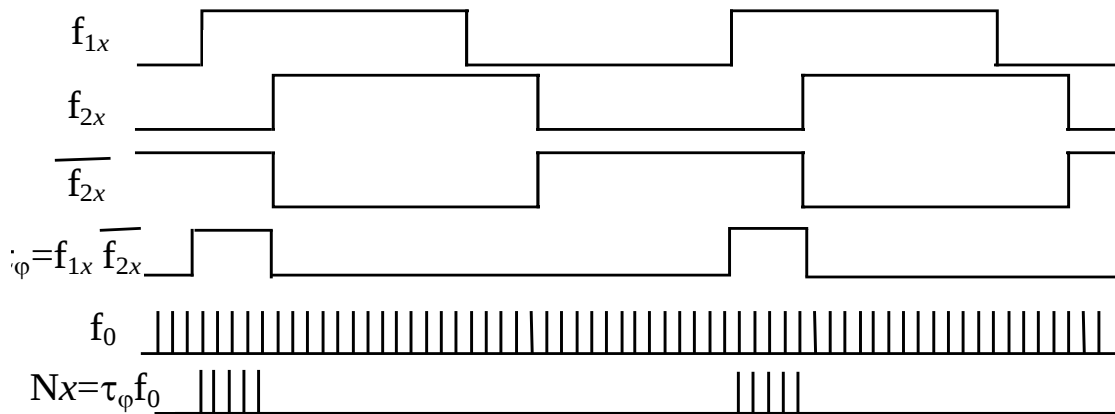


Рис.2.3. Вимірювання зсуву фаз імпульсів

Схеми організації такого алгоритму наведені на рис. 2.4.

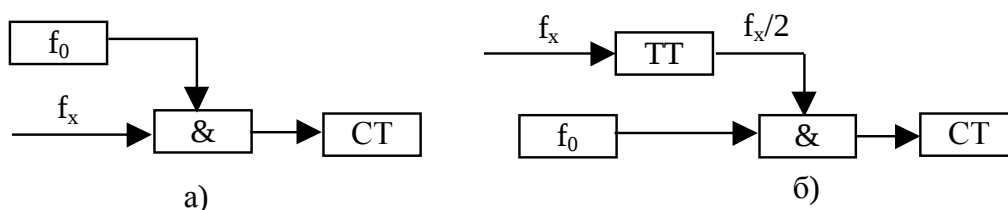


Рис.2.4. Схеми для вимірювання частоти (а – низької, б – високої)

У лабораторному стенді для виконання цих робіт з плати розширення до входу OEOM T0 підключений генератор постійної, а до входу T1 – змінюваної частоти. Сигнали цих генераторів спостерігають на осцилографі, підключеному до BNC роз'єднувача. Для спостереження сигналу T0 слід замкнути переключальник J1, а для T1 – переключальник J3 (див. схему плати розширення у додатку А). Для обробки подібних сигналів в MCS-51 передбачені два 16-розрядні таймери/лічильники, функції і режими роботи яких розглянуто далі.

3. ТАЙМЕРИ/ЛІЧИЛЬНИКИ

3.1. Склад та організація роботи таймерів/лічильників

До складу блоку таймерів/лічильників входять:

- два 16-розрядних регістри T/C 0 та T/C 1;
- 8-ми розрядний регістр режимів TMOD (Timer/Counter Mode);
- 8-ми розрядний регістр керування TCON (Timer/Counter Control);
- схема інкрементування;
- схема фіксації сигналів на входах INT0, INT1, T0, T1;
- схема керування прапорами;
- логіка керування таймерами/лічильниками.

Таймери/лічильники побудовані на програмно-доступних регістрових парах T/C 0 (старший регістр TH0 та молодший TL0) і T/C 1 (відповідно TH1, TL1), які розміщені в області регістрів спеціальних функцій (SFR – Special Function Registers). Обидва програмовані таймери/лічильники (T/C 0 і T/C 1) можуть бути використані як таймери або лічильники зовнішніх подій і виконують функції збереження вмісту рахунку.

При використанні в якості таймера вміст T/C інкрементується в кожному машинному циклі, тобто через кожні 12 періодів частоти резонатора. В режимі лічильника зовнішніх подій вміст T/C інкрементується при переході зовнішнього вхідного сигналу, який подається на відповідний (T0, T1) вивід мікроконтролера MCS-51, із 1 в 0. Опитування стану зовнішнього вхідного сигналу здійснюється в момент часу S5P2 (рис. 3.1) кожного машинного циклу.

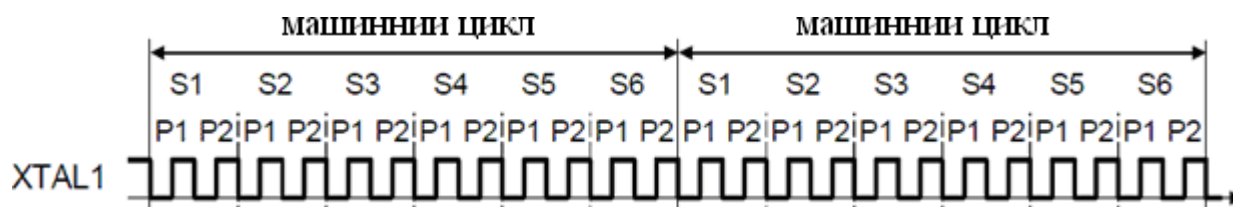


Рис.3.1. Тактові імпульси, стану і машинні цикли

Вміст лічильника буде збільшений на 1 у випадку, коли в попередньому машинному циклі був вхідний сигнал високого рівня (1), а в наступному – низького (0). Нове (збільшене на 1) значення лічильника буде сформовано у момент S3P1 в наступному циклі по відношенню до того, коли зафіксовано перехід сигналу з 1 в 0. Оскільки для розпізнавання цього переходу необхідні два машинні цикли, то максимальна частота вхідних сигналів не повинна переви-

щувати 1/24 частоти резонатора. Отже, для гарантованого підрахунку сигнал джерела зовнішніх подій повинен утримувати значення 1 як мінімум впродовж одного машинного циклу. Обмеження знизу на частоту входних сигналів відсутнє.

3.2. Регістри керування таймерами/лічильниками

У керуванні режимами роботи Т/С 0 і Т/С 1 беруть участь регістр режимів TMOD (Timer/Counter Mode) з адресою 89H та регістр керування TCON (Timer/Counter Control) з адресою 88H. Обидва регістри керування (TMOD, TCON) розташовані в області адрес SFR і програмно доступні.

Регістр TMOD розбитий на дві тетради: молодша керує таймером/лічильником Т/С 0, а старша – Т/С 1. Позначення розрядів регістра TMOD наведено у табл.3.1, а їх призначення – у вигляді даних табл.3.2.

Таблиця 3.1

Позначення розрядів регістру режимів TMOD

Біт	7	6	5	4	3	2	1	0
Позначення	GATE1	C/T1	M1.1	M0.1	GATE0	C/T0	M1.0	M0.0

Таблиця 3.2

Призначення розрядів регістру режимів TMOD

Біт	Позначення	Призначення бітів			Примітка
0, 4	M0 (M0.0 – для Т/С 0) (M0.1 – для Т/С 1)	Визначають один із 4-х можливих режимів роботи (окремо для таймерів /лічильників Т/С 1 та Т/С 0)			Всі біти встановлюються програмно. Біти 0...3 визначають режим роботи таймера/лічильника Т/С 0, а біти 4...7 – Т/С 1.
1, 5	M1 (M1.0 – для Т/С 0) (M1.1 – для Т/С 1)				
		M1	M0	Режим	
		0	0	0	
		0	1	1	
		1	0	2	
		1	1	3	
2, 6	C/T 0				

Символ	Позиція	Ім'я і призначення
GATE	TMOD.7 для T/C1 TMOD.3 для T/C0	Біт дозволу на керування таймером від зовнішніх виводів ($\overline{INT0}$ – для T/C0, $\overline{INT1}$ – для T/C1). GATE=0 – керування заборонене GATE=1 – керування дозволене
C/T	TMOD.6 для T/C1 TMOD.2 для T/C0	Біт вибору режиму таймера або лічильника подій. Якщо біт скинений в 0, то працює таймер від внутрішнього джерела сигналів синхронізації. Якщо біт встановлений в 1, то працює лічильник зовнішніх сигналів на вході "Tx"
M1	TMOD.5 для T/C1 TMOD.1 для T/C0	Режим роботи (див. примітку)
M0	TMOD.4 для T/C1 TMOD.0 для T/C0	
Примітка		
M1	M0	Режим роботи
0	0	"TLx" працює як дільник на 32
0	1	16-бітовий таймер/лічильник. "THx" і "TLx" увімкнені послідовно.

1	0	8-бітовий автоперезавантажувальний таймер/лічильник. "ТНх" зберігає значення, яке повинне бути перезавантаженим в "ТLх" кожного разу при переповненні.
1	1	Таймер/лічильник ТC1 зупиняється. Таймер/лічильник ТC0 працює як два незалежні пристрої. Пристрій на регістрі TL0 працює як 8-бітовий таймер/лічильник і його режим визначається бітами керування ТC0. Пристрій на основі використання регістру ТН0 працює лише як 8-бітовий таймер і його режим визначається бітами керування ТC1.

У керуванні режимом роботи Т/С 0 і Т/С 1 бере участь старша тетрада регістру TCON. Біти цієї тетроди забезпечують запуск та зупинку таймерів/лічильників, а також інформують про їх переповнення. Молодша тетрада регістру TCON використовується в роботі системи переривань.

Окрім того, регістр TCON знаходиться ще і в області BSEG (Bite Segment – простір бітової пам'яті даних) і тому має програмно доступні біти. Старша тетрада регістра TCON, призначення розрядів якої приведено в табл. 3.1, містить біти дозволу рахунку TRx (TimerRun, x=0 або 1) і прапори переповнювання TFx (Timer overflow Flag) таймерів/лічильників Т/С 0 і Т/С 1.

Кожний таймер/лічильник містить рахунковий регістр (ТНх, ТLх) з підключеним до нього прапором переповнювання TFx і логіку керування. Рахункові регістри працюють тільки в режимі підсумовування, а при переході зі стану «всі одиниці» у стан «всі нулі» встановлюють прапор переповнювання TFx=1. Якщо переривання від відповідного таймера/лічильника ТCх дозволено, то установка прапора переповнювання викликає переривання. Прапор переповнювання TFx скидається апаратно при передачі керування перериваючій програмі. Прапори TFx програмно доступні і можуть бути встановлені або скинені програмою.

Логіка керування встановлює функцію, яку виконує Т/С: таймер або лічильник, а також виконує запуск або зупинку рахунку програмним (установкою біта TRx) або апаратним (сигналом з виводу INTx мікроконтролера) способом. Функція таймера полягає у рахунку імпульсів, що слідує з фіксованою частотою $f_{osc}/12$, тобто $1/12$ частоти тактуючого пристрою (при $f_{osc} = 12$ МГц період імпульсів рівний 1 мкс). Лічильник рахує кількість переходів з 1 в 0 на входах T0 і T1 мікроконтролера.

В табл.3.2 наведені комбінації бітів M1.x і M0.x для кожного режиму роботи таймера/лічильника.

Таблиця 3.2.

Регістр керування/статусу таймера TCON

Регістр керування таймерами/лічильниками й перериваннями TCON		
Позначення	Номер біта	Призначення
TF1	TCON.7	Прапор переповнення таймера/лічильника 1. Встановлюється та скидається апаратно і програмно. Доступний для читання.
TR1	TCON.6	Біт керування таймером/лічильником 1. Встановлюється і скидається програмно для пуску або зупинки таймера/лічильника 1. TR1=1 – пуск, TR1=0 – зупинка.
TF0	TCON.5	Прапор переповнення таймера/лічильника 1. Встановлюється та скидається апаратно і програмно. Доступний для читання.

TR0	TCON.4	Біт керування таймером/лічильником 0. Встановлюється/скидається програмно для пуску/зупинки таймера/лічильника 1. TR0=1 – пуск, TR0=0 – зупинка.
IE1	TCON.3	Прапор запиту зовнішнього переривання $\overline{INT1}$. Біт скидається, встановлюється апаратно й програмно.
IT1	TCON.2	Керування типом переривання $\overline{INT1}$. Встановлюється/скидається програмно для вибору фронту/низького рівня як джерела переривання $\overline{INT1}$. IT1=1 – переривання по фронті, IT1=0 – переривання за рівнем.
IE0	TCON.1	Прапор запиту зовнішнього переривання $\overline{INT0}$. Біт скидається, встановлюється апаратно й програмно.
IT0	TCON.0	Керування типом переривання $\overline{INT0}$. Встановлюється/скидається програмно для вибору фронту/низького рівня як джерела переривання $\overline{INT0}$. IT0=1 – переривання по фронті, IT0=0 – переривання за рівнем.

3.3. Робота таймерів/лічильників у різних режимах

Обидва таймери/лічильники можуть працювати в трьох режимах (0, 1 і 2). Режим кожного таймера/лічильника встановлюється бітами M1.x і M0.x. В режимі 3 працює тільки таймер/лічильник TC0, використовуючи частину біт керування TC1.

Режим 0 (рис.3.2). В цьому режимі регістр рахунку має довжину 13 розрядів (8 розрядів регістра THx і 5 молодших розрядів регістра TLx). Три старші розряди регістра TLx ігноруються. Сигнал переповнювання лічильника фіксується прапорцем TFx. Система керування таймером/лічильником містить логіку дозволу рахунку та перемикач S1 (мультиплексор, керований логікою дозволу рахунку). Біт T/Cx регістру TMOD, що керує перемикачем S1, дозволяє встановити режим таймера або лічильника. Логіка дозволу рахунку містить логічні елементи DD1 і DD2. Вона дозволяє виконати програмне (GATE=0) або апаратне (GATE=1) керування рахунком. Програмне керування виконується бітом дозволу рахунку TRx при встановленні GATE=0, який блокує вхід INTx. Рахунок дозволяється при TRx=1. Апаратне керування дозволом рахунку виконується зовнішнім керуючим сигналом, що подається на вхід INTx при встановленні GATEx=1 і TRx=1. Рахунок дозволяється при INTx=1.

Режим 1 (рис.3.2). відрізняється від режиму 0 використанням 16 розрядного рахункового регістра. Логіка керування в режимах 1 і 0 однакова.

Режим 2 відрізняється від режиму 1 використанням автозавантаження рахункового регістра (рис.3.3). В цьому режимі регістр TLx працює як 8-розрядний рахунковий регістр, а THx – як регістр зберігання байта. Сигнал переповнювання рахункового регістра TLx не тільки встановлює біт переповнювання TFx, але і перезавантажує регістр TLx (відкриває ключі D1) вмістом регістра THx, автоматично виконуючи підготовку до нового циклу рахунку. Вміст регістра THx при цьому не змінюється. При виконанні функції таймера, переривання слідує з періодом, визначуваним вмістом регістра TH0. Режим 2 ви-

користовується, як правило, для організації циклічних процесів з фіксованим значенням часу циклу. Так, якщо запрограмувати T/C0 як таймер в режимі 2, наприклад, послідовністю команд:

```
MOV TMOD #00000010B
SETB TR0
MOV TH0, #131
MOV TL0, #131 ;занести в регістр TH0 значення 131
SETB ET0      ;і дозволити переривання,
SETB EA
```

то перериваюча підпрограма, асоційована з перериванням від таймера/лічильника T/C0, при частоті тактового генератора 12 МГц буде виконуватися періодично з інтервалом 125 мікросекунд, оскільки період машинного циклу при $f_{osc} = 12$ МГц.

$T_c = 12 / f_{osc} = 1$ мкс. Період повторення $T_{повт} = (256 - 131) * T_c = 125$ мкс.

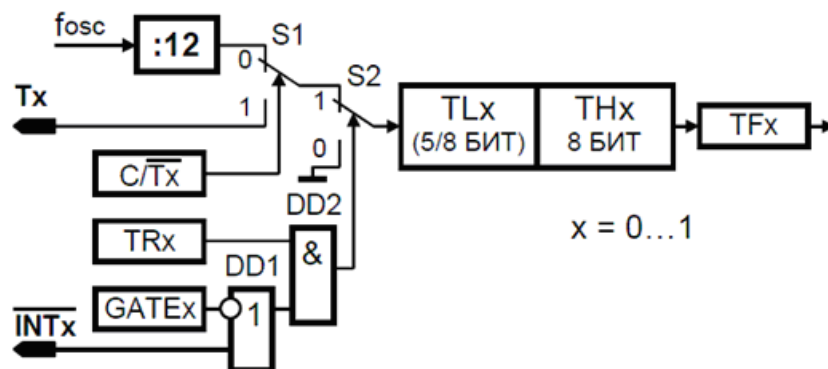


Рис.3.2. Логіка роботи таймерів/лічильників в режимах 1 і 0

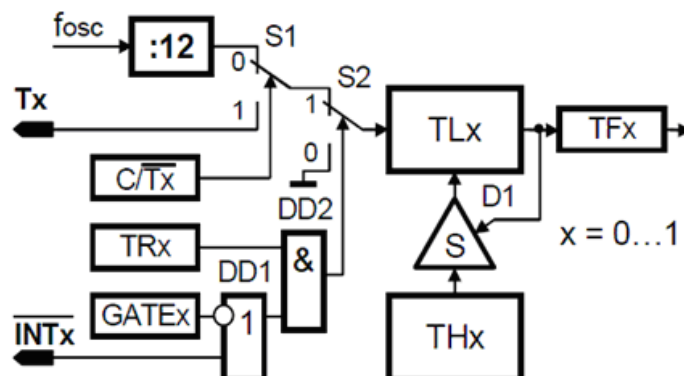


Рис. 3.3. Логіка роботи таймерів/лічильників в режимі 2

Режим 3 призначений для роботи тільки таймера/лічильника TC0. В цьому режимі він є двома 8-розрядними рахунковими регістрами TL0 і TH0, що працюють незалежно один від одного (рис.3.4). Логіка керування роботою рахункового регістра TL0 аналогічна логіці керування в режимі 0. При переповненні TL0 встановлюється прапорець TF0. Рахунковий регістр TH0 працює тільки в режимі таймера. Для керування рахунковим регістром TH0 використовуються біти TR1 і TF1 таймера/лічильника TC1. Сигнал переповнення фіксується прапорцем TF1. Програмний дозвіл рахунку виконується перемикачем S3 (мультиплексор, керований бітом TR1). Рахунок дозволяється при $TR1=1$.

Апаратне керування рахунком відсутнє. Невживані регістри TL1 і TH1 таймера/лічильника TC1 можна використовувати як регістри загального призначення. Режим 3 використовується в тих випадках, коли потрібна наявність додаткового 8-бітового таймера або лічильника подій. Можна вважати, що в режимі 3 МК51 має в своєму складі три таймери/лічильники. В тому випадку, якщо T/C0 використовується в режимі 3, T/C1 може бути увімкнений, вимкнений або може бути використаний послідовним портом як генератор частоти передачі. Він також може бути використаний в будь-якому випадку, коли переривання не є необхідним.

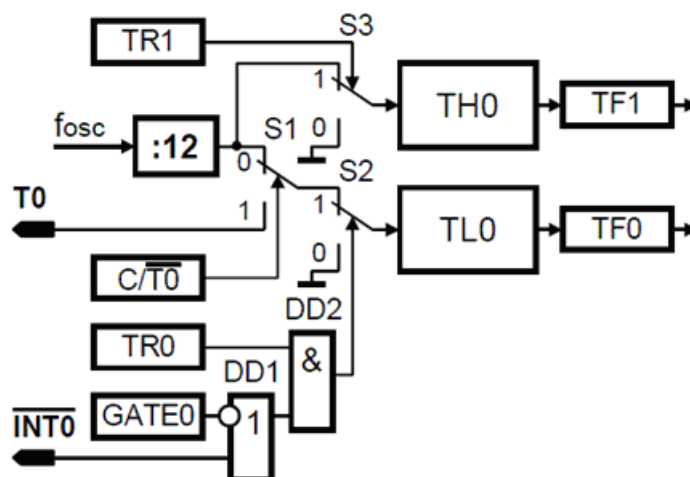


Рис.3.4. Логіка роботи таймерів/лічильників в режимі 3

У режимах 0, 1 і 3 таймер/лічильник, після переповнювання, продовжує працювати, що може викликати помилкову роботу програми. Тому на початку підпрограми, яку викликають за перериванням повинен міститися фрагмент перезавантаження таймера/лічильника, якщо він необхідний і далі, або зупинки його роботи. Для перезавантаження необхідно припинити роботу таймера/лічильника, встановивши $TRx=0$, завантажити в регістри TLx і THx необхідні числа, а потім знову дозволити роботу лічильника ($TRx=1$):

```
ORG 100
CLR TRx          ; зупинити роботу таймера/лічильника
MOV TLx, 0A9H    ; завантажити
MOV THx, 8CH     ; рахунковий регістр
SETB TRx        ; почати рахунок
.....         ; підпрограма, викликана перериванням
RETI            ; вихід з підпрограми, викликаного перериванням
```

Для зупинки роботи таймера/лічильника необхідно встановити $TRx=0$:

```
ORG 120
CLR TRx          ; зупинити роботу таймера/лічильника
.....         ; підпрограма, викликана перериванням
RETI            ; вихід з підпрограми, викликаного перериванням
```

4. РОЗРАХУНОК ПОЧАТКОВОГО ВМІСТУ РЕГІСТРОВОЇ ПАРИ ТАЙМЕРА/ЛІЧИЛЬНИКА, ВИКОРИСТАНОГО ЯК ТАЙМЕР

Розрахунком початкового змісту регістрової пари є визначення коду, який необхідно завантажити для витримки необхідного проміжку часу до переповнення таймера. Для цього, перш за все, необхідно визначити тривалість періоду сигналу, який надходить на таймер з кварцового резонатору

$$T_{BX}=12/f_{OSC} ,$$

де T_{BX} – період вхідного сигналу таймера-лічильника, f_{OSC} – частота тактуючих сигналів ОЕОМ.

Після цього, кількість імпульсів, які повинен зареєструвати таймер за вибраний час затримки визначаються, як

$$n=t_3/T_{BX} ,$$

де n – кількість імпульсів, які повинен зареєструвати таймер за вибраний час затримки, t_3 – час затримки, T_{BX} – період вхідного сигналу таймера-лічильника.

Таким чином, початковий код, що завантажується до регістрових пар буде дорівнювати

$$N_0=N_{\text{ПЕР}} - n ,$$

де N_0 – початковий код, що завантажується у таймер-лічильник, $N_{\text{ПЕР}}$ – код переповнення таймера-лічильника, n – кількість імпульсів, яку повинен зареєструвати таймер-лічильник під час виконання затримки. Код переповнення залежить від режиму, на який налаштований таймер-лічильник, і відповідає встановленню всіх значущих двійкових розрядів у логічну одиницю. Так, при налаштуванні таймера-лічильника на режим 0, значущими є 8 розрядів регістра $ТНх$ і 5 молодших розрядів регістра $ТЛх$, і таким чином, код переповнення для цього режиму: $ТНх=11111111B=0FFH$, $ТЛх= 11111B=1FH$. Коди переповнення таймерів для різних режимів зведені у табл.3.3.

Таблиця 3.3.

Режим роботи Т/С	Вміст регістру ТНх	Вміст регістру ТЛх
0	11111111B=0FFH	11111B=1FH
1	11111111B=0FFH	11111111B=0FFH
2	Використовується для перезавантаження	11111111B=0FFH
3 (тільки Т/С0)	11111111B=0FFH	11111111B=0FFH

У випадку, коли необхідно визначити максимальну затримку часу досить визначити добуток коду переповнення у десятковому еквіваленті і періоду вхідного сигналу таймера-лічильника:

$$t_{\max} = N_{\text{ПЕР}} T_{\text{ВХ}},$$

де $t_{\max}$ – максимальна затримка часу, яку може забезпечити таймер, $N_{\text{ПЕР}}$ – код переповнення таймера-лічильника, $T_{\text{ВХ}}$ – період вхідного сигналу таймера-лічильника.

Як приклад, виконаємо розрахунок початкового вмісту регістрової пари таймера-лічильника, для забезпечення затримки часу в 0,1с. у режимі 1. Частоту тактуючих сигналів ОЕОМ приймаємо $f_{\text{OSC}}=7,3728$ МГц, тобто таку ж як і у навчально-налагоджувального стенда.

$T_{\text{ВХ}}=12/f_{\text{OSC}}=12/7372800=1,627604166 \cdot 10^{-6}$ с. – період вхідного сигналу таймера-лічильника;

$n=t_3/T_{\text{ВХ}}=0,1/1,627604166 \cdot 10^{-6}=61440=0\text{F}000\text{H}$ – кількість імпульсів, яку повинен зареєструвати таймер-лічильник під час виконання затримки;

Код переповнення для режиму 1 $N_{\text{ПЕР}} = 0\text{F}\text{F}\text{F}\text{F}\text{H}$, тому початковий код, що завантажується у таймер-лічильник буде дорівнювати

$$N_0 = N_{\text{ПЕР}} - n = 0\text{F}\text{F}\text{F}\text{F}\text{H} - 0\text{F}000\text{H} = 0\text{F}\text{F}\text{F}\text{H}.$$

Враховуючи, що у режимі 1 регістрова пара використовується повністю, початковий вміст регістру ТНх буде $0\text{F}\text{H}$, а регістру ТЛх – $0\text{F}\text{F}\text{H}$.

Повна затримка, яку в змозі забезпечити таймер-лічильник у режимі 1

$t_{\max} = N_{\text{ПЕР}} T_{\text{ВХ}} = 65535 \cdot 1,627604166 \cdot 10^{-6} = 0,106$ с., де 65535 – десятковий еквівалент коду $0\text{F}\text{F}\text{F}\text{F}\text{H}$.

ПРИКЛАДИ ТИПОВИХ ПРОГРАМ

Приклад 1

Даний приклад програми демонструє можливе застосування таймерів/лічильників у ролі таймерів, для організації затримок часу (відмірювання часових інтервалів).

Програма виконує наступні умови: По натисненню кнопки під номером «1» через затримку часу 5 секунд, організовану таймером/лічильником 0, на знакосинтезуючу індикацію виводиться буква «Р» – (Робота), після чого буде активізований таймер/лічильник «1», який підраховуватиме час до натиснення кнопки з номером «4». Підрахований час виводиться на статичну індикацію.

```

ORG 0
    LJMP 30H
ORG 000BH
    LJMP 150H
ORG 001BH
    LJMP 250H
ORG 30H
;-----
    MOV R0, #0H      ;
    MOV R1, #0H      ;

```

```

MOV R2, #0H          ;
MOV 0A8H, #00000000B ;ЗАБОРОНА ВСІХ ПЕРЕРИВАНЬ
MOV 0B8H, #00000000B ;СКИДАННЯ ВСІХ ПРИОРИТЕТІВ У НИЗЬКИЙ РІВЕНЬ
MOV 0A8H, #10001010B ;ДОЗВІЛ НА ПЕРЕРИВАННЯ В РЕГІСТРІ ІЕ
MOV 88H, #00000000B  ;НАСТРОЙКА TCON – ОБНУЛІННЯ
MOV 89H, #00010001B  ;НАСТРОЙКА РЕЖИМУ «1»Т/С В РЕГІСТРІ TMOD
;-----
MOV A, #00H
MOV DPTR, #0A000H
MOVX @DPTR, A        ;
MOV DPTR, #0B000H
MOVX @DPTR, A        ;
;-----
M2: MOV 8AH, #11111111B ;ВСТАНОВЛЕННЯ ЧАСУ НА 0.1 СЕКУНДИ В TL0 І
MOV 8CH, #00001111B   ;TH0
MOV 8BH, #11111111B   ;ВСТАНОВЛЕННЯ ЧАСУ НА 0.1 СЕКУНДИ В TL1 І
MOV 8DH, #00001111B   ;TH1
CLR 00                ;
;-----
M:  MOV R2, #00
MOV R1, #00
MOV DPTR, #9006H      ;ОПИТУВАННЯ ПЕРШОГО СТОВПЦЯ КЛАВІАТУРИ
MOVX A, @DPTR         ;І АНАЛІЗ НАТИСНУТОЇ КНОПКИ, ЯКЩО «1»
MOV R0, A             ;
CJNE R0, #0FEH, M     ;
MOV 88H, #10H         ;ЗАПУСКАЄМО НА РАХУНОК ТАЙМЕР 0
;-----
MOV DPTR, #0A004H     ;ВІДКЛЮЧЕННЯ СТАТИЧНОЇ ІНДИКАЦІЇ
MOV A, #00000011B
MOVX @DPTR, A        ;
;-----
M5: JNB 00H, M5        ;АНАЛІЗ 0-ГО БІТА – (ОЧІКУВАННЯ 5 СЕКУНД)
;-----
M1: MOV DPTR, #8000H   ;ІНДИКАЦІЯ 1-ГО СТОВПЦЯ СВІТЛОДІОДІВ
MOV A, #01H           ;МАТРИЦІ
MOVX @DPTR, A        ;
MOV DPTR, #8002H      ;
MOV A, #87H           ;
MOVX @DPTR, A        ;
LCALL M4              ;
;-----
MOV DPTR, #8000H      ;ІНДИКАЦІЯ 2-ГО СТОВПЦЯ СВІТЛОДІОДІВ
MOV A, #02H           ;МАТРИЦІ
MOVX @DPTR, A        ;
MOV DPTR, #8002H      ;
MOV A, #0B7H          ;
MOVX @DPTR, A        ;
LCALL M4              ;
;-----
MOV DPTR, #8000H      ;ІНДИКАЦІЯ 3-ГО СТОВПЦЯ СВІТЛОДІОДІВ
MOV A, #04H           ;МАТРИЦІ
MOVX @DPTR, A        ;
MOV DPTR, #8002H      ;
MOV A, #0B7H          ;
MOVX @DPTR, A        ;
LCALL M4              ;
;-----
MOV DPTR, #8000H      ;ІНДИКАЦІЯ 4-ГО СТОВПЦЯ СВІТЛОДІОДІВ

```

```

MOV A, #08H          ; МАТРИЦІ
MOVX @DPTR, A        ;
MOV DPTR, #8002H     ;
MOV A, #0B7H         ;
MOVX @DPTR, A        ;
LCALL M4             ;
; -----
MOV DPTR, #8000H     ; ІНДИКАЦІЯ 5-ГО СТОВПЦЯ СВІТЛОДІОДІВ
MOV A, #10H          ; МАТРИЦІ
MOVX @DPTR, A        ;
MOV DPTR, #8002H     ;
MOV A, #80H          ;
MOVX @DPTR, A        ;
LCALL M4             ;
; -----
MOV DPTR, #9006H     ; ОПИТУВАННЯ ПЕРШОГО СТОВПЦЯ
MOVX A, @DPTR        ; КЛАВІАТУРИ І АНАЛІЗ НАТИСНУТОЇ
MOV R0, A            ; КНОПКИ, ЯКЩО «4» ЗУПИНЯЄМО
CJNE R0, #0FDH, M1   ; РАХУНОК ТАЙМЕРІВ
MOV 88H, #00H        ;
; -----
MOV DPTR, #8000H     ; ВІДКЛЮЧЕННЯ ІНДИКАЦІЇ МАТРИЦІ
MOV A, #00H          ;
MOVX @DPTR, A        ;
; -----
MOV A, R1            ; ПЕРЕВЕДЕННЯ ЧАСУ В СЕКУНДИ
MOV 0F0H, #0AH       ; «В»
DIV AB               ;
; -----
ADD A, #00           ;
DA A                 ;
MOV DPTR, #0A000H     ; ВИВЕДЕННЯ ЧАСУ НА СТАТИЧНУ
MOVX @DPTR, A        ; ІНДНАЦІЮ
MOV A, 0F0H          ;
MOV DPTR, #0B000H     ;
MOVX @DPTR, A        ;
MOV DPTR, #0A004H     ; ВКЛЮЧЕННЯ СТАТИЧНОЇ ІНДИКАЦІЇ
MOV A, #00100000B     ;
MOVX @DPTR, A        ;
JMP M2              ; ПЕРЕХІД НА ПОЧАТОК
; -----
ORG 150H             ; ПІДПРОГРАМА ОБРОБКИ ПЕРЕРИВАННЯ
                     ; ПО ПЕРЕПОВНЮВАННЮ ТАЙМЕРА 0
MOV 88H, #00H        ; ЗУПИНКА РАХУНКУ ТАЙМЕРА 0
MOV 8AH, #11111111B  ; ПЕРЕЗАВАНТАЖЕННЯ НА 0,1 СЕК
MOV 8CH, #00001111B  ; TL0 І TH0
MOV 88H, #10H        ; ЗАПУСК ТАЙМЕРА 0
CJNE R2, #32H, M3     ; ОЧІКУВАННЯ 5-ТИ СЕКУНДНОЇ ЗАТРИМКИ
MOV 88H, #40H        ; ЗАПУСК ТАЙМЕРА 1 І ЗУПИНКА ТАЙМЕРА 0
SETB 00H             ; УСТАНОВКА В 1-ЦЮ 0-ГО БІТА
M3: INC R2            ; ПІДРАХУНОК ПЕРЕПОВНЮВАНЬ ПО 0.1 СЕКУНДІ
PUSH 0E0H            ; «А»
PUSH 83H             ; «DPH»
PUSH 82H             ; «DPL»
MOV A, R2            ;
MOV DPTR, #0B000H     ;
MOVX @DPTR, A        ;
POP 82H              ; «DPL»

```

```

        POP 83H          ;«DPH»
        POP 0E0H        ;«A»
        RETI            ;ВИХІД З ПІДПРОГРАМИ ПЕРЕРИВАННЯ
;-----
ORG 250H                ;ПІДПРОГРАМА ОБРОБКИ ПЕРЕРИВАННЯ
                        ;ПО ПЕРЕПОВНЮВАННЮ ТАЙМЕРА 1
        MOV 88H,#00H     ;ЗУПИНКА РАХУНКУ ТАЙМЕРА 1
        MOV 8BH,#1111111B ;ПЕРЕЗАВАНТАЖЕННЯ НА 0,1С. TL1 I
        MOV 8DH,#00001111B ;ТН1
        MOV 88H,#40H     ;ЗАПУСК ТАЙМЕРА 1
        INC R1           ;ПІДРАХУНОК ПЕРЕПОВНЮВАНЬ ПО 0.1 С.
        RETI            ;ВИХІД З ПІДПРОГРАМИ ПЕРЕРИВАННЯ
;-----
M4:     MOV R4,#0FFH     ;ЗАТРИМКА ЧАСУ ДЛЯ ІНДИКАЦІЇ НА
C0:     DJNZ R4,C0       ;СВІТЛОДІОДНОЇ МАТРИЦІ
        RET             ;ВИХІД З ПІДПРОГРАМИ
;-----
END

```

У даній програмі використовуються обидва таймери/лічильники як таймери, що працюють в режимі 1 (настройка і вибір режимів – в регістрі TMOD). Таймер 0 настроєний на час 0,1 секунди. Для організації затримки часу 5 секунд в підпрограмі обробки переривання від таймера 0 застосований накопичувальний регістр R2, який при кожному переповненні таймера збільшується на 1-цю поки не буде дорівнювати числу 32H, що відповідає 50D – в часовому еквіваленті 5 секунд оскільки 1 біт відповідає 0,1 секунді (в нашому випадку). Таймер 1 настроєний так само, як і таймер 0 на час 0,1 і з накопичувальним регістром в підпрограмі переривання R1. Проте підраховує таймер 1 час від початку виведення на матриці світлодіодів символу «Р» до моменту натиснення кнопки з номером «4». Після чого підрахований час виводиться на статичну індикацію в секундах, для цього накопичений результат в регістрі R1 ділиться на 10. Внаслідок того, що регістр однобайтний, максимальний час вимірювання дорівнює 25 секунд після чого рахунок починається з 0.

Приклад 2

Даний приклад програми демонструє можливе вживання таймерів/лічильників як лічильників зовнішніх подій так і таймерів, для організації вимірювання зовнішніх сигналів від датчиків і інших пристроїв.

Програма виконує наступні умови: По натисненню кнопки з номером «1» виконується вимірювання частоти генератора фіксованої частоти (ГФЧ), підключеного до входу T0. Результат вимірювання виводиться на статичну індикацію в шіснадцятковому форматі

```

ORG 0
        LJMP 30H
ORG 001BH
        LJMP 200H
ORG 30H
;-----
        mov 0A8H,#00000000B ;Заборона всіх переривань у IE

```

```

    mov 0B8H,#00000000B ;Скидання всіх пріоритетів у низький рівень
    mov 88H,#00000000B ;Настройка TCON – обнуління
    mov 0A8H,#10001000B ;Дозвіл на переривання в регістрі IE
    mov 89H,#00010101B ;Настройка режиму «1»T/C в регістрі TMOD
M2:  mov 8AH,#00000000B ;Обнуління TL0
    mov 8CH,#00000000B ;Обнуління TH0
    mov 8BH,#11111111B ;Установка часу на 0.1 секунду в TL1 і
    mov 8DH,#00001111B ; TH1
;-----
M:   mov DPTR,#9006H ;Опитування першого стовпця клавіатури
    movx A,@DPTR ;і аналіз натиснутої кнопки, якщо «1»
    mov R0,A ;запускаємо на рахунок
    CJNE R0,#0FEH,M ;лічильник 0 і таймер 1
    CLR 00H ;
    mov R1,#0AH ;Кількість перезавантажень T/C1 для з.в. 1 з
    mov 88H,#50H ;Запуск рахунку – регістр TCON
;-----
M1:  JNB 00H,M1 ;Аналіз 0-го біта, елемент 20H
;-----
    mov 88H,#00H ;Зупинка рахунку – регістр TCON
    mov R3,8CH ;Перенесення вмісту TH0 в R3
    mov R4,8AH ;Перенесення вмісту TL0 в R3
;-----
    mov DPTR,#0A000H ;Виведення результату на
    mov A,R3 ;статичну індикацію
    movx @DPTR,A ;
    mov DPTR,#0B000H ;
    mov A,R4 ;
    movx @DPTR,A ;
    jmp M2 ;Перехід в початок циклу
;-----
ORG 200H ;Підпрограма обробки переривання
;від таймера 1
    CLR 88H.6 ;Зупинка рахунку
    CLR 88H.4 ;
    DEC R1 ;Зменшення на 1 кількості
;перезавантажень T/C1
    CJNE R1,#00H,M3 ;По закінченню 1сек. зупиняємо підрахунок
;якщо час менше 1сек.
;виконуємо повторний пуск T/C1
    jmp M4 ;
M3:  ;
    mov 8BH,#11111111B ;Перезавантаження на 0,1с. TL1 і
    mov 8DH,#00001111B ;TH1
    SETB 88H.6 ;
    SETB 88H.4 ;
    jmp M5 ;
M4:  SETB 00 ;Встановлення 0-го біта в 1
M5:  RETI ;
;-----
END

```

У даній програмі таймер/лічильник 0 використовується як лічильник, що працює в режимі 1 і підраховує кількість імпульсів (ГФЧ) в продовж однієї секунди, відміряної за допомогою таймера 1.

Приклад 3

Даний приклад програми демонструє такі ж можливості використання таймерів/лічильників, як і попередній.

Програма виконує наступні умови: По натисненню кнопки з номером «1» проводиться вимірювання частоти генератора змінної частоти (ГЗЧ), підключеного до входу T1. Результат вимірювання виводиться на статичну індикацію

```
ORG 0
    Ljmp 30H
ORG 000BH
    Ljmp 200H
ORG 30H
;-----
    mov 0A8H,#00000000B ;Заборона всіх переривань IE
    mov 0B8H,#00000000B ;Скидання всіх пріоритетів у низький рівень
    mov 88H,#00000000B ;Настройка TCON – обнуління
    mov 0A8H,#10000010B ;Дозвіл на переривання в регістрі IE
    mov 89H,#01010001B ;Настройка режиму «1»T/C в регістрі TMOD
M2:   mov 8AH,#11111111B ;Установка часу на 0.1с. в TL1 і
    mov 8CH,#00001111B ;ТН0
    mov 8BH,#00000000B ;Обнуління TL1
    mov 8DH,#00000000B ;Обнуління TH1
;-----
M:    mov DPTR,#9006H ;Опитування першого стовпця
    movx A,@DPTR ;клавіатури і аналіз натиснутої
    mov R0,A ;кнопки, якщо «1» запускаємо
    CJNE R0,#0FDH,M ;на рахунок лічильник 1 і
    ;таймер 0
CLR 00H
    mov R1,#0AH ;Кількість перезавантажень T/C1
;для з.ч. 1 с
    mov 88H,#50H ;Запуск рахунку – регістр TCON
;-----
M1:   JNB 00H,M1 ;Аналіз 0-го біта, елемент 20H
    CLR 88H.6 ;Зупинка рахунку
    CLR 88H.4 ;
    mov R3,8DH ;Перенесення вмісту TH1 в R3
    mov R4,8BH ;Перенесення вмісту TL1 в R3
;-----
    mov DPTR,#0A000H ;Виведення результату на
    mov A,R3 ;статичну
    movx @DPTR,A ;індикацію
    mov DPTR,#0B000H ;
    mov A,R4 ;
    movx @DPTR,A ;
    jmp M2 ;
;-----
ORG 200H ;Підпрограма обробки
;переривання від
    ;таймера 0
    CLR 88H.6 ;Зупинка рахунку
    CLR 88H.4 ;
    DEC R1 ;Зменшення на 1 кількості
```

```

;перезавантажень T/C0
    CJNE R1,#00H,M3      ;По закінченню 1сек. зупиняємо
;підрахунок. Якщо час менше
;1сек. запускаємо знову T/C1
    jmp M4                ;
M3:  mov 8AH,#11111111B   ;Перезавантаження на 0,001 с.TL0
    mov 8CH,#00001111B   ;і TН0 з
    SETB 88H.6            ;повторним запуском T/C
    SETB 88H.4            ;
    jmp M5                ;
M4:  SETB 00              ;Встановлення 0-го біта в 1
M5:  RETI                 ;
;-----
END

```

У даній програмі таймер/лічильник 1 використовується як лічильник, що працює в режимі 1 і що підраховує кількість імпульсів ГЗЧ в продовж однієї секунди, відміряної за допомогою таймера 1.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- Які існують методи і типи частотного і часового перетворення?
- Які чинники впливають на похибку частотного перетворення?
- За яким принципом виконується вимірювання періоду?
- У яких випадках вимірювання частоти сигналу замінюють вимірюванням його періоду?
- Яким чином можна виконати вимірювання зсуву фаз засобами мікроконтролера серії MCS-51?
- Які існують апаратні реалізації частотного і часового перетворення?
- Наведіть приклади практичного вживання частотного і часового перетворення.
- Що входить до складу блоку таймерів-лічильників?
- Чому максимальна частота вхідного сигналу лічильника зовнішніх подій повинна бути мінімум вдвічі меншою за частоту сигналу, що надходить на системний таймер?
- Скільки режимів підтримують таймери-лічильники мікро контролера MCS-51?
- Чим відрізняється логіка роботи таймерів-лічильників у режимах 0 і 1?
- Які особливості роботи таймерів-лічильників у режимі 2 і 3?
- Яким чином може бути запрограмований таймер-лічильник T/C0 на генерацію внутрішніх періодичних переривань з частотою 8 кГц, якщо частота тактового генератора дорівнює 12 МГц?
- Яким чином може бути запрограмований таймер-лічильник T/C1 на рахунок тривалості імпульсу високого рівня, що поступає на вхід INT1?
- Чим і в якому режимі розрізняється робота таймерів-лічильників T/C0 і T/C1?
- Яким чином можна заборонити вплив логічного рівня сигналу на вході INT на роботу таймера-лічильника?

- Який період переривань забезпечуватиме таймер-лічильник T/C0, запрограмований для роботи в режимі 0, якщо в програмі не змінювати вміст регістрів TH0 і TL0 (частота тактового генератора дорівнює 12 МГц)?
- Який період переривань забезпечуватиме таймер-лічильник T/C0, запрограмований для роботи в режимі 1, якщо в програмі не змінювати вміст регістрів TH0 і TL0 (частота тактового генератора дорівнює 12 МГц)?
- Яким чином можна програмно змінити режим роботи таймера-лічильника T/C0, не змінюючи режим роботи T/C1?
- Яким чином можна організувати періодичні переривання із заданим періодом при роботі таймерів-лічильників в режимах 0 і 1?
- Запит на обслуговування переривання з боку таймера-лічильника T/C0 поступає в мить, коли виконується захищена від переривань ділянка програми. Чи буде обслужений цей запит після зняття заборони переривань, і якщо так, то як цього уникнути?

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Індивідуальні завдання низького рівня складності

Для отримання оцінки 3 (задовільно): необхідно скласти програму яка забезпечує – виконання виміру фіксованої частоти генератора (ГФЧ), підключеного до виводу T0, змінної частоти генератора (ГЗЧ) підключеного до виводу T1 та виведення результату на статичну індикацію. Причому для студентів з парним порядковим номером у журналі викладача необхідно здійснити вимірювання частоти ГФЧ, для студентів з непарним порядковим номером – ГПЧ. Вимірювання повинно розпочинатись після введення з клавіатури стенда номера відповідного до порядкового у журналі.

Індивідуальні завдання середнього рівня складності

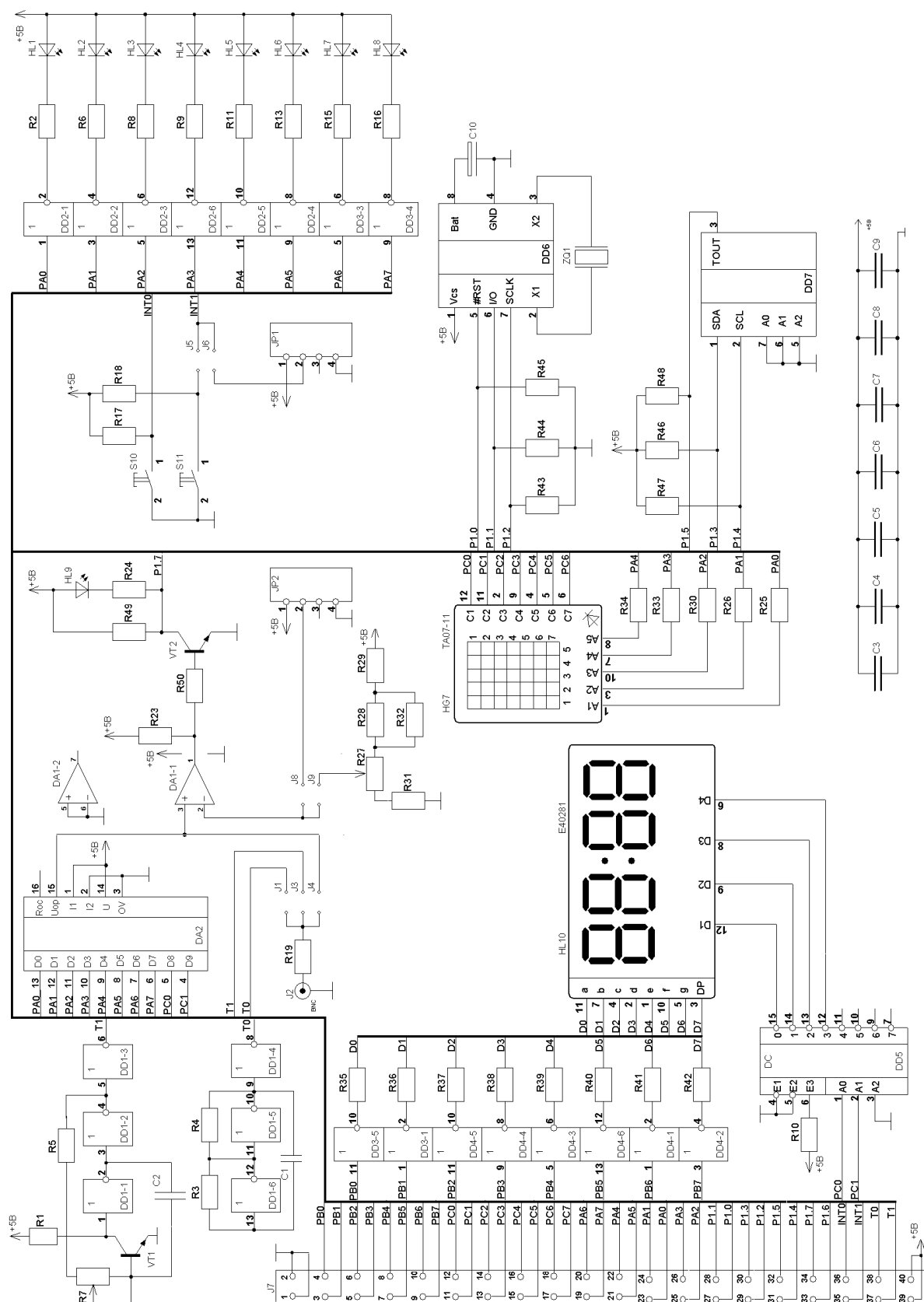
Для отримання оцінки 4 (добре): необхідно після виконання попереднього завдання, організувати програму підрахунку часу між двома натисканнями кнопок, значення яких відповідають цифрам порядкового номеру (якщо номер 1,2...9 то перша цифра буде 0). Значення результату вимірювання видавати на статичну індикацію в секундах.

Індивідуальні завдання підвищеного рівня складності

Для отримання оцінки 5 (відмінно): необхідно модернізувати завдання другого рівня складності – передбачивши можливість видавання результату у десятих та сотих долях секунди по натисканню відповідних кнопок вибраних довільно але не співпадаючих із цифрами порядкового номеру.

ДОДАТОК А

Принципова схема плати розширення навчально-налагоджувального стенда



СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кривоногов Ю.А., Морозов А.А. Мини и микроЭВМ: номенклатура и технико-эксплуатационные характеристики: Справочник / под ред. В.В. Свиридова. – Киев: «Вища школа», 1990 г. – 287 с.
2. Однокристалльные микроЭВМ:Справочник/ Бобрыкин А.В., Липовецкий В.П., Литвинский Г.Б. и др. – Москва: МИКАП, 1994 г. – 400 с.
3. Микроконтроллеры? Это же просто! Т.1. – Москва: ООО «ИД СКИМЕН», 2003 г. – 224 с.
4. Хвоц С.Т. Микропроцессоры и микроЭВМ в системах автоматизации и управления. Справочник. – Москва: «Мир», 1989 г.
5. М.П. Грицевский, А.Е. Мамченко. Основы автоматики, импульсной и вычислительной техники. Москва: «Радио»,1989 г.
6. В.С. Гутников. Интегральная электроника в измерительных устройствах. Ленинград: «Энергоатомиздат»,1988 г.
7. Одно кристалльные микроЭВМ. Техническое описание, руководство по применению. / Г.П. Литвинский, Москва, 1982 г.

Упорядники:
КИРИЧЕНКО Віталій Іванович
ЯЛАНСЬКИЙ Олексій Анатолійович
АЛПАЄВ Володимир Георгійович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ
МПП-8 “МЕТОДИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ОБРОБКИ ЧАСТОТНИХ І ЧАСОВИХ
СИГНАЛІВ”, ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ ТА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З
ПРОФЕСІЙНО-ОРІЄНТОВАНОЇ ДИСЦИПЛІНИ “МІКРОПРОЦЕСОРНІ
ПРИСТРОЇ”

для студентів спеціальності 7.092203 “Електромеханічні системи автоматизації
та електропривод” напрямку “Електромеханіка”

Редакційно-видавничий комплекс
Друкується у редакційній обробці упорядників

Підписано до друку . Формат 30×42/4.
Папір офсет. Ризографія. Умовн. друк. арк. 3,6.
Обліково-видавн. арк. 3,6. Тираж 100 прим. Зам. №

НГУ
49027, м. Дніпропетровськ-27, просп. К. Маркса, 19.