

## Практичне завдання №2. " Побудова запиту та розрахунок часу транзакції Modbus RTU."

Практичне завдання полягає в формуванні студентом Modbus RTU кадрів та розрахунку часу транзакції, для зчитування та/або запису змінних з/на Ведучого ПЛК на/в Ведені ПЛК.

### Теоретичні відомості.

Розв'язок задачі пропонується поділити на 3 частини:

1. Формування часової діаграми передачі.
2. Формування кадрів запитів та кадрів відповідей.
3. Розрахунок часу транзакції.

Розглянемо основні принципи на прикладі. Треба побудувати кадри форматів повідомлень запитів та відповідей для MODBUS RTU та розрахувати загальний час опитування 10-ти аналогових 16-бітних змінних для 4-х Ведених (рис.5.2). Швидкість передачі даних 19200 біт/с. Клієнтський Процес Ведучого (TSX Premium) та серверні Процеси Ведених (ПЛК TSX Micro ) приймають повідомлення на початку циклу, а відправляють - в кінці циклу. Час циклу Ведучого = 10 мс, Ведених - 5с.

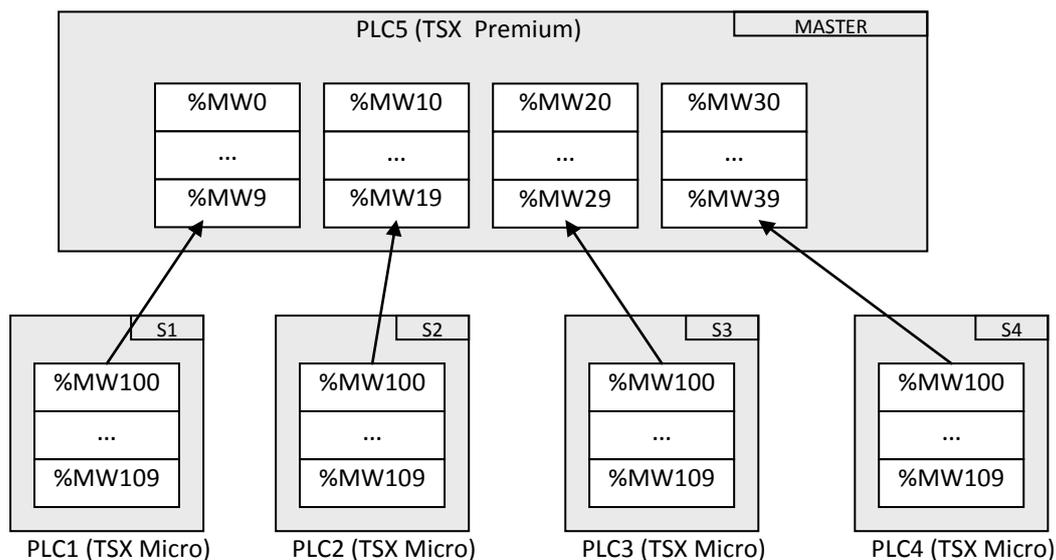


Рис.5.2. Постановка задачі до прикладу

Доступ до внутрішніх аналогових змінних TSX Micro проводиться через 03 або 04 функцію, тому формат кадрів буде мати вигляд як на рис.5.3.

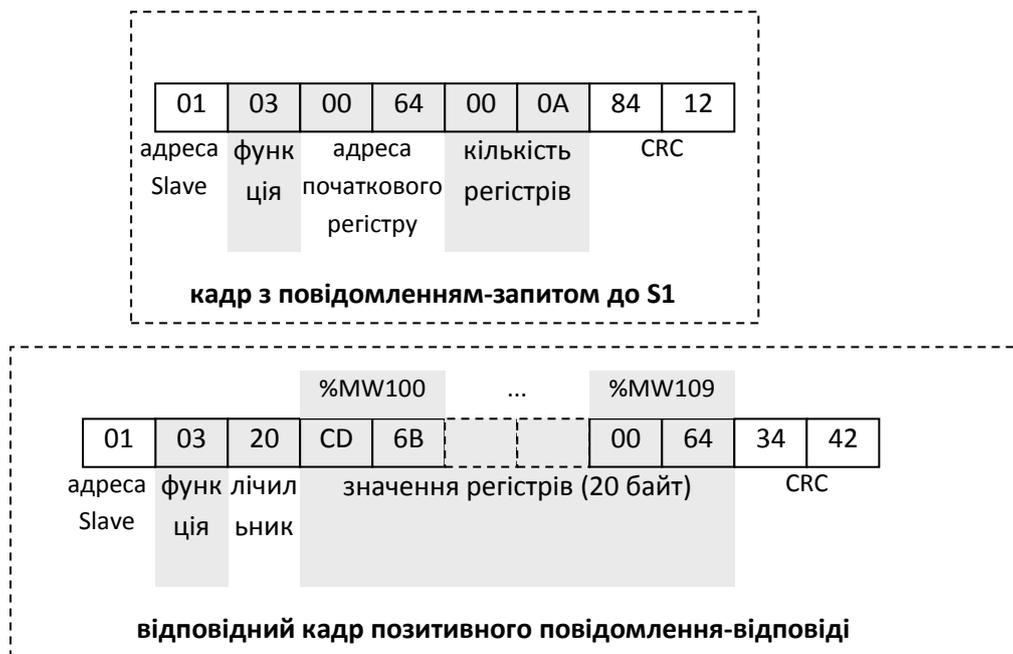


Рис.5.3. Формат кадрів до S1 та до Ведучого

Враховуючи, що структура інших кадрів – аналогічна, наводити їх формат немає сенсу.

Побудуємо часову діаграму обміну (рис.5.4) в горизонтальній площині, де по осі абсцис відкладений час а по осі ординат умовно зображені ПЛК. З боку клієнтської програми повідомлення-запит формується за допомогою комунікаційної функції, відправка даних якої через комунікаційний порт проводиться в кінці циклу задачі, а отримання з порту – на початку циклу. Така поведінка клієнтської сторони цілком відповідає багатьом реалізаціям для різних ПЛК.

У TSX Micro MODBUS-Сервер реалізований на рівні операційної системи. Специфіка реалізації заключається в тому, що прийом MODBUS-запитів з комунікаційного порту системою проводиться на початку циклу, а відправка повідомлень-відповідей – вкінці.

Слід зазначити, що реалізація MODBUS-Серверу може бути підтримана на рівні комунікаційного модуля, а обмін даними з пам'яттю самого пристрою проводиться через комунікаційні буфери. В цьому випадку реакція MODBUS-Сервера буде значно швидшою і не залежати від циклу програми. Для розрахунку часу транзакції для інших типів систем необхідно ознайомитися з деталями їх реалізації.

На рис.5.4 показано, що надходження кадру приходить десь всередині циклу. Це значить, що їх обробка та генерація відповіді пройде приблизно через 1,5 циклу. Слід розуміти, що це усереднене значення, для найгіршої оцінки краще резервувати 2 часу циклу (тобто коли кадр прийшов відразу після опитування комунікаційного порту). Таким чином час транзакції для одного ПЛК, наприклад PLC1 (T1), буде дорівнювати:

$$T1=C5+T1.req+2*C1+T1.res+C5*2 \quad (2)$$

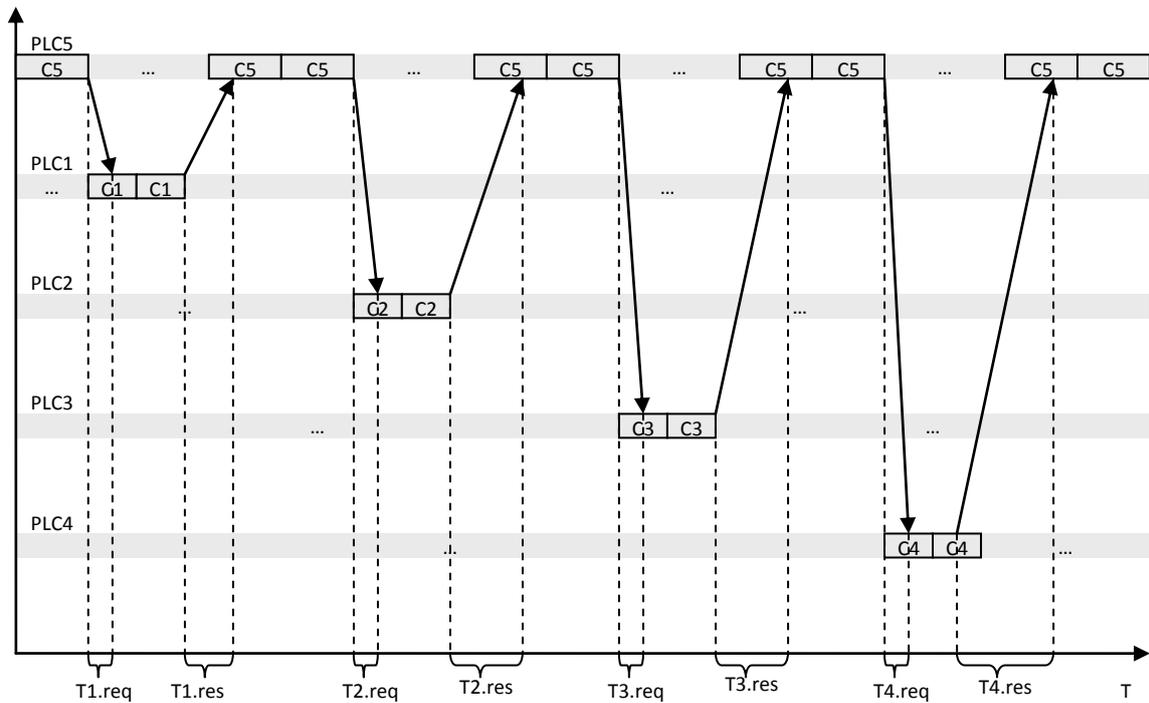


Рис.5.4. Часова діаграма до прикладу 6.4.

ТТ1 розрахований з урахуванням 2 циклів затрачених Веденим на генерацію відповіді на повідомлення-запит. Якби транзакція проводилась не періодично, як по умові задачі, а по виникненню події, то в час транзакції необхідно б було включити також ще один цикл Ведучого. Нескладно вивести час опитування всіх Ведених:

$$T_{Tall} = C5 * 9 + C1 * 2 + C2 * 2 + C3 * 2 + C4 * 2 + T1.req + T1.res + T2.req + T2.res + T3.req + T3.res + T4.req + T4.res \quad (3)$$

Враховуючи, що цикли Ведених однакові, а кадри запитів і кадри відповідей для всіх Ведених мають однакову структуру, загальна формула буде мати наступний вигляд:

$$T_{Tall} = C5 * 9 + C1 * 8 + (T1.req + T2.req) * 4 \quad (4)$$

Розрахуємо час T1.req та T2.req. Час передачі кадру (Tframe) можна орієнтовно розрахувати по кількості символів (Nsymb) в кадрі та часу передачі одного символу (Tsymb):

$$T_{frame} = N_{symb} * T_{symb} \quad (5)$$

Час передачі одного символу розраховується:

час передачі одного символу = кількість біт в символі / бітова швидкість;

Час передачі кадрів буде дорівнювати:

$$T1.req = 8 * (11 / 19200) = 4,58 \text{ мс}$$

$$T1.res = 25 * (11 / 19200) = 14,33 \text{ мс}$$

$$T_{Tall} = 90 + 40 + (4,58 + 14,33) * 4 = 206 \text{ мс.}$$

Таким чином, для опитування 10-ти змінних з 4-х Ведених зі швидкістю 19200 біт/с необхідно затратити приблизно 206 мс. Якщо необхідне періодичне опитування бажано зарезервувати певний час, наприклад ще додатково 100 мс.

**Приклад завдання.**

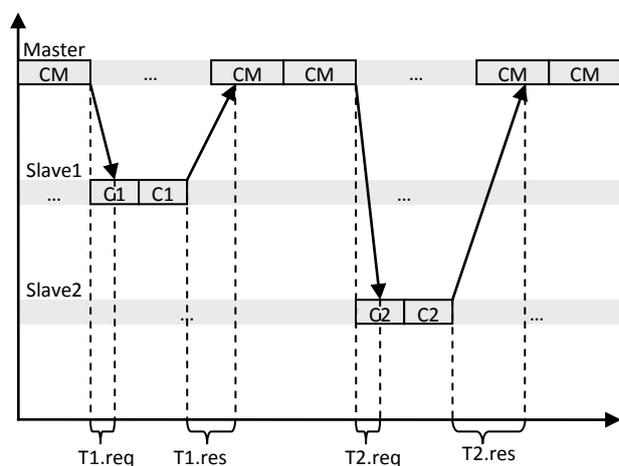
Побудувати запити та розрахувати час транзакції на MODBUS RTU між ПЛК Ведучого (Master) та двома Веденими ПЛК при умові:

БІТОВА ШВИДКІСТЬ, біт/с	Час циклу, мс			1 запит Slave1	2 запит Slave2
	Master	Slave1	Slave2		
9600	10	10	15	читання 18 внутрішніх регістрів, з 16	запис 27 внутрішніх регістрів, з 17

Обробку вхідних повідомлень ПЛК проводить на початку циклу, відправку вихідних повідомлень – в кінці циклу. Вважати всі відповіді від Веденого позитивними (без помилок). Адресація регістрів починається з 0. Тайм-аути не враховувати.

### Приклад рішення.

1. Часова діаграма стану показана на рис.5.5
2. Формування кадрів для даної задачі показаний на рис.5.6.
3. Розрахунок часу транзакції:



$$T1.req = 8 * (11/9600) = 9,17 \text{ мс}$$

$$T1.res = 41 * (11/9600) = 46,97 \text{ мс}$$

$$T2.req = 63 * (11/9600) = 72,18 \text{ мс}$$

$$T2.res = 8 * (11/9600) = 9,17 \text{ мс}$$

Рис.5.5. Часова діаграма до прикладу.

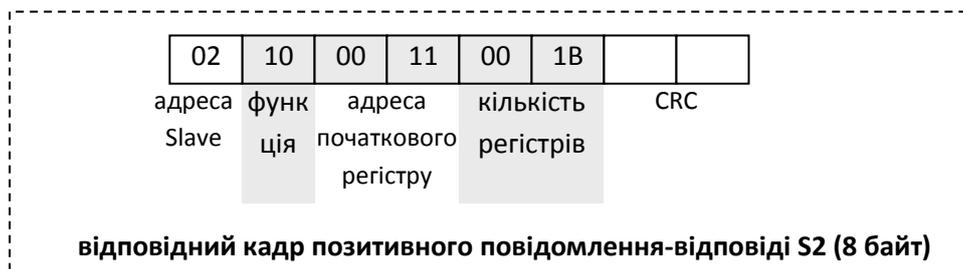
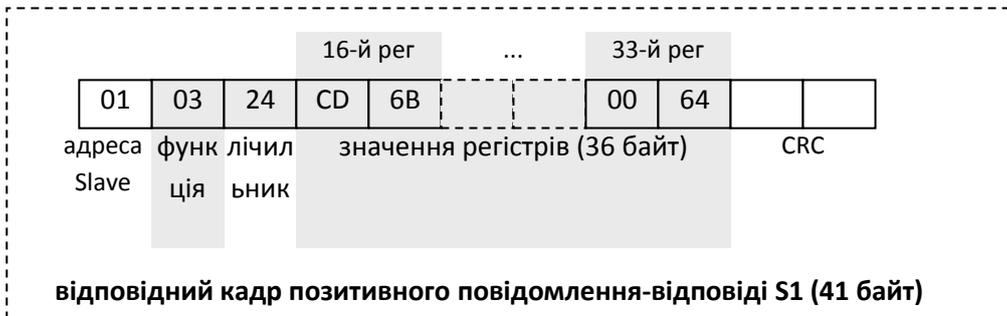
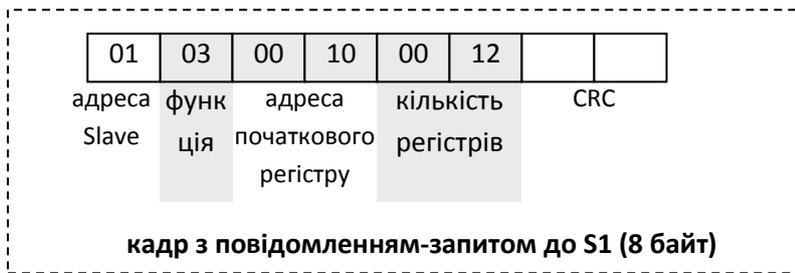


Рис.5.6. Формат кадрів

Загальний час транзакції:

$$T_{\text{all}} = C_M * 5 + C_1 * 2 + C_2 * 2 + T_{1.\text{req}} + T_{1.\text{res}} + T_{2.\text{req}} + T_{2.\text{res}} = 50 + 20 + 30 + 9,17 + 46,97 + 72,18 + 9,17 = 254,32 \text{ мс}$$

### Завдання.

Побудувати запити та розрахувати час транзакції на MODBUS RTU між ПЛК Ведучого (Master) та двома Веденими ПЛК при умові, відповідно до варіанту (див. табл.). Обробку вхідних повідомлень ПЛК проводить на початку циклу, відправку вихідних повідомлень – в кінці циклу. Вважати всі відповіді від Веденого позитивними (без помилок). Адресація регістрів починається з 0. Тайм-ауту не враховувати.

№ варіанту	Прізвище та ім'я	БІТОВА ШВИДКІСТЬ, біт/с	Час циклу, мс			1 запит Slave1	2 запит Slave2
			Master	Slave1	Slave2		
<b>АКС-4-2</b>							
1	АЛЬОХІН Максим	9600	10	10	15	читання 10 внутрішніх регістрів, з 101	запис 83 внутрішніх регістрів, з 21
2	АНДРІЙЧУК Дмитрій	19200	5	10	5	запис 11 внутрішніх регістрів, з 12	запис 82 внутрішніх регістрів, з 202
3	БЕЛЬСЬКИЙ Богдан	9600	10	10	15	читання 12 внутрішніх регістрів, з 103	читання 81 внутрішніх регістрів, з 23
4	БОРИСЕНКО Микола	19200	5	10	5	читання 13 внутрішніх регістрів, з 14	запис 80 внутрішніх регістрів, з 204
5	БРЕЗІЦЬКИЙ Олександр	9600	10	10	15	запис 14 внутрішніх регістрів, з 105	запис 79 внутрішніх регістрів, з 25
6	БУТКО Дмитро	19200	5	10	5	читання 15 внутрішніх регістрів, з 16	читання 78 внутрішніх регістрів, з 206
7	ВІТРУК Михайло	9600	10	10	15	читання 16 внутрішніх регістрів, з 107	запис 77 внутрішніх регістрів, з 27
8	ВОВЧУК Олексій	19200	5	10	5	запис 17 внутрішніх регістрів, з 18	запис 76 внутрішніх регістрів, з 208
9	ВОРОНЦОВ Олександр	9600	10	10	15	читання 18 внутрішніх регістрів, з 109	читання 75 внутрішніх регістрів, з 29
10	ДОНЧЕНКО Ірина	19200	5	10	5	читання 19 внутрішніх регістрів, з 20	запис 74 внутрішніх регістрів, з 210
11	ІЛЬЄНКО Олексій	9600	10	10	15	запис 20 внутрішніх регістрів, з 111	запис 73 внутрішніх регістрів, з 31
12	КАРПЮК Марина	19200	5	10	5	читання 21 внутрішніх регістрів, з 22	читання 72 внутрішніх регістрів, з 212
13	КАРТАВИХ Дмитро	9600	10	10	15	читання 22 внутрішніх регістрів, з 113	запис 71 внутрішніх регістрів, з 33
14	КУЦИЙ Олександр	19200	5	10	5	запис 23 внутрішніх регістрів, з 24	запис 70 внутрішніх регістрів, з 214
15	ЛАЗЕБНОВ Владислав	9600	10	10	15	читання 24 внутрішніх	читання 69 внутрішніх

						регістрів, з 115	регістрів, з 35
16	МАРЧУК Олексій	19200	5	10	5	читання 25 внутрішніх регістрів, з 26	запис 68 внутрішніх регістрів, з 216
17	МИХАЙЛЕНКО Богдан	9600	10	10	15	запис 26 внутрішніх регістрів, з 117	запис 67 внутрішніх регістрів, з 37
18	МИХНО Дмитро	19200	5	10	5	читання 27 внутрішніх регістрів, з 28	читання 66 внутрішніх регістрів, з 218
19	ПОДЛЕСНИЙ Денис	9600	10	10	15	читання 28 внутрішніх регістрів, з 119	запис 65 внутрішніх регістрів, з 39
20	ПОЖАР Віталій	19200	5	10	5	запис 29 внутрішніх регістрів, з 30	запис 64 внутрішніх регістрів, з 220
21	ПОПОВИЧ Андрій	9600	10	10	15	читання 30 внутрішніх регістрів, з 121	читання 63 внутрішніх регістрів, з 41
22	ПРОТОВОКИЛО Сергій	19200	5	10	5	читання 31 внутрішніх регістрів, з 32	запис 62 внутрішніх регістрів, з 222
23	ШЕЙКО Олександр	9600	10	10	15	запис 32 внутрішніх регістрів, з 123	запис 61 внутрішніх регістрів, з 33
<b>АКС-4-3</b>							
24	АНДРЕЄВА Оксана	19200	10	10	15	читання 33 внутрішніх регістрів, з 34	запис 60 внутрішніх регістрів, з 224
25	БЛИЗНЮК Владислав	9600	5	10	5	запис 34 внутрішніх регістрів, з 125	запис 59 внутрішніх регістрів, з 35
26	БОКОЧ Іван	19200	10	10	15	читання 35 внутрішніх регістрів, з 36	читання 58 внутрішніх регістрів, з 226
27	БОНДАРЕНКО Костянтин	9600	5	10	5	читання 36 внутрішніх регістрів, з 127	запис 57 внутрішніх регістрів, з 47
28	ЗАЙЧЕНКО Олексій	19200	10	10	15	запис 37 внутрішніх регістрів, з 38	запис 56 внутрішніх регістрів, з 228
29	КАРАЦЮПА Олександр	9600	5	10	5	читання 38 внутрішніх регістрів, з 129	читання 55 внутрішніх регістрів, з 49
30	КІРІЛКОВ Олександр	19200	10	10	15	читання 39 внутрішніх регістрів, з 40	запис 54 внутрішніх регістрів, з 230
31	КЛІМНІЧЕНКО Володимир	9600	5	10	5	запис 40 внутрішніх регістрів, з 131	запис 53 внутрішніх регістрів, з 51
32	КРАМАР Владислав	19200	10	10	15	читання 41 внутрішніх регістрів, з 42	читання 52 внутрішніх регістрів, з 232
33	МЕЛЬНИЧУК Ярослав	9600	5	10	5	читання 42 внутрішніх регістрів, з 133	запис 51 внутрішніх регістрів, з 53
34	ПОНОМАРЕНКО Сергій	19200	10	10	15	запис 43 внутрішніх регістрів, з 44	запис 50 внутрішніх регістрів, з 234
35	ПУХЛЯКОВА Маргарита	9600	5	10	5	читання 44 внутрішніх регістрів, з 135	читання 49 внутрішніх регістрів, з 55

36	РОМАНЮК Богдан	19200	10	10	15	читання 45 внутрішніх реєстрів, з 46	запис 48 внутрішніх реєстрів, з 236
37	РУБАН Андрій	9600	5	10	5	запис 46 внутрішніх реєстрів, з 138	запис 47 внутрішніх реєстрів, з 57
38	СОКОЛОВА Ганна	19200	10	10	15	читання 47 внутрішніх реєстрів, з 48	читання 46 внутрішніх реєстрів, з 238
39	ТИМОХІН Денис	9600	5	10	5	читання 48 внутрішніх реєстрів, з 139	запис 45 внутрішніх реєстрів, з 59
40	ТИХОНОВ Олександр	19200	10	10	15	запис 49 внутрішніх реєстрів, з 50	запис 44 внутрішніх реєстрів, з 240
41	ФЕДІЄНКО Антон	9600	5	10	5	читання 50 внутрішніх реєстрів, з 141	читання 43 внутрішніх реєстрів, з 61
42	ХВОРОСТЕНКО Ростислав	19200	10	10	15	читання 51 внутрішніх реєстрів, з 52	запис 42 внутрішніх реєстрів, з 242
43	ЦИРУЛЬНИК Денис	9600	5	10	5	запис 52 внутрішніх реєстрів, з 143	запис 41 внутрішніх реєстрів, з 63
44	ЧЕРКАСОВ Дмитро	19200	10	10	15	читання 53 внутрішніх реєстрів, з 56	читання 40 внутрішніх реєстрів, з 244
45	ЧОРНОЙВАН Марина	9600	10	10	15	читання 54 внутрішніх реєстрів, з 145	запис 39 внутрішніх реєстрів, з 66
46	ЧУХНО Олег	19200	5	10	5	запис 55 внутрішніх реєстрів, з 56	запис 38 внутрішніх реєстрів, з 246
47	ШИШАК Альона	9600	10	10	15	читання 56 внутрішніх реєстрів, з 147	читання 37 внутрішніх реєстрів, з 67
48	ШКОЛЬНИЙ Дмитро	19200	5	10	5	читання 57 внутрішніх реєстрів, з 58	запис 36 внутрішніх реєстрів, з 248
49	ЯНКО Олександр	9600	10	10	15	запис 58 внутрішніх реєстрів, з 149	запис 35 внутрішніх реєстрів, з 69
<b>АКС-4-4</b>							
50	БОЙКО Назар	19200	10	10	15	читання 59 внутрішніх реєстрів, з 60	запис 34 внутрішніх реєстрів, з 250
51	ВАРИЧЕВ Андрій	9600	5	10	5	запис 60 внутрішніх реєстрів, з 151	запис 33 внутрішніх реєстрів, з 71
52	ВОЛОШИН Ярослав	19200	10	10	15	читання 61 внутрішніх реєстрів, з 62	читання 32 внутрішніх реєстрів, з 252
53	ГАВРИЛЮК Ігор	9600	5	10	5	читання 62 внутрішніх реєстрів, з 153	запис 31 внутрішніх реєстрів, з 73
54	ГУМІН Руслан	19200	10	10	15	запис 63 внутрішніх реєстрів, з 64	запис 30 внутрішніх реєстрів, з 254
55	ЄЛЕЦЬКИХ Андрій	9600	5	10	5	читання 64 внутрішніх реєстрів, з 155	читання 29 внутрішніх реєстрів, з 75
56	ЄЛЕЦЬКИХ Сергій	19200	10	10	15	читання 65	запис 28

						внутрішніх реєстрів, з 66	внутрішніх реєстрів, з 256
57	КЛИМЧУК Євгеній	9600	5	10	5	запис 66 внутрішніх реєстрів, з 157	запис 27 внутрішніх реєстрів, з 77
58	КУЦИХ Михайло	19200	10	10	15	читання 67 внутрішніх реєстрів, з 68	читання 26 внутрішніх реєстрів, з 258
59	ЛОГВИНЕНКО Олександр	9600	5	10	5	читання 68 внутрішніх реєстрів, з 159	запис 25 внутрішніх реєстрів, з 79
60	ЛОГВИНЕНКО Роман	19200	10	10	15	запис 69 внутрішніх реєстрів, з 70	запис 24 внутрішніх реєстрів, з 260
61	МОСКАЛЕНКО Олександр	9600	5	10	5	читання 70 внутрішніх реєстрів, з 161	читання 23 внутрішніх реєстрів, з 81
62	ОДНОРОГ Юрій	19200	10	10	15	читання 71 внутрішніх реєстрів, з 72	запис 22 внутрішніх реєстрів, з 262
63	ПАРОВЕНКО Максим	9600	5	10	5	запис 72 внутрішніх реєстрів, з 163	запис 21 внутрішніх реєстрів, з 83
64	ПЮРО Павло	19200	10	10	15	читання 73 внутрішніх реєстрів, з 74	читання 20 внутрішніх реєстрів, з 264
65	РЕДЧИЦЬ Богдан	9600	10	10	15	читання 74 внутрішніх реєстрів, з 165	запис 19 внутрішніх реєстрів, з 85
66	РЕМЕЗ Роман	19200	5	10	5	запис 75 внутрішніх реєстрів, з 76	запис 18 внутрішніх реєстрів, з 266
67	САМОЙЛЕНКО Дмитро	9600	10	10	15	читання 76 внутрішніх реєстрів, з 167	читання 17 внутрішніх реєстрів, з 87
68	СУРЖЕНКО Павло	19200	5	10	5	читання 77 внутрішніх реєстрів, з 78	запис 16 внутрішніх реєстрів, з 268
69	ТІЩЕНКО Олександр	9600	10	10	15	запис 78 внутрішніх реєстрів, з 169	запис 15 внутрішніх реєстрів, з 89
70	ШАЛЮТА Олег	19200	5	10	5	читання 79 внутрішніх реєстрів, з 80	читання 14 внутрішніх реєстрів, з 270
71	ШЕВЧЕНКО Дмитро	9600	10	10	15	читання 80 внутрішніх реєстрів, з 171	запис 13 внутрішніх реєстрів, з 91
72	ЯКОВЕНКО Антон	19200	5	10	5	запис 81 внутрішніх реєстрів, з 82	запис 12 внутрішніх реєстрів, з 272
73	ЯНЮК Олександр	9600	10	10	15	читання 82 внутрішніх реєстрів, з 173	читання 11 внутрішніх реєстрів, з 93