

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ КОНКУРС СТУДЕНТСЬКИХ НАУКОВИХ РОБІТ

«ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА»

ЛІЧИЛЬНИК ВИКИДІВ ДВЗ

« ЕКОБЕЗПЕКА ДВЗ »
(шифр)

2018

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Характеристика викидів автотранспорту та їх вплив на людину та навколишнє природне середовище.....	5
1.1 Комплексний вплив автотранспорту на біосферу.....	5
1.2 Основні шкідливі речовини, що виділяються під час роботи ДВЗ.....	7
1.3 Утворення основних шкідливих речовин під час згоряння палива в циліндрах двигуна.....	8
1.3.1 Оксид вуглецю.....	8
1.3.2 Вуглеводневі сполуки.....	9
1.3.3 Оксиди азоту.....	10
1.3.4 Сполуки сірки.....	11
1.3.5 Сажа.....	11
1.3.6 Сполуки свинцю.....	12
1.4 Метаболізм продуктів згоряння палива у атмосфері.....	12
1.5 Вплив шкідливих речовин, які надходять у атмосферу під час роботи ДВЗ, на людину і довкілля.....	13
1.5.1 Оксид вуглецю.....	13
1.5.2 Вуглеводневі сполуки.....	14
1.5.3 Альдегіди.....	14
1.5.4 Сажа і канцерогенні речовини.....	15
1.5.5 Оксиди азоту.....	15
1.5.6 Сполуки сірки.....	15
1.5.7 Сполуки свинцю.....	16
1.5.8 Продукти фотохімічного синтезу.....	16
2 Розробка і розрахунок структурної схеми лічильника.....	17
2.1 Вибір робочої формули.....	17
2.2 Розробка структурної схеми лічильника газових викидів.....	18
2.2.1 Розробка структури блока управління лічильника.....	20
2.2.2 Розробка структури вузла індикації лічильника.....	27
2.2.3 Розробка блока захисту мікропроцесорного вузла лічильника від статичних розрядів.....	34
2.2.4 Розробка вузла контролю електроживлення лічильника.....	37
2.2.5 Розробка структури датчика імпульсної послідовності лічильника.....	41
2.2.6 Структурна схема розроблюваного лічильника.....	43
3 Розробка електричної схеми лічильника.....	45
3.1 Перевірка швидкості схеми лічильника.....	45
3.2 Розробка електричної схеми блоку БКУ.....	46
3.3 Розробка електричної схеми блоку індикатора.....	49
3.4 Розробка електричної схеми блоку супервізора.....	49
3.5 Розробка електричної схеми блоку гальванічної розв'язки схеми лічильника від бортової мережі.....	50
Висновки.....	52
Список літератури.....	53

Додаток А. Блок-схема підпрограми роботи мікроконтролера з flash-пам'яттю.....	55
Додаток Б. Розробка блок-схеми алгоритму основного модуля керуючої програми лічильника.....	57

ВСТУП

Автомобіль – одне з головних джерел забруднення природного середовища в Україні. При цьому особливо актуальна та обставина, що автомобіль перебуває в безпосередній близькості до людей, а це посилює його негативний вплив на людину, флору і фауну.

Шкідливі викиди від роботи автотранспорту у декілька разів перевищують забруднення повітря промисловими підприємствами. З відпрацьованими газами (ВГ) до атмосфери потрапляють мільйони тон оксидів вуглецю та азоту, вуглеводнів, тисячі тон високотоксичних сполук свинцю. Важливим залишається і той факт, що транспортний сектор – основне джерело викидів парникових газів.

Своїм безпрецедентним поширенням по усьому світі автомобіль зобов'язаний головним чином двигуну внутрішнього згорання (ДВЗ), створеному більше 100 років тому, але дотепер що не має конкурентів. При порівняно невеликій масі він розвиває значну потужність, досить надійний, економічний, працює на порівняно недорогому паливі. ДВЗ забезпечує високі швидкості і достатні тягові властивості автомобіля в будь-яких умовах руху. Однак з роками, у міру росту автомобільного парку, усе більше став виявлятися істотний недолік ДВЗ – він виявився причиною значного забруднення атмосферного повітря, особливо у великих містах. При великому скупченні автомобілів кількість шкідливих речовин, що викидаються з відпрацьованими газами, стає недопустимо великою [1].

Близько 50% атмосферного забруднення у великих містах України припадає на автомобільні викиди. Згідно статистичної звітності в Україні знаходиться в постійній експлуатації на 2015 рік близько 10 млн. автомобілів різних форм власності. Протягом останніх років автомобільний парк України щорічно споживає в середньому понад 3,5 млн. т. бензину та близько 6,5 млн. т. дизельного пального. В результаті в навколишнє середовище потрапляє велика кількість шкідливих речовин (ШР), які складають понад 30 % газових викидів в атмосферу на території України [1].

Розрахунок газових викидів автотранспорту згідно старих методик, які ще досі використовуються, не дають можливості проводити реальний облік. Тому виникла необхідність у розробленні пристрою, який дасть можливість здійснити такий облік.

В роботі на основі проведеного аналізу розроблений новий спосіб визначення об'єму викидів ШР автотранспортом та лічильник для визначення об'єму газових викидів двигунів внутрішнього згорання для його реалізації.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИКИДІВ АВТОТРАНСПОРТУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЛЮДИНУ ТА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

1.1 Комплексний вплив автотранспорту на біосферу

Основними штучними джерелами забруднення довкілля, що виникають в результаті діяльності людини, є об'єкти транспорту, промисловості, енергетики, сільського та комунального господарств. Переважаючим серед цих джерел є саме транспорт [1].

Вплив транспорту на екосистеми полягає у:

- забрудненні атмосфери, водних об'єктів і земель, зміні хімічного складу ґрунтів і мікрофлори, утворенні виробничих відходів, шламів. Забруднюючі речовини, окрім шкідливого впливу на живу природу, негативно впливають на створені людиною системи – особливо на будівельні матеріали, історичні архітектурні і скульптурні пам'ятники і інші витвори мистецтва, викликають корозію металів, псування шкіряних і текстильних виробів;
- споживанні природних ресурсів – атмосферного повітря, яке необхідне для перебігу робочих процесів в ДВЗ транспортних засобів, нафтопродуктів і природного газу, які є паливом для ДВЗ, води для систем охолодження ДВЗ і миття транспортних засобів, виробничих і побутових потреб підприємств транспорту, земельних ресурсів, відчужених під будівництво автомобільних доріг і залізниць, аеродромів, трубопроводів, річкових і морських портів і інших об'єктів інфраструктури транспорту;
- виділенні теплоти в довкілля під час роботи ДВЗ і установок, в яких спалюють паливо в транспортних виробництвах;
- створенні високих рівнів шуму і вібрації;
- можливості активації несприятливих природних процесів таких як водна ерозія, заболочення місцевості, утворення селевих потоків, зсувів і обвалів;
- травмуванні та загибелі людей, тварин, нанесення великих матеріальних збитків внаслідок аварій і катастроф;
- порушенні ґрунтово-рослинного покриву і зменшенні врожайності сільськогосподарських культур тощо [2].

Автомобільний транспорт є однією з галузей, що в значній мірі визначає розвиток промисловості і сільського господарства будь-якої країни. Тому світовий парк автотранспортних засобів безперервно збільшується. Згідно даних різних джерел в період з 1950 по 2000 роки кількість автомобілів в світі зросла в 7,5...8,5 разів і на сьогодні перевищує 500 млн. одиниць. Щорічний випуск автомобілів в світі становить біля 50 млн. одиниць. Значну роль відіграє автомобільний транспорт в економіці України. Автомобільним транспортом перевозиться понад 60% пасажирів і більше половини обсягу вантажів [3].

Якщо оцінювати внесок автомобільного транспорту в загальне забруднення атмосферного повітря в Україні, то його частка за оксидом вуглецю становитиме 49%, за вуглеводнями - 32%, за оксидами азоту - 20%. Разом з тим в багатьох містах України викиди автотранспорту становлять від 60 до 90% загальної кількості викидів [2].

На січень 2000 року автомобільний парк України налічував 7210 тис. одиниць, з них вантажних автомобілів 14,8%, автобусів – 2,2%, легкових автомобілів – 78,5%, спеціальних – 4,5%. Виходячи з кількості автомобілів на тисячу жителів, це значно менше в порівнянні з розвиненими країнами. Так, якщо в Україні ця величина наближається до 120 одиниць, то в США вона сягає 700 одиниць [1].

Тому в Україні, виходячи з досвіду інших країн, також слід очікувати в недалекому майбутньому різкого зростання парку автотранспортних засобів. Для того, щоб цей процес не призвів до критичної ситуації, з точки зору безпеки руху, забруднення навколишнього середовища та витрат палива, до нього потрібно готуватись шляхом вдосконалення конструкції автомобілів і рівня їх експлуатації [4].

Шкідливий вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище має багатосторонній характер (рис.1.1). Цей вплив проявляється під час руху автомобілів, їх технічного обслуговування, а також в зв'язку з існуванням інфраструктури, що забезпечує функціонування автомобільного транспорту.



Рисунок 1.1 – Шкідливий вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище

Найбільш шкідливими є фактори першої групи, а серед них – викиди шкідливих речовин автомобільними двигунами. Щоб довести вагомість шкідливого впливу автомобільного транспорту, як штучного джерела забруднення навколишнього середовища, достатньо навести такі дані: згідно різних досліджень, світовим парком автомобілів щорічно викидається в навколишнє сере-

довище 480...800 млн. тонн оксиду вуглецю, що становить біля 19% світових викидів як природними, так і штучними джерелами; 19...29 млн. тонн метану (7%), 32...48 млн. тонн інших вуглеводнів (4%), 17...21 млрд. тонн диоксиду вуглецю (2%), 36...76 млн. тонн диоксиду азоту (20...50%), 162...198 млн. тонн диоксиду сірки (45%) [1].

За розрахунками вчених за всю свою історію автотранспорт спожив 170 млрд. м³ кисню і викинув в атмосферу 250 млрд. м³ CO, що складає 60...70 % від діяльності людини за остання 100 років.

Викиди автотранспортних засобів складають біля 40% всіх шкідливих речовин, що потрапляють в атмосферу. Для ряду міст України (Київ, Львів, Чернівці, Полтава та інші) ця величина перевищує 70 % [2,5-7].

Незважаючи на значне зменшення шкідливих викидів, їх величина залишається значною і складає близько 40 кг на кожного жителя України.

В 2010 році викиди шкідливих речовин в атмосферу м. Києва склали 64,3 тис. тон від стаціонарних джерел і 172,2 тис. тонн від пересувних засобів (переважно автомобілів), тобто майже 100 кг на кожного киянина в рік.

Крім, розглянутих на рис. 1.1 факторів шкідливого впливу автотранспорту, загрозою безпеці людей є також дорожні аварії, за яких в світі щорічно гине понад 250 тис. чол. і ще 10 мільйонів травмуються [3].

1.2 Основні шкідливі речовини, що виділяються під час роботи ДВЗ

Під час роботи автомобільних двигунів внутрішнього згоряння джерелами викидів шкідливих речовин є:

- а) відпрацьовані гази;
- б) картерні гази;
- в) випаровування з системи живлення [8].

Серед цих джерел основним є відпрацьовані гази, які мають складний хімічний склад. До складу відпрацьованих газів входить понад 1000 різних шкідливих речовин, які негативно впливають на людину і довкілля, 200 з них розпізнано. Основними є: оксид вуглецю (CO), вуглеводні (загальна формула C_mH_n), оксиди азоту (загальна формула NO_x), альдегіди (загальна формула RCHO), сполуки сірки (основна – двооксид сірки SO₂), тверді частинки (сажа – C), канцерогенні речовини, до яких належать складні ароматичні вуглеводні поліциклічної будови (основний елемент, якого найбільше, бенз(а)пірен – C₂₀H₁₂), сполуки свинцю (PbO₄).

Граничний вміст основних шкідливих речовин у відпрацьованих газах бензинових двигунів і дизелів наведено в таблиці 1.1 [2].

Таблиця 1.1 – Граничний вміст основних шкідливих речовин у ВГ бензинових і дизельних двигунів

Назва речовини	Бензинові	Дизельні
Оксид вуглецю (CO), %	10	0,3
Вуглеводні (C _m H _n), %	2	0,5

Оксиди азоту (NO _x), %	0,6	0,2
Альдегіди (RCHO), %	0,2	0,05
Двооксид сірки, мг/м ³	0,003	0,015
Сажа, мг/м ³	100	2000
Сполуки свинцю, мг/м ³	60	–
Канцерогенні речовини (бенз(а)пірен), мг/м ³	25	10

1.3 Утворення основних шкідливих речовин під час згоряння палива в циліндрах двигуна

1.3.1 Оксид вуглецю

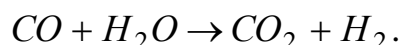
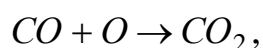
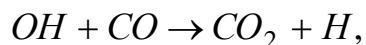
Перебіг реакцій згоряння вуглеводневих палив в камерах згоряння двигунів відбувається дуже швидко – майже миттєво і носить вибухоподібний характер. Реакції згоряння вуглеводневих палив досить складні і до сьогодні ще недостатньо вивчені. Згідно теорії згоряння вуглеводневих палив, розробленої академіком М. Семеновим горіння – це ланцюгова реакція з розгалуженими ланцюгами, коли кожна активна молекула породжує низку нових активних центрів, які прискорюють загальний перебіг реакцій згоряння [9].

Спрощено процес згоряння вуглеводневого палива можна представити так:

- утворення активних радикалів, які вступають в реакції з киснем;
- поява активних пероксидів, які вступають в реакції з молекулами вуглецю, утворюючи молекули пероксиду водню;
- активні радикали пероксидів окислюються, утворюючи альдегіди і нові радикали.

В будь-якому випадку в результаті реакцій окиснення на проміжному етапі згоряння утворюється оксид вуглецю CO і гідроксильна група OH.

Академік Я.Б. Зельдович запропонував таку схему реакцій згоряння оксиду вуглецю:



Заключною стадією процесу згоряння вуглеводневих палив є процес окиснення оксиду вуглецю CO, перебіг якого відбувається значно повільніше ніж сам процес згоряння. Кінцеві продукти процесу згоряння вуглеводневих палив – CO, CO₂, H₂O. Оксид вуглецю CO – це продукт неповного згоряння палива. Концентрація його у відпрацьованих газах перш за все залежить від складу паливо-повітряної суміші [2].

На рис. 1.2 показано залежність зміни концентрації оксиду вуглецю в сухих продуктах згоряння палива бензинового двигуна від коефіцієнту надлишку повітря в паливо-повітряній суміші.

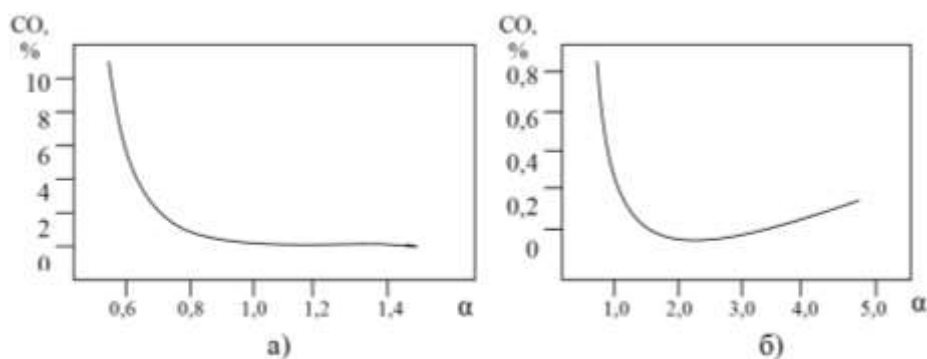


Рисунок 1.2 – Залежність концентрації оксиду вуглецю CO у ВГ бензинового (а) і дизельного (б) двигуна від коефіцієнту надлишку повітря паливо-повітряної суміші

Під час роботи двигуна на багатих сумішах ($a < 1$) концентрація CO у відпрацьованих газах має досить великі значення. Тобто основною причиною утворення оксидів вуглецю є нестача кисню під час згоряння палива. У разі, коли $a < 1$ концентрація CO у відпрацьованих газах стабілізується і становить 0,2...0,3 % і далі вже практично не залежить від складу суміші.

Для дизелів, які працюють в основному при $a < 1$, вміст оксидів вуглецю CO невеликий і, як правило, не перевищує 1%. Максимальний вміст CO має місце за максимального навантаження двигуна. Пояснити це можна локальним перебагаченням паливо-повітряної суміші, яке спричиняє підвищення вмісту сажі (кіптяви) у ВГ. Сажа, яка утворилась в початковий період згоряння, частково вигорає. В результаті реакції згоряння сажі утворюється оксид вуглецю. На малих навантаженнях і під час холостого ходу вміст CO збільшується через збільшення альдегідів, які є вихідними компонентами для утворення оксидів вуглецю CO [10].

1.3.2 Вуглеводневі сполуки

У відпрацьованих газах двигунів внутрішнього згоряння міститься декілька сотень видів різних вуглеводневих сполук. Основна частина – це газоподібні частинки палива, що не згоріло і складаються з парафінових C_nH_{2n+2} , нафтових C_nH_{2n} , ароматичних C_nH_{2n-6} та інших вуглеводнів.

Окрім того у відпрацьованих газах містяться органічні пероксиди і альдегіди (недоокиснені вуглеводні), що утворюються в результаті взаємодії активних радикалів, які утворились під час передполум'яних реакцій, з молекулами кисню. Цю групу вуглеводнів прийнято позначати загальною формулою RCHO. Основними речовинами, що входять в цю групу є формальдегід $H_2C=O$ та акролеїн $CH_2=CH-CHO$. В період основного процесу згоряння палива за умови високих температур і тисків та нестачі кисню від деяких проміжних видів вуглеводневих сполук відокремлюються атоми водню. Вуглеводні, які утворилися у такий спосіб, є нестійкими і вони можуть поєднуватись між собою у складні структури, так звані поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ). Серед цих вуглеводнів основним є бенз(а)пірен $C_{20}H_{12}$, що має канцерогенні властивості.

На концентрацію вуглеводнів у ВГ значний вплив має склад паливної суміші. Під час роботи бензинового двигуна на збагачених сумішах при $a < 1$ че-

рез нестачу кисню в продуктах згоряння палива міститься більша кількість вуглеводневих сполук, які не згоріли і з відпрацьованими газами надходять у атмосферу [1,8,11].

Коли має місце збіднення паливо-повітряної суміші ($a < 1$) концентрація вуглеводнів у ВГ значно зменшується і залишається без змін до значень $a = 1,3...1,4$. Наявність вуглеводневих сполук під час роботи двигуна на збіднених сумішах спричинена неоднорідністю паливо-повітряної суміші і гасінням полум'я у прошарку суміші біля стінок камери згоряння. Між фронтом полум'я і стінками камери згоряння існує зона ламінарного руху заряду, де і відбувається гасіння полум'я через значне зменшення температури в цій зоні. Окрім паливо-повітряної суміші в цій зоні знаходяться і продукти згоряння палива від попередніх робочих циклів. Товщина цього прошарку може сягати 0,4 мм. Концентрація вуглеводнів у пристінковій зоні значно більша ніж у самих відпрацьованих газах.

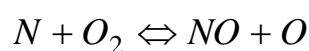
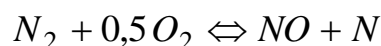
Різка збільшення концентрації C_mH_n у ВГ із подальшим збідненням суміші – $a > 1,3...1,4$ пояснюється тим, що в окремих циліндрах, через надмірне збіднення суміші, згоряння не відбувається, тобто мають місце пропуски займання. І паливо, що не згоріло, надходить у атмосферу.

Механізм утворення продуктів неповного згоряння палива для дизелів такий же як і для бензинових двигунів. Процес згоряння палива у дизеля відбувається завжди при $a < 1$, тобто завжди має місце збіднена суміш. Тому концентрація продуктів неповного згоряння палива CO і C_mH_n у відпрацьованих газах дизелів не перевищує десятих або сотих частинок відсотка.

Зміна вмісту вуглеводнів для дизелів залежно від a має аналогічний характер перебігу залежності CO від a . Підвищений вміст вуглеводнів на великих навантаженнях (при низьких a) пов'язаний з перезбагаченням паливо-повітряної суміші в окремих частинах камери згоряння, а збільшення C_mH_n на малих навантаженнях, пов'язано з поганою якістю розпилювання палива і високою температурою в циліндрі двигуна [1-3].

1.3.3 Оксиди азоту

Утворення оксидів азоту NO та NO₂ (загальна формула NO_x) під час згоряння палива в циліндрах двигунів пов'язане з високою температурою. Термічна теорія утворення оксидів азоту, основи якої розроблено академіком Я.Б. Зельдовичем є загально визнаною. Згідно цієї теорії для утворення оксидів азоту необхідна висока температура і наявність вільного кисню, окиснення азоту здійснюється за ланцюговою схемою. Можливі такі зворотні реакції окиснення азоту:

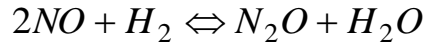


В результаті цих реакцій утворюється оксид азоту NO, який є основним продуктом, що міститься у відпрацьованих газах. Концентрація NO у відпрацьованих газах бензинових двигунів становить приблизно 99% у дизелів – 93%

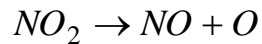
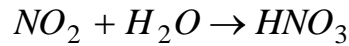
від загальної кількості NO_x .

Окрім основних реакцій окиснення має місце реакція: $2\text{NO} \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$. Відбувається вона не лише в камері згоряння, а також у випускній системі двигуна і в атмосфері.

Можлива також реакція оксиду азоту з воднем:



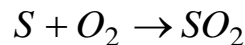
Двооксид азоту вступає в реакцію в парюючій воді, утворюючи азотну кислоту, частково розпадається на NO і O :



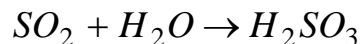
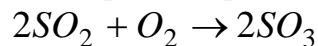
Концентрація NO_x також залежить від складу паливо-повітряної суміші. Максимальна концентрація оксидів азоту NO_x у відпрацьованих, газах дизеля, як правило, відповідає максимальному навантаженню. Проте, якщо значення димності ВГ дизеля за максимального навантаження перебільшує встановлені норми, тоді максимальні значення вмісту NO_x у відпрацьованих газах переміщуються в сторону менших навантажень, тобто в сторону збіднення суміші. Зменшення концентрації NO_x у ВГ дизеля із зменшенням навантаження пояснюється зменшенням температури в циліндрах двигуна [2,12].

1.3.4 Сполуки сірки

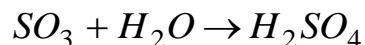
Сірка входить в склад вуглеводневих палив, як шкідлива домішка. В камері згоряння, з'єднуючись з киснем вона утворює двооксид сірки (сірчистий ангідрид):



Потрапляючи разом з відпрацьованими газами у атмосферу двооксид сірки вступає в реакцію з киснем повітря, утворюючи ангідрид сірки (сірчаний ангідрид) або розчиняється у водяній парі, утворюючи сірчисту кислоту:



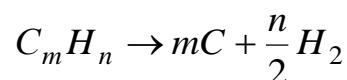
Ангідрид сірки, в свою чергу, сполучається з водяною парюю, утворюючи сірчану кислоту:



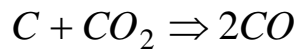
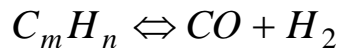
1.3.5 Саж

Утворення сажі під час згоряння вуглеводневих палив в циліндрах двигуна пов'язане з термічним розкладанням (піролізом) вуглеводнів палива під впливом високих температур і в умовах нестачі кисню.

Піроліз вуглеводневих палив в камері згоряння відбувається тоді, коли коефіцієнт надлишку повітря $a = 0,3 \dots 0,7$. Піроліз палива носить, як правило, локальний характер. В окремих зонах камери згоряння відбуваються реакції розпаду вуглеводневого палива на вуглець і водень:



Частки вуглецю, які утворилися в результаті піролізу вуглеводневих палив, вступають в реакцію з речовинами, що містять кисень і частково вигорають:



Поблизу стінок камери згоряння циліндра двигуна, де температура паливо-повітряної суміші зменшується, частинки вуглецю охолоджуються, в подальшому процесі згоряння вони практично не приймають участі. Ці охолоджені частинки вуглецю і є сажа (кіптява), разом з відпрацьованими газами вони надходять у атмосферу.

Серед усіх енергетичних установок, дизелі – основні джерела викидів сажі. І хоча дизелі працюють на збіднених сумішах (а завжди більше одиниці), та внаслідок недосконалості процесу сумішоутворення в камерах згоряння дизелів завжди мають місце зони, в яких локальне значення a значно менше одиниці і, навіть, наближається до нуля. Це і є осередки, де виникає сажа.

При збагаченні паливо-повітряної суміші частки вуглецю, що утворилися в результаті піролізу, вигорають в меншій мірі. Збагачення паливо-повітряної суміші має місце за умови збільшення навантаження. Тому часто вихід сажі з відпрацьованими газами аналізують залежно від навантаження. Інтенсивність збільшення вмісту сажі спостерігається при навантаженнях близьких до повного, де a знижується до 1,4... 1,6 [1,2,8].

1.3.6 Сполуки свинцю

Для підвищення октанового числа бензину інколи застосовується етилова рідина, яка складається з тетраетилсвинцю $Pb(C_2H_5)_4$ так званих “виносників” (α -хлорнафталена з бромідом етилу чи диброметану або дібромпропану тощо).

Тetraетилсвинець – отруйна речовина, без кольору, легко розчиняється в бензині, температура кипіння $152^\circ C$ при тиску 25 кПа.

“Виносники” в камері згоряння перетворюють сполуки свинцю в газоподібні речовини, які викидаються з циліндрів двигуна разом з відпрацьованими газами в атмосферу. У відпрацьованих газах свинець також міститься як аерозоль оксидів свинцю і сполук свинцю з бромом або хлором у вигляді солей.

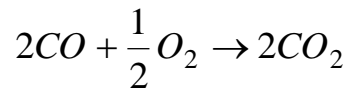
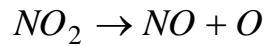
Останнім часом в нашій державі нарешті почали приймати дієві рішення щодо заборони застосування етилованих бензинів. Для поліпшення екологічних і експлуатаційних властивостей автомобільних бензинів розроблена і поставлена на промислове виробництво антидетонаційна добавка БТ. Композиція добавки включає кисневмісні сполуки – спирти, беззольну антидетонаційну присадку монометиланілін (N-метиланілін), а також стабілізатори складу [1,10].

1.4 Метаболізм продуктів згоряння палива у атмосфері

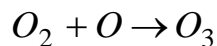
До основних шкідливих речовин, які утворюються в атмосфері, відносяться речовини, що виникають в результаті термохімічних і фотохімічних реакцій. Основними з них є речовини, які виникають в результаті фотохімічних ре-

акцій і складають фотохімічні тумани. Джерелом їх утворення, в основному, є відпрацьовані гази автомобілів. Утворюються ці речовини у атмосфері під впливом ультрафіолетового випромінювання сонячної радіації.

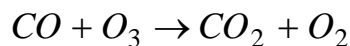
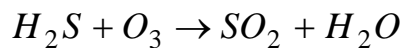
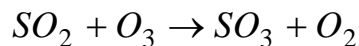
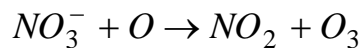
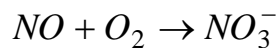
Найважливішою первинною реакцією є реакція розкладання двооксиду азоту на оксид азоту і атомарний кисень, в результаті яких відбувається поглинання ультрафіолетового випромінювання сонячного спектру і реакція окиснення оксиду вуглецю під впливом ультрафіолетового випромінювання:



Атомарний кисень вступає в реакцію з молекулярним киснем утворюючи озон:



Окрім цих, під впливом ультрафіолетового випромінювання мають місце такі реакції:



Реакція розкладання (дисоціації) NO_2 спонукає протікання багатьох реакцій, зокрема появу вільних радикалів з вуглеводневих сполук. В цьому випадку NO_2 є каталізатором для утворення вільних радикалів. Вільні радикали окислюючись утворюють альдегіди та інші речовини, які містять вуглець, а також аерозолі. Окиснення вуглеводнів і оксидів азоту приводить до виникнення пероксилацетнітратів (ПАН), пероксилбензолнітратів (ПБН) тощо. Таким чином, основними складовими фотохімічних перетворень в атмосфері є оксиди азоту, озон, альдегіди, гідрати, речовини групи ПАН, карбонільні сполуки, аерозолі та ін. [1,4,9].

1.5 Вплив шкідливих речовин, які надходять у атмосферу під час роботи ДВЗ, на людину і довкілля

1.5.1 Оксид вуглецю

Основний негативний вплив оксиду вуглецю на організм людини полягає у порушенні газового обміну в організмі. Гемоглобін крові в легенях у 240 разів швидше сполучується з оксидом вуглецю ніж з киснем, утворюючи карбоксигемоглобін (СОНб) і втрачає здатність переносити кисень від легенів до окремих органів і виносити з них вуглекислий газ. В якій мірі оксид вуглецю впливає на організм людини залежить від концентрації його в атмосфері і від тривалості дії. Вміст СО у повітрі 0,01% з тривалістю дії більше однієї години викликає головний біль, погіршення реакції та зменшення працездатності. Бі-

льші концентрації CO спричиняють тяжчі наслідки, аж до втрати свідомості. Довготривале вдихання CO призводить до серцево-судинних захворювань, появи атеросклерозу, ураження центральної нервової системи, виникнення інфаркту міокарда, розвитку легеневих захворювань. Особливо впливає оксид вуглецю на людей що страждають коронарною недостатністю [1,11].

Високі концентрації CO₂ призводять до втрати свідомості, навіть до смерті. Дослідження показали, що перебування в атмосфері з вмістом CO лише 0,001...0,0015% протягом 8 годин викликає у окремих людей погіршення здатності до сприйняття часу. Процес утворення карбоксигемоглобіну є зворотним. За зупинки вдихання CO, його концентрація на кожні 3-4 години знижується вдвічі. Дослідження з впливу CO на рослинний світ довели, що за концентрації CO нижче 0,01% такого впливу не відбувається навіть у випадку витримки рослин в цій атмосфері протягом 3 тижнів, але в деяких дослідженнях погіршувалось утворення пилку [1,2].

1.5.2 Вуглеводневі сполуки

З великої кількості вуглеводнів, які містяться у відпрацьованих газах, найбільшої загрози завдають ароматичні вуглеводні олефінового ряду, тобто ненасичені вуглеводні етилового ряду, що мають високу активність і є вихідними продуктами для утворення фотохімічного смогу. Вплив вуглеводнів на організм людини різноманітний: від виникнення неприємних відчуттів до появи різних захворювань. Характерною особливістю дії вуглеводнів на організм людини є їх вплив на центральну нервову систему.

Великі концентрації вуглеводнів можуть призвести до наркотичного сп'яніння, що неприйнятно, особливо у під час керування автомобілем. Окрім того, вуглеводні спричиняють виникнення серцево-судинних захворювань, аритмію серця, порушують діяльність шлунково-кишкового тракту, викликають зміни у складі крові.

Численними дослідженнями встановлено, що один з вуглеводнів – етилен негативно впливає на рослини, викликаючи симптоми раннього старіння, хронічні ураження, відпадання квіток та плодів, припинення росту [1,2].

1.5.3 Альдегіди

Основними альдегідами, що надходять у атмосферу з відпрацьованими газами є формальдегід і акролеїн.

Формальдегід (мурашиний альдегід) – газ без кольору із задушливим, подразнюючим запахом. Охолоджуючись перетворюється в рідину за температури мінус 21°C. Легко розчиняється у воді. Розчин, який містить 40% формальдегіду називається формаліном. Шкідливо впливає на органи дихання і слизові оболонки. Є дуже сильним подразником, вражає діяльність центральної нервової системи, печінки, нирок. За концентрації формальдегіду у атмосфері 0,007% має місце легке подразнення дихальних шляхів і слизових оболонок очей і носа, за концентрації 0,18% – подразнення сильне. Запах сприймається людиною за концентрації 0,000015% і це має бути сигналом, що перебування в такій атмосфері небезпечне.

Акролеїн – рідина без кольору із запахом підгорілих жирів. Температура кипіння 52,4°C. Пара акролеїну спричиняє сильне подразнення слизових оболонок очей. Вміст його в атмосфері 0,002% згубний, 0,0005% – важко переноситься, 0,00008% – для людини безпечний. Запах сприймається людиною за концентрації 0,00016%. Концентрація його в повітрі 0,014% може призвести до смерті через 10 хвилин. Вплив акролеїну на організм людини адекватний впливу формальдегіду [1,2,11].

1.5.4 Сажа і канцерогенні речовини

Відпрацьовані гази ДВЗ є основним джерелом викиду в атмосферу твердих частинок і в першу чергу сажі (кіптяви). Частинки сажі розміром 0,5...2 мкм затримуються в легенях, викликаючи алергію. На своїй поверхні сажа адсорбує велику кількість вуглеводневих сполук, в тому числі поліциклічних ароматичних вуглеводнів і серед них найбільш активний і небезпечний – бенз(а)пірен, що здатний спричинити ракові пухлини, переважно рак легенів.

Крім того, як механічна домішка, сажа погіршує прозорість атмосфери, вона затримується у повітрі до 8 діб [1,2].

1.5.5 Оксиди азоту

Основна частина оксидів азоту, які знаходяться у атмосфері надходить з відпрацьованими газами автомобілів. Оксиди азоту NO і NO₂ отруйні для організму людини, мають сильну подразнюючу дію, особливо на слизові оболонки, зокрема очей. Здатні глибоко проникати в легені, викликаючи пошкодження їх тканин. За високої концентрації можливі виникнення хронічних респіраторних захворювань і навіть смертельні випадки. Двооксид азоту в концентрації 4...6 мг/м³ викликає порушення життєдіяльності рослин, пригнічуючи їх ріст. Тривалий вплив NO₂ призводить до хлорозу рослин (передчасного старіння).

Двооксид азоту є вихідним продуктом утворення озону під впливом ультрафіолетового випромінювання. А надмірне накопичення озону у приземному просторі дуже шкідливе. Крім того, NO₂ має вирішальну роль в утворенні фотооксидантів. Розчин NO₂ у воді є складовою “кислотних” дощів [1].

1.5.6 Сполуки сірки

Сірчистий газ SO₂ – основний токсичний продукт сполук сірки, що надходить у атмосферу з відпрацьованими газами. У вільному стані SO₂ – газ без кольору, з різким запахом, кислий на смак, отруйний, подразнює слизові оболонки очей і дихальних шляхів. Легко розчиняється у воді, утворюючи сірчисту кислоту H₂SO₃.

Вражає органи дихання, змінює склад крові, погіршує імунітет, порушує білковий обмін речовин в організмі. Крім того руйнує вітамін B₁ в крові, збільшує накопичення цукру і білку в крові.

Висока концентрація SO₂ у атмосфері викликає гострий бронхіт, задишку, можливу смерть внаслідок рефлекторного спазму горла.

Сполуки сірки SO₂, SO₃, H₂SO₃ і H₂SO₄ наносять значний збиток лісовому і сільському господарствам – вони закиснюють ґрунт. Підвищують вразливість

рослин захворюваннями. Окрім того, ці речовини є основними складовими класичного смогу і “кислотних” дощів.

Сполуки сірки наносять значних збитків комунальному господарству міст, руйнуючи металеві конструкції, бетон. Піддають руйнації пам'ятки архітектури [2,11].

1.5.7 Сполуки свинцю

Наявність сполук свинцю в атмосферному повітрі міст, в основному, пов'язана з відпрацьованими газами бензинових двигунів, які працюють на етилованому бензині.

Етилова рідина спалюється в камерах згоряння двигунів, утворюючи неорганічні сполуки – оксиди і солі, які аерозолями викидаються у атмосферу. Зважені частинки розпорошуються в навколишньому середовищі. Значна частина сполук свинцю осідає на землю поблизу автомобільних доріг. Аерозолі потрапляють в організм людини під час дихання, крізь шкіру і разом з їжею. Вони викликають порушення функцій органів травлення, нервово-м'язової системи і мозку. Свинець і його сполуки здатні накопичуватися в організмі до небезпечних концентрацій, тому що вони погано виводяться з організму. Особливо небезпечні для дітей, оскільки уповільнюють їх фізичний і розумовий розвиток [1].

1.5.8 Продукти фотохімічного синтезу

В останній час, роглядаючи забруднення атмосфери міст і великих промислових центрів, велику увагу почали приділяти вмісту в ній озону. Раніше (до 1967 р.) вважалося, що наявність озону в повітрі свідчить про його чистоту. Зараз ця думка змінилась. Через те, що озон – сильний окисник, він є проміжним продуктом фотохімічних реакцій в умовах забрудненої атмосфери. Дія озону на організм людини спричиняє подразнення слизової оболонки, очей, кашель, задуху, спазми дихальних шляхів. Призводить до виникнення серцево-судинних захворювань. Особливо небезпечний він для дітей, тому що вони, в результаті більш рухливого способу життя, споживають значно більшу кількість повітря. Дуже шкідливо озон впливає на рослинність, спричинюючи передчасне старіння. Утворені в результаті фотохімічних реакцій за участю озону оксиданти подразнюють слизові оболонки людини, зменшують прозорість атмосфери, пошкоджують рослини, руйнують гуму і ці властивості проявляються за дуже малих концентрацій.

Деякими дослідженнями встановлено, що за інтенсивного фотохімічного смогу спостерігається захворювання тварин. Особливу небезпеку оксиданти створюють для осіб з порушеннями органів дихання [1-3,11].

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ЛІЧИЛЬНИКА ВИКИДІВ ДВЗ

2.1 Вибір робочої формули

В Україні існує єдиний фіксований податок на токсичність автотранспортного засобу, який залежить від потужності двигуна. Але даний підхід є необґрунтованим і несправедливим по відношенню до конкретного власника (це стосується приватного автотранспорту). За таких умов не враховується: по-перше, екологічні показники пального, яке використовується; по-друге, не береться до уваги інтенсивність використання автомобіля (не можна порівнювати авто пенсіонера і маршрутне авто, яке експлуатується 24 години на добу); по-третє, виникають розбіжності у зв'язку з різною зношеністю автомобіля, що в свою чергу впливає на величину викидів тощо. Існуюча система плати за викид не створює умови для зменшення викидів автотранспорту і покращення якісних показників навколишнього середовища.

В свою чергу існуючі нині методики визначення кількості шкідливих викидів комерційного автотранспорту мають ряд суттєвих недоліків. Головний із них – неможливість врахування реальної кількості спаленого двигуном пального (використовують нормативну витрату пального автомобілем даної марки на 1 км пройденого шляху, питому витрату пального, кг/100 км пробігу, час роботи двигуна тощо).

Наприклад, в основу методики розрахунку викидів шкідливих речовин автомобільним транспортом [4] покладено середній питомий викид автомобілів окремих груп (автобуси, вантажні та легкові автомобілі). Для автомобілів парку підприємства маса викидів за розрахунковий період t часу j -ї речовини (M_j^t) при наявності в групі автомобілів з різними типами двигунів внутрішнього згоряння визначається за формулою:

$$M_j^t = \sum_i^i \sum_k^k m_{jik} \cdot L_{ik} \cdot \prod R_{jik}, \quad (2.1)$$

де t – кількість груп автомобілів;

m_{jik} – питома вага викиду j -ї шкідливої речовини автомобілем i -ї групи з двигуном k -го типу на розрахунковий період, г/кг;

L_{ik} – пробіг автомобілів i -ї групи з двигуном k -го типу на розрахунковий період, млн. км;

R_{jik} – добуток коефіцієнтів впливу n факторів на викид j -ї шкідливої речовини автомобілями i -ї групи з двигуном k -го типу.

Розраховані за даною методикою значення газових викидів (ГВ) шкідливих речовин мають лише наближене значення, адже не враховується робота двигуна на холостому ході, а також об'єм ДВЗ.

Цей недолік легко вирішується у запропонованому методі визначення величини забруднень навколишнього середовища автотранспортом. Також значно спрощуються розрахунки.

Вміст шкідливих речовин (G) у ГВ по j -м компонентам (г/год) відповідно до запропонованого методу розраховується за формулою 2.2:

$$G_j = \sum k \cdot N \cdot e_j \cdot B \cdot T_a, \quad (2.2)$$

де k – коефіцієнт, що враховує кількість спаленого пального за один умовний робочий такт двигуна;

N – кількість умовних робочих тактів двигуна;

e_j – питомий викид j -ої шкідливої речовини (г/кг спаленого пального);

B – робочий об'єм циліндрів двигуна, л;

T_a – коефіцієнт, що враховує термін експлуатації двигуна.

2.2 Розробка структурної схеми лічильника газових викидів

Проектуємий лічильник призначений для роботи в складі бортової панелі автомобіля. Так як лічильник призначений для надійного підрахунку та зберігання еквівалентних газовим викидам ДВЗ величин, то до його параметрів висунуті високі вимоги, на які необхідно орієнтуватися при проектуванні. Для того, щоб задовольнити ці вимоги доцільно використати в даному пристрої мікропроцесорну систему керування та підрахунку. Розглянемо детально, як побудована типова мікропроцесорна система. На рис. 2.1 наведено її узагальнену структурну схему.

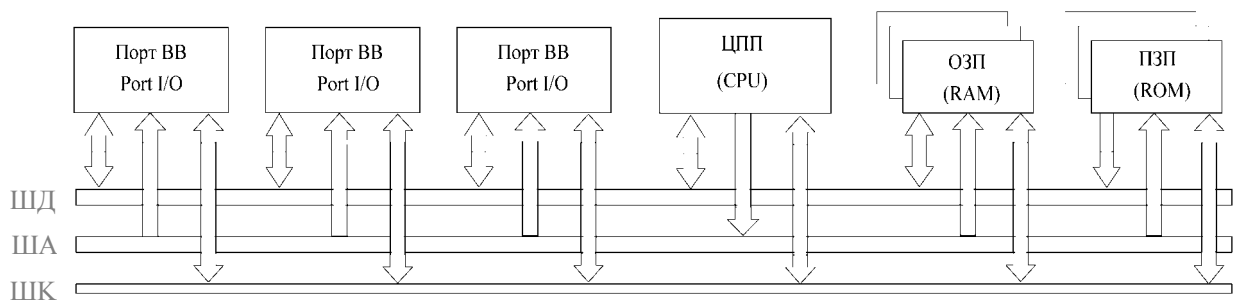


Рисунок 2.1 – Структурна схема типової мікропроцесорної системи:

- CPU (Central Processing Unit) – центральний процесор;
- RAM (Random Access Memory) – пристрій з довільним доступом, або (ОЗП);
- ROM (Read Only Memory) – пам'ять тільки для зчитування, або (ПЗП);
- Port I/O (Port Input/Output) – порт введення/виведення.

Головним керуючим елементом всієї мікропроцесорної системи є процесор. Інші ж пристрої, такі, як ОЗП, ПЗП та порти введення/виведення є підпорядкованими. Тому їх ще називають “периферійними пристроями”. Всі вузли мікропроцесорної системи з’єднані між собою за допомогою 3 основних шин:

- ШД – шина даних (DATA bus);
- ША – шина адреси (ADDR bus);
- ШК – шина керування (CONTROL bus).

Всі разом вони утворюють системну шину. Шина даних призначена для передачі даних від мікропроцесора до периферійних пристроїв, а також у зво-

ротному напрямку. Розрядність шини даних визначається типом процесора, що використовується. В простих мікропроцесорах шина даних як правило має 8 розрядів. Шина адреси призначена для відображення адреси комірки пам'яті або порту введення/виведення, до якого в даний момент звертається процесор. В шину керування умовно об'єднують набір ліній, які передають різні керуючі сигнали від процесора до всіх периферійних пристроїв та назад. В будь-якій шині керування обов'язково присутні лінії, які передають наступні сигнали:

- RD (Read) – сигнал зчитування;
- WR (Write) – сигнал запису;
- MREQ – сигнал ініціалізації пристроїв пам'яті;
- IORQ – сигнал ініціалізації портів введення/виведення;
- READY – сигнал готовності;
- RESET – сигнал скидання.

Вихідні дані, які необхідні для розрахунку структурної схеми лічильника газових викидів ДВЗ:

- постійно, незалежно від режиму роботи, лічильник повинен слідкувати за роботою двигуна внутрішнього згорання (підраховувати кількість обертів колінчастого валу);
- лічильник повинен мати можливість в будь-який момент запам'ятати поточну суму обертів в одну із спеціальних комірок внутрішньої пам'яті;
- вся записана у внутрішню пам'ять пристрою інформація повинна зберігатися у ньому після відключення живлення;
- також схема повинна гарантувати повне зберігання всієї інформації навіть у випадку непередбаченого зникнення живлення;
- лічильник повинен мати цифровий індикатор (РКІ), на якому повинна відображатись інформація про суму тактів роботи двигуна (в еквівалентних одиницях);
- крім того, на індикаторі повинна відображатись інформація про зміну режиму роботи лічильника та повідомлення про помилки;
- лічильник повинен мати блок елементів контролю за електроживленням для регулювання подачі живлення від бортової мережі автомобіля та внутрішньої акумуляторної батареї, а також для своєчасної її підзарядки від бортової мережі;
- лічильник повинен мати черговий режим роботи, в якому він повинен переходити на понижене споживання електроенергії (при збереженні функції підрахунку суми тактів роботи двигуна та запису її у енергонезалежну пам'ять) – виключення індикатора;
- повинна бути передбачена можливість виходу з чергового режиму за допомогою кнопки управління;
- пристрій повинен мати гальванічну розв'язку силових та керуючих кіл для захисту мікропроцесорної частини від статичних розрядів;
- пристрій повинен мати досить надійну конструкцію для запобігання пошкодженню його внутрішніх частин.

2.2.1 Розробка структури блока управління лічильника.

Основною блоку управління даним пристроєм є мікроконтролер.

Оптимальним варіантом при виборі мікроконтролера є представник сімейства однокристальних мікроконтролерів американської фірми ATMEL – AT89C2051. Мікросхема виконана в стандартному DIP-корпусі та має 20 виводів. Наведемо основні електричні параметри даного мікроконтролера:

- сумісний з приладами сімейства MCS-51;
- ємність перепрограмуємої Flash пам'яті: 2 Кб, 1000 циклів стирання/запису;
- діапазон робочих напруг від 2,7 В до 6 В;
- повністю статичний прилад – діапазон робочих частот від 0 Гц до 24 МГц;
- двохрівневе блокування пам'яті програм;
- внутрішня ОЗП ємністю 128 байтів;
- 15 програмуємих ліній введення/виведення;
- два 16-розрядних таймерів/лічильників подій;
- шість джерел сигналів переривань;
- програмуємий послідовний канал UART;
- виходи прямого керування СІД;
- вбудований аналоговий компаратор;
- пасивний (idle) та стоповий (power down) режими;
- промисловий (-40°С...85 °С) та комерційний (0°С...70 °С) діапазони температур;
- 20 вивідних корпуси PDIP та SOIC.

Перераховані вище характеристики, а також достатньо низька вартість (10 грн.) призвели до вибору саме такого мікроконтролера. На рис. 2.2 наведена структурна схема мікроконтролера AT89C2051. Розглянемо основні елементи схеми.

Вбудована перепрограмуєма ПЗП об'ємом 2 кілобайта виконана за технологією електричностираємого ПЗП (так звана “Флеш-пам'ять”). В дану пам'ять записується програма, яку мікроконтролер починає виконувати одразу після включення живлення.

Технологія флеш-пам'яті допускає перепрограмування, тобто повторний запис. Допускається 1000 циклів запису/стирання.

Для виключення несанкціонованого зчитування інформації, в мікросхемі передбачено двохрівневе блокування пам'яті програм. Для цього мікросхема має два біти захисту. Після запису першого біту блокується можливість перепрограмування ПЗП програм. При запису другого біту стає неможливим і зчитування. Біти захисту знищуються в процесі повного стирання ПЗП програм.

ПЗП даних використовується для зберігання оперативних даних. Він має 128 восьмирозрядних комірок пам'яті. Як у більшості однокристальних мікроЕОМ, в мікросхемі AT89C2051 використовується принцип суміщення ПЗП даних з регістрами загального призначення процесора та портами введення/виведення.

Порти P1 та P3 – два восьмирозрядних порти введення/виведення. Порт

РЗ неповний – лінія Р3.6 використовується як вхід сигналу від вбудованого аналогового компаратора.

Арифметико-логічний пристрій замінює центральний процесор оскільки в даній мікросхемі реєстри для тимчасового зберігання даних суміщені з комітками внутрішнього ПЗП.

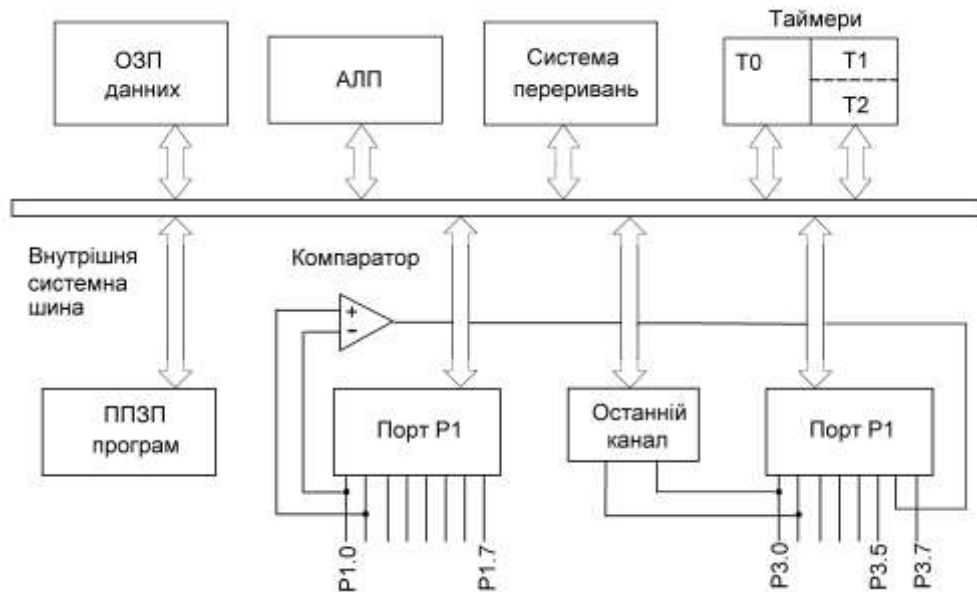


Рисунок 2.2 – Внутрішня структура мікроконтролера AT89C2051

В мікросхемі є два вбудованих 16-розрядних таймери/лічильника T1 і T2. Вони можуть використовуватись для задання будь-яких інтервалів часу. Кожен лічильник може працювати в двох режимах:

- режим відліку часових інтервалів (в даному випадку вони рахують імпульси внутрішнього тактового генератора);
- режим підрахунку зовнішніх імпульсів.

Послідовний канал спеціального типу використовується для послідовної передачі інформації по одній лінії. В результаті є можливість створення на базі AT89C2051 мікропроцесорних пристроїв, що управляються за допомогою комп'ютера по послідовному каналу.

Вбудований контролер переривань дає можливість опрацювати 6 джерел переривань:

- два джерела – це зовнішні входи для запитів на переривання;
- два джерела – це переривання від обох лічильників/таймерів T1 і T2 (запит переривання таймера надходить в той момент, коли відповідний лічильник/таймер дораховує до нуля – лічильник працює в режимі зворотного підрахунку.);
- два джерела – переривання від послідовного каналу введення/виведення (один від передавача даного каналу та спрацьовує в той момент, коли процес відправлення чергового байту закінчився, і від приймача та спрацьовує, коли приймач прийняв черговий байт).

Звичайний компаратор аналогових сигналів, у якого на виході з'явиться сигнал логічної 1, коли напруга на вході “+” перевищить напругу на вході “–”.

Внутрішня системна шина за складом та призначенням повністю аналогічна системній шині стандартної мікропроцесорної системи.

На рис. 2.3 вказана функціональна схема ще одного важливого елемента мікроконтролера – вбудований тактовий генератор. Для нормальної його роботи до виводів XTAL1 та XTAL2 необхідно підключити кварцовий резонатор, який визначає частоту тактового генератора та два узгоджувачих конденсатора.

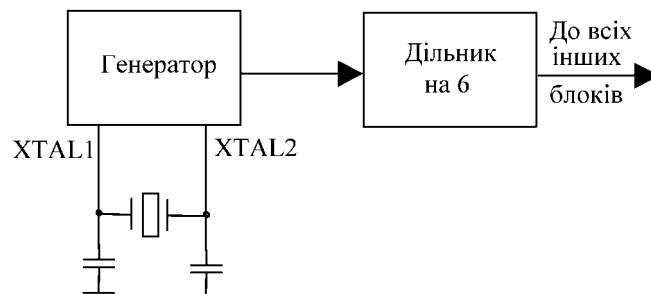


Рисунок 2.3 – Внутрішній генератор мікросхеми AT89C2051.

Мікросхема AT89C2051 відноситься до повностатичних систем. Це означає, що частота тактового генератора може вибиратися в самому широкому діапазоні. Максимально допустима частота тактового генератора рівна 24 МГц. Нижньої границі немає. Частоту тактового генератора можна понижати аж до повної її зупинки. При цьому зупиняються всі внутрішні процеси, в тому числі і процес виконання програм. Але з першим же тактовим імпульсом внутрішні процеси продовжуються. Даний мікропроцесор не використовує сигнал тактового генератора напряму. Цей сигнал спочатку надходить на внутрішній подільник, який ділить тактову частоту на шість. І вже цей поділений сигнал слугує для синхронізації всіх систем мікроконтролера. При максимально можливій частоті кварцу в 24 МГц, мікроконтролер фактично працює на частоті 4 МГц. Але, не дивлячись на відносно невисоку швидкодію, для проектуемого пристрою AT89C2051 повністю підходить.

Розглянемо тепер детальніше призначення виводів мікросхеми AT89C2051. На рис. 2.4 приведена цоколівка мікросхеми.

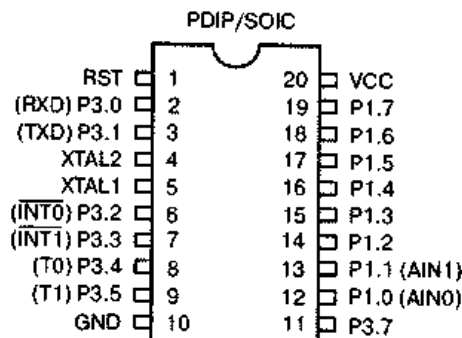


Рисунок 2.4 – Цоколівка мікросхеми AT89C2051

Напруга живлення (V_{cc}) подається на вивід 20. Загальний провід (GND) – вивід 10. Виводи XTAL1 та XTAL2 призначені для підключення кварцового резонатора. Інші виводи мікросхеми – це розряди портів введення/виведення (P1 та P3). Кожна з ліній порту може працювати як вихід або як вхід без додаткових

переключень. Досягається це використанням оригінальної схеми вихідного каскаду такої лінії. Дана схема наведена на рис. 2.5.

Каскад складається з вузла виведення та вузла введення, з'єднаних разом та підключених до зовнішнього виводу мікросхеми. Вузол виведення виконаний на основі каскаду із загальним колектором. Навантаженням даного каскаду слугує внутрішній резистор R_n . Якщо транзистор відкритий, він замикає коло зовнішнього виводу на загальний провід і на виході встановлюється логічний нуль. Якщо транзистор вихідного каскаду закривається, то напруга живлення через резистор R_n надходить на вихід схеми, та на ньому встановлюється логічна одиниця. Для того, щоб перевести цей каскад в режим введення, достатньо залишити транзистор в закритому стані. Відповідний розряд порту введення підключений в ту ж саму точку. Зовнішній пристрій, який подає на лінію порту логічний сигнал, призначений для зчитування процесором також повинен бути побудований за схемою із загальним колектором.

Потужність вихідних ключів мікроконтролера AT89C2051 допускає пряме підключення світлодіодного індикатора до будь-якого виходу портів P0 або P1. Багато виводів мікросхеми AT89C2051 мають подвійну функцію. Крім свого основного призначення – слугувати виводами відповідного порту, вони мають альтернативну функцію. В таблиці 2.1 перераховані усі виводи, які мають альтернативні функції.

Таблиця 2.1 – Виводи AT89C2051, які мають подвійне призначення

Вивід мікросхеми	Лінія порту	Альтернативна функція
2	P3.0	RXD (вхід послідовного порту)
3	P3.1	TXD (вихід послідовного порту)
6	P3.2	INT0 (зовнішнє переривання)
7	P3.3	INT1 (зовнішнє переривання)
8	P3.4	T0 (таймер 0, зовнішнє введення)
9	P3.5	T1 (таймер 1, зовнішнє введення)
12	P1.0	AIN0 (прямий вхід компаратора)
13	P1.1	AIN1 (інверсний вхід компаратора)

Розглянемо детальніше перераховані вище додаткові функції виводів. Послідовний канал мікросхеми AT89C2051 підтримує декілька стандартів послідовної передачі даних. Один з цих стандартів сумісний з послідовним інтерфейсом RS232. За допомогою входів INT0 та INT1 сигнали від будь-яких зовнішніх пристроїв в мікропроцесорній системі можуть опрацьовуватись контролером в режимі переривання. Вхід T0 керує таймером T0, а вхід T1 – таймером T1, відповідно. В різних режимах роботи таймерів ці входи діють по різному.

В режимі підрахунку часу, коли таймер рахує імпульси внутрішнього генератора, вхід керування використовується як зовнішній вхід дозволу/заборони підрахунку. В даному режимі високий рівень сигналу на цьому вході дозволяє роботу таймера, а низький – забороняє. В режимі лічильника імпульсів виводи

T0 та T1 служать входами імпульсів для підрахунку. Для нормальної роботи компаратора в вихідних каскадах двох цих виводів відсутній резистор навантаження R_n . Тому, при використанні входів за прямим призначенням потрібно підключати зовнішній резистор номіналом від 4,7 до 10 кОм. Подвійне використання виводів мікросхеми – дуже поширений прийом в мікропроцесорній техніці, який дозволяє виконувати більшу кількість функцій при мінімальній кількості виводів.

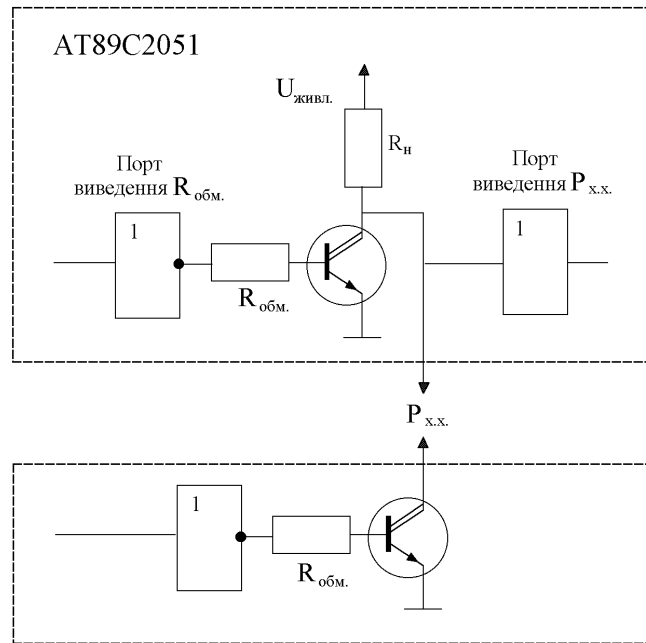


Рисунок 2.5 – Схема вихідного каскаду лінії введення/виведення

Для постійного зберігання інформації про напруцювання двигуна автомобіля в пам'яті лічильника вирішено використати мікросхему електричнозтираємого ПЗП. Це цілий клас спеціальних мікросхем пам'яті, призначених для довготривалого зберігання інформації в умовах відсутності електроживлення. Використовуючи західну термінологію, такі мікросхеми часто називають мікросхемами флеш-пам'яті. Сімейство таких мікросхем є ПЗП, що електрично перепрограмовуються. У них для зчитування та запису інформації використовується послідовна двохпровідна шина, яка використовує протокол обміну під назвою I²C. Дана шина та протокол розроблені фірмою PHILIPS. Приведемо основні переваги шини I²C:

- необхідно лише дві лінії – лінія даних (SDA) та лінія синхронізації (SCL);
- кожний пристрій, який підключений до шини, може бути програмно адресований за певною адресою;
- в стандартному режимі забезпечується передача послідовних 8-бітних даних зі швидкістю до 100 кбіт/с, та до 400 кбіт/с в “швидкому” режимі;
- вбудований у мікросхеми фільтр подавляє сплески, забезпечуючи цілісність даних;
- максимально допустима кількість мікросхем, під'єднаних до однієї ши-

ни, обмежується максимальною величиною ємності шини 400 пФ. На рис. 2.6 зображено схему підключення пристроїв до I²C шини.

Мікросхеми запам'ятовуючих пристроїв (ЗП) з послідовним інтерфейсом володіють рядом переваг у порівнянні із ЗП з паралельним інтерфейсом, якщо достатня понижена швидкість обміну інформацією. Окрім компактності розташування на друкованій платі, послідовні ЗП суттєво економлять лінії введення/виведення мікроконтролера. Користь послідовних ЗП ще більш зростає, якщо стоїть задача додати зовнішню пам'ять до мікроконтролера з малою кількістю виводів. Найкращим представником послідовних ЗП є CMOS SEEPROM сімейства AT24 з I²C послідовним інтерфейсом.

Перерахуємо основні особливості даного сімейства:

- три діапазони напруг живлення – 2,7...5,5 В; 2,5...5,5 В; 1,8...3,6 В;
- 8-ми розрядна внутрішня організація;
- двопровідний послідовний інтерфейс;
- протокол двонаправленого обміну даними;

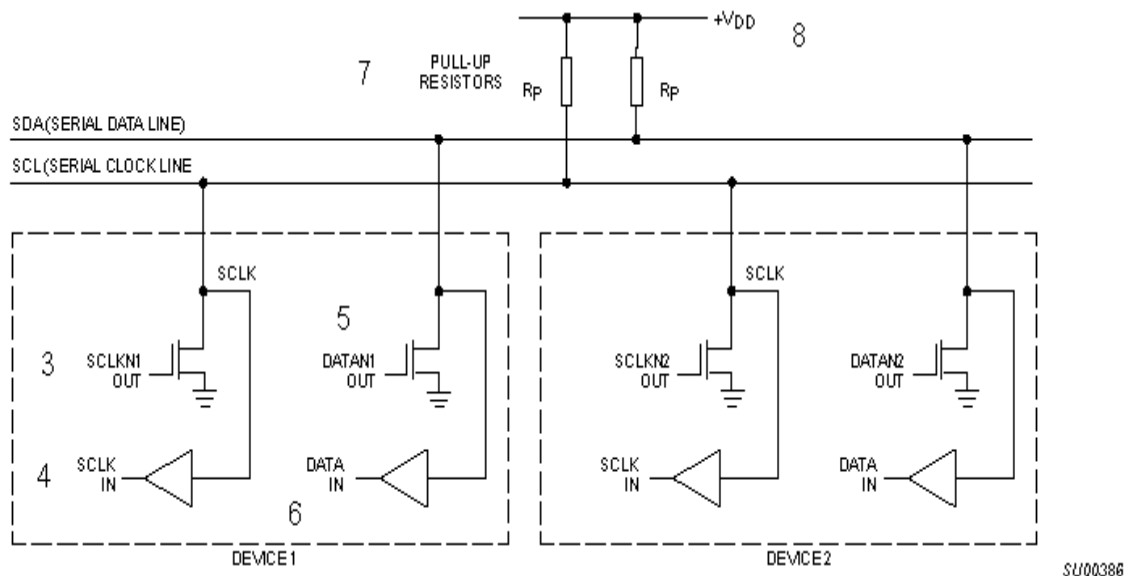


Рисунок 2.6 – Підключення I²C-пристроїв до шини

- 1 – SDA (лінія даних);
- 2 – SCL (лінія синхронізації);
- 3 – вихід синхронізації;
- 4 – вхід синхронізації;
- 5 – вихід даних;
- 6 – вхід даних;
- 7 – підтягуючі резистори;
- 8 – напруга живлення.

- тактова частота 1000/400 кГц (при $V_{cc} = 5$ В), та 100 кГц (в інших діапазонах напруг живлення);
- сторінковий режим запису;
- апаратний захист від запису;
- максимальна тривалість циклу запису із внутрішнім тактуванням – 10 мс;
- висока надійність (1000000 циклів запису, 100 років зберігання да-

них);

- промислове та побутове виконання, можливість виконання для розширеного температурного діапазону та використання в автомобілях;
- 8-выводні та 14-выводні корпуси PDIP, JEDEC SOIC, EIAI SOIC, LAP та dBGA.

Мікросхеми, які входять до сімейства AT24C, є послідовними ПЗП, що електрично зтираються та перепрограмуються від 1 до 1024 кБіт з 8-ми розрядною організацією. В режимі зчитувань одного байта, послідовності байтів аж до повного об'єму пам'яті, а в режимах програмування забезпечується запис як окремого байта, так і цілої сторінки або її частини. Об'єм сторінки складає від 4 до 256 байт (в залежності від типу мікросхеми). Вхід та вихід даних організується за допомогою простого двонаправленого інтерфейсу. Всі мікросхеми даного сімейства забезпечені засобами апаратного захисту даних. Крім того, є можливість каскадування даних мікросхем для збільшення допустимого об'єму пам'яті. Всі представники сімейства AT24C розроблялись для тих областей використання промислового та побутового діапазону температур, де важливі мале споживання та низька напруга живлення, та розміщені у 8-выводних, 14-выводних корпусах PDIP, JEDEC SOIC, EIAI SOIC, які займають незначну поверхню друкованої плати. Для проектуемого пристрою використаємо ІМС AT24C01, яка являє собою постійний запам'ятовуючий пристрій, який забезпечує 1024 байтів зтираємої та перепрограмуємої пам'яті (EEPROM), яка організована як 128 слів по 8 біт. Мікросхема оптимізована для використання в багатьох індустріальних та комерційних проектах, де є важливим низька потужність та робоча напруга. AT24C01 використовується для економії місця у 8-ми вивідних корпусах (рис.2.7).

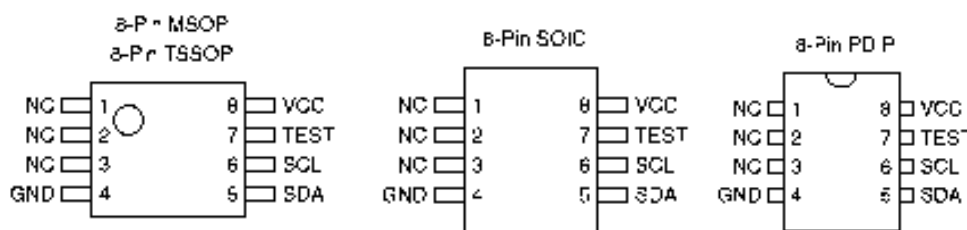


Рисунок 2.7 – Цоколівка двопровідної EEPROM серії 1 кБт (128x8) - AT24C01

Основні паспортні дані даної ІМС наступні:

1. Низька напруга та стандартна напруга роботи:
 - а) 5,0 (V_{cc} = від 4,5 до 5,5 В);
 - б) 2,7 (V_{cc} = від 2,7 до 5,5 В);
 - в) 2,5 (V_{cc} = від 2,5 до 5,5 В);
 - г) 1,8 (V_{cc} = від 1,8 до 5,5 В);
2. Внутрішня організація – 2048x8 (16кБ).
3. Послідовний двопровідний інтерфейс.
4. Двонаправлений протокол передачі даних.
5. Сумісність – 100 кГц (1,8 В, 2,5 В, 2,7 В) та 400 кГц (5 В).
6. 4-байтовий режим запису сторінки.

7. Самосинхронізуючий цикл запису (10 мс максимально).
 8. Висока надійність (часовий ресурс – 1 млн. циклів запису, зберігання даних – 100 років, ESD захист – > 3,000 В).
 9. Допустимі автомеханічна якість та великий діапазон температур.
- Для бездоганної роботи ІМС даного сімейства необхідно дотримуватись основних експлуатаційних параметрів, які наведені в табл. 2.2

Таблиця 2.2 – Абсолютні максимальні номінальні значення

Параметр	Номінальні значення
Робоча температура	-55 °С до +125 °С
Температура зберігання	-65 °С до +150 °С
Напруга на будь-якому виводі відносно землі	-1,0 В до +7,0 В
Максимальна робоча напруга	6,25 В
Постійний струм на виході	5,0 мА

2.2.2 Розробка структури вузла індикації лічильника

В якості індикатора для проектуемого лічильника використано однокристалний рідиннокристалічний індикатор (РКІ). Багато фірм (Optrex Corporation, Powertip, Seiko Instruments, Watron та інші.) випускають рідиннокристалічні індикатори із вбудованими контролерами, які полегшують реалізацію інтерфейса РКІ та мікропроцесора. Розглянемо можливість апаратного та програмного узгодження мікроконтролерів сімейства MCS-51 та символічних РКІ, побудованих на базі контролера HD44780.

Контролер HD44780 фірми Hitachi фактично є промисловим стандартом та широко використовується при виробництві алфавітно-цифрових РКІ-модулів. Аналоги даного контролера або сумісні з ним за інтерфейсом та мові команд мікросхеми, випускають багато фірм, серед яких: Epson, Toshiba, Samsung, Philips. Ще більша кількість фірм виробляють РКІ-модулі на базі даних контролерів. Дані модулі можна зустріти в самих різноманітних пристроях: вимірювальних приладах, медичному обладнанні, промислового та технологічного обладнанні, офісній техніці – принтерах, факсимільних та копіювальних апаратах.

Алфавітно-цифрові РКІ-модулі представляють собою недороге та зручне технічне рішення, яке дозволяє зекономити час та ресурси при розробці нових виробів, при цьому забезпечуючи відображення великого об'єму інформації при достатній роздільній здатності та низькому енергоспоживанню. Можливість оснащення РКІ-модулів заднім підсвічуванням, дозволяє експлуатувати їх в умовах з пониженою чи нульовою освітленістю, а виконання з розширеним діапазоном температур (-20°C до +70°C) в складних експлуатаційних умовах, в тому числі у переносній, польовій, а також і у бортовій апаратурі. Контролер HD44780 потенційно може керувати двома рядками по 40 символів у кожному.

В рамках одного конструктива РКІ-модуль може мати, ще ряд модифікацій. Зокрема, можуть використовуватися декілька типів РКІ, які відрізняються кольором фону та кольором символів, а також по РК-матеріалам, що використовуються та їх структурі: TN, STN та FSTN типу. РКІ STN та FSTN типу ма-

ють більш високу вартість, але одночасно володіють підвищеною контрастністю та вдвоє більшим максимальним кутом спостереження, причому РКІ FSTN типу мають кращі характеристики ніж STN.

Для підключення РКІ-модуля до керуючої системи використовується паралельна синхронна шина, яка має 8 або 4 (вибирається програмно) ліній даних DB0...DB7, лінію вибору операції R/W, лінію вибору регістра RS та лінію стробування/синхронізації E. Крім ліній керуючої шини є ще дві лінії для подачі напруги живлення 5В – GND та V_{cc} , та лінія для подачі напруги живлення драйвера РКІ – V_0 . Вказані вище назви ліній шини є стандартними, але існує множина різних варіантів розміщення контактів у кожного конкретного конструктива РКІ-модуля. Єдиним стандартним варіантом розміщення контактів є двохрядне 14 контактне поле, розміщене вертикально в лівій частині модуля а також співпадаюче з ним двохрядне 16-ти контактне поле, яке має додаткову пару контактів з підключеннями до них виводів живлення підсвітки. Схема включення модуля, розрахованого на стандартний діапазон температур показана на рис. 2.8.

Підстроювальний резистор R дозволяє плавно змінювати напругу живлення драйвера РКІ, що призводить до зміни кута повороту рідинних кристалів. Цим резистором можна відрегулювати фактичну контрастність при деякому бажаному куті спостереження. Для активізації РКІ-модуля необхідно подати напругу живлення та відрегулювати резистор R.

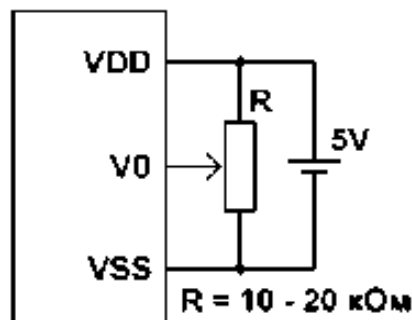


Рисунок 2.8 – Рекомендуєма схема підключення живлення РКІ-модуля.

Після закінчення циклу внутрішньої ініціалізації модуль включається в режим розгортки одного верхнього рядка. При зміні напруги на виході V_0 сегменти даного рядка повинні змінювати свій стан від прозорого до непрозорого, що є свідченням правильного підключення живлення модуля та працездатності контролера і драйверів РКІ. Для з'єднання РКІ-модуля з керуючою системою використаємо метод обміну даними з РКІ-модулем лише за допомогою програмних засобів, через порти введення/виведення керуючого мікроконтролера. На рис. 2.9 приведена схема підключення РКІ-модуля з 8-ми та 4-х розрядними шинами до керуючого мікроконтролера. Пріоритетним варіантом підключення для проектуємого пристрою є варіант з 4-х розрядною шиною для економії портів введення/виведення мікроконтролера.

Для обміну даними в 4-х розрядному режимі використовується старша тетрада шини даних DB4-DB7.

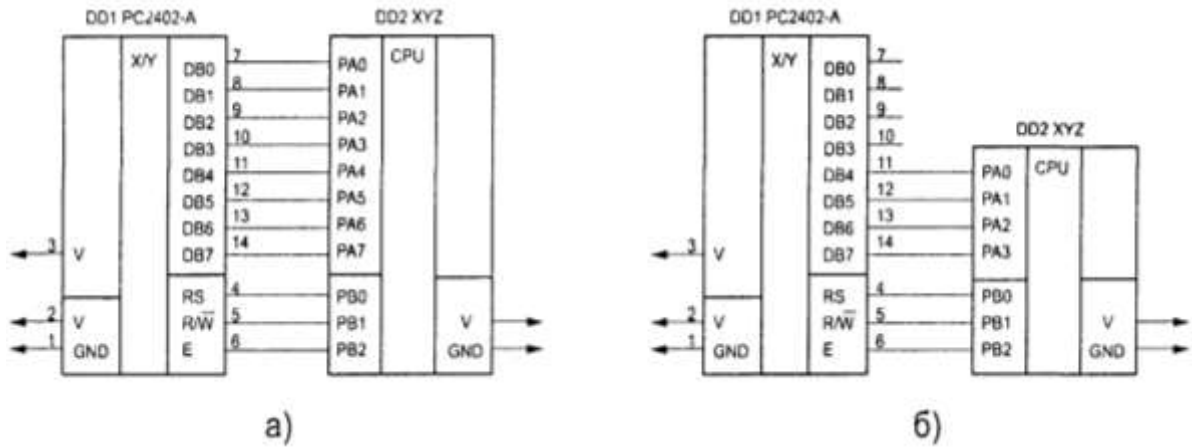


Рисунок 2.9 – Варіанти підключення РКІ-модуля до керуючої системи

У відповідності з часовими діаграмами (рис. 2.10, 2.11) роботи РКІ-модуля в початковому стані сигнал $E = 0$, сигнал $R/\bar{W} = 0$, значення сигналу RS – довільне, шина даних $DB0...DB7$ в стані високого імпеданса (HI).

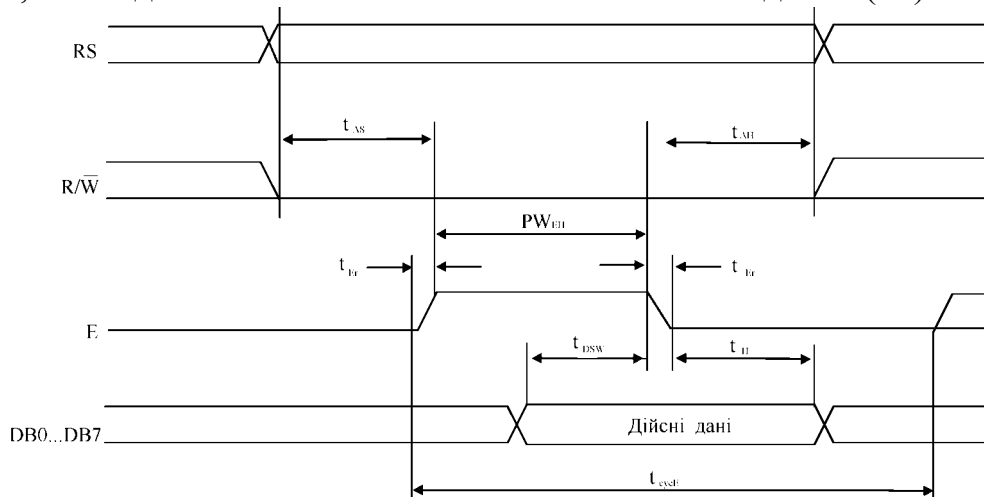


Рисунок 2.10 – Часова діаграма операції запису

Послідовність дій, які необхідно виконувати керуючій системі при здійсненні операцій запису та зчитування для 4-х розрядної шини приведені в таблицях 2.3 і 2.4.

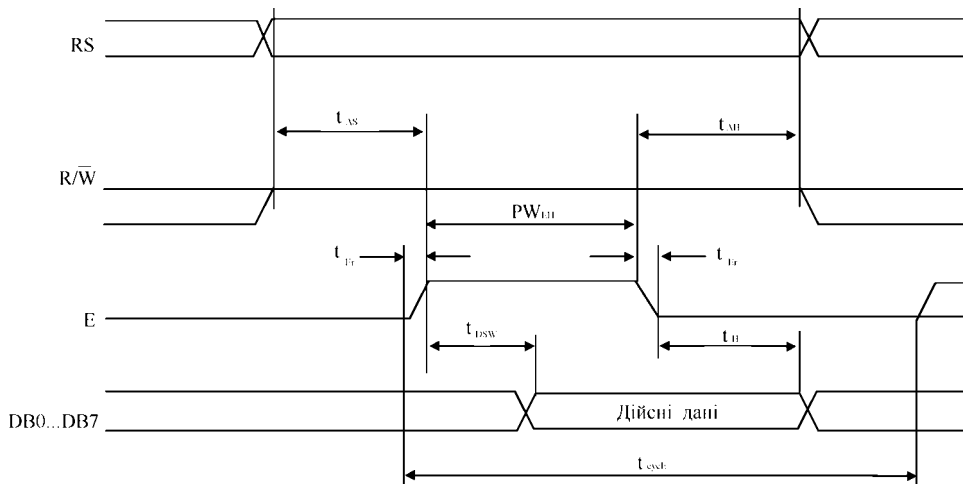


Рисунок 2.11 – Часова діаграма операції зчитування.

Таблиця 2.3 – Операція запису для 4-х розрядної шини

1	Встановити значення лінії RS
2	Вивести значення старшої тетради байта даних на лінії шини DB4...DB7
3	Встановити лінію E = 1
4	Встановити лінію E = 0
5	Вивести значення молодшої тетради байта даних на лінії шини DB4...DB7
6	Встановити лінію E = 1
7	Встановити лінію E = 0
8	Встановити лінію шини DB4...DB7=HI

Приведені в таблицях операції передбачають, що виконання кожного кроку складає не менше 250 нс, що задовольняє вимогам поставленим до проектуємого пристрою.

Таблиця 2.4 – Операція зчитування для 4-х розрядної шини

1	Встановити значення лінії RS
2	Встановити лінію R/W = 1
3	Встановити лінію E = 1
4	Зчитати значення старшої тетради байта даних з лінії шини DB4...DB7
5	Встановити лінію E = 0
6	Встановити лінію E = 1
7	Зчитати значення молодшої тетради байта даних з лінії шини DB4...DB7
8	Встановити лінію E = 0
9	Встановити лінію R/W = 0

Значення часових характеристик операцій запису та зчитування вказані в таблицях 2.5, 2.6.

Таблиця 2.5 – Значення часових характеристик операції запису

Параметр	Позначення	Мін.	Макс.	Одиниці
Період сигналу E	t_{cycE}	500	–	нс
Позитивний напівперіод сигналу E	PW_{EH}	230	–	нс
Фронт/спад сигналу E	$t_{\text{Er}}, t_{\text{Ef}}$	–	20	нс
Встановлення адреси	t_{AS}	40	–	нс
Утримання адреси	t_{AH}	10	–	нс
Встановлення даних	t_{DSW}	80	–	нс
Утримання даних	t_{DSW}	10	–	нс

Описані вище операції запису/зчитування байта є базовими для здійснення обміну з РКІ-модулем.

Розглянемо спрощену структурну схему контролера HD44780, яка приведена на рис. 2.12. Для здійснення програмного керування контролером HD44780 використовуються такі основні його елементи:

- реєстр даних (DR);
- реєстр команд (IR);

- відеопам'ять (DDRAM);
- ОЗП знакогенератора (CGRAM);
- лічильник адреси пам'яті (АС);
- прапорець зайнятості контролера.

Таблиця 2.6 – Значення часових характеристик операції зчитування.

Параметр	Позначення	Мін.	Макс.	Одиниці
Період сигналу E	$t_{\text{сусE}}$	500	–	нс
Позитивний напівперіод сигналу E	PW_{EH}	230	–	нс
Фронт/спад сигналу E	$t_{\text{Er}}, t_{\text{Ef}}$	–	20	нс
Встановлення адреси	t_{AS}	40	–	нс
Утримання адреси	t_{AH}	10	–	нс
Встановлення даних	t_{DSW}	–	160	нс
Утримання даних	t_{DSW}	5	–	нс

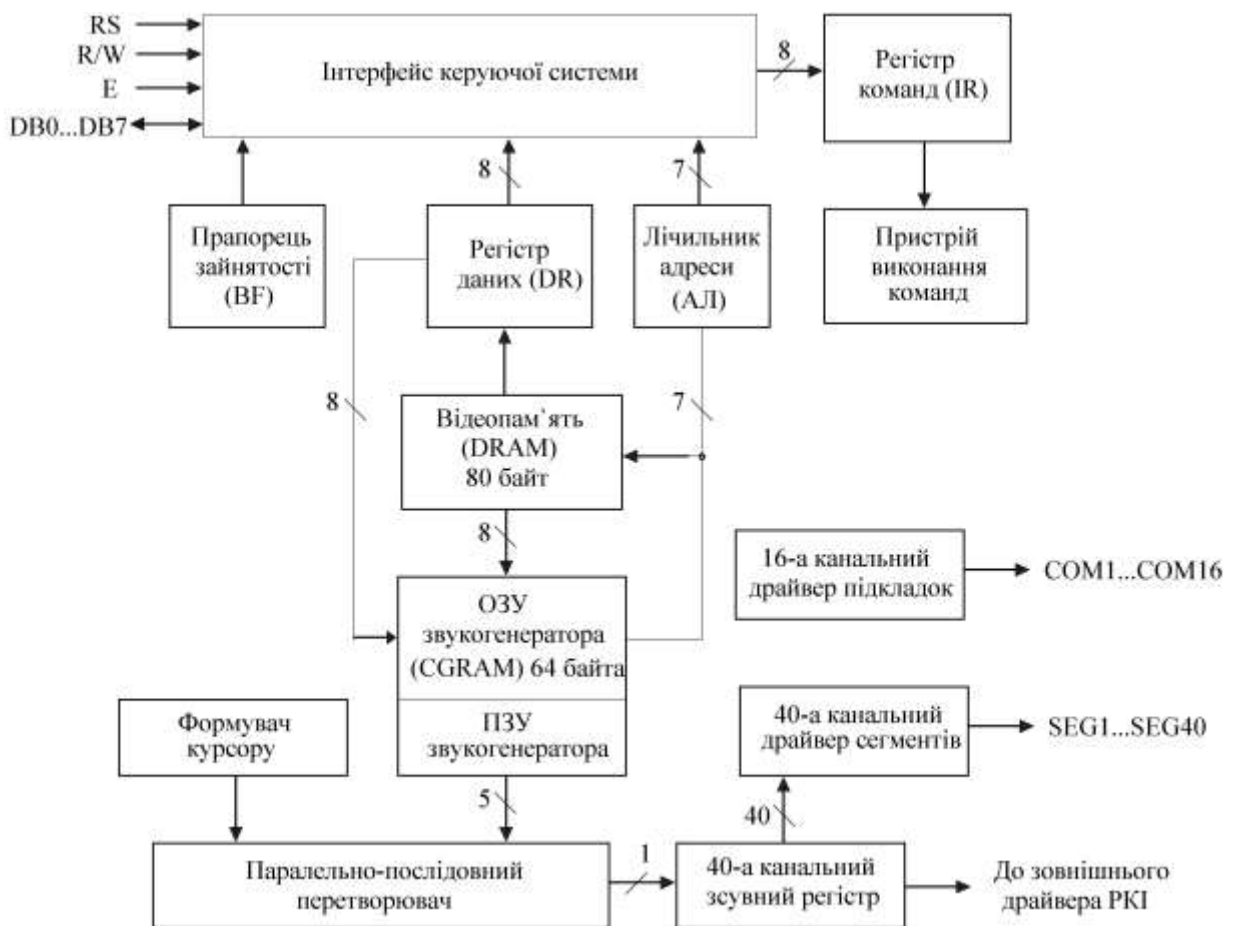


Рисунок 2.12 – Спрощена структурна схема контролера HD44780

Інші елементи контролера HD44780 не є об'єктами прямої взаємодії з керуючою програмою – вони приймають участь в процесі регенерації зображення на РКІ:

- знакогенератор;
- формувач курсору;
- зсувні регістри та драйвери.

Управління контролером проводиться за рахунок інтерфейсу керуючої

системи. Основними об'єктами взаємодії є регістри DR та IR. Вибір адресного регістру здійснюється лінією RS, якщо RS = "0" – адресується регістр команд IR, якщо RS = "1" – регістр даних DR. Дані через регістр DR, в залежності поточного режиму, можуть розміщуватись (або зчитуватися) у відеопам'ять (DDRAM) або в ОЗП знакогенератора (CGRAM) за поточною адресою, яка вказується в лічильнику адреси пам'яті AC. Інформація, яка потрапляє в регістр IR інтерпретується пристроєм виконання команд, як керуюча послідовність. Зчитування регістра IR повертає в 7 молодших розрядах поточне значення лічильника AC, а в старшому розряді – прапорець зайнятості (BF). Відеопам'ять, яка має загальний об'єм 80 байтів, призначена для зберігання кодів символів, які відображаються РКІ. Відеопам'ять організована в два рядки по 40 символів у кожному.

Будучи пристроєм з динамічною індикацією, контролер циклічно проводить оновлення інформації на РКІ. Сам РКІ організований як матриця, яка складається в залежності в обраного режиму роботи з 8, 11, або 16 рядків по двісті сегментів в кожному. Власний драйвер контролера HD44780 має тільки 40 виходів (SEG1...SEG40) та самостійно може підтримувати тільки 8-символьні РКІ. Це означає, що РКІ-модулі форматів до 8x2 реалізовані на одній мікросхемі HD44780, модулі які мають більшу кількість символів, містять додаткові мікросхеми драйверів, кожна з яких додатково надає можливість керування ще 40-ма сегментами. В контролерах HD44780 є набір внутрішніх прапорців, які визначають додаткові режими роботи різних елементів контролера, наведених в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Призначення внутрішніх прапорців контролера HD44780

I/D	Режим зміщення лічильника адреси AC, 0 – зменшення, 1 – збільшення
S	Прапорець режиму зсуву змісту екрану, 0 – зсув екрану не проводиться, 1 – після запису в DDRAM чергового коду екран зсувається в напрямку, визначеному прапорцем I/D: 0 – вправо, 1 – вліво. При зсуві не проводиться зміна вмісту DDRAM, змінюються лише внутрішні вказівники розміщення видимого початку рядка в DDRAM.
S/C	Прапорець-команда, яка виконує разом з прапорцем R/L операцію зсуву змісту екрану; визначає об'єкт зміщення: 0 – зсувається курсор, 1 – зсувається екран.
R/L	Прапорець-команда, яка виконує разом з прапорцем S/C операцію зсуву екрана або курсору; уточнює напрямку зсуву: 0 – вліво, 1 – вправо.
D/L	Прапорець-команда, яка визначає ширину шини даних: 0 – 4 розряди, 1 – 8 розрядів.
N	Режим розгортки зображення на РКІ: 0 – 1 рядок, 1 – 2 рядка.
F	Розмір матриці символів: 0 – 5x8 крапок, 1 – 5x10 крапок.
D	Наявність зображення: 0 – вимкнено, 1 – ввімкнено.
C	Курсор у вигляді підкреслення: 0 – вимкнений, 1 – ввімкнений
B	Курсор у вигляді моргаючого знакомиця: 0 – вимкнений, 1 – ввімкнений.

В таблиці 2.8 наведені значення керуючих прапорців контролера безпосередньо після подачі на РКІ-модуль напруги живлення. Перевизначення значень прапорців здійснюється за допомогою спеціальних команд, які записуються в регістр IR.

Таблиця 2.8 – Значення керуючих прапорців контролера HD44780 після подачі живлення.

I/D = 1	Режим збільшення лічильника на 1
S = 0	Без зсуву зображення
D/L = 1	8-ми розрядна шина даних
N = 0	Режим розгортки одного рядка
F = 0	Символи з матрицею 5x8 крапок
D = 0	Відображення вимкнено
C = 0	Курсор у вигляді пікреслення вимкнено
B = 0	Курсор у вигляді моргаючого знакомісця вимкнено

Список керуючих комбінацій бітів IR та виконувани ними команди наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Керуючі комбінації бітів IR.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Призначення
0	0	0	0	0	0	0	1	Очищення екрана, AC = 0, адресація AC на DDRAM
0	0	0	0	0	0	1	-	AC = 0, адресація AC на DDRAM, скинуті зсуви, початок рядка адресується на початку DDRAM
0	0	0	0	0	1	I/D	S	Вибирається напрямок зсуву курсору чи екрану
0	0	0	0	1	D	S	B	Вибирається режим відображення
0	0	0	1	S/C	R/L	-	-	Команда зсуву курсору/екрану
0	0	1	DL	N	F	-	-	Визначення параметрів розводки і ширини шини даних
0	1	AG	AG	AG	AG	AG	AG	Присвоєння лічильнику AC адреси в області CGRAM
1	AD	AD	AD	AD	AD	AD	AD	Присвоєння лічильнику AC адреси в області DDRAM

Контролер HD44780 може мати різні набори символів, причому це може залежати як від виробника контролера, так і від модифікації даної конкретної моделі. Вибрана модель контролера HD44780 реалізована на мікрочіпі фірми Erson містить повний набір символів російського алфавіту, приведеного на 2.13.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F						
0				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F			
1		!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/	:	;	<	=	>	?@
2		!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/	:	;	<	=	>	?@
3		!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/	:	;	<	=	>	?@
4		!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/	:	;	<	=	>	?@
5		!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/	:	;	<	=	>	?@
6		!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/	:	;	<	=	>	?@
7		!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/	:	;	<	=	>	?@
8		!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/	:	;	<	=	>	?@
9		!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/	:	;	<	=	>	?@
A		!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/	:	;	<	=	>	?@
B		!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/	:	;	<	=	>	?@
C		!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/	:	;	<	=	>	?@
D		!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/	:	;	<	=	>	?@
E		!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/	:	;	<	=	>	?@
F		!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/	:	;	<	=	>	?@

Рисунок 2.13 – Таблиця кодів символів контролера Epson

2.2.3 Розробка блока захисту мікропроцесорного вузла лічильника від статичних розрядів

Зміст захисту даного лічильника полягає у гальванічній розв'язці схеми мікропроцесорного вузла від електричної бортової схеми автомобіля. Гальванічну розв'язку необхідно здійснити як для схеми електроживлення лічильника, так і для входу сканування імпульсної послідовності з давача, який фіксує кількість обертів двигуна внутрішнього згорання автомобіля. Найкращим засобом гальванічної розв'язки в даній схемі є застосування оптронів та твердотільних реле, про що свідчить ряд їх основних переваг:

- висока надійність, яка зумовлена відсутністю механічних контактів і як наслідок велике напрацювання на відмову;
- незмінний контактний опір протягом всього терміну використання;
- відсутність дрижання контактів, що знижує внутрішньосхемний рівень завад в апаратурі та забезпечує стабільність її роботи;
- відсутність акустичного шуму від роботи механічних контактів;
- сумісність по входу з логічними мікросхемами, яка забезпечує простоту інтеграції твердотільних реле в цифрових пристроях;
- необхідність низькорівневих сигналів керування, що суттєво спрощує схему керування твердотільними реле на відміну від електромагнітних;
- висока вібростійкість та ударостійкість, обумовлена відсутністю рухомих механічних контактів;
- зразкові характеристики ізоляційних властивостей між входом/виходом реле, також високий опір ізоляції корпусу;
- висока швидкодія;
- висока стійкість до впливу зовнішніх електромагнітних полів;
- мале енергоспоживання;
- малі габарити та маса.

Компанія International Rectifier пропонує широкий вибір оптоелектронних пристроїв (рис. 2.14).

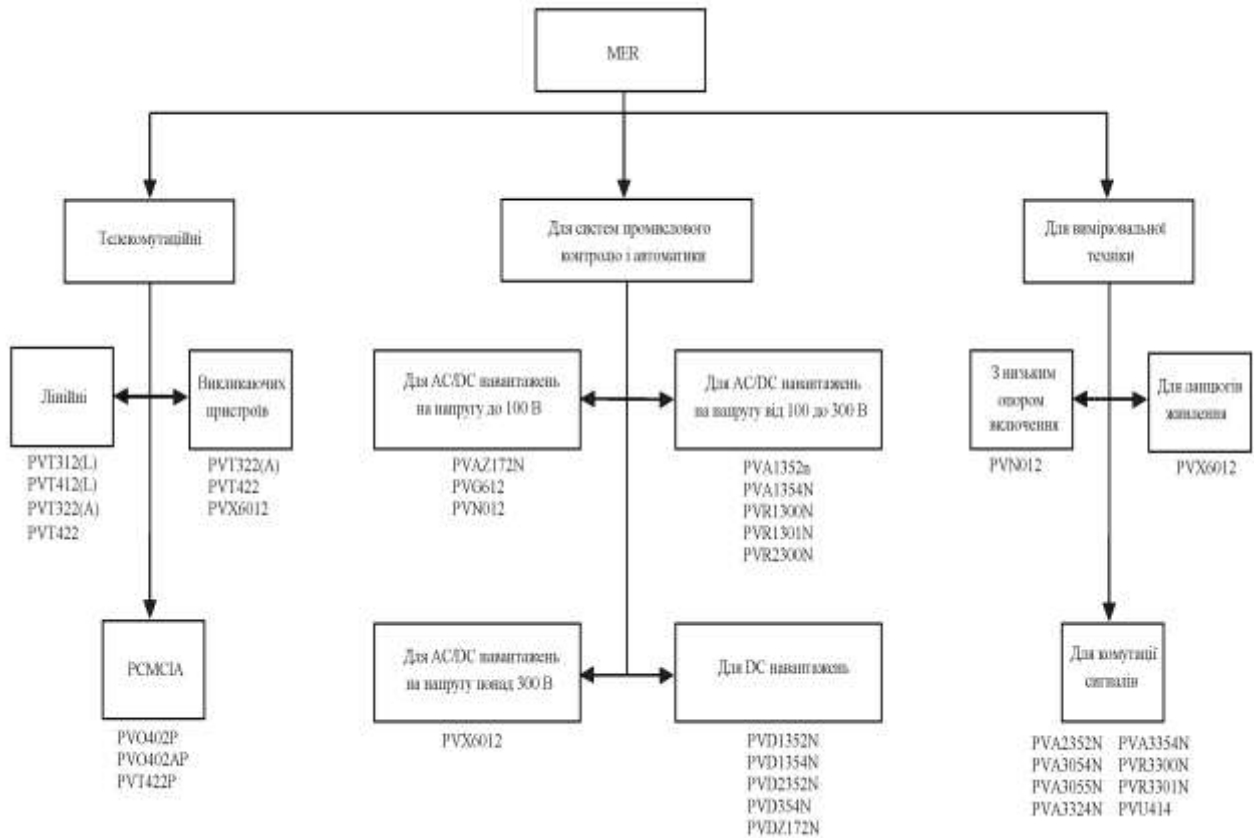


Рисунок 2.14 – Класифікація оптоелектронних приладів IR

В технічній документації компанії прийнято їх скорочене позначення – MER (Microelectronic Relay).

Головною особливістю твердотільних реле виробництва IR є використання вихідних ключів, виконаних на польових МОН або IGBT транзисторах. МОН транзистори характеризуються лінійною залежністю струму від напруги відкритого ключа, падіння напруги на ньому складає менше 0,6 В. Крім того, вихідні ключі твердотільних реле IR на здвоєнних МОН транзисторах забезпечують двохнаправлене переключення навантаження та працюють у колах змінного струму. В якості транзисторних ключів використовуються польові МОН транзистори, які виконані за HEXFET технологією, яка характеризує дані транзистори наступними параметрами:

- висока швидкодія (більше 200 кГц);
- широкий розкид параметрів навантаження;
- робота при низьких робочих напругах.

Двохнаправлені ключі твердотільних реле на польових МОН транзисторах отримали назву BOSFET. На рис. 2.15 зображені варіанти умовних електричних схем твердотільних реле та оптронів, які випускаються компанією IR.

Твердотільні реле для використання в приладобудуванні та системах промислової автоматики – це сама більша група реле як за кількістю, так і за різноманітністю конструкції та характеристик, тому що дані реле призначені для виконання самих різноманітних задач. Існує три схеми включення твердотільних реле:

- схема А – для роботи в колах змінного та постійного струму;
- схеми В, С – для роботи в колах постійного струму (рис. 2.16).

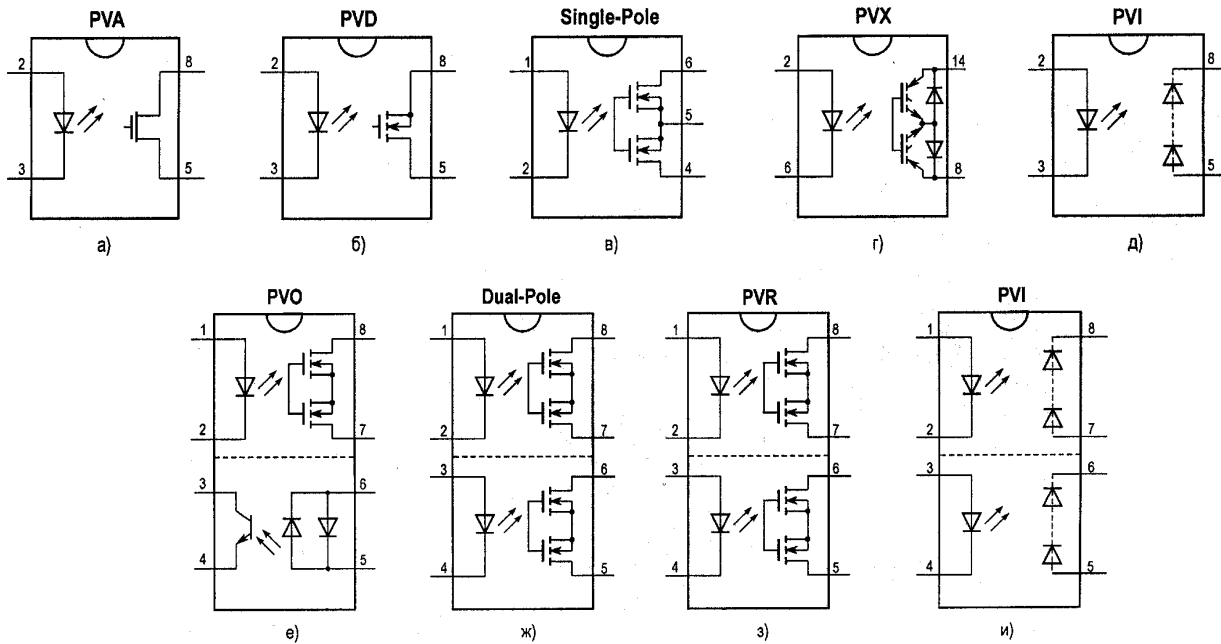


Рисунок 2.15 – Схеми позначення оптоелектронних реле

Відповідно допустимий струм навантаження мінімальний для схеми включення А, більший – для схеми включення Б і максимальний – для схеми включення С. Його величина для конкретної схеми включення вказана в технічних характеристиках реле. Твердотільні оптоелектронні реле ІР за призначенням не можливо чітко виділити в окремі групи, оскільки вони можуть виконувати свої функції в різних колах.

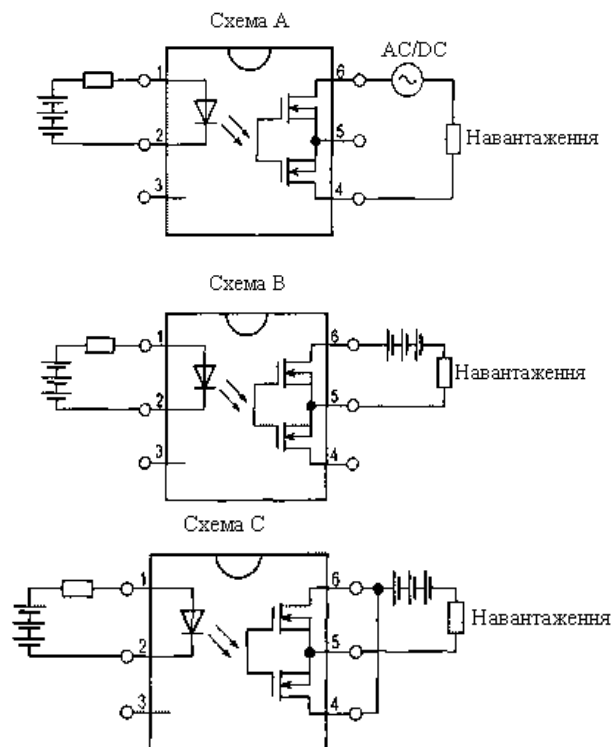


Рисунок 2.16 – Схеми включення твердотільних реле

Тому при їх підборі слід приймати до уваги “конкретні умови”:

– для роботи в мультиплексорах, приладах, в яких вимагається висока швидкодія, лінійність характеристик, висока чутливість та стабільність роботи, слід використовувати швидкодіючі реле;

– для пристроїв живлення слід використовувати реле за робочою напругою та допустимим струмом навантаження та звертати увагу на напругу пробою між входом та виходом.

Найкращим представником, який підходить для проектуємої схеми є здвоєнний оптрон типу LAA110 виробництва фірми Clare. Приведемо його основні електричні характеристики (табл. 2.10).

Таблиця 2.10 – Основні електричні характеристики оптрона типу LAA110

	LAA110	Units
Load Voltage	350	V
Load Current	120	MA
Max R_{ON}	35	Ω

Схему позначення виводів даного оптрона наведено на рис. 2.17.

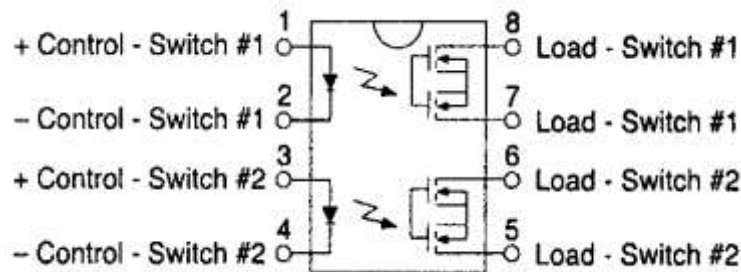


Рисунок 2.17 – Схемне позначення виводів оптрона LAA110

2.2.4 Розробка вузла контролю електроживлення лічильника.

Сучасна радіоелектронна апаратура повинна нормально функціонувати при штатних змінах електроживлення, а також вихідних напруг джерел живлення. В зв'язку з цим були розроблені спеціалізовані мікросхеми пристроїв, чутливих до рівня напруги та тих, що змінюють свій стан в залежності від величини цієї напруги. Якщо вихідні сигнали такого пристрою використовуються для сигналізації про величину контролюємих напруг, то можна говорити про виконання ним функції монітора, якщо при цьому сигнали з виходу мікросхеми якимись чином діють на апаратуру, то вона виконує функції супервізора. Цим пояснюється прийнята в зарубіжній літературі назва такого класу пристроїв – voltage monitor/supervisors. Мікросхеми моніторів та супервізорів випускаються вітчизняними виробниками та багатьма зарубіжними компаніями: MAXIM, ANALOG DEVICES, ELECTRONIC TECHNOLOGY, MOTOROLA, TEXAS INSTRUMENTS та інші. Одним з найкращих вітчизняних представників даного сімейства мікросхем є мікросхема K1169EУ2, яка представляє собою спеціалізовану схему керування (супервізор) двохтактним інвертором з трансформаторним виходом для імпульсних джерел живлення та володіє великою кількістю

сервісних функцій. Вона повністю може бути використана для будь-яких інших пристроїв, в яких потребується комплекс захисних засобів. На рис. 2.18 показана внутрішня структура даної мікросхеми.

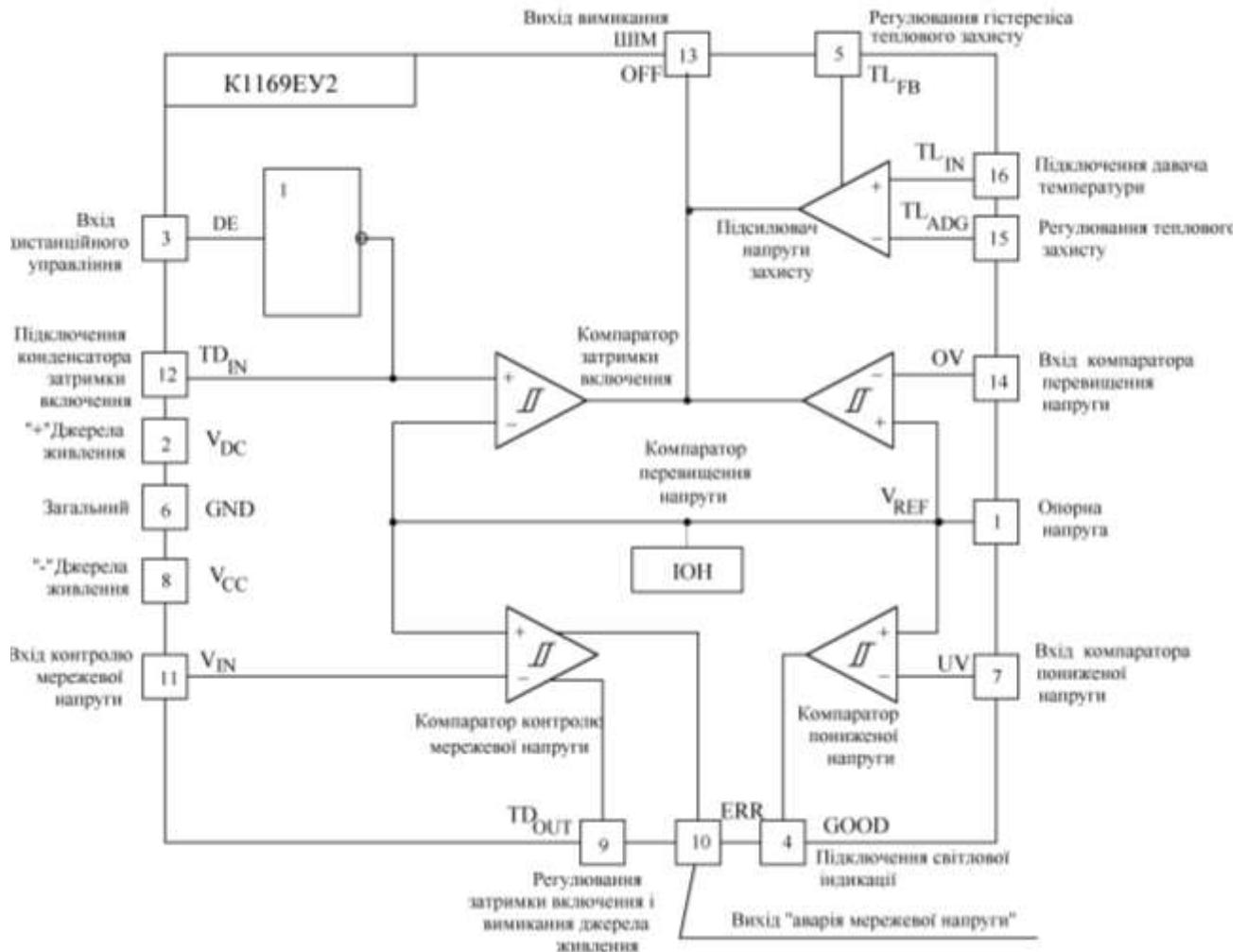


Рисунок 2.18 – Внутрішня структура мікросхеми K1169EY2

Вона контролює рівні напруг та видає інформацію про значні зміни мережевої напруги, а також про пониження вихідної напруги джерела живлення. В ній є входи для організації захисту від перевищення вихідної напруги джерела живлення та теплового захисту. При спрацюванні будь-якого із пристроїв захисту мікросхема виробляє сигнал вимикання широтно-імпульсного модулятора (ШИМ). За допомогою виводу 3 можна дистанційно керувати вкл/викл джерела живлення. Мікросхема живиться напругами +9 та -5В, вихідні сигнали в неї мають ТТЛ-рівні. Відомо, що мікропроцесорні системи радіоелектронної апаратури не завжди можуть діагностувати свої власні збої та не гарантують відсутність відмов, пов'язаних зі збоями в колах живлення, тому використання супервізорів в таких системах просто необхідне.

Мікропроцесорні супервізори призначені, в першу чергу, для виконання основної функції, а саме початкового скидання та наступної ініціалізації мікропроцесора при початковій подачі напруги живлення, або зменшенні напруги живлення нижче визначеної величини в результаті випадкових провалів мережевої напруги, або інших аварійних ситуацій. При цьому тривалість сигналу

початково скидання на виході RESET супервізора та його полярність повинні відповідати паспортним параметрам мікропроцесора, що використовується. Крім того, вони можуть формувати інші необхідні сигнали переривання при різних нештатних ситуаціях.

Найбільш універсальні мікропроцесорні супервізори здатні забезпечувати наступні функції:

- формування сигналу RESET при включення живлення мікропроцесора;
- формування сигналу RESET при пониженні напруги живлення у випадку аварійних ситуацій;
- формування прямого та інверсного сигналу RESET для організації роботи з будь-яким мікропроцесором;
- програмування граничної напруги для генерування сигналу RESET;
- формування сигналу RESET від додаткової кнопки MASTER-RESET (MR);
- організації режиму сторожевого таймера та програмування періоду його спрацювання;
- організація підключення резервного живлення (акумулятора), контроль зарядженості акумулятора та можливості його підзарядки;
- організація заборони вибірки ОЗП при зменшенні напруги живлення нижче граничної величини;
- формування сигналу раннього попередження по можливому аварію живлення;
- організація вбудованої системи звукової та світлової індикації зниження напруги живлення.

На рис. 2.19 зображені часові діаграми що пояснюють принцип роботи супервізора з активним низьким сигналом RESET.



Рисунок 2.19 – Часові діаграми мікропроцесорного супервізора

Відомо, що при подачі живлення на мікропроцесор, його внутрішні регістри знаходяться в довільному стані, тобто містять випадкові дані. Використання сигналу початкового скидання при включенні живлення дозволяє встановити до моменту старту всі внутрішні схеми мікропроцесора у визначний стан. При цьому супервізор повинен утримувати сигнал RESET в стані низького логічно-

го рівня, поки напруга живлення знаходиться нижче мінімального рівня, дозволеного для роботи мікропроцесора. Величина даної напруги може бути фіксована або програмуватися.

При включенні джерела живлення напруга живлення мікропроцесора V_{cc} починає плавно збільшуватися. При цьому на виході супервізора присутній низький рівень сигналу, який забороняє роботу мікропроцесора. При досягненні напругою живлення рівня граничної напруги $V_{гр}$, вмикається схема затримки, яка продовжує утримувати на виході супервізора низький рівень сигналу RESET. Коли напруга V_{cc} стає більшою, ніж $V_{гр}$ та залишається такою протягом часу більшого, ніж інтервал затримки (фіксований або програмований), на виході супервізора рівень сигналу RESET зміниться та стане високим, що дозволить мікропроцесору ініціалізувати програму включення та почати роботу.

При провалах (спаданнях) напруги живлення V_{cc} дорівнює $V_{гр}$ та нижче на виході супервізора також з'явиться низький рівень сигналу $V_{гр}$, який забороняє роботу мікропроцесора. При встановленні напруги живлення $V_{cc} > V_{гр}$ через час затримки на виході супервізора знову з'явиться високий рівень сигналу RESET який дозволить цим самими мікропроцесору продовжити роботу в нормальному режимі. При виключенні живлення напруга V_{cc} плавно зменшується завдяки наявності конденсаторів фільтра в джерелі живлення. При $V_{cc} < V_{гр}$ на виході супервізора з'явиться низький рівень сигналу RESET. При відсутності такого режиму мікропроцесор продовжував би працювати при пониженій напрузі, що може призвести, наприклад, до неправильного декодування та вибору команд, а це в свою чергу, до несанкціонованого запису інформації в пам'ять.

Для забезпечення нормального запуску мікропроцесорів необхідно утримувати вхід RESET в стані низького логічного рівня протягом від 20...200 мс після перевищення V_{cc} рівня $V_{гр}$ в залежності від типу конкретного мікропроцесора.

Іншою особливістю мікропроцесорних супервізорів є організація режиму сторожового таймера Watch Dog Timer (WDT). Сторожевим таймером називається спеціалізована схема мікропроцесора від програмних зависань. Ідея захисту достатньо проста. Мікроконтролер періодично подає імпульс перезапуску таймера на вхід схеми захисту (WDI), яка представляє собою одновібратор. Якщо період надходження імпульсів з мікропроцесора не перевищує визначеної величини затримки спрацювання одновібратора, то сигнал RESET супервізором не виробляється, так як виконується постійний перезапуск таймера. При збоях мікропроцесора відсутність змін на вході WDI період імпульсів перезапуску виявляється більшим затримки таймера та останній формує сигнал RESET.

Мікросхеми ОЗП отримують живлення від того ж самого джерела що і мікропроцесор, та під час провалу напруги живлення в енергонезалежну пам'ять можуть бути записані неправильні дані та втрачені програми, які не можуть бути відновлені після наступного перезапуску. Для запобігання такої ситуації система захисту повинна перехопити та подавити сигнал дозволу вибірки пам'яті під час викидів та провалів напруги живлення. В супервізорах компанії MAXIM це здійснюється наступним чином. Коли на вході V_{cc} присутня напруга +5, сигнал з входу CE IN супервізора проходить на вихід CE OUT без

змін, з деякою затримкою приблизно рівною 50 нс. Якщо напруга живлення зменшується нижче заданого рівня, внутрішня логіка супервізора переключає вихід CE OUT на високий рівень незалежно від стану входу CE IN, забороняючи цим самими вибірку пам'яті. Переключення CE OUT на високий рівень виконується також, коли напруга V_{cc} стає меншою V_{BAT} . В момент виключення основного живлення мікропроцесора ОЗП повинна підключатися до резервної батареї та зберігати свою інформацію споживаючи від даного джерела струм порядку декількох мікроампер. Схема, яка переключає ОЗП з головного живлення на резервне повинна постійно знаходитися в активному режимі, щоб вчасно виконати зворотне переключення. Крім того, ця схема сама надійно працювати при низькій напрузі живлення, тобто при сильно розрядженій батареї. Саме такі функції і закладені в обраному нами супервізорі для проектуемого пристрою.

2.2.5 Розробка структури датчика імпульсної послідовності лічильника.

Важливою складовою частиною, яка визначає надійність та точність мікропроцесорних керуючих пристроїв є датчі і першу чергу датчі неелектричних величин. Найбільшим попитом нині користується інтегральні датчі, в яких досягається висока чутливість до неелектричних сигналів за рахунок розміщення на кристалі власне датча, підсилювача обробки сигналу та схеми живлення. Особливе місце в ряду інтегральних датчів займають інтегральні датчі магнітного поля або магнітокеруємі ІС. Чутливим елементом такого датча є елемент Холла. Фізичні ефекти, які проходять в елементі Холла показані на рис.2.20.

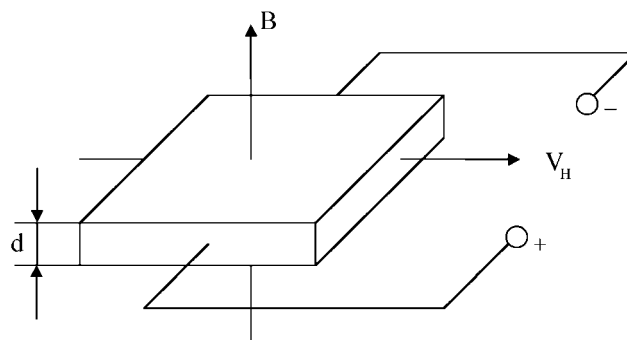


Рисунок 2.20 – Елемент Холла та схема вимірювання ЕРС Холла

Якщо напівпровідникову пластину з струмом I помістити в магнітне поле з індукцією B , то рухомі у напівпровіднику носії заряду будуть знаходитись під впливом дії сили у напрямку перпендикулярному магнітному полю та вектору швидкості носіїв. У рівноважному стані ця сила буде компенсуватися індукованим електричним полем, що виникає в результаті перерозподілу зарядів у напівпровідниковій пластині. Це поле визначається по напрузі V_H яка виникає на протилежних сторонах пластини, яка носить назву електрорушійної сили Холла (ЕРС Холла). В таблиці 2.11 наведені функціональні характеристики магнітокеруємих мікросхем .

Стан виходу даних мікросхем змінюється під дією зовнішнього магнітного поля. Ці мікросхеми містять безпосередньо інтегральний датч Холла (ДХ),

диференційний підсилювач (ДП), тригер Шміда (ТШ), стабілізатор напруги (СН), вихідний p-p-транзистор та схему захисту вихідного транзистора від короткого замикання (СЗ). Всі мікросхеми мають пряму характеристику, тобто при подачі напруги живлення та відсутності магнітного поля вихідний транзистор закритий (на виході логічна «1»). Вихідний транзистор відкривається при дії на мікросхему магнітного поля з індукцією B_{cp} .

Таблиця 2.11 – Магнітокеруємі мікросхеми

Умовне позначення	Тип мікросхеми	Керуюче магнітне поле	Вихід
УР1101ХП29	Логічний вихід	Однополярне «S»	Відкритий колектор
УР1101ХП39	Логічний вихід	Однополярне «S»	Внутрішній $R_{нав}$
УР1101ХП49	Логічний вихід	Біполярне «N» і «S»	Відкритий колектор
УР1101ХП30	Аналоговий вихід	Біполярне «N» і «S»	Парафазний вихід

Навантаження може підключатися між виводами 3 і 1 або між виводом 3 і зовнішнім джерелом живлення. На рис. 2.21 приведена блок-схема магнітокеруємих ІС з логічним виходом.

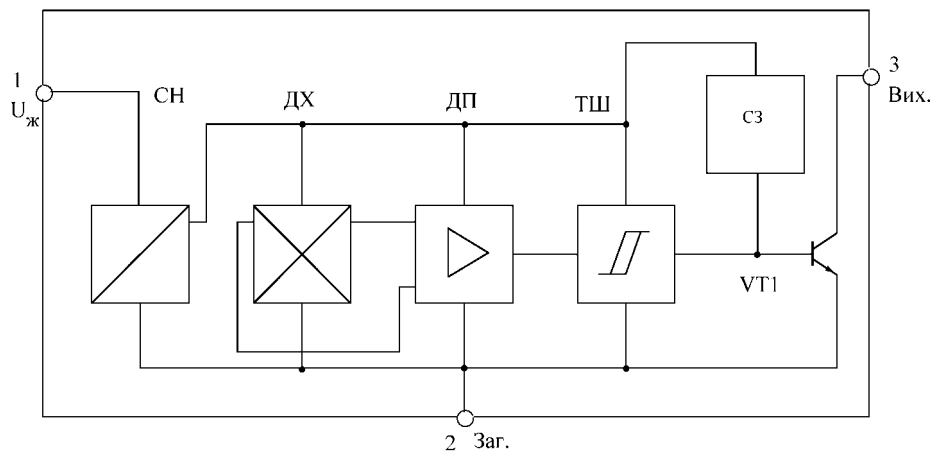


Рисунок 2.21 – Блок-схема магнітокеруємих ІС з логічним виходом

Магнітокеруємі ІС призначені для роботи з напругою живлення від +5 до +18 В, в діапазоні температур від - 40 до +100°С.

Типова схема включення магнітокеруємих мікросхем наведена на рис.2.22. Дані мікросхеми використовуються в якості датчиків в системах:

- визначення швидкості на напрямку руху;
- безконтактного запалювання горючої суміші в ДВЗ;
- аварійній та охоронній сигналізації;
- спідометрах автомобілів і т.п.

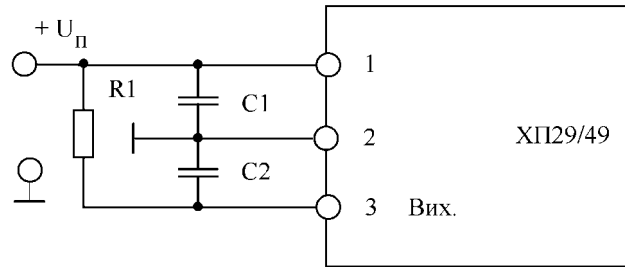


Рисунок 2.22 – Типова схема включення магнітокеруємих мікросхем

Мікросхема ХП29, ХП39, ХП49 випускаються у трьохвивідному транзисторному корпусі.

2.2.6 Структурна схема розроблюваного лічильника.

Огляд літератури показує, що найбільш близькими до проектуемого лічильника є витратомір рідини та цифровий тахометр. Витратомір дозволяє контролювати кількість і швидкість подачі рідини (в т. ч. пального) в окремі моменти часу. Але даний пристрій має ряд суттєвих недоліків, що не дає змоги використовувати його в якості лічильника ГВ двигунів внутрішнього згорання: виникає досить велика похибка вимірювань при невеликих швидкостях руху рідини, на точність показів також впливає навколишнє середовище. В свою чергу цифровий тахометр призначений для вимірювання частоти обертання колінчастого вала чотирьохциліндрового автомобільного циліндрового двигуна. Його використовують для регульовальних робіт на холостому ході і для оперативного контролю частоти обертання вала двигуна під час руху. Але даний пристрій також не в змозі повністю задовольнити вимоги, які висувуються до лічильника ГВ, адже за допомогою нього визначається лише частота обертання, а не загальна кількість обертів колінчастого вала. Сучасний автомобіль здійснює викид у навколишнє середовище за рахунок спалювання органічного палива в камерах згорання двигуна і за рахунок випаровування електроліту із акумуляторних батарей. Розроблений пристрій, загальна структурна схема якого представлена на рисунку 2.23, призначений для здійснення контролю об'єму викиду від процесу спалювання органічного палива під час роботи ДВЗ.

В якості первинного перетворювача, який відслідковує роботу ДВЗ, використаний давач Холла, що працює по принципу перетворення енергії магнітного поля, яке створюється постійним магнітом, в електричний імпульс. Даний давач є досить високочастотним пристроєм, який дозволяє відслідковувати роботу двигуна, що працює зі швидкістю > 10000 об./хв. Блок управління здійснює обробку, підрахунок, зберігання та вивід на індикатор результатів вимірювань. В даний блок входять: мікроконтролер та енергонезалежна Flash-пам'ять.

Принцип роботи мікроконтролера в даному блоці полягає в наступному:

- підрахунок імпульсної послідовності, створеної давачем Холла;
- періодичний запис підрахованих даних в енергонезалежну Flash-пам'ять для їх довготривалого зберігання;
- постійний вивід результатів суми на індикатор;
- у разі аварійної ситуації мікроконтролер дає можливість зчитування не-

обхідної інформації з енергонезалежної Flash-пам'яті.

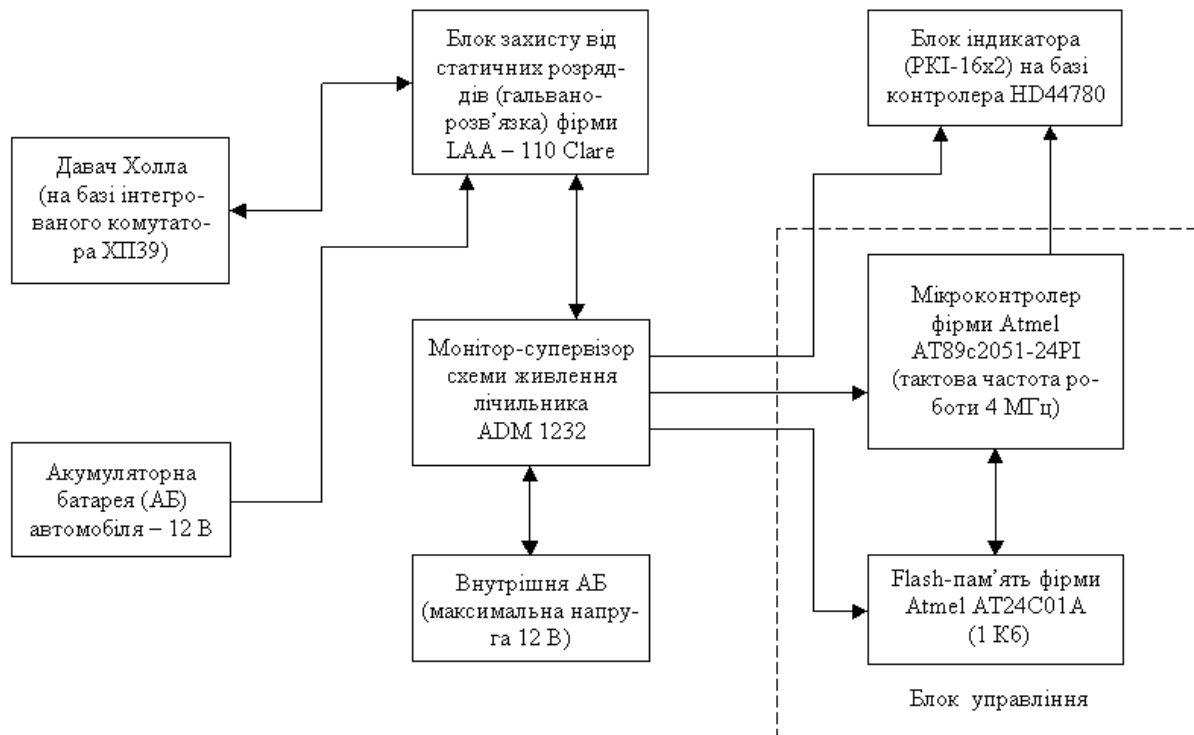


Рисунок 2.23 – Структурна схема лічильника об'єму газових викидів для двигунів внутрішнього згорання

Енергонезалежна Flash-пам'ять забезпечує надійне зберігання та вивід записаної інформації у випадку аварійного перезапуску мікроконтролера, яке можливе лише при зникненні живлення від акумуляторної батареї (АБ), що не можливо навмисно здійснити без пошкодження спеціалізованої плати. Мікроконтролер дає можливість, при необхідності, переводити блок управління в енергозберігаючий режим, який передбачає мікроспоживання від АБ, що, в свою чергу, дає можливість збільшити термін її використання.

На передній панелі приладів автомобіля встановлюється індикатор, на який виводиться число, що відповідає кількості умовних робочих тактів ДВЗ за визначений інтервал часу.

3 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ЛІЧИЛЬНИКА

3.1 Перевірка швидкості схеми лічильника

Визначено середню швидкодію роботи кожного функціонально-важливого елемента схеми:

- мікроконтролера;
- Flash-пам'яті;
- індикатора (РКІ);
- супервізора;
- інтегрального ДХ.

Швидкодія будь-якого мікропроцесора визначається, насамперед, частотою його тактового генератора. За технічними умовами, максимально допустима частота тактового генератора процесора AT89C2051 – 24 МГц.

Для максимальної необхідних алгоритмів підтримки flash-пам'яті потрібно, щоб тактова частота дорівнювала 12 МГц. Оцінимо тепер, чи вистачить даної частоти для виконання всіх передбачених технічних завдань та функцій. Враховуючи внутрішній подільник частоти на 6, то в результаті частота синхросигналу основної схеми в основному випадку фактично рівна 2 МГц.

Самий швидкий процес, який прийдеться опрацьовувати мікроконтролеру – це сканування даних з інтегрального ДХ, який в свою чергу контролюватиме роботу кожного такту двигуна внутрішнього згорання. За вихідні дані прийнято по швидкодії роботи ДВЗ таку величину:

- максимальна кількість обертів за хвилину – 10000;
- максимальна кількість тактів згорання протягом одного оберту – 10.

Звідси підраховано розрахункову максимальну величину кількості тактів роботи двигуна за хвилину: $10000 \times 10 = 100000$ тактів/хв.

Період слідкування імпульсів: $60/100000 = 0,0006$ тактів/с

Частота сканування інформаційних імпульсів рівна: $1/0,0006 \approx 1,7$ кГц.

Прийнята частота 2 кГц.

Програма лічильника повинна сканувати вхідні інформаційні імпульси в реальному часі.

Очевидно, що кожний вхідний сигнал від давача Холла прийдеться на $2 \cdot 10^6 / 2 \cdot 10^3 = 1000$ тактів роботи процесора. Враховуючи, що більшість команд процесора виконуються за один чи за два такти, то за час, рівний періоду надходження імпульсів з ДХ, даний процесор може виконати програму довжиною більше $1000/2 = 500$ команди. Такої кількості команд достатньо для забезпечення повного циклу роботи схеми лічильника.

Далі визначено загальну приблизну швидкодію роботи схеми на основі виконання 1-го циклу програми роботи. Отже, максимальний розрахунковий цикл роботи програми процесора рівний 1000 тактів. Швидкодія чи РКІ не впливає на загальну роботу схеми завдяки вбудованому в нього внутрішнього контролера. Робоча частота супервізора дозволяє коректно відслідковувати нормальну роботу мікроконтролера [22].

3.2 Розробка електричної схеми блоку БКУ

До блоку БКУ входять:

- мікроконтролер;
- Flash-пам'яті.

Розглянуто стандартну схему включення мікроконтролера, що використаний нами в проектуемому пристрої (рис. 3.1).

Перевірено необхідну кількість портів ІМС для нормальної роботи схеми лічильника:

- для підключення РКІ до мікроконтролера (використовуючи 4-х розрядну шину даних) необхідно задіяти 6 ліній, а саме P1.2-P1.7;
- для підключення Flash-пам'яті до мікроконтролера (використовуючи ІС²-шину передавання) необхідно задіяти 2 лінії, а саме P3.0 та P3.1;

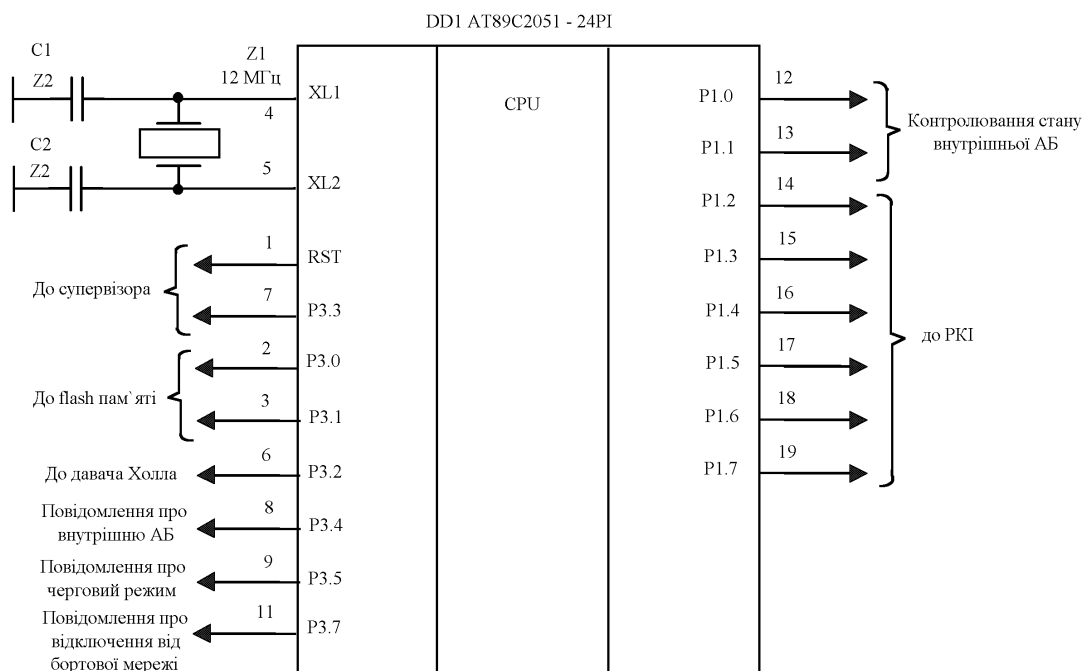


Рисунок 3.1 – Схема включення мікроконтролера AT89C2051

- для підключення ∂X до керуючої ІМС має бути використано лише одну лінію – P3.2;

- для підключення зовнішнього кварцу має бути використано спеціалізовані лінії мікроконтролера X21 та X22;

- для підключення монітора величини напруги живлення схеми лічильника (а також роботи мікроконтролера згідно вказаного алгоритму) необхідно задіяти спеціалізований вихід RST, за допомогою якого монітор здійснює початковий запуск (або скид) мікроконтролера;

- для запобігання постійному перезавантаженню мікроконтролера з боку монітора, з входу P3.3 мікроконтролера постійно приходить на монітор імпульс перезавантаження;

- для забезпечення контролю живлення мікроконтролерного блоку використовуємо живлення, яке приходить з виходу TD монітора;
- для забезпечення контролю роботи внутрішньої АБ використовуємо входи внутрішнього компаратора мікроконтролера (лінії P10 та P11), результат же вимірювань стану АБ виводиться на лінію P3.4;
- для відображення роботи схеми лічильника в черговому режимі має бути використано лінію P3.5;
- для відображення аварійної ситуації (відключення від бортової мережі, тобто від АБ автомобіля) використовується лінія P3.7.

З вище приведеного переліку можна зробити висновок, що у вибраного нами мікроконтролера цілком достатня кількість портів для нормальної роботи схеми лічильника.

Розглянемо схему включення Flash-пам'яті, яка передбачає підтримку I²S-шини (рис.3.2).

При підключенні мікросхеми AT24C01 до I²S шини вона одна виступає в якості 128 Slave пристроїв. Кожна комірка пам'яті – свій окремий пристрій. Через це на одній шині може одночасно бути присутньою тільки одна мікросхема типу AT24C01, тобто процесор просто з'єднується з мікросхемою за допомогою двох провідників, до кожного з яких необхідно обов'язково підключити опір навантаження. Мікроконтролер при цьому, звичайно, буде Master.

Конденсатори C1 та C2 потрібні для вирівнювання між собою вхідних та вихідних ємностей DD1-AT89C2051 та DD2-AT24C01 відповідно. Їх використання зумовлене різними паспортними даними ІМС, що використовуються. Використання вказаних RC-ланок дозволяє забезпечити надійні запис/зчитування інформації з flash-пам'яті.

Для того, щоб записати байт даних в комірку пам'яті з адресою N, мікроконтролер повинен виконати стандартну процедуру передавання інформації по I²S шині від Master до Slave. При цьому Slave буде мати адресу N. Слід відзначити, що запис у flash-пам'ять – це відносно тривалий процес.

Для ІМС AT24C01 час запису може досягати 10 мс. Для того, щоб не затримувати роботу шини, мікросхема AT24C01 має спеціальну буферну пам'ять. В режимі запису інформації вона спочатку потрапляє в буферну ПЗП.

При цьому швидкість передавання інформації рівна 100 Кбіт/с. Відразу після того як Master сформує СТОП-умову, мікросхема пам'яті перейде в режим перенесення інформації із буфера безпосередньо у flash-пам'ять. До тих пір, поки цей процес не закінчиться, мікросхема AT24C01 не видасть сигнал готовності.

Велика тривалість запису інформації зумовлена особливостями EEPROM технологій. Перед тим як записати нове значення в будь-яку із комірок пам'яті, система керування мікросхеми повинна провести операцію електричного стирання попередньої інформації. Цей складний процес пов'язаний із структурними змінами в матеріалі підложки.

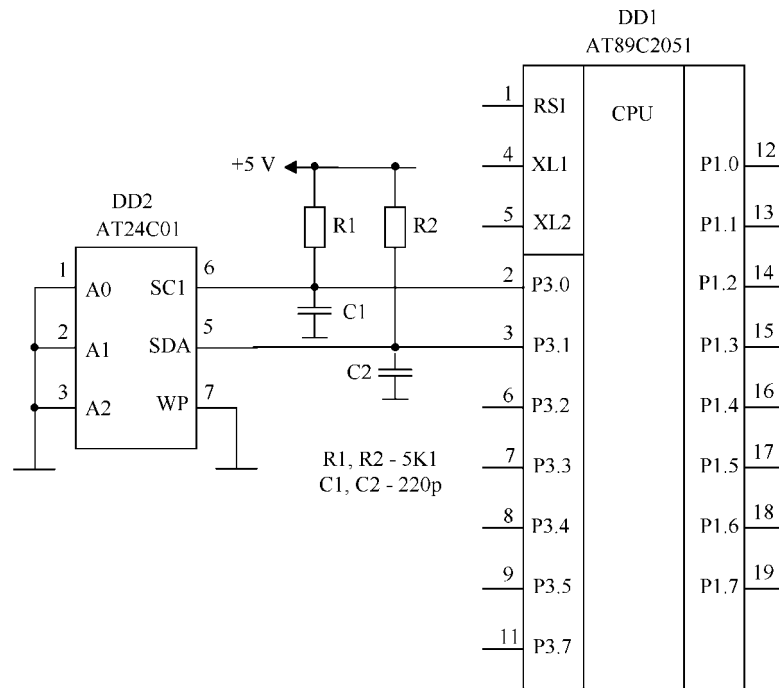


Рисунок 3.2 – Схема підключення AT24C01 до AT89C2051

Розглянемо загальну електричну схему блоку БКУ (рис. 3.3).

Режим запису-зчитування інформації з Flash-пам'яті за допомогою мікроконтролера повинен відповідати відповідним вимогам, які встановлюються до наступним параметрів:

- амплітуда інформаційних імпульсів;
- частота інформаційних імпульсів;
- службові сигнали.

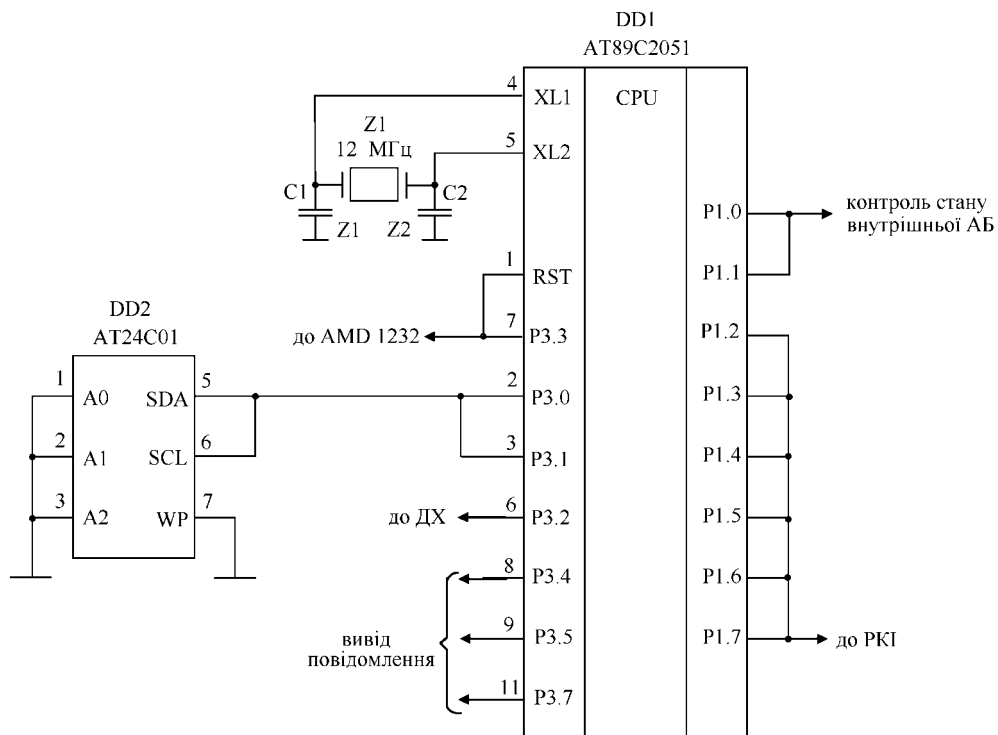


Рисунок 3.3 – Загальна електрична схема блоку БКУ

Дотримання поставлених вимог забезпечувати надійне зберігання інформації [22, 23].

3.3 Розробка електричної схеми блоку індикатора

Блок індикатора побудований на основі однокристального РКІ 16x2 з використанням мікроконтролера HD. Схемне позначення спеціалізованого РКІ зображено на рис. 3.4

Підключати РКІ модуль HD до мікроконтролера дуже просто. Враховуючи, що вхід $\overline{WR2}$ підключається до загального проводу, для керування модулем, необхідно всього 6 ліній. Одна із можливих схем підключення зображена на рис.... в даній схемі для керування РКІ модулем використовується порт P1 мікроконтролера. В якості шини даних/адреса (DB0...DB3) використовуємо 4 молодших розряди порту.

Резистор R1 слугує для регулювання контрастності зображення. Контрастність виставляється таким чином, щоб виключені елементи було видно максимально яскраво, але при цьому сегменти, які повинні бути відключеними, не індикаторі не проглядались [22-24].

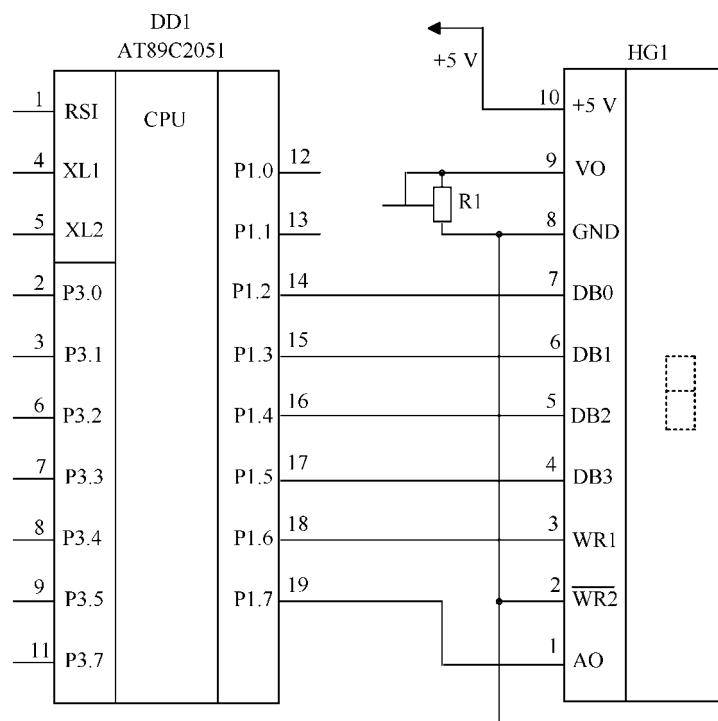


Рисунок 3.4 – Схема підключення РКІ модуля до мікроконтролера (R1 – 220 к “Контраст”)

3.4 Розробка електричної схеми блоку супервізора

На рис. 3.5 зображено типову схему включення обраного супервізора.

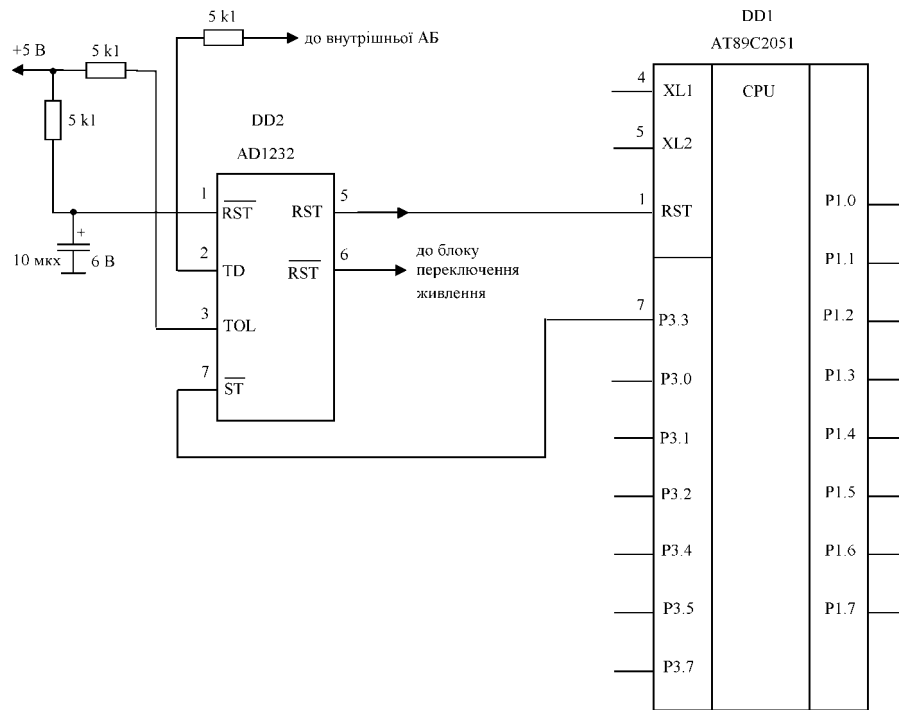


Рисунок 3.5 – Типова схема включення обраного супервізора

В якості супервізора використана ІНС типу, яка забезпечує наступні види контролю:

- контроль роботи мікроконтролера (усунення програмних зависань);
- контроль наявності напруги від бортової мережі;
- контроль наявності напруги від внутрішньої АБ;
- комутація схеми живлення лічильника;
- комутація на підзарядку внутрішньої АБ від бортової мережі.

3.5 Розробка електричної схеми блоку гальванічної розв'язки схеми лічильника від бортової мережі

Гальванічна розв'язка необхідна для усунення можливості попадання статичних розрядів із бортової мережі на схему лічильника, що в свою чергу може призвести до виходу із ладу елементів схеми та пошкодження пристрою в цілому. Розглянемо типову схему включення ІМС (оптопар), які використовуються для гальванічної розв'язки (рис. 3.6).

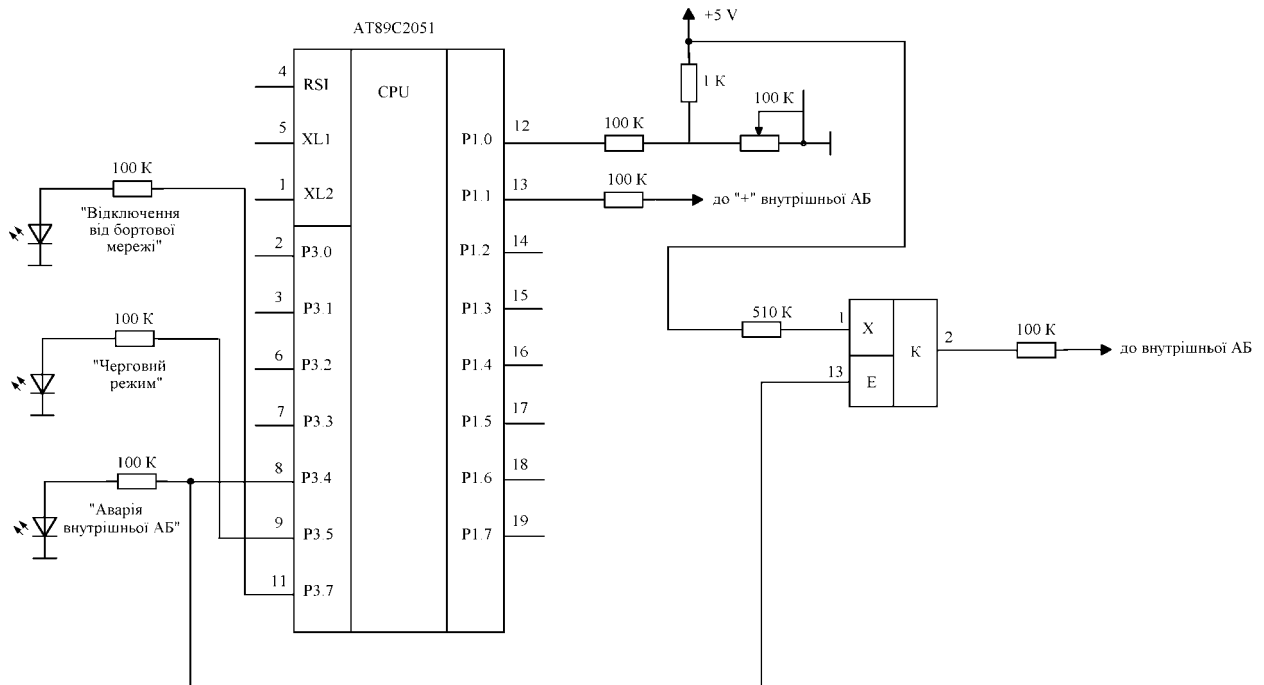


Рисунок 3.6 – Типова схема включення ІМС (оптопар), які використовуються для гальванічної розв'язки

При використанні даних ІМС в схемі живлення супервізора основним критерієм є забезпечення необхідного струму комутації, який не повинен перевищувати паспортний.

На рис. 3.7 зображено схему включення оптопар в схемі живлення супервізора.

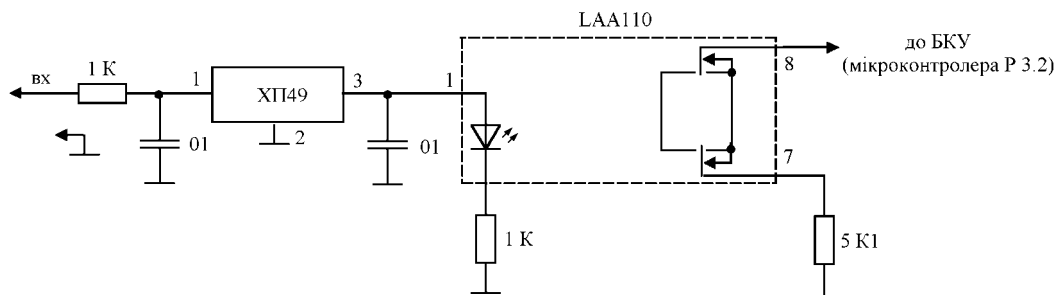


Рисунок 3.7 – Схема включення оптопар в схемі живлення супервізора

При використанні оптопар в схемі розв'язки інформаційних входів мікроконтролера від ДХ важливим критерієм є швидкодія обраної ІМС, тобто вона повинна бути більшою за частоту інформаційного сигналу [22,23].

Блок-схема алгоритму основного модуля керуючої програми лічильника представлена в додатку А, а блок-схема підпрограми роботи мікроконтролера з flash-пам'яттю наведена у додатку Б.

ВИСНОВКИ

В роботі було досліджено екологічний вплив газових викидів двигунів внутрішнього згорання та розроблені заходи для їх зменшення, а саме:

1) дана характеристику викидів автотранспорту та їх впливу на людину та навколишнє природне середовище. Описані основні шкідливі речовини, що виділяються під час роботи двигунів автомобілів, механізм їх утворення під час згорання палива в циліндрах двигуна, метаболізм продуктів згорання палива у атмосфері;

2) вплив шкідливих речовин, які надходять у атмосферу під час роботи ДВЗ, на людину і довкілля;

3) запропонований новий метод визначення об'єму газових викидів ДВЗ та лічильник для його реалізації;

4) розроблено структурну схему лічильника газових викидів, в тому числі: розроблено структуру блока управління лічильника, вузол індикації лічильника, блок захисту мікропроцесорного вузла лічильника від статичних розрядів, вузол контролю електроживлення лічильника, а також структуру датчика імпульсної послідовності лічильника;

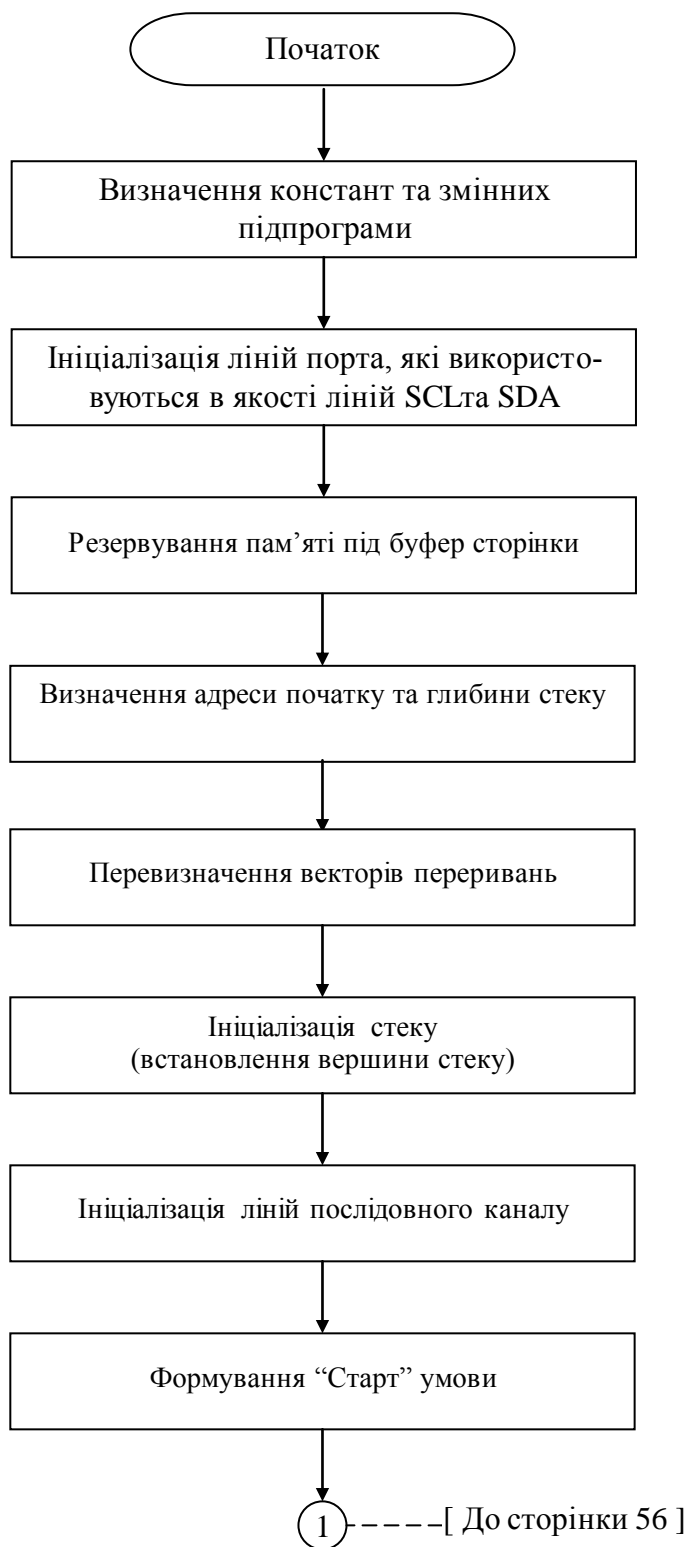
5) розроблено електричну схему лічильника об'єму газових викидів ДВЗ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Автомобиль и окружающая среда: Учеб. пособие / П.М. Канило, И.С. Бей, А.И. Ровенский / Харьк. гос. автомоб.-дор. техн. ун-т. – Х.: Прапор, 2000. – 304 с.
2. Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И. Токсичность отработавших газов дизелей. – 2.изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. – 375с.
3. Автомобильные двигатели: Учеб. пособие для студ. вузов, обучающихся по спец. “Автомобили и автомоб. хоз-во” / Н.Г. Банников. – Луганск: Изд-во Восточнокр. гос. ун-та, 1999. – 224 с.
4. Екологія автомобільного транспорту: навч. посіб. / Ю. Ф. Гутаревич [та ін.] ; Національна транспортна академія. - К. : Основа, 2002. - 312 с.
5. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т. 5. Екологізація ДВЗ / За ред. проф. А. П. Марченка та засл. діяча науки України проф. А. Ф. Шеховцова.— Харків: Прапор, 2004.— 360 с.
6. Турчик П.М., Петрук В.Г., Васильківський І.В. Лічильник автомобільних викидів // Матеріали VI Всеукраїнської наукової конференції студентів і аспірантів. – Одеса: ОДЕУ, 2004. – С. 242-244.
7. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навч. посіб. – К.: Знання, КОО, 2000. – 203 с.
8. Эффективность сжигания топлив и экология (энергоустановки и автомобили): Сб. науч. ст. НАН Украины. Ин-т проблем машиностроения / Отв. ред. Подгорный А.Н., Канило П.М. – Харьков, 1993. – 205 с.
9. Доценко И.И. Загрязнение атмосферного воздуха населенных мест оксидом углерода за счет выхлопных газов автотранспорта, М.: Машиностроение, 1990, – 314 с.
10. Якубовский Ю.Г. Автомобильный транспорт и защита окружающей среды, М.: Машиностроение, 1976, – 211 с.
11. Доценко И.И. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1973. – 200 с.
12. Исследование образования окислов азота в цилиндре бензинового двигателя // Снижение загрязнения воздуха в городе выхлопными газами автомобилей: Докл. участников II симпоз. стран СЭВ и СФРЮ. – М.: НИИНавтопром, 1971. – С. 72-79.
13. Инструкция РД 238 УССР 840011-106-89. Установление допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу предприятиями Минтранса УССР от 01.01.1990. – К.: Изд-во Минтранса УССР, 1989. – 267 с.
14. Бучин В.Н. Обезвреживание дизельного выхлопа с помощью каталитических нейтрализаторов. – М.: Знание, 1969. – 247 с.
15. Богдаевский О.А. Пламенные нейтрализаторы дизельного выхлопа. – М.: Энергия, 1966. – 450 с.
16. Жигалин О.И., Лупачев П.Д. Снижение токсичности автомобильных двигателей. - М.: Транспорт, 1985. – 120 с.
17. Звонов В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. – М.: Машино-

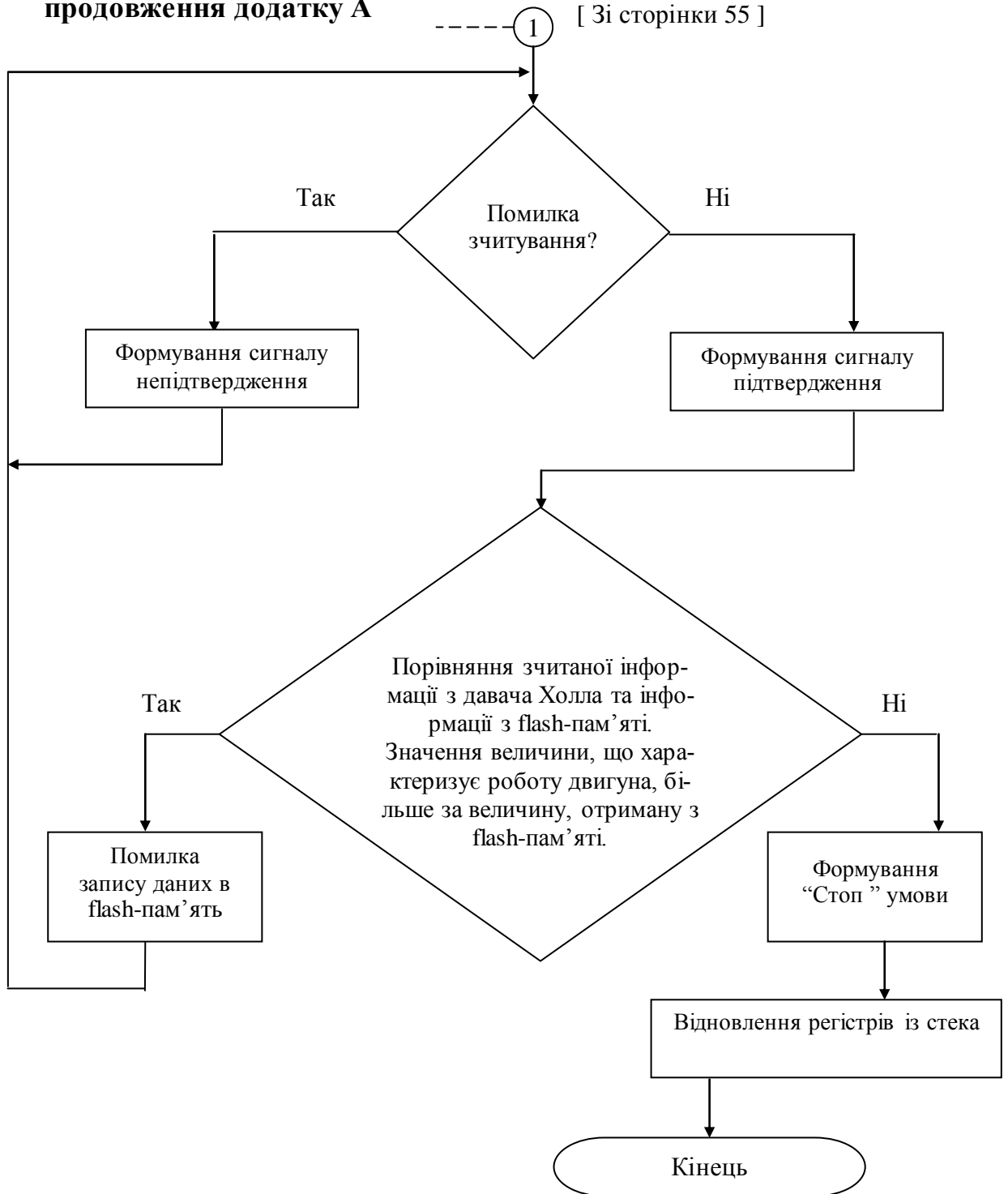
- строение, 1973. – 200 с.
18. Звонова З.Т. Каталитическая нейтрализация отработавших газов // Автомоб. пром-ть. – 1974. - Вып. 20. – С. 153-159.
 19. Демченко О.Н. Пути уменьшения вредности отработавших газов карбюраторных двигателей. – М.: НИИНавтопром, 1966. – 235 с.
 20. Черных В.И. Метанол – топливо для автомобилей // Автотодорожник Украины. – 1985. – № 4.
 21. Кутенев В.Ф., Заиграев Л.С., Козлов А.В. Оценка эффективности применения различных методов снижения токсичности // Стандарты и качество. – 1997. – №3. – С. 52-55.
 22. Бродин В.Б., Калинин А.В. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики – М.: Издательство ЭКОМ, 2002. – 400 с.
 23. Справочник по расчету электронных схем. Б.С. Гершунский. – К.: Высшая школа. Издательство при Киевском Университете, 1983. – 240 с.
 24. Гарсія Камачо Ернан Улліанодт, Сільва Рубіо Луїс Антоніо, Васильківський І. В. Контроль викидів двигунів внутрішнього згорання / “IV Всеукраїнський з’їзд екологів з міжнародною участю” (Екологія/Ecology-2017), 20-22 вересня, 2017. Збірник наукових праць. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – С. 182.

Додаток А.
Блок-схема підпрограми роботи мікроконтролера з flash-пам'яттю

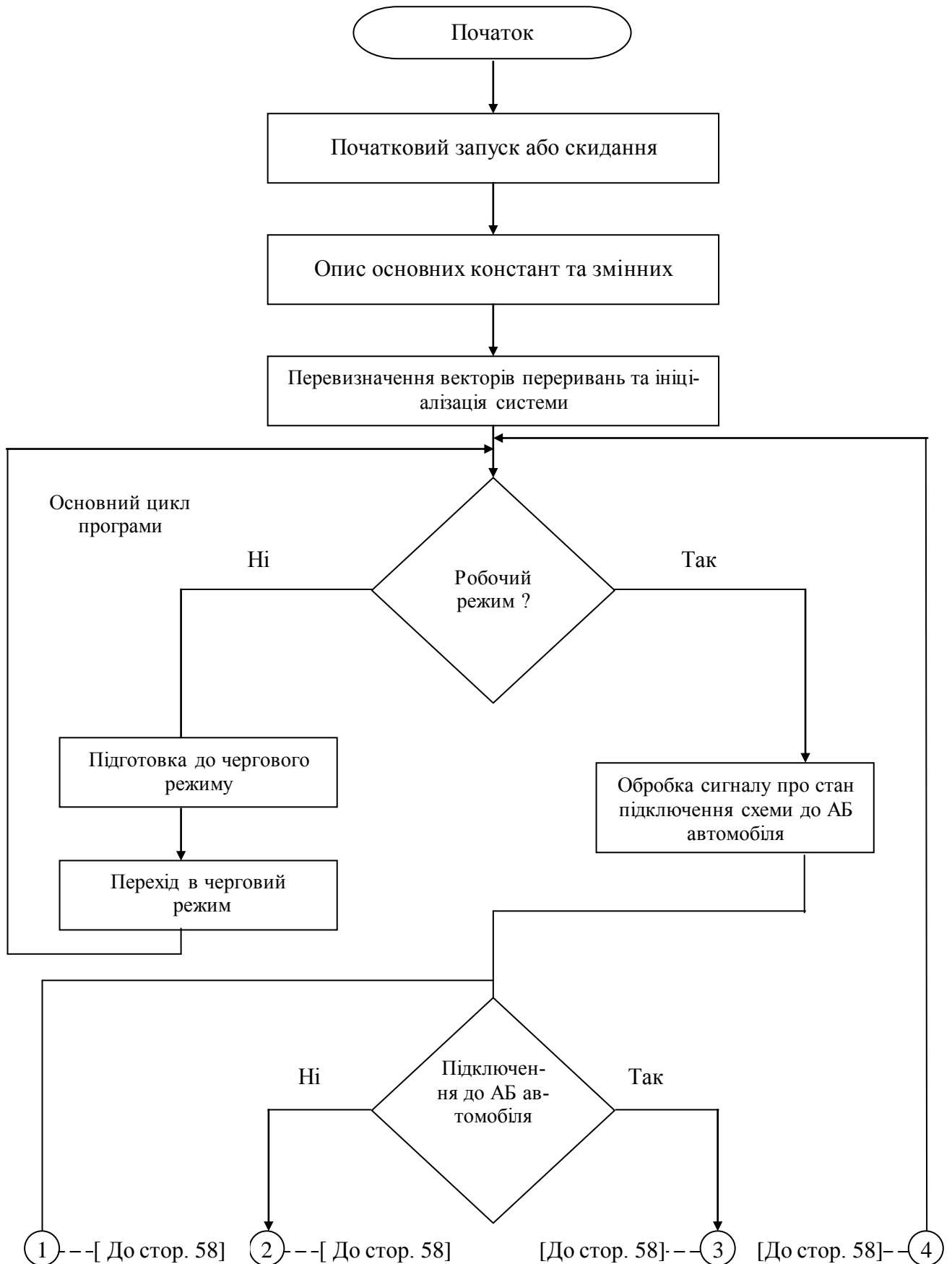


продовження додатку А

[Зі сторінки 55]



Додаток Б.
Розробка блок-схеми алгоритму основного модуля керуючої програми лічильника



продовження додатку Б

