

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

**до кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:**

**«Пристрій зарядки акумуляторної батареї з розширеним  
алгоритмом роботи»**

**Завідувач кафедрою**

**Опанасюк А. С.**

**Керівник  
кваліфікаційної роботи**

**Новгородцев А. І.**

**Виконав студент  
гр. ЕСдн – 61п**

**Тур В. І.**

**Суми 2020 р**

Сумський державний університет

Факультет ЦЗДВН

Кафедра «Електроніки і комп'ютерної техніки»

Спеціальність 6.171 «Електронні системи»

Затверджую:

Зав.кафедрою Е і КТ

Опанасюк А. С.

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2020 р.

### **ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу бакалавра

**Тур Вадиму Ігоровичу**

1. Тема роботи: **«Пристрій зарядки акумуляторної батареї з розширеним алгоритмом роботи»**

Затверджена наказом по університету від „\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2020 р. № \_\_\_\_\_

2. Термін здачі студентом закінченої роботи: 25.05.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи:

- реалізувати пристрій на базі мікроконтролера;
- проміжний контроль струму зарядки;
- індикація готовності пристрою до роботи;
- автоматична установка відповідного режиму зарядки АКБ;
- наявність блоку індикації установлених параметрів.

#### **4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:**

- розробка алгоритму функціонування та структурної схеми пристрою;
- розробка функціональної схеми пристрою;
- розробка та розрахунок принципової схеми пристрою.

5. Перелік графічного матеріалу:

- креслення схеми алгоритму;
- креслення схеми електричної структурної;
- креслення схеми електричної функціональної;
- креслення схеми електричної принципової.

Дата видачі завдання: 15.03.2018р.

Прийняв до виконання студент:

Тур В. І.

## Календарний план

№ п/п	Перелік етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Примітки
1	Огляд літератури за вибраним напрямком проектування	20.03.2020 р.	
2	Розробка алгоритму функціонування пристрою	10.04.2020 р.	
3	Розробка структурної схеми пристрою	15.04.2020 р.	
4	Розробка функціональної схеми пристрою	20.04.2020 р.	
5	Оформлення пояснювальної записки	30.04.2020 р.	
6	Розробка та оформлення графічної частини	10.05.2020 р.	
7	Представлення роботи на рецензування	15.05.2020 р.	
8	Представлення роботи для захисту	30.05.2020 р.	

Керівник дипломного проекту:

Новгородцев А. І.

Студент дипломник:

Тур В. І.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 46 сторінок, 21 рисунок, 18 літературних джерел.

Графічна частина роботи містить: блок-схему алгоритму роботи пристрою, структурну, функціональну і принципову електричну схеми.

Пояснювальна записка містить три розділи.

Перший розділ містить огляд технічної літератури за вибраним напрямком проектування.

Другий розділ присвячений розробці алгоритму функціонування і структурної схеми.

В третьому розділі, розроблені функціональна і принципова схеми пристрою і виконаний розрахунок основних вузлів принципової схеми.

По результатам розробки зроблені висновки.

Приведений перелік літературних джерел.

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
1.Огляд літератури за вибраним напрямком проектування .....	6
1.1 Загальні відомості про зарядні пристрої .....	6
1.2 Розрядно-зарядний пристрій для акумуляторних батарей .....	11
1.3 Простий зарядний пристрій для акумуляторних батарей .....	14
1.4 Зарядний пристрій на Li-ion акумуляторах .....	15
1.5 Зарядний пристрій з підручних засобів .....	16
2 Розробка алгоритму функціонування та структурної схеми пристрою ....	18
2.1 Розробка алгоритму функціонування .....	18
2.2 Розробка структурної схеми пристрою .....	19
3 Розробка функціональної та принципової схем пристрою що проектується .....	22
3.1 Розробка функціональної схеми пристрою .....	22
3.2 Розробка та розрахунок основних вузлів принципової схеми .....	24
3.2.1 Вибір елементної бази .....	24
3.2.2 Розробка принципової схеми .....	37
3.2.3 Розрахунок основних вузлів принципової схеми .....	41
Висновки .....	45
Література .....	46

					ЦЗДВН 6.171.00.10. 798 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Тур В. І.			Пристрій зарядки акумуляторної батареї з розширеним алгоритмом роботи. Пояснювальна записка.	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Проверил</i>		Новгородцев					3	46
<i>Реценз.</i>						СумДУ ЕСдн – 61п		
<i>Н. Контр.</i>		Гапич						
<i>Утверд.</i>		Опанасюк						



пристрій. Він складається із зарядного генератора або трансформатора з випрямлячем струму і розподільного пристрою, куди входять регулятори напруги і автоматичні вимикачі. Потужність зарядного пристрою, визначається ємністю батарей для зарядки і установленної тривалості заряду.

Зарядні пристрої застосовуються для періодичної зарядки, безперервної і підзарядки та перезарядки (зрівняльної зарядки) акумуляторних батарей.

При безперервній підзарядці зарядний пристрій живить мережу навантаження і одночасно заряджає акумуляторні батареї.

Конденсаторні зарядні пристрої заряджають конденсатори до номінальної напруги.

В основі проектного пристрою, буде використаний мікроконтролер сімейства PIC16Cxx.

Простота і доступність цього радіоелементу, здатного конкурувати с більш досконалими виробами, викликана тим, що подібні мікроконтролери забезпечені обмеженою кількістю ліній введення / виводу і розміщуються в пластмасовому корпусі ОП з малим числом виводів. Вони здатні обходитися без кварцового резонатора, замість якого використовуються керамічні резонатори або РС-ланцюги, і легко програмуються.

# 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ВИБРАНИМ НАПРЯМОМ ПРОЕКТУВАННЯ

## 1.1 Загальні відомості про зарядні пристрої

Термін роботи акумуляторних батарей багато залежать від типу і якості зарядних пристроїв, які використовують для їх заряду. Вони повинні забезпечувати певний метод заряду і вибір режиму розряду. Вибір надійного зарядного пристрою для акумуляторів часто є питанням другорядної важливості, особливо при використанні акумуляторів у побутовій електронній техніці.

Питання вибору зарядного пристрою є суттєвим, щоб згодом не жалкувати, чому так швидко доводиться міняти акумулятори або чому вони не тримають заряд. Затрати на купівлю надійного зарядного пристрою, виправдовують себе за рахунок ефективної роботи і тривалого терміну служби акумуляторів.

Найпростіші зарядні пристрої повинні забезпечити два етапів заряду - обмеження струму заряду і обмеження напруги заряду. Заряд з обмеженням струму, використовується при заряді нікель-кадмієвих та нікель-метал гідридних акумуляторів, а принцип з обмеженням напруги заряду - при заряді свинцево-кислотних, літій-іонних та літій-полімерних акумуляторів.

Більшість зарядних пристроїв, забезпечують заряд тільки постійним струмом і придатні лише для заряду лужних герметичних акумуляторів (нікель-метал гідридних і нікель-кадмієвих).

Найпростіші побутові зарядні пристрої з постійним зарядним струмом, використовуються для заряду одноразово до 4 акумуляторів. Вони розрізняються конструкцією, а не принциповою електричною схемою. Такі зарядні пристрої живляться через трансформатор від мережі 220В і забезпечують випрямлений та стабілізований струм. Струм практично завжди не регулюється, а час заряду визначається самим користувачем. Універсальність побутових зарядних пристроїв, як правило, означає можливість зарядки акумуляторів різних габаритів і забезпечення постійного струму зарядки 0,1, по відношенню до ємності батареї, типової для акумуляторів такого типорозміру.

					ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6





зарядки батареї малої ємності, в той час як вони розраховані для зарядки більш потужних батарей.

У такому випадку акумуляторна батарея стане нагріватися вже після досягнення 70% своєї ємності. Оскільки можливість знизити струм заряду або припинити його процес взагалі відсутня, то у другій половині циклу заряду, почнеться процес теплового руйнування акумуляторів.

Єдино можливий спосіб зберегти акумулятори, це відключити їх, як тільки вони стануть гарячими. У випадку, якщо для зарядки потужної акумуляторної батареї використовується недостатньо потужний зарядний пристрій, батарея у процесі заряду буде залишатися холодною і ніколи не буде заряджена до кінця. Тоді вона втратить частину своєї ємності.

**Зарядні пристрої швидкого заряду.** Вони відносяться до пристроїв середнього класу як за швидкістю заряду, так і за ціною. Заряд акумуляторів у них відбувається на протязі трьох шести годин, струмом близько 0,3С. У якості необхідного елемента, ці зарядні пристрої мають схему контролю досягнення акумуляторами певної напруги у кінці заряду та його відключення у цей момент.

Такі зарядні пристрої забезпечують кращий результат у порівнянні з пристроями повільного заряду обслуговування акумуляторів. Зарядні пристрої швидкісного заряду у даний час мають перевагу.

**Зарядні пристрої швидкісного заряду.** Такі зарядні пристрої мають декілька переваг перед зарядними пристроями інших типів. Одна з них - короткий час заряду.

Хоча за наявності більшої потужності джерела напруги і спеціальних вузлів контролю і управління, такі зарядні пристрої мають більшу ціну. Час заряду в зарядних пристроях такого типу, залежить від струму заряду, ступеня розряду, їх типу та ємності .

При струмі заряду 1С, розряджена нікель-кадмієві батарея, заряджається менш ніж за одну годину. Зарядні пристрої переходять у режим підзарядки зниженим струмом заряду, якщо акумуляторна батарея повністю заряджена і з відключаються за сигналом таймера.

Сучасні пристрої швидкісного заряду, використовуються для зарядки як нікель-кадмієвих, так і нікель-метал гідридних акумуляторних батарей. При підвищеному струмі заряду, за процесом заряду необхідний контроль. Важливо, щоб у конкретному зарядному пристрої, заряджалися тільки ті акумулятори, які рекомендовані для швидкісного заряду виробником.

Батареї маркують на заводах-виробниках з тією метою, щоб зарядний пристрій міг розпізнати їх тип і основні електричні характеристики. Після цього зарядний пристрій автоматично установить величину струму і задасть алгоритм процесу заряду, відповідно до конкретного акумулятора.

Свинцево-кислотні та літій-іонні акумуляторні батареї, мають алгоритми заряду, не сумісні з алгоритмом заряду нікель-кадмієвих та нікель-метал гідридних акумуляторів. Існує декілька способів зарядки акумуляторних батарей:

- зарядка при постійному струмі;
- контрольно-тренувальний цикл;
- зарядка імпульсним струмом;
- зарядка пульсуючим струмом;
- зарядка асиметричним струмом;
- зарядка по правилу ампер-годин.

**Зарядка при постійному струмі.** Заряд батареї відбувається при постійній величині зарядного струму, яка дорівнює одній десятій від паспортної ємності для кислотних акумуляторів, або чотирьом десятим для лужних акумуляторів. Акумулятори особливо чутливі до відхилення параметрів зарядки від номінальних. Зарядка надмірно великим струмом призводить акумулятор до виходу його з ладу. Тому необхідно підтримувати стабільність струму протягом усього процесу заряду. Недолік даного способу, полягає у продовженому процесі зарядки і необхідності постійного контролю за даним процесом. Але цим способом можна швидко зарядити батарею.

Для цього необхідно лише встановити максимальний зарядний струм, а решта операцій виконується як і при звичайному заряді. Цей спосіб отримав назву прискорений заряд. Прискорений заряд служить єдиній меті - в найкоротший

					ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

термін привести розряджену батарею у працездатний стан. Це досягається за рахунок великих зарядних струмів.

Режиму заряду великими струмами необхідно уникати, тому що багаторазове його повторення, знижує термін служби батареї.

Контрольно-тренувальний цикл (КТЦ) полягає у наступному. Батарею повністю заряджають постійним струмом, потім розряджають струмом 10-годинного режиму до певної напруги і знову дають повний заряд.

Цей цикл дозволяє оцінити фактичну ємність і реальні можливості «літєвої» батареї, а серія циклів у деяких випадках, покращує електричні показники, якщо батарея ще придатна для подальшого використання. Цю операцію без потреби не слід проводити, оскільки кожен КТЦ знижує ресурс батареї. За своє існування акумулятор може віддати певну кількість енергії, а кожен повний розряд, відповідає приблизно 0,5 - 1,0% цієї кількості.

**Зарядка при постійній напрузі.** На цьому етапі, ступінь зарядженості АКБ після закінчення заряду, залежить від величини зарядної напруги, яку забезпечує зарядний пристрій. У момент включення зарядний струм досягає великої величини, у залежності від внутрішнього опору (ємності) батареї.

Максимальний струм заряду обмежується за схемним вирішенням. У міру заряду, напруга на виводах батареї поступово наближається до напруги зарядного пристрою, а величина зарядного струму, відповідно, знижується і наближається до нуля у кінці заряду. Такі функції схема виконує в автоматичному режимі без участі людини. Цей спосіб дуже зручний, так як регулювати зарядний струм і стежити за станом батареї при заряді не потрібно. Але зарядити батарею повністю цим способом не можна. Тому не варто періодично поєднувати цей етап з етапом заряду батареї при постійному струмі.

**Зарядка імпульсним струмом.** При такому заряді струм змінює свою величину або напругу періодично, через певні інтервали часу.

За цими показниками імпульсний струм поділяють на два види: пульсуючий і асиметричний. Зарядка пульсуючим струмом називають такий, у якого величина змінюється у межах від нуля до максимального значення, зберігаючи незмінною свою полярність.

					ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10



## Рисунок 1 – Схема розрядно–зарядного пристрою для АКБ

Вона містить блок живлення, стабілізатори струму розрядки і зарядки, а також вузол управління та індикації. Блок живлення реалізований на знижувальному трансформаторі Т1, випрямлячі на діодному мосту VD1, згладжуючому конденсаторі С1 та інтегральному стабілізаторі напруги DA2.

Вихідна напруга стабілізатора, крім живлення мікросхем і інших елементів, є зразковою, для контролю за напругою акумуляторної батареї. Вихідний струм стабілізатора не перевищує 15 мА і практично не впливає на зміну його вихідної напруги.

Вузол управління і індикації містить два ОП DA1.1, DA1.2, які є компараторами, два тригера DD1.1 і DD1.2, електронні ключі на транзисторах VT1, VT2, VT4, VT5 і стабілізатор струму на транзисторі VT3. ОП DA1.2, контролює напругу на розрядженій акумуляторній батареї. Резистором R1 встановлюють напругу, до якої вона повинна бути розряджена.

Поки напруга на ній перевищує встановлену, на виході ОП DA1.2, вона відповідає низькому логічному рівню. ОП DA1.1 контролює напругу акумуляторної батареї при її зарядці. Змінним резистором R3, встановлюють напругу, до якої вона повинна бути заряджена. Поки напруга на ній менша встановленої, на виході ОП DA1.1 присутній низький рівень.

Стабілізатор струму розрядки є джерело струму, керований напругою. Він зібраний на ОП DA3.1, транзисторі VT6 і резисторі R23 - датчику струму. Конденсатори С7 і С9, забезпечують стійку роботу ІТУН. Струм розрядки встановлюють змінним резистором R17. Його параметр можна визначити за формулою  $I_{розр} = U_{R17} / R23$ , де  $U_{R17}$  - напруга на резисторі R17.

Стабілізатор струму зарядки зібраний на транзисторі VT7, джерело зразкової напруги - на стабілітроні VD2, струм через який стабілізовано транзистором VT3, а резистор R26 виконує функцію датчика струму. Змінним резистором R25 встановлюють струм зарядки.

Діод VD3 запобігає розрядку акумуляторної батареї через транзистор VT7 при відключенні пристрою від мережі. Резистори R7 і R8 обмежують вхідні струми ОП DA1.1 і DA1.2

					ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

**Робота пристрою.** Після підключення акумуляторної батареї, змінними резисторами R1 і R3 установлюють значення напруги, до якої необхідно розрядити і зарядити батарею, і вмикають пристрій у мережу.

При короткочасному натисканні на кнопку SB1 "Пуск", тригери DD1.1 і DD1.2 установляться у нульовий стан - низький рівень на прямих виходах (виводи 1 і 13 DD1) і високий на інверсних виводах.

Напруга живлення з'явиться на резисторі R15, а на движку резистора R17 з'явиться керуюча напруга стабілізатора струму розрядки і він почне працювати. Цей режим відображає світлодіод HL2 "Розрядка", оскільки на нього надійде напругу живлення через відкритий транзистор VT2.

У міру розрядки, напруга на акумуляторній батареї почне зменшуватися, і коли вона стане менше напруги на движку резистора R1, компаратор DA1.2 переключиться. На його виході з'явиться високий рівень, який установить тригер DD1.2 в одиничний стан.

На інверсному виході DD1.2, установиться низький рівень, тому струм розрядки стане близьким до нуля. Світлодіод HL2 згасне, а транзистор VT5 відкриється.

Оскільки транзистор VT4 при цьому відкритий за рахунок високого рівня на інверсному виході тригера DD1.1, через стабілітрон VD2 потече струм і почне працювати стабілізатор струму зарядки. Цей режим активується індикацією світлодіода HL3 "Зарядка".

У міру зарядки напруга на акумуляторній батареї збільшується, і при досягненні напруги відключення, яка установлена резистором R3, ОП DA2.1 переключиться, змінивши на виході низький рівень на високий.

Тригер DD1.1 установиться в одиничний стан, що призведе до відкриття транзистора VT1 і закриття транзистора VT4. Зарядка зупиниться, світлодіод HL3 згасне, і загориться світлодіод HL1 "Кінець зарядки".

Даний пристрій ліг в основу проектування даного пристрою у кваліфікаційній роботі.

### 1.3 Простий зарядний пристрій акумуляторних батарей

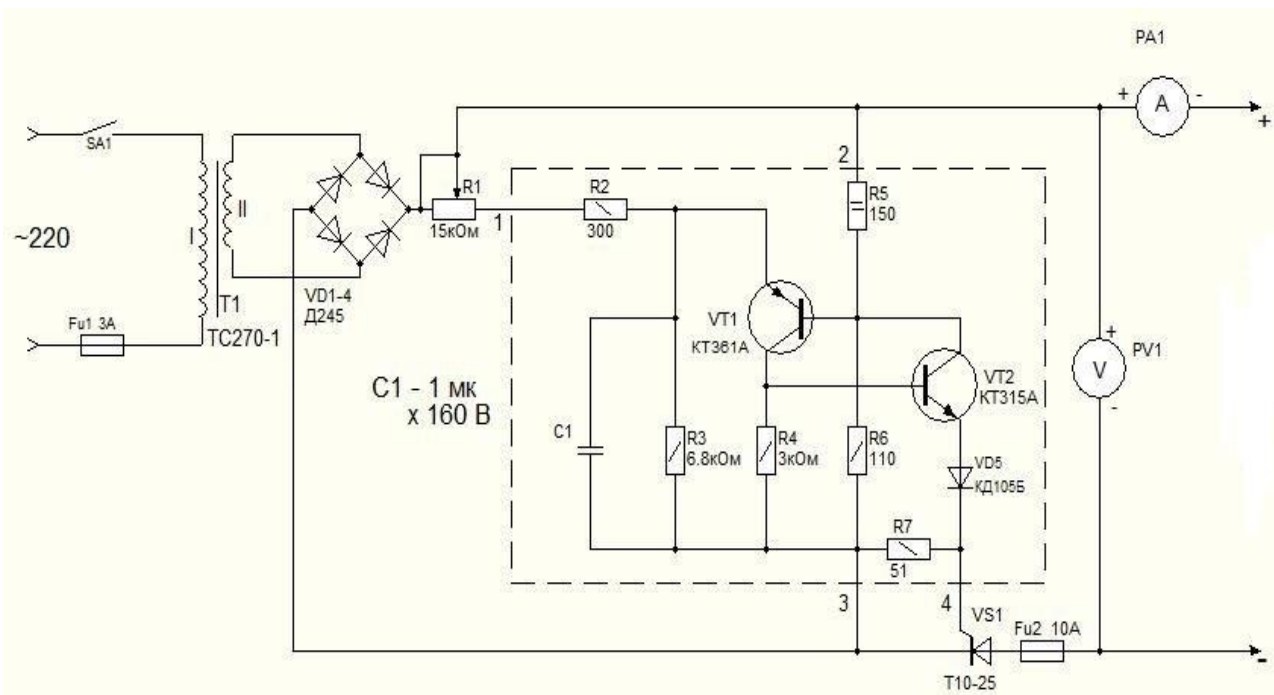
					ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

У транспортному засобі підзарядка акумулятора відбувається від генератора. При тривалому простої автомобіля, батарея може розрядитися до такого ступеня, що стає нездатною забезпечити запуск двигуна. Тут на допомогу приходить зарядний пристрій для АКБ.

Зарядний пристрій, який наведений на рис. 2, дозволяє заряджати автомобільні акумулятори струмом від 0 до 10А, а також може служити регульованим джерелом живлення для потужного низьковольтного паяльника, вулканізатора, переносної лампи або автомобільного насоса-компресора.

Пристрій не містить дефіцитних деталей і не вимагає особливого налагодження. Для даної схеми використаний мережевий понижуючий трансформатор ТС270-1 з напругою вторинної обмотки 17В. Без внесення змін для зарядного пристрою, підійде будь-який силовий трансформатор з напругою на вторинній обмотці від 17 до 22В. В даному зарядному пристрої є можливість, у разі виникнення необхідності, установити схему для зарядки малогабаритних акумуляторів (типу Д-0.55С та ін.).

Якщо у вибраного трансформатора напруга на вторинній обмотці більше 17В, резистор R5 слід замінити на більший опір.





## Рисунок 2 – Простий зарядний пристрій для автомобільних АКБ

У разі, коли вторинна обмотка має середній вивід від двох симетричних обмоток із зазначеною напругою, то випрямляч краще виконати за стандартною двохнапівперіодною нульовою схемою на двох діодах. Принципова схема пристрою показана на рис. 2.

Вона являє собою традиційний триністорний регулятор потужності з фазоімпульсним управлінням, який живиться від обмотки II понижувального трансформатора Т1 через діодний міст VD1–4.

Вузол управління триністором виконаний на транзисторах VT1, VT2 (аналог одно перехідного КТ217А).

Час, протягом якого конденсатор С1 заряджається до перемикання (кут керування), можна регулювати змінним резистором R1.

При крайньому правому по схемі положенні його движка, зарядний струм буде максимальним, і навпаки.

Діод VD5 захищає керуючий ланцюг триністора від зворотної напруги, що виникає при включенні триністора VS1.

### 1.4 Зарядний пристрій на Li-ion акумуляторах

Сучасні Li-ion акумулятори мають високі масо-габаритні показники і мають гарну енергоємність. На даний момент це найбільш ефективні портативні джерела струму, здатні жити пристрої високої потужності.

На рис. 3 представлена принципова схема зарядного пристрою, дана схема відрізняється високою повторюваністю і надійністю, деталі легкодоступні, а головне недорогі.

Для того, щоб Li-ion акумулятори довго служили, необхідно їх правильно заряджати. До кінця завершення зарядки, напруга повинна зменшуватися, а коли акумулятор зарядився, тобто струм заряду стане майже нульовий, зарядка повинна зупинитися. Дана схема повністю задовольняє цим вимогам. Підключений до нього виряджене АКБ заряджається струмом  $\sim 300\text{mA}$ , до кінця заряду струм

					ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

зменшується до 30 мА і далі загоряється світлодіод VD2, який сигналізує про завершення зарядки.

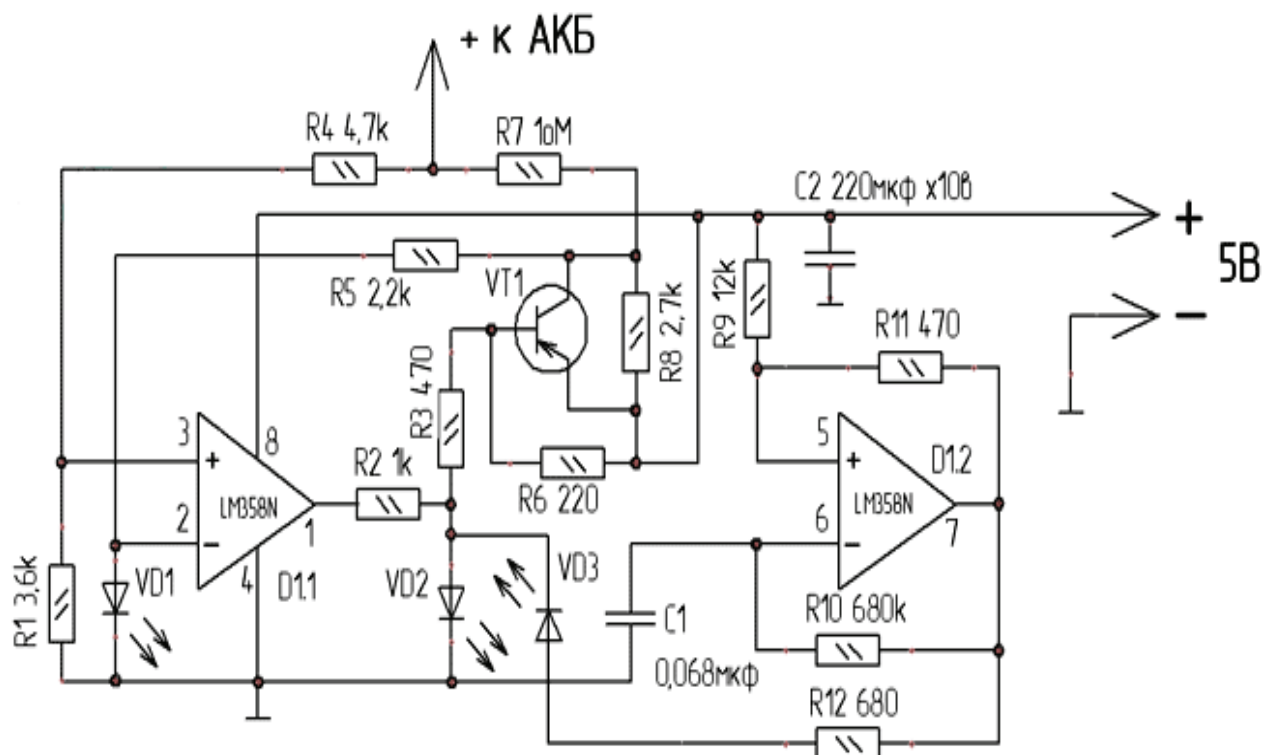


Рисунок 3 – Зарядний пристрій на Li-іон акумуляторах

Світлодіод VD1 сигналізує про роботу пристрою. VD3 загорається при підключенні АКБ. У схемі використовується операційний підсилювач LM358N, його аналогом є КР1040УД1.

Якщо їх немає у наявності, то можна замінити їх на КР574УД2А, тільки розташування виводів у нього будуть відрізнятися. Транзистор VT1 S8550 або будь-який інший, відповідає за параметри.

Світлодіоди з напругою 1.5В, червоного, зеленого і жовтого кольорів. Схема після монтажу налагодження не вимагає і починає працювати відразу. Середній час зарядки акумулятора ємністю 2200мА \*час - 2 години.

### 1.5 Зарядний пристрій з підручних засобів

Іноді виникає необхідність підзарядити автомобільний акумулятор, але зарядного пристрою як завжди немає. У цій статті ми розглянемо як можна з

Зарядний пристрій можна виготовити з підручних засобів, майже без будь-яких фінансових витрат.

Основними елементами є силовий трансформатор і випрямляч. Можна використати будь-які мережеві трансформатори з вихідною напругою 15-18 В, та струмом 3-5 А.

Випрямляч можна зібрати із 4-х діодів з зворотною напругою 50 В і вище та середнім струмом 2-3А. Можна використовувати діодні зборки Шоттки з комп'ютерних блоків живлення, діоди серії IN5822, або ж RS407, PBL405 - їх легко можна знайти у комп'ютерних блоках живлення.

Такий компактний зарядний пристрій буде заряджати автомобільний акумулятор досить довго, час заряду залежить від сили струму у вторинній обмотці трансформатора. До речі сам трансформатор не критичний, у нашому випадку він узятий від ігрової приставки SEGA.

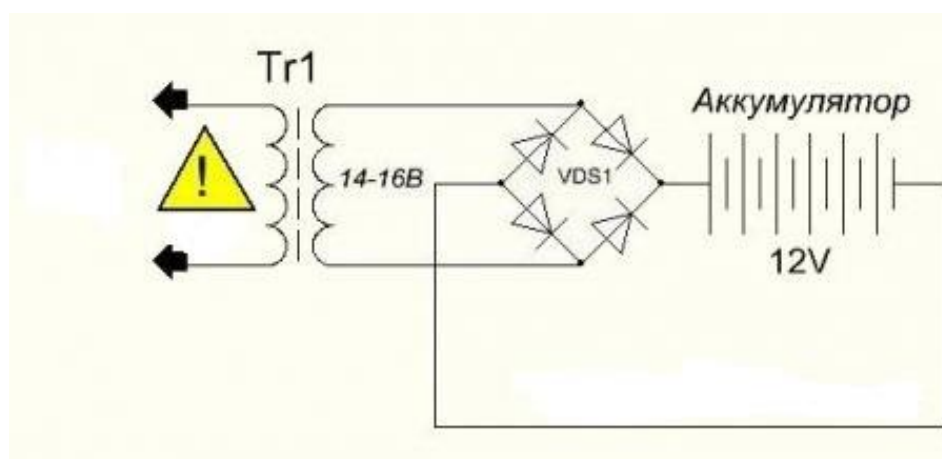


Рисунок 4 – Зарядний пристрій з підручних засобів.

Підбираючи трансформатор, потрібно враховувати те, що у режимі зарядки, буде спад напруги до 1-2В, тому вихідна напруга з трансформатора повинно бути у межах 14-16 В.

## 2 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

### 2.1 Розробка алгоритму функціонування пристрою

Згідно технічного завдання на проектування, зарядний пристрій повинен бути реалізованим на базі мікроконтролера. Алгоритм роботи пристрою наведений на рис. 5.

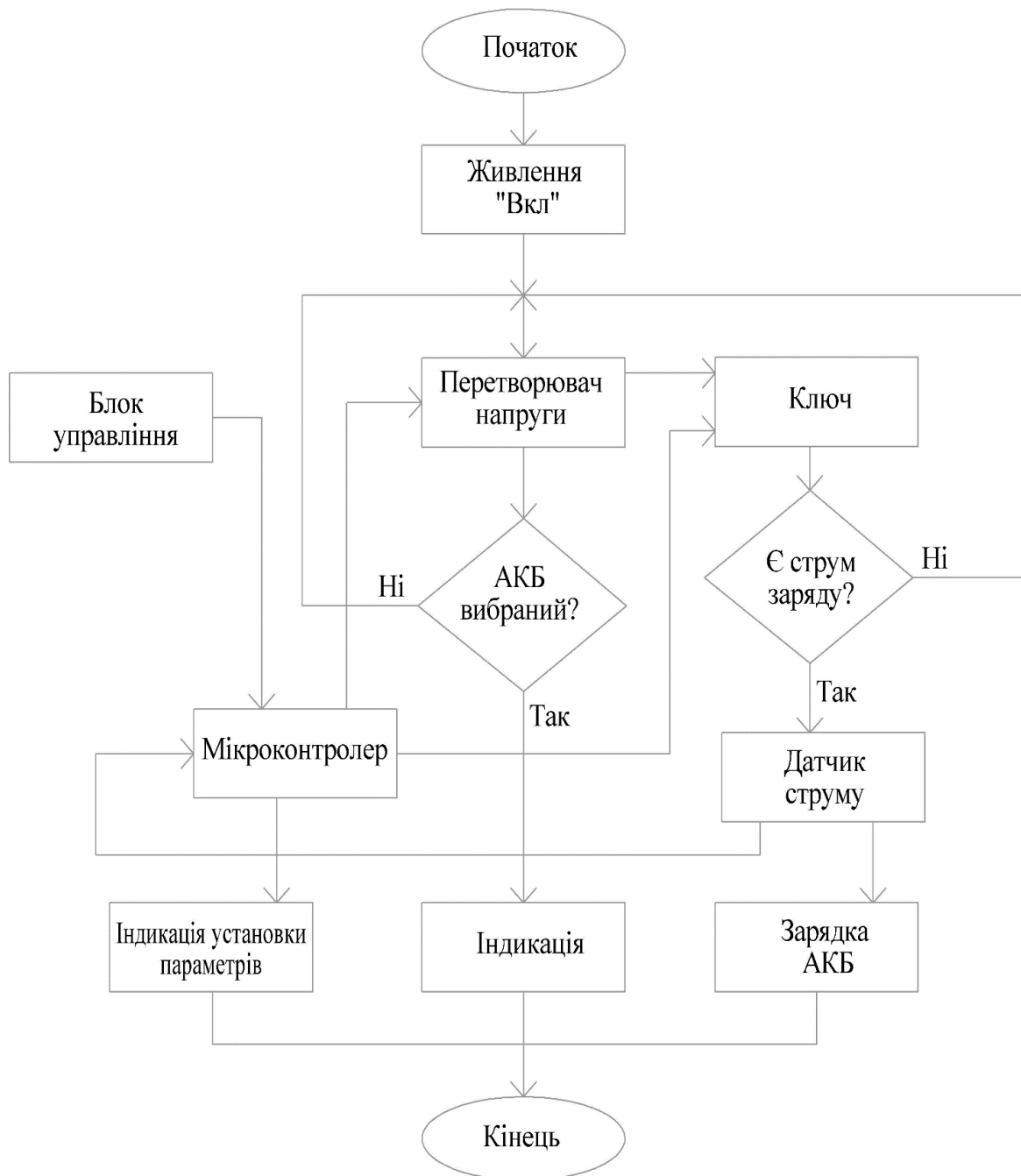


Рисунок 5 – Алгоритм функціонування зарядного пристрою

Після вмикання пристрій устанавлюється у початковий стан. Якщо пристрій готовий до роботи, дана інформація буде відображатися на дисплеї. Відразу вмикається перетворювач напруги і починається збір інформації з датчиків струму і дані відправляються на мікроконтролер. При підключенні відповідної батареї, повторно відбувається збір інформації з датчиків.

По цього устанавлюється відповідний режим для даного акумулятору чи батареї. При включенні, вмикається індикатор, сигналізуючий початок роботи. Таким чином, даний алгоритм роботи надає зручність керуванням зарядним пристроєм.

## 2.2 Розробка структурної схеми пристрою

На основі алгоритму функціонування, була розроблена структурна схема зарядного пристрою (ЗП). Вона представляє собою сукупність основних блоків, що реалізують задані функції, і зв'язків між ними. Зв'язки вказуються тільки між тими блоками, які безпосередньо взаємодіють у процесі роботи пристрою. Структурну схему (рис. 6), слід розробляти досконаліше, що істотно полегшить завдання побудови електричної функціональної та принципової схем пристрою.

Подальшим етапом проектування є технічний опис структурної схеми пристрою. При описі структурної схеми, вказується склад і призначення блоків, а також описуються їх функції та взаємодія з іншими блоками.

**Блок живлення** пристрою є джерелом зарядного струму, яким керує мікроконтролер. Тривалість імпульсів визначається програмою, а також залежить від встановлених користувачем параметрів. Зміна напруги і струму у процесі зарядки, відслідковуються програмно і використовуються у якості сигналу зворотного зв'язку при регулюванні тривалості керуючих імпульсів.

**Понижуючий імпульсний перетворювач**, виконаний за «чоперною» схемою. Керування ним виконується широтно-імпульсним регулюванням. Це дозволяє отримати плавне регулювання та стабілізацію заданого режиму роботи. Блок електронного ключа відповідає за підключення струму до АКБ.

					ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

**Блок управління** відповідає за «Пуск/Стоп» зарядного пристрою, а також за зарядку чи розрядку батареї або акумулятора. Підсилювач сигналів управління, зібраний на логічних елементах.

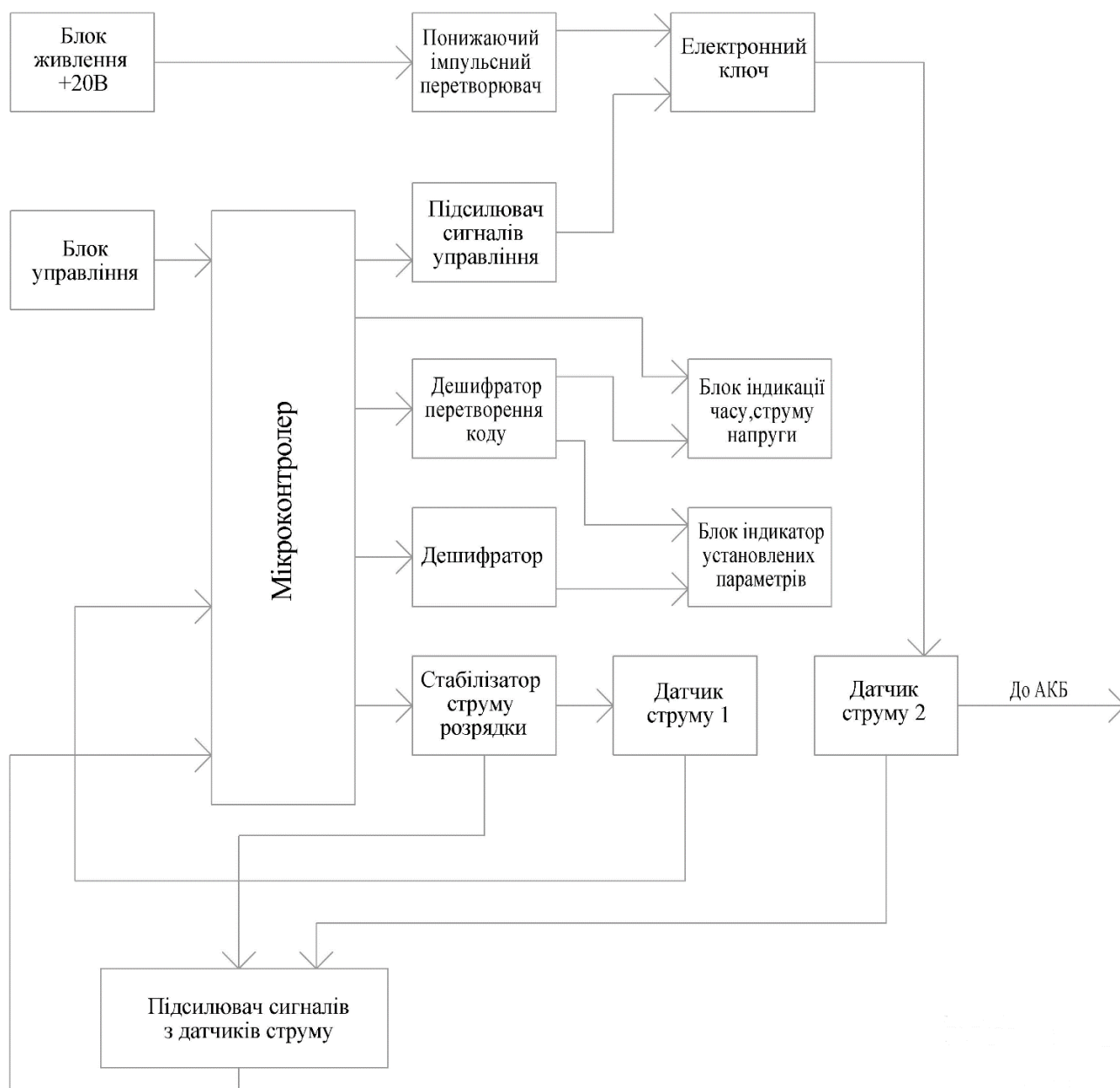


Рисунок 6 – Структурна схема пристрою зарядки АКБ

**Дешифратор перетворення коду** використовується для управління трьох розрядними семисегментними світлодіодами із загальним катодом, а також і групою з п'яти світлодіодів, які показують режими роботи зарядного пристрою.

**Блок індикації часу**, використовується для сповіщення користувача про час її підзарядки та при якій напрузі заряджається установлена батарея.

**Блок індикації установлених параметрів**, слугує для повідомлення користувача про тип акумулятора, підключеного до пристрою, а також про наявність взагалі батареї у пристрої, початок роботи та зупинку роботи.

**Стабілізатор струму розрядки** виконує автоматичне підтримання заданої сили електричного струму при зміні навантаження електричного кола.

**Датчик струму 1** працює при положенні ключа у положенні 1.

**Датчик струму 2** працює при положенні ключа у положенні 2.

**Підсилювач сигналів з датчиків струму** застосовується для необхідного підсилювання різниці напруг на датчиках струму 1 і 2.

**Мікроконтролер** є основним блоком зарядного пристрою. Керуючі сигнали на виході МК, створюються на основі вхідних сигналів і залежать від режиму роботи зарядного пристрою. МК являє собою мікросхему, виконану на основі PIC16F8х.

### 3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ТА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМ ПРИСТРОЮ

					ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

# ЩО ПРОЕКТУЄТЬСЯ

## 3.1 Розробка функціональної схеми пристрою

На основі структурної схеми, розроблена функціональна схема пристрою (рис. 7). Саме функціональна схема є прообразом, по якому буде будуватися принципова схема пристрою.

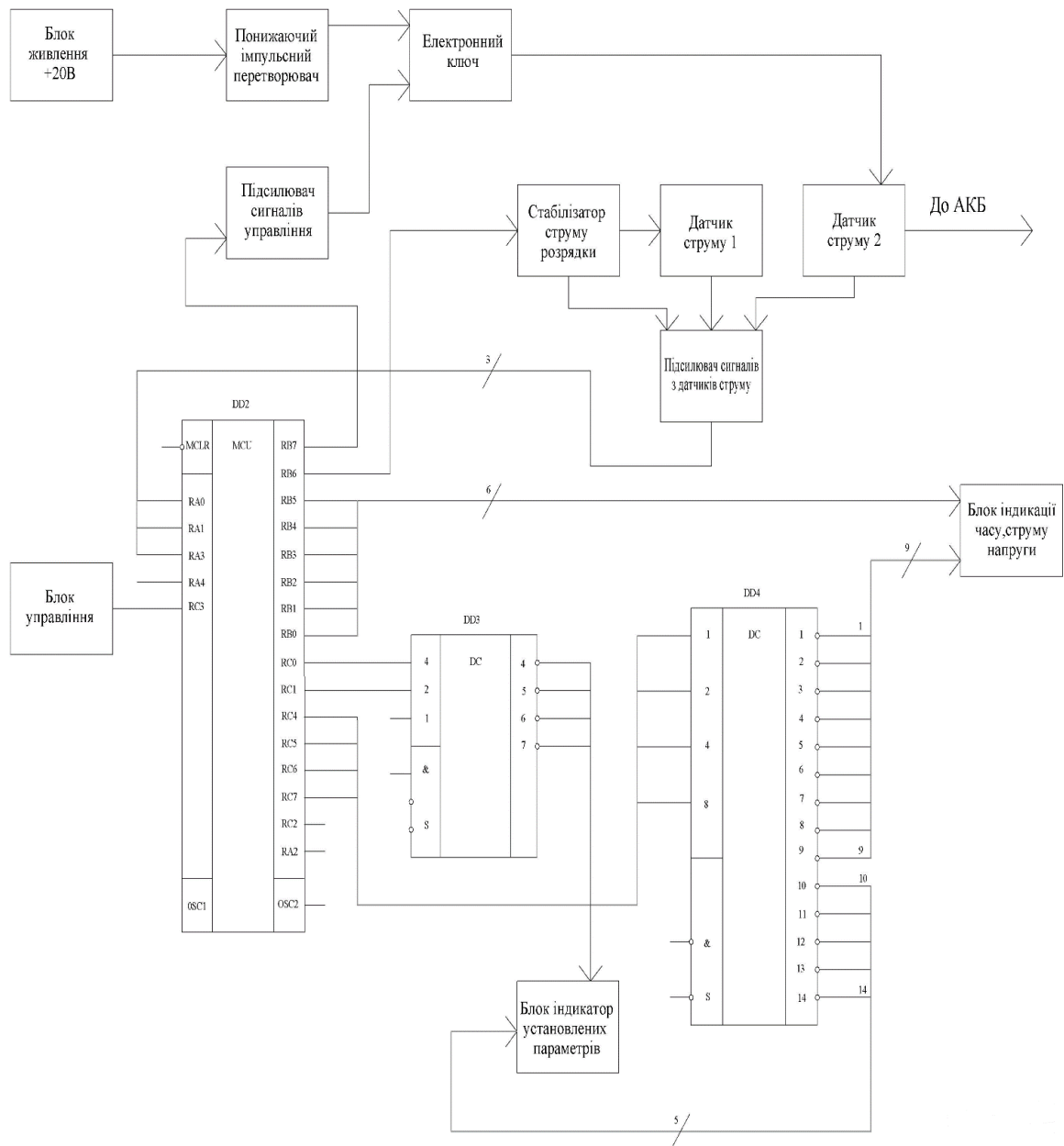


Рисунок 7 – Функціональна схема пристрою



Зарядний пристрій побудована на базі мікроконтролера DD2 PIC16F837A, який має у своєму складі тактовий генератора на 8 МГц і 10-ти бітний АЦП. Для внутрішньо схемного програмування на платі встановлений роз'єм ХР3. Конденсатори С10 і С11 і встановлюються максимально близько до виводів живлення мікроконтролера.

**Ініціалізація.** При закриванні транзистора VT4, відбувається вимір напруги батареї і дані виводяться на індикатор НГ3. Високий рівень на виході RA5 мікроконтролера дозволяє проходження ШИ сигналу на транзистори VT3, VT5.

Відносна тривалість імпульсів при цьому становить 6% від їх періоду. Напруга батареї порівнюється з  $U_b$  хв, і якщо  $U_b < U_b$  хв. буде виконуватися попередня зарядка малим струмом  $I_b$  хв. В іншому випадку почнеться зарядка струмом  $I_b$  макс. У алгоритмі "Загальний" та "Pb" значення  $U_b$  хв і  $I_b$  хв не визначаються, і етап попередньої зарядки не виконується.

**Попередня зарядка.** Цей етап необхідний для безпечної зарядки глибоко розряджених Ni-Cd, Ni-MH і Li-ion акумуляторів. Зарядка виконується стабільним струмом  $I_b$  хв до напруги  $U_b$  хв. Фактичний струм зарядки  $I_b$  порівнюється з розрахунковим  $I_b$  хв і при  $I_b > I_b$  хв, тривалість імпульсу ШИ сигналу зменшується, якщо  $I_b < I_b$  хв. тривалість цього імпульсу збільшується.

У разі рівного розподілу струмів, програма виходить з циклу стабілізації і проводиться перевірка портів тимчасових інтервалів. Через кожні 0,5 с виводиться на індикатори нові значень  $I_b$  і  $U_b$ .

Якщо пройшла 1 хв, виконується порівняння напруг  $U_b$  і  $U_b$  хв, при  $U_b > U_b$  хв попередня зарядка закінчується і починається третій етап. У іншому випадку, цикл повторюється. Тривалість зарядки на цьому етапі не враховується, а на індикатор НГ1, виводиться значення  $T_b$  макс.

Зарядка стабільним струмом. Оновлення показань на індикаторах НГ1-НГ3 відбувається кожні 0,5 с. Підрахунок тривалості зарядки, вимір  $U_b$  і порівняння його з  $U_b$  макс, виконуються через кожну хвилину. У разі зарядки за алгоритмом "Ni-Cd" додатково перевіряється знак зміни  $U_b$ .

Якщо різниця між поточним і попереднім результатами вимірювання негативна і перевищує 0,02 В на кожен акумулятор у батареї, зарядка вважається

					ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

закінченою. При  $U_b > U_b \text{ макс}$ , зарядка буде припинена для алгоритмів "Загальний", "Ni-Cd" і "Ni-MH", а для алгоритмів "РБ" і "Li-ion", почнеться наступний етап.

Коли тривалість зарядки перевищить  $T_b \text{ макс}$ , зарядка буде припинена незалежно від вибраного алгоритму. Зарядка при постійній напрузі. Напруга на батареї підтримується постійним і рівним  $U_b \text{ Максим}$  підрахунок тривалості зарядки триває і дані на індикаторах оновлюються кожні 0,5 с. Програма відстежує зміни струму через кожну хвилину і при  $I_b < I_b \text{ кін}$  зарядка вважається закінченою і припиняється.

**Припинення зарядки.** Відключається імпульсний сигнал, транзистори VT3 і VT5 закриваються і виконуються вимірювання та вивід на індикацію, напруги батареї і струму зарядки  $I_b$ . Програма зациклюється, і для виходу з цього стану слід натиснути на кнопку SB2 "Скидання". Вимірювання напруги акумулятора у процесі зарядки, виконується при закритих транзисторах VT3 і VT5, у момент коли зарядний струм, через батарею не протікає. Вимірювання струму виконуються при низькому рівні імпульсного сигналу.

Максимальна відносна тривалість імпульсу при регулюванні на етапах 2-4 обмежена програмно на рівні 75% від періоду. При підключенні батарей, ступінь їх розрядки не визначається, тому перед зарядкою Ni-Cd і Ni-MH акумуляторів і батарей, рекомендується провести їх розрядку струмом 0,1-Са до напруги 0,9 ... 1 В на елемент, де Са - ємність батареї в А \* ч.

### 3.2 Розробка та розрахунок основних вузлів принципової схеми

**3.2.1 Вибір елементної бази.** Вибір елементної бази є одним з найважливіших етапів проектування. Від його правильного вибору залежать такі основні показники роботи проектного пристрою, як надійність, швидкодія, економічність, вартість та ремонтпридатність.

У теперішній час промисловістю випускається широкий ряд мікроконтролерів, призначених для використання у пристроях загального застосування. У залежності від технології виготовлення ПЗУ всі типи МК розділяються на п'ять груп:

					ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

1. Мікроконтролери, багаторазово програмовані користувачем мають дві групи;

- мікроконтролери з ультрафіолетовим витиранням (для експериментальної розробок та налагодження програм).

- мікроконтролери з багаторазовим електрично-програмованим користувачем ППЗУ (EEPROM) програм. Вони дозволяють легко будувати програму і дані під конкретні вимоги. Ця можливість може бути використана як для тиражування, так і для занесення каліброваних даних уже після залишкового тестування розроблення МКП. Однак, дані МК мають обмежену кількість циклів перепрограмування.

Лише один раз програмовані мікроконтролери (OTP). Ці МК можуть бути одноразово запрограмовані користувачем та застосовуються у тих випадках, коли немає необхідності часто змінювати зміст програми чи конфігурацію мікроконтролера у розробленні МКП.

2. Мікроконтролери, програмовані виготовлювачем (QTP). Вони цілком програмовані на заводі-виготовлювачеві за заздалегідь наданою користувачем інформацією.

3. Мікроконтролери, послідовно програмовані виготовлювачем (SQTP). Вони замовлені та одноразово- програмовані на заводі- виготовлювачі МК типу QTP, у яких декілька комірок, що задаються користувачем. У кожному мікроконтролері програмуються різні серійні номери.

4. Масочні мікроконтролери (ROM). Вони також є замовленими, та забезпечують максимально низьких вартість при крупносерійних замовленнях. (такими МК є PIC16CR54, PIC16CR56, PIC16CR57, PIC16CR58).

Мікроконтролери типу PIC 16F874 (16F84) з багаторазовою електричною перепрограмованою пам'яттю програм і даних - констант.

Саме такий МК буде використаний у даному пристрої.

5. У мікроконтролерах серії PIC16F873X існує два види пам'яті. Пам'ять програм і пам'ять даних. Вони мають роздільні шини даних і адреси, що дозволяє виконувати паралельний доступ.

										ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							25

## Мікроконтролер PIC16F873A.

PIC - це назва серії мікроконтролерів, які виробляються компанією Microchip Technology Inc (США). Назва PIC походить від Peripheral Interface Controller. Мікроконтролери PIC мають RISC-архітектуру. RISC - скорочений набір команд, використовуються також у процесорах для мобільних пристроїв.

Зовнішній вигляд мікроконтролера PIC наведений на рис. 8.

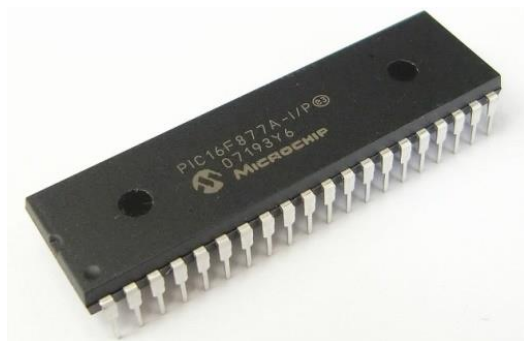


Рисунок 8 - Зовнішній вигляд мікроконтролера PIC

Мікроконтролери PIC мають RISC-архітектуру. RISC - скорочений набір команд, використовується також у процесорах для мобільних пристроїв. Є цілий ряд прикладів її використання: ARM, Atmel AVR та інші. Структура мікроконтролера PIC16F873A, наведена на рис. 9.

Технологія КМОП:

- економічна, високошвидкісна технологія КМОП;
- повністю статична архітектура;
- широкий робочий діапазон напруг живлення - від 2,0 В до 5,5В;
- промисловий і розширений температурний діапазон;
- низьке споживання енергії;
- повна сумісність за виводами з родинami мікроконтролерів (тільки 28-вивідними): PIC16CXXX, PIC16FXXX.

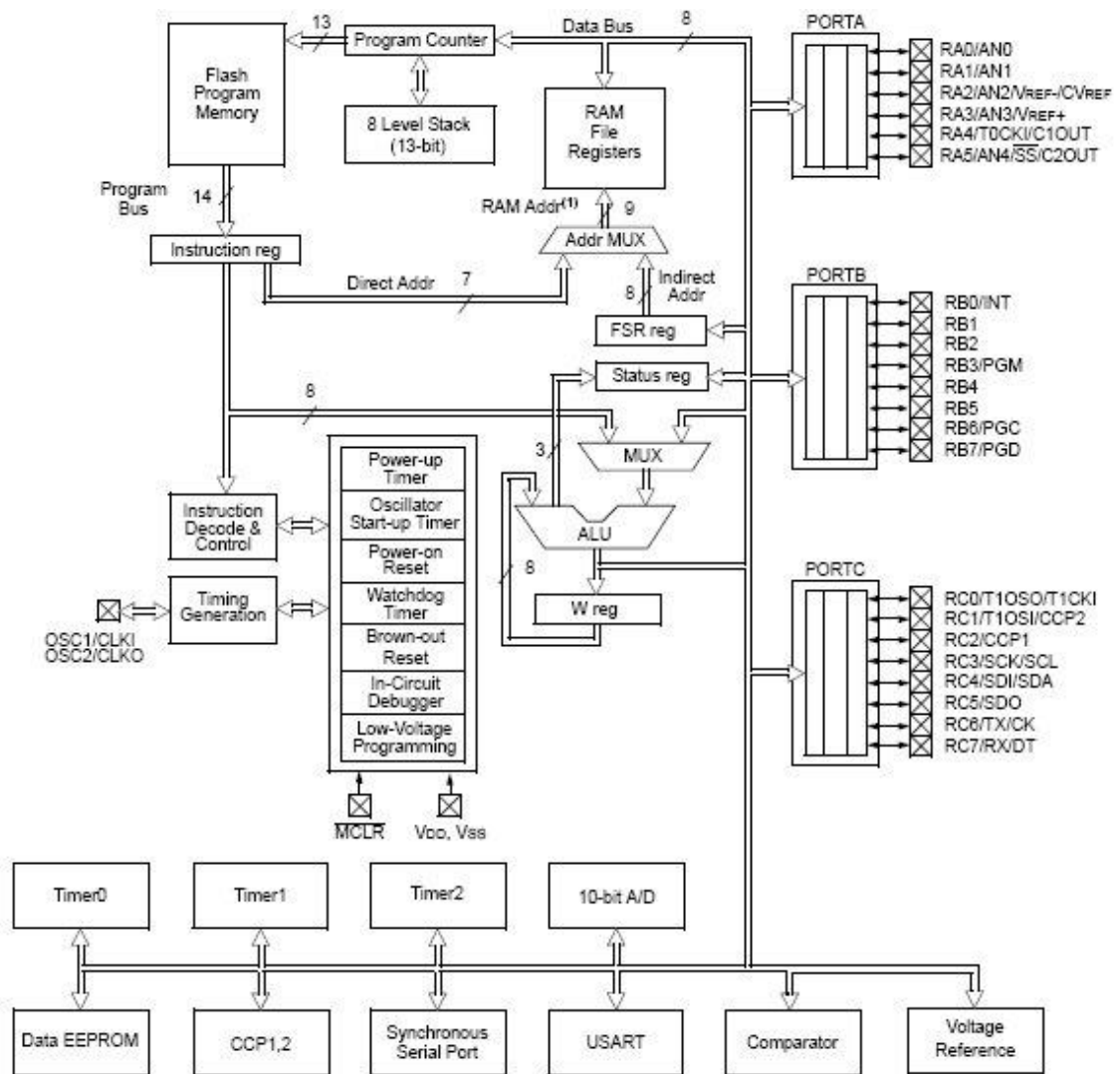


Рисунок 9 - Структура мікроконтролера PIC16F873A

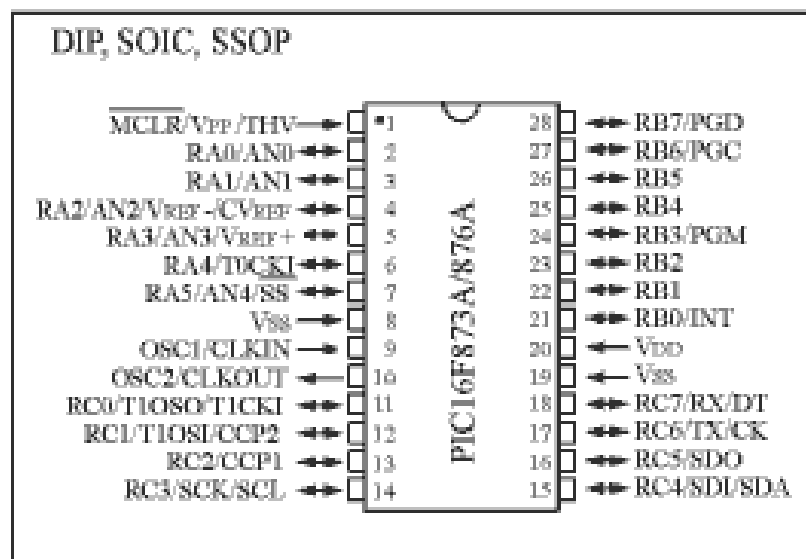


Рисунок 10 - Цоколювка мікроконтролера PIC16F873A



Світлодіодні індикатори бувають двох типів.

У першому з них всі катоди, тобто негативні виводи усіх світлодіодів, об'єднані разом і для них виділено відповідний вивід на корпусі.

Решта виводів індикатора з'єднані до анода кожного з світлодіодів (рис.8, а). Така схема називається «схема із загальним катодом».

Також існують індикатори, у яких світлодіоди кожного з сегментів підключені за схемою із загальним анодом (рис.11, б).

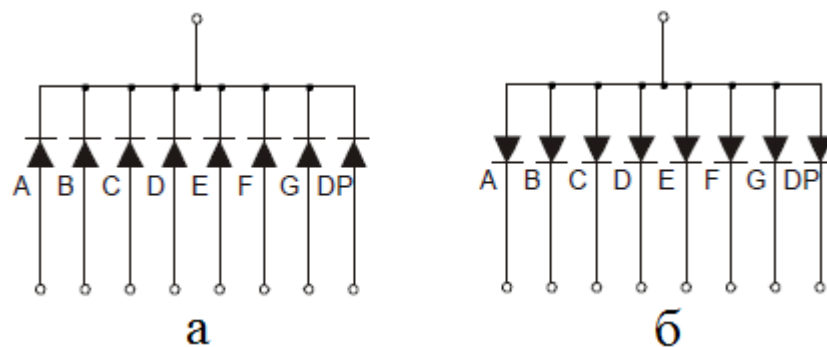


Рисунок 11 – Схеми підключення семисегментного індикатора

Кожен сегмент позначений відповідною буквою. На рис. 12 показано їх розташування.

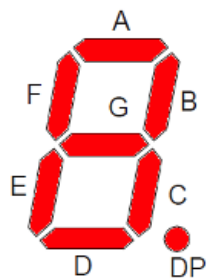


Рисунок 12 – Розташування сегментів у індикаторі

Також, нерідко, виводи індикатора підключаються безпосередньо до виходів мікроконтролера, але лише у тому випадку, коли використовуються індикатори з низьким споживанням струму.

У нашому випадку індикатор параметрів пристрою реалізований на 3-х розрядному семи сегментному індикаторі NET – 3631AS. Зовнішній вигляд індикатора наведений на рис. 13.

Параметри індикатора NET – 3631AS:

- розміри (голова) (д \* ш \* в), мм: 22,5 \* 7,2 \* 14;
- тип: NET – 3631AS;
- формат: 0,36 дюйма;
- колір випромінювання: червоний;
- яскравість світіння: 38 МКД;
- робоча напруга: 1,9-2,5V;
- робочий струм: 30 мА;
- робоча температура: - 40 ° до 60 ° С;



Рисунок 13 – Семисегментний індикатор

**Блок живлення** – регульований трьохвиводний лінійний стабілізатор напруги і струму LM317t.

Виготовляється в універсальному транзисторному корпусі, що дозволяє розміщувати його на платі або теплоодводі. Найбільш поширена модель LM317 зустрічається у корпусі TO-220 з буквою «Т» у кінці маркування. Буква «t» позначає тип корпусу. Загальний вигляд стабілізатора наведений на рис. 14.

Распиновка LM317 TO-220(T)



<https://shematok.ru>

Рисунок 14 – Загальний вигляд стабілізатора

					ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30



**Характеристики LM317t.** Технічні параметри LM317 при температурі навколишнього середовища +25 ° С.

**Фізичні:**

- корпус TO-220, TO-220FP, TO-3, D2PAK, SOT-23;
- матеріал корпусу – пластмаса.

**Електричні:**

- діапазон вхідної напруги - від 1.25 до 37 В;
- сила струму на виході - не більше 1.5 А;
- нестабільність на виході - до 0,1%;
- опорна (Vref) - від 0,1 до 1,3 В;

**Внутрішній захист:**

- від короткого замикання (Internal Short-Circuit Current Limiting);
- від теплового перевантаження (Thermal Overload Protection);
- обмеження по максимальній потужності.

Виготовлений на основі мікросхеми інтегрального регульованого стабілізатора КР142ЕН12 (LM317Т). Дозволяє отримати на виході стабілізовану напругу у діапазоні від 3 до 16 В при струмі до 1,5 А.

Мікросхема допускає вихідний струм до 1,5 А, має внутрішню схему обмеження струму і схему захисту від перевищення температури нагрівання кристала. При випадковому замиканні вхідного ланцюга, або відключенні джерела живлення мікросхема виявляється під великою зворотною напругою з боку навантаження і може бути виведена з ладу. Для нормальної роботи мікросхеми необхідно, щоб вхідна напруга перевищувала вихідну не менше ніж на 4,5 В.

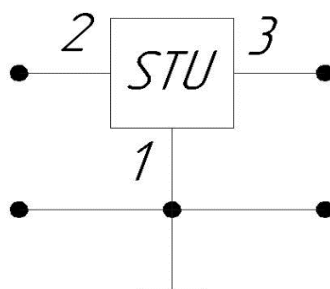


Рисунок 15 – Стабілізатор напруги LM317Т

Для реалізації логічних елементів схеми пристрою, вибираємо серію КР1533(SN74ALS). Серія КР1533 малопотужні швидкодіючі цифрові інтегральні мікросхеми, призначені для організації високошвидкісного обміну і обробки цифрової інформації, тимчасового і електричного узгодження сигналів в обчислювальних системах.

Мікросхеми серії КР1533 у порівнянні з відомими серіями логічних ТТЛ мікросхем, мають мінімальне значення споживаної потужності. Зарубіжний аналог - серія SN74AISXXXX фірми Texas Instruments (США). Мікросхеми виготовляються за удосконаленою епітаксійно-планарною технологією з діодами Шатткі. Конструктивно мікросхеми серії КР1533 виконані у 14-, 16-, 20- і 24-вивідних стандартних пластмасових корпусах типу 201.14-1, 238.16-1 \* 2140.20-8, 2142.24-2.

### Операційний підсилювач КР140УД6.

Мікросхеми КР140УД6 є операційні підсилювачі середньої точності з транзисторами на вході з надвисоким посиленням, з малими вхідними струмами, з внутрішньою частотною корекцією і схемою захисту виходу від короткого замикання. На рис.16 зображено зовнішній вигляд мікросхеми та схеми її ввімкнення.

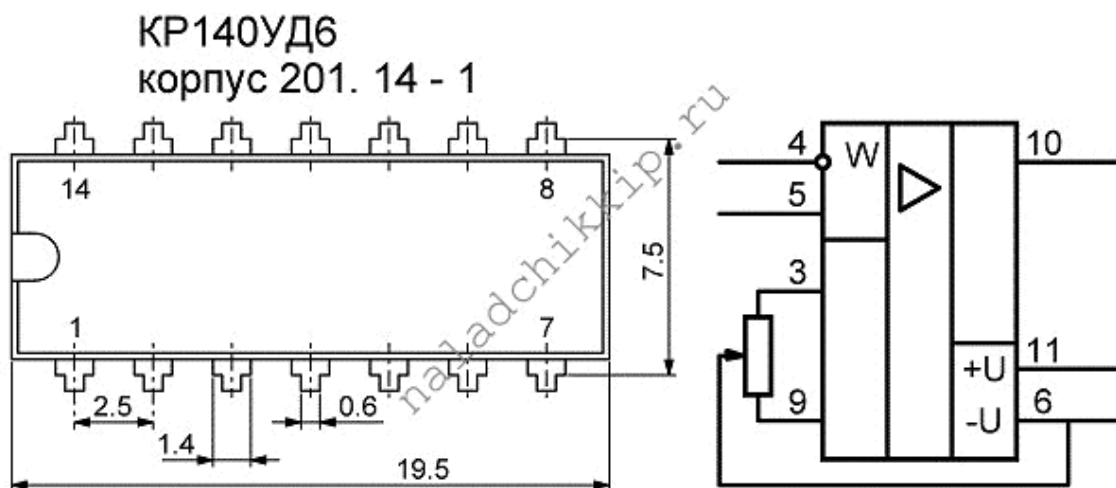


Рисунок 16 - Схема ввімкнення КР140УД6

Призначення виводів КР140УД6:

					ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32





2. Вихідна напруга низького рівня не більше 0,4В.
3. Вихідна напруга високого рівня не менше 2,4В.
4. Напруга на антзвонном діод не менше -1,5В.
5. Перешкодостійкість не більше 0,4В.
6. Вхідний струм низького рівня не більше -1,6мА.
7. Вхідний струм високого рівня не більше 0,04мА.
8. Вхідний пробивний струм не більше 1 мА.
9. Струм короткого замикання -18 ...- 55 мА.
10. Струм при низькому рівні вихідної напруги не більше 11 мА.
11. Струм споживання при високому рівні вихідної напруги не більше 4 мА.
12. Споживана потужність на один логічний елемент не більше 19,7 мВт.
13. Час затримки поширення при включенні не більше 15 нс.
14. Час затримки поширення при виключенні не більше 22 нс.

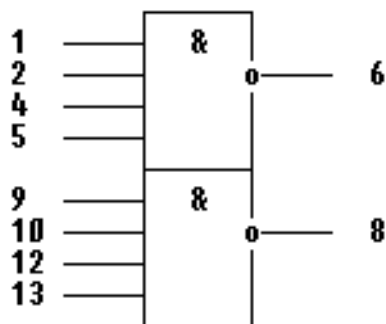


Рисунок 18 - Мікросхема KP1533LA1

Потужний n-канальний польовий **транзистор IRFZ44N**, виготовлений за технологією MOSFET (КМОП). Хороші характеристики IRFZ44N, дають можливість використовувати його для управління потужним навантаженням, завдяки низькому опору n-каналу, потужність розсіювання якого, може доходити до 83Вт.

Звичайно, обов'язковим елементом буде радіатор, здатний розсіювати дану потужність для запобігання виходу з ладу транзистора IRFZ44N. Цоколювка транзистора IRFZ44N, наведена на рис. 19.

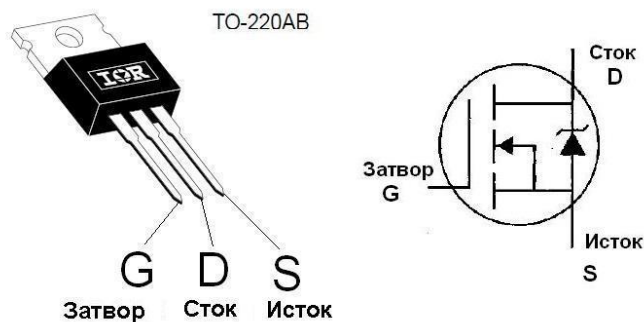


Рисунок 19 - Цоколювка транзистора IRFZ44N

**Характеристики транзистора IRFZ44N:**

- корпус - TO-220AB;
- напруга пробою стік-витік - 55 В;
- максимальна напруга затвора - 20 В;
- опір у відкритому стані - 17.5 мОм;
- струм стоку - 41 А;
- заряд затвора - 42.0 нКл;
- термоопір - 1.8 К / Вт;
- потужність, що розсіюється - 83 Вт.

Область використання діодів Шоттки КД270А, визначаються їх основними характеристиками: - низька пряма напруга; - висока бистродія; - фактична відсутність заряду зворотного відновлення.

Більш за все діоди Шоттки використовують у низьковольтних потужних випрямлячах з вихідною напругою у декілька десятків вольт на високих частотах перемикання. Діоди можуть успішно використовуватися в імпульсних джерелах живлення, конверторах, пристроях зарядки акумуляторних батарей (рис. 20).

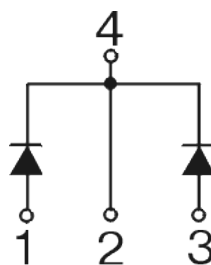


Рисунок 20 - Діоди Шоттки КД270А (1,3- анод, 2- катод, 3- катод тепловідводу)

**Основні паспортні дані:**

									ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						36

- прямий середній струм - 7,5А;
- зворотня напруга - 200В;
- імпульсний струм ( $t_p = 5\text{мкс}$ ) - до 1,0В;
- температура переходу -  $-40 + 125^{\circ}\text{C}$ .

**Транзистора КТ315В.** Цоколювка і розміри транзистора КТ315В, наведені на рис. 21.

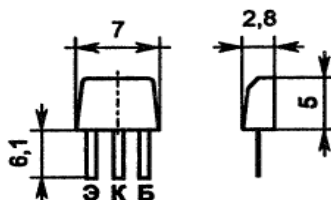


Рисунок 21- Цоколювка та розміри транзистора КТ315В

### Характеристики транзистора КТ315В:

- структура n-p-n;
- максимально допустимий (імпульсна) напруга колектор-база - 40 В;
- максимально допустимий (імпульсна) напруга колектор-емітер - 40 В;
- максимально допустимий (імпульсний) струм колектора - 100 мА;
- максимально допустима постійна потужність колектора - 0.15 Вт;
- статичний коефіцієнт передачі струму біполярного транзистора у схемі із загальним емітером - 30-120;
- зворотний струм колектора  $\leq 0.5$  мкА;
- гранична частота коефіцієнта передачі струму у схемі із загальним емітером  $\Rightarrow 250$  МГц.

**3.2.2 Розробка принципової схеми.** Практична реалізація пристрою, повинна передбачати оптимальний підбір реальних мікросхем, а також аналогових елементів. Основними критеріями підбору є: забезпечення необхідної швидкодії системи, низького енергоспоживання, багато функціональність, невеликі габарити, а також мінімальна вартість. На елементах VT1, VD1, C1, C2, L2 зібраний понижуючий імпульсний перетворювач напруги, а на елементах L1, C13, C14, R45 – згладжувальний фільтр.

						ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			37

З виходу фільтра напруга зарядки через електронний ключ на транзисторі VT5 і розв'язуючий діод VD4 надходить на гніздо XS2, до якого підключають акумулятор або батарею, які заряджаються. На ОУ DA2.1 і транзисторі VT2 зібраний стабілізатор струму розрядки, його значення встановлюють змінним резистором R30.

На ОУ DA2.2, DA3.1, DA3.2 зібрані повторювачі напруги. Вхід першого з них, у залежності від положення перемикача SA1.2, буде підключений до одного з резисторів – R34. або R55, які виконують функції датчиків струму. Тому на його виході формується напруга, пропорційна струму зарядки або розрядки. На виходах ОП DA3.1 і DA3.2, формуються напруги, складові 1/8 і 1/2 частина напруги акумулятора (батареї).

Діоди VD5, VD6 захищають входи цих ОП від негативного напруги при неправильному підключенні батареї. Режими ЗУ "Зарядка" і "Розрядка" встановлюють перемикачем SA1.1, при цьому високому логічному рівню на вході RC3 мікроконтролера DD2 відповідає режим "Зарядка".

Вибір типу акумуляторної батареї (алгоритму зарядки) здійснюють вимикачами SA2, SA3, при цьому загоряється один з світлодіодів HL1-HL4. Виходи RC4-RC7 мікроконтролера DD2, підключені до входів дешифратора DD4 і використані для управління трьохрозрядними семисегментними світлодіодними індикаторами HG1 -HG3 із загальним катодом, а також і групою з п'яти світлодіодів HL5- HL9, які індукують режими роботи ЗУ. Резистори R35-R40, R41-R44 - струмообмежуючі.

Вихід RC2 мікроконтролера DD2 запрограмований як вихід імпульсного сигналу, який надходить на входи (виводи 9 і 10) логічного елемента DD1.1, а з його виходу - на транзистор VT1, керуючий транзистором VT3. На інші входи цього елемента (виводи 12 і 13), а також на входи елемента DD1.2 надходить сигнал з виходу RA5 мікроконтролера DD2. Низький рівень на цьому виході блокує проходження ШІ сигналу, транзистори VT3, VT5 закриваються - перетворювач напруги не працює. Вихід RA2 мікроконтролера DD2, через резистор R28 підключений до змінного резистору R30 і управляє стабілізатором струму розрядки.

					ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38



Діоди VD2, VD3 спільно з резистором R28, утворюють параметричний стабілізатор напруги 1,4 В. З движка резистора R30 напруга  $U_{роз.}$  надходить на неінвертуючий вхід ОП DA2.1. На його інвертуючий вхід, надходить напруга з резистора R34. Вихідна напруга ОП відкриває транзистор VT2, при цьому струм розрядки  $I_{роз.} = U_{роз.} / R34$ .

Лінії RA0, RA1 і RA3 порту А мікроконтролера DD2 запрограмовані як входи трьохканального десятирозрядного АЦП і підключені через резистори R13, R14 і R15 до виходів повторювачів напруги на ОП DA3.2, DA2.2, DA3.1, відповідно.

Роздільна здатність АЦП становить 5 мВ. Значення електричного струму виводиться на індикатор HG2, а значення напруги у вольтах - на індикатор HG3. Вибір каналу АЦП (RA0 або RA3) при вимірі напруги проводиться програмно. Для каналу RA0 максимально вимірюється напруга 10 В і десяткова точка встановлюється у третьому розряді індикатора, для каналу RA3 - 40 В і десяткова точка буде у другому розряді.

Натисканням на кнопку SB1 "Пуск" значення напруги, струму і тривалості зарядки, встановлені користувачем які відображаються на індикаторах, записуються у пам'ять мікроконтролера DD2, і починається процес зарядки або розрядки у залежності від положення перемикача SA1.1.

Порт В мікроконтролера DD2, використовується як для виведення даних на індикатори HG1-HG3, так і для введення даних за допомогою кнопок SB3-SB8 (по дві кнопки на один індикатор). Резистори R18-R25 струмообмежуючі, а опір резисторів R35-R40 вибрано так, щоб при натисканні на кнопки яскравість світіння індикаторів не змінювалася. Кнопка SB2 "Скидання" призначена для установки мікроконтролера DD2 у початковий стан.

Після подачі напруги живлення відбувається ініціалізація регістрів і портів мікроконтролера і програма зчитує з його пам'яті і виводить на індикатори попередні установки: максимальна напруга на батареї  $U_b$  макс., максимальний струм зарядки  $I_b$  макс, час процесу  $T_b$  макс.

Потім слідує пауза тривалістю 3 с, після чого на індикатор HG3 виводиться напруга акумуляторної батареї, якщо вона підключена. Спочатку вимір виконується у каналі RA3, якщо напруга батареї  $U_b > 10$  В встановлюється

					ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39



від початку процесу, показання оновлюються кожні 0,5 с. Резистором R30, встановлюється струм розрядки.

Коли напруга батареї  $U_b$  досягне встановленого значення, високий рівень на виході RA2 зміниться низьким, транзистор VT4 закриється, розрядка припиниться і світлодіоди HL9, HL6 стануть мигати з частотою 2 Гц. На індикаторі HG1 відображається тривалість розрядки, на HG3 - напруга батареї в момент закінчення розрядки, а струм розрядки має дорівнювати нулю. Для виходу з режиму розрядки необхідно натиснути на кнопку SB2 "Скидання".

При високому рівні на вході RC3 мікроконтролера DD2, починається зарядка. У робочі регістри таймера завантажуються значення заздалегідь встановленої максимальної її тривалості  $T_b \text{ макс}$  і включається світлодіод HL7. У залежності від положення вимикачів SA2, SA3, буде вибраний один із чотирьох можливих алгоритмів зарядки. Відповідно до них, проводиться розрахунок її параметрів і визначаються напруга  $U_b \text{ хв.}$  і струм  $I_b \text{ хв.}$  попередньої, а також струм  $I_b \text{ кін.}$  остаточної.

**3.2.3 Розрахунок основних вузлів принципової схеми.** У програмі передбачені декілька алгоритмів зарядки.

"Загальний" - тип акумуляторної батареї не враховується, струм зарядки  $I_b \text{ макс}$  в інтервалі 0,02 ... 1 А і напруга  $U_b \text{ макс}$  в інтервалі 1 ... 15 В, встановлює користувач. Тривалість зарядки можна визначити з співвідношення  $T_b \text{ макс} = C_a / (0,8 \cdot I_b \text{ макс})$ . Виконуються етапи 1, 3 і 5.

Алгоритми "Ni-Cd" і "Ni-MH". Встановлюють струм  $I_b \text{ макс} = 0,25 \cdot C_a$ , напруга  $U_b \text{ макс} = 1,6 \cdot N$  (для Ni-Cd) і  $U_b \text{ макс} = 1,45 \cdot N$  (для Ni-MH), де N - число акумуляторів у батареї, і тривалість зарядки  $T_b \text{ макс} = 300 \text{ хв.}$  Це рекомендовані вихідні дані. Інші параметри визначаються програмно: ємність батареї  $C_a = 4 \cdot I_b \text{ макс}$  (число елементів у батареї N, напруга  $U_b \text{ хв} = 1 \cdot N$  і ток  $I_b \text{ хв} = 0,1 \cdot C_a$ ).

Алгоритм "Pb". Встановлюють  $I_b \text{ макс} = 0,1 \cdot C_a$ ,  $U_b \text{ макс} = 2,3 \cdot N$ ,  $T_b \text{ макс} = 900 \text{ хв.}$  Це також рекомендовані вихідні дані. Інші -  $C_a = 10 \cdot I_b \text{ макс}$  і  $I_b \text{ кін.} = C_a / 50$  визначаються програмно. Виконуються етапи 1,3 - 5.

					ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Алгоритм "Li-ion". Встановлюють рекомендовані вихідні дані  $I_b \text{ макс} = 0,5 * C_a$ ,  $U_b \text{ макс} = 4,2 * N$ ,  $T_b \text{ макс} = 180 \text{ хв}$ . Решта необхідні параметри визначаються програмно:  $C_a = 2 * I_b \text{ макс}$ ,  $I_b \text{ хв} = C_a / 10$ ,  $I_b \text{ кін} = 0,05 \text{ А}$ .

Таблиця – 3 Стандартна зарядка рекомендована виробником

Тип акумулятора, ємність, А*ч	Алгоритм зарядки	Ознака зупинки зарядки	$T_b$ , хвил.	$I_b$ А	$U_b$ В/елемент	$C_{вг}$ А*ч
Ni-Cd (0,6)	Exp	$T_b = T_b \text{ макс}$	200	0,6	1,42	0,58
Ni-Cd (0,6)	Ni-Cd	$T_b = T_b \text{ макс}$	300	0,15	1,58	0,58
Ni-Cd (0,6)	Li-ion	$T_b = T_b \text{ макс}$	180	0,3	1,5	0,59
Ni-Cd (0,6)	Спільний*	$U_b = U_b \text{ макс}$	768	0,06	1,5	0,64
Ni-Cd (0,6)	Спільний	$T_b = T_b \text{ макс}$	66	0,6	1,5	0,54
Ni-Cd (0,6)	Спільний	$U_b = U_b \text{ макс}$	75	0,6	1,6	0,52
Ni-MH (2)	Ni-Cd	$T_b = T_b \text{ макс}$	300	0,5	1,42	1,8
Ni-MH (2)	Ni-Cd*	$T_b = T_b \text{ макс}$	960	0,2	1,43	1,85
Ni-MH (2)	Li-ion	$T_b = T_b \text{ макс}$	160	1	1,45	1,8
Li-ion (0,7)	Li-ion	$I_b = I_b \text{ макс}$	175	0,35	4,2	0,75

Користувач може задати і інші значення вихідних даних, рекомендовані виробниками акумуляторних батарей або з інших джерел, але в зв'язку з тим, що контроль температури батареї в процесі зарядки не передбачений, встановлювати великі значення струму зарядки небажано. Крім того, ЗП розраховано на струм зарядки не більше 2 А. Програмного обмеження струму зарядки немає.

#### Розрахунок електронного ключа:

Початкові параметри:

- напруга живлення  $E_c = 5 \text{ В}$ ;
- резистор стоку  $R_c = 2 \text{ кОм}$ ;



$$R_{вих} \approx R_{СИоткр},$$

де  $R_{СИоткр} < 1(Ом)$  – опір стік-витік у відкритому стані транзистора VT1 (за довідником).

Вихідна напруга у ввімкненому стані:

$$U_{вих} \approx E_c.$$

					ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

## ВИСНОВОК

У кваліфікаційній роботі спроектовано пристрій зарядки АКБ та конденсаторних батарей. Пристрій побудований на базі мікроконтролера PIC16F837A.

Зарядка відбувається за розширеним алгоритмом роботи у декілька етапів. За першим етапом визначається стан АКБ та визначається величина струму зарядки. Для глибоко розряджених батарей, виконується етап попередньої зарядки стабільним струмом.

При цьому оновлення показань на індикаторі відбувається кожні 0,5 с. Коли тривалість зарядки перевищить максимальний час для даного етапу, зарядка буде припинена незалежно від вибраного алгоритму.

При припиненні зарядки, силові транзистори закриваються і виконується вимірювання та вивід на індикатор величини напруги батареї. Вимірювання напруги АКБ у процесі зарядки, виконується при закритих силових транзисторах у момент коли зарядний струм, через батарею не протікає. Програма зациклюється, і для виходу з цього стану, слід натиснути кнопку «Скидання». При цьому етап зарядки АКБ закінчується.

					ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

## ЛІТЕРАТУРА

1. <http://www.d-learn.pu.if.ua>
2. <http://indexnode.c1x.ru>
3. Новосьолов О.Н., Фомін А.Ф. Основи теорії і розрахунку інформаційно-вимірювальних систем. - М.: Машинобудування, 2015. - 280 с. 4.
4. <http://cxem.net/avto/electronics/4-160.php>
5. <http://cxem.net/avto/electronics/4-168.php>
6. Дьяконов М.Н., Карабанов В.І. та ін. Довідник по електричних конденсаторів. М.: Радио и связь, 2014.
7. Лавриненко В.Ю. Довідник по напівпровідникових приладів. М.: Радио и связь, 2016.
8. Манаєв Є.І. Основи радіоелектроніки. М.: Вища школа, 2017.
9. Халоян А.А., Джерела електроживлення. Аматорські схеми. «Радіософт» 2015. - 208 с
10. Гершунский Б.С. Довідник з розрахунку електронних схем. К.: Вид-во при Київ. ун-ті, 2017.
11. <http://pcbfab.ru>
12. <http://www.petrocom.ru>
13. [http://www.gaw.ru/html.cgi/components/adc/adc\\_7.htm](http://www.gaw.ru/html.cgi/components/adc/adc_7.htm)
14. <https://shematok.ru/stabilizatory/lm317t>
15. [http://sergeyk.kiev.ua/microcontrollers/solder\\_station/;](http://sergeyk.kiev.ua/microcontrollers/solder_station/)
16. [http://cxem.net/mc/mc.php;](http://cxem.net/mc/mc.php)
17. Горбачев Г.Н., Чаплыгин Е.Е. Промышленная электроника. – М.: Энергоатомиздат, 2017.
18. Гальперин Н.В. Практическая схемотехника в промышленной электронике. – М.: Радио и связь, 2014.

					ЦЗДВН 6.171.00.10.798 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46



Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
	Конденсатори		
C1,C2,C3	K50-625B- 470 мкФ	3	
C2,C3,C6	VJ0805Y104KXAM - 0.1 мкФ	3	
C7,C12	VJ0805Y104KXAM - 0.1 мкФ	2	
C14	VJ0805Y104KXAM - 0.1 мкФ	1	
C5	VJ0805Y104KXAM -100 мкФ	1	
C9,C10	K53-1A-16B -15 мкФ	2	
C11,C13	K50-25B - 470 мкФ	2	
	Індикатори		
HL1-HL4	L-383EDT	4	
HL8,HL9	L-383EDT	2	
HL6,HL7	L-383GDT	2	
HL-5	L-383IDT	1	
L-383IDT	NET-3631AS	3	
	Дроселі		
L1,L2	30мкГн	2	
L3	60мкГн	1	
	Мікросхеми		
DA1-DA4	KP140УД6	4	
DD1	K1533ЛН1	1	
DD2	PIC16F873F	1	
DD3	K1533ИД3	1	

					ЦЗДВН 6.171.00.10. 798 ПЕ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Пристрій зарядки акумуляторної батареї з розширеним алгоритмом роботи. Перелік елементів.	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Разраб.	Тур						1	3
Провер.	Новгородцев				Сум ДУ ЕСдн –51п			
Н. контр.	Гапич							
Утверд.	Опанасюк							

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание		
Резисторы					
R1,R11	CRCW0805101J200- 100кОм	2			
R2	МТЛ-0,25-680кОм ±5%	1			
R3	МТЛ-0,25-250кОм ±5%	1			
R4	МТЛ-0,25- 1кОм ±5%	1			
R5,R17	CRCW08052002J200 - 2,2кОм	2			
R6	МТЛ-0,25- 0,22кОм ±5%	1			
R7	МТЛ-0,25-270кОм ±5%	1			
R8,R10	CRCW0805612J200 - 10кОм	2			
R12-R14	МТЛ-0,25- 1кОм ±5%	2			
R16,R40	МТЛ-0,25- 1кОм ±5%	2			
R19	CRCW0805612J200 - 10кОм	1			
R20-R27	МТЛ-0,25-180кОм ±5%	7			
R29-R34	CRCW08052002J200	5			
R36-R38	МТЛ-0,25-2кОм ±5%	2			
R35,R41	CRCW0805101J200 - 100кОм	2			
R39	CRCW08052002J200 - 2кОм	1			
R40	МТЛ-0,25-1кОм ±5%	1			
R42	МТЛ-0,25 -33кОм ±5%	1			
R43	МТЛ-0,25 - 4,7кОм ±5%	1			
R44	CRCW08052002J200 - 20кОм	1			
R45	CRCW08052002J200 - 20кОм	1			
46-49	МТЛ-0,25 - 330кОм ±5%	3			
50	МТЛ-0,25 - 0.51кОм ±5%	1			
51-55	МТЛ-0,25 - 330кОм ±5%	4			
Діоди					
VD1,VD4	КД270А	2			
VD2,VD3	КД531А	2			
VD5,VD6	КД531А	2			
ІЗДВН 6.171.00.10 798 ПЕ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист 2



