

Лабораторна робота № 3. Малювання схеми електричної принципової в DipTrace

Мета роботи: навчитися створювати схеми електричні принципові в схемному редакторі Schematic, DipTrace. Підготовка для подальшої роботи у DipTrace з трасуванням друкованих плат.

Основні етапи роботи з програмою Schematic

DipTrace в – багатофункціональна система автоматичного проектування (САПР) з розробки електронних друкованих плат та схемотехнічної документації для проектів будь-якої складності.

Для огляду основних технічних характеристик та можливостей програми САПР DipTrace, можна ознайомитися з конспектом лекції за посиланням <https://learn.ztu.edu.ua/course/view.php?id=3375>.

Після запуску програми бачимо головне вікно в якому можемо скласти схему електричну принципову (рис. 3.1).

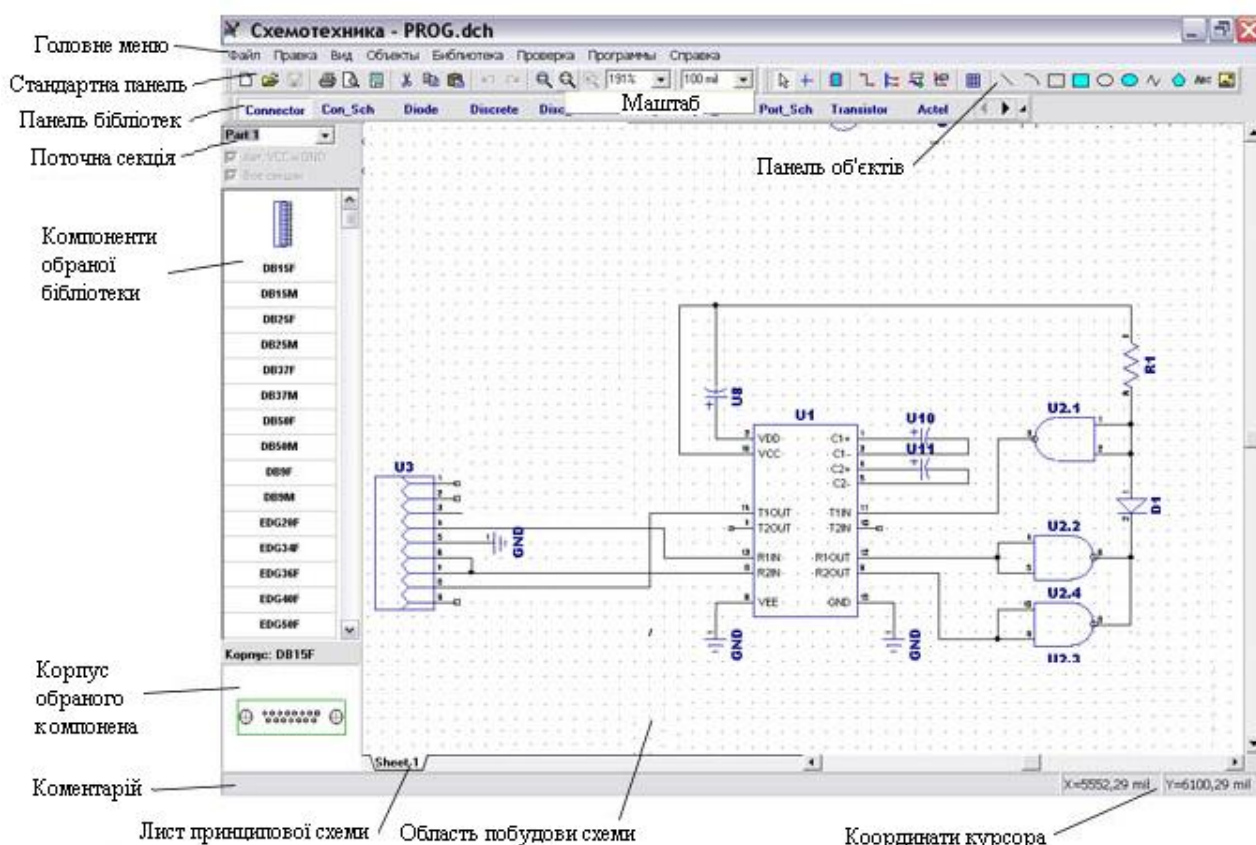






Рисунок 3.1 – Головне вікно програми "Схемотехніка"

Основне вікно програми, з яким доведеться працювати більшу частину часу, складається з наступних елементів головного меню та робочих панелей, які можна переміщувати по екрану, бібліотеки окремих елементів (які

користувач вибирає з загальної бібліотеки), зменшеного варіанта робочого простору програми, кнопки для перевертання будь-якого елемента.

Робочі панелі містять наступні функціональні кнопки:

 – створити новий робочий простір, відкрити вже існуючий файл, берегти поточний документ, друкувати схему, попередній перегляд, параметри сторінки, вирізати, копіювати, вставити, відмінити та повернути на 1 крок;  – зменшити/збільшити масштаб зображення;  – накреслити риску, дугу, прямокутник, коло, криву, фігуру, додати текст (Аbc), додати рисунок;  – режим за замовчуванням, змінити начало координат, вставити компонент, установка з'єднання, установка шини, міжлистовий перехід, режим редагування, таблиця.

Бібліотека DipTrace має більше ніж 120 тисяч компонентів, які можна доповнювати, скачуючи оновлення із офіційного сайту.

Після вибору потрібного компоненту потрібна натиснути клавішу "Place". Бібліотеки на панелі розбиті на групи за функціональним призначенням і виробником. Кожний елемент має два зовнішніх вигляди, це пов'язано зі специфікою роботи програми яка полягає у тому, що програма має одну єдину бібліотеку елементів які використовуються і для створення структурних схем, і для створення плати друкованого монтажу (один вигляд функціональний, а другий вигляд – зовнішній). Вибираємо необхідні елементи на робоче поле.

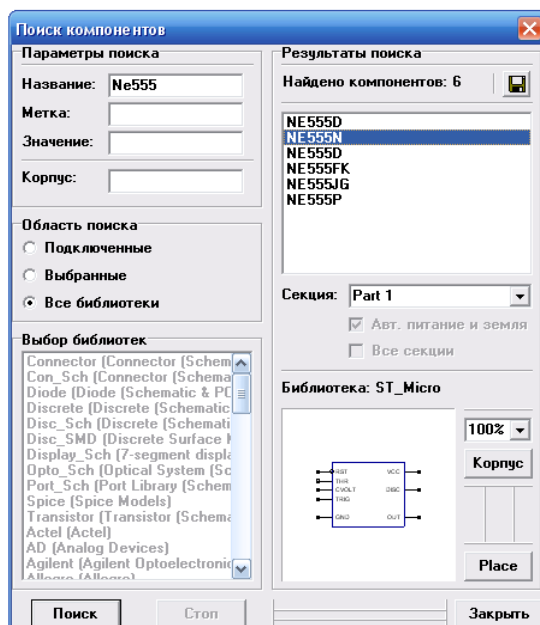


Рисунок 3.2 – Вибір компонентів із бібліотеки DipTrace

Як видно не всі елементи мають два вигляди. Це обумовлюється тим, що деякі елементи є віртуальними і призначені лише для використання в Схемотехніка, а деякі просто не мають зовнішнього вигляду (корпусу).

Далі використовуючи інструмент *Bus*. Проводимо з'єднання (які потім будуть використані при розведенні друкованої плати) відповідних контактів. Як видно не всі виводи доступні при роботі в Схемотехніка, оскільки такі елементи як живлення та земля з'єднуються автоматично (що значно полегшує роботу і дозволяє сконцентруватись на проектуванні, а не на малюванні). Щоб повісити якісь виводи на землю необхідно зробити наступне: створити позначку в властивостях якої написати GND, аналогічно для живлення. Взагалі можна створювати безліч автоматично з'єднаних з'єднань, аналогічно до живлення тільки замість напруги живлення чи землі пишемо, що хочемо наприклад назву інформація яка передається через це з'єднання.

Розглянемо методику покрокового створення схем в Схемотехніка (схему двонотного таймера на мікросхемі NE555), яку в наступній роботі перетворимо у друковану плату.

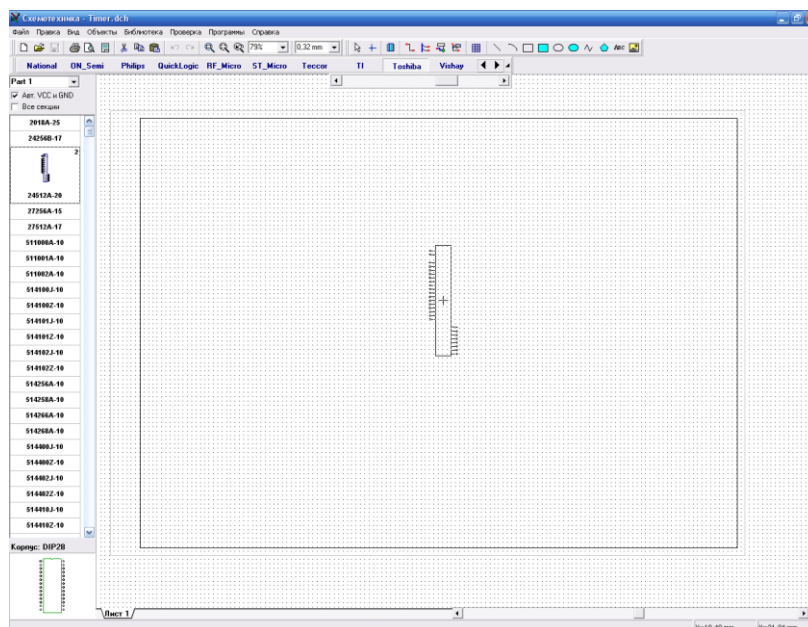


Рисунок 3.3 – Робоче вікно нового проекту

Хід роботи:

1. Запустіть програму **Schematic**. За замовчуванням програма встановлюється так, що запустити її можна, вибравши команди **ПУСК - ПРОГРАММИ - DipTrace - Schematic**.
2. Після запуску програми, відкривається вікно з новим проектом, в якому можна розпочинати створення необхідної схеми (рис. 3.3).
3. Для того, щоб перейти безпосередньо до складання схеми, необхідно додати до проекту компоненти, які будуть використовуватись у схемі. Для цього за допомогою меню пошуку потрібних елементів (Бібліотека – Поиск компонентов) вибрати потрібний компонент і натиснути клавішу "Place", як показано на рисунку 3.4.

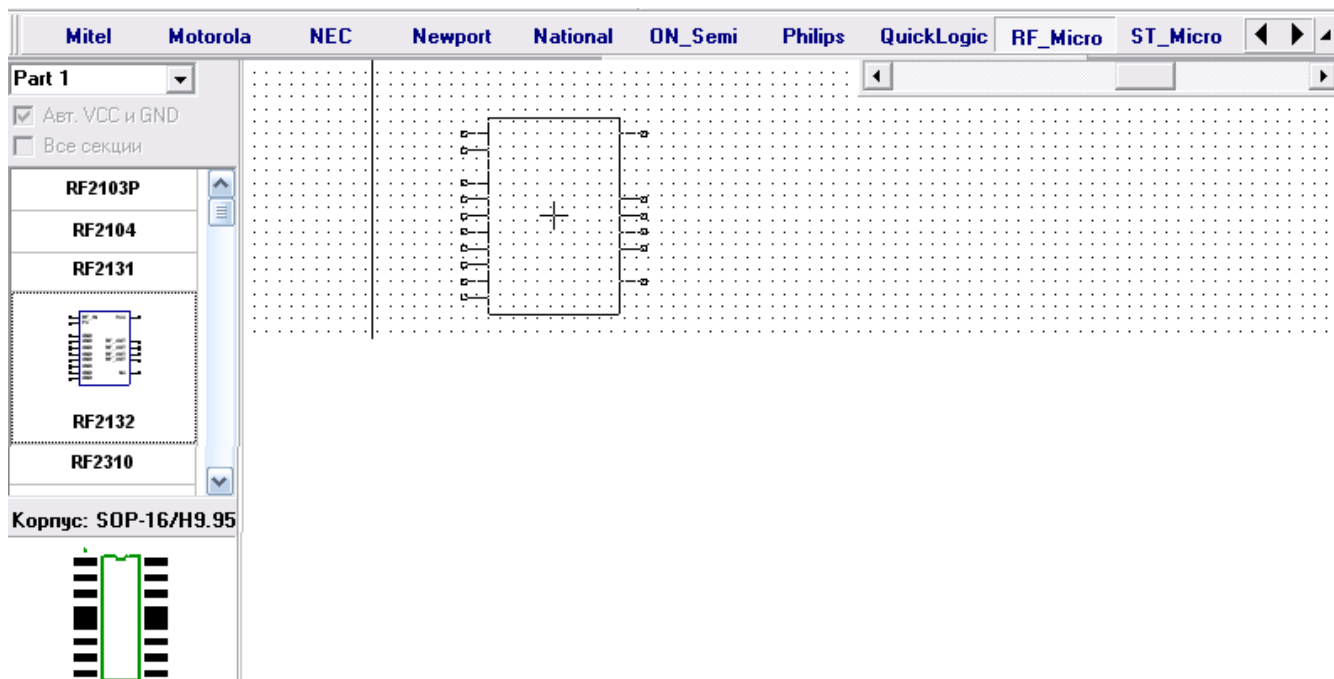



Рисунок 3.4 – Вікно бібліотек (вгорі) та компонент (з ліва)

4. Після цього на робочому полі з'являється компоненти, які потрібно з'єднати).


5. Перейдемо до складання схеми, використовуючи стандартну панель *установка зв'язи*  (провідник і шина).

6. Для того, щоб розташувати або перемістити елемент в необхідну частину робочої зони потрібно:

а) один раз клацнути правою кнопкою миші по елементу (після цього він стає синім;

б) навести курсор на елемент, та зажавши ліву кнопку миші перенести елемент в необхідне місце. Якщо обраний елемент не потрібен, клацаємо правою кнопкою миші на пустій частині робочої зони.

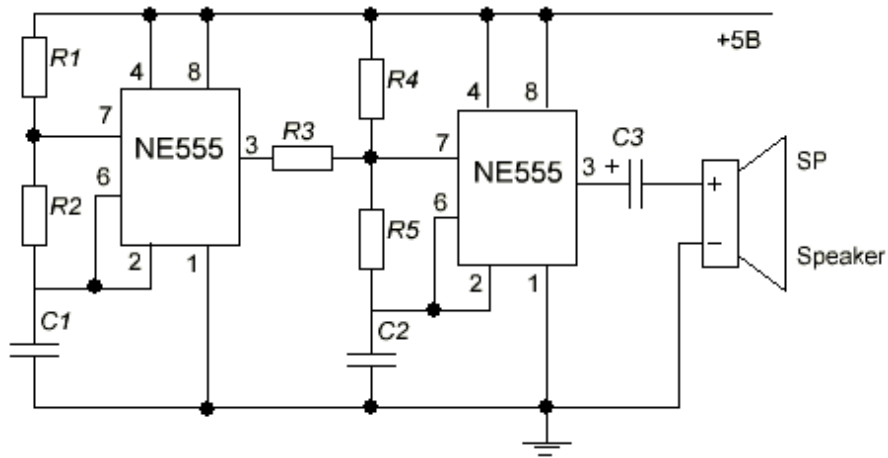
Подвійний натиск правою кнопкою миші на елементі, призведе до його видалення зі схеми.

9. Тепер необхідно з'єднати компоненти в схему, для цього потрібно за допомогою значка  *установка зв'язи* поєднати всі виводи наших елементів.

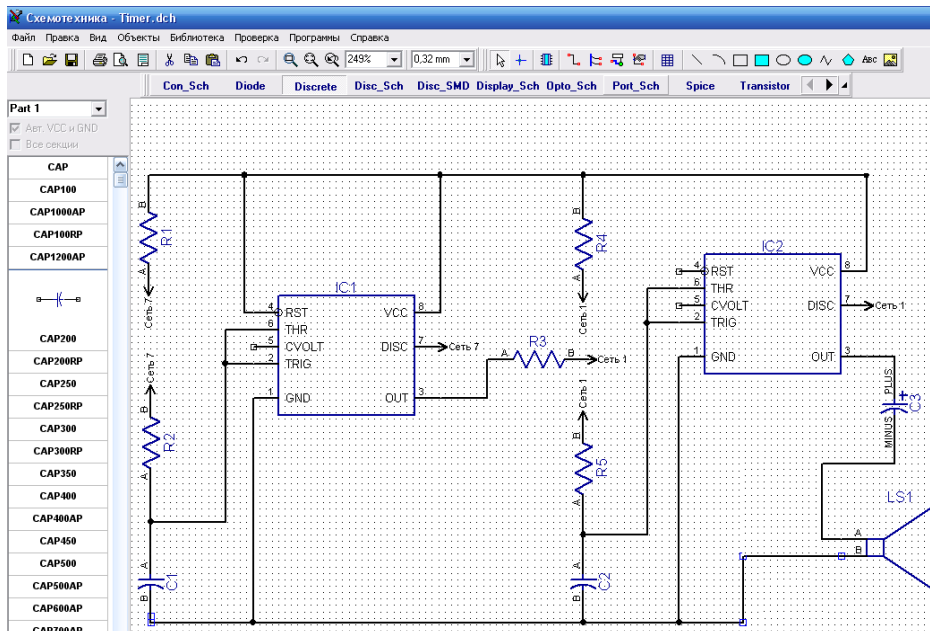
Лівою кнопкою миші натискаємо на кнопку .

Тепер наводимо курсор миші на кінець виводу потрібного елементу, клацаємо один раз лівою кнопкою миші, далі підводимо курсор до іншого виводу з яким треба з'єднатись та ще раз клацаємо лівою кнопкою миші, після чого з'явиться з'єднання. Для того, щоб схема не була захаращена з'єднувальними лініями можна використовувати позначення виводів "Сеть №". В цьому випадку № показує до яких виводів приєднаний поточний вивід елемента. Для цього потрібно на вивід елемента натиснути правою клавішею миші і вибрати «Добавить в сеть».

10. З'єднаємо всі елементи схеми, як показано на рисунку 3.5а (рис. 3.5б). Для обертання компонентів необхідно його виділити і натиснути пробіл або скористатися комбінацією клавіш CTRL+R.



а)



б)

Рисунок 3.5 – Синтез схеми в DipTrace

11. Також необхідно поставити на деякі елементи заземлення та подати живлення, які вибираються із стандартних бібліотек або знаходяться за допомогою меню «Бібліотека» «Поиск компонентов». У вікні пошуку вводимо VCC і GND.

12. Коли буде отримана схема її можна буде перетворити в друковану плату, але перед цим потрібно перевірити всі з'єднання, функція ERS. Якщо з'єднання виконані правильно, то біля виводів компонентів не буде квадратиків. Крім того за допомогою таблиці зв'язків (Обекты – Таблица связей) можна переконатися, що все зроблено правильно, див. рис. 2. 11.

13. Обов'язково збережіться Save as в форматі .dch и тільки після цього можна буде переходити до трасування плати PCB Layout.

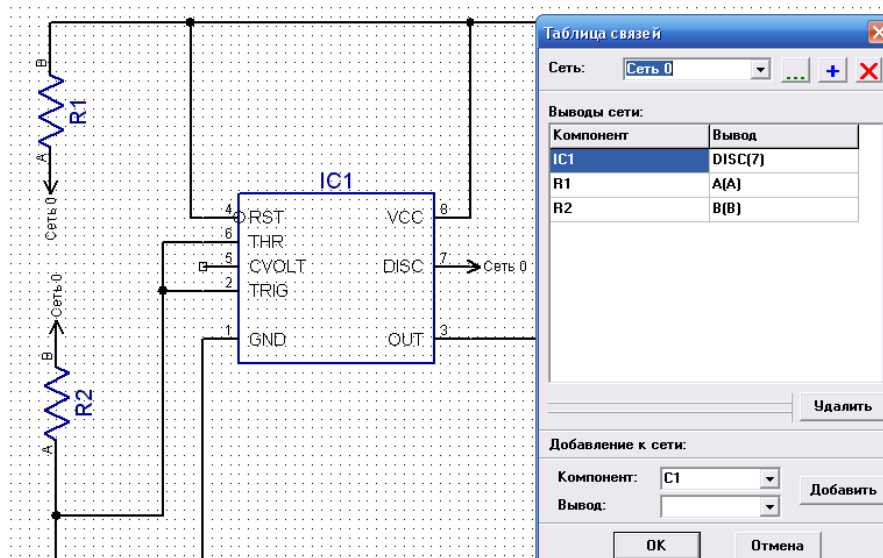


Рисунок 3.6 – Перевірка з'єднань

Після перевірки правильності з'єднань потрібно перевірити, чи всі елементи схеми мають корпус. Якщо цього не зробити, то пертворення в друковану плату не буде коректним.

Вимоги до звіту.

Звіт повинен містити початкову схему, малюнок схеми електричної принципової заданого блоку в DipTrace, з підписаними компонентами згідно стандарту.

Скріншот результатів перевірок на правильність з'єднання та наявність корпусів.

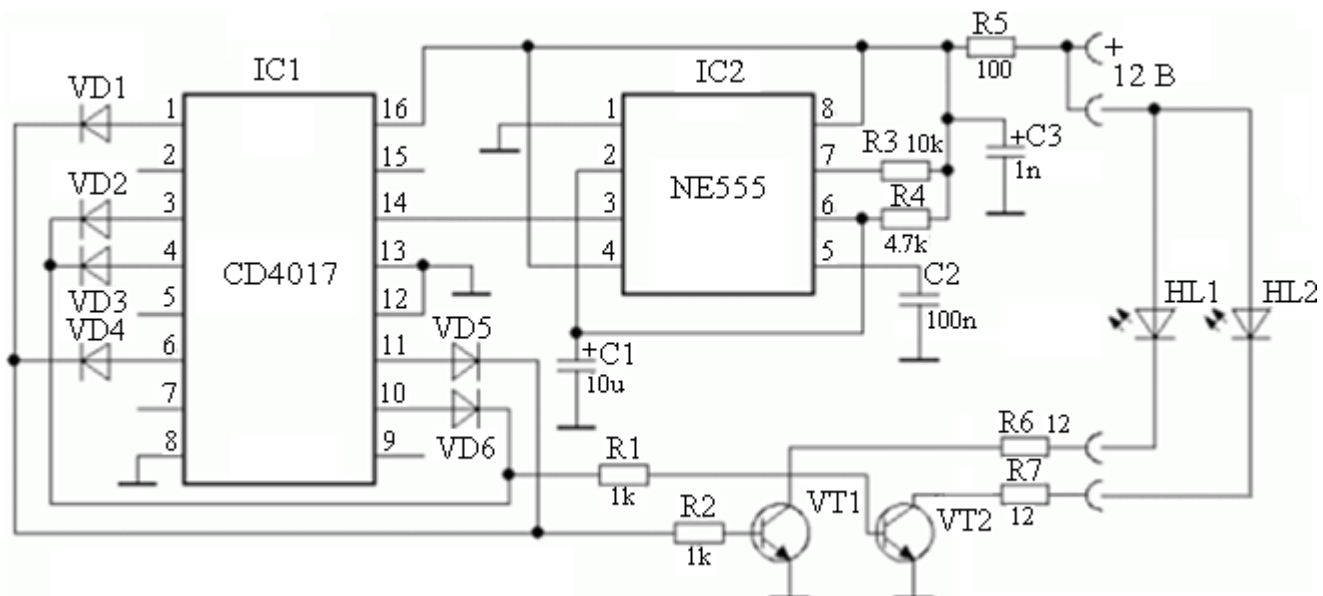
Висновки по роботі.

Схема **ОБОВ'ЯЗКОВО** має бути готова на наступну лабораторну роботу, оскільки на її базі Ви будете проводити розведення друкованої плати..

Завдання для самостійного виконання

В – 1

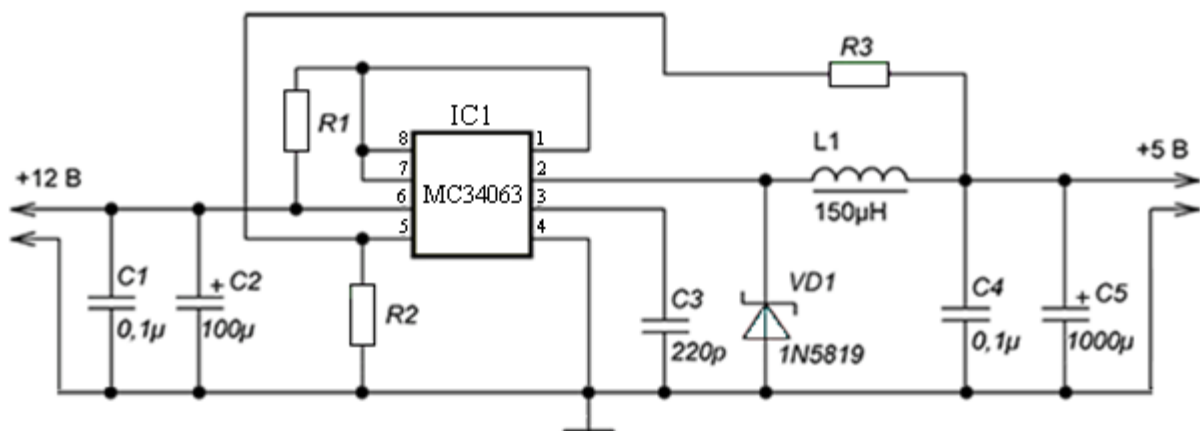
Поліцейський стробоскоп. Застосування лічильника/подільника на 10



Позначення і номінали елементів на схемі

| Позначення | Тип | Номінал | Кількість | Примітка |
|------------|----------------------------------|---------|-----------|------------|
| IC1 | Мікросхема | CD4017 | 1 | |
| IC2 | Програмований таймер і осцилятор | NE555 | 1 | |
| VT1, VT2 | Біполярний транзистор | 2SC4793 | 2 | |
| VD1-VD6 | Випрямляючий діод | FR107 | 6 | |
| R1, R2 | Резистор | 1 кОм | 2 | |
| R3 | Резистор | 10 кОм | 1 | |
| R4 | Резистор | 4.7 кОм | 1 | |
| R5 | Резистор | 100 Ом | 1 | |
| R6, R7 | Резистор | 12 Ом | 1 | 2 Вт |
| C1 | Електролітичний конденсатор | 10 мкФ | 1 | |
| C2 | Конденсатор | 100 нФ | 1 | Керамічний |
| C3 | Електролітичний конденсатор | 1 нФ | 1 | |

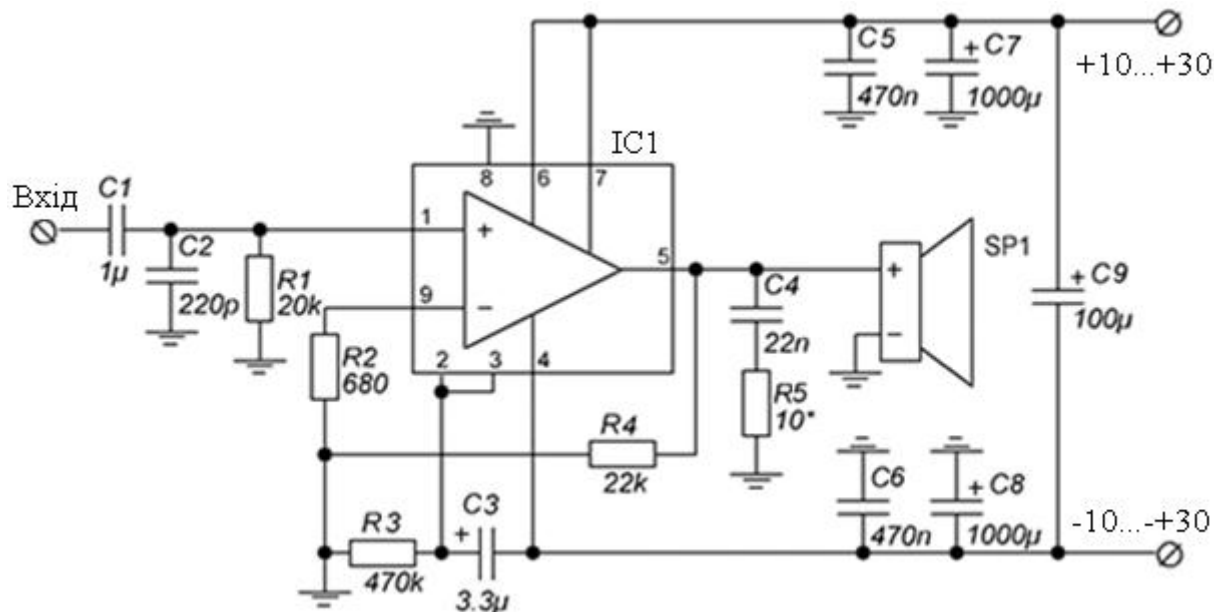
Адаптер для зарядки телефону в салоні автомобіля



Позначення і номінали елементів на схемі

| Позначення | Тип | Номінал | Кількість | Примітка |
|------------|-----------------------------|----------|-----------|---------------------|
| IC1 | DC/DC імпульсний конвертер | MC34063A | 1 | |
| VD1 | Діод Шотткі | 1N5819 | 1 | |
| C1, C4 | Конденсатор | 100 нФ | 2 | |
| C2 | Електролітичний конденсатор | 100 мкФ | 1 | |
| C3 | Конденсатор | 220 пФ | 1 | |
| C5 | Електролітичний конденсатор | 1000 мкФ | 1 | |
| R1 | Резистор | 0.3 Ом | 1 | Паралельно декілька |
| R2 | Резистор | 1 кОм | 1 | |
| R3 | Резистор | 3 кОм | 1 | |
| L1 | Катушка індуктивності | 150 мкГн | 1 | |
| | Роз'єм | USB-A | 1 | Мама |
| | Роз'єм | 5 мм | 1 | Мама |

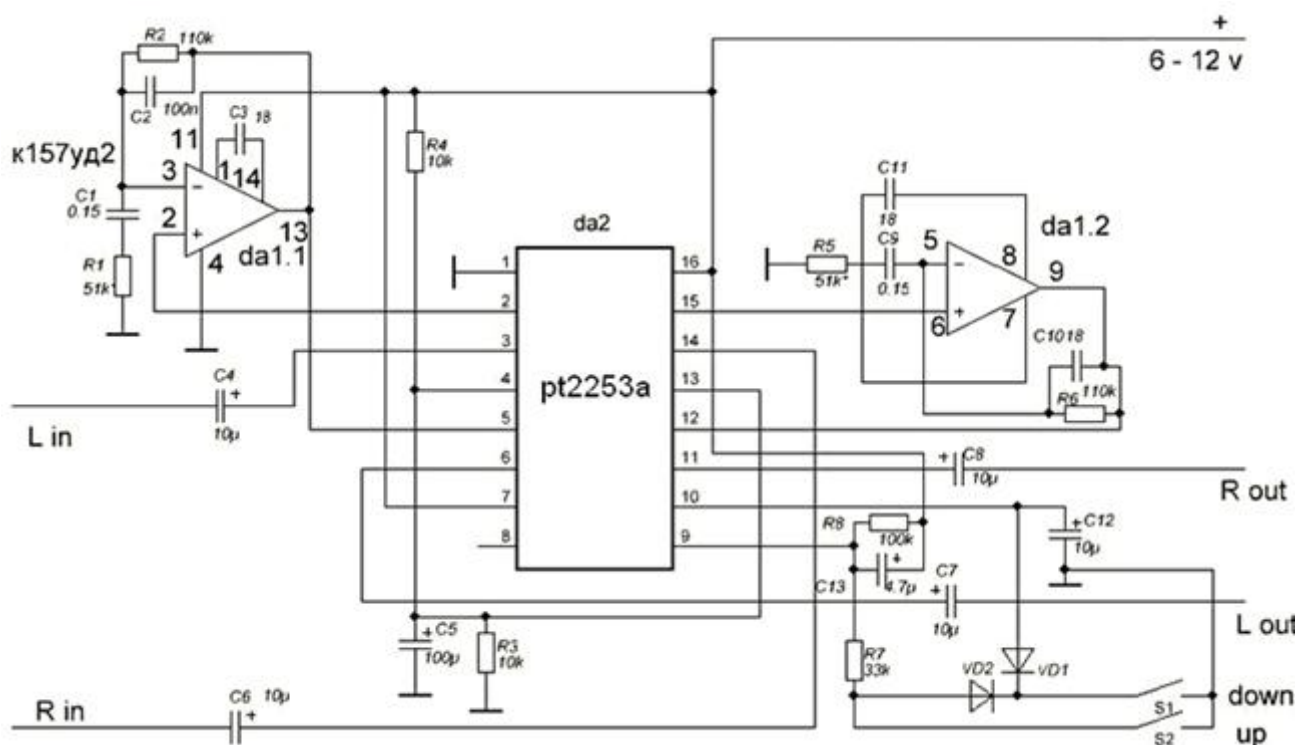
Високоякісний підсилювач потужністю 50 Вт на мікросхемі TDA1514A



Позначення і номінали елементів на схемі

| Позначення | Тип | Номінал | Кількість | Примітка |
|------------|-----------------------------|----------|-----------|----------|
| U1 | Мікросхема | TDA1514A | 1 | |
| C1 | Конденсатор | 1 мкФ | 1 | |
| C2 | Конденсатор | 220 пФ | 1 | |
| C3 | Електролітичний конденсатор | 3.3 мкФ | 1 | |
| C4 | Конденсатор | 22 нФ | 1 | |
| C6, C8 | Конденсатор | 470 нФ | 2 | |
| C7, C8 | Електролітичний конденсатор | 1000 мкФ | 2 | |
| C9 | Електролітичний конденсатор | 100 мкФ | 1 | 100В |
| R1 | Резистор | 20 кОм | 1 | |
| R2 | Резистор | 680 Ом | 1 | |
| R3 | Резистор | 470 кОм | 1 | |
| R4 | Резистор | 10 Ом | 1 | |
| R5 | Резистор | 22 кОм | 1 | |

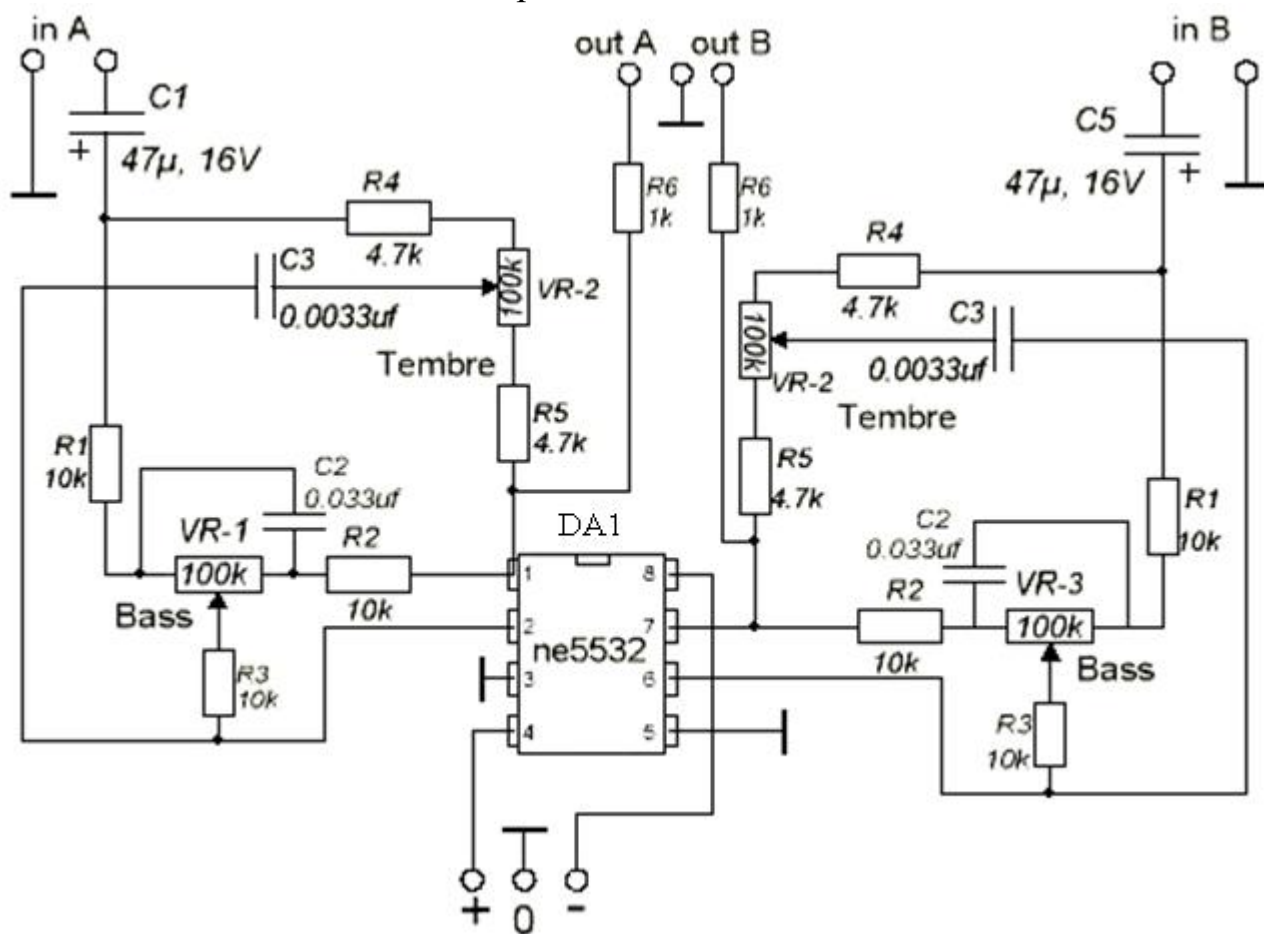
Електронний регулятор гучності на мікросхемі PT2253A



Позначення і номінали елементів на схемі

| Позначення | Тип | Номінал | Кількість | Примітка |
|-------------------|-----------------------------|----------|-----------|----------|
| DA1 | ОП | К157УД2 | 1 | |
| DA2 | Мікросхема | PT2253A | 1 | |
| VD1, VD2 | Діод | | 2 | |
| C1, C9 | Конденсатор | 0.15 мкФ | 2 | |
| C2 | Конденсатор | 100 нФ | 1 | |
| C3, C10, C11 | Конденсатор | 18 пФ | 3 | |
| C4, C6-C8, C12 | Електролітичний конденсатор | 10 мкФ | 5 | |
| C5 | Електролітичний конденсатор | 100 мкФ | 1 | |
| C13 | Електролітичний конденсатор | 4.7 мкФ | 1 | |
| R1, R5 | Резистор | 51 кОм | 2 | підбір |
| R2, R6 | Резистор | 110 кОм | 2 | |
| R3, R4 | Резистор | 10 кОм | 2 | |
| R7 | Резистор | 33 кОм | 1 | |
| R8 | Резистор | 100 кОм | 1 | |
| S1, S2 | Кнопка | | 2 | |

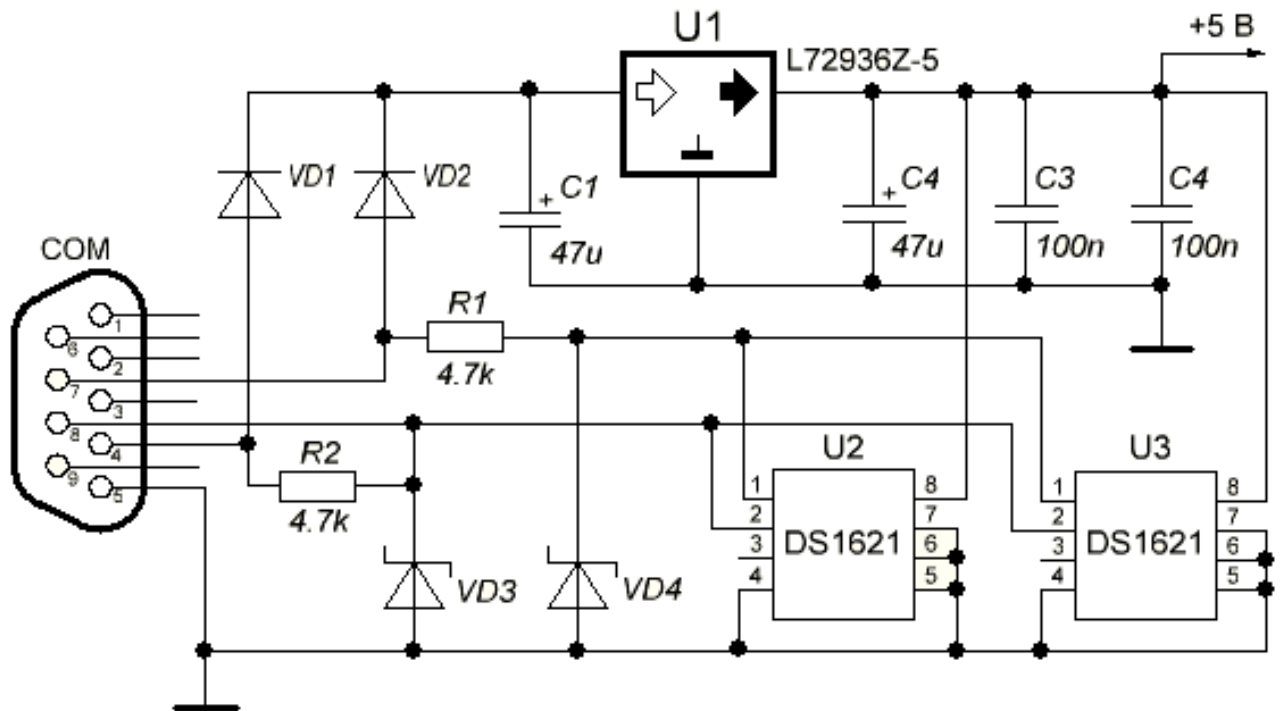
Темброблок на NE5532



Позначення і номінали елементів на схемі

| Позначення | Тип | Номінал | Кількість |
|-------------|-----------------------------|-------------|-----------|
| DA1 | Операційний підсилювач | NE5532 | 1 |
| C1, C5 | Електролітичний конденсатор | 47 мкФ 16 В | 2 |
| C2, C3 | Конденсатор | 0.033 мкФ | 4 |
| R1-R3 | Резистор | 10 кОм | 6 |
| R4, R5 | Резистор | 4.7 кОм | 4 |
| R6 | Резистор | 1 кОм | 2 |
| VR-1 - VR-3 | Змінний резистор | 100 кОм | 3 |

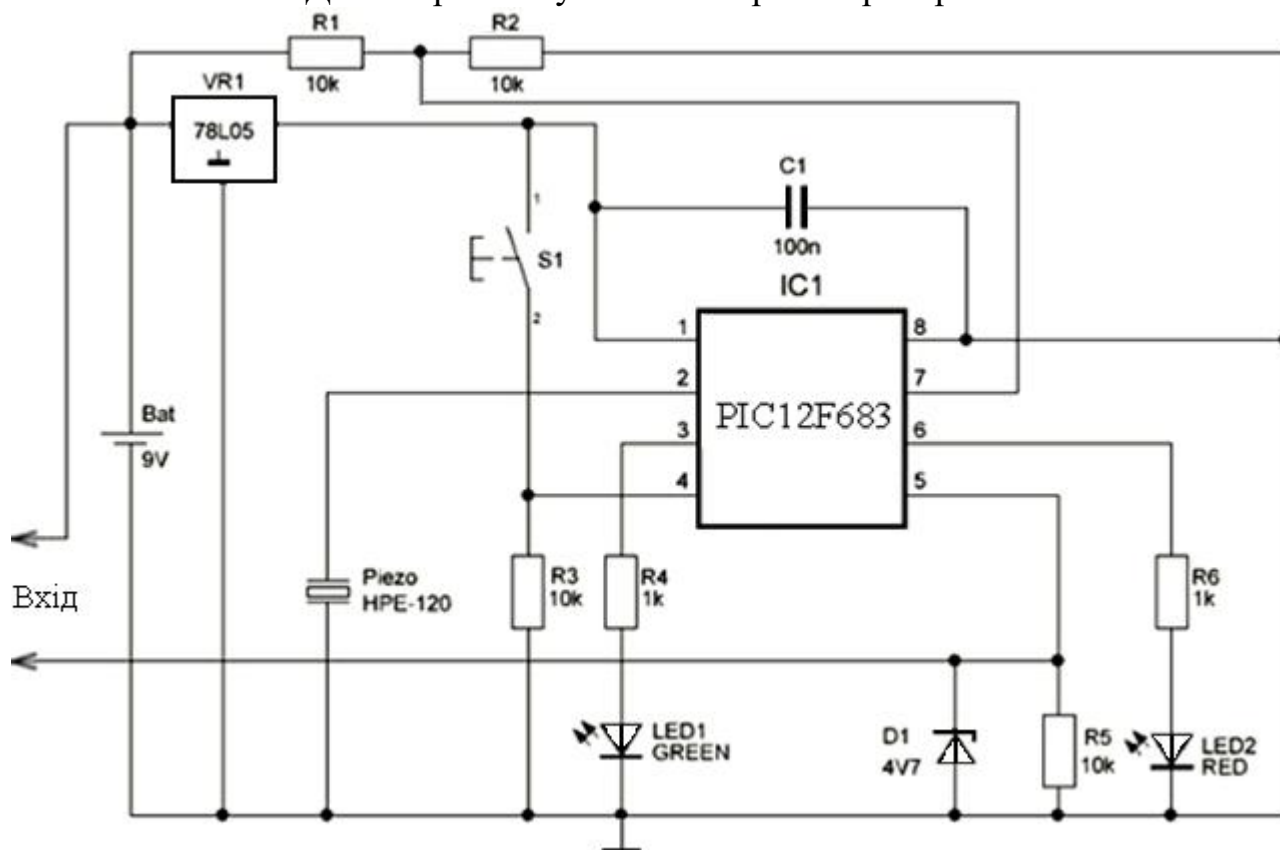
В – 6
ПК термометр на DS1621



Позначення і номінали елементів на схемі

| Позначення | Тип | Номінал | Кі-сть | Примітка |
|------------|-----------------------------|-------------|--------|---|
| U1 | Лінійний регулятор | LM2936 | 1 | корпус TO 92 (в обох варіантах) |
| U2, U3 | Датчик температури | DS1621 | 2 | Пластиковий корпус SO8 (SMD) або DIP |
| VD1, VD2 | Випрямляючий діод | 1N4148 | 2 | |
| VD3, VD4 | Стабілітрон | MMSZ5231B | 2 | 5,1В 0,5W. |
| C1, C2 | Електролітичний конденсатор | 47 мкФ 16 В | 2 | |
| C3, C4 | Конденсатор | 100 нФ | 2 | SMD 1206 |
| R1, R2 | Резистор | 4.7 кОм | 1 | 0,25W (SMD 1206) |
| COM | Роз'єм | DB9F | 1 | 9-контактний роз'єм "мама", прямий (SMD) або кутовий (Вивідний) |

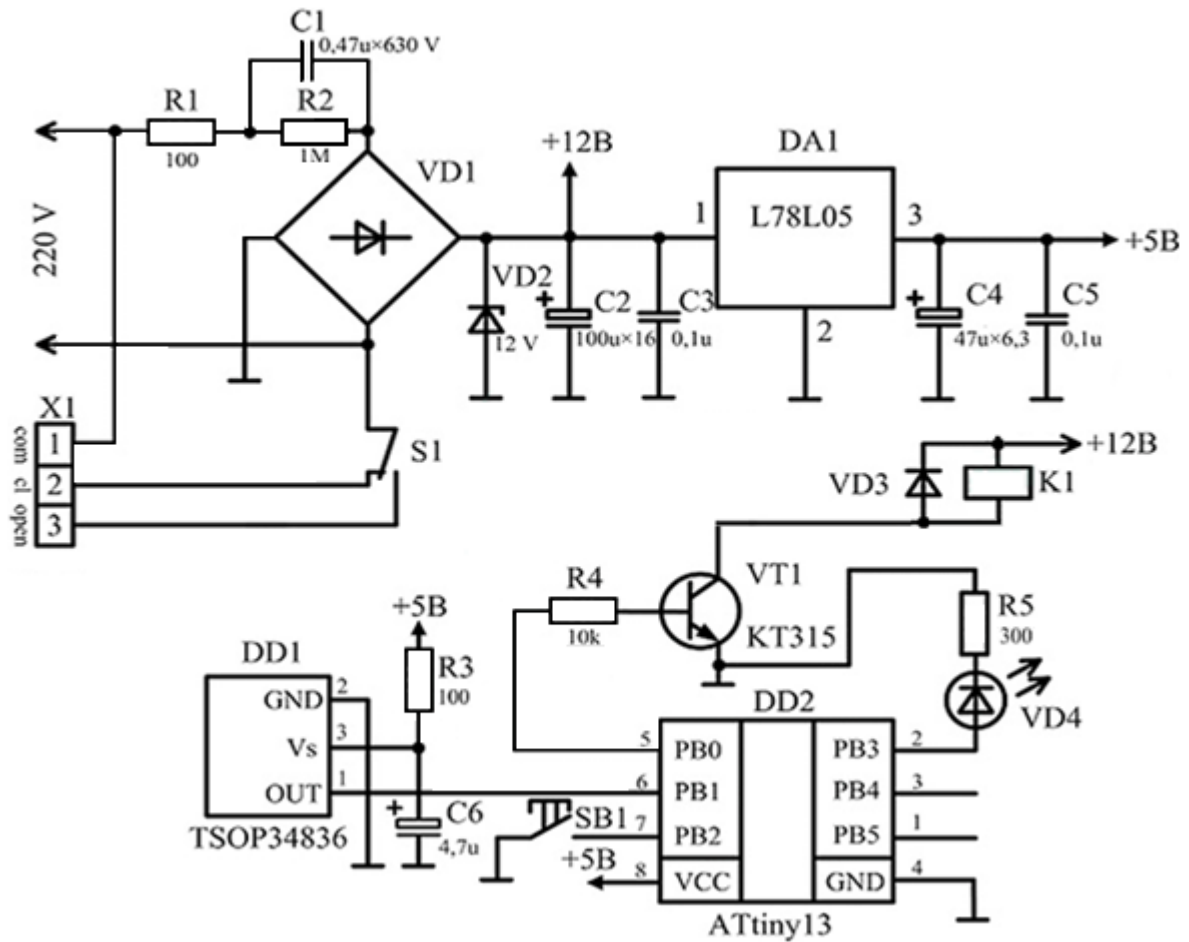
Детектор потоку на PIC-мікроконтролері



Позначення і номінали елементів на схемі

| Позначення | Тип | Номінал | Кі-сть |
|---------------------|--------------------|-----------|--------|
| IC1 | МК PIC 8-бит | PIC12F683 | 1 |
| VR1 | Лінійний регулятор | LM78L05 | 1 |
| D1 | Стабілітрон | 4.7 В | 1 |
| LED1 | Світлодіод | Зелений | 1 |
| LED2 | Світлодіод | Червоний | 1 |
| C1 | Конденсатор | 0.1 мкФ | 1 |
| R1-R3, R5 | Резистор | 10 кОм | 4 |
| R4, R6 | Резистор | 1 кОм | 2 |
| Piezo | Звуковипромінювач | HPE-120 | 1 |
| S1 | Кнопка | | 1 |
| Probe 1, Probe 2 | Електроди (Вхід) | | 2 |
| Bat | Батарея живлення | 9 В | 1 |

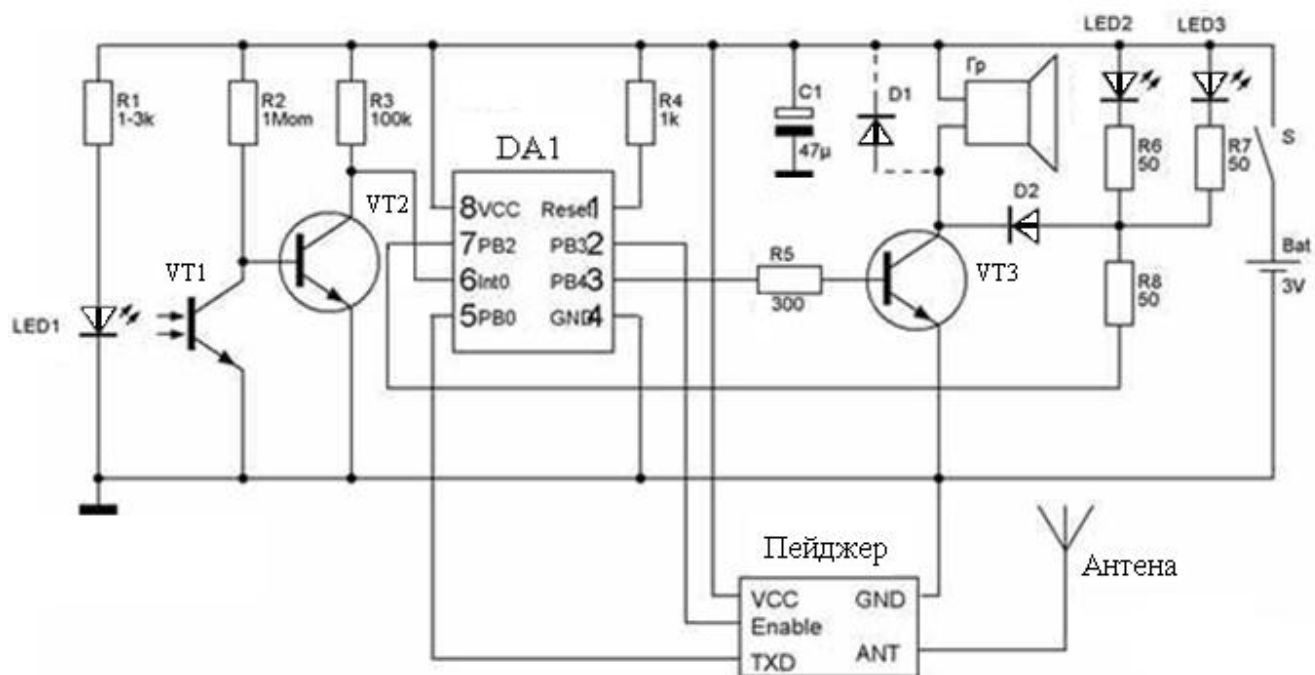
В – 8
Дистанційний вимикач



Позначення і номінали елементів на схемі

| Позначення | Тип | Номінал | Кі-сть |
|------------|-----------------------------|----------------------|--------|
| DD1 | ІК-датчик | TSOP34836 | 1 |
| DD2 | МК AVR 8-бит | ATtiny13A | 1 |
| DA1 | Лінійний регулятор | L78L05 | 1 |
| VT1 | Біполярний транзистор | KT315A | 1 |
| VD1 | Діодний міст | W10M | 1 |
| VD2 | Стабілітрон | 1N4742 | 1 |
| VD3 | Діод | КД522Б | 1 |
| VD4 | Світлодіод | АЛ307Б | 1 |
| C1 | Конденсатор | 0.47 мкФ 630 В | 1 |
| C2 | Електролітичний конденсатор | 100 мкФ 16В | 1 |
| C3, C5 | Конденсатор | 0.1 мкФ | 2 |
| C4 | Електролітичний конденсатор | 47-100 мкФ 6.3 В | 1 |
| C6 | Електролітичний конденсатор | 4.7 мкФ 6.3 В | 1 |
| R1, R3, R5 | Резистор | 2 по 100 Ом і 300 Ом | 2 |
| R2 | Резистор | 1 МОм | 1 |
| R4 | Резистор | 10 кОм | 1 |
| K1 | Реле | BS-115C-12A-12VDC | 1 |

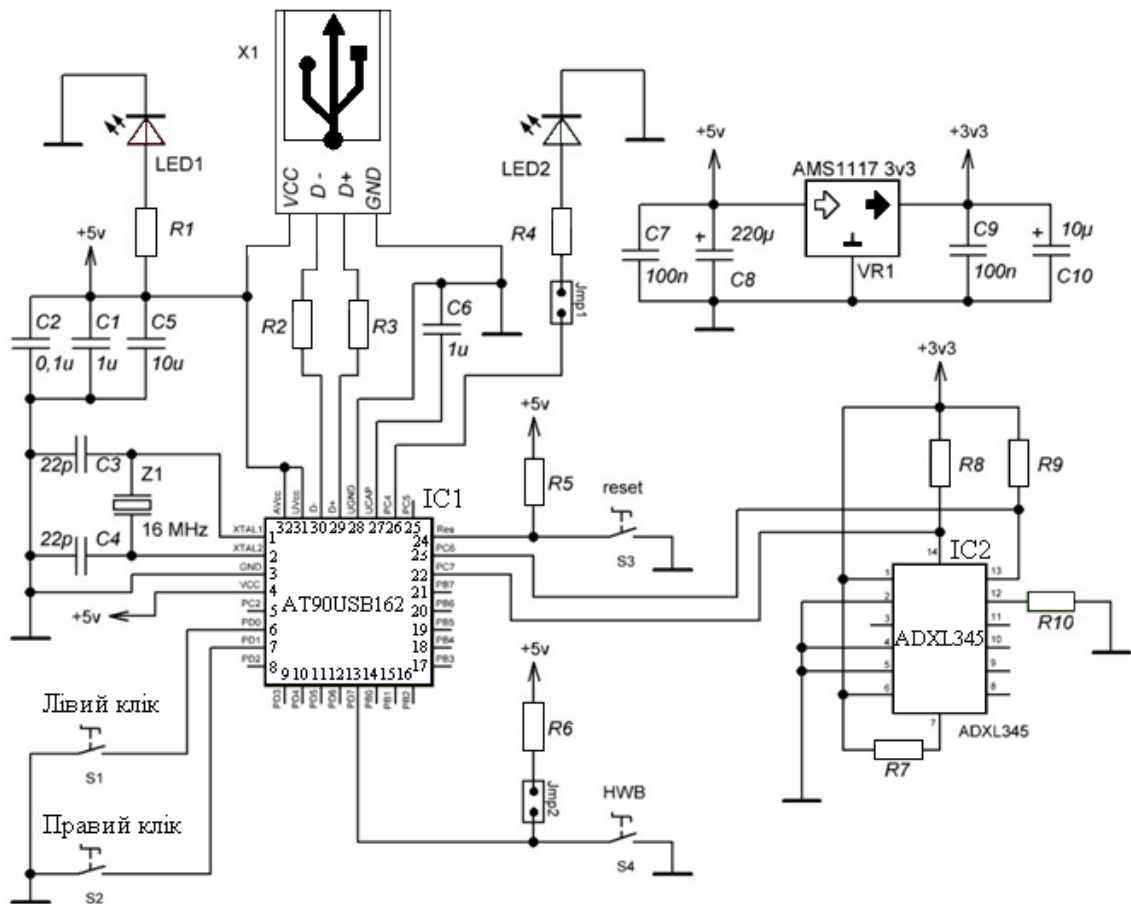
Сигналізатор клювання з пейджером



Позначення і номінали елементів на схемі

| Позначення | Тип | Номінал | Кі-сть |
|------------|-----------------------------|---------------|--------|
| DA1 | МК AVR 8-біт | ATtiny13 | 1 |
| T1 | Фототранзистор | | 1 |
| T2, T3 | Транзистор | | 2 |
| D1, D2 | Випрямляючий діод | | 2 |
| C1 | Електролітичний конденсатор | 47 мкФ | 1 |
| R1 | Резистор | 1-3 кОм | 1 |
| R2 | Резистор | 1 МОм | 1 |
| R3 | Резистор | 100 кОм | 1 |
| R4 | Резистор | 1 кОм | 1 |
| R5 | Резистор | 300 Ом | 1 |
| R6-R8 | Резистор | 50 Ом | 3 |
| LED1 | Світлодіод | Інфрачервоний | 1 |
| LED2, LED3 | Світлодіод | | 2 |
| Пейджер | Пейджер (передавач) | | 1 |
| Гр | Динамік | | 1 |
| S | Вимикач | | 1 |
| Bat | Батарея живлення | 3 В | 1 |

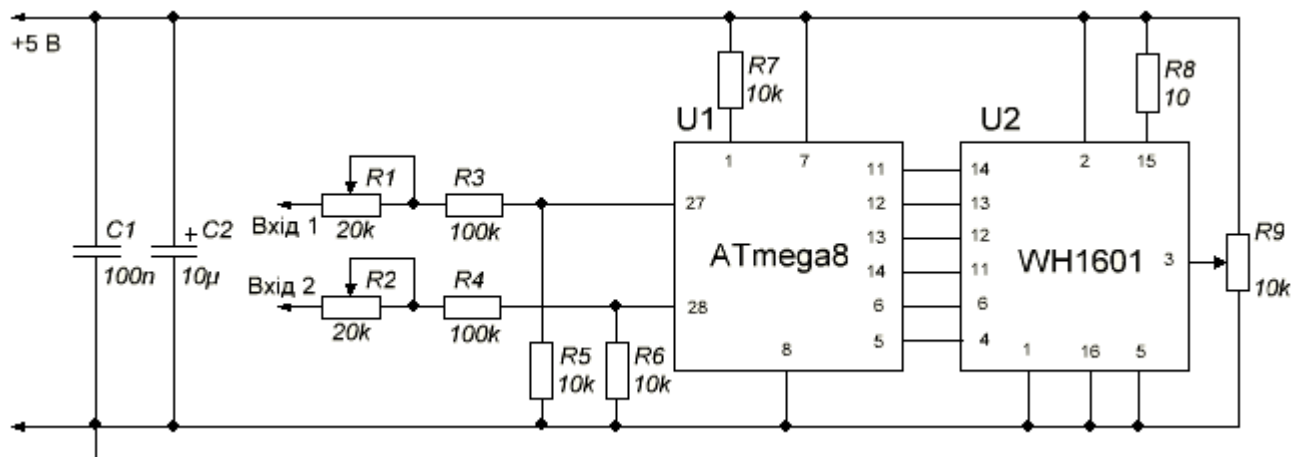
В – 10
USB мишка на базі акселерометра



Позначення і номінали елементів на схемі

| Позначення | Тип | Номінал | Кі-сть |
|----------------|-----------------------------|----------------------|--------|
| IC1 | МК AVR 8-бит | AT90USB162 | 1 |
| IC2 | Акселерометр | ADXL345 | 1 |
| VR1 | Лінійний регулятор | AMS1117-3.3 | 1 |
| LED1, LED2 | Світлодіод | Червоний, Зелений | 2 |
| R1, R2, R3 | Резистор | 1.5 кОм і 2 по 22 Ом | 3 |
| R4,R5,R6,R8,R9 | Резистор | 1 кОм і 4 по 10 кОм | 4 |
| R7, R10 | Резистор | 4.7 кОм | 2 |
| C1, C6 | Конденсатор | 1 мкФ | 2 |
| C2, C7, C9 | Конденсатор | 0.1 мкФ | 3 |
| C3, C4, C5 | Конденсатор | 2 по 22 пФ і 10 мкФ | 3 |
| C8, C10 | Електролітичний конденсатор | 220 мкФ і 10 мкФ | 2 |
| S1, S2 | Тактова кнопка | ТС-А109 | 2 |
| S3, S4 | Тактова кнопка | IT-1127-5-160G-G | 2 |
| X1 | Роз'єм | miniUSB | 1 |
| Jmp1, Jmp2 | Перемичка | Джемпер | 2 |
| Z1 | Кварцовий резонатор | 16 МГц | 1 |
| | Штирове з'єднання | PLS-2 кутовий | 2 |

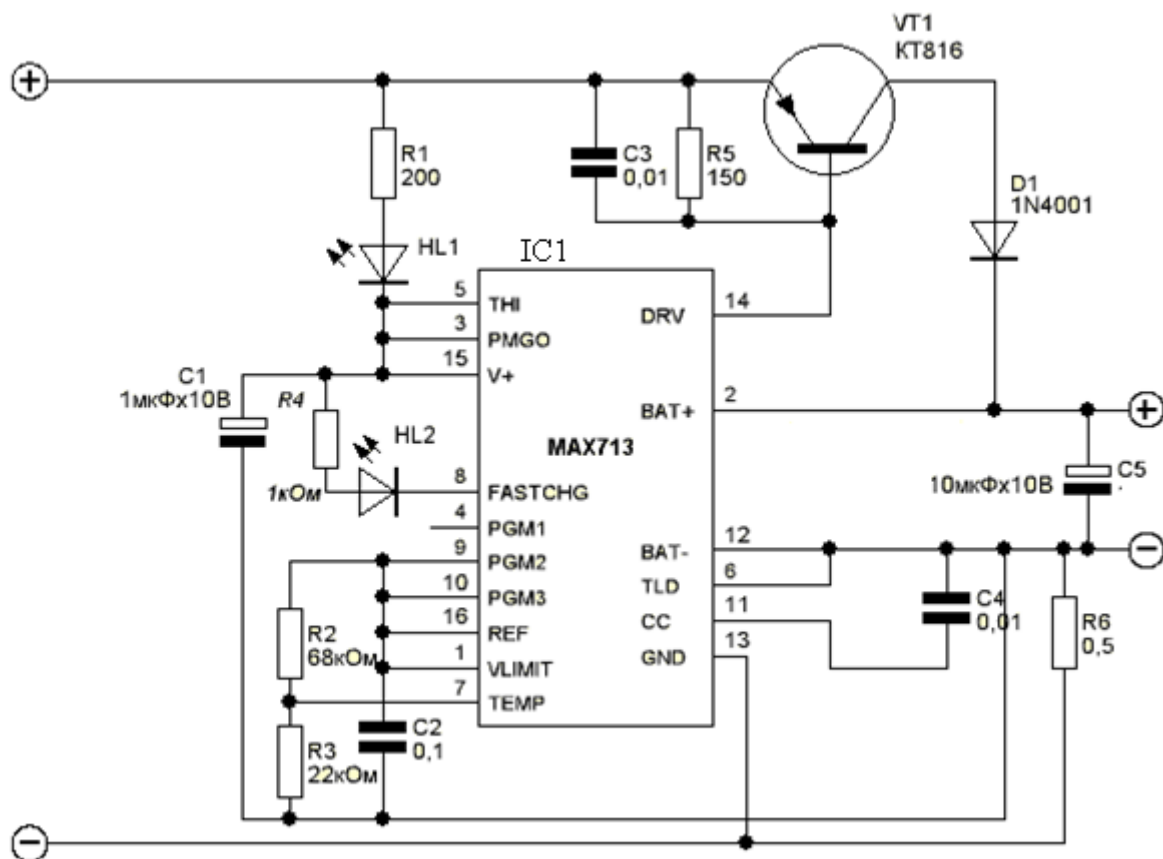
В – 11
Двоканальний вольтметр на АТmega8



Позначення і номінали елементів на схемі

| Позначення | Тип | Номінал | Кі-сть | Примітки |
|------------|-----------------------------|---------|--------|------------------------------|
| U1 | МК AVR 8-біт | АТmega8 | 1 | |
| U2 | LCD-дисплей | WH1601 | 1 | HD44780 контролер |
| C1 | Конденсатор | 100 нФ | 1 | |
| C2 | Електролітичний конденсатор | 10 мкФ | 1 | |
| R1, R2 | Змінний резистор | 20кОм | 1 | Підстройка точності показань |
| R3, R4 | Резистор | 100 кОм | 2 | |
| R5-R7 | Резистор | 10 кОм | 3 | |
| R8 | Резистор | 10 Ом | 1 | |
| R9 | Змінний резистор | 10 кОм | 1 | Налаштування яркості |

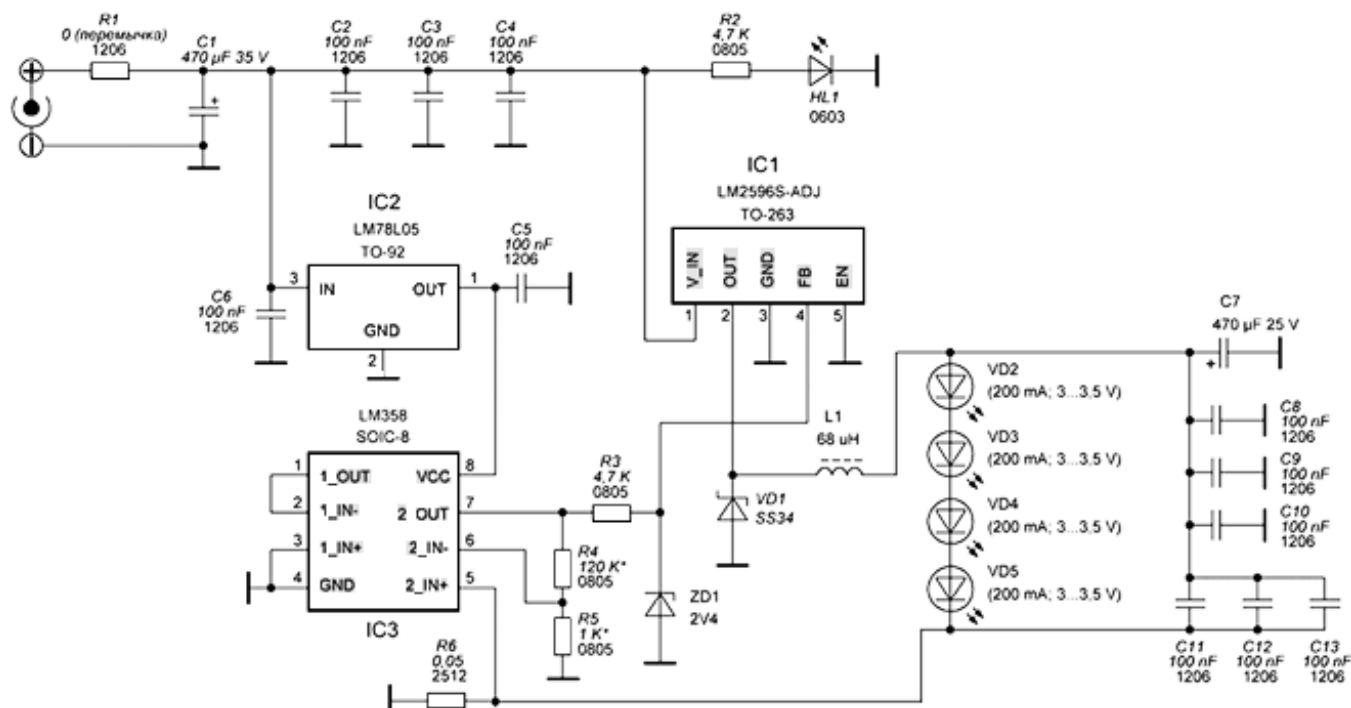
Зарядний пристрій для Ni-Cd і Ni-MH акумуляторів



Позначення і номінали елементів на схемі

| Позначення | Тип | Номінал | Кі-сть |
|------------|-----------------------------|-------------|--------|
| IC1 | Контролер заряду | MAX713 | 1 |
| VT1 | Біполярний транзистор | KT816A | 1 |
| D1 | Випрямний діод | 1N4001 | 1 |
| C1 | Електролітичний конденсатор | 1 мкФ 10 В | 1 |
| C2 | Конденсатор | 0.1 мкФ | 1 |
| C3, C4 | Конденсатор | 0.01 мкФ | 2 |
| C5 | Електролітичний конденсатор | 10 мкФ 10 В | 1 |
| R1 | Резистор | 200 Ом | 1 |
| R2 | Резистор | 68 кОм | 1 |
| R3 | Резистор | 22 кОм | 1 |
| R4 | Резистор | 1 кОм | 1 |
| R5 | Резистор | 150 Ом | 1 |
| R6 | Резистор | 0.5 Ом | 1 |
| HL1, HL2 | Світлодіод | | 2 |

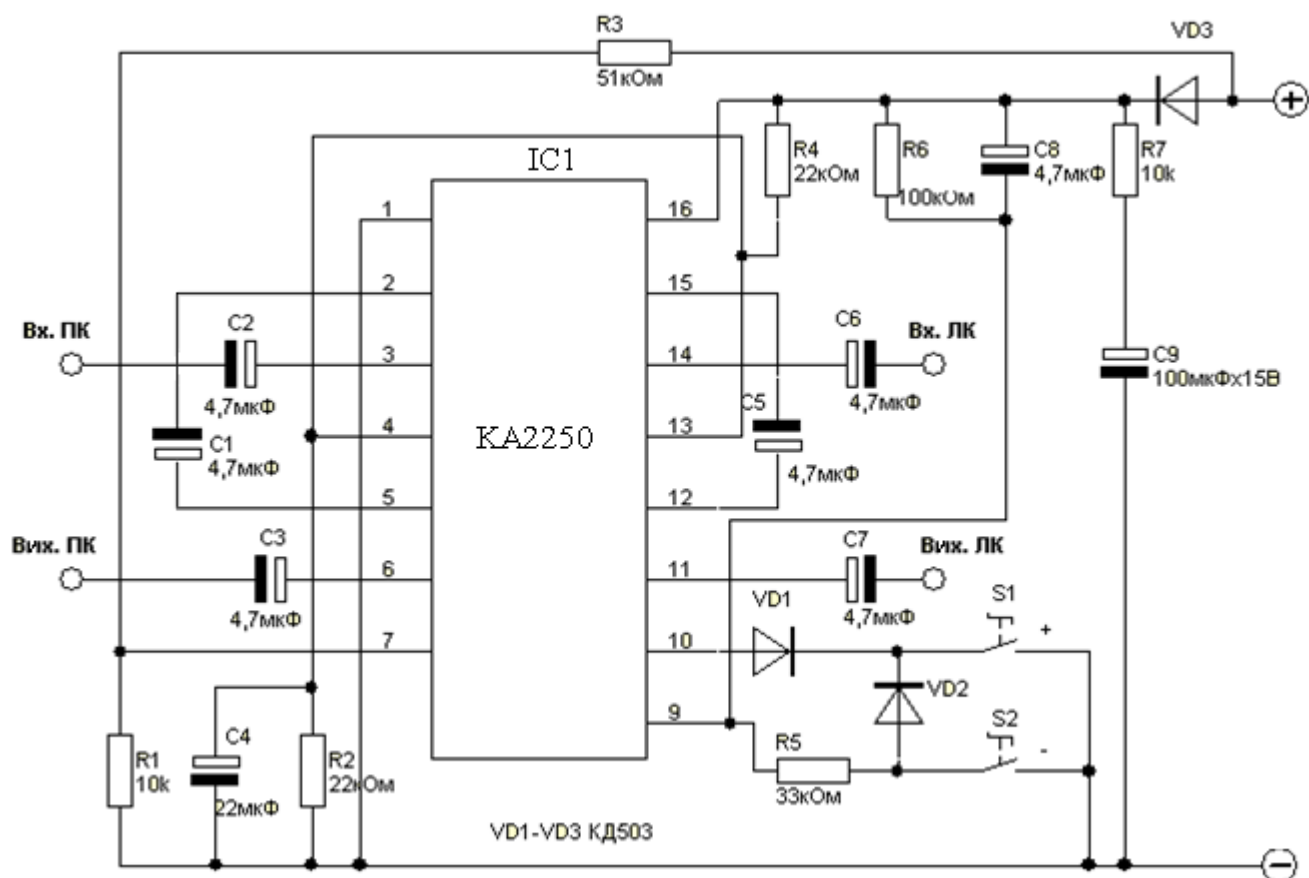
Зарядний пристрій для 12В акумулятора шурупверта



Позначення і номінали елементів на схемі

| Позначення | Тип | Номінал | Кі-сть | Примітки |
|---------------|----------------------------|--------------|--------|--------------|
| IC1 | DC/DC імпульсний конвертер | LM2596 | 1 | ADJ (TO-263) |
| IC2 | Лінійний регулятор | LM78L05 | 1 | DIP |
| IC3 | ОП | LM358 | 1 | SOIC-8 |
| VD1 | Діод Шоткі | SS34 | 1 | SMA |
| ZD1 | Стабілітрон | 2.4 В | 1 | DIP |
| C1 | Конденсатор | 470 мкФ 35 В | 1 | DIP |
| C2-C6, C8-C13 | Конденсатор | 0.1 мкФ 50 В | 11 | SMD 1206 |
| C7 | Конденсатор | 470 мкФ 25 В | 1 | DIP |
| R1 | Резистор | 10 Ом | 1 | SMD 1206 |
| R2, R3 | Резистор | 4.7 кОм | 2 | SMD 0805 |
| R4 | Резистор | 120 кОм | 1 | SMD 0805 |
| R5 | Резистор | 1 кОм | 1 | SMD 0805 |
| R6 | Резистор | 0.05 Ом | 1 | SMD 2512 |
| L1 | Котушка індуктивності | 68 мкГн | 1 | DIP |
| HL1 | Світлодіод | жовтий | 1 | SMD 0603 |
| XS1 | Роз'єм живлення | DJK-02 | 1 | DIP |

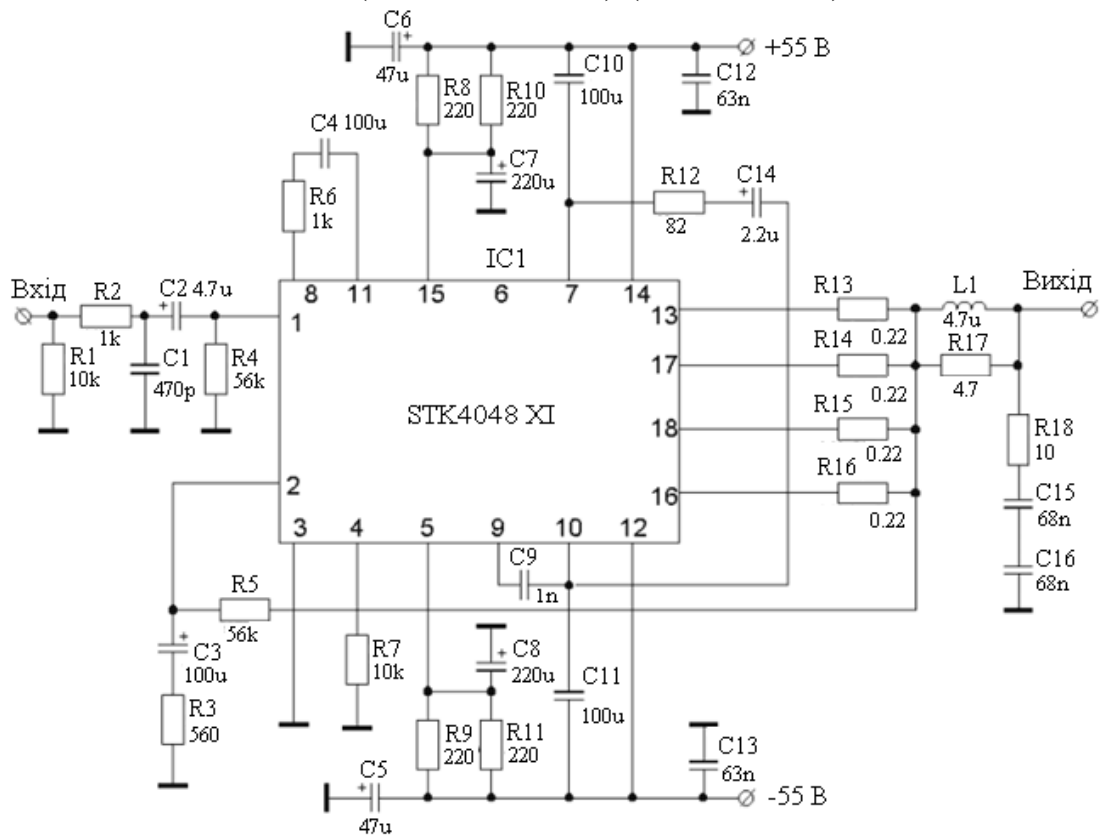
Електронний регулятор гучності на КА2250



Позначення і номінали елементів на схемі

| Позначення | Тип | Номінал | Кі-сть |
|--------------|-----------------------------|--------------|--------|
| IC1 | Мікросхема | КА2250 | 1 |
| VD1-VD3 | Діод | КД503А | 3 |
| C1-C3, C5-C8 | Електролітичний конденсатор | 4.7 мкФ | 7 |
| C4 | Електролітичний конденсатор | 22 мкФ | 1 |
| C9 | Електролітичний конденсатор | 100 мкФ 15 В | 1 |
| R1, R7 | Резистор | 10 кОм | 2 |
| R2, R4 | Резистор | 22 кОм | 2 |
| R3 | Резистор | 51 кОм | 1 |
| R5 | Резистор | 33 кОм | 1 |
| R6 | Резистор | 100 кОм | 1 |
| S1, S2 | Тактова кнопка | | 2 |

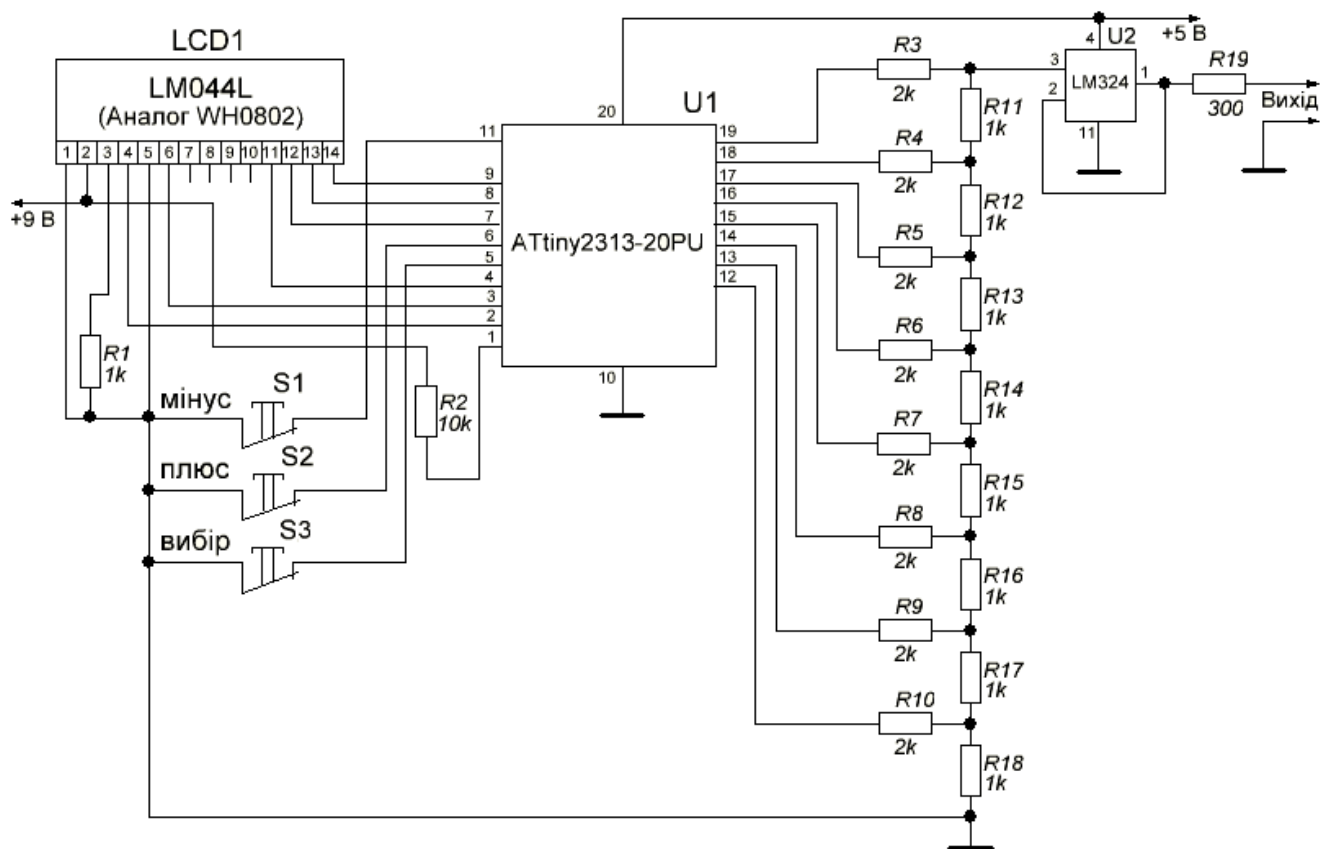
В – 15
Авто 400 (На STK4048XI) (Підсилювач)



Позначення і номінали елементів на схемі

| Позначення | Тип | Номінал | Кі-сть |
|--------------------|-----------------------------|----------------|--------|
| IC1 | Мікросхема | STK4048 XI | 1 |
| C1 | Конденсатор | 470 пФ | 1 |
| C2 | Електролітичний конденсатор | 4.7 мкФ 16В | 1 |
| C3 | Електролітичний конденсатор | 100 мкФ 25В | 1 |
| C4, C10, C11 | Конденсатор | 100 мкФ 63В | 3 |
| C5, C6 | Електролітичний конденсатор | 47 мкФ 63В | 2 |
| C7, C8 | Електролітичний конденсатор | 220 мкФ 63В | 2 |
| C9 | Конденсатор | 1 нФ | 1 |
| C12, C13, C15, C16 | Конденсатор | 63 нФ | 4 |
| C14 | Електролітичний конденсатор | 2.2мкФ 50В | 1 |
| R1, R7 | Резистор | 10 кОм | 2 |
| R2, R6 | Резистор | 1 кОм | 2 |
| R3 | Резистор | 560 Ом | 1 |
| R4, R5 | Резистор | 56 кОм | 2 |
| R8-R11 | Резистор | 220 Ом | 4 |
| R12 | Резистор | 82 Ом | 1 |
| R13-R16 | Резистор | 0.22 Ом (5 Вт) | 4 |
| R17 | Резистор | 4.7 Ом (2 Вт) | 1 |
| R18 | Резистор | 10 Ом (2 Вт) | 1 |
| L1 | Котушка індуктивності | 4.7 мкГн | 1 |

Генератор сигналів на МК ATtiny2313



Позначення і номінали елементів на схемі

| Позначення | Тип | Номінал | Кількість | Примітка |
|-------------|------------------------|----------------------|-----------|------------------------|
| U1 | МК AVR 8-бит | ATtiny2313 | 1 | |
| U2 | Операційний підсилювач | LM324 | 1 | |
| R1, R11-R18 | Резистор | 1 кОм | 9 | |
| R2 | Резистор | 10 кОм | 1 | |
| R3-R10 | Резистор | 2 кОм | 8 | |
| R19 | Резистор | 300 Ом | 1 | |
| BTN1-BTN3 | Кнопка | Без фіксації | 3 | SPST Push button |
| LCD1 | LCD-дисплей | WH0802 або LM044L | 1 | HD44780 сумісний |