

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ СХЕМ ЦИФРОВОЇ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ КРЕСЛЕНИКА ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

Методичні вказівки до вивчення тем дисципліни і контрольні завдання
для студентів факультету інформатики та обчислювальної техніки

Київ
НТУУ «КПІ»
2011

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ СХЕМ ЦИФРОВОЇ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ КРЕСЛЕНИКА ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

Методичні вказівки до вивчення тем дисципліни і контрольні завдання
для студентів факультету інформатики та обчислювальної техніки

Затверджено на засіданні
кафедри нарисної геометрії,
інженерної та комп'ютерної графіки
Протокол № 9 від 20.05.2011р.

Київ
НТУУ «КПІ»
2011

Інженерна та комп'ютерна графіка. Правила виконання схем цифрової обчислювальної техніки. Правила виконання креслення друкованої плати. Методичні вказівки до вивчення тем дисципліни і контрольні завдання для студентів факультету інформатики та обчислювальної техніки/ Уклад.: В.В. Перевертун, Т.М. Надкернична. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 55 с.

Гриф надано Методичною
радою НТУУ «КПІ»
(протокол №10 від 16.06.11)

ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ СХЕМ ЦИФРОВОЇ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ КРЕСЛЕНИКА ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

Методичні вказівки до вивчення тем дисципліни і контрольні завдання
для студентів факультету інформатики та обчислювальної техніки

Укладачі: Перевертун Валентина Вікторівна, канд. техн. наук, доц.
Надкернична Тетяна Миколаївна

Відповідальний
редактор Ванін Володимир Володимирович, докт. техн. наук, проф.

Рецензент Тарабаров Сергій Борисович, канд. техн. наук, доц.

Зміст

ЗМІСТ	0
1 ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ СХЕМ ЦИФРОВОЇ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ.....	4
1.1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.....	4
1.1.1 Загальні положення.....	4
1.1.2 Загальні вимоги до виконання схем.....	4
1.1.3 Правила виконання електричних принципових схем.....	7
1.1.4 Особливості виконання електричних схем цифрової обчислювальної техніки.....	13
1.2 ЗМІСТ ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ ТА ПОРЯДОК ЇЇ ВИКОНАННЯ	17
2 ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ КРЕСЛЕНИКІВ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ	18
2.1 ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ	18
2.1.1 Загальні відомості.....	18
2.1.2 Правила виконання креслеників друкованих плат.....	23
2.2 ЗМІСТ ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ ТА ПОРЯДОК ЇЇ ВИКОНАННЯ	26
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	27
ДОДАТОК А.....	28
ДОДАТОК Б.....	37
ДОДАТОК В.....	43
ДОДАТОК Г.....	44

Розробляння та оформлення конструкторської документації мають здійснюватися відповідно до вимог чинних стандартів, що забезпечує єдину технічну мову і термінологію, взаємообмін конструкторською документацією між галузями промисловості та окремими підприємствами, автоматизоване створення документації та організацію виробництва будь-якого виробу на підприємстві у найкоротший термін.

Метою методичних вказівок є роз'яснення студентам правил графічного оформлення таких конструкторських документів як схеми цифрової обчислювальної техніки та кресленики друкованих плат.

1 Правила виконання схем цифрової обчислювальної техніки

1.1 Теоретичні відомості

1.1.1 Загальні положення

Схема — це графічний конструкторський документ, на якому за допомогою умовних позначень і зображень показано складові частини виробу і зв'язки між ними.

Терміни та визначення основних понять, що стосуються схем, подаються у ДСТУ 3323:2003, а отже, при подальшому викладенні матеріалу ми будемо дотримуватися вимог зазначеного стандарту.

Класифікацію схем за видами і типами та загальні вимоги до їх виконання встановлює ГОСТ 2.701-2008.

Вид схеми визначається видами елементів, що входять до складу виробу, а *тип* — основною призначеністю схеми. Найменування та код схеми визначаються її видом та типом. Код схеми має складатися з літерної частини, що визначає вид схеми, та цифрової частини, яка визначає тип схеми, наприклад, ЭЗ — схема електрична принципова.

1.1.2 Загальні вимоги до виконання схем

Формати аркушів схем вибирають відповідно до вимог, встановлених у ГОСТ 2.301-68 та ГОСТ 2.004-88, надаючи перевагу основним форматам.

Схеми виконують без дотримання масштабу, дійсний просторовий розташунок складових частин виробу до уваги не беруть або беруть приблизно.

Графічні позначки елементів та лінії зв'язку, що їх з'єднують, слід розташовувати на схемі таким чином, щоб забезпечити найкращу уяву про структуру виробу та взаємодію його складових частин.

Умовні графічні позначки (УГП) елементів зображають у розмірах, встановлених у стандартах на умовні графічні позначки. Умовні графічні позначки, співвідношення розмірів яких наведені у відповідних стандартах

на модульній сітці, потрібно зображати на схемах у розмірах, що визначаються по вертикалі та горизонталі кількістю кроків модульної сітки M (рис. 1.1). При цьому крок модульної сітки для кожної схеми може бути будь-яким, але однаковим для усіх елементів та пристроїв даної схеми. Умовні графічні позначки елементів, розміри яких не встановлені у вказаних стандартах, потрібно зображати на схемі у розмірах, у яких вони виконані у відповідних стандартах на умовні графічні позначки. Допускається усі розміри умовних графічних позначок пропорційно змінювати.

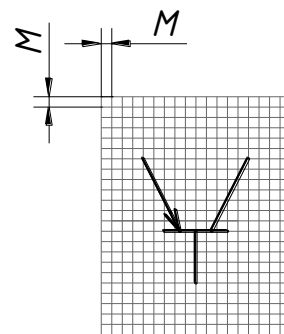


Рис.1.1

Лінії зв'язку виконують завтовшки від 0,2 до 1,0 мм залежно від формату схеми та розмірів графічних позначок (рекомендованими є значення від 0,3 до 0,4 мм). Вони мають складатися з горизонтальних та вертикальних відрізків і мати найменшу кількість зломів та взаємних перетинів. Відстань між двома сусідніми паралельними лініями зв'язку має бути не меншою за 3,0 мм,

Лінії зв'язку зазвичай слід показувати повністю. Якщо ж вони утруднюють читання схеми, їх допускається обривати. Обриви ліній зв'язку закінчують стрілками. Біля стрілок вказують місця підмикання та (або) необхідні характеристики ланцюгів, наприклад, полярність, потенціал тощо.

У випадках переходу ліній зв'язку з одного аркуша на інший лінії зв'язку слід обривати за межами зображення схеми без стрілок. Поряд з обривом має бути вказана позначка або назва, присвоєна лінії, а в круглих дужках номер аркуша схеми, на який переходить лінія зв'язку.

Елементом, що входять до виробу і зображені на схемі, присвоюють умовні *літерно-цифрові позначки*. Правила їх формування в електричних схемах визначає ГОСТ 2.710-81. У загальному випадку позначка елемента (*позиційна позначка*) складається з трьох частин. У першій частині позиційної позначки однією або кількома літерами (літерним кодом) вказують вид елемента, у другій — порядковий номер елемента даного виду, у третій — функційну призначеність елемента (відповідним літерним кодом). Наприклад, С4І — конденсатор С4, що його використовують як інтегровальний. Вид та номер є обов'язковими частинами умовної літерно-цифрової позначки, і їх потрібно присвоювати усім елементам та пристроям виробу. Позначка функційної призначеності елемента не є обов'язковою.

Дані про елементи схеми мають бути записаними у *перелік елементів*. Його оформляють у вигляді таблиці за формою, показаною на рис. 1.2, і поміщають на першому аркуші схеми або виконують у вигляді самостійного документа.

У разі виконання переліку документів на першому аркуші схеми його розташовують над основним написом на відстані не менше 12 мм. Продовження переліку поміщають зліва від основного напису, повторюючи

головку таблиці. Перелік елементів у вигляді самостійного документа виконують на форматі А4. Основний напис виконують за ДСТУ ГОСТ 2.104:2006 (форма 2 та 2а). Код такого документа має складатися з літери «П» та коду схеми, до якої випускають перелік, наприклад, код переліку елементів до електричної принципової схеми — ПЭЗ. При цьому у основному напису (граф 1) вказують найменування виробу, а також найменування документа — «Перелік елементів». У специфікацію перелік елементів записують після схеми, до якої він випущений.

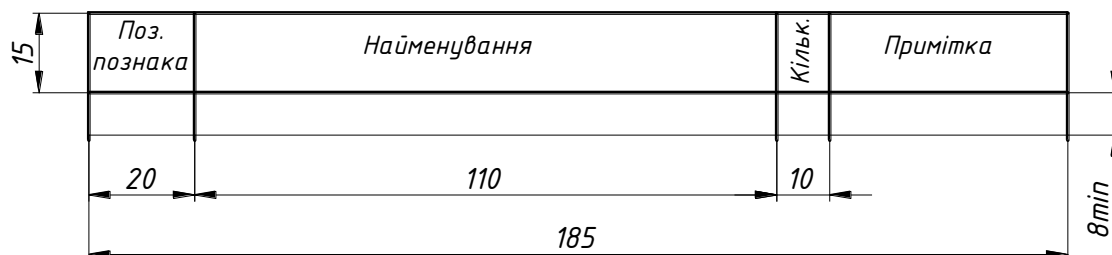


Рис. 1.2

Елементи у перелік записують групами в алфавітному порядку літерних позиційних позначок. У межах кожної групи, що мають однакові літерні позиційні позначки, елементи розташовують за зростанням порядкових номерів. У разі застосування цифрових позначок останні записують у порядку зростання. Для полегшення внесення змін допускається залишати кілька незаповнених рядків між окремими групами елементів, а при великій кількості елементів у групі — і між елементами. Елементи одного типу з однаковими параметрами допускається записувати у перелік одним рядком. У цьому випадку у графу «Поз. познака» вписують тільки позиційні позначки з найменшим та найбільшим порядковими номерами (R3,R4; C8...C12), а у графу «Кільк.» — загальну кількість таких елементів. У разі застосування однакових за найменуванням елементів, які відрізняються технічними характеристиками та іншими даними і мають однакові літерні позначки, допускається найменування (або найменування, тип та позначку документа, на підставі якого ці елементи застосовано) записувати у вигляді загального заголовка.

На схемах дозволяється вказувати різноманітні технічні дані, характер яких визначається призначеністю схеми. Їх наводять у тому випадку, коли відомості, які у них містяться, недоцільно або неможливо виразити графічно або умовними позначками. Ці дані залежно від форми та призначеності можуть бути розташовані:

- поряд з графічними позначками (літерно-цифрові позначки, позначки сигналів тощо);
- всередині графічних позначок (назви пристроїв, функційних груп);
- над лініями зв'язку, в їх розриві чи біля кінців (позначки ліній зв'язку, адреси);
- на вільному полі схеми (діаграми, таблиці, текстові вказівки).

Текстові дані, що стосуються ліній зв'язку, орієнтують паралельно до горизонтальних ділянок відповідних ліній. За великої насиченості схеми допускається вертикальна орієнтація даних. Написи, знаки чи графічні позначки, призначені для нанесення на виріб, на схемі беруть у лапки.

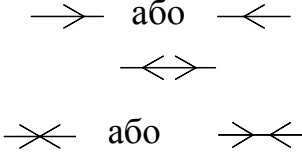
У написах на схемах не повинні застосовуватись скорочення слів, за винятком загальноприйнятих або встановлених у стандартах.

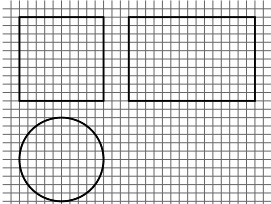
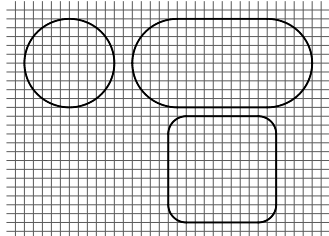
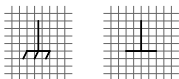
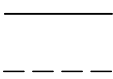
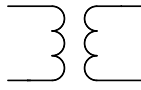
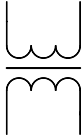
1.1.3 Правила виконання електричних принципових схем

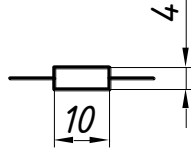
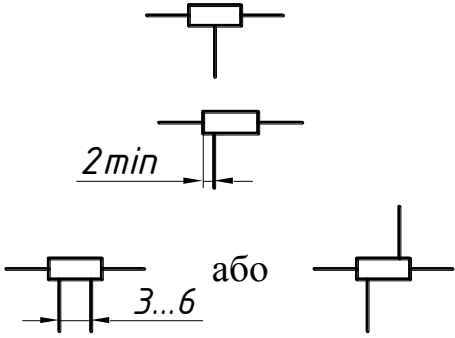
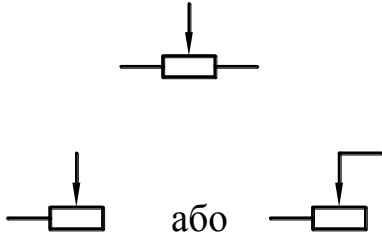
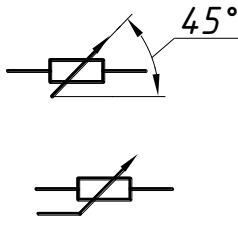
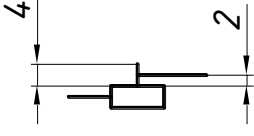
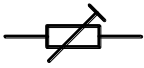
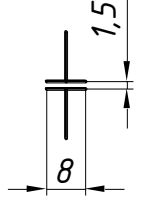
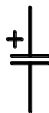
Принципова схема — це схема, на якій показано повний склад елементів і зв'язків між ними і яка дає детальну уяву про принцип роботи виробу. На принциповій схемі зображають усі електричні елементи або пристрої, які необхідні для здійснення і контролю у виробі заданих електричних процесів, усі електричні зв'язки між ними, а також електричні елементи (з'єднувачі, затискачі тощо), якими закінчуються вхідні та вихідні ланцюги.

Схеми виконують для виробів, що знаходяться у вимкненому стані. Елементи та пристрої, умовні графічні позначки яких встановлені у стандартах Єдиної системи конструкторської документації, зображають на схемі у вигляді цих умовних позначок. Приклади умовних графічних позначок в електричних схемах наведені в табл. 1.1.

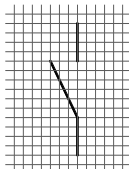
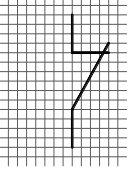
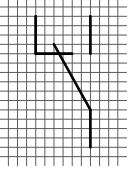
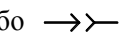
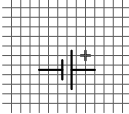
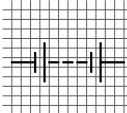
Таблиця 1.1 — Умовні графічні позначки в електричних схемах

Найменування	Позначка
Позначки загального застосування (ГОСТ 2.721-74)	
Поширення струму, сигналу, інформації та потоку енергії: а) в одному напрямку б) в обох напрямках неодноразово в) в обох напрямках одночасно	
Регулювання за допомогою органів керування: а) лінійне б) нелінійне	
Регулювання автоматичне: а) лінійне б) нелінійне	

Прилад, пристрій	
Балон електровакуумного та іонного приладу, корпус напівпровідникового приладу	
Заземлення, загальна позначка	
Електричне з'єднання з корпусом	
Котушки індуктивності, дроселі, трансформатори, автотрансформатори та магнітні підсилювачі (ГОСТ 2.723-68)	
Обмотка трансформатора, автотрансформатора, дроселя та магнітного підсилювача. Кількість півкіл у зображенні обмотки та напрямок виводів не встановлюються. Для зазначення початку обмотки використовують точку	
Магнітопровід: а) феромагнітний б) магнітодіелектричний	
Котушка індуктивності, дросель без магнітопроводу	
Дросель з феромагнітним магнітопроводом	
Трансформатор без магнітопроводу	
Трансформатор однофазний з феромагнітним магнітопроводом	
Розрядники; запобіжники (ГОСТ 2.727-68)	
Запобіжник пробивний	
Запобіжник плавкий. Загальна позначка	

Резистори, конденсатори (ГОСТ 2.728-74)	
Резистор постійний	
Резистор постійний з додатковими відводами: а) одним симетричним б) одним несиметричним в) двома	
Резистор змінний. Стрілка означає рухомий контакт. Вивід, що не використовується, допускається не зображати.	
Резистор змінний в реостатному увімкненні: а) загальна позначка б) з нелінійним регулюванням	
Резистор підстроювальний Вивід, що не використовується, допускається не зображати	
Для підстроювального резистора в реостатному увімкненні допускається використовувати зображення	
Конденсатор постійної ємності	
Для зазначення поляризованого конденсатора використовують позначку	

Конденсатор електролітичний: а) поляризований	
б) неполяризований	
Конденсатор змінної ємності	
Конденсатор підстроювальний	
Прилади напівпровідникові (ГОСТ 2.730-73)	
Діод Загальна позначка	
Діод тунельний	
Стабілітрон	
Транзистор: а) типу PNP	
б) типу NPN	
Транзистор типу NPN, колектор з'єднаний з корпусом	
Транзистор польовий з каналом типу N	
Транзистор польовий з каналом типу P	

Пристрої комутаційні та контактні з'єднання (ГОСТ 2.755-87)	
Контакт комутаційного пристрою: а) замикальний б) розмикальний в) перемикальний	  
Контакт рознімного контактного з'єднання: а) штир б) гніздо	 або   або 
З'єднання контактне рознімне	 або 
Джерела електрохімічні, електротермічні і теплові (ГОСТ 2.768-90)	
Гальванічний елемент. Допускається знаки полярності не зазначати.	
Батарея, що складається з гальванічних елементів. Батарею з гальванічних елементів допускається зображати так само, як і гальванічний елемент. При цьому над позначкою проставляють значення напруги батареї, наприклад, 48 В.	 або  48 В 

Елементи та пристрої можуть бути зображені на схемах *суміщеним* або *рознесеним* способами. За суміщеного способу складові частини елементів та пристроїв зображають на схемі у безпосередній близькості одна до одної, за рознесеного — складові частини елементів та пристроїв або окремі елементи пристроїв зображають на схемі у різних місцях таким чином, щоб окремі ланцюги виробу були зображені якомога наочніше.

Для спрощення схеми допускається декілька електрично не зв'язаних ліній зв'язку зливати у *лінію групового зв'язку*, але при підході до контактів (елементів) кожену лінію зв'язку зображають окремою лінією. У разі злиття ліній зв'язку кожену лінію позначають у місці злиття, а за необхід-

ності і на обох кінцях умовними позначками (цифрами, літерами або поєднанням цифр і літер).

Кожний зображений на схемі елемент обов'язково має мати позиційну позначку відповідно до ГОСТ 2.710. Позиційні позначки елементам слід присвоювати у межах виробу. При цьому порядкові номери присвоюють, починаючи з одиниці, у межах групи елементів з однаковими літерними позначками (наприклад, R1, R2, R3,..., C1, C2, C3,...) відповідно до послідовності їх розташування на схемі, рахуючи, як правило, зверху вниз у напрямку зліва направо. Позиційні позначки проставляють на схемі поряд умовними графічними позначками елементів з правого боку або над ними. При зображенні на схемі елемента чи пристрою рознесеним способом позиційну позначку проставляють біля кожної складової частини (рис. 1.3).



Рис. 1.3

На схемі слід вказувати позначки виводів (контактів) елементів, які нанесені на виріб, чи встановлені у їх документації. Рекомендується також вказувати характеристики входних та вихідних ланцюгів виробу (частоту, напругу, силу струму, тощо). Допускається вказувати адреси зовнішніх з'єднувань входних та вихідних ланцюгів, якщо вони заздалегідь відомі. Характеристики входних та вихідних ланцюгів виробу, а також адреси їх зовнішніх з'єднань рекомендується записувати у таблиці, які поміщають замість умовних графічних позначок входних та вихідних елементів — з'єднувачів, плат тощо (рис. 1.4).

X1

<i>Конт.</i>	<i>Ланцюг</i>	<i>Адреса</i>
1	$f=0,3...3$ кГц; $R_n=600$ Ом	=A1-X1:1
2	$U_{вих}=0,5$ В; $R_n=600$ Ом	=A1-X1:2
3	$U_{вих}=+60$ В; $R_n=500$ Ом	=A1-X1:3
4	$U_{вих}=+20$ В; $R_n=1$ кОм	=A1-X1:4

Рис. 1.4

Кожній таблиці присвоюють позиційну позначку того елемента, замість умовної графічної позначки якого її поміщено. Порядок розташування контактів у таблиці визначається зручністю побудови схеми. У разі відсутності характеристик входних та вихідних ланцюгів або адрес їх зовнішніх з'єднувань в таблиці не наводять графу з цими даними. Таблиці можна виконувати рознесеним способом. За наявності на схемі кількох таблиць допускається головку таблиці наводити тільки в одній з них.

1.1.4 Особливості виконання електричних схем цифрової обчислювальної техніки

В процесі виконання електричних схем цифрової обчислювальної техніки (ЦОТ) потрібно дотримуватися як загальних правил виконання електричних схем, які були розглянуті вище, так і специфічних для цього виду схем правил, викладених у ГОСТ 2.708-81. Розглянемо основні з них.

У разі великої графічної насиченості аркушів схем умовними графічними позначками та лініями зв'язку допускається ділити поле аркуша на стовпці, ряди, зони, застосовувати метод координат тощо.

Стовпці позначають уздовж верхнього краю аркуша (по горизонталі) послідовними порядковими номерами з постійною кількістю знаків у номері, наприклад: 00, 01, ...10, ... 20 і т.д. Допускається додатково позначати стовпці уздовж нижнього краю аркуша. Ширина стовпця має дорівнювати ширині мінімального основного поля умовної графічної позначки (УГП) елемента. Ряди позначають по вертикалі (уздовж лівого краю аркуша) великими літерами латинського алфавіту, окрім літер I та O у випадку, коли вони графічно не відрізняються від одиниці та нуля. Допускається додатково позначати ряди уздовж правого краю аркуша. Висота ряду має дорівнювати мінімальній висоті УГП елемента. Позначка зони складається з позначки ряду (літери) та позначки стовпця (цифри), наприклад, B01, K12 тощо.

Вхідні лінії аркуша схеми, тобто такі, якими показують електричні зв'язки з вхідними виводами виробу, зображеними на даному аркуші, а також зв'язки, зображення яких починаються на інших аркушах схеми або інших схемах, проводять таким чином, щоб їх початок знаходився з лівого боку та (або) зверху аркуша. *Вихідні лінії*, тобто такі, які показують електричні зв'язки з вихідними виводами виробу, зображеними на даному аркуші, а також зв'язки, зображення яких починається на даному аркуші і продовжуються на інших аркушах схеми або інших схемах, закінчують з правого боку та (або) внизу аркуша.

За великої насиченості аркуша УГП та лініями зв'язку допускається вхідні та вихідні лінії починати і обривати всередині аркуша. Допускається також обривати і окремі лінії зв'язку між віддаленими одна від одної умовними графічними позначками. Усім вхідними, вихідним і перерваним на даному аркуші лініям у місці обриву мають бути присвоєні позначки (цифрові, літерні або літерно-цифрові). Ці позначки наносять над лінією, на рівні лінії або в розриві лінії. На перерваній у межах аркуша лінії допускається після позначки зазначати у круглих дужках адресу місця продовження перерваної лінії або через дробову риску кількість її розгалужень. Якщо перервана лінія зв'язку продовжується на декількох аркушах, то в круглих дужках зазначають усі номери аркушів, на яких продовжується дана лінія. Номер аркушів розділяють комою і пишуть у зростаючому порядку.

Електроживлення на схемі допускається показувати у вигляді таблиць, тексту або на перерваній лінії, яка відображає зв'язок за живленням.

При цьому в УГП елементів та пристроїв позначки виводів допускається не наносити.

На електричній принциповій схемі елементи цифрової техніки зображають у вигляді умовних графічних позначок за ГОСТ 2.743-91. Згідно з ГОСТ 2.743-91 умовна графічна позначка елемента цифрової техніки має форму прямокутника, до якого підходять лінії виводів. УГП може мати три поля: основне та два додаткових, які розташовують зліва та справа від основного (рис. 1.5). Додаткові поля допускається поділяти на зони, які відокремлюють горизонтальною рисою.

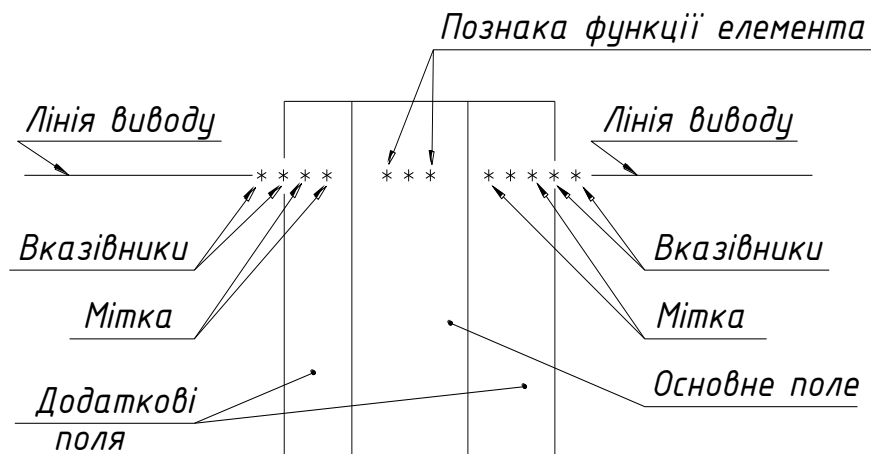


Рис. 1.5

УГП може складатися лише з основного поля або з основного та одного додаткового, розташованого справа або зліва від основного. Без додаткових полів або з одним додатковим полем УГП виконують у випадку, коли усі виводи логічно рівноцінні або коли функції виводів однозначно визначаються функцією елемента. При цьому відстані між виводами повинні бути однаковими, а мітки виводів не зазначають.

В основному полі умовної графічної позначки елемента зазначають наступну інформацію: у першому рядку — позначку функції, що її виконує елемент, у другому — повне чи скорочене найменування, або тип, або код елемента, у наступних рядках — літерно-цифрову позначку або порядковий номер, позначку конструктивного розташування, адресну позначку УГП елемента на аркуші та іншу інформацію, при цьому літерно-цифрова позначка елемента є обов'язковою. Допускається літерно-цифрову позначку розташовувати над УГП. При суміщеному способі зображення конструктивно об'єднаних логічних елементів, що виконують однакову логічну функцію, допускається інформацію, яку зазначають у наступних після другого рядках, проставляти лише в одному верхньому елементі.

У додаткових полях вміщують інформацію про призначеність виводів (мітки виводів, вказівники). Допускається проставляти вказівники на

лініях виводів, на контурі УГП, а також між лінією виводу та контуром УГП.

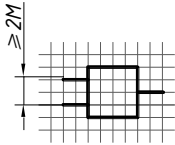
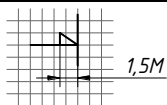
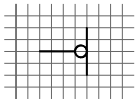
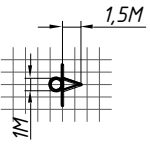
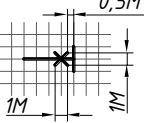
Виводи елементів поділяють на входи, виходи, двонаправлені виводи та виводи, що не несуть логічної інформації. Входи елемента зображають з лівого боку УГП, виходи — з правого, а двонаправлені виводи та виводи, що не несуть логічної інформації, — з правого або з лівого боків УГП. При підведенні ліній виводів до контуру УГП не дозволяється проводити їх на рівні сторін прямокутника, а також проставляти на них біля контуру УГП стрілки, що вказують напрям інформації. Умовні графічні позначки елементів цифрової техніки можна зображати на схемі також у положенні, при якому входи розташовуються зверху, а виходи знизу.

Співвідношення між довжиною та шириною контуру УГП елемента стандартом не встановлено, воно залежить від інформації, що міститься в контурі, та кількості виводів.

Нумерацію виводів елементів наводять над їх лініями виводів зліва (для входів) або справа (для виходів) від контуру УГП або вказівника виводу, за умови його наявності.

Співвідношення розмірів позначок функцій, міток та вказівників виводів в УГП, а також відстаней між лініями виводів мають відповідати наведеному у табл. 1.1. Мінімальна величина кроку M модульної сітки вибирається виходячи з вимог мікрофільмування (ГОСТ 13.1.002).

Таблиця 1.2 — Співвідношення розмірів елементів УГП на модульній сітці

Найменування	Позначка
Мінімальна відстань між лініями виводів	
Вказівник полярності, наприклад, статичний вхід зі вказівником полярності	
Вказівник інверсного виводу, наприклад, інверсний статичний вхід	
Вказівник динамічного виводу, наприклад, інверсний динамічний вхід	
Вказівник виводу, що не несе логічної інформації, наприклад, зображений зліва	

Мітка двонаправленого виводу, наприклад: показаного з боку входу показаного зі вказівником полярності	
Мітка виводу «Зсув», наприклад, зсув вправо	
Мітка входу з трьома станами	
Мітка відкритого виходу	
Мітка двопорогового входу	
Познака функції «Підсилювач»	
Познака функції «Елемент затримки»	
Познака функції «Помножувач»	
Познака функції «Суматор»	
Познака аналогового сигналу	
Познака цифрового сигналу	

1.2 Зміст графічної роботи та порядок її виконання

Мета графічної роботи — набуття студентами вмінь і навичок виконання схем цифрової обчислювальної техніки.

Студент повинен:

- Вивчити теоретичний матеріал, поданий у попередньому підрозділі.
- Проаналізувати схему електронного вузла відповідно до свого варіанту (додаток А) і, виходячи з кількості елементів схеми та її насиченості лініями зв'язку, а також співвідношень розмірів елементів УГП на модульній сітці (табл. 1.2), вибрати крок модульної сітки.
- На аркуші формату А3 побудувати схему, зображаючи УГП у розмірах відповідно до вибраного кроку модульної сітки. У разі наявності значної кількості паралельних ліній зв'язку застосувати лінії групового зв'язку. Вхідні та вихідні ланцюги, які на рисунках у додатку А показані з обривом, необхідно підвести до зовнішніх з'єднувачів, для зображення яких слід застосувати умовну позначку у вигляді таблиці (див. рис. 1.4). Електроживлення показати у вигляді таблиці або тексту, як це передбачено стандартом, у відповідності з інформацією, поданою у додатку Б.
- Виконати перелік елементів, розмістивши його над основним написом, а у разі відсутності вільного місця — на окремому аркуші.
- Заповнити основний напис.

Приклад виконання роботи наведено у додатку Г.

2 Правила виконання креслеників друкованих плат

2.1 Теоретичні положення

2.1.1 Загальні відомості

Друкована плата є основним конструктивним елементом для друкованого монтажу електронних компонентів відповідно до схеми електричної принципової. Терміни та визначення основних понять в галузі друкованих плат встановлює ДСТУ 2646-94. Наведемо ті з них, які будуть використані при подальшому викладенні матеріалу.

Друкований монтаж — спосіб монтажу, за яким сполучення елементів електричного пристрою виконано за допомогою друкованих провідників.

Друкована плата — основа, яка вміщує провідний рисунок та необхідні отвори.

Рисунок (друкованої плати) — конфігурація провідникового і (або) діелектричного матеріалів, отримана друком відповідного зображення на друкованій платі.

Провідний рисунок — рисунок друкованої плати, утворений провідниковим матеріалом.

Основа (друкованої плати) — частина друкованої плати, на поверхні або в об'ємі якої виконано провідний рисунок.

Однобічна друкована плата — друкована плата з провідним рисунком лише на одному боці.

Двобічна друкована плата — друкована плата, провідний рисунок якої виконано на двох протилежних боках з потрібними сполученнями між ними.

Багатошарова друкована плата — друкована плата, провідний рисунок якої виконано шарами в об'ємі та на поверхні основи.

Друкований вузол — друкована плата, до якої підімкнені зовнішні елементи та виконані всі процеси оброблення (паяння, покривання та ін.)

Товщина (друкованої плати) — товщина матеріалу основи друкованої плати, в тому числі провідний рисунок або рисунки.

Друкований провідник — одна провідна смужка у провідному рисунку.

Ширина друкованого провідника — поперечний розмір друкованого провідника в будь-якому місці, видимому в плані.

Контактна площадка (друкованої плати) — частина провідного рисунка, яку використовують для сполучення елементів радіоелектронної апаратури.

Контактна група — група контактних площадок, призначених для монтажу багатовивідного зовнішнього елемента.

Металізований отвір (друкованої плати) — отвір у друкованій платі з осадженим на стінках провідниковим матеріалом.

Монтажний отвір (друкованої плати) — отвір, який використовується для з'єднання виводів зовнішніх елементів з друкованою платою, а також для будь-якого електричного сполучення з провідним рисунком.

Перехідний отвір — наскрізний металізований отвір, який служить тільки для електричного сполучення провідників, розташованих на різних шарах друкованої плати.

Кріпильний отвір (друкованої плати) — отвір, який використовують для механічного кріплення друкованої плати на шасі, або для механічного кріплення зовнішніх елементів до друкованої плати.

Бік монтажу (друкованої плати) — бік друкованої плати, на якому розміщується більшість зовнішніх елементів.

Бік паяння (друкованої плати) — бік друкованої плати, протилежний боку монтажу друкованої плати.

Координатна сітка (кресленика друкованої плати) — сітка, яка визначає положення елементів рисунка друкованої плати у прямокутній або полярній системі координат.

Вузол координатної сітки — точка перетину ліній координатної сітки.

Крок координатної сітки — відстань між сусідніми лініями координатної сітки у лінійних або кутових одиницях.

Для виготовлення друкованих плат використовують фольговані та нефольговані листові діелектричні матеріали. Найширше використовують фольговані діелектрики. Для їх виробництва використовують папір або склотканину, просочені синтетичними композиційними смолами, а також полімерні плівки з лавсану, фторопласту тощо. На поверхню листових діелектричних матеріалів з одного або з двох боків, залежно від призначеності друкованих плат, наклеюють мідну фольгу товщиною 20, 35 або 50 мкм. Таким чином виготовляють однобічні або двобічні фольговані діелектрики. Приклади деяких фольгованих матеріалів наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 — Матеріали друкованих плат

Назва матеріалу	Марка матеріалу	ГОСТ, ТУ	Товщина фольги, мкм	Товщина матеріалу з фольгою, мм	Галузь застосування
Склотекстоліт фольгований однобічний	СФ-1-35	ГОСТ 10316-68	35	0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0	Однобічні друковані плати
	СФ-1-50		50	0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0	

Склотекстоліт фольгований двобічний	СФ-2-35		35	0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0	Двобічні друковані плати
	СФ-2-50		50	0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0	
Склотекстоліт теплостійкий фольгований одnobічний	СТФ-1	ТУ 16-503.161-77	35	0,13; 0,15; 0,20; 0,25; 0,35; 0,5; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5	Одnobічні друковані плати з підвищеною нагрівостійкістю
Склотекстоліт теплостійкий фольгований двобічний	СТФ-2		35	0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0	Двобічні друковані плати з підвищеною нагрівостійкістю

Виготовлення друкованих плат (ГОСТ 20406-75) здійснюють хімічним, електрохімічним або комбінованим методами. Останнім часом набуває поширення новий метод виготовлення — адитивний.

Хімічний (субтрактивний) метод полягає в тому, що на мідну фольгу, приклеєну до діелектрика з одного або двох боків, наносять фоторезистивний рисунок друкованої плати. Фоторезист — це світлочутливий матеріал, який під впливом актинічного випромінювання змінює властивості, перш за все розчинність. Заготованку з нанесеним рисунком піддають травленню, в результаті чого в незахищених фоторезистом ділянках, фольга розчиняється. Після цього фоторезист видаляється, проводиться свердлення монтажних отворів і лудіння провідників та контактних площин. Таким чином, при хімічному методі монтажні отвори не металізуються, що є одним із суттєвих недоліків.

В *електрохімічному* методі провідний рисунок отримують в результаті осадження металу на нефольгований діелектрик. При цьому попереднє осадження тонкого шару металу здійснюють хімічним відновленням, а вибіркве — гальванічним осадженням.

Комбінований метод є поєднанням перших двох методів. Провідний рисунок отримують витравлюванням міді, а металізацію отворів здійснюють електрохімічним способом. Залежно від того, на якому етапі відбувається травлення фольги (до металізації отворів чи після металізації) розрізняють відповідно *негативний* та *позитивний* комбінований методи виготовлення друкованих плат.

Адитивний метод полягає у створенні провідного рисунку шляхом вибіркового осадження провідникового матеріалу на нефольгований матеріал основи.

В процесі розробляння друкованих плат необхідно задовольнити велику кількість вимог щодо забезпечення їх конструктивних параметрів. Ці вимоги викладено у міждержавних стандартах ГОСТ 10317-79, ГОСТ 23751-86 та ряді інших.

Згідно з ГОСТ 10317-79 лінійні розміри кожної зі сторін друкованої плати мають бути кратними:

- 2,5 при довжині до 100 мм;
- 5,0 при довжині до 350 мм;
- 10,0 при довжині більше 350 мм.

Максимальний розмір будь-якої зі сторін не повинен перевищувати 470 мм. Співвідношення лінійних розмірів сторін має бути не більшим, ніж 1:3.

З метою спрощення компоновання блоків та уніфікації розмірів рекомендується вибирати останні з таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 — Лінійні розміри друкованих плат

У міліметрах

Ширина, мм	Довжина, мм	Ширина, мм	Довжина, мм	Ширина, мм	Довжина, мм	Ширина, мм	Довжина, мм
20	30	60	90	100	120	140	150
	40		100		130		200
30	40		140	110	150	150	150
			160		170		170
40	60	75	75	120	120		180
45	75		90		140		200
	80		170		150	160	170
50	60	80	130	120	160		200
	80		140		170	180	
	100	90	90		180	170	200
	150		120	200	280		
60	60	90	150	130	200	200	360
	80		170				

Для розміщення зовнішніх елементів та трасування провідників друкованої плати використовують координатну сітку ліній у прямокутній, або полярній системі координат. ГОСТ 10317-79 встановлює основний крок координатної сітки рівним 2,50 мм, а додаткові — 1,25; 0,625; (0,5) мм. Зауважимо, що на теперішній час ці положення є застарілими, оскільки з'явилися компоненти з кроком виводів, меншим за 0,5 мм, а також використовують компоненти закордонного виробництва з кроком у долях дюйма. У зв'язку з цим, базуючись на положеннях стандартів IPC (The Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits), в ході розроблення друкованих плат за основний крок координатної сітки приймають крок 0,50 мм в обох напрямках. Якщо координатна сітка з номінальним кроком 0,50 мм не задовольняє вимогам конкретної конструкції, то слід застосовувати координатну сітку з основним кроком 0,05 мм. Для конструкцій, що використовують елементну базу з кроком 0,625 мм, допускається використання кроку координатної сітки 0,625 мм. Крок координатної сітки вибирають у відповідності до кроку більшості елементів, які встановлюють на друковану плату. Якщо є потреба застосувати крок, відмінний від основ-

них кроків, то він має бути кратним основним крокам. Перевагу слід надавати наступним крокам:

- $p \times 0,05$ мм, де $p \times 5, 10, 15, 20, 25$;
- $p \times 0,50$ мм, де $p \times 1, 2, 5, 6, 10$.

При використанні мікросхем закордонного виробництва з відстанями між выводами за дюймовою системою допускається застосування наступних кроків:

- $p \times 2,54$ мм;
- $p \times 0,635$ мм.

Діаметри монтажних та перехідних отворів (металізованих і неметалізованих) мають відповідати ГОСТ 10317-79, який встановлює наступний ряд значень: 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 2,0; 2,1; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5; 2,6; 2,7; 2,8; 3,0 мм. Застосування різних діаметрів отворів в одній платі слід обмежувати. Не рекомендується застосовувати більше трьох різних діаметрів монтажних та перехідних отворів. Діаметри монтажних та перехідних отворів слід вибирати:

- неметалізованих — залежно від діаметрів выводів зовнішніх елементів, які встановлюють у ці отвори (табл.2.3);
- металізованих — залежно від діаметрів выводів зовнішніх елементів і товщини плати, в якій виконують отвори (табл. 2.4).

Таблиця 2.3 — Діаметри неметалізованих отворів
У міліметрах

Номінальний діаметр неметалізованого отвору	Діаметр виводу, не більше
0,6	0,4
0,8	0,6
1,0	0,8
1,3	1,0
1,5	1,2
1,6	1,5
2,0	1,7

Таблиця 2.4 — Діаметри металізованих отворів
У міліметрах

Номінальний діаметр металізованого отвору	Діаметр виводу, не більше	Номінальна товщина плати, не більше
0,6	0,4	1,2
0,8	0,5	1,6
1,0	0,7	2,0
1,3	0,8	2,5
1,5	1,0	3,0
1,6	1,2	3,0
2,0	1,5	3,0

Контактні площинки друкованої плати можуть мати довільну форму (круглу, прямокутну, квадратну тощо). У зовнішніх шарах вона визначається формою виводів зовнішніх елементів, способом з'єднання виводів з контактними площинками (в отвори паянням чи внапусток до контактних площинок паянням або зварюванням), способом виготовлення друкованої плати. Контактну площинку, призначену для першого виводу багатовивідного елемента, як правило, виконують за формою відмінною від решти площинок групи.

2.1.2 Правила виконання креслеників друкованих плат

Правила виконання креслеників друкованих плат встановлює ГОСТ 2.417-91. Кресленики однобічної, двобічної та багат шарової друкованої плати повинні мати найменування «Плата друкована». Розміри плати на кресленику мають бути зазначені одним із наступних способів:

- нанесенням координатної сітки в прямокутній системі координат;
- нанесенням координатної сітки в полярній системі координат;
- комбінованим способом за допомогою розмірних ліній та координатної сітки в прямокутній або полярній системі координат;
- у вигляді таблиці координат елементів провідного рисунка (провідників, контактних площинок тощо).

У разі нанесення розмірів за допомогою координатної сітки лінії сітки повинні нумеруватися. Крок нумерації визначається конструктивно, беручи до уваги насиченість та масштаб зображення, і може бути виражений у міліметрах або у кількості ліній координатної сітки.

Координатну сітку наносять тонкими суцільними лініями на все поле кресленика або на частину поверхні друкованої плати, або рисками по периметру контуру друкованої плати. Допускається виділяти на кресленику окремі лінії координатної сітки, що чергуються через певні інтервали, при цьому в технічних вимогах кресленика слід поміщати вказівку типу: «Лінії координатної сітки нанесені через одну».

За початок відліку у прямокутній системі координат на головному виді кресленика друкованої плати слід приймати:

- центр крайнього лівого або правого нижнього отвору;
- лівий або правий нижній кут друкованої плати;
- ліву або праву нижню точку, утворену лініями побудови.

Якщо розміри та конфігурація рисунку друкованої плати обумовлені в технічних вимогах, то допускається її елементи зображати умовно. Круглі контактні площинки з отворами, в тому числі і такі, що мають zenківку, а також контактні площинки довільної форми, розміри яких не зазначено, зображають на кресленику одним колом. Допускається контактні площинки, в тому числі і круглі, залежно від їх розмірів зображати умовно у вигляді квадрата, прямокутника, багатокутника тощо. Розміри та форму контактних площинок зазначають у технічних вимогах кресленика. Для нанесення розмірів елементів контактних груп рекомендується винести зображення контактної групи у збільшеному масштабі (рис. 2.1).

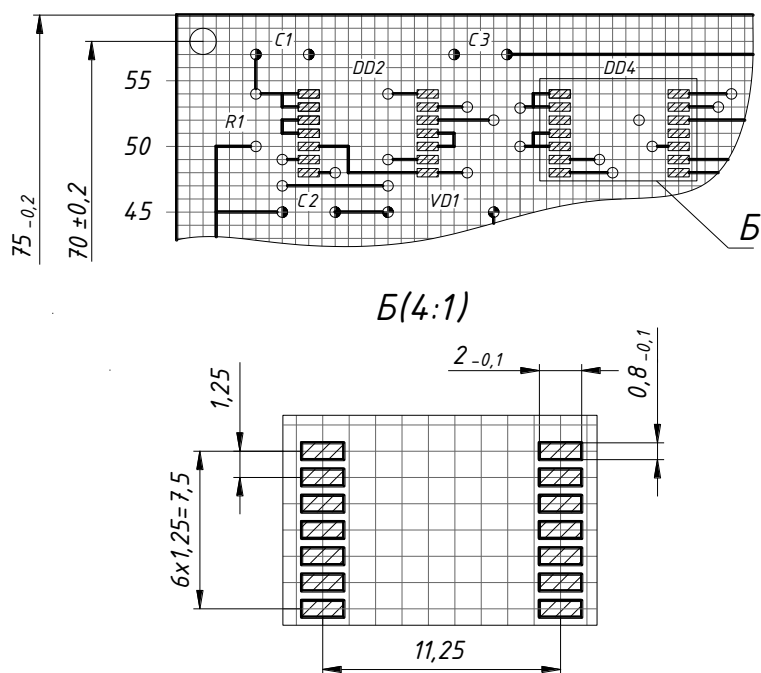


Рис. 2.1

Близькі за діаметром отвори зображають колом одного діаметра з обов'язковим нанесенням умовної позначки відповідно до ГОСТ 2.307. Приклади таких умовних позначок показано на рис. 2.2.

Діаметр, мм	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5
Умовна позначка отвору					

Рис. 2.2

Відомості про діаметр отвору, його умовну позначку, діаметр контактної площадки, наявність металізації, кількість отворів, об'єднують у таблицю, рекомендовану форму якої наведено на рис. 2.3.

	30	30	35	30	25
	Умовна позначка отвору	Діаметр отвору, мм	Наявність металізації в отворі	Діаметр контактної площадки, мм	Кількість отворів
10					

Рис. 2.3

Провідники на кресленнику слід позначати однією лінією, що є віссю симетрії провідника. Числове значення ширини провідника зазначають у технічних вимогах. Можна зображати провідники двома лініями, при цьому, якщо вони збігаються з лініями координатної сітки, числове значення ширини провідника не зазначають.

Окремі елементи рисунка друкованої плати (провідники, екрани, ізоляційні ділянки) допускається виділяти на кресленнику штриховкою, зачорненням тощо.

Ділянки друкованої плати, які не допускається займати друкованими провідниками та контактними площинками, на кресленнику необхідно обводити штрихово-пунктирною потовщеною лінією. Розміри цих ділянок визначають за координатною сіткою або наносять на кресленнику.

Маркування друкованої плати розміщують на вільному місці плати. При маркуванні способом, яким виконується провідний рисунок, допускається застосовувати будь-який шрифт, при цьому в технічних вимогах кресленника спосіб маркування не зазначають.

Над основним написом наносять технічні умови, які складають, групуючи їх за технологією виготовлення, і записують, наприклад, у такій послідовності:

- Плату виготовити ... (вказати метод).
- Плата повинна відповідати ... (вказати стандарт або технічні умови).
- Крок координатної сітки ... мм.
- Конфігурацію провідників витримувати за координатною сіткою з відхиленням від кресленника ... мм.
- Допускається скруглення кутів контактних площинок і провідників.
- Місця, обведені штрихово-пунктирною лінією, провідниками не займати.
- Ширина провідників у вільних місцях ... мм, у вузьких — ... мм.
- Відстань між двома провідниками, між двома контактними площинками або між провідником і контактною площинкою у вільних місцях не менше ... мм, у вузьких — не менше ... мм.
- Провідники покрити сплавом "Розе".
- Маркування виконати травленням шрифтом ... за НО.010.007.

Познаку друкованій платі та її кресленнику присвоюють за загальними правилами відповідно до класифікатора ЄСКД. Для друкованих плат цим класифікатором виділено групи класифікаційної характеристики 758700 – 758800. Група 758700 включає друковані плати на жорсткій основі з прямолінійним контуром в плані та непрямолінійним; одно- та двобічні; з друкованими провідниками, елементами, схемою. У межах цієї групи подальший розподіл за підгрупами та видами здійснюють відповідно до табл. 2.5.

Таблиця 2.5 — Розподіл за підгрупами та видами у групі 758700

Група	Підгрупа	Вид	Опис
7587_ _	1		з друкованими провідниками, однобічні;
	2		з друкованими провідниками, двобічні;
	3		з друкованою схемою, однобічні;
	4		з друкованою схемою, двобічні;
	5		з друкованими елементами.
		1	завширшки до 20 мм включно;
		2	завширшки понад 20 до 50 мм включно;
		3	завширшки понад 50 до 125 мм включно;
		4	завширшки понад 125 до 200 мм включно;
		5	завширшки понад 200 до 400 мм включно;
		6	завширшки понад 400 мм.

2.2 Зміст графічної роботи та порядок її виконання

Мета графічної роботи — набуття студентами вмінь і навичок виконання кресленика друкованої плати.

Студент повинен:

- Вивчити теоретичний матеріал, поданий у попередньому підрозділі.
 - Проаналізувати схему електронного вузла, яка була виконана при вивченні теми «Правила виконання схем цифрової обчислювальної техніки», і виходячи з конструктивних параметрів елементів вибрати крок координатної сітки (конструктивні параметри радіоелементів наведені у додатку Б).
 - Беручи до уваги взаємопов'язаність елементів схеми (кількість електричних зв'язків між ними), вибрати розміщення елементів на платі.
 - Здійснити трасування друкованих провідників, витримуючи їх конфігурацію за координатною сіткою.
 - Виконати кресленик друкованої плати. Для варіантів, у яких використовуються мікросхеми серії K155, кресленик виконувати у масштабі 2:1, а для варіантів, у яких використовуються мікросхеми серії K133, — у масштабі 4:1. Форми та розміри контактних площинок та контактних груп для мікросхем зазначених серій наведено у додатку В. Нанести розміри та записати технічні вимоги.
- Кресленики виконувати на форматі А3.

Список літератури

1. Ванін В.В., Перевертун В.В., Надкернична Т.М., Власюк Г.Г. Інженерна графіка. – К.: Видавнича група ВНУ, 2009. – 400 с.: іл.
2. ГОСТ 2.701–2008. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
3. ГОСТ 2.743–91. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники.
4. ДСТУ 2646–94. Плати друковані. Терміни та визначення.
5. ГОСТ 2.417–91. ЕСКД. Платы печатные. Правила выполнения чертежей.
6. ГОСТ 10317–79. Платы печатные. Основные размеры.
7. ГОСТ 23751–86. Платы печатные. Основные параметры конструкции.
8. ГОСТ 23752-79. Платы печатные. Общие технические условия.

Додаток А

Варіанти завдань до графічних робіт «Схема електрична принципова» та «Плата друкована»

Таблиця А.1 — Варіанти завдань

№ вар.	Рисунок	Елементи
1	Рис. А.1	Мікросхеми: DD1– DD3 — КА155ЛА3 БКО.348.006-01ТУ Резистори: R1, R2 — С1-4-0,125Н - 1 кОм ±10% АПШК.434.110.001ТУ
2		Мікросхеми: DD1– DD3 — КА133ЛА3 3.088.023ТУ Резистори: R1, R2 — С1-4-0,125Н - 1 кОм ±10% АПШК.434.110.001ТУ
3	Рис. А.2	Мікросхеми: DD1– DD3 — КА155ПР7 БКО.348.006-58ТУ
4		Мікросхеми: DD1– DD3 — КА133ПР7 3.088.023ТУ
5	Рис. А.3	Мікросхеми: DD1– DD4 — КА155ПР7 БКО.348.006-58ТУ
6		Мікросхеми: DD1– DD4 — КА133ПР7 3.088.023ТУ
7	Рис. А.4	Мікросхеми: DD1— КА155ЛА3 БКО.348.006-01ТУ DD2 — КА155ЛР1 БКО.348.006 ТУ DD3, DD4 — КА155ЛР3 БКО.348.006 ТУ
8		Мікросхеми: DD1— КА133ЛА3 3.088.023ТУ DD2 — КА133ЛР1 3.088.023ТУ DD3, DD4 — КА133ЛР3 3.088.023ТУ
9	Рис. А.5	Мікросхеми: DD1— КА155ЛА3 БКО.348.006-01ТУ DD2, DD3— КА155ЛР1 БКО.348.006 ТУ DD4, DD5 — КА155ЛР3 БКО.348.006 ТУ
10		Мікросхеми: DD1— КА133ЛА3 3.088.023ТУ DD2, DD3— КА133ЛР1 3.088.023ТУ DD4, DD5 — КА133ЛР3 3.088.023ТУ
11	Рис. А.6	Мікросхеми: DD1, DD3— КА155ЛА3 БКО.348.006-01ТУ DD2— КА155ЛР1 БКО.348.006 ТУ
12		Мікросхеми: DD1, DD3 — КА133ЛА3 3.088.023ТУ DD2— КА133ЛР1 3.088.023ТУ

13	Рис. А.7	Мікросхеми: DD1 — КА155ИЕ2 БКО.348.006-04ТУ DD2 — КА155ЛА3 БКО.348.006-01ТУ DD3 — КА155ТМ5 БКО.348.006-01ТУ DD4 — КА155ИД1 БКО.348.006-28ТУ
14		Мікросхеми: DD1 — КА133ИЕ2 3.088.023ТУ DD2 — КА133ЛА3 3.088.023ТУ DD3 — КА133ТМ5 3.088.023ТУ DD4 — КА133ИД1 3.088.023ТУ
15	Рис. А.8	Конденсатори: C1, C2 — КМ5Б – М75 – 1000 пФ $\pm 10\%$ ОЖО.460.161 ТУ Мікросхеми: DD1 — КА155ИЕ2 БКО.348.006-04ТУ DD2, DD4 — КА155ЛА3 БКО.348.006-01ТУ DD3 — КА155ТМ5 БКО.348.006-01ТУ Резистори: R1 — С1-4-0,25Н - 1 кОм $\pm 10\%$ АПШК.434.110.001ТУ Діоди: VD1 — КД221 ТТ3.362.045 ТУ
16		Конденсатори: C1, C2 — КМ5Б – М75 – 1000 пФ $\pm 10\%$ ОЖО.460.161 ТУ Мікросхеми: DD1 — КА133ИЕ2 3.088.023ТУ DD2, DD4 — КА133ЛА3 3.088.023ТУ DD3 — КА133ТМ5 3.088.023ТУ Резистори: R1 — С1-4-0,25Н - 1 кОм $\pm 10\%$ АПШК.434.110.001ТУ Діоди: VD1 — КД221 ТТ3.362.045 ТУ
17	Рис. А.9	Мікросхеми: DD1 — КА155ИЕ2 БКО.348.006-04ТУ DD2 — КА155ТМ5 БКО.348.006-01ТУ DD3 — КА155ЛА8 БКО.348.006-01ТУ
18		Мікросхеми: DD1 — КА133ИЕ2 3.088.023ТУ DD2 — КА133ТМ5 3.088.023ТУ DD3 — КА133ЛА8 3.088.023ТУ
19	Рис. А.10	Конденсатори: C1, C2 — КМ5Б – М750 – 1000 пФ $\pm 10\%$ ОЖО.460.161 ТУ Мікросхеми: DD1 — КА155ТМ2 БКО.348.006-01ТУ DD2, DD3 — КА155ЛА3 БКО.348.006-01ТУ Резистори: R1, R2 — С1-4- 0,125Н – 1 кОм $\pm 10\%$ АПШК.434.110.001ТУ Діоди: VD1 — КД221 ТТ3.362.045 ТУ
20		Конденсатори: C1, C2 — КМ5Б – М750 – 1000 пФ $\pm 10\%$ ОЖО.460.161 ТУ Мікросхеми: DD1 — КА133ТМ2 3.088.023ТУ DD2, DD3 — КА133ЛА3 3.088.023ТУ Резистори: R1, R2 — С1-4- 0,125Н – 1 кОм $\pm 10\%$ АПШК.434.110.001ТУ Діоди: VD1 — КД221 ТТ3.362.045 ТУ

21	Рис. А.11	Мікросхеми: DD1, DD2 — КА155ЛА3 БКО.348.006-01ТУ DD3 — КА155ТМ2 БКО.348.006-01ТУ
22		Мікросхеми: DD1, DD2 — КА133ЛА3 3.088.023ТУ DD3 — КА133ТМ2 3.088.023ТУ
23	Рис. А.12	Конденсатори: С1 — КМ5Б – М47 – 510 пФ $\pm 10\%$ ОЖО.460.161 ТУ Мікросхеми: DD1, DD2 — КА155ТМ2 БКО.348.006-01ТУ DD3 — КА155ЛА3 БКО.348.006-01ТУ Резистори: R1 — С1-4 – 0,125Н – 1 кОм $\pm 10\%$ АПШК.434.110.001ТУ Діоди: VD1 — КД221 ТТ3.362.045 ТУ
24		Конденсатори: С1 — КМ5Б – М47 – 510 пФ $\pm 10\%$ ОЖО.460.161 ТУ Мікросхеми: DD1, DD2 — КА133ТМ2 3.088.023ТУ DD3 — КА133ЛА3 3.088.023ТУ Резистори: R1 — С1-4 – 0,25Н – 1 кОм $\pm 10\%$ АПШК.434.110.001ТУ Діоди: VD1 — КД221 ТТ3.362.045 ТУ
25	Рис. А.13	Мікросхеми: DD1, DD2 — КА155ТМ2 БКО.348.006-01ТУ DD3 — КА155ИД1 БКО.348.006-28 ТУ
26		Мікросхеми: DD1, DD2 — КА133ТМ2 3.088.023ТУ DD3 — КА133ИД1 3.088.023ТУ
27	Рис. А.14	Мікросхеми: DD1 — КА155ЛА4 БКО.348.006 ТУ DD2, DD3 — КА155ЛА3 БКО.348.006-01ТУ
28		Мікросхеми: DD1 — КА133ЛА4 3.088.023 ТУ DD2, DD3 — КА133ЛА3 3.088.023 ТУ
29	Рис. А.15	Конденсатори: С1 — КМ5Б – М75 – 1000 пФ $\pm 10\%$ ОЖО.460.161 ТУ Мікросхеми: DD1 — КА155ЛА4 БКО.348.006-01ТУ DD2 — КА155ЛА3 БКО.348.006-01ТУ DD3 — КА155ТМ2 БКО.348.006-01ТУ Резистори: R1 — С1-4 – 0,125Н – 1 кОм $\pm 10\%$ АПШК.434.110.001ТУ
30		Конденсатори: С1 — КМ5Б – М75 – 1000 пФ $\pm 10\%$ ОЖО.460.161 ТУ Мікросхеми: DD1 — КА133ЛА4 3.088.023 ТУ DD2 — КА133ЛА3 3.088.023 ТУ DD3 — КА133ТМ2 3.088.023 ТУ Резистори: R1 — С1-4 – 0,125Н – 1 кОм $\pm 10\%$ АПШК.434.110.001ТУ

31	Рис. А.16	Мікросхеми: DD1 — КА155ЛА3 БКО.348.006-01ТУ DD2, DD4 — КА155ЛА6 БКО.348.006-01ТУ DD3 — КА155ТМ2 БКО.348.006-01ТУ
32		Мікросхеми: DD1 — КА133ЛА3 3.088.023 ТУ DD2, DD4 — КА133ЛА6 3.088.023 ТУ DD3 — КА133ТМ2 3.088.023 ТУ

Для з'єднання друкованого вузла з зовнішніми пристроями рекомендується застосувати вилку типу ОНп-КГ-22. З'єднувачі (вилки, розетки) типу ОНп-КГ-22 призначені для друкованого монтажу і випускаються з кроком між контактами (штирами) рівним 2,5 мм.

Приклад умовної позначки з'єднувача:

Вилка ОНп-КГ-22- 6/28х5-В53-11-(1,3,5,7,9,11) 6Р0.364.056 ТУ

кількість контактів	6
умовний розмір	28х5
вилка кутова	В53
кількість отворів в ізоляторі	11
номери отворів, у які вставлено контакти	(1,3,5,7,9,11)
позначка документа	6Р0.364.056 ТУ

Рисунки до завдань

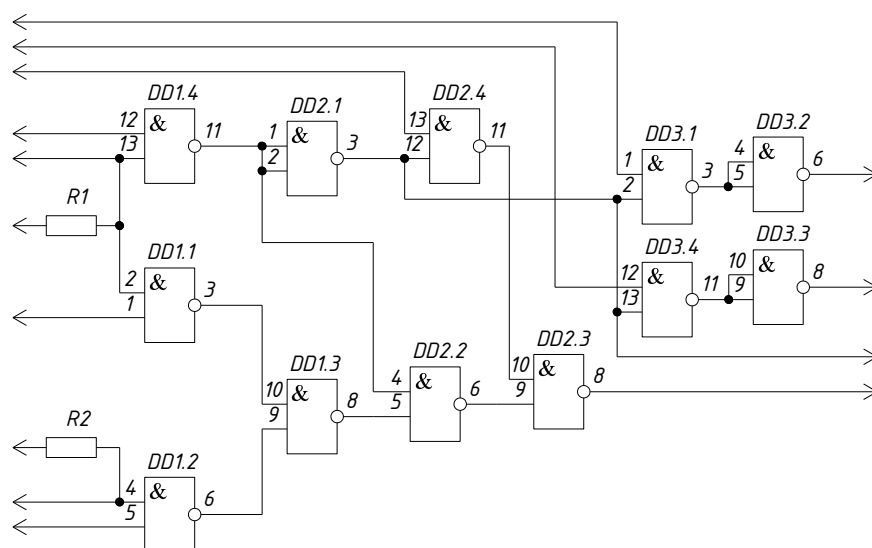


Рис. А.1

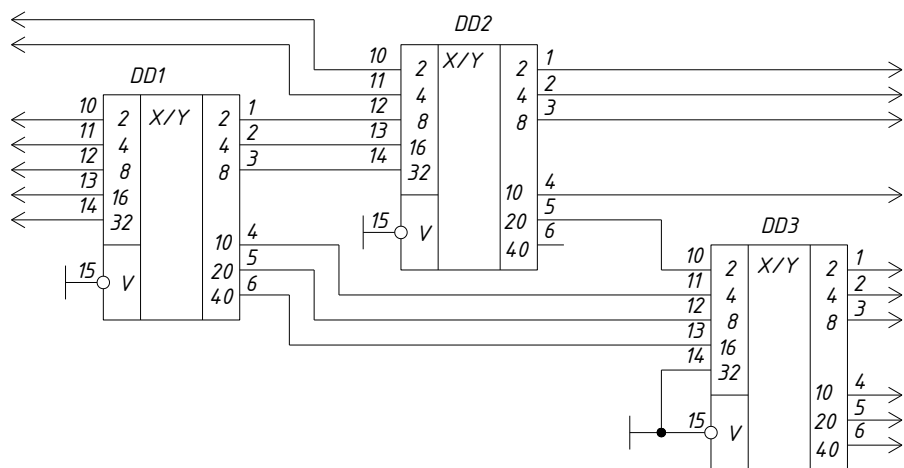


Рис. А.2

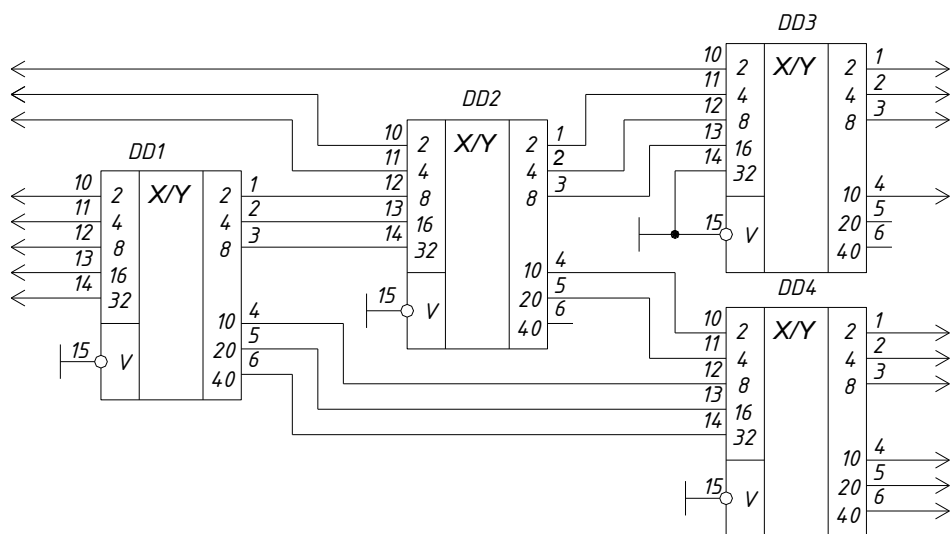


Рис. А.3

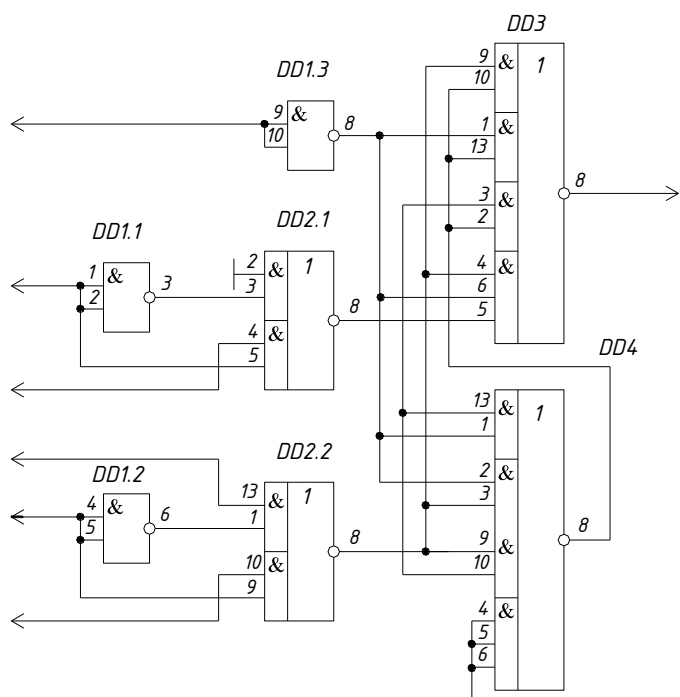


Рис. А.4

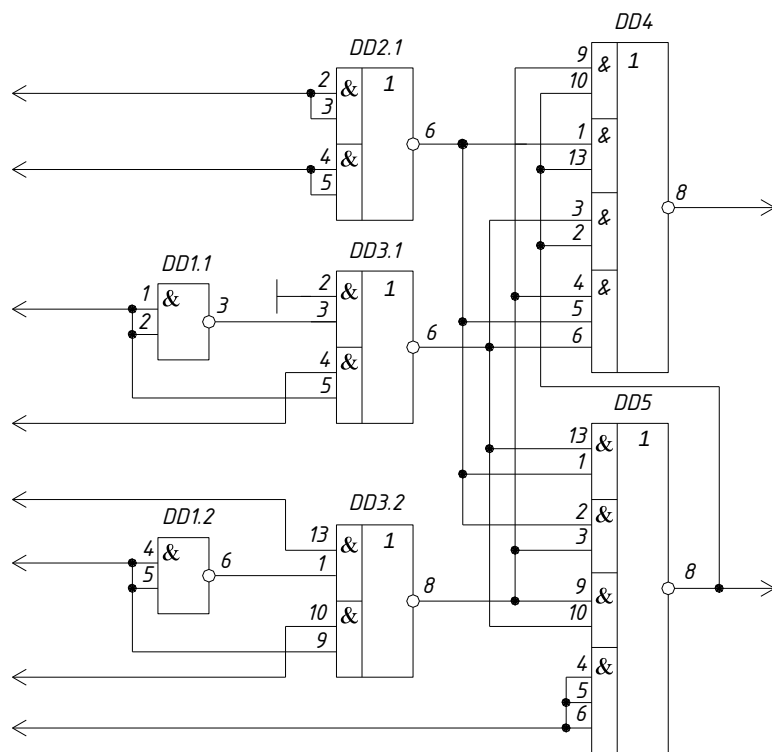


Рис. А.5

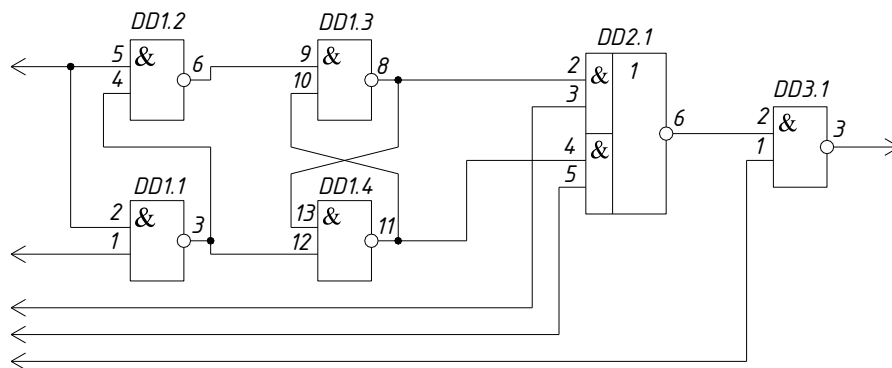


Рис. А.6

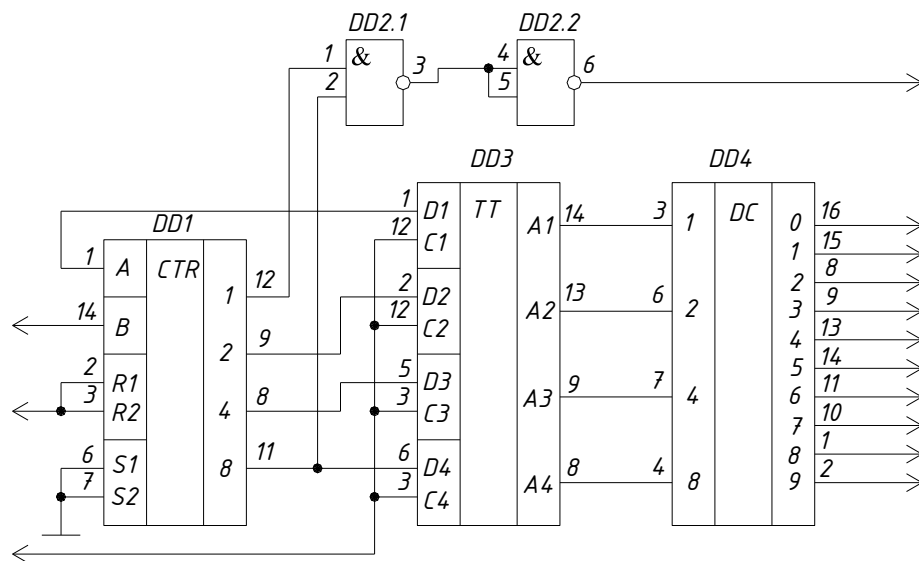


Рис. А.7

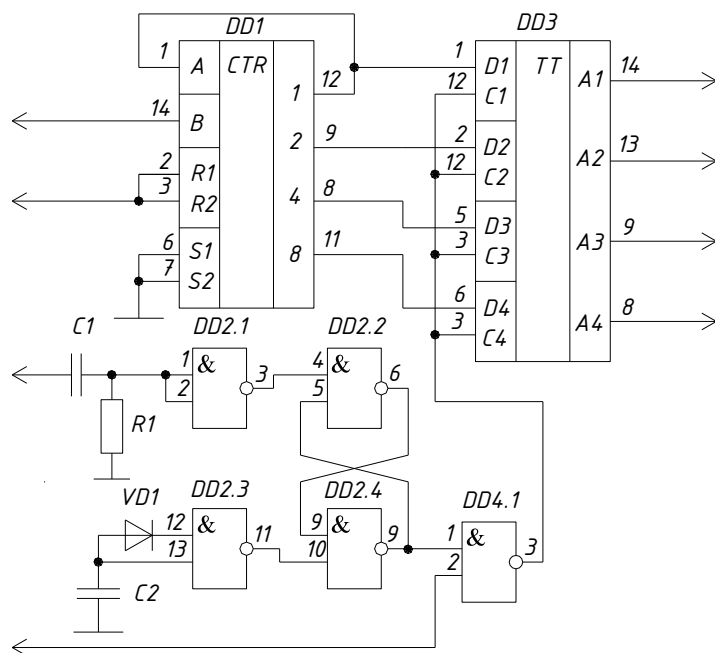


Рис. А.8

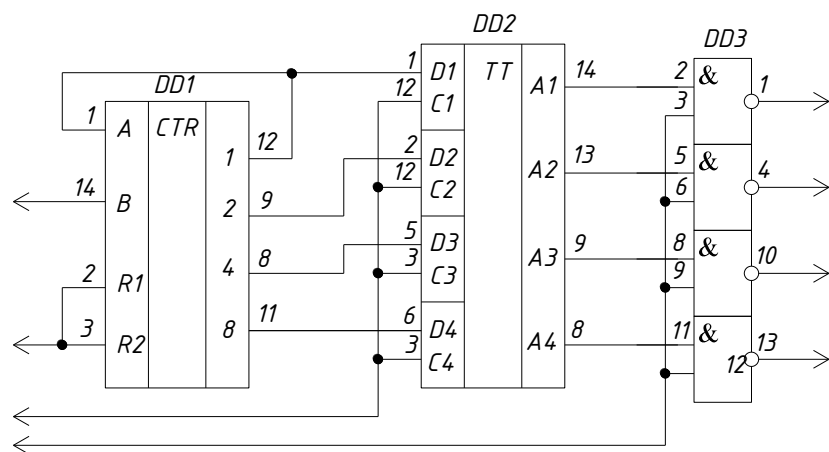


Рис. А.9

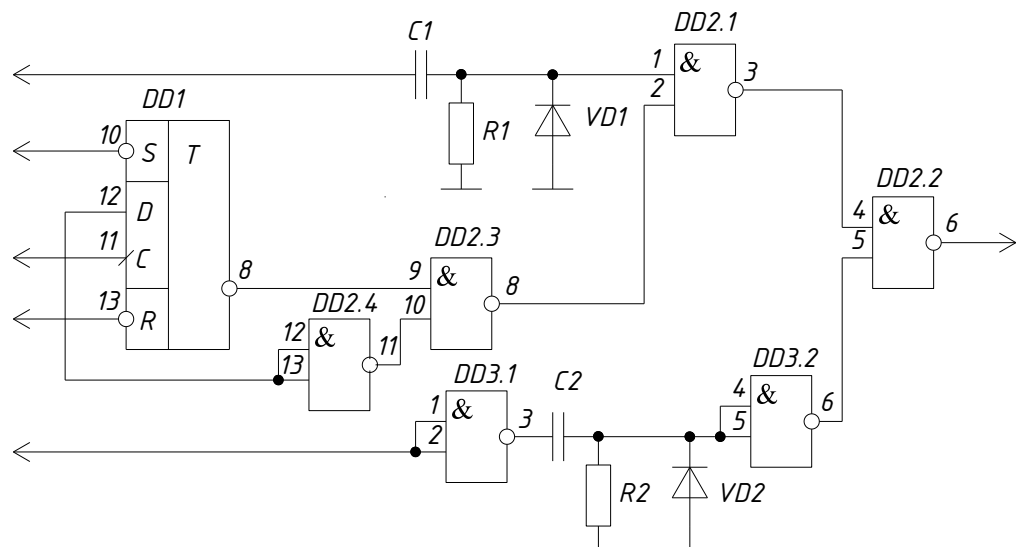


Рис. А.10

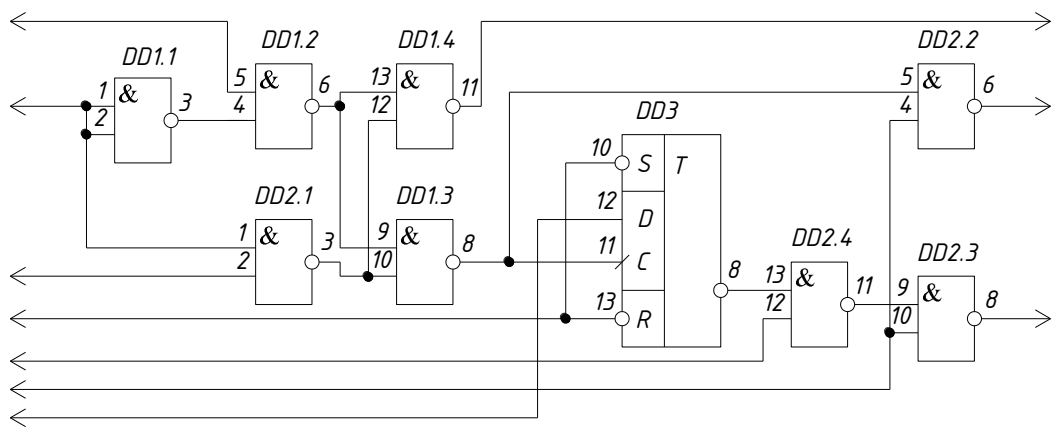


Рис. А.11

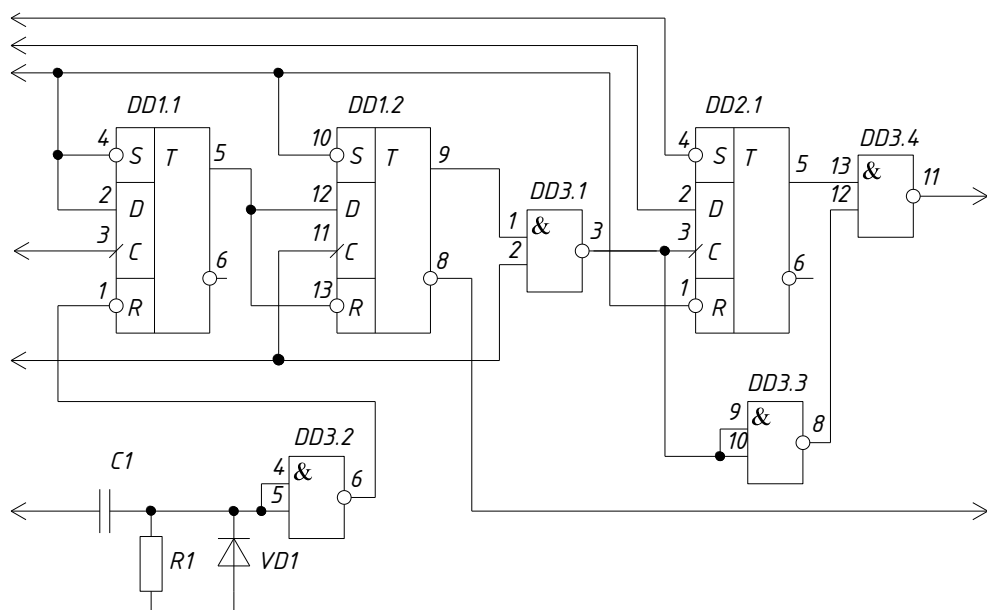


Рис. А.12

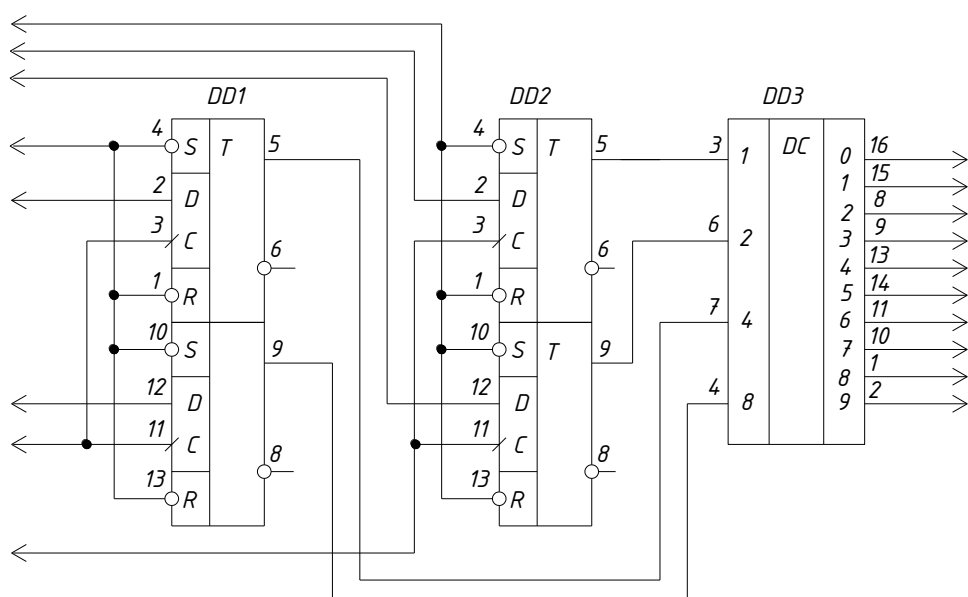


Рис. А.13

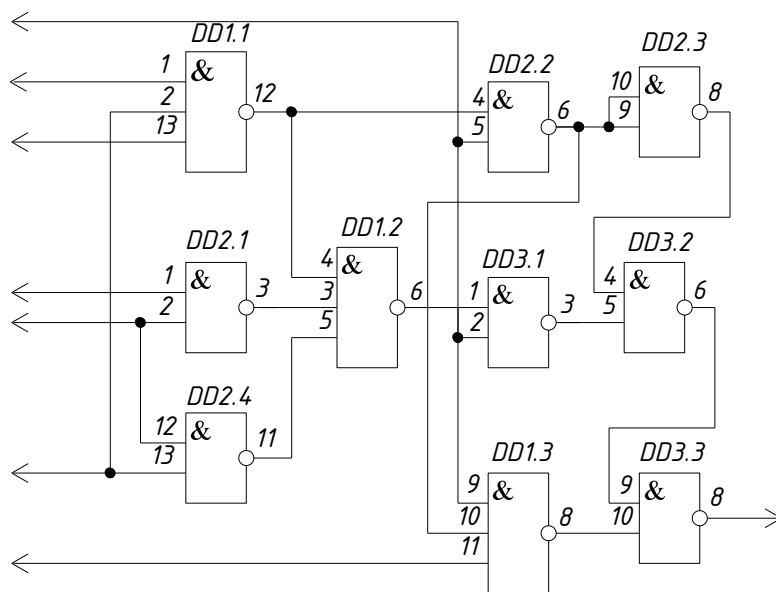


Рис. А.14

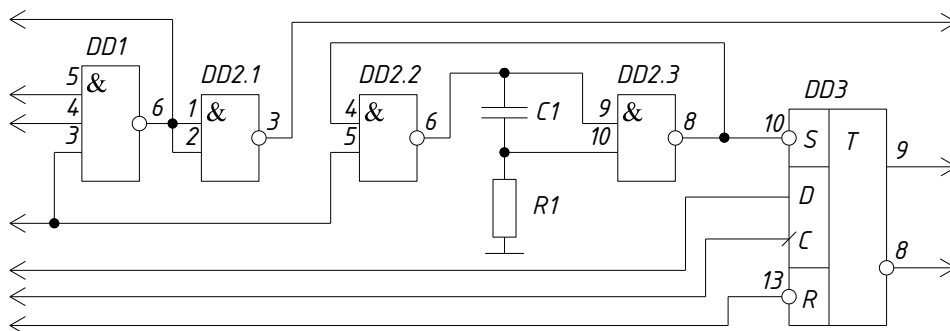


Рис. А.15

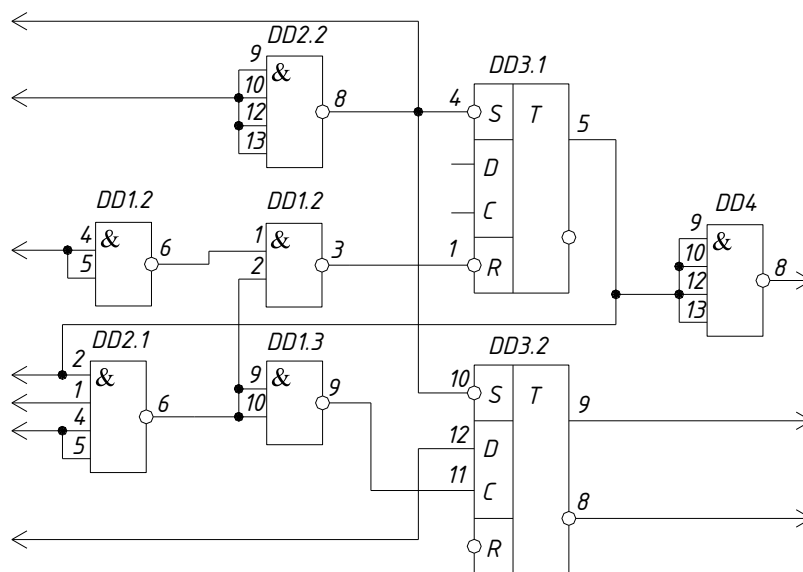


Рис. А.16

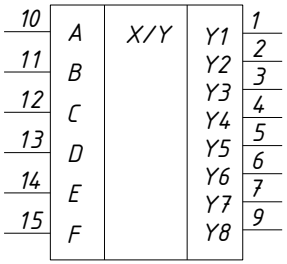
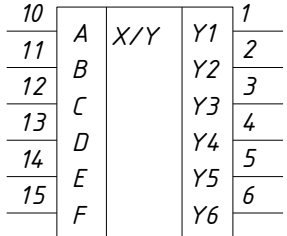
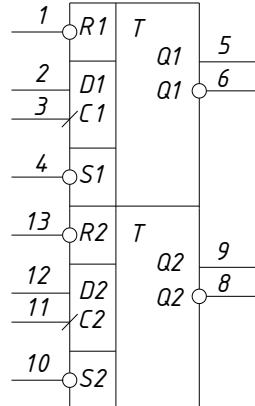
Додаток Б

Конструктивні параметри елементів

Таблиця Б.1 — Функційна призначеність та умовні позначки мікросхем

Мікросхема	Призначеність	Умовна позначка	Призначеність виводів	Тип корпусу
К155ИД1	Дешифратор керування газорозрядними індикаторами. Призначений для перетворення двійково-десятькового коду в десятиковий		1 – вихід V8; 2 – вихід V9; 3 – вхід X1; 4 – вхід X4; 5 – +5 V; 6 – вхід X2; 7 – вхід X3; 8 – вихід V2; 9 – вихід V3; 10 – вихід V7; 11 – вихід V5; 12 – загальний; 13 – вихід V4; 14 – вихід V5; 15 – вихід V1; 16 – вихід V0;	238.16-1
К133ИД1				238.16-2
КА155ИЕ2	Двійково-десятьковий чотирирозрядний лічильник		1 – вхід лічильний C2; 2 – вхід встановлення 0 R0(1); 3 – вхід встановлення 0 R0(2); 4,13 – вільні; 5 – +5 V; 6 – вхід встановлення 9 R9(1); 7 – вхід встановлення 9 R9(2); 8 – вихід Q3; 9 – вихід Q2; 10 – загальний; 11 – вихід Q4; 12 – вихід Q1; 14 – вхід лічильний C1;	201.14-1
КА133ИЕ2				201.14-2
КА155ЛА3	Чотири логічних елементи 2І-НІ		1,2,4,5,9,10,12,13 – входи X1-X8; 3 – вихід Y1; 6 – вихід Y2; 7 – загальний; 8 – вихід Y3; 11 – вихід Y4; 14 – +5 V;	201.14-1
КА133ЛА3				401.14-4

KA155ЛА4	Три логічних елементи 3І-НІ		1,2,13,3,4,5,9,10,11 – входи Х1-Х9; 6 – вихід Y3; 7 – загальний; 8 – вихід Y2; 12 – вихід Y1; 14 – +5 V;	201.14-1
KA133ЛА4				401.14-4
KA155ЛА6	Два логічних елементи 4І-НІ з великим коефіцієнтом розгалуження по виходу		1,2,4,5,9,10,12,13 – входи Х1-Х8; 6 – вихід Y1; 7 – загальний; 8 – вихід Y2; 14 – +5 V.	201.14-1
KA133ЛА6				401.14-4
KA155ЛА8	Чотири логічних елементи 2І-НІ з відкритим колектором		1 – вихід Y1; 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12 – входи Х1-Х8; 4 – вихід Y2; 7 – загальний; 10 – вихід Y3; 13 – вихід Y4; 14 – +5 V.	201.14-1
KA133ЛА8				401.14-4
KA155ЛР1	Два логічних елементи 2-2І-2АБО-НІ, один з розширенням по АБО		1-5, 9-13 – входи; 6, 8 – виходи; 7 – загальний; 14 – +5 V.	201.14-1
KA133ЛР1				401.14-4
KA155ЛР3	Логічний елемент 2-2-2-3І-4АБО-НІ з розширенням по АБО		1-6, 9-13 – входи; 8 – виходи; 7 – загальний; 14 – +5 V.	201.14-1
KA133ЛР3				401.14-4

KA155ПР6	Перетворювач двійково- десятькового коду в двійко- вий		1 – вихід Y1; 2 – вихід Y2; 3 – вихід Y3; 4 – вихід Y4; 5 – вихід Y5; 6 – вихід Y6; 7 – вихід Y7; 8 – загальний; 9 – вихід Y8; 10 – вхід адресний A; 11 – вхід адресний B; 12 – вхід адресний C; 13 – вхід адресний D; 14 – вхід адресний E; 15 – вхід дозволу вибірки F; 16 – +5 V.	238.16-2
KA133ПР6				402.16-6
KA155ПР7	Перетворювач двійково- десятькового коду в двійко- вий		1 – вихід Y1; 2 – вихід Y2; 3 – вихід Y3; 4 – вихід Y4; 5 – вихід Y5; 6 – вихід Y6; 7, 9 – вільні; 8 – загальний; 10 – вхід адресний A; 11 – вхід адресний B; 12 – вхід адресний C; 13 – вхід адресний D; 14 – вхід адресний E; 15 – вхід дозволу вибірки F; 16 – +5 V.	238.16-2
KA133ПР7				402.16-6
KA155ТМ2	Два D-тригери		1 – інверсний вхід встановлення "0" R1; 2 – вхід D1; 3 – вхід синхронізації C1; 4 – інверсний вхід встановлення "1" S1; 5 – вихід Q1; 6 – вихід інверсний Q1; 7 – загальний; 8 – вихід інверсний Q2; 9 – вхід Q2; 10 – інверсний вхід встановлення "1" S2; 11 – вхід синхронізації C2; 12 – вхід D2; 13 – інверсний вхід встановлення "0" R2; 14 – +5 V.	201.14-2
KA133ТМ2				401.14-4

KA155TM5	Чотири D-тригери		1 – вхід D1; 2 – вхід D2; 3 – вхід синхронізації C3, C4; 4 – +5 V; 5 – вхід D3; 6 – вхід D4; 7,10 – вільні; 8 – вихід D; 9 – вихід C; 11 – загальний; 12 – вхід синхронізації C1, C2; 13 – вихід B; 14 – вихід A;	201.14-2
KA133TM5				401.14-4

Таблиця Б.2 — Конструкція корпусів мікросхем

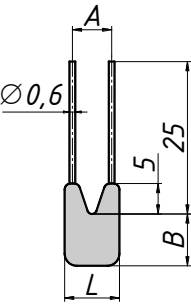
Тип корпусу	Кресленик
201.14-1 201.14-2 201.14-13	
238.16-1 238.16-2	

401.14-4	Technical drawing of resistor 401.14-4. The side view shows a length of 28 mm, a diameter of 0.6 mm, and a central body diameter of 2.3 mm. The top view shows a central square body with a side length of 6.5 mm, a keyway width of 4.5 mm, and a total width of 16 mm. The distance between the leads is 14 mm, and the lead length is 1.25 mm. The number of leads is 6, with a pitch of 1.25 mm (6 x 1.25 = 7.5 mm). The lead width is 0.5 mm, and the distance from the lead to the body is 0.43 mm. The keyway is labeled "Зона ключа".
402.16-6	Technical drawing of resistor 402.16-6. The side view shows a length of 31 mm, a diameter of 0.6 mm, and a central body diameter of 2.5 mm. The top view shows a central square body with a side length of 9.5 mm, a keyway width of 10.5 mm, and a total width of 31 mm. The distance between the leads is 16 mm, and the lead length is 1.25 mm. The number of leads is 7, with a pitch of 1.25 mm (7 x 1.25 = 8.75 mm). The lead width is 0.5 mm, and the distance from the lead to the body is 0.5 mm. The keyway is labeled "Зона ключа".

Таблиця Б.3 — Конструктивні параметри резисторів С1-4

Вид резистора	Кресленик	Розміри, мм			
		H	D	L	d
С1-4-0,125 Вт		6,0	2,3	28	0,6
С1-4-0,25 Вт		6,0	2,3	28	0,6
С1-4-0,5 Вт		9,0	3,2	28	0,6

Таблиця Б.4 — Конструктивні параметри конденсаторів КМ5Б

Група за температурною стабільністю	Межі номінальних ємностей, пФ	Кресленик	Розміри, мм		
			L	B	A
М47	27 – 110		5	4,5	2,5
	120 – 180		7	6,5	5,0
	200 – 330		9	8,5	7,5
	360 – 510		11	10,5	7,5
	560 – 680		13	12,5	10
М75	47 – 160		5	4,5	2,5
	180 – 330		7	6,5	5,0
	360 – 560		9	8,5	7,5
	620 – 1000		11	10,5	7,5
	1100 – 1300		13	12,5	10
М750	68 – 390		5	4,5	2,5
	430 – 750		7	6,5	5,0
	820 – 1000		9	8,5	7,5
	1100 – 1800		11	10,5	7,5
	2000 – 2700		13	12,5	10

Конструктивні параметри діода КД221 відображено на кресленку (рис. Б.1).

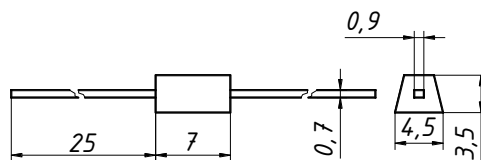
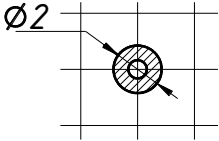
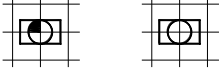
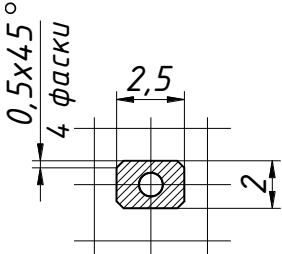
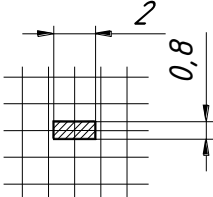
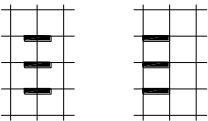
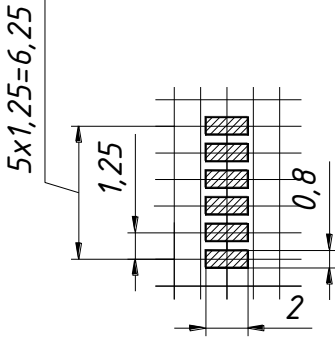


Рис. Б.1. Кресленик корпусу діода КД221

Додаток В

Контактні площинки та контактні групи

Таблиця В.1 — Конфігурація та умовні зображення контактних площинок і контактних груп

Конфігурація, розміри, розташунок	Умовне зображення
	
	
	
	

Додаток Г

Приклади виконання роботи

Розглянемо приклади виконання роботи.

Нехай завдання на графічну роботу має вигляд, зображений на рис. Г.1, а елементи схеми є наступними:

DD1, DD3 — мікросхема К155ЛА3 БКО.348.006-01ТУ;

DD2 — мікросхема К155ТМ2 БКО.348.006-01ТУ;

С1, С2 — конденсатор КМ5Б –М750 –1000 пФ $\pm 10\%$ ОЖО.460.161 ТУ

R1 — резистор С1-4 – 0,125Н – 1 кОм $\pm 10\%$ АПШК.434.110.001ТУ.

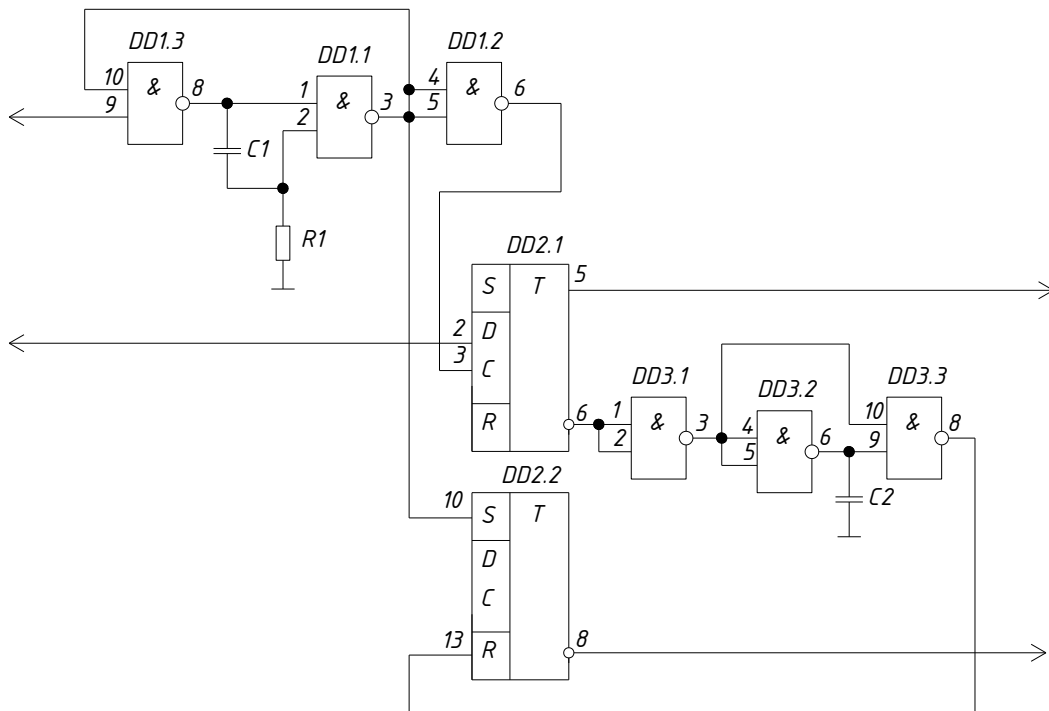


Рис. Г.1. Завдання на графічну роботу

Оформимо подану схему відповідно до вимог стандартів, а саме:

- змінимо дещо розташунок елементів, щоб схема набула компактнішого виду;
- намалюємо умовні позначки елементів, виходячи з одного й того ж значення кроку модульної сітки, проведемо лінії зв'язку та нанесемо позиційні позначки;
- додамо таблицю даних вхідних та вихідних ланцюгів, зобразивши її рознесеним способом, щоб уникнути довгих ліній зв'язку;
- зазначимо напругу живлення, користуючись інформацією, наведеною у додатку Б;
- заповнимо перелік елементів та основний напис.

Приклад виконання графічної роботи наведено на рис. Г.2.

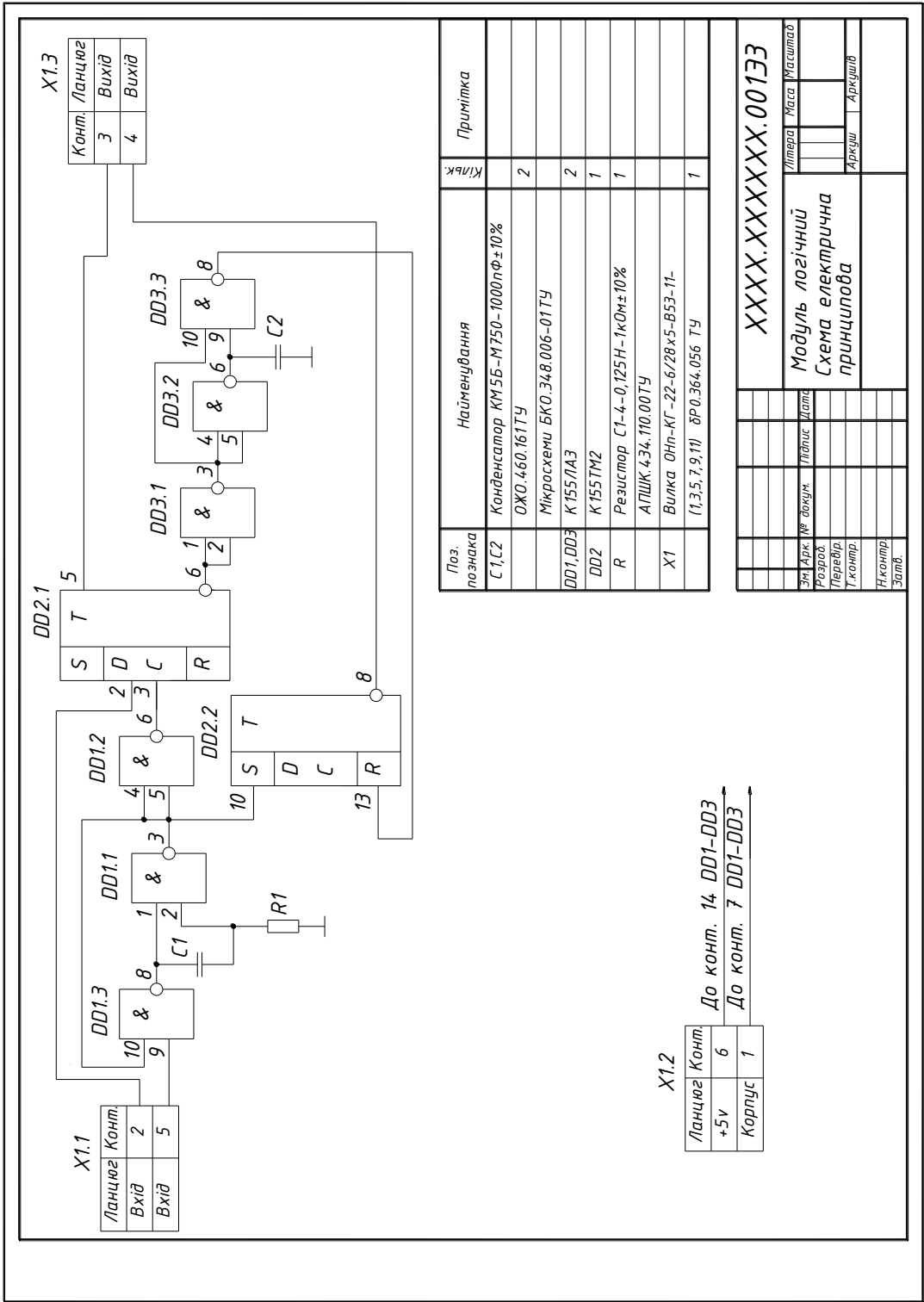


Рис. Г.2. Приклад виконання схеми

Розробляння кресленика друкованої плати виконуємо у наступній послідовності. Спочатку потрібно розвести друковану плату, тобто здійснити розміщення елементів та трасування провідників. У разі виконання цієї роботи вручну потрібен аркуш паперу в клітинку та олівець (краще два олівці різних кольорів, щоб провідники, які будуть знаходитися на різних боках плати, зображати різними кольорами). Проаналізувавши взаємозв'язки між елементами схеми, здійснюємо їх попереднє розміщення та прокладаємо провідники електричного живлення, як це показано на рис. Г.3. Штриховими лініями зображено провідники, що будуть знаходитися на іншому боці плати.

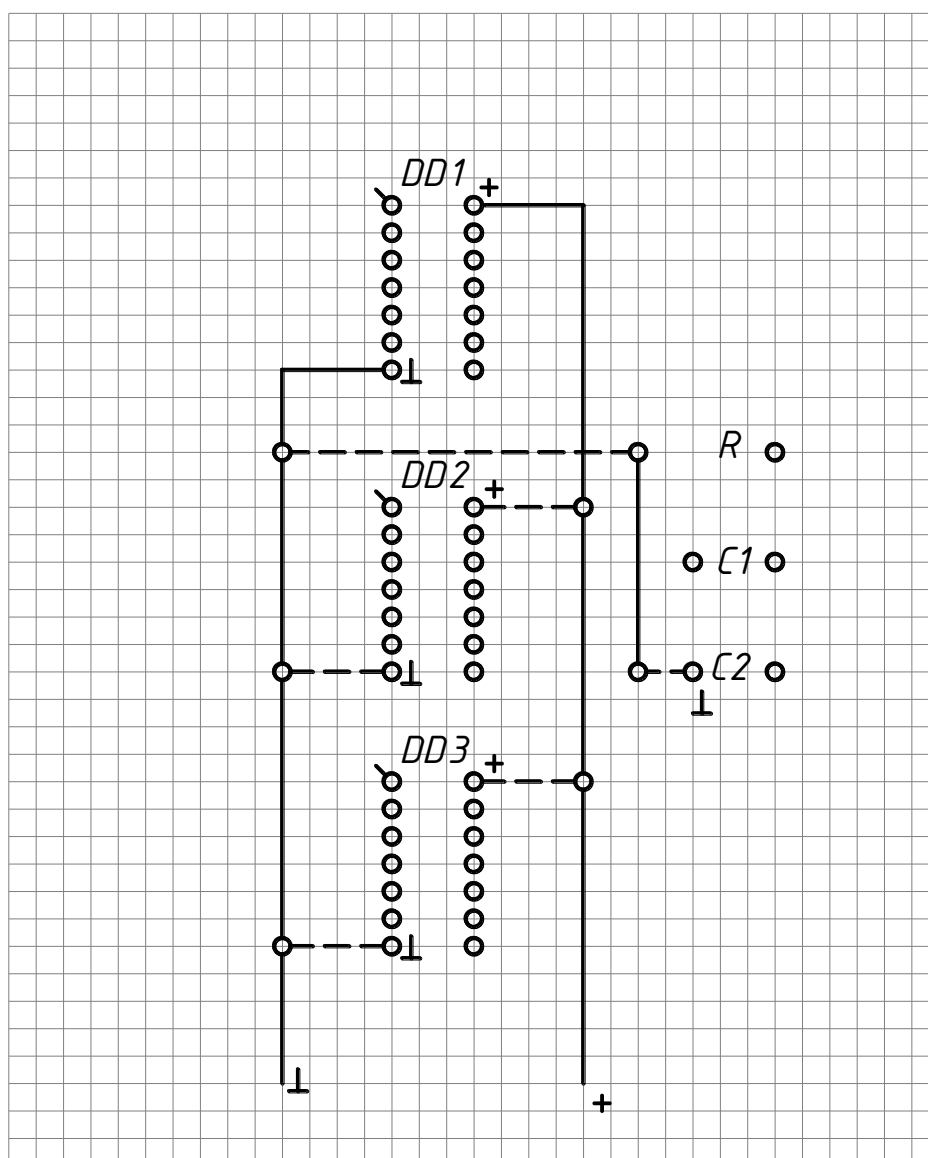


Рис. Г.3. Розміщення елементів та провідників живлення

Далі здійснюємо трасування решти провідників, намагаючись мінімізувати їх довжину та кількість переходів з одного боку плати на інший (рис. Г.4). За отриманою конфігурацією визначаємо розміри плати, заокругливши їх до найближчих допустимих значень, передбачених стандартом.

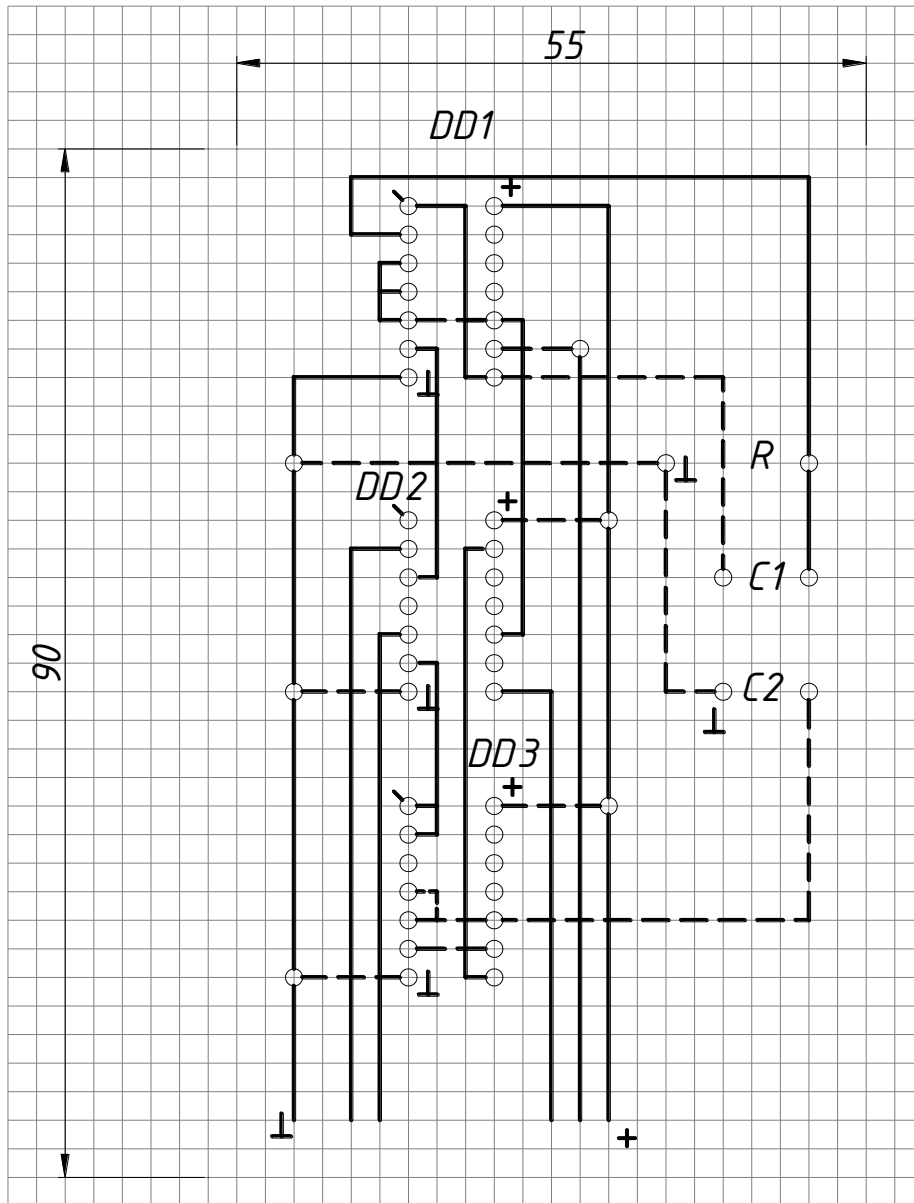


Рис. Г.4. Трасування решти провідників

Після завершення трасування оптимізуємо рисунок та виконуємо кресленик друкованої плати. Форму та розміри контактної групи показуємо за допомогою виносного елемента. Відомості про діаметри отворів, їх умовні позначки, діаметри контактних площинок, наявність металізації та кількість отворів оформляємо у вигляді таблиці. Записуємо технічні вимоги та заповнюємо основний напис (рис. Г.5, а і б).

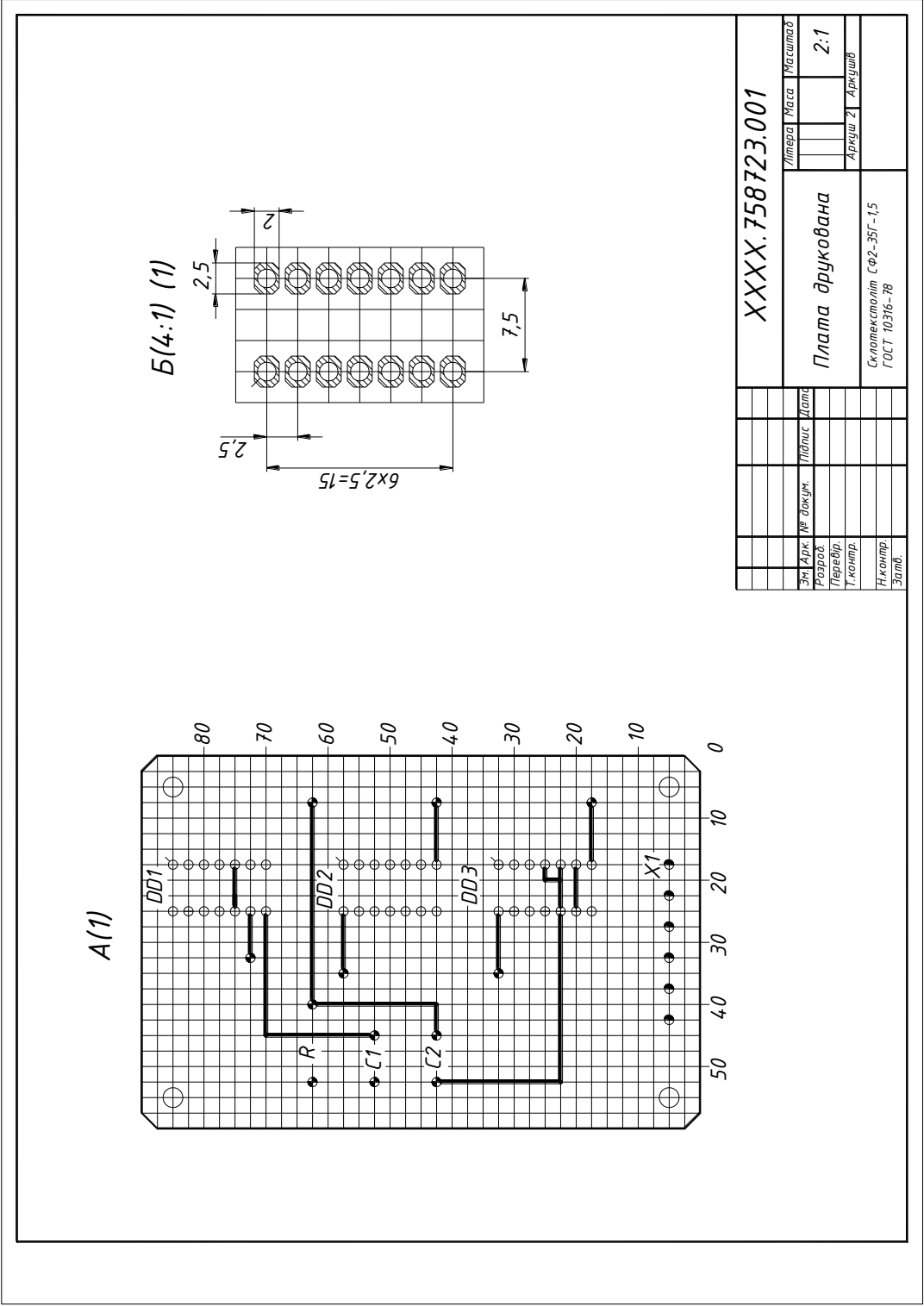


Рис. Г.5, б. Кресленик друкованої плати (другий аркуш)

Розглянемо ще один приклад виконання графічної роботи. Нехай завдання на має вигляд, зображений на рис. Г.6, а елементи схеми є наступними:

DD1– DD3 — мікросхема К133ЛА3 3.088.023 ТУ;

С1— конденсатор КМ5Б –М750 –1000 пФ $\pm 10\%$ ОЖО.460.161 ТУ;

R1, R2 — резистор С1-4 – 0,25Н – 1 кОм $\pm 10\%$ АПШК.434.110.001ТУ.

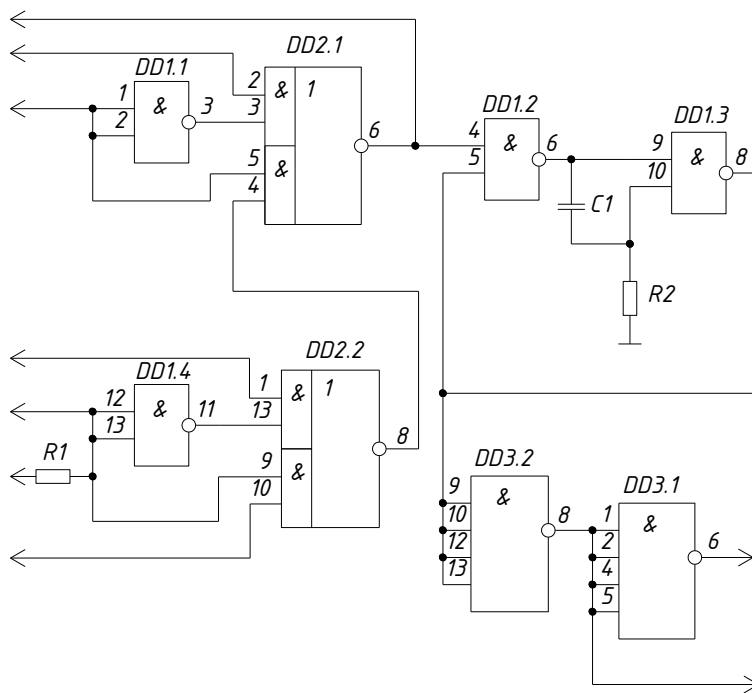


Рис. Г.6. Завдання на графічну роботу

Схема електрична принципова, оформлена відповідно до чинних стандартів, матиме вигляд, показаний на рис. Г.7. Оскільки на аркуші формату А3 виявилось недостатньо місця для розміщення переліку елементів, останній виконано окремим документом на аркуші формату А4 (рис. Г.8).

Розробляння друкованої плати для даної схеми здійснюється аналогічно до попереднього варіанту. Особливістю є лише відмінність конструктивних параметрів мікросхем. Для мікросхем серії К133 необхідно вибрати інший крок координатної сітки, а саме 1,25 мм, а також іншу форму контактних площинок. Рисунки Г.9 – Г.11 ілюструють послідовність виконання роботи.

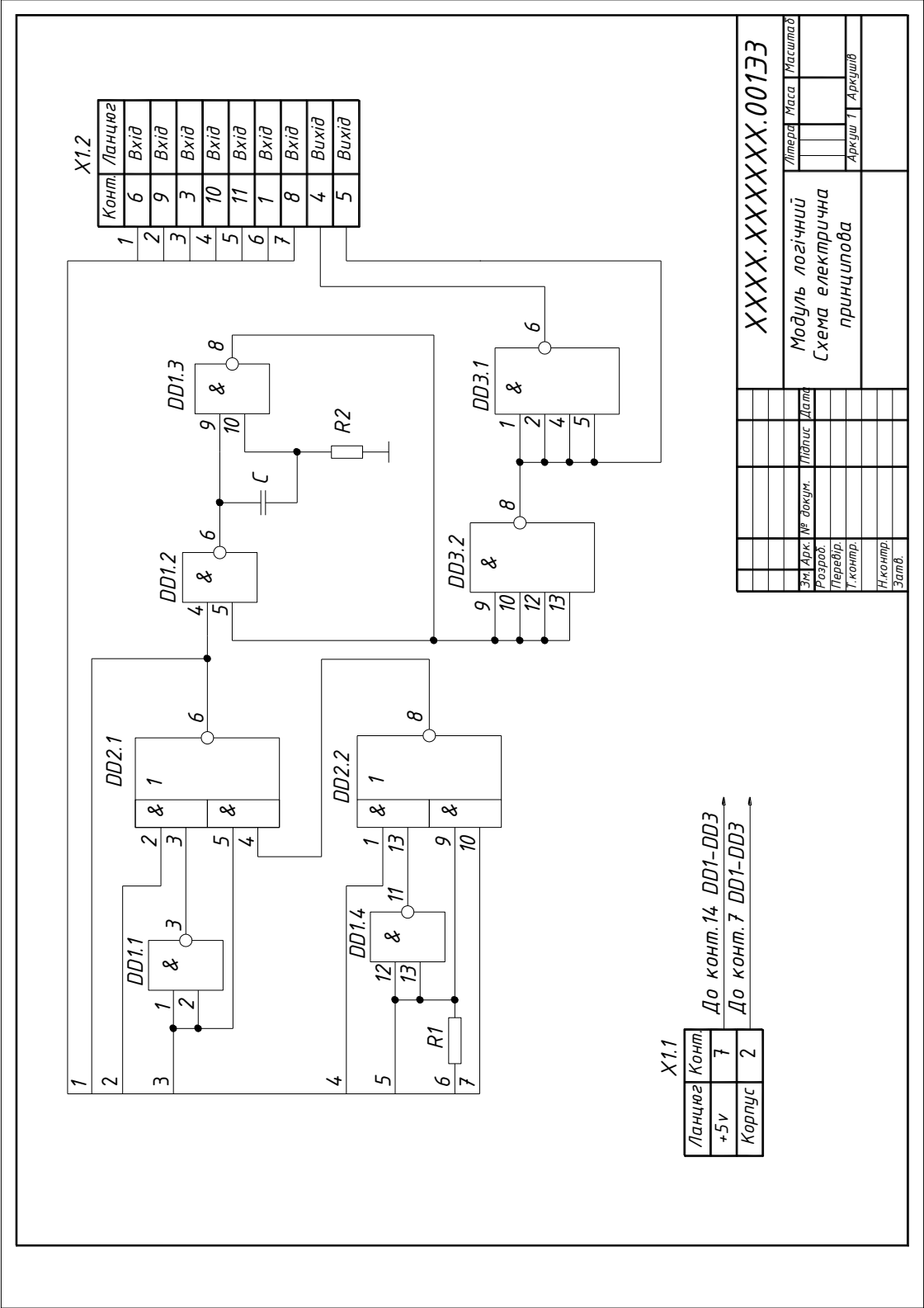


Рис. Г.7. Приклад виконання схеми

[illegible]

Рис. Г.8. Перелік елементів

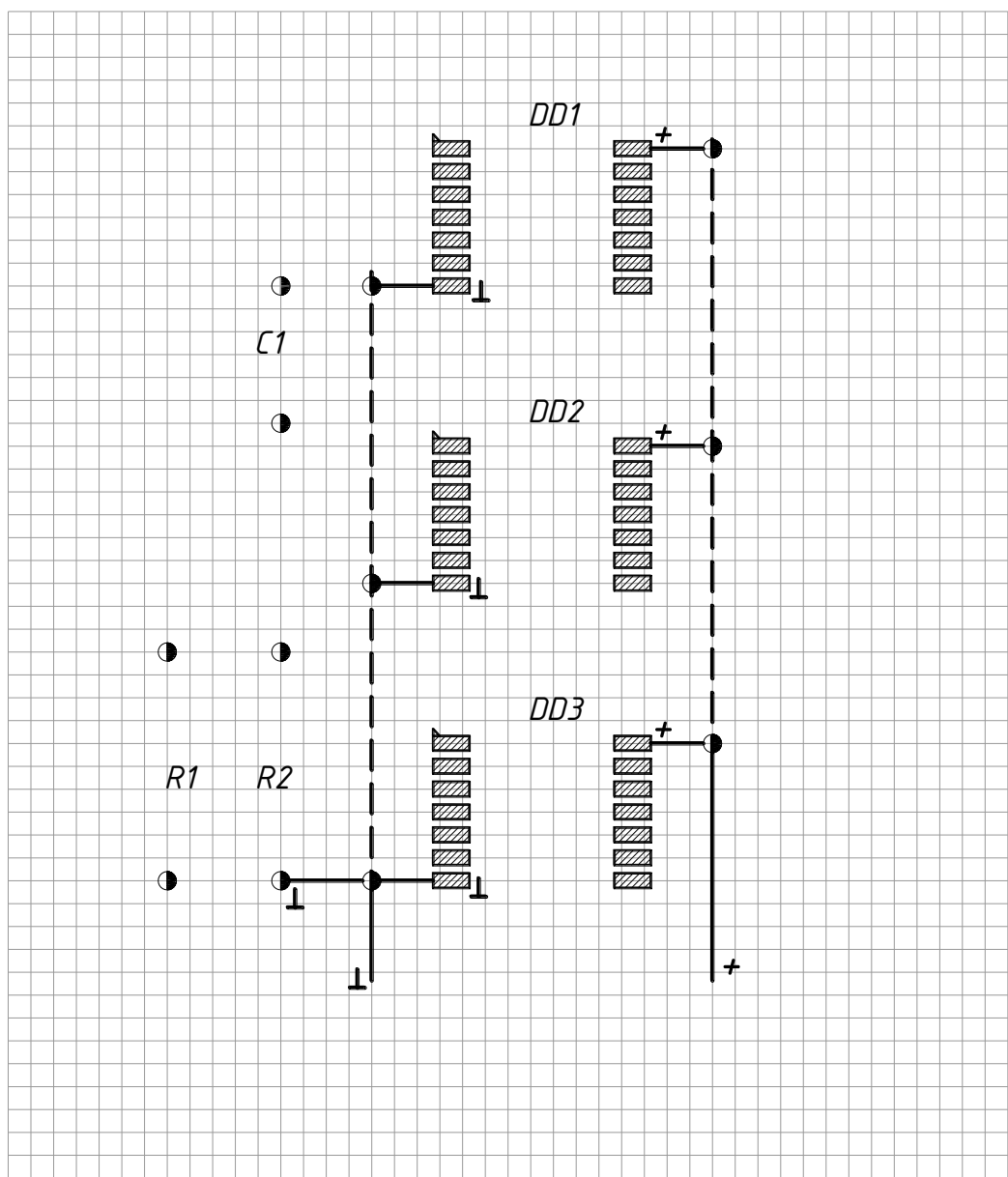


Рис. Г.9. Розміщення елементів та провідників живлення

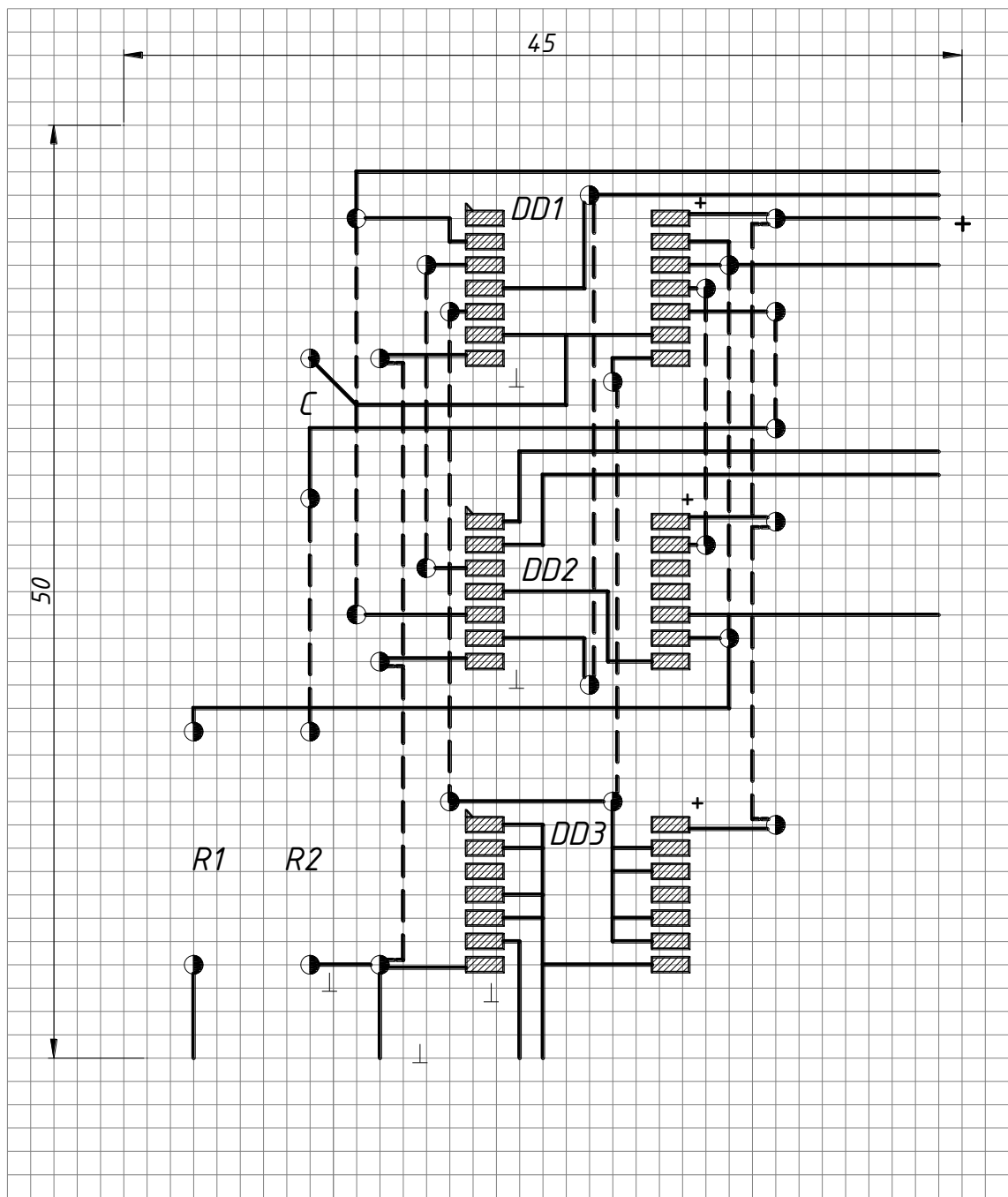


Рис. Г.10. Трасування решти провідників

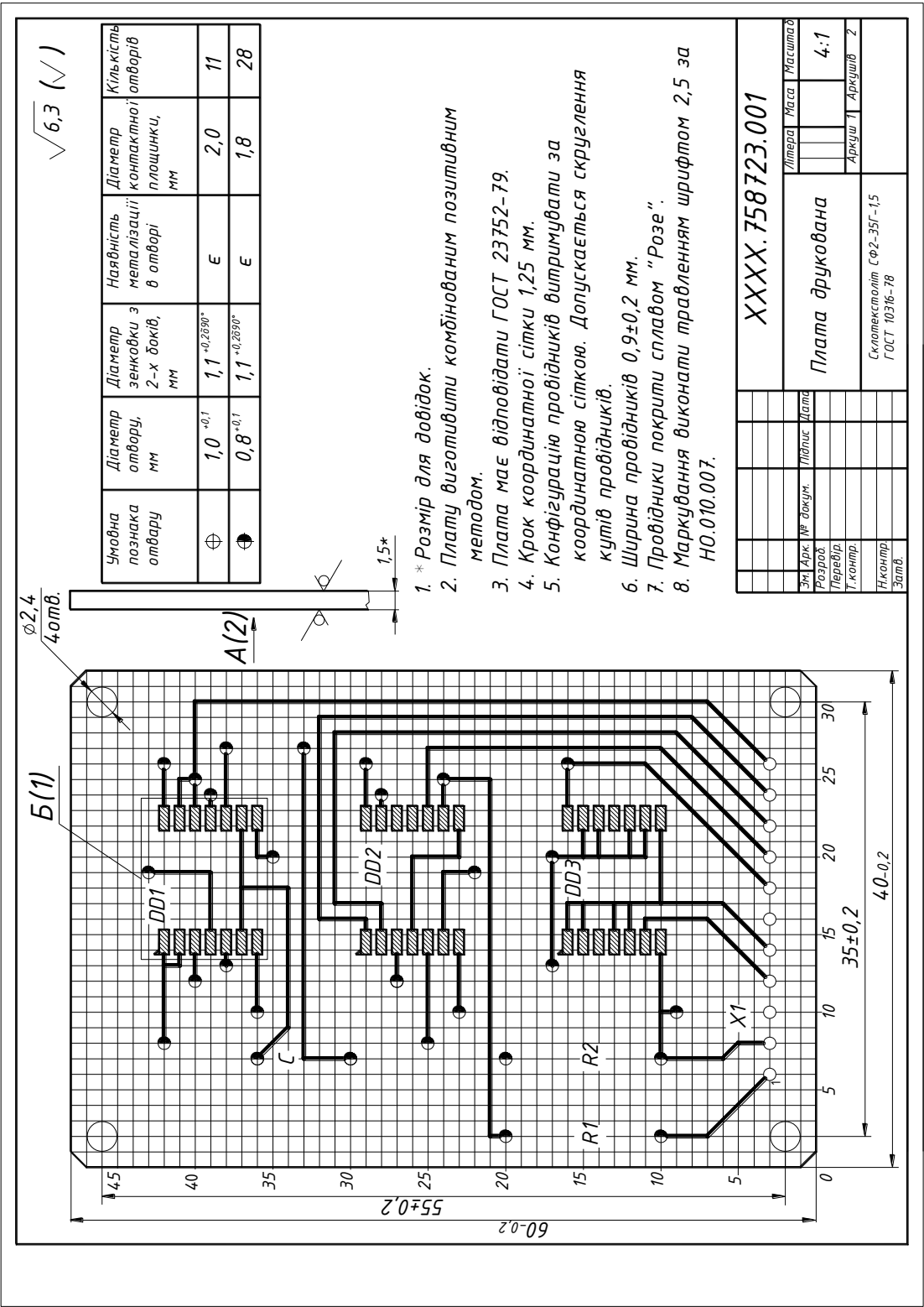


Рис. Г.11, а. Кресленник друкованої плати (перший аркуш)

