МIНIСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАІНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАІНИ

«КИЇВСКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ» КАФЕДРА КЕОА

**Домашня робота №4**

**з курсу: «Фізико-теоретичні основи конструювання»**

**Тема: «Вибір друкованої плати. Конструкторсько-технологічний розрахунок елементів друкованого монтажу»**

Виконала: студентка ІІІ-го курсу

гр. ДК-21

Адаменко І.О.

Київ – 2015

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1. Вибір друкованої плати**  **1.1. Вибір типу друкованої плати**  Друкована плата (ДП) призначена для електричного з'єднання і являє собою ізоляційну основу на лицьовій стороні якого розміщені конструктивні елементи, а на зворотному боці розміщені елементи друкованого монтажу: друковані провідники, контактні площадки, металізовані монтажні отвори. Їх застосування підвищує надійність апаратури, забезпечує повторюваність електричних параметрів, створює передумови для автоматизації виробництва (висока продуктивність і низька собівартість), зменшує габарити і масу.  Друковані плати за конструкцією поділяються на такі класи: односторонні (одношарові) - ОДП, двосторонні (двошарові) - ДДП і багатошарові - БДП.  ОДП можуть проводити малюнок на одній стороні діелектричної основи. Вони прості за конструкцією і у виготовленні. Монтажні і трасувальні можливості цих плат низькі. Надійність ОДП і механічна міцність кріплення елементів також невисока.  ДДП можуть проводити малюнок на двох сторонах основи. Вони володіють високою щільністю монтажу, підвищеною надійністю з'єднань. Дозволяють полегшити трасування провідників і оптимізувати розміри плати завдяки щільному розміщенню елементів. ДДП мають високу механічну міцність їх кріплення. Ці ДП допускають монтаж штирьових елементів з одного боку, а SMD  - компонентів з двох сторін. Це дозволяє реалізувати на них більш складні схеми, ніж на ОДП. Тому ДДП широко застосовуються в електронній апаратурі.  БДП складаються з чергованих тонких шарів діелектрика і провідних малюнків. У процесі виробництва всі шари фізично з'єднуються в одне ціле - багатошарова основа. Залежно від технології виготовлення (пресування) БДП, електричне з’єднання багатошарової структури може бути здійснено або наскрізними перехідними отворами, або із застосуванням міжшарових переходів. | | | | | | |
|  |  |  |  |  | *ДК21.468789.001 ПЗ* | *Арк.* |
| *2* |
| *Змн.* | *Арк.* | *№ докум.* | *Підпис* | *Дата* |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Міжшарові переходи з зовнішніх шарів на внутрішні називаються глухими, а між внутрішніми шарами - прихованими.  Згідно ТЗ та схеми електричної принципової вибираємо ДДП для нашого пристрою. Такий вибір зроблений виходячи з аналізу типів ДП. У зв'язку з кількістю зв'язків між елементами і потребою в зменшенні габаритів ДВ використання ОДП не оптимальне. Також виходячи з тривалості технологічного циклу і підвищеної вартості виробництва не використовуємо БДП. Вибір ДДП дозволяє забезпечити необхідну точність, щільність монтажу, надійність і забезпечити мінімальну вартість.  **1.2. Вибір матеріалу ДП**  Правильний вибір матеріалів, технологічних процесів і елементної бази при розробці сучасних друкованих вузлів багато в чому визначає рівень працездатності і надійність електронного пристрою в цілому при раціональних економічних витратах у виробництві. При цьому розглядаються такі аспект:   * призначення електронної системи: технічні умови на вироби, очікуваний робочий ресурс, елементна база з характеристиками по швидкодії, вихідному опору, рівню робочих сигналів, напрузі живлення і т. д.; * експлуатаційні вимоги по ремонтопридатності: можливості профілактики та ремонту, наявність запасних друкованих вузлів і блоків; * навколишні умови при зберіганні та роботі. Технологія виготовлення: сумісність з діючим виробництвом, ступінь і характер механізації і автоматизації при заданому обсязі виробництва; * базові та допоміжні матеріали: обсяг можливих поставок, вартість, необхідність відбору за спеціальними вимогами.   При виробництві ДП застосовуються вітчизняні та імпортні матеріали різних виробників. Матеріали, що застосовуються в якості основи для ДП повинні мати: високі електроізоляційні властивості, достатню механічну міцність, бути | | | | | | |
|  |  |  |  |  | *ДК21.468789.001 ПЗ* | *Арк.* |
| *3* |
| *Змн.* | *Арк.* | *№ докум.* | *Підпис* | *Дата* |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| стійкими до кліматичних впливів. Цим вимогам задовольняють електротехнічні матеріали: склотекстоліт, кераміка, фторопластова плівка, сапфір і ін..  В даний час введено новий параметр - опірність займання. Цьому параметру виділені полімерні композиційні матеріали FR-1 ... FR-5. Найбільш поширеним матеріалом для виробництва ДДП і БДП є FR-4. Стандартний FR-4 представляє собою композитивний матеріал на основі скловолокна (склотекстоліта). Має товщину 1,5 мм і складається з 8 шарів («препрегів») склотекстоліта. Застосування FR-4 дозволяє отримати отвори високої якості, а це важливо для монтажу елементів в отвори.  Відмінною характеристикою даного матеріалу є:   * високе значення адгезії фольги до підкладки діелектрика під впливом високої температури, * високий об'ємний та поверхневий електричний опір, * висока температура склування і стабільність геометричних розмірів.   Таким чином, для реалізації ДДП обраний сучасний, з високими параметрами матеріал FR4-2-35-1,5. Даний матеріал є фольгованим склотекстолітом з підвищеною нагрівостойкістю, товщиною 1,5 мм, облицьований з двох сторін мідною електролітичної фольгою товщиною 35 мкм.  **1.3. Метод виготовлення ДП**  При виборі необхідного методу виготовлення були розглянуті такі методи: хімічний субтрактівний метод, комбінований позитивний метод, метод попарного пресування друкованих плат, метод пошарового нарощування, метод металізації наскрізних отворів.  Комбінований позитивний метод має ряд переваг:   * можливість відтворення всіх типів друкованих елементів з високою точністю; | | | | | | |
|  |  |  |  |  | *ДК21.468789.001 ПЗ* | *Арк.* |
| *4* |
| *Змн.* | *Арк.* | *№ докум.* | *Підпис* | *Дата* |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| * захищеність фольгою ізоляції від технологічних розчинів - хороша надійність ізоляції; * хороша міцність зчеплення (адгезія) металевих елементів плати з діелектричним підставою.   Також цей метод має недоліки:   * відносно велика глибина травлення (фольга + металізація) створює бічне підтравлювання, що обмежує роздільну здатність процесу; * травлення малюнка по металлорезисту обмежує вибір розчинів для травлення; * після травлення малюнка схеми, металлорезіст або освітлюють для поліпшення пайки, або видаляють і, після нанесення паяльної маски, осаджують фінішні покриття під пайку. Обидва варіанти вимагають додаткових капітальних витрат і прямих витрат.   Вивчивши переваги, недоліки комбінованого методу і вимоги викладені в ТЗ, будемо використовувати комбінований позитивний метод.  **1.5. Вибір класу точності**  Точність виготовлення ДП залежить від комплексу технологічних параметрів і з практичної точки зору визначає основні параметри елементів ДП. В першу чергу це відноситься до мінімальної ширини провідників, мінімального зазору між елементами провідного малюнка і до ряду інших параметрів.  ГОСТ 23571-86 передбачає п'ять класів точності ДП. Вибір класу точності завжди пов'язаний з конкретним виробництвом. Спроба вирішити цю задачу в зворотньому порядку може призвести до того, що проект не буде реалізований.  При конструкторсько-технологічному розрахунку необхідно використовувати граничні значення елементів друкованого монтажу з урахуванням похибки їх виконання. Необхідні граничні значення елементів друкованого монтажу і допустимі похибки наведені в таблицях 1 і 2. | | | | | | |
|  |  |  |  |  | *ДК21.468789.001 ПЗ* | *Арк.* |
| *5* |
| *Змн.* | *Арк.* | *№ докум.* | *Підпис* | *Дата* |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблиця 1. Граничні значення основних параметрів ПМ    Таблиця 2. Допустимі похибки виконання елементів ПМ    Виготовлення ДП п'ятого класу точності вимагає застосування унікального високоточного обладнання, спеціальних (як правило, дорогих) матеріалів і навіть створення у виробничих приміщеннях «чистої зони». Таким вимогам відповідає далеко не кожне виробництво.  ДП четвертого класу випускаються на високоточному обладнанні, але вимоги до матеріалів, обладнання та виробничих приміщень нижче, ніж для п'ятого класу.  ДП третього класу - найбільш поширені, оскільки, з одного боку, забезпечують досить високу щільність трасування і монтажу, а з іншого - для їх виробництва досить рядового, хоча і спеціалізованого устаткування.  Випуск ДП другого і третього класів здійснюється на рядовому обладнанні, а іноді навіть на обладнанні, що не спеціалізоване для виготовлення ДП. Такі ДП, | | | | | | |
|  |  |  |  |  | *ДК21.468789.001 ПЗ* | *Арк.* |
| *6* |
| *Змн.* | *Арк.* | *№ докум.* | *Підпис* | *Дата* |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| з невисокими конструктивними параметрами, призначені для недорогих пристроїв з малою щільністю монтажу.  Розроблювальний пристрій має SMD-компоненти, повинен мати досить високу щільність монтажу, малі габарити, володіти високою надійністю. Для конструюється ДП вибираємо 4-ий клас точності, так як він забезпечує достатню щільність трасування і монтажу з урахуванням необхідних габаритів пристрою.  **2. Конструкторсько-технологічний розрахунок елементів ДП**  **2.1. Визначення мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струму для ланцюгів живлення і землі**  Мінімальна ширина друкованого провідника по постійному струму bmin I  (мм) для ланцюгів живлення та «землі» визначається виразом 2.1.1:  𝐼𝑚𝑎𝑥 (2.1.1)  𝑏min 𝐼 = 𝑗 ∙ 𝑡 ,  доп пров  де *Imax* – максимально можливий струм у ланцюгу, А  *j*доп – допустима щільність струму для ДП, який виготовлено комбінованим позитивним методом, 𝑗 = 48 А  доп 𝑚𝑚2  *t*пров – товщина друкованого провідника, яка визначається виразом (2.1.2), мм Друкований провідник виготовлюється комбінованим позитивним методом.  Згідно методу виготовлення:  𝑡пров=ℎф + ℎгм + ℎхм, (2.1.2)  де *hф* – товщина фольги, *hф=*0,035 мм  *hгм* – товщина шара гальванічно осадженої міді, hгм = 0,055 мм  *hхм* – товщина шара хімічно осадженої міді, hхм = 0,0065 мм  *tпров*=0,035+0,055+0,0065=0,0965 мм  Параметр *Imax* у виразі (2.1.1) визначається як сума струмів, які споживають всі активні елементи схеми. Значення струмів, які споживають активні елементи схеми, представлено в таблиці 3. | | | | | | |
|  |  |  |  |  | *ДК21.468789.001 ПЗ* | *Арк.* |
| *7* |
| *Змн.* | *Арк.* | *№ докум.* | *Підпис* | *Дата* |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблиця 3. Струми, які споживають елементи схеми  ІС Кількість ІС Iспож, мА SN74AS10 1 5  SN74AS93 4 4×9=36  SN74AS97 4 4×16=64  У результаті  *Imax =*5+36+64=105 мА  Тоді мінімальна ширина друкованого провідника на постійному струмі для ланцюгів живлення і «землі» визначається наступним чином:  𝐼𝑚𝑎𝑥 0,105  𝑏min 𝐼 = 𝑗 ∙ 𝑡 = 48 ∙ 0,0965 = 0,023 мм  доп пров  Отримане значення мінімальної ширини провідника bminI = 0,023 мм включає в себе значення обраного 4 класу точності (𝑏г = 0,15 мм). Таким чином,  пр  оптимальна ширина провідника на постійному струмі для ланцюгів живлення і  «землі» дорівнює розрахованим значенням.  **2.2. Визначення мінімальної ширини провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому**  Мінімальна ширина провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому, визначається наступним виразом (2.2.1):  𝑝 ∙ 𝐼𝑚𝑎𝑥 ∙ 𝐿пров (2.2.1)  𝑏min 𝑈 = 𝑈 ∙ 𝑡 ,  доп пров  де ρ – питомий опір провідника, виготовленого комбінованим позитивним  2  методом, ρ=0,0175 Ом∙мм  м  Lпров – довжина найдовшого друкованого провідника на ДП, Lпров=110мм  Uдоп – допустиме падіння напруги на друкованому провіднику, Uдоп=0,05×Eп,  Uдоп =0,05×5=0,25 В | | | | | | |
|  |  |  |  |  | *ДК21.468789.001 ПЗ* | *Арк.* |
| *8* |
| *Змн.* | *Арк.* | *№ докум.* | *Підпис* | *Дата* |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lпров=0,11 м  𝑝 ∙ 𝐼𝑚𝑎𝑥 ∙ 𝐿пров 0,0175 ∙ 0,105 ∙ 0,11  𝑏min 𝑈 = = = 8,4 ∙ 10−3мм  𝑈доп ∙ 𝑡пров 0,0965 ∙ 0,25   * 1. **Визначення номінального діаметра монтажного отвору**   𝑑 ≥ 𝑑ве + ∆𝑑мо + 𝑟, (2.3.1)  де dве – діаметр вивода елемента, для якого визначається діаметр монтажного отвору,  ∆d – нижнє граничне відхилення від номінального діаметра МО, ∆dмо=0,1  мм  r– різниця між мінімальним діаметром МО і максимальним діаметром вивода елемента, r=0,1…0,2 мм  𝑑 ≥ 𝑑ве + ∆𝑑мо + 𝑟 = 0,5 + 0,1 + 0,2 = 0,8 мм   * 1. **Визначення діаметра контактної площадки**   𝐷𝑚𝑖𝑛 = 𝐷𝑚𝑖𝑛1 + 1,5 ∙ ℎф + 0,03, (2.4.1) де Dmin1 – мінімальний ефективний діаметр КМ, мм,  hф – товщина фольги, hф = 0,035 мм. Коефіцієнт 1,5hф враховує підрівнювання фольги друкованого провідника в ширину.  0,03 – КМ виготовляють комбінованим позитивним методом.  𝐷 = 2 ∙ (𝑏 + 𝑑𝑚𝑎𝑥 + 𝛿 + 𝛿 ), (2.4.2)  min 𝐼 по 2 𝑜 км  де dmax - максимальний діаметр просвердленого отвора в ДП, мм, bпо - ширина пояска КМ, bпо =0,05 мм (табл.1)  δо - похибка розташування центру отвора щодо вузла КС, δо=0,07 мм (табл.2),  δкм - похибка розташування центру КМ щодо вузла КС, δкм=0,05 (табл.2).  Максимальний діаметр просвердленого отвору ДП: | | | | | | |
|  |  |  |  |  | *ДК21.468789.001 ПЗ* | *Арк.* |
| *9* |
| *Змн.* | *Арк.* | *№ докум.* | *Підпис* | *Дата* |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| dmax=d+∆d+(0,1…0,15), (2.4.3)  де d– номінальний діаметр МО, мм,  ∆d- допуск на діаметр отвору, ∆d=0,05 мм dmax=d+∆d+(0,1…0,15)=0,8+0,05+0,1=0,95 мм  𝑑𝑚𝑎𝑥 0,95  𝐷min 𝐼 = 2 ∙ (𝑏по + 2 + 𝛿𝑜 + 𝛿км) = 2 ∙ (0,05 + 2 + 0,07 + 0,05) = 1,29 мм  𝐷𝑚𝑖𝑛 = 𝐷𝑚𝑖𝑛1 + 1,5 ∙ ℎф + 0,03 = 1,29 + 1,5 ∙ 0,035 + 0,03 = 1,37 мм  Максимальний діаметр КМ:  D max = Dmin+0,02, (2.4.4)  D max = 1,37+0,02=1,39 мм   * 1. **Визначення мінімальної ширини провідника**   bmin=𝑏г + 1,5 ∙ ℎ + 0,03, (2.5.1)  пр ф  де 𝑏г –мінімальна ширина провідника. Визначаємо з таблиці класів точності  пр  (табл.1). Для 4-го класу точності ДМ 𝑏г = 0,15 мм  пр  bmin=𝑏г + 1,5 ∙ ℎ + 0,03 = 0,15 + 1,5 ∙ 0,035 + 0,03 = 0,23 мм  пр ф  Нас цікавить максимальна ширина провідника:  bmax=bmin+0,02, (2.5.2)  bmax=0,23+0,02=0,25 мм   * 1. **Визначення мінімальної відстані між провідником і контактною площадкою** | | | | | | |
|  |  |  |  |  | *ДК21.468789.001 ПЗ* | *Арк.* |
| *10* |
| *Змн.* | *Арк.* | *№ докум.* | *Підпис* | *Дата* |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 𝐷𝑚𝑎𝑥 𝑏𝑚𝑎𝑥 (2.6.1)  𝑙ПКМ 𝑚𝑖𝑛 = 𝐿0 − ( 2 + 𝛿км + 2 +𝛿сп),  де L0– відстань між центрами отворів і друкованим провідником, які кратні кроку КС, L0=1,25 мм  Dmax - максимальний діаметр КП,  bmax - максимальна ширина провідника,  δкм - похибка розташування центру КП щодо вузла КС, δкм=0,05 (табл.2), δсп - похибка, яка враховує зміщення провідника, δсп=0,05 мм  𝐷𝑚𝑎𝑥 𝑏𝑚𝑎𝑥 1,5 0,25  𝑙ПКМ 𝑚𝑖𝑛 = 𝐿0 − ( 2 + 𝛿км + 2 +𝛿сп) = 1,25 − ( 2 + 0,05 + 2 + 0,05) = 0,275 мм  **2.7. Визначення мінімальної відстані між двома сусідніми провідниками (між краями провідників):** | | | | | | |
|  |  |  |  |  | *ДК21.468789.001 ПЗ* | *Арк.* |
| *11* |
| *Змн.* | *Арк.* | *№ докум.* | *Підпис* | *Дата* |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 𝑙ПП 𝑚𝑖𝑛 = 𝐿0 − (𝑏𝑚𝑎𝑥 + 2 ∙ 𝛿сп), (2.7.1)  𝑙ПП 𝑚𝑖𝑛 = 𝐿0 − (𝑏𝑚𝑎𝑥 + 2 ∙ 𝛿сп) = 1,25 − (0,25 + 2 ∙ 0,05) = 0,9 мм  **2.8. Визначення мінімальної відстані між двома контактними майданчиками**    𝑙min КМ КМ = 𝐿0 − (𝐷𝑚𝑎𝑥 + 2 ∙ 𝛿КМ), (2.8.1) де L0– відстань між центрами сусідніх КП, L0=2,5 мм.  𝑙min КМ КМ = 𝐿0 − (𝐷𝑚𝑎𝑥 + 2 ∙ 𝛿КМ) = 2,5 − (1,5 + 2 ∙ 0,05) = 0,9 мм.  Отримане значення задовольняє значенням 4-го класу точності.  **Висновок**  Виконали вибір оптимальної друкованої плати. У пристрої буде використовуватися двостороння друкована плата, виготовлена з FR4-2-35-1,5, комбінованим позитивним методом. Для конструювання ДП вибрали 4-ий клас точності, так як він забезпечує достатню щільність трасування і монтажу з урахуванням необхідних габаритів пристрою.  Виконали конструкторсько-технологічний розрахунок елементів ДП. Також були виконані перевірочні розрахунки, які підтвердили правильність вибору класу точності. | | | | | | |
|  |  |  |  |  | *ДК21.468789.001 ПЗ* | *Арк.* |
| *12* |
| *Змн.* | *Арк.* | *№ докум.* | *Підпис* | *Дата* |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |