

Министерство образования и науки Российской Федерации
Муромский институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(МИ ВлГУ)**
Отделение среднего профессионального образования

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
по модулю ПМ.01 «Организация и выполнение сборки и
монтажа радиотехнических систем, устройств и блоков в
соответствии с технической документацией»
МДК.01.01 «Методы организации сборки и монтажа
радиотехнических систем, устройств и блоков»**

для студентов специальности

11.02.01 Радиоаппаратостроение

Программа подготовки специалистов среднего звена

Составитель:
Курилов И.А.

Муром, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 Подготовка рабочего места и инструмента исходя из видов предполагаемых работ.....	3
Лабораторная работа №2 Обозначение технологических документов.....	5
Лабораторная работа №3 Заполнение бланков технологических документов	8
Лабораторная работа №4 Выбор оснащения для выполнения монтажных работ.....	10
Лабораторная работа №5 Сравнительная характеристики различных видов соединений.....	12
Лабораторная работа №6 Анализ технологичности конструкции	17
Лабораторная работа №7 Разделка, оконцевание проводов и жил кабелей.....	20
Лабораторная работа №8 Разработка технологического процесса сборки жгута	26
Лабораторная работа №9 Разработка технологического процесса изготовления печатной платы	30
Лабораторная работа № 10 Основы пайки	33
Лабораторная работа № 11 Разработка техпроцесса сборки узла на печатной плате	44
Лабораторная работа № 12 Расчет надежности.....	46
Лабораторная работа № 13 Демонтаж микросхем в корпусе TQFP	50
Лабораторная работа № 14 Оформление конструкторской технической документации на сборку. Оформление рабочей технической документации на сборку.....	53
Лабораторная работа № 15 Разработка техпроцесса сборки узла на печатной плате	64
Лабораторная работа №16 Разработка техпроцесса сборки узла по SMT технологии	66
Лабораторная работа № 17 Использование программы Diptrace Schematic при разработке схемы электрической принципиальной и печатных плат..	69

Лабораторная работа № 1 Подготовка рабочего места и инструмента исходя из видов предполагаемых работ

Цель работы: получение навыков в подготовке рабочего места и выборе инструментов производственного оснащения в зависимости от типа производства

1 Пояснения к работе

Согласно ГОСТ 14.301-73 средства технологического оснащения включают

- технологическое, в том числе контрольное и испытательное;
- технологическую оснастку (в том числе инструменты и средства контроля);
- средства механизации и автоматизации производственных процессов.

Выбор средства технологического оснащения производится с учетом:

- типа производства и его организационной структуры;
- вида изделия и программы его выпуска;
- характера намеченной технологии- возможности группирования операций;
- максимального применения стандартной оснастки и оборудования;
- равномерной загрузки оборудования.

Важным показателем работы оборудования и правильности его выбора является степень его использования всего и по разработанному процессу. Оборудование следует выбирать по производительности, тогда будет обеспечено рациональное его использования во времени. Для каждой единицы оборудования в технологическом процессе должно быть просчитаны коэффициенты загрузки и коэффициент использования по основному времени.

Выбор технологической оснастки (ГОСТ 14.305-73) должен быть основан на анализе затрат на реализацию технологического процесса в установленный промежуток времени при заданном количестве изделий.

Анализ затрат должен предусматривать:

- сравнение вариантов оснастки, отвечающих одинаковым требованиям и обеспечивающих решение одинаковых задач в конкретных производственных условиях;

- выбор вариантов, основанный на использовании следующей информации:

- 1) план развития предприятия;
- 2) технические требования к изделию;
- 3) количество и сроки изготовления;
- 4) технические возможности технологической оснастки;
- 5) затраты на изготовление технологической оснастки и ее эксплуатацию;
- 6) учет требований техники безопасности и промышленной санитарии.

Технологическая оснастка представляет собой дополнительные или вспомогательные устройства, необходимые для выполнения операций

При выборе технологической оснастки должны учитываться конкретные производственные условия, при которых применение различных систем технологической оснастки будет наиболее рациональным.

Принадлежность технологической оснастки по конструкции к системе оснастки определяется правилами ее проектирования и эксплуатации применительно к заданным условиям производственного процесса изготовления изделия. Система формируется комплексами технологической оснастки, предназначенной для выполнения различных видов работ. Используются следующие системы:

- неразборной специальной оснастки (НСО);
- универсально-наладочной оснастки (УНО);
- универсально-сборной оснастки (УСО);
- сборно-разборной оснастки (СРО);
- универсально-безналадочной оснастки (УБО);
- специализированной наладочной оснастки (СНО).

В условиях различных типов производств к конструкциям оснастки предъявляются требования, в зависимости от которых определяется степень специализации приспособления, уровень механизации и т.п. В частности, для единичного и мелкосерийного производства предпочтительными являются универсальные приспособления, а для массового производства экономически оправдывается применение самых сложных специальных приспособлений.

2 Последовательность выполнения работы

2.1 Ознакомится с пояснениями к работе

2.2 Определить основные факторы, влияющие на выбор оснащения

2.3 Произвести выбор необходимого оснащения в соответствии с вариантом задания и дать его краткую характеристику.

3 Содержание отчета

3.1 Наименование и цель выполнение работы

3.2 Факторы, влияющие на подбор оснащения

3.3 Перечень подобранного оснащения

4 Контрольные вопросы

5 Список литературы

ГОСТ 14.301-73

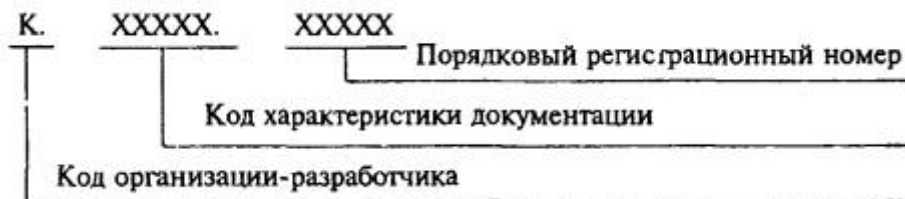
ГОСТ 14.305-73

Лабораторная работа №2 Обозначение технологических документов

Цель работы: получение практических навыков в работе с классификаторами

1 Пояснения к работе

Для комплектов документации на изделие, комплектов документов на процессы (операции) и отдельных видов документов устанавливают следующую структуру и длину кодового обозначения:



Для кодового обозначения документации следует применять арабские цифры от 0 до 9.

После кода организации-разработчика и кода характеристики документации следует проставлять точку.

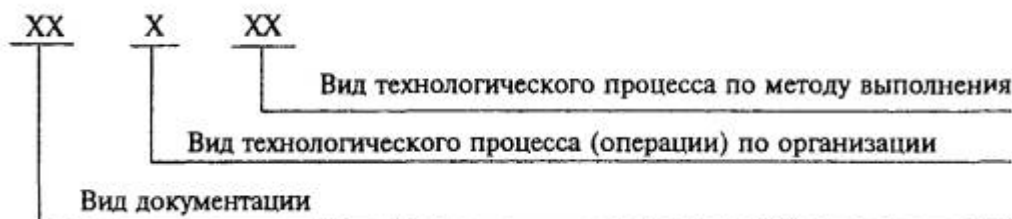
Порядковые регистрационные номера должны состоять из пяти цифр от 00001 до 99999. Номера присваивают в пределах кода характеристики документации и кода организации-разработчика.

В целях сокращения записи информации по обозначению документации, не подлежащей обработке средствами вычислительной техники, передаче на другое предприятие (организацию) или на микрофильмирование, допускается не проставлять код организации-разработчика.

Устанавливают следующие основные признаки характеристики документации:

- вид документации;
- вид технологического процесса (операции) по организации;
- вид технологического процесса по методу выполнения.

Устанавливают следующую структуру и длину кода характеристики документации:



При необходимости указания вида технологического метода (наименования операции) в структуру обозначения характеристики документации допускается вводить дополнительный признак с увеличением длины кодового обозначения на два знака:



Код характеристики документации присваивает разработчик документации по таблицам 1-3.

Код вида технологического метода (наименование операции) следует проставлять по Общесоюзному классификатору технологических операций машиностроения и приборостроения (ОКТО).

. Вид технологического процесса по методу выполнения соответствует первой ступени классификации по ОКТО, например 02110, где

02 - комплект документов технологического процесса;

1 - единичный процесс,;

10 - литье металлов и сплавов,.

Т а б л и ц а 1

Код	Вид документации	Код	Вид документации
01	Комплект технологической документации	47	Ведомость специфицированных норм расхода материалов
02	Комплект документов технологического процесса (операции)	48	Ведомость удельных норм расхода материалов
04	Комплект временных документов технологического процесса (операции)	50	Карта технологического процесса
05	Комплект проектной технологической документации	55	Карта типового (группового) технологического процесса
06	Комплект директивной технологической документации	57	Карта типовой (групповой) операции
07	Комплект документов технологического процесса (операции) информационного назначения	59	Карта технологической информации
09	Стандартный комплект документов технологического процесса (операции)	60	Операционная карта
10	Маршрутная карта	62	Карта наладки
20	Карта эскизов	66	Карта расчета информации
25	Технологическая инструкция	67	Карта кодирования информации
30	Комплектовочная карта	70	Технологическая ведомость
40	Ведомость технологических документов	71	Ведомость применяемости
41	Ведомость технологических маршрутов	72	Ведомость операций
42	Ведомость оснастки	75	Технико-нормировочная карта
43	Ведомость материалов	77	Ведомость деталей, изготовленных из отходов
44	Ведомость деталей (сборочных единиц) к типовому (групповому) технологическому процессу (операции)	78	Ведомость дефектации

Код	Вид документации	Код	Вид документации
45	Ведомость сборки изделия	79	Ведомость стержней
46	Ведомость оборудования	80	Ведомость держателей подлинников

Вид технологического метода (наименование операции) соответствует второй ступени классификации по ОКТО, например 0211065, где 65 - заливка свободная в песчаные формы.

2 Последовательность выполнения работы

2.1 Ознакомиться с пояснениями к работе.

2.2 Используя пояснения к работе указать структуру обозначения технологической документации

2.3 Обозначить следующие виды документов и дать пояснения по каждому обозначению

Маршрутная карта изготовления печатной платы

Маршрутная карта сборки и монтажа изделия

Операционную карту контроля

Операционная карта демонтажа изделия

Карта эскизов на формовку электрорадиоэлементов

Комплект документов на изготовление изделия

Комплектовочная карта на сборку по варианту 1А

Технологическая инструкция на регулировку

2.4 Оформить на листах формата А4 с оформленной основной надписью по ГОСТ 2.104-81 (форма 2а) отчет по работе.

3 Содержание отчета

3.1 Наименование и цель работы

3.2 Структура обозначения технологического документа

3.3 Обозначение различных видов технологических документов

3.4 Ответы на контрольные вопросы

Отчет должен представлять собой оформленный в соответствии с ГОСТ 2.105-95 предложенный текстовый документ.

4 Контрольные вопросы

5.1 Какие виды технологических документов устанавливает стандарт

5.2 Структура обозначения технологического документа

5.3 Назначение структурных элементов обозначения изделия.

5.4 Отличие в обозначениях документов ЕСКД и ЕСТД

5 Литература

1 ГОСТ 3.105-95 Общие требования к текстовым документам.

2 ГОСТ 2.104-81 Оформление основных надписей.

3 ГОСТ 2.304-81 Шрифты чертёжные.

Лабораторная работа №3 Заполнение бланков технологических документов

Цель работы: получение навыков в заполнении бланков технологических документов

1 Пояснения к работе

. Оформление форм, бланков и документов - по ГОСТ 3.1104-81.

. Для изложения технологических процессов в МК используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ.

Служебные символы условно выражают состав информации, размещаемой в графах данного типа строки формы документа, и предназначены для обработки содержащейся информации средствами механизации и автоматизации.

Простановка служебных символов является обязательной и не зависит от применяемого метода проектирования документов.

В качестве обозначения служебных символов приняты буквы русского алфавита, проставляемые перед номером соответствующей строки, и выполняемые прописной буквой, например, M01, A12 и т.д.

Указание соответствующих служебных символов для типов строк, в зависимости от размещаемого состава информации, в графах МК следует выполнять в соответствии с табл. 2.

Служебные символы, применяемые на строках, в которых указаны наименования и обозначения граф, рекомендуется выполнять типографским способом.

При заполнении информации на строках, имеющих служебные символы А, Б, В, Г, Д, Е, К, Л, М следует руководствоваться правилами по заполнению соответствующих граф, расположенных на этих строках.

При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ О, следует руководствоваться требованиями государственных стандартов ЕСТД седьмой классификационной группы, устанавливающих правила записи операций и переходов. Запись информации следует выполнять в *технологической последовательности* по всей длине строки с возможностью, при необходимости, переноса информации на последующие строки. При операционном описании технологического процесса на МК номер перехода следует проставлять в начале строки.

При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ Т, следует руководствоваться требованиями соответствующих классификаторов, государственных и отраслевых стандартов на кодирование (обозначение) и наименование технологической оснастки. Информацию по применяемой на операции технологической оснастке записывают в следующей последовательности:

приспособления; вспомогательный инструмент; средства измерения.

Оформление основных надписей в формах - по ГОСТ 3.1103-8

Пример заполнения карты

ГОСТ 3.1118-82															Форма 1				
Д. 01																			
Взам																			
Пасл																			
Разработ										М Т Р П					А5ВГ ХХХХХХ АХХ				
															ХХХХХХ ХХХХХХХХ				
															А5ВГ 10101, 11423				
И. 01										Усмиритель					01				
М. 01																			
М. 02																			
А										Код					ЕВ				
Б										МД					ЕН				
В										М. 03					М. 04				
Г										М. 05					М. 06				
Д										М. 07					М. 08				
Е										М. 09					М. 10				
Ж										М. 11					М. 12				
З										М. 13					М. 14				
И										М. 15					М. 16				
К										М. 17					М. 18				
Л										М. 19					М. 20				
М										М. 21					М. 22				
Н										М. 23					М. 24				
О										М. 25					М. 26				
П										М. 27					М. 28				
Р										М. 29					М. 30				
С										М. 31					М. 32				
Т										М. 33					М. 34				
У										М. 35					М. 36				
Ф										М. 37					М. 38				
Х										М. 39					М. 40				
Ц										М. 41					М. 42				
Ч										М. 43					М. 44				
Ш										М. 45					М. 46				
Щ										М. 47					М. 48				
Ъ										М. 49					М. 50				
Ы										М. 51					М. 52				
Ь										М. 53					М. 54				
Э										М. 55					М. 56				
Ю										М. 57					М. 58				
Я										М. 59					М. 60				
М. 61										М. 62					М. 63				
М. 64										М. 65					М. 66				
М. 67										М. 68					М. 69				
М. 70										М. 71					М. 72				
М. 73										М. 74					М. 75				
М. 76										М. 77					М. 78				
М. 79										М. 80					М. 81				
М. 82										М. 83					М. 84				
М. 85										М. 86					М. 87				
М. 88										М. 89					М. 90				
М. 91										М. 92					М. 93				
М. 94										М. 95					М. 96				
М. 97										М. 98					М. 99				
М. 100										М. 101					М. 102				
М. 103										М. 104					М. 105				
М. 106										М. 107					М. 108				
М. 109										М. 110					М. 111				
М. 112										М. 113					М. 114				
М. 115										М. 116					М. 117				
М. 118										М. 119					М. 120				
М. 121										М. 122					М. 123				
М. 124										М. 125					М. 126				
М. 127										М. 128					М. 129				
М. 130										М. 131					М. 132				
М. 133										М. 134					М. 135				
М. 136										М. 137					М. 138				
М. 139										М. 140					М. 141				
М. 142										М. 143					М. 144				
М. 145										М. 146					М. 147				
М. 148										М. 149					М. 150				
М. 151										М. 152					М. 153				
М. 154										М. 155					М. 156				
М. 157										М. 158					М. 159				
М. 160										М. 161					М. 162				
М. 163										М. 164					М. 165				
М. 166										М. 167					М. 168				
М. 169										М. 170					М. 171				
М. 172										М. 173					М. 174				
М. 175										М. 176					М. 177				
М. 178										М. 179					М. 180				
М. 181										М. 182					М. 183				
М. 184										М. 185					М. 186				
М. 187										М. 188					М. 189				
М. 190										М. 191					М. 192				
М. 193										М. 194					М. 195				
М. 196										М. 197					М. 198				
М. 199										М. 200					М. 201				
М. 202										М. 203					М. 204				
М. 205										М. 206					М. 207				
М. 208										М. 209					М. 210				
М. 211										М. 212					М. 213				
М. 214										М. 215					М. 216				
М. 217										М. 218					М. 219				
М. 220										М. 221					М. 222				
М. 223										М. 224					М. 225				
М. 226										М. 227					М. 228				
М. 229										М. 230					М. 231				
М. 232										М. 233					М. 234				
М. 235										М. 236					М. 237				
М. 238										М. 239					М. 240				
М. 241										М. 242					М. 243				
М. 244										М. 245					М. 246				
М. 247										М. 248					М. 249				
М. 250										М. 251					М. 252				
М. 253										М. 254					М. 255				
М. 256										М. 257					М. 258				
М. 259										М. 260					М. 261				
М. 262										М. 263					М. 264				
М. 265										М. 266					М. 267				
М. 268										М. 269					М. 270				
М. 271										М. 272					М. 273				
М. 274										М. 275					М. 276				
М. 277										М. 278					М. 279				
М. 280										М. 281					М. 282				
М. 283										М. 284					М. 285				
М. 286										М. 287					М. 288				
М. 289										М. 290					М. 291				
М. 292										М. 293					М. 294				
М. 295										М. 296					М. 297				
М. 298										М. 299					М. 300				
М. 301										М. 302					М. 303				
М. 304										М. 305					М. 306				
М. 307										М. 308					М. 309				
М. 310										М. 311					М. 312				
М. 313										М. 314					М. 315				
М. 316										М. 317					М. 318				
М. 319										М. 320					М. 321				
М. 322										М. 323					М. 324				
М. 325										М. 326					М. 327				
М. 328										М. 329					М. 330				
М. 331										М. 332					М. 333				
М. 334										М. 335					М. 336				
М. 337										М. 338					М. 339				
М. 340										М. 341					М. 342				
М. 343										М. 344					М. 345				
М. 346										М. 347					М. 348				
М. 349										М. 350					М. 351				
М. 352										М. 353					М. 354				
М. 355										М. 356					М. 357				
М. 358										М. 359					М. 360				
М. 361										М. 362					М. 363				
М. 364										М. 365					М. 366				
М. 367										М. 368					М. 369				
М. 370										М. 371					М. 372				
М. 373										М. 374					М. 375				
М. 376										М. 377					М. 378				
М. 379										М. 380					М. 381				
М. 382										М. 383					М. 384				
М. 385										М. 386					М. 387				
М. 388										М. 389					М. 390				
М. 391										М. 392					М. 393				
М. 394										М. 395					М. 396				
М. 397										М. 398					М. 399				
М. 400										М. 401					М. 402				
М. 403										М. 404					М. 405				
М. 406										М. 407					М. 408				
М. 409										М. 410					М. 411				
М. 412										М. 413					М. 414				
М. 415										М. 416					М. 417				
М. 418										М. 419					М. 420				
М. 421										М. 422					М. 423				
М. 424										М. 425					М. 426				
М. 427										М. 428					М. 429				
М. 430										М. 431					М. 432				
М. 433										М. 434					М. 435				
М. 436										М. 437					М. 438				
М. 439										М. 440					М. 441				
М. 442										М. 443					М. 444				
М. 445										М. 446					М. 447				
М. 448										М. 449					М. 450				
М. 451										М. 452					М. 453				
М. 454										М. 455					М. 456				
М. 457										М. 458					М. 459				
М. 460										М. 461					М. 462				
М. 463										М. 464					М. 465				
М. 466										М. 467					М. 468				
М. 469										М. 470					М. 471				
М. 472										М. 473					М. 474				
М. 475										М. 476					М. 477				
М. 478										М. 479					М. 480				
М. 481										М. 482					М. 483				
М. 484										М. 485					М. 486				
М. 487										М. 488					М. 489				
М. 490										М. 491					М. 492				
М. 493										М. 494					М. 495				
М. 496										М. 497					М. 498				
М. 499										М. 500					М. 501				
М. 502										М. 503					М. 504				
М. 505										М. 506					М. 507				
М. 508										М. 509					М. 510				
М. 511										М. 512					М. 513				
М. 514										М. 515					М. 516				
М. 517										М. 518					М. 519				
М. 520										М. 521					М. 522				
М. 523										М. 524					М. 525				
М. 526										М. 527					М. 528				
М. 529										М. 530					М. 531				
М. 532										М. 533					М. 534				
М. 535										М. 536					М. 537				
М. 538										М. 539					М. 540				
М. 541										М. 542					М. 543				
М. 544										М. 545					М. 546				
М. 547										М. 548					М. 549				
М. 550										М. 551					М. 552				
М. 553										М. 554					М. 555				
М. 556										М. 557					М. 558				
М. 559										М. 560					М. 561				
М. 562										М. 563					М. 564				
М. 565										М. 566					М. 567				
М. 568										М. 569					М. 570				
М. 571										М. 572					М. 573				
М. 574										М. 575					М. 576				
М. 577										М. 578					М. 579				
М. 580										М. 581					М. 582				
М. 583										М. 584					М. 585				
М. 586										М. 587					М. 588				
М. 589										М. 590					М. 591				
М. 592										М. 593					М. 594				
М. 595										М. 596					М. 597				
М. 598										М. 599					М. 600				
М. 601										М. 602					М. 603				
М. 604										М. 605					М. 606				
М. 607										М. 608					М. 609				
М. 610										М. 611					М. 612				
М. 613										М. 614					М. 615				
М. 616										М. 617					М. 618				
М. 619										М. 620					М. 621				
М. 622										М. 623					М. 624				
М. 625										М. 626					М. 627				
М. 628										М. 629					М. 630				
М. 631										М. 632					М. 633				
М. 634										М. 635					М. 636				
М. 637										М. 638					М. 639				
М. 640										М. 641					М. 642				
М. 643										М. 644					М. 645				
М. 646										М. 647					М. 648				
М. 649										М. 650					М. 651				
М. 652										М. 653					М. 654				
М. 655										М. 656					М. 657				

Лабораторная работа №4 Выбор оснащения для выполнения монтажных работ

Цель работы: получение навыков в выборе производственного оснащения в зависимости от типа производства

1 Пояснения к работе

Согласно ГОСТ 14.301-73 средства технологического оснащения включают :

- технологическое, в том числе контрольное и испытательное;
- технологическую оснастку (в том числе инструменты и средства контроля);
- средства механизации и автоматизации производственных процессов.

Выбор средства технологического оснащения производится с учетом:

- типа производства и его организационной структуры;
- вида изделия и программы его выпуска;
- характера намеченной технологии- возможности группирования операций;
- максимального применения стандартной оснастки и оборудования;
- равномерной загрузки оборудования.

Важным показателем работы оборудования и правильности его выбора является степень его использования всего и по разработанному процессу. Оборудование следует выбирать по производительности, тогда будет обеспечено рациональное его использования во времени. Для каждой единицы оборудования в технологическом процессе должно быть просчитаны коэффициенты загрузки и коэффициент использования по основному времени.

Выбор технологической оснастки (ГОСТ 14.305-73) должен быть основан на анализе затрат на реализацию технологического процесса в установленный промежуток времени при заданном количестве изделий.

Анализ затрат должен предусматривать:

- сравнение вариантов оснастки, отвечающих одинаковым требованиям и обеспечивающих решение одинаковых задач в конкретных производственных условиях;
- выбор вариантов, основанный на использовании следующей информации:
 - 1) план развития предприятия;
 - 2) технические требования к изделию;
 - 3) количество и сроки изготовления;
 - 4) технические возможности технологической оснастки;
 - 5) затраты на изготовление технологической оснастки и ее эксплуатацию;

6) учет требований техники безопасности и промышленной санитарии.

Технологическая оснастка представляет собой дополнительные или вспомогательные устройства, необходимые для выполнения операций

При выборе технологической оснастки должны учитываться конкретные производственные условия, при которых применение различных систем технологической оснастки будет наиболее рациональным.

Принадлежность технологической оснастки по конструкции к системе оснастки определяется правилами ее проектирования и эксплуатации применительно к заданным условиям производственного процесса изготовления изделия. Система формируется комплексами технологической оснастки, предназначенной для выполнения различных видов работ. Используются следующие системы:

- неразборной специальной оснастки (НСО);
- универсально-наладочной оснастки (УНО);
- универсально-сборной оснастки (УСО);
- сборно-разборной оснастки (СРО);
- универсально-безналадочной оснастки (УБО);
- специализированной наладочной оснастки (СНО).

В условиях различных типов производств к конструкциям оснастки предъявляются требования, в зависимости от которых определяется степень специализации приспособления, уровень механизации и т.п. В частности, для единичного и мелкосерийного производства предпочтительными являются универсальные приспособления, а для массового производства экономически оправдывается применение самых сложных специальных приспособлений.

2 Последовательность выполнения работы

2.1 Ознакомиться с пояснениями к работе

2.2 Определить основные факторы, влияющие на выбор оснащения

2.3 Произвести выбор необходимого оснащения в соответствии с вариантом задания и дать его краткую характеристику.

3 Содержание отчета

3.1 Наименование и цель выполнения работы

3.2 Факторы, влияющие на подбор оснащения

3.3 Перечень подобранного оснащения

4 Список литературы

ГОСТ 14.301-73

ГОСТ 14.305-73

Лабораторная работа №5 Сравнительная характеристики различных видов соединений

Цель работы: получение навыков в сопоставлении и выборе различных видов соединений

1 Пояснения к работе

Основными видами соединений, используемых при монтаже являются пайка и сварка

Сварка

Термокомпрессия — способ соединения металлов с металлами и неметаллами давлением с подогревом при относительно невысоких удельных давлениях.

По терминологии, принятой в сварке, более правильно термокомпрессию называть микросваркой давлением с подогревом соединяемых деталей.

Термокомпрессией можно соединять мягкие высокоэлектропроводные материалы в виде круглых и плоских проводников с полупроводниковыми материалами и электропроводными тонкими пленками, напыленными на хрупкие диэлектрические подложки. Основные типы термокомпрессионных соединений показаны на рисунке 1.

Основными параметрами режима термокомпрессии с использованием статического нагрева являются усилие сжатия (давление p), температура нагрева соединения или инструмента T , длительность выдержки под давлением t .

Ультразвуковая микросварка и комбинированные способы сварки успешно используются при изготовлении гибридных схем, транзисторов и интегральных схем. В микроэлектронике используются следующие способы ультразвуковой и комбинированной микросварки: сварка продольными и продольно-поперечными колебаниями; сварка с косвенным импульсным нагревом (УЗСКН); термокомпрессия с ультразвуком.

Холодная сварка осуществляется за счет пластической деформации свариваемых деталей под действием давления без дополнительного подогрева. Для получения высококачественного сварного соединения при холодной сварке необходимо обеспечить точную сборку и чистоту свариваемых поверхностей и необходимую степень деформации, зависящую от соединяемых металлов (от 35% для сочетания золото + золото до 80% для сочетаний медь + медь, медь + ковар и ковар + ковар.) В микроэлектронике этот способ применяется для герметизации металlostеклянных корпусов приборов.

Лазерная сварка находит применение при монтаже различных элементов радиоэлектронной техники и при герметизации корпусов. Для микросварки наиболее широко используются лазеры на твердом теле (стекло с неодимом, алюмо-иттриевый гранат) с энергией излучения 2—30 Дж и длительностью импульса 1—10 мс.

Электронно-лучевая сварка успешно применяется для герметизации радиоэлектронных устройств в металlostеклянных корпусах. Обычно ис-

пользуется импульсная сварка при ускоряющем напряжении 20—100 кВ и силе тока в луче до нескольких десятков миллиампер.

Диффузионная сварка в вакууме и в водороде начинает применяться в производстве микросхем для сварки термокомпенсаторов кристаллов и на других операциях.

При сварке проводников с металлическими пленками на изоляционных подложках из стекла, ситалла, керамики необходимо создать такой цикл нагрева свариваемых деталей, при котором не происходит разрушения подложки в зоне в результате термического удара.

Пайка.

Пайка — это процесс получения соединений с межатомными связями путем нагрева соединяемых материалов ниже температуры плавления, смачивания их припоем, затекания в зазор и последующей его кристаллизации (ГОСТ 17325—79). Припой — это металл или сплав, вводимый в зазор между соединяемыми деталями или образующийся в процессе пайки, имеющий более низкую температуру плавления, чем паяемые материалы..

Виды пайки.

Пайка световым лучом

Применяются установки с кварцевыми, аргонными и ксеноновыми лампами. Границы применения. Размеры: тонколистовые детали. Материал: высоколегированная сталь, титановые и алюминиевые сплавы, металл с керамикой и др. Область использования: производство, летательных аппаратов, пайка узлов электровакуумных приборов, радиоэлектроника, электротехническая промышленность...

Лазерная пайка

Используются установки с твердотельными и газовыми лазерами, устройства для групповой пайки. Границы применения. Размеры: тонкостенные и разнотолщинные (в соотношении 1:50) детали. Материал: высоколегированная сталь, тугоплавкие металлы и сплавы, алюминий, титан. Область использования: радиоэлектроника, производство летательных аппаратов, медицинская промышленность...

Пайка электросопротивлением

Используются машины для контактной сварки, контактные клещи, сварочные трансформаторы и специальные установки. Границы применения. Размеры: детали толщиной 1—20 мм. Материал: углеродистая сталь, медь, бронза и различные сочетания металлов. Область использования: серийное и массовое производство; пайка твердосплавного инструмента, ленточных пил, наконечников проводов, обмоток возбуждения электродвигателей, деталей приборов и электронной техники...

Пайка в вакуумных печах

Применяются печи непрерывного действия, колпаковые элеваторные, муфельные, безмуфельные и др. Границы применения. Размеры: толщина деталей 1—10 мм. Материал: высоколегированные стали, тугоплавкие металлы (титан, тантал, молибден, ниобий и их сплавы), медь, никель; металлы и сплавы с керамикой, стеклом и графитом...

Пайка паяльником

Применяются электрические паяльники непрерывного и периодического действия. Границы применения. Размеры: толщина деталей 0,2—2 мм. Материал: сталь, никель, медь, латунь, цинк и др. Область использования: ручная и механизированная пайка печатного монтажа, электротехнических изделий, многожильных проводов и ремонт бытовой радио- и электроаппаратуры..

2 Последовательность выполнения работы

2.1 Ознакомиться с теоретическими сведениями методических указаний

2.2 Составить сравнительную характеристику пайки и сварки радиокомпонентов и заполнив таблицы 1 и 2

Таблица 1

Параметр	Сварка	Пайка
Основные виды соединений и их применение		

Таблица 2 (по варианту задания таблица 3)

Параметр	Сварка	Пайка
1 Основные технологические режимы		
2 Применяемые материалы		
3 Последовательность выполнения		
4 Оснащение		

2.3 Выбрать по заданному материалу способ сварки (таблица 4).

2.4 Выбрать флюс для пайки (по варианту задания таблица 4)

Таблица 3

Вариант	Сварка	Пайка
1	Термокомпрессия	Теплопроводность
2	Ультразвуковая	ТВЧ
3	Плазменная	ИК нагрев
4	Электронно-лучевая	Лазерная
5	Холодная	Ультразвуковая

6	Сварка давлением	Световым лучом
7	Лазерная	Электронно-лучевая
8	Сварка давлением с импульсным нагревом	Вакуумная
9	Термокомпрессия	ТВЧ
10	Ультразвуковая	Лазерная
11	Плазменная	Электронно-лучевая
12	Электронно-лучевая	Ик- нагрев
13	Холодная	Теплопроводность
14	Сварка давлением	Световым лучом
15	Лазерная	Ультразвуковая

Таблица 4

Вариант	Для сварки	Для пайки
1	Алюминий на стекле и золото	Медь и цинк
2	Медь на ситалле и золото	Никель и платина
3	Алюминий на ситилле и алюминий	Медь и нихром
4	Алюминий на кремнии и золото	Медь и никель
5	Медь на гетинаксе и алюминий	Медь и серебро
6	Медь на гетинаксе и никель	Никель и платиновые сплавы
7	Медь на гетинаксе и золото	Золото и никель
8	Медь на гетинаксе и медь	Цинк и нихром
9	Алюминий на стекле и медь	Медь и медь
10	Золотая пленка и медь	Железо и медь
11	Золотая пленка и золото	Оцинкованное железо и медь
12	Золотая пленка и никель	Сталь и золото
13	Алюминий на кремнии и алюминий	Сталь и серебро
14	Алюминий на стекле и медь	Золото и медь
15	Золото на стекле и никель	Золото и серебро

2.5 Оформить отчет

3 Содержание отчета

3.1 Наименование и цель работы

3.2 Сравнительная характеристика в виде таблицы.

3.3 Результаты работы по выбору в соответствии с вариантом задания

3.4 Ответы на контрольные вопросы

3.4 Выводы по работе

4 Контрольные вопросы

- 4.1 Параметры, определяющие качество пайки и сварки
- 4.2 Обеспечение качества пайки и сварки
- 4.3 Требования к припоям
- 4.4 Требования к флюсам
- 4.5 отличительные особенности пайки и сварки

Лабораторная работа №6 Анализ технологичности конструкции

Цель работы : получения навыков в определении показателей технологичности и оценке уровня технологичности конструкции

1 Пояснение к работе

Под технологичностью конструкции изделия (ГОСТ18831-73) понимают совокупность свойств конструкции изделия, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций того же назначения.

Показатели технологичности по своему составу определяются применительно к конкретным изделиям. ОСТ 4.091.114-78 (ОСТПП. Аппаратура радиоэлектронная бытовая) устанавливает номенклатуру и методику расчета показателей технологичности.

1.1 Конструкторские показатели

1.1.1 Коэффициент унификации конструкции

$$K_{yu} = \frac{D_u + E_u}{D + E}$$

где D_u - количество унифицированных деталей;

E_u - количество унифицированных сборочных единиц;

D – общее количество деталей в изделии;

E – общее количество сборочных единиц.

1.1.2 Коэффициент стандартизации

$$K_{ст} = \frac{E_{ст} + D_{ст}}{E + D}$$

где $E_{ст}$ - количество стандартных сборочных единиц в изделии;

$D_{ст}$ – количество стандартных деталей в изделии.

1.1.3 Коэффициент применяемости деталей

$$K_{нд} = 1 - \frac{D_{т\text{ ор}}}{D_{т}}$$

Где $D_{т\text{ ор}}$ – количество типоразмеров оригинальных деталей;

$D_{т}$ – общее количество типоразмеров деталей в изделии.

1.1.4 Коэффициент освоенности

$$K_{осв} = 1 - \frac{D_{ор}}{D}$$

Где $D_{ор}$ – общее количество оригинальных деталей

1.1.5 Коэффициент сборности изделия

$$K_{сб} = \frac{E}{E + D}$$

1.1.6 Коэффициент применяемости интегральных схем

$$K_{ис} = \frac{N_{эл ис}}{N_{эл ис} + N_{эл и}}$$

Где $N_{эл ис}$ – сумма элементов, входящих в интегральные схемы;
 $N_{эл и}$ – общее количество радиоэлементов в изделии.

1.1.7 Коэффициент повторяемости электрорадиоэлементов

$$K_{пов эрэ} = 1 - \frac{N_{т эрэ}}{N_{эрэ}}$$

Где $N_{т эрэ}$ – количество типоразмеров ЭРЭ в изделии
 $N_{эрэ}$ – общее количество ЭРЭ в изделии.

Основным показателем, используемым для оценки технологичности конструкции является комплексный показатель технологичности..3 Комплексный показатель технологичности

$$K = \frac{\sum_1^n K_i \Psi_i}{\sum_1^n \Psi_i}$$

K_i – значение коэффициента технологичности конструкции

Ψ_i – значимость показателя технологичности в общей системе показателей.

2 Последовательность выполнения работы

2.1. Ознакомиться с конструкцией изделия.

2.2 Произвести последовательный анализ и определить исходные данные для расчета показателей технологичности. Исходные данные занести в таблицу 1.

Таблица 1- Исходные данные для расчета

2.3 Рассчитать показатели технологичности предложенной конструкции по формулам, приведенным выше.

2.4 Рассчитать комплексный показатель технологичности, учитывая значимость показателей, указанной в таблице 2

2.5 Определить уровень технологичности путем сравнения комплексного показателя с базовым, установленным для данного класса блоков.

2.6 Сделать выводы и оформить отчет

3 Содержание отчета

3.1 Наименование и цель работы.

3.2Таблица исходных данных для расчета технологичности

3.3 Расчет коэффициентов технологичности конструкции

3.4 Расчет комплексного показателя технологичности

3.5 Вывод по уровню технологичности конструкции.

3.6 Ответы на контрольные вопросы.

4 Контрольные вопросы

4.1Виды технологичности конструкции

4.2Виды показателей технологичности

4.3 Номенклатура показателей технологичности

4.4 Методика определения уровня технологичности конструкции.

5 Список литературы

5.1 ОСТ 4 ГО.050.021 Виды производства

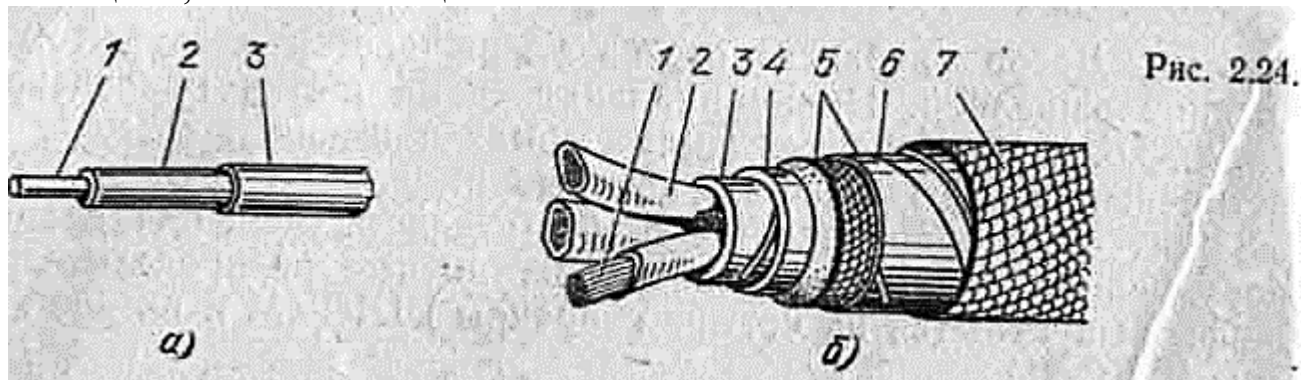
5.2 ОСТ 4 ГО.091.219 Узлы и блоки радиоэлектронной аппаратуры.

Методика оценки и нормативы показателей технологичности конструкции.

5.3 ОСТ 4.091.114-78 Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Показатели технологичности. Методы расчета.

Лабораторная работа №7 Разделка, оконцевание проводов и жил кабелей

Кабель — одна или несколько изолированных токопроводящих жил, заключенных в герметичную оболочку, поверх которой имеются или могут отсутствовать броня и защитные покровы. Основными элементами всех видов кабелей, проводов и шнуров являются: токопроводящие жилы 1, изоляция 2, поясная изоляция или оплетка 3 и оболочка 4.



Токопроводящие жилы изготовляют из меди или алюминия, реже из биметалла и стали. Стандартными являются следующие сечения жил: 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500; 625; 800 мм². По числу жил различают одножильные и многожильные провода и кабели. Токопроводящие жилы могут быть одно- и многопроволочными. Последние более сложны в изготовлении, но имеют большую гибкость и поэтому более удобны для монтажных работ. Жилы силовых кабелей изготовляют с круглой, секторной или сегментной формой сечения.

Силовые кабели. Для изоляции токопроводящих жил кабелей применяют пропитанную бумагу, пластмассу и резину. Пластмассовую изоляцию жил кабелей выполняют из поливинилхлорида (В), полиэтилена (П), самозатухающего полиэтилена (Пс), вулканизирующего (Пв) и самозатухающего вулканизирующегося полиэтилена (Ввс). Кабели с бумажной изоляцией и нестекающим (вязким) пропиточным составом имеют букву (Ц) в начале обозначения марки кабеля, а в кабелях с освобожденной от пропиточного материала бумагой — букву (В) в конце обозначения марки кабеля.

В качестве материала для герметичных оболочек в кабелях с бумажной пропитанной изоляцией применяют свинец (С) и алюминий (А), в кабелях с пластмассовой изоляцией — поливинилхлорид (В) и полиэтилен (П), в кабелях с резиновой изоляцией используют свинец, алюминий и негорючую резину (Н). Защитные покровы состоят из подушки 5, брони 6 и наружного покрова 7.

Подушки состоят из битумного состава (Л), крепированной бумаги (2Л), пропитанной кабельной пряжи (Г), пластмассовых лент в различных сочетаниях (в) и без подушки (б). Броня имеет следующие обозначения: из стальных лент (Б); из стальных оцинкованных плоских проволок (Л); из стальных оцинкованных круглых проволок (К).

Наружный покров состоит из битумного состава, кабельной пряжи и покрытия, предохраняющего кабель от слипания (буквенное обозначение отсутствует), негорючего состава (Н), выпрессованного полиэтиленового шланга (Шп) и поливинилхлоридного шланга (Шв). Кабели с однопроволочными жилами обозначаются буквами (ОЖ). Например, СРГЗХ16-660 ГОСТ 433—73 — трехжильный кабель с медными жилами сечением 16 мм², с резиновой изоляцией в свинцовой оболочке, на напряжение 660 В без защитного покрова.

В электроустановках на напряжение до 1000 В наиболее часто применяют кабели марок; АСГ, СГ, АСБ, СБ, СБГ с бумажной изоляцией; АВВГ, ВВГ с изоляцией из поливинилхлоридного пластика; АППБ, ППБ с полиэтиленовой изоляцией; СРГ, АСРГ, АВРГ, ВРГ, АНРГ, НРГ с резиновой изоляцией. Кабели ВРГ, АВРП, НРГ, АНРГ применяют для прокладки непосредственно по строительным основаниям в помещениях сырых, особо сырых, пожароопасных и со средой, агрессивно воздействующей на металлические оболочки, для монтажа осветительных и силовых сетей.

Разделка проводов и кабелей производится в следующем порядке:

- ✓ пользуясь справочниками, определяют размеры разделки в зависимости от конструкции проводника и вида соединительного или концевого устройства;
- ✓ размечают разделку при помощи кабельных линеек или шаблонов;
- ✓ ступенчато накладывают несколько витков фиксирующих бандажей из оцинкованной стальной или медной проволоки, крученого шпагата, кордовой или капроновой нити, суровых ниток, а также хлопчатобумажной или пластмассовой ленты;
- ✓ производят кольцевое поперечное и линейное продольное надрезание оболочек, подлежащих удалению (бронированных, свинцовых, алюминиевых, пластмассовых оболочек и монолитной изоляции);
- ✓ снимают или сматывают удаляемые покровы;
- ✓ разводят концы жил многожильных проводников, т. е. придают им форму и расположение, удобные для следующей операции;
- ✓ обрабатывают оголенные концевые участки токопроводящих жил, т. е. зачищают до металлического блеска, лудят, покрывают флюсами, кварцевазелиновой пастой или токопроводящим клеем, и отлавливают многопроволочные жилы в монолит.

Необходимость приведенных операций определяется конструкцией проводников. В полном объеме они проводятся для силовых кабелей с бумажной изоляцией, а для простейших проводников технология разделки сводится к снятию поливинилхлоридной изоляции и обработке жилы.

Соединения жил проводов между собой и с электроустановочными устройствами должны обладать необходимой механической прочностью и малым электрическим сопротивлением в течение всего времени эксплуатации.

Нагрев и охлаждение под действием тока нагрузки, температуры и влажности окружающей среды, химически активных частиц в воздухе ока-

зывают неблагоприятное воздействие на контактные соединения. Кроме того, на поверхности проводников образуется окисная пленка, влияющая на качество соединения.

Соединение алюминиевых или медных жил лучше выполнять опрессовкой или сваркой, пайкой.

При пайке алюминиевых проводов сечением 4—10 мм² снимают изоляцию с концов жил, зачищают их ножом, стальной щеткой или наждачной бумагой до блеска и скручивают. Место соединения нагревают пламенем горелки или паяльной лампы и облуживают специальными припоями типа А, Б и кадмиевым. Флюс при этом не нужен. При применении мягких припоев типа АВИА-1 и АВИА-2 (температура плавления 200 °С) применяют флюс АФ-44. Места пайки обязательно очищают от остатков флюса, протирают бензином, покрывают влагонепроницаемым (асфальтовым) лаком, а затем изоляционной лентой, которую также покрывают лаком.

Медные однопроволочные и многопроволочные провода сечением до 10 мм² соединяют скруткой с последующей пропайкой места соединения припоями ПОС-30 (30% олова и 70% свинца) или ПОС-40 и канифолью в качестве флюса.

Применять кислоту или нашатырь при пайке нельзя. Места соединения скруткой должны быть длиной не менее 10—15 наружных диаметров соединяемых жил.

Оконцевание проводов под винтовой зажим осуществляют в виде кольца, а под плоский зажим — в виде стержня. При сечении провода до 4 мм² включительно оконцевание в виде кольца выполняют так: с конца провода снимают изоляцию на длине, достаточной для выполнения кольца. Жилу жесткого провода закручивают в кольцо по часовой стрелке, а гибкого — в стержень, а затем в кольцо и облуживают.

При оконцевании провода в виде стержня с конца провода удаляют изоляцию, скрученный стержень гибкого провода облуживают.

Переход между трубчатой частью кабельного наконечника и изоляцией провода изолируют полихлорвиниловой трубкой или изолентой.

Присоединение к одному контактному зажиму более двух проводов запрещается. Зажимы должны соответствовать величине номинального напряжения и тока.

Винтовой зажим, к которому присоединяются алюминиевые жилы, должен иметь устройство, ограничивающее возможность раскручивания колечка и не допускающее ослабления контактного давления вследствие текучести алюминия. Колечко алюминиевого однопроволочного провода перед вводом под контакт зачищают и по возможности смазывают кварцевазелиновой и цинковазелиновой пастой.

Присоединения проводов к аппаратам, имеющим контактные лепестки, производят пайкой. Спаянные монтажные соединения должны обеспечивать надежность электрического контакта и необходимую механическую прочность. Основным материалом для пайки является припой ПОС-40, а для ответственной аппаратуры — ПОС-61. Припой рекомендуется применять в виде трубок с канифольным наполнением или проволоки диа-

метром 1 — 3 мм. Флюсом служит раствор канифоли в спирте или сосновая канифоль высшего или первого сорта.

Требования к соединениям проводов. Соединение жил между собой и присоединение их к электроустановочным устройствам должны обладать необходимой механической прочностью, малым электрическим сопротивлением и сохранять эти свойства на все время эксплуатации. Контактные соединения подвержены действию тока нагрузки, циклически нагреваются и охлаждаются.

Алюминий обладает (по сравнению с медью) повышенной текучестью и высокой окисляемостью, при этом образуется токонепроводящая пленка окиси, которая создает на контактных поверхностях большое переходное сопротивление. У медных проводников также образуется окисная пленка, но в отличие от алюминия она легко удаляется и незначительно влияет на качество электрического соединения.

Большая разница коэффициентов теплового линейного расширения алюминия по сравнению с другими металлами также приводит к нарушению контакта. Учитывая это свойство, алюминиевые провода нельзя спрессовывать в медные наконечники.

При длительной эксплуатации под давлением алюминий приобретает свойство текучести, нарушая тем самым электрический контакт, поэтому механические контактные соединения проводов из алюминия нельзя пережимать, а в процессе эксплуатации требуется периодически подтягивать резьбовое соединение контакта. Контакты алюминиевых жил с другими металлами на открытом воздухе подвержены атмосферным воздействиям.

Под влиянием влаги на контактных поверхностях образуется водяная пленка со свойствами электролита, в результате электролиза на металле образуются раковины. Интенсивность образования раковин увеличивается при прохождении через место контакта электрического тока.

Особенно неблагоприятны в этом отношении соединения алюминия с медью и сплавами на основе меди. Поэтому такие контакты необходимо защищать от попадания влаги или покрывать третьим металлом — оловом или припоем.

Соединение и оконцевание медных проводов

Соединение, ответвление медных проводов сечением до 10 мм² рекомендуется выполнять скруткой с последующей пропайкой, причем медные однопроволочные провода площадью сечения до 6 мм², а также многопроволочные с небольшими площадями сечений паяют по скрутке. Жилы с площадью сечения 6-10 мм² соединяют бандажной пайкой, а многопроволочные провода — скруткой с предварительной расплеткой проводов.

Длина мест соединений скруткой или бандажной пайкой должна составлять не менее 10-15 наружных диаметров соединяемых жил. Паяют свинцово-оловянным припоем с использованием флюса на основе канифоли. Применять при пайке медных проводов кислоту и нашатырь не разрешается, так как эти вещества постепенно разрушают места пайки.

Соединение опрессовыванием. Широко используют соединения медных проводов опрессовыванием. Концы проводов зачищают на 25-30 мм,

затем обёртывают медной фольгой и опрессовывают специальными клещами типа ПК.

Соединение и оконцевание алюминиевых проводов

Алюминиевые жилы проводов соединяют сваркой, пайкой и механическим путем.

Пленка окиси алюминия имеет большое электрическое сопротивление и, следовательно, ухудшает электрический контакт. Ползучесть под давлением приводит к тому, что алюминий частично вытекает из-под соединения, ослабляя электрический контакт. Отрицательный потенциал по отношению к меди, стали, цинку приводит к созданию гальванической пары при соединении алюминия с этими металлами, в которой алюминий постепенно разрушается. При некачественном соединении жил проводов может возникнуть перегрев изоляции или перегорание самих жил при сварке и паянии.

Опрессовка с применением гильз ГАО относится к лучшим способам, которые следует применять для соединения и ответвления алюминиевых однопроволочных проводов сечением 2,5—10 мм².

Если суммарное сечение жил меньше внутреннего диаметра гильзы, то в гильзу вводят дополнительную жилу. С концов проводов снимают изоляцию, зачищают оголенные участки жил под слоем технического вазелина или кварцевазелиновой пасты, протирают зачищенные жилы и смазывают чистой кварцевазелиновой пастой. Далее зачищают внутреннюю поверхность гильзы до металлического блеска ершиком, смазанным техническим вазелином, протирают гильзу снаружи и внутри тканью, смоченной бензином. После протирки внутреннюю поверхность гильзы немедленно смазывают кварцевазелиновой пастой. Эти операции производятся в том случае, если кварцевазелиновая паста не была нанесена в заводских условиях. Затем устанавливают в гильзу подготовленные жилы и проверяют ее заполнение. Пустоты заполняют отрезками смазанных кварцевазелиновой пастой жил. Опрессовывают одностороннюю гильзу одним вдавливанием, а двухстороннюю — двумя

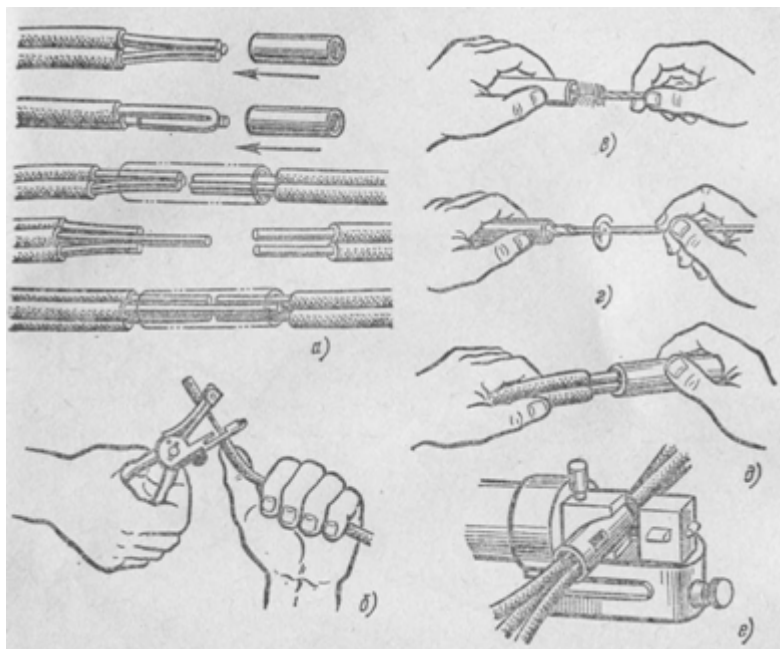


Рис. 1. Опрессовка однопроволочных алюминиевых жил в гильзах ГАО: а — выбор гильзы; б — снятие изоляции с концов жил; в, г — зачистка и смазка внутренней поверхности гильзы; д — установка жил в гильзу; е — опрессовка

Оконцевание медных многопроволочных жил сечением до 2,5 мм² в кольцевых наконечниках. Снимают изоляцию на расстоянии 25—30 мм от конца жилы с помощью специального инструмента — монтерского ножа, ослабляют повив проволок жилы и зачищают жилы до металлического блеска. Свивают зачищенные проволоки и скручивают конец жилы в кольцо по ходу часовой стрелки.

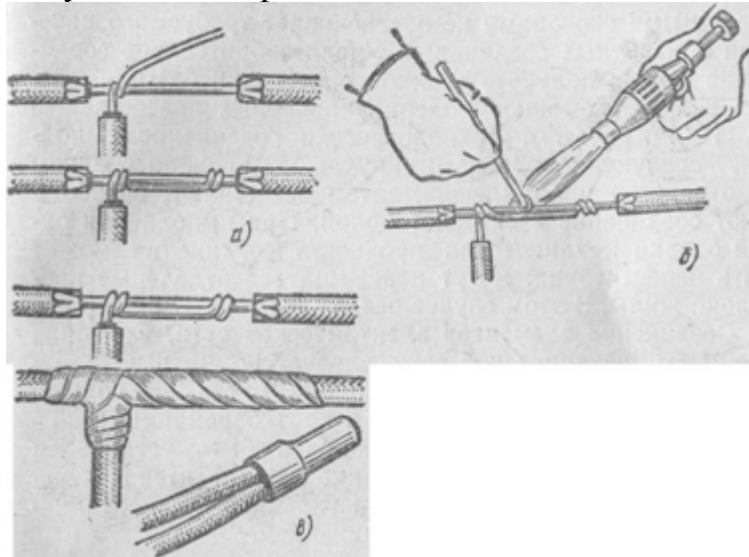


Рис. 3. Соединение одно- про- волочных алюминиевых жил пайкой двойной скруткой с желобом

В зависимости от сечения токопроводящей жилы и контактного винта выбирают концевой наконечник, на цилиндрическую часть которого надевают жилу.

Наконечник с жилой надевают на стержень пуансона, установленного в пресс-клещах таким образом, чтобы участок жилы между наконечником и изоляцией был размещен в желобке пуансона. Нажатием на рукоятки пресс-клещей до упора торцов матрицы и пуансона осуществляют опрессовку. Разжимают клещи и снимают готовое соединение.

Лабораторная работа №8 Разработка технологического процесса сборки жгута

Цель работы: получение навыков в разработке технологического процесса сборки жгута

1 Пояснения к работе

Типовой технологический процесс изготовления жгута включает в себя следующие операции:

- резку проводов и изоляционных трубок;
- укладку проводов на шаблоне и вязку их в жгут;
- заделку концов проводов жгута с одновременной их маркировкой;
- контроль жгута (прозвонку);
- защиту жгута изоляционной лентой;
- выходной контроль (визуальный осмотр на соответствие эталону и прозвонку).

Длина заготавливаемых проводов должна соответствовать размерам, указанным в технологической карте или таблице заготовок проводов. Резка проводов и экранирующих оплеток производятся на автоматах, а также с помощью монтажных или гильотинных ножниц и кусачек.

Заготовку проводов одинаковой длины и вязку их в жгут целесообразнее производить без ответвлений на специальном приспособлении (рисунке1), которое состоит из двух стоек, укрепленных на доске (расстояние между стойками зависит от длины заготавливаемых проводов). С внешних сторон у стоек имеются пазы. Сначала провод обматывается вокруг стоек, при этом количество витков провода должно составлять половину количества проводов в жгуте. Затем витки провода, располагающиеся между стойками, связывают в жгут ниткой или шпагатом. После обвязки витки провода разрезают в местах, расположенных напротив пазов в стойках.

При ручном способе заготовки проводов для жгутов длина и определяется с помощью образцов или линейки. В серийном производстве применяются специальные автоматы для мерной резки проводов на заданную длину.

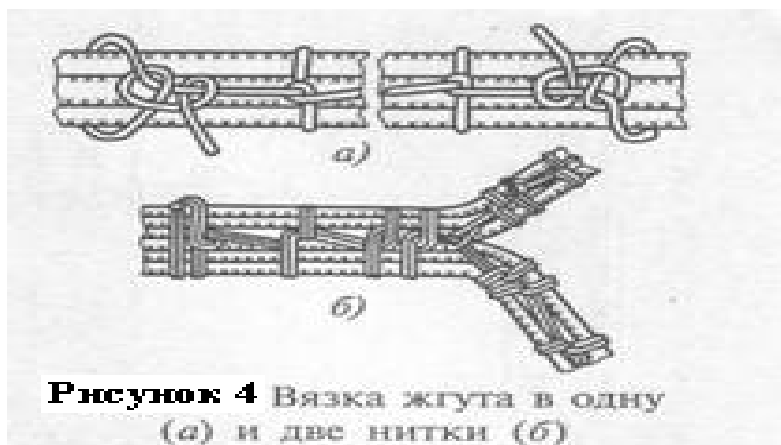
Укладка проводов производится на шаблоне в определенном порядке (по схеме, нанесенной на поверхности шаблона), после чего их связывают ниткой или шпагатом в жгут

Вязка жгута должна осуществляться в одном направлении хлопчатобумажной ниткой № 00 или льняной № 9,5/5. Для ручной вязки применяется приспособление, показанное на рисунке3, а. В корпус 4 приспособления вставлена катушка 3 с нитками. Крышки 5 и 2 служат для центрирования катушки. В верхней крышке 5 имеется ушко для придания нитке определенного направления, а в нижней крышке крепится крючок 1.

Для облегчения сматывания нитки с катушки в корпусе выполнены прорезь и вывод для наружного конца намотанной катушки. Сначала в корпус приспособления вставляется намотанная катушка, верхний конец которой заводится в прорезь корпуса. Далее крышка закрывается и конец нитки продевается через ушко.

Вязка жгута производится в соответствии со схемой образования петель. На вязку одного узла требуется 0,5 ... 1 с. Для выполнения операции необходимо взять нитку (см. рисунок 3, б), зацепить крючком петлю, протянуть ее под жгутом и продеть через две петли приспособление, затянув нитку. В момент затяжки узла нитку, проходящую по корпусу, необходимо прижать пальцем к его поверхности. Приспособление способствует улучшению качества вязки жгутов и снижению трудоемкости их вязки в 15...20 раз. Рекомендуемые способы вязки показаны на рисунке 4.

Петли рекомендуется вязать с натяжением через равные интервалы (не более 50 мм), а также в местах ответвления проводин. Шаг вязки петель устанавливается конструктором в зависимости от диаметра жгута. После вязки проводов в жгут производится заделка их концов. Сначала все концы проводов маркируют согласно монтажной схеме, а затем контролируют правильность раскладки проводов прозвонкой. В случае применения для выполнения жгутов электрифицированных шаблонов прозвонку можно не производить.



Контроль сложных жгутов осуществляется на специальных полуавтоматических стендах по заданной программе. Жгут на панели стенда закрепляют вручную, а правильность раскладки проводов и сопротивление их изоляции контролируют автоматически.

Сначала проводится контроль на соответствие электрическим схемам соединений, т. е. проверка правильности раскладки проводов. С этой целью необходимое напряжение последовательно подают на один из концов проверяемого провода. При правильной раскладке проводов напряжение должно фиксироваться во всех проводах жгута, электрически связанных с проверяемым проводом. Далее необходимо убедиться в отсутствии напряжения в проводах жгута, которые электрически не связаны с проверяемым проводом.

При контроле сопротивления изоляции проводов автоматически осуществляют последовательную подачу постоянного напряжения к электрически изолированным друг от друга проводам (цепям), фиксируя при этом сопротивление изоляции.

В случае необходимости производится защита жгута изоляционными лентами или экранирующей оплеткой. Готовые жгуты укладывают согласно монтажной схеме и чертежу прибора. Одновременно с укладкой концы

проводов жгута разводят к соответствующим местам схемы прибора и припаивают. При этом необходимо следить, чтобы отдельные провода не заслоняли собой маскировочные надписи и надписи значений номиналов на деталях.

2 Последовательность выполнения работы

2.1 Ознакомиться с пояснениями к работе

2.2 В соответствии с вариантом задания, полученным при выполнении лабораторной работы 5 разработать маршрутный процесс сборки жгута средней сложности

2.3. Показать раскладку проводов в жгуте, используя адресацию проводов и цвет, указанный в таблице. Таблицу занести в отчет.

2.4 Определить длину проводов по шаблону. Данные занести в таблицу 4. При определении длины её необходимо увеличить на подготовку проводов к монтажу (7-10мм).

2.5 Определить расход провода каждого цвета, данные занести в отчет.

2.4 Определить диаметр жгута, используя данные, указанные в вариантах задания. По таблице 3 определить шаг вязки.

Диаметр жгута D в миллиметрах следует определять по формуле

$$D = (1,2 - 1,3) \times \sqrt{n} \times D_{\text{ср}},$$

где n - число проводов, шт.;

$D_{\text{ср}}$ - среднее арифметическое значение диаметра провода, мм;

1,2 - 1,3 - коэффициент заполнения

2.6 Указать на эскизе места вязки жгута и узлы, необходимые для вязки.

2.7. Оформить отчет о проделанной работе.

Таблица 5 - Варианты задания

Вариант	Диаметр провода	Марка провода и сечение жилы
1	0,75	МГТФ 0,075
2	0,9	МГШД 0,1
3	1,0	МШДОП 0, 5
4	1,1	МШДОП 0,07
5	1,2	МГШВ 0,12
6	1,3	МГШВ 0,14
7	1,4	МГШДП 0,35
8	1,5	МГШВ 0,2

3 Содержание отчета

3.1 Название и цель работы.

3.2 Эскиз шаблона на формате А4 с трассировкой проводов жгута и указанием мест вязки жгута и вида узла

3.3 Таблица раскладки жгута с указанием длины проводов.

3.4 Расчет диаметра жгута и шага вязки жгута.

3.5 Ответы на контрольные вопросы.

4 Контрольные вопросы

4.1 Назначение и область применения жгута

4.2 Виды шаблонов для вязки жгутов.

4.3 Конструкция шаблонов

4.4 Виды узлов для вязки и факторы, влияющие на выбор вида узла.

4.5 выбор последовательности раскладки проводов по шаблону.

5 Список литературы

5.1 ГОСТ 23586-2001 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЖГУТАМ
И ИХ КРЕПЛЕНИЮ

Лабораторная работа №9 Разработка технологического процесса изготовления печатной платы

Цель работы: получение навыков в разработке технологического процесса изготовления печатной платы

1 Пояснения к работе

Изготовление печатных плат (ГОСТ 20406-75) осуществляется химическим, электрохимическим или комбинированным способом. В последнее время получили распространение новые способы изготовления — аддитивные. Ниже дана краткая характеристика каждого из способов.

Исходным материалом при химическом способе служит фольгированный диэлектрик, т. е. изоляционный материал, обычно гетинакс, на поверхность которого с одной или двух сторон наклеена медная фольга толщиной 35—50 мкм (приложение I).

На поверхность медной фольги вначале износится защитный рисунок (рельеф) таким образом, чтобы он защитил проводники при вытравливании меди. Защитный рисунок схемы выполняется стойкими к воздействию травильных растворов материалами. Затем следует операция травления, в результате которой полностью вытравливается медь и создается проводящий рисунок.

В зарубежной практике данный способ называют субтрактивным. Отверстия для установки выводов электрорадиоэлементов (резисторы, конденсаторы и т. д.) сверлятся или штампуются после вытравливания меди и не металлизируются. Химический метод применяется главным образом в производстве плат широкополосной радиоаппаратуры.

Электрохимический способ в зарубежной литературе и частично в отечественной практике называют полуаддитивным от латинского слова “additio” (сложение), так как проводящий рисунок создается в результате электрохимического осаждения металла, а не вытравливания. Приставка “полу” означает, что в технологии изготовления сохранена операция травления тонкого слоя металла, который образуется по всей поверхности платы при химической металлизации.

Исходными материалами в этом случае служат нефольгированные диэлектрики. Защитный рисунок в отличие от предыдущего метода наносят таким образом, чтобы открытыми оставались те участки поверхности, которые подлежат металлизации с целью образования проводниковых элементов схемы.

Электрохимический способ предусматривает получение металлизированных отверстий одновременно с проводниками и контактными площадками.

Комбинированный способ представляет собой сочетание первых двух способов. Исходным материалом служит фольгированный с двух сторон диэлектрик, поэтому проводящий рисунок получают вытравливанием меди, а металлизация отверстий осуществляется посредством химического меднения с последующим электрохимическим наращиванием слоя меди.

Комбинированный метод в настоящее время является основным в производстве двусторонних и многослойных печатных плат для аппаратуры самого разнообразного назначения.

Аддитивный метод заключается в создании проводящего рисунка посредством металлизации достаточно толстым слоем химической меди (25—35 мкм), что позволяет исключить применение гальванических операций и операции травления. Исходным материалом при этом служит нефольгированный диэлектрик. Исключение вышеуказанных операций позволяет существенно уменьшить ширину проводников и зазоры между ними, что, в свою очередь, обеспечивает возможность увеличить плотность монтажа на платах.

Химико-механическая подготовка поверхности фольги может производиться также на автоматической линии ГГМ 1.240.006. Защитная маска из эпоксидной смолы наносится на поверхность платы таким образом, чтобы открытыми были только контактные площадки проводников, которые обслуживаются припоем ПОС-60 при выполнении монтажных операций.

Проводники, защищенные эпоксидным покрытием, обслуживанию не подвергаются и этим достигается значительная экономия оловянного сплава. Эпоксидная защитная масса наносится также способом трафаретной печати. Пробивка отверстий обычно производится штамповкой с помощью кривошипных прессов.

2 Последовательность выполнения работы

2.1 Ознакомиться с пояснениями к работе

2.2 В соответствии с вариантом задания, полученным при выполнении лабораторной работы по проектированию печатных плат разработать маршрутно-операционный процесс изготовления печатной платы

2.3 Выбрать необходимое оснащение для изготовления печатной платы, используя типовой технологический процесс изготовления

2.4 Оформить технологический процесс на маршрутных картах в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1104-81

2.5 Составить и оформить отчет по работе

3 Содержание отчета

3.1 Название работы и цель работы

3.2 Маршрутная технология изготовления печатной платы

3.3 Технологический процесс изготовления печатной платы на маршрутных платах.

3.4 Ответы на контрольные вопросы

4 Контрольные вопросы

4.1 Краткая характеристика субтрактивного способа изготовления.

4.2 Краткая характеристика аддитивного способа изготовления

4.3 Особенности аддитивной технологии изготовления

4.4 Разновидности субтрактивной технологии изготовления

5 Список литературы

5.1 ОСТ 4.054.060 Платы печатные. Типовые технологические процессы

Варианты заданий

Задание	Вариант				
Субтрактивный метод Плата со сквозными отверстиями	1	7	13	19	25
Субтрактивный метод Плата под поверхностный монтаж	2	8	14	20	26
Субтрактивный метод Плата под поверхностный монтаж	3	9	15	21	27
Субтрактивный метод Плата со сквозными отверстиями	4	10	16	22	28
Аддитивный метод Плата под поверхностный монтаж	5	11	17	23	29
Аддитивный метод Плата со сквозными отверстиями	6	12	18	24	30

Лабораторная работа № 10 Основы пайки

Первое, что необходимо сделать - подготовить все необходимое для пайки радиодеталей:

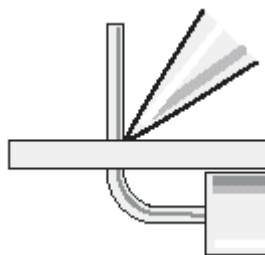
- паяльник
- небольшую губку
- припой
- плоскогубцы или пинцет
- бокорезы
-

Включите паяльник в розетку и смочите губку водой. Когда паяльник нагреется и начнет плавить припой, покройте жало паяльника припоем, а затем протрите его о влажную губку. При этом не держите жало слишком долго в контакте с губкой, чтобы не переохладить его. Протирая жало о губку, Вы удаляете с него остатки старого припоя. И в процессе работы для поддержания жала паяльника в чистоте время от времени протирайте его о губку.

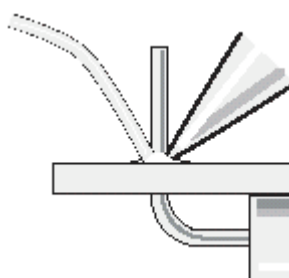
Перед пайкой радиодетали, ее следует подготовить. С помощью узких плоскогубцев согните выводы детали таким образом, чтобы они входили в отверстия платы. Полезно иметь специальное приспособление для гибки выводов деталей под определенные расстояния между монтажными отверстиями.

Вставьте деталь в отверстия на плате. При этом следите за правильным размещением (полярностью) детали, например, диодов или электролитических конденсаторов. После этого слегка разведите выводы с противоположной стороны платы, чтобы деталь не выпадала из своего места. Не следует разводить выводы слишком сильно.

!Перед пайкой еще раз протрите жало паяльника о влажную губку!



Расположив жало паяльника между выводом и платой, как изображено на рисунке, разогрейте место пайки. Время разогрева должно составлять не более 1-2 секунд, чтобы не вывести из строя деталь или плату.



Через 1-2 секунды поднесите припой к месту пайки. При касании припоем жала паяльника может брызнуть флюс. После того, как необходимое количество припоя расплавится, отведите проволоку от места пайки. Подержите жало паяльника в течение секунды у места пайки, чтобы припой равномерно распределился по месту пайки. После этого, не сдвигая деталь, уберите паяльник. Не сдвигая деталь, подождите несколько мгновений, пока место пайки не остынет окончательно.

Теперь можно отрезать излишки выводов с помощью бокорезов. При этом следите за тем, чтобы не повредить место пайки.

Проверьте место пайки!

- качественное место пайки соединяет контактную площадку и вывод детали и имеет гладкую и блестящую поверхность.
- если место пайки имеет сферическую форму или имеет связь с соседними контактными площадками, разогрейте место пайки до расплавления припоя и удалите излишки припоя. На жале паяльника всегда остается небольшое количество припоя.
- если место пайки имеет матовую поверхность и выглядит испаранным, то говорят о "холодной пайке". Разогрейте место пайки до расплавления припоя и дайте ему остыть, не сдвигая детали. При необходимости добавьте немного припоя.

После этого можно удалить остатки флюса с платы с помощью подходящего растворителя. Эта операция не является обязательной - флюс может оставаться на плате. Он не мешает и ни в коем случае не влияет на функционирование схемы.

Различные способы пайки

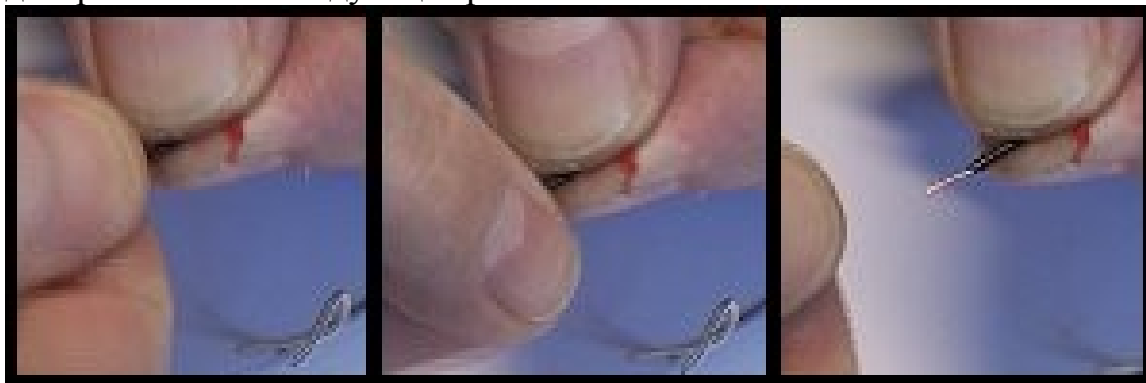
Как правильно паять? На этот вопрос должны ответить представленные ниже параграфы. Они предназначены для начинающих радиолюбителей, ищущих нечто большее, чем просто теоретические знания.

Пайка свободных проводов

С самого первого примера приступим к практике. Необходимо соединить светодиод с ограничивающим сопротивлением и припаять к ним питающий кабель. Здесь не используются монтажные штифты, платы или другие вспомогательные элементы. Необходимо выполнить следующие операции.

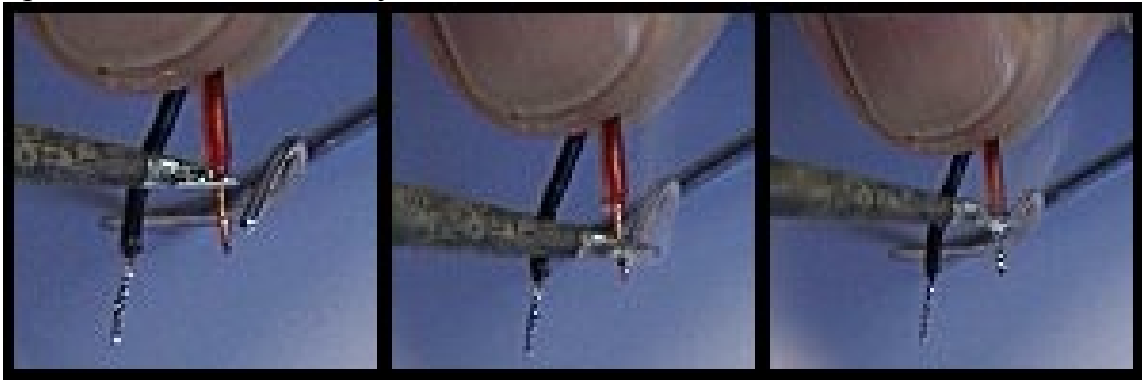
1. Снять изоляцию с концов провода. Тонкие медные проводники абсолютно чисты, так как они были защищены изоляцией от кислорода и влажности.

2. Скрутить отдельные проводки жилы. Таким образом можно предотвратить их последующее разломачивание.



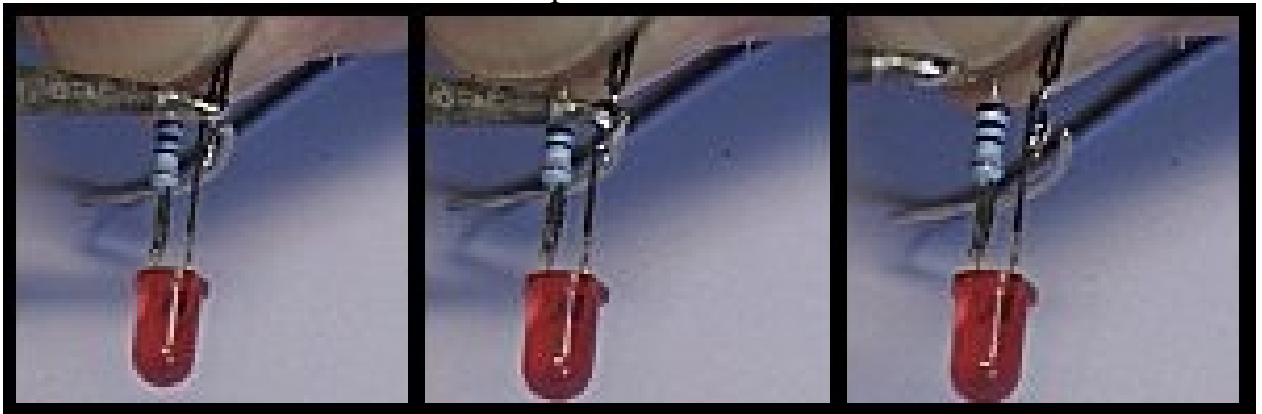
3. Залудить концы проводов. Во время лужения разогретое жало паяльника необходимо подвести к проводу одновременно с припоем. Провод необходимо хорошо разогреть, чтобы припой равномерно распределился

по поверхности жгута. Легкое потирание жалом помогает распределению припоя по всей длине лужения.



4. Укоротить выводы светодиода и резистора и также залудить их. Хотя выводы и лудились при изготовлении радиоэлементов, но в процессе хранения на них мог образоваться тонкий слой окислов. После лужения поверхность вновь будет чистой. Если используются очень старые радиодетали, выпаянные из каких-либо плат, на них, как правило, сильно окислены. Выводы таких деталей перед лужением необходимо очистить от окислов, например, поскрести их ножом.

5. Удерживая соединяемые выводы параллельно друг другу, нанесите на них небольшое количество расплавленного припоя. Место пайки должно прогреваться быстро, расход припоя при этом - 2-3 мм (при диаметре 1,5 мм). Как только припой равномерно заполнит промежутки между соединяемыми выводами, необходимо быстро отвести паяльник. Место пайки должно оставаться в покое, пока припой не затвердеет полностью. Если детали сдвинутся раньше, то в пайке образуются микротрещины, снижающие механические и электрические свойства соединения.



Немного теории

Пайка - это соединение металлов с помощью другого, более легкоплавкого металла. В электронике, как правило, используют припой, содержащий 60% олова и 40% свинца. Этот сплав плавится уже при 180°C . Современные припои, используемые при пайке электронных схем, выпускаются в виде тонких трубочек, заполненных специальной смолой (колофонием), выполняющей функции флюса. Нагретый припой создает внутреннее соединение с такими металлами, как медь, латунь, серебро и т.д., если выполнены следующие условия:

- Поверхности подлежащих пайке деталей должны быть зачищены, то есть с них необходимо удалить образовавшиеся с течением времени пленки окислов.
- Деталь в месте пайки необходимо нагреть до температуры, превышающей температуру плавления припоя. Определенные трудности при этом возникают в случае больших поверхностей с хорошей теплопроводностью, поскольку мощности паяльника может не хватить для ее нагрева.
- Во время процесса пайки место пайки необходимо защитить от воздействия кислорода воздуха. Эту задачу выполняет флюс (колофоний), образующий защитную пленку над местом пайки. Флюс содержится в припое в виде тонкого сердечника. При расплавлении припоя он распределяется по поверхности жидкого металла.

Типичные ошибки начинающих и методы их исправления

- Начинающие монтажники касаются места пайки только кончиком жала паяльника. При этом к месту пайки подводится недостаточно тепла. Опытный монтажник обладает чувством оптимальной теплопередачи. Он прикладывает жало паяльника таким образом, чтобы между ним и местом пайки образовалась как можно большая площадь контакта. Кроме того, он очень быстро вводит между жалом и деталью немного припоя в качестве теплопроводника.
- Начинающие монтажники расплавляет немного припоя и с некоторой задержкой подводит его к месту пайки. При этом часть флюса испаряется, припой не имеет защитного слоя и на нем образуется оксидная пленка. Профессионал, напротив, всегда касается места пайки одновременно паяльником и припоем. При этом место пайки обволакивается каплей чистой расплава еще до того, как флюс успеет испариться.
- Начинающие монтажники часто не уверены, не перегрето ли место припоя. Они слишком рано отводят жало паяльника от места пайки, затем вынуждены опять подводить его для подогрева, вновь отводят, и т.д. Результатом является серое место пайки с неровными границами, так как соединяемые детали были нагреты недостаточно сильно, а сам процесс длился слишком долго и колофоний успел испариться. Мастер, напротив, нагревает место пайки быстро и интенсивно и завершает процесс резко и окончательно. Он вознаграждает себя гладкой, отливающей серебром поверхностью припоя, в которой отражается его сияющая физиономия...

Пайка печатных плат

Пайка радиодеталей в платину требует меньших усилий, чем соединение свободных проводов, так как отверстия в плате служат хорошим фиксатором припаиваемой детали. Однако, и здесь результат зависит от опыта и удачи. Первая схема или первый проект, собираемый на макетной плате, скорее всего, завершится крахом еще на первых пропайных точках, которые будут выглядеть так, как будто это сплошной проводник... Однако, после нескольких упражнений каждое соединение будет выглядеть все лучше и лучше.

В нижеприведенном примере производится монтаж микросхемы в плату. Целью работы является выполнение равномерно хороших соединений. Итак, перейдем к описанию отдельных шагов:

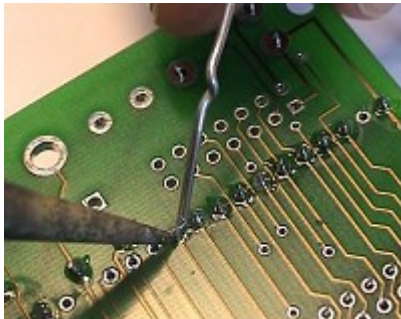
1. Припой и жало паяльника подводятся к монтажной точке одновременно. Жало паяльника должно касаться как обрабатываемого вывода, так и платы.



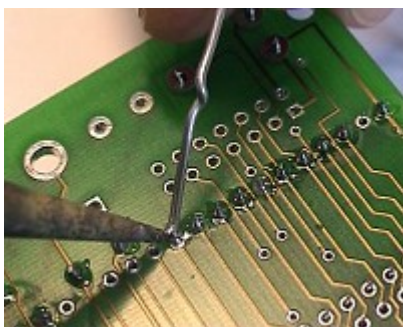
2. Положение жала паяльника не изменяется, пока припой не покроет равномерным слоем все место контакта. В зависимости от температуры паяльника это продолжается от полусекунды до секунды. За это время происходит достаточный нагрев места пайки.



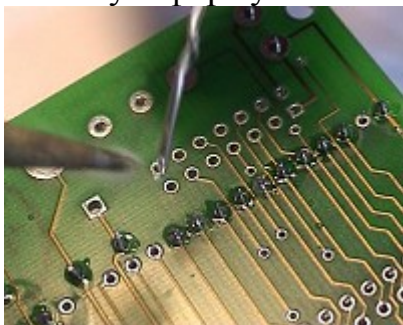
3. Теперь жало паяльника следует обвести по полукругу вокруг обрабатываемого контакта, одновременно перемещая припой во встречном направлении. Таким образом на место пайки наносится еще около 1 мм припоя. Место пайки нагрето настолько, что расплавившийся припой под действием сил поверхностного натяжения равномерно распределяется по всей контактной площадке.



4. После того, как необходимое количество припоя нанесено на место пайки, можно отвести проволоку припоя от места пайки.



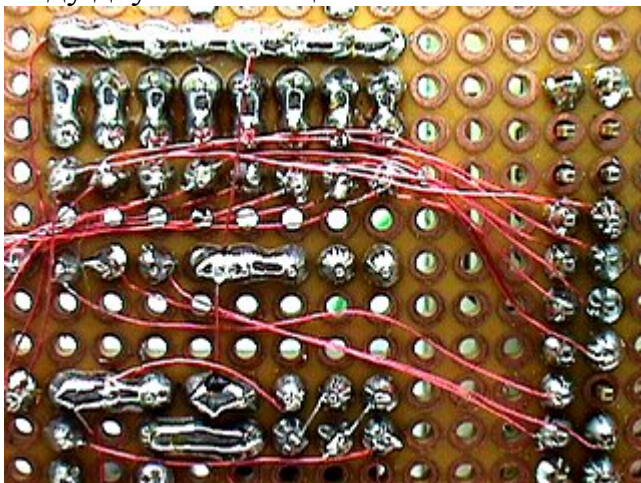
5. Последний шаг - быстрый отвод жала паяльника от места пайки. Пока еще жидкий и покрытый тонким слоем флюса припой обретает свою окончательную форму и застывает.



Если жало паяльника имеет оптимальную температуру, весь процесс продолжается не более одной секунды. И после небольшой практики все точки пайки начнут походить друг на друга как две капли воды.

Техника соединения лакированным проводом

Существует два основных варианта сборки (экспериментальных) радиоэлектронных схем в домашних условиях: полосковые платы и растровые платы с выполнением соединений лакированным проводом. Техника соединений лакированным проводом годится также и для более крупных проектов. При этой технике тонкие лакированные проводники прокладываются между точками пайки. Лаковое покрытие отжигается в тех местах провода, где должна производиться пайка. Немного практики здесь отнюдь не повредит, поэтому проведем первые опыты выполнения соединений на старой ненужной плате. Итак, лакированный провод должен быть проложен между двумя имеющимися точками пайки

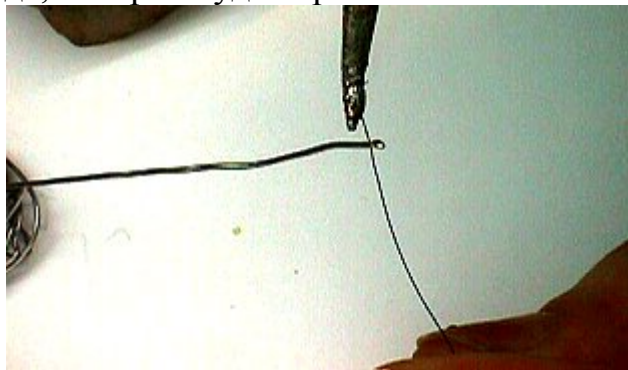


Сначала припаивается один конец лакированного провода. В зависимости от температуры паяльника требуется от одной до трех секунд, пока

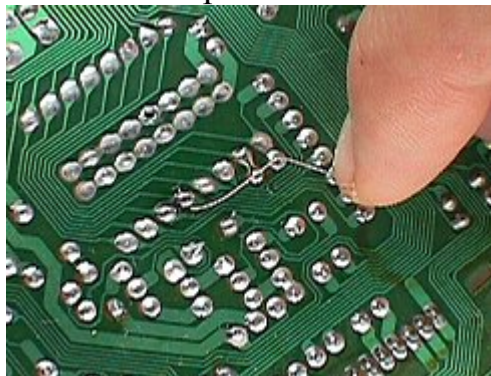
лак не расплавится. Остатки оплавленного и выгоревшего лака налипают на жало паяльника, которое необходимо регулярно очищать и залуживать свежим припоем.



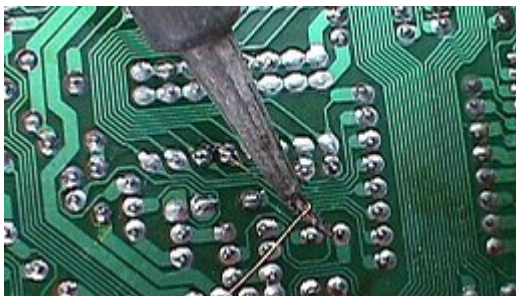
После этого конец провода припаивается в необходимое место. Затем провод протягивается ко второму месту пайки и огибается вокруг него таким образом, чтобы образовался острый угол, указывающий на место на проводе, которое будет припаиваться.



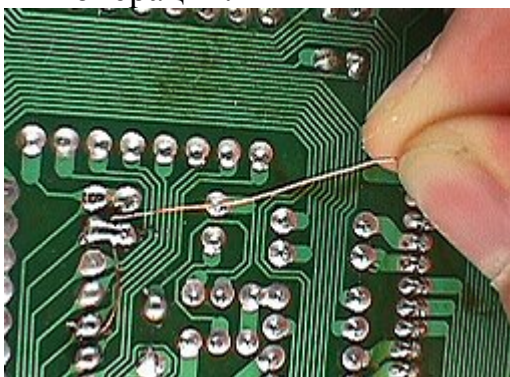
Место отгиба припаивается в следующую очередь. Эта операция длится дольше вышеописанной, так как теперь приходится обрабатывать покрытый лаком участок, имеющий худшую теплопроводность по сравнению с чистым концом провода. Однако, и здесь с некоторой долей терпения и припоя можно расплавить лак и залудить провод на участке в несколько миллиметров.



Теперь можно произвести пайку второго конца провода. В заключение натяните свободный конец провода и отогните его несколько раз в разные стороны, пока он не обломится в точности по месту пайки. На этом выполнение соединения завершено - можно переходить к следующему.

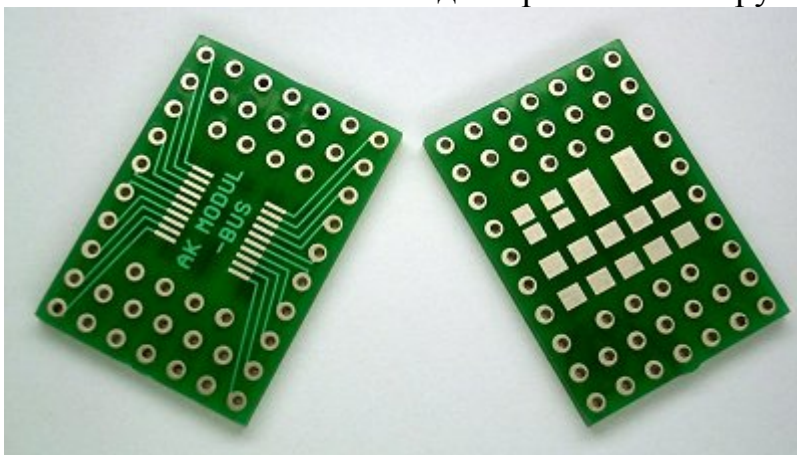


Кстати, может быть вы заметили, что вторая пайка выполнена не в той точке, где планировалось? При пайке жало паяльника дрогнуло и пайка произошла в соседней точке. Ничего страшного, ведь наше упражнение производилось на ненужной плате. Однако это доказывает, что прежде чем взяться за серьезный проект, следует хорошо усвоить технику выполнения основных операций.

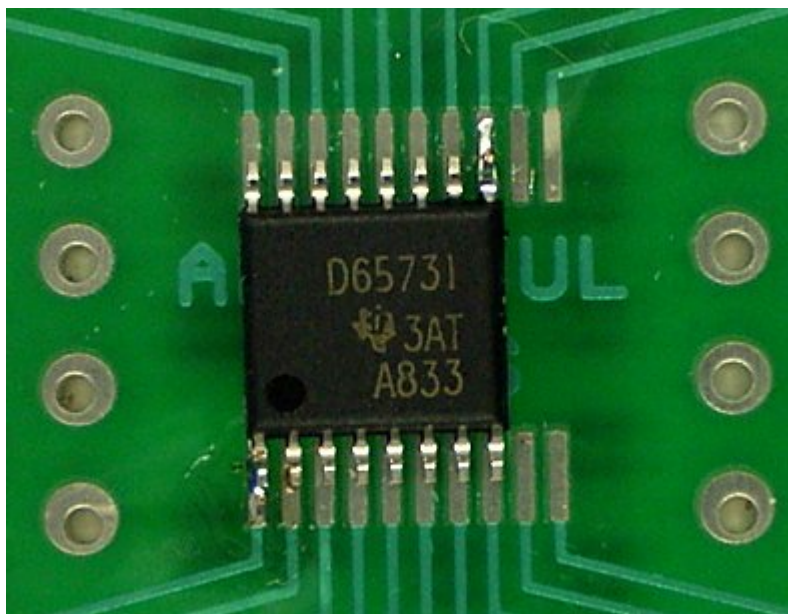


SMD-адаптер

При разработке прототипов все чаще возникают проблемы, связанные с тем, что необходимая микросхема доступна только в корпусе для поверхностного монтажа. Начиная с расстояния между выводами 0,65 мм выполнение соединений с помощью лакированного провода требует очень много сил и времени. Однако все необходимые соединения удастся выполнить в домашних условиях, используя адаптерные платы TSSOP. Здесь показано, как это делается. ЦАП DAC6573 в 16-выводном корпусе TSSOP должен использоваться с платой для пробной конструкции.



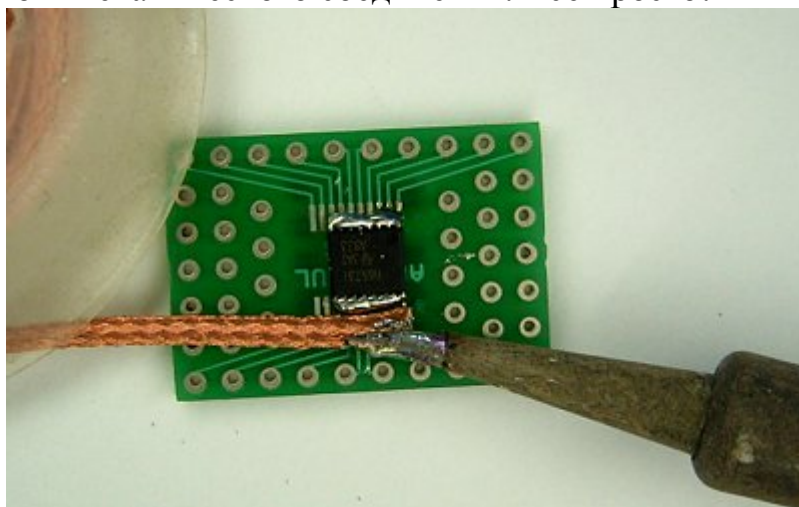
Сначала необходимо осторожно припаять микросхему к адаптеру за два вывода по диагонали. На этом шаге необходимо обеспечить, чтобы выводы микросхемы располагались в точности над дорожками адаптера. Добившись этого, покройте все выводы большим количеством припоя.



Затем излишки припоя удаляются с места пайки с помощью литцы.

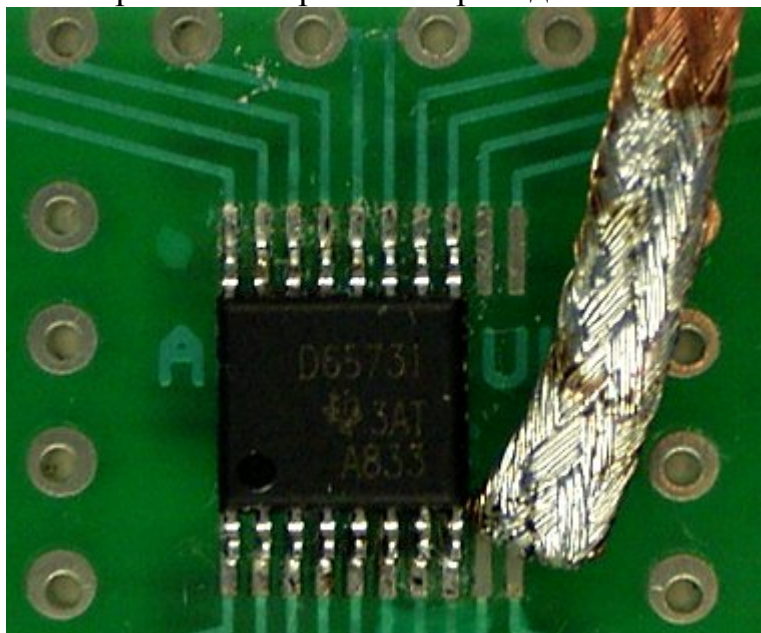


Большая часть припоя впиталась в литцу. На плате осталось ровно столько припоя, сколько необходимо для обеспечения надежного электрического и механического соединения. Все просто!

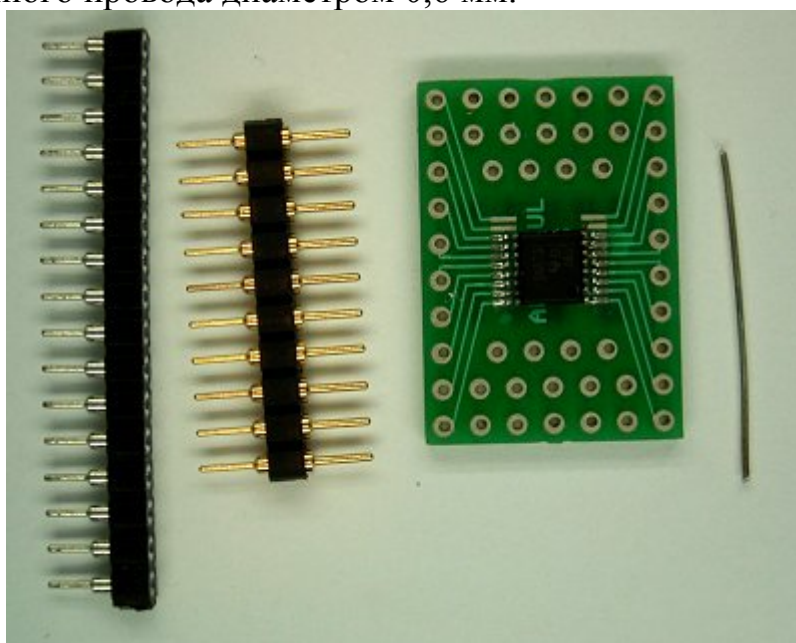


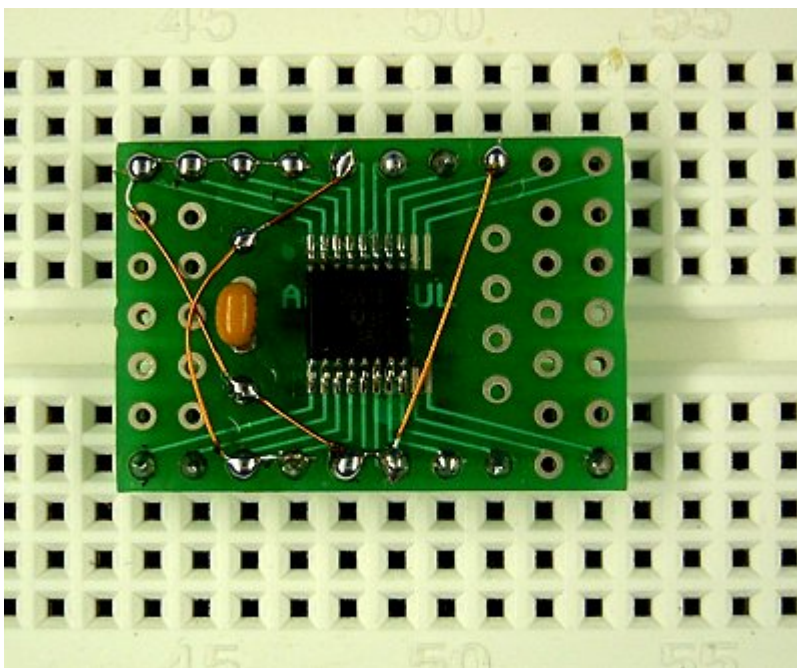
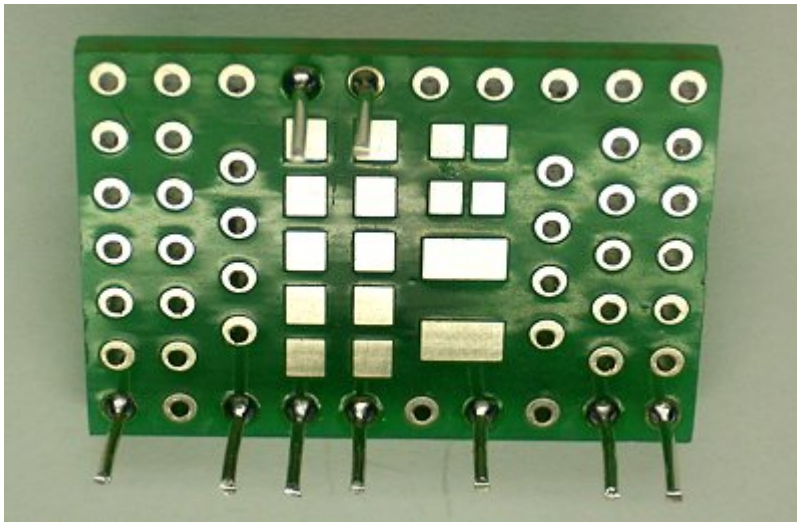
Имеются различные возможности перехода на главную плату или экспериментальную плату. Растровые отверстия имеют диаметр 0,8 мм. Стандартные монтажные штекеры не входят в них, однако прецизионные штекеры с цилиндрическими ножками - которые могут вставляться и в па-

нели микросхем - имеют необходимый диаметр. Впрочем, часто можно обойтись и простыми отрезками проводов.



Здесь необходимые соединения выполнены с помощью отрезков серебряного провода диаметром 0,6 мм.





Лабораторная работа № 11 Разработка техпроцесса сборки узла на печатной плате

1 Пояснения к работе

Монтаж в отверстия – технология сборки электронных узлов на печатных платах, отличающаяся тем, что выводы компонентов монтируются в сквозные отверстия печатной платы.

Технология монтажа в отверстия, как следует из названия, представляет собой метод монтажа компонентов на печатную плату, при котором выводы компонентов устанавливаются в сквозные отверстия платы и припаиваются к контактным площадкам и/или металлизированной внутренней поверхности отверстия.

Данная технология активно применяется в условиях единичного и мелкосерийного многономенклатурного производства, где из-за частой смены выпускаемых моделей автоматизация процессов неактуальна. Эта продукция, в основном, выпускается небольшими отечественными предприятиями как для бытового, так и для специального применения.

Технология установки ТНТ-компонентов относительно проста, хорошо отработана, допускает ручные и автоматизированные методы сборки, хорошо обеспечена сборочным оборудованием и технологическим оснащением.

Типичная последовательность операций

Технологический процесс сборки ПП на основе ТНТ-технологии состоит из следующих типовых этапов:

- ✓ подготовка выводов ЭК (формовка, обрезка), часто совмещается с автоматизированным монтажом;
- ✓ установка компонентов (ручная, автоматическая);
- ✓ пайка (волной припоя, ручная, селективная);
- ✓ отмывка (ультразвуковая, струйная),
- ✓ контроль монтажа

Подготовка выводов ЭК

Выводы ЭК перед монтажом должны быть специальным образом подготовлены. Подготовка включает в себя формовку выводов элементов

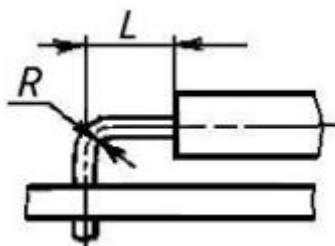


Рисунок 1. Основные параметры формовки

Несоблюдение данных рекомендаций может привести к образованию избыточных напряжений в месте крепления вывода к корпусу ЭК и в области изгиба вывода и, как следствие, появлению в этих местах трещин и, возможно, обрывов, в особенности при механических воздействиях на со-

бранный узел. Не допускается изгибать жесткие выводы (лепестки) транзисторов и диодов средней и большой мощности, так как это может привести к растрескиванию их стеклянных изоляторов и нарушению герметичности корпусов.

Устройства формовки выпускаются с механическим и электрическим приводом подачи ЭК, а также механическим либо пневматическим – самого устройства формовки. Загрузка компонентов производится из лент, трубчатых кассет, россыпи. Геометрические параметры формовки регулируются; установки оснащаются сменными формовочными матрицами. Специальная конструкция матриц формовочных устройств обеспечивают отсутствие избыточных напряжений и зазубрин на материале в месте изгиба вывода.

Установка ТНТ-компонентов осуществляется с применением специальных монтажных автоматов, автоматизированных рабочих мест (АРМ) либо полностью вручную.

2 Последовательность выполнения работы

2.1 Ознакомиться с пояснениями к работе

2.2 В соответствии с вариантом задания, полученным при выполнении лабораторной работы 3 разработать маршрутный процесс сборки и монтажа печатного узла на печатной плате и занести ее в отчет

2.3 Разработать технологический процесс сборки узла на печатной плате.

2.4 Оформить технологический процесс на маршрутных картах в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1104-81

2.5 Составить и оформить отчет по работе

3 Содержание отчета

3.1 Название работы и цель работы

3.2 Маршрутная технология сборки узла на печатной плате .

3.3 Технологический процесс сборки узла на печатной плате на маршрутных платах.

3.4 Ответы на контрольные вопросы

4 Контрольные вопросы

4.1 Виды сборки узлов на печатных платах.

4.2 Краткая характеристика ручной сборки

4.3 Краткая характеристика автоматизированной сборки

4.4 Область применения монтажа в отверстия.

5 Список литературы

5.1 ОСТ 4.054.060 Платы печатные. Типовые технологические процессы

Лабораторная работа № 12 Расчет надежности

Цель работы: приобретение навыков окончательного расчета надежности.

Теоретические сведения.

В зависимости от этапа проектирования изделий электронной техники различают прикидочный, ориентировочный и окончательный расчеты надежности.

Окончательный расчет надежности изделия проводится на этапе технического проектирования, когда известны условия эксплуатации устройства, окончательный вариант принципиальной электрической схемы, используемые в ней типы элементов, реальные электрические и тепловые режимы работы элементов.

Окончательный расчет позволяет определить количественные характеристики надежности изделия с учетом всех воздействующих факторов.

Для упрощения расчета принимаются два допущения:

- в схеме используется основное соединение элементов, т. е. отказ изделия наступает тогда, когда откажет хотя бы один элемент;
- отказы носят случайный и независимый характер.

В этом случае интенсивность отказов может быть определена по формуле:

$$\lambda = k_{\lambda} \sum_{i=1}^n a_i \lambda_{oi} n_i,$$

где k_{λ} - поправочный коэффициент, учитывающий условия эксплуатации,

a_i - поправочный коэффициент, учитывающий режим работы элемента и температуру внутри блока,

λ_{oi} - интенсивность отказа элемента, работающего в номинальном режиме при нормальных условиях эксплуатации, приводится в соответствующих справочниках, можно воспользоваться таблицей 4,

n_i - количество однотипных элементов, работающих в одинаковых режимах при одинаковых температурах.

Значения поправочного коэффициента, учитывающего условия эксплуатации можно ориентировочно взять из таблицы 1.

Таблица 1

Условия эксплуатации аппаратуры	Поправочный коэффициент k_{λ}
Лабораторные	1,0
Стационарные (полевые)	2,7
Корабельные	3,4
Автофургонные	3,7
Железнодорожные	3,9
Самолетные	6,0

Исходные данные для расчета интенсивности отказов всего устройства сводятся в таблицу 2.

Таблица 2

Наименование и тип элемента	Количество элементов	Интенсивность отказов номин. $\lambda_{oi} 10^{-6} 1/ч$	Режим работы		Поправочный коэф. a_i	Интенсивность отказов действительная	
			K_n	темпер., °C		$a_i \lambda_{oi} 10^6 1/ч$	$a_i \lambda_{oi} n_i 10^{-6} 1/ч$
1	2	3	4	5	6	7	8

Следует не забывать вносить в таблицу пайку элементов.

После определения интенсивности отказов всего устройства следует определить среднюю наработку до первого отказа по формуле:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda}$$

Теперь можно определить вероятность безотказной работы в любой момент времени и построить график зависимости $P(t)$. Эта зависимость рассчитывается по формуле:

$$P(t) = e^{-\lambda t},$$

причем, если $\lambda t < 0,1$, то с достаточной степенью точности можно считать $P(t) = 1 - \lambda t$, если $\lambda t > 0,1$, то можно таблицу 5.

Результаты расчетов следует свести в таблицу 3.

По результатам расчета строится график $P(t)$, причем, вероятность безотказной работы откладывается в линейном масштабе, а время - в логарифмическом.

Таблица 3.

t, час	10	10	...	T_{cp}
		0		
λt			...	
$P(t)$...	

График зависимости $P(t)$ может служить и для определения гарантийного срока службы изделия. Для этого определяется время, при котором $P(t) = 0,7$

Исходя из длительности работы изделия в день и количества рабочих дней в году, можно определить гарантийный срок службы изделия в годах.

3. ЗАДАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕГО ВЫПОЛНЕНИЮ.

1 Получить у преподавателя задание .

2 Произвести все необходимые расчеты показателей надежности.

3 Построить график зависимости $P(t)$ и определить гарантийный срок службы изделия.

4 Оформить отчет по выполненной работе.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать все необходимые обоснования и пояснения к расчетам, необходимые таблицы и график зависимости $P(t)$, по этому графику определить гарантийный срок службы.

Отчет оформляется по правилам оформления текстовой конструкторской документации.

График $P(t)$ вычерчивается с помощью Microsoft Office Excel/

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1 Дайте определение надежности, отказа, сбоя.

2 Основные показатели надежности для невосстанавливаемых и восстанавливаемых систем, их физический смысл.

3 Методы расчета надежности. Когда и какой метод используется?

4 Особенности окончательного расчета надежности.

5 Поправочные коэффициенты, используемые в окончательном расчете надежности.

6 Определение гарантийного срока службы изделия.

7 Общие методы повышения надежности на этапе проектирования.

8 Общие методы повышения надежности на этапе производства.

9 Специальные методы повышения надежности.

10 Виды резервирования.

Таблица 4 Интенсивность отказов некоторых электрорадиоэлементов.

Наименование элемента	$\lambda_{oi} \cdot 10^6, 1/ч$		Наименование элемента	$\lambda_{oi} \cdot 10^6, 1/ч$
1	2		1	2
Полупроводниковые приборы	Ge	Si		
Диоды			Конденсаторы	
Выпрямительные точечные	0,07	0,2	Керамические	0,14
« микроплоскостные	-	0,07	Стеклянные	0,16
« плоскостные	-	0,5	Слюдяные	0,12
« повышенной мощности	-	0,5	Бумажные	0,18
« « надежности	-	0,25	Металлобумажные	0,2
Импульсные точечные	0,3	-	Пленочные	0,2
« плоскостные мезадиоды	0,2	0,25	Электролитические Al	0,24
Импульсные сплавные	-	0,06	Электролитические Ta	0,22
Управляемые	-	0,5	Моточные изделия	
Стабилитроны	-	0,5	Автотрансформаторы	0,5
Варикапы	-	0,5	Трансформаторы силовые	0,3
Диодные сборки	-	0,1	« импульсные	0,1
Транзисторы			« высоковольтные	0,4
Маломощные низкочастот.	0,3	0,4	Дроссели	0,1
Мощные низкочастотные	0,46	0,26	Катушки индуктивности	0,05
Маломощные высокочаст.	0,26	0,13	Линии задержки	0,5
Мощные высокочастотные	0,5	0,17	Микросхемы	
Транзисторные сборки	-	0,1	Полупроводниковые:	
			-малой интеграции	0,1

Непроволочные резисторы		-большой интеграции	0,15
C2-23 0,125 Вт	0,02	-процессоры	0,2
« 0,25 «	0,03	Гибридные	0,8
« 0,5 «	0,04	Микросборки	1,0
« 1,0 «	0,06	Переключатели и другие	
« 2,0 «	0,08	элементы	
C2- 33 0,125 «	0,03	Кнопочные	1,2
« 0,25 «	0,04	Галетные	1,3
« 0,5 «	0,05	Тумблеры	2,5
« 1,0 «	0,07	Предохранители	0,8
« 2,0 «	0,09	Кварцы	2,7
СПЗ-38	0,07	Пьезоэлементы	1,8
СПЗ-4	0,09	Разъемы высокочастотные	0,2
СП4-3	0,1	низкочастотные	0,3
Проволочные резисторы		Гнезда контактные	0,1
C5-5	0,1	Лампы сигнальные	0,8
C5-25	0,2	Светодиоды	1,8
СП5-16	0,4	Реле электромеханические	1,4
РП-2	0,3	Реле малогабаритные	0,6
		Пайка	0,004

Таблица значений функции e^{-x}

x	x									
	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,1	0,9018	0,8958	0,8869	0,8781	0,8694	0,8607	0,8521	0,8437	0,8353	0,8270
0,2	0,8187	0,8106	0,8025	0,7945	0,7866	0,7788	0,7711	0,7634	0,7558	0,7483
0,3	0,7408	0,7334	0,7261	0,7189	0,7118	0,7047	0,6977	0,6907	0,6839	0,6771
0,4	0,6703	0,6637	0,6570	0,6505	0,6440	0,6376	0,6313	0,6250	0,6188	0,6126
0,5	0,6065	0,6035	0,5945	0,5886	0,5825	0,5769	0,5712	0,5655	0,5599	0,5543
0,6	0,5488	0,5434	0,5379	0,5326	0,5273	0,5220	0,5169	0,5117	0,5066	0,5016
0,7	0,4966	0,4916	0,4869	0,4819	0,4771	0,4724	0,4677	0,4630	0,4584	0,4538
0,8	0,4493	0,4449	0,4404	0,4360	0,4317	0,4274	0,4232	0,4190	0,4148	0,4107
0,9	0,4066	0,4025	0,3985	0,3946	0,3906	0,3867	0,3829	0,3791	0,3753	0,3716
1,0	0,3679	0,3642	0,3606	0,3570	0,3535	0,3499	0,3465	0,3430	0,3396	0,3362
1,1	0,3329	0,3296	0,3263	0,3230	0,3198	0,3166	0,3135	0,3104	0,3073	0,3042
1,2	0,3012	0,2982	0,2952	0,2923	0,2894	0,2865	0,2837	0,2808	0,2780	0,2753
1,3	0,2725	0,2698	0,2671	0,2645	0,2618	0,2592	0,2567	0,2541	0,2516	0,2491
1,4	0,2466	0,2441	0,2417	0,2393	0,2369	0,2346	0,2322	0,2299	0,2276	0,2254
1,5	0,2231	0,2209	0,2187	0,2165	0,2144	0,2122	0,2101	0,2080	0,2060	0,2039
1,6	0,2019	0,1999	0,1979	0,1959	0,1940	0,1920	0,1901	0,1882	0,1864	0,1845
1,7	0,1827	0,1809	0,1791	0,1773	0,1755	0,1738	0,1720	0,1703	0,1686	0,1670
1,8	0,1653	0,1637	0,1620	0,1604	0,1588	0,1572	0,1557	0,1541	0,1526	0,1511
1,9	0,1496	0,1481	0,1466	0,1451	0,1437	0,1423	0,1409	0,1395	0,1381	0,1367
2,0	0,1353	0,1340	0,1327	0,1313	0,1300	0,1287	0,1275	0,1262	0,1249	0,1237
2,1	0,1225	0,1212	0,1200	0,1188	0,1177	0,1165	0,1153	0,1142	0,1130	0,1119
2,2	0,1108	0,1097	0,1086	0,1075	0,1065	0,1054	0,1044	0,1033	0,1023	0,1013
2,3	0,1003	0,0993	0,0983	0,0973	0,0963	0,0954	0,0944	0,0935	0,0926	0,0916
2,4	0,0907	0,0898	0,0889	0,0880	0,0872	0,0863	0,0854	0,0846	0,0837	0,0829
2,5	0,0821	0,0813	0,0805	0,0797	0,0789	0,0781	0,0773	0,0765	0,0758	0,0750
2,6	0,0743	0,0735	0,0728	0,0724	0,0714	0,0707	0,0699	0,0693	0,0686	0,0679
2,7	0,0672	0,0665	0,0659	0,0652	0,0646	0,0639	0,0633	0,0627	0,0620	0,0614
2,8	0,0608	0,0602	0,0596	0,0590	0,0584	0,0578	0,0573	0,0567	0,0561	0,0556
2,9	0,0550	0,0545	0,0539	0,0534	0,0529	0,0523	0,0518	0,0513	0,0508	0,0503

Лабораторная работа № 13 Демонтаж микросхем в корпусе TQFP

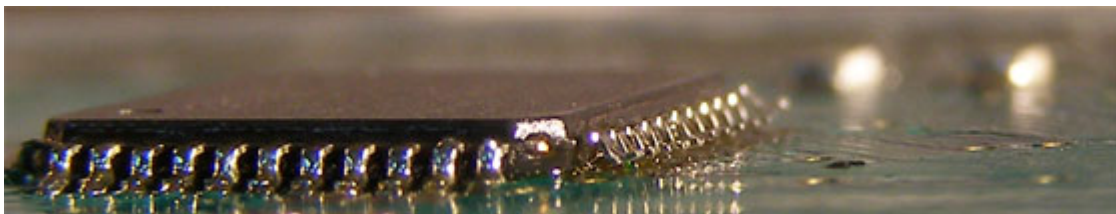


Рисунок 1. В результате — ряд приподнятых над платой выводов.

Использование специальных насадок к паяльнику для выпаивания микросхем поверхностного монтажа в корпусе типа TQFP несёт в себе риск перегрева микросхемы и/или печатной платы. Кроме того, эти насадки не всегда под рукой, да и стоят они изрядно. Ниже описан метод безопасного демонтажа микросхем в корпусе TQFP — без перегрева и с возможностью повторной установки выпаянной микросхемы. При этом никакого специального паяльного оборудования не требуется.

Выпаять микросхему поверхностного монтажа в корпусе TQFP не так уж сложно. Метод заключается в том, чтобы расположенные в ряд по каждой из четырёх сторон корпуса типа TQFP выводы последовательно отпаять и оставить приподнятыми над поверхностью печатной платы как это показано на рисунке 1.

Когда в таком положении окажутся все четыре ряда выводов микросхемы, её остаётся лишь снять пинцетом.

Шаг 1 — удаляем лишний припой.

Сначала паяльником в паре с отрезком оплётки от экранированного провода, который одним концом следует предварительно окунуть в спиртовой раствор канифоли, удаляем с выводов и соответствующих им контактных площадок лишний припой как показано на рисунок 2:

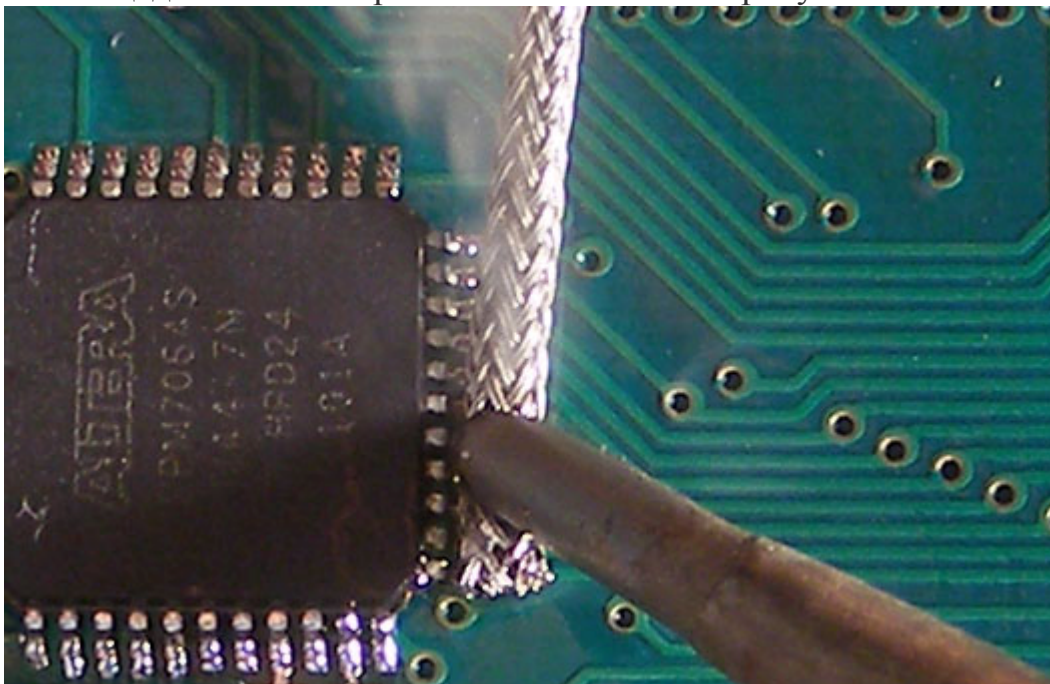


Рисунок 2. Удаление лишнего припоя.

Результат этой операции хорошо виден на рисунок 3:

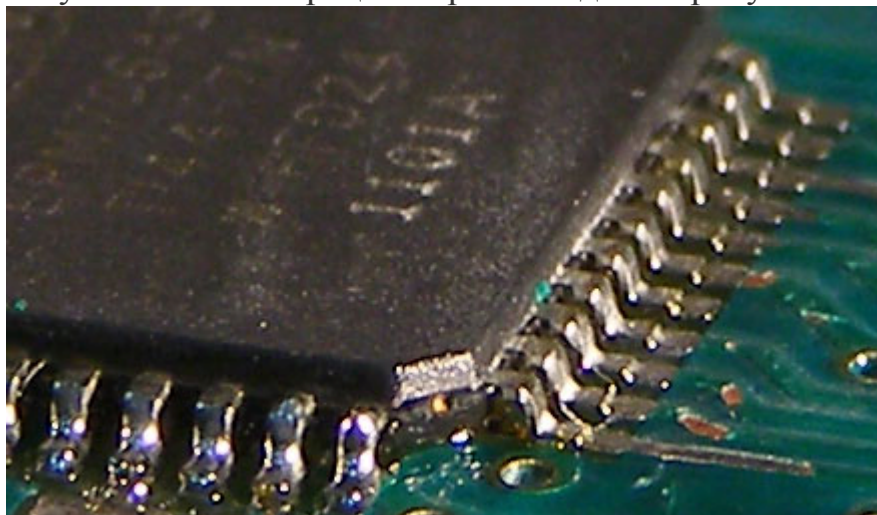


Рисунок 3. Результат удаления лишнего припоя.

Шаг 2 — *протягиваем под выводами отрезок провода.*

Под освобождёнными от лишнего припоя выводами протягиваем отрезок эмалированного обмоточного провода. Один конец провода надо зачистить от эмали и пайкой закрепить на плате как показано на Рисунок 4:

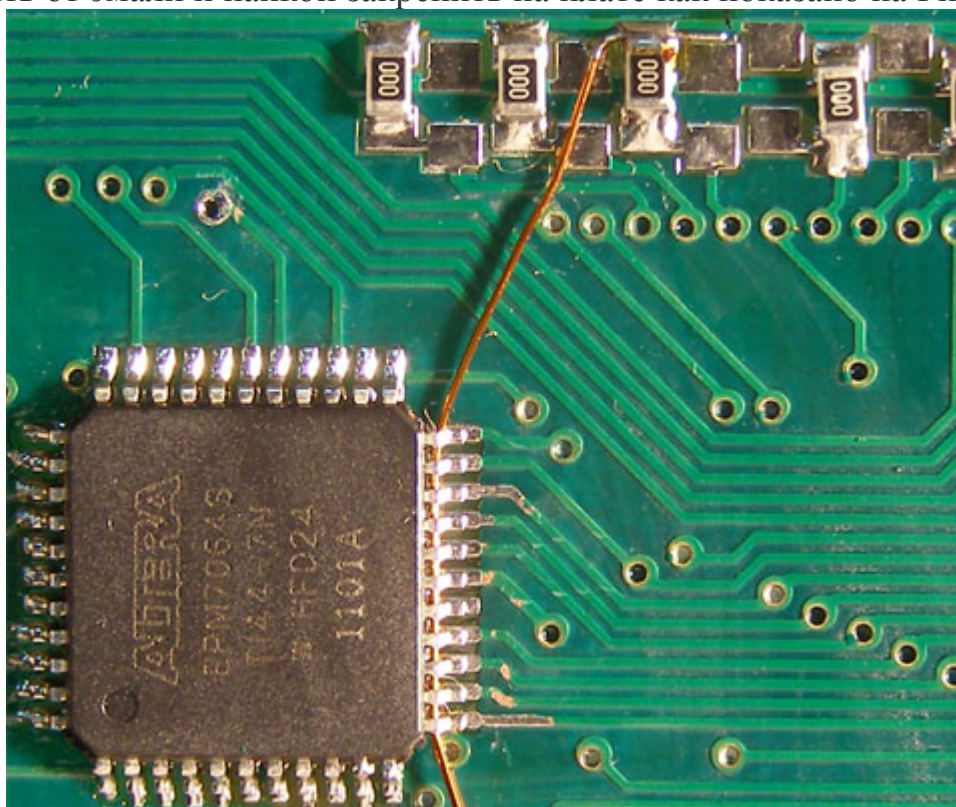


Рисунок 4. Крепление пайкой протянутого под выводами провода.

Диаметр провода должен быть не менее 0,2 мм, так как провод меньшего диаметра как правило обрывается. При первых таких опытах с выпаиванием микросхем поверхностного монтажа желательно использовать провод с термостойкой эмалью. В данном случае использовался обмоточный провод марки ПЭТД2-200 $\varnothing 0,2$ мм.

Шаг 3 — *отпаиваем выводы от контактных площадок.*

Дальнейшие действия очень просты, их иллюстрирует фото 5:

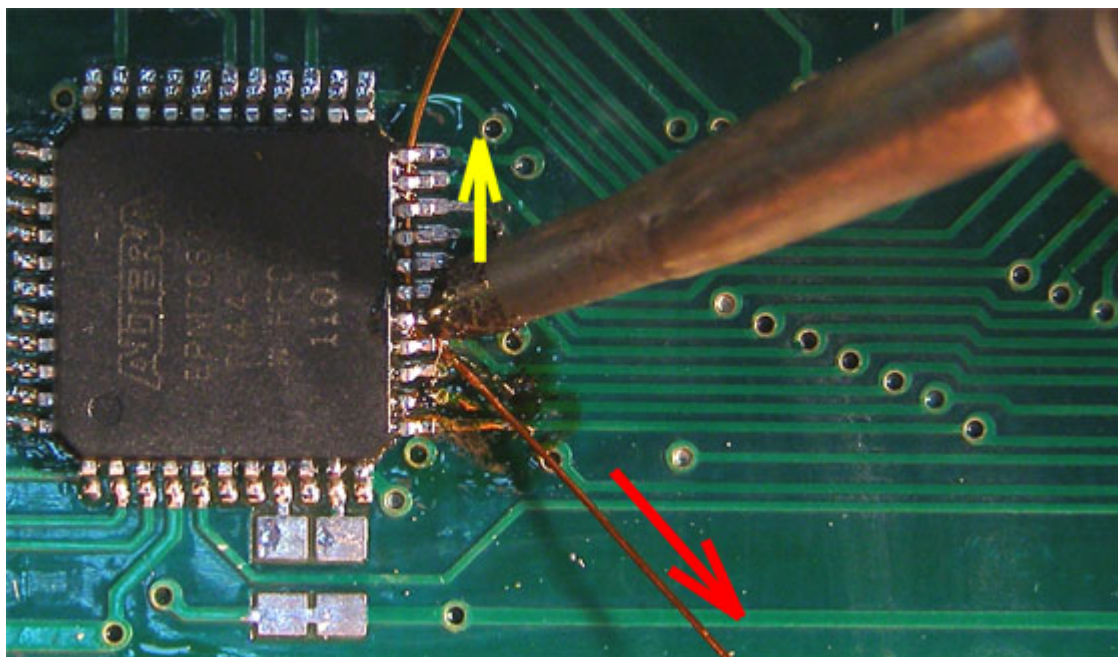


Рисунок 5. Полуавтоматическое отпаивание выводов от контактных площадок.

Красной стрелкой показано направление, в котором надо тянуть продетый под выводы микросхемы эмалированный провод — параллельно или под небольшим углом к плоскости печатной платы и под углом 45° к стороне корпуса микросхемы. Одновременно паяльником надо нагреть ближайший к незакреплённому концу провода припаянный вывод микросхемы. Как только он отпаяется, натянутый с некоторым усилием провод приподнимет этот вывод над платой и, выйдя из под него, сразу же затем передвинет жало паяльника к следующему выводу, и т.д. Направление движения жала паяльника показано на фото 5 желтой стрелкой. Таким образом отпаивание выводов от контактных площадок происходит полуавтоматически. Результат приведен выше на рисунок 1.

Лабораторная работа № 14 Оформление конструкторской технической документации на сборку. Оформление рабочей технической документации на сборку

Цель работы: разработать технологический процесс сборки блока радиоэлектронного средства (РЭС) на печатной плате и изготовить макет печатного узла.

Краткие теоретические сведения

Разработка техпроцессов сборки и монтажа блока выполняется в соответствии с рекомендациями Р50-54-93-88 и включает определённое количество этапов в зависимости от типа изделия и производства.

Например, техпроцесс сборки и монтажа электронных блоков состоит из 9 основных этапов [1].

1. Анализ исходных данных – изучение конструкторской документации, расчёт и анализ технологичности конструкции, определение типа производства и объёма выпуска изделия.

2. Выбор типового техпроцесса (ТП) – определение кода изделия по классификатору и отнесение изделия к соответствующей классификационной группе, использование действующего ТП.

3. Разработка схемы сборки – определение состава деталей, комплектующих и сборочных единиц изделия (интегральных схем (ИС), электро-радиоэлементов (ЭРЭ), печатных плат (ПП), выбор базовой детали или сборочной единицы, способов сборки и монтажа; разработка схемы сборки с базовой деталью.

4. Разработка маршрутного техпроцесса: определение последовательности технологических операций, выбор оборудования и технологического оснащения.

5. Составление технологических операций: разработка структуры и точности операций, последовательности переходов, схем установки деталей при сборке и монтаже, расчёт режимов и загрузки оборудования.

6. Техничко-экономическое обоснование – выбор вариантов операций по технологической себестоимости и определение разряда работ по классификатору разрядов и профессий.

7. Определение техники безопасности техпроцесса – выбор требований по шуму, вибрациям, радиации, воздействию вредных веществ, методов обеспечения сохранности экологической среды.

8. Составление технологической документации, эскизов технологических операций и карт, карт маршрутного и операционного техпроцессов.

9. Разработка технического задания на специальную оснастку – определение схемы базирования заготовок, погрешностей базирования и точности приспособлений, количества заготовок и схемы их закрепления.

Типовой технологический процесс сборки узла РЭС на печатной плате представлен на рис. 2.1 [1, 4].

При комплектации компоненты (ИС, ЭРЭ) размещаются в специализированные кассеты для реализации процесса автоматизации сборки.

Входной контроль ЭРЭ и ИС осуществляется по геометрическим размерам, форме, внешнему виду, электрическим параметрам и механической прочности.

Подготовка печатных плат к монтажу заключается в их промывке, контроле печатного монтажа и паяемости, маркировке платы.

При подготовке ЭРЭ к монтажу выполняется рихтовка их выводов, гибка по форме, обрезка и лужение. Технологические операции осуществляются с применением механизации и автоматизации.

Пайка контактных соединений ЭРЭ и ИС на печатных платах выполняется расплавленным припоем под действием постоянного или импульсного нагрева зоны соединения. Применяется механизированная пайка волной припоя.

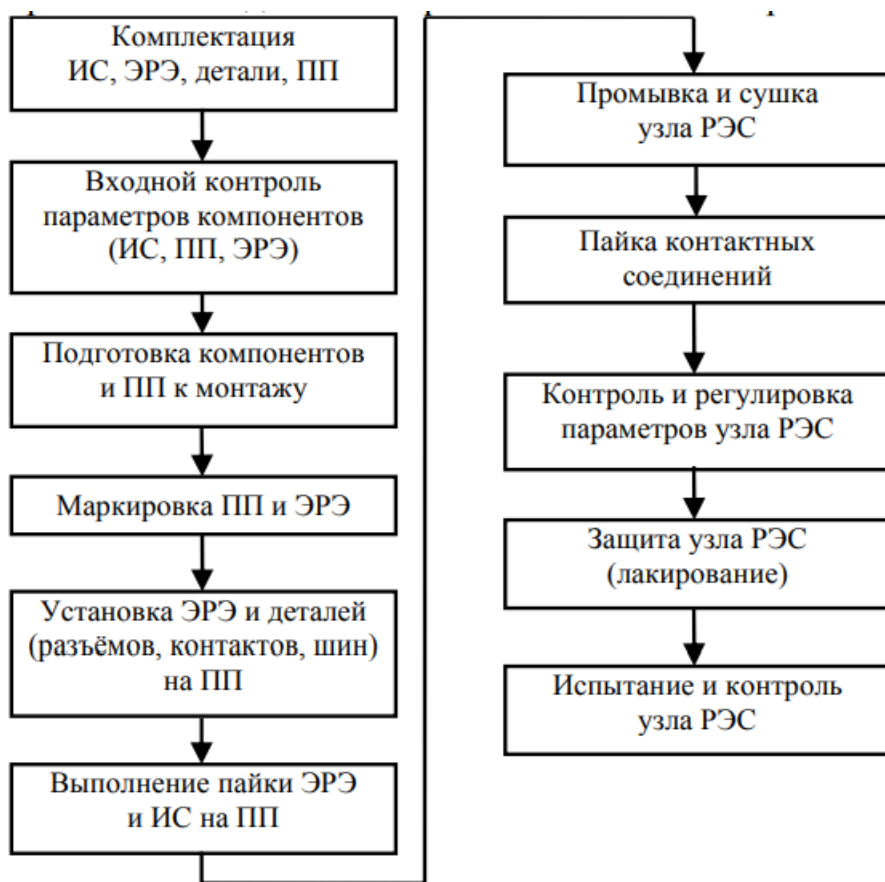


Рис. 2.1. Типовой технологический процесс сборки узла РЭС на печатной плате

Технологические операции промывки и сушки узлов РЭС необходимы для удаления флюса и продуктов пайки и выполняются на механизированных конвейерных линиях.

Испытание и контроль узлов РЭС проводятся с помощью испытательных стендов, специальной аппаратуры, а также с использованием автоматических систем контроля.

При автоматизированной установке ИС, ЭРЭ и деталей используется специализированное оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ). В этом случае подача компонентов для установки на ПП осуществляется транспортёром из технологических кассет.

После выбора и анализа типовых технологических процесса, операций и сборочного состава разрабатывается схема сборки. Существует два вида техпроцессов сборки блоков РЭС: веерного типа и с базовой деталью.

На технологической схеме сборки указываются операции выполнения электрического монтажа (пайка, сварка, на-крутка и др.), механического соединения (свинчивание, склеивание, расклёпка и др.), контроля и герметизации (промыв-ка, сушка, лакирование и др.). На схеме сборки детали, ЭРЭ и технологические операции указываются прямоугольниками, где пишутся наименование, номер по спецификации и количество деталей и ЭРЭ, а также вид технологической операции. В качестве примера на рис. 2.2 приведена технологическая схема сборки блока с базовой деталью.

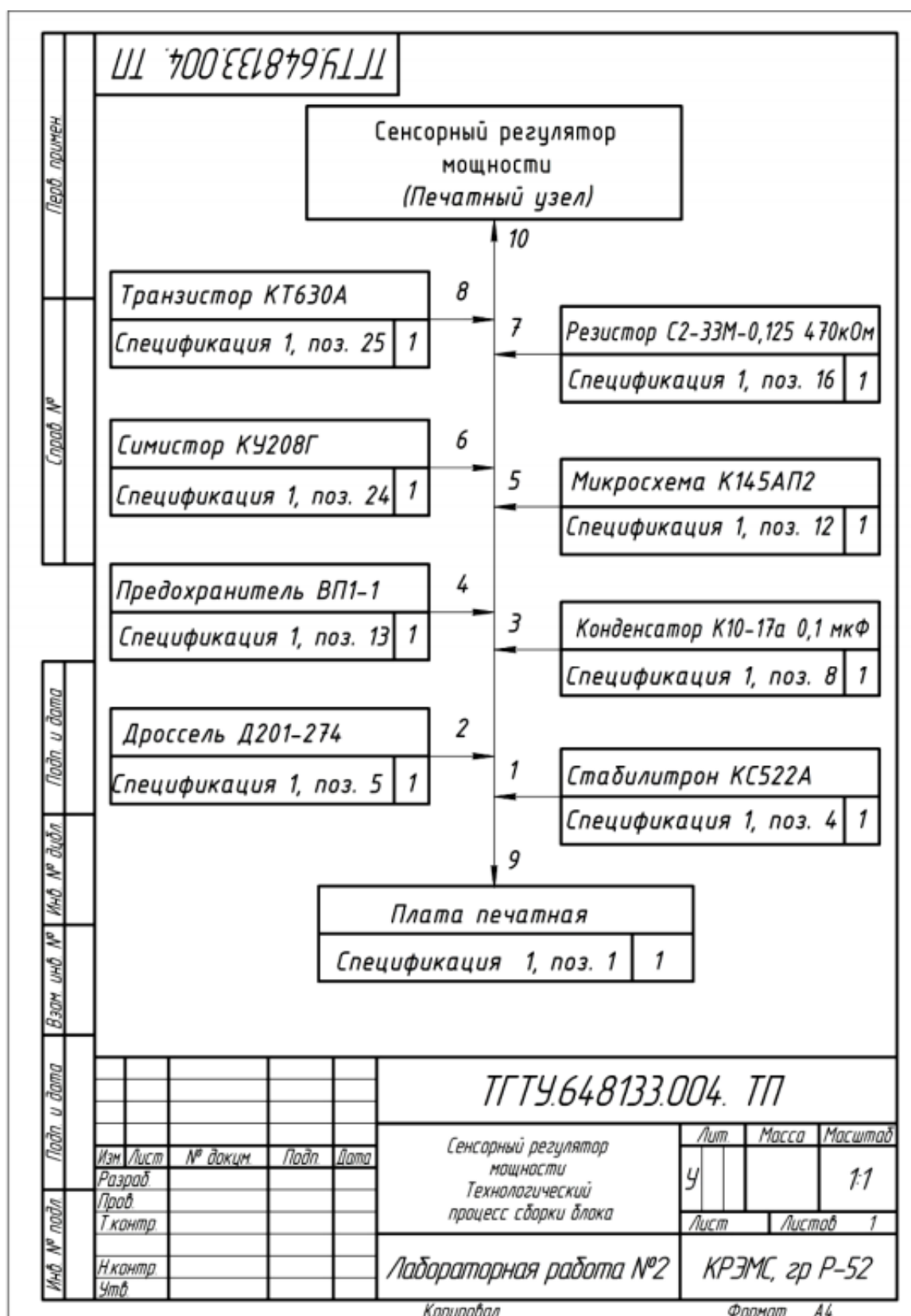


Рис. 2.2. Технологическая схема сборки блока с базовой деталью

На схеме показана последовательность установки деталей, ИС и ЭРЭ на базовую деталь (печатную плату).

Разработка маршрутного техпроцесса сборки блока выполняется на основе схемы сборки (например, с базовой деталью). Маршрутная карта (МК) техпроцесса сборки и монтажа выполняется в соответствии с ГОСТ

3.1118–82 [5]. Выбор соответствующей формы МК зависит от разрабатываемого вида технологического процесса, назначения формы в составе комплекта документов и применяемых методов проектирования документов. При маршрут- ном описании технологического процесса МК является одним из основных документов, в котором описывается весь процесс в технологической последовательности выполнения операций.

В маршрутной карте указывается код (А, Б, О, Т, М), номер (№), наименование и содержание операций.

Маршрутная карта формы № 5 приведена в прил. Д. На маршрутной карте указывается адресная информация: номер цеха (цех), участка (участок), рабочего места (РМ), операции (Опер.). Приведены обозначения служебных символов для формы с горизонтальным расположением:

А – номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция, номер, код и наименование операции, обозначение документов, применяемых при операции;

Б – код, наименование оборудования и информация по трудозатратам;

О – содержание операции (перехода) и другие, приведённые в ГОСТ3.1118–82;

Т – информация о применяемой при выполнении операции оснастке;

М – информация о применяемом материале.

Кроме того, в форме 5А приведены следующие обозначения кодов операций, оборудования и документов:

СМ – степень механизации;

Проф. – профиль и размеры;

Р – разряд работы;

КТС – код операции по технологическому классификатору;

КР – количество исполнителей;

КОИД – количество одновременно изготавливаемых (обрабатываемых) деталей при операции;

ЕН – единица нормирования (нормы расхода материалов или времени);

ТПЗ – норма подготовительно-заключительного времени;

ОПЛ – обозначение подразделения, откуда поступают комплектующие (склада, кладовой);

ЕВ – код единицы величины;

КИ – количество деталей и сборочных единиц, применяемых при сборке или разборке;

Нрас – норма расхода материала [5].

Методические указания и порядок выполнения работы

1. Изучить электрическую схему устройства РЭС в соответствии со своим вариантом задания, которое приведено в прил. А.

2. Для заданной электрической схемы выполнить чертёж печатной платы и изготовить печатную плату (домашнее задание).

3. Подготовить сборочный чертёж блока на печатной плате в соответствии с перечнем элементов и сборочным чертежом, разработанным в лабораторной работе 1.

4. Разработать технологический процесс сборки блока на печатной плате и записать его на маршрутных картах по форме прил. Д.

5. В соответствии с разработанным технологическим процессом сборки выполнить следующие технологические операции:

а) осуществить комплектацию электрорадиоэлементов и интегральных схем в соответствии с заданной электрической схемой;

б) выполнить входной контроль электрорадиоэлементов и интегральных схем;

в) подготовить электрорадиоэлементы и интегральные схемы к монтажу в зависимости от способа установки их на печатную плату в соответствии с ОСТ 45.010.030–93;

г) осуществить маркировку компонентов и ПП;

д) выполнить пайку электрорадиоэлементов и интегральных схем следующим образом: нанести на место пайки флюс, на рабочую часть стержня паяльника – припой и приложить его к подготовленному месту соединения на 3 – 5 секунд до момента течения припоя;

е) провести промывку и сушку изготовленного узла РЭС.

Содержание отчёта

1. Принципиальная электрическая схема блока РЭС.

2. Чертёж печатной платы (привести в приложении к отчёту).

3. Схема технологического процесса сборки блока РЭС с базовой деталью на печатной плате (привести в приложении к отчёту).

Контрольные вопросы

1. Какие этапы включает техпроцесс сборки и монтажа блоков РЭС?

2. Как осуществляется комплектация компонентов при сборке блоков РЭС?

3. В чём заключается подготовка печатных плат к монтажу?

4. Как выполняется процесс пайки?

5. Как осуществляются испытания и контроль готовых блоков РЭС?

6. Какие операции включает типовой технологический контроль сборки узла РЭС на печатной плате?

7. Какие виды технологических процессов сборки блоков РЭС Вы знаете?

8. Как выполняется техпроцесс сборки блока с базовой деталью?

9. Какая документация отражает техпроцесс сборки?

10. Какие виды маршрутных карт Вы знаете?

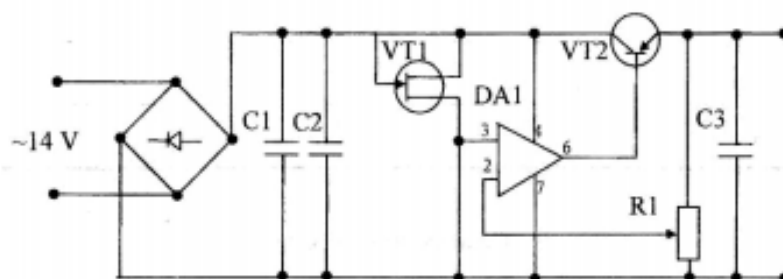


Рис. П1. Принципиальная электрическая схема стабилизатора напряжения:
C1, C2 – К50-16-6,8 мкФ-16 В; DA1 – КР140УД7; R1 – СП-1-4,7 кОм;
VD1 – VD4 – Д237Б; VD5 – Д814Г; VT1 – КП303И; VT2 – КТ315 (КТ837)

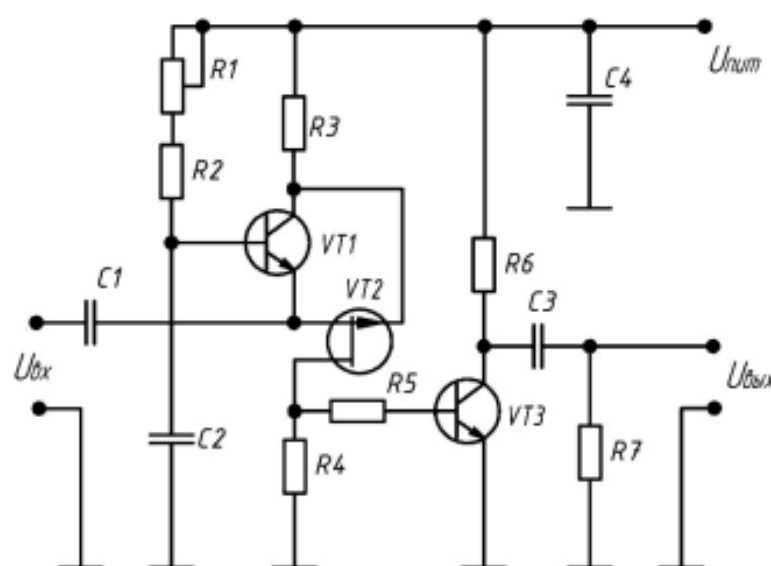


Рис. П2. Принципиальная электрическая схема формирователя
задержанных импульсов:
C1 – К10-17а-Н90-1 нФ; C2 – К10-17а-Н90-2,2 нФ; C3 – К10-62а-М750-10 нФ;
C4 – К10-17а-М47-0,1 нФ; R1 – СП3-19а-0,5-10 кОм; R2 – С2-33Н-0,125-100 кОм;
R3 – С2-33Н-0,125 – 30 кОм; R4 – С2-33Н-0,125-4,7 кОм;
R5 – С2-33Н-0,125-3,3 кОм; R6 – С2-33Н-0,125-2 кОм;
R7 – С2-33Н-0,125-10 кОм; VT1, VT3 – КТ315; VT2 – КП1103

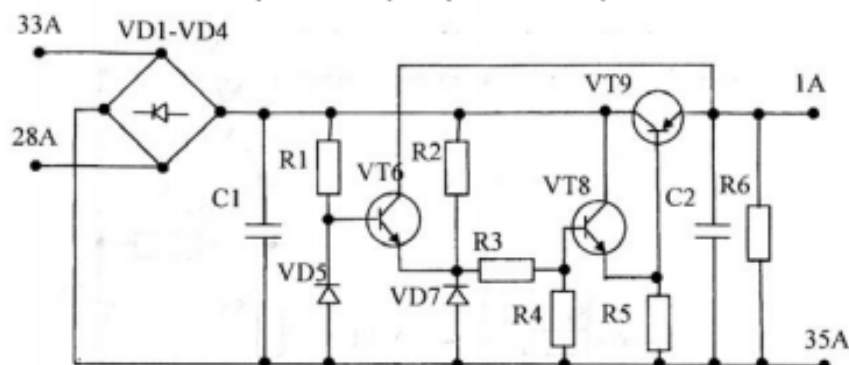


Рис. П3. Принципиальная электрическая схема стабилизатора напряжения:
VD1 – VD5, VD7 – Д226Б; VT6, VT8 – МП40; VT9 – П216В; R1 – 0,25 Вт-10 кОм;
R2 – 0,5Вт-470 Ом; R3, R5 – 0,25 Вт-1 кОм; R4 – 0,25Вт-3 кОм;
R6 – 0,5 Вт-1,5 кОм; C1 – К50-16-100 мкФ-16 В; C2 – К50-12-100 мкФ-12 В

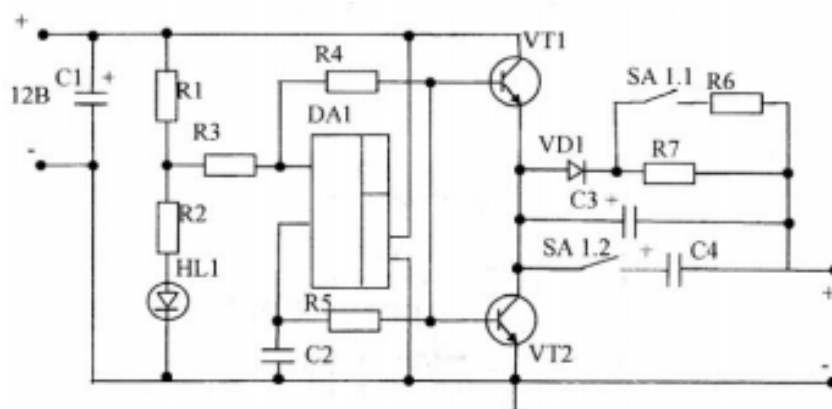


Рис. П4. Принципиальная электрическая схема зарядного устройства:

C2-33 нФ-0,125; R1 – 1 кОм; R2 – 750 Ом; R3 – 47 кОм; R4 – 100 кОм;
R5 – 470 кОм; R6 – 30 Ом; R7 – 130 Ом; DA1 – К553УД2;
C1 – 490-16-50 мкФ-16 В; C2 – КМ6-0,22 мкФ; C3 – К50-16-20 мкФ-16 В;
C4 – К50-16-30 мкФ-16 В; HL1 – АЛ307Б; VT1 – КТ815Б;
VT2 – КТ361Б; VD1 – КД105Б

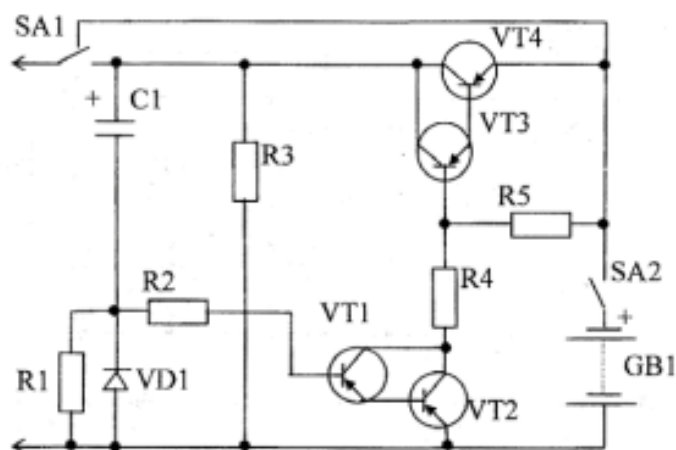


Рис. П5. Принципиальная электрическая схема таймера:

C2-33 нФ-0,25; R1 – 4,7 МОм; R2 – 1,3 МОм; R3 – 6,8 кОм;
R4 – 15 кОм; R5 – 18 кОм; C1 – К50-16-500 мкФ-16 В; VT1, VT2 – КТ315 В;
VT3, VT4 – КТ361Б; SA1 – ПД9-2

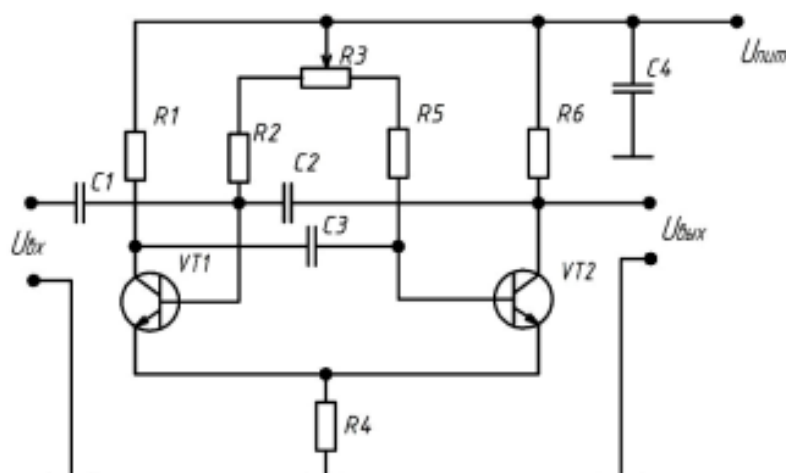
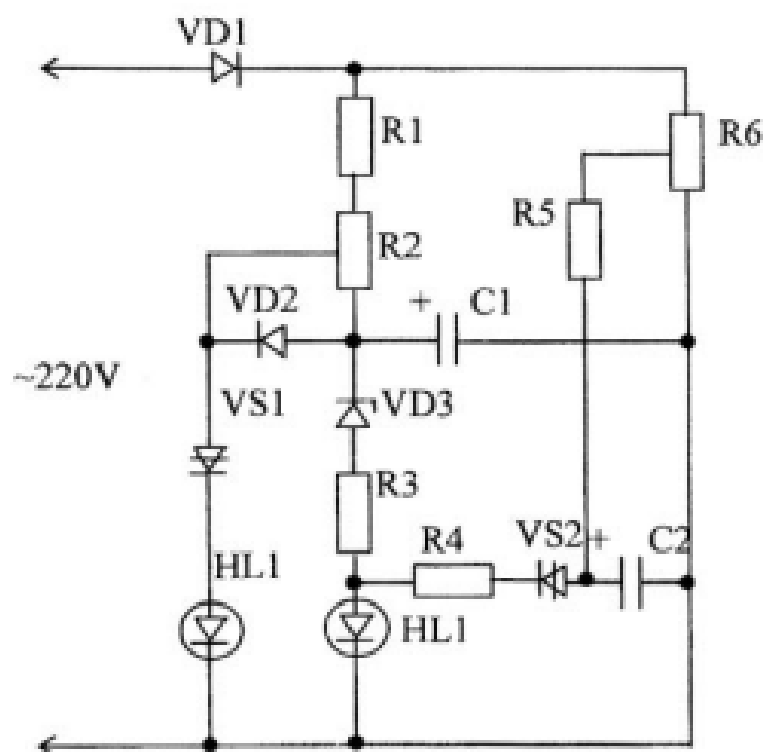


Рис. П6. Принципиальная электрическая схема генератора
прямоугольных импульсов:

C1 – К10-17-1нФ; C2-C4 – К10-17-0,1нФ; C2-33 нФ-0,125; R1, R6-2 кОм;
R2, R5 – 10 кОм; R4 – 200 Ом; СП3-19а-0,125; R3 – 10 кОм; VT1, VT2 – КТ3102



**Рис. П7. Принципиальная электрическая схема
сигнализатора изменения напряжения:**

C1 – K50-16-20 мкФ-16 В; C2 – K50-16-5 мкФ-50 В; HL1, HL2 – АЛ307А;
VD1 – Д226Б; VD2 – Д226Б; R1 – 2 Вт-7,5 кОм;
R2 – СП0-0,5-7,5 кОм; R3 – R5 – 0,25 Вт-150 Ом; R6 – 0,25 Вт-100 кОм;
VS1, VS2 – KH102В; VD3 – KC147А

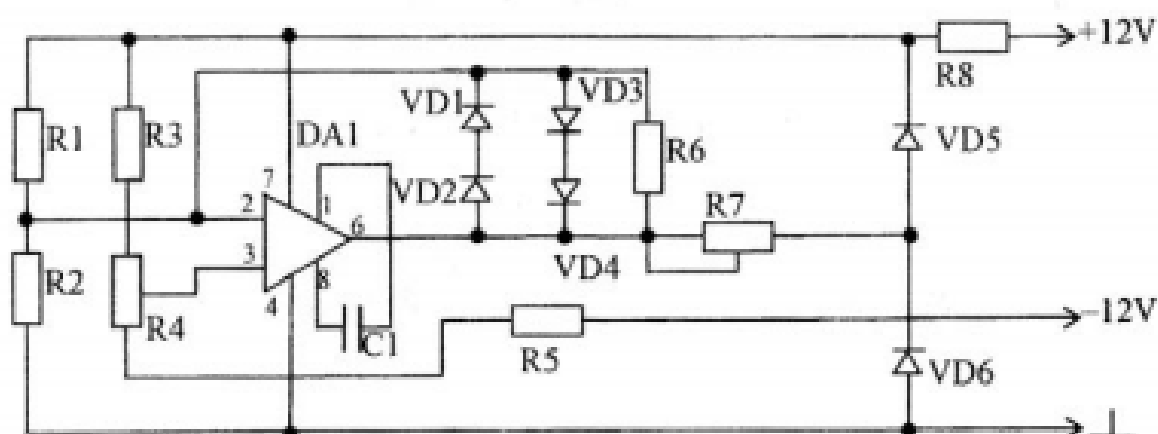


Рис. П8. Принципиальная электрическая схема индикатора тока:

DA1-K153UD2; VD1-VD4-Д223Б; VD5, VD6-KC133А;
R1 – R3, R5 – 0,125 Вт-5,1 кОм; R4 – СП0-0,5-2,2 кОм; R6-0,125 Вт-100 Ом;
R7 – СП0-0,5-51 кОм; R8 – 0,5 Вт-390 МОм

Лабораторная работа № 15 Разработка техпроцесса сборки узла на печатной плате

1 Пояснения к работе

Монтаж в отверстия – технология сборки электронных узлов на печатных платах, отличающаяся тем, что выводы компонентов монтируются в сквозные отверстия печатной платы.

Технология монтажа в отверстия, как следует из названия, представляет собой метод монтажа компонентов на печатную плату, при котором выводы компонентов устанавливаются в сквозные отверстия платы и припаиваются к контактным площадкам и/или металлизированной внутренней поверхности отверстия.

Данная технология активно применяется в условиях единичного и мелкосерийного многономенклатурного производства, где из-за частой смены выпускаемых моделей автоматизация процессов неактуальна. Эта продукция, в основном, выпускается небольшими отечественными предприятиями как для бытового, так и для специального применения.

Технология установки ТНТ-компонентов относительно проста, хорошо отработана, допускает ручные и автоматизированные методы сборки, хорошо обеспечена сборочным оборудованием и технологическим оснащением.

Типичная последовательность операций

Технологический процесс сборки ПП на основе ТНТ-технологии состоит из следующих типовых этапов:

- ✓ подготовка выводов ЭК (формовка, обрезка), часто совмещается с автоматизированным монтажом;
- ✓ установка компонентов (ручная, автоматическая);
- ✓ пайка (волной припоя, ручная, селективная);
- ✓ отмывка (ультразвуковая, струйная),
- ✓ контроль монтажа

Подготовка выводов ЭК

Выводы ЭК перед монтажом должны быть специальным образом подготовлены. Подготовка включает в себя формовку выводов элементов

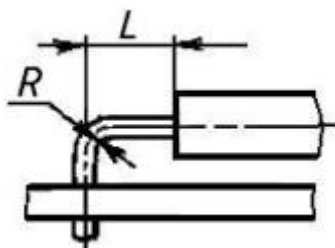


Рисунок 1. Основные параметры формовки

Несоблюдение данных рекомендаций может привести к образованию избыточных напряжений в месте крепления вывода к корпусу ЭК и в области изгиба вывода и, как следствие, появлению в этих местах трещин и, возможно, обрывов, в особенности при механических воздействиях на со-

бранный узел. Не допускается изгибать жесткие выводы (лепестки) транзисторов и диодов средней и большой мощности, так как это может привести к растрескиванию их стеклянных изоляторов и нарушению герметичности корпусов.

Устройства формовки выпускаются с механическим и электрическим приводом подачи ЭК, а также механическим либо пневматическим – самого устройства формовки. Загрузка компонентов производится из лент, трубчатых кассет, россыпи. Геометрические параметры формовки регулируются; установки оснащаются сменными формовочными матрицами. Специальная конструкция матриц формовочных устройств обеспечивают отсутствие избыточных напряжений и зазубрин на материале в месте изгиба вывода.

Установка ТНТ-компонентов осуществляется с применением специальных монтажных автоматов, автоматизированных рабочих мест (АРМ) либо полностью вручную.

2 Последовательность выполнения работы

2.1 Ознакомиться с пояснениями к работе

2.2 В соответствии с вариантом задания, полученным при выполнении лабораторной работы 3 разработать маршрутный процесс сборки и монтажа печатного узла на печатной плате и занести ее в отчет

2.3 Разработать технологический процесс сборки узла на печатной плате.

2.4 Оформить технологический процесс на маршрутных картах в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1104-81

2.5 Составить и оформить отчет по работе

3 Содержание отчета

3.1 Название работы и цель работы

3.2 Маршрутная технология сборки узла на печатной плате .

3.3 Технологический процесс сборки узла на печатной плате на маршрутных платах.

3.4 Ответы на контрольные вопросы

4 Контрольные вопросы

4.1 Виды сборки узлов на печатных платах.

4.2 Краткая характеристика ручной сборки

4.3 Краткая характеристика автоматизированной сборки

4.4 Область применения монтажа в отверстия.

5 Список литературы

5.1 ОСТ 4.054.060 Платы печатные. Типовые технологические процессы

Лабораторная работа №16 Разработка техпроцесса сборки узла по SMT технологии

Цель работы : получение навыков разработки технологических процессов сборки узла на SMD компонентах

1 Пояснения к работе

Технологический маршрут сборки печатных плат представлен на рисунке 1.

Нанесение припойной пасты.

Для крепления компонентов на печатную плату используются метод нанесения припойной пасты. В методе нанесения припойной пасты наносится непосредственно на контактные площадки печатной платы.

Используемая припойная паста должна быть пригодна для реализации выбранного способа пайки, например в ПГФ либо с ИК-нагревом. Кроме того, паста должна быть совместима с остальными операциями технологического цикла

Припойная паста может быть нанесена двумя способами:

- Трафаретный метод нанесения припойной пасты
- Дисперсный метод нанесения припоя.

Трафаретный метод нанесения пасты

Наиболее важным в массовом производстве печатных плат, является метод трафаретного нанесения припойной пасты, в котором паста продавливается через трафарет (окна) на контактные площадки печатной платы. Припойная паста уже содержит в себе и припой, и флюс, а их пропорция одна из важных характеристик пасты.

Установка компонентов на плату.

Традиционные компоненты, монтируемые в отверстия, были наиболее узким местом в процессе установки их на печатную плату, поскольку практически полностью исключали возможность автоматизации процесса.

Огромная экономия достигается внедрением технологии поверхностного монтажа в процессе установки компонентов. Гораздо проще и быстрее автоматизировать процесс установки поверхностно монтируемых компонентов, чем монтаж традиционных компонентов.

Автоматическая установка компонентов.

Машины для автоматической установки работают по трем основным принципам: поочередная, поочередно-одновременная и одновременная установка компонентов. В аппаратах поочередной установки один компонент все время устанавливается одной или двумя установочными головками. Поочередная установка, также может проводиться при помощи револьверной головки. В поочередно-одновременной установке несколько компонентов может быть установлено одновременно. Установочные машины одновременного типа, устанавливают все или возможно-большее количество компонентов за один раз.

Поочередные и поочередно-одновременные машины, также называются последовательными и их основное преимущество в гибкости настройки. Если машина поочередной установки оснащена револьверной го-

ловкой, скорость установки компонентов на печатную плату значительно возрастает. Эти машины могут устанавливать компоненты нескольких типов. Место установки компонента может быть легко изменено, а точность установки достаточно высока.

Машины одновременной установки компонентов значительно производительней. Скорость установки компонентов может достигать 300000 компонентов в час, однако эти машины не так просты и гибки в настройке. Если для изменения места установки компонента в машинах поочередного и поочередно-одновременного типа достаточно изменить программы, то для машины одновременной установки требуются значительные ложные механические изменения. Поэтому, эти машины используются, в основном, для особо больших партий изделий.

Пайка.

Традиционная техника пайки волной припоя выполняется чаще всего погружением компонента в ванну с припоем. Для пайки на коммутационных платах компонентов в ТПМК обычно применяется метод расплавления дозированного припоя. Пайка расплавлением припоя в парогазовой фазе в настоящее время уступает место пайке с инфракрасным нагревом, лазерная же пайка пока не получила распространения. Ведущие поставщики сборочно-монтажного оборудования обычно включают установки для пайки в состав выпускаемых производственных линий.

2 Последовательность выполнения работы

2.1 Ознакомиться с пояснениями к работе

2.2 В соответствии с вариантом задания, полученным при выполнении лабораторной работы 4 разработать маршрутный процесс сборки и монтажа печатного узла на печатной плате с SMD компонентами. и занести ее

в отчет.

2.3 Разработать технологический процесс сборки узла на печатной плате с SMD компонентами.

2.4 Оформить технологический процесс на маршрутных картах в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1104-81

2.5 Составить и оформить отчет по работе

3 Содержание отчета

3.1 Название работы и цель работы

3.2 Маршрутная технология сборки узла на печатной плате .

3.3 Технологический процесс сборки узла на печатной плате на маршрутных платах.

3.4 Ответы на контрольные вопросы

4 Контрольные вопросы

4.1 Достоинства и недостатки поверхностного монтажа.

4.2 Требования к материалам, применяемым при поверхностном монтаже

4.3 Виды пайки для поверхностного монтажа и их краткая характеристика

4.4 Область применения поверхностного монтажа.

5 Список литературы

5.1 ОСТ 4.054.060 Платы печатные. Типовые технологические процессы

Лабораторная работа № 17 Использование программы Diptrace Schematic при разработке схемы электрической принципиальной и печатных плат

1 Пояснения к работе

САПР предназначен для проектирования печатных плат. В состав DipTrace входят четыре программы, две из которых: Schematic, который позволяет создавать принципиальные схемы, в том числе и многолистные, а после переводить их в печатные платы/

1.1. Установка размеров страниц и размещение рамки

Чтобы настроить параметры страницы, выбираем «Файл/Параметры страницы», и далее установив необходимые значения, согласно рисунку 2, в «размеры листа» выбираем альбомную ориентацию/

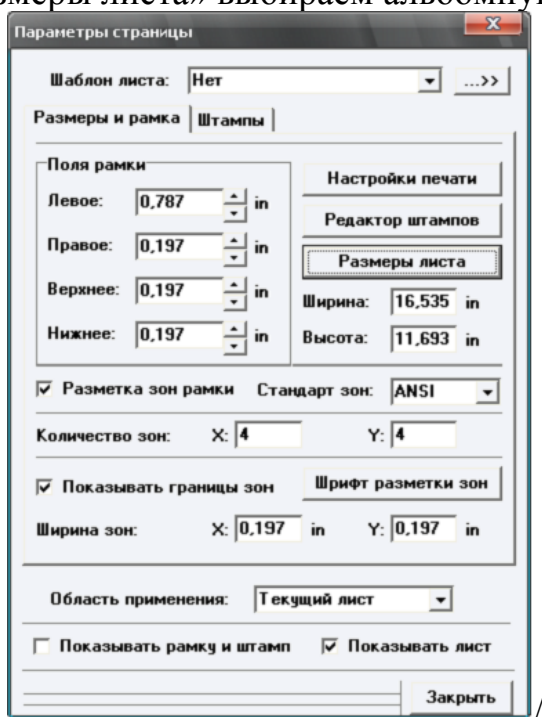


Рисунок 2 – настройки параметров страницы

Также можно показать или спрятать рамку и лист. Для этого необходимо пройти по ссылке «Вид/Рамка и штамп» и «Вид/Граница листа». Масштаб в программе регулируется с помощью колесика мыши либо с помощью кнопок на панели:

- используется для увеличения в определенной области;
- используется для возвращения к предыдущему масштабу..

1.2. Работа с элементами на схеме

Чтобы найти и поместить компонент на схеме, можно воспользоваться двумя способами:

12.1 Выбирают библиотеку в правой верхней части окна, щелкают по нужному элементу из списка, перемещают курсор мыши на рабочую область и фиксируют компонент. Для отмены действия щелкают правой кнопкой мыши;

1.2.2 Выбирают на панели инструментов символ «Вставить компонент», указанный на рисунке 6.

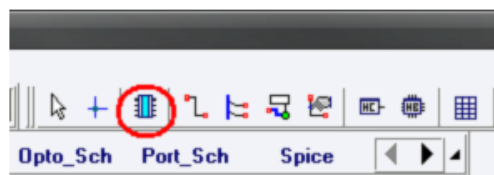


Рисунок 3 Символ на панели инструментов «Вставить компонент».

Через кнопку «Добавить» находят библиотеки и заносят их в список используемых, который будет открываться при каждом нажатии по символу «Вставить компонент».

В разделе «Компоненты» вводят тип (название) элемента и нажимают «Поиск». Выделяют найденный элемент, кликают по кнопке «Установить» и размещаем компонент на схеме

Чтобы переместить уже установленный компонент, нужно навести курсор мыши на него и, зажав левую кнопку мыши, перетащить в другую область.

Если необходимо перевернуть элемент, можно воспользоваться сочетанием клавиш Ctrl+R, либо кликнуть по элементу правой кнопкой мыши и в подменю выбрать «Вращение».

По умолчанию в программе при добавлении элемента на рабочую область сверху от него ставится метка. Чтобы изменить ее, нажимают правой кнопкой мыши по элементу и в подменю

Для добавления типа элемента (названия, по которому ищут элемент в библиотеке)

Действуют по следующей схеме: кликают правой кнопкой мыши по компоненту и выбирают в подменю «Свойства». На закладке «Надписи» в поле «Показывать» выбирают «Тип».

Остальные Элементы, которые не были перечислены в табл.1., можно найти через «Библиотека/Поиск элементов...», в разделе «Название» ввести тип компонента, выбрать галочку на пункте «Все библиотеки» и нажать «Поиск».

Так как все библиотеки «*Sch» (в нашем случае Opto_Sch.eli и Disc_Sch.eli) содержат только символы без корпусов, необходимо для элементов 4N29AP и SWITCH10DIPISOL присоединить корпуса, чтобы преобразования в плату прошли без ошибок. Для этого щелкаем правой кнопкой мыши по компоненту и в подменю выбираем «Привязка к корпусу...». В появившемся окне в разделе «Библиотека» добавляем библиотеку «кнопки.eli» в случае SWITCH10DIPISOL и «корпуса микросхем.eli» в случае 4N29AP.

Когда привязываем SWITCH10DIPISOL к корпусу, то выбираем «КН6.2/6.2mm» из списка. Чтобы задать связь между выводами корпуса и символа, щелкните по имени вывода в таблице (в левой части окна), затем введите номер вывода в поле «Номер» или щелкните левой кнопкой мыши по выводу на рисунке (в центральной части окна). Когда связи установлены, щелкните «ОК» для закрытия диалогового окна и применения изменений.

Для компонента 4N29AP процедура создания связи между выводами корпуса и символа будет похожа, только корпус необходимо выбрать «2102.1401».

Для объединения элементов схемы между собой, используют символ на панели

«Установка связи» либо проходим по ссылке «Объекты/Схемы/Установка связи».



Рисунок 4- Установка связи.

Щелкают левой кнопкой мыши по выводу и соединяем его с выводом другого элемента. После проверки схемы на ошибки необходимо ее сохранить.

2 Работа в аудитории

2.1 Изучить предложенную схему устройства.

2.2 Произвести выбор компонентов из библиотек программы

2.3 Создать схему, используя рекомендации в пояснениях к работе.

2.4 Сохранить схему, присвоив код файлу.

1 Пояснение к работе

После того, как проверка ERC прошла успешно, необходимо преобразовать схему в печатную плату –

«Файл/Преобразовать в печатную плату». Запускается программа PCB Layout, где будут размещены корпуса элементов в соответствии с той принципиальной схемой, которая была построена в Schematic.

Компоненты можно передвигать, нажав левой кнопкой мыши по нему и не отпуская, перетаскивать в другую область (с помощью клавиши «пробел» или «R» происходит вращение). Таким образом, добиваются кратчайших связей между символами и уменьшения помех (пересечения связей).

Чтобы обозначить корпуса на схеме, выбирают

«Вид/Надписи корпусов/Основные/Метки». Названия элементов теперь будут отражаться, но если расположение не устраивает, то нажав последовательно **«Вид/Надписи корпусов/Основные/Выравнивание»** можно изменить его [4].

Подготовка схемы к трассировке

Когда элементы уже перемещены и схема занимает минимум пространства, начинаем оптимизировать ее и подготавливать к трассировке. Чтобы уменьшить количество связей (оптимизировать), выбирают **«Вид/Связи/Оптимизировать»**. После этого не кото-

рые связи уйдут, но большинство все-таки останется. Данная функция удобна при ручной трассировке, которую мы использовать не будем, так как она достаточно сложна и трудо-емка.

В большинстве случаев строго задаются границы платы, не смотря на то, что правотрассировке граница выбирается программой самостоятельно. Поэтому заходим «Трассировка/Границы платы» либо соответствующая кнопка на панели.



Рисунок 1 - Границы платы.

Граница строится в виде полигона, каждый щелчок левой кнопки мыши означает угол фигуры, правой кнопкой – последняя точка.

Граница платы также возможно задавать, прописывая координаты вершин. Для этого выбираем «Трассировка/Координаты вершин». В диалоговом окне будут отражаться значения вершин, уже построенного полигона, либо необходимо их задать вручную, если границы платы еще не были определены.

Автоматическая трассировка

Перед тем, как развести связи, зададим настройки автотрассировки: «Трассировка/ Параметры автотрассировки». В диалоговом окне, нажав кнопку «...» около надписи «Grid Router» в поле «Автонастройка» выбирают «Нормальная». Таким образом, мы изменяем качество трассировки: чем дальше она проходит, тем лучше будет разведена плата, но в нашем случае это оптимальное решение. На закладке «Построение трасс» убираем галочку напротив «Использовать все доступные слои». Теперь в пункте «Количество слоев» обозначено, что применять программа будет только 2. Изменить количество слоев на «1»

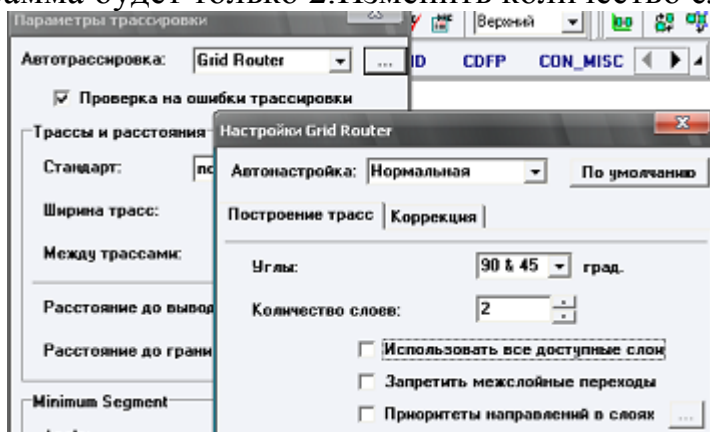


Рисунок 2- Настройка автотрассировки

Запускают трассировку: нажимаем «Трассировка/Запуск» либо «F9». Пошагово, в несколько этапов будет производиться развод платы. В результате схема примет вид:

2 Работа в аудитории

2.1 Ознакомиться с пояснениями к работе.

2.2 В соответствии с рекомендациями пошагово выполнить трассировку платы в автоматическом режиме

2.3. Выполнить проверку трассировки и при наличии ошибок исправить их.

2.4 Получить шаблоны верхней и нижней сторон печатной платы.

2.5 Определить габариты печатной платы

Список используемой литературы

1. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры : учебник для вузов / К.И. Билибин, А.И. Власов, А.В. Журавлёва [и др.]. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 528 с.
2. Технология РЭС : метод. указ. / сост. В.Н. Грошев. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 32 с.
3. Проектирование технологических процессов изготовления РЭА : учеб. пособ. для вузов. / В.В. Павловский. – М. : Радио и связь, 2000. – 160 с.
4. Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры : учебник для вузов / И.П. Бушминский, О.Ш. Даутов, А.П. Достанко [и др.] ; под ред. А.П. Достанко, Ш.М. Чабдарова. – М. : Радио и связь, 1989. – 624 с.
5. ГОСТ 3.1118–82. Единая система технологической документации. Формы и правила оформления маршрутных карт.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Муромский институт (филиал)
федерального государственного образовательного учреждения высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(МИ ВлГУ)**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
по модулю ПМ.01 «Организация и выполнение сборки и монта-
жа радиотехнических систем, устройств и блоков в соответствии с
технической документацией»
МДК.01.02 «Технология автоматизации радиотехнического про-
изводства»**

для студентов специальности

11.02.01 Радиоаппаратостроение

Программа подготовки специалистов среднего звена

**Составитель:
Курилов И.А
Харчук С.М.**

**г. Муром
2018**

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1 Простейшие способы проверки исправности электрорадиоэлементов.	3
Лабораторная работа № 2 Внутрисхемный контроль работоспособности радиокомпонентов.....	10
Лабораторная работа № 3 Тестирование электронных устройств на производстве методом периферийного сканирования.	17
Лабораторная работа № 4 Контроль и измерение параметров устройств, блоков и приборов радиоэлектронной техники в технологическом цикле их сборки.	28
Лабораторная работа № 5 Использование программы Diptrace Schematic при разработке схемы электрической принципиальной и печатных плат..	36
Список используемой литературы	41

Лабораторная работа №1 Простейшие способы проверки исправности электрорадиоэлементов.

Цель работы: Решение задач на тему: « Простейшие методы проверки исправности электрорадиоэлементов.

Постановка задачи:

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями.
2. Составить таблицу признаков исправности электрорадиоэлементов при различных методах проверки.

Содержание отчета:

1. Тема, цель, постановка задачи.
2. Таблица.
4. Вывод о проделанной работе.

Теоретические сведения.

1.Проверка проволочных и непроволочных резисторов.

Для проверки проволочного и непроволочного резисторов постоянного и переменного сопротивления необходимо сделать следующее:

- произвести внешний осмотр;
- проверить работу движущего механизма переменного резистора и состояние его частей;
- по маркировке и размерам определить номинальную величину сопротивления, допустимую мощность рассеяния и класс точности;
- омметром измерить действительную величину сопротивления и определить отклонение от номинала;
- у переменных резисторов измерить еще и плавности изменения сопротивления при движении ползунка.

Резистор исправен, если нет механических повреждений, величина его сопротивления находится в допустимых пределах данного класса точности, а контакт ползунка с токопроводящим слоем постоянен и надежен.

2.Проверка конденсаторов всех типов.

К электрическим неисправностям относятся:

- пробой конденсаторов;
- короткое замыкание пластин;
- изменение номинальной емкости сверх допуска из-за старения диэлектрика — попадания на него влаги, перегрева, деформации;
- повышение тока утечки из-за ухудшения изоляции.

Полная или частичная потеря емкости электролитических конденсаторов происходит в результате высыхания электролита.

Простейший способ проверки исправности конденсатора — внешний осмотр, при котором обнаруживаются механические повреждения.

Если при внешнем осмотре дефекты не обнаружены, проводят электрическую проверку. Она включает: проверку на короткое замыкание, на

пробой, на целость выводов, проверку утечки (сопротивление изоляции), измерение емкости.

Емкость конденсаторов измеряют прибором E12 — 1 А. При отсутствии прибора емкость можно проверить другими способами, зависящими от емкости конденсаторов.

Конденсаторы большой емкости (1 мкФ и выше) проверяют пробником (омметром), подключая его к выводам конденсатора. Если конденсатор исправен, то стрелка прибора медленно возвращается в исходное положение. Если же утечка велика, то стрелка прибора не вернется в исходное положение.

Конденсаторы средней емкости (от 500 пФ до 1 мкФ) проверяют с помощью последовательно подключенных к выводам конденсатора телефонов и источника тока.

При исправном конденсаторе в момент замыкания цепи в телефонах прослушивается щелчок.

Конденсаторы малой емкости (до 500 пФ) проверяют, в цепи тока высокой частоты. Конденсатор включают между антенной и приемником. Если громкость приема не уменьшится, обрывов выводов нет.

3.Проверка катушек индуктивности.

Проверка исправности катушек индуктивности начинается с внешнего осмотра, в ходе которого убеждаются в исправности каркаса, экрана, выводов; в правильности и надежности соединений всех деталей катушки между собой; в отсутствии видимых обрывов проводов, замыканий, повреждения изоляции и покрытий. Особое внимание следует обращать на места обугливания изоляции, каркаса, почернение или оплавление заливки.

Электрическая проверка катушек индуктивности включает проверку на обрыв, обнаружение короткозамкнутых витков и определение состояния изоляции обмотки.

Проверка на обрыв выполняется пробником. Увеличение сопротивления означает обрыв или плохой контакт одной или нескольких жил литцендрата. Уменьшение сопротивления означает наличие межвиткового замыкания. При коротком замыкании выводов сопротивление равно нулю. Для более точного представления о неисправности катушки необходимо измерить индуктивность. В заключение рекомендуется проверить работоспособность катушки в таком же заведомо исправном аппарате, для которого она предназначена.



Литцендрат ([нем. Litzen](#) — пряди и *Draht* — провод) — многожильный [провод](#), каждая жила которого покрыта [изолирующим лаком](#).

4.Проверка силовых трансформаторов, трансформаторов и дросселей низкой частоты.

По конструкции и технологии изготовления силовые трансформаторы, трансформаторы и дроссели НЧ имеют много общего. Те и другие состоят из обмоток, выполненных изолированным проводом, и сердечника.

Неисправности трансформаторов и дросселей НЧ делятся на механические и электрические.

К механическим неисправностям относятся: поломка экрана, сердечника, выводов, каркаса и крепежной арматуры.

К электрическим неисправностям — обрывы обмоток, замыкания между витками обмоток; короткое замыкание обмотки на корпус, сердечник, экран или арматуру; пробой между обмотками; уменьшение сопротивления изоляции; местные перегревы.

Проверку исправности трансформаторов и дросселей НЧ начинают с внешнего осмотра. В ходе его выявляют и устраняют все видимые механические дефекты.

Проверка на короткое замыкание между обмотками, между обмотками и корпусом производится омметром. Прибор включают между выводами разных обмоток, а также между одним из выводов и корпусом. Так же проверяется и сопротивление изоляции, которое должно быть не менее 100 МОм для герметизированных трансформаторов и не менее десятков МОм для негерметизированных. Самая сложная проверка на межвитковые замыкания. Известно несколько способов проверки трансформаторов (рис. 1).

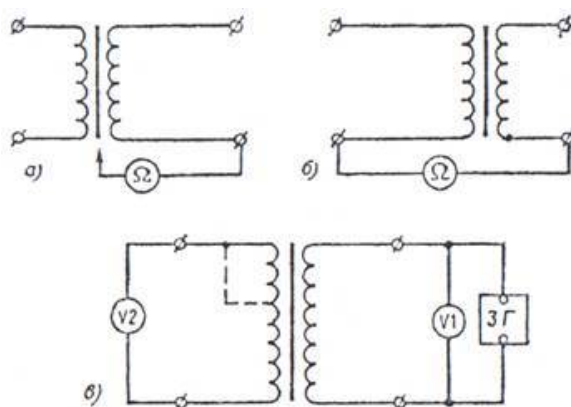


Рис. 1. Схема проверки силовых трансформаторов и трансформаторов НЧ:

а — проверка на замыкание между обмоткой и сердечником;

б — проверка на замыкание между обмотками;

в — проверка коэффициента трансформации на холостом ходу.

1. Измерение омического сопротивления обмотки и сравнение результатов с паспортными данными. (Способ простой, но не точный, особенно при малой величине омического сопротивления обмоток и малом числе короткозамкнутых витков).

2. Проверка катушки с помощью специального прибора — анализатора короткозамкнутых витков.

3. Проверка коэффициентов трансформации на холостом ходу. Коэффициент трансформации определяется как отношение напряжений, по-

казываемых вольтметрами 2 и 1. При наличии межвитковых замыканий коэффициент трансформации будет меньше нормы.

4. Измерение индуктивности обмотки.

5. Измерение потребляемой мощности на холостом ходу. У силовых трансформаторов одним из признаков короткозамкнутых витков является чрезмерный нагрев обмотки.

5. Простейшая проверка исправности полупроводниковых диодов.

Простейшая проверка исправности полупроводниковых диодов заключается в измерении их прямого $R_{пр}$ и обратного $R_{обр}$ сопротивлений. Чем больше отношение $R_{обр}/R_{пр}$, тем выше качество диода. Для измерения диод подключается к тестеру (омметру) или к ампервольтметру, как показано на рис. 2.

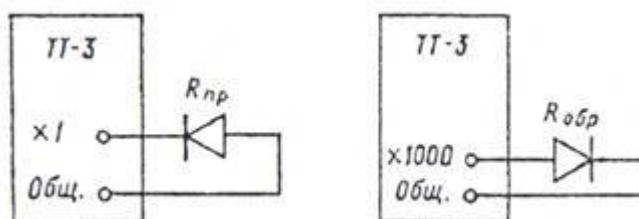


Рис. 2. Схема проверки исправности полупроводниковых диодов.

При этом выходное напряжение измерительного прибора не должно превышать максимально допустимого для данного полупроводникового прибора.

Исправность высокочастотных диодов можно проверить подключением их в схему работающего простейшего детекторного радиоприемника, как показано на рис. 3. Нормальная работа радиоприемника говорит об исправности диода, а отсутствие приема — о его пробое.

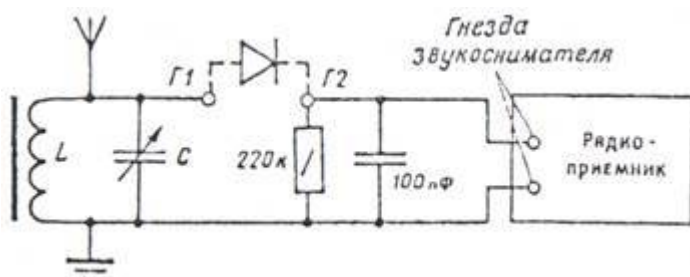


Рис. 3. Схема проверки исправности ВЧ-диодов.

6. Простая проверка транзисторов.

При ремонте бытовой радиоаппаратуры возникает необходимость проверить исправность полупроводниковых триодов (транзисторов) без выпайки их из схемы. Один из способов такой проверки — измерение омметром сопротивления между выводами эмиттера и коллектора при соединении базы с коллектором (рис. 4, а) и при соединении базы с эмиттером (рис. 4, б). При этом источник коллекторного питания отключается от схемы. При исправном транзисторе в первом случае омметр покажет малое

сопротивление, во втором — порядка нескольких сотен тысяч или десятков тысяч Ом.

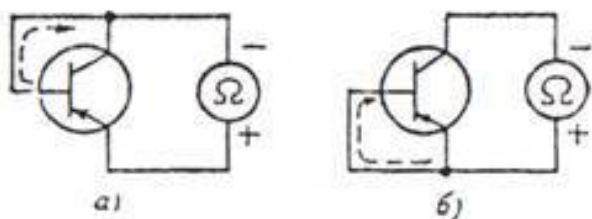


Рис. 4. Схема проверки исправности транзисторов.

Проверка транзисторов, не включенных в схему, на отсутствие коротких замыканий производится измерением сопротивления между их электродами. Для этого омметр подключают поочередно к базе и эмиттеру, к базе и коллектору, к эмиттеру и коллектору, меняя полярность подключения омметра. Поскольку транзистор состоит из двух переходов, причем каждый из них представляет собой полупроводниковый диод, проверить транзистор можно так же, как проверяют диод. Для проверки исправности транзисторов омметр подключают к соответствующим выводам транзистора (на рис. 5 показано, как измеряют прямое и обратное сопротивления каждого из переходов транзистора). У исправного транзистора прямые сопротивления переходов составляют 30-50 Ом, а обратные — 0,5-2 МОм. При значительных отклонениях от этих величин транзистор можно считать неисправным.

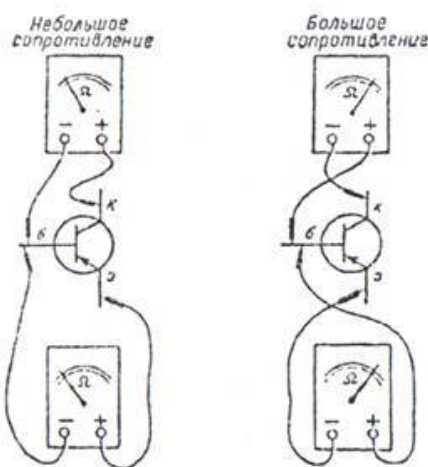


Рис. 5. Проверка транзистора с помощью омметра

При проверке ВЧ транзисторов напряжение батареи омметра не должно превышать 1,5 В.

Для более тщательной проверки транзисторов используются специальные приборы.

7.Простейшая проверка тиристоров.

Простейший способ проверки тиристоров показан на рис. 6. Сопротивление исправного тиристора составляет несколько МОм, а пробитого — близко к нулю. Если анод исправного тиристора соединить на мгнове-

ные с управляющим электродом (УЭ), прибор покажет сопротивление короткого замыкания.

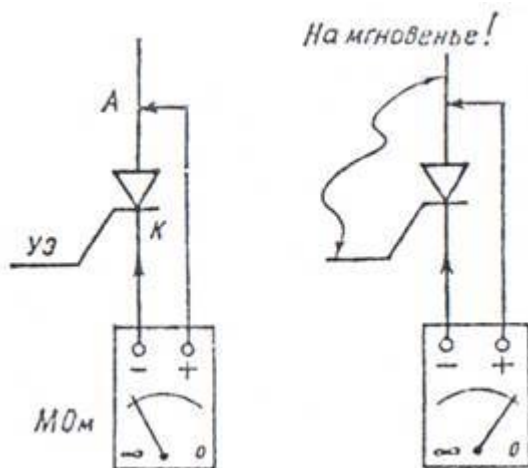


Рис. 6. Проверка тиристоров на исправность.

8. Проверка гальванических батарей и сухих элементов.

Проверку гальванических батарей и сухих элементов осуществляют с помощью вольтметра при подключенной нагрузке (рис. 7).

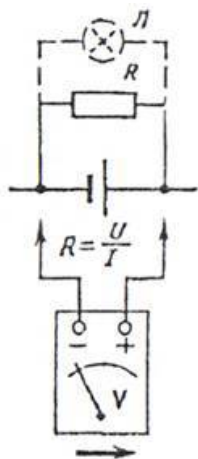


Рис. 7. Проверка гальванических батарей и сухих элементов с помощью вольтметра при подключенной нагрузке.

Нагрузкой может быть или лампа накаливания с соответствующим номинальным током, или резистор R , сопротивление которого рассчитывается по закону Ома.

Для сухих элементов (1,5 В) напряжение, измеренное под нагрузкой, не должно быть меньше 1,36 В, а для гальванических батарей — 4,5 В — 3,8...4 В.

9. Простая проверка полевых транзисторов.

Из многочисленных параметров полевых транзисторов практическое значение имеют только два:

$I_{с.нач.}$ — ток стока при нулевом напряжении на затворе и S — крутизна характеристики.

Эти параметры можно измерить, используя простую схему, изображенную на рис. 8. Для этого потребуется миллиамперметр ИП1, например комбинированного измерительного прибора, батарея Б1 напряжением 9 В

("Крона" или составленная из двух батарей 3336Л) и элемент Б2 "332" или "316".

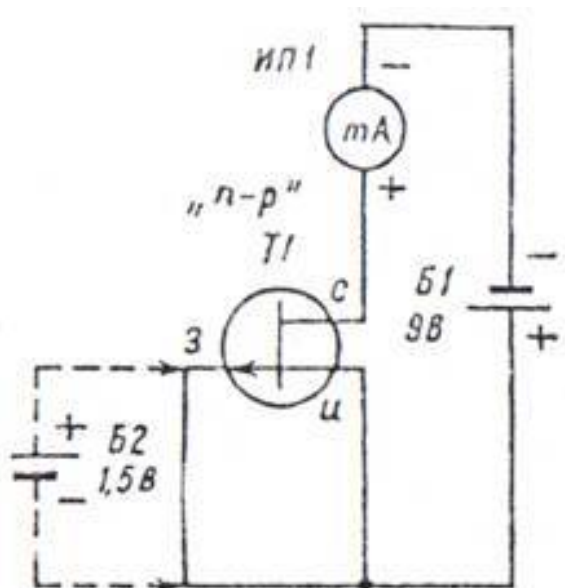


Рис. 8. Проверка полевых транзисторов.

Сначала вывод затвора соединяют проволоочной перемычкой с выводом истока. При этом миллиамперметр зафиксирует первый параметр транзистора — ток стока $I_{с.нач.}$. Записывают его значение. Затем снимают перемычку и подключают вместо нее элемент. Миллиамперметр покажет меньший ток в стоковой цепи. Если теперь разность двух показаний миллиамперметра разделить на напряжение элемента, полученный результат будет соответствовать численному значению параметра S проверяемого полевого транзистора.

При измерении параметров полевого транзистора с р-п переходом и каналом п-типа полярность включения миллиамперметра ИП1, батареи Б1 и элемента Б2 должна быть обратной.

Решение задачи – заполнить таблицу №1.

Таблица №1

Электрорадиоэлемент	Методы проверки	Признаки исправности
1	2	3

Лабораторная работа № 2 Внутрисхемный контроль работоспособности радиокомпонентов.

Цель работы: Изучение автоматизированной системы диагностики «ТЕСТ-Д»

Постановка задачи:

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями.
2. Описать автоматизированную систему диагностики «ТЕСТ-Д»
3. Перечислить достоинства и недостатки.

3. Содержание отчета:

1. Тема, цель, постановка задачи.
2. Конспект.
4. Вывод о проделанной работе.

Теоретические сведения.

Автоматизированная система диагностики «ТЕСТД» предназначена для диагностики и ремонта промышленных электронных устройств. Система представляет собой управляемый от персонального компьютера диагностический стенд, к которому при помощи специальных переходных адаптеров можно подключить различные электронные платы и модули. АСД «Тест-Д» может использоваться на предприятиях как диагностический стенд при производстве электронной аппаратуры, так и в качестве сервисного оборудования для ремонта различных электронных устройств.

Система диагностики «ТЕСТ-Д» позволяет определить работоспособность подключенной электронной платы, а в случае ее неисправности установить причину отказа. Обладая всеми положительными свойствами сервисных приборов (надежность, малые габариты, простота обслуживания), система диагностики является гибкой и универсальной. Связь системы диагностики с персональным компьютером осуществляется через порт USB. Программное обеспечение системы диагностики, включающее базовое ПО и редакторы подготовки тестов, имеет удобный русскоязычный интерфейс и работает в среде WINDOWS98/2000/XP/NT/VISTA.

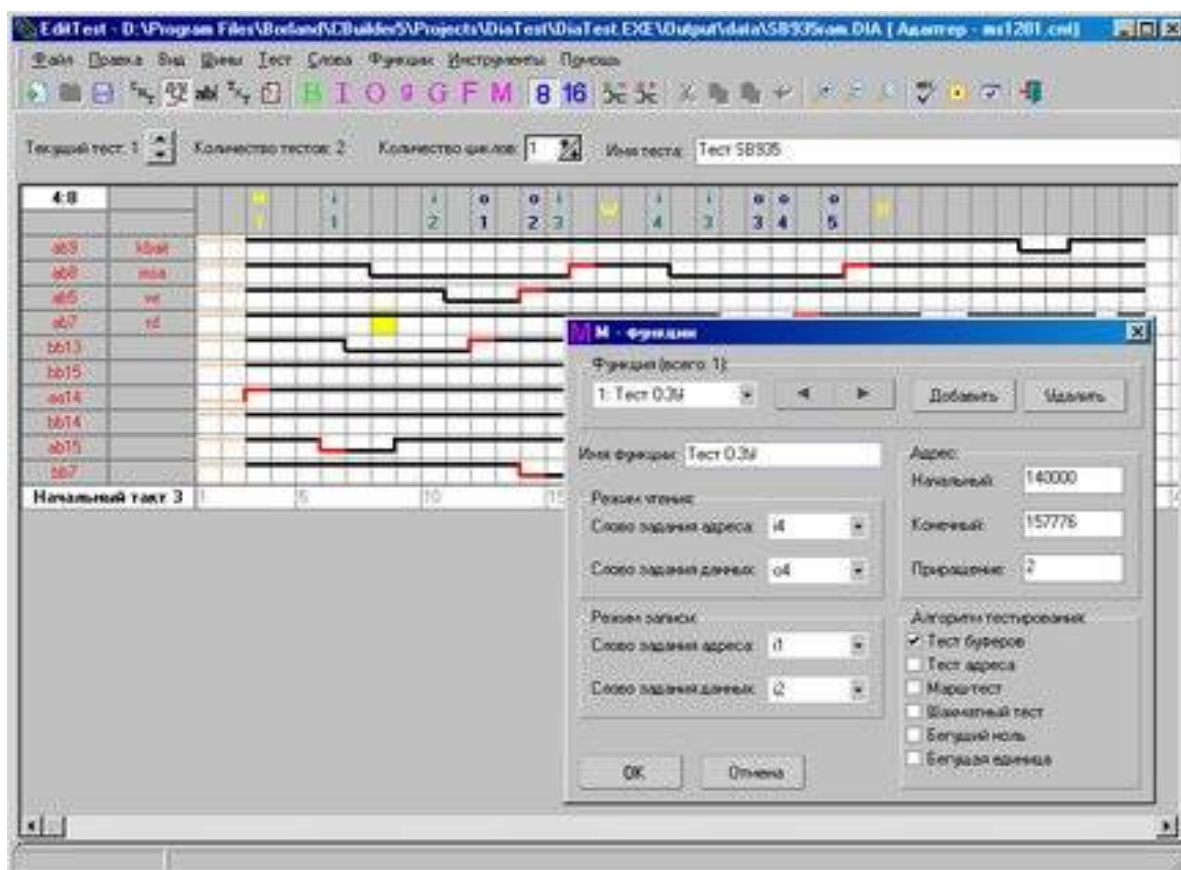
В состав системы диагностики «Тест-Д» входят:

- Функциональный тестер.
- Внутрисхемный аналоговый тестер “VI-зонд”.
- Внутрисхемный тестер цифровых микросхем ”ВТЦМ-32”.
- Тестер микропроцессорных устройств (логический анализатор) ”ЛАД-03”.
- Программаторы микросхем PROM и EPROM.
- Блок питания объекта контроля с напряжениями +/-5V, +/-12V, +/-15V, +/-24V.

Комплекс приборов, входящих в состав системы, реализует методы функционального, сигнатурного и внутрисхемного тестирования, что позволяет автоматизировать диагностику различных промышленных электронных устройств.

Функциональное тестирование

При функциональном тестировании система диагностики проверяет работоспособность устройства, эмулируя его работу в составе действующего оборудования. Тестирование выполняется при помощи функционального тестера и программы «Диагностический тест».



Контактирование с проверяемым блоком, как правило, осуществляется через краевой разъем с помощью специализированного устройства - адаптера подключения. Адаптеры обеспечивают подачу питания на объект контроля и его связь с функциональным тестером. В некоторых случаях адаптеры осуществляют преобразование сигналов как воздействующих на объект, так и принимаемых с объекта.

Программа «Диагностический тест» позволяет тестировать электронные устройства на режимах близких или даже более жестких, чем работа в составе действующего оборудования. Алгоритм тестирования, задается в тестовом файле, где определяются комбинации воздействующих сигналов, их временная последовательность и сравнение полученных ответных сигналов с эталоном. Программа позволяет наглядно и компактно описать достаточно сложные алгоритмы тестирования практически любого

электронного устройства, включая ОЗУ и ПЗУ. Методика создания тестов проста, понятна пользователю и подробно описана в поставляемой документации. Для редактирования и создания новых тестов в состав программного обеспечения входит удобный графический редактор. Использование циклического режима тестирования предоставляет возможность определения “плавающих” дефектов и неисправностей, связанных с прогревом устройства.

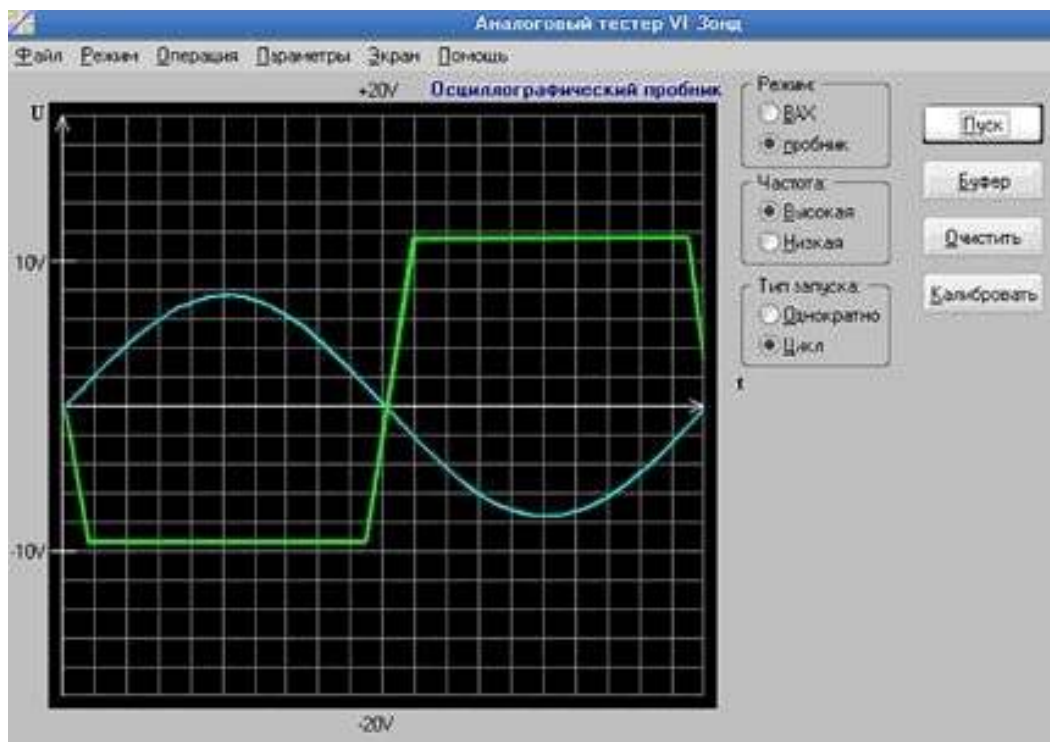
Внутрисхемное тестирование

Метод внутрисхемного тестирования, по определению, означает тестирование отдельных компонентов на электронной плате. Данный метод используется для локализации неисправного элемента после обнаружения дефекта узла (платы) при помощи функционального тестирования. В состав системы диагностики входят устройства, реализующие методы аналогового и цифрового внутрисхемного тестирования - аналоговый внутрисхемный тестер VI-зонд и внутрисхемный тестер цифровых микросхем ВТЦМ-32.

Аналоговый внутрисхемный тестер VI-зонд работает в режимах: анализатора вольтамперных характеристик и осциллографического пробника.

Вольт-амперные характеристики (ВАХ) двухполюсников радиокомпонентов разного типа или схемного набора элементов печатной платы имеют четко выраженные и легко распознаваемые формы. Анализ вольт-амперных характеристик позволяет выявить

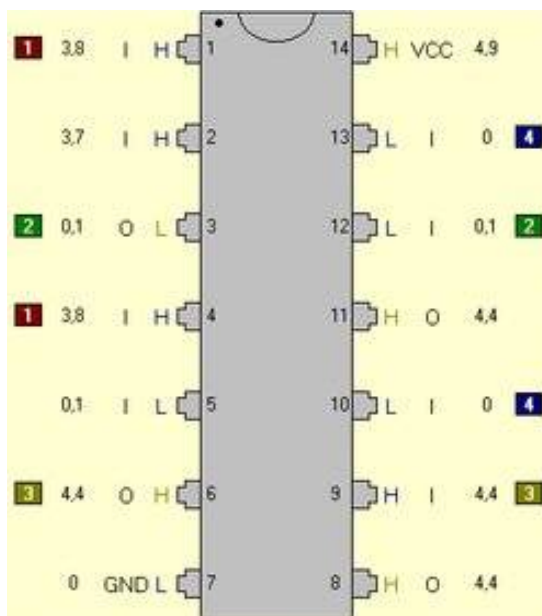
неисправный элемент, подключенный к контролируемой точке устройства. В то же время проверка входных и выходных импедансов интегральных элементов не может выявить нарушений их внутренней структуры. Неисправности, вызванные подобными причинами, выявляются только проверкой функционирования. Для проверки функционирования аналоговых элементов, основу которых составляют операционные усилители, применим осциллографический пробник, позволяющий получить осциллограмму выходного сигнала усилителя при воздействии на его вход периодического сигнала.



Сигнатуры и временные диаграммы, полученные в режимах анализатора ВАХ и пробника соответственно, можно записать в эталонный файл. Таким образом, имеется возможность тестирования электронных устройств путем сравнения полученных и эталонных диаграмм.

Аналоговый тестер VI-Зонд, реализующий метод аналогового поконтактного внутрисхемного тестирования, позволяет диагностировать электронные устройства с любой плотностью монтажа, а также компоненты с любыми типами корпусов, включая БИС, ПЛИС.

Внутрисхемный тестер цифровых микросхем ВТЦМ-32 позволяет, не выпаивая цифровые микросхемы из платы, проверить правильность их функционирования. Во время проверки на контакты тестируемой микросхемы через специальную клипсу подаются импульсы, способные установить заданный уровень сигнала независимо от логического состояния компонента, связанного с проверяемым контактом. Величина импульса тока, подаваемого на контакт микросхемы, является достаточной для принудительной установки выхода логического элемента в заданное состояние и в то же время не выводит его из строя, так как время воздействия ограничено.



Тестер ВТЦМ-32 имеет 32 цифровых канала, по которым происходит подача воздействий на проверяемую микросхему и приём реакций на эти воздействия. В начале теста осуществляется проверка исходных логических состояний выводов микросхемы и наличие на них переключений (сигналов от внутреннего генератора тестируемого устройства), наличие выводов, подключенных к цепям питания, и выводов, соединённых между собой перемычками. Полученный результат выводится на дисплей в виде мнемосхемы объекта контроля.

По результату проверки исходных логических состояний программа автоматически изменяет заданный в тестовом файле алгоритм тестирования, производит функциональный тест микросхемы в соответствии с измененным алгоритмом и выводит результаты тестирования на экран монитора в виде временных диаграмм и таблицы данных. При помощи тестера имеется возможность выполнять проверку различных цифровых микросхем, включая микросхемы ОЗУ и ПЗУ. Следует подчеркнуть, что данный прибор имеет возможность считывать информацию с микросхем ППЗУ, впаянных в платы. В комплект поставки тестера входит библиотека тестов на большинство микросхем различных серий и справочник их аналогов. В состав программного обеспечения тестера входит редактор тестов. С его помощью пользователь имеет возможность самостоятельно изменять алгоритм тестирования микросхем и производить разработку и отладку новых тестовых программ.

Логический анализ

Наиболее эффективным методом тестирования и ремонта микропроцессорных устройств является логический анализ. Используя различные режимы и комбинации событий для запуска логического анализатора, пользователь может получить на экране дисплея временные диаграммы алгоритма работы устройства, сравнить их с эталоном и, таким образом, определить неисправность.



В состав диагностической системы «ТЕСТ-Д» входит тестер микропроцессорных устройств «Логический анализатор ЛАД-03», обладающий свойствами классического логического анализатора и дополнительными сервисными возможностями, направленными на облегчение диагностики и ремонта микропроцессорных устройств.

Основной отличительной особенностью прибора ЛАД-03 является возможность тестирования электронных устройств в режиме реального времени однократно и в циклическом режиме, путем сравнения алгоритма работы проверяемого устройства с эталоном, записанным в тестовом файле. Результат сравнения, представленный в виде данных, адресов, команд, свойственных исследуемому объекту, способен указать пользователю на неисправность или подсказать дальнейшее направление ее поиска. Логический анализатор ЛАД-03 имеет 40 входных каналов. Вместе с тем программное обеспечение анализатора позволяет сохранить в одном тестовом файле любое число временных диаграмм сигналов. Использование синхронного запуска анализатора и объекта контроля, предоставляет возможность последовательно снимать данные в одноканальном (режим «Зонд») и многоканальном режиме, а затем сводить их на одном экране, получая целостную картину работы узла из множества отдельных диаграмм. Представление информации в виде слов данных позволяет пользователю легко и быстро ее обработать. Одноканальный, последовательный съем данных (метод pin by pin) делает возможным тестировать электронные платы с любой плотностью монтажа и компоненты с любыми типами корпусов.

Логический анализатор ЛАД-05, поставки которого начнутся с 2008 года, имеет максимальную частоту дискретизации 400 МГц и настраиваемые входные пороги.

Система диагностики успешно эксплуатируется на различных предприятиях России и стран СНГ более 8 лет. Аппаратная часть и программное обеспечение системы постоянно совершенствуется с целью увеличения функциональных возможностей и удобства пользования.

С системой диагностики поставляются аппаратно-программные комплекты (набор адаптеров и библиотека тестов) для ремонта различных электронных промышленных устройств: систем ЧПУ и программируемых контроллеров 2C42, 2Y22, 2P22, 2P32, НЦ31, MC2109, MC2101, НЦ80, ХШ9-11, CNC600, FMS3000, «Синумерик», MC1201, ХШ9-11, «Микродат», электроприводов «Размер 2М» всех моделей, ЭПБ2, «КЕМРОН», «КЕМТОК», «КЕМТОР», «КЕМРОС», «КЕМЕК», «АРЕНА», «MEZOMATIC», ЭТУ2-2, ЭПУ1-2, ЭПУ2-2, BOSCH TR40/170, фотоимпульсных датчиков BE178, ЛИР, ROD, электронных АТС и других устройств.

Функциональные возможности системы позволяют использовать ее в качестве диагностического стенда при производстве электронной аппаратуры. В этом случае кроме описанных выше приборов в состав системы могут входить измерительные устройства и другое стандартное диагностическое оборудование. Разработчиком и производителем системы диагностики является российское предприятие, с системой поставляется полный комплект технической документации, что позволяет адаптировать ее под конкретную задачу пользователя.

Лабораторная работа № 3 Тестирование электронных устройств на производстве методом периферийного сканирования.

Цель работы: Изучение видов тестирования электронных устройств на производстве, в том числе методом периферийного сканирования.

Постановка задачи:

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями.
2. Описать виды тестирования электронных устройств на производстве, в том числе метод периферийного сканирования.
3. Перечислить достоинства и недостатки.

3. Содержание отчета:

1. Тема, цель, постановка задачи.
2. Конспект.
4. Вывод о проделанной работе.

Теоретические сведения.

Финальный этап создания электронного продукта — серийное производство, именно оно в конечном итоге определяет качество устройства. Пользователь не сможет оценить идеальную программную и аппаратную платформу новой электроники, если на сборочном конвейере произойдет сбой, поэтому контроль функциональности и тестирование сборки — обязательные этапы массового производства.

Виды тестирования на производстве. Краткий обзор

В общем виде процесс подготовки и тестирования электронного изделия на производстве выглядит так:

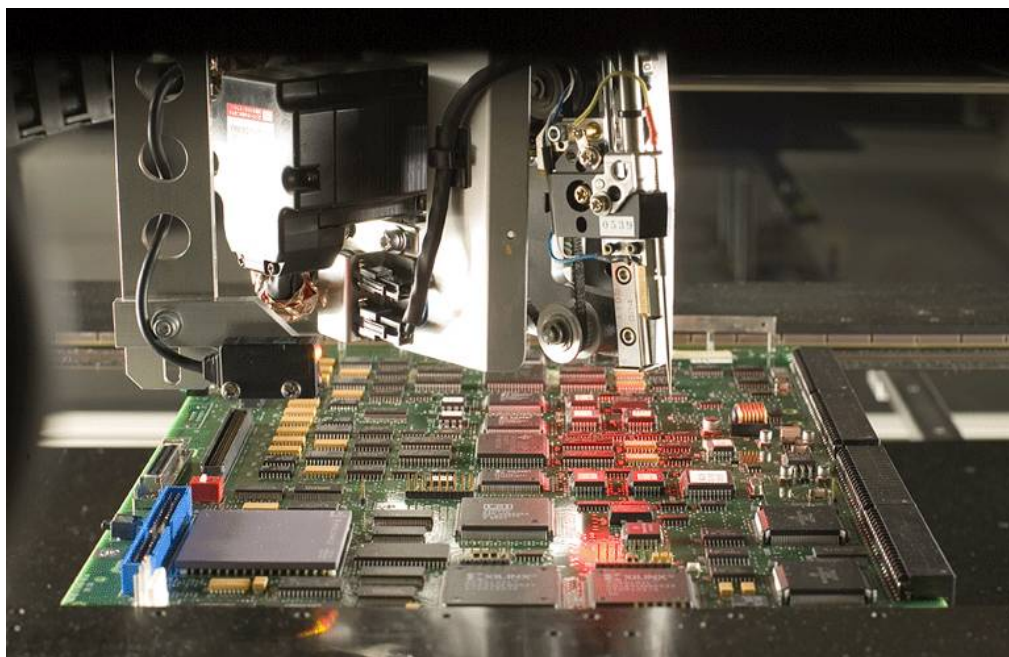
Проектирование и создание стенда для прошивки и тестирования с использованием JTAG/ICT-тестирования

Разработка системы тестов и параметров контроля качества и приемки на производстве

Автоматизированная или ручная проверка функциональности

Тестирование устройства и его отдельных частей в процессе производства можно реализовать на базе следующих методик и технологий:

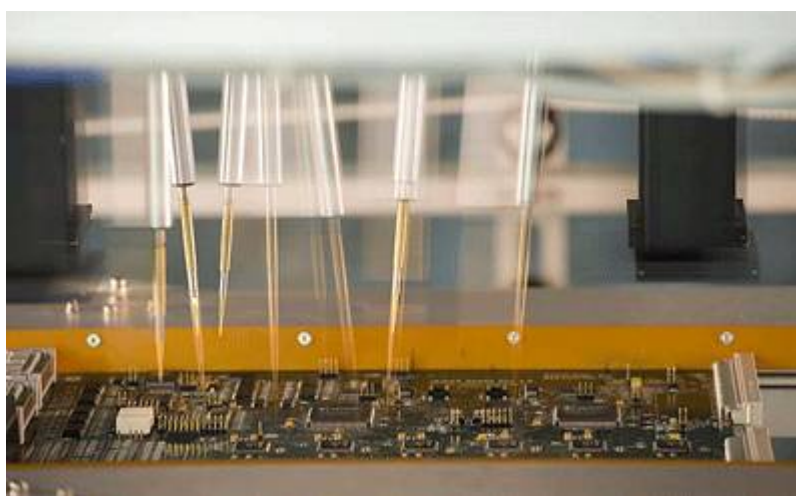
1. Визуальный автоматизированный контроль (AOI, AXI) — это предварительная проверка качества, которая используется на любом контрактном производстве, она проходит на разных стадиях монтажа печатных плат, в том числе с использованием рентгеновского излучения для проверки невидимых глазу или стандартным оптическим системам мест.



На фото: Печатная плата проходит визуальный автоматизированный контроль (AOI). По результатам проверки тестирующий получит данные по обнаруженным дефектам. Источник: [Acculogic](#).

2. Внутрисхемное тестирование (ICT/FICT) – проверка соединений и компонентов на печатной плате, анализ электрических параметров всей схемы либо отдельных ее участков.

Данный метод использует контакт пробников с узлами собранной платы: это может быть как стационарное поле контактов («ложе гвоздей», англ. – bed of nails), так и «летающие щупы» (flying probe) или «летающие матрицы». Часто требует использования сложного и дорогостоящего оборудования, технологической подготовки, изготовления специальной оснастки.



На фото: тестирование печатной платы «летающими щупами» (flying probes).

Источник: [Acculogic](#).

3. Периферийное/граничное сканирование (boundary scan) — тестирование с использованием JTAG. Основано на использовании в микросхемах поддержки стандарта IEEE 1149.

4. Функциональное тестирование (FCT) — проверка собранных или частично собранных устройств на выполнение заданной функциональности и на соответствие параметрам, которые заложены в спецификации на прибор.

Все перечисленные методики позволяют оценить качество электроники в процессе производства, однако в некоторых случаях тестирование устройства проводится только на финальном этапе. Это так называемое **тестирование после окончательной сборки (EOL)** — проверка функциональности и соответствия спецификации. Оценивается не только качество, но также стабильность и надежность устройства. Такой анализ электроники проходит с использованием сложного стендового оборудования, которое имитирует систему, в составе которой работает тестируемое устройство. Если по результатам такой проверки процент брака превышает предварительную оценку, тогда корректируется технология производства и запускается очередная пробная партия устройств. И так в несколько итераций.

На практике лучшие результаты показывают те методики, которые используются в процессе производства, т.е. функциональное и внутрисхемное тестирование, т.к. они позволяют оперативно получить информацию и определить конкретные этапы, на которых появляются проблемы. Благодаря этому можно внести корректировки в производственный процесс еще до окончательной сборки устройства.

Рассмотрим эти методики тестирования более подробно, от общего к частному, начиная с анализа функциональности собранных или частично собранных устройств и заканчивая особенностями внутрисхемного тестирования печатных плат.

Функциональное тестирование на производстве.

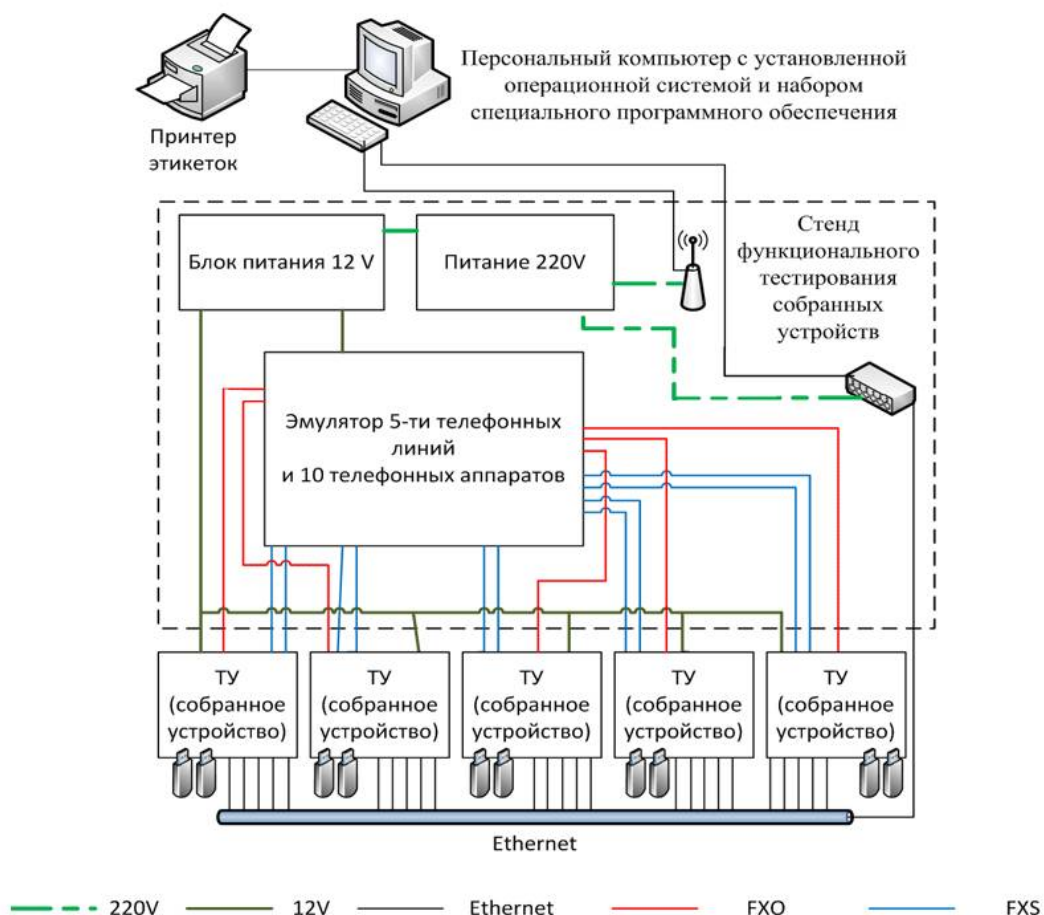
Функциональное тестирование может проводиться как в ручном, так и в автоматическом режиме. Естественно, при составлении тест-планов ручной труд стараются свести к минимуму, оставив оператору лишь подключение/отключение устройства, а также контроль годности.

При грамотном подходе эта методика способна охватить практически всю функциональность устройства за рекордно короткие сроки. Однако без разработки тестового программного обеспечения и изготовления специальной оснастки тут не обойтись.

Тестирование можно разделить на проверку основных частей устройства (процессора, памяти, прочих модулей) и проверку периферийных интерфейсов. Для тестирования процессорной части создается специальная программа, которая в автоматическом режиме задает особые параметры работы, проводит инициализацию всех микросхем устройства, опрашивает их и на основе полученных результатов делает вывод о работоспособно-

сти. После проверки основных частей проводится последовательное включение рабочего режима для каждой составной части устройства и проверка её функционала. Например, для тестирования Ethernet-интерфейсов программа поочередно проводит инициализацию каждого порта, а если их несколько, задает временные MAC- и IP-адреса, пересылает пакеты и анализирует результат.

Степень покрытия изделия тестами определяется индивидуально для каждого типа устройства на основе анализа электрической схемы, доступных для тестирования модулей и интерфейсов.



На схеме: Стенд функционального тестирования собранных устройств

Выше приведена схема стенда функционального тестирования собранных устройств. Он позволяет тестировать пять устройств одновременно, последовательно проверяя весь функционал каждого. В процессе сверяются версии прошивки отдельных модулей, и, в случае необходимости, проходит прошивка свежей версии. После удачного прохождения тестов программа выдает устройству MAC-адрес, серийный номер и предустановленные пароли.

Стенды функционального тестирования могут включать вспомогательные программные и аппаратные средства для персонализации устройства, удаленного сбора информации о тестируемых устройствах, генерации отчетности о дефектах.



На фото: Функциональное тестирование собранных устройств на фабрике в Сингапуре.

Результаты проверки отображаются на мониторе компьютера, к стенду одновременно подключены семь приборов.

К неоспоримым плюсам функционального тестирования можно отнести возможность конечной прошивки, проверку и обновление версий ПО модулей системы, выдачу персональных данных устройству, используя высокоуровневые протоколы и скоростные интерфейсы.

Стенды функционального тестирования могут встраиваться в автоматизированные системы предприятия (производства) и обеспечивать учет и сбор статистической информации с производственных участков и ОТК.

Основные недостатки данного способа проверки устройств — это необходимость изготовления специализированной оснастки и написание программного обеспечения, также функциональное тестирование, в отличие от периферийного сканирования, не дает точного указания на дефектные цепи и выводы компонентов. Но в большинстве случаев проведение этих работ оправдано за счет максимального покрытия и короткого времени тестирования.

Тестирование электронных устройств на производстве методом периферийного сканирования.

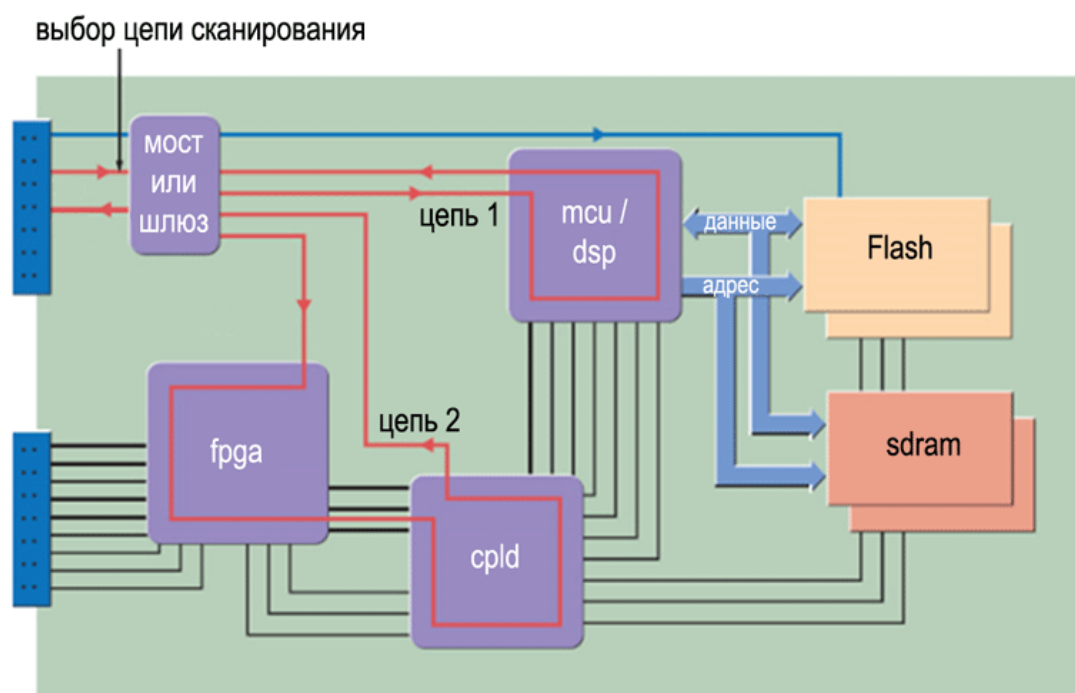
Теперь мы рассмотрим следующую методику тестирования, которая позволяет контролировать качество монтажа и отбраковывать устройства ещё до стадии функционального тестирования. Это JTAG-тестирование.

Тесты для периферийного сканирования (boundary-scan) позволяют повысить качество разрабатываемых устройств и экономить затраты на

этапе серийного производства. Основное преимущество этой технологии — возможность тестирования устройств с ограниченным доступом к выводам микросхем в корпусах BGA, COB и QFP.

В последнее время в связи с большим распространением стандарта JTAG и, соответственно, микросхем с его поддержкой, метод периферийного сканирования становится все более доступным.

Производители микросхем сопровождают свои продукты BSDL-файлами, в которых содержится информация об архитектуре регистров периферийного сканирования. Современные программные средства для JTAG-тестирования позволяют автоматизировать процесс, используя данные схематики из САПР. Все это упрощает подготовку и использование JTAG-тестирования.



На схеме: Пример JTAG-тестирования. Тут видно, как можно проверить компоненты, которые подключены к шине тестируемой микросхемы, но напрямую не поддерживают стандарт JTAG (например, память flash и SDRAM).

При проектировании электронных устройств, требуется предварительная подготовка схемы изделия. Как минимум, это использование компонентов, поддерживающих стандарт IEEE 1149.1, правильное соединение этих компонентов, вывод JTAG-портов на внешние контакты или разъемы.

JTAG-тестирование позволяет выявить «непропай» в выводах цифровых микросхем с разными типами корпусов, включая BGA, замыкания, обрывы, а также нерабочие микросхемы с цифровыми интерфейсами. Очень важно выявить все эти дефекты, так как если непроверенная плата переходит на этап программирования, могут возникнуть проблемы с запуском памяти и периферии. При этом будет сложно установить причину непола-

док: неверные настройки ПО или дефект монтажа. JTAG-тестирование позволяет предупредить эту проблему.

Тем не менее, у JTAG-тестирования есть свои недостатки. Во-первых, это невысокая производительность по сравнению с функциональным тестированием. Во-вторых, метод предназначен для тестирования цифровой электроники, соответственно исключаются аналоговые части устройства. В третьих, важно учитывать, что JTAG-тестирование проверяет только целостность связей, но не их качество. Импеданс, паразитная емкость и т.д. — все эти качественные параметры могут существенно повлиять на работу высокоскоростных схем.

Также JTAG-тестирование имеет ряд других ограничений:

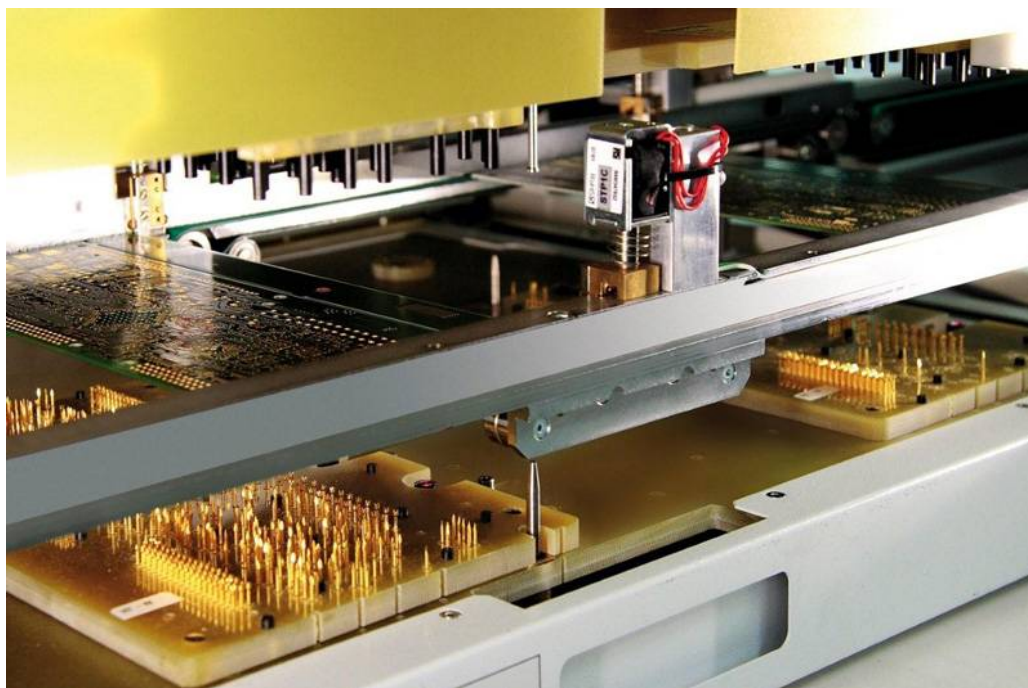
Невозможно обнаружить дефекты монтажа, связанные с цифровыми или аналоговыми элементами, которые не имеют JTAG-поддержки, также недоступна диагностика дефектов связей между ними.

Невозможно выполнить функциональные тесты или тесты, направленные на обнаружение неисправностей, которые являются той или иной функцией времени.

Невозможно выполнить тесты, направленные на обнаружение таких дефектов шин данных, как, например, как дрожание фазы (jitter), паразитные связи (crosstalk), интерференция и т.д. (тесты для шины PCI).

Но в то же время JTAG-тестирование обладает серьезными преимуществами. Это глубокий анализ работоспособности микросхем и модулей для выборочной проверки электронных устройств в промышленной партии. Это важное дополнение, а в некоторых случаях — замена внутрисхемного тестирования с помощью «ложе гвоздей» или «летающих щупов». JTAG позволяет оптимизировать оборудование для полноценного тестирования либо сократить время на тестирование при комплексном подходе, когда оно используется совместно с другими методами.

Также по мере роста требований к миниатюризации электронных устройств JTAG-тестирование позволяет уменьшить габариты печатной платы, уйдя от необходимости размещать на ней группы контактных площадок для внутрисхемного тестирования с помощью «ложе гвоздей».



На фото: Внутрисхемное тестирование с помощью «ложка гвоздей». Источник: [Srea](#).

Внутрисхемное тестирование.

Хотя периферийное сканирование по технологии JTAG набирает все большую популярность, классический метод внутрисхемного тестирования, который начал развиваться с 70-х – 80-х годов 20 века, успешно применяется до сих пор.

Внутрисхемное тестирование — технология проверки отдельных компонентов на плате или фрагментов схем с использованием специального оборудования (ИСТ-станций) и оснастки (игольчатого адаптера). Благодаря этой методике тестирования можно анализировать отдельные компоненты и аналоговые части схем. А также успешно применять на крупносерийном производстве. Т.е. в тех случаях, когда другие современные технологии не справляются.

Условно внутрисхемное тестирование можно разделить на аналоговое и цифровое. При аналоговом внутрисхемном тестировании обычно проверяются следующие характеристики:

- наличие коротких замыканий и обрывов;
- номиналы дискретных компонентов (резисторов, конденсаторов, индуктивностей, дискретных полупроводниковых приборов);
- наличие и правильность установки микросхем.

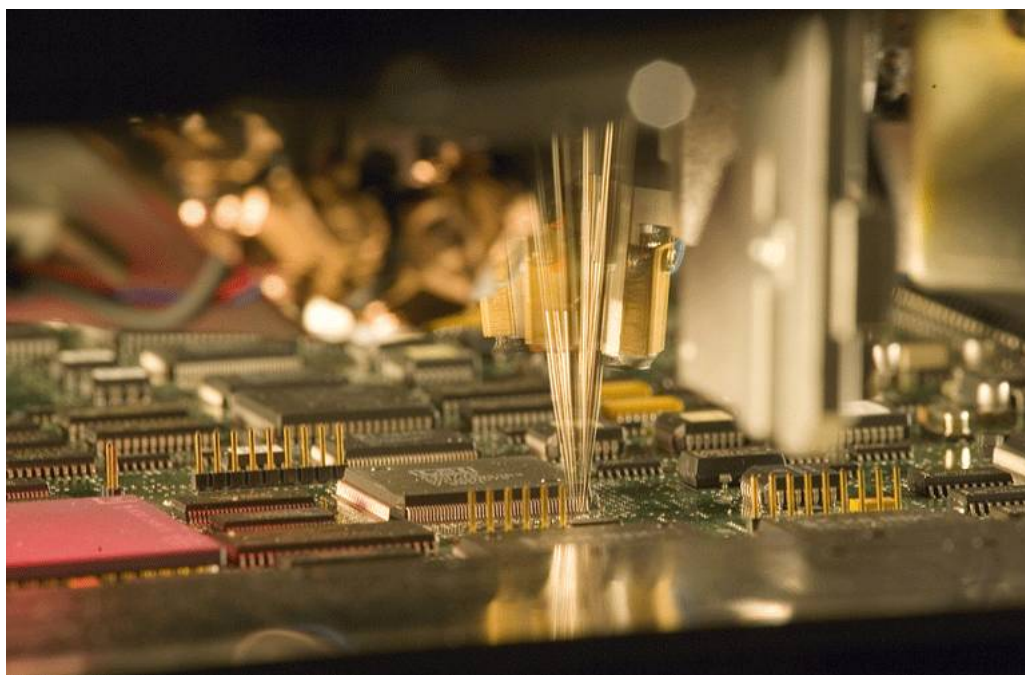
Этот метод тестирования позволяет обнаружить большое количество дефектов сборки, поэтому аналоговое внутрисхемное тестирование часто называют анализом производственных дефектов.

При цифровом внутрисхемном тестировании цифровые микросхемы проверяются на соответствие таблице истинности.

Поскольку данная технология основана на физическом контакте иглолок с контактами тестируемых компонентов, возникает ряд трудностей при реализации этого подхода в тестировании.

Постоянная миниатюризация компонентов приводит, в том числе, к уменьшению физических размеров контактных площадок и их перемещению их под корпус. Также в многослойных печатных платах значительное количество соединений реализовано во внутренних слоях. Все это приводит к необходимости вывода контактных площадок для ИСТ-адаптера на одну из сторон платы, что в свою очередь вызывает увеличение ее габаритов и усложняет их трассировку, а зачастую, в случае высокочастотных шин, это невозможно в принципе.

Один из вариантов решения этих проблем является использование метода тестирования «летающими щупами» или «летающими матрицами». Этот подход позволяет уйти от необходимости вывода специальных контактных площадок для тестирования, но значительно увеличивает время проверки, что является существенным ограничением для серийного производства.



На фото: еще один пример тестирования печатной платы «летающими щупами». Источник: [Acculogic](#).

Другой и, наверное, основной способ оптимизации технологии внутрисхемного тестирования без ущерба к плотности покрытия тестами печатной платы и ко времени тестирования — комплексный подход, который заключается в совмещении классического ИСТ-тестирования с JTAG-тестированием. Такой подход, при предварительном расчете покрытия печатной платы тестами и распределении их между JTAG и ИСТ, позволяет минимизировать число площадок для иглолок ИСТ и, соответственно, упростить и удешевить тестопригодную плату. Применение таких методов требует соответствующего подхода при проектировании электронного устройства, анализа тестопригодности электрических схем, их корректировки.

Category	Tested devices	Untested devices	Device coverage%	Tested pins	Untested pins	Pin coverage %
MECHANICAL	0	0	0	0	0	0
INTEGRATED CIRCUIT	36	0	100	712	42	94.43
TRANSISTOR	63	0	100	279	0	100
DIODE	35	0	100	85	0	100
ZENER	4	0	100	8	1	88.89
LED	6	0	100	13	2	86.67
CAPACITOR	216	0	100	432	0	100
RESISTOR	289	14	95.38	612	30	95.33
RESISTOR NETWORK	8	0	100	64	0	100
FUSE	15	1	93.75	30	2	93.75
CHOKE	6	0	100	12	4	75
CRYSTAL	2	0	100	8	0	100
STRAP	41	1	97.62	82	2	97.62
CONNECTOR	18	14	56.25	421	688	37.96
FUNCTIONAL	0	0	0	0	0	0
UNKNOWN LABEL	1	1	50	2	2	50
Frame Scan	110	8	93.22	967	945	60.68
Delta Scan	34	0	100	535	215	71.33
Visual Test	0	0				
* Boundary Scan						
* APTS						
Total	740	31	95.98	2626	270	90.6

Short Coverage overview		
Covered net pairs	Uncovered net pairs	Shorts coverage %
4214	137	96.65

Принтскрин: пример отчета о покрытии тестами. Источник: [Acculogic](#).

Выводы

Таким образом, мы можем сформировать основные критерии, которые определяют выбор методики тестирования:

1. Масштабность производства.
2. Сложность продукта.
3. Наличие особых требований к качеству (пример: электроника ответственного применения).

Так, например, для сравнительно простых устройств в малых партиях достаточно использовать функциональное тестирование, а для простой электроники в крупных сериях — внутрисхемное тестирование, т.к. оно обеспечивает максимальную скорость. Для тестирования цифровой электроники с поддержкой технологии JTAG оптимальным выбором будет периферийное сканирование, оно позволяет отладить процесс производства и скорректировать его на ранних этапах.

При планировании массового производства необходимо учитывать производительность всех методов тестирования, и, соответственно, такое их сочетание, чтобы получить минимальное время на тестирование одного устройства при максимальном покрытии тестами. Например, во многих случаях тестирование с помощью «ложе гвоздей» и периферийное сканирование, являются предпочтительными методами по сравнению с функциональным тестированием и тестированием «летающими щупами» с точки зрения скоростных характеристик.

Соответственно, именно комплексное тестирование, т.е. совмещение различных технологий в грамотной пропорции сегодня является опти-

мальным вариантом для проверки и анализа качества электроники на производстве. По этой причине на первый план выходит предпроектный анализ тестопригодности и покрытия тестами. Он позволяет изначально спланировать и обосновать применимость и степень использования описанных выше подходов в каждом конкретном проекте.

Лабораторная работа № 4 Контроль и измерение параметров устройств, блоков и приборов радиоэлектронной техники в технологическом цикле их сборки.

Цель работы: Изучение основных приемов демонтажа узлов и блоков.

Постановка задачи:

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями.
2. Описать методы контроля и измерения параметров устройств, блоков и приборов радиоэлектронной техники в технологическом цикле их сборки.
3. Перечислить достоинства и недостатки.

Содержание отчета:

1. Тема, цель, постановка задачи.
2. Конспект.
4. Вывод о проделанной работе.

Теоретические сведения.

На всех стадиях сборочно-монтажных операций выполняются операции контроля: входной контроль, операционный контроль, выходной контроль. По степени охвата большинство операций относятся к сплошному контролю, т.е. проверке подвергаются все модули. Обнаруженные дефекты фиксируются в сопроводительной документации на узел для последующего устранения, для статистического учета и с целью выявления и устранения причин их появления. Протоколирование дефектов в соответствии с программой ведет и автоматическое оборудование.

Визуальный контроль с помощью оператора – самый распространенный способ. Оборудование – микроскоп с увеличением от 2 до 10 крат. Качество контроля зависит от квалификации оператора. Такой контроль применяется в лабораторных условиях или на опытном производстве. В сборочных линиях контроль осуществляют автоматические установки.

Автоматическая оптическая инспекция (АОИ).

Автоматизированный контроль реализуется в ходе четырех основных этапов технологического процесса: нанесения припойной пасты, позиционирования компонентов, отверждения адгезива и проверки после пайки.

Очень важна оптимизация процесса трафаретной печати припойной пасты, поскольку она служит источником дефектов пайки (перемычек и непропаев), а дефекты, связанные с пайкой, являются основной причиной отбраковки изделий на выходном контроле. Настоятельно рекомендуется контроль собранных плат после отверждения адгезива. Вследствие недостаточного или чрезмерного количества нанесенного адгезива компоненты

могут оказаться приподнятыми под углом по отношению к поверхности платы или установленными с разворотом (смещенными в плоскости платы). Это способствует появлению дефектов при пайке. Отсутствие конвейера для транспортировки коммутационных плат и перемещение плат вручную (после позиционирования компонентов) в камеру для отверждения адгезива может привести к смещению компонентов.

АОИ позволяет контролировать:

- нанесение припойной пасты (недостаточное, избыточное, неточное, позиционирование трафарета);
- качество позиционирования компонентов (отсутствие/наличие компонента, точность позиционирования, включая разворот по горизонтали и вертикали, несоответствие полярности или номера вывода, дефект вывода, наличие посторонних предметов);
- качество паяного соединения (короткое замыкание, непропай, несмачиваемость, излишек или недостаток припоя).

Основой АОИ является формирование изображений объектов и анализ характерных особенностей их элементов. Двухмерное изображение объекта формируется оптическими матрицами. Для повышения контрастности изображения используют дополнительное освещение inspectируемой поверхности. Типичными параметрами установки являются: стандартное поле зрения (порядка 30х50 мм) и поле высокочеткого зрения (порядка 6х8 мм), скорость сканирования (до 18÷36 см²/сек) и количество одновременно обрабатываемых изображений (как правило, более 70). Используются монохромные системы, двух- и трехцветовые (самые распространенные). Фон теплового излучения от платы и компонентов может создавать помехи, компенсация помех выполняется программными средствами. Изображение оцифровывается, и формируется матрица, несущая информацию об объекте. Сформированная картинка может сравниваться с эталонным изображением платы или с информацией о сборке на основании данных CAD и Gerber-файлов. Такие системы позволяют выполнять 100%-ный контроль плат со скоростью до 150 000 компонентов в час, но чувствительны к смене материала платы и компонентов. Большинство АОИ хорошо обнаруживают дефекты расположения компонентов и с меньшим успехом различают дефекты нанесения припойной пасты или качество пайки.

Оптические системы на основе лазеров могут формировать 3-х мерное изображение объектов. Они применяются и для двумерного анализа сборок, особенно в тех случаях, когда наблюдаемые элементы имеют малую высоту или небольшое различие по контрасту (отверстия, реперные точки). Лазерные системы в составе автоматических сборщиков не формируют изображение объекта, а анализируют отражение от компонента, и если присутствует тень вместо отраженного луча, то компонент пропущен при установке и система выдает соответствующее сообщение.

Рентгеновские контрольные технологические установки (РКТУ).

Для контроля качества внутренних слоев ПП и качества пайки некоторых типов компонентов применяется анализ изображений, полученных с помощью рентгеновских установок. Изображение внутренних слоев МПП и паяных соединений шариковых выводов корпусов типа BGA, скрытых под днищем микросхемы, может быть получено благодаря высокой проникающей способности рентгеновских лучей и разной способности материалов поглощать рентгеновские кванты. Проникающая способность излучения зависит от его энергии, которая определяется напряжением на рентгеновской трубке. Для пластика ПП достаточно напряжения в 30 кВ, для исследования паяных контактов BGA компонента требуется напряжение 100 кВ. Опасности для персонала такое излучение не представляет, поскольку оно полностью поглощается достаточно тонкими металлическими защитными стенками.

Рентгеновские лучи позволяют получать изображения с разрешением от 0,5 до единиц микрон. Существуют определенные сложности формирования увеличенного изображения объекта в рентгеновских лучах, поскольку для них не существует линз и других элементов обычной оптики. Основная задача лежит на алгоритмах обработки изображения, конвертированного детектором квантов в электрический сигнал. Достаточно хорошо с помощью РКТУ идентифицируются дефекты пайки (непропаи и короткие замыкания), скрытые под корпусами микросхем. С помощью рентгеновского контроля можно обнаружить дефекты типа пустот внутри паяных соединений. Широкое применение рентгеновский контроль нашел в производстве МПП для обнаружения дефектов ширины внутренних проводящих дорожек, расслоения диэлектрика и других. Однако установки весьма дороги, для них характерна низкая скорость контроля, повышенные эксплуатационные расходы.

Электрический контроль.

При тестировании электрическим методом платы устанавливаются на адаптеры, построенные по принципу «поля контактов». Для обнаружения коротких замыканий и обрывов используется низкое напряжение (10 В). Высоким напряжением (500 В) тестируется изоляция на утечку и пробой. Наличие тестовых контактов в переходных отверстиях позволяет с высокой точностью локализовать обрывы. Тестирование плат при помощи этого метода занимает несколько секунд. Самой ответственной частью тестеров является тестовый контакт, так как именно от качества контактирования зависит достоверность информации. Тестовые контакты содержат подпружиненную контактирующую часть. Для соединения с переходными отверстиями, выводами штырьковых компонентов, тестовыми площадками предусмотрены различные формы контактирующих соединений - коронка, игла, воронка и др. Слабое место в тестерах такого типа - адаптерная часть, индивидуальная для каждой разновидности платы. Учитывая, что номенклатура изделий на больших предприятиях велика, стоимость всех адаптеров может оказаться выше стоимости самой тестовой системы.

Лучшее решение для производства с большой номенклатурой – применение оборудования, работающего по методу «летающих пробников». Тестеры имеют несколько головок с приводами по осям X, Y, Z, на каждой из которых установлен пробник. Головки поочередно контактируют с платой с подачей и измерением сигнала, для перехода от одной платы к другой достаточно изменить программу тестирования. Программы перемещения пробников методом трансляции из систем САД значительно сокращают время подготовки тестовой обработки. Вместе с тем метод «летающих пробников» не обеспечивает высокой производительности тестирования, хотя цена на оборудование достаточно высока.

Тестирование многослойных ПП имеет определенные сложности. Обычные способы («поле контактов», «летающие пробники») позволяют найти цепи с имеющимися короткозамкнутыми слоями или проводниками, однако они не определяют их точного местоположения. Если учесть, что стоимость некоторых МПП достаточно велика, то можно говорить о рентабельности оборудования, позволяющего локализовать и устранять такие дефекты. Для точного определения места межслоевого короткого замыкания применяется оборудование, работающее по методу «векторного поиска». Суть его в том, что на область предполагаемого дефекта подается напряжение питания, после чего отслеживается зависимость изменения величины протекающего тока от положения пробника на ПП. В основе приборов с такой технологией применяются очень точные миллиомметр, микровольтметр и миллиамперметр.

Платы для ВЧ-схем.

Еще одна особенность оборудования учитывается при тестировании ПП, предназначенных для высокочастотной техники, или плат с контролируемым импедансом. Дорожку в такой плате нельзя рассматривать как простой проводник. В таком проводнике необходимо контролировать волновое сопротивление (импеданс). Волновое сопротивление измеряется рефлектометрическим методом. Происходит наблюдение за формой волнового сопротивления линии передачи по всей ее длине, и при этом измеряется коэффициент отражения импульсов с малым временем нарастания. Рефлектометрические приборы представляют собой сложное измерительное оборудование и применяются, как правило, в лабораторных условиях.

Методы тестирования сборок.

Методы тестирования радиоэлектронных изделий на стадии производства подразделяются на два класса – *внутрисхемное* и *функциональное*. Каждый из методов отличается способом контактирования с тестируемым изделием.

Внутрисхемное тестирование выполняет проверку отдельных компонентов на плате или фрагментов схем. Применяются методы исключения влияния параллельных цепей. При проверке резистора, например, измеряется именно его сопротивление, а не сопротивление цепи, к которой

он подключен. Внутрисхемное тестирование подразделяется в свою очередь на аналоговое и цифровое.

При аналоговом внутрисхемном тестировании обычно проверяется:

- наличие коротких замыканий и обрывов;
- номиналы дискретных компонентов (резисторов, конденсаторов, индуктивностей, дискретных полупроводниковых приборов);
- наличие и правильность установки микросхем.

Влияние параллельных цепей исключается установкой блокирующих напряжений, применением метода многопроводного измерения, точным подбором напряжения и частоты тестирования. Этот метод тестирования позволяет обнаружить до 80% дефектов сборки, поэтому аналоговое внутрисхемное тестирование часто называют анализом производственных дефектов.

При цифровом внутрисхемном тестировании цифровые микросхемы проверяются на соответствие таблице истинности. Для исключения влияния параллельно установленных микросхем (например, при использовании шинной технологии) на вход тестируемой микросхемы подаются импульсы большого уровня с ограниченной длительностью. Такой метод называется *backdriving*.

Выбор оборудования и метод контактирования для внутрисхемного тестирования зависит от требований и возможностей пользователя. Метод клипс и пробников универсален и недорог, но требует больших временных затрат и высокого уровня подготовки персонала. Обычно его применяют при единичном производстве и при ремонте. Метод «поле контактов» предполагает изготовление тестового адаптера для каждого изделия, но обеспечивает высокую производительность. Используется в среднем и крупносерийном производстве.

Функциональное тестирование предназначено для проверки работоспособности модуля и, при необходимости, его регулировки и настройки. Контакт с изделием осуществляется обычно через краевой разъем. Тестовое оборудование, применяемое при функциональном тестировании, выполняет:

1. Подачу питающего напряжения с возможностью изменения его в автоматическом режиме, от минимального до максимально допустимого;
2. Подачу цифровых и аналоговых входных сигналов в широком диапазоне частот и напряжений;
3. Измерение параметров выходных сигналов;
4. Эмуляцию нагрузок;
5. Обмен данными с тестируемым устройством;
6. Обработку результатов измерений и вывод их на дисплей и принтер в удобном для пользователя виде;
7. накопление и обработку статистической информации.

Технологии современного производства постоянно совершенствуются, и в условиях жесткой конкуренции все острее ощущается проблема качества. С помощью одного лишь технологического оборудования решить

ее невозможно. Уже сейчас многие отечественные предприятия вводят в производственный процесс системы обеспечения качества, важной частью которых являются системы автоматического тестирования. Они позволяют не только определять производственные дефекты, но и вести статистический учет неисправностей для своевременной корректировки процесса производства, и, следовательно, для повышения качества электронного изделия.

Виды электрических измерений

В зависимости от общих приемов получения результата измерения делятся на следующие виды: прямые, косвенные и совместные.

К прямым измерениям относятся те, результат которых получается непосредственно из опытных данных. Прямое измерение условно можно выразить формулой $Y = X$, где Y — искомое значение измеряемой величины; X — значение, непосредственно получаемое из опытных данных. К этому виду измерений относятся измерения различных физических величин при помощи приборов, градуированных в установленных единицах. Например, измерения силы тока амперметром, температуры — термометром и т. д. К этому виду измерений относятся и измерения, при которых искомое значение величины определяется непосредственным сравнением ее с мерой. Применяемые средства и простота (или сложность) эксперимента при отнесении измерения к прямому не учитываются.

Косвенным называется такое измерение, при котором искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям. При косвенных измерениях числовое значение измеряемой величины определяется путем вычисления по формуле $Y = F(X_1, X_2 \dots X_n)$, где Y — искомое значение измеряемой величины; X_1, X_2, X_n — значения измеренных величин. В качестве примера косвенных измерений можно указать на измерение мощности в цепях постоянного тока амперметром и вольтметром.

Совместными измерениями называются такие, при которых искомые значения разноименных величин определяются путем решения системы уравнений, связывающих значения искомых величин с непосредственно измеренными величинами. В качестве примера совместных измерений можно привести определение коэффициентов в формуле, связывающей сопротивление резистора с его температурой: $R_t = R_{20} [1 + \alpha (T_1 - 20) + \beta (T_1 - 20)^2]$

Методы электрических измерений

В зависимости от совокупности приемов использования принципов и средств измерений все методы делятся на метод непосредственной оценки и методы сравнения.

Сущность **метода непосредственной оценки** заключается в том, что о значении измеряемой величины судят по показанию одного (прямые измерения) или нескольких (косвенные измерения) приборов, заранее проградуированных в единицах измеряемой величины или в единицах других

величин, от которых зависит измеряемая величина. Простейшим примером метода непосредственной оценки может служить измерение какой-либо величины одним прибором, шкала которого проградуирована в соответствующих единицах.

Вторая большая группа методов электрических измерений объединена под общим названием **методов сравнения**. К ним относятся все те методы электрических измерений, при которых измеряемая величина сравнивается с величиной, воспроизводимой мерой. Таким образом, отличительной чертой методов сравнения является непосредственное участие мер в процессе измерения.

Методы сравнения делятся на следующие: нулевой, дифференциальный, замещения и совпадения.

Нулевой метод — это метод сравнения измеряемой величины с мерой, при котором результирующий эффект воздействия величин на индикатор доводится до нуля. Таким образом, при достижении равновесия наблюдается исчезновение определенного явления, например тока в участке цепи или напряжения на нем, что может быть зафиксировано при помощи служащих для этой цели приборов — нуль-индикаторов. Вследствие высокой чувствительности нуль-индикаторов, а также потому, что меры могут быть выполнены с большой точностью, получается и большая точность измерений. Примером применения нулевого метода может быть измерение электрического сопротивления мостом с полным его уравниванием.

При **дифференциальном методе**, так же как и при нулевом, измеряемая величина сравнивается непосредственно или косвенно с мерой, а о значении измеряемой величины в результате сравнения судят по разности одновременно производимых этими величинами эффектов и по известной величине, воспроизводимой мерой. Таким образом, в дифференциальном методе происходит неполное уравнивание измеряемой величины, и в этом заключается отличие дифференциального метода от нулевого.

Дифференциальный метод сочетает в себе часть признаков метода непосредственной оценки и часть признаков нулевого метода. Он может дать весьма точный результат измерения, если только измеряемая величина и мера мало отличаются друг от друга. Например, если разность этих двух величин равна 1 % и измеряется с погрешностью до 1 %, то тем самым погрешность измерения искомой величины уменьшается до 0,01%, если не учитывать погрешности меры. Примером применения дифференциального метода может служить измерение вольтметром разности двух напряжений, из которых одно известно с большой точностью, а другое является искомой величиной.

Метод замещения заключается в поочередном измерении искомой величины прибором и измерении этим же прибором меры, воспроизводящей однородную с измеряемой величину. По результатам двух измерений может быть вычислена искомая величина. Вследствие того что оба измерения делаются одним и тем же прибором в одинаковых внешних условиях, а искомая величина определяется по отношению показаний прибора, в

значительной мере уменьшается погрешность результата измерения. Так как погрешность прибора обычно неодинакова в различных точках шкалы, наибольшая точность измерения получается при одинаковых показаниях прибора.

Примером применения метода замещения может быть измерение сравнительно большого [электрического сопротивления на постоянном токе](#) путем поочередного измерения силы тока, протекающего через контролируемый резистор и образцовый. Питание цепи при измерениях должно производиться от одного и того же источника тока. Сопротивление источника тока и прибора, измеряющего ток, должно быть очень мало по сравнению с изменяемым и образцовым сопротивлениями.

Метод совпадений — это такой метод, при котором разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадение отметок шкал или периодических сигналов. Этот метод широко применяется в практике неэлектрических измерений. Примером может служить измерение длины штангенциркулем с нониусом. В электрических измерениях в качестве примера можно привести измерение частоты вращения тела стробоскопом.

Укажем еще **классификацию измерений по признаку изменения во времени измеряемой величины**. В зависимости от того, изменяется ли измеряемая величина во времени или остается в процессе измерения неизменной, различают статические и динамические измерения. **Статическими** называются измерения постоянных или установившихся значений. К ним относятся и измерения действующих и амплитудных значений величин, но в установившемся режиме.

Если измеряются мгновенные значения изменяющихся во времени величин, то измерения называются **динамическими**. Если при динамических измерениях средства измерений позволяют непрерывно следить за значениями измеряемой величины, такие измерения называются непрерывными. Можно осуществить измерения какой-либо величины путем измерений ее значений в некоторые моменты времени t_1 , t_2 и т. д. В результате окажутся известными не все значения измеряемой величины, а лишь значения в выбранные моменты времени. Такие измерения называются **дискретными**.

Лабораторная работа № 5 Использование программы Diptrace Schematic при разработке схемы электрической принципиальной и печатных плат

1 Пояснения к работе

САПР предназначен для проектирования печатных плат. В состав DipTrace входят четыре программы, две из которых: Schematic, который позволяет создавать принципиальные схемы, в том числе и многолистные, а после переводить их в печатные платы/

1.1. Установка размеров страниц и размещение рамки

Чтобы настроить параметры страницы, выбираем «Файл/Параметры страницы», и далее установив необходимые значения, согласно рисунку 2, в «размеры листа» выбираем альбомную ориентацию/

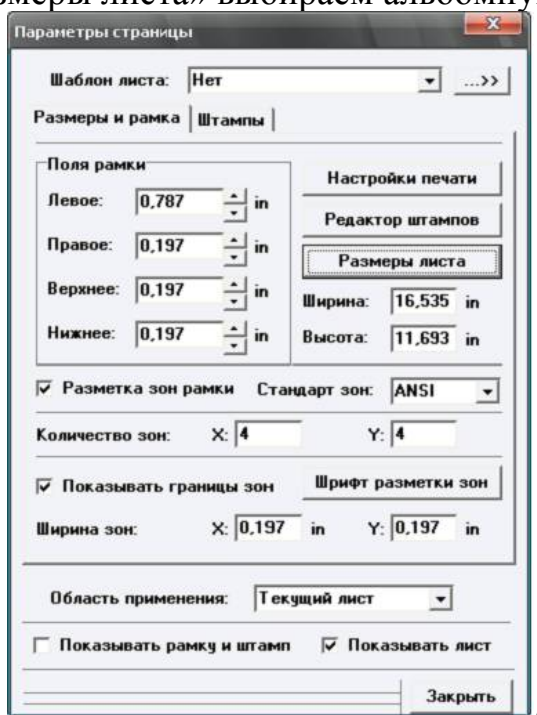


Рисунок 2 – настройки параметров страницы

Также можно показать или спрятать рамку и лист. Для этого необходимо пройти по ссылке «Вид/Рамка и штамп» и «Вид/Граница листа». Масштаб в программе регулируется с помощью колесика мыши либо с помощью кнопок на панели:

- используется для увеличения в определенной области;
- используется для возвращения к предыдущему масштабу..

1.2. Работа с элементами на схеме

Чтобы найти и поместить компонент на схеме, можно воспользоваться двумя способами:

12.1 Выбирают библиотеку в правой верхней части окна, щелкают по нужному элементу из списка, перемещают курсор мыши на рабочую область и фиксируют компонент. Для отмены действия щелкают правой кнопкой мыши;

1.2.2 Выбирают на панели инструментов символ «Вставить компонент», указанный на рисунке 6.



Рисунок 3 Символ на панели инструментов «Вставить компонент».

Через кнопку «Добавить» находят библиотеки и заносят их в список используемых, который будет открываться при каждом нажатии по символу «Вставить компонент».

В разделе «Компоненты» вводят тип (название) элемента и нажимают «Поиск». Выделяют найденный элемент, кликают по кнопке «Установить» и размещаем компонент на схеме

Чтобы переместить уже установленный компонент, нужно навести курсор мыши на него и, зажав левую кнопку мыши, перетащить в другую область.

Если необходимо перевернуть элемент, можно воспользоваться сочетанием клавиш Ctrl+R, либо кликнуть по элементу правой кнопкой мыши и в подменю выбрать «Вращение».

По умолчанию в программе при добавлении элемента на рабочую область сверху от него ставится метка. Чтобы изменить ее, нажимают правой кнопкой мыши по элементу и в подменю

Для добавления типа элемента (названия, по которому ищут элемент в библиотеке)

Действуют по следующей схеме: кликают правой кнопкой мыши по компоненту и выбирают в подменю «Свойства». На закладке «Надписи» в поле «Показывать» выбирают «Тип».

Остальные Элементы, которые не были перечислены в табл.1., можно найти через «Библиотека/Поиск элементов...», в разделе «Название» ввести тип компонента, выбрать галочку на пункте «Все библиотеки» и нажать «Поиск».

Так как все библиотеки «*Sch» (в нашем случае Opto_Sch.eli и Disc_Sch.eli) содержат только символы без корпусов, необходимо для элементов 4N29AP и SWITCH10DIPISOL присоединить корпуса, чтобы преобразования в плату прошли без ошибок. Для этого щелкаем правой кнопкой мыши по компоненту и в подменю выбираем «Привязка к корпусу...». В появившемся окне в разделе «Библиотека» добавляем библиотеку «кнопки.eli» в случае SWITCH10DIPISOL и «корпуса микросхем.eli» в случае 4N29AP.

Когда привязываем SWITCH10DIPISOL к корпусу, то выбираем «КН6.2/6.2mm» из списка. Чтобы задать связь между выводами корпуса и символа, щелкните по имени вывода в таблице (в левой части окна), затем введите номер вывода в поле «Номер» или щелкните левой кнопкой мыши по выводу на рисунке (в центральной части окна). Когда связи

установлены, щелкните «ОК» для закрытия диалогового окна и применения изменений.

Для компонента 4N29AP процедура создания связи между выводами корпуса и символа будет похожа, только корпус необходимо выбрать «2102.1401».

Для объединения элементов схемы между собой, используют символ на панели

«Установка связи» либо проходим по ссылке «Объекты/Схемы/Установка связи».



Рисунок 4- Установка связи.

Щелкают левой кнопкой мыши по выводу и соединяем его с выводом другого элемента. После проверки схемы на ошибки необходимо ее сохранить.

2 Работа в аудитории

2.1 Изучить предложенную схему устройства.

2.2 Произвести выбор компонентов из библиотек программы

2.3 Создать схему, используя рекомендации в пояснениях к работе.

2.4 Сохранить схему, присвоив код файлу.

1 Пояснение к работе

После того, как проверка ERC прошла успешно, необходимо преобразовать схему в печатную плату –

«Файл/Преобразовать в печатную плату». Запускается программа PCB Layout, где будут размещены корпуса элементов в соответствии с той принципиальной схемой, которая была построена в Schematic.

Компоненты можно передвигать, нажав левой кнопкой мыши по нему и не отпуская, перетаскивать в другую область (с помощью клавиши «пробел» или «R» происходит вращение). Таким образом, добиваются кратчайших связей между символами и уменьшения помех (пересечения связей).

Чтобы обозначить корпуса на схеме, выбирают

«Вид/Надписи корпусов/Основные/Метки». Названия элементов теперь будут отражаться, но если расположение не устраивает, то нажав последовательно «Вид/Надписи корпусов/Основные/Выравнивание» можно изменить его [4].

Подготовка схемы к трассировке

Когда элементы уже перемещены и схема занимает минимум пространства, начинаем оптимизировать ее и подготавливать к

трассировке. Чтобы уменьшить количество связей (оптимизировать), выбирают «Вид/Связи/Оптимизировать». После этого некотрые связи уйдут, но большинство все-таки останется. Данная функция удобна при ручной трассировке, которую мы использовать не будем, так как она достаточно сложна и трудо-емка.

В большинстве случаев строго задаются границы платы, не смотря на то, что при автоматической трассировке граница выбирается программой самостоятельно. Поэтому заходим «Трассировка/Границы платы» либо соответствующая кнопка на панели.



Рисунок 1 - Границы платы.

Граница строится в виде полигона, каждый щелчок левой кнопки мыши означает угол фигуры, правой кнопкой – последняя точка.

Граница платы также возможно задавать, прописывая координаты вершин. Для этого выбираем «Трассировка/Координаты вершин». В диалоговом окне будут отражаться значения вершин, уже построенного полигона, либо необходимо их задать вручную, если границы платы еще не были определены.

Автоматическая трассировка

Перед тем, как развести связи, зададим настройки автотрассировки: «Трассировка/ Параметры автотрассировки». В диалоговом окне, нажав кнопку «...» около надписи «Grid Router» в поле «Автонастройка» выбирают «Нормальная». Таким образом, мы изменяем качество трассировки: чем дальше она проходит, тем лучше будет разведена плата, но в нашем случае это оптимальное решение. На закладке «Построение трасс» убираем галочку напротив «Использовать все доступные слои». Теперь в пункте «Количество слоев» обозначено, что применять программа будет только 2. Изменить количество слоев на «1»

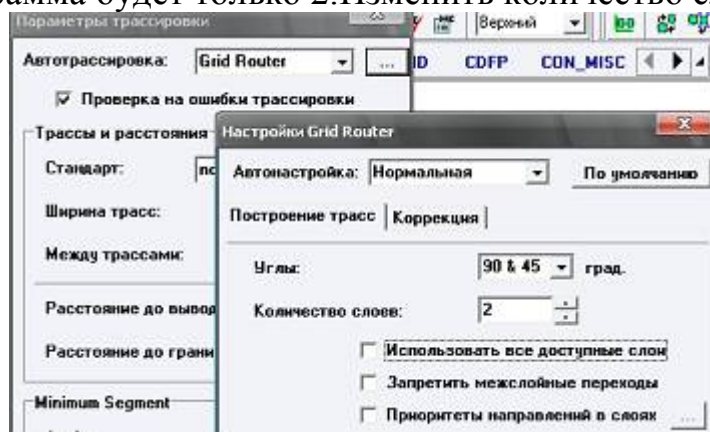


Рисунок 2- Настройка автотрассировки

Запускают трассировку: нажимаем «Трассировка/Запуск» либо «F9». Пошагово, в несколько этапов будет производиться развод платы. В результате схема примет вид:

2 Работа в аудитории

2.1 Ознакомиться с пояснениями к работе.

2.2 В соответствии с рекомендациями пошагово выполнить трассировку платы в автоматическом режиме

2.3. Выполнить проверку трассировки и при наличии ошибок исправить их.

2.4 Получить шаблоны верхней и нижней сторон печатной платы.

2.5 Определить габариты печатной платы

Список используемой литературы

1. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры : учебник для вузов / К.И. Билибин, А.И. Власов, А.В. Журавлёва [и др.]. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 528 с.
2. Технология РЭС : метод. указ. / сост. В.Н. Грошев. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 32 с.
3. Проектирование технологических процессов изготовления РЭА : учеб. пособ. для вузов. / В.В. Павловский. – М. : Радио и связь, 2000. – 160 с.
4. Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры : учебник для вузов / И.П. Бушминский, О.Ш. Даутов, А.П. Достанко [и др.] ; под ред. А.П. Достанко, Ш.М.Чабдарова. – М. : Радио и связь, 1989. – 624 с.
5. ГОСТ 3.1118–82. Единая система технологической документации. Формы и правила оформления маршрутных карт.