

4. Torsten Zoehl. Interference study for LTE co-existing with DVB-T. Advanced Topographic Development & Images Limited. 2011 – с. 19-63.
5. Measurements on the performance of DVB-T receivers in the presence of interference from the mobile service (especially from LTE). Electronic Communications Committee (ECC) within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT). 2010. - с. 7-15.
6. Заключительные акты региональной конференции радиосвязи по планированию цифровой наземной радиовещательной службы в частях районов 1 и 3 в полосах частот 174–230 МГц и 470–862 МГц (PKP-06)

#### References

1. Spectrum Band Plan 694-862 MHz, UAE TRA Public Consultation, Ericsson Response.
2. Radio Regulations of the International Telecommunication Union.
3. Final Acts of the World Radiocommunication Conference 2012.
4. Torsten Zoehl. Interference study for LTE co-existing with DVB-T. Advanced Topographic Development & Images Limited. 2011 – с. 19-63.
5. Measurements on the performance of DVB-T receivers in the presence of interference from the mobile service (especially from LTE). Electronic Communications Committee (ECC) within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT). 2010. - с. 7-15.
6. Final acts of the regional radiocommunication conference on planning of the terrestrial digital broadcasting service in parts of regions 1 and 3 in the frequency bands 174-230 mhz and 470-862 mhz (rrc 06).

УДК:621.396.6.-028.77.001.63

### МЕТОДИКА И ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

*Голомазов Евгений Георгиевич, доцент, ИЭТ при КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира, 66, e-mail: [exodus\\_09@mail.ru](mailto:exodus_09@mail.ru)*

*Каримов Бактыбек Токтомурастович, к.т.н., доцент, ИЭТ при КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира, 66, e-mail: [karimov\\_bt@mail.ru](mailto:karimov_bt@mail.ru)*

Цель статьи - определение методики и описание этапов проектирования опытных образцов радиоэлектронных устройств для обеспечения их надежной и безаварийной работы. Алгоритм и последовательность разработки и изготовления опытного образца, при этом, должен содержать следующие этапы: технические требования, техническое задание, проектирование структурной и/или функциональной схемы изделия, схем электрических принципиальных, проектирование конструкции печатных плат, деталей корпуса, проектирование встроенного программного обеспечения, монтаж плат, настройка и программно-аппаратная отладка, доработка изделия на заключительном этапе, влагозащита, сборка, окончательная проверка, приемо-сдаточные испытания, входной контроль изделия силами заказчика.

**Ключевые слова:** этапы проектирования, радиоэлектронная аппаратура, алгоритм, сетевой график, схема, изделие, инструкция

### TECHNIQUE AND DESIGN STAGES OF PRE-PRODUCTION MODELS OF RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT

*Golomazov Evgeny G., Associate Professor, Kyrgyzstan, 720044, c. Bishkek, KSTU named after I.Razzakov, e-mail: [exodus\\_09@mail.ru](mailto:exodus_09@mail.ru)*

*Karimov Bactybec T., PhD (Engineering), Associate Professor, Kyrgyzstan, 720044, c. Bishkek, KSTU named after I.Razzakov, e-mail: [karimov\\_bt@mail.ru](mailto:karimov_bt@mail.ru)*

The purpose of this article is definition of a technique and the description of design stages of pre-production models of radio-electronic devices, for their maintenance reliable both trouble-free operation. The algorithm and sequence of working out and pre-production model manufacturing, thus, should contain following stages: technical requirements, the technical project, designing structural and-or a product function chart, designing of schemes electric basic, designing of a design of printed-circuit boards, designing of details of the case, designing of the built in software, installation of payments, adjustment and hardware-software debugging, product completion at the final stage, assemblage, definitive check, acceptance tests, the entrance control of a product forces of the customer.

**Key words:** design stages, radio-electronic equipment, algorithm, the network schedule, the scheme, a product, the instruction

В процессе создания электронной аппаратуры, для обеспечения надежной и безаварийной работы необходимо выполнить ряд организационных мероприятий. План-график (алгоритм, сетевой график) приведен на рис 1.

#### **1. Технические требования**

Технические требования формируются заказчиком в виде тезисов в том виде, как заказчик понимает, что он хочет сделать, и обязательно в письменном виде.

#### **2. Техническое задание**

Оно формируется исполнителем (ведущим конструктором) на основании технических требований заказчика в том виде, как их понимает исполнитель в соответствии с многолетним опытом своей работы и с соблюдением требований, изложенных в ГОСТ 19.201-78, ГОСТ 25123-82 (СТ СЭВ 1625-79), ГОСТ 34.602-89. Сформированное техническое задание подлежит обязательному согласованию и подписанию заказчиком и исполнителем.

#### **3. Проектирование структурной и/или функциональной схемы изделия**

На основании согласованного технического задания исполнитель производит разработку структурно-функциональной схемы будущего изделия, при этом осуществляется выбор и обоснование применяемых компонентов - резисторов, конденсаторов, полупроводниковых приборов, микросхем, разъемов и т.д. Одновременно делается проработка конструктивного исполнения разрабатываемого изделия, выбор материалов и технологий.

#### **4. Проектирование схем электрических принципиальных**

На основании решений по п. 2 и 3 разработчиками исполнителя, используя пакеты автоматизированного проектирования PCAD450, PCAD2006, PROTEUS, LAYOUT, DIPTRACE, ORCAD и т.п., а также программы из пакета MicroSoft Office производится проектирование схем электрических принципиальных ЭЗ, соединений Э4, подключений Э5, общих Э6, таблицы проводов ТП, перечней элементов и других документов.

#### **5. Проектирование конструкции печатных плат**

На основании работ по п. 3 и 4 конструктор исполнителя, используя пакеты автоматизированного проектирования PCAD450, PCAD2006, PROTEUS, LAYOUT, DIPTRACE, ORCAD и т.п., а также программы из пакета MicroSoft Office производит проектирование печатных плат и передает полученную машинную информацию на участок ФХП (ФотоХимПечать) для изготовления печатных плат.

#### **6. Проектирование деталей корпуса изделия**

На основании решений по предыдущим пунктам конструктор исполнителя, вручную или используя пакеты программ автоматизированного проектирования AUTOCAD, CORELDROW, PHOTOSHOP, а также программы из пакета MicroSoft Office, производит проектирование деталей корпуса, сборочных и габаритных чертежей, чертежей и описаний новых технологий на освоение.

#### **7. Проектирование встроенного программного обеспечения**

На основании п. 2...4 программист исполнителя, используя интегрированные среды разработки программного обеспечения DELPHI, C++, C-Sharp, MatLab, PROTEUS, а также программы из пакета MicroSoft Office, производит проектирование встроенного программного обеспечения высокого (IBMPC), среднего и низкого (Atmel, Intel, Siemens и т.п.) уровней, производит его программно-аппаратную отладку.

#### **8. Проектирование ДИ, ПС, РО, ТУ, ПМ ПСИ, ПМ АИ**

Кроме разработки схмотехнической, конструкторской и программной документации очень важным является разработка текстовой сопроводительной документации:

- ДИ – инструкции по настройке;
- ПС – паспорт, объединенный документ;
- ТО – техническое описание;
- ИЭ – инструкция по эксплуатации;
- ФО – формуляр – протокол приемо-сдаточных испытаний;
- РО – руководство оператора;
- ТУ – технические условия;
- ПМ ПСИ – программа-методика приемо-сдаточных испытаний;

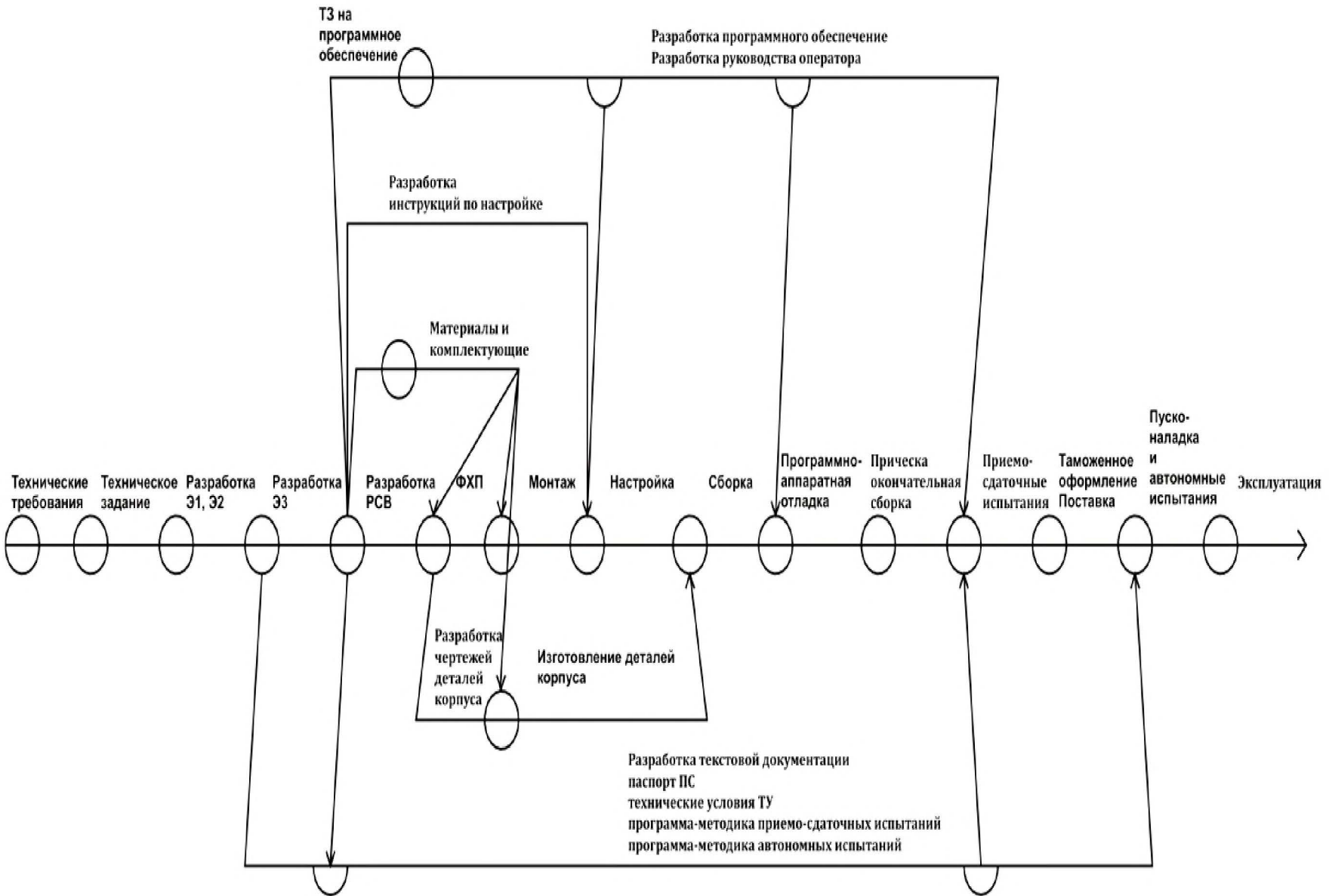


Рис. 1. Прототип сетевого графика проектирования и производства ПТМ-ДИ – программа-методика автономных испытаний.

Данные документы разрабатываются квалифицированными разработчиками и программистами исполнителя и используются в процессе производства и сдачи/приемки изделия заказчику, причем ПМ АИ должны быть согласованы с заказчиком (печать и подпись заказчика).

### **9. ФотоХимПечать**

Первым и одним из важных технологических процессов является производство печатных плат.

Время изготовления одной печатной платы составляет от 1 до 8 часов и зависит от площади платы, количества отверстий, сложности рисунка платы и количества сторон платы.

### **10. Монтаж плат**

Подготовка компонентов к монтажу нужна для выравнивания гибких выводов компонентов. Формовка производится таким образом, что расстояние между концами выводов компонента соответствует его месту установки на плате и обеспечивается требуемое расстояние между платой и компонентом. Форма выводов компонентов зависит от варианта установки. Формовка гибких выводов не должна их повреждать, нарушать покрытие выводов, изгиб недопустим в точке соединения вывода с корпусом и производится только на расстоянии не менее допустимом. Способ формовки должен исключать поворот вывода относительно корпуса компонента. Должна быть обеспечена сохранность стеклянных изоляторов между выводом и металлическим корпусом компонента.

Сборка электронных модулей с применением выводных компонентов может производиться вручную или с помощью специального автоматического оборудования.

Время монтажа одной печатной платы составляет от 2 до 16 часов и зависит от площади платы, количества устанавливаемых элементов, одностороннего или двустороннего монтажа.

### **11. Настройка и программно-аппаратная отладка**

11.1. Изготовленная плата передается на участок настройки, который производит настройку платы в соответствии с техническими требованиями и документацией испытаний (ДИ).

11.2. Нормальная работа РЭА обеспечивается при соответствии параметров всех ее блоков, изготовленных в отдельности, заданным техническим требованиям. После изготовления узлов, блоков радиоэлектронных устройств их необходимо отрегулировать, поскольку параметры конденсаторов, резисторов, полупроводниковых элементов, электровакуумных приборов и других элементов обычно имеют отклонения от тех значений, которые принимаются при расчетах радиоэлектронных схем. Также нужно исправить ошибки монтажа. Каждый блок перед включением в совместную работу с другими блоками регулируют для обеспечения заданных выходных параметров и контролируют его функционирование. Поэтому регулировка элементов, узлов, блоков является одной из основных операций в технологическом процессе изготовления РЭА. Обычно регулировку осуществляют при помощи регулировочных элементов (переменных резисторов, конденсаторов переменной емкости и т. п.), не изменяя схемы и конструкции элемента, узла, блока.

### **12. Доработка изделия на заключительном этапе**

После настройки и программно-аппаратной отладки осуществляется процедура, в процессе которой монтажник:

- устанавливает на место установки подборные элементы платы;
- восстанавливает порванные дорожки печатной платы (не более 5 на одну плату), проводит проводные соединения в случае необходимости одно - или многопроводными проводами в ПХВ или фторопластовой изоляции;
- осуществляет мойку готовой платы от грязи и остатков спирто-канифольного флюса в спирто-бензиновой смеси (50:50);
- сушит помытую плату в камере тепла при температуре не выше 60 °С в течение не менее одного часа.

Время проведения доработки колеблется от 1 до 8 часов и зависит от уровня работы со схемой настройщика во время настройки.

### **13. Сборка**

13.1. Готовые платы, модули и узлы устанавливаются в корпус изделия.

13.2. Производится установка разъемов и монтаж соединительных проводов.

13.3. Резьбовые соединения стопорятся, как правило, краской НЦ.

13.4. Выполняется маркировка лицевых и тыловых панелей, если это не выполнено гравировкой или шелкографией в процессе производства деталей корпуса.

### **14. Окончательная проверка**

Эта операция проводится непосредственно перед приемо-сдаточными испытаниями с целью проверки и выявления неисправностей, которые могут возникнуть в процессе прически, влагозащиты и сборки. В случае,

если все работает нормально, то изделие передается на приемо-сдаточные испытания. В случае появления неисправностей изделие возвращается к процессу настройки и далее по операциям.

#### **15. Приемо-сдаточные испытания**

15.1. После сборки всего изделия производится финальная проверка, тестирование и приемо-сдаточные испытания.

15.2. Приемо-сдаточные испытания производятся на соответствие программы приемо-сдаточных испытаний и могут проводиться как представителями ОТК предприятия-изготовителя, так и представителями заказчика.

#### **16. Входной контроль изделия силами заказчика**

16.1. Входной контроль вновь полученных изделий осуществляется для выявления изделий, которые были повреждены во время транспортировки.

16.2. Изделия вынимаются из штатной упаковки и тщательно досматриваются на выявление царапин, вмятин, сколов и других механических повреждений. После осмотра изделие включается на рабочем месте и производится проверка его работоспособности. Изделия прошедшие входные испытания считаются принятыми заказчиком в эксплуатацию.

**Выводы:** Для технически грамотной и профессиональной разработки и изготовления радиоэлектронных устройств, обеспечения их надежной и безаварийной работы, необходимо точное соблюдение алгоритма и последовательности этапов на стадии проектирования и разработки опытных образцов.

#### **Список литературы**

1. Сташин В.В. Урусов А.В. Мологонцева О.Ф. Проектирование цифровых устройств на МК. –Москва: Додека. 2002, 356 с.
2. Фрумкин Г. Д. Расчет и конструирование радиоаппаратуры. - Москва, 1989, 485 с.

#### **References**

1. Stashin V.V. Urusov A.V. Mologonceva O.F. Designing of digital devices on МК.-Moscow: Dodeka. 2002, 356 p.
2. Frumkin G. D. Calculation and radio equipment designing. - Moscow, 1989, 485 p.