

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования «Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра электронных вычислительных средств

Дисциплина: Системы автоматизированного проектирования электронных  
вычислительных средств

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
к курсовому проекту  
на тему

РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОГО УЗЛА СРЕДСТВАМИ САПР

БГУИР КП 1-40 02 02 018 ПЗ

Студент: гр. 750701 Соколов С.А.

Руководитель: Станкевич А. В.

Минск 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 АНАЛИЗ ЗАДАЧИ .....	4
1.1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.....	4
1.2 ОПИСАНИЕ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА .....	4
2 ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЯЕМОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ.....	6
3 ОПИСАНИЕ ПРИМЕНЯЕМЫХ САПР .....	7
3.1 AutoCAD .....	7
3.2 ALTIUM DESIGNER .....	7
3.3 ДРУГИЕ ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ .....	8
4 ОЦЕНКА ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ И ТОКОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ОТДЕЛЬНЫХ ЦЕПЯХ.....	10
5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОРАЗМЕРА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ.....	13
6 РАСЧЁТ ПЕЧАТНОГО МОНТАЖА.....	16
6.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОМИНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ШИРИНЫ ПРОВОДНИКА .....	16
6.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОМИНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДИАМЕТРОВ МОНТАЖНЫХ ОТВЕРСТИЙ .....	16
6.3 РАСЧЁТ ДИАМЕТРОВ КОНТАКТНЫХ ПЛОЩАДОК .....	17
7 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ТОПОЛОГИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ С ПОМОЩЬЮ ПРИМЕНЯЕМОГО ПАКЕТА САПР .....	19
8 ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАЗРАБОТАННОЙ КОНСТРУКЦИИ .....	21
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	22
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	23
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	24

## ВВЕДЕНИЕ

Исходя из индивидуального задания по курсовому проекту, необходимо разработать печатную плату средствами САПР, которая будет соответствовать определенным требованиям. Основной задачей является получение готовой модели печатной платы, а также оформление конструкторской документации, которая состоит из:

- Схемы электрической принципиальной
- Чертежа печатной платы
- Сборочного чертежа печатного узла
- Перечня элементов

Дополнительная задача состоит в овладении навыками работы со справочной литературой и документацией на элементную базу рассматриваемого устройства.

Данная работа состоит из шести основных частей:

- 1) анализ задачи
- 2) выбор элементной базы
- 3) знакомство с необходимыми САПР
- 4) выбор печатной платы
- 5) решение задачи топологического синтеза
- 6) проверочные расчеты

Каждая из частей необходима для создания эффективного и правильно работающего устройства.

# 1 АНАЛИЗ ЗАДАЧИ

## 1.1 Постановка задачи

В данной работе необходимо разработать плату для устройства, отвечающего следующим требованиям:

- защищенность от значительных случайных ударов и вибрационных нагрузок при перемещении
- высокая надежность
- защищенность от попадания пыли, влаги, конденсата
- стойкость к циклическим сменам температуры

Согласно заданию, устройство будет представлено автономным блоком. Однако размеры печатной платы будут выбраны в соответствии со стандартом МЭК 297-3. Подробнее выбор типоразмера рассмотрен в пункте 5.3 данного курсового проекта.

Одним из важнейших факторов при разработке устройства является климатический фактор. Невозможно создать корректно работающее устройство, не зная условий эксплуатации. Разрабатываемая плата будет находиться в устройстве с всеклиматическим исполнением для суши и моря и размещенном в отапливаемых помещениях с искусственным климатом. Значения температур окружающего воздуха для данного климатического исполнения, следующие:

- верхнее значение  $+70^{\circ}\text{C}$ ;
- нижнее значение  $0^{\circ}\text{C}$ ;
- среднее значение  $+20^{\circ}\text{C}$ ;

## 1.2 Описание схемы устройства

Данная схема представляет собой часть главной схемы монитора ViewSonic VA930-1. В качестве исходных данных используется инструкция, приведенная в списке использованной литературы.

Из-за сложности схемы и большого числа элементов по согласованию с руководителем в разработку были взяты только шесть листов из десяти. Именно поэтому в принципиальной схеме устройства были внесены некоторые изменения: удалены связи с теми элементами схемы, которые были исключены из задания, был добавлен только разъём для вывода изображения VGA, Итоговое число элементов равно 484.

Условно графические обозначения элементов были заменены в соответствии с ГОСТ. Схема электрическая принципиальная устройства, рассматриваемого в рамках курсового проекта, представлена в приложении А.

## 2 ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЯЕМОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ

Рассмотрим основные микросхемы.

Микросхема производства Analog Devices, AD9883-140 является аналоговым интерфейсом для отображения RGB-графики, произведённой компьютером. Корпус микросхемы – LQFP (Low Profile Quad Flat Package) – содержит планарные выводы, расположенные с четырёх сторон микросхемы, предназначен для поверхностного монтажа на печатную плату [1]. Допустимое напряжение питания  $3.3 \pm 0.3$  В. Данная микросхема работает при температуре от  $-40$  до  $+85$  °С.

Микросхема производства SmartASIC, SD1210 принимает аналоговые или цифровые RGB сигналы из видеокарты персонального компьютера в интерфейс как ЖК монитора, так и ЭЛТ. Корпус микросхемы – PQFP (Plastic Profile Quad Flat Package) – содержит планарные выводы, расположенные с четырёх сторон микросхемы, предназначен для поверхностного монтажа на печатную плату [1]. Допустимое напряжение питания  $3.3 \pm 0.3$  В. Данная микросхема работает при температуре от  $0$  до  $+115$  °С.

Микросхема производства Texas Instruments, SN75LVDS83 является передатчиком и содержит четыре 7-битных регистра сдвига с параллельной загрузкой и последовательным выходом, семитактовый синтезатор и пять низковольтных драйверов линии дифференциальной сигнализации (LVDS). Выполнена в корпусе PDIP (Plastic dual in-line package) – это прямоугольный корпус с двумя параллельными рядами контактов. Допустимое напряжение питания  $3.3 \pm 0.3$  В. Данная микросхема работает при температуре от  $0$  до  $+70$  °С.

Микросхема производства Atmel, AT24C21 представляет собой 1024 битную последовательную электрически стираемую и программируемую постоянную память (EEPROM), организованную как 128 слов по 8 бит каждое. Выполнена в корпусе PDIP. Допустимое напряжение питания  $+2.5 - +5.5$  В. Данная микросхема работает при температуре от  $-40$  до  $+85$  °С.

### 3 ОПИСАНИЕ ПРИМЕНЯЕМЫХ САПР

#### 3.1 AutoCAD

AutoCAD — двух- и трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения, разработанная компанией Autodesk. Первая версия системы была выпущена в 1982 году. AutoCAD и специализированные приложения на его основе нашли широкое применение в машиностроении, строительстве, архитектуре и других отраслях промышленности [2].

В рамках данного курсового проекта САПР AutoCAD была применена для доработки сборочного чертежа, представленного в приложении В. При этом были использованы базовые функции системы: масштабирование элементов, создание слоёв, выбора толщины и типа основных, тонких и осевых линий. Важной особенностью AutoCAD, которая помогла в выполнении чертежей, является возможность импорта PDF файлов: чертежи были экспортированы из Altium Designer в формате PDF и импортированы в AutoCAD для их доработки.

#### 3.2 Altium Designer

Altium Designer — комплексная система автоматизированного проектирования радиоэлектронных средств, разработанная австралийской компанией Altium. Ранее эта же фирма разрабатывала САПР P-CAD, который приобрёл необычайную популярность среди разработчиков электроники. Это система, позволяющая реализовывать проекты электронных средств на уровне схемы или программного кода с последующей передачей информации проектировщику ПЛИС или печатной платы. Отличительной особенностью программы является проектная структура и сквозная целостность ведения разработки на разных уровнях проектирования. Иными словами, изменения в разработке на уровне платы могут мгновенно быть переданы на уровень ПЛИС или схемы и так же обратно [3].

В состав программного комплекса Altium Designer входит весь необходимый инструментарий для разработки, редактирования и отладки проектов на базе электрических схем и ПЛИС. Редактор схем позволяет вводить многоиерархические и многоканальные схемы любой сложности, а также проводить смешанное цифро-аналоговое моделирование. Библиотеки программы содержат более 90 тысяч готовых компонентов, у многих из которых имеются модели посадочных мест, а также трёхмерные модели.

Любую из вышеперечисленных моделей можно создать внутренними средствами программы.

Редактор печатных плат Altium Designer содержит мощные средства интерактивного размещения компонентов и трассировки проводников, которые совместно с интуитивной и полностью визуализированной системой установки правил проектирования максимально упрощают процесс разработки электроники. Инструменты трассировки учитывают все требования, предъявляемые современными технологиями разработок, например, при трассировке дифференциальных пар или высокочастотных участков плат. В состав программы входит автоматический трассировщик Situs, в котором используются наиболее прогрессивные алгоритмы трассировки печатных проводников.

Работа над всеми частями проекта ведётся в единой управляющей оболочке Design Explorer, что позволяет разработчику контролировать целостность проекта на всех этапах проектирования. Таким образом, изменения, внесённые на любом этапе разработки, автоматически передаются на все связанные стадии проекта. В дополнение к мощным средствам разработки, Altium Designer имеет широкие возможности импорта и экспорта сторонних систем проектирования и поддерживает практически все стандартные форматы выходных файлов (Gerber, ODB++, DXF ).

Именно поэтому Altium Designer использовался в данной работе как основная система автоматизированного проектирования, в которой и была создана модель печатной платы.

### 3.3 Другие использованные приложения

Важным этапом при проектировании печатных узлов является разработка конструкторской документации.

В процессе разработки конструкторской документации был использован плагин для Altium Designer — Board Assistant. Board Assistant является специализированной панелью инструментов, позволяющая разрабатывать и оформлять перечень элементов, схему электрическую принципиальную и конструкторскую документацию на печатные платы в формате PDF, добавлять на чертёж печатной платы обозначения сквозных отверстий, а также добавлять таблицу со сквозными отверстиями и иные дополнительные функции. На рисунке 3.1 показано основное окно плагина.



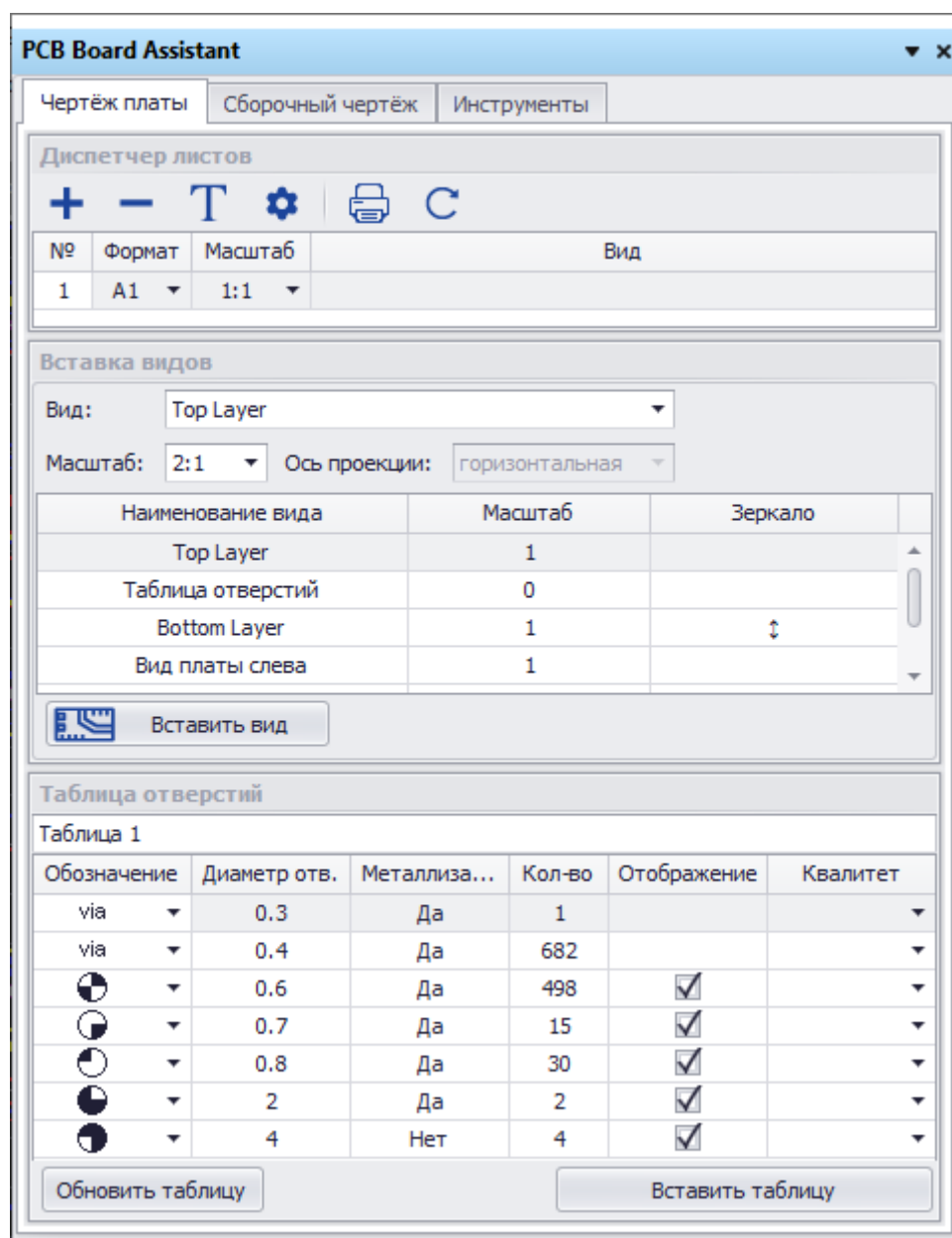


Рисунок 3.1 – Основное окно плагина Board Assistant

С помощью этой утилиты был оформлен чертеж печатной платы и выполнен вид спереди для сборочного чертежа.

Стоит отметить, что перечень элементов принципиальной схемы можно сделать и с помощью менеджера отчетов BOM (Bill of Materials).

#### 4 ОЦЕНКА ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ И ТОКОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ОТДЕЛЬНЫХ ЦЕПЯХ

Электрическая мощность – это физическая величина, характеризующая скорость передачи или преобразования электрической энергии.

Мощность электрического тока – количественная мера тока, характеризующая его энергетические свойства. Определяется основными параметрами – силой тока и напряжением. Единица измерения – Ватт (Вт). Мощность определяется из формулы:

$$P = I \cdot U, \quad (4.1)$$

где  $I$  – протекающий ток;  $U$  – падение напряжения.

Сила тока измеряется в Амперах (А) и вычисляется по закону Ома для участка цепи по формуле:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (4.2)$$

где  $R$  – сопротивление электрорадиоэлемента.

Некоторые значения максимальной рассеиваемой мощности взяты из официальной документации на соответствующие элементы. Будем считать, что ёмкости, кварцевые резонаторы и соединители являются идеальными и мощности не потребляют, питание – 5 В.

Расчёт токов и мощностей, потребляемых элементной базой, занесем в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Расчёт токов и мощностей, потребляемых элементной базой

Элемент	Позиционное обозначение	Тип	Мощность одного элемента	Кол., шт.	Общая мощность
1	2	3	4	5	6
Микросхемы	DA1	AD9883ABSTZ-140	P = 650 мВт	1	P = 650 мВт
	DD1, DD4	AIC1732	P = 500 мВт	2	P = 1000 мВт
	DD2	74LVX14	P = 500 мВт	1	P = 500 мВт

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
Микросхемы	DD3	24C21	P = 210 мВт	1	P = 210 мВт
	DD5	24C02	P = 250 мВт	1	P = 250 мВт
	DD6	SIL151	P = 900 мВт	1	P = 900 мВт
	DD7	24LC08	P = 200 мВт	1	P = 200 мВт
	DD8	SD1210	P = 1000 мВт	1	P = 1000 мВт
	DD9	74AHC1G14-TA	P = 195 мВт	1	P = 195 мВт
	DD10	74LV4053	P = 350 мВт	1	P = 350 мВт
	DD11	AV9173-01	P = 500 мВт	1	P = 500 мВт
	DD12, DD13	SN75LVDS83	P = 250 мВт	2	P = 500 мВт
	DD14	74LCX125	P = 450 мВт	1	P = 450 мВт
	DD15	SM0230	P = 650 мВт	1	P = 650 мВт
	DD16	24LC16	P = 230 мВт	1	P = 230 мВт
Транзисторы	VT1, VT3	MMBT3904L	P = 225 мВт	2	P = 450 мВт
	VT2, VT4	2N3906	P = 250 мВт	2	P = 500 мВт

Продолжение таблицы 4.1

Резисторы	R1-111, 151-153	2КОм, 1%, 1/16W, TP, 1206	P = 70 мВт	115	P = 8050 мВт
	R154- 239	33Ом, 5%, 1/10W, TP, 1206	P = 61 мВт	97	P = 5917 мВт
Итого					P <sub>общ</sub> = 22502 мВт

Токи в остальных цепях пренебрежимо малы, поэтому специальной оценки производить не имеет смысла.

Оценим потребляемую мощность всех элементов, подставив значения потребляемых мощностей всех ЭРЭ по формуле:

$$P_{общ} = \sum P_i \quad (4.3)$$

где  $P_i$  – потребляемая мощность  $i$ -го элемента.

Общая потребляемая мощность составляет  $P_{общ} = 22,502$  Вт.

## 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОРАЗМЕРА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Много факторов влияет на определение размера печатной платы. Прежде всего стоит отметить, что ряд ограничений на размеры печатных плат накладывают методы изготовления платы и используемое оборудование. Важно уточнять у производителя, печатные платы каких размеров могут быть изготовлены.

В большинстве случаев размер и форма печатных плат будут зависеть от конкретного устройства и его конструкции. По техническому заданию не требуется плата сложной формы, поэтому при проектировании выбрана прямоугольная форма печатной платы.

Если печатный узел используется в составе стойки или как субблок, выбирается стандартный типоразмер печатной платы. Однако и для автономных блоков применяются типовые платы, благодаря чему достигается уменьшение как временных ресурсов, так и денежных. В рамках курсового проекта будет использована печатная плата стандартного размера в соответствии с МЭК 297-3.

При компоновке элементов на печатных платах важно понимать сколько места займет каждый элемент, иначе говоря, рассчитать его установочную площадь. Необходимо чтобы установочная площадь учитывала зазоры, которые служат для работы укладочного инструмента, поэтому рассчитанные площади умножают на коэффициент 1,3. Для большинства стандартных элементов установочная площадь рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{уст}} = 1,3 * b * l \quad (5.1)$$

где  $b$  – ширина устанавливаемого элемента;

$l$  – длина устанавливаемого элемента.

Установочная площадь элементов разрабатываемой платы представлена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Установочная площадь элементов.

Элемент	Кол-во, шт.	Установочная площадь, мм <sup>2</sup>
1. Катушка индуктивности	24	81,25
2. Конденсатор	157	31
3. Конденсатор поляризованный	15	22,77

4. Микросхема аналоговая AD9883ABSTZ-140	1	332,8
5. Микросхема цифровая AIC1732	2	25,42
6. Микросхема цифровая 74LVX14	1	70,53
7. Микросхема цифровая 24C21	1	109,1
8. Микросхема цифровая 24C02	1	98,07
9. Микросхема цифровая SIL151	1	780,33
10. Микросхема цифровая 24LC08	1	102,33
11. Микросхема цифровая SD1210	1	1 265,47
12. Микросхема цифровая 74AHC1G14-TA	1	6,29
13. Микросхема цифровая 74LV4053	1	209,14
14. Микросхема цифровая AV9173-01	1	100,64
15. Микросхема цифровая SN75LVDS83	2	1 383,2
16. Микросхема цифровая 74LCX125	1	41,6
17. Микросхема цифровая SM0230	1	254,8
18. Микросхема цифровая 24LC16	1	104,54
19. Резистор	239	6,66
20. Диод BAV99	3	9,75
21. Диод Шоттки	9	6,73
22. Диод	5	6,7
23. Транзистор MMBT3904L	2	9,05
24. Транзистор 2N3906	2	21,67
25. Разъём VGA	1	300
26. Разъём FI-SE30P-HF	1	438,75
27. Кварцевый резонатор	1	59,87
28. Общая площадь элементов, $S_{уст}$	11997,68	

Площадь печатной платы вычисляется по формуле:

$$S_{\text{пп}} = \frac{S_{\text{уст}}}{m * k_3} \quad (5.2)$$

где  $k_3$  – коэффициент заполнения платы;

$m$  – количество сторон монтажа.

Согласно условию задания, коэффициент заполнения разрабатываемой платы  $k_3 \geq 0.7$ , а количество сторон печатного монтажа  $m = 1$ .

Таким образом, рассчитанная  $S_{\text{пп}} = 17139,54 \text{ мм}^2$ . Обратившись к стандарту МЭК 297-3, выберем плату 5U размером 188,9 на 100 мм с толщиной печатной платы 2,5 мм.

## 6 РАСЧЁТ ПЕЧАТНОГО МОНТАЖА

По конкретной схеме электрической принципиальной электронного средства необходимо выполнить:

- расчет номинальной ширины проводника;
- расчёт диаметров монтажных отверстий;
- расчет диаметров контактных площадок;

### 6.1 Определение номинального значения ширины проводника

Ширина определяется протекающим по нему током  $J_H$  и удельной плотностью тока в материале проводников.

$$t = t_{мд} * J_H * h * \rho \quad (6.1)$$

$t = 0,25$  мм;

где,  $t_{мд}$  – минимально допустимая ширина проводника, мм;

$J_H$  – ток нагрузки, А;

$h$  – толщина проводника, мм (0,035 или 0,05);

$\rho$  – удельная плотность тока, А/мм<sup>2</sup>:

- для наклеенной фольги – 20 А/мм<sup>2</sup>;
- для гальванически осажденной – 15 А/мм<sup>2</sup>.

### 6.2 Определение номинальных значений диаметров монтажных отверстий

Для определения диаметров монтажных отверстий необходимо иметь данные о размерах выводов ЭРЭ.

Если вывод в сечении:

- круглый – берется его диаметр,
- другой формы – то наибольший размер сечения.

Номинальное значение диаметра монтажного отверстия  $d$ , мм, рассчитывают по формуле:

$$d = d_э + r + |\Delta d_{но}| \quad (6.2)$$



$$d_1 = 0,6 \text{ мм};$$

$$d_2 = 0,7 \text{ мм};$$

$$d_3 = 0,8 \text{ мм};$$

$$d_4 = 2 \text{ мм};$$

где  $d_э$  – максимальное значение диаметра вывода навесного ИЭТ, устанавливаемого на печатную плату. Для прямоугольного вывода за диаметр берется диагональ его сечения;

$r$  – разность между минимальным значением диаметра отверстия и максимальным значением диаметра вывода (для прямоугольных – диагонали сечения устанавливаемого ИЭТ).

Величину  $r$  рекомендуется выбирать с учетом допусков на расположение выводов на корпусе устанавливаемого ИЭТ.

$\Delta d_{но}$  – нижнее предельное отклонение номинального значения диаметра отверстия.

При автоматической установке на печатную плату величину  $r$  устанавливают равной 0,4 – 0,5 мм.

Уменьшение этой величины допускается в обоснованных случаях.

Предельное отклонение диаметров монтажных и переходных отверстий  $\Delta d$  устанавливают в соответствии с ГОСТ 23751-86.

Рекомендуется на печатной плате применять не более трех типоразмеров монтажных и переходных отверстий.

### 6.3 Расчёт диаметров контактных площадок

Наименьшее номинальное значение диаметра контактной площадки  $D$ , мм под выбранное отверстие рассчитывается по формуле:

$$D = \sqrt{(d + \Delta d_{bo} + 2 * b + \Delta t_{bo} + 2 * \Delta d_{tp} + T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{HO})} \quad (6.3)$$

$$D = 1,11 \text{ мм};$$

где  $d$  – номинальное значение монтажного отверстия;

$\Delta d_{bo}$  – верхнее предельное отклонение диаметра отверстия;

$\Delta d_{tp}$  – величина подтравливания диэлектрика, которая для МПП принимается равной 0,03 мм, для ОПП – нулю;

$T_d$  – позиционный допуск расположения оси отверстия;

$T_D$  – позиционный допуск расположения центра контактной площадки;

$\Delta t_{bo}$  – верхнее предельное отклонение диаметра контактной площадки;

$\Delta t_{no}$  – нижнее предельное отклонение диаметра контактной площадки.

## 7 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ТОПОЛОГИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ С ПОМОЩЬЮ ПРИМЕНЯЕМОГО ПАКЕТА САПР

Выбор варианта установки элементов, их размещение на печатной плате, в том числе и под автоматическую установку, осуществляется в соответствии с СТБ 29137-91, с учетом конструктивных особенностей печатного узла и устройства в целом.

При расположении навесных элементов необходимо предусматривать:

- рациональное их взаимное расположение, обеспечивающее наиболее простую трассировку и исключающее взаимное влияние на электрические параметры;
- обеспечение технологических требований, предъявляемых к аппаратуре (автоматическую сборку, пайку, контроль);
- обеспечение высокой надёжности;
- малых габаритных размеров и массы;
- быстроедействие;
- теплоотвод;
- ремонтпригодность.

Задача трассировки — одна из наиболее трудоёмких задач, возникающих при автоматизации проектирования устройств. Одновременная оптимизация всех соединений при трассировке за счёт перебора всех вариантов в настоящее время невозможна. Поэтому разрабатываются в основном локально оптимальные методы трассировки, когда трасса оптимальна лишь на данном шаге при наличии ранее проведённых соединений.

Основная задача трассировки формулируется следующим образом: по заданной схеме соединений проложить необходимые проводники на плате, чтобы реализовать заданные технические соединения с учётом заранее заданных ограничений. Основными являются ограничения на ширину проводников и минимальные расстояния между ними.

Решение задачи топологического синтеза с помощью пакета САПР Altium Designer сводится к созданию электронных документов топологии печатной платы на основании ранее созданных схемы электрической принципиальной и библиотеки компонентов, а также совокупностью технологических ограничений, задаваемых пользователем в правилах редактора плат (PCB Rules and Constraints Editor).

Граничные значения основных параметров печатного монтажа, которые могут быть обеспечены при конструировании и производстве для различных классов точности.

Таким образом были установлены следующие ограничения:

- минимальная ширина проводника: 0,25 мм. (Width);
- топология трассировки: самый короткий (Shortest) – соединяет все узлы по кратчайшей траектории (Routing Topology);

## 8 ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАЗРАБОТАННОЙ КОНСТРУКЦИИ

После окончания цикла проектирования печатного узла в САПР Altium Designer были произведены проверки выполненности установленных правил, которую проект успешно прошёл. Скриншот оттрасированной печатной платы представлен на рисунке 8.1.

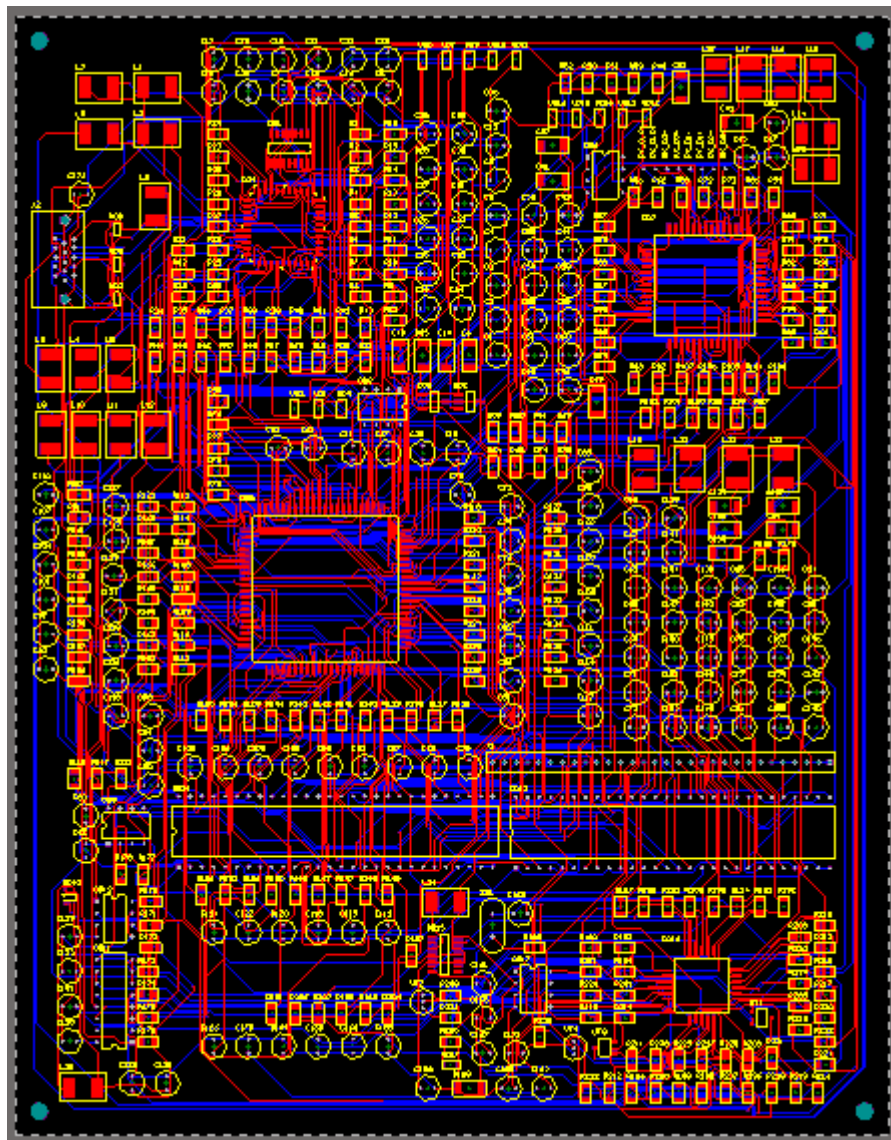


Рисунок 8.1 – Проект печатной платы в САПР Altium Designer

Чертёж печатной платы представлен в приложении Б.

Сборочный чертёж представлен в приложении В.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данный курсовой проект включал в себя разработку печатной платы устройства и документации на неё в соответствии с заданием. Задание включало в себя следующие пункты:

- разработку электрической принципиальной схемы;
- генерацию списка связей;
- размещение посадочных мест;
- трассировку печатных соединений средствами пакетов САПР Altium Designer;
- передачу результатов проектирования в систему AutoCAD;
- выполнение конструкторской документации.

Итогом курсовой работы стала завершённая разработка печатной платы устройства. Средствами САПР Altium Designer удалось провести размещение и трассировку в соответствии и требованиями, изложенными в расчётах. В ходе работы были рассмотрены различные виды САПР и плагины для них.

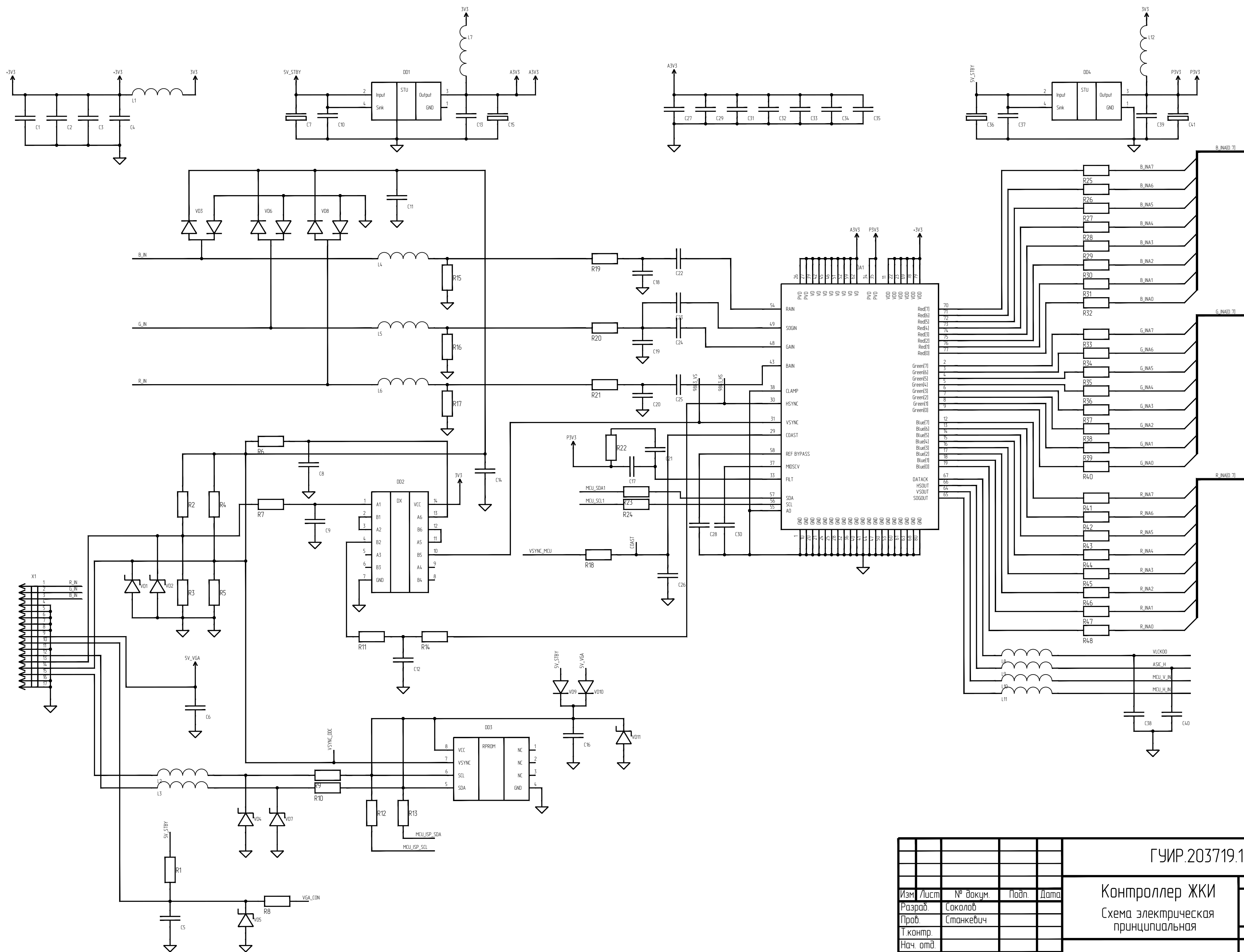
Проделанная работа требовала большой внимательности в расчётах и чтении документации на элементную. Курсовой проект был полезен для формирования навыков разработки печатных плат и электронных вычислительных средств в целом.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

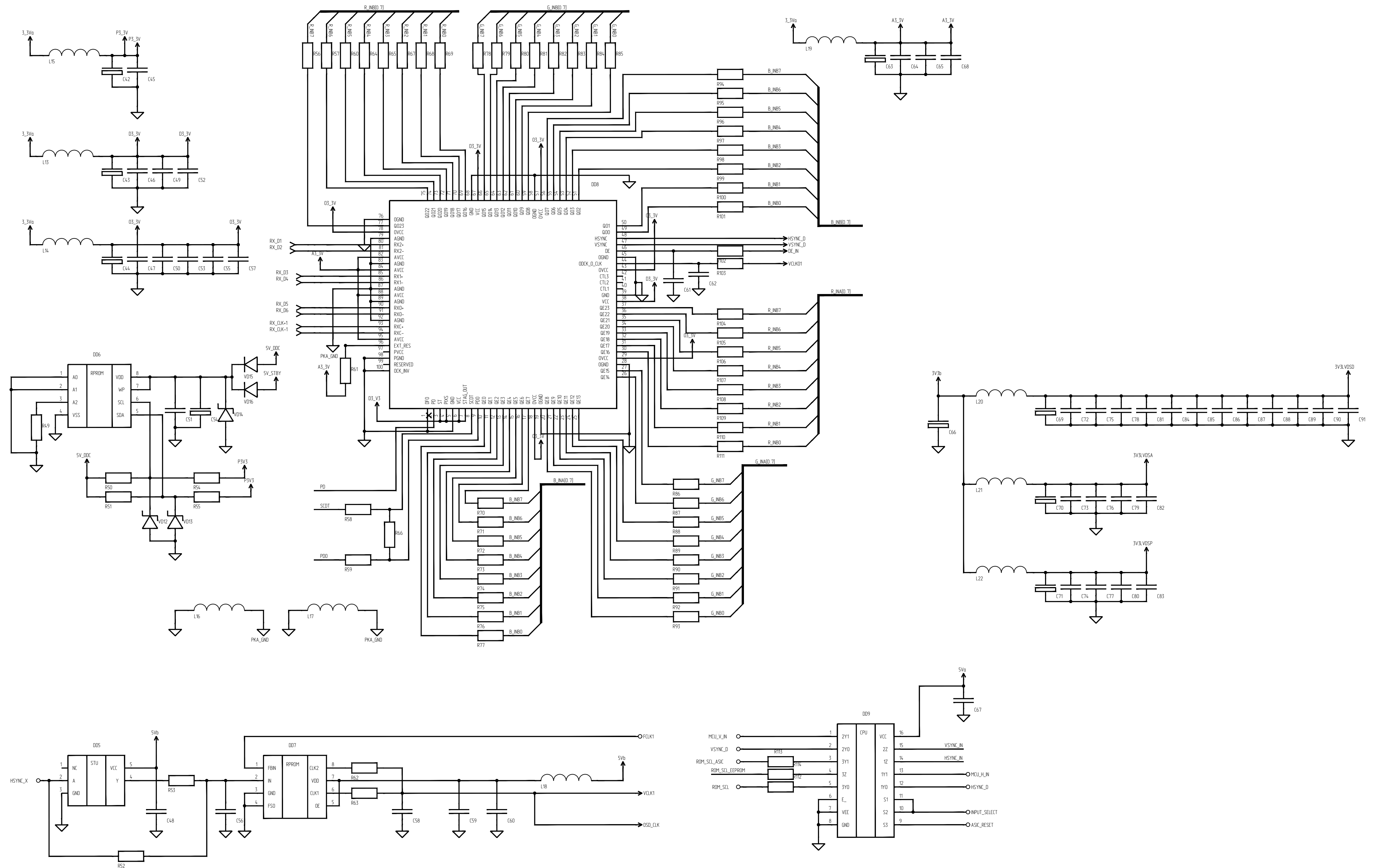
- [1] – Статья про семейство корпусов микросхем QFP [Электронный ресурс]: 2020г. URL:  
<https://ru.wikipedia.org/wiki/QFP>
- [2] – Статья про САПР AutoCAD [Электронный ресурс]: 2020г. URL:  
<https://ru.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>
- [3] – Статья про САПР Altium Designer [Электронный ресурс]: 2020г. URL:  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Altium\\_Designer](https://ru.wikipedia.org/wiki/Altium_Designer)
- [4] – Краткое изложение типоразмеров печатных плат [Электронный ресурс]: 2020г. URL:  
<https://www.cta.ru/cms/f/326673.pdf>
- [5] – Романов Ф.И., Шахнов В.А., Конструирование систем микро- и персональных ЭВМ. – М.: Высш. шк., 1995
- [6] – ГОСТ 2.701–84. ЕСКД.
- [7] – ГОСТ 23751–86. Печатные платы. Основные параметры конструкций.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А





					ГЧИР.203719.145 ЭЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Контроллер ЖКИ Схема электрическая принципиальная	Лист	Масса	Масштаб	
Разраб.	Соколов					У			
Проб.	Станкевич								
Т. контр.						Лист	25	Листов 4	
Нач. отд.						БГУИР, гр. 750701			
Н. контр.									
Умб.									







## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

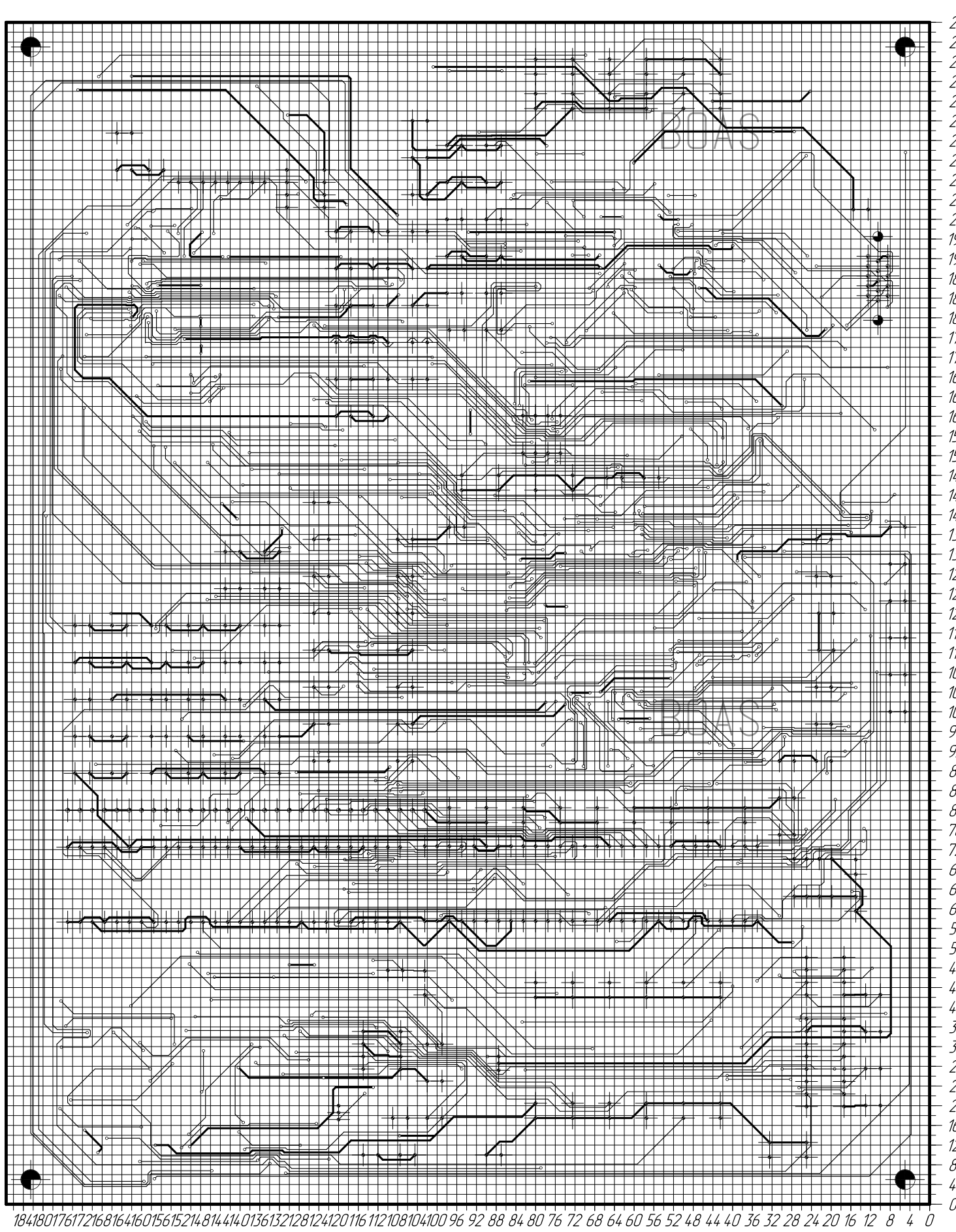
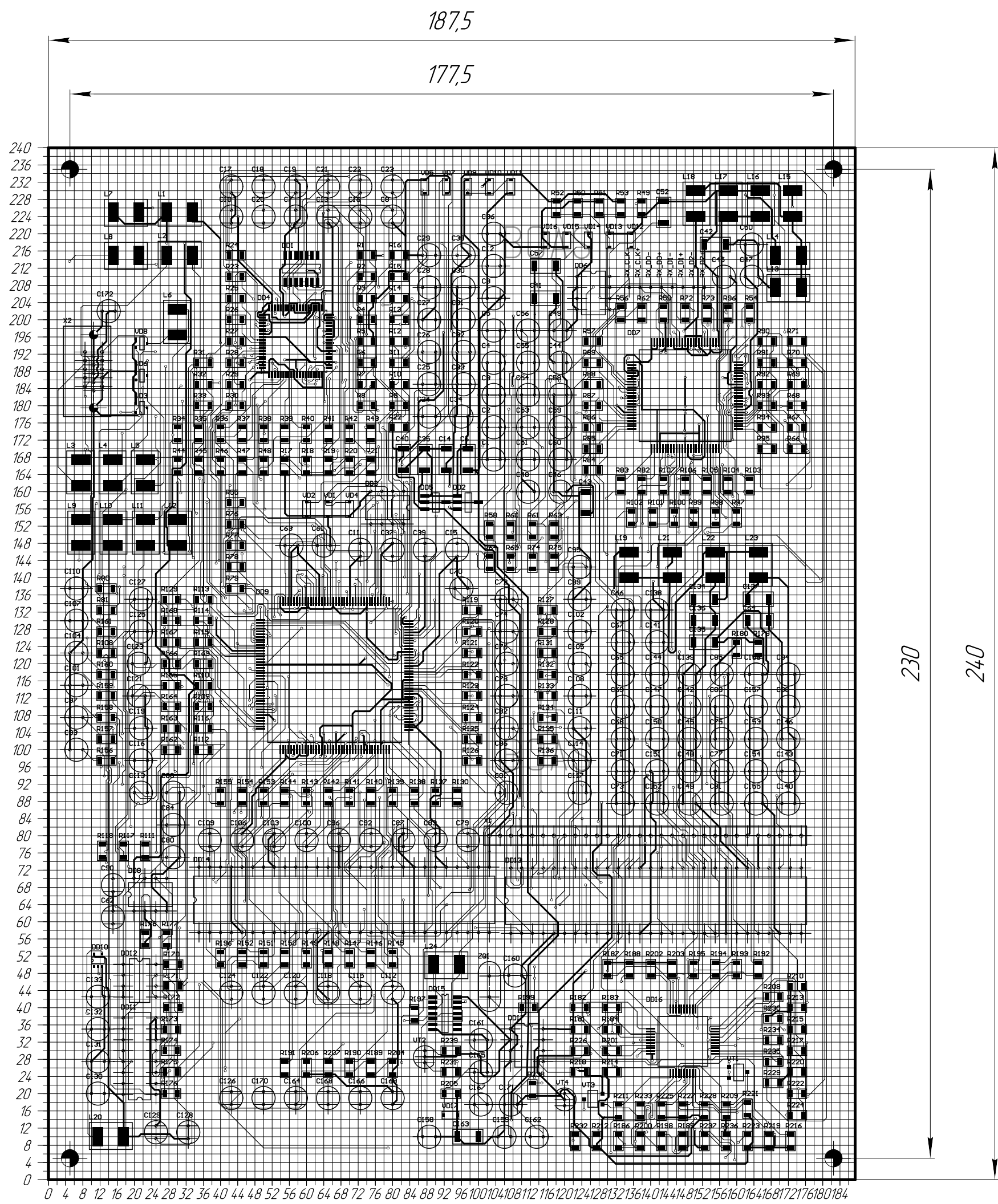


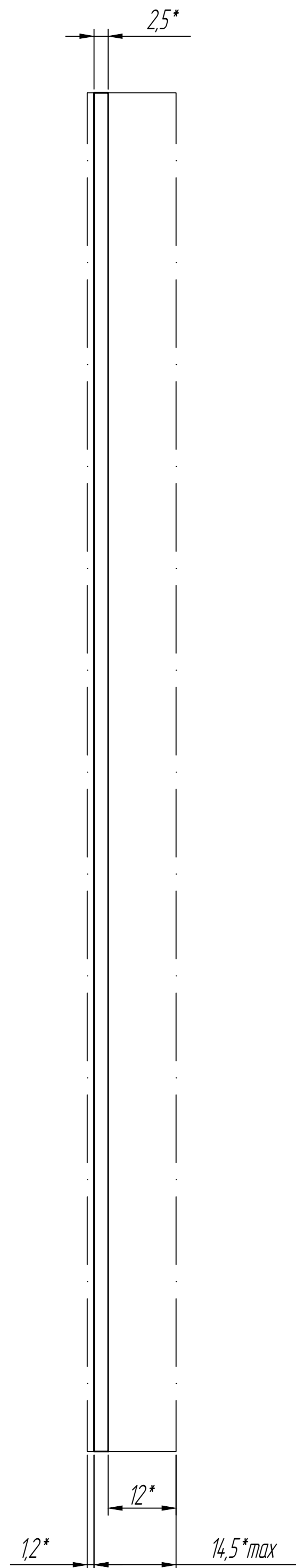
Таблица 1

Обозначение отб.	Диаметр отб., мм	Диаметр конт. площадки, мм	Наличие металлизации	Кол. отб.
° переходное	0,3	0,6	Да	1
° переходное	0,4	0,6	Да	682
+	0,6	1,0	Да	498
+	0,7	1,2	Да	15
+	0,8	1,2	Да	30
●	2	2,5	Да	2
●	4	-	Нет	4

- 1 \* Размер для справок.
- 2 Плату изготовить комбинированным позитивным методом по ГОСТ 23752-79
- 3 Шаг координатной сетки 2,5 мм по ГОСТ Р 51040-97. Линии сетки нанесены через одну.
- 4 Класс точности 3 по ГОСТ Р 53429-2009.
- 5 Группа жесткости 3 при верхнем значении температуры окружающей среды (70±2) °С.
- 6 Сведения об элементах проводящего рисунка сведены в таблице 1
- 7 Позиционные обозначения ИЭТ выполнить краской МКЭ белой ОСТ92-1586-89, шрифт 2.0-ПР3 по СТБ 992-95 методом шелкографии
- 8 Маркировать месяц и год изготовления черной краской МКЭ ОСТ4 ГО.054.205 ОМ2 по инструкции И-75-89 шрифтом 3,5 или 5 тип А ГОСТ 2.304-81.
- 9 Предельные отклонения расстояний между центрами отверстий ±0,2 мм, кроме оговоренных особо.
- 10 Обработка отверстий имерсионным оловом JmtPB по ГОСТ Р 56427-2015
- 11 Покрытие проводников олово PVSmt по ГОСТ Р55693-13
- 12 Печатная плата должна соответствовать ГОСТ Р 53429-2009

				ГЭИР.758717.145			
				Плата печатная	Лит	Масса	Масштаб
Изм./лист	№ докум	Подп.	Дата		У	0,3	1:1
Разраб	Соколов						
Проб	Станкевич						
Г контр				Стеклотекстолит СФ-2-35Г-15	Лист	Листов	1
Нач. отб.							
Н.контр.							
Утв.							
				Копировал	БГУИР, гр. 750701		
					Формат А1		

## ПРИЛОЖЕНИЕ В



- |         |      |           |      |      |                                    |                    |   |        |         |
|---------|------|-----------|------|------|------------------------------------|--------------------|---|--------|---------|
|         |      |           |      |      | ГЧУИР.203719.145 СБ                |                    |   |        |         |
|         |      |           |      |      | Контроллер ЖКИ<br>Сборочный чертеж | Лист               |   | Масса  | Масштаб |
| Изм     | Лист | № докум   | Подп | Дата |                                    |                    | 4 | 0.3    | 1:1     |
| Разраб  |      | Соколов   |      |      |                                    |                    |   |        |         |
| Пров    |      | Станкевич |      |      |                                    |                    |   |        |         |
| Г.контр |      |           |      |      |                                    | Лист               | 1 | Листов | 1       |
| И.контр |      |           |      |      |                                    | БГЧУИР, зр. 750701 |   |        |         |
| Умб     |      |           |      |      |                                    |                    |   |        |         |



[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	кол.	Примеч.	
				Конденсаторы			
		6		VCEABN1CX107M	18	С14,С15,С19	
						С28,С32	
						С45..С47	
						С49,С50,С53	
						С57,С63	
						С154..С160	
		7		VCICHN1HH330J	15	С16,С70	
						С78,С90	
						С102..С109	
		8		VCICHN1HH470J	42	С17,С18,С21,	
						С23,С27,	
						С33,С40	
						С35..С37	
						С42, С52	
						С60..С62,С66	
						С92..С94	
						С120..С139	
						С147, С171..С196	
		9		VCLFHN1HG100J	18	С20,С48,С65	
						С67,С79..С82	
						С151..С166	
						С170	
		10		VCLFHN1HG470K	12	С24,С43,С44	
						С69,С76,С77	
						С110..С115	
		11		VCICHN1HH330J	18	С29,С53,С89..С91	
						С142..С146	
		12		VCIRHN1HG103K	12	С31,С83..С88	
						С167..С169	
				ГЧИР.203719.145			Лист
							2
Изм.	Лист	№ докум	Подп.				

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	кол.	Примеч.	
				<u>Конденсаторы</u>			
		13		VCEACU1CH4 77M	19	С34,С58,С99	
						С101,	
						С140..С150	
		14		VCICHN1EG334Z	13	С39,С64..С68	
						С95..С100	
		15		VCLFHN1HG150J	19	С1.С4,С10,	
						С22,С25,С26,	
						С30,С41,	
						С51,С59,С71	
						С72..С75	
						С116..С119	
				<u>Катушки индуктивности</u>			
		15		RFIL-5231T8600A	24	L1.L24	
				<u>Микросхемы</u>			
		16		AD9883ABSTZ-140	1	DA1	
		17		AIC1732	2	DD1, DD4	
		18		74LVX14	1	DD2	
		19		24C21	1	DD3	
		20		24C02	1	DD5	
		21		SIL 151	1	DD6	
		22		24LC08	1	DD7	
		23		SD1210	1	DD8	
		24		74AHC1G14-TA	1	DD9	
		25		74LV4053	1	DD10	
		26		AV9173-01	1	DD11	
				ГЧИР.203719.145			Лист
							3
Изм.	Лист	№ докум	Подп.				

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	кол.	Примеч.	
				<u>Микросхемы</u>			
		27		SN75LVDS83	2	DD12, DD13	
		28		74LCX125	1	DD14	
		29		SM0230	1	DD15	
		30		24LC16	1	DD16	
				<u>Разъемы</u>			
		31		FI-SE30P-1-F	1	X1	
		32		QCNC01173T8	1	X2	
		33		Резонатор RCRSL1132T8	1	ZQ1	
				<u>Резисторы</u>			
		34		VRMDNVG-750J	20	R1..R4,	
						R9,R18..R21,	
						R51..R54,	
						R64..R66,R76	
						R101..R103	
		35		VRMDNVG-4 70J	33	R5..R8,	
						R38..R41,	
						R45,R46,	
						R72..R74,	
						R140..R147,	
						R205..R210,	
						R234..R239,	
				ГЧИР.203719.145			Лист
							4
Изм.	Лист	№ докум	Подп.				

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	кол.	Примеч.
				<u>Резисторы</u>		
		36		VRMDNVG-330J	19	R10..R14,
						R22..R24,
						R47..R50,
						R128..134,
		37		VRMDNVG-472J	32	R15..R17,
						R31..R34,
						R59..R63,
						R148..R157,
						R211..R219,
		39		VRMDNVG-202J	18	R25..R26
						R104..R105
						R165..R170
						R194..R200
						R203
		40		VRMDNVG-221J	47	R27..R30
						R67..R68..R75
						R77..R220
						R85..R88
						R121..R127
						R35
		41		VRMDNVG-223J	26	R89..R91
						R106..R115
						R158..R164
						R171..R176
				ГЧИР.203719.145		
Изм.	Лист	№ докум	Подп.			
						Лист 5

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	кол.	Примеч.
				<u>Резисторы</u>		
		42		VRMDNVG-101J	8	R36,R37
						R56..R58
						R182,R201
						R231
		43		VRMDNVG-000J	33	R42,R43
						R79,R81
						R84,R92
						R95,R98
						R136..R139
						R177..R180
						R183..R193
						R221..R228
		44		VRMDNVG-102J	16	R44,R55
						R69,R70,
						R80,R82,
						R93,R96
						R97,R99
						R100,R135
						R204,R232
						R233
		45		VRMDNVG-105J	8	R71,R78
						R83,R94
						R116..R120
						R181,R202
						R230
				ГЧИР.203719.145		
Изм.	Лист	№ докум	Подп.			
						Лист
						6

[illegible]

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г



Поз. Обознач.	Наименование	Кол.	Примечание					
	Конденсаторы							
С1..С4	VCLFHN1HG150J 15МКФ 50 В	5	Hitachi					
С5..С9	VCIRHN1HG103K 0.1МКФ 50 В	5	Samsung					
С10	VCLFHN1HG150J 15МКФ 50 В	1	Hitachi					
С11..С13	VCIRHN1HG103K 0.1МКФ 50 В	3	Samsung					
С14,С15	VCEABN1CX107M 100МКФ 16 В	2	Samsung					
С16	VCICHN1HH330J 33МКФ 50 В	1	JAMICON					
С17,С18	VCICHN1HH4 70J 47МКФ 50 В	2	Hitachi					
С19	VCEABN1CX107M 100МКФ 16 В	1	Samsung					
С20	VCLFHN1HG100J 10МКФ 50 В	1	JAMICON					
С21	VCICHN1HH4 70J 47МКФ 50 В	1	Hitachi					
С22	VCLFHN1HG150J 15МКФ 50 В	1	Hitachi					
С23	VCICHN1HH4 70J 47МКФ 50 В	1	Hitachi					
С24	VCLFHN1HG470K 47МКФ 50 В	1	Hitachi					
С25	VCLFHN1HG150J 15МКФ 50 В	1	Hitachi					
С26	VCLFHN1HG150J 15МКФ 50 В	1	Hitachi					
С27	VCICHN1HH4 70J 47МКФ 50 В	1	Hitachi					
С28	VCEABN1CX107M 100МКФ 16 В	1	Samsung					
С29	VCICHN1HH330J 33МКФ 50 В	1	HITANO					
С30	VCLFHN1HG150J 15МКФ 50 В	1	Hitachi					
С31	VCIRHN1HG103K 0.01МКФ 50 В	1	Samsung					
С32	VCEABN1CX107M 100МКФ 16 В	1	Samsung					
С33	VCICHN1HH4 70J 47МКФ 50 В	1	Hitachi					
С34	VCEACU1CH477M 470МКФ 16 В	1	HITANO					
С35..С37	VCICHN1HH4 70J 47МКФ 50 В	3	Hitachi					
С38	VCIRHN1HG103K 0.1МКФ 50 В	1	Samsung					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ГЧИР.203719.145 ПЗЗ			
Разраб.	Соколов							
Пров.	Станкевич				Контроллер ЖКИ Перечень элементов			
Т. контр.								
Н. Контр.								
Утв.								
					Лист	Лист	Листов	
					4	1	7	
					БГЧИР, зр. 750701			

Обозн.	Наименование				Кол.	Примечание
	<u>Конденсаторы</u>					
С40	VCICHN1HH4 70J 47МКФ 50 В				1	Hitachi
С41	VCLFHN1HG150J 15МКФ 50 В				1	Hitachi
С42	VCICHN1HH4 70J 47МКФ 50 В				1	Hitachi
С43,С44	VCLFHN1HG4 70K 47МКФ 50 В				2	Hitachi
С45..С47	VCEABN1CX107M 100МКФ 16 В				3	Samsung
С48	VCLFHN1HG100J 10МКФ 50 В				1	HITANO
С49,С50	VCEABN1CX107M 100МКФ 16 В				2	Samsung
С51	VCLFHN1HG150J 15МКФ 50 В				1	Hitachi
С52	VCICHN1HH4 70J 47МКФ 50 В				1	Hitachi
С53	VCICHN1HH330J 33МКФ 50 В				1	HITANO
С54..С56	VCIRHN1HG103K 0.1МКФ 50 В				3	Samsung
С57	VCEABN1CX107M 100МКФ 16 В				1	Samsung
С58	VCEACU1CH4 77M 470МКФ 16 В				1	HITANO
С59	VCLFHN1HG150J 15МКФ 50 В				1	Hitachi
С60..С62	VCICHN1HH4 70J 47МКФ 50 В				3	Hitachi
С63	VCEABN1CX107M 100МКФ 16 В				1	Samsung
С64..С68	VCICHN1EG334Z 0.33МКФ 25 В				5	HITANO
С69	VCLFHN1HG4 70K 47МКФ 50 В				1	Hitachi
С70	VCICHN1HH330J 33МКФ 50 В				1	HITANO
С71..С75	VCLFHN1HG150J 15МКФ 50 В				5	Hitachi
С76,С77	VCLFHN1HG4 70K 47МКФ 50 В				2	Hitachi
С78	VCICHN1HH330J 33МКФ 50 В				1	HITANO
С79..С82	VCLFHN1HG100J 10МКФ 50 В				4	ELNA
С83..С88	VCIRHN1HG103K 0.01МКФ 50 В				6	Samsung
С89..С91	VCICHN1HH330J 33МКФ 50 В				3	HITANO
С92..С94	VCICHN1HH4 70J 47МКФ 50 В				3	Hitachi
С95..С100	VCICHN1EG334Z 0.33МКФ 25 В				6	HITANO
С101	VCEACU1CH4 77M 470МКФ 16 В				1	HITANO
С102..С109	VCICHN1HH330J 33МКФ 50 В				8	HITANO
					ГЧИР.203719.145 ПЭЗ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
						Лист
						2

Обозн.	Наименование	Кол.	Примечание			
	Конденсаторы					
С110..С115	VCLFHN1HG470K 47МКФ 50 В	6	Hitachi			
С116..С119	VCLFHN1HG150J 15МКФ 50 В	4	Hitachi			
С120..С139	VCICHN1HH470J 47МКФ 50 В	20	Hitachi			
С140..С150	VCEACU1CH477M 470МКФ 16 В	11	HITANO			
С151..С166	VCLFHN1HG100J 10МКФ 50 В	16	ELNA			
С167..С169	VCIRHN1HG103K 0.01МКФ 50 В	3	Samsung			
С170	VCLFHN1HG100J 10МКФ 50 В	1	ELNA			
С171-С196	VCICHN1HH470J 47МКФ 50 В	26	Hitachi			
	Схемы интегральные аналоговые					
DA1	AD9883ABSTZ-140	1	Analog Devices			
	Схемы интегральные цифровые					
DD1, DD4	AIC1732	2	Analog Integrations Corporation			
DD2	74LVX14	1	STMicroelectronics			
DD3	24C21	1	Atmel			
DD5	24C02	1	STMicroelectronics			
DD6	SIL151	1	Emerson Network Power			
DD7	24LC08	1	Ceramate			
DD8	SD1210	1	SmartASIC			
DD9	74AHC1G14-TA	1	Diodes			
DD10	74LV4053	1	Phillips			
DD11	AV9173-01	1	Integrated Circuit Systems			
DD12, DD13	SN75LVDS83	2	FlikLink			
DD14	74LCX125	1	Fairchild Semiconductor			
DD15	SM0230	1	Stealth Microwave			
DD16	24LC16	1	Microchip Technology			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ГЧИР.203719.145 ПЗЗ	Лист
						3

Обозн.	Наименование				Кол.	Примечание
	<u>Резисторы</u>					
R1..R4	VRMDNVG-750J 75 OM 1/16 BT				4	Yageo
R5..R8	VRMDNVG-470J 47 OM 1/16 BT				4	Panasonic
R9	VRMDNVG-750J 75 OM 1/16 BT				1	Yageo
R10..R14	VRMDNVG-330J 33 OM 1/16 BT				5	Telega
R15..R17	VRMDNVG-472J 4.7 KOM 1/16 BT				3	Telega
R18..R21	VRMDNVG-750J 75 OM 1/16 BT				4	Yageo
R22..R24	VRMDNVG-330J 33 OM 1/16 BT				3	Telega
R25..R26	VRMDNVG-202J 2 KOM 1/16 BT				2	Telega
R27..R30	VRMDNVG-221J 220 OM 1/16 BT				4	Telega
R31..R34	VRMDNVG-472J 4.7 KOM 1/16 BT				4	Telega
R35	VRMDNVG-221J 220 OM 1/16 BT				1	Telega
R36..R37	VRMDNVG-101J 100 OM 1/16 BT				2	Yageo
R38..R41	VRMDNVG-470J 47 OM 1/16 BT				4	Panasonic
R42..R43	VRMDNVG-000J 0 OM 1/16 BT				2	Panasonic
R44	VRMDNVG-102J 1 KOM 1/16 BT				1	Rohm
R45..R46	VRMDNVG-470J 47 OM 1/16 BT				2	Panasonic
R47..R50	VRMDNVG-330J 33 OM 1/16 BT				4	Telega
R51..R54	VRMDNVG-750J 75 OM 1/16 BT				4	Yageo
R55	VRMDNVG-102J 1 KOM 1/16 BT				1	Rohm
R56..R58	VRMDNVG-101J 100 OM 1/16 BT				3	Yageo
R59..R63	VRMDNVG-472J 4.7 KOM 1/16 BT				5	Telega
R64..R66	VRMDNVG-750J 75 OM 1/16 BT				5	Yageo
R67..R68	VRMDNVG-221J 220 OM 1/16 BT				2	Telega
R69..R70	VRMDNVG-102J 1 KOM 1/16 BT				2	Rohm
R71	VRMDNVG-105J 1 MOM 1/16 BT				1	Rohm
R72..R74	VRMDNVG-470J 47 OM 1/16 BT				3	Panasonic
R75	VRMDNVG-221J 220 OM 1/16 BT				1	Telega
R76	VRMDNVG-750J 75 OM 1/16 BT				1	Yageo
R77	VRMDNVG-221J 220 OM 1/16 BT				1	Telega
					ГЧИР.203719.145 ПЗЗ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
						Лист
						4

Обозн.	Наименование				Кол.	Примечание
	<u>Резисторы</u>					
R78	VRMDNVG-105J 1 МОМ 1/16 ВТ				1	Rohm
R79	VRMDNVG-000J 0 Ом 1/16 ВТ				1	Panasonic
R80	VRMDNVG-102J 1 КОМ 1/16 ВТ				1	Rohm
R81	VRMDNVG-000J 0 Ом 1/16 ВТ				1	Panasonic
R82	VRMDNVG-102J 1 КОМ 1/16 ВТ				1	Rohm
R83	VRMDNVG-105J 1 МОМ 1/16 ВТ				1	Rohm
R84	VRMDNVG-000J 0 Ом 1/16 ВТ				1	Panasonic
R85..R88	VRMDNVG-221J 220 Ом 1/16 ВТ				4	Telega
R89..R91	VRMDNVG-223J 22 Ом 1/16 ВТ				3	Telega
R92	VRMDNVG-000J 0 Ом 1/16 ВТ				1	Panasonic
R93	VRMDNVG-102J 1 КОМ 1/16 ВТ				1	Rohm
R94	VRMDNVG-105J 1 МОМ 1/16 ВТ				1	Rohm
R95	VRMDNVG-000J 0 Ом 1/16 ВТ				1	Panasonic
R96, R97	VRMDNVG-102J 1 КОМ 1/16 ВТ				2	Rohm
R98	VRMDNVG-000J 0 Ом 1/16 ВТ				1	Panasonic
R99, R100	VRMDNVG-102J 1 КОМ 1/16 ВТ				2	Rohm
R101..R103	VRMDNVG-750J 75 Ом 1/16 ВТ				3	Yageo
R104,R105	VRMDNVG-202J 2 КОМ 1/16 ВТ				2	Telega
R106..R115	VRMDNVG-223J 22 Ом 1/16 ВТ				10	Telega
R116..R120	VRMDNVG-105J 1 МОМ 1/16 ВТ				5	Rohm
R121..R127	VRMDNVG-221J 220 Ом 1/16 ВТ				7	Telega
R128..134	VRMDNVG-330J 33 Ом 1/16 ВТ				7	Telega
R135	VRMDNVG-102J 1 КОМ 1/16 ВТ				1	Rohm
R136..R139	VRMDNVG-000J 0 Ом 1/16 ВТ				4	Panasonic
R140..R147	VRMDNVG-470J 47 Ом 1/16 ВТ				8	Panasonic
R148..R157	VRMDNVG-472J 4.7 КОМ 1/16 ВТ				10	Telega
R158..R164	VRMDNVG-223J 22 Ом 1/16 ВТ				7	Telega
R165..R170	VRMDNVG-202J 2 КОМ 1/16 ВТ				6	Telega
R171..R176	VRMDNVG-223J 22 Ом 1/16 ВТ				6	Telega
					ГЧИР.203719.145 ПЗЗ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
						Лист
						5

Обозн.	Наименование	Кол.	Примечание			
	<u>Резисторы</u>					
R177..R180	VRMDNVG-000J 0 Ом 1/16 Вт	4	Panasonic			
R181	VRMDNVG-105J 1 МОм 1/16 Вт	1	Rohm			
R182	VRMDNVG-101J 100 Ом 1/16 Вт	1	Yageo			
R183..R193	VRMDNVG-000J 0 Ом 1/16 Вт	11	Panasonic			
R194..R200	VRMDNVG-202J 2 КОм 1/16 Вт	7	Telema			
R201	VRMDNVG-101J 100 Ом 1/16 Вт	1	Yageo			
R202	VRMDNVG-105J 1 МОм 1/16 Вт	1	Rohm			
R203	VRMDNVG-202J 2 КОм 1/16 Вт	1	Telema			
R204	VRMDNVG-102J 1 КОм 1/16 Вт	1	Rohm			
R205..R210	VRMDNVG-470J 47 Ом 1/16 Вт	6	Panasonic			
R211..R219	VRMDNVG-472J 4.7 КОм 1/16 Вт	9	Telema			
R220	VRMDNVG-221J 220 Ом 1/16 Вт	1	Telema			
R221..R229	VRMDNVG-000J 0 Ом 1/16 Вт	9	Panasonic			
R230	VRMDNVG-105J 1 МОм 1/16 Вт	1	Rohm			
R231	VRMDNVG-101J 100 Ом 1/16 Вт	1	Yageo			
R232	VRMDNVG-102J 1 КОм 1/16 Вт	1	Rohm			
R233	VRMDNVG-102J 1 КОм 1/16 Вт	1	Rohm			
R234..R239	VRMDNVG-470J 47 Ом 1/16 Вт	6	Panasonic			
	<u>Диоды</u>					
VD1, VD2	VSZRLZ5.6	2				
VD3	BAV99	1				
VD4, VD5	VSZRLZ5.6	4				
VD6	BAV99	1				
VD7	VSZRLZ5.6	1				
VD8	BAV99	1				
VD9, VD10	VSDSS22	2				
VD11..VD14	VSZRLZ5.6	4				
VD15..VD17	VSDSS22	3				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ГЧИР.203719.145 ПЗЗ	Лист
						6

[illegible]

Обозначение					Наименование					Примеч.		
					<u>Текстовые документы</u>							
БГУИР КП 1-40 02 02 018 ПЗ					Пояснительная записка					24 с.		
					<u>Графические документы</u>							
ГУИР.203719.145 ЗЗ					Схема электрическая принципиальная					Формат А2		
ГУИР.758717.145					Чертёж детали					Формат А1		
ГУИР.203719.145 СБ					Сборочный чертёж					Формат А2		