

# УЛЬТРАЗВУКОВОЙ УРОВНЕМЕР НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ PIC16F628

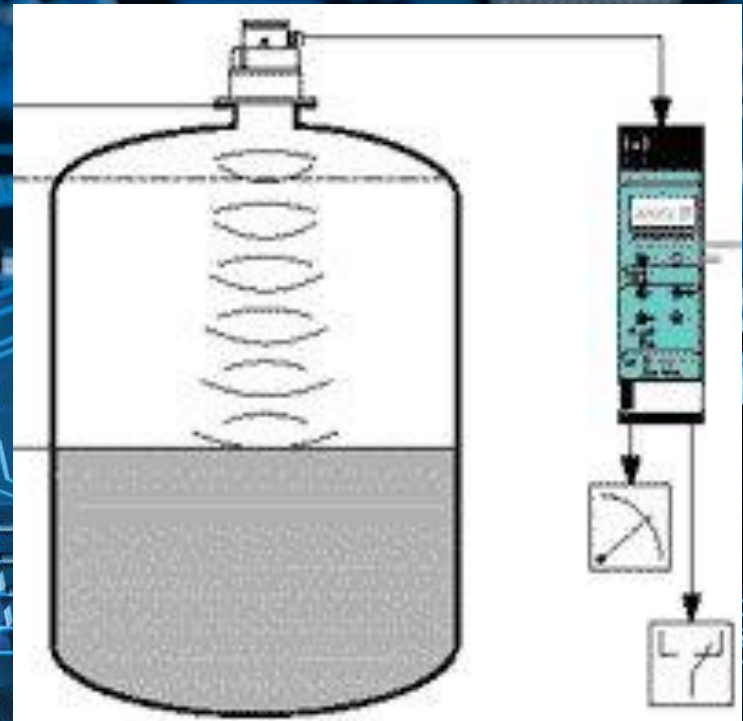
Выполнил студент группы 612601  
БАВБЕЛЬ Егор Игоревич

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент  
кафедры ПИКС АЛЕКСЕЕВ Виктор Федорович



# Цель дипломного проекта:

Проектирование конструкции ультразвукового уровнемера на PIC16F628 для измерения времени отражения звуковых волн от поверхности контролируемой среды и обратно.





## Актуальность дипломного проекта:

1. Аналоги имеют низкие показатели точности измерений;
2. Повышение уровня эксплуатационных характеристик ультразвуковых уровнемеров;
3. Средства измерения уровня жидкости применяются во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства для измерения, контроля и регулирования параметров технологических процессов.



# Аналоги разрабатываемого устройства



Ультразвуковой  
уровнемер Streamlux



Уровнемер  
ультразвуковой ВЗЛЕТ  
УР

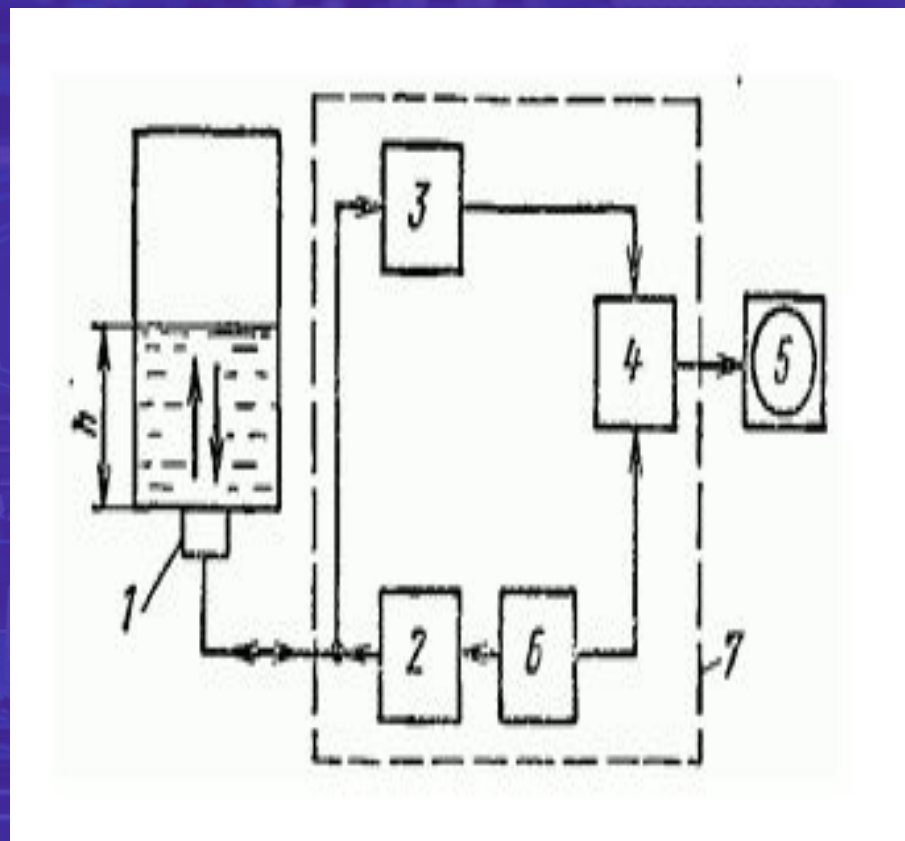


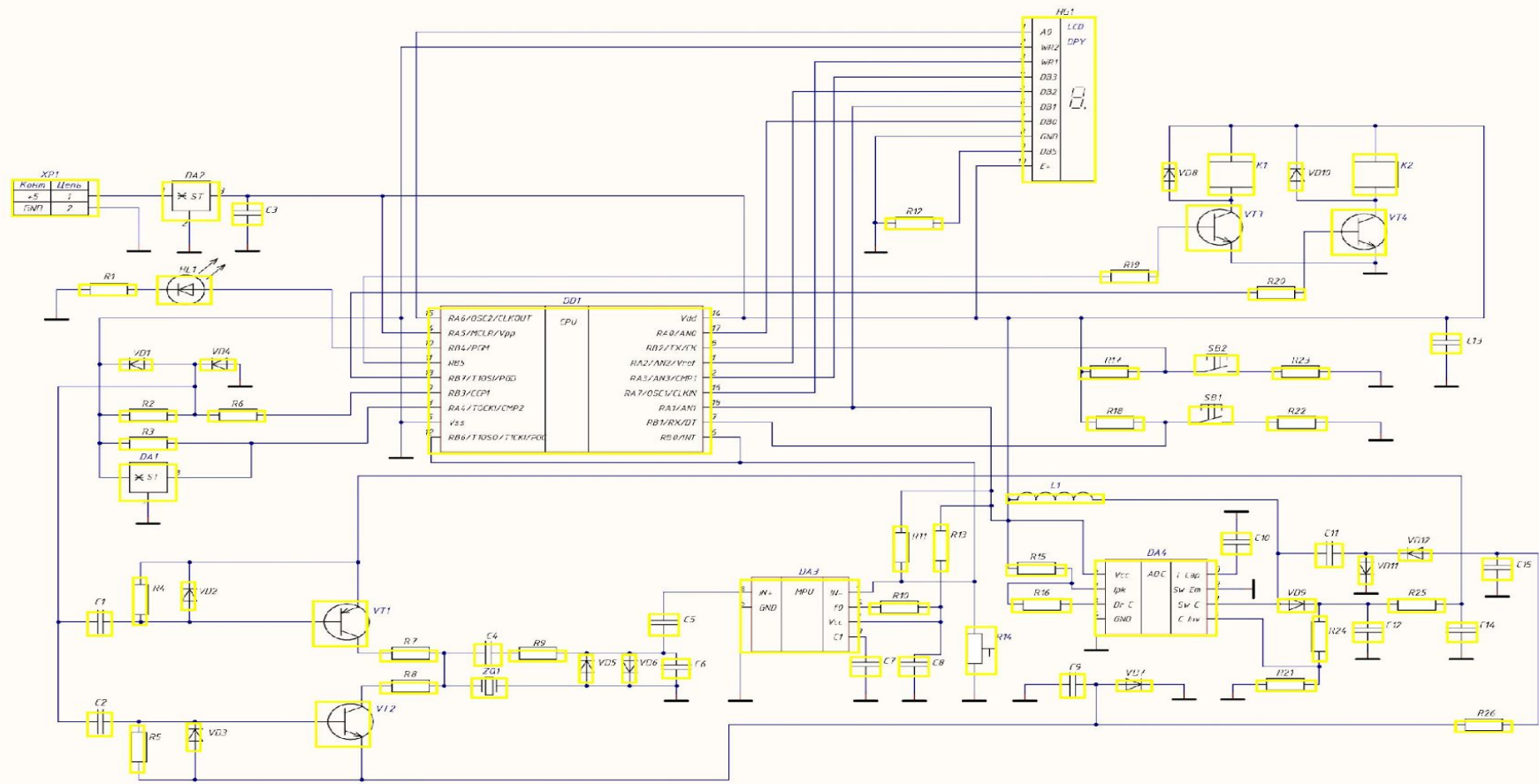
Уровнемер  
ультразвуковой  
FMU40-ARH2A2



# Принцип работы разрабатываемого устройства

Уровнемер состоит из пьезометрического преобразователя 1, электронного блока 7 и вторичного прибора 5. Электронный блок включает в себя генератор 6, задающий частоту повторения импульсов; генератор импульсов 2, посылаемых в жидкость, уровень которой измеряется; измерения времени 4. Генератор, задающий частоту повторения импульсов, управляет работой генератора импульсов и схемой измерения времени. Генератор 2 вырабатывает электрические импульсы с определенной частотой повторения, которые преобразуются в ультразвуковые при помощи пьезометрического преобразователя, установленного с внешней стороны дна резервуара. Отраженные импульсы после обратного преобразования в электрические усиливаются и формируются усилителем 3 и подаются на схему измерения времени. Выходным сигналом измерительной схемы являются постоянное напряжение, которое поступает на вход вторичного прибора 5.





Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

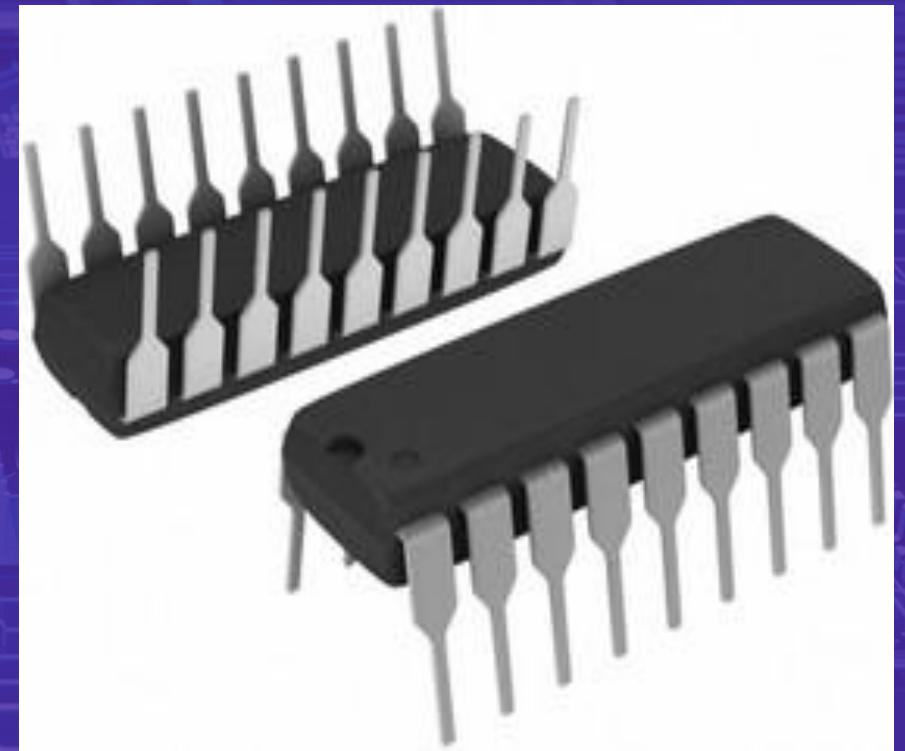
ГУИР.468157.004.33		
Уровнемер ультразвуковой		
Схема электрическая принципиальная		
Лист	Листов	1
Кафедра ПИКС, гр.512501		



# Микроконтроллер PIC16F628

PIC16F от Microchip представляют собой 8-разрядные микроконтроллеры, которые включают архитектуру PIC® от Microchip в различные варианты контактов и пакетов, от компактных 14-контактных устройств до многофункциональных 64-контактных устройств. Устройства с базовой, средней и расширенной средними архитектурами доступны с множеством различных комбинаций периферийных устройств, что дает разработчикам гибкость и выбор для их приложений.

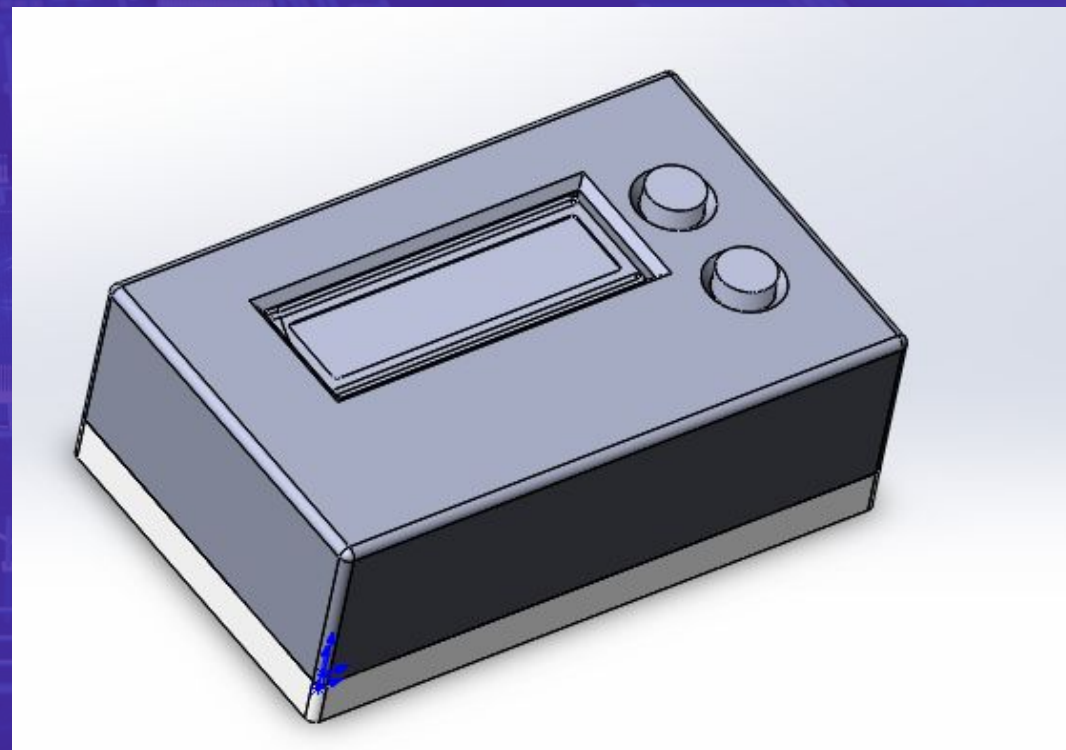
Семейство микроконтроллеров PIC16F627A / 628A / 648A основано на Среднечастотное ядро Microchip с 8-уровневым аппаратным стеком и 35 инструкциями. Эти MCU обеспечивают до 5 MIPS, до 3,5 Кбайт памяти программ, 224 байта ОЗУ и EEPROM данных до 128 байт.





# Корпус проектируемого изделия

Корпус изделия представляет собой прямоугольный параллелепипед со скругленными кромками. На лицевой панели располагается две управляющие кнопки и ЖК дисплей. Для установки печатной платы в основание корпуса используются четырех крепежных винта. Крышка корпуса устанавливается так же с помощью четырёх винтов, с тыльной стороны основания корпуса.





# Результаты расчёта теплового режима

Параметр	Формула	Результат, К
Температура корпуса блока		332,4
температуру нагретой зоны		337,9
температуру поверхности элемента		332,9
среднюю температуру воздуха в блоке		335,2
температуру окружающей элемент среды		330,9

По результатам расчёта теплового режима видно, что для устройства хватает естественного воздушного охлаждения, каждый ЭРЭ не превышает допустимую нормой температуру.



# Результаты расчёты надёжности

Показатель надёжности	Расчётная формула	Значение показателя	Физический смысл показателя
Наработка на отказ		29430,29 ч	Значение этого показателя значит, что время безотказной работы РЭУ между двумя соседними отказами будет составлять 29430,29 часов
Вероятность безотказной работы за заданное время $t_3$ ( $t_3 = 1000$ ч)		0,966	96,6 % исследуемых устройств должны работать безотказно в течении $t_3 = 1000$ ч часов работы
Среднее время безотказной работы устройства (средняя наработка до отказа)	$T_{cp} = T_0$	29430,29 ч	Аналогично наработке на отказ
Гамма-процентная наработка до отказа $T_\gamma$ ( $\gamma=95\%$ )		1509,58 ч	Это означает, что у 99% исследуемых устройств в течение суммарной наработки, равной 1509,58 часа, отказ не возникнет.



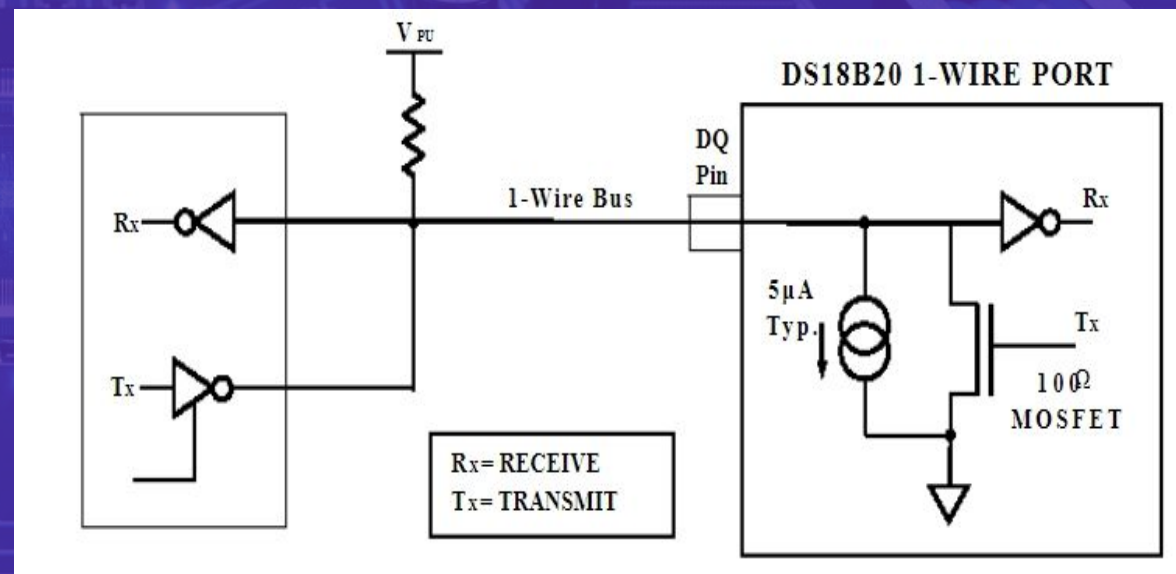
# Результаты расчёта отдельного каскада

В ходе работы был рассчитан каскад датчика температуры с интерфейсом 1-Wire:

$$U_r = U_{\text{ВХ}} - U_{\text{ВЫХ}} \quad U_r = 5 - 1,7 = 3,3 \text{ В}$$

$$R = \frac{U_r}{I_{\text{СТ}}} \quad R = \frac{3,3}{0,7} = 4,7 \text{ кОм}$$

$$P_r = U_r \cdot I_{\text{СТ}}, \quad P_r = 3,3 \cdot 0,7 = 2,3 \text{ Вт}$$





# Результаты расчёта электромагнитной СОВМЕСТИМОСТИ

Ёмкость между двумя параллельными печатными проводниками одинаковой ширины, расположенными на одной стороне печатной платы:

$$C = \frac{0,12 \varepsilon_r l_n}{\lg \left[ \frac{2a}{b + t_n} \right]}$$

$$C = \frac{0,12 \cdot 1 \cdot 9,13}{\lg \left[ \frac{2 \cdot 1,7}{0,8 + 0,05} \right]} = 1,8 \text{ пФ}$$

Собственная индуктивность:

$$L = 0,0002 \cdot l_n \left( \lg \frac{2l_n}{t_n + b} + 0,2235 \frac{t_n + b}{l_n} + 0,5 \right)$$

$$L = 0,0002 \cdot 9,13 \left( \lg \frac{2 \cdot 9,13}{0,05 + 0,8} + 0,2235 \frac{0,05 + 0,8}{9,13} + 0,5 \right) = 0,0008 \text{ мкГн.}$$

Индуктивность двух параллельных проводников, расположенных с одной стороны печатной платы с противоположным направлением:

$$L = 0,004 \cdot l_n \left( \lg \frac{\alpha + b}{t_n + b} - \frac{\alpha - b}{l_n} + 0,2235 \frac{t_n + b}{l_n} + 1,5 \right)$$

$$L = 0,004 \cdot 9,13 \left( \lg \frac{1,7 + 0,8}{0,05 + 0,8} - \frac{1,7 - 0,8}{9,13} + 0,2235 \frac{0,05 + 0,8}{9,13} + 1,5 \right) = 0,1 \text{ мкГн.}$$



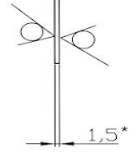
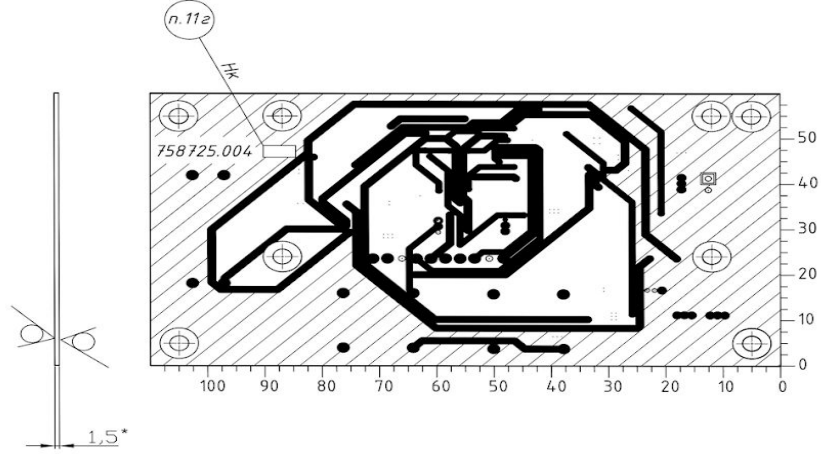
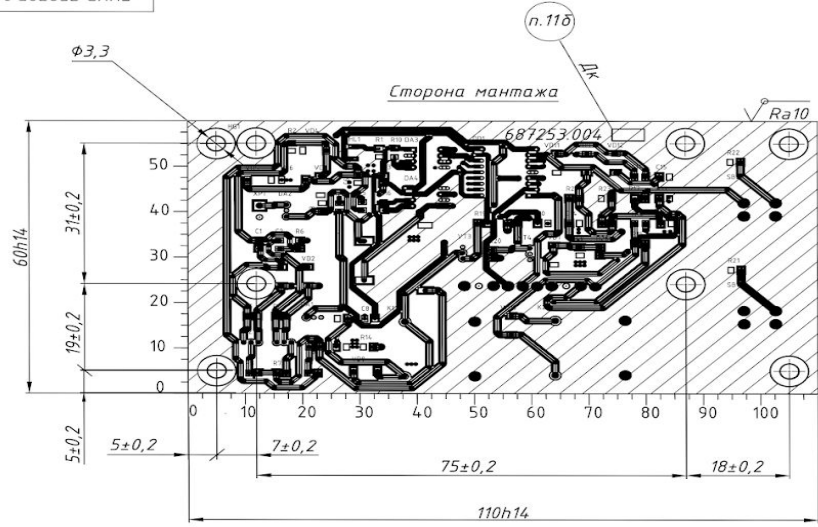


Таблица 3

Условное обозначение контактной площадки	Длина, мм	Ширина, мм	Кол-во площадок
	0,3	0,2	82
	0,8	0,4	18
	1,1	0,5	2
	1,2	0,7	22

Таблица 2

Обозначение	D, мм	Наличие металлизации в отверстиях	Количество отверстий	Размер контактных площадок, мм
	0,3 <sub>-0,1</sub> <sup>+0</sup>	есть	82	0,8
	2,0 <sub>-0,1</sub> <sup>+0</sup>	есть	24	2,2
	3,3x14	нет	8	нет

Таблица 1

Параметры элементов рисунка печатной платы	Минимальные значения основных параметров	
	для узкого места	для свободного места
Ширина печатных проводников	0,25	0,45
Расстояние между краями соседних проводников, проводящего рисунка	0,25	0,45

- \*Размер для справок.
- Плату изготовить комбинированным позитивным методом.
- Плата должна соответствовать ГОСТ 23752-79, группа жесткости 2.
- Класс точности 3 по ГОСТ 23751-86.
- Шаг координатной сетки 1,25 мм по ГОСТ10317-71. Линии координатной сетки нанесены через две.
- Конфигурация проводников выдерживать по чертежу с отклонением 0,1 мм.
- Форма и размер контактных площадок произвольная  $V_{мин}=0,25$
- Параметры элементов рисунка печатной платы приведены в таблицах 1, 2, 3
- Покрытие контактных площадок и металлизированных отверстий сплавом РОЗЕ ТУ6-09-4.065-75.
- Маркировать краской SUM-90
  - позиционные обозначения элементов. Шрифт 2,5-Пр3 СТБ 992-95;
  - заводской номер и дату изготовления. Шрифт 4-Пр3 СТБ 992-95.
  - знаки "68725.004", "758725.004";
  - порядковый номер изменения чертежа.
- Остальная маркировка показана условно.
- Предельные отклонения расстояний между осями двух любых контактных площадок или центрами двух отверстий  $\pm 0,1$  мм.
- Неуказанные предельные отклонения размеров  $\pm JT14/2$

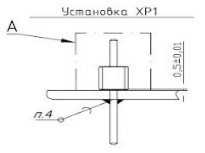
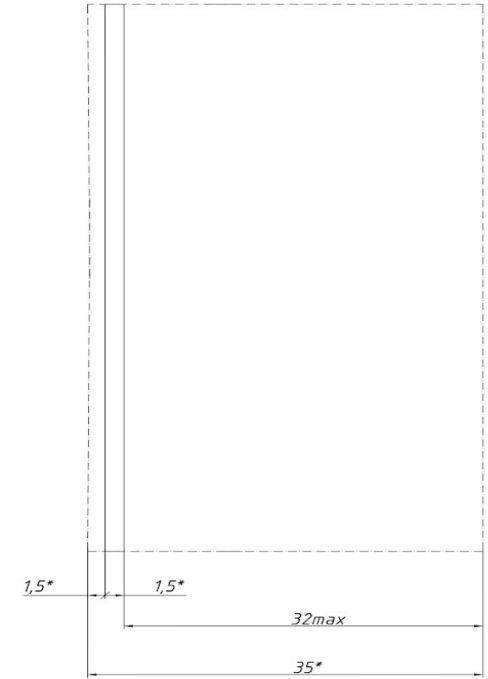
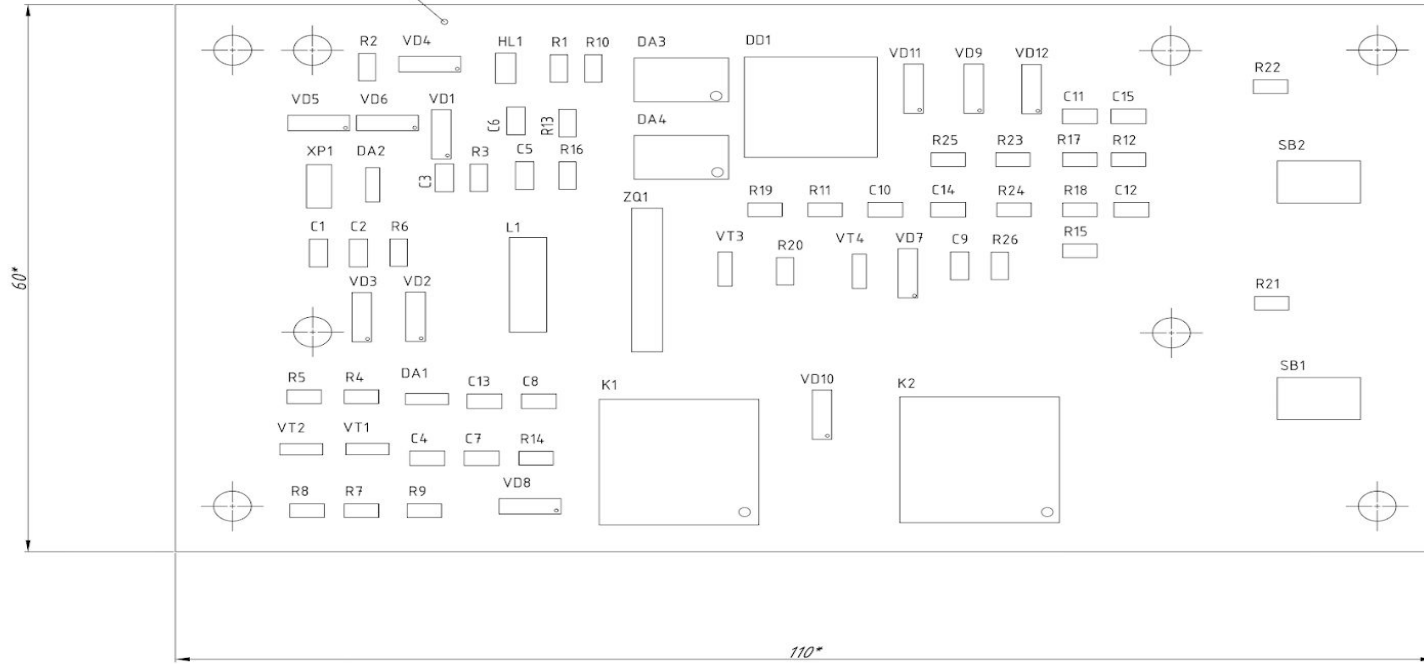
Лист № табл. 1  
Лист № табл. 2  
Лист № табл. 3  
Лист № табл. 4  
Лист № табл. 5  
Лист № табл. 6  
Лист № табл. 7  
Лист № табл. 8  
Лист № табл. 9  
Лист № табл. 10  
Лист № табл. 11  
Лист № табл. 12  
Лист № табл. 13  
Лист № табл. 14  
Лист № табл. 15  
Лист № табл. 16  
Лист № табл. 17  
Лист № табл. 18  
Лист № табл. 19  
Лист № табл. 20  
Лист № табл. 21  
Лист № табл. 22  
Лист № табл. 23  
Лист № табл. 24  
Лист № табл. 25  
Лист № табл. 26  
Лист № табл. 27  
Лист № табл. 28  
Лист № табл. 29  
Лист № табл. 30  
Лист № табл. 31  
Лист № табл. 32  
Лист № табл. 33  
Лист № табл. 34  
Лист № табл. 35  
Лист № табл. 36  
Лист № табл. 37  
Лист № табл. 38  
Лист № табл. 39  
Лист № табл. 40  
Лист № табл. 41  
Лист № табл. 42  
Лист № табл. 43  
Лист № табл. 44  
Лист № табл. 45  
Лист № табл. 46  
Лист № табл. 47  
Лист № табл. 48  
Лист № табл. 49  
Лист № табл. 50  
Лист № табл. 51  
Лист № табл. 52  
Лист № табл. 53  
Лист № табл. 54  
Лист № табл. 55  
Лист № табл. 56  
Лист № табл. 57  
Лист № табл. 58  
Лист № табл. 59  
Лист № табл. 60  
Лист № табл. 61  
Лист № табл. 62  
Лист № табл. 63  
Лист № табл. 64  
Лист № табл. 65  
Лист № табл. 66  
Лист № табл. 67  
Лист № табл. 68  
Лист № табл. 69  
Лист № табл. 70  
Лист № табл. 71  
Лист № табл. 72  
Лист № табл. 73  
Лист № табл. 74  
Лист № табл. 75  
Лист № табл. 76  
Лист № табл. 77  
Лист № табл. 78  
Лист № табл. 79  
Лист № табл. 80  
Лист № табл. 81  
Лист № табл. 82  
Лист № табл. 83  
Лист № табл. 84  
Лист № табл. 85  
Лист № табл. 86  
Лист № табл. 87  
Лист № табл. 88  
Лист № табл. 89  
Лист № табл. 90  
Лист № табл. 91  
Лист № табл. 92  
Лист № табл. 93  
Лист № табл. 94  
Лист № табл. 95  
Лист № табл. 96  
Лист № табл. 97  
Лист № табл. 98  
Лист № табл. 99  
Лист № табл. 100

ГЧИР.758725.004				Лист			Масштаб		
Плата печатная				Т			0,034 2:1		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
Разработ.	Савельев								
Проб.	Алексеев								
Т.контр.	Алексеев								
Изд.	Савельев								
Н.контр.	Горбач								
Умб.	Алексеев								
Стеклотекстолит фольгированный				Лист № табл. 7					
СФ2-50-1,5 ГОСТ 10316-78				Кафедра ПИКС					
Копировал				ер. 612601					
				Формат А1					



1

Установка НГ1 не показан

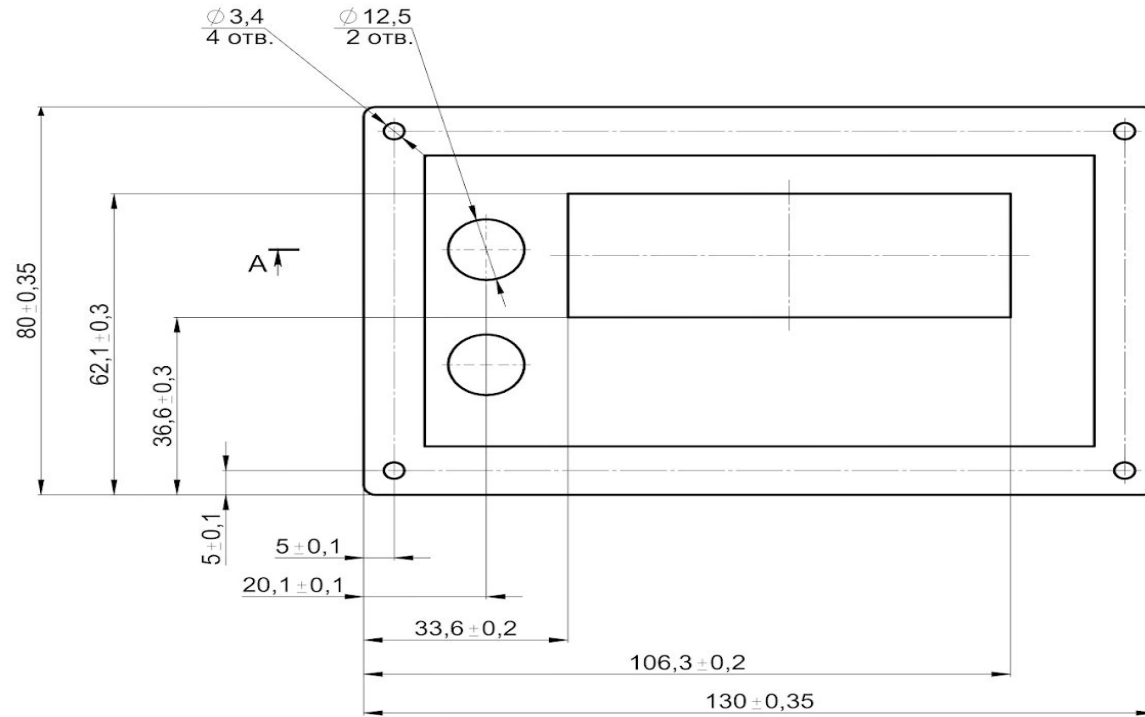


1. \*Размеры для справок.
2. Установку элементов производить по ГОСТ 29137-91. Шаг координатной сетки 1,25 мм.
3. Элемент DD1 установить по варианту 330,00,0000,00,00. Установку остальных элементов см. по чертежу.
4. Припой ELSOLDTC07.
5. Паяльная паста Ф-99 ГОСТ 21931-76.
6. Покрытие лаком УР-231 ТУ 6-21-14-90, кроме поверхности А и элементов XP1, НГ1.
7. Остальные технические требования по СТБ 1022-96.

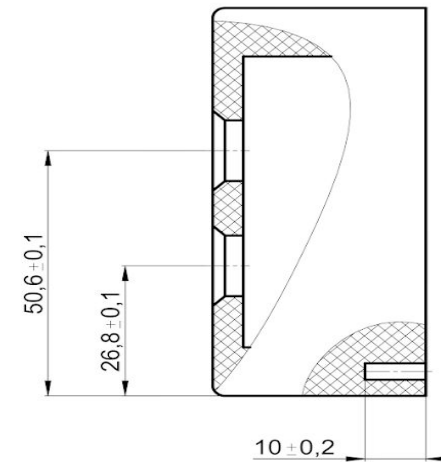
Табл. № табл. 1  
Изд. № 1  
Взам. инв. № 1  
Изд. № 1  
Лист № 1

ГУИР.687253.004 СБ				Лист	Масса	Масштаб
Модуль электронный				7	0,034	4:1
Сборочный чертеж				Лист	Ассембл	7
Кафедра ПИКС, гр. 612601						
Копировала				Формат А1		

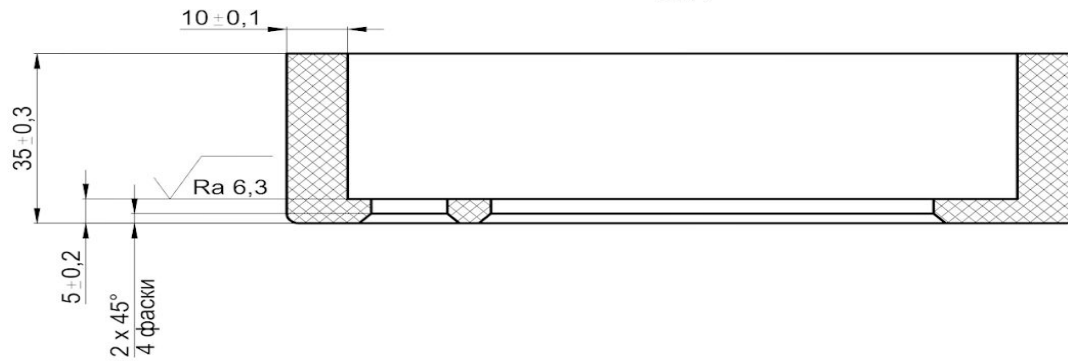




A



A-A

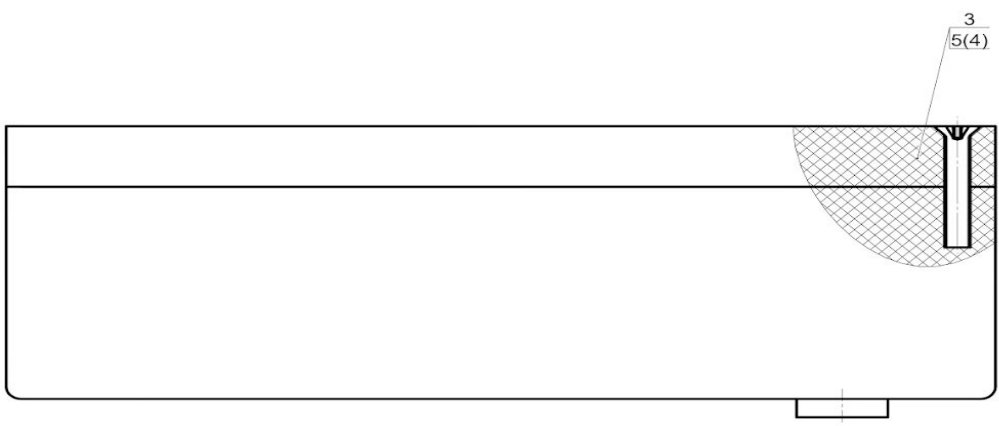
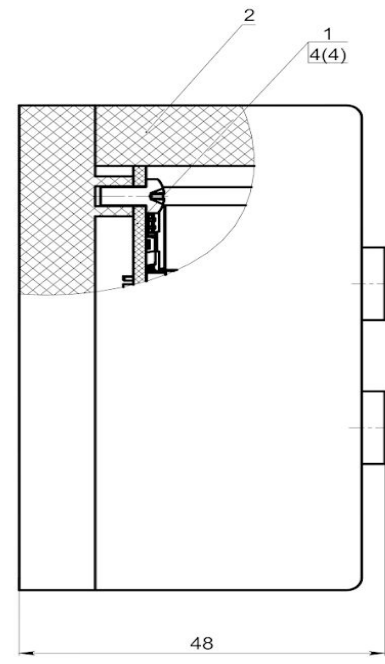
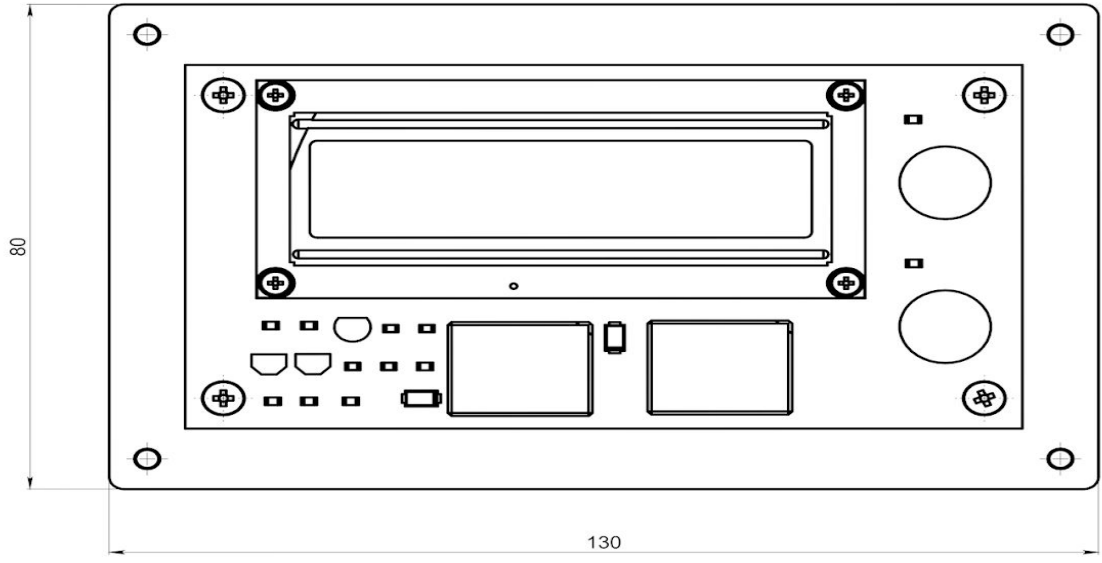


1. Размеры для справок.
2. Неуказанные скругления 2 мм.
3. Следы от толкателей и вставок (знаков) пресс-форм не должны выступать или углубляться относительно поверхности детали более чем на 0,5 мм.
4. Размер фаски, образующейся при зачистке облоя на кромках деталей, не должны превышать 1мм.
5. Облой и литинки должны быть удалены.
6. В готовой детали допускаются неокрашенные частицы наполнения, отличающиеся от сновного цвета материала.
7. Неуказанные литейные уклоны до 1°.
8. Неуказанные предельные отклонения: Н14, h14, IT14/2.
9. Общие допуски по ГОСТ 30893.2-2002.
10. Остальные ТТ по СТБ 1014-95.

				<b>ГУИР.734321.004</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Сазыбель				Т	0,16	2:1
Пров.	Алексева				Лист		Листов 1
Т. контр.	Алексева						
Рец.	Бондарик						
Н. контр.	Горбань						
Утв.	Алексева						
				<b>Крышка</b>			
				Сборочный чертёж			
				Кафедра ПИКС, гр.612601			
				1 Копировал			



Крышка не показана

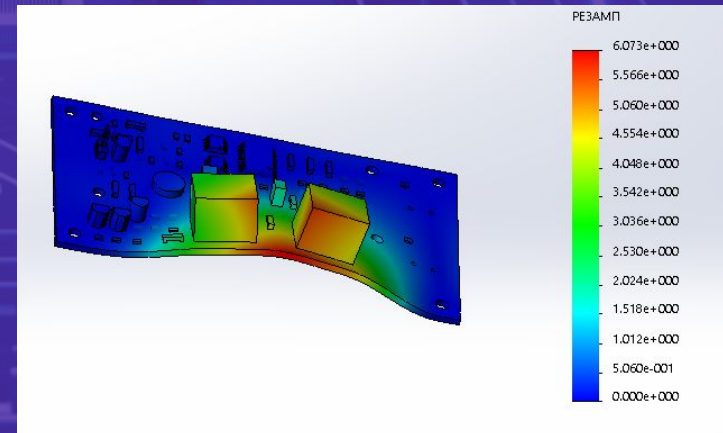
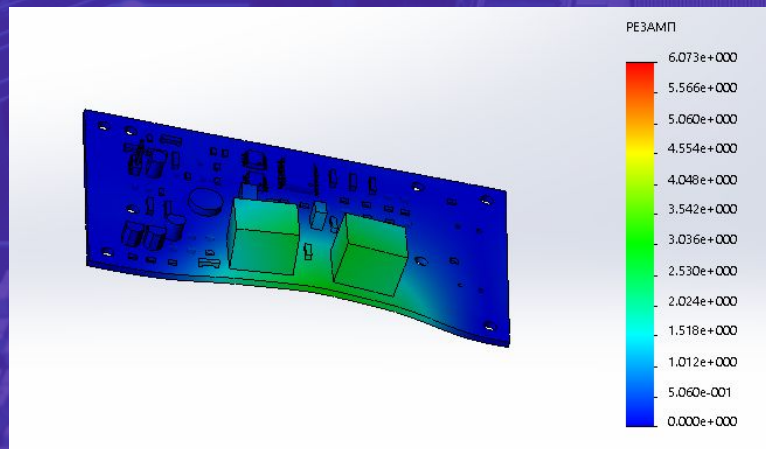
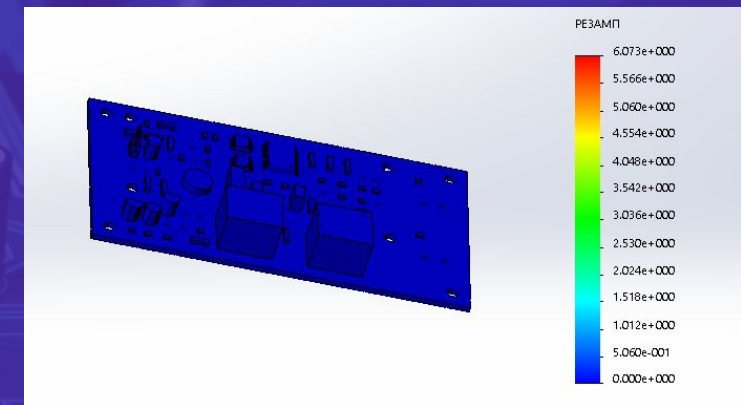
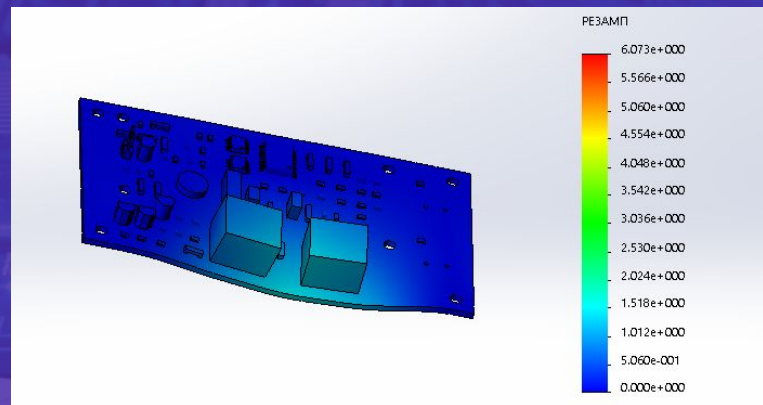
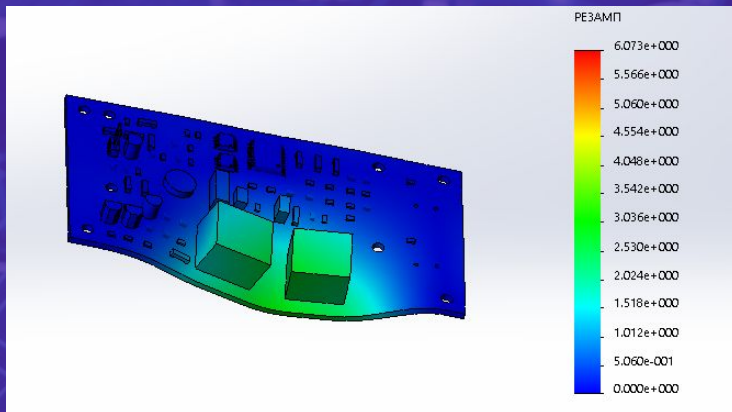


- 1. Размеры для справок
- 2. Отсальные ТТ по СТБ 1022-96.

				<b>ГУИР.468157.004 СБ</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Савельев				Т	0.55	2:1
Пров.	Алексеев						
Т. контр.	Алексеев				Лист	Листов 1	
Рец.	Бондарик				Кафедра ПИКС, гр.612601		
Н. контр.	Горбань						
Утв.	Алексеев						
				1 Копировал			
				Формат А1			



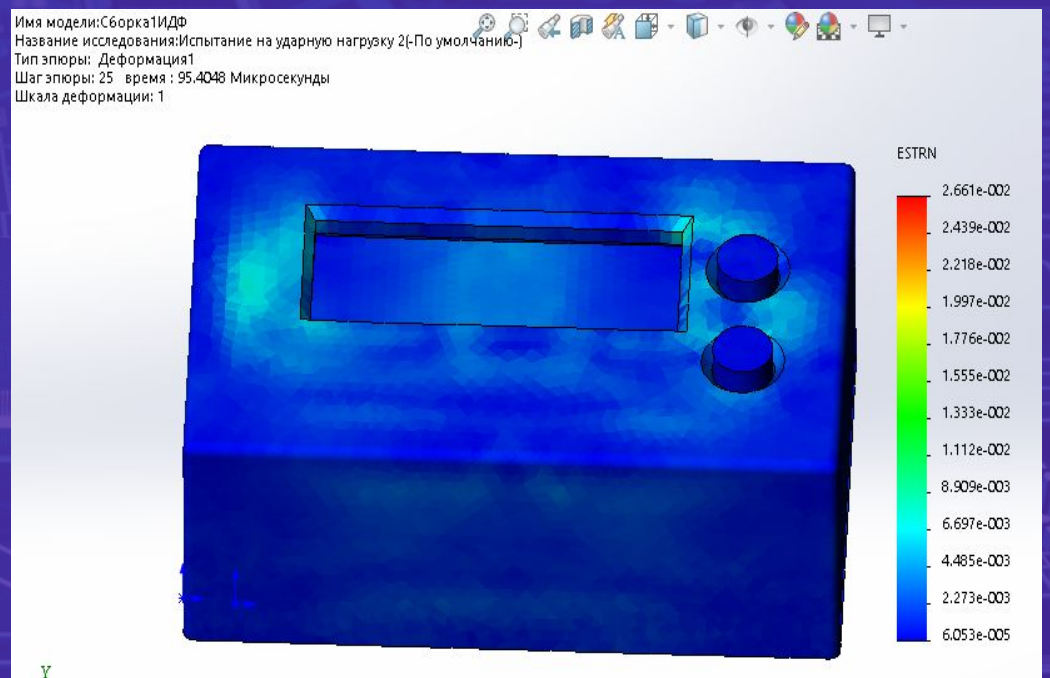
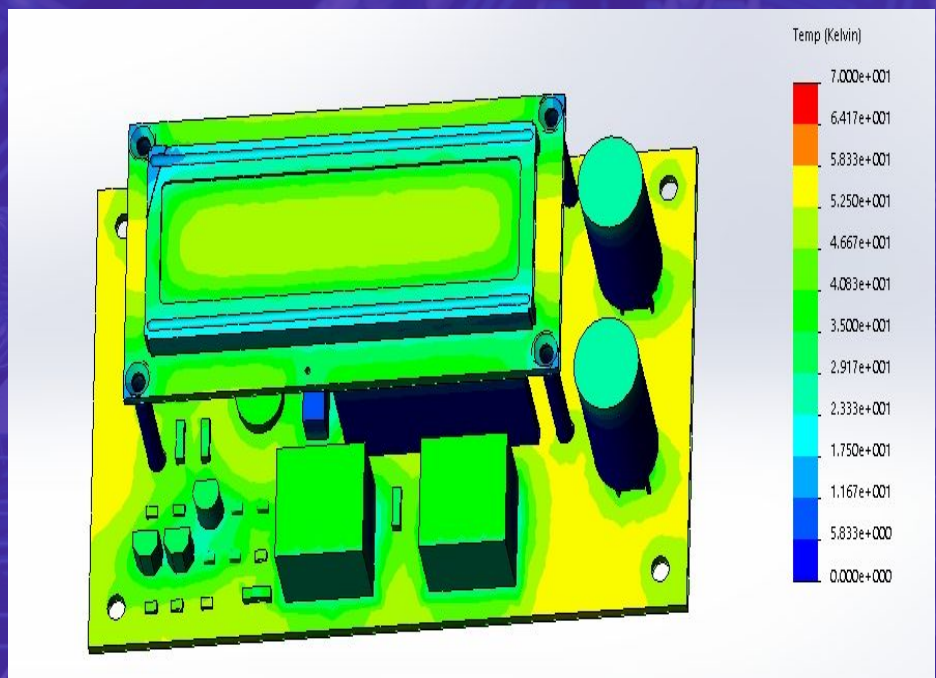
# Моделирование собственных частот





# Моделирование тепловых процессов

# Моделирование механических воздействий





# Заключение

В ходе дипломного проекта работы было спроектировано устройство – ультразвуковой уровнемер на *PIC16F876*, в результате решения поставленных задач было выявлено, что прибор отвечает всем техническим и эргономическим требованиям. Разработанный ультразвуковой уровнемер можно использовать в дальнейшем на предприятиях или с целью продажи на рынке.





Спасибо за  
внимание!