

МЕРА.411189.003 РЭ

ОКП № 66 8127 0078 10

УТВЕРЖДЁН

МЕРА. 411189.003 РЭ-ЛУ

МУЛЬТИМЕТР В7-87

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

МЕРА.411189.003 РЭ

ВНИМАНИЕ! Измерение емкости и индуктивности разрешается производить только в обесточенных цепях! Конденсаторы перед измерением - разряжать! Игнорирование этих требований может привести к выходу прибора из строя. Предельное напряжение (амплитудное значение), кратковременно подаваемое на входы измерения емкости и индуктивности не должно превышать 15 В.

Инв. № 012960

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА	Лист
1.1 Назначение мультиметра	4
1.2 Технические характеристики	4
1.2.1 Условия нормирования параметров	4
1.2.2 Измерение напряжения постоянного тока	4
1.2.3 Измерение среднеквадратического значения напряжения переменного тока	5
1.2.4 Измерение сопротивления постоянному току и диодного теста	6
1.2.5 Измерение силы постоянного и переменного токов	6
1.2.6 Измерение частоты	6
1.2.7 Измерение емкости и индуктивности	7
1.2.8 Максимально-допустимые значения входных сигналов	7
1.2.9 Общие технические характеристики	8
1.3 Состав комплекта	10
1.4 Устройство и работа	11
1.5 Средства измерений	15
1.6 Маркирование и пломбирование	15
1.7 Упаковка	15
2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ	16
2.1 Подготовка прибора к использованию	16
2.1.1 Меры безопасности	16
2.1.2 Подготовка к работе	16
2.2 Использование прибора и порядок работы	16
2.2.1 Передняя панель мультиметра	16
2.2.2 Задняя панель мультиметра	17
2.2.3 Индикатор мультиметра	17
2.2.4 Клавиатура мультиметра	20
2.2.5 Измерение напряжения	21
2.2.6 Измерение силы тока	22
2.2.7 Измерение сопротивления, диодный тест и “прозвонка”	22
2.2.8 Измерение емкости и индуктивности (LC-метр)	22
2.2.9 Измерение частоты	23
2.2.10 Автоматический выбор пределов измерения и защита от перегрузки	23
2.2.11 Обработка измеренных данных	24
2.2.12 Фильтрация измеренных данных и время измерений	26
2.2.13 Калибровка нуля	27
2.2.14 Управление звуковой сигнализацией	29
2.2.15 Сервисные функции	29
2.2.16 Использование интерфейса (режима дистанционного управления)	30
3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	33
3.1 Общие положения	33
3.2 Общие указания по введению поправочных коэффициентов	33
3.3 Калибровка (введение цифровых поправочных коэффициентов)	34
3.4 Аналоговая регулировка прибора	37
3.5 Требования к средствам калибровки и регулировки прибора	40
4 ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ	41
5 УТИЛИЗАЦИЯ	41

6 МЕТОДИКА ПОВЕРКИ	41
6.1 Общие сведения	41
6.2 Операции поверки	41
6.3 Средства поверки	42
6.4 Требования безопасности	42
6.5 Условия поверки и подготовка к ней	43
6.6 Проведение поверки	44
6.7 Оформление результатов поверки	51
7 КОНСТРУКЦИЯ	52
8 ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ ПРИБОРА	54
8.1 Общие указания	54
8.2 Описание электрической принципиальной схемы	54
8.3 Описание электрической принципиальной схемы управления и отображения информации	54
8.4 Описание электрической принципиальной схемы базовой платы	54
9 УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ	57
9.1 Общие указания	57
9.2 Меры безопасности и защиты прибора	58
9.3 Перечень средств измерения и контроля	58
9.4 Устранение неисправностей	59
ПРИЛОЖЕНИЕ А Схема электрическая принципиальная и перечень элементов мультиметра В7-87	61
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Схема электрическая принципиальная, перечень и план размещения элементов на плате базовой	62

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА

1.1 Назначение мультиметра

1.1.1 Мультиметр В7-87 – настольный многофункциональный цифровой измерительный прибор общего назначения. Предназначен для измерения напряжения и силы постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току, частоты сигналов переменного тока, электрической емкости и индуктивности. Прибор может работать в составе измерительных автоматических систем.

1.2 Технические характеристики

1.2.1 Условия нормирования параметров

1.2.1.1 Приведенные ниже характеристики нормируются:

- при калибровке прибора не реже одного раза в два года в температурном диапазоне от 18 до 28 °С или при температуре $T=(T_k \pm 5)$ °С, где T_k – температура калибровки. При значениях температуры, за пределами указанного диапазона, погрешность измерения вычисляется как сумма основной и дополнительной температурной погрешностей;

- в режимах измерения напряжения и силы постоянного тока, сопротивления постоянному току в течение одного часа после проведения калибровки нуля (или компенсации начального смещения), и изменении температуры не более ± 5 °С;

- в режимах измерения электрической емкости и индуктивности в течение пяти минут после проведения калибровки нуля (или компенсации) и изменении температуры не более ± 2 °С

- в единицах младшего разряда аддитивная составляющая нормируется для 3.5- или 4.5-разрядной шкалы (при выключенных режимах высокого разрешения).

1.2.2 Измерение напряжения постоянного тока

1.2.2.1 Характеристики прибора в режиме измерения напряжения постоянного тока приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Характеристики в режиме измерения постоянного напряжения

Предел	Диапазон	Предел допускаемой основной погрешности, \pm	Входное сопротивление, МОм	Температурный коэффициент не более, ппм/°С
0,2 В	$\pm(0...0,2)$ В	0,05 % от $U_x + 20$ мкВ	не менее 10000	30
2 В	$\pm(0,2...2)$ В	0,05 % от $U_x + 0,2$ мВ		20
20 В	$\pm(2...20)$ В	0,05 % от $U_x + 2$ мВ	10,1 \pm 1%	40
200 В	$\pm(20...200)$ В	0,05 % от $U_x + 20$ мВ		40
1000 В	$\pm(200,..1000)$ В	0,1 % от $U_x + 200$ мВ		50

Примечание. U_x – измеренное значение напряжения

1.2.3 Измерение среднеквадратического значения напряжения переменного тока

1.2.3.1 Основная погрешность прибора в режиме измерения среднеквадратических значений напряжения переменного тока не превышает значений, указанных в таблице 1.2. и 1.2.1

1.2.3.2 Температурный коэффициент не более одной десятой предела основной погрешности измерения на 1 °С.

1.2.3.3 Входное сопротивление не менее 1 Мом.

Таблица 1.2 – Основная погрешность в режиме измерения напряжения переменного тока при включенном частотомере.*

* Параметры, соответствующие табл.1.2, нормируются для приборов, поставляемых заказчику по индивидуальному заказу.

Предел U	Основная погрешность, ± (% от $U_x + U_n$ (мВ))					
	0,2В		2В	20В	200В	700В
Диапазон шкалы	1-40мВ	40-250мВ	200-2500мВ	2-25В	20-200В	200-750В
10-20Гц	0,5%+0,5 _{мВ}	0,5%+0,5 мВ	0,5%+5 мВ	0,5%+10 мВ	0,5%+50 мВ	1%+500 мВ
20-100Гц	0,1%+0,1 мВ	0,2%+0,5 мВ	0,1%+5 мВ	0,3%+10 мВ	0,5%+30 мВ	0,5%+500 мВ
100Гц-1кГц	0,1%+0,05 _{мВ}	0,1%+0,05 мВ	0,05%+0,5 _{мВ}	0,1%+10 мВ	0,1%+30 мВ	0,3%+500 мВ
1-20 кГц	0,1%+0,05 _{мВ}	0,05%+0,05 _{мВ}	0,05%+0,5 _{мВ}	0,1%+10 мВ	0,1%+30 мВ	0,3%+500 мВ
20-100кГц	нн	0,05%+0,05 _{мВ}	0,05%+0,5 _{мВ}	0,2%+10 мВ	0,5%+30 мВ	--
100-300кГц	нн	0,5%+0,5 мВ	0,5%+1 мВ	0,5%+30 мВ	--	--
300кГц-1МГц	нн	0,75%+0,5 мВ	1%+5 мВ	1%+30 мВ	--	--

** Значения напряжений менее 0,03В в диапазоне частот 100-1000 кГц не нормируются.

Таблица 1.2.1 – Основная погрешность в режиме измерения напряжения переменного тока при выключенном частотомере

Предел U	Основная погрешность, ± (% от $U_x + U_n$ (мВ))				
	0,2В	2В	20В	200В	700В
Диапазон шкалы	1-250мВ	200-2500мВ	2-25В	20-200В	200-750В
10-20Гц	1%+0,5 _{мВ}	1%+1 мВ	1%+10 мВ	1%+300 мВ	1%+500 мВ
20-100Гц	0,1%+0,1 _{мВ}	0,3%+1 мВ	0,3%+10 мВ	0,3%+100 мВ	0,5%+500 мВ
100Гц-1кГц	0,1%+0,05 мВ	0,05%+0,05 мВ	0,1%+10 мВ	0,15%+100 мВ	0,3%+500 мВ
1-20 кГц	0,1%+0,05 мВ	0,05%+0,05 мВ	0,2%+10 мВ	0,2%+100 мВ	0,3%+500 мВ
20-100кГц	0,5%+0,5 мВ	0,5%+1 мВ	0,5%+30 мВ	0,5%+100 мВ	--

1.2.4 Измерение сопротивления постоянному току и диодного теста

1.2.4.1 Характеристики прибора в режиме измерения сопротивления постоянному току и диодного теста приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Характеристики в режиме измерения сопротивления

Предел	Диапазон	Предел допускаемой основной погрешности, ±	Измерительный ток, мкА	Температурный коэффициент не более, ppm/°C
0,2 кОм	0... 200 Ом	0,1 % от R _x + 0,05 Ом	1000±5 %	50
2 кОм	0,2... 2 кОм	0,1 % от R _x + 0,1 Ом	1000±5 %	50
120 кОм	2...120 кОм	0,1 % от R _x + 2 Ом	< 25 мкА	50
200 МОм	0,12...200 МОм	(0,1 + 0,1 · R) % от R _x	< 25 мкА	100*
→ -(тест)	0...5 В	0,25 % от Упад + 2 мВ	1000±5 %	100*

Примечания. R_x – измеренное значение сопротивления, R – измеренное значение сопротивления, выраженное в мегаоммах, Упад – падение напряжения на тестируемой цепи. * - справочные данные.

1.2.5 Измерение силы постоянного и переменного токов

1.2.5.1 Характеристики прибора в режимах измерения силы постоянного и переменного токов приведены в таблице 1.4.

1.2.5.1 Входное сопротивление прибора не более 0,2 Ом.

1.2.5.3 Температурный коэффициент не более одной десятой предела основной погрешности измерения на 1 °С.

Таблица 1.4 – Характеристики в режиме измерения силы тока

Предел	Диапазон	Предел допускаемой основной погрешности, ±				
		Постоянный ток	10 - 20 Гц	20 – 40 Гц	40 Гц – 5 кГц	5 – 10 кГц
0,2 А	0...0,2 А*	0,2 % от I _x + 0,05 мА	1,5 % от I _x + 0,1 мА	0,5 % от I _x + 0,1 мА	0,3 % от I _x + 0,1 мА	1 % от I _x + 0,1 мА
2 А	0,2...2 А	0,2 % от I _x + 0,2 мА	1,5 % от I _x + 1 мА	0,5 % от I _x + 0,5 мА	0,3 % от I _x + 0,5 мА	1 % от I _x + 0,5 мА
5 А	2...5 А	0,2 % от I _x + 2 мА	1,5 % от I _x + 10 мА	0,5 % от I _x + 5 мА	0,3 % от I _x + 5 мА	1 % от I _x + 5 мА

Примечание. I_x – измеренное значение силы тока. * - диапазон от 1 мА для переменного тока

1.2.6 Измерение частоты

1.2.6.1 Прибор обеспечивает измерение частоты сигналов переменного тока - от 0,3 Гц до 100 кГц напряжением (СКЗ) от 0,25 до 25 В, напряжением не более 10 В до 10 МГц и напряжением не более 5 В до 1 ГГц.

1.2.6.2 Основная погрешность измерения частоты указана в таблицах 1.5 (канал прямого измерения частоты (чувствительность 250 мВ)) и 1.5.1 (канал измерения частоты совместно с измерением напряжения входного сигнала (чувствительность 10 мВ))

1.2.6.3 Входное сопротивление прибора в режиме измерения частоты не менее 25 кОм на низких частотах, не менее 50 Ом на высоких частотах, а емкость не более 30 пФ.(таблица1.5)

1.2.6.3 Входное сопротивление прибора в режиме измерения частоты совместно с измерением напряжения входного сигнала не менее 1Мом.

Таблица 1.5

U вх, В	Частота	Основная Погрешность ± мзр	Входное сопротивление
0,25 - 25	0,3Гц-100кГц	2	25кОм
0,25 - 10	0,1-10 МГц	2	50 Ом
0,25 - 5	0,01-1 ГГц	2	50 Ом

Таблица 1.5.1

U вх, В	Частота	Основная Погрешность ± мзр	Входное сопротивление
0,001 - 700	10Гц-10КГц	2	1МОм
0,002 - 100	10Гц-100КГц	2	1МОм
0,005 - 20	10Гц-1 МГц	2	1МОм

1.2.7 Измерение емкости и индуктивности

1.2.7.1 Характеристики прибора в режимах измерения емкости и индуктивности приведены в таблице 1.6.

1.2.7.2 Температурный коэффициент не более одной двадцатой предела основной погрешности измерения на 1 °С.

1.2.8 Максимально-допустимые значения входных сигналов

1.2.8.1 Прибор обеспечивает сохранение технических характеристик после воздействия перегрузки в соответствии с данными, приведенными в таблице 1.7.

Таблица 1.6 – Характеристики в режиме измерения емкости и индуктивности

Режим	Диапазон	Предел допускаемой основной погрешности, ±	Другие параметры
C	0...200 пФ	2,5 % от $C_x + 0,5$ пФ	Емкость входной цепи, компенсируемая калибровкой нуля, не более 1000 пФ. Сопротивление параллельной цепи не менее 10 кОм (сопротивление изоляции конденсатора).
	0,2...2 нФ	2,5 % от $C_x + 2$ пФ	
	0,002... ...20 мкФ	2,5 % от $C_x + 1$ единица младшего разряда	
	20... ...5000 мкФ	4 % от $C_x + 1$ единица младшего разряда	
L	0...20 мкГн	10 % от $L_x + 0,05$ мкГн	Индуктивность входной цепи, компенсируемая калибровкой нуля, не более 50 мкГн. Сопротивление последовательной цепи не более 10 Ом (активное сопротивление катушки)
	20...200 мкГн	10 % от $L_x + 0,2$ мкГн	
	0,2...200 мГн	10 % от $L_x + 1$ единица младшего разряда	
Примечание. C_x и L_x – измеренное значение емкости и индуктивности			

Таблица 1.7 – Максимальное значение входных сигналов и перегрузки

Режим	Среднеквадратичное значение	Амплитудное значение	Частотный фактор, не более, В·кГц** (предельное произведение)
DCV	1050 В	1100 В	2000 (20 В · 100 кГц)
ACV	750 В	850 В	20000 (200 В · 100 кГц)
DCI, ACI	6 А*	10 А	-
R, TEST	500 В	700 В	2000 (20 В · 100 кГц)
F	25 В	50 В	250000 (5 В · 50 МГц)
L, C	5 В	15 В	-
Помеха общего вида***	500 В	700 В	500 (500 В · 1 кГц)
Примечания. * - сумма постоянной и переменной составляющих тока. ** - максимально-допустимое значение произведения частоты на амплитуду напряжения входного сигнала. *** - напряжение на входных клеммах прибора относительно его корпуса (сетевое питание)			

1.2.9 Общие технические характеристики

1.2.9.1 Прибор обеспечивает:

- визуальную индикацию значения измеряемого параметра, полярности, размерности показаний, состояния прибора, отказов и ошибок;
- цифровую фильтрацию показаний с высокой разрешающей способностью;
- автоматический выбор пределов измерений;
- вычисление абсолютного и относительного отклонения показаний
- цифровую калибровку шкалы, коррекцию смещения измерительного тракта и начального значения внешней измерительной цепи.

1.2.9.2 Прибор обеспечивает:

- работу с последовательным интерфейсом по ГОСТ 23675-79 (интерфейс СТЫК С2-ИС), RS-232C (EIA-232E, EIA-232D) при уровне сигналов не менее 5 В на передающих линиях при нагрузке 3 кОм;

- информационные параметры:

- 1) скорость - 19200 бод (бит/с),
- 2) данные - 8 бит,
- 3) бит «четность» - отсутствует,
- 4) сигнал «СТОП» - 1 бит,
- 5) управление потоком – аппаратное (RTS/CTS).

6) принимаемые и передаваемые сигналы - цифры, большие и малые (только принимаемые) латинские буквы, управляющие символы (коды) «LF», «CR»;

- выдачу показаний в виде текстовых строк, содержащих цифровые значения измеренных параметров, полярность и размерность;

- прием управляющих команд, дублирующих нажатия клавиатуры.

- работу с последовательным интерфейсом USB

1.2.9.3 Нормальные условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха(20 ±5) °С;
- относительная влажность(65 ±15) %;
- атмосферное давлениеот 630 до 795 мм рт.ст.;
- напряжение питающей сети(220 ±22) В частотой (50 ±1) Гц.

1.2.9.4 Рабочие условия эксплуатации:

- температура окружающего воздухаот 5 до 40 °С;
- относительная влажностьдо 95 % при температуре 25 °С;
- атмосферное давлениеот 630 до 800 мм рт.ст.;
- напряжение питающей сети(220 ±22) В частотой (50 ±2) Гц.
- напряжение внешнего источника питания ... (90- 18) В (по отдельному заказу)

1.2.9.7 Прибор обеспечивает требуемые параметры и характеристики через 20 мин с момента включения.

1.2.9.8 Прибор допускает непрерывную работу в течение времени не менее 24 ч при сохранении электрических параметров в пределах установленных норм.

1.2.9.9 Прибор имеет следующие параметры надёжности:

- средняя наработка на отказ не менее 20000 ч.
- гамма - процентный ресурс прибора не менее 20000 ч при $\gamma = 90 \%$.
- гамма - процентный срок службы не менее 15 лет при $\gamma = 80 \%$.
- среднее время восстановления работоспособного состояния не более 60 мин.

1.2.9.10 Мощность от сети питания при номинальном напряжении, соответственно не более 10 ВА..

1.2.9.11 Масса прибора не более 1,5 кг.

1.2.9.11 Габаритные размеры прибора 250 x 85 x 215мм.

1.3 Состав комплекта

1.3.1 Состав комплекта поставки приведен в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Состав комплекта поставки прибора В7-87

Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
МЕРА.411189.003	Мультиметр В7-87	1	
<u>Запасные части и принадлежности (ЗИП)</u>			
МЕРА.411 189.003 ПО	программное обеспечение на оптическом носителе (РЭ, др.USB, Прогр. поверки)	1	(CD)
Order Code 41600400	Щупы измерительные	1	
Test Clips 4mm XPZ-4WZW Order Code	Пинцет измерительный (чип L,C)	1*	2 шт. - Пинцет
МЕРА.6850.61.015	Кабель байонет-байонет	1	Байонет – байонет
BNC adapter XM-BB/4 Order Code 67.9536-21	BNC переход на два гнезда	1	Для измерения емкости и индуктивности
Order Code SC- 405	Щупы с зажимом «крокодил»	1*	
МЕРА.6850.61.014	Кабель соединительный	1	Интерфейса СТЫК С2
ОЮ0.481.005 ТУ	Вставка плавкая ВП2Б-1В 0,5А 250 В	1	Установлена в приборе
USB A-B 1,8m	Кабель соединительный	1	Интерфейса USB
SCZ-1R	Шнур соединительный	1	Сетевой
МЕРА.323366.003	Футляр	1	Для хранения и транспортирования
<u>Эксплуатационная документация</u>			
МЕРА.411189.003РЭ	Мультиметр В7-87. Руководство по эксплуатации.	1	
МЕРА.411189.003ФО	Мультиметр В7-87. Формуляр	1	

* В комплект поставки входят по согласованию с заказчиком.

1.4 Устройство и работа

1.4.1 Устройство мультиметра иллюстрирует функциональная схема, показанная на рисунке 1.1. В нее входят устройства:

- обеспечивающие преобразование измеряемого параметра в напряжение и его измерение с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Так измеряется напряжение, сила тока и сопротивление постоянному току;

- обеспечивающие преобразование измеряемого параметра в частоту. Таким образом измеряется частота, индуктивность и емкость.

Выбор режима производится в зависимости от вида измеряемого параметра. Источником измеренных данных может быть АЦП или внутренний таймер микроконтроллера, с помощью которого определяется значение частоты.

1.4.2 Управление работой мультиметра осуществляется однокристалльным микроконтроллером. Микроконтроллер считывает данные из АЦП, измеряет частоту сигналов, управляет всеми измерительными процессами и алгоритмами, считывает данные клавиатуры, выводит показания на индикатор, генерирует звуки и организует обмен через интерфейс RS232 и USB. Он выполняет все вычислительные операции (обработка данных, цифровая фильтрация, формирование констант при калибровке, цифровая калибровка и линеаризация) и анализ состояния прибора. Непосредственно к портам микроконтроллера подключен индикатор, клавиатура и звонок. Микроконтроллер производит установку режимов измерения и пределов (состояния измерительной схемы), формируя сигналы управления реле (**Kx**) и электронными ключами (**Sx**) с помощью дополнительного сдвигового регистра.

1.4.3 В приборе применен однокристалльный интегрирующий 24-разрядный АЦП, который делает около 100 измерений в секунду и определяет скорость работы всех систем мультиметра. АЦП имеет дифференциальный измерительный вход (измеряет разность напряжений между входами **+In** и **-In**) и такой же дифференциальный вход опорного напряжения (**+Ref** и **-Ref**). Таким образом, показания АЦП определяются как отношение входного сигнала к опорному, а шкала АЦП определяется уровнем источника опорного напряжения (ИОН) и составляет ± 2.5 В. Опорный источник напряжения АЦП напряжением имеет высокую температурную стабильность и низкий уровень собственных шумов и обеспечивает измерение с разрешающей способностью лучше 0,001 % от верхнего значения шкалы АЦП.

1.4.4 При измерении постоянного напряжения происходит приведение уровня входного сигнала к шкале АЦП. Для этого применяется входной делитель с коэффициентом передачи деления $K_d = 1$ или 277 (образованный резисторами 10 МОм и 36 кОм) и входной усилитель **A4** с коэффициентом передачи $K_u = 0.1$, 1 или 10. Через контакты реле **DC/AC** сигнал подается на вход измерительного тракта постоянного тока. Состояние реле **DCR**, ключа **S1** и мультиплексоров **MUX1** и **MUX2** (в положении 1 или 2) определяют включенный предел измерения.

1.4.5 При измерении переменного напряжения сигнал подается на вход измерительного тракта переменного тока, построенный аналогично тракту постоянного тока. Сигнал поступает на вход преобразователя среднеквадратического значения (**RMS**) через контакты реле **DC/AC**, входной делитель с коэффициентом передачи деления $K_d = 1$ или 200 (образованный резисторами 1 МОм к 5 кОм) и входной усилитель **A5** с коэффициентом передачи $K_u = 1$ или 10. Для улучшения частотной характеристики входного делителя на его выходе включен повторитель напряжения **A1**. Состояние реле **ACR**, ключей **S2** и **S3** определяют включенный предел измерения. Причем ключ **S3** обеспечивает включение дополнительного ослабления в три раза выходного сигнала преобразователя СКЗ на старшем пределе измерения (700 В).

Измерение сигналов переменного тока производится в положении 3 мультиплексоров **MUX1** и **MUX2**.

Одновременно с этим со входа преобразователя СКЗ снимается сигнал, который после преобразования триггером Шмидта, подается на вход частотомера для определения частоты измеряемого сигнала.

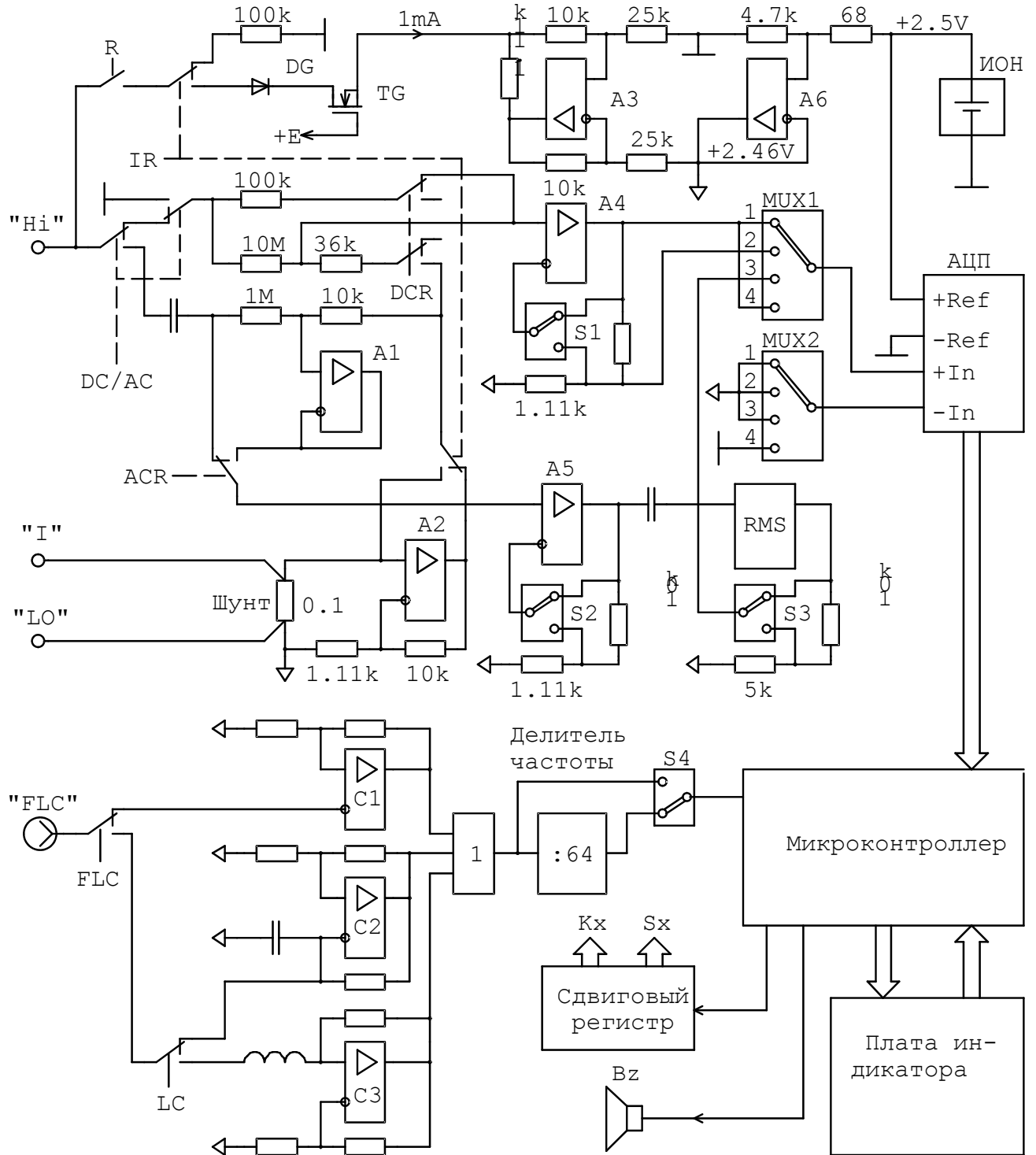


Рисунок 1.1 – Функциональная схема мультиметра

1.4.6 При измерении силы тока сигнал с токового шунта сопротивлением 0.1 Ом снимается непосредственно или с дополнительным усилением, которое обеспечивает малощумящий усилитель **A2** ($K_u = 10$). Далее напряжение подается в тракт измерения постоянного и переменного напряжения через на нижнее плечо входного делителя. Состояние реле **IR** и коэффициент передачи соответствующего тракта определяют включенный предел измерения.

1.4.7 При измерении сопротивления к входным клеммам подключается тракт измерения постоянного напряжения и замыкается реле **R**, через которое подается калиброванный ток величиной около 1 мА от стабилизатора тока **A3** или опорное напряжение -2.46 В через образцовый резистор сопротивлением 100 кОм (переключается контактами реле **IR**). На пределах 0.2 и 2 кОм сопротивление измеряется по падению напряжения на измеряемом резисторе при пропускании известного тока. При этом состояние схемы отличается только значением коэффициента передачи усилителя **A4** (соответственно $K_u = 10$ и ли 1). Эта же схема используется в режиме диодного теста с индикацией падения напряжения, с одним отличием – для расширения диапазона измерения напряжение с выхода усилителя **A4** подается на АЦП ослабленным в десять раз (в положении 2 мультиплексоров **MUX1** и **MUX2**).

На пределе 120 кОм измеряется падение напряжения на нижнем плече делителя, образованного измеряемым и образцовым резисторам, которое подается на вход АЦП с коэффициентом передачи $K_u = 1$. Измеряемое сопротивление вычисляется на основе известных значений сопротивления образцового резистора и опорного напряжения омметра.

На пределе 200 МОм измеряется падение напряжения на образцовом резисторе. Для этого мультиплексоры **MUX1** и **MUX2** переключаются в положение 4. Это возможно благодаря дифференциальному входу АЦП. Измеряемое сопротивление также вычисляется на основе известных значений сопротивления образцового резистора и опорного напряжения омметра.

1.4.8 АЦП как и микроконтроллер питается от однополярного источника +5В. Чтобы обеспечить возможность измерения двухполярных сигналов, в схему введен генератор виртуальной «земли» (повторитель напряжения **A6**), к потенциалу которой «привязаны» входные клеммы. Уровень виртуальной «земли» сформирован из опорного напряжения АЦП и используется в качестве источника опорного напряжения омметра. Для того, чтобы обеспечить возможность измерения этого напряжения с наивысшей точностью его значение установлено несколько ниже (+2,46 В) опорного напряжения АЦП.

1.4.9 При измерении частоты напряжение со входа **LCF**, подается на компаратор **C1**, который формирует сигнал, пригодный для подачи на цифровые входы микроконтроллера. В диапазоне частот до 3 МГц измеряемый сигнал подается непосредственно на микроконтроллер, а более высокие частоты предварительно делятся на 64. Предварительный делитель подключается ключом **S4**. Каждый цикл измерения частоты начинается с пробного измерения, при котором включается предварительный делитель. Длительность пробного измерения составляет около 100 мс. По результатам пробного измерения определяется необходимость использования предварительного делителя частоты и производится настоящее измерение длительностью около 1000 мс (это пределы 0,01 – 3 МГц и 3МГц – 1 ГГц), если установлено, что частота выше 10 кГц. Если определено, что частота ниже 10 кГц, то производится еще одно пробное измерение без предварительного делителя, по результатам которого определяется выбор одного из следующих четырех пределов с диапазонами 1000 – 10000 Гц, 100 – 1000 Гц, 10 – 100 Гц или 0.3 – 10 Гц. Измерение проводится по алгоритму измерения длительности 250, 50, 5 или 1 периода, соответственно, на указанных выше пределах. Частота заполнения при измерении длительности периодов составляет 1500 кГц, таким образом, обеспечивая разрешающую способность не менее 10^{-4} во всех точках шкалы измерения частоты. Длительность полного цикла измерения зависит от величины измеряемой частоты. Значение

цикла может быть в диапазоне от 250 мс до 15 с. Частота кварцевого генератора микроконтроллера является опорной для измерителя частоты и может корректироваться поправочным коэффициентом системы цифровой калибровки. В автоматическом режиме измеряются частоты ниже 24МГц, для измерения частот выше 24МГц, требуется установить фиксированный предел 1ГГц.

1.4.10 Измерение емкости и индуктивности производится с помощью преобразователей емкости и индуктивности в частоту. Преобразователь емкости построен по схеме RC-генератора (компаратор **C2**), период колебаний которого пропорционален значению емкости измеряемого конденсатора. Преобразователь индуктивности построен по схеме RL-генератор (компаратор **C3**), период колебаний которого пропорционален значению индуктивности измеряемой катушки. Преобразователи емкости и индуктивности подключается к входному разъему контактами реле **FLC** и **LC**, а выходные сигналы подаются на вход тракта измерения частоты. Схемы мультивибраторов обеспечивают генерацию колебаний при сколь угодно большом значении емкости и индуктивности, позволяя без переключения состояния схемы перекрыть весь измерительный диапазон. Измерение частоты при работе LC-метра ведется по тому же алгоритму, что и измерении частоты. Чтобы понизить начальную частоту мультивибраторов (при нулевом значении измеряемой емкости и индуктивности) в схему введены конденсатор, включенный параллельно измеряемой емкостью, и катушка, включенная последовательно с измеряемой индуктивностью. При этом устанавливается начальная частота генерации мультивибраторов в пределах от 500 до 800 кГц. Влияние длительности периода начальной частоты на результат измерения исключается операцией калибровки нуля. При этом появляется возможность учесть и «паразитные» параметры (емкость и индуктивность соединительных кабелей) устройства подключения конденсаторов и катушек.

1.4.11 Однокристалльный микроконтроллер содержит, помимо стандартных устройств (ОЗУ, ПЗУ и таймеров), электрически перепрограммируемую память (ЭНЗУ). В ЭНЗУ хранятся все калибровочные константы, служебные и идентификационные данные. При записи данных в ЭНЗУ применяется меры повышения надежности хранения, определения и устранения сбоев. При считывании данных всегда проверяются признаки сохранности, и при необходимости производится их восстановление.

1.4.12 Модуль двухстрочного жидкокристаллического индикатора (ЖКИ) имеет встроенный контроллер, сообщающийся с микро-ЭВМ по четырехразрядной шине данных (D4...D7). Передачу данных в модуль ЖКИ сопровождают сигналы на линиях управления: "РАЗРЕШЕНИЕ" (шины) и "ВЫБОР РЕГИСТРА" (команд или данных). Линия "ЧТЕНИЕ-ЗАПИСЬ" (направление передачи) индикатора заземлена, так как данные передаются только от микроконтроллера к ЖКИ. Клавиатура, организованная в виде делителя напряжения, опрашивается АЦП микроконтроллера.. Вывод на индикатор производится после завершения каждого измерительного цикла (с периодом 320 мс при использовании АЦП) или других событий, изменяющих состояние прибора. Опрос клавиатуры выполняется каждые 20 мс. Если кнопка нажата более 100 мс, то микроконтроллер определяет нажатие

1.4.13 Микроконтроллер воспроизводит звуковой сигнал при нажатии кнопок и других событиях, на которые оператор должен обратить внимание. Звуковая сигнализация формируется включением внутреннего программируемого таймера микроконтроллера. Тон (частота) звуков программируется, обеспечивая воспроизведения различных звуковых схем.

Нажатием кнопок «shift», « auto» звуковой сигнал можно отключить либо включить.

1.5 Средства измерений

1.5.1 Средства измерений, необходимые для поверки, регулировки и технического обслуживания мультиметра, приведены в таблице 6.2 раздела 6 «Методика поверки».

1.6 Маркирование и пломбирование

1.6.1 На лицевой панели нанесены наименование и тип прибора, наименование функций кнопочной панели, клемм входных напряжений и токов.

1.6.2 На задней панели нанесены:

- значение силы тока плавкой вставки;
- маркировка ввода сетевого кабеля;
- заводской номер и год изготовления прибора;
- обозначение разъема RS-232.
- обозначение разъема USB

1.6.3 Пломбирование прибора производится двумя пломбами на боковых стенках, расположенных под декоративными уголками.

1.7 Упаковка

1.7.1 В состав тары входят:

- транспортный ящик, предназначенный для перевозок прибора на большие расстояния и длительного хранения;
- укладочный ящик (футляр), предназначенный для кратковременного хранения прибора, а также для защиты от механических повреждений при транспортировании к месту эксплуатации. При поставке укладочный ящик находится внутри транспортного и содержит прибор и принадлежности, необходимые для работы с ним.

1.7.2 Распаковывание прибора производится в следующем порядке:

- снять верхнюю крышку ящика транспортного;
- обеспечить доступ к укладочному ящику (футляру);
- извлечь укладочный ящик;
- снять с укладочного ящика оберточную бумагу;
- извлечь прибор и принадлежности из укладочного ящика.

1.7.3 Повторное упаковывание прибора выполняется в следующей последовательности:

- поместить прибор и принадлежности в укладочный ящик;
- поместить укладочный ящик в полиэтиленовый пакет. Во избежание накопления влаги упаковку рекомендуется проводить в помещении с нормальным уровнем влажности;
- обернуть укладочный ящик оберточной бумагой и обвязать шпагатом;
- выстлать транспортный ящик внутри битумной бумагой;
- уложить на дно ящика картон гофрированный, выдержав толщину слоя 40 мм;
- поместить укладочный ящик в упаковку и заполнить пространство с боков и под верхней крышкой гофрированным картоном, обеспечив плотное заполнение;
- закрепить крышку ящика гвоздями;
- обить ящик металлической лентой;
- опломбировать ящик;
- маркировать ящик черной эмалью НЦ-11.

2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

2.1 Подготовка прибора к использованию

2.1.1 Меры безопасности

2.1.1.1 По степени защиты от поражения электрическим током мультиметр относится к классу защиты II по ГОСТ Р 51350.

2.1.1.2 Источниками опасного напряжения ~220 В, 50 Гц в приборе являются контакты сетевых предохранителей, сетевого выключателя, сетевого разъёма и выводы первичной обмотки сетевого трансформатора.

2.1.1.3 К использованию прибора допускаются лица, аттестованные для работы с напряжением до 1000 В, прошедшие инструктаж о мерах безопасности при работе с радиоизмерительными приборами и изучившие настоящее руководство по эксплуатации.

2.1.2 Подготовка к работе

2.1.2.1 Разместить прибор на рабочем месте с соблюдением требований удобства и безопасности при эксплуатации.

2.1.2.2 Проверить комплектность прибора и ознакомиться с руководством по эксплуатации.

2.1.2.3 Произвести внешний осмотр прибора и его принадлежностей на отсутствие:

- видимых механических повреждений;
- повреждения изоляции кабелей;
- коррозии корпуса, контактирующих поверхностей присоединительных устройств и принадлежностей.

2.2 Использование прибора и порядок работы

2.2.1 Передняя панель мультиметра

2.2.1.1 Передняя панель мультиметра В7-87 представлена на рисунке 2.1.

2.2.1.2 На передней панели мультиметра расположены индикатор, входные разъемы и клавиатура. На входные гнезда «Hi» и «Lo» подается измеряемое напряжение. К ним также подключаются измеряемые резисторы и проверяемые диоды (в режиме диодного теста). На входные гнезда «I» и «Lo» подается измеряемый ток. Сигнал измеряемой частоты подается на вход «LCF». К этому входу подключаются измеряемые конденсаторы и катушки индуктивности.

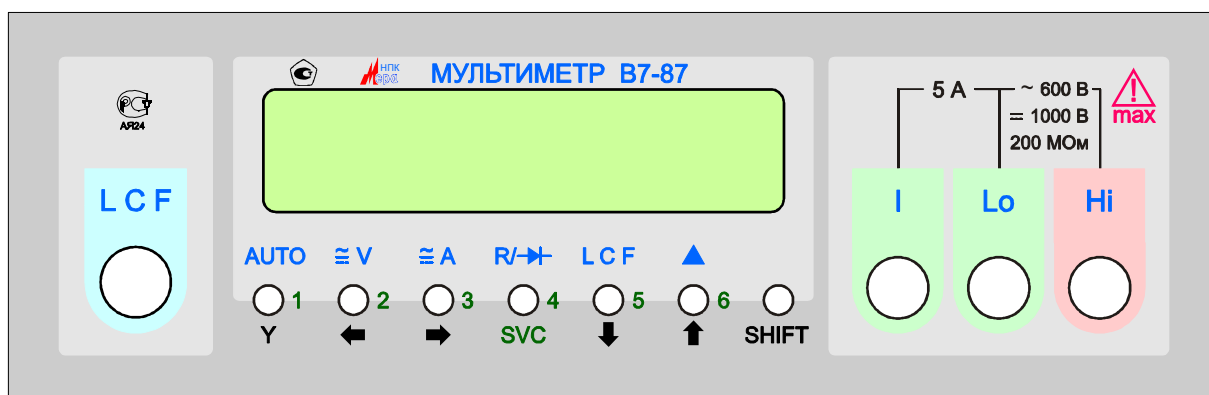


Рисунок 2.1 – Передняя панель мультиметра В7-87

2.2.2 Задняя панель мультиметра

2.2.2.1 На задней панели мультиметра расположены:

- входной разъём сетевого кабеля с держателем плавких предохранителей;
- разъём интерфейса RC-232C;
- разъём интерфейса USB
- выключатель питания.

2.2.3 Индикатор мультиметра

2.2.3.1 Данные о состоянии прибора и значения измеряемого параметра отображаются с помощью двухстрочного символьного жидкокристаллического индикатора. На индикаторе определены пять полей (А – Е), имеющих различное назначение и обозначенных на рисунке 2.2. Поля индикации разделены вертикальной линией.

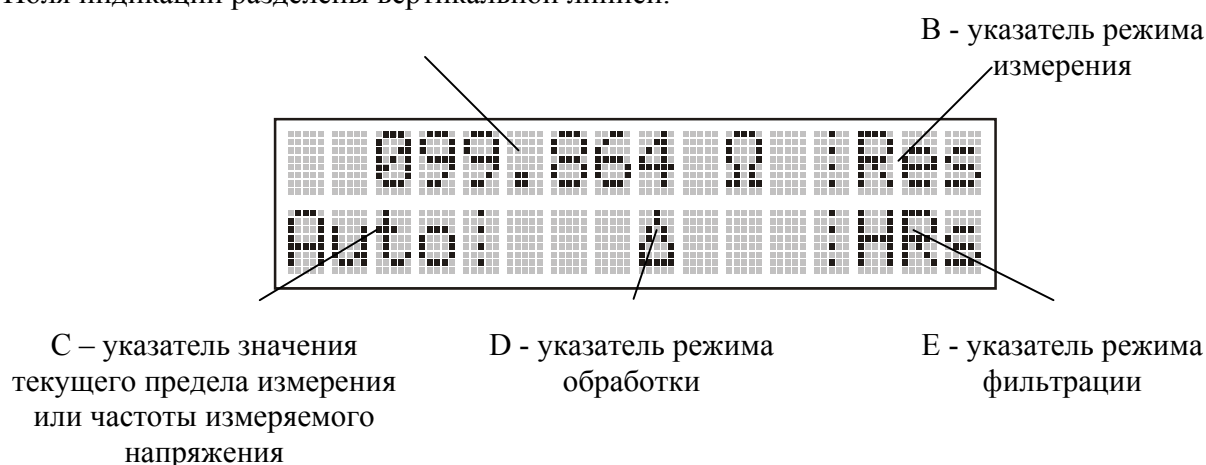


Рисунок 2.2 – Назначение полей индикатора прибора В7-87

2.2.3.2 Перечень сообщений, выводимых на индикатор, и комментарии к ним приведены в таблице 2.1. Цифровые данные показаны в виде примера. В правой колонке таблицы указан номер поля (от А до Е или номер строки 1 или 2), на котором появляется данное сообщение.

Цифровые данные и указатели режимов изменяются одновременно с изменением состояния прибора, вызванным нажатием кнопок или приемом интерфейсной команды. Цифровые данные об измеряемом параметре в режиме быстрых измерений представляются в формате 4.5-разрядной (± 20000 знаков) шкалы. Только в режиме измерения емкости и индуктивности используется 3.5-разрядная (± 2000 знаков) шкала. При установке других значений фильтра (с высоким разрешением) добавляется еще один десятичный разряд и показания отображаются в форматах 5.5-разрядной (± 200000 знаков) и 4.5-разрядной (± 20000 знаков) шкал соответственно. Данные, выраженные в процентах и децибелах, представляются в виде 4.5-разрядной (± 20000 знаков) или 5.5-разрядной (± 200000 знаков) шкал

Информационные сообщения появляются на индикаторе на короткое время и исчезают после устранения причин, вызвавших их, или по истечении заданного времени, или по завершении операции, например, сообщения об ошибках или перегрузке.

Диагностические сообщения, указывающие на неисправность прибора, прерывают его работу и устраняются только оператором нажатием любой кнопки клавиатуры.

Другие специальные сообщения (не приведенные в таблице 2.1) будут описаны далее в соответствующих разделах.

Таблица 2.1 – Сообщения индикатора мультиметра В7-80

Сообщения	Комментарии к сообщениям	Поле
Измеренные данные		
+10.000 V (пример)	Значение измеряемого параметра в формате, определенном его величиной. Цифровые данные измеряемого напряжения могут быть представлены в милливольтках (mV) или вольтах (V); тока – в миллиамперах (mA) или амперах (A); сопротивления – в Омах (Ω), килоомах (kΩ) или мегаомах (MΩ); частоты – в герцах (Hz), килогерцах (kHz) или мегагерцах (MHz); индуктивности – микрогенри (uH) или миллигенри (mH); емкости – в пикофарадах (pF), нанофарадах (nF) или микрофарадах (uF). Параметры постоянного тока отображаются со знаками полярности (“+” или “-”). В режимах измерения сопротивления, емкости и индуктивности при определении входного значения ниже уровня калибровки нуля данные отображаются со знаком “-” (отрицательными)	A
+001.23 mA (пример)	Значение вычисленных данных в режиме относительных измерений (Δ) в абсолютном виде с размерностью, соответствующей выбранному режиму измерения. Данные отображаются со знаками полярности (“+” или “-”) независимо от режима измерения	A
-00.55 % (пример)	Значение вычисленных данных в процентах со знаком полярности в режимах %Δ и %	A
-06.01 % (пример)	Значение вычисленных данных в децибелах со знаком полярности в режимах dB	A
Указатели режима измерения		
DCV	Измерение постоянного напряжения	B
DCI	Измерение постоянного тока	B
ACV	Измерение переменного напряжения	B
ACI	Измерение переменного тока	B
Res	Измерение сопротивления	B
Ind	Измерение индуктивности	B
Cap	Измерение емкости	B
Frq	Измерение частоты	B
-▶ -	Диодный тест	B
Указатели предела		
Auto	Включен режим автоматического выбора пределов измерения	C
20V (пример)	Включен предел 20 В	C
Указатель вида вычисленных данных		
Δ	Абсолютное отклонение	D
Δ %	Относительное отклонение (в процентах)	D
%	Относительное значение (в процентах)	D
dB	Относительное отклонение (в децибелах)	D

Продолжение таблицы 2.1

Сообщения	Комментарии к сообщениям	Поле
Указатель типа фильтра		
Spd	Быстрый фильтр	E
HRs	Быстрый фильтр с высоким разрешением	E
Std	Стандартный фильтр (средний)	E
Slw	Медленный фильтр	E
Указатель режима ввода		
Shift	Действует второе значение кнопок	D
SVC	Запрос разрешающего кода доступа к служебной операции	1
2344	Пример вводимого кода	2
Сообщения в режиме измерения		
OverLoad	Перегрузка по уровню измеряемого сигнала при измерении напряжения, тока или сопротивления	A
OL or DC	Перегрузка или разрыв цепи при измерении индуктивности	A
L > 200 mH	Превышения диапазона измерения индуктивности	
OL or SC	Перегрузка или замыкание цепи при измерении емкости	A
C>6000 uF	Превышения диапазона измерения емкости	A
Low Freq	Сигнал не обнаружен или его частота ниже 0.3 Гц	A
Служебные сообщения		
<u>DMM_V7-88_V1.00_Co2003</u>	Заголовок, дата и номер версии программы главной ЭВМ. Показывается при включении прибора	1, 2
<u>Test_CS_EEPROM</u>	Заголовок программы тестирования ЭНЗУ	1
<u>Checksum_OK</u>	Сообщение об успешном тестировании ЭНЗУ	1
<u>Restart</u>	Предупреждение о повторном запуске программы	1
<u>Init_EEPROM</u>	Предупреждение о записи исходных значений в ЭНЗУ	1
<u>Rd_EEPROM</u>	Индикатор процесса считывания или записи данных в ЭНЗУ (калибровочных коэффициентов)	2
<u>Wr_EEPROM</u>		2
<u>Elapsed time: 1234 h</u>	Время наработки прибора	1,2
<u>S/N:123456</u> <u>L/N:766578</u>	Идентификационные номера прибора	1,2
Диагностические сообщения		
<u>Error_CheckSum</u>	Обнаружена ошибка контрольной суммы данных ЭНЗУ	1
<u>Error_Wr_EEPROM</u>	Обнаружена ошибка при записи данных в ЭНЗУ	1

Продолжение таблицы 2.1

Сообщения при калибровке		
_Auto_Zero_	Заголовок калибровки нуля в режимах DCV, DCI и R	1
Error_Cal_Zero	Обнаружена ошибка при калибровке нуля (большое смещение)	1
_Auto_Scale_	Заголовок калибровки шкалы в режимах: DCV, ACV, DCI, ACI, R и диодного теста	1
Error_Cal_Scale	Обнаружена ошибка при калибровке шкалы (недопустимое значение калибровочного коэффициента или входного уровня)	1
Zero IC-meter	Заголовок калибровки нуля в режимах: L и C	1
Scale F L C	Заголовок калибровки шкалы в режимах: L, C и F	1
OK	Подтверждение успешности выполнения операции	1
AutoZ	Указатель – данные калибровки нуля	D
~100V (пример)	Указатель – номинальное значение калибровки	D
S11 (пример)	Указатель номера шага калибровки	E
Указатель режимов установки параметров		
Sound Signal	Заголовок при установке состояния звукового сигнала (нажатий клавиатуры и “прозвонки”)	1
RS232C: 19.2 KB	Заголовок при установке состояния последовательного интерфейса	1
Enable	Параметр разрешен (интерфейс и звуки)	2
Disable	Параметр запрещен (интерфейс и звуки)	2
Only Talk	Только передавать (через последовательный интерфейс)	2
Only Listen	Только принимать (через последовательный интерфейс)	2

* Примечание : При измерении переменного напряжения в режиме автоматического выбора предела , вместо аббревиатуры **AVTO** указывается частота измеряемого напряжения (нажатие кнопок «shift» , « дельта». По умолчанию - режим измерения с выключенным частотомером при этом параметры нормируются до частоты 100кГц.(режим **AUTO**).

2.2.4 Клавиатура мультиметра

2.2.4.1 Основной режим клавиатуры устанавливается автоматически при включении прибора в сеть и соответствует режиму измерения постоянного напряжения с автовыбором предела. В этом режиме производится выбор режимов измерения, переключение пределов, установка режимов фильтра и обработки измеренных данных. Каждый раз при включении нового режима измерения происходит отключение режима обработки измеренных данных, устанавливается самый быстрый фильтр, разрешается автоматический выбор пределов измерения. Выбор нового режима измерения производится последовательным нажатием соответствующей кнопки. Например: чтобы выбрать режим измерения частоты необходимо трижды нажать кнопку **LCF**. Заметим ,что кнопка « Δ » так же имеет несколько режимов: режим абсолютного отклонения величины измеряемого параметра, процентное отклонение , а так же отклонение выраженное в децибелах.

2.2.4.2 Все кнопки имеют второе назначение, вызываемое предварительным нажатием кнопки **Shift** в нормальном режиме клавиатуры. Состояние ожидания второго нажатия действует пока на индикаторе отображается сообщение «Shift». Таким образом включаются вспомогательные или редко используемые режимы.

2.2.4.3 Имеется режим, требующий ввода непосредственных цифровых данных. при вводе кодов доступа. код доступа должен быть целым положительным числом, содержащим не

более пяти цифр . Порядковые номера кнопок (слева направо) соответствуют числам 1,2,3,4,5,6 в режиме ввода кода доступа.

2.2.4.4 Назначение кнопок в режиме калибровки шкалы описано в разделе .п1.4.

2.2.4.5 Другие операции с использованием клавиатуры будут описаны в соответствующих разделах.

2.2.5 Измерение напряжения

2.2.5.1 Режим измерения напряжения включается кнопкой $\boxed{=V}$. Измеряемое напряжение подается на входы **Lo** и **Hi** прибора. Постоянная составляющая входного напряжения измеряется в режиме **DCV** . При этом переменная составляющая подавляется аналоговым входным фильтром высокого порядка с постоянной времени около 25 мс и дополнительным цифровым фильтром, выбираемым пользователем.

2.2.5.2 Переменная составляющая входного напряжения измеряется в режиме **ACV** . При этом постоянная составляющая не оказывает влияние на показания за счет наличия разделительного конденсатора. Преобразователь переменного напряжения мультиметра обеспечивает измерение истинного среднеквадратического значения (СКЗ) с высоким коэффициентом амплитуды. Постоянная времени аналогового фильтра преобразователя составляет около 120 мс и обеспечивает эффективное измерение сигналов низких частот, выше 20 Гц. Для уменьшения погрешности измерения , возможно применение режима с параллельным измерением частоты входного сигнала (см . Таблицу 1.2). Данный режим включается в режиме «Shift». , нажатием кнопки «Δ». Повторное нажатие «Δ» отключает режим измерения частоты . При этом о диапазоне измерения и погрешности надо руководствоваться таблицей 1.2.1.

2.2.5.3 При измерении постоянного напряжения входное сопротивление изменяется в зависимости от включенного предела измерения (или от уровня изменяемого напряжения). На пределах **0.2 В** и **2 В** оно очень велико, а при измерении напряжений выше 2 В включается входной делитель и входное сопротивление снижается до 10 МОм. При перегрузке (подаче высокого напряжения на низковольтный предел) входное сопротивление может снижаться до 150 кОм.

2.2.5.4 Для измеряемых сигналов переменного тока входное сопротивление постоянно и составляет 1 МОм. Для постоянной составляющей входное сопротивление очень велико, так как на входе имеется разделительный конденсатор. При подаче высокого напряжения на низковольтный предел входное сопротивление снижается до 150 кОм для низкочастотных сигналов и до 3-5 кОм для высокочастотных.

2.2.5.5 Прибор рассчитан на подачу любого уровня напряжения в пределах нормируемого диапазона и система АВП установит необходимый предел измерения. Однако подача высокого напряжения на прибор является “стрессовой” ситуацией, так как во время переключения пределов происходит неизбежная коммутация высокого напряжения и искрение контактов реле. Это снижает их ресурс и при частом повторении приводит к появлению признаков неисправности (нестабильности и повышению погрешности при измерении низких уровней и сопротивления). Поэтому:

Измерение уровней (амплитуд) напряжений более 200В производить только в режиме фиксированного предела 1000В [700В (перемен.)] !

2.2.5.6 Для надежной работы прибора имеет значение соотношение максимальной частоты и амплитуды измеряемого сигнала (частотный фактор). Во всех случаях произведение амплитуды измеряемого напряжения (именно амплитуды) на частоту не должно превышать 20000000 В·Гц. Например, случай измерения синусоидального сигнала напряжением 200 В

(амплитуда 282 В) и частотой 100 кГц является недопустимым. При приближении частотного фактора измеряемого сигнала к допускаемому пределу (более 5000000 В·Гц) необходимо **заранее устанавливать необходимый предел вручную.**

2.2.6 Измерение силы тока

2.2.6.1 Режим измерения силы тока включается кнопкой $\boxed{=A}$. Измеряемый ток подается на входы **Lo** и **I** прибора. Измерение силы тока производится на одном встроенном шунте сопротивлением 0.1 Ом. Переключение пределов измерения осуществляется изменением коэффициента усиления измерительного тракта.

2.2.6.2 Независимо от выбранного режима измерения силы тока (постоянной или переменной составляющих), через токовый шунт протекают обе составляющие. Это нужно учитывать при измерении комбинированных сигналов, у которых одна из составляющих значительно превышает другую и может вызвать перегрев шунта.

2.2.7 Измерение сопротивления, диодный тест и “прозвонка”

2.2.7.1 Режим измерения сопротивления постоянному току включается кнопкой \boxed{R} . Измеряемое сопротивление подключается на входы **Lo** и **Hi** прибора. Измерение сопротивления производится на четырех пределах – **0,2 кОм, 2 кОм, 120 кОм и 200 МОм**. На первых двух пределах сопротивление измеряется по падению напряжения при пропускании стабильного тока 1 мА, Высокоомные сопротивления измеряются по схеме делителя напряжения с участием образцового резистора 100 кОм и источника опорного напряжения с номинальным значением 2,46 В. При этом измерительный ток цепь, определяется суммарным сопротивлением цепи.

2.2.7.2 Для проверки диодов предусмотрен специальный режим с индикацией напряжения на выходных клеммах **Hi** и **Lo** при пропускании тока 1 мА. При этом на клемму **Hi** подается отрицательная полярность (как и при измерении сопротивления). Максимальное индицируемое напряжение составляет 5,5 В, что позволяет проверять не только диоды, но и стабилитроны и светодиоды. Режим тестирования включается двойным нажатием кн.R. Когда напряжение на проверяемом элементе или проверяемой цепи не превышает 0.1 В, включается звуковой сигнал. Такой режим, называемый “прозвонкой”, позволяет осуществлять проверку наличия цепи на слух (не наблюдая за индикатором). При необходимости звуковой сигнал может быть отключен (смотри п.2.2.16).

2.2.8 Измерение емкости и индуктивности (LC-метр)

2.2.8.1. Измеряемый конденсатор или катушка индуктивности подключаются на вход “LCF” (байонетный разъем) с помощью кабеля, специального присоединительного устройства (адаптера) или иным образом.

ВНИМАНИЕ! Измерение емкости и индуктивности разрешается производить только в обесточенных цепях! Конденсаторы перед измерением - разряжать! Игнорирование этих требований может привести к выходу прибора из строя. Предельное напряжение (амплитудное значение), кратковременно подаваемое на входы измерения емкости и индуктивности не должно превышать 15 В. Измерение емкости менее 10пФ производить в воздухе (Для исключения влияния диэлектрической проводимости поверхности стола).

2.2.8.2 При работе прибор осуществляет автоматический выбор пределов таким образом, чтобы обеспечить измерение емкости или индуктивности с наилучшей разрешающей способностью и режим АВП не может быть отключен.

2.2.8.3 Измерение проводится включением компонента в схему мультивибратора, период колебаний которого пропорционален определяемой емкости или индуктивности. Таким образом, частота на которой производится измерение, непостоянна и зависит от величины реактивности, и тем ниже, чем больше емкость или индуктивность. Показания измерителя емкости и индуктивности также зависят от добротности конденсаторов и катушек в той степени, в которой они влияют на постоянную времени мультивибратора.

2.2.8.4 Время измерения индуктивности практически не зависит от величины измеряемого параметра и приблизительно равно 500 мс. Время измерения емкости может быть значительным и достигать 10 - 15 с. Это обусловлено тем, что, например, при подключении конденсатора емкостью всего 1000 мкФ частота измерительного мультивибратора составляет около 0,6 Гц, требуя для измерения одного периода 2 - 3 с времени.

2.2.8.5 Прибор рассчитан на измерение катушек индуктивности до 200 мГн и емкости до 6000 мкФ. Когда обнаруживается превышение предела измерения, вместо цифровых данных выдается соответствующее сообщение (смотри таблицу 2.1). В случаях, когда колебания мультивибратора не обнаружены или период колебаний слишком велик, на индикатор выдаются сообщения о возможной ошибке подключения (смотри таблицу 2.1).

2.2.9 Измерение частоты

2.2.9.1. Прибор имеет возможность измерять частоту в двух режимах:

а . Режим выбора частотомера - трехкратное нажатие кн.LCF . При этом характеристики входного сигнала определяются таблицей 1.5

б . Режим « ACV» (« SHIFT» + «Δ».) Характеристики входного сигнала определяются таблицей 1.5.1. Данный режим удобен для измерения уровней сигнала менее 250мВ и более 50В

2.2.9.2 В режиме выбора частотомера , входной формирователь не имеет разделительного конденсатора и поэтому прибор не может измерять частоту сигналов, имеющих постоянную составляющую, например, таких как на выходе стандартных цифровых микросхем. При необходимости измерения частоты таких сигналов необходимо включить на входе дополнительный разделительный конденсатор.

2.2.9.3 При работе прибор осуществляет автоматический выбор предела измерений таким образом, чтобы обеспечить измерение частоты с наилучшей разрешающей способностью и в режиме АВП может измерять частоты до 24МГц. Для измерения высоких частот требуется установка предела 1ГГц.

2.2.9.4 При подаче на вход сигналов с частотой выше нормированного диапазона измерения прибор дает неправильные показания, то есть никаких сообщений о перегрузке не предусмотрено (это состояние невозможно однозначно установить). При малой амплитуде сигнала, при большом постоянном смещении на входе или отсутствии сигнала выдается соответствующее сообщение (смотри таблицу 2.1).

2.2.10 Автоматический выбор пределов измерения и защита от перегрузки

2.2.10.1 Система АВП всегда включается при выборе нового режима измерения и при необходимости может быть отключена (кнопкой), а нужный предел выбран вручную (кнопкой <= при нажатой кнопке shift). В режимах измерения емкости, индуктивности и частоты режим АВП не может быть отключен, так как является встроенной функцией алгоритма измерения.

2.2.10.2 Значения границ пределов измерения, используемые для управления системой АВП, приведены в таблице 2.2. Когда измеряемое значение достигает верхней границы, производится переход на следующий предел измерения. При этом, масштаб показаний меняется строго на границе между пределами. Если АВП запрещен или прибор уже находится на верхнем

пределе измерения, то выдается сообщение о перегрузке (смотри таблицу 2.1). При достижении нижней границы производится переход на нижний предел измерения с одновременным изменением масштаба показаний. Измерения в диапазоне ниже нижней границы АВП не запрещены и не сопровождаются никакими сообщениями, кроме особых случаев в режимах измерения частоты, емкости и индуктивности. Наложение значений диапазонов измерения соседних пределов обеспечивает устойчивость системы АВП, хотя и может вызвать некоторые неудобства для пользователя, ввиду почти неизбежной разницы в показаниях при наличии одного и того же уровня. Если такая неопределенность недопустима, то следует выбрать предел вручную.

Таблица 2.2 – Значения пределов измерения

Режим	Предел	Нижняя граница	Верхняя граница	Режим	Предел	Нижняя граница	Верхняя граница
DCV	0,2 В	0 В	±0,23 В	R	0,2 кОм	0 кОм	0,23 кОм
	2 В	±0,21 В	±2,2 В		2 кОм	0,21 кОм	2,3 кОм
	20 В	±2,1 В	±23 В		120 кОм	2,07 кОм	150 кОм
	200 В	±21 В	±230 В		200 МОм	114 кОм	200 МОм
	1000В	±210 В	±1000В	DCI	0,2 А	0 А	±0,23 А
ACV	0,2 В	0 В	0,22 В		2 А	±0,21 А	±2,3 А
	2 В	0,21 В	2,3 В		5 А	±2,1 А	±6 А
	20 В	2 В	23 В	ACI	0,2 А	0 А	0,23 А
	200 В	21 В	230 В		2 А	0,21 А	2,3 А
	700В	210 В	700В		5 А	2,1 А	6 А
→ ←	5 В	0 В	±5,5 В	Frq	1ГГц	0,3ГГц	Не определена
Ind	200 мГн	0	550 мГн	Cap	5000мкФ	0	6000 мкФ

2.2.10.3 Сообщение о перегрузке прибора при измерении напряжения или силы тока сигнализирует о наличии опасности для прибора – превышении допустимого входного уровня. О том, что необходимо срочно устранить причину перегрузки. Это же сообщение для других режимов измерения служит указанием того, что измеряемый параметр вышел из диапазона измерений.

2.2.11 Обработка измеренных данных

2.2.11.1 В приборе имеется пять программ обработки измеренных данных. Режим обработки включается нажатием кнопки «дельта» прибор начинает показывать значения результата вычисления по одной из выбранных программ, начиная с абсолютного отклонения (режим Δ) Все виды обработки измеренных данных выполняются во всех режимах измерений без исключения. Выключить режим обработки можно только повторным нажатием кнопки используемого режима измерения (начать измерения сначала).

Все режимы обработки измеренных данных выполняются в пределах всей шкалы используемого вида измерения. Имеются ограничения только на максимальные значения при вычислении децибел (максимальное значение $\pm 199,999$ дБ), процентов (максимум ± 199999 %)

2.2.11.2 Вычисление абсолютного отклонения Δ осуществляется в соответствии с выражением (2.4):

$$\Delta = X_0 - X_{BX} \quad (2.4)$$

где X_0 - опорное (начальное) значение измеряемого параметра, зафиксированное в момент включения режима вычислений;

X_{BX} - текущее значение измеряемого параметра.

При вычислении абсолютного отклонения сигналов постоянного тока (и параметров представляемых числом со знаком) учитывается знак полярности. Режим измерения отклонения можно использовать для компенсации начального смещения или влияния измерительной цепи, например, при измерении малых напряжений, сопротивлений, емкости или индуктивности.

2.2.11.3 Вычисление относительного отклонения $\Delta\%$ осуществляется в соответствии с выражением (2.5):

$$\Delta\% = \frac{X_0 - X_{BX}}{X_0} \times 100 \quad (2.5)$$

Режим измерения отклонений можно использовать для измерения, например, нестабильности напряжения, приращения частоты, компенсации начального смещения.

Режим измерения относительного отклонения можно использовать для измерения относительного отклонения параметра от номинального значения.

2.2.11.4 Вычисление отношения к опорному уровню с отсчетом в процентах % (опорное значение принимается за 100 %). Отсчеты вычисляются по формуле (2.6):

$$\Delta\% = \frac{X_0 - X_{BX}}{X_0} \times 100 \quad (2.6)$$

Режим измерения отношения в процентах можно использовать для измерения, например, коэффициента передачи или нелинейности преобразования электронных устройств.

2.2.11.5. Вычисление отношения к опорному уровню с отсчетом в децибелах **dB** (опорное значение принимается за 0 дБ в соответствии с выражением (2.7)):

$$dB = 100 \cdot \lg\left(\frac{X_{BX}}{X_0}\right) \quad (2.7)$$

Режим измерения отношения в децибелах можно использовать для измерения, например, коэффициента передачи и неравномерности частотной характеристики устройств переменного тока. При вычислении отношения уровней в децибелах полярность показаний игнорируется (все отсчеты считаются положительными).

2.2.11.6 Соответствующие сообщения о включенном режиме обработки всегда выводятся на индикатор (смотри таблицу 2.1)

2.2.11.7 Обработанные данные выдаются только на индикатор, а в последовательный интерфейс всегда передаются первичные показания.

2.2.12 Фильтрация измеренных данных и время измерений

2.2.12.1 Аналого-цифровой преобразователь работает непрерывно и производит 100 измерений в секунду. Из шестнадцати последовательных результатов АЦП формируется отсчет,

определяющий интегральное значение измеряемого напряжения за период 160 мс (6.25 измерений в секунду). Очередное значение полученного отсчета выводится в интерфейс, если передача данных не запрещена. С такой же высокой скоростью работает система АВП (независимо от режимов фильтрации).

2.2.12.2 Смена данных на индикаторе производится реже - с частотой 3.125 Гц (с периодом 320 мс), чтобы обеспечить более комфортное их восприятие оператором. Данные, выводимые на индикатор, кроме масштабирования, цифровой калибровки и математической обработки по формулам (смотри раздел п.2.2.11), подвергаются дополнительной цифровой фильтрации. Предусмотрено четыре вида цифровой фильтрации. Их параметры приведены в таблице 2.7.

2.2.12.3 В режимах измерения емкости, индуктивности и частоты время измерения зависит от величины измеряемого параметра. Скорость получения отсчетов находится в пределах от 0,4 с до 15 с. При включении медленных фильтров время установления показаний увеличивается пропорционально текущему времени измерений без фильтра. Для таких случаев в таблице 2.3 указано время установления показаний, выраженное количеством отсчетов.

2.2.12.4 Разрешающая способность показаний зависит от режима измерений (переключается shift + =>) и всегда увеличивается на один десятичный разряд при включении режимов **HRs**, **Std** и **Slw**. Это относится и к показаниям, полученным в режиме обработки данных.

Таблица 2.3 – Параметры цифровой фильтрации

Режим фильтра	Формула	Время установления показаний до 0,01 %	Разрешающая способность
Быстрый (Spd)	Усреднение пары отсчетов АЦП: $Y_n = 0.5 \cdot X_{n1} + 0.5 \cdot X_{n2}$	0,32 с	Нормальная
Быстрый с высоким разрешением (HRs)	Для режимов Frq , Ind и Cap $Y_n = X_n$	0,32 с	Включается дополнительный младший разряд
Стандартный (Std)	Фильтр первого порядка: $Y_n = 0.5 \cdot X_n + 0.5 \cdot Y_{n-1}$	2,1 с (13 отсчетов)	
Медленный (Slw)	Фильтр второго порядка: $Y_n = 0.1176471 \cdot X_n - 0.4235294 \cdot Y_{n-2} + 1.305882 \cdot Y_{n-1}$	6 с (36 отсчетов)	
X _n – значение текущего отсчет, Y _n – значение текущих показаний, Y _{n-1} и Y _{n-2} – значения предыдущего и предпредыдущего показаний.			

2.2.13 Калибровка нуля

2.2.13.1 Калибровка нуля измерительного тракта необходима для коррекции смещения, возникающего под действием внешних факторов, в первую очередь температуры. Необходимо также заметить, что погрешность прибора нормируется с учетом калибровки нуля (в течение одного часа после калибровки). Необходимость проведения калибровки определяется

пользователем в зависимости от характера выполняемых измерений и стабильности нулевых показаний (нулевом значении измеряемого параметра).

2.2.13.2 Имеется две процедуры калибровки нуля:

1) многошаговая калибровка смещения всех пределов измерения постоянного напряжения, тока и сопротивления, а также определение напряжения опорного источника, применяемого в схеме измерения сопротивлений. В процессе калибровки выполняются операции измерения собственного смещения нуля прибора при закороченном входе (параметры приведены в таблице 2.4). При этом прибор автоматически переключает пределы, а результаты калибровочных измерений выводятся на индикатор. После выполнения калибровки нуля прибор переходит в режим измерения постоянного напряжения;

2) одноступенчатая калибровка начальной емкости или индуктивности LC-метра. После чего прибор возвращается к текущему режиму измерения.

Выбор процедуры калибровки осуществляется автоматически в зависимости от текущего режима работы. В режимах измерения переменного напряжения или силы тока вызов калибровки нуля запрещен. Данные калибровочных измерений запоминаются в ЭНЗУ в качестве калибровочных констант, а затем вычитаются из показаний соответствующего предела.

2.2.13.3 В процессе калибровки нуля производится проверка фактического смещения нуля. Если обнаруживается, что смещение превышает допустимое значение (смотри таблицу 2.8), то калибровка прерывается и появляется соответствующее сообщение (смотри таблицу 2.1) выдается звуковой сигнал. После этого прибор блокируется в этом состоянии, ожидая нажатия любой кнопки. Ошибка калибровки может возникать из-за большого напряжения смещения нуля входного усилителя или некачественного закорачивания входных клемм, или слишком большого сопротивления входной цепи.

2.2.13.4 Благодаря тому, что данные калибровки хранятся в ЭНЗУ, нет необходимости в частой калибровке нуля. Практически калибровку нуля требуется проводить только при регулярной калибровке прибора (проверке) и при эксплуатации в условиях, значительно отличающихся от условий калибровки. Для компенсации влияния входного кабеля в режиме измерения сопротивления рекомендуется пользоваться функцией Δ (измерение отклонения), которая намного удобнее и действует только на текущем режиме измерения.

2.2.13.5 Автоматическая калибровка нуля (режимов АЦП) выполняется после непродолжительного прогрева прибора (не менее 20 мин). Ее нужно проводить в тех случаях, когда имеющееся смещение влияет на результаты измерений. Для проведения калибровки нуля необходимо:

1) замкнуть входные клеммы **Hi** и **Lo** тем же кабелем, который будет использоваться для измерений с учетом всей длины измерительных линий. Это особенно важно для режима измерения сопротивления, так как позволяет скомпенсировать начальное сопротивление всей измерительной цепи. Клемма **I** должна быть отключена;

2) последовательно нажать кнопки **[Shift]** и **[стрелка вниз]**.

Калибровка нуля длится не более 30 с и может проводиться неограниченное число раз. Успешным выполнением всех шагов калибровки считается отсутствие сообщения об ошибке. Во всех сомнительных случаях калибровку рекомендуется повторять до достижения желаемого результата - получения минимальных показаний при замкнутом входе. В процессе калибровки на индикаторе отображаются показания, соответствующие текущему значению смещения нуля и калибруемому режиму измерения (в верхней строке), калибруемому пределу и номеру шага калибровки (в нижней строке).

Таблица 2.4 – Параметры системы калибровки нуля

Шаг калибровки	Предел измерения	Допускаемое значение	Примечание
В режиме АЦП			
0	0.2 В	±1 мВ	Коррекция смещения нуля тракта в режиме измерения постоянного напряжения
1	2 В	±10 мВ	
2	20 В	±100 мВ	
3	200 В	±1 В	
4	1000В	±10 В	
5	0.2 кОм	±1 мВ (±1 Ом)	Коррекция начального смещения в режиме измерения сопротивления
6	2 кОм	±10 мВ (±10 Ом)	
7	120 кОм	±10 мВ (±400 Ом)	
8	200 МОм	±10 мВ	
9	5 В	±100 мВ	Коррекция смещения в режиме диодного теста
10	0.2 А	±200 мкВ (±2мА)	Коррекция смещения нуля в режиме измерения постоянного тока
11	2 А	±2 мВ (±20мА)	
12	5 А	±20 мВ (±0.2 А)	
13	2,5 В	2,4 – 2,5 В	Калибровка $U_{оп} = 2,46 В$
В режиме LC-метра			
L (LC-метра)	-	$F_{RL} > 200 \text{ кГц}$ ($< 150 \text{ мкГн}$)	Калибровка начальной индуктивности
C (LC-метра)	-	$F_{RC} > 200 \text{ кГц}$ ($< 2000 \text{ пФ}$)	Калибровка начальной емкости
Допускаемое значение приведено к входу усилителя (с учетом коэффициента передачи), на который подается измеряемый сигнал. Для LC-метра указано допускаемое значений частоты мультивибраторов.			

2.2.13.6 Нуль LC-метра обеспечивает снижение погрешности при измерении малых значений емкости или индуктивности. Алгоритм коррекции смещения LC-метра включает операции измерения, запоминания и вычитания из показаний начального значение емкости или индуктивности входной цепи. Для проведения калибровки необходимо соблюдать следующую последовательность действий:

1) обеспечить состояние разомкнутой измерительной цепи в режиме измерения емкости и замкнутой при измерении индуктивности. Если измерения предполагается проводить с помощью измерительного кабеля, то и калибровку необходимо выполнять, подключив его заранее (замкнув концы перед измерением индуктивности).

2) установить необходимый режим измерения **Ind** или **Cap**. Если показания прибора (начальное значение емкости или индуктивности) не превышают допускаемую погрешность предполагаемых измерений, то калибровку можно не проводить, а ограничиться применением режима Δ (измерение отклонения);

3) если калибровка необходима, то последовательно нажать кнопки **Shift** и **стрелка вниз**. Калибровка нуля длится не более 3 с;

4) убедиться в успешности проведенной калибровки и при необходимости повторить ее.

Величины внешних начальной емкости или индуктивности не должны превышать значений, указанных в таблице 2.4. В противном случае на индикаторе появится

соответствующее сообщение (смотри таблицу 2.1). Когда калибровка проходит успешно, полученное значение записывается в энергонезависимую память.

2.2.14 Управление звуковой сигнализацией

2.2.14.1 В приборе применено звуковое сопровождение следующих событий:

- вызов внимания оператора при возникновении неисправностей или серьезных ошибок (длинный однотональный сигнал);
- подтверждение успешного завершения операции, например, считывания правильных калибровочных констант
 - важных операции (короткой однотональный сигнал);
 - нажатий кнопок (короткий сигнал);
 - замыкания цепи при “прозвонке” (непрерывный однотональный сигнал).

2.2.14.2 Сигналы, сопровождающие нажатие кнопок и “прозвонку”, могут быть отключены и включены вновь последовательным нажатием кнопок **Shift** и **AUTO**

2.2.15 Сервисные функции

2.2.15.1 Функции, не требующие частого использования, а также вспомогательные и технологические процедуры доступны только после ввода цифрового кода. Перечень функций, необходимых для работы и обслуживания прибора приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 - Сервисные функции

Наименование	Назначение	Раздел руководства	Код
Интерфейсные функции	Выключить интерфейс полностью	п.2.2.18	2
	Включить интерфейс в режим приема (только принимать команды)		3
	Включить интерфейс в режим передачи (только передавать данные)		4
	Включить интерфейс в режим приема и передачи (полный интерфейс)		5
Просмотр информации	Отображение текущей наработки, серийного и учетного номеров	п.2.2.17.3	нет
	Отображение значения полной наработки прибора	п.2.2.17.3	6
Контрольная сумма	Отображение значения контрольной суммы прибора.	2.2.17.4	333
Вкл / Выкл Режима дист. упр.	Блокировка клавиатуры и управление прибором через внешний интерфейс.	2.2.17.5	36
Идентификация	Ввод учетного номера	п.2.2.17.5	2465

2.2.15.2 Нажатием кнопок **Shift** и **Svc** включается режим ввода кода доступа к операциям обслуживания. После появления соответствующего сообщения (смотри таблицу 2.1) прибор ожидает ввода цифрового кода. С помощью клавиатуры вводится и редактируется значение кода (смотри указания таблицы 2.5). Набранное значение подтверждается нажатием кнопки **Y**. При вводе неправильного кода выдается сообщение об ошибке и прибор ожидает

повторения ввода. Вводимый код доступа не должен содержать более четырех цифр. Ввод лидирующих нулей необязателен.

2.2.15.3 Пользователю прибора доступна информация о времени наработки прибора, которая ВСЕГДА вычисляется автоматически при включении прибора. Имеется два параметра наработки: общая наработка (считается с момента изготовления) и текущая наработка, которая может сбрасываться при очистке ЭНЗУ. Для просмотра указанных данных необходимо ввести код, указанный в таблице 2.5.

2.2.15.4 Значение контрольной суммы является величиной индивидуальной для каждого прибора и отображается на экране при вводе сервисного кода.

2.2.15.5 Пользователю прибора доступна функция включения – выключения режима дистанционного управления. В данном режиме блокируется клавиатура мультиметра и управление осуществляется только через интерфейс прибора.

2.2.16 Использование интерфейса (режима дистанционного управления)

2.2.16.1 Последовательный интерфейс мультиметра СТЫК С2 (RS-232C) и USB обеспечивает возможность подключения прибора к компьютеру, имеющему стандартный последовательный порт (COM-порт) или порт USB. Схема интерфейса гальванически развязана от входов мультиметра на полное рабочее напряжение. Схема интерфейса не имеет собственного источника питания. Она формирует напряжения из сигналов, подающихся от компьютера.

2.2.16.2. Подключение прибора к компьютеру осуществляется посредством специального кабеля (входит в комплект поставки). Схема соединения прибора с компьютером приведена на рисунке 2.3.

2.2.16.3 Обмен данными при работе прибора с последовательным интерфейсом происходит в дуплексном (полном) режиме с использованием следующего протокола приема-передачи:

- вывод данных через последовательный интерфейс происходит после вычисления значения очередной выборки. Формат выводимых данных представлен в таблице 2.6. Данные представлены в виде текстовой строки постоянной длины, содержащей заголовок, цифровые данные с десятичной точкой и размерность показаний. Заголовок и размерность цифровых данных однозначно указывают вид измерений;

- управление прибором осуществляется подачей текстовой строки, содержащей символы, обозначающие код логического номера кнопки, то есть реализуется режим дублирования нажатий клавиатуры. Значения управляющих символов представлены в таблице 2.6;

2.2.16.4 Работа мультиметра в измерительных системах с интерфейсом USB (универсальная последовательная шина) осуществляется через разъем USB, расположенный на задней панели, посредством кабеля USB A-B из комплекта поставки прибора. При подключении преобразователя к компьютеру в операционной системе появляется новый виртуальный COM-порт. Количество виртуальных COM-портов ограничивается только количеством физических USB-портов. Для правильной работы преобразователя USB-COM необходима установка (установка) в систему его драйвера, соответствующего операционной системе, поставляемого вместе с преобразователем. Настройка виртуального COM-порта не отличается от настройки параметров физического COM-порта.

2.2.16.5 После включения прибора и перезагрузки системы интерфейс находится в режиме приема. Чтобы включить другой режим работы (только передавать, принимать и передавать) необходимо воспользоваться сервисными функциями (смотри раздел п.2.2.17), при этом первый символ, полученный прибором через интерфейс после включения игнорируется.

2.2.16.6 Программы приема команд и передачи данных работают совершенно независимо (асинхронно). Единственным ограничением скорости подачи команд является физическая возможность их исполнения прибором. При приеме команд предусмотрен одноступенчатый конвейер – пока текущая команда (строка) обрабатывается, следующая команда (строка) уже может приниматься без потерь. Командная строка может содержать от одного до двадцати символов, дублирующих нажатие клавиатуры и указанных в таблице 2.6. Например, команда “45” включает калибровку нуля, а команда “72222” – режим измерения переменного напряжения на пределе **700В**. Длинные командные строки возможны, но бесполезны. Так, например, через интерфейс можно одной командой включить режим обработки данных и ввести желаемые значения констант, но получить через интерфейс обработанные данные невозможно. Во-вторых, скорость исполнения команд намного меньше скорости приема. Принятая команда начинает обрабатываться после приема символа разделителя CR(0Dh). При обработке принятой строки каждый символ преобразуется в команду, имитирующую нажатие соответствующей кнопки. Принятые команды имеют самый низкий уровень приоритета и исполняются при отсутствии других событий. Поэтому скорость обработки одного символа в среднем составляет около 50 мс на символ.

2.2.16.7 Темп выдачи данных определяется только скоростью работы АЦП (6.25 измерений в секунду) или скоростью измерения частоты (от 0,07 до 3 измерений в секунду). Выдаваемые данные не зависят от включенного режима обработки или фильтрации.

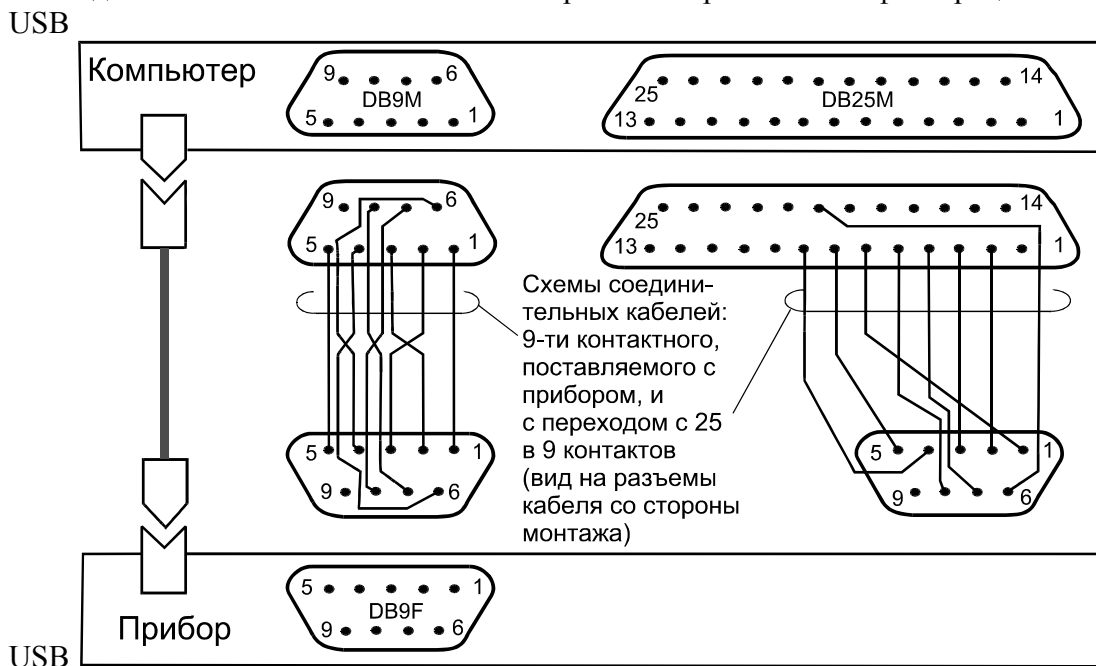


Рисунок 2.3 – Схема подключения прибора к портам компьютера

Таблица 2.6 – Формат передаваемых данных

Структура строки передаваемых данных	Заголовок данных + – положительных, - (знак минус) – отрицательных, А – переменного тока				Размерность данных в V – вольтах, А – миллиамперах О – килоомах, N – нанофарадах U – микрофарадах, Z – килогерцах, H – миллигенри, T – вольтах теста					Разделитель: всегда "CR"- "возврат каретки" и "LF"- "перевод строки"		
	Данные с десятичной точкой в форматах: 000000. 00000.0 00000.0 0000.00 000.000 00.0000 0.00000 .000000											
Символ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Режим	Примеры в текстовом виде и шестнадцатеричном коде											
DCV +120,345 V	+	1 2Bh	2 31h	0 32h	0 30h	.	3 2Eh	4 33h	5 34h	V 35h	CR 0Dh	LF 0Ah
DCI -1000,0 mA	-	1 20h	0 31h	0 30h	0 30h	0 30h	.	0 2Eh	0 30h	A 30h	CR 0Dh	LF 0Ah
ACV 34,5678 V	A	3 41h	4 33h	.	5 2Eh	6 35h	7 36h	8 37h	8 38h	V 56h	CR 0Dh	LF 0Ah
R 567,89 kΩ	+	5 2Bh	6 35h	7 36h	7 37h	.	8 2Eh	9 38h	0 39h	O 4Fh	CR 0Dh	LF 0Ah
Frq 1900,99 kHz	A	1 41h	9 31h	0 39h	0 30h	0 30h	.	9 2Eh	9 39h	Z 5Ah	CR 0Dh	LF 0Ah
Cap 1000,0 pF	+	1 2Bh	.	0 31h	0 2Eh	0 30h	0 30h	0 30h	0 30h	N 4Eh	CR 0Dh	LF 0Ah
Перегрузка*	O 4Fh	L 4Ch	CR 0Dh	LF 0Ah								

* Сообщение **OL** передается вместо цифровых данных во всех случаях невозможности получения цифровых данных.

3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

3.1 Общие положения

3.1.1 Во время, до и после проведения работ по уходу за прибором необходимо соблюдать меры безопасности, изложенные в п.2.1.1.

3.1.2 О проведенных операциях по техническому обслуживанию необходимо делать отметки в формуляре прибора.

3.1.3 Порядок и периодичность технического обслуживания зависят от этапов эксплуатации (непосредственное использование по назначению, хранение, кратковременное или длительное, транспортирование).

Техническое обслуживание включает контрольный осмотр и устранение мелких неисправностей, а также периодическую поверку прибора и подготовку к ней.

При контрольном осмотре проверяется клавиатура, разъемы, кабели принадлежности, производится очистка прибора от пыли и грязи без его вскрытия.

Неисправные приборы направляются в ремонт.

3.2 Общие указания по введению поправочных коэффициентов

3.2.1 Калибровка мультиметра В7-87 осуществляется введением поправочных коэффициентов в цифровом виде без вскрытия прибора. Методы калибровки описаны в п.3.3. Цифровая калибровка проводится в исправном приборе при периодическом обслуживании для коррекции временного дрейфа электрических элементов.

В приборе имеются и органы аналоговой регулировки – частотная компенсация входного делителя и установка нуля СКЗ-преобразователя. Методы регулировок описаны в п.3.4.

3.2.2 Рекомендуемая периодичность калибровки прибора – двадцать четыре месяца, а также по мере необходимости – перед очередной поверкой.

Калибровку рекомендуется проводить после ремонта, продолжительного хранения (более одного года) или продолжительного пребывания при предельных температурах (несколько месяцев). Необходимость дополнительной калибровки определяется после приработки прибора длительностью не менее 24 ч.

3.2.3 Периодичность поверки прибора в органах стандартизации и метрологии - 1 год.

3.2.4 Калибровка прибора выполняется в нормальных условиях эксплуатации: при температуре $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ и влажности до 80 %. Для снижения погрешности прибора температура, при которой осуществляется калибровка, может быть изменена и приближена к средней температуре эксплуатации (от 15 до 35 $^\circ\text{C}$). За время калибровки изменение температуры не должно превышать $\pm 2 ^\circ\text{C}$.

При калибровке прибор должен быть прогрет в течение 1 ч. Если прибор продолжительное время (более 1 мес.) не включался, - необходимо дополнительно приработать его в нормальных условиях в течение 24 ч.

3.2.5 С следует учитывать такую особенность организации ЭНЗУ, что даже неполная калибровка восстанавливает признаки исправности ЭНЗУ (контрольную сумму), а вместо невнесенных констант записываются инициализированные значения - единичный масштабный коэффициент. Поэтому необходимо, чтобы были внесены все калибровочные константы (выполнены все шаги калибровки).

ВНИМАНИЕ! Для предотвращения записи ошибочных данных в ЭНЗУ в процессе введения поправочных коэффициентов не следует допускать выключения прибора, а также необходимо принимать меры по снижению вероятности сбоев сетевого питания.

3.2.6 При калибровке используются те же средства, что и при поверке прибора. Поэтому в данном разделе даются ссылки на необходимые методики раздела «Методика поверки» и дополнительные пояснения. Состав метрологических средств, необходимых для введения поправочных коэффициентов прибора В7-87 совпадает с перечнем средств поверки раздела «Методика поверки». Калибруемые параметры приведены в таблице 3.1.

3.3 Калибровка (введение цифровых поправочных коэффициентов)

3.3.1 Калибровка прибора осуществляется путем автоматического вычисления и записи в ЭНЗУ цифровых поправочных коэффициентов и включает в себя:

- коррекцию смещения пределов в режиме измерения постоянного напряжения, постоянного тока и сопротивления, а также значения опорного напряжения омметра. Выполняется при закороченном входе и учитывает начальное сопротивление входной цепи;
- коррекцию начальной емкости или начальной индуктивности с учетом входной цепи;
- калибровку шкалы (введение масштабных коэффициентов) для всех пределов измерения напряжения, тока и сопротивления;
- калибровку шкалы (введение масштабных коэффициентов) для режимов измерения емкости и индуктивности; предшествовать калибровке шкалы, чтобы снизить погрешность вычисления значений масштабных коэффициентов, при выполнении операций последних двух пунктов.

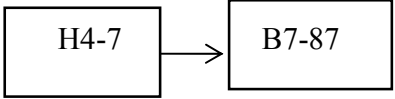
3.3.2 Калибровку шкалы выполняют в точках, приведенных в таблице 3.1, по возможности, соблюдая указанный порядок шагов. Для калибровки шкалы на вход прибора подается калиброванный номинальный уровень или близкий к нему, с клавиатуры вводится поправка и подается команда о вычислении поправочного коэффициента. После чего показания обновляются с учетом введенного коэффициента, позволяя оператору проследить за результатом работы. При необходимости операция калибровки повторяется.

Таблица 3.1 – Параметры калибровки шкалы

Номер шага	Калибруемый уровень		Точность калибровки ***, ±	Методика калибровки	Калибруемый режим, предел
	номинальное значение*	погрешность **, ±			
Напряжение постоянного тока					
00	+0,2 В (0,1... 0,2 В)	0,015 %	0,05 мВ	п.3.3.4	DCV, 2 В
01	+2 В (1... 2 В)	0,015%	0,1 мВ		DCV, 2 В
02	+10 В (10...20 В)	0,015 %	1 мВ		DCV, 20 В
03	+100 В (100...200 В)	0,015 %	10 мВ		DCV, 200 В
04	+300 В (300...1000В)	0,3 %	0,3 В		DCV, 1000В
Напряжение переменного тока					
05	0,2 В, 1 кГц (0,1...0,2 В)	0,06 %	0,1 мВ	п.3.3.4	ACV, 0,2 В
06	2 В, 1 кГц (1...2 В)	0,06 %	0,5 мВ		ACV, 2 В
07	10 В, 1 кГц (10...20 В)	0,06 %	2 мВ		ACV, 20 В
08	100 В, 1 кГц (100...200 В)	0,06 %	20 мВ		ACV, 200В
09	500 В, 1 кГц (100...700В)	0,1 %	30 мВ		ACV, 700В
Сопротивление постоянному току					
10	100 Ом (100...200 Ом)	0,03 %	0,02 Ом	п.3.3.5	Ω , 0,2 кОм
11	1 кОм (1...2 кОм)	0,03 %	0,2 Ом		Ω , 2 кОм
12	100 кОм (20...120 кОм)	0,03 %	20 Ом		Ω , 120 кОм
13	1 Мом (0.2...2 Мом)	0,05 %	0,5 кОм		Ω , 200 МОм
Сила постоянного тока					
14	+100 мА (0.1...0.2 А)	0,05 %	0,02 мА	п.3.3.4	DCI, 200 мА
15	+1000 мА (1...2 А)	0,05 %	0,2 мА		DCI, 2 А
16	+2000 мА (1...5 А)	0,1 %	1 мА		DCI, 5 А
Сила переменного тока					
17	100 мА, 1 кГц (0,1...0,2 А)	0,1 %	0,03 мА	п.3.3.4	ACI, 200 мА
18	1000 мА, 1 кГц (1...2 А)	0,1 %	0,3 мА		ACI, 2 А
19	2000 мА, 1 кГц (1...5 А)	0,15 %	2 мА		ACI, 5 А
Диодный тест					
20	-2 В (1...5 В)	0,5 %	2 мВ	п.3.3.4	→ -, 5 В
Частота, емкость, индуктивность (Отдельные программы калибровки)					
Нет	1 МГц, 0,5 В	0,003 %	20 Гц	п.3.3.8	Frq
Нет	1 мкФ	0,7 %	0,2 нФ	п.3.3.8	Cap
Нет	10 мГн (сопротивлением не более 5 Ом)	1,3 %	20 мкГн	п.3.3.8	Ind
* В скобках указан допустимый диапазон калибруемого уровня в режиме подстройки показаний, обеспечивающий достаточную точность.					
** Допускаемая погрешность установки уровня, подаваемого на вход.					
*** Допускаемое отклонение показаний от номинального значения после калибровки, включая кратковременную нестабильность.					

3.3.3 Для калибровки мультиметра в режиме измерения постоянного и переменного напряжения, постоянного и переменного тока, диодного теста необходим источник, обеспечивающий уровни согласно таблице 3.1. Калибровочная схема представлена в таблице

Таблица 3.2

Схема калибровки	Комментарии
	Основная схема калибровки, построенная на основе универсального калибратора, например Н4-7.

Используемые в качестве калибровочных мер, приборы должны быть подготовлены в соответствии с их инструкциями по эксплуатации для максимального снижения погрешности.


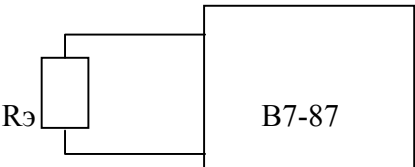
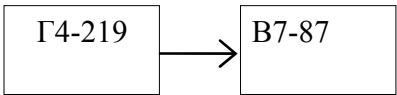
3.3.4 Для калибровки мультиметра в режиме измерения сопротивления необходимы меры с параметрами согласно таблице 3.1. Схема калибровки сопротивления представлена в таблице 3.3. Особенностью схемы является необходимость использования двухзажимной схемы подключения. Эталонная мера должна обеспечивать возможность воспроизведения сопротивления на двух зажимах с необходимой точностью или ее фактическое значение при таком подключении должно быть известно с достаточной точностью. В зависимости от величины фактического сопротивления выбирается калибровка номинала или режим подстройки показаний.кнопками 

Таблица 3.3

Схема калибровки	Комментарии
	Основная схема калибровки сопротивлений. Допускается применять меры сопротивления любого типа, например, P3030 (0.1...100 кОм) и P4013 (1 МОм), магазины сопротивления типов P40108 и P3026, универсальные калибраторы Н4-6, Н4-7, и модель 5700А ("FLUKE")

3.3.5 Для калибровки мультиметра в режиме измерения частоты используется любой генератор, обеспечивающий параметры сигнала согласно таблице 3.1. Схема калибровки частоты представлена в таблице 3.4.

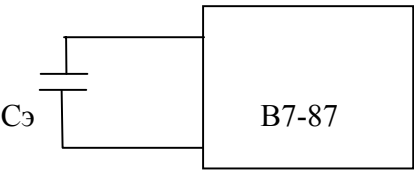
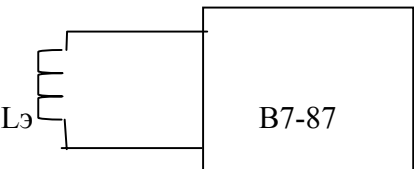
Таблица 3.4

Схема калибровки	Комментарии
	Основная схема калибровки, использующая генератор с высокой точностью установки частоты

3.3.6 Для калибровки мультиметра в режиме измерения емкости и индуктивности (LC-метра) необходимы меры с параметрами согласно таблице 3.1. Схемы калибровки LC-метра представлены в таблице 3.5. Эталонные меры емкости и индуктивности должны обеспечивать

воспроизведения номинального значения индуктивности с необходимой точностью, так как режим подстройки показаний под фактическое значение не может быть использован. Перед калибровкой LC-метра обязательно проводится калибровка нуля с применяемым измерительным кабелем. Если погрешность измерения до калибровки была велика (более 3 - 5 %), то после ее выполнения необходимо повторить калибровку нуля и еще раз произвести калибровку шкалы.

Таблица 3.5

Схема калибровки	Комментарии
	Основная схема калибровки емкости. Допускается применять меры емкости любого типа, например, магазин емкости P5025 или нестандартную меру номиналом $C=1$ мкФ, значение которой установлено с помощью измерителя емкости E7-8
	Основная схема калибровки индуктивности. Допускается применять меру номиналом 10 мГн из набора P593 или нестандартную меру, значение которой установлено с помощью другого эталонного измерителя индуктивности (E7-8)

3.4 Аналоговая регулировка прибора

3.4.1. Регулировку прибора выполняют в режимах и точках, приведенных в таблице 3.6.

Таблица 3.6

Режим	Точка регулировки	Допускаемая погрешность	Методика регулировки
ACV	10 мВ 1 кГц	± 50 мкВ	3.4.3
ACV	Меандр 50 - 150 мВ 1 кГц	Наилучшая форма переходной характеристики	3.4.4*
ACV	100 мВ 100 кГц 100 мВ 50 кГц	$\pm 0,05$ % относительно уровня 100 мВ 1 кГц $\pm 0,05$ % относительно уровня 100 мВ 1 кГц	3.4.4
ACV	Меандр 4 - 8 В 1 кГц	Наилучшая форма переходной характеристики	3.4.5*
ACV	50 В 50 кГц 50 В 100 кГц	$\pm 0,05$ % относительно уровня 50 В 1 кГц $\pm 0,15$ % относительно уровня 50 В 100 кГц	3.4.5

* - требуется только после замены элементов

3.4.2. Установка оптимального смещения нуля преобразователя СКЗ выполняется только при замене микросхемы СКЗ преобразователя.

3.4.3. Регулировка линейности частотной характеристики предела **0,2 В** (режима измерения переменного напряжения) производится путем коррекции его переходной характеристики следующим образом:

- включить прибор в режим измерения переменного напряжения;
- подать на его вход от генератора, например, ГЗ-112 сигнал прямоугольной формы (меандр) амплитудой 100 мВ;
- подключить осциллограф на выход предварительного усилителя
- отрегулировать чувствительность и смещение луча канала "Y" таким образом, чтобы 20 - 30 % амплитуды импульса приходилось на весь экран осциллографа по вертикали. Установить скорость развертки 1 - 2 мкс/деление, синхронизировав ее с фронтом или спадом импульсов;
- регулировкой добиться наилучшей формы фронтов, предусматривающей получение переходной характеристики с наиболее коротким временем нарастания (спада) и максимально плоской вершиной импульса (не допускается наличия "провалов" и "выбросов").

Точная регулировка частотной характеристики предела **0,2 В** производится при проверке результатов настройки переходной характеристики и включает следующие операции:

- включить прибор в режим измерения переменного напряжения;
- подать от калибратора Н4-7 напряжение 100 мВ частотой 1 кГц;
- включить режим "Δ %" ("отклонение в процентах") - индикатор обнулится;
- установить частоту 100 кГц, не изменяя выходной уровень калибратора;
- регулировкой, если это необходимо, с максимальной точностью (не хуже $\pm 0,1$ %) добиться нулевых показаний (выровнять коэффициент преобразования с уровнем на частоте 1 кГц);

б) установить частоту 50 кГц, не изменяя выходной уровень калибратора, и проверить погрешность на этой частоте. Если неравномерность АЧХ превышает допустимый уровень (более $\pm 0,1$ %), необходимо повторить регулировку. Затем снова проверить погрешность на частоте 100 кГц.

3.4.4. Регулировка линейности частотной характеристики пределов **20 В, 200 В и 700 В** (режима измерения переменного напряжения) производится путем настройки эквипотенциального экрана входного делителя и его частотной компенсации. Она выполняется по такой же методике, как в предыдущем пункте. Вначале входной делитель регулируется для получения наилучшей переходной характеристики, а затем при проверке результатов первой настройки производится «тонкая» настройка частотной компенсации делителя. При тщательном исполнении первой настройки частотная погрешность до 100 кГц не превышает $\pm 0,2$ % и требует минимальной коррекции.

Для проведения настройки переходной характеристики:

- включить прибор в режим измерения переменного напряжения;
- подать на его вход от генератора ГЗ-112 сигнал прямоугольной формы (меандр) амплитудой около 6 В;
- подключить осциллограф на выход предварительного усилителя
- отрегулировать чувствительность и смещение луча канала "Y" таким образом, чтобы 20 - 30 % амплитуды импульса приходилось на весь экран осциллографа по вертикали. Установить скорость развертки 1 - 2 мкс/деление, синхронизировав ее с фронтом или спадом импульсов;
- регулировкой добиться наилучшей формы фронтов - с наименьшим временем установления амплитуды импульса и без "провалов" и "выбросов". Обе регулировки действуют одинаково, однако отличаются тем, что регулируемые ими цепи имеют различные постоянные времени. Вначале компенсируется влияние цепи с большей постоянной времени, затем – с меньшей. Настройку нужно производить в несколько приемов, действуя поочередно обеими

регулировками. Для точной настройки печатная плата должна быть установлена в корпус прибора, чтобы было учтено влияние экранов.

Окончательная регулировка частотной характеристики делителя производится следующим образом:

- включить прибор в режим измерения переменного напряжения;
- подать от калибратора Н4-7 напряжение 50 В частотой 1 кГц;
- включить режим $\Delta\%$ (отклонение в процентах) - индикатор обнулится;
- установить частоту 100 кГц, не изменяя выходной уровень калибратора;
- регулировкой, если это необходимо, с максимальной точностью (не хуже $\pm 0,1\%$) добиться нулевых показаний (выровнять коэффициент преобразования с уровнем на частоте 1 кГц);
- установить частоту 50 кГц, не изменяя выходной уровень калибратора, и проверить погрешность на этой частоте. Если неравномерность АЧХ превышает допустимый уровень (более $\pm 0,1\%$), необходимо повторить регулировку. Затем снова проверить погрешность на частоте 100 кГц.

ВНИМАНИЕ! Регулирование цепей частотной компенсации обычно требуется только при замене элементов блока измерения СКЗ или перемещении элементов входных цепей и входного делителя, поэтому без необходимости не изменяйте положение элементов, установленных на печатной плате. В противном случае может вновь потребоваться провести настройку входного делителя.

Окончательная регулировка частотной характеристики производится на заводе-изготовителе

3.5 Требования к средствам калибровки и регулировки прибора

3.5.1 Аппаратура, необходимая для калибровки прибора, и основные требования к ней в используемых точках представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Перечень средств измерений, необходимых для калибровки (регулировки)

Режим	Калибровочные уровни	Допускаемая погрешность, ±	Рекомендуемое средство измерения	
			Основное	Заменяющее
DCV	0.1... 0,2 В	0,015 %	Универсальный калибратор Н4-7	Калибраторы Н4-6, В1-28, 5700А (“Fluke”)
	1... 2 В	0,015%		
	10...20 В	0,015 %		
	100...200 В	0,015 %		
	300...1000 В	0,3 %		
ACV	0,1...0,2 В, 1 кГц	0,06 %	Универсальный калибратор Н4-7	Калибраторы Н4-6, В1-28, 5700А (“Fluke”)
	0,1...0,2 В, 100 кГц	0,2 %		
	1...2 В, 1 кГц	0,06 %		
	10...20 В, 1 кГц	0.06 %		
	100...200 В, 1 кГц	0.06 %		
	50...100 В, 100 кГц	0.2 %		
	100...700 В, 1 кГц	0.1 %		
0.1 – 10 В, 1...5 кГц, «меандр»	-	Генератор ГЗ-112*	Любой импульсный генератор	
0.1...1 В/дел, полоса более 20 МГц	4 %	Осциллограф С1-114/1*	Любой среднего класса (профессиональный)	
DCI	0.1...0.2 А	0.05 %	Универсальный калибратор Н4-7	Калибраторы Н4-6, В1-28, 5700А (“Fluke”)
	1...2 А	0.05 %		
	1...5 А	0.1 %		
ACI	0,1...0,2 А, 1 кГц	0,1 %	Универсальный калибратор Н4-7	Калибраторы Н4-6, В1-28, 5700А (“Fluke”)
	1...2 А, 1 кГц	0,1 %		
	1...5 А, 1 кГц	0,15 %		
R	100...200 Ом	0,03 %	Универсальный калибратор Н4-7	Калибраторы Н4-6, В1-28, 5700А (“Fluke”), меры сопротивления или магазины сопротивления
	1...2 кОм	0,03 %		
	20...120 кОм	0,03 %		
	0,2...2 Мом	0,05 %		
Frq	1 МГц, 0,3...1 В	0,003 %	Генератор Г4-219	Любой генератор с точной частотой
Cap	1 мкФ	0,7 %	Магазин емкости Р5025	Е7-8 или Нестандартная мера емкости
Ind	10 мГн (сопротивлением не более 5 Ом)	1,3 %	Мера индуктивности Р593	Е7-8 или Нестандартная мера индуктивности

* - вспомогательные средства, могут понадобиться при калибровке после ремонта

4 ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

4.1 Условия транспортирования и хранения прибора должны соответствовать ГОСТ 22261-94.

4.2 Климатические условия транспортирования и хранения не должны выходить за пределы заданных предельных условий:

- температура окружающего воздуха от минус 40 до 65 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха 95 % при температуре 25 °С.

4.3 Прибор должен допускать транспортирование всеми видами транспорта в упаковке при условии защиты от воздействия атмосферных осадков.

5 УТИЛИЗАЦИЯ

5.1 Прибор В7-87 - стандартное электронное устройство. Оно не содержит взрывоопасных, пожароопасных, радиоактивных, ртутносодержащих и др. компонентов, способных принести ущерб населению или окружающей среде.

5.2 Утилизация драгметаллов в составе электронных компонентов не представляется экономически целесообразной. По указанным причинам обязательных мероприятий по подготовке изделий к утилизации не приводится.

6 МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

6.1 Общие сведения

6.1.1 Настоящий раздел устанавливает методы и средства поверки приборов В7-87 при выпуске из производства, находящихся в эксплуатации и выпускаемых из ремонта. Поверка мультиметра В7-87 должна проводиться при его применении в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора (ГМКиН).

6.1.2 Поверка прибора осуществляется не реже одного раза в год.

6.1.3 Поверка прибора может осуществляться в неполном диапазоне измеряемых параметров, в соответствии с потребностями применения.

6.2 Операции поверки

6.2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 6.1.

6.2.2 При отрицательных результатах поверки прибор признается непригодным к применению и направляется в ремонт. При этом гасится клеймо.

Таблица 6.1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер проверяе мого Пункта	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	6.6.1	Да	Да
Опробование:	6.6.2		
- проверка функционирования и диапазона измерения;	6.6.2.1 –	Да	Да
	6.6.2.3		
- проверка интерфейса	6.6.2.4	Да	При необходимости
Определение метрологических характеристик	6.6.3		
Определение нулевых значений	6.6.3.1	Да	Да
Определение основной погрешности измерения напряжения постоянного тока	6.6.3.3	Да	Да
Определение основной погрешности измерения напряжения переменного тока	6.6.3.3	Да	Да
Определение основной погрешности измерения силы постоянного и переменного тока	6.6.3.3	Да	Да
Погрешности измерения сопротивления	6.6.3.4	Да	Да
Определение погрешности измерения частоты	6.6.3.5	Да	Да
Определение погрешности измерения емкости и индуктивности	6.6.3.6	Да	Да

6.3 Средства поверки

6.3.1 При проведении поверки должны быть применены средства поверки с характеристиками, указанными в таблице 6.2.

6.3.2 При проведении поверки разрешается применять другие меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерение соответствующих параметров с требуемой точностью.

6.4 Требования безопасности

6.4.1 При поверке прибора необходимо соблюдать правила безопасности в соответствии с подразделом 2.1.1 настоящего руководства по эксплуатации и требованиями эксплуатационной документации на применяемые средства поверки.

ВНИМАНИЕ! Измерение емкости и индуктивности разрешается производить только в обесточенных цепях! Конденсаторы перед измерением - разряжать! Игнорирование этих требований может привести к выходу прибора из строя. Предельное напряжение (амплитудное значение), кратковременно подаваемое на входы измерения емкости и индуктивности не должно превышать 15 В.

Таблица 6.2 – Средства поверки

Номер проверяемого Пункта	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки; Метрологические и основные технические характеристики средства поверки
6.6.3.3, 6.6.3.4	<p>Калибратор универсальный Н4-7 с усилителем напряжения Воспроизведение напряжений постоянного тока 0,0001 – 1000 В с погрешностью $\pm(0,015 - 0,1) \%$</p> <p>Воспроизведение напряжений переменного тока 0,001 – 20 В в полосе частот 0,01 – 1000 кГц с погрешностью $\pm(0,05 - 0,3) \%$, полосе частот 0,01-100кГц 20-700В</p> <p>Воспроизведение силы постоянного тока 0,001 – 5 А с погрешностью $\pm(0,07 - 0,2) \%$</p> <p>Воспроизведение силы переменного тока 0,001 – 5 А в полосе частот 0,01 – 5 кГц с погрешностью $\pm(0,1 - 0,3) \%$</p> <p>Воспроизведение сопротивлений в диапазоне от 100 Ом до 10 МОм с погрешностью $\pm(0,03 - 0,2) \%$</p>
6.6.3.5	<p>Генератор сигналов высокочастотный Г4-219 Диапазон частот от 0,1 Гц – 100 МГц, выходной уровень 1 В, погрешность установки частоты 0,003 %</p> <p>Генератор сигналов высокочастотный Г4-176Б Диапазон частот от 100 МГц – 1,02 ГГц, погрешность $\pm 1,5 \cdot 10^{-5} \%$</p>
6.6.3.6	<p>Магазин емкостей Р5025 Диапазон от 1000 пФ до 10 мкФ с погрешностью $\pm 0,5 - 1 \%$</p>
6.6.3.7	<p>Меры индуктивности Р593 Диапазон от 10 мкГн до 100 мГн с погрешностью $\pm 2 \%$</p>
6.6.2.6	<p>Осциллограф С1-157/1 Полоса пропускания 100 МГц, диапазон коэф.отклонения 5 В/см</p>
6.6.2.6	<p>Персональный компьютер РС-АТ Наличие программы эмулятора терминала и СОМ-порта. Работа программ под управлением DOS или Windows.</p>
6.6.3.4	<p>Меры электрического сопротивления многозначные Р3026-2 Воспроизведение сопротивлений в диапазоне от 0,01 Ом до 111111,1 Ом класс точности 0,005</p>
6.6.3.4	<p>Магазин сопротивлений Р40108* Воспроизведение сопротивлений в диапазоне от 100 кОм до 100 Мом класс точности 0,02</p>
* - для проведения поверки ОТК и поверки после ремонта	

6.5 Условия поверки и подготовка к ней

6.5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- атмосферное давление (100 ± 4) кПа, (750 ± 30) мм рт.ст.;
- напряжение сети питания $(220 \pm 4,4)$ В, частотой (50 ± 1) Гц;
- относительная влажность воздуха от 45 до 80 %.

6.5.2 Перед проведением поверки необходимы следующие подготовительные работы:

- ознакомиться с разделами 1, 2, 3 настоящего руководства по эксплуатации;
- проверить комплектность прибора;
- выполнить работы, указанные в разделах 2, 3;
- установить поверяемый прибор на рабочем месте, обеспечив удобство и безопасность эксплуатации;
- собрать схему поверки в соответствии с проводимой операцией.

6.6 Проведение поверки

6.6.1 Внешний осмотр

6.6.1.1 При проведении внешнего осмотра выключенного прибора устанавливается соответствие поверяемого прибора следующим требованиям:

- комплектности прибора согласно таблице 1.8;
- отсутствия механических повреждений;
- прочности крепления элементов корпуса, входных разъемов и клемм, клавиатуры;
- целостности и состояния изоляции сетевого провода, выходных кабелей и других принадлежностей;
- отсутствия слабо закрепленных внутренних узлов (определяется на слух при наклонах и встряхивании прибора);
- отсутствия нарушения покрытий, особенно поверхностей электрических контактов и кабелей;
- четкости маркировки.

Приборы, имеющие дефекты, бракуются и направляются в ремонт.

6.6.2 Опробование

6.6.2.1 До начала опробования прибора необходимо подготовить его в соответствии с указаниями раздела 2.

6.6.2.2 Включить прибор и сразу произвести проверку индикатора (при включении всех сегментов) и функционирования клавиатуры.

6.6.2.3 Проверить диапазоны измерения. Для проведения проверки необходимо:

- собрать измерительную схему в соответствии с рисунками 6.1 ...6.7 (выбирается в соответствии с указаниями таблицы 6.3);
- подать на вход мультиметра уровни (в соответствующих режимах), указанные в таблице 6.3;
- проверить возможность измерения указанных уровней, контролируя появление соответствующих показаний (без определения погрешности).

6.6.2.4 Для проверки интерфейса СТЫК С2 необходимо подключить прибор к любому из последовательных портов компьютера, носящих резервированные имена (в операционной системе), "COM1", "COM2", "COM3" или "COM4" или USB. Обычно удобнее использовать порт "COM2" с девятиконтактным разъемом. Схема подключения изображена на рисунке 2.3.

В процессе проверки и управления компьютер работает в режиме терминала (вводимые с клавиатуры символы передаются в прибор через интерфейс, а принимаемые из прибора - выводятся на экран). В качестве программного обеспечения компьютера могут быть использованы любые программы, эмулирующие режим терминала. Например:

- режим эмуляции терминала командного процессора "NORTON COMMANDER" (версия 5.0);
- программа эмуляции терминала в операционной среде "MICROSOFT WINDOWS" (версия 3.1 и старше).

Параметры настройки эмулятора терминала: скорость - 9600 бод (бит/с); данные - 8 бит; бит "четность" - отсутствует; сигнал "СТОП" - 1 бит; порт - выбранный пользователем (обычно "COM2").

Проверку функционирования интерфейса производят следующим образом:

- соединить проверяемый прибор, отключенный от сети, с компьютером посредством кабеля из комплекта его поставки КМСИ.685619.014 или USB.

- включить проверяемый прибор в сеть и подключить к калибратору (любому), например, Н4-6 по схеме рисунка 6.2;

- настроить интерфейс мультиметра на приемо-передачу, воспользовавшись соответствующей сервисной функцией (нажатием кнопок **Shift**, **Svc** и вводом кода 0005, **Auto**);

- установить на выходе калибратора напряжение +10 В;

- запустить программу эмуляции терминала и настроить на параметры, указанные выше.

При проверке нескольких приборов можно не выходить из программы терминала. Если данная операция выполняется часто, рекомендуется сохранить настройку на диске (эта операция предусмотрена во всех указанных программах). Клавиатура компьютера должна быть переключена в латинский алфавит;

- если настройка сделана правильно и приемник и передатчик прибора исправны, то на экране компьютера будут печататься строки, дублирующие показания индикатора прибора в формате, соответствующем таблице 2.10. Строки печатаются непрерывно с частотой вывода на индикатор. Пример вывода:

+10.0000V

- нажать на клавиатуре компьютера на кнопку с символом "2", **Enter** (дублирование кнопки номер 2) – прибор переходит к измерению на пределе **100 В** с ручным выбором пределов (это определяется по индикатору проверяемого прибора);

- нажать на клавиатуре компьютера на кнопку с символом "7", **Enter** (дублирование кнопки номер 7) – перейти в режим измерения переменного напряжения;

- установить на выходе калибратора напряжение 1 В 1 кГц;

- формат строк, печатаемых на экране компьютера, должен измениться. Пример вывода:

A1.00000V

- проверить осциллографом амплитуду выходных сигналов проверяемого прибора на линии "TXD" (контакт 2). Компьютер при этом является стандартной нагрузкой с сопротивлением 3 кОм (стандартная нагрузка). Амплитуда выходного сигнала должна быть не менее ± 5 В.

Результаты опробования считают удовлетворительными, если происходит включение всех элементов (сегментов) индикатора, срабатывание всех кнопок, измерение всех значений выходного напряжения и тока, указанных в таблице 6.3, и обеспечивается работоспособность интерфейса.

Таблица 6.3 – Параметры опробования

Режим	Входной уровень
DCV	+0,2 В, +2 В, -2 В, +100 В
ACV	~0,2 В, ~2 В, ~20 В, ~100 В, с частотой 1 кГц
R	100 Ом, 1 кОм, 10 кОм, 100 кОм, 10 МОм
-> -	0 В (проверка звонка), -2 В
DCI	+0,1 А, +1 А, +1 А.(на пределе 5 А)
ACI	~0,1 А, ~1 А, ~1 А (на пределе 5 А), 1 кГц
Frq	1 МГц (любое значение от 0,1 до 10 МГц), 0,25В
Cap	1 мкФ (любое значение от 0,1 до 1000 мкФ)
Ind	10 мГн (любое значение от 0,1 до 100 мГн)

6.6.3 Определение метрологических характеристик

6.6.3.1 Определение установки нулевых значений (смещения нуля) проводят следующим образом:

- замкнуть вход прибора кабелем, с которым будут проводиться дальнейшие операции определения погрешности измерения;
- включить режим измерения постоянного напряжения.
- включить программу калибровки нуля (кнопками **[Shift]** «LCF»);
- устанавливая последовательно режимы измерения **DCV**, **DCI** и **R**, зафиксировать показания поверяемого прибора;
- включить режим измерения емкости с подключенным и разомкнутым кабелем (с которым будет проводиться определение погрешности);
- не беря в руки кабель и не меняя его положение, включить программу калибровки нуля LC-метра (кнопками **[Shift]**, **[LCF]**);
- зафиксировать показания поверяемого прибора (не трогая кабель);
- включить режим измерения индуктивности с подключенным и замкнутым кабелем (с которым будет проводиться определение погрешности);
- не беря в руки кабель и не меняя его положение, включить программу калибровки нуля LC-метра (кнопками **[Shift]**, **[LCF]**);
- зафиксировать показания поверяемого прибора (не трогая кабель).

Результаты поверки считают удовлетворительными, если отсутствует сообщение о недопустимом значении смещения в процессе калибровки, а после ее завершения погрешность смещения не превышает значений, приведенных в таблице 6.4 (то есть операция калибровки устанавливает нуль поверяемого прибора во всех режимах).

Таблица 6.4 – Параметры определения смещения нуля

Режим	DCV	DCI	R	Cap	Ind
Допускаемое смещение	±20 мкВ	±0.05 мА	±0.05 Ом	±0.5 пФ	±0.05 мкГн

6.6.3.2 Определение основной погрешности измерения проводят в соответствии с указаниями таблицы 6.5.

6.6.3.3 Определение основной погрешности измерения напряжения и силы постоянного и переменного тока осуществляется с помощью калибратора Н4-7 в соответствии с указаниями таблицы 6.5. Перед началом измерений при необходимости повторить калибровку нуля.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если погрешность измерения напряжения не превышает значений, приведенных в таблице 6.5.

6.6.3.4 Определение основной погрешности измерения сопротивления постоянному току осуществляется с помощью набора декадных сопротивлений, воспроизводимых калибратором Н4-7, в соответствии с указаниями таблицы 6.5. При первичной поверке и поверке, выполняемой после ремонта, требуется расширенный ряд эталонных значений и используются многозначные меры сопротивления. – магазины сопротивления Р40108 (низкоомный) и Р3026Р (высокоомный). Все измерения проводятся по двухпроводной схеме. Погрешность измерения определяется как разность показаний проверяемого прибора и действительного значения меры сопротивления.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если погрешность измерения сопротивления постоянному току не превышает значений, приведенных в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Параметры определения погрешности измерения

Наименование параметра	Значение		
	Номинальное, В	Допускаемая погрешность, \pm мВ	
Напряжение постоянного тока	+0,001	0,02	
	-0,001	0,02	
	+0,199	0,12	
	-0,199	0,12	
	+0,5	0,45	
	-0,5	0,45	
	+1	0,7	
	+1,5	0,95	
	+1,99	1,2	
	-1,99	1,2	
	+19,9	12	
	+199	120	
	+1000	1200	
	-1000	1200	

Продолжение таблицы 6.5

Напряжение переменного тока, частотомер включен	Значение		
	Номинальное, В	Допускаемая погрешность, \pm мВ	
	1мВ,1кГц	0,05	
	10мВ,20кГц	0,06	
	199мВ,1кГц	0,25	
	199мВ,50кГц	0,15	
	199мВ,100кГц	0,15	
	199мВ,500кГц	2	
	199мВ,1000кГц	2	
	0,5В,1кГц	0,55	
	1 В,10Гц	10	
	1 В,30Гц	6	
	1 В,1кГц	1	
	1 В,50кГц	1	
	1 В,100кГц	1	
	1 В,300кГц	6	
	1 В,1000кГц	15	
	1,99 В,1кГц	1,5	
	10 В,20кГц	20	
	10 В,50кГц	30	
	10 В,100кГц	30	
	10 В,300кГц	80	
	10 В,1000кГц	130	
	100 В,1кГц	130	
	100 В,50кГц	530	
	100 В,100кГц	530	
	400 В,1кГц	1700	
	400 В,10кГц	1700	
	700 В,1кГц	2600	

Продолжение таблицы 6.5

Напряжение переменного тока, частотомер выключен	Значение		
	Номинальное, В	Допускаемая погрешность, \pm мВ	
	1мВ,1кГц	0,05	
	10мВ,20кГц	0,06	
	199мВ,1кГц	0,15	
	199мВ,50кГц	1,5	
	199мВ,100кГц	1,5	
	0,4В,1кГц	0,45	
	1 В,10Гц	11	
	1 В,30Гц	4	
	1 В,1кГц	0,55	
	1 В,20кГц	1	
	1 В,50кГц	6	
	1 В,100кГц	6	
	1,99 В,1кГц	1,05	
	10 В,1кГц	11	
	10 В,20кГц	30	
	10 В,100кГц	80	
	100 В,1кГц	250	
	100 В,20кГц	300	
	100 В,100кГц	600	
	400 В,1кГц	1700	
	700 В,1кГц	2600	
Сопротивление постоянному току	Значение		
	Номинальное	Допускаемая погрешность	
	0 Ом	0,05 Ом	
	10 Ом	0,06 Ом	
	100 Ом	0,15 Ом	
	190 Ом	0,24 Ом	
	1 кОм	1,1 Ом	
	1,9 кОм	2 Ом	
	10 кОм	12 Ом	
	100 кОм	102 Ом	
	1 МОм	2 кОм	
	10 МОм	110 кОм	
	100 МОм	10 МОм	

Продолжение таблицы 6.5

Сила тока	Значение			
	Номинальное	Допускаемая погрешность		
	0 мА	0,05 мА		
	+10 мА	0,07 мА		
	-10 мА	0,07 мА		
	+100 мА	0,25 мА		
	+0,5 А	1,2 мА		
	+1 А	2,2 мА		
	+1,99 А	4,2 мА		
	~1 мА, 1 кГц	0,1 мА		
	~100 мА, 1 кГц	0,4 мА		
	~1 А, 20 Гц	5,5 мА		
	~1 А, 40 Гц	3,5 мА		
	~1,99 А, 1 кГц	6,5 мА		
	~1 А, 5 кГц	3,5 мА		
	~1 А, 10 кГц	10,5 мА		
	+5 А	12 мА		
	-5 А	12 мА		
	~5 А, 1 кГц	20 мА		
Емкость и индуктивность	Значение			
	Номинальное	Допускаемая погрешность		
		0 пФ	0,5 пФ	
		1000 пФ	27 пФ	
		10 нФ	260 пФ	
		100 нФ	2,6 нФ	
		1 мкФ	26 нФ	
		10 мкФ	0,26 мкФ	
		10 мГн	1 мГн	
		0 мкГн	0,05 мкГн	
		10 мкГн	1,05 мкГн	
		100 мкГн	10,2 мкГн	
		1 мГн	100 мкГн	
		10 мГн	10 мГн	

Продолжение таблицы 6.5

Частота	Значение		
	Номинальное	Допускаемая погрешность	
	10 Гц	0,05 Гц	
	1 кГц	0,5 Гц	
	10 МГц	0,5 кГц	
	100 МГц	20 кГц	
	1 ГГц	0,2 МГц	

Результаты поверки считают удовлетворительными, если погрешность измерения частоты не превышает значений, приведенных в таблице 6.5, и прибор обеспечивает измерение частоты сигналов минимального уровня (0,25 В).

6.6.3.6 Определение основной погрешности измерения емкости и индуктивности осуществляется в соответствии с указаниями таблицы 6.5. Перед началом измерений при необходимости повторить калибровку нуля. Для поверки используются меры емкости (магазина емкости Р5025) и индуктивности (Р593).

Результаты поверки считают удовлетворительными, если погрешность измерения емкости и индуктивности не превышает значений, приведенных в таблице 6.5.

6.7 Оформление результатов поверки

6.7.1 Положительные результаты поверки оформляют в соответствии с требованиями ПР 50.2.006-94 и вносят в соответствующий раздел формуляра МЕРА.411189.001 ФО.

Поверительные клейма наносят в соответствии с требованиями ПР 50.2.007-94.

6.7.2 Отрицательные результаты поверки оформляют в соответствии с требованиями ПР 50.2.006-94.

7 КОНСТРУКЦИЯ

7.1 Прибор, выполнен в малогабаритном корпусе, состоящем из верхней крышки и нижнего корпуса, передней и задней панелей. Внешний вид и конструкция прибора показаны на рисунке 7.1

На внутренней поверхности нижней крышки закреплено шасси на котором расположена базовая плата, крепящаяся семью винтами. Шасси выполняет роль экрана базовой платы. На базовой плате расположено большинство устройств прибора: микроконтроллер, измерительные схемы, реле, блок питания и звуковой излучатель.

К передней панели крепится плата индикатора . На задней панели расположены: розетка сетевого кабеля с предохранителем и фильтром разъем интерфейса RS-232 , разъем интерфейса USB., выключатель сети .

7.2 Корпус прибора скрепляется четырьмя винтами, устанавливаемыми с верхней стороны и вкручивающимися в резьбовые втулки . Винты закрываются декоративными уголками . Задняя и передняя панели укладываются в пазы крышек. Для установки прибора в наклонное положение предусмотрены откидные ножки .

7.3 Плата индикатора соединена с базовой платой посредством четырнадцатиконтактного разъема . Сигнал измеряемой частоты, емкости и индуктивности подается от входного коаксиального разъема . Напряжение питания прибора подается на базовую плату с задней панели посредством двухконтактного разъема .

7.4 Внимание! Опасное напряжения (220 В переменного тока) присутствует на фильтре, на выключателе и на базовой плате в районе силового трансформатора (поз. 13). При разборке прибора необходимо отключать кабель сетевого питания, а при настройке соблюдать меры безопасности.

7.5 Разборка прибора осуществляется следующим образом:

- отщелкнуть декоративные уголки со стороны верхней крышки, используя отвертку с плоским лезвием толщиной не более 0.5 мм;
- выкрутить винты, крепящие верхнюю крышку;
- снять верхнюю крышку, удерживая на месте заднюю и переднюю панели. Таким образом, можно получить доступ к большинству элементов схемы для настройки и поиска неисправностей. Следует заметить ,что обе крышки имеют защелки, расположенные в левом переднем и правом заднем углах для нижней и наоборот для верхней крышки.

Для снятия базовой платы необходимо:

- извлечь из пазов нижней крышки заднюю панель;
- отсоединить все разъемы, включая коаксиальный;
- выкрутить винты, крепящие ее к шасси;
- извлечь из корпуса.

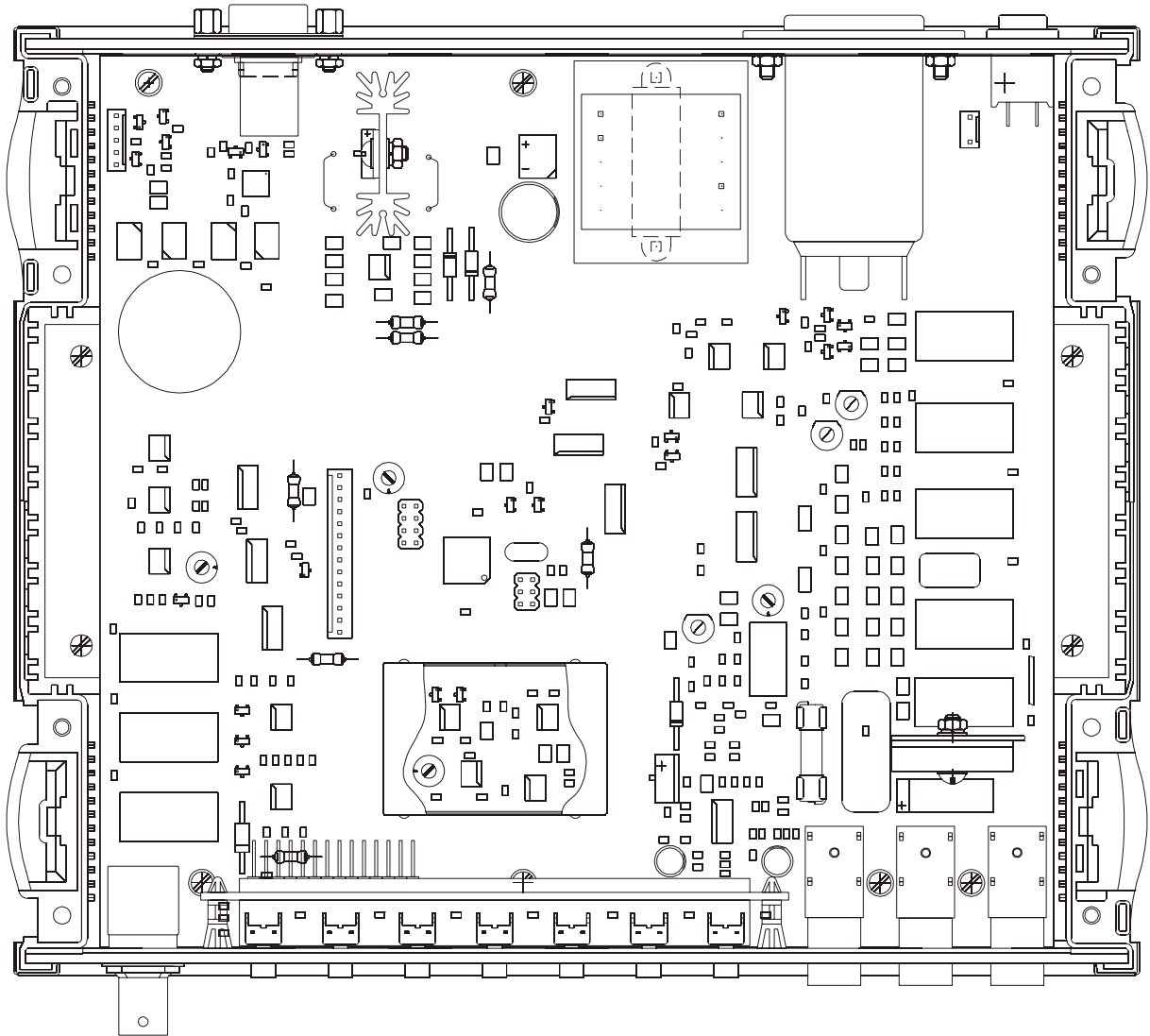


Рисунок 7.1 Конструкция мультиметра В7-87

8 ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИНЦИПАЛЬНЫХ СХЕМ ПРИБОРА

8.1 Общие указания

8.1.1 Назначение раздела - дать необходимые сведения потребителю для изучения прибора с целью правильной эксплуатации, а при необходимости, и для ремонта.

8.2 Описание электрической принципиальной схемы мультиметра

8.2.1 Схема электрическая принципиальная мультиметра В7-87 приведена в приложении А, перечень элементов – в таблице А.1.

8.2.2 Схема мультиметра В7-87 показывает соединения узлов между собой.

8.3 Описание электрической принципиальной схемы управления и отображения информации

8.3.1 Схему устройства управления и отображения информации (смотри схему приложения Б, перечень элементов – в таблице Б.1.) можно разделить на две независимые части:

- устройство индикации представлено индикаторным модулем (Н1), содержащим контроллер ЖКИ. Модуль работает в режиме 4-разрядной шины. Данные по линиям "D4-D7" записываются в контроллер или считываются из него сигналом синхронизации на линии "Е". Вид операции на шине определяется состоянием линии "R/W" (эта линия «заземлена» - используется только режим записи), а выбор регистра команд и данных уровнем на линии "RS";
- считывание состояния клавиатуры осуществляется по входу 37 микроконтроллера (инициирован как вход АЦП).

8.3.2 Запись данных контроллера ЖКИ происходит при смене индицируемых данных. С частотой измерений переписываются все поля индикатора. Служебные сообщения записываются избирательно на соответствующие места, например, при нажатии кнопок. Подсветка ЖКИ осуществляется светодиодной панелью, расположенной за ним. Питание панели производится по линиям "А" (анод) и "К" (катод). Резистором R121 устанавливается смещение на ЖКИ, соответствующее максимальной контрастности.

8.3.3 Опрос состояния клавиатуры происходит с частотой около 50 Гц.. Подавление «дребезга» кнопок производится программой в течение 160 мс. Таким образом, прибор может воспринимать нажатия длительностью более 320 мс.

8.4 Описание электрической принципиальной схемы базовой платы

8.4.1 Все основные функциональные узлы прибора расположены на базовой плате (смотри схему приложения В, перечень элементов – в таблице В.1.). Основу прибора составляет управляющая микро-ЭВМ – микроконтроллер U26 На кристалле размещены следующие устройства микро-ЭВМ:

- память переменных данных ОЗУ;
- память программы ПЗУ;
- таймеры (реального времени, тактирования интерфейса RS232C и АЦП, генерации звука, подсчет импульсов при измерении частоты);
- контроллер прерываний, обеспечивающий реагирование программы на события (нажатие кнопок, команды интерфейса, завершения измерительного цикла), параллельную обработку

многих процессов (измерительных алгоритмов, исполнения интерфейсных команд, обслуживания клавиатуры, генерацию звуков), формирование заданных временных интервалов. Непосредственными источниками прерываний являются таймер реального времени, АЦП, сигнал измеряемой частоты, приемник и передатчик последовательного интерфейса, флаги переполнения счетчиков;

- энергонезависимое запоминающее устройство (ЭНЗУ);
- интерфейсы параллельные (порты) и последовательные (асинхронный интерфейс)
- супервизор, обеспечивающий защиту данных ЭНЗУ удержанием микроконтроллера в сброшенном состоянии при опасно низком напряжении питания (при включении и выключении питания).

Внешними устройствами микро-ЭВМ являются:

- схема интерфейса СТЫК С2, гальванически отделенная оптронами от аналоговой части прибора. Схема интерфейса питается от выпрямителей отрицательного и положительного напряжения, получаемого из уровней сигналов «RXD» и «DTR», «RTS», поступающих при подключении прибора к интерфейсу персонального компьютера;

- схема интерфейса USB

- усилитель сигнала звуковой сигнализации на громкоговорителе В1;

- индикатор

8.4.2 Измерительная схема прибора построена на базе микросхемы интегрирующего однокристалльного АЦП выполненного по принципу сигма-дельта модуляции. Сигнал на вход АЦП подается через схему защиты со схемой ограничения уровня ,предотвращающей подачу на модулятор АЦП входного сигнала, превышающего уровень питания. Шкала АЦП (± 2.5 В), вычисляющего отношение между измеряемым и опорным напряжениями, определяется напряжением опорного источника, имеющего очень низкий температурный коэффициент и высокую временную стабильность. Скорость измерений определяется тактовой частотой (38.2 кГц), формируемой микроконтроллером и подаваемой на вход «CLK» АЦП. Выбор источников измеряемого сигнала, подаваемого на АЦП, обеспечивает аналоговый мультиплексор .

8.4.3 Измеряемое постоянное напряжение, проходя к входу АЦП, подвергается масштабированию и фильтрации с помощью:

- высоковольтного входного делителя А1, R33;

- фильтра нижних частот третьего порядка

- малозумящего усилителя постоянного тока (УПТ) с низким дрейфом, очень высоким входным сопротивлением и с изменяемым коэффициентом передачи.

Схема защиты усилителя от перегрузки ограничивает напряжения на входе усилителя до уровня ± 6.5 В.

8.4.4 Сопротивления ниже 2 кОм измеряются прибором по падению напряжения при пропускании тока 1 мА. Величина генерируемого тока определяется опорным напряжением (приведенное значение около 1 В) и сопротивлением токозадающего резистора (эквивалентное сопротивление 1 кОм). Транзистор VT6 и диод VD10 обеспечивают защиту стабилизатора тока от возможного попадания высокого напряжения при ошибке оператора.

Измерение сопротивления свыше 2 кОм производится по схеме делителя, который образуется последовательным включением измеряемого и образцового резистора с номинальным сопротивлением 100 кОм . Напряжение питания делителя (опорное) формируется повторителем U11.2 из напряжения опорного источника АЦП (этот уровень используется в качестве виртуальной «земли»). При этом с помощью делителя опорное напряжения омметра

делается немного ниже (+2,46 В) опорного уровня АЦП (+2,5 В), чтобы обеспечить гарантированное попадание в шкалу АЦП.

8.4.5 Тракт преобразования переменного напряжения состоит из следующих частей:

- входного частотно-компенсированного делителя с повторителем напряжения U9;
- входного буферного усилителя U9.1 с изменяемым коэффициентом передачи (аналоговым ключом U13);
- схемы защиты входа - балластные резисторы A5, A6 и диодный ограничитель VD7, VD8;
- интегрального преобразователя СКЗ переменного напряжения (микросхема U16), построенного на принципе аналогового вычисления квадратного корня из суммы квадратов мгновенных значений входного сигнала;
- выходного активного фильтра низких частот третьего порядка, выполненного на повторителе U11.3 .
- усредняющий активный фильтр третьего порядка (преобразователя СКЗ),
- усилителя и триггера Шмидта - для формирования сигнала на частотомер (U12).

Частотная характеристика входного делителя настраивается конденсаторами C17 и C22, соответственно устанавливающими распределение потенциала на специальном экране с эквипотенциальными поверхностями.

Конденсатором C36 регулируется частотная характеристика буферного усилителя при коэффициенте передачи $K=10$.

Резистором R55 корректируется напряжение смещения нуля СКЗ-преобразователя. Ввиду того, что чувствительность преобразователя в области нуля падает (эффект "мертвой зоны"), регулировка нуля выполняется при минимальном уровне сигнала 10 мВ на пределе "2 В" (устанавливается его точное значение).

На пределе 700 В выходное напряжение преобразователя СКЗ делится в три раза резисторами R72, R75. Переключение состояния этого делителя производится аналоговым ключом U13.

Цепочка R65, C39 обеспечивает коррекцию частотной характеристики СКЗ-преобразователя в области верхних частот.

В приборе осуществляется программная коррекция амплитудной передаточной характеристики СКЗ-преобразователя.

8.4.6 Измерение силы тока производится с помощью токового шунта R32 с номинальным сопротивлением 0,1 Ом. На младшем пределе 200 мА напряжение, снимаемое с шунта, дополнительно усиливается малошумящим усилителем U10. Сигнал с шунта подается в измерительный тракт через нижнее плечо входных делителей постоянного и переменного тока. Далее измерение тока производится также как измерение напряжения на высоковольтных пределах.

8.4.7 Сигнал измеряемой частоты подается на компаратор U3, который имеет порог срабатывания около 100 мВ. Далее цифровой сигнал подается на делитель U8 (в случае измерения высоких частот), либо на компаратор U4. Микросхема U6 осуществляет переключение сигналов. При измерении емкости работает RC-генератор на компараторе U1, а при измерении индуктивности – RL-генератор на компараторе U2. В обоих случаях в выходном каскаде генераторов используется логический элемент U5, формирующий прямоугольные импульсы правильной формы. Выходная частота генераторов при измерении емкости и индуктивности обрабатывается также как и при измерении частоты.

Выбор работающего компаратора производится подачей напряжения питания через контакты реле K2, K3, одновременно с подачей измеряемого сигнала. Сигнал P1 осуществляет блокировку компаратора U4, чтобы исключить появление помех при работе с АЦП. Сигнал P3

включает дополнительный делитель, уменьшающий частоту входного сигнала в 64 раза. Частота от одного из трех источников подается на микроконтроллер, который за счет собственных аппаратных ресурсов (таймеров и системы прерываний) измеряет ее либо по алгоритму измерения частоты или периода.

8.4.8 Формирование сигналов управления аналоговыми ключами U13,U15 и реле K1...K8 производится с помощью 16-разрядного сдвигового регистра (U20,U21), загружаемого микроконтроллером, и токового ключа (U19).

8.4.9 Источник питания прибора содержит линейный стабилизатор (U17) на напряжение +5В, который используется, в основном, для питания цифровых схем и части аналоговых микросхем, работающих в пределах цифровых уровней (АЦП, компараторы). Питание операционных усилителей измерительной схемы обеспечивает преобразователь U18, работающий на принципе переключаемых конденсаторов. Микросхема обеспечивает получение отрицательного напряжения (-5 В), равного входному положительному. Используя выход импульсного сигнала этой же микросхемы, с помощью выпрямителя VD13, VD14 получают положительное напряжение, равное удвоенному входному (+10 В). Для питания обмоток реле используется входное напряжение +5 В. Общий провод входных клемм соединен с выходом опорного источника омметра (+2,46 В). Таким образом обеспечивается режим симметричного питания (относительно измерительной «земли») для операционных усилителей и аналоговых ключей ($\pm 7,5$ В).

9 УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

9.1 Общие указания

9.1.1 Настоящий раздел содержит сведения, необходимые для устранения отдельных или незначительных неисправностей, возможных при эксплуатации. Капитальный ремонт прибора с заменой элементов конструкции, печатных плат, встроенного программного обеспечения должен выполняться изготовителем или специализированными ремонтными предприятиями.

9.1.2 При ремонте прибора следует соблюдать меры безопасности и защиты прибора, изложенные в п.9.2.

9.1.3 Прибор не подлежит ремонту в случаях:

- если наблюдаются значительные механические повреждения деталей и узлов, которые не могут быть заменены запасными;
- если произошли разрушения деталей и монтажа, приведшие к нарушению изоляции и препятствующие безопасной эксплуатации прибора.

9.2 Меры безопасности и защиты прибора

9.2.1 По степени защиты от поражения электрическим током прибор В7-80 относится к классу II по ГОСТ Р 51350-99 (*или ГОСТ РВ20.39.309-98*) и может эксплуатироваться с незаземленным корпусом (не требует заземления). Должен (но не обязательно) заземляться соответствующий контакт трехполюсной сетевой вилки, соединенный с общим проводом сетевого фильтра. Последнее обеспечивает лучшее подавление помех создаваемых прибором (их уровень очень низок), и особенно, помех прибору со стороны питающей сети.

9.2.2 Запрещается подавать:

- на входы мультиметра уровни сигналов, превышающие допустимые значение, указанные в таблице 1.7.

9.2.4 Источниками опасного напряжения 220 В, 50 Гц в приборе являются сетевые цепи: выводы сетевого трансформатора, выводы сетевого выключателя, выводы сетевой разьема-фильтра.

9.2.7 К пользованию прибором могут быть допущены лица, аттестованные для работы с напряжением до 1000 В, прошедшие инструктаж о мерах безопасности при работе с радиоизмерительными приборами и изучившие настоящее руководство по эксплуатации.

9.3 Перечень средств измерений и контроля

9.3.1 При проведении ремонта должна быть применена аппаратура с характеристиками, указанными в таблице 9.1. Если в процессе ремонта требуется проведение калибровки прибора, необходимо воспользоваться указаниями по выбору аппаратуры п.11.5 части 1 настоящего руководства.

Таблица 9.1 – Перечень средств измерений, необходимых для ремонта

Наименование и тип	Назначение	Используемые параметры	
		Функция и диапазон (основной параметр)	Погрешность
Осциллограф С1-157/1	Поиск неисправностей по времен-ным диаграммам	Полоса пропускания 100 МГц, Диапазон коэффициентов отклонения 0,005- 5 В/дел	±5 %
Мультиметр В7-64/1	Поиск неисправностей по режимам в контрольных точках и «прозвонка» элементов и электрических цепей	Измерение:	
		- постоянного напряжения от ±10 мкВ до ±1000 В;	±0,01 %
		переменного напряжения от 1 мВ до 700В частотой 10 Гц - 100 кГц;	±0,1 %
		силы постоянного тока до 2 А;	±0,5 %
		сопротивления от 0 Ом до 10 Мом;	±0,05 %
частоты от 10 Гц до 10 кГц	±0,01 %		

Примечания

1 Разрешается применять другие меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерение соответствующих параметров с требуемой точностью.

2 Средства измерения должны быть поверены в органах государственной или ведомственной метрологической службы в соответствии с ПР 50.2.006-94.

9.4 Устранение неисправностей

9.4.1 Перед ремонтом прибора необходимо изучить настоящее руководство по эксплуатации. Перечень характерных неисправностей, указания по их поиску и устранению приведены в таблице 9.2.

9.4.2 При поиске неисправностей необходимо иметь в виду, что в нормально функционирующем приборе постоянно работает микроконтроллер, одновременно выполняя несколько операций:

- каждое нажатие кнопки вызывает изменение состояния индикатора;
- получение новых измеренных данных завершается выводом показаний на индикатор;
- если включен интерфейс и подключен компьютер, то измеренные данные выводятся в виде строки символов. Их можно наблюдать с помощью компьютера, оснащенного программой эмулятора терминала или осциллографа в виде пачки импульсов;

- каждое нажатие кнопки сопровождается генерацией звукового сигнала с частотой около 2 кГц;

- наблюдая осциллографом выполнение операции считывания АЦП, загрузки сдвигового регистра управления реле и электронными ключами, можно сделать заключение об их исправности;

- наблюдая прохождение аналогового сигнала по цепочке от входа прибора к АЦП, можно проконтролировать работоспособность многих узлов прибора (усилителей, компараторов, фильтров, преобразователей).

9.4.3. Поиск неисправностей в аналоговой части прибора производится при включении неработающего режима или предела контролем прохождения (преобразования) сигнала в тракте обработки с помощью вольтметра или осциллографа и определении узла или элемента, неправильно выполняющего свою функцию.

9.4.4 При определении неисправности следует иметь в виду, что чаще всего неисправность возникает в наименее надежных, наиболее нагруженных элементах или элементах, подверженных внешним воздействиям, например, перегрузке по входу. Таковыми в схеме прибора являются:

- сильно нагруженные элементы источника питания – силовой трансформатор, выпрямительные диоды, конденсаторы фильтра, стабилизатор напряжения;

- входные каскады усилителей канала измерения постоянного или переменного тока;
- все разъемные соединения и реле, коммутирующие большую мощность или высокое напряжение;

- механические устройства. В данном случае кнопки, переключатели.

9.4.5 Определение неисправности в части прибора, работающей в статическом режиме, производится с помощью вольтметра или осциллографа. Этим способом удобно проверять источник питания и цепи питания. В таблице 9.3 содержатся данные, которые могут облегчить поиск неисправностей. В ней для каждого режима работы указываются узлы, которые должны быть проверены, и метод проверки.

Таблица 9.2 – Неисправности прибора В7-87

Внешнее проявление неисправности или ее признаки	Вероятная причина неисправности	Метод определения неисправности
1 Прибор не включается	Неисправность сетевых цепей	Выключить из сети и проверить исправность предохранителя, выключателя сети, сопротивление сетевой обмотки трансформатора (приблизительно 500 Ом)
2 Сгорает сетевой предохранитель или очень сильно греется силовой трансформатор	Выход из строя диодов или конденсатора фильтра выпрямителя, микросхемы стабилизатора, замыкание витков тр-ра	«Прозвонить» диоды (не должны иметь нулевое сопротивление) и конденсаторы. Попробовать включить прибор при пониженном сетевом питании, начиная от ~50 В
3 Отсутствует индикация	Неисправность микро-ЭВМ или индикаторной платы	Проверить питание индикаторной платы. Проверить питание процессора, работу его генератора (+5 В)
4 Индикация есть, но показания не появляются (не обновляются)	Неисправность АЦП (отсутствует сигнал готовности данных или сигнал тактирования)	Проверить осциллографом питание АЦП (+5 В), наличие сигналов тактирования (38,2 кГц) и считывания (пачки импульсов с периодом 10 мс)
5 Показания измеряемого напряжения в значительной степени не соответствуют поданному напряжен.	Неисправность входных каскадов или схем защиты входов или источников питания входных каскадов	Проверить вольтметром режимы входного каскада того предела или режима, на котором наблюдается искажение амплитуды входного сигнала. Измерить напряжение питания входных каскадов (+10 В, -5 В)
6 Показания измеряемого напряжения или сопротив. нестабильны и изменяются при встряхивании	Нарушение контакта в цепи прохождения сигнала, например, неисправность реле	Проверить с помощью вольтметра по цепи прохождения сигнала (можно в обратном порядке), начиная с входов АЦП. Проверить стабильность опорного источника (+2,5 В). Проверить стабильность источника тока омметра
7 Прибор не измеряет силу тока (разрыв)	Сгорание предохранителя	Проверить и при необходимости заменить предохранитель F1
8 Показания в режиме измерения тока значительно выше (ниже) ожидаемых	Разрушение токового шунта (пробой диодов защиты) вследствие перегрузки	Проверить целостность элементов токового шунта
9 Измерение частоты не производится, индикация сообщение Low Freq	Выход из строя компаратора или элементов защиты вследствие перегрузки	Проверить осциллографом прохождение сигнала измеряемой частоты от входа до микроконтроллера
10 Измерение емкости не производится, индикация сообщение OL or SC	Выход из строя компаратора или элементов защиты вследствие перегрузки	Проверить осциллографом генерацию RC-генератора и прохождение сигнала его частоты от входа до микроконтроллера
11 Измерение индуктивности не производится, индикация OL or DC	Выход из строя компаратора или элементов защиты вследствие перегрузки	Проверить осциллографом генерацию RL-генератора и прохождение сигнала его частоты от входа до микроконтроллера

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Схема электрическая принципиальная и перечень элементов мультиметра В7-87

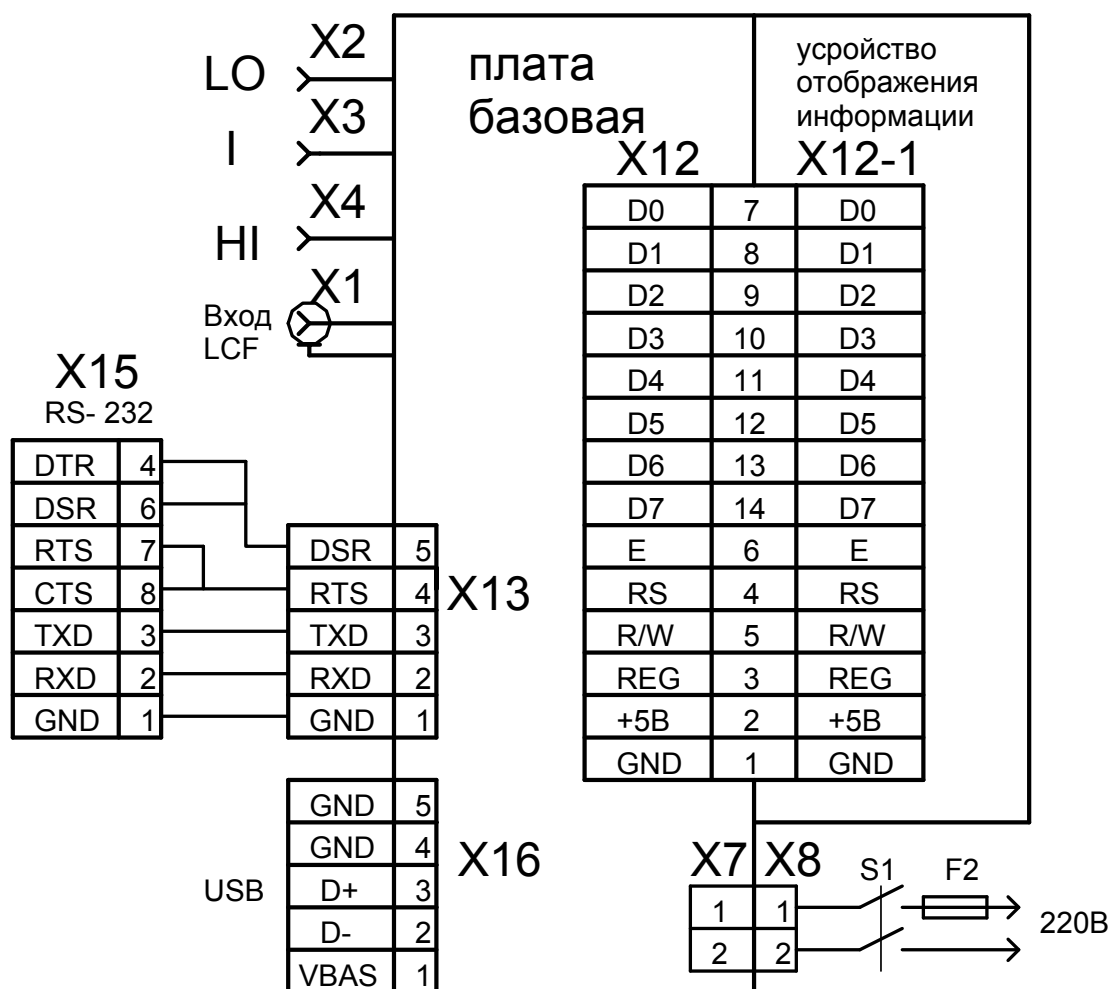
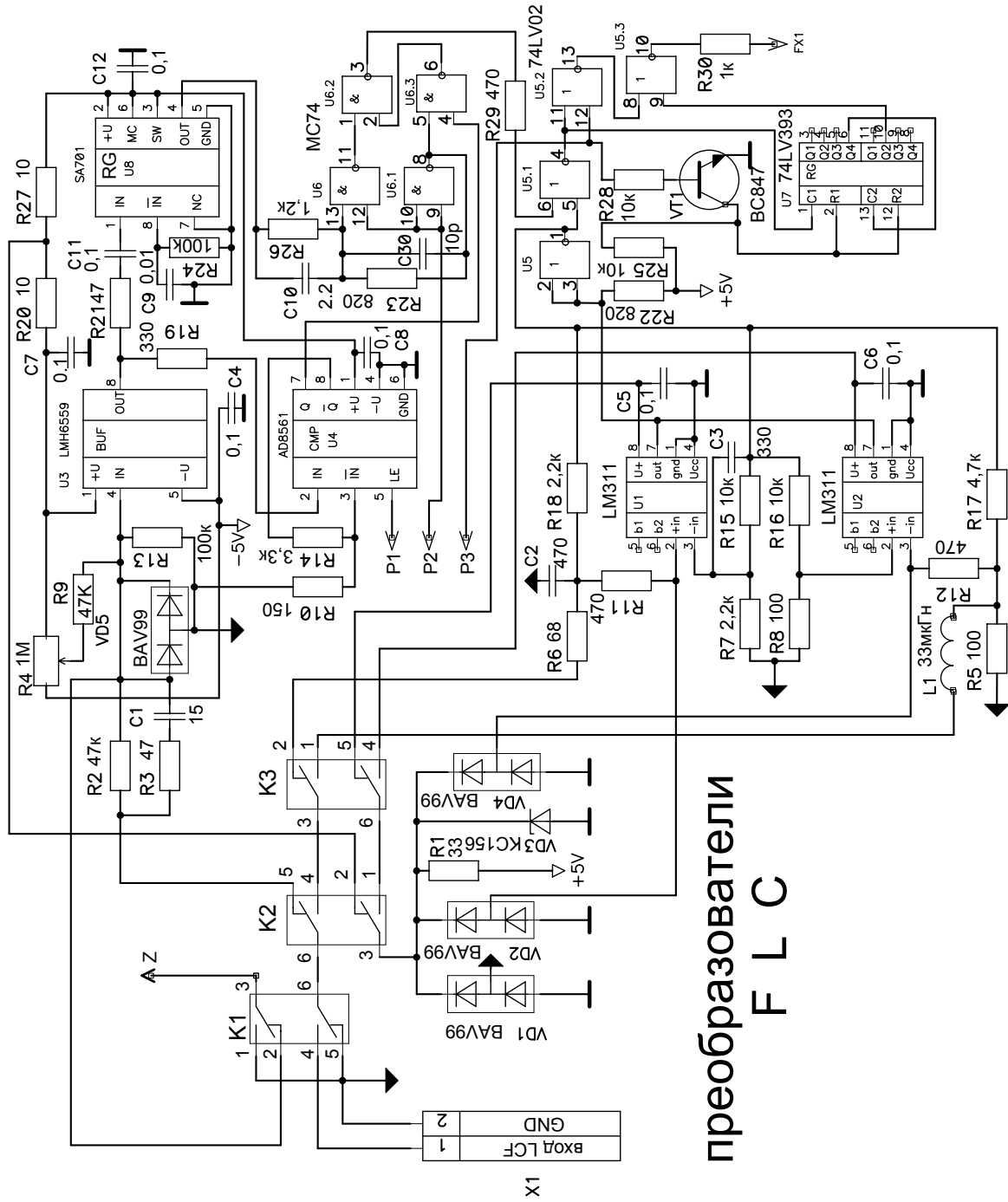


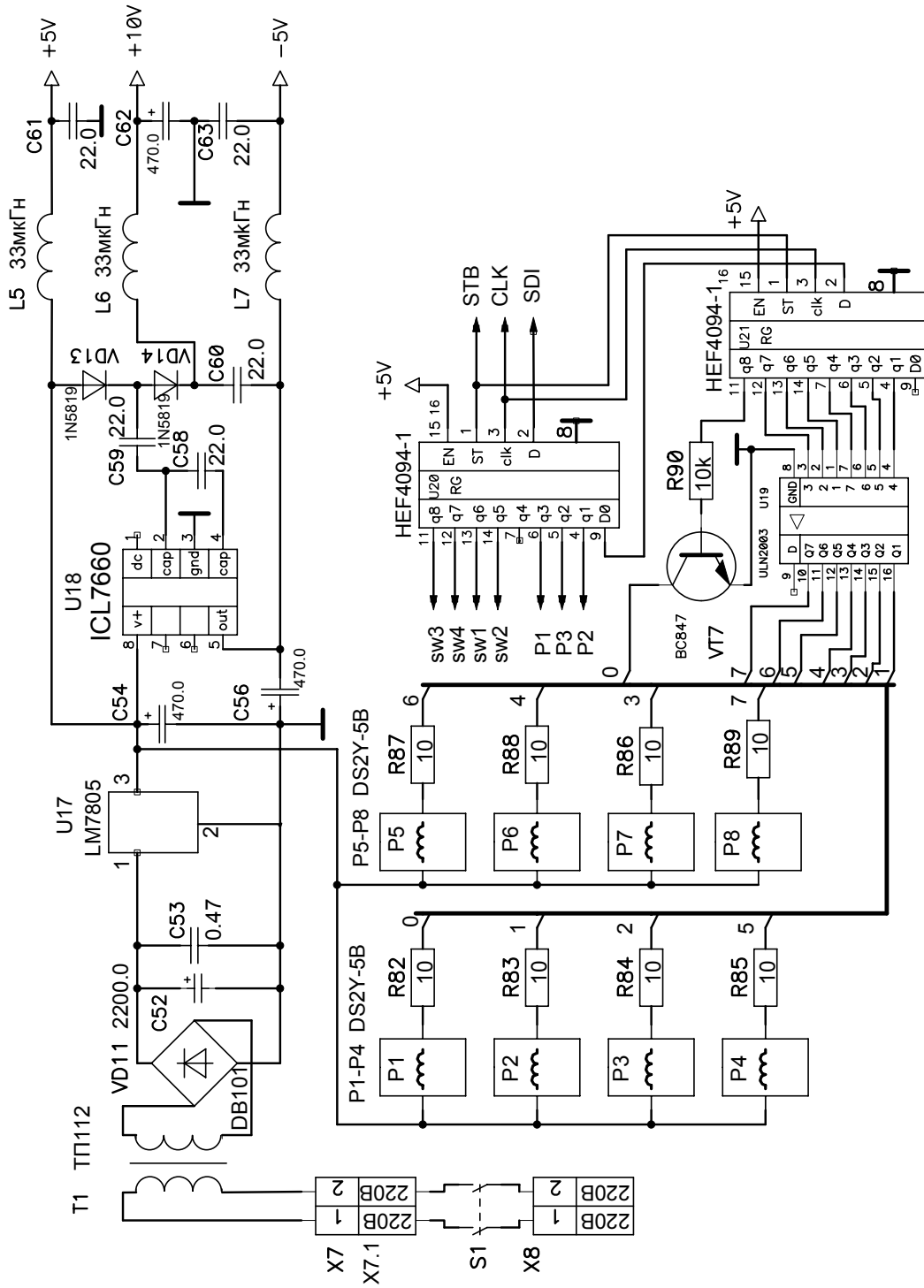
Таблица А.1 – Перечень элементов мультиметра В7-87

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
A1	Плата базовая МЕРА. 758 726-013	1	
A2	Устройство отображения информации 16210S1 FLBI	1	
F2	Вставка плавкая ВП2Б-1В 0.25А 250 В ОЮ0.481.005 ТУ	1	
S1	ТУМБЛЕР ПТ73-2-2 АГ0.360.077 ТУ	1	
X1	Гнездо BNC – CB5CS9ND	1	
X2,X3	Гнездо SLB4 – 1/90 color code 21	2	черное Красное
X4	Гнездо SLB4 – 1/90 color code 22	1	
X15	Розетка DB-9F	1	
X16	Розетка USBB-1J	1	
X8	Сетевой фильтр DL-3DZ2R 250В 3А	1	

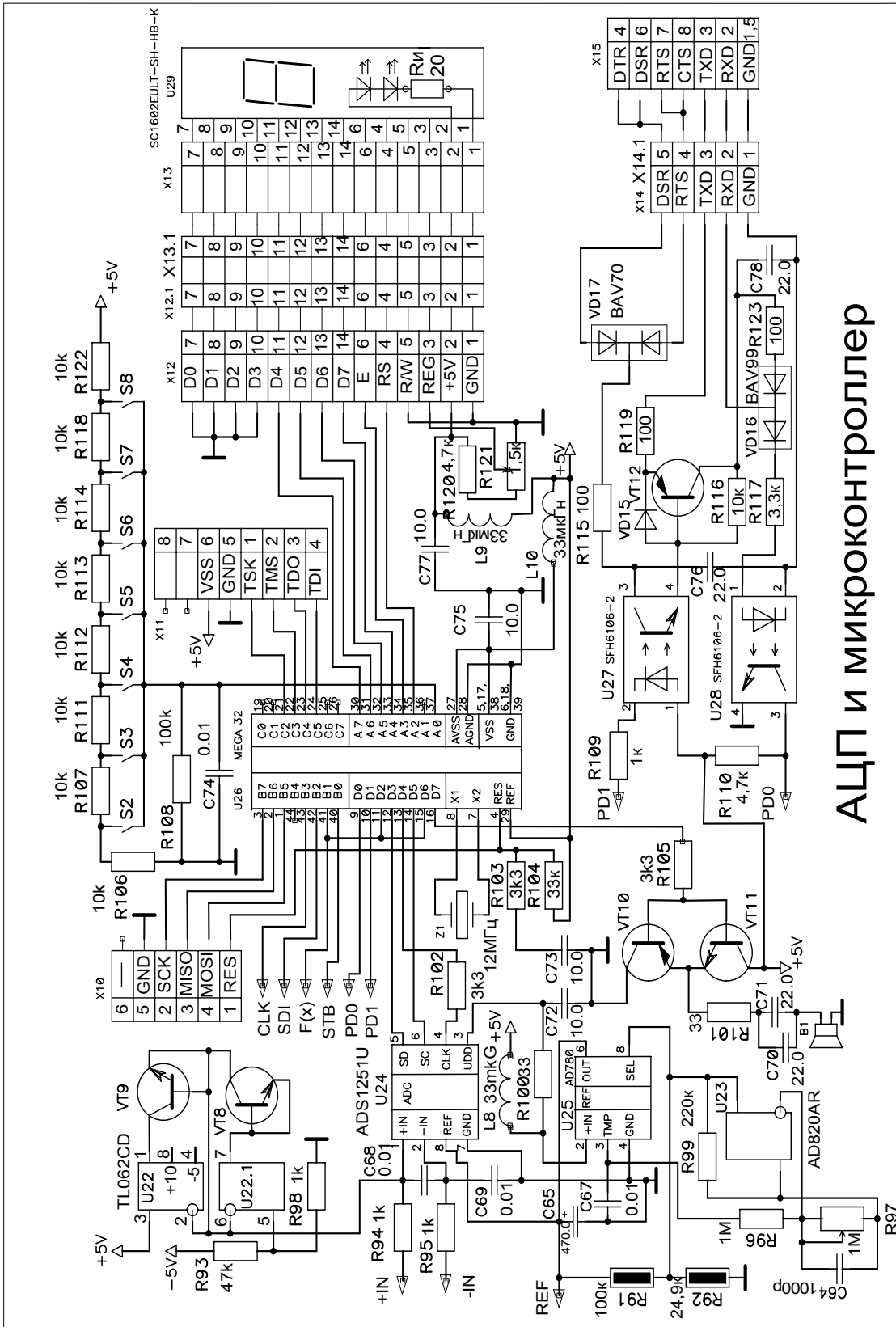
ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Схема электрическая принципиальная, перечень и план размещения элементов на плате базовой



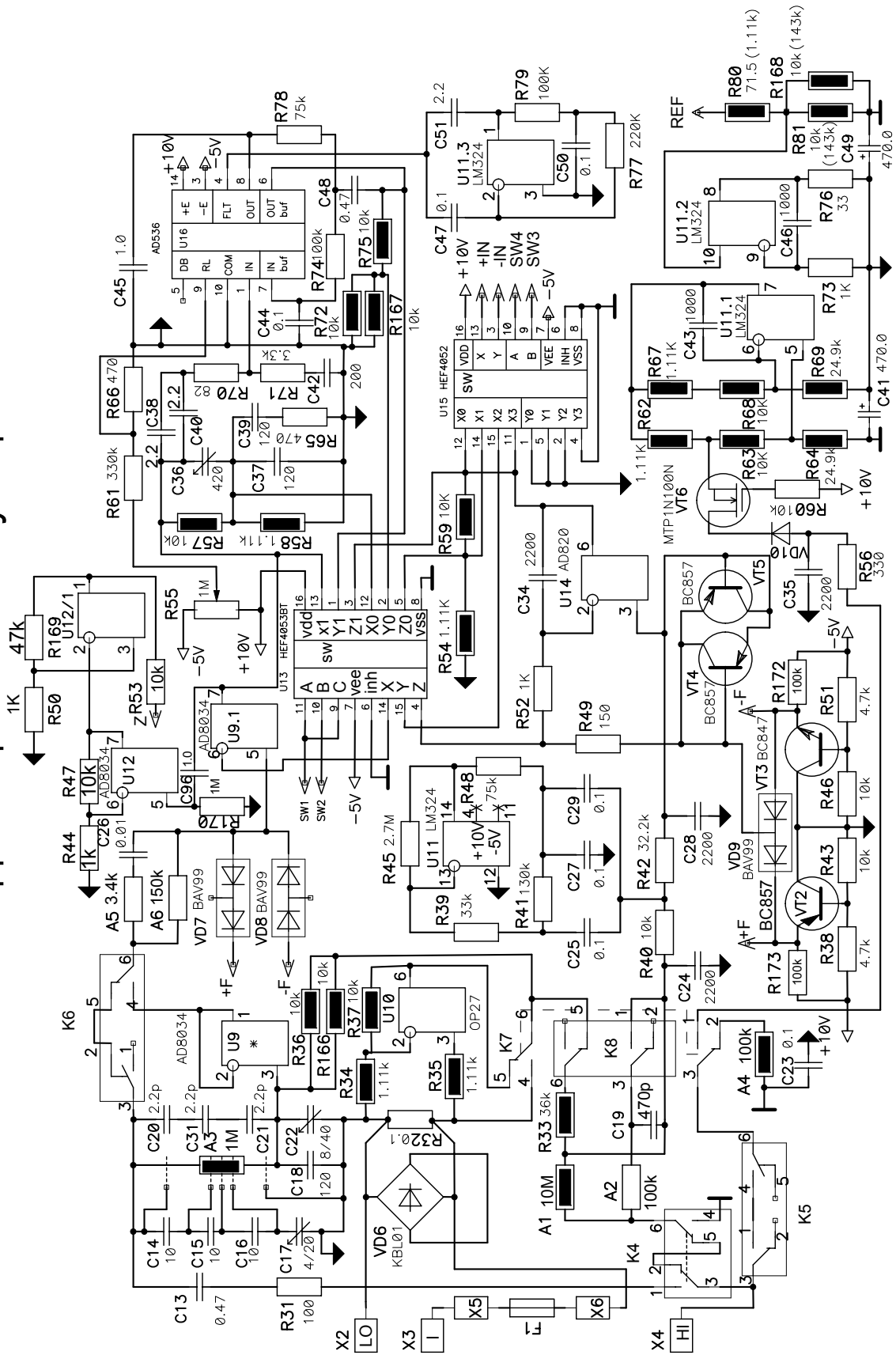


ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ И СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ



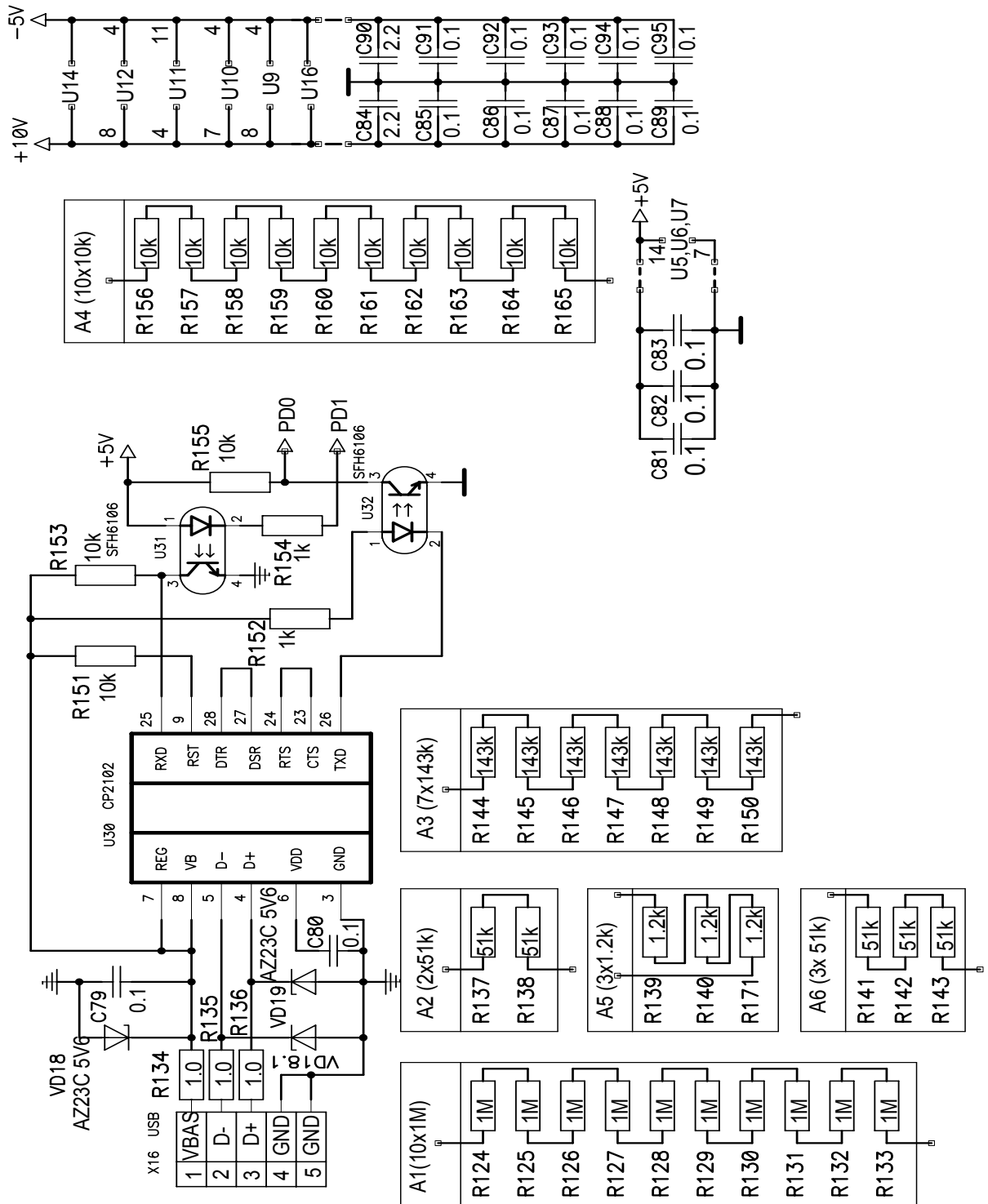
АЦП И МИКРОКОНТРОЛЛЕР

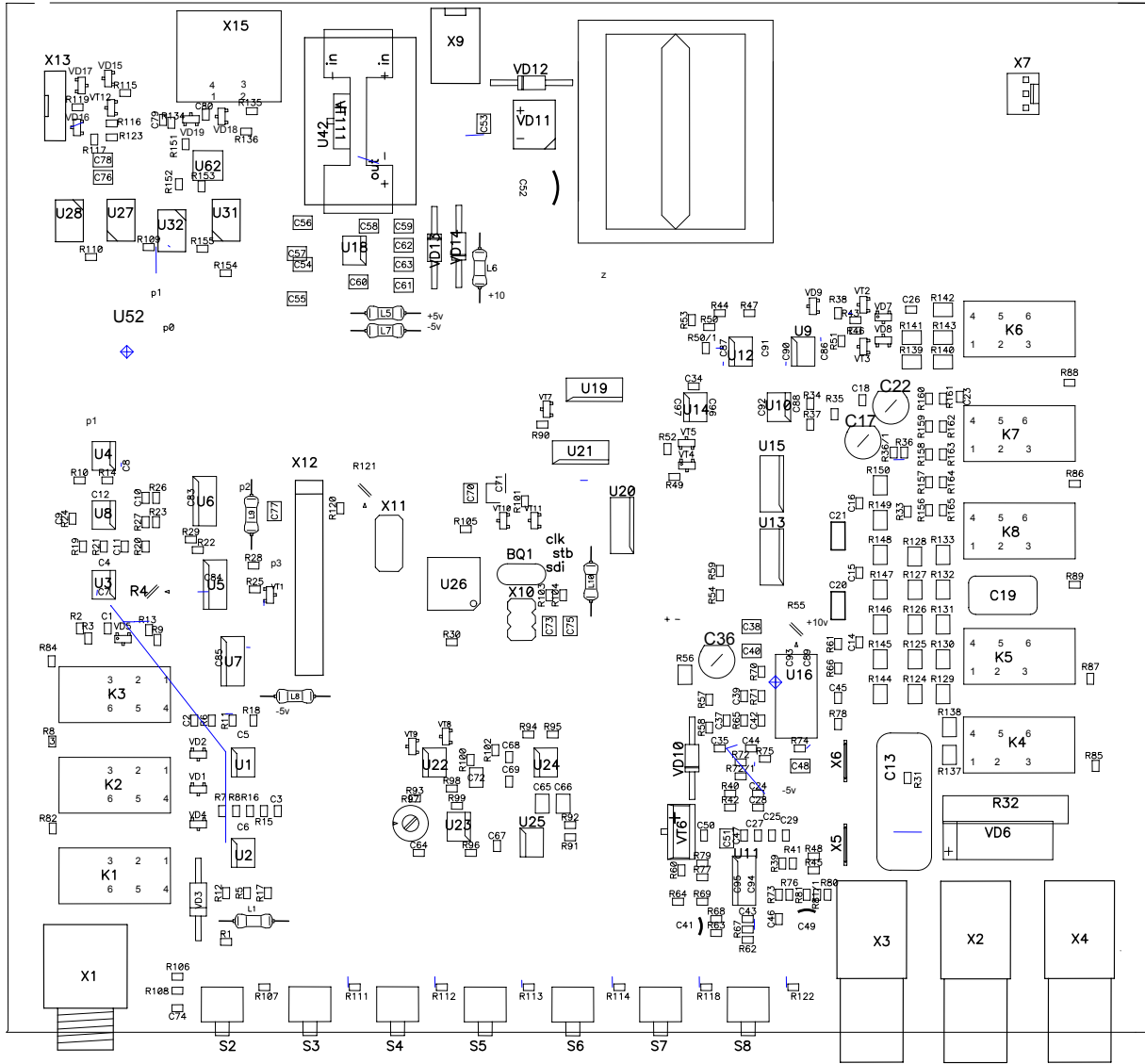
ВХОДНЫЕ ЦЕПИ И КОММУТАЦИЯ



* 1. резисторы с ТКС не более 10 ppm/С

КОНТРОЛЛЕР USB





План размещения элементов на плате базовой

Перечень элементов

Поз. Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Конденсаторы		
C1	чип конденсатор 0805 15 пф ± 0,5 пф 200В	1	
C2	чип конденсатор 0805 470 пф ± 5% -25В	1	
C3	чип конденсатор 0805 330 пф ± 5% -25В	1	
C4 - C8	чип конденсатор 0805 0,1 мкф ± 10% 50В	5	
C9	чип конденсатор 0805 0,01 мкф ± 10% 50В	1	
C10	чип конденсатор 1210 2,2 мкф ± 10% 25В	1	
C11, C12	чип конденсатор 0805 0,1 мкф ± 10% 50В	2	
C13	конденсатор K73-17 630В 0,47 мкФ ± 10%	1	
C14 - C16	чип конденсатор 1210 4,7 пф ± 5% -200В	3	
C17	конденсатор TZ03T400ER169 4/20 pF N450	1	
C18	чип конденсатор 0805 120 пф ± 5% -25В	1	
C19	конденсатор K15 -5 H20 470 пф 1,6 кВ	1	
C20 - C21, C31	конденсатор K10-62-M47 2,2 пф	3	
C22	конденсатор TZ03T400ER169 8/40 pF N450	1	
C23	чип конденсатор 0805 0,1 мкф ± 10% 50В	1	
C24, 28	чип конденсатор 0805 2200 пф ± 10% 100В	2	
C25	чип конденсатор 0805 0,1 мкф ± 10% 50В	1	
C26	чип конденсатор 0805 0,01 мкф ± 10% 50В	1	
C27, C29	чип конденсатор 0805 0,1 мкф ± 10% 50В	2	
C34, C35	чип конденсатор 0805 2200 пф ± 10% 100В	2	
C36	конденсатор TZ03T400ER169 4/20 pF N450	1	
C37	чип конденсатор 0805 120 пф ± 5% -25В	1	
C38, C40	чип конденсатор 1210 22 мкф ± 10% 25В	2	
C39	чип конденсатор 0805 120 пф ± 5% -25В	1	
C41	конденсатор EXR 6,3В 470 мкф	1	
C42	чип конденсатор 0805 200 пф ± 5% -25В	1	
C43, C46	чип конденсатор 0805 1000 пф ± 5% -25В	2	

Поз. Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
C44,C47	чип конденсатор 0805 0,1 мкф ± 10% 50В	2	
C45	чип конденсатор 0805 1 мкф ± 10% 50В	1	
C48	чип конденсатор 1210 0,47 мкф ± 10% 50В	1	
C49	конденсатор EXR 6,3В 470 мкф	1	
C50	чип конденсатор 0805 0,1 мкф ± 10% 50В	1	
C51	чип конденсатор 1210 2,2 мкф ± 5% -25В	1	
C52	конденсатор EXR 25В 2200 мкф	1	
C53	чип конденсатор 1210 0,47 мкф ± 10% 50В	1	
C54, C56, C62, C63	конденсатор FT-SMD 10В 470 мкф ± 40%	4	танталовый
C64	чип конденсатор 0805 1000 пф ± 5% -25В	1	
C65 ,	конденсатор FT-SMD 10В 470 мкф ± 40%	1	танталовый
C67 - C69	чип конденсатор 0805 0,01 мкф ± 10% 50В	3	
C70,C71	чип конденсатор 1210 22 мкф ± 10% 25В	2	
C72,C73	чип конденсатор 1210 10 мкф ± 10% 25В	2	
C74	чип конденсатор 0805 0,01 мкф ± 10% 50В	1	
C75,C77	чип конденсатор 1210 10 мкф ± 10% 25В	2	
C76,C78	чип конденсатор 1210 22 мкф ± 10% 25В	2	
C79 - C83	чип конденсатор 0805 0,1 мкф ± 10% 50В	5	
C84,90	чип конденсатор 1210 2,2 мкф ± 10% 25В	2	
C85-C89,C91-C95	чип конденсатор 0805 0,1 мкф ± 10% 50В	10	
C96	чип конденсатор 0805 1 мкф ± 10% 25В	1	
	Микросхемы		
U1,U2	микросхема LM 311D	2	
U3	микросхема LMH6559	1	
U4	микросхема AD 8561A	1	
U5	микросхема 74LV02D (74HC02D)	1	
U6	микросхема MC 74 АСТ00N (SN74АСТ00D)	1	
U7	микросхема 74LV393D (74HC393 D)	1	
U8	микросхема SA701D	1	

Поз. Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
U9	микросхема AD 8034AR	1	
U10	микросхема OP27GS	1	
U11	микросхема LM 324AD	1	
U12	микросхема AD 8034AR	1	
U13	микросхема HEF4053BT	1	
U14	микросхема AD820AR	1	
U15	микросхема HEF4052BT	1	
U16	микросхема AD 536AJD	1	
U17	микросхема LM7805 (TO-220)	1	
U18	микросхема ICL7660CBA (ADM 660AR)	1	
U19	микросхема ULN2003AD	1	
U20,U21	микросхема HEF4094BT (HCF4094M)	2	
U22	микросхема TL 062CD	1	
U23	микросхема AD820AR	1	
U24	микросхема ADS1251U	1	
U25	микросхема AD780AR	1	
U26	микросхема ATMEGA32-16PI	1	
U27,U28	микросхема SFH6106-2 (SFH610)	2	
U29	индикатор SC1602 EULT - SH - HB - K	1	
U30	микросхема CP2102	1	
U31,U32	микросхема SFH6106-2	2	
	Диоды		
VD1,VD2	диод BAV99	2	
VD3	диод KC156A	1	
VD4,VD5	диод BAV99	2	
VD6	диодный мост KBL01	1	
VD7,VD9	диод BAV99	2	
VD10	диод 1N4007	1	
VD11	диодный мост DB101S	1	
VD13,VD14	диод 1N5819	2	
VD15,VD16	диод BAV99	2	

Поз. Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
VD17	диод BAV70	1	
VD18, VD19	диод AZ23C 5V6	2	General Semiconductor
	Транзисторы		
VT1	транзистор BC847C	1	
VT2	транзистор BC857C	1	
VT3	транзистор BC847C	1	
VT4, VT5	транзистор BC857C	2	
VT6	транзистор MTP1N100	1	
VT7- VT9	транзистор BC847C	3	
VT10	транзистор BC857C	1	
VT11	транзистор BC847C	1	
VT12	транзистор BC857C	1	
	Резисторы		
R1	чип резистор 0805 33 Ом ± 10%	1	
R2	чип резистор 0805 47 кОм ± 10%	1	
R3	чип резистор 0805 47 Ом ± 10%	1	
R4	резистор 3329H-1-105K 1 МОм ± 10%	1	
R5	чип резистор 0805 100 Ом ± 10%	1	
R6	чип резистор 0805 68 Ом ± 10%	1	
R7	чип резистор 0805 2,2 кОм ± 10%	1	
R8	чип резистор 0805 100 Ом ± 10%	1	
R9	чип резистор 0805 47 кОм ± 10%	1	
R10	чип резистор 0805 150 Ом ± 10%	1	
R11, R12	чип резистор 0805 470 Ом ± 10%	2	
R13	чип резистор 0805 100 кОм ± 10%	1	
R14	чип резистор 0805 3,3 кОм ± 10%	1	
R15, R16	чип резистор 0805 10 кОм ± 10%	2	
R17	чип резистор 0805 4,7 кОм ± 10%	1	
R18	чип резистор 0805 2,2 кОм ± 10%	1	
R19	чип резистор 0805 330 Ом ± 10%	1	
R20	чип резистор 0805 10 Ом ± 10%	1	

Поз. Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
R21	чип резистор 0805 47 Ом \pm 10%	1	
R22,R23	чип резистор 0805 1 кОм \pm 10%	2	
R24	чип резистор 0805 100 кОм \pm 10%	1	
R25	чип резистор 0805 10 кОм \pm 10%	1	
R26	чип резистор 0805 1,2 кОм \pm 10%	1	
R27	чип резистор 0805 10 Ом \pm 10%	1	
R28	чип резистор 0805 10 кОм \pm 10%	1	
R29	чип резистор 0805 470 Ом \pm 10%	1	
R30	чип резистор 0805 1 кОм \pm 10%	1	
R31	чип резистор 0805 100 Ом \pm 10%	1	
R32	шунт PBV-R100-1,0 - 0,1 Ом \pm 1%	1	
R33	CRT0805 - DW- 3602	1	36K-0,5%-5ppm
R34,R35	CRT0805 - DW - 1111	2	1,11k
R36,R166	CRT0805 - DW - 1002	2	10k
R37	CRT0805 - DW - 1002	1	10k
R38	чип резистор 0805 4,7 кОм \pm 10%	1	
R39	чип резистор 0805 33 кОм \pm 10%	1	
R40	чип резистор 1210 10 кОм \pm 10%	1	
R41	чип резистор 0805 130 кОм \pm 10%	1	
R42	чип резистор 1210 30 кОм \pm 10%	1	
R43	чип резистор 0805 10 кОм \pm 10%	1	
R44	чип резистор 0805 4,7 кОм \pm 10%	1	
R45	чип резистор 0805 2,7 МОм \pm 10%	1	
R46	чип резистор 0805 10 кОм \pm 10%	1	
R47	чип резистор 0805 10 кОм \pm 10%	1	
R48	чип резистор 0805 75 кОм \pm 10%	1	
R49	чип резистор 0805 150 Ом \pm 10%	1	
R50	чип резистор 0805 1 кОм \pm 10%	1	
R51	чип резистор 0805 4,7 кОм \pm 10%	1	
R52	чип резистор 0805 1 кОм \pm 10%	1	
R53	чип резистор 0805 10 кОм \pm 10%	1	
R54	CRT0805 - DW - 1111	1	1,11k
R55	резистор 3329H-1-105K 1МОм \pm 10%	1	
R56	чип резистор 1210 330 Ом \pm 10%	1	

Поз. Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
R57	CRT0805 - DW - 1002	1	10k
R58	CRT0805 - DW - 1111	1	1,11k
R59	CRT0805 - DW - 1002	1	10k
R60	чип резистор 0805 10 кОм ± 10%	1	
R61	чип резистор 0805 330 кОм ± 10%	1	
R62	CRT0805 - DW - 1111	1	1,11k
R64,R69	CRT0805 - DW - 2492	2	24,9k
R65,R66	чип резистор 0805 470 Ом ± 10%	2	
R67	CRT0805 - DW - 1111	1	1,11k
R68	CRT0805 - DW - 1002	1	10k
R70	чип резистор 0805 82 Ом ±10%	1	
R71	чип резистор 0805 3,3 кОм ± 10%	1	
R72,R167	CRT0805 - DW - 1002	2	10k
R73	чип резистор 0805 1 кОм ± 10%	1	
R74	чип резистор 0805 100 кОм ± 10%	1	
R75	CRT0805 - DW - 1002	1	10k
R76	чип резистор 0805 33 Ом ± 10%	1	
R77	чип резистор 0805 220 кОм ±10%	1	
R78	чип резистор 0805 75 кОм ±10%	1	
R79	чип резистор 0805 100 кОм ± 10%	1	
R80	CRT0805 - DY - 71R5	1	71,5 Ом
R81,R168	CRT0805 - DW - 1002	2	10k
R82-R89	чип резистор 0805 10 Ом ± 10%	8	
R90	чип резистор 0805 10 кОм ±10%	1	
R91	CRT0805 - DW - 1003	1	100k
R92	CRT0805 - DW - 2492	1	24,9k
R93,R169	чип резистор 0805 47 кОм ±10%	2	
R94,R95	чип резистор 0805 1 кОм ±10%	2	
R96	чип резистор 08051 МОм ± 10%	1	
R97	резистор 3329H-1-105K 1 МОм ± 10%	1	
R98	чип резистор 0805 1 кОм ± 10%	1	
R99	чип резистор 0805 220 кОм ± 10%	1	

Поз. Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
R100,101	чип резистор 0805 33 Ом \pm 10%	2	
R102,R103	чип резистор 0805 3,3 кОм \pm 10%	2	
R104	чип резистор 0805 33 кОм \pm 10%	1	
R105	чип резистор 0805 3,3 кОм \pm 10%	1	
R106,107	чип резистор 0805 10 кОм \pm 10%	2	
R108	чип резистор 0805 100 кОм \pm 10%	1	
R109	чип резистор 0805 1 кОм \pm 10%	1	
R110	чип резистор 0805 4,7 кОм \pm 10%	1	
R111-R114	чип резистор 0805 10 кОм \pm 10%	4	
R115	чип резистор 0805 100 Ом \pm 10%	1	
R116	чип резистор 0805 10 кОм \pm 10%	1	
R117	чип резистор 0805 3,3 кОм \pm 10%	1	
R118	чип резистор 0805 10 кОм \pm 10%	1	
R119	чип резистор 0805 100 Ом \pm 10%	1	
R120	чип резистор 0805 4,7 кОм \pm 10%	1	
R121	резистор 3329H-1-152K 1,5 кОм \pm 10%	1	
R122	чип резистор 0805 10 кОм \pm 10%	1	
R123	чип резистор 0805 100 Ом \pm 10%	1	
R124-R133	CRT1206 - DW - 1004	10	1 Мом
R134-R136	чип резистор 0805 1,0 Ом \pm 10%	1	
R137,R138	чип резистор 1210 51 кОм \pm 10%	2	
R139,R140	чип резистор 1210 1,6 кОм \pm 10%	2	
R141-R143	чип резистор 1210 51 кОм \pm 10%	3	
R144-R150	CRT1206 - DW - 1433	7	143k
R151,R153	чип резистор 0805 10 кОм \pm 10%	2	
R152,R154	чип резистор 0805 1 кОм \pm 10%	2	
R155	чип резистор 0805 10 кОм \pm 10%	1	
R156-R165	CRT0805 - DW - 1002	10	10k
Ru	чип резистор 1210 20 Ом \pm 10%	1	

Поз. Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
X1	розетка BNC- CB5CS9ND	1	
X2,X3	гнездо измерительное SLB4-1/90 Order Code: 23.3200-21 black	2	Multi-Contact
X4	гнездо измерительное SLB4-1/90 Order Code: 23.3200-21 red	1	Multi-Contact
X5,X6	Держатель предохранителя FH-100	2	БМ
X7	вилка WF3	1	
X7,1	розетка HU - 3	1	
X8	сетевой фильтр DL - 3DZ2R 250V 3A	1	
X10	вилка PLD6	1	
X11	вилка PLD8	1	
X12,X13	вилка WF14	2	
X12.1, X13.1	розетка HU14	2	
X14	вилка WF5	1	
X14.1	розетка HU5	1	
X15	розетка DB-9F	1	
X16	розетка USBB-1J	1	
K1-K 8	реле DS2Y-S-DC5V	8	
S1	выключатель SWR-45	1	
S2 - S8	переключатель тактовый 0773 колпачок Ø 5	7	
L1,L5-L10	дроссель EC24-330K 33мкГн +/- 10%	7	
T1	трансформатор ТП132-3	1	
F1	Вставка плавкая ВП2Б-1В 6,3А 250В ОЮ0.481.005 ТУ	1	
B1	электромагнитный звонок HCM1212A	1	
Z1	резонатор РК169МВ-8АП-12000К-В ОДО.338.017 ТУ	1	
F2	Вставка плавкая ВП2Б-1В 0,5А 250В ОЮ0.481.005 ТУ	2	

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в документе	№ документа	Входящий № сопроводительного докум. и дата	Подп.	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					