

www.radiodvd.jino-net.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ МУЛЬТИМЕТРЫ

Электрические
схемы

Технические
параметры

Особенности
ремонта

Справочные
данные



Содержание
www.radiodvd.jino-net.ru

Предисловие.....	3
1. Общие принципы устройства мультиметров	4
1.1. Краткое описание АЦП серии 7106	4
1.2. Аналоговая часть АЦП	8
1.3. Цифровая часть АЦП	14
1.4. Типовое применение АЦП	18
1.5. Особенности эксплуатации и ремонта устройств на основе АЦП серии 7106.	20
2. Элементы цифрового мультиметра на основе АЦП серии 7106	25
2.1. Реализация автоматического выбора предела измерений.....	25
2.2. Построение входного делителя напряжения	28
2.3. Индикация состояния батареи питания	31
2.4. Измерение сопротивления, проводимости и тока	31
3. Основные характеристики мультиметров	33
3.1. Мультиметры серии 266.....	33
3.2. Мультиметры серии 300 и 320.....	34
3.3. Мультиметры серии 3211D	36
3.4. Мультиметры серии 3900.....	37
3.5. Мультиметры серии MY61, MY62, MY64, MY68.....	38
3.6. Мультиметры серии 830, 830D	39
3.7. Мультиметры серии 832.....	40
3.8. Мультиметры серии 838.....	41
3.9. Мультиметры серии 890.....	42
3.10. Мультиметры серии 90, 93A	43
3.11. Мультиметры серии 9502.....	44
4. Характерные неисправности и методы их устранения	45
5. Специализированные микросхемы для цифровых мультиметров	51
6. Ручной малогабаритный мультиметр М-830В. Схемотехника и ремонт.	60
7. Мультиметры М-832: Устройство и ремонт.....	62
8. Малогабаритный мультиметр М-890G. Схемотехника и ремонт.....	67
9. Токовые клещи ЕСТ-650	70
10. Щуп-мультиметр М-3211-D Схемотехника и ремонт.....	72

www.radiodvd.jino-net.ru

10. Принципиальные схемы цифровых мультиметров

Приложение. Жидкокристаллические дисплеи
для цифровых мультиметров фирмы Crystaloid

11. Вольтметр универсальный В7-26.
Устройство, неисправности

12. Измерение эффективных значений токовыми клещами М266.

13. Преобразователь переменного напряжения в эффективное
значение АД736

14. Приставка к цифровому мультиметру для измерения
эффективного напряжения.

www.radiodvd.jino-net.ru

1. Общие принципы устройства мультиметров

1.1. Краткое описание АЦП серии 7106

Вы не задавались вопросом: почему довольно много цифровых мультиметров при своих высоких технических характеристиках имеют сравнительно низкую цену? Дело в том, что мультиметр имеет несложную конструкцию, технология его сборки проста, что при массовом автоматизированном производстве обеспечивает низкий уровень цен.

«Сердцем» мультиметра является микросхема аналого-цифрового преобразователя (АЦП), выполняющая также функции управления жидкокристаллическим (LCD — Liquid Crystal Display) или светодиодным (LED — Light Emission Diode) индикатором. Для того, чтобы создать мультиметр, необходимо иметь микросхему АЦП, знать ее технические характеристики, назначение выводов, варианты типового применения и несколько простых формул для расчета номиналов внешних элементов — конденсаторов и резисторов, что требуется при различных вариантах использования АЦП. АЦП необходим для того, чтобы аналоговое значение входного напряжения преобразовать в цифровой код для отображения значения величины на LCD.

В рассматриваемых в данной книге мультиметрах применяются АЦП нескольких типов: 7001, 7106, 9207, SMC62MIF. Наиболее удачен по конструкции и поэтому широко применяется АЦП серии 7106. Эта микросхема выпускается многими производителями, поэтому перед цифрами могут стоять разные буквенные сочетания. Например, ICL7106 — это АЦП, выпускаемый фирмой HARRIS. Большинство описываемых мультиметров собрано именно на основе этой микросхемы. Ее отечественный аналог — 572ПВ5. Поэтому АЦП серии 7106 и уделено основное внимание в этой книге.

Микросхемы серии 7106 выпускаются в корпусах двух типов: 40-контактном PDIP для обычного монтажа на печатную

плату или 44-контактном MQFP для поверхностного монтажа (рис. 1.1). Они абсолютно одинаковы по характеристикам, а применение корпусов разных типов зависит от конструктивных особенностей создаваемых на их основе приборов. Данные микросхемы обеспечивают:

- гарантированное отображение нулевых показаний на всех пределах измерений при входном напряжении, равном 0 В;
- определение полярности входного сигнала;
- типовое значение входного тока, равное 1 пА (1×10^{-12} А);
- дрейф нуля, составляющий менее 1 мкВ/°С;
- низкое напряжение собственных шумов, менее 15 мкВ.

Он имеет встроенные схемы синхронизации и опорного напряжения. Потребляемая от источника питания мощность составляет менее 10 мВт.

Напряжение питания микросхемы может быть не более 15 В (типовое значение 9 В).

Одновременно с АЦП серии 7106 выпускаются также микросхемы серии 7107. По основным параметрам они идентичны. Однако АЦП серии 7107 требует применения двуполярного источника питания ± 5 В.

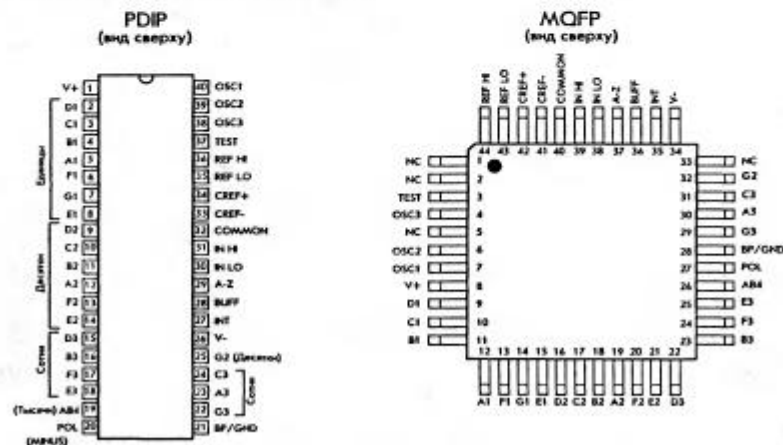


Рис. 1.1. Типовые корпуса АЦП серии 7106

Для работы АЦП не требуется применения внешних активных элементов. В его состав входят семь декодеров семисегментных ЖКИ дисплея, драйверы дисплея, схемы формирования опорного напряжения и синхронизации. Разрядность дисплея — $3\frac{1}{2}$, высота цифр — 13 или 22 мм. Для построения простейшего вольтметра, помимо АЦП, требуется всего десять пассивных компонентов и индикатор.

На рис. 1.2 изображена типовая схема включения АЦП серии 7106.

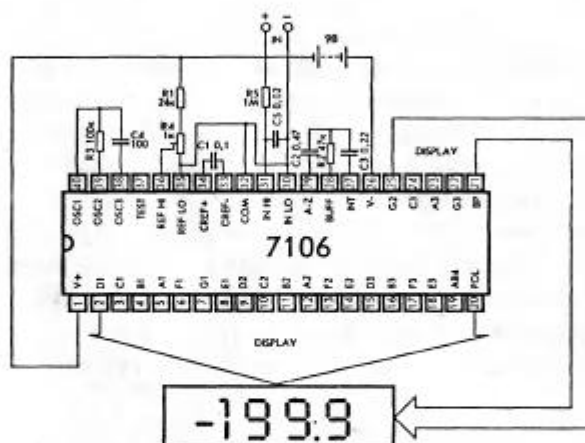


Рис. 1.2. Типовое включение АЦП серии 7106

При создании схем электронных устройств на основе АЦП серии 7106 применяют следующие формулы для расчета:

1. Частота тактового генератора $f_{osc} = \frac{0,45}{RC}$; при этом величины емкости C и сопротивления R должны составлять: $C > 50$ пФ, $R > 50$ кОм.

Типовое значение $f_{osc} = 48$ кГц.

2. Период генерируемых колебаний $t_{osc} = \frac{RC}{0,45}$.

3. Частота синхроимпульсов при интеграции входного сигнала

$$f_{\text{CLOCK}} = \frac{f_{\text{OSC}}}{4}.$$

4. Период интеграции $t_{\text{INT}} = 1000 \cdot 4 / f_{\text{OSC}}$.

5. Оптимальный интегрирующий ток $I_{\text{INT}} = 4,0 \text{ мкА}$.

6. Типовое аналоговое входное напряжение для максимальных показаний цифровой шкалы $V_{\text{INFS}} = 200 \text{ мВ}$ или $2,0 \text{ В}$.

7. Сопротивление интегрирующего резистора

$$R_{\text{INT}} = \frac{V_{\text{INFS}}}{I_{\text{INT}}} \text{ (на рис. 1.2 — R2).}$$

8. Емкость интегрирующего конденсатора

$$C = \frac{t_{\text{INT}} \cdot I_{\text{INT}}}{V_{\text{INT}}} \text{ (на рис. 1.2 — C3).}$$

9. Размах выходного интегрального напряжения

$$V_{\text{INT}} = \frac{t_{\text{INT}} \cdot I_{\text{INT}}}{C_{\text{INT}}}.$$

10. Максимальный размах V_{INT} : $(V - / + 0,5 \text{ В}) < V_{\text{INT}} < (V + / - 0,5 \text{ В})$.
Типовое значение V_{INT} составляет $2,0 \text{ В}$.

11. Показания дисплея: $\text{COUNT} = 1000 \cdot \frac{V_{\text{IN}}}{V_{\text{REF}}}$, где V_{IN} — входное напряжение, а V_{REF} — опорное напряжение.

12. Значение входного напряжения в обычном режиме:

$$(V - / + 1,0 \text{ В}) < V_{\text{IN}} < (V + / - 0,5 \text{ В}).$$

13. Емкость конденсатора автообнуления:

$$0,01 \text{ мкФ} \leq C_{AZ} \leq 1,0 \text{ мкФ}.$$

В микросхеме имеется внутренний преобразователь, который однополярное напряжение питания ± 9 В преобразует в двуполярное, величина которого в общей точке относительно первичного источника составляет: $V_{\text{GND}} = \pm 4,5$ В.

1.2. Аналоговая часть АЦП

На рис. 1.3 изображена структурная схема аналоговой части АЦП.

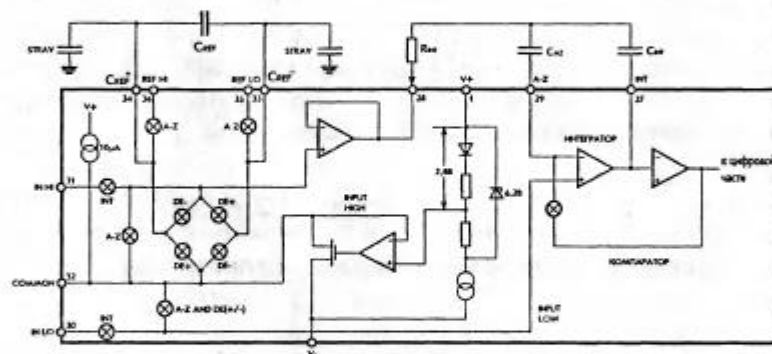


Рис. 1.3. Структурная схема аналоговой части АЦП серии 7106

Каждый цикл измерений можно разделить на три фазы:

- 1) Автообнуление (A-Z).
- 2) Интегрирование сигнала (INT).
- 3) Деинтегрирование сигнала (DE).

Рассмотрим эти процессы более подробно. В течение периода автообнуления происходят три события:

- входные цепи (IN HI, IN LO) отключаются от клемм и закорачиваются на общий провод (COMMON) аналоговой части АЦП;

- опорный конденсатор C_{REF} заряжен до напряжения, равного опорному;
- цепь обратной связи закрыта для того, чтобы конденсатор автообнуления C_{AZ} зарядился и своим зарядом компенсировал напряжение смещения буферного усилителя, интегратора и компаратора. Поскольку компаратор включен в цепь обратной связи, точность автообнуления ограничена только напряжением шумов всей системы. В любом случае отклонение опорного напряжения от заданной величины не превышает 10 мкВ.

В течение периода интегрирования сигнала цепь автообнуления разорвана, входные цепи отключены от общего провода и подключены к соответствующим клеммам. Конвертер в течение фиксированного времени преобразует дифференциальное напряжение между выводами IN HI и IN LO. Дифференциальное напряжение может иметь значение, лежащее в пределах определенного общим режимом АЦП — до 1 В от другого источника (типовое его значение — 200 мВ). Если же входной сигнал относительно источника питания АЦП не преобразован, тогда выв. IN LO может быть соединен с общим проводом аналоговой части АЦП (COMMON). В конце фазы интегрирования определяется полярность входного сигнала.

Окончательной фазой работы аналоговой части является фаза деинтегрирования или по-другому обратного интегрирования. При этом выв. IN LO внутрисхемно соединяется с общим проводом, а IN HI подключен через предварительно заряженный опорный конденсатор C_{REF} . Схема внутри АЦП обеспечивает подключение конденсатора в правильной полярности для обеспечения нулевого напряжения на выходе интегратора. Время, необходимое для приведения к нулю выходного напряжения интегратора, пропорционально входному сигналу.

Входные цепи позволяют согласовывать дифференциальные напряжения на любом из поддиапазонов измерений в общем режиме в пределах от минус 0,5 В до плюс 1,0. В этом диапазоне напряжений коэффициент ослабления синфазного сигнала может достигать 86 дБ (типовое значение). Наибо-

лее плохими условиями работы АЦП следует считать те, когда на вход в обычном режиме подается высокое положительное напряжение или высокое отрицательное, граничащее с верхним пределом измерений. Для критических условий работы во избежание ухудшения точности размах выходного сигнала интегратора может быть ограничен до рекомендованного уровня 2 В. Для того, чтобы не ухудшилась линейность при измерениях, выходной сигнал интегратора должен иметь размах в пределах 0,3 В.

Опорное напряжение может быть сгенерировано любым способом и иметь величину, ограниченную напряжением источника питания АЦП. Главной причиной ошибки при измерении напряжений является одновременное приложение напряжений на опорном конденсаторе и на паразитных емкостях между его выводами и общим проводом. Опорный конденсатор при наличии на входе высокого синфазного напряжения при положительной его полярности заряжается и напряжение на нем возрастает. Если же синфазное напряжение имеет отрицательную полярность, этот конденсатор разряжается, и напряжение снижается. Такие различия в работе опорного конденсатора в процессе деинтеграции при положительном и отрицательном входном напряжении приводят к ошибке при проведении измерений. Такую ошибку компенсируют подбором емкости опорного конденсатора. При ее достаточно большой величине по сравнению со значением паразитной емкости ошибка минимальна.

Вывод аналогового общего провода используется при измерении синфазных напряжений и питании АЦП от батареи или при его работе в составе других систем, входные сигналы которых изменяются относительно напряжения источника питания. Относительно общего провода напряжение отрицательной полярности на 2,8 В ниже по абсолютной величине, чем напряжение положительной полярности. Это сделано для того, чтобы обеспечить работоспособность АЦП при разряде батареи питания в конце срока ее службы до напряжения 6 В. Од-

нако общий аналоговый провод имеет отношение и к формированию опорного напряжения. Когда напряжение питания достаточно для работы стабилитрона (>7 В), внутренний источник напряжения питания относительно отрицательного полюса батареи будет иметь низкий коэффициент отклонения напряжения — около $0,001\%/В$, низкое выходное сопротивление — около 15 Ом и низкий температурный коэффициент отклонения напряжения — менее 80 $\mu\text{В}/^{\circ}\text{C}$.

При необходимости в качестве внешнего источника опорного напряжения может быть использована одна из схем, изображенных на рис. 1.4.

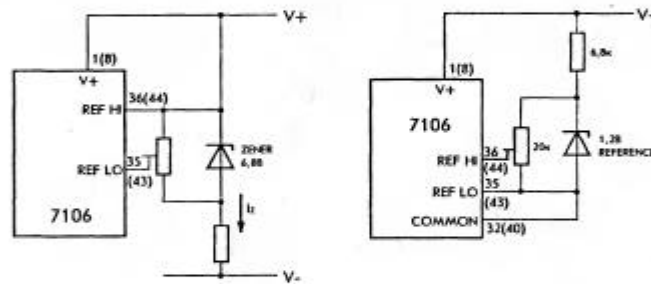


Рис. 1.4. Схемы формирования опорного напряжения АЦП

Общий аналоговый провод используется также в процессе автообнуления и деинтеграции. Если напряжение на входе $IN LO$ отличается от напряжения на общем аналоговом проводе, в системе появляется синфазное напряжение, которое обеспечивает наилучшее значение коэффициента ослабления синфазного сигнала.

В некоторых системах на основе АЦП серии 7106 на входе $IN LO$ может быть установлено фиксированное напряжение, например, напряжение источника питания. В этом случае аналоговый общий провод подключают к той же точке, что уст-

раняет появление в системе синфазного напряжения. Это поддерживает нормальную работу схемы формирования опорного напряжения.

В отдельных случаях общий аналоговый провод может быть подключен через N-канальный полевой транзистор. Это позволяет снизить ток удержания разностного напряжения 2,8 В относительно положительного полюса источника в среднем до 30 мкА.

Выход TEST микросхемы выполняет две функции. Он связан через резистор сопротивлением 500 Ом с внутренним источником питания цифровой части и поэтому может быть использован в качестве источника отрицательного напряжения для управления внешними драйверами сегментов жидкокристаллического индикатора, например, десятичных точек или дополнительных сегментов. На рис. 1.5 и 1.6 показано типовое использование вывода TEST для этих целей.

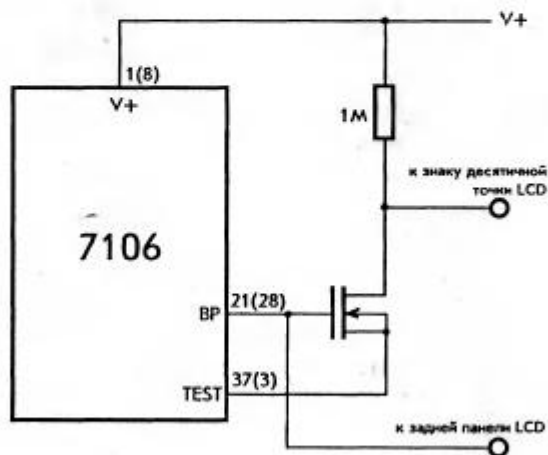


Рис. 1.5. Пример использования выв. TEST для управления десятичной точкой LCD с применением полевого транзистора

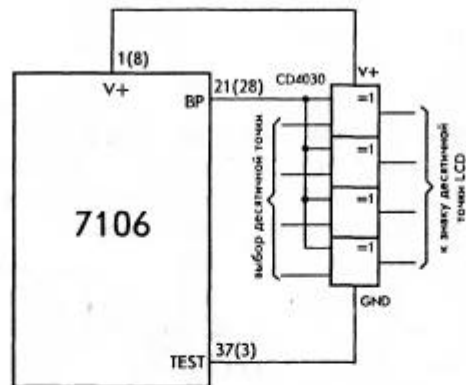


Рис. 1.6. Пример использования выв. TEST для управления десятичной точкой LCD с использованием элементов «Исключающее-ИЛИ»

Вторая функция обеспечивает проверку исправности работы LCD. В этом случае вывод TEST замыкают на положительный вывод источника питания V+. При исправном LCD появляется число «1888». При такой проверке через вывод TEST протекает ток около 15 мкА. Следует быть очень осторожным, чтобы не вывести LCD из строя, поскольку при проверке через его сегменты проходит постоянный ток, а не прямоугольные импульсы. Поэтому период проверки должен быть кратковременным.

1.3. Цифровая часть АЦП

На рис. 1.7 изображена структурная схема цифровой части АЦП серии 7106. Внутренняя земляная шина цифровой части АЦП формируется с помощью стабилитрона и Р-канального истокового повторителя. Повторитель обеспечивает снижение тока в процессе работы LCD. Частота работы схемы индикации равна частоте синхронизации, деленной на 800. При частоте отображения показаний три раза в секунду, управляющий сигнал представляет собой импульсы частотой 60 Гц с амплитудой 5 В. Сегменты LCD управляются сигналами той же частоты и амплитуды. Эти сигналы находятся в фазе с сигналом на выв. BP (Back Plane) — выводе для подключения задней панели LCD, когда индикаторы не отображают информацию (OFF) или в противофазе, когда они информацию отображают (ON). В любом случае на сегментах всегда присутствует незначительное напряжение постоянного тока.

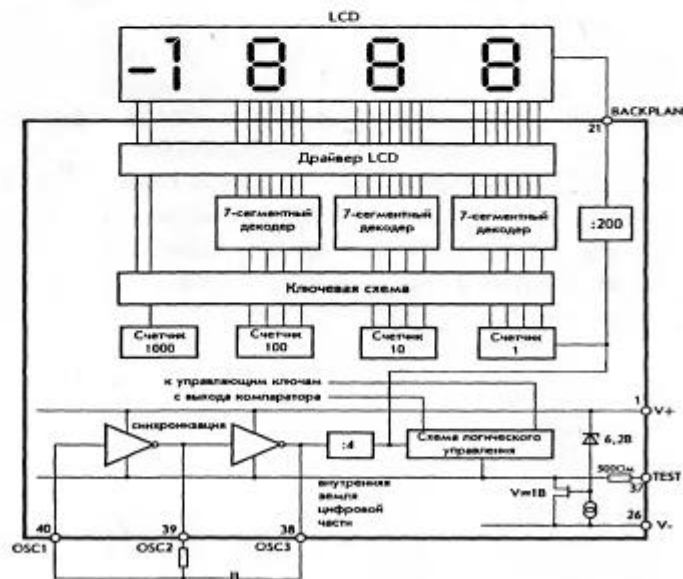


Рис. 1.7. Структурная схема цифровой части АЦП

Синхронизация системы

На рис. 1.8 показаны способы синхронизации АЦП. В первом случае (верхняя часть рис. 1.8) для синхронизации используется внешний генератор импульсов, подключаемый к выв. 40. Во втором — используется внутренний генератор. При этом к выв. 38—40 подключается времязадающая RC-цепь. Частота генератора делится на четыре, прежде чем сигнал тактовой частоты будет подан на декадные счетчики. Затем происходит его очередное деление для формирования трех фаз работы АЦП. Первая фаза — интегрирование (1000 отсчетов), вторая — опорная деинтеграция (0...2000 отсчетов), третья — автообнуление (1000...3000 отсчетов). Для сигналов с уровнями меньшими верхнего предела измерений в фазе автообнуления АЦП получает неиспользуемую часть импульсов при опорной деинтеграции. При этом полный цикл измерения составляет до 4000 отсчетов (16000 импульсов синхронизации), и их число зависит от входного напряжения. Для того, чтобы получить три считывания в секунду, частоту генератора выбирают равной 48 кГц.

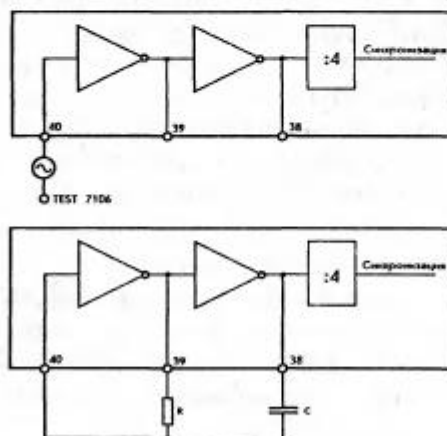


Рис. 1.8. Способы синхронизации АЦП

Для максимального ослабления наводки сигнала частотой 60 Гц, сигнал цикла интегрирования должен быть получен умножением сигнала частотой 60 Гц. При этом частота генератора может быть выбрана из ряда 240 кГц, 120 кГц, 80 кГц, 60 кГц, 48 кГц, 40 кГц, 33,33 кГц и т.д. Для ослабления наводки частотой 50 Гц частота генератора должна принимать одно из значений: 200 кГц, 100 кГц, 66,66 кГц, 50 кГц, 40 кГц и т.д. Следует обратить внимание, что выбор частоты 40 кГц (2,5 считывания в секунду) обеспечивает подавление наводок от промышленной сети частотой 50 Гц, 60 Гц, а также 400 Гц и 440 Гц.

Подбор навесных компонентов

Интегрирующий резистор должен иметь определенное сопротивление. Его значение выбирается равным 470 кОм при верхнем пределе измерений, равном 2 В, или 47 кОм при верхнем пределе измерений равном 200 мВ.

Интегрирующий конденсатор, подбирается при условии, что общий аналоговый провод используется как опорный и амплитуда входного сигнала АЦП составляет +2 В. При скорости три считывания в секунду, когда частота синхронизации выбрана равной 48 кГц, величина емкости интегрирующего конденсатора C_{INT} должна быть равна 0,22 мкФ. При изменении частоты внутреннего тактового генератора величина емкости C_{INT} обратно пропорциональна этому изменению, что обеспечивает требуемую амплитуду выходного сигнала. Дополнительным требованием к типу используемого конденсатора является низкий коэффициент диэлектрических потерь. Наилучший результат дает использование полипропиленовых конденсаторов.

Величина емкости конденсатора автообнуления влияет на помехи измерительной системы на основе АЦП. Это особенно важно, когда верхний предел измерений составляет 200 мВ. В этом случае емкость конденсатора выбирается равной 0,47 мкФ. Если же верхний предел выбран равным 2 В, то емкость конденсатора автообнуления должна составлять 0,047 мкФ.

Оптимальная емкость опорного конденсатора C_{REF} выбирается равной 0,1 мкФ. В особых случаях, например, когда

на входе присутствует высокое синфазное входное напряжение, а верхний предел измерений выбран равным 2 В, эта емкость может быть увеличена до 1,0 мкФ.

Элементы частотозадающей RC-цепи выбираются так: сопротивление резистора равным 100 кОм, а емкость конденсатора рассчитывается из формулы:

$$f = 0,45/RC, \quad \text{т.е. } C = 0,45/1 \cdot 10^{-5} \cdot f.$$

Например, при выборе частоты синхронизации равной 48 кГц (три считывания в секунду) величина емкости составит 100 пФ.

Принцип построения схемы аналогового входа требует, чтобы для отображения полной шкалы соблюдалось соотношение:

$$V_{IN} = 2V_{REF}.$$

Поэтому для верхнего предела измерений 200 мВ величина опорного напряжения должна составлять 100 мВ, а для 2 В — 1 В. Однако, если при измерении напряжений вопросов не возникает, то в некоторых других случаях может потребоваться другая величина опорного напряжения. Например, если АЦП используется в электронных весах, а максимальное выходное напряжение преобразователя датчика (читай «верхний предел измерений») составляет 0,662 В. В этом случае вместо деления входного напряжения до величины 200 мВ обычно используют непосредственное деление входного напряжения на два, и опорное напряжение, таким образом составит 0,331 В. При этом подходящие значения номиналов резистора и конденсатора интегратора составят соответственно 120 кОм и 0,22 мкФ. Подобные решения применяются и при разработке на основе АЦП цифровых измерителей температуры.

1.4. Типовое применение АЦП

АЦП серии 7106 могут применяться для создания самых различных измерительных электронных устройств: цифровых мультиметров, обеспечивающих измерение напряжения, силы тока и сопротивления, приборов для измерения емкости, индуктивности, проверки параметров биполярных транзисторов, цифровых измерителей температуры, давления, цифровых весов, тахометров и т.д. Ниже показаны некоторые практические схемные решения использования АЦП серии 7106.

На рис. 1.9 изображена схема подключения к АЦП ICL7106 резистивного моста. В одно из его плеч может быть включен измерительный датчик, сопротивление которого меняется при внешнем воздействии. Величина сопротивления резисторов в конечном счете определяет чувствительность моста.

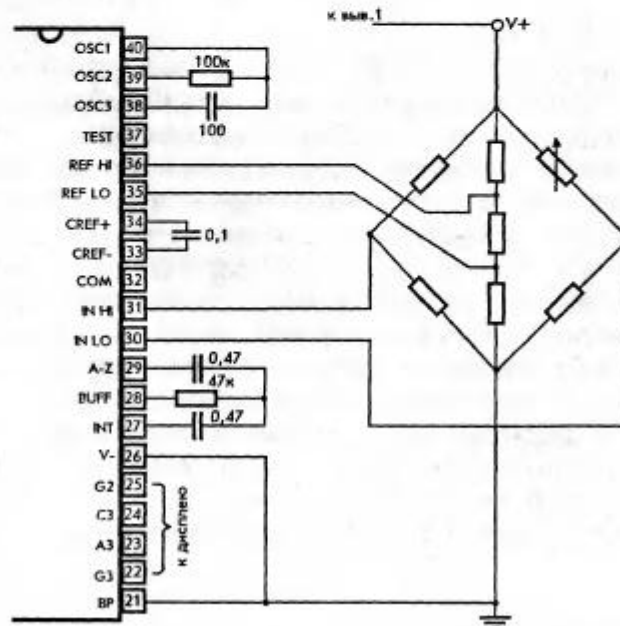


Рис. 1.9. Схема подключения резистивного моста

жения при работе с различными типами операционных усилителей. Подобные схемы применяются при измерении величин малых сигналов.

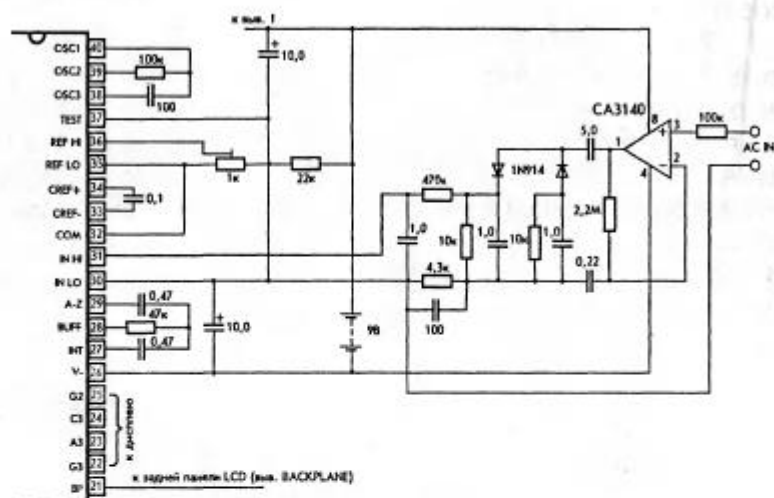


Рис. 1.11. Использование ОУ для усиления малых сигналов

1.5. Особенности эксплуатации и ремонта устройств на основе АЦП серии 7106

Прежде чем приступить к изложению материала, следует подчеркнуть, что АЦП серии 7106 были настолько удачной разработкой, что в результате дальнейшего совершенствования на их основе был создан более новый АЦП из серии 7126. Микросхемы 7126 аналогичны серии 7106 и взаимозаменяемы с ними. Однако есть несколько особенностей, которые следует учесть при замене неисправного АЦП 7106 на 7126 при ремонте. О них — ниже.

Мультиметры на основе микросхем серий 7106/7126 питаются от батареи напряжением 9 В. Напряжение питания не должно быть ниже 6,5 В, так как при низком напряжении

резко снижается точность преобразования, и соответственно ухудшается точность измерений. Максимально допустимое напряжение, которое может быть приложено к выводам $V+$ и $V-$ составляет 15 В.

При использовании этих АЦП в других устройствах иногда возникает необходимость их питания от двуполярного источника, обеспечивающего питание остальной части схемы устройства. Как правило, такое напряжение составляет ± 15 В. Что делать в таком случае? Во-первых, следует преобразовать напряжение источника ± 15 В в напряжение ± 5 В. Такое преобразование обеспечивают стабилизаторы напряжения 5 В. В этом случае вариант подключения микросхемы преобразователя может использоваться, как показано на рис. 1.12.

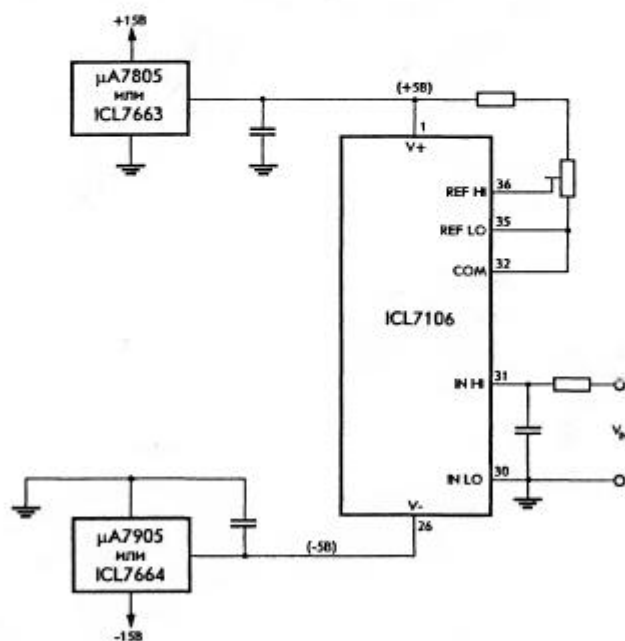


Рис. 1.12. Использование источника питания ± 15 В для питания АЦП

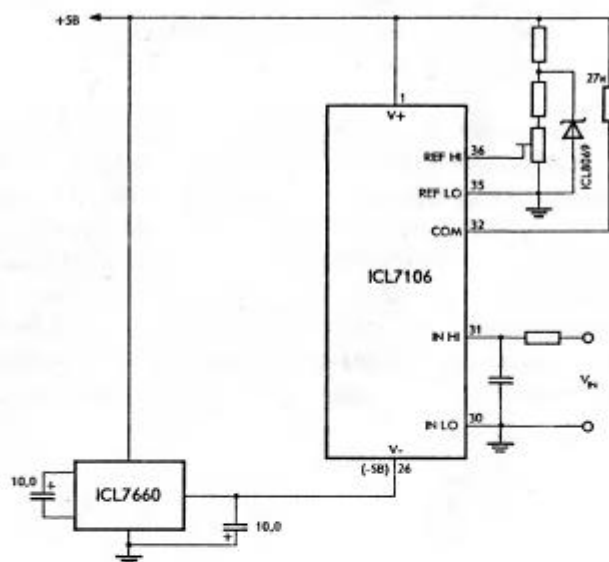


Рис. 1.13. Использование однополярного источника напряжения +5 В для питания АЦП

При использовании стандартного источника питания — угольно-цинковой батареи напряжением 9 В, она обеспечит непрерывную работу АЦП серии 7106 в течение 200 часов, а АЦП серии 7126 — 8000 часов.

Особенности использования LCD

Выв. 1 дисплея обозначается как HLD (HOLD — удержание). Если он соединен с выв. V+ АЦП, то показания дисплея после цикла измерения остаются неизменными. Если же его соединить с выв. TEST, то дисплей будет отображать показания при каждом цикле измерений. Выв. 35 LCD предназначен для подключения к положительному выводу источника питания. При индикации на дисплей поступают импульсы амплитудой 3,5 В с частотой следования 60 Гц.

Типы применяемых дисплеев:

- 6FE0203-E и SX140 от фирмы Crystalloid;
- 3902-315 от фирмы Hamlin;
- 7543-W-2 от фирмы LXD.

После замены АЦП необходимо проверить частоту задающего генератора. Ее подбор важен, так как благодаря этому обеспечивается подавление помех от промышленной сети переменного тока. Для подавления помех частотой 50 Гц ее величина составляет 200 кГц, для подавления помех частотой 60 Гц — 240 кГц.

АЦП серии 7106 позволяет также измерять отношения сигналов. При этом один источник измеряемого сигнала подключается к выв. INPUT HI и INPUT LO, а другой — к выв. REF HI и REF LO. Показания дисплея будут пропорциональны отношению сигналов. При их равенстве показания будут равны 1.000, а максимальное значение отношения составит 1.999.

При замене АЦП серии 7106 на АЦП серии 7126 необходимо учитывать следующее:

1. Конденсатор задающего генератора, подключенный к выв. 38 должен иметь емкость не более 50 пФ.

2. Ток, протекающий через делитель напряжения между выв. V+ и COMMON (выв. 32) должен быть ограничен до 10 мкА.

3. Величины емкости интегрирующего конденсатора, подключенного к выв. 27 и сопротивления резистора, подключенного к выв. 28 должны быть пересчитаны: $C_{INT} = 4000 / 2f_{OSC}$; $R_{INT} = U_{IN\ max} / I_{INT}$. Для 7126 I_{INT} составляет 1 мкА. $U_{IN\ max}$ — максимальное значение входного напряжения.

4. Величина емкости конденсатора автообнуления, подключенного к выв. 29 должна составлять 0,33 мкФ при напряжении максимального значения показаний LCD 0,2 В или 0,033 мкФ, если величина этого напряжения выбрана равной 2 В.

При замене пассивных радиоэлементов необходимо учесть следующее:

1. Должны применяться угольные или металлопленочные резисторы с допустимым отклонением от номинала не хуже $\pm 5\%$.

2. В качестве конденсатора задающего генератора можно применить керамический конденсатор с допустимым отклонением емкости не хуже $\pm 10\%$.

3. В качестве опорного конденсатора и конденсатора автообнуления должны применяться конденсаторы с диэлектриком из полистирена с допустимым отклонением емкости не хуже $\pm 20\%$.

4. В качестве интегрирующего конденсатора необходимо использовать конденсатор с диэлектриком из полипропилена, но подойдут также и конденсаторы с диэлектриком из полистирена или поликарбоната. Интегрирующий конденсатор должен иметь высокие диэлектрические характеристики с целью обеспечения высокой линейности преобразования.

2. Элементы цифрового мультиметра на основе АЦП серии 7106

2.1. Реализация автоматического выбора предела измерений

Для того, чтобы на основе АЦП серии 7106 построить цифровой мультиметр (ЦММ), помимо общих принципов работы и несложных расчетов, описанных в гл. 1, также следует изучить, как работает схема автоматического выбора предела измерения, как рассчитать входной делитель напряжения, каковы особенности измерения сопротивления и тока.

Для работы схемы автоматического выбора предела измерений требуется три сигнала:

- сигнал превышения порога измерения;
- сигнал об уровне напряжения ниже порога измерения;
- сигнал синхронизации.

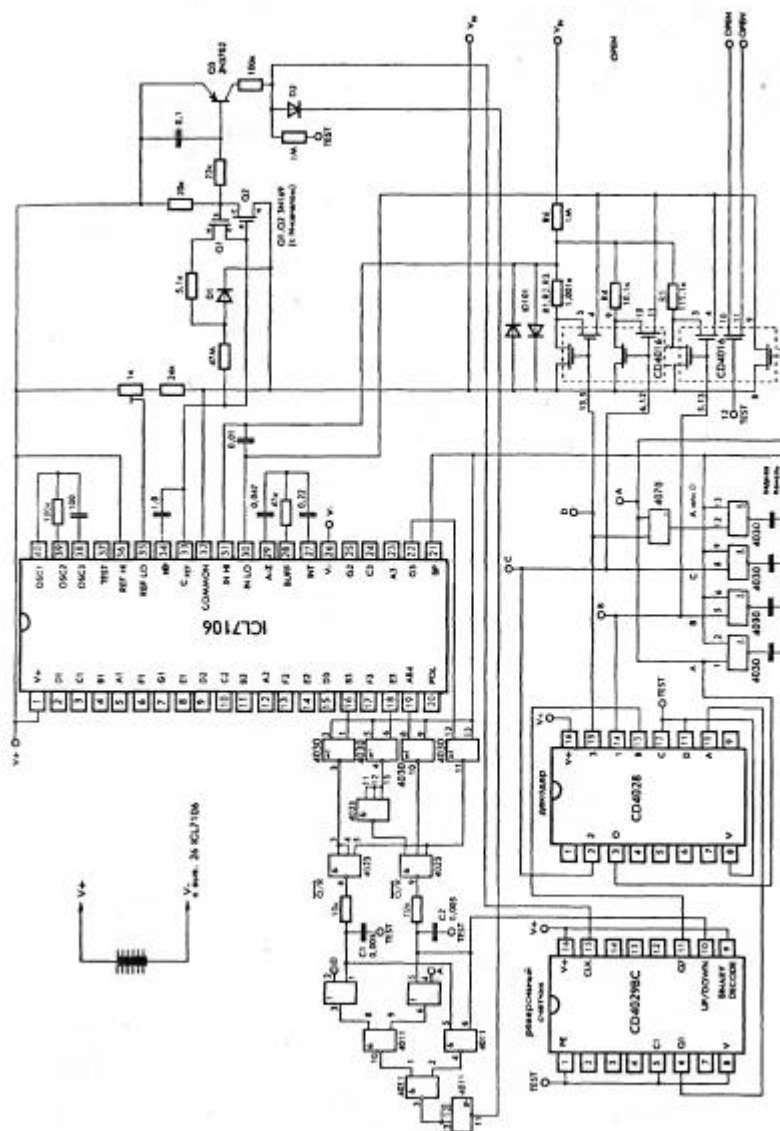
Первые два из них служат для управления сдвигом предела измерения цифровой шкалы и становятся активными в результате ошибки преобразования или высокой погрешности при преобразовании. Сигнал синхронизации управляет сдвигом показаний цифровой шкалы. Он появляется только один раз в течение цикла преобразования, если только не происходит его сбоя, и становится неактивным после успешного завершения преобразования.

Схема, обеспечивающая автоматический выбор предела измерения изображена на рис. 2.1. В ней инвертированные сигналы превышения порога преобразования (O/R — OverRange) или сигнала о напряжении ниже этого порога (U/R — UnderRange) получают путем детектирования показаний дисплея. АЦП 7106 включает наибольшую значащую цифру и гасит остальные для индикации превышения порога преобразования. Сигнал о напряжении ниже порога преобразования получается, если показания дисплея будут менее 0100. Для предотвращения кратковременных импульсных помех в сигналах O/R и U/R служат цепочки R1C1 и R2C2.

На следующем этапе логической операции сигналы O/R и U/R исчезают, предварительно сдвигая показания цифровой шкалы в область несуществующих значений. Сигнал O/R исчезает при превышении диапазона измерений на пределе 200 В, а сигнал U/R — когда сигнал имеет напряжение, меньшее предела измерений в 200 мВ.

На последующем этапе работы логической схемы отключается сигнал синхронизации при условии, что преобразование завершилось. Он появляется только в случае необходимости сдвига десятичной точки при проведении измерений.

Микросхема CD4029 представляет собой четырехразрядный реверсивный счетчик, используемый как регистр для удержания текущего состояния и как счетчик для сдвига показаний цифровой шкалы в соответствии с работой управляющих входов. Микросхема CD 4028 обеспечивает передачу двоично-десятичного кода на микросхему CD4029 и систему ключей. Дополнительно ячейки «Исключающее-ИЛИ» управляют соответствующим положением десятичной точки.



2.1. Схема, обеспечивающая автовыбор предела измерений

2.2. Построение входного делителя напряжения

Упрощенная схема входного делителя напряжения показана на рис. 2.2.

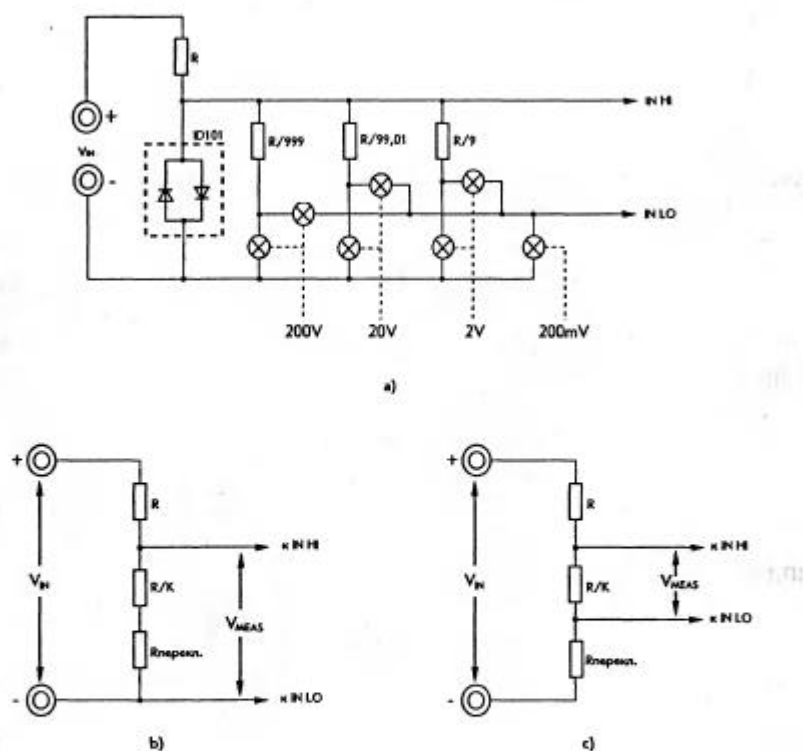


Рис. 2.2. Построение входного делителя напряжения цифрового мультиметра

Такое ее построение было выбрано для упрощения использования аналоговых ключей. Диодная пара с малым током утечки ID101 обеспечивает защиту входных цепей от бросков напряже-

ния, а ключи, обеспечивающие коммутацию на выв. IN LO уменьшают результирующую ошибку в соответствии с коммутируемым сопротивлением. Для двух эквивалентных схем (рис. 2.2, b и 2.2, c) можно рассчитать напряжение между выв. IN HI и IN LO.

Для эквивалентной схемы, изображенной на рис. 2.2, b

$$V_{MEAS} = V_{IN HI} = (R_s + R/K / (R_s + R + R/K)) V_{IN}, \quad (1)$$

где R_s – подключаемое сопротивление, R – входное сопротивление (1 МОм), K – необходимый коэффициент деления.

Идеальное значение напряжения $V_{IN HI}$ должно быть равным:

$$V_{IDEAL} = (R/K / R/K + R) V_{IN} = (1 / (1 + K)) V_{IN}. \quad (2)$$

Поэтому можно вычислить погрешность измерений в процентах:

$$(V_{IDEAL} - V_{ACTUAL} / V_{IDEAL}) \cdot 100\%, \quad (3)$$

где V_{ACTUAL} — фактическое значение напряжения,

или

$$(1 - (1 + K)(R_s + R/K) / (R_s + R + R/K)) 100\%. \quad (4)$$

Самая высокая погрешность измерений будет при значении $(1 + K) = 1000$.

Для определения значения напряжения IN HI при использовании эквивалентной схемы, изображенной на рис. 2.2, c, справедливо уравнение (1). Однако напряжение на выв. IN LO будет определяться формулой:

$$(R_s / (R_s + R + R/K)) V_{IN}. \quad (5)$$

Если объединить уравнения (1) и (5), получим:

$$V_{\text{MEAS}} = V_{\text{IN HI}} - V_{\text{IN LO}} = (R/K / R_s + R + R/K)V_{\text{IN}} . \quad (6)$$

А погрешность измерений в процентах составит:

$$(1 - (1 + K) R/K) / (R_s + R + R/K)) 100\% . \quad (7)$$

Используя приведенные значения R_s , $(1 + K)$ и R , получим наибольшее значение погрешности измерений, равное 0,1%. Погрешность можно снизить, если уменьшить величину проходного сопротивления ключей. Расчеты показывают, что в наихудшем случае ошибка, зависящая от сопротивления ключа при преобразовании может составить один отсчет последней значащей цифры на верхнем пределе измерения.

2.3. Индикация состояния батареи питания

Как было отмечено выше, стандартным источником питания для мультиметров на основе АЦП серии 7106 является батарейка типа «Крона» или 6F22 напряжением 9 В. Для индикации ее разряженного состояния с помощью схемы, изображенной на рис. 2.3, на соответствующий сегмент индикатора LCD подается напряжение сигнализации разряда.

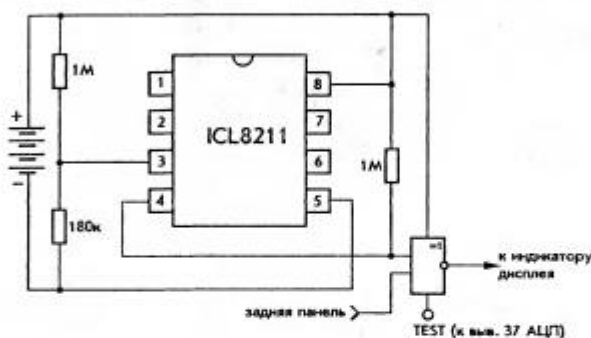


Рис. 2.3. Схема индикации разряда батареи

2.4. Измерение сопротивления, проводимости и тока

Функция измерения сопротивления и проводимости на основе АЦП серии 7106 реализуется очень просто. На рис. 2.4 изображен один из вариантов измерителя сопротивления. R_{STD} — это высокоточный (прецизионный) резистор, R_x — резистор, сопротивление которого необходимо измерить. На дисплее будут отображены показания, равные

$$(R_x / R_{STD}) \times 1000 .$$

Для построения омметра с широким пределом измерений необходимо использовать несколько прецизионных резисторов.

Для того, чтобы измерить проводимость, следует поменять местами резисторы R_{STD} и R_x .

Простой измеритель тока может быть построен в соответствии со схемой, изображенной на рис. 2.5. Низкое значение тока утечки АЦП (максимум — 10^{-12} А) позволяет измерять малые токи величиной от нескольких пикоампер и выше. Ограничения на точность измерения малых токов накладывает только ток утечки переключателя и точность прецизионных резисторов.

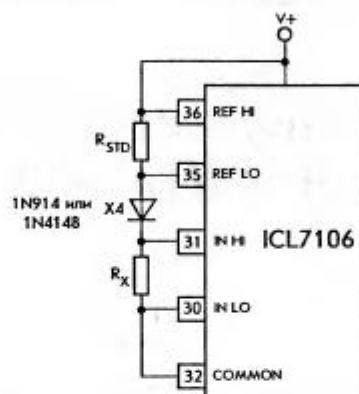


Рис. 2.4. Схема измерения сопротивления

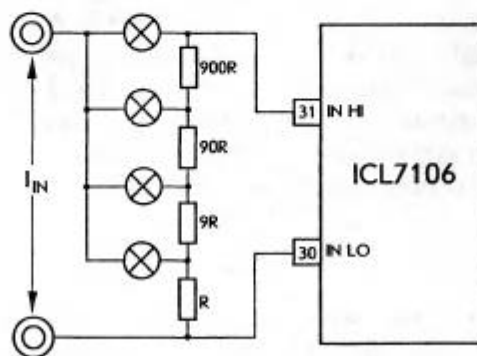


Рис. 2.5. Схема измерения тока

3. Основные характеристики мультиметров

3.1. Мультиметры серии 266

Основные характеристики:



Мультиметры серии 266 имеют LCD с разрядностью $3\frac{1}{2}$. Их особенностью является то, что они сочетают в себе как простой мультиметр, так и токовые клещи, обеспечивающие измерение переменного тока больших величин без разрыва цепи. Высота цифр LCD составляет 13 мм. Максимально индицируемое число — 1999. Базовая погрешность составляет: при измерениях напряжения постоянного тока — $\pm 0,5\%$; напряжения переменного тока — $\pm 1,2\%$; величины переменного тока — $\pm 2,5\%$; сопротивления — $\pm 1\%$; температуры — $\pm 3\%$ (266C); частоты — $\pm 1\%$ (266F). Обеспечивается индикация разряда батареи «BAT».

Габариты приборов составляют 230x70x37 мм. В комплект поставки входят мультиметр, измерительные щупы, батарея, руководство по эксплуатации на русском языке, упаковочная коробка.

Основные параметры приборов серии 266 приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Параметры	Модель		
	266	266C	266F
Диапазон измерения напряжения постоянного тока	200 мВ ... 1000 В		
Диапазон измерения напряжения переменного тока	200 В ... 1000 В		
Диапазон измерения переменного тока	20 А ... 1000 А		
Диапазон измерения сопротивления	200 Ом ... 2 МОм		
Диапазон измерения частоты	нет	нет	0 ... 2 кГц
Диапазон измерения температуры	нет	-40 ... +750°C	нет
Напряжение источника питания	9 В		
Тип источника питания	Батарея "Крона", 6F22		
Дополнительные возможности	нет	Измерение температуры	Измерение частоты

3.2. Мультиметры серии 300 и 320

Основные характеристики:

Мультиметры типов M300, M320 имеют LCD с разрядностью $3\frac{1}{2}$. Они отличаются малыми размерами и относятся к категории карманных, что обеспечивает удобства при проведении измерений. Небольшая цена сделала эти мультиметры доступными широкому кругу радиолюбителей. Базовая погрешность составляет: при измерении напряжения постоянного тока — 0,5%; напряжения переменного тока — 1,2%; величины постоянного тока — 1,5%; со-



противления — 1,0%. Обеспечивается режим тестирования диодов и звуковой прозвонки.

Габариты прибора составляют 120x70x18 мм. Вес с батареей питания — 110 г. В комплект поставки входят мультиметр, измерительные щупы, батарея, руководство по эксплуатации, упаковочная коробка.

Основные параметры мультиметров типов М300 и М320 приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Параметры	Модель	
	М300	М320
Диапазон измерения напряжения постоянного тока	2 В .. 500 В	4 В .. 600 В
Диапазон измерения напряжения переменного тока	2 В .. 500 В	4 В .. 600 В
Диапазон измерения постоянного тока	0 .. 200 мА	40 .. 400 мА
Диапазон измерения сопротивления	2 кОм .. 2 МОм	400 Ом .. 4 МОм
Допустимое сопротивление, при котором работает режим прозвонки	менее 1000 Ом	
Напряжение источника питания	12 В	3 В
Тип источника питания	Элемент GP23A	2 элемента GP23A
Дополнительные возможности	Диодный тестер, звуковая прозвонка	

3.3. Мультиметры серии 3211D



Мультиметр с автоматическим выбором предела измерений типа 3211D имеет LCD с разрядностью $3\frac{1}{2}$. С ним легко работать одной рукой. Максимально индицируемое число — 1999. Базовая погрешность составляет: при измерениях напряжения постоянного тока — $\pm 0,5\%$; напряжения переменного тока — $\pm 0,8\%$; величины постоянного тока — $\pm 1,5\%$; величины переменного тока — $\pm 2,5\%$; сопротивления — $\pm 0,8\%$. Обеспечивается индикация разряда батареи — «BAT» и перегрузки — «1».

Габариты прибора составляют 185x31x22 мм. Вес 90 г. В комплект поставки входят мультиметр, измерительные щупы, батарея, руководство по эксплуатации, упаковочная коробка.

Основные параметры мультиметра 3211D приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Параметры	
Диапазон измерения напряжения постоянного тока	200 мВ ... 500 В
Диапазон измерения напряжения переменного тока	2 В ... 500 В
Диапазон измерения постоянного тока	0 ... 200 мА
Диапазон измерения переменного тока	0 ... 200 мА
Диапазон измерения сопротивления	200 Ом ... 20 МОм
Допустимое сопротивление при котором работает режим прозвонки	менее 1000 Ом
Напряжение источника питания	9 В
Тип источника питания	Батарея "Крона", 6F22
Дополнительные возможности	Звуковая прозвонка, диодный тестер, логический пробник

3.4. Мультиметры серии 3900



Основные характеристики:

Мультиметры серии 3900 имеют LCD с разрядностью $3\frac{1}{2}$. Высота цифр ЖКИ составляет 22 мм. Максимальное индицируемое число — 1999. Базовая погрешность составляет: при измерениях напряжения постоянного тока — $\pm 0,5\%$; напряжения переменного тока — $\pm 0,8\%$; величины постоянного тока — $\pm 1,2\%$; величины переменного тока — $\pm 1,8\%$; сопротивления — $\pm 0,5$.

Габариты прибора — 172x88x36 мм.

Таблица 3.4

Параметры	
Диапазон измерения напряжения постоянного тока	200 мВ .. 1000 В
Диапазон измерения напряжения переменного тока	200 мВ .. 1000 В
Диапазон измерения постоянного тока	20 мкА .. 10 А
Диапазон измерения переменного тока	20 мкА .. 10 А
Диапазон измерения сопротивления	200 Ом .. 20 МОм
Диапазон измерения коэффициента усиления транзисторов по току	1 .. 1000
Допустимое сопротивление, при котором работает режим прозвонки	менее 1000 Ом
Напряжение источника питания	9 В
Тип источника питания	Батарея "Крона", 6F22
Дополнительные возможности	Звуковая прозвонка, диодный тестер

3.5. Мультиметры серии MY61, MY62, MY64, MY68



Основные характеристики:

Мультиметры серии MY61, MY62, MY64, MY68 имеют LCD с разрядностью $3\frac{1}{2}$ и 32 диапазона измерений. Высота цифр LCD составляет 22 мм. Максимально индицируемое число — 1999. Базовая погрешность составляет: при измерении напряжения постоянного тока — $\pm 0,5...0,8\%$; напряжения переменного тока — $\pm 0,8...1,2\%$; силы постоянного тока — $\pm 0,8...2\%$; силы переменного тока — $\pm 1...3\%$; сопротивления — $\pm 0,3...5\%$; емкости — $\pm 4,0\%$, частоты — $\pm 1,5\%$. Обеспечивается индикация разряда батареи «BAT» и перегрузки «1».

Габариты приборов составляют 189х91х31,5 мм. Вес — 310 г. В комплект поставки входят мультиметр, измерительные щупы, батарея, руководство по эксплуатации, упаковочная коробка. Основные параметры приведены в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Параметры	Модель			
	MY61	MY62	MY64	MY68
Диапазон измерения напряжения постоянного тока	200 мВ – 700 В	200 мВ – 1000 В		326 мВ – 1000 В
Диапазон измерения напряжения переменного тока	200 мВ – 1000 В	200 мВ – 700 В	2 В – 700 В	3,26 В – 700 В
Диапазон измерения постоянного тока	2 мА – 10 А		2 мА – 20 А	326 мА – 10 А
Диапазон измерения переменного тока	20 мА – 10 А		20 мА – 20 А	326 мА – 10 А
Диапазон измерения сопротивления	200 Ом – 200 МОм			326 Ом – 32,6 МОм
Диапазон измерения емкости	2 нФ – 20 мкФ			326 нФ – 32,6 мкФ
Диапазон измерения частоты	нет	нет	20 кГц	32,6 – 150 кГц
Диапазон измерения температуры	нет	-20 – +1000	-20 – +1000	нет
Диапазон измерения коэффициента усиления транзисторов по току	1 – 1000			нет
Допустимое сопротивление, при котором работает режим прозвонки	менее 30 Ом			
Напряжение источника питания	9 В			
Тип источника питания	Батарея "Крона", 6F22			
Дополнительные возможности	Диодный тестер, автоматическое отключение, звуковая прозвонка			

3.6. Мультиметры серии 830, 830D



Основные характеристики:

Мультиметры серии 830 имеют LCD с разрядностью $3\frac{1}{2}$. Высота цифр LCD составляет 13 мм. Максимально индицируемое число — 1999. Базовая погрешность составляет: при измерении напряжения постоянного тока — 0,5%; напряжения переменного тока — 1,2%; величины постоянного тока — 1%; сопротивления — 0,8%. Обеспечивается индикация разряда батареи «BAT» и перегрузки «1».

Габариты приборов составляют 125x65x28 мм. Вес — 180 г. В комплект поставки входят мультиметр, измерительные щупы, батарея, руководство по эксплуатации на русском языке, упаковочная коробка.

Это одна из самых популярных моделей мультиметров. Кроме описываемых выпускаются приборы этой же серии с другими буквенными индексами, которые незначительно отличаются между собой. Основные параметры приведены в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Параметры	Модель	
	830	830D
Диапазон измерения напряжения постоянного тока	0,1 мВ .. 1000 В	
Диапазон измерения напряжения переменного тока	1 мВ .. 750 В	
Диапазон измерения постоянного тока	1 мА .. 10 А	0,1 мА .. 10 А
Диапазон измерения сопротивления	0,1 Ом .. 2 МОм	
Диапазон измерения коэффициента усиления транзисторов по току	до 1000	
Допустимое сопротивление, при котором работает режим прозвонки	менее 1000 Ом	
Напряжение источника питания	9 В	
Тип источника питания	Батарея "Крона", 6F22	
Дополнительные возможности	Диодный тестер, звуковая прозвонка	

3.7. Мультиметры серии 832



Основные характеристики:

Мультиметры серии 832 имеют LCD с разрядностью $3\frac{1}{2}$. Высота цифр LCD составляет 22 мм. Максимально индицируемое число — 1999. Базовая погрешность составляет: при измерениях напряжения постоянного тока — 0,5%; напряжения переменного тока — 1,2%; величины постоянного тока — 1,0%; величины переменного тока — 2%; сопротивления — 0,8%.

Габариты прибора составляют 126x70x28 мм. Вес — 150 г. Внешний вид прибора аналогичен модели DT830C. В комплект поставки входят мультиметр, измерительные щупы, батарея, руководство по эксплуатации, упаковочная коробка. Основные параметры приведены в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Параметры	
Диапазон измерения напряжения постоянного тока	200 мВ ... 500 В
Диапазон измерения напряжения переменного тока	200 В ... 750 В
Диапазон измерения постоянного тока	200 мА ... 10 А
Диапазон измерения сопротивления	200 Ом ... 2 МОм
Допустимое сопротивление, при котором работает режим прозвонки	менее 1000 Ом
Напряжение источника питания	9 В
Тип источника питания	Батарея "Крона", 6F22
Дополнительные возможности	Звуковая прозвонка, встроенный генератор импульсов

3.8. Мультиметры серии 838



Основные характеристики:

Мультиметры серии 838 имеют LCD с разрядностью $3\frac{1}{2}$. Высота цифр LCD составляет 22 мм. Максимально индицируемое число — 1999. Базовая погрешность составляет: при измерениях напряжения постоянного тока — 0,5%; напряжения переменного тока — 1,2%; силы постоянного тока — 1,0%; силы переменного тока — 2%; сопротивления — 0,8%; температуры — 3,0%.

Габариты прибора составляют 126x70x28 мм. Вес — 150 г. В комплект поставки входят мультиметр, измерительные щупы, батарея, руководство по эксплуатации, термомпара К-типа, упаковочная коробка. Основные параметры приведены в табл. 3.8.

Таблица 3.8

Параметры	
Диапазон измерения напряжения постоянного тока	200 мВ .. 500 В
Диапазон измерения напряжения переменного тока	200 В .. 600 В
Диапазон измерения постоянного тока	200 мА .. 10 А
Диапазон измерения сопротивления	200 Ом .. 2 МОм
Диапазон измерения температуры	-40 .. +1000°C
Допустимое сопротивление, при котором работает режим прозвонки	менее 1000 Ом
Напряжение источника питания	9 В
Тип источника питания	Батарея "Крона", 6F22
Дополнительные возможности	Звуковая прозвонка

3.9. Мультиметры серии 890

Основные характеристики:



Мультиметры серии 890 имеют ЖКИ с разрядностью $3\frac{1}{2}$ и 32 диапазона измерений. Высота цифр LCD составляет 22 мм. Максимально индицируемое число — 1999. Базовая погрешность составляет: при измерениях напряжения постоянного тока — $\pm 0,5\%$; напряжения переменного тока — $\pm 0,8\%$; силы постоянного тока — $\pm 0,8...2\%$; силы переменного тока — $\pm 1,0...3,0\%$; сопротивления — $\pm 0,8...5\%$; емкости — $\pm 4,0$, частоты — $\pm 1,5\%$. Обеспечивается индикация разряда

батареи «BAT» и перегрузки «1».

Габариты приборов составляют 170x88x38 мм. Вес — 340 г. В комплект поставки входят мультиметр, измерительные щупы, батарея, руководство по эксплуатации, упаковочная коробка. Основные параметры приведены в табл. 3.9.

Таблица 3.9

Параметры	Модель			
	890F	890G	890C+	890D
Диапазон измерения напряжения постоянного тока	200 мВ .. 1000 В			
Диапазон измерения напряжения переменного тока	200 В .. 700 В			
Диапазон измерения постоянного тока	2 мА .. 10 А			
Диапазон измерения переменного тока	20 мА .. 10 А			
Диапазон измерения сопротивления	200 Ом .. 200 МОм			
Диапазон измерения емкости	2 нФ .. 20 мкФ			
Диапазон измерения частоты	2 .. 20 кГц		нет	
Диапазон измерения температуры	нет	-50 .. +1000	-50 .. +1000	нет
Диапазон измерения коэффициента усиления транзисторов по току	1 .. 1000			
Допустимое сопротивление, при котором работает режим прозвонки	менее 30 Ом			
Напряжение источника питания	9 В			
Тип источника питания	Батарея "Крона", 6F22			
Дополнительные возможности	Диодный тестер, звуковая прозвонка			

3.10. Мультиметры серии 90, 93А



Основные характеристики:

Мультиметры серии M93/M93A имеют LCD с разрядностью $3\frac{1}{2}$. Они отличаются малыми размерами, сравнимыми с размерами записной книжки. Базовая погрешность составляет: при измерениях напряжения постоянного тока — 0,5%; напряжения переменного тока — 1,2%; величины постоянного тока — 1,5%; сопротивления — 0,8%. Обеспечивается режим тестирования диодов и звуковой прозвонки (только для M93A). Имеется встроенная защита от перегрузок.

Габариты прибора составляют 108x57x12,5 мм. Вес 100 г, включая батарею. В комплект поставки входят мультиметр, измерительные щупы, батарея, руководство по эксплуатации, упаковочная коробка. Основные параметры приведены в табл. 3.10.

Таблица 3.10

Параметры	
Диапазон измерения напряжения постоянного тока	2 В ... 400 В (500 В для M93A)
Диапазон измерения напряжения переменного тока	200 В ... 400 В (500 В для M93A)
Диапазон измерения постоянного тока	0 ... 200 мА
Диапазон измерения сопротивления	2 кОм ... 20 МОм
Допустимое сопротивление, при котором работает режим прозвонки	менее 1000 Ом
Напряжение источника питания	9 В
Тип источника питания	GP10A - 1 шт. или SR45 - 6 шт.
Дополнительные возможности	Звуковая прозвонка (для M93A), защита от перегрузок

3.11. Мультиметры серии 9502



Основные характеристики:

Мультиметры серии 9502 имеют LCD с разрядностью 3,5 и 32 диапазона измерений. Высота цифр LCD составляет 22 мм, и для удобства пользования его положение относительно плоскости передней панели мультиметра можно изменять до угла в 70°. Максимально индицируемое число — 1999. Базовая погрешность составляет: при измерениях напряжения постоянного тока — $\pm 0,5\%$; напряжения переменного тока — $\pm 0,8\%$; силы постоянного тока — $\pm 0,8...2\%$; силы переменного тока — $\pm 1,0...3,0\%$; сопротивления — $\pm 0,8...5\%$; емкости — $\pm 4,0\%$. Обеспечивается индикация разряда батареи — «BAT» и перегрузки — «1».

Габариты приборов составляют 192x91x42 мм. Вес — 380 г. В комплект поставки входят мультиметр, измерительные щупы, батарея, руководство по эксплуатации, упаковочная коробка. Основные параметры приведены в табл. 3.11.

Таблица 3.11

Параметры	
Диапазон измерения напряжения постоянного тока	200 мВ ... 1000 В
Диапазон измерения напряжения переменного тока	200 мВ ... 700 В
Диапазон измерения постоянного тока	2 мА ... 20 А
Диапазон измерения переменного тока	20 мА ... 20 А
Диапазон измерения сопротивления	200 Ом ... 200 МОм
Диапазон измерения емкости	2 нФ ... 20 мкФ
Диапазон измерения коэффициента усиления транзисторов по току	1 ... 1000
Допустимое сопротивление, при котором работает режим прозвонки	менее 30 Ом
Напряжение источника питания	9 В
Тип источника питания	Батарея "Крона", 6F22
Дополнительные возможности	Звуковая прозвонка, диодный тестер, режим DATA HOLD

4. Характерные неисправности и методы их устранения

До начала работ по ремонту следует проверить работоспособность батареи питания. Если она нормальная, то вторая распространенная причина, из-за которой прибор может не работать, — это перегорание внутреннего предохранителя. Он обычно установлен на плате и перегорает при попытке измерить напряжение на «токовом» пределе. В табл. 4.1 приведены наиболее характерные неисправности широко распространенных цифровых мультиметров. Следует знать, что возможна замена АЦП серии 7106 на микросхему отечественного производства типа 572ПВ5. Хорошие результаты дает замена АЦП серии 7106 на АЦП серии 7126, однако в этом случае необходимо заменить некоторые внешние элементы (см. гл. 1.5).

Таблица 4.1

Неисправность	Вероятная причина	Ремонт
LCD на всех пределах показывает случайные числа, намного больше нуля	Неисправен АЦП	Заменить
Завышены показания ЦММ	Разряжена батарея питания	Заменить
Температура (M038, M690C+, Q, MY62, 64) измеряется только с термистором	Неисправен предохранитель на 200 мА	Заменить
Не работают отдельные сегменты LCD	Плохой провод LCD	Устранить
ЦММ серии 830: при измерении напряжения показания завышены	1. неисправен R6 2. неисправен R5	Заменить. Дополнительно проверить C6 и Q на пробой
При измерении напряжения на низких пределах сильно завышены показания	Пробой или утечка C6	Проверить заменой
При измерении сопротивлений на высоких пределах искажается отсчет	Дефект C3, C5	Проверить заменой
При измерении напряжения переменного тока показания мигают в пределах 20 - 40 ед.	Потеря емкости C3	Проверить заменой
При измерении сопротивлений LCD показывает нули	Пробой транзистора Q1	Заменить
Искажены показания при измерении сопротивлений	Неисправен терморезистор PTC	Возможна временная замена на обычный резистор
Прибор долго устанавливает показания	Дефект C3	Проверить заменой
На всех пределах LCD показывает "0"	Неисправен АЦП, проверить качество пайки, отсутствие замыканий	При исправном АЦП напряжение между выв. 1 и выв. 32 составляет 3 В
ЦММ серии 890: нет отблеска при измерении частоты, искажены показания на других пределах	Неисправна микросхема IC8 - 7535	Проверить заменой

При ремонте мультиметров следует знать, что на практике встречаются приборы с разной маркировкой, которые построены по одинаковой схеме в соответствии с их серией. Например, ЦММ M838 выпускается фирмой MASTECH, а DT-838 — фирмой Zhangzhou Huayu Co., Ltd, и т.д. Ниже приведены характерные неисправности, касающиеся цифровых мультиметров на основе АЦП серии 7106.

При превышении определенного уровня входного напряжения показания отличаются от действительных.

Необходимо проверить форму сигнала на выв. 27 АЦП. Не должно быть искажений линейного участка синусоиды в виде выбросов положительной или отрицательной полярности. Возможно малы значения R_{INT} и C_{INT} или частоты задающего генератора.

При измерении напряжения, если изменить полярность подключения щупов, величина измеренного напряжения отличается от первоначальной.

Такая неисправность устраняется правильным подбором интегрирующего конденсатора, подключенного к выв. 27 (см. рекомендации выше). Другой причиной может быть малая величина емкости конденсатора C_{REF} или высокое значение паразитной емкости относительно выводов этого конденсатора и общим проводом.

При постоянной величине входного напряжения дисплей отображает его как меняющееся.

Следует проверить цепь от выв. 32 (COMMON). Если используется внутренний источник опорного напряжения, этот вывод не должен быть заземлен, в противном случае он должен быть подключен к выв. 35 (REF LO).

Показания дисплея не постоянны при измерении неменяющегося напряжения, при этом они изменяются в нескольких разрядах.

Следует проверить цепь от выв. 32 (COMMON). При использовании внешнего источника опорного напряжения между положительным выводом источника питания и выв. 32 должен быть включен гасящий резистор сопротивлением 27 кОм.

При соединенных между собой выводах щупов для измерения напряжения показания дисплея отличаются от нулевых в нескольких разрядах.

Величина опорного конденсатора слишком мала или он имеет недопустимый ток утечки. Обычно используют конденсатор емкостью 1 мкФ с высокими диэлектрическими свойствами.

Показания дисплея блеклые или сегменты отображаются не полностью.

Это может наблюдаться при низком напряжении питания или использовании прибора при температуре ниже 0°C.

Дисплей не работает

К такой неисправности может привести приложение постоянного (не импульсного!) напряжения к сегментам дисплея или десятичной точке. Другая причина — продолжительное подключение вывода TEST к положительному полюсу источника питания при проверке дисплея. В обоих случаях дисплей подлежит замене.

При включении питания на дисплее отображаются цифры 1666, и показания не меняются.

Такая неисправность свидетельствует о неработающем задающем генераторе. Следует проверить его элементы, печатную плату и соединения выв. 38, 39, 40.

Независимо от величины входного напряжения на дисплее отображается знак + или -1, или показания отсутствуют.

Следует проверить, чтобы входное напряжение между выв. 30 и 31 было больше удвоенного опорного напряжения. Также следует проверить, чтобы опорное напряжение между выв. 35 и 36 не было приложено к другим точкам, а также, чтобы опорный конденсатор C_{REF} не замыкал на другие участки схемы.

Для проверки осциллограмм на выводах АЦП следует определить путем сравнения с приведенными ниже вариантами, каким способом в схеме включен АЦП. На рис. 4.1 приведен первый вариант и соответствующие ему осциллограммы, а на рис. 4.2 — второй вариант.



Рис. 4.1. Вариант контрольной осциллограммы на выв. 27, 28 АЦП



Рис. 4.2. Второй вариант контрольной осциллограммы на выв. 27, 28 АЦП

На рис. 4.3 приведены осциллограммы сигнала синхронизации, на рис. 4.4 — сигнала управления LCD.

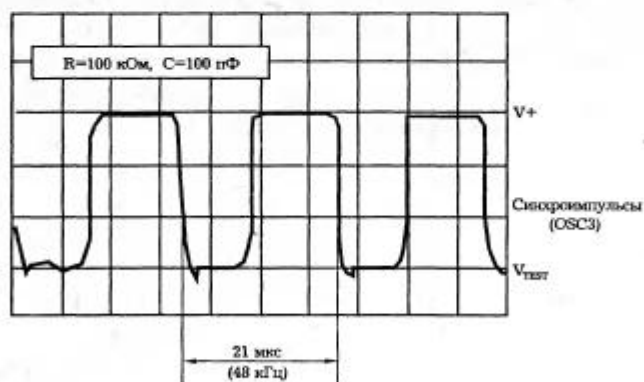


Рис. 4.3. Осциллограмма сигнала синхронизации

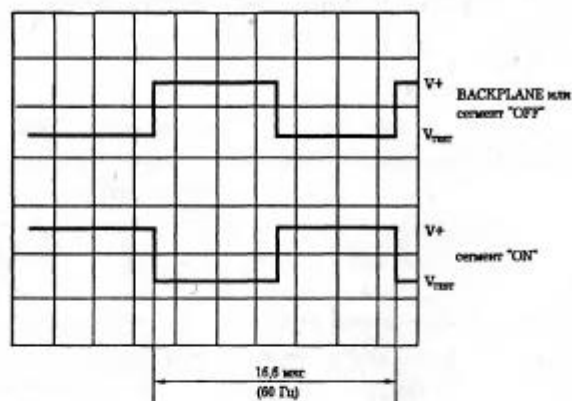


Рис. 4.4. Осциллограмма сигнала управления LCD

Помимо описанных выше неисправностей следует отметить еще два часто встречающихся дефекта:

- при замене предохранителя на исправный, но с большим током, из-за ошибки при выборе предела измерений прибор выходит из строя и восстановлению не подлежит;
- ненадежный контакт при переключении пределов измерений свидетельствует об отслаивании печатных контактных дорожек на плате под переключателем.

5. Специализированные микросхемы для цифровых мультиметров

Японская компания JRC (полное название New Japan Radio Co.Ltd.) выпускает серию специализированных микросхем, представляющих собой незначительно отличающиеся варианты цифрового мультиметра на одном чипе, обеспечивающим управление $3\frac{1}{2}$ -разрядным LCD. Это микросхемы NJU9207, NJU9208, NJU 9207B. На принципиальных схемах можно встретить либо полное обозначение типа микросхемы, либо сокращенное — только в виде цифр.

Микросхемы NJU9207/08, благодаря своим техническим данным, предназначены в основном для применения в карманных цифровых мультиметрах. Отличие микросхем NJU9208 от микросхем NJU9207 состоит только в расположении выводов. Они повернуты на 90° .

Микросхема NJU9207/08 включает:

- АЦП;
- источник опорного напряжения;
- контроллер;
- генератор;
- детектор состояния батареи питания;
- драйвер LCD.

Возможности микросхемы:

- низкий потребляемый ток (менее 1 мА);
- низкое напряжение источника питания (типовое значение 3 В);
- автовыбор предела измерений;
- функция автоудержания (Data Hold, Range Hold);
- наличие удвоителя и стабилизатора напряжения для работы встроенного драйвера LCD;
- непосредственное управление пьезоэлектрическим зуммером;
- обеспечение индикации состояния батареи питания на LCD.

Микросхемы выполнены по КМОП-технологии в корпусе QFP80. Вид корпуса и расположение выводов показаны на рис. 5.1. На рис. 5.2 изображена структурная схема микросхемы. В табл. 5.1 приведены сведения о нумерации и назначении выводов.

Режимы измерения электрических величин ЦММ на основе микросхемы NJU9207/08 делятся на две группы: режимы с автоматическим и режимы с ручным выбором предела измерений. Автовыбор предела измерений производится при измерении напряжения постоянного тока в диапазоне 200 мВ ... 2000 В (пять пределов), напряжения переменного тока в диапазоне 2 В...2000 В (четыре предела), сопротивления в диапазоне 100 Ом...20 МОм (шесть пределов). При измерении тока предел измерения выбирают вручную. Диапазон измерения как постоянного, так и переменного тока составляет 2 мА...20 А и делится на пять поддиапазонов.

Выбор режима измерений обеспечивается состоянием уровней на выв. FC1-FC4 (табл. 5.2). Для изменения такого состояния можно применить механический переключатель. При изменении состояния на одном из выводов FC1-FC4 по спаду импульса напряжения формируется звуковой сигнал длительностью 31,25 мс и частотой 2 кГц. Этот сигнал воспроизводится зуммером. Сигнал сброса системы (RESET) формируется по фронту или спаду импульсов на выв. FC1-FC4.

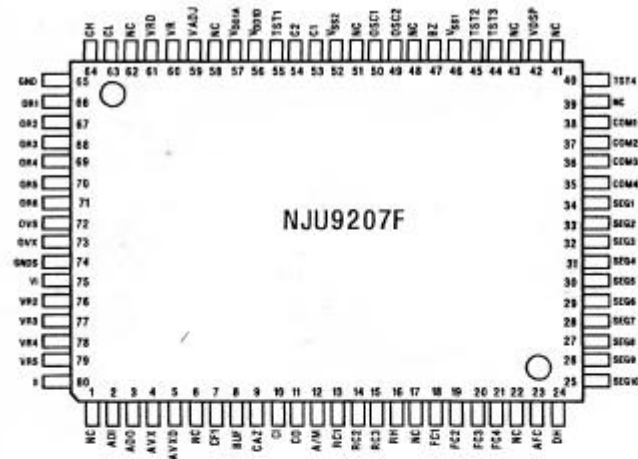


Рис. 5.1. Схема расположения выводов микросхемы NJU9207

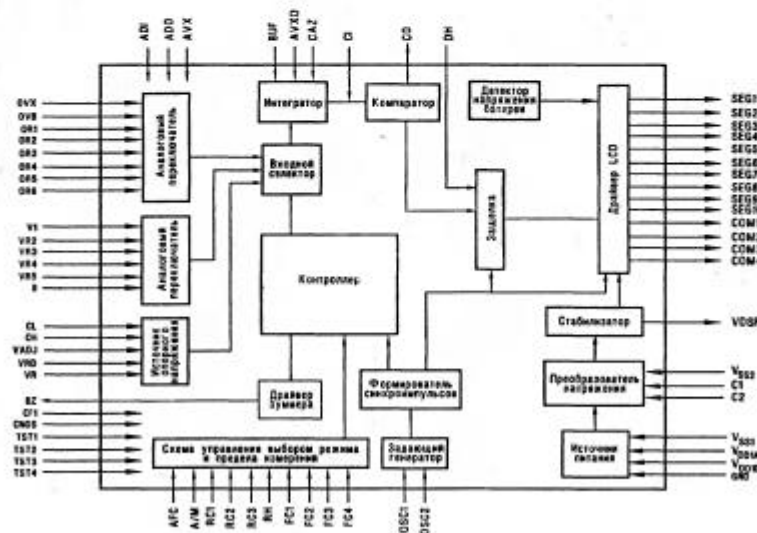


Рис. 5.2. Структурная схема микросхемы NJU9207

Современные цифровые мультиметры

Таблица 5.1.

NJU9207	NJU9207B	Обозначение	Назначение
2	62	ADI	Вход выпрямителя
3	63	ADO	Выход выпрямителя
4	64	AVX	Входная клемма при измерении напряжения (+ при изм. напр. пост. тока)
5	65	AVXD	Входная клемма при измерении напряжения (- при изм. напр. пост. тока)
7	67	CF1	Выход для подключения пемексодиаляющего конденсатора
8	68	BUF	Выход буферного усилителя
9	69	CAZ	Выход для подключения конденсатора автобулеуения
10	70	CI	Выход для подключения интегрирующего конденсатора
11	71	CO	Выход компаратора
12	72	A/M	Выбор режима переключения предела измерений: А - автом. (лог.1), М - ручной (лог.0)
13-15	73-75	RC1-RC3	Выходы переключения пределов измерений
16	76	RHDH	Выход установки режима удержания - RANGE HOLD (лог.0)
24	4		Выход удержания показаний LCD - DISPLAY DATA HOLD
18-21	79-80, 1	FC1-FC4	Выбор режима измерений
23	3	AFC	Выбор ограничения предела измерений (лог.1 - ограниченный, лог.0 - полный)
34-25 38-35 42	14-5 18-15 22	SEG1-10 COM1-4 VDSP	Выходы управления сегментами LCD Общие выходы драйвера LCD Выход управления мониторингом напряжения
47	27	BZ	Выход драйвера управления звуком
49, 50	29, 30	OSC1, OSC2	Выходы для подключения кварцевого резонатора
53, 54	33, 34	C1, C2	Выходы для подключения конденсатора удвоителя напряжения
59	39	VADJ	Выход для регулирования опорного напряжения
60	40	VR	Выход опорного напряжения
61	41	VRD	Выход мониторинга напряжения
63, 64	43, 44	CI, CH	Выходы для подключения опорного конденсатора
66-71	45-51	OR1-6	Выходы для подключения опорных резисторов при изм. сопротивления
72	52	0V S	Вход опорного напряжения при измерении сопротивления
73	53	0V X	Вход измеряемого напряжения в режиме измерения сопротивления
75	55	VI	Вход измеряемого напряжения
76-79	56-59	VR2-VR5	Выходы для подключения стабилизирующих нагрузочных резисторов
80	60	II	Вход измерения тока
55, 45, 44, 40	32, 25, 24, 20	TST1,2,3,4	Тестовые выходы
46	26	V _{SEN}	Земельный вывод аналоговой и цифровой части схемы - 0 В
52	32	V _{SEN2}	Вывод управляющего напряжения LCD
56	36	V _{LOAD}	Напряжение питания цифровой части схемы - -3 В
57	37	V _{TRIP A}	Напряжение питания аналоговой части схемы - +3 В
66	45	GND	Средняя точка питания аналоговой части схемы - +1,5 В
74	54	GNDS	Относительный земельный вывод при операции интегрирования

При изменении режима измерения установка его предела зависит от состояния уровня на выв. AFC (табл. 5.3). При этом на LCD высвечивается соответствующая значащая точка — P1, P2 или P3 (рис. 5.3).

Таблица 5.2.

Режим измерений	Логическое состояние			
	FC1	FC2	FC3	FC4
U пост. (DCV)	1	1	1	1
U пер. (ACV)	0	1	1	1
I пост. (DCI)	0	0	1	1
I пер. (ACI)	0	1	0	1
Сопротивление	1	0	0	0
Проверка диодов	1	0	0	0
Прозвонка цепи (CONT)	1	1	1	0



Рис. 5.3. Внешний вид LCD

Таблица 5.3

Режим измерений	AFC: лог. 0		AFC: лог. 1	
	Предел	Значимая точка	Предел	Значимая точка
U пост. (DCV)	200 mV	P1	2 V	P3
U пер. (ACV)	2 V	P3	2 V	P3
I пост. (DCI)	200 mA	P1	200 mA	P1
I пер. (ACI)	200 mA	P1	200 mA	P1
Сопротивление	200 Ohm	P1	2 kOhm	P3
Проверка диодов	2 V	P3	2 V	P3
Прозвонка цепи (CONT)	2 kOhm	P3	2 kOhm	P3

Если режим измерений изменен в период работы АЦП, сигнал сброса счетчика (COUNTER RESET) формируется внутри микросхемы, и она инициализируется. После этого АЦП снова запускается с цикла автообнуления.

При включении режима прозвонки цепи автоматически устанавливается режим измерения сопротивления на пределе 2 кОм. Если сопротивление проверяемой цепи менее 300 Ом, зуммер издает непрерывный звуковой сигнал, а на LCD отображается значение сопротивления. В режиме проверки диодов также автоматически устанавливается режим измерения сопротивления на пределе 2 кОм, и на диод подается прямое напряжение от источника питания, составляющее 1,5 В.

Для работы в режиме автоматического выбора предела измерений на выв. A/M должен присутствовать уровень лог. 1. Чтобы установить режим автоматического или ручного выбора предела измерения, служит кнопка RANGE CONTROL. Если установлен режим автовыбора, то для перехода в ручной режим необходимо нажать эту кнопку. Время нажатия при этом должно быть менее 1 с. При установленном ручном режиме

нажатие и удержание кнопки на время менее 1 с приведет к изменению предела измерения, а при ее удержании более 1 с происходит переход в режим автовыбора.

В режиме HOLD напряжение низкого уровня на выв. HOLD обеспечивает фиксацию показаний LCD на измеренном значении электрической величины.

При ручном режиме установки предела измерений выбор предела определяется сочетанием уровней напряжения на выв. RC1—RC3 (на выв. A/M при этом должен присутствовать уровень лог. 0). В табл. 5.4. приведены уровни сигналов на выв. RC1—RC3, соответствующие определенному пределу измерений.

Таблица 5.4

RC1	RC2	RC3	DCV	ACV	DCI, ACI	Ohm
1	1	1	RNG2, 2V	RNG1, 2V	RNG1, 2mA	RNG2, 2k
0	1	1	RNG2, 20V	RNG2, 20V	RNG2, 20mA	RNG3, 20k
1	0	1	RNG3, 200V	RNG3, 200V	RNG3, 200mA	RNG4, 200k
0	0	1	RNG4, 2000V	RNG4, 2000V	RNG4, 2000mA	RNG5, 2M
1	1	0	RNG4, 2000V	RNG4, 2000V	RNG5, 20A	RNG6, 20M
0	1	0	RNG1, 200mV	RNG1, 2V	RNG1, 2mA	RNG1, 200

При превышении допустимого предела измерений зуммер выдает сигнал тревоги — прерывистые звуковые сигналы частотой 2 кГц длиной 1/16 с с промежутком в 5/16 с между каждой их парой.

Рис. 5.4 и табл. 5.5 поясняют принципы формирования знаков на LCD.

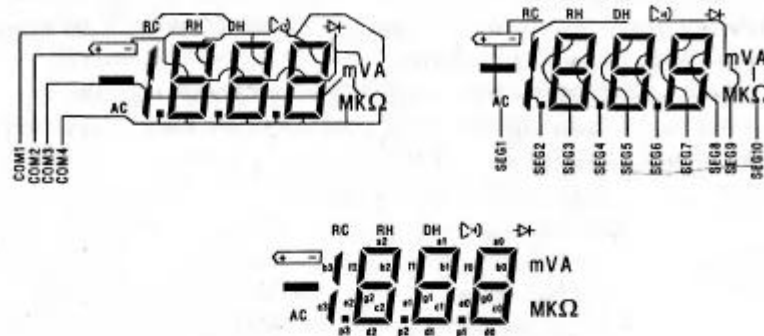


Рис. 5.4. Схема внутренних соединений LCD

Таблица 5.5

	SEG1	SEG2	SEG3	SEG4	SEG5	SEG6	SEG7	SEG8	SEG9	SEG10
COM 1	RC	DH	a2	b2	a1	b1	a0	b0	микро	Λ
COM 2	BATT	RH	f2	g2	f1	g1	f0	g0	милли	V
COM 3	-	b3/c3	e2	c2	e1	c1	e0	c0	м	K
COM4	AC	p3	d2	p2	d1	p1	d0		M	Ом

Значок, отображающий батарею, сигнализирует о том, что напряжение питания составляет менее 1,1...1,3 В, и источник питания необходимо заменить.

Значок минуса отображается тогда, когда при измерении напряжения или силы постоянного тока минус источника приложен к «горячей» клемме прибора, а плюс — к общей.

Буквы RH отображаются в том случае, когда на выв. RH присутствует уровень лог. 0 в режиме автовыбора предела измерений (на выв. A/M — лог. 1).

Буквы RC отображаются в том случае, когда выбор предела в автоматическом режиме определяется состоянием выв. RC1 (на выв. A/M — лог. 1).

[illegible]

Кроме БИС NJU9207 выпускается ее модификация — NJU9207B. От первой ее отличает только возможность установки опорного напряжения одной из семи градаций (А, В, С, D, Е, F, G) с помощью резистивного делителя напряжения, подключаемого к выв. VADJ и VR.

Ручной малогабаритный мультиметр М-830В

СХЕМОТЕХНИКА И РЕМОНТ

Самый популярный простой мультиметр в нашей стране и, видимо, во всем мире – это именно М830В (рис. 1, слева) – модель, которая стала предметом нашего рассмотрения. Он широко изготавливается различными фабриками в Китае. Прибор выпускается под двумя десятками различных торговых марок для разных регионов и стран мира, но внутреннее исполнение всегда одинаковое. Как показала практика М830В достаточно надежен, но это обратная сторона простоты. Точных и разнообразных измерений этот мультиметр не обеспечивает, но в бытовых условиях достаточно полезен и недорог.

На наш взгляд более широко сможет продаваться только недавно появившаяся разновидность данной модели – М830SB (рис. 1, справа). Мультиметр М830SB вдвое меньше и в 1,5 раза легче своего предшественника, но при этом имеет аналогичные функциональные возможности (в связи с малыми габаритами многие специалисты при первом взгляде воспринимают этот прибор как игрушку).



Рис.1. Мультиметры М830В (слева) и М830SB (справа)

Мультиметр М830В предназначен для измерения постоянного напряжения и тока, переменного напряжения, сопротивления постоянному току, коэффициента статической передачи тока транзисторов, прозвонки полупроводников. Отображение результатов измерений осуществляется на жидкокристаллический индикатор с размерностью $3 \frac{1}{2}$ разряда. Прибор обеспечивает автоматическое определение полярности измеряемого напряжения и тока. За секунду выполняется 2-3 измерения. Выбор измеряемых величин и пределов измерений устанавливается вручную центральным переключателем – по

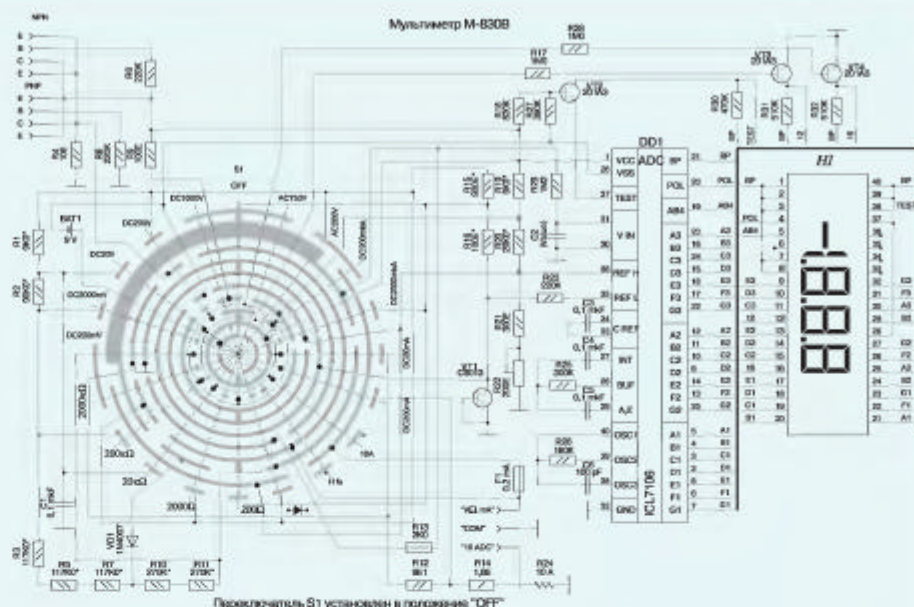


Рис.2. Принципиальная схема М830В

классической для мультиметров компоновке. Прибор работает в диапазоне температур от 0 до 40 °С. Питание – 9В (батарея типа «Крона»)

Основные измеряемые величины приведены в таблице 1.

Основой данного прибора является аналогово-цифровой преобразователь ICL706, работающий по принципу двойного интегрирования. Это полный аналог хорошо известной всем специалистам отечественной ИМС 572ПВ5. Особенностью данной микросхемы является наличие дифференциальных входов как для входного сигнала, так и для опорного напряжения. Это позволяет измерять напряжение, не привязанное относительно источника питания микросхемы и тем самым устранять синфазные помехи в сигнальных цепях и цепях опорного напряжения.

Другой особенностью является наличие собственного источника опорного потенциала, что позволяет упростить схему прибора и, соответственно снизить его стоимость. Подробнее с внутренней структурой и возможностями применения этой микросхемы можно ознакомиться достаточно широко

во в различной литературе, в частности – [1]. Схемотехнически мультиметр выполнен по классической схеме для применения такой ИМС (рис. 2) с одним точным резистивным делителем на резисторах R1, R2, R3, R5, R7, R10, R11, R15, R16 для всех режимов измерений. Исключение составляют резисторы R12, R13, включаемые только в режиме измерения тока в качестве шунта на соответствующих пределах измерения. Это позволяет снизить стоимость прибора, но такое решение заставляет разработчиков значительно усложнить переключатель режимов и пределов измерений. Поэтому, наиболее специфическим узлом приборов такого класса является многопозиционный переключатель (рис. 3). Кроме выбора пределов

Таблица 1. Основные измеряемые величины

Измеряемые величины	Верхний предел диапазона измерений	Разрешающая способность	Точность $t = 18-28^\circ\text{C}$	Примечание
Постоянный ток	200 мкА	100 нА	$\pm 1\% \pm 2 \text{ смр}^*$	
	2 мА	1 мкА		
	20 мА	10 мкА		
	200 мА	100 мкА	$\pm 1,2\% \pm 2 \text{ смр}$	
Постоянное напряжение	10 В	10 мВ	$\pm 2\% \pm 2 \text{ смр}$	
	200 мВ	100 мкВ	$\pm 0,25\% \pm 2 \text{ смр}$	
	2 В	1 мВ		
	20 В	10 мВ	$\pm 0,5\% \pm 2 \text{ смр}$	
Переменное напряжение	200 В	0,1 В	$\pm 1,2\% \pm 10 \text{ смр}$	В диапазоне частот от 45 до 450 Гц
	750 В	1 В		
	200 Ом	0,1 Ом		
	2 кОм	1 Ом		
Сопротивление постоянному току	20 кОм	10 Ом	$\pm 0,8\% \pm 2 \text{ смр}$	
	200 кОм	100 Ом		
	2 МОм	1 кОм	$\pm 1\% \pm 2 \text{ смр}$	
	200 кОм	1 кОм		
Коэффициент статической передачи тока транзисторов	Покажет приближенное значение β_{H} транзистора при токе базы 10 мкА и напряжении $U_{\text{H}} = 2,8 \text{ В}$			
Тест полупроводников	Тестовое напряжение 2,8 В, ток около 1 мА. На дисплее появится значение величины прямого падения напряжения на диоде в мВ. Если диод включен наоборот, то на дисплее будет «1»			

*смр – единица младшего разряда.

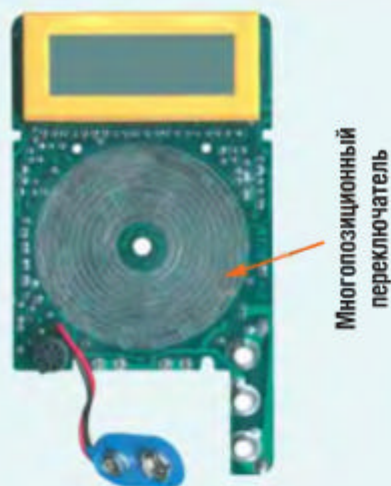


Рис.3. Лицевая сторона печатной платы M830B

измерений, он предназначен и для выбора измеряемых величин. Конструктивно переключатель реализован в виде 11 печатных кольцевых дорожек на основной плате мультиметра. Как видно из схемы внутренние две дорожки (условно 1 и 2 дорожки) играют роль выключателя питания. На рисунке 2 переключатель показан в положении выключено. Дорожки 3-4 управляют включением точек между разрядами индикатора. Для этой же цели используются транзисторы VT2 - VT4. Резисторы R1-R11, R15, R16, как уже говорилось, обеспечивают функции входного делителя при измерении напряжений, токов и сопротивления. В режиме измерения постоянного и переменного напряжений этот делитель подключен к входу АЦП (31) через резистор R29 посредством замыкания сегментов 10 и 11 дорожек верхней половины переключателя. При этом VD1 - однополупериодный выпрямитель, коммутируемый нижними сегментами 9 и 10 дорожек и работающий при измерении переменных напряжений и токов. При измерении напряжения и тока вход 35 ИМС соединен с землей (дорожки 6 и 7) и транзистор VT1, включенный как защитный диод не используется. Но

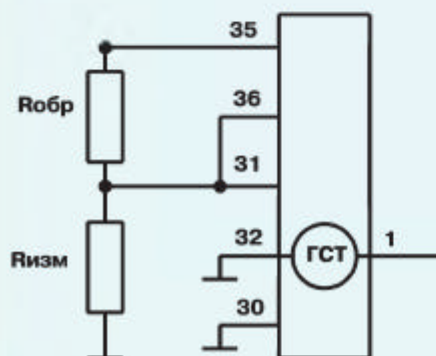


Рис.4. Схема измерения сопротивления

он обеспечивает защиту от перегрузки в режиме измерения сопротивления и тестирования полупроводников. Для защиты от перегрузки при измерении тока использован предохранитель F1.

Единственный регулировочный элемент в схеме - резистор R22, позволяет регулировать значение опорного напряжения и тем самым обеспечить допустимую погрешность измерений.

Измерение сопротивления постоянному току выполняется по стандартной схеме изменения падения напряжения на измеряемом сопротивлении при прохождении через него заданного тока, обеспечиваемого генератором стабильного тока АЦП (выводы 1-32) (рис 4). В качестве делителя используется коммутируемый набор резисторов, представленный в табл. 2.

Таблица 2. Коммутируемый набор резисторов

Предел	Резисторы
2000 кОм	R11, R10, R7, R5, R3, R2, R1, R15, R16
200 кОм	R2, R1, R15, R16
20 кОм	R1
2000 Ом	R15, R16
200 Ом	R16

Измерение статического коэффициента передачи по току транзисторов обеспечивается путем измерения коллекторного тока при фиксированном значении тока базы (R6, R8 - по 220 кОм). Измерение параметров транзисторов разной проводимости обеспечивается коммутацией полярности питающего напряжения.

Конструктивно мультиметр выполнен в пластмассовом корпусе, причем задняя крышка имеет алюминиевый экран для снижения наводок на измерительные цепи прибора. Вся схема прибора вместе с переключателем выполнена на одной печатной плате. Индикатор контактирует с печатной платой с помощью токопроводящей резины. Крепление индикатора к плате выполнено с помощью пластмассовой рамки с защелками. Для смены батареи необходимо разбирать весь корпус.

Основными ошибками эксплуатации приводящим к неисправности прибора являются проведение измерений при разряженной батарее, что происходит достаточно часто, т.к. в приборе не автоматического выключения. И вторая причина - перегрузка по входу. Последняя ситуация наиболее часто возникает при ошибках в выборе режима измерений, например, установлен режим измерения тока, а выполняется измерение высокого напряжения). В обоих случаях это приводит к пробое АЦП. Но основная причина выхода прибора из строя при его эксплуатации - это переключение пределов и режимов измерения без от-

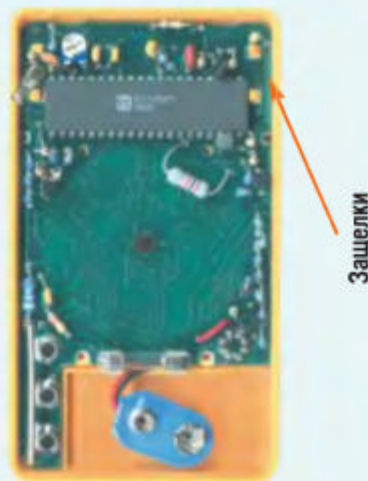


Рис.5. Обратная сторона печатной платы M830B

ключения от измеряемой цепи. При этом нередко выгорают проводящие дорожки переключателя и прибор уже не подлежит ремонту. Это является недостатком всех приборов с подобными переключателями.

Ремонт прибора в общем случае нецелесообразен, т.к. мультиметр достаточно дешев, а хлопот в ремонте достаточно. Если дорожки центрального переключателя не перегорели, то при острой необходимости замена АЦП проблемы не представляет. Достаточно снять индикатор, одновременно нажав 2 защелки (рис. 5). Далее выкусив неисправную ИМС и очистив от остатков олова монтажные отверстия паяльником с вакуумным отсосом (например, с помощью недорогой паяльной станции Актаком - АТР-2101 или АТР-3101) можно смело вставлять отечественный аналог 572ПВ5. При некотором навыке все это займет не более часа. Несколько сложнее установка индикатора, т.к. требуется точное совпадение контактов платы и индикатора. О случае выгорания проводящих дорожек переключателя мы уже упоминали.

При калибровке мультиметра достаточно на младшем диапазоне измерения постоянного напряжения, подав входное напряжение с необходимой точностью, добиться правильных показаний на индикаторе прибора, вращая движок резистора R22.

Литература:

1. «Интегральные микросхемы. Микросхемы для аналого-цифрового преобразования и средств мультимедиа», выпуск 1, Москва. «Додэка». 1996 г, стр.28-33, стр. 221-225.

In this article the possible malfunctions of a multimeter M-830B and the order of its repair are described.

МУЛЬТИМЕТРЫ М832: УСТРОЙСТВО И РЕМОНТ

Невозможно представить рабочий стол ремонтника без удобного недорогого цифрового мультиметра. В этой статье рассмотрено устройство цифровых мультиметров 830-й серии, наиболее часто встречающиеся неисправности и способы их устранения.

В настоящее время выпускается огромное разнообразие цифровых измерительных приборов различной степени сложности, надежности и качества. Основой всех современных цифровых мультиметров является интегральный аналого-цифровой преобразователь напряжения (АЦП). Одним из первых таких АЦП, пригодных для построения недорогих портативных измерительных приборов, был преобразователь на микросхеме ICL7106, выпущенной фирмой MAXIM. В результате было разработано несколько удачных недорогих моделей цифровых мультиметров 830-й серии, таких как М830В, М830, М832, М83В. Вместо буквы М может стоять DT. В настоящее время эта серия приборов является самой распространенной и самой повторяемой в мире. Ее базовые возможности: измерение постоянных и переменных напряжений до 1000 В (входное сопротивление 1 МОм), измерение постоянных токов до 10 А, измерение сопротивлений до 2 МОм, тестирование диодов и транзисторов. Кроме того, в некоторых моделях есть режим звуковой прозвонки соединений, измерения температуры с термопарой и без термопары,

генерации меандра частотой 50...60 Гц или 1 кГц. Основным изготовителем мультиметров этой серии – фирма Precision Mastech Enterprises (Гонконг).

СХЕМА И РАБОТА ПРИБОРА

Основа мультиметра – АЦП IC1 типа 7106 (ближайший отечественный аналог – микросхема 572ПВ5). Его структурная схема приведена на рис. 1, а цоколевка для исполнения в корпусе DIP-40 – на рис. 2. Перед ядром 7106 могут стоять разные префиксы в зависимости от производителя: ICL7106, TC7106 и т.д. В последнее время все чаще используются бескорпусные микросхемы (DIE chips), кристалл которых припаивается непосредственно на печатную плату.

Рассмотрим схему мультиметра М832 фирмы Mastech (рис. 3). На вывод 1 IC1 подается положительное напряжение питания батареи 9 В, на вывод 26 – отрицательное. Внутри АЦП находится источник стабилизированного напряжения 3 В, его вход соединен с выводом 1 IC1, а выход – с выводом 32. Вывод 32 подсоединяется к общему выводу мультиметра и гальванически связан с входом COM прибора. Разность напряжений между выводами 1 и 32 составляет примерно 3 В в широком диапазоне питающих напряжений – от номинального до 6,5 В. Это стабилизированное напряжение подается на регулируемый делитель R11, VR1, R13, а с его выхода – на вход микросхемы 36 (в режиме измерения токов

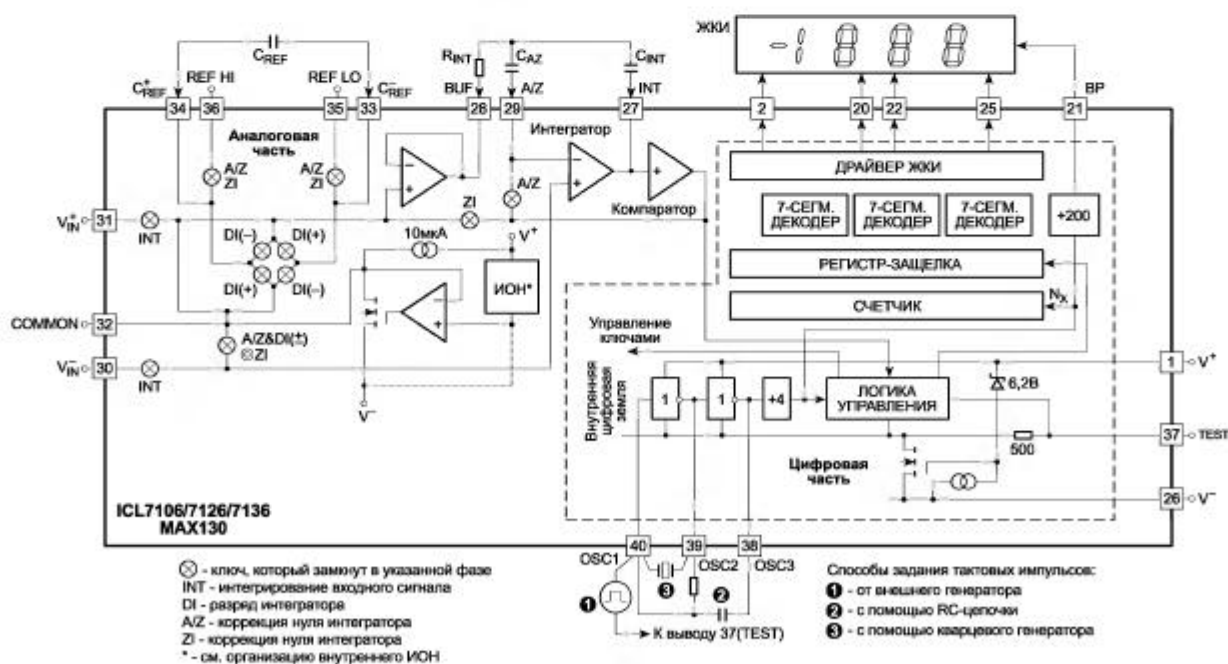


Рис. 1. Структурная схема АЦП 7106



Рис. 2. Цоколевка АЦП 7106 в корпусе DIP-40

и напряжений). Делителем задается потенциал U_{ref} на выводе 36, равный 100 мВ. Резисторы R12, R25 и R26 выполняют защитные функции. Транзистор Q102 и резисторы R109, R110 и R111 отвечают за индикацию разряда батареи питания. Конденсаторы C7, C8 и резисторы R19, R20 отвечают за отображение десятичных точек дисплея.

Диапазон рабочих входных напряжений U_{max} напрямую зависит от уровня регулируемого опорного напряжения на выводах 36 и 35 и составляет

$$U_{max} = \pm 1,999 U_{опт} \quad (1)$$

Стабильность и точность показаний дисплея зависят от стабильности этого опорного напряжения.

Показания дисплея N зависят от входного напряжения $U_{вх}$ и выражаются числом

$$N = 1000 U_{вх} / U_{опт} \quad (2)$$

Рассмотрим работу прибора в основных режимах.

Измерение напряжения

Упрощенная схема мультиметра в режиме измерения напряжения представлена на рис. 4. При измерении постоянного напряжения входной сигнал подается на R1...R6, с выхода которого через переключатель (по схеме 1-8/1...1-8/2) подается на защитный резистор R17. Этот резистор, кроме того, при измерениях переменного напряжения вместе с конденсатором C3 образует фильтр нижних частот. Далее сигнал поступает на прямой вход микросхемы АЦП, вывод 31. На инверсный вход микросхемы подается потенциал общего вывода, вырабатываемый источником стабилизированного напряжения 3 В, вывод 32.

При измерениях переменного напряжения оно выпрямляется однополупериодным выпрямителем на диоде D1. Резисторы R1 и R2 подобраны таким образом, чтобы при измерении синусоидального напряжения прибор показывал правильное значение. Защита АЦП обеспечивается делителем R1...R6 и резистором R17.

Измерение тока

Упрощенная схема мультиметра в режиме измерения тока представлена на рис. 5. В режиме измерения постоянного тока последний протекает через резисторы R0, R8, R7 и R6, коммутируемые в зависимости от диапазона измерения. Падение напряже-

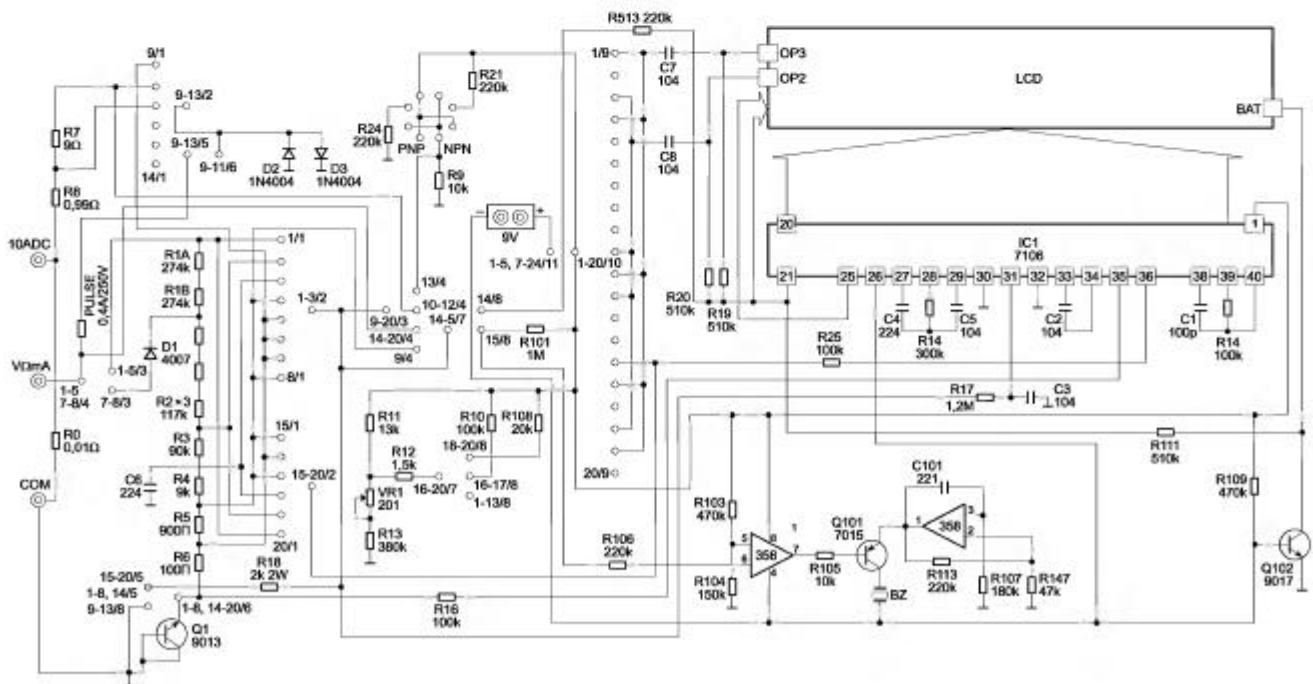


Рис. 3. Принципиальная схема мультиметра M832

ния на этих резисторах через R17 подается на вход АЦП, и результат выводится на дисплей. Защита АЦП обеспечивается диодами D2, D3 (в некоторых моделях могут не устанавливаться) и предохранителем F.

Измерение сопротивления

Упрощенная схема мультиметра в режиме измерения сопротивления представлена на рис. 6. В режиме измерения сопротивления используется зависимость, выраженная формулой [2]. На схеме видно, что один и тот же ток от источника напряжения $+U$ протекает через опорный резистор $R_{оп}$ и измеряемый резистор R_x (токи входов 35, 36, 30 и 31 пренебрежимо малы) и соотношение $U_{вх}$ и $U_{оп}$ равно соотношению сопротивлений резисторов R_x и $R_{оп}$. В качестве опорных резисторов используются R1...R6, в качестве токозадающих используются R10 и R103. Защита АЦП обеспечивается терморезистором R18 (в некоторых дешевых моделях используются обычные резисторы номиналом 1...2 кОм), транзистором Q1 в режиме стабилитрона (устанавливается не всегда) и резисторами R35, R16 и R17 на входах 36, 35 и 31 АЦП.

Режим прозвонки

В схеме прозвонки используется микросхема IC2 (LM358), содержащая два операционных усилителя. На одном усилителе собран звуковой генератор, на другом – компаратор. При напряжении на входе компаратора (вывод 6) меньше порогового, на его выходе (вывод 7) устанавливается низкое напряжение, открывающее ключ на транзисторе Q101, в результате чего раздается звуковой сигнал. Порог определяется делителем R103, R104. Защита обеспечивается резистором R106 на входе компаратора.

ДЕФЕКТЫ МУЛЬТИМЕТРОВ

Все неисправности можно разделить на заводской брак (и такое бывает) и повреждения, вызванные ошибочными действиями оператора.

Поскольку в мультиметрах используется плотный монтаж, то возможны замыкания элементов, плохие пайки и поломка выводов элементов, особенно расположенных по краям платы. Ремонт неисправного прибора следует начинать с визуального осмотра печатной платы. Наиболее часто встречающиеся заводские дефекты мультиметров M832 приведены в таблице.

Исправность ЖК-дисплея можно проверить с помощью источника переменного напряжения частотой 50...60 Гц и амплитудой в несколько вольт. В качестве такого источника переменного напряжения можно взять мультиметр M832, у которого есть режим генерации меандра. Для проверки дисплея следует положить его на ровную поверхность дисплеем вверх, подсоединить один щуп мультиметра M832 к общему выводу индикатора (нижний ряд, левый вывод), а другой щуп мультиметра прикладывать поочередно к остальным выводам дисплея. Если удастся получить зажигание всех сегментов дисплея, значит, он исправен.

Вышеописанные неисправности могут появиться и в процессе эксплуатации. Следует отметить, что в режиме измерения постоянного напряжения прибор

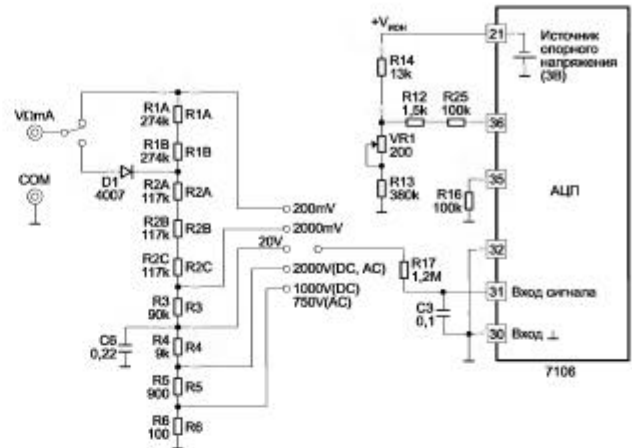


Рис. 4. Упрощенная схема мультиметра в режиме измерения напряжения

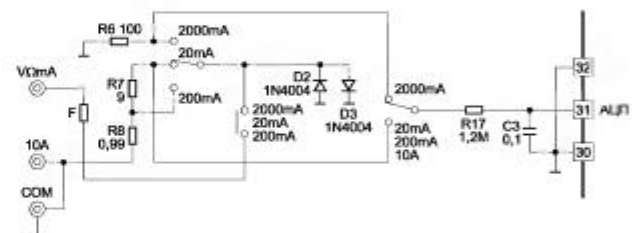
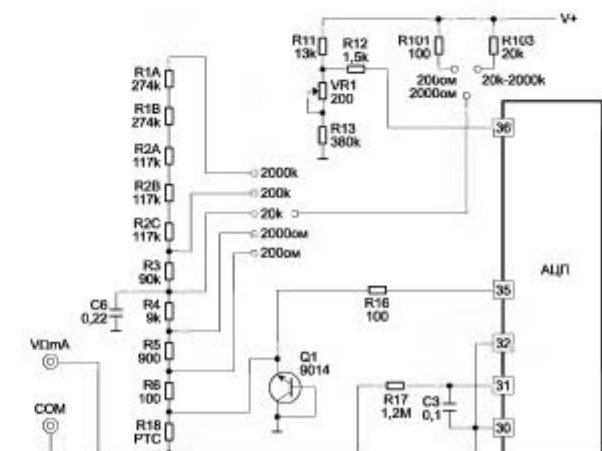


Рис. 5. Упрощенная схема мультиметра в режиме измерения тока



редко выходит из строя, т.к. хорошо защищен от перегрузок по входу. Основные проблемы возникают при измерении тока или сопротивления.

Ремонт неисправного прибора следует начинать с проверки питающего напряжения и работоспособности АЦП: напряжения стабилизации 3 В и отсутствия пробоя между выводами питания и общим выводом АЦП.

В режиме измерения тока при использовании входов V, Ω и mA, несмотря на наличие предохранителя, возможны случаи, когда предохранитель сгорает позже, чем успевают пробиться предохранительные диоды D2 или D3. Если в мультиметре установлен предохранитель, не соответствующий требованиям инструкции, то в этом случае возможно выгорание сопротивлений R5...R8, причем визуально на сопротивлениях это может никак не проявиться. В первом случае, когда пробивается только диод, дефект проявляется только в режиме измерения тока: ток через прибор протекает, но дисплей показывает нули. В случае выгорания резисторов R5 или R6 в режиме измерения напряжения прибор будет завышать показания или показывать перегрузку. При полном сгорании одного или обоих резисторов прибор не обнуляется в режиме измерения напряжения, но при замыкании входов дисплей устанавливается на нуль. При сгорании резисторов R7 или R8 на диапазонах измерения тока 20 mA и 200 mA прибор будет показывать перегрузку, а в диапазоне 10 A – только нули.

В режиме измерения сопротивления повреждения происходят, как правило, в диапазонах 200 Ω и 2000 Ω . В этом случае при подаче на вход напряжения могут сгорать резисторы R5, R6, R10, R18, транзистор Q1 и пробиваться конденсатор C6. Если полностью пробит транзистор Q1, то при измерении сопротивления прибор будет показывать нули. При неполном пробое транзистора мультиметр с разомкнутыми щупами будет показывать сопротивление этого транзистора. В режимах измерения напряжения и тока транзистор замыкается переключателем накоротко и на показания мультиметра не влияет. При пробое конденсатора C6 мультиметр не будет измерять напряжение в диапазонах 20 В, 200 В и 1000 В или существенно занижать показания в этих диапазонах.

В случае отсутствия индикации на дисплее при наличии питания на АЦП или визуально заметного выгорания большого количества элементов схемы существует большая вероятность повреждения АЦП. Исправность АЦП проверяется контролем напряжения источника стабилизированного напряжения 3 В. На практике АЦП выгорает только при подаче на вход высокого напряжения, гораздо выше 220 В. Очень часто при этом в компаунде бескорпусного АЦП появляются трещины, повышается ток потребления микросхемы, что приводит к ее заметному нагреву.

При подаче на вход прибора очень высокого напряжения в режиме измерения напряжения может произойти пробой по элементам (резисторам) и по печат-

Заводские дефекты мультиметров M832

Проявление дефекта	Возможная причина	Устранение дефекта
При включении прибора дисплей загорается и затем плавно гаснет	Неисправность задающего генератора микросхемы АЦП, сигнал с которого подается на подложку ЖК-дисплея	Проверить элементы C1 и R15
При включении прибора дисплей загорается и затем плавно гаснет. При снятой задней крышке прибор нормально работает	При закрытой задней крышке прибора контактная винтовая пружина ложится на резистор R15 и замыкает цепь задающего генератора	Отогнуть или чуть укоротить пружину
При включении прибора в режим измерения напряжения показания дисплея меняются от 0 до 1	Неисправны или плохо пропаяны цепи интегратора: конденсаторы C4, C5 и C2 и резистор R14	Пропаять или заменить C2, C4, C5, R14
Прибор долго обнуляет показания	Низкое качество конденсатора C3 на входе АЦП (вывод 31)	Заменить C3 на конденсатор с малым коэффициентом абсорбции
При измерении сопротивлений показания дисплея долго устанавливаются	Низкое качество конденсатора C5 (цепь автокоррекции нуля)	Заменить C5 на конденсатор с малым коэффициентом абсорбции
Прибор неправильно работает во всех режимах, микросхема IC1 перегревается. Сопротивление между плюсом питания и общим выводом составляет 10 Ω	Замкнулись между собой длинные выводы разъема для проверки транзисторов	Разомкнуть выводы разъема
При измерении переменного напряжения показания прибора «плывут», например, вместо 220 В изменяются от 200 В до 240 В	Потеря емкости конденсатора C3. Возможна плохая пайка его выводов или просто отсутствие этого конденсатора	Заменить C3 на исправный конденсатор с малым коэффициентом абсорбции
При включении мультиметр или постоянно пищит, или наоборот, молчит в режиме прозвонки соединений	Плохая пайка выводов микросхемы IC2	Пропаять выводы IC2
Сегменты на дисплее пропадают и появляются	Плохой контакт ЖК-дисплея и контактов платы мультиметра через токопроводящие резиновые вставки	Для восстановления надежного контакта нужно: • поправить токопроводящие резинки; • протереть спиртом соответствующие контактные площадки на печатной плате; • облудить эти контакты на плате

ной плате, в случае режима измерения напряжения схема защищена делителем на сопротивлениях R1...R6.

У дешевых моделей серии DT длинные выводы деталей могут закорачиваться на экран, расположенный на задней крышке прибора, нарушая работу схемы. У Mastech такие дефекты не наблюдаются.

Источник стабилизированного напряжения 3 В в АЦП у дешевых китайских моделей может на практике давать напряжение 2,6...3,4 В, а у некоторых приборов перестает работать уже при напряжении питающей батареи 8,5 В.

В моделях DT используются низкокачественные АЦП, они очень чувствительны к номиналам цепочки интегратора С4 и R14. В мультиметрах фирмы Mastech высококачественные АЦП позволяют использовать элементы близких номиналов.

Часто в мультиметрах DT при разомкнутых щупах в режиме измерения сопротивления прибор очень долго подходит к значению перегрузки («1» на дисплее) или не устанавливается совсем. «Вылечить» некачественную микросхему АЦП можно уменьшив номинал сопротивления R14 с 300 до 100 кОм.

При измерении сопротивлений в верхней части диапазона прибор «заваливает» показания, например, при измерении резистора сопротивлением 19,8 кОм показывает 19,3 кОм. «Лечится» заменой конденсатора С4 на конденсатор величиной 0,22...0,27 мкФ.

Поскольку дешевые китайские фирмы используют низкокачественные бескорпусные АЦП, то нередко случаи обрыва выводов, при этом определить причину неисправности очень трудно и проявляться она может по-разному, в зависимости от оборванного вывода. Например, не горит один из выводов индикатора. Поскольку в мультиметрах используются дисплеи со статической индикацией, то для определения причины неисправности необходимо проверить напряжение на соответствующем выводе микросхемы АЦП, оно должно быть около 0,5 В относительно общего вывода. Если оно равно нулю, то неисправен АЦП.

Эффективным способом поиска причины неисправности является прозвонка выводов микросхемы аналого-цифрового преобразователя следующим образом. Используется еще один, разумеется, исправный, цифровой мультиметр. Он включается в режим проверки диодов. Черный щуп, как обычно, устанавливается в гнездо COM, а красный в гнездо VΩmA. Красный щуп прибора подсоединяется к выводу 26 (минус питания), а черный поочередно касается каждой ножки микросхемы АЦП. Поскольку на входах аналого-цифрового преобразователя установлены защитные диоды в обратном включении, то при таком подключении они должны открыться, что будет отражено на дисплее как падение напряжения на открытом диоде. Реальная величина этого напряжения на дисплее будет несколько больше, т.к. в схеме включены резисторы. Точно так же проверяются все выводы АЦП при подключении черного щупа к выводу 1 (плюсу питания АЦП) и поочередного касания остальных выводов микросхемы. Показания прибора должны быть аналогичными. Но если поменять полярность включения при этих проверках на противоположную, то прибор должен показывать всегда обрыв, т.к. входное сопротивление исправной микросхемы очень велико. Таким образом, неисправными можно счи-

тать выводы, которые показывают конечное сопротивление при любой полярности подключения к микросхеме. Если же прибор показывает обрыв при любом подключении исследуемого вывода, то это на девяносто процентов говорит о внутреннем обрыве. Указанный способ проверки достаточно универсален и может применяться при проверке различных цифровых и аналоговых микросхем.

Бывают неисправности, связанные с некачественными контактами на галетном переключателе, прибор работает только при нажатом галетнике. Фирмы, производящие дешевые мультиметры, редко покрывают дорожки под галетным переключателем смазкой, отчего они быстро окисляются. Часто дорожки бывают чем-нибудь загрязнены. Ремонтруется следующим образом: из корпуса вынимается печатная плата, и дорожки переключателя протираются спиртом. Затем наносится тонкий слой технического вазелина. Все, прибор починен.

У приборов серии DT бывает иногда так, что переменное напряжение измеряется со знаком минус. Это указывает на неправильную установку D1, обычно из-за неправильной маркировки на корпусе диода.

Случается, что изготовители дешевых мультиметров ставят низкокачественные операционные усилители в цепи звукового генератора, и тогда при включении прибора раздается жужжание зуммера. Этот дефект устраняется подпаиванием электролитического конденсатора номиналом 5 мкФ параллельно цепи питания. Если при этом не обеспечивается устойчивая работа звукового генератора, то необходимо заменить операционный усилитель на LM358P.

Часто встречается такая неприятность, как вытекание батареи. Небольшие капли электролита можно протереть спиртом, но если плату залило сильно, то хорошие результаты можно получить, промыв ее горячей водой с хозяйственным мылом. Сняв индикатор и отпаяв пищалку, с помощью щетки, например зубной, нужно тщательно намылить плату с обеих сторон и промыть под струей воды из-под крана. Повторив мойку 2...3 раза, плату высушивают и устанавливают в корпус.

В большинстве приборов, выпускаемых в последнее время, применяются бескорпусные (DIP chips) АЦП. Кристалл устанавливается непосредственно на печатную плату и заливается смолой. К сожалению, это значительно снижает ремонтопригодность приборов, т.к. при выходе АЦП из строя, что встречается достаточно часто, заменить его трудно. Приборы с бескорпусными АЦП иногда бывают чувствительны к яркому свету. Например, при работе рядом с настольной лампой погрешность измерений может возрасти. Дело в том, что индикатор и плата прибора обладают некоторой прозрачностью, и свет, проникая сквозь них, попадает на кристалл АЦП, вызывая фотоэффект. Для устранения этого недостатка нужно вынуть плату и, сняв индикатор, заклеить место расположения кристалла АЦП (его хорошо видно сквозь плату) плотной бумагой.

При покупке мультиметров DT следует обратить внимание на качество механики переключателя, следует обязательно прокрутить галетный переключатель мультиметра несколько раз, чтобы убедиться, что переключение происходит четко и без заеданий: дефекты пластмассы не поддаются ремонту.

МАЛОГАБАРИТНЫЙ МУЛЬТИМЕТР М-890G

Схемотехника и ремонт

В настоящей статье рассматривается один из самых популярных универсальных мультиметров фирмы MASTECH (Китай) - М-890G (рис. 1). Кстати, кроме данной торговой марки этот прибор можно встретить и под другими названиями, например, DT-890G. В серии мультиметров М-890Х с различными индексами (D, C+, F, G) рассматриваемая модель является наиболее функционально насыщенной. Так, например, модель с М-890С+ не измеряет частоту, а М-890F не измеряет температуру.



Рис.1. Внешний вид мультиметра М-890G

Мультиметр М-890G предназначен для измерения постоянного и переменного напряжения и тока, сопротивления постоянного тока, коэффициента статической передачи тока транзисторов, емкости конденсаторов, частоты переменного напряжения, температуры и прозвонки цепей и полупроводников. Отображение результатов измерений осуществляется на жидкокристаллическом индикаторе с размерностью $3 \frac{1}{2}$ разряда. Прибор обеспечивает автоматическое определение полярности измеряемого напряжения и тока. За секунду выполняется 2-3 измерения. Выбор измеряемых величин и пределов измерений устанавливается вручную центральным переключателем на 32 положения - по классической для мультиметров компоновке. Прибор работает в диапазоне температур от 0 до 40 °С. Питание осуществляется от 9В батареи типа «Крона».

Основные измеряемые прибором величины приведены в таблице.

Основой данного прибора, как и большинства современных мультиметров, является аналого-цифровой преобразователь ICL706, работающий по принципу двойного интегрирования. Это полный аналог хорошо известной всем специалистам отечественной ИМС 572ПВ5. Особенностью данной микросхемы является наличие дифференциальных входов как для входного сигнала, так и для опорного напряжения. Это позволяет измерять напряжение, не привязанное относительно источника питания микросхемы и тем самым устранять синфазные помехи в сигнальных цепях и цепях опорного напряжения. Другой особенностью является наличие собственного источника опорного потенциала, что

позволяет упростить схему прибора и, соответственно, снизить его стоимость. Более подробно внутренняя структура и возможности применения этой микросхемы описаны в литературе, например, в [1].

Схемотехнически рассматриваемый мультиметр выполнен по классической схеме применения ИМС такого типа (рис. 2) с преобразованием каждой измеряемой величины в измеряемое напряжение в отдельном блоке.

Так, например, при измерении напряжения (как постоянного, так и переменного) резисторы R6...R10 выполняют роль переключаемого делителя напряжения при изменении пределов измерения. При измерении токов резисторы R2...R5 являются переключаемыми шунтами при изменении пределов измерения постоянного и переменного токов. При измерении токов до 10 А измеряемый ток подается на отдельное гнездо прибора «10 А», при этом подключается дополнительный шунт R1. Переменным резистором VR1 производится регулировка крутизны преобразования при калибровке прибора, т.е. установка максимального значения при подаче на вход постоянного напряжения, равного конечной точке диапазона на пределе 200 мВ.

При измерении переменного напряжения и тока используются те же делитель напряжения и шунт, что и при измерении постоянного напряжения и тока, но в этом режиме перед АЦП дополнительно включается линейный двухполупериодный выпря-

митель на микросхеме IC2A (операционный усилитель типа TL062) и элементах D5...D7, R32...R37, C10...C14. Высокая линейность, в том числе и при малых входных напряжениях, достигается включением выпрямительных диодов в цепь обратной связи усилителя. Переменный резистор VR2 позволяет калибровать прибор в режиме измерения переменных напряжений и токов.

При измерении сопротивления транзистор Q1 в диодном включении (обратно включенный эмиттерный переход) обеспечивает дополнительный источник опорного напряжения для получения фиксированных значений тока при измерении сопротивления. Величины тока определяются на разных пределах сопротивлением резисторов делителя R5...R10. На пределе измерения сопротивлений 200 МОм включается отдельный опорный источник на элементах D12, R61...R64, т.к. на этом пределе необходимо повышенное напряжение от батареи питания.

В режиме измерения частоты входные сигналы произвольной формы и разной амплитуды нормируются по амплитуде с помощью двухкаскадного компаратора на микросхеме IC7 (сдвоенный операционный усилитель типа TL062) с ограничителем входных сигналов на диодах D16, D17. При этом частота импульсов остается неизменной. Первый каскад включен по схеме триггера Шмидта, пороги срабатывания и отпускания определяются резисторами R79, R80. Второй каскад работает как неинвертирующий усилитель без обратной связи. Затем эти им-

Таблица

Основные характеристики М-890G

Измеряемая величина	Верхний предел диапазона измерений	Разрешающая способность	Точность (при $t=18\pm 26^\circ\text{C}$)
Постоянный ток	2 мА	1 мкА	$\pm 0,8\% \pm 1 \text{ эмр}^*$
	20 мА	10 мкА	
	200 мА	100 мкА	$\pm 1,2\% \pm 1 \text{ эмр}$
Переменный ток	10 А	10 мА	$\pm 2,0\% \pm 5 \text{ эмр}$
	20 мА	10 мкА	$\pm 1,2\% \pm 3 \text{ эмр}$
	200 мА	100 мкА	$\pm 2,0\% \pm 3 \text{ эмр}$
Постоянное напряжение	10 А	10 мА	$\pm 3,0\% \pm 7 \text{ эмр}$
	200 мВ	100 мкВ	
	2 В	1 мВ	$\pm 0,5\% \pm 1 \text{ эмр}$
Переменное напряжение	20 В	10 мВ	$\pm 0,8\% \pm 3 \text{ эмр}$
	200 В	100 мВ	
	700 В	1 В	$\pm 1,2\% \pm 3 \text{ эмр}$
Сопротивление	200 Ом	0,1 Ом	$\pm 0,8\% \pm 1 \text{ эмр}$
	2 кОм	1 Ом	
	20 кОм	10 Ом	$\pm 1,0\% \pm 2 \text{ эмр}$
Емкость	200 кОм	100 Ом	$\pm 5,0\% \pm 10 \text{ эмр}$
	2 МОм	1 кОм	
	20 МОм	10 кОм	
Температура	2000 пФ	1 пФ	$\pm 2,5\% \pm 5 \text{ эмр}$
	20 нФ	10 пФ	
	200 нФ	100 пФ	
Частота	2 мкФ	1 нФ	
	20 мкФ	10 нФ	
	20 кГц	10 Гц	$\pm 1,0\% \pm 1 \text{ эмр}$
Статический коэффициент передачи по току транзисторов	термопарой К-типа	Покажет приблизительное значение $\beta_{\text{эф}}$ транзистора при токе базы 10 мкА и напряжении $U_{\text{бэ}}=2,8 \text{ В}$	$\pm 0,75\% \pm 3^\circ\text{C}$
Тест полупроводников	встроенным температурным сенсором	Тестовое напряжение 2,8 В, ток около 1 мА; на дисплее индицируется значение величины прямого падения напряжения на диоде в мВ. Если диод включен наоборот, то на дисплее появится «1»	$\pm 1,5\% \pm 15^\circ\text{C}$
Прозвонка цепи		При сопротивлении цепи менее 30 Ом подается звуковой сигнал	$\pm 2^\circ\text{C}$

*эмр — единица младшего разряда.

пульсы после дифференцирования цепью C24, R85 запускают ждущий мультивибратор на микросхеме IC8 типа 7555. Длительность формируемых мультивибратором импульсов определяется цепью R87, C23 и приблизительно равна 3...5 мкс. Делитель на резисторах R82, R85 определяет порог срабатывания мультивибратора. Полученные прямоугольные импульсы с частотой входного сигнала и фиксированной длительностью интегрируются низкочастотным фильтром VR6, R83, R86, C25, C26. В результате выходное постоянное напряжение фильтра, измеряемое с помощью АЦП, прямо пропорционально частоте входных сигналов и не зависит от их амплитуды. Калибровка прибора в режиме измерения частоты входных сигналов производится с помощью переменного резистора VR6.

Измерение статического коэффициента передачи по току транзисторов производится путем измерения коллекторного тока при фиксированном значении тока базы (R51, R53 - по 220 кОм). Измерение параметров транзисторов разной проводимости обеспечивается коммутацией полярности питающего напряжения.

Измерение температуры с использованием термодпары К- типа выполнено на основе включения сопротивления термодпары в мостовую схему (R64, 65, 67, 68). При отсутствии подключенной к прибору термодпары роль датчика температуры внутри прибора выполняет диод D13, он также обеспечивает снижение погрешности измерения температуры за счет различия температуры термодпары и температуры внутри прибора. В этом режиме показания температуры калибруются по двум точкам: 0°C (резистором VR5) и при известной температуре (резистором VR4). При этом чем большее значение температуры выбрано для калибровки верхнего значения, тем более точно она будет выполнена.

Принцип измерения емкости данным прибором заключается в измерении переменного напряжения синусоидальной формы, снимаемого с усилителя с коэффициентом усиления, зависящим от величины измеряемой емкости при фиксированной частоте и амплитуде переменного напряжения, подаваемого на вход этого усилителя. Источником синусоидального переменного напряжения в этом случае является генератор с мостом Вина на микросхеме IC5B типа LM358, частота которого (примерно 300 Гц) определяется элементами R45, R46, C17, C18, а форма - элементами R47, R48, с помощью которых задаются условия оптимального возбуждения генератора. Далее это напряжение усиливается буферным инвертирующим усилителем на микросхеме IC5A, коэффициент усиления которого можно регулировать в небольших пределах переменным резистором VR3 (при калибровке прибора на пределе 20 нФ), и поступает через измеряемую емкость на вход измерительного инвертирующего усилителя на микросхеме IC4B. Выходной сигнал усилителя после фильтрации низкочастотным фильтром на элементах IC4A, R42, R43, R44, C13, C16 поступает на выпрямитель переменного напряжения, а затем измеряется с помощью АЦП. Ввиду того, что измеряемая емкость является элементом, задающим коэффициент усиления измерительного усилителя, то его выходное напряжение прямо пропорционально измеряемой емкости. Для изменения пределов измерения емкости с помощью переключателя рода работ и пределов измерений в обратной связи измерительного усилителя коммутируются точные резисторы R12...R15. Все узлы этой схемы выполнены на четырех ИМС типа LM358, размещенных в двух корпусах, по 2 усилителя в каждом.

Интересно отметить, что такой порядок измерений позволяет расширить функциональные возможности прибора. Наличие в

мультиметре встроенного генератора синусоидального сигнала позволяет использовать его для каскадной проверки (прозвонки) усилительных трактов при отсутствии под рукой генератора тест-сигналов. Для этого выходной синусоидальный сигнал снимается с одного из гнезд, предназначенных для подключения измеряемой емкости (правого по схеме и нижнего в приборе). Здесь амплитуда выходного сигнала не превышает 50 мВ (действующее значение) при частоте 315 Гц. Важно отметить, что такое подключение к исследуемой схеме может быть выполнено только с использованием разделительного конденсатора емкостью около 1 мкФ. Вторым - общим - проводом для подключения к испытуемой схеме является гнездо «COM».

В режиме прозвонки электрических цепей измеряется падение напряжения на контролируемом участке цепи при фиксированном токе. Это напряжение сравнивается с опорным напряжением (задается делителем R22, R23) компаратора, выполненного на микросхеме IC2B операционного усилителя типа TL062. При превышении уровня опорного напряжения по сравнению с измеряемым компаратор срабатывает, при этом включается звуковой генератор на микросхеме IC3 типа 4011, нагруженный на пьезоизлучатель BZ. В этом же режиме проверяется исправность переходов полупроводниковых приборов. При исправном переходе в прямом направлении падение напряжения на переходе больше опорного напряжения и звуковой генератор не включается. При пробитом (замкнутом) переходе напряжение на нем мало, в результате чего срабатывает звуковой генератор. При обрыве перехода индикатор прибора показывает перегрузку.

Для индикации разряда батареи питания предназначен ключ на транзисторе Q2. Опорное напряжение на его эмиттер по-

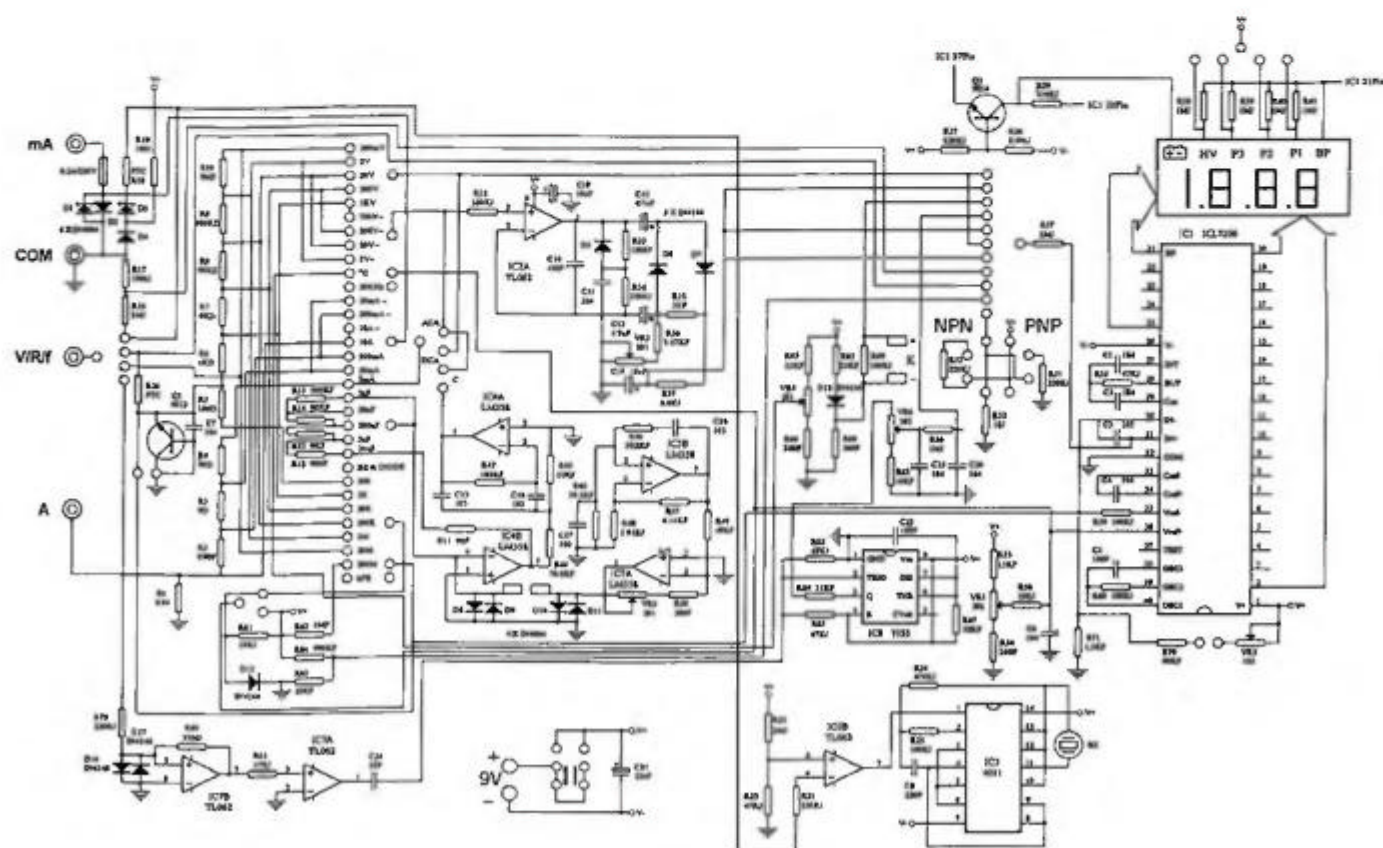


Рис.2. Принципиальная схема мультиметра М-890G

ступает с тестового выхода АЦП, а напряжение батарей поступает через делитель R22, R23 на базу. При снижении напряжения батареи питания ниже допустимого уровня ключ замыкается, при этом на дисплее появляется символ разряда батареи.

Большое внимание в приборе уделено защите входных цепей прибора для обеспечения высокой надежности в процессе эксплуатации. Все элементы защитных цепей подобраны таким образом, что они оказывают минимальное влияние на точность измерений. Поэтому при снижении точности

измерений прежде всего следует проверять исправность именно входных защитных цепей, а уже во вторую очередь - цепей АЦП и т.п.

Конструктивно мультиметр выполнен в пластмассовом корпусе, причем задняя крышка имеет алюминиевый экран для снижения наводок на измерительные цепи прибора. Вся схема прибора вместе с переключателем выполнена на одной печатной плате (рис. 3). Индикатор контактирует с печатной платой с помощью токопроводящей резины. Крепление индикатора к плате выполнено с помощью пластмассовой рамки с креплением на шурупах. Для замены батареи и предохранителя необходимо снять заднюю крышку.

Основными ошибками эксплуатации, приводящими к неисправности прибора, являются проведение измерений при разряженной батарее (что происходит достаточно часто, т.к. в приборе нет автоматического выключения) и перегрузка по входу. Последнее чаще всего случается при ошибках в выборе режима измерений (например, при установке режима измерения тока выполняется измерение высокого напряжения). В обоих случаях это приводит к пробое АЦП. Но более опасным является переключение пределов и режимов измерения без отключения от измеряемой цепи. При этом нередко выгорают проводящие дорожки переключателя, в результате чего прибор уже не подлежит ремонту. Это является недостатком всех приборов с подобного типа переключателями.

В общем случае ремонт прибора нецелесообразен, т.к. мультиметр достаточно дешев, а хлопот с ремонтом много. Хотя,

если дорожки центрального переключателя не перегорели, то замена АЦП большой проблемы не представляет. Достаточно снять индикатор, открутив четыре винта крепления (рис. 3а), а затем, выкусив неисправную ИМС и очистив от остатков олова монтажные отверстия паяльником с вакуумным отсосом (например, с помощью недорогой паяльной станции АКТАКОМ АТР-2101 или АТР-3101) можно смело вставлять отечественный аналог 572ПВ5. При некотором навыке все это займет не более часа. Несколько сложнее произвести обратную установку индикатора, т.к. при этом требуется точное совпадение контактов платы и индикатора. Следует иметь в виду, что вворачивать винты крепления индикатора нужно очень осторожно, т.к. при нарушении резьбы излишними усилиями надежного соединения индикатора и панели добиться практически невозможно.

Литература:

1. «Интегральные микросхемы. Микросхемы для аналого-цифрового преобразования и средств мультимедиа», выпуск 1, Москва. «Додэка». 1996 г.



Рис.3. Печатная плата прибора
(а - лицевая, б - обратная сторона)

In this article the description of multi-meter M-890G, its possible malfunctions and the order of repair are represented.

ТОКОВЫЕ КЛЕЩИ ЕСТ-650

Токовые клещи (или клампметры) являются разновидностью ручных мультиметров и имеют одно важное конструктивное отличие — возможность измерять ток бесконтактным методом. Внешний вид разъемного датчика тока нашел отражение в их названии — токовые клещи (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид токовых клещей ЕСТ-650

Среди мультиметров данного класса можно выделить две основные группы: клампметры для измерения только переменного тока за счет использования трансформатора тока и клампметры для измерения постоянного и переменного тока при применении датчика Холла.

В настоящей статье рассматривается наиболее простая модель — токовые клещи переменного тока ЕСТ-650. Этот прибор появился на российском

рынке в 1996 году и в настоящее время, благодаря чрезвычайной простоте в эксплуатации и невысокой стоимости, является одной из самых популярных среди отечественных специалистов моделей. Прибор успешно прошел сертификационные испытания и включен в Государственный реестр средств измерений за № 19196-00.

Основной областью применения прибора является контроль цепей переменного тока. Основные технические характеристики клампметра ЕСТ-650 приведены в таблице.

Прибор работает в частотном диапазоне 45...400 Гц. Предел допускаемой основной погрешности клампметра ЕСТ-650 не превышает 1%. Прибор обеспечивает ряд сервисных функций: звуковую «прозвонку» (индикацию нулевого значения) при измерении сопротивления и режим удержания показаний «Hold» при работе во всех режимах. Результаты измерений отображаются на $3\frac{1}{2}$ -разрядном жидкокристаллическом индикаторе. Конструктивно прибор выполнен в ударопрочном корпусе, его размеры составляют 185×62×25 мм, а масса — 250 г.

Управление токовыми клещами осуществляется двумя движковыми переключателями: вертикальным производится включение и выключение питания

Таблица 1

Величина	Диапазон измерений
Переменный ток	0,1 А – 300 А
Переменное напряжение	0,1 В – 750 В
Сопротивление	1 – 2000 Ом

прибора, а также включение режима удержания показаний. Горизонтальным производится переключение диапазонов измерения тока и напряжения, а также включение режимов измерения сопротивления и прозвонки.

Для измерения силы тока необходимо тестируемый проводник охватить разъемным датчиком тока, а для измерения напряжения — подать исследуемый сигнал на входные гнезда через измерительные щупы.

Схема прибора выполнена на двух печатных платах, одна из которых содержит ЖК-индикатор и интегральную микросхему (ИМС) аналого-цифрового преобразователя (АЦП) (рис. 2а), а вторая — все переключатели и основные узлы измерительного тракта (рис. 2б).

Принципиальная схема токовых клещей ЕСТ-650 представлена на рис. 3.

В качестве основного измерительного узла используется популярная ИМС АЦП TC7116CP. Данная микросхема является аналогом хорошо известной ИМС K572ПВ5, но имеет возможность блокирования выходных

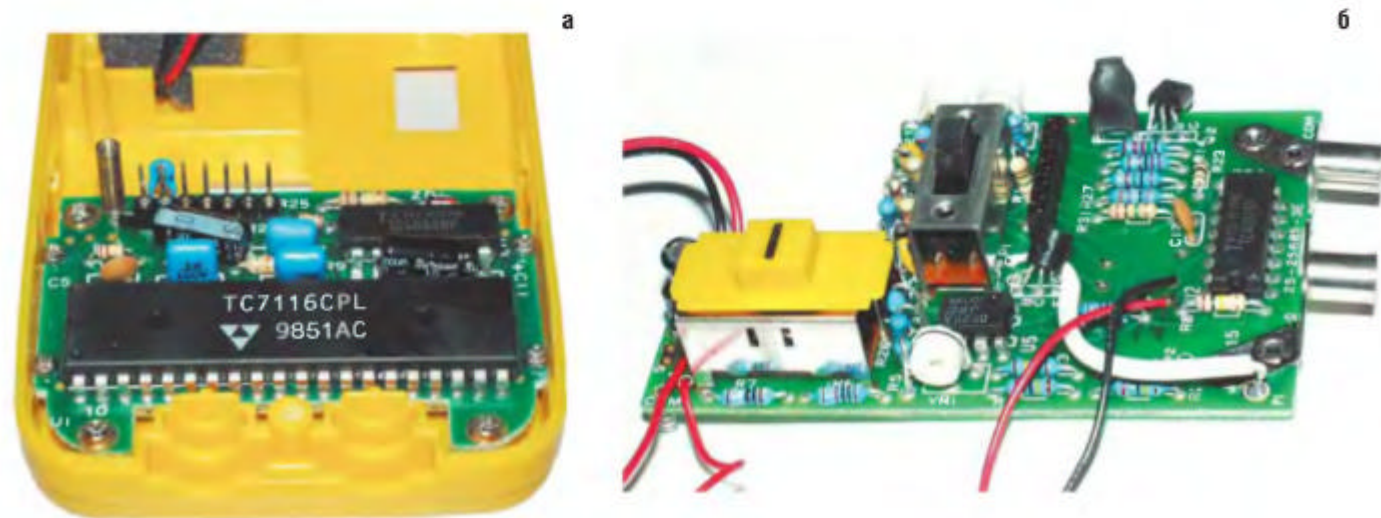


Рис. 2. Печатные платы прибора

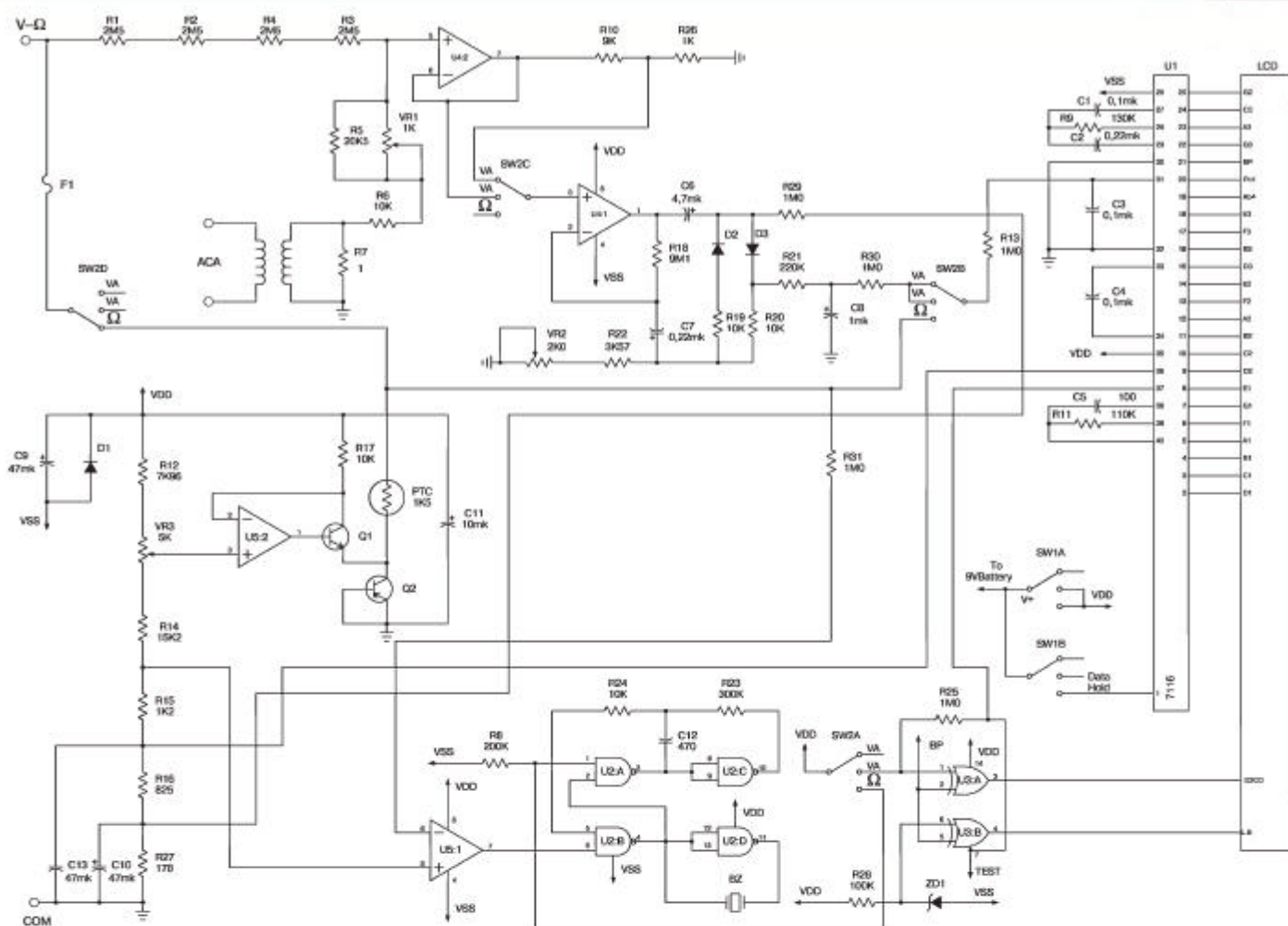


Рис. 3. Принципиальная схема клампметра ECT-650

регистров при включении функции удержания показаний. В данном случае это реализовано путем подачи уровня логической «1» с переключателя SW1B на 1-й вывод ИМС U1.

Схема измерения напряжения состоит из аналоговой и цифровой части. В аналоговую часть входят: входной делитель R1-R7, усилитель-повторитель U4-2, масштабирующий делитель (R10, R26), определяющий совместно с SW2C диапазон измерений, а также классический двухполупериодный выпрямитель на основе U4-1 с регулируемым коэффициентом передачи (VR2) и фильтрацией выходного сигнала интегрирующей цепью R21, R30, R13, C8, C3. Далее сигнал подается на вход АЦП.

Измерение силы переменного тока осуществляется той же аналоговой схемой, что и напряжение, но в этом случае из нее исключаются резисторы R1-R4, а токовый сигнал подается через трансформатор тока, подключенный параллельно резистору R7.

Измерение сопротивления реализовано путем измерения падения напряжения относительно общего вывода («COM») при формировании стабильного тока формирователем на

U5-2, Q1 и PTC. Транзистор Q2 совместно с предохранителем F1 и PTC обеспечивает защиту от ошибочной подачи напряжения в режиме измерения сопротивления.

Звуковая прозвонка выполнена на основе компаратора U5-1 и мультивибратора U2 с выходным пьезоэлементом BZ.

Формирование сигнала запятой на диапазоне 200 A/V реализовано на ИМС U3, а определение порога неисправности батареи питания осуществляется с помощью стабилитрона ZD1.

Настройка прибора выполняется в следующем порядке. Сначала в режиме измерения тока резистором VR2 устанавливается коэффициент передачи выпрямителя, а затем в режиме измерения напряжения с помощью резистора VR1 — коэффициент передачи входного делителя. Калибровка в режиме измерения сопротивления выполняется независимо от других режимов. Для этой цели служит потенциометр VR3.

Клампметр ECT-650 обладает высокой надежностью. За почти пятилетний период, с учетом достаточно большого объема продаж, не зафиксировано отказов в связи с наруше-

нием цепей измерения напряжения и сопротивления. Это обусловлено наличием высокоомных резисторов R13 и R31 (по 1 МОм) на входе АЦП в режиме измерения сопротивления, что надежно защищает основную ИМС от пробоя при ошибках включения и измерениях. Пожалуй, единственное слабое место прибора — это обрыв соединения измерительной катушки в подвижной части датчика тока. Ремонт в данном случае носит сугубо механический характер: нужно всего лишь подпаять оборвавшийся проводник.

В заключении следует отметить, что благодаря низкой стоимости, простоте использования и высокой надежности данный прибор является незаменимым помощником электрика, а с учетом сертификационных испытаний — может использоваться в любых областях.

In this article the description of circuitry of clamp meter ECT-650, its possible malfunctions and the order of repair are represented.

Начиная с данного номера, наш журнал начинает публикацию серии статей по схемотехнике и ремонту современных измерительных приборов. В первой статье мы представим Вашему вниманию широко распространенный малогабаритный щуп-мультиметр М-3211D. В ближайших номерах мы рассмотрим другие популярные приборы, также имеющие достаточно широкое распространение: мультиметры М-830, М-890G и ряд других.

ЩУП-МУЛЬТИМЕТР М-3211D: СХЕМОТЕХНИКА И РЕМОНТ

Цифровой малогабаритный ручной мультиметр М-3211D (рис. 1) предназначен для измерения постоянного и переменного тока и напряжения, сопротивления постоянному току, прозвонки электрических цепей и полупроводников.

Прибор обеспечивает автоматический и ручной выбор пределов измерений, удержание показаний на дисплее, а также индикацию логических уровней с помощью светодиодов зеленого и красного цветов, расположенных рядом с основным жидкокристаллическим индикатором.

Основные измеряемые величины представлены в таблице:

Величина	Диапазон измерения	Точность
U	1 мВ – 500 В	0,5 - 1%
I	0 - 200 мА (1 предел)	1,5 - 2%
R	0,1 Ом – 20 МОм	0,8 - 2%

Управление прибором осуществляется двумя движковыми переключателями, размещенными на лицевой (выбор режима измерений – V, Ω, A, →, L) и верхней панелях (включение, выбор типа тока – переменный/постоянный), и двумя резиновыми клавишами (удержание показаний и выбор диапазона измерений).

Схемотехнически прибор выполнен в виде двух функционально независимых узлов – компаратора-индикатора логических уровней ИМС-D1 и собственно мультиметра на базе ИМС-D2. Общее для обоих узлов – только цепи коммутации (рис. 2).

Схема индикации логических уровней выполнена с помощью пары компараторов (D1 – 2903D) и группы резисторов для формирования уровня порога, а также двух светодио-



Рис. 1. Щуп-мультиметр М-3211D

дов (L312RD – красного и L312GD – зеленого цвета). Пороги выделения логических уровней 30% и 70% являются нерегулируемыми. Питание на данный узел поступает извне.

Схема мультиметра выполнена на основе ИМС D2 (NJU 9207F), обеспечивающей все основные функции АЦП и управления индикацией. Выпрямитель в схеме внешний, двухполупериодный, выполненный на диодах 1N4148. В схеме мультиметра используются два подстроечных резистора (оба номиналом 2,0 кОм). Первый (расположен ближе к батарейному отсеку) обес-

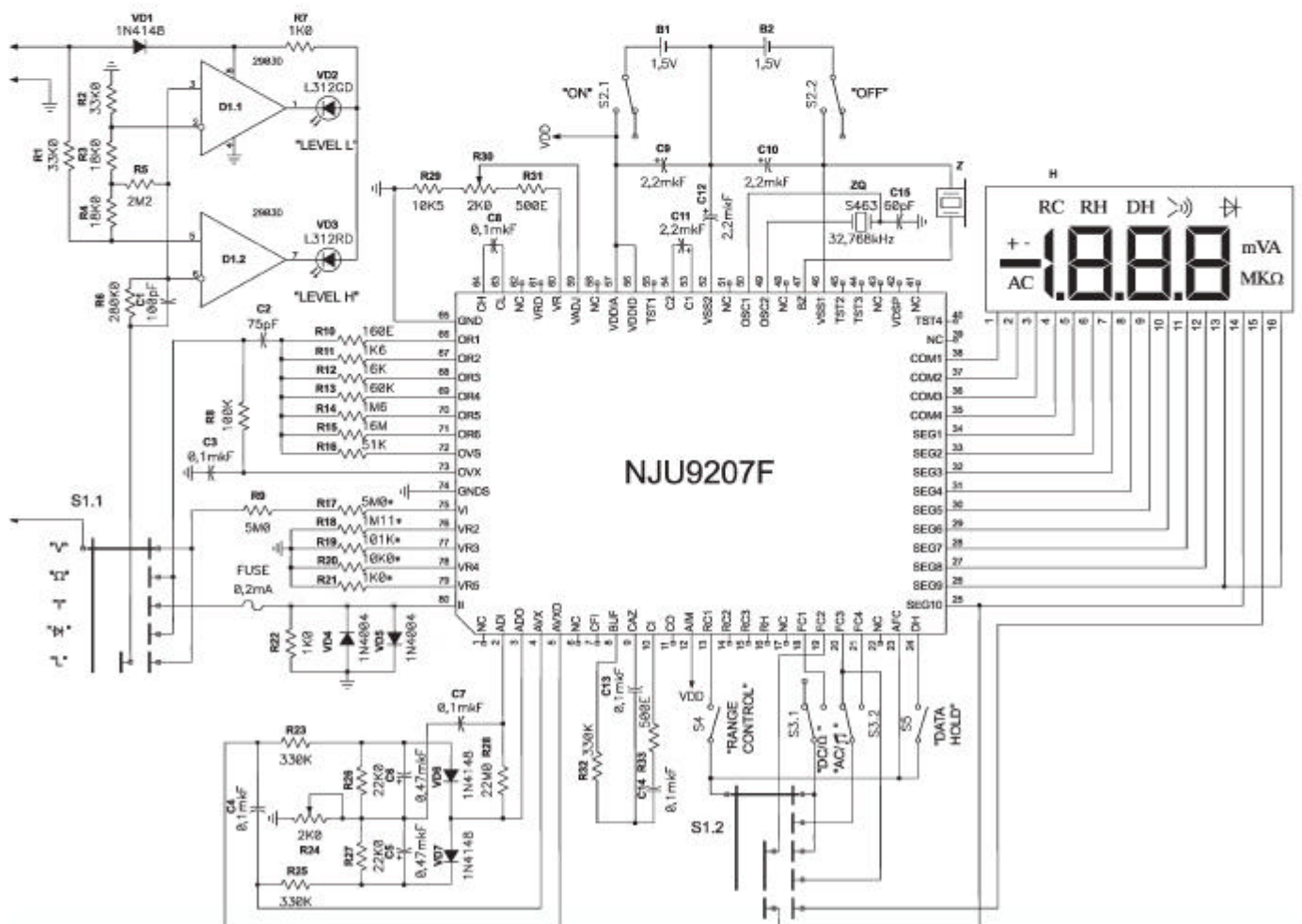


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема щупа-мультиметра М-3211D

печивает регулировку эталонного напряжения, а второй – коэффициента передачи выпрямителя. Наличие этих регулировок позволяет осуществлять калибровку прибора после ремонта. При этом следует иметь в виду правильную последовательность регулировки. Сначала производится регулировка уровня эталонного напряжения. Эта регулировка выполняется в режиме измерения постоянного напряжения, на младшем диапазоне при подаче на вход прибора постоянного контрольного напряжения. Затем, при подаче контрольного переменного напряжения частотой 50 Гц, также на младшем диапазоне измерений, производится регулировка коэффициента передачи выпрямителя. Данные операции удобнее выполнять в режиме ручного выбора диапазона измерений. Очевидно, что обоими регулировками следует добиваться равенства показаний контрольного и настраиваемого приборов.

Для защиты токового входа от перегрузки используется предохранитель (0,2 мА), который свободно размещен в прозрачной пластиковой трубке над основной платой (рис. 3).



Рис. 3. Конструктивное исполнение монтажа прибора

Оценивая эксплуатационную надежность мультиметра, прежде всего хотелось бы отметить, что схемотехнически он выполнен достаточно надежно, и все неисправности, возникающие в процессе его эксплуатации, вызваны исключительно ошибками подключения. Это обусловлено удачно выбранной схемой коммутации входного делителя R9, R17-R21, и если пользователь в процессе работы будет достаточно внимательным, а также редко менять режимы измерений, то прибор будет служить очень долго.

Наиболее частая ошибка применения связана с использованием гнезда питания индикатора логических уровней в качестве входа «Общий» при измерении напряжения. Гнездо входа «Общий» размещено на тыльной стороне прибора, в то время как гнездо питания логического индикатора размещено на верхней панели прибора. Из схемы видно, что данная ошибка коммутации может привести к пробое цепей индикатора логических уровней. Сначала выходит из строя ИМС 2903D, а при коммутации на вход АЦП при достаточно длительном воздействии на-

пряжения более 20 В или кратковременном, но большим (например, сетевым) напряжением выходит из строя и основная ИМС мультиметра.

Вторая ошибка внешней коммутации, приводящая в процессе эксплуатации к выходу прибора из строя, заключается в измерении высокого напряжения (более 20 В) в режиме измерения тока или сопротивления. Особенно опасно измерение сетевого напряжения при выбранном режиме измерения тока. Установленный в приборе плавкий предохранитель в этом случае, как правило, не спасает: он перегорает достаточно «долго» за счет тока через защитные диоды (1N4004). За это время электрический пробой выводит из строя ИМС мультиметра по входу II. Режим измерения сопротивления менее подвержен выходу из строя от перенапряжения, в этом случае гарантируется стойкость до 15 с при воздействии сетевого напряжения, и практика это, в основном, подтверждает.

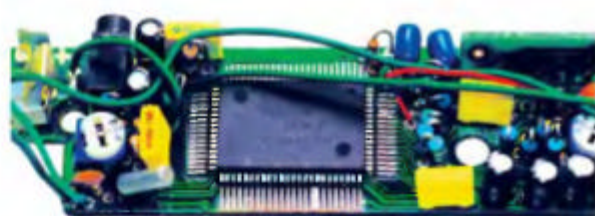


Рис. 4. Размещение микросхемы NJU 9207F в мультиметре M-3211D

нием специального оборудования, лучше всего, паяльной станции, обеспечивающей пайку горячим воздухом (прим. редакции: например, АКТАКОМ АТР-4100, см. стр. 40 данного номера КИПиС). При работе следует не забывать об антистатическом браслете монтажника и, конечно, желательно использовать паяльную станцию с антистатической защитой. Можно, конечно, снять неисправную ИМС, «выкусив» ее тонкими и достаточно твердыми кусачками, а затем, используя современный паяльник с очень тонким жалом и регулятором температуры, например АКТАКОМ АТР-1101 или АТР-1102, очень аккуратно, не торопясь, установить новую ИМС. В этом случае важно качественно подготовить место установки новой микросхемы: удалить остатки выводов, флюса и т.п.

И еще одно немаловажное замечание. Иногда бывает, что прибор – как впервые вынутый из коробки, так и собранный после ремонта – может оказаться частично или полностью неработоспособным. Это может быть обусловлено перекосом плат при сборке, что приводит к полной или частичной неработоспособности движковых переключателей. Разборку или сборку мультиметра следует производить с особой осторожностью, т.к. винты-саморезы, использованные для крепления платы внутри прибора не допускают перетягивания. Излишнее усилие приводит к разлому опор крепления и, как следствие, невозможности сборки прибора в целом. Важно также соблюдать равномерность закручивания среднего (внешнего) и заднего винтов крепления плат. Эти два соединения определяют плотность прилегания полоски резинового токопроводящего соединения панели и ЖК-индикатора. Таким образом, если у Вас не полностью работает индикатор, нужно, прежде всего, убедиться в должном креплении этих винтов. После сборки прибора нужно не забыть промыть спиртом (и просушить) контакты панели и края резиновой полоски. Жидкокристаллический индикатор этой операции не требует.

Конструктивно мультиметр выполнен из двух крышек корпуса и двух печатных плат. Жидкокристаллический индикатор устанавливается с наружной стороны лицевой крышки прибора и закрывается декоративной прозрачной самоклеющейся пленкой. При ремонте индикатора (если он, например, «потек») следует иметь в виду, что эта пленка фактически одноразового применения: после ее снятия клеевой слой уже не обеспечивает достаточной прочности приклеивания. Соединение ЖК-индикатора с панелью прибора выполнено с помощью полоски токопроводящей резины.

При ремонте мультиметра следует иметь в виду, что ИМС логического индикатора выполнена в корпусе DIP и ее замена особых проблем не вызывает. Одновременно с ее заменой рекомендуется заменить и защитный диод (1N4148). Светодиоды, однако, при этом менять не следует – они из строя, как правило, не выходят.

Замена основной ИМС (NJU 9207F) (рис. 4) является достаточно трудоемкой операцией и может быть выполнена качественно только с приме-

In this article the possible malfunctions of a probe-multimeter M-3211D and the order of its repair are described.



ИНДУКЦИОННЫЕ ПАЯЛЬНЫЕ СТАНЦИИ

Александр Воронков, www.technica-m.ru,
компания ТЕХНИКА-М
Москва

Согласно директивам стандартов RoHS (Restriction of Hazardous Substances) и WEEE, начиная с 1 июля 2006 года, все электронные компоненты должны производиться с соблюдением жестких экологических норм и не содержать таких химических элементов как свинец, ртуть, кадмий и других опасных для здоровья соединений.

Директива RoHS, ограничивающая использование опасных веществ, применительно к электронной промышленности означает принудительный переход на бессвинцовые технологии пайки, что обрекает многих производителей на серьезную модернизацию технологического оборудования и связанные с этим дополнительные расходы. Не могут оставаться в стороне и многочисленные ремонтные и сервисные службы, поскольку рано или поздно все они столкнутся с необходимостью ремонта появляющейся бессвинцовой продукции.

Большинство среднетемпературных припоев для замены свинца - это сложные по составу сплавы на основе олова с добавлением меди, серебра, висмута и сурьмы. К сожалению, ни один из них не может полностью заменить Sn63/Pb37 (180...200°C), у всех сплавов существенно выше температура плавления.

Повышенная температура плавления бессвинцовых припоев предъявляет гораздо более жесткие требования к паяльному оборудованию: старое классическое оборудование не годится, поскольку не обеспечивает надежности паяных соединений, а риск повреждения компонентов возрастает многократно. Многие фирмы-изготовители паяльного оборудования незамедлительно занялись выпуском паяльных станций с гордым

значком Lead-Free, стараясь выжать из классических схем нагреватель+жало максимум возможного для соответствия этому требованию, а именно высокой стабильности температуры жала во всех режимах работы. Другой вопрос, насколько у них это получается. Ведь классическая схема обладает целым рядом недостатков, среди которых инерционность и большие потери при передаче тепла от нагревателя к жалу.

Иным, гораздо более красивым и эффективным решением проблемы точного поддержания температуры жала является метод непосредственного нагрева жала с помощью индукционного нагрева вихревыми токами.

Теория. Метод индукционного нагрева

Существует ряд веществ, например железо, кобальт, никель и некоторые редкоземельные элементы (лантаноиды), а также некоторые сплавы, которые обладают сильными магнитными свойствами. Эти вещества назвали ферромагнетиками.

Когда такой материал, имеющий остаточную намагниченность (ферромагнетик), помещается в переменное магнитное поле, то это переменное магнитное поле вызывает перемагничивание материала. Чем больше остаточная намагниченность, тем больше энергии затрачивается на перемагничивание.



Рис. 1. Паяльные станции фирмы Quick (Китай)

Если этот материал является и токопроводящим, то при воздействии на него переменного магнитного поля в нем возникают вихревые токи (токи Фуко). Возникновение вихревых токов вызывает дополнительный расход энергии в материале. Вся энергия, расходуемая на перемагничивание материала и поддержание в нем вихревых токов, преобразуется в теплоту. Эту энергию называют магнитными потерями или потерями в стали — по названию наиболее применяемого ферромагнитного материала. Поскольку амплитуда вихревых токов пропорциональна частоте перемагничивания, то с ростом частоты растут и магнитные потери в ферромагнетике, а следовательно, растет и общая мощность, расходуемая на нагрев.

Фирма Quick (Китай), выпускающая очень качественные (и недорогие!) паяльные станции применила данный метод индукционного нагрева в паяльных станциях серий 203 и 204 (рис. 1). В качестве ферромагнитного материала при изготовлении жала используется железоникелевый сплав.

В этих станциях нет нагревателя в прямом смысле этого слова. Нагревателем служит само жало паяльника. Паяльная станция преобразует напря-



жение питания сети в прямуюгольное напряжение размахом 36 Вольт с частотой 400 кГц. Это напряжение подводится к возбуждающей обмотке (рис. 2), обладающей минимальным активным сопротивлением (не более 1,3 Ом) и большим реактивным сопротивлением (не менее 50 мГн), причем, индуктивность обмотки без установленного жала в 100 раз меньше. При таких условиях получается, что мощность, передаваемая от паяльной станции паяльнику, на 80...85% передается самому жалу, включенному как трансформатор с закороченной вторичной обмоткой! (Однако оставшиеся 15...20% мощности тоже не пропадают даром — они разогревают обмотку возбуждения, которая находится снаружи жала, нагревая при этом жало по «классической» схеме нагрева.)

Отсюда следует, что в отличие от традиционных способов разогрева жала с помощью накаливающей спирали или керамического нагревателя здесь жало нагревается само, равномерно вплоть до самого кончика. Поэтому температурная инерция на разогрев и передачу тепла к кончику жала сведена здесь к минимуму. Дополнительное достоинство этого метода состоит в том, что отсутствует окисление и выгорание жала, вызываемое очень высокой температурой обычного нагревательного элемента. Срок службы жала возрастает, а замена жала не вызывает затруднений.

В традиционных же паяльниках на передачу тепла от нагревательного элемента к жалу и далее к кончику жала затрачивается довольно значительное время и существенно большая энергия. На рисунке 3 показана зависимость температуры жала при разогреве и пайке для индукционной и классической паяльных станций. Видно, что для паяльных станций 203Н и 204Н фирмы Quick время разогрева жала до рабочей температуры со-

ставляет всего 20-25 секунд, а температура жала практически не меняется в процессе пайки.

Для классических паяльных станций невозможно преодолеть эту инерционность нагрева жала — увеличение мощности классического нагревательного элемента приведет к дополнительному выгоранию жала в местах контакта с нагревателем, а также риску перегрева жала вследствие появления большого температурного градиента по всей длине жала.

Используя преимущество малоинерционного разогрева, в паяльных станциях Quick дополнительно применен так называемый «интеллектуальный сенсор». Находясь на самом кончике жала, такой сенсор реагирует на охлаждение рабочей поверхности кончика жала с минимальной задержкой, тем самым, обеспечивая быстрое действие обратную связь, жестко стабилизирующую температуру жала паяльника и исключая возможность перерегулирования температуры жала, которая встречается в традиционных станциях с нихромовыми и керамическими нагревателями.



Рис. 2. Возбуждающая обмотка

Технология бессвинцовой пайки накладывает на характеристики паяльной станции очень жесткие требования, которые обычные классические паяльные станции обеспечивают с большой натяжкой, что приводит к появлению жал сложной структуры с интегрированными в них нагревательными элементами и к существенному удорожанию паяльных станций. В противоположность им станции, работающие на индукционном принципе, легко удовлетворяют требованиям бессвинцовой пайки и к тому же гарантированно обеспечивают высочайшее качество обычной «свинцовой» пайки.

Как следствие способности жестко выдерживать температуру жала, индукционные станции позволяют понижать рабочую температуру жала (без нагрузки)

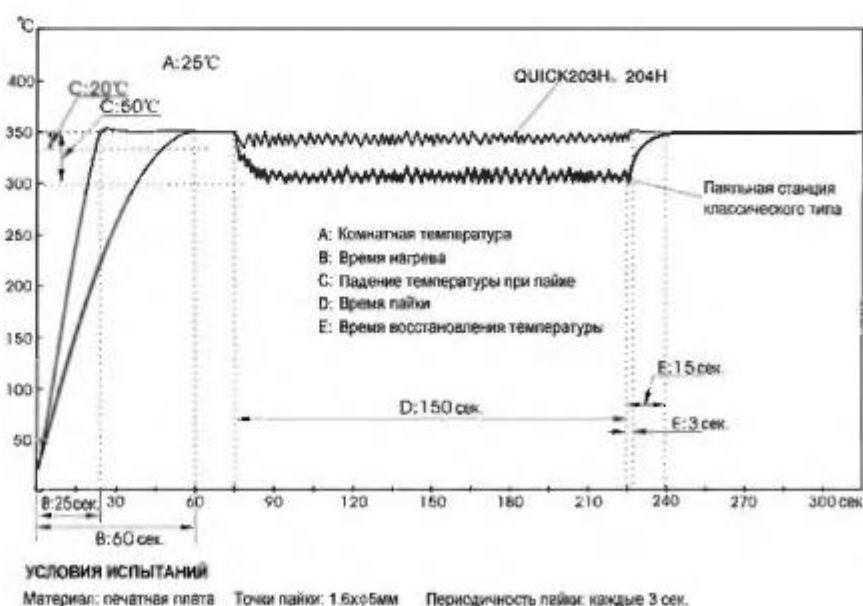


Рис. 3. График температурной зависимости для индукционной и классической паяльной станции

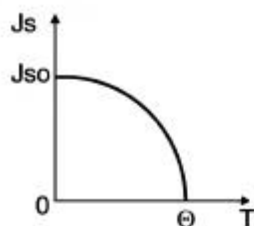


Рис. 4. Кривая зависимости магнитной восприимчивости J_s от температуры T

на несколько десятков градусов (см. рис. 3), что имеет несколько очевидных плюсов:

- резко уменьшается вероятность термостресса полупроводниковых элементов;
- риск перегрева печатной платы сведен к минимуму;
- существенно увеличивается срок службы жала;

При этом паяльник такой станции способен обеспечить прогрев даже массивных элементов.

В паяльных станциях фирмы Metcal (США) также используется метод нагрева токами высокой частоты, но стабилизация температуры жала обеспечивается за счет эффекта зависимости магнитной восприимчивости ферромагнитного сплава, из которого сделано жало, от температуры.

На рис. 4 показана кривая такой зависимости магнитной восприимчивости J_s от температуры T .

С ростом температуры магнитная восприимчивость уменьшается и при температуре Θ , называемой точкой Кюри резко падает до нуля. Ясно, что при достижении этой температуры дальнейший разогрев жала токами ВЧ невозможен, поэтому точка Кюри будет максимальной возможной температурой жала для индукционного паяльника. Для железа точка Кюри равна 770°C , для никеля 358°C , что находится за пределами рабочих температур пайки, поэтому температура ВЧ паяльников Quick ограничивается (и регулируется) с помощью термосенсора и электронной схемы управления.



Рис. 5. Паяльные станции фирмы Metcal (США)

Если же в сплав добавить некоторые редкоземельные элементы, то можно существенно понизить температуру точки Кюри, например, для элемента гадолиния точка Кюри равна всего 16°C . Задавая величину примесей в сплаве можно создать жала для паяльников с любой требуемой точкой Кюри. Термосенсоры и схемы обратной связи здесь не нужны и выбор требуемой температуры для пайки сводится просто к выбору жала с требуемой точкой Кюри в зависимости от условий пайки.

Так поступили разработчики паяльных станций Metcal (рис. 5) при создании паяльных станций, запатентовав данную технологию под маркой SmartHeat®. Достоинством этого метода является абсолютная стабильность рабочей температуры жала, отсутствие необходимости в калибровках и пр., а также отсутствие всякого риска перегреть жало и повредить печатную плату и элементы. Кроме того, такая паяльная станция может быть выполнена в форме обычного паяльника с напряжением от сети. Недостатком Metcal является необходимость иметь весьма широкий ассортимент картриджей (жало + индукционная катушка) для различных условий пайки: для обеспечения требуемой скорости нагрева нужно выбирать картридж одной из четырех серий с различной нагревательной

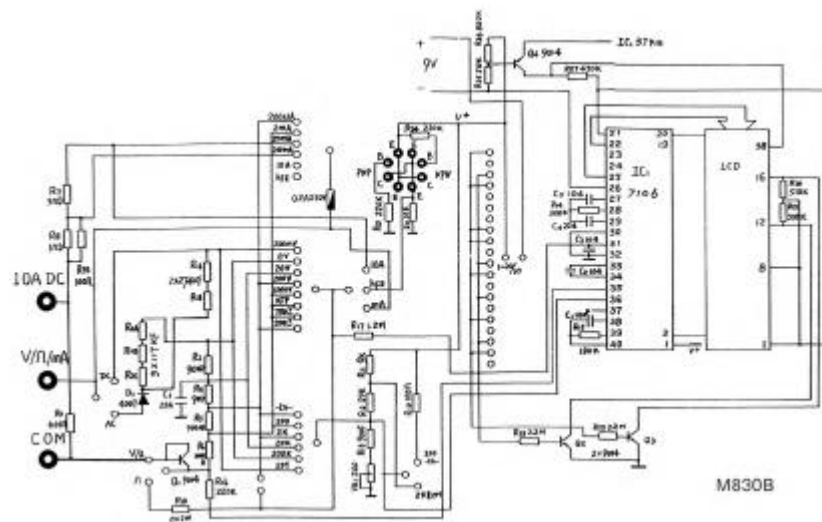
способностью: 500, 600 700 или $800\text{—}000$ Вт. Цифры соответствуют температуре картриджа (точке Кюри) в градусах по шкале Фаренгейта. При изменении тепловой нагрузки, например, площади контакта для пайки необходимо менять картридж, причем в жестких условиях бессвинцовой пайки такие замены становятся более частыми. Другим недостатком является высокая стоимость картриджей и самих паяльных станций Metcal. Это — плата за 100% гарантию от перегрева (при условии соблюдения рекомендаций по картриджам): электронные схемы регулирования температуры, как и любые другие, могут выйти из строя и поэтому не могут дать этих абсолютных 100%. Для Пентагона этот аргумент и был решающим в пользу выбора Metcal — американских военных высокая цена и дополнительная трудоемкость не смущают.

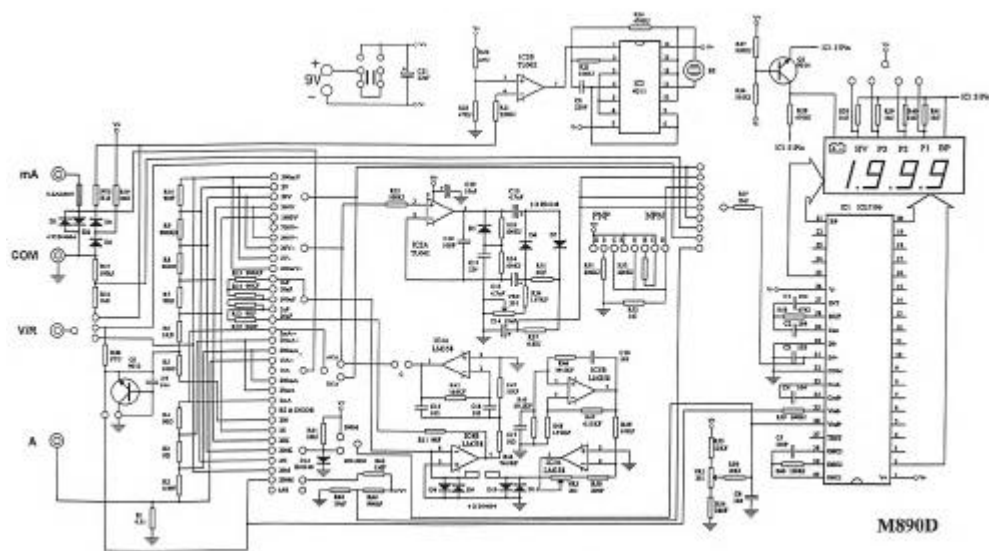
В отличие от Пентагона большинство пользователей работает с паяльными станциями, использующими схемы электронной стабилизации температуры, как наиболее удобными и экономически оправданными. Для таких пользователей индукционные паяльные станции фирмы Quick с электронной температурной стабилизацией и доступной ценой могут стать выбором, способным удовлетворить самые жесткие требования к пайке при переходе на технологию Lead-Free.

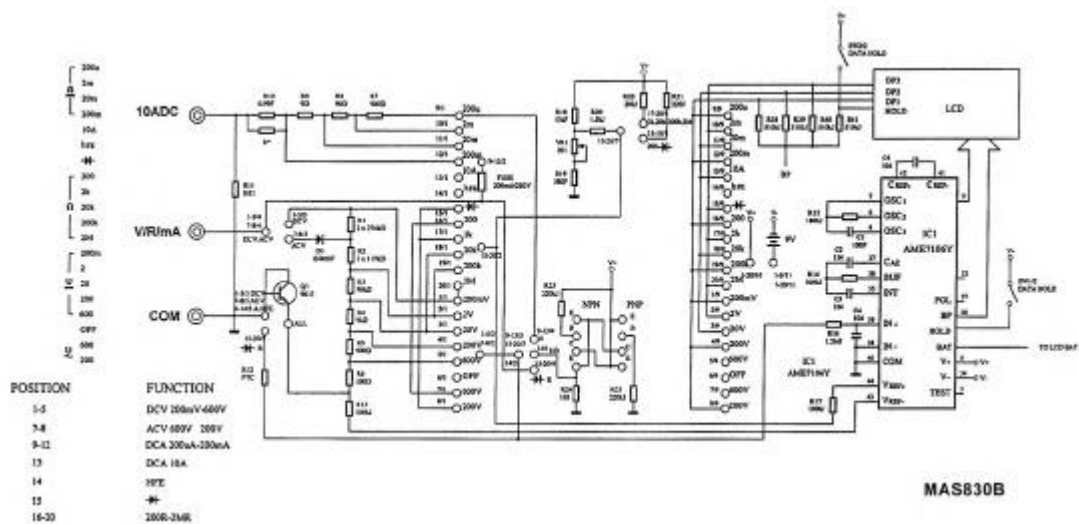
СХЕМЫ

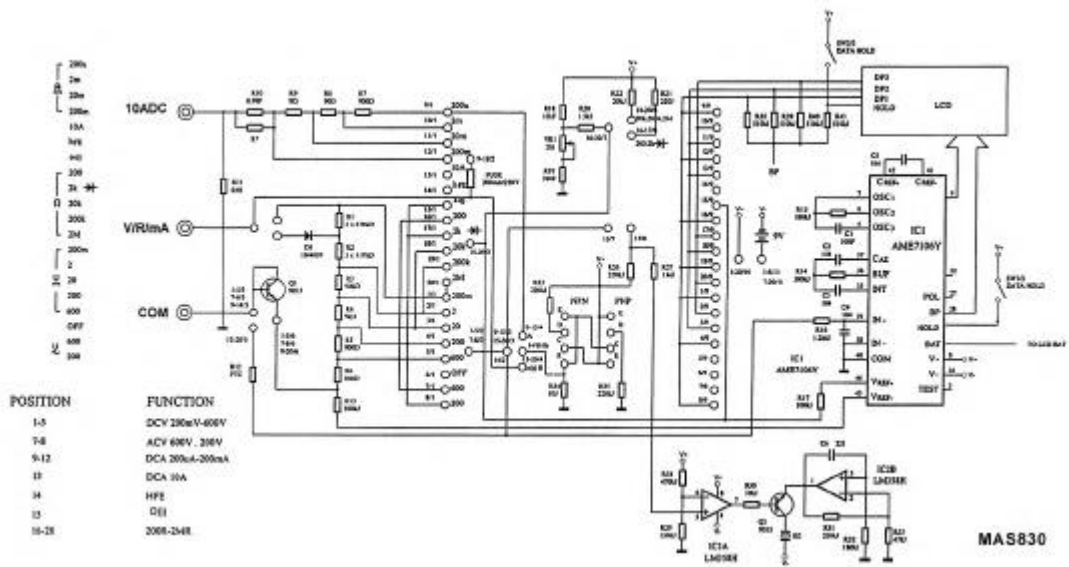
цифровой мультиметр M830B цифровой мультиметр M830BZ цифровой мультиметр M832 цифровой мультиметр M838 цифровой мультиметр MAS830B цифровой мультиметр MAS830 цифровой мультиметр MAS830L цифровой мультиметр MAS838 цифровой мультиметр M890D цифровой мультиметр M890F цифровой мультиметр M890C+ цифровой мультиметр M890G цифровой мультиметр M9502 цифровой мультиметр M93 цифровой мультиметр M93A цифровой мультиметр M3900 цифровой мультиметр M300 цифровой мультиметр M320 цифровой мультиметр M3211D цифровой мультиметр MY61 цифровой мультиметр MY62 цифровой мультиметр MY63 цифровой мультиметр MY64 цифровой мультиметр MY65 цифровой мультиметр MY68) цифровой мультиметр MS8202 цифровой мультиметр MS8202A цифровой мультиметр MS8221C цифровой мультиметр MS8222G цифровой мультиметр VC202 цифровой мультиметр VC890D цифровой мультиметр VC890C+ цифровой мультиметр VC97 цифровой мультиметр VC9802A цифровой мультиметр VC9804A цифровой мультиметр VC9805A цифровой мультиметр VC9808 цифровой мультиметр UT60A цифровой мультиметр UT60B цифровой мультиметр UT60C цифровой мультиметр UT60E цифровой мультиметр UT70A цифровой мультиметр UT70B цифровой мультиметр UT70C цифровой мультиметр Protek 506	аналоговый мультиметр YX360B С-метр MY6013A LC-метр VC6243 автотестер MS6231 токовые клещи 266C приставка к токовым клещам 261 токовые клещи MS2001 токовые клещи MS2001C токовые клещи MS2001F токовые клещи MS2316 токовые клещи M9912 источники питания HY3002, HY3002D источники питания HY3002-2, HY3002-3, HY3002D источники питания HY3005, HY3005D источник питания HY3010
---	--

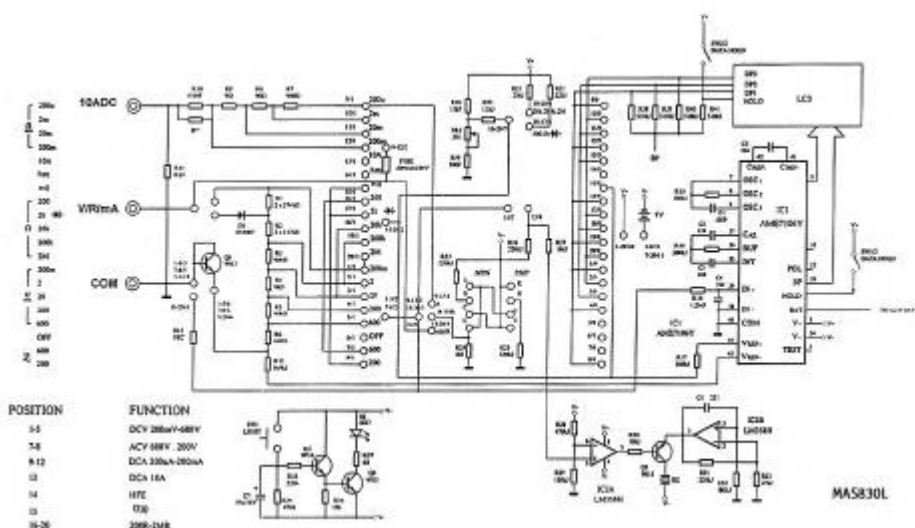
Приводимые принципиальные схемы относятся к конкретным моделям цифровых мультиметров. Однако они применимы и к другим моделям, относящимся к одной и той же серии. Например, в продаже встречаются мультиметры M832 и DT832, и схемы этих мультиметров одинаковы. Следует также обратить внимание на то, что некоторые производители могут незначительно изменять схемные решения и дизайн мультиметров. При этом в рекламе и описаниях видоизмененных моделей замечаний по произведенным изменениям не приводится. Они рассматриваются не как модификация прибора определенной серии, а как самостоятельная модель.

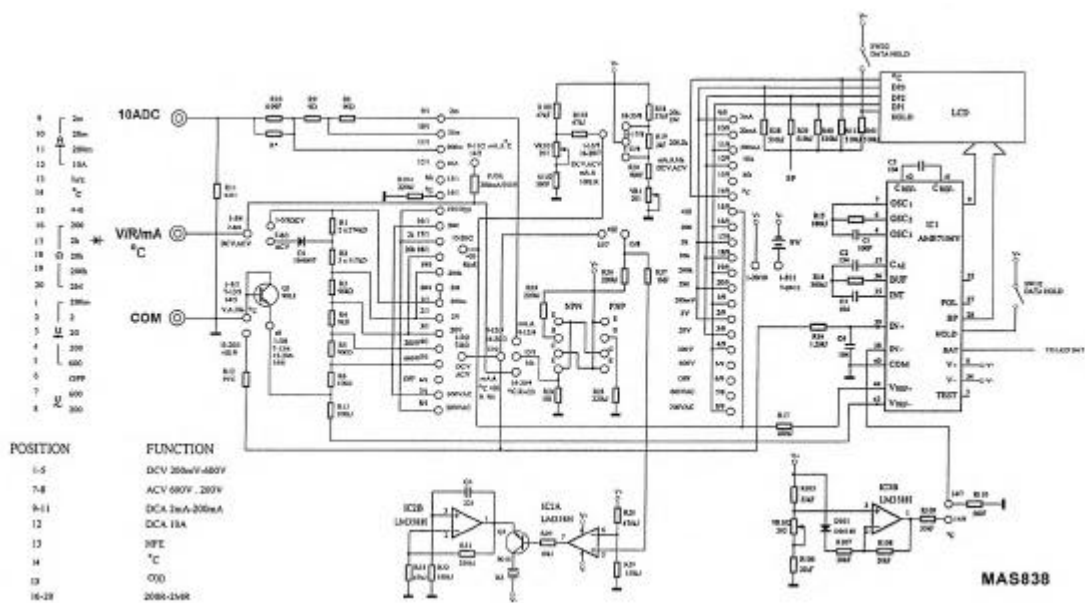


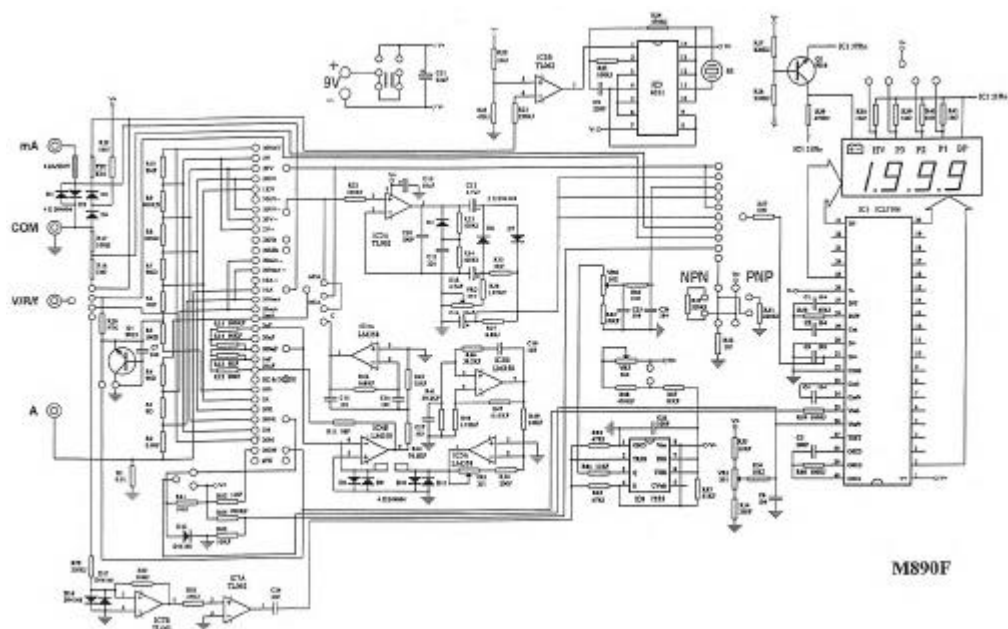




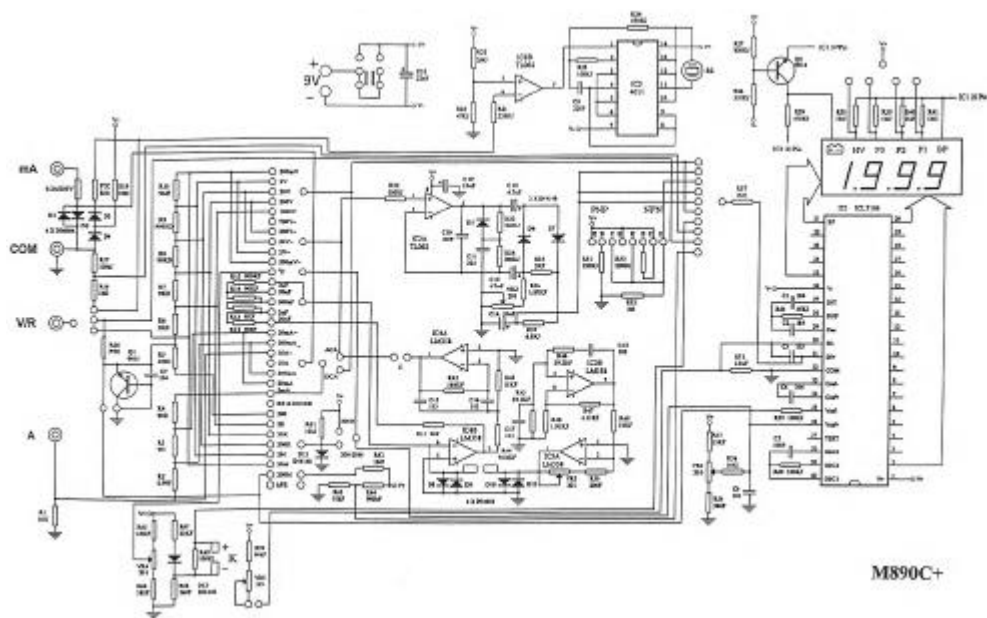




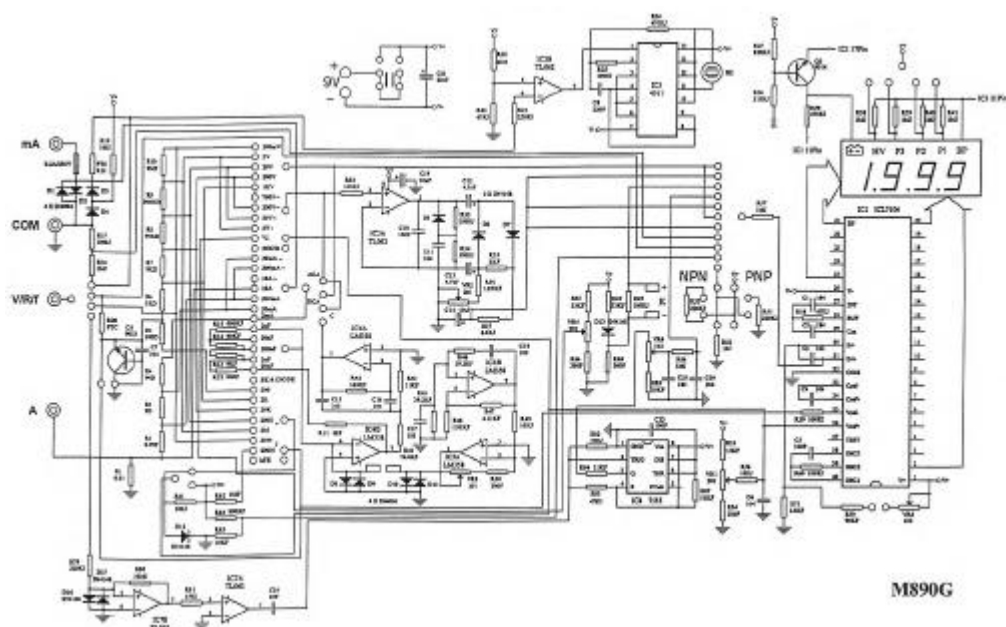


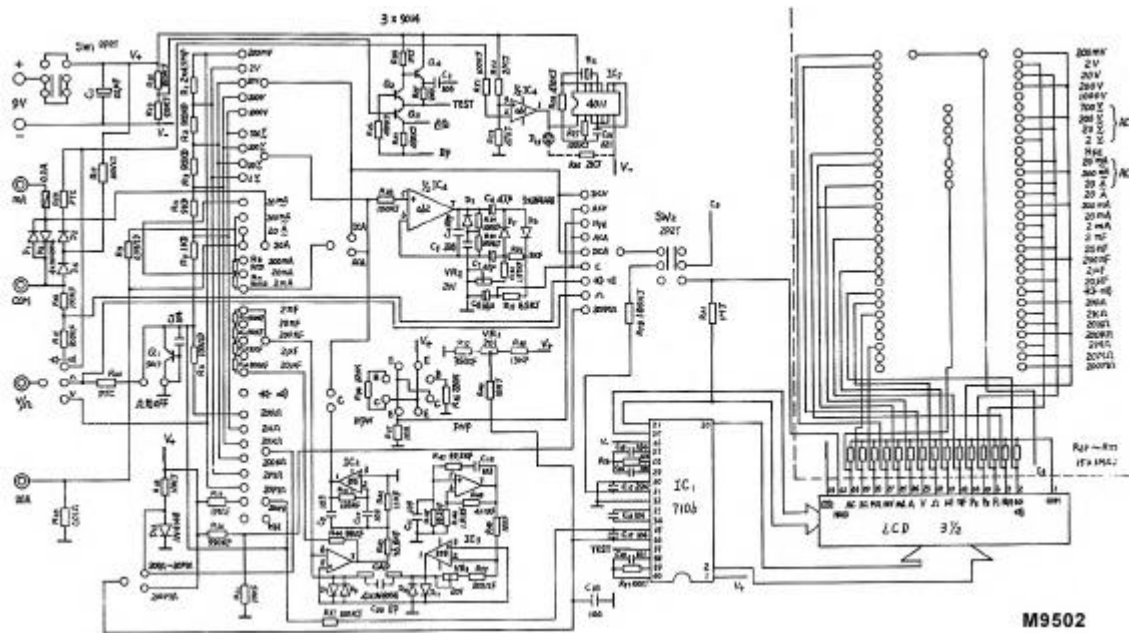


M890F

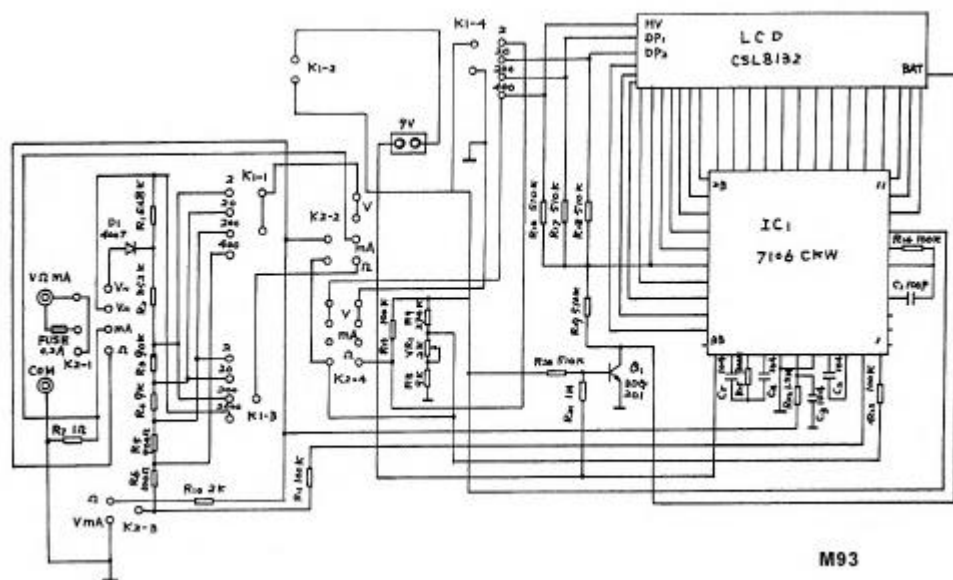


M890C+



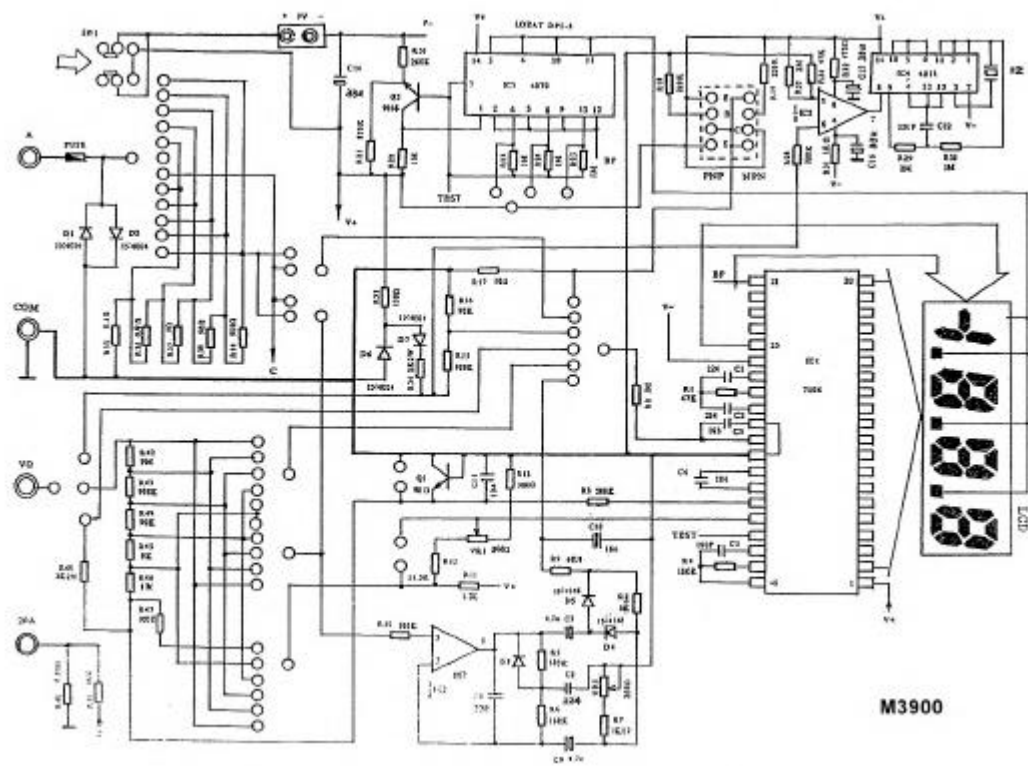


M9502

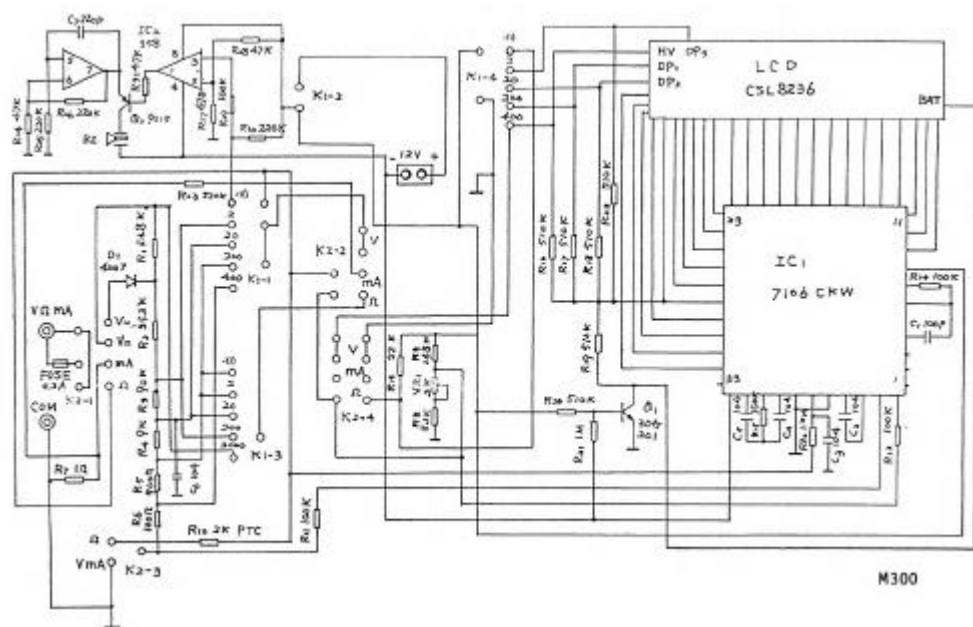


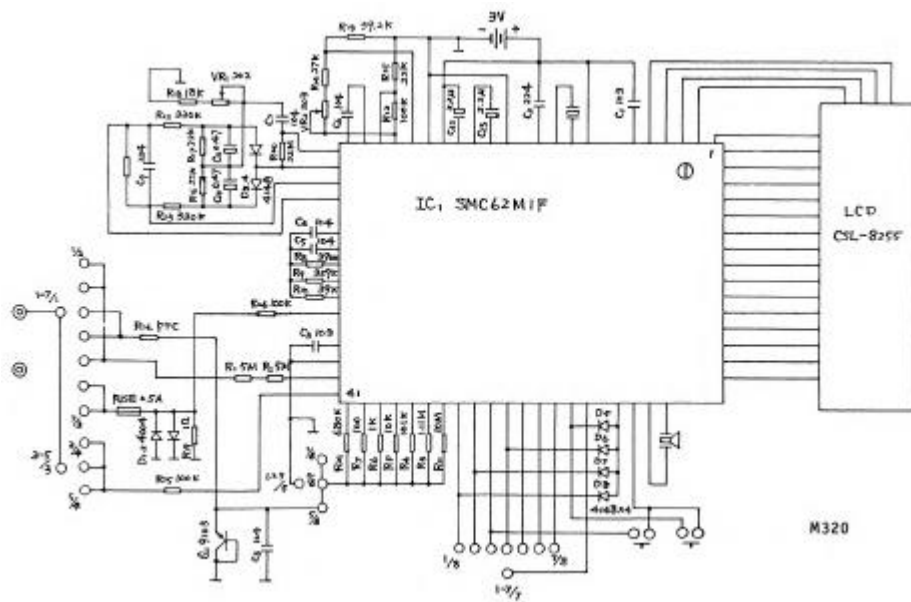
M93

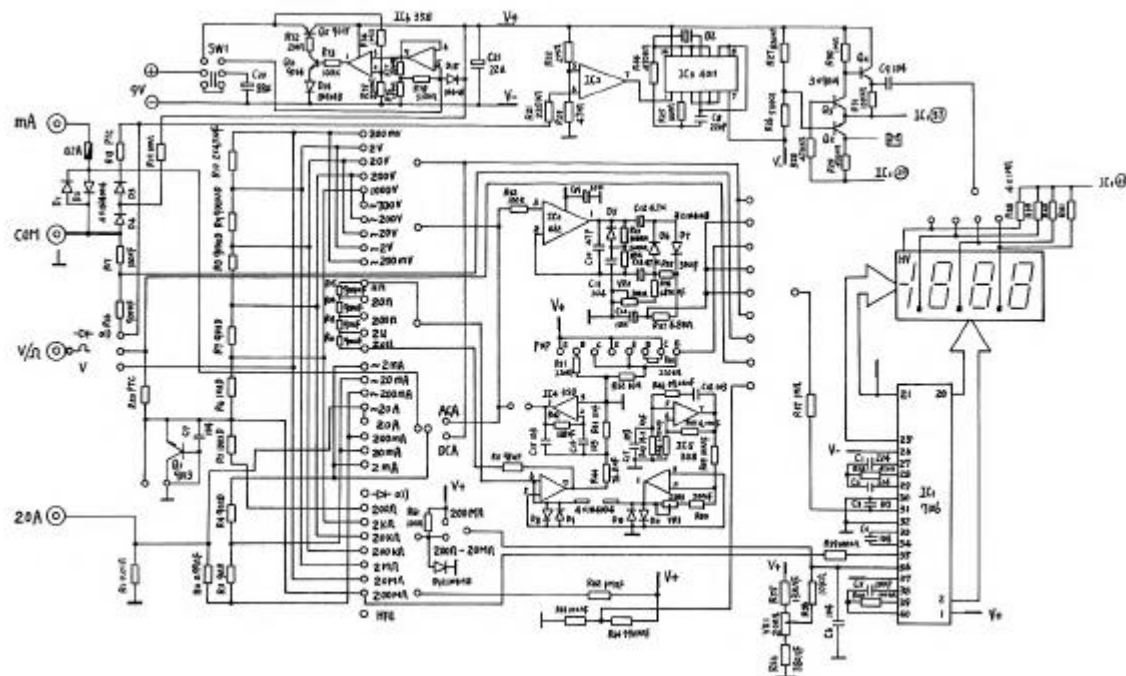


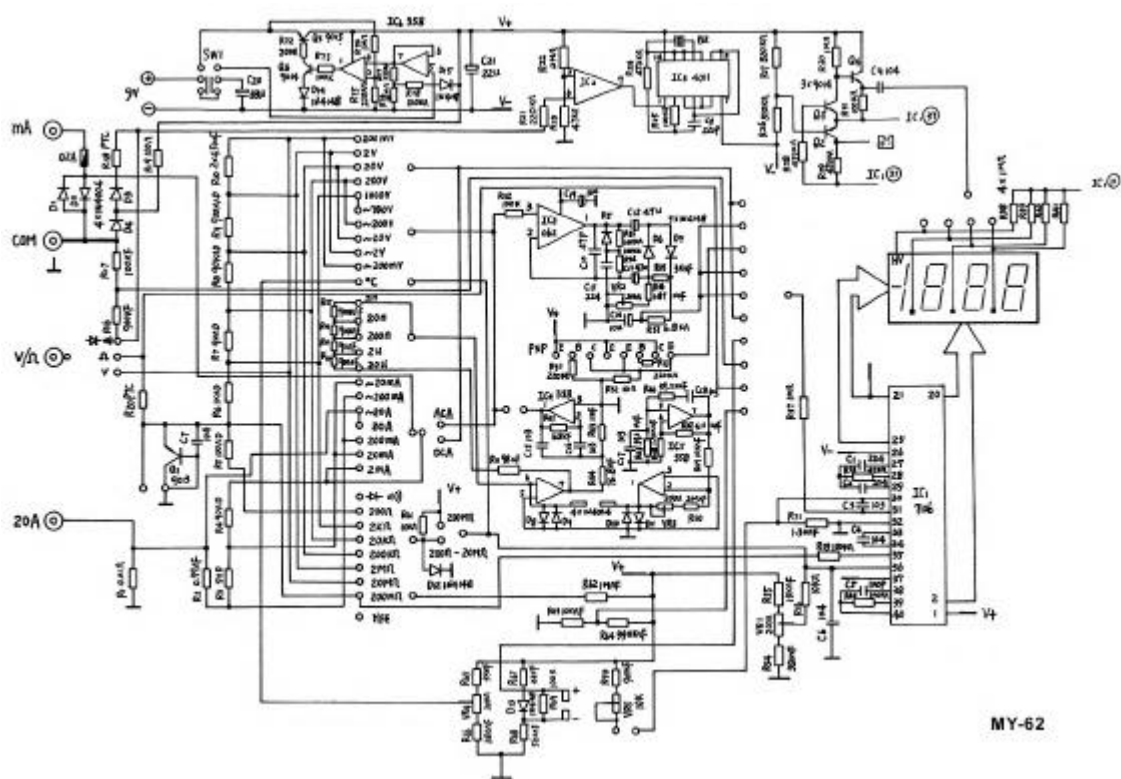


M3900

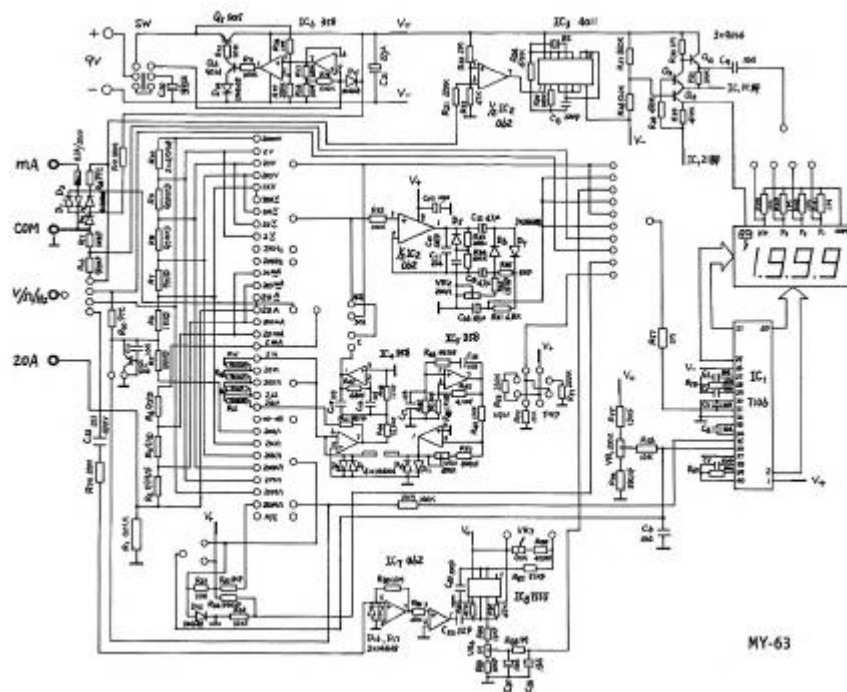




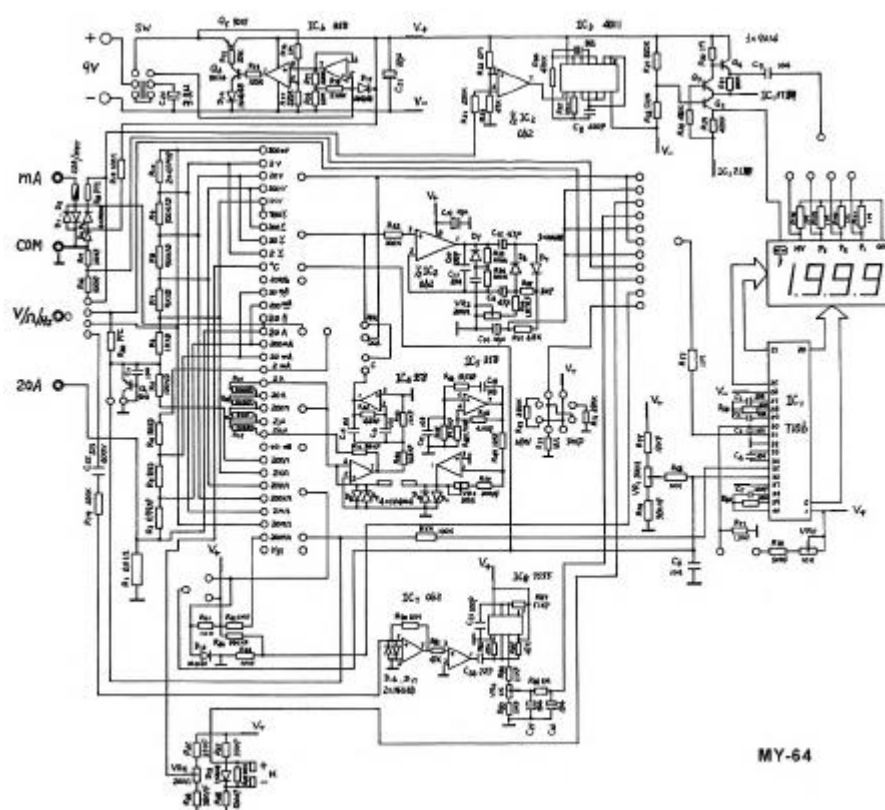


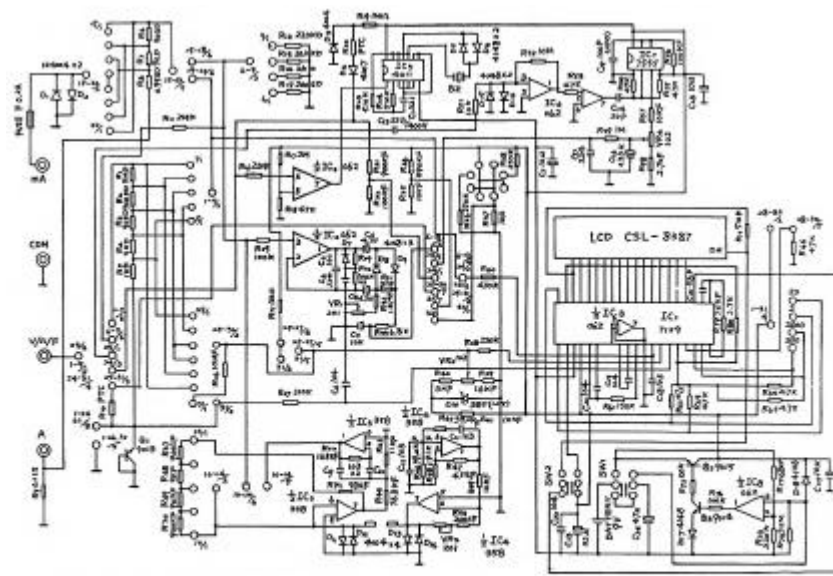


MY-62



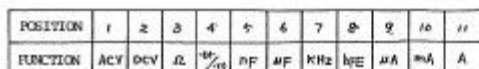
MY-63



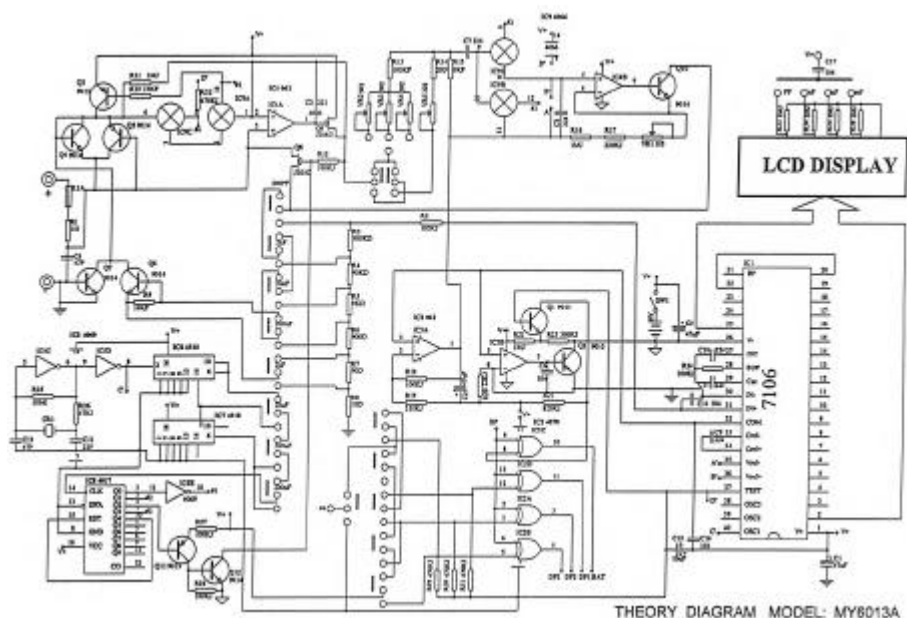


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DC	DC	DC	DC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC
200V	2V	20V	200V	20V	20V	20V	20V	20V	20V	20V	20V	20V	20V	20V	20V
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
AC	AC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC
200V	20V	20V	20V	20V	20V	20V	20V	20V	20V	20V	20V	20V	20V	20V	20V

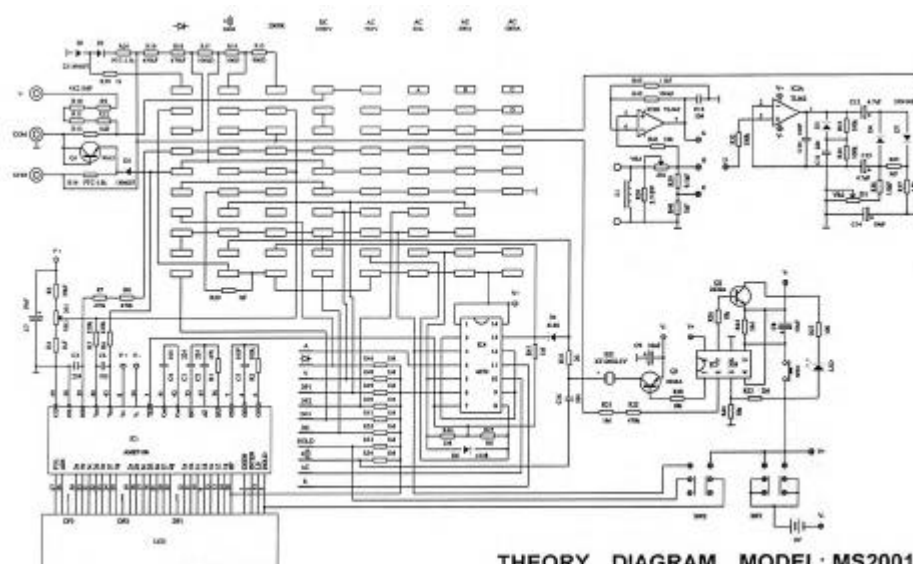
MY-65



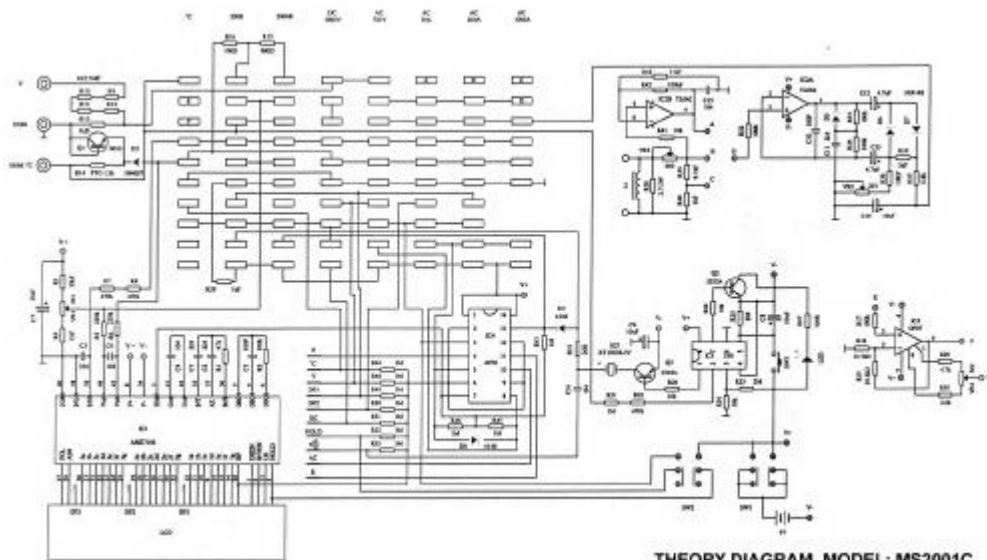
MY-68



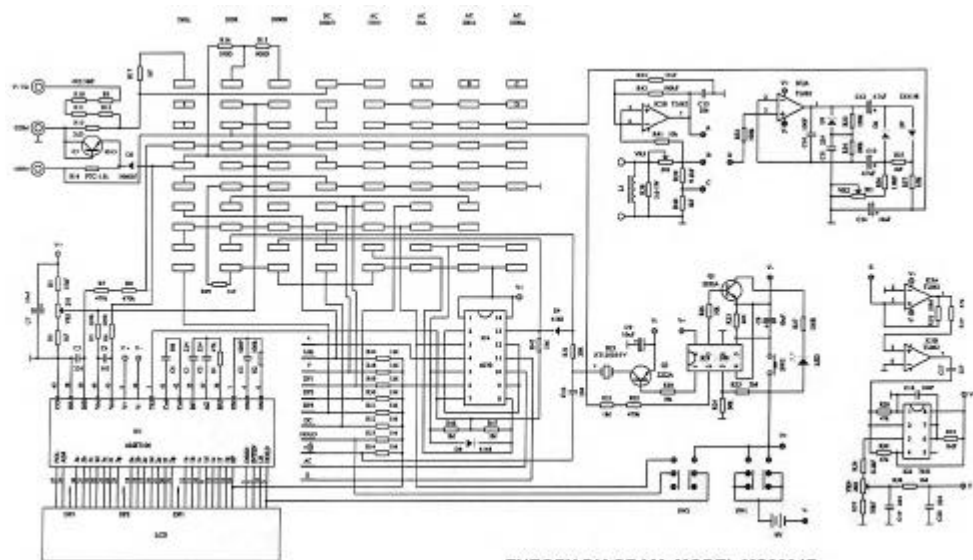
THEORY DIAGRAM MODEL: MY8013A



THEORY DIAGRAM MODEL: MS2001

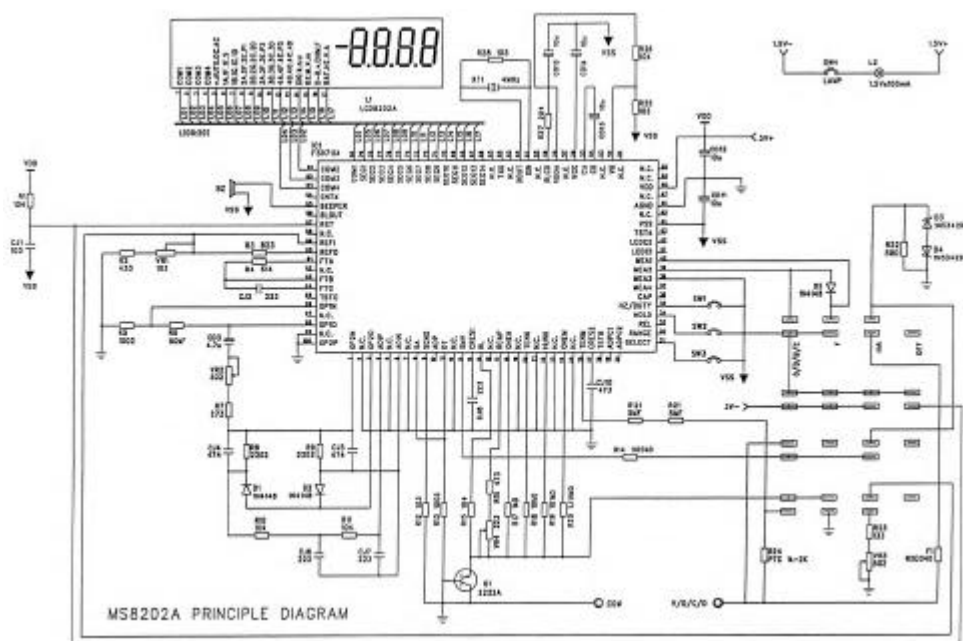


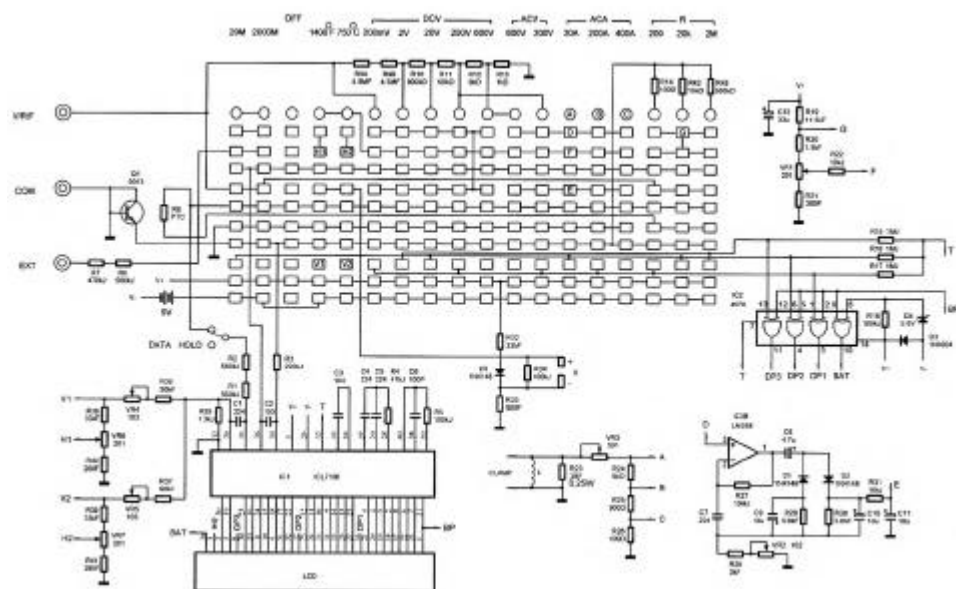
THEORY DIAGRAM MODEL: MS2001C

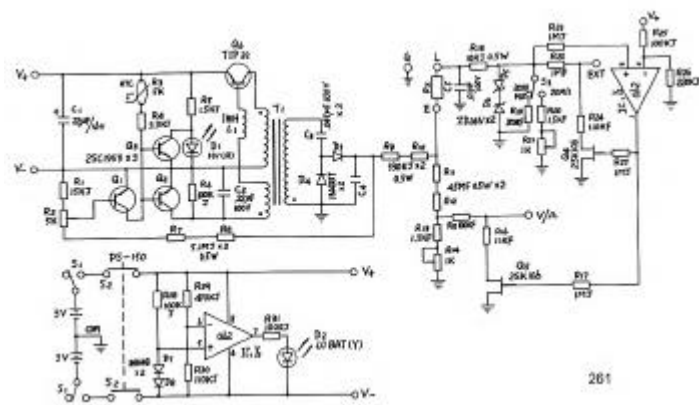


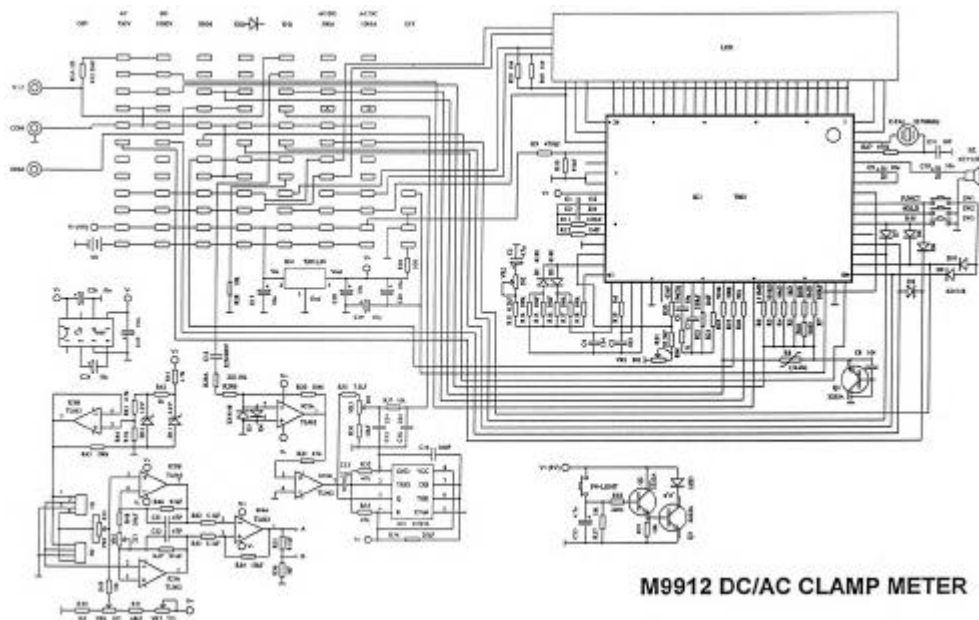
THEORY DIAGRAM MODEL MS2001F



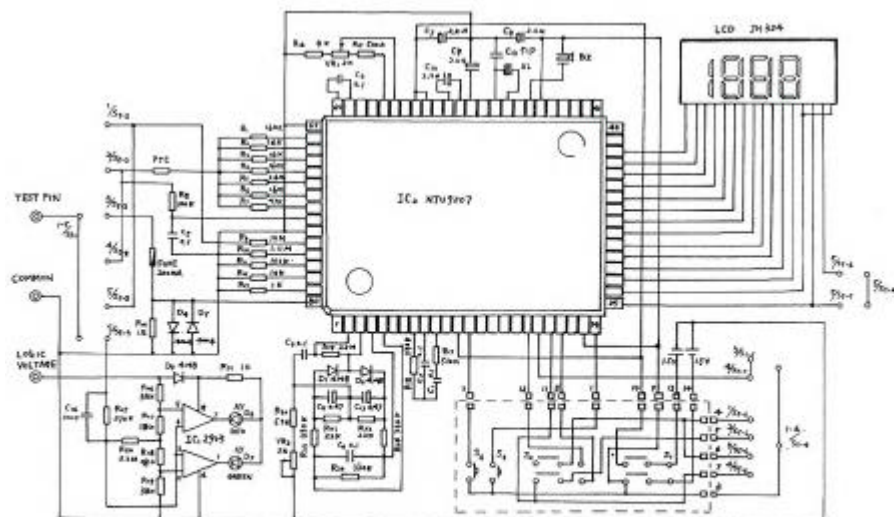








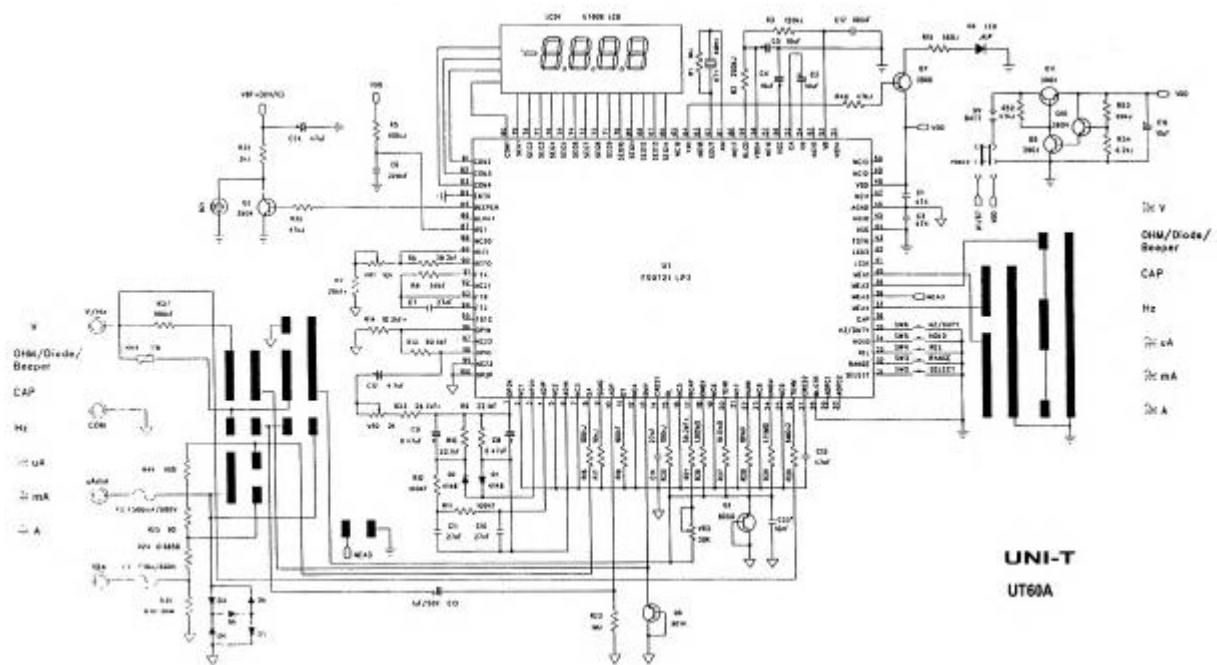
M9912 DC/AC CLAMP METER

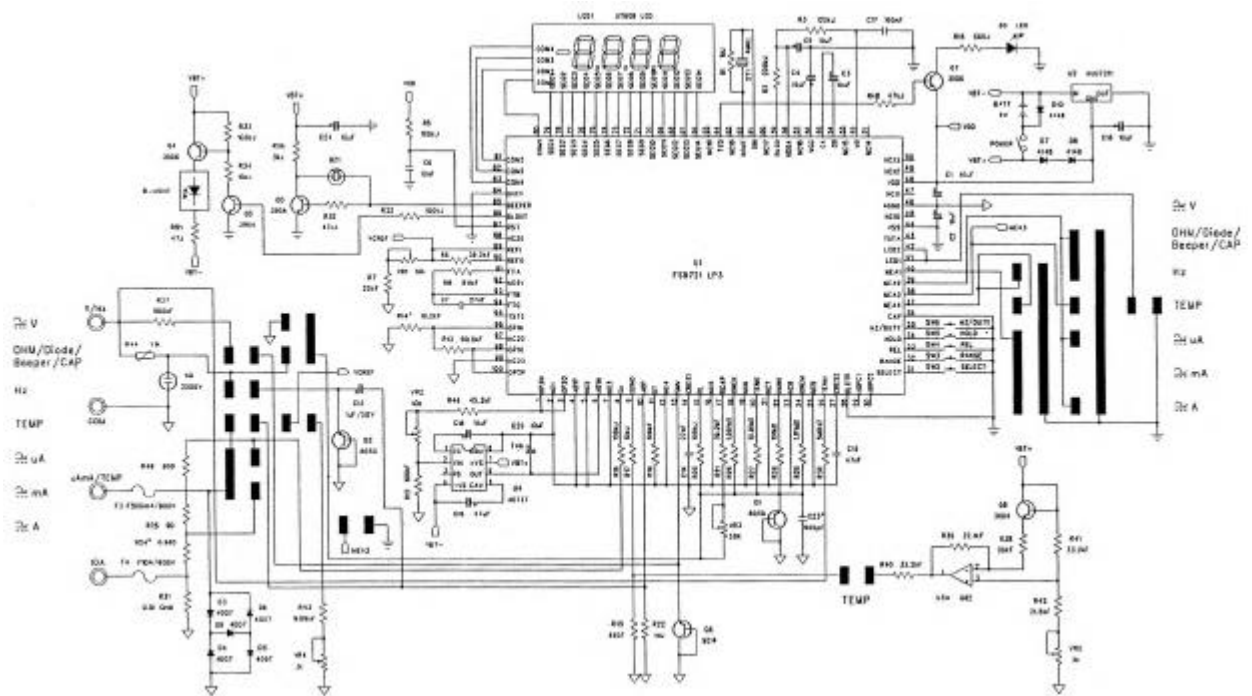


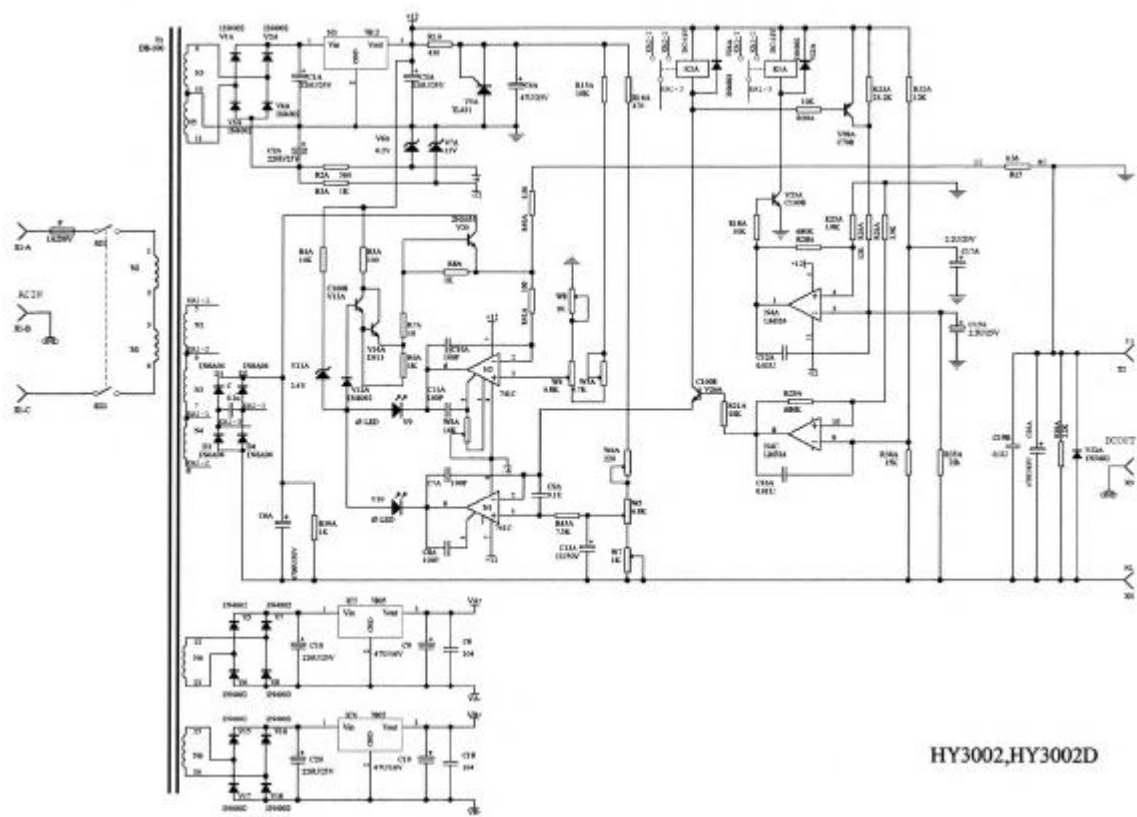
SI	1	2	3	4	5
L	DC V	A	DCA	Ω	dBΩ
R	AC V	κΩ	ACA	Ω	dBΩ

S1: POWER
 S2: DC A/AC A
 S3: RANGE
 S4: DATA HOLD
 S5: FUNCTION SELECT

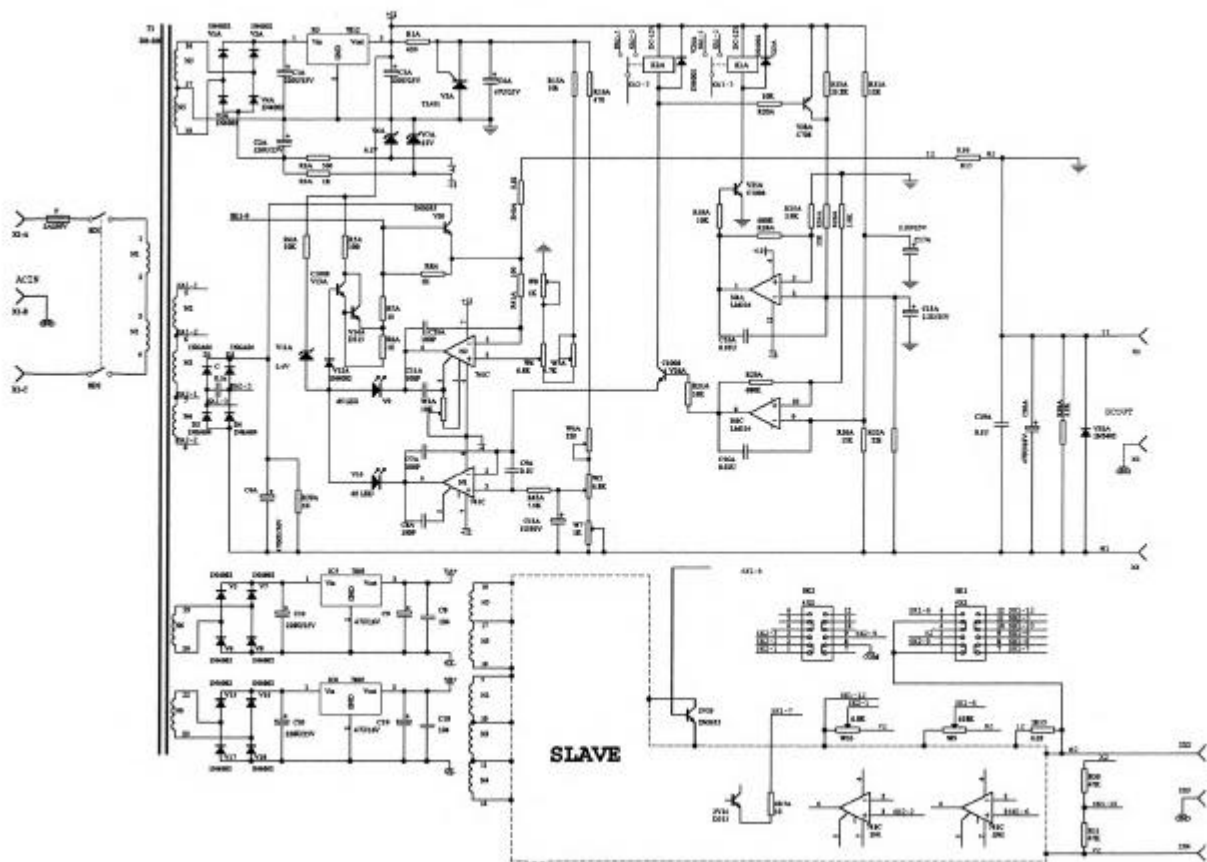
32110



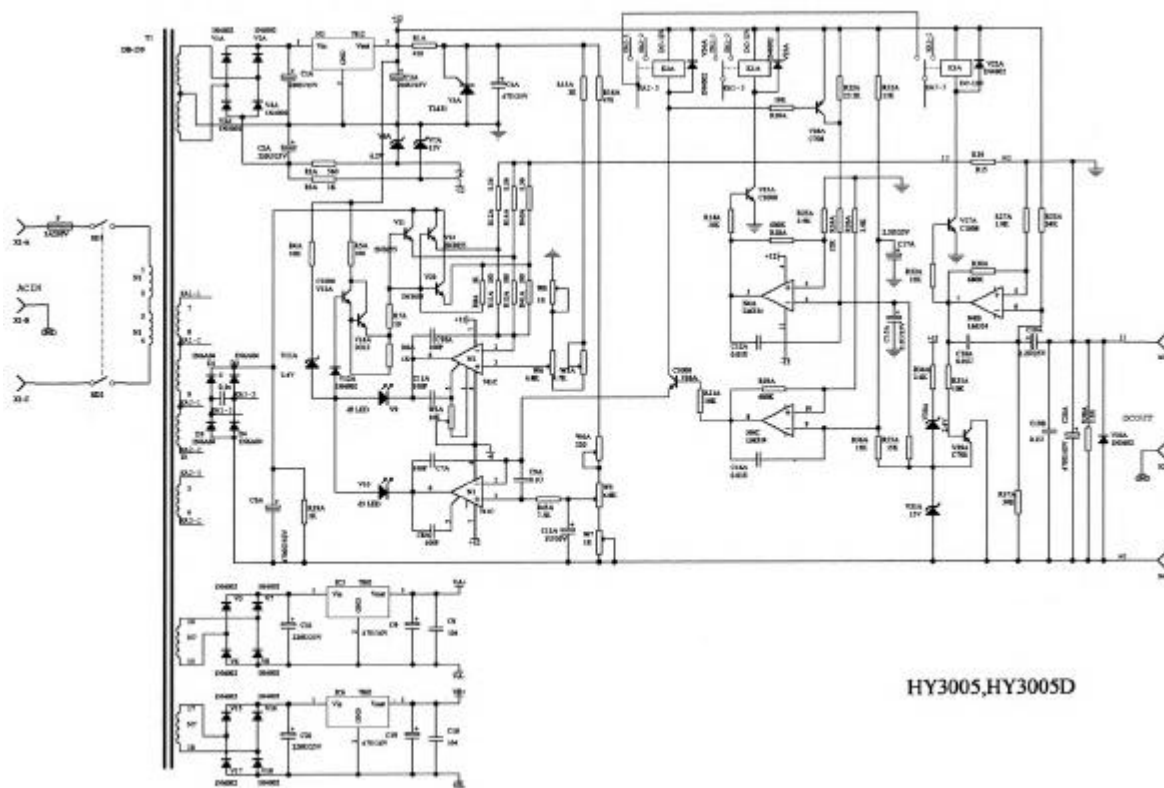




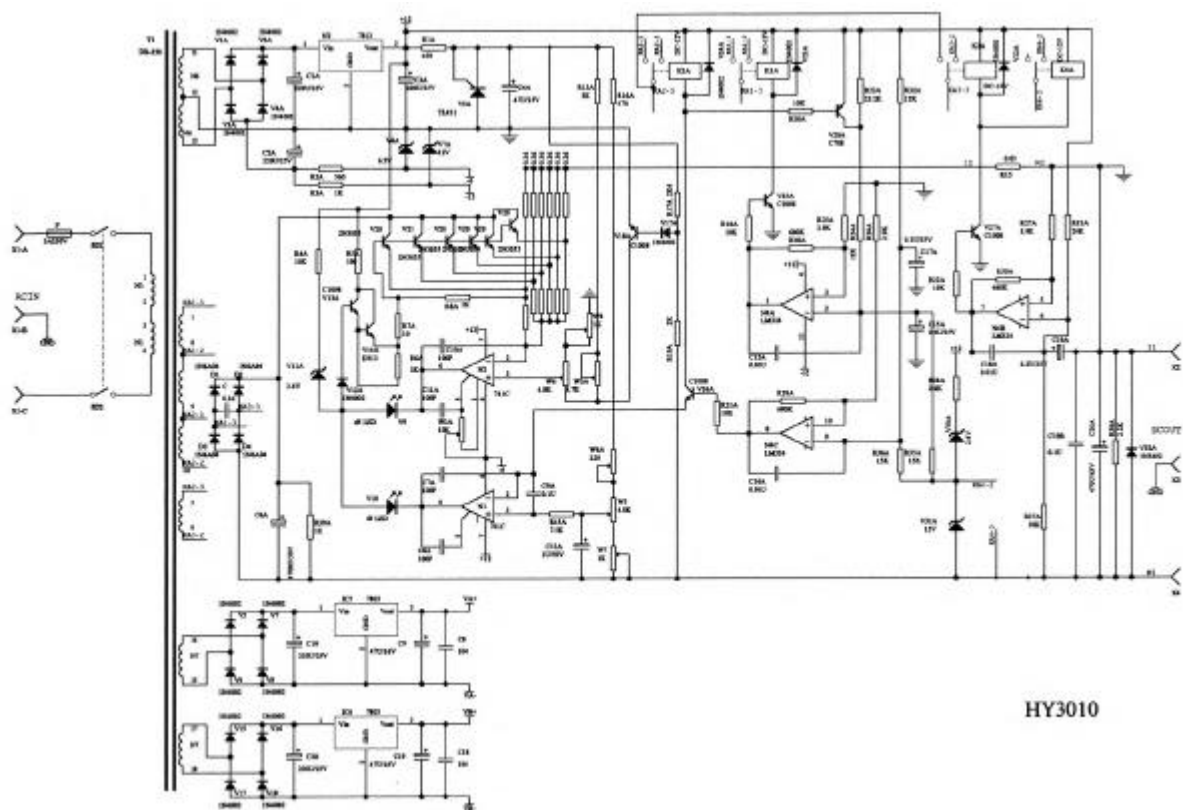
HY3002, HY3002D



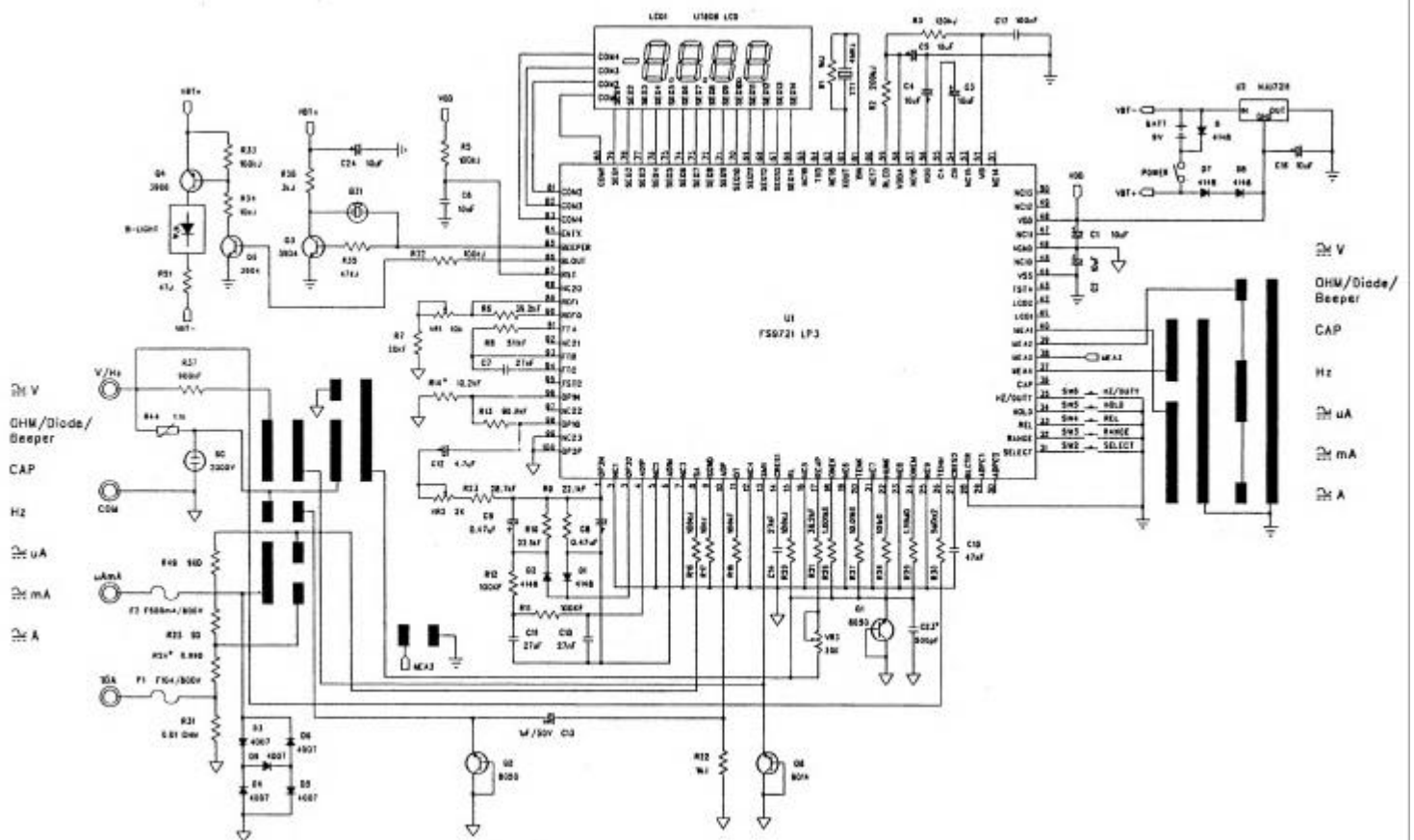
HY3002-2, HY3002-3, HY3002D-2, HY3002D-3

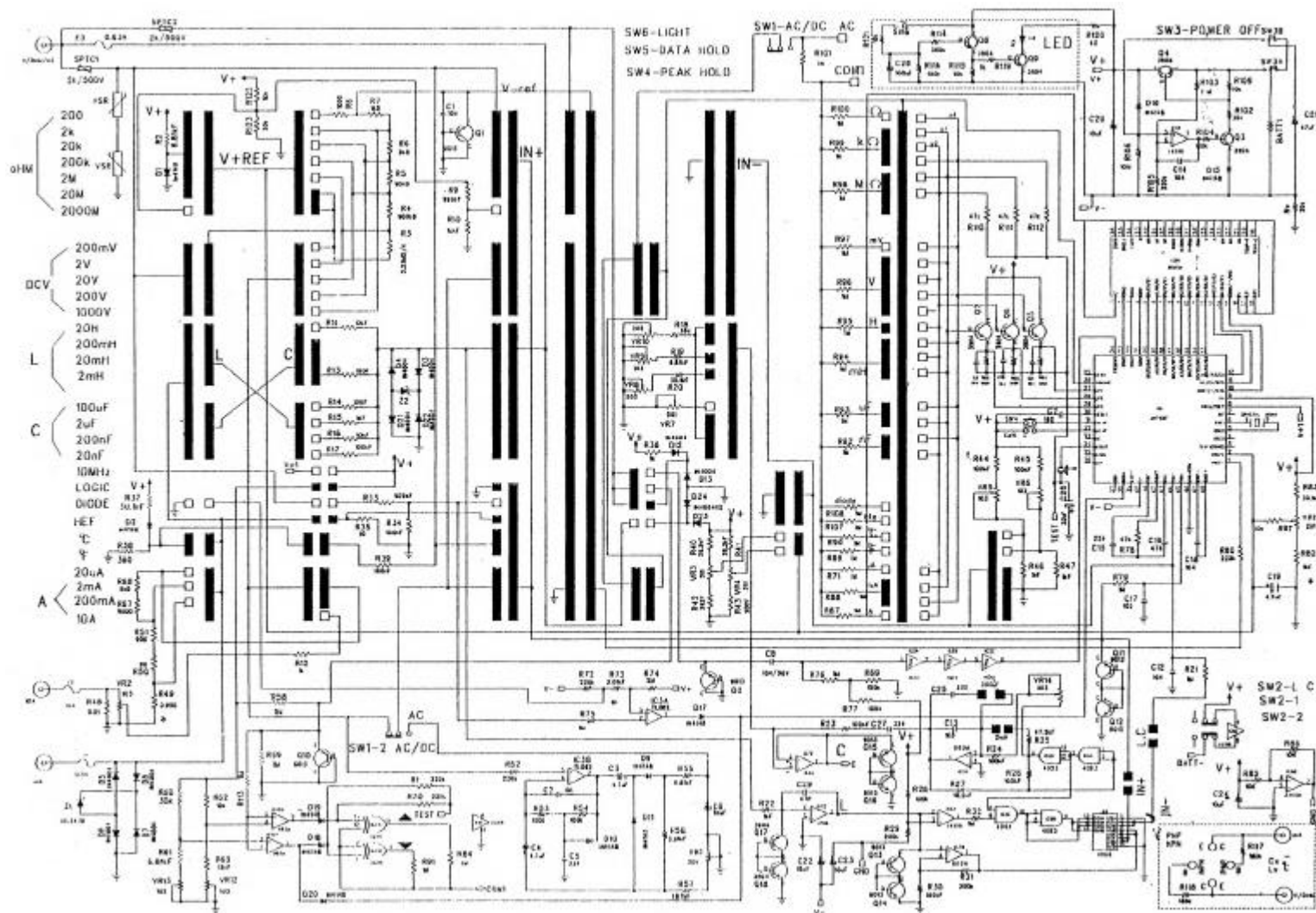


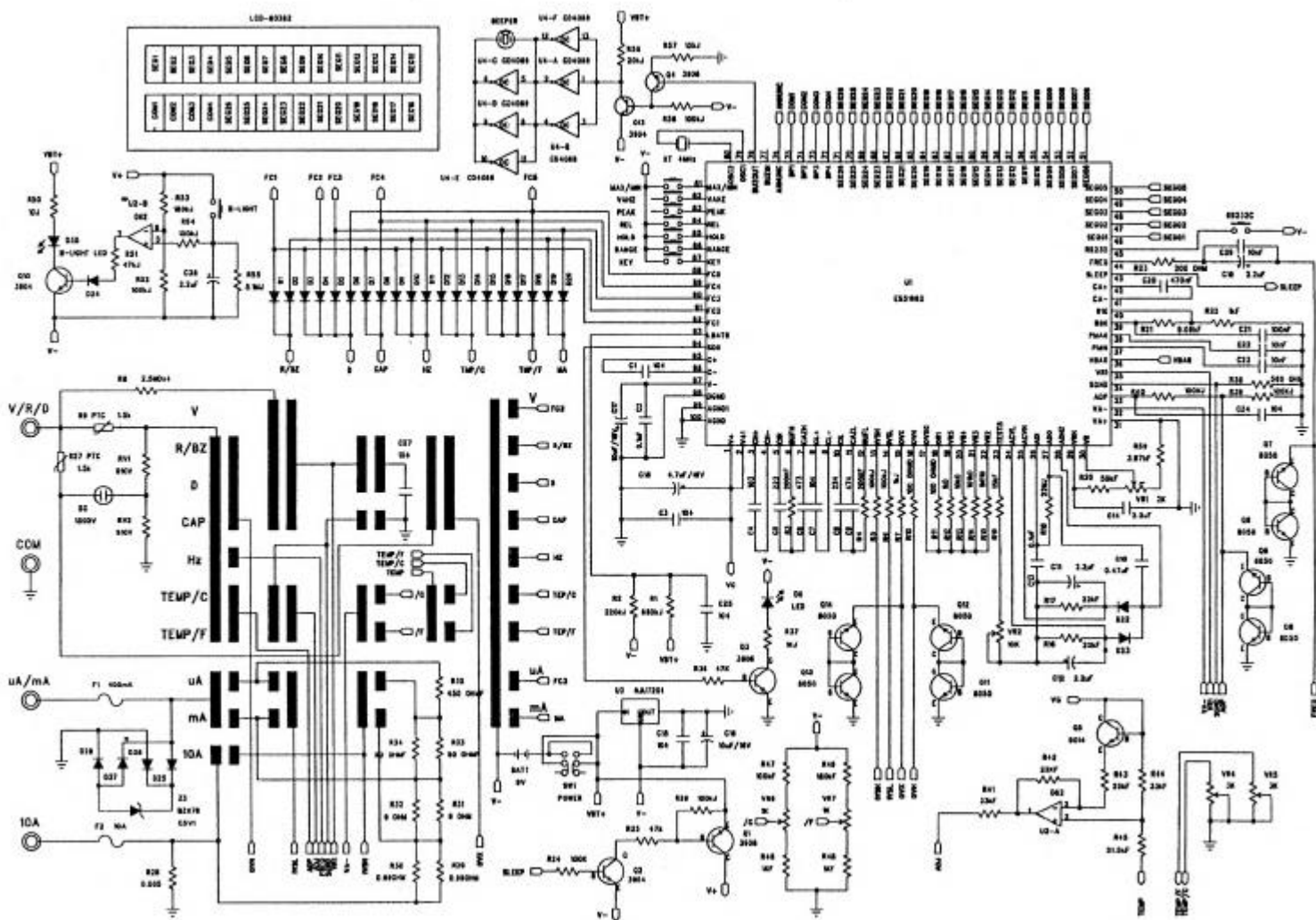
HY3005, HY3005D

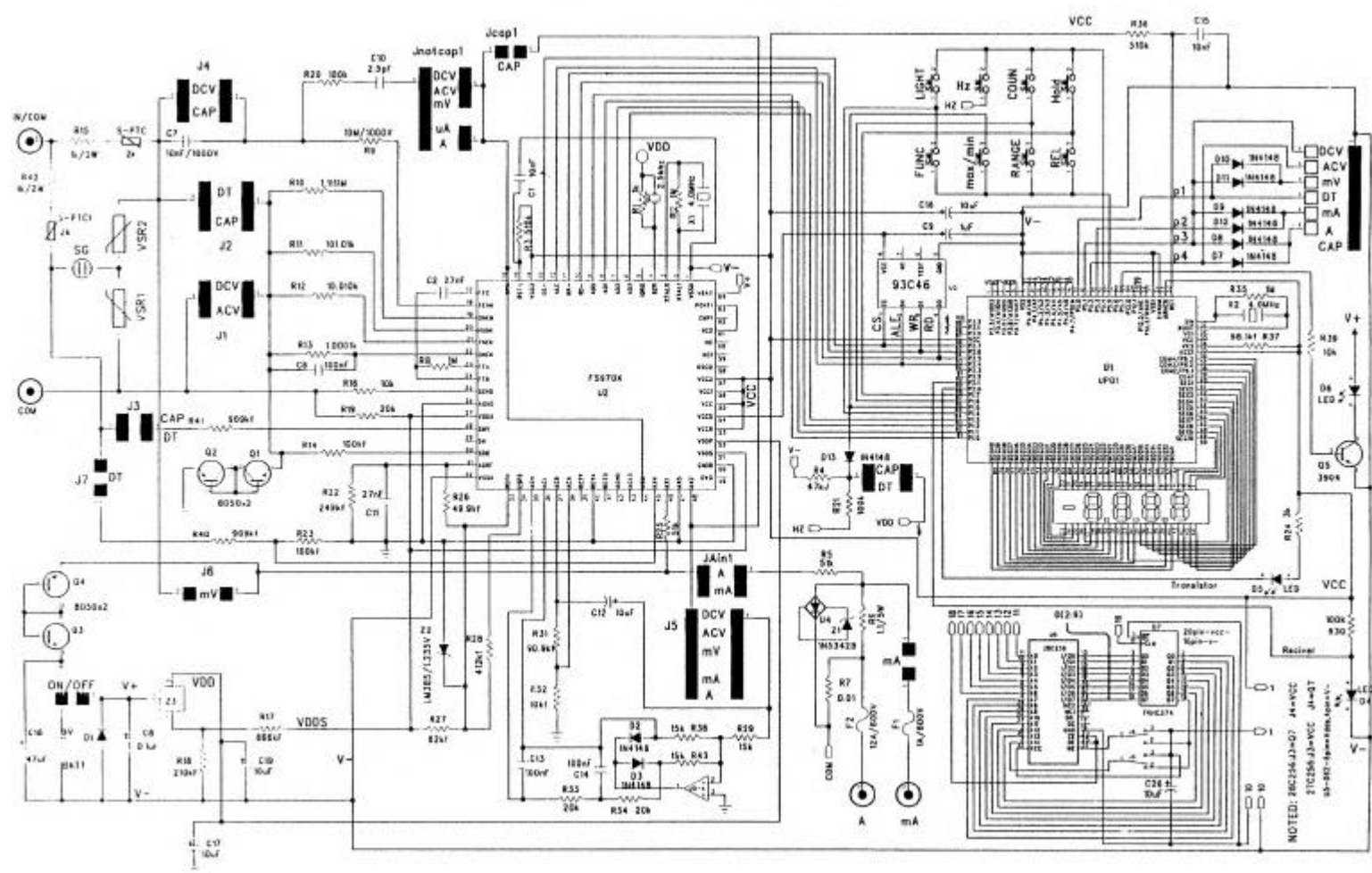


HY3010

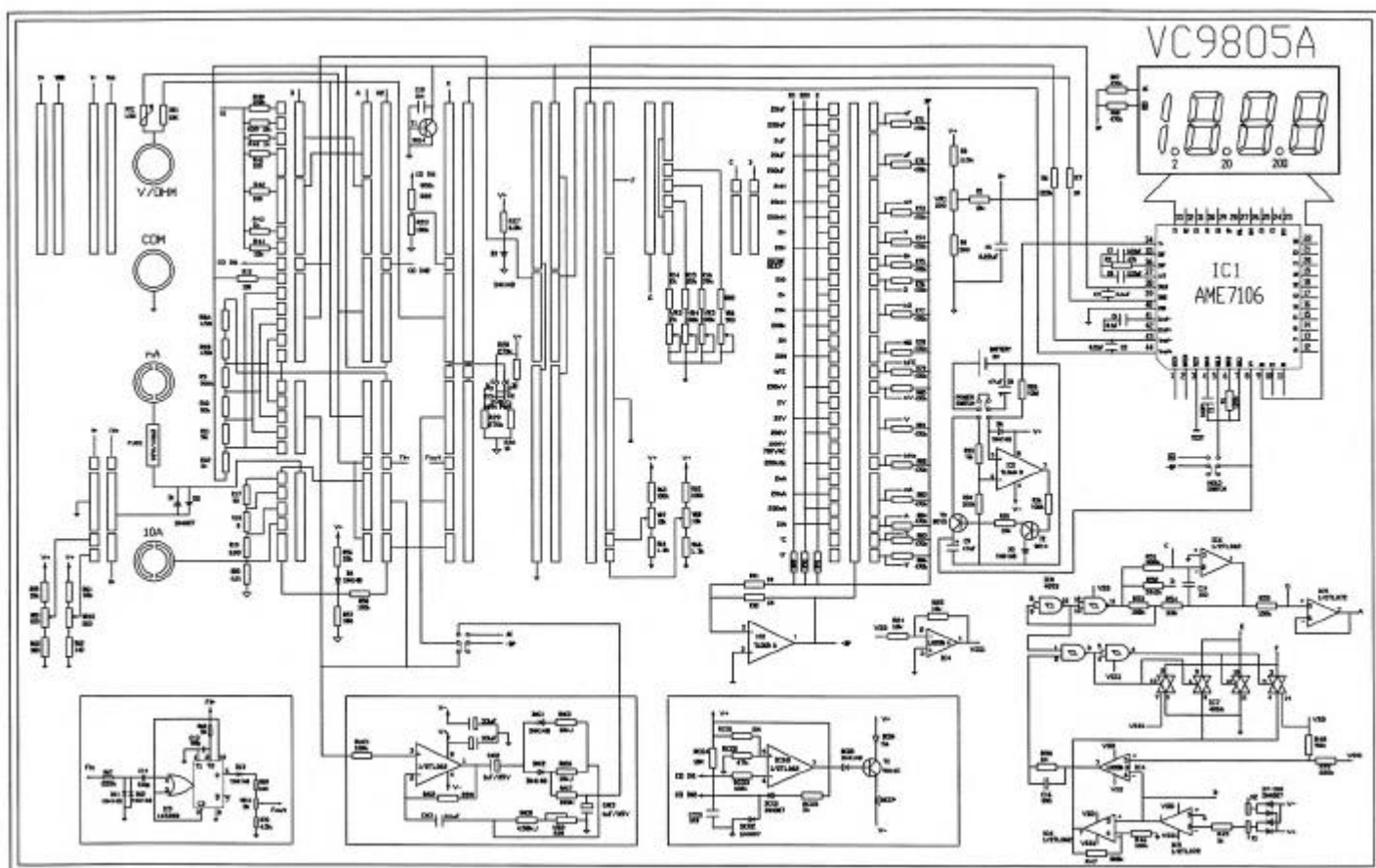


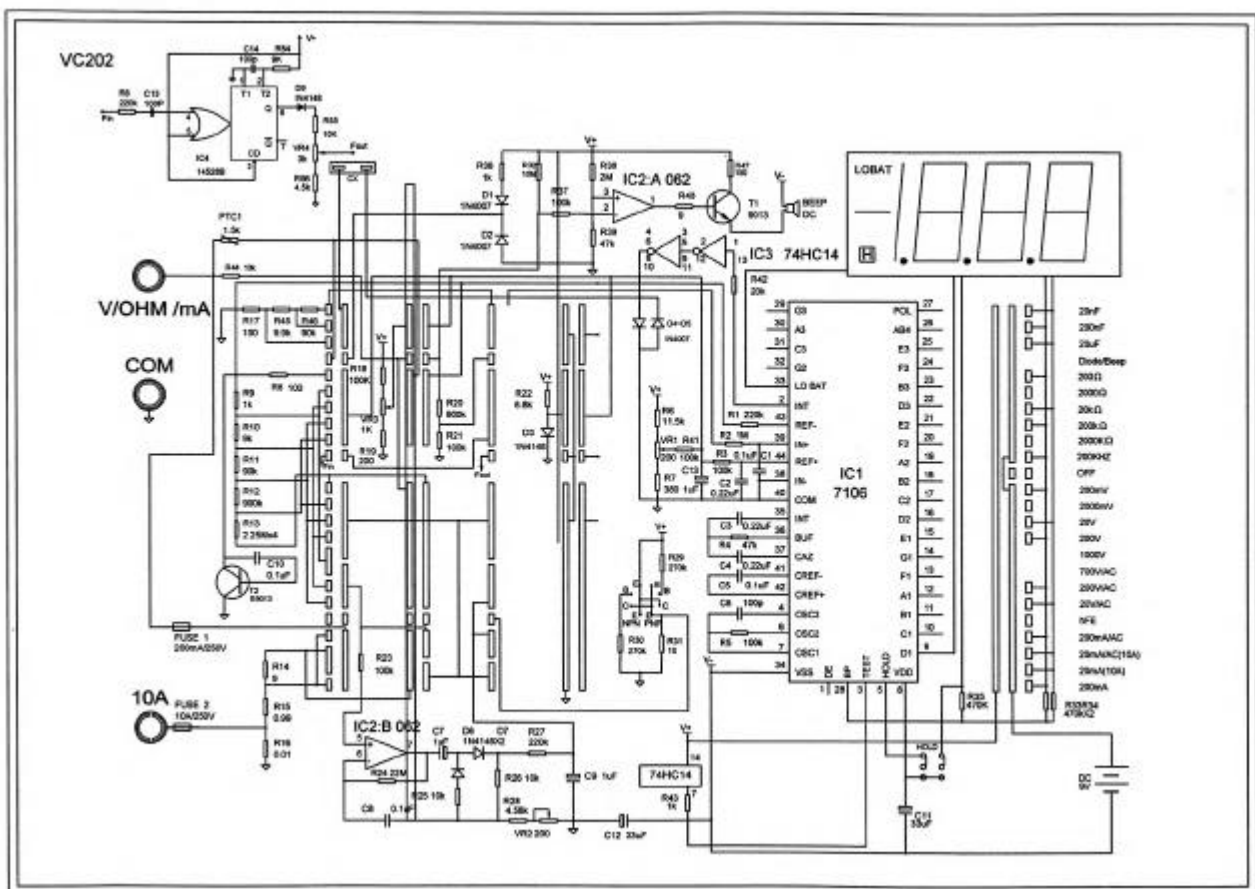


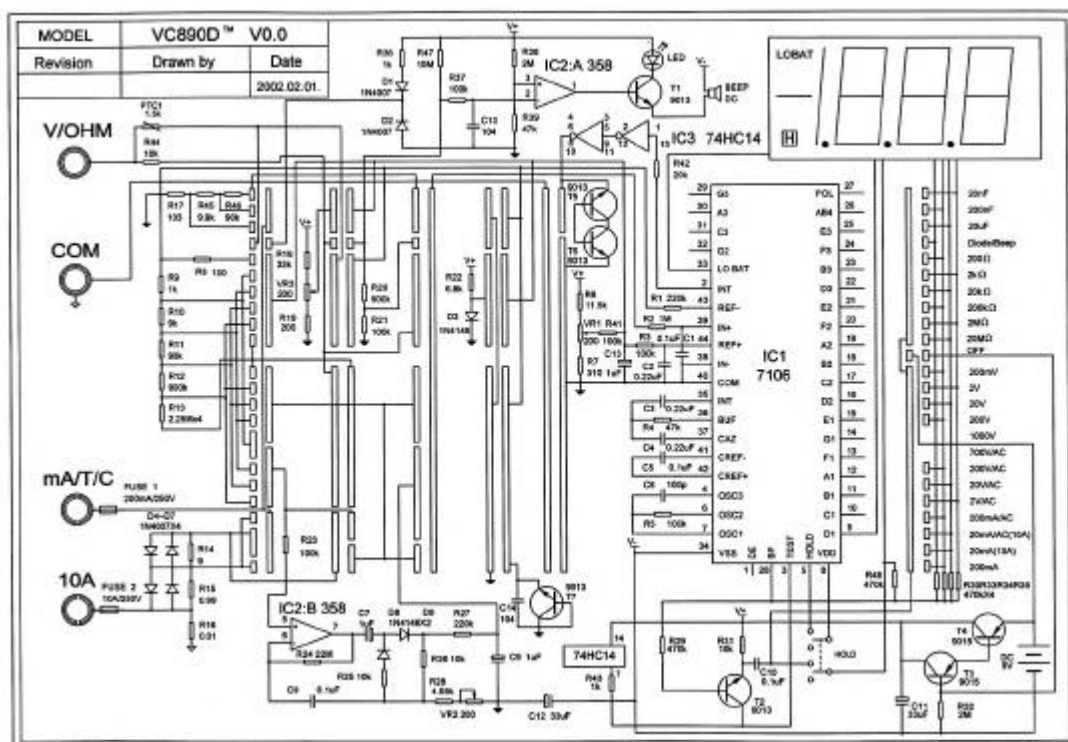


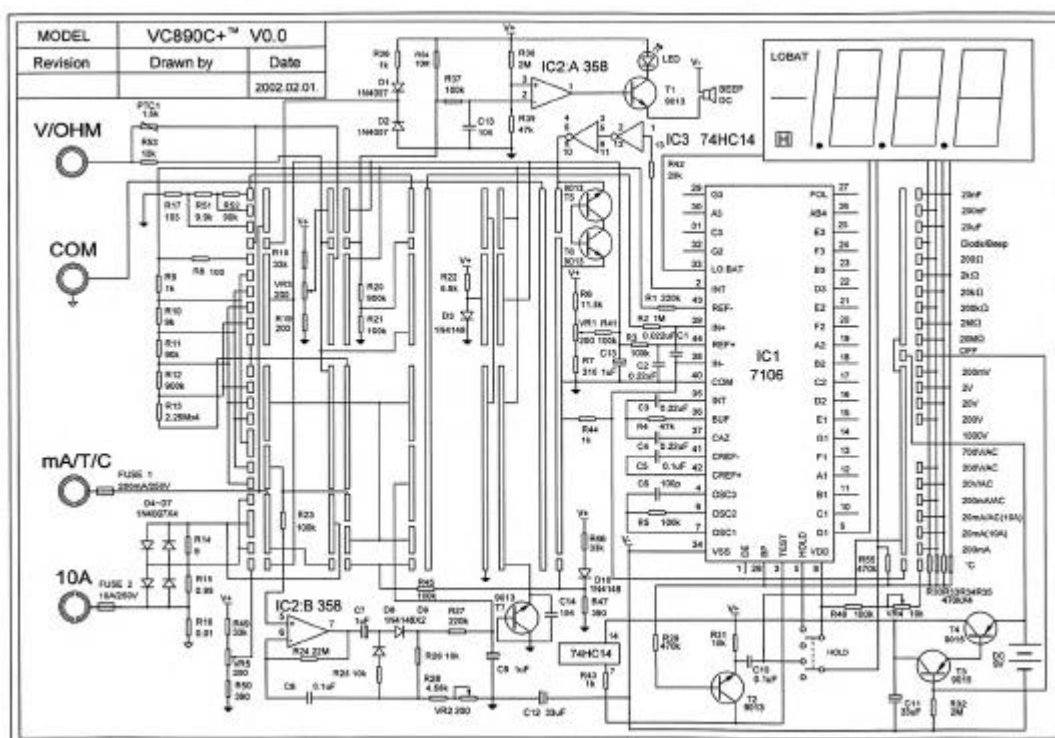


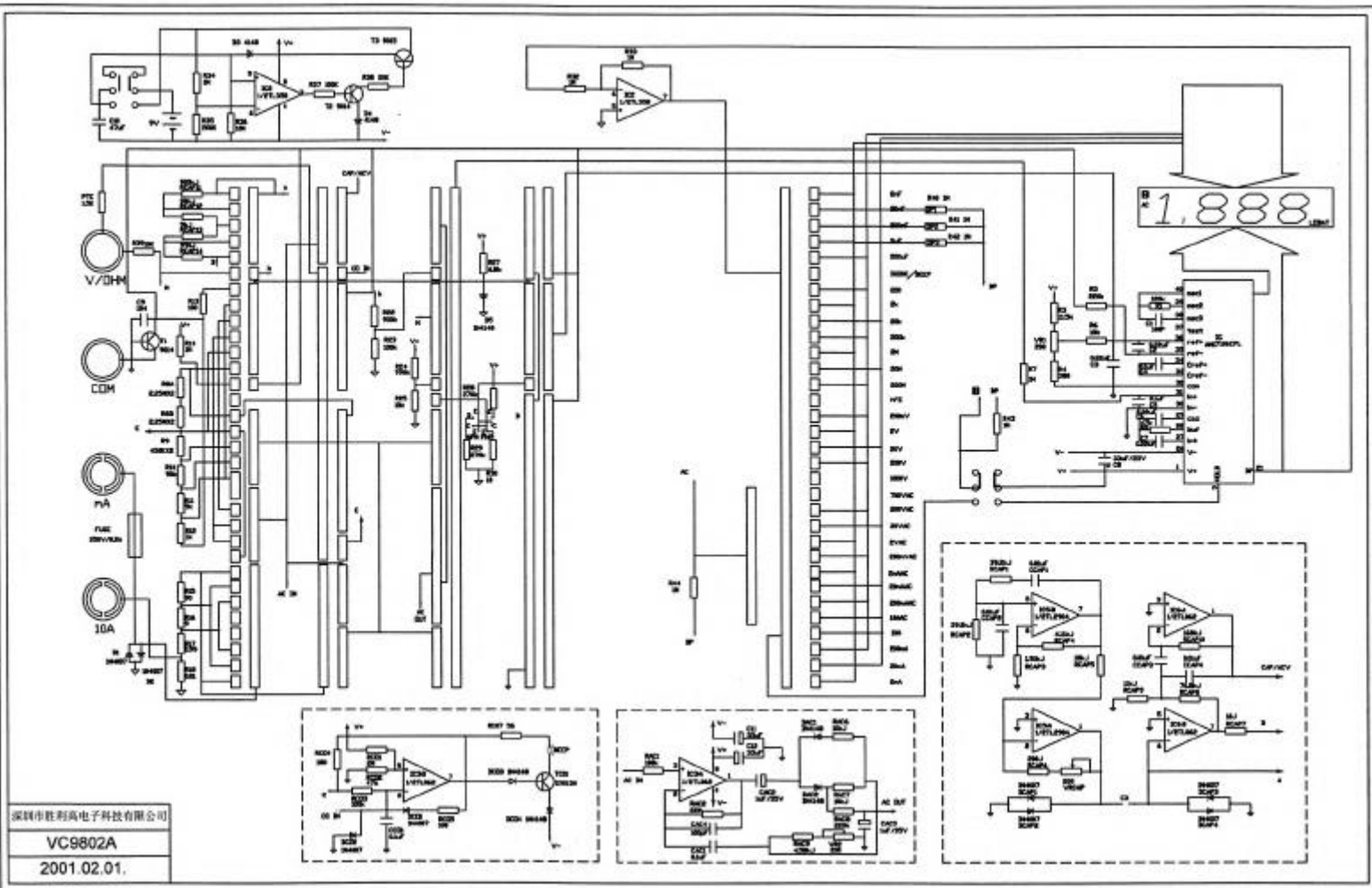
NOTED: 28C256 J3=07 A4=VCC
21C256 J3=VCC J4=07
55-807-01=8070001, 0001=

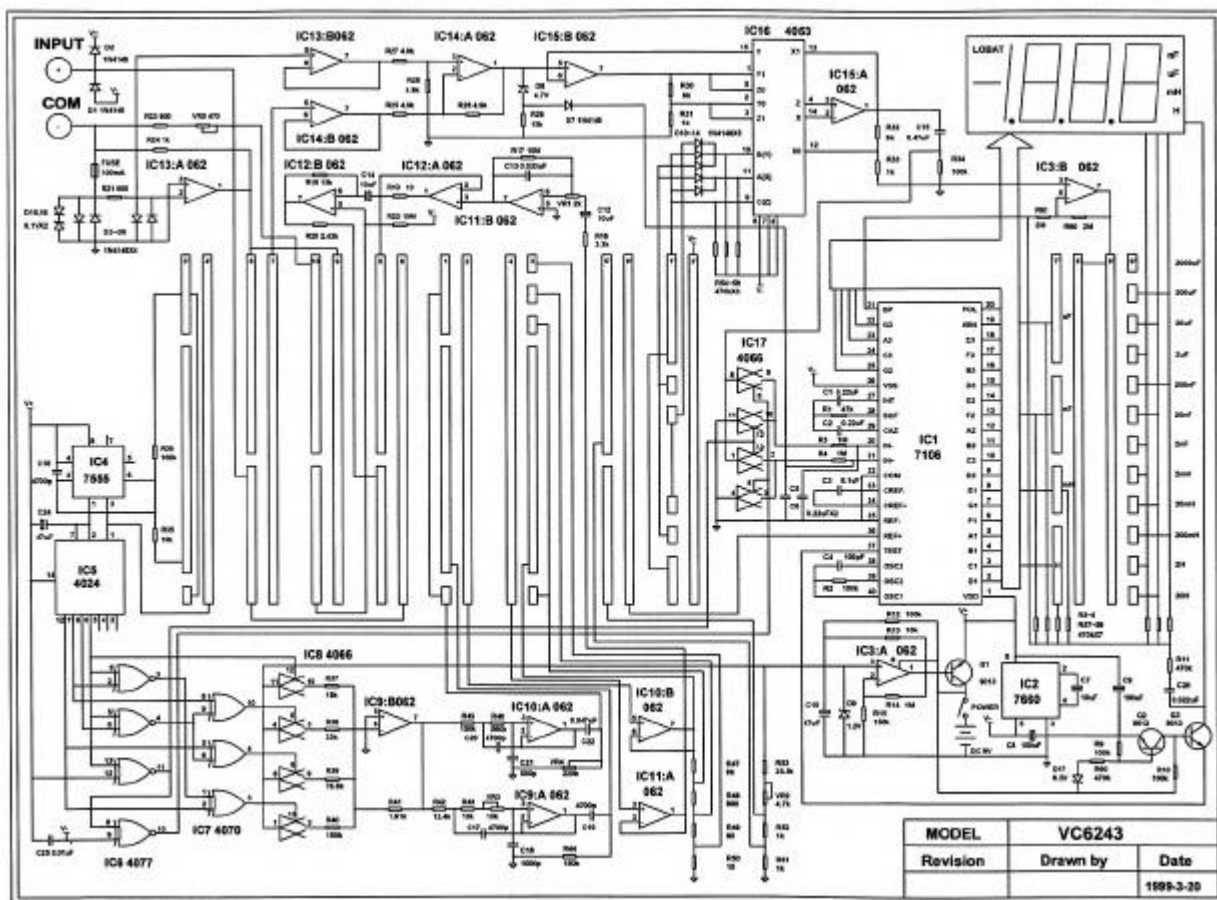


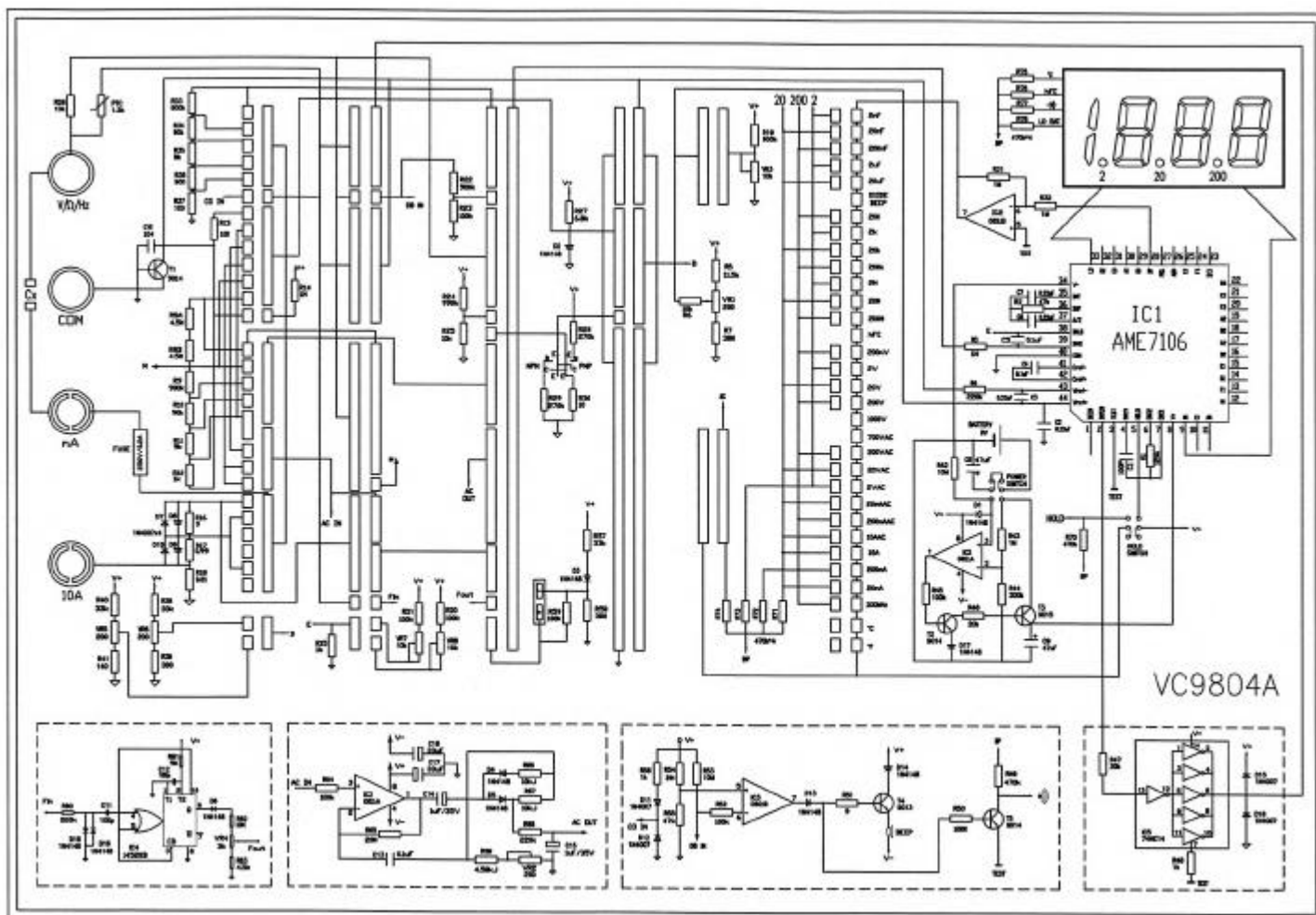


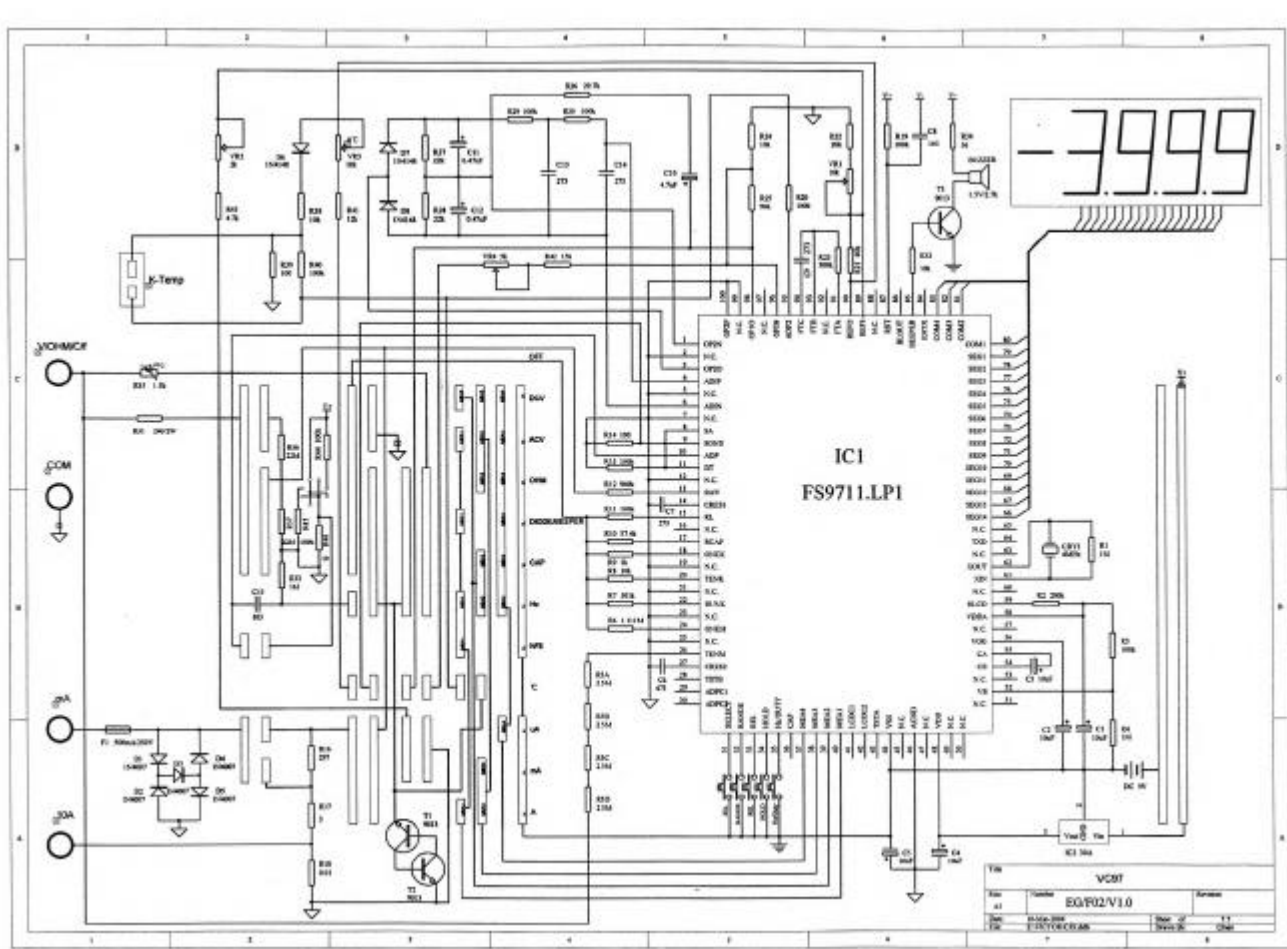




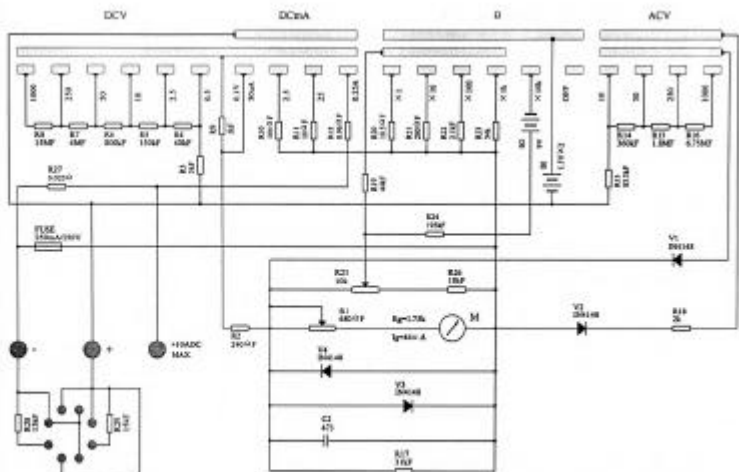




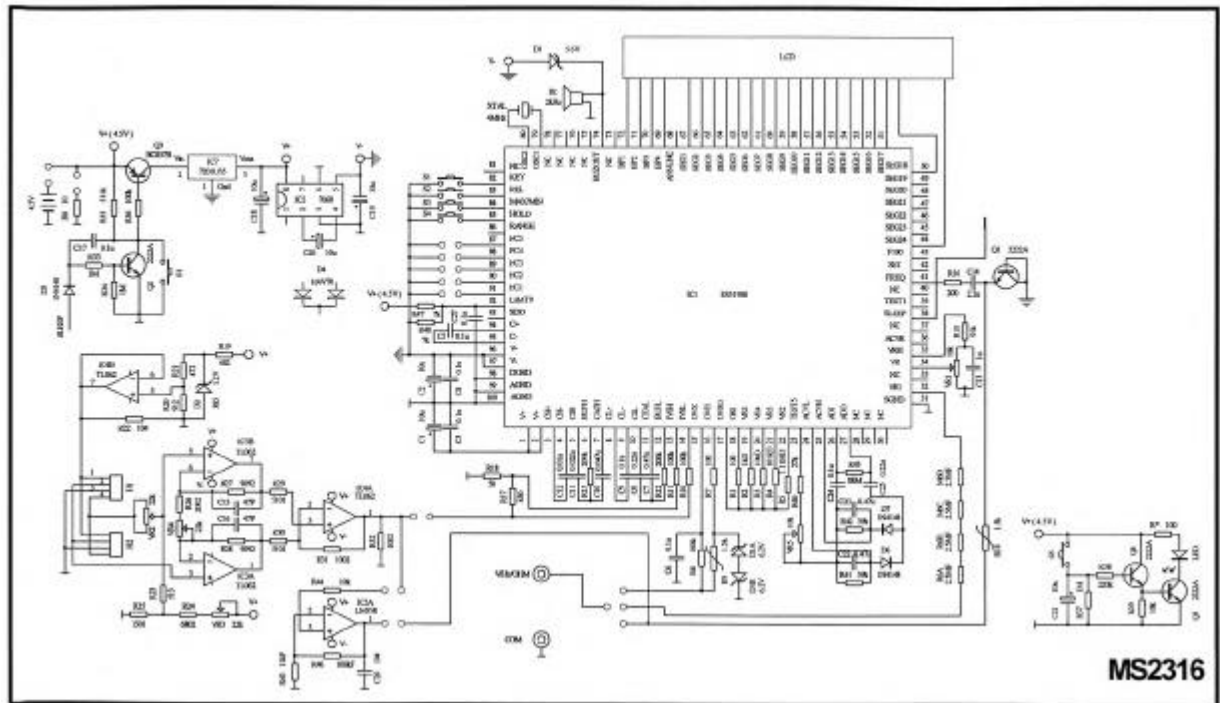




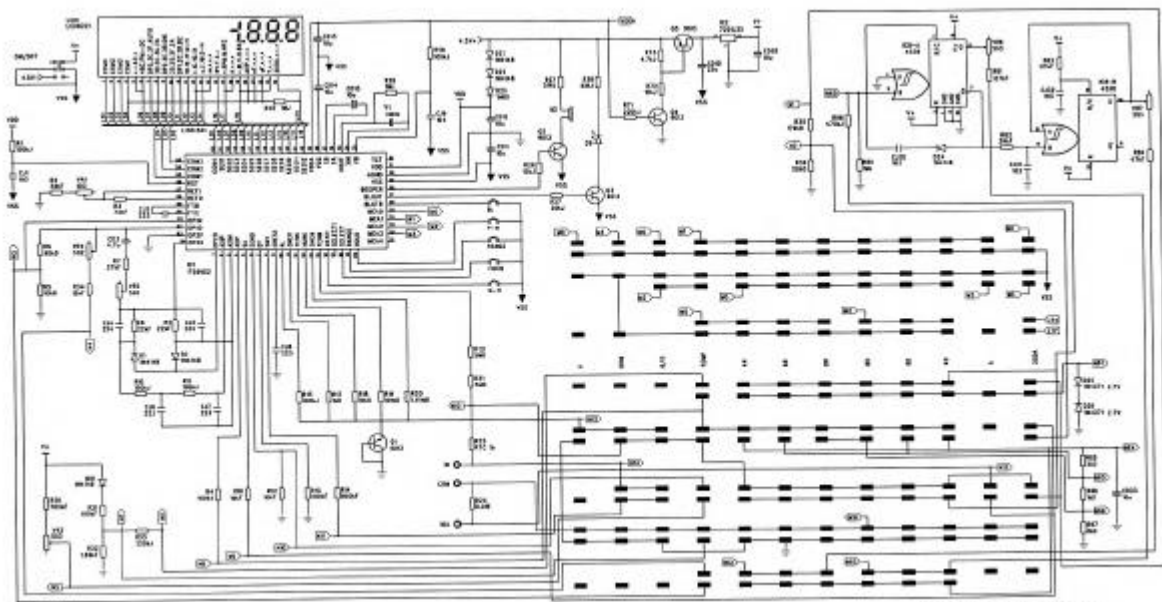
28	PC88	0.5A/250V
27	8N61	1mA/0.5A, Rev17801
26	82	8722 5V/1.1
25	80	100 3.0A/AA1 4.0V/1.2
24	V4	1A/0.48
23	V3	1A/0.48
22	V2	1A/0.48
21	V1	1A/0.48
20	C2	0.247 μ F/100V
19	T20	1.5A
18	R28	1.5A
17	R27	0.521 Ω
16	R26	2.7A
15	R25	1.5A
14	R24	1.5A
13	R23	1.5A
12	R22	1.5A
11	R21	200 Ω
10	R20	18.1 Ω
9	R19	40A
8	R18	20A
7	R17	2.7A
6	R16	6.71A
5	R15	1.5A
4	R14	20A
3	R13	81.5A
2	R12	0.96 Ω
1	R11	10.5A
0	R10	20A
-1	R9	10A
-2	R8	10A
-3	R7	10A
-4	R6	10A
-5	R5	10A
-6	R4	10A
-7	R3	10A
-8	R2	10A
-9	R1	10A
-10	R0	10A
-11	R-1	10A
-12	R-2	10A
-13	R-3	10A
-14	R-4	10A
-15	R-5	10A
-16	R-6	10A
-17	R-7	10A
-18	R-8	10A
-19	R-9	10A
-20	R-10	10A
-21	R-11	10A
-22	R-12	10A
-23	R-13	10A
-24	R-14	10A
-25	R-15	10A
-26	R-16	10A
-27	R-17	10A
-28	R-18	10A
-29	R-19	10A
-30	R-20	10A
-31	R-21	10A
-32	R-22	10A
-33	R-23	10A
-34	R-24	10A
-35	R-25	10A
-36	R-26	10A
-37	R-27	10A
-38	R-28	10A
-39	R-29	10A
-40	R-30	10A
-41	R-31	10A
-42	R-32	10A
-43	R-33	10A
-44	R-34	10A
-45	R-35	10A
-46	R-36	10A
-47	R-37	10A
-48	R-38	10A
-49	R-39	10A
-50	R-40	10A
-51	R-41	10A
-52	R-42	10A
-53	R-43	10A
-54	R-44	10A
-55	R-45	10A
-56	R-46	10A
-57	R-47	10A
-58	R-48	10A
-59	R-49	10A
-60	R-50	10A
-61	R-51	10A
-62	R-52	10A
-63	R-53	10A
-64	R-54	10A
-65	R-55	10A
-66	R-56	10A
-67	R-57	10A
-68	R-58	10A
-69	R-59	10A
-70	R-60	10A
-71	R-61	10A
-72	R-62	10A
-73	R-63	10A
-74	R-64	10A
-75	R-65	10A
-76	R-66	10A
-77	R-67	10A
-78	R-68	10A
-79	R-69	10A
-80	R-70	10A
-81	R-71	10A
-82	R-72	10A
-83	R-73	10A
-84	R-74	10A
-85	R-75	10A
-86	R-76	10A
-87	R-77	10A
-88	R-78	10A
-89	R-79	10A
-90	R-80	10A
-91	R-81	10A
-92	R-82	10A
-93	R-83	10A
-94	R-84	10A
-95	R-85	10A
-96	R-86	10A
-97	R-87	10A
-98	R-88	10A
-99	R-89	10A
-100	R-90	10A



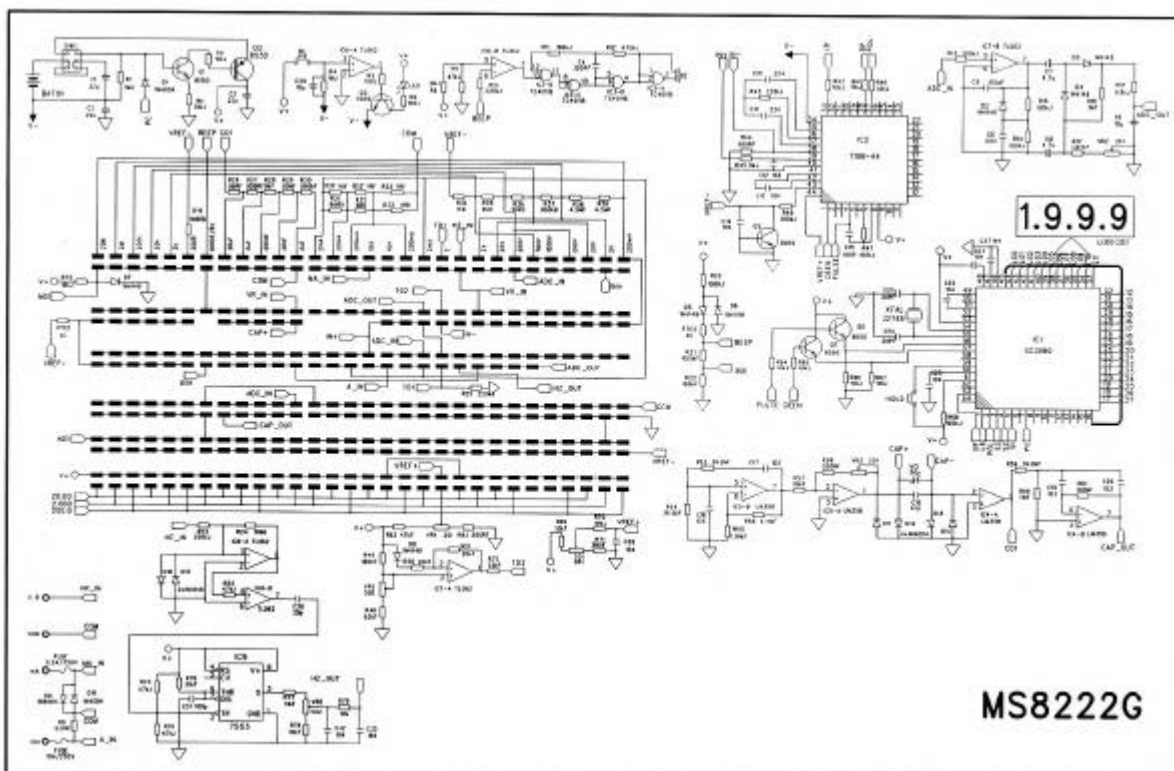
YX-360B PRINCIPLE DIAG



MS2316



MS6231 PRINCIPLE DIAGRAM



Приложение

Жидкокристаллические дисплеи для цифровых мультиметров фирмы Crystaloid

SX-0162, SX-0825



Вывод	Назначение	Вывод	Назначение	Вывод	Назначение	Вывод	Назначение
1	COM	11	C3	21	A1	31	F3
2	MINUS	12	DP2	22	F1	32	G3
3	B, C4	13	E2	23	G1	33	----
4	----	14	D2	24	B2	34	----
5	----	15	C2	25	A2	35	----
6	----	16	DP1	26	F2	36	----
7	----	17	E1	27	G2	37	----
8	DP3	18	D1	28	COLON	38	LOBAT
9	E3	19	C1	29	B3	39	PLUS
10	D3	20	B1	30	A3	40	COM

SX-0481



Вывод	Назначение	Вывод	Назначение	Вывод	Назначение	Вывод	Назначение
1	COM	9	E3	17	F2	25	A1
2	PLUS	10	----	18	E2	26	F1
3	MINUS	11	D3	19	----	27	E1
4	DP4	12	C3	20	D2	28	----
5	B, C4	13	G3	21	C2	29	D1
6	DP3	14	B3	22	G2	30	C1
7	A3	15	DP2	23	B2	31	G1
8	F3	16	A2	24	DP1	32	B1

Современные цифровые мультиметры

SX-0653, 0654



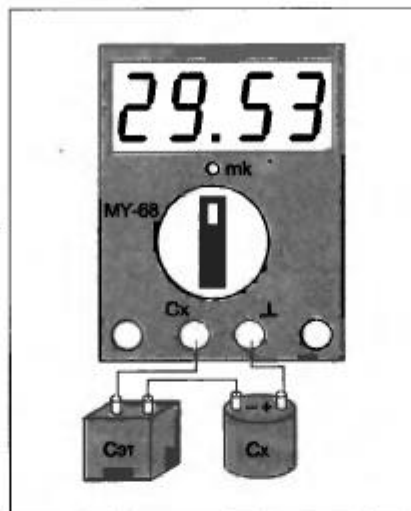
Вывод	Назначение	Вывод	Назначение	Вывод	Назначение	Вывод	Назначение
1	COM	8	E2	15	B1	22	G2
2	B, C4	9	D2	16	A1	23	B3
3	DP3	10	C2	17	F1	24	A3
4	E3	11	DP1	18	G1	25	F3
5	D3	12	E1	19	B2	26	G3
6	C3	13	D1	20	A2	27	MINUS
7	DP2	14	C1	21	F2	28	PLUS

М.Киреев

Измерение больших емкостей конденсаторов цифровым мультиметром «Mastech MY-68»

В настоящее время в арсенале мастера место аналогового мультиметра занимает цифровой.

Достоинства цифровых приборов достаточно хорошо известны. С помощью цифровых мультиметров можно измерять частоту, температуру, электрическую емкость конденсаторов. Однако даже у современных приборов верхний предел измерения емкости ограничен несколькими десятками микрофарад. У прибора MY-68 он равен 30 мкФ $\pm 1\%$. Этого явно недостаточно, так как на практике приходится проверять конденсаторы емкостью до нескольких тысяч микрофарад. С этой целью автор предлагает использовать методику, суть которой заключается в следующем. Реальная емкость проверяемого конденсатора C_x вычисляется на основании измеренной суммарной емкости последовательно включенных конденсаторов — эталонного $C_{эт}$ и измеряемого C_x (см. рисунок). Значение эталонной емкости выбрано равным верхнему пределу измерения



довательно включенных конденсаторов — эталонного $C_{эт}$ и измеряемого C_x (см. рисунок). Значение эталонной емкости выбрано равным верхнему пределу измерения

мультиметра MY-68. Известно, что суммарная емкость последовательно включенных конденсаторов

$$C_{\text{сум}} = C_{\text{эт}} C_x / (C_{\text{эт}} + C_x).$$

После преобразований относительно C_x получим:

$$C_x = C_{\text{MY-68}} C_{\text{эт}} / (C_{\text{MY-68}} - C_{\text{эт}}),$$

где $C_{\text{MY-68}}$ — результат измерения суммарной емкости на экране дисплея.

Следует помнить, что знаменатель берется по абсолютному значению.

Для примера, определим реальную емкость конденсатора, номинальное значение которой, указанное на корпусе, составляет 2200 мкФ. Положим, что показание мультиметра составило 29,53 мкФ. Тогда реальное значение емкости конденсатора

$$C_x = 29,53 \cdot 30 / (29,53 - 30) = 1884,9 \text{ мкФ.}$$

В.Боравский

Вольтметр универсальный В7-26.

Устройство, принцип работы и характерные неисправности

В7-26 — малогабаритный вольтметр отечественного производства, предназначенный для измерения постоянного и переменного синусоидального напряжений, а также сопротивления постоянному току в лабораторных и производственных условиях. Структурная схема вольтметра изображена на рис. 1, принципиальная — на рис. 2.

Вольтметр состоит из следующих основных частей: высокочастотного делителя ДН-519, делителя постоянного и переменного (НЧ) напряжений ДН-518, детектора, усилителя постоянного тока (УПТ), высокоомного делителя, добавочных резисторов, измерительного прибора — микроамперметра, источника питания (ИП).

Принцип действия прибора.

Измеряемый сигнал постоянного то-

ка непосредственно или через делитель ДН-518 поступает на высокоомный делитель и далее на вход УПТ. Сигнал переменного тока непосредственно или через делитель ДН-519 (ДН-518) поступает на детектор и далее через высокоомный делитель на УПТ. На всех поддиапазонах, кроме поддиапазона 0,3 В, уровень сигнала на входе УПТ при полном отклонении указателя измерительного прибора составляет 1 В. УПТ охвачен глубокой отрицательной обратной связью (ее глубина не менее 10^3).

На выходе УПТ включен измерительный прибор с добавочными резисторами R37-R48, подключаемыми в соответствии с установленным поддиапазоном. Источник питания состоит из трансформатора, выпрямителей и стабилизатора. Он служит для питания УПТ и подогре-

вателей диода в детекторе, используется в качестве источника измерительного напряжения для омметра, а также для компенсации падения напряжения на входном делителе, создаваемого начальным током диода. Высокочастотный делитель ДН-519 является емкостным, а делитель ДН-518 выполнен на резисторах R2-R8, переменный резистор R8 служит для регулировки коэффициента деления.

Амплитудный детектор выполнен по схеме с закрытым входом на диод-нувисторе Л1 (6Д24Н). Выпрямленное детектором напряжение поступает через делитель R12-R17, R20-R28 на вход УПТ. Высокочастотная составляющая измеряемого напряжения отфильтровывается фильтром R1C4, а низкочастотная — фильтром R1C7. Высокоомный делитель на входе УПТ (R12-R17, R20-

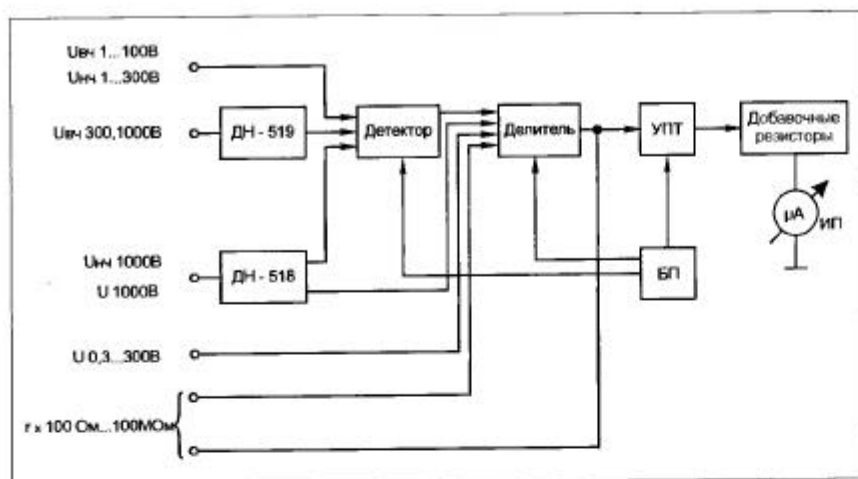


Рис. 1

R28) имеет общее сопротивление 30 МОм и коэффициенты деления 3,16; 10; 31,6; 100; 316. Он служит для формирования поддиапазонов омметра, образуя образцовые резисторы сопротивлением от 100 Ом до 10 МОм.

Усилитель постоянного тока реализован на микросхемах 1 и 2. Микросхема 1 представляет собой согласованную пару полевых транзисторов, включенных по схеме истокового повторителя, и обеспечивает высокое входное сопротивление усилителя.

Микросхема 2 является операционным усилителем постоянного тока с дифференциальным входом. Для установки баланса УПТ служит переменный резистор R36.

Вход УПТ (выв. 8 и 6 микросхемы 1) защищен от перегрузок диодами VD1 и VD2. Питание микросхем осуществляется стабилизированным (стабилитронами VD9 и VD10) напряжением постоянного тока 6,3 В, поступающим от выпрямителей на диодах VD4 и VD5. К выходу УПТ (выв. 5 и 4 микросхемы 2) подсоединен микроамперметр, защищенный от перегрузок стабилитронами VD7 и VD8. Выходные клеммы Кл5, Кл6 предусмотрены для автоматизации контроля прибора при его выпуске. Напряжение на них при полном отклонении указателя прибора составляет 100 мВ.

Упрощенная схема омметра приведена на рис. 3. Измеряемое сопротивление R_x образует вместе с образцовым резистором R_0 делитель напряжения. Измерительное

напряжение омметра +1 В снимается с резистора R12, который вместе с резистором R30 является делителем выходного напряжения стабилизатора подогревателей вакуумного диода.

Нуль омметра устанавливается при замкнутых накоротко входных клеммах. При отсутствии измеряемого сопротивления ($R_x = \infty$) указатель измерительного прибора отклоняется на всю шкалу. Точная установка указателя на конец шкалы производится переменным резистором R44.

Конструктивно вольтметр выполнен в виде настольного переносного прибора. Каркас прибора состоит из передней и задней рам, соединенных стяжками. На задней раме закреплена откидывающаяся печатная плата Я669 с элементами схемы. На передней панели прибора расположены: измерительный прибор; ручка переключения рода работ; ручка переключения поддиапазонов измерения; входные клеммы U, *, r_x ; ручка установки нуля при измерении постоянного напряжения и сопротивления постоянному току $\rightarrow 0 \leftarrow \Omega$; ручка установки нуля при измерении переменного напряжения $\rightarrow 0 \leftarrow 1V \leftarrow$; ручка установки бесконечности при измерении сопротивления постоянному току $\rightarrow \infty \leftarrow \Omega$; гнездо пробника; индикатор включения прибора; тумблер включения напряжения СЕТЬ; шнур пробника.

На откидывающейся печатной плате смонтированы УПТ, стабилизатор питания подогревателей, вы-

прямитель для питания УПТ, образцовые резисторы входного делителя и переменные резисторы для регулирования его коэффициента деления.

На заднюю стенку выведены шнур питания, держатель предохранителя, выходные клеммы $\leftrightarrow$ и клемма заземления. На каркасе с левой стороны прибора расположены переменные резисторы для регулировки поддиапазонов измерения, а с правой стороны закреплен трансформатор. Ремонтные и регулировочные работы производятся при снятом кожухе. Для обеспечения высокой резонансной частоты детектора последний выполнен в виде выносного пробника. При измерении высокочастотного напряжения на пробник предварительно надевается колпачок. При измерении низкочастотного напряжения (через входные клеммы U, *) высокочастотный колпачок снимается и пробник устанавливается в гнездо Гн1 (см. рис. 2).

Делитель ВЧ напряжения ДН-519 имеет цилиндрическую форму и размеры, позволяющие надевать его непосредственно на пробник. Делитель постоянного и НЧ напряжений ДН-518 выполнен в виде щупа.

Характерные неисправности вольтметра и методы их устранения

При вскрытии прибора для ремонта и регулировки необходимо соблюдать меры предосторожности, так как на выв. 1 и 2 трансформатора, а также на предохранителе и тумблере включения сети имеется напряжение 220 В. В табл. 1 приводится перечень возможных неисправностей и методы их устранения.

Следует отметить, что все элементы электрической схемы прибора можно заменять в соответствии с прилагаемой к прибору спецификацией. При замене некоторых элементов требуется дополнительная регулировка прибора. При замене элементов детектора проверяется основная погрешность на всех поддиапазонах при положении переключателя рода работ $\rightarrow$ (при необходимости производится регулировка переменными резисторами R39-R43).

При замене элементов усилителя проверяют установку нуля при-

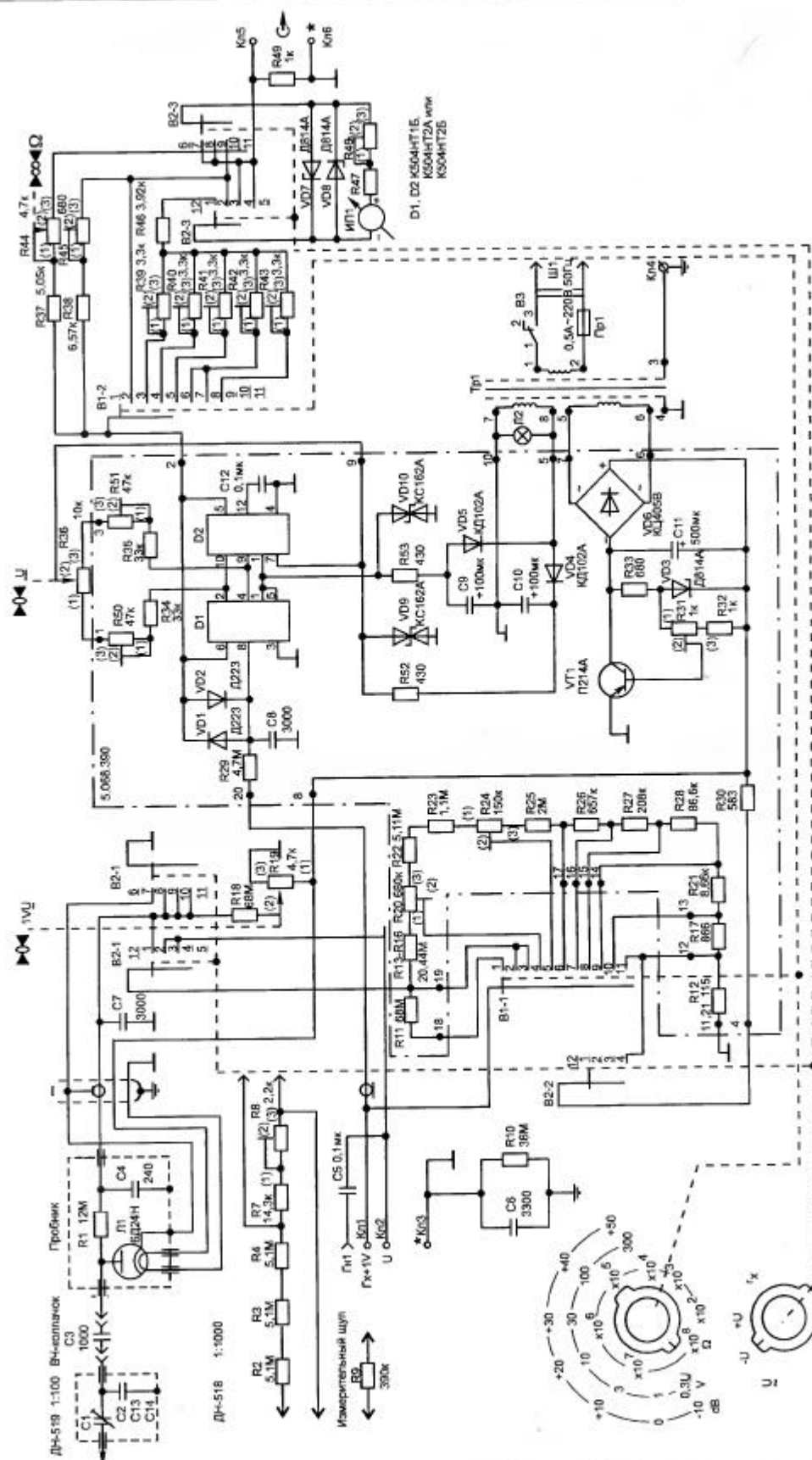


Таблица 1

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина неисправности	Метод устранения неисправности
При включении прибора индикаторная лампочка не светится	Перегорел предохранитель Перегорела индикаторная лампочка	Заменить предохранитель Снять кожух прибора и заменить лампочку
При включении вольтметра указатель измерительного прибора зашкаливает или не отклоняется от нулевой отметки при повороте ручки установки нуля $\rightarrow 0 \leftarrow \Omega$	Вышла из строя микросхема 1 или 2 Вышел из строя выпрямитель питания микросхемы	Заменить микросхему Заменить неисправный элемент выпрямителя
В положении переключателя рода работ не удается установить нуль на шкале $-1V$ ручкой установки нуля $\rightarrow \infty \leftarrow TVU$	Вышел из строя диод Л1 Не подается компенсационное напряжение	Заменить неисправный диод и произвести калибровку прибора на поддиапазонах 1, 3, 10, 30, 100 и 300 В переменными резисторами R39-R43 соответственно при помощи установки для проверки электронных вольтметров В1-8 Заменить неисправный элемент в цепи компенсации

Таблица 2

Номер позиции на рис. 2	Измеряемый параметр	Значение параметра, В	Примечание
Л1	Напряжение подогревателей (выв. 8 платы Я669)	$6 \pm 0,15$	Напряжение измерено относительно клеммы * (Кл. 3)
УП1	Напряжение на коллекторе Напряжение на эмиттере	$-9,5 \pm 1,5$ 0	Напряжения измерены относительно клеммы * (Кл. 3)
Микросхема 1	Напряжение на выв. 2 и 4 Напряжение на выв. 1 и 5	$-1 \pm 0,5$ $-6,3 \pm 0,7$	Напряжения измерены относительно выв. 3
Микросхема 2	Напряжение на выв. 7 Напряжение на выв. 1	$6,3 \pm 0,7$ $-6,3 \pm 0,7$	Напряжения измерены относительно выв. 4

Таблица 3

Номер обмотки	Диаметр провода, мм		Число витков	Напряжение под нагрузкой, В	Напряжение холостого хода, В	Номера выводов	Порядок намотки обмоток трансформатора
	без изоляции	с изоляцией					
I	0,14	0,17	3320	220	—	1-2	1
II	0,315	0,365	215	$12,6 \pm 1,3$	$14,1 \pm 1,5$	5-6	4
III	0,18	0,22	135	$8 \pm 0,8$	$8,8 \pm 0,9$	7-8	5
Э1	Фольга М1 0,05 27x150					3	2
Э2	Фольга М1 0,05 27x155					4	3

бора при положении переключателя рода работ $+U$ или $-U$ на поддиапазоне 0,3 В (при необходимости производят регулировку переменными резисторами R36, R50 и R51).

При замене элементов делителя R12-R17 и R20-R28 необходимо проверить основную погрешность прибора на поддиапазонах 3 и 10 В (при положении переключателя рода работ $+U$ или $-U$). При необходимости производится регулировка переменными резисторами R20 и R24 соответственно. При замене микроамперметра проверяется основная погрешность прибора на поддиапазоне 0,3 В при положении

переключателя рода работ $+U$ или $-U$ (при необходимости производится регулировка переменным резистором R48).

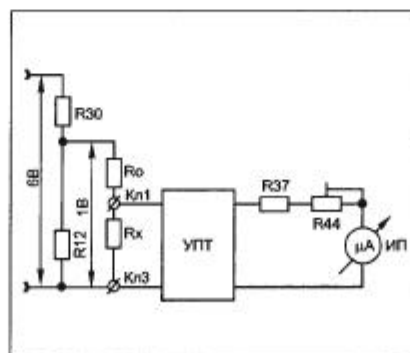


Рис. 3

При замене элементов полупроводникового стабилизатора переменным резистором R31 устанавливается напряжение $6 \pm 0,15$ В между общим проводом и выв. 8 платы Я669.

При замене элементов цепи питания микросхем проверяется напряжение между выв. 1 и 4, 7 и 4 микросхемы 2. Напряжение должно составлять $6,3 \pm 0,7$ В. В табл. 2 приведены режимы электровакуумных, полупроводниковых приборов и микросхем.

При смене и изготовлении силового трансформатора Тр1 следует руководствоваться данными, приведенными в табл. 3. ■

Измерение эффективных значений токовыми клещами M266

В данной статье предлагается простой способ доработки недорогих токовых клещей M266C для измерения эффективного значения переменного тока и напряжения, т. е. для выполнения функций, которые обычно присутствуют только в относительно дорогих измерительных приборах.

В процессе разработки и настройки тиристорных регуляторов мощности возникает необходимость измерения эффективного значения напряжения и тока в нагрузке. Для этого служат токовые клещи и мультиметры с символикой TRUE

внутренний опорный источник АЦП прибора.

Диоды VD1, VD2 служат для защиты входа микросхемы от перегрузки. Емкости усредняющего и фильтрующего конденсаторов выбраны согласно рекомендациям изготовителя мик-

кшей, в которых выпрямитель собран по схеме, приведенной на рис. 1 или аналогичной. Также необходим источник питания +2,8 В и -6 В (микросхема АЦП 7106).

Принципиальные схемы большого числа токовых клещей и мультиметров можно найти в Интернете, например на сайте www.rlocman.com.ru.

ЛИТЕРАТУРА:

1. С. Бирюков. Преобразователь переменного напряжения в эффективное значение AD736. — Схемотехника, 2003, № 4, с. 51—55.

1. С. Бирюков. Приставка к цифровому мультиметру для измерения эффективного напряжения. — Схемотехника, 2003, № 4, с. 18, 19.

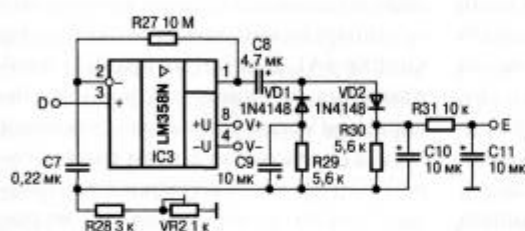


Рис. 1

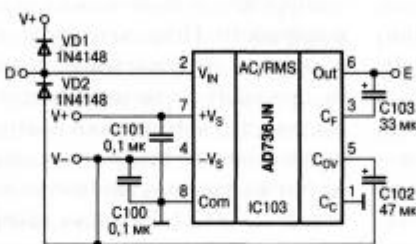


Рис. 2

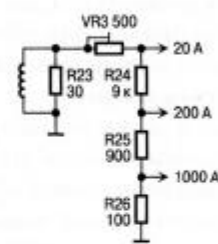


Рис. 3

RMS, измеряющие истинное среднеквадратичное значение. Стоимость таких приборов существенно выше, чем у обычных.

Серия M266 является популярной недорогой серией токовых клещей.

Они предназначены для измерения следующих величин:

- постоянного и переменного напряжения;
- переменного тока;
- сопротивления;
- температуры,

а также для проверки диодов.

Модернизация измерительного прибора серии M266 заключается в замене штатного выпрямителя переменного напряжения. Схема исходного узла выпрямителя показана на рис. 1.

Схема модернизированного узла выпрямителя, позволяющего измерять эффективное значение напряжения несинусоидальной формы, приведена на рис. 2.

Новый выпрямительный узел построен на основе микросхемы AD736JN, которая является преобразователем переменного напряжения произвольной формы в постоянное с тем же эффективным значением. Эта микросхема была подробно описана в [1, 2]. Низкое потребление микросхемы AD736JN позволяет в качестве источника питания выпрямителя использо-

вать внутренний опорный источник АЦП прибора.

Доработка производится в следующем порядке. Из

печатной платы прибора надо аккуратно выпаять все элементы штатного выпрямителя. Навесным монтажом (где это возможно, использовать контактные площадки удаленных элементов) собрать новый выпрямитель. При монтаже необходимо использовать заземленный изолированный от сети паяльник.

Далее необходимо произвести подстройку показаний в режиме измерения тока по эталонному прибору резистором VR3. Узел преобразования тока в напряжение показан рис. 3.

Данный способ подходит для переделки любых мультиметров и токовых

www.radiodvd.jino-net.ru

Электронные книги и журналы для радиолюбителей и ремонта электроники и аппаратуры!!!

Чтобы сэкономить время и избавить Вас от рутинной работы по поиску необходимых компонентов и изготовлению печатных плат «Мастер КИТ» предлагает наборы NM2035, NM2036, NM2037 и NM2038. Каждый набор состоит из печатной платы, всех необходимых компонентов и инструкции по сборке и эксплуатации.

Более подробно ознакомиться с ассортиментом нашей продукции можно с помощью каталога «МАСТЕР КИТ» и на сайте www.masterkit.ru, где представлено много полезной информации по электронным наборам и модулям МАСТЕР КИТ, приведены адреса магазинов, где их можно купить.

На сайте «Мастер КИТ» работает конференция и электронная подписка на рассылку новостей, в разделе «КИТы в журналах» предложены радиотехнические статьи, а также много интересной информации для специалистов и радиолюбителей.

Наш ассортимент постоянно расширяется и дополняется новинками, созданными с использованием новейших достижений современной электроники.

Наборы и модули МАСТЕР КИТ и журналы «Схемотехника» можно купить в магазинах радиодеталей вашего города.

Преобразователь переменного напряжения в эффективное значение AD736

В статье описывается микросхема для преобразования переменного напряжения произвольной формы в его эффективное значение. Микросхема может использоваться в различных измерительных приборах, в стабилизаторах мощности и в других случаях.

Микросхема AD736 фирмы Analog Devices является точным монолитным преобразователем переменного напряжения в эффективное значение с низким потреблением. При производстве микросхемы проводится лазерная подгонка, обеспечивающая базовую точность $\pm(0,3\% + 0,3\text{ мВ})$ при синусоидальном входном сигнале. Тем не менее микросхема обеспечивает высокую точность для различных форм входного сигнала, включая импульсные последовательности произвольной скважности и выходное напряжение тиристорных регуляторов с фазовым управлением. Относительно невысокая стоимость и малые размеры позволяют использовать эту микросхему для модернизации измерительных приборов.

Эта микросхема определяет эффективное значение как переменного, так и постоянного напряжения или постоянно с любой амплитудой наложенных пульсаций. При необходимости, однако, можно измерять эффективное значение только переменной составляющей, добавив всего один конденсатор.

Высокая точность преобразования достигается при коэффициенте амплитуды K_A (отношении амплитудного значения напряжения к эффективному) в диапазоне 1...3 [1], при $K_A = 5$ дополнительная ошибка может достигать 2,5 % при работе с верхним пределом 200 мВ.

Микросхема имеет выходной буферный усилитель, что обеспечивает большую гибкость при ее использовании. Она потребляет ток не более 200 мкА и оптимизирована для применения в портативных мультиметрах.

Возможны два варианта подачи входного сигнала на микросхему. При использовании высокоомного входа входное сопротивление составляет более 10^{12} Ом , низкоомного — 8 кОм, однако низкоомный вход позволяет подавать входное напряжение большей амплитуды. Эти два входа могут исполь-

зоваться для дифференциальной подачи сигнала.

Частотный диапазон преобразуемого сигнала при эффективном напряжении 20...200 мВ и ошибке в 1 % превышает 10 кГц.

Микросхемы выпускаются в четырех вариантах — AD736J, AD736K (0...70 °C); AD736A, AD736B (-40...+85 °C), при этом AD736K и AD736B имеют лучшие параметры.

Микросхемы для диапазона 0...70 °C оформляются в пластмассовых корпусах Mini-DIP N-8 (AD736JN, AD736KN) и корпусах для поверхностного монтажа SOIC RN-8 (AD736JR, AD736KR), для расширенного диапазона -40...+85 °C — в керамических Cerdip Q-8 (AD736AQ, AD736BQ).

Микросхема может также применяться как точный двухполупериодный выпрямитель или при установке одного конденсатора как преобразователь переменного напряжения в его среднее значение.

Упрощенная принципиальная схема микросхемы AD736 с типовым вариантом включения приведена на рис. 1. Операционный усилитель DA1, транзисторы VT5, VT6 и резистор R1 преобразуют

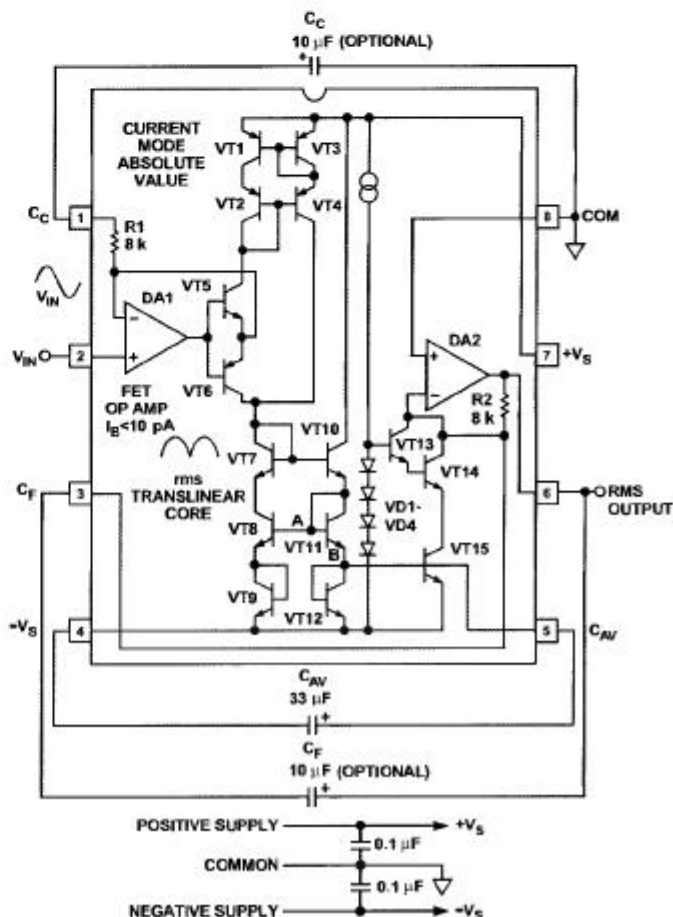


Рис. 1

входное напряжение в пропорциональный ему коллекторный ток одного из этих транзисторов, а транзисторы VT1—VT4 представляют собой зеркало для тока коллектора транзистора VT5. В точке соединения коллекторов транзисторов VT4, VT6 формируется ток, соответствующий двухполупериодно выпрямленному входному сигналу. Транзисторы VT8, VT9, VT11, VT12 также образуют токовое зеркало, и без внешнего усредняющего конденсатора C_{AV} коллекторные токи транзисторов VT10—VT12 с точностью до токов их баз равны суммарному току коллекторов транзисторов VT5 и VT6. Такой же ток течет через транзистор VT15 и включенные по схеме с общей базой транзисторы VT13, VT14. Операционный усилитель DA2 и резистор R2, включенный в цепь

отрицательной обратной связи ОУ, преобразуют этот ток в выходное напряжение микросхемы, в результате получается точный двухполупериодный выпрямитель с положительным выходным напряжением и коэффициентом передачи, равным 1. Выбор вариантов схем токовых зеркал, включение транзисторов VT7, VT10, VT13, VT14 уменьшают влияние разброса коэффициентов передачи тока, конечности их величины и изменения напряжения источников питания на параметры микросхемы.

Интереснее и сложнее происходит работа микросхемы при подключении параллельно транзистору VT12, работающему как диод, внешнего усредняющего конденсатора C_{AV} . Будем считать, что емкость этого конденсатора достаточно велика, чтобы пульсациями напряжения на нем можно было пренебречь. В этом

случае входной выпрямленный ток I_{BX} течет через транзисторы VT7—VT9 и создает на переходах база-эмиттер каждого из них мгновенное падение напряжения, пропорциональное логарифму мгновенного значения этого тока:

$$U = \varphi_T \ln \frac{I_{BX}}{I_0},$$

где $\varphi_T = 26$ мВ при 20°C , так называемый температурный потенциал, I_0 — коэффициент, имеющий размерность тока.

Напряжение U_A в точке А относительно вывода 4 микросхемы вдвое больше:

$$U_A = 2\varphi_T \ln \frac{I_{BX}}{I_0}.$$

При переменном напряжении постоянной амплитуды на входе микросхемы напряжение в точке В постоянно и равно

Таблица 1

Параметр	Условия измерения	AD736J, AD736A			AD736K, AD736B		
		Миним.	Тип.	Макс.	Миним.	Тип.	Макс.
Базовая погрешность, $\pm$ мВ $\pm$ % от измеряемой величины, % от измеряемой величины	$U_{BX} = 0 \dots 200$ мВ $U_{BX} = 0,2 \dots 1$ В	—	0,3/0,3	0,5/0,5	—	0,2/0,2	0,3/0,3
Дополнительная ошибка в полном диапазоне температур для AD736A, AD736B, $\pm$ мВ $\pm$ %, для AD736J, AD736K, $\pm$ %/ $^\circ\text{C}$	$U_{BX} = 0 \dots 200$ мВ $U_{BX} = 0 \dots 200$ мВ	—	—	0,7/0,7	—	—	0,5/0,5
Дополнительная ошибка в полном диапазоне питающих напряжений, %/В	$U_{ПИТ} = \pm 5 \dots 16,5$ В $U_{ПИТ} = \pm 3 \dots 5$ В	0	+0,06	+0,1	0	+0,06	+0,1
Нелинейность, %	$U_{BX} = 0 \dots 200$ мВ $U_{BX} = 0 \dots 200$ мВ	0	+0,25	+0,35	0	+0,25	+0,35
Общая погрешность при внешней подстройке, $\pm$ мВ $\pm$ %	$U_{BX} = 0 \dots 200$ мВ	—	0,1/0,5	—	—	0,1/0,3	—
Дополнительная ошибка при отклонении входного сигнала от синусоидального, %	$k_A = 1 \dots 3$ $k_A = 5$	—	0,7	—	—	0,7	—
Максимальный входной сигнал на входе 2, мВ эфф	$U_{ПИТ} = +2,8/-3,2$ В $U_{ПИТ} = \pm 5 \dots 16,5$ В $U_{ПИТ} = +2,8/-3,2$ В	—	—	200	—	—	200
Пиковый входной сигнал на входе 2, В	$U_{ПИТ} = \pm 5$ В $U_{ПИТ} = \pm 16,5$ В	—	$\pm 2,7$	—	—	$\pm 2,7$	—
Входное сопротивление по входу 2, Ом	—	—	10^{12}	—	—	10^{12}	—
Входной ток по входу 2, пА	—	—	1	25	—	1	25
Максимальный входной сигнал на входе 1, мВ эфф	$U_{ПИТ} = +2,8/-3,2$ В $U_{ПИТ} = \pm 5 \dots 16,5$ В $U_{ПИТ} = +2,8/-3,2$ В	—	—	300	—	—	300
Пиковый входной сигнал на входе 1, В	$U_{ПИТ} = \pm 5$ В $U_{ПИТ} = \pm 16,5$ В	—	$\pm 3,8$	—	—	$\pm 3,8$	—
Входное сопротивление по входу 1, кОм	—	6,4	8	9,6	6,4	8	9,6
Максимальное входное неразрушающее напряжение, В	Для любых напряжений питания	—	—	± 12	—	—	± 12
Входное напряжение сдвига, мВ	—	—	—	± 3	—	—	± 3
Дополнительное входное напряжение сдвига при изменении температуры, мкВ/ $^\circ\text{C}$	—	—	8	30	—	8	30
Дополнительное входное напряжение сдвига при изменении напряжения питания, мкВ/В	$U_{ПИТ} = \pm 5 \dots 16,5$ В $U_{ПИТ} = \pm 3 \dots 5$ В	—	50	150	—	50	150
Выходное напряжение сдвига для AD736J, AD736K для AD736A, AD736B, мВ	—	—	$\pm 0,1$	$\pm 0,5$	—	$\pm 0,1$	$\pm 0,3$
Дополнительное выходное напряжение сдвига при изменении температуры, мкВ/ $^\circ\text{C}$	—	—	1	20	—	1	20
Дополнительное выходное напряжение сдвига при изменении напряжения питания, мкВ/В	$U_{ПИТ} = \pm 5 \dots 16,5$ В $U_{ПИТ} = \pm 3 \dots 5$ В	—	50	130	—	50	130
Размах выходного напряжения на нагрузке 2 кОм, В	$U_{ПИТ} = +2,8/-3,2$ В $U_{ПИТ} = \pm 5$ В $U_{ПИТ} = \pm 16,5$ В	1,6	1,7	—	1,6	1,7	—
Выходной ток, мА	—	2	—	—	2	—	—
Выходное сопротивление, Ом	—	—	0,2	—	—	0,2	—
Частота синусоидального входного сигнала по входу 2, при которой возникает дополнительная ошибка в 1 %, кГц	$U_{BX} = 1$ мВ $U_{BX} = 10$ мВ $U_{BX} = 100$ мВ $U_{BX} = 200$ мВ	—	1	—	—	1	—
Частота синусоидального входного сигнала по входу 1, при которой возникает дополнительная ошибка в 1 %, кГц	$U_{BX} = 1$ мВ $U_{BX} = 10$ мВ $U_{BX} = 100$ мВ $U_{BX} = 200$ мВ	—	6	—	—	6	—
Напряжение питания, В	—	+2,8/-3,2	± 5	$\pm 16,5$	+2,8/-3,2	± 5	$\pm 16,5$
Потребляемый ток при отсутствии входного сигнала, мкА	—	—	160	200	—	160	200
Потребляемый ток при наличии входного сигнала, мкА	$U_{BX} = 200$ мВ	—	230	270	—	230	270

$$U_B = \varphi_1 \ln \frac{I_{BIX}}{I_0}$$

где I_{BIX} — ток коллектора транзистора VT15, равный току через транзистор VT12.

Мгновенное значение тока I_1 через транзисторы VT10, VT11 определяется разностью напряжений в точках А и В:

$$I_1 = I_0 e^{\frac{U_A - U_B}{\varphi_1}}$$

Подставляя в эту формулу значения U_A и U_B из предыдущих формул, получим:

$$I_1 = I_{BIX}^2 / I_{BIX}$$

или

$$I_1 I_{BIX} = I_{BIX}^2$$

Усредняя во времени правую и левую части этой формулы и учитывая, что I_{BIX} — постоянная во времени величина, получим:

$$\bar{I}_1 I_{BIX} = \bar{I}_{BIX}^2$$

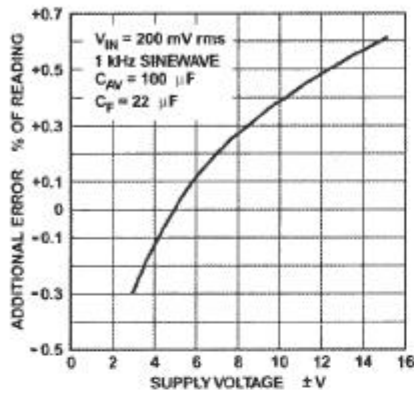


Рис. 2

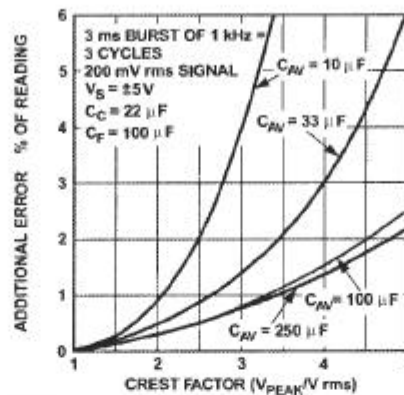


Рис. 6

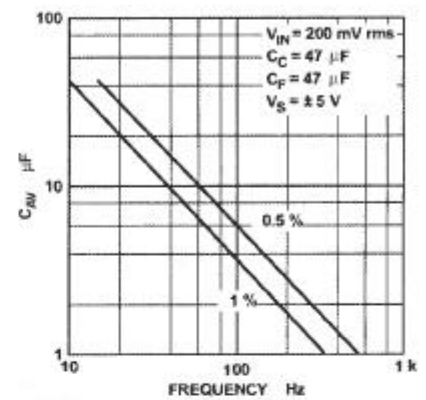


Рис. 10

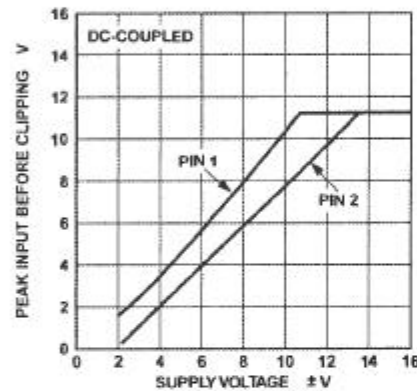


Рис. 3

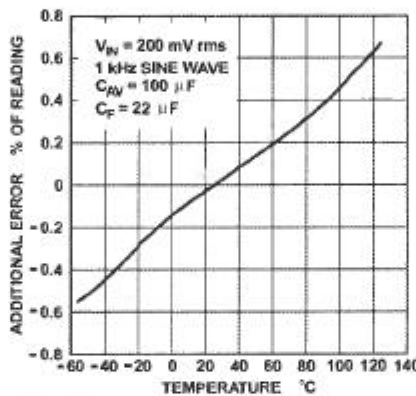


Рис. 7

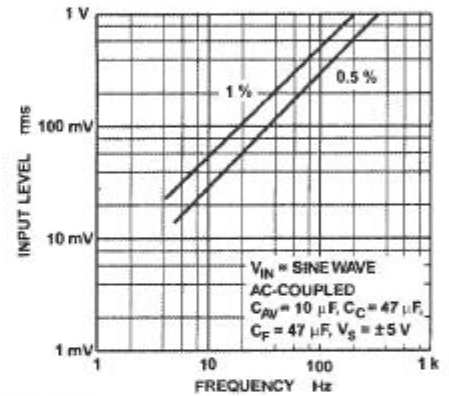


Рис. 11

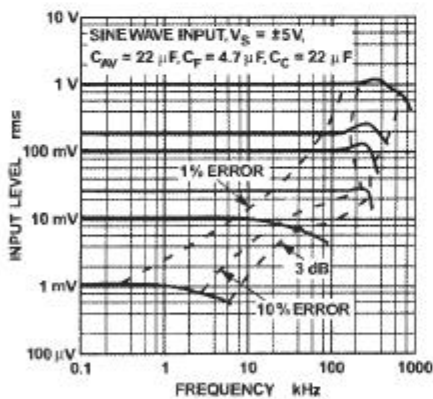


Рис. 4

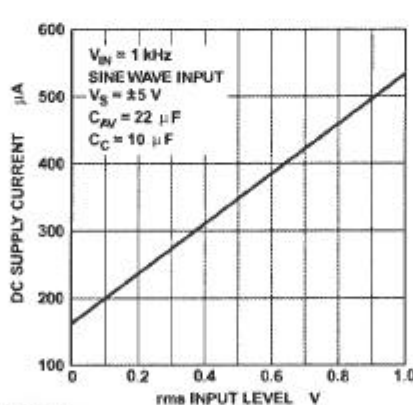


Рис. 8

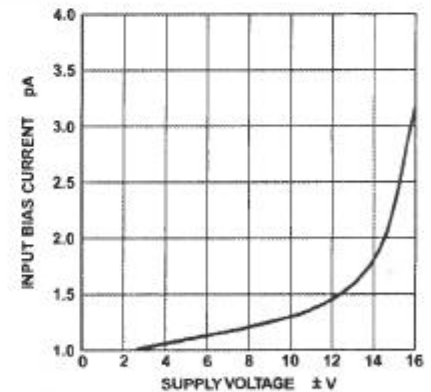


Рис. 12

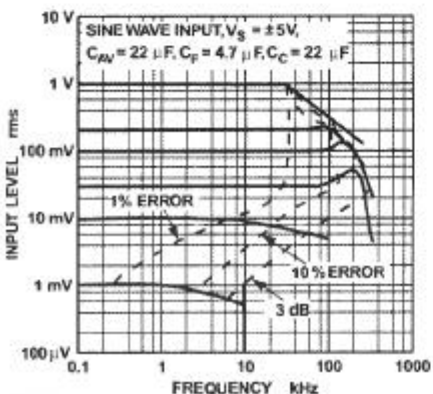


Рис. 5

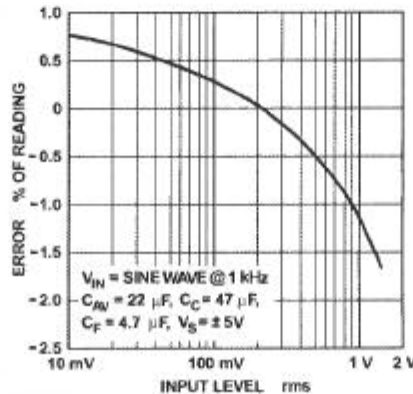


Рис. 9

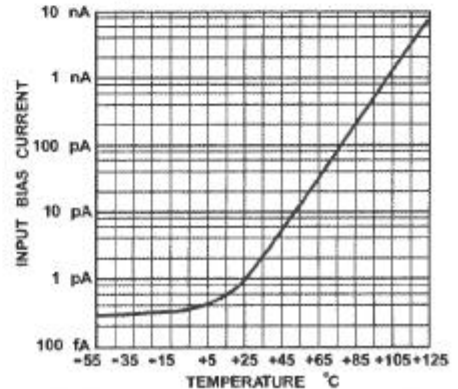


Рис. 13

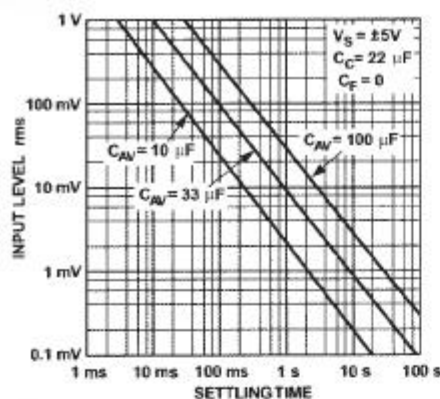


Рис. 14

В то же время среднее значение тока I_1 через транзисторы VT10, VT11 равно постоянному току через транзистор VT12, т. е. выходному току преобразователя:

$$I_1 = I_{\text{вых}}$$

поэтому

$$I_{\text{вых}}^2 = I_{\text{вх}}^2$$

$$I_{\text{вых}} = \sqrt{I_{\text{вх}}^2}$$

Таким образом, при достаточно большой емкости конденсатора C_{AV} ток коллектора транзистора VT15 пропорционален эффективному (среднеквадратичному) значению входного напряжения, а при равенстве $R1 = R2$ выходное напряжение микросхемы достаточно точно равно эффективному значению входного. Интересно отметить, что, несмотря на совершенно другое схемотехническое решение, принципы действия у микросхемы AD736 и преобразователя, описанного в предыдущем номере журнала [2], полностью совпадают.

Конденсатор C_F , подключаемый параллельно резистору R2, позволяет сгладить пульсации выходного напряжения, никак не влияя на его среднее значение. Конденсатор C_C , включаемый последовательно с резистором R1, обеспечивает преобразование в выходной сигнал только переменной составляющей входного напряжения, исключая влияние постоянной составляющей.

Минимально допустимое двуполярное напряжение питания микросхем AD736 составляет +2,8/-3,2 В, что хорошо согласуется со схемотехникой мультиметров, использующих микросхемы КР572ПВ5 и их импортные аналоги, поскольку в состав КР572ПВ5 входит источник напряжения 2,8...3,2 В. Он может выполнять роль источника +2,8 В, при этом остаток напряжения батареи питания составляет около 6 В и, при соответствующем включении может служить источником отрицательного напряжения. Такой вариант питания микросхемы использован в описываемой в этом номере журнала приставке к мультиметру М-832 для измерения эффективного напряжения.

Основные электрические параметры микросхем приведены в табл. 1, и если это не оговорено особо, указаны для температуры +25 °С, напряжения питания ±5 В и при подаче входного синусоидального сигнала частотой 1 кГц.

Графики, приведенные на рис. 2—14, иллюстрируют зависимости параметров

Таблица 2

Назначение	Уровень эффективного входного напряжения, мВ	Нижняя граница входной частоты, Гц	Максимальный коэффициент амплитуды	C_{AV} , мкФ	C_F , мкФ	Время установления показаний до 1%, мс
Вольтметр эффективного значения общего применения	0...1000	20	5	150	10	360
		200	5	15	1	36
	0...200	20	5	33	10	360
		200	5	3,3	1	36
Вольтметр среднего значения общего применения	0...1000	20	—	0	33	1200
		200	—	0	3,3	120
	0...200	20	—	0	33	1200
		200	—	0	3,3	120
Вольтметр для измерения выходного напряжения фазовых регуляторов мощности	0...200	50	5	100	33	1200
		60	5	82	27	1000
	0...100	50	5	50	33	1200
		60	5	47	27	1000
Аудиовольтметр для речи, для музыки	0...200	300	3	1,5	0,5	18
	0...100	20	10	100	68	2400

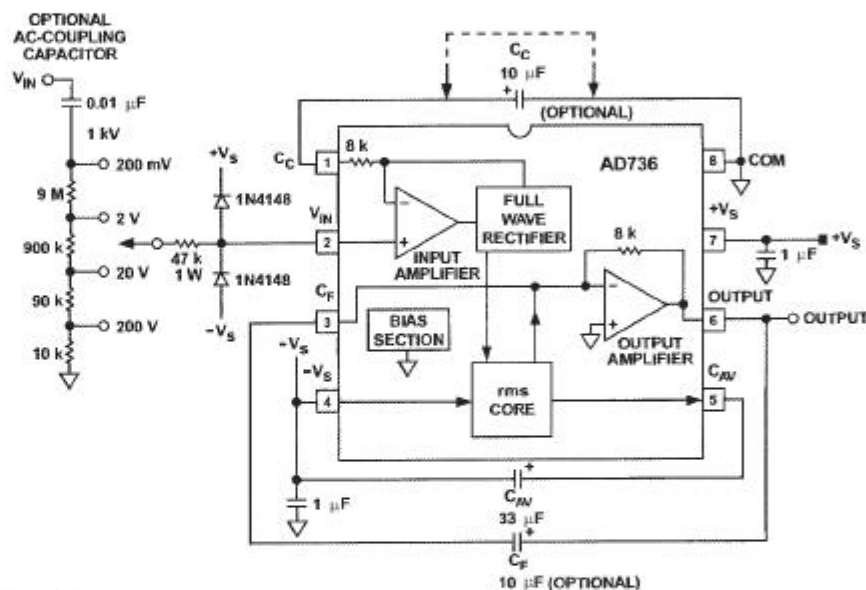


Рис. 15

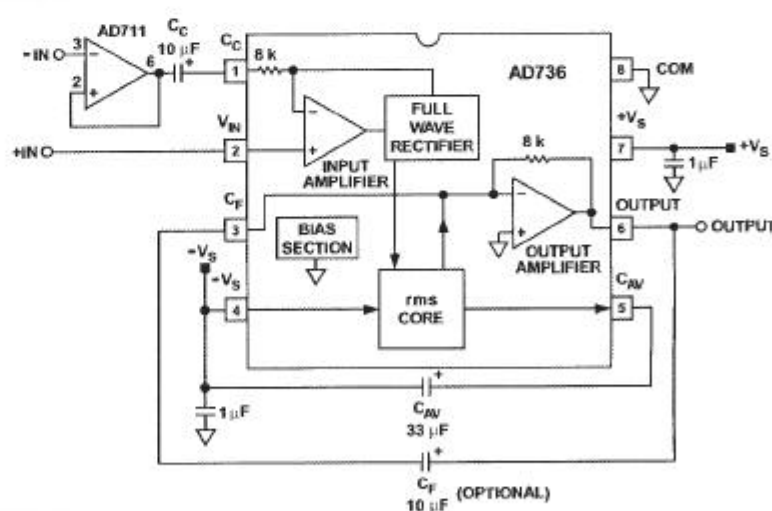


Рис. 16

микросхем AD736 от напряжения питания, частоты, коэффициента амплитуды, уровня входного сигнала.

На рис. 2 приведена зависимость дополнительной ошибки в процентах измеряемой величины от напряжения питания. По рис. 3 можно определить пиковое значение входного сигнала, соответствующее началу ограничения, для входов 1 и

2 при отсутствии конденсатора C_C (подключение по постоянному току) в зависимости от напряжения питания. Графики на рис. 4 и 5 иллюстрируют погрешности преобразования в зависимости от частоты входного синусоидального сигнала и его амплитуды при подаче его на входы 1 (рис. 4) и 2 (рис. 5). Штриховыми линиями отмечены границы, соответствующие

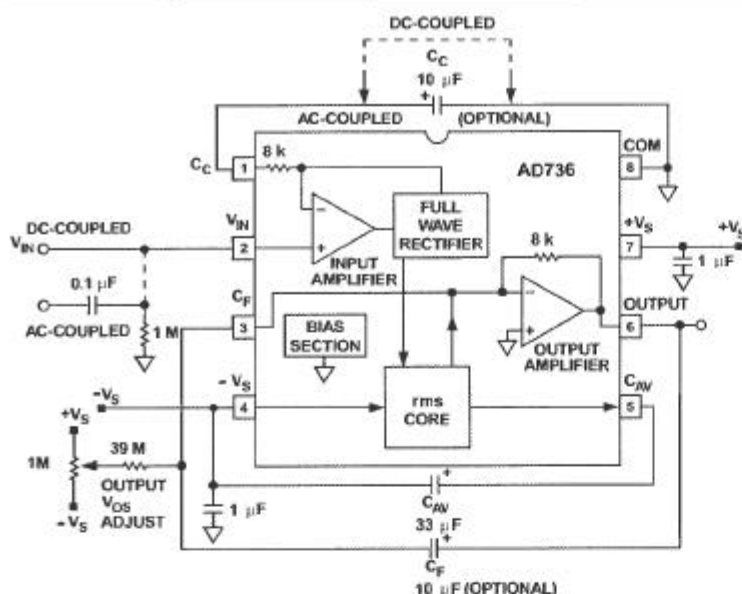


Рис. 17

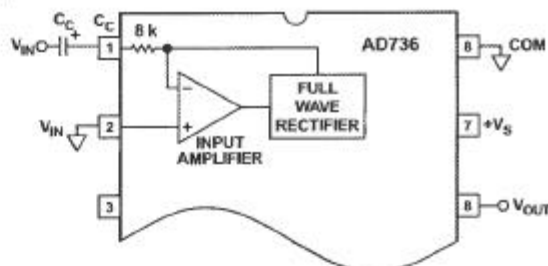


Рис. 19

тику преобразователя, будучи включенным последовательно с резистором R1 в цепь отрицательной обратной связи ОУ DA1. Для того, чтобы эта ошибка не превышала 0,5 % от измеряемой величины, постоянная времени $C_C R1$ должна соответствовать 10 периодам минимальной частоты входного сигнала.

Некоторые варианты включения микросхемы AD736 приведены на рис. 15—19. Схема на рис. 15 иллюстрирует возможный вариант применения микросхемы в простом многопредельном вольтметре. При наличии входного разделительного конденсатора 0,01 мкФ конденсатор C_C становится излишним, хотя он и снижает сдвиг нуля входного ОУ. Резистор 47 кОм и диоды на входе микросхемы служат для ее защиты от перегрузок.

На рис. 16 приведен вариант дифференциальной подачи входного сигнала, обеспечивающий входное сопротивление 10^{12} Ом и входную емкость 10 пФ. Микросхема в этом случае не реагирует на постоянную составляющую дифференциального сигнала.

Схема на рис. 17 демонстрирует возможность подстройки начального сдвига выходного сигнала и подачу входного напряжения через разделительную RC-цепь 0,1 мкФ, 1 МОм.

На рис. 18 приведена схема питания микросхемы от батареи напряжением 9 В с использованием высокоомного делителя из двух резисторов 100 кОм, на рис. 19 проиллюстрирована подача сигнала на низкоомный вход 1.

Более подробные сведения о микросхеме AD736 можно найти на сайте изготовителя <http://www.analog.com>.

Сергей Бирюков,
editor@diar.ru

Литература:

1. С. Бирюков. Амплитудное, среднее, эффективное. — Радио, 1999, № 6, с. 58, 59.
2. В. Тушнов. Регулируемый стабилизатор мощности. — Схемотехника, 2003, №3, с. 4, 5.

ошибке в 1 и 10 % и -3 дБ. На рис. 6 показана зависимость дополнительной ошибки в процентах измеряемой величины от коэффициента амплитуды при подаче на вход пачек из трех периодов синусоиды частотой 1 кГц и напряжением 200 мВ эфф и при различной емкости конденсатора C_{AV} . График на рис. 7 демонстрирует влияние температуры на ошибку преобразования, а на рис. 8 приведена зависимость потребляемого тока от уровня входного сигнала. График на рис. 9 иллюстрирует зависимость дополнительной ошибки от уровня входного сигнала, по прямому на рис. 10 можно определить необходимую емкость конденсатора C_{AV} для обеспечения погрешности измерений 0,5 и 1 % в зависимости от нижней частоты преобразуемого напряжения. Графики на рис. 11 демонстрируют, что нижняя граница частоты входного сигнала увеличивается с увеличением

его амплитуды. На рис. 12 приведена зависимость входного тока смещения по входу 2 от напряжения питания, а на рис. 13 — от температуры.

Зависимости времени установления показаний от уровня входного сигнала при различных значениях емкости конденсатора C_{AV} приведены на рис. 14. При выборе емкости следует исходить из того, что ее увеличение уменьшает погрешность измерений, однако увеличивает время установления показаний, причем время установления при снижении входного сигнала значительно больше, чем при увеличении. Кроме того, емкость должна быть прямо пропорциональна максимальному входному напряжению. Рекомендуемые значения емкости конденсаторов для различных вариантов вольтметров приведены в табл. 2.

Емкость конденсатора C_C определяется исходя из той ошибки, которую он может вносить в частотную характерис-

Издательский дом «СКИН» выпустил первый и второй тома книги А. Фрунзе «Микроконтроллеры? Это же просто!». Первый том ориентирован на тех, кто только начинает знакомство с микроконтроллерной техникой. Во втором томе приводится обзорная информация по абсолютному большинству x51-совместимых микроконтроллеров и о построении систем на их основе. Третий том (его выпуск планируется во втором квартале 2003 г.) целиком посвящен принципам построения программ целочисленной многобайтовой беззнаковой и знаковой арифметики, четвертый — арифметике с плавающей запятой и другим аспектам разработки программ для микроконтроллеров.

У вас есть возможность подписаться на книгу А. Фрунзе «Микроконтроллеры? Это же просто!». Стоимость трех томов книги, включая доставку, составляет 277 руб. 20 коп. (в т. ч. НДС). Доставка книг осуществляется через почтовое отделение: тома 1 и 2 высылаются немедленно по факту оплаты, том 3 — после его выхода из печати.

Вы можете подписаться на каждый том книги А. Фрунзе «Микроконтроллеры? Это же просто!» отдельно. В этом случае стоимость одного тома, включая НДС и доставку, составит 99 руб.

Для того, чтобы подписаться на эти книги через редакцию, необходимо: перевести сумму на наш расчетный счет по реквизитам, указанным на с. 56, или связаться с редакцией по телефону (095) 285-17-75 для выставления счета; копию платежного поручения с вашим почтовым адресом или квитанцию выслать по факсу (095) 285-1775, e-mail: podpiska@diar.ru, или по адресу: 121351, г. Москва, ул. Ивана Франко, 40, стр. 2, редакция.

Приставка к цифровому мультиметру для измерения эффективного напряжения

В предыдущем номере журнала описана приставка для мультиметра M-832, позволяющая измерять емкость и индуктивность. Автор предлагает рассмотреть еще одну приставку.

Приставка основана на микросхеме преобразователя переменного напряжения в его эффективное значение AD736JN, описываемой в справочном листке этого номера. Также, как и приставка для измерения емкости и индуктивности, она питается от батареи мультиметра и требует его доработки.

Приставка имеет следующие диапазоны измерений: 200 мВ, 2, 20, 200 и 2000 В. Погрешности измерений порядка $\pm(1\% + 3 \text{ единицы младшего разряда})$, частотный диапазон не уже 50 Гц...10 кГц при измерении напряжения, большего 0,1 предела измерений. Входное сопротивление приставки — 11 МОм, емкость — 120 пФ. Приставка потребляет ток менее 0,5 мА и сохраняет свою точность при снижении напряжения батареи питания до 7 В.

Схема приставки приведена на рис. 1. Приставку подключают штырями X3—X6 к четырем гнездам мультиметра. Общий провод соединяется с гнездом «COM», при этом на гнезде «E PNP» мультиметра будет напряжение +3 В относительно гнезда «COM», а на «C NPN» — напряжение -6 В относительно того же гнезда и общего провода. Микросхема AD736JN приставки питается от батареи мультиметра непосредственно, т. е. от двуполяр-

вающие точность деления входного сигнала. Значение емкостей этих конденсаторов рассчитать затруднительно, так как неизвестна точная емкость монтажа. Поэтому конденсаторы нижних плеч делителя C7 и C8 рассчитаны на некоторую усредненную емкость монтажа, поскольку ее разброс мало влияет на точность деления при относительно большой емкости конденсатора C8. Верхние плечи делителя снабжены подстроечными конденсаторами для точной его настройки. Построение делителя в две ступени (C2, C4 — первая ступень, C5, C7, C8 — вторая) позволяет в 10 раз уменьшить емкости нижних плеч. Относительно большая емкость C2 верхнего плеча делителя позволяет точно подстроить это плечо конденсатором C3 и уменьшить погрешность делителя из-за изменения емкости монтажа соединительных проводников. Нижнее низковольтное плечо делителя выполнено без конденсаторов.

Микросхема AD736JN используется в режиме подачи сигнала по постоянному току, поэтому вместо конденсатора C_c установлена перемычка. Емкости конденсаторов C_F и C_{AV} выбраны исходя из обеспечения необходимой точности измерений на частоте 50 Гц. Резистор R8

для этих штырей выполнены контактные площадки, изолированные от общего провода выгравленным кольцом. Места пайки выводов элементов к фольге общего провода помечены на рис. 2 крестиками.

Переключатель SA1 (ПР2-5П2Н) установлен на кронштейне, изготовленном из латуни толщиной 1 мм. Переключатель снабжен ручкой-барabanом, на гранях которой выгравированы пределы измерений.

Для подключения приставки к мультиметру на плате гайками закреплены два разрезных штыря диаметром 4 мм от сетевой вилки, один из штырей использован еще и для крепления кронштейна переключателя. В качестве X3 и X6 впаиваны латунные штырьки диаметром 0,8 мм, а для подачи входного сигнала — гнезда X1 и X2 от разъемов 2РМ под штыри диаметром 1 мм. Более целесообразно было бы установить любой коаксиальный разъем, например, разъем для подключения сетевых адаптеров DJK-02В на плату и DJK-11В на экранированный провод. Плата прикрыта коробчатым латунным кожухом, подпаянным к общему проводу платы по углам. Фотография приставки без кожуха приведена на первой странице обложки.

Резисторы R1—R6 следует подобрать с погрешностью не хуже 0,2 %. В описываемой конструкции в основном использованы резисторы типа С2-29В мощностью 0,125 Вт. Резистор R1 составлен из пяти последовательно соединенных резисторов С2-29В 2 МОм 0,25 Вт.

Конденсатор C1 — К73-17 на напряжение 400 В, полярные конденсаторы, использованные в приставке, — импортные аналоги К50-35. C7 подбирают из конденсаторов с номинальной емкостью 1100 пФ. Его емкость должна составлять 0,109 от емкости C8 с погрешностью 0,5 %.

Конденсаторы C4 и C7 должны иметь группу по ТКЕ не хуже М750. Подстроечные конденсаторы C3 и C6 — КТ4-216 на напряжение 250 В.

Настройка приставки заключается в подстройке делителя конденсаторами C3 и C6. Возможно, что при этом придется подобрать конденсаторы C2 и C5. Рекомендуемый порядок здесь такой. Вначале следует подать на вход напря-

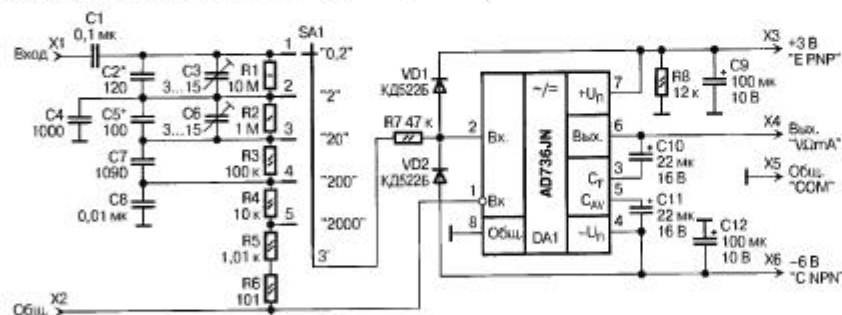


Рис. 1

ного источника +3/-6 В. Мультиметр используется в режиме измерения постоянного напряжения со шкалой 200 мВ.

При измерении переменного напряжения оно через делитель R1—R6 и защитную цепь R7VD1VD2 поступает на высокоомный вход 2 микросхемы DA1. Спротивления большинства резисторов делителя выбраны кратными 10, что облегчает их подбор. Сопротивление нижнего плеча делителя в этом случае составляет 1,111 кОм, оно получается последовательным соединением резисторов R5 и R6 стандартного ряда E192. Возможно параллельное соединение резисторов 1,2 кОм и 15 кОм, что обеспечивает тот же результат. При использовании резисторов делителя с допуском 0,1 % никакого дополнительного их подбора не требуется.

Во входном делителе важную роль играют конденсаторы C2—C8, обеспечи-

служит начальной нагрузкой стабилизатора напряжения 3 В микросхемы мультиметра.

Все детали приставки смонтированы на печатной плате размерами 55×65 мм из двусторонне фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. На рис. 2 приведен рисунок проводников платы и расстановка элементов приставки. Резисторы за исключением R5 и R6 установлены перпендикулярно плате. На противоположной стороне фольга платы сохранена за исключением мест установки штырей X1, X3, X4, X6 и выполняет роль общего провода. Вокруг отверстий

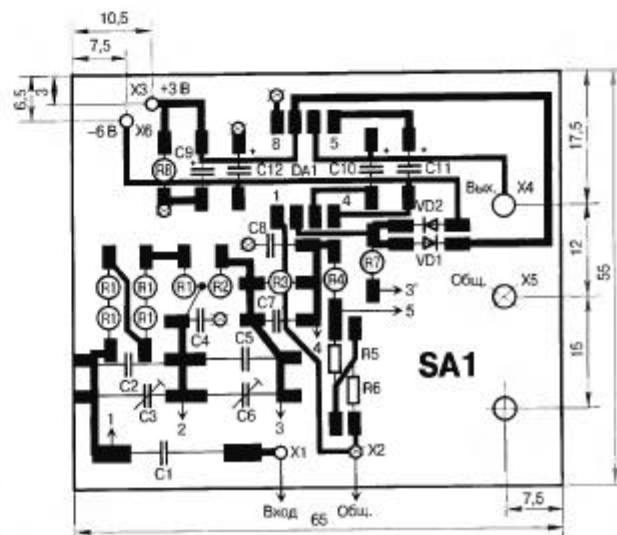


Рис. 2

жение около 190 мВ с частотой 5 кГц и на пределе 200 мВ запомнить показания. Переключив приставку на следующий предел, увеличить входное напряжение в 10 раз и подстроечным конденсатором С3 установить такие же показания. Далее необходимо устано-

вить предел 20 В, увеличить входное напряжение еще в 10 раз и конденсатором С6 откалибровать приставку на этом пределе. Указанные операции по подстройке делителя необходимо повторить несколько раз, так как они оказывают влияние друг на друга.

Постоянное и переменное напряжения, подаваемые на вход приставки, не должны превышать 400 В.

Сергей Бирюков,
editor@diar.ru

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Источник напряжения отрицательной полярности

При разработке электронной аппаратуры с питанием от бортовой сети автомобиля, катера и т. п. нередко возникает необходимость в источнике отрицательного напряжения для питания всевозможных устройств, содержащих, например, операционные усилители. Описываемые в литературе аналогичные схемы отличаются либо использованием внешних транзисторных усилителей и дросселей, либо очень низким выходным током порядка 3...15 мА. Описываемое устройство свободно от всех вышеперечисленных недостатков.

Основой предлагаемого источника является микросхема КР1114ЕУ4, используемая в двухтактных импульсных источниках питания. Выход микросхемы представляет собой два транзистора с открытыми выводами коллекторов и эмиттеров, которые допускают нагрузку по току до 200 мА. Особенностью работы выходных транзисторов микросхемы является пауза между поочередным включением транзисторов, исключающая протекание сквозного тока, который не только приводит к снижению КПД и снижает надежность устройства, но также является источником дополнительных помех. Кроме того, большим преимуществом данной микросхемы является широкий диапазон питающих напряжений, составляющий 7...40 В, что облегчает ее включение в бортовую сеть напряжением 24 В, используемую на многих судах.

Схема устройства представлена на рис. 1. Работает оно следующим образом. В момент, когда открыт внутренний

транзистор 2 микросхемы, конденсатор С2 заряжается через этот транзистор и диод VD1, далее следует пауза. Следующим открывается внутренний транзистор 1 микросхемы, и конденсатор С2, разряжаясь через него и диод VD2, передает энергию в конденсатор С3. Далее следует пауза и цикл повторяется. Рабочая частота генератора при указанных на схеме номиналах С1 и R1 составляет около 30 кГц.

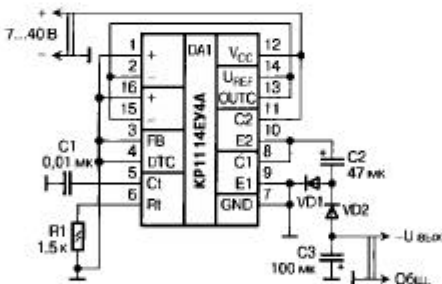


Рис. 1

При напряжении питания 12 В и токе нагрузки 150 мА выходное напряжение составляет -7 В (без нагрузки -10 В), чего вполне достаточно для питания большинства операционных усилителей и компараторов. При необходимости на выходе можно установить интегральный стабилизатор напряжения серий КР1162, КР1179 (LM79xx). Собственное потребление описываемого преобразователя составляет 12 мА.

Конденсатор С1 можно применить любого типа, конденсаторы С2 и С3 подбираются по напряжению питания устройства, диоды VD1 и VD2 применимы любого типа на необходимые напряжение и ток, хотя желательно использовать диоды с барьером Шоттки (в авторском экземпляре использовались КД212А).

Собранное из исправных деталей устройство в наладивании не нуждается.

Данный преобразователь эксплуатируется в течение двух лет при напряжении судовой бортовой сети 24 В и нагрузке около 75 мА (питание двух быстродействующих компараторов КР597СА2, каждый из которых потребляет ток порядка 35 мА) и показал высокую надежность в любых климатических условиях. Также он использовался при напряжении питания 12 В и нагрузке 150 мА для питания автомобильной электроники.

Илья Андриевский,
inventor@yandex.ru

Семинары «Макро Тим» в 2003 г.

Апрель — Power Integration с участием представителя от производителя. Тема: «Представление "Макро Тим" как официального дистрибьютора. Обзор новых компонентов, направление ECOSmart».

Май — Hyperstone+SND с участием представителей от производителей. Тема: «RISC+DSP процессоры фирмы HYPERSTONE. Сетевые решения фирмы SND для телекоммуникационных приложений. Особенности архитектуры микропроцессоров HYPERSTONE, программные и аппаратные средства разработки для RISC+DSP процессоров HYPERSTONE. Обзор современных сетевых решений с поддержкой Ethernet, Bluetooth фирмы SND». В рамках выставки «Связь ЭкспоКом».

Июнь — Molex с участием представителя от производителя. Тема: «Разъемы серии DIN. Сравнение с аналогичными изделиями от других производителей».

Предварительная информация:

Сентябрь — Hitachi с участием представителя. Тема: «Новые разработки Hitachi в области микроконтроллеров, LCD, транзисторов».

Регистрация посетителей:

training@macroteam.ru тел. +7(095)306-0026/4721/4789

факс +7(095)306-0283

www.macroteam.ru chipnews.gaw.ru

Что показывает вольтметр переменного тока?

А. ДОЛГИЙ, г. Москва

В давние времена, когда электротехника только выходила из лабораторий ученых, но уже строили первые мощные электростанции и линии электропередач, разгорелся жаркий спор — постоянный или переменный ток лучше подавать потребителям, число которых росло невиданными темпами. На карту были поставлены экономические интересы многих компаний. Дошло до того, что в США, стремясь показать особую опасность переменного тока для жизни, организовали показательную казнь преступника на электрическом стуле. Тем не менее переменный ток победил.

Среди аргументов, выдвигаемых противниками переменного тока, была сложность его измерения. Действительно, если значение физической величины неизменно, измерить его сравнительно просто. Но как быть, если оно непрерывно и очень быстро меняется?

Самое очевидное решение — измерять амплитуду колебаний, т. е. наибольшее значение колеблющейся величины, — не подошло. Оказалось, что лампа накаливания, дающая яркий свет при питании постоянным напряжением, лишь тускло светит от переменного той же амплитуды. Решили напряжение (и ток) различной формы сравнивать по производимому полезному эффекту: выполняемой механической работе, температуре нагревания электропечи, яркости свечения лампы. Эффективным (действующим) значением переменного напряжения произвольной формы назвали такое постоянное напряжение, под воздействием которого на активной нагрузке того же самого сопротивления выделяется такое же количество тепла.

Первые стрелочные приборы для измерения эффективного значения переменного напряжения были тепловыми — нагревающийся под действием протека-

ющего тока провод из высокоомного сплава, удлинялся, перемещал стрелку. На шкале такого прибора там, где обозначены его характеристики, можно увидеть знак, изображенный на рис. 1, а. К сожалению, тепловые приборы имеют множество недостатков, делающих их мало пригодными для точных измерений, а те, в которых недостатки (например, зависимость показаний от температуры окружающей среды) устранены, слишком сложны и дороги.

Согласно закону Джоуля, количество тепла, выделяющегося на нагрузке с активным сопротивлением, пропорционально квадрату приложенного к нему напряжения. Чтобы измерить эффективное значение переменного напряжения (тока), необходимо в течение некоторого времени возводить в квадрат его мгновенные значения, усреднить результаты и извлечь из среднего квадратный корень. Поэтому эффективное значение часто называют среднеквадратичным. Принятая в английском языке аббревиатура RMS (Root Mean Square) — "корень из среднего квадрата" описывает, по существу, процедуру его вычисления.

Благодаря тому что тяговое усилие электромагнита пропорционально именно квадрату протекающего в обмотке тока, оказалось удобным на основе этого механизма строить стрелочные приборы так называемой электромагнитной системы, измеряющие эффективное значение тока. "Опознать" такие измерители можно по знаку (рис. 1, б) в нижней части шкалы. Электромагнитные вольтметры и амперметры широко распространены в энергетике, где их недостатки — низкая чувствительность и ограниченный частотный диапазон — не имеют большого значения. А нелинейная шкала (она сжата в начале и сильно растягута в конце) часто бывает даже удобнее — если измеряемое напряжение близко к предельному для вольтметра, то незначительные его изменения заметнее.

К счастью, измеряя переменные напряжение или ток, изменяющиеся по заранее известному закону, производить "на ходу" сложные вычисления вовсе не обязательно. Зная закон, это можно выполнить заранее. Установлено, например, что действующее значение синусоиды, изменяющейся по синусоиду, равно $1/\sqrt{2} \approx 0,707$ ее амплитуды. Поэтому шкалу вольтметра, измеряющего амплитуду синусоидального напряжения, можно проградуировать так, что он будет показывать эффективное значение. Подобным образом построены многие ламповые и пришедшие им на смену полупроводниковые электронные высокочастотные вольтметры и милливольтметры, у которых амплитудный детектор смонтирован в выносном пробнике.

Схема этого узла вольтметра ВК7-15 показана на рис. 2. Вход пробника непосредственно, без соединительных проводов, подключают к исследуемой цепи. Это позволяет значительно расширить рабочий частотный диапазон

прибора. Пробник соединен кабелем с основным блоком вольтметра, условно изображенным как вольтметр постоянного напряжения PV1.

Детектор выполнен на электровакуумном диоде 6Д13Д (VL1), что позволяет безопасно подключать прибор к цепям с измеряемым напряжением 100 В и более. Полупроводниковых диодов, способных работать на частоте в десятки мегагерц, выдерживая такое напряжение, к сожалению, пока не существует. В состав детектора входят также элементы R1, R2, C2.

Недостаток лампового детектора — наличие небольшого (около 1 В) отрицательного напряжения между анодом и катодом диода при нулевом измеряемом напряжении U_x . Это объясняется тем, что даже в отсутствие анодного напряжения некоторые из электронов, испускаемых катодом диода, имеют энергию, достаточную для того, чтобы достигнуть анода. Образующий ими ток и создает на резисторе R1 падение напряжения упомянутой выше полярности. Для его компенсации на катод диода подана часть стабилизированного постоянного накального напряжения положительной полярности. Переменный резистор R3 тоже находится в основном блоке и выведен "под шлиц" на его переднюю панель. На пределе измерения "1 В" стрелку прибора устанавливают этим резистором на нулевую отметку.

В последнее время все большее распространение получают электронные измерительные приборы, содержащие аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и микроконтроллер, обрабатывающий должным образом результаты работы АЦП. Заложив в программу микроконтроллера соответствующий алгоритм, можно получить отчет в цифровом виде, а затем вывести его на индикатор

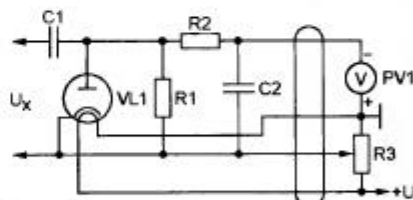


Рис. 2

или направить для дальнейшей обработки. Хотя подобные приборы пока дороже обычных, будущее, несомненно, за ними.

Часто вместо эффективного измеряют другое значение переменного напряжения — средневывпрямленное (постоянную составляющую несглаженного пульсирующего напряжения или тока на выходе двуполупериодного выпрямителя). Оно равно $2/\pi \approx 0,637$ амплитуды синусоиды, что в 1,11 раза меньше ее эффективного значения. Подавляющее большинство универсальных низкочастотных измерительных приборов (авометров, мультиметров) показывают не эффективное, а именно средневывпрямленное значение переменного напряжения (тока), умноженное на этот поправочный коэффициент.

На шкалу стрелочных приборов такого типа обычно наносят знак (рис. 1, в),

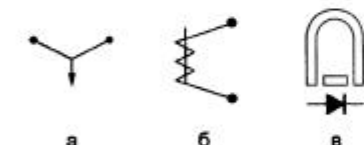


Рис. 1

яющего тока провод из высокоомного сплава, удлинялся, перемещал стрелку. На шкале такого прибора там, где обозначены его характеристики, можно увидеть знак, изображенный на рис. 1, а. К сожалению, тепловые приборы имеют множество недостатков, делающих их мало пригодными для точных измерений, а те, в которых недостатки (например, зависимость показаний от температуры окружающей среды) устранены, слишком сложны и дороги.

Согласно закону Джоуля, количество тепла, выделяющегося на нагрузке с активным сопротивлением, пропорционально квадрату приложенного к нему напряжения. Чтобы измерить эффективное значение переменного напряжения (тока), необходимо в течение некоторого времени возводить в квадрат его мгновенные значения, усреднить результаты и извлечь из среднего квад-

символизирующий магнитоэлектрический измерительный механизм, оснащенный полупроводниковым выпрямителем. Схема выпрямителя, примененного в ампервольтметре Ц4312, изображена на рис. 3. Трансформатор Т1 устраняет влияние на результат посто-

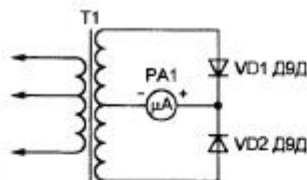


Рис. 3

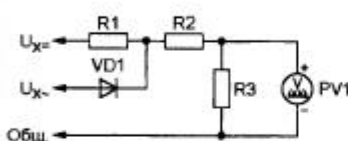


Рис. 4

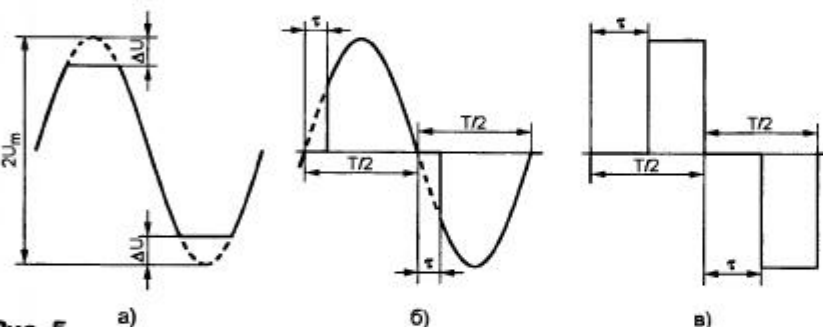


Рис. 5

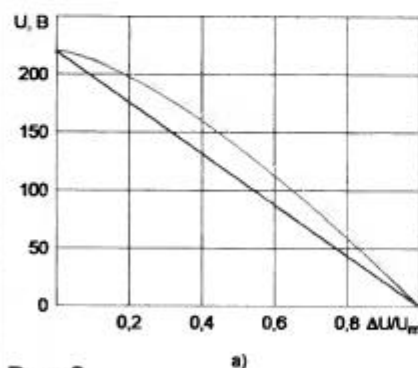
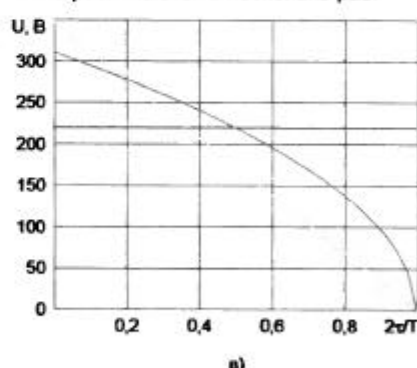
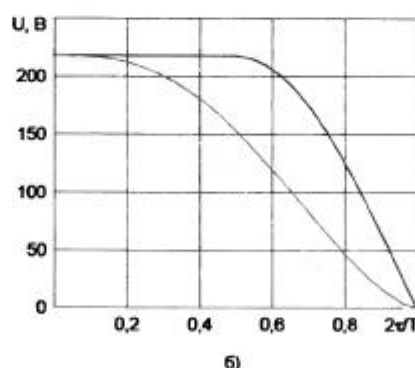


Рис. 6



янной составляющей измеряемой величины (если, конечно, эта составляющая невелика и не вызывает насыщения магнитопровода трансформатора). При измерениях сопротивления и постоянного тока и напряжения микроамперметр PA1 отключен от выпрямителя не показанными на схеме контактами переключателя пределов измерения.

Диоды VD1, VD2 — германиевые, имеющие меньшую, по сравнению с кремниевыми, нелинейность прямой

ветви вольт-амперной характеристики. Тем не менее шкала переменного напряжения (тока) у рассматриваемого прибора, как и у других выпрямительных, в том числе рассмотренных выше амплитудных, заметно нелинейна. Чтобы лучше учесть влияние нелинейности выпрямителя, иногда предусматривают даже две шкалы переменного напряжения: одну — для малых значений (менее 1...3 В), вторую — для больших.

Очень простой выпрямитель измеряемого переменного напряжения применяется в портативном цифровом мультиметре М-830 [1] и ему подобных. Его схема показана на рис. 4. Здесь PV1 — АЦП мультиметра, выполненный на микросхеме ICL7106 (аналогичная отечественная — К572ПВ5), который действует по принципу двойного интегрирования, выводя на ЖК индикатор среднее значение поданного на вход напряжения. Выпрямитель на диоде VD1 — однополупериодный, постоянная составляющая на его выходе вдвое меньше средневывпрямленного значения. Необходимой коррекции показаний достигают подключением катода диода к точке соединения резисторов R1 и R2.

Следует заметить, что диод VD1 (низкочастотный кремниевый 1N4007) в рассматриваемом случае работает

лютое значение этой погрешности — несколько десятых долей вольт — превышает цену единицы младшего разряда индикатора (0,1 В) на пределе измерения "200 В". Более чувствительные пределы измерения просто не предусмотрены. На достоверность показаний такого прибора, особенно при измерении переменного напряжения менее 10...20 В и частотой выше нескольких килогерц, рассчитывать не стоит.

Следует еще раз напомнить, что показания приборов, проградуированных в эффективных, но фактически измеряющих совсем другие значения (а это подавляющее большинство всех применяемых в быту и радиолюбительской практике приборов), справедливы только для синусоидальных напряжения и тока. Любые искажения формы кривой приводят к очень большой погрешности измерений. Например, если синусоида ограничена, как показано на рис. 5, а, то со снижением уровня ограничения (увеличением ΔU) истинное эффективное значение напряжения уменьшается, как показано на рис. 6, а кривой розового цвета. При этом показания амплитудного вольтметра (синяя кривая) будут существенно занижены, а измерителя средневывпрямленного значения (желтая) — немного завышены.

При измерении напряжения, форма которого характерна для тиристорных регуляторов мощности, — рис. 5, б, показания вольтметров будут соответствовать графикам на рис. 6, б.

Здесь показания амплитудного вольтметра вообще не меняются, пока задержка τ включения тиристора не превысит четверти периода синусоиды, далее он дает завышенные показания относительного эффективного напряжения. Вольтметр, измеряющий средневывпрямленное значение, существенно занижает результат. При большой задержке показания вольтметров разного типа различаются в несколько раз.

Импульсное напряжение формы, показанной на рис. 5, в, присутствует на выходе многих преобразователей постоянного напряжения в переменное, в том числе на выходе компьютерных блоков бесперебойного питания при их работе от батареи аккумуляторов. При построении графиков, изображенных на рис. 6, в, амплитуда импульсов принята равной 311 В, такой же, как у синусоиды с эффективным напряжением 220 В. Так как амплитуда импуль-

сов не зависит от длительности паузы между ними, амплитудный вольтметр всегда показывает 220 В.

У прямоугольного симметричного биполярного импульсного напряжения без пауз ("меандра") эффективное, амплитудное и среднеевыпрямленное значения равны. Поэтому при $\tau = 0$ измеритель истинного эффективного значения показывает 311 В, а среднеевыпрямленного, благодаря заложенному при градуировке поправочному коэффициенту, — 345 В.

Если пауза между импульсами есть и ее длительность равна четверти периода, соотношение эффективного и амплитудного значений импульсного напряжения точно такое же, как у синусоидального. Показания вольтметров истинного эффективного и амплитудного значений в этой ситуации правильны — 220 В. Однако вольтметр среднеевыпрямленного значения покажет всего 173 В.

Следует иметь в виду, что в стабилизированных преобразователях напряжения отклонения входного напряжения от номинала, приводящие к изменению амплитуды выходных импульсов, компенсируют изменением длительности пауз. Этот способ называется широтно-импульсным (ШИ) регулированием. Так удается стабилизировать либо эффективное, либо среднеевыпрямленное значение выходного напряжения, но не оба вместе. Амплитудное значение остается нестабильным.

Особенно большие проблемы вызывает измерение напряжения сложной формы, например, звукового или шумового. Амплитуда шума с нормальным (гауссовым) законом распределения мгновенных значений приблизительно в три раза больше, чем его эффективное значение. Точнее сказать нельзя, так как это отношение зависит, например, от продолжительности наблюдения. Результат измерения такого шума амплитудным вольтметром синусоидального напряжения будет завышен почти в два раза. Вольтметр среднеевыпрямленного значения покажет значение всего на 10 % больше истинного эффективного. Поэтому, говоря о результатах измерения шума, а особенно его смеси с полезным сигналом (это требуется, например, при измерении чувствительности приемника), следует по возможности точно оговаривать условия измерения и типы применяемых приборов.

Пик-фактор (отношение амплитудного значения к эффективному) звуковых сигналов бывает очень большим, причем он изменяется с характером звука. Чтобы придать измерениям большую объективность, характеристики специализированных вольтметров—измерителей уровня звуковых сигналов весьма специфичны и строго стандартизованы. В частности, при резком нарастании громкости звука такие вольтметры показывают амплитудное значение. Именно оно во избежание перегрузки звуковоспроизводящей аппаратуры не должно превышать допустимого. Затем показания с определенной скоростью спадают до эффективного значе-

ния, говорящего о средней громкости звука.

Рассмотрим некоторые схемные решения, применяемые в электронных вольтметрах и милливольтметрах. Выше (на рис. 2) была показана схема выносного пробника вольтметра ВК7-15. В отличие от него милливольтметр ВЗ-36, упрощенная схема которого изображена на рис. 7, оснащен пробником с двумя амплитудными детекторами на германиевых диодах VD1 и VD2. На первый из них подается измеряемое напряжение U_x , на второй — синусоидальное напряжение сравнения частотой 100 кГц с выхода модулятора U1 через делитель напряжения R3R4. Пределы измерения устанавливают, переключая резисторы делителя. Индикатор прибора — микроамперметр PA1 — показывает амплитуду напряжения частотой 100 кГц на выходе модулятора.

Нужно сказать, что при входном напряжении в единицы—десятки милливольт выпрямительная характеристика диодного детектора квадратична, среднее (постоянное) напряжение на его выходе пропорционально квадрату эффективного значения входного. При напряжении в сотни милливольт и более тот же детектор становится линейным, его выходное напряжение пропорцио-

нально большим измеряемым значениям) справедливы лишь для напряжения синусоидальной формы. Благодаря тому что переменное измеряемое напряжение не проникает далее фильтра R1C3, максимальная частота измерений достигает 1000 МГц. Напряжение, превышающее допустимые для диодов D18 10 В, измеряют с помощью дополнительного делителя напряжения на входе.

Значительно более простой метод линейаризации шкалы применен в милливольтметре ВЗ-38 и многих других аналоговых приборах, в том числе любительской разработки, например, в [2]. В упрощенной схеме, представленной на рис. 8, выпрямительный мост из диодов VD1, VD2 и резисторов R2, R3 включен в цепь ОС усилителя A1. Переменный ток в этой цепи и среднее значение выпрямленного тока, текущего через микроамперметр PA1, пропорциональны измеряемому переменному напряжению U_x . Известны варианты этой схемы с четырехдиодным выпрямительным мостом и такие, в которых резисторы R2 и R3 заменены конденсаторами. Если емкость этих конденсаторов велика, отклонение стрелки микроамперметра PA1 пропорционально не среднее-

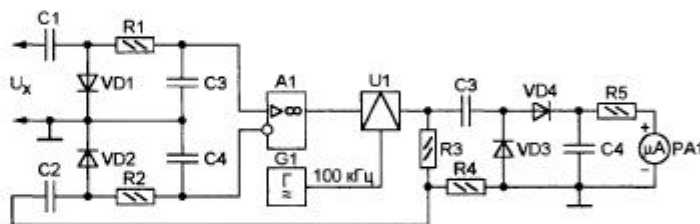


Рис. 7

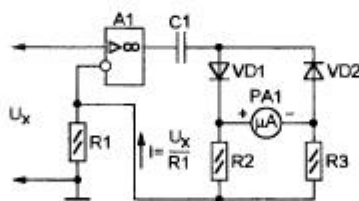


Рис. 8

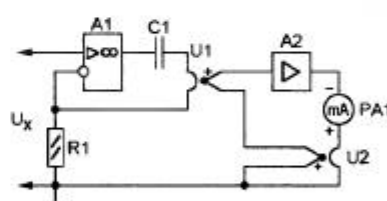


Рис. 9

нально амплитуде входного. Отрицательная обратная связь, которой охвачен ОУ A1 через модулятор, делитель напряжения и детектор, поддерживает равенство продетектированных значений напряжения сравнения и измеряемого. Поэтому шкала прибора линейна в интервале от долей милливольт до 10 В независимо от изменений, которые претерпевают характеристики детекторов на диодах VD1 и VD2 на этом интервале. Важно лишь, чтобы они были идентичны. Диоды специально отбирают по этому критерию, а на случай ремонта к милливольтметру прикладывают несколько запасных пар.

Тем не менее именно из-за изменений, которые претерпевают характеристики детекторов, показания милливольтметра ВЗ-36 (особенно при срав-

пряемленному, а амплитудному значению измеряемого напряжения.

Основной недостаток вольтметра, построенного по такой схеме, — ограниченная возможностями усилителя A1 максимальная частота измеряемого сигнала. В отсутствие высокочастотных микросхем ОУ этот усилитель обычно строили на транзисторах, но и в этом случае измерять сигналы частотой выше 1...5 МГц не удавалось.

Перейдем к электронным вольтметрам, измеряющим истинное эффективное значение напряжения произвольной формы. Импортные приборы такого класса можно "опознать" по надписи "True RMS" на передней панели. Соответствующую информацию об отечественных приборах можно найти только в их паспортах и технических

описаниях. К ним относится милливольтметр ВЗ-48, принцип действия которого поясняет схема, изображенная на рис. 9. Через нагреватель вакуумного термопреобразователя U1 протекает переменный ток, пропорциональный измеряемому напряжению и повторяющий его форму. Нагреватель термопреобразователя U2 подключен последовательно с миллиамперметром PA1 к выходу усилителя A2.

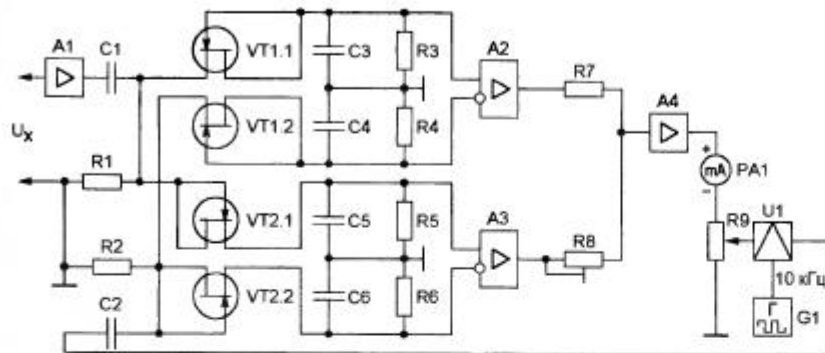


Рис. 10

Термопары преобразователей соединены встречно-последовательно и соединены с входом усилителя так, что он оказывается охваченным отрицательной ОС. Таким образом поддерживается равенство тока, текущего через микроамперметр, эффективному значению тока, текущего через нагреватель преобразователя U1.

Из-за тепловой инерции преобразователей время установления показаний милливольтметра довольно велико — 4 с. Так как существенную погрешность вносит дрейф нуля усилителя постоянного тока A1, приняты меры к его снижению — усилитель выполнен по схеме "модулятор-демодулятор" (МДМ). Как и в рассмотренных выше милливольтметрах, частотный диапазон измерений ограничен полосой пропускания усилителя A1.

Принцип действия модернизированного милливольтметра ВЗ-48А совершенно иной. Его поясняет схема, показанная на рис. 10. В целом она подобна использованной в милливольтметре ВЗ-36, но место диодных детекторов измеряемого сигнала и напряжения сравнения заняли квадраторы (узлы, возводящие входную величину в квадрат), выполненные на сборках полевых транзисторов VT1 и VT2 (КПС104А).

Две пары квадраторов отличаются полярностью включения полевых транзисторов. Поэтому линейные компоненты их характеристик имеют разный знак и при суммировании выходных сигналов усилителей A2 и A3 на входе усилителя A4 взаимно уничтожаются. Точной компенсации добиваются подстроечным резистором R8. Квадратичные же компоненты знака не меняют, и на входе усилителя A4 складываются, что повышает крутизну преобразования.

Полная схема измерительного узла милливольтметра ВЗ-48А значительно сложнее изображенной на рис. 10. Достаточно сказать, что весь усилитель-

ный блок А2—А4 собран по схеме МДМ на нескольких ОУ, причем генератор G1 и модулятор U1 — элементы микросхем К140УД12, на которых построены усилители A2 и A3.

С неодинаковостью показаний вольтметров разного типа при измерении одного и того же несинусоидального напряжения связаны периодические вспыхивающие среди радиолубителей дискуссии на тему "Каким будет

напряжение на нагрузке (паяльнике, лампе накаливания), если ее подключить к сети переменного тока через диод?" Давно и совершенно строго доказано, что мощность, рассеиваемую нагрузкой, сопротивление которой не зависит от температуры, диод уменьшит ровно в два раза. Эффективное значение напряжения на нагрузке уменьшится в $\sqrt{2}$ раза и станет равным $220 \times 0,707 = 156$ В.

Этого напряжения не меняет тот факт, что мощность лампы накаливания диод снизит менее чем в два раза (приблизительно до 60 %). Дело в том, что сопротивление ее вольфрамовой нити с уменьшением температуры значительно падает, поэтому ток через нее растет, в какой-то мере компенсируя снижение приложенного напряжения. У паяльника эффект компенсации выражен слабее: во-первых, его нагревательный элемент изготовлен из сплава со значительно меньшим, чем у вольфрама, температурным коэффициентом сопротивления; во-вторых, при включении через диод температура нагрева уменьшается на десятки, а не на сотни градусов.

Правильное эффективное значение напряжения (156 В) покажет в рассматриваемом случае вольтметр тепловой системы. Приблизительно такими же будут показания электромагнитного вольтметра. Небольшую погрешность внесет зависимость от частоты полного сопротивления его измерительной цепи, имеющей значительную индуктивность. В результате соотношения между амплитудами спектральных компонент (в том числе постоянной составляющей) протекающего через катушку вольтметра тока отличаются от их соотношений в измеряемом напряжении. На частоте 50 Гц эта дополнительная погрешность обычно не выходит за пределы, соответствующие классу точности прибора.

А вот электронный "милливольтметр среднеквадратических значений" ВЗ-48 или ВЗ-48А покажет всего 120 В. Дело в том, что предварительные усилители этих приборов не пропускают постоянную составляющую поданного на них напряжения. Фактически измеряется эффективное значение напряжения, форма которого показана на рис. 11.

Не будут соответствовать действительности и показания "амплитудных"

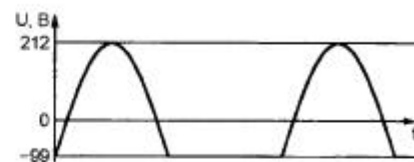


Рис. 11

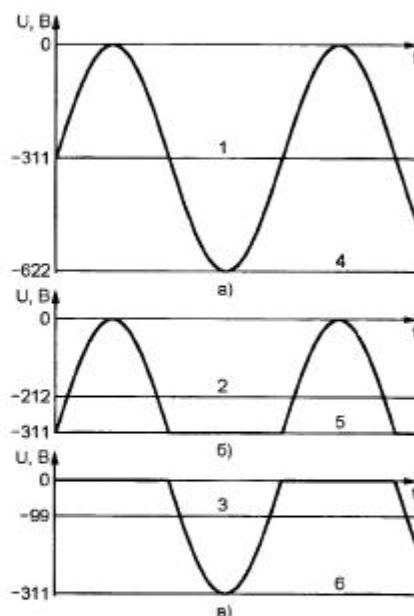


Рис. 12

вольтметров. Например, вольтметра ВК7-15, схема детекторной головки которого была рассмотрена ранее (см. рис. 2). На рис. 12 показаны осциллограммы напряжения на аноде диода VL1 при измерении синусоидального напряжения в сети 220 В (кривая а) и того же напряжения с "удаленными" отрицательными (кривая б) или положительными (кривая в) полупериодами. Линии 1—3 отмечают соответствующие уровни напряжения на сглаживающем конденсаторе C2. Стрелка вольтметра, показывающего 220 В в первом случае, остановится на делении 150 В во втором и всего на 70 В в третьем.

Если установить вместо резистора R2 еще один диод (анодом к конденсатору C2, катодом к аноду VL1), уровни напряжения на конденсаторе C2 станут такими, как показано линиями 4—6. Подобные выпрямители называют пиковыми (или не совсем правильно "с удвоением напряжения") и применяют в ос-

новом для измерения амплитуды коротких импульсов. Конечно, диоды в них могут быть и полупроводниковыми.

Отградуировав пиковый вольтметр так, чтобы при измерении синусоидального напряжения (кривая а) он показал 220 В, во втором и третьем случаях получим одинаковые показания — 110 В.

Рассмотрим теперь показания вольтметров средневыпрямленного значения при подаче на них напряжения с обрезанными диодом полупериодами. Вольтметр М-830 (см. рис. 4) или другой с однополупериодным выпрямителем вовсе не заметит никаких изменений и по-прежнему будет показывать 220 В, если внутренний и внешний диоды включены согласно и проводят ток одновременно. Однако в том случае, когда диоды окажутся включенными встречно, показания вольтметра станут нулевыми!

Если выпрямитель вольтметра двуполупериодный, подобный изображенному на рис. 13, "отрезание" полупериодов любой полярности диодом умень-

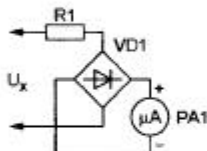


Рис. 13

шит показания ровно в два раза, до 110 В. Однако приборы Ц4312 (см. рис. 3), ВЗ-38 (см. рис. 8) и другие, не чувствительные к постоянной составляющей, покажут 121 В. В любом случае измеренные значения очень далеки от истинных 156 В.

Рассмотренные примеры не исчерпывают, конечно, всего разнообразия проблем, их причин и следствий, возникающих при измерении переменного напряжения сложной формы. Ясно, что безусловно доверять показаниям подавляющего большинства вольтметров можно лишь, измеряя чисто синусоидальное напряжение, частота которого лежит в допустимых для используемого прибора пределах. Особенно часто радиолубители не обращают внимания на нижний предел частоты. Например, милливольтметр ВЗ-36 непригоден для измерения сигналов частотой менее 10 кГц, а ВЗ-48 — ниже 10 Гц.

Какой же вывод следует из сказанного? В любом случае, прежде чем приступать к измерениям, нужно хорошенько обдумать, что именно необходимо измерить и что на самом деле покажет ваш вольтметр. Кстати, все, сказанное выше, в полной мере относится и к измерителям тока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афонский А., Кудреватых Е., Плешко Т. Малогабаритный мультиметр М-830В. — Радио, 2001, № 9, с. 25—27.
2. Степанов Б., Фролов В. Милливольтметр переменного тока. — Радио, 1977, № 2, с. 53—55.

Редактор — Л. Ломанов, графика — автор

Усовершенствование электронного балласта

Б. СОКОЛОВ, г. Протвино Московской обл.

При ремонте электронного балласта 02РА178-10W, 230V ~ 50Hz возникли затруднения с подбором замены вышедшим из строя элементам, в первую очередь — транзисторам. Ситуация осложнялась отсутствием принципиальной схемы устройства. Было принято решение изготовить новый балласт по описанию из статьи А. Таразова "Высокочастотный блок питания люминесцентной лампы" ("Радио", 2003, № 5, с. 42), тем более что его печатная плата прекрасно размещалась в корпусе неисправного балласта, некоторые детали которого удалось применить в новом изделии.

Схема вновь изготовленного балласта показана на рисунке. По сравнению с прототипом в нее внесены небольшие изменения, направленные на повышение надежности. Вместо рекомендованных автором полевых транзисторов IRF840 установле-

В цепь питания выходных транзисторов введена перемычка S1. При первом включении устройства в сеть подключите вместо перемычки обычную лампу накаливания мощностью 60...100 Вт. Она защитит полевые транзисторы VT1, VT2, люминесцентную лампу EL1 и дроссель L2 от повреждений в процессе налаживания.

Измерив вольтметром или осциллографом напряжение между выводами 1 и 4 микросхемы DA1, убедитесь, что оно мало отличается от 15 В. Затем, медленно перемещая движок подстроечного резистора R1, добейтесь зажигания и устойчивого свечения лампы EL1. Это произойдет при равенстве частоты колебаний и резонансной частоты контура L2C6. При этом лампа накаливания должна светиться очень слабо. Отрегулировав частоту, подстроечный резистор R1 можно заменить постоянным.

