

Токовые клещи iCartool. Разбор функционала и технических характеристик.

Зачем нужны токовые клещи ?

Почему профессионалу для работы бывает недостаточно хорошего мультиметра? На то есть две причины.

- Нет возможности разорвать цепь, ток в которой необходимо измерить. К примеру, нельзя обесточивать потребителя или нарушать целостность кабеля.
- Измеряемый ток слишком велик для мультиметра. Как правило, в мультиметрах установлен шунт, через который пропускают измеряемый ток, а величину его определяют по падению напряжения на шунте. При больших токах на шунте выделяется большая энергия. Измерять этим методом хлопотно и небезопасно. И принцип измерения может повлиять на измеряемую величину – ток в цепи падает из-за присутствия шунта, а при больших токах еще и характеристики шунта могут уплыть из-за нагрева.

В подобных таких случаях на помощь к нам приходят [токоизмерительные клещи](#).

Они имеют невысокую стоимость, безопасны в использовании и дают хорошую точность измерений.

Клещи начального уровня позволяют измерять только переменный ток. Их «челюсти» – это, некоторым образом, сердечник тороидального трансформатора. Роль первичной обмотки играет участок проводника с измеряемым током, а вторичная обмотка присутствует в приборе и с нее снимается сигнал. Его уровень пропорционален измеряемому току (хотя и зависит от многих прочих обстоятельств). Ну а измерять небольшие токи и напряжения – простое и приятное занятие для современной техники.

Такие клещи можно назвать клещами имени Фарадея – именно он обогатил нас законом электромагнитной индукции.

Более продвинутые модели клещей способны измерять и постоянный ток. Такой ток, протекая в проводнике, образует вокруг него постоянное магнитное поле. Его можно «поймать» магнитопроводом и донести до датчика Холла – полупроводникового прибора, реагирующего на магнитное поле. Дальше как обычно: снимаем сигнал с датчика, оцифровываем, обрабатываем и показываем пользователю в удобном и красивом виде.

Приборы, работающие по такому принципу, можно назвать клещами имени Андре Ампера и Эдвина Холла. Два этих джентльмена подарили нам возможность померить большой ток без искр и пламени.

Достоинства клещей имени Фарадея – простота, дешевизна и достаточно высокая точность на стандартных электрических цепях.

Недостатки – строго говоря, такие приборы измеряют не сам ток, а его производную, т.е. скорость его изменения. Так что с токами нестандартных частот и несинусоидальных форм могут возникнуть проблемы.

Достоинства метода Ампера-Холла в том, что на выходе мы получаем сигнал, пропорциональный току, вне зависимости от его формы. Это позволяет нам увереннее себя чувствовать с измерениями произвольных сигналов.

Недостатки метода – относительная дороговизна аппаратуры и подверженность помехам. Магнитные поля окружают нас повсюду, и для компенсации их влияния нужно «обнулять» прибор до начала измерений.

С теорией разобрались, переходим к практике.

Рассмотрим три прибора от марки ICartool.

- [ICartool IC-M200A](#) – Базовая бюджетная модель.
- [ICartool IC-M206B](#) – Сочетание возможности измерения переменного тока с функционалом мультиметра.
- [ICartool IC-M206D](#) – Универсальный прибор: поможет и пионеру, и сварщику.

ICartool IC-M200A

Эта модель измеряет только переменный ток. Кроме него, можно измерить AC и DC напряжение, сопротивление, есть прозвонка.



Внутри только самое необходимое – прибор, щупы, батарейки и описание на русском языке.



Обозначения на корпусе: соответствие стандартам Европейского Союза, наличие двойной изоляции, допуск к работам III категории и напряжению до 600 вольт. Значит, с помощью этого прибора можно ремонтировать все, что подключается к вводному электрощиту в здании, но не сам этот электрощит. Пластик хорошего качества, никаких утяжин и облоя нет, корпус не скрипит и ничем не пахнет.

Программное колесо рассчитано только на вращение сбоку, большим пальцем правой руки, а левшам придется вращать указательным пальцем. Выбранный режим работы можно определить по стрелке на колесе.



С обратной стороны мы видим крышку батарейного отсека, наклейку ОТК производителя и наклейку о соответствии нормам таможенного союза. Начнем с установки батареек. К прибору прилагаются 2 батарейки AAA, их и поставим.

Крышка батарейного отсека крепится одним винтом, который вворачивается в резьбовую втулку.

Щупы. Длина 85 см. Кончики прикрыты колпачками.



Измерим сопротивление:



При токе в 2 А падение напряжения на одном щупе 0,76 В, на другом – 0,68 В. Сопротивление пары получается 0,72 Ома. Это многовато. Но не будем забывать, что прибор измеряет ток только клещами, щупы служат для измерения напряжения и сопротивления. Для этих задач сопротивление щупов несущественно. Но надо учитывать, что эти щупы только для измерения напряжения, комплектовать ими какой-нибудь другой мультиметр не стоит.

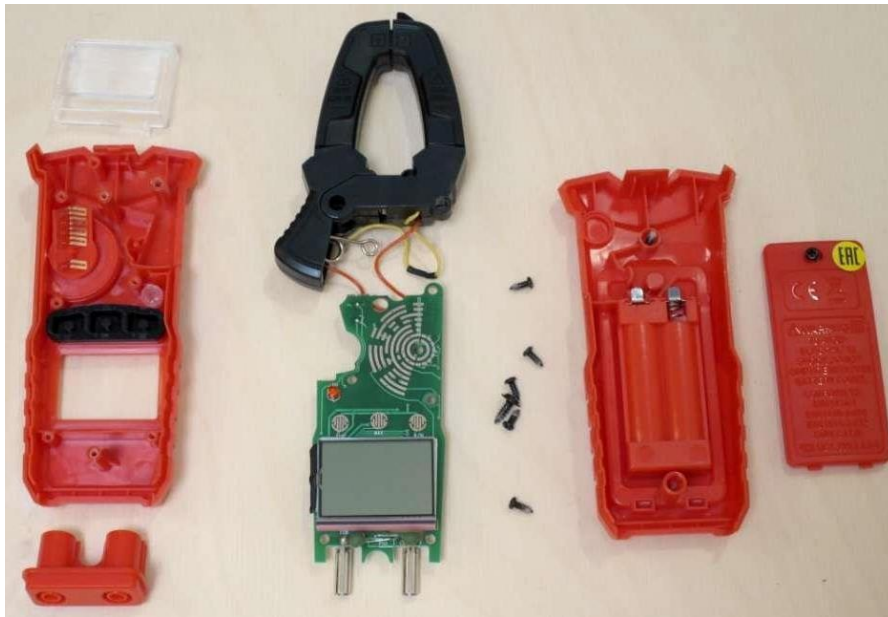
Экран. Достаточно контрастный, но с углами обзора дело обстоит не очень хорошо. При взгляде сверху, со стороны челюстей, изображение в какой-то момент исчезает. Выглядит это так:

<https://www.youtube.com/watch?v=BAuSuVBKTqs>

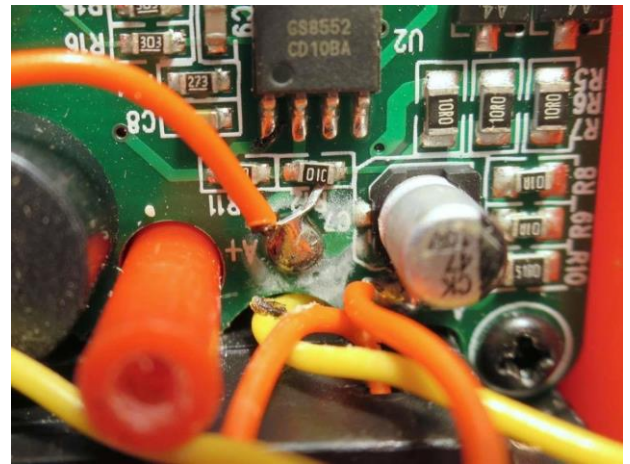
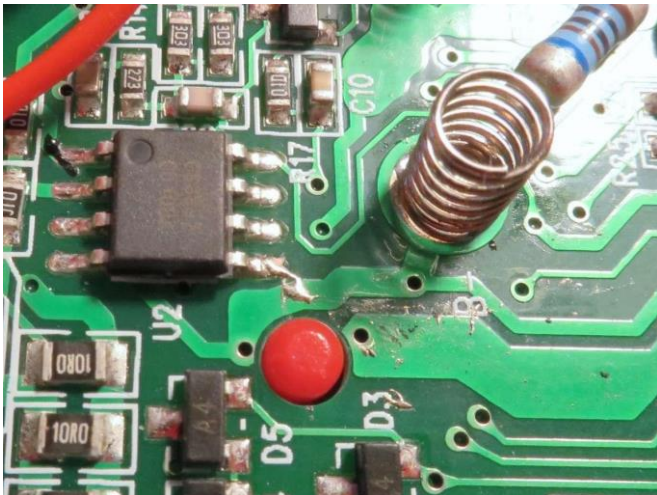
Есть и сильные стороны – у экрана приятная **голубоватая подсветка**. А при превышении определенных значений тока и напряжения она становится янтарной.

К сожалению, голубая подсветка автоматически отключается через несколько секунд работы. Сам прибор тоже автоматически отключается через несколько минут простоя. Но его автоотключение можно отключить, если включать с нажатой кнопкой **«Func»**. Убедиться, что функция автоотключения отключена можно по исчезновению пиктограммы с часиками в углу экрана.

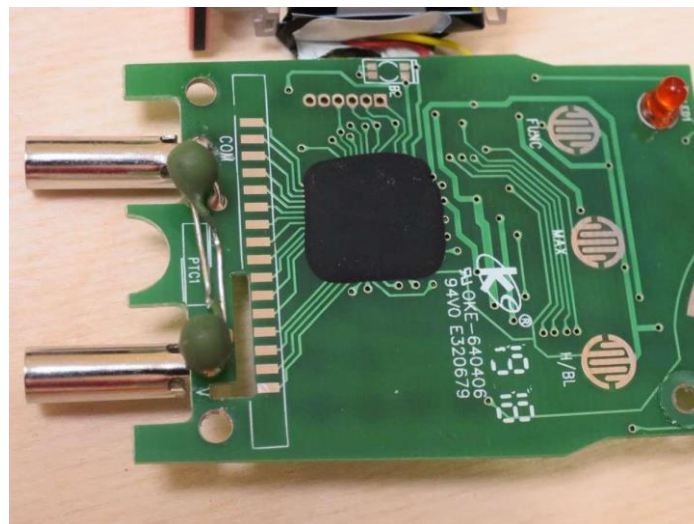
Вскрытие. Корпус собран на двух саморезах. Первый доступен из батарейного отсека, второй прячется под наклейкой с серийным номером. Контакты батареек подключены к плате через пружинки. Это упрощает разборку корпуса – половинка корпуса не болтается на проводах. По периметру корпуса выполнен двойной паз, что затрудняет попадание пыли и влаги внутрь.



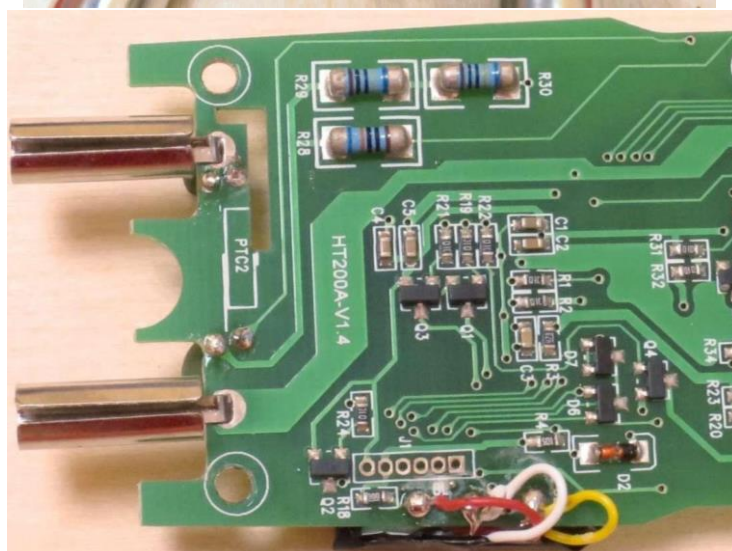
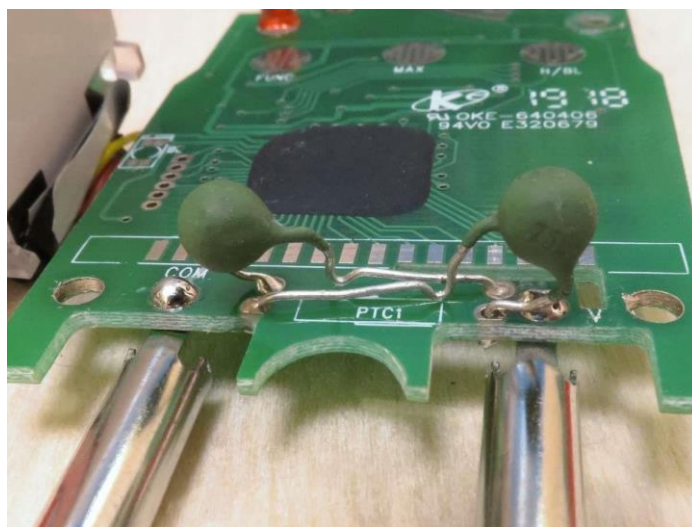
Пайка не без огрехов. Кое-где висят сопли припоя. Некоторые провода не продеты в отверстия платы, а прихвачены каплей припоя к поверхности.



Контроллер прибора в капле компаунда. С одной стороны, такое решение считается неремонтопригодным. Но с другой – экономический эффект ремонта прибора этого ценового диапазона неочевиден.



Обращает на себя внимание странное расположение термисторов на входе. Длинные, причудливо изогнутые ноги полупроводниковых приборов находятся в опасной близости друг от друга. При этом, на них приходится полное напряжение, до 600 вольт! Судя по шелкографии, проектировщики задумали установить термисторы на разных сторонах платы (на фото снизу место PTC2).



Но сборщики решили иначе.

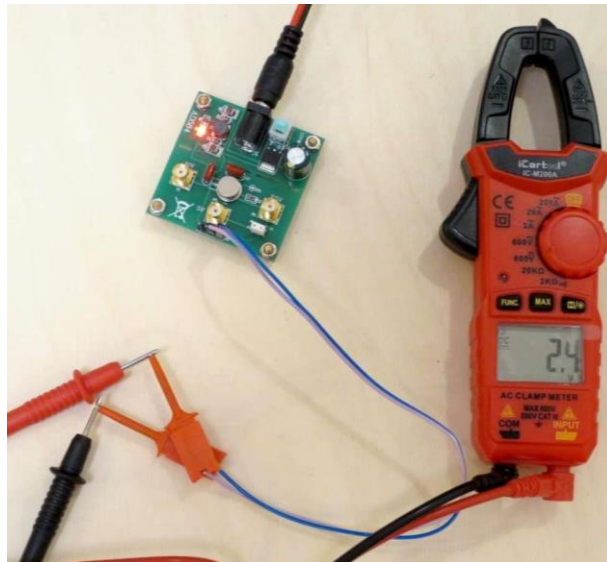
Флюс кое-где не смывает – обратите внимание на пайку проводов внизу кадра на последней фотографии.

Так что впечатления от внутренностей прибора неоднозначные. Задумано хорошо.

Реализовано на троечку. Но относительно легко может быть доведено до ума при помощи паяльника и спирта.

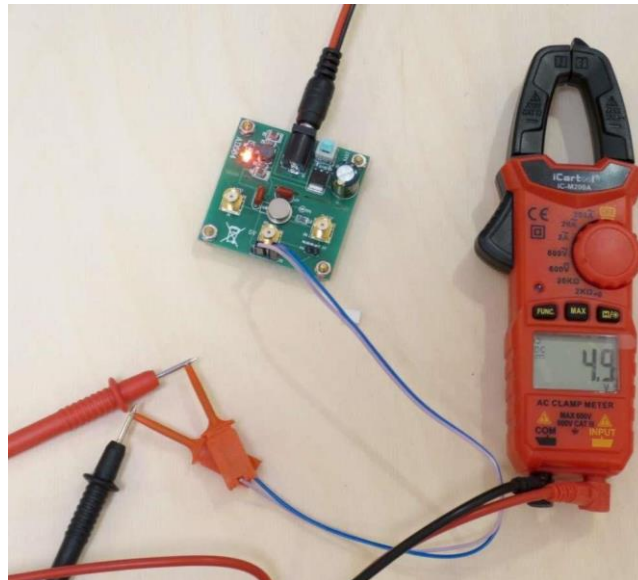
Измерение постоянного напряжения. Тут у нас одна шкала с пределом в 600 вольт и разрешением в один знак после запятой. А заявленная погрешность $\pm 0,5\%$ от показаний плюс 5 единиц младшего разряда. Для десяти вольт это и будет 0,5 В. Но мы для тестов задействуем источник опорного напряжения на микросхеме AD584LH с точностью в 100 раз выше – 0,005 В.

Тестируем 2,5 В.



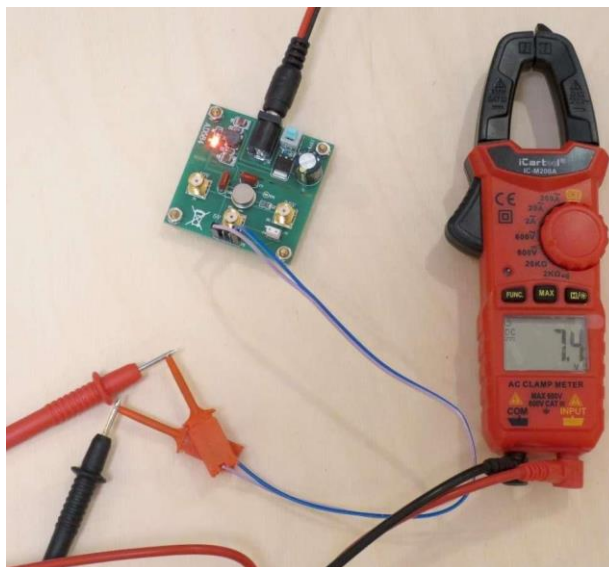
Немного занижает, но в пределах заявленной погрешности измерений.

5 В:



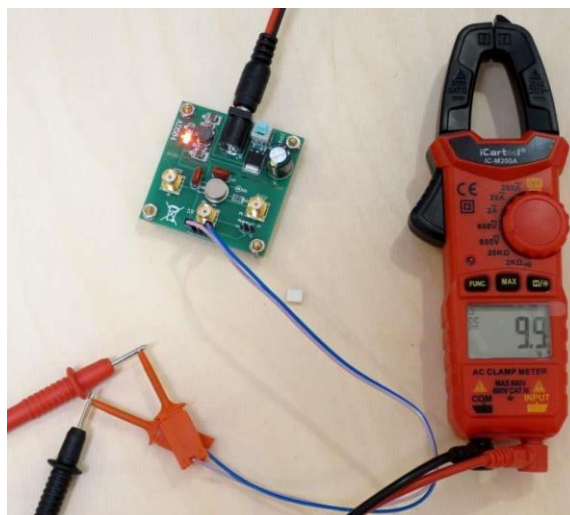
Аналогично.

7,5 В:



Похоже, небольшая ошибка постоянна.

10.0 В:



Для практического применения такая точность вполне достаточна. Вряд ли с помощью клещей на 200 ампер кто-то будет ремонтировать прецизионную аппаратуру.

Измерение сопротивления. Предусмотрено два диапазона: до 2 КОм и до 20 КОм. Благодаря тому, что прибор не имеет автоматического определения диапазона, измерения проходят максимально быстро.

https://www.youtube.com/watch?v=vKo_2O2W4K8

Если внимательно рассмотреть запись, то между касаниями контактов и появлением показаний на экране уместается 30 кадров. При частоте кадров 60 в секунду получается 0,5 сек. Точность показаний соответствует заявленной.

Прозвонка. Здесь скорость особенно важна. Аналогично, смотрим покадрово:

<https://www.youtube.com/watch?v=JyXIFyBqtUs>

Странно, но задержка включения зуммера зависит от паузы между измерениями. Чем она меньше – тем меньше и задержка.

Если «на холодную», то через 0,3 сек экран показывает значение сопротивления, и только через секунду загорается красный светодиод и включается зуммер. Если следующее измерение делать сразу же, то и показания, и зуммер, и светодиод включаются одновременно с задержкой 0,3 сек. Все это немного сбивает с толку, конечно.

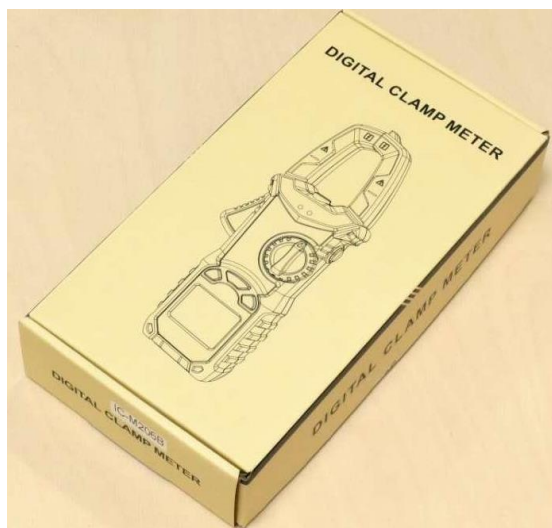
ICartool IC-M206B

Функционал этого прибора заметно превосходит младшую модель. Проще сказать, чем она отличается от старшей модели линейки. Только измерением переменного тока. Все остальное как у флагмана. А именно, прибор может измерять:

- Переменный ток до 600 А.
- Частоту до 10 МГц.
- Коэффициент заполнения ШИМ.
- Температуру до 1000 °С (так заявлено).
- Напряжение на рп-переходе диодов.
- Емкость конденсаторов.

Плюс ко всему, имеются дополнительные функции низкочастотного фильтра, низкоомного вольтметра и бесконтактного определения напряжения, которые мы, конечно же, тоже проверим. Да, и еще фонарик!

Коробка аналогична младшей модели, но размер немного крупнее.



В коробке чехол. Да, это уже совсем другой ценовой уровень, можно сказать – комплектация «люкс». Чехол было бы удобно переносить за ремешок, но он немного коротковат. Инструкция в кармашке, щупы, термопара, батарейки и сам прибор.

Щупы тут посерьезнее, чем у IC-200A.



Маркировка третьей категории, допуск до 600 вольт. На кончиках «носочки» для измерений в местах, где можно случайно коротнуть.

Измеряем сопротивление:



Ток 2 А, падение напряжения на паре щупов 0,271 В. Сопротивление пары 0,136 Ом. В пять раз меньше, чем у IC-200A. Такие щупы уже можно использовать для измерения токов.

Перейдем непосредственно к прибору. Он выполнен в том же стиле, что и IC-200A, но немного крупнее. Пластик красный и черный. Белые надписи на черном пластике читаются лучше. Программное колесо с рукояткой, так что вращать его можно как рукой, которая держит прибор, так и другой рукой. По этой же рукоятке удобно определять выбранный режим измерений. Было бы совсем хорошо, если бы на рукоятке была контрастная стрелка, но и так уже лучше, чем на IC-200A.



Кнопка нажимается достаточно туго, но хорошее смыкание необходимо для точности измерений, так что приходится мириться с этим. Раскрытие челюстей такое, что в зев войдет любой проводник разумных размеров. На одной челюсти есть «клювик», которым удобно раздвигать провода и выделять нужный провод среди прочих. Прямо внутрь челюстей светит фонарь. Хват достаточно удобный. И кнопка, и переключатель режимов оказываются прямо под нужными пальцами.



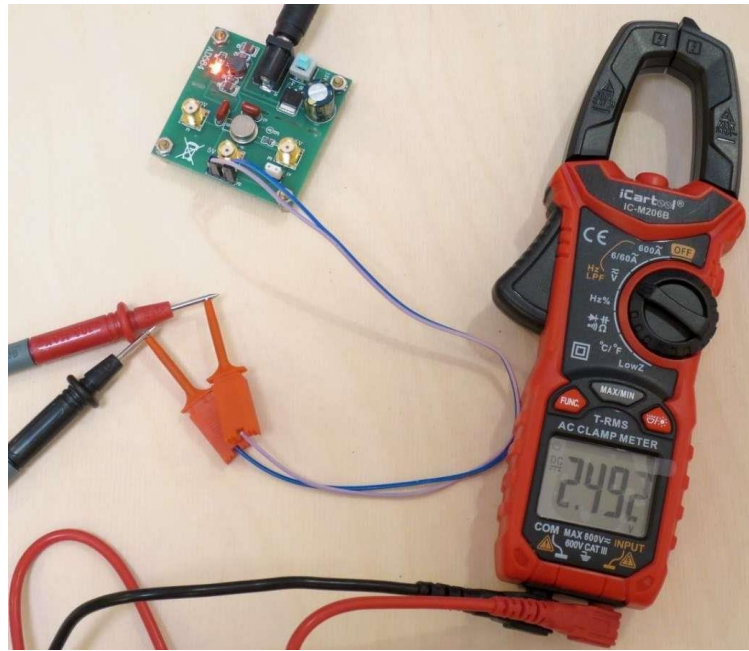
А вот экран тоже, как и в IC-200A, имеет свои «мертвые углы».

<https://www.youtube.com/watch?v=uaHeVXoTVL0>

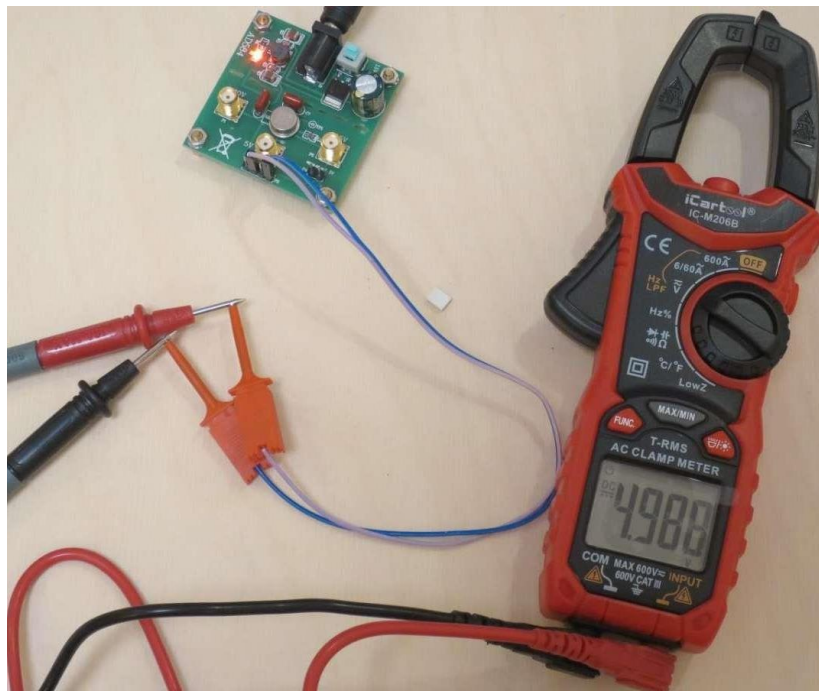
И подсветка, разрази ее гром, снова отключается сама. Это, пожалуй, два самых серьезных недостатка, которые бросаются в глаза еще до начала тестирования прибора.

Постоянное напряжение измеряется с автоматическим определением диапазона. Уровни ИОНа определяются так.

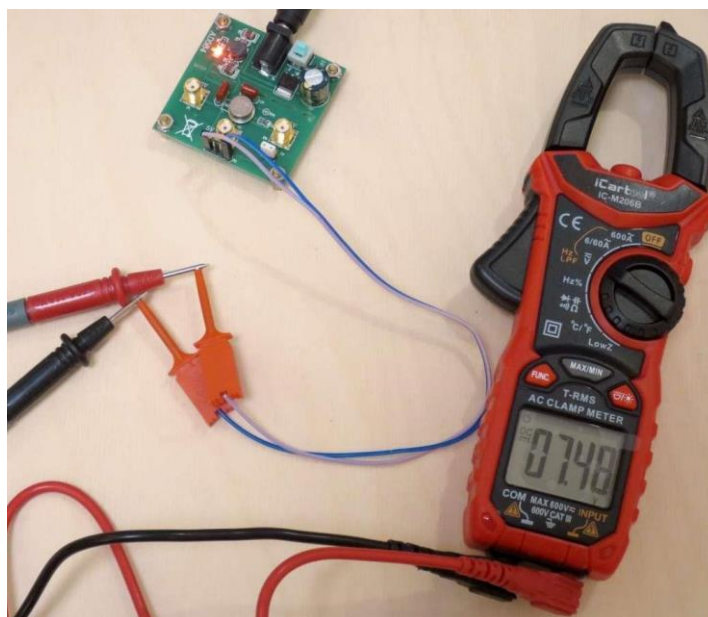
2,5 B:



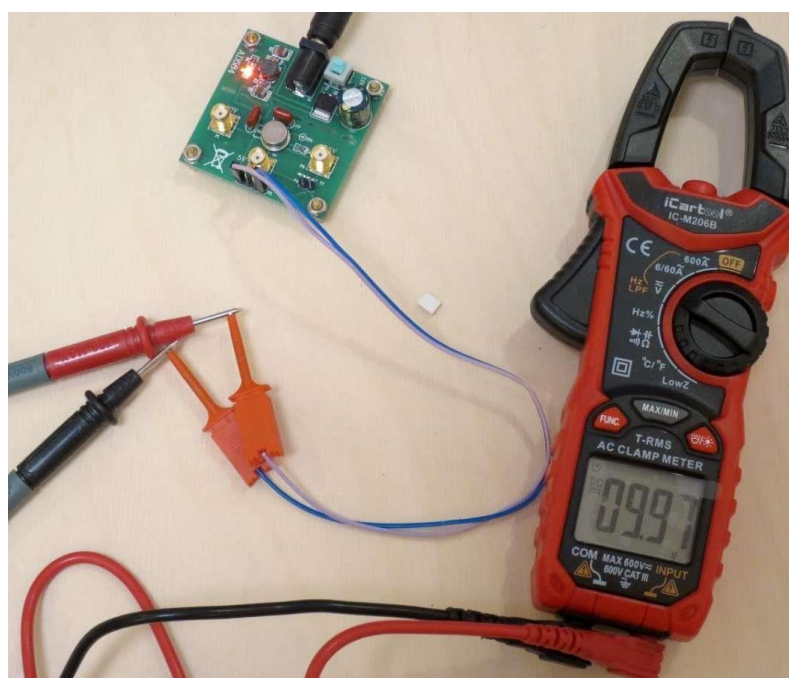
5,0 B:



7,5 В:



10 В:



Как можно убедиться, все уровни измерены с погрешностью в пределах 0,1 вольта, что более чем достаточно для бытового прибора.

Прозвонка. Поведение в этом режиме немного странное. Вот видео:

<https://www.youtube.com/watch?v=-ek9az8csuc>

При соединении щупов зуммер звучит практически сразу – задержка в пределах 1/60 секунды. Сигнал длится 0,5 секунды, к концу этого интервала экран показывает уже какое-то значение сопротивления. После наступает тишина, и в течение следующей секунды значение измеренного сопротивления снижается и приближается к реальному. Через 1,25 секунды тишины оно опускается ниже 30 Ом, тотчас экран подсвечивается янтарным цветом и

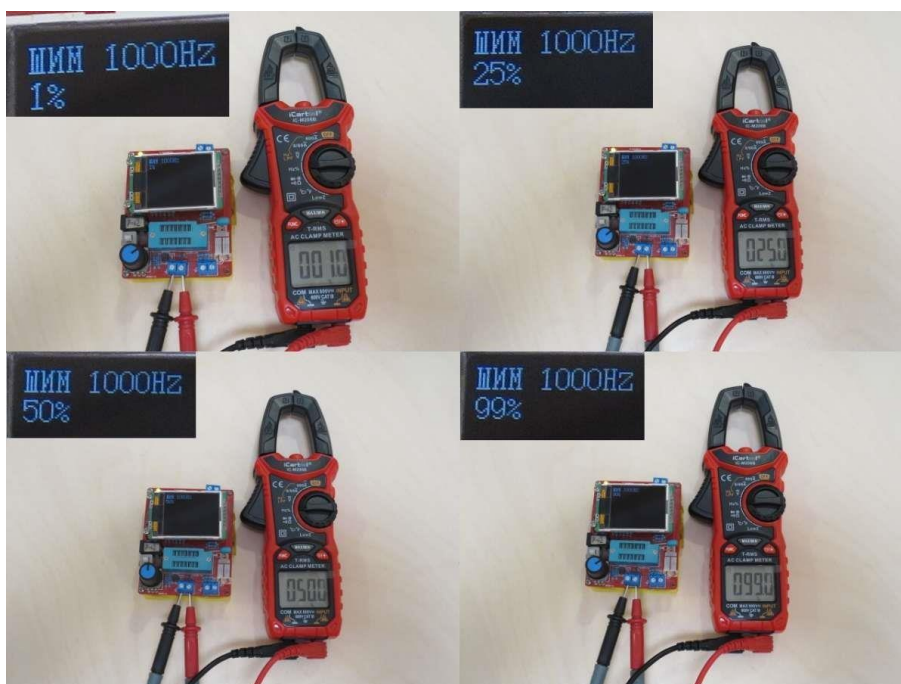
возобновляется зуммер. Схема с такими паузами не очень удобна для восприятия, но, надо признать, информативная.

Измерение частоты работает только для сигнала с нулевым средним значением. Если у вас не такой, постоянную составляющую придется гасить развязывающим конденсатором.



До полутора мегагерц показания хорошо соответствуют реальным, дальше проверять не стал.

Коэффициент заполнения проверен на частотах 100 Гц и 1 КГц.



Везде прибор точно находил искомую величину, вплоть до 99%, что очень хорошо.

Емкость прибор измеряет в очень широком диапазоне: до 0,1 Ф. Маленькие значения измеряются достаточно быстро.



А вот над крупными электролитиками прибору приходится потрудиться:

<https://www.youtube.com/watch?v=ORxCaRUGu1w>

Над этим экземпляром он задумался на 8,2 секунды.

Сопротивление прибор измеряет куда быстрее емкости.

Этот мощный резистор покорился менее чем за 2,5 секунды.

<https://www.youtube.com/watch?v=sVmmggxiWco>

Причем время обратно пропорционально номиналу сопротивления.

<https://www.youtube.com/watch?v=lj0wvqhChic>

Мегаомный резистор определился менее, чем за секунду.

Все эти измерения вполне комфортны для пользователя и соответствуют номиналам с заявленной в инструкции точностью.

LowZ – интересная функция, которая встречается не в каждом приборе. Прежде я расскажу об одной проблеме, знакомой электрикам. Берем трехжильный шнур – фаза, ноль и зануление. Вставляем его в розетку без контакта зануления. Таким образом, два провода у нас под сетевым напряжением, а третий висит в воздухе, потому что не подключен с обоих концов. Там же у нас 0 вольт, получается? Можно касаться руками, не ударит? Смотрим:



Ого! Между одним контактом и занулением 70 вольт.



А между занулением и другим – того больше – 82 вольта! Прибор даже подсветил экран, предупреждая о высоком напряжении. Откуда оно? Это наводки от соседних проводов. У клещей такой высокий импеданс, что заряд не стекает на ноль, а закономерно влияет на показания вольтметра. А теперь переводим прибор в режим **LowZ**. Он как раз для таких случаев.



3,1 вольт между занулением и одним рабочим контактом.



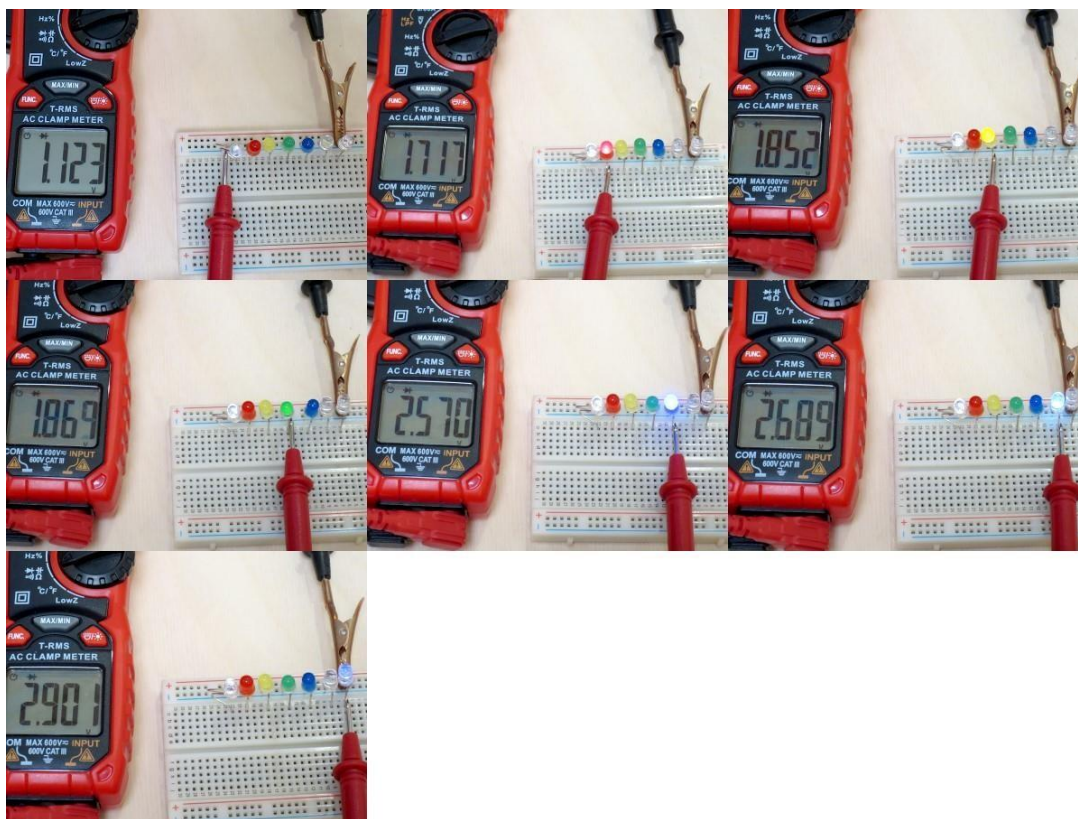
3,6 вольт между занулением и другим контактом.

Теперь ясно, что то, что мы видели в режиме обычного вольтметра – наводки, не способные причинить вред человеку. Это мы проверяли на шнуре длиной полтора метра и без токовой нагрузки. А при обследовании протяженных цепей этот режим, что называется, «маст хэв».

Измерение показало, что в режиме обычного вольтметра прибор имеет входное сопротивление 11 МОм, в то время как в режиме **LowZ** входное сопротивление всего 293 КОм.

Тестирование диодов заключается в определении падения напряжения на р-п переходе. Наиболее показательна разница при проверке светодиодов. Разность потенциалов на аноде и

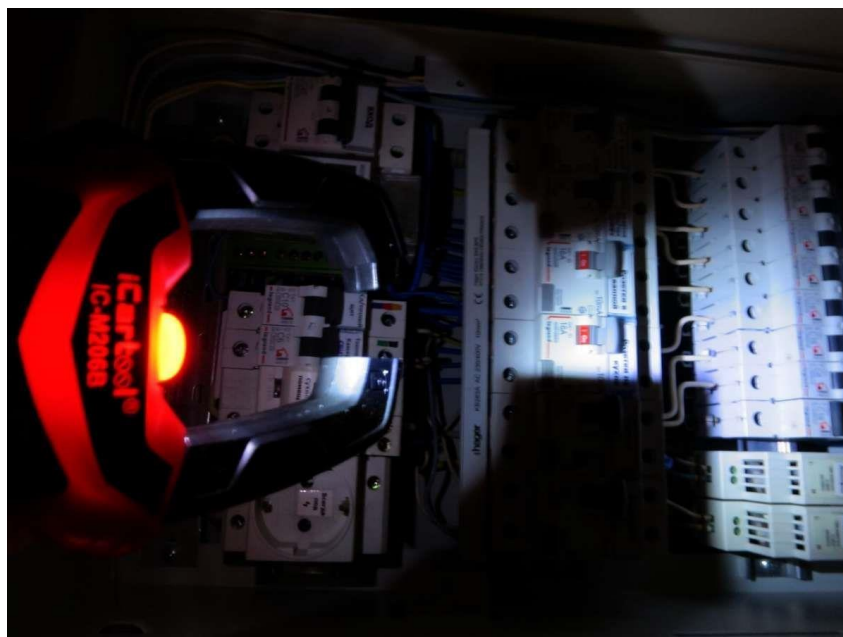
катоде при открытии диода напрямую зависит от излучаемой длины волны. Некоторые считают, что квантовая физика – какая-то абстракция. На самом деле она вокруг нас повсюду, даже в простом светодиоде. Макс Планк предложил зависимость между длиной волны и энергией. Чем шире запретная зона в полупроводнике, тем больше энергия фотона и меньше длина волны. Проверим.



<https://www.youtube.com/watch?v=zsDCkkLSASM>

Ура! Физика работает! Первый светодиод, с самым низким падением напряжения – инфракрасный. Мы вообще не видим его свет. А последний – ультрафиолетовый. У него самая высокая энергия волны и самое большое падение напряжения.

Фонарь. Здесь все просто. Долгое нажатие кнопки включения света – он включается. Второе долгое нажатие – выключается. Либо можно выключить весь прибор – включение фонаря не запоминается. Светит фонарь прямо между челюстями клещей, чуть выше середины по высоте. Свет белый, со слегка синим оттенком. Не очень яркий, но достаточный, чтобы было видно, куда лезешь. В жизни подсветка выглядит примерно так:



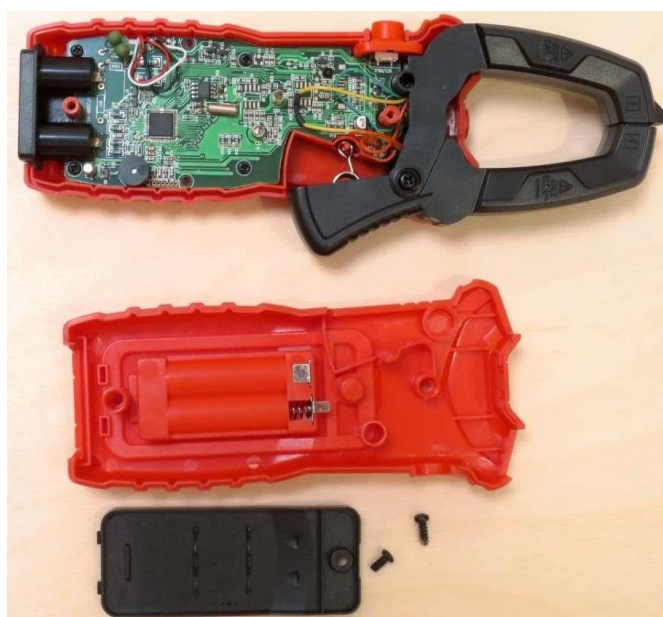
Измерение температуры производится термопарой К типа, которая поставляется в комплекте. Из имеющихся у меня термопар эта имеет самый мягкий провод. С ней приятно работать, нет «пружинистости», с которой приходилось бороться, измеряя температуру другими приборами. Показания температуры правдоподобны на точках 36 и 220 градусов, остальной диапазон не измерял.



Бесконтактное определение напряжения работает. Нельзя сказать, что это такой уж точный метод – даже в описании оговаривается, что его показаний недостаточно, чтобы спокойно хвататься за оголенные провода. Но он поможет быстро определить, в каких розетках есть электричество, а в каких нет, или имеется ли под напольным покрытием теплый пол. Даст приблизительное представление о том, где в стене проложен провод.

https://www.youtube.com/watch?v=P04UH5iN_IA

Вскрытие. Два самореза, один виден с обратной стороны невооруженным глазом, второй доступен из батарейного отсека.



Лабиринт по периметру. Контакты батарей соединяются с платой пружинками. Основная микросхема здесь в корпусном исполнении, а не в капле.



Это все я перечисляю преимущества. Прибор сделан на контроллере DM1106EN. Продвинутая современная версия хорошо себя зарекомендовавшего чипа DTM0660. На нем собрано много отличных мультиметров и есть надежда, что этот будет не хуже. Качество пайки хорошее, но флюс кое-где смывает не вполне. Термисторы на входе уже не наваливаются друг на друга угрожающим образом. Предохранителей нет, но у прибора достаточно высокое входное сопротивление, так что термисторов для защиты вполне достаточно. На плате много нераспаянных элементов. Должно быть, плата унифицирована со старшей моделью.

ICartool IC-M206D

Упаковка, комплектация, корпус подобны предыдущей модели до степени смешения:



Да и по функционалу эти клещи очень близки к модели IC-M206D, поэтому я остановлюсь только на различиях. Прежде всего, это их главная функция:

Измерение постоянного тока. В качестве референсных значений будем использовать показания амперметра в лабораторном блоке питания и мультиметра iCartool IC-M118A. Разумеется, начинаем с обнуления значений в клещах, разместив их именно так, как они будут измерять ток при его прохождении по проводу. Это нужно делать перед всяким измерением постоянного тока.



Я решил не истязать блок питания и мультиметр большими токами, а намотать несколько витков провода на клещи. Магнитный поток через рамку и показания клещей в таком случае увеличиваются пропорционально числу витков. У меня было 20 витков.



Таблица результатов:

Ток, А	0,5	1,0	1,5	2	5	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Измерение прибором	0,51	1,02	1,54	2,02	5,31	10,42	20,53	30,74	40,96	60,98	81,31	101,5	121,8	142,2	162,4	182,7	202,9

Средняя ошибка: 0,0155.

Она укладывается с запасом в заявленную точность в 2,5% плюс пять единиц младшего разряда.

Дальнейшие тесты прибор выполнил аналогично ICartool IC-M206B, за исключением некоторых особенностей:

Коэффициент заполнения измеряется прибором несколько хуже, чем это делает модель IC-M206B.

На частоте 100 Гц валидные коэффициент заполнения измеряется верно до 79%. С ошибкой - до 81%, а выше 81% не определяется.



На частоте 1 КГц начиная с 93% прибор показывает коэффициент заполнения 99,9%. С повышением частоты до 5 КГц предел правильного отображения отодвигается до 97%, а при 10 КГц прибор распознает уже 98% заполнения.



Не исключено, что это проблема конкретно моего экземпляра, но факт остается фактом. Потребление тока от элементов питания у трех приборов в разных режимах оказалось различным.

Отличия младшей модели от старшей в потреблении составило более 15 раз.



Чтобы не утомлять однообразными фотографиями, я свел результаты измерений в таблицу.

	IC-200A	IC-206B	IC-206D
Измерение тока	0,7 мА	1,4 мА	11,9 мА
Измерение + подсветка экрана	8,9 мА	18,0 мА	22,9 мА
Измерение + фонарь	—	11,2 мА	19,8 мА
Измерение+фонарь+подсветка	—	25,4 мА	29,3 мА

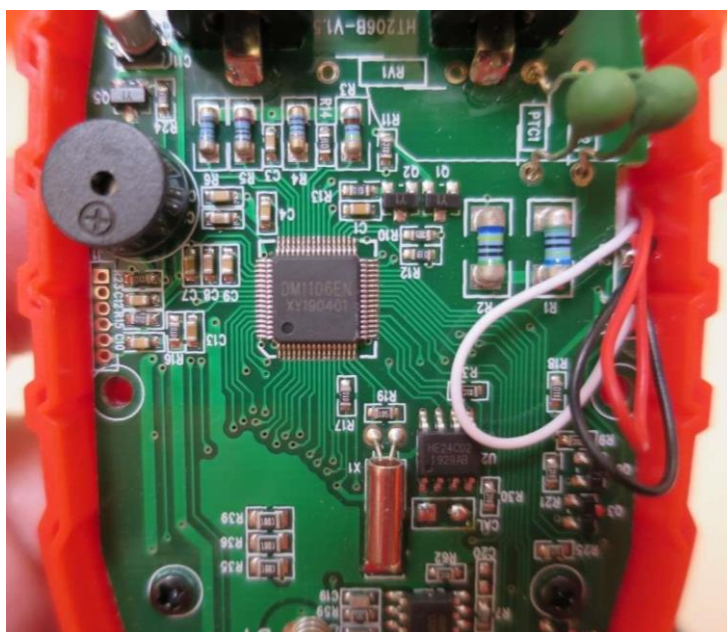
Самый простой прибор победил предсказуемо. А вот то, что датчик Холла увеличивает потребление тока прибором так сильно, стало неожиданностью. Повлияет ли это на срок службы батареек? Едва ли. При таких малых токах время работы батареи не может быть подсчитано банальным делением емкости на ток – зависимость там не линейна. При

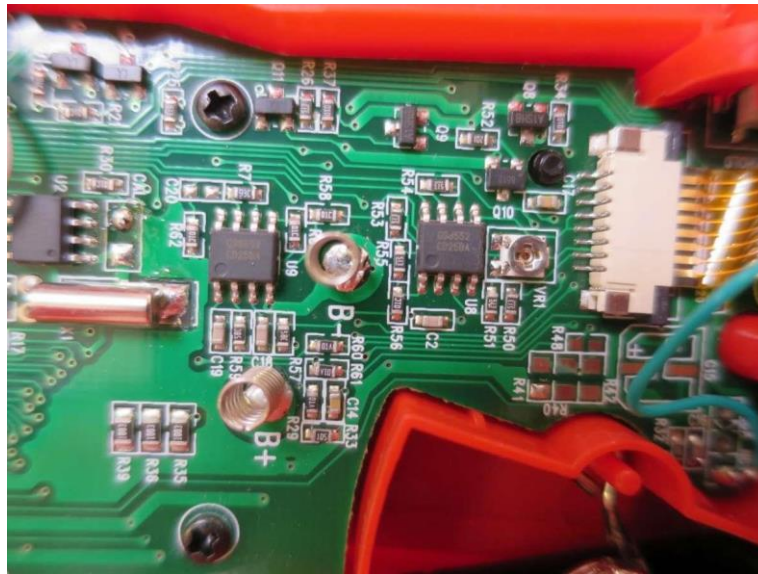
домашнем использовании прибора скорее время хранения будет определяющим фактором остаточной емкости батарей.

Разборка прибора аналогична IC-206B, но внутри мы видим более богатое оснащение платы:



Чип все тот же. Датчик Холла соединен с платой не проводами, а шлейфом. А вот варистор на входе, судя по обозначениям на плате вверху фотографии, поставили постеснялись. Но пайка качественная, все аккуратно.





Распаяна дополнительная микросхема памяти, есть подстроечный реостат. [Практическое применение токовых клещей.](#)

Как ни крути, но основное назначение токоизмерительных клещей – измерять ток. Займемся же этим делом. В качестве нагрузки воспользуемся стиральной машиной. Во-первых, у нее несколько разных режимов потребления. Во-вторых, в ней работает электродвигатель и мы вправе ожидать не только активной нагрузки от нагревателя, но и реактивной нагрузки от электродвигателя. Итак:

Измерение переменного тока

<https://www.youtube.com/watch?v=8P26MhjZt8U>

Из видео можно понять, что показания приборов более-менее соответствуют друг другу. Различается частота обновления показаний. У IC-200A она порядка 1 в секунду. А у IC-206B и IC-206D порядка 3 раз в секунду.



Можно заметить, что у IC-206В присутствует ненулевое значение тока при реальном отсутствии тока нагрузки. Это может быть вызвано измерением паразитных токов высокой частоты. Чтобы отфильтровать их, в приборе есть специальный режим.

LPF (Low Pass Filter). Этот фильтр срезает высокие гармоники и показания становятся более правдоподобными. Включаем:

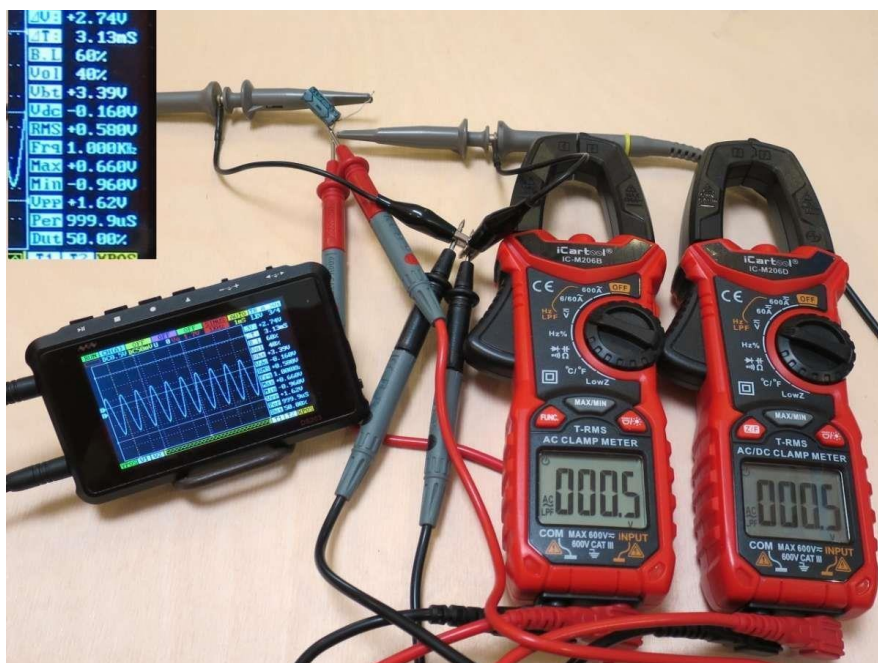


Ну вот, теперь все хорошо. Посмотрим полосу пропускания фильтра.

На 50 Гц приборы адекватно показывают среднеквадратичное значение напряжения:



На 1 КГц показания укладываются в заявленную погрешность.



Начиная а 2 КГц напряжение уже не может быть измерено с достаточной точностью.



На 5 КГц ошибка более чем вдвое. Далее проверять не имеет смысла.



Фильтр очевидно работает, и его амплитудно-частотная характеристика плавно ниспадает в интервале 1-10 КГц.

Любопытно заметить, что включение фильтрации частот потребовалось лишь модели датчиком тока имени Фарадея. Клещи Ампера-Холла не требовали никаких фильтров, чтоб валидно распознать ноль.

Для второго измерения в качестве референсных приборов я установил клещи МТ-87 и Mustool МТ866. Это приборы попроче старших моделей от ICartool. У них нет фильтра нижних частот, результат - ненулевые значения при отсутствии нагрузки.



Показания всех совпадают с точностью, достаточной для практического применения.

https://www.youtube.com/watch?v=E9zq0HD_-Jc

Для измерений **БОЛЬШИХ ТОКОВ** был задействован трансформатор от точечной сварки. С кабелями на выходе он выдает ток до трехсот ампер. Попробуем подогреть гвоздь:

https://www.youtube.com/watch?v=ZBYtNYv_I1o

Как видно, гвоздь греется, а показания совпадают с точностью, достаточной для практического применения.

Переменное напряжение все приборы тоже превосходно измеряют.



<https://www.youtube.com/watch?v=y29w10wSu-Y>

Измерение постоянного тока наиболее интересно применительно к автомобилю. Аккумулятор легкового автомобиля способен выдать ток до 600 ампер. Обычно такой ток требуется лишь доли секунды, для запуска холодного мотора зимой. Но это те самые доли секунды, которые отделяют запуск от незапуска, поездку по делам от снятия аккумулятора для зарядки, движение в теплом автомобиле от размахивания проводами для прикуривания. Хотя бы пару раз в год, в сезонное обслуживание автомобиля, полезно протестировать аккумулятор на предмет, протянет он еще сезон или пора в утиль. В принципе, для этого можно использовать нагрузочную вилку. Она показывает проседание напряжения под нагрузкой. Но вот беда – нагрузка там абстрактная, так что мы измеряем ресурс аккумулятора «в попугаях». Лучшая тестовая нагрузка для любого аккумулятора – стартер той машины, где он установлен. Для эксперимента нам потребуется любой мультиметр с функцией определения минимального напряжения и токовые клещи с функцией определения максимального тока. В моем случае это **ICartool IC-M118A** и **ICartool IC-206D** соответственно.

Сначала измеряем ЭДС аккумулятора – напряжение при выключенных потребителях.



12,26 В.

Затем выбираем режим фиксирования минимальных значений напряжения и максимальных тока. В моем случае ток идет в клещах «задом наперед», так что будут отрицательные показания, а выбираю я минимальное значение. Пришло время запустить мотор.



По цепи стартера тек ток в 209,8 ампер. Напряжение на выводах аккумулятора при этом падало до 10,47 вольт.

$$(12,26-10,47)/209,8 = 0,0085 \text{ (Ом.)}$$

8,5 мОм – таково внутреннее сопротивление батареи. Это много, норма 4-6.

Но наш метод не идеален. Мы не знаем частоту измерений в приборах, так что реальные значения внутреннего сопротивления могут быть как больше (если мы не поймали пик тока), так и меньше (если мы не поймали истинное минимальное напряжение). Но как грубая оценка состояния аккумулятора годится и такой метод.

Функция минимальных и максимальных значений для таких измерений совершенно необходима – глазом и даже видеокамерой скоротечные процессы не заметить. Хорошо, что при активации этой функции клещи запоминают и минимум, и максимум. После измерений нажатием кнопки можно переключать на экране зафиксированные значения сколько угодно раз. Это очень удобно.

Выводы

Все три прибора работают, все заявленные характеристики соответствуют реальным.

ICartool IC-M200A подойдет тем, у кого есть мультиметр, но не хватает функции проверки потребления электроприборов. Достоинства – компактность и цена. К недостаткам можно отнести невысокое качество пайки.

ICartool IC-M206B – прибор со сбалансированными характеристиками. Имея такой прибор дома, мультиметр уже и не обязателен. По большому счету, для того чтобы стать универсальным, ему не хватает только функции измерения тока. Но для этого случая существует другая модель.

ICartool IC-M206D – универсальный прибор. Достоинства - измеряет все. Недостатки – странное поведение в измерениях скважности.

Достоинства всех трех приборов – хорошие корпуса. Достаточно точные измерения. Богатый функционал старших моделей.

Недостатки всех трех – не вполне удобный режим прозвонки и экран, который виден не со всех ракурсов.