**Что можно улучшить в шедевре? Ничего? А мы всё же попытаемся…**

Disclaimer:

***Нижеследующий текст не является призывом к повтору изложенных действий, а всего лишь содержит описание шагов, предпринятых автором самостоятельно. Автор указанного текста не даёт никаких гарантий работоспособности или полезности модификаций для любого экземпляра прибора. Автор не несет никакой ответственности за реальный или предполагаемый ущерб, причинённый вашей собственности, данным или здоровью в результате прочтения нижеследующего текста. Читатель должен понимать, что любые свои действия он предпринимает на свой собственный страх и риск, полностью осознавая вероятность отрицательных последствий.***

1. История вопроса.

Несколько лет назад ко мне обратился один добрый человек с просьбой помочь с ремонтом свежекупленного HP3458A в приличном состоянии. По словам счастливого владельца, прибор должен быть исправен на постоянке (DC), но из-за какого-то косяка совсем не меряет переменку (AC). Может, неконтакт?

Условий два. Первое – не сломать его окончательно, чтобы хотя бы на постоянке продолжал работать. Второе – не курочить платы и не изменять калибровочные коэффициенты, чтобы была возможность обращения к официалам.

Как следствие, никаких калибровок и даже автокалибровок проводить было нельзя. В пику условию 2, в сети были найдены свидетельства очевидцев, что пересадка ПЗУ и ОЗУ в панельки криминалом в глазах фирмы-производителя не является. Таким образом была оговорена необходимость замены всех Далласовских микросхем ОЗУ (коим на тот момент было уже 18+ лет) с установкой панелек. Заодно можно безболезненно расширить ОЗУ до опции 1. В ожидании прибытия посылок были без спешки выпаяны старые чипы и их содержимое было вторично сохранено на комп (первое сохранение было проведено с помощью Питона ещё до вскрытия прибора). С установкой всех ЦАНГОВЫХ панелек и новых микросхем со старой прошивкой, начался второй этап -

1. Диагностика и ремонт

Первейшая (если не считать густо задымивший и немедленно заменённый входной сетевой фильтр) и очевидная неисправность – ошибка «SELF TEST FAILED AC VOS DAC CONVERGENCE:181»

Здесь фото:

3458\_ERR\_1,

3458\_ERR\_2,

3458\_ERR\_3

В руководстве по ремонту на уровне блоков [1] эта ошибка(как и десяток других) имеет номер 204 и адресует нас к блоку A2 (AC Converter 03458-66502).

Долго и безуспешно шли поиски причины, пока не пришла мысль проверить в главном усилителе (Main amplifier) помимо входной JFET пары Q403 идущий следом ОУ U404 именно в плане режимов по **постоянному** току.

Здесь фото:

3458\_AC.jpg

На инвертирующем входе плюс **6,654** В, на неинвертирующем – плюс **6,973** В. Понятненько, у нормально работающего в линейном режиме ОУ такой разницы (**319** мВ) быть не может вообще. От слова «никогда». После замены этой **EL 2039** [2] на новую, старая ошибка пропала.

Окрылённый успехом, попытался провести калибровку нуля, но не тут-то было! Запущенная процедура калибровки стала вываливаться через некоторое время после старта. Поиски дрейфов и смещений, теперь уже в разделе постоянного тока DC, привели к обнаружению ненадёжных контактов … в соединениях проводов от входного клеммника со штырями на плате переключателя входов FRONT/REAR! Вот фото, сори за низкое качество:

Здесь фото:

3458\_InpSw\_1.jpg,

3458\_InpSw\_2.jpg

После поджатия соединителей прибор с закороченным входом стал показывать небольшое, но стабильное ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ сопротивление. Что неудивительно, если посмотреть на начальное «нулевое» сопротивление в диапазоне 10 Ом при последней калибровке в 2005 году, и при калибровке после поджатия (проверяется командой CAL? 013 ):

685.324901E-03

577.790335E-03

Разница более, чем 0,1 Ом! Очевидно, что прошедшие годы (плюс транспортировка через пол земного шара) никак не улучшили контакт в этих соединениях. А вот обратное гораздо вероятнее! Видимо, переходное сопротивление превысило допустимый предел, что и приводило к прерыванию калибровки нуля, когда дело доходило до сопротивлений.

Ну вот, теперь всё готово. Вернув в прибор оригинальные микросхемы, промерил наиболее стабильные из своих мер, затем уже с новыми микросхемами провёл калибровку DC по полученным значениям.

Но история не этом не завершилась. Аналогично выражению «мелкие детки – мелкие бедки…» можно сочинить что-то вроде «малая разрядность – малая проблемность…». Короче, примерно через полгода прибор стал глючить и виснуть при попытке прочитать температуру по GPIB. Борьба с помехами и наводками (ферритовый цилиндр на кабель USB, отдельный провод, соединяющий корпуса прибора и компа, также посередине трижды намотанный на феррит) не помогали.

Работы по сервис-ноту «3458A-13A\_GPIB communication failures using the 3458A» были уже кем-то проведены. Время шло, результата не было… Добрый человек был близок к отчаянию (в силу объективных причин, надежды на официальный ремонт испарились…).

Как временная мера, в прибор был подсажен дополнительный термодатчик LM135Z [3] с запиткой от выпрямителя блока питания OUTGUARG логики.

Сверлить и рубить ничего не потребовалось, т.к. в приборе предусмотрено место для установки BNC мамы выхода допускового контроля (сори за качество):

Здесь фото:

3458\_Tsens\_2.jpg,

3458\_Tsens\_3.jpg,

3458\_Tsens\_6.jpg,

3458\_Tsens\_4.jpg

Бумажная наклейка потребовалась, чтобы прикрыть старую надпись во избежание недоразумений в будущем. Как временная мера (ставшая постоянной ввиду крайней полезности, т.к. позволяет ПОДРОБНО фиксировать внутреннюю температуру, не прерывая сбора данных собственно прибором), дополнительный датчик выручил, но очень ненадолго.

Ещё через несколько месяцев сбои и зависания стали проявляться даже на приборе, не подключенном по GPIB, прямо при включении. Ругаться стало на RAM.

Тааак, приехали.

Ёлки-колотушки, ты где Далласы-то покупал, в овощном ларьке??? – вежливо интересуюсь я у владельца.

 *НаeBay*, отвечает.

У кого?

*Да у кого нашёл, не самое дешевое, кстати…*

Проверяем историю покупок – серьёзная китайская компания, сотни тысяч продаж, рейтинг отзывов под 99%, отгрузка в фирменной высококачественной антистатической упаковке с красивыми наклейками, в фирменной картонной коробке, внутрь вложены достойного качества рекламные материалы с призывами «почему бы не выбрать нас?»…

Здесь фото:

3458\_Dallas\_2.jpg,

3458\_Dallas\_3.jpg,

3458\_Dallas\_1.jpg

Короче, всё прекрасно, всё в шоколаде, но под слоем шоколада – дерьмо…

И чего теперь делать? Претензии выкатывать? Дак полгода прошло, поди докажи… Заявят, что микрухи были отличные, во всём виноват неисправный девайс. Идеальный лохотрон! Даже если вдруг снизойдут и вышлют замену, где гарантия, что опять подделкой не окажется?

Проблему надо было решать кардинально, т.е. избавляться от Далласов как класса. А пока вернул оригинальные 19-летней давности чипы (хорошо, что не выкинул и не разобрал, была такая идея…), проверил работоспособность нового самодельного блока ИОН в составе прибора и погрузился в раздумья тяжкие…

Что? Какой ИОН? А я разве не говорил? Эх, старость, и это… как его… Короче, забывчивость.

1. А дело вот в чём. К тому времени, как я встретился с этим прибором, уже был опыт построения опорников на LTZ1000. А малогабаритных прецизионных высокостабильных 100 кОм резисторов не было. Улавливаете, да? Чтобы повысить долговременную стабильность ИОН на ЛТЗ, умные люди рекомендуют напаять такой резистор параллельно R411, чтобы понизить температуру кристалла и скорость старения.

Здесь фото:

REF\_3458.tif,

Но резистора не было. Решил соорудить самодельный ИОН с пересчитанным делителем задания температуры. Схемные отличия от оригинала:

- R411=13,3 кОм,

- R412=1,01 кОм,

- U402=MAX44246,

- R414=113 Ом,

- R413= R415= 70 кОм,

- отсутствует R417 (возможно – зря, но чтобы в этом убедиться, необходимо провести комплекс исследований в обоих вариантах, а для этого нужен вагон времени **с прибором**, которого, как правило, и не хватает), тем не менее, поскольку плата максимально скопирована с оригинала, место под него предусмотрено.

Здесь фото:

3458\_REF\_-4.png,

Вот что получилось:

Здесь фото:

3458\_REF\_4.png,

3458\_REF\_3.png,

3458\_REF\_1.png,

3458\_REF\_2.png,

3458\_REF\_-1.png,

3458\_REF\_-3.png,

3458\_REF\_6.png,

3458\_REF\_7.png,

3458\_REF\_8.png,

Как видно, установке в прибор мешал джампер P100, поэтому пришлось переставить один из резисторов и сделать вырез. Хорошо, что оставлять припуски «на всякий случай» стало привычкой…

Всё заработало как надо, но чтобы провести калибровку, нужна вторая микросхема памяти CalRAM, а все они посдыхали, даже ни разу не установленные…

1. Надо сказать, что я давно уже посматривал в сторону ферроэлектрической памяти F-RAM, даже закупил несколько RAMTRON’ов для попытки переделать осцилл. А что, если…? А не попытаться ли…?

Обговорили вариант, почитали спеки, сравнили… Вроде ничем не рискуем. За дело!

Дабы не разводить словеса, сразу скажу, что всё получилось. С 31 декабря 2015 года в приборе живёт и здравствует **RAMTRON FM16W08-SG**.

Здесь фото:

3458\_CAL\_RAM\_5.jpg

3458\_CAL\_RAM\_2.jpg

3458\_ALL\_RAM\_1.jpg

Да не один, я сделал их **3 штуки**, по одной на каждый имеющийся блок опорника 03458-66509. Один пришёл с прибором, второй – мой, самодельный, и третий – тоже оригинальный, купленный с разборки наeBay.

Здесь фото:

3458\_REF\_9.jpg

Благодаря этому появляется возможность, поменяв опорник в паре со «своей» CalRAM, проводить с прибором любые эксперименты – калибровать, перекалибровать… Для возврата в исходное состояние достаточно вернуть родную пару. Даже счётчик калибровок не слетает!

Все довольны!

Итак, что же для этого нужно? Успокою, основную плату резать не придётся. Тем, у кого уже впаяны панельки, переделка вообще никакого труда не составит. Надо купить собственно FW1608 и плату-переходник с SO28 на DIP28, все доработки будут выполнены на этой плате адаптера.

Теперь строго по шагам, чтобы ничего не напутать. Обязательно надо применять меры предосторожности от электростатики.

1. Шаг первый. Выпаиваем CalRAM U132, считываем и сохраняем содержимое в компе. Надо ли напоминать, что ответственную информацию надо скопировать на несколько разных носителей и хранить в разных местах? А то сдохнет винт, и ку-ку. Даллас-то не вечен…
2. Впаиваем КАЧЕСТВЕННУЮ цанговую панельку DIP24(не надо экономить там, где это может боком выйти…).
3. Напаиваем на адаптерSO28/DIP28 чип **FM16W08**, пока НИЧЕГО НЕ РЕЖЕМ, НИЧЕГО НЕ ДОБАВЛЯЕМ.
4. Устанавливаем адаптер с FW1608 в программатор и заливаем ранее считанную инфу. FM16W08 вчетверо более ёмкая, чем DALLAS DS1220, поэтому или льём в младший банк, или в буфере готовим образ вчетверо большего размера. Тем, кого эти манипуляции приводят в замешательство, лучше в 3458-м ничего не делать и оставить всё как есть. Не навреди…
5. Вынимаем плату из программатора, и перерезаем НА АДАПТЕРЕ дорожку от ноги 23 чипа к выводу адаптера:

Здесь фото:

3458\_CAL\_RAM\_4m.jpg,

3458\_CAL\_RAM\_3.jpg

1. Отдельным проводником соединяем 23 ногу **ЧИПА** с выводом адаптера №1.
2. Переворачиваем адаптер чипом ВНИЗ и…

Здесь фото:

3458\_CAL\_RAM\_8.jpg,

…соединяем проводником выводы АДАПТЕРА **№1 и 2 между собой и с выводом №14** (общий провод).

**Имейте в виду, что на обратной стороне адаптера нумерация выводов нанесена в зеркальном порядке, это очень сильно путает. Будьте внимательны! Лучше много раз перепровериться, чем один раз запороть outguard controller!**

1. Соединяем проводником выводы адаптера **№26 и 28 (**подача питания на нужный вывод чипа)**.**
2. Соединяем проводником выводы адаптера **№23 и 27** (подача сигнала ~WE на нужный вывод чипа) **.**

Здесь фото:

3458\_CAL\_RAM\_7.jpg,

1. Вот и всё. Ещё три раза перепроверяем, что соединения выполнены на правильных ногах, и устанавливаем адаптер в мультиметр. Вставляем так, чтобы 14-я нога адаптера попала в 12-е гнездо панельки, т.е. «землю к земле». **1, 2, 27 и 28-я ноги адаптера пусть висят в воздухе.**

Здесь фото:

3458\_CAL\_RAM\_6.jpg

Включаем. Всё должно работать. Если это не так, значит где-то накосячили. У меня работает на всех трёх экземплярах.

Собственно, вся суть доработки заключена в следующей простенькой схеме:

Здесь фото:

3458\_CAL\_RAM\_1.png

1. Теперь, в начале января 2017-го, после года безупречной работы RAMTRON’а в качестве CalRAM, пришло время выполнить очередной логичный шаг и сделать ферроэлектрическими чипы основной памяти U121 и U122. Для этого необходимо, закупив пару **RAMTRON FM18W08,** предпринять следующее:
2. Установить панельки аналогично пунктам a) и b). Единственное очевидное отличие – панельки должны быть DIP**28.**
3. Считать содержимое Далласов в комп.
4. Запаять **FM18W08** на точно такие же адаптеры, как в пункте c). Цоколёвка старой и новой микросхем совпадает, и доработок не потребуется.

|  |  |
| --- | --- |
| DS1230Y | FM18W08 |
| Здесь фото:3458\_DS1230.png  | Здесь фото:3458\_FM18W08.png  |

1. Залить программатором в каждый чип свою прошивку и установить в прибор на свои места.
2. Включаем, запускаем самотестирование… «Разрешается безмерно радоваться и веселиться.» ( с ) король Джулиан, о.Мадагаскар.

Здесь фото:

3458\_U121+U122\_1.jpg,

3458\_U121+U122\_2.jpg,

3458\_U121+U122\_3.jpg

1. Из результатов могу предложить результаты проверки ТКН вольтметра с различными опорниками. Надо сказать, что предварительно трижды гонять прибор непрерывно в течение 6-ти недель возможности никогда не было. На всё про всё времени менее одной недели, после установки опоры выжидались положенные 4…6 часов, затем калибровка и многочасовой сбор данных. Поэтому при измерениях всегда присутствует однонаправленный дрейф опоры. Замкнуть кольцо, т.е. завершить сбор данных при той же температуре, как и в начале, не представляется возможным. ТКН эталона (-0,063 ппм/К) учитывался простым вычитанием из результата для вольтметра, отдельно температура эталона не фиксировалась. Это делалось в предположении, что изменение температуры внутри вольтметра достаточно точно следует за изменением температуры в помещении, правда, с запаздыванием и некоторым сглаживанием ввиду большей массы и тепловой инерционности прибора по сравнению с эталоном. По меньшей мере это справедливо, при условии свежеочищенного воздушного фильтра на вентиляторе, в течение 24…48 часов.

Вот что получилось:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Опора и температура** | **Оригинал, высокая Т** | **Оригинал, низкая Т** | **С разборки, низкая Т** | **Самодельная, низкая Т** |
| **ТКН при снижении Т** | 0,14 | 0,202 | 0,133 | нд |
| **ТКН при повышении Т** | 0,198 | нд | 0,202 | 0,176 |
| **ТКН усреднённый** | 0,169 | - | 0,1675 | - |

Видно, что понижение температуры, как минимум, не улучшает температурную стабильность вольтметра. Отсюда решение – оригинальная опора будет оставлена с высокой температурой (100к отключен), опора с разборки будет работать на пониженной температуре, а в самоделке будут когда-нибудь опробованы R417 различных номиналов.

1. Несколько скриншотов.

Оригинал на высокой Т (50 PLC):

Здесь фото:

3458\_REForiginHighTemp\_2017.png

Оригинал на низкой Т (50 PLC):

Здесь фото:

3458\_REForig+100k.png

С разборки на низкой Т (50 PLC):

Здесь фото:

3458\_REFfrance\_LowTemp.png

Самоделка (50 PLC):

Здесь фото:

3458\_Sam&Pol\_LowTemp\_noR417.png

01-04.01.2017. TEKTRON.

1. Литература
2. 03458-90011 3458A Multimeter Assembly-Level Repaire Manual
3. EL2039
4. LM135
5. DS 1220Y
6. FW1608