

## ИНУН или ИТУН

По поводу работы ИТУН я уже приводил аналогию: буксировка автомобиля на гибкой сцепке, да еще с неисправными тормозами. Никогда неизвестно в какой точке будет находиться буксируемый автомобиль (звуковая катушка) при динамических изменениях скорости буксирующего (тока).

Что касается ИНУН (это подавляющее большинство промышленных усилителей) то более 30 лет назад выяснилось, что получаемые преимущества глубокоОСных усилителей по результатам традиционных измерений не дают адекватного преимущества в звуковоспроизведении, а в ряде случаев такие УМЗЧ уступают безОСным ламповым усилителям с куда более скромными параметрами.

Тогда и появились первые попытки отказаться от общей ООС. Это усилители Denon такие как PMA-700V, PMA-757, POA-2200, POA-3000, POA-6600. В этих усилителях драйвер выполнен по глубокоОСной трехкаскадной схеме на ДК с выходным каскадом со встречной динамической нагрузкой (аналог Мати Отала). На выходе драйвера стоит буферный двухтактный повторитель, а в POA-3000 даже на «двойке» Дарлингтона. Выходной каскад выполнен в виде повторителя на «тройке» Дарлингтона со спаренными выходными транзисторами, причем для уменьшения искажений на его входе стоит ОУ со следящим питанием охваченный с выхода ВК 100%-й ОС. Причем следящее питание организовано не с выхода ВК как это обычно делается, а с выхода драйвера. Помимо этого это единственные усилители (из тех что мне попадались на глаза), в которых предприняты меры по борьбе с обратной ЭДС громкоговорителей. Дополнительная схема состоит из двух ОУ (по одному в каждом плече) которые отслеживают появление обратной ЭДС в рабочем в данный момент плече, которое не может с ней бороться и тут же подает сигнал в противоположное плечо для ее подавления. Структурная схема этих усилителей приведена на рис. 1.

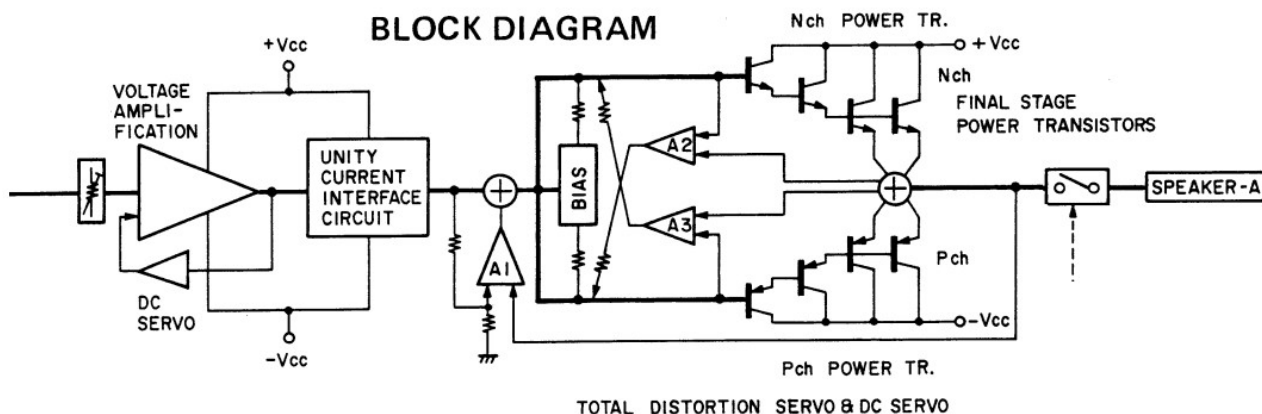


Рис. 1

Звучание этих усилителей характеризуется как точное, прецизионное, с хорошей атакой и собранным басом. Благодаря спаренным транзисторам звучание очень мощное, с динамичным открытым и прозрачным звучанием, оно не напрягает, можно слушать часами.

В линейке Sony также есть безОСный усилитель TA-N902 (1983 г.) с выходной мощностью 200 Вт на нагрузке 4 Ома. Драйвер также выполнен с ООС. На входе использован ДК на JFET с двойным каскодом один из которых обеспечивает следящее питание. УН также каскодный и выполнен со встречной динамической нагрузкой (аналогичной в усилителях Холтон). На выходе драйвера включен двухтактный повторитель. Выходной каскад представляет собой «двойку» Дарлингтона со спятеренными выходными транзисторами и с замысловатой схемой коррекции искажений, которая судя по уровню нелинейных искажений (0,2%) работает не очень эффективно. Структурная схема этого усилителя приведена на рис. 2.

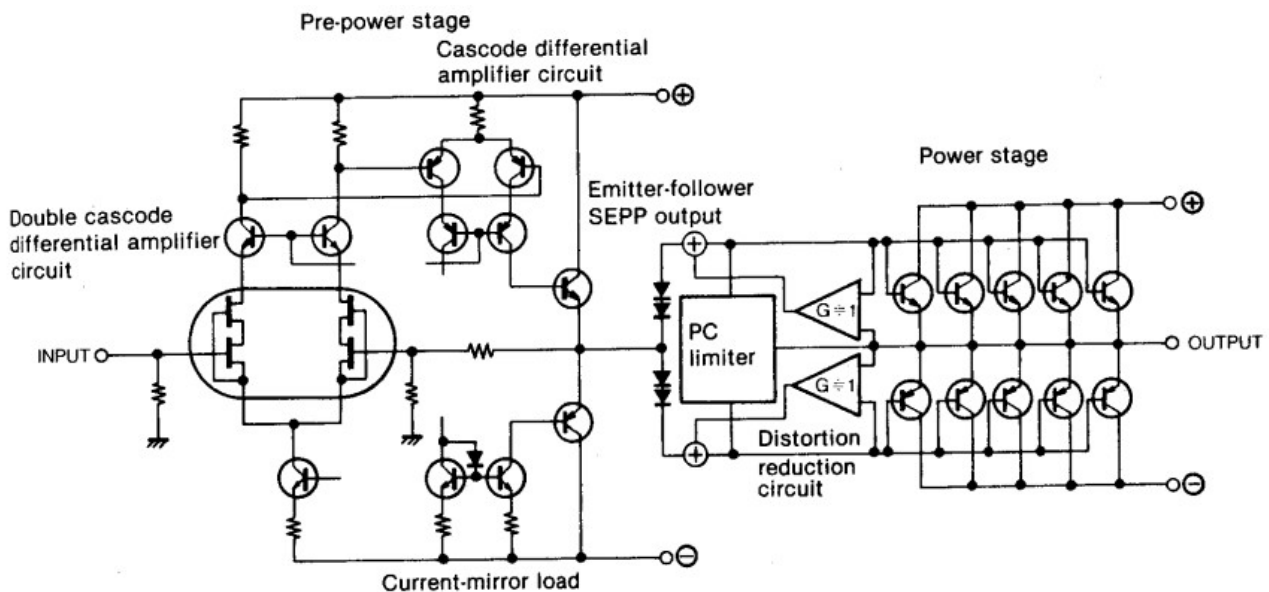


рис. 2

Есть безОСные усилители и в линейке NAKAMICHI, это модели TA2, PA5, PA7. В этих усилителях драйвер выполнен с глубокой ООС с ДК на входе и УН с динамической нагрузкой. На выходе драйвера также двухтактный повторитель. Причем в моделях PA5 и PA7 ДК каскодный. А вот выходной каскад с целью уменьшения искажений выполнен по схеме Шиклаи. В частности PA5 со счетверенными выходными транзисторами, а PA7 имеет по 7 выходных транзисторов в плече.

Как видим, идея отказа от общей ООС начала витать почти с самого начала развития транзисторных усилителей. Разумеется это только та информация, которая попала мне на глаза.

Кое какие идеи по реализации безОСных усилителей можно найти и в ответе японского разработчика Наоми Куросавы, см. ниже фрагмент статьи о его разработках в виде машинного перевода с небольшими поправками.

с уважением, Александр Петров

p.s.

Из ответа Куросавы следует:

- усилитель должен обеспечивать в нагрузку максимальный необходимый ток независимо от изменения импеданса АС (это возможно обеспечить только ИНУНом, ток которого изменяется с изменением импеданса АС);
- усилитель должен быть безОСным;
- для удовлетворения первого пункта усилитель не должен содержать лишних переходных контактов в цепях сигнала и питания, а также должны отсутствовать эмиттерные (истоковые) резисторы, что подтверждает и статья из Современной Электроники 2005 №2. Прим. Даже ВК класса А с эмиттерными резисторами в модели существенно уступает ВК класса АВ без резисторов.
- силовой трансформатор должен быть Ш-образным ??? (пункт требует пояснения)
- весь тракт усиления должен быть УПТ (спорный вопрос, Медан, повторив решение Шушурина опровергает это);
- должна отсутствовать система серво (спорный вопрос, т. к. в усилителе с отрицательным импедансом это никак отрицательно не отразилось)

Концепция усилителя с отрицательным выходным импедансом во многом совпадает с

концепцией предлагаемой Куросавой, а в некоторых вопросах идет дальше, особенно по первому пункту.

<http://www.theabsolutesound.com/articles/technical-brain-tbp-zero-ex-amp-tbc-zero-ex-preamp-tas-213/>

## Technical Brain TBP-Zero EX Amp & TBC-Zero EX Preamp (TAS 213)

[Equipment report](#)

by [Jonathan Valin](#)

Jun 22nd, 2011

Categories: [Solid-state power amplifiers](#)

Products: [Technical Brain TBP-Zero EX](#)

Over the last few years I've reviewed some truly great solid-state amplifiers and preamplifiers from MBL, BAlabo, and Soulution and heard a goodly number of other top contenders from Spectral, Boulder, Krell, Burmester, Pass Labs, DartZeel, and (at this past CES) newbies Constellation and D'Agostino. Come now the TBP-Zero EX 350W monoblock power amplifier and TBC-Zero EX linestage preamplifier from award-winning Japanese designer Naoto Kurosawa, and, while I can't (and don't) say that these Technical Brain (TB) components leave their distinguished solid-state competition in the dust, they have certainly set new standards of transparency, neutrality, and resolution chez Valin. Indeed, when they're driving the ultra-transparent, ultra-high-resolution Magico Q5 loudspeakers, I have yet to hear electronics that are more faithful to sources or more lifelike when those sources are top-notch.

*За последние несколько лет я переслушал несколько действительно великолепных твердотельных усилителей и предусилителей от MBL, BAlabo и Soulution и услышал ряд других прекрасных топ-соперников из Spectral, Boulder, Krell, Burmester, Pass Labs, DartZeel, и новичков Созвездия и D'Agostino. Появившийся сейчас усилитель-моноблок TBP-Zero EX 350W и предусилитель TBC-Zero EX linestage от японского разработчика Наото Куросавы, и, в то время я не могу не сказать, что эти продукты оставили своих твердотельных конкурентов в пыли, они, безусловно, установят новые стандарты прозрачности, нейтральности и разрешения. В самом деле, когда они работают то обеспечивают ультра-прозрачное и ультра-высокое разрешение громкоговорителей MAGICO Q5, я еще не слышал электроники, которая обеспечивает более верное или более реалистичное звуковоспроизведение, если источники сигнала являются первосортными.*

Obviously, the TB electronics achieve their transparency, neutrality, and resolution by lowering distortions. However, almost all of the new-gen solid-state components that I've reviewed and auditioned do this same trick. (The Soulution gear, in particular, raised the bar on neutrality, transparency, and resolution by lowering THD to unparalleled levels via an ingenious high-speed, high-negative-feedback circuit.) What makes the TB gear stand out, audibly, from this very select group is that, in addition to reducing THD and TIM, it also appears to be breaking a stranglehold on the free and lifelike delivery of musical energy that makes other transistor amplifiers, even other great ones, sound just the slightest bit mechanized, veiled, and overly constrained by comparison. Kurosawa has achieved this feat by finding a way to eliminate the emitter resistors that regulate the quiescent current running through output transistors in solid-state amps and preamps.

*Очевидно, что электроника ТВ добивается их прозрачности, нейтральности и разрешения за счет снижения искажений. Тем не менее, почти все твердотельные компоненты нового поколения, которые я рассмотрел и прослушал делают этот же трюк. (Разрешение звуковоспроизведения, в частности, подняли планку нейтральности, прозрачности и разрешения за счет снижения THD до непревзойденного уровня через гениальные высокоскоростные цепи глубокой отрицательной обратной связи). То, что делает ТВ выделяется своим механизмом, слышно, что помимо снижения THD и ТИМ, он также, как представляется, изменяет работу мертвой зоны для свободной и реалистичной поставки музыкальной энергии, что делает звук других транзисторных усилителей, даже других великих, просто слегка механизированным, завуалированным, и чрезмерно ограниченным в сравнении. Курогава добился этого подвига, найдя способ для устранения излучения резисторов, которые регулируют ток покоя, протекающий через выходные транзисторы в твердотельных усилителях и предусилителях.*

I'm told by those who know that the elimination of emitter resistors is a genuine innovation in solid-state design. Since I'm not an engineer, I've asked Naoto Kurosawa to explain what he's done (and also to describe the other salient features of his circuits). Here is what he wrote me in an e-mail:

“The core concept behind the TB amplifiers and preamps is the elimination of all factors that detract from the realistic reproduction of music. In particular, my challenge was how to get an amplifier to respond precisely to the very moment sound begins. This is when all the energy and emotion of music and musician is released at once. To reproduce this tremendous outpouring of energy requires absolute power—pulse-like, exceptionally high in current. The situation is similar to that of an F1 car at start-up; the race car needs an exceptionally high-torque engine and the ability to rev that engine up to 20,000 rpm or higher nearly immediately and without friction. In other words, the most important thing at start-up for both an amplifier and a F1 car is exceptional and near-instantaneous energy and power delivery.

*Мне сказали, что те, кто знает, что ликвидация эмиттерных резисторов является подлинной инновацией в твердотельной конструкции. Так как я не инженер, я попросил Наото Курогава, чтобы объяснил, что он сделал (а также описать другие характерные черты его цепей). Вот что он написал мне по электронной почте:*

*«Основная концепция усилителей и предусилителей ТВ является устранение всех факторов, которые умаляют реалистичное воспроизведение музыки. В частности, моя задача была, как получить усилитель точно реагирующий на тот момент, когда звук начинается. Это когда вся энергия и эмоции музыки и музыканта освобождаются сразу. Чтобы воспроизвести это огромное излияние энергии требуется абсолютная власть - импульса, как, исключительно высокий ток. Ситуация аналогична автомобилю формулы 1 (F1) при старте; гоночный автомобиль нуждается в двигателе с исключительно высоким крутящим моментом и способностью развивать до 20000 оборотов в минуту или выше почти мгновенно и без трения. Другими словами, самое главное при пуске и для усилителя и автомобиля F1 является исключительная почти мгновенная поставка энергии (для УМЗЧ тока)»*

“In solid-state audio, it is emitter resistors that prevent the injection of this energy from the amplifier into the speakers. In order to protect an amplifier from thermal runaway, emitter resistors restrain the flow of current by using negative feedback, while compensating for the differences in operating current between power transistors. Since the early years of transistor amplifiers, their use has amounted to a necessary evil.

*"В твердотельном аудио, это эмиттерные резисторы, которые препятствуют передаче энергии от усилителя в громкоговорители. В целях защиты усилителя от*

теплового убегания, эмиттерные резисторы сдерживают ток с помощью отрицательной обратной связи, в то время служат для компенсации различий в рабочем токе между спаренными силовыми транзисторами. С первых лет транзисторных усилителей, их использование составляет неизбежное зло.

“The most important technological innovation in Technical Brain circuits is the elimination of these emitter resistors and the development of a bias-current control-circuit without time delay (patented in Japan) that has made their elimination possible.

*"Самой важной технологической инновацией в схемах Technical Brain является устранение излучений этих резисторов и развитие управления током смещения без временной задержки (запатентовано в Японии), что сделало возможным их устранение.*

“We have also gotten rid of the electrical contacts that cause sound modulation or spread. Among a number of electrical contacts found in amplifiers, the elimination of high-current relays used in the speaker protection and power-supply unit are a key to higher fidelity.

*"Мы также избавились от электрических контактов, которые вызывают звуковую модуляцию или изменяют размах сигналов. Среди ряда электрических контактов, обнаруженных в усилителях, ликвидация высокоточных реле, используемых в защите динамика и источника питания являются ключом к более высокой точности.*

“It is also important to note that electrical contacts gradually oxidize and sulphurize over time, and as a result, contact resistance becomes non-linear. This change occurs very slowly, so it often goes unnoticed, although it certainly deteriorates the sonic presentation. People sometimes recognize this type of deterioration as a phenomenon in which bass is not reproduced accurately at lower volumes but comes ‘back to normal’ once the volume is set at a higher level. If there are no electrical contacts, there is no need to worry about these inevitable losses.

*"Важно также отметить, что электрические контакты постепенно пропитываются серой и окисляются с течением времени, и, как следствие, контактное сопротивление становится нелинейным. Это изменение происходит очень медленно, так что часто остается незамеченным, хотя это, конечно, ухудшает звуковую презентацию. Люди иногда признают этот тип ухудшения как явление, в котором бас не воспроизводится точно на низких уровнях громкости, но приходит "в норму" после того, как громкость установлена на более высоком уровне. Если нет электрических контактов, нет необходимости беспокоиться об этих неизбежных потерях.*

“Lastly, all TB electronics are DC amplifiers (direct current is amplified, and there is no phase rotation or group-delay). A colorless, unconstrained, stable sound results from this coherence in design.”

*"И наконец, вся электроника ТВ усилители постоянного тока (постоянный ток усиливается, и нет поворота фазы или групповой задержки). Неокрашенные, естественные, стабильные звуковые результаты этой согласованности в конструкции".*

All of Kurosawa’s product—amps, preamps, and (his soon-to-be-reviewed) phonostages make use of these core technologies. All are ultra-wide bandwidths, zero-feedback, non-servo, DC-coupled designs; all use fully balanced topologies with no mechanical/electrical contacts such as relays and line fuses; all are built with meticulous attention paid to the arrangement of wires and components to ensure the shortest signal paths and the highest shielding from vibration; all use massive, low-flux-density, flat-coil, hand-wound, EI-core power transformers (no toroidal

transformers here); and all eliminate the dreaded emitter resistor.

*Все продукты Куросавы - усилители, предусилители, и фонокорректоры используют эти основные технологии. Все имеют ультра-широкие полосы пропускания, нулевую обратную связь, без серво, по постоянному току конструкции; все используют в полной мере сбалансированные топологии без механических / электрических контактов, таких как реле и предохранителей линии; все они построены с тщательным вниманием к расположению проводов и компонентов для обеспечения кратчайших сигнальных путей и самого высокого экранирования от помех; все используют массивные, с низким уровнем плотности потока, плоскими катушками, с ручным заводом, силовые трансформаторы EI-Core (Ш-образные, нет тороидальным трансформаторам здесь); и навсегда ликвидировать страшный эмиттерный резистор.*