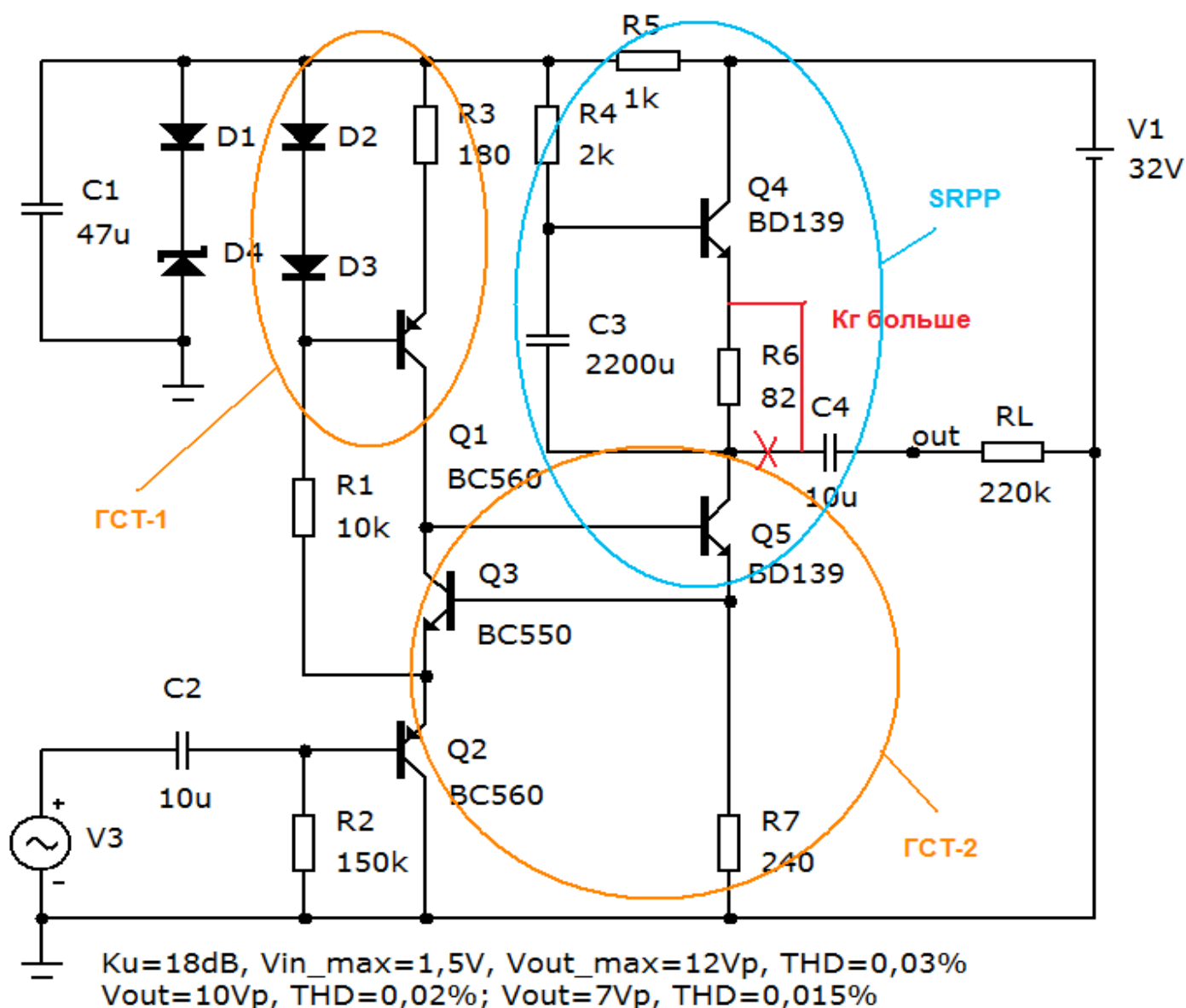
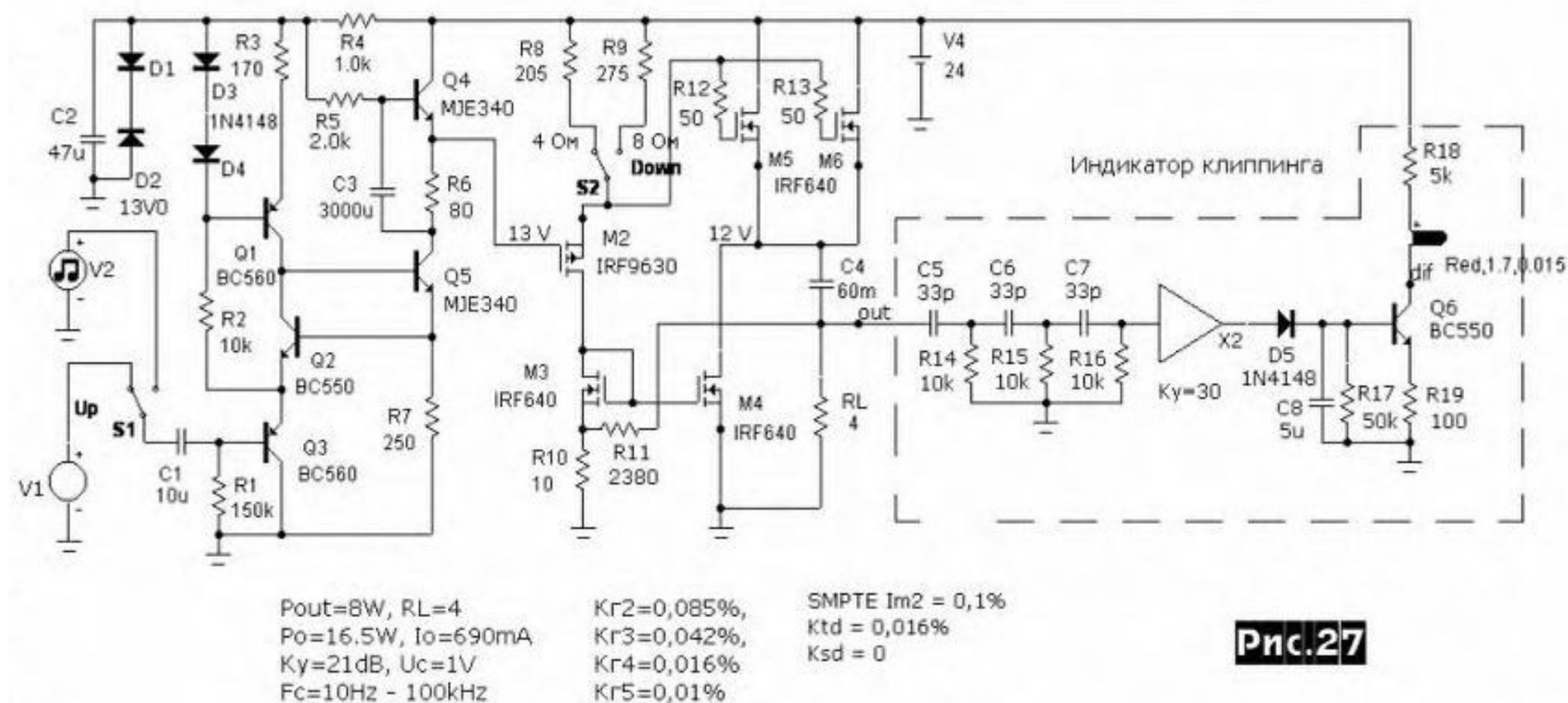


variator

Сообщение от wert

УН по мотивам Univers очень чистый по звуку

Подтвержу, и искажения такого же порядка, сотые доли процента. Делал и пользовал подобную схему лет пять назад, выкладывал **SAPR**. Только вот такая хрень была с входным разделительным, точнее без него. У первого транзистора ток коллектора был 1 мА и микроамперный базовый выделялся какой то сотней милливольт на входном резисторе (R1 на рис. 27 последней страницы статьи, кто забыл, пост №4). Кручу регулятор громкости - меняется шунтирование цепи базы- немного смещается режим первых транзисторов-перезаряжаются кондеры все последовательно, в динамической нагрузке, разделительный (у меня, между УН и ВК) и большая емкость на выходе. И динамик заметно так, "дышал". С конденсатором на входе эффекта такого нет. Можно еще нюансы порасписывать, но по моему, не все так однозначно.



в его основе та же идея псевдодвухтактного усилителя SRPP - усилитель со встречной динамической нагрузкой на входе буферный повторитель Q2 (OK) возбуждающий ГСТ-2

к достоинствам можно отнести короткий спектр гармоник, преимущественно вторая гармоника (характерно для одноконтных усилителей)

<http://forum.vegalab.ru/showthread.php?t=2164>

Uni&Vers (Михаил) мыло: univer@inbox.ru

Недавно я закончил разработку ультралинейного УН

недавно я закончил разработку ультралинейного УН. Усилитель имеет очень низкие искажения, характерные для систем с обратной связью, но построен он без обратных связей и кроме того в нем отсутствуют тепловые искажения. Полоса частот 2 МГц. Выход -десятки вольт.

И еще решил посмотреть нет ли аналогов. Посмотрел и увидел на сайте <http://forum.vegalab.ru/downloads.php?do=file&id=21>

Моя схема оказалась лучше даже во много раз. Не применяются конденсаторы. Искажения при 500мв входного сигнала ниже точности моей карты. Старших гармоник не обнаруживается -это не видно на этих рисунках, я это смотрел разностным методом. Не надо подбирать элементы, все равно какие транзисторы, можно скомпоновать на полевиках и биполярах, если понадобится такой вариант. Выходное напряжение может быть большим при использовании мощного полевика, сотни вольт, для замены ламп подойдет на сто процентов. Тепловые дрейфы и тепловые искажения в схеме активно скомпенсированы. Во время прогрева ток меняется в третьем-четвертом знаках. В схеме нет отрицательной обратной связи. Я не встречал ни разу описание подобной схемы.

Упомянутая в заметочке схема по сути невоспроизводима. В моей нет никаких секретных транзисторов, если нарисовать схему, ее сразу воспроизведет любой желающий с хорошим результатом, в этом разница.

Почему третья гармоника ниже - не знаю, исправляется схемой

Но увы, я прочитал следующее:

"по понятным причинам я не привожу здесь детали - какие именно типы транзисторов я использовал и как именно я произвожу подбор нужных пар."

и задумался. Потому что если такую капризную схему держат в секрете, то свою я должен держать в сейфе банка. Если бы нашелся какой-то аналог, но мне он не попался, хотя схем я видел разных немало.

Спасибо автору

<http://avitek.nm.ru/projects/tweak/wt192x/index.htm>

очень хорошая модификация. И хорошо показывает чего стоят рассуждения о "музыкальности" вместо стабилизатора питания

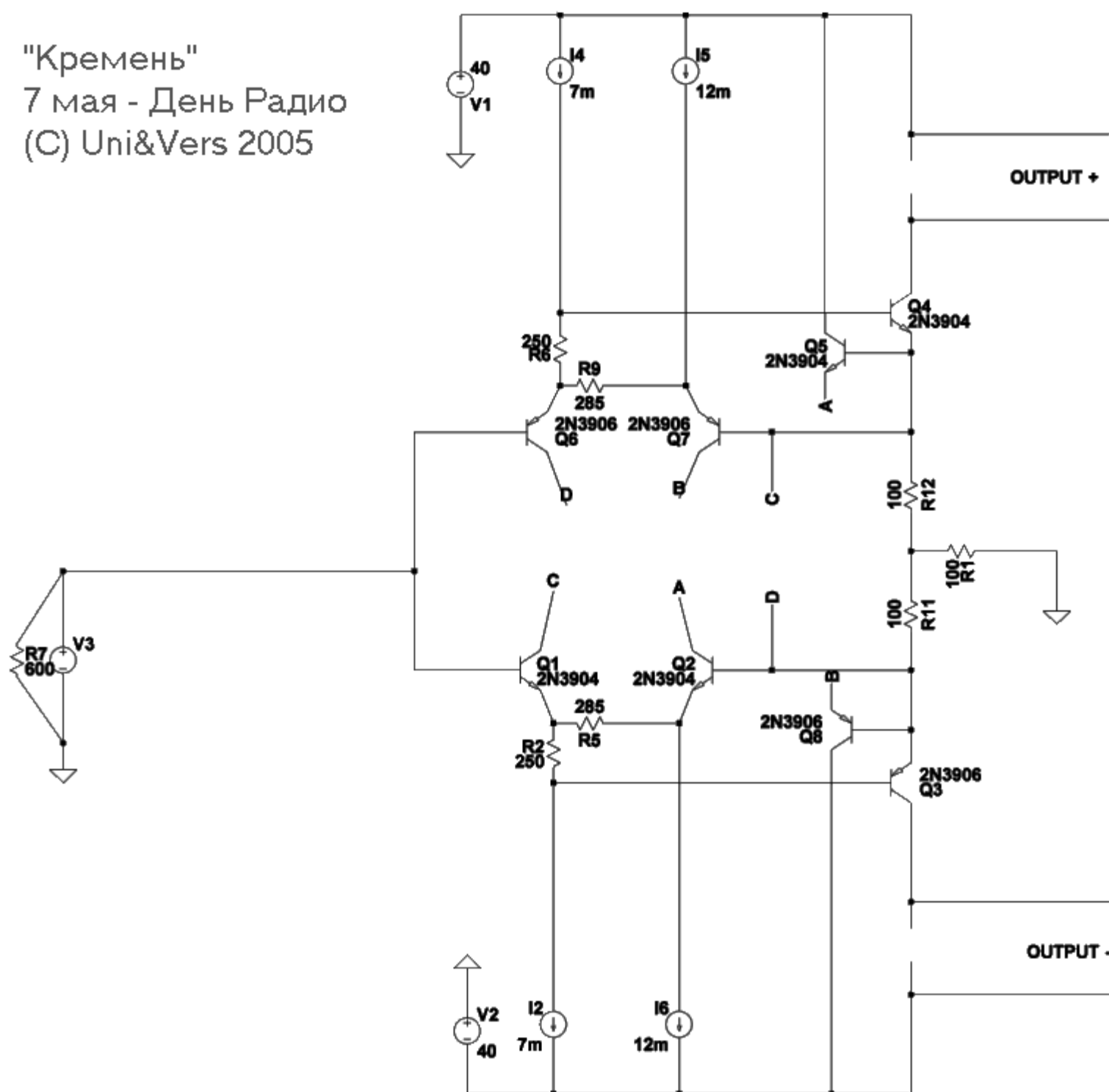


схема перестает искажать когда выходной ток становится независимым от изменений напряжений база-эмиттер выходных транзисторов Q3,Q4. Одновременно исчезают тепловые искажения. Остальные транзисторы близки к режиму постоянное напряжение, постоянный ток. В схеме активная компенсация. Она настроена на устранение различий транзисторов и их особенностей. Выходной ток схемы складывается из

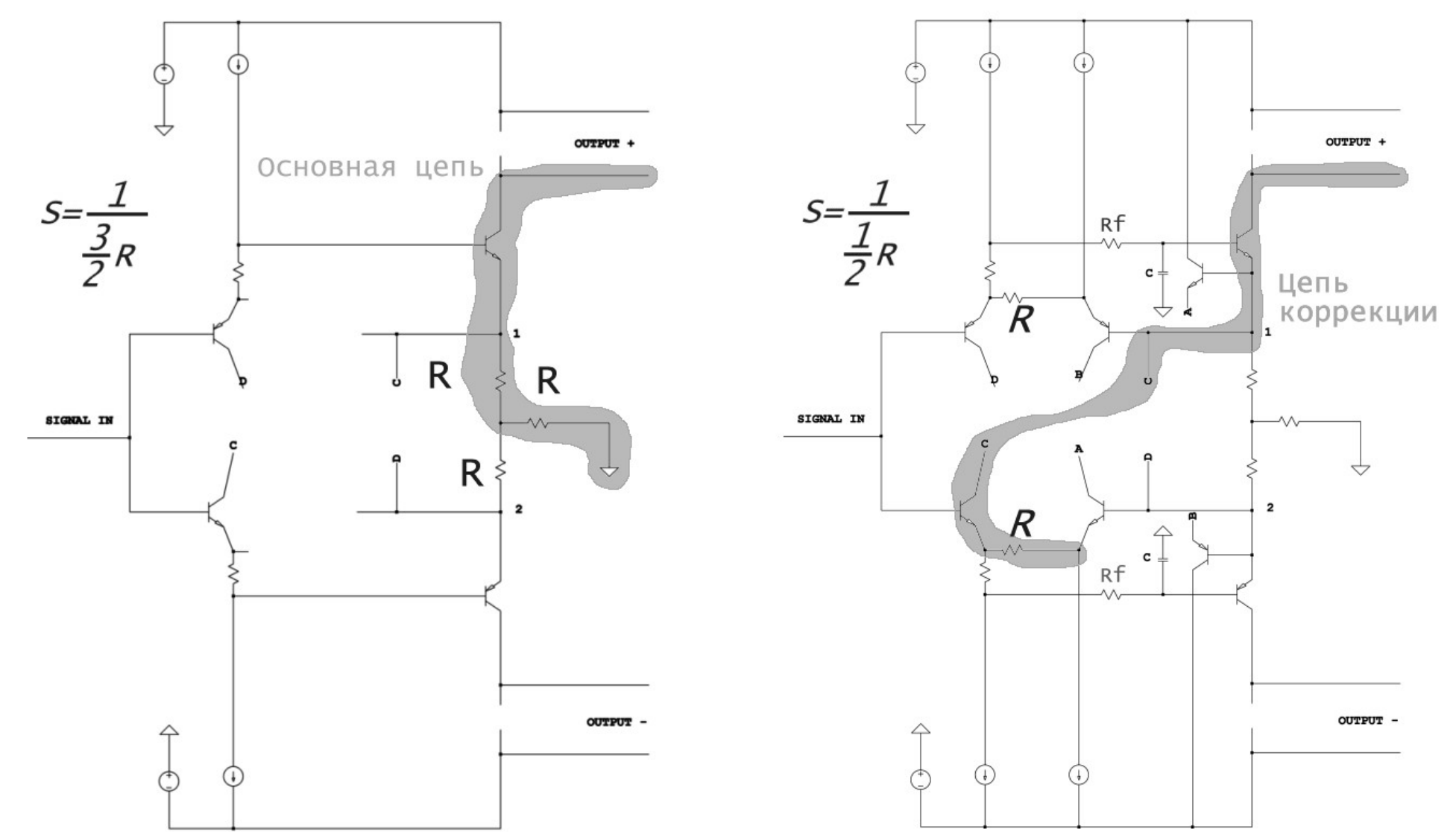
двух составляющих. Основная часть - ток выходного транзистора. Дополнительные транзисторы формируют дополнительную, недостающую часть. Схема правильно сбалансирована, если крутизна дополнительной части и основной совпадают. В этом случае если меняются свойства выходного транзистора это автоматически компенсируется дополнительной.

Компенсационный баланс удобно проверить искусственно изменяя свойства транзистора. Можно включить генератор напряжения в цепь базы или эмиттера для модуляции напряжения база-эмиттер. Сбалансированная схема устранил эту паразитную модуляцию в выходном сигнале, подавит ее. Степень подавления в этой схеме может быть до 100 раз. Если грубая модуляция напряжения база-эмиттер слабо изменит выходной сигнал то влияние свойств транзистора можно не принимать во внимание, потому что модуляция перекрывает весь возможный диапазон различий транзисторов.

Да, выходной сигнал в этой схеме - обязательно сумма токов двух ветвей. Этот вариант устроен так, что верхняя и нижняя половины обязательно работают вместе, по отдельности они не скомпенсированы.

Л. Зув

Uni&Vers, понял как работает Ваша схема . При увеличении (например) тока через R1 увеличивается ток эмиттера Q4 и уменьшается ток Q3, следовательно увеличивается Uбэ Q4 и уменьшается Uбэ Q3 (изменения Uбэ нелинейны). При этом в нижнем плече цепочка Q2, R5 увеличивает ток эмиттера Q1 и возрастание его коллекторного тока компенсирует уменьшение тока эмиттера Q4 из-за возрастания его Uбэ. Цепочка Q7, R9 аналогичным образом компенсирует увеличение тока эмиттера Q3. Кажется так ? При этом соотношение сопротивлений R6, R9 и R2, R5 должно быть привязано к соотношению R11, R12, R1. Еще раз повторю - оригинально



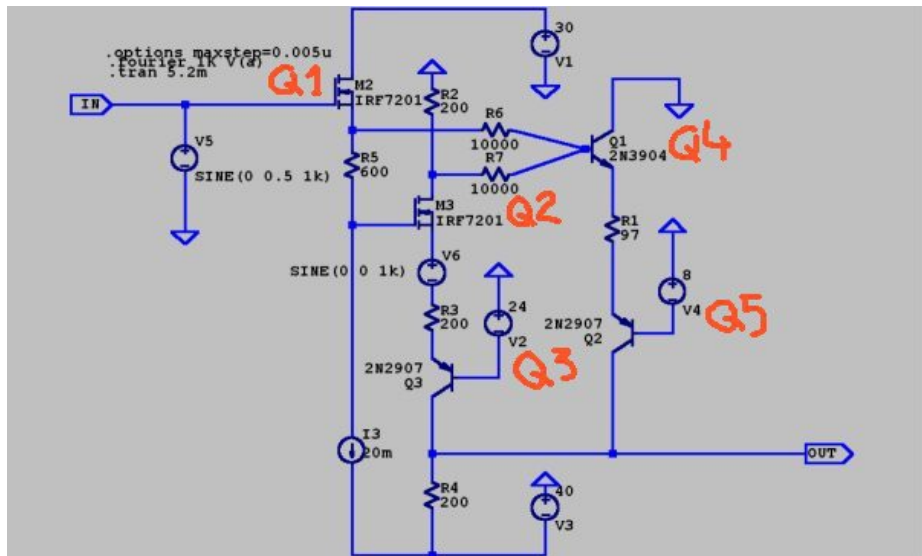
Uni&Vers

Транзистор нелинейный, а токи определяются и линейными сопротивлениями. Лучше отталкиваться от напряжений на резисторах. Внизу рисунок, в левой части убрано все лишнее. Получилась известная схема.

Если напряжение в точках 1,2 повторяет входное со сдвигом уровня, то выходной ток точно следует за напряжением с коэффициентом крутизны $S=1/(150\text{ Ohm})$. Ток базы не учитываем. Жирно показан путь положительного тока. Симметрично проходит цепь для отрицательного тока.

На правом рисунке 'вывели из строя' выходные транзисторы фильтрами Rf_C. Должна быть ошибка в 100%. Но начинает подключаться цепь коррекции. Тоже показан путь положительного тока. Крутизна преобразования должна совпадать с величиной $S=1/(150\text{ Ohm})$ основной цепи. Резисторы R на правом рисунке должны быть по 300 Ohm. На схеме указаны меньшие значения в 285 Ohm для приблизительного учета внутренних сопротивлений эмиттеров.

Nick



Есть две особенности коррекции, которые Хавксфорд опустил. Первая - в схеме усиления должны быть два идентичных выходных порта, один из которых для сигнала коррекции, второй для выходного сигнала. У Хавксфорда предполагается что несимметричные порты (эмиттер и коллектор) могут быть использованы для этого. Вторая особенность это то, что корректирующая часть не является строго малосигнальной, к ней приложен большой синфазный сигнал.

Q2 и Q3 'развернутый' дифкаскад, ток стока используется для получения сигнала коррекции, ток коллектора - выходной ток. Сигнал ошибки образуется в точке соединения R6,R7, не содержит синфазной части и корректирующая часть действительно малосигнальная..
В реальной схеме стоят транзисторы BUZ41A(Q1,Q2), KT644(Q3), KT3102,3107(Q4,Q5). Резисторы R6=R7, без подбора, подбирался только R1 в эмиттерах Q4, Q5. Источник напряжения ошибки (V6) - один виток провода на сетевом трансформаторе. Амплитуда получилась большая, 500 мВ
Автор - Greengo Gossamer
<http://dom.hi-fi.ru/forum/16/35070/12>

Uni&Vers

"Линеаризация каскадов усиления напряжения без ООС"

так называется статья в выходящем журнале "Радио" №12 (2005). (В схему на рис. 11 (что на стр. 19) закралась ошибка. VT4 и VT6 должны быть NPN) R1 — 100, R2 — 100, Re — 143 в омах.

Для схемы 2 б:

$R2 = k \cdot R3 = 1660 \text{ ом}$

$R4 = k \cdot (R1 + 4 \text{ ом}) = 520 \text{ ом}$

$k = 5$

Для более точной подгонки резистора 520 ом надо составить из 510 ом и переменного примерно в 50 ом. Вместо источника Ue включить один виток от трансформатора с сигналом 10-50 мВ на этом витке. Наблюдая сигнал в точке Вых 2, установить в ней минимум сигнала переменным резистором. Это будет лучшее значение R4. Вход схемы должен быть подключен к реальному источнику сигнала (но без входного сигнала).

ток 6.5 ма, вторая гармоника -110 дБ, третья -130 дБ усиление 10.

Это в симуляторе. Схема на рис 7 мне кажется более гибкой, и для симметричного варианта тоже.

В статье есть одна схема из этой ветки и две не приведенные в этой ветке (и нигде. Описаны каскады преобразования напряжение-ток. Измерения параметров построены на основе измерения передаточной (амплитудной) характеристики. Само измерение амплитудной хар-ки подробно не описано, хотя очень интересно.

Значительное улучшение параметров каскадов организовано чисто схемотехнически. Не требует подбора деталей. Приведена и схема простого каскада - замены лампы. Естественно подавляются и тепловые искажения транзисторов и обеспечивается термостабильность.

По понятным причинам)) я не выкладываю схемы здесь, но выражаю благодарность Анатолию Соколову, редактору журнала, за очень точное и емкое обсуждение материала статьи, которая в результате обсуждения и сформировалась.

В статье использованы материалы замечательной, на мой взгляд, книги Соловьева 1959 г. (Н.Н.Соловьев “Основы измерительной техники проводной связи”.) Привожу пятую главу в формате djvu (два файла), для тех кто интересуется искажениями. Не интересующихся на форуме кажется нет

Alex Nikitin

Посмеялся над комментарием в конце, который говорит о том, что редакция совсем не поняла идеи статьи. Быстродействие здесь, вообще говоря, не при чём. Суть идеи, в отличие, например, от схемы коррекции у того же Quad, где частотные зависимости принципиальны. Поэтому, на мой взгляд, такое пояснение маскирует тот факт, что здесь коррекция работает, начиная с постоянного тока. И до определённой частоты она будет работать, даже если корректирующая цепь **медленнее**, чем основная

ankus

Алексу, думаю, более чем многим на форуме доступна статья J.Vanderkooy и Lipshitz в JAES (1980, N1-2 p.2-15), в которой упомянуто много вариантов названий корректирующих связей - "назад" и "вперед" - активных и пассивных. Большинство из рассмотренных в той статье предлагаемых структур активной коррекции искажений предложено в вариантах двухканального усиления с суммированием тока или напряжения каждого из них в корректирующей фазе. В качестве же практической реализации усилителя для звукотехники там упомянут лишь Quad-405. А по поводу расхождений нашей терминологии с английской, могу привести очередной пример: Flyback Transformer, в телевизионной технике называют, насколько мне известно, строчный трансформатор, хотя по этому названию ему место среди трансформаторов импульсных обратных преобразователей. При том, что ныне у нас принято сокращение ТДКС - трансформатор диодно-каскадный строчный (кажется, такая расшифровка) - тоже не лучший вариант

Uni&Vers

у меня не создалось впечатление, что редакция что-то недопоняла. В нескольких пунктах редакция была впереди .

На быстродействующий канал сначала среагировал в точности так же. Но смысл проявляется на максимальных возможных частотах, где вспомогательная, корректирующая цепь должна в идеале иметь нулевую задержку распространения. Для звуковых частот и малых задержек на одном-двух тр-рах это не нужно принимать во внимание. Но напрмер для схемы где каскады с коррекцией охвачены ООС -может оказаться существенным.

на низких частотах дополнительная цепь повышает точность передачи сигнала. Одновременно в высокочастотной части автоматически расширяется полоса. Получается как правило, из-за большей широкополосности дополнительной цепи. (Это легко рассмотреть на переходных осциллограммах.)

Дополнительная фишка без дополнительных усилий.

Быстродействующий канал не требуется, но возникает сам

если в основной цепи сигнал ~ 1 вольт и искажения 1% то в цепь коррекции попадет сигнал 10 мВ.

В десяти милливольтых искажения будут уже не 1 % а 0.01% для второй гармоники, а для старших гармоник совсем ничтожное значение. Значит цепь компенсации исправит ошибку до величины 0.0001% основного сигнала по второй гармонике и практически до 0 по старшим, если, конечно, защитить цепь коррекции от дополнительных возмущений (например Эрли) и обеспечить ее точную работу в широкой полосе частот.

"It is important to understand that only feedforward REMOVES distortion; feedback merely REDUCES it, but FFW is not well understood and seldom used. Of course, huge R&D has gone into reducing distortion to almost immeasurable levels, but the fact remains that to the human ear, such infinitesimal distortions as remain can be extremely damaging to the music."

01-07-2006

Hugh R. Dean
Melbourne, AUSTRALIA
www.aksaonline.com

как красиво излагает :

"Важно понять, что только [коррекция] вперед УСТРАНЯЕТ искажения; обратная связь всего лишь СНИЖАЕТ их, но FFW [коррекция вперед] не понята до конца и редко используется."

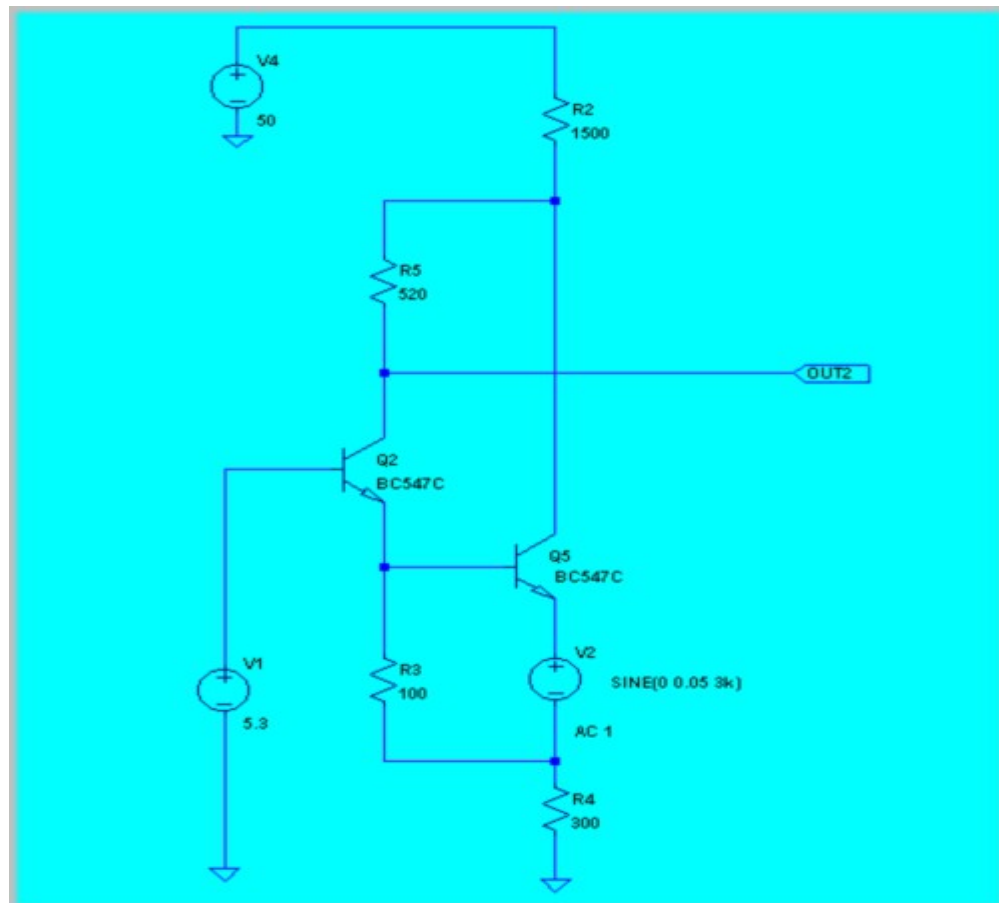
Где-то он прав

как посмотреть на работу цепи компенсации в симуляторе (и живьем)- рисунок внизу:

Без входного сигнала подается сигнал в разрыв цепи эмиттера, амплитуда 10-50 милливольт или около (V2).

R5 подбирается так, что бы на выходе OUT2 был минимум переменного напряжения.

Если минимизации по R5 не видно, значит что-то неправильно



Nota Bene

У Вас есть методика как, например, эта - http://www.gedlee.com/distortion_perception.htm , или только какие-то критерии?

Поясню. В свое время на хайфае.ру обсуждался вопрос критериев оценки качества усилителей (здесь - <http://dom.hi-fi.ru/forum/16/38739/4>).

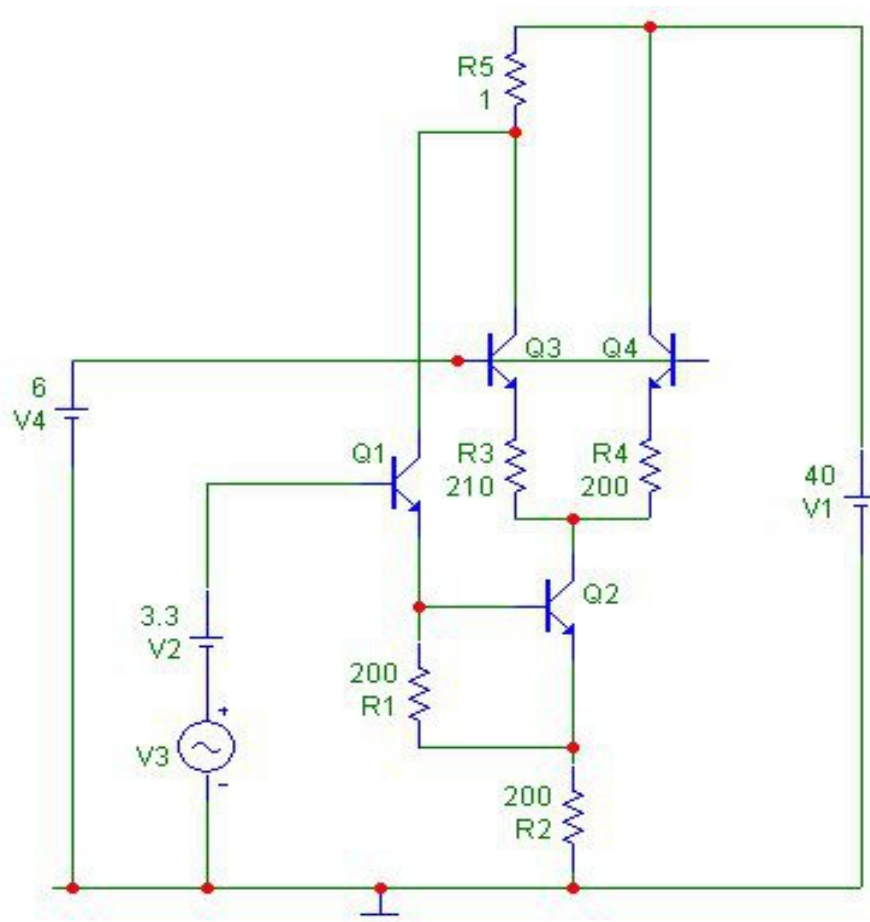
Greengo Gossamer там, кстати, тоже сторонник метода компенсации искажений. Почитайте обсуждение. Не все так просто...

shkal

Я вот тут подумал.... и придумал.

Модификация схемы рис2б из статьи.

Позволяет исключить резистивный сумматор R2 R4 (обозначения статьи) и использовать токовый выход, нагрузив каскад на ген.тока или использовать в симметричном УН. Выходной ток протекает через R5



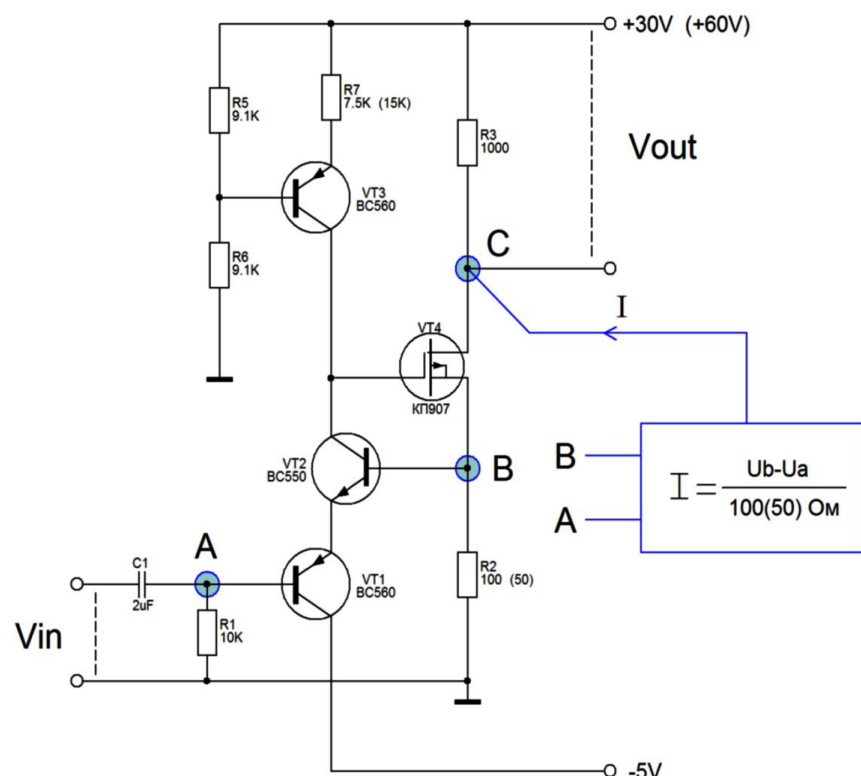
Л. Зуев

О коррекции нелинейности (из книжки Головин О. В. Профессиональные радиоприемные устройства декаметрового диапазона. - М.: Радио и связь, 1985).

Вложения

- [Golovin.djvu](#) (38,0 Кб, Просмотров: 295)

приложил схему однополярного усилителя напряжения. Схема простая с обратной связью но в ней много хороших качеств. Очень устойчива, не закидывается не заливает в ограничениях, широкополосная, наладки не требует. Испытал ее с двумя напряжениями питания 30В и 60В. В скобках стоят номиналы для 60В. Для 30В усиление X10, для 60В X20.



Разместил эту схему здесь потому что разность сигналов в точках А и В преобразованная в ток с крутизной 1/100Ом удобна для скомпенсации остатка (небольшого) искажений в стоке, в нагрузке. Гибрид ОС и компенсации.

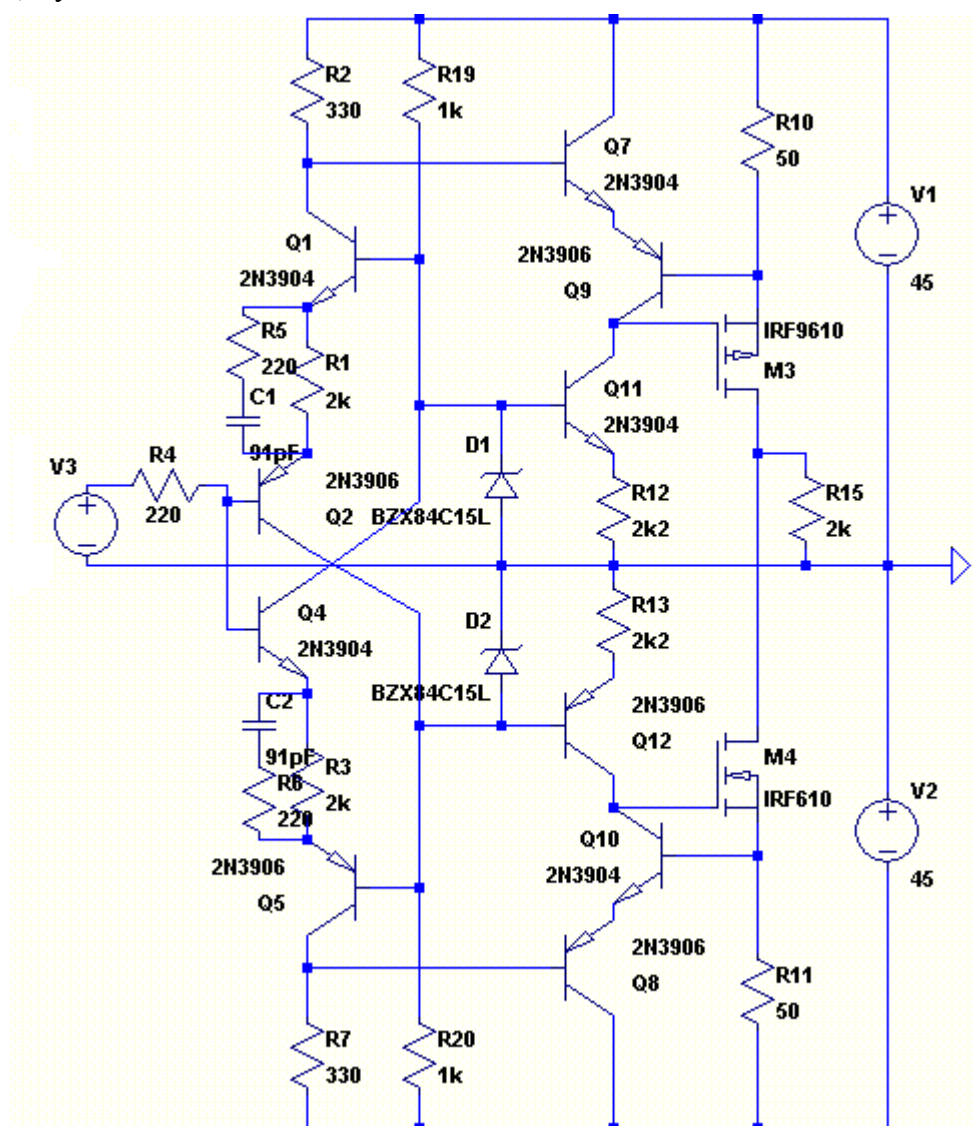
SMD-n

По большому счету - это следящий источник тока (с ОС) в стандартном виде (если заменить входной транзистор на резистор) .

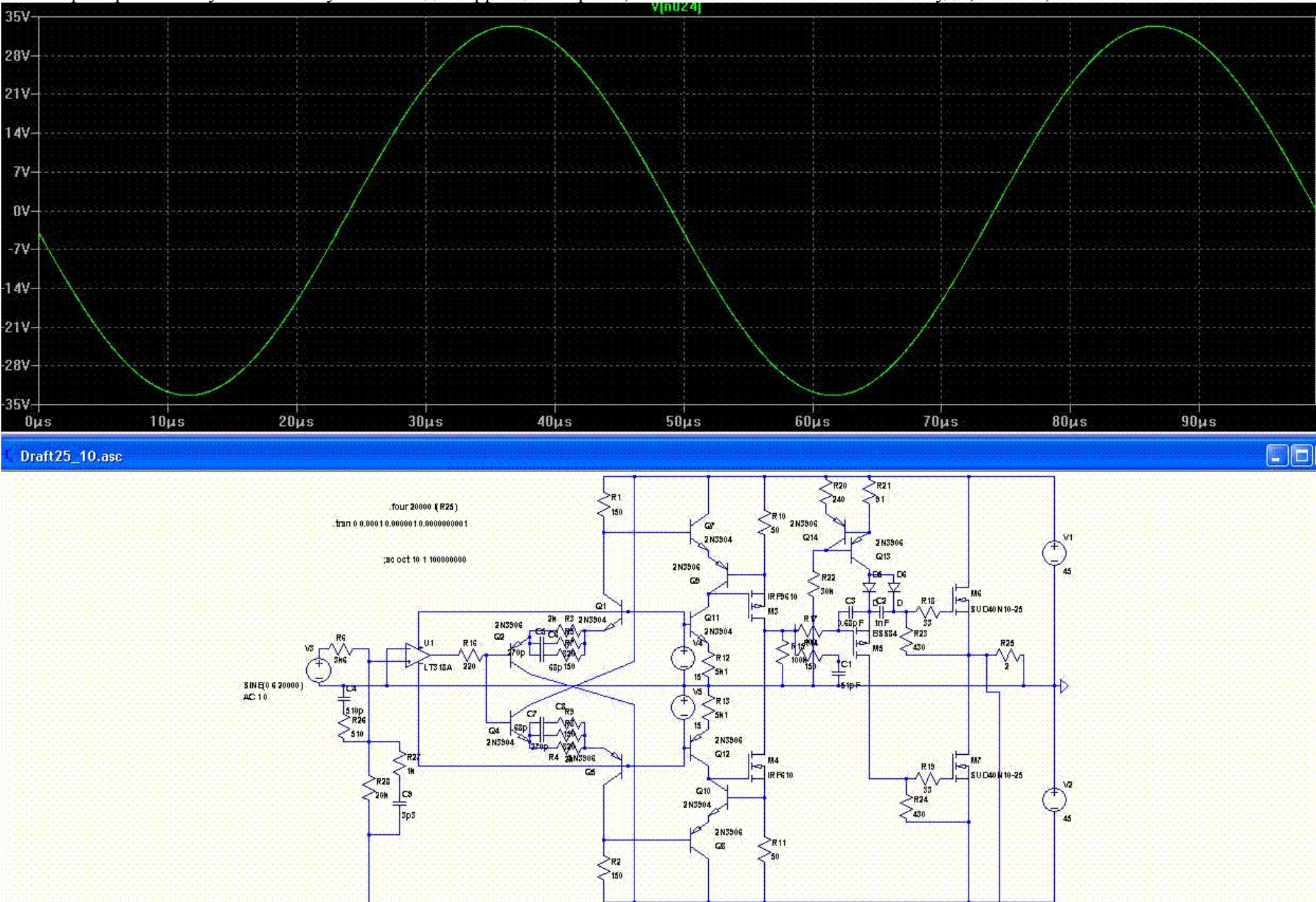
С входным транзистором - ИТУН !

Nick

Мне нравится такой вот вариант применения этой схемы. Если ещё и на входе её же поставить (вместо Q1,2,4,5), тогда инверсии не будет. Можно в Токарева, Сухова или Агеева поставить



Вот например готовый усилитель "Сухов-Каскад с коррекцией-Крик" , на 2 ома 20kHz почти 35V амплитуды, THD=0,000097%

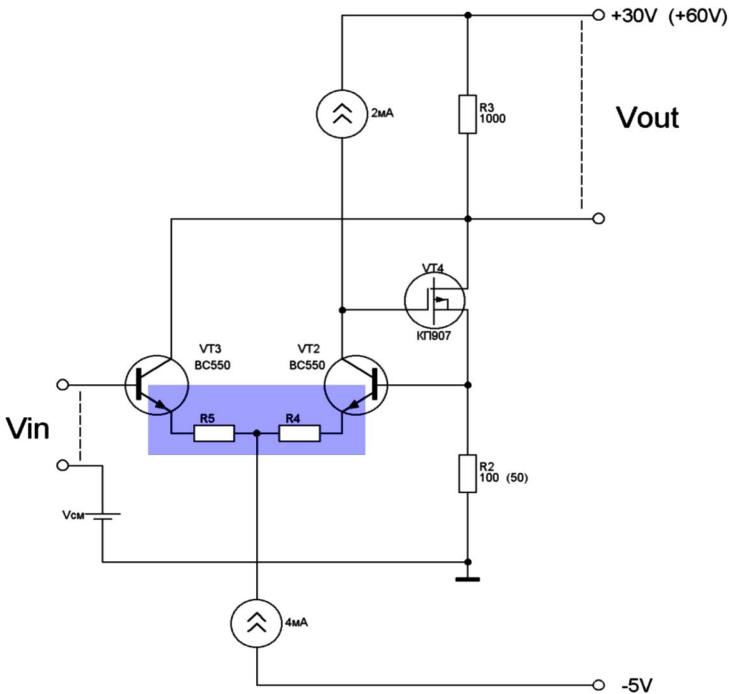


Костя Мусатов

Господа. Последние две схемы будут иметь искажения, определяемые нелинейностью нагрузки, поскольку ООС идет по току выходного каскада. Как правило, выходные повторители имеют нелинейный характер входного сопротивления или емкости для полевиков.

Uni&Vers

в транзисторе КП907 емкости меньше 4 пик. В источнике тока достаточно 1 мА для его раскачки. Если поставить MOS с емкостями в 1000 пик то на переходной характеристике появляется заметный выброс. Связка биполяр-MOS в этом случае даже лучше. Я пробовал вместо 907 просто биполяр, дарлингтон из биполяров, биполяр-MOS. Все варианты работоспособны. Но если пристраивать коррекцию по эмиттерному или истоковому напряжению то 907 или аналогичный (если они есть) кажется лучше всего. Без коррекции даже с одним биполяром вместо КП907 сигнал выглядит неплохо. Два первых транзистора это дифкаскад и они одновременно задают рабочую точку падениями напряжения на бэ переходах. С полевыми вместо них я не пробовал. Эти два транзистора как обычная входная дифф. пара на входе схемы с ООС. Но кроме того они преобразуют сигнал ошибки (выход-вход) в токи коллекторов и если задать крутизну преобразования такую же как у всей схемы и закинуть один из токов на выход то получится интересное сочетание обратной связи и коррекции одновременно, только за счет одной входной диффпары. Причем структура может быть очень простой, как на рисунке внизу. Резисторы в синем прямоугольнике, включая сопротивления эмиттерных переходов в сумме должны быть равны истоковому резистору.

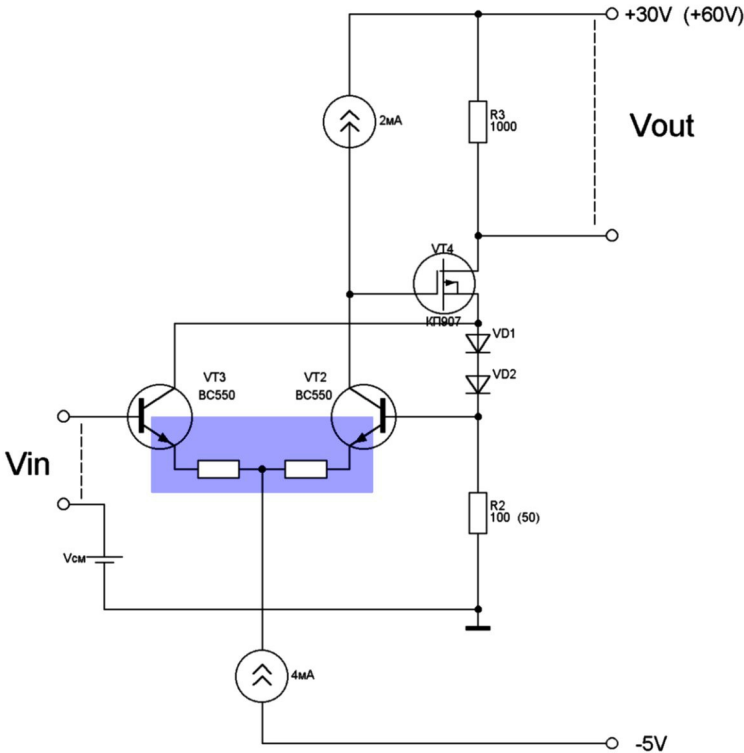


Scop

Uni&Vers, схема хороша, но есть и недостаток - при изменении уровня сигнала сильно будет гулять разность напряжений между базами биполяров за счет существенной разности мощностей рассеивания. Эта разность еще и усилится в Ку раз. Тепловые искажения, однако

Uni&Vers

это была не схема а структура. В схеме конечно нельзя коллектор на выход напрямую. На рисунке внизу на обоих транзисторах диффпары колебания мощности по 100 микроватт. И если заменить биполяры на полевика с подходящей крутизной то исчезнет ошибка базовых токов и линейность будет очень высокой.



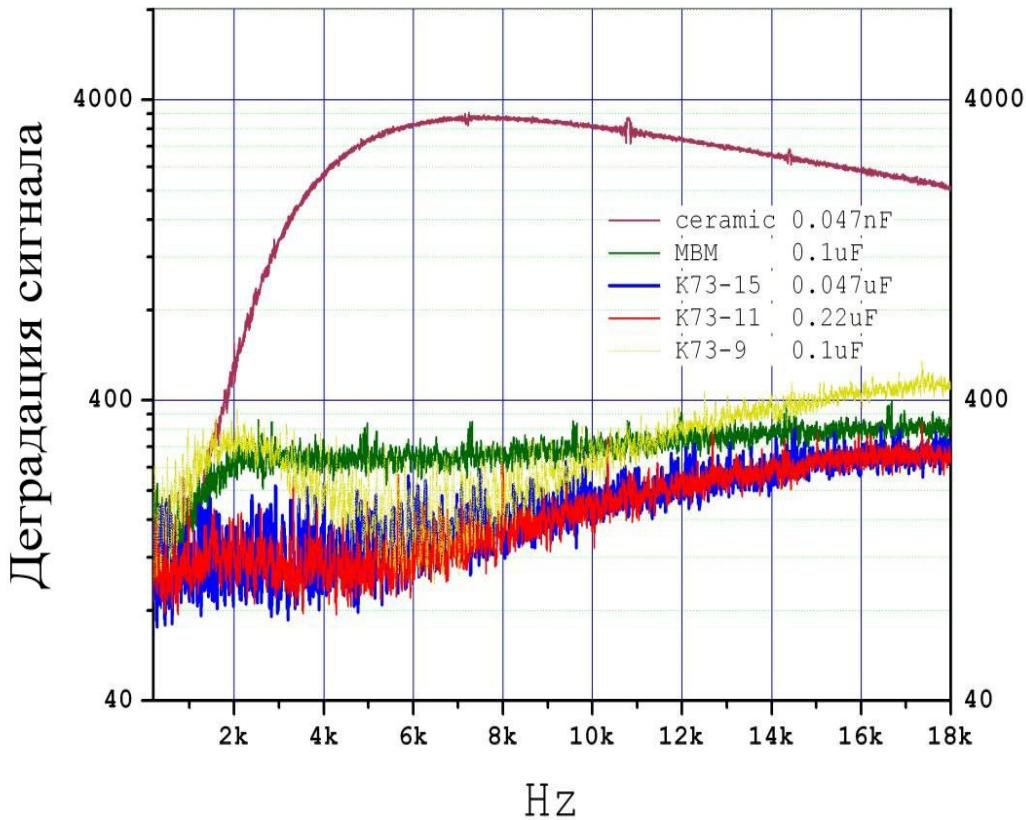
wert

Uni&Vers, предложенная Вами схема прекрасно работает и на повышенных напряжениях при использовании высоковольтных транзисторов. При двуполярном питании с моделью IRF710 достигаются наилучшие результаты. При размахе полуволны 140В на 1 кГц THD=0,0006% (основной вклад третьей гармоники), быстродействие около 200 В/мкс, нагрузка 20кОм. Схема с диф каскадом при использовании полев. пары на частотах от 40 до 100кГц дает в двое меньший THD, но схема более капризна - при изменении питающих напряжений приходится слишком долго вылавливать оптимальные режимы и минимальные искажения. Обе схемы "болезненно" реагируют на увеличение реактивности нагрузки увеличением Кг. В целом очень удачное схемотехническое решение УН. УН через буфер хорошо работает с выходными каскадами. При использовании линейных ВК можно обойтись без общей ООС. Для приверженцев общей ООС, в высоковольтных решениях УН имеет Ку=40дБ (полоса пропускания 1,5мГц), т.е. есть определенный задел для общей ООС.

sia_2

Сообщение от Uni&Vers
это была не схема а структура. В схеме конечно нельзя коллектор на выход напрямую. На рисунке внизу на обоих транзисторах диффпары колебания мощности по 100 микроватт. И если заменить биполяры на полевика с подходящей крутизной то исчезнет ошибка базовых токов и линейность будет очень высокой.
Это давненько придумано. См. LM102/LM110(310). Образца 60-тых годов прошлого века
Полевика там, кстати, на фиг не нужны - шуму много, емкости больше. Линейность в подобных схемах, особенно на ВЧ, лучше на биполярах.

Uni&Vers опечатка: ceramic 0,047uF



Для примера на графике - конденсаторы. Цепь: конденсатор + нагрузка 1 КОм.

Как видите, каждый конденсатор по-своему влияет на сигнал, что в общем отмечается на слух. Но теперь есть возможность измерить, сравнить объективно (не только конденсаторы, конечно).

Керамика - полный отстой (шкала логарифмическая), K73-11 и K73-15 почти совпадают но у 73-15 большой 'шум'. Это не шум измерений. Что это за шорох - специально не выяснял, но в звуке он проявится.

Величина по вертикали - это изменение сигнала в тракте, которое будет отмечаться на слух как ухушение звучания. Величина коррелирует именно со слуховой оценкой, потому что система обработки значений входного/выходного сигналов так построена. Это не система типа экспертной оценки или весовые коэффициенты к гармоникам а весьма сложная мат. модель.

Измерения сделаны на сигнале с широким спектром. Измерение относительное - сравниваются разные цепи на одном сигнале, который может быть и музыкой. Все как на слух На приведенном графике одна единица соответствует примерно электрической величине 1 мкВ. Мало что дает без сравнительного измерения.

Semigor

интересно узнать, какая разрешающая способность Вашего метода. Конденсаторы, измерения которых Вы привели, способны передавать звук с качеством ниже среднего.

Интересно было бы взглянуть как выглядят более качественные конденсаторы: фторопласт, полистирол, бумага в масле, слюда..., разумеется при тех же условиях измерения.

Может они все будут иметь нулевое количество попугаев?

Alex

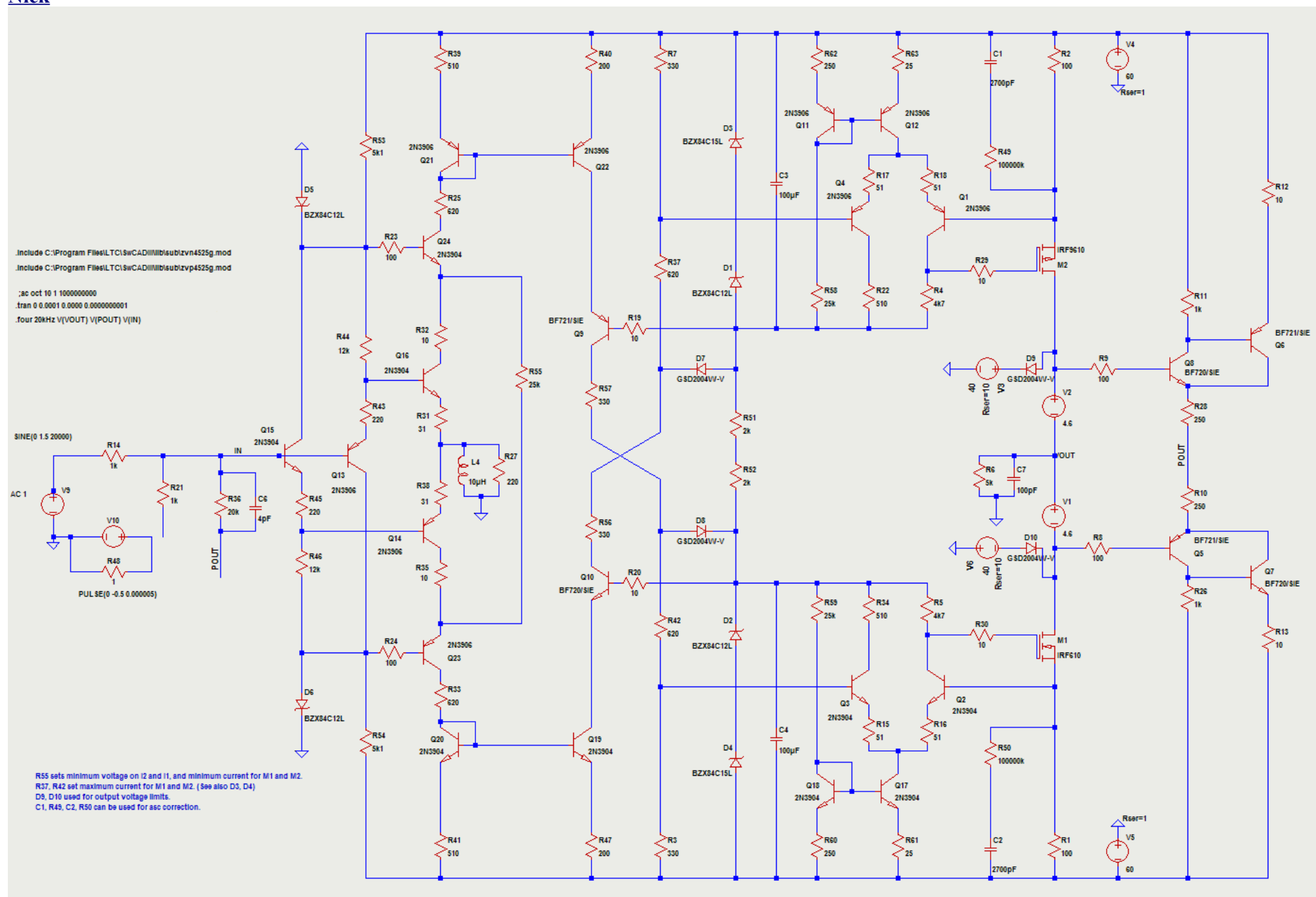
Про керамику верно сказано - врядли это NPO, судя по емкости, потому и результат такой. NPO применять можно и нужно!

NPO 0.1мкф - большая экзотика, в основном - единицы нанофарад в малых корпусах (0603-0805), а с большими (больше 1206) NPO очень проблем много, неэлектрического характера, особенно при ручной пайке.

До 0,22мкФ/100В (C0G)

http://www.venkel.com/Caps_results.asp

Nick



Кстати проблема выхода из перегрузок решилась достаточно легко, 4 диода: D7-D10. Хотя я эту схему пока отложил, на токовых зеркалах с каскодом на мосфете (да и биполяре тоже) х-ки почти те же, но проще. Главное чтоб выход был относительно сильноточным.

Sagittarius

Я уж про разогнутые дифкаскады говорил. Повторю: при усилении сигнала у обычного ДК увеличение тока одного транзистора сопровождается уменьшением тока другого, а сумма собственных сопротивлений эмиттеров $r_{e1}+r_{e2}$ и мгновенный коэффициент усиления $K_u=R_n/(r_{e1}+r_{e2})$ остаются постоянными, а вносимые таким каскадом - с местной компенсацией нелинейности - искажения минимальны. В разогнутом - токи увеличиваются и уменьшаются синхронно, потому и сумма собственных сопротивлений эмиттеров $r_{e1}+r_{e2}$ изменяется: $r_e=25\text{ мВ}/I_e$, и K_u в течении периода сигнала, и искажения должны быть выше в 2 раза, чем искажения каскада с ОЭ при вдвое меньшем K_u : $K_u\text{ ОЭ}=R_n/r_e$, $K_u\text{ разогнутого ДК}=R_n/(r_{e1}+r_{e2})$. А хваленый ЛТ-Спайс этого не признаёт. См. прикрепленный файл.

К чему это я? К тому, что все потрясающе линейные симуляции УМЗЧ с такими разогнутыми дифкаскадами, как в ссылке, в реальности не стОят

ни шиша. [DK - 23.23.14.03.2008 - OK.rar](#)

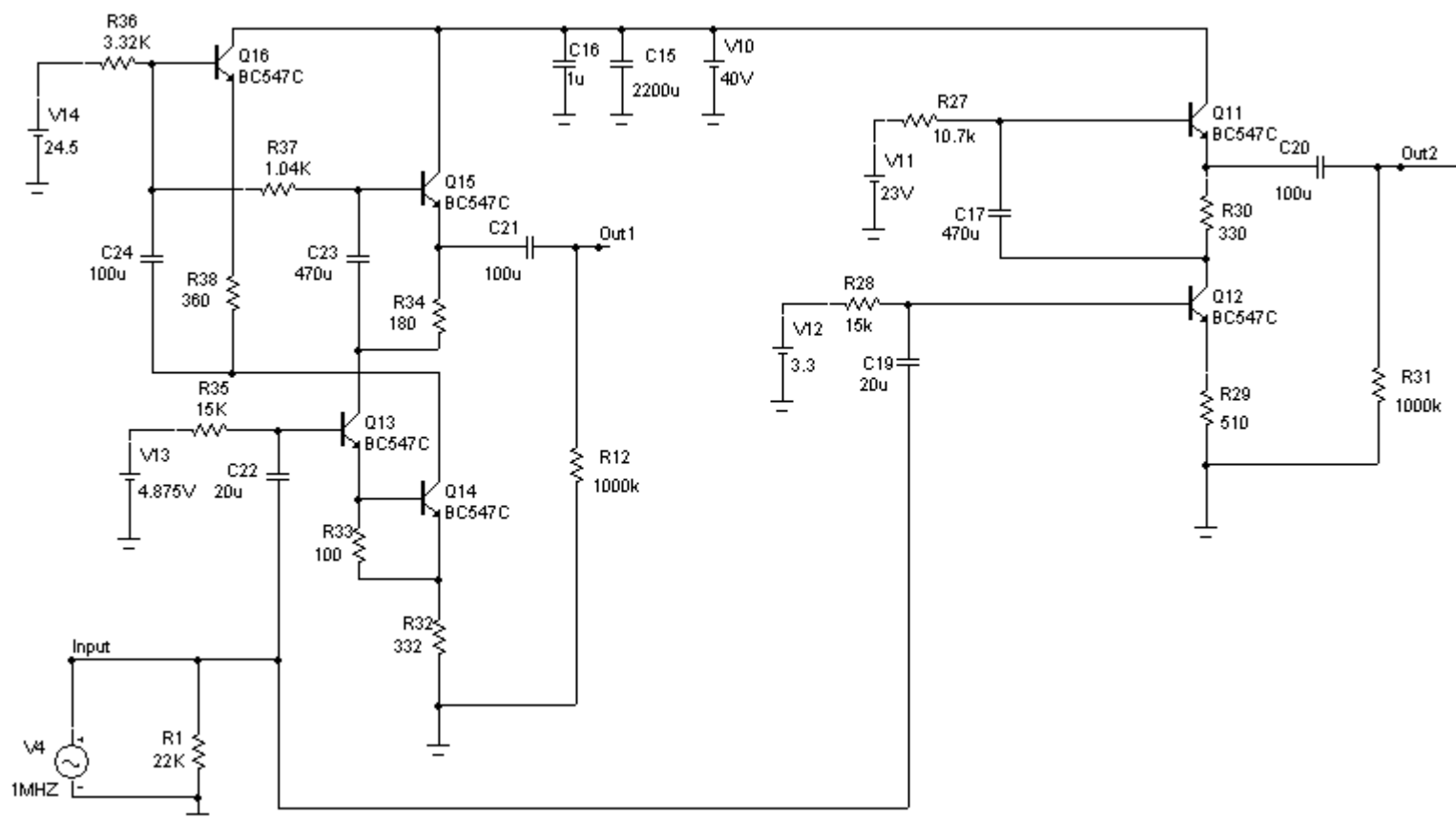
Semigor

Мне больше нравится другая, (самая первая в статье), схемка Un&vers.

Если на ее основе сделать SRPP можно существенно уменьшить искажения по сравнению с традиционной схемой.

Я не собирал эту схемку живьем, а только промоделировал в Микрокапе.

Основной задачей было получить размах выходного напряжения близкий к напряжению питания и при этом сохранить принцип компенсации нелинейности $U_{бэ}$, предложенный Uni&Vers.



производить подстройку по минимуму искажений удобнее всего подбором R37.

Костя Мусатов

Конденсаторы или AudioCap PPMF или МБГЧ, на крайний случай МБГО. 426-е очень хорошие, но, в силу жесткости конструкции, несколько жестковаты по звуку. Вима получше бдет, но ее набирать придется.