

## КАК ЭТО РАБОТАЕТ.

Но, прежде, чем мы перейдем к моделированию, необходимо установить, что мы будем смотреть, и, самое главное, что мы будем видеть. Для этого необходимо разобраться, как это все работает. Разисуем строение выходного каскада на транзисторах с учетом выходных каскадов операционного усилителя. Схему, как обычно, рисуем с упрощениями: пока нет необходимости учитывать смещение по постоянному току, для понимания работы усилителя выходной каскад ОУ также слегка упрощен. Что получилось – на рисунке.

Расчеты проведены оценочно, чисто для понимания работы усилителя.

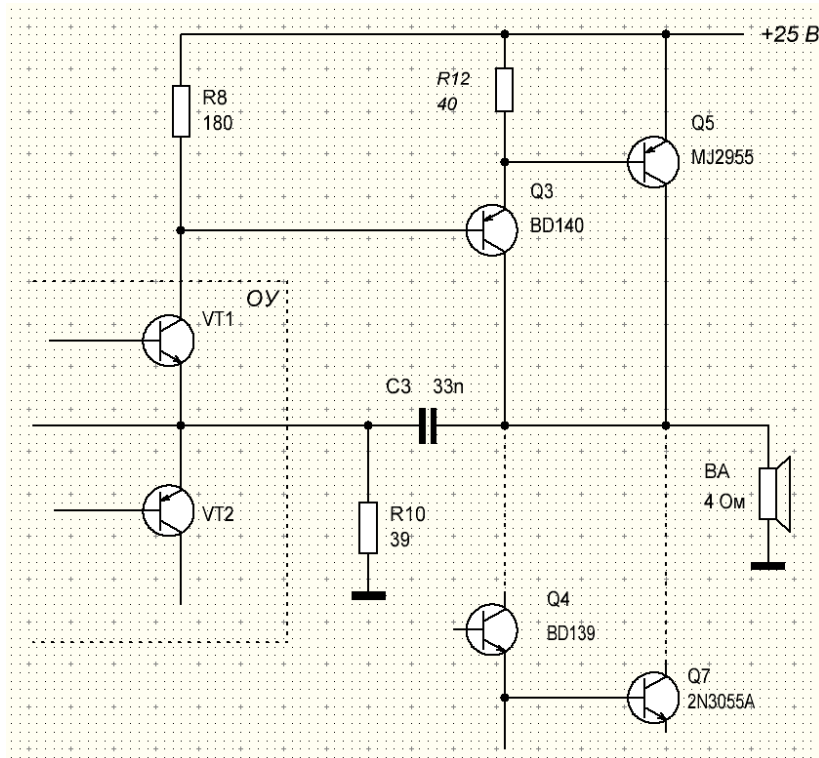


Рисунок 1 Схема выходного транзисторного каскада.

Как видим, каскад на транзисторах представляет собой двухкаскадный усилитель:

1-й каскад - на транзисторе VT1 из выходного каскада ОУ. Резистор R10 является эмиттерным сопротивлением транзистора VT1, коллекторной нагрузкой – параллельное соединение сопротивления R8 и входного сопротивления каскада на Q3Q5. К-т усиления такого каскада на низких частотах с достаточным приближением можно рассчитать как отношение резистора в коллекторе к резистору в эмиттере, т.е.,  $R8/R10=180/39=4,6$ .

2-й каскад включает в себя составной повторитель на дискретных транзисторах Q3Q5. Его основное назначение – усиление мощности. В это определение обычно входит возможность усиления входного сигнала по току. Однако в нашем случае он еще и усиливает по напряжению. Особенность его работы в том, что для разных уровней сигнала к-т усиления существенно разный, что в конечном итоге сказывается на характеристиках и особенностях исследования.

Как задумывал автор, Q5 в исходном состоянии должен работать со смещением по базе в 0,4 В. Это означает, что до подачи на его базу напряжения 0,6В транзистор заперт. При этом усиление каскада на Q3Q5 определяется транзистором Q3 и, как обычно, равно отношению резисторов BA и R12:  $4/40=0,1$  (-20дБ). При напряжении на базе Q5 больше 0,6В этот транзистор

кроме тока начинает усиливать напряжение. Например, при токе коллектора 100 мА сопротивление эмиттера будет составлять  $25/100=0,25$  Ом. Усиление составит  $4 / 0,25 = 16$ . При возрастании тока в 5 раз, до 500 мА, усиление также вырастет - до 80.

С выхода усилителя, коллекторов Q5Q7, на эмиттер транзистора VT1, организована местная частотнозависимая обратная связь через конденсатор C3. Ее действие уменьшает усиление каскада на VT1Q5Q7 с увеличением частоты. Насколько я понимаю суть ее применения – это попытка скорректировать возможный полюс выходного усилителя. Однако фактически установка C3 эффект, похоже, не устранила, а, может, даже усугубила. Частоту новообразованного полюса можно прикинуть:  $F_p=1/(2*\pi*R10*C3)=1/(2*3.1*39*33n)=125$  кГц (хотя, в принципе, это надо бы еще обдумать ☺).

Идем дальше. До базы транзистора входной сигнал (имеется ввиду весь усилитель) доходит после усиления по напряжению в операционнике. Малая нагрузка VT1VT2 снижает входное сопротивление каскада и, соответственно, всего к-та усиления ОУ, но нам это мало интересно, поэтому останавливаться на этом не будем. Более важная характеристика – наличие полюса в АЧХ. Как известно, он там есть. Его частоту попытаемся прикинуть из следующих соображений. Частота единичного усиления для AD825 – будем считать 25 МГц. К-т усиления - 75 дБ. Отсюда частота полюса 4,4 кГц. Комментировать пока не буду, просто запомню.

И, наконец, все это хозяйство охвачено отрицательной обратной связью через резисторы R11R4. К-т усиления всего усилителя можно рассчитать, как  $R11/R4+1=3,9k/300+1=14$ .

Еще особенностей, которые могут повлиять на процессы в усилителе, не вижу, поэтому можно приступать к анализу.