

АКТИВНЫЙ ЩУП К ОСЦИЛЛОГРАФУ

Д. ТУРЧИНСКИЙ, г. Москва

Осциллограф занимает особое место в измерительной лаборатории радиолюбителя, поскольку позволяет “увидеть” процессы, протекающие в каскадах электронных устройств. Но порою входная цепь осциллографа, обладающая определенным сопротивлением и емкостью, способна внести искажения в наблюдаемые сигналы. Вот тогда к осциллографу подключают активный щуп — своеобразное согласующее устройство, входная цепь которого имеет значительно большее сопротивление и меньшую емкость по сравнению с входной цепью осциллографа. О таком щупе рассказывается в предлагаемой статье.

В [1] было опубликовано описание малоёмкостного активного щупа, выполненного на полевом транзисторе с изолированным затвором. Хотя щуп предназначен для работы с сигналами сравнительно большой амплитуды, например, с уровнями КМОП микросхем, его можно применять и для исследования малых сигналов — ведь современные осциллографы обладают высокой чувствительностью.

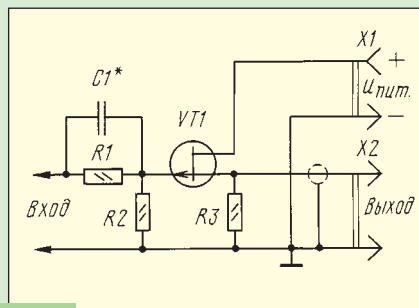


Рис. 1

Выполненный на полевом транзисторе КП305И щуп имеет хорошие частотные характеристики. Вместе с тем применение такого транзистора обуславливает определенные ограничения как при изготовлении щупа, так и при работе с ним. Известно, что изолированные затворы транзисторов легко пробиваются статическим электричеством или наводками сетевого напряжения. Кроме того, электрические

характеристики щупа во многом определяются параметрами использованного транзистора.

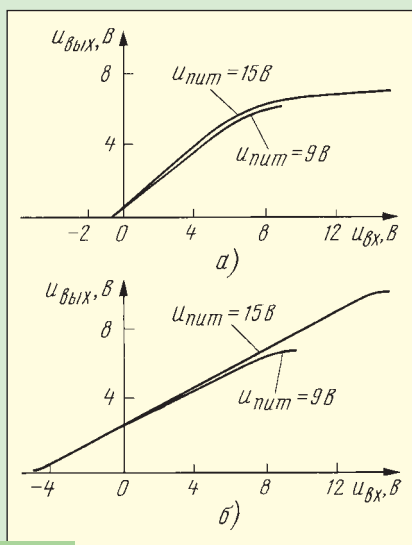


Рис. 2

Номенклатура выпускаемых промышленностью транзисторов с изолированным затвором невелика, и подходящей является лишь группа И серии КП305, из которой возможно отобрать экземпляры с подходящими параметрами. Изготовить несколько щупов с разными характеристиками практически не реально. Применение в щупе полевого транзистора с затвором в виде р-п перехода позволяет устранить

отмеченные ограничения. Возможность такой замены основана на публикации в [2]. Большая номенклатура выпускаемых транзисторов с таким затвором позволяет без особого труда подобрать экземпляры с нужными параметрами, чтобы изготовить щупы с разными характеристиками.

Электрическая схема предлагаемого щупа показана на рис. 1 — она аналогична схеме, приведенной в [1]. Щуп представляет собой простейший истоковый повторитель, нагрузкой которого является резистор R3. Резисторы R1, R2 образуют входной делитель напряжения.

На практике приходится проводить разнообразные измерения, изготовить один щуп “на все случаи жизни” невозможно. Поэтому целесообразно иметь несколько щупов, выполненных на широко распространенных транзисторах КП302АМ и серии КП303 и питающихся постоянным напряжением 9 В. Частотные характеристики этих транзисторов несколько хуже, чем у КП305, поэтому уступают по характеристикам и собранные на них щупы. Входная емкость истокового повторителя практически определяется проходной емкостью транзистора и для КП302, КП303 она больше, чем у КП305. Кроме того, при больших входных сигналах транзистор может оказаться в режиме прямого смещения, когда открывается р-п переход затвора и через него начинает протекать ток. Для транзистора такой режим не опасен, поскольку ток ограничивается резистором R1, но входное сопротивление щупа уменьшается и становится равным сопротивлению резистора R1. В таблице приведены основные характеристики нескольких экземпляров щупов и параметры транзисторов, на которых они собраны. Здесь $U_{зи.отс}$ — напряжение отсечки транзистора; $I_{с.нач}$ — начальный ток стока; U_0 — постоянное напряжение на выходе щупа при отсутствии входного сигнала; I_0 — ток потребления щупа при напряжении U_0 ; $+U_{max}$ и $-U_{max}$ — максимальное и минимальное входное напряжение, при котором коэффициент передачи ($K_{пер}$) щупа снижается до уровня 0,7 от номинального значения.

Основным фактором, определяющим рабочий диапазон в области минусовых входных напряжений, является значение напряжения отсечки транзистора. В области плюсовых входных напряжений рабочий диапазон может быть расширен увеличением напряжения питания щупа.

На рис. 2 приведены передаточные характеристики двух экземпляров щупов при напряжении питания

Параметр, единица измерения	№ щупа транзистор					
	1 КП302АМ	2 КП303Г	3 КП303Е	4 КП303Е	5 КП303Е	6 КП303Е
$U_{зи.отс}$, В	1	3	4	4	5	6
$I_{с.нач}$, мА	3	5	10	12	12	12,5
R1, МОм	3	3	3	0,75	3	1
R2, МОм	22	22	22	3	3	3
R3, Ом	910	1500	810	1000	680	720
U_0 , В	0,5	1,75	2	2,3	2,7	2,56
I_0 , мА	0,55	1	2,4	2,3	4	3,5
$+U_{max}$	7	8,5	8	8,5	13	8,5
$-U_{max}$	0,7	2,5	3,5	3,5	8,5	5,5
$K_{пер}$	0,55	0,7	0,63	0,6	0,32	0,52