

Микровольтовый компаратор.

<http://pspicelib.narod.ru>

Компаратор с предусилителем.....	1
Фильтрация.....	2
Положительная обратная связь.....	3
Характеристики.....	3
Рекомендации по проектированию микровольтовых схем.....	3
Литература.....	4

Миковольтовый компаратор особенно необходим для оборудования, имеющего на входе термопары или тензодатчики. Они используются в измерителях скорости ветра, преобразователях среднеквадратичного значения в постоянный ток, вакуумных манометрах, оборудовании газового анализа, измерителях удельной проводимости. Тензодатчики также используются для электронного взвешивания, в грузоограничивающих элементах кранов и подъемников, на металлпрокатных заводах. Миковольтовые сигналы могут приходить от чувствительных элементов на эффекте Холла, болометров, реохордов и термоэлементов. Миковольтовый компаратор будет полезен для тестирования низких контактных сопротивлений выключателей, реле, плавких предохранителей, прижимных пружинящих контактов.

Сравнение друг с другом сигналов постоянных токов с уровнями в пределах микровольт может быть сделано на базе компаратора LM111, совместно с предусилителем на LM121A. Применение двух отдельных микросхем уменьшает влияние шума, устраняет неприятные тепловые эффекты, и позволяет достичь дрейфа смещения не более 0.22 мкВ/°С (Рис. 1).

Проектирование практического компаратора с усилением по напряжению 10 миллионов требует защиты входного каскада от влияния температуры, и решения проблем включения противоположного фильтра в контуре положительной обратной связи. Схема, как показано, имеет гистерезис 5мВ, который при определенных условиях, может быть доведен до 1мВ. Уменьшение задержки сигнала в нагрузке, в зависимости от параметров элементов схемы компаратора, показано в табл. 1.

Компаратор с предусилителем.

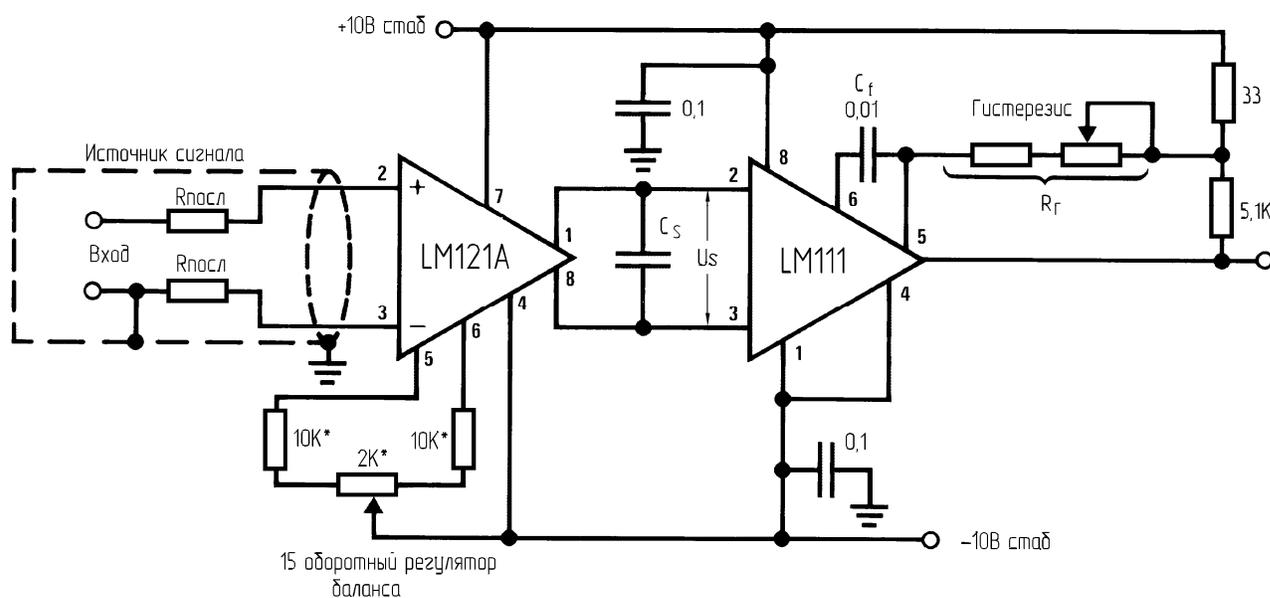
С показанными на рис.1 входными цепями, микросхема LM121A имеет разомкнутое термостабильное устойчивое усиление, по напряжению близкое к 100. Выходной импеданс (100кОм) микросхемы LM121A шунтируется конденсатором C_S , чтобы отфильтровать «пички» и внутренний шум. Чтобы избежать уменьшения ослабления синфазного сигнала системы, никакой обратной связи со входов предусилителя не используется. Отдельный предусилитель с усилением 100 обеспечивает два главных преимущества перед схемой с единственным компаратором. Во первых, U_S и маленькие ошибки, характеризующие компаратор LM111, уменьшаются фактором усиления 100. Во вторых, что более важно, изменение температуры, происходящие в кристалле компаратора LM111, при любом

изменении в выходной нагрузке, полностью изолированы отдельными корпусами и не затрагивают предусилитель. Если бы микровольтовый компаратор был полностью выполнен на одном кремниевом кристалле, то изменения температуры вдоль кристалла, хоть и небольшая, могла бы оказать существенный вредный эффект. Это явление - главная причина для того, чтобы конструировать устойчивые цепи, чувствительные к микровольтовым сигналам с отдельным предусилителем. И далее, если смещение нуля откорректировано цепью баланса, включенной между выводами 5 и 6, то специальный 4-транзисторный входной каскад LM121A, автоматически удерживает изменение U_S практически на нуле, при изменении температуры окружающей среды.

Табл. 1. Типичные элементы при гистерезисе 5мкВ.

Гистерезис	$R_{Г}$	$R_{посл}$	C_S	Задержки при разных C_S		
				680 пФ	6800 пФ	68000 пФ
5 мкВ	75 кОм	10 кОм макс	6800 пФ	600 мкс	1,8 мс	2 мс

Рис. 1. Схема микровольтового компаратора.



Фильтрация

Наша схема «предусилитель-компаратор», если её выполнить без фильтров, будет генерировать непрерывный поток очень быстрых импульсов, даже при наличии положительной обратной связи для гистерезиса. Это вызвано паразитной обратной связью между выходом и входом, а также шумом. Шум является как термическим, так и от внешней среды, например, помехи от переходных процессов при включении флуоресцентных ламп. Чтобы исключить их, используется конденсатор C_S , включённый параллельно и работающий как фильтр. Размещение этого конденсатора вне контура положительной обратной связи имеет два преимущества. Во первых, это устраняет тенденцию компаратора генерировать при медленных

изменениях входного сигнала. Во вторых, время срабатывания по микровольтовому сигналу разделено на два, так как положительный гистерезисный сигнал обратной связи не хранится на конденсаторе фильтра C_S . Более высокочастотный фильтр (C_f) необходим для того, чтобы обеспечить шунтирование высокочастотного шума любого происхождения и подавление паразитной обратной связи, которая может возникать между выводами 5 и 6 компаратора LM111. Эти два вывода имеют почти ту же самую чувствительность по напряжению, как и нормальные входы. Положительная обратная связь по выводу 5, как описано ниже, только слегка замедлена этим фильтром.

Положительная обратная связь.

Положительная обратная связь, сформированная делителем напряжения $5.1\text{кОм}/33$ с R_f необходима, чтобы получить на выходе компаратора быстрые изменения состояния с чистыми фронтами. Она подключена к одному из выводов балансировки (выв. 5) компаратора LM111, чтобы упростить схемы балансировочных и обратных связей и минимизировать сигнал, сохраненный на C_S . Ток, отводимый назад, к выводу 5, несимметричен относительно баланса. Он корректирует связь между этими выводами и, следовательно, вводит смещение по постоянному току желательной полярности и амплитуды, с целью компенсации нарушения срабатывания в несколько микровольт.

Характеристики.

В таблице 1 показана одна из многих возможных комбинаций параметров элементов входных цепей, фильтров, и т.д. Для больших по амплитуде сигналов емкость C_S может быть уменьшена, в целях увеличения гистерезиса и получения большей скорости срабатывания. Наоборот, чтобы получить гистерезис близкий 1 мкВ, надо увеличить R_f (приблизительно до 300 кОм). Оптимальные значения емкости C_S лежат в диапазоне от 0,01 мкФ до 0,1 мкФ. Для рассмотренного диапазона амплитуд входных сигналов и технических требований на дрейф в устройстве можно использовать микросхему LM321 совместно с компаратором LM311 при сохранении той же самой чувствительности.

Рекомендации по проектированию микровольтовых схем.

Даже с высокоэффективными устройствами типа LM121, микровольтовые погрешности могут появиться в результате следующих явлений: термоэлектрических эффектов, наличия синфазного сигнала, микрофонного эффекта, дисбалансов во входных цепях. Заметим, что даже пара свинец-медь даёт эффект термопары монтажной схемы и может вызвать напряжение разбаланса величиной 3.5 мкВ для разности температур на концах всего в 0.1°C. Компактное расположение входных соединений и защита от вентиляционных потоков воздуха минимизирует эту проблему. Хотя LM121A имеет превосходное подавление синфазного сигнала (> 120 децибел), изменение этого сигнала всего на 1В, может вызвать напряжение рассогласования на выходе величиной до 1 мкВ. По этой причине напряжение синфазного сигнала должно сводиться к минимуму. Напряжение синфазного сигнала

помогает механическим вибрациям в кабеле зонда индуцировать "микрофонные" шумовые сигналы. Рекомендуется использовать короткий, жёсткий, симметричный, экранированный кабель с низкой ёмкостью. В цепях баланса должны использоваться согласованные по температурному коэффициенту элементы. Следует обстоятельно позаботиться об экранировке входных цепей и об устранении петель в цепях заземления.

Литература.

1. Попов А.Н. Датчики систем управления. - М.: Издательство МЭИ, 2000.-72 с. ISBN 5-7046-0510-9
2. Воробьев М.Д. Шумы пассивных и активных элементов электронных цепей. М.: Издательство МЭИ, 2002. - 27 с. ISBN 5-7046-0794-2
3. Барнс Дж. Электронное конструирование: Методы борьбы с помехами: Пер. с англ. — М.: Мир, 1990. 238 с., ил. ISBN 5-03-001369-5
4. National Semiconductor, Linear Brief 32, June 1976