

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АНАЛОГОВЫХ КОМПАРАТОРОВ

Студенты гр. 113115 И.В. Подскребкин, Г.А. Смех,
канд. техн. наук, доцент С.Г. Шматин

Белорусский национальный технический университет

Компаратор – это элемент перехода от аналоговых к цифровым сигналам, поэтому его иногда называют однобитным аналого-цифровым преобразователем. Аналоговый компаратор предназначен для сравнения непрерывно изменяющихся сигналов. Входные аналоговые сигналы компаратора: $U_{вх}$ – анализируемый сигнал и $U_{оп}$ – опорный сигнал сравнения, а выходной $U_{вых}$ – дискретный или логический сигнал, содержащий 1 бит информации. При равенстве анализируемого и опорного сигнала компаратора теоретически может возникнуть неопределенность выходного сигнала. На практике такого не происходит, т.к. реальный компаратор имеет либо конечный коэффициент усиления (рис.1, а), либо петлю гистерезиса (рис.1, б).

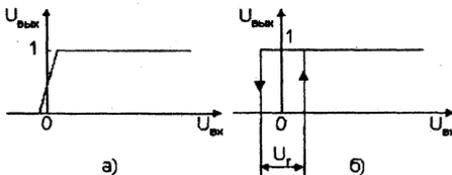


Рис.1. Характеристики компараторов

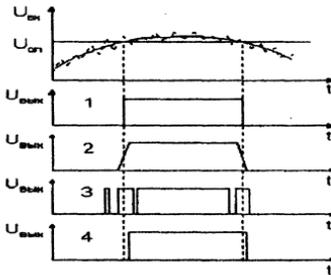


Рис.2. Процессы переключения компаратора

При $U_{вх} \ll U_{оп}$ выходной сигнал есть 0 и $U_{вых}^0 \approx 0$ В. Пусть $R_1 \ll R_2$, тогда при $U_{вх} \approx U_{оп}$ выход схемы переключится в 1. Положим $U_{вых}^1 = 3,5$ В, тогда в момент переключения схемы на входе + возникнет скачок положительного напряжения $U_{вых}^1 R_1 / (R_1 + R_2) \approx U_{вых}^1 R_1 / R_2$, удерживающий схему в состоянии 1, даже если $U_{вх}$ и качнется слегка в отрицательную сторону. Напряжение $U_{вых}$ схемы подтверждает входное воздействие

Введение ПОС, охватывающей ОУ с большим коэффициентом усиления K_U , используется, чтобы имитировать характеристику, представленную на эюре 1 рис.2. На рис.3, представлена схема такого типа компаратора.

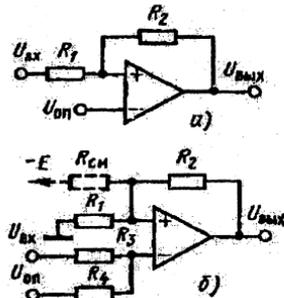


Рис.3. Компараторы с ПОС

(ПОС) и тем самым фиксирует ее состояние. Чтобы перевести выход схемы обратно в 0, теперь потребуется значение входного сигнала не $U_{ВХ} \approx U_{ОП}$, а $U_{ВХ} \approx U_{ОП} - U_{ВЫХ}^1 R_1/R_2$. Именно при этом значении $U_{ВХ}$ разность потенциалов между входами + и - компаратора перейдет через 0 В, что и вызовет его срабатывание, при этом выходной сигнал, став 0, сдвинет потенциал на входе + в отрицательную сторону. Напряжение на входе + скачком изменится в отрицательную сторону на величину $-U_{ВЫХ}^1 R_1/R_2$, что подкрепит воздействие изменения $U_{ВХ}$. При переключениях начавшееся изменение $U_{ВЫХ}$ подтверждая тенденцию, обусловленную $U_{ВХ}$, ускоряет процесс переключения, и если $\beta K_U = R_1 K_U / (R_1 + R_2)$ - усиление в петле положительной обратной связи - больше 1, то схема обладает гистерезисом и ведет себя как усилитель с бесконечно большим коэффициентом усиления и быстрым действием, ограниченным только свойствами его внутренних цепей.

Если $U_{ВХ}$ и $U_{ОП}$ в схеме рис.3 поменять местами, то получим инвертирующий компаратор. Можно также использовать схемы типа рис.3 для получения инвертирующего режима при разных знаках $U_{ВХ}$ и $U_{ОП}$ или при сравнении по модулю двух переменных напряжений. Величина $U_{Г} = \left| U_{ВЫХ}^1 - U_{ВЫХ}^0 \right| \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$ - это напряжение гистерезиса (ширина петли гистерезиса). Если требуется, чтобы петля гистерезиса была симметрична относительно $U_{ОП}$, то вводят соответствующее смещение, как показано штриховой линией на рис.3. Характеристика компаратора с симметричной петлей гистерезиса показана на рис.1а и б на эюре 4 (рис.2) показана его реакция на зашумленный входной сигнал при амплитуде шумов, меньшей чем $U_{Г}/2$. Введение гистерезиса позволяет получить время переключения выхода, не зависящее от скорости изменения входного сигнала, и избежать «дребезга» выхода, вызываемого шумами. Но при этом происходит смещение точек переключения относительно друг друга и смещение момента времени переключения относительно идеального случая. Убрать неопределенность, вносимую шумами, нельзя. Компаратор «выбирает» в рамках этой неопределенности точку срабатывания. Иногда эту проблему обходят, запрещая изменения выхода компаратора в моменты времени, близкие к переключению, если они заранее известны.

Использованные источники

1. Фолкенберри, Л. Применение операционных усилителей и линейных ИС / Л. Фолкенберри. - М. 1985.
2. Гальперин, М.В. Практическая схемотехника в промышленной автоматике / М.В. Гальперин. - М., 1987.
3. Титце, У. Полупроводниковая схемотехника / У. Титце, К. Шенк. - М., 1982.
4. Токсейм, Р. Основы цифровой электроники / Р. Токсейм. - М., 1988.