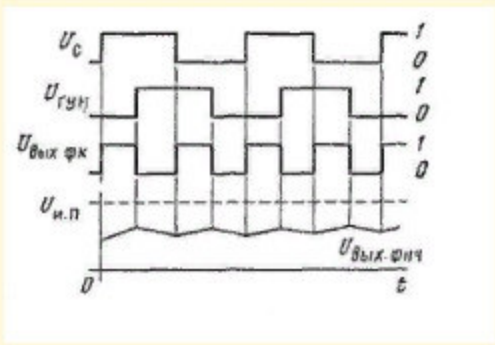
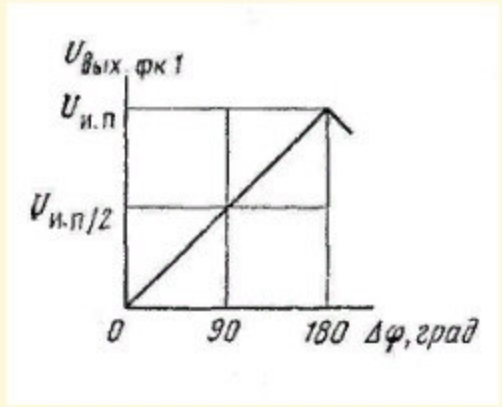
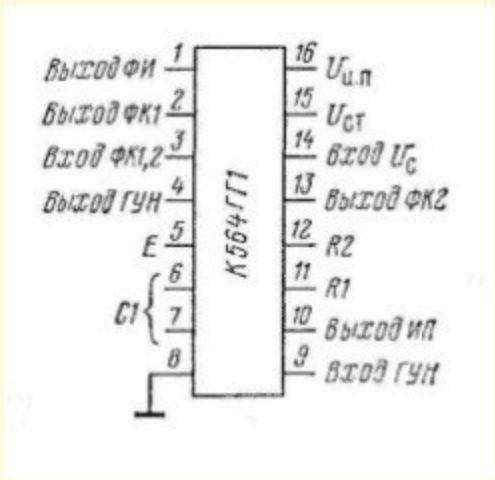
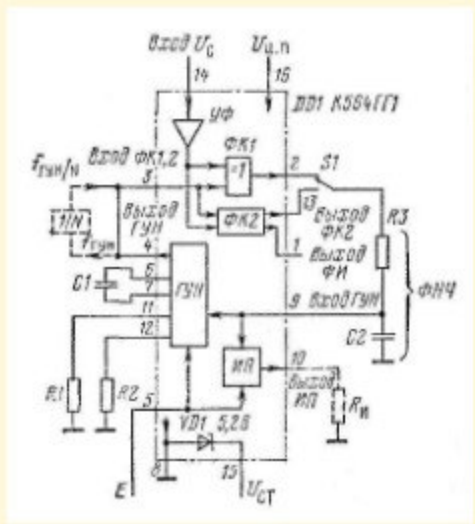
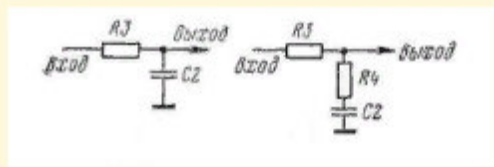
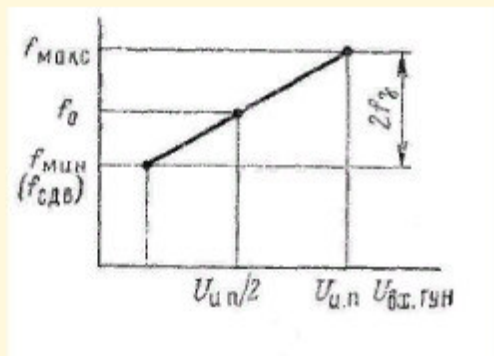
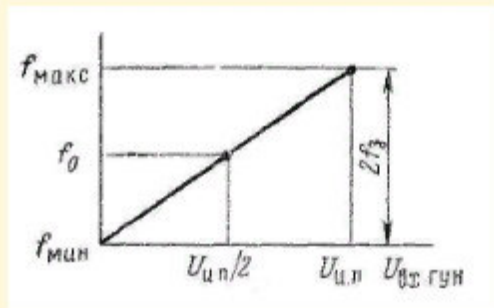
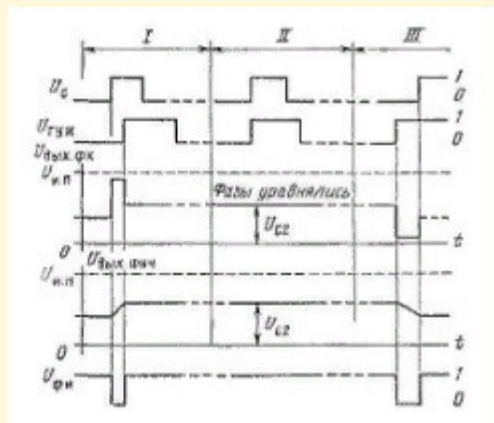


K564ГГ1 (CD4046A)





Микросхема К564ГГ1 (CD4046А) содержит следующие внутренние узлы: генератор, управляемый напряжением (ГУН), два фазовых компаратора (ФК1 — исключаящее ИЛИ или ФК2 — триггерная схема), формирователь-усилитель УФ входного сигнала, выходной истоковый повторитель ИП. Для удобства применения на кристалле микросхемы изготовлен источник опорного напряжения — стабилитрон с напряжением 5,2 В. Рассмотрим действие отдельных частей микросхемы ФАП К564ГГ1 (CD4046А). На рисунке показана полная схема так называемой петли ФАП.

Узел ГУН микросхемы К564ГГ1 (CD4046А) — основа ФАП. Она обеспечивает линейность преобразования напряжение — частота лучше 1%. Для установки свободной частоты ГУН и диапазона девиации этой частоты требуется три внешних элемента: конденсатор С1 и резисторы R1, R2. Элементы R1 и С1 фиксируют свободную частоту генерации, с помощью R2 этой частоте можно дать постоянный сдвиг.

Частота выходных импульсов ГУН микросхемы К564ГГ1 (CD4046А) (на выходе 4) называется свободной, если на входе управления частотой ГУН (на выводе 9) напряжение отсутствует.

В петле ФАП на вход ГУН (вывод 9) подается напряжение ошибки. В устройстве оно снимается с внешнего фильтра низкой частоты (К3, С2), где сглаживается импульсный сигнал, генерируемый одним из фазовых компараторов ФК1 или ФК2. Выбрать выход компаратора позволяет переключатель S1. Управляющий сигнал ГУН имеется и на выводе 10 — исток повторителя. Для правильной работы повторителя требуется подключать внешний резистор нагрузки $K = 10 \text{ кОм}$. Если этот выход не нужен, вывод 10 оставьте свободным.

Петля ФАП в схеме состоит из трех узлов: ГУН, ФК1 (или ФК2) и фильтра низкой частоты (ФНЧ). Фильтр НЧ образуют резистор R3 и конденсатор С2. Как известно, особо опасна для работы системы ФАП вторая гармоника частоты ГУН. Поскольку входное сопротивление ГУН велико (до 10^{12} Ом), номинальная емкость конденсатора С2 в результате может быть небольшой. Входной цифровой сигнал U, вводится в петлю ФАП от входа 14 через усилитель УФ и поступает на сигнальные входы обоих компараторов ФК1 и ФК2. На вторые входы компараторов микросхемы К564ГГ1 (CD4046А) подается выходной меандр свободной частоты от выхода ГУН. На выходе ФК в начальный момент должно присутствовать напряжение ошибки, соответствующее разности частот сигнала U, и свободной ГУН. Отфильтрованное (сглаженное) напряжение с конденсатора С2 поступает на вход ГУН (вывод 9) в такой фазе, чтобы частота ГУН стала приближаться к частоте сигнала U_c .

Некоторое время, таким образом, будет идти переходной процесс автоподстройки частоты. В конце этого процесса установится режим автоподстройки фазы, поскольку частоты будут равны. Затем петля ФАП с большой точностью уравнивает фазы сигнала и выходного напряжения ГУН. Полезными выходными сигналами петли ФАП могут быть как напряжение с выхода ФНЧ (выход повторителя, вывод 10), так и выходная частота $f_{\text{ГУН}}$ (вывод 4). Напряжение $U_{\text{ФНЧ}}$ используется при демодулировании входного ЧМ-сигнала (получается ЧМ-детектор), а частота $f_{\text{ГУН}}$ — результат работы синтезатора частоты.

Для синтеза частот, кратных входной частоте сигнала U_c выход ГУН (вывод 4) присоединяется ко входам ФК (вывод 3) через внешний цифровой делитель частоты в N раз. Тогда выходная частота ГУН будет в N раз выше, чем основная. Для схем синтеза частот необходимы счетчики с предварительной записью, а также реверсивные и программируемые; можно использовать счетчики К176ИЕ4, К561ИЕ9 и К561ИЕ10.

У схемы ГУН имеется вход разрешения Е. Напряжение низкого уровня на этом входе разрешает работу схеме ГУН и истоковому повторителю. Если требуется уменьшить мощность потребления в режиме ожидания, на вход разрешения Е следует подать напряжение высокого уровня. Номиналы внешних элементов следует выбирать в пределах: $R_1, R_2 \geq 10 \text{ кОм}$, $R_u \leq 1 \text{ МОм}$, $C_1 > 100 \text{ пФ}$ (при $U_{u,n} = 5 \text{ В}$) и $C_1 > 50 \text{ пФ}$ (при $U > 10 \text{ В}$).

Центральную частоту ГУН f_0 (свободная частота ФАП, работающей с компаратором ФК1) можно выбрать по рисунку. Выбранную частоту f_0 следует сместить (сдвинуть) на величину $\Delta f_{c\delta e}$ микросхемы и нулевой провод соединить через резистор R2. Значение частоты $\Delta f_{c\delta e}$ можно определить по рисунку. Необходимо учесть, что от экземпляра к экземпляру микросхем выбранные значения f_0 и $\Delta f_{c\delta e}$ могут меняться даже на 20 %.

Рассмотрим зависимость максимальной f_{max} и минимальной f_{min} частот от отношения номиналов R2/R1. Здесь f_{max} определяется, когда $U_{ex\Gamma yH} = U_{u,n}$, а f_{min} если $U_{ex\Gamma yH} = 0$. Значение частоты f_{max} составляет 1,5 МГц ($U_{u,n} = 15 \text{ В}$); при $U_{u,n} = 5 \text{ В}$ $f_{max} = 0,5 \text{ МГц}$.

Фазовые компараторы ФК1 и ФК2 имеют общие входы (вывод 3). На внешний вывод 3 следует подавать сигнал только логики КМОП (уровень логического нуля ниже $0,3 U_{u,n}$ логической единицы — выше $0,7 U_{u,n}$). Сигналы с меньшей амплитудой можно подавать через емкость и дополнительный усилительный каскад. ФК1- простой каскад исключающее ИЛИ. Для хорошей его работы и увеличения диапазона захвата ФАП требуется строго симметричный входной меандр U_c . Схема ФК1 такова, что без входного сигнала (или помехи) на ее выходе имеется потенциал $U_{u,n}/2$, под действием которого ГУН должен генерировать на центральной частоте диапазона f_0 . С этим компаратором ФК1 полоса захвата петли ФАП остается в заданных пределах при сильных помехах. ФК1 лучше обеспечивает слежение ФАП на частотах, близких к гармоникам центральной частоты ГУН f_0 . Особенность применения ФК1 в том, что фазовый угол между сигналом и выходом компаратора $U_{вых\Phi K}$ меняется от 0 до 180° (четверть периода). Рассмотрим диаграмму работы: когда между напряжением сигнала U_c и напряжением ГУН $U_{\Gamma yH}$ существует равенство частот f_0 и угол сдвига соответствует 1/4 периода. В такой момент выходное напряжение ФК1 представляет собой меандр с удвоенной частотой ГУН (третья линия на диаграмме). Постоянная составляющая такого меандра $U_{u,n}/2$, однако даже после хорошего ФНЧ выходное напряжение $U_{вых\Phi HЧ}$ имеет некоторую составляющую второй гармоники частоты ГУН (четвертый график диаграммы). Эта помеха в петле ФАП наиболее трудно устранимая. Полоса захвата ФАП с использованием ФК1 определяется полосой ФНЧ.

Схема ФК2 представляет собой четырехтриггерное ЗУ с логикой управления. Чтобы ФК2 и ФК1 работали на общий выход, схема ФК2 имеет третье состояние Z. ФК2 запускается положительными перепадами входных импульсов, поэтому скважность входящих прямоугольных импульсов сигнала U_c не имеет значения. На рисунке показано пять осциллограмм для петли ФАП, работающей с ФК2.

Если частота входного сигнала больше (или меньше), чем частота ГУН, то выходной каскад ФК2 находится в разомкнутом Z-состоянии. Когда частоты равны, но сигнал отстает по фазе от напряжения ГУН, выходное напряжение ФК2 будет находиться на низком уровне. Если отстает по фазе напряжение ГУН от напряжения сигнала U_c , а выходе ФК2 появится напряжение высокого уровня. Высокий (или низкий) уровень на выходе ФК2 будет удерживаться до тех пор, пока существует разность фаз. На выходе ФНЧ (конденсатор C2) напряжение U_{C2} скачком изменяться не может, поэтому уравнивание фазы $U_{вых\Gamma yH}$ с фазой сигнала U_c потребует некоторого времени.

После уравнивания фаз оба р- и п-канальные выходные транзисторы ФК2 размыкаются, выход переходит в Z-состояние, следовательно на конденсаторе С2 будет храниться потенциал, соответствующий равенству фаз. Соответственно управляющему напряжению U_{C2} будет зафиксирована частота ГУН. ФК2 имеет специальный выход фазовых им. пульсов ФИ. По уровню напряжения $U_{\phi u}$ можно видеть, находится ли ФАП в режиме слежения (высокий уровень) или подстройки (низкий уровень).

Таким образом, при работе ФК2 разность фаз между U_c и $U_{ГУН}$ в режиме слежения петли равна нулю. В эти моменты ФК2 потребляет минимум тока, поскольку его выходной каскад разомкнут. Полосы слежения и захвата ФАП с ФК2 одинаковы и не определяются свойствами ФНЧ.

Если сигнала U_c нет, ГУН настраивается на самую низкую частоту своего диапазона под воздействием минимального напряжения $U_{\text{вых}} \neq K$

На диаграмме отмечены три периода. Считаем, что частоты U_c и $U_{ГУН}$ равны. На этапе 1 фаза U_c опережает фазу $U_{ГУН}$. После переходного процесса подстройки (ему по времени соответствует отрицательный импульс $U_{\phi u}$), фазы уравниваются, так как напряжение U_{C2} повышается. Это напряжение сохраняется на протяжении этапа 2, когда удерживается равенство фаз.

На этапе 3 соотношение входных фаз сигнальной U_c и опорной $U_{ГУН}$ последовательностей импульсов обратное, поэтому для уравнивания их напряжение U_{C2} должно несколько уменьшиться.

Особенности применения в петле ФАП фазовых компараторов ФК1 и ФК2 указаны в таблице.

Зарубежным аналогом микросхемы К564ГГ1 является микросхема CD4046А.

К564ГГ1 - особенности применения фазовых компараторов ФК1 и ФК2

Характеристики петли ФАП	Фазовый компаратор	Особенности применения ФК1 и ФК2
Выбор частоты ГУН и полосы захвата $2f_3$	ФК1	Полоса захвата выбирается без сдвига или со сдвигом
	ФК2	
Частоты ГУН без сигнала U_c	ФК1	$f_{\text{ГУН}} \rightarrow f_0$
	ФК2	$f_{\text{ГУН}} \rightarrow f_{\text{min}}$
Диапазон $2f_3$	ФК1	$2f_3 = f_{\text{max}} - f_{\text{min}}$
	ФК2	
Диапазон слежения $2f_{\text{сл}}$	ФК2	$f_{\text{сл}} = f_3$
Фазовый угол между U_c и $U_{\text{ГУН}}$	ФК1	При $f_0 = f_{\text{ГУН}} \Delta\varphi = 90^\circ$ при $f_{\text{min}} = f_{\text{ГУН}} \Delta\varphi = 0^\circ$ при $f_{\text{max}} = f_{\text{ГУН}} \Delta\varphi = 180^\circ$
	ФК2	В полосе $2f_3 \Delta\varphi = 0^\circ$
Слежение на гармонике f_0	ФК1	Обеспечивает
	ФК2	Нет
Степень подавления входных помех	ФК1	Большая
	ФК2	Малая

