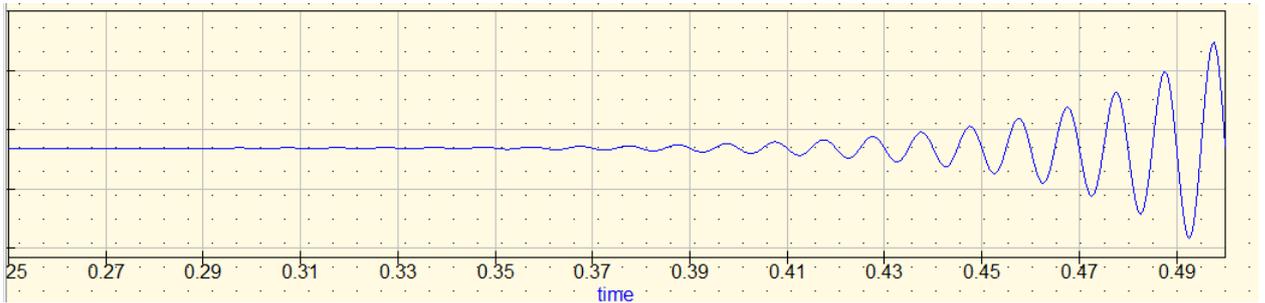


Генераторы – это то, что делает колебания из ничего.

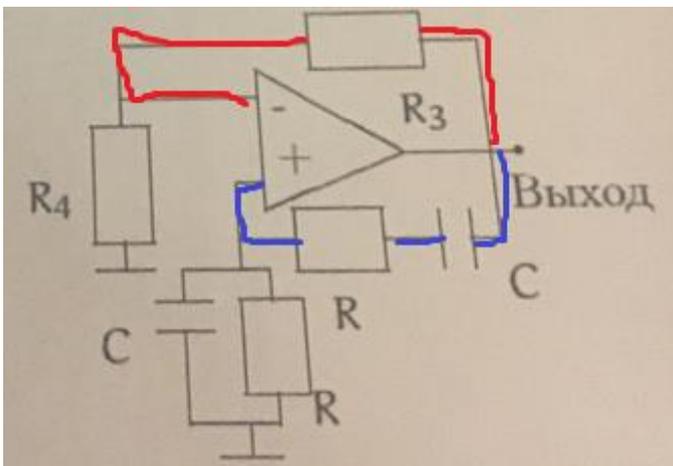
Вот усилитель сам по себе не создаёт сигнал, он лишь усиливает поданный.

А генератор может делать так:

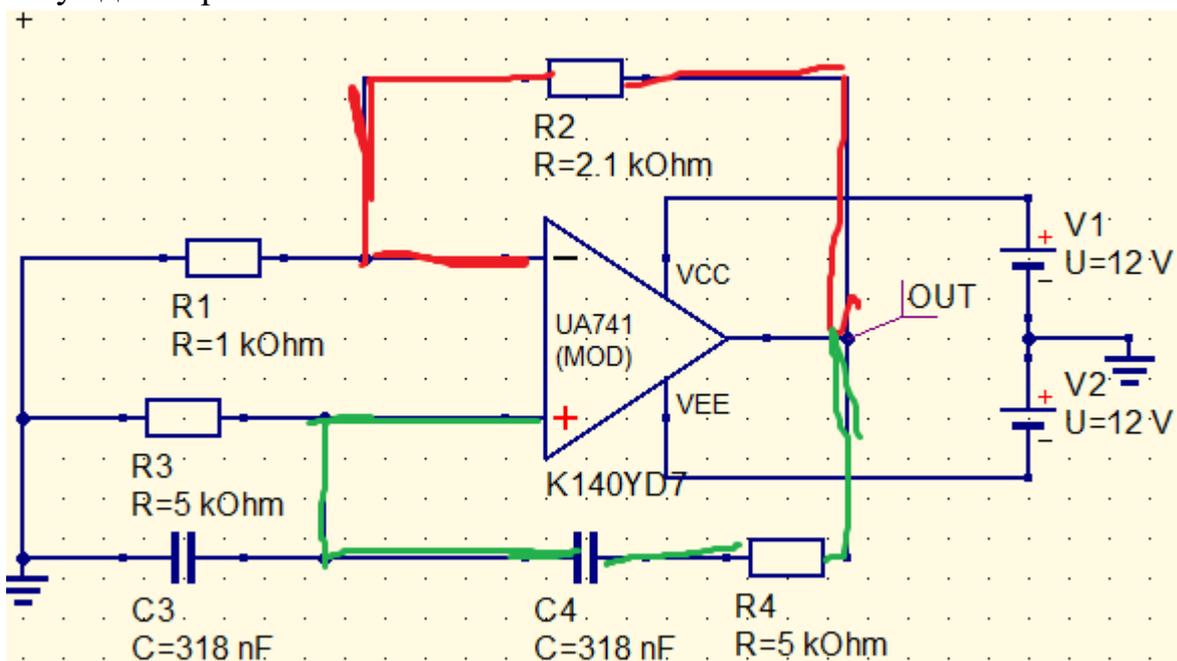


Когда у нас есть операционный усилитель-треугольник, у нас есть два типа связи (обратной): с его правого конца на его минус и с его правого конца на его плюс.

В усилителях всегда только *одна* обратная связь - в генераторах же *обе*! Вот на этой схеме обе:



И тут две обратных связи:



Значит, и то, и то генераторы.

Важнейшей характеристикой усилителя является коэффициент усиления. А важнейшей характеристикой является т.н. коэф генерации.

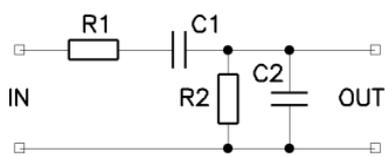
Если коэф генерации < 1, то колебания не возникнут. Напротив, если они были изначально, они будут затухать

Если коэф генерации = 1, то колебания самопроизвольно не возникнут, но если они были – будут поддерживаться.

А вот если коэф генерации > 1, то как раз самопроизвольно возникнут колебания. Только в этом случае генератор будет работать.

Как и коэф усиления для усилителей, коэф генерации может зависеть от частоты. Радиофизикам может потребоваться, чтобы колебания возникли на какой-то определённой частоте. Следовательно, нужно, чтобы коэф генерации(ω) был < 1, кроме нужной нам частоты (она называется резонансной), а вот в резонансной частоте ω_0 (ну и вблизи её в силу непрерывности коэфа генерации(ω)) коэф генерации(ω) > 1.

Для этого генератор дополняется цепью Вина со своим коэфом передачи(ω). (вот так выглядит эта цепь



). Таким образом, у нас в цепи три коэфа:

коэффициент усиления треугольника, коэф передачи Вина и коэф генерации.

Они связаны соотношением Коэф генерации = коэф усиления * коэф передачи Вина. Изучим формулы для последнего:

Коэффициент передачи цепи Вина зависит от частоты:

$$K(\omega) = \frac{1}{1 + \frac{C2}{C1} + \frac{R1}{R2} + j \frac{\omega^2 R1 R2 C1 C2 - 1}{\omega C1 R2}} \quad (4.6)$$

Квазирезонансная частота ω_0 , на которой коэффициент передачи цепи максимален определяется как:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R1 R2 C1 C2}} \quad (4.7)$$

Коэффициент передачи на квазирезонансной частоте

$$K(\omega_0) = \frac{1}{1 + \frac{C2}{C1} + \frac{R1}{R2}} \quad (4.8)$$

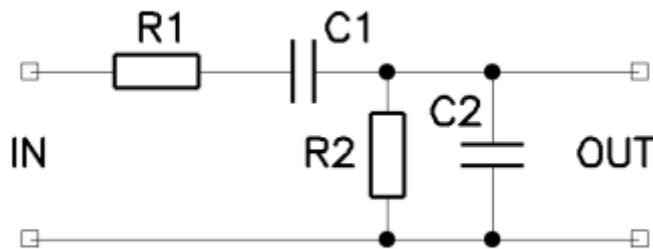
Цепь Вина – достаточно диссипативная вещь в том плане, что она всё губит

$$K(\omega_0) = \frac{1}{1 + \frac{C2}{C1} + \frac{R1}{R2}}, \text{ то}$$

и занижает. Если посмотреть на формулу даже для резонансной частоты коэффициент передачи цепи Вина будет заведомо <1 . Но это как повышение температуры организмом при простуде. Чувствуют себя хреново все (и вирусы, и человек), но для вирусов $+38\dots+39$ смертельно, а человек как-то переживает. Вот цепь Вина такая же: да, даже на резонансной частоте $K<1$, но остальные частоты просто не выживут и сигнал возникнет именно на нужной нам частоте. Цель цепи Вина – выделить резонансную частоту. А усилителем мы потом всё увеличим так, что коэф генерации на резонансной частоте будет >1 , а для остальных <1 .

Может возникнуть и другая некоторая проблема – в цепи может быть более двух резисторов и более двух конденсаторов. Какие из них подставлять в эту формулу? И какие из них первые, а какие вторые?

Нужно найти цепь Вина.

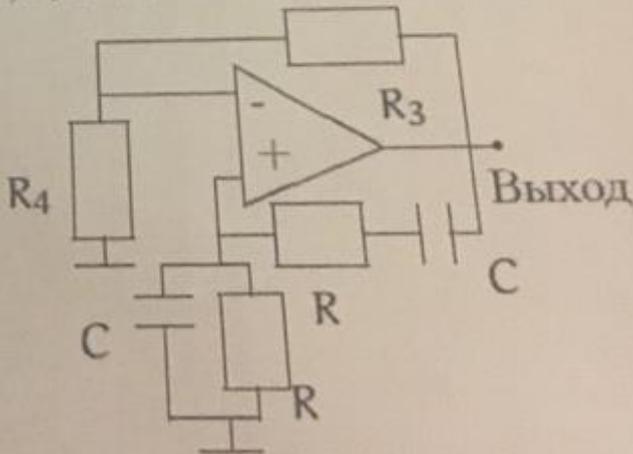


Это сгусток из двух резисторов и двух конденсаторов. Та пара резистора и конденсатора, которые последовательны, будут R1 и C1, а те, которые параллельны – R2 и C2.

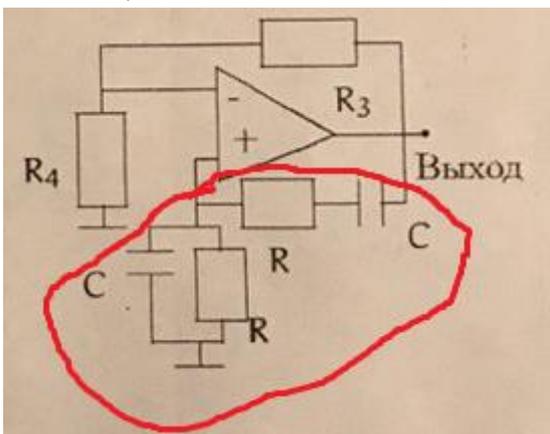
Найдём цепь Вина в задаче

6. Дана схема RC-генератора на операционном усилителе. Каковы должны быть сопротивления R_3 и R_4 для возникновения синусоидальных автоколебаний (т.е. выполнения условия $K_{\phi} \geq 1$) и какова будет частота ω этих автоколебаний?

- а) $R_3 \geq R_4$, $\omega = 1/CR$;
- б) $R_3 \geq R_4$, $\omega = 2/CR$;
- в) $R_3 \geq 2R_4$, $\omega = 1/CR$;
- г) $R_3 \geq 3R_4$, $\omega = 1/CR$;
- д) $R_3 \geq 2R_4$, $\omega = 2/CR$;
- е) $R_3 \geq R_4/2$, $\omega = 1/CR$;
- ж) $R_3 \geq R_4/3$, $\omega = 1/CR$;
- з) $R_3 \geq R_4/3$, $\omega = 1/2CR$;



Вот она, цепь Вина!



В данной задаче $C_1=C_2=C$ и $R_1=R_2=R$. Следовательно, резонансная частота

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

В данной задаче будет равна $1/(RC)$.

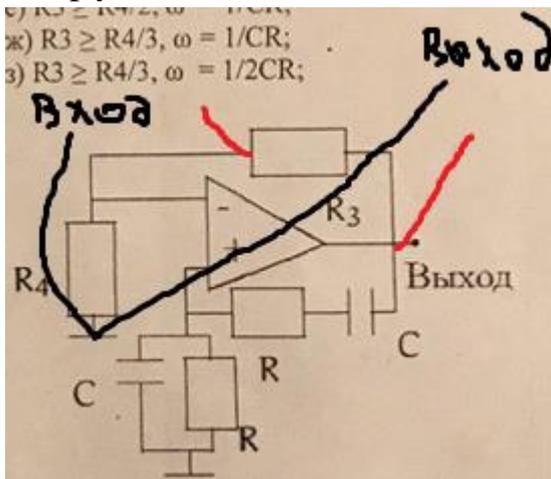
Но от нас хотят, чтобы мы назвали условие на R_3 и R_4 . Они уже относятся к усилителю, а не к цепи Вина.

Коэф передачи Вина в данной задаче будет

$$K(\omega_0) = \frac{1}{1 + \frac{C}{C} + \frac{R}{R}} = \frac{1}{1+1+1} = 1/3$$

Чтобы колебания возникли, нужно, чтобы на резонансной частоте коэф генерации был бы >1. На что надо домножить 1/3, чтобы получить >1, на какой коэф усиления? На три, правильно (чуть более трёх, строго говоря, но в пределе три). Итак, нам усилитель должен по-любому обеспечить коэф усиления три или больше, иначе генератору хана.

Коэф усиления – это отношение напряжений на выходе и входе



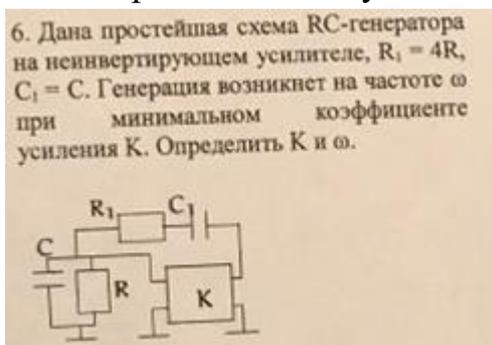
В генераторе, правда, «вход» чисто теоретический, на него, в отличие от усилителя, ничего не подаётся (генератор должен сам создать колебания!).

Но формулы всё те же: вдоль R3 и R4 течёт одна сила тока, и отношение выходного напряжения ко входному будет $(U_3+U_4)/U_3 = (IR_4+IR_3)/(IR_4) = (R_4+R_3)/R_4 = 1+R_3/R_4$.

В данной задаче $1+R_3/R_4 >= 3 \Rightarrow R_3 >= 2R_4$.

Верным будет ответ в) – там и $R_3 >= 2R_4$, и резонансная частота $1/(CR)$.

Рассмотрим ещё задачу.



Да уж, забавно: мы не видим даже треугольника, он «защит» внутри чёрного ящика с буквой «К». Но зато сразу же видим цепь Вина. А цепь Вина – это самое важное, потому что мы сразу же вспоминаем формулы для неё

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

$$K(\omega_0) = \frac{1}{1 + \frac{C_2}{C_1} + \frac{R_1}{R_2}}$$

В данной задаче

$$R_1 = 4R$$

$$R_2 = R$$

$$C_1 = C_2 = C.$$

Тогда
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{4R \cdot R \cdot C \cdot C}} = \frac{1}{2RC}$$
 и

$$K(\omega_0) = \frac{1}{1 + \frac{C}{C} + \frac{4R}{R}} = \frac{1}{1 + 1 + 4} = \frac{1}{6}$$

$1/(2RC)$ можно смело записывать в ответ (это циклическая частота, на которой возникнут колебания).

$1/6$ же – коэф передачи Вина. Вспоминаем формулу:

Коэф генерации = коэф усиления * коэф передачи Вина!

У нас ещё множитель «коэф усиления». Каким бы нам его выбрать, чтобы генерация осуществлялась? То есть если коэф усиления чуть-чуть больше 6, то коэф генерации чуть-чуть >1 и колебания на нужной частоте всё-таки возникнут. Смотрим условие – от нас хотят именно коэф усиления. Пишем в ответ 6.