ДВУХКАНАЛЬНЫЙ ШИМ НА ЛЭ с сохранением заряда на времязадающем конденсаторе от действия пилообразного напряжения

В.Горячев, к.т.н., главный специалист АО "СпецЭлектронСистемы",
А.Чуприн, главный конструктор АО "СпецЭлектронСистемы" / andchuprin@rambler.ru

УДК 621.311.69; DOI: 10.22184/2070-8963.2019.81.4.52.58

Широтно-импульсный модулятор (ШИМ) – неотъемлемая часть любого вторичного источника питания (ВИП) с импульсным принципом работы. Рассмотрены схемы ШИМ, работающие по принципу двойного регулирующего воздействия на наклон пилообразного напряжения (далее – пила), в которых момент равенства напряжения, формируемого на времязадающем конденсаторе (U_c), с напряжением порога переключения логического элемента (ЛЭ) ($U_{\text{пор.ЛЭ}}$) осуществляется на времязадающем конденсаторе.

В работе [7] отмечается, что возможны три способа построения схем широтно-импульсных модуляторов (ШИМ) на цифровых логических схемах:

- информация $U_c = U_{\text{пор.ЛЭ}}$ запоминается на триггере типа R-S;
- без запоминания информации $U_c = U_{\text{пор.ЛЭ}}$;
- информация $U_c = U_{\text{пор.ЛЭ}}$ запоминается (точнее, хранится) на времязадающем конденсаторе.

Первые два из этих способов подробно описаны в [1, 3]. Третий частично рассмотрен в [2]. Заранее оговоримся: по специфике функционирования этот способ занимает промежуточное положение между двумя первыми. То есть он обладает некоторыми признаками, присущими схемам обоих ШИМ. Принимая во внимание, что этот способ построения ШИМ находит применение, рассмотрим его более подробно.

Возможны два варианта реализации таких модуляторов:

- схемы, в которых счетный триггер двухканального распределителя импульсов (РИ)

переключается импульсами изменяемой длительности;

- схемы, в которых счетный триггер двухканального РИ переключается импульсами постоянной длительности, равной длительности импульсов, формируемой генератором импульсов ($t_{\text{ги}}$).

Первый вариант схемы ШИМ приведен на рис.1. В состав схемы входят собственно ШИМ, включающий в себя времязадающую цепь R1, C1, два двунаправленных ключа Кл1, Кл2 и вентиль В1 на элементе 2ИЛИ-НЕ.

Схема работает следующим образом. В отсутствии импульса $t_{\text{ги}}$ на выходе вентиля В1 действует уровень лог.1, ключ Кл1 открыт по управляющему входу (вход У), и происходит заряд конденсатора C1 по линейному закону при условии, что $U_{\text{пор.ЛЭ}} \ll U_{\text{вх.мин.}}$ ("много меньше" означает как минимум в 5 раз). Для бортовых ВИП напряжение $U_{\text{вх.мин.}}$ обычно составляет 23 В, а $U_{\text{пор.ЛЭ}} - 2,5$ В, если напряжение внутреннего питания ($E_{\text{пит.вн}}$)

переходному процессу, связанному с разрядом конденсатора С1. С энергетической точки зрения процесс разряда конденсатора через ключ КЛ2 характеризуется тем, что энергия, накопленная в конденсаторе С1 в момент его заряда, целиком превращается в тепло в самом ключе (на сопротивлении открытого ключа) в момент его разряда, то есть в момент переходного процесса, вызванного разрядом конденсатора С1. В данном случае рассматриваемый процесс представляет собой переход конденсатора С1 из одного установившегося (стационарного) состояния, связанного с накопленной энергией, в другое стационарное состояние – отсутствие этой энергии, отданной в процессе разряда. Переходный процесс протекает в течение некоторого времени, которое зависит от запасенной в реактивном элементе энергии.

Известно, что во время переходных процессов, длительность которых может составлять наносекунды, токи, протекающие в цепях разряда или заряда, могут существенно превышать токи стационарного состояния, что может привести к разрушению ключа. Поэтому элемент КЛ2 с точки зрения тепловыделения находится в наиболее жестких условиях по сравнению с другими элементами схемы ШИМ. И, следовательно, он требует более тщательной оценки рассеиваемой мощности, ответственной за тепловыделение в нем.

Такая оценка предполагает нахождение двух параметров – среднего тока, отвечающего за тепловыделение, и максимального импульсного тока, отвечающего за локальный перегрев. При этом последний не должен превышать 0,5 величины максимального тока, приведенной в технических условиях. При оценке величины среднего тока воспользуемся известным уравнением, утверждающим, что в конденсаторе средний ток за период равен нулю. Это уравнение показывает, что количество электричества, приобретенное конденсатором за время его заряда ($Q_{зар.} = I_{зар.ср.} \times t_{зар.}$), равно количеству электричества, отданного конденсатором за время его разряда ($Q_{раз.} = I_{раз.} \times t_{раз.ср.}$). Другими словами, можно записать следующее равенство:

$$I_{зар.ср.} \times t_{зар.} = -I_{раз.ср.} \times t_{раз.}, \quad (3)$$

где $I_{зар.ср.}$ – средний ток заряда за время заряда ($t_{зар.}$); $I_{раз.ср.}$ – средний ток разряда за время разряда ($t_{раз.}$). Знак "минус" указывает на то, что ток разряда направлен противоположно току заряда, условно принятому за положительный. Для схемы, приведенной на рис.1, при определении

среднего тока заряда $I_{зар.ср.}$ можно воспользоваться формулой:

$$I_{зар.ср.} = (I_{зар.макс.} + I_{зар.мин.})/2, \quad (4)$$

где $I_{зар.макс.}$ и $I_{зар.мин.}$, соответственно, максимальный и минимальный токи заряда конденсатора С1. В свою очередь, токи $I_{зар.макс.}$ и $I_{зар.мин.}$ можно определить из выражений (см. рис.1):

$$I_{зар.макс.} = U_{вх.}/R1 \quad (5)$$

$$\text{и } I_{зар.мин.} = (U_{вх.} - U_{пор.})/R1. \quad (6)$$

Принимая во внимание, что $U_{пор.}$ существенно меньше $U_{вх.} = U_{вх.мин.}$, можно принять, что $I_{зар.ср.} = I_{зар.макс.}$. Из выражения (3) можно получить следующее соотношение:

$$I_{раз.ср.}/I_{зар.ср.} = t_{зар.}/t_{раз.} \quad (7)$$

Из уравнения (7) следует, что ток разряда $I_{раз.ср.}$ во столько раз больше тока $I_{зар.ср.}$, во сколько раз время заряда больше времени разряда. Следовательно, максимальный разрядный ток, а он интересует нас больше всего, имеет место при минимальной длительности разрядного импульса, а именно при $t_{раз.} = t_{ги.}$. Но последнее возможно только при минимальном входном напряжении, то есть при $U_{вх.} = U_{вх.мин.}$. Таким образом для вычисления тока $I_{зар.ср.}$ можно воспользоваться выражением (5), в котором вместо $U_{вх.}$ необходимо поставить $U_{вх.мин.}$. Зная средний ток заряда $I_{зар.ср.}$, из формулы (3) можно определить и средний ток разряда через элемент КЛ2, ответственный за тепловыделение в последнем:

$$I_{раз.ср.} = (I_{зар.ср.} \times t_{зар.}) / t_{раз.}, \quad (8)$$

где $t_{раз.} = t_{ги.}$, а $t_{зар.} = T - t_{ги.} = t_{иш.макс.}$, получаемый при $U_{вх.} = U_{вх.мин.}$ в соответствии с выражением (1), T – период следования импульсов $t_{ги.}$.

После подстановки получим уравнение:

$$I_{раз.ср.} = I_{зар.ср.} \times (t_{иш.}/t_{ги.}). \quad (8a)$$

В выражении (8) произведение $I_{зар.ср.} \times t_{зар.}$ – это количество электричества, полученное конденсатором за время его заряда, то есть $Q_{зар.}$. Но $Q_{зар.}$ можно представить в виде другой формулы, а именно:

$$Q_{зар.} = C1 \times \Delta U, \quad (9)$$

где ΔU – изменение напряжения на конденсаторе во время его заряда, равное $U_{\text{пор.}}$. Тогда получим:

$$Q_{\text{зар.}} = C1 \times U_{\text{пор.}} \quad (10)$$

Но поскольку конденсатор не пропускает постоянную составляющую, то $Q_{\text{зар.}} = Q_{\text{раз.}}$ и, следовательно, можно записать следующее равенство:

$$C1 \times U_{\text{пор.}} = I_{\text{раз.ср.}} \times t_{\text{раз.}} \quad (11)$$

Из уравнения (11) находим:

$$I_{\text{раз.ср.}} = (C1 \times U_{\text{пор.}}) / t_{\text{раз.}} \quad (12)$$

Таким образом, средний ток разряда, ответственный за тепловыделение в ключе КЛ2, найден. Теперь осталось найти максимальный ток разряда $I_{\text{макс. раз.}}$, отвечающий за локальный перегрев. Если допустить, что разряд конденсатора $C1$ осуществляется по линейному закону, что вполне допустимо для инженерных расчетов, то можно предположить что ток $I_{\text{раз.макс.}}$ больше тока $I_{\text{раз.ср.}}$ в $t_{\text{иш.}}/t_{\text{ги}}$ раз, то есть можно записать следующее равенство:

$$I_{\text{раз.макс.}} = (I_{\text{зар.макс.}}) \times t_{\text{иш.макс.}} / t_{\text{ги.}} \quad (13)$$

Определим ток $I_{\text{зар.макс.}}$ для схемы ШИМ, приведенной в книге [2]:

$U_{\text{вх}} = U_{\text{вх.мин}} = 20 \text{ В}$, $R1 = 150 \text{ кОм}$, $C1 = 96 \text{ пФ}$, $U_{\text{пор.}} = 2,5 \text{ В}$,

$\Delta t = t_{\text{иш.макс.}} = 1,8 \text{ мкс}$, $t_{\text{ги}} = 0,2 \text{ мкс}$, $T = 2 \text{ мкс}$. В соответствии с выражением (5) находим: $I_{\text{зар.макс.}} = 20/150 = 0,133 \text{ мА}$.

Определим $I_{\text{раз.макс.}}$, пользуясь формулой (13):

$$I_{\text{раз.макс.}} = (0,13 \times 1,8 \cdot 10^{-6}) / 0,2 \cdot 10^{-6} = 1,2 \text{ мА}$$

То есть максимальный ток разряда ($I_{\text{раз.макс.}}$) конденсатора $C1$ на сопротивление ключа КЛ2 больше максимального зарядного тока ($I_{\text{зар. макс.}}$) в $t_{\text{иш.макс.}} / t_{\text{ги}}$ раз, (в нашем случае в 9 раз ($1,8/0,2$), как это и следует из уравнения (13).

Определим величину разрядного резистора ключа КЛ2 для поглощения указанного тока разряда.

Напомним, что разряд конденсатора происходит через малое омическое сопротивление открытого ключа КЛ2. Следовательно, напряжение на конденсаторе (U_c) изменяется в соответствии с уравнением

$$U_c = E \times e^{-t/RC}, \quad (14)$$

по экспоненциальному закону, где $E = U_{\text{пор.}}$, R равно внутреннему, то есть разрядному сопротивлению ключа КЛ2, $C = C1$. Разрядный ток, изменяемый во времени, найдем дифференцированием выражения (14):

$$I_{\text{раз.}} = C (dU_c/dt) = -(E/R) \times e^{-t/RC} \times (1/RC). \quad (15)$$

Знак "минус" в выражении (15) указывает на то, что направление разрядного тока противоположно направлению зарядного, условно принятому за положительное (о чем уже говорилось выше).

Полагая $t = 0$ в выражении (16), найдем величину $I_{\text{раз.макс.}}$, то есть

$$I_{\text{раз.макс.}} = E/R = U_{\text{пор.}}/R. \quad (16)$$

Поскольку величина тока $I_{\text{раз.макс.}}$ уже была определена ранее (см. выражение (13)), то можно определить и величину внутреннего сопротивления R ключа КЛ2, которое должно быть меньше величины, определяемой выражением

$$R = U_{\text{пор.}}/I_{\text{раз.макс.}} \quad (17)$$

Зная величину сопротивления R , можно теперь определить и уровень напряжения, до которого разряжается конденсатор $C1$ за время $t = t_{\text{ги}}$. Для этого подставим в выражение (14) вместо R его значение из формулы (16). После подстановки и преобразования получим:

$$U_c = e^{-t/(U_{\text{пор.}}/I_{\text{раз.макс.}}) \times C1} = e^{-tI_{\text{раз.макс.}}/U_{\text{пор.}} \times C1}. \quad (18)$$

Но числитель и знаменатель дроби в выражении (18) при коэффициенте "е" есть не что иное, как количество электричества, полученное конденсатором $C1$ за время его заряда. Понятно, что эти величины равны между собой и, следовательно, выражение (18) можно записать в виде:

$$U_c = E \times e^{-1} = U_{\text{пор.}}/e. \quad (19)$$

То есть за время $t = t_{\text{ги}}$ напряжение на конденсаторе $C1$ уменьшилось в e раз. И, следовательно, оно составляет примерно $1/3$ от $U_{\text{пор.}}$, то есть $U_c = U_{\text{пор.}}/3$. Но это возможно только при условии, что постоянная времени разряда конденсатора $C1$

$$\tau_p = C1 \times R = t_{\text{ги.}} \quad (20)$$

Проверим это утверждение на приведенном выше примере. Для этого определим величину сопротивления R и затем постоянную времени τ_p :

$$R = U_{\text{пор.}} / I_{\text{макс.}} = 2,5 / 1,2 = 2,09 \text{ кОм};$$

$$\tau_p = (96 \cdot 10^{-12}) \times 2,09 \cdot 10^3 = 200 \text{ нс.}$$

Следовательно, мы установили, что $\tau_p = \tau_{\text{ги}}$, то есть подтвердилось выражение (20). Таким образом, получено важное соотношение, что если конденсатор $C1$ разряжается за время $t = \tau_{\text{ги}}$, то сопротивление ключа $Kл2$ можно определить из выражения:

$$R = \tau_{\text{ги}} / C1. \quad (21)$$

Но, как уже отмечалось выше, напряжение на конденсаторе $C1$ в этом случае составляет одну треть от величины $U_{\text{пор.}}$. Это достаточно большое остаточное напряжение и с целью повышения помехоустойчивости оно должно быть снижено.

Пусть величина напряжения на конденсаторе составляет 0,01 В. Известно, что такое напряжение на конденсаторе при его разряде может быть при условии, что время разряда $\tau_{\text{ги}}$ в уравнении (14) равно $5\tau_p$, то есть $\tau_{\text{ги}} = 5\tau_p$. Последнее в данном случае говорит о том, что конденсатор $C1$ должен разряжаться гораздо быстрее, а именно за время τ_p , равное:

$$\tau_p = R \times C1 = \tau_{\text{ги}} / 5. \quad (22)$$

Следовательно, для этого он должен разряжаться через заметно меньшее сопротивление R^* , определяемое из выражения:

$$R^* = \tau_{\text{ги}} / 5C1 \quad (23)$$

или, что то же самое, из выражения:

$$R^* = \tau_p / C1, \quad (24)$$

$$\text{где } \tau_p = \tau_{\text{ги}} / 5. \quad (24a)$$

Величина тока $I_{\text{раз.макс.}}$ в этом случае определится из выражения:

$$I_{\text{раз.макс.}} = U_{\text{пор.}} / R^* = (U_{\text{пор.}} \times 5C1) / \tau_{\text{ги}}. \quad (25)$$

Но необходимо иметь в виду, что при этом в пять раз возрастет импульсный ток, и для приведенного выше примера он составит уже 6 мА. С практической точки зрения считается,

переходный процесс заканчивается через интервал времени $t = 3\tau_p$. В этом случае остаточное напряжение на конденсаторе $C1$ составит 0,05 (5%) от $U_{\text{пор.}}$, то есть

$$U_c = 0,05 U_{\text{пор.}}$$

Следовательно, величину сопротивления R^* можно найти из выражения:

$$R^* = \tau_{\text{ги}} / 3C1, \quad (26)$$

что приведет к заметному снижению максимального импульсного тока. Таким образом, можно предложить общую формулу для определения сопротивления открытого ключа в зависимости от величины постоянной времени разряда конденсатора $C1$:

$$R = \tau_{\text{ги}} / n \times C1, \quad (27)$$

где n – на практике целые числа не более 5 (могут быть и дробными, например, 2,5).

Подставив (24a) в выражение (14), получим практическую формулу для определения тока $I_{\text{раз.макс.}}$, выраженную через соотношение длительностей импульсов заряда и разряда, не требующую предварительного знания внутреннего сопротивления открытого ключа, (которое, кстати, далеко не всегда известно):

$$I_{\text{раз.макс.}} = (I_{\text{зар.макс.}}) \times [(T - \tau_{\text{ги}}) / \tau_{\text{ги}}] = (I_{\text{зар.макс.}}) \times (\tau_{\text{иш.макс.}} / \tau_p) = (I_{\text{зар.макс.}}) \times n(\tau_{\text{иш.макс.}}) / \tau_{\text{ги}}, \quad (28)$$

где n – на практике целые числа не более 5 (могут быть и дробными, например, 2,5).

Имеет смысл напомнить, как трактуется это выражение: разрядный ток конденсатора настолько больше зарядного, насколько максимальная длительность импульса, формируемая ШИМ ($\tau_{\text{иш.макс.}}$) во время заряда конденсатора $C1$, больше постоянной времени его разряда τ_p .

Приведенные выражения важны для определения максимально допустимого тока через ключ $Kл2$ при его выборе или разработке. В схемах ШИМ, рассмотренных в [1], в токе разряда конденсатора $C1$ участвует и ток заряда, что предъявляет к ключу $Kл1$ более жесткие требования по допустимому току разряда.

Несколько слов о выборе длительности импульса $\tau_{\text{ги}}$. Практически он выбирается исходя из требований длительности "просечки" (dead time). Но одновременно необходимо учитывать и величину тока

где K_i – коэффициент передачи по току светодиода VD1.1.

Уровень логического нуля, формируемый на выходе вентиля B1, закрывает ключ Кл1. Однако напряжение на конденсаторе C1 будет продолжать нарастать, но теперь уже за счет тока от ОС, увеличивая тем самым помехозащищенность элемента B1 к помехе типа "сбой" [3]. Поскольку ток в цепи ОС по величине меньше основного зарядного тока, протекающего через цепь R1, C1, то напряжение на конденсаторе C1 после формирования импульса $t_{иш}$ будет нарастать медленнее, чем это имело место в схемах ШИМ, приведенных в [1, 3]. Это, безусловно, положительное качество рассматриваемой схемы ШИМ, поскольку позволяет увеличить диапазон изменения входных напряжений, ограниченный использованием транзистора VT1.1 в рамках ТУ аналогично схеме ШИМ, приведенной в [1].

На рис.1 приведена схема ШИМ, в которой счетный триггер Tг1 двухканального РИ переключается сигналами изменяемой длительности, которые, как отмечалось в [6], наиболее эффективны в применении совместно со схемами селекции импульсов по длительности. В тех же случаях, когда ШИМ используется без схемы селекции, следует применять схему ШИМ, в которой счетный триггер Tг1 двухканального РИ переключается импульсами постоянной длительности, равной длительности $t_{ги}$. Пример реализации такой схемы приведен на рис.2.

При поступлении импульса $t_{ги}$ на вход схемы ШИМ на выходах вентилях B1, B2 сформируются лог.0. Последние, поступая на управляющие входы ключей Кл1 и Кл2, переводят их в закрытое состояние на время длительности импульса $t_{ги}$. Одновременно счетный триггер Tг1 фронтом 01 импульса $t_{ги}$ перейдет в инверсное состояние. При этом информация на выходах вентилях B1, B2 в этот момент не изменится, так как на одном из входов этих вентилях действует сигнал $t_{ги}$ с уровнем лог.1, то есть сигнал блокировки (запрета). По окончании входного импульса ($t_{ги} = 0$) блокировка снимается, на одном из выходов триггера Tг1 сформируется лог.1, которая откроет один из ключей: Кл1 или Кл2, и начнется заряд конденсатора C1 по цепи R1, C1, то есть начнется формирование очередного импульса $t_{иш}$. В остальном работа данной схемы полностью соответствует функционированию схемы, показанной на рис.1, в том числе и работе с ОС. Поскольку после завершения формирования сигнала $t_{иш}$ происходит заряд конденсатора C1 от сигнала ОС, то данная схема и по помехозащищенности практически сравнима со схемой ШИМ, в которой не

фиксируется момент равенства напряжений U_c и $U_{пор.лэ}$. При этом она будет обладать более широкими возможностями в области диапазона входных напряжений в силу того, что ток заряда конденсатора C1 после формирования импульса $t_{иш}$ в этой схеме существенно меньше.

Возможное появление помех, то есть узких импульсов типа "иглока" на вентилях B1, B2, о чем упоминалось в [3], в данном случае также не приводит к повторному(ложному) включению силовых МОП-транзисторов из-за их большой входной емкости. Заодно отметим, что длительность помех, которые могут возникать в устройстве, определяется длительностью фронтов импульсов, действующих в схеме. По количеству логических элементов данная схема ШИМ полностью сравнима со схемой, выполненной по первому способу и приведенной в [1], но уступает схеме ШИМ на два вентиля (способ 2), рассмотренной в [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрен третий, последний из возможных на сегодняшний день способов построения схем ШИМ, работающих по принципу двойного регулирующего воздействия на наклон пилы. Приведены схемные реализации ШИМ, работающих по этому принципу, отмечены их преимущества и недостатки в сравнении со схемами ШИМ, выполненными по первым двум способам. Полученные оценочные формулы позволяют определить величины разрядных токов через элементы, например, двунаправленный ключ типа КТЗ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горячев В., Чуприн А. Двухканальный ШИМ в базисе элементов ИЛИ-НЕ // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2017. № 5. С. 64–71.
2. Букреев И.Н., Горячев В.И., Мансуров Б.М. Микроэлектронные схемы цифровых устройств. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2009.
3. Горячев В., Чуприн А. Двухканальный ШИМ на минимально возможном числе электронных компонентов // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2018. № 7. С. 50–54.
4. Аваев Н.А., Наумов Ю.Н., Фролкин В.Т. Основы микроэлектроники. – М.: Радио и связь, 1991.
5. Семенов Б.Ю. Силовая электроника. – М.: Солон-Р, 1999.
6. Горячев В., Чуприн А. Двухканальный ШИМ с селекцией импульсов по длительности // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2018. № 3. С. 68–72.
7. Горячев В., Чуприн А. Широтно-импульсный модулятор на цифровых логических схемах // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2017. № 1. С. 68–75.

ХIII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ-ВЫСТАВКА

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ МОБИЛЬНАЯ РАДИОСВЯЗЬ, СПУТНИКОВАЯ СВЯЗЬ И НАВИГАЦИЯ

19 – 20 сентября 2019
Holiday Inn Сокольники, г. Москва

Форум «Профессиональная мобильная радиосвязь» - это:

- 92% аудитории рекомендуют нас своим коллегам
- 250+ участников – самое большое количество конечных пользователей на одной площадке
- Аудитория форума: руководители управлений связи и общее руководство компаний, представители силовых структур

ОТРАСЛЕВОЙ СОСТАВ УЧАСТНИКОВ:

14%
ПРЕДСТАВИТЕЛИ
СИЛОВЫХ СТРУКТУР

13%
ТРАНСПОРТ

8%
ИТ-КОМПАНИИ

6%
НИИ И ПРОЕКТНЫЕ
ОРГАНИЗАЦИИ

4%
ГОСУДАРСТВЕННЫЕ
ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ

5%
ОПЕРАТОРЫ СВЯЗИ

6%
ЭНЕРГЕТИКА

11%
ПРОИЗВОДСТВО И ДИСТРИБУЦИЯ
ОБОРУДОВАНИЯ СРЕДСТВ СВЯЗИ

27%
ТЭК

4%
МАШИНОСТРОЕНИЕ

2%
СПОРТИВНЫЕ
ОБЪЕКТЫ

Участие представителей от компаний-пользователей ПМР систем, навигации и спутниковой связи – бесплатное. **Успейте зарегистрироваться!**

Полная информация на сайте: infor-media.ru
и по тел.: +7 495 995-80-04, доб. 1272, или по e-mail: e.pronenko@infor-media.ru