

УДК 621.318.001.2

© 2008

Член-корреспондент НАН України **А. Е. Божко**

О сравнительном анализе дифференцирующих звеньев с эмиттерными повторителями

Two schemes of differentiating links are analyzed. The advantages of a link with the supply of an input signal through a capacitor to the base-emitter junction of a transistor for differentiation are shown.

В устройствах автоматики, вычислительной технике, системах управления динамическими объектами и др. применяются дифференцирующие звенья (ДЗ). Для усиления мощности выходного сигнала на входе ДЗ ставят эмиттерный повторитель. Такая схема ДЗ приведена на рис. 1, где Т1, Т2 — транзисторы ($p - n - p$ и $n - p - n$); C — электрическая емкость; $R_{вх}$ — сопротивление источника входного напряжения $U_{вх}$; $R_{н}$ — сопротивление нагрузки; $U_{вых}$ — выходное напряжение; E — напряжение источника питания; i_{δ} — ток базы транзистора Т; i_c — емкостной ток; i_{ϵ} — ток эмиттера транзистора Т.

Однако представленную схему (см. рис. 1) можно улучшить незначительным изменением, а именно, таким образом, как показано на рис. 2 (обозначения те же, что и на рис. 1).

Изменение точки приложения положительного (отрицательного) потенциала $U_{вх}$ в схеме рис. 2 приводит к улучшению процесса дифференцирования входного сигнала $U_{вх}$ по

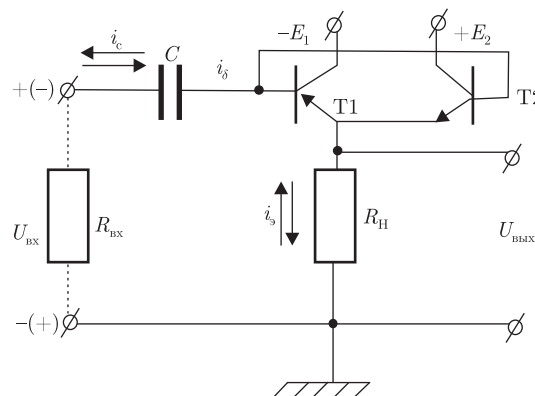


Рис. 1

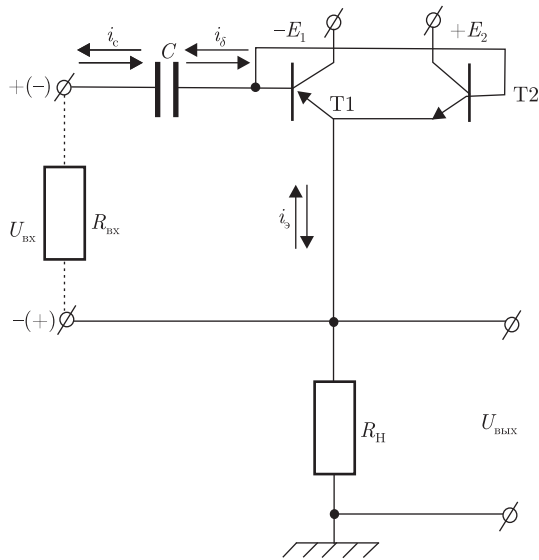


Рис. 2

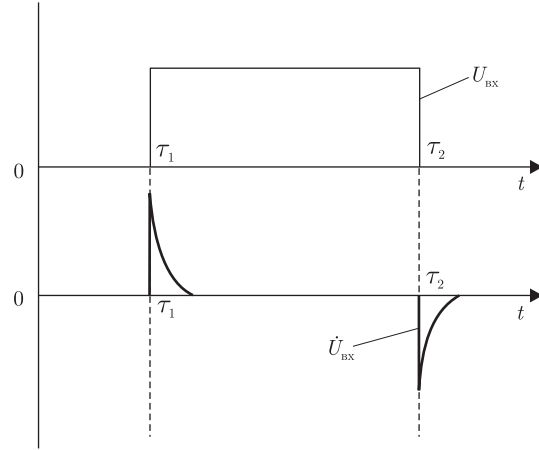


Рис. 3

сравнению со схемой рис. 1. Это можно проверить следующим образом. Произведем расчет обеих схем с определением зависимости $U_{\text{вых}}(t) = U_{\text{вх}}(t)$ с учетом входящих в эти схемы параметров. Такое определение будем осуществлять последовательно, начиная со схемы рис. 1. Для облегчения расчета и уменьшения громоздкости вычислений воспользуемся операционным методом с изображениями Карсона [1]. Анализ будем осуществлять на примере дифференцирования входного напряжения $U_{\text{вх}}$ в виде прямоугольного импульса. Предварительный вид реального дифференцирования прямоугольного импульса иллюстрирует рис. 3, где $\dot{U}_{\text{вх}} = dU_{\text{вх}}/dt$. В результате данного анализа покажем соответствие вида выходных напряжений $U_{\text{вых}}$ ДЗ, изображенных на рис. 1 и 2, виду $\dot{U}_{\text{вх}}$, показанному на рис. 3.

Изображение емкостного тока

$$I_{C3}(p) = I_{62}(p) = \frac{U_{\text{вх}}(p)}{\frac{1}{cp} + R_{\text{н}}(\beta_2 + 1) + R_{\text{вх}}}, \quad (1)$$

где $I_{62}(p)$ — изображение базового тока транзистора Т2; $U_{\text{вх}}(p)$ — изображение входного напряжения $U_{\text{вх}}$; β_2 — коэффициент усиления по току транзистора Т2 в схеме с общим эмиттером (падение напряжения на базоемиттерном переходе транзистора не учитываем из-за его малости).

Из схемы рис. 1 видно, что $U_{\text{вых.3}} = i_{\text{э2}}R_{\text{н}}$ и известно [2], что $i_{\text{э2}} = i_{\text{б2}}(\beta_2 + 1) = i_{\text{с}}(\beta_2 + 1)$. С учетом этих отношений

$$i_{\text{с}}(t) = i_{\text{б2}}(t) = \frac{U_{\text{вых.3}}(t)}{(\beta_2 + 1)R_{\text{н}}}$$

или, в изображениях Карсона,

$$I_{\text{с}}(p) = \frac{U_{\text{вых.3}}(p)}{(\beta_2 + 1)R_{\text{н}}}. \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1), получим

$$U_{\text{вых.3}}(p) = U_{\text{вх}} \frac{(\beta_2 + 1)R_{\text{н}}cp}{1 + pcR_{\Sigma 2}} = \frac{U_{\text{вх}}(\beta_2 + 1)R_{\text{н}}}{R_{\Sigma 2}} \frac{p}{p + \alpha_{12}}, \quad (3)$$

где $R_{\Sigma 2} = (\beta_2 + 1)R_{\text{н}} + R_{\text{вх}}$; $\alpha_{12} = 1/(R_{\Sigma 2}c)$.

Оригинал, соответствующий (3), находим из таблиц работы [1]:

$$U_{\text{вых.3}}(t) = U_{\text{вх}}(t)(\beta_2 + 1) \frac{R_{\text{н}}}{R_{\Sigma 2}} \ell^{-\alpha_{12}t}. \quad (4)$$

Выражение (4) отображает производную $\dot{U}_{\text{вх}}$ на переднем фронте прямоугольного импульса. Производная $\dot{U}_{\text{вх}}$ вершины импульса равна нулю. В схеме (см. рис. 1) это отображается отсутствием тока i_c в заряженной емкости C . После прекращения входного импульса $U_{\text{вх}}$ емкость C разряжается по входной цепи транзистора Т1 (имеется в виду, что начало импульса $U_{\text{вх}}$ было положительным). Ток разряда емкости C в операционной форме определяется выражением

$$I_{cp}(p) = I_{61}(p) = \frac{U_{c0}(p)}{1/cp + R_{\text{н}}(\beta_1 + 1) + R_{\text{вх}}}, \quad (5)$$

где $I_{61}(p)$ — изображение базового тока транзистора Т1; β_1 — коэффициент усиления по току транзистора Т1; $U_{c0}(p)$ — изображение напряжения на емкости C в начале разряда, т. е. после прекращения входного импульса $U_{\text{вх}}$. Выходное напряжение ДЗ будет $U_{\text{вых.р}} = i_{\text{э1}}R_{\text{н}}$, где $i_{\text{э1}} = i_{61}(\beta_1 + 1) = i_{cp}(\beta_1 + 1)$, или, с учетом этих выражений, в изображениях Карсона

$$I_{cp}(p) = \frac{U_{\text{вых.р}}(p)}{(\beta_1 + 1)R_{\text{н}}}. \quad (6)$$

Подставляя (6) в (5), получим

$$U_{\text{вых.р}}(p) = U_{c0}(p) = \frac{(\beta_1 + 1)R_{\text{н}}cp}{1 + pcR_{\Sigma 1}} = U_{c0} \frac{(\beta_1 + 1)R_{\text{н}}}{R_{\Sigma 1}} \frac{p}{p + \alpha_{11}}, \quad (7)$$

где

$$R_{\Sigma 1} = (\beta_1 + 1)R_{\text{н}} + R_{\text{вх}}; \quad \alpha_{11} = \frac{1}{R_{\Sigma 1}c}.$$

Оригинал, соответствующий (7), находили из таблиц работы [1]:

$$U_{\text{вых.р}}(t) = U_{c0}(\beta_1 + 1) \frac{R_{\text{н}}}{R_{\Sigma 1}c} \ell^{-\alpha_{11}t}. \quad (8)$$

Здесь U_{c0} соответствует полностью заряженной емкости C напряжением $U_{\text{вх}}$, т. е. $U_{c0} = |U_{\text{вх}}|$. Соотношение (8) выражает производную входного прямоугольного импульса в момент его прекращения. Выражения (4), (8) отображают производные входного прямоугольного импульса $U_{\text{вх}}$ в соответствии с рис. 3.

Далее рассмотрим схему рис. 2. Для этой схемы во время заряда емкости справедливы соотношения во времени

$$i_{\text{э3}}(t) = i_{62}(t) = \frac{U_{\text{вх}}(t) - U_c(t)}{R_{\text{вх}}} = \frac{i_{\text{э2}}(t)}{\beta_2 + 1} = \frac{U_{\text{вых}}(t)}{(\beta_2 + 1)R_{\text{н}}}$$

или

$$I_{c3}(p) = I_{62}(p) = \frac{U_{\text{вх}}(p)}{1/pC + R_{\text{вх}}} = \frac{U_{\text{вых}}(p)}{R_{\text{н}}(\beta_2 + 1)},$$

откуда

$$U_{\text{вых}}(p) = U_{\text{вх}}(p) \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{вх}}} (\beta_2 + 1) p \frac{1}{p + \alpha_2}, \quad (9)$$

где $\alpha_2 = 1/(R_{\text{вх}}c)$.

Оригинал, соответствующий (9), имеет вид [1]

$$U_{\text{вых}}(t) = U_{\text{вх}}(t) \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{вх}}} (\beta_2 + 1) \ell^{-\alpha_2 t}. \quad (10)$$

После прекращения входного импульса $U_{\text{вх}}$ заряженная емкость C разряжается по входной цепи транзистора Т1. Ток разряда емкости в форме изображения Карсона имеет вид

$$I_{cp}(p) = I_{61}(p) = \frac{U_{c0}(p)}{1/cp + R_{\text{вх}}}. \quad (11)$$

Выходное напряжение ДЗ таково:

$$U_{\text{вых.}p}(p) = I_{51}(p)R_{\text{н}} = I_{61}(p)(\beta_1 + 1)R_{\text{н}} = I_{cp}(p)(\beta_1 + 1)R_{\text{н}}. \quad (12)$$

Подставляя (12) в (11), получаем

$$U_{\text{вых.}p}(p) = U_{c0}(p) \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{вх}}} (\beta_1 + 1) \frac{p}{p + \alpha_2}. \quad (13)$$

Оригинал, соответствующий (13), имеет вид [1]

$$U_{\text{вых.}p}(t) = U_{c0} \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{вх}}} (\beta_1 + 1) \ell^{-\alpha_2 t}, \quad (14)$$

где $U_{c0} = |U_{\text{вх}}|$.

Напряжение (14) соответствует $\dot{U}_{\text{вх}}(t)$ на заднем фронте входного импульса (см. рис. 3).

Теперь сравним выражения (4) и (10), а также (8) и (14). Во-первых, $(R_{\text{н}}/R_{\text{вх}}) \gg \gg (R_{\text{н}}/R_{\Sigma})$, во-вторых, $\alpha_2 \gg \alpha_{11}$, $\alpha_2 \gg \alpha_{12}$, т.е. коэффициент затухания α_2 значительно больше коэффициентов затухания α_{11} и α_{12} . Из этих двух фактов следует, что в схеме рис. 2 выходное напряжение в процессе дифференцирования больше, чем в схеме рис. 1, и из-за меньшей постоянной времени $\tau_2 = 1/\alpha_2 = R_{\text{вх}}c$ по сравнению с $\tau_1 = 1/\alpha_1 = R_{\Sigma}c$ процесс дифференцирования не только более точный, но и может быть осуществлен на более высоких частотах входного сигнала. Для дифференцирования переменного входного сигнала $U_{\text{вх}}$ схемы, приведенные на рис. 3, также подходят.

Положительная полуволна $U_{\text{вх}}$, проходя по входной цепи транзистора Т2, дифференцируется, а отрицательная полуволна дифференцируется по входной цепи транзистора Т1. Выходное дифференцированное напряжение падает на сопротивлении $R_{\text{н}}$. После выполнения источника напряжений $+E$ и $-E$, например, может быть таким, как показано на рис. 4, где Тр-р — трансформатор; D_1 , D_2 — диоды; C_1 , C_2 — сглаживающие емкости; 1, 2 — обмотки трансформатора.

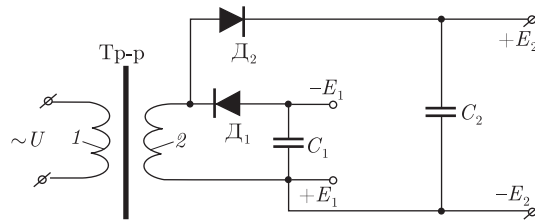


Рис. 4

Приведенные схемы дифференцирующих звеньев экспериментально проверены в Институте проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины. Было показано, что схема рис. 2 имеет преимущества перед схемой рис. 1. Самое важное, что она более быстродействующая.

1. Гинзбург С. Г. Методы решения задач по переходным процессам в электрических цепях. – Москва: Сов. радио, 1959. – 404 с.
2. Степаненко И. П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. – Москва: Госэнергоиздат, 1963. – 376 с.

Институт проблем машиностроения
им. А.Н. Подгорного НАН Украины, Харьков

Поступило в редакцию 26.03.2007

УДК 681.62:655

© 2008

Член-корреспондент НАН України В. В. Грицик, І. М. Дронюк,
М. А. Назаркевич

Метод захисту та відтворення інформації засобами Атеб-функцій

A method of defense of information in acts that can be used in the pre-print preparation of a model is developed. The method can be used for paper and electronic carriers and is based on the application of networks of the unique form that are the plots of solutions of a system of nonlinear differential equations. These solutions are presented in terms of the orthonormalized system of periodic Ateb-functions. On this basis, a method for the identification of acts in an array is proposed.

Важливе значення для захисту інформації від несанкціонованого використання і підробки мають спеціальні методи, що використовуються на стадії попередньої електронної обробки макету видання. В даній роботі пропонується новий підхід, який може бути використаний для захисту всіх документів, що проходять додрукарську підготовку цінних паперів, бланків суворої звітності, векселів, акцизних марок тощо, а також для захисту будь-яких електронних документів, розміщених у загальне користування (Internet, intranet тощо).