

А. СИМОН

ЗАДЕРЖКА СИГНАЛА В ПОТЕНЦИАЛЬНО-ИМПУЛЬСНОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ СТРУКТУРЕ

В данной работе исследуется задержка сигнала в потенциально-импульсной элементной структуре с преобразованием или без преобразования вида сигнала. С этой целью применяется язык, рассмотренный в [1-3]. Порядковые номера элементов списка (ЭС) обозначаются буквами i, l, r, u , а отрезков времени существования сигнала на выходе ЭС — буквами j, p, v

1. Преобразование импульсного сигнала $\tilde{x}_{\omega ij}^*$ в задержанный импульсный сигнал $\tilde{x}_{\omega lp}^*$
 Определяем сигнал $\tilde{x}_{\omega lp}^*$

$$\left\{ \begin{array}{l} \tilde{x}_{\omega lp}^* (\tilde{x}_{\omega ij}^*) = \begin{cases} 0, & \text{если } t_{lp\alpha} < t_{ij\alpha}; \\ \tilde{x}_{\omega ij}^*, & \text{если } t_{lp\alpha} \geq t_{ij\alpha}. \\ \rightarrow \delta_1 \end{cases} \\ \delta_1 = t_{lp\alpha} - t_{ij\alpha}; \quad l > i. \end{array} \right.$$

2. Преобразование потенциального сигнала $\tilde{x}_{\omega ij}$ в задержанный импульсный сигнал $\tilde{x}_{\omega lp}^*$
 Сигнал $\tilde{x}_{\omega lp}^*$ определяем из условий:

$$\left\{ \begin{array}{l} \tilde{x}_{\omega lp}^* (\tilde{x}_{\omega ij}) = \begin{cases} 0, & \text{если } t_{lp\alpha} < t_{ij\alpha}; \\ \tilde{x}_{\omega rp}^*, & \text{если } t_{lp\alpha} \geq t_{ij\alpha}. \\ \rightarrow \delta_1 \end{cases} \\ \tilde{x}_{\omega rp}^* = \begin{cases} a_{\omega rp}^{*'} & \text{если случай 1;} \\ a_{\omega rp}^{*''} & \text{если случай 2;} \\ a_{\omega rp}^{*'''} & \text{если случай 3.} \end{cases} \\ l > r > i. \end{array} \right.$$

Рассмотрим эти три случая.

Случай 1.

На рис. 1 и рис. 2 показаны два возможных случая рассматриваемых сигналов.

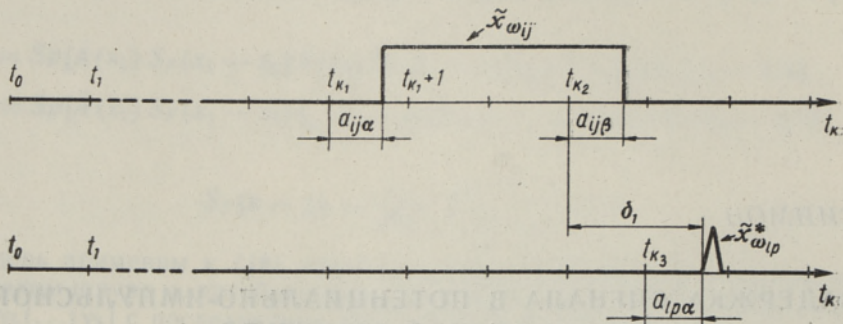


Рис. 1.

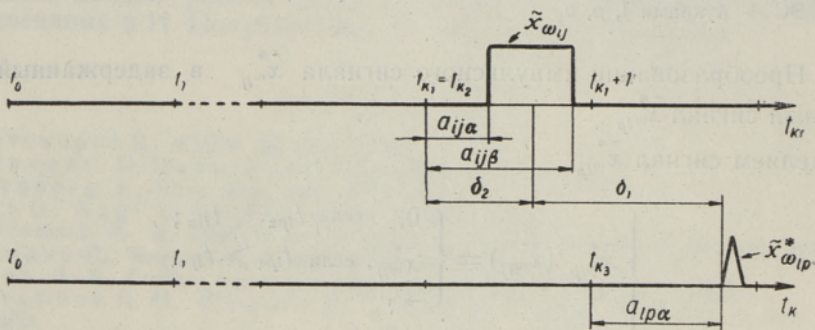


Рис. 2.

Определяем отрезки времени $a_{ij\alpha}$, $a_{ij\beta}$ и $a_{ip\alpha}$ и значения дискретного времени t_{k_1} , t_{k_2} и t_{k_3} :

$$\begin{cases} t_{k_1} \leq t_{ij\alpha} < t_{k_1+1}, \\ t_{ij\alpha} = t_{k_1} + a_{ij\alpha}. \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} t_{k_2} \leq t_{ij\beta} < t_{k_2+1}, \\ t_{ij\beta} = t_{k_2} + a_{ij\beta}. \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} t_{k_3} \leq t_{ip\alpha} < t_{k_3+1}, \\ t_{ip\alpha} = t_{k_3} + a_{ip\alpha}. \end{cases} \quad (3)$$

Определяем для случая 1 $a_{\omega ip}^*$ и δ_1 из следующих условий:

$$\left\{ \begin{aligned}
 a_{\omega_{rp}}^{**} &= \begin{cases} \tilde{x}_{\omega_{ij}} \wedge \tau_q^* & , \text{ если } (t_{lpa} \geq t_{ija} + \delta_{\min}) \wedge \\ \rightarrow \delta_2 & \wedge (t_{ij\beta} - t_{ija} \geq 2\delta_{\min}); \\ \text{не определен, в противном случае.} & \end{cases} \\
 \delta_2 &= \begin{cases} 0, & \text{если } (t_{k_1+1} \leq t_{k_2}) (t_{lpa} \geq t_{k_1+1}); \\ b_1, & \text{если } (t_{k_1+1} \leq t_{k_2}) (t_{lpa} < t_{k_1+1}); \\ b_2, & \text{если } t_{k_1+1} > t_{k_2}. \end{cases} \\
 b_1 &= t_{lpa} - t_{k_1}, \\
 a_{ija} + \delta_{\min} &\leq b_2 \leq \min(a_{ij\beta} - \delta_{\min}, a_{lpa}). \\
 q &= \begin{cases} t_{k_1}, & \text{если } \delta_2 \neq 0; \\ b_3, & \text{если } \delta_2 = 0. \end{cases} \\
 t_{k_1} &< b_3 \leq \min(t_{k_4}, t_{k_3}). \\
 t_{k_4} &= \begin{cases} t_{k_2}, & \text{если } a_{ij\beta} \geq \delta_{\min}; \\ t_{k_2-1}, & \text{если } a_{ij\beta} < \delta_{\min}. \end{cases} \\
 \delta_1 &= t_{lpa} - (q + \delta_2).
 \end{aligned} \right.$$

τ_q^* — тактный импульсный сигнал, поступающий во время $t_k = q$;
 δ_{\min} — минимально допустимое временное расстояние между снятием информации с триггера и посылкой новой информации на тот же триггер.

Случай 2.

Рассматриваемые сигналы $\tilde{x}_{\omega_{ij}}$ и $\tilde{x}_{\omega_{lp}}^*$ имеют такой же вид, как на рис. 1 или 2.

В данном случае $a_{\omega_{rp}}^{***}$ и δ_1 определяем из следующих условий:

$$\left\{ \begin{aligned}
 a_{\omega_{rp}}^{***} &= \begin{cases} \tilde{x}_{\omega_{lp}} \wedge \tau_q^* & , \text{ если } t_{lpa} \geq \max(t_{ija} + \delta_{\min}, t_{k_2}); \\ \rightarrow \delta_2 & \\ \text{не определен, в противном случае.} & \end{cases} \\
 \omega_{ij} &= t_{ija} \div t_{ij\beta}, \\
 \omega_{lp} &= t_{ija} \div (t_{ij\beta} + \delta_3), \\
 q &= t_{k_2}. \\
 \delta_2 &= \begin{cases} 0, & \text{если } t_{k_2} > t_{k_1}; \\ b, & \text{если } t_{k_2} = t_{k_1}. \end{cases} \tag{4} \\
 a_{ija} + \delta_{\min} &\leq b \leq \min(t_{ij\beta} + \delta_3 - t_{ija} - \delta_{\min}, a_{lpa}). \\
 \delta_3 &\geq \begin{cases} \delta_{\min} - a_{ij\beta}, & \text{если } (t_{k_1} < t_{k_2}) (\delta_{\min} - a_{ij\beta} > 0); \\ 2\delta_{\min} - (t_{ij\beta} - t_{ija}), & \text{если } (t_{k_1} = t_{k_2}) (2\delta_{\min} - (t_{ij\beta} - t_{ija}) > 0); \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases} \\
 \delta_1 &= t_{lpa} - (q + \delta_2).
 \end{aligned} \right.$$

В (4) величины $a_{ij\alpha}$ и t_{k_1} определяем по (1), а величины $a_{ij\beta}$ и t_{k_2} — по (2). Нужный сигнал $\tilde{x}_{\omega_{ip}}$ в (4) получим следующим образом. Найдем логическую схему, которая реализует булевскую функцию \tilde{x}_{Ω_i} , зависящую от времени, следующего вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} \tilde{x}_{\Omega_i} = f(\tilde{x}_{s_1}^\Delta, \tilde{x}_{s_2}^\Delta, \dots, \tilde{x}_{s_n}^\Delta, \dots), \\ s_1 = \Omega_{g_1}, \\ s_2 = \Omega_{g_2}, \\ \dots \dots \dots \dots \dots, \\ s_n = \Omega_{g_n}, \\ \dots \dots \dots \dots \dots, \\ \Omega_i = \{\omega_{i1}, \omega_{i2}, \dots, \omega_{ij}, \dots, \omega_{im_1}\}, \\ m_1 = j', \\ \Omega_{g_n} = \{\omega_{g_n 1}, \omega_{g_n 2}, \dots, \omega_{g_n h_n}, \dots, \omega_{g_n m_2}\}, \\ m_2 = h_n', \end{array} \right.$$

где $g_1, g_2, \dots, g_n, \dots$ — какие-нибудь порядковые номера ЭС;

h_n — какой-нибудь порядковый номер отрезка времени существования сигнала на выходе g_n -го ЭС.

В этой логической схеме находим триггер (обозначаем его через T_ξ), который своим сбросом в нулевое состояние определяет во время $t_{ij\beta}$ конечную координату $t_{ij\beta}$ сигнала $\tilde{x}_{\omega_{ij}}$. Сигналом, осуществляющим сброс триггера T_ξ во время $t_{ij\beta}$, будет какой-то сигнал $\tilde{x}_{\omega_{uv}}^\Delta$, для которого выполняются условия

$$\left\{ \begin{array}{l} \tilde{x}_{\omega_{uv}}^\Delta = \tilde{x}_{\omega_{uv}}^*, \\ \omega_{uv} = t_{ij\beta}, \\ \tilde{x}_{\omega_{uv}}^* \in R_\xi, \end{array} \right.$$

где R_ξ — множество сбросовых сигналов триггера T_ξ . Сигналом $\tilde{x}_{\omega_{uv}}^*$ производим операцию $\tilde{x}_{\omega_{uv} + \delta_1}^* (\tilde{x}_{\omega_{uv}}^*)$.

Случай 3.

Величины $a_{\omega_{rp}}^{***}$ и δ_1 определяем следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{\omega_{rp}}^{***} = D_q(\tilde{x}_{\omega_{ij}}), \\ \delta_1 = t_{ip\alpha} - q, \\ q = \omega_{rp} = t_{rp\alpha}. \end{array} \right. \quad (5)$$

При определении в (5) сигнала $D_q(\tilde{x}_{\omega_{ij}})$ и времени $t_{rp\alpha}$ имеют место шесть случаев:

- 1) случай 3-1, 3) случай 3-3, 5) случай 3-5,
 2) случай 3-2, 4) случай 3-4, 6) случай 3-6.

Приступаем к рассмотрению этих случаев.

Случай 3-1

$$\left\{ \begin{array}{l} G(D_{q_1}(\bar{x}_{\omega_{ij}})) \supset (q = q_1) (D_q(\bar{x}_{\omega_{ij}}) = D_{q_1}(\bar{x}_{\omega_{ij}})), \\ q_1 = t_{ij\alpha}, \\ q = t_{rpa}. \end{array} \right. \quad (6)$$

Случай 3-2

$$\left\{ \begin{array}{l} G(D_{q_1}(\bar{x}_{\omega_{ij}})) S(\bar{x}_{\omega_{ij}}) \supset (q = q_1) (D_q(\bar{x}_{\omega_{ij}}) = D_{q_1}(\bar{x}_{\omega_{ij}})), \\ q_1 = t_{ij\alpha}, \\ q = t_{rpa}. \end{array} \right. \quad (7)$$

Случай 3-3

$$\left\{ \begin{array}{l} G(D_{q_1}(\bar{x}_{\omega_{ij}})) S(\bar{x}_{\omega_{ij}}) \supset (q = q_1) (D_q(\bar{x}_{\omega_{ij}}) = U(D_{q_1}(\bar{x}_{\omega_{ij}}))), \\ q_1 = t_{ij\alpha}, \\ q = t_{rpa}. \end{array} \right. \quad (8)$$

Случай 3-4

$$\left\{ \begin{array}{l} (t_{rpa} \geq q_1) G(D_{q_1}(\bar{x}_{\omega_{ij}})) \supset (q = q_1) (D_q(\bar{x}_{\omega_{ij}}) = D_{q_1}(\bar{x}_{\omega_{ij}})), \\ q_1 = t_{ij\beta}, \\ q = t_{rpa}. \end{array} \right. \quad (9)$$

Случай 3-5

$$\left\{ \begin{array}{l} (t_{rpa} \geq q_1) G(D_{q_1}(\bar{x}_{\omega_{ij}})) S(\bar{x}_{\omega_{ij}}) \supset \\ \supset (q = q_1) (D_q(\bar{x}_{\omega_{ij}}) = D_{q_1}(\bar{x}_{\omega_{ij}})), \\ q_1 = t_{ij\beta}, \\ q = t_{rpa}. \end{array} \right. \quad (10)$$

Случай 3-6

$$\left\{ \begin{array}{l} (t_{rpa} \geq q_1) G(D_{q_1}(\bar{x}_{\omega_{ij}})) S(\bar{x}_{\omega_{ij}}) \supset \\ \supset (q = q_1) (D_q(\bar{x}_{\omega_{ij}}) = U(D_{q_1}(\bar{x}_{\omega_{ij}}))), \\ q_1 = t_{ij\beta}, \\ q = t_{rpa}. \end{array} \right. \quad (11)$$

Коротко о применимости случаев 1, 2 и 3. Применение для реализации операции $\tilde{x}_{\omega_{lp}}^*$ ($\tilde{x}_{\omega_{ij}}$) случаев 1 и 2 дает более надежные схемы, чем случая 3, так как в последнем большую роль играет крутизна фронтов преобразуемого сигнала. Несмотря на это, применение случая 3 может иногда дать хорошие результаты и поэтому он тоже рассмотрен. Таким образом, предпочтение отдается случаям 1 и 2. Самым распространенным является случай 1.

Случаи 1 и 2 перекрываются, если $t_{lpa} \geq t_{k_2}$ и $a_{ij\beta} \geq \delta_{\min}$ и если в случае 1 $q = t_{k_2}$. Если $t_{lpa} \geq t_{k_2}$, а $a_{ij\beta} < \delta_{\min}$ и если только допустима процедура образования сигнала $\tilde{x}_{\omega_{lp}}$, то предпочтение следует отдать случаю 2 для того, чтобы получить более экономическую схему, особенно если один и тот же сигнал $\tilde{x}_{\omega_{lp}}$ применяется для нескольких преобразований $\tilde{x}_{\omega_{lp}}^*$ ($\tilde{x}_{\omega_{ij}}$).

Как видно из случая 3, при $t_{lpa} \geq t_{ij\beta}$, расчеты с целью получения более экономичной схемы можно вести по одному из выражений (6) — (8) или (9) — (11) соответственно.

3. Преобразование импульсного сигнала $\tilde{x}_{\omega_{ij}}^*$ в задержанный потенциальный сигнал $\tilde{x}_{\omega_{lp}}$

Если $\omega_{lp} = t_{lpa} \rightarrow$, то сигнал $\tilde{x}_{\omega_{lp}}$ определяем следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \tilde{x}_{\omega_{lp}}(\tilde{x}_{\omega_{ij}}^*) = \begin{cases} (0 \pm \tilde{x}_{\omega_{uv}}^*(\tilde{x}_{\omega_{ij}}^*)), & \text{для триггера со счетным входом;} \\ L(\tilde{x}_{\omega_{uv}}^*(\tilde{x}_{\omega_{ij}}^*)), & \text{для триггера с раздельными входами.} \end{cases} \\ \omega_{uv} = t_{uvx} = t_{lpa}, \\ l > u > i, \\ v = p. \end{array} \right. \quad (12)$$

Если $\omega_{lp} = t_{lpa} \div t_{lp\beta}$, то сигнал $\tilde{x}_{\omega_{lp}}$ определяем следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \tilde{x}_{\omega_{lp}}(\tilde{x}_{\omega_{ij}}^*) = \begin{cases} L(0) \bigwedge_{\rightarrow \hat{t}_4} \overline{\tau_q} \pm \tilde{x}_{\omega_{uv}}^*(\tilde{x}_{\omega_{ij}}^*), & \text{для комбинированного триггера;} \\ L(\tilde{x}_{\omega_{uv}}^*(\tilde{x}_{\omega_{ij}}^*)) \bigwedge_{\rightarrow \hat{t}_4} \overline{\tau_q}, & \text{для триггера с раздельными входами.} \end{cases} \\ \omega_{uv} = t_{uvx} = t_{lpa}, \\ q = t_{k_5}, \\ \delta_1 = a_{lp\beta}, \\ l > u > i, \\ p = v. \end{array} \right. \quad (13)$$

В (13) значение дискретного времени t_{k_5} и отрезка времени $a_{lp\beta}$ определяем следующим образом:

$$\begin{cases} t_{k_s} \leq t_{lp\beta} < t_{k_s+1}, \\ t_{lp\beta} = t_{k_s} + a_{lp\beta}. \end{cases} \quad (14)$$

4. Преобразование потенциального сигнала $\bar{x}_{\omega ij}$ в задержанный потенциальный сигнал $\bar{x}_{\omega lp}$

Если $\omega_{lp} = t_{lp\alpha} \rightarrow$, то сигнал $\bar{x}_{\omega ij}$ определяем следующим образом:

$$\left\{ \begin{aligned} \bar{x}_{\omega lp}(\bar{x}_{\omega ij}) &= \begin{cases} 0 \oplus \bar{x}_{\omega uv}^*(\bar{x}_{\omega ij}), & \text{для триггера со счетным входом;} \\ L(\bar{x}_{\omega uv}^*(\bar{x}_{\omega ij})), & \text{для триггера с раздельными входами.} \end{cases} \\ \omega_{uv} = t_{uv\alpha} = t_{lp\alpha}, \\ l > u > i, \\ v = p. \end{aligned} \right.$$

Если $\omega_{lp} = t_{lp\alpha} \div t_{lp\beta}$, то сигнал $\bar{x}_{\omega lp}$ определяем следующим образом:

$$\left\{ \begin{aligned} \bar{x}_{\omega lp}(\bar{x}_{\omega ij}^*) &= \begin{cases} L(0) \wedge \overline{\tau_q^*} \oplus \bar{x}_{\omega uv}^*(\bar{x}_{\omega ij}), & \text{для комбинированного триггера;} \\ \rightarrow \delta_s \\ L(\bar{x}_{\omega uv}^*(\bar{x}_{\omega ij})) \wedge \overline{\tau_q^*}, & \text{для триггера с раздельными входами.} \\ \phantom{L(\bar{x}_{\omega uv}^*(\bar{x}_{\omega ij}))} \rightarrow \delta_s \end{cases} \\ \omega_{uv} = t_{uv\alpha} = t_{lp\alpha}, \\ q = t_{k_s}, \\ \delta_1 = a_{lp\beta}, \\ l > u > i, \\ p = v. \end{aligned} \right. \quad (15)$$

В (15) значение дискретного времени t_{k_s} и отрезка времени $a_{lp\beta}$ определяем по (14).

Автор весьма признателен З. Рабиновичу и Ю. Капитоновой за ценные замечания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рабинович З. Л., Тр. Междунар. симпозиума по теории релейн. устройств и конеч. автоматов (ИФАК), Теория конечных и вероятностных автоматов, М., 1965, с. 215.
2. Сиймон А., Изв. АН ЭССР, Физ. * Матем., 17, № 3, 270 (1968).
3. Сиймон А., Изв. АН ЭССР, Физ. * Матем., 17, № 4, 391 (1968).

A. SIIMON

SIGNAALI VIIVIS POTENTIAAL-IMPULSSSES ELEMENTIDE SÜSTEEMIS

Vaadeldakse signaali viivist potentsiaal-impulssses elementide süsteemis signaali liigi muutumisega või ilma selleta. Signaali viivise analüütiliseks kirjeldamiseks kasutatakse artiklites [1-3] esitatud keelt.

A. SIIMON

DELAY OF SIGNAL IN THE POTENTIAL-PULSE ELEMENT SYSTEM

The author presents a description of the delay of a signal in the potential-pulse element system, either with a transformation of the kind of the signal or without it. For an analytical description of the delay of the signal, a language is used, which is discussed in the papers [1-3].