

АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПКТ

В.П.Марценюк, А.Д.Азаров

Функционирование высокопроизводительного АЦП в кодах Фибоначчи с контролем и цифровой коррекцией статических погрешностей линейности, согласно материалам, изложенным в [1, 2, 3,] основано на условном разбиении разрядной сетки ПКТ на две основные группы - младшую группу, состоящую из k эталонных по линейности, и старшую группу из m разрядов, погрешность которых определяется и корректируется. Одной из главных задач, возникших при формальном проектировании автокорректирующегося АЦП, является задача определения значений k и m исходя из максимального значения температурной погрешности ПКТ $\delta_{ТЛ}$ в заданном температурном диапазоне ΔT (где ΔT определяется максимальным значением разностей $T_{max} - T_0$ или $T_0 - T_{min}$). Допуская, что значение должно обеспечиваться младшей, эталонной по линейности, группой ПКТ и что на каждый разряд этой группы приходится максимальная погрешность

$$\delta_{ТЛi} \leq \frac{\delta_{ТЛ}}{L^{k-i}} \quad (I)$$

где k - количество разрядов в младшей, эталонной по линейности, группе ПКТ;

i - текущий номер разряда ($i = 0$ - для младшего и $i = k = 1$ для старшего разряда),

можно найти значение $\delta_{ТЛ}$, используя выражение для определения $\delta_{ТЛ}$ старшего разряда младшей, эталонной по линейности, группы ПКТ, полученное на основании анализа температурной модели весового источника тока.

Для анализа используем схему, представленную на рисунке, на которой представлены все элементы, создающие температурный дрейф ПКТ. Температурный дрейф буферных каскадов и обратных токов диодных ключей, ввиду отсутствия первых в младшей группе, и малости вторых учитывать не будем.

Изменение выходного тока ИТ под воздействием температуры состоит из приращений тока эмиттера $\Delta I_{Э}$, которые определяются изменениями параметров токосоздающего сопротивления $R_{Э}$, раз-

ности напряжений база-эмиттер $\Delta U_{\delta 3 \text{ вт}}$ изменениями напряжения опорного источника $E_{оп}$. Кроме того, выходной ток $I_{\text{ИТ}}$ будет изменяться еще и под воздействием дрейфа тока ΔI_2 , протекающего в цепи опорного источника и выделяющего на дифференциальных сопротивлениях $E_{оп}$ и $V1$ пропорциональную составляющую нестабильности. Суммарное изменение $I_{\text{ИТ}}$ с учетом изменения тока коллектора ΔI_C при изменении температуры на ΔT составит

$$\Delta I_{\text{ИТ}} = (\Delta I_3 + \Delta I_2 \cdot K_{\text{вн}}) \cdot \alpha_0 + \Delta I_C \quad (2)$$

где $K_{\text{вн}} = \frac{r_{\delta 3 \text{ вт}} + r_{\delta 3 \text{ оп}}}{R_3}$ - коэффициент влияния изменения тока в цепи опорного источника на $\Delta I_{\text{ИТ}}$;
 $r_{\delta 3 \text{ вт}}, r_{\delta 3 \text{ оп}}$ - дифференциальные сопротивления $V1$ и $E_{оп}$;
 α_0 - средний коэффициент передачи тока эмиттера в выходную цепь.

Значение приращения тока ΔI_2 может быть определено в виде разности токов

$$\Delta I_2 = (I_2 + \Delta I_2) - I_2, \quad (3)$$

где I_2 - номинальный ток цепи опорного источника, причем

$$I_2 = \frac{E_n - E_{оп} - U_{\delta 3 \text{ вт}}}{R_2}, \quad (4)$$

где E_n - напряжение питания ИТ;
 R_2 - гасящее сопротивление.

Поскольку известно [4, 5], что все величины, которые входят в (4) изменяются с температурой, то выражение (3) можно переписать в виде

$$\Delta I_2 = \frac{(E_n - E_{оп} - U_{\delta 3 \text{ вт}}) + (TK_{E_n} + TK_{E_{оп}} + TK_{U_{\delta 3 \text{ вт}}}) \cdot \Delta T}{R_2 (1 - TK_{R_2} \cdot \Delta T)} - \frac{E_n - E_{оп} - U_{\delta 3 \text{ вт}}}{R_2}$$

где $TK_{E_n}, TK_{E_{оп}}, TK_{U_{\delta 3 \text{ вт}}}$ - температурные коэффициенты напряже-

ния соответствующих источников (причем $TK_{E_{on}} \approx TK_{E_{off}} \leq TK_{H_{E}} E \leq (10^{-4} \dots 10^{-5}) \text{ В/}^\circ\text{C}$, а $TK_{U_{\delta 3}} \approx (1,6 \dots 2,6) \text{ мВ/}^\circ\text{C}$ [6]).

Выполнив некоторые преобразования и учтя, что на практике обычно всегда соблюдается условие $TK_{E_{on}} + TK_{E_{off}} \ll TK_{U_{\delta 3}}$, получим

$$\Delta I_2 = \Delta T \cdot \frac{TK_{U_{\delta 3}} + TK_{C_{R_2}} (E_{on} - E_{off} - U_{\delta 3 \text{ в } 1})}{R_2 (1 - TK_{C_{R_2}} \cdot \Delta T)} \quad (5)$$

Аналогично для ΔI_3 , получим

$$\Delta I_3 = \frac{(E_{on} + \Delta U_{\delta 3}) + \Delta T (TK_{E_{on}} + TK_{\Delta U_{\delta 3}})}{R_3 (1 - TK_{C_{R_3}} \cdot \Delta T)} - \frac{E_{on} + \Delta U_{\delta 3}}{R_3} \quad (6)$$

Из выражения (6) после некоторых общих преобразований и учета практического условия $(TK_{E_{on}} + TK_{\Delta U_{\delta 3}}) \ll TK_{C_{R_3}} (E_{on} + \Delta U_{\delta 3})$ имеем

$$\Delta I_3 = \frac{\Delta T \cdot TK_{C_{R_3}} (E_{on} + \Delta U_{\delta 3})}{R_3 (1 - TK_{C_{R_3}} \cdot \Delta T)}, \quad (7)$$

Подставляя выражения (5) и (7) в (2) получим

$$\begin{aligned} \Delta I_{нт} = & \frac{\alpha_0 \cdot \Delta T \cdot TK_{C_{R_3}} (E_{on} + \Delta U_{\delta 3})}{R_3 (1 - TK_{C_{R_3}} \cdot \Delta T)} + \\ & + \frac{\alpha_0 \cdot \Delta T (\gamma_{\text{в } 1} + \gamma_{\text{on}}) [TK_{U_{\delta 3}} + TK_{C_{R_2}} (E_{on} - E_{off} - U_{\delta 3 \text{ в } 1})]}{R_2 \cdot R_3 (1 - TK_{C_{R_2}} \cdot \Delta T)} + \Delta I_c, \end{aligned}$$

где
$$\Delta I_c = \Delta T (TK_{I_{co}} \cdot I_{co} + \frac{I_{нт}}{\alpha_0} \cdot TK_{\alpha_0})$$

$I_{co}, TK_{I_{co}}$ - обратный ток коллектора и его температурный коэффициент ($TK_{I_{co}} \approx 1,5 \cdot 10^{-2}$ [7]).

Зная, что $\Delta I_{нт i} = I_{нт i} \cdot \delta_{тл i}$ и, используя (6), найдем значение $\delta_{тл i}$, при условии, что

$$TK_{I_{co}} \cdot I_{co} \ll \frac{I_{нт}}{\alpha} \cdot TK_{\alpha}$$

(соблюдается для 198 серии).

$$\tilde{\delta}_{TKI} = \frac{\Delta T \cdot \alpha_0 \cdot TKCR_3}{1 - TKCR_3 \cdot \Delta T} + \frac{\alpha_0 \cdot \Delta T (\gamma_{gm} + \gamma_{gn}) [TKu_{03} + TKCR_2 (E_0 - E_m - U_0)]}{I_{TKI} (1 - TKCR_3 \cdot \Delta T)} + \Delta T \cdot TK\alpha_0 \quad (8)$$

где $TK\alpha_0$ - температурный коэффициент α_0 (известно, что $TK\alpha_0 \leq 6 \cdot 10^{-5}/^{\circ}K$ [7]).

Для практических целей, учитывая соблюдение для большинства ПКТ условий

$$\frac{\gamma_{gn} + \gamma_{gm}}{R_3} \ll 0,01 \text{ и } \Delta I_3 \gg \Delta I_c$$

удобно пользоваться упрощенным выражением, позволяющим находить приближенное значение максимальной температурной погрешности младшей, эталонной по линейности, группы ПКТ в виде

$$\delta_{TKI} \leq \frac{\Delta T \cdot \alpha_0 \cdot TKCR_3}{1 - TKCR_3 \cdot \Delta T} + \Delta T \cdot TK\alpha_0 \quad (9)$$

Принимая во внимание (I) получим

$$\delta_{TA} \leq \delta_{TKK} \cdot \alpha \leq \frac{\Delta T \cdot \alpha_0 \cdot \alpha \cdot TKCR_3}{1 - TKCR_3 \cdot \Delta T} + \Delta T \cdot TK\alpha_0 \quad (10)$$

Выражение (10) удобно тем, что позволяет, пользуясь только данными справочников и технического задания определять значение δ_{TA} с точностью, достаточной для большинства практических задач. Найденное значение δ_{TA} можно в дальнейшем использовать для нахождения значения количества разрядов K младшей, эталонной по линейности, группы ПКТ.

Л и т е р а т у р а

1. Стахов А.П., Марценюк В.П. и др. Высокоточный самокорректирующийся аналого-цифровой преобразователь на основе кодов с иррациональными основаниями. Киев, ИК АН УССР, 1982 - 35 с.
2. Азаров А.Д. Исследование принципов построения и разработка преобразователей информации на основе кодов с иррациональными основаниями: дис. к.т.н. - Харьков, 1980. - 174 с.

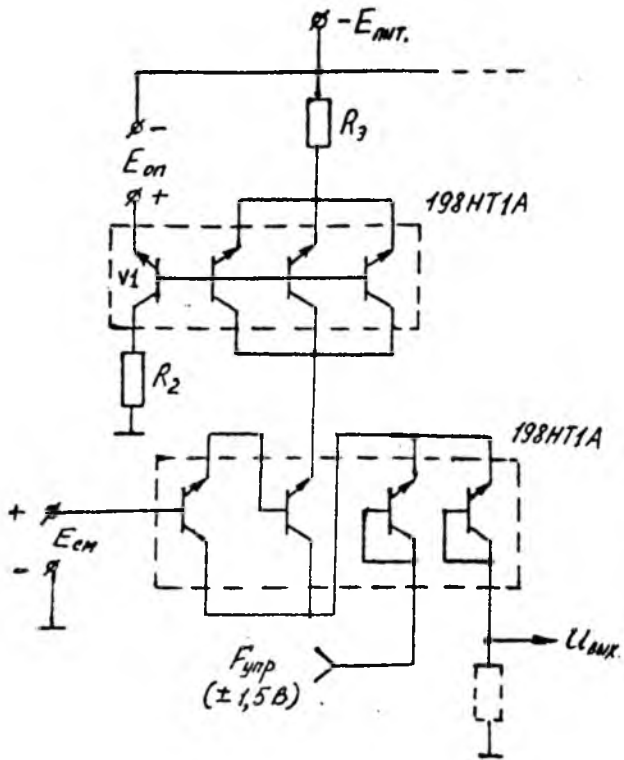


Рис. Источник взвешенного тока

3. Марценюк В.П. Особенности построения аналоговых узлов самокорректирующихся АЦП и ЦАП в избыточных измерительных кодах. - В кн. Преобразование, передача и обработка информации в высокопроизводительных микропроцессорных системах. Сб. науч. тр., Киев, ИК АН УССР.: 1983, с. 13-19.

4. Романов В.А. Цифро-аналоговый преобразователь повышенной точности, совместимый с микро-ЭВМ. В сб.: Преобразователи информации для микропроцессорных систем. - К.: ИК АН УССР, 1982, 95 с.

5. Агаханян Т.М., Лукашевич М.В. Элементная база электронных устройств при экстремальных температурах. Зарубежная радиоэлектроника, 1982, №2, с. 64 ... 76.

6. Микроэлектронные цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи информации /Под ред. В.Б.Смолова. - Л.: Энергия, 1976, - 336 с.

7. Хейнлейн Р.Е., Холмс В.Х. Активные фильтры для интегральных схем. - М.: 1980, 656 с.