

Московский государственный технический университет им.Н.Э.Баумана
Калужский филиал
Приборостроительный факультет
Кафедра П2-КФ

Отчет

по лабораторной работе № 3

*«Исследование величины погрешности
АЦП»*

по курсу

«Теория и проектирование СВК»

Студент : Комиссаров А.В., гр.ЭВМ-102

Преподаватель : доцент Максимов А.В.

Калуга, 1999 г.

Задание (вариант № 10)

- Разработать и реализовать на программном уровне модели 8-, 10-, 12-, 14- и 16-тиразрядных АЦП для ввода в специализированную ЭВМ информации с датчиков;
- Определить зависимость среднеквадратичного отклонения погрешности АЦП от разрядности датчика по каждому из трех каналов:

$$a_x = \lg(0,1 \cdot t + 0,5);$$

$$v_y = 15 \cdot t - t^3;$$

$$z = 31,5 \cdot \cos(0,1 \cdot t).$$

$$t = 0..15 \text{ сек.}, \text{ шаг по } t = 0,125.$$

Построить гистограммы для найденных зависимостей.

Ход лабораторной работы

Масштабы входных величин определим исходя из их максимальных значений (соответственно 0,301; -3150; 31,5):

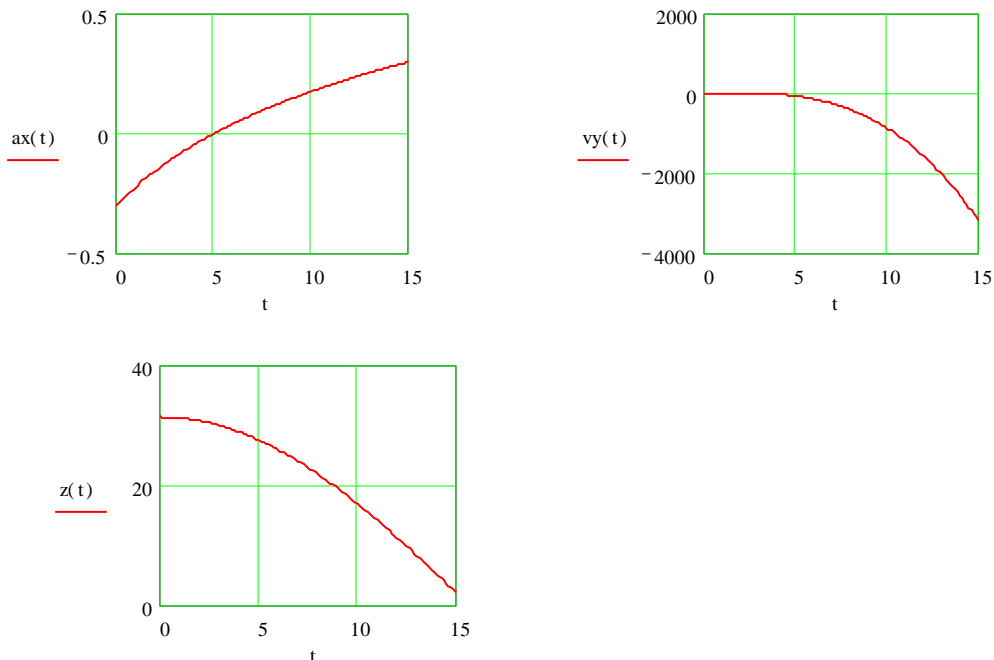


Рис. 1. Графики характера изменения входных величин

Получаем следующие формулы преобразования:

$$\begin{aligned}\bar{a}_x(n, t) &= \text{trunc}(M_a a_x) = \text{trunc}(2^{n+1} a_x(t)); \\ \bar{v}_y(n, t) &= \text{trunc}(M_{vy} v_y) = \text{trunc}(2^{n-12} v_y(t)); \\ \bar{z}(n, t) &= \text{trunc}(M_z z) = \text{trunc}(2^{n-5} z(t)),\end{aligned}$$

где n - число информационных разрядов датчика, а $\text{trunc}(X)$ - функция отсечения дробной части числа X .

Для моделирования датчиков была выбрана программная система математических расчетов и программирования MathCad 7.0.

Для того, чтобы подсчитать ошибку оцифровки, необходимо оперировать значениями в одних и тех же масштабах. Поэтому следует, например, оцифрованные значения поделить на их соответствующие масштабы. Окончательно получаем следующие соотношения для нахождения ошибок преобразования по каждому из каналов:

$$\begin{aligned}E_a(n, t) &= \frac{\bar{a}_x(n, t)}{M_a} - a_x(t); \\ E_v(n, t) &= \frac{\bar{v}_y(n, t)}{M_v} - v_y(t); \\ E_z(n, t) &= \frac{\bar{z}(n, t)}{M_z} - z(t).\end{aligned}$$

Далее определяются усредненные по времени значения этих ошибок (с достаточно высокой степенью точности равные математическому ожиданию при большом числе испытаний, поэтому будем обозначать их через символ m), а также усредненные значения квадратов ошибок по каждому из каналов:

$$\begin{aligned}m[E_{a,v,z}](n) &= \frac{\sum_{i=0}^{l-1} E_{a,v,z}(n, t_i)}{l}, \\ m[E^2_{a,v,z}](n) &= \frac{\sum_{i=0}^{l-1} E^2_{a,v,z}(n, t_i)}{l},\end{aligned}$$

где l - число вычисленных значений функции.

Зная математические ожидания, можно найти дисперсии, а значит, и среднеквадратические отклонения (равные квадратным корням из дисперсий) по каждому из каналов как функции числа разрядов датчика:

$$\sigma[E_{a,v,z}](n) = \sqrt{m[E^2_{a,v,z}(n)] - m^2[E_{a,v,z}(n)]}.$$

Результаты для среднеквадратичных отклонений по каждому из каналов, полученные для датчиков разной разрядности, не должны превышать величины

$$\sigma_{\max} [E_{a,v,z}](n) = \frac{1}{2\sqrt{3} M(n)},$$

чтобы обеспечить получение верной цифры числа в узком смысле этого слова (или величины $\sigma_{\max \text{ шир.}} [E_{a,v,z}](n) = \frac{1}{\sqrt{3} M(n)}$, (*)

чтобы обеспечить получение верной цифры числа в широком смысле слова).

Ниже приводится программа вычислений для интерпретирующей системы MathCad 7.0 с результатами интерпретации:

```

t := 0, 0.125.. 15
ax(t) := log(0.1*t + 0.5)  vy(t) := 15*t - t^3  z(t) := 31.5*cos(0.1*t)
ax(15) = 0.301029995663981  z(0) = 31.5  vy(15) = -3150
Ma(n) := 2^{n+1}  Mv(n) := 2^{n-12}  Mz(n) := 2^{n-5}
ax_dig(n,t) := floor(Ma(n)*ax(t))  vy_dig(n,t) := floor(Mv(n)*vy(t))
z_dig(n,t) := floor(Mz(n)*z(t))
ax_error(n,t) :=  $\frac{\text{ax\_dig}(n,t)}{\text{Ma}(n)} - \text{ax}(t)$   vy_error(n,t) :=  $\frac{\text{vy\_dig}(n,t)}{\text{Mv}(n)} - \text{vy}(t)$ 
z_error(n,t) :=  $\frac{\text{z\_dig}(n,t)}{\text{Mz}(n)} - \text{z}(t)$ 
ax_err_mean(n, deg) := | val ← 0
                        | for t ∈ 0, 0.125.. 15
                        |   | val ← val + ax_error(n,t) if deg=1
                        |   | val ← val + ax_error(n,t)^2 if deg=2
vy_err_mean(n, deg) := | val ← 0
                        | for t ∈ 0, 0.125.. 15
                        |   | val ← val + vy_error(n,t) if deg=1
                        |   | val ← val + vy_error(n,t)^2 if deg=2
z_err_mean(n, deg) := | val ← 0
                        | for t ∈ 0, 0.125.. 15
                        |   | val ← val + z_error(n,t) if deg=1
                        |   | val ← val + z_error(n,t)^2 if deg=2
i := | val ← 0
     | for t ∈ 0, 0.125.. 15
     | (val ← val + 1)
ax_err_meanl(n, deg) :=  $\frac{\text{ax\_err\_mean}(n, \text{deg})}{i}$   z_err_meanl(n, deg) :=  $\frac{\text{z\_err\_mean}(n, \text{deg})}{i}$ 
vy_err_meanl(n, deg) :=  $\frac{\text{vy\_err\_mean}(n, \text{deg})}{i}$ 
SKO_A(n) :=  $\sqrt{\text{ax\_err\_meanl}(n, 2) - \text{ax\_err\_meanl}(n, 1)^2}$ 
SKO_V(n) :=  $\sqrt{\text{vy\_err\_meanl}(n, 2) - \text{vy\_err\_meanl}(n, 1)^2}$ 
SKO_Z(n) :=  $\sqrt{\text{z\_err\_meanl}(n, 2) - \text{z\_err\_meanl}(n, 1)^2}$ 
SKO_A(7) = 0.001109886517022  SKO_V(7) = 0.001109886517022
SKO_A(9) = 0.000270886188945  SKO_V(9) = 0.000270886188945

```

SKO_A(11) = 0.000072727187588 SKO_V(11) = 0.000072727187588
SKO_A(13) = 0.00001771067793 SKO_V(13) = 0.00001771067793
SKO_A(15) = 0.000004249728293 SKO_V(15) = 0.000004249728293
SKO_Z(7) = 0.001109886517022 SKO_Z(9) = 0.000270886188945
SKO_Z(11) = 0.000072727187588 SKO_Z(13) = 0.00001771067793
SKO_Z(15) = 0.000004249728293

Результаты и выводы

В результате моделирования были получены значения среднеквадратичных отклонений ошибок преобразования, соответствующие разным разрядностям АЦП для каждого из каналов.

1. Можно заметить, что при увеличении числа разрядов АЦП происходит уменьшение погрешности оцифровки, которое иллюстрируется (см. гистограмму на рис. 2.1 - 2.3) снижением (по закону, близкому к показательному) среднеквадратичного отклонения погрешности преобразования. Особенно осязаемое снижение погрешности происходит на этапе " $N=8..N=10$ ".

2. Данный вывод получен в результате сопоставления полученных значений среднеквадратичных отклонений с максимально допустимыми. Оно показало, что даже для обеспечения верной цифры числа в узком смысле слова АЦП в целом удовлетворяют условию (*) (см. приводимые ниже таблицы), т.к. превышения среднеквадратичных отклонений над максимально допустимым значением начинают проявляться в отдельных случаях, в незначительной степени. Что касается обеспечения верной цифры числа в широком смысле слова, то здесь дела обстоят, естественно, еще лучше.

Первый канал:

N	n	σ	$\sigma_{\max \text{ теор}}$
8	7	0,00111	$\frac{1}{2^{7+2} \cdot \sqrt{3}} = 0.001127637244511$
10	9	0,000271	$\frac{1}{2^{9+2} \cdot \sqrt{3}} = 0.000281909311128$
12	11	0,000073	$\frac{1}{2^{11+2} \cdot \sqrt{3}} = 0.000070477327782$
14	13	0,000018	$\frac{1}{2^{13+2} \cdot \sqrt{3}} = 0.000017619331945$
16	15	0,000004	$\frac{1}{2^{15+2} \cdot \sqrt{3}} = 0.000004404832986$

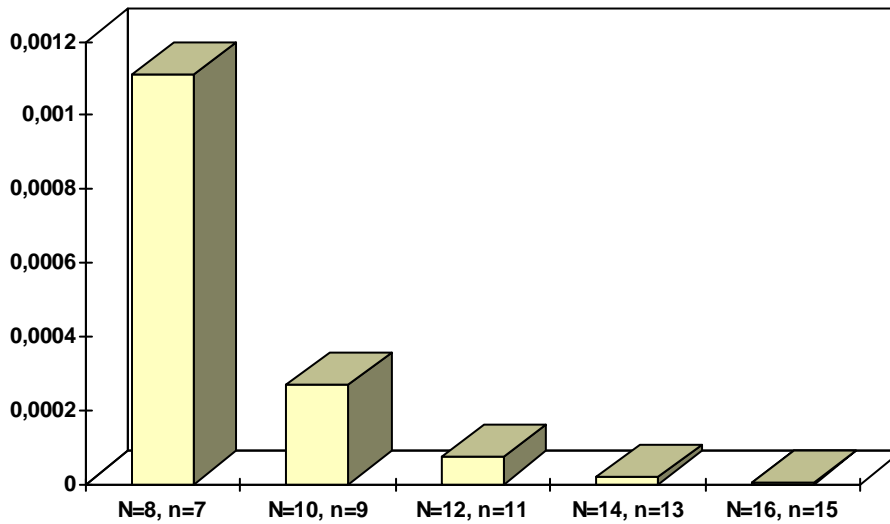


Рис. 2.1. Гистограмма зависимости среднеквадратичного отклонения ошибки преобразования от разрядности АЦП по первому каналу

Второй канал:

N	n	σ	$\sigma_{\max \text{ теор}}$
8	7	8,32672	9,2376
10	9	2,28386	2,3094
12	11	0,64366	0,57735
14	13	0,15996	0,14434
16	15	0,04122	0,03608

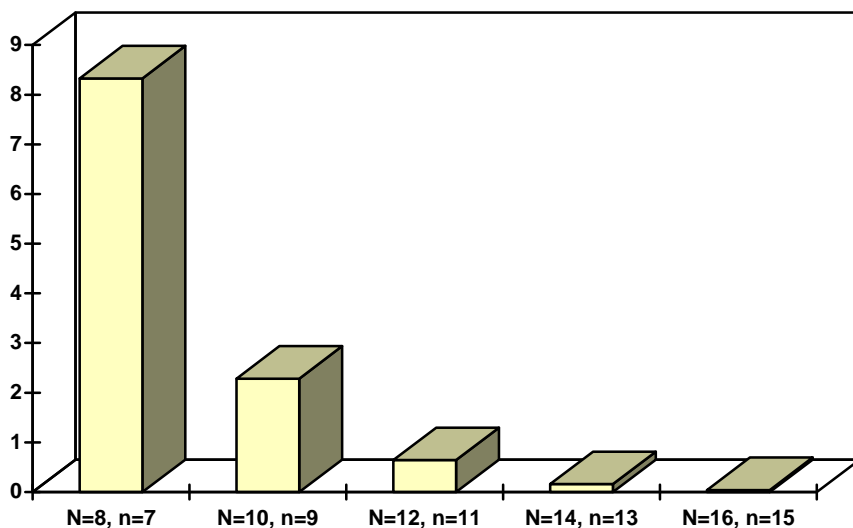


Рис. 2.2. Гистограмма зависимости среднеквадратичного отклонения ошибки преобразования от разрядности АЦП по второму каналу

Третий канал:

N	n	σ	$\sigma_{\max \text{ теор}}$
8	7	0,072679	0,07217
10	9	0,018175	0,01804
12	11	0,0046	0,00451
14	13	0,00117	0,00113
16	15	0,00028	0,00028

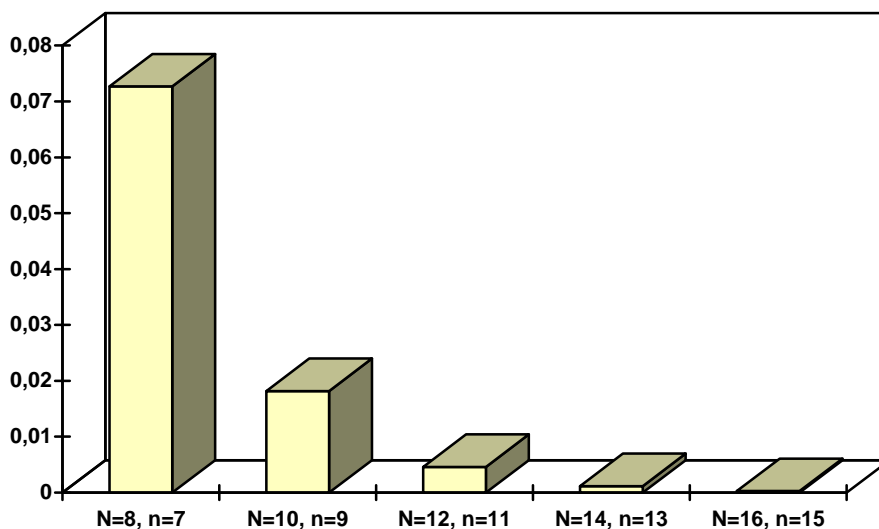


Рис. 2.3. Гистограмма зависимости среднеквадратичного отклонения ошибки преобразования от разрядности АЦП по третьему каналу