ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71921— 2024

МИКРОСХЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ. ЦИФРО-АНАЛОГОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Методы измерения времени установления выходного напряжения (тока)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт радиоэлектроники» (ФГБУ «ВНИИР»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 303 «Электронная компонентная база, материалы и оборудование»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2024 г. № 2044-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МИКРОСХЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ. ЦИФРО-АНАЛОГОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Методы измерения времени установления выходного напряжения (тока)

Integrated circuits. Digital-analog converters.
Methods for measuring the time of setting the output voltage (current)

Дата введения — 2025—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на интегральные микросхемы линейных цифро-аналоговых преобразователей цифрового кода в напряжение (ток) с числом эквивалентных двоичных разрядов до 32 включительно и устанавливает методы измерения времени установления.

Настоящий стандарт устанавливает два метода измерения времени установления:

метод 1 — для цифро-аналоговых преобразователей без внутреннего регистра записи входного кода;

метод 2 — для цифро-аналоговых преобразователей с внутренним регистром записи входного кода.

Общие требования при измерении и требования безопасности — по ГОСТ Р 71057 и ГОСТ Р 70845.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 57435 Микросхемы интегральные. Термины и определения

ГОСТ Р 57441 Микросхемы интегральные. Термины, определения и буквенные обозначения электрических параметров

ГОСТ Р 70845 Микросхемы интегральные. Термины, определения и буквенные обозначения параметров цифро-аналоговых и аналого-цифровых преобразователей

ГОСТ Р 71057 Микросхемы интегральные полупроводниковые. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Система параметров

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 57435, ГОСТ Р 57441, ГОСТ Р 70845, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **число эквивалентных двоичных разрядов:** Округленный до целого числа в сторону увеличения двоичный логарифм номинального числа возможных значений выходного кода.

3.1.2 **установившееся значение выходного напряжения [тока]:** Действительное среднее значение напряжения [тока] на аналоговом выходе при заданном значении выходного кода.

3.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ОУ — операционный усилитель;

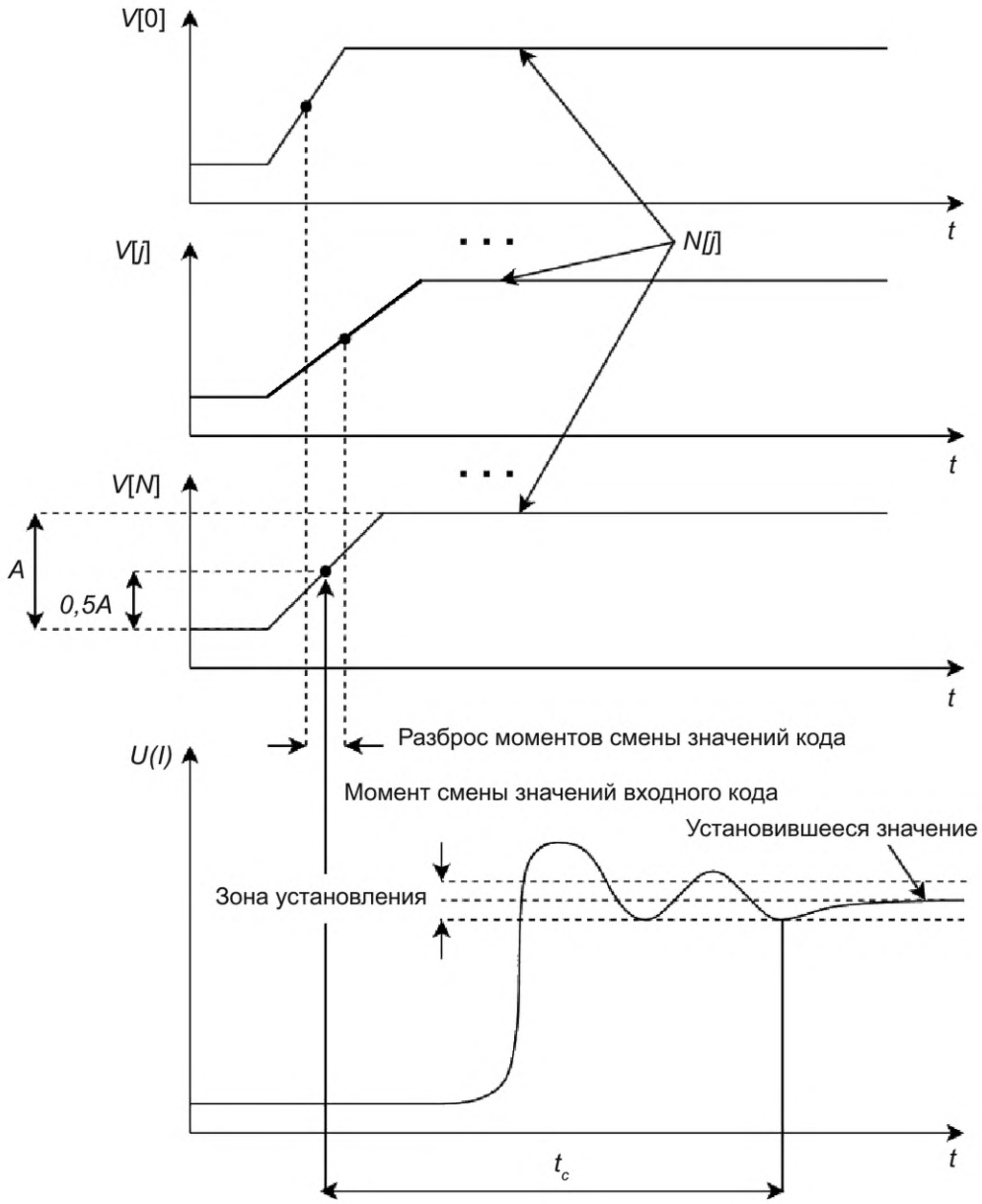
ТУ — технические условия;

ЦАП — цифро-аналоговый преобразователь.

4 Метод 1

4.1 Время установления определяют путем измерения интервала времени от момента смены значений входного кода до момента окончательного вхождения выходного напряжения (тока) в зону установления, граничные значения которой отличаются от установившегося значения выходного напряжения (тока) на величину, установленную в ТУ.

Момент смены предшествующего значения входного кода на заданное фиксируют по уровню 0,5 от амплитудного значения импульсов напряжения на кодовых входах, если иное не установлено в ТУ (см. рисунок 1).



V[0]… *V*[*j*]…*V*[*N*] — значение напряжений на кодовых входах; *N* — число кодовых значений; *A* — амплитудное значение импульса напряжения на кодовом входе; *N*[*j*] — заданное значение входного кода; t_c — время установления; *U (I)* — выходное напряжение (ток) ЦАП

Рисунок 1

4.2 Условия и режим измерений

4.2.1 Предшествующее и заданное значения входного кода должны соответствовать установленным в ТУ.

Предшествующее и заданное значения входного кода устанавливают из числа комбинаций, приведенных в таблице 1.

Таблица 1

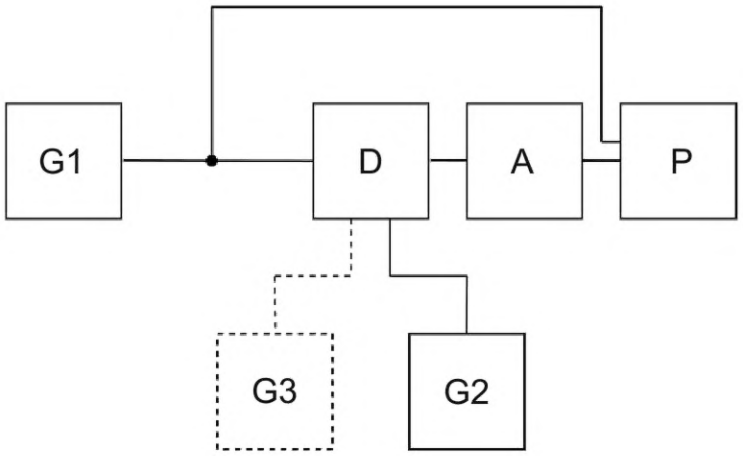
Значение кода	
предшествующее	заданное
11…1	00…0
00…0	11…1
10…0	01…1
01…1	10…0

4.2.2 Значение отклонения граничных значений зоны установления должно соответствовать установленному в ТУ.

Конкретное значение отклонения граничных значений зоны установления устанавливают из ряда: ±1/2, ±1, ±2, ±4 единицы младшего разряда.

4.3 Аппаратура

4.3.1 Измерение следует проводить на установке, электрическая структурная схема которой приведена на рисунке 2.



- - - - — опционально; ———— — обязательно; A — устройство сравнения; D — ЦАП; G1 — генератор кода; G2 — источник напряжения питания; G3 — источник опорного напряжения; P — измеритель временных интервалов

Примечания

1 При измерении времени установления ЦАП со встроенным ИОН источник G3 в измерительной установке может отсутствовать.

2 К аналоговому выходу ЦАП подключат нагрузку, параметры и схема включения которой должны соответствовать установленным в ТУ на ЦАП.

Рисунок 2

4.3.2 Генератор кода G1 должен формировать сигналы смены значений кода. Предшествующее и заданное значения входного кода, а также значения входных напряжений высокого уровня и входных напряжений низкого уровня на кодовых входах ЦАП должны соответствовать установленным в ТУ. Интервал времени между следующими друг за другом сигналами смены кода должен не менее чем в 20 раз превышать номинальное значение времени установления выходного напряжения (тока), если иное не установлено в ТУ. Разброс моментов смены значений кода на кодовых выходах генератора кодов должен находиться в пределах $\pm(0{,}05t_{c,ном} + 1$ нс), где $t_{c,ном}$ — номинальное значение времени установления ЦАП.

4.3.3 Источник напряжения питания G2 должен обеспечивать подачу на входы питания ЦАП напряжений и токов питания, параметры которых должны соответствовать установленным в ТУ.

4.3.4 ИОН G3 должен обеспечивать подачу на опорный вход ЦАП напряжения, параметры которого должны соответствовать установленным в ТУ.

4.3.5 Устройство сравнения А должно обеспечивать формирование сигнала в момент вхождения выходного напряжения (тока) ЦАП в зону установления, а также возможность задания граничных значений зоны установления относительно установившегося значения выходного напряжения (тока) ЦАП при заданном значении входного кода.

Погрешность определения устройством сравнения А момента вхождения напряжения (тока) ЦАП в зону установления должна находиться в пределах:

а) ±0,1 $t_{c,ном}$ — для ЦАП, имеющих значение $t_{c,ном} \leq 100$ нс;

б) ±0,05 $t_{c,ном}$ — для ЦАП, имеющих значение $t_{c,ном} > 100$ нс.

Допускается использовать устройства сравнения, имеющие систематическую составляющую погрешности определения момента окончательного вхождения выходного напряжения (тока) ЦАП в зону установления, которую учитывают при измерении.

Погрешность задания граничных значений зоны установления должна находиться в интервале ±0,1 от разности граничных значений зоны 4.2.2.

4.3.6 Измеритель временных интервалов Р должен обеспечивать измерение интервала времени между фронтами сигналов установления (записи) заданного значения кода и окончательного вхождения выходного напряжения (тока) ЦАП в зону установления.

Погрешность измерения временных интервалов измерителем Р должна находиться в пределах ±0,05 $t_{c,ном}$.

4.3.7 Допускается измерение времени установления выходного напряжения ЦАП с выходом по току и с внутренним резистором обратной связи проводить в схеме включения с внешним ОУ. За аналоговый выход ЦАП в этом случае принимают выход ОУ. Внешний ОУ должен обеспечивать преобразование тока на аналоговом выходе в напряжение в зоне установления выходного тока.

Параметры и схема включения внешнего ОУ должны соответствовать установленным в ТУ.

4.4 Подготовка к измерениям

4.4.1 Подготавливают измерительную установку к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на установку.

4.4.2 Подключают ЦАП к измерительной установке.

4.5 Проведение измерений

4.5.1 В установленном в ТУ порядке подают напряжения питания от источника G2 и опорное напряжение от ИОН G3.

4.5.2 От генератора кода G1 подают на кодовые входы ЦАП заданное значение кода.

4.5.3 Задают при помощи устройства сравнения *А* граничные значения зоны установления относительно установившегося значения выходного напряжения (тока) ЦАП.

4.5.4 От генератора кода G1 подают на кодовые входы ЦАП предшествующее значения кода, после чего изменяют его на заданное значение.

4.5.5 Измеряют временной интервал между фронтами сигналов установления заданного значения кода и окончательного вхождения выходного напряжения (тока) ЦАП в зону установления измерителем *Р*.

4.6 Показатели точности

4.6.1 Погрешность измерения времени установления, приведенная к норме на измеряемый параметр, с установленной вероятностью 0,95 должна соответствовать установленной в ТУ и находиться в интервале:

а) ±20 % — для значений времени установления выходного напряжения (тока) до 100 нс,

б) ±10 % — для значений времени установления выходного напряжения (тока) более 100 нс.

4.6.2 Формула для расчета показателей точности измерения приведена в приложении А.

5 Метод 2

5.1 Время установления определяют путем измерения интервала времени от момента поступления сигнала «запись кода» на внутренний регистр записи входного кода ЦАП до момента окончатель-

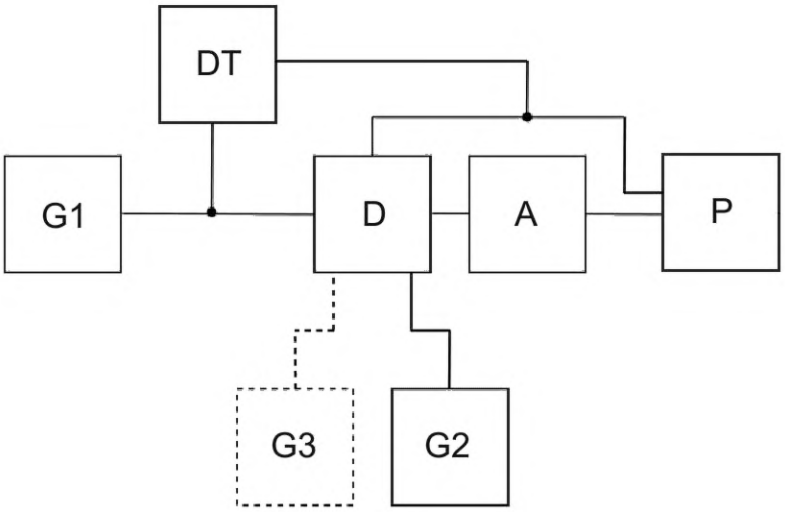
ного вхождения выходного напряжения (тока) в зону установления, граничные значения которой отличаются от установившегося значения выходного напряжения (тока) на величину, установленную в ТУ.

Момент поступления сигнала «запись кода» фиксируется по уровню 0,5 от амплитудного значения импульса напряжения на входе записи кода ЦАП, если иное не установлено в ТУ.

5.2 Условия и режим измерений — по 4.2.

5.3 Аппаратура

5.3.1 Измерение следует проводить на установке, электрическая структурная схема которой приведена на рисунке 3.



- - - - — опционально; ———— — обязательно; A — устройство сравнения; D — ЦАП; DT — устройство задержки; G1 — генератор кода; G2 — источник напряжения питания; G3 — источник опорного напряжения; P — измеритель временных интервалов

Примечания

1 При измерении времени установления ЦАП со встроенным ИОН источник G3 в измерительной установке может отсутствовать.

2 К аналоговому выходу ЦАП подключат нагрузку, параметры и схема включения которой должны соответствовать установленным в ТУ.

Рисунок 3

5.3.2 Требования к генератору кода G1 — по 4.3.2.

5.3.3 Требования к источнику напряжения питания G2 — по 4.3.3.

5.3.4 Требования к источнику опорного напряжения G3 — по 4.3.4.

5.3.5 Требования к устройству сравнения A — по 4.3.5.

5.3.6 Требования к измерителю временных интервалов P — по 4.3.6.

5.3.7 Устройство задержки DT должно обеспечивать задержку сигнала смены значений кода с выхода генератора кода G1 на время, достаточное для установления входного кода ЦАП, и формировать на выходе сигнал «запись кода», параметры которого должны соответствовать установленным в ТУ.

5.3.8 Измерение времени установления выходного напряжения ЦАП с выходом по току и с внутренним резистором обратной связи — по 4.3.7.

5.4 Подготовка к измерениям — по 4.4.

5.5 Проведение измерений — по 4.5.

5.6 Показатели точности — по 4.6.

Приложение А
(справочное)

Расчет показателей точности измерений

Границы интервала погрешности измерения времени установления δ_1 определяют по формуле

$$\delta_1 = \pm K\sqrt{\left(\frac{\delta_p}{K_p}\right)^2 + \sum_{i=1}^{e}\left(a_i\frac{\delta_i}{K_i}\right)^2 + \sum_{j=1}^{m}\left(a_j\frac{\delta_j}{K_j}\right)^2 + \sum_{r=1}^{n}\left(a_r\frac{\delta_r}{K_r}\right)^2 + \left(a_k\frac{\delta_k}{K_k}\right)^2 + \left(a_u\frac{\delta_u}{K_u}\right)^2 + \left(\frac{\delta_t}{K_t}\right)^2 + \left(a_h\frac{\delta_h}{K_h}\right)^2 + \left(a_{1,n}\frac{U_{1,n}}{K_{1,n}}\right)^2}, \quad (A.1)$$

где δ_p — погрешность измерителя временных интервалов Р;

δ_i — погрешность установления и поддержания напряжения питания на i-м выводе питания;

δ_j — погрешность установления и поддержания j-го параметра внешних условий;

δ_r — погрешность установления и поддержания r-го параметра схемы включения внешнего ОУ;

δ_k — погрешность установления и поддержания параметра нагрузки;

δ_u — погрешность установления и поддержания опорного напряжения;

δ_h — погрешность установления и поддержания граничных значений зоны установления устройством сравнения А;

δ_t — погрешность определения устройством сравнения А момента окончательного вхождения выходного напряжения (тока) ЦАП в зону установления;

$U_{1,n}$ — эквивалентное выходное напряжение шумов ЦАП;

a_i — коэффициент влияния напряжения питания на i-м выводе питания на измеряемый параметр;

a_j — коэффициент влияния j-го параметра внешних условий на измеряемый параметр;

a_r — коэффициент влияния r-го параметра схемы включения внешнего ОУ на измеряемый параметр;

a_k — коэффициент влияния параметра нагрузки на измеряемый параметр;

a_u — коэффициент влияния опорного напряжения на измеряемый параметр;

a_h — коэффициент влияния граничных значений зоны установления на измеряемый параметр;

$a_{1,n}$ — коэффициент влияния эквивалентного выходного напряжения шумов ЦАП на измеряемый параметр;

K, K_p, K_i, K_j, K_r, K_k, K_u, K_t, K_h— коэффициенты, зависящие от закона распределения соответствующей погрешности δ_1, δ_p, δ_i, δ_j, δ_r, δ_k, δ_t, δ_h и установленной вероятности;

$K_{1,n}$ — коэффициент, зависящий от закона распределения эквивалентного выходного напряжения шумов ЦАП и установленной вероятности;

e — число выводов питания;

m — число параметров внешних условий;

n — число параметров схемы включения внешнего ОУ.

УДК 621.382:006.354

ОКС 17.080
17.220.20
31.080

Ключевые слова: микросхемы, цифро-аналоговые преобразователи, время установления

Редактор *Е.Ю. Митрофанова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 09.01.2025. Подписано в печать 23.01.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,12.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru