



ИС счетчика электроэнергии с импульсным выходом

ADE7755*

ОСОБЕННОСТИ

- Высокая точность; счетчик поддерживает стандарт 50 Гц/60 Гц IEC 687/1036
- Ошибка менее 0,1% при динамическом диапазоне 500:1
- ИС ADE7755 выдает значение *средней активной мощности* на частотных выходах F1 и F2
- Высокочастотный выход CF предназначен для калибровки и выдает значение *мгновенной активной мощности*
- Совместимость по выводам с микросхемой AD7755 с синхронными выходами CF и F1/F2
- Логический выход REVP можно использовать для индикации возможного неправильного подключения к сети (отрицательной мощности)
- Прямое управление электромеханическими счетными механизмами и двухфазными шаговыми двигателями (выходы F1 и F2)
- Усилитель с программируемым коэффициентом усиления в канале измерения тока позволяет использовать *шунт* с малой величиной сопротивления
- Собственные встроенные АЦП и цифровой сигнальный процессор обеспечивают высокую точность в широком диапазоне условий и долговременную стабильность
- Встроенный контроль напряжения источника питания
- Встроенная защита от самохода счетчика (имеется порог мощности нагрузки, начиная с которого счетчик работает)
- Встроенный источник опорного напряжения 2,5 В \pm 8% (типичный дрейф составляет 30 \cdot 10⁻⁶/°C) с возможностью подключения внешнего источника опорного напряжения
- Один источник питания 5 В, низкая потребляемая мощность (типичное значение 15 мВт)
- Недорогая КМОП технология

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Микросхема ADE7755 совместима по выводам с ИС AD7755. Единственное различие между микросхемами ADE7755 и AD7755 заключается в том, что выходы CF и F1/F2 микросхемы ADE7755 синхронны при любой нагрузке.

*Патенты США 5,745,323, 5,760,617, 5,862,069 и 5,872,469.

REV. 0

Предполагается, что информация, предоставленная компанией Analog Devices Inc., является точной и достоверной. Тем не менее компания Analog Devices Inc. не несет ответственности за использование этой информации, а также за нарушения патентов или прав третьих сторон, которые могут возникнуть при использовании этой информации. Никакая лицензия не предоставляется ни прямо, ни косвенно, на объекты, подпадающие под патентные права фирмы Analog Devices Inc. Авторы перевода приложили немалые усилия для того, чтобы сделать его качественным и достоверным. Однако при возникновении разночтений между переводом и оригинальным изданием на английском языке следует полагаться на информацию, изложенную в оригинале.

Микросхема ADE7755 – высокоточная ИС, предназначенная для счетчиков потребления электрической энергии. Технические характеристики этой ИС превосходят требования по точности, предъявляемые стандартом IEC1036. См. руководство по применению фирмы Analog Devices AN-559 с описанием конструкции счетчика электроэнергии стандарта IEC1036 на базе ИС AD7755.

Аналоговая часть микросхемы ADE7755 включает лишь АЦП и источник опорного напряжения. Все дальнейшие преобразования сигнала, такие как перемножение и фильтрация, происходят с сигналом в цифровом виде. Такой подход обеспечивает очень высокую стабильность и точность при предельных значениях параметров окружающей среды и в течение длительного времени.

Микросхема ADE7755 выдает информацию о средней активной мощности на низкочастотных выходах F1 и F2. Эти импульсные выходы могут быть использованы непосредственно для управления электромеханическим счетным механизмом или могут подключаться к микроконтроллеру. Импульсный выход CF дает информацию о мгновенной активной мощности. Этот выход предназначен для калибровки или для подключения к микроконтроллеру.

ИС ADE7755 включает в себя схему контроля напряжения питания на выводе AVDD. Микросхема ADE7755 остается в состоянии сброса до тех пор, пока напряжение источника питания не достигнет 4 В. Если напряжение источника питания падает ниже 4 В, ИС ADE7755 также переходит в состояние сброса, при этом импульсы на выходах F1, F2 и CF отсутствуют.

Внутренняя схема совмещения фазы обеспечивает соответствие фаз сигналов в каналах измерения тока и напряжения; эта схема работает независимо от того, включен или нет фильтр высокой частоты в канале V1.

Внутренний пороговый детектор отсутствия нагрузки гарантирует, что у счетчика ADE7755 будет отсутствовать самоход, т.е. счетчик не будет регистрировать потребление электроэнергии при отсутствии нагрузки.

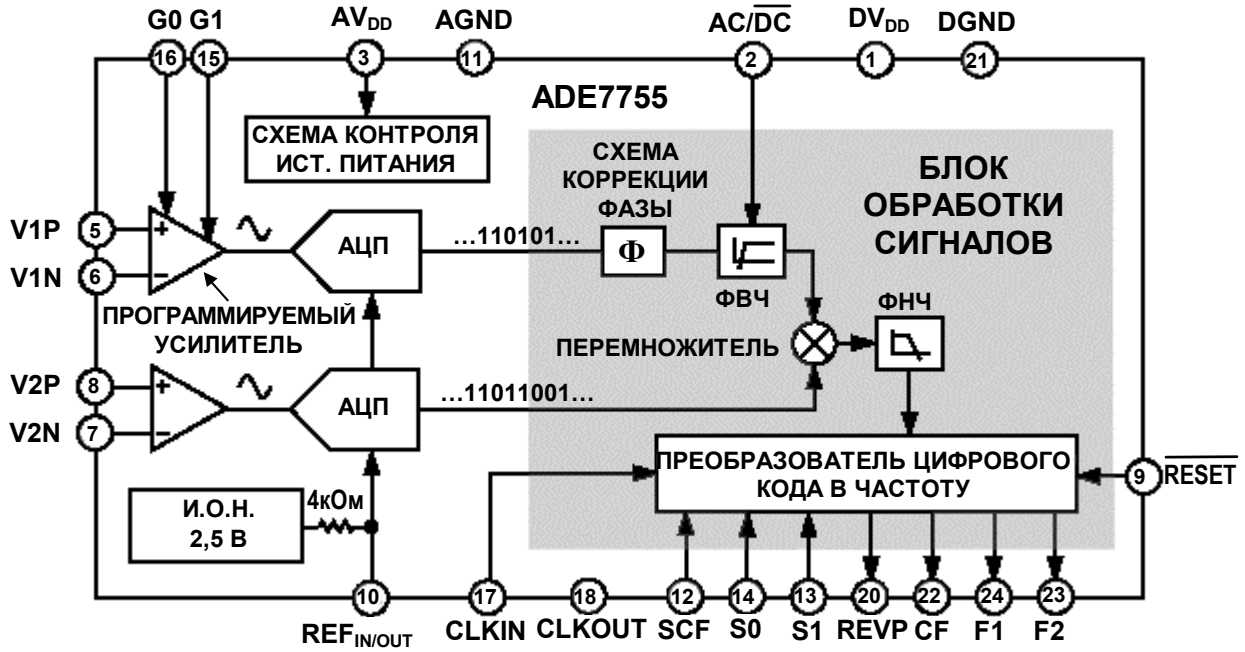
ИС ADE7755 выпускается в корпусе SSOP с 24 выводами.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.

Tel: 781/329-4700
Fax: 781/326-8703

www.analog.com
© Analog Devices, Inc., 2002

ADE7755



Характеристики ADE7755

($AV_{DD} = DV_{DD} = 5 \text{ В} \pm 5\%$, $AGND = DGND = 0 \text{ В}$, встроенный источник опорного напряжения, тактовая частота $CLKIN = 3,58 \text{ МГц}$, $T_{MIN} \dots T_{MAX} = -40^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$.)

Параметр	Значение	Единица измерения	Условия измерения/ Комментарии
ТОЧНОСТЬ^{1,2}			
Погрешность измерения ¹ в канале V1			На вход канала V2 подается максимальный сигнал ($\pm 660 \text{ мВ}$), 25°C
Усиление = 1	0,1	% от номин. знач.	В динамическом диапазоне 500:1
Усиление = 2	0,1	% от номин. знач.	В динамическом диапазоне 500:1
Усиление = 8	0,1	% от номин. знач.	В динамическом диапазоне 500:1
Усиление = 16	0,1	% от номин. знач.	В динамическом диапазоне 500:1
Погрешность, вызванная сдвигом фазы ¹ сигналов в каналах V1 и V2			Частота сети = $45 \dots 65 \text{ Гц}$
Сигнал в канале V1 опережает по фазе на 37° (Коэффициент мощности $PF = 0,8$, емкостной характер нагрузки)	$\pm 0,1$	град.($^{\circ}$), макс.	Значение сигнала $AC/\overline{DC} = 0$ и $AC/\overline{DC} = 1$
Сигнал в канале V1 отстает по фазе на 60° (Коэффициент мощности $PF = 0,5$, индуктивный характер нагрузки)	$\pm 0,1$	град.($^{\circ}$), макс.	Значение сигнала $AC/\overline{DC} = 0$ и $AC/\overline{DC} = 1$
Подавление помех от источника питания на переменном токе			Значения сигналов: $AC/\overline{DC} = 1$, $S_0 = S_1 = 1$, $G_0 = G_1 = 0$
Разброс значения выходной частоты (CF)	0,2	% от номин. знач.	Значения сигналов на входах: V1 = 100 мВ (среднеквадратичное значение), V2 = 100 мВ (среднеквадратичное значение), частота сети 50 Гц, пульсация напряжения питания AV_{DD} равна 200 мВ (среднеквадратичное значение) при частоте 100 Гц
Подавление помех от источника питания на постоянном токе			Значения сигналов: $AC/\overline{DC} = 1$, $S_0 = S_1 = 1$, $G_0 = G_1 = 0$
Разброс значения выходной частоты (CF)	$\pm 0,3$	% от номин. знач.	Значения сигналов на входах: V1 = 100 мВ (среднеквадратичное значение), V2 = 100 мВ (среднеквадратичное значение), Напряжение питания: $AV_{DD} = DV_{DD} = 5 \text{ В} \pm 250 \text{ мВ}$
АНАЛОГОВЫЕ ВХОДЫ			
Максимальные значения сигналов	± 1	В, макс.	См раздел "Аналоговые входы" На входах V1P, V1N, V2N и V2P относительно AGND
Входное сопротивление на постоянном токе	390	кОм, мин	$CLKIN = 3,58 \text{ МГц}$
Полоса частот (по уровню -3 dB)	14	кГц, типичное	$CLKIN/256$, $CLKIN = 3,58 \text{ МГц}$
Погрешность смещения АЦП ^{1,2}	± 25	мВ, макс.	Усиление = 1, См. раздел "Терминология" и графики характеристик
Погрешность усиления ¹	± 7	% от идеального, тип.	Внешний источник опорного напряжения 2,5 В, усиление = 1
Точность установки коэффициента усиления ¹	$\pm 0,2$	% от идеального, тип.	Сигналы на входах: V1 = 470 мВ пост. тока, V2 = 660 мВ пост. тока, внешний ист. опорного напр. 2,5 В

ADE7755

Параметр	Значение	Единица измерения	Условия измерения/ Комментарии
ВХОД ИСТОЧНИКА ОПОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ Диапазон напряжений на выводе REF _{IN/OUT} Входное сопротивление Входная емкость	2,7 2,3 3,2 10	В, макс. В, мин. кОм, мин. пФ, макс.	2,5 В + 8% 2,5 В – 8%
ВНУТРЕННИЙ ИСТОЧНИК ОПОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ Погрешность напряжения Температурный коэффициент напряжения	±200 ±30	мВ, макс. ·10 ⁻⁶ /°С, тип.	Номинальное напряжение 2,5 В
ВХОД ГЕНЕРАТОРА ТАКТОВЫХ ИМПУЛЬСОВ Частота генератора тактовых импульсов	4 1	МГц, макс. МГц, мин.	Обратите внимание: все технические характеристики даны для частоты CLKIN равной 3,58 МГц
ЛОГИЧЕСКИЕ ВХОДЫ³ SCF, S0, S1, AC/ \overline{DC} , \overline{RESET} , G0 и G1 Входное напряжение высокого уровня, V _{INH} Входное напряжение низкого уровня, V _{INL} Входной ток, I _{IN} Входная емкость, C _{IN}	2,4 0,8 ±3 10	В, мин. В, макс. мкА, макс. пФ, макс.	DV _{DD} = 5 В ± 5% DV _{DD} = 5 В ± 5% Типичное значение 10 нА, V _{IN} = 0...DV _{DD}
ЛОГИЧЕСКИЕ ВЫХОДЫ³ F1 и F2 Выходное напряжение высокого уровня, V _{OH} Выходное напряжение низкого уровня, V _{OL} CF и REVP Выходное напряжение высокого уровня, V _{OH} Выходное напряжение уровня логического нуля, V _{OL}	4,5 0,5 4 0,5	В, мин. В, макс. В, мин. В, макс.	I _{ВЫТЕК.} = 10 мА DV _{DD} = 5 В I _{ВТЕК.} = 10 мА DV _{DD} = 5 В I _{ВЫТЕК.} = 5 мА DV _{DD} = 5 В I _{ВТЕК.} = 5 мА DV _{DD} = 5 В
ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ AV _{DD} DV _{DD} AI _{DD} DI _{DD}	4,75 5,25 4,75 5,25 3 2,5	В, мин. В, макс. В, мин. В, макс. мА макс. мА макс.	Для достижения заявленных характеристик необходимо обеспечить: 5 В – 5% 5 В + 5% 5 В – 5% 5 В + 5% Типичное значение 2 мА Типичное значение 1,5 мА

ПРИМЕЧАНИЯ

¹См. раздел "Терминология", где даны определения терминам.

²См. графики типичных характеристик.

³Образцы тестировались в первоначальном варианте и после каждого изменения в проекте или технологии, которые могли повлиять на этот параметр.

Спецификации могут подвергаться изменениям без уведомления.

Временные характеристики ADE7755^{1,2}

($AV_{DD} = DV_{DD} = 5\text{ В} \pm 5\%$, $AGND = DGND = 0\text{ В}$, встроенный источник опорного напряжения, тактовая частота $CLKIN = 3,58\text{ МГц}$, $T_{MIN} \dots T_{MAX} = -40^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$.)

Параметр	Значение	Единица измерения	Условия измерения/ Комментарии
t_1^3	275	мс	Ширина импульсов F1 и F2 (логический ноль)
t_2	См. таблицу III	с	Период выходных импульсов. См. раздел "Передаточная функция"
t_3	$1/2 t_2$	с	Время от спада импульса F1 до спада импульса F2
$t_4^{3,4}$	90	мс	Ширина импульса CF (высокий уровень)
t_5	См. таблицу IV	с	Период импульсов CF. См. раздел "Передаточная функция"
t_6	$CLKIN/4$	с	Минимальное время между импульсами F1 и F2

ПРИМЕЧАНИЯ

¹Образцы тестировались в первоначальном варианте и после каждого изменения в проекте или технологии, которые могли повлиять на этот параметр.

²См. рис.1.

³Ширина импульсов F1, F2 и CF непостоянна для более высоких выходных частот. См. раздел "Частотные выходы".

⁴В высокочастотном режиме ширина импульсов CF всегда составляет 18 мкс. См. раздел "Частотные выходы" и таблицу IV.

Спецификации могут подвергаться изменениям без уведомления.

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ*

($T_A = 25^{\circ}\text{C}$, если не указано другое значение)

Напряжение между выводами:

AV_{DD} и $AGND$ от $-0,3\text{ В}$ до $+7\text{ В}$

DV_{DD} и $DGND$ от $-0,3\text{ В}$ до $+7\text{ В}$

DV_{DD} и AV_{DD} от $-0,3\text{ В}$ до $+0,3\text{ В}$

Напряжение на аналоговом входе относительно $AGND$

$V1P, V1N, V2P$ и $V2N$ от -6 В до $+6\text{ В}$

Напряжение на входе $REFIN/OUT$ относительно $AGND$ от $-0,3\text{ В}$ до $AV_{DD} + 0,3\text{ В}$

Напряжение на цифровом входе относительно $DGND$ от $-0,3\text{ В}$ до $DV_{DD} + 0,3\text{ В}$

Напряжение на цифровом выходе относительно $DGND$ от $-0,3\text{ В}$ до $DV_{DD} + 0,3\text{ В}$

Рабочий температурный диапазон:

Индустриальный от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$

Температурный диапазон хранения от -65°C до $+150^{\circ}\text{C}$

Температура перехода $+150^{\circ}\text{C}$

Рассеиваемая мощность для 24-выводного корпуса SSOP 450 мВт

Температурное сопротивление переход-среда θ_{JA} $112^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$

Температура выводов при пайке Из паровой фазы (60 сек) 215°C

Инфракрасным излучением (15 сек) 220°C

*Воздействия, выходящие за пределы перечисленных предельно допустимых характеристик, могут вызвать необратимые повреждения данного устройства. Эти характеристики относятся только к предельным воздействиям; здесь не подразумеваются характеристики устройства в рабочем режиме при различных условиях. Если устройство подвергается предельно допустимым воздействиям в течение продолжительного времени, надежность устройства может снизиться.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ЗАКАЗА

Модель	Описание продукта	Тип корпуса
ADE7755ARS	SSOP	RS-24
ADE7755ARSRL	SSOP в катушке	RSRL-24
ADE7755AN-REF	Печатная плата для разработки на ADE7755 (См. AN-559)	
EVAL-ADE7755EB	Ознакомительная плата ADE7755	

ВНИМАНИЕ

Данная микросхема чувствительна к электростатическому разряду. Электростатический заряд напряжением до 4000 В может накопиться на теле человека или на оборудовании и незаметно разрядиться. Несмотря на то, что в ADE7755 имеется схема защиты от электростатического разряда, необратимое повреждение может произойти, если разряд был сильный. Таким образом, рекомендуется применять защитные меры против электростатического разряда во избежание ухудшения характеристик устройства или выхода его из строя.



ADE7755

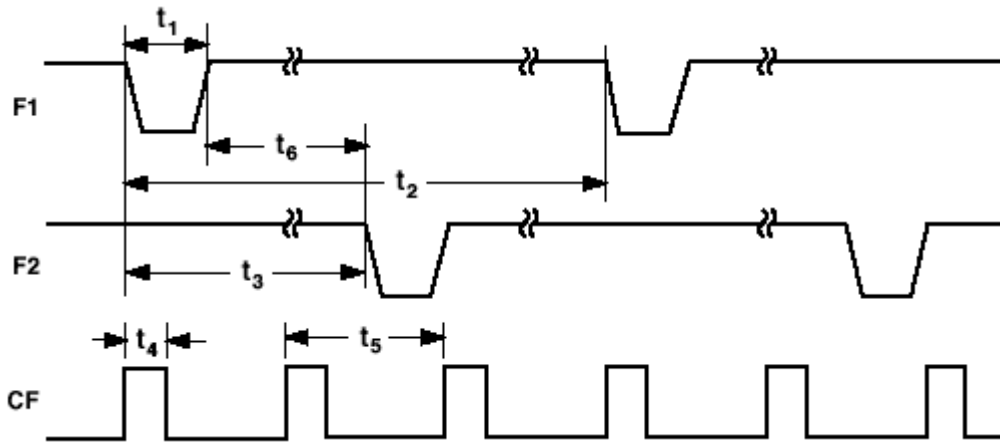
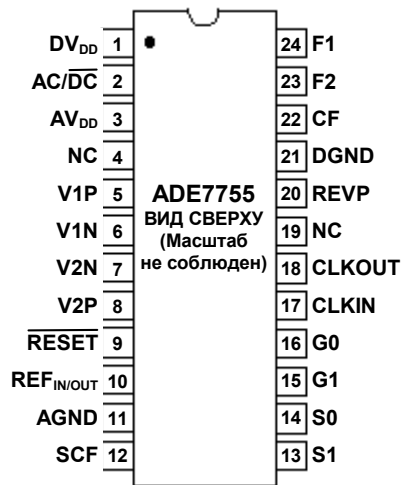


Рис. 1. Временная диаграмма сигналов на частотных выходах

РАСПОЛОЖЕНИЕ ВЫВОДОВ



NC = НЕ ПОДКЛЮЧЕН

ОПИСАНИЕ НАЗНАЧЕНИЯ ВЫВОДОВ

Номер вывода	Обозначение	Описание
1	DV _{DD}	Вывод питания цифровой части ИС. Через этот вывод питаются цифровые схемы, входящие в ИС ADE7755. Чтобы ИС обеспечивала параметры, соответствующие техническому описанию, на этот вывод необходимо подать напряжение питания 5 В ± 5%. Этот вывод должен быть развязан конденсатором емкостью 10 мкФ и параллельно подключенным керамическим конденсатором емкостью 0,1 мкФ.
2	AC/DC	Включение фильтра высокой частоты. Этот логический вход предназначен для включения фильтра высокой частоты в канале V1 (канале измерения тока). Фильтр высокой частоты включается подачей на данный вывод уровня логической единицы. Фазочастотная характеристика фильтра компенсирована в частотном диапазоне от 45 Гц до 1 кГц. В устройствах измерения мощности фильтр высокой частоты должен быть включен.
3	AV _{DD}	Вывод питания аналоговой части ИС. Этот вывод обеспечивает питание аналоговых схем, входящих в ИС ADE7755. Чтобы ИС обеспечивала параметры, соответствующие техническому описанию, на этот вывод необходимо подать напряжение питания 5 В ± 5%. Должны быть приняты все меры и обеспечена необходимая развязка для минимизации пульсаций и шумов источника питания на этом выводе. Развязка этого вывода должна быть произведена на аналоговую заземляющую поверхность AGND с помощью конденсатора емкостью 10 мкФ и параллельно подключенного керамического конденсатора емкостью 0,1 мкФ.
4, 19 5, 6	NC VIP, VIN	Не подключены Аналоговые входы канала V1 (канала измерения тока). Эти входы – полностью дифференциальные входы напряжения с максимально допустимым уровнем дифференциального сигнала ±470 мВ, при котором будет обеспечены параметры, соответствующие техническому описанию. Канал измерения тока снабжен программируемым усилителем, коэффициент усиления которого можно выбирать в соответствии с таблицей I. Максимально допустимый уровень сигнала на этих выводах относительно AGND составляет ±1 В. Оба входа имеют внутреннюю схему защиты от электростатического разряда (ESD protection). Эти входы могут выдержать напряжение ±6 В без риска необратимого повреждения ИС.
7, 8	V2N, V2P	Отрицательный и положительный входы канала V2 (канала измерения напряжения). Эти входы – полностью дифференциальные входы напряжения с максимально допустимым уровнем дифференциального сигнала ±660 мВ, при котором будет обеспечены параметры, соответствующие техническому описанию. Максимально допустимый уровень сигнала на этих выводах относительно AGND составляет ±1 В. Оба входа имеют внутреннюю схему защиты от электростатического разряда (ESD protection). Эти входы могут выдержать напряжение ±6 В без риска необратимого повреждения ИС.
9	RESET	Вывод сброса ИС ADE7755. Низкий логический уровень, поданный на этот вход, будет удерживать АЦП и цифровые схемы в состоянии сброса. Подача низкого уровня на этот вход приведет к сбросу внутренних регистров ИС ADE7755.
10	REF _{IN/OUT}	Вход/выход источника опорного напряжения. Этот вывод обеспечивает доступ к внутреннему источнику опорного напряжения. Источник имеет номинальную величину напряжения 2,5 В ± 8% и типичный температурный коэффициент 30·10 ⁻⁶ /°C. К этому выводу может быть подключен внешний источник опорного напряжения. В любом случае необходимо обеспечить развязку этого вывода относительно AGND с помощью керамического конденсатора емкостью 1 мкФ и керамического конденсатора емкостью 0,1 мкФ.

ADE7755

Номер вывода	Обозначение	Описание
11	AGND	Этот вывод обеспечивает заземление аналоговых схем, входящих в ИС ADE7755, то есть АЦП и источника опорного напряжения. Этот вывод должен быть связан с аналоговой заземляющей поверхностью печатной платы. Аналоговая заземляющая поверхность является заземлением для всех аналоговых схем, таких как антиалайзинговые фильтры и преобразователи тока и напряжения. Для хорошего подавления шума аналоговая заземляющая поверхность должна быть соединена с цифровой заземляющей поверхностью в единственной точке. Конфигурация заземления в виде звезды обеспечивает изоляцию шумных цифровых токов от аналоговых схем.
12	SCF	Выбор частоты калибровки. Этот логический вход используется для выбора частоты на выходе калибровки CF. В таблице IV показано, каким образом выбирается частота калибровки.
13, 14	S1, S0	Эти логические входы используются для выбора одной из четырех возможных частот для преобразователя цифрового сигнала в частоту. Возможность выбора обеспечивает конструктору большую гибкость при проектировании счетчика электроэнергии. См. раздел "Выбор частоты для счетчика электроэнергии".
15, 16	G1, G0	Эти логические входы используются для выбора одного из четырех возможных коэффициентов усиления для канала V1 (канала измерения тока). Возможные значения коэффициента усиления 1, 2, 8 и 16. См. раздел "Аналоговый вход".
17	CLKIN	К этому логическому входу можно подключить внешний генератор тактовых импульсов. Как альтернативный способ, для получения тактовых импульсов возможно подключение к выводам CLKIN и CLKOUT кварцевого резонатора с параллельным резонансом и со срезом типа AT. Чтобы ИС обеспечивала параметры, соответствующие техническому описанию, частота тактовых импульсов должна быть равна 3,579545 МГц. Вместе с кварцевым резонатором к входу схемы генератора необходимо подключить конденсаторы емкостью от 22 пФ до 33 пФ (керамические).
18	CLKOUT	Кварцевый резонатор может быть подключен между этим выводом и CLKIN как описано выше, чтобы обеспечить работу генератора тактовых импульсов в ИС ADE7755. Вывод CLKOUT может быть подключен к одному входу КМОП, когда ко входу CLKIN подключен внешний генератор тактовых импульсов или если используется кварцевый резонатор.
20	REVP	На этом логическом выходе появляется напряжение логической единицы, когда ИС обнаруживает, что мощность отрицательна, т.е. когда фазовый угол между напряжением и током превышает 90°. Этот выход не фиксируется и сбрасывается, как только мощность снова становится положительной. Этот выход меняет свое состояние в момент, когда импульс появляется на выходе CF.
21	DGND	Этот вывод обеспечивает заземление цифровых схем, входящих в ИС ADE7755, то есть перемножителя, фильтров, и преобразователя цифрового сигнала в частоту. Этот вывод должен быть связан с цифровой заземляющей поверхностью печатной платы. Цифровая заземляющая поверхность является заземлением для всех цифровых схем, таких как счетчики (механические и цифровые), микроконтроллеры и светодиодные индикаторы. Для хорошего подавления шума аналоговая заземляющая поверхность должна быть соединена с цифровой заземляющей поверхностью в единственной точке, то есть должна быть обеспечена конфигурация заземления в виде звезды.
22	CF	Частотный выход, выдающий сигнал частоты для калибровки. Выдает информацию о мгновенном значении активной мощности. Этот выход предназначен для целей калибровки. Также см. описание вывода SCF.
23,24	F2, F1	Низкочастотные импульсные выходы. F1 и F2 выдают информацию о <i>средней активной мощности</i> . Эти импульсные выходы могут быть использованы для прямого управления электромеханическими счетными механизмами.

ТЕРМИНОЛОГИЯ

ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ

Погрешность измерения при подсчете количества электрической энергии прибором ADE7755 определяется следующей формулой:

$$\% \text{Погрешности} =$$

$$\frac{(\text{Энергия, зарегистрированная ADE7755} - \text{Фактическое кол-во энергии})}{\text{Фактическое кол-во энергии}} \cdot 100\%$$

ПОГРЕШНОСТЬ ФАЗЫ МЕЖДУ КАНАЛАМИ

Фильтр высокой частоты в канале V1 вносит в сигнал опережающий фазовый сдвиг. Для того чтобы сдвинуть этот сигнал по фазе и выровнять задержки по фазе между каналами, в канале V1 также имеется схема коррекции фазы. Эта схема коррекции фазы обеспечивает соответствие фаз сигналов в пределах $\pm 0,1^\circ$ в диапазоне частот от 45 Гц до 65 Гц и $\pm 0,2^\circ$ в диапазоне от 40 Гц до 1 кГц. См. рис. 4 и 5.

ПОДАВЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕСТАБИЛЬНОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ

Эта величина характеризует погрешность измерения потребляемой мощности микросхемой ADE7755, вызванную нестабильностью напряжения источника питания.

Для измерения степени влияния переменной составляющей напряжения питания ИС ADE7755 на результат измерения производилось измерение потребляемой мощности при номинальном напряжении питания (5 В). Затем в напряжение источника питания была введена помеха частотой 100 Гц и напряжением 200 мВ (среднеквадратичное значение) и производилось снятие показаний ИС ADE7755 при том же уровне входного сигнала. Возникающая при этом погрешность выражалась в процентах (см. определение погрешности измерения).

Для измерения степени влияния нестабильности питающего напряжения на постоянном токе производилось измерение потребляемой мощности при номинальном напряжении питания (5 В). Затем напряжение источника питания изменялось в пределах $\pm 5\%$ и производилось снятие показаний счетчика ADE7755 при том же уровне входного сигнала. Возникающая при этом погрешность выражалась в процентах.

ПОГРЕШНОСТЬ СМЕЩЕНИЯ АЦП

Эта погрешность возникает из-за наличия постоянного напряжения смещения, связанного с аналоговыми входами АЦП. Это означает, что если замкнуть аналоговые выходы на землю, АЦП все же будет показывать наличие небольшого сигнала постоянного тока (смещения). Смещение уменьшается при увеличении коэффициента усиления в канале V1. Эта характеристика измеряется при коэффициенте усиления, равном единице. При коэффициенте усиления равном 16, постоянное смещение обычно менее 1 мВ. Однако, когда фильтр высокой частоты включен, эффект постоянного смещения устраняется из токового канала V1 и на подсчет потребляемой мощности эта ошибка не влияет.

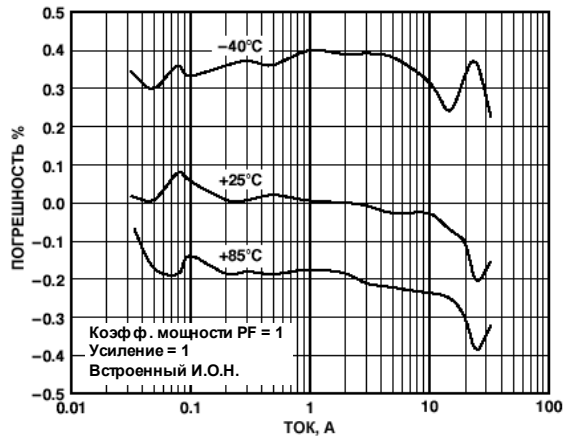
ПОГРЕШНОСТЬ УСИЛЕНИЯ

Погрешность усиления ИС ADE7755 определяется как разница между измеренной частотой на выходе ИС (без учета смещения) и выходной частотой в идеальном случае. Частота на выходе измеряется при значении коэффициента усиления в канале V1 равном единице. Разница выражается в процентах от частоты в идеальном случае. Частота в идеальном случае вычисляется из передаточной функции ИС ADE7755 (см. раздел "Передаточная функция").

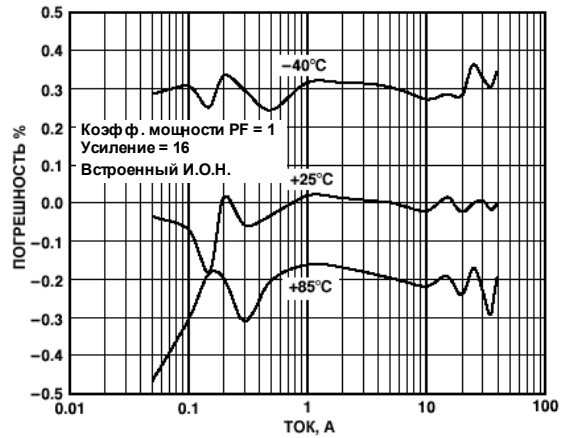
ТОЧНОСТЬ УСТАНОВКИ КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛЕНИЯ

Точность установки коэффициента усиления определяется как отклонение коэффициента усиления от расчетного (без учета смещения), полученное при переключении коэффициента усиления между значениями 1, 2, 8 или 16. Точность установки коэффициента усиления выражается в процентах относительно выходной частоты, полученной при значении коэффициента усиления, равном единице. Точность установки коэффициента усиления определяется погрешностью усиления, наблюдаемой при установке коэффициента усиления равным 2, 8 или 16.

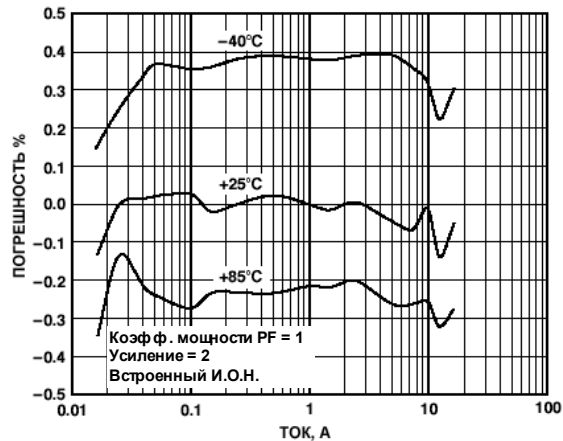
Типичные характеристики ADE7755



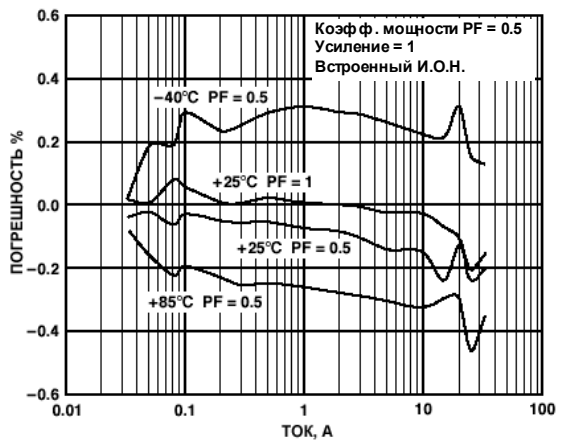
Тип. хар. 1. Погрешность в % ($K_{uc} = 1$)



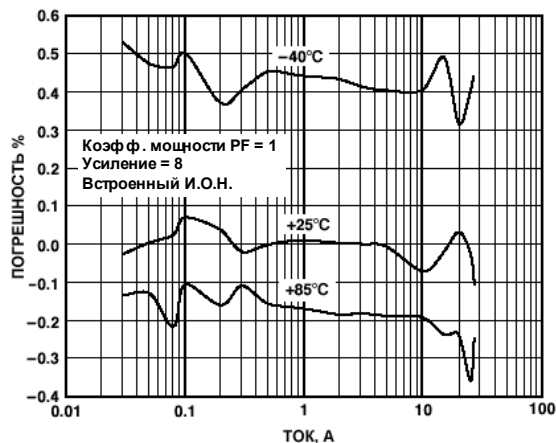
Тип. хар. 4. Погрешность в % ($K_{uc} = 16$)



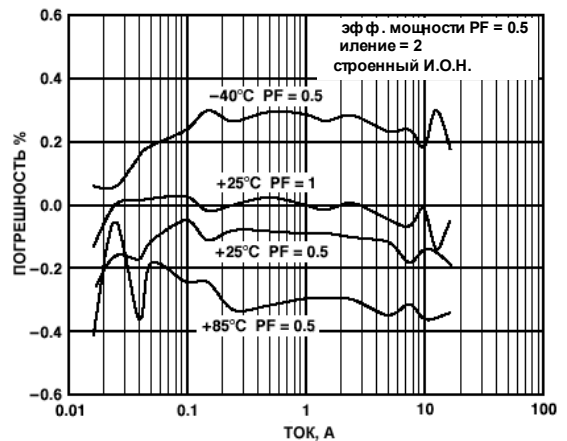
Тип. хар. 2. Погрешность в % ($K_{uc} = 2$)



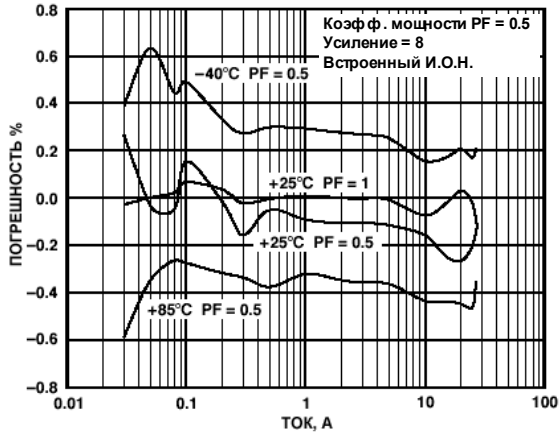
Тип. хар. 5. Погрешность в % ($K_{uc} = 1$)



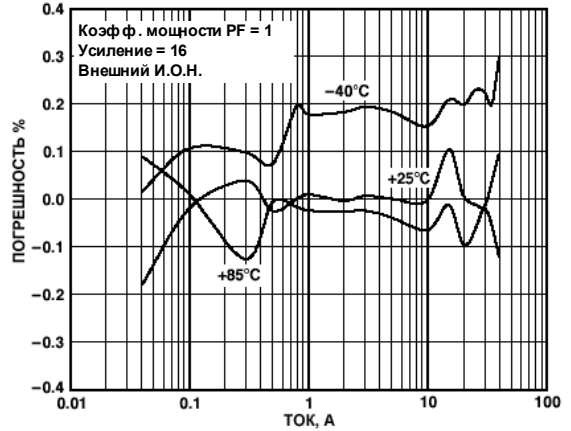
Тип. хар. 3. Погрешность в % ($K_{uc} = 8$)



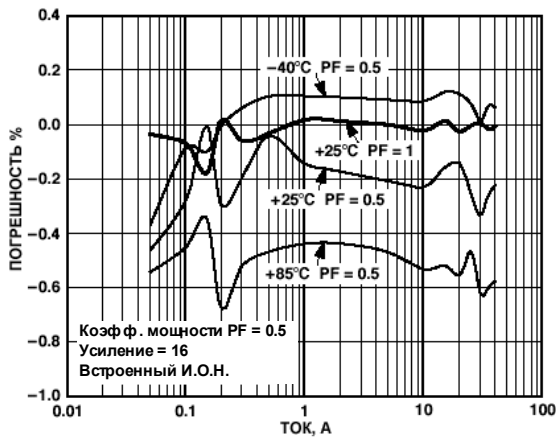
Тип. хар. 6. Погрешность в % ($K_{uc} = 2$)



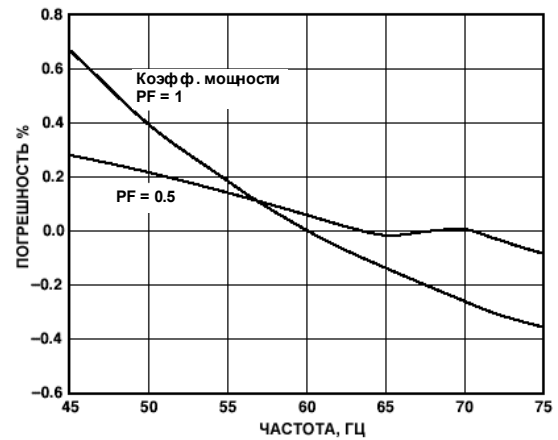
Тип. хар. 7. Погрешность в % (Кус = 8)



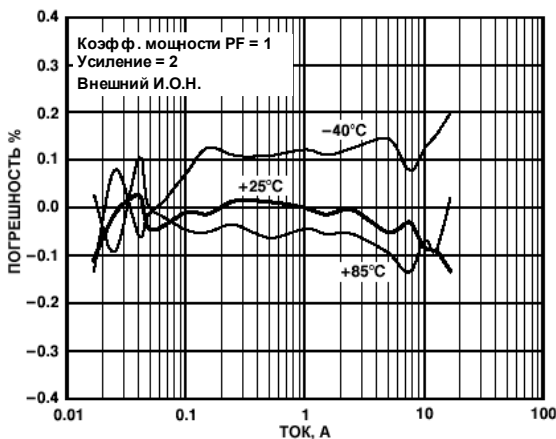
Тип. хар. 10. Погрешность в % при различной температуре, внешний И.О.Н. (Кус = 16)



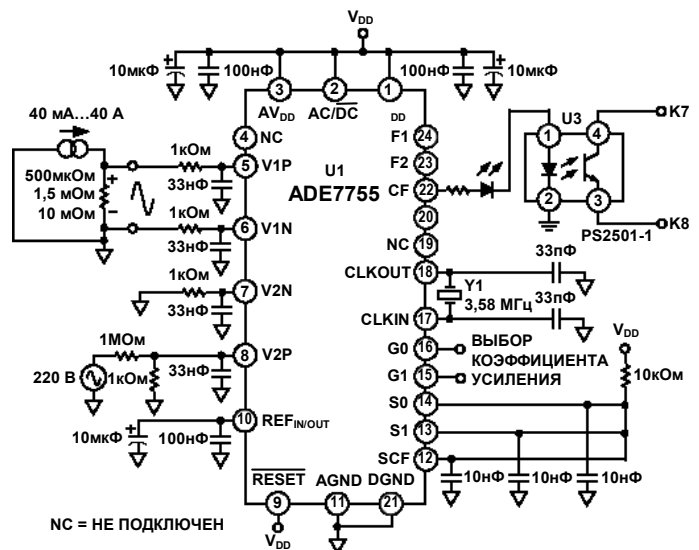
Тип. хар. 8. Погрешность в % (Кус = 16)



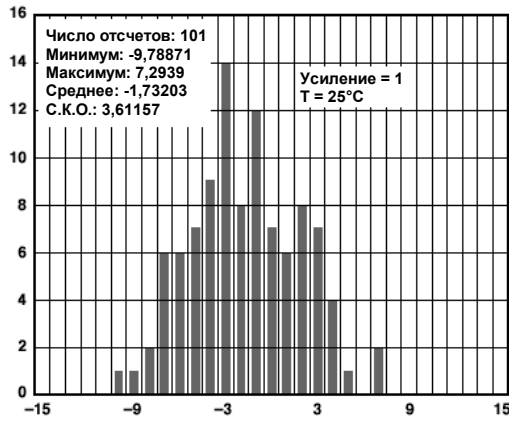
Тип. хар. 11. Погрешность в % в зависимости от частоты



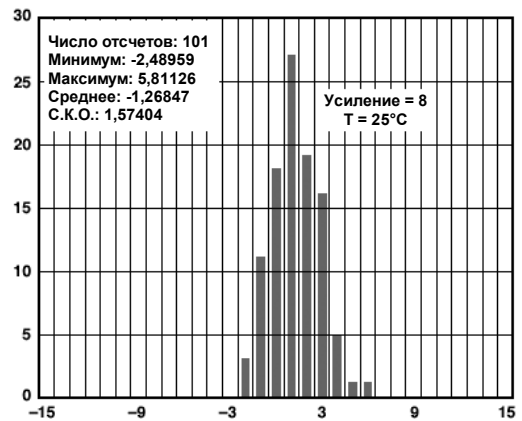
Тип. хар. 9. Погрешность в % при различной температуре, внешний И.О.Н. (Кус = 2)



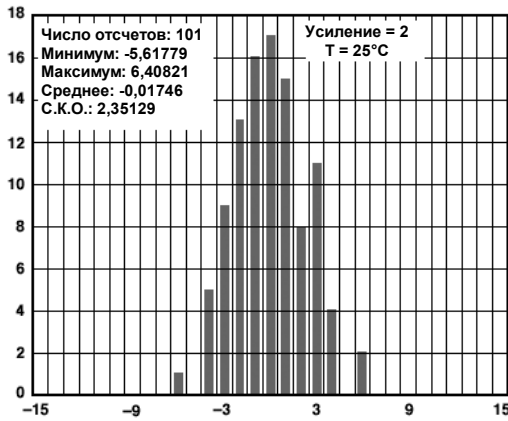
Тип. хар. 12. Схема, с помощью которой снимались приведенные характеристики



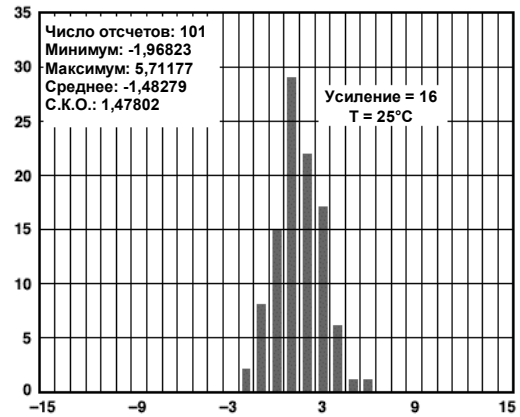
Тип. хар. 13. Гистограмма распределения напряжения смещения в канале V1 (Кус = 1)



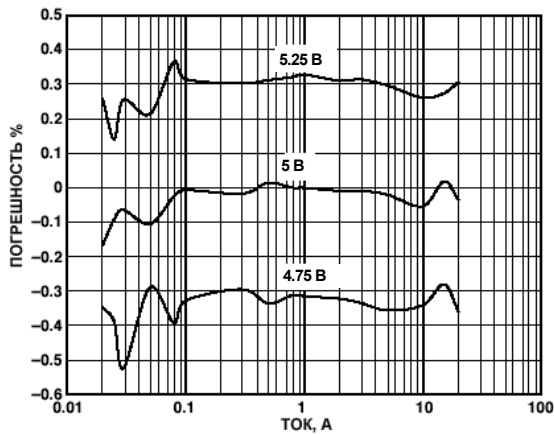
Тип. хар. 16. Гистограмма распределения напряжения смещения в канале V1 (Кус = 8)



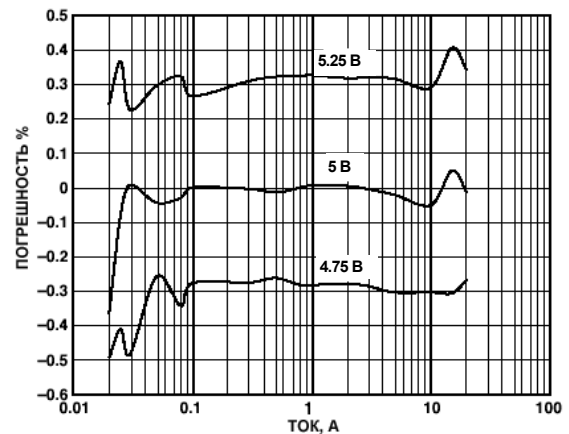
Тип. хар. 14. Гистограмма распределения напряжения смещения в канале V1 (Кус = 2)



Тип. хар. 17. Гистограмма распределения напряжения смещения в канале V1 (Кус = 16)



Тип. хар. 15. Влияние нестабильности напряжения питания, внутренний И.О.Н. (Кус = 16)



Тип. хар. 18. Влияние нестабильности напряжения питания, внешний И.О.Н. (Кус = 16)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАБОТЫ ИС ADE7755

Два имеющихся в ИС АЦП преобразуют в цифровой вид сигналы напряжения, поступающие от преобразователей напряжения и тока. Эти АЦП представляют собой 16-разрядные дельта-сигма АЦП второго порядка с частотой дискретизации 900 кГц. Такая структура аналоговых входов значительно упрощает интерфейс с преобразователем за счет обеспечения широкого динамического диапазона, достаточного для прямого подключения к преобразователю, а также упрощает устройство антиалиазингового фильтра. Возможность программирования коэффициента усиления в токовом канале еще более упрощает интерфейс с преобразователем. Фильтр высокой частоты в токовом канале устраняет составляющую постоянного тока из токового сигнала. Этим исключается всякая погрешность при подсчете активной мощности, связанная с наличием постоянного смещения в сигналах напряжения или тока (см. разделы "Фильтр высокой частоты" и "Эффекты смещения").

Активная мощность вычисляется из сигнала мгновенной мощности. Сигнал мгновенной мощности вычисляется прямым перемножением сигналов тока и напряжения. Для того чтобы получить сигнал активной мощности (т.е. постоянную составляющую сигнала мгновенной мощности) сигнал мгновенной мощности пропускается через низкочастотный фильтр. На рис. 2 изображена форма сигнала мгновенной мощности и показано, как информация об активной мощности может быть извлечена путем низкочастотной фильтрации сигнала мгновенной мощности. Эта схема позволяет корректно вычислять активную мощность при формах тока и напряжения несинусоидальной формы и при любых коэффициентах мощности (PF). Вся обработка сигналов осуществляется в цифровом виде для получения максимальной температурной и временной стабильности.

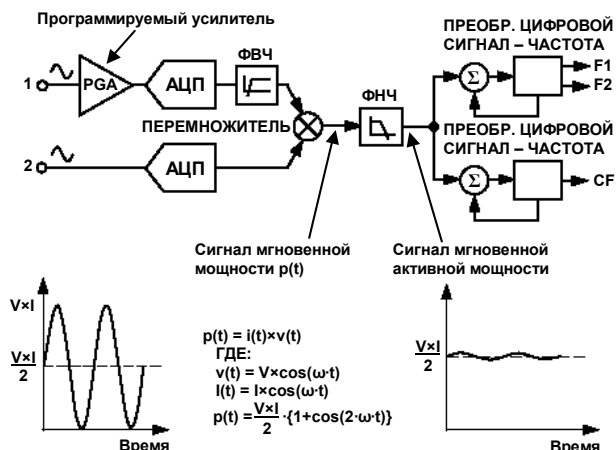


Рис. 2. Структурная схема устройства

Низкочастотный выходной сигнал ИС ADE7755 генерируется в соответствии с информацией о действительной мощности. Низкая частота импульсов в сущности означает большое время накопления между выходными импульсами. Таким образом, выходная частота пропорциональна средней активной мощности. Информация о средней активной мощности может быть, в свою очередь, подсчитана (например, счетчиком) для получения данных о количестве потребленной электроэнергии. Сигнал на выходе CF имеет высокую частоту и короткое время интеграции, поэтому частота сигнала на выходе CF пропорциональна мгновенному значению активной мощности. Этот выход используется для калибровки, которая должна производиться при определенных, неизменных условиях нагрузки.

Аспекты, связанные с коэффициентом мощности Методика, используемая для извлечения информации об активной мощности из сигнала мгновенной мощности (т.е. низкочастотная фильтрация) остается эффективной, даже когда сигналы тока и напряжения не совпадают по фазе. На рис. 3 показаны формы сигналов при единичном коэффициенте мощности и при коэффициенте мощности (PF, Power Factor) $\cos \phi = 0,5$, то есть в условиях, когда токовый сигнал отстает от напряжения на 60° . Предположим, что формы сигналов напряжения и тока синусоидальны, тогда действительная составляющая мощности мгновенного сигнала (т.е. постоянная составляющая) будет равна:

$$\frac{V \cdot I}{2} \cdot \cos(60^\circ)$$

Эта формула корректна при подсчете активной мощности.

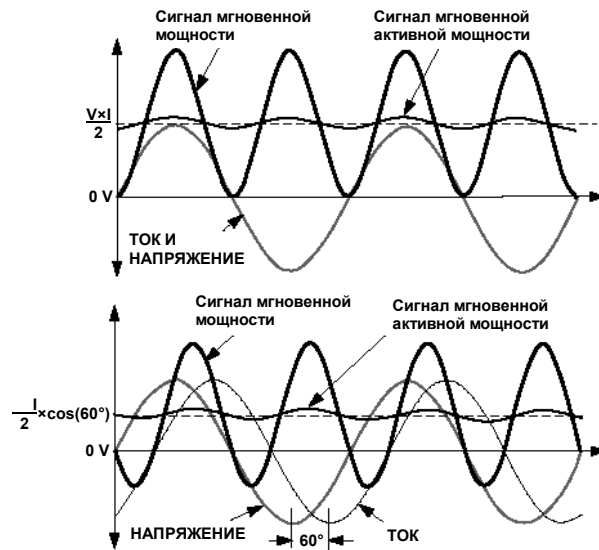


Рис. 3. Постоянная составляющая сигнала мгновенной мощности содержит информацию об активной мощности.

ADE7755

Несинусоидальное напряжение и ток

Рассматриваемый подход к вычислению активной мощности остается в силе, если формы сигналов напряжения и тока несинусоидальны. Все сигналы напряжения и тока на практике имеют некоторые гармонические составляющие. При помощи преобразования Фурье сигналы мгновенных значений напряжения и тока можно выразить в виде суммы гармонических составляющих:

$$v(t) = V_0 + \sqrt{2} \cdot \sum_{h \neq 0}^{\infty} V_h \cdot \sin(h\omega t + \alpha h) \quad (1)$$

где:

$v(t)$ – мгновенное значение напряжения
 V_0 – среднее значение напряжения
 V_h – среднеквадратичное значение гармоники номер h
 αh – значение фазы гармоники номер h

$$i(t) = I_0 + \sqrt{2} \cdot \sum_{h \neq 0}^{\infty} I_h \cdot \sin(h\omega t + \beta h) \quad (2)$$

где:

$i(t)$ – мгновенное значение тока
 I_0 – среднее значение тока
 I_h – среднеквадратичное значение гармоники номер h
 βh – значение фазы гармоники номер h

С использованием уравнений 1 и 2, значение активной мощности может быть вычислено как сумма активной мощности основной частоты и активной мощности гармоник

$$P = P_1 + P_H$$

где

$$P_1 = V_1 \times I_1 \cdot \cos\phi_1 \quad (3)$$

$$\phi_1 = \alpha_1 - \beta_1$$

$$P_H = \sum_{h \neq 1}^{\infty} V_h \times I_h \cos\phi_h \quad (4)$$

$$\phi_h = \alpha_h - \beta_h$$

Как видно из уравнения 4, гармоническая составляющая активной мощности определяется всеми гармониками, при условии, что гармоника представлена в сигнале тока, и в сигнале напряжения. Ранее было показано, что вычисление коэффициента мощности происходит корректно в случае чистой синусоиды; следовательно, активная мощность несинусоидального сигнала должна вычисляться также корректно, с учетом коэффициента мощности, так как этот сигнал состоит из ряда чистых синусоид. Обратите внимание, что ширина полосы входного сигнала составляет 14 кГц при частоте тактового сигнала 3,5795 МГц.

АНАЛОГОВЫЕ ВХОДЫ

Канал V1 (Токовый канал)

Выходной сигнал напряжения с преобразователя тока подается на данный вход ИС ADE7755. Канал V1 имеет полностью дифференциальный вход напряжения. V1P – это положительный вход относительно V1N. Максимальный пиковый дифференциальный сигнал на входе канала V1 не должен превышать ± 470 мВ (соответствует среднеквадратичному значению 330 мВ для чисто синусоидального сигнала), при этом будут обеспечены параметры, соответствующие техническому описанию. Обратите внимание, что канал V1 имеет программируемый коэффициент усиления (PGA) с выбором коэффициента усиления из ряда 1, 2, 8 или 16 (см. таблицу 1). Эта особенность позволяет сделать интерфейс между ИС ADE7755 и преобразователем тока более простым.

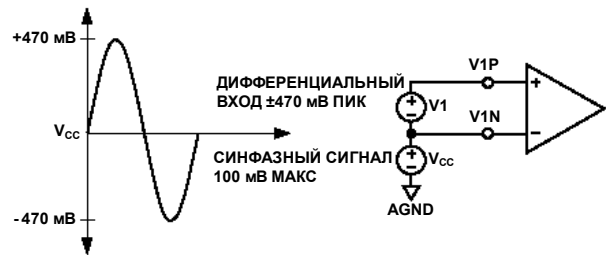


Рис. 4. Максимальные уровни сигнала, канал V1, $K_{ус} = 1$

График на рис. 4 показывает максимальные уровни сигнала на входах V1P и V1N. Максимально допустимое дифференциальное напряжение составляет ± 470 мВ, деленные на выбранный коэффициент усиления. Дифференциальный сигнал на входах должен подаваться относительно AGND. Максимально допустимый синфазный сигнал составляет ± 100 мВ, как показано на рис. 4.

Табл. 1. Установка коэффициента усиления в канале V1

G1	G0	$K_{ус}$	Максимальный дифференциальный сигнал
0	0	1	± 470 мВ
0	1	2	± 235 мВ
1	0	8	± 60 мВ
1	1	16	± 30 мВ

Канал V2 (Канал напряжения)

Данный аналоговый вход микросхемы ADE7755 используется для подачи сигнала от преобразователя напряжения сети. Канал V2 имеет полностью дифференциальный вход напряжения. Максимальный пиковый дифференциальный сигнал на входе канала V2 не должен превышать ± 660 мВ. График на рис. 5 показывает максимально допустимые уровни сигнала на входе канала V2 ИС ADE7755.

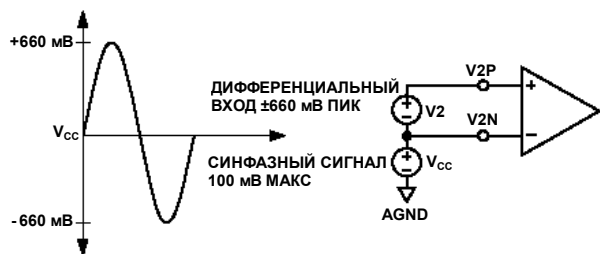


Рис. 5. Максимальные уровни сигнала, канал V2

На канал V2 дифференциальный сигнал напряжения должен подаваться относительно земли (обычно AGND). Синфазный сигнал на входе канала V2 может достигать 100 мВ относительно AGND. Однако, наилучшего результата можно достичь, если синфазный сигнал на входе равен нулю.

Типичная схема включения

На рис. 6 показана типичная схема включения для канала V1. В этом примере в качестве преобразователя тока применен трансформатор тока (СТ). Обратите внимание, что синфазное напряжение на входе канала V1 равно напряжению AGND и оно достигается путем подключения к земле средней точки двух шунтирующих резисторов Rb. Это обеспечивает противофазный аналоговый сигнал на VIP и VIN. Соотношение числа витков трансформатора тока (СТ) и номиналы шунтирующих резисторов Rb выбраны такими, чтобы получить максимальное дифференциальное напряжение ±470 мВ при единичном коэффициенте усиления и максимальной нагрузке.

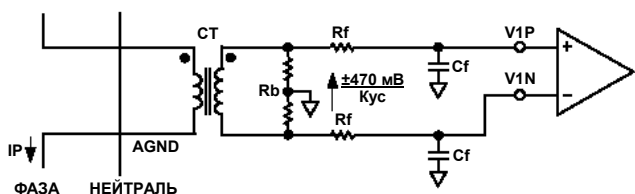


Рис. 6. Типичная схема включения канала V1

На рис. 7 показаны две типичных схемы включения для канала V2. В первом варианте используется трансформатор напряжения (РТ), благодаря чему достигается полная гальваническая развязка от сети. Во втором варианте ИС ADE7755 соединена с нейтральным проводом, и резистивный делитель обеспечивает сигнал напряжения, который пропорционален напряжению сети. Подбор соотношения Ra, Rb и VR – это также удобный путь для того, чтобы выполнить калибровку счетчика.

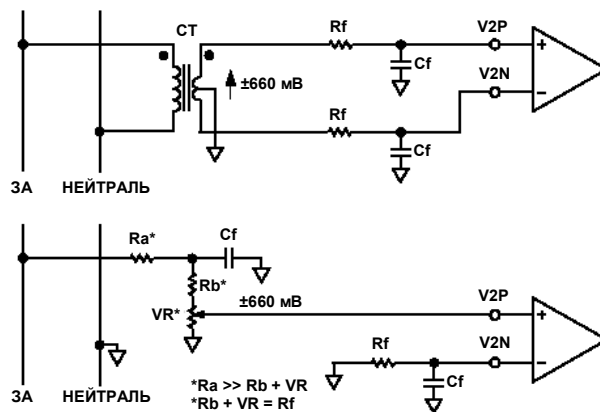


Рис. 7. Типичные схемы включения канала V2

СХЕМА КОНТРОЛЯ НАПЯЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Микросхема ADE7755 содержит встроенную схему контроля (монитор) напряжения источника питания. ИС ADE7755 постоянно отслеживает напряжение питания аналоговой части. Если напряжение питания падает ниже $4V \pm 5\%$, микросхема ADE7755 переходит в состояние сброса. Это необходимо, чтобы гарантировать корректный запуск прибора при включении и выключении питания. Схема контроля напряжения источника питания обладает гистерезисом и фильтрующими свойствами. Это обеспечивает низкую вероятность ложного срабатывания при работе с источником питания, имеющим шумы. На рис. 8 уровень срабатывания равен 4 В. Разброс этого уровня составляет около $\pm 5\%$. Источник питания и развязка для этого прибора должны быть такими, чтобы пульсации на AVDD не выходили за пределы $5V \pm 5\%$, что необходимо для нормальной работы.

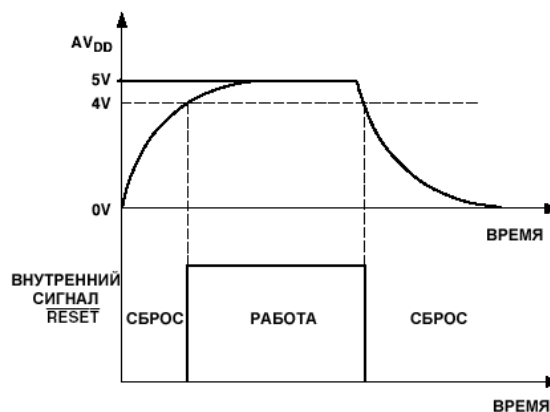


Рис. 8. Работа встроенной схемы контроля напряжения источника питания

ADE7755

Фильтр высокой частоты и влияние смещения.

Рис. 9 иллюстрирует эффект влияния напряжения смещения на результат подсчета активной мощности. Наличие напряжения смещение в каналах V1 и V2 приведет к тому, что в результате перемножения сигналов появится постоянная составляющая. Так как постоянная составляющая выделяется фильтром низкой частоты, она будет регистрироваться как активная мощность. Если не осуществлена соответствующая фильтрация, постоянное смещение будет вносить погрешность в результат подсчета энергии.

Эта проблема легко устраняется путем включения фильтра высокой частоты в канале V1 (т.е. подачи на вход АС/DC напряжения высокого уровня). После удалении постоянной составляющей хотя бы из одного канала, компонент погрешности, обусловленный влиянием постоянного смещения, исчезнет после перемножения сигналов. Погрешность вида $\cos(\omega t)$ устраняется с помощью фильтра низкой частоты, а также во время преобразования цифрового сигнала в частоту (см. раздел "Преобразование цифрового сигнала в частоту").

$$\{V\cos(\omega t) + V_{OS}\} \times \{I\cos(\omega t) + I_{OS}\} =$$

$$\frac{V \times I}{2} + V_{OS} \times I_{OS} + V_{OS} \times I\cos(\omega t) + I_{OS} \times V\cos(\omega t)$$

$$+ \frac{V \times I}{2} \times \cos(2\omega t)$$

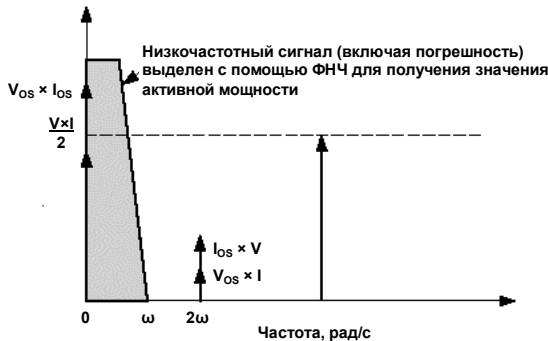


Рис. 9. Влияние напряжения смещения на результат подсчета активной мощности

Высокочастотный фильтр в канале V1 вносит в сигнал фазовый сдвиг, который компенсируется в микросхеме. Эта компенсация фазы действует, когда высокочастотный фильтр включен и она отсутствует, если высокочастотный фильтр выключен. На рисунках 10 и 11 показана погрешность сдвига фаз между каналами, когда схема компенсации функционирует. В ИС ADE7755 компенсация фазы действует до частоты 1 кГц, как видно из рисунка. Она обеспечивает корректное вычисление активной мощности гармоник даже при малых значениях коэффициента мощности.

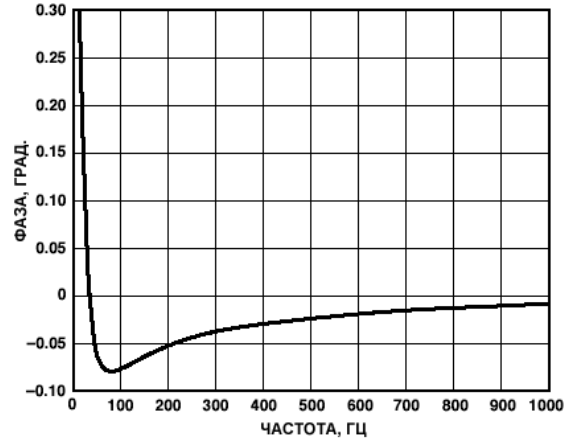


Рис. 10. Погрешность сдвига фазы между каналами (0 Гц – 1 кГц)

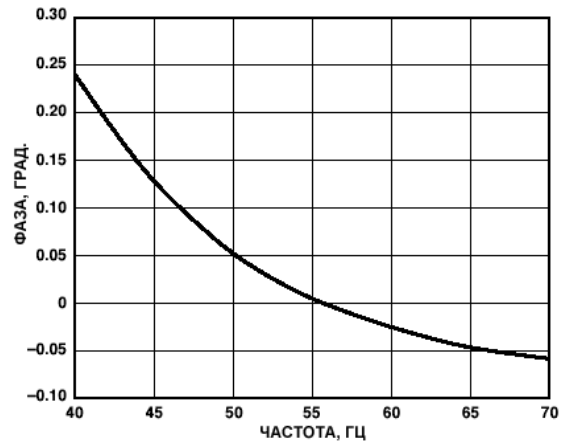


Рис. 11. Погрешность сдвига фазы между каналами (40 Гц – 70 Гц)

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЦИФРОВОГО СИГНАЛА В ЧАСТОТУ

Как уже было сказано, на цифровом выходе низкочастотного фильтра после перемножения содержится информация об активной мощности. Однако, так как данный низкочастотный фильтр не обладает идеальной прямоугольной характеристикой, выходной сигнал также содержит подавленные составляющие на частоте сети и ее гармониках, т.е. $\cos(h \omega t)$, где $h=1, 2, 3$, и так далее. Амплитуда на выходе фильтра вычисляется с помощью уравнения

$$|H(f)| = \frac{1}{1 + (f/8.9 \text{ Гц})} \quad (5)$$

Таким образом, при частоте сети 50 Гц коэффициент ослабления компоненты с частотой 2ω (100 Гц) составит приблизительно -22 dBs. Доминирующая гармоника будет иметь вид $\cos(2\omega t)$, т.е. она будет находиться на удвоенной частоте сети, т.к. такую частоту имеет сигнал мгновенной мощности. На рис. 12 показано значение сигнала мгновенной активной мощности на выходе фильтра низкой частоты; в этом

сигнале по-прежнему содержится информация о мгновенной мощности, т.е. составляющая вида $\cos(2\omega t)$. Этот сигнал затем поступает на преобразователь цифрового сигнала в частоту, где он интегрируется (накапливается) за какое-то время; таким образом определяется частота выходного сигнала. Этот процесс накапливания сигнала обеспечивает подавление или усреднение всех переменных составляющих в сигнале мгновенного значения активной мощности. Усредненная величина синусоидального сигнала составляет ноль. Поэтому частота на выходе ИС ADE7755 будет пропорциональна среднему значению активной мощности. На рис. 12 проиллюстрирован процесс преобразования цифрового сигнала в частоту при постоянной нагрузке, т.е. при неизменном токе и напряжении.

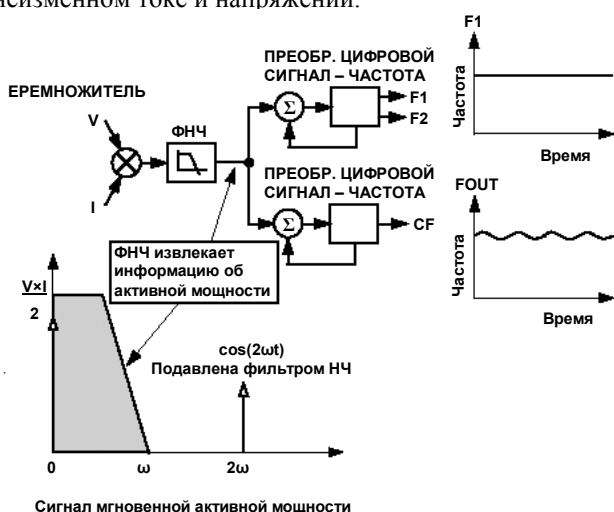


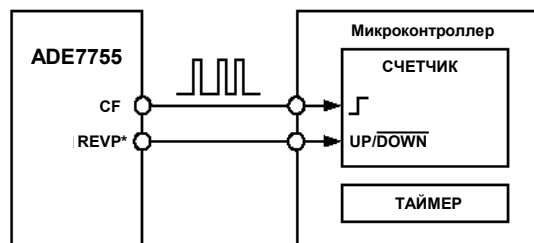
Рис. 12. Преобразование сигнала активной мощности в частоту

Как видно из графика на рис. 12, частота на выходе CF изменяется даже при неизменных условиях нагрузки. Это изменение частоты обусловлено прежде всего составляющей вида $\cos(2\omega t)$ сигнала мгновенной активной мощности. Выходная частота на выводе CF может быть в 2048 раз выше, чем частота на выводах F1 и F2. Эта более высокая частота генерируется за счет того, что сигнал мгновенной активной мощности накапливается за более короткое время. Более короткий период накопления означает меньшее сглаживание составляющей вида $\cos(2\omega t)$. Как следствие этого, сигнал мгновенной мощности частично проходит через блок преобразования цифрового кода в частоту. Но это не приводит к каким-либо проблемам при работе устройства. Если выход CF используется для калибровки, то частота усредняется в частотомере и любые пульсации устраняются. Если вывод CF используется для подсчета потребляемой энергии, например, когда ИС ADE7755 применяется совместно с микропроцессором, то при подсчете потребляемой энергии сигнал на выходе CF также должен быть

усреднен. Так как на выходах F1 и F2 вырабатывается сигнал гораздо более низкой частоты, при этом осуществляется большее усреднение сигнала мгновенной мощности. В результате синусоидальная составляющая сигнала средней мощности сильно ослабляется и на выходах F1 и F2 периодических изменений частоты практически нет.

Подключение ИС ADE7755 к микроконтроллеру с целью подсчета потребляемой энергии

Простейший способ подключения ИС ADE7755 к микроконтроллеру обеспечивается при использовании высокочастотного выхода CF с учетом того, что частота на выходе CF в 2048 раз выше, чем на F1 и F2. Для этого необходимо установить сигналы на входах: $SCF = 0$ и $S0 = S1 = 1$ (см. таблицу IV). При максимальном значении сигнала переменного тока на аналоговых входах частота на выходе CF составит приблизительно 5,5 кГц. На рис. 13 показана одна из возможных схем, применяемых для подсчета выходной частоты и для необходимого усреднения, о котором говорилось в предыдущем разделе.



Вывод REV необходимо использовать, если счетчик двунаправленный или необходимо знать направление передачи энергии

Рис. 13. Подключение ИС ADE7755 к микроконтроллеру

Как показано на схеме, частотный выход CF подключен к счетчику или порту микроконтроллера. Это обеспечивает подсчет импульсов за заданное время интеграции, которое определяется внутренним таймером микроконтроллера. Средняя мощность пропорциональна средней частоте в соответствии с формулой:

$$\text{Сред. частота} = \text{Сред. активная мощность} = \frac{\text{Показания счётчика}}{\text{Показания таймера}}$$

ADE7755

Количество электроэнергии, потребленной за период интеграции, равно:

$$\text{Энергия} = \text{Сред.мощность} \times \text{Время} =$$

$$\frac{\text{Показания счётчика}}{\text{Время}} \times \text{Время} = \text{Показания счётчика}$$

При калибровке время интеграции может составлять от 10 до 20 секунд для накопления количества импульсов, достаточного для усреднения частоты. При обычной работе время интеграции может быть сокращено до 1-2 секунд в зависимости, например, от частоты обновления показаний индикатора. При малом времени интеграции количество энергии, подсчитанное за каждый период интеграции, может все еще иметь некоторый разброс даже при неизменных условиях нагрузки. Однако через минуту или больше измеренное количество потребленной энергии будет усреднено.

Аспекты, связанные с измерением мощности

Подсчитанная и отображенная информация о потребленной энергии всегда будет иметь какие-то колебания, величина которых зависит от длительности запрограммированного в микроконтроллере периода интеграции. Например, при некоторой небольшой величине нагрузки, выходная частота составляет 10 Гц. Если период интеграции равен двум секундам, будет подсчитано всего около 20 импульсов. Всегда существует возможность пропустить один импульс, так как сигнал на выходе ИС ADE7755 не синхронизирован с таймером микроконтроллера. Это приведет к ошибке в одну двадцатую (или 5%) при измерении мощности.

ПЕРЕДАТОЧНАЯ ФУНКЦИЯ

Частотные выходы F1 и F2

ИС ADE7755 вычисляет произведение двух сигналов напряжения (в каналах V1 и V2) и затем подвергает результат произведения низкочастотной фильтрации, чтобы получить информацию об активной мощности. Затем эта информация преобразуется в частоту. Информация выдается на выходы F1 и F2 в виде импульсов с низким активным уровнем. Частота импульсов на этих выходах относительно низкая, например, она составляет 0,34 Гц максимум для сигналов переменного тока при установленных входах S0 = S1 = 0 (см. таблицу III). Это означает, что частота импульсов на этом выходе определяется значением активной мощности, усредненным за довольно длительный период времени. В результате мы получаем импульсы, частота которых пропорциональна среднему значению активной мощности. Усреднение сигнала активной мощности происходит автоматически в процессе преобразования цифрового сигнала в частоту. Частота импульсов на выходе зависит от входного напряжения сигналов следующим образом:

$$\text{Частота} = \frac{8,06 \cdot V1 \cdot V2 \cdot K_{ус} \cdot F_{1-4}}{V_{и.о.н.}^2}$$

где:

Частота = частота на выходах F1 и F2 (Гц)

V1 = дифференциальное напряжение сигнала

(среднеквадратичное значение) на входе канала V1 (В)

V2 = дифференциальное напряжение сигнала

(среднеквадратичное значение) на входе канала V2 (В)

K_{ус} = усиление программируемого усилителя в канале

V1, равно 1, 2, 8, или 16, в зависимости от логических

сигналов, установленных на входах G0 и G1

V_{и.о.н.} = опорное напряжение (2,5 В ± 8%) (В)

F1-4 = одна из четырех возможных частот, выбираемая при помощи логических сигналов на входах S0 и S1 — см. таблицу II

Табл. II. Установка частоты с помощью входов S0 и S1

S1	S0	F ₁₋₄ , Гц	XTAL/CLKIN*
0	0	1,7	3,579 МГц/2 ²¹
0	1	3,4	3,579 МГц/2 ²⁰
1	0	6,8	3,579 МГц/2 ¹⁹
1	1	13,6	3,579 МГц/2 ¹⁸

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ:

*Частота F₁₋₄ является частным от деления частоты кварцевого резонатора на 2^N, где N = 18...21, поэтому она будет различной для различных кварцевых резонаторов.

Пример 1

Пусть на дифференциальные входы каналов V1 и V2 поданы сигналы постоянного напряжения +470 мВ и -660 мВ соответственно.

(470 мВ – это максимальное дифференциальное напряжение, которое может быть подано на вход канала V1; 660 мВ – максимальное дифференциальное напряжение, которое может быть подано на вход канала V2). Тогда ожидаемая частота на выходе подсчитывается следующим образом:

$$K_{ус} = 1, G0 = G1 = 0$$

$$F_{1-4} = 1,7 \text{ Гц}, S0 = S1 = 0$$

$$V1 = +470 \text{ мВ (пост.тока)} = 0,47 \text{ В}$$

$$V2 = -660 \text{ мВ (пост.тока)} = 0,66 \text{ В}$$

$$V_{и.о.н.} = 2,5 \text{ В (номинальное значение)}$$

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ: Если используется встроенный источник опорного напряжения, действительная частота на выходе может несколько меняться от устройства к устройству, так как источник опорного напряжения имеет разброс ±8%.

$$\text{Частота} = \frac{8,06 \cdot 0,47 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 1,7}{2,5^2} = 0,68$$

Пример 2

В этом примере на вход V1 приложено переменное напряжение с амплитудным значением 470 мВ, а на вход V2 – с амплитудным значением 660 мВ. Тогда ожидаемая частота на выходе вычисляется так:

$K_{yc} = 1, G_0 = G_1 = 0$
 $F_{1-4} = 1.7 \text{ Гц}, S_0 = S_1 = 0$
 $V_1 = 470 \text{ мВ}/\sqrt{2} \text{ В}$ (среднеквадратичное значение для синусоидального сигнала с амплитудой 470 мВ)
 $V_2 = 660 \text{ мВ}/\sqrt{2} \text{ В}$ (среднеквадратичное значение для синусоидального сигнала с амплитудой 660 мВ)
 $V_{и.о.н.} = 2,5 \text{ В}$ (номинальное значение)
ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ: Если используется встроенный источник опорного напряжения, действительная частота на выходе может несколько меняться от устройства к устройству, так как источник опорного напряжения имеет разброс $\pm 8\%$.

$$Частота = \frac{8.06 \cdot 0.47 \cdot 0.66 \cdot 1 \cdot 1.7}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{2} \cdot 2.5^2} = 0,34$$

Как можно убедиться на этих двух примерах, максимальная частота на выходе в случае измерения мощности переменного тока всегда приблизительно в два раза ниже, чем при измерении мощности постоянного тока. В таблице III показан полный список всех возможных максимальных частот на выходе.

Табл. III. Макс. значения частоты на выходах F1 и F2

S1	S0	Максимальное значение частоты для постоянного тока, Гц	Максимальное значение частоты для переменного тока, Гц
0	0	0.68	0.34
0	1	1.36	0.68
1	0	2.72	1.36
1	1	5.44	2.72

Частотный выход CF

Импульсный выход CF (Calibration Frequency) предназначен для использования в целях калибровки. Частота импульсов на выходе CF может быть в 2048 раз выше, чем частота импульсов на выходах F1 и F2. Чем ниже выбранная частота F_{1-4} , тем больше множитель, определяющий соотношение частот на выходе CF и F1, F2, за исключением высокочастотного режима, когда установлены сигналы $SCF = 0, S_1 = S_0 = 1$. В таблице IV показано, каким образом соотносятся частоты в зависимости от сигналов, установленных на входах S0, S1, и SCF. Благодаря тому, что частота импульсов на выходе CF достаточно высока, эта частота несет информацию о мгновенной активной мощности. Точно так же, как и для выходов F1 и F2, частота на выходе CF определяется значением на выходе низкочастотного фильтра после перемножителя. Однако, за счет того, что выходная частота велика, информация об активной мощности накапливается в течение более короткого промежутка времени. Следовательно, сигнал подвергается меньшей степени усреднения во время

преобразования цифрового сигнала в частоту. При гораздо меньшем времени усреднения сигнала активной мощности, сигнал на выходе CF быстрее реагирует на колебания мощности (см. рис. 2, структурную схему устройства).

Табл. IV. Макс. значения частоты на выходах F1 и F2

SCF	S1	S0	F_{1-4} (Гц)	Макс. частота на выходе CF, Гц
1	0	0	1.7	$128 \cdot F_{1,F2} = 43.52$
0	0	0	1.7	$64 \cdot F_{1,F2} = 21.76$
1	0	1	3.4	$64 \cdot F_{1,F2} = 43.52$
0	0	1	3.4	$32 \cdot F_{1,F2} = 21.76$
1	1	0	6.8	$32 \cdot F_{1,F2} = 43.52$
0	1	0	6.8	$16 \cdot F_{1,F2} = 21.76$
1	1	1	13.6	$16 \cdot F_{1,F2} = 43.52$
0	1	1	13.6	$2048 \cdot F_{1,F2} = 5.57 \text{ кГц}$

ВЫБОР ЧАСТОТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЧЕТЧИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Как показано в таблице II, проектировщик может выбрать одну из четырех частот. Этот выбор определяет максимальную частоту на выходах F1 и F2. Эти выходы предназначены для управления счетным механизмом (электромеханическим или каким-либо другим). Так как есть возможность выбирать только из четырех различных значений выходной частоты, доступный выбор частот оптимизирован для постоянной счетчика, равной 100 импульсам/кВт·ч при максимальном токе в пределах от 10 А до 120 А. В таблице V приведены значения выходных частот для нескольких величин максимального тока (IMAX) при напряжении сети 220 В. Во всех случаях постоянная счетчика равна 100 импульсам/кВт·ч.

Табл. V. Частоты на выходах F1 и F2 при постоянной счётчика 100 имп./кВт·ч

$I_{\text{макс}}$	F1 и F2 (Гц)
12.5 А	0.076
25 А	0.153
40 А	0.244
60 А	0.367
80 А	0.489
120 А	0.733

Возможность выбора частоты F_{1-4} позволяет обеспечить полное перекрытие этого диапазона частот на выходах F1 и F2. При разработке счетчика электроэнергии номинальное напряжение на входе канала V2 (канал

ADE7755

напряжения) должно быть установлено равным половине максимального напряжения (середина шкалы), чтобы обеспечить возможность калибровки постоянной счетчика. На входе канала измерения тока также должно быть напряжение, не превышающее половины максимального, когда счетчик показывает максимальную нагрузку. Это обеспечит для устройства возможность работать с запасом по максимальному току, а также работать с сигналами с большим пик-фактором (с большим отношением амплитудного значения к среднеквадратическому). В таблице VI показаны значения частот на выходах F1 и F2 при условии, что на оба аналоговых входа поданы напряжения, равные половине максимального. Частоты, перечисленные в таблице VI, очень близки к значениям частот, перечисленным в таблице V для максимальной нагрузки.

Табл. VI. Частоты на выходах F1 и F2 при нагрузке, равной половине от максимальной

S1	S0	F ₁₋₄ , Гц	Частоты на выходах F1 и F2 при половинной нагрузке
0	0	1,7	0.085 Гц
0	1	3,4	0.17 Гц
1	0	6,8	0.34 Гц
1	1	13,6	0.68 Гц

При выборе подходящей частоты F₁₋₄ в процессе разработки счетчика, при токе I_{MAX} (максимальная нагрузка) и для постоянной счетчика, равной 100 импульсам/кВт·ч, выходную частоту необходимо сравнить со значениями, приведенными в четвертом столбце таблицы VI. По ближайшей частоте в таблице VI определяется оптимальная частота (F₁₋₄). Например, необходимо разработать счетчик для максимального тока 25 А; частота на выходах F1 и F2 при постоянной счетчика, равной 100 импульсам/кВт·ч будет составлять 0,153 Гц при токе 25 А и напряжении сети 220 В (из таблицы V). Затем смотрим таблицу VI; ближайшая к 0,153 Гц частота в четвертом столбце представлена значением 0,17 Гц. Таким образом, для данного счетчика выбираем значение F₂ (3,4 Гц, см. таблицу II).

Частотные выходы

На рис. 1 показаны временные диаграммы для различных частотных выходов. Выходы F1 и F2 – это низкочастотные выходы, которые могут быть использованы для управления напрямую шаговым двигателем или электромеханическим счетчиком импульсов. На выходах F1 и F2 обеспечиваются двухфазные низкочастотные импульсы. Ширина импульсов (t₁) равна 275 мс и время между спадами импульсов F1 и F2 (t₃) приблизительно равно половине периода F1 (t₂). Однако, если период F1 и F2 падает до

величины ниже 550 мс (1,81 Гц), то ширина импульсов F1 и F2 становится равной половине этого периода. Максимальные частоты на выходах F1 и F2 приведены в таблице III.

Высокочастотный выход CF предназначен для использования в целях связи с микроконтроллером и калибровки. На выходе CF появляются импульсы с активным высоким уровнем длительностью 90 мс, их частота пропорциональна активной мощности. Значения частот на выходе CF приведены в таблице IV. Так же как и в случае с F1 и F2, если период CF (t₅) сокращается до значения меньше 180 мс, ширина импульсов CF становится равной половине периода. Например, если частота на выходе CF равна 20 Гц, то ширина импульсов CF составляет 25 мс. ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ: Когда выбран высокочастотный режим (т.е. SCF = 0, S1 = S0 = 1), ширина импульсов CF представлена фиксированной величиной 18 мкс. Следовательно, t₄ будет всегда равно 18 мкс, независимо от значения частоты на выходе CF.

ПОРОГ ВЫКЛЮЧЕНИЯ ПО ОТСУТСТВИЮ НАГРУЗКИ

ИС ADE7755 обладает возможностью выключения счетчика, если величина нагрузки будет ниже определенного порога, благодаря чему исключается эффект "самохода" счетчика. Микросхема ADE7755 разработана так, чтобы обеспечивать минимальную выходную частоту во всех режимах, за исключением высокочастотного (SCF = 0 и S1 = S0 = 1). В этом режиме порог обнаружения отсутствия нагрузки не работает, чтобы ИС ADE7755 можно было использовать в специальных случаях.

Любая нагрузка, которой соответствует частота на выходе меньшая, чем определенная минимальная, не вызывает появления импульсов на выходах F1, F2 и CF. Эта минимальная выходная частота составляет 0,0014% от максимальной выходной частоты при соответствующем режиме частоты F₁₋₄ (см. таблицу II). Например, в счетчике электроэнергии при постоянной счетчика, равной 100 импульсам/кВт·ч, в режиме F₂ (3,4 Гц) минимальная выходная частота на выводах F1 и F2 будет равна 0,0014% от 3,4 Гц, или 4,76·10⁻⁵ Гц. Это будет соответствовать частоте 3,05·10⁻³ Гц на выходе CF (64·F1 Гц). В этом примере порог отключения счетчика будет соответствовать нагрузке 1,7 Вт, или току 8 мА при напряжении 220 В. Стандарт IEC1036 устанавливает, что счетчик должен запускаться при токе нагрузки, равном или меньшем 0,4% от I_b. Для счетчика, рассчитанного на ток 5 А (I_b = 5 А), 0,4% будет соответствовать значению тока 20 мА. Таким образом, ток запуска счетчика в устройстве на ИС ADE7755 удовлетворяет требованиям IEC. Как показано в этом примере, выбор режима частоты F1–F4 будет определять пороговый ток срабатывания счетчика.

УСТАНОВОЧНЫЕ РАЗМЕРЫ
 Размеры показаны в дюймах и (мм)

24-выводной корпус SSOP (RS-24)

