

максимального напряжения $U_{вх}$ нужно выбирать $R_{инт}$ ближе к верхнему пределу, для минимального — к нижнему. Емкость конденсатора $C_{инт}$ обычно равна 0,1...0,22 мкФ.

Для повышения точности измерения рекомендуют подключить один из выводов источников измеряемого и образцового напряжения к аналоговому общему проводу. Тем не менее представляет практический интерес дифференциальное подключение входов преобразователя к соответствующим источникам, когда ни один из входных выводов не соединен с общим проводом. При этом синфазное напряжение* на входе может принимать любое значение от нуля до $U_{пит}$.

Выходной сигнал идеального электронного устройства не зависит от синфазного напряжения на его входе. О таком устройстве говорят, что оно полностью подавляет синфазное напряжение помехи. У реального устройства подавление синфазного напряжения не бывает полным, а это приводит к разного рода погрешностям.

Подавление синфазного напряжения на входах преобразователя КР572ПВ5 по паспорту равно 100 дБ, но не указаны допустимые его границы, при которых АЦП еще сохраняет указанную точность. Поэтому пределы синфазного напряжения входов $U_{вх}$ и $U_{обр}$ были определены экспериментально. Напряжение $U_{обр}$ выбрано равным 100 мВ, $U_{вх}$ — 195 мВ, тактовая частота — 50 кГц, $C_{инт}$ — 0,22 мкФ, $R_{инт}$ — 47 кОм. Для такого сочетания параметров напряжение $U_{инт}$ на выходе интегратора DA2 и на конденсаторе $C_{инт}$ к концу этапа ЗИК, рассчитанное по формуле (1), равно 1,55 В.

Эксперимент заключался в том, что с помощью двух стабилизированных источников питания варьировалось синфазное напряжение одного из входов и по показаниям табло индикатора оценивалась погрешность измерения напряжения. Синфазное напряжение другого входа и значения $U_{вх}$ и $U_{обр}$ при этом оставались фиксированными посредством резистивных делителей. Затем таким же образом был исследован и другой вход.

В ходе эксперимента выяснилось, что синфазное напряжение входа $U_{обр}$ можно менять в полном интервале питающего напряжения при условии $U_{обр} < 2$ В и сохранении указанной полярности (рис. 3). Напряжение на каждом из входных выводов не должно выходить за пределы интервала.

Со входом $U_{вх}$ дело обстоит сложнее. Здесь следует рассмотреть два случая.

Если входной сигнал имеет полярность, соответствующую рис. 1 и 3, напряжение на выв. 31 должно быть меньше (отрицательнее), чем на выв. 1, не менее чем на 0,6 В. Это определено диапазоном линейной работы ОУ DA1 как повторителя. В конце этапа ЗИК напряжение на выходе интегратора DA2 (выв. 27) становится на $U_{инт}$ меньше, чем на выв. 30. Соотношение уровней напряжения на выводах иллюстрирует диаграмма на рис. 5, а — жирная линия в правой нижней части.

* Синфазным напряжением на входе называют среднее арифметическое двух значений напряжения, измеренных на одном входном выводе и на другом относительно любого провода питания.

С приближением синфазного напряжения входа $U_{вх}$ к нижней границе интервала $U_{пит}$ начинает сказываться нелинейность работы ОУ DA2. Для ОУ на транзисторах КМОП диапазон линейной работы ОУ близок к полному напряжению питания, поэтому напряжение на выв. 30 должно остаться большим, чем на выв. 26, на значение $U_{инт}$ плюс небольшой запас (около 0,2 В) — вторая жирная линия в левой нижней части рис. 5, а.

При противоположной полярности входного сигнала напряжение на выходе интегратора на $U_{инт}$ выше, чем на выв. 30 (рис. 5, б), поэтому именно оно определяет допустимое напряжение на выв. 30 вблизи верхней границы напряжения на выв. 1. Экспериментально определено, что запас также не должен быть менее 0,2 В, поэтому для $U_{инт} = 1,55$ В разность $U_{выв.1} - U_{выв.30}$ должна превышать 1,75 В.

С приближением синфазного напряжения входа $U_{вх}$ к напряжению на выв. 26 вновь основную роль начинает играть допустимый диапазон линейной работы ОУ DA1. Минимально допустимая разность $U_{выв.31} - U_{выв.26}$ — около 1 В (рис. 5, б).

Таким образом, жирные линии показывают крайние положения суммы $U_{инт} + U_{вх}$ на координатной оси напряжения как при одной, так и при другой полярности $U_{вх}$.

Из полученных результатов следует вывод, что для измерения напряжения сигнала, синфазная составляющая которого максимально близка к напряжению на выв. 1, источник сигнала следует подключать в полярности, показанной на рис. 1 и 3. Если синфазная составляющая близка к напряжению на выв. 26, полярность подключения надо сменить на противоположную. При переменной полярности измеряемого напряжения для получения возможно более широких пределов допустимого синфазного напряжения можно уменьшить напряжение $U_{инт}$ на выходе интегратора, например, до 0,5 В увеличением емкости конденсатора $C_{инт}$ или сопротивлением резистора $R_{инт}$ в соответствии с формулой (2).

Когда напряжение на входе $U_{вх}$ в процессе работы АЦП не меняет полярности, можно отказаться от конденсатора $C_{обр}$, но образцовое напряжение нужно будет подать на выв. 32 и один из выводов для подключения этого конденсатора. Образ-

цовое напряжение допустимо подавать плюсом к выв. 33, а минусом — к выв. 32, но тогда полярность входного напряжения необходимо изменить на обратную. Индикатор «высветит» знак минус (если, конечно, этот элемент индикатора подключен).

В случаях, когда полярность подключения напряжения $U_{вх}$ изменять нежелательно, можно иначе подать напряжение $U_{обр}$ — плюсом к выв. 32, минусом — к выв. 34. Знака минус на табло не будет, но для формирования образцового напряжения встроенный трехвольтовый источник окажется непригодным.

Для уменьшения влияния паразитной емкости монтажа на точность измерений, особенно при больших значениях синфазного напряжения, рекомендуется предусмотреть на печатной плате кольцевой проводник, охватывающий место монтажа элементов $C_{инт}$, $R_{инт}$ и $C_{АКН}$. Этот проводник соединяют с выв. 27 микросхемы. При использовании двусторонней печатной платы на обратной стороне напротив кольцевого проводника следует оставить фольговую экранирующую площадку, соединяемую с тем же выв. 27.

Цепь R7C6 на рис. 3 служит для защиты вывода + $U_{вх}$ от статического электричества в тех случаях, когда он может быть подключен к каким-либо элементам вне корпуса измерительного прибора, а вывод - $U_{вх}$ — к общему проводу. Если есть вероятность подключения к внешним цепям и других входов АЦП, их также защищают аналогичными цепями (как это сделано, например, в мультиметре [3] для входа $U_{вх}$). Сопротивление защитных резисторов входа $U_{обр}$ необходимо уменьшить до 51 кОм, иначе время установления показаний прибора будет слишком большим.

О емкости конденсаторов $C_{обр}$ и $C_{АКН}$. В различной литературе рекомендованы следующие значения: для максимального входного напряжения 200 мВ $C_{обр} = 1$ мкФ, $C_{АКН} = 0,47$ мкФ; то же для $U_{вх} = 2$ В — 0,1 и 0,047 мкФ. Если в процессе работы напряжение $U_{обр}$ (подаваемое на выв. 35 и 36) неизменно, то для увеличения точности работы АЦП емкость $C_{обр}$ может быть увеличена в несколько раз относительно указанных значений, а если может меняться (как, например, в [2,6,7]), емкость заметно увеличивать нежелательно, поскольку это увеличит время установления показаний.

Емкость конденсатора $C_{АКН}$ существенно влияет на время установления показаний после перегрузки входа преобразователя. Поэтому во всех упоминаемых приборах (кроме термометров [4, 5], где перегрузка практически невозможна) желательно придерживаться рекомендованных выше значений емкости.

Конденсатор интегратора $C_{инт}$ обязательно должен быть с диэлектриком, обладающим малой абсорбцией, например К71-5, К72-9, К73-16, К73-17. Для уменьшения времени установления показаний в тех случаях, когда на конденсаторах $C_{обр}$ и $C_{АКН}$ напряжение может изменяться, для них желательно использовать такие же конденсаторы. Если же напряжение на них не меняется, допустимо использование керамических конденсаторов, например КМ-6.

Поскольку принципу двойного интегрирования свойственна нечувствитель-

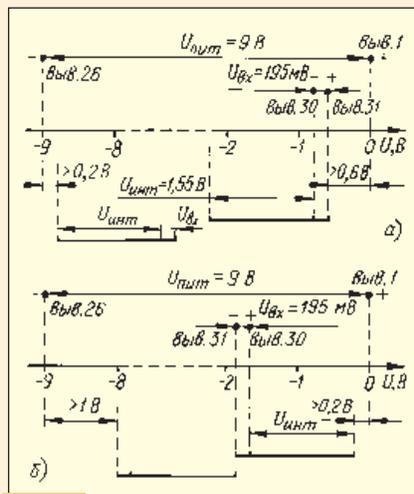


Рис. 5