

Типовые схемы подключения пьезоэлектрических датчиков на примере измерительной аппаратуры НПП «ГлобалТест»

Александр СИМЧУК, к. т. н.
Андрей ЦЫПЛЕНКОВ
Олег ШУКОВ
Николай АРХИПКИН
mail@globaltest.ru

В статье даны рекомендации по подключению к регистрирующей аппаратуре пьезоэлектрических датчиков: вибропреобразователей, датчиков давления и силы, преобразователей акустической эмиссии, вибровыключателей, виброконтроллеров, а также автономных датчиков мониторинга вибрации на примере измерительной аппаратуры научно-производственного предприятия «ГлобалТест» [1]. Рассмотрены основные моменты при монтаже датчиков и соединительных кабелей, на которые необходимо обращать внимание при установке измерительной датчиковой аппаратуры на объект контроля.

Введение

В настоящее время компания «ГлобалТест» выпускает полный спектр (более 300 типов) пьезоэлектрической датчиковой аппаратуры, включая вибропреобразователи с зарядовым выходом и со встроенной электроникой (широкого применения, промышленные и специального назначения), датчики давления, датчики силы, преобразователи акустической эмиссии, вибровыключатели, виброконтроллеры, автономные датчики мониторинга вибрации, калибраторы, усилители и согласующие электронные устройства. Их назначение — измерение и анализ механических колебаний и ударов, виброакустические исследования и испытания, непрерывный мониторинг и техническая диагностика промышленного оборудования, тестация рабочих мест и промышленная нитация.

Число заказчиков быстро растет и уже превышает 1000. Почти у каждого заказчика — свои специфические требования. Для разработчика это поиск новых технических решений, технологий, зачастую и поиск новых материалов. Но в конечном счете решение каждой новой задачи — это ступень в повышении квалификации разработчика и в его готовности к решению новых задач. В результате творческого сотрудничества с заказчиками был создан параметрический ряд измерительных датчиков, и НПП «ГлобалТест» решило к разработке согласующих устройств, позволяющих создавать «звенья» измерительных систем.

Анализ имеющегося технического задела, производственных, технологических и ме-

трологических возможностей показал, что предприятие готово поставлять полный спектр услуг по комплектации измерительных испытательных комплексов и диагностических систем.

Варианты этих систем и предлагаются в данной статье. Представлены решения для задач различной сложности, реализованные как на аппаратном, так и на программном уровне, чем теперь можно просто пользоваться.

Для разработчиков систем технического диагностирования правильный выбор датчика и схемы его подключения в измерительном канале с множеством обратных связей является определяющим для получения достоверных результатов измерения параметров контроля с требуемой погрешностью без учета влияния внешних факторов (температуры окружающей среды, деформации основания, акустического поля и т. д.). Рассмотренные в статье типовые схемы подключения датчиков к регистрирующей аппаратуре призваны помочь разработчикам систем технического диагностирования решить следующие технические задачи:

- согласование выходного сигнала датчика (по амплитуде, частоте, фазе или цифровому коду) с входными характеристиками (нагрузкой) регистрирующей аппаратуры;
- выбор линии связи для передачи сигналов от датчика к регистрирующей аппаратуре;
- минимизация вносимых в соединительную схему шумов, обусловленных электрическими и электромагнитными наводками от источников питания, радиостанций, механических ключей, а также

всплесками напряжения и тока, возникающими из-за процессов переключений в реактивных цепях;

- исключение дополнительных паразитных сигналов, связанных с неправильным подсоединением заземления.

Безусловно, в практике измерения механических величин и построения диагностических систем с пьезоэлектрическими датчиками уже сформулировано множество рекомендаций и существует много примеров и способов сочетаний комплектующих, но, к сожалению, сегодня так и не появилась возможность напрямую подключать пьезоэлектрические датчики к компьютеру.

Авторы не претендуют на универсальность предложенных решений. Цель этой статьи — обобщить рекомендации по согласованию пьезоэлектрических датчиков с измерительной аппаратурой.

Рекомендуемые схемы подключения пьезоэлектрических датчиков с зарядовым выходом

Основным элементом измерительных цепей пьезоэлектрических датчиков с зарядовым выходом являются предусилители. Главная задача предусилителей — преобразование высокого выходного импеданса датчика в более низкий, допускающий непосредственное соединение датчика с относительно низкоимпедансной измерительной, анализирующей или регистрирующей аппаратурой (например, осциллографом с сопротивлением по входу $R_{вх} = 1 \text{ МОм}$, анализатором спектра с сопротивлением по входу $R_{вх} = 100 \text{ кОм}$ и т. д.).

К другим задачам предусилителей относятся:

- согласование параметров, отображающих исследуемые механические величины, с параметрами сигналов (по амплитуде, частоте, фазе или цифровому коду) используемой аппаратуры;
- интегрирование пропорциональных ускорению сигналов пьезоэлектрических датчиков и, следовательно, получение сигналов, пропорциональных скорости или перемещению механических колебаний;
- сигнализация о перегрузке по входу и выходу;
- фильтрация обрабатываемых сигналов и, следовательно, исключение ненужных или нежелательных составляющих этих сигналов.

Входной каскад усилителей заряда состоит из операционного усилителя с емкостью обратной связи. И, по существу, он является электронным интегратором поступающего на его вход электрического тока. Напряжение на выходе последнего ($U_{\text{вых}}$) определяется из выражения [2]:

$$U_{\text{вых}} = \frac{Q_g}{\left(1 + \frac{1}{A}\right) C_{\text{ос}} + \frac{1}{A} (C_g + C_k + C_{\text{вх}})}, \quad (1)$$

где Q_g — электрический заряд датчика, пропорциональный виброускорению; A — коэффициент усиления операционного усилителя; $C_{\text{ос}}$ — емкость цепи обратной связи; C_g — емкость датчика; C_k — емкость соединительного кабеля; $C_{\text{вх}}$ — емкость входной цепи усилителя.

С учетом присущего современным операционным усилителям большого значения коэффициента усиления ($A \approx 10^5$), малой емкости входной цепи ($C_{\text{вх}} < 5$ пФ) и при условии $C_k < A C_{\text{ос}}$ выражение (1) принимает вид:

$$U_{\text{вых}} \approx Q_g / C_{\text{ос}}. \quad (2)$$

Из выражения (2) следует, что выходное напряжение входного каскада усилителя заряда пропорционально емкости обратной связи, то есть коэффициент преобразования по заряду усилителя почти не изменяется при изменении емкости соединительного кабеля. Применение соединительных кабелей большой длины и, соответственно, большой емкости (C_k) оказывает влияние на общую чувствительность по заряду канала, уменьшает отношение сигнал/шум и обуславливает небольшой спад амплитудно-частотной характеристики (на $\approx 5\%$) в области высоких частот (> 20 кГц).

Определим максимальную длину соединительного кабеля, в результате применения которого общая чувствительность по заряду канала «датчик — усилитель» изменится не более чем на 1%.

Предположив, что $C_{\text{ос}} = C_g = 1$ нФ и $A = 10^5$, с помощью приведенного ранее выражения (1) вычислим:

$$C_k = 0,01(A+1)C_{\text{ос}} = 0,01(10^5+1)1 = 10^3 \text{ нФ}.$$

Полученное значение соответствует длине кабеля 10 000 м при погонной емкости 100 пФ/м. Емкость цепи обратной связи $C_{\text{ос}}$ находится в пределах от 100 пФ до 10 нФ, что соответствует коэффициентам преобразования по заряду усилителя от 10 до 0,1 мВ/пКл.

Применение соединительных кабелей большой длины и с малым значением коэффициента преобразования по заряду усилителя сопровождается увеличением собственного шума и, следовательно, уменьшением общего отношения сигнала к шуму. Это следует из выражения, определяющего эквивалентный шум по заряду [2]:

$$q = -U_{\text{ш}} (C_k + C_{\text{ос}}), \quad (3)$$

где $U_{\text{ш}}$ — среднеквадратическое значение шума, приведенное ко входу, мкВ; C_k — емкость кабеля, нФ; $C_{\text{ос}}$ — емкость цепи обратной связи, нФ.

Перечисленные выше задачи решают [1]:

- усилители заряда — AP5000, AQ02, AQ07, AQ07-01, AP5220-8, AP5220-16;

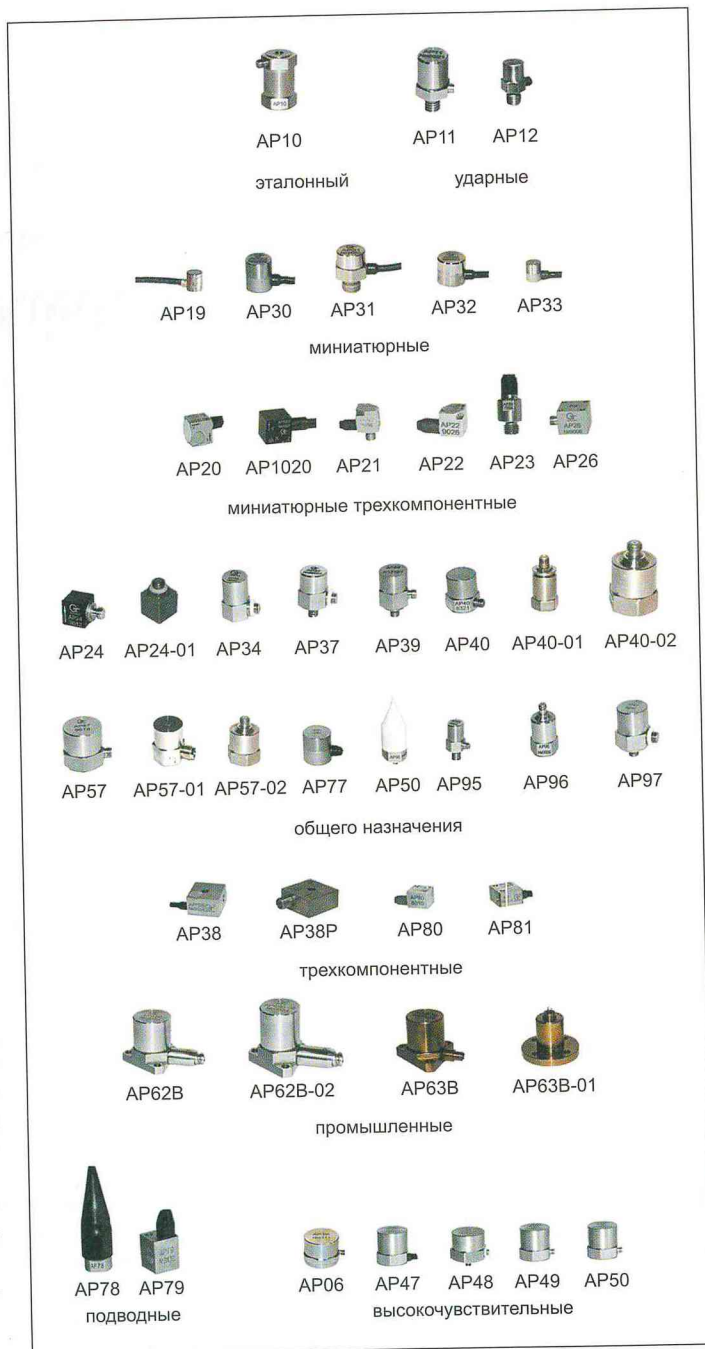


Рис. 1. Вибропреобразователи с зарядовым выходом

- усилители заряда дифференциальные — AP5001, AQ05, AQ08;
- усилители заряда и напряжения — AP5020, AP5230-16;
- измерительные усилители заряда и напряжения — AP5100, AP5200, AP5200-3, AP5200-4, AP5200-8-19", AP5210-4;
- усилители напряжения сигналов преобразователей акустической эмиссии — GT200A, GT200A-01, GT400A;
- усилители заряда преобразователей акустической эмиссии — GT500A, GT500A-01, GT500B.

Для передачи сигналов от датчиков с зарядовым выходом — вибропреобразователей (рис. 1), датчиков силы (рис. 2), датчиков динамического давления (рис. 3), преобразователей акустической эмиссии (рис. 4) — к усилителю заряда или непосредственно к регистрирующей аппаратуре, имеющей предусилитель заряда в своем составе, используется антивибрационный малошумящий кабель. Однако при измерении ускорений низкого уровня (единицы g) могут появляться эффекты, связанные с трибоэлектрическими явлениями в кабеле.

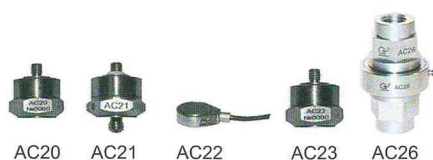


Рис. 2. Датчики силы



Рис. 3. Датчики динамического давления



Рис. 4. Преобразователи акустической эмиссии

При ударных нагрузках этот эффект пропорционален длине колеблющейся (незакрепленной) части кабеля и длительности ударной нагрузки. При длительности ударной нагрузки до 10–20 мс ее влияние на результат измерений незначительно. В то же время при низкочастотных колебаниях влияние трибоэлектричества на результат измерения может оказаться решающим.

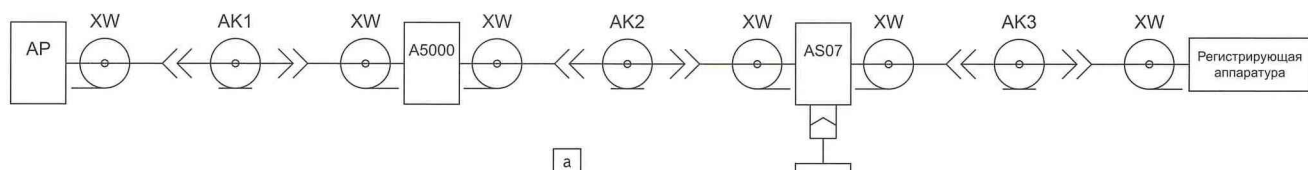


Рис. 5. Пример схемы подключения (а) и ее реализация (б) для вибропреобразователя с зарядовым выходом с разъёмным соединением и усилителем заряда AP5000: AP — AP10, AP24, AP24-01, AP26, AP34, AP37, AP39, AP40, AP40-01, AP40-02, AP57, AP57-01, AP57-02, AP95, AP96, AP97, AP48, AP49, AP50; AP5000 — усилитель заряда; AS07 — блок питания; AS05 — блок питания; AK1 — антивибрационный соединительный кабель AK02, AK04, AK05, AK06, AK07; AK2, AK3 — соединительный кабель AK19; регистрирующая аппаратура, например цифровой осциллограф TDS3034B Tektronix

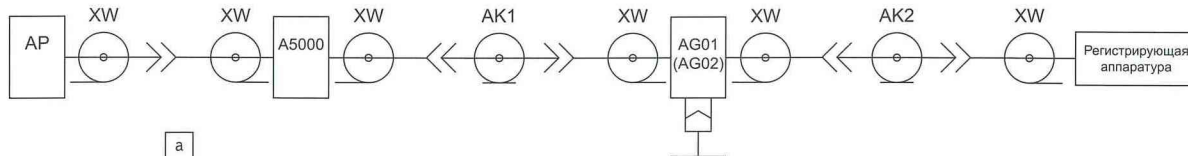


Рис. 6. Пример схемы подключения (а) и ее реализация (б) для вибропреобразователя с зарядовым выходом и неразъемной заделкой соединительного кабеля с усилителем заряда AP5000: AP — AP11, AP12, AP19, AP30, AP31, AP32, AP33, AP77, AP77 M, AP90, AP78; AP5000 — усилитель заряда; AG01 (AG02) — согласующее устройство; AS03 — блок питания; AK2, AK3 — соединительный кабель AK19; регистрирующая аппаратура, например цифровой анализатор спектра Siglab 50-21 SPECTRA DYNAMIC

Поэтому при измерениях ускорений низкого уровня целесообразно:

- Уменьшать длину участков кабеля, подвергающихся вибрационным или ударным возмущениям.
- Уменьшать длину участка кабеля, расположенного между последней точкой крепления его на подвижном объекте и первой неподвижной точкой.
- Производить крепление кабеля на объекте испытаний без натяжения и провисания при помощи хомутов, скоб, мастик и т. д. с шагом 200–300 мм и первой точкой крепления, отстоящей на 30–50 мм от датчика (2–5 мм для AP19).
- Перед испытаниями (если возможно) определять уровень сигнала, обусловленного трибоэлектричеством, в кабельных линиях «вибропреобразователь – регистрирующая аппаратура», используя в процессе испытаний «фоновые» линии связи (или «фоновые» вибропреобразователи).
- Для преобразователей акустической эмиссии, работающих в частотном диапазоне от 50 кГц, использование антивибрационного кабеля не обязательно.

Выбор согласующих усилителей рекомендуется проводить исходя из:

- обычного или дифференциального исполнения датчика;
- необходимого коэффициента усиления и возможности его изменения;
- необходимости управления и связи через компьютер;
- количества каналов усиления;
- требований по сертификации в Госреестре и по взрывозащите.

Примеры схем подключения пьезоэлектрических вибропреобразователей, датчиков давления, датчиков силы, преобразователей акустической эмиссии с зарядовым выходом к регистрирующей аппаратуре (например, к цифровому осциллографу TDS3034B компании Tektronix, анализатору спектра Siglab SPECTRA DYNAMIC, анализатору спектра A17-U2 (A19-U2) ZETlab, высокочастотному анализатору спектра A23 ZETlab) приведены на рис. 5–16.

В схеме подключения на рис. 5 блок питания AS07 осуществляет:

- электропитание усилителя заряда AP5000;
- усиление сигнала;
- передачу сигнала по двухпроводной линии связи;
- подключение к регистрирующей аппаратуре соединительным кабелем длиной до 100 м;
- снижение влияния переходных процессов, возникающих при переключении каналов, на результат измерения;
- согласование параметров, отображающих исследуемые механические величины, с параметрами сигналов (в частности, чувствительности) используемой регистрирующей аппаратуры.

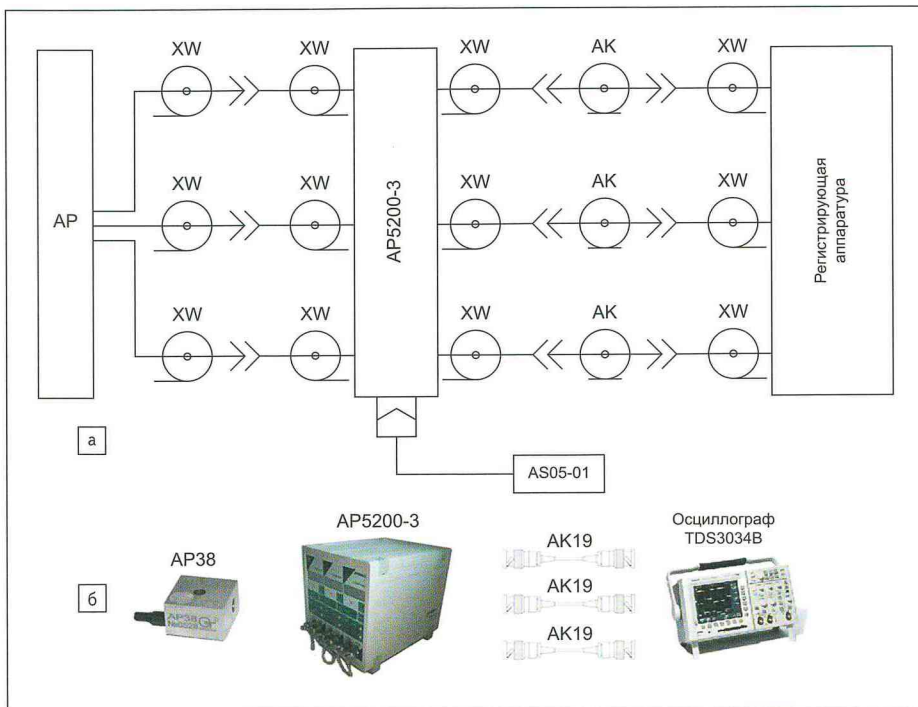


Рис. 7. Пример схемы подключения (а) и ее реализация (б) для трехкомпонентного вибропреобразователя с зарядовым выходом и неразъемной заделкой соединительного кабеля с измерительным усилителем напряжения и заряда AP5200-3: AP — AP20, AP1020, AP21, AP22, AP23, AP38, AP79 AP80, AP81; AP5200-3 — измерительный усилитель напряжения и заряда; AS05-01 — блок питания; АК — соединительный кабель АК19; регистрирующая аппаратура, например цифровой осциллограф TDS3034B Tektronix

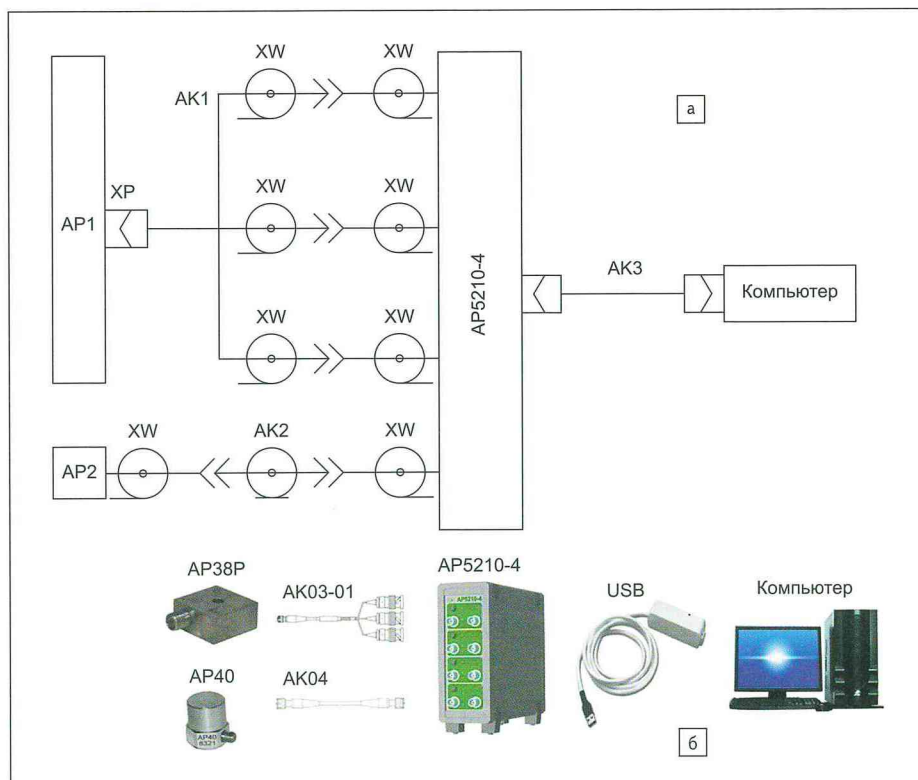


Рис. 8. Пример схемы подключения (а) и ее реализация (б) для трехкомпонентного и однокомпонентного датчиков с зарядовым выходом и разъемным соединением с четырехканальным измерительным усилителем напряжения и заряда AP5210-4: AP1 — AP26, AP38 P; AP2 — AP10, AP24, AP24-01, AP26, AP34, AP37, AP39, AP40, AP40-01, AP40-02, AP57, AP57-01, AP57-02, AP95, AP96, AP47, AP48, AP50; AP5210-4 — измерительный усилитель заряда и напряжения; AK1 — антивибрационный соединительный кабель AK03, AK03-01, AK11; AK2 — антивибрационный соединительный кабель AK02, AK04, AK05, AK06, AK07; AK3 — интерфейсный кабель USB; регистрирующая аппаратура, например персональный компьютер

Согласующее устройство AG01 (AG02) в схеме на рис. 6 осуществляет:

- электропитание усилителя заряда AP5000, передачу сигнала по двухпроводной линии связи;
- подключение к регистрирующей аппаратуре соединительным кабелем длиной до 100 м.

Согласующее устройство AG02 снижает влияние переходных процессов, возникающих при переключении каналов, на результат измерения.

Трехканальный измерительный усилитель заряда и напряжения AP5200-3 в схеме, представленной на рис. 7, обеспечивает измерение ускорения в режиме нормирования СКЗ одновременно по трем осям датчика и осуществляет согласование параметров, отображающих исследуемые механические величины, с параметрами сигналов используемой регистрирующей аппаратуры.

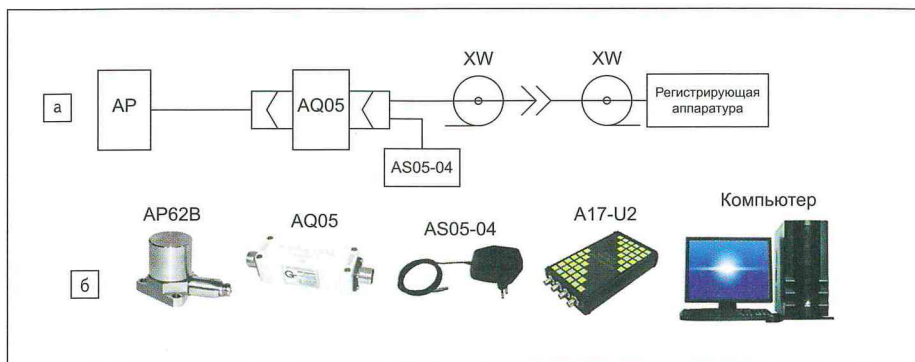


Рис. 9. Пример схемы подключения (а) и ее реализация (б) для промышленного датчика с симметричным зарядовым выходом с дифференциальным услителем заряда AQ05:

AP — AP62 B, AP62 B-02, AP63 B, AP63 B-01; AQ05 — дифференциальный усилитель заряда; AS05-04 — блок питания; регистрирующая аппаратура, например анализатор A17-U2 ZETlab

Приведем пример измерения СКЗ ускорения измерительным усилителем AP5200-3 при ожидаемом значении ускорения $\alpha \approx 50g$

в частотном диапазоне 1–10 000 Гц. Коэффициент преобразования по заряду используемого датчика S равен 10,3 пКл/г.

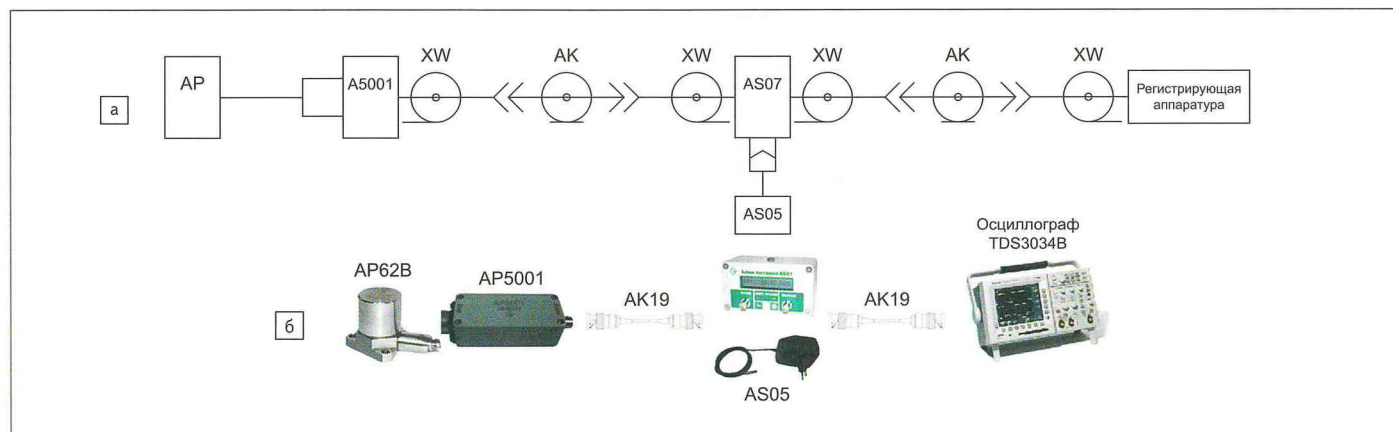


Рис. 10. Пример схемы подключения (а) и ее реализация (б) для промышленного датчика с симметричным зарядовым выходом с дифференциальным услителем заряда AP5001: AP — AP62 B, AP62 B-02, AP63 B, AP63 B-01; AS001 — дифференциальный усилитель заряда; AS07 — блок питания; AS05 — блок питания; AK — соединительный кабель AK19; регистрирующая аппаратура, например цифровой осциллограф TDS3034B Tektronix

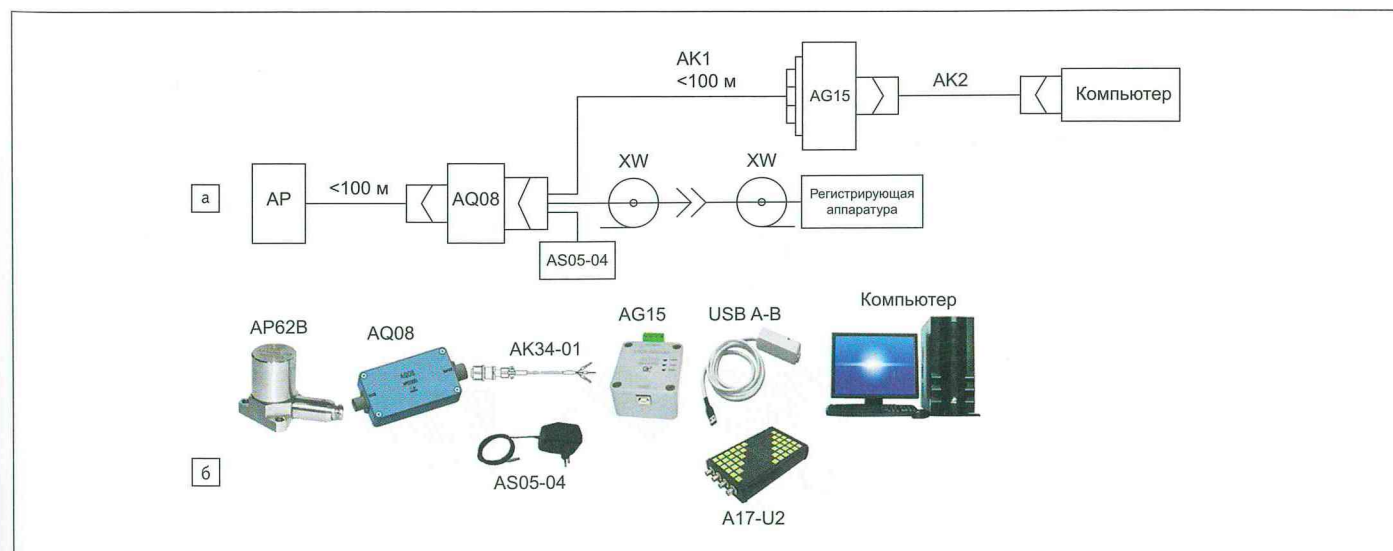


Рис. 11. Пример схемы подключения (а) и ее реализация (б) для промышленного датчика с симметричным зарядовым выходом с дифференциальным услителем заряда AQ08: AP — AP62 B, AP62 B-02, AP63 B, AP63 B-01; AQ08 — дифференциальный усилитель заряда; AS05-04 — блок питания; AG15 — преобразователь интерфейса USB-RS485; AK1 — AK34-01; AK2 — интерфейсный соединительный кабель USB A-B; регистрирующая аппаратура, например анализатор спектра A17-U2 ZETlab

Последовательность действий должна быть такой:

- Установить датчик на объект согласно эксплуатационной документации на датчик.
- Подключить выход датчика к входу усилителя.
- Установить значение частоты среза фильтров верхних ФВЧ и нижних ФНЧ частот Н1 и L10.
- Установить коэффициент нормирования K_n , используя значение чувствительности S (в пКл/г) используемого датчика в соответствии с выражением:

$$K_n = S/10^n,$$

где $n = 1, 2, \dots$ для $S > 9,99$; $n = 0$ для $1 \leq S \leq 9,99$; $n = -1, -2, \dots$ для $S < 1$; соответственно, $K_n = 10,3/10 = 1,03$.

- Установить коэффициент преобразования по заряду K_{Π} [мВ/пКл] из ряда 1, 10, 100, 1000, руководствуясь соотношением:

$$K_{\Pi} \leq (U_{\max} \times K_n) / (\alpha \times S),$$

где U_{\max} — максимальное выходное напряжение усилителя (10 В); соответственно, $K_{\Pi} = 10$.

- Выполнить измерение виброускорения и определить СКЗ ускорения α согласно выражению:

$$\alpha = (U_{\text{изм}} \times K_n) / (S \times K_{\Pi}),$$

где $U_{\text{изм}}$ — измеренное значение напряжения на выходе усилителя по показаниям дисплея.

Управление режимом работы измерительного усилителя напряжения и заряда AP5210-4 в схеме представлено на рис. 8, включая питание. Нормирование (пример измерения в режиме нормирования —

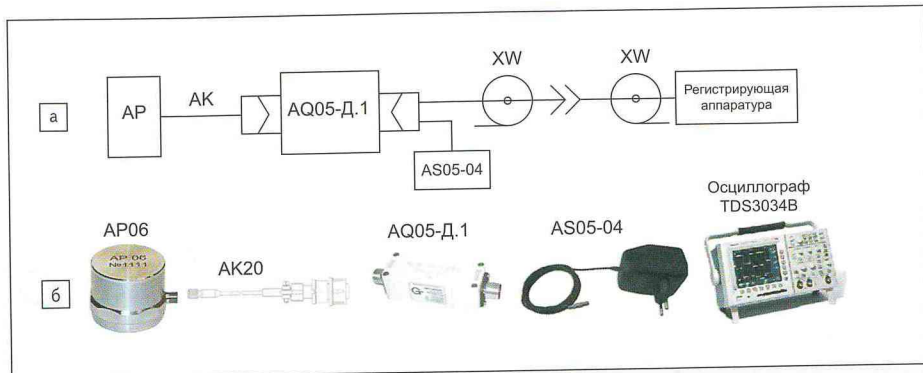


Рис. 12. Пример схемы подключения (а) и ее реализация (б) для высокочувствительного датчика с симметричным зарядовым выходом с дифференциальным усилителем заряда AQ05-D.1: AP — AP06, AP47; AQ05-D.1 — дифференциальный усилитель заряда; AS05-04 — блок питания; AK — антивибрационный соединительный кабель AK20; регистрирующая аппаратура, например цифровой осциллограф TDS3034B Tektronix

на рис. 7) и визуализация измеренных значений осуществляются посредством компьютерного программного обеспечения с использованием интерфейса связи с компьютером USB 2.0.

В схеме на рис. 9 дифференциальный усилитель заряда AQ05 преобразует высокоимпедансный сигнал заряда вибропреобразователя в низкоимпедансный сигнал напряжения и осуществляет согласование параметров, отображающих исследуемые механические величины, с параметрами сигналов (в частности, чувствительностью) используемой аппаратуры. AQ05 позволяет использовать длинные линии связи (до 100 м), практически не уменьшая чувствительность и не ограничивая область низких частот.

В схеме на рис. 10 блок питания AS07 реализует те же функции и режимы, что и в схеме подключения, изображенной на рис. 5.

В схеме подключения (рис. 11) промышленного датчика с симметричным зарядовым

выходом дифференциальный усилитель заряда AQ08 позволяет:

- управлять режимом работы через интерфейс RS-485;
- использовать длинные линии связи (до 100 м).

Преобразователь AG15 осуществляет прием и передачу сигналов на расстояние до 1000 м при подключении AQ08 к USB-порту компьютера.

Особенности режима работы преобразователя AG15:

- реализация интерфейса в соответствии со спецификацией MODBUS EIA/TIA-485;
- гальваническая развязка интерфейса USB;
- работа в 2-проводной топологии;
- USB-протокол Rev 2.0 (высокоскоростной);
- питание от порта USB, не требующего внешнего питания;
- поддержка Windows XP/VISTA/7;
- встроенный преобразователь для питания подключаемых устройств (+5 В);

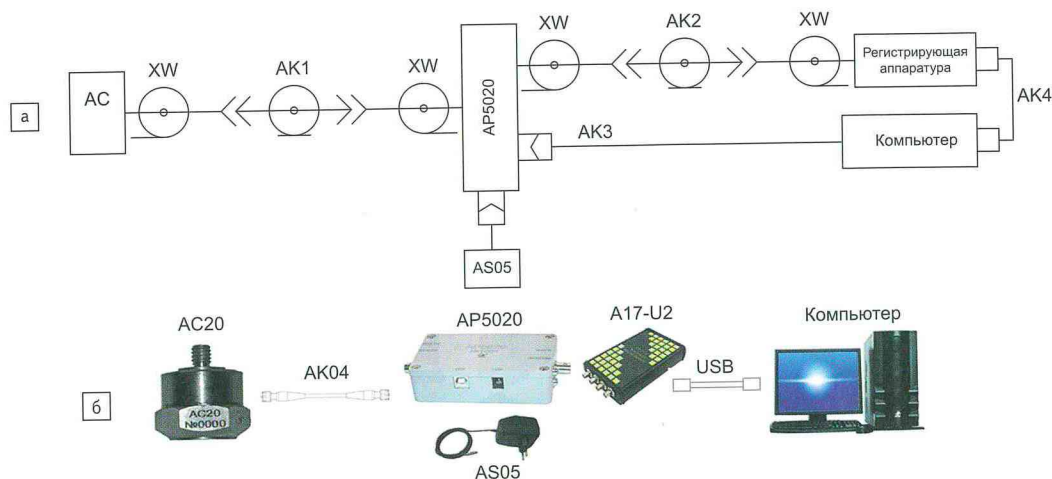


Рис. 13. Пример схемы подключения (а) и ее реализация (б) для датчика силы с разъёмным соединителем с усилителем заряда и напряжения AP5020: AC — AC20, AC23; AP5020 — усилитель заряда и напряжения; AS05 — блок питания; AK1 — антивибрационный соединительный кабель AK02, AK04, AK05; AK2 — соединительный кабель AK19; AK3 — интерфейсный кабель USB A-B; AK4 — интерфейсный кабель USB; регистрирующая аппаратура, например анализатор спектра A17-U2 ZETlab

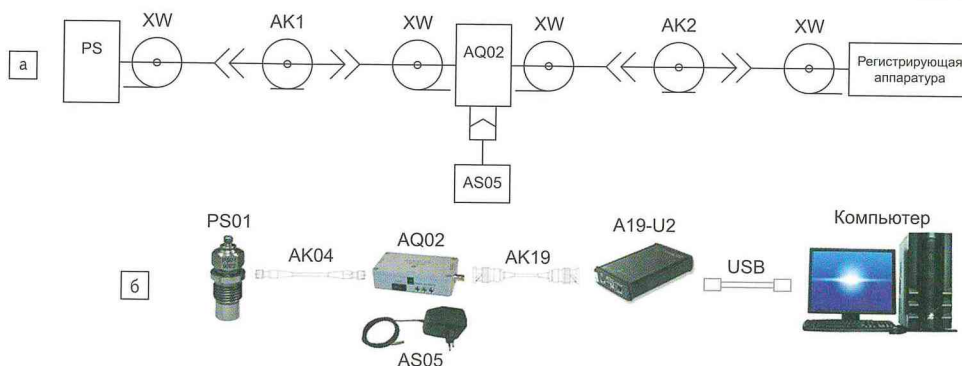


Рис. 14. Пример схемы подключения (а) и ее реализация (б) для датчика динамического давления с зарядным выходом и разъёмным соединением с услителем заряда AQ02: PS — PS01, PS01-01, PS01-03, PS02, PS02-01; AQ02 — усилитель заряда; AS05 — блок питания; AK1 — антивибрационный соединительный кабель AK02, AK04, AK05, AK06, AK07; AK2 — соединительный кабель AK19; регистрирующая аппаратура, например анализатор спектра A19-U2 ZETlab

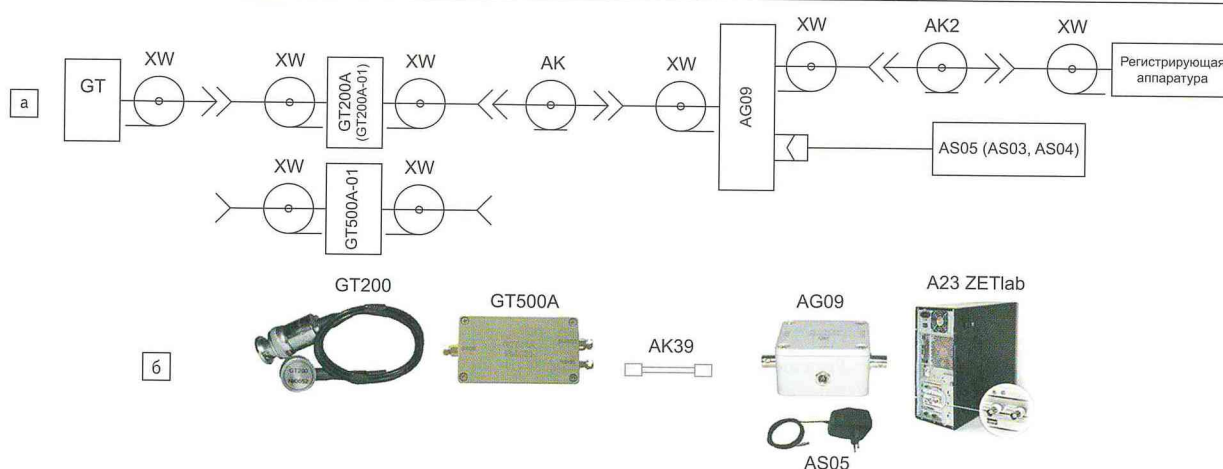


Рис. 15. Пример схемы подключения (а) и ее реализация (б) для преобразователя акустической эмиссии с зарядным выходом с услителем напряжения сигналов GT200A (GT200A-01) или услителем заряда сигналов преобразователей акустической эмиссии GT500A-01: GT — GT200, GT205, GT200B, GT300, GT301; GT200A (GT200A-01) — усилитель напряжения сигналов преобразователей акустической эмиссии; GT500A-01 — усилитель заряда сигналов преобразователей акустической эмиссии; AG09 — согласующее устройство; AS05 (AS03, AS04) — блок питания; AK — соединительный радиочастотный кабель AK39; регистрирующая аппаратура, например высокочастотный анализатор спектра A23 ZETlab

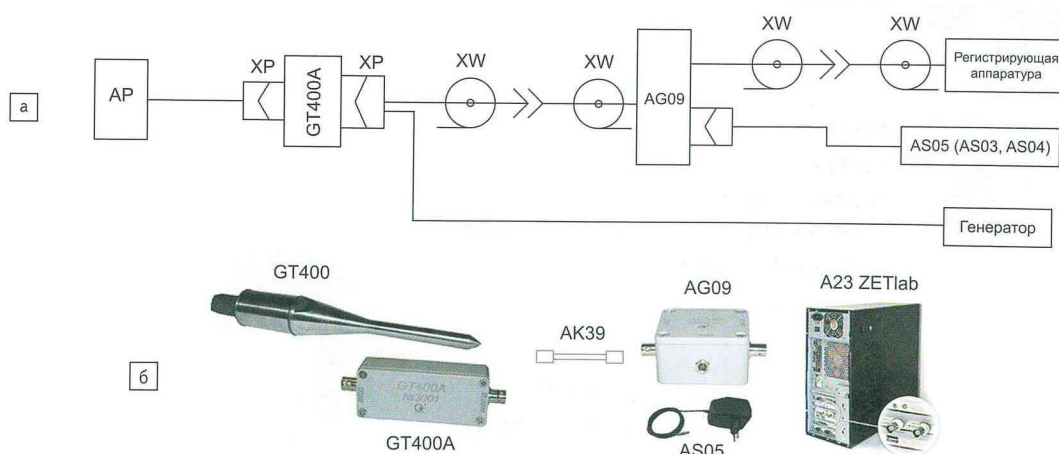


Рис. 16. Пример схемы подключения (а) и ее реализация (б) для акустического датчика с трансформаторным выходом GT400 с услителем напряжения сигналов преобразователей акустической эмиссии GT400A: GT — GT400; GT400A — усилитель напряжения сигналов; AG09 — согласующее устройство; AS05 (AS03, AS04) — блок питания; регистрирующая аппаратура, например высокочастотный анализатор спектра A23 ZETlab; генератор — генератор электрических импульсов для канала тестирования, например TGP110 Pulse Generator фирмы THURLBY THANDAR INSTRUMENTS

- подключение до 128 устройств, имеющих интерфейс RS-485.

С помощью измерительного канала (схема на рис. 12) можно определять значение низкочастотных колебаний (от 0,01 Гц).

Усилитель заряда и напряжения AP5020 в схеме подключения на рис. 13 позволяет реализовать режим нормирования (пример измерения в режиме нормирования — на рис. 7), индикацию перегрузки, управленческие режимы работы через порт USB.

Особенностью работы усилителя AQ02 (рис. 14) является встроенный в корпус аккумулятор с подзарядкой от внешнего блока питания и индикацией контроля питания. AQ02 позволяет использовать длинные линии связи (до 100 м), практически не уменьшая коэффициент преобразования и не ограничивая область низких частот.

В схеме на рис. 15 усилитель напряжения сигналов GT200A (GT200A-01) и усилитель заряда сигналов GT500A-01 осуществляют прием и усиление до нормированных значений сигналов преобразователей акустической эмиссии. GT200A (GT200A-01) и GT500A-01 работают на коаксиальную 50-Ом линию связи длиной до 100 м.

GT500A-01 позволяет использовать длинные линии связи от датчиков GT до усилителя (до 10 м).

Усилитель напряжения сигналов GT400A (рис. 16) осуществляет прием и усиление до нормированных значений сигналов преобразователя акустической эмис-

сии с трансформаторным выходом GT400. GT400A работает на коаксиальную 50-Ом линию связи длиной до 100 м. В датчике GT400 предусмотрен канал тестирования, функционирующий от внешнего генератора электрических импульсов, подключаемого к выходу усилителя GT400A.

Литература

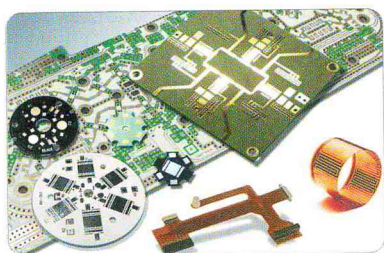
1. Каталог фирмы «ГлобалТест» // www.globaltest.ru
2. Шарапов В. М., Мусиенко М. П., Шарапова Е. В. Пьезоэлектрические датчики. М.: Техносфера, 2006.
3. Архипкин Н. Ф., Редюшев А. А., Цыпленков А. Н. Электрические схемы подключения датчиков со встроенной электроникой // Вибрация машин. 2007. № 2 (9).
4. Кирпичёв А. А., Смирнов В. В., Редюшев А. А., Цыпленков А. Н. Виброконтрольная аппаратура ООО «ГлобалТест». Состояние и перспективы развития. В кн.: «Предотвращение аварий зданий и сооружений»: Сб-к научн. трудов. Магнитогорск, 2010.
5. Патент на изобретение № 2152621, Кл. C1 G01 R15/09. Архипкин Н. Ф., Кирпичёв А. А., Редюшев А. А., Шведов А. В. Оpubл. 10.07.2000.
6. Патент на изобретение № 2097772, Кл. МКІ G01 H15/09. Архипкин Н. Ф., Кирпичёв А. А., Редюшев А. А. Оpubл. 27.11.97.
7. Патент на изобретение № 2400867, Кл. H01 2 41/08, G01 P 15/09. Архипкин Н. Ф., Редюшев А. А., Симчук А. А., Цыпленков А. Н. Оpubл. 27.10.2005.

Новый малопотребляющий хаб датчиков от Microchip

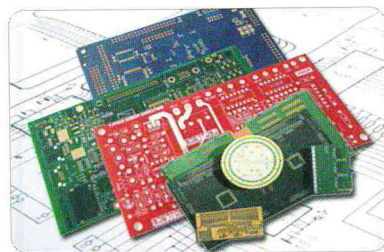
Компания Microchip упростила процесс сочетания показаний нескольких датчиков, выпустив новый хаб — SSC7102. Устройство позволяет без особых усилий совместить датчики от ведущих мировых производителей. Хаб SSC7102 разрабатывался Microchip совместно с такими компаниями, как Bosch и Movea. Цель — получить простое в применении, сертифицированное под Windows 8.1 HID-over-I²C решение с исключительно низким энергопотреблением. Потребление SSC7102 в режиме исполнения сложных мультисенсорных алгоритмов составляет всего 4 мА, что значительно продлевает время работы устройства от батареи.

Благодаря малому форм-фактору и низкой цене датчики пригодны к использованию практически в любом устройстве. Агентство IHS iSuppli прогнозирует, что к 2016 году в мобильные устройства будет установлено более 6 млн датчиков движения. Действительно, датчики получают все большее распространение и становятся неотъемлемой частью повседневной жизни, а вместе с тем растут и требования к считыванию показаний: от простого мониторинга до предоставления полной информации об окружающей среде и какой-либо активности. Эти данные необходимо обработать и совместить.

www.microchip.com



на алюминии
на фторопласте
на керамике
на полиимиде
на стеклотекстолите



прототипы печатных плат
суперсрочное изготовление
серийное производство
комплектация
SMT и DIP монтаж
монтаж BGA



Специализированный
завод печатных плат
«Электроконнект»
www.pselectro.ru



СРОЧНЫЕ ПЛАТЫ

Любая партия от 2-х дней!



Москва (495) 787-65-01 Санкт-Петербург (812) 640-50-98 Ростов-на-Дону (863) 210-21-81 Пермь (342) 299-99-71 Екатеринбург (343) 235-01-26 Новосибирск (383) 336-10-01