

ТЕСТИРОВАНИЕ МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ – РЕШЕНИЯ КОМПАНИИ LeCroy

М.Лаутербак

Современное медицинское оборудование становится все более сложным. Это системы визуальной диагностики внутренних органов человека (например, магнитно-резонансный томограф), устройства для снятия ЭКГ и многое другое. Для разработки и тестирования медицинского оборудования необходимы точные и многофункциональные приборы. Такую технику предлагает компания LeCroy.

При тестировании электронных устройств в условиях лаборатории инженер может задать известный тест-сигнал, который всегда имеет постоянную форму, и затем посмотреть его на выходе исследуемого устройства. Эти методы можно попытаться применить и для тестирования медицинской электроники. Но задача измерения параметров человеческого тела часто оказывается гораздо более сложной. Самое главное заключается в том, что нет источника повторяющихся сигналов. Например, каждый удар человеческого сердца всегда немного отличается от предыдущего. При таких измерениях отношение сигнал/шум часто имеет худшее значение в отличие от тестирования сигналов радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). С инженерной точки зрения, диагностическое оборудование должно иметь возможность хорошо и полно выполнять измерения одиночных сигналов (без какого-либо усреднения, так как сигналы непериодические) при значительных шумах и флуктуациях.

СОЗДАНИЕ ТЕСТОВЫХ СИГНАЛОВ

Медицинское оборудование проходит множество испытаний, прежде чем на нем начнут обследовать пациентов. На стадии проектирования

и разработки такого диагностического устройства его тест-сигнал необходимо эмулировать, т.е. сформировать идентичный тому, что присутствует в реальных условиях.

Такой сигнал можно получить, например, с помощью генератора сигналов произвольной формы ArbStudio компании LeCroy. На осциллограмме сигнала (рис.1а) присутствуют некие регулярные импульсы. Видно, что непосредственно перед и после импульсов большой амплитуды следуют "горбики" меньшей амплитуды. Форма сигнала в целом напоминает электрокардиограмму, получаемую на выходе устройства для снятия ЭКГ*. Импульсы большой амплитуды называются "R-зубцы", а маленькой – "P-зубцы". Все они накладываются на НЧ-модулированный сигнал.

Такой тестовый кардиосигнал может быть воспроизведен однократно (одиночный запуск), в виде нескольких периодов (циклов) или как непрерывная последовательность

* Любая электрокардиограмма (ЭКГ) состоит из зубцов, сегментов и интервалов. Зубцы – это большие и малые импульсы как положительной, так и отрицательной полярности на электрокардиограмме (т.е. выпуклости и вогнутости на сигнале сердечного ритма).

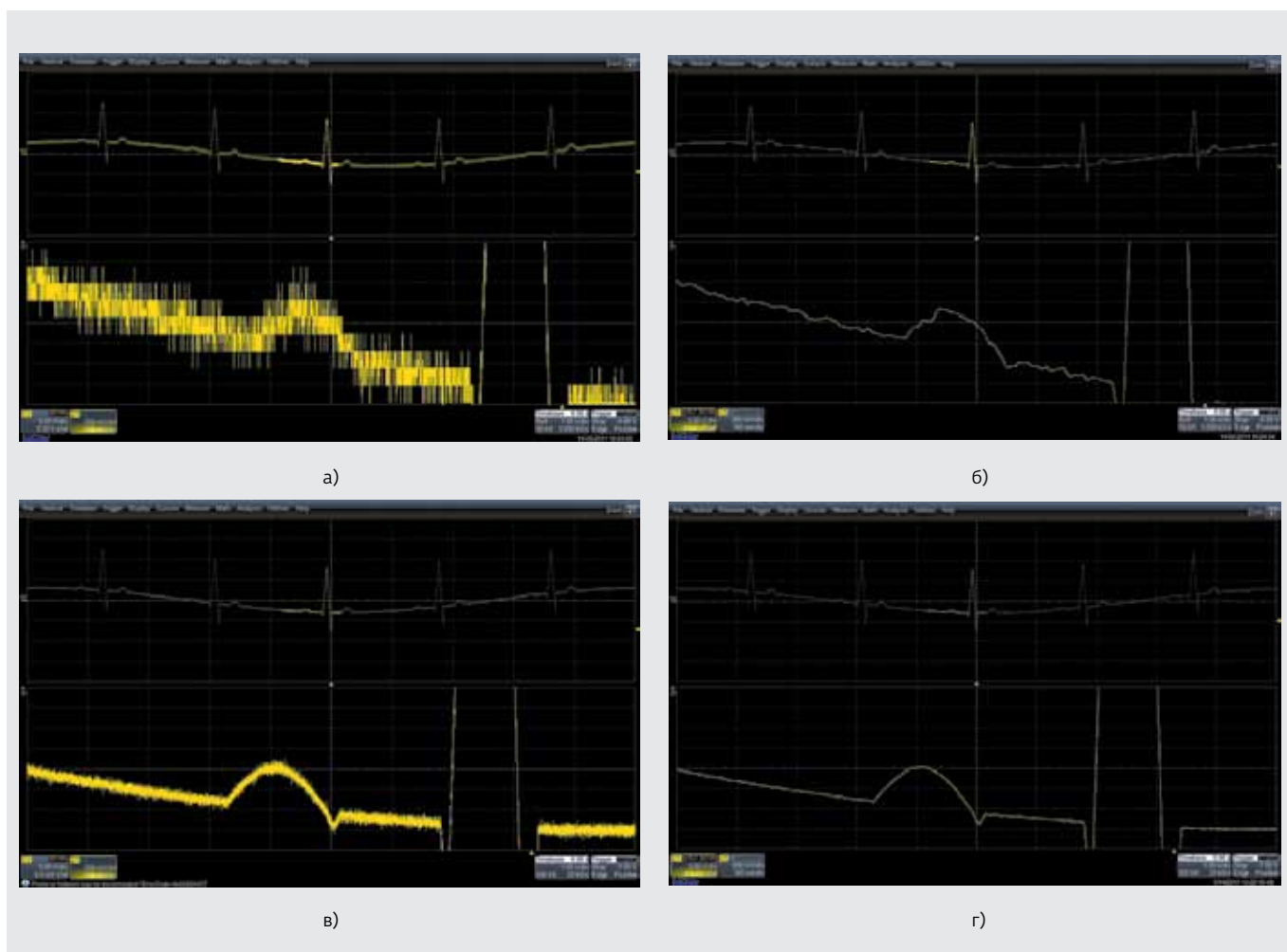


Рис.1. Кардиосигнал, содержащий значительный шум: а – сигнал, полученный 8-битным осциллографом; б – тот же сигнал, но с применением высокочастотной фильтрации; в – сигнал, снятый на осциллографе Wave Runner HRO 6 Zi; г – сигнал, полученный на Wave Runner HRO 6 Zi, но высокочастотный шум удален фильтром. Нижняя развертка – увеличенное изображение

кардиоимпульсов ("закольцованный" запуск). Инженер-разработчик для придания реальности тест-сигналу также может его изменить путем добавления/уменьшение шума, внесения сбоя/помехи или выполнения других вариаций.

Генератор ArbStudio может формировать сигналы любой формы или стандартные колебания (синус, треугольник, пила и др.). Кроме того, он может импортировать реальные сигналы в виде отсчетов, которые были захвачены цифровым осциллографом LeCroy, и затем воспроизводить эти формы сигнала на своем выходе. Генераторы сигналов произвольной формы являются незаменимым инструментом эмулирования комплексного сигнала для тестирования и отладки медицинского оборудования. Сегодня компания LeCroy предлагает два типа таких генераторов:

- ArbStudio – большая длина памяти, высокая производительность, возможность генерации очень сложных сигналов по двум или четырем полностью независимым каналам;
- WaveStation (менее дорогой) – меньшая длина памяти для формирования выходных сигналов, ограниченный набор функций, эмулирует более простые сигналы для тестирования по двум независимым каналам.

ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Предположим, нужно выполнить измерения небольшого по амплитуде выброса (Р-зубец), который предшествует появлению большего импульса (R-зубец). Для специалиста по расшифровке ЭКГ это значимая часть кардиограммы. Увеличенное изображение области центрального



Рис.2. Осциллограф высокого разрешения LeCroy WaveRunner HRO 66Zi

кардиоимпульса показано в нижней части осциллограммы (см. рис.1а). На основном сигнале развертки эта область выделена более ярко. Если необходимо измерить уровень шума по сравнению с амплитудой маленького бугорка, то такой сигнал вполне позволяет это сделать. Осциллограф способен определить амплитуду пик-пик (peak-to-peak) или среднеквадратичное значение шума.

Но что делать, если важна форма сигнала, замаскированного шумами? Поскольку основной сигнал не является периодическим, то усреднением пользоваться нельзя. Другой способ снижения шума – применение фильтров. В рассматриваемом примере шум более высокочастотный, чем полезный сигнал, поэтому необходимо применить низкочастотную фильтрацию. Сегодня многие осциллографы различных производителей имеют НЧ-фильтры. Компания LeCroy предлагает большой перечень частотных фильтров: НЧ, ВЧ, полосовой и др.

Встроенные фильтры нижних частот, которые часто называют режимом высокого разрешения (High Resolution mode), предлагают и другие производители осциллографов. Но они, как правило, дают пользователю меньше возможностей управления фильтром. При активировании режима высокого разрешения шумы значительно снижаются (см. рис.1б), но при этом существенно

изменяется и форма основного сигнала, что приводит к снижению достоверности результатов измерений. Поэтому следует учитывать, что метод избавления от шума по принципу "быстро и грубо" отрицательно влияет на точность анализа входного сигнала.

Лучшие возможности для анализа зашумленных сигналов предоставляют цифровые осциллографы серии HRO (high resolution oscilloscope) компании LeCroy (рис.2). Они имеют очень низкий (значительно ниже по сравнению с другими сериями и моделями) уровень собственных шумов. Это связано с тем, что осциллографы серии HRO используют малозумящие усилители на входной плате аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Кроме того, они выполняют захват и оцифровку сигнала с использованием АЦП, имеющего разрешение по вертикали 12 бит

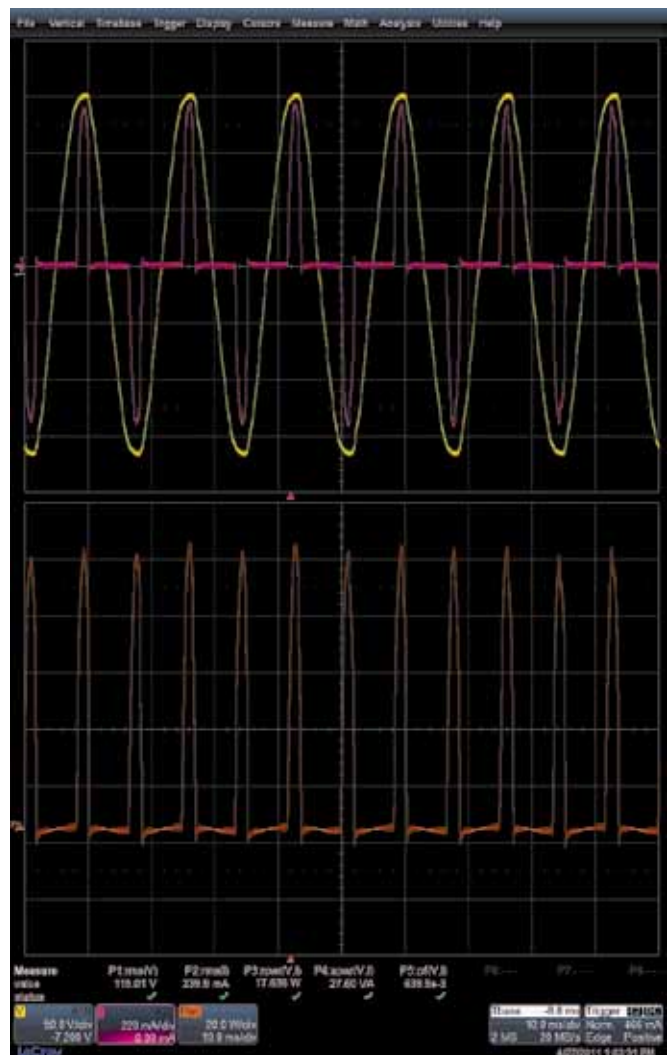


Рис.3. Портретное расположение экрана осциллографа WaveRunner HRO 6 Zi

(а не 8, как у большинства цифровых осциллографов). Это обуславливает высокие чувствительность и достоверность измерений в сочетании с обеспечением целостности сигнала.

И хотя сигнал, захваченный осциллографом серии HRO, тоже является зашумленным (см. рис.1в), однако уровень шума гораздо ниже, чем в предыдущем случае (см. рис.1а). Разница заключается в том, сигнал, изображенный на рис.1в, гораздо ближе к истинной форме входного сигнала. В первом же случае (см. рис.1а) сигнал имел дополнительный шум, привнесенный в процессе захвата сигнала осциллографом с меньшим разрешением АЦП по вертикали.

Применение фильтрации приводит к исчезновению шума (см. рис.1г), и инженер-разработчик получает полное представление об истинной форме основного сигнала. В частности, видно, что в нижней правой части малого импульса (Р-зубец) есть интересный небольшой отрицательный послевыброс. Эта информация (форма, длительность и амплитуда выброса)

может быть очень полезна для медицинской диагностики.

Похожие задачи выделения малых флуктуаций сигнала стоят перед разработчиками и в других измерительных приложениях, например, при конструировании прецизионных и высокостабильных источников питания. Осциллографы серии HRO при тестировании низковольтных устройств позволяют наблюдать сигнал на уровне 1 мкВ при входной амплитуде 5 В, а в высоковольтных приложениях при амплитуде входного сигнала 800 В – увидеть изменение ~1 В. Модели серии WaveRunner HRO 6 Zi имеют поворотный экран. При его вертикальном положении (рис.3) можно представить сигнал с увеличенной детализацией и получить не восемь делений по вертикали (как, например, в осциллографах WaveRunner Xi-A), а целых 16.

Таким образом, осциллографы и генераторы сигналов компании LeCroy предоставляют уникальные возможности для разработки медицинского и другого оборудования. ●

В настоящее время ОАО «ИНТЕГРАЛ» проводит работы по разработке, освоению в серийном производстве и изготовлению интегральных микросхем и транзисторов специального назначения.

Наименование изделия, функциональное назначение, прототип	Состав, основные технические характеристики, параметры изделий
Микроконтроллеры	
1881ВГ4Т RISC-микроконтроллер с FLASH - памятью, устойчивый к СВВФ (прототип AT90S/LS2333 компании «Atmel»)	Микросхема содержит ЭСППЗУ (128 × 8 бит), FLASH - ЭСППЗУ программ (2К × 8 бит), СОЗУ (128 × 8 бит), таймеры / счетчики, сторожевой таймер (WDT), аналоговый компаратор, АЦП, АЛУ. Напряжение питания микросхемы $U_{CC}=4.0В \pm 6.0В$. $T_a = -60^{\circ}C + +125^{\circ}C$; Тактовая частота – 8МГц АЕЯР.431310.854 ТУ; Корпус 4183.28-2
Микросхемы стандартной логики	
Комплект (24 типономинала) микросхем для космического применения (прототипы сер. 5584Т и 74VHCXX компании FSC)	Микросхемы стандартной логики ЛН1, ТЛ2, ЛАЗ, ЛЕ1, ЛИ1, ЛЛ1, ЛП5, ТМ2, КП11, ТМ9, ИЕ10, ИЕ7, ИД7, ИД14, ИР8, АП3, АП5, АП6, АП7, ИР22, ИР23, ИР33, ИР35. Напряжение питания от 2.0В до 5.5В. Микросхема мажоритарного магистрального двунаправленного элемента «два из трех». Напряжение питания от 2.7В до 5.5В; $T_a = -60^{\circ}C + +125^{\circ}C$ Корпуса CLCC-16, CLCC-20, CLCC-48
Интерфейсные микросхемы	
5559ИН20Т, 5559ИН21Т Комплект интерфейсных интегральных микросхем приемопередатчиков стандарта RS-485 с пониженным до 3В напряжением питания, устойчивый к воздействию СВВФ (прототипы MAX3485, MAX3486 компании MAXIM).	5559ИН20Т - содержит один передатчик и один приемник стандарта RS-485, скорость передачи 12Мбит/с; 5559ИН21Т - содержит один передатчик и один приемник стандарта RS-485, скорость передачи 2.5Мбит/с; Напряжение питания - от 3.0В до 3.6В; $T_a = -60^{\circ}C + +125^{\circ}C$ Корпуса 4112.8-1, 4112.8-1.01
5559ИН73Т, 5559ИН74Т Микросхемы интерфейсных приемопередатчиков манчестерского кода с пониженным напряжением питания 3.3В, устойчивые к воздействию СВВФ (прототипы HI1573, HI1574 компании Holt)	5559ИН73Т – двоярный приемопередатчик манчестерского кода с принудительной установкой выходов приемника в состояние лог. «0». 5559ИН74Т – двоярный приемопередатчик манчестерского кода с принудительной установкой выходов приемника в состояние лог «1» Напряжение питания - 3.3В; $T_a = -60^{\circ}C + +125^{\circ}C$ АЕЯР.431230.848 ТУ; Корпус 4153.20-6
Аналоговые микросхемы	
1467УДЗУ Микросхема малогабаритного малоомощного операционного усилителя с размахом входного и выходного напряжения, равного напряжению питания, устойчивая к СВВФ (прототип LMC7101 компании NS)	ИМС малоомощного устойчивого к СВВФ операционного усилителя с уровнями напряжения входного и выходного сигналов от U_{CC-} до U_{CC+} в широком диапазоне напряжений питания. Напряжение питания - 2.7В ± 12В. В ходе ОКР исследуется возможность достижения напряжения питания +15В. $T_a = -60 \div 125^{\circ}C$ АЕЯР.431000.257-05 ТУ; Корпус 5221.6-1
Датчики физических величин	
1019Ч1У Микросхема термочувствительного элемента в металлокерамическом корпусе (прототип LM135Z компании SGS-Thomson)	Диапазон рабочих токов питания (обратный) микросхемы $I_{обp} = 0.45mA \div 5mA$. Выходное напряжение $U_{вых} = 2.95В \pm 3.01В$ Изменение выходного напряжения в диапазоне питающих токов, мВ, $\Delta U_{вых} = [\pm 10]$ T_a от минус 60 до плюс 125 Некалиброванная температурная ошибка, $^{\circ}C$, $\Delta T_1 = [\pm 3]$ при $T_a = 25 \pm 1, [\pm 5]$ $T_a = -60^{\circ}C + +125^{\circ}C$ Температурная ошибка при калибровке 25 $^{\circ}C$, $^{\circ}C$, $\Delta T_2 = [\pm 1,5]$ Нелинейность температурной характеристики, $^{\circ}C$, $\Delta T_3 = [\pm 1]$ АЕЯР.431320.839 ТУ; Корпус 5221.6-1
Драйверы	
5021АП1У Микросхема драйвера с программируемым мультиплексом для сегментных ЖКИ (прототип HI1621 компании Holtek)	ИМС представляет собой драйвер ЖКИ с числом элементов изображения до 128 (4 × 32). Наличие набора команд управления уровнями мультиплекса делают ее универсальной, и пригодной для применений с различными типами ЖКИ. Микросхема имеет трехпроводной последовательный интерфейс для обмена данными и управления с микроконтроллером. ИМС содержит следующие основные блоки: интерфейс синхронизации и управления; встроенные схемы RC и кварцевого генератора; сторожевой таймер и генератор опорных сигналов; ОЗУ дисплея 128 бит (32×4); драйверы управления строками и сегментами и схему формирователя уровней управления. Напряжение питания $U_{DD} = 2.4В - 5.5В$. Ток потребления в энергосберегающем режиме – $I_{стb} \leq 10мкА$ при $25^{\circ}C \pm 10\%$ $I_{стb} \leq 30мкА$ при $-60^{\circ}C + +125^{\circ}C$ Динамический ток потребления с RC-генератором – $I_{DD1} \leq 300мкА$ при $25^{\circ}C \pm 10\%$, $I_{DD1} \leq 600мкА$ при $-60^{\circ}C - +125^{\circ}C$ ($U_{DD} = 5.5 В$) Динамический ток потребления с кварцевым генератором – $I_{DD2} \leq 120мкА$ при $25^{\circ}C \pm 10\%$, $I_{DD2} \leq 240мкА$ при $-60^{\circ}C - +125^{\circ}C$ ($U_{DD} = 5.5 В$) Динамический ток потребления с внешним генератором – $I_{DD3} \leq 200мкА$ при $25^{\circ}C \pm 10\%$, $I_{DD3} \leq 400мкА$ при $-60^{\circ}C - +125^{\circ}C$ ($U_{DD} = 5.5 В$) $T_a = -60^{\circ}C + +125^{\circ}C$ АЕЯР.431310.857-01ТУ; Корпус HI6.48-1В

Мультиплексоры	
5590KH1T Микросхема широкополосного видео мультиплексора 4х1 (прототип AD9300 компании Analog Devices)	Микросхема содержит: ЭСПЗУ (128 × 8 бит), FLASH - ЭСПЗУ программ (2K × 8 бит), СОЗУ (128 × 8 бит), таймеры / счетчики, сторожевой таймер (WDT), аналоговый компаратор, АЦП, АЛУ. Напряжение питания микросхемы $U_{CC}=4.0В + 6.0В$. $T_a = -60^{\circ}C + +125^{\circ}C$; Тактовая частота - 8МГц АЕЯР.431160.842 ТУ; Корпус 402.16-32.01
Силовая электроника	
1325EP1У, 1325EP1,8У, 1325EP2,5У, 1325EP2,85У, 1325EP3У, 1325EP3,3У, 1325EP5У Микросхемы регуляторов напряжения положительной полярности с низким остаточным напряжением для источников питания (прототип AMS1117 компании AMS)	ИМС являются регуляторами напряжения положительной полярности: - регулируемый вариант с выходным напряжением от 1.25В до 1385 В с $U_{оп} = 1,25В$; - варианты с фиксируемыми выходными напряжениями на 1.8В, 2.5В, 2.85В, 3.0В, 3.3В и 5.0В. Выходной ток не более 800мА. $T_a = -60^{\circ}C + +125^{\circ}C$ АЕЯР.431200.762ТУ; Корпус КТ-93-1
1554ЛН2У Микросхема единичного инвертора, устойчивая к СВВФ (прототип TC7504 компании Toshiba)	ИМС содержит три последовательных инвертора Напряжение питания - $5.0В \pm 10\%$. Работоспособность микросхемы (функционирование) сохраняется в диапазоне напряжений питания 2В ÷ 6 В. $T_a = -60^{\circ}C + +125^{\circ}C$, $I_{CC}=4.0 мкА$ при $T=25^{\circ}C$ $I_{CC}=80мкА$ при $T_a = -60^{\circ}C + +125^{\circ}C$ АЕЯР.431200.182-17 ТУ; Корпус 5221.6-1
1344ЕН2,8У, 1344ЕН3У, 1344ЕН4У, 1344ЕН5У, 1344ЕН8У Серия микросхем стабилизаторов напряжения для малогабаритных кварцевых генераторов (прототипы ТК717285-2.8В, ТК717305-3.0В, ТК717405-4.0В ТК717505-5.0В компании TOKO)	Серия микросхем стабилизаторов постоянного напряжения: ИС1 с $U_{вых, ном} = 2.8В$; ИС2 с $U_{вых, ном} = 3.0В$; ИС3 с $U_{вых, ном} = 4.0В$; ИС4 с $U_{вых, ном} = 5.0В$; ИС5 с $U_{вых, ном} = 8.0В$; $U_{вх} = (U_{вых} + 1В) \div 14В$ Выходной ток не более -1500 мА, $T_a = -60^{\circ}C + +125^{\circ}C$ АЕЯР.431420.836-01 ТУ; Корпус 4601.3-1
1342ЕН5Т Микросхема микроомощного стабилизатора напряжения (прототип ADM663А компании Analog Devices)	Входное напряжение $6В \pm 12В$ Выходное напряжение $5В \pm 2\%$ Ток нагрузки 0,01...100 мА Температурный коэф. выходного напряжения $\pm 1 мВ/^{\circ}C$ $T_a = -60^{\circ}C + +125^{\circ}C$. АЕЯР.431420.836-01 ТУ; Корпус 4601.3-1
1345АП1Т, 1345АП2Т, 1345АП3Т, 1345АП4Т, 1345АП5Т, 1345АП6Т, 1345АП7Т, 1345АП8Т, 1345АП9Т, 1345АП10Т, 1345АП11Т, 1345АП12Т Комплект микросхем для контроля питания, устойчивых к СВВФ (прототипы MAX809, MAX810 компании MAXIM)	ИМС для контроля питания +2.5В, +3.0В, +3.3В и +5.0В с низким и высоким уровнями сигнала сброса. Работоспособность микросхем в диапазоне напряжений питания от 1.2В до 5.5В. $T_a = -60^{\circ}C + +125^{\circ}C$, Ток потребления - $I_{CC} \leq 100мкА$ Напряжение порога срабатывания - U_{TH} В: $4.38 \leq U_{TH} \leq 4.88$; $4.14 \leq U_{TH} \leq 4.58$ $2.90 \leq U_{TH} \leq 3.25$; $2.76 \leq U_{TH} \leq 3.10$ $2.48 \leq U_{TH} \leq 2.78$; $2.18 \leq U_{TH} \leq 2.46$ Время удержания сигнала RESET в активном состоянии при восстановлении питания - $100мс \leq t_H \leq 840мс$ АЕЯР.431310.843 ТУ; Корпус 4601.3-1
Транзисторы	
2П525А9 МОП полевой транзистор в малогабаритном металлокерамическом корпусе	Сопротивление стока - $R_{ск,отк} \leq 1.40м$. Остаточный ток стока - $I_{C,ост} \leq 25мкА$. Пороговое напряжение - $U_{зи,пор} 1.5В + 2.5В$. Крутизна ВАХ - $S \geq 0.5 А/В$. Ток утечки затвора - $I_{з,ут} \leq \pm 100 нА$. Постоянное прямое напряжение диода - $U_{пр} \leq 2.0В$ АЕЯР.432140.576 ТУ; Корпус КТ-99-1
2ТД8307А9 Составной биполярный п-р-п транзистор в малогабаритном металлокерамическом корпусе	Напряжение насыщения коллектор-эмиттер - $U_{кэ,нас} \leq 1.3В$ при ($I_k = 500мА, I_b = 0.5мА$) $U_{кэ,нас} \leq 1.7В$ при ($I_k = 2.0А, I_b = 8.0мА$) Напряжение насыщения база-эмиттер - $U_{бэ,нас} \leq 1.9В$ при ($I_k = 500мА, I_b = 0.5мА$) $U_{бэ,нас} \leq 2.0В$ при ($I_k = 2.0А, I_b = 8.0мА$) Обратный ток коллектор-эмиттер - $I_{CE} \leq 1.0мкА$ при ($U_{кэ} = 80В, U_{бэ} = 0$) $I_{CE} \leq 10мкА$ при ($U_{кэ} = 40 В, R_{ж} = \infty$) Обратный ток эмиттера - $I_{ЭО} \leq 1.0мкА$ Статический коэффициент передачи тока, ($I_k = 150 мА, U_{кэ} = 10 В$) - $h_{21Э} \geq 1000$ Статический коэффициент передачи тока, ($I_k = 2,0 А, U_{кэ} = 10 В$) - $h_{21Э} \geq 3000$ Тепловое сопротивление переход-корпус при ($P_k = 5,0 Вт, t_{мин} \leq 0,1 с$) - R_{θ} пер-кор $\leq 13^{\circ}C/Вт$ АЕЯР.432140.578 ТУ; Корпус КТ-99-1
Транзисторы с рабочим напряжением до 800 В и тока-ми до 50 А (МОП33, МОП800, МОП60, МОП500)	МОП800: $U_{от} = 800 В, I_c \geq 4,7А, R_{ск,отк} \leq 2,6 Ом$ МОП60: $U_{от} = 60 В, I_c \geq 50А, R_{ск,отк} \leq 0,032 Ом$ МОП500: $U_{от} = 500 В, I_c \geq 4,5А, R_{ск,отк} \leq 1,7 Ом$ МОП33: $U_{от} = 100 В, I_c \geq 33А, R_{ск,отк} \leq 0,065 Ом$ Корпуса КТ-97С (МОП60), КТ-97В (МОП33, МОП800, МОП500)

В НАЛИЧИИ ИМЕЮТСЯ ОБРАЗЦЫ ДОСТУПНЫЕ К ПРИОБРЕТЕНИЮ

ОАО «ИНТЕГРАЛ», Управление внутреннего маркетинга. Центр изделий специального назначения
тел. (375-17) 298-97-43, тел./ факс. (375-17) 278-95-49, E-mail: dzum3@integral.by