

# ВОЛНОВОДНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ФИРМЫ FLANN MICROWAVE



FLANN MICROWAVE



Л. Белов, В. Гусевский

Для создания высококачественных устройств электроники СВЧ, передающих и приемных антенн, измерительного оборудования на частотах от 2 до 170 ГГц необходимы компоненты волноводных трактов различного сечения. По сравнению с коаксиальными, тракты на металлических полых волноводах пропускают более высокую СВЧ-мощность, меньше излучают в окружающее пространство, имеют более низкое погонное затухание, могут использоваться для значительно более высоких частот. На мировом рынке лишь немногие производители имеют опыт и технологические возможности для обеспечения нужных показателей качества волноводных изделий. Рассмотрим ассортимент серийной продукции фирмы Flann Microwave, которая в течение многих лет профессионально работает в этом направлении.

Компания Flann Microwave Instruments [1] была основана в 1956 году в Англии Б.Флемингом (Bernard Fleming) и вскоре заняла ведущее положение в секторе рынка волноводных компонентов для микроволновой электроники. В 1980 году для поддержки ее деятельности в США организована компания Flann Microwave Inc. в Бостоне (США). В 1993 году качество продук-

ции Flann Microwave было признано соответствующим стандарту ISO9002, в 2003 году – стандарту ISO9001. С 1997 года компания получила наименование Flann Microwave. Исследования, разработка и производство продукции развернуты на площади около 1800 квадратных метров в г. Бодмин области Северный Корнвал (North Cornwall) Юго-Западной Англии. В компании работают около 60 сотрудников, годовой оборот ее продукции оценивается в 2–5 млн. фунтов стерлингов. Благодаря качеству и надежности изделий, направленности на будущее развитие электронной техники у компании устойчивый авторитет и высокая репутация.

В продукцию компании Flann Microwave входят следующие изделия:

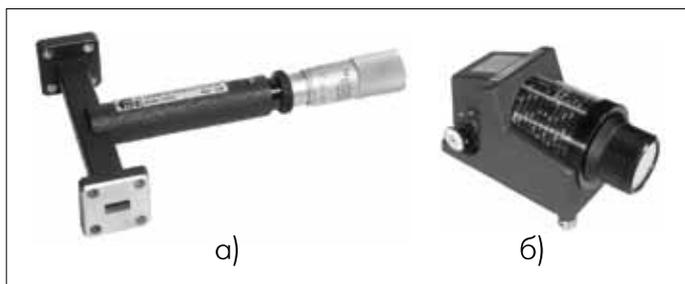
- аттенюаторы и фазовращатели;
- направленные ответвители, разветвители/сумматоры;
- переключатели;
- компоненты трактов;
- антенны;
- измерительные узлы и приспособления.

Все изделия выполняются на основе волноводов прямоугольного и H-образного сечений для частот от 1,14 до 140 ГГц. Волноводы H-образного сечения (Double Ridged W/G, или WRD в стандарте IEA, см. таблицу) отличаются от

**Стандартизованные за рубежом и в России обозначения и параметры некоторых металлических и прямоугольных волноводов**

Рекомендуемый диапазон частот, ГГц	Стандарт			Частота среза, ГГц	Ориентировочные размеры сечения, мм	Стандарт СНГ (ОСТ.11.0.352.000)		Форма сечения
	RCSC	IEA	53-IEC			Размеры сечения, мм	Диапазон частот, ГГц	
1,14–1,73	WG6	WR650	R18	0,91	165×82,5	–	–	П
2,6–3,95	WG10	WR284	R32	2,1	72×34	72×34	2,6–3,47	П
6,58–10	WG15	WR112	R84	5,3	28,5×12,6	23×10	8,15–12,42	П
18–26,5	WG20	WR42	R220	14	10,7×4,3	11×5,5	17,04–25,95	П
50–75,8	WG25	WR15	R620	39,9	3,8×1,9	3,6×1,8	52,2–79,4	П
92,3–140	WG28	WR8	R1200	73,8	2,0×1,0	2,4×1,2	78,2–119,2	П
3,5–8,2	–	WRD350D24	–	–	–	–	–	H
5,8–16	–	WRD580D28	–	–	–	–	–	H
6,5–18	–	WRD650D28	–	–	–	–	–	H
18–40	–	WRD180C24	–	–	–	–	–	H

Примечание: П – прямоугольное сечение; H – H-образное сечение



**Рис. 1. Калиброванный переменный аттенюатор серии 020 с микрометрическим (а) и серии 110 с ручным (б) механизмом установки ослабления**

прямоугольных в несколько раз большей широкополосностью (свыше октавы), но их уровень допустимой проходящей СВЧ-мощности ниже. Общую информацию о вариантах фланцев прямоугольной и круглой формы со стандартизованным расположением установочных отверстий можно найти в [1], а стандартизованные за рубежом и в России обозначения и параметры некоторых металлических прямоугольных волноводов с волной типа TE<sub>10</sub> – в таблице.

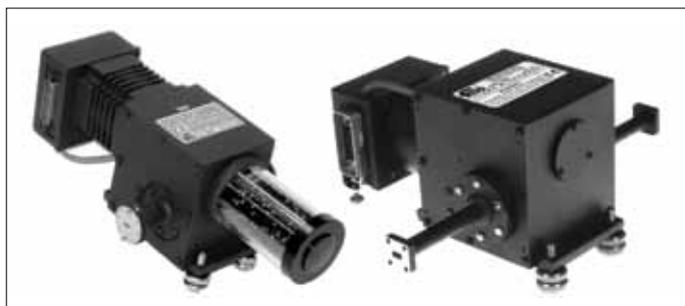
Рассмотрим подробнее выпускаемые компанией Flann Microwave изделия.

### АТТЕНЮАТОРЫ И ФАЗОВРАЩАТЕЛИ

Компания Flann Microwave выпускает аттенюаторы и фазовращатели (Phase Changers) поляризационного типа (Rotary Vane) для частот 3,3–140 ГГц (20 типоразмеров волновода от WG10 до WG28). Диапазон рабочих температур серийных моделей 5–35°C, для заказных устройств он может быть расширен.

Аттенюаторы с фиксированным ослаблением выпускаются в виде волноводных вставок со стандартными значениями ослабления 3, 6, 10, 20, 30 и 40 дБ. Их погрешность калибровки составляет от 5 до 10% в зависимости от диапазона. Модели аттенюаторов различаются по виду сечения, по размерам волновода, по уровню наибольшей допустимой СВЧ-мощности. Серия 081 отличается слабой чувствительностью к вариациям частоты (до 10% от средней частоты); серия 580 имеет малую погрешность калибровки (0,5 дБ) и слабую чувствительность к изменениям температуры.

Калиброванные регулируемые аттенюаторы с микрометрическим механизмом установки ослабления (рис.1)

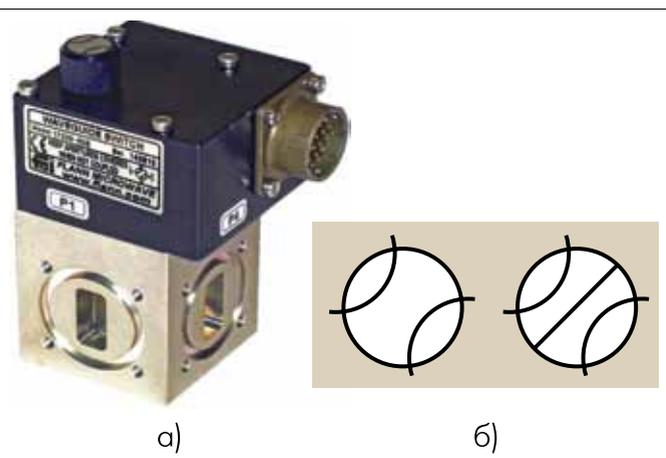


**Рис.2. Программируемый аттенюатор серии 621 (а) и фазовращатель серии 670 (б) для полосы частот 33–50 ГГц**

имеют пределы перестройки по ослаблению 0–30 дБ, погрешность установки от 0,2 до 0,75 дБ в зависимости от сечения волновода. Фазовращатели подобной конструкции меняют фазу сигнала в пределах 0–360° с погрешностью установки не более 2°. Регулируемые аттенюаторы повышенной мощности серии 114 для частот 30–36 ГГц предназначены для средней мощности до 15 Вт, пиковой мощности – 30 кВт.

Аттенюаторы с ручным механизмом установки ослабления (серии 110, 020) позволяют изменять ослабление в пределах от 0 до 60 дБ с погрешностью установки 1–2% от максимального значения шкалы. Значение ослабления не зависит от частоты в пределах широкополосности волновода. Десятиоборотный механизм установки ослабления в серии 110 обеспечивает погрешность установки ослабления от 0,01 дБ (в диапазоне ослаблений 0–4 дБ) до 0,5 дБ (в диапазоне ослаблений 40–60 дБ). Максимальная мощность входного сигнала составляет от 12 Вт (для WG10) до 200 мВт (для WG29). Выпускаются серии с более простым механизмом изменения коэффициента ослабления, в том числе предназначенные для работы в полевых условиях.

Калиброванные фазовращатели с ручным механизмом установки фазового сдвига (серии 060/061) выпускаются для частот от 1,14 ГГц до 140 ГГц (22 типоразмера волновода от WR650 до WR8). Они меняют фазу проходящего сиг-



**Рис.3. Волноводный переключатель серии 333 (а) и варианты схемы коммутации портов с двумя и тремя положениями ротора (б)**



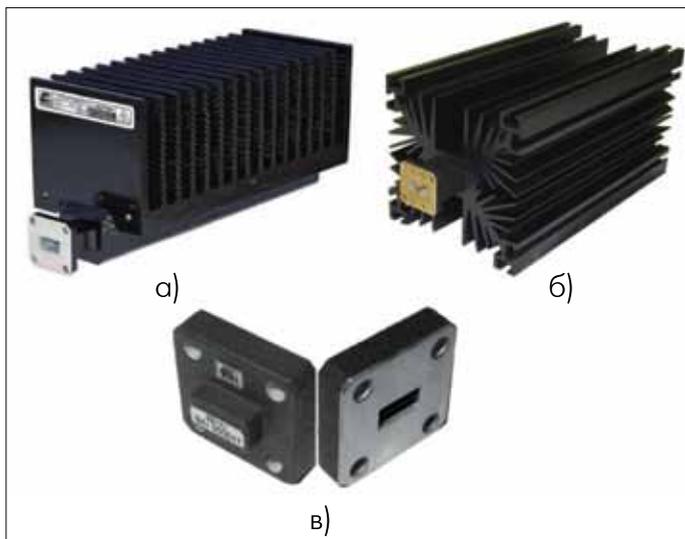
**Рис.4. Направленный ответвитель серий 130–133 (а) и заказной многоканальный направленный ответвитель на скрещенных волноводах с волноводно-коаксиальным переходом (б)**

нала в пределах 0–180° с шагом до 0,2°. Коэффициент стоячей волны напряжения (КСВН) фазовращателей этого типа не хуже 1,1:1–1,25:1.

Новое поколение **программируемых аттенюаторов** (серии 620/621) и **фазовращателей** (серия 670) (рис.2) благодаря применению управляющего процессора CP2020 отличается малой погрешностью установки нужного значения, высокой скоростью перестройки и расширенным динамическим диапазоном изменения ослабления (до 85–120 дБ). Шаг по ослаблению программируемых аттенюаторов составляет 0,1 дБ (в пределах 0–21 дБ шаг – 0,01 дБ); длительность процесса их перестройки не превышает 1,4 с; максимальная входная мощность составляет 10 Вт на частоте 3,3 ГГц и 200 мВт на частоте 140 ГГц. Скорость изменения фазы программируемых фазовращателей серии 670 не менее 1480 градусов/с с погрешностью установки от 3–6° и шагом 0,2°. Процессорный блок управления соединяется с прибором кабелем длиной до 20 м. Выпускается вариант блока управления размером 50×100×240 мм для размещения на борту летательного аппарата.

### ВОЛНОВОДНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Волноводные переключатели серий 333 и 334 с четырьмя коммутируемыми портами и двумя или тремя положения-

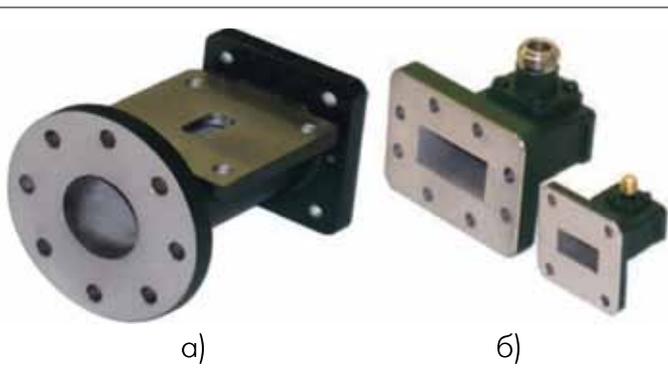


**Рис.5. Согласованные нагрузки 100 для повышенной мощности (а), сверхкороткий замыкатель серии 171(б) и поглотитель для Н-образного сечения серии WRD101 (в)**

ми ротора по схеме, показанной на рис.3, выпускаются для волноводов от WR137 до WR28 и для WRD580. Потери переключателей в открытом состоянии составляют 0,05–0,3 дБ, изоляция в закрытом состоянии – не менее 75 дБ. Диапазон рабочих температур равен -10...60°С, допустимая влажность окружающей среды – до 100%. Механизм переключения может быть ручным (напряжением постоянного тока) или моторизованным – с помощью блока SD57/SD58 (интерфейс GPIB, длина кабеля до 5 м). Допустимая средняя проходящая СВЧ-мощность для WR137 составляет 12 кВт, пиковая – 350 кВт, длительность процесса переключения – 70–250 мс. Масса переключателя равна 0,8 кг.

### НАПРАВЛЕННЫЕ ОТВЕТВИТЕЛИ

Для ответвителей с множественными отверстиями (Multihole Couplers) серий 130/131/132 (рис.4) коэффициент связи ответвляющей направленной секции составляет (в зависимости от серии и модели) 3, 6, 10, 20, 30 или 40 дБ с по-



**Рис.6. Примеры конструкции преобразователя поляризации серии 780 (а) и коаксиально-волноводного перехода серий 093–096 (б)**

решностью ±0,5 дБ. Коэффициент направленности – 35–50 дБ; КСВН в основной линии не хуже 1,03:1, в ответвляющей линии – не хуже 1,2:1. С помощью волноводов 13 типоразмеров, включая волноводы Н-образного сечения, ответвители перекрывают весь диапазон частот от 2,6 ГГц до 140 ГГц. Ответвители серии 230 с двумя направленными в одну сторону портами при погрешности разбаланса не более 0,2 дБ выполняют функции балансного разветвителя/сумматора мощности. Серия 300 (Dual Multihole Coupler) имеет порты для прямой и обратной волн. Серия 270 выполнена в компактной конструкции на скрещенных волноводах (Crossguide) с трех- или четырехпортовой схемой, в том числе с ответвителями, совмещенными с коаксиально-волноводным переходом. Ее коэффициент направленности составляет не менее 20 дБ. Наименьшие значения погрешности коэффициента ответвления (±0,5 дБ) достигаются в конструкциях ответвителей с параллельным волноводом (Branch Guide) серии 140. Наибольшая пиковая проходящая мощность ответвителей этой серии в полосе частот 30–39 ГГц достигает 20 кВт.



### СОГЛАСОВАННЫЕ НАГРУЗКИ

Согласованные нагрузки (поглотители) (рис.5) выполняются для частот от 1,14 до 140 ГГц. Компоненты серии 170 рассчитаны на малую длину секции, обеспечивают КСВН не хуже 1,1:1, максимальную мощность 1 Вт на волноводе WR112. Серия 040 отличается высокой точностью согласования (КСВН не хуже 1,01:1, мощность 2 Вт на волноводе WR112). Серия 171 характеризуется сверхмалой длиной (8 мм для WG22) и обеспечивает значение КСВН не хуже 1,15:1 для частот 32–46 ГГц. Серия 100 предназначена для повышенной мощности СВЧ-сигнала: на частотах 3,3–4,9 ГГц (WR229) допускается мощность 150 Вт, на частотах 92–114 ГГц (WR10) – 2 Вт. Серия 540 имеет скользящий бесконтактный поршень (Sliding Termination), благодаря чему, например, на частоте 8 ГГц (WG15) значение КСВН составляет 1,006:1.

### АДАПТЕРЫ И ПЕРЕХОДЫ

В номенклатуре продукции предусмотрены секции соединения (переходы) небольшой длины различных сечений (Transitions) с выбором варианта фланца, секции перехода с одного типоразмера фланца на другой. Серия 000 обеспечивает переход от одного сечения прямоугольного волновода к другому; серия 64 – от круглого волновода к прямоугольному, от линейной поляризации в плоскости Н к линейной поляризации в плоскости Е. Имеются секции со скрученным на 45° или на 90° (Bends, Twists) волноводом (серия 450), с поворотом на 30°, 45°, 60° и 90° в плоскости Н или Е (серии 460/470). Преобразователи круговой поляризации в линейную (Ortho-Mode Transducers) серии 780 могут использоваться как высококачественные разветвители излучаемого и передаваемого сигналов (диплексеры) или узлы суммирования сигналов двух поляризаций. Заказные секции и сборки могут быть выполнены в жестком варианте на заданном



**Рис.8. Секториально-рупорные антенны серии 244/245 (а) и линзо-рупорная антенна DP240-AB (б).**

типе волновода. Имеются полужесткие и гибкие волноводные вставки. Потребители могут выбрать материал, из которого выполнен компонент, – латунь, медь или алюминий.

Коаксиально-волноводные переходы (Adaptors) (рис.6б) выполняются между волноводами (включая Н-образные) заданных типоразмеров и коаксиальными соединителями типа N, гермафродитическим 7mm, APC7, SMA, K, V, 1,85mm и 2,4mm. Адаптер серии 370 отличается уникальным торцевым расположением коаксиальной секции (End Launch Adaptor) для тех же указанных выше соединителей. Для таких переходов гарантируется КСВН не хуже 1,05:1–1,12:1. Коаксиально-волноводные переходы имеют повышенные герметизацию и влагостойкость.



**Рис.7. Согласованная секция гибридного Т-моста (серии 380/390/400/410)**

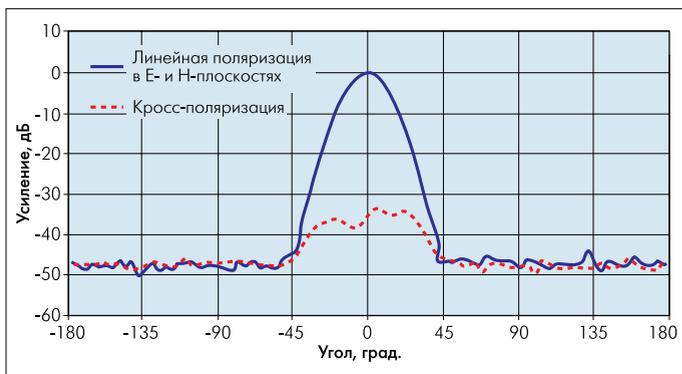


Рис.9. Диаграмма направленности гауссовской антенны серии 248

### ВОЛНОВОДНЫЕ ТРОЙНИКИ И МОСТЫ

Волноводные Т-образные тройники (Matched Hybrid Tees) выполняются для Н- или Е-плоскости (серии 420/430). Имеются модели двойных Т-мостов (рис.7) с высоким (серия 380) и с умеренным (серия 390) согласованием.

### АНТЕННЫ

В серийную продукцию фирмы входят стандартные и высококачественные антенны разных диапазонов, обладающие особыми свойствами. Компактные линзо-рупорные антенны серий 81, 82, 85, 88, 89 (рис.8) превосходят альтернативные параболические антенны по большинству параметров. Размер их апертуры на 25% меньше при сопоставимых значениях коэффициента направленного действия (КНД) и частоты, нет обратного излучения, более низкий уровень кросс-поляризации и отсутствуют боковые лепестки диаграммы направленности (ДН), менее жесткие требования к погрешностям позиционирования, низкая стоимость. КНД малогабаритных всенаправленных антенн (серия MD249) составляет 2 дБ по азимуту для углов 0–360°, а по углу места – лежит в секторе 0–60°. Секториально-рупорные антенны серий 244/245 обеспечивают ширину ДН – 15°, 30°, 45°, 64° или 90° при вертикальной или горизонтальной поляризации. Антенна влагозащищенной конструкции серии DP240 (диаметр 135 мм,

длина 300 мм, мощность 10 Вт) обеспечивает в полосе частот от 2 до 18 ГГц двойную поляризацию. Серия DP241 предназначена для полосы частот от 10 до 50 ГГц. Патентованные гауссовские антенны серии 248 для частот до 150 ГГц при всепогодной конструкции имеют единственный лепесток ДН в секторе углов ±45° (рис.9). Уровень излучений в побочных направлениях не превышает -43 дБ. Заказные антенны этого типа выполняются на частоты до 160 ГГц. Ширина ДН специализированных антенн с круговой поляризацией в полосе частот 8–14 ГГц может составлять ±12° по уровню 3 дБ.

### ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УЗЛЫ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Для проведения измерений параметров волноводных цепей в диапазоне частот от 1 до 140 ГГц и обеспечения требований к электромагнитной совместимости выпускаются источники сигналов, волномеры, фильтры нижних частот. Источники синусоидальных сигналов с волноводным выходом (семь моделей) перекрывают полосу частот 22–112 ГГц, их мощность составляет 13–18 дБмВт, напряжение питания по постоянному току – 12 В. Шаг установки по частоте – 50 МГц для модели 21200 с частотой 22–33 ГГц и 150 МГц для модели 27200 с частотой 75–112 ГГц.

**Резонансные частотомеры** серий 070–072 (рис.10) имеют добротность от 8000 на частоте 5,38 ГГц до 1200 на частоте 140 ГГц. Для прямоотсчетных моделей серии 072 погрешность установки частоты составляет от 0,08% на частоте 4 ГГц до 0,4% на частоте 140 ГГц. Для калиброванных частотомеров серии 070 погрешность установки частоты – 0,01% на частоте 5,3 ГГц и 0,08% на частоте 140 ГГц.

**Волноводные частотные фильтры** выпускаются для частот до 90 ГГц. Ослабление в полосе заграждения фильтров нижних частот (серия 280) с частотой среза от 2,6 до 90 ГГц – не менее 40 дБ. Относительная полоса частот селекции перестраиваемых по частоте комбинированных полосно-пропускающих и узкополосных полосно-заграждающих (Notch Type) фильтров (серии 287/288) в полосе частот 1–45 ГГц составляет 0,5%, перестройка – в пределах 15%.

**Настроечные секции** (Tuners) обеспечивают точную подстройку характеристик тракта. Серия 160 осуществляет настройку винтами (Screw Tuner) в полосе частот до 40 ГГц. В серии дополнительно предусмотрены средства подавления отраженной волны (Anti-backlash). В серии 210 (Slide Tuner) для частот до 140 ГГц предусмотрен микрометрический механизм поперечного смещения зонда в рабочей зоне волновода.

**Щелевые измерительные линии** (Slotter Lines) (серии 030) позволяют измерять с высокой точностью коэффициент стоячей волны и импеданс.

**Фазосуммирующий узел** (Phase Combining/Redundancy Unit – CRU) на частотах от 5,9 до 31 ГГц обеспечивает



Рис.10. Резонансный частотомер серии 072



печивает сложение и вычитание ответвленных сигналов двух СВЧ-входов и их амплитудное детектирование. Это позволяет, например, контролировать текущее значение КСВН в тракте радиопередающего устройства.

**Калибровочные и поверочные комплекты** (Calibration Kit/Verification Kit) включают компоненты, необходимые для волноводных трактов прямоугольного и H-образного сечения с частотами от 1,14 ГГц до 112 ГГц. Это – коаксиально-волноводные переходы, согласованные нагрузки, короткозамыкатели со скользящим бесконтактным поршнем, секции коррекции электрической длины (Flush Shorts, Offsets). Такие комплекты размещаются в деревянном корпусе вместе с информационным лазерным диском и техническим описанием. Имеются модификации с тремя уровнями метрологической погрешности.

Таким образом, многообразие номенклатуры и качество продукции фирмы Flann Microwave могут служить при-

мером успешной деятельности в выбранном секторе рынка электронных компонентов СВЧ-электроники. Следует отметить уверенное продвижение продукции этой фирмы в миллиметровый диапазон длин волн (до рабочей частоты 140 ГГц), появление новых изделий и антенн с повышенной мощностью проходящего сигнала, с малыми метрологическими погрешностями и расширенными функциональными возможностями.

Продукцию компании Flann Microwave можно приобрести через официального представителя этой фирмы в России – ООО "Радиокомп" [2].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. www.flann.com
2. www.radiocomp.net – Уникальные радиокомпоненты мировых производителей – официальный представитель фирмы в России.



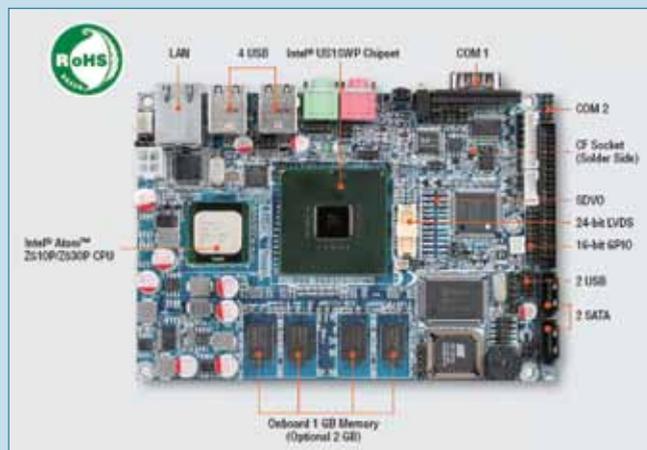
### Сверхэкономичный компьютер на процессоре Atom компании Intel и чипсете US15WP

Компания Avalue Technology готовит к выпуску новый встраиваемый одноплатный компьютер ECM-US15WP. Компьютер выполнен на основе современного процессора Atom Z510P или Z530P (расчетная тепловая мощность TDP = 2 и 2,5 Вт соответственно) и чипсета US15WP (TDP = 2,5 Вт) компании Intel, что обеспечивает высокую производительность при сверхмалом энергопотреблении – около 5 Вт. Широкий набор интерфейсов позволяет подключать к плате разнообразные периферийные устройства.

Большим достоинством компьютера является расположенная на плате 1-Гбайт (или опционально 2-Гбайт) оперативная память, а также возможность работы в условиях повышенной вибрации. Как опция предусмотрен контроллер встроенного сенсорного экрана. Интересной особенностью компьютера является наличие соединителя SDVO, поддерживающего несколько дисплеев, в том числе конфигурации с LVDS и DVI, LVDS и VGA, а также двойные конфигурации с 18/24-бит LVDS и 24-бит LVDS. SDVO также позволяет подключать различные периферийные модули, такие как устройства чтения карт памяти (SD, MMC), GPS, устройство чтения штрихкода, модуль WiFi и другие.

Компактный компьютер ECM-US15WP имеет следующие особенности:

- 5.1-канальный аудио-кодек высокой четкости Realtek ALC888;
- 1-Гбит Ethernet;
- слот I/II карты CF;
- интерфейсы: два SATA, шесть USB 2.0, два COM, 16-бит цифровой ввод/вывод;



два соединителя SDIO: один для периферии и один для графического модуля;

- возможность работы без вентилятора.
- Размеры модуля 146×101 мм, диапазон рабочих температур 0...60°C.

Массовое производство компьютера планировалось на сентябрь 2009 года.

Основные области применения:

- экономичные мобильные устройства;
- ноутбуки специального назначения;
- тестовое и измерительное оборудование;
- системы промышленной автоматизации;
- устройства обработки видеoinформации.

Заказать образцы, получить дополнительную информацию и консультацию по ECM-US15WP можно, обратившись по адресу <http://www.eltech.spb.ru/coords.html>.