

Константин Староверов

## НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ НИЗКОВОЛЬТНЫХ MOSFET-ТРАНЗИСТОРОВ В КОРПУСАХ SO-8, PQFN И DIRECTFET



Обновленная линейка низковольтных силовых **MOSFET**-транзисторов компании **International Rectifier** выполнена по улучшенной технологии **Trench FET Gen10.59** и с использованием современных технологий корпусирования. Их применение позволит выполнить самые жесткие требования к эффективности и себестоимости конечного решения.

Низковольтные MOSFET-транзисторы — одни из самых востребованных в настоящее время. Они находят широкое применение в каскадах DC/DC-преобразователей, коммутации и распределении цепей питания, а также защиты батарейных источников питания в потребительском, компьютерном и коммуникационном оборудовании. В условиях жесткой конкурентной борьбы и существования различного рода требований к высокой энергоэффективности оборудования разработчики стремятся уменьшить габариты, энергопотребление, и при этом снизить себестоимость конечной продукции. Силовые коммутаторы, которые стали прочной нишей для использования MOSFET-транзисторов, наиболее чувствительны к этим характеристикам. Они порой

предъявляют полярные требования к силовому MOSFET-транзистору, требуя в одном случае поиска транзистора с минимальным сопротивлением открытого канала  $R_{DS(ON)}$ , как в случае статического ключа, а в другом — с минимальным зарядом затвора ( $Q_G$ ), как в случае высокочастотного ШИМ-коммутатора. Прежде эти условия приводили к необходимости выбора различных марок транзисторов для работы в тех или иных каскадах. Необходимо было также выбрать оптимальное соотношение занимаемой площади и рассеиваемой мощности. Однако совершенствование технологий производства MOSFET-транзисторов позволило компенсировать влияние данных противоречий. Наиболее весомых результатов в этом добилась компания International Rectifier, которая на данный момент вы-

пускает лучшие в отрасли транзисторы по соотношению цена-качество. Очередной рывок в улучшении характеристик MOSFET-транзисторов компания сделала в 2007 году с представлением новой низковольтной технологии Trench FET Gen10.59 [1], позволяющей выпускать транзисторы с улучшенными рабочими характеристиками по цене ниже, чем у конкурентов. Новые транзисторы доступны в корпусах SO-8, PQFN и DirectFET, которые дают разработчику возможность добиться требуемого качества работы силового коммутатора в обмен на некоторое повышение сложности монтажа корпусов на печатную плату (см. рисунок 1).

### MOSFET-транзисторы в корпусе SO-8

Основные характеристики новых MOSFET-транзисторов, относящихся к поколению Gen10.59 и размещенных в корпусе SO-8, сведены в таблицу 1. Здесь представлены одиночные и сдвоенные транзисторы на токи от 8 до 25 А, а также одновременное сочетание малых значений  $R_{DS(ON)}$  и  $Q_G$ . Благодаря этому данные транзисторы могут равно эффективно использоваться в различных силовых каскадах. Например, широко применяющаяся в настоящее время топология понижающего DC/DC-преобразователя с синхронным выпрямлением требует применения полумостового коммутатора, в нижнем плече которого преобладают потери проводимости (то есть важен выбор транзистора с минимальным  $R_{DS(ON)}$ ), а в верхнем — потери коммутации, которые тем выше, чем выше частота коммутации (то есть важен выбор транзистора с минимальным  $Q_G$ ). Доступность MOSFET-транзисторов с высокими рабочими характеристиками позволяет построить силовой каскад на транзисторах одной и той же марки с сохранением высокого уровня его эффективности. Кроме того, малые значения  $Q_G$  также позволяют добиться низкого собственного потребления силовым каскадом в режиме коммутации на холостом ходу, что важно для применений с ограниченным бюджетом электропотребления



Рис. 1. Зависимость сложности монтажа корпусов SO-8, PQFN и DirectFET от их теплоотсеивающих свойств

Таблица 1. MOSFET-транзисторы в корпусе SO-8

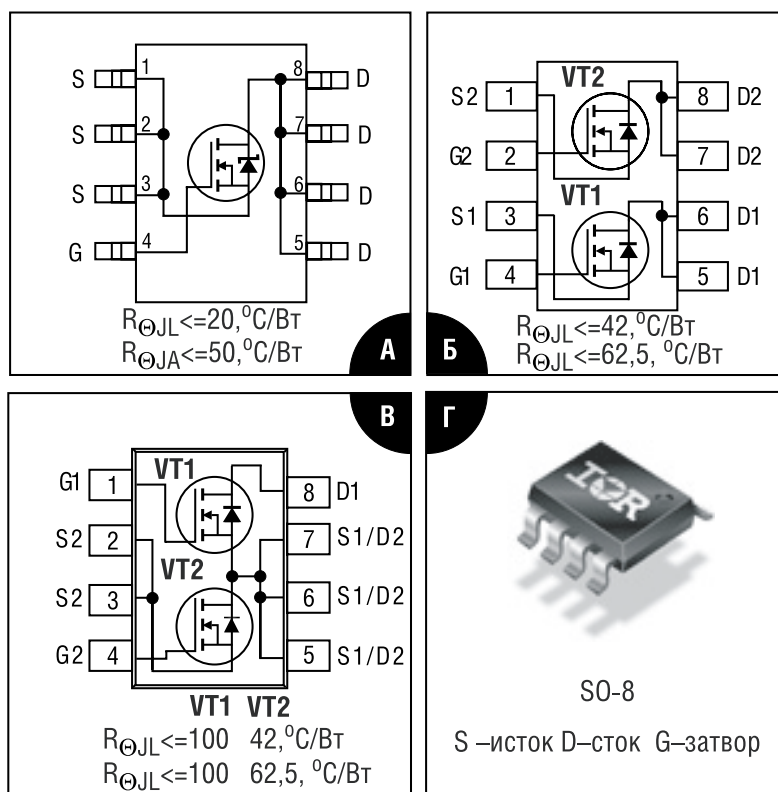
Наименование	$V_{DSS}$ , В	$R_{DS(on)}$ ( $V_{GS} = 10$ В), мОм, не более	$R_{DS(on)}$ ( $V_{GS} = 4,5$ В), мОм, не более	$I_D$ ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ ), А	$Q_g$ (тип), нКл	Расположение выводов на рис. 2
<b>Одиночные MOSFET-транзисторы</b>						
IRF8252	25	2,7	3,7	25	35	А
IRF8788	30	2,8	3,8	24	44	А
IRF7862	30	3,7	4,5	21	30	А
IRF8734	30	3,5	5,1	21	20	А
IRF8736	30	4,8	6,8	18	17	А
IRF8721	30	8,5	12,5	14	8,3	А
IRF8714	30	8,7	13	14	8,1	А
IRF8707	30	11,9	17,5	11	6	А
<b>Сдвоенные MOSFET-транзисторы</b>						
IRF8313	30	15,5	21,6	9,7	6,0	Б
IRF8513	VT1	30	15,5	22,2	8	В
	VT2	30	12,7	16,9	11	

в дежурном режиме. Корпус SO-8 выгодно отличается как малой стоимостью изготовления, так и малыми затратами на его монтаж. Учитывая все вышеперечисленное, рассматриваемые транзисторы можно назвать лучшими в отрасли по соотношению цена-качество.

Как следует из таблицы 1, транзисторы разделяются на одиночные и сдвоенные. Одиночные используют стандартное расположение выводов (см. рисунок 2а), поэтому могут служить недорогой и более эффективной заменой для множества транзисторов разных производителей. В частности, транзистор IRF8736 может заменить более 30 наименований (ст. таблицу 2). Применение сдвоенных транзисторов выгодно в тех случаях, когда в силовых каскадах используется несколько транзисторов и одновременно требуется повысить плотность монтажа и/или снизить количество комплектующих элементов. На данный момент доступны следующие сдвоенные n-канальные MOSFET-транзисторы: IRF8313PBF содержит два полностью идентичных и независимых n-канальных MOSFET-транзистора (рисунок 2б), а IRF8513PBF — два отличающихся по характеристикам n-канальных MOSFET-транзистора, включенных по схеме полумостового коммутатора (рисунок 2в). Каждый из этих сдвоенных транзисторов оптимизирован для использования в высокоэффективных понижающих DC/DC-преобразователях с синхронным выпрямлением.

**MOSFET-транзисторы в корпусе PQFN**

Сведения по транзисторам в корпусе PQFN представлены в таблице 3. Транзисторы разделены на две серии IRFH79xx и IRFH37xx. Серия IRFH79xx поставляется в корпусе типоразмера 5x6 мм, который занимает точно такую же площадь и использует то же посадочное место, что и корпус SO-8. Кроме того, у данных транзисторов сохранено идентичное



SO-8  
S –исток D–сток G–затвор

Рис. 2. Расположение выводов и схема внутренних подключений MOSFET транзисторов в корпусе SO-8

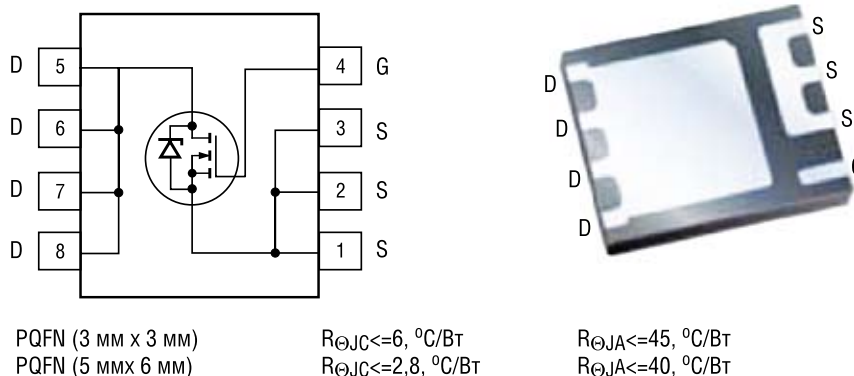


Рис. 3. Внешний вид и расположение выводов MOSFET транзисторов в корпусе PQFN

Таблица 2. IRF8736 заменяет более 30 наименований MOSFET-транзисторов

Наименование MOSFET	Производитель	Наименование MOSFET	Производитель
IRF7455PBF	IR	FDS6670A	Fairchild
IRF7458PBF	IR	FDS6682	Fairchild
IRF7463PBF	IR	FDS6688	Fairchild
IRF7805ZPBF	IR	FDS8690	Fairchild
IRF7822PBF	IR	FDS8817NZ	Fairchild
IRF7835PBF	IR	FDS8874	Fairchild
IRF7836PBF	IR	FDS8896	Fairchild
IRF8113PBF	IR	BSO052N03S	Infineon
STS17NF3LL	ST	BSO064N03S	Infineon
STS17NH3LL	ST	BSO072N03S	Infineon
HAT2040R	Renesas	BSO4420	Infineon
HAT2064R	Renesas	BSO4420NT	Infineon
HAT2118R	Renesas	NTMS4503NR2	ON Semi
HAT2195R	Renesas	Si4386DY	Vishay
HAT2197R	Renesas	Si4634DY	Vishay
RJK0316DSP	Renesas	Si4874BDY	Vishay
RJK0352DSP	Renesas	SI4888DY-T1-E3	Vishay
RJK0353DSP	Renesas	STS17NF3LL	Vishay
RJK0354DSP	Renesas	STS17NH3LL	Vishay

Таблица 3. MOSFET-транзисторы в корпусе PQFN

Наименование	$V_{DSS}$ , В	$R_{DS(on)}$ ( $V_{GS} = 10$ В), мОм, не более	$R_{DS(on)}$ ( $V_{GS} = 4,5$ В), мОм, не более	$I_D$ ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ ), А	Qg (тип), нКл	Типоразмер корпуса PQFN, мм	Переход из SO-8
IRFH3702	30	7,1	11,8	16	9,6	3x3	
IRFH3707	30	12,4	17,9	12	5,4	3x3	
IRFH7932	30	3,3	3,9	24	34	5x6	IRF7862PBF
IRFH7934	30	3,5	5,1	24	20	5x6	IRF8734PBF
IRFH7936	30	4,8	6,8	20	17	5x6	IRF8736PBF
IRFH7921	30	8,5	12,5	15	9,3	5x6	IRF8721PBF
IRFH7914	30	8,7	13	15	8,3	5x6	IRF8714PBF

транзисторам в корпусе SO-8 расположение выводов (см. рисунок 3). Благодаря этим особенностям, переход от корпуса SO-8 к корпусу PQFP реализуется достаточно просто, но при этом разработчик может использовать ряд преимуществ нового корпуса:

- высота корпуса PQFP равна 0,9 мм, что вдвое меньше по сравнению с корпусом SO-8;

- выводы корпуса PQFP обладают более низким активным сопротивлением, благодаря чему, при прочих равных условиях, транзисторы, размещенные в этом корпусе, способны работать с более высоким током стока;

- корпус PQFN обладает улучшенными тепловыми характеристиками; данное свойство может быть реализовано в целях повышения плотности мощности или снижения рабочей температуры транзистора (по данным производителя применение корпуса PQFN позволяет снизить температуру корпуса приблизительно на  $30^\circ\text{C}$ , когда транзистор используется в качестве синхронного выпрямителя, и приблизительно на  $10^\circ\text{C}$ , когда транзистор используется в роли силового ШИМ-коммутатора).

Дополнительным стимулом к использованию корпуса PQFN является его сравнительно невысокая стоимость.

Серия IRFH37xx на данный момент представлена двумя транзисторами на максимальные токи 12 и 16 А. Глав-

ным их отличием является размещение в корпусе PQFN меньшего типоразмера ( $3 \times 3$  мм), который при сохранении высоты на прежнем уровне (0,9 мм) позволяет уменьшить занимаемую на плате площадь на 70%. Вследствие этого повышается плотность мощности, однако у этого типоразмера корпуса PQFN снижены теплоотводящие свойства.

При обосновании выбора данных транзисторов также необходимо учитывать, что корпус PQFN относится к безвыводному типу корпусов, поэтому для обеспечения высокого качества продукции требуется применение более сложных технологий пайки и контроля каче-

корпусирования DirectFET. В таблице 4 представлены основные характеристики тех транзисторов DirectFET, кристаллы которых выполнены по новой технологии Gen10.59. Такие транзисторы также называются транзисторами DirectFET второго поколения или DirectFET2. Отличия конструкции и расположение выводов использующихся здесь типоразмеров корпусов DirectFET представлены на рисунке 4. В дополнение к уже рассмотренным преимуществам, которые дает технология Gen10.59, транзисторы DirectFET также предлагают множество других преимуществ, основанных на особенностях конструкции их корпусов.

**Очередной рывок в улучшении характеристик MOSFET-транзисторов** компания **International Rectifier** сделала в 2007 году с представлением новой низковольтной технологии **Trench FET Gen10.59**, позволяющей выпускать транзисторы с улучшенными рабочими характеристиками по цене ниже, чем у конкурентов.

ства пайки, чем могло бы потребоваться при использовании корпуса SO-8.

#### MOSFET-транзисторы DirectFET второго поколения

Очередной шаг в улучшении рабочих характеристик силового коммутатора представляют собой транзисторы, выполненные по специальной технологии

По сути, они представляют собой изготовленный особым образом кристалл, дополненный сверху медной крышечкой-кожухом. В верхней части кристалла размещена контактная площадка стока (скрыта кожухом), а в нижней — затвора и истока (видны в нижней части корпуса). Сток кристалла электрически соединен с кожухом и, поэтому, послед-

Таблица 4. MOSFET-транзисторы DirectFET 2

Наименование	$V_{DSS}$ , В	$R_{DS(on)}$ ( $V_{GS} = 10$ В), мОм, не более	$R_{DS(on)}$ ( $V_{GS} = 4,5$ В), мОм, не более	$I_D$ ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ ), А	Qg (тип), нКл	Типоразмер корпуса
IRF6715M	25	1,6	2,7	34	40,0	MX
IRF6716M	25	1,6	2,6	39	39,0	MX
IRF6714M	25	2,1	3,4	29	29,0	MX
IRF6713S	25	3,0	4,5	22	21,0	SQ </td
IRF6712S	25	4,9	8,7	17	12,0	SQ </td
IRF6720S2	30	8,0	12,8	11	7,9	S1
IRF6709S2	25	7,8	13,5	12	8,1	S1
IRF6710S2	25	7,6	14,0	12	8,5	S1
IRF6721S	30	5,1	8,5	14	11,0	SQ </td
IRF6722S	30	4,7	8,0	13	11,0	ST
IRF6722M	30	4,7	8,0	13	11,0	MP
IRF6724M	30	1,9	2,7	27	33,0	MX
IRF6725M	30	1,7	2,4	28	36,0	MX
IRF6726M	30	1,3	1,9	32	51,0	MT
IRF6717M	30	1,25	2,1	38	46,0	MX
IRF6727M	30	1,2	1,8	32	49,0	MX

ний также выполняет роль выводов стока. Кристалл крепится к кожуху с помощью компаунда. Благодаря такой конструкции достигнуто снижение высоты корпуса до 0,7 мм и существенно улучшен показатель эффективности корпуса (отношение площадей кристалла и корпуса). У транзисторов DirectFET этот показатель достигает 90%. Другая особенность конструкции транзисторов DirectFET заключается в том, что у них не используется разварка кристалла — контактные площадки напрямую соединены с кристаллом. Благодаря этому, исключены свойственные другим корпусам электрические и тепловые сопротивления элементов, обеспечивающих подключение кристалла к выводам на корпусе. Эта особенность также позволила свести до минимума паразитную индуктивность выводов транзистора, и поэтому они обеспечивают более высокое качество переходных процессов (примеры осциллограмм можно посмотреть в [1]).

Особенности конструкции транзисторов DirectFET уникальным образом отразились на их теплорассеивающих свойствах. В отличие от пластиковых корпусов, в том числе SO-8 и PQFN, корпус DirectFET обладает хорошим теплорассеиванием как с поверхности корпуса, так и в направлении печатной платы. Вследствие этого, к ним неприменимы традиционные методики теплового расчета, которые учитывают отвод тепла в одном из направлений. Тепловая модель транзисторов DirectFET описывается тремя тепловыми сопротивлениями: R1 (переход — вывод истока), R2 (переход — кожух) и R3 (кожух-основание платы). Подробная методика теплового расчета приводится в [2]. Компания IR также предлагает Web-инструмент, автоматизирующий расчет теплового режима транзистора, который доступен по ссылке <http://www.irf.com/product-info/>

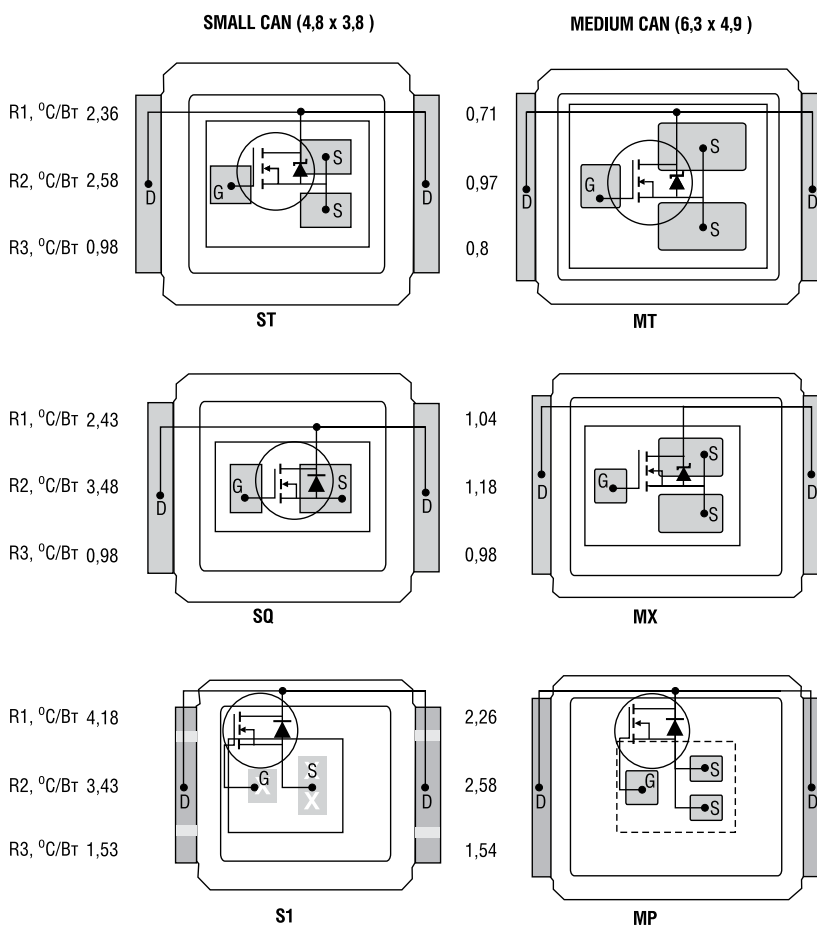


Рис. 4. Внешний вид и расположение выводов транзисторов DirectFET 2

*directfet/thermalcalc.html*. Наличие металлического кожуха также предоставляет возможность дальнейшего увеличения эффективности отвода тепла с помощью закрепленного внешне радиатора.

#### Заключение

Технология Gen10.59 позволяет сделать новый виток в направлении улучшения рабочих характеристик низковольтных силовых коммутаторов, выполненных на основе MOSFET-транзисторов и применяемых в современных каскадах преобразования, распределения и коммутации напряжения. Кроме того, имея доступ к еще более совершенным технологиям корпусирования, пользователь получает возможность дальнейшего усиления качества работы силового коммутатора.

#### Литература

1. Башкиров В. Новые семейства высокоэффективных низковольтных MOSFET // Новости электроники, №18, 2008 г. – С.29-32.

2. DirectFET Technology Thermal Model and Rating Calculator // Application Note, AN-1059, International Rectifier, Version 2, December 2008.-11p.

Получение технической информации,  
заказ образцов, поставка –  
e-mail: [power.vesti@compel.ru](mailto:power.vesti@compel.ru)

#### Новые MOSFETs от IR на 150 В и 200 В для промышленных применений

Новые MOSFET-транзисторы International Rectifier серии **IRFB46xx** и **IRFS46xx** на 150 В и 200 В с ультранизким значением заряда затвора ( $Q_g$ ) предназначены для промышленных применений, включая источники питания типа Switch Mode Power Supplies (SMPS), источники бесперебойного питания (UPS), инверторы и драйверы электродвигателей постоянного тока.

Данные приборы оптимизированы для схемных решений, где требуются быстрые переключения и где важны малые потери в переключающихся режимах.

У новых MOSFET-транзисторов International Rectifier, рассчитанных на напряжение 150 В, значение  $Q_g$  на 59% ниже, а у 200-вольтовых на 33% ниже, чем у других производителей – конкурентов.

Новые MOSFET-транзисторы имеют самую выгодную рыночную цену и доступны в корпусах TO-220, D2-PAK, TO-262, D-PAK и I-PAK, соответствуют нормам RoHS.

#### Новые Benchmark MOSFETs International Rectifier

Новые Benchmark (эталонные в своем классе) MOSFET-транзисторы International Rectifier **IRLB8721PbF**; **IRLB8743PbF**; **IRLB8748PbF**; **IRLB3813PbF** на напряжение 30 В с ультранизким значением заряда затвора ( $Q_g$ ) предназначены для промышленных применений, включая источники бесперебойного питания (UPS), высокоэффективные низковольтные DC/DC-преобразователи, приложения типа O-Ring (силовая схема ИЛИ соединения источников питания), источники питания для серверов и сетевых рабочих станций. Новые устройства сочетают в себе высокие эксплуатационные характеристики и производительность и имеют привлекательную, низкую стоимость.

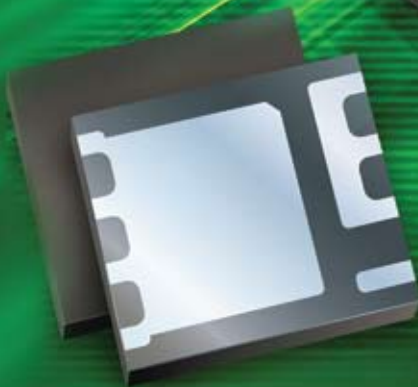
Новые MOSFET-транзисторы являются прямой улучшенной заменой существующих 30-вольтовых MOSFETs в корпусе TO-220 и являются развитием линейки Benchmark MOSFETs International Rectifier.

Данные MOSFETs выполнены в корпусе TO-220AB и соответствуют нормам RoHS.

## Низковольтные MOSFET в мини-корпусах

Низкое  $R_{DS(on)}$ ,  
высокие динамические  
характеристики

- IRF6717M
- IRF6721S
- IRF6722M



- IRF8736
- IRF8734
- IRF8721
- IRF8313/8513

Москва  
Тел.: (495) 995-0901  
Факс: (495) 995-0902

Санкт-Петербург  
Тел.: (812) 327-9404  
Факс: (812) 327-9403

 **Компэл**  
[www.compel.ru](http://www.compel.ru)