

## Низкоиндуктивные конденсаторы Murata для новых поколений интегральных схем

Хидео ХИРОСЕ (Hideo HIROSE)  
Перевод: Евгений КАРТАШЕВ

**Постоянная модернизация и повышение функциональных возможностей интегральных схем — основные тенденции последних лет. Это относится не только к микропроцессорам и другим микросхемам, используемым в персональных компьютерах и серверах, но и к электронным схемам, применяемым в игровых приставках и автоэлектронике.**

Все это заставляет производителей увеличивать тактовую частоту, уменьшать напряжение питания и повышать рабочий ток микросхем, предназначенных для различных применений. При этом требуется, чтобы допустимый уровень пульсаций питающего напряжения достигал предельно малых величин. Поскольку современные интегральные микросхемы должны обладать такой характеристикой, как предельно высокое быстродействие при малом напряжении питания, в цепях питания необходимо применять сглаживающие конденсаторы с очень низкой распределенной индуктивностью. Предлагаемая статья посвящена особенностям нового поколения монолитных керамических чип-конденсаторов с низким значением эквивалентной последовательной индуктивности (ESL — Equivalent Series inductance).

### Что такое конденсатор с низким значением ESL?

На рис. 1 показана эквивалентная схема монолитного керамического конденсатора, состоящая из собственной емкости (Capacitance), эквивалентного последовательного сопротивления (ESR) и эквивалентной последова-

тельной индуктивности (ESL). Для снижения импеданса данной схемы, работающей на высокой частоте, необходимо уменьшать компонент ESL. Для удовлетворения данных требований компания Murata Manufacturing Co., Ltd. разработала для коммерческого применения серию керамических конденсаторов, отличающихся пониженным значением ESL.

### Применение конденсаторов с низким значением ESL

Конденсаторы — это важная часть любой высокочастотной схемы. Например, емкости могут применяться для выделения переменной составляющей сигнала, сглаживания постоянного напряжения и подавления пульсаций. В сочетании с индуктивностями они образуют LC-фильтры, которые могут быть резонансными или согласующими.

Для снижения ESL-компонента или паразитной индуктивности конденсатора используется копланарная (плоско-параллельная) конструкция выводов или так называемая мультитерминальная структура выводов, обеспечивающая многоточечный доступ к емкости. Развязывающий низкоиндуктивный конденсатор может перезаряжаться с высокой

скоростью, благодаря этому при его подключении параллельно цепям питания интегральной схемы он обеспечивает очень высокую эффективность сглаживания. Конденсаторы с малой величиной ESL позволяют снизить импеданс схемы при работе на высоких частотах. Они обеспечивают хорошую АЧХ вносимых потерь при использовании в высокоскоростных линиях передачи, несмотря на возрастающую плотность данных, обрабатываемых современными процессорами.

### Типы конденсаторов с низким значением ESL

На рис. 2 показаны три основных вида низкоиндуктивных конденсаторов, разработанных компанией Murata. Керамика, а также материал внутренних электродов и внешних выводов этих емкостей такие же, как у монолитных керамических конденсаторов высокой емкости, которые производит компания.

В таблице 1 показано сравнение величины параметра ESL для стандартного и низкоиндуктивного конденсатора 2,2 мкФ типоразмера 3216 (вариант с копланарной геометрией выводов и 2 варианта многотерминальных, имеющих 8 и 10 точек подключения).

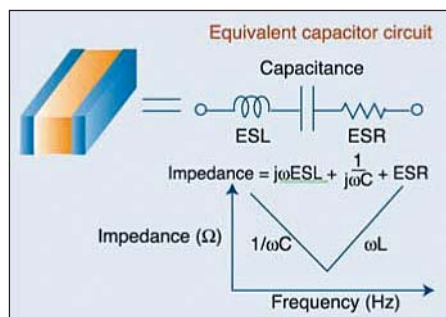


Рис. 1. Эквивалентная схема монолитного керамического конденсатора

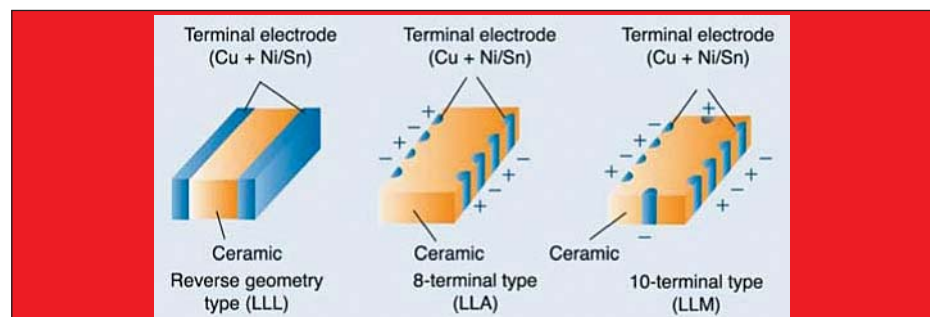
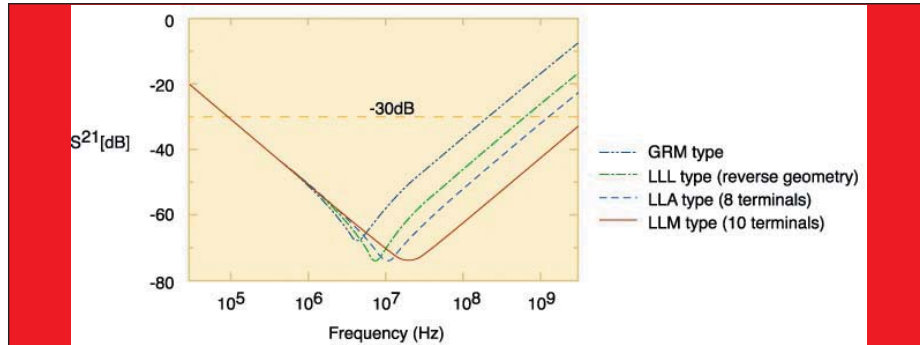


Рис. 2. Конструкция конденсаторов с низким значением ESL (примечание: электроды на рисунке отмечены символами + и - условно, конденсаторы не являются полярными)

**Таблица 1.** Сравнение параметра ESL монолитных керамических конденсаторов

Основной вид	Конструкция	Модель	Значение ESL (пГн)
Конденсатор с низким значением ESL	Монолитные керамические конденсаторы общего применения	CRM31MR71C225K	800
	Монолитные керамические конденсаторы с копланарными терминалами	LLL31MR71A225M	200
	8-терминальные монолитные керамические конденсаторы	LLA319R70G225M	100
	10-терминальные монолитные керамические конденсаторы	LLM315R70A225M	45



**Рис. 3.** Вносимые частотные характеристики потерь

Значение ESL для емкости с копланарными выводами в четыре раза меньше этой же величины у стандартного конденсатора, а для многотерминальных элементов ESL составляет уже 1/8 типового значения и менее.

**Особенности конденсаторов с низким значением ESL**

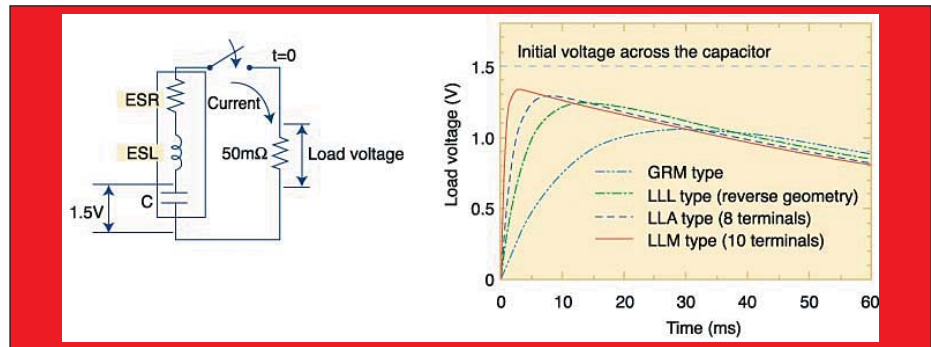
**АЧХ вносимых потерь на высоких частотах**

По сравнению со стандартными керамическими конденсаторами низкоиндуктивные элементы имеют лучшую частотную характеристику вносимых потерь на высоких частотах. Конденсаторы с пониженной величиной ESL, используемые в качестве сглаживающих, также отличаются более высоким уровнем подавления шумов (рис. 3).

**Быстродействие при использовании в цепях питания**

На рис. 4а показана эквивалентная схема разряда, предназначенная для анализа характеристик керамических конденсаторов с учетом параметров ESL и ESR. На графиках, при-

веденных на рис. 4б, представлено изменение напряжения на нагрузочном резисторе 50 мОм, полученное при моделировании разряда емкости с начальным напряжением 1,5 В. На основании этих результатов можно сделать вывод, что конденсаторы с пониженным значением ESL, копланарной и мультитерминальной конструкции (8 или 10 точек подключения), разряжаются с более высокой скоростью, чем стандартные компоненты (GRM-типа).



**Рис. 4.** Сравнение разрядных характеристик низкоиндуктивных и стандартных конденсаторов: а) цель разряда; б) изменение напряжения на нагрузке

**Таблица 2.** Линейка низкоиндуктивных монолитных керамических чип-конденсаторов LL-серии

Наименование серии	Температурные характеристики	Размеры (JIS)	Емкость (мкФ)
Копланарно-терминальные (LLL)	X 7 S/R (от -55 до +125 °C)	1608	0,01–1,0
		2012	0,01–2,2
		3216	0,01–10
8-терминальные (LLA)	X 7 S/R (от -55 до +125 °C)	1608	0,47–1,0
		2012	0,01–4,7
		3216	0,68–4,7
10-терминальные (LLM)	X 7 S/R (от -55 до +125 °C)	2012	0,01–2,2
		3216	0,68–4,7

Эта особенность позволяет низкоиндуктивным конденсаторам более эффективно работать в качестве сглаживающих в цепях питания скоростных интегральных схем (табл. 2).

**Перспективы**

Тенденцией современного рынка интегральных схем является непрерывное повышение рабочей частоты, снижение напряжения питания и увеличение рабочего тока. Рынок микросхем характерен расширением доли микропроцессоров для персональных компьютеров, игровых автоматов и автоэлектроники. Для всех данных применений необходимы конденсаторы с низким значением распределенной индуктивности. Чтобы удовлетворить растущие потребности рынка компания Murata непрерывно повышает производство низкоиндуктивных конденсаторов.