DOI: 10.22184/1992-4178.2022.213.2.154.157

# Способы подавления электромагнитных помех импульсного DC/DC-преобразователя

Copyright © 2021, Chipanalog Incorporated, перевод М. Токарь[1]

Импульсные DC/DC-преобразователи являются источником электромагнитных помех, влияющих на работу системы. Разработчикам устройств доступен ряд методов, в том числе оптимизация топологии печатной платы и правильное размещение элементов схемы, позволяющих снизить уровень излучаемых помех без использования экранирования. В статье на примере микросхемы трансивера CA-IS3092W от компании Shanghai Chipanalog Microelectronics рассмотрены способы подавления излучаемых электромагнитных помех встроенного импульсного DC/DC-преобразователя.

Микросхема CA-IS3092W представляет собой гальванически развязанный трансивер RS-485/RS-422 со встроенным изолированным импульсным DC/DC-преобразователем, выходное напряжение которого ($V_{ISO}$) может составлять 3 или 5 В (рис. 1). Управление выходным напряжением осуществляется посредством переключения вывода SEL, максимальный ток нагрузки может достигать 100 мА. Встроенный DC/DC-преобразователь содержит трансформатор небольших размеров, генератор тактовых импульсов работает на частоте около 70 МГц.

Известно, что изменение токов большой величины за короткий промежуток времени ($di/dt$) является одной из причин возникновения электромагнитных помех. Путем оптимизации топологии печатной платы, а также с помощью других методов можно добиться снижения уровня излучаемых электромагнитных помех для CA-IS3092W до значений, соответствующих стандарту

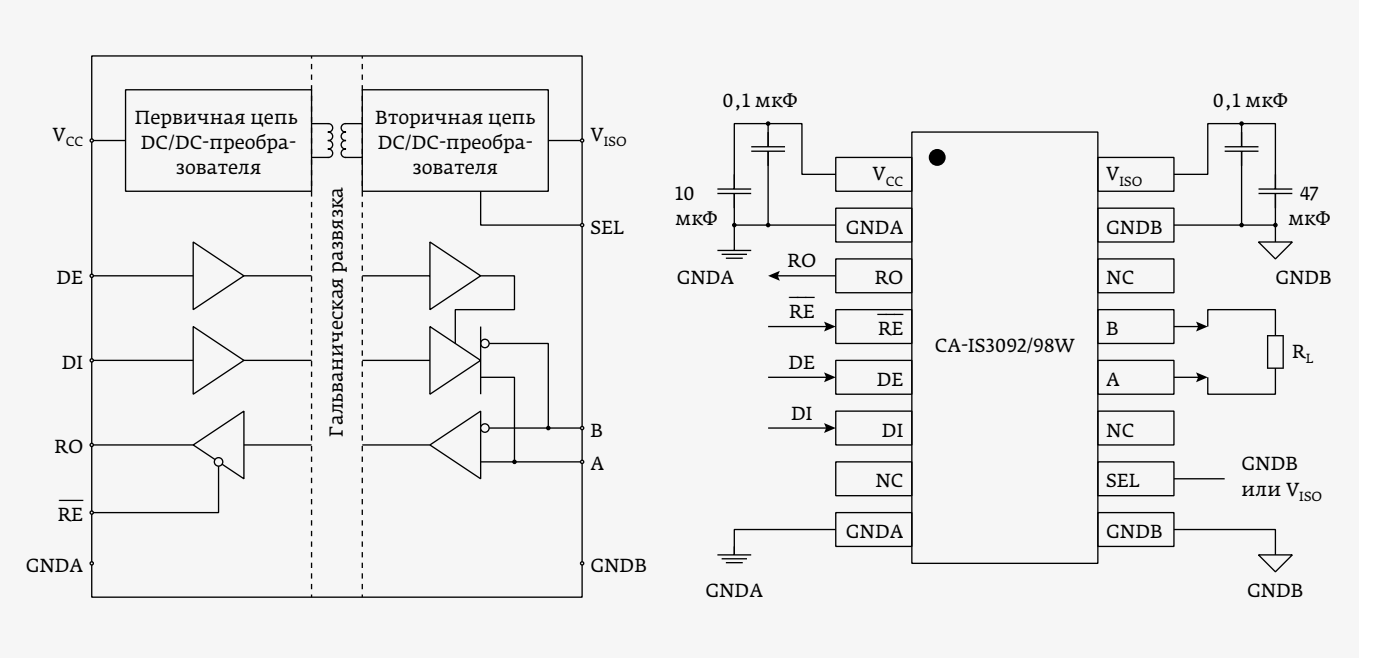



**Рис. 1.** Блок-схема и схема включения CA-IS3092W

[1] ООО «Теллур Электроникс», инженер, m.tokar@tellur-el.ru.

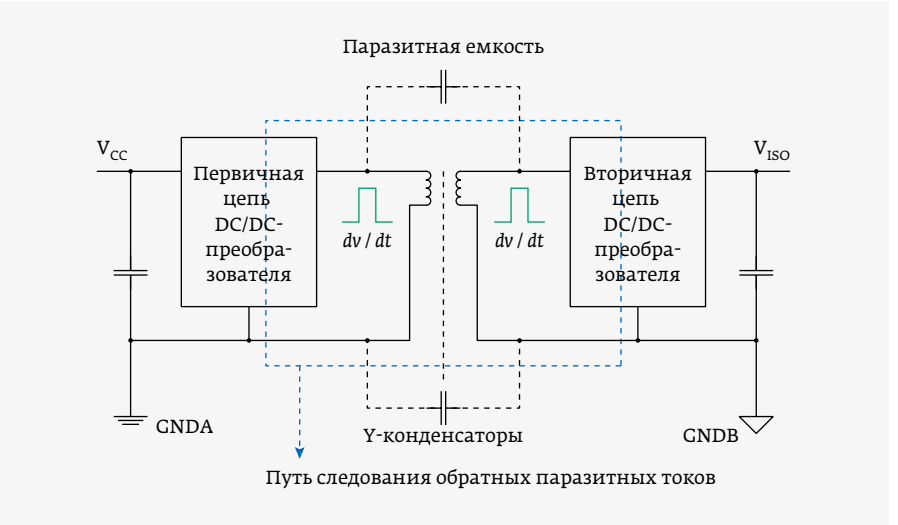



**Рис. 2.** Путь следования обратных паразитных токов и сшивающие Y-конденсаторы в CA-IS3092W

EN55032 class A без использования металлического экрана.

## СШИВАЮЩИЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Источником электромагнитных помех является не только генератор тактовых импульсов, но также встроенный микротрансформатор. Как правило, трансформатор имеет паразитную межобмоточную емкость, через которую во вторичную цепь проникают переменные токи. В случае отсутствия пути возврата в первичную цепь эти токи становятся синфазными, образуя дипольную антенну между выводами $V_{ISO}$ и GNDB, которая в свою очередь может являться источником излучаемых электромагнитных помех.

При использовании микросхемы CA-IS3092W можно реализовать необходимые меры для минимизации электромагнитных помех. Сшивающие Y-конденсаторы между землей первичной цепи (GNDA) и землей вторичной цепи (GNDB) обеспечивают возврат токов в первичную цепь DC/DC-преобразователя, что значительно снижает уровень излучаемых помех (рис. 2, 3). Конденсаторы с бóльшей емкостью могут усилить этот эффект, а в случае необходимости повышения изоляционных свойств DC/DC-преобразователя применяется схема без сшивающих конденсаторов.

Для усиления эффекта подавления электромагнитных помех рекомендуется применять конденсаторы, созданные с использованием многослойной структуры печатной платы. Два сигнальных металлизированных слоя печатной платы достаточно большой площади образуют конденсатор. Такой конденсатор имеет чрезвычайно низкую распределенную индуктивность и улучшенные частотные характеристики.

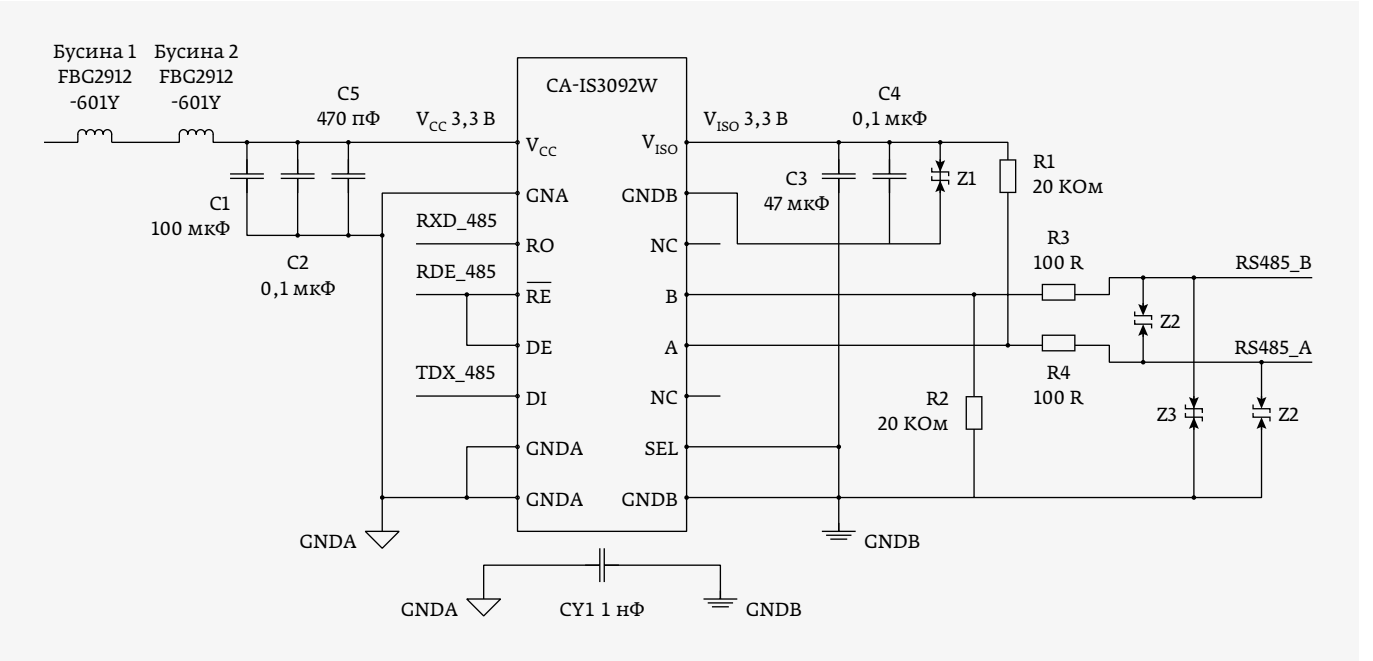



**Рис. 3.** Схема включения CA-IS3092W со сшивающим конденсатором между GNDA и GNDB

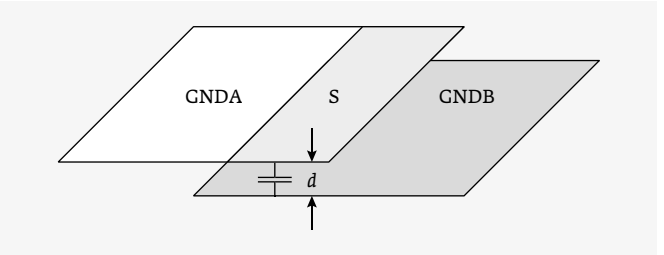



**Рис. 4.** Сшивающий конденсатор между GNDA и GNDB

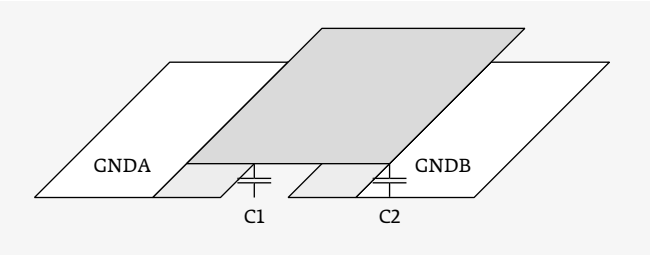



**Рис. 5.** Сшивающий конденсатор плавающего типа

Емкость конденсатора рассчитывается следующим образом: $C=\varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot S/d$, где $\varepsilon_r$ – относительная диэлектрическая проницаемость среды между металлизированными слоями (для материала FR4 $\varepsilon_r \approx 4{,}5$), $\varepsilon_0$ – абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума, равная $8{,}854 \cdot 10^{-12}$ Ф/м, $S$ – площадь перекрывающихся металлизированных слоев конденсатора, $d$ – расстояние между слоями.

Для конденсатора емкостью 181,9 пФ достаточно иметь толщину металлизированного слоя 1 oz, площадь перекрывающихся слоев $S=0{,}0022$ м$^2$, расстояние между слоями $d$ не должно быть менее 0,4 мм: $C=4{,}5 \cdot 8{,}544 \cdot 0{,}0022/0{,}000465=181{,}9$ пФ.

Вариант сшивающего конденсатора, сформированного в печатной плате между перекрывающимися шинами GNDA и GNDB, показан на рис. 4. Возможна также реализация сшивающего конденсатора плавающего типа (рис. 5). Суммарная сшивающая емкость в этом случае может быть рассчитана, как сумма параллельно включенных конденсаторов C1 и C2.

Многочисленные эксперименты показывают, что использование сшивающих конденсаторов между GNDA и GNDB помогает радикально снизить уровень излучаемых электромагнитных помех.

## НАКОПИТЕЛЬНЫЕ И РАЗВЯЗЫВАЮЩИЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Размер токовых контуров, по которым циркулируют токи, прямо пропорционален силе электромагнитного излучения. По этой причине необходимо по возможности уменьшать длину проводников на печатной плате. Накопительные конденсаторы номиналом 10 мкФ рекомендуется располагать дальше от входов, в то время как развязывающие конденсаторы должны быть как можно ближе к $V_{cc}$ и $V_{ISO}$ (рис. 6).

Переходные отверстия желательно размещать снаружи конденсаторов, а не прямо на дорожках питания между выводами $V_{cc}$ или $V_{ISO}$. Если площадь печатной платы позволяет, рекомендуется увеличить количество переходных отверстий, чтобы обеспечить параллельное соединение и снизить общее влияние паразитных индуктивностей переходных отверстий (рис. 7).

Рекомендуется использовать конденсаторы типа MLCC с рабочей частотой, кратной примерно 70 МГц. Для расширения частотного диапазона можно использовать сразу несколько развязывающих конденсаторов различной емкости.

## ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРРИТОВЫХ БУСИН

Ферритовые бусины различных типов характеризуются разными частотными свойствами. Узкополосные бусины отличаются быстрым откликом в определенном узком спектре частот и подходят для шумоподавления в узкой полосе частот. Широкополосные бусины характеризуются относительно широким частотным диапазоном. В любом случае все ферритовые бусины имеют свойства высокочастотного резистора – пропускают полезный низкочастотный сигнал, а нежелательный высокочастотный сигнал преобразуют в рассеиваемую тепловую энергию.

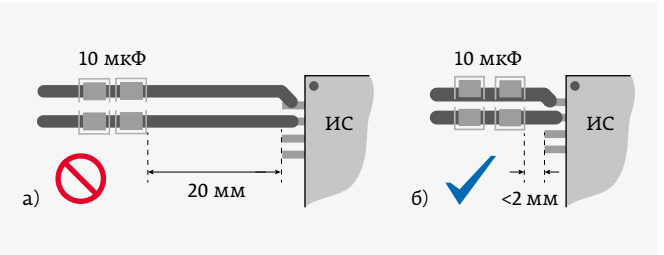



**Рис. 6.** Расположение развязывающих конденсаторов: а – неправильное; б – правильное

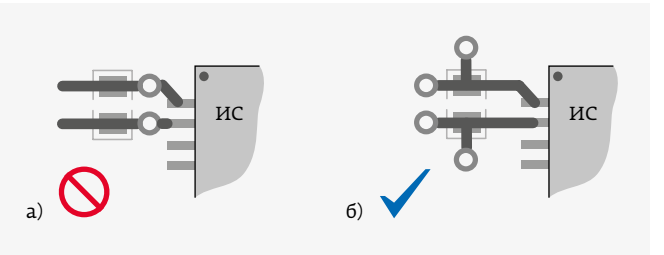



**Рис. 7.** Размещение переходных отверстий: а – неправильное; б – правильное

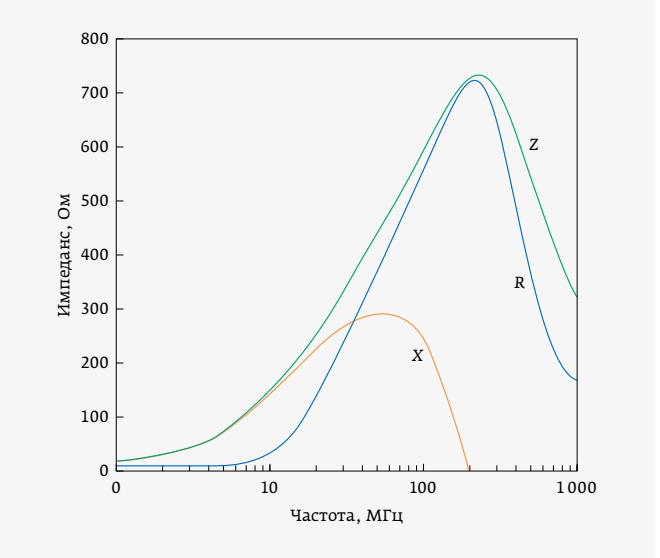



**Рис. 8.** Частотные характеристики ферритовой бусины MU1005-601Y

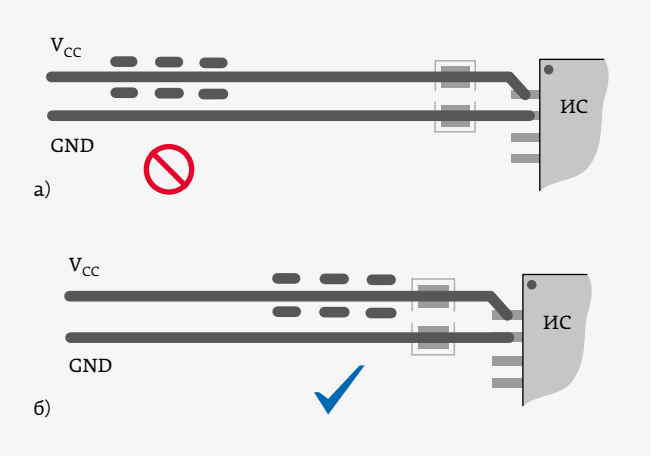



**Рис. 9.** Расположение ферритовых бусин: а – неправильное; б – правильное

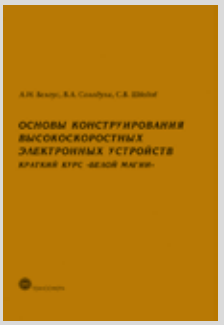
На рис. 8 представлены частотные характеристики ферритовой бусины MU1005-601Y от Burns.

Ферритовые бусины должны быть расположены как можно ближе к источнику нежелательных высокочастотных помех. Если подавление высокочастотной составляющей недостаточное, можно включать бусины последовательно (рис. 9). Для расширения спектра подавления возможно объединение бусин с разными частотными характеристиками.

* * *

ООО «Теллур Электроникс» является официальным дистрибьютором Shanghai Chipanalog Microelectronics Co., Ltd. ●


## КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 1960 руб.

**ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ. КРАТКИЙ КУРС «БЕЛОЙ МАГИИ»**

**Белоус А. И., Солодуха В. А., Шведов С. В.**

***Под общей редакцией А. И. Белоуса***

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020. – 872 с., ISBN 978-5-94836-500-8

В монографии рассмотрены основные теоретические и практические аспекты проектирования быстродействующих электронных устройств «по полной цепочке» – от верхнего системного уровня иерархии до уровня базовых элементов и плат.

Книга ориентирована на широкий круг читателей: студентов, аспирантов, преподавателей технических университетов, инженеров, специализирующихся в области разработки и организации производств различного рода радиоэлектронных устройств, приборов и систем, к которым предъявляются требования обеспечения высокой скорости обработки и передачи данных.

**КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?**

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 🖷 +7 495 956-3346; **knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru**