

ТЕХНОЛОГИИ И ПРОИЗВОДСТВО / TECHNOLOGIES AND PRODUCTION

DOI: 10.21778/2413-9599-2018-28-4-35-40
УДК 681.3.06

Размещение конденсаторов развязки под BGA-компонентом

С.А. Сорокин¹, О.Ю. Сысоев²¹ АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М.А. Карцева»,
Москва, Россия² АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»», Санкт-Петербург, Россия

Эффективность трассировки печатных плат во многом определяется качеством размещения на них электронных компонентов. Расположение двухполюсников под компонентом с матричным расположением контактов – задача хотя и локальная, но достаточно трудоемкая. В работе описана методика расстановки конденсаторов развязки под компонентом с матричным расположением контактов, включающая определение положения конденсатора относительно контактов матрицы, его позиционирование и ориентацию рядом с эквипотенциальным контактом микросхемы и последовательность размещения конденсаторов. Приведены формулы, позволяющие определить возможность или невозможность размещения двухполюсника в конкретной позиции. Методика в настоящее время готовится к реализации в отечественной САПР ТороR.

Ключевые слова: BGA-компонент, печатная плата, размещение двухполюсников, конденсатор развязки

Для цитирования:

Сорокин С.А., Сысоев О.Ю. Размещение конденсаторов развязки под BGA-компонентом // Радиопромышленность. 2018. Т. 28. № 4. С. 35–40. DOI: 10.21778/2413-9599-2018-28-4-35-40

© Сорокин С.А., Сысоев О.Ю., 2018



Placement of the decoupling capacitors under the BGA component

S.A. Sorokin¹, O. Yu. Sysoev²

¹ M. A. Kartsev Scientific and Research Institute of Computing Systems, Moscow, Russia

² Concern «Sea Underwater Weapon – Gidropribor» JSC, Saint-Petersburg, Russia

The efficiency of PCB routing is determined by the quality of the placement of electronic components on the board. The placement of the two-port elements under the BGA-component, although being a local task, is labor-intensive. This paper describes the technique of arranging the decoupling capacitors under the BGA component, including determining the position of the capacitor relative to the matrix pins, positioning and orientation of the capacitor near the equipotential pin of the chip and the sequence of capacitors placement. Formulas that allow estimating the possibility or impossibility of placing the two-port element in a specific position are given. The technique is currently being implemented in the domestic CAD system TopoR.

Keywords: BGA component, printed circuit board, two-port elements placement, decoupling capacitor

For citation:

Sorokin S.A., Sysoev O. Yu. Placement of the decoupling capacitors under the BGA component. Radiopromyshlennost, 2018, vol. 28, no. 4, pp. 35–40 (In Russian). DOI: 10.21778/2413-9599-2018-28-4-35-40

Введение

Обычно большая часть размещаемых под BGA-компонентом (с матричным расположением контактов) двухполюсников – это конденсаторы развязки [1–3], которые устанавливаются для уменьшения импульсных помех в цепях питания. Поставить конденсатор развязки желательно возле каждого контакта питания, однако при использовании сквозных межслойных переходов в большинстве случаев это невозможно. Точнее, это может привести

к блокировке контактов в области BGA и, соответственно, к невозможности обеспечить 100%-ю трассировку, поскольку каждый установленный под BGA двухполюсник занимает определенное количество ячеек, которые можно было бы использовать для размещения межслойных переходов.

ПЛИС с архитектурой FPGA в настоящее время используют несколько источников питания [4]. Питание ядра FPGA – наиболее важная линия питания, во многом определяющая общее энергопотребление микросхемы. Потребление по цепям от вспомогательных источников питания обычно невелико (на уровне десятков миллиампер). Потребление от источников питания блоков ввода/вывода определяется в основном нагрузкой выходов ПЛИС. Соответственно, при дефиците свободного пространства для установки конденсаторов развязки следует распределить вакансии (свободные ячейки) между питаниями и в первую очередь обеспечить развязку питания ядра. При невозможности разместить конденсатор развязки возле каждого вывода питания конденсаторы следует распределять равномерно по области, содержащей выводы питания.

При ручном проектировании конденсаторы развязки зачастую устанавливают «крестом» (по вертикали и горизонтали) по центру микросхемы. При этом межслойные переходы расставляют от центра по квадрантам (рис. 1).

Такое расположение переходов освобождает ячейки центрального креста. Чтобы размещение в них двухполюсников не приводило к блокировке контактов BGA, с каждым контактом двухполюсника

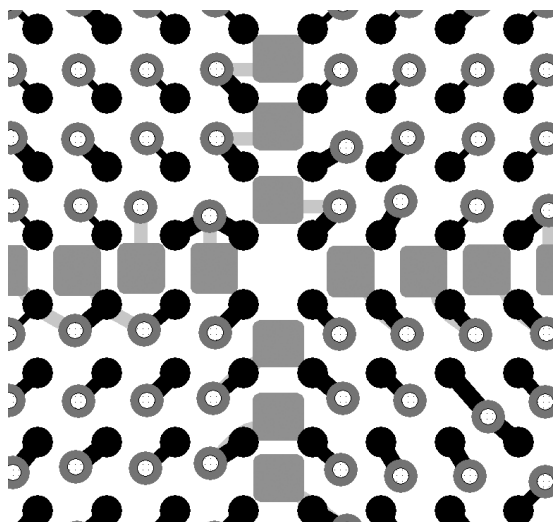


Рисунок 1. Расстановка межслойных переходов по квадрантам от центра
Figure 1. Layout of interlayer transitions in quadrants from the center

должен соседствовать эквипотенциальный контакт микросхемы. Однако этого производители микросхем не гарантируют.

Двухполюсник в зависимости от габаритных размеров и расположения относительно контактов BGA может блокировать различное число ячеек. Так, один и тот же конденсатор на рис. 2а блокирует две ячейки, в варианте на рис. 2б – три.

На рис. 2в контакты конденсатора, расположенного под контактами BGA, блокируют шесть ячеек, но при меньших размерах конденсатора и его контактных площадок при таком же размещении он может не мешать установке переходов в ячейках.

Небрежно расставленные «на глазок» конденсаторы могут заблокировать больше ячеек, чем необходимо. В некоторых случаях избежать излишней блокировки ячеек поможет только аккуратный расчет положения конденсатора.

Методика размещения конденсаторов развязки

Необходимо разместить под корпусом BGA максимально возможное число конденсаторов (в пределе по одному на каждый контакт питания), обеспечив при этом возможность установки межслойного перехода возле каждого задействованного контакта внутри области BGA.

Рассмотрим задачу применительно к регулярной прямоугольной BGA.

Зададим параметры:

g – величина зазора;

d – расстояние между центрами соседних контактов BGA;

r – радиус межслойного перехода;

R – радиус контактной площадки BGA-компонента;

w – длина двухполюсника (расстояние между дальними концами контактных площадок двухполюсника);

v – ширина двухполюсника (высота контактной площадки);

y – расстояние между ближними концами контактных площадок двухполюсника.

Для каждого типа корпуса двухполюсника следует определить, при каком расположении относительно проекций ближайших контактов BGA двухполюсник будет блокировать минимальное число позиций размещения сквозных межслойных переходов.

Переходные отверстия внутри BGA обычно размещаются в центрах ячеек, поэтому если ставить их в ячейки, находящиеся на дистанции n шагов друг от друга, то расстояние между ближайшими точками переходных отверстий будет равно $nd - 2r$.

Наименьшее n , для которого это значение больше или равно w , и будет искомым. То есть $n = \lceil (w + 2g + 2r)/d \rceil$. Центр двухполюсника помещается в точку на расстоянии $nd/2$ от центров двух ближайших по горизонтали переходов.

Аналогичное вычисление по вертикали дает значение $m = \lceil (v + 2g + 2r)/d \rceil$. Центр двухполюсника должен быть помещен на $md/2$ от центров двух ближайших по вертикали переходов.

Число ячеек, блокируемых одним двухполюсником:

$$h = (n-1)(m-1).$$

Для маленьких конденсаторов следует проверить наличие вариантов их расстановки, при которых они не препятствуют размещению межслойных переходов в ячейках BGA. На рис. 4–6 показаны такие варианты с различным относительно контактов BGA расположением (под контактами, между контактами), и приведены условия, при выполнении которых такое размещение возможно.

Для ситуации, показанной на рис. 3:

$$r + g \leq d - \frac{w}{2}.$$

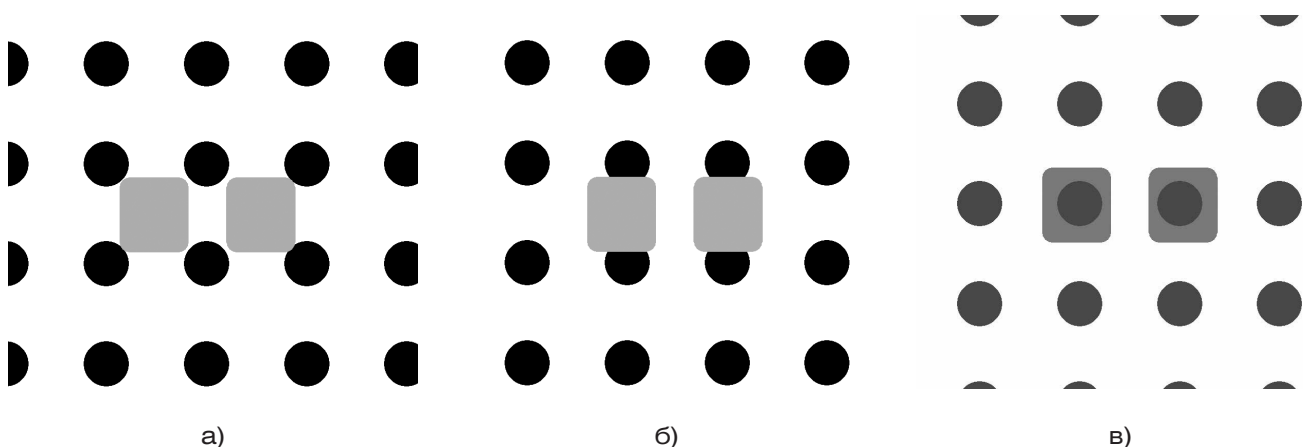


Рисунок 2. Влияние расположения двухполюсника на количество заблокированных ячеек
 Figure 2. The influence of the two-port element location on the number of blocked cells

Для ситуации, показанной на рис. 4:

$$r + g \leq \sqrt{\left(\frac{d-v}{2}\right)^2 + \left(\frac{y}{2}\right)^2}.$$

Для ситуации, показанной на рис. 5:

$$r + g \leq \sqrt{\left(\frac{d-v}{2}\right)^2 + \left(d - \frac{w}{2}\right)^2}.$$

После того как определено положение двухполюсника в сетке контактов BGA, следует

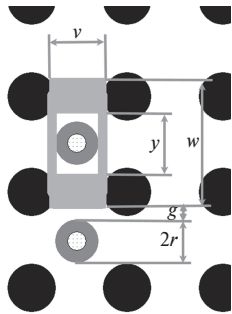


Рисунок 3. Двухполюсник расположен в промежутке между контактами BGA
Figure 3. The two-port element is located between the BGA pins

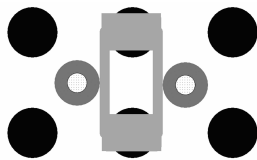
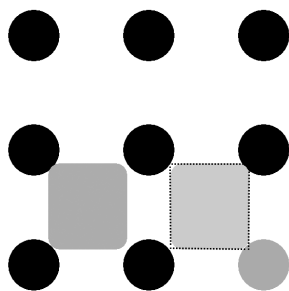


Рисунок 4. Двухполюсник, расположенный под контактами BGA, не мешает размещению переходов в ячейках
Figure 4. The two-port element, located under the BGA pins, does not interfere with the placement of transitions in cells



а)

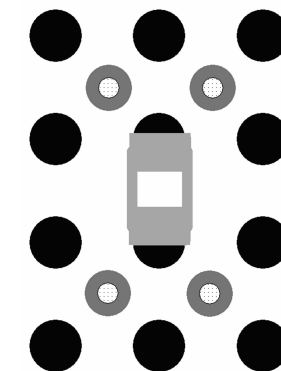
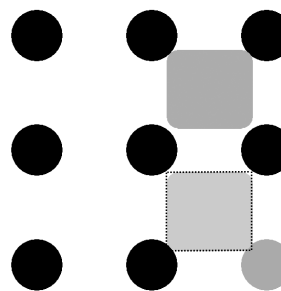


Рисунок 5. Двухполюсник, расположенный под контактами BGA, блокирует ячейки справа и слева
Figure 5. The two-port element, located under the BGA pins, blocks cells on the right and left



б)

Рисунок 6. Варианты расположения двухполюсника возле контакта питания
Figure 6. Option for the two-port element location near the power pin

«правильно» расположить двухполюсник рядом с конкретными контактами «питания» (и «земли»).

Для любого контакта питания BGA существует несколько вариантов размещения двухполюсника в непосредственной близости к контакту питания BGA-компонента (на рис. 6 и 7 эквипотенциальные контакты двухполюсника и BGA выделены более светлым оттенком и контакт двухполюсника обведен пунктирной линией). Если допустить только вертикальную и горизонтальную ориентации двухполюсника, то возможны восемь основных вариантов, два из которых показаны на рис. 6.

Другие шесть вариантов – вертикальное и горизонтальное расположение двухполюсника во втором, третьем и четвертом квадрантах (относительно контакта питания). Если контакт двухполюсника расположен не в ячейке, ближайшей к эквипотенциальному контакту BGA, то вариантов существенно больше (рис. 7).

Сократить число вариантов, а также определить ориентацию конденсатора помогает учет расположения ближайшего контакта «земли»: координаты пары

контактов «питания» и «земли» задают минимальный прямоугольник, в который следует «вписать» конденсатор, либо расположить конденсатор в непосредственной близости от этой пары контактов BGA.

Существует по крайней мере два подхода:

1. Расставить как можно больше конденсаторов.
2. Расставить заданное число конденсаторов для каждой линии питания.

И в том и в другом случае, скорее всего, потребуются итерации с проверкой возможности расстановки фанатов [5] и, возможно, с удалением некоторых уже размещенных двухполюсников.

В областях, содержащих в основном контакты «земли» и «питания», следует находить компромисс между числом размещенных конденсаторов и числом межслойных переходов, через которые конденсаторы и контакты микросхемы соединяются со слоями «земли» и «питания».

Расставлять двухполюсники следует последовательно от периферии BGA к центру, продвигаясь по прямоугольной спирали, например по часовой стрелке от верхнего левого контакта BGA, подсчитывая число требуемых дополнительных ячеек и проверяя, не превысит ли оно число свободных ячеек «креста».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кечиев Л.Н. Проектирование системы распределения питания печатных узлов электронной аппаратуры. М.: Грифон, 2016. 400 с.
2. Popovich M., Sotman M., Kolodny A., Friedman E. G. Effective radii of on-chip decoupling capacitors. *IEEE Transactions on very large scale integration (VLSI) systems*, vol. 16, no. 7, July 2008, pp. 894–907.
3. Wu K.-B., Liu A.-Sh., Shiu G.-H., Lin Ch.-M., Wu R.-B. Optimization for the locations of decoupling capacitors in suppressing the ground bounce by genetic algorithm. *Progress In Electromagnetics Research Symposium*, 2005, Hangzhou, China, August 22–26, pp. 411–415.
4. Шаропин Ю., Будев В. Основы построения систем питания ПЛИС // Компоненты и технологии. 2006. № 8. С. 144–151.
5. Сорокин С.А. Расстановка фанатов в САПР «ТороR» // Современная электроника. 2018. № 1. С. 70–72.

REFERENCES

1. Kechiev L.N. *Proektirovanie sistemy raspredeleniya pitaniya pechatnykh uzlov elektronnoi apparatury* [Design of power distribution system for printed circuit boards of electronic equipment]. Moscow, Griphon Publ., 2016, 400 p. (In Russian).
2. Popovich M., Sotman M., Kolodny A., Friedman E. G. Effective radii of on-chip decoupling capacitors. *IEEE Transactions on very large scale integration (VLSI) systems*, vol. 16, no. 7, July 2008, pp. 894–907.
3. Wu K.-B., Liu A.-Sh., Shiu G.-H., Lin Ch.-M., Wu R.-B. Optimization for the locations of decoupling capacitors in suppressing the ground bounce by genetic algorithm. *Progress In Electromagnetics Research Symposium 2005*, Hangzhou, China, August 22–26, pp. 411–415.
4. Sharopin Yu., Budnev V. Fundamentals of power supply systems of FPGA. *Komponenty i tehnologii*, 2006, no. 8, pp. 144–151. (In Russian).
5. Sorokin S. A. Fanouts placement in the CAD TopoR. *Sovremennaja elektronika*, 2018, no. 1, pp. 70–72. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сорокин Сергей Александрович, д.т.н., генеральный конструктор, АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М.А. Карцева», 117437, Москва, ул. Профсоюзная, д.108, тел.: +7 (495) 330-09-29, e-mail: sorokin@niivk.ru.

Сысоев Олег Юрьевич, инженер-электроник 1-й категории, АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор», 194044, Санкт-Петербург, Б. Сампсониевский просп., д.24, тел. +7 (812) 542-01-47, e-mail: ol.sysoeff@gmail.com.

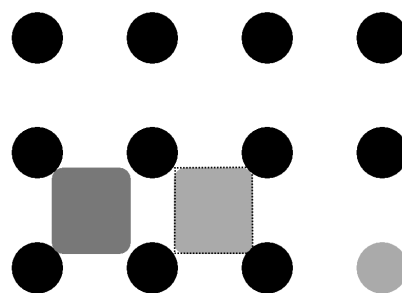


Рисунок 7. Дополнительный вариант расположения двухполюсника
Figure 7. Additional option for the two-port element location

Выводы

1. Обоснована целесообразность автоматизации процесса размещения конденсаторов развязки под BGA-компонентом.
2. Предложена методика решения задачи, пригодная как для ручного проектирования, так и для автоматизации процесса расстановки.
3. Описанная методика расстановки двухполюсников в настоящее время реализуется в САПР ТороR и войдет в одну из ближайших версий.

AUTHORS

Sergey A. Sorokin, Dr.Sci. (Engineering), general designer, M.A. Kartsev Scientific and Research Institute of Computing Systems, 108, Profsoyuznaya ulitsa, Moscow, 117437, Russia, tel.: +7 (495) 330-09-29, e-mail: sorokin@niivk.ru.

Oleg Yu. Sysoev, electronic engineer, Concern «Sea Underwater Weapon – Hidropribor» JSC, 24, Sampsonievskii prospekt, Saint-Petersburg, 194044, Russia, tel.: +7 (812) 542-01-47, e-mail: ol.sysoeff@gmail.com.

Поступила 24.08.2018; принята к публикации 11.09.2018; опубликована онлайн 23.11.2018.
Submitted 24.08.2018; revised 11.09.2018; published online 23.11.2018.