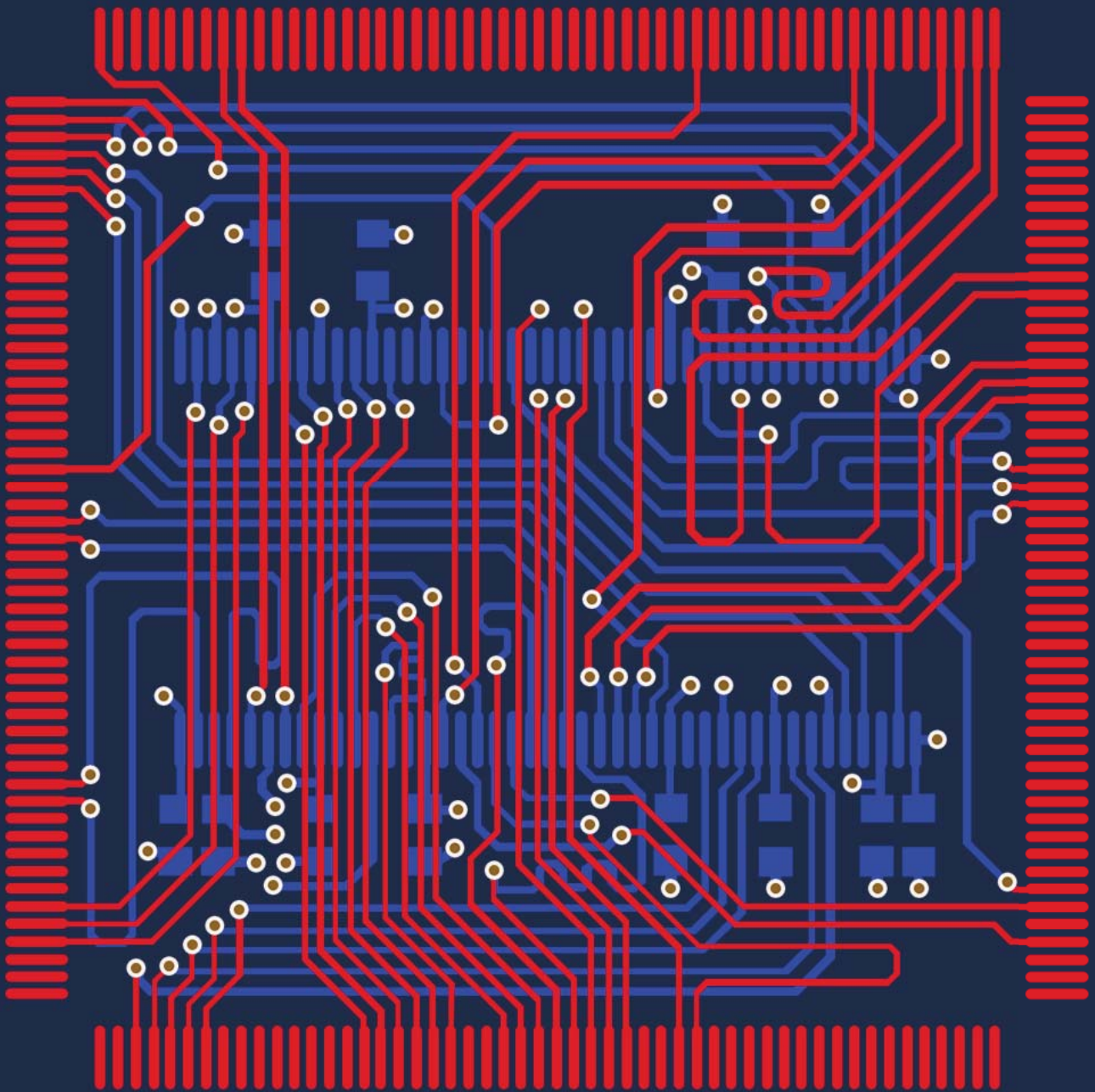


BGA Fanout Routing



Christian Keller

Field Applications Engineer

BGA FANOUT ROUTING

ÜBERBLICK

Die immer größere Integrationsdichte mit immer kleineren elektrischen Bauteilen stellt den Leiterplattenentwickler vor immer neue Herausforderungen. Gerade bei Ball Grid Arrays (BGAs), die teilweise mehreren hundert Anschlüssen haben und dabei nur wenige Zentimeter lang und breit sind, ergeben sich neue Anforderungen während der Layout Phase.

FANOUT- UND ESCAPE-ROUTING

Aufgrund der Dichte und der Abstände der Anschlussstellen kann im Regelfall nur die äußerste und zweite Reihe eines BGAs direkt mit Leiterbahnen verbunden werden. Das bedeutet, dass zwischen zwei Anschlussstellen eines BGAs auf der Außenlage einer Leiterplatte nur eine Leiterbahn verlegt werden kann. Alle weiteren Anschlussstellen des BGAs sind nicht auf direktem Wege auf der Außenlage verbindbar. Zur Realisierung weiterer Anschlüsse wurde in vielen PCB Design-Systemen das Fanout- und Escape-Routing integriert. Beim Fanout- und Escape-Routing werden die beiden äußersten Reihen direkt und alle weiteren Reihen eines BGAs über eine kurze Leiterbahn, die im 45 Grad Winkel ausgeführt ist, bis zum Zentrum der Anschlussstellen automatisch angeschlossen. Dort sitzt dann in der Regel ein Blind-Via, das eine direkte Verbindung in die nächste Signallage herstellt. Von der nächsten Signallage wird dann das „normale“ Routing der Verbindung durchgeführt.

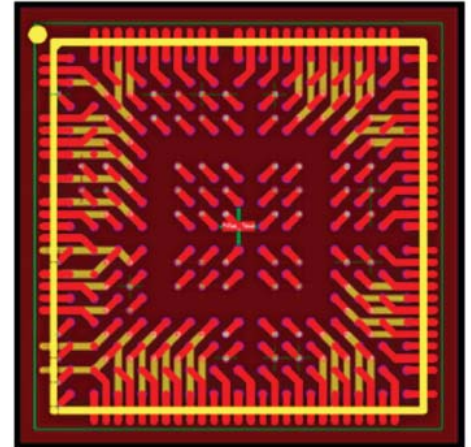


Abbildung 1. BGA mit klassischem Fanout-Routing aller elektrischen Anschlüsse.

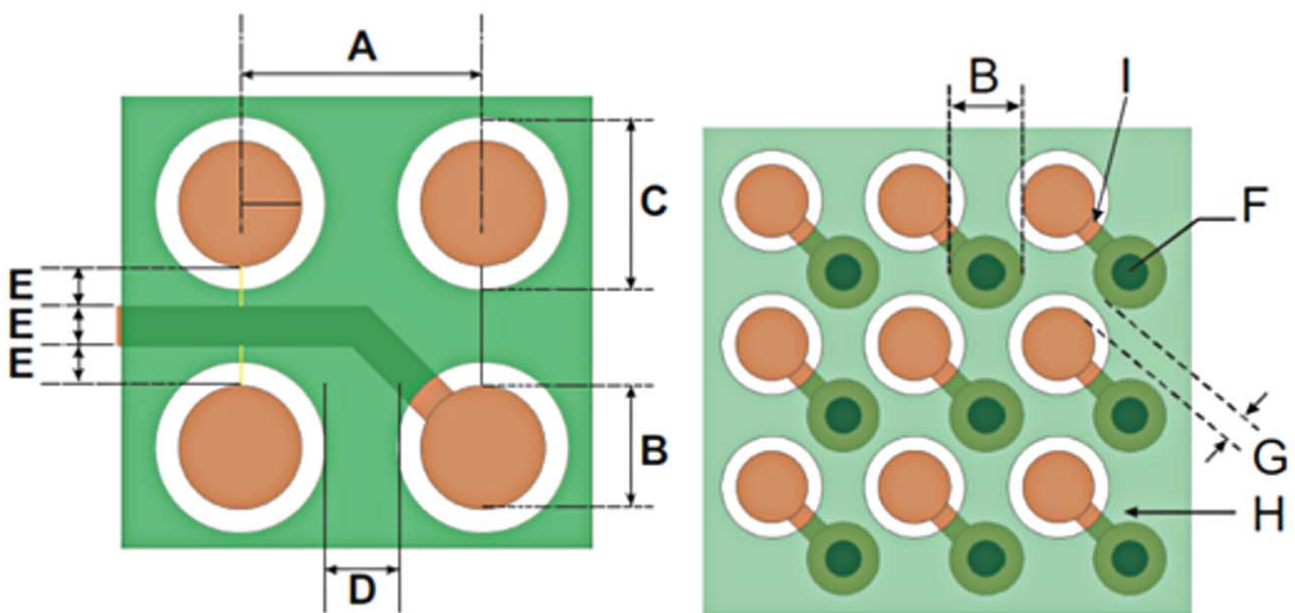


Abbildung 2. Bildliche Darstellung der Anschlussstellen eines BGAs mit seinen Anschlussmöglichkeiten.

Durch den Einsatz von Via-in-Pad kann die zusätzliche Leiterbahn in das Zentrum der Anschlüsse entfallen und damit weiterer Freiraum für Leiterbahnen geschaffen werden. Dazu werden bei Via-in-Pad die Durchkontaktierungen direkt in den Anschlussstellen des BGAs platziert.

BGA FANOUT ROUTING

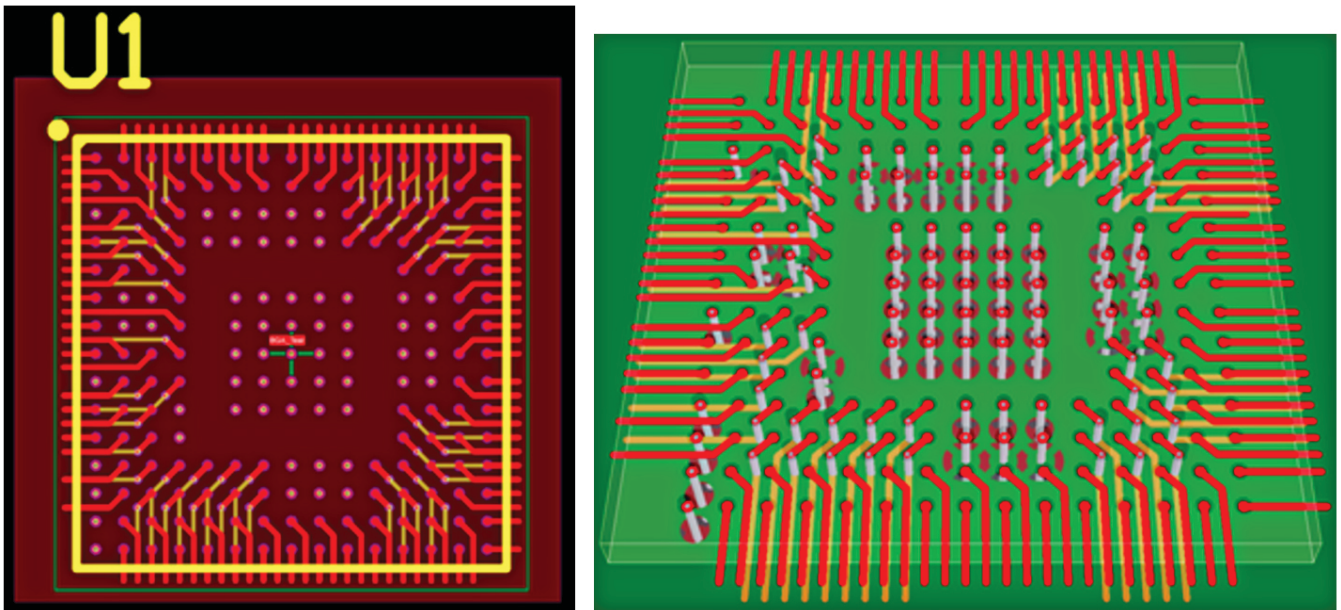


Abbildung 3. Signalleitungen mit Fanout- und Escape-Routing, Versorgungsspannungsanschlüsse als Via-in-Pad.

Während der Herstellung der Leiterplatte werden diese Durchkontaktierungen mit einem nicht leitenden Medium gefüllt und ausgehärtet. In einem weiteren Arbeitsschritt werden die Enden metallisiert, eingeebnet und zusätzlich überkontaktiert. Damit sind die Oberflächen der Vias plan und können wie eine gewöhnliche Anschlussstelle für die Kontaktierung von BGAs verwendet werden. Diese Lösung wird auch für stacked und staggered Microvias und/oder Blind Vias verwendet. Die IPC 4761 beschreibt, wie Vias-in-Pads bzw. Filled & Capped Vias (IPC 4761 Type VII) gefertigt werden. Trotz der hohen Fertigungskosten werden Vias-in-Pad aufgrund der höheren Integrationsdichte von BGAs und der geringen Induktivität bei hohen Frequenzen (Signalqualität) immer beliebter.

In Altium Designer kann für das Fanout-Routing zwischen dem klassischen Fanout (Auto oder BGA) und Via-in-Pad unterschieden werden. Für das klassische Fanout-Routing bietet Altium Designer alle notwendigen Einstellmöglichkeiten für die Richtung des Fanouts (Direction From Pad) und das Via im Zentrum zwischen den Anschlussstellen (Via Placement Mode) des BGAs platziert werden soll oder nicht (siehe Abbildung 2). Aus Gründen der Fertigbarkeit und der dadurch entstehenden Kosten wird in den meisten Fällen das Via zwischen den Anschlussstellen eines BGAs platziert.

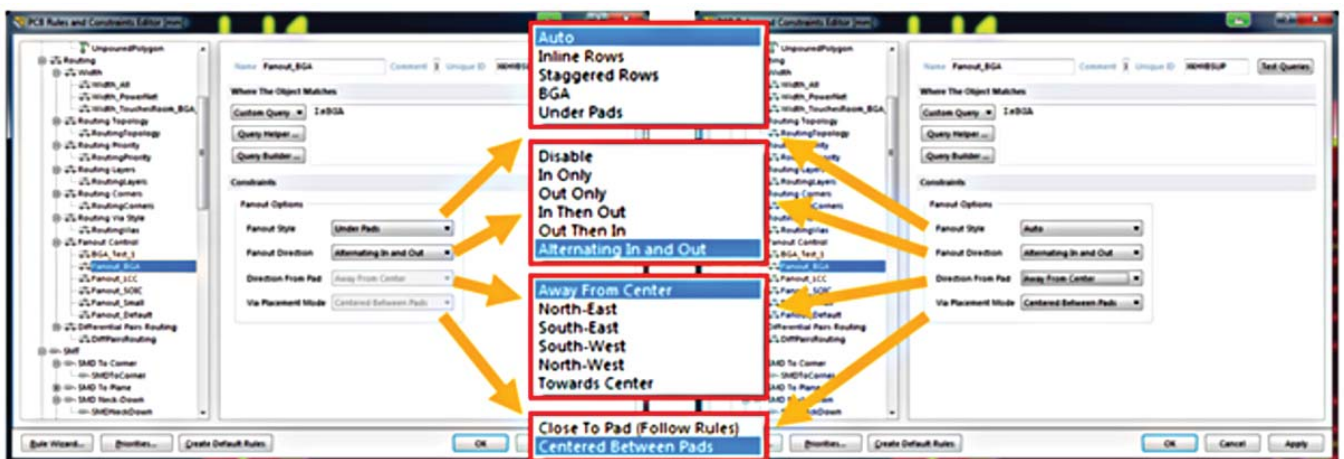


Abbildung 4. Design-Rule Editor (Fanout Control) in Altium Designer.

BGA FANOUT ROUTING

In vielen Fällen kann das Via auch in Richtung der Anschlussstelle verschoben werden. Mit diesen „Off-Grid“ Anschlüssen optimiert man das Escape-Routing. Allerdings muss für jedes BGA die Strategie für das Routing überdacht und für das Fanout- und Escape-Routing neu definiert werden. Die bisher verfügbaren und klassischen Autorouter in den meisten ECAD-Systemen stoßen hier schnell an ihre Grenzen.

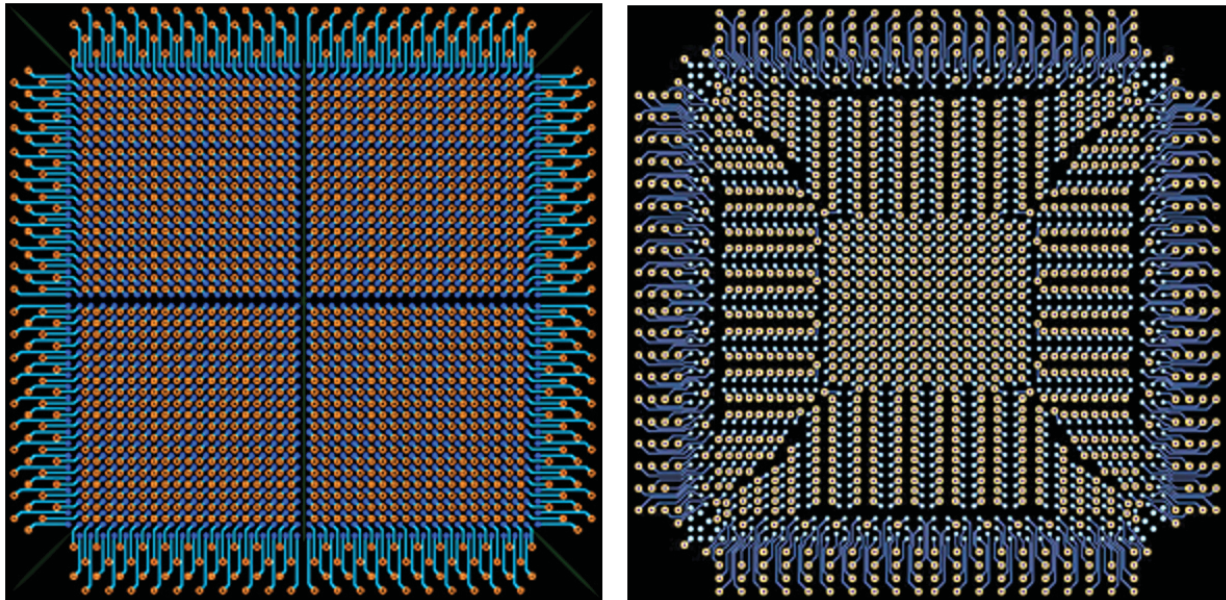


Abbildung 5. Unterschiedliche Anschlussbelegungen für das Fanout und Escape Routing von BGAs.

Eine Möglichkeit um Signallagen einzusparen sind die immer weiter fallenden Limitierungen im Herstellungsprozess. Das heißt, auch die Leiterplattenhersteller optimieren die Möglichkeiten zur Fertigbarkeit einer Leiterplatte immer mehr. Technologisch als Standard können bereits heute minimale Leiterbahnbreiten und Abstände von 100µm bei einer Kupferstärke von 35µm betrachtet werden.

Bei erhöhten Anforderungen, beziehungsweise wenn Kosten keine Rolle spielen, sind bereits heute Leiterbahnbreiten von 75µm bei Kupferstärken von 25 - 30µm möglich. Als Standard für Durchkontaktierungen wird bei einer Kupferstärke von 35µm eine Pad-Größe von 0,45mm und einem Bohrdurchmesser von 0,15mm (Enddurchmesser) angesehen. Kleinere geometrische Parameter sind auch heutzutage schon möglich, sollten aber mit dem Leiterplattenhersteller abgesprochen werden.

Aus Fertigungsgründen (Ätztoleranzen) sowie aus Gründen der Signalqualität werden die minimalen technologischen Abstände aber im Regelfall nicht über die komplette Leiterplatte verwendet. Bei Leiterbahnbreiten <100µm ist eine Ziel-Impedanz mit gängigen Leiterplattenmaterialien auch so gut wie nicht mehr erreichbar. Das heißt, die technologisch minimalen Abstände werden nur in besonderen Bereichen, beispielsweise unterhalb der BGAs, eingesetzt. Um sicherzustellen, dass in solchen Bereichen, die ähnlich wie Räume zu betrachten sind, die minimalen Leiterbahnbreiten und Abstände eingehalten werden, sind zusätzliche Regeln notwendig.

ZUSAMMENFASSUNG

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die immer größere Integrationsdichte bei immer kleineren Bauteilgeometrien das Fanout und Escape Routing den Leiterplattenentwickler vor immer größere Herausforderungen stellt. Mit neuen technologischen Möglichkeiten wie Via-in-Pad, unterschiedliche geometrische Abstände von Leiterbahnbreiten und Abständen bereichsbezogen zu definieren und über Design Rule Checks online zu überprüfen, ist Altium Designer „State of the Art“. Mit den aktuell vorhandenen Methoden und in Verbindung mit ActiveRoute (verfügbar seit Version 17), ist der Leiterplattenentwickler auch zukünftig für alle neuen Anforderungen bestens gerüstet.