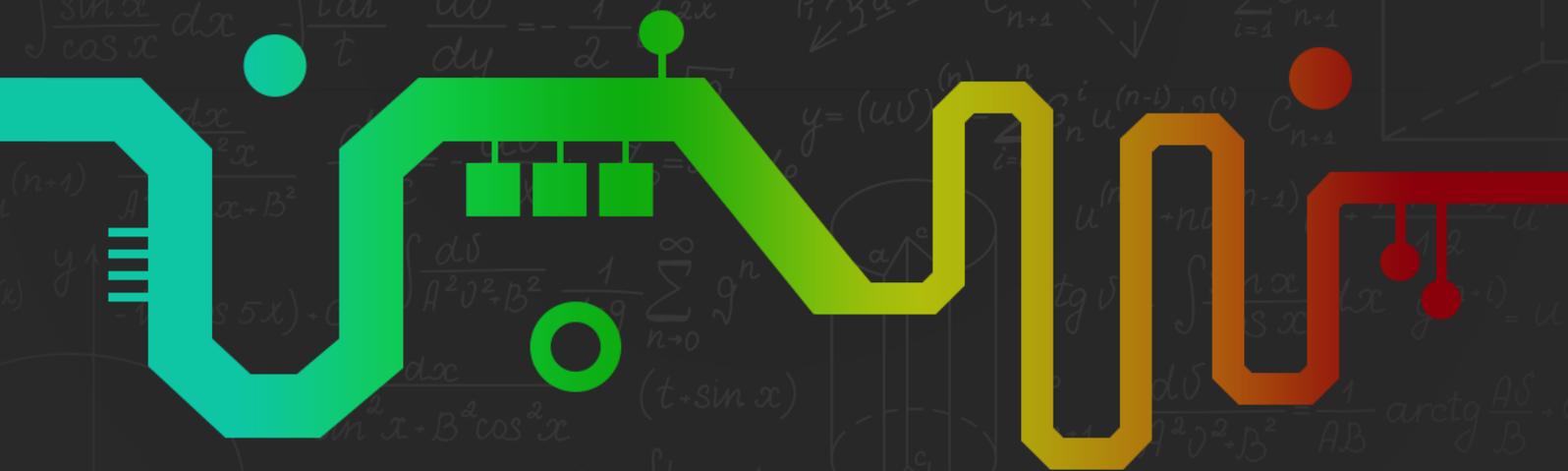


PDN Grundlagen für den PCB-Designer

Spannungsversorgungssysteme
für Leiterplatten einfach gemacht





EINLEITUNG

Wenn Leiterplatten-Designer die Ausdrücke "PDN" oder "Power Distribution Network" (Spannungsversorgungssystem) hören, werden diese schnell mit Bode-Diagrammen, schwarzer Magie sowie anderen geheimnisvollen und unheimlichen Dingen in Verbindung gebracht. Dabei ist die Aufgabe eines PDNs so elementar, wie viele andere Aspekte des PCB-Designs, die sich auf die Leistungsfähigkeit des Versorgungssystems auswirken. In diesem Beitrag werden die unterschiedlichen Facetten eines PDN-Layouts erklärt und wie PCB-Designer diese beeinflussen können.

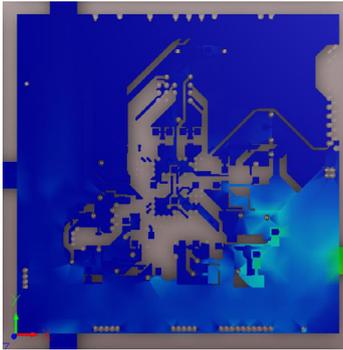
DAS ZIEL: AUSREICHEND STROM UND SPANNUNG AN ALLEN VERBRAUCHERN

Das grundlegende Ziel eines Versorgungssystems auf der Leiterplatte ist sehr einfach – **die Bereitstellung von ausreichend Strom und Spannung für jeden Verbraucher, um die Betriebsbedingungen zu erfüllen**. Die Gestaltung eines Versorgungssystems, unter Berücksichtigung von Spannungsreglern, On-Die Entkopplung, Gehäuseformen, Platzierung von Bauteilen etc., ist eine recht anspruchsvolle Aufgabe, die spezielles Wissen und Erfahrung erfordert. Die Leistungsoptimierung eines PDNs ist dagegen weniger vertrackt, da ein PCB-Designer weniger Einflussmöglichkeiten hat. Dieser Beitrag konzentriert sich im Folgenden auf die Prüfung und Sicherstellung einer ausreichenden Strom- und Spannungsversorgung auf der Leiterplatte.

ANFORDERUNG 1: GENUG METALL ZWISCHEN QUELLE UND VERBRAUCHER

Ein kritischer Aspekt eines Versorgungssystems ist die Gewähr, dass genug Metall (normalerweise Kupfer) zwischen jeder Quelle und den entsprechenden Verbrauchern vorhanden ist. Um dies sicherzustellen, bietet die IPC-2152 für geringe Kosten recht brauchbare Richtlinien an. Die Spezifikation ermittelt auf Basis des maximalen Stroms und des erlaubten Temperaturanstiegs die Mindestbreite des Kupfers für die Versorgung. Wenn man sich als PCB-Designer allerdings ausschließlich auf die Angaben in der IPC-2152 verlässt, überdimensioniert man häufig das Design und ist sich zudem nicht bewusst, welche Probleme und Einschränkungen außer Acht gelassen werden. Hier ein paar Beispiele:

- 1. IPC-2152 Breitenvorgaben sind sehr konservativ** – die Berechnungen basieren auf einem thermischen Worst-Case-Szenario (2-lagige Leiterplatte ohne benachbartes Kupfer) und die Anwender verwenden die meist konservativsten Annahmen (beispielsweise minimal zulässiger Temperaturanstieg). Leiterplatten, die gemäß der IPC-2152 entworfen werden, weisen meist viel zu überdimensionierte Kupferformen für die Versorgungen auf.
- 2. IPC-2152 Vorgaben für Durchkontaktierungen sind sehr konservativ** – dies ist besonders problematisch, da Durchkontaktierungen andere Versorgungslagen perforieren können. Deshalb sollte die Anzahl und der Durchmesser angepasst werden. Leiterplatten, die gemäß der IPC-2152 entworfen werden, weisen meist zu viele und zu groß dimensionierte Durchkontaktierungen auf.
- 3. IPC-2152 bezieht sich nur auf unkomplizierte Designs** – das bedeutet, dass eine einheitliche Kupferbreite von der Quelle zu Verbrauchern ohne Perforation durch Vias oder sonstige Einschnürungen durch Bauteile angenommen wird. Die IPC-2152 gibt keine Hinweise darauf, wie solche Mängel im Versorgungssystem behoben werden können
- 4. IPC-2152 gibt keinen Aufschluss über die Art der Versorgung** – Spannungsregler haben oft spezielle Anforderungen an das Versorgungssystem zwischen Quelle und Verbraucher, möglicherweise auch mit einer Rückführung.

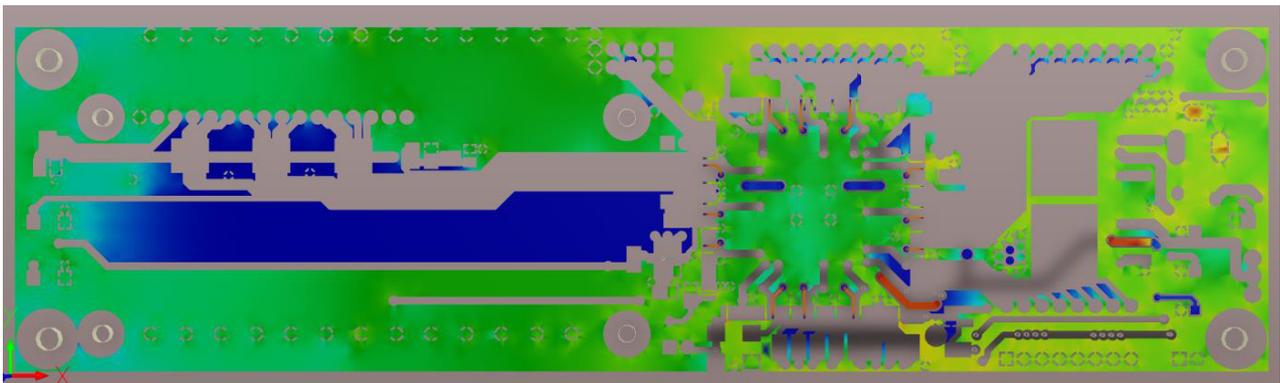


Normale Kupferfläche

PCB-Designer müssen auf bessere Werkzeuge zurückgreifen können, um die Dimensionierung ihres Versorgungssystem zu optimieren, damit Spannungsabfälle (auch bekannt als PI-DC oder IR-Drop) verhindert werden. Um dieser Anforderung so einfach wie möglich gerecht zu werden, hat Altium mit PDN Analyzer diese Möglichkeit in die bewährte Design-Umgebung integriert. Statt sich ausschließlich auf die IPC-2152 zu berufen, kann jeder PCB-Designer die Versorgungssysteme analysieren, einschließlich der Aspekte, die in der IPC-2152 nicht berücksichtigt sind, wie beispielsweise:

- Abstand zwischen Spannungsquelle und Verbraucher
- Erlaubter Spannungsabfall zwischen Quelle und Verbraucher
- Erlaubter Strom durch Steckerstifte
- Ausgleich von Perforationen oder Einschnürungen in der Massefläche, verursacht durch Vias, Stecker etc.
- Vermeidung von EMV-Problemen und exzessivem Übersprechen, weil Teile des Versorgungssystems keinen Strom führen
- Effizienz der Versorgungs- und Masselagen

PDN Analyzer erlaubt es dem PCB-Designer, schnell und einfach die grundlegenden Aspekte des PDN-Designs zu erfüllen – die optimale Dimensionierung des Kupfers zwischen Spannungsquellen und Verbraucher.



PCB mit Kupferinseln und Halbinseln in blau dargestellt

ANFORDERUNG 2: GRÖSSE, WERT, ANZAHL UND PLATZIERUNG VON KONDENSATOREN

Eine weitere Betrachtung, die unter der Kontrolle des PCB-Designers ist, gehört der Optimierung von Kondensatoren. Auf den ersten Blick könnte dies abschreckend sein, da frequenzabhängige Eigenschaften hinzukommen und diese weniger intuitiv als die Analyse von PI-DC ist. Glücklicherweise ist die Komplexität durch die Anzahl von Parametern begrenzt, die den Wirkungsgrad von Kondensatoren beeinträchtigen kann. Dazu gehören:

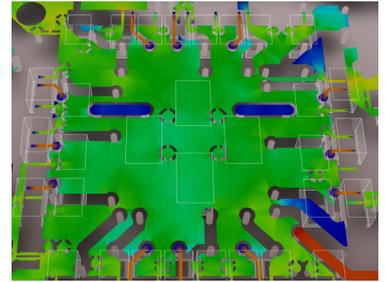
- Auswahl der Kondensatoren (Größe, Wert, und Anzahl)
- Platzierungsort der Kondensatoren
- Lagenaufbau

Die zwei letztgenannten Punkte sind vom PCB-Designer am besten beeinflussbar. Deren Optimierung erfordert, gewisse Richtlinien einzuhalten. Dies sind (nach Eric Bogatin, 2011):

- Kondensatoren rund um das Gehäuse der Verbraucher anordnen



- Kondensatoren nahe beieinander platzieren
- Versorgungs- und Masselagen so weit wie möglich Richtung Außenlagen definieren
- Wahl eines möglichst dünnen Dielektrikums zwischen Versorgungs- und Masselagen
- Wechsel der Polarität von Durchkontaktierungen an Kondensatoren, wenn sie zu nahe beieinander liegen

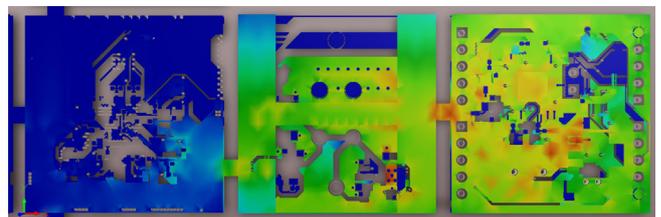


*Verteilung von Kondensatoren
rund um einen IC*

Es existieren auch kostenfreie Werkzeuge, die den PCB-Designer bei der Optimierung von Abblockkondensatoren unterstützen. Dazu gehören **Rolf Ostergaard** (www.pdntool.com) und **Altera** (mit ihrem "PDN tool").

HINWEIS ZUR KOMPLEXITÄT EINES DESIGNS

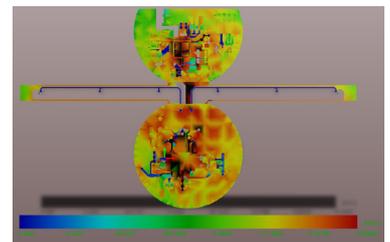
Es gibt höchst komplexe Versorgungssysteme, wie Motorsteuerungen mit Spulen, Feedback-Schleifen usw., die in diesem Beitrag nicht abgedeckt werden. In solchen Fällen sind spezialisierte Analyse-Werkzeuge oder Richtlinien erforderlich, auf die aber die wenigsten Leiterplatten-Designer zurückgreifen können.



Stromdichtediagramm einer komplexen Starr-Flex Leiterkarte

ZUSAMMENFASSUNG

Die Gestaltung eines systemweiten Versorgungssystems, bei der alle Anforderungen an Spannungsquellen und Verbraucher eingehalten sind, ist eine sehr anspruchsvolle Aufgabe. PDN Analyzer ermöglicht es dem PCB-Designer, auf einfache Weise die Versorgungs- und Masselagen zu optimieren, um auch bei minimalem Platzbedarf und Anzahl von Komponenten die Zuverlässigkeit einer Leiterplatte zu erhöhen.



*Stromdichtediagramm einer
Starr-Flex Leiterkarte*

LITERATURVERZEICHNIS

Bogatin, E. (29. Oktober 2011). Optimized Placement of Decoupling Capacitors to Reduce Effective Inductance, präsentiert auf der IEEE EMC Conference 2011.

Eric Bogatin's Signal Integrity Academy Blog.