

Uygulama Notu

Motor Sürücülerinin Kart Yerleşimi için En İyi Uygulamalar



Motor Sürücü İş Birimi

ÖZET

Motor sürücü sistemlerinin PCB tasarımı önemsiz değildir ve en iyi performansı elde etmek için özel hususlar ve teknikler gerektirir. Güç verimliliği, yüksek hızlı anahtarlama frekansı, düşük gürültülü titreşim ve kompakt kart tasarımı, tasarımcıların bir motor sürücü sistemi kurarken göz önünde bulundurması gereken birkaç temel faktördür. Texas Instruments'ın DRV cihazları bu tür sistemler için idealdir çünkü yüksek düzeyde entegre edilmişlerdir ve koruma devresiyle iyi bir şekilde donatılmışlardır. Bu uygulama raporunun amacı, bir DRV cihazı kullanırken bir motor sürücü düzeninin temel faktörlerini vurgulamak ve bir motor sürücü uygulamasında termal stresi azaltan, verimliliği optimize eden ve gürültüyü en aza indiren yüksek performanslı bir çözüm için en iyi uygulama kılavuzunu sağlamaktır.

İçindekiler

1 Topraklama Optimizasyonu	3
2 Termal Genel Bakış	8
3 Vias	12
4 Genel Yönlendirme Teknikleri	16
5 Yığın ve Bypass Kondansatör Yerleşimi	19
6 MOSFET Yerleşimi ve Güç Kademesi Yönlendirmesi	23
7 Akım Algılama Amplifikatörü Yönlendirmesi	30
8 Referanslar	35
9 Revizyon Geçmişi	35

Şekillerin Listesi

Şekil 1-1. Yıldız Topraklama ve Tek Noktalı Güç Dağıtımı	3
Şekil 1-2. Dijital - Analog Ayırma ve Topraklama Bölmesi	4
Şekil 1-3. Bir Zemin Düzlemi Oluşturmak için Zemin Dolgularının ve İzlerinin İzgaralanması	4
Şekil 1-4. Ortak Toprak Düzlemi vs Bölünmüş Toprak Düzlemi	5
Şekil 1-5. Diferansiyel Mod ve Ortak Mod Gürültüsü	6
Şekil 1-6. Bir Elektronik Sistemdeki Akım Yolları	6
Şekil 2-1. PCB'ye Monte Edilmiş Thermal Pad™ Paketinin Kesiti ve Ortaya Çıkan Isı Transferi	8
Şekil 2-2. Kırık Zemin ve Sürekli Zemin Dökümü Isı Haritası	9
Şekil 2-3. Termal Rölyef ve Doğrudan Bağlantı Isı Haritası	10
Şekil 2-4. Termal Yol Yerleşimi	11
Şekil 3-1. Alt Bakır Düzlemde Via Bağlantısı	12
Şekil 3-2. Ayrıştırma Topraklaması için Çoklu Via	13
Şekil 3-3. Akım Algılama Topraklaması için Çoklu Via	13
Şekil 3-4. Yüksek Akım Bağlantısı için Çoklu Via	14
Şekil 3-5. Toprak Düzleminin Vialarla Bölünmesini Önleyin	15
Şekil 4-1. DRV8323xEVM Kapı Sinyali	16
Şekil 4-2. Paralel Kapı İzleri	16
Şekil 4-3. Dik Açık İz	17
Şekil 4-4. Viyaların Pedlere Geçirilmesi	17
Şekil 4-5. Paralel İzlerin Yönlendirilmesi	17

Şekil 4-6. Önerilen Bileşen Yerleşimi.....	17
Şekil 4-7. Analog ve Dijital Toprak Ayırımı	18
Şekil 5-1. Yığın Kondansatör Çoklu-Via Yerleşimi	19
Şekil 5-2. Yığın ve Bypass Kondansatör Yerleşimi	19
Şekil 5-3. Şarj Pompası Kondansatörlerinin Yerleştirilmesi.....	20
Şekil 5-4. Cihaza Yakın Dekuplaj Kondansatörleri.....	20
Şekil 5-5. Baypas Kondansatörü Yerleşimi.....	21

Şekil 5-6. Bypass Kapasiteleri ile H-Köprü Örneği	21
Şekil 5-7. Baypas Kondansatörü Yerleşim Örneği	22
Şekil 5-8. SNx ve SPx Düzeni	22
Şekil 5-9. DVDD için Toprak Dönüş Döngüsü	22
Şekil 6-1. N-Kanal Güç MOSFET Sembolü	23
Şekil 6-2. DPAK Paketi	23
Şekil 6-3. D2PAK Paketi	24
Şekil 6-4. TO-220 Paket	24
Şekil 6-5. 8-Pin SON Paketi	25
Şekil 6-6. Yarım Köprü Yığın Yapılandırması	25
Şekil 6-7. Yarım Köprü Yan Yana Yapılandırma	25
Şekil 6-8. Anahtar Döğümlü Yarım Köprü Güç Kademesi	26
Şekil 6-9. Yarım Köprü Parazitleri	26
Şekil 6-10. Anahtar-Döğüm Yerleşim Örneği	27
Şekil 6-11. Yüksek Akımlı Döngü Yolu Örneği	27
Şekil 6-12. Yüksek Akımlı Döngü Yolu Yerleşim Örneği	28
Şekil 6-13. VDRAIN Kelvin Bağlantısı	28
Şekil 6-14. Net Bağ Yüksek Taraf MOSFET Tahliyesi	29
Şekil 7-1. Akım Algılama Topolojileri	30
Şekil 7-2. Yüksek Taraf Akım Algılama	30
Şekil 7-3. Düşük Taraf Akım Algılama	31
Şekil 7-4. İki Fazlı ve Üç Fazlı CSA'lar	31
Şekil 7-5. Duyu Amplifikatörü Yönlendirmesi	33
Şekil 7-6. Ağ Bağı Yerleştirme Örneği	33
Şekil 7-7. Giriş ve Çıkış Filtre Şeması	34
Şekil 7-8. Giriş ve Çıkış Filtresi Düzeni	34

Tablolar Listesi

Tablo 3-1. Mevcut Kapasite Üzerinden	12
--	----

Ticari Markalar

PowerPAD™, Texas Instruments'ın ticari markasıdır.

Tüm ticari markalar ilgili sahiplerinin mülkiyetindedir.

1 Topraklama Optimizasyonu

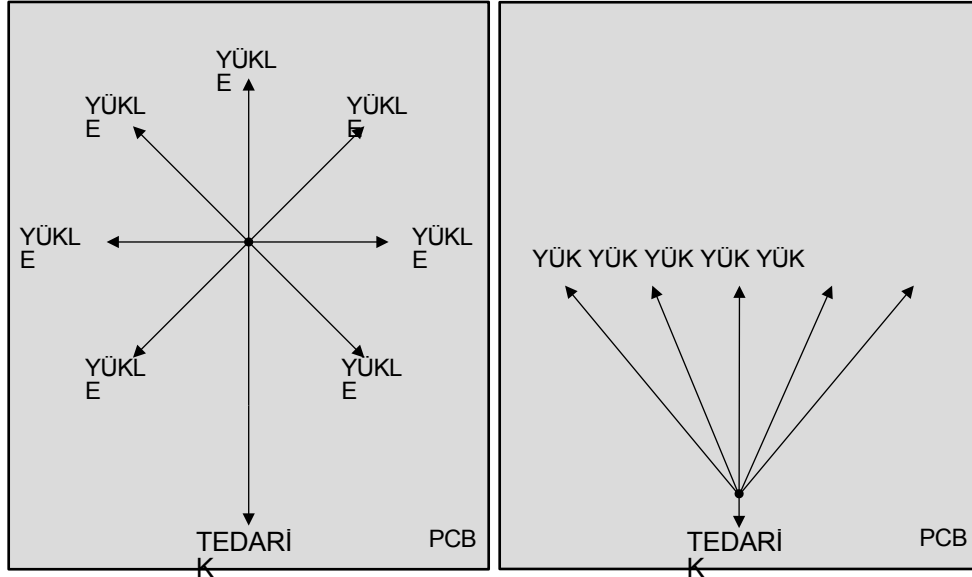
İyi bir topraklama şemasının amacı, IC ve çevresindeki devreler için gürültü ve diğer salınımlar olmaksızın istikrarlı bir referans sağlamaktır. Bu bölümde farklı topraklama teknikleri, topraklama ile ilgili genel zorluklar, topraklama düzlemlerini kullanmanın en uygun yolu ve iki katmanlı kartlar için topraklama hususları açıklanmaktadır.

1.1 Sık Kullanılan Terimler/Bağlantılar

Bu bölümde kullanılan terimler aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

Tek Nokta Tek noktalı dağıtımda, tüm referans noktaları kaynaktan çıkar ve bu da her kaynağın kendi kesintisiz toprak yoluna sahip olmasını sağlar (bkz. [Şekil 1-1](#)). Bu bağlantı güç dağıtım hatları için tavsiye edilir.

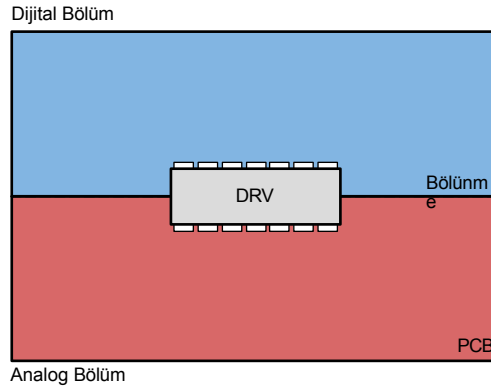
Yıldız Zemin Yıldız-toprak dağıtımında tüm referans noktaları merkezi olarak konumlandırılır; ancak kaynak merkezi olmayabilir. Bu yöntem tüm kaynaklardaki ortak empedansı dengeler ([Şekil 1-1](#)). Bu bağlantı sinyal izleri için tavsiye edilir.



Şekil 1-1. Yıldız Topraklama ve Tek Noktalı Güç Dağıtım Bölümlemesi Bir

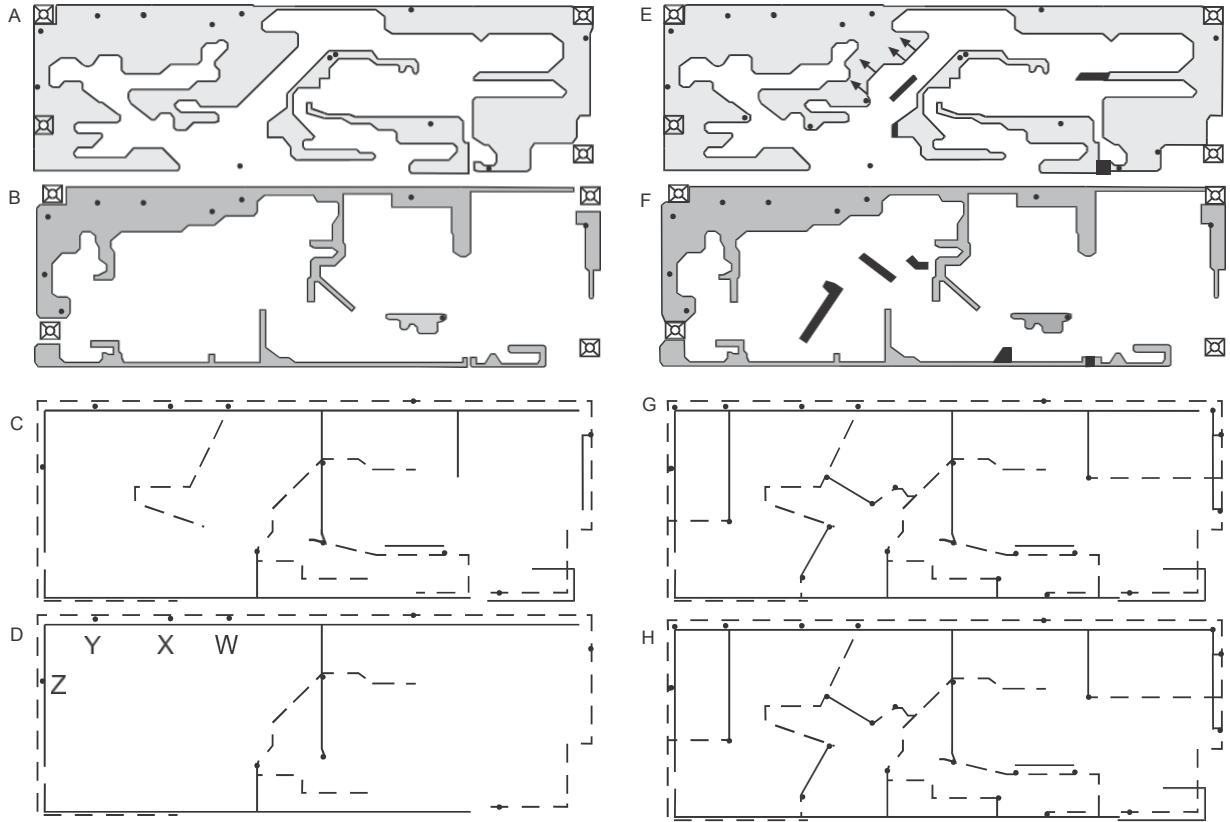
bölümleme topraklama şemasında, baskılı devre kartının (PCB) yerleşimi dijital, analog ve yüksek güç sinyallerinin kendi ayrı alanları vardır (bkz. [Şekil 1-2](#)). Bu ayırım, dijital ve analog topraklamanın fiziksel bir bölümü değildir.

Izgara Izgaralama, her sinyalin kaynağa dönüş yoluna sahip olduğundan emin olmak için toprak yollarını kart boyunca sürekli hale getirir (bkz. [Şekil 1-3](#)). Bu uygulama, toprağa dönüş yolunu en aza indirmek için bileşen yerleşimi, toprak dolgusu, via yerleşimleri ve iz yollarında küçük değişiklikler yapmayı içerir. Izgaralama, gürültüyü azaltabilen ve besleme ile yük arasındaki empedansı düşürebilen daha birbirine bağlı bir toprak düzlemi oluşturur.



Şekil 1-2. Dijital - Analog Ayırma ve Topraklama Bölmesi

Etkili bir zemin düzlemi elde etmek için zemin ızgarasının kullanılmasına bir örnek [Şekil 1-3'te](#) gösterilmektedir. Yerleşim planında ızgaralama uygulamak için yapılan değişiklikler küçüktür ve küçük bir çabanın nasıl büyük bir etkiye sahip olabileceğini gösterir.



Kesikli çizgi üst tarafı, düz çizgi ise alt tarafı temsil etmektedir.

Şekil 1-3. Bir Zemin Düzlemi Oluşturmak için Zemin Dolgularının ve İzlerinin Izgaralanması

[Şekil 1-3'teki](#) örnekte, düzen A ve düzen B üst ve alt katmanlardır, sadece toprak dolgusu, toprak izleri ve ön ile arka arasındaki yollar bırakılmıştır. [Şekil 1-3'teki](#) C düzeni, kart için toprak yönlendirmesinin basit bir çubuk diyagramıdır. Her çubuk veya bacak, toprak iletkeninin yolunu temsil eder. Çoğu iz sadece bir uca bağlanmıştır. Tek uçlu izlerin çoğu çıkarıldığında, [Şekil 1-3'teki](#) D düzeni toprağın tüm kart üzerinde nasıl yönlendirildiğini gösterir; yönlendirmenin herhangi bir yerindeki herhangi iki nokta arasında yalnızca bir yol oluşur.

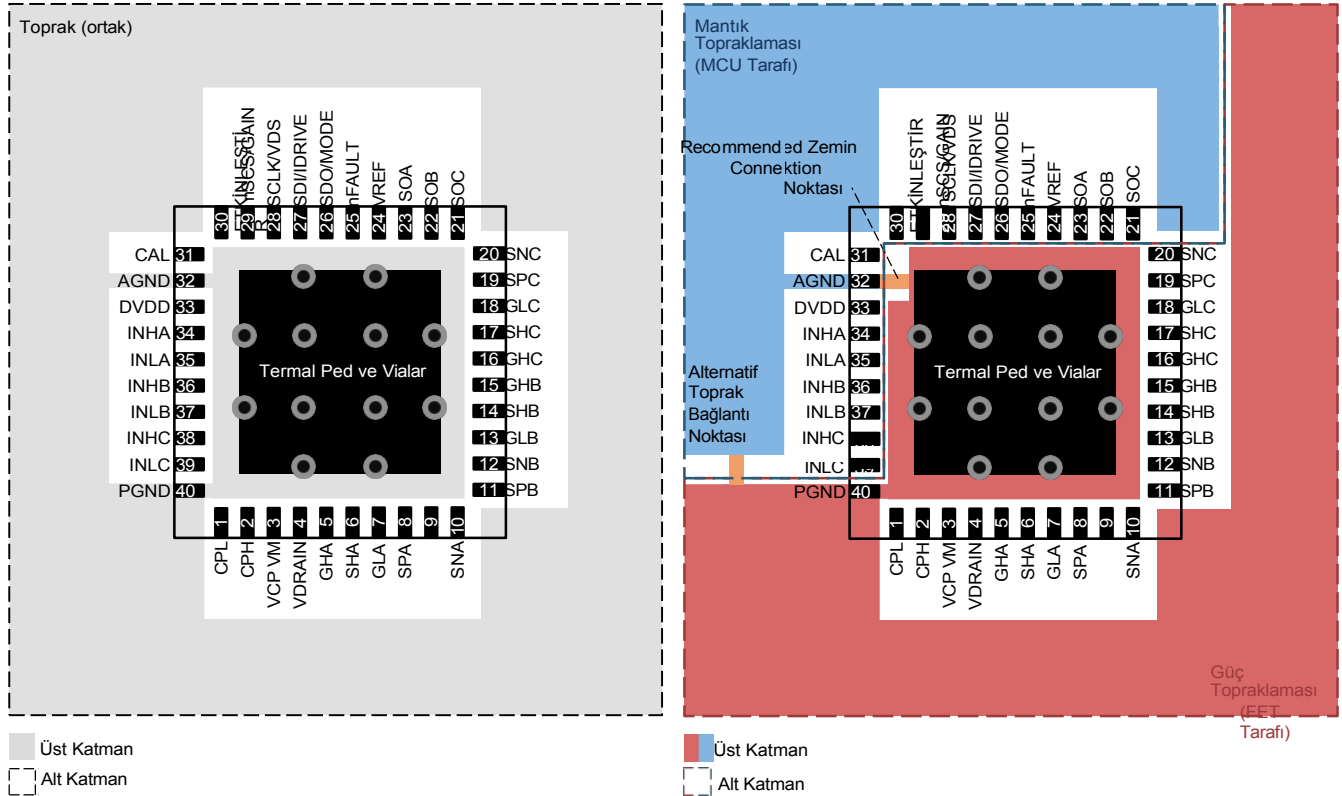
[Şekil 1-3'teki](#) Yerleşim E, Yerleşim F, Yerleşim G ve Yerleşim H, ızgaralı bir zemin elde etmek için değiştirilen tasarımı göstermektedir. [Şekil 1-3'teki](#) Düzen E ve Düzen F'de bazı izler (düz siyahla gösterilmiştir) eklenmiş ve geometriler taşınmıştır (oklarla gösterilmiştir). [Şekil 1-3'teki](#) G düzeni, topraklamanın değiştirilmiş çubuk diyagramını göstermektedir. Her iki uca bağlanan tam izler daha eksiksiz bir iletken oluşturur. [Şekil 1-3'teki](#) H ve D düzenlerini karşılaştırın.

İzgara zemin, istenen ızgarayı oluşturan kapsamlı bir ara bağlantı ağı oluşturmıştır. Sonuç neredeyse gerçek bir zemin düzlemi kadar etkilidir.

1.2 Zemin Düzlemi Kullanma

4 katmanlı bir kartta veya daha büyük 2 katmanlı bir kart tasarımında, bir toprak düzlemi kullanılması önerilir. PCB'nin bir katmanının sürekli bir toprak düzlemi olması, her sinyalin en kısa dönüş yoluna sahip olmasını sağlar ve kuplajı ve paraziti azaltır. Sinyal izlerini dikkatli bir şekilde yönlendirerek toprak düzlemi süreksizliğini en aza indirmeniz ve düzlemde kırılmaları önlemek için viaları birbirinden uzağa yerleştirmeniz önerilir. Yol yerleşimi hakkında daha fazla bilgi için [Bölüm 2.4'e](#) bakın.

Çoğu DRV cihazında topraklama işlevi gören bir termal ped bulunur ve ısıyı yutmak için topraklama bakırını kullanır. [Şekil 1-4](#), ortak ve ayrı toprak düzlemleri için iyi yerleşim örneklerini göstermektedir.



Şekil 1-4. Ortak Toprak Düzlemi vs Bölünmüş Toprak Düzlemi

1.2.1 İki Katmanlı Levha Teknikleri

Tasarım, alan kısıtlaması olan 2 katmanlı bir kartsa, bir toprak düzlemi her zaman mümkün değildir. Bu senaryoda, PCB düzeni daha da önemli hale gelir. Yüksek akım yollarının hassas sinyallerden uzağa yönlendirildiğinden emin olmak için dikkatli olunmalıdır. Güç aşaması FET'leri, bootstrap devreleri ve şarj pompaları gibi PCB'nin gürültülü parçaları genellikle yüksek gürültü ve dalgalanma içerir ve bu tür sinyallerden uzakta izole edilmelidir.

1.3 Yaygın Sorunlar

1.3.1 Kapasitif ve Endüktif Kuplaj

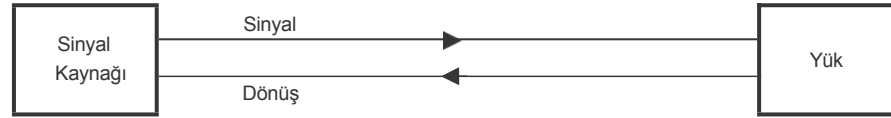
İki hat kısa bir mesafe için bile paralel olarak çalıştırıldığında, kapasitif veya endüktif kuplaj meydana gelebilir. Kapasitif kuplaj, bir izdeki yükselen kenar diğer izde yükselen kenara neden olduğunda meydana gelir. Endüktif kuplaj, bir izde yükselen veya düşen bir kenar olduğunda ve ikinci izde kuplajlanan düşen veya yükselen bir kenar olduğunda meydana gelir. Kapasitif kuplaj endüktif kuplajdan daha sık meydana gelir.

Kuplajın şiddeti, izlerin uzunluğunun, anahtarlama frekansının, voltaj değişiminin ve izler arasındaki mesafenin bir faktörüdür. Kapasitif kuplajı azaltmak için, gürültülü sinyal izlerini önemli dijital ve analog sinyallerden uzağa yönlendirin. İzleri bir toprak düzlemi üzerinden yönlendirmeye çalışın.

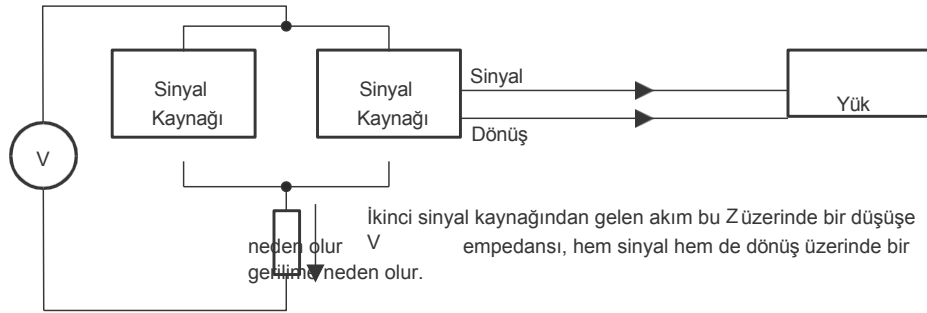
Bir ön sürücü ile anahtarlama uygulamalarında, ön sürücünün yüksek akım taşıyan toprak düzleminin IC'nin geri kalan parçalarının toprak düzleminde fiziksel olarak izole edildiğinden emin olmak için özel dikkat gösterilmelidir. Bu iki topraklama, [Bölüm 1.1](#)'de açıklandığı gibi yıldız noktası veya tek nokta topraklama konumunda birleştirilebilir.

1.3.2 Ortak ve Diferansiyel Gürültü

Diferansiyel mod gürültüsü bir hat üzerinden alıcı cihaza gider ve ardından bir dönüş yolu üzerinden kaynağa geri dönerek iki hat arasında bir diferansiyel gerilime neden olur. Ortak mod gürültüsü, paylaşılan bir empedans boyunca bir voltaj düşüşünün neden olduğu hem sinyal hem de dönüş yolunda bir voltaj üretildiğinde ortaya çıkar. Toprak sıçraması ortak mod gürültüsüne bir örnektir. Kaynağa giden tüm dönüş yollarının geniş, kısa ve düşük empedanslı izler olduğundan emin olunarak bu sorunun ortaya çıkma olasılığı önemli ölçüde azaltılır.



Diferansiyel mod gürültüsü, bir sinyal ucuna gidip geri döndüğünde oluşan gürültü voltajıdır. Çıkış anahtarlama diferansiyel mod gürültüsüne bir örnektir.



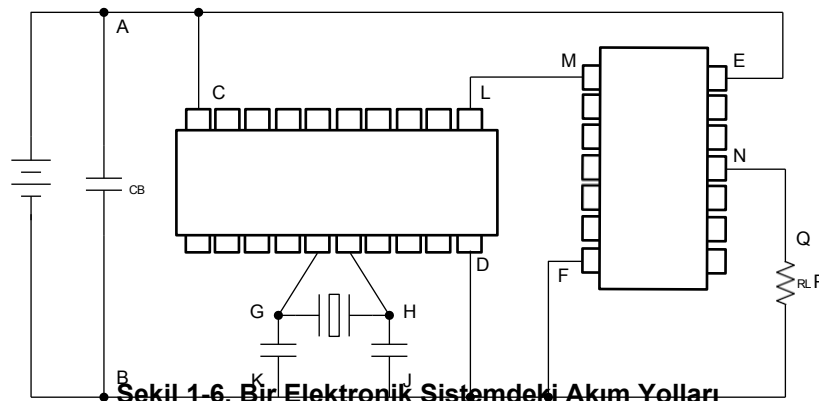
Ortak mod gürültüsü, paylaşılan bir empedans boyunca bir voltaj düşüşünün neden olduğu hem sinyal hem de dönüşte ilerleyen gürültü voltajıdır. Çıkışlardaki toprak sıçraması ortak mod gürültüsüne bir örnektir.

Şekil 1-5. Diferansiyel Mod ve Ortak Mod Gürültüsü

1.4 EMC ile İlgili Hususlar

Elektromanyetik uyumluluk (EMC) öncelikle yerleşim düzenine ve bileşenler arasındaki elektrik bağlantısına bağlıdır.

Her bir sinyalin geri dönüş yolu, kaynaktan sinyal kaynağına doğru akmalıdır ve bu da akım döngüleri yaratır. Bu hat döngüsü, akım genliği, sinyalin tekrarlama frekansı ve akım döngülerinin geometrik alanı tarafından belirlenen elektromanyetik enerjiyi yayabilen bir anten oluşturur. Bu Optimum EMC performansı için bu akım döngülerinin en aza indirilmesi önerilir, [Şekil 1-6](#)'da yaygın akım döngüsü türleri gösterilmektedir.



Şekil 1-6. Bir Elektronik Sistemdeki Akım Yolları

[Şekil 1-6'](#)daki besleme hatları A-C-D-B ve A-E-F-B döngülerini oluşturur. Sistemin çalışması için gereken enerji bu hatlar tarafından iletilir.

L-M-F-D, N-Q-P-F ve G-H-J-K döngüleri sinyaller ve kontroller tarafından oluşturulur. Sistemin dışındaki hatlar dikkate alınmazsa bu hatların çevrelediği alan genellikle küçüktür. Ancak, bu hatlar yüksek frekansta dikkate alınmalıdır çünkü genellikle EMC performansını etkileyebilecek sinyaller iletilir.

Konektörler, başlıklar veya diğer bileşenler bir toprak düzlemini parçaladığında da akım döngüleri oluşabilir. Bu, anahtarlama akımlarının yüksek frekanslı bileşenlerinin pano etrafında daha fazla hareket etmesine ve etkili bir şekilde büyük bir döngü oluşturmaya neden olur. Bu durum vialarda da meydana gelebilir ve [Bölüm 3.2.2](#)'de vurgulanmıştır

2 Termal Genel Bakış

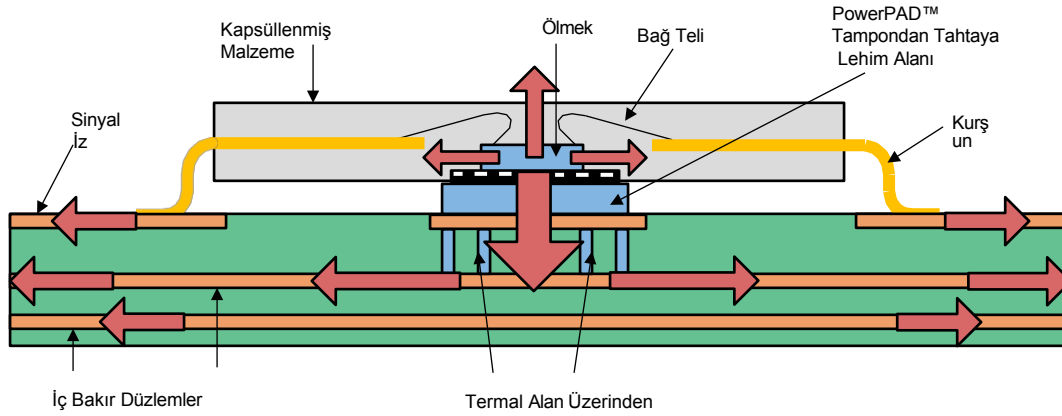
Motor sürücülerini ideal cihazlar değildir, gerçek dünya uygulamalarında güçlerinin bir kısmı ısı olarak dahili olarak dağıtılır. Isıya dönüştürülen enerji, sürücüye zarar vermeden önce ele alınmalıdır. Uygun PCB tasarımı, verimsizliklerden kaynaklanan ısıyı etkili bir şekilde ortadan kaldırabilir ve cihazı önerilen bir sıcaklıkta tutabilir.

2.1 PCB İletimi ve Konveksiyonu

Motor sürücüsü termal performansı için önemli bir husus, cihaz içinde üretilen ısınn dağılabileceği yollardır. Isınn kalıptan daha düşük sıcaklıktaki ortamlara gitmesi için üç ana yol vardır:

- Kapsülleme malzemesi
- Bağ telleri
- Termal ped

Bu üç yolu örnek olarak kullanırsak, termal ped ısınn cihazdan gitmesi için en verimli yoldur, bunu kapsülleme malzemesi ve son olarak da bağlantı telleri takip eder. Termal ped entegre devre paketinde kullanılan teknoloji, kalıptan harici bakır düzlemlere kadar düşük termal dirençli bir yol oluşturur. Bu nedenle termal ped, büyük miktarda ısıyı kalıptan verimli bir şekilde uzaklaştırabilir. Sürücünün altına dökülen termal ped, termal pedin tüm alanını kaplayacak kadar büyük olmalı ve PCB'nin diğer kısımlarında hala geniş bir yüzey alanı içermelidir. Termal ped ayrıca doğrudan termal pedin altına yerleştirilen birkaç termal viayla alt toprak düzlemine sıkıca bağlanmalıdır. [Şekil 2-1](#), cihaz kalıbında üretilen ısı tarafından kullanılan çıkış yollarının bir örneğini göstermektedir.

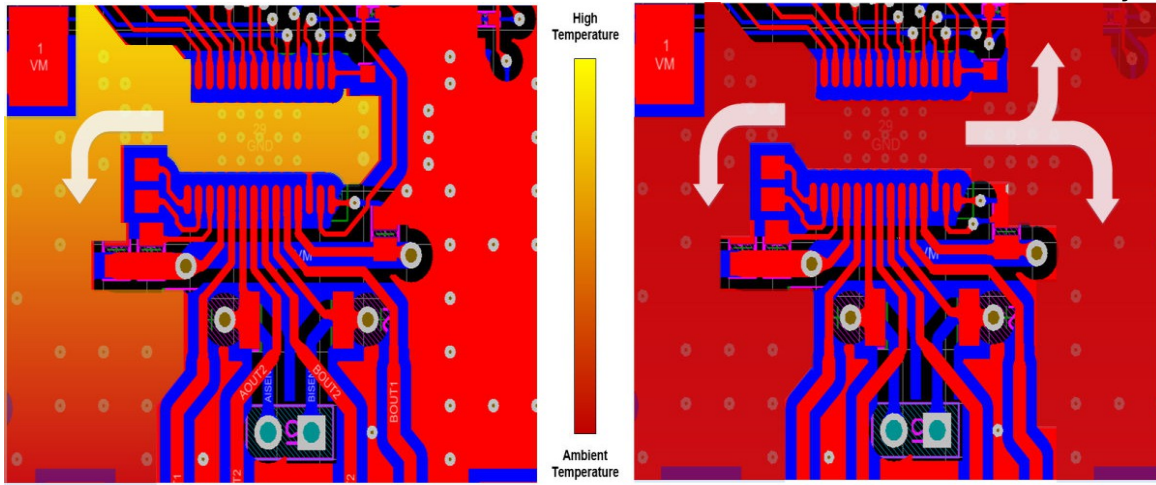


Şekil 2-1. PCB'ye Monte Edilmiş Thermal Pad™ Paketinin Kesiti ve Ortaya Çıkan Isı Transferi

Hem üst hem de alt toprak düzlemlerinin sürücünün termal pedine bağlanması, bir PCB tasarımında dağıtılan ısı miktarını önemli ölçüde artırır. Bu nedenle, bu düzlemler yerleşim planında mümkün olduğunca büyük yapılmalıdır.

2.2 Sürekli Üst Katman Termal Ped

Termal pedin sağlam bir bakır düzleme bağlanması, sürücü kalıbında üretilen ısı için bir çıkış yolu oluşturmak için önemli bir gerekliliktir. Isınn cihazdan uzağa akması için bakır düzlemlerin termal pedden kart üzerindeki diğer alanlara kadar kesintisiz olması gerekir. En iyi uygulama, sürücünün altındaki bakır dolgudan geniş, yüksek yüzey alanlı bir düzleme geniş bir çıkış yolu eklemektir. Bu düzlemler kesintiye uğrarsa ısı için çıkış yolu daralır ve bu da termal direnci artırır. Termal dirençteki artış, termal ped ile aynı düzlemdeki daha geniş yüzey alanı arasında daha büyük bir sıcaklık farkı yaratır. [Şekil 2-2](#), sürücünün altındaki daraltılmış ve sürekli zemin dökülmelerinden kaynaklanan sıcaklık artışının bir örneğini göstermektedir.



Şekil 2-2. Kırık Zemin ve Sürekli Zemin Dökümü Isı Haritası

Sürücünün altında sürekli bir bakır termal ped bulundurmak verimli cihaz soğutması için önemlidir. Yüksek yüzey alanlı düzlemlere geniş yollar eklemek, sürücü termal pedi ile ortam hava sıcaklığı arasındaki termal direnci minimumda tutar.

2.3 Bakır Kalınlığı

Sürekli, geniş bir düzleme sahip olmak termal direnci azaltırken, düzlemdeki bakırın kalınlığı da PCB termal performansı için kritik bir husustur. PCB üzerindeki bakırın kaplama kalınlığını artırarak, düzlemin etkili termal direnci azalır. Bakır kalınlığı ve düzlem alanı arasındaki ilişkiyi hesaplamak için [Denklem 1](#)'i kullanın.

$$\theta_{Cu} = (1 / \lambda_{Cu} \times \text{Uzunluk}) / \text{Alan} \quad (1)$$

Kaplama kalınlığı 1 ons (.0035 cm) olan 1 cm uzunluk ve genişlik varsayıldığında, sürücüye yanal olarak bağlanmış bir bakır düzlem için yaklaşık termal direnç [Denklem 2](#)'de hesaplanır.

$$\theta_{Cu} = (1 / \lambda_{Cu} \times \text{Uzunluk}) / \text{Alan} = (25^{\circ}\text{C cm/W} \times 1 \text{ cm}) / 1 \text{ cm} \times 0,0035 \text{ cm} = 71,4^{\circ}\text{C/W} \quad (2)$$

Bakır kalınlığı 2 ons bakır (.007 cm) olarak iki katına çıkarılırsa, [Denklem 2](#) ile aynı boyutlara sahip sürücüye yanal olarak bağlanmış bir bakır düzlem için termal direnç [Denklem 3](#)'te hesaplanır.

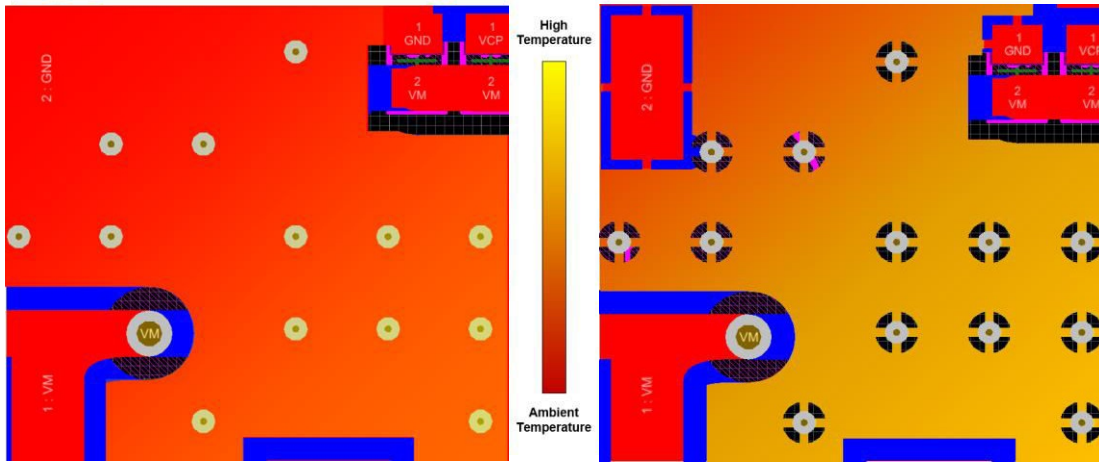
$$\theta_{Cu} = (1 / \lambda_{Cu} \times \text{Uzunluk}) / \text{Alan} = (0,25^{\circ}\text{C cm} / \text{W} \times 1 \text{ cm}) / 1 \text{ cm} \times 0,007 \text{ cm} = 35,7^{\circ}\text{C/W} \quad (3)$$

Bakır kalınlığı iki katına çıkarılırsa, aynı boyuttaki düzlem için termal direnç yarı yarıya azalır. Sürücüye bağlı toprak düzlemlerinde daha kalın bakır olması, ısıyı cihazdan uzağa ve kart üzerinde önemli bir sıcaklık farkına neden olmadan ortam havasına iletme verimliliğine katkıda bulunur.

2.4 Termal Via Bağlantıları

Termal yollar üst ve alt katmanları birbirine bağlamalıdır, böylece ısı IC'den her iki katmana da yayılabilir. Termal yollar için termal rahatlatma bağlantıları kullanılmamalıdır çünkü ısının üst düzlemden alt düzleme akması için yol daraltılır. Isı akışı için bu daraltılmış yol aşağıdakilerle sonuçlanır

via etrafındaki üst düzlemin kalan kısmında artan bir sıcaklık. Viaların doğrudan bağlanması, via ve bakır katmanlar arasında mümkün olan en düşük termal direnci sağlar. Termal yollar, kaplanmış açık deliğin tüm çevresi boyunca tam bir bağlantı ile iç toprak düzlemine bağlantılarını yapmalıdır. Yolları aşırı boşluğa neden olan lehim maskesi ile kapatmayın. [Şekil 2-3](#), termal rahatlatma ve doğrudan bağlantı yolları arasındaki sıcaklık farklarını göstermektedir.



Şekil 2-3. Termal Rölyef ve Doğrudan Bağlantı Isı Haritası

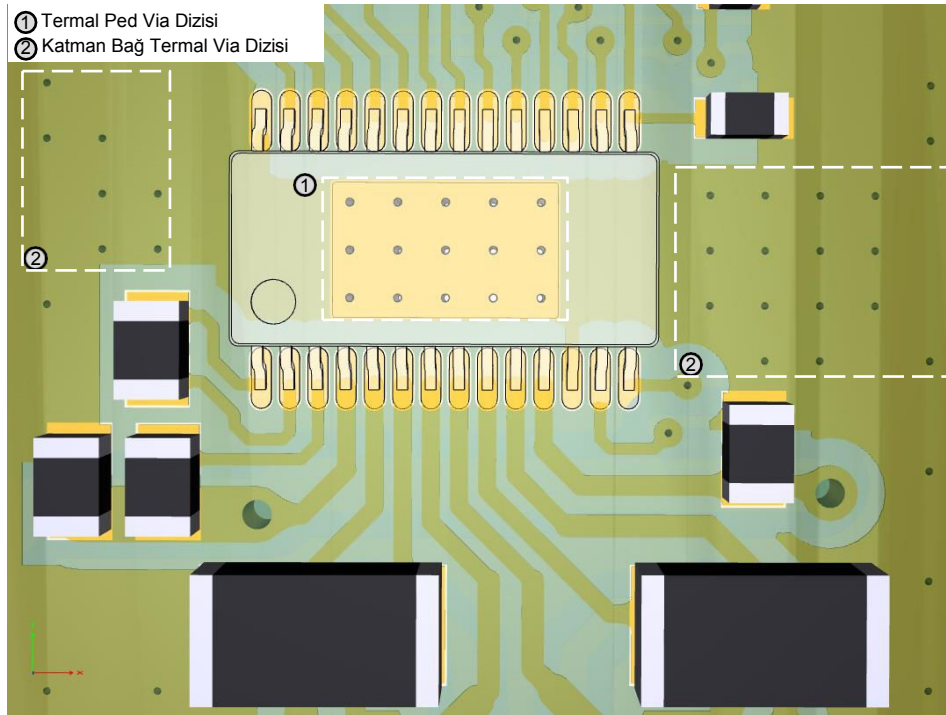
Termal tahliye bağlantıları düzlemleri vialara veya bileşenlere elektriksel olarak bağlar, ancak bileşen veya via ile düzlem arasındaki ısı akışını azaltır. Bu sayede havaya veya yeniden akış fırını sadece bileşeni ısıtır ve güvenilir bir lehim bağlantısı sağlar. Bu yöntem, düzlemler arasında termal iletim için viaların gerekli olmadığı uygulamalar için etkili olabilir. Ancak motor sürücüler gibi güç uygulamaları, katmanlar arasında optimum termal performans için bu yolların doğrudan düzleme bağlanmasını gerektirir.

2.5 Termal Yol Genişliği

Termal ped, kalıp ile PCB'nin üst toprak düzlemi arasında düşük empedanslı bir termal yol sağlarken, üst ve alt toprak düzlemlerini birbirine bağlayan yolların termal empedansı dikkate alınmalıdır. Texas Instruments, termal pedin hemen altında 20 mil çapında ve 8 mil delik boyutunda termal yollar olmasını önerir. Kalınlığı 1,561 mm olan bir FR-4 PCB üzerinden bir termal yolun termal direncini hesaplamak için [Denklem 4](#)'ü kullanın.

$$\theta_{Cu} = (1 / \lambda_{Cu} \times \text{Uzunluk}) / \text{Alan} = (0,25 \text{ cm} / ^\circ\text{CW} \times 0,1561 \text{ cm}) / \pi \times [(0,0508 \text{ cm})^2 - (0,02032 \text{ cm})^2] = 5,7304 ^\circ\text{C/W} \quad (4)$$

Termal via çapının azaltılması veya delik boyutunun artırılması termal direnci artırır. Önerilen 8 mil delik boyutu ve 20 mil çap, termal pedden alt katmana minimum lehim fitili gerektirir ve via'nın termal direncini minimumda tutar. [Şekil 2-4](#) önerilen via yerleşimini göstermektedir.



Şekil 2-4. Termal Yol Yerleşimi

2.6 Termal Tasarım Özeti

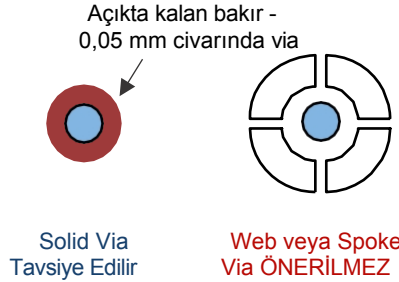
Isıl tasarımı özetlemek gerekirse, motor sürücü sistemlerinde ısıl tasarıma ilişkin başlıca hususlar aşağıdaki gibidir:

- Termal ped bağlantısı, cihaz kalıbı ısı iletimi için en verimli yoldur.
- Termal pedden toprak düzlemlerine kadar kesintisiz üst katman dökümleri kullanın.
- Mümkün olduğunda 1,5 veya 2 oz bakır kullanın.
- Doğrudan bağlantılı termal vialar kullanın.
- Aşırı lehim fitillemesini önlemek için 7,874 mil x 19,874 mil termal via boyutu kullanın.
- Düzlemler arasında minimum termal direnç için termal viaları diziler halinde gruplayın

3 Vias

Bir PCB'deki bir geçiş deliği, kartın farklı katmanlarında karşılık gelen konumlarda, kart boyunca bir delik ile elektriksel olarak bağlanan iki pede sahiptir. Delik elektrokaplama ile iletken hale getirilir. Kör vialar, gömülü vialar ve termal vialar gibi çeşitli vialar mevcuttur. Motor sürücüsü PCB tasarımı için odak noktası normal delikli vialar ve termal vialar üzerinedir.

Viyalar, hem sinyal hatları hem de güç hatları için PCB yönlendirmesinde sıklıkla kullanılır. Sinyal bağlantıları için akımlar küçüktür (mikroamperden miliamperlere) ve sinyali başka bir katmana yönlendirmek için bir veya iki vias yeterli olabilir. Güç bağlantıları için, katmanlar arasında ve güç ve toprak düzlemleri boyunca düşük empedanslı bağlantılar sağlamak için güç veya toprak izlerine çoklu vialar veya "via stitching" eklenebilir. [Bölüm 2.4](#)'te belirtildiği gibi, cihazlardan gelen ısıyı diğer kart katmanlarına dağıtmak için çoklu viyaller de eklenebilir.



Şekil 3-1. Alt Bakır Düzleminde Via Bağlantısı

3.1 Mevcut Kapasite Üzerinden

Motor sürücüsü PCB tasarımı, katmanlar arasındaki yüksek akım bağlantıları için genellikle çoklu viyalar kullanılır. Düşük direnç ve uzun süreli güvenilirlik elde etmek için uygun via boyutları ve miktarı vermek önemlidir. Genel olarak, via çapı en az iz uzunluğu kadar olmalıdır. Bakır bir düzlemin iz olarak kullanılması durumunda, çoklu vialar akımın bileşen pinlerine girdiği veya çıktığı yere yakın yerleştirilmelidir.

[Tablo 3-1](#), IPC-2152 standardına göre 1 oz PCB için 10°C artış için farklı geçiş çapları için akım kapasitesini listeler.

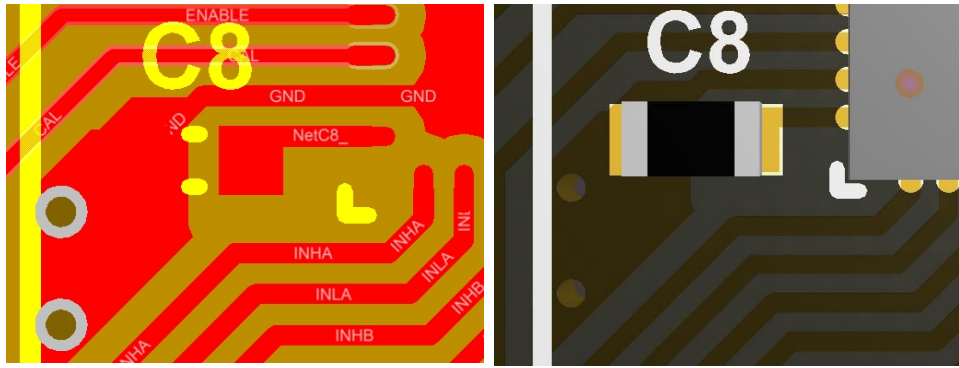
Tablo 3-1. Mevcut Kapasite Üzerinden

Çap üzerinden	Mevcut Kapasite
6 mil	0.2 A
8 mil	0.55 A
10 mil	0.81 A
12 mil	0.84 A
16 mil	1.1 A

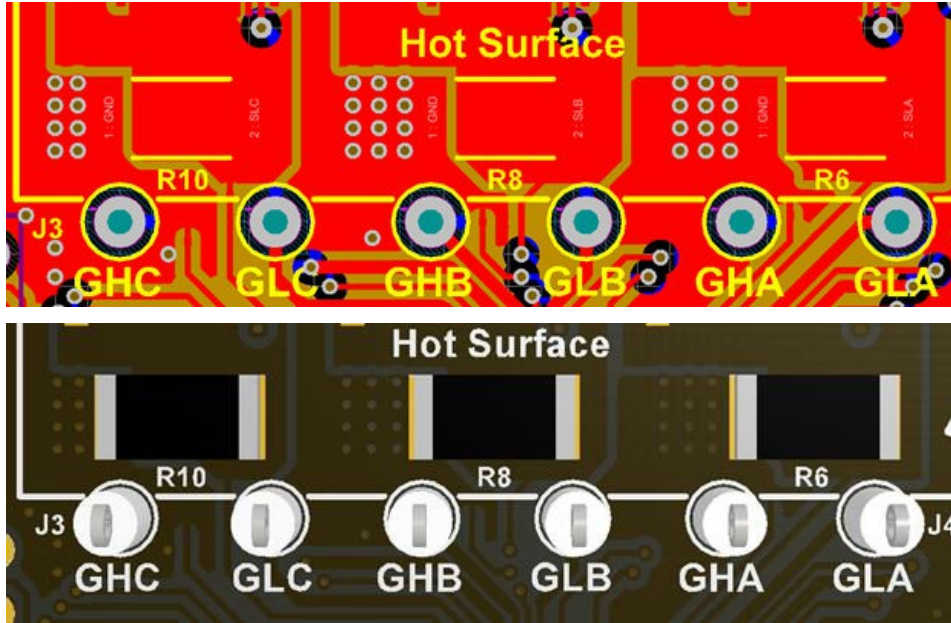
3.2 Yerleşim Önerileri ile

3.2.1 Çoklu Via Düzeni

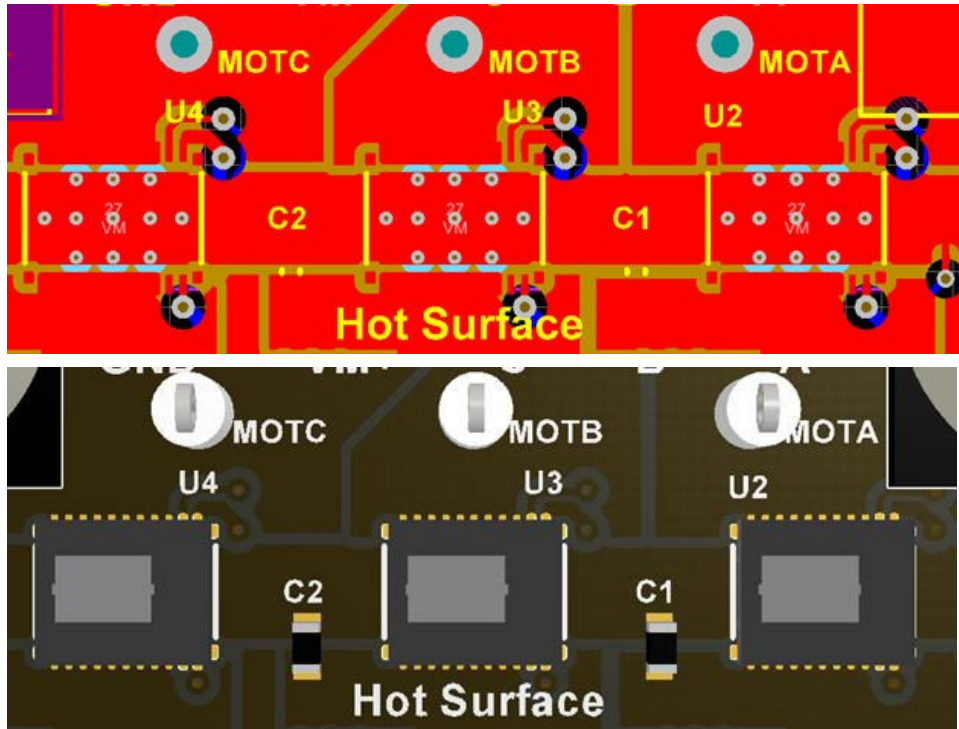
Çoklu vialar düşük parazitli topraklama ve yüksek akım bağlantıları için kullanışlıdır. [Şekil 3-2](#), [Şekil 3-3](#) ve [Şekil 3-4](#), kart tasarımının farklı yerlerine yerleştirilen çoklu viaların örneklerini göstermektedir.



Şekil 3-2. Ayırıştırma Topraklaması için Çoklu Via



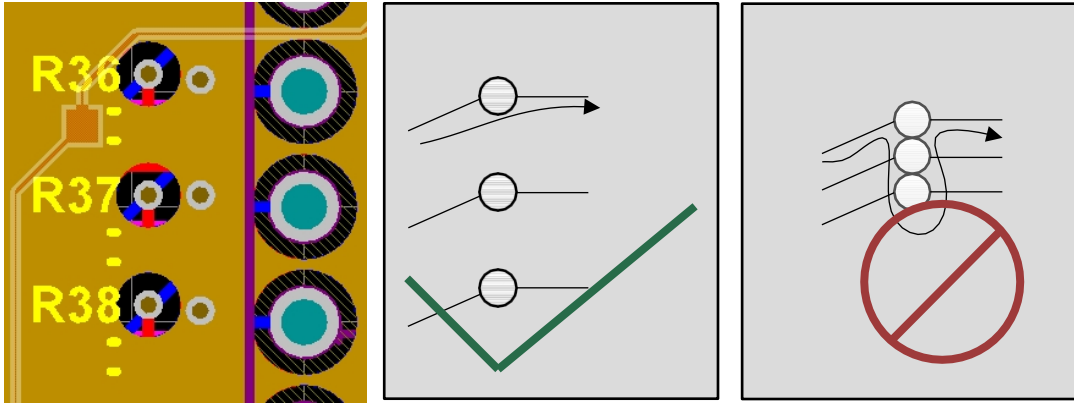
Şekil 3-3. Akım Algılama Topraklaması için Çoklu Via



Şekil 3-4. Yüksek Akım Bağlantısı için Çoklu Via

3.2.2 Yerleştirme Yoluyla

Yollar küçük olmasına rağmen, PCB üzerinde ve ayrıca toprak düzleminde yer kullanırlar. Birlikte yönlendirilen birçok viaya sahip olmak, düzlemde bir boşluk oluşturabilir ve akım ve toprak dönüşünü etkileyebilir. İyi via yerleşimi tüm sinyaller için geniş bir geri dönüş yolu oluşturur. [Şekil 3-5](#), vialar tarafından istenmeyen toprak düzlemi bölünmesinin nasıl önleneceğine dair bir örnek göstermektedir.

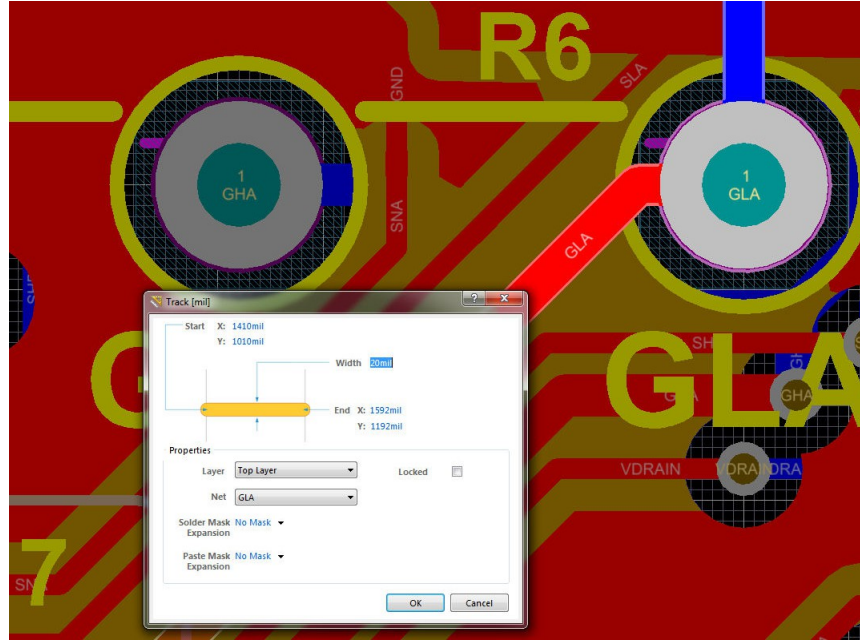


Şekil 3-5. Toprak Düzleminin Vialarla Bölünmesini Önleyin

4 Genel Yönlendirme Teknikleri

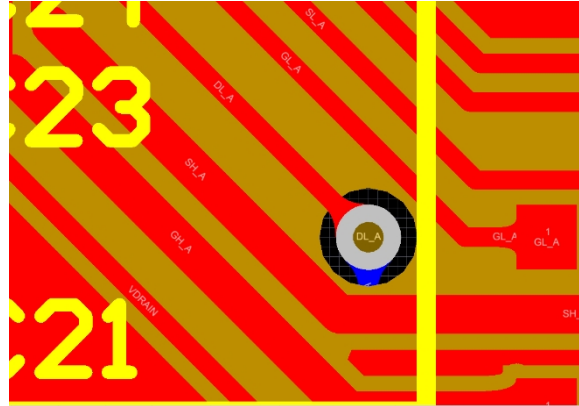
Bir motor sürücüsü PCB tasarımı yaparken bu genel yönlendirme tekniklerini izleyin:

- Geçit sürücü izlerini geniş ve mümkün olduğunca kısa uzunlukta yapın. En az 1 oz bakır için 20 mil iz genişliği ile başlayın, yüksek akımlar gerektiriyorsa daha fazla.



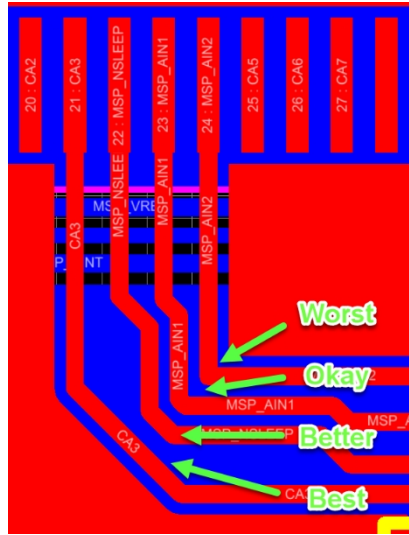
Şekil 4-1. DRV8323xEVM Kapı Sinyali

- Endüktansı, döngü alanını ve dv/dt anahtarlama sinyalinin neden olduğu gürültü olasılığını en aza indirmek için yüksek taraf geçidinin sinyal izini ve anahtar düğümü izini mümkün olduğunca yakın yönlendirin.



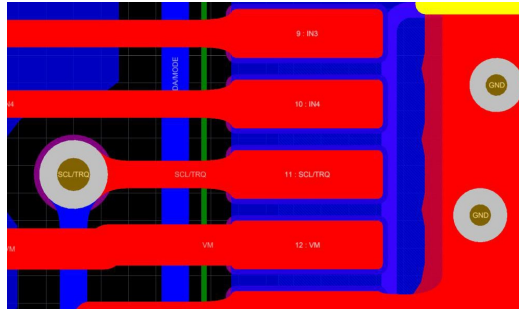
Şekil 4-2. Paralel Kapı İzleri

- Dik açılı izler kullanmayın. Bir hattaki 90 derecelik bir bükülme empedans görevi görür ve akımın yansımalarına neden olabilir. Motorun fazları değişirken, keskin kıvrımlar elektromanyetik girişim (EMI) sorunlarına yol açabilir. Dairesel kıvrımlar idealdir ancak gerçekte pratik olmayabilir tasarımlar. Köşe yönlendirmesi için en iyi uygulama geniş açılar kullanmaktır. [Şekil 4-3](#), izlerdeki farklı açı örneklerini göstermektedir.



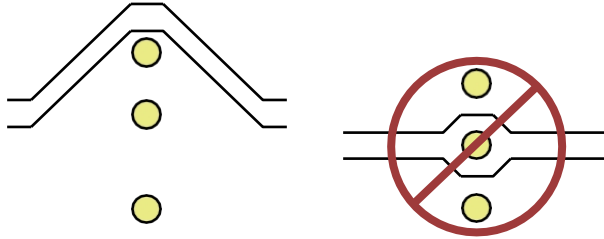
Şekil 4-3. Dik Açı İzi

- Özellikle çıkış pinleri üzerindeki ince izlerden kalın izlere geçiş yolları. Gözyaşı damlası tekniği sinyal geçişindeki termal gerilimi azaltır. Bu teknik aynı zamanda izlerin çatlamasını önler ve izi mekanik olarak daha sağlam hale getirir. Gözyaşı damlası tekniği, küçük bir sinyalden delikli bir pede geçerken uygulanabilir.



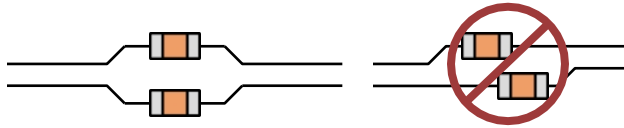
Şekil 4-4. Viyaların Pedlere Geçirilmesi

- Bölünmüş hatların neden olduğu diferansiyel empedans ve süreksizliklerden kaçınmak için bir nesnenin etrafından dolaşırken hatları paralel çiftler halinde yönlendirin. Bu yöntem, akım algılama amplifikatörlerinin sinyalleri için önemlidir.



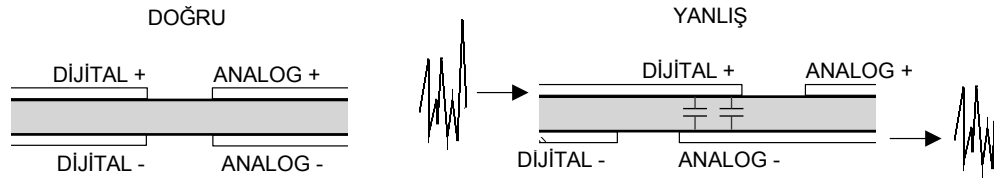
Şekil 4-5. Paralel İzleri Yönlendirme

- Kaynak eşleştirme dirençleri veya akuplaj kapasitörleri gibi pasif bileşenleri sinyal yolu içine ve yan yana yerleştirin. Bileşenleri paralel yerleştirmek daha geniş iz aralığı oluşturur. Dar alanlar oluşturduğundan bileşenlerin kademelendirilmesi önerilmez.



Şekil 4-6. Önerilen Bileşen Yerleşimi

- Devrenin analog ve dijital bölümleri için ayrı topraklama, gürültü bastırmanın en basit ve en etkili yöntemlerinden biridir.



Şekil 4-7. Analog ve Dijital Toprak Ayrımı

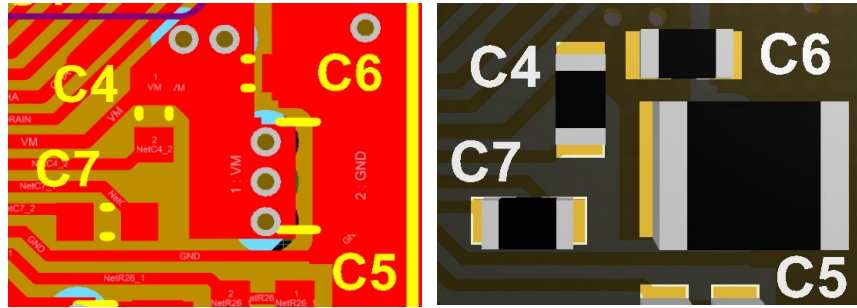
5 Yığın ve Bypass Kondansatör Yerleşimi

5.1 Yığın Kondansatör Yerleşimi

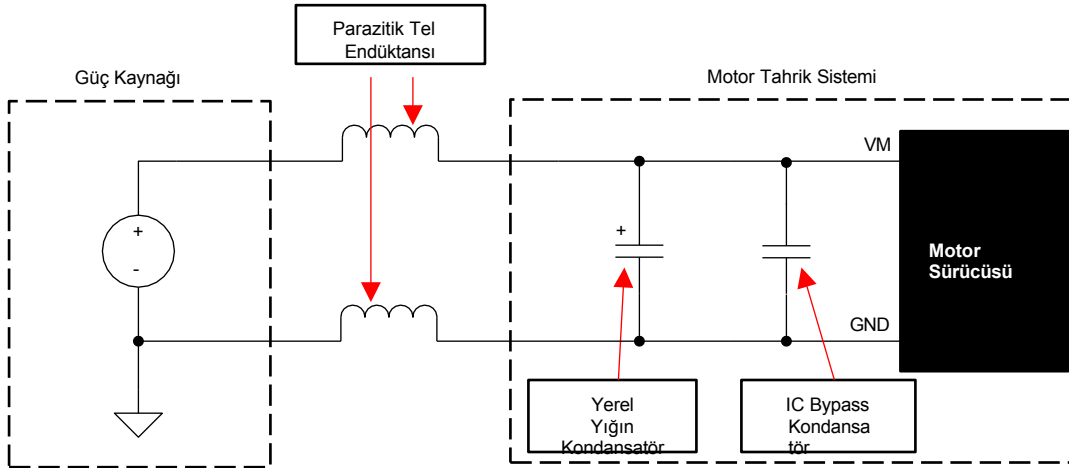
Bir motor sürücü sistemi tasarımında, bir toplu kapasitör düşük frekanslı akım geçici etkilerini en aza indirir ve anahtarlama yaparken motor sürücüsünün ihtiyaç duyduğu büyük akımları sağlamak için şarj depolar. Bir toplu kapasitör seçerken, motor sisteminin gerektirdiği en yüksek akımı, besleme gerilimi dalgalanmasını ve motor tipini göz önünde bulundurun.

Motor sargısından geçen akımdan düşük frekanslı, yüksek değerli akımların kaynaklanmasına yardımcı olmak için toplu elektrolitik kapasitans kullanın. Bu kapasitörler uygulama gereksinimlerine bağlı olarak genellikle 10 µF'den büyüktür.

Tüm toplu kapasitörleri güç kaynağı modülünün veya kartın güç giriş noktasının yakınına yerleştirin. TI, her bir yığın kapasitörün, pedi ilgili güç düzlemine bağlayan çoklu yollara sahip olmasını önerir. TI ayrıca tüm toplu kapasitörlerin düşük eşdeğer seri dirence (ESR) sahip olmasını önerir.



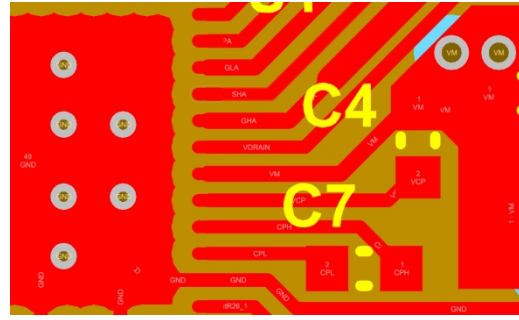
Şekil 5-1. Yığın Kondansatör Çoklu-Via Yerleşimi



Şekil 5-2. Yığın ve Bypass Kondansatör Yerleşimi

5.2 Şarj Pompası Kondansatörü

TI'nın motor sürücü cihazlarının çoğu (DRVxx), yüksek taraf N-Kanal MOSFET'in kapısını tamamen değiştirmek için şarj pompası veya önyükleme kapasitörleri kullanır. Bu kondansatörleri motor sürücü cihazına mümkün olduğunca yakın yerleştirin. Şekil 5-3'te, C4 kondansatörü VM'den VCP pinine şarj pompası çıkışı için kapasitans ve C7 kondansatörü şarj pompası anahtarlama düğümü içindir.

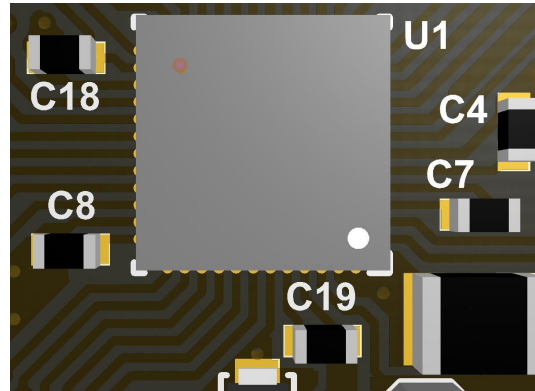


Şekil 5-3. Şarj Pompası Kondansatörlerinin Yerleştirilmesi

5.3 Bypass/Dekuplaj Kondansatörü Yerleşimi

5.3.1 Güç Kaynağına Yakın

DRV cihazının besleme pinine yüksek frekanslı gürültüyü en aza indirmek için bir bypass kondansatörü kullanılır. TI, kapasitörlerin cihazın güç giriş pinlerine ve toprak pinlerine mümkün olduğunca yakın yerleştirilmesini önerir. Bypass kondansatörü ile cihaz arasındaki iz uzunlukları en aza indirilmezse, bypass kondansatörünün filtrelemesi gereken yüksek frekanslarda endüktif olabilirler. İz endüktansından kaynaklanan ilave empedans, besleme pimindeki voltaj veya akımda çınlamaya neden olabilir, bu da EMI'ye katkıda bulunur ve dijital veya analog devrelerin performansını etkiler. En iyi uygulama, iz endüktansının etkisini en aza indirmek için daha düşük değerli kondansatörü cihaza mümkün olduğunca yakın yerleştirmektir. Daha büyük değerli kondansatörleri daha küçük olanlardan sonra bağlayın çünkü kondansatörün değeri arttıkça endüktans daha ihmal edilebilir hale gelir.

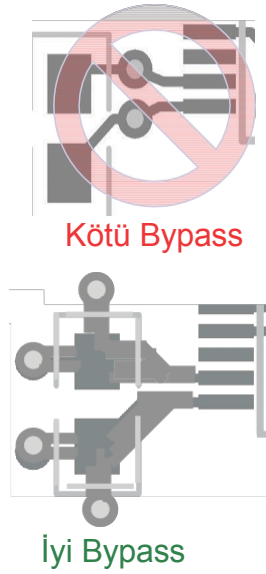


Şekil 5-4. Cihaza Yakın Dekuplaj Kondansatörleri

Bölüm 3.2'de gösterildiği gibi, ne kadar çok vida kullanılırsa empedans o kadar düşük olur. TI, güç ve toprak katmanlarında birden fazla vias kullanılmasını şiddetle tavsiye eder. Yolları doğrudan kondansatörün montaj pedlerine yerleştirmek, yönlendirme alanını en aza indirmenin ve yine de akım akışı yönlendirmesini elde etmenin etkili bir yolu olabilir. Bypass kapasitörleri için bu yönergeleri izleyin:

- Bypass kapasitörleri ile aktif cihaz arasında vialar kullanmayın. Yüksek frekanslı akım akışını görselleştirin ve yüksek frekanslı akım döngülerini mümkün olduğunca azaltın.
- En iyi sonuçlar için bypass kapasitörlerinin aktif bileşenlerle aynı katmanda olduğundan emin olun. Bypass kapasitör pimi ile IC besleme veya toprak pimi arasına bir via yerleştirmeyin.
- Yolları bypass kapasitörlerine ve ardından aktif bileşene yönlendirin.
- En iyi yerleşim için en fazla viayı ve en geniş izleri kullanın.
- Bypass kondansatörü ne kadar yakın olursa o kadar iyidir (0,5 cm'den az, 0,2 inç)
- Uzunluk/genişlik oranını 3:1'den fazla kullanmayın. [Şekil](#)

5-5 iyi ve kötü bypass örneklerini göstermektedir.

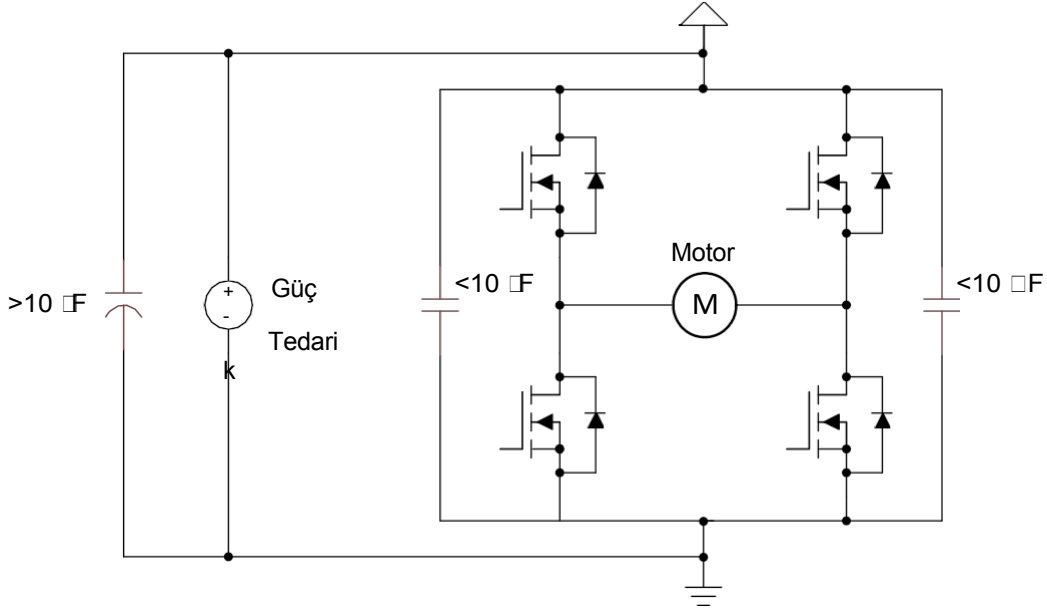


Şekil 5-5. Bypass Kondansatörü Yerleşimi

5.3.2 Güç Kademesine Yakın

Güç katındaki bypass kapasitansı için, MOSFET'lerden ve diğer parazitik kapasitanslardan anahtarlamının neden olduğu yüksek frekanslı akımları zayıflatmak için küçük seramik kapasitörler kullanın. Bu kapasitörler, uygulama gereksinimlerine bağlı olarak tipik olarak 10 μ F'den daha düşük kapasitans değerlerine sahiptir.

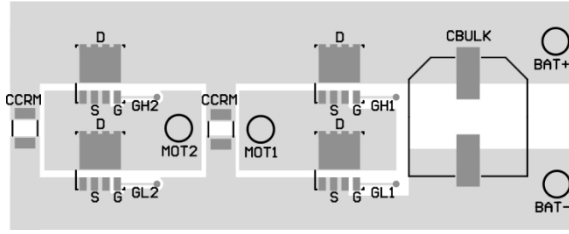
Şekil 5-6'da bu kapasitanslara sahip bir H-köprüsü örneği gösterilmektedir.



Şekil 5-6. Bypass Kapasiteleri ile H-Köprü Örneği

5.3.3 Yakın Anahtar Akım Kaynağı

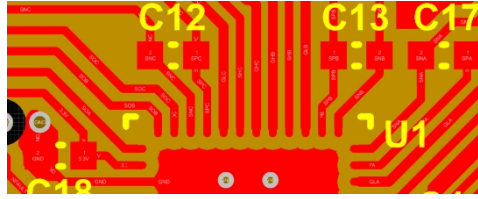
Bu kapasitörlerin doğru yerleşimi ve yerleşimi, etkili olduklarından emin olmak için kritik öneme sahiptir. Kapasitans ile anahtarlama akımının kaynağı arasındaki herhangi bir ek parazitik endüktans etkilerini azaltır. İdeal olarak, kapasitörleri anahtarlama akımlarının kaynağına, bu durumda motor ve MOSFET'lere mümkün olduğunca yakın yerleştirin. Şekil 5-7, önceki şematik örneğe dayalı örnek bir düzeni göstermektedir.



Şekil 5-7. Baypas Kondansatörü Yerleşimi Örnek

5.3.4 Yakın Akım Algılama Yükselteçleri

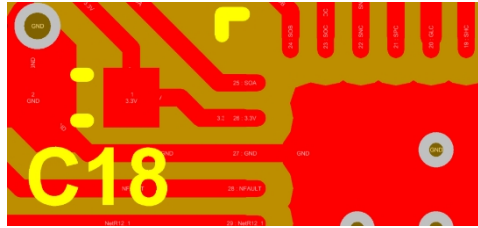
Entegre akım algılama amplifikatörlerine (CSA) sahip cihazlar için TI, algılama pinlerine mümkün olduğunca yakın ek dekaplaj kapasitörleri yerleştirilmesini ve yaklaşık 1 nF değerlerinin kullanılmasını önerir. [Şekil 5-8](#), C12, C13 ve C17 dekaplaj kapasitörlerini göstermektedir.



Şekil 5-8. SNx ve SPx Düzen

5.3.5 Yakın Gerilim Regülatörleri

Voltaj regülatörlü cihazlar için kondansatörü pime mümkün olduğunca yakın yerleştirin. Toprak pimine toprak dönüş döngüsünü en aza indirin. Örnek olarak [Şekil 5-9](#), C18 kapasitörünü DVDD regülatörüne mümkün olduğunca yakın göstermektedir.



Şekil 5-9. DVDD için Toprak Dönüş Döngüsü

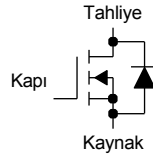
6 MOSFET Yerleşimi ve Güç Kademesi Yönlendirmesi

Kapı sürücüsü ve güç MOSFET'lerinin yerleştirilmesi, sürücü öncesi motor sürücü çözümlerinde doğru işlevsellik ve optimum performans için kritik öneme sahiptir. [DRV8870](#) gibi entegre MOSFET'lere sahip motor sürücüler için, [DRV8313](#), [DRV10987](#), [DRV10983-Q1](#) ve [DRV8873-Q1](#), uygun yönlendirme zaten dahili olarak yapılır. [DRV8701](#), [DRV8304](#), [DRV8306](#), [DRV8323](#), [DRV8343-Q1](#) ve [DRV8353](#) gibi geçit sürücüler için PCB'nin yerleşimini ve güç MOSFET'lerinin yerleşimini dikkatlice planlamak önemlidir. Aşağıdaki bölümlerde bazı yaygın MOSFET topolojileri açıklanmakta ve yaygın motor sürücü mimarileri kullanılarak temel yerleşim örnekleri sunulmaktadır.

6.1 Yaygın Güç MOSFET Paketleri

Bu bölümde N-kanallı güç MOSFET'lerinin bazı yaygın paket tipleri açıklanmaktadır. Güç MOSFET'lerinin çoğunluğu bu dört seçenekten birine sahiptir. Paket türlerini, boyutlarını ve pin çıkışlarını anlayarak, PCB optimum bir çözüm için daha iyi tasarlanabilir.

[Şekil 6-1](#)'deki sembol bir N-kanallı güç MOSFET'ini temsil etmektedir. MOSFET kaynak, kapı, drenaj ve gövdeden oluşan dört terminalli bir cihaz olsa da, gövde terminali genellikle kaynak terminaline bağlıdır.

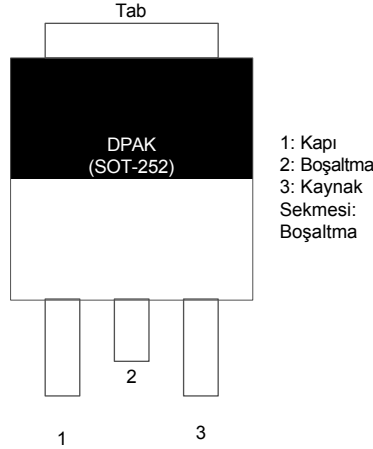


Şekil 6-1. N-Kanal Güç MOSFET Sembol

MOSFET paketlerinin güç kademesi ve termal dağılım ile doğrudan bağlantısı vardır. Farklı paketlerin farklı yönlendirme kuralları vardır.

6.1.1 DPAK

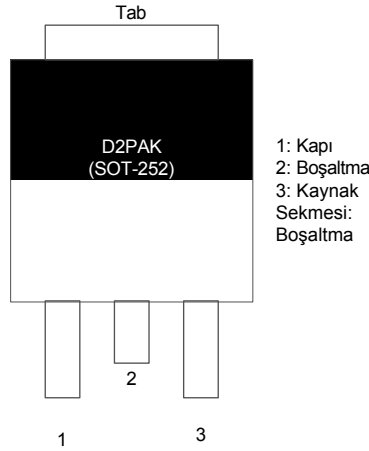
[Şekil 6-2](#)'de gösterilen DPAK ([SOT-252](#)) paketi endüstride en yaygın kullanılan paketlerden biridir. Bu paket boyut ve performans arasında bir uzlaşma sunar. DPAK paketi genellikle yüksek güçlü MOSFET'ler ve voltaj regülatörleri için kullanılır.



Şekil 6-2. DPAK Paket

6.1.2 D2PAK

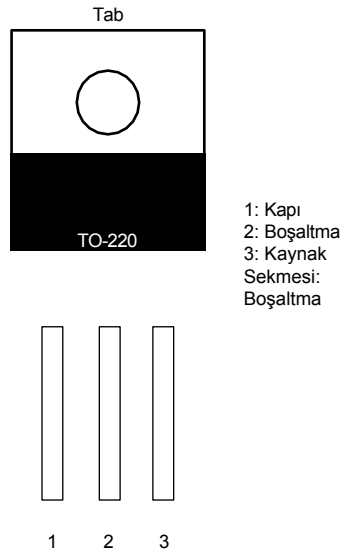
D2PAK (SOT-252) paketi (bkz. [Şekil 6-3](#)), DPAK paketinin daha fazla termal dağılım sağlayabilen daha büyük bir versiyonudur.



Şekil 6-3. D2PAK Paket

6.1.3 TO-220

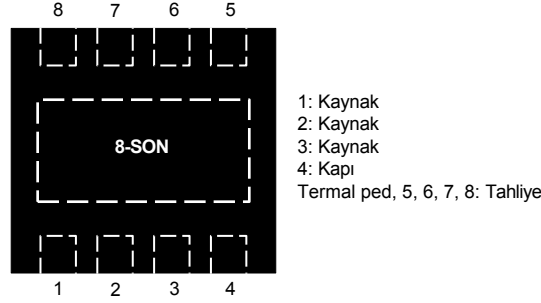
TO-220 paketi (bkz. [Şekil 6-4](#)) delikli bir MOSFET paketidir. Dik çıkıntı bir soğutucu monte etmek için kullanılabilir. Bu paketi kullanmanın dezavantajı, daha fazla alan gerektirmesi ve genellikle DPAK ve D2PAK paketleri gibi yüzey montajlı paketlerden daha yüksek olmasıdır.



Şekil 6-4. TO-220 Paket

6.1.4 8-Pin SON

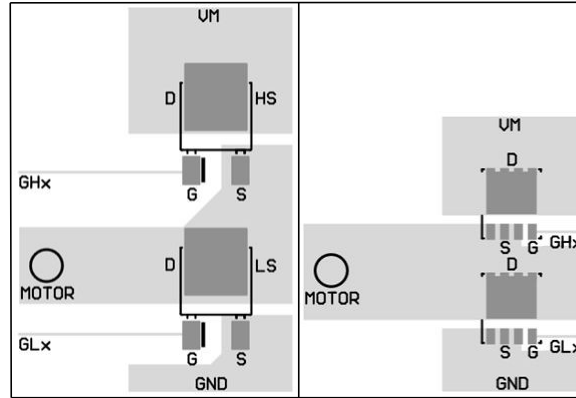
8 pimli SON paketi (bkz. Şekil 6-5) en yaygın kurşunsuz pakettir. Bu paket, minimum kart alanı ve optimum performans için bir çözüm sunar. Kurşunlu paketlerin çoğu benzer bir pin düzenine sahiptir. 8 pimli SON paketi benzersizdir çünkü kapı pimi kurşunlu paketlerle (TO-252 ve TO-220) karşılaştırıldığında karşı taraftadır.



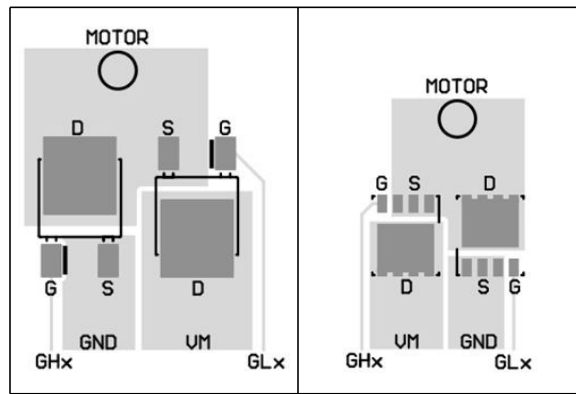
Şekil 6-5. 8-Pin SON Paket

6.2 MOSFET Yerleşim Konfigürasyonları

Şekil 6-6 ve Şekil 6-7 iki tipik konfigürasyon için yaygın MOSFET yerleşimlerini ve düzenini göstermektedir; hem kurşunlu hem de kurşunsuz paketler için yarım köprü yığını ve yarım köprü yan yana (sırasıyla).



Şekil 6-6. Yarım Köprü Yığın Yapılandırması

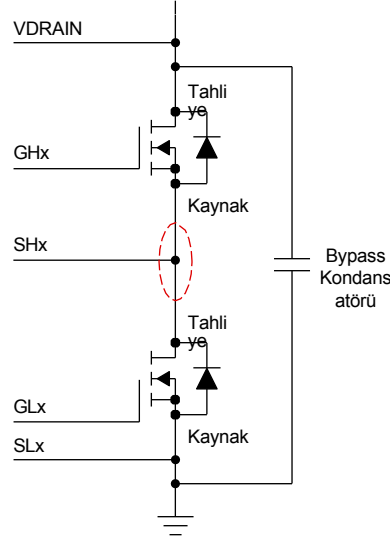


Şekil 6-7. Yarım Köprü Yan Yana Yapılandırma

Yarım köprüler için bu düzenler, H-köprüsü (iki yarım köprü), invertör (üç yarım köprü) ve çift H-köprüsü (dört yarım köprü) dahil olmak üzere birden fazla yarım köprü topolojisi için tekrarlanabilir.

6.3 Güç Kademesi Yerleşim Tasarımı

Güç MOSFET'leri için doğru yerleşimi seçtikten sonra, bir sonraki adım yönlendirmenin doğru olduğundan emin olmaktır. MOSFET, motor tahriki için yüksek güçlü, anahtarlama bir uygulamada kullanıldığından, tasarım ideal olmayan yerleşimlerin getirdiği parazitlere karşı hassastır. Bu bölümde, yönlendirilmesi gereken bazı kritik sinyaller ve bunları yönetmek için en iyi uygulamalar açıklanmaktadır. Güç kademesi [Şekil 6-8](#)'de gösterilmiştir.

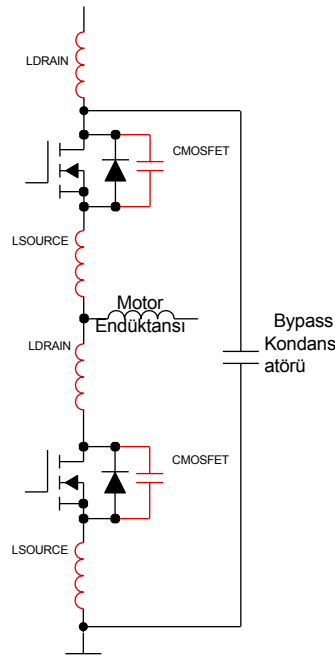


Şekil 6-8. Anahtarlı Yarım Köprü Güç Kademesi Düşüm

6.3.1 Anahtar Düşümü

Anahtar düşümü, yüksek taraf MOSFET'in kaynak pimi ile yüksek taraf MOSFET'in drenaj pimi arasındaki bağlantıdır.

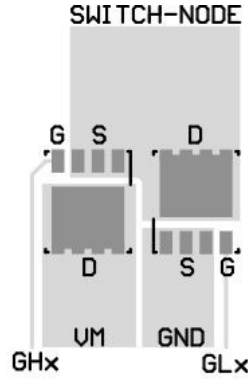
[Şekil 6-10](#)'da gösterildiği gibi düşük taraf MOSFET. Bu düşüm, bu uygulamada bir motor olan yüke nihai olarak bağlanan ağıdır. Anahtar düşümü yarım köprü konfigürasyonunda yönlendirilmesi gereken en kritik sinyaldir çünkü bu ağıdaki sinyalin yüksek frekanslı, yüksek akımlı doğası vardır. [Şekil 6-8](#)'de gösterilen devrede PCB ve güç MOSFET'lerinin neden olduğu birçok ideal olmayan parazit vardır. [Şekil 6-9](#), anahtar-düşüm halkalanması adı verilen olgunun başlıca nedenleri olan bu birincil parazitlerden birkaçını göstermektedir.



Şekil 6-9. Yarım Köprü Parazitler

Anahtar-düğüm zil sesi, PCB ve güç MOSFET'lerinin parazitlerinden dolayı anahtar-düğümde oluşan bir LC salınıdır. Anahtar-düğüm halkalanması EMI'ye neden olur ve MOSFET drenaj-kaynak gerilimi ve kapı sürücü pinlerinin mutlak maksimum değerlerini ihlal edebilecek aşırı ve düşük gerilimler oluşturur. Ayrıca güç katının verimliliğini de düşürebilir.

Harici önlemler ve sistem ayarlamaları (dönüş hızlarının azaltılması, harici snubberlar ve diğerleri) yoluyla anahtar-düğüm halkalanmasını ele almak için yöntemler mevcuttur, ancak temelde sağlam bir düzen bu birincil sorunların çoğunu ele alabilir. Şekil 6-10'daki yerleşim örneği, yüksek taraf MOSFET'in kaynağı ile düşük taraf MOSFET'in drenajı arasındaki endüktansı en aza indiren bir tasarımı göstermektedir. En iyi uygulama, bakır düzlem bağlantısının uzunluğunu en aza indirmek ve genişliğini en üst düzeye çıkarmak ve minimum parazit endüktanslı MOSFET paketleri kullanmaktır.

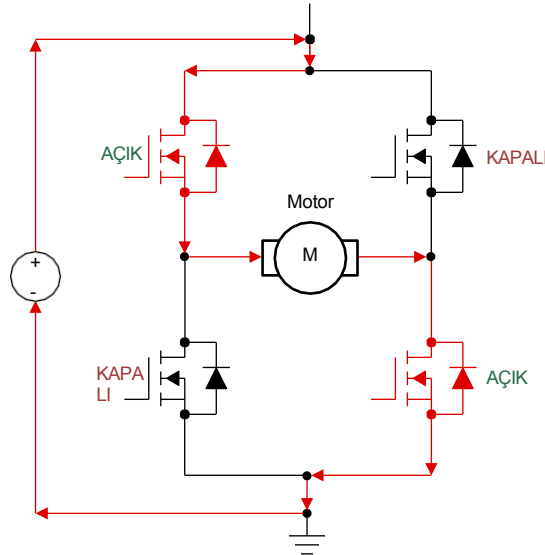


Şekil 6-10. Anahtar-Düğüm Düzeni Örnek

6.3.2 Yüksek Akımlı Döngü Yolları

Motor uygulamaları yüksek anahtarlama akımlarına bağlı olduğundan, yüksek akım yolunun genel döngü endüktansını en aza indirmek kritik öneme sahiptir. Bu endüktansın en aza indirilmesi voltaj dalgalanmasını ve gürültüyü en aza indirir ve ekstra bypass kapasitansı ihtiyacını azaltabilir.

Motor sisteminde, yüksek akım döngüsü güç kaynağının pozitif terminalinden, yüksek taraf güç MOSFET'inden, motor sargısından, karşı düşük taraf MOSFET'inden ve güç kaynağının negatif terminaline kadar izlenir. Şekil 6-11 bu akışı bir H-köprüsü örneğinde göstermektedir.



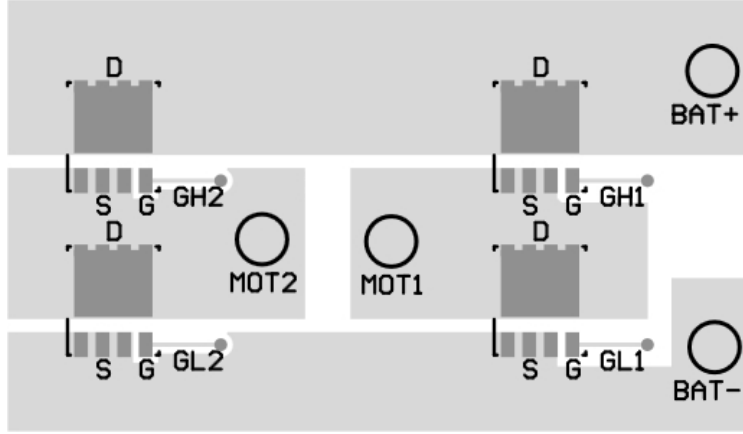
Şekil 6-11. Yüksek Akımlı Döngü Yolu Örnek

Yüksek akım döngü yolu aşağıdakiler yapılarak en aza indirilmelidir:

- Tüm yüksek akım döngüsü için doğru iz genişliklerini kullanın. İz genişliğinin artırılması parazitik endüktansı azaltır.

- Bileşenler arasındaki mesafeyi en aza indirmek için doğru yerleşimi kullanın. İz uzunluğunun azaltılması parazitik endüktansı azaltır.
- Yüksek akım yolundaki katman atlama sayısını en aza indirin ve yüksek akım izi olan katmanları atlarken doğru boyutlandırma ve sayıları kullanın.

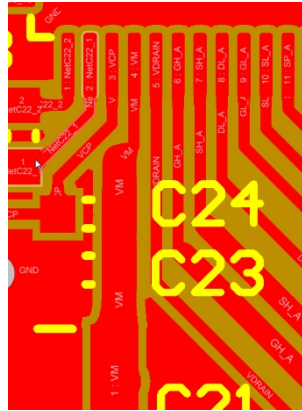
Şekil 6-12 optimize edilmiş bir yüksek akım döngüsünün örnek bir düzenini göstermektedir.



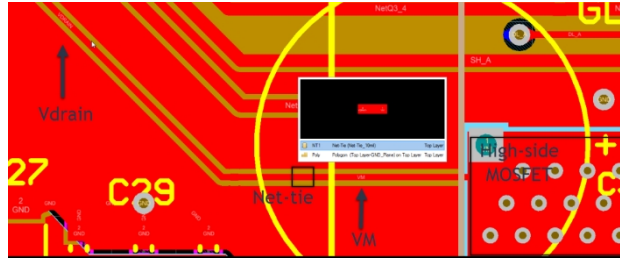
Şekil 6-12. Yüksek Akımlı Döngü Yolu Düzeni Örnek

6.3.3 VDRAIN Anlam Pimi

VDRAIN pimi, yüksek taraf MOSFET tahliye voltajını algılamak için kullanılır. VDRAIN pinine sahip motor sürücü cihazları, en iyi performans için bazı hususlara dikkat edilerek yönlendirilmelidir. Gerilim beslemesi ilk olarak yüksek taraf MOSFET'lerin drenajına gittiğinden, VDRAIN piminin yönlendirilmesi yerleşim için kritik önem taşır. VDRAIN pimi, aşırı akım durumunda yüksek taraf MOSFET'in VDS geriliminin izlenmesini sağlayan gerilim beslemesi (VM) için bir Kelvin bağlantısı sağlar (bkz. Şekil 6-13). Güç katındaki VM bağlantısı genellikle büyük bir bakır düzlemden ve gerekli akımı desteklemek için geniş izlerden oluştuğundan, düzlemin ek endüktansı ve voltaj düşüşleri VDS ölçüm doğruluğunu etkileyebilir. Bu nedenle, VDRAIN pinini tek bir hat üzerinden doğrudan harici güç MOSFET'lerinin drenajına yönlendirin. TI, yanlış OCP hatalarına yol açabilecek ek endüktansı en aza indirmek için drenaja yakın bir Net Bağ kullanılmasını önerir (bkz. Şekil 6-14).



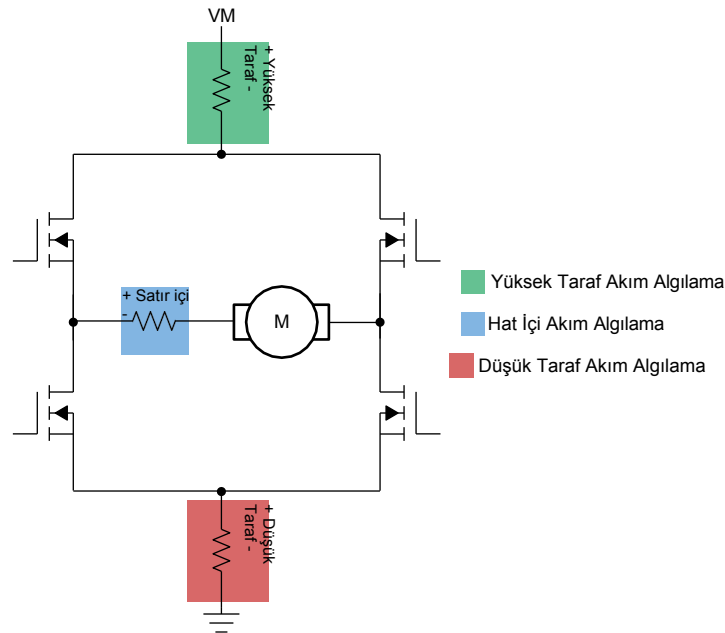
Şekil 6-13. VDRAIN Kelvin Bağlantı



Şekil 6-14. Net Bağ Yüksek Taraf MOSFET Tahliye

7 Akım Algılama Amplifikatörü Yönlendirmesi

TI'nin geniş motor sürücü yelpazesinde, çoğu ölçüm kaynağı olarak harici bir şönt direnç kullanan dahili akım algılama özelliğine sahip cihazlar bulunmaktadır. Akım algılama amplifikatörünün sürücüye dahil edilmesi motor arayüzü için hepsi bir arada bir çözüm sağlar ve daha düşük maliyetle daha yüksek kaliteli akım algılamaya olanak tanır. **Şekil 7-1** mevcut tüm akım algılama topolojilerini göstermektedir.

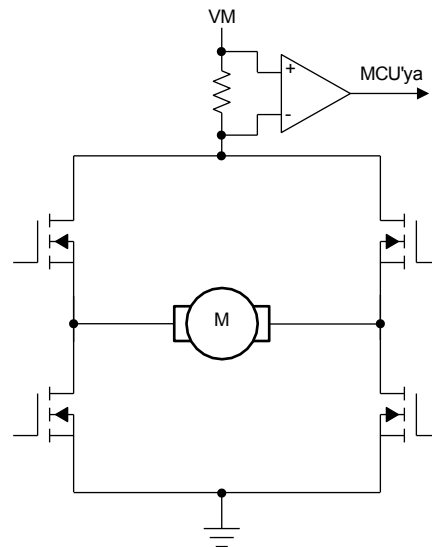


Şekil 7-1. Akım Algılama Topolojileri

Bu cihazlarda bulunan entegre akım algılama amplifikatörleri (CSA'lar) tipik olarak her birinin avantajları olan üç kategoriye ayrılır. Bu kategoriler aşağıdaki bölümlerde açıklanmaktadır.

7.1 Tek Yüksek Taraflı Akım Şöntü

Şekil 7-2 yüksek taraf akım algılama için bir devreyi göstermektedir.



Şekil 7-2. Yüksek Taraf Akımı Sense

Yüksek taraf akım algılama kullanmanın faydaları şunlardır:

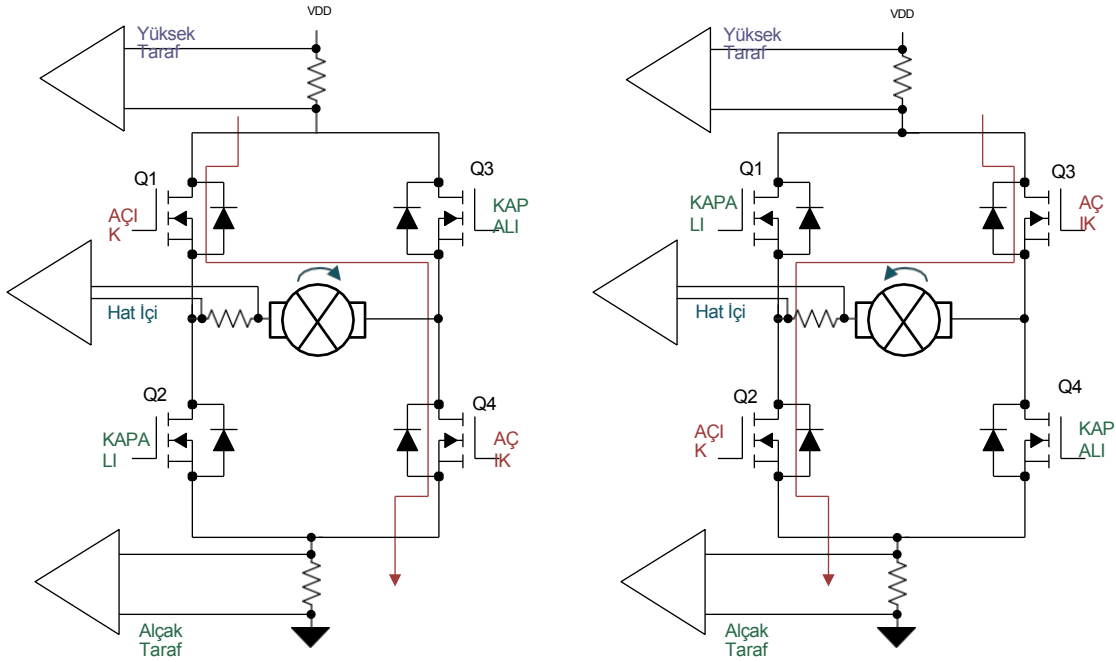
- Beslemeden gelen akımı doğrudan ölçer
- Yük kısa devrelerini tespit edebilir

- Zemin bozulmasına karşı bağıışıklık

Yüksek taraf akım algılama kullanmanın bir dezavantajı, daha fazla ortak mod gerilimi gerektirmesidir.

7.2 Tek Düşük Tarafalı Akım Şöntü

Şekil 7-3'te düşük taraf akım şöntü için bir devre gösterilmektedir.



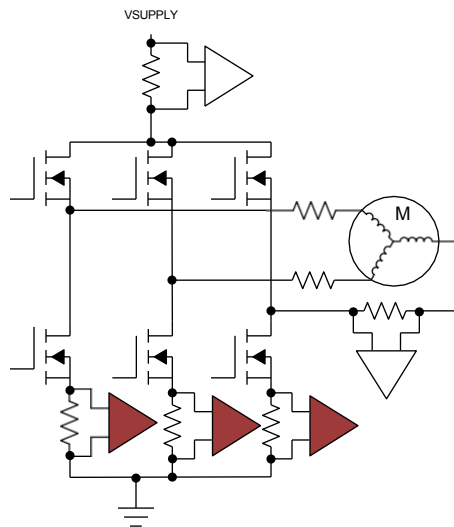
Şekil 7-3. Düşük Taraf Akımı Algılama

Düşük taraf akım şöntü kullanmanın bir avantajı da daha az ortak mod gerilimi gerektirmesidir.

Düşük taraf akım şöntü kullanmanın dezavantajı, toprak gürültüsüne karşı daha hassas olması ve toprak kısa devrelerini tespit edememesidir.

7.3 İki Fazlı ve Üç Fazlı Akım Şönt Yükselteçleri

Şekil 7-4'te iki fazlı ve üç fazlı CSA'lara sahip bir devre gösterilmektedir.



Şekil 7-4. İki Fazlı ve Üç Fazlı CSA'lar

Yönlendirmesi

İki fazlı ve üç fazlı CSA'lar, düşük ortak mod voltaj gereksinimlerine sahip olduklarından pano düzeni için bir avantajdır. Ayrıca her kanalın ayrı ayrı ölçülmesine izin verirler ve bu nedenle alan odaklı kontrol gibi daha karmaşık kontrol şemalarında kullanılabilirler.

Pano yerleşiminde iki fazlı ve üç fazlı CSA'ların kullanılmasının dezavantajları şunlardır:

- Toprak gürültüsüne karşı daha yüksek duyarlılık
- Toprak kısa devreleri tespit edilemiyor
- Toplam sistem akımını gerçekleştirmek için daha fazla yazılım gerekebilir

7.4 Bileşen Seçimi

Algılama direncini seçerken, doğruluk ve güç tüketimi arasında temel ödünleşimler vardır. Güç katındaki büyük akımlar algılama direncinden geçtiğinden, seçilen direnç değerinin güç kaybını minimumda tutmak için küçük olması gerekir. Yüksek akımlı sistemler için direnç değeri genellikle mΩ cinsinden. Örneğin, 20 A akım süren ve 1 mΩ'luk bir algılama direnci kullanan bir sistem bu dirençten 400 mW harcayacaktır. Bu koşul altında, CSA'nın girişi yalnızca 20 mV sinyal alır. Direnç değerinin artırılması sinyal-gürültü oranını iyileştirebilir ancak güç kaybını da artıracaktır.

CSA'nın performans parametreleri de dikkate alınmalıdır. Sistemdeki en kötü durum akımı için tasarım yaparken, seçilen şönt direnç, akım algılama giriş pinlerinde CSA'nın mutlak maksimum değerlerinden daha yüksek gerilimleri önlemelidir. Normal çalışma sırasında bu gerilim, diferansiyel gerilim aralığı için belirtilen parametreler içinde kalmalıdır. Algılama direncini seçmek için cihaz veri sayfasına bakın.

[DRV3201-Q1](#) gibi harici kazanç dirençleri kullanan cihazlar için yüksek doğruluğa sahip bileşenler seçin. Bileşen uyumsuzluğu, sistemler arasında hem ortak mod hem de diferansiyel mod kazançlarında büyük değişikliklere neden olur.

7.5 Yerleştirme

Duyu direncinin yerleşimi, iz empedansını en aza indirmek için güç katının bileşenleri ile aynı hizada olmalıdır. Şönt direnç de kart üzerindeki diğer izlerde kuplaj olasılığını azaltmak için CSA bağlantısına yakın yerleştirilmelidir.

Yüksek taraf akım algılama için şönt direnç, besleme ile yüksek taraf MOSFET'lerin kaynağı arasındaki yıldız noktasına yakın olmalıdır. [DRV3205-Q1](#) gibi harici kazanç dirençleri kullanan yüksek taraf akım algılama cihazları için, bölücüdeki ilk direnç şönt direncine en yakın yere yerleştirilmelidir. Kalan bileşenler cihaza en yakın yere yerleştirilmelidir.

Düşük taraf akım algılama için şönt direnç, düşük taraf MOSFET'in kaynağı ile güç katının yıldız noktası toprak bağlantısı arasında olmalıdır.

İki veya üç ayrı fazda şönt dirençleri olan sistemler için, şönt direnci ilgili düşük taraf MOSFET'in kaynağı ile yıldız noktası toprak bağlantısı arasına yerleştirilmelidir.

7.6 Yönlendirme

Algılama sinyallerinin yönlendirilmesi bir diferansiyel çift kullanılarak yapılmalıdır. Diferansiyel bir çiftte, her iki sinyal de düzende sıkıca bağlanır ve izler şönt veya algılama direncinden IC'nin girişindeki CSA'ya paralel olarak çalışmalıdır.



İlk aşamalarda bir PCB'yi yönlendirirken, hangi bileşenin nereye yönlendirildiğini göstermeye yardımcı olan kılavuzlar, duyu direnci yönlendirmesi durumunda aldatıcı olabilir. Düşük taraf şönt direnci durumunda, negatif giriş doğrudan toprağa yönlendirilebilir ve pozitif giriş düşük taraf kaynak pinine yönlendirilebilir. Bu durumdan kaçınmak için cihaz ile şönt direnç arasına bir Net Bağ yerleştirin, böylece tasarımcı rota kısıtlamasını yönlendirme sırasında değil yerleştirme sırasında koyabilir. **Şekil 7-6'**da Net Tie yerleşiminin bir örneği gösterilmektedir.

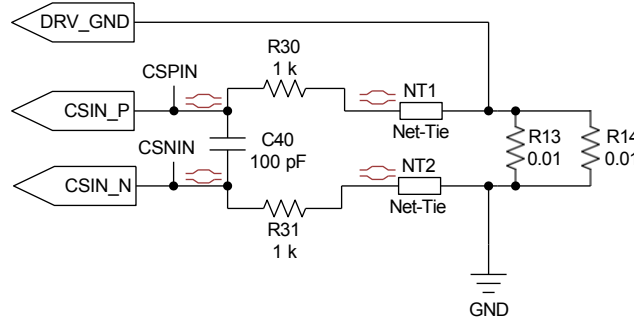


Telif Hakkı © 2021 Texas Instruments
Incorporated

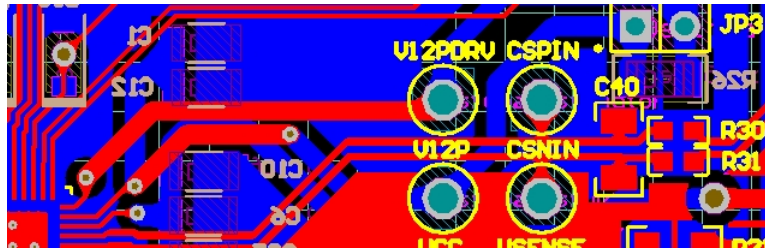
Akım Algılama Amplifikatörü
Yönlendirmesi
olarak yönlendirmeyin.

7.8 Giriş ve Çıkış Filtreleri

Algılama amplifikatörü için giriş ve çıkış filtreleri, algılama amplifikatörüne mümkün olduğunca yakın yerleştirilir. Bu yerleşim, cihaz tarafından alınan istenmeyen gürültünün filtre ile algılama amplifikatörü arasında sınırlandırılmasını sağlar. [Şekil 7-7](#)'de giriş filtrelerinin (C40, R30 ve R31) örnek bir yerleşimi gösterilmektedir.



Şekil 7-7. Giriş ve Çıkış Filtresi Şematik



Şekil 7-8. Giriş ve Çıkış Filtresi Düzeni

7.9 Yapılması ve Yapılmaması Gerekenler

Bir motor sürücüsü için pano düzenini tasarlarken aşağıdakileri yapın:

- Kelvin bağlantılarını kullanın
- Düzeni simetrik hale getirin
- Tüm bağlantıları kapatın
- Net Ties ve diferansiyel yönlendirme araçlarını kullanma

8 Referanslar

Ek referans için aşağıdakilere bakın:

- Texas Instruments, [AN-1520 Açıkta Bırakılan Paketlerde En İyi Termal Direnç için Pano Yerleşimi Kılavuzu başvuru raporu](#)
- Texas Instruments, [AN-2020 Thermal Design By Insight, Not Hindsight uygulama raporu](#)
- Texas Instruments, [Analogdan Dijitale Dönüştürücü Topraklama Uygulamaları Sistem Performansını Etkiliyor uygulama raporu](#)
- Texas Instruments, [Karışık sinyalli sistemlerde topraklama gizemi çözüldü, Bölüm 1 teknik özet](#)
- Texas Instruments, [Gizemi çözülmüş karma sinyal sistemlerinde topraklama, Bölüm 2](#)
- Texas Instruments, [Azaltılmış EMI için PCB Tasarım Yönergeleri uygulama raporu](#)
- Texas Instruments, [PowerPAD™ Termal Olarak Geliştirilmiş Paket uygulama raporu](#)
- Texas Instruments, [Geliştirilmiş Elektromanyetik Uyumluluk için Baskılı Devre Kartı Düzeni uygulama raporu](#)
- Texas Instruments, [JEDEC PCB Tasarımlarını Kullanan Doğrusal ve Mantıksal Paketlerin Termal Karakteristikleri başvuru raporu](#)

9 Revizyon Geçmişi

Revizyon A'dan (Ocak 2019) Revizyon B'ye (Ekim 2021) değişiklikler

Sayfa

- | | |
|--|---|
| • Belge boyunca tablolar, şekiller ve çapraz referanslar için numaralandırma formatı güncellendi | 1 |
|--|---|

ÖNEMLİ BİLDİRİM VE FERAGATNAME

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

Bu kaynaklar, TI ürünleriyle tasarım yapan yetenekli geliştiricilere yöneliktir. (1) uygulamanız için uygun TI ürünlerini seçmek, (2) uygulamanızı tasarlamak, doğrulamak ve test etmek ve (3) uygulamanızın geçerli standartları ve diğer güvenlik, emniyet, düzenleme veya diğer gereksinimleri karşılamasını sağlamak yalnızca sizin sorumluluğunuzdadır.

Bu kaynaklar önceden haber verilmeksizin değiştirilebilir. TI, bu kaynakları yalnızca kaynakta açıklanan TI ürünlerini kullanan bir uygulamanın geliştirilmesi için kullanmanıza izin verir. Bu kaynakların başka şekilde çoğaltılması ve sergilenmesi yasaktır. Başka herhangi bir TI fikri mülkiyet hakkı veya herhangi bir üçüncü taraf fikri mülkiyet hakkı için lisans verilmez. TI, bu kaynakları kullanmanızdan kaynaklanan her türlü talep, hasar, maliyet, kayıp ve yükümlülük için sorumluluk kabul etmez ve TI ve temsilcilerini bunlara karşı tamamen tazmin edeceksiniz.

TI ürünleri, [ti.com](https://www.ti.com)'da bulunan veya söz konusu TI ürünleriyle birlikte sağlanan [TI Satış Koşulları](#) veya diğer geçerli koşullara tabi olarak sağlanır. TI'nın bu kaynakları sağlaması, TI ürünleri için TI'nın geçerli garantilerini veya garanti feragatnamelerini genişletmez veya başka bir şekilde değiştirmez.

TI, teklif etmiş olabileceğiniz tüm ek veya farklı şartlara itiraz eder ve bunları reddeder.

Posta Adresi: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2022, Texas Instruments Incorporated