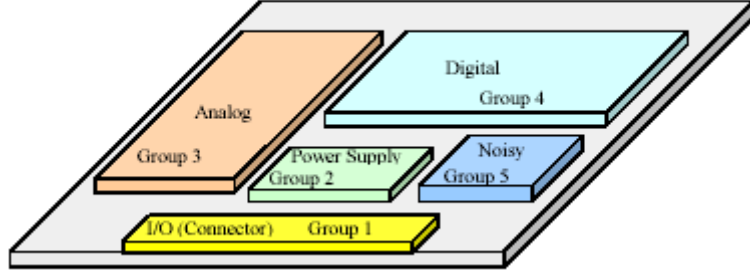


(EMC)

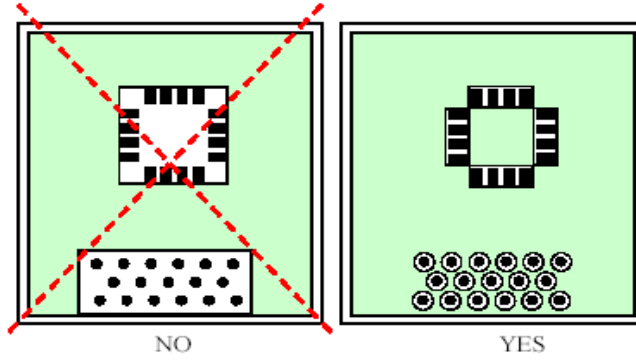
BASKI DEVRE TASARIMINDA

ELEKTROMANYETİK UYUMLULUK KURALLARI

1. PCB çizerken her bir eleman fonksiyonlarına göre gruplara ayrılarak yerleştirilmelidir. Örneğin, Analog, dijital, güç kaynağı, gürültülü elemanlar, giriş ve çıkış portları vb...

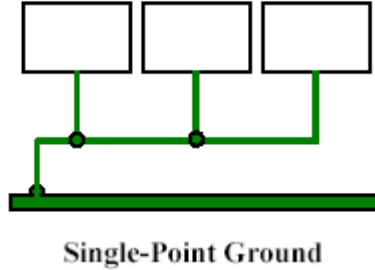


2. Mümkün olduğunca toprak yüzeyleri (ground plane) her bir elemanın ve bağlantılı olduğu yolların altına yerleştirilmelidir.

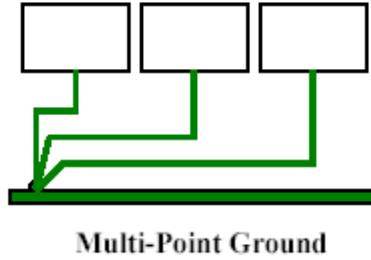


3. PCB üzerindeki toprak yüzeyi arttırmak için elemanlar ve bağlantıları mümkün olduğunca iyi düzenlenmelidir.
4. İki katmanlı PCB'lerde toprak yüzeyin yapılacağı yerlerde via (geçiş deliği) kullanılarak diğer tabakaya geçilmelidir. Via iki katmanı birbirine bağlayan iletken deliktir. Üst ve alt katmanlardaki grid hatları bir yüzeyde yatayken diğer yüzeyde dikey olmalıdır.
5. Via'lar aralarında en az 0,5 inch olacak şekilde yerleştirilmelidir. Bu via'lar en az 0,4 mm kalınlıktaki yollarla birbirine bağlanmalıdır. Bu bir Faraday kafesi sağlayarak 5 Ghz 'e kadar olan frekansları içermeyi sağlar.
6. Çok katlı PCB'lerde tavsiye edilen yerleştirme şekli her katın gruplar halinde yerleştirilmesi ve bir alt kat ile üst kat yolları arasında 90 derece fark yapılmasıdır.
7. İki katlı devrelerde güç yolları ile toprak yolları birbirine komşu yapılmalı veya bir yüze güç yolları yapıldıysa alt yüzde toprak yolları yapılarak döngü bölgesi azaltılmalıdır.

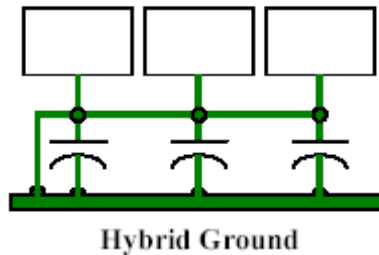
8. Her yüksek hızlı IC'nin altına toprak döşenmelidir.
9. Via'ları kullanarak her katta toprakları birleştirmek daha düşük RF empedansının eldesine yardım edecektir.
10. Aynı ağa ait toprak yüzeyleri birbirine düşük empedanslı elemanlarla bağlanmalıdır.
11. Yüksek frekanslı dijital devreler ve alçak seviyeli analog devrelerden dönen topraklar birbirine karıştırılmamalıdır. Analog, dijital ve güç sinyallerinin birbirlerinin devresine girmesi önlenmelidir.
12. Toprak ana yollarını dalga boyunun $1/20$ 'sinden kısa tutmak radyasyon yayılımının az olmasını ve düşük empedans sağlar.
13. Tek noktadan topraklama sadece düşük seviyeli ve düşük frekanslı devrelerde kullanılmalıdır.(1 MHz'den küçük)



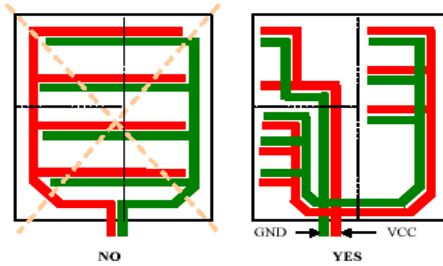
14. Multi-point topraklama yüksek frekanslı devrelerde düşük empedans sağlamak için kullanılmalıdır.(1 MHz'den büyük)



15. Single point topraklama yöntemi alçak frekanslar için iyidir.Fakat yüksek frekanslarda yüksek empedansa neden olur.Multipoint topraklaması yüksek frekanslar için iyidir. Hybrid topraklama yöntemi ise düşük frekanslar için single point gibi , yüksek frekanslar için multipoint gibi davranır.

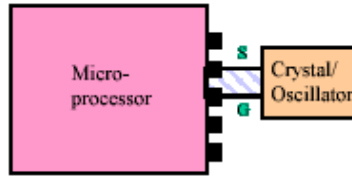


16. Toprak hattı tüm konnektörlerin olduğu yerlerin çevresine yerleştirilmelidir. Böylece zamanla değişen akımların yerel toprakları altüst etmesini engellemiş oluruz.
17. Tüm toprak genişlik-uzunluk oranı 1/10 'den büyük olmalıdır.
18. Data hatları mümkün olduğunca kısa tutulmalı ve bir toprak hattı bunlara komşu yapılmalıdır. En düşük değerlikli bit en çok kullanıldığından toprak hattı buna yakın olmalıdır.
19. Toprak döngülerinden kaçınılmalıdır. Radyasyon yayım kaynağı olabilir. Döngüye küçük bir boşluk koymak DC devrelerde işe yarayabilir. Ama yüksek frekanslı devrelerde boşluk kapasitesi anten etkisi yapar.
20. Toprak hattı mümkün olduğunca güç katı ve diğer elemanların altına yayılmalıdır.
21. Güç kaynağı daima devrenin güç giriş noktasına yakın yerleştirilmeli ve güç hatları kısa tutulmalıdır.
22. Hacimli kapasitelere daima bir veya iki yüksek frekanslı kapasite paralel bağlanmalıdır.
23. Hacim kapasitesi dekaplaj kapasitesinden en az 10 kat büyük olmalıdır.
24. Yüksek frekans düşük endüktanslı seramik kapasiteler işlemciyi kuplajlamak için kullanılmalıdır. 15 MHz'e kadar olan devrelerde 0,1 uf , 15 MHz üstündeki devrelerde 0,01 uf dekaplaj kapasitesi kullanılır. İşlemcinin güç bacağına mümkün olduğunca yakın yerleştirilmelidir.
25. Hızlı düşüş ve çıkış yapan yüksek anahtarlama akımlarını taşıyan yollar diğer paralel yollardan en az 3 mm uzak tutulmalı veya aralarda koruma maksatlı toprak yollar geçirilmelidir.
26. Daima güç sinyali ve toprak hattı birbirine yakın ve paralel yapılmalı veya çok katlı PCB'lerde bir kattan güç sinyali giderken diğer üst katmanda toprak gitmeli.



27. Vcc (Clean power) yolu asal filtrenmemiş batarya gücü, ateşleme, yüksek akım veya hızlı anahtarlama sinyali taşıyan yollara paralel yapılmamalıdır.
28. Devrenin ihtiyacı olduğu kadar güç ve en düşük frekans kullanılmalıdır. Fazlası kullanılmamalıdır.
29. PCB üzerindeki tüm yollar mümkün olduğunca kısa ve geniş tutulmalıdır. Tüm yollar PCB'nin köşegen uzunluğundan daha kısa tutulmalı ve uzunluk genişlik oranı 1/10 olmalıdır.

30. Güç yollarına yerleştirilen ferritler 1 MHz'in üzerindeki istenmeyen sinyallerin zayıflamasına neden olur. Uygun kullanıldığında etkilidir. Ama bu ferritleri kullanmak AC akımlarda direnç gösterir.
31. Pili veya ateşlemeyi sezen cihazlar PCB'nin güç girişinde I/O portlarına yakın konulmalıdır.
32. Pilden kesintisiz akım çeken devreler tasarlarken pil giriş hattına yeterli akım depolamayı sağlayacak kapasite bağlanmalıdır .
33. Yakın gruplanmış güç anahtarları ve yüksek akım devreleri, dijital, düşük seviyeli analog ve röle devrelerinden ayrı tutulmalıdır.
34. Tüm anahtarlama modlu güç kaynaklarının-SMPS yolları bir tabakaya yönlendirilmeli ve toprakları döngü alanını azaltmak için komşu yüzeye doğrudan yönlendirilmelidir.
35. Güç anahtarlama tranzistorlerinin soğutucusu, transistor tabı ile aynı potansiyele bağlanmalıdır. (Besleme yada toprak) Bazen soğutucu yalıtılabilir. Bu da parazitik bir kapasite yaratır.
36. Toprak ve diğer yollar kristal osilatör gibi gürültülü parçaların altından geçirilmemelidir.
37. Kristal osilatörleri ve darbe (clock-saat) üretici devreleri I/O portlarından uzak, clock verdikleri işlemciye yakın yerleştirilmelidir. Ayrıca yol uzunluğu minimuma indirilmeli ve aynı yüzeyde olmalıdır.

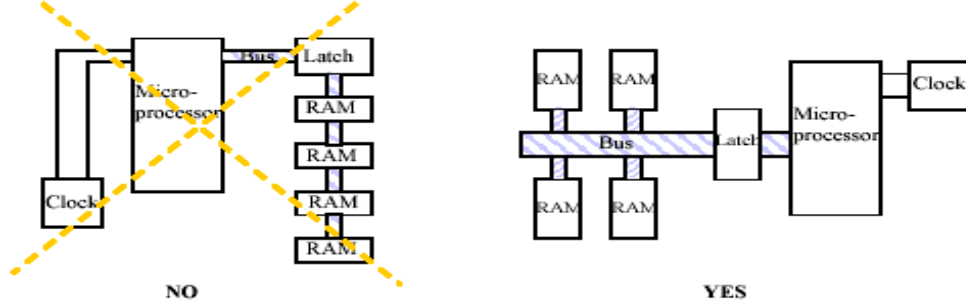


38. Tüm kritik ağlar, mesela clocklar veya veri yollarının etrafı topraklanmalıdır.
39. Diyot, tranzistor, işlemcinin önüne RF filtre koyarak RF frekanslarından etkilenmelerini önleyebiliriz.
40. Yüksek frekans sinyallerini taşıyan yollar ile düşük frekans sinyallerini taşıyan yolları birbirinden ayrı tutmak gerekir. Yüksek frekanslı işaret taşıyan yolu toprağa mümkün olduğunca yakın yapmalıyız.
41. Tüm zıt sinyal hatların birbirine komşu yaparak birbirlerinin manyetik alanlarını ortadan kaldıracaktır.
42. Sinyal yollarını komşu katmanlarda birbirine 90 derece açı ile yapmak cross-talk olayını azaltmamıza yardım eder.
43. İniş ve çıkış zamanlı, duty cycle ve anahtarlama sinyallerinin temel frekansını kontrol etmek harmoniklerin oluşmasını azaltmamıza yardım edecektir.

44. Kullanılmayan tüm işlemci girişleri istenmeyen rastgele anahtarlamaların ve gürültü üretiminin olmaması için sonlandırılmalıdır.

45. Yüksek hızlı yolları PCB'nin köşelerinden uzak tutmalıyız.

46. Tüm clock, data, adres, bus-bağlantıları olabildiğince kısa ve direk olmalı ve toprak hattı ile beraber olmalıdır. Yani dijital bus uzunluğunu minimuma indirmeliyiz.



47. Yüksek hızlı dijital sinyaller bir araya toplanmalı ve I/O portlarından mümkün olduğunca uzak yerleştirilmelidir.

48. Düşük frekanslı akım düşük dirençli yoldan akar, yüksek frekanslı akım ise en düşük endüktanslı yoldan akar.

49. Analog devreler I/O portlarına mümkün olduğunca yakın olmalıdır.

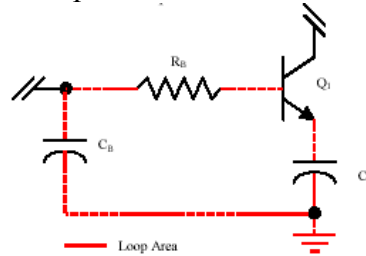
50. Düşük seviyeli analog sinyaller analog devrenin olduğu bölgeye hapis edilmeli, sınırlandırılmalıdır.

51. Tüm analog girişlerde daima alçak geçiren filtre kullanılmalıdır.

52. Analog yolların yakınlarına daima güvenlik toprağı konulmalıdır.

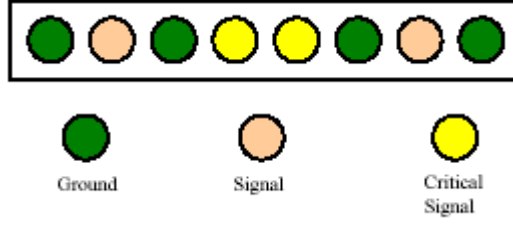
53. Ön gerilim (bias) direnci transistorün bazına olabildiğince yakın yapılırsa transistorün on-off olması durumundaki RF sinyalini önler.

54. Baz ile emetör arası bypass kapasitesi transistore olabildiğince yakın bağlanmalıdır.



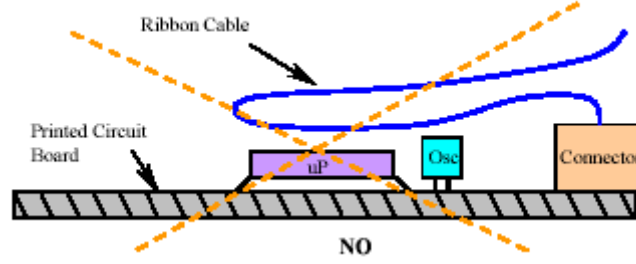
55. Kritik sinyaller asla korumalı şerit kablo dışında olmamalıdır.

56. PCB'ye şerit kablo takarken daima multiple-ground kullanılmalıdır .



57. Çıkış bufferlarını azaltmak radyasyon emisyonunu düşürür.

58. Şerit kablolar ve jumperlar işlemciden ve osilatörden uzak tutulmalıdır.

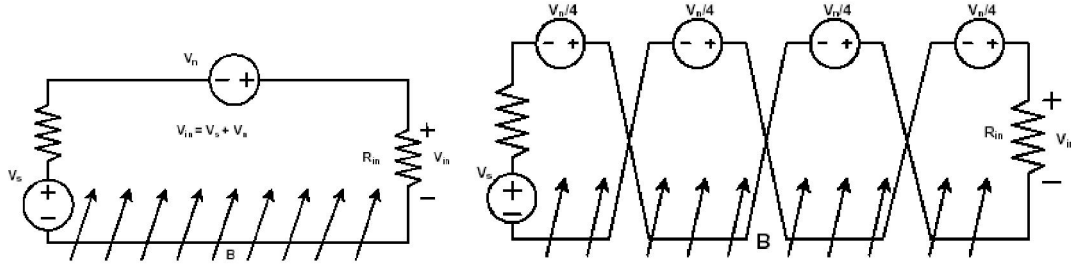


59. Elektrostatik boşalmadan dolayı zarar görebilecek hassas elemanlar asla çıkış portlarına yakın veya erişilebilir açıklıkta olmamalıdır.

60. Tüm kullanılmayan işlemci portları, istenmeyen rastgele anahtarlama ve gürültü oluşumunu engellemek için çıkış olarak tanımlanmalıdır.

61. 10 MHz'in üzerindeki RF iletimi için koaksiyel kablo kullanılmalıdır.

62. Doğru referans voltajı için, empedansı 1 kohm altında olan devreler ve hassas düşük frekans sinyalleri (1 MHz altı) için twisted-pair kullanılmalıdır.



Magnetic Field Coupling into Twisted Wire Pair

$$V_m = -\frac{V_n}{4} - \frac{V_n}{4} + V_s + \frac{V_n}{4} + \frac{V_n}{4} = V_s$$

63. Kablolar, elektrik alan kaynaklarından (distribütörler), manyetik alan kaynaklarından (alternatörler ve selenoidler) en az 5 inç uzakta tutulmalıdır.

64. Kabloları açıkta bırakmayın. Açıklıklar anten gibi davranabilirler.

65. 10 MHz altı işaretleri maskelemek için

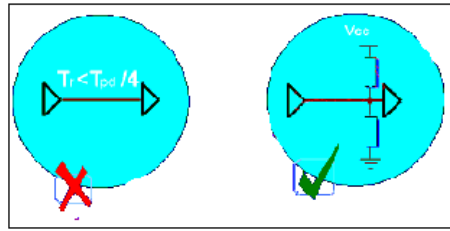


66. 10 MHz üstü işaretleri maskelemek için

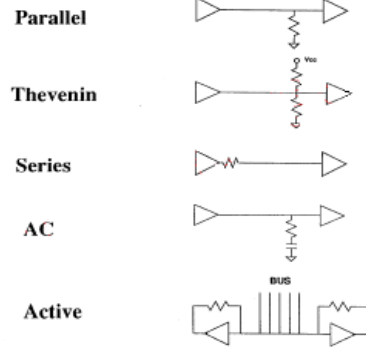


67. İdealde, işaret hatları mikroşerit olmalı ve her durumda da toprak plakası bulunmalı.

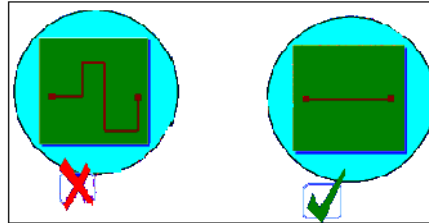
68. Yüksek frekans işaret hatları mutlaka sonlandırılmalıdır.



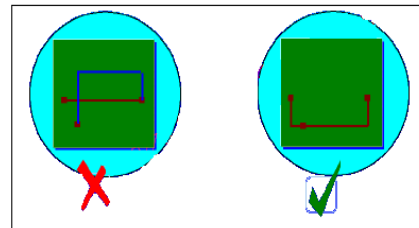
Sonlandırma Teknikleri



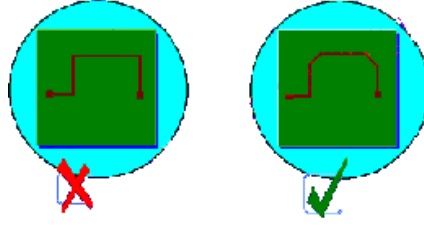
69. Yüksek frekans işaret hatları olabildiğince kısa tutulmalı dır.



70. Yüksek frekans işaret hatları kapalı çevrimler oluşturmemelidir.



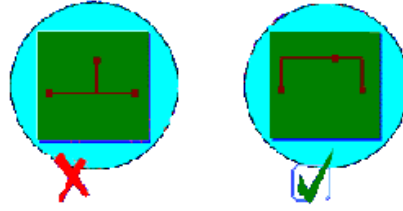
71. Keskin köşeli dönüşlerden kaçınılmalıdır.



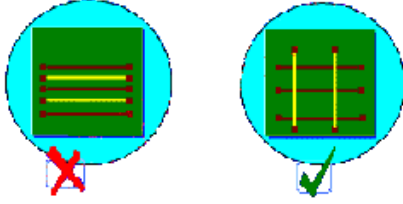
72. Boyları çeyrek yada yarım dalga civarındaki sonlandırılmamış hatlar anten gibi ışıyım yaparlar.

73. Baskı devre üzerinde yerel ekranlama uygulanmalıdır.

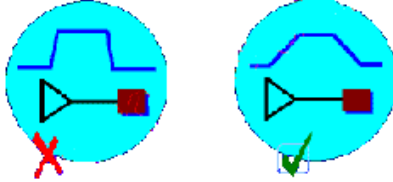
74. Uzun yan hatlar yüksek frekanslarda yansıma ve harmonik etkileri yaratır.



75. Olabildiğince farklı tabakalardaki hatlar ortogonal döşenmelidir.

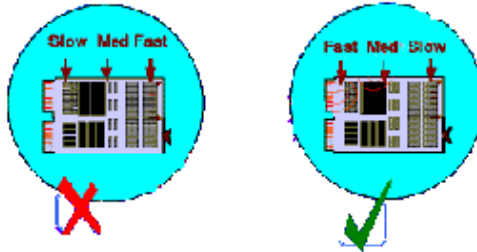


76. Çıkış hatlarında gerekmedikçe dik kenarlı işaretlerden kaçınılmalıdır.



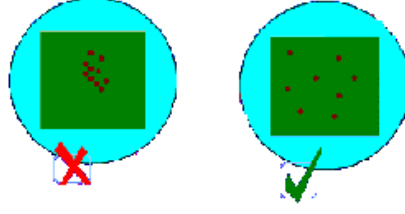
77. Uygun dekaplaj kapasitesi kullanmak eleman gürültüsü ve besleme parazitlerini azaltır.

78. Yüksek frekanslı elemanlar besleme katına en yakın yerleştirilmelidir.



79. İzole iletken adacıkları EMI ışını kaynağı gibi davranır.

80. Toprak plakasının iletkenliği yüksek olmalı ve toprağa bağlantılar homojen yayılmalıdır.



81. EŖit ve zıt akımlar EMI ‘yi azaltır.

82. Dijital sinyali taŖıyan yollar analog sinyali taŖıyan yollara göre daha kalın olmalıdır.

83. İletim hatlarında anten etkileri söz konusudur. İletim hattı frekansa bağlı olarak anten gibi davranabilir.

