

Využijme vlastností desek plošných spojů na maximum!

Úvod

Tento článek má připomenout řadu výborných vlastností současných materiálů plošných spojů a zmínit způsoby jejich využití při konstrukci elektronických zařízení.

První plošné spoje byly zhruba před půlstoletím tvořené měděnou fólií jednostranně nalaminovanou na izolačním základním materiálu (papír nasycený fenol-formaldehydovou pryskyřicí). Tento materiál měl nevalné mechanické a elektrické vlastnosti, stárnutím za zvýšených teplot v elektronkových přístrojích ztrácel pevnost, usazoval se na něm prach a nečistoty, čímž se zhoršovaly i jeho elektrické vlastnosti. Bez prokovených děr byly těžší součástky nedostatečně připevněny a docházelo k studeným spojům a vylamování vývodů. Proto byly plošné spoje používány spíše ve spotřební elektronice, zatímco měřicí technika a také vojenské přístroje využívaly spíše keramické svorkovnice a drátové spoje.

Technologie plošných spojů se však velice zlepšila a nyní nabízí konstruktérům řadu netušených možností, a to i v kategorii „levných“ konstrukcí.

Základní materiál a tvar desky

V současnosti je nejpoužívanějším základním materiálem sklolaminát nasycený pryskyřicí, nazývaný FR-4 (zkratka pro Fibre-Resin). Na jeho povrchu je opět měděná fólie (jednostranně nebo oboustranně), tloušťka základního materiálu i mědi jsou dostupné v širokém rozmezí. Tenké pláty se slaminují dohromady poté, co na nich byly vyleptány obrazce plošných spojů, a do spojené desky se vrtají otvory, které se prokovují, a tím vzniká vícevrstvá deska plošných spojů.

Kromě FR-4 se používají základní materiály na bázi dalších plastů (teflon pro vysoké frekvence, kapton pro ohebné spoje), keramiky a kovů, např. hliníková vrstva pro odvod tepla ze součástek.

Desky je možné vrtat, frézovat (na okraji i uvnitř), drážkovat pro snazší dělení, laminované vrstvy mohou obsahovat i „utopené“ díry a součástky a obrazce



Obr. 1

provedené např. tlustovrstvou technologií (karbonové kontakty tlačítek).

I standardní materiál FR-4 má výborné mechanické vlastnosti, je pevný a pružný, dá se lepit a opracovávat i NC stroji, takže se dosahuje velké přesnosti a téměř libovolných tvarů. Jejich montáží lze často nahradit kovové montážní prvky, vzpěry a podobně. FR-4 je výborný izolant s izolační pevností nad 2 kV/mm. Problémem jsou spíše povrchové vzdálenosti na desce, kdy může díky kondenzaci vlhkosti a nečistot vzniknout povrchová vodivá cesta pro plazivý výboj. Proto se v místech požadovaných izolačních bariér do desky frézují vzduchové mezery.

Výsledný tvar desky může být tradiční obdélníkový, ale jsou možné i téměř libovolné tvary dané průměrem frézy kolem 2 mm a kombinace pevných a ohebných materiálů. Bohužel vše něco stojí, a tak se ohebné plošné spoje používají v mobilních telefonech a fotoaparátech

Ing. Tomáš Navrátil
Ryston Electronics s. r. o.

vyráběných v milionových sériích. V našich skromných podmínkách si však také můžeme pohrát s tvarem desky. Může tak vzniknout např. deska tvaru „rohličky“ s odrušovacími součástkami, která se vloží do těsné blízkosti rušícího motoru s jiskřícím komutátorem (viz obr. 1).

I když je FR-4 tvořený sklem a plastem, materiálem nevalné tepelné vodivosti, lze zmenšením tloušťky tohoto materiálu dosáhnout nízkého tepelného odporu. Použitím materiálu tloušťky 0,1 až 0,2 mm získáme pružný plošný spoj s dobrou izolací a dobrou tepelnou vodivostí, který lze přilepit nebo přišroubovat na chladicí podložku.

Vodivá vrstva

Zpravidla je tato vrstva měděná, tloušťky 9 až 70 mikrometrů, vzniklá laminováním nebo elektrochemicky a galvanicky, ale jsou možné i jiné hodnoty, lze dosáhnout i galvanického zesílení. Vodivé obrazce se povrchově upravují stříbrněním (v technika) nebo zlacením a cínováním (v místech, kde se budou pájet) a nepájivou maskou, která chrání povrch před znečištěním a korozí. Tato maska je sice nevodivá a vodooodpudivá, ale nelze ji považovat za izolační vrstvu. Na povrch (osazených) desek je dále možno nanést povrchovou vrstvu laku nebo selektivní vrstvu chránící proti nečistotám a korozi (tropikalizace).

Hlavním účelem vodivých vrstev je vytvořit vodivý obrazec – seznam spojů podle zadání schématu. Pro to se běžně používají CAD programy, jejichž popis by v tomto časopise byl zbytečný. Obtíž-

ný úkol pro návrháře je sestavit návrhová pravidla (design rules), nejen pro tloušťky spojů a vzdálenosti, ale i pro elektrodynamické jevy, které je třeba respektovat. Při vysokých frekvencích již hraje roli každá díra, vzdálenost diferenčních signálů, délka, impedance a zpoždění spoje a skupiny spojů, např. sběrnice, sousední vrstvy a jejich signály a všechny další nehomogenity. Současné CAD systémy již během návrhu propočítávají nejdůležitější vlastnosti zapojovaného spoje.

Zpravidla je možno pro propojování nevýkonových signálů využít standardní tloušťku mědi a její odpor, zpoždění atd. je možno zanedbat. Pro spoje s velkým proudovým zatížením, pro připojení výkonových konektorů atd. je nutno jak dbát na vzdálenosti, tak zvolit správnou šířku spoje. Pro hodně velké proudy, např. v čínských PC zdrojích, se měděné spoje dodatečně vlnou propájejí a pokryjí se vrstvou pájky, čímž se má snížit jejich odpor, avšak spíše se tak vzhledem k lámavosti cínové pájky zhorší spolehlivost zařízení.

Pro správné propojení vodivé dráhy např. s vývodem konektoru se používají různé triky, například místo jednoho tlustého vývodu do jedné díry se raději vývod „naseká“ na několik tenčích vývodů, které se připájejí do příslušných prokovených děr menšího průměru rozložených v ploše vodivé cesty. Výkonové SMD součástky často používají paralelně spojené vývody, každý se pájí na svoji plošku.

Pro napájení obvodů s velkou statickou nebo dynamickou spotřebou se zpravidla používají vícevrstvé spoje a celé napájecí vrstvy. U dvouvrstevných spojů (když se šetří) je pro spolehlivou funkci naprosto zásadní správné propojení zemí. Minimálně je potřeba správně připojit blokovací kondenzátory (jsou k mání rady pro jejich volbu a rozmístění) a každý napájecí vývod propojit nejméně do dvou směrů (ideální je do plochy), čímž se navzájem kompenzují magnetické jevy a impedance takto vzniklé sítě či plochy je minimální.

Měděná vrstva, i když je tenká, je rovněž velice dobrým vodičem tepla, a proto ji lze využít i pro odvod tepla ze

součástek. Moderní SMD součástky mají na spodní straně odhalenou kovovou plošku (nebo více plošek) a při osazení tyto plošky musejí být připájeny na odpovídající plošky na desce. Deska je pod součástkou provrtána množstvím prokovených děr, které se pájením zalijí materiálem pájky, jež je celkem dobře tepelně vodivý, a tak se tepelně propojí nosič čipu s měděnou plochou na povrchu a v mezivrstvě. Mezivrstva sice nemá přímý kontakt s okolím, ale její plocha (často plocha celé desky) je dostatečná pro rozptýlení tepla do okolí. To umožňuje v moderních konstrukcích obejít se často bez chladičů a ventilátorů. Ovšem pro opravy takových desek a demontáž



Obr. 2

součástek už nestačí pájedlo, ale deska se musí rovnoměrně prohřát v potřebné ploše. I tak je oprava obtížná.

Měděná vrstva se rovněž dá využít pro elektromagnetické odstínění a omezení vyzařování rušivých signálů. Tradiční konfigurace vodivých vrstev byla ta, že signály se vedly vnějšími vrstvami mezi vývody součástek, zatímco mezivrstvy rozváděly napájení jako bezimpedanční plošné vodiče. Za cenu přidání děr do signálů je možné toto uspořádání otočit, takže zemní a napájecí vrstvy, střídavě spojené blokovacími kondenzátory, jsou zvenku a tvoří stínící obálku, která potlačuje emise rušení.

Někdy se naopak na povrchu desky plošného spoje vytvářejí plošné cívky, např. pro RFID čtečky, GSM a GPS antény, mikrovlnné filtry apod. Sestavením více dílů vyfrézovaných z DPS materiálu mohou vzniknout celé planární vinuté součástky, které mají velmi zajímavé

vlastnosti, protože jejich vodič má průřez ne kruhový, ale plochý, čímž se předchází vzniku vířivých proudů ve vodiči. Takové vinuté se též docela dobře chladí, takže planární transformátory jsou například používány v kompaktních spínacích měničích.

V přesných aplikacích se pro eliminaci povrchových rušivých proudů provádí plošné „odstínění“ citlivých vstupů součástek smyčkou nakrátko, obkličující daný uzel, na stejném potenciálu, jaký má uzel uvnitř.

Na závěr návrhu plošného spoje, když už je vše propojeno, se zpravidla provádí vyplnění nepoužitých míst bez spojů zemí, „nalití“ mědi a propojení těchto ploch

do jedné souvislé oblasti. Tím se zlepší stejnosměrné propojení zemí a nalitá měď se může využít i pro dodatečné chlazení. Ale bohužel se také mohou vytvořit různé zálivy a mečovité výběžky, které se mohou chovat jako půlvlnná anténa – rezonátor, nešťastně naladěná na nějakou rušící frekvenci. Proto platí jednoduché pravidlo – propojit takové oblasti navzájem alespoň do dvou směrů, anebo je vhodným nastavením eliminovat. Podle zkušeností se to musí mnohokrát zkoušet a vylepšovat, výsledkem je zpravidla kompromisní.

Pokud necháme „nalitou“ měděnou plochu bez zelené masky vystavenou proudění vzduchu, získáme poměrně slušný chladič. Ten předává teplo jednak sdílením, jednak vyzařováním. Je faktem, že černěné chladiče vyzařují teplo nejlépe, ale není velký rozdíl mezi černou a kovovou barvou (hliníku). Ale je zajímavé, že pozlacená měděná plocha rovněž vyzařuje teplo velice dobře.

Příklad spoje s nalitou mědí a zlacením pro odvod tepla z LED diod je na obr. 2.

Díry a spoje

Na plošném spoji jsou zpravidla díry prokovené. Pokud si konstruktér přeje neprokovené díry (montážní), znamená to jednu technologickou operaci navíc (vrtání po prokovení). Prokovené díry slouží buď pro montáž vývodových součástek, anebo k propojení vodivých cest mezi vrstvami. V současnosti jsou stan-

dardem prokovené díry vrtané skrz celou tloušťku desky, čímž se zabírá místo v jiných vrstvách. Jsou však možné i prokovené díry „utopené“ nebo částečné, například propojující jen dvojice vrstev na jednom „listu“ základního materiálu, který se poté slaminuje. Je to opět technologický krok navíc, a proto výsledný výrobek je dražší.

Díry se vrtají souřadnicovou vrtačkou s tvrdokovovými vrtačky, jejichž tloušťka je dána technologickými možnostmi. Současné vrtačky jsou schopné jít pod 0,1 mm, ale pak nastávají problémy s prokovováním děr. Pro ještě menší díry se používá laserové vrtání.

Dříve se cena destičky kalkulovala podle počtu děr. V současnosti je cena nezávislá na počtu děr, ale může záviset na počtu průměrů vrtaček.

Pokud zamezíme zatečení roztavené pájky (např. při pájení vlnou) do prokovené montážní díry, např. jejím přelapáním, můžeme využít „zemnicího“ efektu prokovené montážní díry. Pro nejlepší propojení se ukázala být vhodná díra „obroubená“ menšími děrami, s na-

vzlanou pájkou, kteréžto „bobečky“ se dobře utahují pod hlavu šroubu. Pro správné propojení je dobré použít vějířovou podložku, která se do vodivé vrstvy pořádně „zakousne“.

Pro vř, ale i spínané aplikace, kde se mají potlačit parazitní L, C, se zemní plochy propojují rastrem děr rozložených v ploše nebo obrubujících kritické spoje. Moderní CAD systémy je rozmístí u dle zadaných předvoleb, nazývají se „švy“ – Stitch Vias.

Do montážních děr na desce se mohou vkládat nejen šrouby, ale mohou se použít nýty anebo plastové součástky: distanční sloupky, příchytky, západky, vodítka apod. Katalog jejich výrobce je nepostradatelnou pomůckou elektronického designéra.

Destičky plošných spojů se k sobě mohou montovat buď s použitím výše zmíněné bižuterie, nebo se mohou propájet na kolmo, pokud se „cimbuř“ jedné desky dá zasunout do vyfrézované oválné díry v druhé desce. Tím se vracíme ke chvále plošných spojů jako úžasného konstrukčního materiálu umožňujícího

vytváření plošných antén, přepážek, stínicích krytů i celých krabiček.

Moderní součástky samozřejmě reflektují tyto možnosti montáže. Například zemnicí a chladicí plošky na spodku součástek se staly v posledních pár letech běžnou věcí nejen ve výkonových obvodech, ale i u GSM modulů, číslicových obvodů velké integrace, a tak se přibližují pouzdrům BGA. Pro plošnou montáž jsou k dispozici nejuvěřitelnější součástky: reproduktory, baterie a samozřejmě LED, svítící nahoru, do strany nebo dolů (dírou v destičce).

Závěr

Destičky plošných spojů budou nadále pronikat do našeho života a budou spoluvytvářet tvar a vzhled většiny elektronických přístrojů, které budeme používat a navrhovat. Tento vývoj ještě určitě není u konce. Je zde velký prostor pro nápady a neotřelá řešení mechanické koncepce, které mohou být zajímavou inspirací do budoucna.

www.ryston.cz



VÝVOJ ELEKTRONIKY
Telekomunikace, měření, přenos a zpracování dat, průmyslové řízení, výkonová elektronika, + zákaznický vývoj.

VÝROBA
vzorková a malosériová výroba v příznivých termínech
+ podpora zavedení výroby u zákazníků a řízení kvality.

DODÁVKY
Jsme předním distributorem elektronických součástek. Prodej podporujeme testováním a programováním.

TECHNICKÁ PODPORA
Nedílná součástí distribuce. Poradenství, dostupnost, náhrady, kvalifikace součástek.


KVALITA
Máme SRJ dle ISO9001 pro vývoj, výrobu a prodej. Součástky mají garantovaný původ a jsou k nim dostupné všechny technické informace.

Další informace:
www.ryston.cz



Magnetické komponenty VAC

Autorizovaná distribuce + něco navíc: podpora vývoje od Rystonu!

			
Magnetické materiály	Jádra a díly	Induktivní součástky	od Vacuumschmelze

Špičkové materiály a součástky od výrobce s tradicí metalurgie od roku 1850, autora originální vakuové pece. Nové řady vinutých induktivních součástek: Budící transformátory pro výkonové FET/IGBT, proudové měřicí transformátory a senzory, EMC – odrušovací induktory, telekomunikační (xDSL, ISDN) součástky, PLC vazební transformátory, vř linková a komunikační trať

Technické informace přímo od zdroje: nová sada elektronických a papírových katalogů

Vzorky populárních typů z našeho skladu, **sady od výrobce** k zapůjčení

Dodávky z vlastního skladu s populárními typy jader a součástek. Vazba na ostatní distributory, nákupy a přepravej z globálního volného trhu + **zajištění a včasné dodání**

Podpora Vašeho vývoje: pomoc při specifikaci požadavků na produkt, volba součástek a návrh konstrukčních zásad, výpočty induktivních součástek, obstarávání a výroba vzorků, testování, ověřování návrhu, teplotní cykly, zahořování, klimatické, vibrační, provozní zkoušky + **technická podpora při certifikaci**

Spolupráce při plánování vývoje a výroby
+ kalkulace osazovacích variant

Vývoj a výroba funkčních vzorků, prototypů, zavedení

Ryston Electronics s. r. o.
Pod vinicí 2045/18 | 143 00 Praha 4 - Modřany
Tel.: +420 225 272 111 | Fax: +420 225 272 211
<http://www.ryston.cz> | e-mail: vac@ryston.cz