

Doporučené praktiky pro manipulaci s elektronickými sestavami

Elektrostatický výboj (ESD) je rychlý výboj elektrické energie vzniklé působením zdrojů statické elektřiny. Dovolíme-li elektrické energii přijít do styku nebo jen do blízkosti citlivé součástky, může dojít k jejímu poškození. Součástky citlivé na elektrostatický výboj (ESDS) jsou takové součástky, které jsou ovlivněny těmito vysoce-energetickými rázy. Relativní citlivost součástky na ESD závisí na její konstrukci a materiálu. S tím jak dochází k neustálému zmenšování součástek a zvyšování jejich rychlosti, se zvětšuje rovněž jejich citlivost.

Elektrické namáhání (EOS) je vnitřním výsledkem nechtěného přivedení elektrické energie, jehož důsledkem jsou poškozené součástky. Toto poškození může být vyvoláno působením mnoha různých zdrojů, jako jsou například elektrická výrobní zařízení nebo ESD, ke kterému dojde během manipulace nebo při výrobě.

Součástky citlivé na elektrostatický výboj (ESDS součástky) mohou v důsledku nesprávného zacházení nebo zpracování pozbyť funkčnost nebo změnit hodnotu. Tato selhání mohou být okamžitá nebo skrytá. Důsledkem okamžitého selhání může být dodatečné testování a přepracování nebo vyřazení do odpadu. Nejzávažnější jsou však důsledky skryté vady. Výrobek sice může projít kontrolou a funkčním testem, ale může selhat po dodání zákazníkovi.

Je důležité zabudovat ochranu ESDS součástek do návrhů obvodů a balení. Ve výrobních a montážních prostorách se často provádí práce na nechráněných elektronických sestavách (jako jsou testovací přípravky), které se připojují k

ESDS součástkám. Je důležité, aby byly ESDS položky vyjímány z ochranných obalů pouze na pracovištích zabezpečených proti EOS/ESD v rámci úseků s ochranou proti statické elektřině (EPA). Tato část je věnována bezpečnému zacházení s uvedenými nechráněnými elektronickými sestavami.

V této souvislosti jsou pojednána následující témata:

Informace v této části jsou pouze obecné povahy. Doplnující informace lze nalézt v dokumentu ANSI/ESD-S-20.20 a dalších souvisejících dokumentech.

3.1 Prevence proti poškození elektrickým namáháním (EOS)

3.2 Prevence proti poškození elektrostatickým výbojem (ESD)

3.2.1 Výstražné štítky

3.2.2 Ochranné materiály

3.3 EPA/Pracoviště zabezpečené proti EOS/ESD

3.4 Manipulace

3.4.1 Zásady

3.4.2 Mechanické poškození

3.4.3 Znečištění

3.4.4 Elektronické sestavy

3.4.5 Po pájení

3.4.6 Rukavice a prstové návleky

3.1 Prevence proti poškození elektrickým namáháním (EOS)

Elektrické součástky mohou být poškozeny nežádoucí elektrickou energií z mnoha různých zdrojů. Tato nežádoucí elektrická energie může vzniknout v důsledku potenciálů ESD nebo elektrických rázů vyvolaných nástroji, se kterými pracujeme, jako jsou pájedla, odsávačky, testovací nástroje, nebo jiná elektrinou poháněná výrobní zařízení. Některé součástky jsou citlivější než ostatní. Stupeň citlivosti je funkcí návrhu součástky. Obecně řečeno, rychlejší a menší součástky jsou náchylnější než jejich pomalejší a větší předchůdci. Také účel popřípadě technologie součástky se významně podílejí na citlivosti součástky. Je to způsobeno tím, že návrh součástky ji může umožnit reagovat na menší zdroje elektriny nebo širší frekvenční rozsahy. Při pohledu na dnešní výrobky je vidět, že EOS je mnohem závažnějším problémem než tomu bylo jen před několika roky a tato závažnost v budoucnosti ještě vzroste.

Uvažujeme-li citlivost výrobku, musíme mít na zřeteli nejcitlivější součástku v sestavě. Přivedená nežádoucí elektrická energie může být zpracována nebo vedena stejným způsobem jako přivedený signál během provozu obvodu.

Před manipulací s citlivými součástkami nebo jejich zpracováním musí být nástroje a zařízení pečlivě přezkoušeny, aby se zajistilo, že nevytvářejí škodlivou energii, včetně napětových rázů. Jak naznačují současné výzkumy, napětí a rázy menší než 0,5 jsou přijatelná. Avšak rostoucí počet extrémně citlivých součástek si vynucuje, aby pájedla, odsávačky, testovací nástroje a další nástroje za žádných okolností nevytvářely rázy větší než 0,3 voltu.

Jak požaduje většina specifikací vztahujících se na ESD, mělo by být zajištěno pravidelné testování s cílem zamezit poškození, protože výkon výrobních zařízení se může s jejich používáním po určité době zhoršovat. Důležité jsou také programy údržby výrobního zařízení, aby se zajistila trvalá schopnost nezpůsobovat poškození vlivem EOS.

Poškození vlivem EOS je svou povahou velmi podobné poškození vlivem ESD, protože k němu dochází působením nežádoucí elektrické energie.

3.2 Prevence proti poškození elektrostatickým výbojem (ESD)

Tabulka 3-1 Typické zdroje statických nábojů

Pracovní povrchy	Navoskované, natřené nebo nalakované povrchy Neupravené PVC a plasty Sklo
Podlahy	Izolační beton Navoskované nebo povrchově ošetřené dřevo Dlaždice a koberce
Saty a zaměstnanci	Pláště bez ochrany proti ESD Syntetické materiály Boty bez ochrany proti ESD Vlasy
Zidle	Povrchově ošetřené dřevo PVC Skleněná vlákna Nevodivá kolečka
Balící a manipulační materiály	Plastové sáčky, obaly, obálky Bublínkové obaly, pěna Pěnový polystyrén Převraky, podnosy, krabice, zásobníky součástek bez ochrany proti ESD
Montážní nástroje a materiály	Tlakové spreje Stlačený vzduch Syntetické kartáče Teplomety, dmychadla Kopírky, tiskárny

Tabulka 3-2 Typická generovaná statická napětí

Zdroj	10-20% vlhkost	65-90% vlhkost
Chůze po koberci	35 000 voltů	1 500 voltů
Chůze po podlahové krytině z PVC	12 000 voltů	250 voltů
Pracovník u pracovního stolu	6 000 voltů	100 voltů
PVC obálky (pracovní pokyny)	7 000 voltů	600 voltů
Sáčky z umělé hmoty zvednuté z pracovního stolu	20 000 voltů	1 200 voltů
Pracovní židle s pěnovou vycpávkou	18 000 voltů	1 500 voltů

Nejlépejší prevencí proti poškození vlivem ESD je kombinace zamezení statických výbojů a odstranění statických výbojů, pokud k nim dojde. Všechny techniky v výrobce na ochranu proti ESD se zaměřují na jednu nebo obě z těchto oblastí.

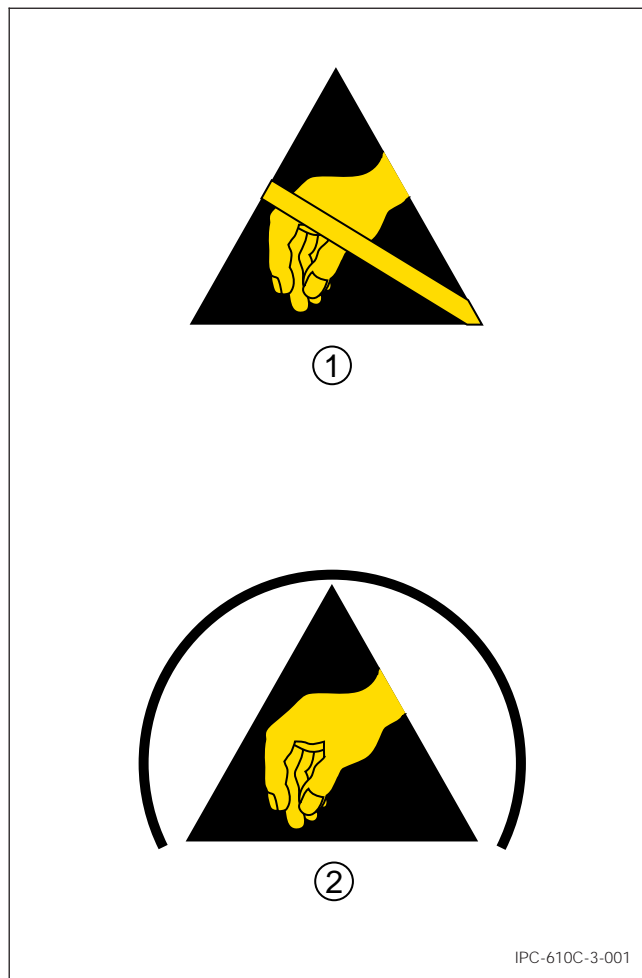
Poškození vlivem ESD vzniká v důsledku elektrické energie generované zdroji statické elektřiny, která je buď přivedena na ESDS zařízení nebo se vyskytuje v jeho těsné blízkosti. Zdroje statické elektřiny jsou všude kolem nás. Množství generované statické elektřiny je závislé na charakteristikách zdroje. Ke vzniku energie je potřeba relativní pohyb. Tím by mohl být kontakt, oddělení nebo tření materiálů.

Na vině jsou většinou izolanty, protože koncentrují energii v místě, kde vznikla nebo kam byla přivedena, místo aby ji rozptýlily po povrchu materiálu. Viz tabulka 3-1. Běžné materiály jako plastové sáčky nebo krabice z pěnového polystyrénu jsou významnými zdroji statické elektřiny a jako takové nesmí mít přístup do výrobních úseků, zejména do úseků s ochranou proti statické elektřině (EPA). Odtržením lepicí pásky z cívky může vzniknout výboj o velikosti až 20 000 voltů. Dokonce i tryska se stlačeným vzduchem, která žene vzduch přes izolační povrch, může generovat elektrický náboj.

Destruktivní náboje statické elektřiny jsou často indukované na blízkých vodičích, jako je lidská kůže, a vybíjejí se na vodičích v sestavě. K tomu může dojít v případě, kdy osoba s potenciálem elektrostatického náboje se dotkne osazené desky. K poškození elektronické sestavy může dojít při průchodu výboje vodivým vzorcem k ESDS součástce. Elektrostatické výboje mohou být tak nízké, že je lidé nepocítí (méně než 3500 voltů), a přesto poškodí ESDS součástky.

Typická generovaná statická napětí jsou uvedena v tabulce 3-2.

3.2.1 Prevence proti poškození vlivem ESD – Výstražné štítky



Obr 3-1

1. Symbol citlivosti vůči ESD
2. Symbol ochrany proti ESD

Výstražné štítky se umísťují v provozech a na součástkách, sestavách, zařízeních a obalech jako upozornění pracovníků na možnost vystavení součástek, se kterými manipulují, elektrostatickému nebo elektrickému namáhání. Příklady štítků, se kterými se lze často setkat, jsou uvedeny na obr. 3-1.

Symbol (1) je symbolem citlivosti vůči ESD. Trojúhelník s nataženou rukou, která je přeškrtnutá. Tento symbol se používá, aby se naznačilo, že elektrická nebo elektronická součástka nebo sestava je náchylná na poškození vlivem ESD.

Symbol (2) je symbolem ochrany proti ESD. Od symbolu citlivosti vůči ESD se tento symbol liší obloukem na vnějších stranách trojúhelníku a nepřítomností přeškrtnutí. Používá se na označení položek, které jsou speciálně navrženy tak, aby poskytovaly ochranu proti ESD u sestav a součástek, které jsou na ESD citlivé.

Symbole (1) a (2) označují součástky nebo sestavy obsahující součástky, které jsou citlivé na ESD, a musí být proto s nimi odpovídajícím způsobem zacházeno. Tyto symboly prosazuje Asociace ESD a jsou popsány ve standardu S8.1 platném pro EOS/ESD a také Asociace elektronického průmyslu (EIA) ve standardech EIA-471 a IEC/TS 61340-5-1.

Je třeba upozornit, že nepřítomnost symbolu nemusí nezbytně znamenat, že sestava není citlivá na ESD.

Existují-li pochyby o citlivosti sestavy, musí s ní být zacházeno jako s citlivou součástkou, dokud nebude rozhodnuto jinak.

3.2.2 Prevence proti poškození vlivem ESD – Ochranné materiály

ESDS součástky a sestavy musí být chráněny proti zdrojům statické elektriny, pokud se s nimi nepracuje v prostředí nebo na pracovištích se zabezpečením proti statické elektrině. Touto ochranou mohou být vodivé, elektrostaticky odstíněné krabice, sáčky nebo obaly.

ESDS položky mohou být vyjmuty z ochranných uzavřených obalů pouze na pracovištích se zabezpečením proti statické elektrině.

Je důležité znát rozdíl mezi třemi typy materiálů ochranných uzavřených obalů: (1) materiály s elektrostatickým stíněním (neboli bariérové balení), (2) antistatické materiály a (3) elektrostaticky náboj rozptylující materiály.

Balení s elektrostatickým stíněním zabrání elektrostatickému vyboji, aby prošel obalem a vniknul do sestavy a poškodil ji.

Antistatické materiály obalů (s malým nábojem) poskytují cenově nenáročnou výstelku a meziobal pro ESDS položky. Antistatické materiály nevytvářejí náboj, dojde-li i k pohybu. Pokud však dojde k výskytu elektrostatického výboje, tento výboj by mohl projít obalem a vniknout do součástky nebo sestavy s následným poškozením ESDS součástek vlivem EOS/ESD.

Elektrostatický náboj rozptylující materiály se vyznačují dostatečnou vodivostí na to, aby umožnily rozptýlení přivedených nábojů po povrchu a utlumení energeticky

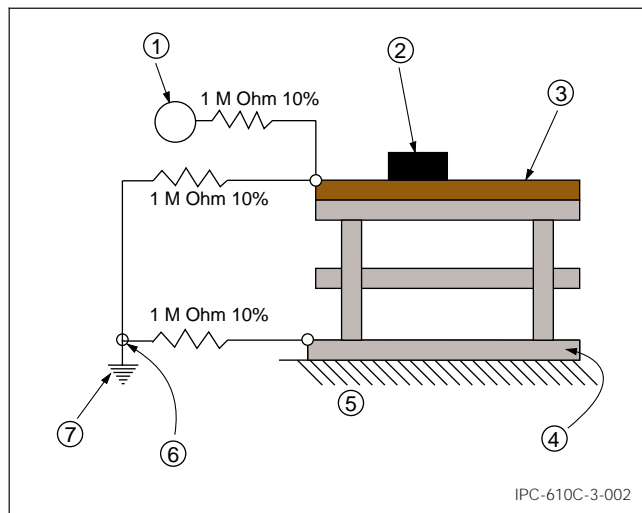
vydatných bodů. Součástky opouštějící výrobní úsek chráněný proti EOS/ESD musí být přebaleny do materiálů s elektrostatickým stíněním, které uvnitř běžně obsahují i materiály rozptylující elektrostaticky náboj a antistatické materiály.

Nesmíte se nechat zmást "barvou" obalových materiálů. Obvykle se má za to, že "černé" obaly jsou s elektrostatickým stíněním nebo vodivé a "růžové" obaly jsou svoji povahou antistatické. I když to obecně může být pravda, mohlo by dojít i k omylu. Navíc nyní existuje na trhu řada nových průhledných materiálů, které mohou být antistatické a dokonce s elektrostatickým stíněním. V minulosti se dalo předpokládat, že průhledné obalové materiály ve výrobním procesu představují nebezpečí EOS/ESD. To již dnes tak docela neplatí.

Pozor:

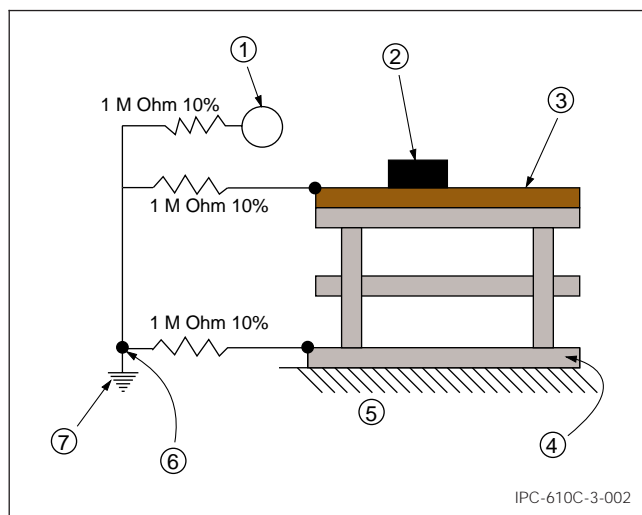
Některé materiály s elektrostatickým stíněním a antistatické materiály a dále některé zevně používané antistatické roztoky mohou mít vliv na pájitelnost sestav, součástek a materiálů ve výrobě. Pro sestavy ve výrobě volte pouze neznečišťující balicí a manipulační materiály a používejte je v souladu s pokyny dodavatele. Čištění antistatických a elektrostatický náboj rozptylujících povrchů rozpouštědly může degradovat jejich odolnost vůči ESD. Při čištění seřídte doporučeními výrobce.

3.3 EPA/Pracoviště zabezpečené proti EOS/ESD



Obr 3-2 Sérievě zapojený ochranný náramek

1. Osobní ochranný náramek
2. Podnosy, misky s ochranou proti EOS
3. Povrch stolu s ochranou proti EOS
4. Podlaha nebo rohož s ochranou proti EOS
5. Podlaha budovy
6. Společná zem
7. Uzemnění



Obr 3-3 Paralelně zapojený ochranný náramek

1. Osobní ochranný náramek
2. Podnosy, misky s ochranou proti EOS
3. Povrch stolu s ochranou proti EOS
4. Podlaha nebo rohož s ochranou proti EOS
5. Podlaha budovy
6. Společná zem
7. Uzemnění

Pracoviště zabezpečené proti EOS/ESD zabraňuje poškození citlivých součástí v důsledku elektrických impulzů a statických výbojů během provádění operací. Zabezpečené pracoviště by mělo zahrnovat prevenci proti poškození vlivem EOS vyloučením elektrických impulzů generovaných zařízeními pro opravy a výrobním nebo testovacím zařízením. Pájedla, odsávačky a testovací nástroje mohou produkovat dostatečné množství energie na to, aby byly zničeny extrémně citlivé součástky a vážně degradovány ostatní.

V rámci ochrany proti ESD musí být zajištěno uzemnění pro neutralizaci statických nábojů, které by se jinak mohly vybit do součástky nebo sestavy. Pracoviště zabezpečené proti ESD a úseky s ochranou proti statické elektřině (úseky EPA) jsou rovněž vybaveny antistatickými nebo elektrostatický náboj rozptylujícími pracovními povrchy, které jsou připojeny na společnou zem. Rovněž je zajištěno uzemnění kůže pracovníka, pokud možno pomocí ochranného náramku na odstranění nábojů vznikajících na kůži nebo oblečení.

V systému uzemnění musí být zajištěna ochrana pracovníka před úrazy způsobenými proudem v důsledku nedbalosti nebo poruchy zařízení. Toho je běžně dosaženo pomocí odporu v sérii s uzemněním, čímž se také zpomalí doba odeznění výboje a zabrání se jiskřám nebo energetickým rázům ze zdrojů ESD. Navíc musí být zpracován přehled všech zdrojů napětí, které jsou k dispozici, a se kterými je nutné na pracovišti počítat, aby byla zajištěna adekvátní ochrana personálu proti úrazu elektrickým proudem.

Maximální přípustné doby odporu a vybití pro operace se zabezpečením proti statické elektřině uvádí tabulka 3-3.

Tabulka 3-3 Maximální přípustné doby odporu a vybití pro operace zabezpečené proti statické elektřině

Hodnota od operátora přes	Maximální přípustný odpor	Maximální přípustná doba vybití
Podložku na podlaze do uzemnění	1000 megaohmů	méně než 1 s
Podložku na stole do uzemnění	1000 megaohmů	méně než 1 s
Náramek do uzemnění	100 megaohmů	méně než 1 s

Poznámka: Volba hodnot odporu musí vycházet z napětí, která jsou k dispozici na pracovišti, aby byla zajištěna bezpečnost pracovníků a zároveň n i odpovídající doba pro odeznění nebo vybití potenciálu ESD.

Příklady přijatelných pracovišť ukazují obr. 3-2 a 3-3. Je-li nezbytné, mohou být u některých citlivějších aplikací požadovány ionizátory vzduchu. Aby byla zajištěna účinnost ionizátorů vzduchu, je třeba dodržovat postupy pro jejich výběr, umístění a používání.

3.3 EPA/Pracoviště zabezpečené proti EOS/ESD (pokr.)

Na pracovišti se nesmí vyskytovat materiály vytvářející statickou elektrinu, například pěnový polystyrén, odsávačky z umělé hmoty, plastové ochranné obaly na papíry, plastové nebo papírové desky na poznámkové bloky a osobní věci zaměstnanců.

Pravidelně kontrolujte funkci pracovišť a úseků EPA. Nebezpečí poškození sestav vlivem EOS/ESD a úrazů osob elektrickým proudem může být způsobeno nesprávným uzemněním nebo oxidací zemnicích konektorů. Je třeba pravidelně kontrolovat a provádět údržbu nástroje a zařízení, aby byl zajištěn jejich řádný provoz.

Poznámka: Vzhledem ke specifickým podmínkám každého provozu je třeba věnovat obzvláště pozornost vývodu

zemnění tzv. "třetího vodiče". Často dochází k tomu, že místo aby byl na potenciálu pracovního stolu nebo země, zem třetího vodiče může mít "plovoucí" potenciál 80 až 100 voltů. Tento potenciál 80 až 100 voltů mezi elektronickou sestavou na řádně uzemněném pracovišti zabezpečeném proti EOS/ESD nebo úsekem EPA a elektrickým nástrojem uzemněným přes třetí vodič může poškodit součástky citlivé na EOS nebo způsobit pracovní úraz personálu. Většina specifikací ESD také požaduje, aby tyto potenciály byly elektricky stejné. Použití elektrických zásuvek se zemní ochranou vypínáním (GFI) na pracovištích zabezpečených proti EOS/ESD se více než doporučuje.

3.4 Manipulace

3.4.1 Manipulace – Zásady

Během přejímacích kontrol je nutno dbát na to, aby byla za všech okolností zajištěna neporušenost (integrita) výrobku. Tabulka 3-4 uvádí obecné zásady.

Se součástkami citlivými na vlhkost (dle klasifikace v IPC/ JEDEC J-STD-020 nebo v ekvivalentním zdokumentovaném postupu) musí být zacházeno způsobem, který je v souladu s J-STD-033 nebo ekvivalentním zdokumentovaným postupem.

Tabulka 3-4 Obecná pravidla pro manipulaci s elektronickými sestavami

1. Udržujte na pracovišti čistotu a pořádek. V pracovním prostoru se nesmí jíst, pít nebo používat tabákové výrobky.
2. Minimalizujte manipulaci s elektronickými sestavami a součástkami, aby se zabránilo jejich poškození.
3. Používají-li se rukavice, musí se měnit tak často, jak je nutné, aby se zabránilo znečištění ušpiněnými rukavicemi; viz obr. 3-4.
4. Pájitelných povrchů se při manipulaci nelze dotýkat holými rukama nebo prsty. Tělesné soli a maz snižují pájitelnost, podporují korozi a růst dendritů. Mohou rovněž způsobit špatné přilnutí následujících povlaků nebo zapouzdření.
5. Nepoužívejte kosmetické krémy nebo vody na ruce s obsahem silikonu, protože mohou znesnadnit pájitelnost a správné přilnutí povlaků.
6. Nikdy neskládejte elektronické sestavy na sebe, protože může dojít k jejich mechanickému poškození. V montážních úsecích musí být k dispozici speciální stojany na dočasné uložení.
7. Vždy předpokládejte, že se jedná o ESDS položky, i když nejsou označeny.
8. Zaměstnanci musí absolvovat školení o vhodných praktikách a postupech s ohledem na ESD a musí je dodržovat.
9. Nikdy nedopravujte ESDS součástky bez použití řádných obalů.

3 Manipulace s elektronickými sestavami

3.4.2 Manipulace – Mechanické poškození

Nesprávné zacházení může rychle poškodit součástky nebo sestavy (např. praskliny, odštěpky, zlomení součástek nebo konektorů, ohnuté nebo ulomené vývody, vážně poškrábané

povrchy desek a vodivých ploch). Mechanické poškození tohoto typu může zničit celou sestavu nebo připojené součástky.

3.4.3 Manipulace – Znečištění

Znečištění způsobené manipulací holýma rukama nebo prsty bez nějaké formy ochrany může vyvolat problémy při pájení nebo s povlaky; typickými znečišťovateli jsou tělesné soli a maz a nepovolené krémy na ruce. Soli a maz snižují pájitelnost, podporují korozi a růst dendritů. Mohou také

způsobit špatnou přilnavost následujících povlaků nebo zapouzdření. K dispozici je kosmetický přípravek speciálně formulovaný pro použití v úsecích montáže pájením. Běžné postupy čištění takové znečištění nemusí vždy odstranit. Nejlepším řešením je prevence proti znečištění.

3.4.4 Manipulace s elektronickými sestavami

I když na sestavě nejsou žádné značky ESDS, musí se s ní přesto zacházet, jako by se jednalo o ESDS sestavu. ESDS komponenty a sestavy však mají být identifikovány pomocí vhodných štítků EOS/ESD (viz obr. 3-1). Mnohé citlivé sestavy budou také označeny přímo na sestavě, obvykle na bočním konektoru. Aby se zabránilo poškození citlivých součástek vlivem ESD nebo EOS, musí se veškerá manipulace, vybalování, montáž a testování provádět na pracovišti s ochranou proti statické elektríně (viz obr. 3-2 a 3-3).

Vyhnete se znečištění pájitelných povrchů před pájením. Cokoliv přijde do kontaktu s těmito povrchy musí být čisté. Při vyjímání z ochranných obalů manipulujte s deskami velmi opatrně. Dotýkejte se pouze krajů, které nejsou v blízkosti plochých bočních konektorů. Vyžaduje-li nějaká procedura mechanické montáže pevné uchopení desky, je třeba mít navlečeny rukavice vyhovující požadavkům ochrany proti EOS/ESD. Tyto zásady jsou obzvláště důležité, jsou-li uplatněny procesy, které nepoužívají čištění.

3 Manipulace s elektronickými sestavami

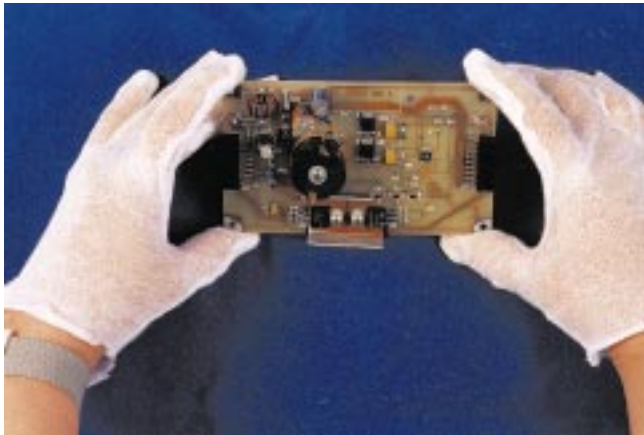
3.4.5 Manipulace – Po pájení

Po operacích pájení a čištění vyžadují elektronické sestavy stále velmi pečlivé zacházení. Otisky prstů se nesmírně těžce odstraňují a velmi často vystoupí u desek s povlaky podle předpisu po zkouškách na účinky vlhkosti a vlivu

prostředí. Aby se zabránilo takovému znečištění, je třeba při manipulaci používat rukavice nebo jiné ochranné prostředky. Při manipulaci během operací čištění používejte mechanické stojany nebo košíky s plnou ochranou proti ESD.

3.4.6 Manipulace – Rukavice a prstové návleky

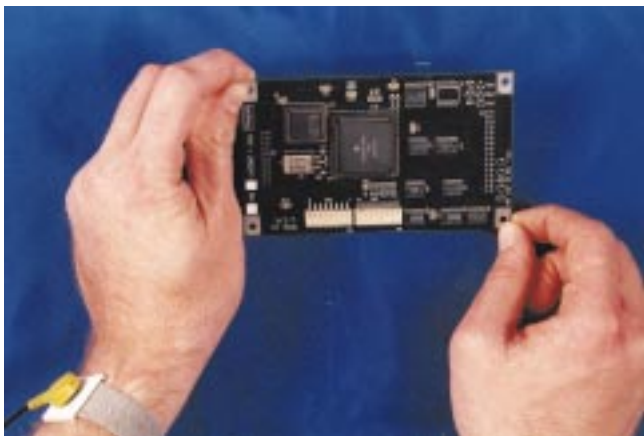
Používání rukavic nebo prstových návleků na prevenci znečištění součástí a sestav může zakotveno ve smlouvě. Rukavice a prstové návleky je třeba pečlivě vybírat, aby zajistily ochranu proti EOS/ESD.



Obr 3-4

Cílový stav - Třída 1,2,3

- Manipulace v čistých rukavicích s plnou ochranou proti EOS/ESD.
- Manipulace během čištění s použitím rukavic odolných proti rozpouštědlu vyhovujících všem požadavkům na ochranu proti EOS/ESD.



Obr 3-5

Přijatelné - Třída 1,2,3

- Manipulace čistými rukama s uchopením okrajů desky za použití plné ochrany proti EOS/ESD.

Poznámka: Jakákoliv součástka spojená s montáží, se kterou je manipulováno bez ochrany proti EOS/ESD, může poškodit součástky citlivé na statickou elektřinu. Toto poškození může být ve formě latentní vady či degradace výrobku, které nelze odhalit během ožívování nebo během katastrofických selhání zjištěných během ožívování.

3 Manipulace s elektronickými sestavami

Tato strana je úmyslně ponechána prázdná