

Varianty padělků elektronických součástek a metody jejich detekce

Electronic Component Counterfeit Variants and Detection Methods

Michal Krbeček

Bakalářská práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal KRBEČEK**

Osobní číslo: **A09027**

Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**

Téma práce: **Varianty padělků elektronických součástek a metody jejich detekce**

Zásady pro vypracování:

1. Z dostupných materiálů prostudujte problematiku bezpečnostních a ekonomických rizik průniku nepůvodních součástek do sestav výrobků v elektronice.
2. Shromážděte materiály a odkazy k aktuálnímu stavu znalostí o variantách nepůvodních elektronických součástek a metodách použitelných k jejich rozpoznání v tuzemsku i v zahraničí.
3. Zhodnoťte jednotlivé metody z hlediska technické a ekonomické náročnosti a vyberte zvlášť metody vhodné pro vybavení specializované laboratoře a zvlášť metody vhodné pro běžné uživatele součástek, tedy výrobce a dodavatele.
4. Získané materiály zpracujte do přehledné studie o aktuálním stavu v dané oblasti.
5. Studii doplňte výčtem podstatných skutečností ve formě prezentace.
6. Provedte zkušební vyhodnocení vybraného vzorku součástek na detektoru padělků Sentry pomocí voltampérových charakteristik a výsledky zahrňte do prezentace.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. M. Crawford, et al., Defense Industrial Base Assessment. In: Counterfeit Electronics, Report of U.S. Department of Commerce, Bureau of Industry and Security, Office of Technology Evaluation, January 2010.
2. Martin, P.L.: Electronic Failure Analysis Handbook. McGraw-Hill, 1999.
3. Harper, C.A.: Electronic Materials And Processes Handbook. McGraw-Hill, 2004.
4. ABI Electronics Ltd., Company Literature to Sentry Counterfeit Detector. 2009–2011.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Neumann, Ph.D.
Ústav elektroniky a měření

Datum zadání bakalářské práce:

24. února 2012

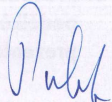
Termín odevzdání bakalářské práce:

8. června 2012

Ve Zlíně dne 24. února 2012


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Bakalářská práce pojednává o rizicích spojených s paděláním elektronických součástek a o důsledcích spojených s jejich průnikem na trh. Dále jsou zde naznačeny metody nejčastěji používané pro odhalování padělaných součástek od úplně základních, až po ty, které využívají pokročilých technologií. Jednotlivé postupy jsou rozděleny dle fyzikálního principu, na kterém jsou založeny. V rámci praktické části práce bylo provedeno testování vybraných vzorků součástek metodou porovnávání volt-ampérových charakteristik.

Klíčová slova: padělek, detekce padělku, součástka, integrovaný obvod, volt-ampérová charakteristika

ABSTRACT

This bachelor thesis discusses risks closely connected with electronic components counterfeiting, and consequences linked with their penetration into the global market. Methods used for counterfeit detection, from the basic ones to those using advanced technology, are specified and sorted according to the physical principle that they are based on. Within the scope of the thesis practical part, the test measurement and analysis of component samples was done using the current-voltage characteristics comparison method.

Keywords: counterfeit component, counterfeit component detection, integrated circuit, current-voltage characteristics

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu své bakalářské práce, Ing. Petru Neumannovi, Ph.D. za odborné vedení a věcné připomínky a rady.

Dále děkuji své rodině za umožnění studia na vysoké škole a své přítelkyni za psychickou podporu nejen během psaní této práce.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....

podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 DEFINICE PADĚLKU	11
1.1 PROČ SE PADĚLÁ	11
2 ZDROJE PADĚLKŮ A RIZIKA S NIMI SPOJENÁ	12
2.1 ZDROJE PADĚLKŮ	12
2.2 ZPŮSOBY PADĚLÁNÍ	12
2.3 PRŮNIK PADĚLKŮ DO ZAŘÍZENÍ.....	13
2.4 EKONOMICKÁ RIZIKA.....	14
2.5 EKOLOGICKÝ DOPAD	15
3 METODY DETEKCE PADĚLKŮ	17
3.1 PRVOTNÍ OHLEDÁNÍ.....	17
3.1.1 Kontrola balení.....	17
3.1.2 Drobné kazy na součástce	18
3.1.3 Textura součástky.....	19
3.2 ELEKTRICKÉ TESTOVÁNÍ.....	20
3.2.1 Parametrické testy	20
3.2.2 Vyhodnocování V-A charakteristik.....	20
3.3 MIKROSKOPICKÉ METODY	22
3.3.1 Optická mikroskopie	22
3.3.2 Rentgenová mikroskopie.....	22
3.3.3 Akustická mikroskopie.....	23
3.4 METODY ZALOŽENÉ NA JINÝCH PRINCÍPECH	24
3.4.1 Otevření pouzdra - Decapsulation.....	24
3.4.2 Kontrola odolnosti značení součástky.....	26
3.4.3 Test pájitelnosti	27
3.4.4 XRF Analýza.....	28
3.4.5 Ramanova spektroskopie.....	28
3.4.6 Infračervená spektroskopie.....	30
4 ZHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH METOD	32
4.1 OBECNĚ.....	32
4.2 ROZDĚLENÍ JEDNOTLIVÝCH METOD	32
4.2.1 Vhodné pro běžného uživatele	32
4.2.2 Vhodné do specializovaných laboratoří	33
II PRAKTICKÁ ČÁST	34
5 ZAŘÍZENÍ SENTRY COUNTERFEIT IC DETECTOR	35

5.1	ZÁKLADNÍ POPIS	35
5.2	HARDWAROVÁ SPECIFIKACE.....	35
5.2.1	SENTRY Counterfeit IC Detector	35
5.2.2	Kontaktní adaptéry	36
5.3	POTŘEBNÉ SOFTWARE VYBAVENÍ.....	37
5.3.1	Funkce programu.....	37
5.3.1.1	Položka Learn	37
5.3.1.2	Položka Test.....	38
5.3.1.3	Položka Library.....	38
5.3.1.4	Položka Hardware.....	39
5.3.1.5	Položka Administration	39
6	TESTOVÁNÍ SOUČÁSTEK.....	40
6.1	CÍL MĚŘENÍ	40
6.2	VYBRANÉ VZORKY SOUČÁSTEK.....	40
6.3	VÝSLEDKY MĚŘENÍ	40
6.3.1	Mikroprocesor ST62T65C6	40
6.3.2	Modul Hybrid 10	44
6.3.3	4 bitový nepůvodní mikroprocesor.....	45
	ZÁVĚR	49
	CONCLUSION	51
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
	SEZNAM PŘÍLOH.....	59

ÚVOD

Nejprve bych rád řekl pár slov, proč jsem si za téma své bakalářské práce zvolil právě studii padělků elektronických součástek a metody jejich detekce. Tento okruh informací mi přijde velice zajímavý a to především v tom smyslu, že o něm laická veřejnost nemá téměř žádné ponětí a myslím si, že je málo odborných pracovníků, kteří se tímto tématem zabývají podrobněji. A v tom vidím smysl každé vysokoškolské klasifikační práce – přinést nové, ucelené poznatky v určitém oboru. V neposlední řadě mám také k elektronice a elektrotechnice kladný vztah, který vznikl při studiu střední průmyslové školy zaměřené právě tímto směrem.

Pokud se řekne slovní spojení „vytvořit padělek“, logicky na mysl vyvstane základní představa o ilegálním vytvoření falsifikátu, který je následně vydáván za pravý. Pokud se ale bavíme o padělcích elektronických součástek, znamená to například vydávat použitou součástku za novou, méně kvalitní za kvalitnější, případně součástku s horšími parametry za tu, která dosahuje lepších hodnot v měření těchto parametrů. Nejčastěji se setkáváme s určitými postupy, které mají za cíl upravit již vyřazenou součástku tak, aby vypadala jako nová.

Cílem této bakalářské práce je vytvořit materiál, který by shrnoval informace o důvodech padělání elektronických součástek a dopadu této činnosti, jak na společnosti které potom s padělky musí bojovat, tak na koncového zákazníka. Dále pak provést zhodnocení a kategorizaci jednotlivých metod z různých hledisek. Nejdůležitější fakta z celé problematiky následně seskupit do prezentace, kterou bych rád koncipoval jako materiál, který nejlépe využije člověk, který má jen základní představu o daném tématu.

V praktické části práce podrobím určitý vzorek součástek měření na detektoru padělků SENTRY. Cílem měření bude zkoumat rozdíly v naměřených výsledcích v závislosti na různém nastavení měřících parametrů přístroje.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 DEFINICE PADĚLKY

Padělkem rozumíme součástku, která není originální protože:

- je nelegální kopií
- neodpovídá designem, modelovou řadou a/nebo provedením součástce od oficiálního výrobce součástek
- není distribuovaná oficiálním výrobcem nebo je distribuovaná neautorizovaným prodejcem
- pochází od oficiálního výrobce avšak jako mimotolerantní, vadná nebo použitá a je nabízena jako nová
- má nesprávné nebo padělané označení a/nebo dokumentaci [1]

Záměrné nakládání s takovými součástkami je ilegální a porušuje autorská práva výrobce, ochranné známky, případně práva duševního vlastnictví nebo jiná vlastnická práva [2].

1.1 Proč se padělá

Odpověď na tuto jednoduchou otázku se nabízí sama. Hlavním motivem padělatelů je finanční zisk. S minimálními náklady manipulují se starými nebo poškozenými elektronickými zařízeními a pomocí primitivních metod z nich získávají elektronické součástky, které následně upraví a prodávají jako původní. Vzhledem k tomu, že se tak většinou děje v rozvojových zemích, putují padělky do prodejních řetězců ekonomicky silnějších zemí. Jak evropských, tak především do Spojených států amerických.

2 ZDROJE PADĚLKŮ A RIZIKA S NIMI SPOJENÁ

2.1 Zdroje padělků

Jako hlavní zdroj padělků by se dal označit vysloužilý elektromateriál určený k recyklaci nebo zničení. Slouží jako vynikající a téměř bezedný zdroj součástek, které mohou být z původního zařízení vyjmuty a dále podrobeny padělacímu procesu. Může také nastat situace, že se padělatelé dostanou k oficiálním výrobcem vyřazenému zboží. Většina těchto případů vzniká kvůli chybě ve výrobním procesu nebo překročení tolerančních pásem u dané součástky. Takováto součástka je následně vyřazena jako nevyhovující pro danou aplikaci, avšak je funkční a může být využita v aplikacích nižší úrovně. Padělatelé se tak můžou podvodným způsobem dostat k celé výrobní sérii součástky a opět proběhne určitý proces, v těchto případech zejména přeznačení součástky, aby se následně mohla vydávat za původní.

2.2 Způsoby padělání

Z pochopitelných důvodů neexistují žádné systematické a ucelené materiály, které popisují jak vytvořit padělek. Jako padělatel se rozhodně nebudu chlubit tím, jakou technologii při své nelegální činnosti používám a naopak jako člověk, který proti padělkům bojuje, nebudu dávat návod dalším potencionálním padělatelům. Jednotlivé metody však můžeme rozdělit dle jejich technologické náročnosti. Lze tedy říci, že jak rozlišujeme kvalitu původní součástky vyrobené oficiálním výrobcem, tak rozlišujeme kvalitu té nepůvodní, falešné. Vědomí dodavatelé padělaných součástek se pak musí rozhodovat, které konkrétní padělky dodají tomu konkrétnímu distributorovi v prodejní síti, aby minimalizovali riziko zjištění padělku.

Základní a nejprimitivnější metodou je prosté odstranění původního označení součástky a vytvoření nového. K tomu není potřebná žádná pokročilejší technologie. Většinou tento proces probíhá v primitivních podmínkách, nedbá se na čistotu prostředí a další aspekty, které neblaze působí na již tak zkoušenou součástku.

Na druhou stranu se někteří podvodníci neostýchají investovat velké finanční prostředky do technologií, které jim umožní vytvořit mnohem „kvalitnější“ padělky. Využívají tak kvalitních měřicích přístrojů či výrobních postupů a to jim umožní vytvářet důmyslnější

kopie součástek. V mnoha případech tak padělatelé zřejmě používají velmi podobné technologie jako společnosti zabývající se výrobou součástek. I tato skutečnost dokazuje, že v tomto průmyslu se jedná o vysoké finanční obraty a tyto investice se vyplatí.

2.3 Průnik padělků do zařízení

Jedním z možných aspektů, umožňujících rozvoj padělatelského odvětví je fakt, že trendem posledních let je přesunování výroby právě do zemí Východní Evropy a Asie, odkud nejvíce padělků pochází. Děje se tak především kvůli snaze minimalizovat výdaje na výrobu. V důsledku toho, je poté většinou velmi složité vypátrat přesný původ dané součástky. Je běžné, že součástka projde při své cestě od výrobce ke koncovému zákazníkovi přes několik distributorů a prodejců a nemalé procento z nich má své sídlo v Číně. Právě z Číny pochází až 70% všech padělků [2].

Problémem potom může být zakomponování padělaných součástek do širších celků, jako jsou běžně užívané televizory, mobilní telefony, případně stolní počítače a notebooky. Velice častou a běžnou záležitostí je vytékající elektrolyt z kondenzátorů umístěných na základní desce či jiné součásti počítače. Jestliže lze vyloučit zničení nesprávnou manipulací, je určitá pravděpodobnost, že součástka byla padělaná.

Pokud bychom se nad tímto problémem zamysleli důkladněji, vyvstane nám na mysl otázka: co když se součástka splňující přísné specifikace a normy dostane do mnohem dražšího zařízení? Dochází také k padělání velmi přesných nebo výkonových rezistorů a tranzistorů a samozřejmě integrovaných obvodů, jejichž cena už se nepohybuje v řádu desítek korun, ale stokorun. Pokud dojde k zakomponování takovéto součástky do komplexního celku, jehož cena se může pohybovat o několik řádů výše než běžná elektronika, dochází pak k mnohem větším škodám.

V obou případech se pak může stát, že škody nebudou jen finanční, ale do ohrožení se může dostat lidské zdraví, v extrémních případech dokonce život. Například přehřátí mobilního telefonu v důsledku zkratu způsobeného vadnou baterií nebo selhání prvků chránících člověka před úrazem elektrickým proudem [2]. Mnohem vážnější následky může mít průnik nepravých součástek do systémů používaných v lékařství nebo letectví. Jeden příklad za všechny může být zpráva amerického Výboru Senátu pro ozbrojené služby (Senate Armed Services Committee), ve které je mimo jiné informace o 1800 případech, ve

kterých byl zachycen jeden milion padělaných součástí ve výzbroji americké armády. Americký senátor Carl Levin se však domnívá, že se jedná pouze o špičku ledovce a počet součástí, které nesplňují přísné kvalitativní normy je mnohem větší [4].

Odlišným problémem může být tzv. stárnutí součástí. Nemělo by se stávat, že součástka, kterou hodláme zakomponovat do funkčního celku ležela delší dobu ve skladě, kde s ní nebylo manipulováno dle předpisů a působily na ni nepříznivé vlivy, jako je nesprávná teplota či vlhkost. Celková spolehlivost výrobku se snižuje také, pokud je vystaven již zmíněným vlivům jako zkompletovaný. Mohou to být starší modely mobilních telefonů, navigací, notebooků a také televizorů, které se již nevyrábí. Koncový odběratel si sice koupí zboží se štítkem „nové“, ale ve skutečnosti mohlo být vyrobeno o několik desítek měsíců dříve. Stárnutí výrobků se ve své práci nebudu nadále zabývat, nelze ho ovšem úplně opomenout.

2.4 Ekonomická rizika

Dle posledních údajů se v roce 2010 celých 23% ze všech padělaných výrobků (veškerá odvětví oděvního nebo obuvnického průmyslu, atd...) týkalo spotřebního elektronického zboží nebo počítačů a hardwaru [3]. Fakt, že každý pátý mobilní telefon, televize, či počítač může být padělkem, svědčí o tom, že se v tomto odvětví jedná o velké peníze. Při podrobnějším zkoumání problému však dojdeme k závěru, že ne vždy se jedná pouze o padělky konkrétních výrobků renomovaných značek, ale také o padělání elektronických součástí, které jsou v těchto i všech ostatních elektronických zařízeních použity. Průnik nepůvodních součástí do prodejních a zásobovacích řetězců se stává čím dál tím více palčivějším problémem po celém světě. V poslední době si vlády ekonomicky vyspělých států začínají uvědomovat tuto skutečnost a začínají na boj proti padělkům elektronických součástí vynakládat nemalé finanční prostředky.

Nejde však jen o potlačení ilegálních praktik výrobců a dodavatelů jako takových. Výrazným ekonomickým aspektem je i snížená životnost a kvalita padělaných zařízení. Pokud nedojde vinou vadné součástky rovnou ke zničení celé soustavy, do které byla zakomponovaná, bude alespoň nutné nahradit součástku falešnou za součástku originální. A ve všech těchto případech na to finančně doplatí koncový zákazník. Ať už je to běžný spotřebitel, který si zakoupí mobilní telefon za několik tisíc korun, nebo si armáda pořídí navigační systém za několik milionů dolarů.

Jiným úhlem pohledu, který se však také dotýká nakládání s financemi při boji proti padělkům, může být paradoxně snaha co nejvíce na tom ušetřit. Většina společností se snaží uspořit co nejvíce peněz na recyklaci tzv. elektronického odpadu. To znamená, že exportují, případně dokonce prodávají vysloužilý elektromateriál právě do rozvojových zemí v dobrém úmyslu pomoci tamní počítačové gramotnosti. Pokud vezmeme v potaz sociální dopad tohoto jednání, nelze říci, že by se mělo potlačovat či omezovat. Jen se musí klást větší důraz na podrobné prověření odběratele, případně dodatečnou kontrolu, jak bylo se zbožím naloženo, a zabránit tak nelegální manipulaci s tímto zbožím. V opačném případě je třeba fyzicky dohlížet na zničení vyřazených nebo nefunkčních zařízení.

2.5 Ekologický dopad

Nebezpečím úzce spjatým s padělanými elektronickými součástkami je také recyklace elektronického odpadu. Trendem dnešní doby je pokažené elektronické zboží nahrazovat novým. V mnoha případech je to dokonce levnější než oprava starého zařízení. Dalším faktorem je velice rychlý vývoj technologií, respektive stárnutí těch stávajících. Přidejme k tomu již vysloužilá zařízení a je naprosto logické, že množství elektronického odpadu se neustále zvětšuje a to dokonce 3x rychleji než běžný odpad [7]. V současné době je recyklováno pouze 15-20 % tohoto odpadu a zbytek končí na skládkách a ve spalovnách [5]. To má ničivý dopad na životní prostředí, protože může dojít k uvolnění nebezpečných látek do půdy, v případě spaloven do ovzduší. Klasický CRT monitor o úhlopříčce 15 palců obsahuje zhruba 0,7 kg olova [6]. Dalšími nebezpečnými materiály jsou například karcinogenní americium, jehož vlastnosti se využívají v přesných měřicích přístrojích a detektorech kouře, síra používaná v některých typech baterií, rtuť obsažená v zářivkách nebo monitorech [8].

Omezením škodlivých materiálů v elektronických zařízeních se zabývá směrnice Evropské unie z roku 2003 o omezení užívání některých nebezpečných látek v elektronických a elektrických zařízeních známá pod mezinárodní zkratkou RoHS (Restriction of Hazardous Substances Directive). Ta zaručuje, že od 1. července 2006 nebudou nová elektrická a elektronická zařízení uváděná na trh obsahovat olovo, rtuť, kadmium, šestimocný chrom, polybromované bifenyly a polybromovaný difenylether [16].

Nejedná se však pouze o ekologické hledisko. Recyklací lze z vysloužilých zařízení získávat znovu-využitelné suroviny, a ušetřit tak nemalé množství peněz. Jedná se mimo

jiné o cín, měď, nikl, zinek nebo zlato[8] Existuje mnoho společností, které se zaměřují právě na recyklaci e-odpadu a ty by měly být podporovány. Je potřeba důkladně kontrolovat recyklační proces, aby nedocházelo k exportu odpadu do rozvojových zemí, jak se v dnešní době děje ve Spojených státech z 50 až 80%[9] Nejlepší cestou k „zeleným počítačům“ je snížit množství opravdu nevyužitelného materiálu na minimum. Zmíněné recyklační firmy se zabývají také opravou počítačů a notebooků, velice často dokonce ve spolupráci s originálním výrobcem a toto zboží se pak opět dostane na trh jako repasované. To znamená, že je odborně opraveno a uvedeno na pulty obchodů za nižší cenu než nové.

3 METODY DETEKCE PADĚLKŮ

3.1 Prvotní ohledání

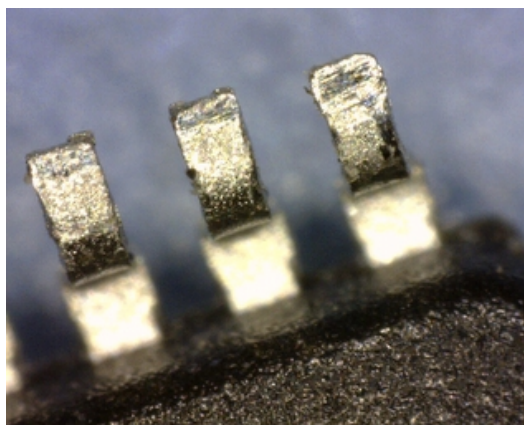
Nejjednodušší a základní metodou odhalování padělků je zběžná kontrola. Některé součástky se na první pohled liší svým zpracováním od originálních. Již pouhým okem lze odhalit některé znaky padělku – chyba ve značení, zbytky cínu po pájení na vývodech, nesprávné číslo šarže nebo datum. Za pomoci základních optických zvětšovacích prostředků pak lze odhalit drobné rozdíly na povrchu součástky a nepatrné kazy v materiálu.

3.1.1 Kontrola balení

Pokud testujeme větší množství součástek dodané v jednom balení, je vhodné zahájit kontrolu ještě před jeho otevřením. Na balení mohou být různé překlepy v názvech součástek nebo firem, čísla šarže a datum výroby by se měly shodovat s údaji na součástkách a údaji na dodacích listech. Při zjištění nějakých nesrovnalostí se dá předpokládat, že balení nepochází od oficiálního výrobce a je vysoká pravděpodobnost nalezení padělku.

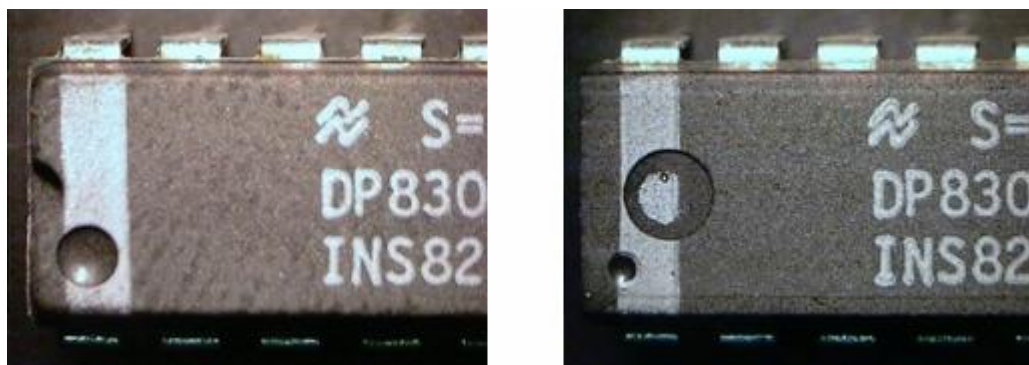
3.1.2 Drobné kazy na součástce

Drobným kazem jsou myšleny lehce ohnuté, poškozené vývody, případně viditelné zbytky a nečistoty po pájení. To signalizuje předchozí použití součástky a její odpájení z desky plošných spojů. Stejně tak drobné oděrky a škrábance na součástce, která by měla být nová jasně indikují padělek.



Obrázek 1: Deformovaný vývod integrovaného obvodu [12]

Jinou možností, jak na první pohled spolehlivě odhalit nepůvodní součástku, je pomocí tzv. kontrolních značek. Tyto drobné zářezy nebo výlisky na povrchu pouzdra nejsou výrobní vadou, ale slouží jako orientační body při osazování plošných spojů a lze podle nich určit také pravost elementu. Všechny součástky z jedné výrobní série by měly nést totožné provedení kontrolních značek. Jsou zachyceny případy, kdy má součástka se stejným označením šarže jiný tvar, počet nebo povrchovou úpravu těchto kontrolních prvků. Originální výrobce také nikdy neprovádí značení součástky přes tyto prvky. Častým jevem je také snaha padělatelů zahltit tyto značky při přeznačování součástky [10]

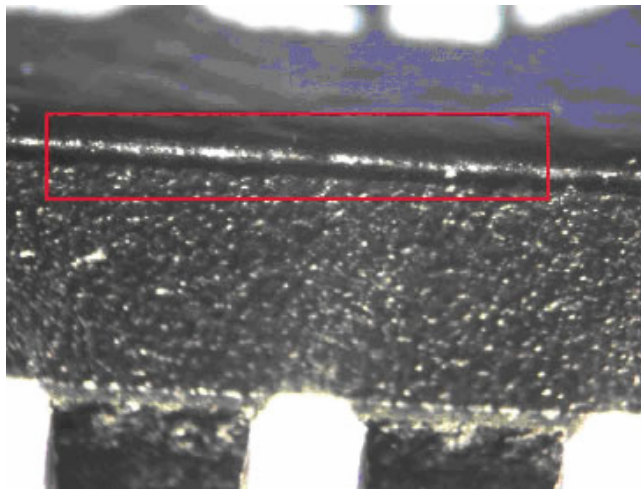


Obrázek 2: Rozdílné kontrolní značky a špatné označení na součástkách se stejným označením ze stejné dodávky [10]

3.1.3 Textura součástky

Při zkoumání povrchu součástky můžeme nalézt drobné stopy po broušení. Ty vznikly během padělatelské snahy odstranit původní značení na součástce. Během výroby součástky nejsou používány žádné procesy, které by součástku brousily [10] Padělatelé používají různé metody, jak tyto nedokonalosti na povrchu odstranit, avšak pokud se při broušení původního označení dostanou příliš hluboko, je velice těžké tuto chybu nerozpoznatelně opravit.

Jednou z těchto metod je black-topping, kdy se na původní povrch součástky nanese tenká vrstva materiálu, na kterou se následně nanese nové značení. Již při několikanásobném zvětšení za použití běžného mikroskopu lze poměrně lehce studovat rozdíly v materiálu jednotlivých součástek. Originální součástka má zpravidla matný a jednolitý povrch, na kterém jsou drobné nerovnosti vzniklé při výrobě. Během jejich nelegální úpravy jsou tyto nerovnosti srovnány a povrch může získat nepřirozený lesk. Dobře viditelný přechod mezi dvěma různými materiály bývá patrný při pohledu za strany součástky. Horní strana součástky byla upravena, ale bočním stranám byl ponechán původní povrch [10]



Obrázek 3: Patrný black-topping na horní straně součástky, 40x zvětšeno [11]

Známky black-toppingu lze dobře pozorovat také na již zmíněných kontrolních značkách. Struktura povrchu značky se liší od zbytku součástky. Jsou-li ve značce nepatrné zbytky materiálu, který se používá k překrytí povrchu, je to rozhodně znak padělku. Častou nedokonalostí padělků je také nedůsledná snaha o zaplnění těchto značek. Stává se, že na jedné straně zářezu je znatelný skok a na druhé již hladce přechází a splývá se zbytkem povrchu součástky [10]



Obrázek 4: Rozdílné povrchy uvnitř kontrolní značky [10]

3.2 Elektrické testování

3.2.1 Parametrické testy

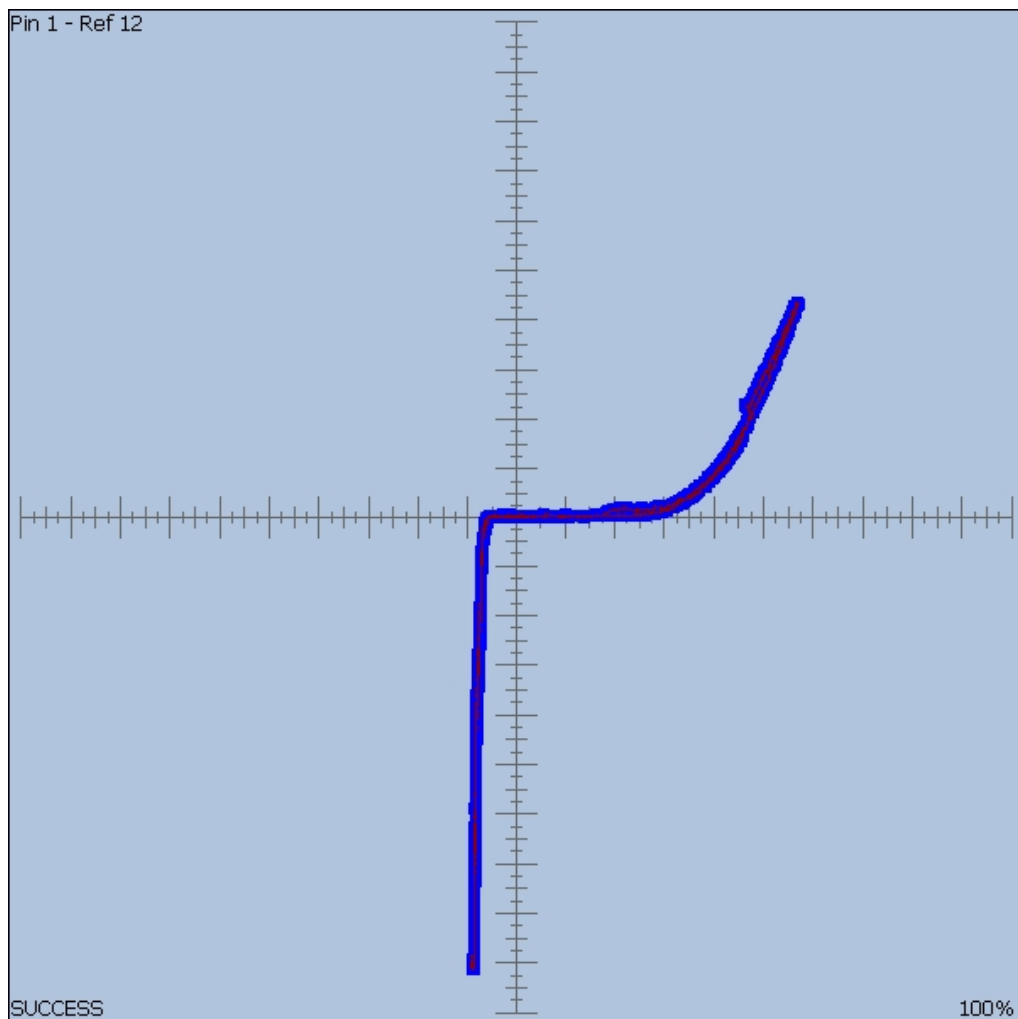
Základní, intuitivní metodou elektrického otestování součástky je její zakomponování do testovacího elektrického obvodu. Vytvořením obvodu využívajícího základních funkčních principů součástky a porovnání naměřených hodnot s katalogovými může napovědět o původu dané komponenty. Tímto způsobem lze odhalit především komponenty, které nemají připojeny všechny vývody, respektive prázdná pouzdra.

Při praktickém využití této metody nedochází k testování všech parametrů, ale pouze těch, které jsou klíčové vzhledem k použití součástky. Z toho vyplývá, že i součástka, která splňuje jen některé z katalogových parametrů je vhodná pro použití v určité aplikaci, ale už je nepřijatelné její zakomponování do jiné.

3.2.2 Vyhodnocování V-A charakteristik

Jedná se o podmnožinu parametrických testů. Metoda je založená na analýze a porovnávání naměřených charakteristik. Měření se provádí většinou pomocí speciálních zařízení, připojených k počítači, které dokáží automaticky rozmítat napětí mezi jednotlivými vývody součástky a následně vyhodnocovat a zobrazovat proudovou závislost. Při testování součástky je nutnou podmínkou referenční charakteristika, se kterou budeme naměřenou srovnávat. V ideálním případě se jedná o závislost proudu na napětí u prokazatelně pravé součástky. Lze však hledat rozdíly i mezi prokazatelnými padělkami a studovat rozdíly mezi nimi. Pro samotné porovnání dvou charakteristik, referenční a naměřené, není nutná vysoká

úroveň znalostí z oblasti elektrotechniky. Celý proces probíhá v podstatě automaticky. Avšak pro podrobnější vyhodnocení výsledků je nutná určitá zkušenost získaná časem a opakovaným vyhodnocováním. Důležitým faktorem, který ovlivňuje výsledné charakteristiky, jsou parametry vstupního napětí. Jedná se o amplitudu, frekvenci a tvar použitého signálu. Každá součástka reaguje jiným způsobem na rozdílné vstupní hodnoty a k odhalení rozdílů mezi nimi je většinou nutné provést více měření s rozdílnými parametry. Při vyhodnocování nelze očekávat naprosto totožné výsledky. I řada originálních součástek v rámci jedné výrobní série může mít rozdílné výsledky v řádu jednotek procent. Proto se při vyhodnocování počítá s určitým tolerančním pásmem. Je potom na technikovi, který měření provádí, aby určil, jakou hodnotu tolerance nastavit pro konkrétní měření. A dále musí rozhodnout, kdy se jedná o chybu v rámci dané tolerance nebo o výsledek indikující možný padělek.



Obrázek 5: Příklad VA charakteristiky a tolerančního pásma naměřené pomocí přístroje SENTRY Counterfeit Detector

3.3 Mikroskopické metody

Mikroskopie je vědní obor, který se zabývá použitím mikroskopů pro pozorování vzorků nebo struktur příliš malých pro lidské oko [22]. V oblasti identifikace elektronických součástek se používá celá řada metod, jejichž základem je zvětšený obraz pozorované komponenty.

3.3.1 Optická mikroskopie

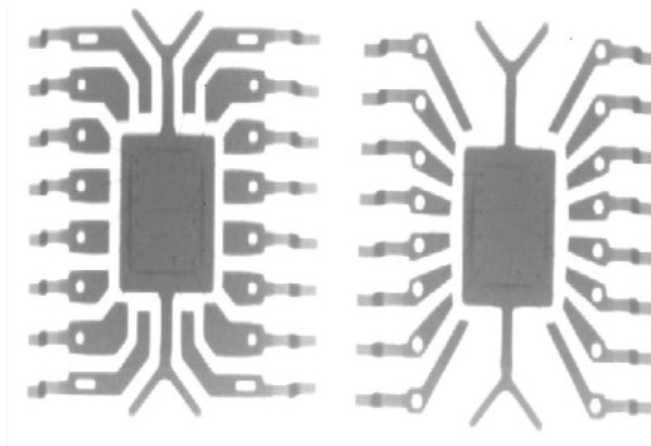
Použití klasických zvětšovacích mikroskopů je úzce spjato s dekapulací součástky. Aby bylo co pozorovat, je nejprve nutné odstranit materiál pouzdra součástky a odkrýt její vnitřní strukturu. Podrobněji je tento proces popsán v kapitole 3.4.1. Otevření pouzdra - Decapsulation

Mezi nejčastější typy mikroskopů používaných při vyšetřování součástky řadíme mikroskop stereoskopický, který dokáže poskytnout přibližně stonásobné zvětšení. Tato hodnota je pro běžné vyšetřování dostačující. Hlavní důvody použití stereoskopického mikroskopu spočívají v jeho vlastnostech. Jednou z nich je vysoká pozorovací vzdálenost, ta v kombinaci s nižším přiblížením a faktem, že mikroskop používá oddělené optické cesty pro každé oko, dokáže poskytnout široké zorné pole. Také manipulace s pozorovaným vzorkem je díky větší pozorovací vzdálenosti snazší. Další důležitou vlastností, pro níž je mikroskop využíván, je velká hloubka ostrosti. Díky kombinaci mikroskopu a CCD (Charge-coupled device) snímače dokáže specializovaný grafický software vytvořit digitální obraz pozorovaného předmětu s vysokým rozlišením. Spojením obou obrazů (z levého i pravého optického kanálu) daného předmětu lze vytvořit také trojrozměrný obraz předmětu, anaglyph, který je však třeba pozorovat speciálními brýlemi [19], [23].

3.3.2 Rentgenová mikroskopie

Základní princip rentgenu netřeba vysvětlovat. Pro naše účely se v praxi používá rentgenový mikroskop. Ten dokáže za pomoci elektromagnetického záření o vlnové délce přibližně 0,03 až 50 nm [13] poskytnout zvětšený obraz vnitřního uspořádání pozorovaného objektu. Tento způsob ověřování součástek se s výhodou používá u tranzistorů a integrovaných obvodů, kde dokáže poskytnout obraz vnitřní struktury součástky. S rozlišovací schopností okolo 20nm [13] lze zkontrolovat přítomnost,

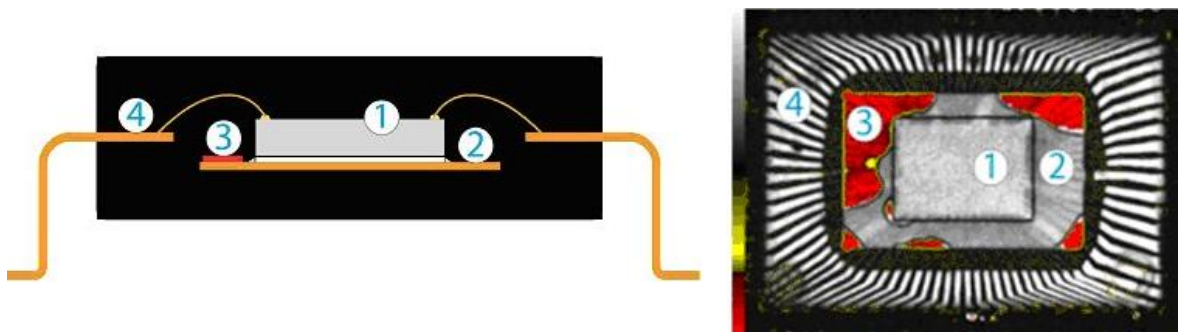
respektive absenci všech kontaktních bodů a vodivých spojů ve fyzickém uspořádání obvodu.



Obrázek 6: Rentgenové porovnání dvou součástek se stejným označením [14]

3.3.3 Akustická mikroskopie

Akustická mikroskopie je další nedestruktivní metoda, kterou lze odhalit vnitřní strukturu součástky. Vychází z faktu, že pokud akustická vlna narazí při svém postupu na rozhraní dvou materiálů s různou akustickou impedancí, dojde k částečnému odrazu vyslané vlny. Amplitudy a fáze odražených vln jsou zaznamenány a jejich analýzou lze vytvořit barevnou mapu dané součástky, kde jsou prezentovány jednotlivé přechody [24]



Obrázek 7: Součástka v řezu / její akustický obraz [24]

Na Obrázku 6 jsou znázorněny jednotlivé akustické přechody. Vždy se jedná o přechod mezi materiálem pouzdra s (1) křemíkovým čipem, (2) podložkou čipu; (3) znázorňuje odchlípnutí pouzdra od podložky a (4) je přechod mezi pouzdrém a vývodem. Červená místa jsou přechody mezi pouzdrém součástky a vzduchovou mezerou vzniklou uvnitř čipu. Akustický přechod mezi pevnou látkou a plynem (vzduchem) způsobuje téměř 100%

odraz vyslané vlny a ta se tak vrací s velkou amplitudou a je ve výsledném obrázku nepřehlédnutelná [24]

Používané frekvenční spektrum se pohybuje od desítek po stovky MHz. Obecně platí, že nižší frekvence dokáží proniknout hlouběji na úkor prostorového rozlišení. Naopak vyšší frekvence se používají na menší oblast zájmu pro přesnější vykreslení výsledného obrazu. Vyhodnocování v jaké hloubce se nachází přechod, od kterého se vlna odrazila, probíhá na principu měření doby, za jakou odražená vlna dopadá na detektor a lze tedy vytvořit selektivní obraz určité úrovně [24]

Díky zmíněné vlastnosti akustického přechodu pevná látka-plyn se tato metoda používá při hledání drobných vzduchových mezer, proláclin a dutinek uvnitř mikroobvodů, které mohou způsobit jeho selhání. Tyto kazy vznikají nejčastěji při vystavení vyšším teplotám spojenými s pájením. Tento jev je často k vidění právě u padělatelů, kteří tyto vady způsobují neodborným „dolováním“ součástek. Primárně je tato metoda určena spíše k analýze součástek, ale může sloužit také jako další hmatatelný důkaz a zdroj důležitých informací k padělané součástce.

3.4 Metody založené na jiných principech

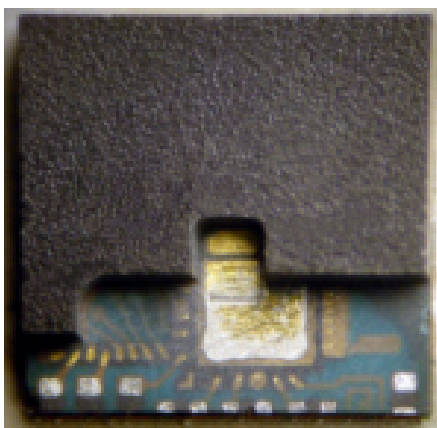
3.4.1 Otevření pouzdra - Decapsulation

Decapsulation nebo česky otevření pouzdra součástky se provádí za účelem odhalení vnitřních součástí a struktury integrovaného obvodu k pozdějšímu zkoumání. Jedná se tedy o jakousi podpůrnou metodu při zkoumání padělků. Jde o destruktivní proces, kdy je odstraněn materiál pouzdra avšak vnitřní prvky, především vnitřní čip a další elektronické části obvodu a jejich kontakty zůstávají nedotčeny.

Existuje několik technik otvírání pouzdra součástky. Mezi nejpoužívanější a nejrozšířenější patří mechanické otevření pouzdra a chemické odleptání. Mezi další metody patří například leptání zahřátou plasmou nebo odstranění pouzdra pomocí laseru.

Nejjednodušším principem mechanického odstranění pouzdra je prosté zahřátí pouzdra proudem teplého vzduchu a následné postupné „odlupování“ kousků pouzdra. Tato metoda je vzhledem ke své jednoduchosti a brutálnosti vhodná pro úplně nejprimitivnější aplikace, spíše do domácí dílny nebo tam, kde je potřeba odstranit celé pouzdro. Testovací střediska

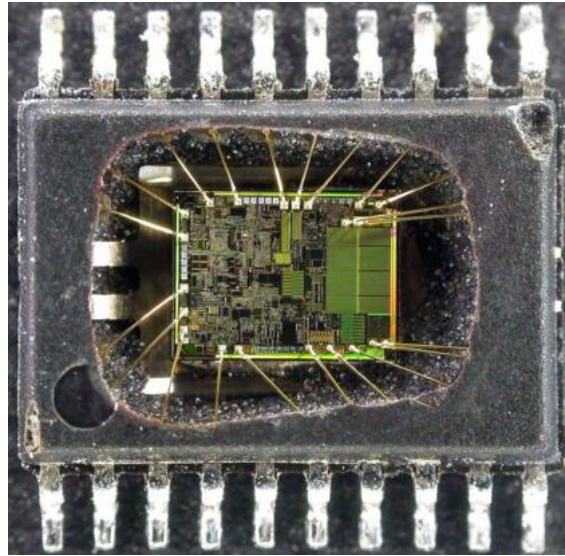
a laboratoře vybavené na tuto činnost používají mnohem sofistikovanější metody odstraňování přebytečného materiálu. Za použití nejrůznějších brousících, řezacích a vrtacích nástrojů dochází k řízenému odhalování útrob součástky. V případě použití automatizační techniky tak dochází k poměrně rychlému a preciznímu odhalení konkrétního místa součástky.



Obrázek 8: Mechanické odstranění pouzdra [18]

Další možností, jak odhalit vnitřní strukturu integrovaného obvodu, je za pomoci chemikálií, které odleptají přebytečný materiál. Základní postup je narušení povrchu součástky v místě, kde chceme provádět odhalování a následné nanesení leptacího roztoku. Používá se čistá kyselina nebo roztok složený z více složek. Roztok se nechá působit a po dosažení chtěného efektu se daná oblast opatrně vypláchne a vyčistí. Pokud nedošlo k úplnému odleptání veškerého materiálu, je možné postup opakovat. Některé používané chemikálie způsobují rozpínání materiálu, se kterým přijdou do styku. Na tento jev je potřeba dát pozor, rozpínající se materiál by mohl způsobit škody na vnitřní části obvodu. Častější však bývá automatizované použití tohoto procesu. Většinou se jedná o stolní zařízení, které pumpuje leptací roztok na povrch součástky a zároveň zajišťuje úkony spojené s odstraňováním odpadního materiálu. Sníží se tak riziko poškození vnitřní struktury součástky a v neposlední řadě se eliminuje možnost styku operátora s agresivním roztokem [19]

Hlavní výhodou je použití metody selektivního odleptání pouzdra. K leptání se používají chemikálie reagující pouze s plasty, nebo obecně s materiály tvořící pouzdro součástky. Všechny ostatní části obvodu, jako jsou kovové vývody, propojky a kontakty zůstávají nedotčeny.

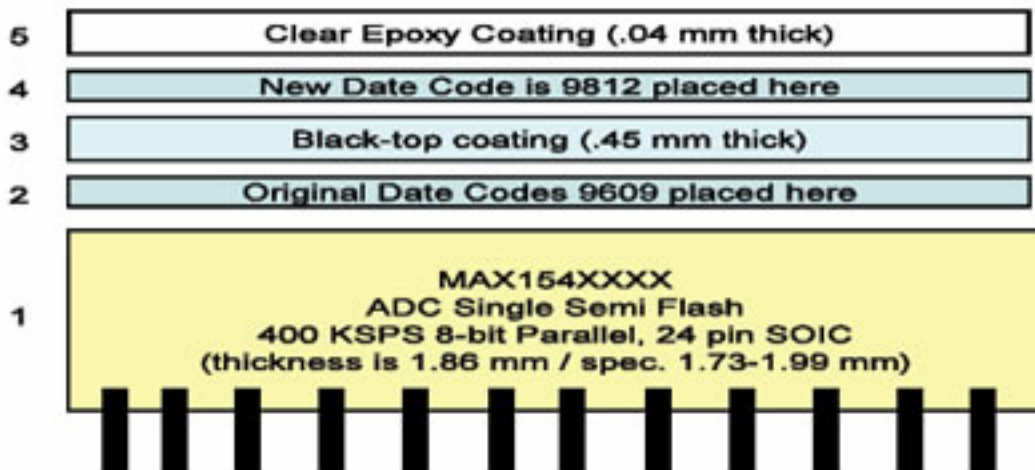


Obrázek 9: Selektivní odleptání pouzdra [20]

Možností je také kombinace jednotlivých metod pro neoptimálnější rozkrytí součástky. K počátečnímu odstraňování většího objemu hmoty se více využívá mechanická případně laserová technika. V případě mechanického odstraňování se ponechá tenká vrstva materiálu těsně u vnitřní elektroniky, protože hrozí riziko jejího poškození, případně poškození kovových spojů. Naopak pro „jemné“ odhalování kontaktů a částí obvodu se s výhodou používá metoda chemického leptání. Pokud není přípustné použití agresivních materiálu k leptání, přichází na řadu plasma, která se také hodí spíše na tzv. finální dekapsulaci obvodu [21]

3.4.2 Kontrola odolnosti značení součástky

I pokud je označení součástky v pořádku, co se týká správnosti údajů, neznamená to, že se jedná o originální součástku. Padělatelé používají metodou nazývanou black-topping, pomocí které nanosou na originální součástku další vrstvu (vrstvy) materiálu, na kterou následně nanosou vlastní značení. Mohou tak zfalšovat nejen datum výroby součástky, ale také typ součástky.



Obrázek 10: Jednotlivé vrstvy padělané součástky [11]

Obrázek 9 ukazuje konkrétní padělanou součástku. Jedná se o 8 bitový paralelní ADC převodník. Vrstva 1 označuje původní součástku s původním značením (vrstva 2). Všechny ostatní úrovně jsou již prací padělatelů. Nejprve byla na součástku pomocí black-toppingu nanесena krycí vrstva, která slouží k zakrytí původních informací. Na tuto nově vytvořenou plochu bylo vytvořeno falešné označení součástky (vrstva 4). Padělatelé většinou používají jiné složení barviva, kterým značí součástky, než oficiální výrobce a často se stává, že toto označení opět není odolné proti rozpouštědlům. Aby nebylo tak snadné padělek odhalit je nanесena poslední, krycí vrstva (vrstva 5). Jedná se o tenkou průhlednou vrstvu, která celý povrch součástky chrání proti testu odolnosti značení.

Prvním vodítkem k odhalení padělků je v tomto případě celková tloušťka součástky. Z obrázku lze vyčíst šířku jednotlivých nanесených vrstev a jednoduchým výpočtem dojdeme k tomu, že celková šířka přesáhla hranici udávanou oficiálním výrobcem. Při několikanásobném zvětšení je tato vrstva na první pohled patrná [11]

3.4.3 Test pájitelnosti

Mnoho společností testujících kvalitu a spolehlivost elektronických součástek má ve svém programu zařazeno také testování pájitelnosti. Tato metoda se však dá využít také při detekci padělků. Vývody součástky by z výroby měly být kvalitně připraveny na bezproblémové osazení a připájení. Zejména se předpokládá, že jednotlivé koncovky budou potaženy vrstvou pájecí hmoty. Dříve se jednalo hlavně o slitinu cínu s olovem. Vzhledem k nastupující tendenci vytlačovat nebezpečné látky z výrobních procesů bylo olovo nahrazeno například mědí. Rozborem materiálu na povrchu vývodu tak lze zjistit,

zda nebyl již někdy v minulosti zahříván, jestli neobsahuje cizí nečistoty nebo zoxidované plochy. Obecně platí, že opětovně připájený kontakt nedosahuje takové kvality jako původní spoj.

3.4.4 XRF Analýza

Zkratka XRF vychází z anglických slov X-Ray Fluorescence a jedná se o jev, kdy je materiál vystaven intenzivnímu rentgenovému nebo gama záření a v důsledku toho dochází k excitaci elektronů z obalu atomů na povrchu daného materiálu. Následně dochází k zaplnění vzniklého „prázdného místa“ elektronem z vyšší orbitální hladiny a přitom je uvolněna přebytečná energie ve formě fotonu. Analýza emitovaného fluorescenčního spektra následně umožní identifikaci atomu [15]

V souvislosti s elektronickými součástkami se tato metoda používá především pro detekci nebezpečných látek v rámci zmíněné direktivy Evropské unie RoHS. Základní představu o materiálech obsažených v součástce mohou poskytnout ruční analyzátoři. Lze si je představit jako zařízení podobná ručním skenerům čárových kódů. Tyto přístroje však nedovedou poskytnout podrobné informace pro přesné určení materiálu. Další nevýhodou je poměrně široký rozptyl vyzařovaného paprsku, výsledné složení malých plošek (pájecí spoje) je tak ovlivněno i materiálem okolí [17] Výhodnější je použít laboratorní analyzátoři, které dokáží poskytnout přesné složení materiálu.

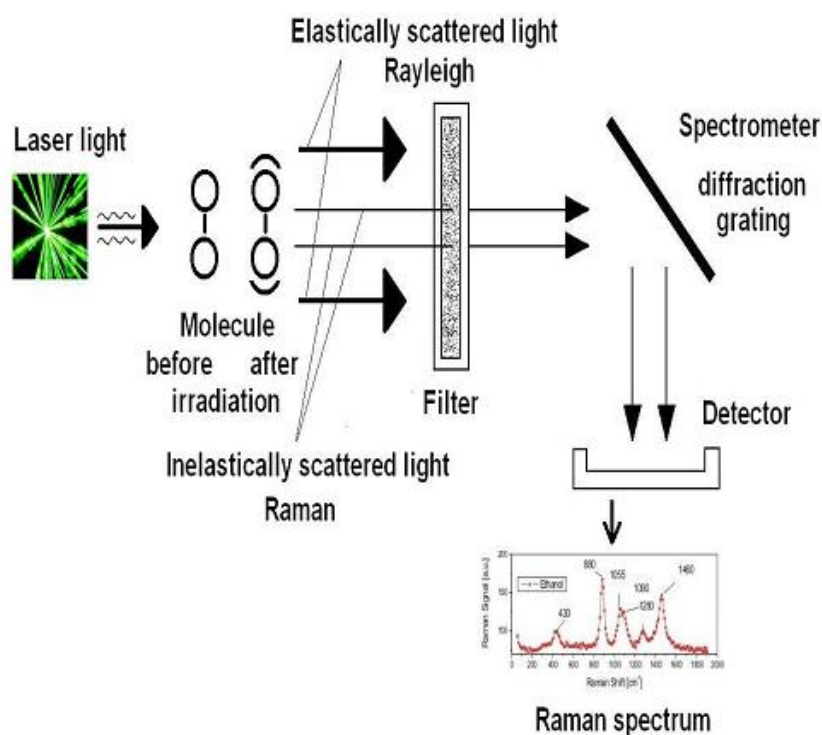
V otázce padělků se tato metoda používá k odhalování součástek, které nesplňují určité normy, týkající se materiálů použitých na jejich výrobu, avšak jejich označení a dokumentace tvrdí opak. Jedná se například o součástky vyrobené před zavedením dané normy (nemusí se nutně jednat o RoHS) a po jejím vstoupení v platnost měly být zničeny. Nějakým nelegálním způsobem se však dostaly do rukou padělatelů, kteří přetvořili označení tak, aby normě vyhovovalo.

3.4.5 Ramanova spektroskopie

Celková energie každé molekuly se skládá z energie rotační, vibrační, translační a elektronové. Při dopadu elektromagnetického záření na molekulu může být energie molekulou absorbována, přenesena nebo rozptýlena. Při běžném (Rayleighově) rozptylu má rozptýlené elektromagnetické záření stejnou energii jako záření dopadající – jedná se o pružnou srážku fotonu s molekulou materiálu. Ramanova spektroskopie je metoda

analytické chemie, která využívá tzv. Ramanova jevu nebo též Ramanova rozptylu. Na tento jev může být nahlíženo jako na nepružnou srážku fotonu a molekuly, která zapříčiní změnu vibrační nebo rotační energie molekuly a rozptýlené záření musí mít dle zákona o zachování energie jinou vlnovou délku než dopadající [25]

Během procesu je vzorek za pomoci laseru ozářen monochromatickým elektromagnetickým zářením, většinou z viditelné oblasti. Většina rozptýlených paprsků má stejnou vlnovou délku jako původní laserový paprsek (Rayleighův rozptyl). Tyto paprsky jsou filtrovány a na detektor se přes difrakční mřížku dostane pouze záření s jinou vlnovou délkou, respektive energií [26]



Obrázek 11: Princip Ramanovy spektroskopie [26]

Pokud molekula získá energii, rozdíl energií vyslaného a rozptýleného záření je kladný a při tomto výsledku dochází k vytvoření tzv. Stokesových čar ve výsledném Ramanově spektru. Pokud dojde naopak k případu, kdy rozptýlené záření má vyšší energii než vyslané, dojde k vytvoření anti-Stokesových čar. Ramanovo spektrum je závislost intenzity rozptýleného světla na vlnové délce nebo na Ramanově posunu – veličině udávající počet vln na jeden centimetr. A právě tato veličina nese analytickou informaci potřebnou k identifikaci materiálu.

Mezi výhody identifikace materiálu pomocí Ramanovy spektroskopie patří fakt, že se jedná o nedestruktivní bezkontaktní metodu, která je schopna poskytnout výsledek během několika vteřin. Jedná se o vysoce přesnou metodu, kterou lze použít na širokou škálu materiálů – jak pevné látky, tak i plyny a kapaliny a identifikaci lze provést i z velice malého vzorku materiálu. Naopak nevýhodou je možné zkreslení výsledků kvůli fluorescenci – jevu popsanému v předešlé kapitole. Řešení spočívá ve výběru vhodné vlnové délky laseru. Obecně platí, že čím delší vlnová délka světla, tím kvalitnější eliminace fluorescence. Další nevýhodou je určitá finanční náročnost na použité přístroje. Vzhledem k velké citlivosti metody je potřeba používat stejně citlivé lasery, filtry a detektory, což může být finančně náročné [26]

3.4.6 Infračervená spektroskopie

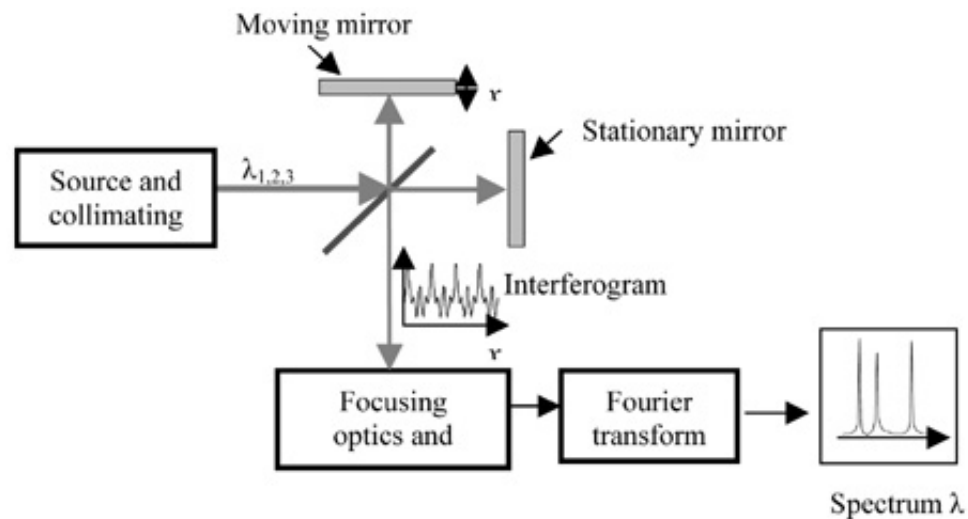
Infračervená spektroskopie je, na rozdíl od Ramanovy, absorpční technika identifikace materiálu. Je založena na faktu, že molekula absorbuje elektromagnetické záření o určité frekvenci, která definuje její strukturu a zároveň dochází ke změně její vibračních energetických stavů. Výstupem měření je potom absorpční spektrum [26]

Již z názvu metody je patrné, že ozařování probíhá zářením z infračervené oblasti. Jako zdroj záření se nejčastěji používá elektrickým proudem rozžhavená pevná látka. Pro svou efektivitu se používá zařízení označované jako Nernst Glower, kde se používají oxidy zirkonia, yttria a thoria nebo křemík-karbidová tyč zvaná Globar. Infračervený detektor je součástí spektrometru, která umožňuje převést energii záření na elektrickou, pomocí které je následně generováno absorpční spektrum. Rozlišujeme dva základní typy detektorů – termální a selektivní. V prvním případě je vyhodnocování založeno na měření tepelných účinků záření a jsou stejně citlivé na všechny vlnové délky. Používají se termočlánky, bolometry a pyroelektrické snímače. Nejdůležitějšími selektivními snímači, jejichž reakce je závislá na vlnové délce záření, jsou fotočlánky. Dopadající záření uvolní vázané elektrony v materiálu detektoru a tím dojde ke zvýšení elektrické konduktivity [25]

Při analýze záření je nutné vyhodnocovat spektrum dle jednotlivých vlnových délek a je tedy nutné mezi zdroj a detektor zařadit další prvek, který nám to umožní. Jedná se o monochromátory nebo interferometry. V monochromátoru se pro oddělení jednotlivých vlnových délek používá mřížka nebo optický hranol. Polychromatické záření vstupuje do monochromátoru vstupní štěrbínou a pomocí vhodných zrcadel se vytvoří paralelní

nerozptýlené záření, které se dostane na hranol nebo mřížku pod stejným úhlem, ale opouští jej/ji pod různými úhly v závislosti na vlnové délce. Rozptýlené záření je následně zrcadly nasměrováno na výstupní štěrbinu. Při použití optického hranolu se pomocí spektrálních posunů dostane na detektor vždy jen světlo o jedné vlnové délce. Pokud použijeme mřížku, výstupní štěrbinou může projít jedna, ale i více vlnových délek, které jsou případně odstraněny selektivním filtrem ještě před dopadem na detektor [25]

Princip Michelsonova interferometru se využívá u spektrometrů založených na Fourierově transformaci. Zařízení se skládá ze dvou zrcadel – stacionární a pohyblivé a separátoru paprsků. Jedná se o poloprůhlednou plochu, která polovinu záření propustí dále a polovinu odrazí. Obě části paprsků se následně odrazí od zrcadel a jev se na separátoru opakuje. Dochází k interferenci vlnění a část paprsků se vrací směrem ke zdroji záření a část pokračuje dále a vytváří tzv. interferogram. Ten vyjadřuje míru posunutí fáze odražených paprsků se stejnou vlnovou délkou způsobenou pohyblivým zrcadlem. Pomocí Fourierovy transformace lze interferogram převést na hledané absorpční spektrum [26] .



Obrázek 12: Princip Michelsonova interferometru [27]

4 ZHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH METOD

4.1 Obecně

Obecně lze říci, že použití jednotlivých metod se překrývá a většinou se provádí komplexní testování za pomoci více než jedné konkrétní metody. Principy popsané výše nejsou určeny pouze pro detekci padělků, ale také k testování kvality součástek, nebo jednoduše pro hledání důvodu, proč byla prokazatelně pravá součástka v aplikaci poškozena a zda se jedná o selhání součástky nebo jejího okolí.

4.2 Rozdělení jednotlivých metod

Při hodnocení lze na jednotlivé identifikační a testovací metody nahlížet z mnoha hledisek. Základní rozdělení je naznačeno v obsahu práce a jedná se o rozřazení metod dle principů, na kterých jsou založeny. Dalším důležitým hlediskem je fakt, zda dojde při testování ke zničení dané součástky. Jediným ryze destruktivním testem v našem přehledu je odstranění pouzdra součástky, decapsulation. Po tomto zákroku součástka může zůstat funkční, ale rozhodně už není možné ji použít pro její původní účely. Určitý zásah do struktury komponenty představuje také test odolnosti značení. Neméně důležitým úhlem pohledu je finanční náročnost. Základní testování lze provádět i s velmi malým finančním rozpočtem, avšak pokud chceme používat modernější technologie a získat spolehlivější výsledky, je často potřeba investovat větší množství peněz. Právě s tímto kritériem je úzce spjaté další možné rozdělení jednotlivých metod – do jaké míry je běžný uživatel schopen test provést, respektive které metody jsou vhodnější do laboratorních a které do provozních podmínek. Rozřazení metod do těchto kategorií je do určité míry subjektivní, avšak při nastolení určitých pravidel pro rozřazení lze dojít k relevantním výsledkům.

4.2.1 Vhodné pro běžného uživatele

Do této kategorie budou patřit především relativně levnější způsoby, jak otestovat původ součástky. Běžným uživatelem nemáme na mysli člověka, který si koupí součástku a jde si ji domů otestovat. Řadíme sem větší či menší společnosti, jež se zabývají prodejem součástek, jejich výrobou, osazováním atd. Tyto korporace provádí ve vlastním zájmu kontrolu kvality, respektive původnosti součástky. Mnohdy jsou zde investovány velké

finanční prostředky, takže černobílá úvaha levné metody = běžný uživatel, drahé metody = speciální laboratoře není úplně přesná.

A jaké metody lze tedy do této skupiny zařadit? Jedná se především o metody založené na vizuální kontrole. Také elektrické testování lze provádět za poměrně přijatelných finančních podmínek. Z mikroskopických metod bych s touto kategorií spojil mikroskopii optickou, jejíž použitím lze získat snadno interpretovatelné výsledky. Z poslední popisované kapitoly metod řadím mezi ty jednodušší kontrolu značení součástky a s tím spojenou dekapulaci.

4.2.2 Vhodné do specializovaných laboratoří

Jak již bylo řečeno, finanční stránka není jediným hlediskem při dělení. Druhým, neméně významným faktorem je správná interpretace výsledků. Při použití metod spojených s akustickou i rentgenovou mikroskopií, XRF analýzou nebo spektroskopií je nutná informační základna, aby bylo možné výsledky správně interpretovat. Je potřebná podrobná znalost principů, na nichž jsou metody založeny, aby bylo možné správně nejen určit výsledek, ale také nastavit a provést samotný experiment. U běžných uživatelů tyto znalosti nepředpokládáme, a pokud bychom opět zmínili firmy spojené s výrobou součástek, není zaměstnání zaškoleného pracovníka natolik efektivní. Z tohoto důvodu existují laboratoře vybavené nejmodernějšími technologiemi a vysoce vzdělanými pracovníky, kteří jsou schopni splňovat nároky spojené s tímto povoláním. V neposlední řadě lze využívat laboratoří zřízených na akademické půdě. Tyto prostory nejsou primárně určeny pro určování kvality elektronických součástek, ale jejich vybavení lze pro tyto účely využít.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 ZAŘÍZENÍ SENTRY COUNTERFEIT IC DETECTOR

5.1 Základní popis

Zařízení SENTRY je moderní nástroj pro testování integrovaných obvodů a diskretních elektronických součástek. Základním principem použití tohoto přístroje je analýza změřených volt-ampérových charakteristik a jejich porovnání s databází charakteristik známých součástek. Tímto způsobem lze odhalit padělek, případně zda součástka nepochází od jiného dodavatele. Přístroj je za pomoci velkého množství patič a adaptérů schopen otestovat široké spektrum typů pouzder integrovaných obvodů a existuje také možnost analýzy atypických či speciálních obvodů. K počítači se připojuje pomocí standardní sběrnice USB 2.0 a software disponuje rozsáhlými možnostmi nastavení jak při provádění testů (amplituda, frekvence, tvar vstupního signálu), tak při analýze a reprezentaci výsledků.

5.2 Hardwarová specifikace

5.2.1 SENTRY Counterfeit IC Detector



Obrázek 13: Zařízení SENTRY Counterfeit IC Detector [28]

Základní parametry přístroje:

- Rozměry: 27×9×25 [š×v×h] cm
- Provozní podmínky
 - Provozní napětí: 85 – 264 VAC
 - Frekvence provozního napětí: 47 – 63 Hz
 - Provozní teplota: 10 – 30°C
 - Vlhkost vzduchu: 20 – 80 %
- Další specifikace
 - Maximální odběr el. energie: 150 W
 - 256 testovacích kanálů
 - maximální testovací napětí: 20 V_{pp} [29]

5.2.2 Kontaktní adaptéry

K přístroji je možné některé typy součástek připojit rovnou – jedná se hlavně o součástky realizované do DIL pouzdra. Pro testování součástek uložených do jiného typu pouzdra je potřeba vlastnit redukční patici, která nám to umožní. K dispozici je několik originálních adaptérů přímo od firmy ABI Electronics. Jedná se o adaptéry umožňující připojení běžných pouzder SOIC, PLCC, SSOP a TSOP. K dispozici však jsou i specifitější adaptéry pro pouzdra BGA nebo QFP. Existuje možnost realizovat vlastní model adaptéru. Tato možnost se využívá především, pokud je potřeba otestovat určitý funkční celek najednou. Druhou možností může být návrh jakéhosi univerzálního adaptéru, do kterého lze vsadit více typů pouzder bez nutnosti mít patici pro každou součástku zvlášť.



Obrázek 14: Adaptér pro připojení 20 – 84 pinových PLCC pouzder [28]

5.3 Potřebné softwarové vybavení

Pro použití detektoru je nutné nainstalovat speciální software vyvinutý firmou ABI Electronics. Pro správnou funkci programu budeme potřebovat počítač používající operační systém Microsoft Windows XP, Vista nebo 7 s minimálně 200MB volného místa na pevném disku, 512 MB RAM a v neposlední řadě také USB portem standardu 2.0 [29]. Aktuální, mnou používaná, verze programu pro 32 bitové systémy je 2.12. Jedná se o nejnovější update tohoto softwaru, který nabízí možnost vytvořit tzv. Double PinPrint, graf který vznikne spojením více VA charakteristik.

5.3.1 Funkce programu

Program podporuje práci více uživatelů, při každém spuštění je tedy nejprve nutné se přihlásit. Po přihlášení se objeví úvodní okno programu, v jehož levé části je základní menu pro ovládání programu.

5.3.1.1 Položka Learn

V této nabídce je hlavním cílem vytvořit vzorovou charakteristiku, která bude sloužit jako referenční při porovnávání výsledků s jinými součástkami. Zvolenou součástku lze také libovolně editovat ještě před startem skenování. Po stisku tlačítka LEARN dojde ke změření charakteristik dle zadaného skenovacího profilu. Překliknutím na záložku Results zobrazíme změřené charakteristiky – PinPrint. Informace o PinPrintu k dané součástce

vidíme v levé dolní části okna. Na záložce Documentation lze vkládat uživatelské poznámky k součástce nebo průběhu měření, lze připojit webové odkazy, obrázky nebo celé dokumenty, které přispívají k přehlednosti celé databáze součástek. Při exportu jsou tyto informace součástí výsledného souboru a mohou tedy sloužit pro lepší orientaci dalších uživatelů.

5.3.1.2 Položka Test

V této záložce dochází k samotnému testování součástek. Předpokladem k testování je vytvořený referenční PinPrint. Po stisku tlačítka TEST dojde dle zvoleného režimu k cyklickému testování všech vývodů, respektive pouze k jednomu cyklu testu. V pravé části okna lze zobrazit naměřené hodnoty a jejich porovnání s referenční součástkou.

5.3.1.3 Položka Library

Knihovna součástek, pouzder a adaptérů. Všechny zmíněné položky jsou v nabídce zastoupeny jednou záložkou a je možné přidávat, odebírat, editovat a samozřejmě importovat nebo exportovat.

Při vytváření nové součástky jsou vyžadovány informace, které součástku identifikují – tj. označení a výrobce. Následně je nutné vybrat správné pouzdro součástky a v případě potřeby také adaptér, pomocí kterého se připojí k detektoru padělků. Je také potřeba nastavit skenovací profil – parametry, které budou použity pro měření charakteristik. Každá součástka má přiřazen vlastní skenovací profil a pokud chceme stejnou součástku testovat vícekrát, vždy s jinými parametry, je nutné vytvořit součástku vícekrát a každé kopii nastavit požadovaný profil. Program obsahuje několik základních měřících režimů, lze však vytvářet nové s libovolnými parametry vstupního napětí.

V základním seznamu pouzder, který je obsažen v programu lze nalézt většinu běžně užívaných typů. Pokud však požadované pouzdro v seznamu chybí, existuje možnost vytvořit si ho. Při návrhu lze realizovat libovolný tvar, velikost i počet vývodů pouzdra. Po doplnění informací k návrhu lze pouzdro uložit a následně přiřadit k libovolné součástce.

Poslední záložka nabízí vytvořit model adaptéru, jestliže došlo k připojení takového, který není v knihovně obsažen.

5.3.1.4 Položka Hardware

Před startem testování je vždy vhodné zkontrolovat, zda je navázána komunikace mezi HW a SW. V sekci lze nalézt parametry a informace o připojeném zařízení, zda jsou splněny všechny předpoklady pro správnou funkci a přístroj je připraven k použití.

5.3.1.5 Položka Administration

Tato volba slouží k administraci zmíněných uživatelských účtů a také k nastavení parametrů pro vyhodnocování provedených testů součástek. Lze zde vytvořit uživatele a následně mu přidělit jednotlivá oprávnění, případně nastavit heslo. Mezi tyto oprávnění patří možnost kalibrovat zařízení, spravovat knihovnu součástek, knihovnu pouzder a skenovací profily.

V záložce Comparison lze nastavovat parametry, určující výsledek testu. Součástka, respektive každý její pin, může splnit podmínky testu (PASS, zelený symbol ✓), může být označena za podezřelou (SUSPECT, žlutý ?) nebo v testu selže (FAIL, červený symbol ✘). Tento výsledek lze ovlivnit nastavením vertikální či horizontální tolerance při vyhodnocování. Implicitně nastavená šířka tolerančního pole je 5%.

6 TESTOVÁNÍ SOUČÁSTEK

6.1 Cíl měření

Primárním cílem měření bylo zjistit rozdíly ve výsledných charakteristikách v závislosti na různých hodnotách vstupního napětí. Jinak řečeno, rozdíly ve výsledcích při použití různých skenovacích profilů. Hlavním důvodem, proč jsem se rozhodl při měření ubírat tímto směrem je fakt, že v nejnovější verzi programu, 2.12, existuje možnost vytvořit tzv. Dual PinPrint. Výsledný graf je v tomto případě složen ze dvou charakteristik (High Speed, High Sensitive). Měření však lze provést i samostatně, každou charakteristiku zvlášť. Čtvrtým zkoumaným profilem bude režim pro testování integrovaných obvodů, který byl součástí již dřívějších verzí programu. Všechny profily pracují se sinusovým napětím v rozsahu -10V až 10V. Rozdíly jsou však ve frekvenci a hodnotě výstupní impedance zdroje: 100Hz/100k Ω pro režim High Sensitive, 2kHz/1k Ω pro High Speed a 100Hz/1k Ω pro Normal Digital.

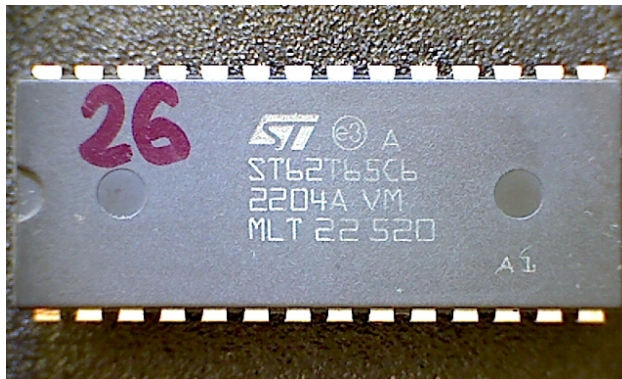
6.2 Vybrané vzorky součástek

Měření probíhalo na třech vzorcích součástek. V rámci každého vzorku se jednalo o pět součástek s naprosto totožným označením. Prvním byl 8 bitový mikroprocesor ST62T65C6 od společnosti STMicroelectronics. Jednalo se o původní součástky získané jako vzorky z aplikace. Jako příklad testování komplexního celku sloužil hybridní keramický modul s jednořadovými vývody, získaný jako vzorek pro testování. Třetím vzorkem byla pětice nepůvodních 4 bitových mikroprocesorů. Jednalo se o prokazatelně nepůvodní součástky, poskytnuté pro testování s tím, že po osazení obvodu do aplikačního modulu bylo testerem indikováno, že vývod číslo 9 není propojen s vnitřním systémem. Vzhledem k faktu, že se jedná o nepůvodní součástky, nebudu blíže specifikovat typ ani výrobce.

6.3 Výsledky měření

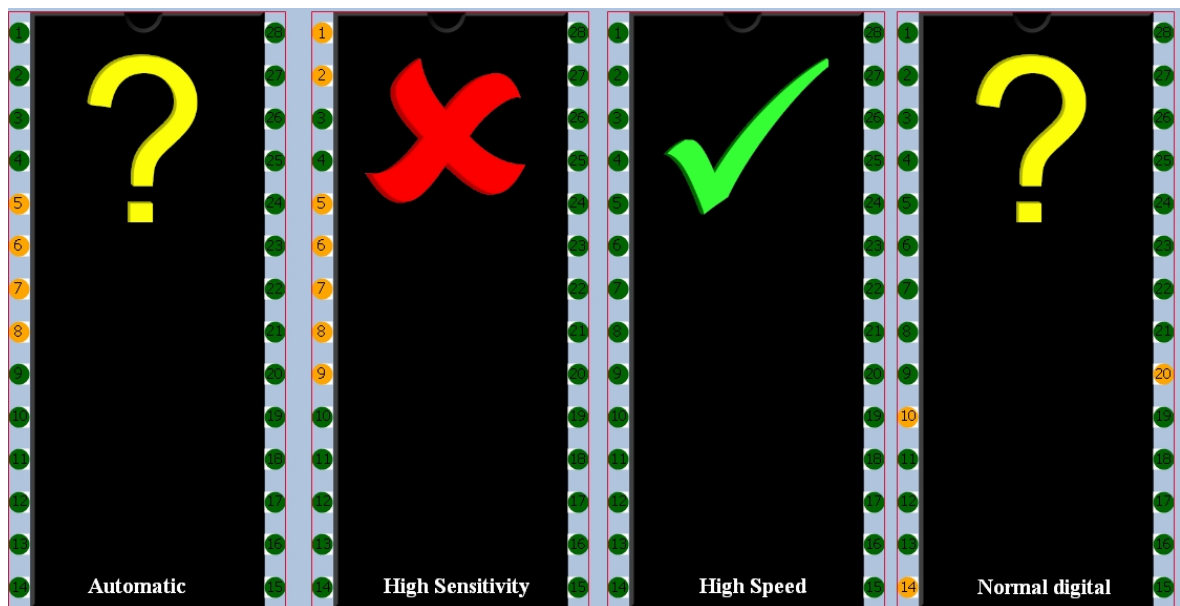
6.3.1 Mikroprocesor ST62T65C6

Tohoto typu mikroprocesoru jsem měl k dispozici 33 kusů. Pro účely měření jsem vybral součástky s interním číselným označením 3, 4, 23, 24 a 26 přičemž číslo 26 jsem zvolil jako referenční.



PB0	1	28	PC0/Ain
PB1	2	27	PC1/TIM1/Ain
Vpp/TEST	3	26	PC2/Sin/Ain
PB2	4	25	PC3/Sout/Ain
PB3	5	24	PC4/Sck/Ain
PB4	6	23	NMI
PB5	7	22	RESET
ARTIMin/PB6	8	21	OSCCout
ARTIMout/PB7	9	20	OSCCin
Ain / PA0	10	19	PA7/Ain
VDD	11	18	PA6/Ain
VSS	12	17	PA5/Ain
Ain/PA1	13	16	PA4/Ain
Ain/PA2	14	15	PA3/Ain

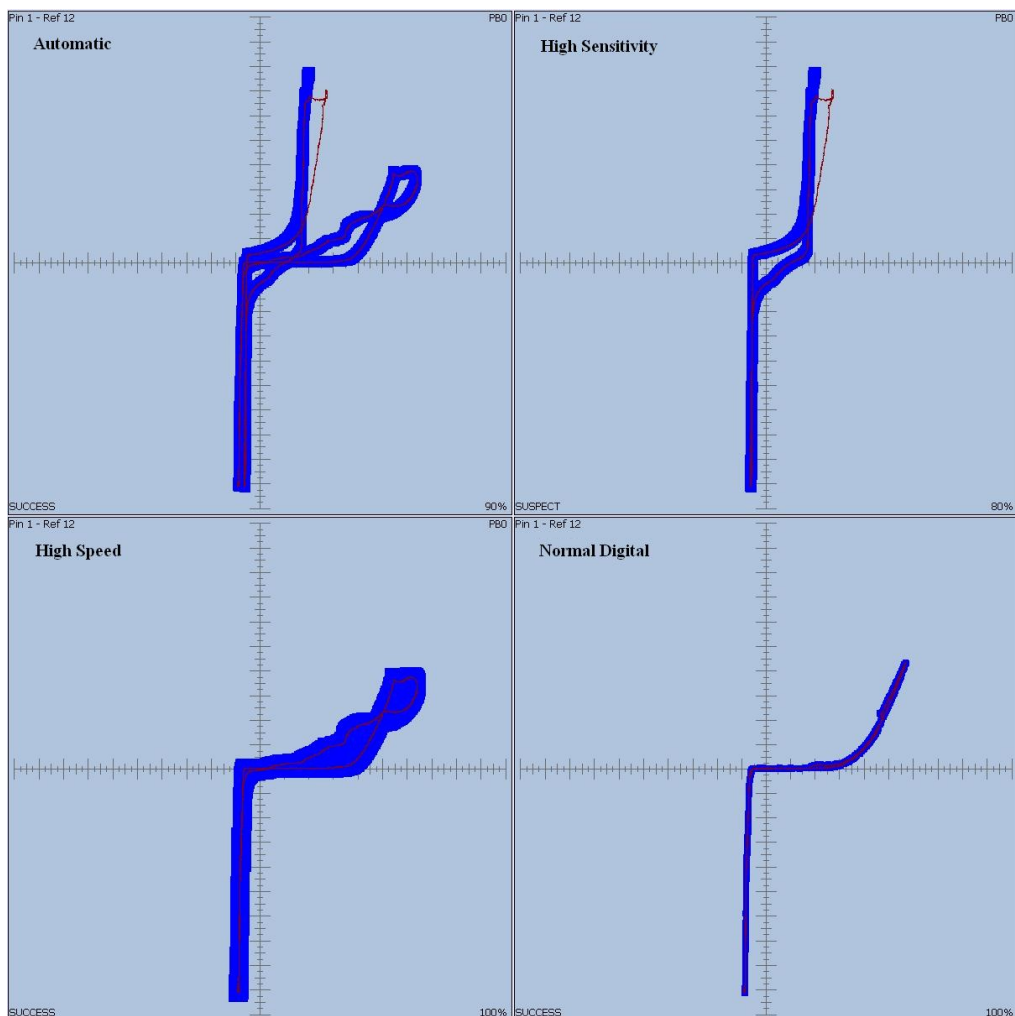
Obrázek 15: Referenční vzorek mikroprocesoru ST62T65C6 a označení jeho vývodů [30]
 Již z porovnání první součástky s referenční vyplývají rozdíly ve zmíněných měřících profilech. A to jak ve výsledku testu součástky jako celku, tak o bližším zkoumání jednotlivých charakteristik. Protože se jedná o původní součástky, snížil jsem hodnotu tolerančního pole na 2% a umožnil tak přesnější zkoumání rozdílů mezi jednotlivými profily.



Obrázek 16: Celkový přehled výsledků testů pro různé měřící profily, mikroprocesor ST62T65C6, vzorek č. 24

Nejvíce se lišil profil High Sensitivity. Při přiřazení označení k SUSPECT vývodům, zjistíme, že se vesměs jedná o piny vstupně/výstupního portu mikroprocesoru, označeného jako port PB. V režimu Automatic nebylo odlišení daného portu tak jednoznačné. Avšak většina jeho pinů se pohybovala na implicitně nastavené hranici 89%/90% (společných bodů s tolerančním polem referenční charakteristiky), která rozhoduje o výsledku testu.

Během opakovaných měření v tomto režimu docházelo k drobné nestabilitě zmíněných pinů, způsobené právě nastavením hodnoty tolerance. V polovině případů byly ještě vyhodnoceny jako PASSED a v polovině spadly do kategorie SUSPECT. Režim High Speed vykazoval stabilní výsledky i při opakovaném měření vždy vyhodnotil celou součástku jako shodnou s referenční. Měření pomocí profilu Normal Digital vykazovalo stabilní výsledky, jako SUSPECT byly vždy označeny vývody č. 10, 14 a 20. Při zkoumání charakteristik jsem mezi nimi nenašel žádnou spojitost jako u ostatních režimů.

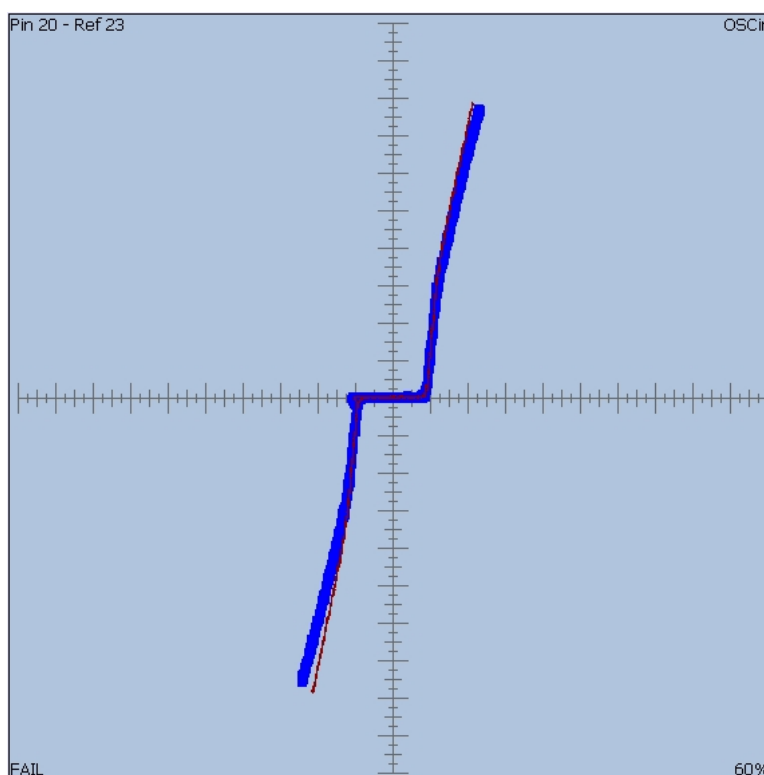


Obrázek 17: Porovnání jednotlivých měřících režimů, mikroprocesor ST62T65C6, vzorek č. 24, pin 1

Obrázek 17 ukazuje rozdílnost jednotlivých charakteristik změřených pomocí různých profilů. Režim Automatic v sobě zahrnuje dvě rozdílné charakteristiky – High Sensitive a High Speed a jedná se o tzv. Dual Pin-Print. Hlavní odlišnost těchto dvou charakteristik spočívá v tom, že při měření v High Sensitive módu prochází součástkou větší proudy. Lze

tedy říci, že vstupně/výstupní port u testovaného mikroprocesoru je citlivý na průchod větších proudů. Zmíněná chyba je patrná jak z průběhu charakteristiky Automatic režimu, tak High Sensitive. V prvním zmíněném však figuruje také druhá část charakteristiky, která zvrátí konečný výsledek pinu směrem k úspěchu. V režimu Normal Digital opět nefigurují vysoké proudy a především má charakteristika jednoduchý, přímočarý průběh, na kterém se hůře pozorují případné nuance.

Testování dalších vzorků potvrdilo tezi o citlivosti portu PB mikroprocesoru v režimu High Sensitivity. Projevila se však i na zbývajících dvou, tedy PA a PC. Zajímavostí je, že u prvního měřeného vzorku nebyl zaznamenán ani náznak citlivosti u zbývajících dvou portů, avšak testování zbylých součástek vesměs tyto porty stabilně označilo jako SUSPECT. V režimu Normal Digital došlo k potvrzení výkyvu ve shodnosti charakteristik u zmíněných vývodů 10, 14 a 20. Pouze v jednom případě však byl tento výkyv natolik velký, že vývody 14 a 20 byly označeny jako FAIL.

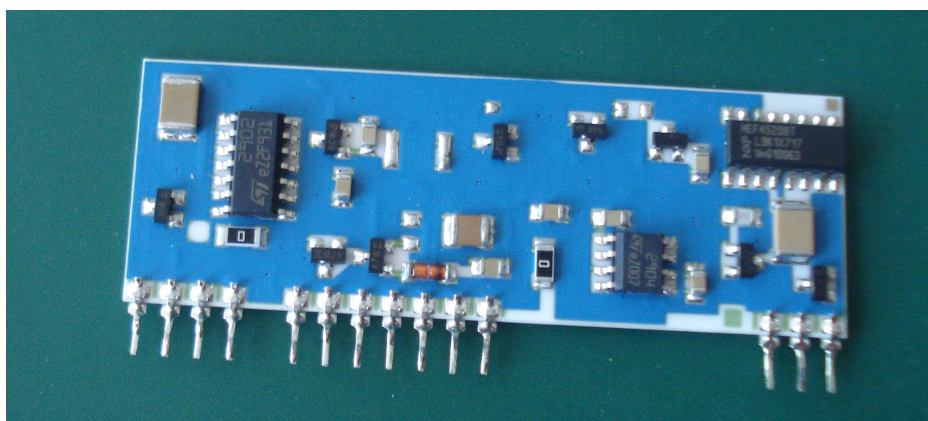


Obrázek 18: Mikroprocesor ST62T65C6, vzorek č. 3, pin 20 – kritická neshoda s referenční charakteristikou

Jen v případě mikroprocesoru ST62T65C6 jsem měl k dispozici i součástky z jiné výrobní řady. Při porovnání dvou výrobních sérií v režimu Automatic byly výsledky podobné,

avšak při přezkoušení součástky v režimech High Speed a Sensitivity jsem získal přesně opačné výsledky. Zmíněnou citlivost výstupních portů nezpůsobil režim High Sensitivity, který označil všechny piny zelenou barvou, ale právě naopak režim High Speed. Naprostou jistotu, že součástka pochází z jiné série, nám potom z elektronického hlediska poskytl Pin-Print režimu Normal Digital. V něm byly, až na tři výjimky, všechny piny označeny jako FAIL.

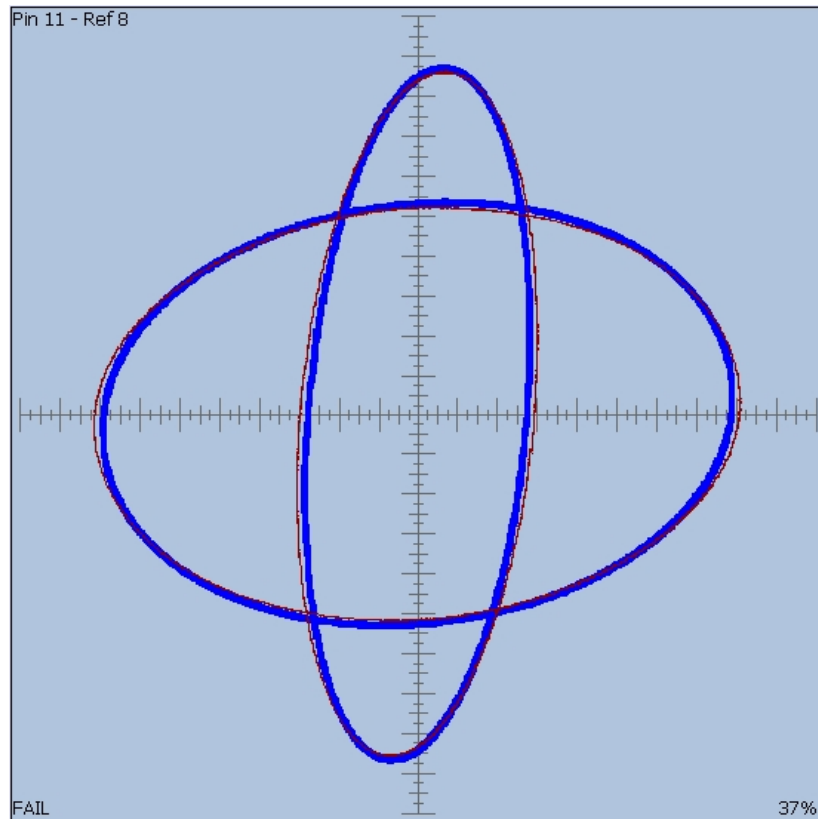
6.3.2 Modul Hybrid 10



Obrázek 19: Modul Hybrid 10

K připojení tohoto modulu s vývody v jedné řadě bylo potřeba vytvořit virtuální pouzdro a adaptér, díky kterým bylo možné přiřadit jednotlivé vývody modulu ke konkrétním kanálům testeru SENTRY.

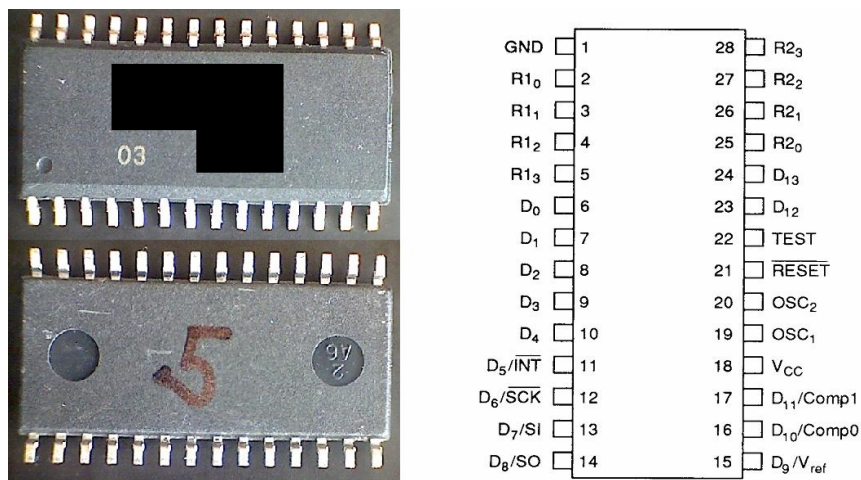
Výsledky měření ukázaly, že se jedná o velice stabilní komponentu. Všechny testované součástky vykazovaly naprosto stejné výsledky s tolerancí 0,5%. V režimech High Speed a High Sensitivity se stoprocentně shodovaly s referenčním vzorkem. V případě Automatic režimu pak docházelo k označení pinu 11 jako nevyhovujícího. Z Obrázku 21 je patrné, že celková chyba je způsobena drobnými nepřesnostmi v obou částech charakteristiky. Samy o sobě nejsou tyto nepřesnosti nijak markantní, jejich sečtením v Dual Pin-Printu však došlo k jejich zvýraznění. Charakteristiky v režimu Normal Digital opět nebyly nijak výrazné a zapadaly do celkového výsledku testu.



Obrázek 20: Charakteristika pinu 11, modul Hybrid 10

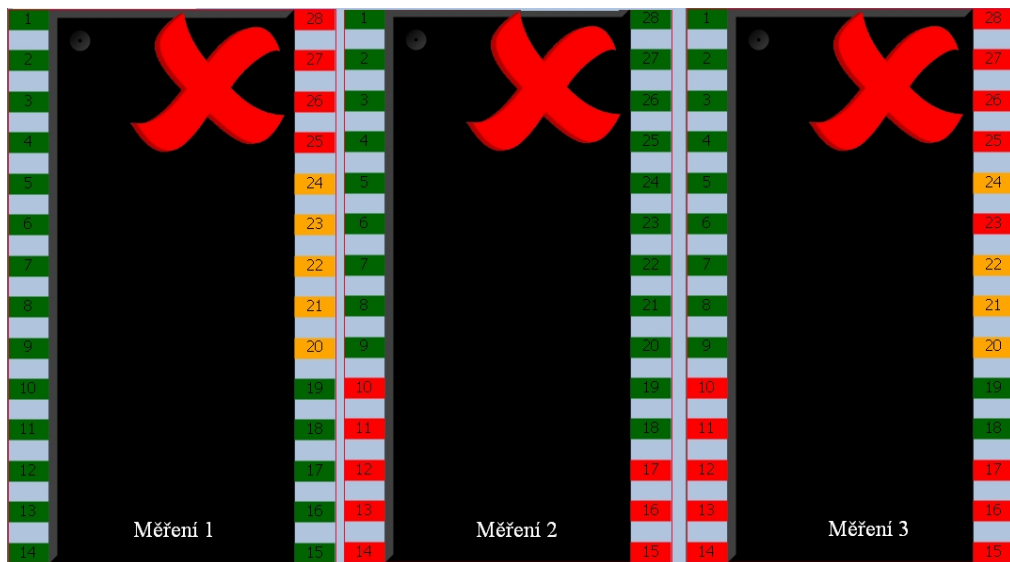
6.3.3 4 bitový nepůvodní mikroprocesor

Z dostupných nepůvodních vzorků tohoto mikroprocesoru jsem opět vybral pěťici, kterou jsem interně označil čísly 1 až 5, přičemž součástka s nejvyšším číslem byla zvolena jako referenční.



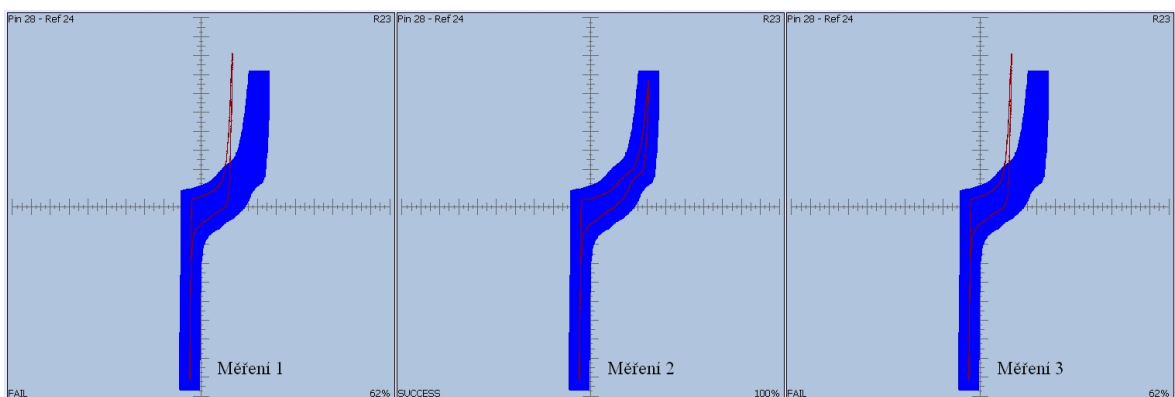
Obrázek 21: Referenční vzorek nepůvodního mikroprocesoru a označení jeho vývodů

Testování probíhalo s tolerančním polem o velikosti 5%, hodnotou doporučenou společností ABI pro testování padělků. Při měření referenčního vzorku se ukázala obrovská nestabilita způsobená nekvalitním zpracováním padělku. Nejvíce se projevila v režimu High Sensitivity. Při opakovaném měření se mi dostávalo vždy jiných výsledků testu. Respektive vždy jiné piny byly označeny jako FAIL.



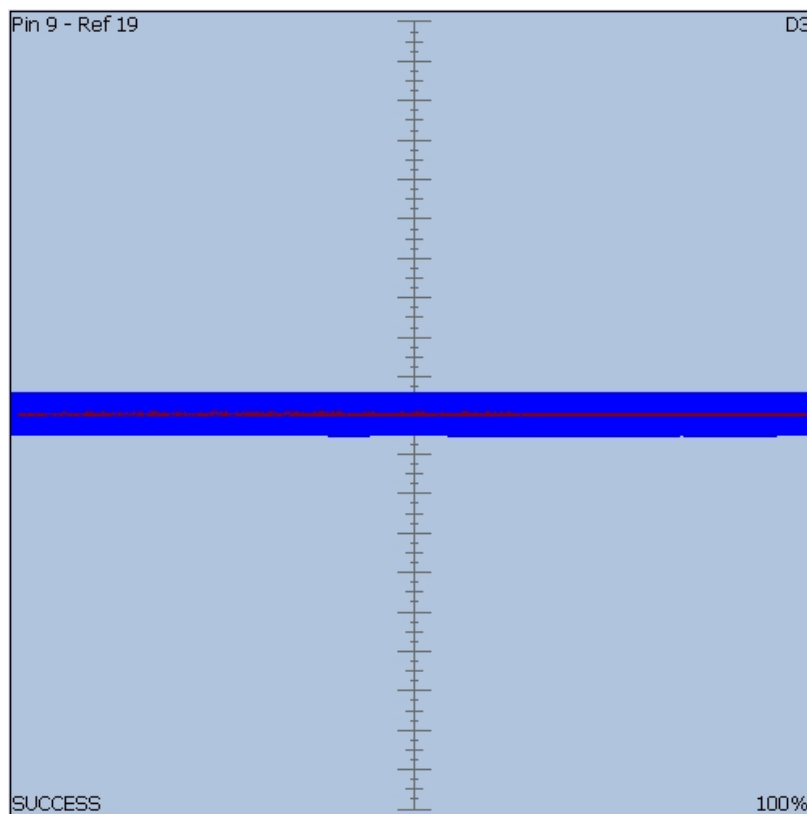
Obrázek 22: Tři rozdílné výsledky testu, režim High Sensitivity, nepůvodní mikroprocesor, referenční vzorek č. 5

Nejvíce se tato nestabilita projevila u pinů označených čísly 10-17 a 23-28. Jednalo se o výkyvy v počtu společných bodů s referenční charakteristikou v rozmezí intervalu 62 - 100%, ve většině případů se výsledná hodnota rovnala jedné z krajních mezí zmíněného intervalu.



Obrázek 23: Tři rozdílné charakteristiky pro pin č. 28, nepůvodní mikroprocesor, referenční vzorek č. 5

Z Obrázku 22 je také patrné, že pin 9 v testu uspěl, i když o něm víme, že není připojen. Je tomu tak při měření napříč všemi režimy a je to logické – pokud u všech součástek není připojen vývod, pro všechny součástky bude výsledkem testu stejná charakteristika. Tu vidíme na Obrázku 24, jedná se o vodorovnou úsečku.



Obrázek 24: Volt-ampérová charakteristika nepřipojeného vývodu

Výrazná nestabilita se projevila také v rámci porovnávání součástek mezi sebou, co součástka to jiný výsledek v rámci vybraného vzorku. To jasně svědčí o nepravosti součástek.

- Součástka č. 1: High Sensitivity – nestabilita pinů 10-17 pohybující se na hranici SUSPECT/FAIL, High Speed – všechny piny stabilně označeny jako SUCCESS
- Součástka č. 2: při měření ve všech režimech byly naprosto stabilně a opakovaně všechny piny označeny zelenou barvou a shodovaly se 100% s referenční charakteristikou.
- Součástka č. 3: opět nestabilita v režimu High Sensitivity u pinů 10-17, v režimu Normal Digital nestabilní úplně jiné vývody

- Součástka č. 4: v režimu High Speed byla většina pinů označena jako SUSPECT, tím byl ovlivněn i režim Automatic, jednalo se o stabilní výsledky vykázané i při opakovaném měření.

ZÁVĚR

V teoretické části byl naznačen vzrůstající význam padělků elektronických součástek a nutnost boje proti pronikání nepůvodních součástek na trh. Toho lze docílit nákupem součástek u oficiálních výrobců součástek, respektive u prověřených dodavatelů, kteří dokáží prokázat původ součástek. Podpůrným prostředkem proti boji s padělků je také snaha oficiálních výrobců součástek, oficiálních distributorů a společností zabývajících se odchytem padělků vytvořit a rozšiřovat databázi odhalených padělků, ve které by mělo být obsaženo co největší množství informací o nepůvodní součástce. Důležitým faktorem je v tomto případě spolupráce.

Účinnou zbraní proti selhávání koncových zařízení je nejen výstupní kontrola součástky výrobcem, ale vzhledem k padělkům také vstupní kontrola součástky na straně zpracovatele. Je však potřeba najít vhodnou metodu, která dokáže splnit požadavky na kvalitní testování součástky. Důležitou roli v tomto případě hraje finanční a časová náročnost. Samozřejmostí by měla být kontrola balení součástky. Z metod, vhodných pro vstupní kontrolu, bych vyzdvihl například rentgenovou kontrolu vnitřní struktury součástky – pomocí automatizované linky porovnávat získané obrazy a hledat v nich nepravidelnosti.

Zhodnocení výsledků praktické části bych začal výčtem kladů a záporů použití přímo detektoru padělků SENTRY. Velkým plusem je snadná instalace a nízká hardwarová náročnost. V kombinaci s faktem, že k základnímu získávání výsledků není třeba pokročilejších znalostí v něm vidím důležitý nástroj pro vytváření informační základny pro celou metodu vyhodnocování volt-ampérových charakteristik, případně vhodné řešení vstupní kontroly pro menší společnosti. Další kladnou vlastností je vysoká variabilita při měření neklasických pouzder součástek. Naopak nevýhodu spatřuji v nedokonalé správě součástek v knihovně. Při práci mi chyběla možnost nakopírovat součástku. Především z hlediska nutnosti ručně vyplňovat názvy vývodů pro každou vytvořenou součástku zvlášť. Pro studijní účely může být nepříjemností také absence možnosti uložení obrazu samotné charakteristiky. Vzhledem k určení detektoru pro účely praxe je to od společnosti ABI záměr, který pomáhá udržovat konzistenci výsledků, kterou tzv. Reporty poskytují.

Během měření prvního vzorku součástek, mikroprocesoru ST62T65C6, jsem zjistil souvislost mezi měřícími režimy Automatic, High Sensitive a High Speed, která se následně s naprostou přesností potvrdila i u všech následujících měření. Z pozorování

vyplývalo, že Dual Pin-Print režimu Automatic je složený z jednotlivých otisků (Pin-Print) v režimech High Speed a High Sensitive. Z průběhů charakteristik lze také vyčíst, že v režimu High Sensitivity prochází mezi jednotlivými vývody větší proudy, a naopak měření v režimu High Speed se vyznačuje spíše většími hodnotami na napěťové ose. Záleží potom na prověřované součástce, na který z režimů bude citlivější. Z výsledků měření modulu Hybrid 10 bych zmínil snad jen vysokou stabilitu a přesnost všech dostupných vzorků. Mnohem zajímavějších výsledků se mi dostalo při měření padělků druhého mikroprocesoru. Zde se opakovaně projevovala nestabilita většiny vývodů i součástek jako takových. Přisuzuji to nekvalitnímu provedení daných padělků.

CONCLUSION

The growing importance of counterfeit electronic components and fight with them was chalked out in the theoretical part of thesis. To prevent the counterfeit electronic component product penetration, it's necessary to buy parts from original component manufacturers or from a verified distributor who is capable of proving the part origin. The aspiration of official component manufacturers, official distributors and companies regarding the component testing, is to create and enlarge the database of detected counterfeits as a subsidiary means for counterfeit fighting. This database should contain as many information about fake parts as possible. The most important factor in this case is cooperation and good will to share collected information.

Not only vendor inspection, but mainly the input inspection performed at the customer site is necessary to prevent failure of their products. It's not easy to find suitable method meeting the requirements for efficient component testing. Basic criteria are time and financial costs. Delivery package inspection should be a rule. Among methods described in thesis, I would highlight X-Ray inspection for example. It's possible to let every component to be automatically scanned and analysed for abnormalities in their internal structure.

Evaluation of results gained in practical part of thesis I would start with the list of pros and cons of using SENTRY Counterfeit IC Detector. Easy software installation and low hardware requirements are big advantages. User doesn't need high education to operate SENTRY. This fact makes it important tool for creating information basis. It can also be used as device providing input inspection in smaller companies. Another good thing about SENTRY is high variability when connecting atypical component packages. On the other hand is imperfect managing of component library. When you need to create similar component, there's no option to copy the original one. If you need to enter pin names, you have to do it manually again and again. There is no option to export individual characteristics pictures. It's intent of ABI company that helps keep results consistent. It's logical for practical applications, but for study purposes could be little problem.

I've found connection between Automatic, High Sensitivity and High Speed scan profiles during testing first sample of components, microprocessor ST62T65C6. This connection was confirmed during all other measurements. Dual Pin-Print of Automatic scan profile is

combination of Pin-Prints received using High Sensitivity and High Speed profile. Examination of characteristics tells us, that High Sensitivity profile uses higher values of current when testing the component and vice versa High Speed profile has higher numbers on voltage axis. Type of a component is determining when choosing a suitable profile. Some parts are more affected by current, some by voltage. Worth mentioning results of testing Hybrid 10 modules are only stability and exactness of all tested parts. More interesting results were gained during the test of second microprocessor counterfeits. Major part of components and even single pins were very instable. Repeating of measurements led to different and different results each time. It's an implication of poor quality of counterfeits.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] M. Crawford, et al., *Defense Industrial Base Assessment*. In: Counterfeit Electronics, Report of U.S. Department of Commerce, Bureau of Industry and Security, Office of Technology Evaluation, January 2010.
- [2] LOWRY, Robert K. Counterfeit Electronic Components -- An Overview. In: *Oneida Research Services, Inc.* [online]. 2007 [cit. 2012-02-08]. Dostupné z: <http://www.ors-labs.com/pdf/MASH07CounterfeitDevice.pdf>
- [3] Counterfeit Electronics by the Numbers: The Shocking Magnitude of a Growing Global Problem. In: *Design_supplychain* [online]. 20.7.2011 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: <http://roryking.blogspot.com/2011/07/counterfeit-electronics-by-numbers.html>
- [4] MOORE, Malcolm. US weapons 'full of fake Chinese parts'. In: *The Telegraph* [online]. 8.11.2011 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: <http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/northamerica/usa/8876656/US-weapons-full-of-fake-Chinese-parts.html>
- [5] Statistics on the Management of Used and End-of-Life Electronics. In: *US Environmental Protection Agency* [online]. 2.11.2011 [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: <http://www.epa.gov/epawaste/conservematerials/ecycling/manage.htm>
- [6] MORGAN, Russell. Tips and Tricks for Recycling Old Computers. In: *SmartBiz* [online]. 21 Aug 2006 [cit. 2012-04-06]. Dostupné z: <http://www.smartbiz.com/article/articleprint/1525/-/1/58>
- [7] ROYTE, Elizabeth. E-gad! Americans discard more than 100 million computers, cellphones and other electronic devices each year. As "e-waste" piles up, so does concern about this growing threat to the environment. In: *AccessMyLibrary* [online]. 01 Aug 2005 [cit. 2012-04-06]. Dostupné z: http://www.accessmylibrary.com/coms2/summary_0286-9604019_ITM
- [8] Electronic waste. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 6 April 2012 [cit. 2012-04-06]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_waste#cite_ref-4

- [9] Most U.S. Electronic Waste is Pollution-and-Worker-Danger Shipped Overseas. In: *Ethical Shopping* [online]. November 19, 2007 [cit. 2012-04-06]. Dostupné z: <http://www.ethicalshopping.com/electronics/cell-phones-service/most-u-s-electronic-waste-pollution-and-worker-danger-shipped-overse>
- [10] Detection of Counterfeit Electronic Components. In: *American Electronic Resource Inc.* [online]. © 2010 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.aeri.com/detection-of-counterfeit.asp>
- [11] False top coatings of a counterfeit component revealed layer by layer. In: *Global SMT&Packaging* [online]. 10 September 2010 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.globalsmtseasia.com/index.php/Components/false-top-coatings-of-a-counterfeit-component-revealed-layer-by-layer.html>
- [12] Warning: Suspect Counterfeit Part Identified. In: *OxygenElectronics* [online]. February 9, 2011 [cit. 2012-04-13]. Dostupné z: <http://oxygenelectronics.blogspot.com/2011/02/warning-suspect-counterfeit-part.html>
- [13] X-ray microscopy. In: *X-ray optics* [online]. [2010] [cit. 2012-04-13]. Dostupné z: http://www.x-rayoptics.com/index.php?option=com_content&view=article&id=118&Itemid=131&lang=en
- [14] Best defense against counterfeit components. In: *Creative Electron* [online]. 2010 [cit. 2012-04-14]. Dostupné z: <http://www.creativeelectron.com/Solutions/Truview/truview.html>
- [15] X-ray fluorescence. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2012 [cit. 2012-04-14]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/X-ray_fluorescence
- [16] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/95/ES ze dne 27. ledna 2003 o omezení používání některých nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních. In: *32002L0095*. 2003.

- [17] BAKER, Michael a Joel DEUTSCH. RoHS Compliance and Counterfeit Components. In: *E-Certa, Inc.* [online]. 2011 [cit. 2012-04-14]. Dostupné z: <http://www.e-certa.com/assets/counterfeit-symposium-paper.pdf>
- [18] Applications - Mechanical Decapsulation. In: *Quasi-S Pte. Ltd.* [online]. © 2012 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: http://www.quasi-s.com.sg/applications.php?appID=5&sub_appID=28&prodID=28
- [19] MARTIN, Perry L. *Electronic failure analysis handbook: techniques and applications for electronic and electrical packages, components and assemblies.* New York: McGraw-Hill, 1999. ISBN 00-716-2634-4.
- [20] Decapsulation. In: *Priority Labs, Inc.* [online]. ©2012 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://www.prioritylabs.com/Decapsulation.aspx>
- [21] Decapsulation. In: *ULTRA TEC Manufacturing, Inc.* [online]. © 2012 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://www.ultratecusa.com/decapsulation>
- [22] Microscopy. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2012 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Microscopy#Infrared_microscopy
- [23] Stereo microscope. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Stereo_microscope
- [24] Acoustic microscopy. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Acoustic_microscopy
- [25] COLTHUP, Norman B, Lawrence H DALY a Stephen E WIBERLEY. *Introduction to infrared and Raman spectroscopy.* 3rd ed. Boston: Academic Press, c1990, 547 s. ISBN 01-218-2554-X.
- [26] VAŠKOVÁ, Hana. A powerful tool for material identification: Raman spectroscopy. *International Journal of Mathematical Models and Methods in*

- Applied Sciences [online]. 2011, vol. 5, iss. 7, s. 1205-1212. [cit. 2012-04-30].
ISSN 1998-0140. Dostupné z: <http://www.naun.org/journals/m3as/17-120.pdf>.
- [27] Fourier-Transform Spectrometers. In: *SPIE* [online]. 2012 [cit. 2012-05-07].
Dostupné z: <http://spie.org/x34351.xml>
- [28] SENTRY Counterfeit IC Detector. In: *ABI Electronics* [online]. 2012 [cit. 2012-05-13]. Dostupné z:
<http://www.abielectronics.co.uk/Products/SENTRYCounterfeitICDetector.php>
- [29] ABI ELECTRONICS. *SENTRY Counterfeit IC Detector OPERATOR'S MANUAL*.
Revision 2.04. 2011.
- [30] STMICROELECTRONICS. *ST62T55C, ST62T65C/E65C datasheet*. 1999.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Deformovaný vývod integrovaného obvodu [12]	18
Obrázek 2: Rozdílné kontrolní značky a špatné označení na součástkách se stejným označením ze stejné dodávky [10]	18
Obrázek 3: Patrný black-topping na horní straně součástky, 40x zvětšeno [11]	19
Obrázek 4: Rozdílné povrchy uvnitř kontrolní značky [10]	20
Obrázek 5: Příklad VA charakteristiky a tolerančního pásma naměřené pomocí přístroje SENTRY Counterfeit Detector	21
Obrázek 6: Rentgenové porovnání dvou součástek se stejným označením [14]	23
Obrázek 7: Součástka v řezu / její akustický obraz [24]	23
Obrázek 8: Mechanické odstranění pouzdra [18]	25
Obrázek 9: Selektivní odleptání pouzdra [20]	26
Obrázek 10: Jednotlivé vrstvy padělané součástky [11]	27
Obrázek 11: Princip Ramanovy spektroskopie [26]	29
Obrázek 12: Princip Michelsonova interferometru [27]	31
Obrázek 13: Zařízení SENTRY Counterfeit IC Detector [28]	35
Obrázek 14: Adaptér pro připojení 20 – 84 pinových PLCC pouzder [28]	37
Obrázek 15: Referenční vzorek mikroprocesoru ST62T65C6 a označení jeho vývodů [30]	41
Obrázek 16: Celkový přehled výsledků testů pro různé měřicí profily, mikroprocesor ST62T65C6, vzorek č. 24	41
Obrázek 17: Porovnání jednotlivých měřících režimů, mikroprocesor ST62T65C6, vzorek č. 24, pin 1	42
Obrázek 18: Mikroprocesor ST62T65C6, vzorek č. 3, pin 20 – kritická neshoda s referenční charakteristikou	43
Obrázek 19: Modul Hybrid 10	44
Obrázek 20: Charakteristika pinu 11, modul Hybrid 10	45
Obrázek 21: Referenční vzorek nepůvodního mikroprocesoru a označení jeho vývodů	45
Obrázek 22: Tři rozdílné výsledky testu, režim High Sensitivity, nepůvodní mikroprocesor, referenční vzorek č. 5	46
Obrázek 23: Tři rozdílné charakteristiky pro pin č. 28, nepůvodní mikroprocesor, referenční vzorek č. 5	46

Obrázek 24: Volt-ampérová charakteristika nepřípojeného vývodu 47

SEZNAM PŘÍLOH

**PŘÍLOHA P I: PREZENTACE VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ PRAKTICKÉ ČÁSTI
BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

PŘÍLOHA P II: EXPORTOVANÁ KNIHOVNA POUŽITÝCH SOUČÁSTEK

PŘÍLOHA P III: SEZNAM ZAJÍMAVÝCH WEBOVÝCH ODKAZŮ

PŘÍLOHA P I: PREZENTACE VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ PRAKTICKÉ ČÁSTI BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jedná se o přílohu v elektronické podobě. Nachází se na přiloženém CD v adresáři Přílohy\Příloha PI. Obsahuje prezentaci s výsledky práce určenou pro potřeby vedoucího práce.

PŘÍLOHA P II: EXPORTOVANÁ KNIHOVNA POUŽITÝCH SOUČÁSTEK

Jedná se o přílohu v elektronické podobě. Nachází se na přiloženém CD v adresáři Přílohy\Příloha PII. Obsahuje vytvořenou knihovnu součástek a adaptér potřebné k měření v programu ABI SENTRY Counterfeit IC Detector.

PŘÍLOHA P III: SEZNAM ZAJÍMAVÝCH WEBOVÝCH ODKAZŮ

Jedná se o přílohu v elektronické podobě. Nachází se na přiloženém CD v adresáři Přílohy\Příloha PIII. Obsahuje seznam webových odkazů získaných během práce se stručným popisem jejich obsahu.