

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Štefan Voljč

**NEKONVENCIONALNI POSTOPKI DIAGNOSTIKE
IN POPRAVIL ELEKTRONSKIH VEZIJ**

DIPLOMSKO DELO
VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM
PRVE STOPNJE RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

Mentor: izr. prof. dr. Branko Šter

Ljubljana, 2011



Št. naloge: 00165/2011

Datum: 09.09.2011

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **ŠTEFAN VOLJČ**

Naslov: **NEKOVENCIONALNI POSTOPKI DIAGNOSTIKE IN POPRAVIL
ELEKTRONSKIH VEZIJ**
**UNCONVENTIONAL METHODS OF DIAGNOSTICS AND REPAIR OF
ELECTRONIC CIRCUITS**

Vrsta naloge: Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija prve stopnje

Tematika naloge:

Servisna dejavnost v elektroniki je danes v mnogih primerih omejena na menjavo posameznih sklopov. V zadnjem času pa se v svetu ponovno pojavlja trend povečanja popravil elektronskih vezij in naprav, tudi z uvedbo preprostejših in manj konvencionalnih postopkov. Opišite klasične in alternativne postopke diagnostike in popravil elektronskih vezij in naprav, kakor tudi uporabo alternativnih postopkov v praksi.

Mentor:

prof. dr. Branko Šter



Dekan:

prof. dr. Nikolaj Zimic

ZAHVALA

Za vso izkazano pomoč in strokovne nasvete se zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Branku Šteru.

Za podporo ter razumevanje se zahvaljujem svojim najbližjim.

Ravno tako se zahvaljujem vsem, ki ste mi kakorkoli pripomogli pri nastajanju diplomske naloge.

KAZALO

1	UVOD	1
2	NAPAKE NA TISKANIH VEZJIH.....	2
2.1	Vzroki za nastanek napak na tiskanih vezjih.....	2
3	ODKRIVANJE NAPAK NA TISKANIH VEZJIH	5
3.1	Določitev okvarjenega dela elektronske naprave (na nivoju tiskanih vezij).....	5
3.2	Zamenjava ali popravilo okvarjenega dela elektronske naprave	6
3.2.1	Določitev napak z vizualnim pregledom	6
3.2.2	Enostavna določitev napake.....	8
3.2.3	Določitev napake s pomočjo opornih točk – tipičnih napak	8
3.2.4	Določitev napake s pomočjo servisnih navodil	11
3.2.5	Neposredna določitev napake brez servisnega navodila	11
4	SPAJKANJE	12
4.1	Klasično spajkanje	16
4.2	Spajkanje z vročim zrakom	20
4.2.1	Podrobnejši opis spajkalne postaje na vroč zrak.....	23
4.3	Spajkanje s pomočjo tehnologije IR	26
4.3.1	Podrobnejši opis IR spajkalne postaje.....	27
4.4	Primerjava spajkalnih tehnik	29
5	CENOVNO DOSTOPNI POSTOPKI POPRAVIL TISKANIH VEZIJ	30
5.1	Popravilo tiskanega vezja s klasično spajkalno postajo	30
5.2	Popravilo tiskanega vezja v kuhinjski pečici.....	31
5.3	Popravilo tiskanega vezja s kuhalno ploščo ali plinskim štedilnikom	33
5.4	Popravilo tiskanega vezja s plinskim spajkalnikom	33
6	PRAKTIČNI PRIMERI POPRAVILA TISKANIH VEZIJ	35
6.1	Popravilo računalniškega napajalnika.....	35
6.2	Popravilo grafične kartice.....	35
6.3	Popravilo matične plošče prenosnika.....	37
	ZAKLJUČEK.....	40
	LITERATURA	41

KAZALO SLIK

Slika 1: Spoji pri spajkanju	3
Slika 2: Primeri napihnjenih in posušenih elektrolitskih kondenzatorjev	7
Slika 3: Primeri pregrelih mest ter napihnjenega elektrolitskega kondenzatorja	7
Slika 4: Antistatična podlaga z zapestnico ter ozemljitvenim kablom	12
Slika 5: Kolofonija v poltekoči in trdni obliki	14
Slika 6: Pasta za spajkanje	14
Slika 7: Stearin	15
Slika 8: Klorovodikova (solna) kislina.....	15
Slika 9: Spajkalno kladivo	16
Slika 10: Spajkalna pištola.....	17
Slika 11: Enostavni električni spajkalnik	18
Slika 12: Naprednejši spajkalnik z regulatorjem temperature na spajkalni postaji	18
Slika 13: Primer konic različnih oblik (spajkalnik Weller serije ET z regulatorjem)....	19
Slika 14: Spajkalnik brez regulatorja.....	19
Slika 15: Primer spajkalnih konic za spajkalnik Weller serije PT brez regulatorja.....	20
Slika 16: Osnovna spajkalna postaja na vroč zrak	21
Slika 17: Naprednejša spajkalna postana na vroč zrak (Weller WHA 3000P)	22
Slika 18: Profesionalna spajkalna postaja na vroč zrak proizvajalca Weller	23
Slika 19: Prerez spajkalnega zvona.....	24
Slika 20: Različni zvoni za spajkanje z vročim zrakom (oblika ter po način gretja) ...	24
Slika 21: LCD zaslon z nastavitvami parametrov (avtomatski način).....	25
Slika 22: IR enota z lečami	27
Slika 23: Prikaz gretja z IR tehnologijo spodaj in zgoraj	27
Slika 24: Program za nadzorovanje procesa spajkanja	28
Slika 25: Grafični prikaz temperature pri popravilu	32
Slika 26: Primer popravila na električni grelni plošči oz. na plinskem štedilniku.	33
Slika 27: Plinski spajkalnik.....	34
Slika 28: Zamenjava napihnjenega kondenzatorja na napajalniku	35
Slika 29: Razstavljen prenosni računalnik	37
Slika 30: Okvarjena matična plošča prenosnega računalnika.....	38

KAZALO TABEL

Tabela 1: Primerjava spajkalnih tehnik	29
--	----

POVZETEK

Diplomska naloga obravnava problematiko ter postopke popravil elektronskih vezij ter naprav, ki se jih v praksi navadno ne popravlja. Servisni centri, ki imajo na razpolago drago servisno opremo, navadno nimajo servisnih navodil, poleg tega pa je zaradi drage servisne ure popravilo v primerjavi z razmeroma poceni nadomestnimi deli velikokrat nerentabilno. Rentabilnost pa navadno ni vprašljiva v primerih, ko nadomestnih delov ni več na razpolago (druge možnosti enostavno ni) oziroma gre za popravilo zelo dragih naprav.

Vsekakor pa v prihodnosti rentabilnost ne bo edini kriterij popravil elektronskih naprav, saj upoštevanje okoljevarstvenih načel ter omejene zaloge surovin in energije predvidevajo manjšo potrošnjo novih dobrin ter s tem izredno povečanje popravil okvarjenih naprav na vseh nivojih. Popravilo okvarjene naprave tako posledično pomeni manjšo porabo surovin in energije, saj ni bilo potrebno izdelati nove, poleg tega pa pomeni tudi manjše breme za okolje, ker ta naprava ni bila zavržena.

Celotna naloga tako predstavi vse možnosti popravila od najenostavnejšega do zelo kompleksnega odkrivanja napak (diagnostike) ter podaja različne možnosti za njihovo odpravo, ki so na voljo. Poleg klasičnih in uveljavljenih metod diagnosticiranja ter popravila naloga podaja tudi opcije, ki so cenovno veliko ugodnejše, seveda pri nekoliko manjši verjetnosti, da bo popravilo uspelo. Pri tem pa se je seveda potrebno zavedati, da je trenutno največji zaviralec uveljavitve popravil večine elektronskih naprav prav visoka cena popravil, kar je posledica dolgotrajnega in natančnega iskanja napak ter drage servisne opreme.

Glavni del naloge podrobneje predstavi postopke odkrivanja napak, ki ob zadostnem znanju serviserja v minimalnem času in sprejemljivi verjetnosti privede do odkritja napake. Verjetnost za uspešno odkritje napake po teh postopkih se po trenutnih izkušnjah za različne elektronske naprave giblje med 50% pa vse do 100%. Poleg tega naloga opiše tudi postopke popravil tako najdenih napak s cenovno dostopno opremo, ki sicer zmanjša verjetnost uspeha popravila v primerjavi s profesionalno (in izredno drago) opremo, omogoča pa popravilo ob minimalnih operativnih stroških. Končni rezultat takšnih popravil je izredno povečana rentabilnost ob še vedno sprejemljivi uspešnosti popravil (50% do 100%).

Vsi opisani postopki so bili preizkušeni tudi v praksi, kar je opisano v zadnjem delu naloge.

Za zaključek naloge je podana še primerjava različnih metod, tako dražjih uveljavljenih kot tudi cenejših alternativnih, njihovo uspešnost ter primernost za uporabo v različnih primerih.

Bistvo naloge je bilo tako v servisno dejavnost umestiti tudi segment nekonvencionalnih postopkov popravil, ki pa bo zaradi svoje enostavnosti in cenovne ugodnosti kljub nekoliko nižji verjetnosti uspeha popravila predstavljal pomemben del servisne dejavnosti v prihodnosti.

Ključne besede:

elektronska vezja, elektronske naprave, diagnostika, popravila, tehnike popravil, uveljavljene tehnike, alternativne tehnike, nizki stroški, spajkalna postaja

ABSTRACT

Diploma thesis is dealing with problems and procedures of repairing electronic boards and other electric devices that are usually not repaired due to rather high repair costs. Service centers normally have expensive service equipment which consequently led to expensive service hour. To locate the fault on very complicated printed circuit boards many expensive service hours are used. The result is that it is cheaper to throw the broken device away and replace it with new one than repair it. The only exception is the repair of very expensive devices and of devices that could not be replaced with new ones because they are not available on the market any more.

In the future profitability won't be the only criteria to repair the electric devices. Care for environment is becoming more and more important issue and will be one of the leading criteria that will change our decisions in the future. Limited supplies of raw materials, expensive energy and pollution will force us to produce products of higher quality and when they get broken they shall be repaired instead of replaced with new ones. In that way the repairing of all kind of products (also the electronic boards and other electrical devices) will become important again.

The main idea of diploma thesis was to present the alternative approach in repair of printed circuit boards (electrical devices). The results of such repair are lower costs and less time used. The chance of success is lower than at conventional repair techniques but is still a good alternative for repair of all the electrical devices that would be normally thrown away.

In first part of diploma thesis different approaches of fault location on the printed circuit board are presented. Main part of diploma thesis presents procedures of fault diagnostics and alternative methods for their repair. Service person with sufficient knowledge (and if possible with a list of typical faults) can find the error relatively fast. Current experiences show that the probability of successful repair of different electronic devices is higher than 50% (and could be up to 100%). All presented alternative procedures were also tested in practice which is described in last section of diploma thesis.

The conclusion of diploma thesis presents comparison of different repairing techniques (from expensive conventional techniques to cheaper alternatives), their performance and suitability of use in different cases.

Keywords:

electronic boards, electronic devices, diagnostic, repair, repairing techniques, expensive conventional techniques, alternative methods, low costs, soldering stations

1 UVOD

V preteklosti so bila popravila elektronskih vezij in naprav na nivoju odkrivanja napak in zamenjave posameznih elementov pomemben segment servisne dejavnosti. S tehnološkim napredkom in pocenitvijo tako samih sestavnih delov in elementov ter postopkov izdelave elektronskih vezij pa je servisna dejavnost v večini primerov prešla zgolj na menjavo posameznih elektronskih sklopov in vezij, saj se je tako izognilo dragemu iskanju napake na nivoju elementov. Zaradi poceni nadomestnih delov ali kar celih naprav se je tako okvarjene le zavrglo in nadomestilo z novimi. Izjema so bile le naprave, za katere nadomestnih delov ni bilo več možno nabaviti oziroma so bile zaradi svoje specifike nenadomestljive.

Po drugi strani pa je servisno dejavnost v preteklosti zavrlo tudi dejstvo, da večina proizvajalcev zaradi konkurenčnosti, čim nižje cene in želje po ponovni prodaji, naprave in izdelke izdeluje na nižji kakovostni ravni ter z nizko predvideno dobo obratovanja. Na tak način zagotovijo, da so izdelki razmeroma poceni in ker je njihova življenjska doba kratka, kupci kmalu kupijo nove (okvarjenih se zaradi nizke cene in kakovosti ne splača popravljati).

V zadnjem času se v svetu ponovno pojavlja trend, ki napoveduje povečanje popravil elektronskih vezij ter naprav in sicer z uvedbo preprostejših in bolj konkurenčnih postopkov odpravljanja napak ter samih popravil. Po drugi strani pa bo v prihodnosti pomembnost servisne dejavnosti narekoval tudi ekološki vidik ter pomanjkanje in s tem višja cena samih surovin in energije.

V diplomski nalogi so tako na začetku predstavljeni klasični postopki odkrivanja napak ter popravil elektronskih vezij, v nadaljevanju pa je opisanih nekaj alternativnih postopkov diagnostike in tudi odprave napak. Prednost teh postopkov je, da so preprosti (ni potrebnega poglobljenega znanja serviserja), hitri (zmanjša se strošek dela na popravilo) in ne potrebuje se izredno drage servisne opreme. Edina slabost je nekoliko manjša uspešnost popravil, ki pa se z izkušnostjo serviserja lahko močno približa 100% uspešnosti. V veliki večini popravil pa uspešnost ni kritična, saj so vsa okvarjena elektronska vezja navadno namenjena na smetišče.

Na koncu diplomske naloge so vsi postopki diagnosticiranja ter tehnike popravil preizkušene tudi v praksi. V našem primeru je bila uspešnost vseh preizkušenih popravil 100%.

2 NAPAKE NA TISKANIH VEZJIH

Vzroki za okvare tiskanih vezij so lahko zelo različni. Glavni med njimi so nepravilno nastavljeni temperaturni ter časovni parametri ob spajkanju, premajhna količina spajkalne paste na tiskanem vezju, mehanske poškodbe, temperaturni šoki ter seveda odpovedi posameznih elementov na vezju.

2.1 Vzroki za nastanek napak na tiskanih vezjih

Pri popravilu tiskanih vezij je pomembno, da se izvajalec popravila zaveda možnih tipičnih napak, ki lahko nastanejo že v samem postopku konstruiranja elektronskih naprav (tiskanih vezij) oziroma v procesu proizvodnje. Na ta način se lahko na razmeroma enostaven način najde in odpravi marsikatero napako.

Konstrukcijske napake so napake, pri katerih se tiskano vezje ali pa komponente na njem največkrat pregrevajo zaradi premalo prostora, premajhnega hladilnega telesa, premajhnega pretoka zraka, prahu, ipd. Takšne napake so navadno lahko opazne, saj je pregret del tiskanega vezja zaradi povišane temperature največkrat drugačne (temnejše) barve, poleg tega pa se na pregretyh delih zaradi povečane statike lahko še dodatno in v večjih količinah nabira prah, kar pregrevanje posledično še povečuje.

Napake v proizvodnji so napake, kjer se pri spajkanju sam spoj v procesu proizvodnje premalo segreje (hladen spoj) ali pregreje, se na spajkani spoj nanese premalo ali celo nič spajke, je ob spajkanju narejen kratek stik s sosednjimi povezavami ali elementi oziroma so nepravilno izvedena krajšanja žičnatih nogic elementov po končanem spajkanju sestavnih delov.

Premalo segret spoj (hladen spoj)

Pri premalo segretem spoju se spajka ne prime pravilno na kovino. Navadno jo samo oblije, vendar ne tvori površinske zlitine. Hladen spoj je največja nevarnost pri spajkanju, saj ga je zelo težko odkriti, ima pa velike posledice (neprevodnost spajkanega elementa, ki se lahko pojavi šele čez čas). Fluks se v takšnem primeru samo stopi, ne pa tudi kemično aktivira, zato na površini kovin ostanejo oksidi in umazanija, kar povzroči, da se spajkani del ne zlije. Hladnim spojem se najlaže izogne s kvalitetnim in nadzorovanim postopkom spajkanja, preventivno pa se lahko pred končno vgradnjo vse spoje še enkrat pregreje, da se pravilno zlijejo.

Pregret spoj

Problematični so tudi pregreti spoji, ki so posledica prevelike temperature spajkalne konice ali predolgega časa spajkanja. Spajka se lahko zaradi tega razlije po preveliki površini kovine in je zato njen sloj pretanek. Poleg tega spajka pri previsoki temperaturi močneje oksidira, postane umazana ter hrapava. Kositer, ki prevladuje v spajki, pri višjih temperaturah (temperaturnih razlikah, ki se pojavijo pri močnem segrevanju in ohlajanju) hitro razpoka, te razpoke pa se potem širijo in povzročijo odpoved delovanja elektronskega vezja oziroma naprave. Pri popravilu pregretega spoja je potrebno na spoj nanesti dodatni fluks, ki odvede oksid s kovin in

tako omogoči pravilno zlitje spoja. V primeru, da je spajke premalo, je potrebno dodati tudi to.

Premalo spajke na spoju

Spoj lahko zaradi različnih razlogov vsebuje premalo spajke in zato ne omogoča optimalne prevodnosti. Za popravilo takšnih spojev je potrebno dodati spajko, ki pravilno zalije celoten spoj.

Spoj brez spajke

V nekaterih primerih lahko pri spajkanju vsa spajka ostane na žičnatih nogicah elementov in sploh ne pride do tiskanega vezja. Spoj v tem primeru ni prevoden, zato ga je potrebno ponovno pregreti in dodati spajko, ki pravilno zalije celoten spoj.

Ob spajkanju je narejen stik na drugo povezavo

Kadar je na sam spoj dodane preveč spajke, lahko ta zalije tudi sosednje nogice in kontakte. V najboljšem primeru takšno vezje ne deluje oziroma ne deluje pravilno, v najslabšem pa lahko kratek stik povzroči uničenje posameznih elementov ali dela tiskanega vezja.

Krajšanje žičnatih nogic elementov pokončanjem spajkanju sestavnih delov

Pri krajšanju žičnatih nogic elementov, še posebno tistih, ki so spajkana na enostransko tiskano vezje brez metaliziranih luknjic, je potrebno paziti, da se s kleščami ne odščipne nogice preblizu spojke (ali celo na sami spojki). Pri tem lahko na njej nastanejo razpoke, ki se širijo in povzročijo odpoved naprave. V primeru možnosti, da so posamezne žičnate nogice elementov nepravilno odrezane, je potrebno takšne spoje ponovno segreti, da spajka zalije vse morebitne nastale razpoke.



Slika 1: Spoji pri spajkanju

Na zgornji sliki (Slika 1) so prikazane posamezne situacije, ki se lahko pojavijo pri spajkanju tiskanih vezij:

Primer 1: Spoj je lep, čist,

Primer 2: Na spoju je premalo spajke,

Primer 3: Spoj je premalo segret (hladen spoj),

Primer 4: Spajka ni prišla do luknjice na tiskanem vezju (ni stika),

Primer 5: Zaradi odvečne spajke je bil narejen kratek stik.

3 ODKRIVANJE NAPAK NA TISKANIH VEZJIH

Popravilo tiskanega vezja vključuje ugotavljanje napake ter njeno odpravo. Samo ugotavljanje napake je neke najtežji del procesa popravila, saj zahteva poglobljeno znanje in izkušnje s področja elektronike, navadno pa so potrebna tudi navodila s podrobnejšimi shemami in načrti tiskanih vezij oziroma celotnih naprav ter servisna navodila (pri kompleksnejših napravah). Ko je napaka odkrita, sledi njena odprava (segrevanje hladnih spojev, popravilo povezav, zamenjava okvarjenih delov in elementov, ...) in sicer s postopkom spajkanja ali pregrevanja posameznih delov tiskanega vezja.

3.1 Določitev okvarjenega dela elektronske naprave (na nivoju tiskanih vezij)

Popravila pokvarjenih elektronskih naprav se je potrebno lotiti postopoma. Najprej je potrebno ugotoviti, kateri del elektronske naprave oziroma katero tiskano vezje je v okvari. Za določitev okvarjenega dela je na voljo kar nekaj postopkov in sicer diagnostika, popravilo s pomočjo podrobnih navodil, zamenjava posameznih sklopov, ...

Diagnostika

Diagnostika zajema uporabo raznih testnih programov ter lastnih testov (ang. self-testov), ki so navadno že vgrajeni v napravo in omogočajo javljanje napak ob vključitvi naprave oziroma ob priključitvi okvarjene naprave na zunanjo testno enoto.

Popravilo s pomočjo podrobnih navodil

Takšen način popravil je možen v primeru, ko ima servis (navadno so to pooblaščen servisi za posamezne proizvajalce) podporo proizvajalca posameznih naprav, saj le-ta priskrbi podrobna servisna navodila. Z njihovo pomočjo je možno po korakih odkriti okvarjena vezja ali elemente v napravi, ki se servisira.

Servisna navodila vsebujejo podrobna navodila za odkrivanje napak, lahko tudi v kombinaciji z diagrami poteka (ang. flowchart) za lažje in hitrejše razumevanje postopka popravila, poleg tega pa navadno vsebujejo tudi opise delovanja naprave, vse sheme in načrte ter kosovnico z vsemi vgrajenimi elementi. Ta kosovnica je še posebno uporabna v primeru, ko serviser najde okvarjen element v vezju, zaradi interne oznake na njem pa ne ve, s katerim novim elementom ga lahko nadomesti.

Zamenjava posameznih sklopov

Vedno več elektronskih naprav je narejenih modularno, kar pomeni, da je več različnih modulov (navadno v obliki tiskanih vezij) priključenih na skupno vodilo ali matično ploščo. Takšen način izvedbe kompleksnejših naprav omogoča prilagoditev posameznih naprav potrebam kupca, saj lahko ta določi, katere module potrebuje in posledično kupi samo tiste. Prednost modularne gradnje pa se pokaže tudi kasneje, ko kupec želi dokupiti samo posamezen modul ali pa v primeru okvare.

Prva prednost takšne sestave naprave pri okvarah je v tem, da ni potrebno zamenjati celotne naprave, ampak se zamenja samo okvarjen modul. Druga prednost pa je možnost izredno hitre določitve okvarjenega modula s pomočjo

zamenjave posameznih modulov z dobrimi. Pogoji za to je seveda, da je na razpolago še ena delujoča naprava. Najbolj pogost primer takšnega načina se pojavlja pri popravilu računalnikov, kjer se menja posamezne dele (grafična kartica, RAM, procesor, matična plošča, ...) in se na ta način določi okvarjen del.

3.2 Zamenjava ali popravilo okvarjenega dela elektronske naprave

Določitvi okvarjenega dela elektronske naprave sledi odločitev, ali se bo ta del zamenjalo z novim, ali pa se ga bo popravilo.

Zamenjava

Največkrat se popravilo na tej stopnji konča, saj nadaljnje ugotavljanje napake na nivoju okvarjenih elementov ali dela tiskanega vezja največkrat ni rentabilno oziroma je na razpolago premalo dokumentacije (npr. servisnih navodil) ter znanja. Primer takšnega ravnanja je področje osebnih in prenosnih računalnikov, kjer se zavrže 99% komponent, ki niso v garanciji, ter preko 80% komponent, ki so v garanciji, pa še tu se popravljajo samo tipične napake s strani proizvajalca.

Nadaljnje popravilo

Za nadaljnje, poglobljeno popravilo se navadno odloča predvsem v primerih, ko okvarjenega dela ni več možno zamenjati z novim (rezervni / nadomestni deli niso več na razpolago) oziroma so le-ti zelo dragi v primerjavi s popravilom.

V zadnjem času pa takšno popravilanje namesto preprostih zamenjav spet pridobiva na vrednosti zaradi ekološke naravnosti ter vedno dražjih materialov, ki posledično dražijo tudi proizvodnjo novih naprav.

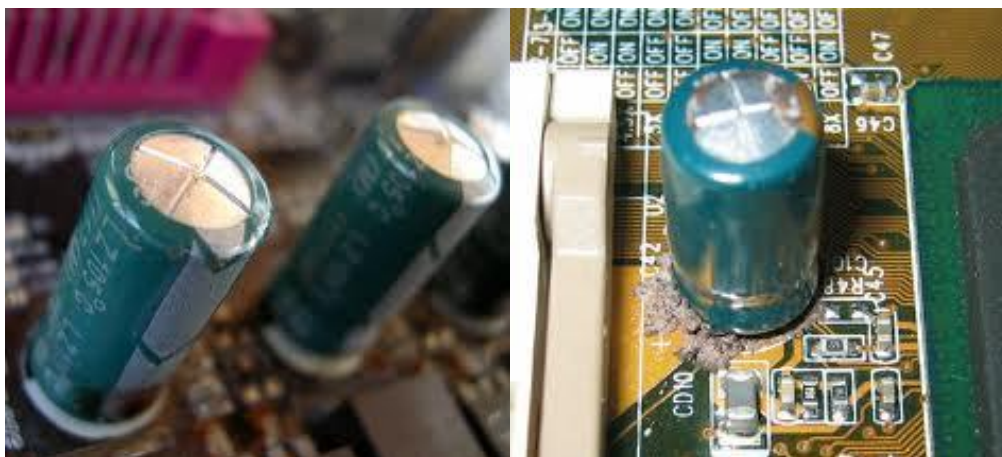
Za ugotavljanje napake na nivoju elementov oziroma okvarjenega dela tiskanega vezja je na voljo več postopkov, ki se med seboj razlikujejo po kompleksnosti, stroških ter uspešnosti popravila, in sicer:

- določitev napake z vizualnim pregledom,
- enostavna določitev napake,
- določitev napake s pomočjo opornih točk – tipičnih napak,
- določitev napake s pomočjo servisnih navodil,
- neposredna določitev napake brez servisnih navodil.

V nadaljevanju je predstavljeno, kakšne so prednosti in slabosti posameznih metod, njihova primernost za posamezne vrste tiskanih vezij, uspešnost in kompleksnost metod ter njihov opis.

3.2.1 Določitev napak z vizualnim pregledom

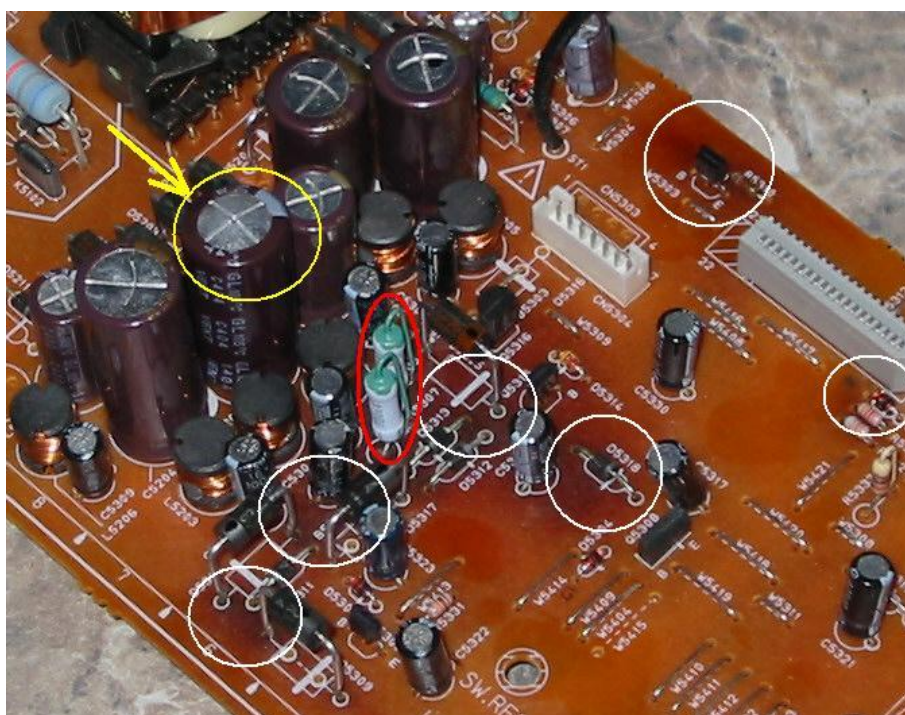
Vizualni pregled tiskanega vezja velikokrat odkrije razne poškodbe na samem tiskanem vezju in povezavah na njem, slabe, hladne in poškodovane spoje ter poškodovane in okvarjene elemente (Slika 2). Primeren je tako za enostavnejša kot tudi za kompleksna vezja.



Slika 2: Primeri napihnjenih in posušenih elektrolitskih kondenzatorjev

Tipični primer so napihnjeni ali posušeni elektrolitski kondenzatorji pri računalnikih na matičnih ploščah in grafičnih karticah. Navadno je to posledica vgradnje elektrolitskih kondenzatorjev zelo slabe kvalitete, ki so že pred vgradnjo umetno starani, slabo prenašajo višje temperature ter nihanja napajalne napetosti.

Druga vrsta napak na vezju, ki jih je razmeroma enostavno locirati, so napake, ki nastanejo zaradi pregrevanja. Na tiskanem vezju so ti deli temnejše barve (Slika 3), nastanejo pa lahko ob okvari elementa, zaradi česar se je pričel pregrevati, lahko pa je tudi posledica nihanja napajalne napetosti ali napetostnih sunkov, ki jih navadno povzroči udar strele.



Slika 3: Primeri pregretim mest ter napihnjenega elektrolitskega kondenzatorja

Pri poškodbah, ki jih povzroči udar strele je popravilo velikokrat neuspešno, saj le ta navadno uniči večje predele tiskanega vezja. Tako je pri takšnem popravilu potrebno podrobno pregledati tiskano vezje (predvsem na mestih, kjer je

visokonapetostni impulz kot posledica udara strele vstopil na tiskano vezje; napajalnik, modem, priklop antene). V primeru, da se odkrije vidno poškodbo na katerem izmed elementov, njegova zamenjava še ne garantira uspešnega popravila, saj so pri udaru strele lahko poškodovani tudi drugi elementi, na katerih ni direktno vidna poškodba.

3.2.2 Enostavna določitev napake

V določenih primerih, predvsem pri enostavnejših vezjih in ko na razpolago nimamo podrobnih servisnih navodil, se lahko najde napako na posameznem delu elektronske opreme (ali vsaj okvarjen elektronski del oziroma sklop) s pomočjo razmeroma enostavnih meritev z digitalnim multimetrom ali opcijsko tudi z osciloskopom.

Z digitalnim multimetrom se lahko preveri napajalne napetosti oziroma izhodne napetosti v primeru popravila napajalnika, preveri se prevodnost / morebitno prekinjenost povezav na tiskanem vezju, poleg tega pa se da tudi ugotoviti, ali so posamezni enostavnejši elementi dobri ali ne (na primer varovalke, upori, diode, kondenzatorji, tranzistorji). Pri merjenju posameznih elementov je potrebno imeti kar nekaj znanja in izkušenj, saj so meritve specifične za posamezne elemente. Na primer diodo se preveri z merjenjem upornosti in če je dioda dobra, mora v eno smer prevajati (imeti zelo nizko upornost), v drugo pa ne (visoka upornost). Podobno je pri preverjanju uporov, kjer je navadno zaradi zaporedno in vzporedno k merjenemu uporom vezanih elementov za verodostojno meritev odspajkati eno nogico upora in šele nato izvesti meritev.

Druga metoda enostavne določitve napake je uporabna v primeru okvarjenih elementov, prekinjenih povezav in podobno. Ta metoda je primerna tudi za kompleksnejša elektronska vezja, saj se preverjanje izvede z enostavnim ohlajanjem ali segrevanjem posameznih predelov tiskanega vezja ali posameznih elementov. Preverjanje se izvede pri delujoči napravi in v primeru, da gre za slab spoj ali povezavo na tiskanem vezju ali v samem elementu, lahko elektronska naprava ob termičnem šoku na okvarjenem predelu spet prične delovati ali pa neha. S tem, ko se je nekaj spremenilo ob ohlajanju / segrevanju posameznega dela ali elementa, to potrди sum, da je napaka ravno na tem delu oziroma elementu.

Za ohlajanje se dobijo posebni servisni spreji (tako imenovani freezerji), ki hlajeno mesto v trenutku pohladijo tudi na -50°C . Za segrevanje pa se lahko uporabljajo razni usmerjeni grelniki zraka ali enostavnejši feni, pomembno je le, da je temperatura primerna in ne povzroči dodatnih poškodb na tiskanem vezju ali preostalih elementih.

3.2.3 Določitev napake s pomočjo opornih točk – tipičnih napak

Zelo uporaben postopek, po katerem posegajo tudi profesionalni servisi je, da se pri okvarjeni elektronski napravi, za katero so poznane tipične napake, ob okvari odpravi le-te. V veliki večini primerov (tudi do 90%) je na takšen način napaka odpravljena in elektronska naprava deluje. V primeru, da naprava kljub odpravi vseh tipičnih napak še vedno ne deluje, je to tistih 10% preostalih napak, katere niso

poznane in se jih ne splača iskati ter popravljati. Takšne elektronske naprave se zavrže. Postopek popravila s pomočjo opornih točk oziroma tipičnih napak je primeren za popravila praktično vseh elektronskih vezij, od najenostavnejših do zelo kompleksnih.

Nekatere tipične napake so splošne in so poznane serviserjem z izkušnjami, saj se pojavljajo zaradi podobnih vzrokov na podobnih napravah. Primer so pregrevanja zaradi slabega hlajenja, odpoved posameznih delov zaradi temperaturnih šokov ali vibracij, hladni spoji, razpokane povezave, ...

Drugi del tipičnih napak je specifičen za vsako posamezno napravo ali tiskano vezje in je navadno posledica konstrukcijskih napak. Takšne napake navadno odkrijejo proizvajalci ali pa sami uporabniki teh naprav. Sezname takšnih tipičnih napak so navadno dostopni v obliki servisnih navodil (s strani proizvajalca) ali pa preko svetovnega spleta, kjer proizvajalec ali posamezniki na raznih portalih delijo svoje izkušnje.

Najlažje je najti tipične napake najbolj razširjenih in množično uporabljanih naprav in tiskanih vezij. Za naprave, ki imajo večjo vrednost zaradi svoje nezamenljivosti ali pa so nadomestna vezja zanje zelo draga, je tudi dostopnost do navodil in tipičnih napak veliko manjša. Navadno je pri takšnih napravah navodila in postopke za popravila po tipičnih napakah potrebno kupiti (na primer za popravilo avto elektronike). Prodajajo jih lahko sami proizvajalci, ali pa posamezniki, ki ta navodila ali informacije imajo.

Postopek popravila je torej sledeč. Ko se določena elektronska naprava okvari, je potrebno najprej pridobiti seznam tipičnih napak oziroma postopek njihovega popravila. Sledi popraviljanje napak od najbolj verjetne do najmanj verjetne napake, pri čemer se po vsaki odpravi posamezne napake elektronsko napravo preizkusi, če morda deluje. Kadar elektronska naprava ne deluje kljub odpravi vseh tipičnih napak, se postopek zaključi z ugotovitvijo, da v danem primeru popravilo ni možno.

Popravila po sistemu odprave tipičnih napak so najbolj pogosta na področju računalniške opreme (matične plošče, grafične kartice, napajalniki), razni elektroniki, vgrajeni v vozila (avtomobili, motorji, tovornjaki) ter v industriji in obrti (računalniško krmiljeni obdelovalni stroji - CNC obdelovalni stroji, razno električno orodje, ...). Tipične napake so prisotne tudi na področju avdio-video tehnike, bele tehnike in gospodinskih aparatov, vendar je do njihovih seznamov zelo težko priti. Navadno proizvajalcem takšnih naprav ni v interesu, da se popravljajo, saj raje prodajo nove naprave. Če pa že imajo navodila, so ta večinoma na voljo samo pooblaščenim servisom, kjer proizvajalec spet zasluži določeno provizijo.

Osebni in prenosni računalniki

Osebni in prenosni računalniki imajo zaradi hitrega razvoja novih komponent, kar je tudi posledica vse večje konkurence, tudi vse več serijskih napak. Proizvajalec namreč nima časa temeljito preizkusiti delovanja novih naprav, saj bi ga v času testiranja konkurenca s svojimi izdelki lahko že izrinila s trga. Zaradi tega so nove

naprave podvržene minimalnim testom, ki še zagotovijo sprejemljivo razmerje med možnimi odpovedmi komponent ter stroškom zaradi zamenjav oziroma reklamacij.

Večina okvar je tako posledica hladnih spojev, nezadostnega hlajenja posameznih sklopov ali vgradnje nizkokakovostnih (cenejših) elementov. Pri prenosnikih pa je veliko okvar tudi posledica mehanskih vplivov (prenašanje, temperaturne spremembe, udarci, zvijanje tiskanega vezja zaradi na primer pritiskov na sledilno ploščo prenosnika, naslanjanje na prenosnik, ...).

Primeri tipičnih okvar pri osebni in prenosni računalnikih so tako okvarjena grafična kartica in matična plošča (predvsem hladni spoji), napihnjeni kondenzatorji na matični plošči in v napajalniku ter pregrevanje posameznih komponent.

Industrijska elektronika in elektronika v vozilih

Sodobna vozila imajo vgrajenih vedno več elektronskih komponent, ki nadzirajo in upravljajo delovanje celotnega vozila (glavni računalnik, enota za zavore, enota za črpalko za gorivo, enota za centralno zaklepanje in alarm, enota za klimatsko napravo, enota za nadzor električnega zapiranja stekel, enota za nadzor armaturne plošče, ...). Podobno je tudi v industriji veliko naprav, ki za svoje delovanje in upravljanje uporabljajo elektroniko (CNC obdelovalni stroji, robotske celice, krmiljenje motorjev, ventilacije, temperature, ...). Sestavni deli so podobni (ponekod celo enaki) kot pri računalnikih, zato tudi pri tej vrsti elektronike največji problem predstavlja vgradnja premalo testiranih elektronskih komponent. Velikokrat je vzrok odpovedi takšne elektronske naprave sama lega naprave v vozilu oziroma namestitvev v proizvodnem stroju. Če ni pravilno pritrjena in zaščitena, lahko odpove zaradi prevelikih vibracij, temperaturnih šokov (velika nihanja temperature), vlage oziroma vdora vode ter prahu in drugih nečistoč (še posebno pri industrijski elektroniki). Pri tem navadno nastanejo razpoke na povezavah na tiskanem vezju, prekinitev povezav v samih integriranih vezjih (ang. bondi) ter odpovedi posameznih elementov.

Prednost takšnih napak je, da jih je razmeroma enostavno odpraviti, problem je le njihova določitev ter ugotavljanje nadomestnega elementa v primeru njegove odpovedi. Proizvajalci takšnih namenskih vezij namreč navadno pri proizvajalcu elementov in integriranih vezij naročijo večjo količino le teh, pri tem pa so vsi ti elementi označeni s posebno interno oznako proizvajalca elektronike. Velikokrat se tako zgodi, da se kljub najdbi okvarjenega elementa tega ne da zamenjati, ker ni možno najti informacije o originalni oznaki nadomestnega elementa.

Kot poseben primer odpovedi preslabo zaščitene elektronske delovne enote v industriji se lahko omeni tudi primer obdelovalnega stroja CNC za obdelavo karbonskih polizdelkov. Ker je karbonski prah prevoden in za razliko od kovinskega prahu izredno lahek, se le-ta pri obdelavi ne sesede na tla, ampak potuje po zraku tudi do elektronskih delov, kar povzroči kratke stike. V posebnem primeru je takšen karbonski prah uničeval kontrolno enoto z računalnikom, ki je bil od mesta obdelave oddaljena 3 metre. Karbonski prah je namreč preko ventilacije v kontrolni enoti prihajal v samo enoto in tam povzročal škodo. Problem je bil odpravljen šele z napeljavo zraka za hlajenje kontrolne enote iz sosednjega prostora.

Elektronske naprave na domu

Tudi na domu oziroma gospodinjstvu je vedno več naprav, ki za krmiljenje in delovanje potrebujejo elektroniko. Vendar pa so cene novih naprav razmeroma nizke, zato je za njihovo popravilo zelo težko priti do servisnih navodil ali seznama tipičnih napak, saj uporabniki navadno takšnih naprav ne popravljajo, ampak kupijo nove. Seveda pa se popravila lahko lotimo tudi sami, čeprav morda ne toliko zaradi prihranka kot zaradi občutka, da nam je uspelo popraviti nekaj, kar drugi navadno zavržejo. Poleg tega pa se v primeru popravila takšnih naprav obnašamo veliko bolj ekološko, saj ni bilo potrebno narediti nove naprave in tako porabljati surovin in energije.

3.2.4 Določitev napake s pomočjo servisnih navodil

Določitev napake s pomočjo servisnega navodila je navadno v domeni pooblaščenih servisov ali večjih servisnih centrov, ki imajo dostop do teh navodil. Postopek je primeren praktično za vse elektronske naprave, od najenostavnejših do najkompleksnejših.

Popravilo, predvsem kompleksnejših elektronskih naprav, kljub podrobnemu opisu v servisnem navodilu navadno ni enostavno, zato proizvajalec elektronske opreme za serviserje organizira podrobna izobraževanja na temo popravil specifičnih naprav iz njihovega prodajnega programa. Poleg tega pa je za takšen način dela potrebno imeti na razpolago tudi različno testno opremo, ki jo v svojih servisnih postopkih opisuje - predpisuje - uporablja proizvajalec elektronske opreme.

Servisna navodila tako po korakih predpisujejo, kaj in kje je potrebno preveriti / izmeriti. Glede na rezultat nato podaja nadaljnje korake, ki v končni fazi pripeljejo do določitve okvare. Primer je meritev signalov na posebnih testnih sponkah na vezju pri določenih vhodnih signalih. Glede na izmerjene vrednosti sledijo nadaljnja navodila.

V zadnjem času tudi pooblašчени servisi z zajetno servisno dokumentacijo navadno ugotavljajo samo, kateri sklop elektronske naprave je okvarjen in jo nato ali zamenjajo ali pa pošljejo na popravilo k samemu proizvajalcu. Ena izmed možnosti je tudi zamenjava okvarjenega sklopa elektronske naprave za obnovljen (refurbished) sklop, ki ga je predhodno popravil in preveril proizvajalec, nanj pa ravno tako da garancijo.

3.2.5 Neposredna določitev napake brez servisnega navodila

Določitev napake brez servisnih navodil je izvedljiva pri enostavnih vezjih ter opcijsko tudi pri kompleksnejših vezjih, seveda ob predpostavki, da so na voljo vsaj podrobni načrti tiskanega vezja oziroma električna shema (kar pa se zgodi zelo redko).

Na ta način se napake ugotavlja s pomočjo drage merilne opreme (digitalni multimeter, osciloskop, signalni ter funkcijski generator, analizator vezij, analizator polprevodnikov (ang. curvetracer), itd.). Neposrednega odpravljanja napak na kompleksnejših vezjih se navadno lotevajo predvsem servisni centri v sklopu samega proizvajalca, katerih namen je odkriti konstrukcijske napake ter predlagati izboljšave.

4 SPAJKANJE

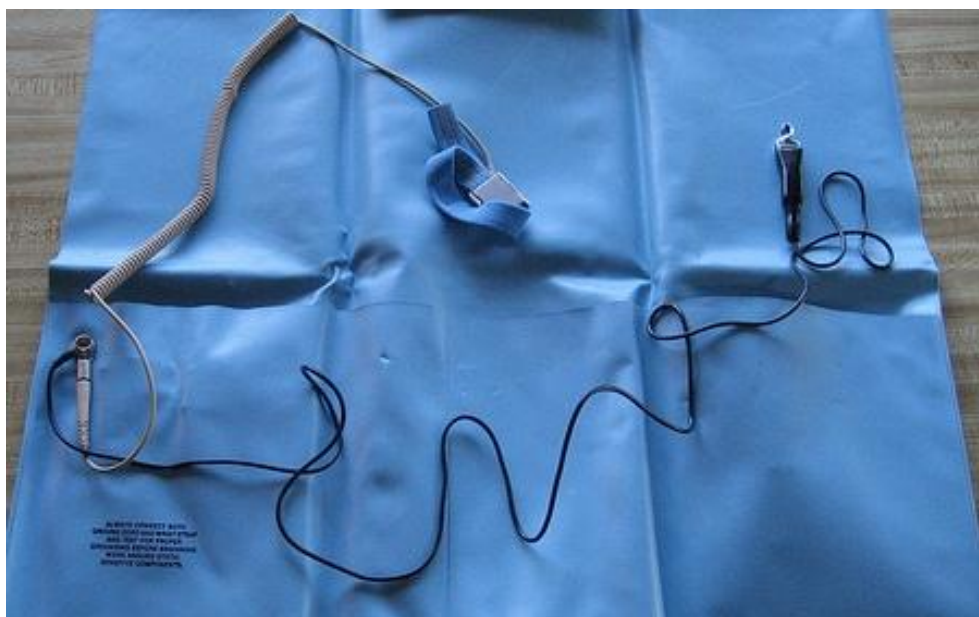
Spajkanje je proces, v katerem se več različnih delov (elektronski elementi, žice, tiskano vezje, ...) združi v eno. Ti deli se združijo z zlitino, katera ima precej nižje tališče od delov, katere spajamo. Snovi za spajkanje rečemo spajka ali lot. Spajkanje se glede na višino tališča spajke, ki se uporablja, deli na dve vrsti in sicer na mehko spajkanje ter na trdo spajkanje.

Pod trdo spajkanje spada spajanje elementov pri visokih temperaturah med 450°C in 1000°C. Uporablja se za spajanje različnih kovin (bakra, bakrovih zlitin, jekla, litega železa, ...). Pri trdem spajkanju se uporabljajo spajke ali loti na osnovi srebra, bakra in kositra. Spajkano mesto in spajka se navadno segreva z gorilnikom ali laserjem. Gorilniki v primeru uporabe butana dosežejo temperaturo do približno 1400°C oziroma do 1700°C v primeru propana.

Mehko spajkanje se imenuje spajkanje, pri katerem se uporablja spajko na osnovi kositra (po domače cina), iz česar tudi izhaja splošno znan izraz za spajko, tj. cin. Tališče takšne spajke znaša manj kot 450°C.

Ker naloga obravnava popravilo tiskanih vezij, se bomo omejili na mehko spajkanje, saj pri takšnih popravilih temperature za spajkanje nad 450°C niso potrebne. Poleg tega pa tudi spajkani elementi in tiskano vezje višjih temperatur ne bi prenesli brez okvar.

Pri procesu spajkanja elektronskih vezij na splošno je zelo pomembna že sama priprava na spajkanje ter pravilna priprava delovnega mesta. Še posebno problematična je statika, ki se lahko pojavi med različnimi deli (elektronsko vezje, spajkalnik, miza, oseba, ki spajka, ...). Tu lahko že majhne razlike med potenciali povzročijo razelektritve, ki lahko poškodujejo občutljive elektronske dele.



Slika 4: Antistatična podlaga z zapestnico ter ozemljitvenim kablom

Preprost preventivni ukrep, ki zmanjša možnost elektrostatičnih razelektritev je, da je v prostoru, kjer se izvaja popravila, čim več pohištva iz lesa (miza, stoli, omare). Poleg tega mora imeti oseba, ki izvaja popravilo (serviser) oblečena naravna oblačila iz bombaža in ne iz sintetičnih vlaken, na katerih se lahko nabira statična elektrika. Pred vsakim spajkanjem se je potrebno z roko dotakniti konice spajkalnika ali kakšne druge ozemljitve v prostoru, na katero je priključen tudi spajkalnik, da se izenačijo različni potenciali. Ravno tako se lahko serviser dotakne tudi mase vezja, ki pa ne sme biti med spajkanjem nikamor priključeno.

Boljša rešitev je vsekakor ozemljena antistatična podloga z zapestnico (Slika 4), na kateri se opravljajo popravila tiskanih vezij. Ker sta antistatična podloga in posledično tudi serviser preko ozemljitvene zapestnice ozemljena na isti potencial kot spajkalnik in tudi popravljanje vezje, ki je med popravilom položeno na antistatično podlogo, med posameznimi deli ne more priti do potencialnih razlik in zato tudi ne do elektrostatičnih prebojev. Takšne antistatične podloge so osnova vsakega resnega popravila in so obvezni del opreme za spajkanje in popravila tiskanih vezij.

Pri popravilu tiskanih vezij se največ uporablja spajko iz kositra (Sn) in svinca (Pb), ki skupaj tvorita primerno zlitino s precej nižjim tališčem, kot bi ga imel sam kositer oziroma sam svinec. Lastnosti spajke se lahko korigira s spreminjanjem razmerja med svincem in kositrom, lahko pa se dodaja tudi druge primesi (npr. z dodajanjem indija (In) se doseže še nižje tališče spajke).

Klasična spajka za uporabo v elektroniki je sestavljena iz 60 - 63 % kositra, 35 - 38 % svinca ter približno 2 % bakra. Takšna sestava spajke ima tališče že pri 180°C. Dodajanje majhnih količin bakra v zmes spajke nima vpliva na njene fizikalne lastnosti, ampak služi za zmanjšanje obrabe spajkalne konice.

Spajke so navadno v obliki različno debele žice, navite na kolute ali v obliki palic (bolj značilno za trdo spajkanje). Debelina izbrane žice za spajkanje je odvisna od tega, kaj se spajka. Za klasično spajkanje elektronskih elementov na tiskana vezja je najbolj primerna debelina žice od 0,8 mm do 1,5 mm. Debelejšo žico se uporablja v primeru spajkanja različnih kovinskih delov in debelejših vodnikov, tanjšo žico (na primer 0,5 mm) pa se uporabi za spajkanje SMD sestavnih delov.

Eden izmed večjih problemov pri spajkanju je, da se staljena spajka zelo težko veže na drugo kovino. Vzrok za to je najrazličnejša umazanija (lahko tudi taka, ki je ne vidimo s prostim očesom), ki se nahaja na površini kovinskih delov, ki se spajkajo. Umazanijo se lahko do neke mere fizično očisti, vendar pa na površini večine kovin tudi po čiščenju ostane tanek sloj oksida. Takšna plast oksida se nahaja tudi na površini spajke, še posebno pri višjih temperaturah spajkanja. Za odstranitev sloja oksida se uporablja različna čistilna sredstva, imenovana fluks oziroma plastifikator. Poleg odstranitve oksida pa fluks poskrbi tudi za zmanjšano površinsko napetost spajke.

Za čiščenje različnih vrst umazanij se uporablja več različnih fluksov in sicer kolofonija, namenska pasta za spajkanje, stearin, solna kislina. Pri spajkanju v elektroniki se kot fluks največ uporablja kolofonija in je navadno že vsebovana v sami spajki (sredica spajkalne žice je iz kolofonije, plašč pa iz zlitine svinca in kositra).

Fluks se lahko dodaja tudi posebej. Večina fluksov je pri sobni temperaturi kemično nevtralnih in se kemično aktivirajo šele pri spajkanju. Ostali fluksi se pri spajkanju v elektroniki bolj redko uporabljajo, saj so navadno preveč agresivni za občutljive elemente in tiskano vezje.

Kolofonija se pridobiva iz smole bora in drugih iglavcev in je povsem naravnega izvora. Pri sobni temperaturi je trdna in krhka snov, pri povišani temperaturi pa hitro preide v tekoče stanje. Kupi se jo lahko v obliki na sobni temperaturi trdnih kristalov ali pa že pripravljeno za spajkanje v poltekoči obliki (Slika 5).



Slika 5: Kolofonija v poltekoči in trdni obliki

Pasta za spajkanje je namenjena za čiščenje površin bolj umazanih kovin, ki se spajkajo. Je nevarna snov, saj je tudi pri sobni temperaturi korozivna ter električno prevodna (pogosto vzrok prebojev in kratkih stikov na vezjih), zato se je pri spajkanju v elektroniki zelo redko uporablja (Slika 6).



Slika 6: Pasta za spajkanje

Stearin je vosek (granulat), ki se uporablja pri izdelavi sveč kot mešanica s parafinom. Pri spajkanju v elektroniki se zelo dobro obnese, saj je razmeroma dober izolator ter pri sobni temperaturi ni koroziven (Slika 7).



Slika 7: Stearin

Solna kislina (HCl) je najbolj korozivna in se jo uporablja za čiščenje površin v primerih, ko ostali fluksine zmorejo očistiti zadovoljivo (Slika 8). Solna kislina se uporablja predvsem pri spajkanju kovin (trdem spajkanju), saj je za čiščenje v elektroniki preveč agresivna.



Slika 8: Klorovodikova (solna) kislina

Običajna spajka se zelo dobro nanaša na kovine kot so zlato, srebro in baker, zelo slabo pa se prime na železo, jeklo in aluminij. Obstajajo tudi kovine, na katere se spajka ne prime niti pri visokih temperaturah. Običajna temperatura spajkalne konice pri spajkanju elektronskih elementov znaša nekje od 250 do 400 °C. Temperatura pa je seveda odvisna od elementov, ki se spajkajo (njihove sestave in posledično najvišje temperature, ki jo elementi še prenesejo brez poškodb) ter časa trajanja spajkanja.

Prvi elektronski elementi so bili izdelani iz germanija (Ge) in so bili zato zelo občutljivi na visoko temperaturo. Spoj pri takšnih polprevodniških elementih sme delovati največ do temperature 75°C, zato so imeli takšni elementi daljše nožice. Spajkati se je smelo samo na koncu dolgih nožic (in ne tik ob elementu), ki so poskrbele, da do občutljivih delov ni prišlo preveč toplote. Pomembno je bilo in še vedno je, da se ne spajka predolgo, saj se v takšnem primeru tudi bolj oddaljeni deli elementa močneje segrejejo.

Sodobni elementi pa so izdelani iz silicija (Si) in galijevega arzenida (GaAs). Za njih je predpisana delovna temperatura do 200 °C, zato jih je veliko lažje spajkati. Tu se pri previsokih temperaturah navadno pojavijo drugi problemi in sicer pregretje samega tiskanega vezja, ko pričnejo bakrene povezave praktično odstopati z vezja, ter pregretje plastičnih ohišij in delov elementov.

S spajkanjem se srečamo tako pri izdelavi novih, kot tudi pri popravilih starih oziroma okvarjenih tiskanih vezij. Na voljo imamo več različnih tehnologij spajkanja, ki se med seboj razlikujejo po načinu ter kakovosti spajkanja, po različni uporabnosti ter seveda tudi po ceni.

4.1 Klasično spajkanje

Klasično spajkanje je spajkanje elektronskih delov med seboj ali na tiskano vezje s pomočjo spajkalnih ročk, pri katerih je konica segreta na primerno temperaturo za spajkanje in spajkalne žice. S konico spajkalnika talimo spajkalno žico ter tako zalivamo mesta na tiskanini ali elektronskih elementih, ki jih želimo.

Poznamo več vrst klasičnih spajkalnikov in sicer spajkalna kladiva, spajkalne pištole, enostavne električne spajkalnike ter spajkalne postaje z regulacijo temperature.

Spajkalna kladiva

Spajkalna kladiva (Slika 9) so se uporabljala na samem začetku spajkanja, ko na razpolago še ni bilo električne energije in električnih grelcev. Imajo masivno konico iz bakra, katero je bilo potrebno pred spajkanjem segreti na odprtem ognju. Masivna bakrena konica je delovala kot zalogovnik toplote in ko je bila segreta je omogočala spajkanje toliko časa, dokler se ni preveč ohladila. Po ohladitvi je bilo potrebno postopek ponoviti in spajkalno kladivo ponovno segreti.

Zaradi masivne konice nerodne oblike je bilo spajkanje s spajkalnim kladivom zelo težavno in možno predvsem za večje elemente ter povezovanje elementov z žicami.



Slika 9: Spajkalno kladivo

Spajkalne pištrole

Naslednjo stopnjo v razvoju spajkanja predstavljajo spajkalne pištrole (Slika 10). Imele so grelni element (spajkalno konico) v obliki zanke, ki se je napajal neposredno iz omrežnega transformatorja. Navadno so spajkalne pištrole (predvsem zaradi razmeroma močnega grelca) zelo hitro pripravljene za uporabo. Uvrščamo jih v obdobje elektronk, saj so bile dovolj robustne za takšen način spajkanja. S prihodom manjših in veliko občutljivejših (predvsem na pregretje in elektrostatiko) polprevodniških elementov (tranzistorji, triaki, diode, ...) pa je bilo tudi za spajkalno pištolo potrebno najti nadomestilo. Danes se zaradi svoje neokretnosti, razmeroma velike teže, nezmožnosti nastavitve točne temperature ter nepreciznosti (zaradi velike konice – zanke) pri spajkanju v elektroniki ne uporabljajo več.

Se pa spajkalne pištrole še vedno uporabljajo za spajkanje pri aplikacijah, kjer so potrebni močni ter hitri grelci in ni bojazni, da bi prišlo do poškodovanja občutljivejših elektronskih delov. Primer so na primer popravila električnih napeljav pri vozilih (predvsem starejših).



Slika 10: Spajkalna pištola

Enostavni električni spajkalniki

Pri enostavnih električnih spajkalnikih (Slika 11) je izvor toplote (grelec) vgrajen v samo spajkalno ročko in ta segreva spajkalno konico, ki se jo lahko menja. Takšni spajkalniki navadno delujejo na omrežno napetost, zato so lahki in priročni, saj nimajo nobenega omrežnega transformatorja. Slaba stran enostavnih električnih spajkalnikov pa je, da nimajo krmiljenja jakosti gretja spajkalne konice. Zaradi tega je temperatura spajkalne konice navadno zelo visoka (lahko tudi več kot 450°C) in ni stabilna (navadno lahko niha za več 10°C).

Posledica visoke in nestabilne temperature je neuporabnost pri spajkanju občutljivejših elementov, poleg tega pa je tudi življenjska doba spajkalne konice zelo kratka. Visoka temperatura namreč povzroča oksidacijo spajke in tudi same konice.

Konica se na ta način poškoduje, zato prenos toplote na mesto spajkanja ni več enakomeren in optimalen, poleg tega pa se tudi spajka noče več oprijeti konice. Zaradi vsega naštetega je spajkanje s takšnim spajkalnikom težavno in v elektroniki praktično nemogoče. Uporabljajo pa se pri spajkanju na primer kablov ter na področju instalacij, podobno kot spajkalne pištole.



Slika 11: Enostavni električni spajkalnik

Naprednejši električni spajkalniki

Za naprednejše električne spajkalnike (Slika 12) je značilno, da so sestavljeni iz spajkalne postaje ter spajkalne ročke. Poleg tega je temperatura spajkalne konice pri tej vrsti spajkalnikov konstantna in nastavljiva. Pri takšnem spajkalniku torej vedno vemo, s kakšno temperaturo spajkamo, poleg tega pa lahko temperaturo prilagajamo elektronskim elementom, ki jih spajkamo.

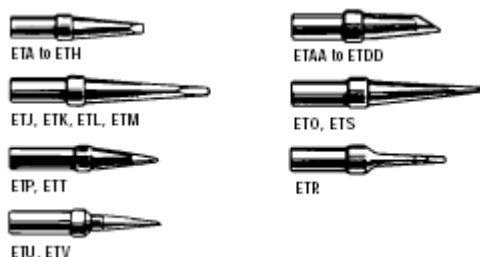


Slika 12: Naprednejši spajkalnik z regulatorjem temperature na spajkalni postaji

Tudi same konice so mnogo kvalitetnejše in se zaradi tega ter zaradi manjših in bolj stabilnih temperatur manj obrabljajo. Prevlečene so s posebno zlitino in dodatno še s premazom, ki omogoča dober oprijem spajke (konica se s spajko dobro omoči).

Ta vrsta spajkalnikov se deli na dve skupini in sicer na spajkalnike, pri katerih temperaturo nastavljamo s posebnim regulatorjem, ki se nahaja na spajkalni postaji ter na spajkalnike, pri katerih temperaturo nastavimo z izbiro prave konice, ki se vedno segreje na določeno temperaturo.

Najbolj razširjeni so spajkalniki z vgrajeno regulacijo temperature (navadno na spajkalni postaji) in sicer predvsem zaradi enostavnosti nastavljanja različnih temperatur. V spajkalni ročki se nahaja spajkalna konica oblike, ki nam najbolj ustreza, na sami spajkalni postaji pa se z gumbom nastavi želena temperatura (standardno območje temperature nekje med 150°C in 450°C). Pri spajkalnikih z vgrajeno regulacijo temperature se tako spajkalno konico menja samo zaradi njene oblike (proizvajalec spajkalnikov znamke Weller za serijo ET ponuja 15 različnih konic v 7 različnih oblikah - Slika 13).



Slika 13: Primer konic različnih oblik (spajkalnik Weller serije ET z regulatorjem)

Prednost spajkalnikov, kjer temperaturo določimo samo z izbiro spajkalne konice (Slika 14), je v večji točnosti ter stabilnosti temperature, zato se uporabljajo v primerih, kjer je točnost nastavljene temperature še posebno pomembna.

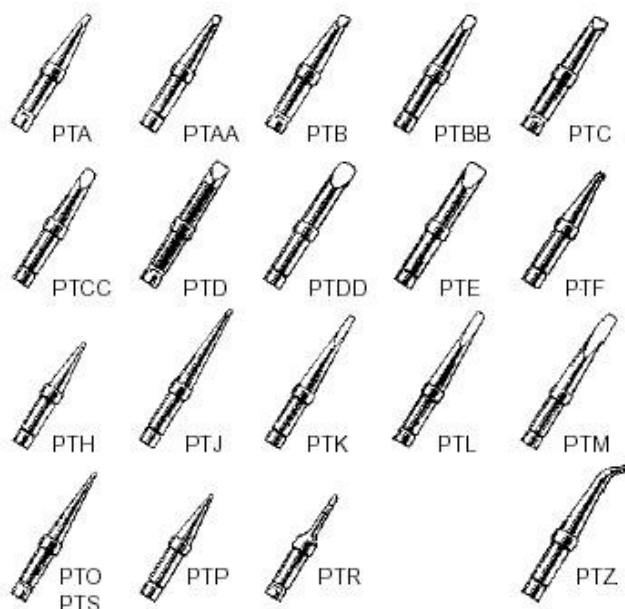


Slika 14: Spajkalnik brez regulatorja

Seveda pa se zaradi načina regulacije temperature potrebuje veliko več spajkalnih konic (za vsako obliko spajkalne konice je potrebno kupiti še konice za

različne temperature), kar lahko močno podraži celotno spajkalno postajo (pri spajkalnikih znamke Weller ponujajo za ta tip spajkalnikov preko 40 temperaturno ter oblikovno različnih konic). Poleg tega je spajkanje veliko bolj zamudno, kadar se spajka različne elemente z različnimi temperaturnimi zahtevami, saj je potrebno vedno fizično zamenjati spajkalno konico in ne samo zavrteti gumba na spajkalni postaji kot pri spajkalnikih z vgrajeno regulacijo temperature.

Spajkalne konice se menjajo tudi zaradi različnih oblik (Slika 15). Večje konice so namenjene spajkanju bolj robustnih in večjih elementov, manjše pa spajkanju na primer SMD elementov. Pri spajkanju večjih elementov ali predelov se tako navadno uporabljajo velike spajkalne konice (konične ali ravne) velikosti 2 mm pa vse do 5,6 mm (največja konica proizvajalca Weller). Seveda se lahko pri takšnem robustnejšem spajkanju uporabijo tudi manjše konice, vendar je zaradi manjše površine spajkalne konice tudi prenos toplote na spajkano mesto manjši in navadno ne zadošča za zadovoljivo spajkanje.



Slika 15: Primer spajkalnih konic za spajkalnik Weller serije PT brez regulatorja

Za spajkanje manjših, predvsem SMD elementov se uporabljajo konične ali ravne spajkalne konice velikosti 0,2 mm do 2 mm.

4.2 Spajkanje z vročim zrakom

Pri tehniki spajkanja z vročim zrakom se za segrevanje spajkanega mesta ter spajke namesto spajkalnika uporablja vroč zrak. Poleg tega se tudi ne uporablja klasična spajka v obliki žice ter fluks, ampak spajkalno pasto, v kateri sta tako spajka kot tudi fluks. Pri tem ima prednost dejstvo, da se pasta enostavno namaže na tiskano vezje preko matrike (da se pasta nahaja samo na za to predvidenih mestih), nato pa se na predvidena mesta položi elemente, ki jih želimo prispajkati. Sledi gretje spajkalne paste, elementov in tiskanega vezja z vročim zrakom, kar povzroči zlitje

spajkanih delov. Pomembno je tudi, da po končanem spajkanju odvečnega fluksa ni potrebno odstraniti, saj le-ta ni več aktiven.

Spajkalne postaje s tehniko spajkanja na vroč zrak omogočajo kvalitetnejše in predvsem bolj nadzorovano spajkanje, glavna prednost pa se pokaže pri spajkanju številnih majhnih elementov z veliko nogicami na majhnih površinah. Na žalost pa vse te prednosti pri amaterski uporabi največkrat ne morejo pretehtati visoke cene naprave, saj že cene najcenejših osnovnih postaj na vroč zrak priznanih proizvajalcev močno presegajo kvalitetne klasične spajkalne postaje.

Kupec spajkalne postaje na vroč zrak pa se mora zavedati še dejstva, povezanega z naeletrenjem zraka. Zrak ventilator v procesu segrevanja poriva mimo vročega grelca, kjer se poleg segretja navadno tudi naelektri. Vroč in naeletren zrak tako nadaljuje svojo pot do tiskanega vezja in elektronskih elementov, ki pa niso na istem potencialu kot zrak. Zaradi tega pride do razelektritve, kar lahko poškoduje občutljivejše elemente. Elementi lahko odpovejo takoj, še bolj pa so problematične poškodbe, ki vodijo v odpoved elementa čez čas, ko je izdelek že prodan in v uporabi. Posledica pa so seveda številne reklamacije in zmanjšanje zaupanja v izdelke.

Kadar se torej odloča o nakupu spajkalne postaje na vroč zrak, je bolje poseči po uveljavljenih (in posledično tudi dražjih) proizvajalcih in modelih, saj imajo ti vgrajen poseben grelec, ki izničuje proste elektrone ter s tem zagotavlja vpihovanje antistatičnega vročega zraka. Cenejše spajkalne postaje na vroč zrak različnih proizvajalcev z Daljnega vzhoda takšnega grelca navadno nimajo, zato lahko ob uničenju vezij poceni investicija hitro postane zelo draga.

Spajkalne postaje na vroč zrak se delijo na več podskupin in sicer na osnovne spajkalne postaje, naprednejše spajkalne postaje in profesionalne spajkalne postaje na vroč zrak.



Slika 16: Osnovna spajkalna postaja na vroč zrak

Osnovne spajkalne postaje na vroč zrak

Osnovne spajkalne postaje na vroč zrak (Slika 16) so postaje, ki so po delovanju zelo podobne spajkalnim postajam s klasično tehniko spajkanja, le da se tu za taljenje spajke uporablja vroč zrak. Na sami spajkalni postaji se lahko nastavlja temperatura ter količino izpihanega zraka.

Naprednejše spajkalne postaje na vroč zrak

Naprednejše spajkalne postaje na vroč zrak imajo poleg osnovne enote z regulacijo temperature in količine izpihanega zraka ter spajkalne ročice še dodatno enoto – podstavek s predgrelecem, na katerem se ravno tako nastavlja temperatura ter čas predgretja (Slika 17). Ta omogoča, da se celotno tiskano vezje, ki je položeno nanj, segreje na prednastavljeno temperaturo še preden se lotimo spajkanja. Ta temperatura je navadno nekje med 10°C in 20°C nižja od tališča spajke.



Slika 17: Naprednejša spajkalna postaja na vroč zrak (Weller WHA 3000P)

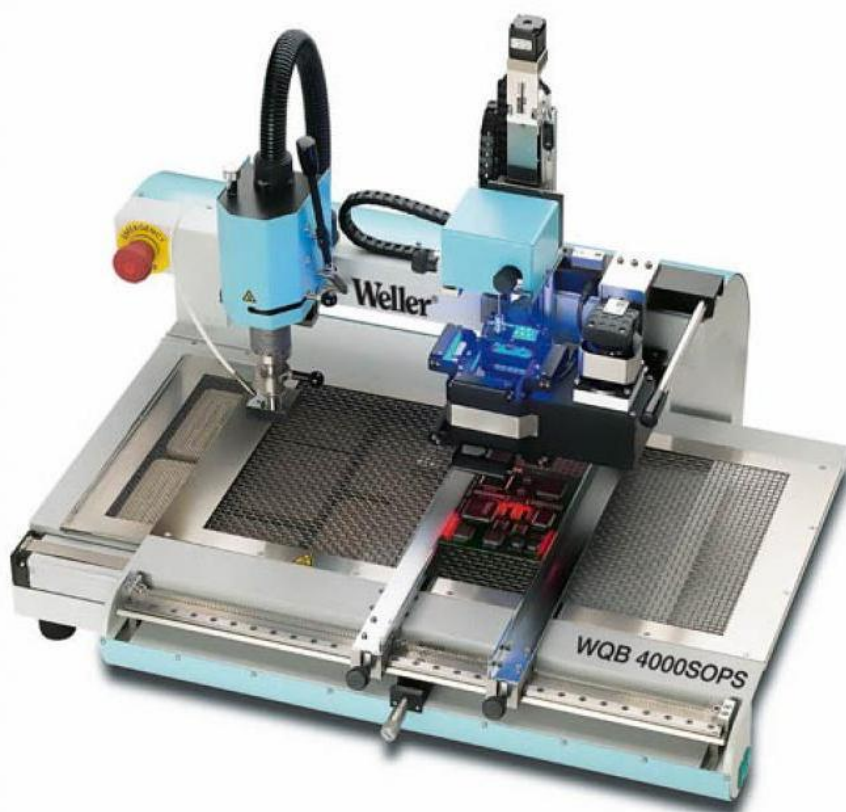
Postopek spajkanja s takšno spajkalno postajo je enostavnejši, saj je celotno tiskano vezje že segreto na temperaturo, ki ne škoduje elementom na vezju in pri kateri spajka še ni tekoča. Na mestu, kjer se dejansko izvaja spajkanje (na primer zamenjava SMD tranzistorja), je potrebno lokalno dodati samo še malo toplote z ročico za spajkanje (preko izpihanega zraka) in element se lahko zamenja. Pri tem težje pride do poškodb ostalih delov tiskanega vezja in ostalih elementov zaradi lokalnega pregretja.

Pri dražjih modelih se lahko temperaturo nadzoruje tudi s pomočjo osebnega računalnika in pripadajoče programske opreme. Za posamezne aplikacije ter spajkanje specifičnih elektronskih elementov tako v programu že obstajajo krivulje temperature v odvisnosti od časa, ki omogočajo optimalen nadzor nad samim spajkanjem in preprečujejo morebitne poškodbe zaradi nepazljivosti ali nevednosti pri nastavljanju temperature in časa gretja med posameznim spajkanjem.

Profesionalne spajkalne postaje na vroč zrak

Profesionalne spajkalne postaje na vroč zrak (Slika 18) združujejo vse prednosti naprednejših spajkalnih postaj ter popolnega nadzora nad spajkanjem preko programskega krmiljenja, precizne nastavitve pozicionirne in spajkalne glave ter vgrajene kamere.

Kamera omogoča pregled nad spajkanim delom pod različnimi povečavami direktno na zaslonu osebnega računalnika. Tako se lahko preko osebnega računalnika natančno krmili postavitev elementov na pravo mesto na tiskanem vezju ter natančno nastavi pozicijo glave za gretje. Na ta način je možnost napake pri spajkanju oziroma poškodovanje spajkanih elementov ali tiskanega vezja minimalna.



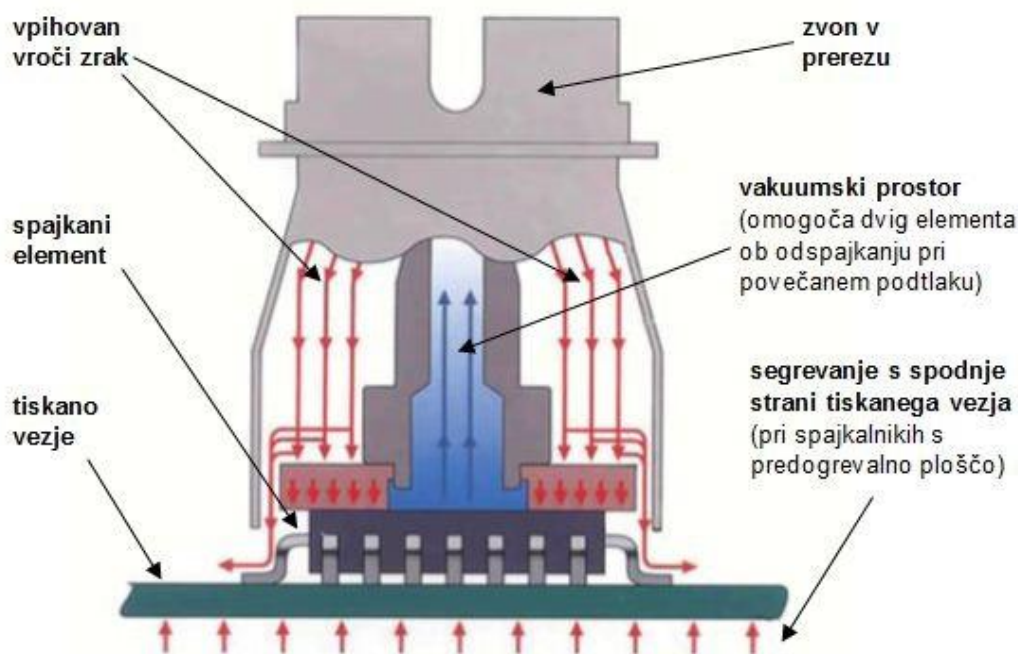
Slika 18: Profesionalna spajkalna postaja na vroč zrak proizvajalca Weller

4.2.1 Podrobnejši opis spajkalne postaje na vroč zrak

Podrobneje si bomo pogledali spajkalno postajo na vroč zrak znamke Weller, model WHA 3000 (Slika 17). Postaja sama spada med naprednejše spajkalne postaje na vroč zrak, izbrana pa je bila, ker za sprejemljivo in še vedno dosegljivo ceno ponuja vse prednosti spajkanja na vroč zrak.

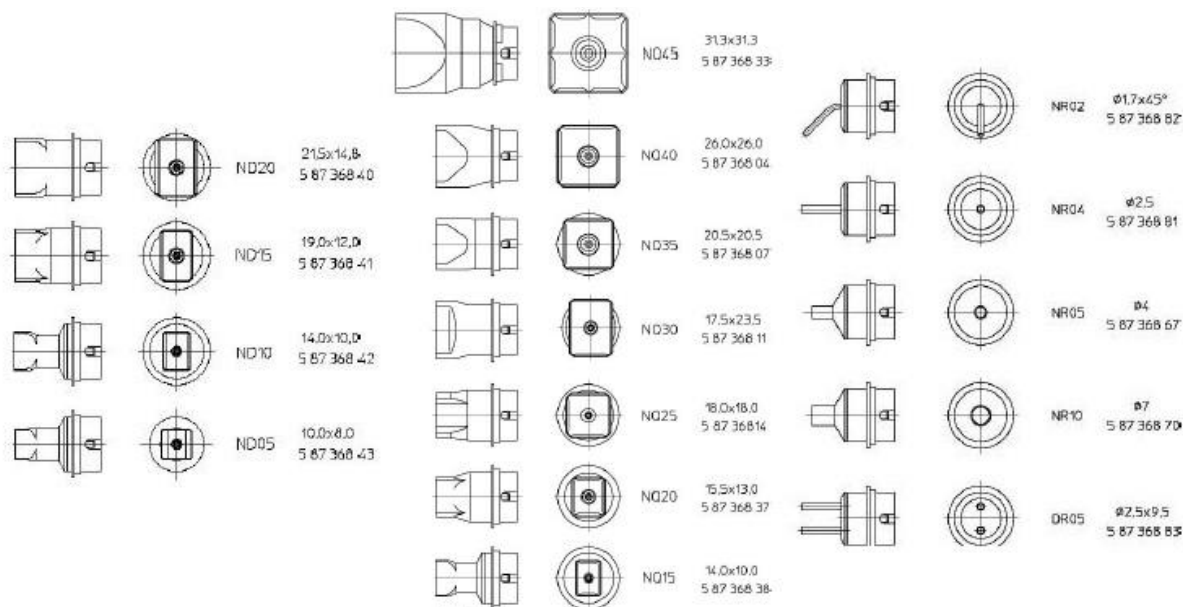
Sama spajkalna postaja je zasnovana na tehnologiji vročega zraka, predgrelec pa na tehnologiji IR, katera je podrobneje opisana v nadaljevanju.

Na naslednji sliki (Slika 19) je prikazan spajkalni zvon v prerezu. Iz nje so razvidni posamezni sestavni deli spajkalnega zvona ter pot kroženja vročega in hladnega zraka.



Slika 19: Prerez spajkalnega zvona

Spajkalniki na vroč zrak delujejo po principu vpihovanja vročega zraka okoli želenega elementa na tiskanem vezju, dokler se spajka ne stali in se lahko element odstrani (pri zamenjavi elementov), oziroma dokler spajka ne zalije nogic elementa (pri namestitvi novega ali nadomestnega elementa). Za usmerjanje vpihovanega zraka na koncu spajkalne ročice se uporabljajo kovinski zvoni. Njihova oblika in velikost je prilagojena posamezni skupini elementov, ki se bodo spajkali.



Slika 20: Različni zvoni za spajkanje z vročim zrakom (oblika ter po način gretja)

Vroč zrak obliva nožice elementa in hkrati segreva kovinsko ploščico, ki je integrirana v zvonu (glej Slika 19) in le-ta s konvekcijskim pretokom toplote skrbi za enakomerno segrevanje elementa. Konvekcijski tok tudi povzroča podtlak v zvonu, ki

pri odspajkanju in dvigu zvona s tiskanega vezja dvigne tudi odspajkani element.

Slabost te tehnologije je, da je potrebnih veliko dragih zvonov različnih oblik in velikosti, da se lahko spajka vse različne elemente, ki se nahajajo na tiskanem vezju. Strošek nakupa večjega števila potrebnih različnih zvonov, še posebno večjih in kompleksnejših, lahko tako kaj kmalu preseže ceno same spajkalne postaje na vroč zrak.

Poleg delitve zvonov po velikosti in obliki se le ti delijo tudi na tiste, ki vpihavajo zrak po dveh, nasprotnih si stranicah (Slika 20, prvi stolpec), ter na zvone, ki vpihavajo zrak po vseh štirih stranicah zvona (Slika 20, drugi stolpec).

Naprednejša spajkalna postaja na vroč zrak Weller WHA 3000P omogoča spajkanje pod točno določenimi pogoji, ki ustrezajo spajkanju posameznega elektronskega elementa. Pri spajkanju je možno izbrati avtomatski ali ročni način delovanja postaje.



Slika 21: LCD zaslon z nastavitvami parametrov (avtomatski način)

V primeru izbire avtomatskega načina spajkanja se mora na spajkalni postaji določiti temperaturo, čas ter pretok zraka za vsak korak spajkanja. Koraki spajkanja so trije in sicer predgretje naprave (ko doseže delovno temperaturo, zapiska), predgretje komponente ter spajkanje. Ko so ti podatki vneseni v spajkalno postajo, postaja sama poskrbi za nastavljanje in spreminjanje vseh parametrov in tako za celoten postopek spajkanja. Spajkalna postaja omogoča tudi shranitev najpogostejše uporabljenih nastavitev v spomin (do deset nastavitev).

V primeru izbire ročnega načina spajkanja pa ni prednastavljenih korakov kakor pri avtomatskem načinu, ampak je potrebno sproti nastavljanje temperature, pretok zraka ter čas.

Spajkalna postaja omogoča tudi priklop dodatnega zunanjskega senzorja temperature. Z njim se točnost temperature samega mesta spajkanja močno poveča, saj se ne opazuje več temperature vpihovanega zraka, ampak temperaturo samega elementa, spojev ali pa tiskanega vezja (odvisno kam je nameščen temperaturni senzor).

K večji natančnosti spajkanja pa pripomore tudi dodatno stojalo, kjer je možno nanj nameščeno tiskano vezje premikati po x-y osi (ali celo x-y-z oseh). Tak način nastavitve omogoča zelo točno postavitve elementov na tiskanem vezju in pozicije ogrevanja, še posebno pri uporabi kamere pri profesionalnih spajkalnih postajah na vroč zrak.

4.3 Spajkanje s pomočjo tehnologije IR

Spajkanje s pomočjo tehnologije IR je v principu precej podobno tehnologiji spajkanja z vročim zrakom. Razlika je le v tem, da je gretje elementov oziroma spajkalne paste izvedeno namesto z vročim zrakom s pomočjo infrardečega sevanja, pri čemer lahko nastavljamo velikost področja segrevanja ter izhodno moč infrardečega grelnika. Največkrat je za segrevanje uporabljeno infrardeče sevanje v področju IR-B (po mednarodni komisiji za sevanja CIE), ki pokriva sevanje z valovno dolžino od 1400 nm do 3000 nm. Tudi upravljanje IR spajkalne postaje je podobno kot pri spajkalni postaji na vroč zrak (nastavlja se temperaturo ter čas gretja, nima pa regulacije pretoka zraka).

Pri tej tehnologiji spajkanja se prav tako uporablja spajkalno pasto in vse ostale postopke, ki so opisani že v poglavju spajkanja z vročim zrakom. Poleg tega sta si tehnologiji (tehnologija spajkanja z vročim zrakom ter tehnologija spajkanja s pomočjo IR tehnologije) konkurenčni po sami ceni naprave kot tudi po kakovosti končnega izdelka. Seveda pa ima vsaka izmed tehnologij, kljub temu, da sta zelo primerljivi, tudi nekaj prednosti in slabosti.

Ena izmed prednosti IR tehnologije pred tehnologijo spajkanja z vročim zrakom je, da lahko območje segrevanja določimo preprosto z nastavitvijo leč, ki infrardečo svetlobo usmerijo samo na želeno območje na vezju. S tem se izognemo nakupu številnih zvonov in nastavkov za gretje, ki se pri tehnologiji z vročim zrakom uporabljajo za različne velikosti in oblike spajkanih elementov. Pomembno je tudi to, da se elementi segrevajo direktno in ne s prenosom toplote preko vročega zraka. Zaradi tega pri segrevanju z infra žarki ne pride do pojava prostih elektronov v zraku, ki lahko poškodujejo občutljivejše elemente.

Ena izmed redkih, a pomembnih slabosti infrardeče tehnologije pa je, da lahko po nesreči ali ob nepazljivem ravnanju z napravo pregrejemo spajko ali spajkani element in ga tako poškodujemo ali celo uničimo. Problem je predvsem v različni absorpciji infrardeče svetlobe pri elektronskih elementih, ki so navadno temne (črne ali sive) barve ter pri nožicah elementa, spajki in povezavah na tiskanini, ki so svetlejše (srebrne) barve. Poleg svetlejše barve pa se tudi svetijo (površina je odsevna), zaradi česar infrardečo svetlobo tudi odbijajo v okolico. Ko se pri spajkanju z infrardečo svetlobo tako segreva predele s spajko in nogicami do dovolj visoke temperature za spajkanje, se lahko bližnji elementi, ki so temnejši in vsrkavajo več infrardeče svetlobe, že preveč segrejejo in se posledično poškodujejo oziroma uničijo. Do nasprotnega učinka pa pride pri spajkanju (segrevanju) zelo svetlih elementov, kjer se lahko okolica in predvsem tiskana okoli elementa preveč segreje in tako poškoduje.

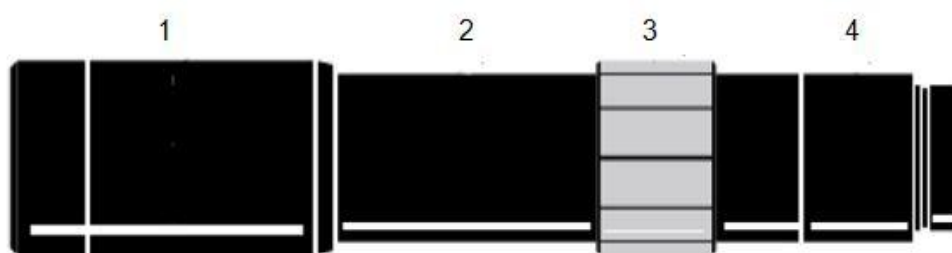
Infrardeče spajkalne postaje postajajo čedalje bolj popularne in tudi cenovno dostopne, delijo pa se v grobem v tri skupine:

- osnovne IR spajkalne postaje,
- naprednejše IR spajkalne postaje,
- profesionalne IR spajkalne postaje.

Razlike med vsemi tremi skupinami so iste kot pri spajkalnih postajah na vroč zrak, le da je tehnologija gretja drugačna.

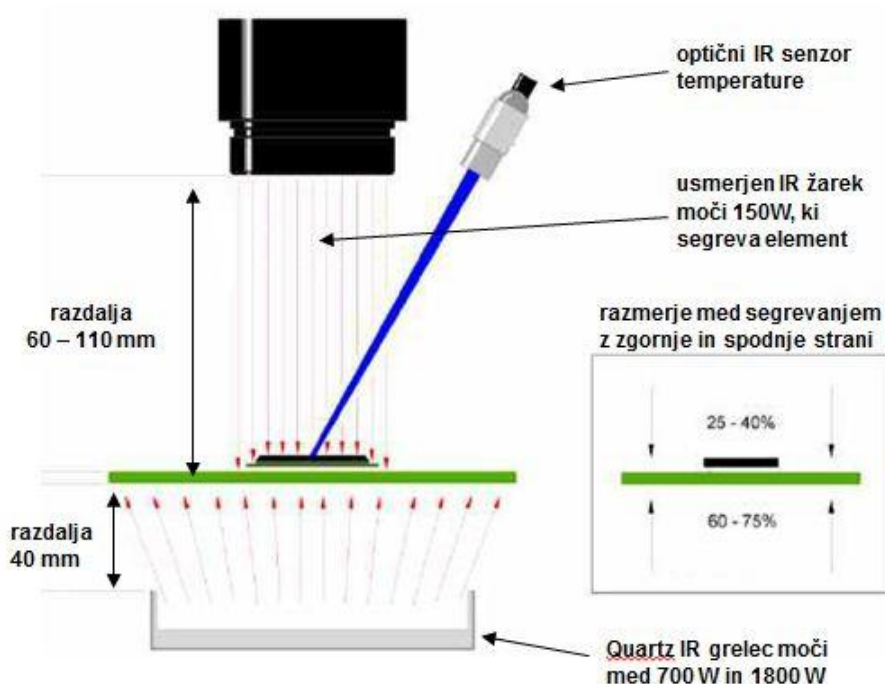
4.3.1 Podrobnejši opis IR spajkalne postaje

V nadaljevanju je predstavljena IR spajkalna postaja proizvajalca PDR, model XT3M. Grelni element pri IR spajkalni postaji je sestavljen iz grelca in različnih leč, ki usmerjajo snop svetlobe na točno določeno površino na tiskanem vezju. Z nastavitvijo leč se tako snop IR svetlobe nastavi na pravo velikost in zato niso potrebne različne oblike in velikosti dragih zvonov, kot pri spajkalni postaji na vroč zrak.



Slika 22: IR enota z lečami

Na vrhu ohišja (pozicija 1 na Slika 22) se nahaja 150W infrardeči grelec, ki oddaja razpršeno svetlobo in infrardeče sevanje. Zgornja leča (pozicija 2) je namenjena zbiranju infrardečega žarka in njegovemu usmerjanju naprej proti izhodu. Infrardeči snop je tako usmerjen že ob vstopu v naslednji del (pozicija 3), ki služi nastavljanju premera infrardečega sevalnega kroga, da le-ta ustreza velikosti spajkanega elementa ali predela. Spodnja leča (pozicija 4) zbere infrardeči žarek v točko in ga projicira na spajkani element ali spajkano območje.

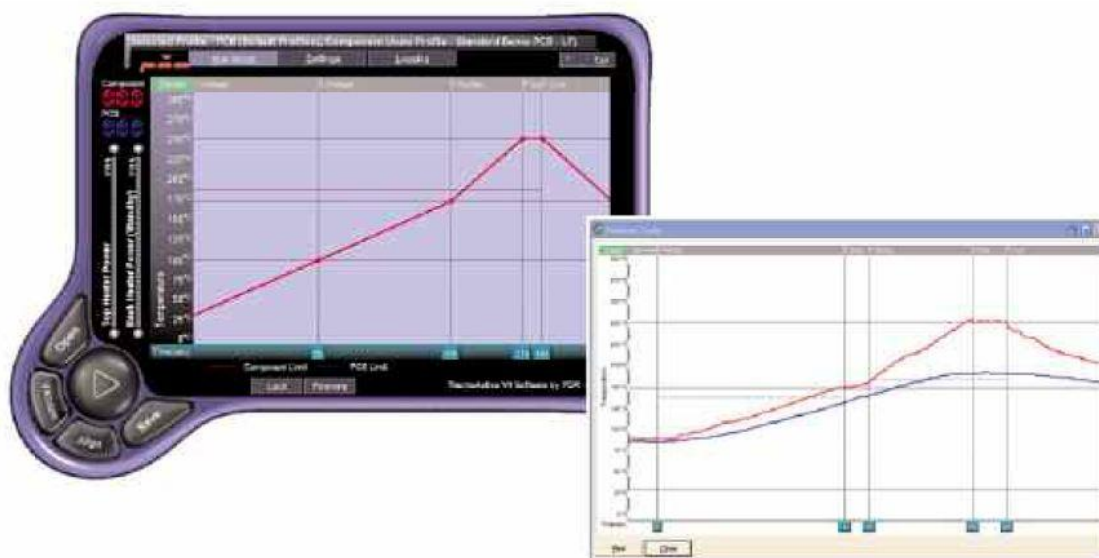


Slika 23: Prikaz gretja z IR tehnologijo spodaj in zgoraj

Obstajajo štiri različne zamenljive leče, ki pokrijejo vse velikosti spajkanih komponent (oznake F150, F200, F400 in F700). Navadno zadostujeta že dve leči in sicer leča z oznako F200 za spajkanje posameznih elementov (upori, kondenzatorji, diode, tranzistorji, ...) in majhnih integriranih vezij ter leča z oznako F700 za spajkanje srednjih do velikih komponent (procesorji, večja integrirana vezja, ...).

Razdalja med IR enoto z lečami ter spajkanim elementom mora biti med 60 mm in 110 mm ter razdalja med predgrelecem in tiskanim vezjem približno 40 mm. IR grelec, ki segreva z zgornje strani posamezne elemente ali dele vezja, ima moč 150W, predgrelni, ki segrevajo celotno tiskano vezje s spodnje strani pa (odvisno od modela) od 500W do 1800W (model XT3M ima 700W predgrelec). Razmerje med toploto, ki jo spajkani element prejme z zgornje ter s spodnje strani, je približno od 25% do 40 % z zgornje strani ter od 60% do 75 % s spodnje strani (Slika 23).

Opisana IR spajkalna postaja ima tudi programsko opremo (Slika 24), preko katere se lahko nastavlja in nadzoruje pravilnost ter sam potek predgretja in procesa spajkanja. Na IR enoti z lečami se nahaja brezkontaktni optični senzor za merjenje temperature samega spajkanega elementa. Poleg njega pa ima IR spajkalna postaja še dodaten temperaturni senzor, s katerim se lahko meri temperaturo tiskanega vezja ali pa bližnjo okolico spajkanega elementa, da ne bi prišlo do njihovega pregretja. Ta dva temperaturna senzorja skupaj s prej omenjenim programom omogočata prikaz temperaturne krivulje v realnem času (na grafu je na X osi predstavljen čas, na Y osi pa temperatura). Na ta način uporabnik ve, kolikšna je temperatura spajkanega elementa v danem trenutku in po potrebi zmanjša ali poveča moč gretja, oziroma v primeru nevarnosti pregretja izklopi grelce.



Slika 24: Program za nadzorovanje procesa spajkanja

4.4 Primerjava spajkalnih tehnik

Tabela 1 prikazuje primerjavo med spajkalnimi tehnikami in tako podaja njihove prednosti ter slabosti.

	klasično spajkanje	spajkanje z vročim zrakom	spajkanje s tehnologijo IR
cena	nizka	visoka	visoka
zapletenost uporabe	preprosta	bolj zapletena	bolj zapletena
nadzor temperature	ima nadzor nad temperaturo spajkalne konice, nima nadzora nad temperaturo spajkalnega elementa	ima nadzor nad temperaturo spajkanja, omogoča tudi nadzor nad temperaturo spajkalnega elementa	ima nadzor nad temperaturo spajkanja, omogoča tudi nadzor nad temperaturo spajkalnega elementa
spajkanje SMD elementov oz. elementov z veliko nogicami	težavno; pri elementih z veliko nogicami nemogoče	zelo primerno	zelo primerno
težave s statiko	ni težav	težave v primeru grelca brez lovilca prostih elektronov (pri cenejših napravah)	ni težav
pregretje elementa ali dela tiskanega vezja	v primeru premočnega in predolgega segrevanja zelo hitro pride do pregretja	ni težav	težave zaradi različne absorpcije IR svetlobe (različno temni oz. odbojni elementi in deli tiskanega vezja)
dodatni stroški za spajkanje različnih elementov	ni večjih dodatnih stroškov	zelo visoki dodatni stroški (za vsako različno velikost ter obliko elementa se potrebuje dodatni zvon)	srednje visoki dodatni stroški (za pokritost vseh oblik ter velikosti elementov so potrebne 4 različne leče)

Tabela 1: Primerjava spajkalnih tehnik

5 CENOVNO DOSTOPNI POSTOPKI POPRAVIL TISKANIH VEZIJ

V prejšnjih poglavjih je opisan postopek ugotovitve oziroma določitve napake na tiskanem vezju ter njena odprava z za to predvideno komercialno dosegljivo opremo. Vendar pa je največkrat potrebno popravilo izvesti brez primerne profesionalne opreme, saj je ta za posameznike predraga, pa tudi njen nakup za nekaj popravil ne bi bil racionalen.

V nadaljevanju je opisanih nekaj alternativnih postopkov, ki lahko ob poznavanju problematike takšnih postopkov ter pazljivem ravnanju pripelje do popravil posameznih tiskanih vezij, ki so praktično enakovredna popravila s profesionalnimi napravami. Seveda pa se moramo zavedati, da se lahko pri napačni uporabi postopkov, prehitevanju in nepazljivem ravnanju, naredi več škode kot koristi in se okvarjeno tiskano vezje nepopravljivo uniči. Pomembno je torej, da se zavedamo, da alternativni in seveda poceni postopki obstajajo, da so uspešni, skoraj vse pa je odvisno od pravilne izvedbe. Zato se na začetku, ko še nimamo izkušenj, lotimo enostavnejših popravil ter popravil tiskanih vezij, ki jih ni škoda oziroma so že namenjena v koš za smeti.

5.1 Popravilo tiskanega vezja s klasično spajkalno postajo

Veliko popravil, kjer so okvarjeni posamezni elementi oziroma je potrebno odpraviti hladne ali druge poškodovane spoje na tiskanem vezju, je možno izvesti s klasično spajkalno postajo, seveda pri izbiri primerne spajkalne konice ter temperature spajkanja. Med elemente, ki jih je možno zamenjati na ta način, spadajo enostavnejši elementi (upori, kondenzatorji, diode, varovalke, tranzistorji, ...), ki imajo manj kontaktnih nogic ter tudi nekateri kompleksnejši elementi (integrirana vezja). Popraviti se da tudi vezja v SMD izvedbi (strukturi), pomembno je le, da imajo SMD elementi kontaktne nogice oziroma kontakte ob strani elementa in ne na spodnji strani, da se jih lahko doseže s spajkalno konico (dovolj majhne velikosti).

Največji problem navadno predstavlja odstranitev elementov s tiskanega vezja, še posebno tistih z več kontaktnimi nogicami. Pomagamo si lahko z vakuumsko črpalko ali odspajkalno postajo za odstranjevanje spajke okoli nogic elementa, kjer segrejemo vsako nogico posebej in s črpalko odstranimo staljeno spajko. Postopek največkrat ni uspešen, saj redko zadostno odstrani spajko z vseh nogic, kar bi omogočilo odstranitev okvarjenega elementa.

Pri segrevanju nogic nastane problem, ker ni možno hkrati segrevati kontaktnih nogic na različnih straneh elementa, to pa onemogoča njegovo odstranitev. V primeru nepravilnega postopka odstranitve takšnih elementov največkrat pride do poškodbe tiskanega vezja ter okoliških elementov zaradi pregretja (ker se predolgo trudimo s segrevanjem).

Za odstranjevanje takšnih elementov, ki so že okvarjeni, je najboljša tehnika, da se s preciznimi ščipalkami poreže vse nogice elementa in se ga tako odstrani s plošče. Posamezne nogice nato ni težko odstraniti s segrevanjem in s pomočjo pincete. Kadar je potrebno odstraniti SMD elemente z več nogicami, si lahko

pomagamo z dvema spajkalnikoma ali pa s spajkalno konico v obliki kladiva, ki omogoča hkratno gretje obeh strani klasičnega ali SMD elementa (na primer integriranega vezja).

Drug način odstranitve SMD elementa z več nogicami je, da se več nogic skupaj zalije z dodatno spajko in na ta način se lahko greje več kontaktov hkrati. Zavedati pa se je potrebno, da pri tem postopku lahko pride do povzročitve kratkega stika med posameznimi kontakti, zato se ta postopek redkeje uporablja.

Po odstranitvi okvarjenega elementa je potrebno očistiti tiskano vezje odvečne spajke. To se stori z vakuumsko črpalko, odspajkalno postajo ali pa z navadno bakreno pletenico, na katero se prime odvečna spajka.

Zadnji korak popravila je namestitev novega elementa in njegovo prispajkanje. V primeru, da je bila odstranitev okvarjenega elementa in čiščenje tiskanega vezja uspešna, je prispajkanje novega elementa najlažji del popravila, paziti je le potrebno, da se ga ne pregreje.

5.2 Popravilo tiskanega vezja v kuhinjski pečici

Tehnika popravila tiskanega vezja s segrevanjem v kuhinjski pečici je namenjena odpravi hladnih lotov ter drugih napak na samih spajkanih delih ter zamenjavi kompleksnejših elementov, kot so integrirana vezja z velikim številom kontaktnih nogic. Pri takšnih elementih tehnika s klasično spajkalno postajo ni uporabna, kuhinjska pečica pa tako nadomesti segrevanje z vročim zrakom ali IR grelcem.

Ta tehnika je precej bolj zahtevna in kompleksna kot tehnika s klasično spajkalno postajo, saj je povišani temperaturi v kuhinjski pečici izpostavljeno celotno vezje, pri čemer lahko hitro pride do poškodovanja ali uničenja posameznih sklopov in elementov zaradi pregretja.

Pred popravilom je potrebno tiskano vezje odstraniti iz ohišja ter s samega tiskanega vezja odstraniti vse sestavne dele (katere je sploh možno odstraniti), ki brez poškodb ali deformacij ne prenesejo visokih temperatur do približno 220°C (odvisno od specifikacije spajkalne paste). Takšni deli so predvsem plastični priključki, distančniki, držala, deli ohišja, itd. Pri segrevanju v kuhinjski pečici se uporabi način konvekcije (kroženja zraka po pečici), saj je na ta način temperatura celotnega vezja, ki se segreva, bolj homogena.

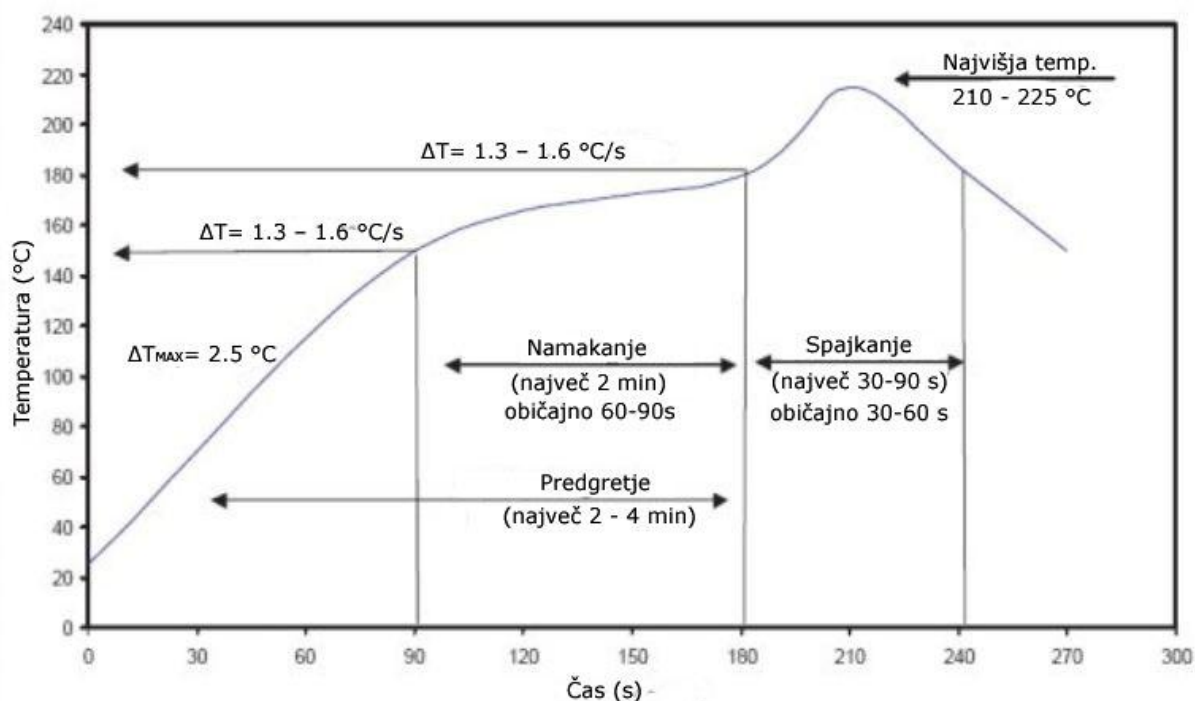
Proces segrevanja okvarjenega vezja v kuhinjski pečici je sestavljen iz štirih korakov in sicer predgretja, spajkanja, ohlajanja v pečici in ohlajanja izven pečice (glej Slika 25). Pri nastavljanju temperatur pa se je potrebno na žalost zanesti na temperaturno regulacijo, ki je vgrajena v pečico. Točnost nastavljene temperature je možno pred postopkom spajkanja preveriti s (kalibriranim) termometrom, ki se ga položi v pečico.

Predgretje - tiskano vezje se v kuhinjski pečici segreje na 180°C (celotno segrevanje navadno traja najmanj 2 minuti in največ 4 minute). Območje temperature med 140°C in 180°C se imenuje območje namakanja (premočenja). Čas namakanja je nekje med 60 in 90 sekund ter je sestavni del celotnega predgretja.

Spajkanje - tiskano vezje se v nadaljevanju segreje na temperaturo 220°C. Čas tega koraka je najmanj 30 in največ 90 sekund, navadno pa zadostuje čas med 30 in 60 sekund. V tem času se spajka zlije s spajkanimi deli.

Ohlajanje v pečici – kuhinjsko pečico se ugasne in odpre samo toliko, da vroč zrak uide iz pečice (potrebna je previdnost, da se ne opečemo z vročim zrakom). V naslednjih 60 sekundah se postopoma odpre vrata pečice do konca. Po tem času so spoji že dovolj ohlajeni in trdi, da se lahko tiskano vezje odstrani iz pečice (vendar **POZOR**, saj je tiskano vezje še vedno vroče, zato je potrebno uporabiti zaščitne rokavice).

Ohlajanje izven pečice – po odstranitvi tiskanega vezja iz pečice je potrebno počakati, da se to ohladi na sobno temperaturo. V primeru, da ne obstaja možnost kratkega stika, se lahko tiskano vezje odloži na aluminijasto ploščo, prek katere se hitreje ohladi (v približno 60 sekundah).



Slika 25: Grafični prikaz temperature pri popravilu

Postopek je primeren tudi za spajkanje novih elementov na tiskano vezje ter zamenjavo okvarjenih. Pri izdelavi novega tiskanega vezja se preko matrike (da se nahaja samo na za to predvidenih mestih) na tiskano vezje nanese spajkalno pasto ter ročno položi elemente. Ko se izvede postopek segrevanja v pečici, se spajkalna pasta stopi in zalije elemente na tiskano vezje.

Nekoliko bolj kompleksen je postopek zamenjave okvarjenih elementov, saj je potrebno le-te pred zamenjavo odstraniti. Pri prvem segrevanju tiskanega vezja v kuhinjski pečici se pri najvišji temperaturi (področje spajkanja) okvarjeni element odstrani s tiskanega vezja. To se lahko izvede ročno, vendar je postopek težaven, še posebno, ker je potrebno odpreti vročo pečico in z vročega tiskanega vezja odstraniti okvarjen element. Nekoliko lažji način je uporaba dvižnih mehanizmov, ki se jih pred

segrevanjem namesti na okvarjen element. Mehanizem je narejen tako, da se posebne nožice namesti pod element, vzmetni mehanizem pa nato element vleče stran od tiskanega vezja. Ko se tiskano vezje v pečici dovolj segreje, da spajka popusti, tak mehanizem dvigne poškodovan element in ga lahko po ohladitvi preprosto odstranimo. Do končnega popravila nato sledi samo še nanos paste ter novega elementa na pravo mesto ter ponovno segrevanje v pečici.

5.3 Popravilo tiskanega vezja s kuhalno ploščo ali plinskim štedilnikom

Postopek popravila tiskanega vezja s kuhalno ploščo ali plinskim štedilnikom (Slika 26) je primeren tako za popravilo hladnih spojev in drugih nepravilnosti na spajkanih delih s pregretjem kot tudi za zamenjavo posameznih delov. Uporablja se predvsem za popravila enostavnejših in manj občutljivih vezij, na katerih ni plastičnih delov, ki bi se med morebitnim pregretjem lahko stopili.

Nadzor temperature je v tem primeru manj natančen, saj imajo kuhalne plošče v najboljšem primeru 10 stopenj jakosti segrevanja, pri čemer se ne da nastavljanje direktno temperature. Postopek je zato manj zanesljiv, saj se lahko zanašamo samo na svoje občutke ter na to, kar vidimo med samim procesom segrevanja. Je pa zaradi odprtosti in dostopnosti do posameznih elementov postopek primeren za odstranitev okvarjenih elementov s tiskanega vezja, saj celotno tiskano vezje segrevamo le na tolikšno temperaturo, da spajka pod okvarjenim elementom popusti in element lahko odstranimo.

V primeru, da se uporablja električna kuhalna plošča, se tiskano vezje lahko položi direktno nanjo, kadar pa se segreva s plinskim štedilnikom, se tiskano vezje segreva preko aluminijaste plošče, debele vsaj 4 mm. Na ta način se toplota enakomerneje in bolj nadzorovano prenaša na tiskano vezje.



Slika 26: Primer popravila na električni grelni plošči oz. na plinskem štedilniku.

5.4 Popravilo tiskanega vezja s plinskim spajkalnikom

Okvarjeno tiskano vezje, predvsem hladne spoje ali drugače poškodovane spoje se lahko popravi tudi s segrevanjem s plinskim spajkalnikom ali drugim plinskim gorilnikom (Slika 27). Prednost takšnega postopka je, da omogoča le segrevanje predela, ki je poškodovan, ne pa tudi okoliške tiskanine in elementov. Slabost

postopka pa je podobno kot pri segrevanju s kuhalno ploščo in sicer da ni nadzora nad temperaturo segrevanja, zato se lahko pri nepazljivem ravnanju pregreje tako tiskano vezje kot elemente na njem.

Preden se lotimo spajkanja, je potrebno pripraviti dve zaščiti za tiskano vezje iz tanke pločevine ali debelejšše aluminijaste folije (lahko se uporabi tudi razrezana pločevinka od pijače, čeprav je aluminijasta folija bolj primerna, ker se jo lahko točneje namesti). Na mestu, kjer se bo dejansko segrevalo tiskano vezje, se naredi odprtino v velikosti okvarjenega predela tiskanega vezja ali elementa. Obe zaščiti se nato prečno pod kotom 90° namesti eno na drugo okoli predela, ki se ga popravlja. Sledi previdno segrevanje celotnega predela z odprtim ognjem plinskega spajkalnika.



Slika 27: Plinski spajkalnik

6 PRAKTIČNI PRIMERI POPRAVILA TISKANIH VEZIJ

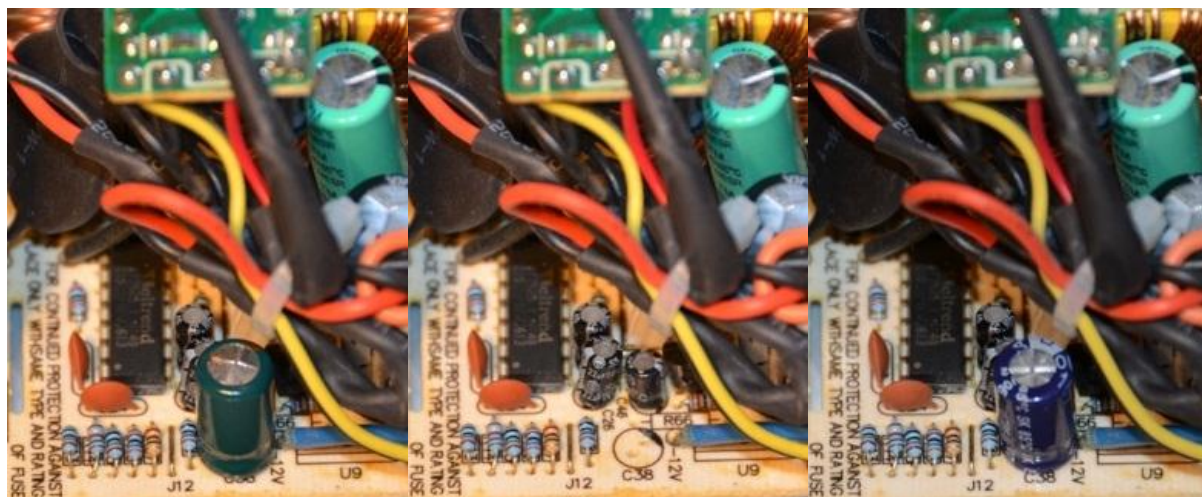
V prejšnjem poglavju so predstavljeni cenovno dostopni alternativni postopki popravil. Ti omogočajo popravilo okvarjenih tiskanih vezij z opremo, ki jo ima doma povprečen amaterski elektronik in to s primerljivo zanesljivostjo kot se popravila izvajajo na servisih s profesionalno spajkalno opremo.

Za potrditev, ali opisani postopki tudi v praksi delujejo, je v nadaljevanju opisanih nekaj primerov popravil, ki so bili kljub uporabi le osnovne spajkalne opreme in v prejšnjem poglavju opisanih postopkov, uspešni.

6.1 Popravilo računalniškega napajalnika

Najbolj tipična napaka, ki se pojavi pri okvari predvsem napajalnikov nižjega cenovnega razreda je, da se elektrolitski kondenzatorji napihnejo ali posušijo. Problem je največkrat v vgradnji elektrolitskih kondenzatorjev izredno slabe kakovosti ter vgradnji kondenzatorjev, ki so dimenzionirani za nižje temperature.

Lociranje teh kondenzatorjev je razmeroma enostavno, saj so vidni takoj, ko se odstrani pokrov napajalnika. Okvarjeni elektrolitski kondenzatorji imajo na vrhu izboklino (so napihnjeni), lahko pa imajo vrh kondenzatorja celo razpokan ali oblit z elektrolitom (Slika 28). Zamenjava takšnih kondenzatorjev je razmeroma preprosta. Najprej se odstrani okvarjen kondenzator, očisti tiskanino ter namesti novega. Popravilo se izvede s klasičnim spajkalnikom ter spajkalno konico primerne oblike. Primerna nastavljena temperatura na spajkalni postaji je okrog 300°C. V primeru, da je okvarjen kondenzator težko odspajkati, ga odstranimo tako, da mu odrežemo nogice, te pa v nadaljevanju odspajkamo vsako posebej. Pri izbiri nadomestnega elektrolitskega kondenzatorja je dobro kupiti takšnega, ki je narejen za temperaturo 105°C in ne 85°C.



Slika 28: Zamenjava napihnjenega kondenzatorja na napajalniku

6.2 Popravilo grafične kartice

Pri okvarah grafičnih kartic je največkrat vzrok pregrevanje posameznih delov vezja ali elementov in sicer zaradi neprimerne namestitve (še posebno pri

prenosnikih) ter premajhnih in neprimernih hladilnih teles. Dodatni problem predstavlja tudi prah, ki se s časom nabere med hladilnimi režami in na ventilatorju in tako preprečuje učinkovito odvajanje toplote. Posledica takšnih napak in prahu so zelo visoke temperature na grafični kartici, ki lahko presežejo tudi 100°C. To pa je že temperatura, ki poškoduje posamezne elemente na kartici (tudi, če element ni videti poškodovan, je lahko tiskano vezje okoli njega temno in prežgano, kar nakazuje na pregrevanje). Poleg tega so kritične tudi velike temperaturne razlike, ki povzročajo nenačrtovano velike raztezke, njihova posledica pa so počene in prekinjene povezave na tiskanem vezju ali v samih integriranih vezjih.

Okvarjena grafična kartica, ki je bila na razpolago, je imela, verjetno zaradi pregrevanja zaradi velike količine prahu v hladilnih rebrih pod ventilatorjem, prekinjene določene povezave na tiskanem vezju, kar se je odražalo v občasnem nedelovanju. To je postalo še posebno izrazito, ko se je računalnik in z njim grafična kartica segrela.

Za popravilo je bila izbrana tehnika s pregrevanjem tiskanega vezja grafične kartice s kuhinjsko pečico. V primerjavi z bolj kompleksnimi vezji (matična plošča), grafična kartica nima tako velikega števila priklonov, razširitvenih rež ter drugih temperaturno občutljivih delov. Z nje je potrebno pred segrevanjem v pečici odstraniti le hladilne elemente (hladilnik, ventilator ter njegov priklon na napajanje), saj so le-ti na tiskano vezje pritrjeni s plastičnimi zatiči, ki se lahko med segrevanjem stopijo in deformirajo. Odstranitev video izhodov ni potrebna, ker so temperaturno dovolj odporni in brez težav za kratek čas prenesejo temperaturo 220°C.

Večina »amaterskih serviserjev« sam proces popravila poenostavi v primerjavi z grafom segrevanja (Slika 25). Navadno tako samo segrejejo kuhinjsko pečico na 200°C, postavijo tiskano vezje vanjo ter počakajo približno 10 minut. Nato pečico ugasnejo in počakajo, da se vezje ohladi. V večini primerov tudi to deluje, vendar je zaradi večje zanesljivosti popravila dobro uporabiti pravilen postopek segrevanja in ohlajanja (Slika 25).

Pri konkretnem primeru je bil tako po odstranitvi občutljivih delov na vrsti postopek segrevanja, pregrevanja ter ohlajanja grafične kartice. Ta je bila postavljena v pečico, segreto na 140°C. Po 120 sekundah se je pečico nastavilo na 180°C ter počakalo nadaljnjih 180 sekund. Po preteku tega časa je bila pečica nastavljena na 220°C, po 90 sekundah pa se je pečico ugasnilo. Po preteku 60 sekund se je rahlo odprlo vrata, po nadaljnjih 60 sekundah pa se je vrata pečice popolnoma odprlo. V 1 uri se je grafična kartica popolnoma ohladila.

Po končanem popravilu je sledila namestitvev hladilnih reber z ventilatorjem na grafični procesor. Pomembno je, da se pri namestitvi hladilnega rebra uporabi novo in kvalitetno termoprevodno pasto, da se zagotovi zadostno hlajenje procesorja tudi v prihodnosti ter da se ne pozabi priključiti ventilatorja na napajanje.

Po namestitvi tako popravljene grafične kartice v osebni računalnik je ta delovala brez napak.

6.3 Popravilo matične plošče prenosnika

Kot primer praktičnega popravila je bil pod drobnogled vzet okvarjen prenosnik proizvajalca HP model NX8220. Prenosnik je po preverjanju BIOS-a javljal napako »Insert Smart Card« v modrem oknu in zato ni nadaljeval z običajnim nalaganjem. Po določenem času je javil »Smart Card not inserted, system is shutting down«, za tem pa se je ugasnil. Zaradi te napake je lastnik poslal prenosnik na pregled na servis, kjer je bilo ugotovljeno, da je okvarjena matična plošča. Nova, nadomestna matična plošča stane nekaj več kot 400 € in dodatnih 50 € za zamenjavo le-te. Celotni stroški popravila naj bi torej stali vsaj 450 €. Tu pa že obstaja vprašanje, ali je smiselno prenosniku menjati celo matično ploščo, saj je vrednost le-tega manjša kot nadomestni kos. Tako je bila ugotovitev servisa, da popravilo ni rentabilno.

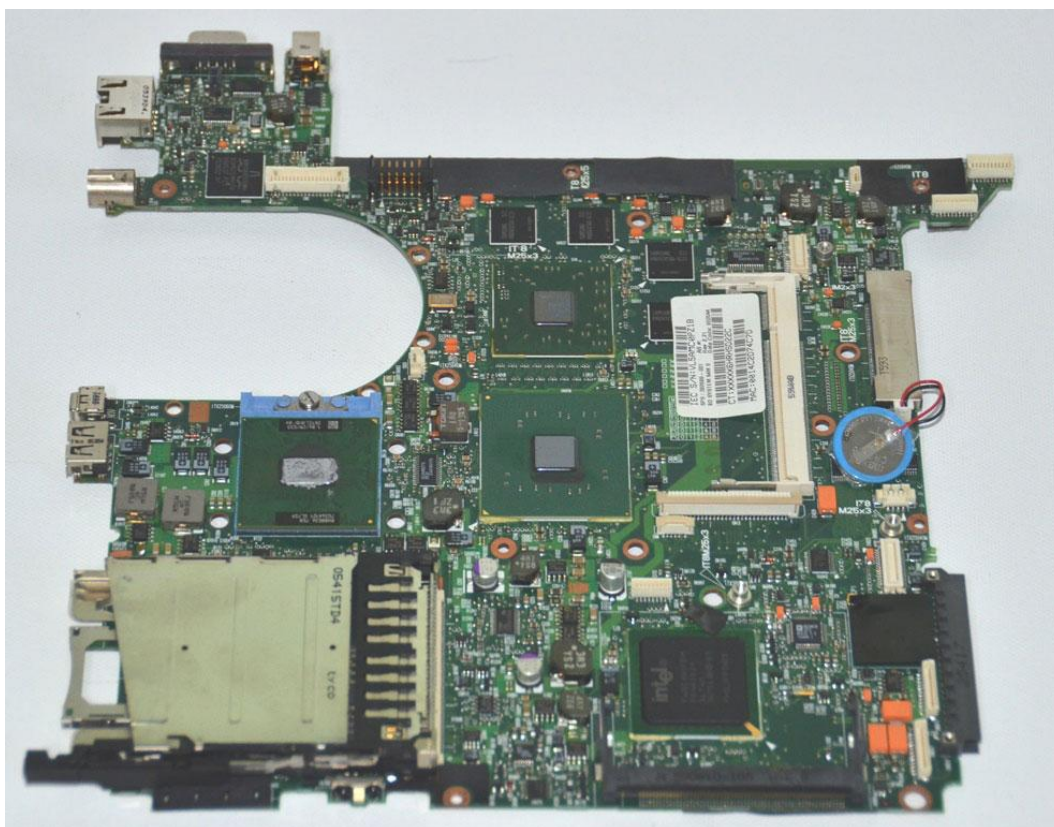
Po vrnitvi prenosnika je imel lastnik na razpolago tri možnosti. Prva in hkrati najmanj ugodna možnost je popravilo prenosnika na servisu. Druga možnost je nakup novega prenosnika, okvarjenega pa se zavrže oziroma proda po komponentah (tiste, ki še delujejo) in se tako povrne vsaj nekaj denarja. Tretja možnost je, da sam poskusi poiskati vzrok za omenjeno napako na svetovnem spletu (kot je že bilo omenjeno v podpoglavju 3.2.3) ter po primernem postopku to napako odpravi.



Slika 29: Razstavljen prenosni računalnik

Po preverjanju je bilo ugotovljeno, da je omenjena napaka pogost pojav pri omenjenemu modelu prenosnika, zato je možno na spletu najti kar nekaj razprav na to temo. Zaključek večine teh razprav je, da je možno to in še nekaj podobnih napak odpraviti s preprostim močnim pritiskanjem na delu med tipkovnico in sledilno ploščico ob prižigu prenosnika. V tem primeru se prenosnik zažene brez problema. Ko je bil ta napotek izveden v praksi, se je prenosnik resnično zagnal pravilno. Iz tega je sledila ugotovitev, da se na tem delu matične plošče prenosnika nahaja hladen spoj, ki postane ob mehanski deformaciji matične plošče (fizično pritiskanje) prevoden. Za odpravo hladnega spoja pa je potrebno ta del matične plošče segreti do temperature, ko spajka na tiskanem vezju ponovno postane prevodna in se pravilno zlije po povezavah in kontaktih.

Preden se lahko pregreje matično ploščo, je potrebno cel prenosnik razstaviti do te mere, da se lahko iz njega odstrani matično ploščo (Slika 29, Slika 30). Pri razstavljanju prenosnika se potrebuje različno orodje kot so navadni, križni in razni specialni (npr. TORX) izvijači, natični ključi manjših dimenzij, kombinirane klešče, ščipalke,... Še pred samim razstavljanjem prenosnika pa je dobro na svetovnem spletu poiskati navodila za razstavljanje, saj se sicer lahko med nepravilnim razstavljanjem dodatno poškoduje ali polomi prenosnik. Samo razstavljanje prenosnika se izvede na ozemljeni antistatični podlagi, da med razstavljanjem ne pride do dodatnih poškodb zaradi preskoka statične elektrike.



Slika 30: Okvarjena matična plošča prenosnega računalnika

Posebno pazljivost je potrebno nameniti plastičnim delom, priklopom in povezovalnim kablom, saj se lahko zelo hitro polomijo. Vijake, ki se odstranjujejo, je smiselno shraniti ločeno glede na njihovo mesto vgradnje, saj bo v nasprotnem primeru nastalo veliko problemov pri sestavljanju, ko je potrebno vgraditi na primer enake vijake različnih dimenzij, pa se ne ve več točno, kje bi morali biti. Kadar se uporabijo prekratki glede na originalne, se ne doseže zadovoljive trdnosti povezave, še bolj problematična pa je uporaba predolгих vijakov, ki lahko poškodujejo ostale dele prenosnika. Za problematične korake je dober nasvet tudi uporaba fotoaparata, da se lahko v primeru dvomov pogleda, kako so bile stvari sestavljene pred razstavitvijo.

Po odstranjeni matični plošči se je potrebno odločiti, katera tehnika je najbolj primerna za dotično popravilo. Izbrana je bila tehnika popravila z vročim zrakom plinskega spajkalnika, saj je na matični plošči preveč plastičnih delov ter vhodnih in izhodnih konektorjev, ki se lahko pri drugih tehnikah poškodujejo. Preden se začne s popravilom tiskanega vezja, je potrebno zaščititi okolico spajkanega dela, da se le-ta ne bi nepotrebno segrela oziroma pregrela. Za zaščito se lahko uporabi debelejšo aluminijasto folijo, katero se naloži okoli dela, katerega je potrebno segreti ali pa kar pločevinko od pijače, v katero se naredi primerno odprtino. Nato se s plinskim gorilnikom na hitro pregreje zamišljeni del s hladnim spojem (s potezami ter hitrostjo, kot bi barvali s čopičem). V poteku segrevanja je potrebno biti pozoren na obnašanje samega tiskanega vezja, elementov na njem ter bližnje okolice segrevanja. Po končanem »popravlilu« je potrebno počakati, da se tiskano vezje ter komponente na njem ohladijo, nato se segrevani del premaže s ščetko z vsaj 70% alkoholom, da se odvečni fluks ali morebitne nečistoče raztopi ter odstrani z bombažno krpico.

Zdaj se lahko začne s sestavljanjem prenosnika v celoto. Pri tem je potrebno paziti na dolžino vijakov (da se prave vijake namesti na prvotna mesta). Pri montaži hladilnih elementov se ne sme pozabiti odstraniti stare termoprevodne paste z alkoholom in papirnato brisačko ter dodati novo. V nasprotnem primeru se hlajeni deli lahko pregrevajo, kar posledično pomeni ponovno razstavljanje in popravilo prenosnika. Ravno tako se priporoča očistiti reže hladilnih elementov ter ventilator, saj je v njih pogosto veliko prahu in zato reže in ventilator ne omogočajo zadostnega pretoka zraka za hlajenje.

Po sestavi prenosnika se ga prižge in preveri, ali je napaka uspešno odpravljena. V našem primeru je bila napaka uspešno odpravljena, brez dragih stroškov popravila, potrebovalo se je samo primerne izvijače (križni ter TORX), plinski spajkalnik, nekaj aluminijaste zaščite, alkohol, krtačko za čiščenje ter krpico za odstranitev odvečnega alkohola z umazanijo ter termoprevodne paste.

ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi se je ukvarjalo z diagnostiko napak ter popravili tiskanih vezij, pri katerih se ni potrebovalo drage diagnostične opreme ter opreme za odpravo napak.

Tekom diplomske naloge je bilo ugotovljeno ter dokazano, da lahko z alternativnimi tehnikami, kateri so približki profesionalne opreme za odpravljanje napak na tiskanih vezjih, se lahko le-te odpravi na cenovno ugoden način ob nekaj manjši zanesljivosti. Ravno zaradi cenovne ugodnosti pa se je lahko lotilo popravila katerekoli cenejše naprave, saj so "naprave", ki so se uporabile za popravila tiskanih vezij prisotne v skoraj vsakem domu, oziroma stanejo največ nekaj deset evrov.

V praktičnem primeru se je popravilo tiskano vezje prenosnika (matična plošča), katere popravilo na servisu ne bi bilo rentabilno, saj bi bili stroški popravila večji od nakupa novega rezervnega kosa. Pri tem praktičnem primeru pa je bil strošek nekje 15 minut časa ter grelnik, kateri stane 20 evrov. Nova matična plošča pa bi stala med 200 in 500 evrov, odvisno od znamke ter modela prenosnika.

Naslednji primer je bila okvarjena grafična kartica, kateri bi lahko samo še zavrgli in kupili novo. Za popravilo le-te se je potrebovalo kuhinjsko pečico, katera je prisotna v vsakem domu ter nekje 40 minut časa. Razen vloženega časa stroškov popravila ni bilo.

Tretji primer pa je bilo popravilo napajalnika za osebni računalnik. Potrebovalo se je kondenzatorje primernih kapacitet ter napetosti, spajkalnik ter nekje 20 minut časa. Stroški popravila brez upoštevanja vloženega časa so tako bili 3 evre, nov napajalnik pa lahko stane tudi 100 in več evrov.

Pri vseh treh praktičnih primerih so različne alternativne metode delovale in je tako bilo popravilo učinkovito.

Iz zgoraj navedenih stroškov popravila ter novih rezervnih kosov je lepo razvidno, da se popravilo z alternativnimi metodami kljub razmeroma nizkim cenam novih rezervnih delov splača. Kot je bilo rečeno že v uvodu, bodo alternativne metode v prihodnosti predstavljale pomemben del servisne dejavnosti pri popravilu tiskanih vezij.

LITERATURA

1. Morris Rosenthal: Computer repair with diagnostic flowcharts
2. N. Ahlhelm: An introduction to high reliability soldering and circuit board repair
3. Howard H.Manko: Solders and soldering
4. Ning-Cheng Lee: Reflow soldering processes and troubleshooting: SMT, BGA, CSP and Flipchip technologies
5. Rudolf Strauss: SMT soldering Handbook
6. <http://www.cadez-ing.si/> - servisna ura popravila
7. <http://servis.digi.si/page.php?31> – servisna ura popravila
8. http://www.evertec.de/US/html/bga_optical_inspection.html
9. <http://extra.ivf.se/ngl/>
10. <http://extra.ivf.se/ngl/documents/Chapterb/Chapterb.pdf>
11. <http://en.wikipedia.org/wiki/Soldering>
12. <http://www.kpsec.freeuk.com/docs/solder.pdf>
13. <http://lea.hamradio.si/~s53m/phare/Meho%20spajkanje.pdf>
14. http://shop.just.si/store.php/show/view=category/cat_id=211
15. <http://www.arcade-electronics.com/weller%20soldering%20iron%20tips.aspx>
16. <http://www.eetimes.com/design/programmable-logic/4015216/How-to-detect-solder-joint-faults-in-operating-FPGAs-in-real-time?pageNumber=1>
17. <http://www.landyzone.co.uk/lz/f8/both-electric-windows-dont-work-101807.html>
18. <http://www.svet-el.si/revija/index.php?Action=DETAIL&idd=153>
19. http://en.wikipedia.org/wiki/Solder_paste
20. <http://www.technolab.de/en/solderdict/furtherexamples/faultyapplicationofsolderpaste.php>
21. <http://bibo.igo.uni-hannover.de/dokuwiki/doku.php?id=fertigung:selbstloetenmitloetpaste>
22. <http://www.surpluseq.com/sites/prodfiles/anote097-ang-251234.pdf> IR
23. http://openhardware.net/Misc_Stuff/ToasterSMD/ Pečica BGA