



F I 000104998B



SUOMI - FINLAND (FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(12) PATENTTIJULKAISU PATENTSKRIFT

(10) FI 104998 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats

15.05.2000

(51) Kv.lk.7 - Int.kl.7

G01R 31/28

(21) Patenttihakemus - Patentansökning

970378

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

30.01.1997

(24) Alkupaiva - Löpdag

30.01.1997

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

12.08.1998

(73) Haltija - Innehavare

1 •Oy Nokia Ab, Box 407, 00045 Nokia Group, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Perttula,Altti, c/o Nokia Research Center, 00045 Nokia Group, SUOMI - FINLAND, (FI)

2 •Tuominen,Aulis, c/o Nokia Research Center, 00045 Nokia Group, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Luoto, Kristian/Nokia Research Center
PL 407, 00045 Nokia Group

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

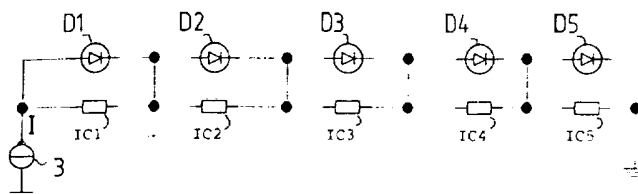
**Menetelmä integroitujen piirien luotettavuuden testaamiseksi
Förfarande för att testa tillförlitligheten hos integrerade kretsar**

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

EP A 756178 (G01R 31/26), US A 5483175 (G01R 31/28), US A 5442282 (G01R 31/28), WO A 96/26450 (G01R 31/316)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön kohteena on menetelmä integroitujen piirien luotettavuuden testaamiseksi, jossa kussakin testattavassa piirissä (IC1-IC5) liitokset (1) kytketään yhteen halutulla tavalla testaustarkoituksiin sopivan vastuksen aikaansaamiseksi piirissä, ja testattavat piirit kytketään sarjaan virtalähteeseen (3) tietyn suuruisen mittausvirran (I) syöttämiseksi kaikkien testattavien piirien läpi yhtä aikaa, jolloin mittaus suoritetaan jännitemittauksena (4) kunkin piirin yli. Jokaisen piirin (IC1-IC5) yli kytketään mittausvirtaan nähden myötäsuuntainen diodi (D1-D5), että mittausvirta syötetään vakiovirtalähteestä (3) siten, että piirien yli oleva jännite (U) on alhaisempi kuin diodin kynnysjännite, jolloin hajonneen piirin aiheuttama virtakatkos aiheuttaa diodin johtavaan tilaan siirtymisen, jonka jälkeen mittausvirran (I) suuruus korjataan vakiovirtalähteellä (3) entiselleen.



Uppfinningen avser ett förfarande för att testa tillförlitligheten hos integrerade kretsar, där anslutningarna (1) i varje krets (IC1-IC5) som skall testas kopplas samman på önskat sätt för att åstadkomma en för teständamålet lämplig resistans i kretsen, och där kretsarna som skall testas kopplas i serie med en strömkälla (3) för samtidig matning av en mätström (I) av förutbestämd storlek genom samtliga kretsar som skall testas, varvid mätningen utförs som spänningsmätning (4) över varje krets. Över varje krets (IC1-IC5) kopplas en i förhållande till mätströmmen ledspänningskopplad diod (D1-D5), och mätströmmen matas från en konstantströmkälla (3) så, att spänningen (U) över kretsarna är mindre än diodens tröskelspänning, varvid ett strömbrott förorsakad av en söndrig krets överför dioden i ledande tillstånd, varefter mätströmmens (I) storlek återställs till den ursprungliga med konstantströmkällan (3).

Menetelmä integroitujen piirien luotettavuuden testaamiseksi

Tämän keksinnön kohteena on menetelmä integroitujen piirien luotettavuuden testaamiseksi. Tarkemmin ottaen keksintö liittyy sellaisiin testausmenetelmiin, joissa kussakin testattavassa piirissä liitokset kytketään yhteen halutulla tavalla testaustarkoituksiin sopivan vastuksen aikaansaamiseksi piirissä, ja testattavat piirit kytketään virtalähteeseen mittausvirran syöttämiseksi testattavien piirien läpi, jolloin mittaus suoritetaan jännitemittauksena kunkin piirin yli.

Uudet, vähän tilaa vievät komponenttien valmistusteknologiat joissa johdinliitokset tehdään suoraan piisubstraatille, kuten flip chip, COB (Chip on Board), CSP (Chip Scale Packaging) ja TAP (Tape Automated Bonding), ovat mielenkiintoisia erityisesti pienissä ja kannettavissa, mutta yhä monimutkaisemmissa elektroniikkatuotteissa. Luotettavuuden kannalta näiden piirityyppien liitokset ovat avainasemassa, joten ennen siirtymistä niihin valmistajan on siis varmistettava valitsemansa komponenttitekniikan liitosten luotettavuuden.

Yksi tavanomaisimmista testaustavoista on altistaa piirejä lämpötilan sykliseen vaihteluun. Tämä tehdään kytkemällä piirien liitokset yhteen ns. daisy-chain-konfiguraatiossa, sijoittamalla tilastollisesti merkittävien tulosten edellyttämä määrä testattavia piirejä testikaappiin ja syöttämällä niihin virta, joka aiheuttaa jännitehäviön liitosten yli. Tätä jännitehäviötä monitoroidaan joko suoraan piirin liitosten yli tai sen ja sen kanssa sarjassa olevan tarkan sarjavastuksen yli mittaamalla, jolloin muutos liitoksissa aiheuttaa virran muutoksen ja näkyy siten jännitemuutoksena mittarissa.

Ongelmana on se, että jokaiselle piirille on tuotava oma virransyöttö, jolloin kaapeloinnin määrä virransyötön osalta on $2n$, jossa n =testattavien komponenttien lukumäärä. Mikäli halutaan käyttää ns. nelipistemenetelmää, jokaiseen komponenttiin tulee lisäksi tiedonkeruukaapelit, jolloin kaapeloinnin määrä kokonaisuudessaan on $4n$. Rinnakkaisella virransyötöllä kaapeloinnin määrä siis kasvaa ja jos komponentteja on paljon, voi käydä niinkin, että paksu kaapelinippu ei mahdu testikaappiin sisään.

Toinen ongelma on se, että rinnakkaisella syötöllä ei koskaan saada ehdottomasti samansuuruista virtaa kaikille komponenteille, koska liitoksista,

kaapelinpituuksista, mahdollisesti käytettävästä sarjavastuksesta jne. johtuen syntyy aina kontrolloimattomia jännitehäviöitä, jotka muuttavat virran suuruutta. Virransyötön erilaisuudesta johtuen mitatut jännitehäviöt eivät siis ole täysin vertailukelpoisia keskenään.

5 Piirit voidaan luonnollisesti myös kytkeä sarjaan, jolloin kaapeloinnin tarve vähenee. Ongelmana on tässä se, että jos yksi sarjaan kytketyistä piireistä hajoaa, kaikki piirit jäävät virrattomiksi ja testaus jää niiden osalta kesken. Siten tunnetuissa menetelmissä piirit kytketään rinnakkain ja kukin ketjutettu piiri varustetaan omalla virransyötöllä.

10 Tämän keksinnön tarkoituksena on aikaansaada testausmenetelmä, jolla edellä mainitut haitat ovat vältettävissä, ja joka perustuu siihen, että testattavat piirit kytketään sarjaan virtalähteeseen mittausvirran syöttämiseksi kaikkien testattavien piirien läpi yhtä aikaa, jolloin mittaus suoritetaan jännitemittauksena kunkin piirin yli. Keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnusomaista se, että
15 jokaisen piirin yli kytketään mittausvirtaan nähden myötäsuuntainen diodi, että mittausvirta syötetään vakiovirtalähteestä siten, että piirien yli oleva jännite on alhaisempi kuin diodin kynnysjännite, jolloin hajonneen piirin aiheuttama virta-
katkos aiheuttaa diodin johtavaan tilaan siirtyminen, jonka jälkeen vakiovirtalähde korjaa mittausvirran suuruus entiselleen.

20 Keksinnön edullisille sovellutusmuodoille on tunnusomaista se, mitä jäljempänä olevissa patenttivaatimuksissa on esitetty.

25 Keksinnön mukaisesti virta syötetään rinnakkaissyötön asemasta sarjassa kaikille komponenteille käyttäen vakiovirtageneraattoria ja ohitusdiodia jokaisen komponentin kohdalla. Mikäli jokin komponentti hajoaa testin aikana sen virtapiiri katkeaa, mutta virta alkaakin kulkea ohitusdiodin kautta vakiovirtageneraattorin huolehtiessa virran pysymisestä samana katkoksesta huolimatta.

30 Keksinnöllä tarvittavan kaapeloinnin määrää voidaan vähentää merkittävästi, pelkän virransyötön osalta arvosta $2n$ arvoon 2 , ja nelipistemittauskytkennässä arvosta $4n$ arvoon $2n+2$, joka esim. 10 komponentin mittauksessa vähentää kaapeleiden lukumäärää 40:stä 22:een. Lisäksi, koska kaikkien komponenttien kautta kiertää yksi ja sama virta, saadaan mittaustietona täsmälleen vertailukelpoinen jännite eri komponenttien yli.

Keksintöä selostetaan seuraavassa tarkemmin esimerkkien avulla viittaamalla oheisiin piirustuksiin, joissa

kuvio 1 esittää tapaa kytkeä piirin liitokset yhteen ns. daisy-chain menetelmällä;

5 kuvio 2 esittää keksinnön mukaista menetelmää vastaavaa mittauskytkentää;

kuvio 3 esittää esimerkin keksinnön mukaisella mittausmenetelmällä saatavista tuloksista.

Kuten kuviossa 1 on esitetty, kytketään daisy-chain menetelmällä
10 piirin kaikki liitosnystyt 1 yhteen siten, että ne on liitetty toisiinsa vuoroin substraatin puolella 2a, vuoroin piirin puolella 2b. Näin saadaan aikaan suhteellisen korkea vastusarvo piirin virransyöttöpisteiden välillä. Kuvion 1 mukaisessa ns. nelipistekytkenällä mittausvirta I syötetään piiriin virtalähteellä 3 eri johtoja pitkin ja eri kohtiin 1a kuin mistä piirin yli oleva jännite (mV) mitataan jännitemittarilla 4. Näin virransyöttöjohtojen ja -liitäntöjen jännitehäviöillä ei ole vaikutusta daisy-chain -ketjun mitattavaan vastukseen. Kytkennällä voidaan esim. syklaustestissä mitata kussakin piirissä tapahtuvat suhteelliset resistanssiarvojen muutokset. Tunnetuissa virran rinnakkaissyöttöön perustuvissa ratkaisuisa kutakin piiriä varten tarvitaan neljä johtoa.

20 Kuviossa 2 on esitetty keksinnön mukaista menetelmää vastaava mittauskytkentä. Testattavat piirit IC1...IC5, jotka tässä on esitetty vastuksina, koska niiden vastus on mittauksen kannalta oleellisin tieto, on kytketty sarjaan. Käytännössä piirejä voi olla sarjaan kytkettynä jopa satoja. Jokaisen piirin yli on lisäksi kytketty bypass-diodi D1...D5. Jännite mitataan kustakin piiristä erikseen,
25 joko kuvion 1 mukaisesti nelipistemittauksella tai suoraan piirin ja diodin napojen yli. Diodit D1...D5 (esim. 1N5626) on kytketty mittausvirtaan nähden myötäsuuntaiseksi. Vakiovirtalähteestä 3 tuleva mittausvirta I on sen suuruinen (esim. 18 mA), että piirien IC1...IC5 yli oleva jännite on alhaisempi, esim. luokkaa 0,2 V, kuin diodin kynnysjännite, joka 1N5626:n kohdalla on 0,63V/10mA.

30 Kun joku piiri hajoo, sen aiheuttama virtakatkos piirissä nostaa jännitteen piirin ja bypass-diodin yli niin suureksi, että se aiheuttaa diodin johtavaan tilaan siirtymisen, eli virtakatkos eliminoiduu. Tämän jälkeen vakiovirtalähde

korjaa mittausvirran I suuruus entiselleen, mahdollistaen testauksen jatkumisen keskeytyksettä riippumatta testin aikana hajonneista piireistä.

Kuviossa 3 on esitetty keksinnön mukaisella menetelmällä aikaan-
saatuja testituloksia 20 piirin osalta 60 kappaleen kokonaismäärästä. Testissä oli
5 mukana kolme eri tyyppistä flip-chip-piiriä A, AA ja B, jotka testattiin samassa
sarjakytkennässä testikammiossa, jossa lämpötilan annettiin vaihdella välillä -
40°C - +125°C kahden tunnin sykleissä yhteensä 1000 sykliä. Jännitelukemia
otettiin sekä korkeissa (h) että matalissa (c) lämpötiloissa. Kun jännite nousee
diodin kynnysjännitteen lukemaan, on se merkki piirin hajoamisesta (f). Hajoami-
10 nen voidaan siis todeta välittömästi testin aikana, mikä on edullista seuraavien
testien kannalta, koska ne yleensä suunnitellaan edellisten testien aikana. Eri piiri-
tyyppien erot tulevat myös hyvin näkyviin, esim. piirityypillä A on jonkin verran
alhaisempi resistanssi kuin muilla, toisaalta sen luotettavuus on muita huonompi.

Alan ammattimiehelle on selvää, että keksinnön eri suoritusmuodot
15 eivät rajoitu yllä esitettyihin esimerkkeihin, vaan että ne voivat vaihdella jäljem-
pänä olevien patenttivaatimusten puitteissa. Siten keksinnön mukainen menetelmä
soveltuu kaikkien komponenttien luotettavuustesteihin, esim. edellä esitetyn läm-
pösyklitestin lisäksi myös jännitesyklitestiin ja muihin liitosten vaurioitumista
aiheuttaviin testeihin.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä integroitujen piirien luotettavuuden testaamiseksi, jossa kussakin testattavassa piirissä (IC1-IC5) liitokset (1) kytketään yhteen halutulla tavalla (2a,2b) testaustarkoituksiin sopivan vastuksen aikaansaamiseksi piirissä, ja testattavat piirit kytketään sarjaan vakiovirtalähteeseen (3) tietyn suuruisen mittausvirran (I) syöttämiseksi kaikkien testattavien piirien läpi yhtä aikaa, jolloin mittaus suoritetaan jännitemittauksena (4) kunkin piirin yli, t u n n e t t u siitä, että jokaisen piirin (IC1-IC5) yli kytketään mittausvirtaan nähden myötäsuuntainen diodi (D1-D5), että mittausvirta syötetään vakiovirtalähteestä (3) siten, että piirien yli oleva jännite (U) on alhaisempi kuin diodin kynnysjännite, jolloin hajonneen piirin (f) aiheuttama virtakatkos aiheuttaa diodin johtavaan tilaan siirtymisen, jonka jälkeen mittausvirran (I) suuruus korjataan vakiovirtalähteellä (3) entiselleen.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kussakin testattavassa piirissä liitokset (1) on kytketty yhteen ns. daisy-chain-menetelmällä, jossa vierekkäiset liitokset on kytketty yhteen vuoroin piirin sisällä (2b) ja vuoroin substraatin puolelta (2a).
3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että testissä mitataan jännite kunkin testattavan piirin (IC1-IC5) yli piirin kunnan selvittämiseksi.
4. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että testin aikana mitataan jännite kunkin testattavan piirin (IC1-IC5) kanssa sarjaan kytketyn vastuksen yli piirin kunnan selvittämiseksi.

Patentkrav

1. Förfarande för att testa tillförlitligheten hos integrerade kretsar, där anslutningarna (1) i varje krets (IC1-IC5) som skall testas kopplas samman på
5 önskat sätt (2a,2b) för att åstadkomma en för teständamålet lämplig resistans i kretsen, och där kretsarna som skall testas kopplas i serie med en strömkälla (3) för samtidig matning av en mätström (I) av förutbestämd storlek genom samtliga kretsar som skall testas, varvid mätningen utförs som spänningsmätning (4) över varje krets, k ä n n e t e c k n a t därav, att över varje krets (IC1-IC5) kopplas en i
10 förhållande till mätströmmen ledspänningskopplad diod (D1-D5), att mätströmmen matas från konstantströmkällan (3) så, att spänningen (U) över kretsarna är mindre än diodens tröskelspänning, varvid ett strömbrott förorsakad av en söndrig krets (f) överför dioden i ledande tillstånd, varefter mätströmmens (I) storlek återställs till den ursprungliga med konstantströmkällan
15 (3).

2. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att anslutningarna (1) i varje krets som skall testas har kopplats samman med ett sk. daisy-chain-förfarande, där bredvidliggande anslutningar har kopplats samman turvis inne (2b) i kretsen, turvis på substratet (2a).

20 3. Förfarande enligt patentkravet 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a t därav, att i testet mäts spänningen över varje krets (IC1-IC5) som skall testas för att bestämma kretsens kondition.

4. Förfarande enligt patentkravet 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a t därav, att i testet mäts spänningen över ett med varje krets (IC1-IC5) som skall
25 testas seriekopplat motstånd för att bestämma kretsens kondition.

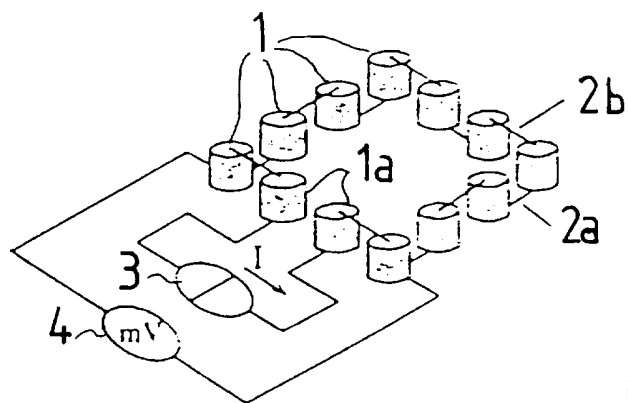


Fig. 1

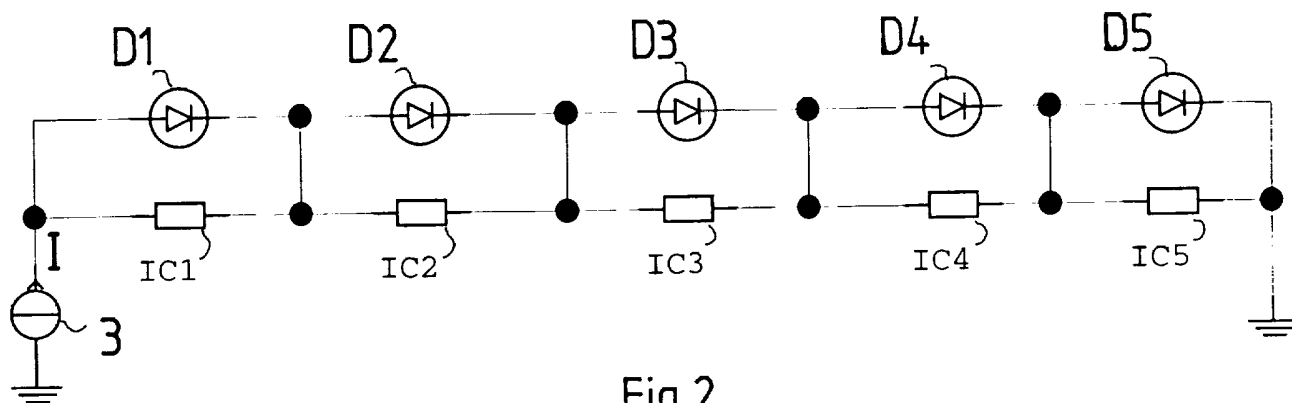


Fig. 2

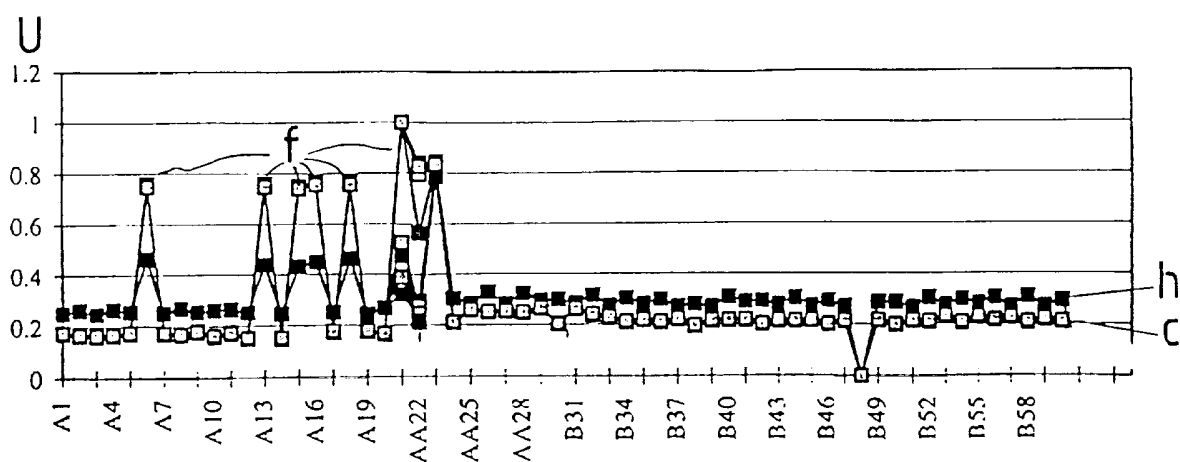


Fig. 3