



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2021 00684**

(22) Data de depozit: **15/11/2021**

(41) Data publicării cererii:
30/05/2023 BOPI nr. **5/2023**

(71) Solicitant:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA PĂMÂNTULUI - INCDFP,
STR. CĂLUGĂRENI NR. 12, MĂGURELE,
IF, RO**

(72) Inventatori:
• **CHITARU CRISTIAN, ALEEA MARIUS
EMANOIL BUTEICĂ NR. 12, BL. 60, SC. 1,
AP. 1, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **IONESCU CONSTANTIN,
STR. FIZICIENILOR NR. 8, BL. 5, SC. A,
ET. 2, AP. 9, MĂGURELE, IF, RO**

(54) **SIMULATOR DE PROPAGARE A UNDELOR SEISMICE
UTILIZÂND LICHID MAGNETIC**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un simulator de propagare a undelor seismice utilizând lichid magnetic. Simulatorul conform invenției este alcătuit dintr-o sursă de semnale cuprinzând două surse de semnal sinusoidal care simulează cele două tipuri de unde ale unui cutremur, undele P și S, dintr-un controler și din simulatorul propriu-zis realizat cu ajutorul unor bobine (1) imersate într-un lichid (2) magnetic conținut într-un vas (5) și comandate de controler, simulatorul astfel obținut funcționând în așa fel încât suprafața lichidului magnetic se deformează sub acțiunea câmpului magnetic produs de bobinele (1) imersate în lichidul (2) magnetic, curentul prin bobine (1) fiind generat de controler (2) și forma de undă a curentului ce circulă prin bobine (1) fiind identică cu forma de undă a unui cutremur.

Revendicări: 1
Figuri: 37

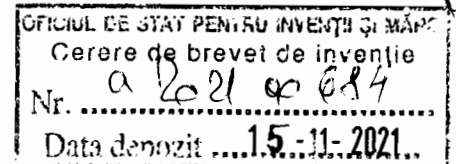


Fig. 3



SIMULATOR DE PROPAGARE A UNDELOR SEISMICE UTILIZAND LICHID MAGNETIC

DESCRIEREA INVENTIEI



INTRODUCERE

Inventia se refera la un simulator de propagare a undelor seismice utilizand lichid magnetic. Practic, mediul de propagare solid – solul – este inlocuit cu lichidul magnetic. Cutremurul real este substituit de catre forma de unda analogica reala (in format WAV) a acestuia.

Metoda permite vizualizarea simulata a deplasarii solului numai pe directia verticala, deplasare datorata atat undei P, cat si undei S – cutremure vranceane – sau, in cazul teleseismelor datorata undelor P, S, de suprafata sau de schimb.

Un cutremur inregistreaza miscarea solului pe 3 directii: verticala, orizontala pe directia Nord –Sud (NS) si orizontala pe directia Est-Vest (EW).

Un cutremur tipic vrancean este reprezentat in **Fig.1** si **Fig.2**

Undele P (Primaere), avand o viteza de propagare mai mare decat undele S (Secundare), ajung primele la observator. Viteza de propagare a undelor P, in functie de natura mediului de propagare este cuprinsa intre 6 si 8 Km/s. Viteza de propagare a undelor S este de aprox. 2/3 din viteza de propagare a undelor P. Intervalul de timp dintre momentele in care undele P si S ajung la observator se noteaza cu S-P. In cazul cutremurelor cu hipocentrul / epicentrul in Vrancea raportat la un observator din Bucuresti, intervalul de timp S-P este cuprins intre 10 si 15 secunde. Cu cat distanta epicentrala creste, cu atat intervalul S-P este mai mare.

Concret, simulatorul de propagare a undelor seismice utilizand lichid magnetic se compune din urmatoarele blocuri:

- O sursa de semnal
- Un controler
- Simulatorul propriu-zis ce permite vizualizarea deplasarii solului compus din lichidul magnetic si bobinele ce deplaseaza / deformeaza suprafata lichidului magnetic, bobine comandate de catre controler.

Schema bloc este reprezentata in **Fig.3**

Proiectarea controlerului si simularea software a functionarii lui s-a realizat cu Multisim14.

Semnalul real – forma de unda reala a unui cutremur – s-a inlocuit in cazul simularii software cu doua surse de semnal sinusoidal, surse ce simuleaza cele doua tipuri de unde, undele P si S. Motivatia acestei optiuni este determinata de necesitatea de a proiecta controlerul astfel incat forma de unda de la iesirea sa sa nu fie distorsionata intr-o gama de frecvente cuprinsa intre 5 Hz si 40 Hz (gama de frecvente a semnalului unui cutremur real vrancean). Distorsionarea de catre controler a unei forme de unda sinusoidale poate fi usor urmarita si corectata in cazul unei forme de unda sinusoidala.

Distorsionarea formei de unda se datoreaza:

- nivelului semnalului de intrare
- bobinelor (inductantelor) comandate de catre etajele finale de putere ale controlerului.

Schema partiala a controlerului este prezentata in **Fig.4**. Partiala datorita numarului mare de registre de deplasare, si etaje finale ce comanda bobinele. In schema s-au reprezentat numai doua etaje finale si numai doua registre de deplasare de cate 8 biti.

In **Fig.5** si **Fig.6** este reprezentat simulatorul propriu-zis:

1- bobine; 2- lichid magnetic; 3- puncte de conexiune de pe cablajul imprimat; 4- cablaj imprimat; 5- vas;

Pentru o buna vizualizare a “ondularii” suprafetei lichidului magnetic este necesara o suprafata a simulatorului propriu-zis relativ mare. Pe cablajul imprimat 4 sunt lipite bobinele

128

1. Ansamblul cablaj imprimat 4 – bobine 1 este imersat in lichidul magnetic 2. Dimensiunile vasului 5 de dimensiuni L, l, determina suprafata simulatorului propriu-zis.

In cazul in care, pentru o “buna vizualizare a cutremurului” dimensiunile L si l sunt de exemplu L=60cm, l=20cm si diametrul unei bobine 1 este de 1cm, numarul de bobine necesare este de $60 \times 20 = 1200$. Intrucat bobinele sunt comandate pe coloana (Fig.5) – bobinele de pe o coloana sunt conectate in serie si comandate de un singur etaj final), numarul de etaje finale este in cazul exemplificat de 60. Totodata, este necesar un registru de deplasare de 60 biti. Deformarea suprafetei lichidului magnetic pe suprafata unei coloane este aceiasi pe toata suprafata unei coloane – fiecare bobina din coloana va deforma identic suprafata lichidului magnetic in timpul primei alternante a semnalului. Dupa prima trecere prin zero, prima alternanta a semnalului va comanda a doua coloana de bobine deformand suprafata lichidului magnetic aferenta acesteia; a doua alternanta a semnalului va comanda prima coloana de bobine.

Numarul de coloane de bobine necesar va fi determinat de numarul de treceri prin zero a semnalului, numar de treceri prin zero determinat la randul sau de durata cutremurului si de frecventa semnalului.

Notam cu T durata cutremurului si cu f frecventa semnalului acestuia. Perioada semnalului este $1/f$. Numarul de treceri prin zero este de $T/(1/f) = T \times f$.

Daca de exemplu $T=25s$ si $f=10Hz$, numarul de coloane necesar pentru a “vizualiza” cutremurul este de $25 \times 10 = 250$. Vor fi necesare 250 de etaje finale, un registru de deplasare de 250 biti si eventual 250 de LED-uri necesare vizualizarii optice a prezentei fiecarei alternante a semnalului.

Domenii de aplicabilitate:

- Didactic
- Simularea comportamentului cladirilor in cazul unui cutremur.

Didactic.

In cadrul Institutului National de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pamantului functioneaza anual Scoala de vara in cadrul careia se prezinta elevilor si studentilor notiuni de seismologie si fizica aplicata (geofizica, optica, electricitate, etc.) Unele dintre aceste notiuni sunt exemplificate practic. Inventia prezentata contribuie la o intelegere mai buna a fenomenelor geofizice, a propagarii undelor seismice si a masurilor de protectie individuala ce trebuiesc luate in cazul producerii unui cutremur. Vizualizarea deformarii solului, variatia amplitudinii acesteia in functie de tipul undei seismice, P sau S, din punct de vedere psihologic, contribuie la constientizarea pericolului.

Simularea comportamentului cladirilor in cazul unui cutremur.

Uzual, simularea comportamentului cladirilor in cazul unui cutremur se realizeaza prin amplasarea unei machete la scara de dimensiuni apreciabile pe o masa vibranta. Deplasarea mesei pe cele 3 directii (verticala, orizontala N-S si orizontala E-W) se face utilizand un sistem de pistoane hidraulice. Se urmareste in principal comportamentul structurii de rezistenta a cladirii in cazul acceleratiei maxime a deplasarii solului. Studiul mai detaliat a comportamentului structurii de rezistenta a unei cladiri se poate realiza utilizand simulatorul de unde seismice utilizand lichid magnetic. Deplasarea solului poate fi simulata mult mai detaliat.

Macheta cladirii realizata la o scara mai mica este amplasata pe suprafata lichidului magnetic. Accelerometre wireless sunt fixate in diverse puncte ale structurii de rezistenta. Atat amplitudinea deplasarii solului cat si frecventa (perioada) acestuia se pot masura precis. O alta metoda de a afla acceleratia la care este supusa macheta cladirii este cea a dublei derivari in raport cu timpul a deplasarii suprafetei lichidului magnetic.

Intrucat in cazul real al unui cutremur se cunoaste exact amplitudinea deplasarii solului in functie de magnitudinea cutremurului, printr-o scalare adecvata si o extrapolare raportata la amplitudinea semnalului analogic se poate afla exact acceleratia reala a deplasarii solului.

Testarea se face utilizand evenimente seismice din baza de date a Institutului National de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pamantului – INCDFP.

Suplimentar pretului de cost redus, aceasta metoda de determinare a acceleratiei solului mai prezinta avantajul vizualizarii exacte - raportate la forma de unda - a deformarii suprafetei lichidului magnetic la un moment dat. Deformarea suprafetei lichidului magnetic poate fi "inghetata" in orice moment.

In special in cazul simularii comportamentului cladirilor in cazul unui cutremur nu este necesara "vizualizarea" intregului cutremur – deci se poate utiliza un numar mai mic de componente electronice – datorita faptului ca distrugerile sunt provocate in principal de catre unda S, aceasta avand o amplitudine mai mare decat unda P. Intrucat amplitudinea (si a undei P) undei S scade datorita atenuarii datorate mediului de propagare este necesara monitorizarea in domeniul timp numai a unui esantion din unda S, un esantion de numai cateva secunde, esantion care sa contina amplitudinea maxima a undei S.

In cazul utilizarii in scop didactic, datorita dimensiunilor fizice mai reduse ale simulatorului propriu-zis, dimensiuni ce determina numarul de bobine utilizate si implicit numarul de component electronice active, se poate "vizualiza" intregul cutremur fara costuri exagerate.

Desigur, deformarea reala a solului nu este identica cu deformarea suprafetei lichidului magnetic dar in cazurile de aplicabilitate mentionate aceasta diferenta este acceptabila datorita avantajelor oferite.

DESCRIEREA FUNCTIONARII CONTROLERULUI

Descrierea functionarii controlerului se face pe baza schemei reprezentate in Fig.4

Blocurile functionale sunt reprezentate separat in Fig.22 – Fig.31

SURSA DE SEMNAL este formata din sursele de semnal sinusoidal V2- SIMULATOR UNDA "P" si V3-SIMULATOR UNDA "S" – SimPS

Formele de unda din punctele de test 88 si 89 sunt reprezentate in Fig.7

In Fig.8 sunt reprezentate detaliat formele de unda din punctele de test 88 si 89.

COMPARATORUL – COMP format din CI LT1018CSW si componentele anexe compara amplitudinea undei S cu un nivel de tensiune prestabilit de catre divizorul de tensiune format din R1 si R32 (punctul de test 94).

Formele de unda din punctele de test 93, 94 si 81 sunt reprezentate in Fig.9 si Fig.10

Referitor la Fig.9: cand tensiunea presetata in punctul de test 94 este mai mare decat amplitudinea maxima a semnalului undei S (punctul de test 93), semnalul la iesirea comparatorului (punctul de test 81) are amplitudinea egala cu 0V.

NOTA: pentru simplificare vom considera 12V=1 logic.

Deci in acest caz, iesirea comparatorului va fi in starea 0 logic.

Referitor la Fig.10: cand tensiunea presetata in punctul de test 94 este mai mica decat amplitudinea maxima a semnalului undei S (punctul de test 93), semnalul la iesirea comparatorului (punctul de test 81) este 1 logic.

In aceste doua situatii, intrerupatorul S1 este in pozitia "ON". Cand pozitia intrerupatorului S1 este in pozitia "OFF" iesirea comparatorului (punctul de test 81) este 0 logic – Fig.12

POARTA ANALOGICA – PAnalog, comandata de catre COMP are rolul de a permite sau nu trecerea semnalului aferent undei S catre iesirea AO LM324D. Iesirea 0 logic a comparatorului blocheaza tranzistorul Q11. AO LM324D nu este alimentat deci la iesirea sa

124

(punctul de test 82) nu se va regasi semnalul de intrare (unda S). Iesirea 1 logic a comparatorului deschide tranzistorul Q11. AO LM324D este alimentat prin intermediul releului K3; la iesirea sa (punctul de test 82) se va regasi semnalul de intrare (unda S).

In **Fig.11** sunt reprezentate formele de unda din punctele de test 81, 85, 86 si 82.

Cele doua blocuri, COMPARATORUL si POARTA ANALOGICA au rolul de a permite vizualizarea numai a undei S.

Vizualizarea ambelor tipuri de unde, P si S se realizeaza cu SUMATORUL P+S – SUM

SUMATORUL P+S – SUM. Este realizat cu AO LM324AD configurat ca sumator. Sumeaza semnalul provenit de la iesirea PAnalog (punctul de test 82) cu semnalul provenit de la iesirea V2 a generatorului undei P (punctul de test 89). Sumarea se face referitor la amplitudinea celor doua semnale “punct cu punct” considerand defazajul dintre cele doua semnale. Acest defazaj, practic diferenta de timp S-P, se realizeaza prin modificarea parametrului “Time delay” a sursei de semnal V3 (SimPS, punctul de test 88). Parametri sursei de semnal V3 sunt prezentati in **Fig.13**.

In **Fig.14** sunt prezentate formele de unda din punctele de test 88, 89, 82 si 56 (in punctul de test 56 se vizualizeaza semnalul de la iesirea sumatorului).

Semnalul de la iesirea sumatorului (punctul de test 56) in cazul unui defazaj S-P= 12s – vezi **Fig.13**) este reprezentat in **Fig.15**. Amplitudinea semnalului de la iesirea sumatorului (punctul de test 56, trasa rosie) este mai mare decat amplitudinea semnalului de la iesirea portii analogice (punctul de test 82). In cazul unui defazaj de 12,4 s, amplitudinea semnalului de la iesirea sumatorului (punctul de test 56) este mai mica decat amplitudinea semnalului de la iesirea portii analogice (punctul de test 82).

Prin analiza facuta s-a verificat buna functionare a acestor 3 blocuri in sensul acuratetei reproducerii formei de unda a semnalului de intrare.

Semnalul de la iesirea sumatorului comanda functionarea detectorului de zero DZ si a etajului de preamplificare EPamp.

DETECTOR DE ZERO – DZ. Are rolul de a furniza semnalul de tact pentru registrul de deplasare 8 biti RD1-8. Este realizat cu AO LM324AD si componentele aferente.

NOTA: pentru o vizualizare detaliata a formelor de unda de la iesirea etajelor care vor fi analizate in continuare s-au modificat parametri sursei de semnal V2 (unda P): amplitudinea semnalului: 3V; frecventa semnalului: 1Hz; factorul de amortizare: 0.4. In **Fig.16** sunt reprezentate formele de unda de la iesirea sursei de semnal V2 (punctul de test 89) si de la iesirea DZ (punctul de test 24).

REGISTRUL DE DEPLASARE PENTRU SELECTIE ALIMENTARE ETAJE FINALE – RD. In schema s-au figurat numai doua registre de deplasare de cate 8 biti – RD 1-8 si RD 9-16 (RD 9-16 expandeaza cu 8 biti RD 1-8). Pentru simplificare, in continuare ne vom referi numai la RD 1-8. Ambele registre de deplasare sunt realizate cu CI 74HC164N.

Formele de unda de la iesirile RD 1-8 sunt reprezentate in **Fig.17**.

Semnalele de la iesirile RD comanda blocurile COMANDA ALIMENTARE ETAJ FINAL realizate cu un tranzistor si un releu cu doua contacte normal deschise. Un contact in pozitia OFF alimenteaza un ETAJ FINAL cu tensiunea +12V iar celalalt contact in pozitia OFF alimenteaza acelasi ETAJ FINAL cu tensiunea -12V.

INDICATOR FUNCTIONARE COLOANA BOBINE – IFCB permite vizualizarea optica a selectarii unei coloane de bobine CB. Este realizat cu LED-uri si rezistoare de limitare a curentului.

126

Semnalul de la iesirea sumatorului P+S (SUM) este amplificat de catre ETAJUL DE PREAMPLIFICARE EPamp realizat cu AO LM324AD, doua tranzistoare Darlington complementare npn si pnp, doua tranzistoare complementare (BC107BP si respectiv BC177AP) si doua LED-uri.

Tranzistoarele de tip BC impreuna cu cele doua LED-uri permit vizualizarea optica a celor doua alternante (pozitiva si negativa) a semnalului. Forma de unda de la iesirea EPamp (punctul de test 32) este reprezentata in **Fig.18**.

ETAJUL DE PREAMPLIFICARE Epamp si ETAJUL FINAL EF se proiecteaza in functie de:

- Curentul maxim admis la iesirea U2A AO LM324AD (punctul de test 37)
- Puterea maxima disipata de catre tranzistoarele etajului final.

Puterea maxima disipata de catre tranzistoarele etajului final este determinata de curentul prin COLOANA BOBINE – CB. Parametri principali ai bobinei (bobinelor), inductanta si rezistenta acestora se aleg functie de doua criterii:

1.Nedistorsionarea formei de unda

2.Limitarea curentului ce circula prin coloana de bobine la o valoare mai mica decat curentul maxim / puterea maxima admis / admisa de etajul final.

Alimentarea etajului final se face cu o alta sursa de tensiune (in cazul de fata o sursa de +/- 48V).

In scopul analizei curentului maxim admis la iesirea U2A AO LM324AD, a puterii maxime disipata de catre etajul final si a formei de unda s-au modificat urmasorii parametri ai sursei de semnal V2 :

-amplitudinea semnalului: 2.3V_v

-frecventa semnalului: 15 Hz

-factorul de amortizare:0

Forma de unda si amplitudinea semnalului de la iesirea U2A AO LM324AD sunt reprezentate in **Fig.19**. Valoarea tipica a curentului de la iesirea AO LM324AD este de 20mA >>1.2mA (date de catalog)

Formele de unda si curentii prin cele doua coloane de bobine CB2 SI CB3 (punctele de test 76 si 87) sunt reprezentate in **Fig.20**. Smnalele prin cele doua coloane de bobine sunt decalate in acord cu formele de unda generate de catre RD1-8 (**Fig.17**)

Formele de unda ale puterii disipate de catre cele doua tranzistoare complementare ale etajului final sunt reprezentate in **Fig.21**. Puterea disipata in cazul de fata este de aprox. 100W/tranzistor.

SIMULATORUL PROPRIU-ZIS

Testarea s-a facut cu doua bobine reprezentate in Fig.32

In **Fig.33**, **Fig.34**, **Fig.35**, **Fig.36**, **Fig.37** sunt reprezentate diverse stari (deformari) ale suprafetei lichidului magnetic in cazul unui esantion arbitrar ales al unei forme de unda reale. Decalajul dintre ele este de 33 mS.

125

REVENDICARI

1. Simulator de propagare a undelor seismice utilizand lichid magnetic format din sursa de semnal, controler (schema din **Fig.4**) si simulatorul propriu-zis (desenele din **Fig. 5** si **Fig.6**), **caracterizat prin aceea ca** mediul de suprafata de propagare a undelor seismice este inlocuit cu lichid magnetic.

124

123

DESENE EXPLICATIVE

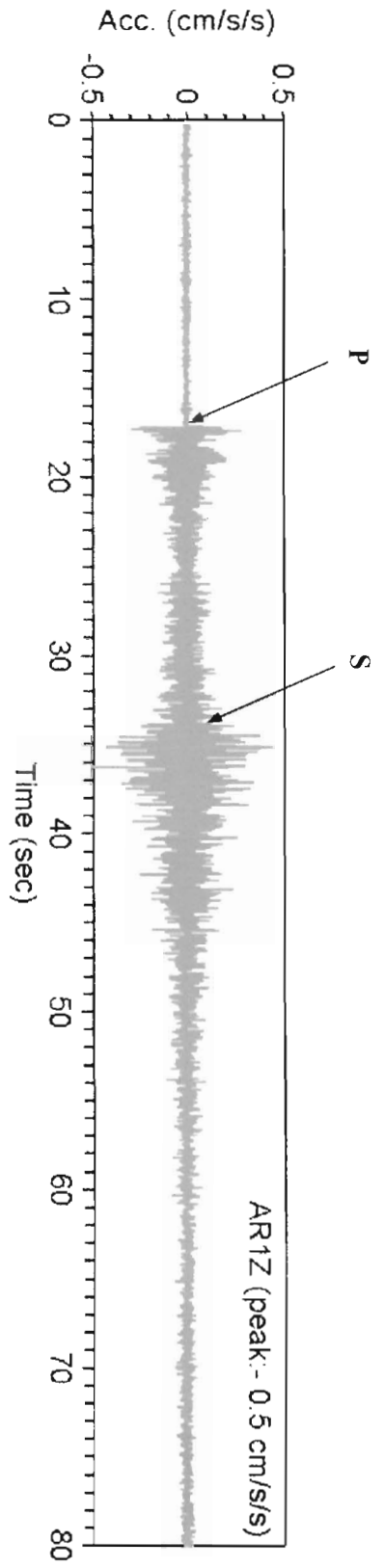


Fig.1 CUTREMUR VRANCEA

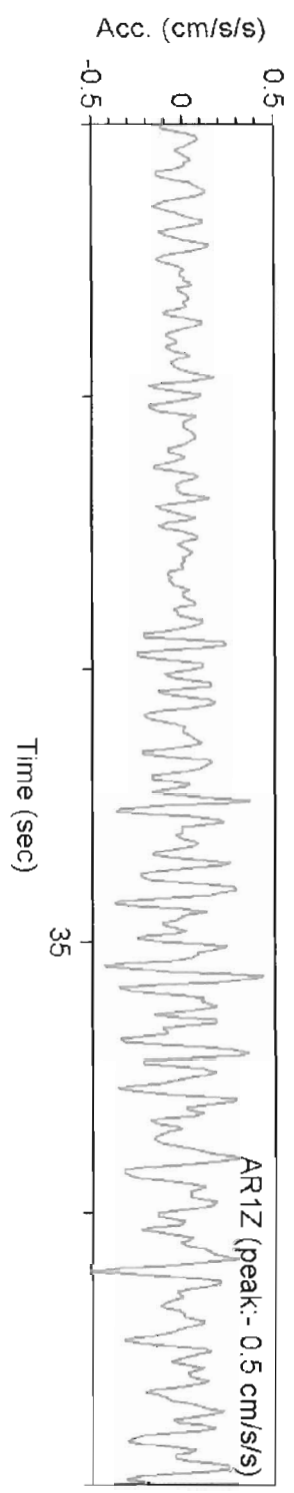


Fig.2 DETALIUL CUTREMUR VRANCEA



Fig 3. SCHEMA BLOC

121

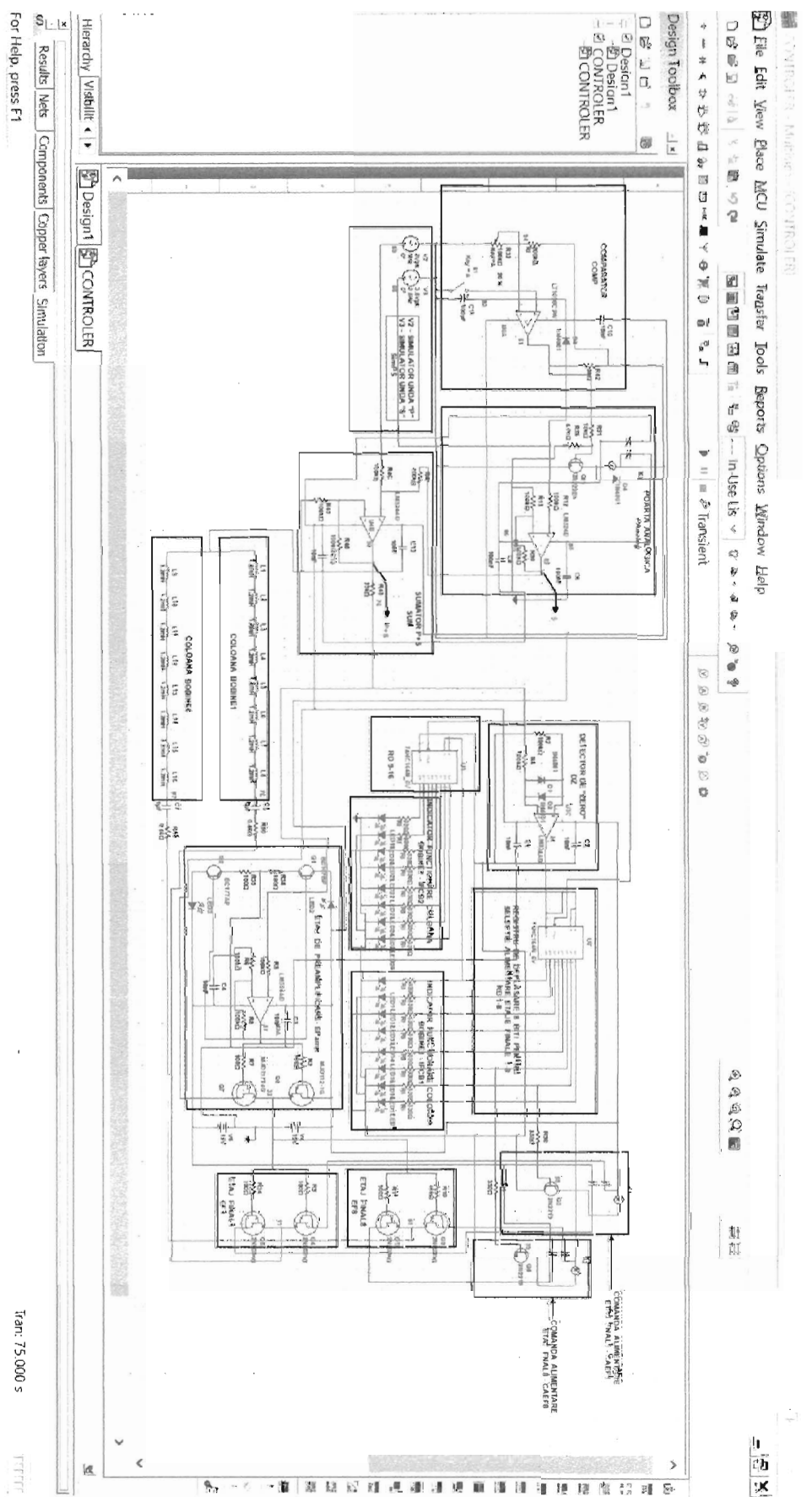


Fig.4 CONTROLER

120

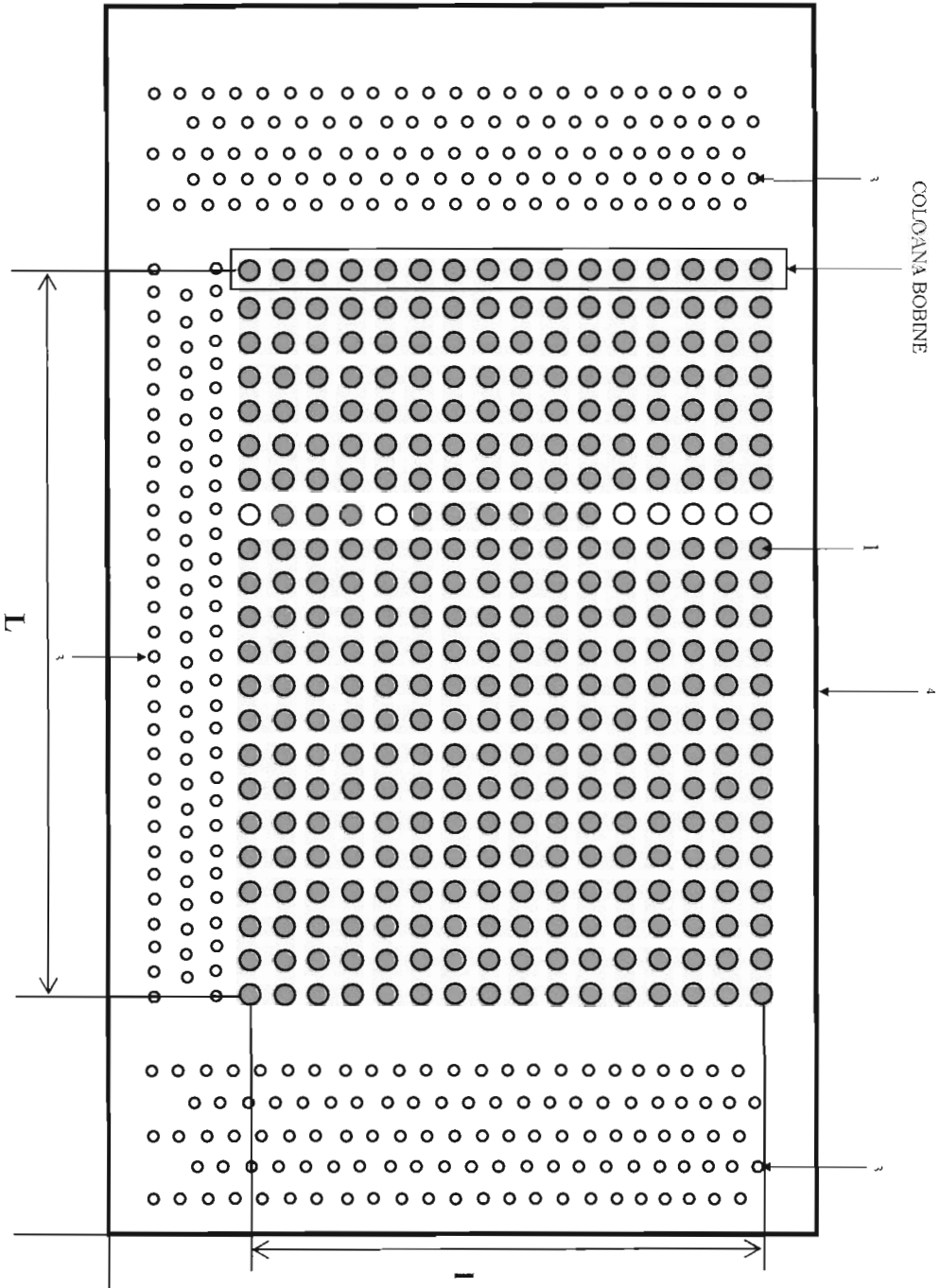


Fig. 5 SIMULATOR PROPRIU-ZIS (VEDERE DE SUS)

119

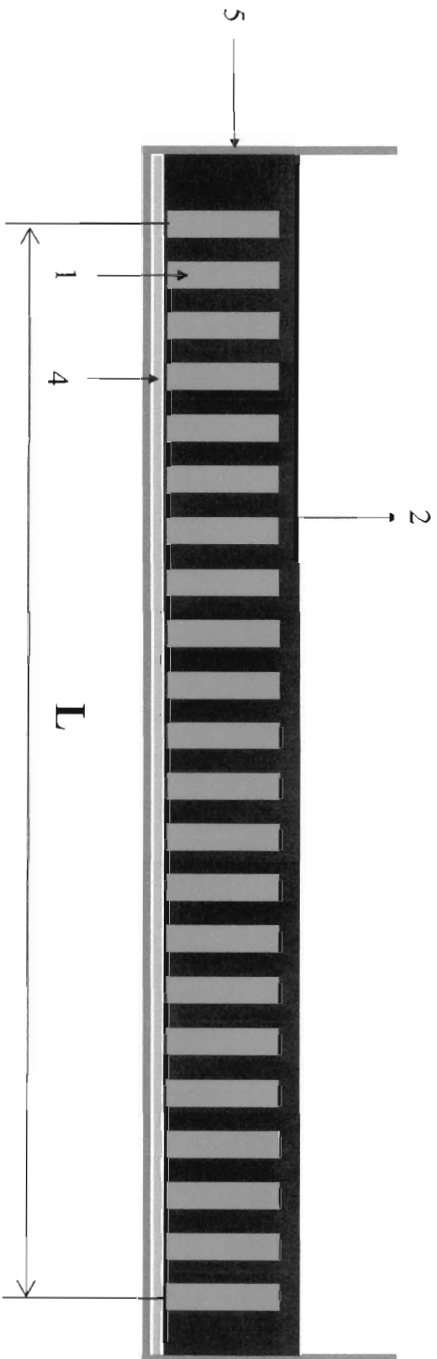


Fig. 6 SIMULATOR PROPRIU-ZIS (VEDERE LATERALA)

118

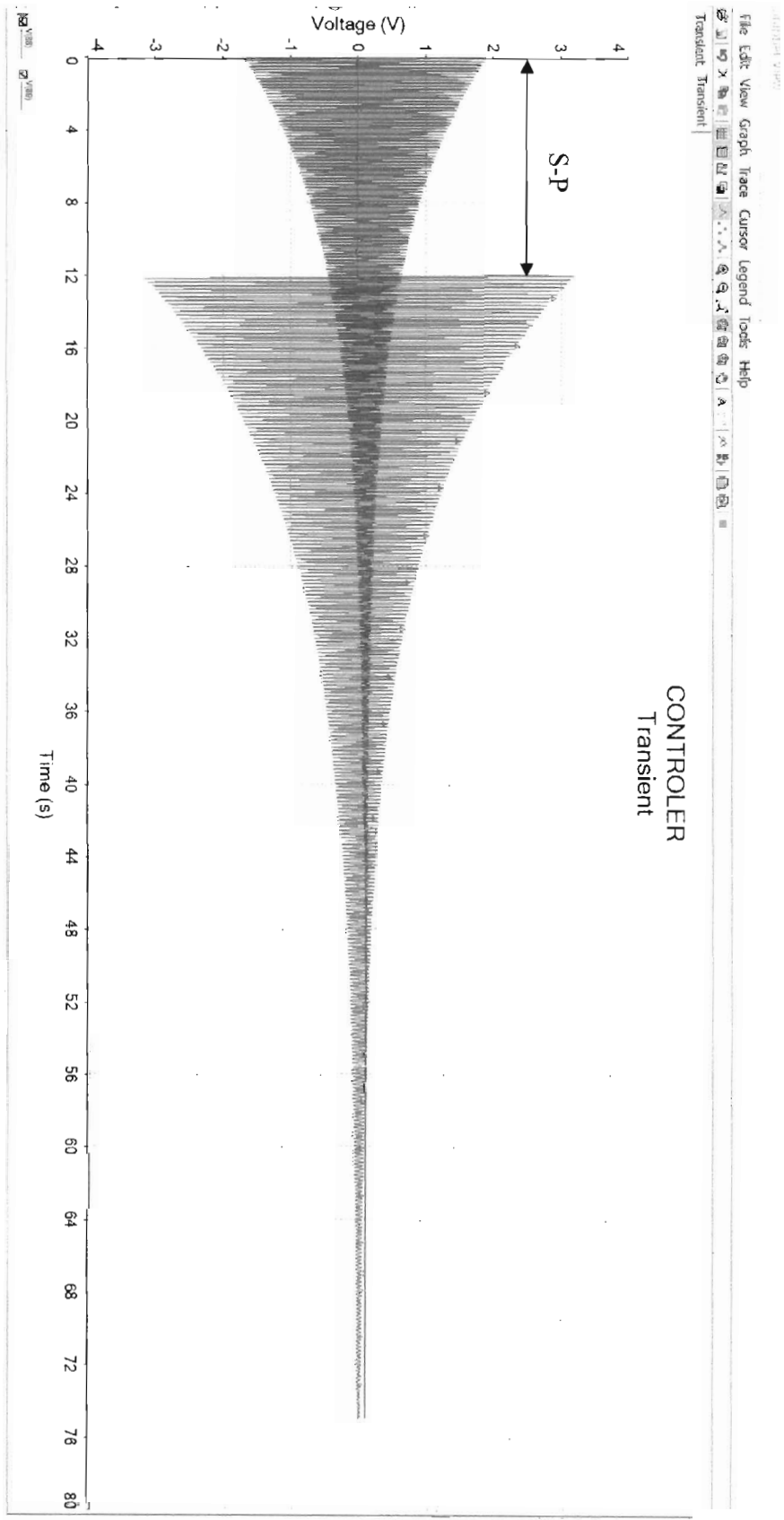


Fig. 7 FORME DE ONDA PUNCTE DE TEST 88, 89

114

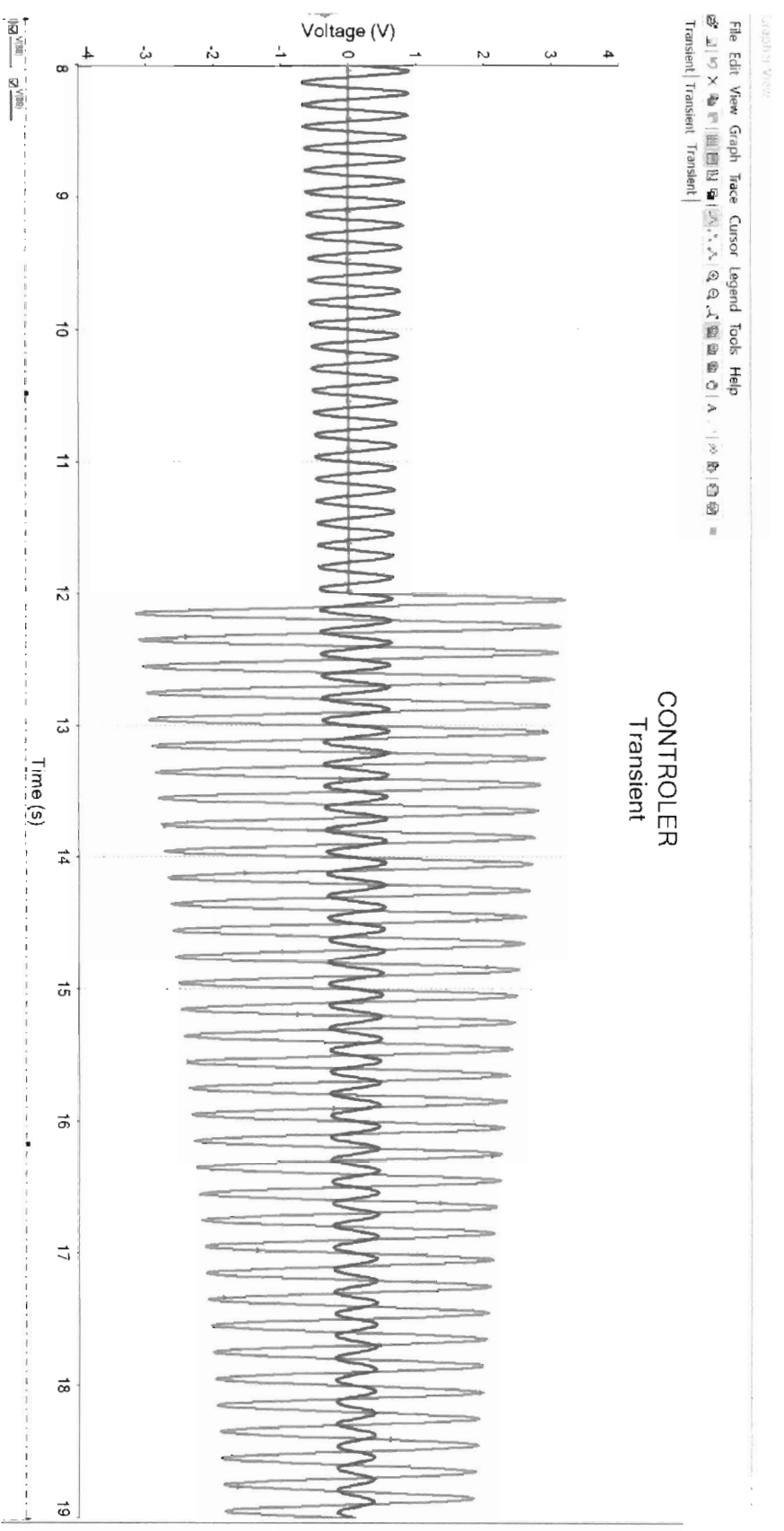


Fig 8 FORME DE UNDA PUNCTE DE TEST 88, 89 (DETALIU)

116

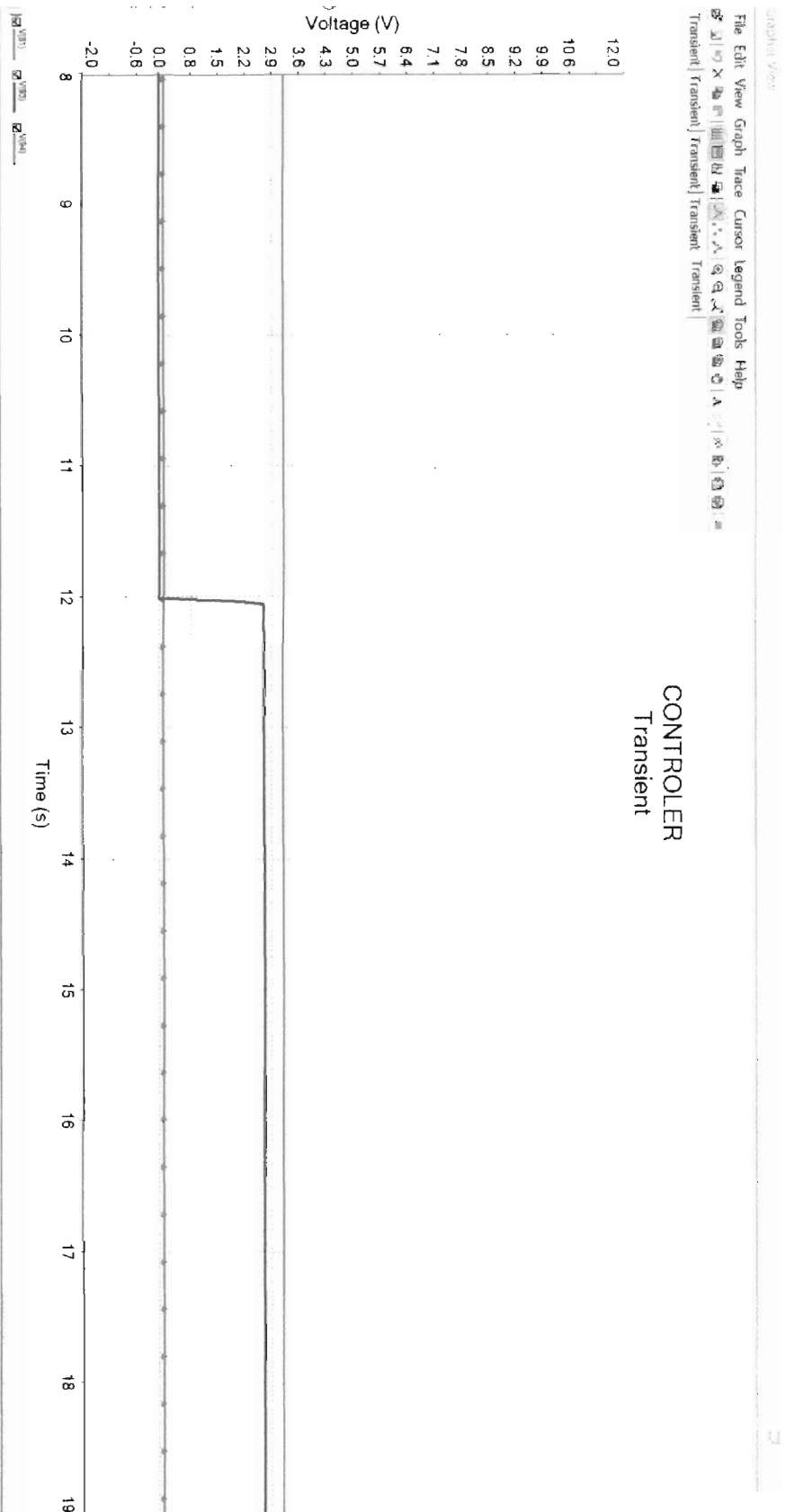


Fig 9 FORME DE UNDA COMPARATOR PUNCTE DE TEST 81, 93, 94 (1)

115

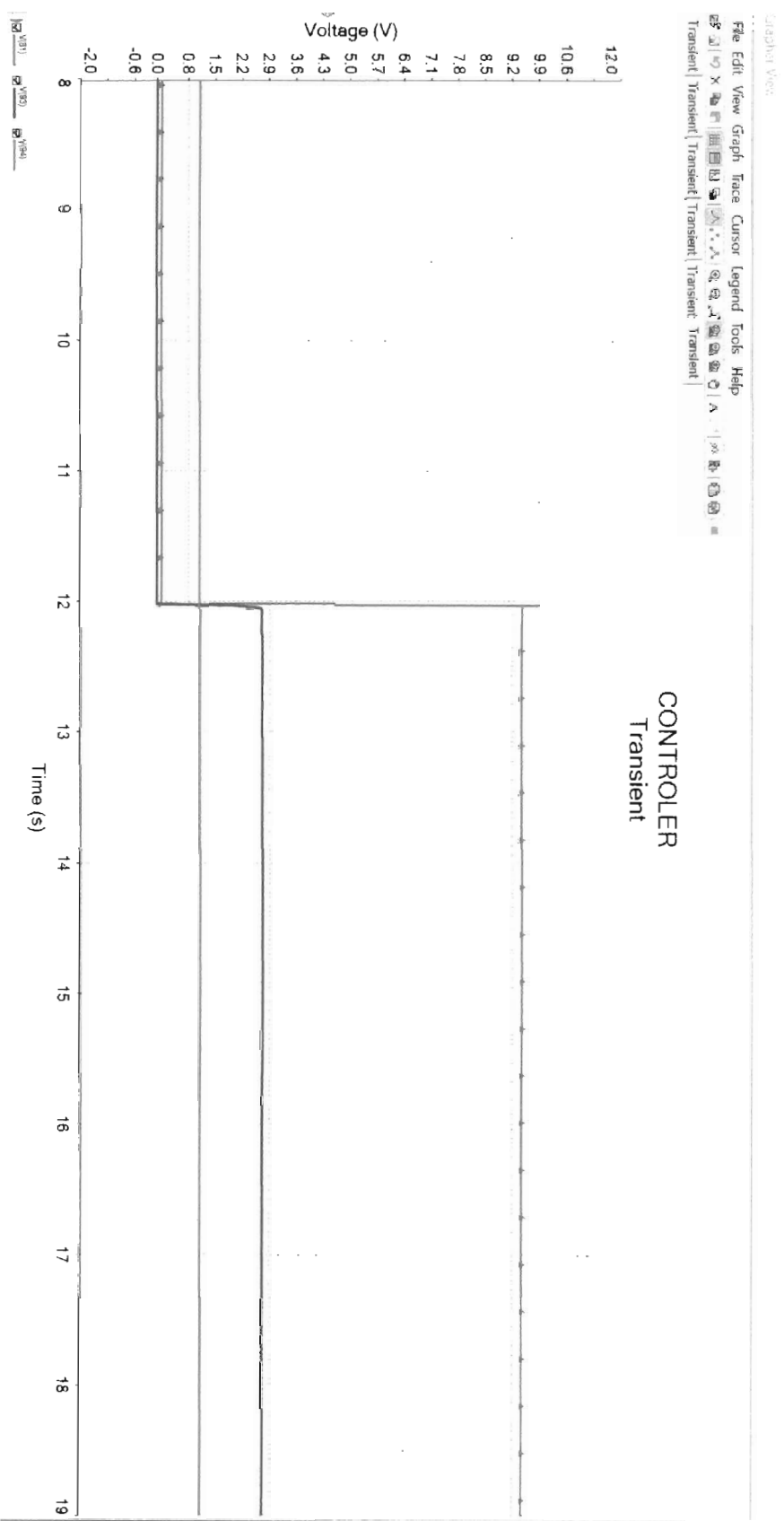


Fig.10 FORME DE UNDA COMPARATOR PUNCTE DE TEST 81, 93, 94 (2)

114

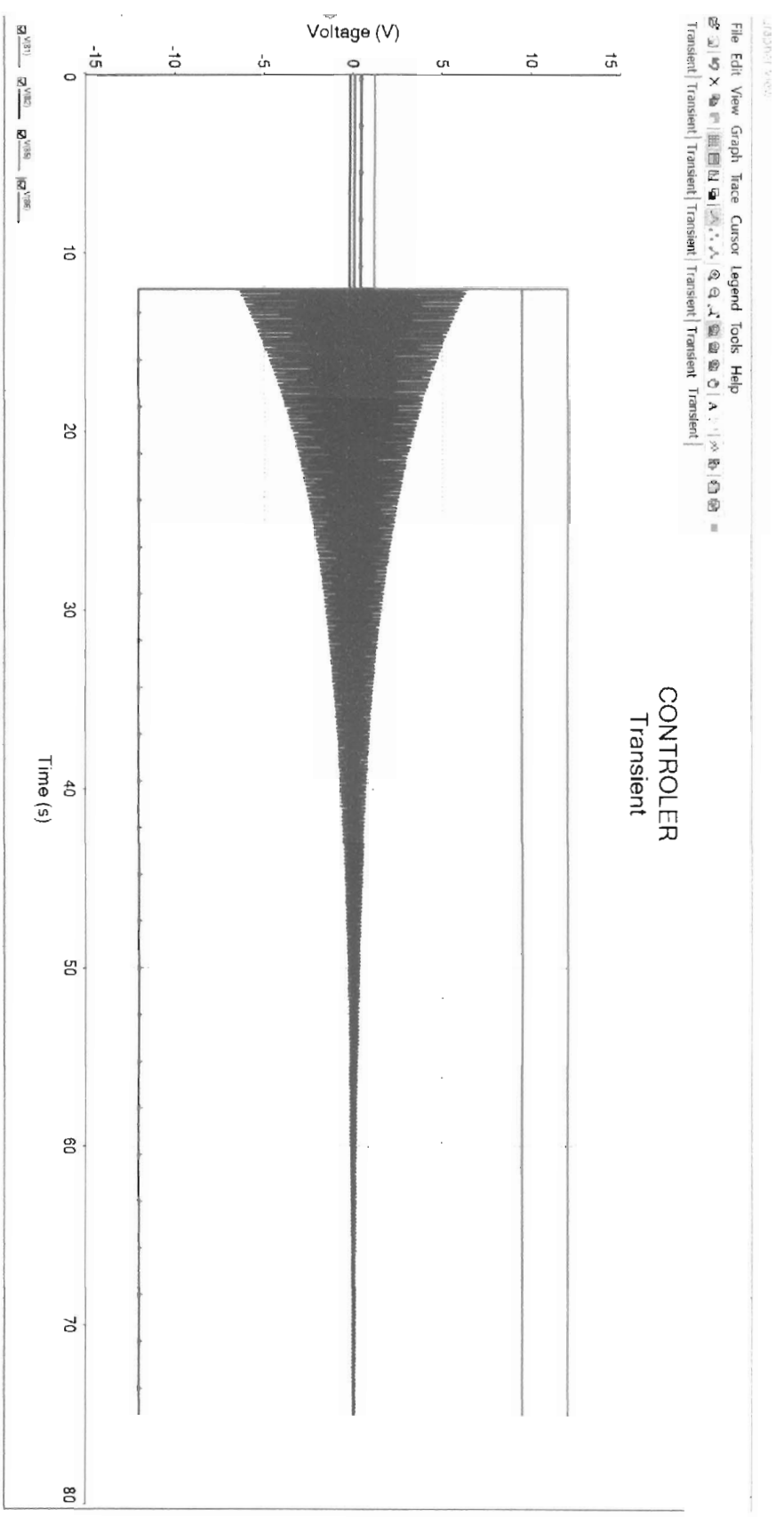


Fig. 11 FORME DE UNDA POARTA ANALOGICA 81, 85, 86, 82

113

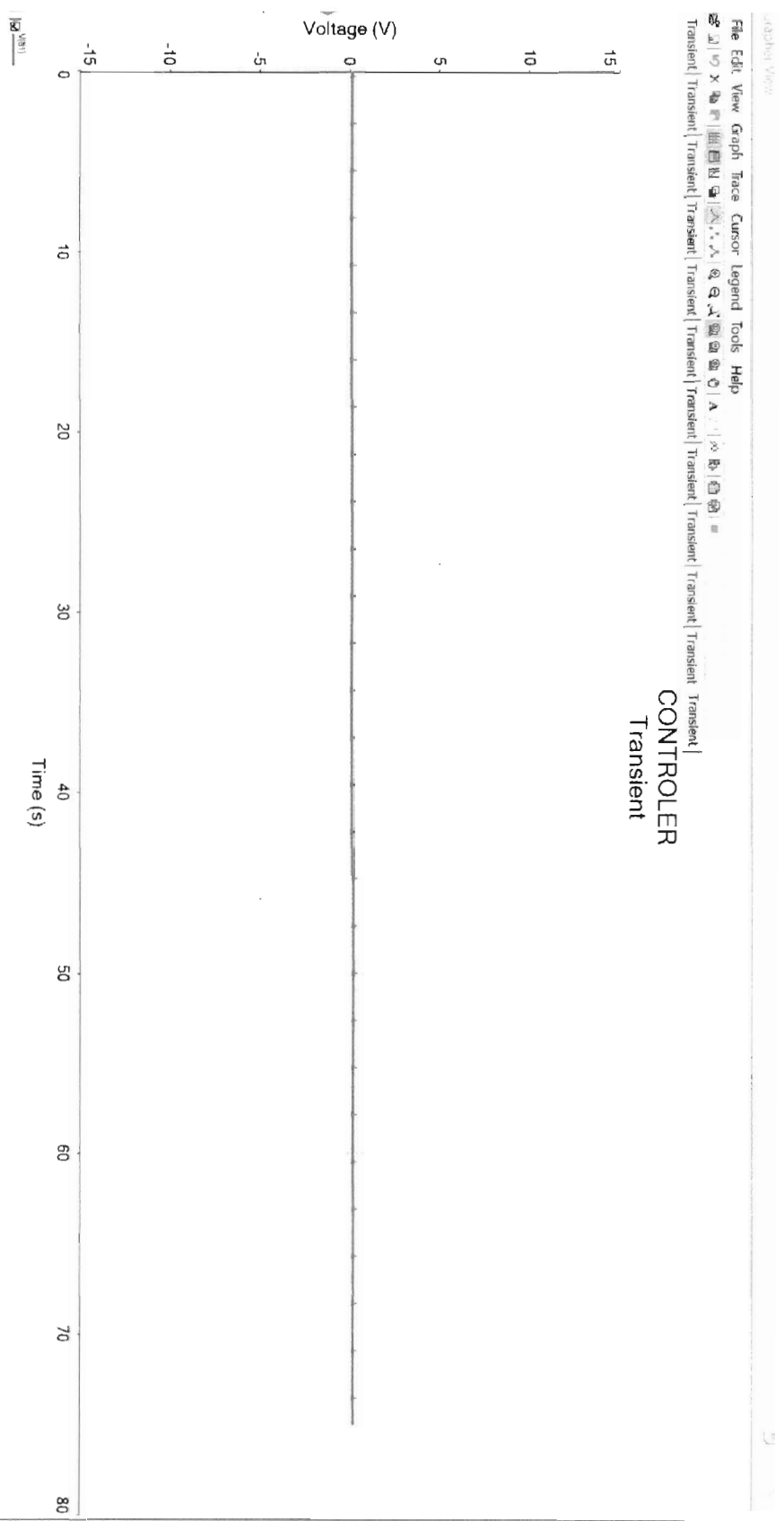


Fig.12 FORMA DE UNDA POARTA ANALOGICA 81

112

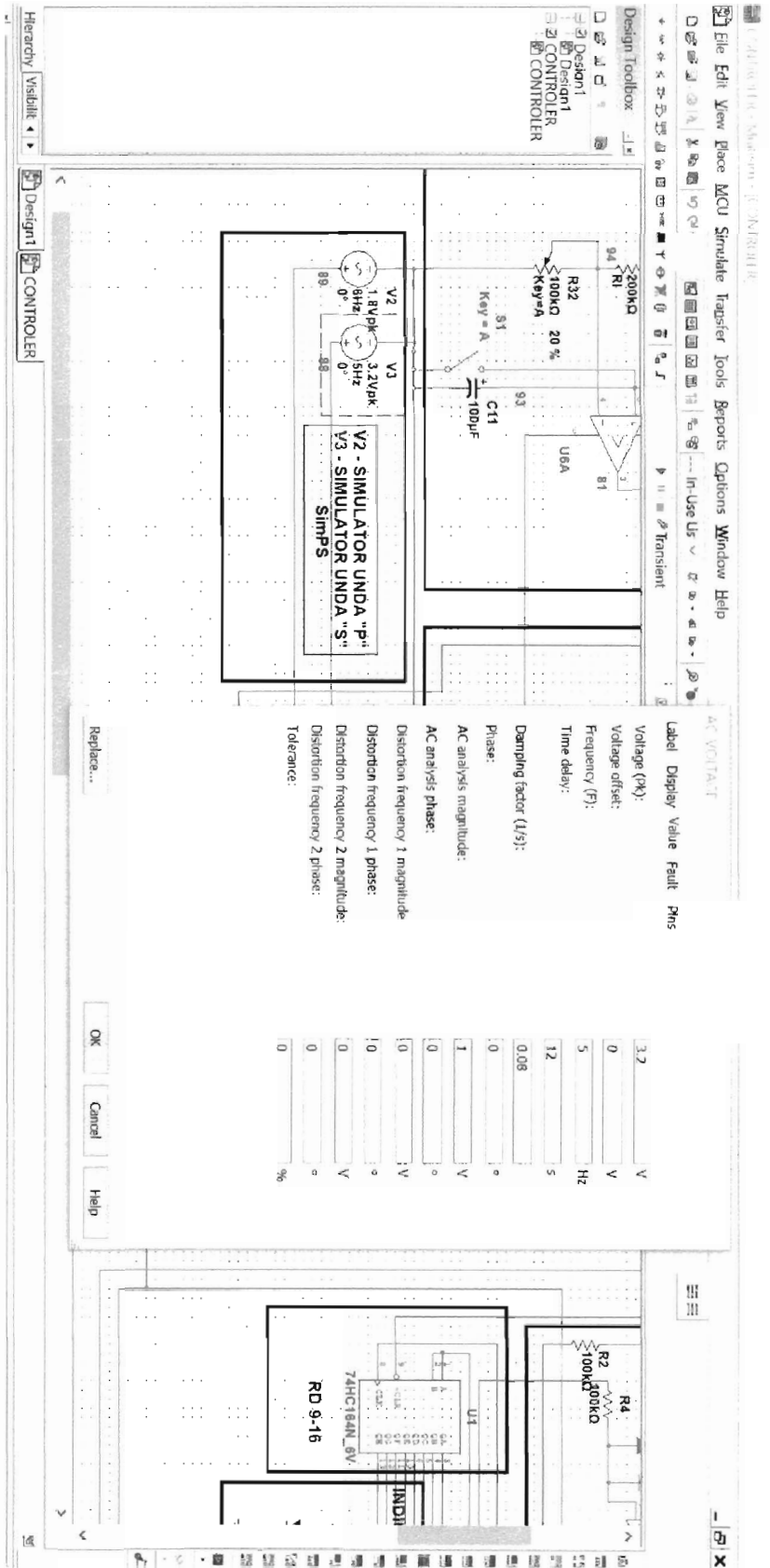


Fig 13 PARAMETRI SURSEI DE SEMNAL V3

111

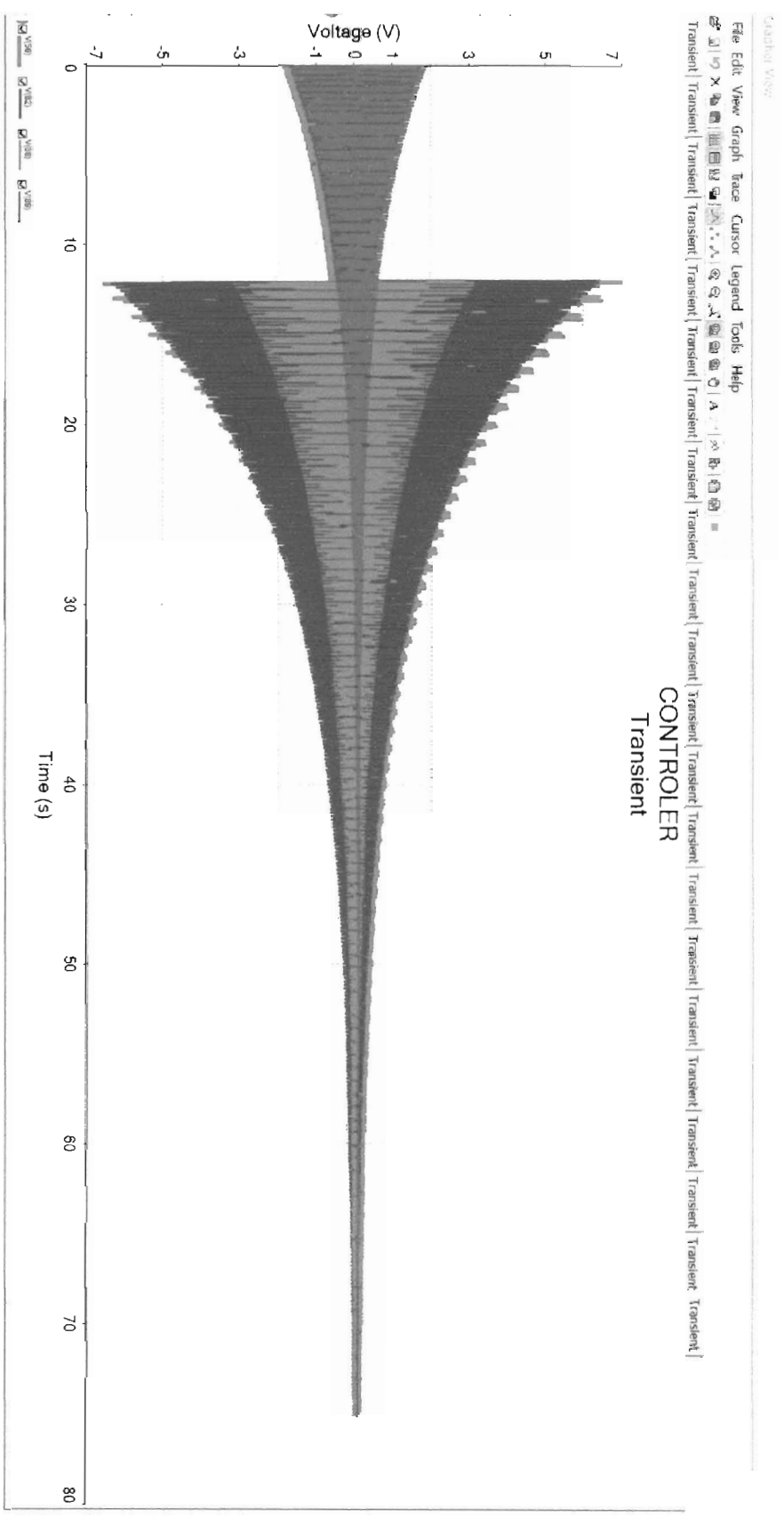


Fig. 14 FORME DE UNDA SUMATOR 88, 89, 82, 56

110

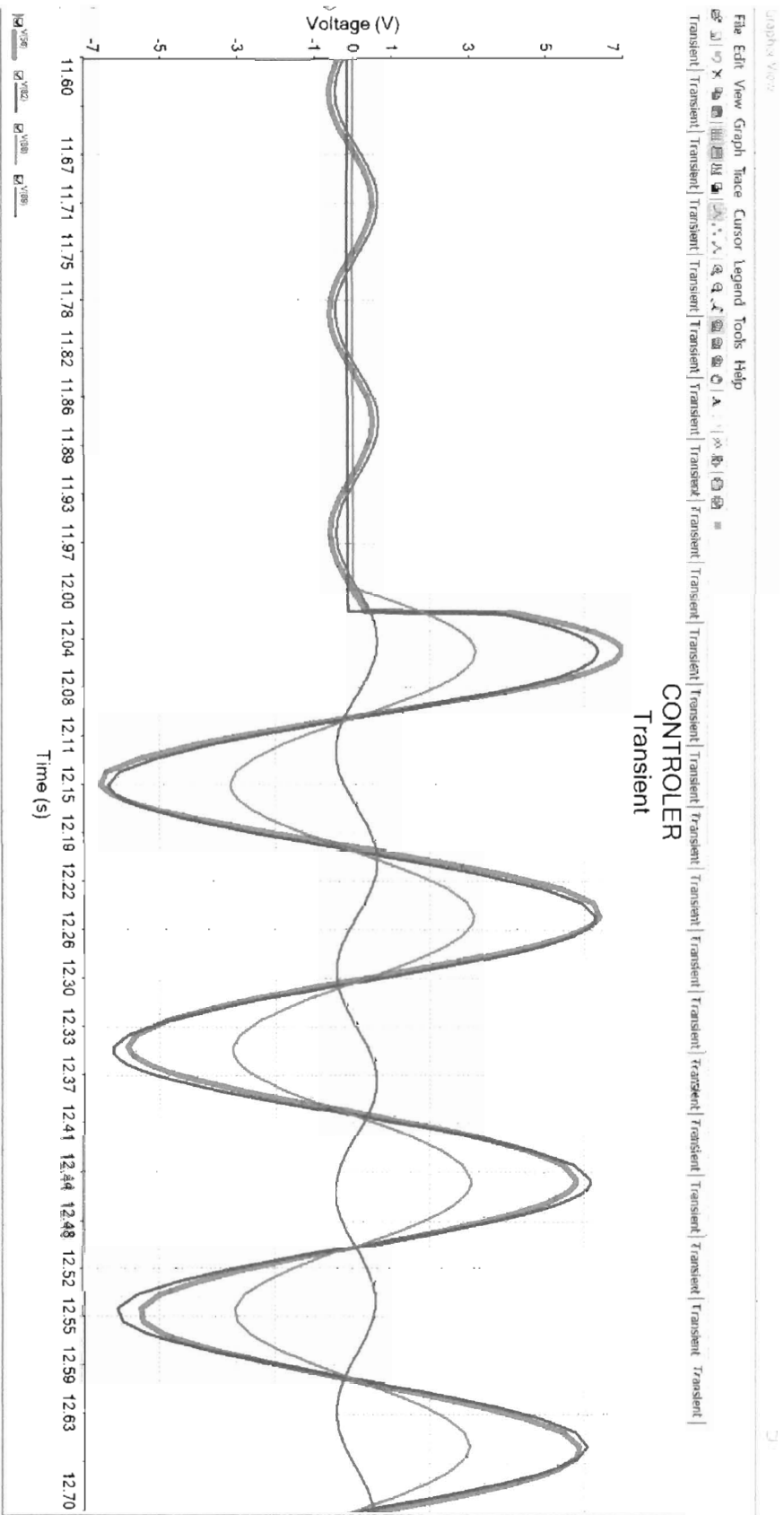


Fig. 15 FORME DE UNDA SUMATOR 88, 89, 82, 56 (DEFAZAJ S-P = 12S)

108

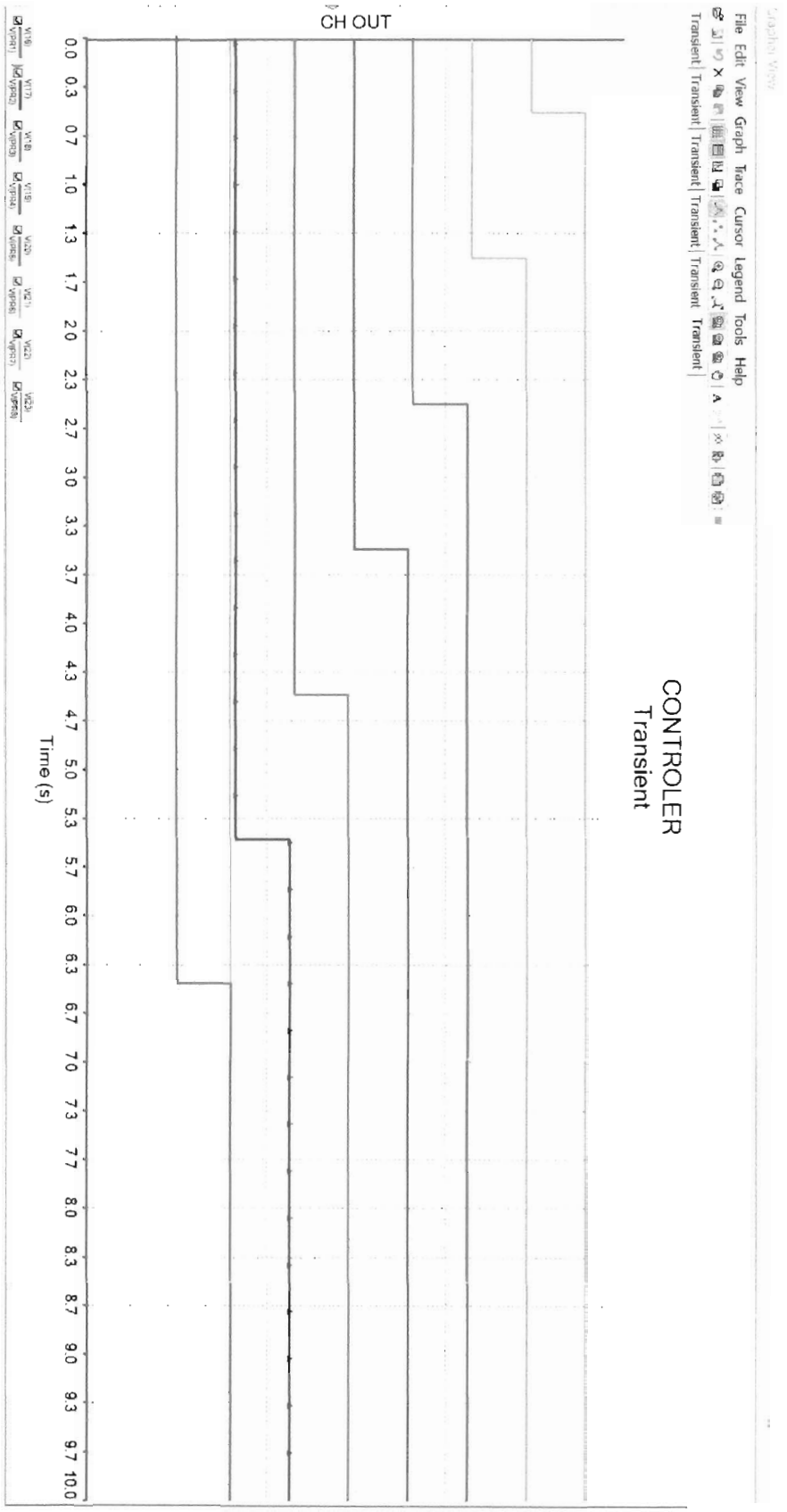


Fig 17 FORME DE UNDA RD 1-8

104

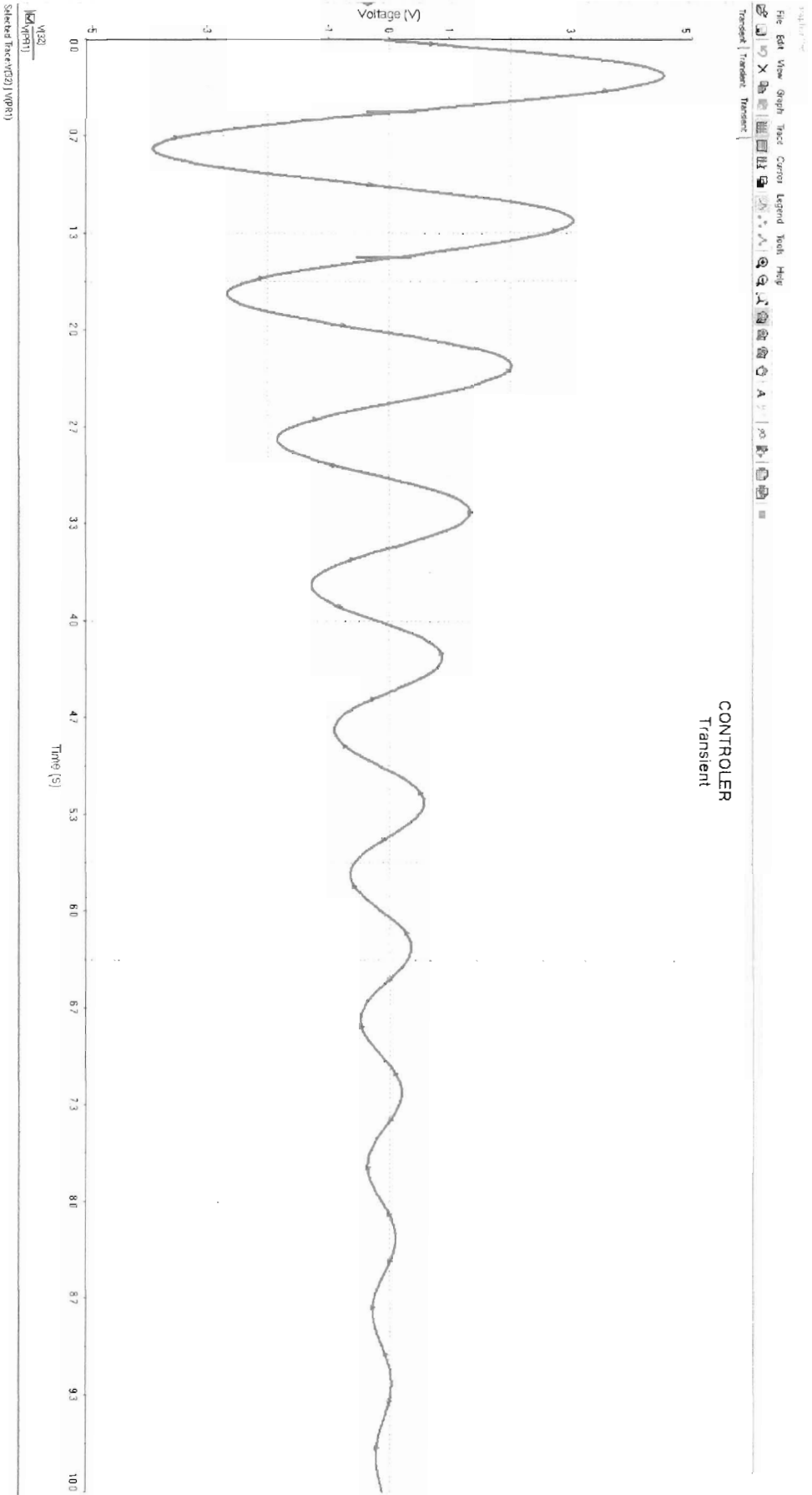


Fig. 18 FORMA DE UNDA IESIRE EPamp 32

106

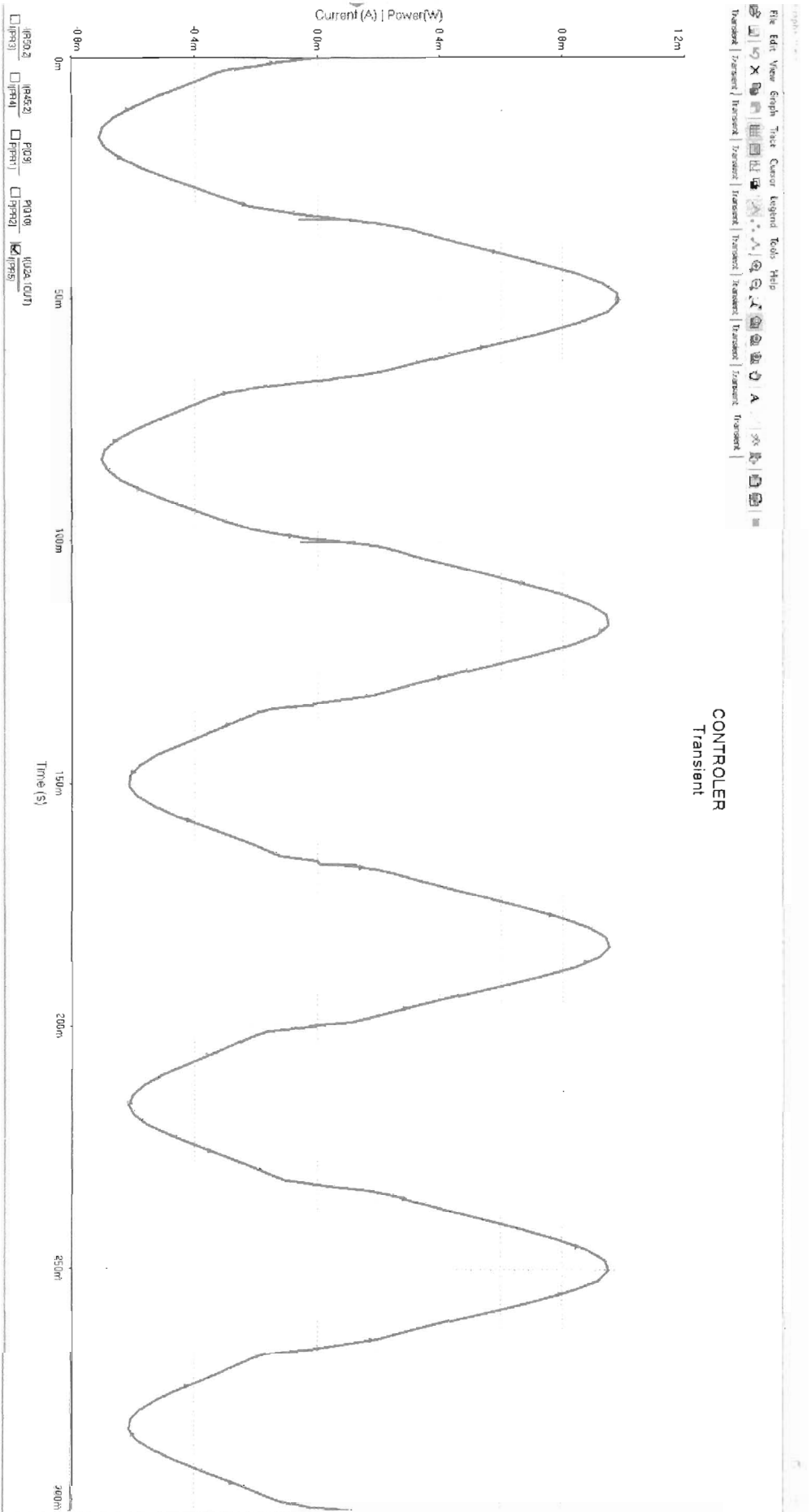


Fig 19 FORMA DE ONDA IESIRE EPamp (I, mA) 37

105

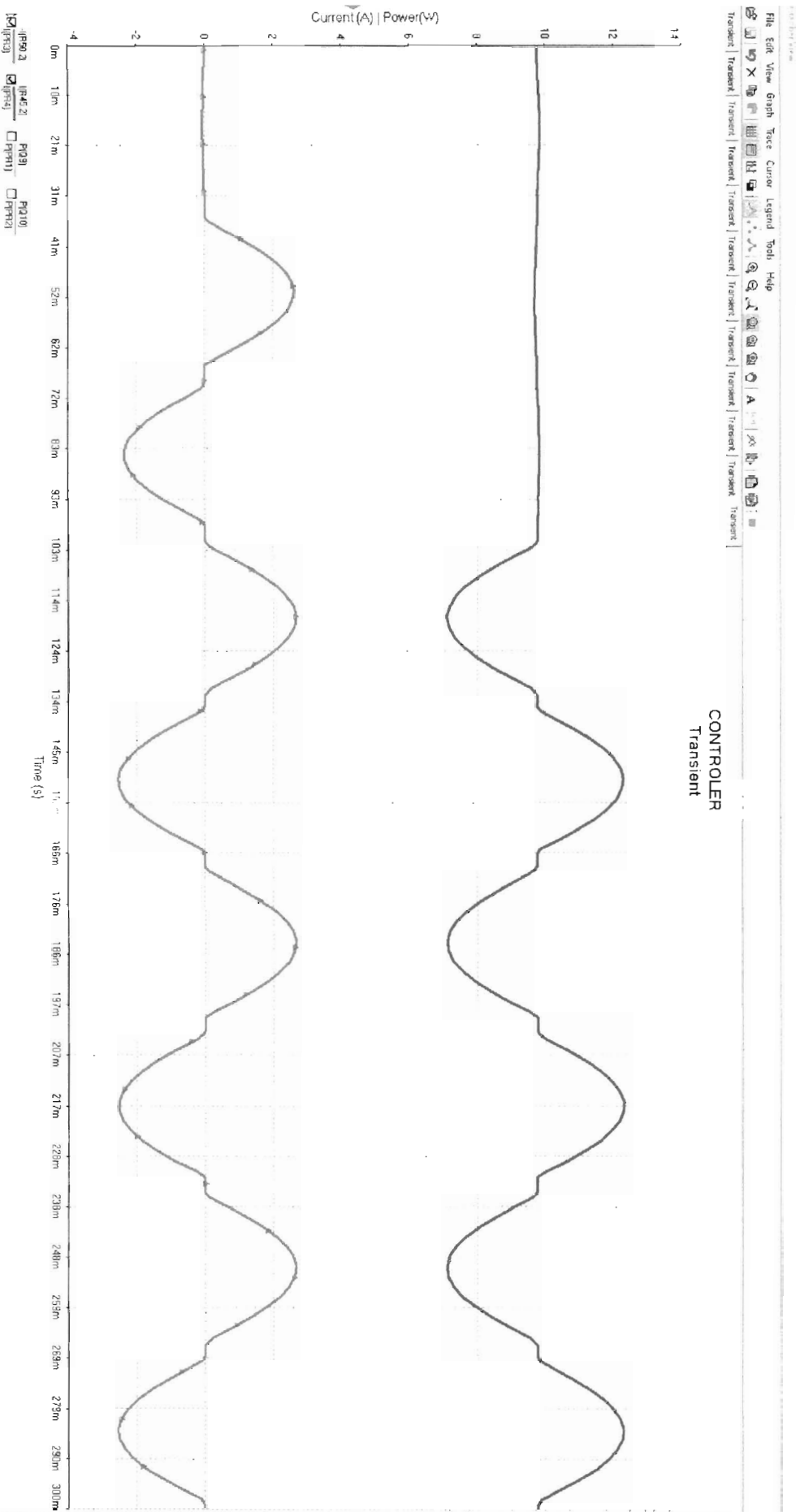


Fig.20 FORME DE UNDA (I AMP) COLOANE DE BOBINE CB2, CB3 76, 87

104

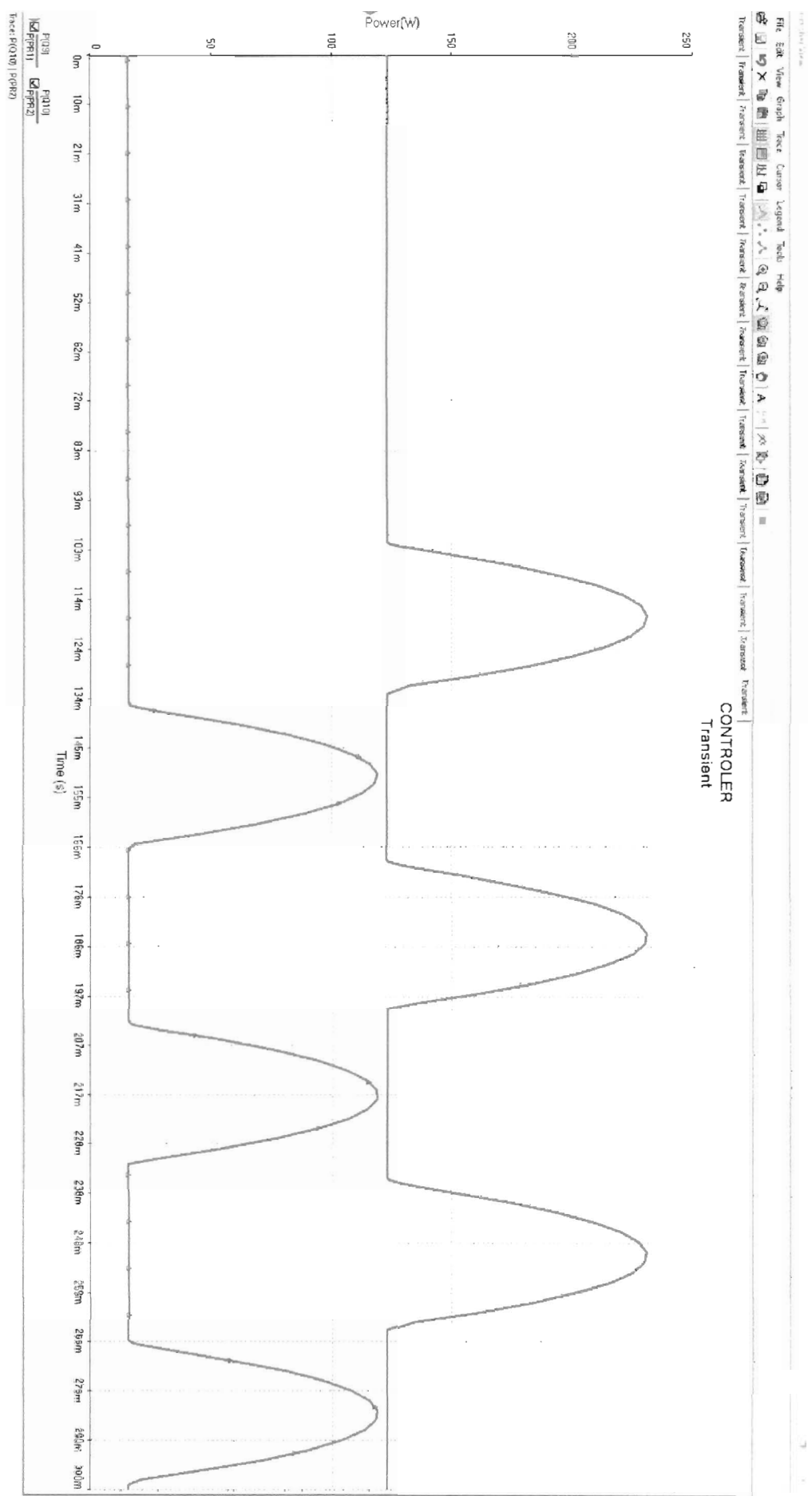


Fig.21 FORME DE UNDA PUTERE DISIPATA ETAJ FINAL

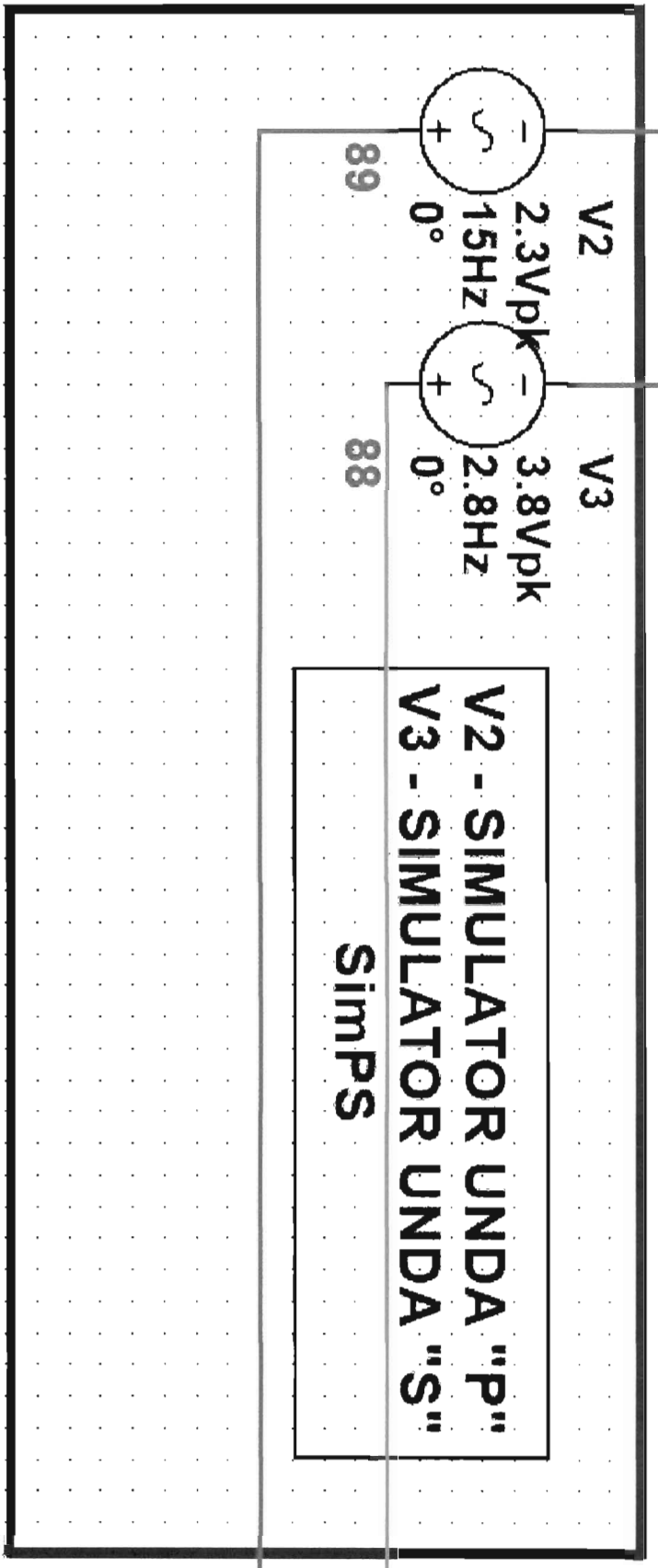


Fig.22 SURSA DE SEMNAL SimPS

102

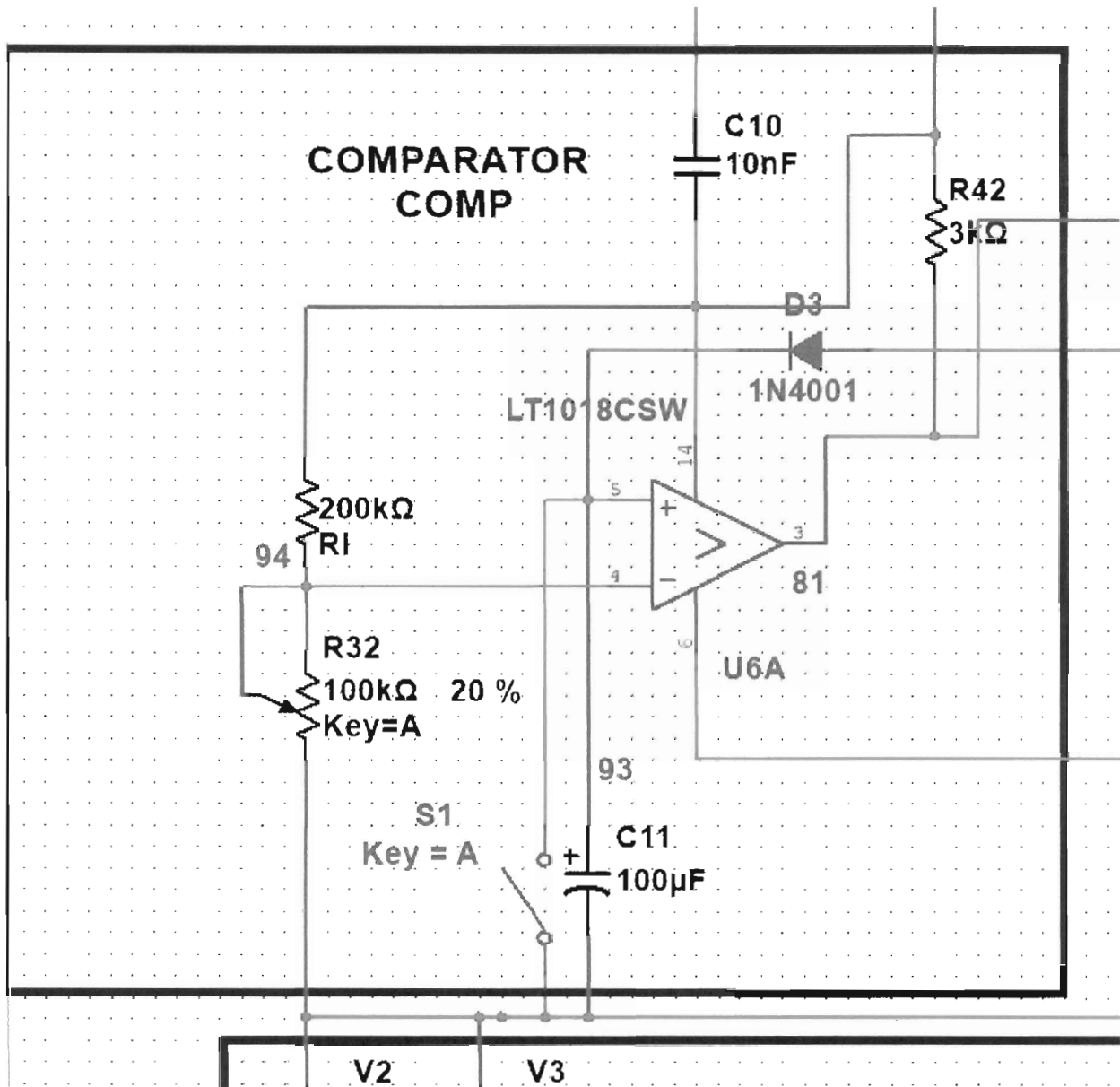


Fig.23 COMPARATOR - COMP

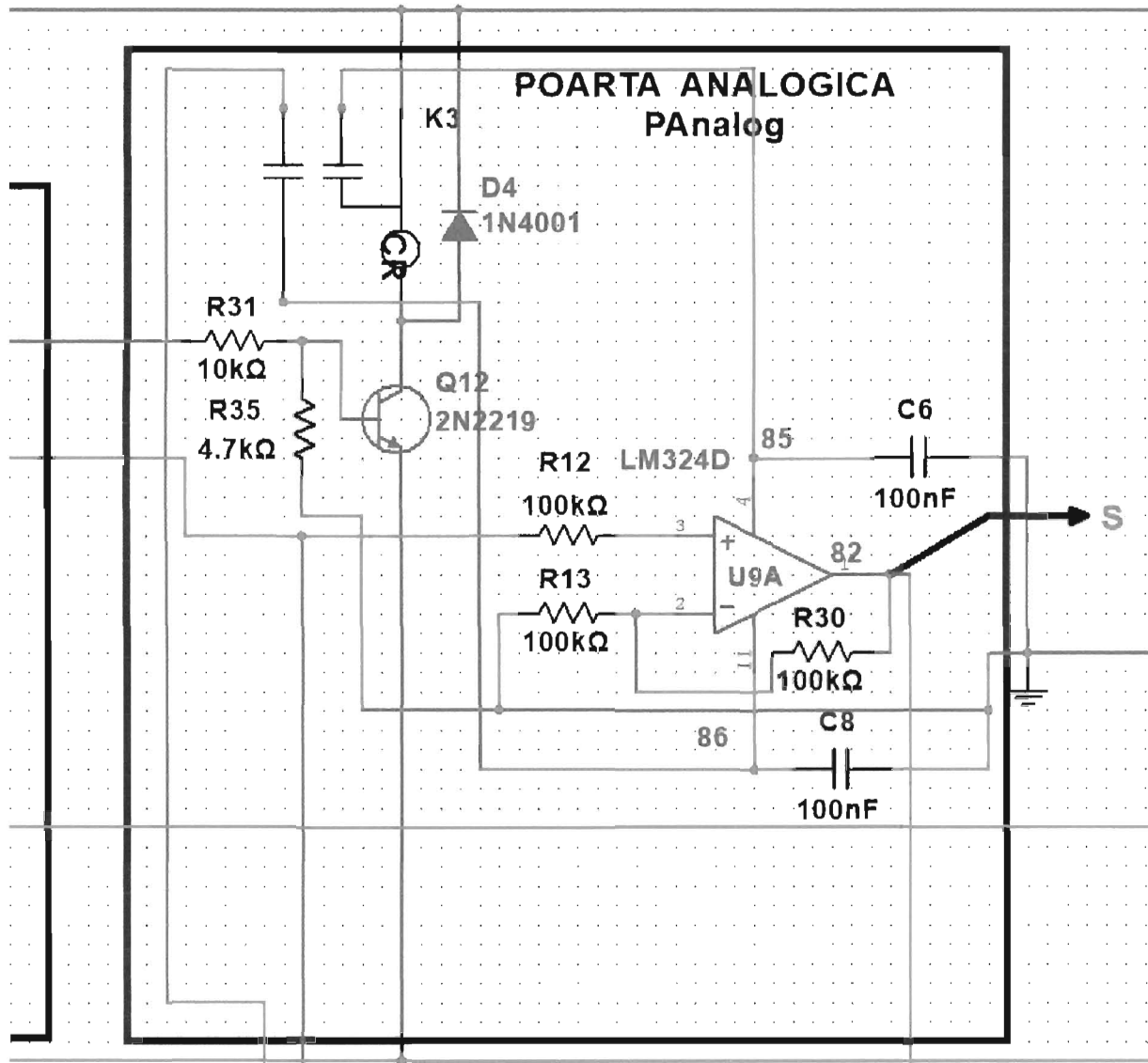


Fig.24 POARTA ANALOGICA - PAnalog

100

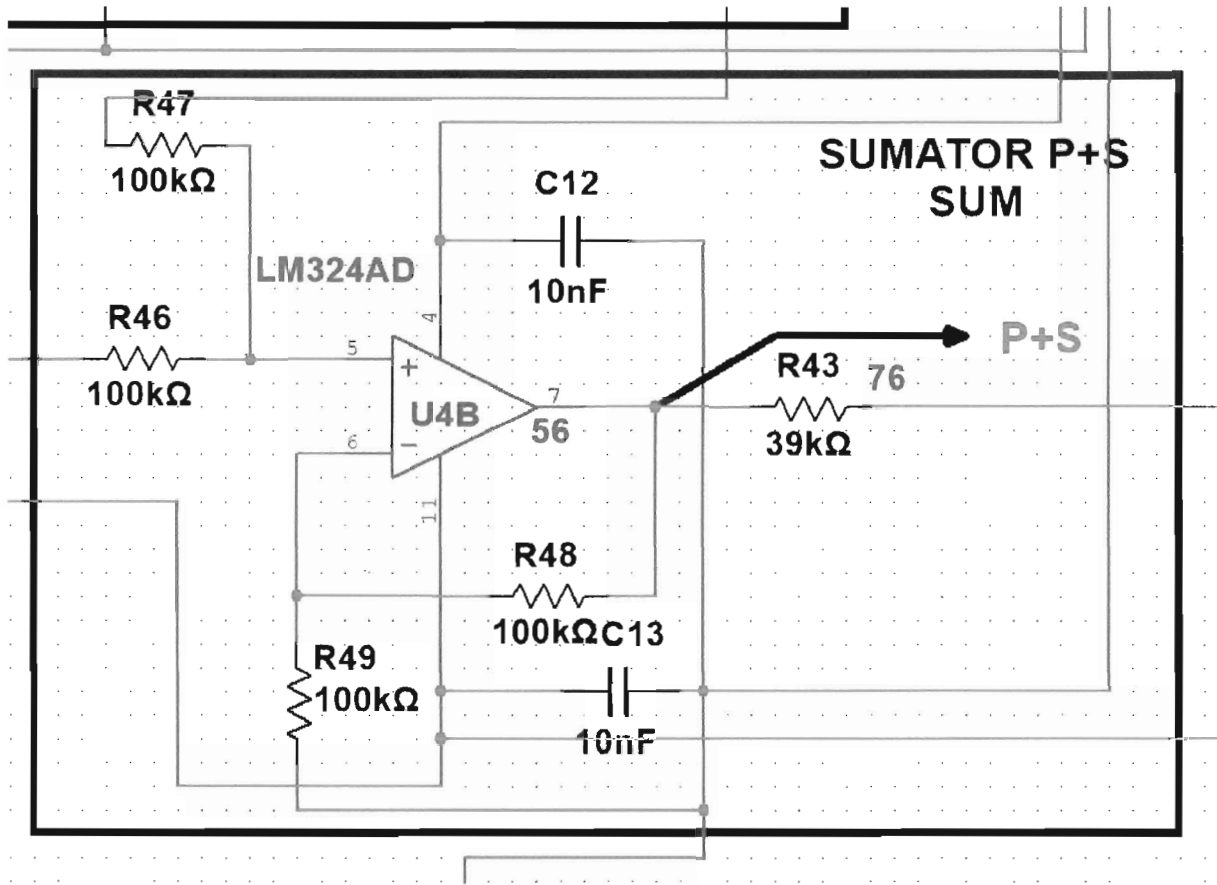


Fig.25 SUMATOR P+S - SUM

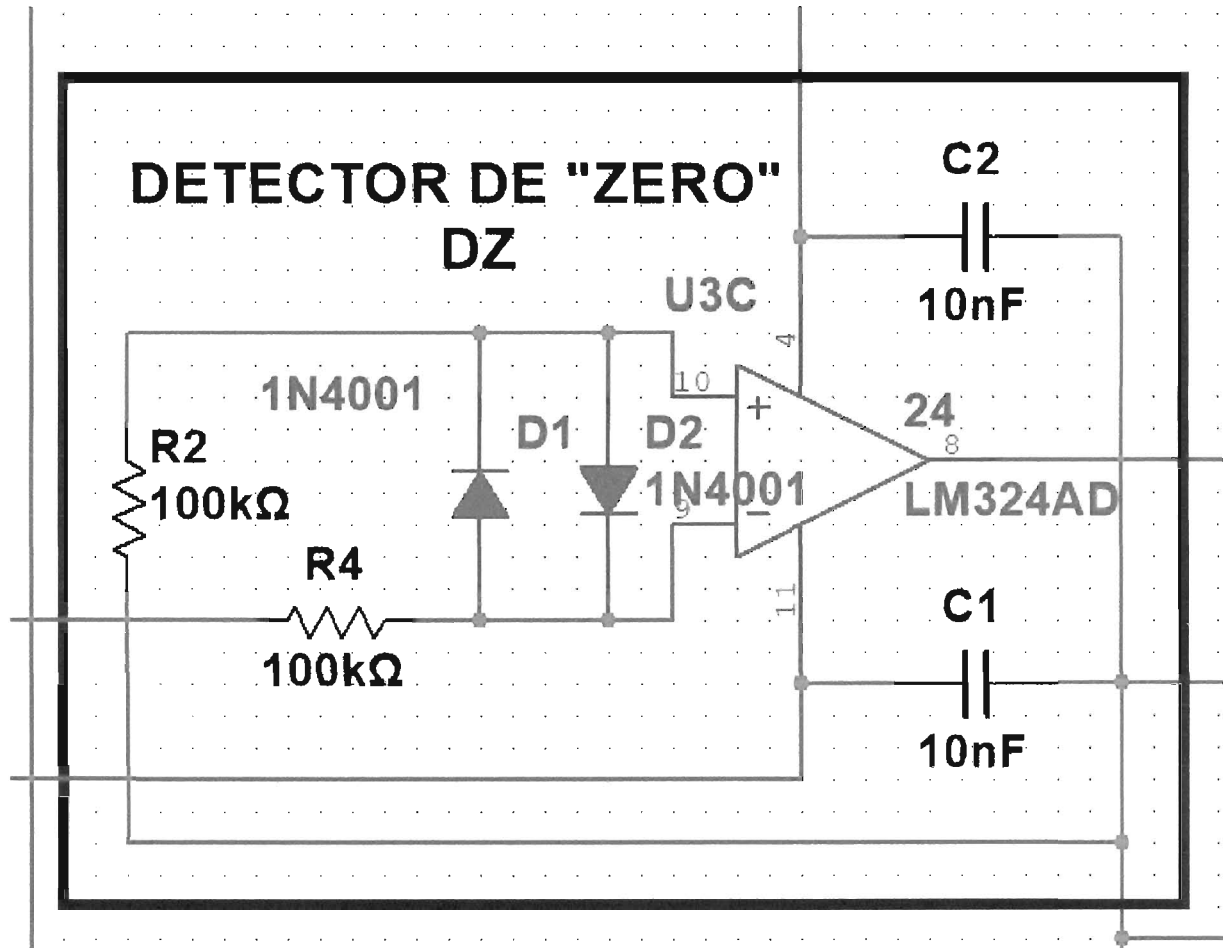


Fig.26 DETECTOR DE "ZERO" - DZ

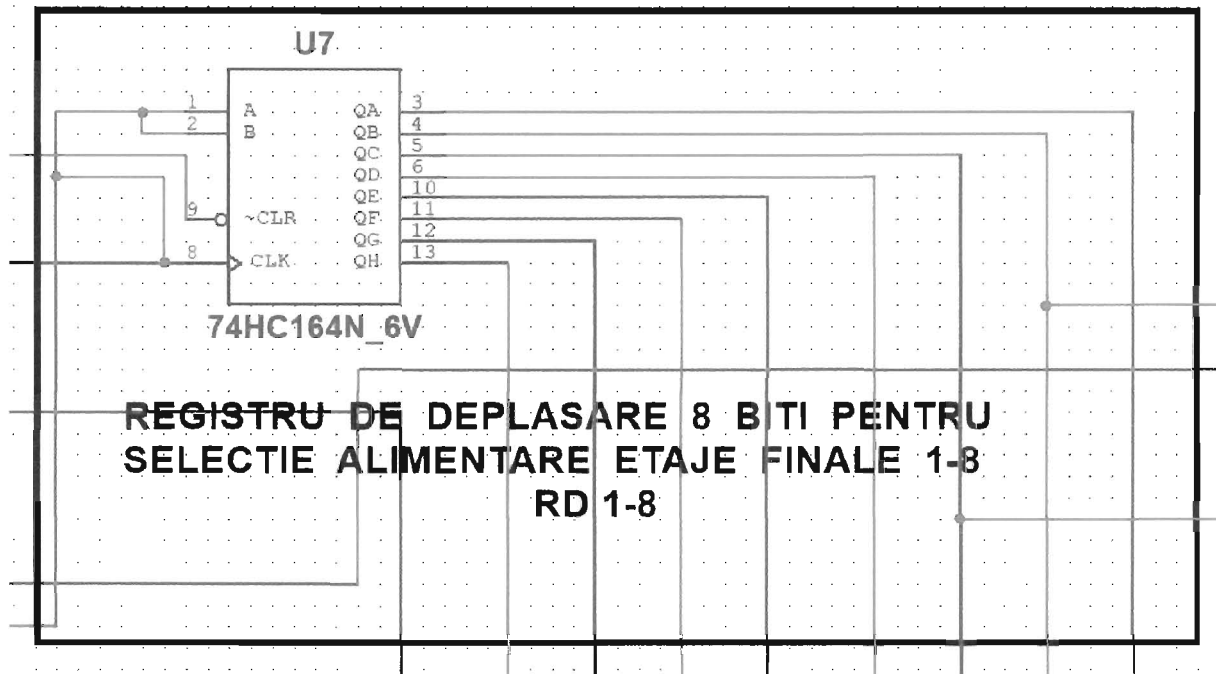


Fig.27 REGISTRU DE DEPLASARE 8 BITI PENTRU SELECTIEALIMENTARE
ETAJE FINALE 1-8 - RD 1-8

97

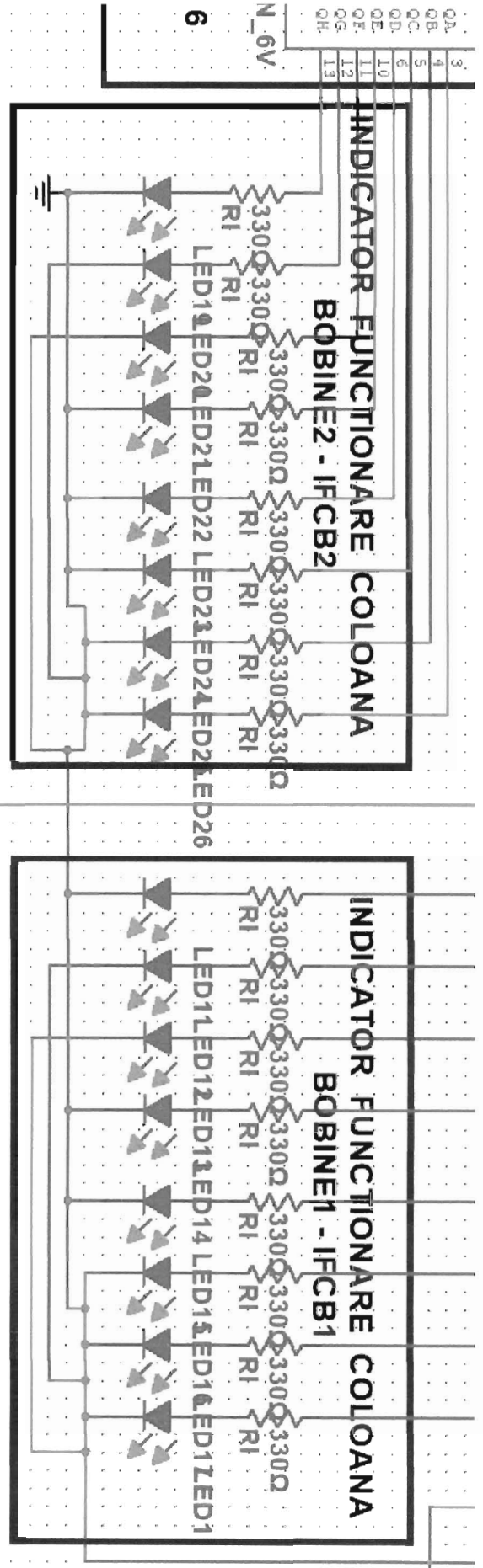


Fig.28 INDICATOR FUNCTIONARE COLOANA BOBINE – IFCB2, IFCB3

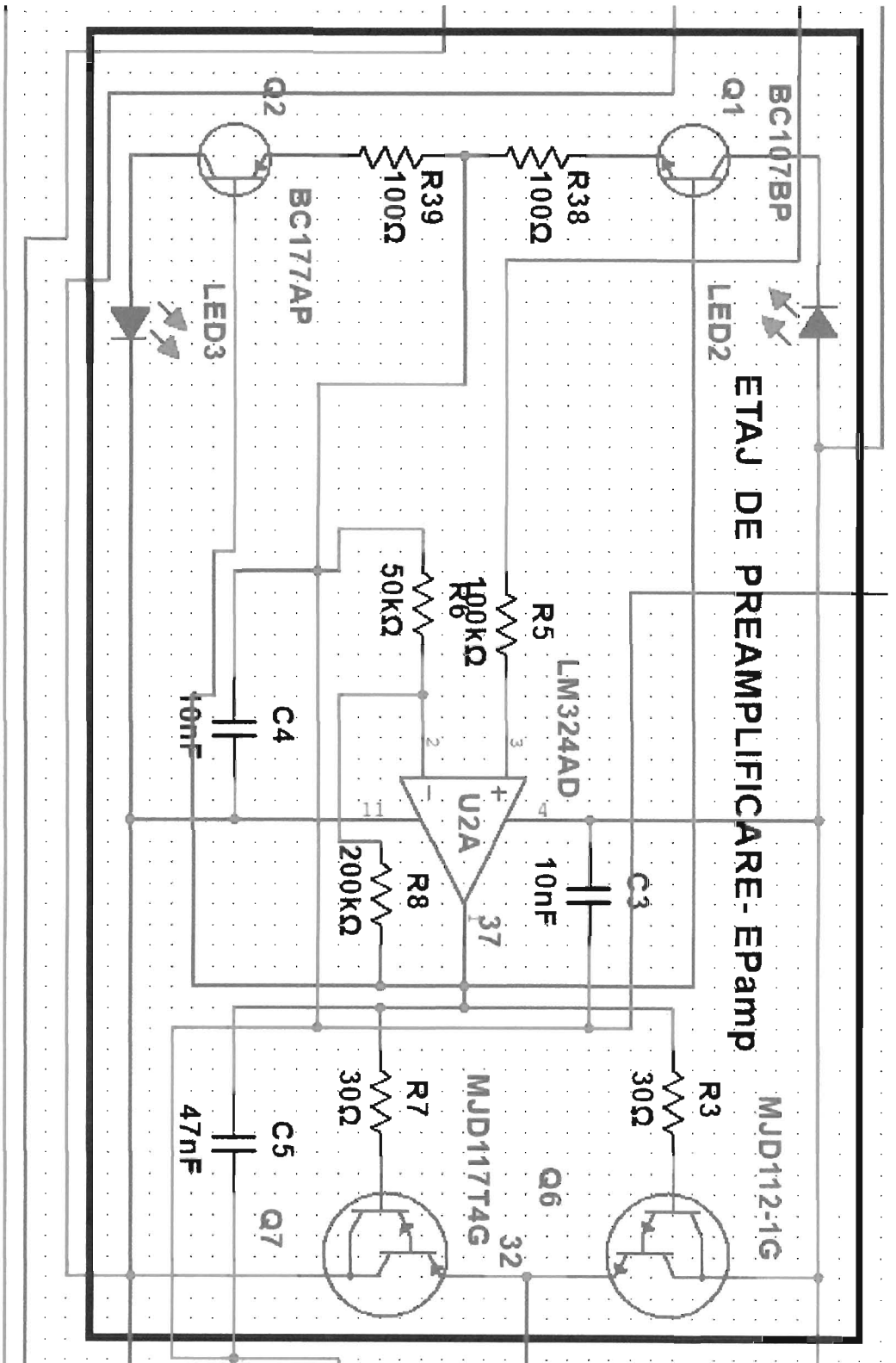


Fig.29 ET AJ DE PREAMPLIFICARE - EPamp

95

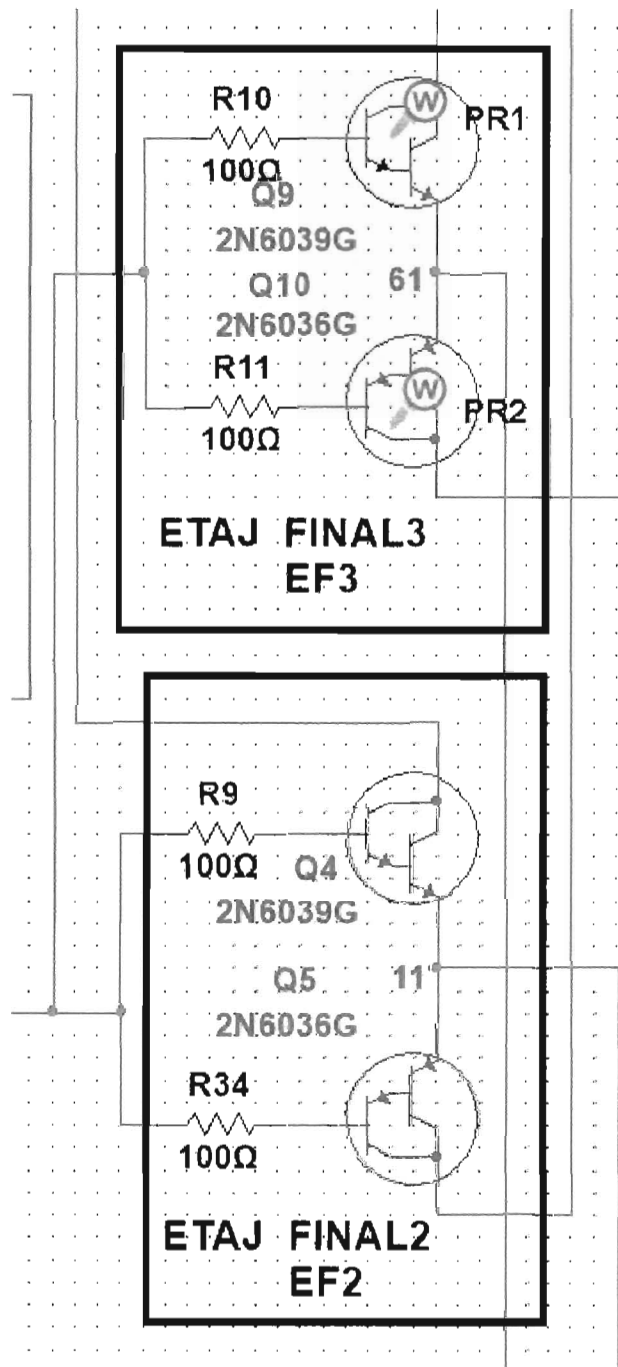


FIG.30 ETAJE FINALE - EF2, EF3

94

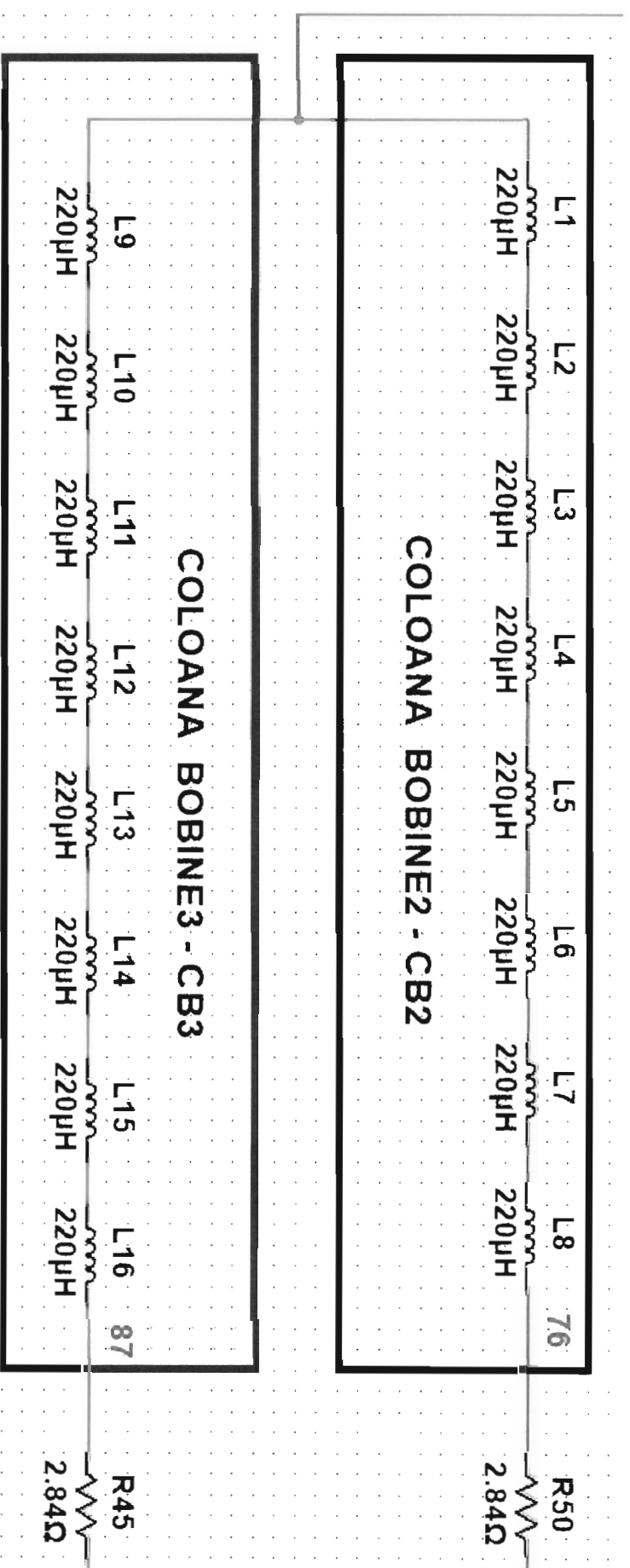


FIG.31 COLOANE BOBINE - CB2, CB3

93

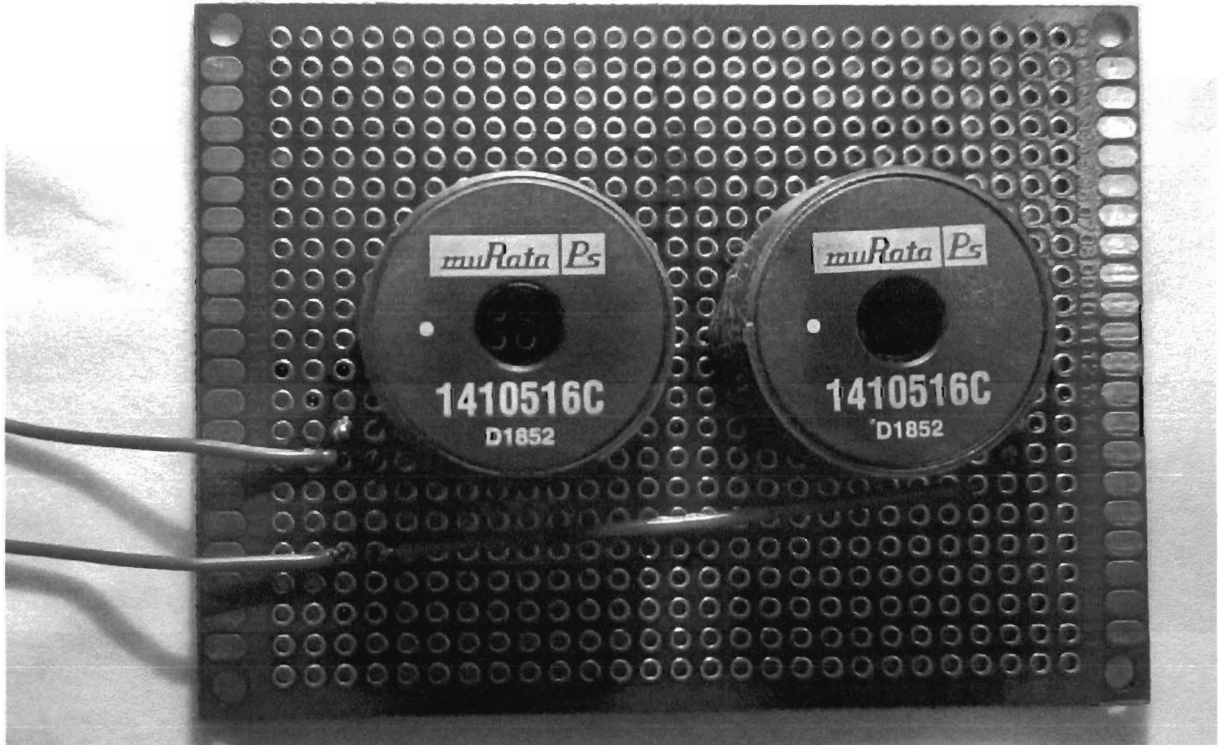


Fig.32 BOBINE TEST

92

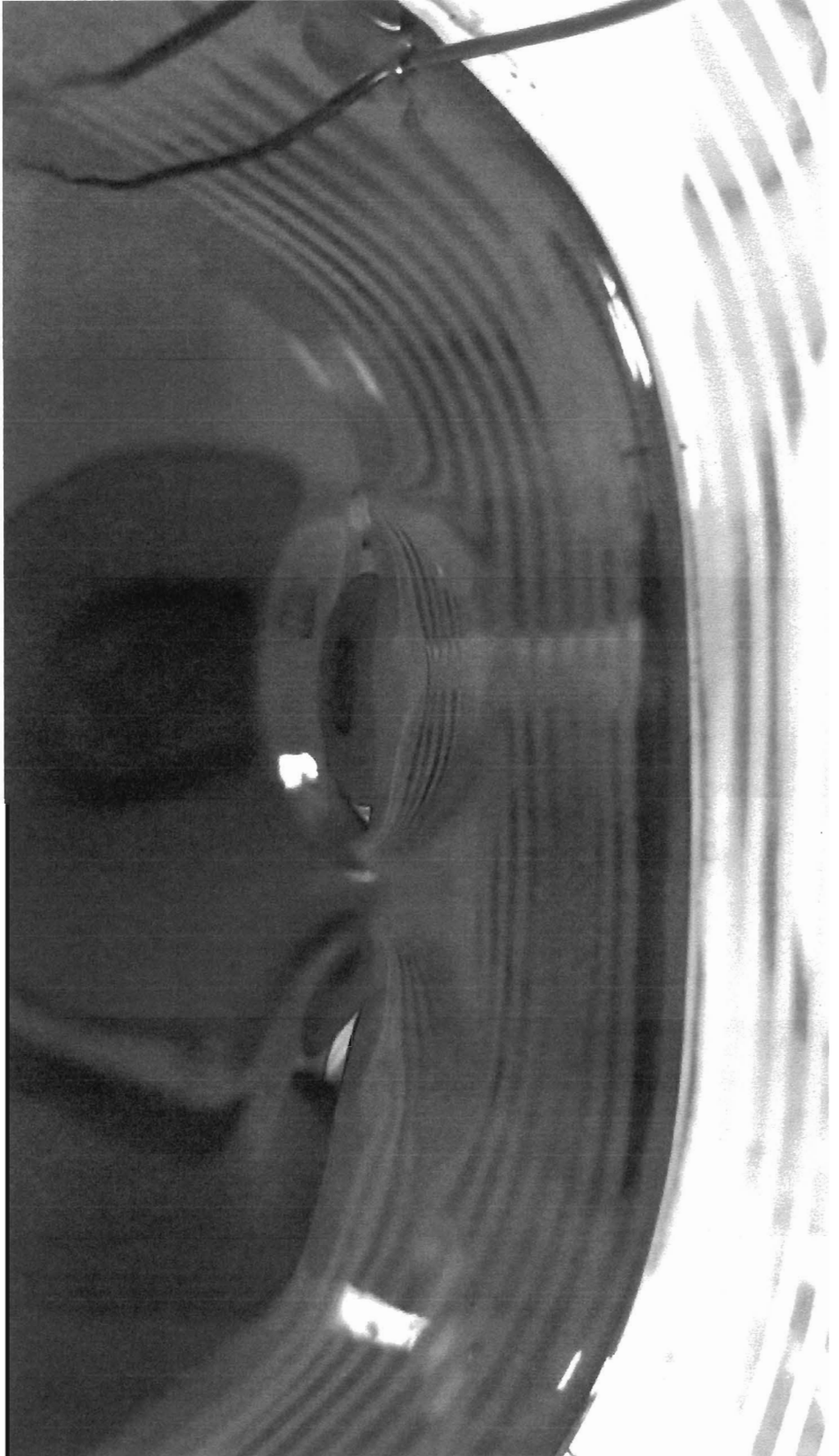


Fig.33 – DEFORMARE SUPRAFATA LICHID MAGNETIC 1



Fig.34 – DEFORMARE SUPRAFATA LICHID MAGNETIC 2

30

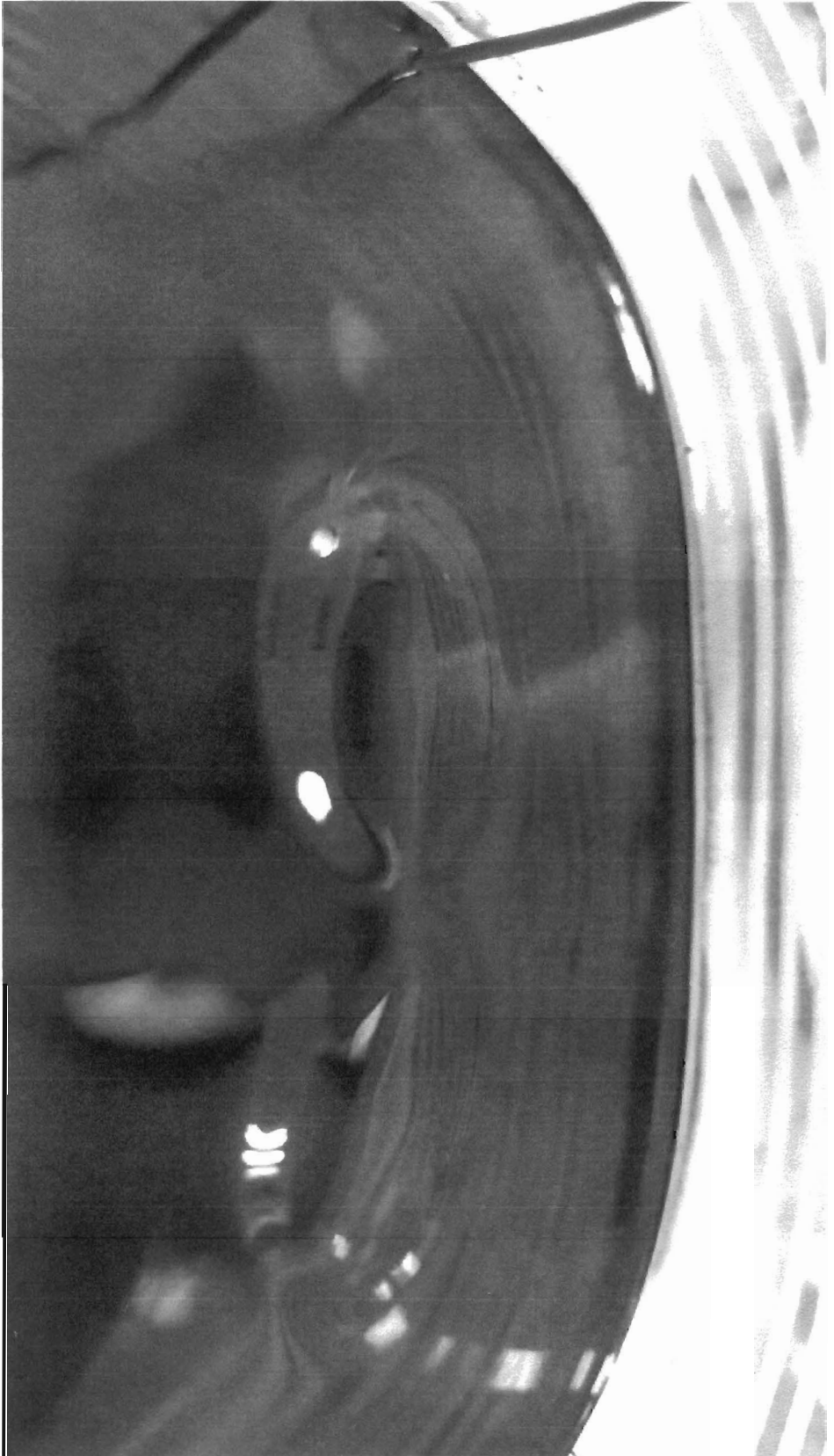


Fig.35 - DEFORMARE SUPRAFATA LICHID MAGNETIC 3



Fig.36 - DEFORMARE SUPRAFATA LICHID MAGNETIC 4

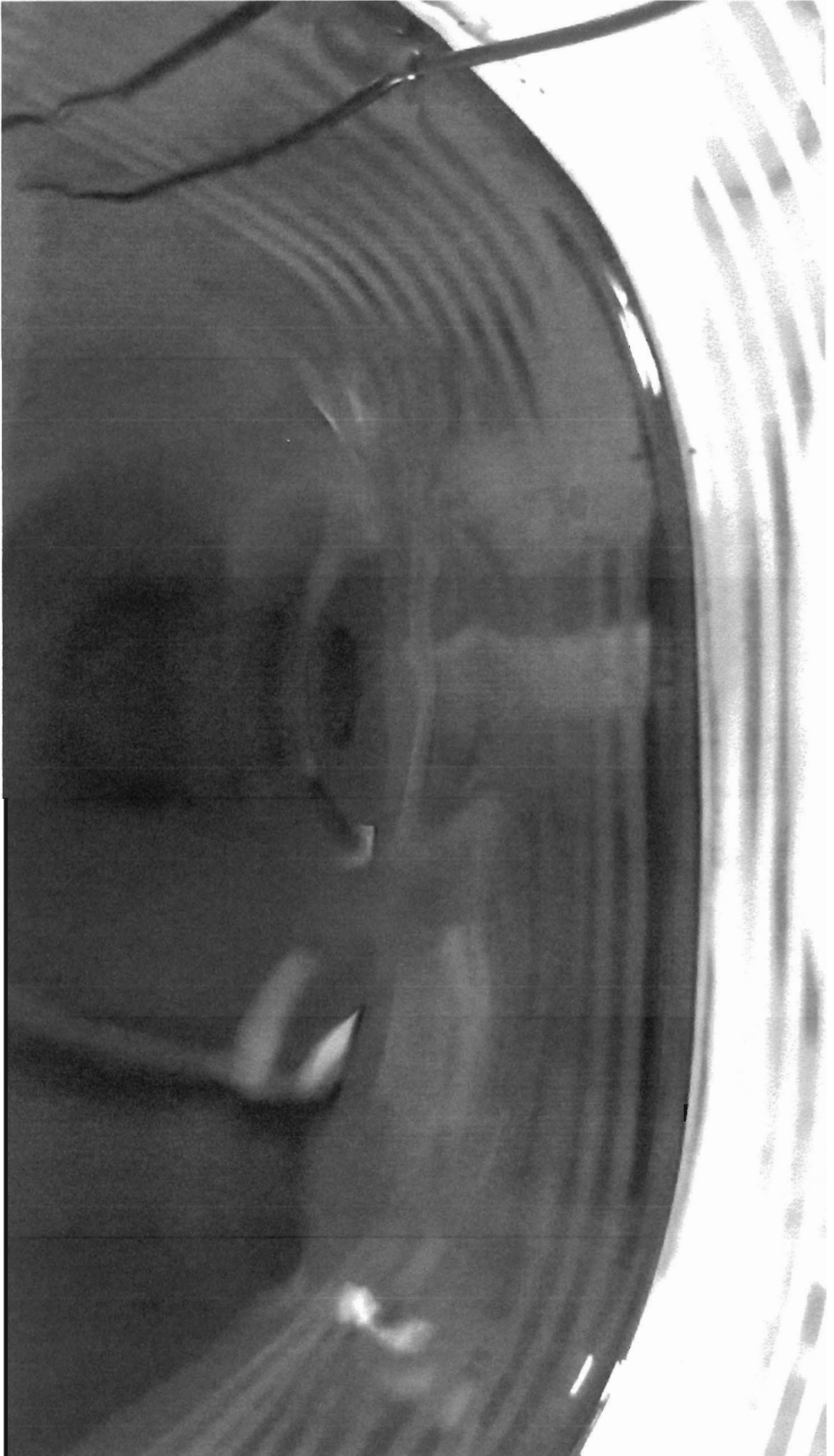


Fig.37 – DEFORMARE SUPRAFATA LICHID MAGNETIC 5