

Laborator CEM

LUCRAREA 3: SIMULAREA ÎN SPICE A SUPRATENSIUNILOR PE LINILE DE TRANSMISIE ȘI MĂSURI DE ELIMINARE

Anul 4 Telecomunicații

Considerații teoretice

Deseori pot apare supratensiuni pe liniile de transmisie RS232 sau Ethernet care duc de regulă la pierderi de date dar uneori și la distrugerii de circuite. În primul rând se defectează circuitele driver dar uneori se poate defecta chiar interfața serială.

Schema de conexiuni între 2 dispozitive conectate prin interfața serială RS232 este:

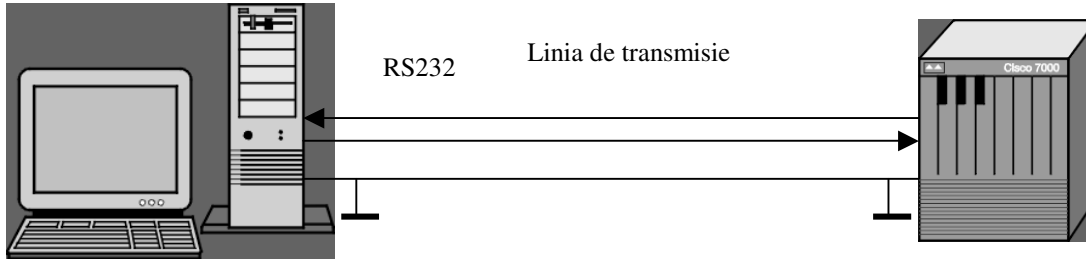


Figura 1: schema de conectare RS232

Principalele cauze care produc apariția supratensiunilor sunt:

- Descărcările electrostatice și atmosferice.
- Linie de masă de calitate necorespunzătoare.
- Neadaptarea de impedanțe.

Pentru verificarea eficienței măsurilor antiperturbative se simulează supratensiuni provenite din neadaptarea de impedanțe. Simularea s-a făcut în SPICE cu o sursă de semnal dreptunghiular de frecvența unui semnal RS232 la viteza cea mai mare (115kBd). Schema electrică pentru realizarea simulării în SPICE este dată în figura 2:

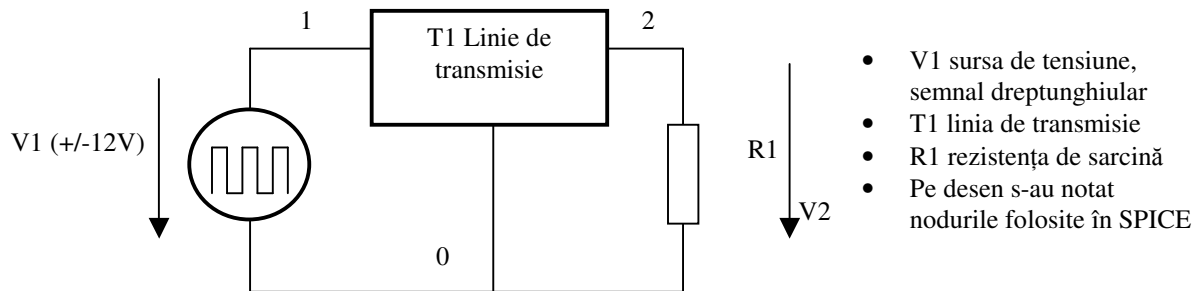


Figura 2: schema electrică a unei transmisii pentru modelare în SPICE

Programul în SPICE:

```
*TEST1
V1 1 0 AC 1 PULSE -12V 12V 0 0 0 4u 8u
R1 2 0 600ohm
T1 1 0 2 0 Z0=50 NL=0.025 F=100KHZ
.PROBE
.tran 40n 50.000u 0 0 ; *ipsp*
.END
```

Parametrii modelului sursei de semnal dreptunghiular sunt: valoarea inițială (-12V), valoarea în starea opusă (12V), timpul de întârziere (0), timpul de creștere (0), timpul de scădere (0), durata nivelului 1 (0,4μs), perioada (0,8μs). Semnalul de intrare are factor de umplere 0,5.

Pentru linia de transmisie se folosește un model al liniei fără pierderi. Lungimea liniei poate fi exprimată în două moduri, prin specificarea întârzierii pe linie sau prin frecvența transmisă (F) împreună cu lungimea normalizată a liniei cu lungimea de undă (NL). Principalul parametru al liniei de transmisie este impedanța caracteristică Z0.

Rezultatele simulării sunt date în figura următoare:

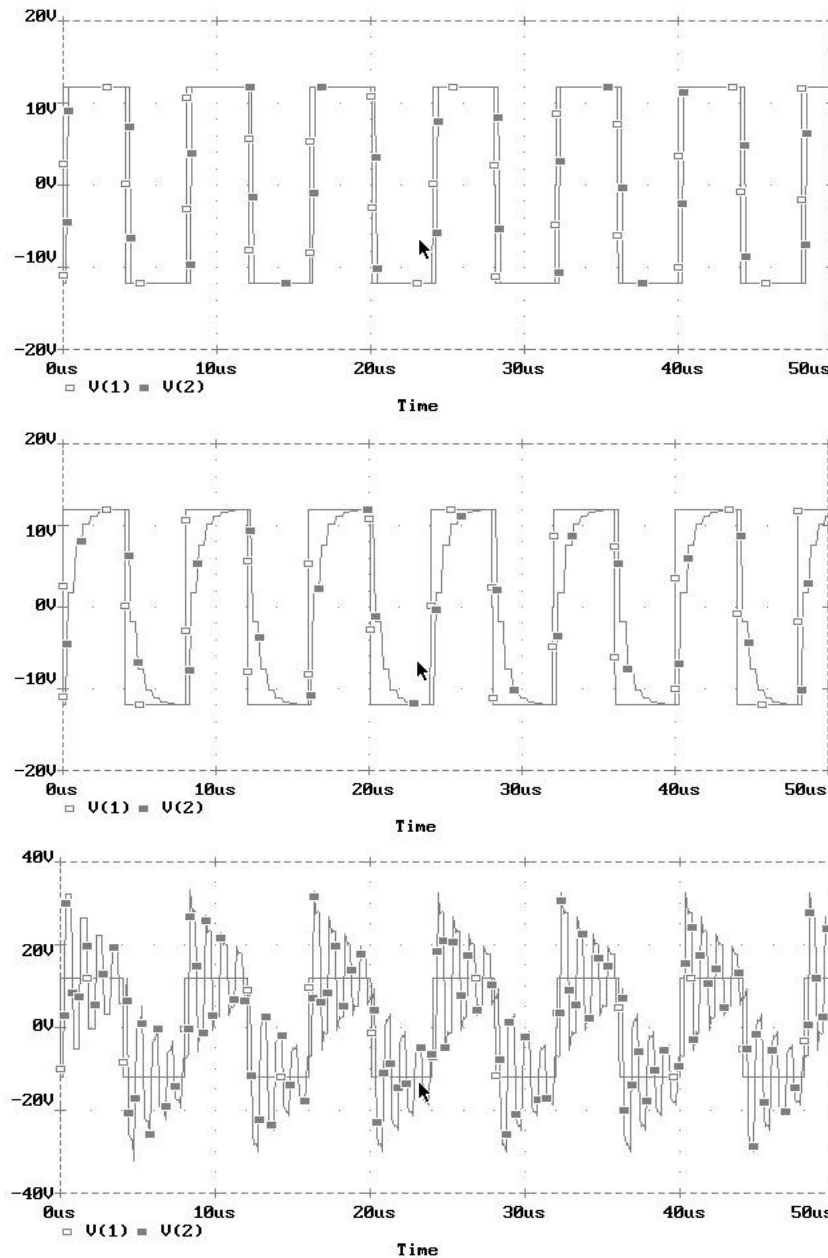


Figura 3: rezultatele simulării transmisiei unui semnal dreptunghiular printr-o linie de transmisie

Prima figură de sus reprezintă rezultatele simulării pentru o transmisie adaptată, adică cu impedanța de sarcină egală cu impedanța caracteristică a liniei (50Ω). Se observă că forma semnalului de ieșire este la fel cu cea a semnalului de intrare și linia de transmisie nu distorsionează semnalul. Semnalul de intrare este marcat cu mici dreptunghiuri goale iar semnalul de ieșire cu mici dreptunghiuri pline. În a doua figură impedanța de ieșire este mai mică decât impedanța caracteristică a liniei și semnalul de ieșire prezintă fronturi curbate, ceea ce poate conduce la recepții eronate ale informației recepționate. În al treia figură impedanța de ieșire este mai mare decât impedanța caracteristică și apar supratensiuni de amplitudini destul de mari (peste $30V$ la un semnal emis cu $12V$) care pot produce distrugerea receptoarelor. Prin urmare, din punct de vedere practic al treilea caz este cel mai periculos și trebuie realizate măsuri de protecție a receptorului.

Cea mai eficientă metodă de eliminare a supratensiunilor este conectarea a 2 diode, una spre $+12V$ și una spre $-12V$. Schema de conectare este dată în figura următoare:

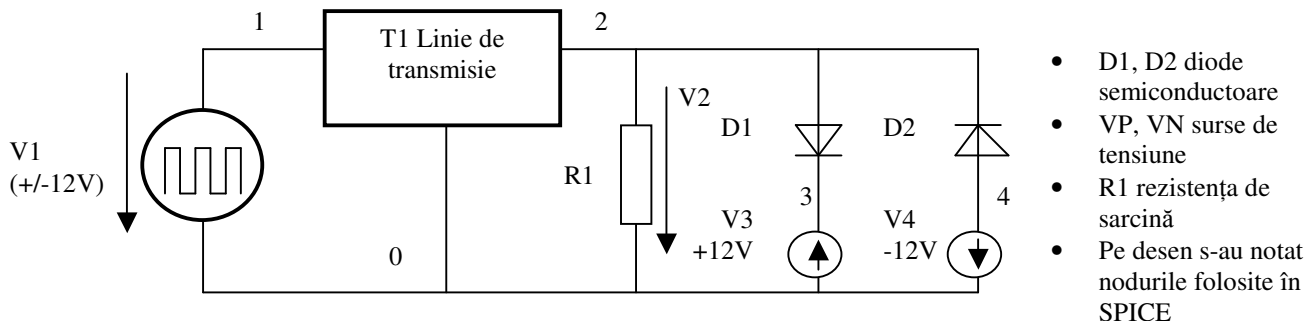


Figura 4: protecția la supratensiuni cu 2 diode

Programul SPICE este:

```
*TEST2*
V1 1 0 AC 1 PULSE -12V 12V 0 0 0 4u 8u
R1 2 0 300ohm
T1 1 0 2 0 Z0=50 NL=0.025 F=100KHZ
D1 2 3 D1
V3 3 0 DC 12V
D2 4 2 D2
V4 4 0 DC -12V
.MODEL D1 D
.MODEL D2 D
.PROBE
.tran 40n 50.000u 0 0 ;*ipsp*
.END
```

Analiza tranzitorie se realizează pe un interval de timp de $50\mu s$ iar pasul de calcul este $40ns$. Se poate alege un pas mai fin dar timpul de calcul crește, diagramele având aceeași formă.

În figura următoare este arătat rezultatul simulării care demonstrează dispariția totală a supratensiunilor și confirmă eficiența acestei metode. Pentru ca această variantă de eliminare a supratensiunilor să fie posibilă trebuie ca liniile de +/-12V să fie accesibile, ca la varianta de transmisie cu circuitele Motorola 1488 și 1489. La circuitele mai noi, cum ar fi MAX232 liniile de +/-12V nu sunt accesibile și nu se pot conecta diode spre liniile de alimentare.

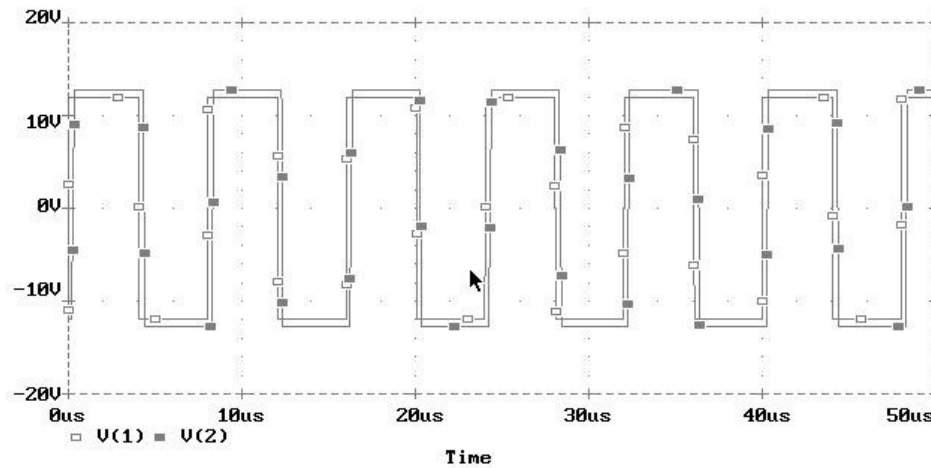


Figura 5: rezultatele simulării în cazul conectării a 2 diode spre liniile de alimentare

O altă variantă este conectarea a două diode Zener în serie, pentru ca la depășirea tensiunii de prag să se deschidă una dintre diode, cealaltă fiind în zona de conducție directă. Diodele sunt conectate între linia de semnal și masă ceea ce elimină necesitatea ca liniile de alimentare să fie accesibile. Schema electrică este dată în figura următoare:

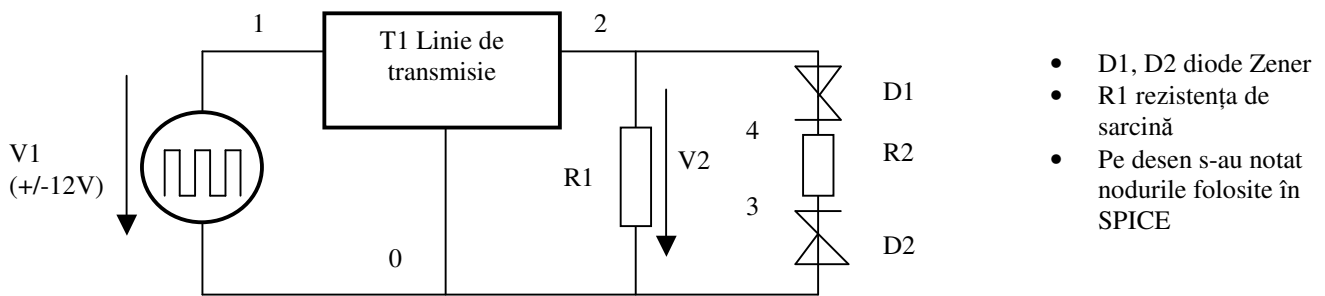


Figura 6: schema electrică pentru protecția cu două diode Zener

Programul SPICE este:

```
*TEST3
V1 1 0 AC 1 PULSE -12V 12V 0 0 0 4u 8u
R1 2 0 300ohm
T1 1 0 2 0 ZO=50 NL=0.025 F=100KHZ
D1 2 4 D1N967A
```

```

R2 4 3 20ohm
D2 0 3 D1N967A
.model D1N967A D(Is=7.021f Rs=5.619 Ikf=0 N=1 Xti=3 Eg=1.11 Cjo=60p M=.4093
+ Vj=.75 Fc=.5 Isr=1.461n Nr=2 Bv=18 Ibv=23.333m Nbv=1.2074
+ Ibv1=215.7u Nbv1=.71348 Tbv1=888.9u)
* Motorola pid=1N967A case=DO-35
* 89-9-18 gjg
* Vz = 18 @ 7mA, Zz = 37 @ 1mA, Zz = 11 @ 5mA, Zz = 7.9 @ 20mA
.PROBE
.tran 40n 50.000u 0 0 ;*ipsp*
.END

```

Pentru dioda Zener s-a definit un model nou. Diagrama de semnal în acest caz este dată în figura 7:

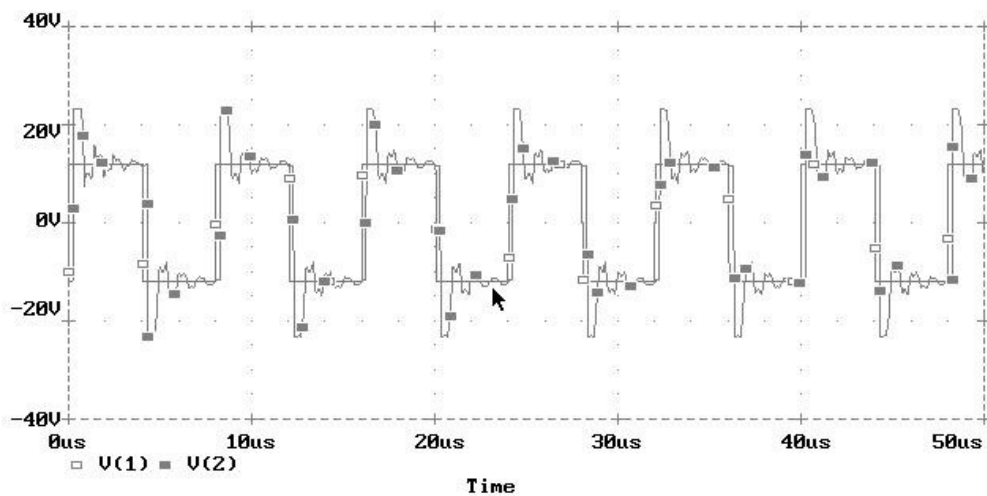


Figura 7: rezultatele simulării în cazul conectării a 2 diode Zener între linia de semnal și masă

Se observă reducerea vârfurilor de tensiune până la valori sub 30V dar și faptul că supratensiunile nu au fost eliminate. De asemenea, diodele Zener nu pot disipa energii de valori mari, așa încât este posibil ca în cazul descărcărilor electrice atmosferice protecția să nu fie eficientă.

Un alt model folosește pentru protecția la supratensiune două comutatoare statice care intră în conducție dacă tensiunea la bornele lor depășește o anumită valoare, cum ar fi de exemplu diacul sau varistorul. În SPICE s-a simulat o astfel de componentă cu două comutatoare comandate de tensiune. Comutatorul se închide la depășirea unei anumite tensiuni de prag și se deschide la scăderea tensiunii (la atingerea nivelului 0, sau la un anumi prag, același sau diferit de pragul de intrare în conducție).

Schema electrică este dată în figura 8:

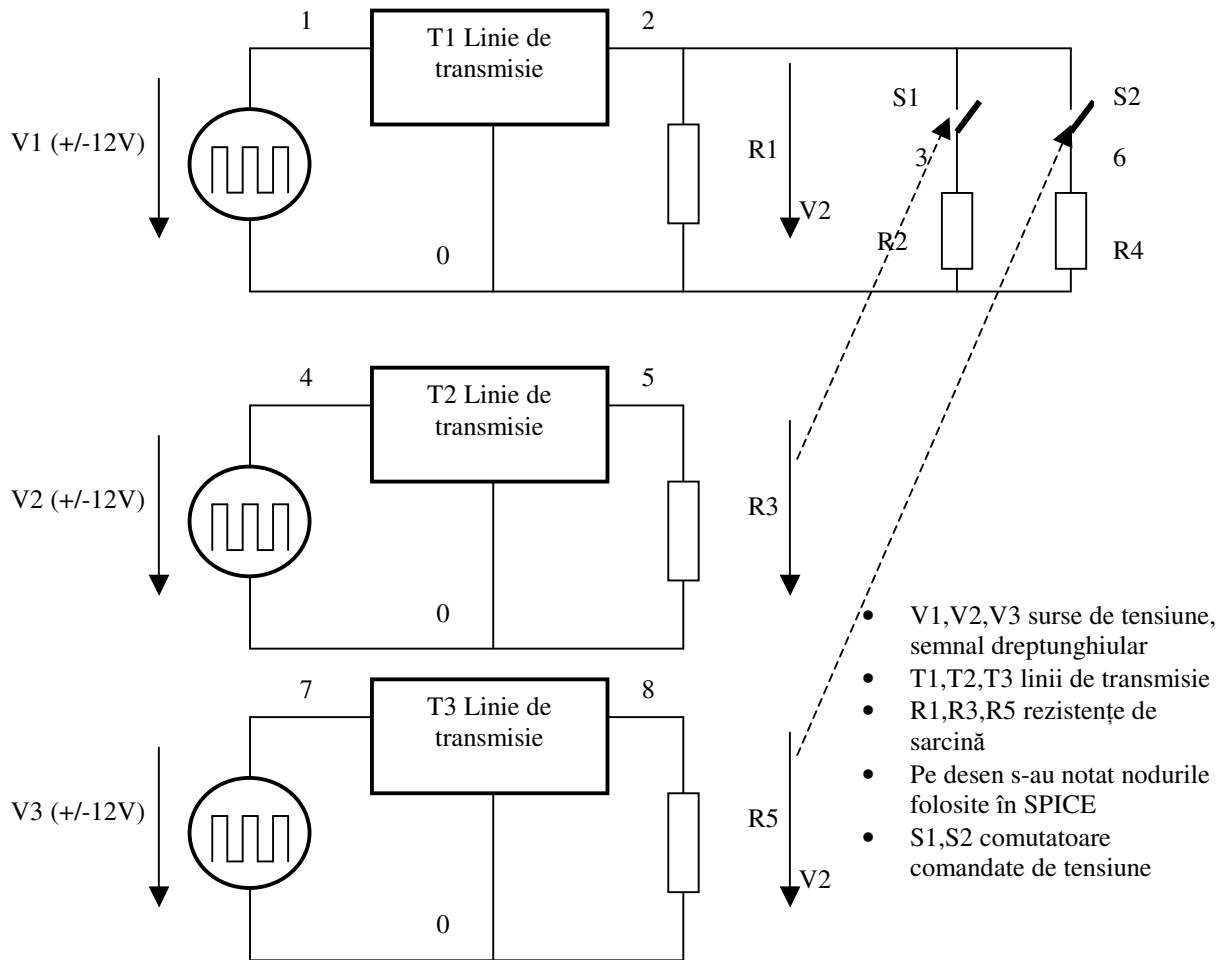


Figura 8: schema electrică pentru simularea a două comutatoare statice

Cele două circuite suplimentare cu linii de transmisie au fost introduse suplimentar din motive de ușurare a simulării, pentru a forma tensiunile de comandă pentru comutatoarele statice.

Programul SPICE este:

```

*TEST4
V1 1 0 AC 1 PULSE -12V 12V 0 0 0 4u 8u
R1 2 0 300ohm
T1 1 0 2 0 Z0=50 NL=0.025 F=100KHZ
S1 2 3 5 0 VSWITCH
R2 3 0 300ohm
S2 2 6 8 0 VSWITCH
R4 6 0 300ohm
V2 4 0 AC 1 PULSE -12V 12V 0 0 0 4u 8u
T2 4 0 5 0 Z0=50 NL=0.025 F=100KHZ
R3 5 0 300ohm
V3 7 0 AC 1 PULSE 12V -12V 0 0 0 4u 8u
T3 7 0 8 0 Z0=50 NL=0.025 F=100KHZ
R5 8 0 300ohm

```

```

* Controlled switch model
.MODEL Vswitch vswitch

```

```

+ Ron=10ohm, Roff=10000ohm,
+ Von=20V, Voff=1.5V
.PROBE
.tran 40n 50.000u 0 0 ;*ipsp*
.END

```

Modelul comutatorului comandat de tensiune VSWITCH conține rezistențele în stare deschis și închis precum și tensiunile de prag pentru deschidere respectiv blocare. Modificând acești parametri se pot trage concluzii despre comutatoarele statice care se pot folosi pentru acest tip de protecții. Diagrama unei simulări este dată în figura 9:

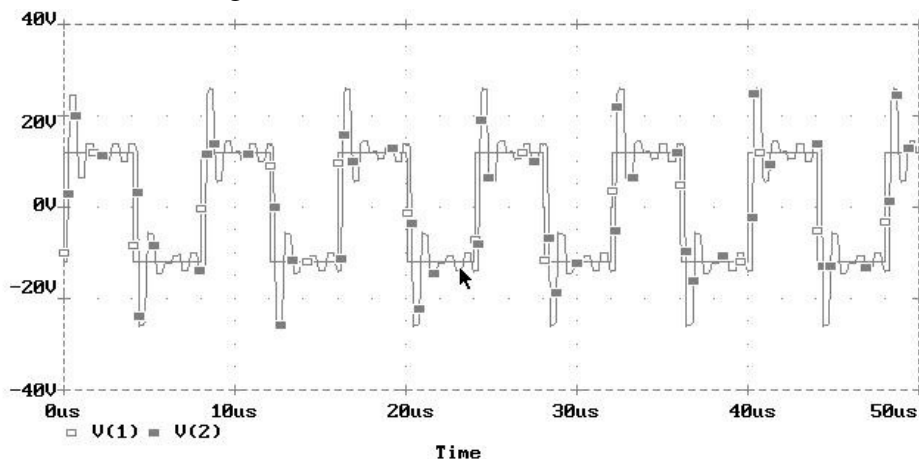


Figura 9: rezultatele simulării la folosirea unui comutator static bidirecțional între linia de semnal și masă

Se observă asemănarea formelor de undă cu cele rezultate la protecția cu diode Zener. Toate elementele antiperturbative care intră în funcțiune la depășirea unei tensiuni de prag sunt eficiente atunci când există o masă comună de bună calitate între echipamentele cuplate prin RS232 sau Ethernet. De multe ori însă sistemele nu sunt cuplate la împământare și între carcusele lor și implicit între masele lor apar tensiuni de ordinul zeci de V care dau naștere unui curent important prin linia de masă. Linia de masă între 2 echipamente cuplate este subțire și căderea de tensiune pe linie poate fi mare. Acest lucru a fost rezolvat în cazul transmisiei prin rețea Ethernet prin decuplare galvanică. La legătura RS232 circuitele de interfață pot fi distruse fără ca dispozitivele de protecție să intre în funcțiune din cauza acestor diferențe de potențial. Un sistem de protecție format din optocuploare și elemente de limitare a vârfurilor de tensiune este extrem de eficace.

Cea mai ieftină soluție de decuplare galvanică este decuplarea optică la nivele TTL, de aceea este nevoie de un convertor de nivel de la nivele RS232 la nivele TTL, figura: Ca și convertoare de nivel se pot folosi circuitele 1488 /1489, MAX232 sau SN75150/75154.

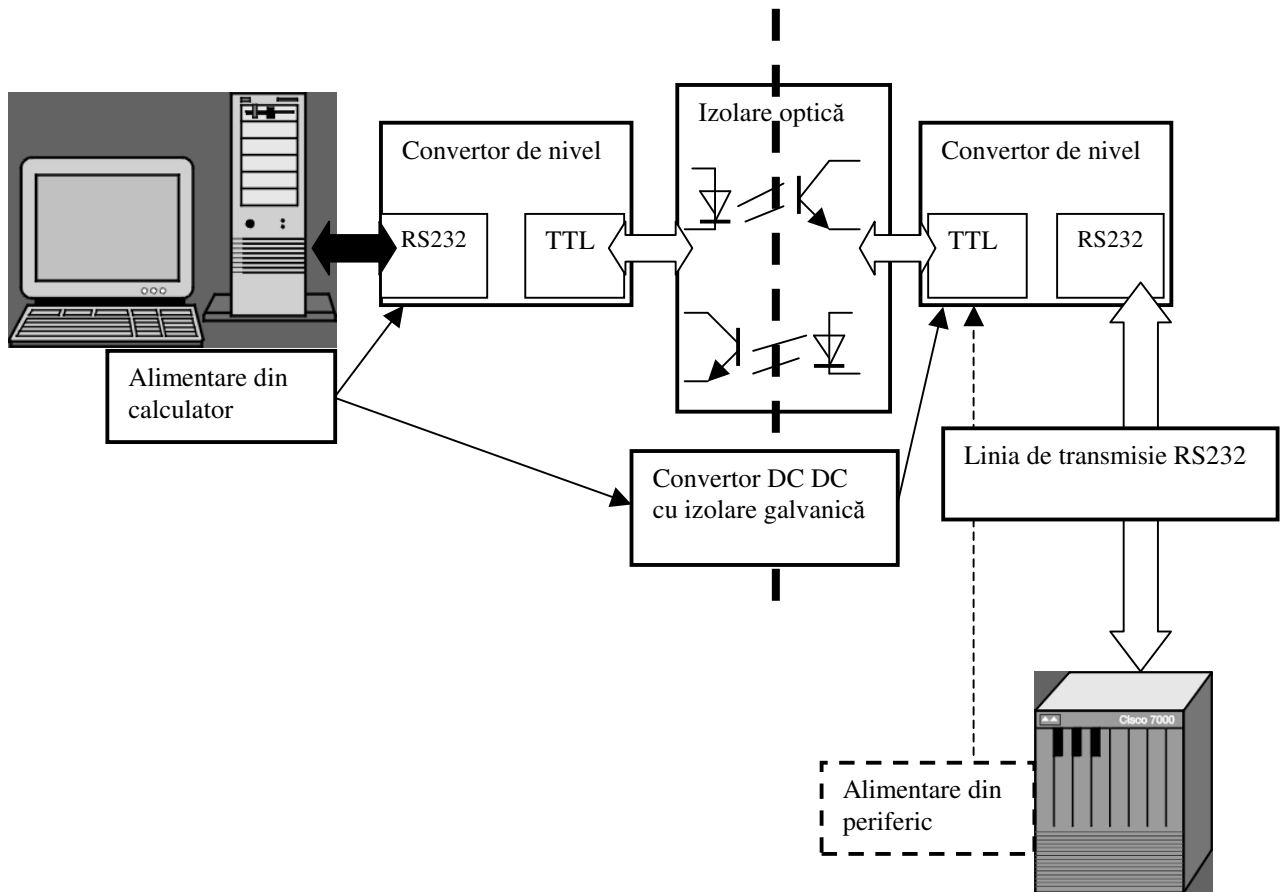


Figura 10: schema bloc a unei transmisii cu decuplare galvanică

Pentru ca izolarea galvanică să fie eficientă ea trebuie să fie realizată pe liniile de semnal și pe alimentare. Dacă circuitele de conversie de nivel sunt alimentate de la 5V și formează +/-12V, cum sunt MAX232, atunci este suficientă alimentarea directă de la calculator respectiv echipamentul periferic cu 5V. Dacă se folosesc circuite mai simple (1488/1489, 75150/75154) atunci trebuie folosit un convertor DC DC care să formeze tensiuni de +/-12V din tensiunea de 5V. Tensiunea de alimentare a secțiunii izolate optic de calculator poate fi furnizată de sursa echipamentului periferic dar atunci mai trebuie 2 fire de alimentare (punctat în figură). O altă variantă ar fi alimentarea cu un convertor DC DC cu decuplare galvanică sau de la un alimentator separat.

Mersul lucrării

1. Se studiază suportul teoretic de simulare;
2. Se repetă cunoștințele simple de utilizare SPICE;
3. Se refac simulările propuse în lucrare și se modifică anumiți parametrii, de exemplu durata analizei, frecvența semnalului, factorul de umplere, valoarea rezistenței de sarcină etc. și se observă modificările în forma semnalului;
4. Se provoacă discuții despre adaptare și mijloace de eliminare a supratensiunilor utilizate în prezent;
5. Se caută pe Internet componente de micșorare a vârfurilor;
6. Se analizează comparativ modul de simulare al fenomenelor în MATHCAD și SPICE și se propun diverse aplicații posibile.