

1. Un voltmetru numeric de c.c. realizat cu CAN DP este folosit în România unde rețeaua electrică publică garantează frecvența $f = 50\text{Hz} \pm 0.2\%$. În urma privatizării pe 1 euro, noul furnizor de electricitate anunță că de acum înainte nu va mai putea garanta frecvența decât în limita de $\pm 1\%$. Calculați frecvența de tăiere a filtrului FTJ necesar de a fi adăugat la intrarea în voltmetru pentru a conserva NMRR a voltmetrului la aceeași valoare ca înainte de privatizare.

2. a) După cum se știe, la voltmetrele numerice numărul de scări pe decadă este fix 1, dat de faptul că schimbarea scărilor este echivalentă cu mutarea punctului zecimal. În schimb, la voltmetrele analogice cu ac indicator se pot desena oricâte scări intermediare pe scala aparatului. De obicei, pentru voltmetrele cu 2 scări pe decadă, acestea sînt de forma 1-3-10-30-100V... etc. Căutați o explicație de ce s-a ales valoarea „3” ca scară intermediară (și nu 4 sau 5 sau altceva). b) aceeași cerință pentru voltmetrele cu 3 scări intermediare pe decadă: cît sînt aceste scări, și de ce (*Indicație:* gîndiți-vă la osciloscop). c) un voltmetru analogic cu 3 scări pe decadă are clasa de precizie 1%. Calculați ce clasă de precizie este necesară pt. un voltmetru numeric (cu 1 scară pe decadă) care să aibă eroarea relativă limită de 10 ori mai mică decît eroarea relativă limită a voltmetrului analogic. *Indicație:* eroarea relativă limită (maximă) este la măsurarea tensiunii minime pe o scară, chiar înainte de a putea trece pe scara imediat inferioară; de exemplu, pt. un voltmetru cu scări de 1V, 10V etc, pe scara de 10V eroarea maximă este cînd tensiunea este chiar 1V; la 0.999V deja putem trece pe scara de 1V; cf. formulei $\varepsilon = CU_{CS}/U_X$, se observă că eroarea este maximă la U_X minim pe scară.

3. Manualul voltmetrului numeric GW-Instek din laborator specifică precizia pe scara de 5V (valoare maximă indicată: 4.9999, adică 4 $\frac{1}{4}$ digiți) ca fiind $0.03\%+3$, cu semnificația „ $\pm$ (percentage of reading + digits) “. a) determinați rezoluția pe această scară b) să se calculeze eroarea relativă maximă cu care se măsoară o tensiune $U_X=2.45\text{V}$ pe această scară. c) calculați eroarea absolută corespunzătoare lui b). d) să se determine clasa de precizie a aparatului pe această scară. *Indicație:* specificarea % din U_X + număr de cifre corespunde cu specificarea mai generală % din U_X + % din U_{CS} , cu aplicabilitate la voltmetrele numerice (în timp ce varianta a doua se aplică la orice fel de voltmetre), întrucît ultimul termen, în ambele cazuri, este o valoare constantă în gama de măsură; 3 digiți tb. interpretați ca valoarea „3” pe ultima poziție de pe afișaj (digitul cel mai puțin semnificativ), adică, în cazul nostru, valoarea 0.0003V pe scara de 4.9999V.

4. Un voltmetru numeric are 4 $\frac{1}{2}$ digiți, $V_{CS}=20\text{V}$. Să se calculeze: a) rezoluția pe această scară. b) numărul de biți echivalenți ai CAN folosit. c) să se calculeze ENOD al voltmetrului bazat pe CAN cu același V_{CS} și numărul de biți de la b) rotunjit la următoarea valoare întregă.

5. Un tehnician îi ține locul inginerului proiectant pe partea digitală. El primește de la departamentul analogic informația că pragul de zgomot pt. noul voltmetru al fabricii este de $30 \mu\text{V RMS}$. Întrucît tehnicianul consideră că 10 este o cifră rotundă, el alege să facă un afișaj cu 10 cifre. a) cîte cifre va trebui să *scoată* de pe afișaj inginerul, atunci cînd ajunge la serviciu? Justificați! b) justificați alegerea optimă știind că nr. de cifre ale afișajului fizic poate să fie de forma N sau $N \frac{1}{2}$ sau $N \frac{3}{4}$ (nu doar varianta N). c) determinați pe cîți biți trebuie să fie CAN folosit dacă se implementează varianta tehnicianului. d) determinați pe cîți biți trebuie să fie CAN în cazul optim.

6. Pentru voltmetrul de c.a. cu 3 borne din Fig. 2 (stînga) să se determine CMRR_{dB} la frecvențele (a) 100KHz (b) 50Hz și (c) în curent continuu, cunoscînd valorile componentelor parazite: Z_1 este format din $R_1=100\text{M}\Omega \parallel C_1=2\text{nF}$ și Z_2 este format din $R_2=500\text{M}\Omega \parallel C_2=50\text{pF}$. Rezistențele cablurilor/bornelor de legătură $R_a=R_b=15\Omega$.

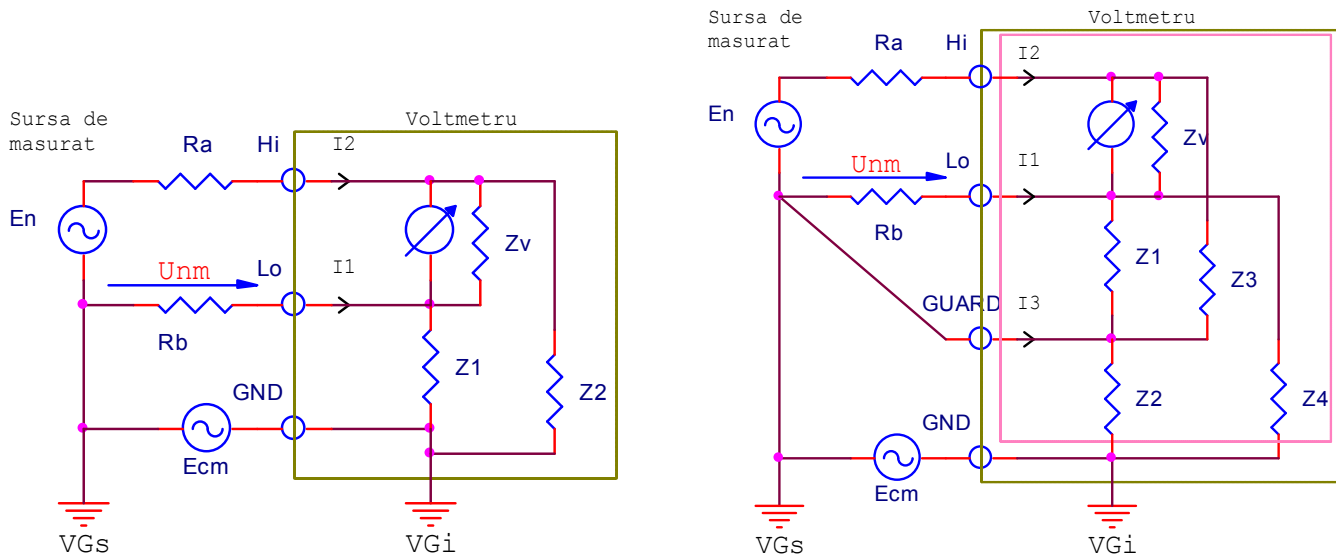


Fig. 2. Conexiuni ale sursei de măsurat la bornele voltmetrului.

7. Pentru voltmetrul din Fig. 2 (stînga): a) să se calculeze eroarea absolută comisă din cauza CMRR, știind că între cele 2 prize de pămînt există o diferență de potențial $V_{GS}-V_{GI} = 50\text{V}$ la $f=50\text{Hz}$. *Indicație:* eroarea absolută este tocmai tensiunea echivalentă pe mod

normal, produsă de tensiunea perturbatoare pe mod comun: $CMRR = U_{MC}/U_{ech\ MN}$. b) Știind că scara de măsură este 2V, să se dimensioneze numărul de cifre astfel încât eroarea precedentă să nu fie mai mare de 4 unități ale ultimei cifre (4 counts).

8. Un tehnician trebuie să facă măsurători la un voltmetru cu 4 borne ca în Fig. 2 (dreapta), la care circuitul de intrare este ecranat, și ecranul (figurat prin linia punctată interioară) este conectat la borna "Guard". Se dau valorile: $Z_1, Z_2 = 100\text{ M}\Omega \parallel 5\text{ nF}$, $Z_4 = 1\text{ G}\Omega \parallel 30\text{ pF}$, $R_a = R_b = 15\Omega$. a) Întrucât tehnicianul nu știe ce să facă cu borna de gardă, el o lasă "în aer" (legătura desenată oblic nu este făcută). Calculați $CMRR_{dB}$ la 50Hz și în curent continuu. b) vine inginerul și conectează borna "Guard" la masa sursei, ca în Fig. 2 (dreapta). Calculați din nou $CMRR$. Argumentați care situație este mai favorabilă și de ce. *Indicație:* pe schema din Fig. 2 (dreapta) aparent $(Z_1 + Z_2) \parallel Z_4$ și, datorită valorilor foarte diferite, Z_4 este neglijabil, și s-ar putea pune întrebarea de ce se mai desenează în circuit. În realitate, lucrurile stau așa: - în cazul în care garda nu este conectată, într-adevăr au efect doar Z_1 și Z_2 ; se observă că suma lor este doar un pic mai mare decât Z_1 din Fig. 2 (stânga), deci existența ecranului de gardă aduce o îmbunătățire, dar este mică; - în cazul conectării corecte a găzii (linia oblică), Z_1 are cele 2 borne aproape echipotențiale (potențialul V_{GS}), ceea ce înseamnă că Z_1 nu mai are aproape niciun efect în circuit, ca și când nu ar exista în schemă decât Z_2 (prin care trece cea mai mare parte a curentului) și Z_4 (care modelează calea de curent rezidual foarte mic, dar totuși nenul). Prin urmare, în acest caz, Z_1 nu se ia în calcul.

9. Pentru voltmetrul din problema 24 în situațiile de la (a) și (b) în c.a., calculați eroarea absolută știind că diferența de potențial între împământări este 50V/50Hz. Determinați numărul de cifre pe o scară de 2V a.î. ultima cifră să nu fie afectată mai mult de 2 unități, în cele 2 situații. Câte cifre în plus se pot adăuga în situația de la (b) față de (a)?

10. Să se determine și să se reprezinte grafic în funcție de ω următoarele: a) $L_{echivalent}$ pentru un grup LC serie. b) $C_{echivalent}$ pentru un grup LC serie. c) $L_{echivalent}$ pentru un grup LC paralel. d) $C_{echivalent}$ pentru un grup LC paralel.

11. a) Calculați erorile sistematice la măsurarea 2T dacă $R_{sonde+ter min ale} = 100\text{ m}\Omega$ pentru $R_{X1} = 2\Omega, R_{X2} = 2\text{ k}\Omega$. b) Calculați erorile sistematice la măsurarea 2T dacă $C_p = 20\text{ pF}, f = 100\text{ kHz}$, pentru $R_{X1} = 1\text{ M}\Omega, R_{X2} = 1\text{ k}\Omega$. c) Determinați între ce limite (minimă și maximă) ale rezistenței R_X se poate folosi conexiunea 2T, dacă rezistența necunoscută are $R_{sonde+ter min ale} = 100\text{ m}\Omega$, $C_p = 20\text{ pF}, f = 100\text{ kHz}$, și se impune ca eroarea sistematică să nu depășească 1%.

12. Se măsoară o bobina la 2 frecvențe $f_1 = 12\text{ kHz}$ și $f_2 = 14\text{ kHz}$ și se găsesc valorile $L_1 = 12\text{ mH}$ și $L_2 = 14\text{ mH}$; determinați valoarea reală a lui L (la frecvențe joase), precum și capacitatea parazită a bobinei.

13. Calculând elementele unei surse în comutație de laptop care funcționează la $f = 200\text{ kHz}$, se determină că modulul impedanței condensatorului de filtraj nu trebuie să depășească $50\text{ m}\Omega$. Să se calculeze ESR maxim a unui condensator (presupus neinductiv) având $C = 150\text{ }\mu\text{F}$ care poate fi folosit în această sursă.

14. Se dă puntea Wheatstone din Fig. 3, aflată la echilibru. Evident, relația de echilibru nu depinde de tensiunea de alimentare E. Totuși, apare o limitare din cauza puterii disipate pe rezistențe. Știind că acestea au puteri nominale de 0.5W și considerând că, pentru a nu se încălzi semnificativ, puterea disipată pe o rezistență nu trebuie să depășească 1/10 din puterea nominală, calculați tensiunea maximă de alimentare a punții, E.

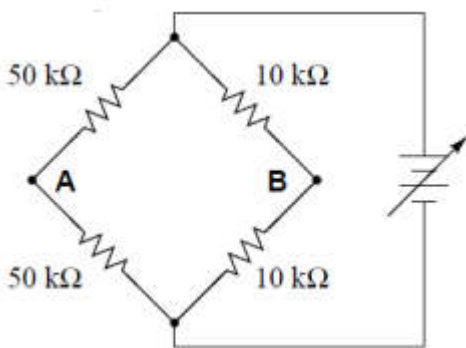


Fig. 3. Punte Wheatstone.

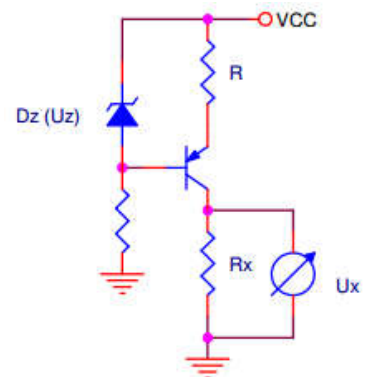


Fig. 4. Ohmetru liniarizat.

15. a) Pentru ohmetrul liniarizat din Fig. 4, să se proiecteze componentele schemei astfel încât să avem scările $R_{XCS} = 500\Omega, 5\text{ K}, 50\text{ k}, 500\text{ k}$. b) Calculați eroarea limită relativă de măsură a R_X știind că imprecizia de determinare a tensiunilor este de 0.5%, iar rezistența de referință are toleranța 1%. Se va neglija tensiunea V_{EB} (acest lucru se poate face în practică înseriind o diodă cu siliciu în serie cu dioda Zener, astfel încât tensiunea pe dioda polarizată direct să anuleze căderea de tensiune pe joncțiunea EB a tranzistorului).

16. Se dă schema de măsurare *in situ* din Fig. 5 (stânga), în care $Z_X = 100\Omega$, iar $R_1 \dots R_6 = 6.8K$. Cele 4 borne de măsură corespund unui LCR-metru ABB. Măsurarea se face în c.c. a) desenați schema echivalentă de măsură, cu și fără adăugarea conexiunii sub forma liniei îngroșate. Indicație: schema etajului de intrare în LCR-metru este cea din Fig. 5 (dreapta). Cele 2 grupuri de rezistențe care apar în combinații serie-parallel se vor figura pe această schemă, avînd un punct comun cu terminalul din stînga, respectiv din dreapta a Z_X . În cazul adăugării liniei albastre groase, se observă că ambele grupuri au piese cu celălalt terminal la masă. Se vor figura punctele Hc, Hp, Lc, Lp pe schemă (observați că bornele din stînga și dreapta lui Z_X apar inversate respectiv între Fig. 5 stînga și dreapta). b) calculați eroarea relativă de măsură în cazul în care această conexiune nu se adaugă. c) calculați eroarea relativă în cazul în care această conexiune se adaugă, iar sursa de alimentare din ABB (borna Hp) are o rezistență internă de 50Ω .

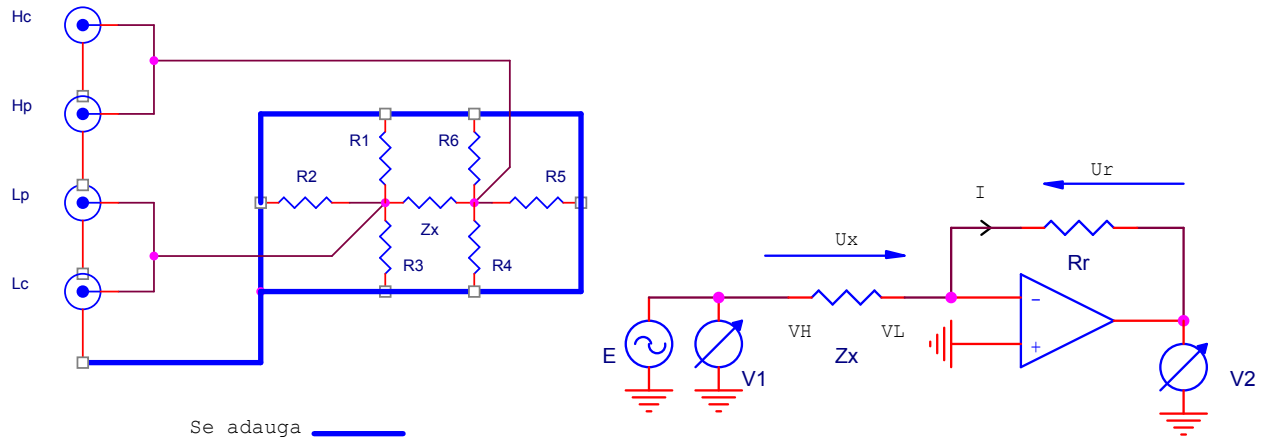


Fig. 5. Măsurare *in situ*.

17. Se dă schema de ohmetru realizat cu AO din Fig. 6 (similară cu cea din lab. 5). Tensiunea de alimentare este $V_{CC}=12V$. a) Știind că valoarea rezistenței R_X este citită pe voltmetrul V1, să se calculeze R_1 pentru a obține o constantă de conversie de $1V/K\Omega$. b) să se calculeze R_{XCS} în condițiile date. Pentru AO dat, tensiunea de ieșire poate ajunge între $0V$ (față de tensiunea de la pinul 4) și $V_{CC} - 1.25V$ (față de tensiunea de la pinul 8). c) modificați valorile R_3, R_4 a.î. fără nici o altă modificare a schemei, să avem un $R_{XCS}=10K\Omega$.

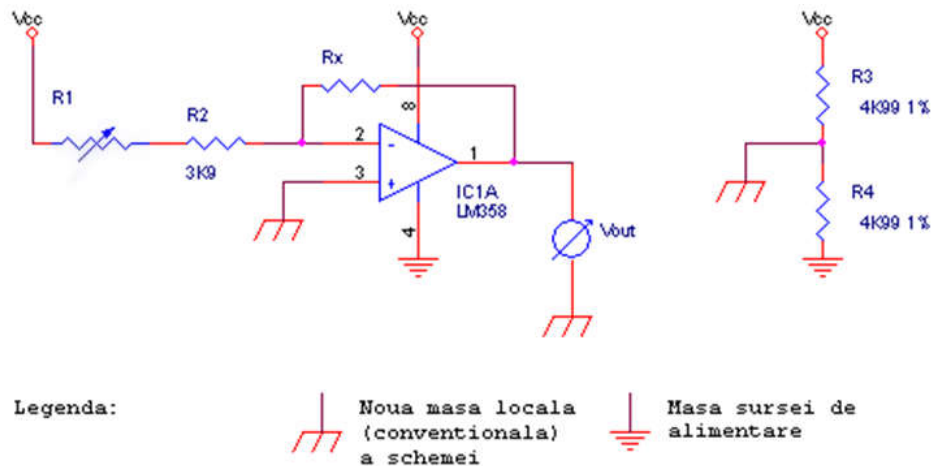


Fig. 6. Ohmetru realizat cu A.O.

18. Se măsoară o bobină la un multimetru care folosește un convertor cu monostabil în punte. Să se determine eroarea relativă la măsurarea bobinei, respectiv condensatorului, știind că rezistența care stabilește capul scării are toleranța 0.5% și eroarea relativă a oscilatorului de ceas este de 10^{-6} .