

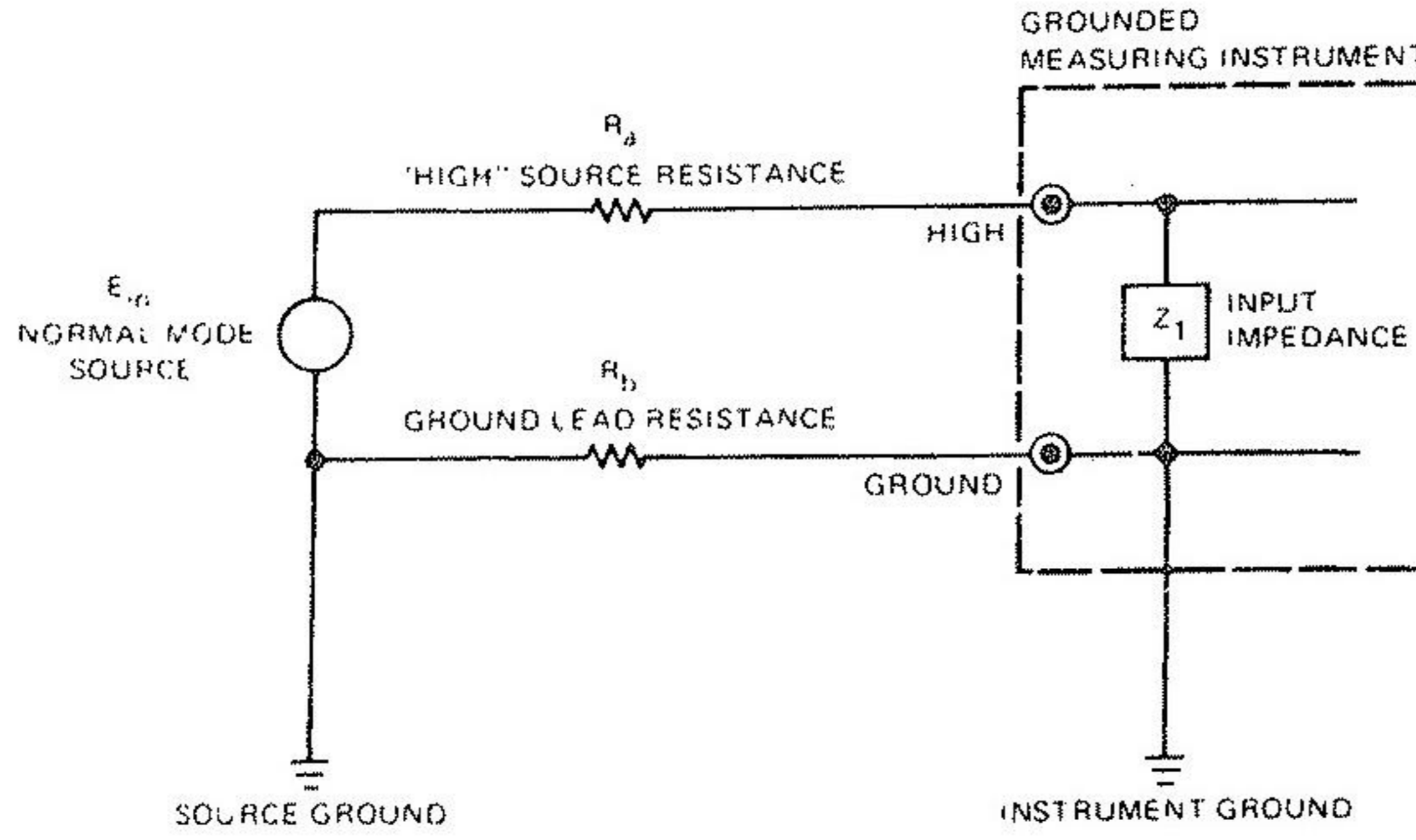
## GUARD'LI ÖLÇÜM

ALİ BEYCAN  
ELEKTRONİK MÜH.  
ELEKTRİKSEL KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

### FLOATING ÖLÇÜMLERİ VE GUARDING

Guarding, floating ölçümlerindeki ortak mod problemini etkili olarak çözebilmektedir. Fakat bunun yanında yeni tür problemler oluşturmaktadır. Şimdi yeni bir terminal vardır, bu da guard terminalidir. Ne içidir? Nereye bağlanmalıdır? Guarding nedir? Bu uygulama notu floating ölçümün ne olduğunu, ortak mod voltajının nereden geldiğini, guarding'in problemi nasıl çözdüğünü en önemlisi guard bağlantısının nasıl kullanıldığını açıklar.

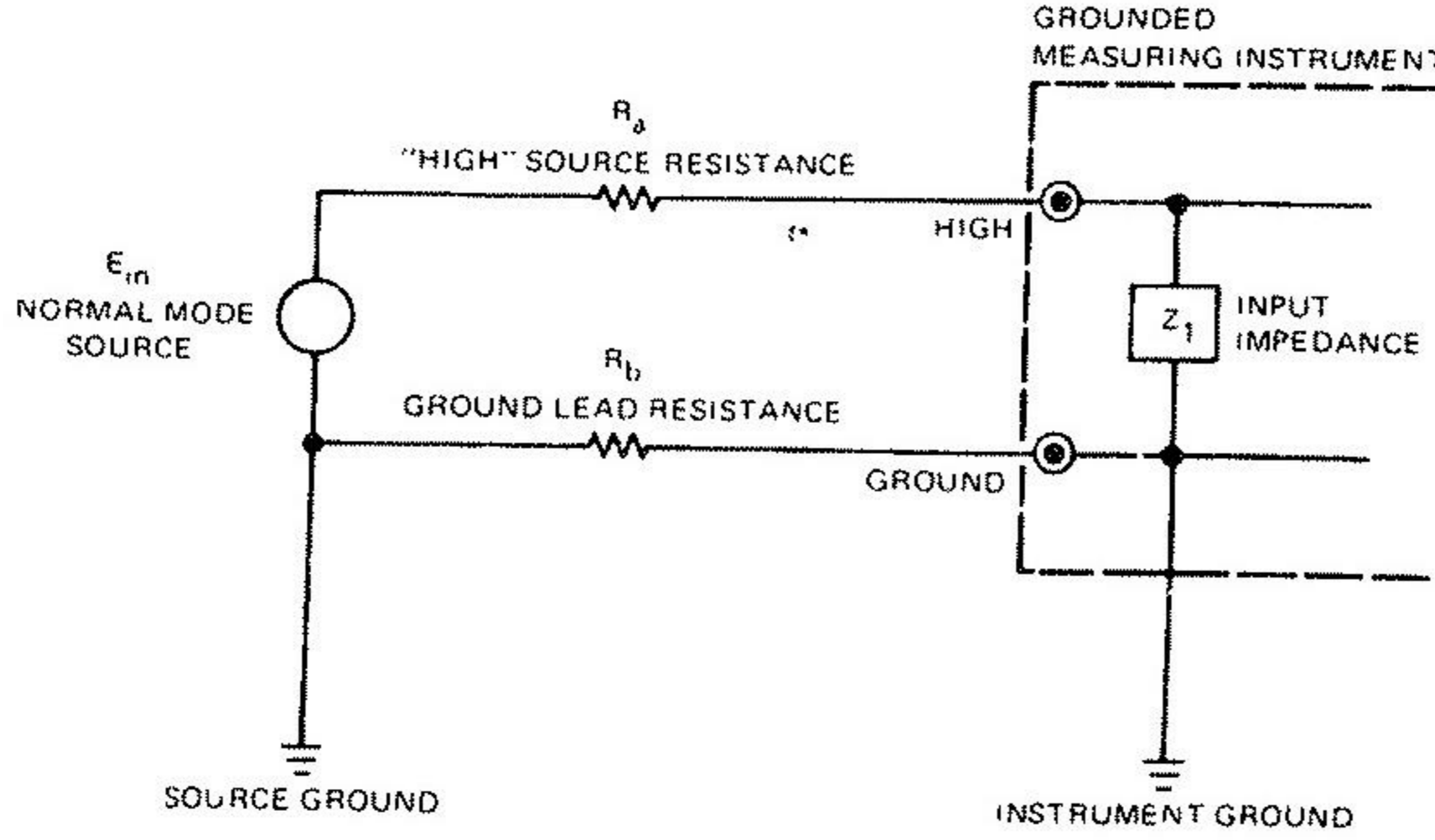
İlk olarak floating ölçümlerinin geniş olarak ele alalım, Şekil-1' deki basit olarak topraklanmış ölçüme bakalım.  $E_{in}$  ölçülen kaynağı kendisinden kaynaklanan gürültüyle beraber ifade eder.  $E_{in}$  normal mod kaynağı olarak adlandırılır.  $R_a$  normal mod kaynağının kaynak direncini ve aynı zamanda yüksek kurşunun kurşun direncini ifade eder.  $E_{in}$ 'den gelen akım  $R_a$  ve  $Z_1$  üzerinden akar ve  $Z_1$  üzerine düşen voltaja cevap verir. Kaynak ground'ü aynı olduğu sürece  $R_b$ 'nin her iki ucunda da aynı voltaj olur, dolayısıyla akım akmaz.



Şekil-1 Basit Ground Ölçü

Şimdi kaynak groundu ile alet ground'unun farklı olduğunu düşünelim. Ground hattındaki voltaj düşümünden dolayı üzerinde akım olabilir. Daha sonra ölçüm Şekil-2'deki gibi olur. Şimdi yeni bir kaynak vardır, bu kaynak ground'lar arasındaki voltaj farkıdır. Ortak mod kaynağı olarak adlandırılır. Çünkü hem yüksek hattına hemde ground hattına ortaktır.

Ortak mod akımı ya  $R_b$  yada  $R_a$  ve  $Z_1$  üzerinden geçebilir. Genellikle  $Z_1, R_a$ 'dan oldukça büyük olduğu ve  $R_a$  ve  $Z_1, R_b$ 'ye paralel olduğu için  $R_b$  üzerindeki voltajın büyük bir kısmı  $Z_1$  üzerinde görülür, ortak mod voltajının tümü  $R_b$  üzerine düşer ve alet bunun büyük bir kısmına cevap verir ve buda okumada değişikliğe sebep olur. Buda hatadır.



Şekil-2 Ortak Mod Voltajı İle Ground'lı Ölçümü

### FLOATING ÖLÇÜMLERİ

Topraklar arasındaki farklılıklarda veya ortak mod voltajlarındaki farklılıklarla yapılan ölçümler floating ölçümler olarak adlandırılır. İdeal floating ölçümü ortak mod sinyallerine hassas değildir. İdeal floating ölçümü sadece normal mod girişini ölçer, ortak modun ne olduğu önemli değildir.

Şekil-3, üç ayrı floating ölçümlerini ve ortak mod sinyallerinin nasıl geliştirildiğini gösteriyor. Şekil 3 A en basitidir. Burada voltmetre ve ölçülen devre aynı grounda sahiptir. Fakat voltmetre'nin ölçtüğü voltaj grounda direk referans olmamıştır.  $R_1$  üzerinde voltajı ölçer ve  $R_1$ 'in üst ucunu referans alır. Bu yüzden bu ölçümde  $R_2$ 'nin üst ucu kaynak toprağıdır ve  $R_2$  üzerindeki voltaj topraklar arasındaki farktır. (ortak mod voltajı).

Eğer voltmetre, ortak mod voltajının etkisini elimine ederse  $R_1$  üzerinde tam olarak 2 V okur. Fakat Şekil 2'deki gibi olursa  $R_2$ 'yi kısa devre yapar ve toprak devresi üzerinde büyük akım geçer ve kV'luk voltajın tamamı  $R_1$  üzerinde gözükür. Voltmetre okuması gereken değer iki katını okur.

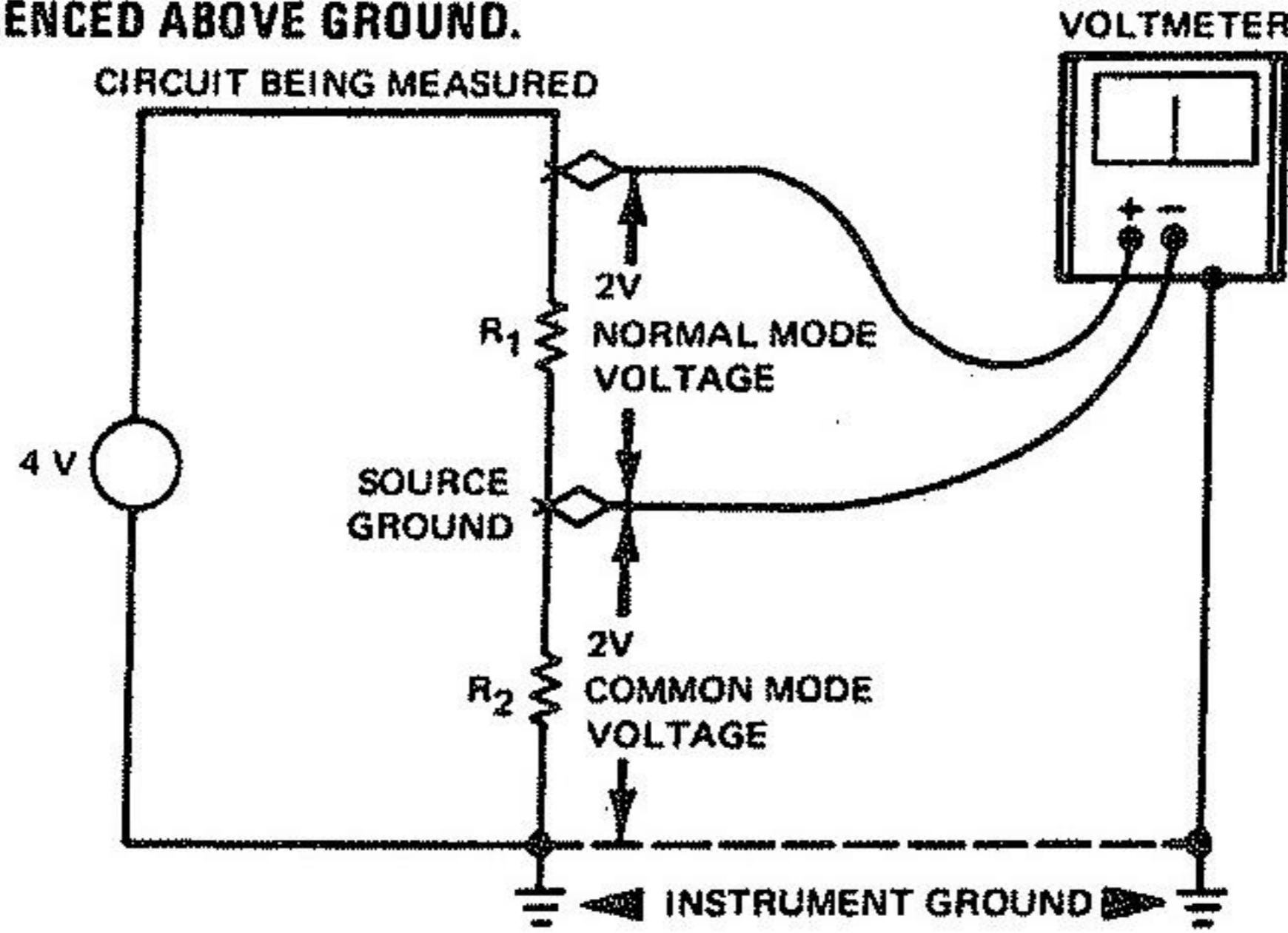
Şekil 3 B çok sayıda alet içeren sistemlerde gözükür. Hem aletin toprağı hem de kaynağın toprağı aynı, hat üzerinde olmasına rağmen toprak voltajı hat üzerindeki her bir noktada farklıdır. Bu farklılık endüksiyon akımlarından ve toprak akımlarından kaynaklanır. Voltmetre sistemin diğer kısmında olduğu gibi aynı toprağa topraklanır, bu yüzden voltmetrenin giriş kısmı her ne zaman herhangi bir noktaya referans edildiğinde ortak bir mod içerir. Referans noktası öyle bir noktadır ki gerçekten topraklanmıştır. Özellikle önemlidir ki bu şekildeki ölçümde kullanılan cihazlar ortak mod voltajını iyi bir şekilde elimine eder. Çünkü bu ortak mod voltaj kaynağı bir kaç yüz volt seviyelerinde olabilir.

Şekil 3C'de görülen köprü devresi yüksek hassasiyet gerektiren, transdüsr ölçümlerinde kullanılır. Köprünün her iki kısmında ground'ın üstündedir. Bu yüzden voltmetreye nasıl bağlandığı önemli değildir. Orada ortak mod voltajı olacaktır, ve ölçüm floating bir ölçüm olacaktır. Eğer

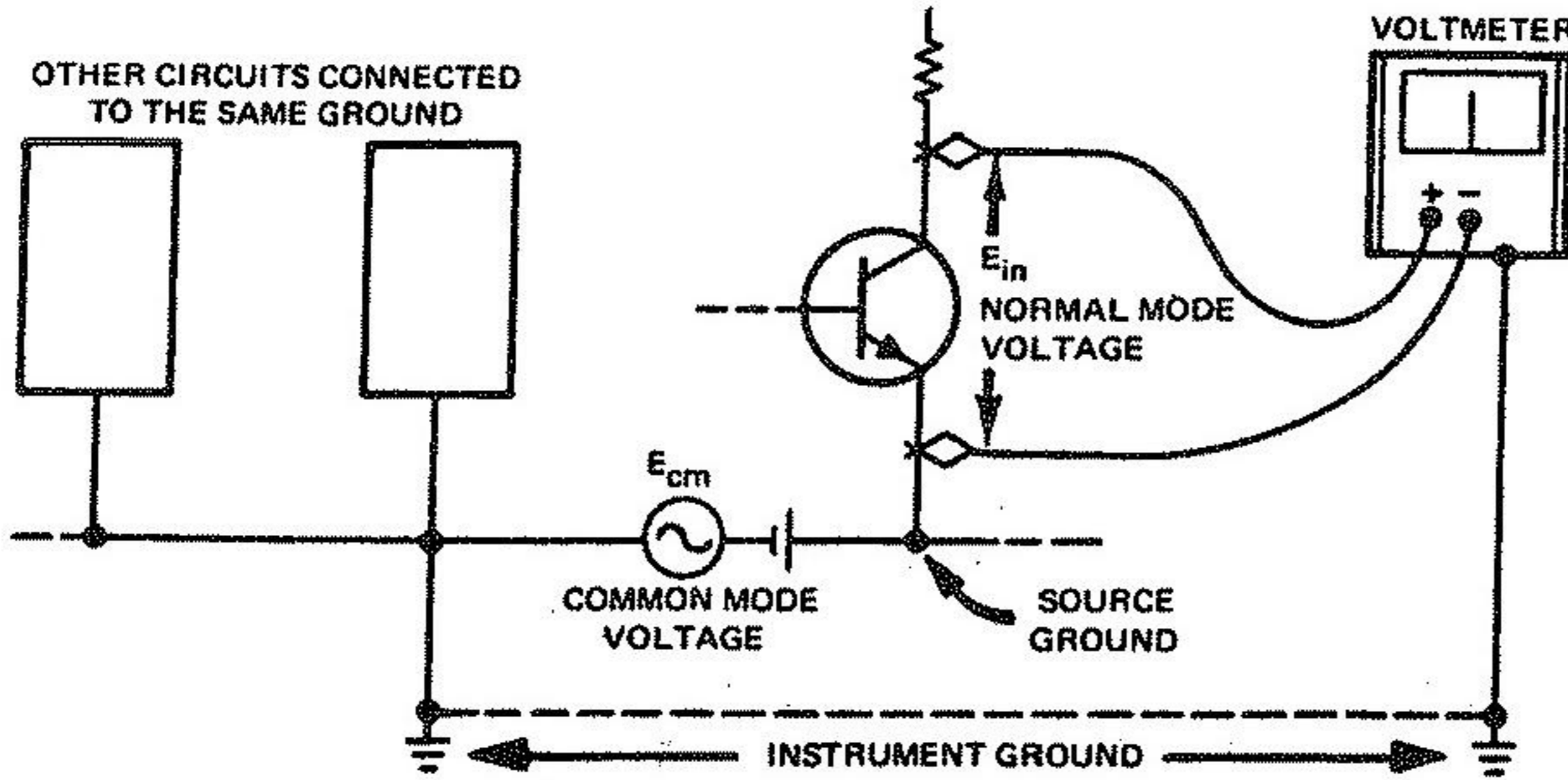
voltmetenin ortak mod basırtırma kapasitesi zayıf ise voltmetre köprüyü bozar ve ölçmeyi gerçekten imkansız yapar. Köprü ölçümü ortak mod etkilerinden tamamen bir izolasyon gerektirir.

Şekil -3'de görülen ölçümlerin hiç biri Şekil-2'deki topraklanmış voltmetre ile yapılamaz. Bunların hepsi floating bir ölçüm yapabilmek için ortak mod voltajı etkilerini bastıran aynı voltmetrelere ihtiyaç duyarlar. Kısaca floating voltmetreye ihtiyaç duyarlar.

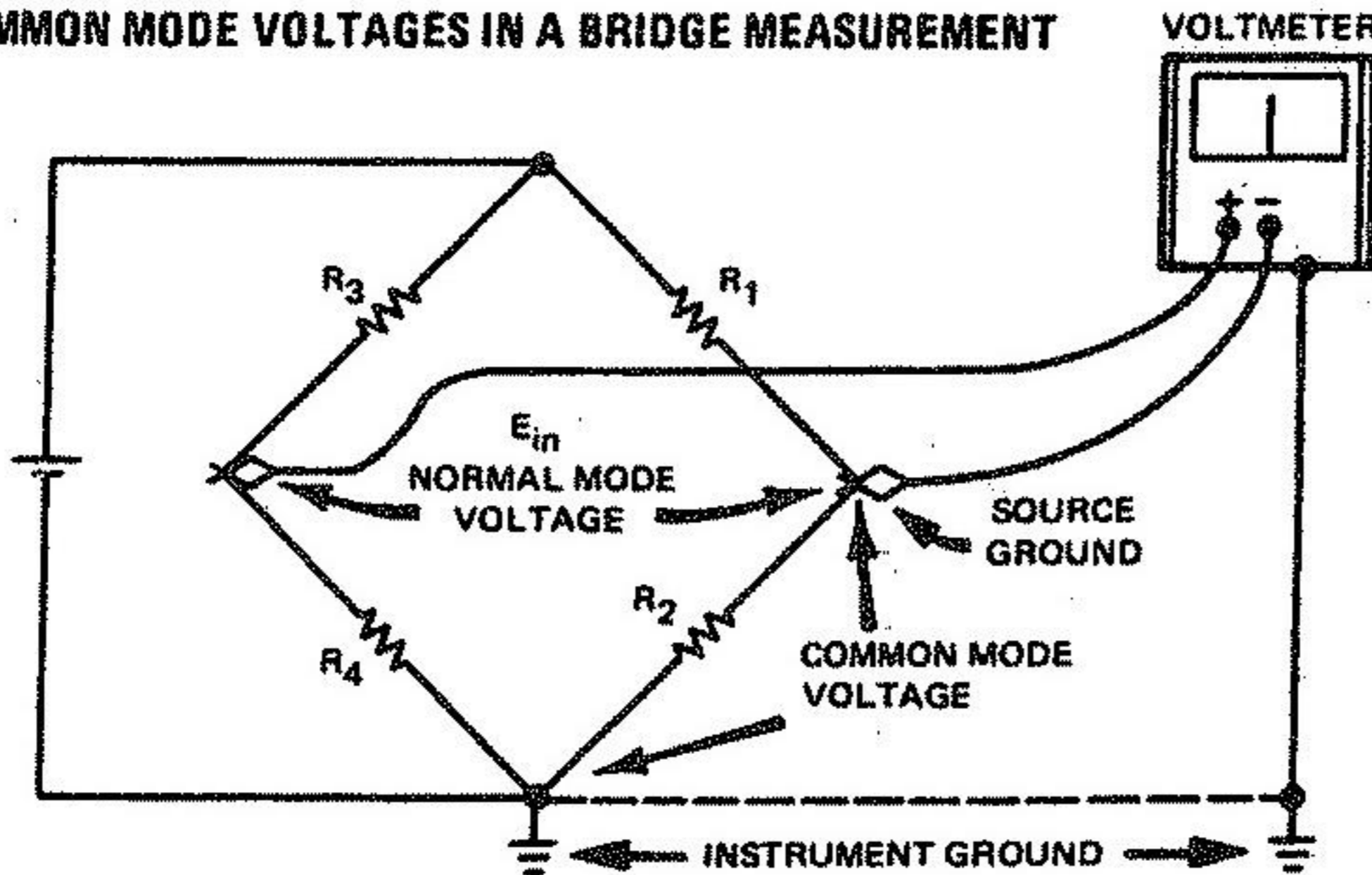
**A. COMMON MODE INTRODUCED BY MEASURING A VOLTAGE REFERENCED ABOVE GROUND.**



**B. COMMON MODE INTRODUCED BY GROUND CURRENTS.**



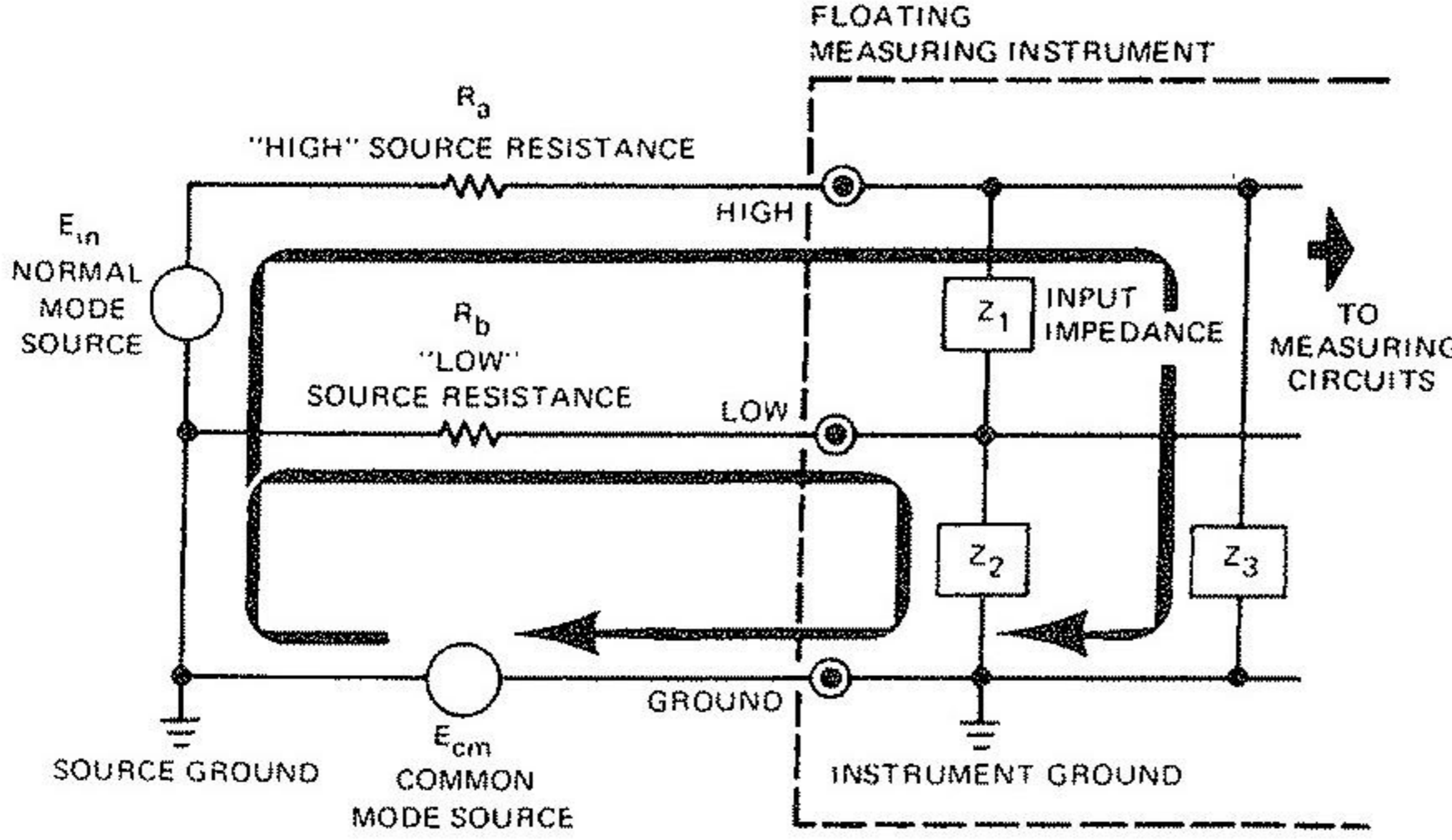
**C. COMMON MODE VOLTAGES IN A BRIDGE MEASUREMENT**



Şekil-3 Floating Ölçümlerden Bazı Örnekler

## FLOATING VOLTMETRE

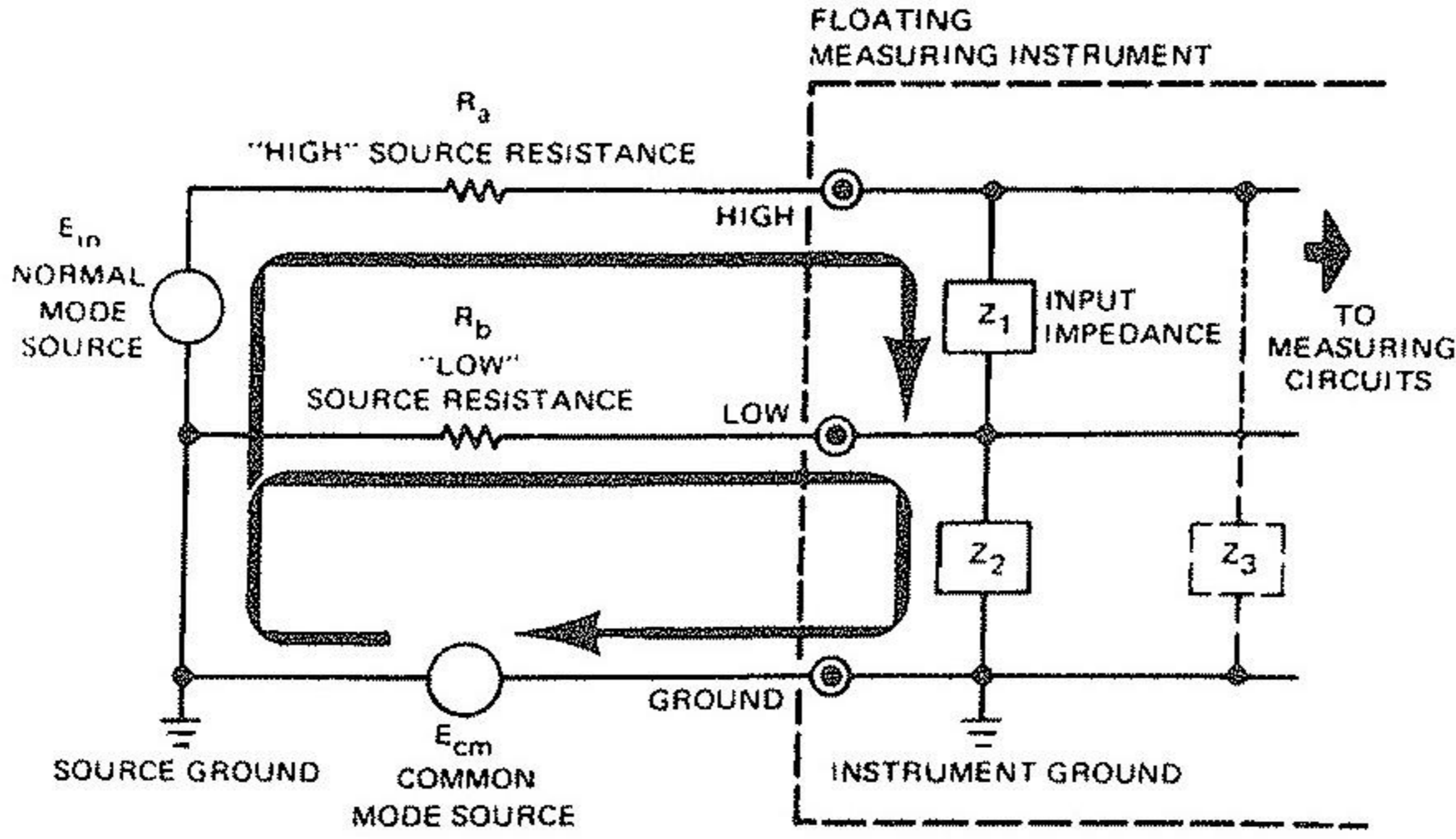
Şekil 2'deki topraklanmış voltmetrenin iç devresi ile dış şasesi veya kabini arasına kalkan yerleştirilerek floating voltmetre yapılabilir. Sonuçta oluşan alet Şekil -4'de görülmektedir. Bu aletin 3 tane giriş bağlantısı vardır, "high" "low" iç şasesidir ve "Ground" Şekil 2'deki topraklama ile aynıdır. Tabiki bunun yanında iki önemli iç empedansı vardır.  $Z_2$ "low" ile "Ground" arasındaki izolasyon direncidir.  $Z_3$  "high" ile "Ground" arasındaki izolasyon direncidir.



Şekil:-4 İdeal Bir Floating Voltmetre'nin İç Yapısı

Eğer  $Z_3$  ve  $Z_2$  eşit ve  $R_a$  ve  $R_b$ 'den çok büyükse ortak mod akımı Şekil-4'de görülen iki loop'a miktar olarak eşit şekilde bölünür. Bunun yanında eğer  $R_a$  ve  $R_b$  eşitse  $Z_3$  üzerine düşen voltaj,  $Z_1$  'in üst kısmından uygulanan,  $Z_1$ 'in alt ucundan uygulanan  $Z_2$  üzerine düşen voltaja eşit olacaktır.  $Z_1$  üzerinde voltaj farkı olmayacaktır ve bu yüzden ortak mod voltajlarından kaynaklanan normal mod ofseti olmayacaktır. Yani ortak mod hatası yok. Bu tür floating voltmetreler "balanced" floating voltmetre olarak adlandırılır.  $R_a$  ve  $R_b$  eşit olmasaydı  $Z_1$  üzerinde bir potansiyel farkı oluşacaktır. Sonuç,  $R_a$  ve  $R_b$  arasındaki farkla orantılı bir normal mod ofseti olacaktır.

Çoğu floating aletlerde  $Z_2$  ve  $Z_3$  birbirine eşit değildir. Genellikle  $Z_3$ ,  $Z_2$  'den oldukça büyüktür. Ortak mod üzerindeki etkisi olan bu oldukça büyük fark ihmal edilebilir.  $Z_3$  pratik olarak değeri açık devreye yakındır. Böyle olunca alet Şekil -5'te görülene daha çok benzemektedir.



**Şekil-5 Gerçek Bir Floating Voltmetre'nin İç Yapısı**

Ortak mod akımı Şekil-5'de kalın çizgilerle gösterilen paralel yollardan akar ve  $R_b$  üzerinde voltaj oluşur. Büyük bir kısmı  $Z_1$  üzerinde olarak şekilde  $R_a$  ve  $Z_1$  üzerine aynı voltaj düşer ve ölçü aleti  $Z_1$  üzerine düşen voltaja cevap gösterir.  $R_b$  üzerine düşen ortak mod voltajının büyük bir kısmı normal mod ofset'e dönüşür, bu yüzden ortak mod hataları büyük çoğunlukla  $Z_2$  ve  $R_b$  arasındaki ilişkiye bağlıdır. Eğer  $R_b$ ,  $Z_2$  'den oldukça küçük ise hata küçük olur.  $R_b$  çoğu ölçümlerde sadece kurşun direncidir ve  $Z_2$  ise iki metalik şase arasındaki izolasyon empedansıdır. Değeri  $10^8 - 10^{10}\Omega$  arasındadır ve birkaç bin pF'dan birkaç on  $\mu F$ 'a kadar değişen herhangi bir yere şönt edilebilir. DC'de  $Z_2$ ,  $R_b$ 'den oldukça büyüktür fakat frekans ile azalır, yüksek frekanslarda ortak mod sinyaline zayıf bir bağımlılık ile sonuçlanır. Aynı zamanda  $Z_2$  çevreye çok bağımlıdır. Yüksek nem ve çok az miktarda toz veya diğer kirlilikler (şase üzerindeki)  $Z_2$ 'nin birkaç binlik faktörlerle veya daha fazla azalmasına sebep olur. Bu ortak mod etkisini bir kaç bin faktör ile artmasına sebep olur.

Şekil 5'deki gibi bir floating metrede de ortak mod voltajının etkisini 80 dB'den 120 dB'ye veya hat frekansında ise 60 dB'den, 100 dB'ye kadar düşürür. Bu değerler düşük lead'deki direnç düşük tutulduğunda ve çevre temiz ve kuru olduğunda doğrudur. Bu tür cihazlar analog ölçümlerde veya 3 dijital ölçüm modlarında muhtemelen 4 dijital multimetrelerde yeterli ortak mod bağımlılığına sahiptir. Yüksek hassasiyet veya çözünürlük gerektiren ölçümler için uygun değildir. Örnek olarak, tam gerilime ölçüm devresinin veya termocouple köprü devresinin çıkış ölçümleri, köprü devreleri doğal olarak  $R_b$  için yüksek değere sahiptir, bir çok  $K\Omega$  kadar ve tabii birden çok ortak mod kaynağına sahiptir. Farzedelim ölçülecek olan devrenin 25 milivolt tam skala çıkışı olsun ve  $R_b$  1  $k\Omega$  olsun ve tabii ölçüm aletinin 100 mV bölgesinde ve ortak mod bastırmasının  $R_b$ 'nin 1  $k\Omega$  'u için 100 dB olduğu 4 dijital bir dijital voltmetre olduğunu farz edelim ve sonuç olarak en azından yüzde 1'lik bir çözünürlüğe ihtiyaç duyduğumuzu farz edelim, 120 V ortak mod voltajı ile en azından  $250\mu V$ 'u çözebilmeliyiz.

Ortak mod voltajı 120 V ve ortak mod bastırma oranının 10dB olması 1.2 mV'luk bir normal mod ofset gerilimi oluşturur. Az önce tanımlenen DVM, tam ölçek (full sede) çıkışları bile ölçmeyecektir. Skala değerinin onda biri ( $1/10$ 'u) mertebesindeki çıkışlarda ise işaret pratik olarak ortak mod'un altında kalacaktır. Floating voltmetrenin ortak mod bastırması iyidir, fakat bu tip ölçümlerde bu da yeterli değildir. Oysa bu tip ölçümler sıkça karşılaşılan ölçümlerdir. Yüksek çözünürlü ve hassas ölçümlerde floating voltmetrenin sağlayabileceği ortak mod bastırmasında daha fazlasına ihtiyaç duyulur. Yeterli ortak mod bastırmasına sahip tek cihaz ise Guard'lı cihazlardı

## GUARD'LI VOLTMETRE

Guard'lı bir cihazda low ile toprak arasındaek bir koruma (shield) vardır.Bu da low'dan toprağa olan kaçak empedansı yüksektir. Bu ekstra korumaya guard adı verilir ve ölçülen devreye guard terminalinden bağlanır. Bu ekstra koruma (shield) low-toprak arası empedansı  $Z_2$  ve  $Z_3$  olmak üzere iki seri empedansa böler.(Şekil 6) Bu şekilde rezistans yükselir,toplam kapasite ise düşer Sonuçta bu yüksek empedans kaçak direnci artırır ve belli oranda da CMR'a etkisi olur.Fakat guard'lı bir cihazın gerçek gücü,ölçüm yapılacak olan devreye uygun bir şekilde bağlandığında guard'ın ne yapabileceğinden gelir.

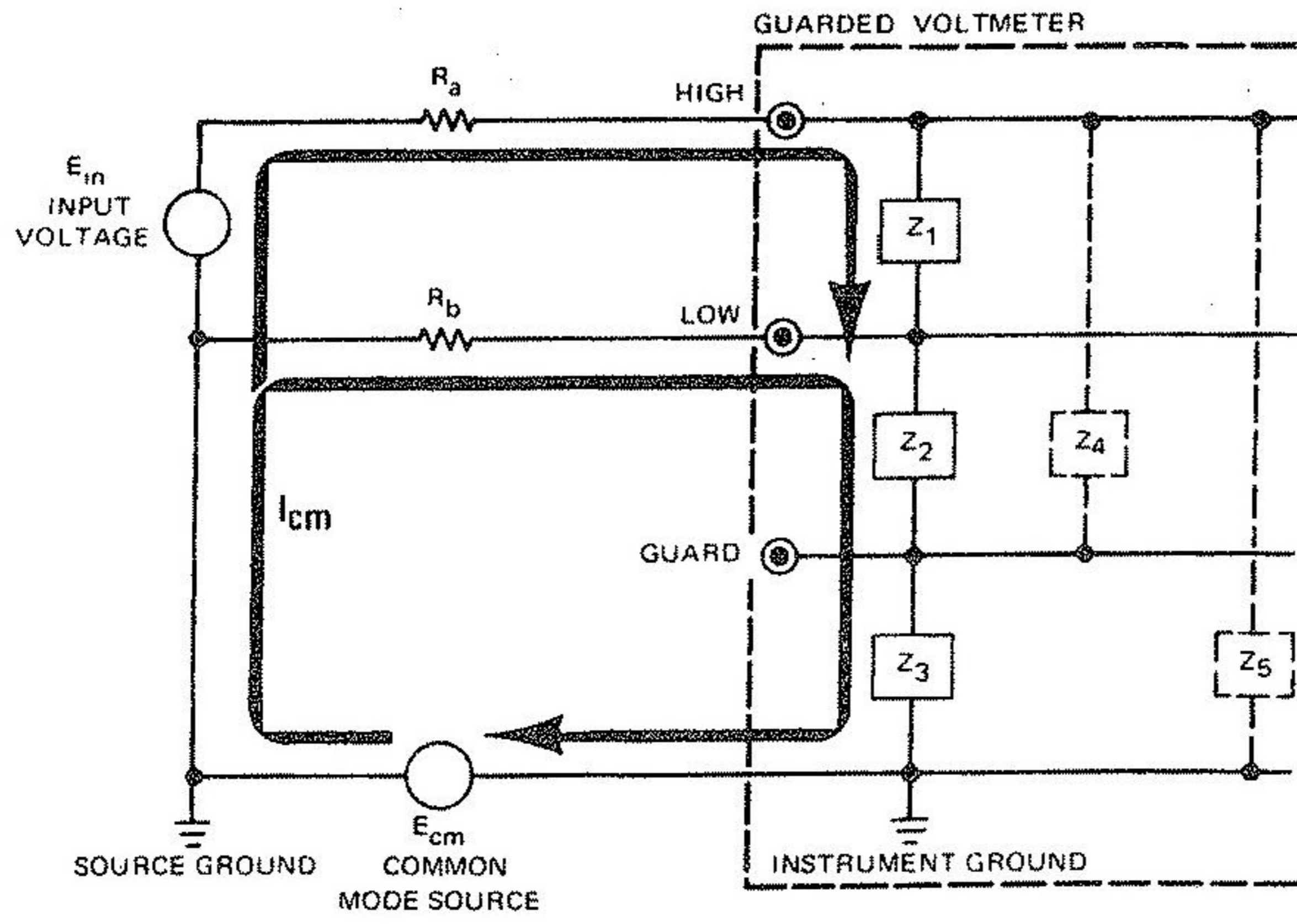
Şekil 6'da guard'ın nasıl çalıştığı görülmektedir.Guard terminalinin bağlanmadığı durum (üst şekil) floating voltmetreye çok benzer.Tek fark low-toprak arası izolasyon empedansının guard'lı voltmetrede daha yüksek olmasıdır. $E_{cm}$  den çıkan ortak mod akımı şekilde görülen iki paralel yoldan geçer ve tekrar  $R_b$  üzerine düşerek  $Z_1$  karşısında bir voltaj düşümü oluşturur.Bu ortak mod hatasıdır.Guard'sız voltmetrede olduğu gibi eğer izolasyon empedansı ( $Z_2+Z_3$ )yüksek ve  $R_b$  düşükse ,hata çok düşüktür.DC'de,eklenen bu guard koruması,özellikle kuru ortamlarda,kaçak empedansı artırır. Fakat şebeke frekansında eklenen bu koruma sadece çok az kaçak empedansını artırır. Sonuç DC'de CMR'daki dikkate değer gelişme ve daha yüksek frekanslarda ise sadece az bir gelişmedir.

Eğer guard şekil 6'nın alt tarafında görüldüğü gibi uygun bir şekilde bağlanırsa,ortak mod akımını şeklin üst tarafında görüldüğü üzere iki akım yolu etrafında şöntler ve hemen hemen  $R_b$  ve  $R_a$ 'yı ortak mod devresinden elimine eder;  $R_b$  üzerinden ortak mod akımı geçmez,böylece çok fazla hataya sebep olmaz.Guard ve low yaklaşık olarak aynı voltajda olduklarından dolayı, $Z_2$ 'nin altındaki ve üstündeki voltaj hemen hemen eşittir. $Z_2$  üzerindeki voltaj farkı çok düşük tutulduğu sürece,bunun üzerinden çok az bir akım geçer. Guard bağlantısı geniş bir ortak mod frekans bölgesinde,önemli bir şekilde ortak mod bastırmayı geliştirir. İyi bir guard'lı voltmetre DC'de 160 dB'den ve şebeke frekansında ise 140dB'den daha fazla,ortak mod sinyallerini bastırabilir.Şekil 6'da bağlandığı gibi guard'ı bağlamanın iki tane oldukça basit kuralı vardır.

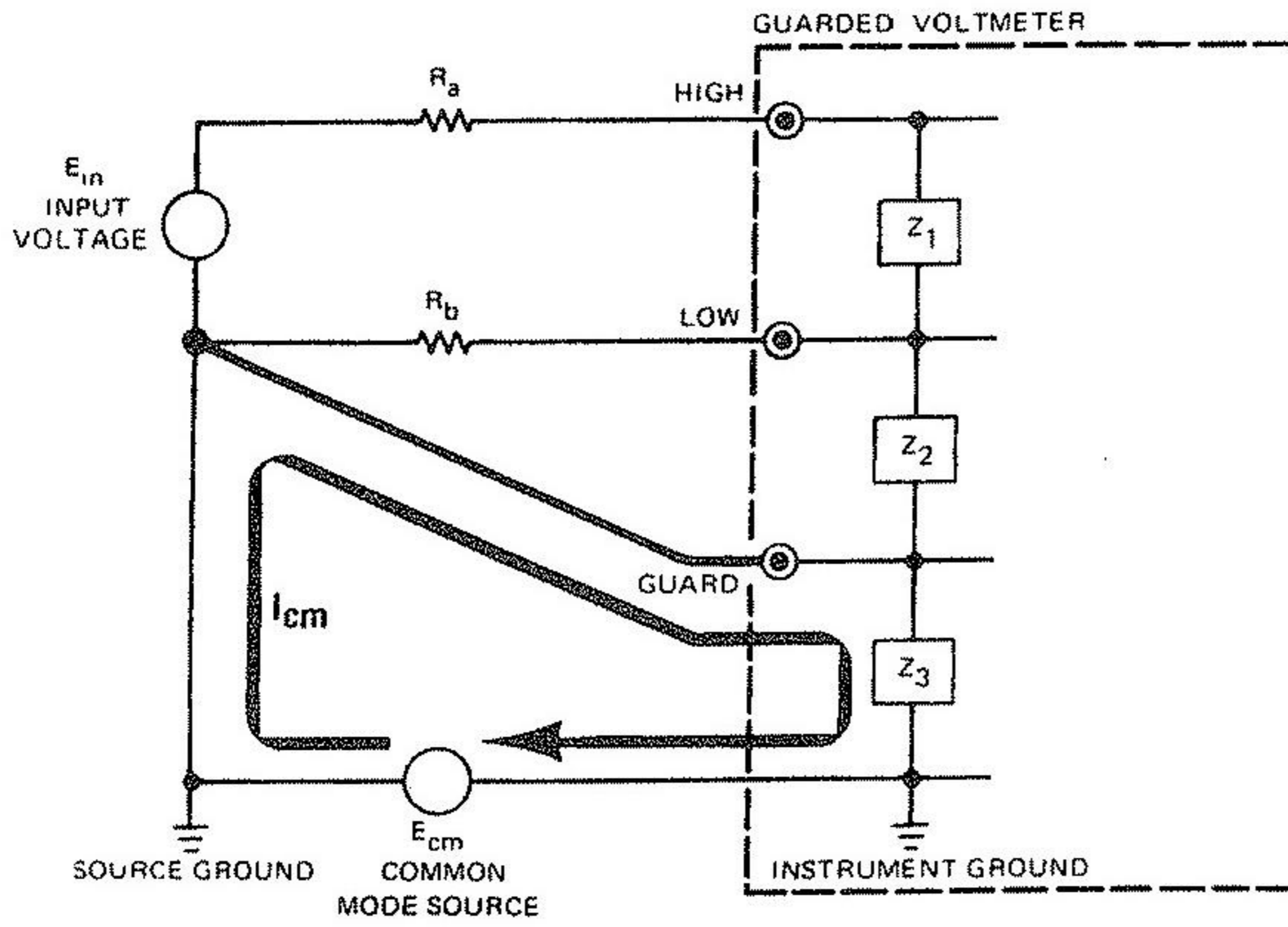
1- Guardı öyle bağlayınki guard ve low terminali aynı voltajda olsun veya mümkün olduğu kadar aynı voltaja yakın olsun.

2-Guard'ı öyle bağlayınki hiç ortak mod akımı veya guard akımı low kaynak direncinin hiçbirinden geçmesin veya daha genel bir şekilde; hiç ortak mod akımı, giriş voltajını belirleyen hiç bir direnç üzerinden geçmesin.

A. GUARDED VOLTMETER SHOWING POSSIBLE COMMON MODE CURRENTS.



B. PROPER GUARD CONNECTION SHUNTS COMMON MODE CURRENT AWAY FROM SOURCE RESISTANCES.



Sekil-6. Guard'lı Voltmetre

KAYNAKLAR

H&P, FLUKE ve KEITHLEY uygulama notları.