www.ir-micro.com

وب سایت جامع الکترونیک ، برق و کامپیوتر
www.ir-micro.com

سیگنال های تقویت کننده

علاوه بر خطاها فاكتورهاي مهم ديگري نيز بايد در نظر بگيريد به منظور عملكرد بهينة يك تقويت كنندة ابزاردقيق- امپدانس منبع بعضي اوقات به حساب مي‌آيد. اثرات امپدانس منبع در شكل 8-4نمايش داده شده است. جريان بایاس ترانزيستورهاي ورودي بايد از منبع شارش پيدا كرده و از طريق امپدانسهاي منبع بسوي تقويت كننده روانه شود. بنابراين ولتاژ ورودي در پاية معكوس كننده به دست مي‌آيد:

$$e_1 - I_{R_1} RS_1$$

ولتاژ در ورودي غير معكوس كننده برابر است با:

$$e_2 - I_{R_2} Rs_2$$

جريان بایاس ميانگين I_{R_1} و I_{R_2} مي‌باشد. اين جريان بایاس يك افت ولتاژي در مسير امپدانسهاي دو منبع ايجاد مي‌كند. اگر دو امپدانس‌ها برابر باشند

$$R_{S_1} = R_{S_2}$$

وب سایت جامع برق ، الکترونیک و کامپیوتر

جريان بایاس دقیقاً اثر مشابهي روي هر دو ورودي دارد. و آن يك ولتاژ حالت مشترك محسوب شده و توسط CMRR حذف مي‌شود. بنابراين به منظور مينيمم كردن اثر جريانهاي بایاس مطمئن شويد كه امپدانس منابع ورودي با هم برابرند.

هر اختلافي بين جريانهاي ورودي (I_{R_2}, I_{R_1}) جريان ورودي تفاضلي يا جريان افست ناميده ميشود. حتي با وود برابر بدون مقاومتهاي منابع اين جريان تفاضلي ورودي يك اختلاف ولتاژ در يكي از ورودیها نسبت به ديگري ايجاد مي‌كند. اين يك سيگنال ورودي تفاضلي است كه نمي‌تواند از سيگنال تفاضلي واقعي جدا باشد $(e_2 - e_1)$. به منظور كم كردن اثر اين جريان افست (ورودي تفاضلي) كرد تا حد ممكن مقاومت منابع را پايين نگهداريد. نويز و CMRR نيز همچنين تحت تأثير قرار مي‌گيرند توسط امپدانس بزرگ منابع و همچنين نامتعادل كردن امپدانس منابع.

ترانزيستورهاي ورودي بايد با جريان (I_{bias}) بایاس شوند و اين جهان از منابع ورودي (سنسورها) مي‌آيد. براي اينكه I_{bias} شارش پيدا كند بايد مدار كامل شود.

اين معني مي‌دهد كه بايد يك زمين برگشتي بين تقويت كنندة عملياتي (يا منابع تغذية آن) و سنسورها (يا منابع تغذية آن) وجود داشته باشد. بدون اتصال مشترك هيچ جريان بایاسي شارش پيدا نمي‌كند. اين مثل اين است كه R_{S_2} , R_{S_1} بينهايت باشند.

سيگنالهاي مد مشترك توسط مرحله ورودي تقويت نمي‌شوند چرا كه ما تفاضل سيگنالها را داريم.

مثال 4-2 . براي مسئله 4-1 اثر سيگنال حالت مشترك 5^V را روي خروجي به دست آوريد.

حل: براي گين 100

$$CMRR = 100dB$$

$$100dB = 20\log {G}/{Ac}$$

$$5dB = \log {G}/{Ac}$$

$$5dB = \log {G}/{Ac} \Rightarrow 10^S = {G}/{A_C}$$

$$A_C = {G}/{10^S} = \frac{100}{10^S}$$

براي 715^{mv} خروجي به خطاي حالت مشترك $S^{mv} = 0.001 \times 5^{V} == 0.7\% = 100\% \times \frac{5^{mv}}{715^{mv}}$ مي‌باشد.

براي اينكه مشخصات تقويت كنندة ابزاردقيق به كار برده شده را نشان دهيم ما حالا امتحان مي‌كنيم يك مورد نوعي را كه در آن يك AD524 مورد نياز است تا تقويت كنندة خروجي يك مبدل نامتعادل را شكل 7-4 نشان مي‌دهد يك مبدل تفاضلي را كه به ازاي انحراف 100^{Ω} يك سيگنال $0-20^{mv}$ به AD524 مي‌دهد. خروجي AD524 به يك A/D 14 بيتي با رنج ولتاژ 0 تا 2^{V} داده شده است. محدودة عملكرد حرارتهاي بين -250^{oc} تا 85^{oc} مي‌باشد. بيشترين تغيير در حرارت τ بين محدودة علمركد از دماي محيط تا 85^{oc} مي‌باشد $(85^{oc} - 250176^{c}) = 600^{oc}$ مشخص كنيد اثري كه خطاها روي سيگنال دارند با ورودي تمام-مقياس (full scale) اينها ناميده ميشوند بنام خطاي Budget (cheap)

خطاها ميتوانند به دو گروه تقسيم شوند اولين گروه خطاهائي كه اتفاق مي‌افتند در حرارت محيط و مي‌توانند در خروجي Null شوند يا از بين بروند (صفر شوند). دومين گروه بوسيله drift بوجود مي‌آيند و سرانجام گروه آخر خطاهائي هستند كه غير وابسته به حرارت مي‌باشند و نمي‌توانند در خروجي تنظيم شوند.

اينها خطاهاي ire ducible هستند.

براي گين با دقت بيشتر بدون المانهاي خارجي پايه‌هاي خوبي ايجاد شده است.

در شكل 6-4 نگاه كنيد سه مقاومت در داخل IC ايجاد شده است همچنين مقاومتهاي $20K^{\Omega}$ خيلي نزديك به همي نيز قرار داده شده است. از آنجائي كه اين مقاومتها به تغييرات حرارتي خيلي دقيق‌تر نسبت به مقاومتهاي $20K^{\Omega}$ معمولي پاسخ مي‌دهند تغيرات گين نسبت به تغييرات حرارتي خود IC خيلي كمتر است. براي تنظيم گين به سادگي يك اتصال بين R_{S_2} و گين دلخواه ايجاد مي‌كنيم.

ورودي‌هاي حالت مشترك يك عامل مهم در تقويت كنندة ابزاردقيق مي‌باشد.

ولتاژهاي خروجي در هر طرف يك پل متعادل با همديگر برابرند اما اختلاف آنها دقيقاً صفر نيستند. اين ولتاژ (بسياري از مواقع $\frac{1}{2} V_{supply}$) بايد توسط تقويت كنندة ابزاردقيق حذف شود تا نتيجه يك خروجي صفر باشد. مثال 1-4 اين مسئله را نشان مي‌دهد.

مثال 4-1 براي مدار شكل 7-4 مقادير v_{out}, v_b, b_a را محاسبه كنيد.

حل:

$$v_b = \frac{1}{2} v_{sup\,ply} = 5^V$$

$$v_a = \left(\frac{349^\Omega}{330^\Omega + 349^\Omega}\right) 10^V = 4.99285^V$$

$$v_{out} = G(v_a - v_b)$$

$$100\left(4.99285^V - 5^V\right) = -715^{mv}$$

تقويت كننده بايد يك سيگنال 7.15^{mv} را با گين 100 تقويت كنيد هنگامي كه بطور كامل بايد سطح dc 5 ولتي را از دو طرف پل حذف كند. اينكه چقدر تقويت كننده در تقويت اختلاف بين ورودي‌ها موفق بوده و اينكه تا چه اندازه سيگنالهاي مشابه در هر ورودي را حذف مي‌نمايد توسط پارامتري بنام نسبت حذف حالت مشترك معين مي‌شود.

$$CMRR = 20 \log \frac{G}{Ac}$$

كه $Ac = \frac{V_{out}\ (\text{حالت مشترك})}{e\ \text{حالت مشترك}}$

توجه كنيد CMRR همراه با گين زياد مي‌شود.

$$G = \frac{R_2 + R_{wire}}{R_2}$$

ممكن است كه تقويت كنندة ابزاردقيق در ارائه جريان بار مناسب ناتوان باشد براي حل اين مشكل شما ميتوانيد از ترازيستورهاي جريان ده درون حلقة فيدبك استفاده كنيد. اين در شكل 4-4 نمايش از بين ميرود.

سطح dc خروجي تقويت كننده ابزاردقيق مي‌تواند شيفت داده شود توسط مدار نشان داده شده در شكل 4-5 يك ولتاژ مرجع dc به پايانة reference وصل شده است. اين عمل خروجي تقويت كنندة ابزاردقيق را به هر مقداري مي‌تواند شيفت دهد.

شما مي‌توانيد تحليل كنيد اين موضوع را در تقويت كننده تفاضلي با استفاده از قضيه جمع ؟ اين كنترل افست خروجي به شما اين اجازه را ميدهد كه افست تقويت كننده را جبران كنيد و هم اينكه سيگنال سنسورها را به نقاط صفر مختلف شيفت دهيد.

وب سايت جامع برق ، الكترونيك و كامپيوتر

استفاده از پايانه‌هاي sense و reference به شما اين امكان را مي‌دهد كه انعطاف پذيري خوبي را در استفاده از تقويت كننده ابزاردقيق داشته باشيد.

آنها مي‌توانند تلفات سيم را براي بارهائي كه در فاصله دوري قرار دارند جبران كنند همچنين اين اجازه را به شما مي‌دهند تا جريان دهي تقويت كننده ابزاردقيق را زياد كنيد بدون اينكه افستي ايجاد شود يا حالت غير خطي پيش بيايد و همچنين سطح dc ولتاژ خروجي را تغيير دهيد. البته كاربردهاي ديگري نيز وجد دارد. حذف حالت مشترك نيز براي عملكرد بهينه مي‌تواند تنظيم شود.

جدو 4-1 مشخصات AD524 را كه يك تقويت كننده ابزاردقيق يكپارچه كم مصرف مي‌باشد را ليست كرده است. شماتيك آن نيز در شكل 4-6 نشان داده شده است.

گين مي‌تواند تنظيم شود با اتصال يك مقاومت خارجي R_g بين پايانه‌هاي RG_1 و RG_2

استفاده از R_g به شما اجازه ميدهد تا تنظيم كنيد گين را مطابق با $\left(G=\frac{40/000^{\Omega}}{R_g}+1\right)$

اما در جدول 4-1 توجه كنيد اين معادله فقط 20% دقت به شما مي‌دهد. استفاده كنيد از R_g h اگر گين خيلي دقيقي نخواستيد.

$$V_{R_g}=e_2-e_1$$

اين جريان از طريق سه مقاومت بايد شارش پيدا كند چرا كه پايانه‌هاي $I_{R_g}=\frac{e_2-e_1}{R_g}$

ورودي تقويت كنندهظهاي عملياتي جريان نمي‌كشند.

بنابراين ولتاژ خروجي v_o برابر است با:

$$V_o=I_{Rg}\times(2R+Rg)$$

$$=\frac{e_2-e_1}{Rg}(2R+Rg)$$

(4-2)

$$=(e_2-e_1)\left(1+\frac{2R}{Rg}\right)$$

تغييرات Rg ولتاژ خروجي را بطور معكوس تغيير مي‌دهد به منظور افزايش گين بايد مقاومت Rg را كم كنيم.

قسمت دولم تقويت كننده ابزاردقيق يك تقويت كننده تفاضلي با گين واحد مي‌باشد شماتيك كامل تقويت كننده ابزاردقيق در شكل (2-4) نمايش داده شده است.

پايانه sense به شما اين اجازه را ميدهد كه فيدبك منفي را متصل كنيد. پايانه(reference) يا مرجع به شما اجازه ميدهد تا اعمال كنيد پتانسيل مرجع صفر يا يك مقدار dc را در خروجي.

براي عملكرد نرمال پايانه sense را مستقيماً به خروجي تبديل كنيد (تا حلقه فيدبك منفي كامل شود) و سعي كنيد تا پايانه (reference) يا مرجع را به زمين متصل كند.

اين شكل يك تقويت كننده تفاضلي با خروجي استاندارد مي‌باشد.

استفاده صحيح از پايانه‌هاي sense و reference دقت و انعطاف پذيري مدار شما را افزايش مي‌دهد. اگر باري را كه توسط تقويت كننده ابزاردقيق راه اندازي ميكنيد در فاصله دوري از تقويت كننده باشد يك مقدار افت ولتاژ در خروجي خواهيد داشت به خاطر مقاومت سيم‌ها. يك راه حل براي اين مشكل در شكل 4-3 نشان داده شده است.

ولتاژ خروجي بين R_{wire} و R_{load} تقسيم شده و ولتاژ اعمالي به بار را كاهش مي‌دهد.

بوسيلة اتصال پايانه‌هاي sense و reference به بار باعث مي‌باشد تا مقاومت بزرگي به معادلة گين اضافه شده در نتيجه گين بالا رفته و تلفات در سيم را جبران مي‌كند.

تقويت كننده‌هاي ابزاردقيق

تقويت كنندة ابزاردقيق يكپارچه يك تقويت كنندة تفاضلي با اهداف خاص مي‌باشد كه بطور گسترده‌اي داراي امپدانس ورودي بالائي مي‌باشد. بهرة آن مي‌تواند به دقت توسط يك مقاومت كه هم مي‌تواند بصورت داخلي و هم بصورت خارجي باشد تنظيم شود. حذف سيگنال مشترك اين المان را قادر ساخته تا بعنوان يك تقويت كننده خيلي مفيد در كاربردهائي كه سيگنال اصلي در زير نويز و سيگنالهاي مشترك دفن شده است به كار رود.

تقويت كننده ابزاردقيق برخلاف تقويت كننده‌هاي عملياتي يك تقويت كنندة همه منظوره نمي‌باشد. بلكه آن يك وسيله حلقه بسته (فيدبك منفي) با تنظيم گين خيلي دقيق مي‌باشد. تقويت كننده‌هاي عملياتي خودشان يك وسيله يا المان حلقه باز مي‌باشند كه بعضي اوقات داراي گين بزرگي مي‌باشند.

اين ويژگي به تقويت كننده ابزاردقيق اين اجازه را ميدهد كه در آماده سازي سيگنالهاي سطح پايين (اغلب dc) و همچنين سيگنالهائي كه مقدار نويز در آنها زياد مي‌باشد يك نقش بهينه داشته باشد.

تقويت كنندة ابزاردقيق شامل دو قسمت مي‌باشد: قسمت اول شامل امپدانس ورودي خيلي بالائي مي‌باشد براي هر دو ورودي سيگنال و به شما اجازه ميدهد تا گين را با يك مقاومت تنظيم كنيد.

مرحلة دوم يك تقويت كنندة تفاضلي با خروجي، فيدبك منفي و مرجع زمين مي‌باشد كه همگي در خروجي به هم متصل ميشوند. مرحله ورودي در شكل 1-4 نمايش داده شده است. آن شامل دو تقويت كنندة عملياتي مي‌باشد كه بطور خيلي دقيق به همديگر مرتبط شده‌اند.

هر ولتاژ ورودي اعم از e_1 و e_2 مستقيماً به ورودي غير معكوس كنندة آن تقويت كنندة عملياتي متصل شده است. خروجي‌هاي تقويت كننده‌هاي عملياتي توسط يك تعداد مقاومت به همديگر متصل شده است.

2 تا مقاومت R بصورت داخلي در مدار مجتمع قرار دارند ولي R_g كه مقاومت تنظيم گين مي‌باشد مي‌تواند هم بصورت داخلي و يا خارجي متصل شود.

ولتاژ خروجي بين دو پايانة خروجي برابر است با $v_o = (e_2 - e_1)\left(1 + \frac{2R}{Rg}\right)$ (1-4)

شما معادلة بالا را با اين فرض كه ما اتصال كوتاه مجازي در پايانه‌هاي تقويت كننده عملياتي داريم به دست آوريد. اين به آن مفهوم است كه e_1 ولتاژ در بالاي Rg و e_2 ولتاژ در پايين مقاومت Rg مي‌باشد بنابراين ولتاژ عبوري از Rg برابر است با:

خروجي تقويت كنندة ابزاردقيق اشباع مي‌شود. مطمئن شويد كه تقويت كنندة ابزاردقيق و سنسور يك زمين مشترك داشته باشيد.

اثرات ولتاژ افست، جريان‌هاي بايـاس و جريان افست مي‌تواند توسط تنظيمات درست تقويت كننده ابزاردقيق از بين برود.

مدارات *Span , Zero*

خروجي مبدلها واقعاً با سطوحي كه شما براي كنترلها، نمايشگرها و يا كامپيوترها نياز داريد جور نيستند. مثلاً فرض كنيد كه يك *A/D* احتياج به يك سيگنال $0-5^V$ دارد در حاليكه

خروجي‌هاي مبدلي حرارتي شما *2.48* تا 3.90^V مي‌باشد. مدارات *Zero* و *Span* در اينجا اين اجازه را به شما مي‌دهد تا اين تبديل را انجام دهيد. معادله يك خط را در نظر بگيريد *Span* (شيب خط) و *Zero* (عرض از مبدا) به شما اجازه مي‌دهد تا رابطه هر پارامتري به ولتاژي كه شما مي‌خواهيد به دست آوريد.

شكل *4-10 a* فقط اثر *Span* يا شيب را نشان مي‌دهد. اين شيب در گين (-1) ضرب شده و در شكل *4-10 b* نشان داده شده است. در طرف ديگر اگر شما صفر *Zero* يا عرض از مبدا را تغيير دهيد خط جديدي موازي خط اصلي بوجود مي‌آيد. اين در شكل *4-10 c* نشان داده شده است.

4.2.1- جمع كننده معكوس.

يك مبدل *Zero* ، *Span* مي‌تواند با استفاده از جمع كننده معكوس ساخته شود. اين موضوع در شكل *4-11* نشان داده شده است. سيگنالي كه در ورودي آماده شده است e_{in} مي‌باشد.

آن يك گين $-RF/Ri$ دريافت مي‌كند. يك ولتاژ *Reference* يا مرجع ديگري نيز كه برابر $\pm V$ مي‌باشد به ورودي ديگر ا عمال مي‌شود آن نيز در يك گين $-RF/Ros$ ضرب مي‌شود.

بنابراين خروجي u_1 برابر است با $e_{u_1} = -\frac{RF}{Rin}e_{in} - \frac{RF}{Ros}V$

اين سيگنال سپس وارد يك تقويت كننده معكوس كننده با گين (-1) مي‌شود.

$$e_{u_2} = RF/Ri\, e_{in} + \frac{RF}{Ros}V \qquad (4\text{-}4)$$

رابطه *4-4* را با معادله يك خط مستقيم مقايسه مي‌كنيم:

$$y = mx + b$$

كه y متغير وابسته و x متغير غير وابسته مي‌باشد.

ولتاژ خروجي برحسب ورودي در شكل *4-11 b* نشان داده شده است.

شيب يا گين يا *Span* $m = RF/Ri$

عرض از مبدا يا انحراف يا صفر $b = RF/Ros\, V$

مثال 4-4

در يك فرآيند هنگاميكه حرارت در مينيمم مقدار خود قرار دارد خروجي سنسور در 2.48^V و در ماكزيمم حرارت خروجي آن 3.90^V مي‌باشد. يك مبدل A/D استفاده شده تا اين اطلاعات را به كامپيوتر منتقل كند كه در يك محدوده 0 تا 5^V كار مي‌كند به منظور داشتن ماكزيمم قدرت تفكيك شما مدار $Zero$ و $Span$ طراحي كنيد كه اين محدوده را بپوشاند.

حل: مدار در شكل $4-11$ بايد استفاده شود گين مورد نياز برابر است با:

$$m = \frac{V_{out}}{V_{in}} \qquad \frac{V_{out}(\max) - V_{out}(\min)}{V_{in}(\max) - V_{in}(\min)}$$

$$\frac{S - o^V}{3.90^V - 2.48^V} = 3.52$$

اما گين تنظيم مي‌شود توسط $m = RF/Ri$

RF نسبتاً مقاومت بزرگي مي‌باشد و يك Ri كوچك لازم است تا اثر بارگذاري روي سنسورها نداشته باشد.

$$RF = 330^{K\Omega}$$

$$Ri = RF/m \qquad \frac{330^{K\Omega}}{3.32} = 93.7^{K\Omega}$$

Ri را بصورت يك مقاومت ثابت $47^{K\Omega}$ كم با يك پتانسيومتر چند دور $100^{K\Omega}$ سري شده انتخاب مي‌كنيم. اين مراحل مربوط به تنظيم $Span$ بود.

براي انتخاب $Zero$ مراحل زير را دنبال مي‌كنيم.

$$y = MX + b \qquad \text{يا} \qquad V_{out} = mV_{in} + b$$

در $V_{in} = 2.48^V$, $V_{out} = o^V$

$$o^V = (3.52)(2.48^V) + b$$

$$b = -8.73^V$$

اما $b = RF/Ros\, V$

از آنجايي كه شما به يك افست (انحراف) منفي نياز داريد پس $V = -12$ را انتخاب كنيد (ولتاژ منفي منبع تغذيه) $Ros = \frac{R_F V}{b} = \frac{(330^{K\Omega})(-12^V)}{-8.73^V} = 454^{K\Omega}$

Ros را يك مقاومت ثابت $220^{K\Omega}$ با يك پتانسيومتر چند دوره $300^{K\Omega}$ انتخاب مي‌كنيم.

www.ir-micro.com

$$R_{Comp} = R_F \| R_i \| R_{os} = 62.9^{K\Omega}$$

$R_{Comp} = 56^{K\Omega}$ انتخاب مي‌كنيم.

در قسمت دوم مقاومت ها بايد در محدوده $K\Omega$ باشند اين موضوع پائين ترين افست را بدون اثر بارگذاري طبقه اول توليد مي‌كند. انتخاب مي‌كنيم $R = 2.2^{K\Omega}$ در نتيجه $R/2$ برابر $1.1^{K\Omega}$ مي‌باشد.

اين ايده خوبي است كه كارهائي را كه براي رسيدن به اين مشخصات كرده‌ايد يكبار ديگر چك كنيد.

$$V_{out} = RF/Ri\, V_{in} + RF/Ros\, V$$
$$\frac{330^{K\Omega}}{93.7^{K\Omega}}(3.90^{V}) + \frac{330^{K\Omega}}{454^{K\Omega}}(-12^{V})$$
$$= 13.72^{V} - 8.72 = S^{V}$$

2.2.4- تقويت كننده ابزار دقيق

استرين گيج‌ها، ترموكوپل‌ها و *RTD* ها همگي سيگنالهاي تفاضلي خيلي كوچكي توليد مي‌كنند. گين بالاي پايدار، نسبت حذف حالت مشترك خوب و امپدانس ورودي خيلي بالاي تقويت كننده ابزار دقيق آن را قادر ساخته تا بعنوان يك انتخاب طبيعي براي ايجاد مدارات *Zero* و *Span* در مورد سيگنالهاي اين مبدلها به كار رود.

مدار كنترل ولتاژ افست خروجي را در شكل *4-5* ديديد اين مدار دوباره در شكل *4-12* رسم شده است يك مقاومت خارجي تنظيم گين *Rg* مقدار *Span* را مشخص مي‌كند.

مقدار *Zero offset* نيز توسط ولتاژ مرجع از طريق ولتاژ فالوور U_2 اعمال مي‌شود.

$$V_{out} = Ge_{in} + V_{ref}$$

كه اين گين تقويت كننده ابزار دقيق مي‌باشد.

براي يك مقاومت خارجي روي *AD524* $G = 1 + \frac{40^{K\Omega}}{Rg}$

مثال *4-5* . تغييرات خروجي يك لودسل $20^{\mu v}/_{lb}$ مي‌باشد.

www.ir-micro.com

و موقعي كه بدون بار است $18mv$ در خروجي داريم يك مدار $Zero$ و $Span$ با استفاده از تقويت كننده‌هاي ابزار دقيق طراحي كند كه ولتاژ خروجي $o^{V}dl$ ايجاد كند موقعي كه بدون بار است و تغييرات را $10^{mv}/_{lb}$ در نظر بگيريد.

حل: گين مورد نياز ما

$$G=\frac{10^{mV}/lb}{20^{\mu V}/lb}=500$$

از آنجايي كه اين گين در پايه‌هاي مربوط به گين در تقويت كننده ابزار دقيق وجود ندارد بايد از مقاومت خارجي تنظيم گين استفاده كرد.

$$Rg=\frac{40^{K\Omega}}{G-1}=\frac{40^{K\Omega}}{499}=80.2^{\Omega}$$

انتخاب كنيد Rg را به عنوان پتانسيومتر 100^{Ω} با يك مقاومت 33^{Ω} كه با هم سري شده‌اند.

موقعي كه باري روي لودسل وجود نداشته باشد خروجي $18mV$ است در اين حالت ما مي‌خواهيم تقويت كننده ابزار دقيق خروجي $0^{V}dc$ بدهد. با جايگذاري مقادير در معادله 4-5 داريم:

$$o^{V}=(500)(18^{mV})+V_{ref}$$
$$V_{ref}=-9^{V}$$

بنابراين يك سر پتانسيومتر تنظيم صفر را به زمين و سر ديگر آن را به $-V_{supply}$ وصل كنيد. مقادير مقاومت و پتانسيومتر را طوري انتخاب كنيد كه تقريباً -10^{V} در سر انتهايي پتانسيومتر و -8^{V} در سر ديگر آن باشد.

تبديل ولتاژ به جريان:

انتقال سيگنال ولتاژ تعداد زيادي مشكل به همراه دارد. مقاومتهاي سري بين خروجي مدارات آماده‌سازي سيگنال و بار به فاصله، سيم استفاده شده و حرارت و چگونگي اتصالات بستگي دارد.

حتي اگر چند ميلي ولت از اين تلفات از اين مقاومتهاي سري عبور كند تغيير زيادي را در درصد خطاي اندازه‌گيري ايجاد مي‌كند. اگر سيگنال را به جريان تبديل كرده و ارسال كنيد شما مطمئن باشيد كه تمام سيگنال جرياني ارسالي شما توسط بار دريافت مي شود.

نوع تبديل ولتاژ به جرياني كه شما استفاده مي‌كنيد بسته به مقاومت بار و همچنين اينكه بار ما شناور باشد يا اينكه به زمين متصل شده باشد متفاوت است.

يك بار شناور مناسب‌تر مي‌باشد. زيرا آن به شما اجازه مي‌دهد تا تكنيك‌هاي حذف حالت مشترك را در دريافت كننده به منظور كاهش قابل ملاحظه نويز انجام دهيد.

4-3-1 . بار شناور

يك مبدل ولتاژ به جريان ساده در شكل 4-13 نشان داده شده است. آن واقعاً (در حقيقت) يك تقويت كننده ناوارونگر مي‌باشد. تحليل اين مدار بسيار ساده است از آنجايي كه تقويت كننده عملياتي بصورت حلقه بسته با فيدبك منفي عمل مي‌كند ولتاژ در پايه وارونگر با ولتاژ در پايه ناوارونگر برابر خواهد بود اما اين ولتاژ در دو سر مقاومت R پاييني مي‌باشد.

در نتيجه جرياني كه از طريق اين مقاومت مي‌گذرد برابر است با: $I = \frac{e_{in}}{R}$

از آنجايي كه هيچ جرياني به پايه‌هاي ورودي تقويت كننده عملياتي شارش پيدا نمي‌كند (يعني طبق مشخصه پايه‌هاي *op-Amp* هيچ جرياني نمي‌كشد). پس I بايد جريان در حلقه جرياني باشد.

نكات زيادي را شما بايد در موقع استفاده از مدار شكل 4-13 در نظر بگيريد.

1- مقاومت حلقه انتقال ($R_{Loop} = R_{wire} + R_{Load}$) تاثيري روي مقدار جريان منتقل شده ندارد اما ولتاژ خروجي $op - Amp$ توسط R_{Loop} تحت تاثير قرار مي‌گيرد.

$$V_{Out} = \left(1 + \frac{R_{Loop}}{R}\right) e_{in} \langle V_{sat}$$

شما بايد R_{Loop} را به اندازه كافي كوچك نگه داريد تا تقويت كننده عملياتي اشباع نشود.

2- دوم اينكه op-Amp بايد توانايي توليد جريان مورد نياز را داشته باشد.

هر دوي اين توانايي‌ها در بيشتر تقويت كننده‌هاي عملياتي همه منظوره وجود دارد. هر چند كه شما مي‌توانيد با اضافه كردن يك يا دو ترانزيستور جريان ده اين مشكل را حل‌كنيد(شكل 4-14 را ببينيد).

وب سايت جامع برق ، الكترونيك و كامپيوتر

به خاطر اينكه ترانزيستورها بين حلقه فيدبك قرار گرفته‌اند op – Amp بصورت اتوماتيك، افست، بایاس و غير خطي بودن آن را جبران مي‌كند.

اگر سيگنال بايد مثبت و منفي باشد شما بايد يك ترانزيستور Q_2 ديگر اضافه كنيد كه PNP و مكمل Q_1 باشد تا جريان منفي را راه‌اندازي كند.

3- سوم اينكه جريان از بار بايد در طول سيم به op – Amp برگردد (به R). اين كار امكانپذير نيست اگر بار مستقيم به زمين متصل شده باشد. اين سيگنال شناور است و احتياج به دو سيم براي جداشدن دارد. اين حالت به شما اجازه مي‌دهد تا از يك تقويت كننده تفاضلي يا ابزار دقيق در بار استفاده كنيد براي حذف هر گونه نويز حالت مشترك روي هر دو خط در طي انتقال.

4- چهارم كه بدترين حالت مي‌باشد زماني است كه بار باز باشد. باز بودن بار فيدبك منفي را از بين مي برد و باعث اشباع شدن تقويت كننده عملياتي مي‌شود. از طرف ديگر اتصال كوتاه شدن بار باعث ايجاد يك ولتاژ فالوور مي‌شود در نتيجه سيگنال جرياني اثري ندارد. و سرانجام اينكه اين شكل ناواروننگر منبع ولتاژ را بافر مي‌كند و از بارگذاري جلوگيري مي‌كند. شما مي‌توانيد با استفاده از يك تقويت كننده وارونگر نيز يك مبدل ولتاژ به جريان بسازيد جريان حلقه انتقال بايد از منبع ولتاژ تامين شود از آن جايي كه اين مشخصه بار مي‌تواند ولتاژ منبع (سنسور) را پايين بياورد. آرايش وارونگر پيشنهاد نمي‌شود. اما مدار در شكل 14-4 يك مشكل ديگر نيز دارد.

موقعي كه $e_{in}=0 \Leftarrow I_L=0$ جريان صفر به بار درون يك سيگنال قابل قبول است حالا اگر حلقه جرياني باز شود يا مدارهاي الكترونيك انتقال آسيب ببيند باز هم $I_L=0$ مي‌شود. بار به اين موضوع مانند $e_{in}=0$ كه يك سيگنال قابل قبول است پاسخ مي‌دهد.

پس بايد روشي باشد تا به بار اجازه دهد تفاوتي بين نبودن سيگنال (آسيب مدارات): $I_L=0$ و ورودي قابل قبول $e_{in}=0$ قائل شود. شما مي‌توانيد اين كار را با دادن يك *offset* انجام دهيد.

با $e_{in}=0$ يا مينيمم $e_{in} = \Leftarrow I_L=I(0)\rangle 0$

يعني اينكه يك ولتاژ ورودي مي‌نيمم يا صفر يك جريان حلقه غير صفر ايجاد كند.

در اين مدار *offset* هر سيگنال معتبري جريانهاي بزرگتر يا برابر *I(0)* ايجاد مي‌كند. در نتيجه اگر $I_L = 0$ شد يك آسيب مداري اتفاق افتاده است.

يك مبدل ولتاژ به جريان افست در شكل *4-15 a* نشان داده شده است. تقويت كننده ناوارونگر شكل *4-14* با يك جمع كننده ناوارونگر جايگزين شده است. جريان خروجي حالا توسط ولتاژ ورودي e_{in} و ولتاژ مرجع e_{ref} مشخص مي‌شود. دو مقاومت ورودي $1M\Omega$ (مقاومت بزرگ) بايد قرار داده شوند تا اثر بارگذاري منبع ولتاژ را روي طبقات ديگر از بين ببرد.

منحني انتقالي ولتاژ ورودي به جريان خروجي در شكل *4-15 b* نشان داده شده است.

آن يك خط مي‌باشد كه دو نقطه انتهايي آن *[I(A) , e(A)]* ، *[I(B) , e(B)]* مي‌باشند.

فرض كنيد كه ولتاژ ورودي *e(A)* ، جريان *I(A)* را توليد مي‌كند و همچنين ولتاژ ورودي *e(B)* جريان *I(B)* را توليد مي‌كند شما مي‌توانيد مقادير مورد نياز مدار را بصورت زير تعيين كنيد:

$$R = \frac{e(B) - e(A)}{2[I(B) - I(A)]} \qquad (4\text{-}7)$$

و:

$$e_{ref} = 2RI(B) - e(B) \qquad (4\text{-}8)$$

شما مي‌توانيد اين روابط را بصورت زير بيان كنيد:

بخاطر اينكه تقويت كننده عملياتي $V_X = V_R$

بخاطر اينكه فيدبك منفي دارد $I_L = \frac{V_X}{R}$

با قانون *KOL* از e_{in} تا e_{ref} (با فرض اينكه از مقاومت $10^{K\Omega}$ درمقايسه با $1^{K\Omega}$ صرفنظر كنيم)

داريم: $e_{in} - I_{in}(1M^{\Omega}) - I(1 - M^{\Omega}) - e_{ref} = 0$

با حل اين معادله براي I_{in} داريم:

$$I_{in} = \frac{e_{in} - e_{ref}}{2M^{\Omega}}$$

و از جمع ولتاژها در حلقه از e_{in} تا V_X داريم:

$$e_{in} - I_{in}\left(1 - M^{\Omega}\right) - V \qquad (4\text{-}11)$$

$$V_X = e_{in} - \frac{e_{in} - e_{ref}}{2M^{\Omega}}\left(1 - M^{\Omega}\right) = \frac{e_{in} + e_{ref}}{2} \qquad (4\text{-}12)$$

با جايگذاري معادله *(4-12)* به *(4-9)* ما داريم:

$$I_L = \frac{e_{in} + e_{ref}}{2R} \qquad (4\text{-}13)$$

معادله *(4-13)* معادله انتقالي مدار در شكل *4-15 a* مي‌باشد آن معادله خط شكل *4-15 b* مي‌باشد. در نقطه A $I(A) = \frac{e_{in} + e_{ref}}{2R}$ و در نقطه B، $I(B) = \frac{e(B) + e_{ref}}{2R}$

محاسبات اين دو معادله به ما نتيجه مي‌دهد:

$$2RI(B) = e(B) + e_{ref} \qquad (4\text{-}14)$$

$$2RI(A) = e(A) + e_{ref} \qquad (4\text{-}15)$$

با تفريق دو معادله *(4-14)* و *(4-15)* e_{ref} از بين مي‌رود (حذف مي‌شود)

$$2R[I(B) - I(A)] = e(B) - e(A)$$

يا

$$R = \frac{e(B) - e(A)}{2[I(B) - I(A)]}$$

با حل معادله *4-14* براي e_{ref} ، *4* به دست مي‌آوريم:

$$e_{ref} = 2RI(B) - e(B)$$

مثال 4-6

يك مبدل ولتاژ به جريان افست طراحي كنيد كه جريان خروجي *4mA* و ولتاژ ورودي *5V* – و *20mA* با ولتاژ ورودي *10V* ايجاد كند.

حل: منحني انتقال در شكل *4-16* نشان داده شده است. شماتيك آن در شكل *4-15 a* نشان داده شده است. شما بايد مقادير e_{ref} و R را انتخاب كنيد.

www.ir-micro.com

$$e(A) = -5^V \qquad I(A) = 4^{mA}$$
$$e(B) = 10^V \qquad I(B) = 20^{mV}$$
$$R = \frac{e(B) - e(A)}{2[I(B) - I(A)]}$$
$$\frac{10^V - (-5^V)}{2(20^{mA} - 4^{mA})} \Rightarrow R = 469^{\Omega}$$

پس يك مقاومت ثابت 430^{Ω} با يك پتانسيومتر 100^{Ω} كه با هم سري شده‌اند انتخاب مي‌كنيم.

$$e_{ref} = 2RI(B) - e(B)$$
$$= 2(469^{\Omega})(20^{mA}) - 10^V$$
$$= 8.8^V$$

به منظور كاليبره كردن اين مدار اول R و e_{ref} را با مقادير محاسبه شده تنظيم كنيد. سپس يك $e(A)$ اعمال كنيد و پتانسيومتر تنظيم صفر را، به آرامي تغيير دهيد تا جريان بار كه $I(A)$ برسد. سپس $e(B)$ اعمال كنيد و پتانسيومتر تنظيم $Span$ را به آرامي تغيير دهيد تا جريان بار به $I(B)$ برسد.

دوباره $e(A)$ را اعمال كنيد و تنظيم پتانسيومتر $Zero$ را پيدا كنيد و سپس $e(B)$ و تنظيم $Span$ را پيدا كنيد تا بتوانيد هر دو نقطه انتهايي را به دست آوريد.

4-3-2 . بار زمين شده

اگر شما احتياج داريد تا جريان را به يك باري كه به زمين متصل شده بدهيد يك تقويت كننده تفاضلي مورد نياز است. اين در شكل 4-17 نشان داده شده است.

مقاومتهاي R_1 و R_2 و R_3 و R_4 همگي با هم برابرند در نتيجه گين 1 را به ما مي‌دهد. يك مقاومت R_5 نيز بين خروجي و بار قرار گرفته ا ست. همچنين يك مقاومت R_4 نيز به آن سربار كه زمين نشده است وصل مي‌باشد. به منظور تحليل عملكرد مدار شما بايد اول V_{out} را محاسبه كنيد.

اين به آساني با اعمال قانون جمع آثار در مورد معادل شكل 4-18 به دست مي‌آيد.

بي اثر كردن دو منبع و استفاده از اثر منبع سوم به ما نتيجه مي‌دهد:

$$V_{out} = V_L + e_2 - e_1$$

اين ولتاژ خروجي تقويت كننده در شكل 4-17 مي‌باشد. ولتاژ عبوري از R_s برابر است با:

$$V_{RS} = V_{Out} - V_L$$
$$= (V_L + e_2 - e_1) - V_L$$
$$= e_2 - e_1$$

جرياني كه از R_S مي‌گذرد برابر است با:

$$I_{R_S} = \frac{V_{R_S}}{R_S}$$

(4-16)

$$I_L = I_{R_S} = \frac{e_2 - e_1}{R_S}$$

بنابراين جريان بار بوسيله اختلاف e_2 و e_1 و همچنين مقاومت حسگر R_S تنظيم مي‌شود. وقتي با مبدل ولتاژ به جريان شناور كار مي‌كرديم عاملهاي مختلف همگي وجود داشت كه بايد در نظر مي‌گرفتيم. V_{Out} بايد كمتر از V_{sat} نگه داشته شود.

$$V_{Sat} \rangle IR_{Load} + e_2 - e_1 \qquad (4\text{-}17)$$

دوم اينكه خروجي تقويت كننده عملياتي ممكن است نياز به يك يا دو ترانزيستور جريان ده داشته باشد آنها بين خروجي تقويت كننده عملياتي و اتصال فيدبك منفي قرار مي‌گيرند.

اين فقط براي مبدل شناور در شكل *4-14* استفاده شده است.

يك تقويت كننده اختلاف نشان داده شده است. هر چند شما مي‌توانيد e_1 را زمين كنيد براي يك مبدل ناوارونگر يا e_2 را زمين كنيد براي يك مبدل وارونگر. يا اينكه شما استفاده كنيد از يك ورودي براي سيگنال و ورودي ديگر براي *Zero* (افست) و R_S براي تنظيم *Span* در حقيقت تقويت كننده اختلاف مي‌تواند با يك تقويت كننده ابزار دقيق جايگزين شود.

به اين نحو كه پايه‌هاي خروجي و *Sense* به سمت چپ R_S متصل شوند و پايه *Reference* به سمت راست R_S متصل مي‌شوند.

مثال *4-7*

a) يك مبدل ولتاژ به جريان طراحي كنيد كه خروجي 4^{mA} با يك ولتاژ ورودي 0^V و 20^{mA} با يك ولتاژ ورودي 10^V به بار زمين شدهاي اعمال كند.

b) براي يك جريان 20^{mA} و تغذيه‌هاي $\pm 15^V$ چه مقاومت بار ماكزيممي مورد نياز است.

حل: اين مدار نيازمند هر دو تنظيم *Zero* و *Span* مي‌باشد. همچنين يك مدار جريان ده نيز بايد اضافه شود تا تضمين كند كه 20^{mA} جريان به تقويت كننده‌هاي عملياتي همه منظوره بدهد.

نقشه استفاده شده در شكل *4-19* نشان داده شده است. مقاومت‌هاي 100^{mA} انتخاب شده‌اند تا اثر بارگذاري e_{in} و e_1 را مي‌نيمم كنند. معادلات اساسي برابر است با:

$$I_L = \frac{e_2 - e_1}{R_S} \qquad e_L = e_{in}$$

يا

$$I_L R_S = e_{in} - e_1$$

در $I_L = 4^{mA}$ و $e_{in} = 0^V$

$$(4^{mA})R_S = -e_1 \qquad (4\text{-}18)$$

در $I_L = 20^{mA}$ و $e_{in} = 1.0^V$

$$(20^{mA})R_S = 1.0^V - e_1 \qquad (4\text{-}19)$$

با جايگزيني معادله *4-18* در *4-19* داريم:

$$(20^{mA})R_S = 1.0^V + (4^{mA})R_S$$
$$(16^{mA})R_S = 1.0^V$$
$$= R_S = \frac{1.0^V}{16^{mA}} = 62.5^{\Omega}$$

يك مقاومت ثابت 22^{Ω} سري با يك پتانسيومتر 100^{Ω} انتخاب مي‌كنيم.

جايگذاري مقدار R_S در معادله *4-18* به ما نتيجه مي‌دهد.

$$(4^{mA})(62.5^{\Omega}) = -e_1 \Rightarrow e_1 = -0.25^V$$

اين مي‌تواند بوسيله انتخاب مقادير زير ب دست بياوريد:

$$R_a = 3.3^{K\Omega}$$

پتانسيومتر تا اجازه بدهد براي تنظيم نقطه صفر كاليبراسيون

$$R_b = 100^{\Omega}$$

وب سايت جامع برق ، الكترونيك و كامپيوتر

b) مطابق معادله *4-17*

$$V_{sat} \rangle I_L \ R_{Load} + e_2 - e_1$$

اما شما باید همچنین افت ولتاژ پیوند بیس – امیتر *2N3904* را در نظر بگیرید.

$$V_{Sat} \rangle I_L \ R_{Load} + e_2 - e_1 + 0.6^V$$

$$R_L \langle \frac{V_{Sat} - e_2 + e_1 - 0.6^V}{I_L}$$

$$\langle \frac{13^V - 1.0 - 0.25^V - 0.6^V}{20mA}$$

$$\langle 558^\Omega$$

هر مقاومت بزرگتري موجب اشباع شدن *oP – Amp* مي‌شود.

منبع : درس ابزار دقیق
دانشکده برق
دانشگاه علم و صنعت ایران

مدرس: دکتر علیرضا محمد شهري

تهیه کننده : حامد مظاهری
Hamed@ir-micro.com

شما هم میتوانید مقالات خود را به ما ارسال کنید تا با نام شما در سایت قرار داده شود

---

www.ir-micro.com
مرجع فارسی
میکروکنترلرهای PIC

وب سایت جامع برق ، الکترونیک و کامپیوتر