برقی ادوار

خالد خان یوسفزئی
کامسیٹ انسٹیٹیوٹ آف انفارمیشن ٹیکنالوجی، اسلام آباد
khalidyousafzai@comsats.edu.pk

عنوان

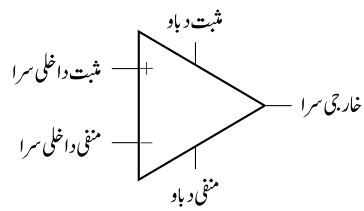
باب 4

حسابی ایمپلیفائر

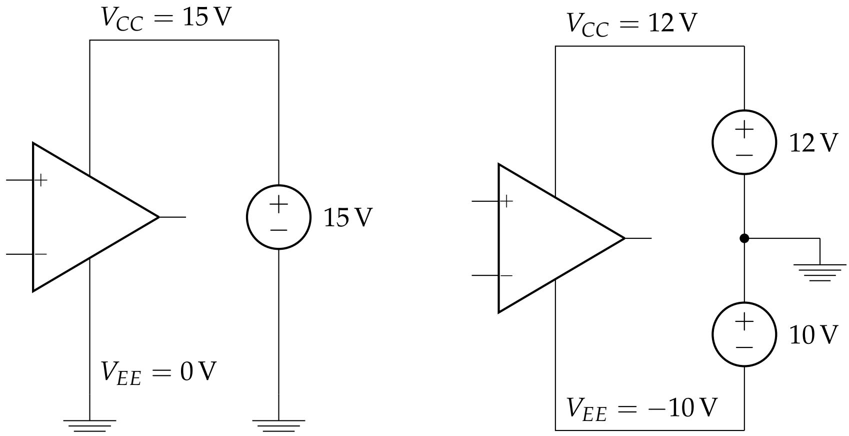
شکل 4.1 میں **حسابی ایمپلفائر**[1] کی علامت دکھائی گئی ہے۔ حسابی ایمپلیفائر کے دو عدد داخلی سرے (پنیے) ہیں جنہیں **مثبت داخلی سرا**[2] اور **منفی داخلی سرا**[3] کہا جاتا ہے جبکہ اس کا ایک عدد **خارجی سرا** (پنیا) ہے۔ اس کے علاوہ دو عدد **طاقتی پنیے**[4] حسابی ایمپلیفائر کو برقی طاقت فراہم کرنے کے لئے استعمال کئے جاتے ہیں جن میں ایک پر مثبت دباو اور دوسرے پر منفی دباو فراہم کی جاتی ہے۔ حسابی ایمپلیفائر کے ادوار کرخوف کے قوانین سے باآسانی حل ہوتے ہیں۔

---

operational amplifier, opamp[1]
non-inverting pin[2]
inverting pin[3]
power pins[4]



شکل 4.1: حسابی ایمپلیفائر کی علامت۔



(ب) ایک عدد منبع دباو سے طاقت کی فراہمی۔ (ا) دو عدد منبع دباو سے طاقت کی فراہمی۔

شکل 4.2: حسابی ایمپلیفائر کو طاقت کی فراہمی کے طریقے۔

شکل 4.2-الف میں حسابی ایمپلیفائر کو دو عدد منبع دباو سے طاقت فراہم کی گئی ہے جبکہ شکل-ب میں ایک عدد منبع دباو سے حسابی ایمپلیفائر کو طاقت کی فراہمی کی گئی ہے۔ مثبت طاقتی دباو کو V_{CC} اور منفی طاقتی دباو کو V_{EE} لکھا جاتا ہے۔ شکل-الف میں $V_{CC} = 12\,\mathrm{V}$ اور $V_{EE} = -10\,\mathrm{V}$ ہیں۔ عموماً ادوار میں مثبت اور منفی طاقتی دباو کے حتمی قیمتیں برابر $|V_{CC}| = |V_{EE}|$ ہوتی ہیں۔ حسابی ایمپلیفائر کے داخلی سروں پر برقی اشارات[5] فراہم کئے جاتے ہیں۔

حسابی ایمپلیفائر داخلی سروں پر فراہم کردہ اشارات v_k اور v_n میں فرق v_d

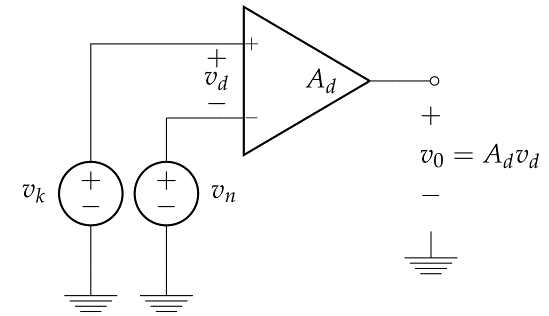
$$v_d = v_k - v_n \tag{4.1}$$

کو A_d گنّا بڑھا کر خارجی پنیا پر خارج کرتا ہے۔

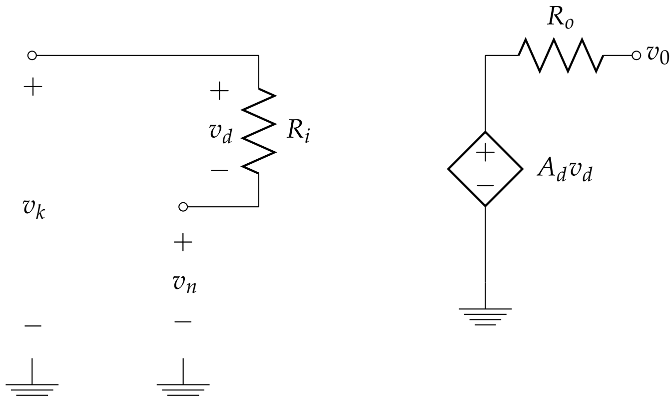
$$v_0 = A_d v_d = A_d(v_k - v_n) \tag{4.2}$$

حسابی ایمپلیفائر v_d کو داخلی اشارہ تصور کرتا ہے۔ v_d کو **تفرق اشارہ**[6] کہتے ہیں۔ داخلی اشارہ بڑھانے کی صلاحیت کو **افزائش**[7] کہتے اور A_d سے ظاہر کرتے ہیں۔ حسابی ایمپلیفائر کے ادوار کے اشکال میں عموماً طاقتی پنیے نہیں دکھائے جاتے تاکہ اشکال صاف ستھرے نظر آئیں۔ شکل 4.3 میں ایسا ہی کرتے ہوئے حسابی ایمپلیفائر کے طاقتی پنیے نہیں دکھائے گئے ہیں۔ شکل 4.4 میں حسابی ایمپلیفائر کے **ریاضی نمونے**[8] کا دور دکھایا گیا ہے جس سے حسابی ایمپلیفائر کی کارکردگی سمجھی جا

[5] electrical signals
[6] difference signal
[7] gain
[8] model



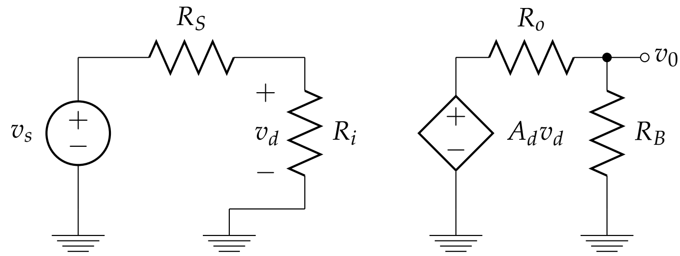
شکل 4.3: حسابی ایمپلیفائر داخلی اشارات کے فرق کو بڑھاتا ہے۔



شکل 4.4: حسابی ایمپلیفائر کا ریاضی نمونہ۔

سکتی ہے۔اس نمونے سے ظاہر ہے کہ حسابی ایمپلیفائر کے داخلی سروں پر داخلی رو i_d اور دباو v_d راست تناسب کا تعلق رکھتے ہیں۔یہ حقیقت داخلی پنیوں کے مابین مزاحمت $R_i = \frac{v_d}{i_i}$ ظاہر کرتی ہے۔اسی طرح خارجی جانب بھی مزاحمتی اثر پایا جاتا ہے جسے R_o سے ظاہر کیا گیا ہے۔آئیں حسابی ایمپلیفائر کا دور اس کے ریاضی نمونے کی مدد سے حل کریں۔شکل 4.5 میں حسابی ایمپلیفائر کے داخلی جانب منفی داخلی پنیے پر اشارہ v_s اور مزاحمت R_S سلسلہ وار جوڑے گئے ہیں جبکہ مثبت پنیا کو زمین کے ساتھ جوڑا گیا ہے۔خارجی جانب حسابی ایمپلیفائر پر مزاحمتی بوجھ R_B ڈالا گیا ہے۔داخلی جانب تقسیم دباو سے

$$v_d = \left(\frac{R_i}{R_i + R_S}\right) v_s$$



شکل 4.5: حسابی ایمپلیفائر کا دور۔

لکھا جائے گا۔ خارجی جانب تقسیم دباو سے درج ذیل لکھا جاتا ہے۔

$$v_0 = \left(\frac{R_B}{R_B + R_o}\right) A_d v_d$$

مندرجہ بالا دو مساوات کو ملاتے ہوئے

$$\frac{v_0}{v_s} = A_d \left(\frac{R_B}{R_B + R_o}\right) \left(\frac{R_i}{R_i + R_S}\right) = A_v \tag{4.3}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں A_v بوجھ بردار حسابی ایمپلیفائر کی **افزائشِ دباو**[9] کہلاتی ہے۔

مساوات 4.3 میں دونوں قوسین کی قیمت اکائی سے کم ہے لہٰذا A_v کی قیمت A_d سے کم ہو گی۔ زیادہ سے زیادہ A_v حاصل کرنے کی خاطر دونوں قوسین کی قیمت اکائی کے قریب ترین ہونا ضروری ہے۔ ایسا تب ممکن ہو گا جب

$$\begin{aligned} R_i &\gg R_S \\ R_o &\ll R_B \end{aligned} \tag{4.4}$$

ہوں۔

جدول 4.1 میں حسابی ایمپلیفائر کے ریاضی نمونے کے متغیرات کی قیمتوں کے عمومی حدود دیے گئے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ایسے حسابی ایمپلیفائر دستیاب ہیں جن کی افزائش $50\,000\,\mathrm{V\,V^{-1}}$ ہے اور ایسے ایمپلیفائر بھی دستیاب ہیں جن کی افزائش $1\,000\,000\,\mathrm{V\,V^{-1}}$ ہے۔

[9] voltage gain

جدول 4.1: حسابی ایمپلیفائر کے نمونے کے متغیرات کی عمومی قیمتیں۔

$R_0(\Omega)$	$R_i(\Omega)$	$A_d(\mathrm{V\,V^{-1}})$
$2-200$	10^5-10^{12}	$50\,000-1\,000\,000$

مثال 4.1: شکل 4.5 میں $A_d = 100\,000\,\mathrm{V\,V^{-1}}$ ، $R_i = 10^{12}\,\Omega$ ، $R_o = 100\,\Omega$ ، $R_S =$ $50\,\mathrm{k\Omega}$ اور $R_B = 10\,\mathrm{k\Omega}$ ہیں۔ایمپلیفائر کی افزائش دباو A_v حاصل کریں۔

حل: مساوات 4.3 میں دی گئی قیمتیں پُر کرتے ہیں۔

$$A_v = 100\,000\left(\frac{10\,000}{10\,000+100}\right)\left(\frac{10^{12}}{10^{12}+50\,000}\right) = 99\,010\,\mathrm{V\,V^{-1}}$$

حسابی ایمپلیفائر کا خارجی اشارہ کسی بھی صورت مثبت طاقتی دباو V_{CC} سے زیادہ نہیں اور منفی طاقتی دباو V_{EE} سے کم نہیں ہو سکتا۔کئی اقسام کے حسابی ایمپلیفائر کا خارجی اشارہ طاقتی دباو سے چند ملی وولٹ کے فاصلے تک پہنچ پاتا ہے۔عموماً حسابی ایمپلیفائر ایسا کرنے کی صلاحیت نہیں رکھتے اور ان کا خارجی اشارہ مثبت طاقتی دباو سے $1\,\mathrm{V}$ تا $3\,\mathrm{V}$ کم اور منفی طاقتی دباو سے $1\,\mathrm{V}$ تا $3\,\mathrm{V}$ زیادہ ہی رہتا ہے۔

$$V_{CC}-\Delta_+ > v_0 > V_{EE}+\Delta_- \tag{4.5}$$

آئیں اس حقیقت کے اثرات ایک مثال کی مدد سے دیکھیں۔

مثال 4.2: مثال 4.1 میں $v_s = 50\,\mathrm{\mu V}$ ، $v_s = 200\,\mathrm{\mu V}$ ، $v_s = 2\,\mathrm{V}$ اور $v_s = -150\,\mathrm{\mu V}$ کی صورت میں v_0 حاصل کریں۔حسابی ایمپلیفائر کے $\Delta_+ = 1.5\,\mathrm{V}$ اور $\Delta_- = 1.2\,\mathrm{V}$ تصور کریں جبکہ طاقتی دباو $12\,\mathrm{V}$ اور $-12\,\mathrm{V}$ ہیں۔

حل: مساوات 4.5 کے تحت خارجی اشارے کے حدود درج ذیل ہیں۔

$$\begin{aligned} 12-1.5 > v_0 > -12+1.2 \\ 10.5\,\mathrm{V} > v_0 > -10.8\,\mathrm{V} \end{aligned} \tag{4.6}$$

گزشتہ مثال میں ہم A_v کی قیمت حاصل کر چکے ہیں۔چونکہ $A_v = \frac{v_0}{v_s}$ ہوتا ہے لہٰذا $v_s = 50\,\mu\text{V}$ کی صورت میں

$$v_0 = A_v v_s = 99010 \times 50 \times 10^{-6} = 4.95\,\text{V} \qquad (v_s = 50\,\mu\text{V})$$

ہو گا۔اسی طرح $v_s = 200\,\mu\text{V}$ کی صورت میں جواب

$$v_0 = 99010 \times 200 \times 10^{-6} = 19.8\,\text{V} \qquad (\text{اس جواب کو رد کیا جاتا ہے})$$

متوقع ہے۔مساوات 4.6 کے تحت v_0 کی قیمت $10.5\,\text{V}$ سے زیادہ نہیں ہو سکتی۔ایسی صورت میں حسابی ایمپلیفائر کوشش کرتا ہے کہ اس کا خارجی اشارہ $19.8\,\text{V}$ تک پہنچے لیکن ایسا ممکن نہیں ہے لہٰذا v_0 بڑھتے بڑھتے $10.5\,\text{V}$ پر جا رکتا ہے۔یوں درست جواب درج ذیل ہے۔

$$v_0 = 10.5\,\text{V} \qquad (v_s = 200\,\mu\text{V})$$

داخلی اشارہ $2\,\text{V}$ ہونے کی صورت میں $v_0 = 198\,\text{kV}$ متوقع ہے جو حسابی ایمپلیفائر کے لئے حاصل کرنا ناممکن ہے لہٰذا اب بھی

$$v_0 = 10.5\,\text{V} \qquad (v_s = 2\,\text{V})$$

ہو گا۔آخری داخلی اشارے کے لئے $v_0 = 99010 \times (-150 \times 10^{-6}) = -14.9\,\text{V}$ متوقع لیکن نا قابل حصول جواب ہے اور یوں

$$v_0 = -10.8\,\text{V} \qquad (v_s = -150\,\mu\text{V})$$

ہو گا۔

مثال 4.3: گزشتہ مثال میں مختلف داخلی اشارات مہیا کرتے ہوئے حسابی ایمپلیفائر کا خارجی اشارہ حاصل کیا گیا۔آپ سے گزارش ہے کہ داخلی اشارے کے وہ حدود حاصل کریں جن کے اندر رہتے ہوئے v_0 اور v_s کا تعلق خطی ہو گا۔

حل: ہم دیکھتے ہیں کہ جب تک خارجی اشارہ مساوات 4.5 میں دیے حدود کے اندر رہتا ہے اس وقت تک v_0 اور v_s **خطی تعلق**[10] $\frac{v_0}{v_s} = A_v$ رکھتے ہیں۔مندرجہ بالا مثال میں بالائی حد

$$v_{s,\text{بلند تر}} = \frac{v_0}{A_d} = \frac{10.5}{99010} = 106\,\mu\text{V}$$

پر اور نچلی حد

$$v_{s,\text{کمتر}} = \frac{v_0}{A_d} = \frac{-10.8}{99010} = -109\,\mu\text{V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔یوں حسابی ایمپلیفائر اس وقت تک داخلی اشارے کو خطی طور پر بڑھاتا ہے جب تک داخلی اشارہ درج ذیل حدود میں رہے۔

$$106\,\mu\text{V} > v_s > -109\,\mu\text{V}$$

ان حدود میں رہتے ہوئے v_d کے حدود شکل 4.5 سے بذریعہ تقسیم دباو یوں حاصل ہوتے ہیں۔

$$v_{d,\text{بلند تر}} = \frac{R_i v_s}{R_i + R_S} = \frac{10^{12} \times 106\,\mu\text{V}}{10^{12} + 5 \times 10^4} \approx 106\,\mu\text{V}$$
$$v_{d,\text{کمتر}} = \frac{10^{12} \times (-109\,\mu\text{V})}{10^{12} + 5 \times 10^4} \approx -109\,\mu\text{V}$$

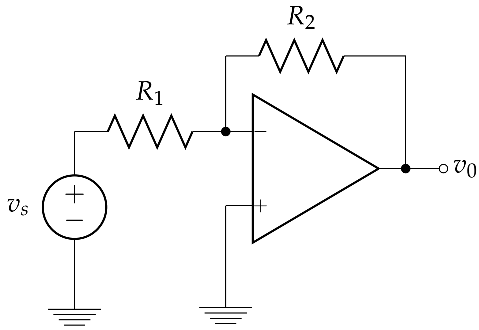
یوں جب تک

$$106\,\mu\text{V} > v_d > -109\,\mu\text{V} \tag{4.7}$$

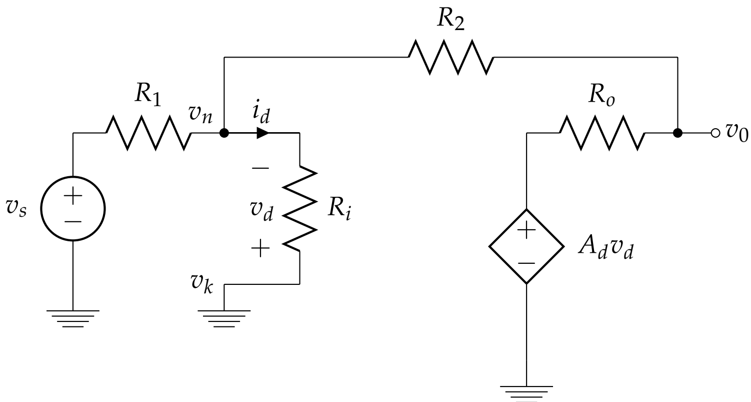
رہے، حسابی ایمپلیفائر خطی رہتا ہے۔

مثال 4.4: شکل 4.6 میں حسابی ایمپلیفائر کو یوں پلٹایا گیا ہے کہ اس کا مثبت سرا نیچے اور منفی سرا اوپر ہے۔اس کی افزائش دباو $A_v = \frac{v_0}{v_s}$ حاصل کریں۔

[10] linear relationship



(ا) منفی ایمپلیفائر کا دور۔



(ب) منفی دور کا مساوی برقی دور۔

شکل 4.6: منفی ایمپلیفائر اور اس کا مساوی دور۔

حل: شکل 4.6-الف میں حسابی ایمپلیفائر کی جگہ اس کا نمونہ نسب کرنے سے شکل-ب حاصل ہوتا ہے جسے کرخوف کے قوانین سے حل کیا جا سکتا ہے۔ شکل-ب ایمپلیفائر کا مساوی دور ہے۔ منفی داخلی پنیے پر کرخوف مساوات رو لکھتے ہیں

$$\frac{v_n - v_s}{R_1} + \frac{v_n}{R_i} + \frac{v_n - v_0}{R_2} = 0$$

جسے

$$v_n \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_2}\right) = \frac{v_s}{R_1} + \frac{v_o}{R_2}$$

لکھتے ہوئے v_n حاصل کرتے ہیں۔

$$v_n = \frac{\frac{v_s}{R_1} + \frac{v_o}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_2}} \tag{4.8}$$

خارجی جوڑ پر کرخوف مساوات رو لکھتے ہیں

$$\frac{v_0 - v_n}{R_2} + \frac{v_0 - A_d v_d}{R_o} = 0$$

جس میں $v_d = -v_n$ پُر کرتے اور ترتیب دیتے ہوئے

$$v_0 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_o}\right) = v_n \left(\frac{1}{R_2} - \frac{A_d}{R_o}\right)$$

لکھا جا سکتا ہے۔ مساوات 4.8 کی مدد سے اس کو

$$v_0 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_o}\right) = \frac{\left(\frac{v_s}{R_1} + \frac{v_o}{R_2}\right)\left(\frac{1}{R_2} - \frac{A_d}{R_o}\right)}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_2}}$$

یا

$$v_0 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_o}\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_2}\right) = \left(\frac{v_s}{R_1} + \frac{v_o}{R_2}\right)\left(\frac{1}{R_2} - \frac{A_d}{R_o}\right)$$

یعنی

$$v_0 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_o}\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_2}\right) - \frac{v_0}{R_o}\left(\frac{1}{R_2} - \frac{A_d}{R_o}\right) = \frac{v_s}{R_1}\left(\frac{1}{R_2} - \frac{A_d}{R_o}\right)$$

لکھا جا سکتا ہے جس کو حل کرتے ہوئے درج ذیل افزائش دباو A_v ملتی ہے۔

$$\frac{v_0}{v_s} = A_v = \frac{\frac{1}{R_1}\left(\frac{1}{R_2} - \frac{A_d}{R_o}\right)}{\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_o}\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_2}\right) - \frac{1}{R_2}\left(\frac{1}{R_2} - \frac{A_d}{R_o}\right)}$$

اس کو درج ذیل صورت میں لکھ سکتے ہیں۔

$$\frac{v_0}{v_s} = A_v = \frac{-\frac{R_2}{R_1}}{1 - \left[\frac{\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_o}\right)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_i}+\frac{1}{R_2}\right)}{\left(\frac{1}{R_2}\right)\left(\frac{1}{R_2}-\frac{A_d}{R_o}\right)}\right]} \tag{4.9}$$

مثال 4.4 میں عمومی قیمتیں یعنی

$$R_1 = 1\,\mathrm{k\Omega}, \quad R_2 = 10\,\mathrm{k\Omega}, \quad R_i = 10^8\,\Omega, \quad R_o = 100\,\Omega, \quad A_d = 10^5\,\mathrm{V\,V^{-1}}$$

پُر کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-10}{1 - \left[\frac{(0.0101)(0.001101)}{(0.0001)\left(0.0001 - \frac{100000000}{100}\right)}\right]} \\ &= -9.999\,998\,888\,\mathrm{V\,V^{-1}} \end{aligned}$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $\frac{A_d}{R_o}$ جزو کے علاوہ تمام قوسین کی قیمتیں انتہائی چھوٹی ہیں۔ آپ یہ بھی دیکھ سکتے ہیں کہ A_d کی قیمت زیادہ ہونے کی وجہ سے چکور قوسین کی قیمت تقریباً صفر کے برابر حاصل ہوتی ہے لہٰذا چکور قوسین کی قیمت کو رد کیا جا سکتا ہے اور یوں مساوات 4.9 کو درج ذیل لکھا جا سکتا ہے۔

$$A_v = \frac{v_0}{v_s} = -\frac{R_2}{R_1} \tag{4.10}$$

اس مساوات سے افزائش دباو

$$A_v = -\frac{10000}{1000} = -10\,\mathrm{V\,V^{-1}}$$

حاصل ہوتی ہے۔ بالائی دو جوابات تقریباً برابر ہیں جبکہ نچلا جواب انتہائی آسانی سے حاصل ہوا۔ آئیں حسابی ایمپلیفائر حل کرنے کا انتہائی آسان طریقہ سیکھیں۔ اس طریقے میں کامل حسابی ایمپلیفائر استعمال کیا جاتا ہے لہٰذا پہلے کامل حسابی ایمپلیفائر پر غور کرتے ہیں۔

4.1 کامل حسابی ایمپلیفائر

ہم نے دیکھا کہ حسابی ایمپلیفائر کے داخلی مزاحمت R_i کی قیمت بڑی مقدار ہے۔اسی طرح A_d کی قیمت بھی بڑی مقدار ہے جبکہ R_0 کی قیمت بیرونی لاگو مزاحمتوں کی نسبت سے بہت کم ہے۔**کامل حسابی ایمپلیفائر**[11] میں R_i اور A_d کو لامحدود جبکہ R_0 کو صفر تصور کیا جاتا ہے۔

$$R_i \to \infty \tag{4.11}$$

$$A_d \to \infty \tag{4.12}$$

$$R_o \to 0 \tag{4.13}$$

مثال 4.3 میں ہم نے v_d کے وہ حدود حاصل کئے جن میں رہتے ہوئے v_0 اور v_s کا تعلق خطی ہوتا ہے۔حسابی ایمپلیفائر کو خطی خطے میں ہی چلایا جاتا ہے۔مساوات 4.7 میں یہ حدود دیے گئے ہیں جہاں سے واضح ہے کہ کسی بھی حقیقی دور میں v_d کی حتمی قیمت تقریباً سو ملی وولٹ رہتی ہے جو نہایت کم مقدار ہے۔کامل حسابی ایمپلیفائر میں v_d کو صفر تصور کیا جاتا ہے۔

$$v_d \to 0 \tag{4.14}$$

چونکہ $v_d = v_k - v_n$ کے برابر ہے لہٰذا مندرجہ بالا مساوات کو درج ذیل صورت میں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

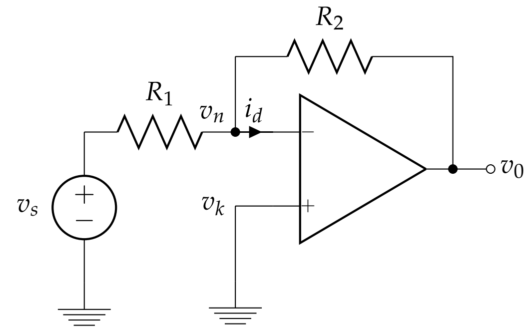
$$v_k = v_n \tag{4.15}$$

اگر $v_d = 100\,\mu\mathrm{V}$ اور $R_i = 10^{12}\,\Omega$ لیا جائے تو شکل 4.6-ب میں $i_d = \frac{100\,\mu\mathrm{V}}{10^{12}\,\Omega} \approx 0$ حاصل ہوتا ہے۔یوں کامل حسابی ایمپلیفائر کے دونوں داخلی پنیوں پر رو کی قیمت صفر تصور کی جاتی ہے۔

$$i_d = 0 \tag{4.16}$$

مثال 4.5: گزشتہ مثال میں شکل 4.6 کو حل کیا گیا جسے یہاں بطور شکل 4.7 دوبارہ پیش کیا گیا ہے۔کامل حسابی ایمپلیفائر تصور کرتے ہوئے اسے حل کریں۔

[11] ideal opamp



شکل 4.7: کامل حسابی ایمپلیفائر کا حل۔

حل: شکل میں داخلی دباو v_k اور v_n کی نشاندہی کی گئی ہے۔ ساتھ ہی ساتھ حسابی ایمپلیفائر کی داخلی رو i_d بھی ظاہر کی گئی ہے۔ کامل حسابی ایمپلیفائر کے ادوار حل کرتے ہوئے جوڑ v_k اور v_n پر کرخوف مساوات لکھ کر ان سے v_k اور v_n حاصل کریں۔ مساوات 4.15 کے تحت یہ قیمتیں برابر ہونی چاہیں لہٰذا انہیں برابر پُر کرتے ہوئے v_0 کے لئے حل کریں۔ آئیں ایسا ہی کرتے ہیں۔

چونکہ جوڑ v_k زمین کے ساتھ جڑا ہے لہٰذا اس کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$v_k = 0$$

جوڑ v_n پر مساوات 4.16 کے تحت $i_d = 0$ لیتے ہوئے کرخوف قانون رو لکھتے ہیں۔

$$\frac{v_n - v_s}{R_1} + \frac{v_n - v_0}{R_2} = 0$$

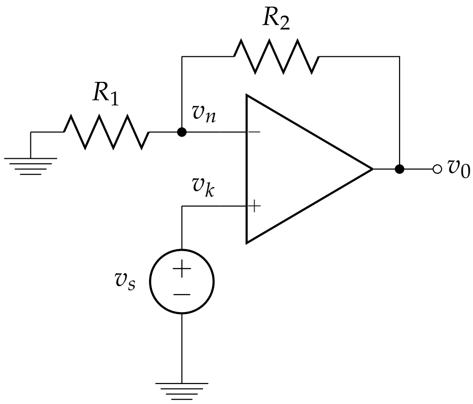
چونکہ $v_k = 0$ ہے لہٰذا مساوات 4.15 کے تحت $v_n = 0$ ہو گا۔ یہ قیمت درج بالا مساوات میں پُر کرتے ہیں۔

$$\frac{0 - v_s}{R_1} + \frac{0 - v_0}{R_2} = 0$$

اس کو حل کرتے ہوئے درج ذیل حاصل ہوتا ہے۔

$$\frac{v_0}{v_s} = -\frac{R_2}{R_1} \tag{4.17}$$

مساوات 4.10 سے موازنہ کریں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کامل حسابی ایمپلیفائر تصور کرتے ہوئے جواب نہایت آسانی سے حاصل ہوتا ہے۔



شکل 4.8: مثبت ایمپلیفائر۔

شکل 4.6 کا دور داخلی اشارہ v_s کو بڑھانے کے ساتھ ساتھ منفی سے ضرب بھی دیتا ہے لہٰذا اس دور کو **منفی ایمپلیفائر**[12] کہتے ہیں۔

مثال 4.6: مثبت ایمپلیفائر[13] کو شکل 4.8 میں دکھایا گیا ہے۔ افزائش $\frac{v_0}{v_s}$ حاصل کریں۔

حل: مثبت داخلی پنیا کی مساوات لکھتے ہیں۔

$$v_k = v_s \tag{4.18}$$

منفی داخلی پنیا پر $i_d = 0$ لیتے ہوئے کرخوف مساوات رو لکھ

$$\frac{v_n}{R_1} + \frac{v_n - v_0}{R_2} = 0$$

inverting amplifier[12]
non-inverting amplifier[13]

کر v_n کے لئے حل کرتے ہیں۔

$$v_n = \frac{\frac{v_0}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} \tag{4.19}$$

مساوات 4.18 اور مساوات 4.19 میں حاصل کردہ v_k اور v_n کی قیمتیں برابر پُر کرتے ہیں۔

$$v_s = \frac{\frac{v_0}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

اس کو $\frac{v_0}{v_s}$ کے لئے حل کرتے ہوئے درج ذیل حاصل ہوتا ہے۔

$$A_v = \frac{v_0}{v_s} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \tag{4.20}$$
