অধ্যায়-৪

অপারেশনাল অ্যামপ্লিফায়ার (অপ-অ্যাম্প)
(Operational Amplifier (Op-Amp))

৪.১ অপারেশনাল অ্যামপ্লিফায়ার (Operational amplifier) :

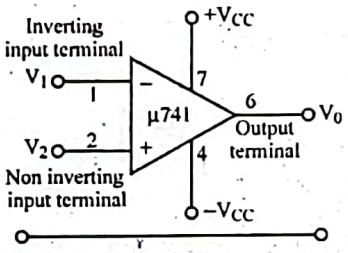
অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ার উচ্চ গেইন-সম্পন্ন ডাইরেক্ট কাপল ঋণাত্মক ফিডব্যাক যুক্ত একটি অ্যানালগ ডিভাইস, যা দুর্বল ইলেকট্রিক সিগন্যালকে শক্তিশালি ইলেকট্রিক সিগন্যালে পরিণত করা এবং বিভিন্ন প্রকার গাণিতিক অপারেশন (যেমন– যোগ, বিয়োগ, ডিফারেশিয়েশন, ইন্টিগ্রেশন) সম্পন্ন করে থাকে। বর্তমানে আইসি আকারে এই অ্যাম্প্লিফায়ারটি তৈরি করা হয়ে থাকে। এটা দুই ডজন ট্রানজিস্টর, এক ডজন রেজিস্টর এবং এক বা দুটি ক্যাপাসিটরের সমন্বয়ে গঠন করা হয়। অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যপ্রণালি ফিডব্যাক সার্কিটের উপর নির্ভরশীল।

Op-Amp কে সাধারণত স্কেল চেঞ্জিং (Scale changing), অ্যানালগ কম্পিউটার অপারেশন, ইনস্ট্রুমেন্টেশন ও কন্ট্রোল সিস্টেম, বিভিন্ন প্রকার ফেজ শিফ্ট এবং অসিলেটর সার্কিট ইত্যাদি ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়।

অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ারকে সাধারণত তিনটি আলাদা প্যাকেজে গঠন করা হয়, যথা–

১। আদর্শ ডুয়াল-ইন-লাইন প্যাকেজ (DIP), ২। TOP-5 কেজ (Case) এবং ৩। ফ্লাট-প্যাক (Flat-pack) ইত্যাদি।

আদর্শ অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুটসমূহ সিঙ্গেল-এন্ডেড অথবা ডবল-এন্ডেড (Single-ended or double-ended) হতে পারে।



চিত্র : ৪.১ আদর্শ Op-Amp

এ প্রকার নামকরণ কোন ইনপুটে অথবা উভয় ইনপুটে ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হবে তার উপর নির্ভরশীল। একইভাবে অ্যাম্প্লিফায়ারটির আউটপুট ও সিঙ্গেল-এন্ডেড (Single-ended) অথবা ডবল-এন্ডেড (Double-ended) হতে পারে। তবে বহুল জনপ্রিয় কনফিগারেশন হলো দুটি ইনপুট টার্মিনাল এবং একটি আউটপুট টার্মিনাল।

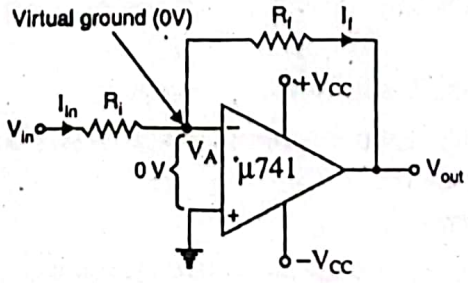
সাধারণত Op-Amp-এর ন্যূনতম পাঁচটি প্রান্ত থাকে। সেগুলো হলো–

১। ইনভার্টিং ইনপুট টার্মিনাল (Inverting input terminal)
২। নন-ইনভার্টিং ইনপুট টার্মিনাল (Non-inverting input terminal)
৩। আউটপুট টার্মিনাল (Output terminal)
৪। ধনাত্মক বায়াস সরবরাহ প্রান্ত (Positive bias supply terminal)
৫। ঋণাত্মক বায়াস সরবরাহ প্রান্ত (Negative bias supply terminal) ইত্যাদি।

৪.২ অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ারের সাধারণ মূলনীতি (The basic principle of Op-amp) :

লিনিয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার (Linear amplifier) : অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যাবলিকে স্থির গেইন অ্যাম্প্লিফায়ার হিসাবে ইনভার্টিং এবং নন-ইনভার্টিং কনফিগারেশনে আমরা বিবেচনা করতে পারি।

❑ **ইনভার্টিং অ্যাম্প্লিফায়ার (Inverting amplifier) :** নিচের চিত্রে একটি ইনভার্টিং অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট অঙ্কন করা হয়েছে। ইনপুট ভোল্টেজ V_{in} কে R_i এর মাধ্যমে Op-Amp এর ইনভার্টিং ইনপুটে দেয়া হয়। Op-Amp-এর আউটপুটকে ফিডব্যাক রেজিস্টর R_f-এর মাধ্যমে ইনপুটে দেয়া হয়। যেহেতু R_f কে ইনভার্টিং টার্মিনালে যুক্ত করা হয় সেহেতু R_f রেজিস্টরটি নেগেটিভ ফিডব্যাক প্রদান করে। যেহেতু ইনপুট সিগন্যালকে ইনভার্টিং টার্মিনালে দেয়া সেহেতু আউটপুট 180° আউট অব ফেজে থাকে। Op-Amp এর নন-ইনভার্টিং টার্মিনালটি গ্রাউন্ডের সাথে সংযুক্ত করা হয়।



চিত্র : ৪.২ Op-Amp এর ইনভার্টিং অপারেশন

যেহেতু Op-Amp এর ইনপুট ইম্পিড্যান্স অসীম সেহেতু এর ইনভার্টিং টার্মিনালের কারেন্ট প্রবাহ প্রায় শূন্য। ফলে গ্রাউন্ডের সাপে টার্মিনাল ভোল্টেজ, $V_A = 0$। ফলে ইনপুট কারেন্ট I_{in} সম্পূর্ণভাবে R_f এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হবে। অর্থাৎ, $I_{in} = I_f$।

এখন, $I_{in} = \frac{R_i\text{-এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ}}{R_i} = \frac{V_{in} - V_A}{R_i} = \frac{V_{in} - 0}{R_i} = \frac{V_{in}}{R_i}$

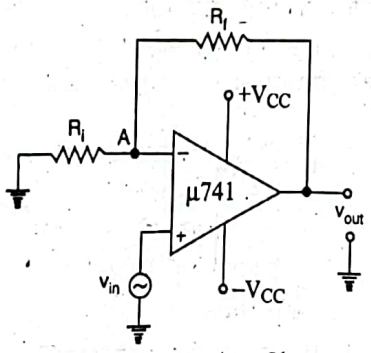
এবং $I_f = \frac{R_f\text{-এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ}}{R_f} = \frac{V_A - V_{out}}{R_f} = \frac{0 - V_{out}}{R_f} = -\frac{V_{out}}{R_f}$

যেহেতু, $I_f = I_{in}$

বা, $-\frac{V_{out}}{R_f} = \frac{V_{in}}{R_i}$

$\therefore$ ভোল্টেজ গেইন, $A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_i}$

❑ **নন-ইনভার্টিং অ্যাম্প্লিফায়ার (Non-inverting amplifier) :** নিচের চিত্রে একটি নন-ইনভার্টিং অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট দেখানো হয়েছে। ইনপুট সিগন্যাল V_{in}-কে Op-Amp এর নন-ইনভার্টিং টার্মিনালে দেয়া হয়। ফিডব্যাক রেজিস্টর R_f এর মাধ্যমে নেগেটিভ ফিডব্যাক প্রদান য যেহেতু ইনপুট সিগন্যালকে নন-ইনভার্টিং টার্মিনালে প্রদান করা হয় সেহেতু আউটপুট সিগন্যাল ইনপুটের সাথে ইন ফেজে থাকে।



চিত্র : ৪.৩ Op-Amp এর নন-ইনভার্টিং অপারেশন

Op-Amp স্যাচুরেশনে যাওয়ার পূর্বপর্যন্ত A বিন্দুর ভোল্টেজ V_A, ইনপুট ভোল্টেজ V_{in}-এর সমান হবে। ইনপুট ইম্পিড্যান্স অসীম সকল কারেন্ট R_f এবং R_i এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হবে।

অর্থাৎ, R_i-এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট = R_f-এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট

বা, $\frac{V_{in} - 0}{R_i} = \frac{V_{out} - V_{in}}{R_f}$

বা, $V_{in} R_f = V_{out} R_i - V_{in} R_i$

বা, $V_{out} R_i = V_{in}(R_i + R_f)$

বা, $\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_i + R_f}{R_i}$ [$\because$ ভোল্টেজ গেইন, $A_v = \frac{V_{out}}{V_{input}}$]

$\therefore$ ভোল্টেজ গেইন, $A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{R_f}{R_i}$

৪.৩ আদর্শ অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ারের বৈশিষ্ট্যসমূহ (The characteristics of an ideal Op-Amp) :

আদর্শ অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ারের নিম্নোক্ত ইলেকট্রিক্যাল বৈশিষ্ট্য রয়েছে–

১। ওপেন লুপ ভোল্টেজ গেইন A_v-এর মান অসীম। অর্থাৎ, $A_v = -\infty$

২। ইনভার্টিং এবং নন-ইনভার্টিং প্রান্তসমূহে পরিমাপকৃত ইনপুট রেজিস্ট্যান্স R_i-এর মান অসীম। অর্থাৎ, $R_i = \infty$ ওহম। ফলে কোনো সিগন্যালের উৎস এতে যুক্ত হতে পারে এবং পূর্ববর্তী স্টেজে কোনো লোডিং প্রভাব ফেলে না।

৩। আউটপুট টার্মিনালসমূহ হতে প্রাপ্ত আউটপুট রেজিস্ট্যান্স R_0-এর মান শূন্য। অর্থাৎ, $R_0 = 0$ ওহম। ফলে আউটপুটে অসীম স ডিভাইস যুক্ত করা যায়।

৪। $V_1 = V_2$ হলে ব্যালেন্স ভোল্টেজ পাওয়া যাবে; এখানে $V_0 = 0$ ভোল্ট হবে।

৫। ব্যান্ডউইডথ-এর মান অসীম। অর্থাৎ ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স-এর মান সমতল। ফলে 0 থেকে ∞ Hz পর্যন্ত যে-কোনো সি অ্যাটেনুয়েশন ব্যতীত বিবর্ধন করা যায়।

৬। বৈশিষ্ট্যসমূহ তাপমাত্রার সাথে পরিবর্তিত হয় না।

৭। কমন মোড রিজেকশন রেশিও (CMMR) এর মান অসীম; ফলে আউটপুট কমন মোড নয়েজ ভোল্টেজ এর মান শূন্য হয়।

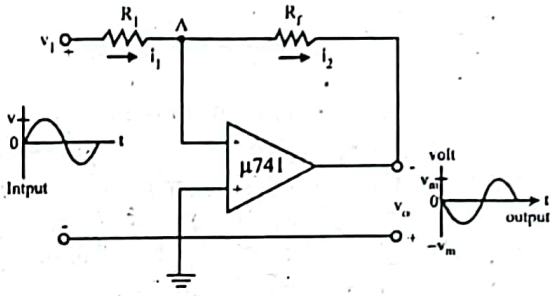
৮। স্লিউ রেট এর মান অসীম, ফলে ইনপুট ভোল্টেজ পরিবর্তনের সাথে সাথে আউটপুট ভোল্টেজের পরিবর্তন পর্যায়ক্রমে সংঘটিত হ

৪.৪ ইনভার্টার, স্কেল চেঞ্জার, ইউনিটি ফলোয়ার, কম্পারেটর, ফেজ শিফ্টার, অ্যাডার, সাবট্রাক্টর, ডিফারেনশিয়েটর, ইন্টিগ্রেটর, র‍্যাম্প জেনারেটর হিসাবে অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যাবলি (The operation of Op-Amp in inverter, scale changer, unity follower, comparator, phase shifter, adder, subtractor, differentiator, integrator, ramp generator) :

৪.৪.১ ইনভার্টার (Inverter) :

অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ার ইনভার্টার হিসাবে কাজ করে। অর্থাৎ ইনপুটে আগত সিগন্যালকে 180° ফেজ শিফ্ট ঘটায়। নিচের চিত্রে এ প্রকার অ্যাম্প্লিফায়ারের সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করা হয়েছে।

সার্কিটে নন-ইনভার্টিং প্রান্তটি গ্রাউন্ডকৃত, R_1 ইনপুট সিগন্যালের V_1 ইনভার্টিং ইনপুটের সাথে যুক্ত R_f ফিডব্যাক রেজিস্টর আউটপুট ও ইনপুট এর সাথে যুক্ত আছে এবং আউটপুটটি V_0 হতে নেয়া হয়।



চিত্র : ৪.৪ ইনভার্টিং Op-Amp. (নেগেটিভ স্কেলার)

গেইন (Gain) : যেহেতু A বিন্দুটি গ্রাউন্ড পটেনশিয়ালে রয়েছে তাই,

$$i_1 = \frac{V_{in}}{R_1} = \frac{V_1}{R_1}$$

$$i_2 = \frac{-V_0}{R_f} \text{ (} -\text{ ve চিহ্ন বসাতে হবে)}$$

A বিন্দুতে KCL সূত্র ব্যবহার করে আমরা পাই,

$$i_1 + (-i_2) = 0$$

বা, $\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_0}{R_f} = 0$

বা, $\frac{V_0}{R_f} = -\frac{V_1}{R_1}$

বা, $\frac{V_0}{V_1} = -\frac{R_f}{R_1}$

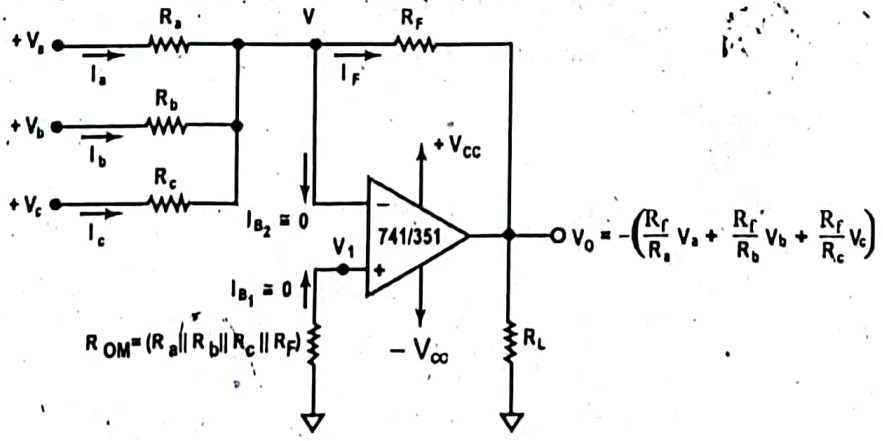
$\therefore A_V = -\frac{R_f}{R_1}$ অর্থাৎ, $A_V = -K$

$\therefore V_0 = -KV_{in}$

উপরের মান অনুসারে দেখা যায় যে, অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ার একটি নেগেটিভ স্কেলার হিসাবে কাজ করে এবং ইনপুট ভোল্টেজকে $-K$ মাল্টিপ্লায়ার দ্বারা গুণ করে।

৪.৪.২ স্কেলিং অ্যাম্প্লিফায়ার হিসাবে ইনভার্টার অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ার (Inverter operational amplifier as a scaling or weighted amplifier) :

যদি একাধিক উৎস হতে আগত ইনপুট ভোল্টেজকে বিভিন্ন ফ্যাক্টর দ্বারা বিবর্ধিত করা হয়, তবে এ প্রকার সার্কিটকে স্কেলিং অথবা ওয়েটেড অ্যাম্প্লিফায়ার বলে। মনে করি, V_a, V_b, V_c তিনটি ইনপুট সিগন্যাল R_a, R_b এবং R_c এর মাধ্যমে অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনভার্টিং ইনপুটে প্রয়োগ করা হয়েছে। V_0 যদি আউটপুট ভোল্টেজ হয় তবে সূত্রানুসারে আমরা পাই,



চিত্র : ৪.৫ স্কেলিং অ্যাম্প্লিফায়ার

$$V_0 = -\left(\frac{R_f}{R_a}V_a + \frac{R_f}{R_b}V_b + \frac{R_f}{R_c}V_c\right)$$

এখানে, স্কেলিং ফ্যাক্টর $\frac{R_f}{R_a} \neq \frac{R_f}{R_b} \neq \frac{R_f}{R_c}$

CamScanner

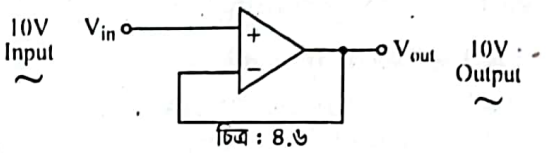
৪.৪.৩ ইউনিটি ফলোয়ার অ্যামপ্লিফায়ার (Unity follower amplifier) :

একটি ভোল্টেজ ফলোয়ার অপ-অ্যাম্প-কে বাফার অ্যামপ্লিফায়ার ইউনিটি গেইন অ্যামপ্লিফায়ার অথবা আইসোলেশন অ্যামপ্লিফায়ার বলে। এই অপ-অ্যাম্প-এর আউটপুট ভোল্টেজ সমান ইনপুট ভোল্টেজ। ভোল্টেজ ফলোয়ার সার্কিট ইনপুট সিগন্যালকে অ্যামপ্লিফায়ার করে না এবং ভোল্টেজ গেইন ।।

মূলত আউটপুট সিগন্যাল ইনপুট সিগন্যালের সমান হয় বলে, একে ইউনিটি ফলোয়ার অপ-আম্প বলে হয়।

একটি ভোল্টেজ ফলোয়ার বা ইউনিটি ফলোয়ার সার্কিট খুবই ইম্পিড্যান্স সম্পন্ন হয়।

পাশে Unity follower সার্কিটের চিত্র দেখানো হলো :

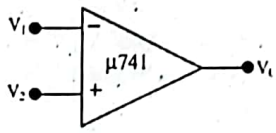


চিত্র : ৪.৬

৪.৪.৪ কম্পারেটর (Comparator) :

এটা এমন একপ্রকার সার্কিট, যা দুটি সিগন্যাল অথবা ভোল্টেজ লেভেলকে তুলনা করে। নিচে এ প্রকার সার্কিট অঙ্কন করা হলো। যদি V_1, V_2 এর চেয়ে বড় হয়, তবে V_0-এর মান পাওয়া যাবে। এখানে দেখা যায়, সার্কিটটি অল্প লেভেলের পরিবর্তনকে চিহ্নিত করতে পারে, যাতে আমরা বলতে পারি তা দুটি সিগন্যালকে তুলনা করে।

এখানে আউটপুট ভোল্টেজ, $V_0 = V_1 - V_2$.

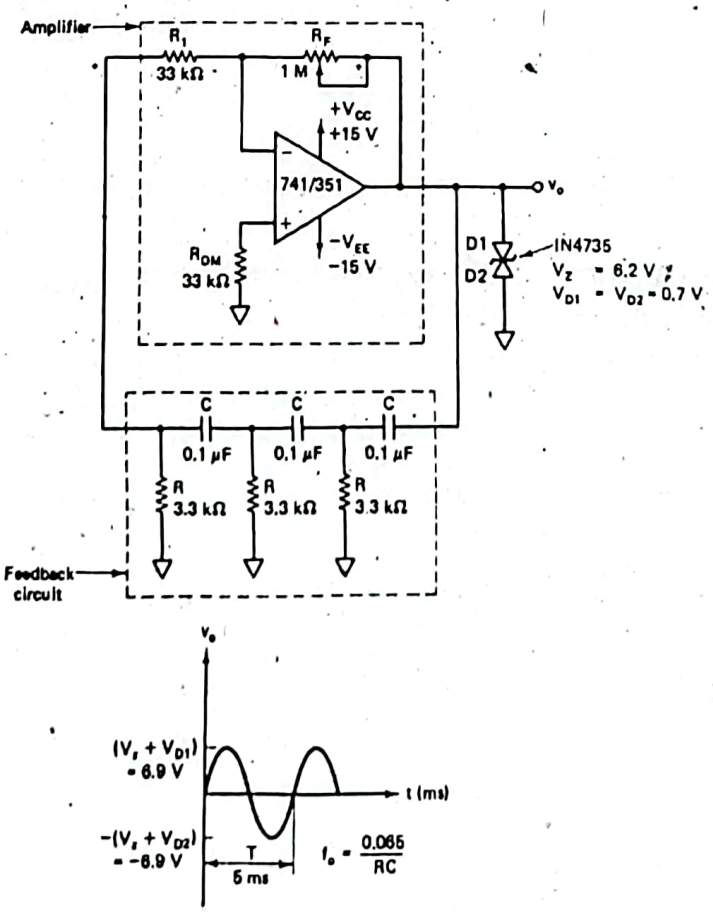


চিত্র : ৪.৭ কম্পারেটর

৪.৪.৫ ফেজ শিফট অসিলেটর (Phase shift oscillator) :

নিচে ইনভার্টিং কনফিগারেশন ব্যবহার করে একটি অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ার ভিত্তিক ফেজ শিফ্‌ট অসিলেটর সার্কিট অঙ্কন করা হয়েছে। সার্কিটে ফেজ শিফ্‌ট ঘটানোর জন্য তিনটি RC ক্যাসকেডেড নেটওয়ার্ক এবং ফিডব্যাক সার্কিট ব্যবহার করা হয়েছে। অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ারটিতে ইনভার্টিং মোড ব্যবহার করায় আউটপুট হতে যে-কোনো সিগন্যাল 180° শিফ্‌ট হয়ে ইনপুটে আসে। RC নেটওয়ার্কের মাধ্যমে তা আবার 180° ফেজ শিফ্‌ট ঘটায় সর্বমোট 360° শিফ্‌টের একটি লুপ গঠন করে।

ক্যাসকেডেড RC নেটওয়ার্কের মাধ্যমে ফেজ শিফ্‌ট ঘটার ফলে যে ফ্রিকুয়েন্সির সৃষ্টি হয়, তাকে অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সি f_0 বলে। এ ফ্রিকুয়েন্সির মান নিচের সমীকরণ অনুসারে পাওয়া যায়।



চিত্র : ৪.৮ RC ফেজ শিফট অসিলেটর এবং ওয়েভ ফর্ম

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC}$$
$$= \frac{0.065}{RC}$$

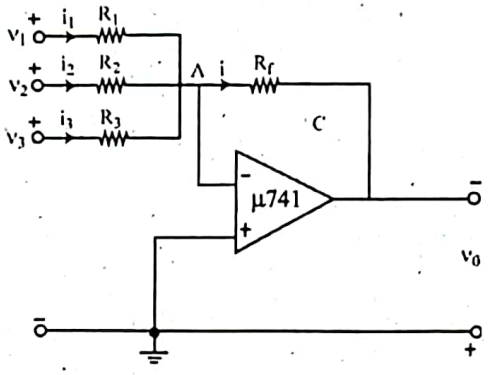
এই ফ্রিকুয়েন্সিতে গেইন A_V এর মান 29 হতে হবে, অর্থাৎ

$\left|\frac{R_f}{R_1}\right| = 29$ অথবা $R_f = 29R_1$

গেইনের মান 29 হলে সার্কিটটি সাইনোসয়ডাল ফ্রিকুয়েন্সি উৎপাদন করবে।

৪.৪.৬ অ্যাডার বা সামিং অ্যাম্প্লিফায়ার (Adder or summing amplifier) :

অ্যাডার সার্কিট দুই বা ততোধিক ইনপুট ভোল্টেজ, যা স্থির গেইন ফ্যাক্টর দ্বারা গুণিতক, তার বীজগাণিতিক যোগফলের সমানুপাতিক আউটপুট ভোল্টেজ উৎপাদন করে। নিচে তিনটি ইনপুট বিশিষ্ট ইনভার্টিং অ্যাডার সার্কিটের চিত্র অঙ্কন করে দেখানো হলো। এখানে দেখা যায়, আউটপুট ভোল্টেজ ইনপুটের বিপরীত ফেজে পাওয়া যায়।



চিত্র : ৪.৯ অ্যাডার সার্কিট

হিসাব (Calculation) : ধরে নিই, A পয়েন্টটি ভার্চুয়াল গ্রাউন্ড। সুতরাং

$i_1 = \frac{V_1}{R_1}$

$i_2 = \frac{V_2}{R_2}$

$i_3 = \frac{V_3}{R_3}$ এবং

$i = -\frac{V_0}{R_f}$

A বিন্দুতে কার্শফ কারেন্ট সূত্র প্রয়োগ করে আমরা পাই,

$i_1 + i_2 + i_3 + (-i) = 0.$

$\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} - \left(-\frac{V_0}{R_f}\right) = 0$ [i_1, i_2, i_3 এবং i এর মান বসিয়ে পাই]

$\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} + \frac{V_0}{R_f} = 0$

সুতরাং $V_0 = -\left(\frac{R_f}{R_1}V_1 + \frac{R_f}{R_2}V_2 + \frac{R_f}{R_3}V_3\right)$

অথবা, $V_0 = -(K_1V_1 + K_2V_2 + K_3V_3)$

যদি $R_1 = R_2 = R_3 = R$ হয়, তবে–

$V_0 = -\frac{R_f}{R}(V_1 + V_2 + V_3)$

$= -K(V_1 + V_2 + V_3)$

অর্থাৎ, আউটপুট ভোল্টেজ তিনটি ইনপুট ভোল্টেজের বীজগাণিতিক যোগফলের সমানুপাতিক। যদি $R_f = R$ হয়, তবে আউটপুট, ইনপুটের যোগফলের সমান হবে। অধিকন্তু $R_f = \frac{R}{3}$ হলে–

$V_0 = \frac{-R/3}{R}(V_1 + V_2 + V_3)$

$= -\frac{1}{3}(V_1 + V_2 + V_3)$

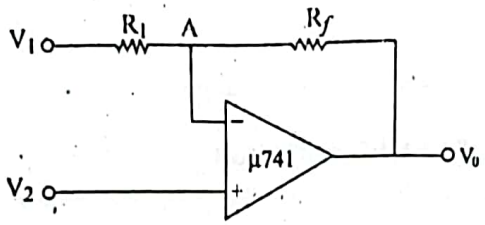
অর্থাৎ, আউটপুট তিনটি ইনপুটের গড় মানের সমান।

৪.৪.৭ সাবট্রাক্টর (Subtractor) :

সাবট্রাক্টরের মাধ্যমে ইনপুট সিগন্যালের পার্থক্যের সমানুপাতিক আউটপুট ভোল্টেজ উৎপাদন করা হয়। এখানে ইনপুট সিগন্যাল অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনভার্টিং এবং নন-ইনভার্টিং টার্মিনালে দেয়া হয়।

CamScanner

হিসাব (Calculation) : নিচের চিত্রে সুপার পজিশন সূত্রানুসারে আমরা পাই, $V_0 = V_0' + V_0''$



চিত্র : ৪.১০ সাবট্রাক্টর

এখানে V_0' এবং V_0'' আউটপুটদ্বয় যথাক্রমে V_1 এবং V_2 দ্বারা উৎপন্ন হয়।

$\therefore V_0' = -\frac{R_f}{R_1} V_1$ [ইনভার্টিং]

$V_0'' = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) V_2$ [নন-ইনভার্টিং]

$\therefore V_0 = V_0'' - V_0'$

$\therefore V_0 = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) V_2 - \frac{R_f}{R_1} V_1$

যেহেতু $R_f >> R_1$ এবং $R_f/R_1 >> 1$ ফলে

$\therefore V_0 = \frac{R_f}{R_1}(V_2 - V_1)$

$= K(V_2 - V_1) \left[\because \frac{R_f}{R_1} = K\right]$

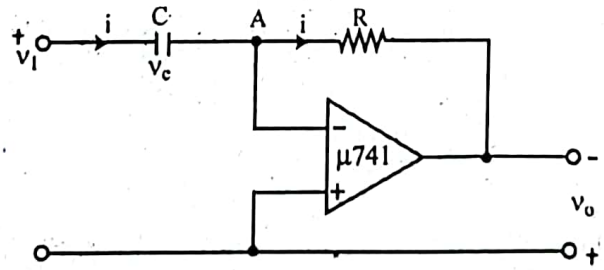
অন্যদিকে যদি $R_f = R_1$ হয়, তবে–

$V_0 = (V_2 - V_1)$

= দুটি ইনপুট ভোল্টেজের পার্থক্যের সমান।

৪.৪.৮ ডিফারেনশিয়েটর (Differentiator) :

ডিফারেনশিয়েটরের কাজ হলো ইনপুট ভোল্টেজের পরিবর্তনের সমানুপাতিক আউটপুট ভোল্টেজ উৎপাদন করা। এটা ইন্টিগ্রেটর-এর গাণিতিক কার্যাবলির বিপরীত। চিত্রে দেখা যায়, যখন ডিফারেনশিয়েটরে সুষম (linearly) বৃদ্ধিপ্রাপ্ত র‍্যাম্প ইনপুট দেয়া হয়, তখন আমরা আউটপুটে স্থির মানের ডিসি ভোল্টেজ পেয়ে থাকি।



চিত্র : ৪.১১ ডিফারেনশিয়েটর

হিসাব (Calculation) : ক্যাপাসিটরকে ইনপুট সিরিজে এবং রেজিস্টরকে প্যারালালে সংযোজন করে ডিফারেনশিয়েটর সার্কিট গঠন করা হয়। মনে করি, i = চার্জের পরিবর্তনের হার

$= \frac{dq}{dt}$

আবার আমরা জানি, $q = CV_C$

$\therefore i = \frac{d}{dt}(CV_C)$ [$\because$ q এর মান বসিয়ে পাই]

$= C\frac{dV_C}{dt}$

CamScanner

A বিন্দুকে ভার্চুয়াল গ্রাউন্ড হিসাবে বিবেচনা করলে

$V_0 = -iR$

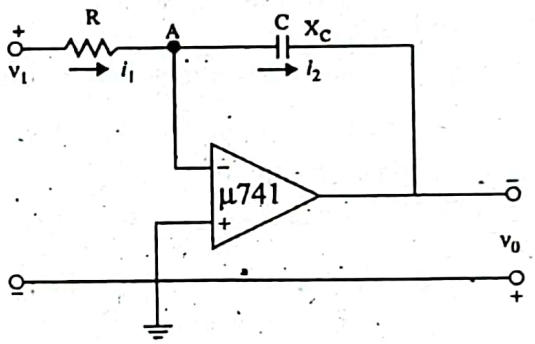
$= -(C.\frac{dV_C}{dt})R$ [∴ i এর মান বসিয়ে পাই]

$= -CR.\frac{dV_C}{dt} = -RC\frac{d}{dt}(v_{in})$

উপরোক্ত সমীকরণ হতে দেখা যায়, আউটপুট ভোল্টেজ ইনপুট ভোল্টেজের ডেরিভেটিভের সমানুপাতিক এবং তাকে একটি টাইম কনস্ট্যান্ট (– CR) দ্বারা গুণ করতে হবে।

৪.৪.৯ ইন্টিগ্রেটর (Integrator) :

ইন্টিগ্রেটরের কাজ হলো ইনপুটে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের সমানুপাতিক আউটপুট ভোল্টেজ উৎপাদন করা। পাশে একটি সরল ইন্টিগ্রেটরের চিত্র অঙ্কন করা হলো। এখানে দেখা যায়, ইনপুট ভোল্টেজ ডিসি লেভেলে হলে আউটপুটে লিনিয়ারলি বৃদ্ধিপ্রাপ্ত র‍্যাম্প ভোল্টেজ পাওয়া যায়।



চিত্র : ৪.১২ ইন্টিগ্রেটর

হিসাব (Calculation) : এই সার্কিটে রেজিস্টরকে সিরিজে এবং ক্যাপাসিটরকে প্যারালালে সংযোজন করা হয়। A পয়েন্টকে ভার্চুয়াল গ্রাউন্ড হিসাবে বিবেচনা করলে আমরা পাই,

$i_1 = \frac{V_1}{R}$

এবং $i_2 = c\frac{dv_c}{dt} = c\frac{dv_0}{dt}$

A, পয়েন্টে KCL প্রয়োগ করে পাই, $i_1 = -i_2$

বা, $\frac{v_1}{R} = -c\frac{dv_0}{dt}$

উভয় পক্ষকে সময়ের সাপেক্ষে ইন্টিগ্রেটিং করে পাই,

$\int_0^t \frac{v_1}{R}dt = -\int_0^t c\frac{dv_0}{dt}dt$

বা, $\frac{1}{R}\int_0^t v_1 dt = -\int_0^t c\frac{dv_0}{dt}dt$

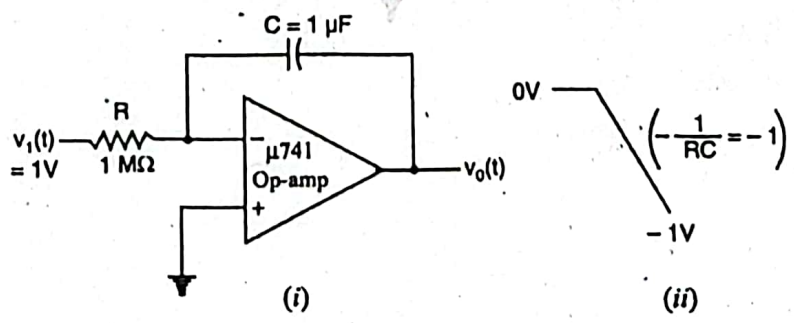
$= -c.v_0$

$\therefore v_0 = -\frac{1}{RC}\int_0^t v_1\,dt$

অর্থাৎ ইন্টিগ্রেটর সার্কিটের আউটপুট, ইনপুট ভোল্টেজের ইনপুটের সাথে সমানুপাতিক।

৪.৪.১০ র‍্যাম্প জেনারেটর (Ramp generator) :

চিত্রে Op-Amp ব্যবহৃত একটি র‍্যাম্প জেনারেটর সার্কিট দেখানো হলো। যে ভোল্টেজ সময়ের সাথে সরলরৈখিকভাবে হ্রাস বা বৃদ্ধি পায়, তাকে র‍্যাম্প ভোল্টেজ বলে। সার্কিটটি মূলত একটি ইন্টিগ্রেট সার্কিট। এর ইনপুটে যখন কনস্ট্যান্ট ভোল্টেজ তখন আউপুটে র‍্যাম্প ভোল্টেজ পাওয়া যায়। যেহেতু Op-Ampটি ইনভার্টিং মোডে কাজ করে, সেহেতু র‍্যাম্প ভোল্টেজটি ঋণাত্মক ঢাল-বিশিষ্ট হবে।



চিত্র : ৪.১৩ র‍্যাম্প জেনারেটরের অপারেশন অ্যাম্প্লিফায়ার

CamScanner