

Laboratorijas darba Nr. 2

FUNKCIONĀLĀS IERĪCES UZ OPERACIONĀLO PASTIPRINĀTĀJU BĀZES

ATSKAITE

Izpildīts brigādes Roberts Benķis, Monta Daugaviete, Mārtiņš Dundurs sastāvā

Mārtiņš Dundurs

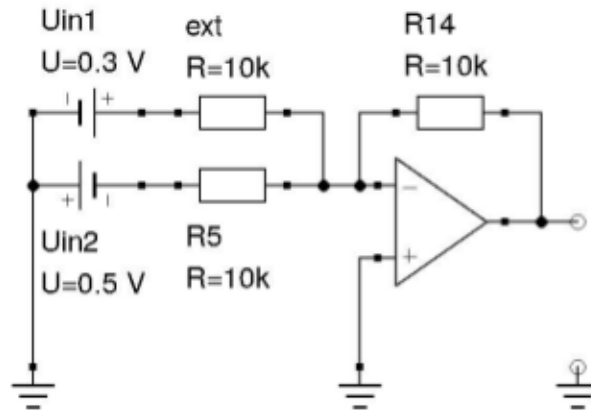
rect0 grupa, apl. nr.

2018. gada 6. aprīlī

1 DARBA MĒRĶI

Šī darba mērķis ir pārbaudīt OP funkcionālo ierīču teorētisko likumu īstenību uz reālas ierīces un novērot kādas neprecizitātes veidojas to darbībā atšķirībā no teorijas.

2 SASKAITĪŠANAS SHĒMA



Eksperimenta laikā tika nepareizi uzstādīts ieejas spriegums U_{in1} . Tika prasīta pozitīva vērtība $U_{in1} = 0.3 \text{ V}$, bet tika uzstādīta negatīva $U_{in1} = -0.3 \text{ V}$. Aprēķins:

$$U_{out} = -R_{AS} \left(\frac{U_{in1}}{R_{in1}} + \frac{U_{in2}}{R_{in2}} \right) = -10k \left(\frac{-0.3}{9.97k} + \frac{(-0.5)}{10k} \right) = 0.815 \text{ V}$$

Table 1: 1. uzdevums

	$U_{in1}, \text{ V}$	$U_{in2}, \text{ V}$	$R_{in1}, \text{ k}\Omega$	$R_{in2}, \text{ k}\Omega$	$R_{AS}, \text{ k}\Omega$	$U_{out}, \text{ V}$
Aprēķins	-0.3	-0.5	10	9.97	10	0.815
Eksperiments	-0.3	-0.5	10	9.97	10	0.808

1.b uzdevuma nosacījums:

$$U_{out} = -(3U_{in1} + 2U_{in2})$$

Aprēķins:

$$U_{out} = -\left(\frac{R_{AS}}{R_{in1}} U_{in1} + \frac{R_{AS}}{R_{in2}} U_{in2} \right) \rightarrow \begin{cases} \frac{R_{AS}}{R_{in1}} = 3 \\ \frac{R_{AS}}{R_{in2}} = 2 \end{cases}, \quad R_{AS} = 100k\Omega \rightarrow R_{in1} = 33.3(3)k\Omega, \quad R_{in2} = 50k\Omega$$

Table 2: 2. uzdevums

	U_{in1}, V	U_{in2}, V	$R_{in1}, k\Omega$	$R_{in2}, k\Omega$	$R_{AS}, k\Omega$	U_{out}, V
Aprēķins	0.3	-0.5	50	33.3(3)	100	0.1
Eksperiments	0.3	-0.5	49.48	33.3	98.3	0.886

3 INTEGRĒŠANAS SHĒMA

3.1 Mājas darbs

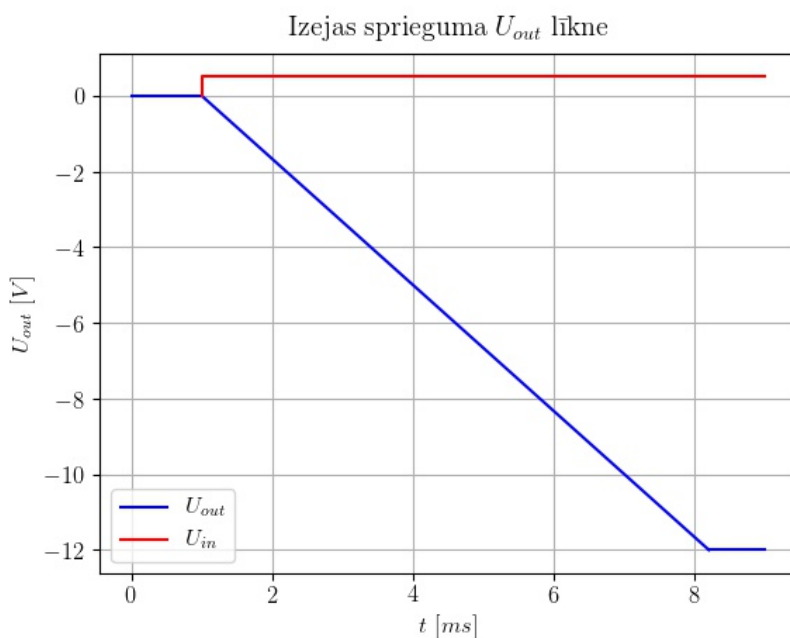
Punkts a)

$$U_{out} = -\frac{1}{RC} \int U_{in}(t) dt$$

Ja $U_{in} = const.$, tad:

$$U_{out} = -\frac{U_{in}}{RC}t + U_{out0},$$

kur U_{out0} ir sākotnējais izejas spriegums. Ieejas un izejas spriegumi izskatīsies sekojoši:



Punkts b) Kāds būs izejas spriegums pēc $1ms$?

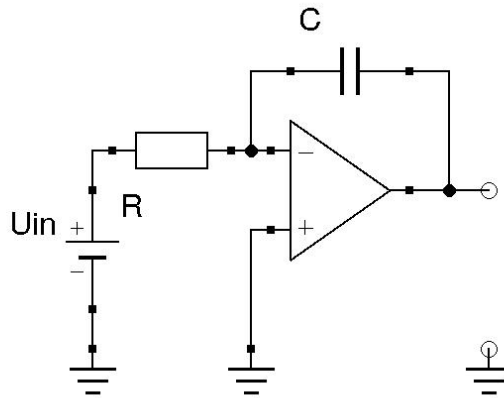
$$U_{out} = -\frac{1}{RC} \int_{t_0}^{t_1} U_{in} dt = -\frac{U_{in}}{RC} (t_1 - t_0) + U_{out0}$$

Ja $t_0 = 0$, $t_1 = 1 ms$, $R = 30 k\Omega$, $C = 10 nF$ un $U_{in} = 0.5 V$, tad:

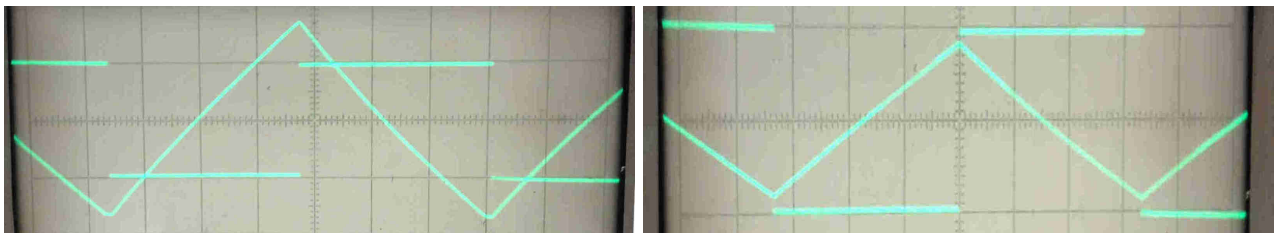
$$U_{out} = -\frac{0.5}{30 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-8}} (0.001 - 0) = -1.6(6) mV$$

3.2 Eksperiments

Punkts 2.1

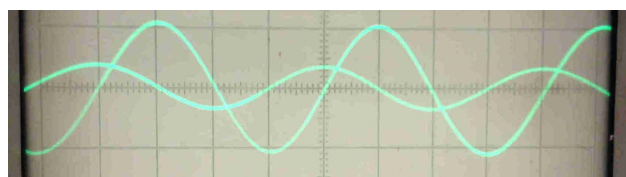


Sekojošajā eksperimentā mēs novērojam ieejas/izejas signālu formas izmaiņas pie dažādām atgriezeniskās saites kapacitātēm - pirmais attēls pie $C = 4.7 \text{ nF}$, bet otrais pie $C = 10 \text{ nF}$.



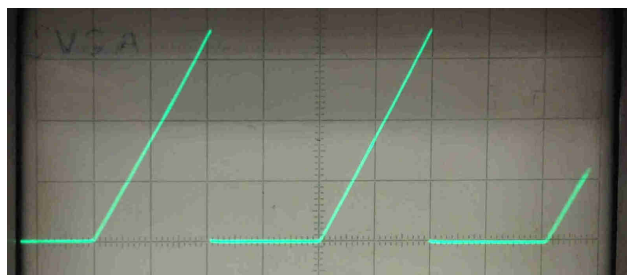
Abos attēlos ieejas signāls ir viens un tas pats - meandrs ar frekvenci 300 Hz un amplitūdu 0.5 V . Izejas signāliem abos eksperimentos ir vienāda forma un frekvence, bet atšķirīga amplitūda. Pie tam, frekvence sakrīt ar ieejas signālu. Izejas signālu forma ir trīsstūrveida un abos eksperimentos atšķiras līknes slīpums. Proti, pirmajā gadījumā izejas spriegums pieaug straujāk kā otrajā gadījumā. Tas ir skaidrojams ar to, ka, mainot kapacitāti, mainās t.s. laika konstante $\tau = RC$. Jo šī ir lielāka, jo mazāk strauji pieaugs/samazināsies (atkarībā no ieejas signāla polaritāte) izejas spriegums. Šis arī izskaidro kāpēc otrajā eksperimentā izejas signāla amplitūda ir zemāka - proti, tā sprieguma pieauguma ātrums ir mazāks un viena meandra pusperioda laikā tas nespēj sasniegt tik augstu amplitūdu kā pirmajā eksperimentā.

Punkts 2.2 Šajā punktā mēs uzņemam oscilogrammu, kad integratoram tika padots harmonisks signāls ar frekvenci 500 Hz un amplitūdu 0.5 V . Uz oscilogrāfa mēs iestādījām laika izvērši 0.5 ms .



Attēlā lielās vertikālās iedaļas vērtība ir 0.5 V , bet horizontālās 0.5 ms . Gan ieejas, gan izejas signāls saglabā frekvenci, jo to periodi ir vienādi: $T = 2 \text{ ms}$. Tomēr fāzes atšķiras - izejas signāls ir nobīdīts par 90° jeb par ceturtdaļperiodu. Tāpat ir mainījies arī amplitūda - izejas signālam tā ir aptuveni $U_{iz} = 1.8 \text{ V}$ (izejas signālam ir 5 V/ied). Teorētiski amplitūdai vajadzētu būt aptuveni $U_{max} = 1.59 \text{ V}$. Integratoram ir nedaudz lielāka, jo kļūdu ievieš niecīgā ieejas strava un sprieguma nobīde.

Punkts 2.3 Sekojošajā eksperimentā mēs neizmantojam izlādes pretestību R21, bet gan citu paņēmieni, kas izlādē kondensatoru, kad ieejā ir līdzspriegums. Ja kondensators netiktu izlādēts, tad, dēļ OP nepilnībām (nobīdes strāvas un sprieguma), integratora izeja braukātu kur vien tai iegribās. Šis paņēmieni pēc signāla sinhronizācijas vada slēdzi, kurš saslēdz AS, apejot kondensatoru, tad, kad ieejā ir līdzspriegums. Rezultātā kondensators var brīvi izlādēties. Mēs eksperimentā nevarējām precīzi uzstādīt mājas darba R un U_{in} vērtības. Pie tam tika prasīts uzstādīt U_{in} ar pretēju zīmi. Tātad $R = 29.78 \text{ k}\Omega$ un $U_{in} = -0.5159 \text{ V}$. Rezultātā teorētiski $U_{iz} = 1.7324 \text{ V}$, bet eksperimentā $U_{iz} = 1.75 \text{ V}$. Šeit kļūda ir maza un tā var rasties gan dēļ oscilogrāfa nolasišanas ar aci, gan dēļ minētajām OP nepilnībām.



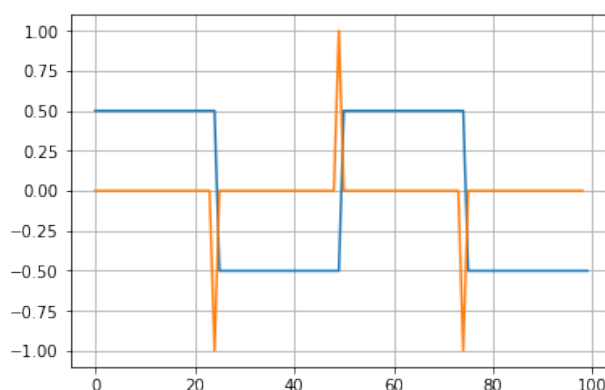
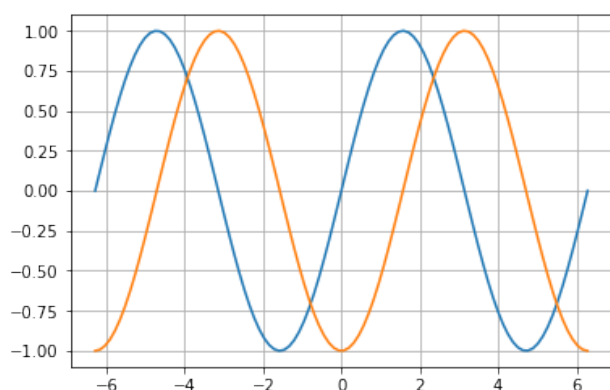
4 DIFERENCĒJOŠĀ SHĒMA

4.1 Mājas darbs

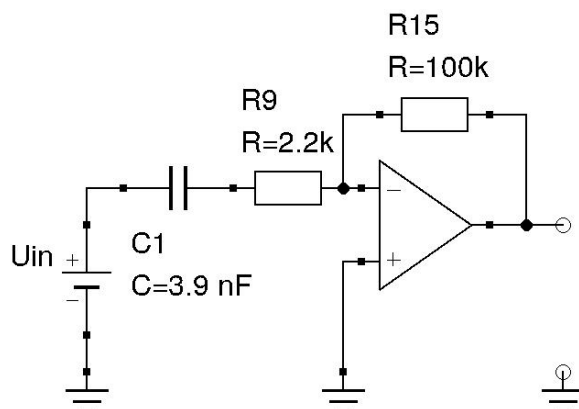
Punkts 3.1

- Ja $U_{in} = \sin(t)$, tad $U_{out} = \cos(t)$. Izejas signāls būs ar tādu pašu frekvenci, bet amplitūda atšķirsies atkarībā no frekvences.
- Ja U_{in} ir trīstūra signāls, tad U_{out} būs meandrs. Kad ieejas signāls pieaugs ar konstantu ātrumu, izejas signāls būs konstants ar negatīvu polaritāti. Kad ieejas signāls samazināsies, tad izejas signāls būs ar pozitīvu polaritāti.
- Ja U_{in} ir meandrs, tad izejas signāls būs negatīvs delta impulss taisnstūra sākumā un pozitīvs beigās $U_{out} = \delta(t)$.

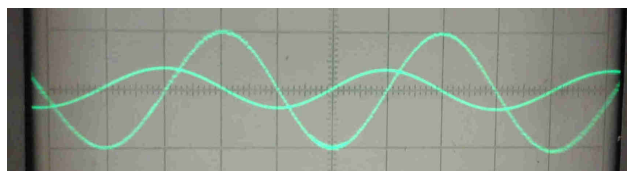
Punkti 3.2 un 3.3



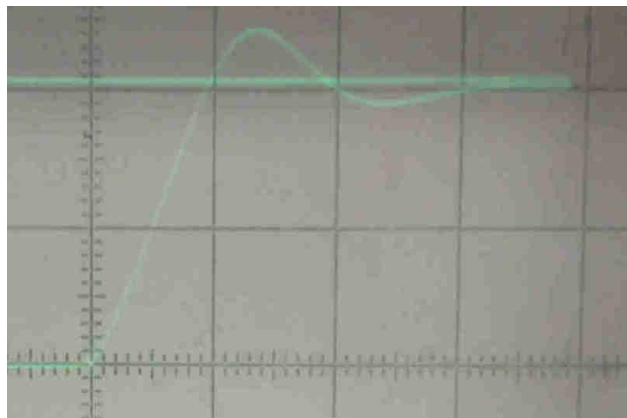
4.2 Eksperiments



Sekojošajā eksperimentā mēs vispirms padevām sinusoīdas ieejas signālu ar frekvenci 500 Hz no ģenerators. Izmantojot potenciometru R_{19} , mēs uzstādījām izejas signālu ar amplitūdu $U_{out} \approx 4\text{ V}$. Rezultātā ieguvām sekojošu oscilogrammu.



Redzam, ka fāzes nobīde ir par $+90^\circ$ (ja neņem vērā, ka izeja ir invertējoša). Principā fāzes nobīde ir par -90° . Rezultāts atbilst sagaidāmajam, proti $\sin(t)$ atvasinājums ir $\cos(t)$. Kā nākamo eksperimentu, mēs harmoniska signāla vietā padevām meandru ar tādiem parametriem, lai $U_{out} \approx 5 \text{ V}$. Mēs uzstādījām tādu izvērssi $10 \mu\text{s}$, lai varētu izmērīt izejas signāla pieauguma ātrumu.



Pieauguma ātrumu mēs rēķinājām sākot no 10% līdz 90% sprieguma pieauguma. Rezultātā ieguvām sekojošu rezultātu. Šis rezultāts liecina par to, ka īsto teorētisko signāla atvasinājumu mēs varam iegūt tikai tādām

Table 3

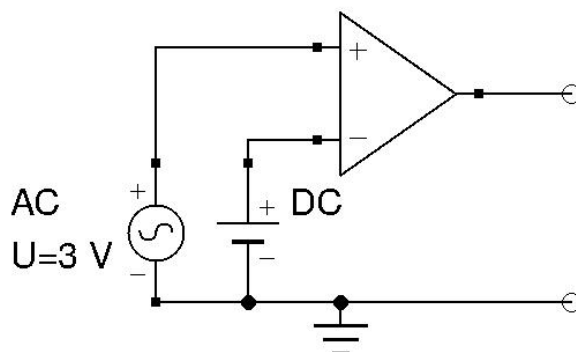
	Eksperiments	Pase
$U_{out} [\text{V}/\mu\text{s}]$	0.57	0.5

signālam, kura sprieguma pieaugums/samazinājums nesasniedz šo ātruma robežu.

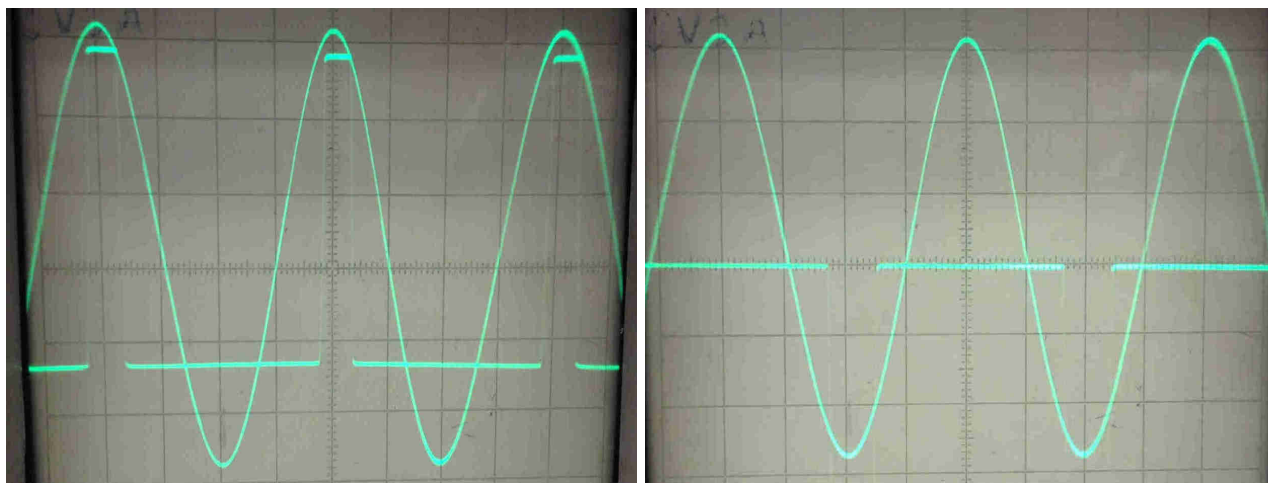
5 SPRIEGUMA KOMPARATORS

Komparatora OP slēgumā ieejā ir divi analogi signāli, bet izejā ir viens loģiskais signāls. Tā izeja ir paredzēta izmantošanai loģiskajās shēmās, tāpēc tā ir jāsalāgo pēc līmeņa un jaudas.

5.1 Maiņsprieguma un līdzsprieguma ieejas



Vispirms mēs pieslēdzām maiņspriegumu vienai OP ieejai, kamēr otrā līdzspriegumu. Mēs izmantojām maiņspriegumu ar amplitūdu $U_{max} = 3 \text{ V}$ un fiksējām oscilogrammas diviem balsta spriegumiem $U_{01} = 0.9 \cdot 3 \approx 2.69 \text{ V}$ (1.att) un $U_{02} = 0.8 \cdot 3 \approx 2.42 \text{ V}$ (2.att).



Redzam ka OP ieslēdzas, tajos laika sprīžos, ka mainspriegums sasniedz līdzsprieguma uzstādīto vērtību. Redzam arī ka atgriešanas pie izslēgtā stāvokļa notiek nedaudz vēlāk ne kā, ka notika ieslēgšanās. Tas skaidrojams ar histerēzes cilpu, proti, lai notiktu atgriešanās pie pretējā stāvokļa nepieciešams robežu pārkāpt nedaudz vairāk. Izteiktāka histerēzes cilpa ir, kad balsta spriegums ir tuvāks sinusoidas maksimālajai vērtībai, jo tajā sinusoidas posmā sprieguma izmaiņas ātrums ir mazāks un tas nesasniedz histerēzes cilpas atpakaļceļa robežu tik ātri.

5.2 Komparatora salīdzinājums bez un ar AS

Sekojošajā eksperimentā mēs fiksējam to ieejas spriegumu, pie kura notiek komparatora pārslēgšanās. Mēs abās ieejā padevām līdzspriegumu, bet vienu no tiem mēs lēzeni mainījām ar potenciometru un fiksējam komparatora pārslēgšanos ar LED polaritātes indikatoru palīdzību. Mēs šo procedūru izpildījām gan pozitīvas AS, gan bez AS slēgumam. Dēļ histerēzes cilpas mēs fiksējam sliekšni, griežot no abām pusēm (U_{out}^0 un U_{out}^1). Rezultāti apkopoti tabulā. Mēs redzam, ka pozitīvās AS slēgums mums ļauj izejā panākt daudz lielāku

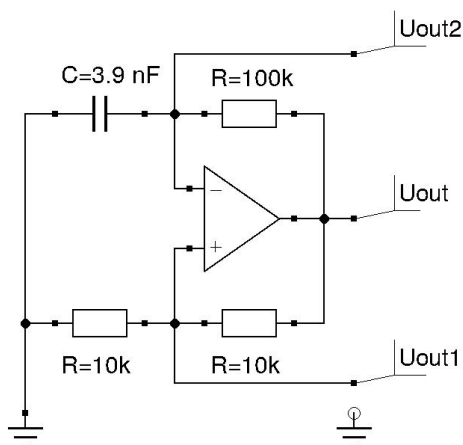
Table 4

	Bez AS	Ar pozitīvo AS
U_{out}^0	-2.6 mV	0.5 V
U_{out}^1	1.1 mV	0.5 V

spriegumu, kas nepieciešams tālākajām loģiskajām shēmām.

6 Analogu signālu ģenerators

Šajos eksperimentos mēs pētījām sekojošu multivibrators shēmu. Redzam, ka ieejas signālu ģenerators nesaņem.



6.1 Mājasdarbs

1) Aprēķināt multivibratora svārstību periodu, ja dotas sekojošas elementu vērtības: $R_1 = R_2 = 10\text{ k}\Omega$; $R = 100\text{ k}\Omega$; $C = 3.9\text{ nF}$.

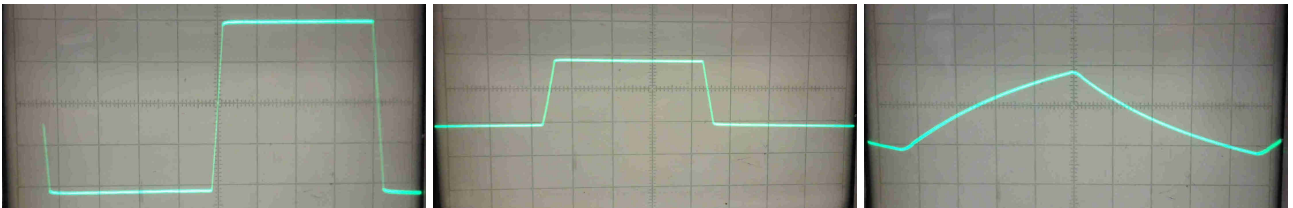
$$\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}; \quad T_0 = 2RC \ln\left(\frac{1+\beta}{1-\beta}\right) = 0.8569\text{ ms}$$

2) Dots svārstību periods $T_0 = 2\text{ s}$. Aprēķināt nepieciešamo uzlādes rezistora R vērtību. Kā kapacitāti izvēlējos $C = 3.3\text{ }\mu\text{F}$.

$$R = \frac{T_0}{2C \ln\left(\frac{1+\beta}{1-\beta}\right)} = 275.8301\text{ k}\Omega$$

6.2 Eksperiments

1) **mājasdarba pārbaude** Lai pārbaudītu mājasdarbu, mēs varam nomērīt periodu gan U_{out} , gan U_{out1} , gan U_{out2} . Mēs nofiksējām sekojošas oscilogrammas.



Oscilogramma, pēc kuras fiksējām U_{out1} perioda vērtību diemžēl netika saglabāta. Pēc oscilogrammām varam redzēt, ka gan U_{out1} , gan U_{out2} amplitūdas ir uz pusi mazākas kā U_{out} . Sekojošajā tabulā apkopoti mūsu mērījumu rezultāti. Mēs novērtējām ka U_{out2} periods bija ļoti nedaudz ilgāks. Kā rezultātu uzrādījām visu trīs

Table 5

	Aprēķinātā vērtība	Vērtība eksperimentā
T_0	0.8569 ms	0.88 ms

izeju vidējo vērtību. Amplitūdas: $U_{out} = 10\text{ V}$; $U_{out1} = 5\text{ V}$; $U_{out2} = 5\text{ V}$.

2) **mājasdarba pārbaude** Mēs ar multimetru uzstādījām potenciometru ar vērtību $R = 277.7\text{ k}\Omega$. Lai salīdzinātu ar aprēķinu, mēs mērījām periodu sekojošā veidā: pēc LED indikatoriem fiksējām pārslēgšanās brīžus. Mēs skaitījām 20 periodus un ieguvām $T_{full} = 37.16\text{ s}$. Tātad mūsu rezultāts ir $T = 1.858\text{ s}$. Tas atšķiras no teorētiskā par 7.1%. Kļūda var būt skaidrojama ar elementu neprecizitāti un nepietiekamu mērījumu skaitu. Kopējo multivibratora darbības principu mēs varam apstiprināt, neskatoties uz to.

7 SECINĀJUMI

Šajā darbā mēs izpētījām OP saskaitīšanas, integrēšanas un diferencēšanas shēmas. Izpētījām komparatoru, kā arī multivibratoru. Darbā mēs apstiprinājām to darbības principus un eksperimentos iegūtie rezultāti izrādījās vairāk vai mazāk atbilstoši teorētiski aprēķinātajiem. Analogās skaitļošanas ierīces izmanto, kad ir vitāli svarīgs skaitļošanas ātrums. Integratorus un diferencatorus izmanto regulēšanas sistēmās PI un PID ierīcēs. Pārsvarā PI un PID gan tiek izmantoti kā algoritmi ciparu sistēmā. Sprieguma komparators mūs iepazīstināja kā iespējama pāreja no analogajiem signāliem uz digitālajiem. Analogais signālu ģenerators mums piedāvā iespēju veidot dažādas formas signālus, kuriem iespējams kontrolēt to parametrus (amplitūdu, periodu).

Kopumā šis darbs parādīja cik fundamentāli nozīmīgs elektronikā ir operacionālais pastiprinātājs. Mēs redzam cik viegli pielāgojams un izmantojams ir OP dažādu inženiertehnisku uzdevumu risināšanā.