

به نام خدا

## گزارشکار آزمایش دهم مدارهای الکتریکی و الکترونیکی

### کاربردهای خطی تقویت‌کننده‌ی عملیاتی

چمران معینی

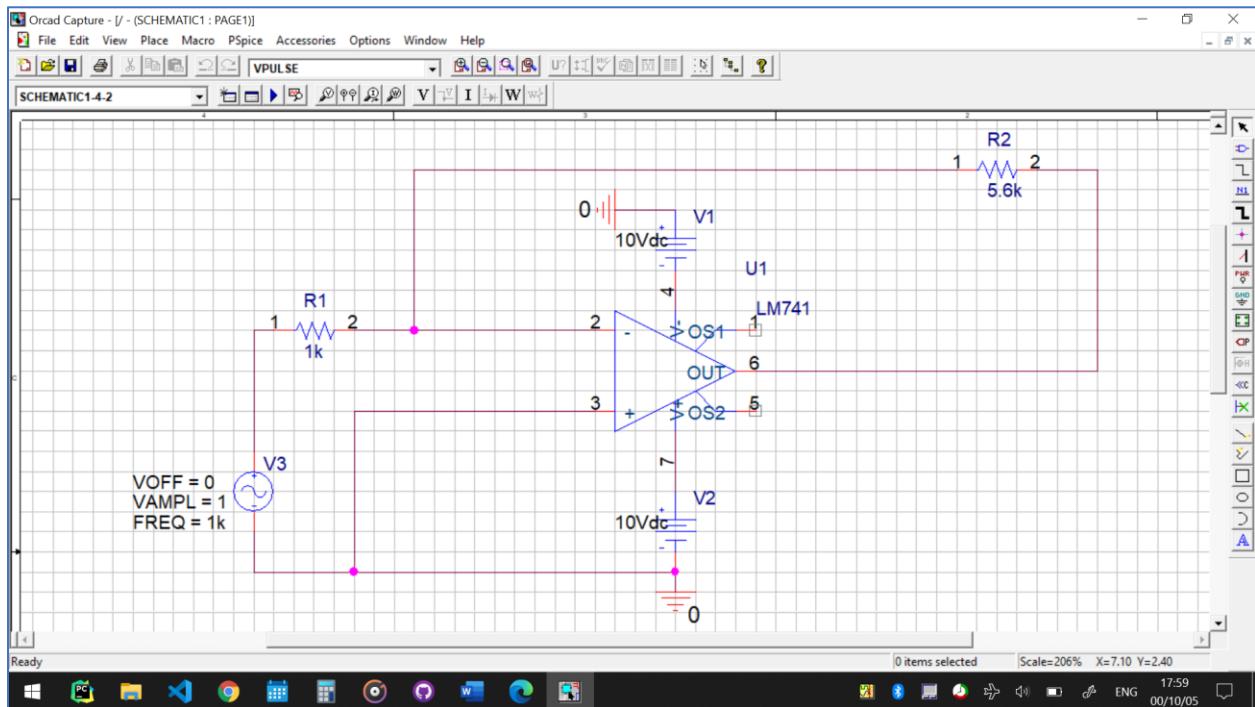
۹۹۳۱۰۵۳

هدف آزمایش: بررسی تقویت‌کننده‌ی

(۱)

### تقویت‌کننده‌ی معکوس‌کننده

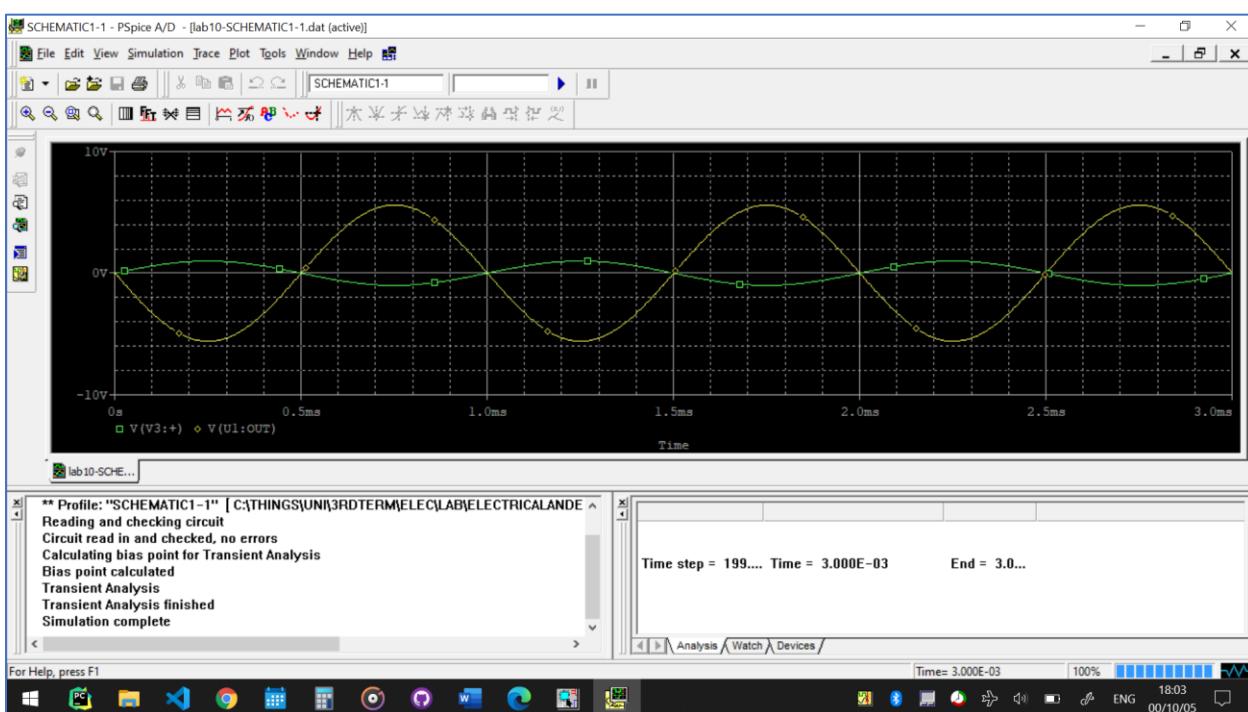
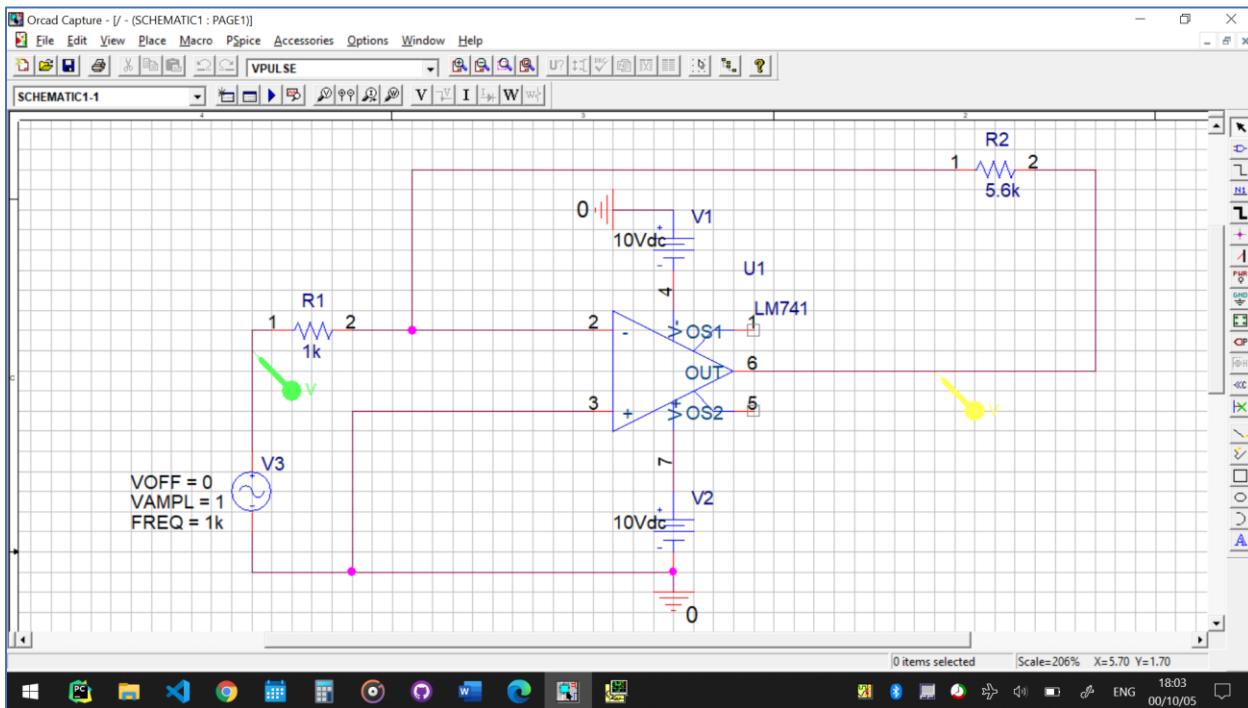
مداری مانند مدار زیر می‌بندیم:



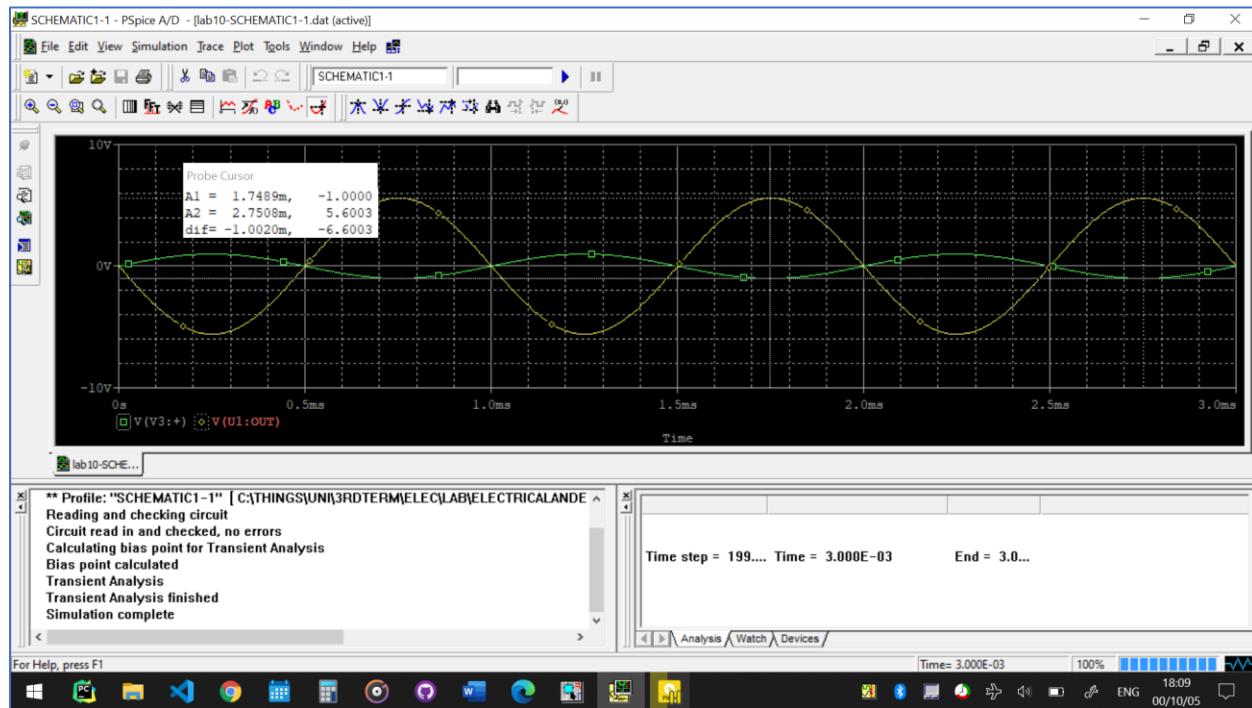
به کمک این مدار که فیدبک منفی دارد، می‌خواهیم یک تقویت‌کننده با بهره‌ی منفی بسازیم.

قصد داریم که بهره‌ی مدارمان 5.6 باشد و مقدار R1 هم برابر با هزار اهم باشد. محاسبه می‌کنیم که R2 باید چه مقداری را داشته باشد:

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1} \rightarrow 5.6 = \frac{R_2}{R_1} \rightarrow R_2 = 5.6 * 1k \rightarrow R_2 = 5.6 k\Omega$$



حال می خواهیم بهره را محاسبه کنیم. به این منظور، باید مقدار ماکسیمم این دو ولتاژ را با یکدیگر مقایسه کنیم.



برای به دست آوردن بهره، کافیست محاسبه کنیم:

$$\frac{5.6}{-1} = -5.6$$

می‌بینیم که این مقدار، همان مقداری است که بر اساس محاسباتمان، انتظار داشتیم.

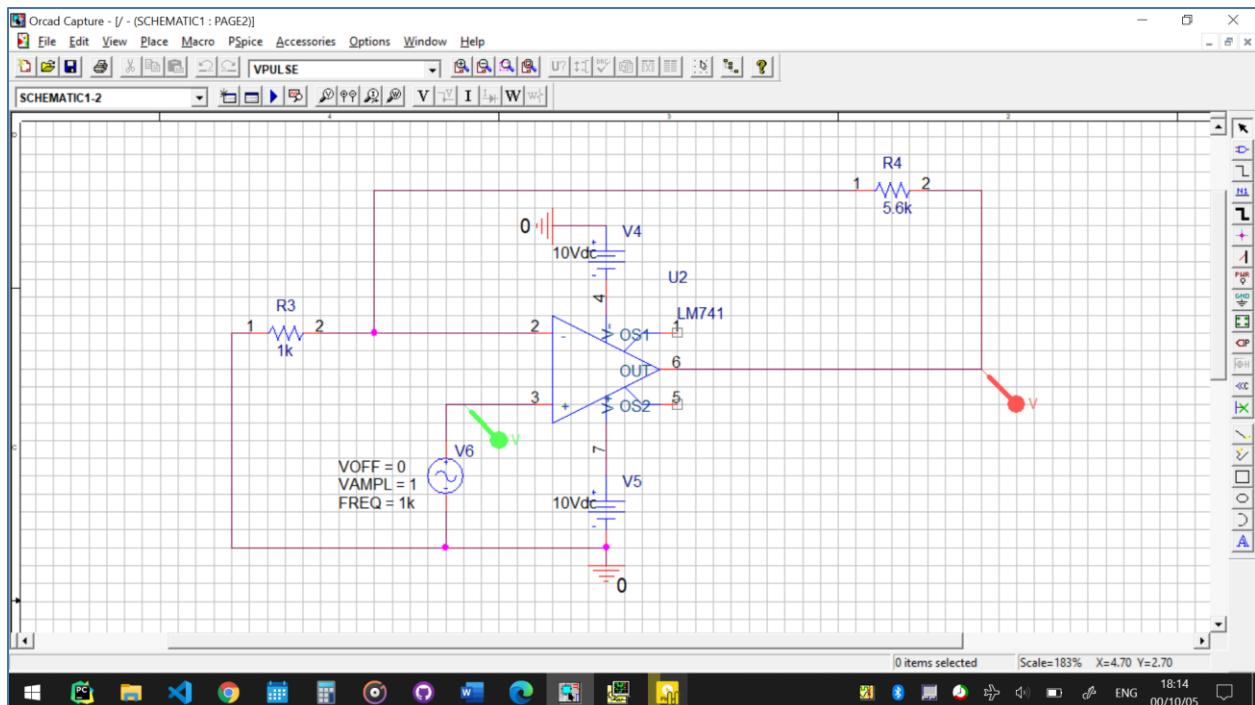
(۲)

### تقویت‌کننده‌ی غیر معکوس کننده

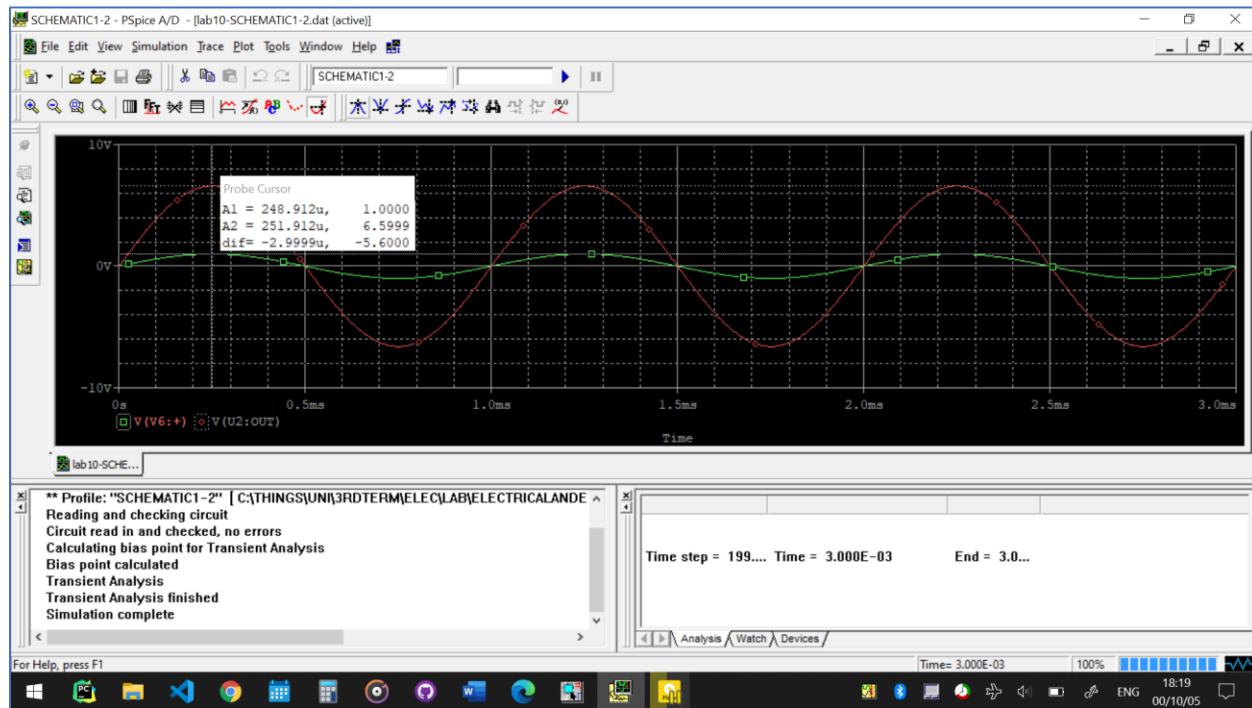
این بار می‌خواهیم با فیدبک منفی، مداری بیندیم که بهره‌ی مثبت داشته باشد. می‌خواهیم بهره‌مان عرضه باشد، بر اساس  $R_3=1k$  مقدار  $R_4$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{V_o}{V_i} = 6.6 = 1 + \frac{R_4}{R_3} \rightarrow \frac{R_4}{R_3} = 5.6 \rightarrow R_4 = 5.6 k\Omega$$

براین اساس، مداری مانند مدار زیر می‌بندیم:



حال مقداری عملی بهره را براساس خروجی مدار محاسبه می‌کنیم:



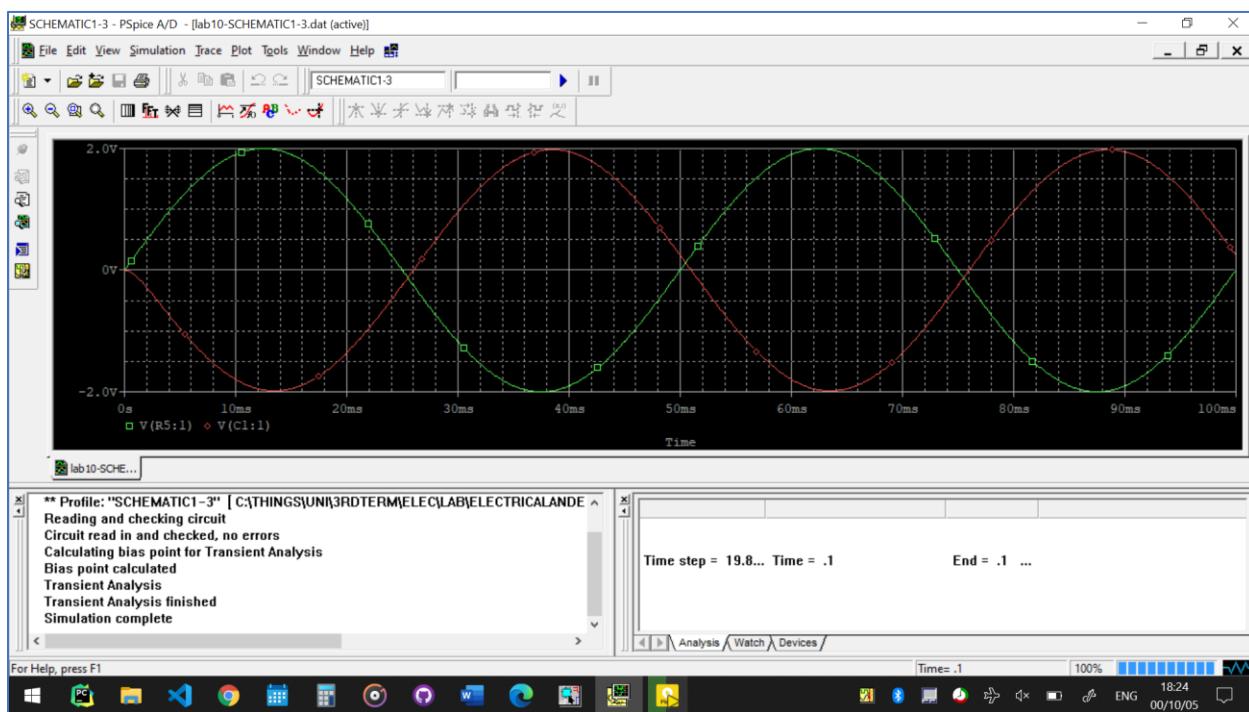
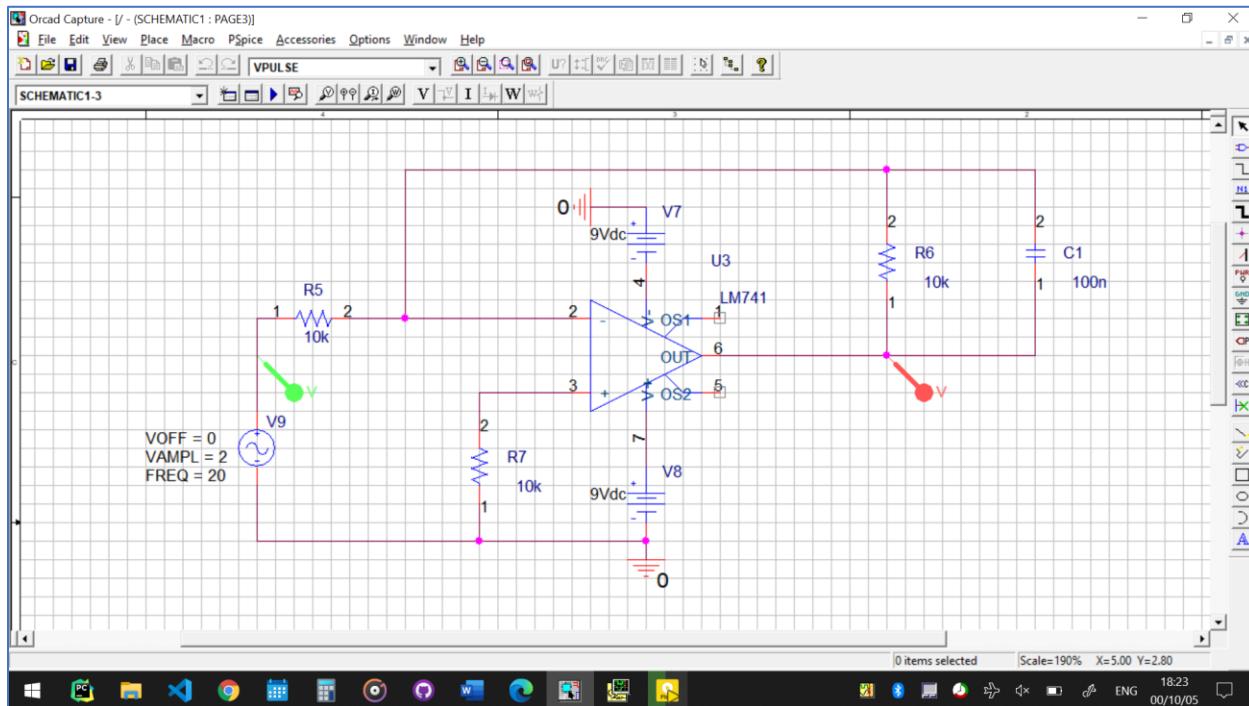
$$V_o = 6.5999 \cong 6.6 \text{ V}, \quad V_i = 1 \text{ V} \rightarrow \frac{V_o}{V_i} = 6.6$$

می‌بینیم که همان مقداری که می‌خواستیم به دست آمد و تقویت‌کننده‌مان هم غیرمعکوس‌کننده است.

(۳)

### پاسخ فرکانسی مدار RC پائین گذر

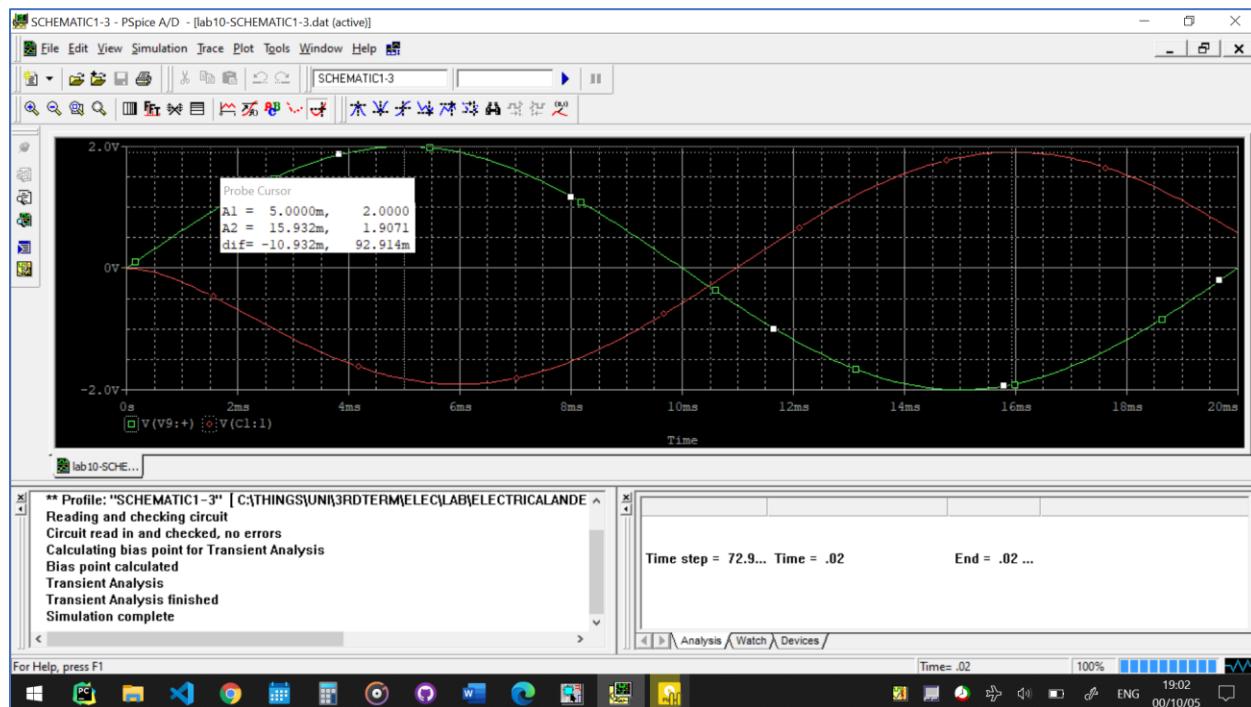
مداری مانند مدار زیر می‌بندیم:

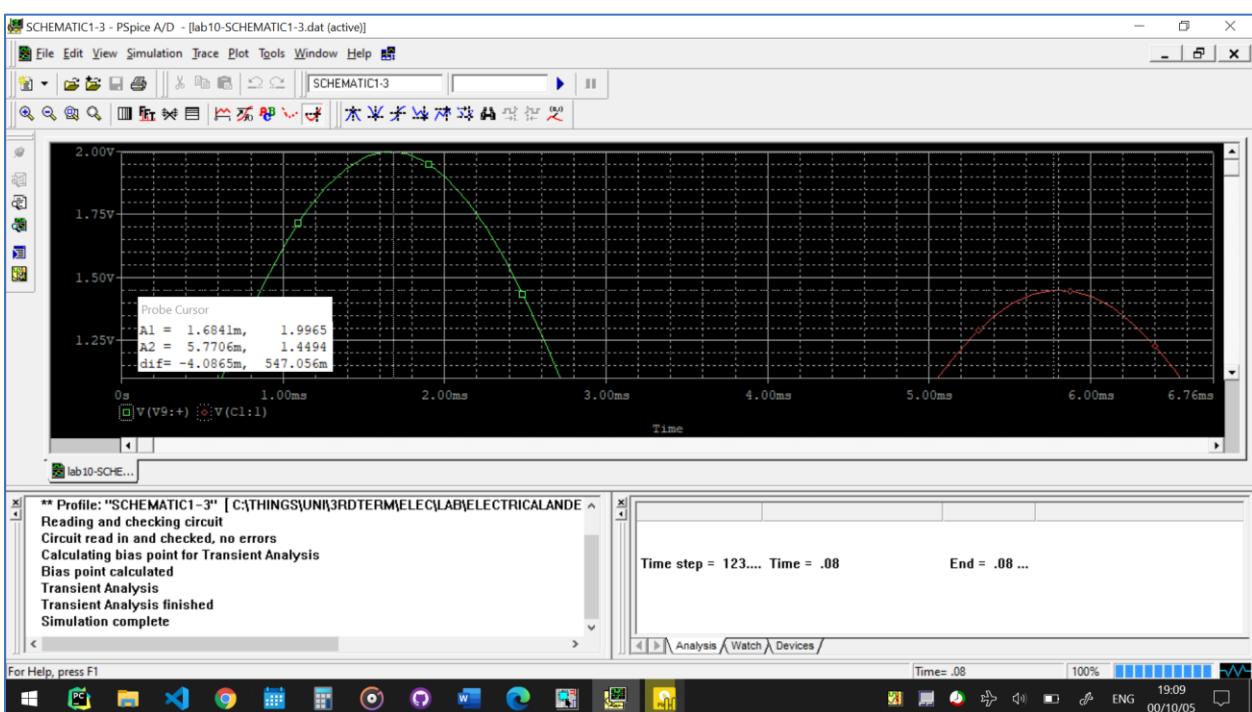
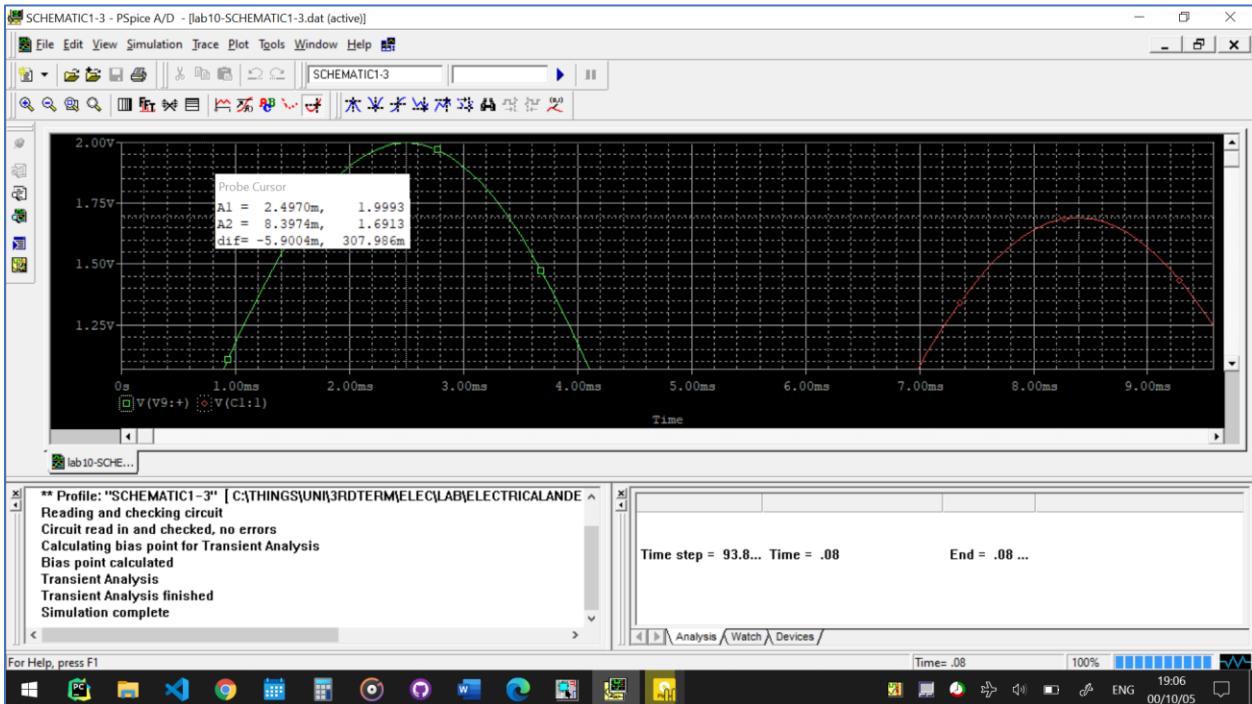


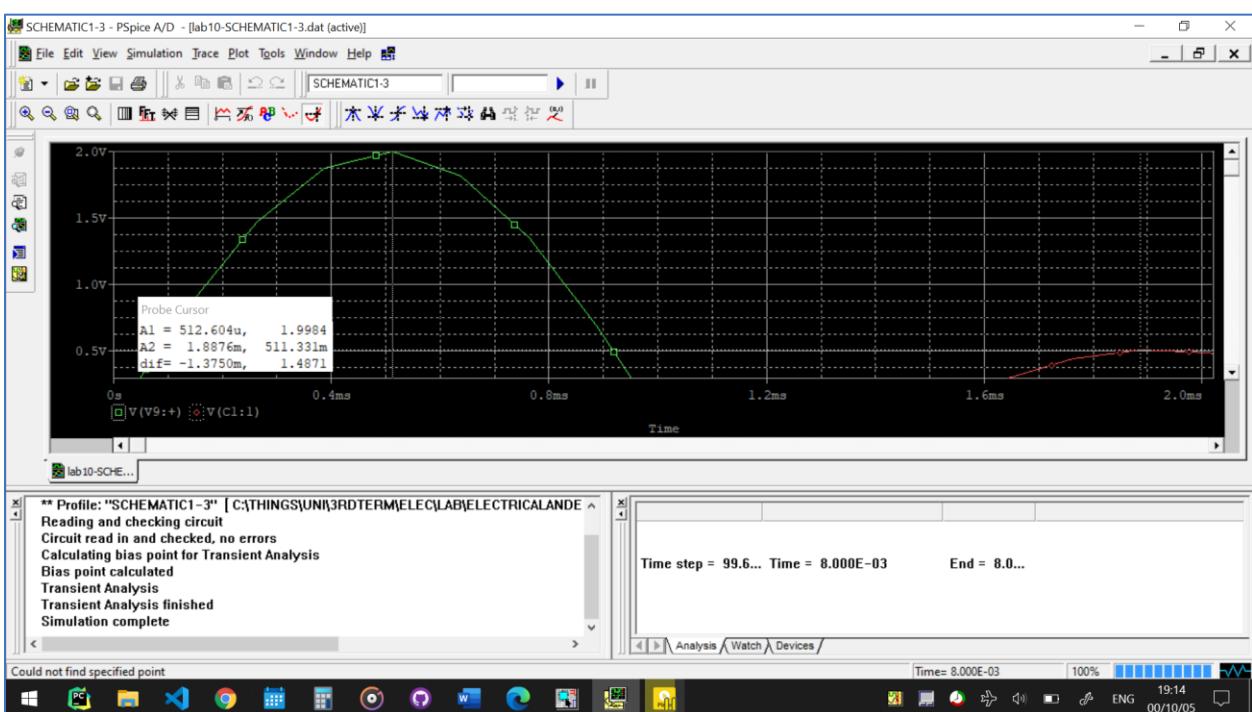
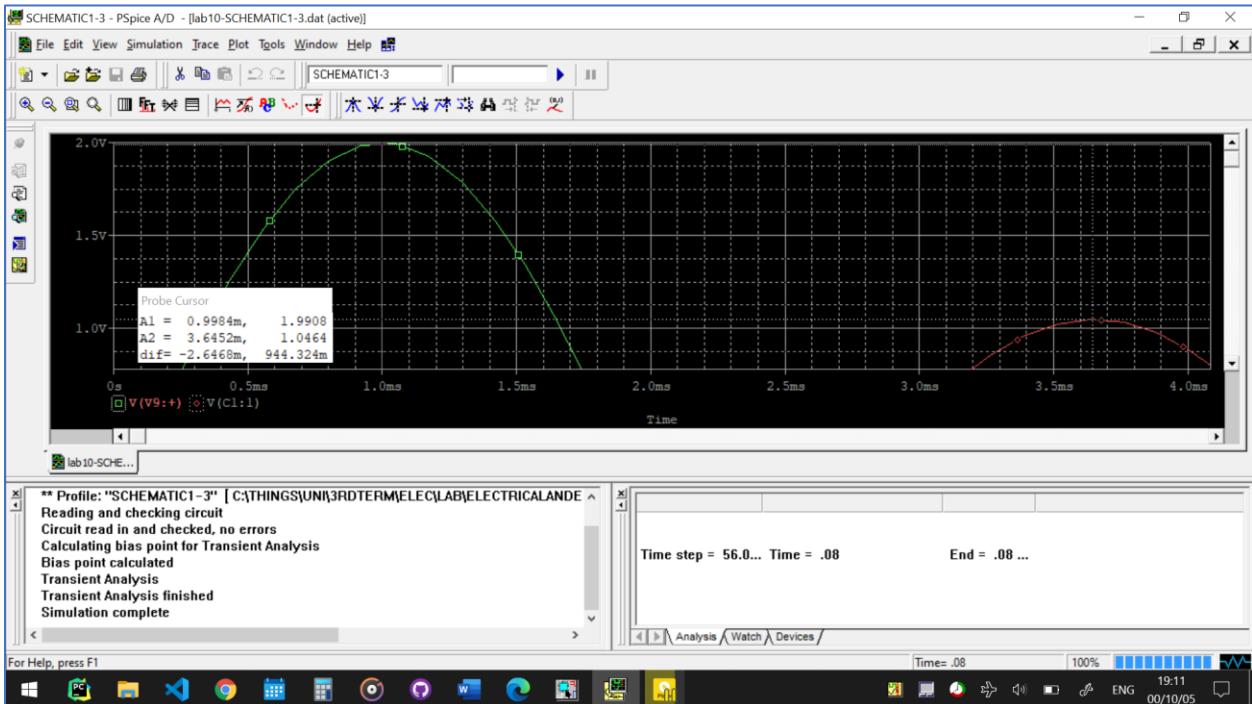
$$\varphi = 360^\circ * f * diff$$

براساس فرکانس‌های مختلف، جدول زیر را پر می‌کنیم:

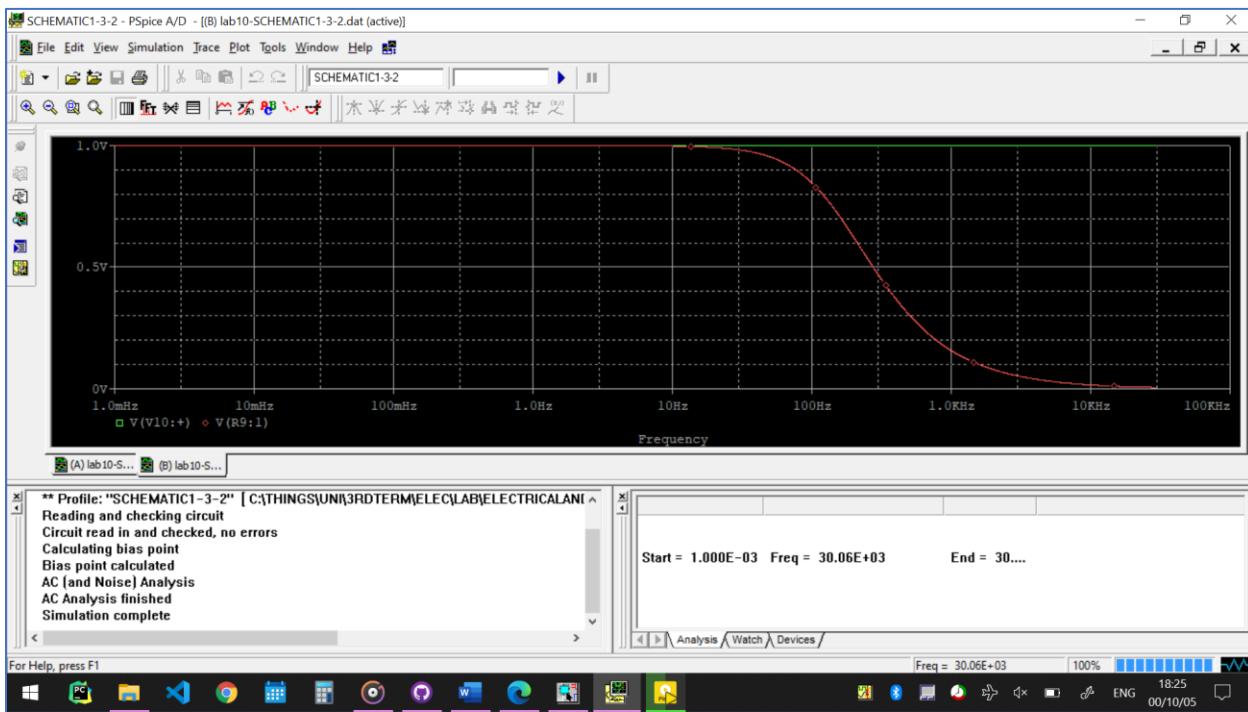
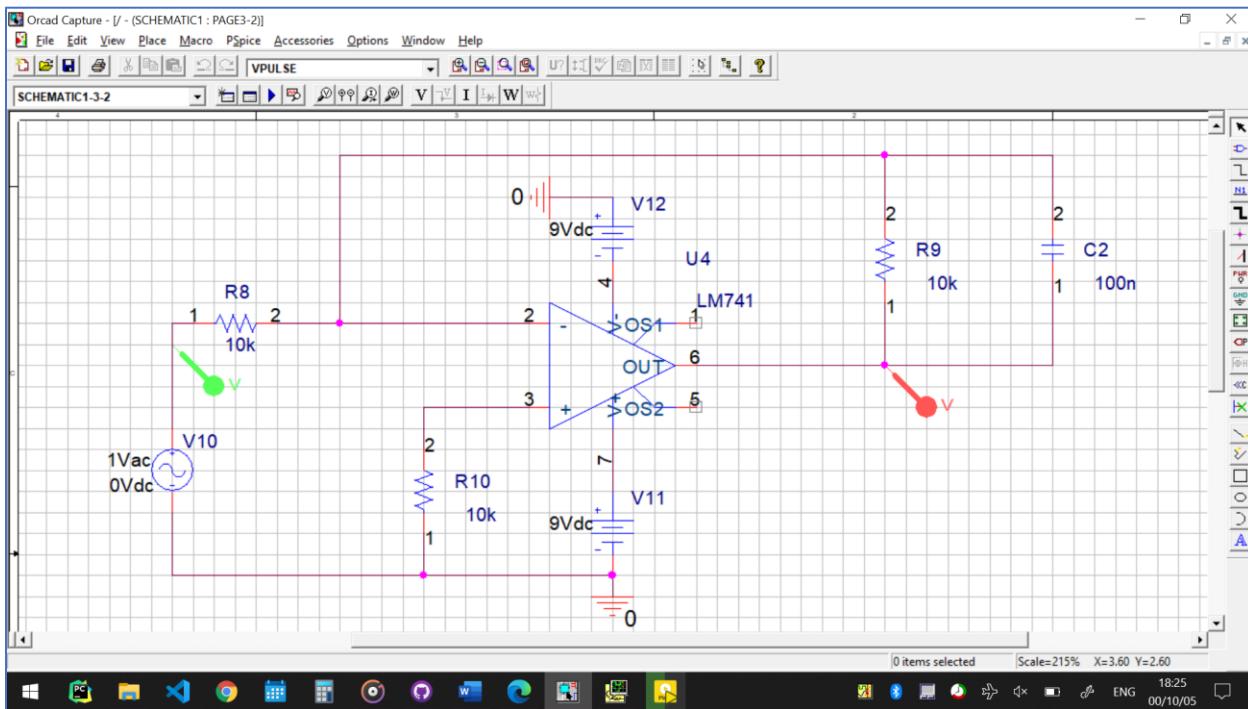
$f$ (Hz)	$V_O$ اندازه‌گیری شده	$\varphi$ اندازه‌گیری شده	$V_O$ محاسبه شده	$\varphi$ محاسبه شده
20	1.98	175°		
50	1.91	170°		
100	1.69	160°		
150	1.45	140°		
250	1.05	120°		
500	0.51	105°		
1,000	0.19	100°		
3,000	0.029	95°		
10,000	0.021	90°		





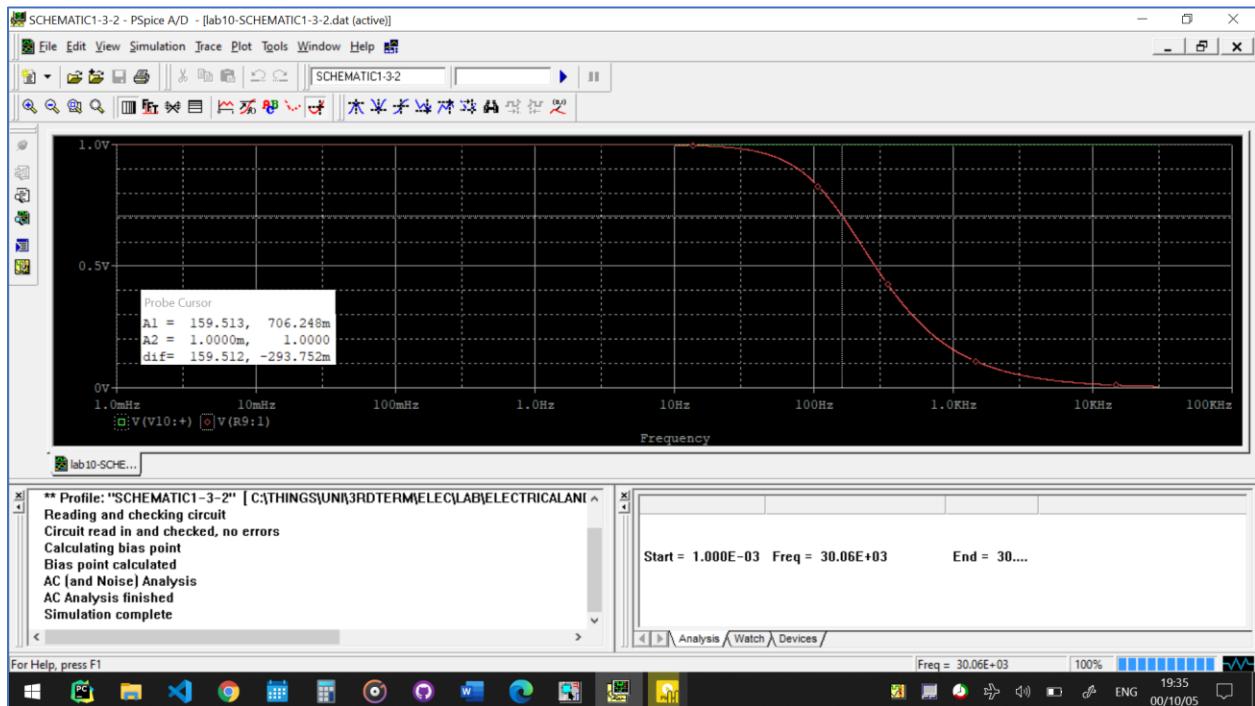


روش دیگری که داریم، این است که در مدارمان یک منبع AC Sweep بگذاریم و از تحلیل AC Sweep استفاده کیم.

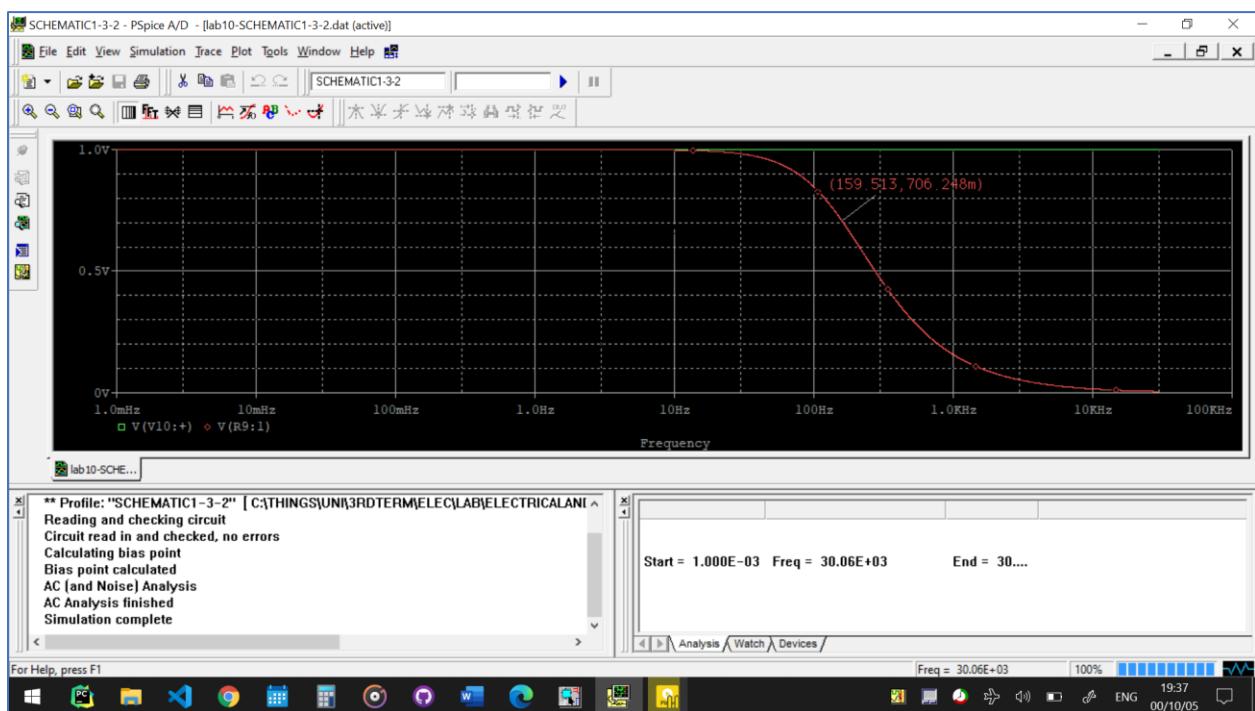


می‌بینیم که نمودار خروجی، رفتار پائین‌گذر دارد.

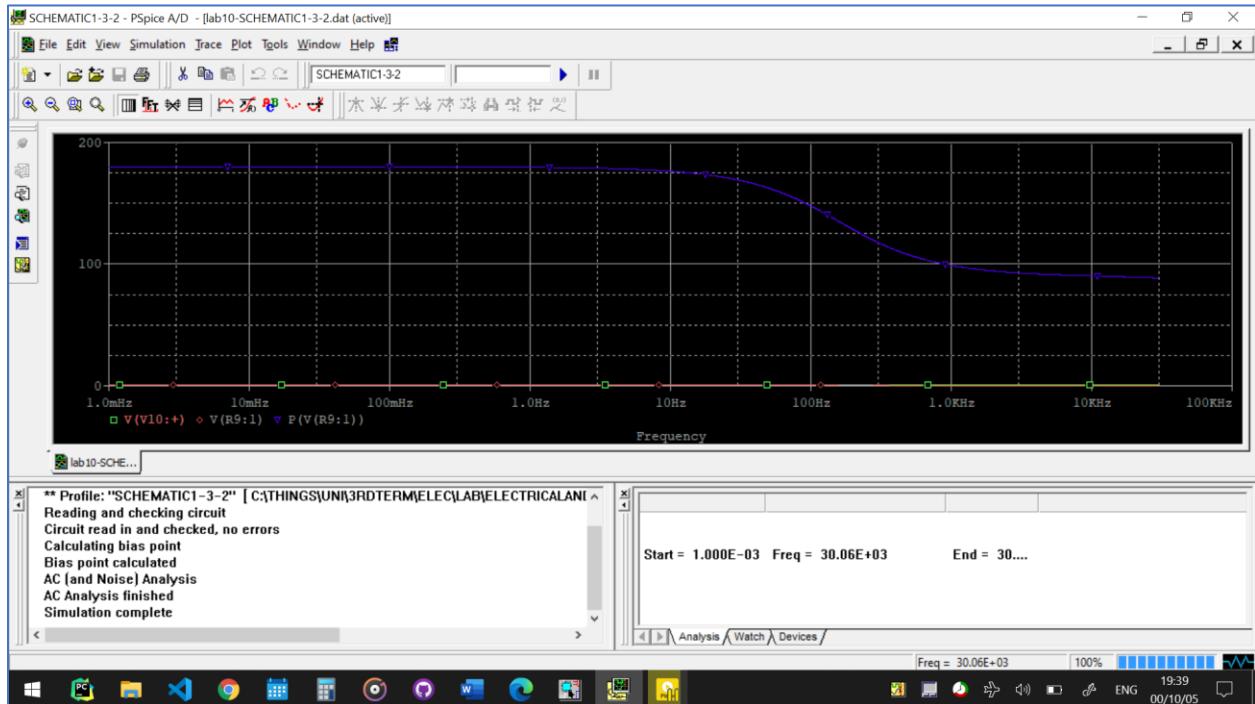
می‌بینیم که ماکسیمم ولتاژ خروجی در ۱ ولت است، باید جایی رو پیدا کنیم که در آن، ولتاژ خروجی ۰.۷۰۷ ولت باشد.



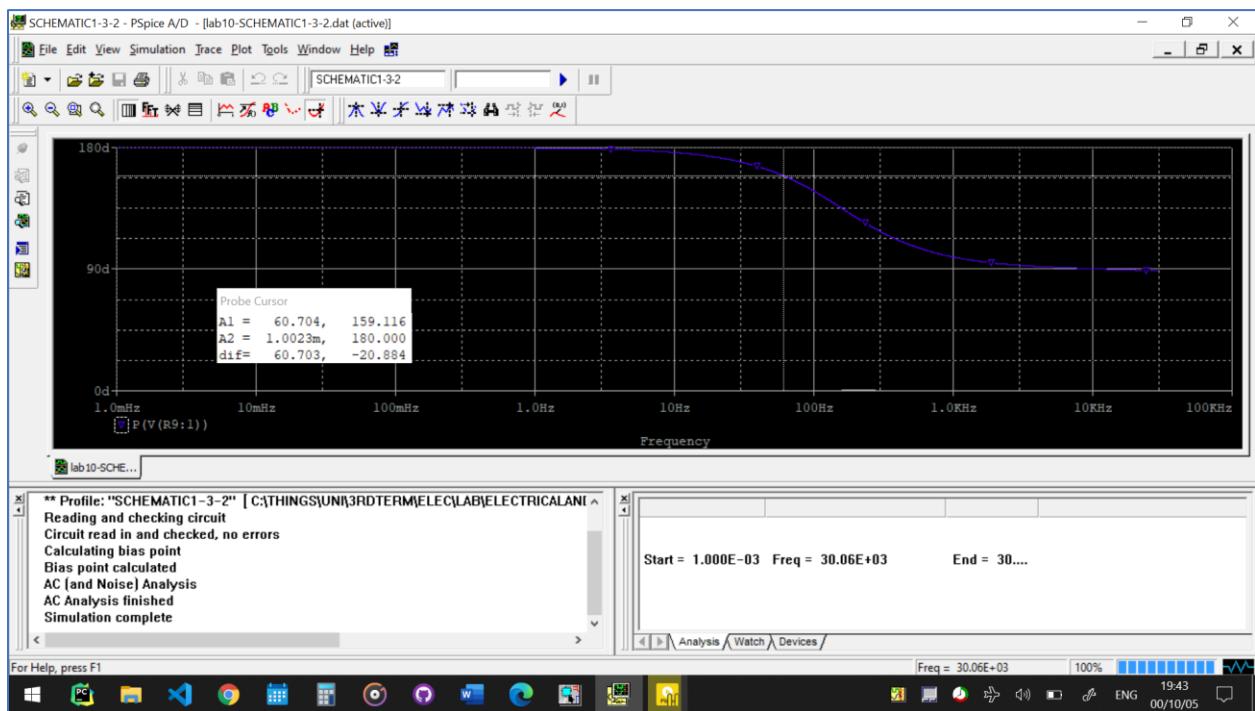
می‌بینیم که تقریباً در فرکانس ۱۵۹، این ولتاژ را خواهیم داشت.



حال، می‌خواهیم تغییر فاز در این حالت را بررسی کنیم. پس گزینه‌ی add trace را انتخاب می‌کنیم و  $V(R9:1)$  را اضافه می‌کنیم.



خط بینش رنگی که اضافه می شود، اختلاف فاز را به ما نشان می دهد.



می بینیم که هنگامی که فرکانس مقدار ۱۵۹ هرتز (فرکانس قطع) را دارد، اختلاف فاز حدود ۶۰ درجه است.

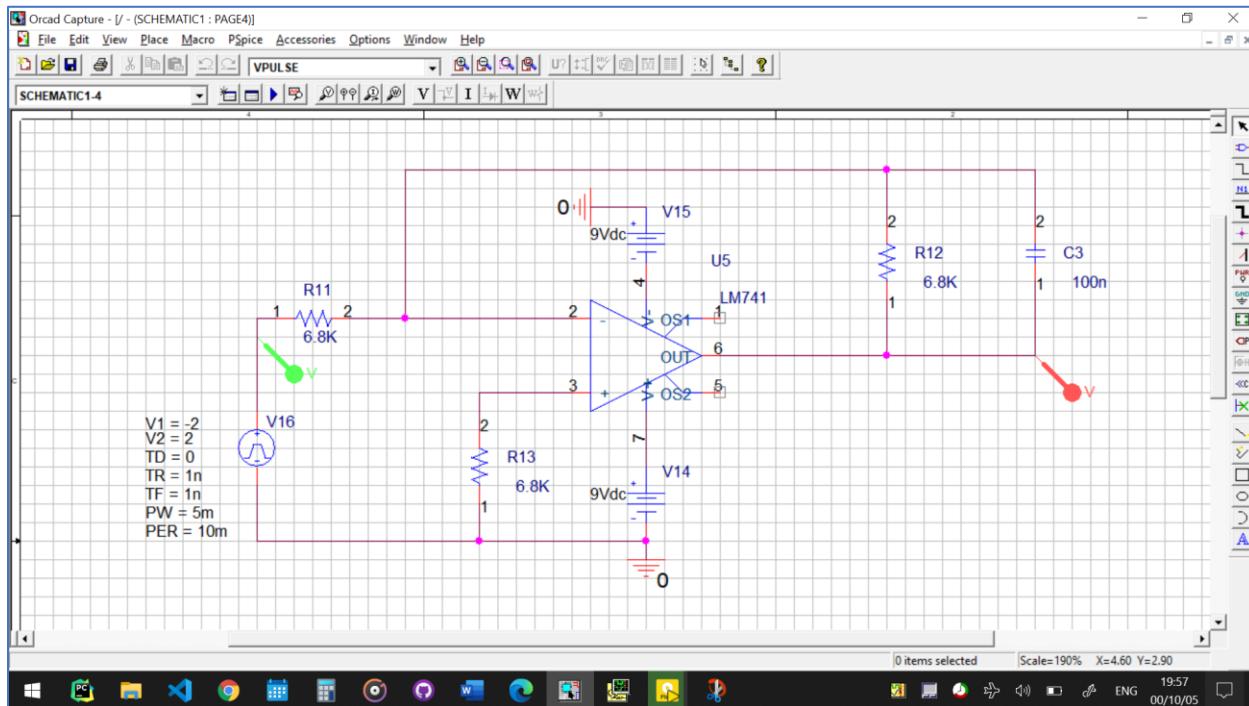
حالا دوباره جدول مان را پر می کنیم، این بار براساس مقادیر این نمودار.

$f$ (Hz)	اندازه‌گیری شده $\varphi$
20	173°
50	162°
100	148°
150	136°
250	122°
500	107°
1,000	99°
3,000	92°
10,000	90°

(۴)

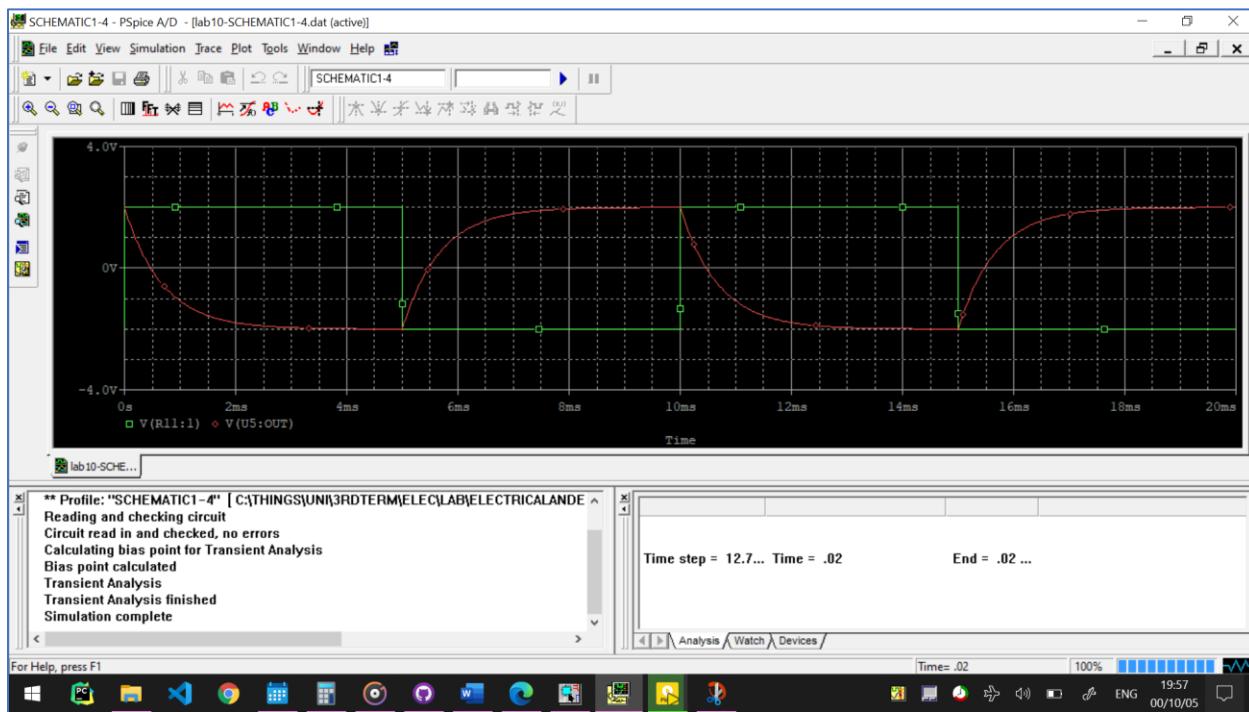
## مدار انتگرال‌گیر RC

مداری مانند مدار زیر می‌بندیم:



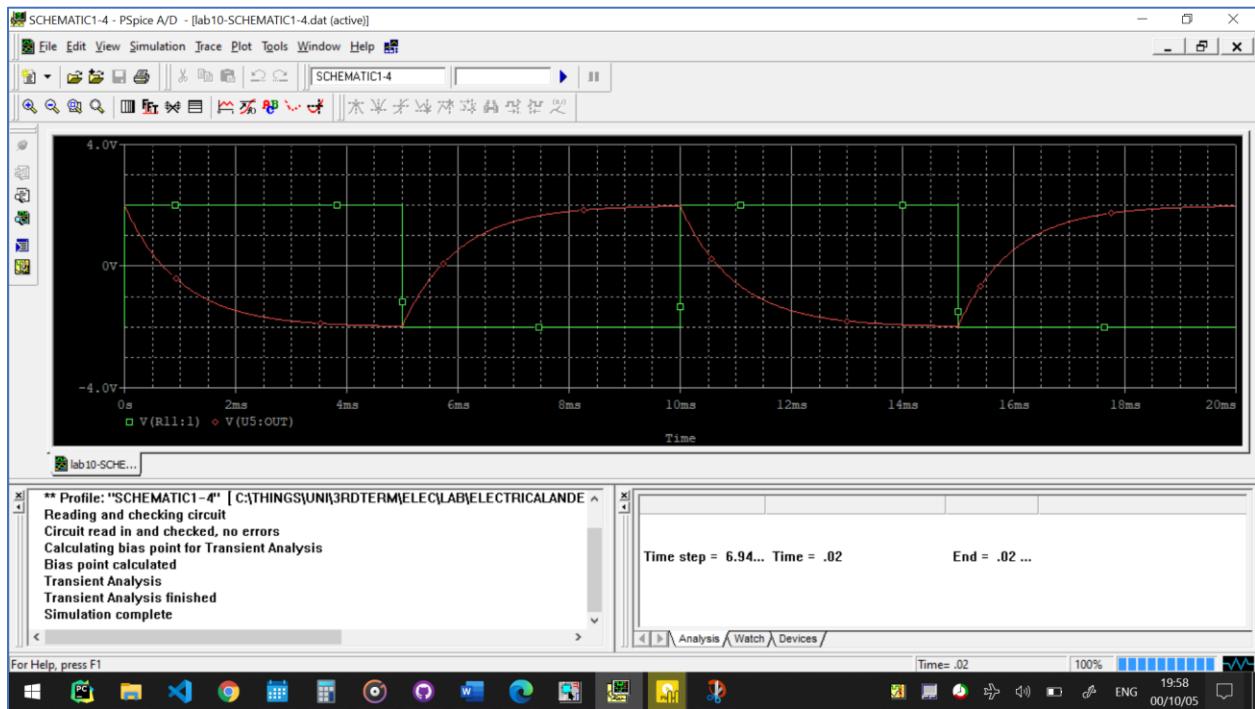
باید پاسخ این مدار را، با مقادیر مختلف  $R$  بررسی کنیم.

ابتدا پاسخ را هنگامی که همه مقاومت‌ها  $6.8\text{ k}\Omega$  باشد بررسی می‌کنیم:

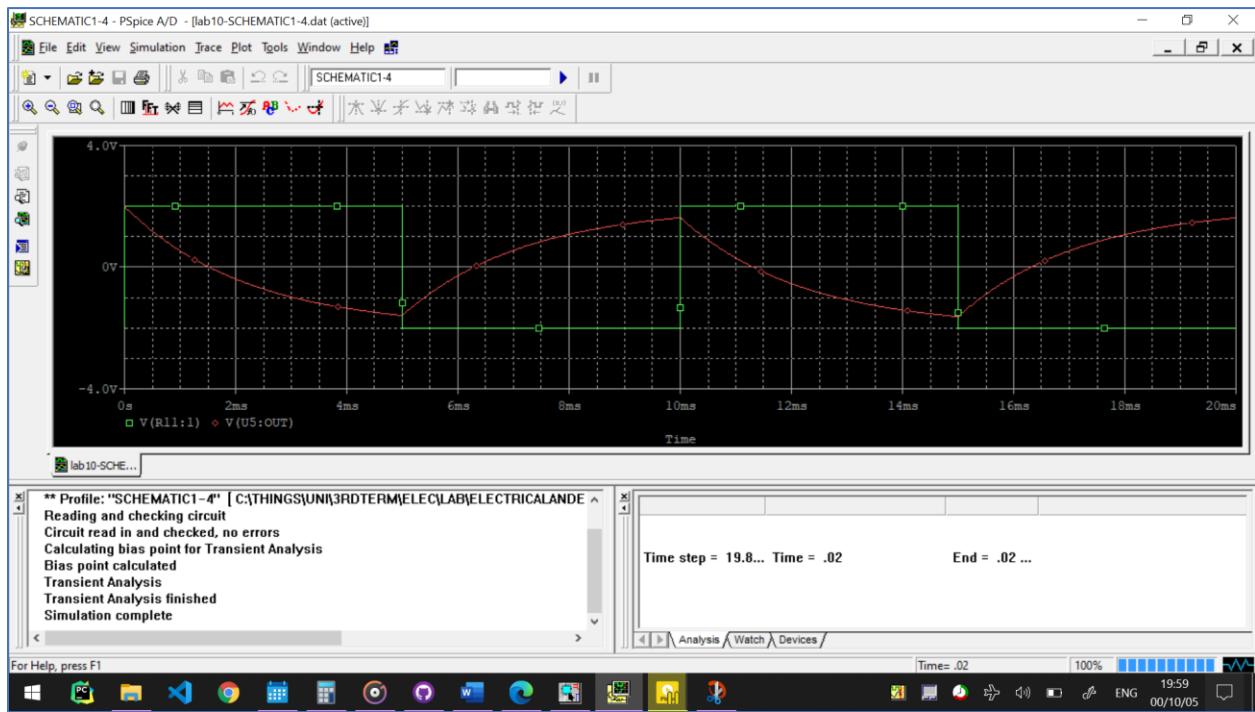


می‌بینیم که خروجی، انتگرال ورودی به نظر نمی‌رسد، زیرا خازن فرست زیادی داشته و کاملاً شارژ شده.

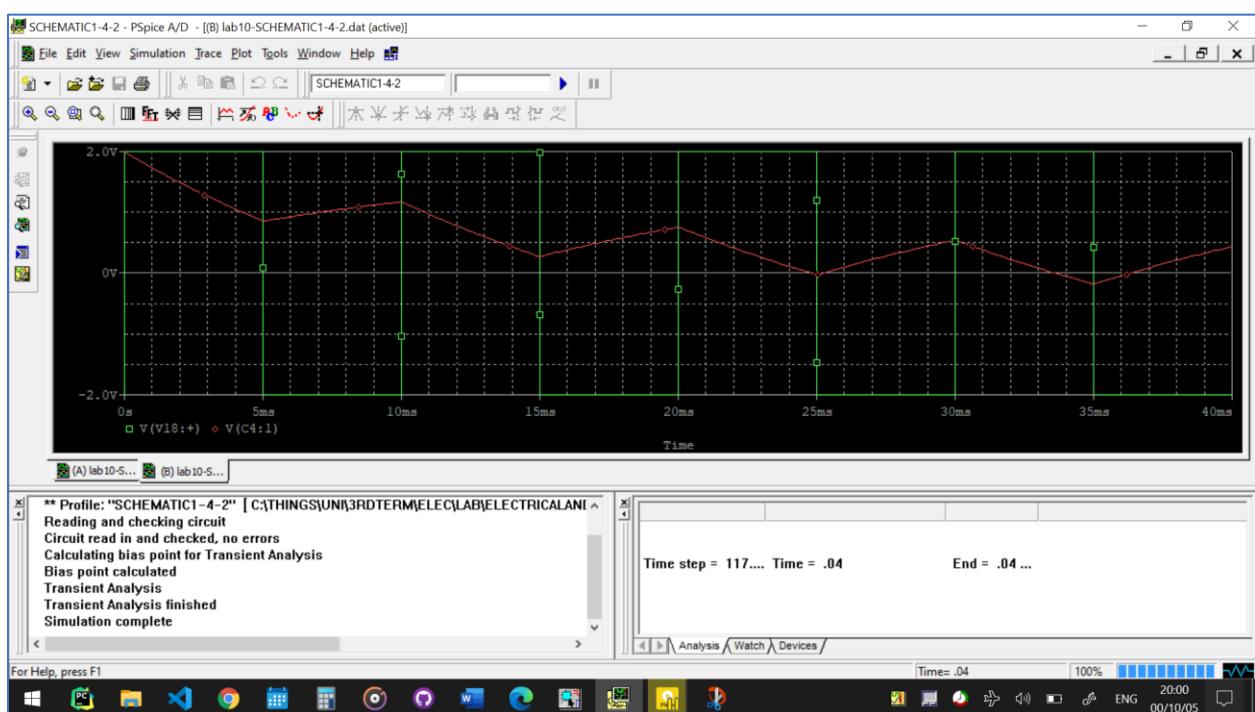
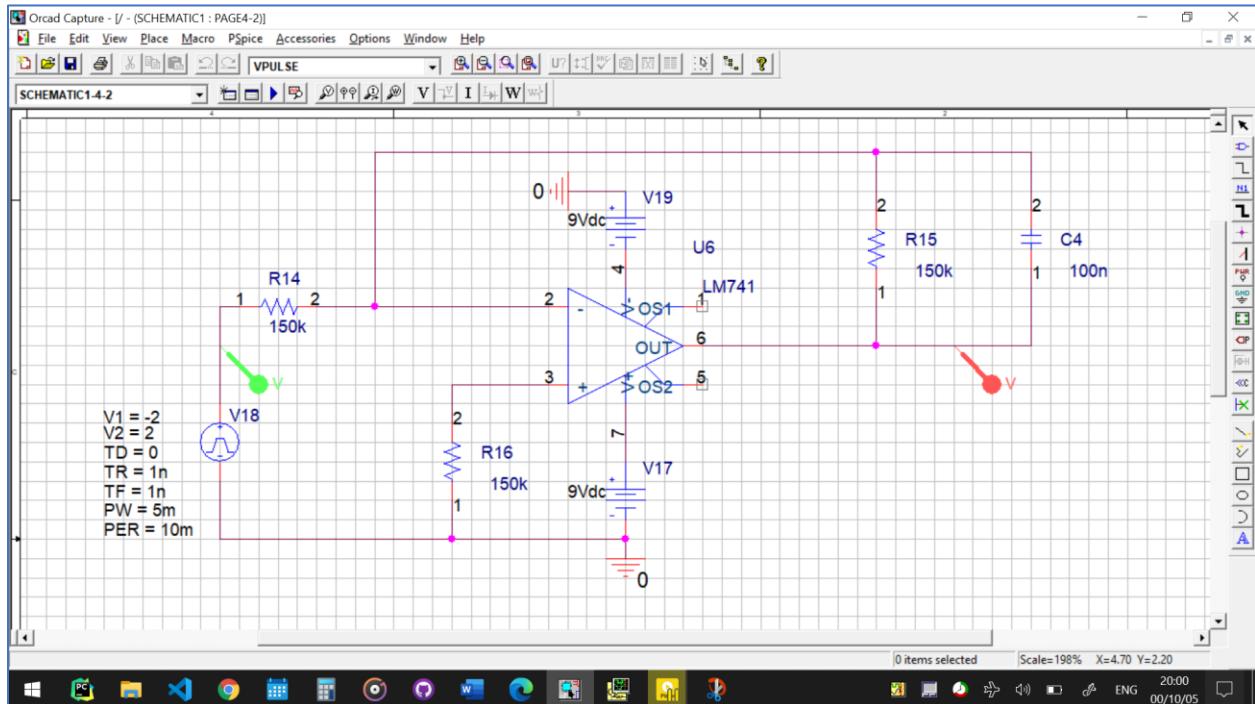
حال همهی مقاومت‌ها را  $10\text{ k}\Omega$  می‌گذاریم:



می‌بینیم که خروجی، کمی به موج مثلثی شبیه‌تر شده، اما نه به اندازه‌ی کافی. آزمایش را با مقاومت‌های  $22\text{ k}\Omega$  اهمی تکرار می‌کنیم.



ولتاژ خروجی، تا حد خوبی شبیه به انتگرال ورودی شده، اما هنوز چندان دقیق نیست. نهایتاً آزمایش را با مقاومت‌های  $140\text{ k}\Omega$  نیز امتحان می‌کنیم:



می‌بینیم که در این حالت، ولتاژ خروجی، انتگرال ولتاژ ورودی ماست و یک مدار انتگرال‌گیر RC داریم.