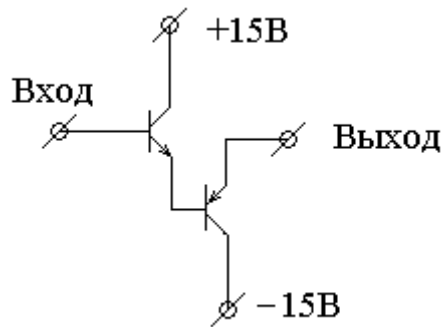
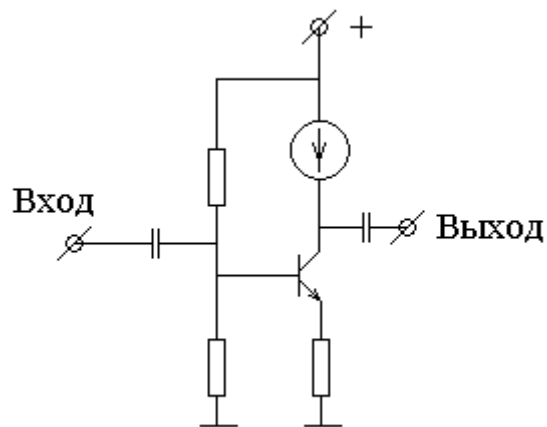
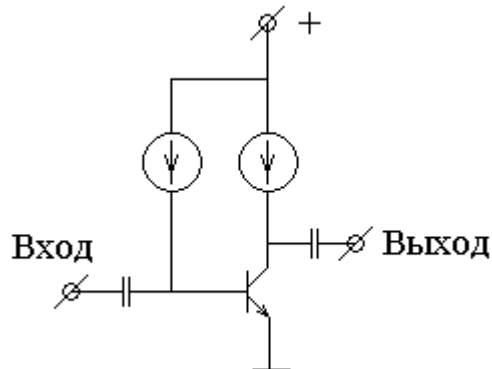


Негодные схемы (проверка).

Повторитель с нулевым смещением:

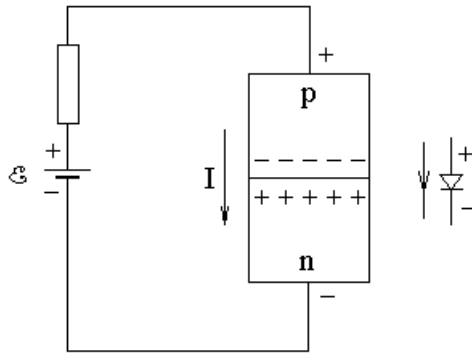


Усилитель переменного тока с большим коэффициентом усиления:

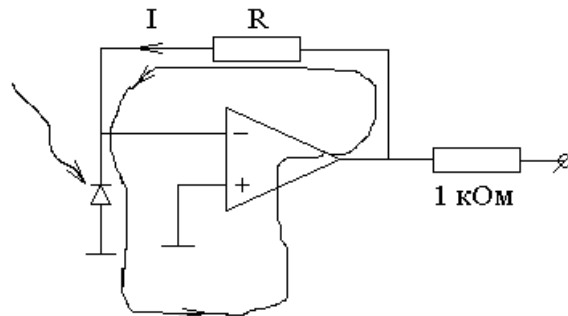


Преобразователь фототок — напряжение.

Ниже приведена схема, которая позволяет объяснить, почему диод пропускает ток в одном направлении и не пропускает в другом. Фототок протекает во встречном направлении по отношению к обычному току.



Проанализируем работу типовой схемы включения фотодиода:



Под действием света в фотодиоде возникает фототок пропорциональный мощности света. Этот ток не может протекать через "-" вход операционного усилителя. Следовательно, весь фототок протекает через резистор обратной связи сопротивлением R . Типовое значение сопротивления $R = 1 \text{ МОм}$.

Плюс-вход ОУ соединен с общим проводом схемы, поэтому $U_+ = 0$. Из условия $U_- = U_+$ следует, что и на минус-входе ОУ напряжение тоже близко к нулю $U_- = 0$.

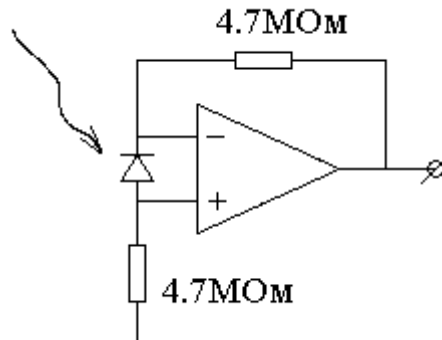
В таком случае напряжение на фотодиоде близко к нулю. То есть фотодиод работает в так называемом режиме короткого замыкания. В этом режиме фотодиод обладает высокой линейностью преобразования мощности света в фототок и малыми шумами.

На левом краю резистора с сопротивлением R нулевое напряжение $U_- = 0$ относительно общего провода схемы. В таком случае на правом краю этого резистора напряжение равно RI , так как через резистор протекает фототок I .

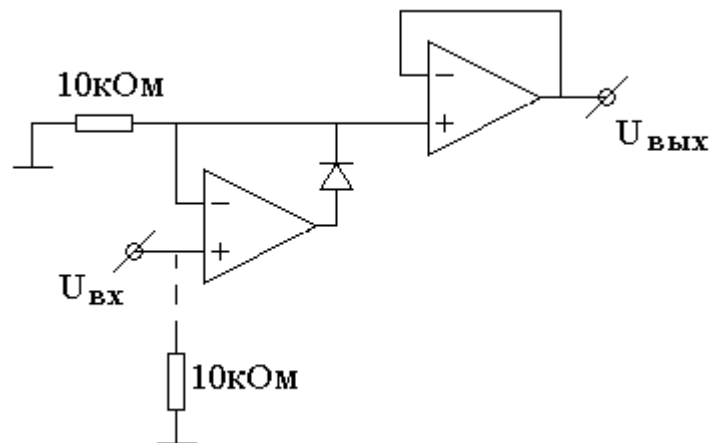
Напряжение на правом краю резистора R совпадает с напряжением на выходе ОУ и практически совпадает с напряжением на выходе схемы. Резистор сопротивлением 1 кОм включен между выходом ОУ и выходом всей схемы для подавления возбуждения генерации в петле обратной связи ОУ. Дело в том, что к выходу ОУ обычно нельзя подключать емкость больше $20 \text{ нФ} = 20 \cdot 10^{-12} \text{ Фарад}$. Иначе поворот фазы на RC -цепочке, где R — выходное сопротивление ОУ, может сделать на высоких частотах отрицательную обратную связь положительной. Включение в схему резистора

1 кОм позволяет подключать к выходу схемы коаксиальный кабель осциллографа без нарушения работы схемы. Емкость коаксиального кабеля имеет величину порядка 100 пФ.

Еще один преобразователь фототока в напряжение.

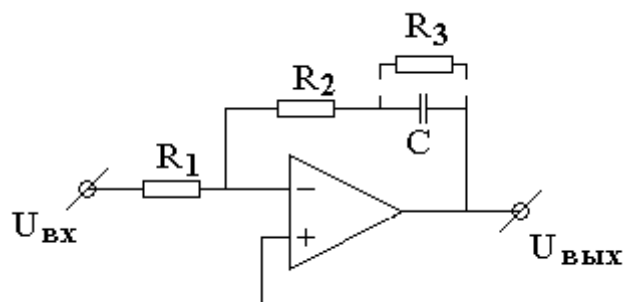


Активный выпрямитель.



Усилитель с частотной коррекцией.

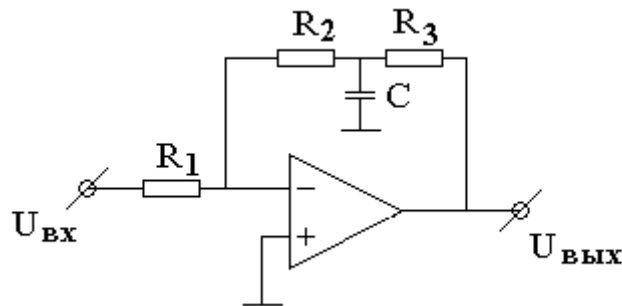
Усилитель с подъемом на низких частотах:



Подъем начинается с частоты $\omega = \frac{1}{R_2 C}$ и происходит на более низких частотах. Параллельно конденсатору можно подсоединить большое

сопротивление R_3 для прекращения подъема на очень низких частотах $\omega = \frac{1}{R_3 C}$.

Усилитель с подъемом на высоких частотах:



Пусть $R_2 \gg R_3$, тогда подъем начинается с частоты $\omega = \frac{1}{R_3 C}$.

Последовательно с конденсатором можно поставить малое сопротивление R_4 для прекращения подъема на более высоких частотах $\omega = \frac{1}{R_4 C}$.

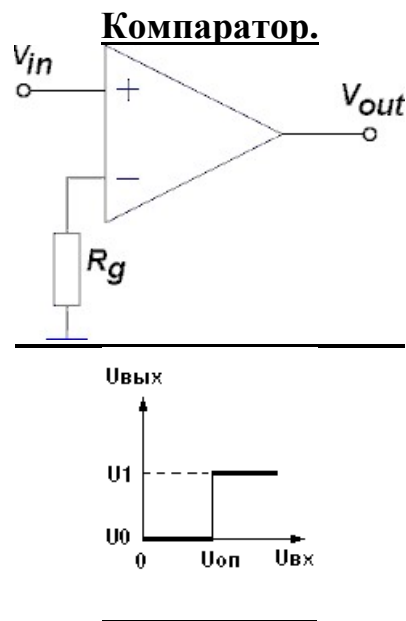
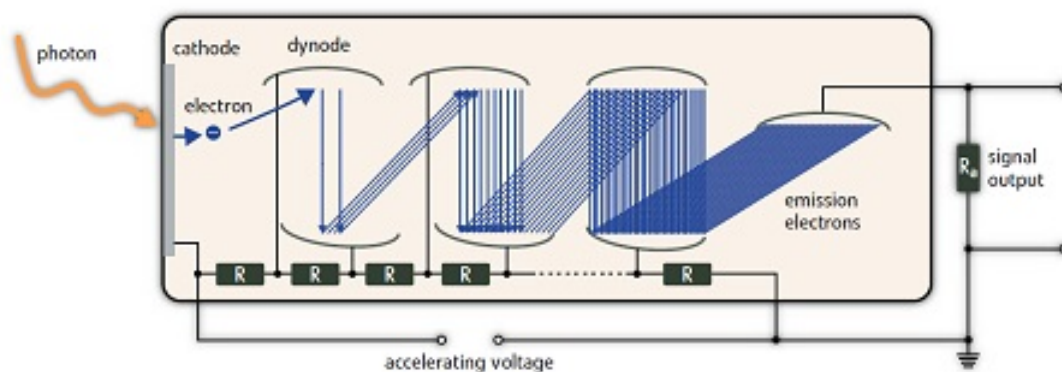
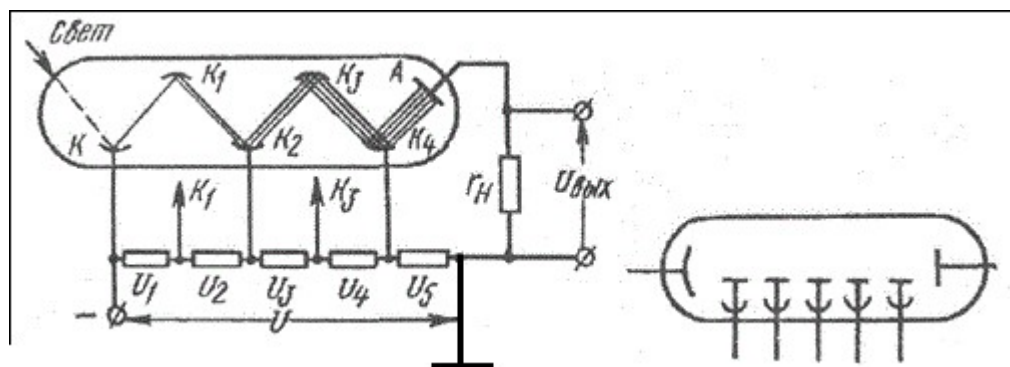


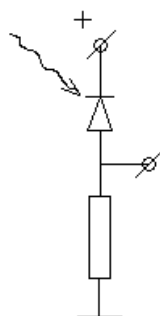
Схема счета фотонов, ФЭУ, лавинный фотодиод.

Компаратор часто используется в схеме счета фотонов. Сигнал, который нужно усилить компаратором, формируется ФЭУ — фотоэлектронным умножителем, либо лавинным фотодиодом.

Принципиальная схема ФЭУ представлена ниже:

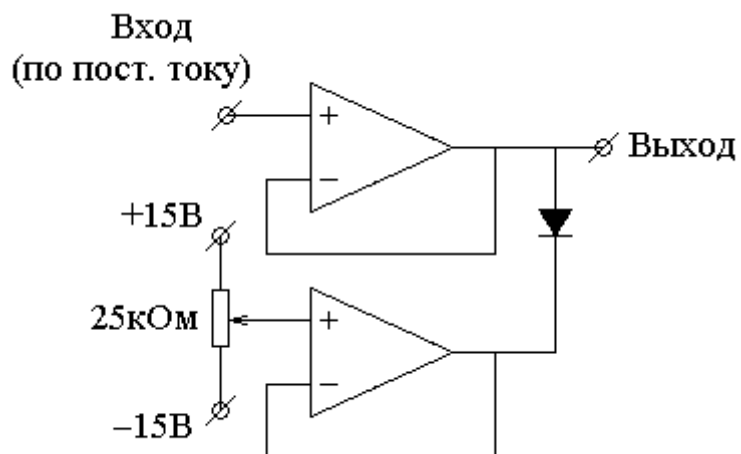


Лавинный фотодиод.

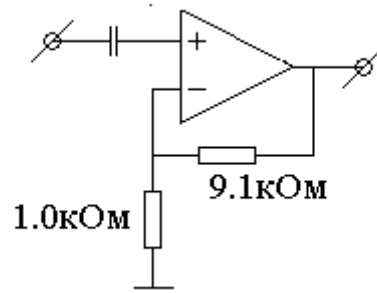


Негодные схемы (на дом).

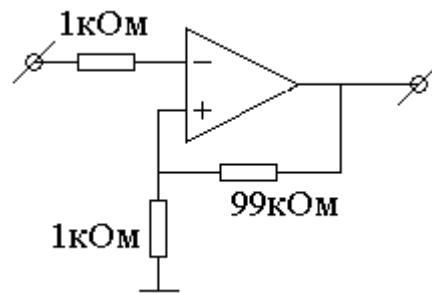
Регулируемый ограничитель:



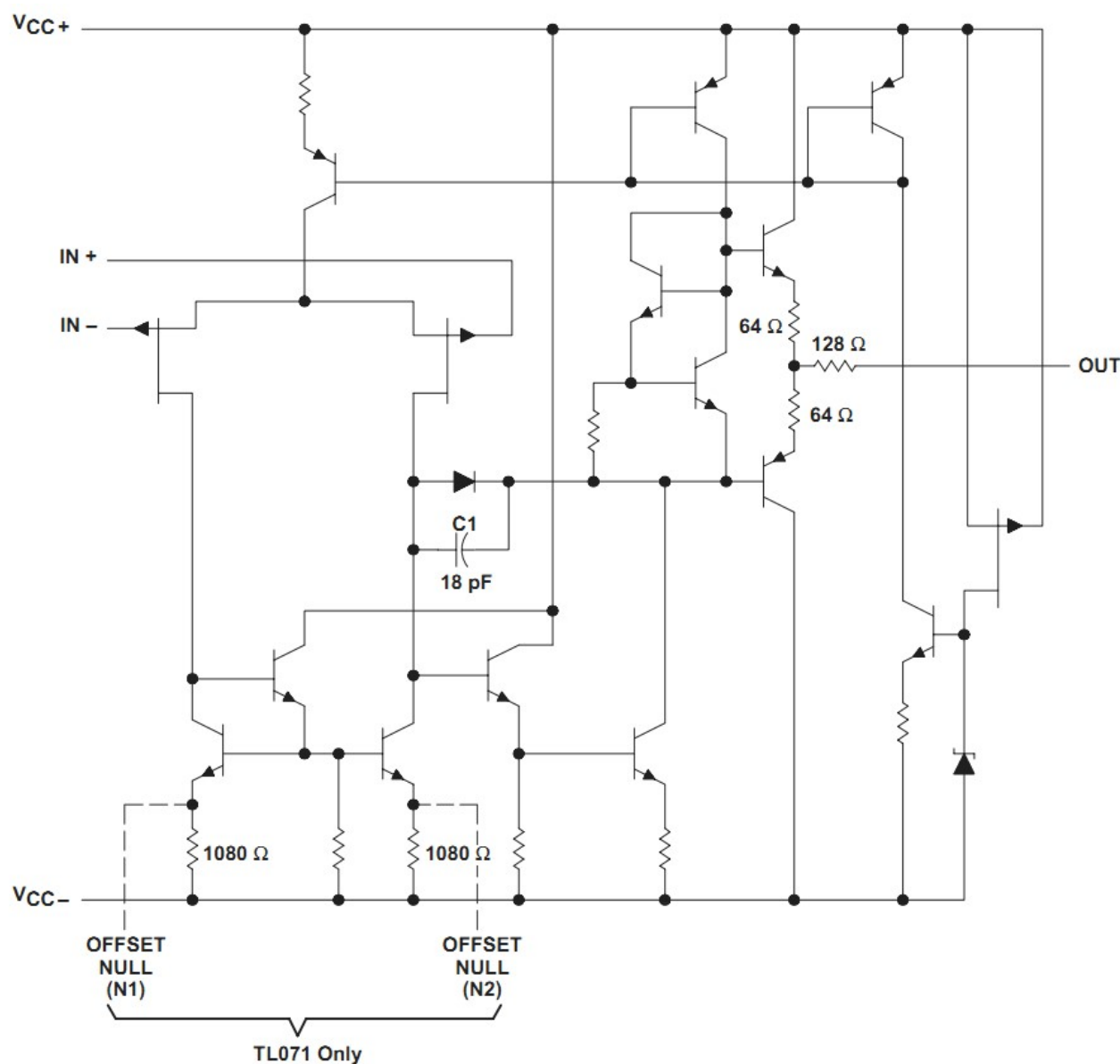
Десятикратный усилитель переменного тока:



100-кратный усилитель постоянного напряжения:



Операционный усилитель TL071.



All component values shown are nominal.

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)[†]

Supply voltage, V_{CC+} (see Note 1)	18 V
Supply voltage, V_{CC-} (see Note 1)	-18 V
Differential input voltage, V_{ID} (see Note 2)	± 30 V
Input voltage, V_I (see Notes 1 and 3)	± 15 V
Duration of output short circuit (see Note 4)	unlimited
Continuous total power dissipation	See Dissipation Rating Table
Operating free-air temperature range, T_A : C suffix	0°C to 70°C
I suffix	-40°C to 85°C
M suffix	-55°C to 125°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C
Case temperature for 60 seconds: FK package	260°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds: J, JG, or W package	300°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds: D, N, P, or PW package	260°C

[†] Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTES: 1. All voltage values, except differential voltages, are with respect to the midpoint between V_{CC+} and V_{CC-} .

2. Differential voltages are at $IN+$ with respect to $IN-$.

3. The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 15 V, whichever is less.

4. The output may be shorted to ground or to either supply. Temperature and/or supply voltages must be limited to ensure that the dissipation rating is not exceeded.

electrical characteristics, $V_{CC\pm} = \pm 15\text{ V}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	T _A ‡	TL071C TL072C TL074C			TL071AC TL072AC TL074AC			TL071BC TL072BC TL074BC			TL071I TL072I TL074I			UNIT	
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX		
V _{IO}	Input offset voltage	V _O = 0, R _S = 50 Ω	25°C	3	10	3	6	2	3	3	6	mV				
			Full range	13			7.5			5			8			
α _{VIO}	Temperature coefficient of input offset voltage	V _O = 0, R _S = 50 Ω	Full range	18			18			18			18			μV/°C
I _{IO}	Input offset current	V _O = 0	25°C	5	100	5	100	5	100	5	100	pA				
			Full range	10			2			2			2			nA
I _{IB}	Input bias current§	V _O = 0	25°C	65	200	65	200	65	200	65	200	pA				
			Full range	7			7			7			20			nA
V _{ICR}	Common-mode input voltage range		25°C	±11	-12 to 15	±11	-12 to 15	±11	-12 to 15	±11	-12 to 15	V				
V _{OM}	Maximum peak output voltage swing	R _L = 10 kΩ	25°C	±12	±13.5	±12	±13.5	±12	±13.5	±12	±13.5	V				
		R _L ≥ 10 kΩ	Full range	±12	±12			±12			±12					
		R _L ≥ 2 kΩ		±10	±10			±10			±10					
A _{VD}	Large-signal differential voltage amplification	V _O = ±10 V, R _L ≥ 2 kΩ	25°C	25	200	50	200	50	200	50	200	V/mV				
			Full range	15	25			25			25					
B ₁	Unity-gain bandwidth		25°C	3			3			3			MHz			
r _i	Input resistance		25°C	10 ¹²			10 ¹²			10 ¹²			Ω			
CMRR	Common-mode rejection ratio	V _{IC} = V _{ICRmin} , V _O = 0, R _S = 50 Ω	25°C	70	100	75	100	75	100	75	100	dB				
k _{SVR}	Supply-voltage rejection ratio (ΔV _{CC} ±/ΔV _{IO})	V _{CC} = ±9 V to ±15 V, V _O = 0, R _S = 50 Ω	25°C	70	100	80	100	80	100	80	100	dB				
I _{CC}	Supply current (each amplifier)	V _O = 0, No load	25°C	1.4	2.5	1.4	2.5	1.4	2.5	1.4	2.5	mA				
V _{O1} /V _{O2}	Crosstalk attenuation	A _{VD} = 100	25°C	120			120			120			dB			

† All characteristics are measured under open-loop conditions with zero common-mode voltage unless otherwise specified.

‡ Full range is $T_A = 0^\circ\text{C}$ to 70°C for TL07_C, TL07_AC, TL07_BC and is $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C for TL07_I.

§ Input bias currents of a FET-input operational amplifier are normal junction reverse currents, which are temperature sensitive as shown in Figure 4. Pulse techniques must be used that maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible.

operating characteristics, $V_{CC\pm} = \pm 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TL07xM			ALL OTHERS			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
SR	Slew rate at unity gain	$V_I = 10\text{ V}$, $R_L = 2\ \text{k}\Omega$, $C_L = 100\ \text{pF}$, See Figure 1			5			V/ μs
t_r	Rise time overshoot factor	$V_I = 20\ \text{mV}$, $R_L = 2\ \text{k}\Omega$, $C_L = 100\ \text{pF}$, See Figure 1			0.1			μs
					20%			
V_n	Equivalent input noise voltage	$R_S = 20\ \Omega$			$f = 1\ \text{kHz}$			nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
					$f = 10\ \text{Hz}$ to $10\ \text{kHz}$			μV
I_n	Equivalent input noise current	$R_S = 20\ \Omega$, $f = 1\ \text{kHz}$			0.01			pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
THD	Total harmonic distortion	$V_{I rms} = 6\text{ V}$, $R_L \geq 2\ \text{k}\Omega$, $f = 1\ \text{kHz}$			$A_{VD} = 1$, $R_S \leq 1\ \text{k}\Omega$			
					0.003%			

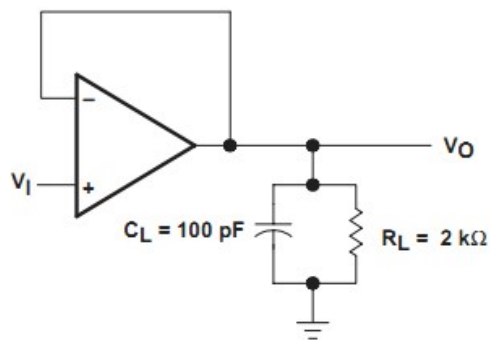


Figure 1. Unity-Gain Amplifier

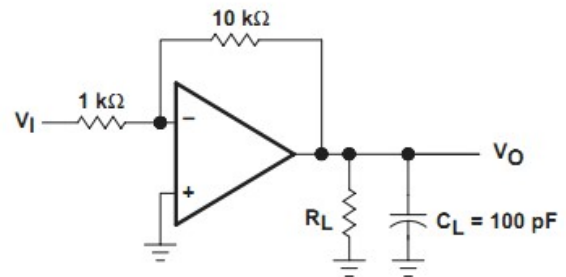


Figure 2. Gain-of-10 Inverting Amplifier

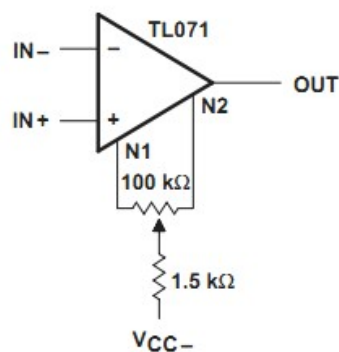


Figure 3. Input Offset Voltage Null Circuit

