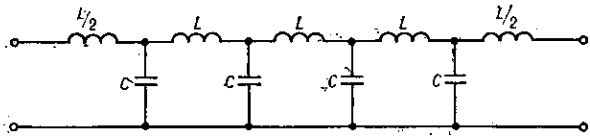


сосредоточенная гл. обр. в частотном интервале  $\Delta\omega \approx 2\pi/t_n$ , так что между длительностью импульса  $t_n$  и параметрами Л. з., по к-рой импульсы проходят без больших искажений, должно выполняться соотношение  $t_n \approx 2\pi\sqrt{LC}$ . При прохождении по Л. з. импульс сглаживается: возрастают длительности фронта и среза,



а также уменьшается амплитуда. Типовые пром. линии выполняются в виде сборок с промежуточными отводами обычно через промежутки, обеспечивающие задержку  $0,1 t_n$ . Для таких Л. з. типичны значения  $\rho \sim 300-750 \text{ Ом}$ , полоса  $\Delta\omega_c \sim 1,5-7 \text{ МГц}$ .

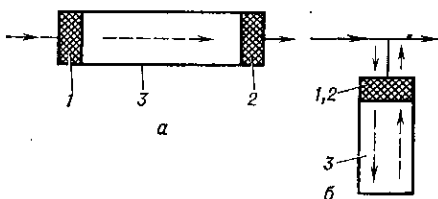
Л. з. (гл. обр. цепочечные) используют для селекции импульсов по длительности, для временного кодирования и декодирования импульсов. Действие таких схем основано на явлении отражения импульсов: от разомкнутого конца Л. з. импульс напряжения отражается без перемены знака, от короткозамкнутого конца — с противоположным знаком. Для того чтобы обратные волны, идущие от конца Л. з. к её началу, не претерпевали новых отражений, необходимо согласовать линию в начале, т. е. выбрать выходное сопротивление генератора равным  $\rho$ .

Лит.: Ицхоки Я. С., Овчинников Н. И., Импульсные и цифровые устройства, М., 1973; Ерофеев Ю. Н., Импульсная техника, М., 1984. Б. Х. Кривицкий.

**ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ акустические** — устройства для задержки электрических сигналов на время от долей мкс до десятков мс, основанные на использовании относительно малой скорости распространения упругих волн. Л. з. наз. ультразвуковыми (УЛЗ) при работе на частотах  $\omega$  волн от единиц до сотен МГц или гиперзвуковыми (ГЛЗ) при  $\omega$  от 1 ГГц и выше. Л. з. применяются в качестве устройств акустоэлектроники для обработки сигналов в разл. областях электронной техники (радиолокац. аппаратура, телевидение, устройства связи и др.). Известны также акустооптич. Л. з., в к-рых для обнаружения сигнала на выходе Л. з. используется взаимодействие упругих волн со световым пучком.

Л. з. состоят из трёх осн. элементов (рис. 1, а): входного 1 и выходного 2 электроакустических преобразователей, преобразующих электрич. колебания в упру-

Рис. 1. Схемы включения ультразвуковых линий задержки, работающих «на проход» (а) и «на отражение» (б).



гие на входе Л. з. и упругие колебания в электрические на её выходе, и звукопровода 3, механически связанного с преобразователями, в котором распространяются упругие волны. Т. к. скорость распространения последних примерно в  $10^5$  меньше скорости распространения электрич. волн, то время распространения упругих волн в звукопроводе и определяет время задержки сигнала. Л. з. могут работать «на проход» (рис. 1, а), при этом входной и выходной преобразователи разделены, или «на отражение» (рис. 1, б), когда один и тот же преобразователь служит входным в момент прихода задерживаемого сигнала и выходным, когда с него снимается задержанный сигнал.

В качестве преобразователей в УЛЗ используются преим. пластины из монокристаллов пьезоэлектриков, пьезокерамика. В нек-рых случаях применяются маг-

нитострикционные преобразователи. Звукопроводом УЛЗ служит твёрдая среда, в к-рой упругие волны распространяются с относительно малыми потерями.

Основные параметры Л. з.: 1) время задержки  $t$ , зависит от длины пути, проходимого упругой волной в звукопроводе; 2) рабочая частота  $f_0$ , определяется преим. резонансной частотой преобразователей; 3) полоса пропускания  $\Delta f/f_0$ , зависит в основном от добротности преобразователей; 4) потери  $D$ , вносимые Л. з., величина к-рых складывается из потерь на двукратное электромеханич. преобразование на входе и выходе и потерь при распространении упругих волн в звукопроводе; 5) уровень ложных сигналов, т. е. сигналов, приходящих на выход Л. з. со временем задержки, отличающимся от заданного; он оценивается как отношение амплитуды ложного сигнала к амплитуде основного. В зависимости от назначения Л. з. могут рассматриваться и такие параметры, как температурный коэф. задержки, зависящий от материала звукопровода и в большинстве случаев равный от  $10^{-4}$  до  $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ ; неравномерность амплитудно-частотной характеристики, в значит. степени определяемой уровнем ложных сигналов, и др.

Акустические Л. з. можно условно разделить на три группы в зависимости от вида используемых упругих волн и от соотношения между длиной волны  $\lambda$  упругих колебаний, распространяющихся в звукопроводе, и его размерами.

Л. з. на объёмных волнах. К этой группе можно отнести УЛЗ, где объёмные волны (продольные или поперечные) распространяются по звукопроводу, размеры сечения к-рого существенно превышают  $\lambda$ . Электроакустич. преобразователями здесь служат однополупроводниковые пластины из пьезоэлектриков (квартц, кварц, ниобат лития и др.). Звукопроводы для них изготавливаются из плавящего кварца, спец. стекла, монокристаллов кварца и солей  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$  и др., а также магниевого сплава. Соответственно эти УЛЗ наз. кварцевыми, стеклянными, монокристаллическими и магниевыми. Увеличение  $t$  в пределах заданного размера звукопровода может быть достигнуто за счёт многократных отражений упругих волн на пути от входа до выхода УЛЗ (рис. 2). Эти УЛЗ работают в основном на частотах от единиц до 100 МГц и более и обеспечивают время задержки до 3—4 мс. У таких УЛЗ  $\Delta f/f_0$  обычно лежит в пределах от 0,1 до 0,5 и уровень ложных сигналов составляет от -26 дБ до -40 дБ. Вносимые потери  $D$  в зависимости от параметров преобразователей длительности задержки и материала звукопровода могут

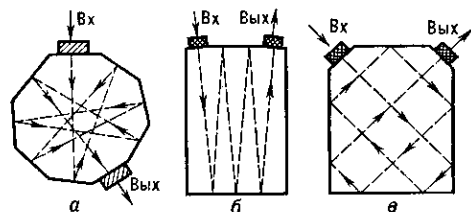


Рис. 2. Направления распространения ультразвукового пучка в ультразвуковых линиях задержки с звукопроводами различной формы: а — многоугольной; б — прямоугольной с малыми углами отражения; в — прямоугольной с углами отражения  $45^\circ$ .

варьироваться в значит. интервале от 20 дБ до 70 дБ. Применение этих УЛЗ, в особенности магневых, а частично и УЛЗ на основе солей монокристаллов, быстро сокращается благодаря развитию микроэлектроники и, в частности, цифровой техники, позволяющей реализовать широкий диапазон задержек, не прибегая к использованию сравнительно громоздких акустоэлектронных аналоговых устройств.

ГЛЗ, работающие на объёмных волнах, также относятся к рассматриваемой группе Л. з. Возбуждение и