

Светодиодные индикаторы уровня на микросхемах семейства LM3914, LM3915 и LM3916

Написал [МАСТЕР](#) в 30.09.2010 19:50:00 (12753 прочтений)



Микросхемы LM3914, LM3915 и LM3916 фирмы National Semiconductors позволяют строить светодиодные индикаторы с различными характеристиками — линейной, растянутой линейной, логарифмической, специальной для контроля аудиосигнала.

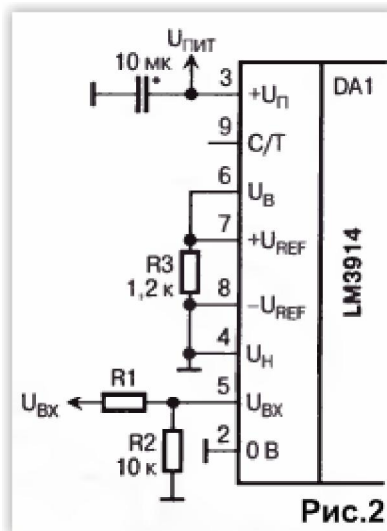


Таблица 1

Номер светодиода	Пороговое напряжение для микросхемы					
	LM3914	LM3915		LM3916		
	В	В	дБ	В	дБ	дБ
1	1	0,447	-27	0,708	-23	-20
2	2	0,631	-24	2,239	-13	-10
3	3	0,891	-21	3,162	-10	-7
4	4	1,259	-18	3,981	-8	-5
5	5	1,778	-15	5,012	-6	-3
6	6	2,512	-12	6,310	-4	-1
7	7	3,548	-9	7,079	-3	0
8	8	5,012	-6	7,943	-2	+1
9	9	7,079	-3	8,913	-1	+2
10	10	10	0	10	0	+3

Микросхема LM3914 предназначена для построения индикаторов с линейной шкалой, и все резисторы ее делителя имеют одинаковое сопротивление. У микросхемы LM3915 делитель рассчитан так, что включение каждого последующего светодиода происходит при увеличении напряжения входного сигнала в $\sqrt{2}$ раз (на 3 дБ), что удобно для контроля мощности УМЗЧ. Микросхема LM3916 специально предназначена для контроля уровня аудиосигнала. Шаг индикации у нее составляет 1 дБ в верхней части шкалы и увеличивается до 3 и 10 дБ в нижней части. В *табл. 1* приведены уровни входного сигнала, включающего соответствующий светодиод, при нормировании на максимальное напряжение 10 В.

Уровни в последней колонке приведены для случая использования микросхемы LM3916 для диапазона индикации -20...+3 дБ.

Микросхемы содержат источник опорного напряжения с номинальным значением 1,25 В. Путем подключения двух внешних резисторов напряжение может быть установлено любой большей величины, не превышающей на 2 В ниже напряжения питания, но не более 12 В. Подключение резисторов и расчет опорного напряжения осуществляется так же, как для микросхемы LM317 (КР142ЕН12):

$$U_{on} = (R2/R1 + 1) \times 1,25V + I_8 R2,$$

где $R1$ — сопротивление резистора, подключенного между выводами 7 и 8, $R2$ — сопротивление резистора, подключенного между выводом 8 и общим проводом, I_8 — вытекающий ток вывода 8, составляющий около 100 мкА.

Переключение между режимами «точка» и «столбик» производится управлением по выводу 9. При подключении этого вывода к плюсу источника питания микросхемы (вывод 3) реализуется режим «столбик», если же вывод оставить свободным или подключить к общему проводу — «точка». Порог переключения между режимами примерно на 100 мВ ниже напряжения на выводе питания 3.

Параметры микросхемы LM3914 приведены в *табл. 2*.

Таблица 2

Параметр	Условия измерения	Миним.	Тип.	Макс.	
Напряжение сдвига буферного усилителя и первого компаратора, мВ	$U_{ВХ} < 12 \text{ В}, I_{СВ} = 1 \text{ мА}$	—	3	10	
Напряжение сдвига остальных компараторов, мВ	$U_{ВХ} < 12 \text{ В}, I_{СВ} = 1 \text{ мА}$	—	3	15	
Крутизна передаточной характеристики компараторов, мА/мВ	$I_{СВ} = 10 \text{ мА}$	3	8	—	
Входной ток по выв. 5, нА	$0 < U_{ВХ} < U_{ПИТ} - 1,5 \text{ В}$	—	25	100	
Максимальный входной сигнал, не приводящий к порче микросхемы или возникновению ложных показаний, В	—	-35	—	+35	
Суммарное сопротивление резисторов делителя, кОм	—	8	12	17	
Точность резисторов делителя, %	—	—	0,5	2	
Напряжение опорного источника U_{REF} , В	$U_{ПИТ} = 5 \text{ В}, I_{REF} = 0,1 \dots 4 \text{ мА}$	1,2	1,28	1,34	
Изменение U_{REF} при изменении $U_{ПИТ}$, %/В	$U_{ПИТ} = 3 \dots 18 \text{ В}$	—	0,01	0,03	
Изменение U_{REF} при изменении тока нагрузки I_{REF} , %	$U_{ПИТ} = 5 \text{ В}, I_{REF} = 0,1 \dots 4 \text{ мА}$	—	0,4	2	
Изменение U_{REF} при изменении температуры, %	$T = 0, \dots, 70 \text{ }^\circ\text{C}, U_{ПИТ} = 5 \text{ В}, I_{REF} = 1 \text{ мА}$	—	1	—	
Ток вывода 8, мкА	—	—	75	120	
Выходной ток (ток светодиода), мА	$I_{REF} = 1 \text{ мА}$	7	10	13	
Разброс токов выходов	$I_{СВ} = 2 \text{ мА}$	—	0,12	0,4	
	$I_{СВ} = 20 \text{ мА}$	—	1,2	3	
Изменение тока выхода при изменении напряжения на выходе, мА	$U_{ВЫХ} = 2 \dots 17 \text{ В}$	$I_{СВ} = 2 \text{ мА}$	—	0,1	0,25
		$I_{СВ} = 20 \text{ мА}$	—	1	3
Выходной ток в закрытом состоянии, мкА	—	—	0,1	10	
	Только вывода 1 в режиме «Точка»	60	150	450	
Потребляемый ток при выключенных светодиодах, мА	$U_{ПИТ} = 5 \text{ В}, I_{REF} = 0,2 \text{ мА}$	—	2,4	4,2	
	$U_{ПИТ} = 20 \text{ В}, I_{REF} = 1 \text{ мА}$	—	6,1	9,2	

Типовая схема подачи входного сигнала на микросхему показана на *рис. 2*. Сопротивление резистора R1 выбирают в соответствии с уровнем входного сигнала U_{MAX} , при котором должен включаться верхний светодиод шкалы, по формуле:

$$R1 = R2(U_{MAX}/1.25 - 1).$$

Входное сопротивление микросхемы весьма велико, поэтому в большинстве случаев при расчете номинала резистора R1 его можно не учитывать.

Интересна роль резистора R3, его сопротивление определяет ток через светодиоды. На *рис. 3* представлены начальные участки выходных характеристик генераторов тока, включающих светодиоды, при различных значениях тока нагрузки источника опорного напряжения $I_L(REF)$ (ток вывода 7). Как видно из *рис. 3*, ток через каждый свето-диод примерно в 10 раз больше тока нагрузки источника опорного напряжения.

Возможна подача опорного напряжения, например, 10 В от внешнего источника (*рис. 4*). В этом случае диапазон входного напряжения составляет 0... 10 В, а при указанном на схеме

сопротивлении резистора R3, так же, как и для варианта по схеме на *рис. 2*, номинальный ток через светодиоды равен 10 мА.

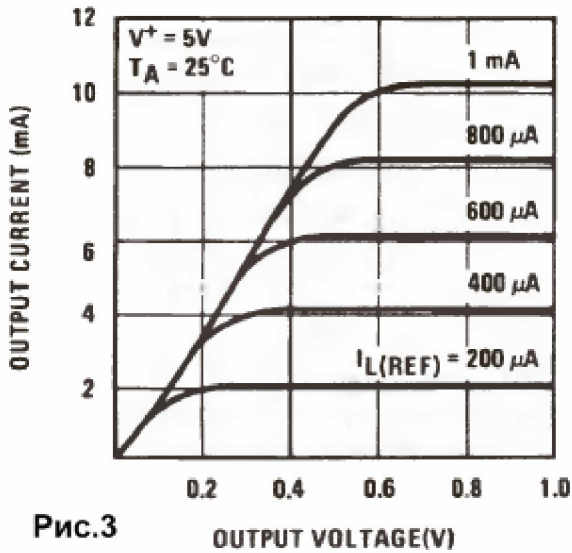


Рис.3

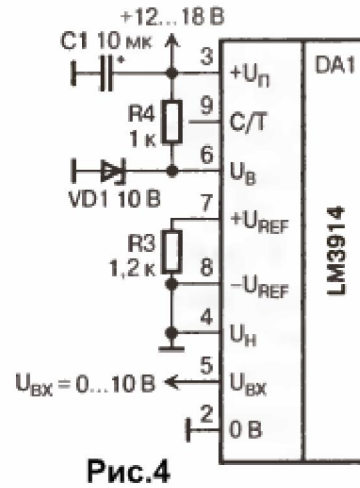


Рис.4

Установка необходимого напряжения внутреннего источника проиллюстрирована на *рис. 5*. Как уже указывалось выше, напряжение питания микросхемы должно по крайней мере на 2 В превышать напряжение опорного источника. Если напряжение на выводе 4 микросхемы (U_H) установить отличным от нуля, можно получить растянутую линейную шкалу — от U_H до U_B . Такая схема включения проиллюстрирована на *рис. 6*. Напряжение на входе U_B составляет около 1,2 В, а на входе U_H подстроечным резистором R3 это может быть установлено в пределах 0... U_B . Если его выбрать равным $2/3$ от U_B , т. е. 0,8 В, а коэффициент передачи делителя R1R2 подстроенным резистором R2 установить 0,08, то диапазон индицируемых уровней составит 10,5... 15 В, точнее первому включившемуся светодиоду соответствует напряжение 10,5 В. последнему — 15 В.

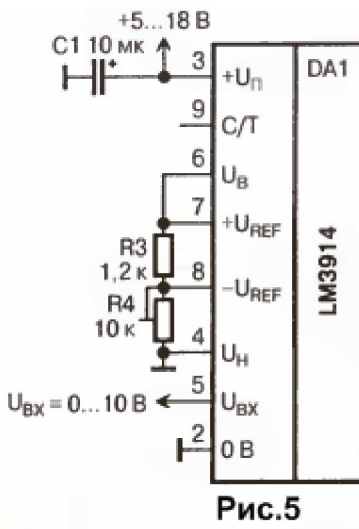


Рис.5

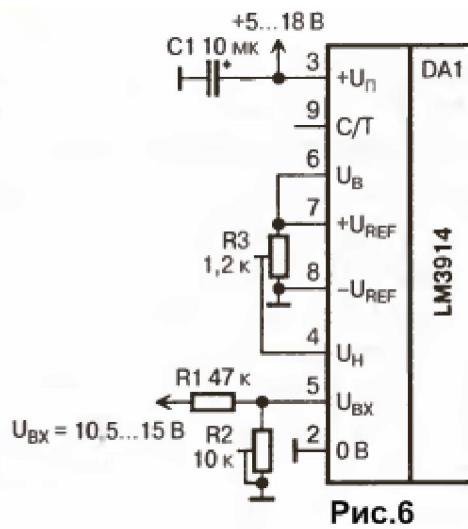


Рис.6

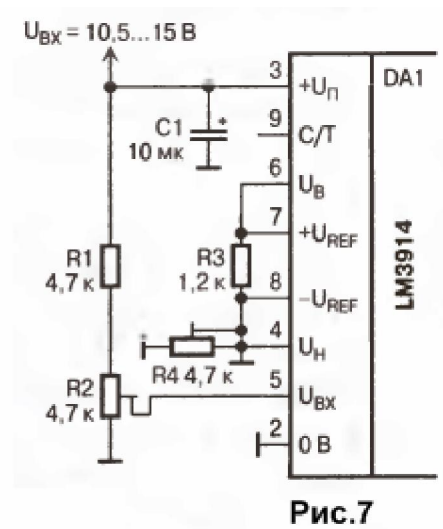


Рис.7

Вариант получения аналогичной шкалы в вольтметре для измерения напряжения бортовой сети автомобиля приведен на *рис. 7*. В этом случае напряжения верхнего $U_B = 3,6$ В и нижнего уровня $U_H = 2,4$ В устанавливаются подстроенным резистором R4, а коэффициент передачи входного сигнала на вход U_{BX} микросхемы, равный 0,24, — резистором R2.

Во всех рассмотренных выше вариантах индикаторов вход 9 управления «столбик/точка» был никуда не подключен, что обеспечивало индикацию в режиме «точка». Если желательна индикация «столбиком», как уже указывалось выше, вход 9 следует подключить к входу для подачи напряжения питания на микросхему (вывод 3). Однако при включении всех десяти

светодиодов существенно увеличивается мощность, рассеиваемая на микросхеме, поэтому следует произвести ее контрольный расчет. Тепловое сопротивление корпуса составляет $55\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, максимальная температура кристалла — $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, что допускает максимальную мощность 1365 мВт при температуре окружающей среды $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1100 мВт — при $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, 730 мВт — при $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Если задаться током 10 мА через каждый светодиод, то суммарный ток через 10 включенных светодиодов будет 100 мА и при температуре $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ напряжение на выходах микросхемы не должно превышать 11 В , а напряжение питания цепей светодиодов — $12,5\text{ В}$.

Если нужен большой ток через светодиоды, можно уменьшить напряжение питания светодиодов вплоть до 3 В , при этом питание микросхемы можно осуществлять от источника с большим напряжением. В случае, когда применение двух источников по каким-либо причинам неприемлемо, можно последовательно с каждым светодиодом включить ограничительный резистор, как это показано на **рис. 8**. Для формирования «столбика» можно все светодиоды соединить последовательно, а микросхему перевести в режим «точка» (**рис. 9**). Напряжение питания в этом случае должно определяться исходя из того, что падение напряжения на каждом светодиоде около 2 В , почти столько же должно быть на выходе 10 микросхемы, когда включены все светодиоды.

Последовательное включение светодиодов в режиме «точка» позволяет получить интересный вариант построения индикатора. В качестве примера на **рис. 10** приведена возможная схема устройства. Если светодиоды HL1—HL4 установить желтого цвета свечения (мало), HL5—HL8 — зеленого (норма), HL9, HL10 — красного (перегрузка), одного взгляда на индикатор будет достаточно для оценки измеряемого параметра. Число светодиодов в каждой цепочке, число цепочек и цвета светодиодов могут быть и другими, соответствующими поставленной задаче. Такой вариант с использованием микросхемы К1003ПП1 описан автором в статье [1].

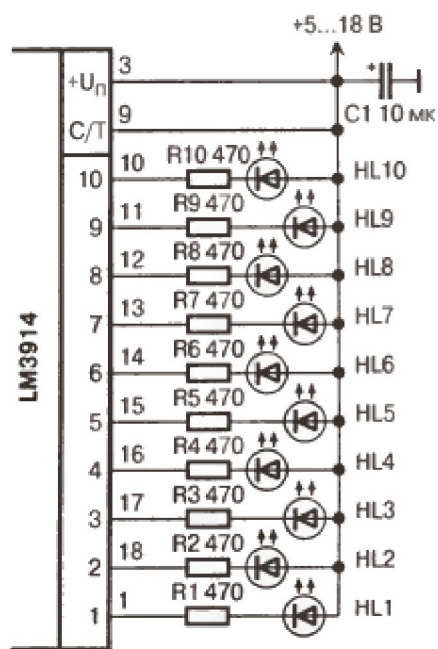


Рис.8

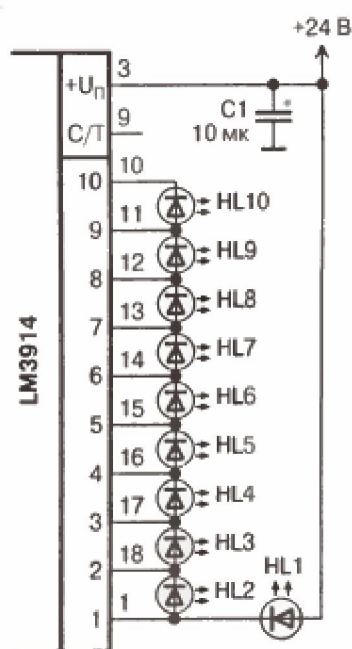


Рис.9

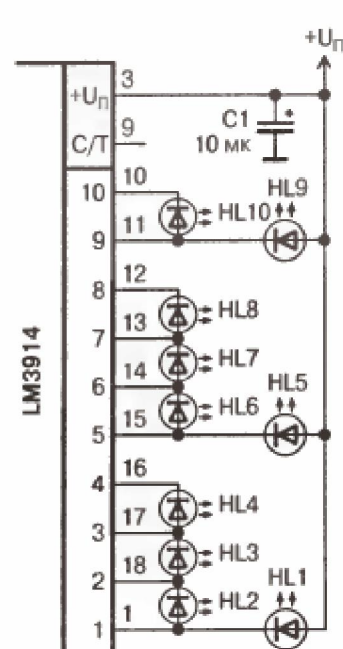


Рис.10

Напряжение питания микросхемы должно находиться в пределах $3...25\text{ В}$. Напряжение питания светодиодов должно быть не менее 3 В и не более напряжения питания микросхемы. Источник питания микросхемы в непосредственной близости от нее должен быть зашунтирован оксидным танталовым конденсатором емкостью не менее $2,2\text{ мкФ}$ или алюминиевым 10 мкФ . Возможно питание цепи светодиодов выпрямленным неотфильтрованным напряжением частотой 50 Гц , однако необходимо подключение к этой цепи такого же блокировочного конденсатора, как и к микросхеме.

При необходимости индикации числа уровней, большего 10, можно использовать несколько микросхем, соединив их каскадно, допустимо соединение до пяти микросхем. Возможный вариант соединения двух микросхем LM3914 приведен на *рис. 11*, следует обратить внимание на следующее. Источник опорного напряжения микросхемы DA1 работает в обычном режиме и нагружен на резистор R3, что обеспечивает ток 10 мА через подключенные к этой микросхеме светодиоды. Минусовый вывод источника микросхемы DA2 подключен к плюсовому выводу первого источника и обеспечивает между входами UB и UN микросхемы DA2 напряжение 1,2 В, «поднятое» вверх на 1,2 В. Источник микросхемы DA2 нагружен на резистор R4, что задает ток через светодиоды, подключенные к этой микросхеме, той же величины, что и через светодиоды DA1.

Для обеспечения режима «столбик» достаточно выводы 9 каждой микросхемы соединить с выводами 3. Сложнее с режимом «точка», для него необходимо гашение светодиода HL10 при включении любого из светодиодов HL11— HL20. Сигнал о необходимости гашения HL10 поступает с выхода 1 DA2 на вход 9 DA1. Если включен любой из светодиодов HL11—HL20, падение напряжения на HL1 составляет не менее 1 В, поскольку через него проходит или рабочий ток светодиода, или специально формируемый микросхемой DA2 ток порядка 150 мкА (допуск— 60...450 мкА), не вызывающий заметного свечения обычных (не суперярких) светодиодов. Это падение сравнивается специальным компаратором микросхемы DA1 с напряжением питания светодиодов. Для подачи этого напряжения на второй вход компаратора, соединенный с выводом 11 (выход 9) DA1, служит резистор R5.

Делитель напряжения микросхемы имеет очень хорошую точность, однако для реализации потенциальных возможностей микросхемы следует тщательно подойти к разводке цепей общего провода. Ток вывода 2, который в режиме «столбик» может достигать до 300 мА, не должен протекать по проводникам, через которые подключаются нижний вывод резистивного делителя микросхемы (вывод UN) и источник входного сигнала и минус источника опорного напряжения. В режиме «столбик» по проводнику, соединяющему выводы 9 и 3, не должны протекать токи светодиодов.

Для четкой работы индикатора рекомендуется «цену деления» устанавливать не менее 20 мВ в режиме «столбик» и 50 мВ в режиме «точка».

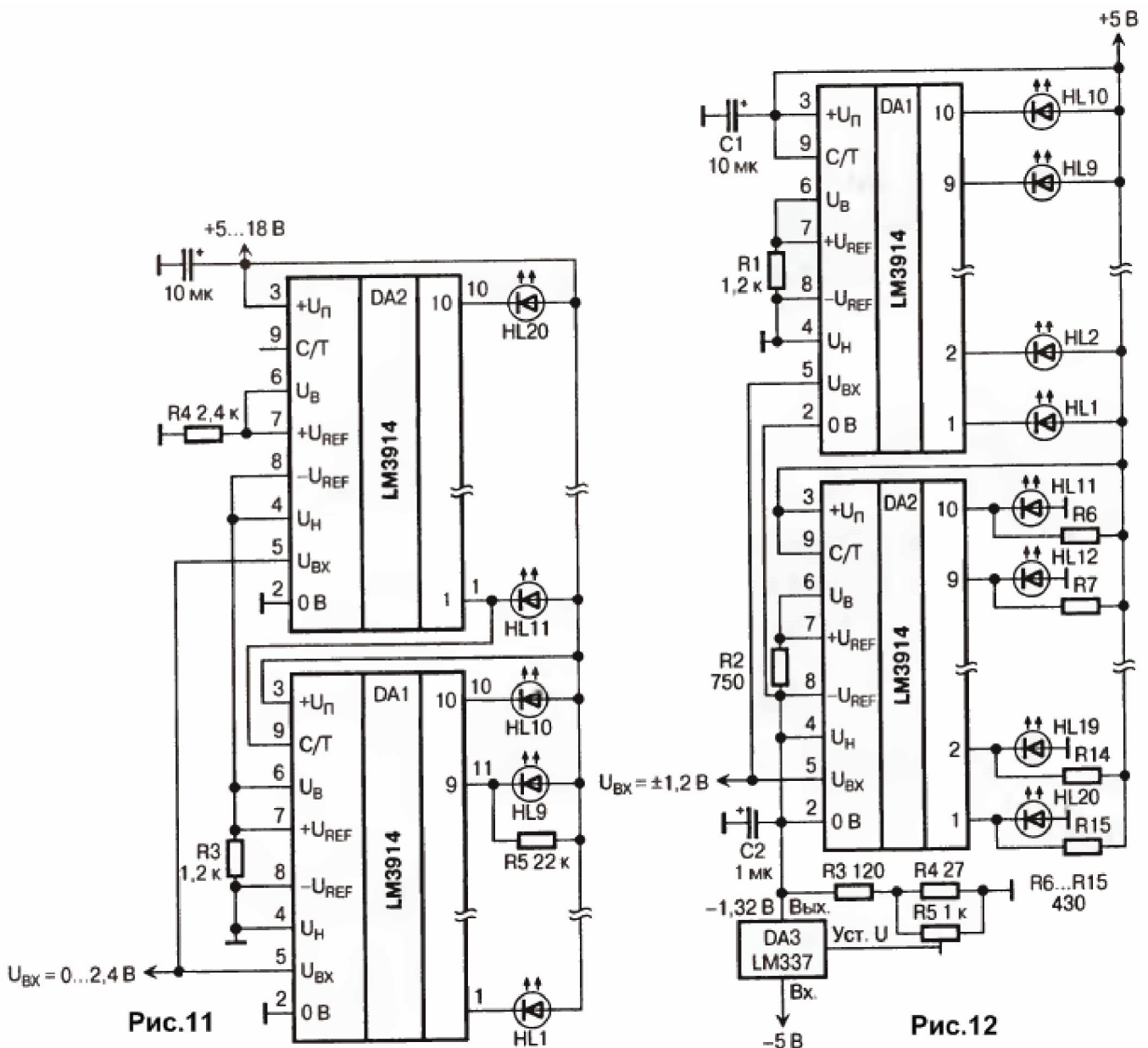


Рис.11

Рис.12

Схема интересного варианта индикатора двуполярного напряжения приведена на *рис. 12*.

Микросхема DA1 работает практически в стандартном режиме и формирует светящийся «столбик», высота которого пропорциональна положительному входному напряжению. Микросхема DA2 также работает в режиме «столбик», но включена необычно. Все светодиоды, подключенные к ее выходам, получают питание через резисторы R6—R15 и гаснут при включении соответствующих выходов микросхемы. На нижний вывод UH встроенного делителя подано напряжение -1,32 В со стабилизатора на микросхеме DA3. В результате на верхнем выводе делителя UB микросхемы DA2 формируется уровень около -0,12 В, и при нулевом или положительном напряжении на входе этой микросхемы все выходы микросхемы включены и светодиоды, подключенные к ее выходам, погашены.

При подаче на вход индикатора отрицательного напряжения, увеличивающегося по абсолютной величине, вначале выключается выход 10 и зажигается светодиод HL11, затем поочередно еще и HL12—HL20, что формирует «столбик», высота которого пропорциональна модулю отрицательного напряжения на входе.

Для обеспечения функционирования микросхем при отрицательных входных сигналах на выводы микросхем 0В для подачи минуса питания подано то же напряжение -1,32 В. Точная подстройка этого напряжения производится резистором R5.

Ток через светодиоды HL1—HL10 определяется резистором R1 и составляет около 10 мА,

примерно такой же ток течет через резисторы R6—R15 и обеспечивает необходимую яркость свето-диодов HL11—HL20. Поскольку при включении выходов микросхемы DA2 напряжение на ее выходах составляет около -1 В, ток через резисторы R6—R15 увеличивается почти до 14 мА, что и определяет выбор сопротивления резистора R2.

Схема на **рис. 13** иллюстрирует вариант построения вольтметра с растянутой шкалой для измерения отклонения напряжения на входе от номинального +5 В. Цена деления вольтметра — 120 мВ, полный диапазон — 4,46...5,54 В. Выходное напряжение опорного источника 1,2 В делителем R1R2 уменьшается до необходимого 1,08 В, подстроенным резистором R1 устанавливается его точное значение, а резистором R4 — начальное напряжение шкалы U_H . Индикатор может работать как в режиме «точка», так и в режиме «столбик». Выбор режима осуществляется переключателем SA1. Светодиоды шкалы целесообразно установить разного цвета свечения, например, HL4—HL7 — зеленого; HL3, HL8 — желтого; HL1, HL2, HL9, HL10 — красного, что обеспечит эффективную индикацию отклонения напряжения от +5 В.

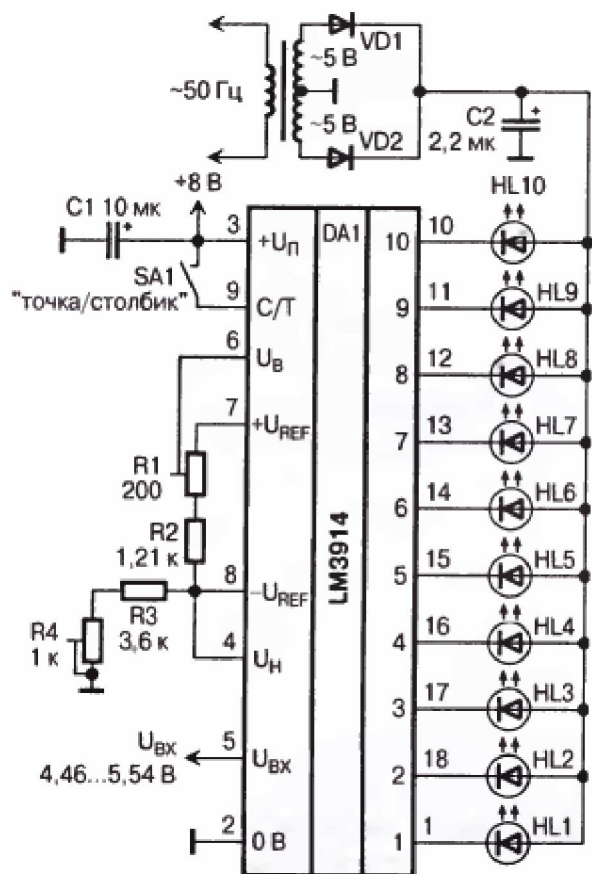


Рис.13

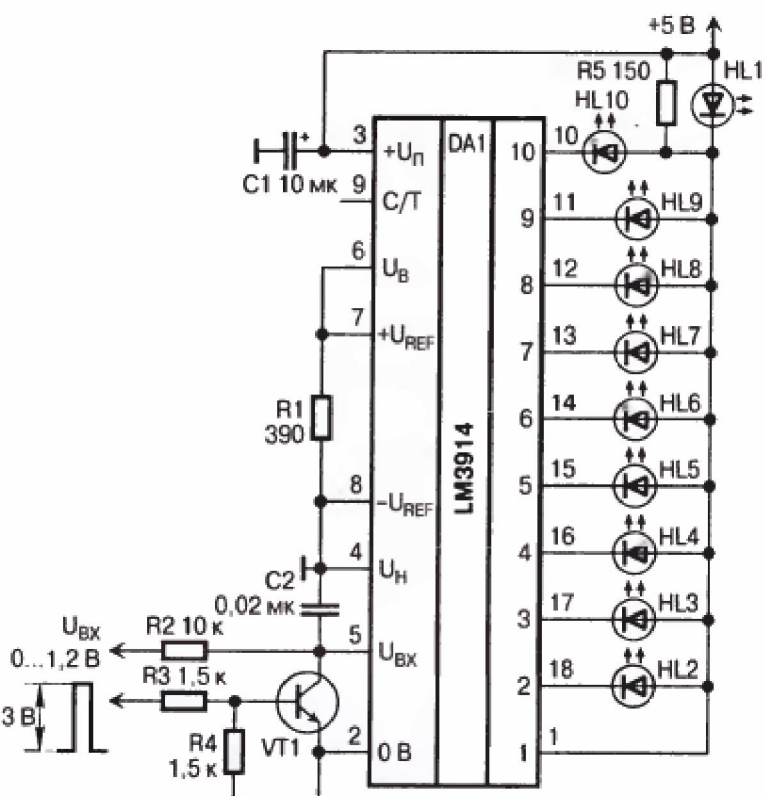


Рис.14

Схема на **рис. 13** также иллюстрирует упоминавшуюся ранее возможность питания светодиодов от нестабилизированного и нефильтрованного источника питания. Конденсатор C2 служит для обеспечения устойчивой работы микросхемы.

Индикатор по схеме на **рис. 14** обеспечивает интересный эффект, который можно назвать «восклицательный знак». Микросхема работает в режиме «точка» и при нулевом напряжении на входе U_{BX} все светодиоды погашены. Входной сигнал в диапазоне 0...1.2 В подается на этот вход микросхемы через резистор R2, вход зашунтирован конденсатором C2. Конденсатор периодически разряжается транзистором VT1, на базу которого подаются импульсы с частотой 1 кГц и длительностью 100 мкс. Напряжение на входе имеет вид импульсов длительностью 900 мкс по основанию с экспоненциально затянутым фронтом с постоянной времени $R2C2 = 200$ мкс. В результате ярко светится светодиод HL1 (он должен быть установлен ниже HL2) и светодиод, соответствующий входному напряжению. Во время прохождения фронта импульса светятся и

промежуточные светодиоды, причем с тем большей яркостью, чем выше по *рис. 14* светодиод расположен, и возникает упомянутый выше эффект.

Индикатор, схема которого приведена на *рис. 15*, при малых уровнях входного сигнала работает в режиме «точка», поскольку транзистор VT1 закрыт и на управляющий вход C/T через делитель R3VD1R4 подается напряжение, примерно на 0,7 В ниже напряжения питания. Когда включается светодиод HL10, открывается транзистор VT1, и напряжение на входе СЯ становится близким к напряжению на выводе +пит. Микросхема переходит в режим «столбик» и вспыхивает вся шкала, привлекая к себе внимание. Резистор R2 позволяет регулировать яркость свечения светодиодов.

Очевидно, что точку соединения резисторов R5 и R6 можно подключить к любому из выходов микросхемы и переход в режим «столбик» будет происходить при включении соответствующего светодиода.

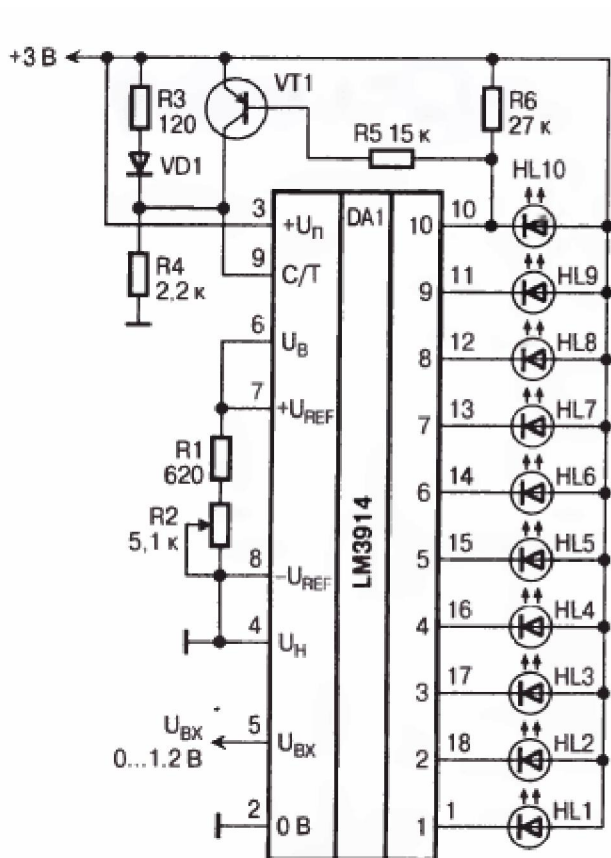


Рис.15

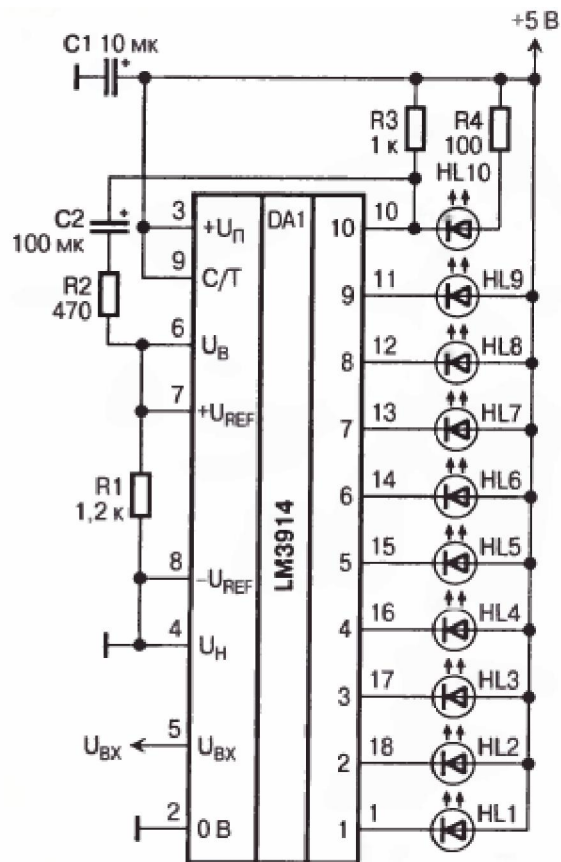


Рис.16

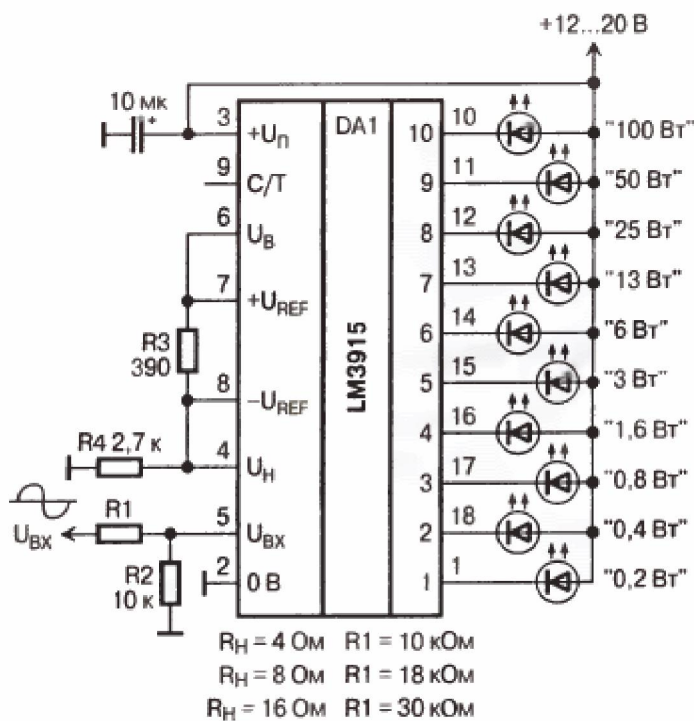


Рис.18

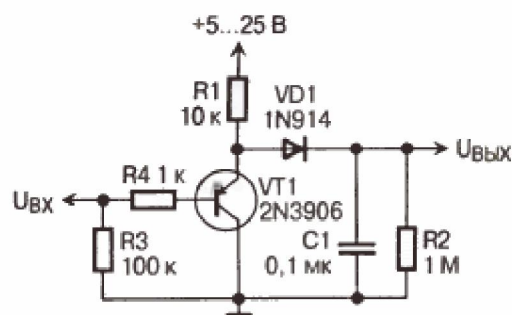


Рис.19

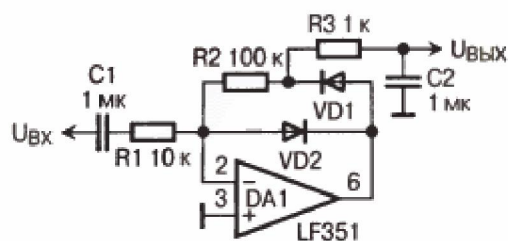


Рис.20

Основное отличие микросхемы LM3915 от ранее рассмотренной LM3914 заключается в номиналах встроенного делителя напряжения, что обеспечивает логарифмическую шкалу индикатора (см. [табл. 1](#)). Суммарное сопротивление резисторов делителя и точность порогов микросхемы приведены в [табл. 3](#), остальные параметры указанных микросхем совпадают. Простейший вариант построения логарифмического индикатора мощности, подаваемой на акустическую систему (АС), проиллюстрирован на [рис. 18](#). Входной сигнал с контролируемой АС через делитель напряжения R1R2 подается непосредственно на сигнальный вход Uвх микросхемы. опорное напряжение выбором резисторов R3 и R4 установлено равным 8,65 В, что обеспечивает индикацию указанных на рис. 18 уровней при установке резистора R1 необходимого номинала в соответствии с сопротивлением АС.

Таблица 3

Параметр	Условия измерения	Миним.	Тип.	Макс.
Суммарное сопротивление резисторов делителя, кОм	—	16	28	36
Шаг ступени делителя, дБ	—	2	3	4
Абсолютная точность каждого порога, дБ	$U_{вх} = -3, -6$ дБ	-0,5	—	+0,5
	$U_{вх} = -9$ дБ	-0,5	—	+0,65
	$U_{вх} = -12, -15, -18$ дБ	-0,5	—	+1
	$U_{вх} = -21, -24, -27$ дБ	-0,5	—	+1,5

Индикатор работает в режиме «точка» с током через каждый светодиод около 30 мА. Поскольку на входе индикатора напряжение переменное, светящиеся светодиоды образуют столбик с неравномерной яркостью, по которому можно оценить как среднюю мощность на АС, так и ее амплитудное значение.

Более точный индикатор среднего или амплитудного значения можно построить с использованием выпрямителя входного сигнала. Если микросхема используется при напряжении опорного источника 10 В, пороговое напряжение для уровня -27 дБ составляет 0,447 В (см. [табл. 1](#)) и простейший выпрямитель на кремниевом диоде с «пяткой» 0,6 В даст слишком большую

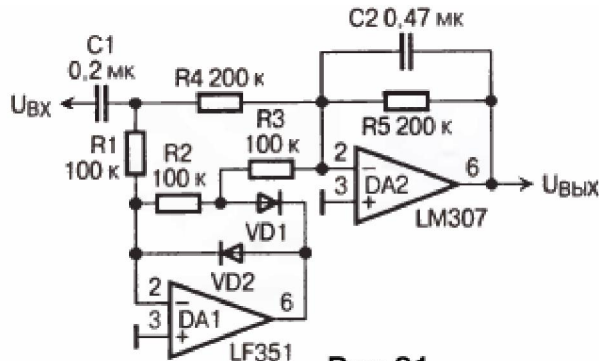


Рис.21

разряжается через R2 и R3, поэтому в зависимости от соотношения номиналов этих резисторов устройство может выполнять роль как выпрямителя пикового значения (номиналы указаны на **рис. 20**), так и среднего (номиналы резисторов R2 и R3 надо поменять местами). Этот выпрямитель вполне работоспособен в диапазоне уровней входного сигнала 60 дБ.

Для точного двухполупериодного выпрямления и сглаживания можно использовать выпрямитель среднего значения, схема которого приведена на **рис. 21**. При установке резисторов R1—R4 с допуском 1 % усиление положительной и отрицательной полувольт различается не более чем на 0,5 дБ. Постоянная времени усреднения определяется произведением R5C2. Небольшая модификация выпрямителя (**рис. 22**) обеспечивает выделение информации о пиковом значении входного сигнала. Поскольку сглаживающий конденсатор не буферизирован, этот выпрямитель, так же, как и выпрямители по схемам на **рис. 19 и 20**, можно нагружать только на нагрузку с большим входным сопротивлением. Микросхема LM3915 вполне соответствует необходимому требованию.

Для выпрямления входного сигнала можно применять специализированные микросхемы, о применении двух из них рассказано в статьях [2—4].

погрешность. Схема простого пикового детектора, обеспечивающего удовлетворительную точность в диапазоне до -30 дБ при полной шкале 10 В, приведена на **рис. 19**. «Пяtku» диода компенсирует напряжение $U_{БЭ}$ транзистора VT1. Для получения большей точности в широком диапазоне входных напряжений необходимо применять активные выпрямители с использованием ОУ. Схема несложного однополупериодного выпрямителя приведена на **рис. 20**. Конденсатор фильтра C2 заряжается через резистор R3 и

Схема более точного варианта каскадирования микросхем приведена на **рис. 24**. Опорное напряжение обеих микросхем одинаково и составляет 10 В. Входной сигнал находится в диапазоне 0...10 В и на микросхему DA2 подается непосредственно, а на DA1 — после предварительного усиления в 31,6 раза операционным усилителем DA3. Естественно, что он ограничивается в ОУ DA3 и не может существенно превышать 10 В. Если резисторы R4 и R5 использовать с допуском $\pm 1\%$, подстройки коэффициента усиления не потребуется. Однако, смещение нуля ОУ DA3 может внести значительную погрешность, и его коррекция, как правило, необходима. Подстройка нуля может быть единой для ОУ усилителя DA3 и ОУ, входящих в состав выпрямителя входного сигнала.

Принципиально можно соединить три микросхемы LM3915 аналогично **рис. 24** и расширить диапазон индикации до 90 дБ, однако при этом придется проявить особую тщательность при усилении сигнала 0,5 мВ. Может потребоваться подстройка нуля в различных каскадах и разделение общего провода цепей питания и сигнала.

Некоторые замечания по установке тока светодиодов. В приведенном на **рис. 25** стандартном варианте формирования опорного напряжения выходной ток по выводу 7 складывается из тока делителя R1R2 и тока через внутренний делитель микросхемы, номинальное сопротивление которого составляет 22 кОм. При опорном напряжении 10 В ток через внутренний делитель составляет около 450 мкА, это увеличивает ток через каждый включенный светодиод на 4,5 мА, что следует обязательно учитывать.

На **рис. 26** представлена схема отдельной подстройки опорного напряжения (подстроечный резистор R3) и тока через светодиоды (резистор R5). Диапазон регулировки тока через светодиоды для указанных номиналов резисторов составляет 9...28 мА. Аналогичная схема отдельной регулировки для случая соединения двух микросхем приведена на **рис. 27**.

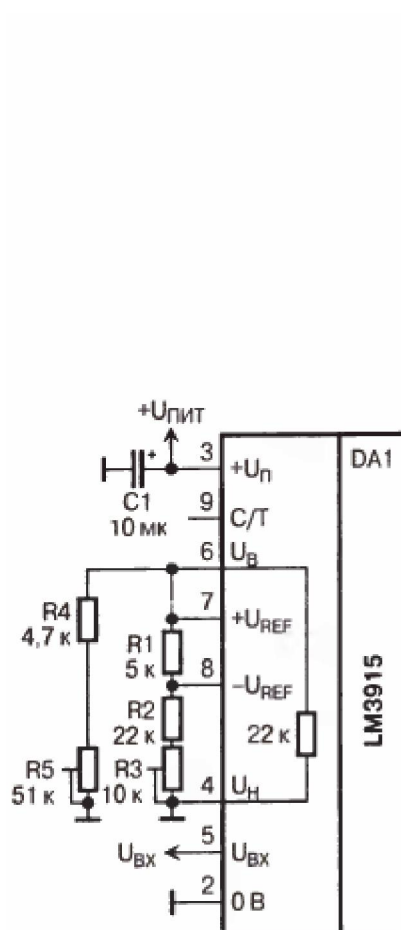


Рис.26

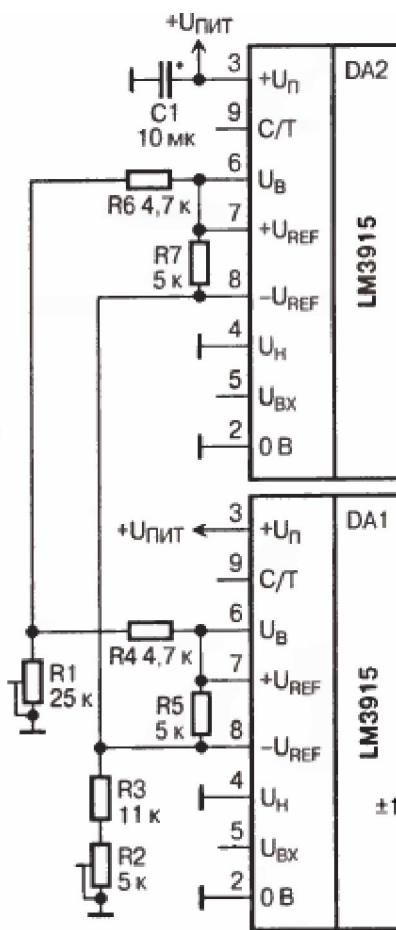


Рис.27

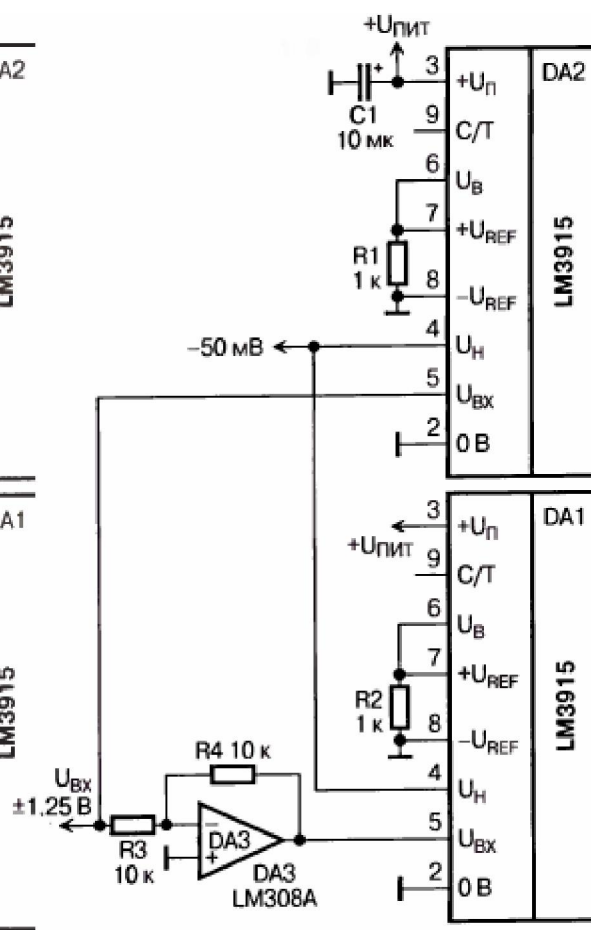


Рис.28

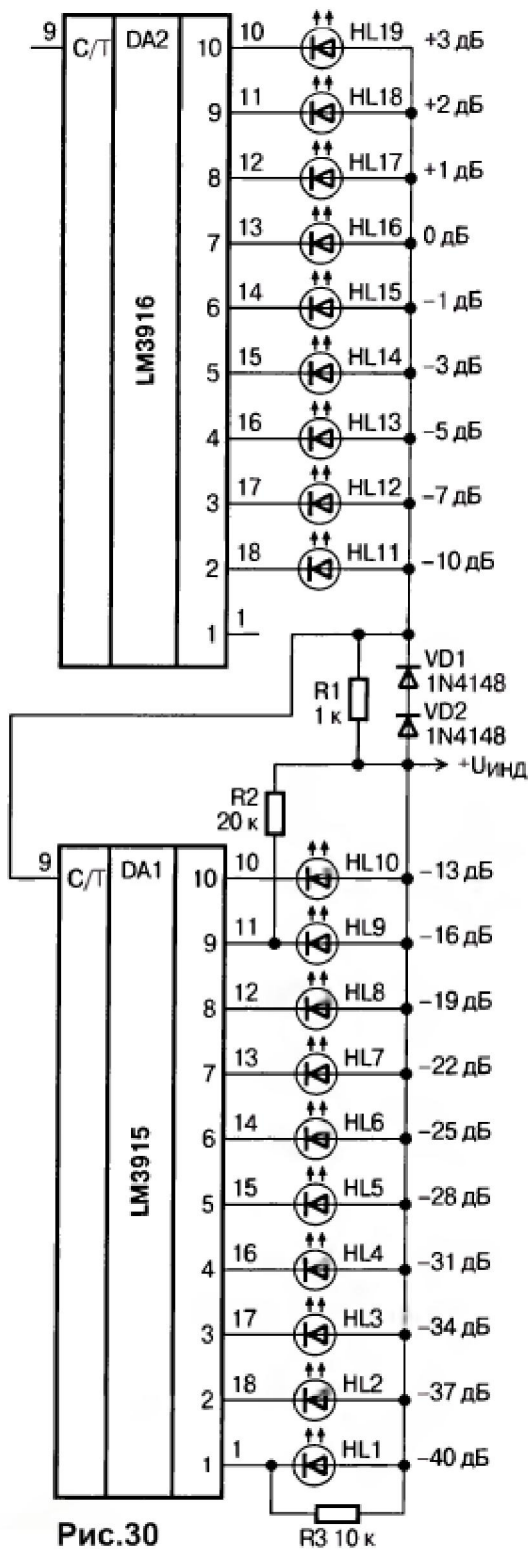


Рис.30

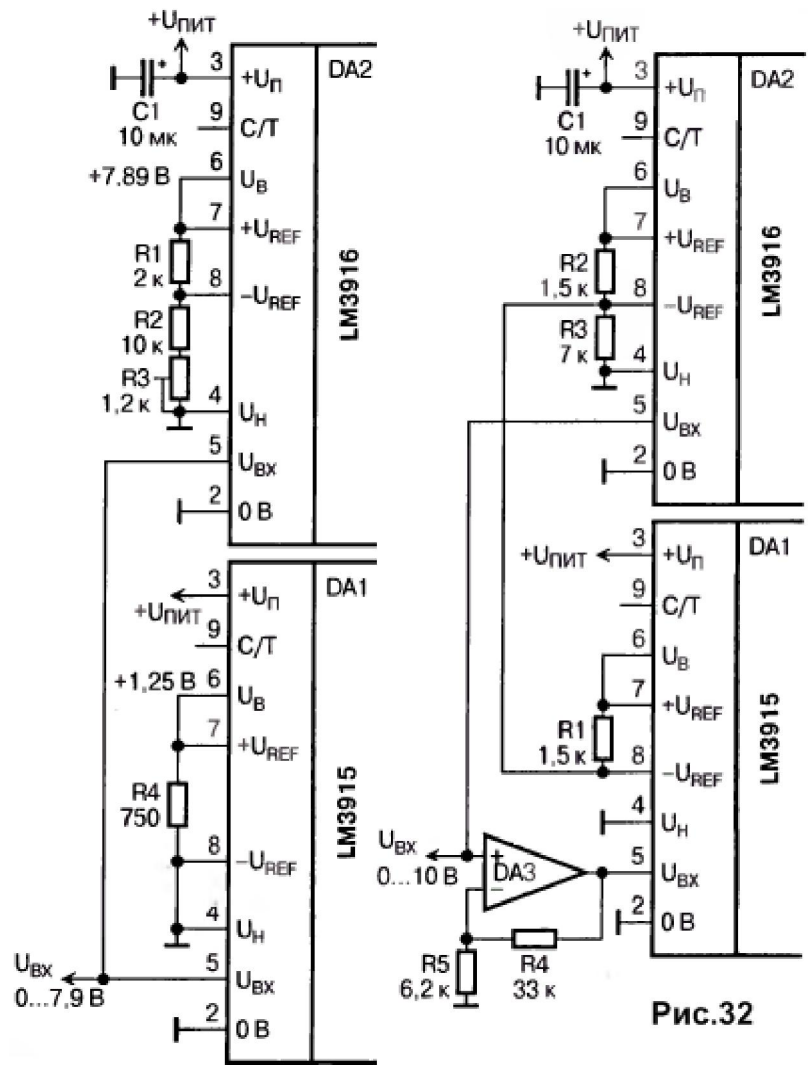


Рис.31

Рис.32

Подключение вакуумного люминесцентного индикатора к микросхеме LM3915 проиллюстрировано на *рис. 29*.

Микросхема работает в нестандартном режиме. На ее вход U_H , на который в обычном варианте подается нулевое напряжение или низкий уровень, подано напряжение около +9 В, а вход 1) в соединен с общим проводом.

Один из входов однополупериодного выпрямителя на ОУ DA2 подключен к выходу +9 В источника опорного напряжения, поэтому при отсутствии сигнала на его выходе — также +9 В. Все компараторы микросхемы DA1 переключаются и включают соответствующие выходные транзисторы, на выходах DA1 напряжение близко к нулю и все элементы индикатора HL1 погашены.

При подаче на вход выпрямителя переменного напряжения по мере его увеличения напряжение на входе $U_{ВХ}$ микросхемы DA1 начнет уменьшаться относительно +9 В, компараторы этой микросхемы начнут возвращаться в исходное состояние. Выходные транзисторы микросхемы будут закрываться, что приведет к поочередному включению элементов индикатора. Поскольку вход C/T DA1 соединен с плюсом питания, индикатор будет работать в режиме «столбик». Режим «точка» для вакуумного люминесцентного индикатора таким относительно простым способом не получить, необходимы инверторы на каждый выход микросхемы DA1.

Аналогично можно подключить вакуумный люминесцентный индикатор к микросхемам LM3914

и LM3916.

Микросхема LM3916, как указывалось в первой части статьи, специально предназначена для контроля уровня аудиосигнала. Шаг индикации у нее составляет 1 дБ в верхней части шкалы и увеличивается до 3 и 10 дБ в нижней части (см. [табл. 1](#)). Ее основное отличие от ранее рассмотренных LM3914 и LM3915 заключается в номиналах встроенного делителя напряжения, что и обеспечивает специфическую шкалу индикатора. Суммарное сопротивление резисторов делителя и точность порогов микросхемы приведены в [табл. 4](#), остальные параметры указанных микросхем совпадают. Диапазон индикации уровней одной микросхемы LM3916 относительно невелик — +3...-20 дБ с интервалом между двумя нижними уровнями, составляющим 10 дБ. Для расширения диапазона и повышения разрешающей способности в нижней части шкалы возможно каскадирование микросхем, однако не двух LM3916, а LM3916 и LM3915. В нижней части диапазона (от -40 до -13 дБ) будет работать микросхема LM3915 с шагом индикации 3 дБ, в верхней (-10...+3 дБ) — LM3916 с шагом 1...3 дБ. Для режима индикации «столбик» достаточно подать на входы этих двух микросхем входные сигналы и опорные уровни в соответствующем масштабе, исключив светодиод уровня -20 дБ микросхемы LM3916. Для реализации режима «точка» небольшая проблема состоит в том, чтобы обеспечить гашение светодиодов микросхемы LM3915, индицирующей уровни -40... -13 дБ, при включении любого из светодиодов LM3916, кроме исключенного -20 дБ. Схема соединения микросхем, решающая поставленную задачу, приведена на рис. 30. Она во многом напоминает схему на [рис. 11](#), где также указана роль резистора R2. Сигнал для гашения светодиодов микросхемы DA1 поступает с двух последовательно включенных кремниевых диодов VD1 и VD2. В результате при включении любого из светодиодов HL11—HL19 падение напряжения на VD1, VD2 поступит на соответствующий компаратор DA1 и погасит HL10.

Масштабирование входных сигналов можно произвести, по крайней мере, двумя способами. Первый из них проиллюстрирован на [рис. 31](#). Контролируемое напряжение подается на входы $U_{ВХ}$ обеих микросхем, а отношение их опорных уровней устанавливается 6,31 (16 дБ). В отличие от аналогичного включения двух микросхем LM3915, приведенного на схеме рис. 23 в третьей части статьи, самое низкое пороговое напряжение микросхемы DA1 составляет 56 мВ, что существенно облегчает реализацию узла. Второй вариант масштабирования показан на [рис. 32](#). Так же, как и в индикаторе по схеме на рис. 24, на микросхему DA1 подается усиленный ОУ DA3 входной сигнал, а опорное напряжение обеих микросхем устанавливается одинаковым величиной 10 В. Коэффициент усиления определяется отношением $(R4+R5)/R5 = 6,31$, т. е. те же 16 дБ.

Таблица 4

Параметр	Условия измерения	Миним.	Тип.	Макс.
Суммарное сопротивление резисторов делителя, кОм	—	8	12	17
Шаг ступени делителя, дБ	$U_{ВХ} = +3...-1$ дБ	0,75	1	1,25
	$U_{ВХ} = -1...-7$ дБ	1,5	2	2,5
	$U_{ВХ} = -7...-10$ дБ	2,5	3	3,5
Абсолютная точность каждого порога, дБ	$U_{ВХ} = +2, 1, 0, -1$ дБ	-0,25	—	+0,25
	$U_{ВХ} = -3, -5$ дБ	-0,5	—	+0,5
	$U_{ВХ} = -7, -10, -20$ дБ	-1	—	+1

При установке токов через светодиоды, подключенные к микросхеме LM3916, следует пользоваться рекомендациями, приведенными при описании [рис. 25—27](#). Необходимо, однако, помнить, что типовое значение суммарного сопротивления резисторов внутреннего делителя напряжения микросхемы LM3916 составляет около 10 кОм.

Многие рекомендации, приведенные в этой статье, годятся при построении индикаторов на любой из микросхем семейства. Более подробные сведения о микросхемах LM3914, LM3915, LM3916 можно найти на сайте фирмы-производителя микросхем National Semiconductor www.national.com в документах [5—7].

Сергей Бирюков, editor@dian.ru

Литература:

1. С. Бирюков. Два вольтметра на К1003ПП1. — Радио. 2001, Л/° 8, с. 32, 33.
2. С. Бирюков. Логарифмический квазипиковый индикатор на К1003ПП1. — Радио, 2002, № 1, с. 12, 13.
3. С. Бирюков. Приставка к цифровому мультиметру для измерения эффективного напряжения. — Схемотехника, 2003, №4, с.18, 19.
4. С. Бирюков. Преобразователь переменного напряжения в эффективное значение AD736. — Схемотехника, 2003, №4, с.51—55.
5. LM3914 Dot/Bar Display Driver, <http://www.national.com/pf/LM/LM3914.html#Datasheet>
6. LM3915 Dot/Bar Display Driver, <http://www.national.com/pf/LM/LM3915.html#Datasheet>
7. LM3916 Dot/Bar Display Driver, <http://www.national.com/pf/LM/LM3916.html#Datasheet>