

# МАЛОГАБАРИТНЫЙ



Представляем нашего автора: Валентин Яковлевич Ефремов. В 1971 г. окончил Московский энергетический институт.

С мая 1979 г. по сей день трудится в службе ремонта Телевизионного технического центра. Радиолюбительский стаж — более 30 лет.

Приборы, созданные Валентином Яковлевичем, регулярно демонстрировались на выставках творчества радиолюбителей-конструкторов и неизменно получали высокие оценки жюри и посетителей.

О разнообразии творчества В.Ефремова можно судить хотя бы по таким статьям, с которыми он (в соавторстве с товарищами по интересам)

выступал на страницах нашего журнала:

«Модульные блоки питания» (1981, № 12), «Измеритель частоты пульса» (1986, № 4), «Цифровой авометр» (1987, № 4 и № 5).

К 1991 г. В.Ефремову удалось создать два прибора многолетней мечты.

Это — мультиметр МР-5, не имеющий механических переключателей — разработка, на которую оформлен патент, и двухрежимный цифровой биопульсомер МБ-90, защищенный авторским свидетельством.

Валентин Яковлевич — участник недавнего конкурса журнала «Радио» — «Пульс». За разработку миниатюрного «Биопульсомера» ему присуждено второе место.

Физическими занятиями увлекаются многие. Это — бег трусцой, ритмическая гимнастика и многие другие циклические упражнения. В процессе их выполнения особое значение приобретает контроль за частотой пульса до и после физических нагрузок — по частоте пульса определяют оптимальную физическую нагрузку, адекватную возможностям организма.

Обычно для подсчета пульса нащупывают вену у запястья и с помощью часов подсчитывают удары за 10, 20 или 30 секунд, затем это число умножают на соответствующий коэффициент. Но ведь гораздо удобнее измерять пульс специальным прибором — пульсомером, который стоит взять в руки и через несколько секунд на его индикаторе появится число, указывающее частоту ударов сердца в минуту.

По принципу регистрации работы сердца различают пульсомеры двух типов. Приборы первого типа работают сердца контролируют с помощью инфракрасного датчика, реагирующего на пульсацию крови в капиллярах пальца или мочки уха. В них выходной сигнал датчика изменяется в зависимости от степени наполнения сосудов кровью, пульсирующей в такт с ударами сердца. Один из недостатков такого способа — подверженность инфракрасного датчика влиянию внешних световых помех, зависимость выходного

сигнала от физиологических особенностей места приложения датчика. Кроме того, инфракрасный датчик, состоящий из светодиода и фотодиода, сравнительно дорог, а потребляемый им ток (обычно 1...3 мА) уменьшает срок службы источника питания. Число людей, у которых гарантировано измерение пульса такими приборами, не превышает 85...90% от общего числа испытуемых.

Измерители пульса другого типа регистрируют работу сердца по его биопотенциалам, улавливаемых с помощью металлических электродов на корпусе прибора. Усилительная часть биопульсомера выделяет из кардиосигнала так называемые R-импульсы, которые после цифровой обработки выводятся на индикатор.

Характерная особенность описываемого здесь подобного биопульсомера — отсутствие каких-либо подстроечных элементов и предельно упрощенная цифровая часть. Он уменьшается в кармане, что позволяет пользоваться им на открытом воздухе во время тренировок. Время одного измерения — 12 с, пределы измерения — от 40 до 195 ударов в минуту.

Питается прибор от батареи из двух элементов 316, а потребляемый ток (2 мА) столь мал, что одного комплекта элементов хватает на 10 000 измерений.

Максимальная погрешность измерения при температуре окружающей среды +10...+40° С — ±5 ударов в минуту.

Прежде чем приступить к описанию прибора-«малютки», кратко рассмотрим некоторые особенности измерения биопотенциалов сердца, не отраженные в радиолюбительской литературе.

Известно, что каждое сокращение сердца сопровождается серией электрических импульсов, наибольшие из которых в кардиологии называют R-импульсами. Амплитуда R-импульса, измеренная между кистями рук, у разных людей может быть в пределах 0,2...1,5 мВ, а их частота следования — от 0,8 до 4 Гц. Эти импульсы приходится выделять на фоне сетевой наводки 50 Гц амплитудой до 1 В. А ведь на вход биопульсомера поступают еще и помехи частотой 0,1...0,5 Гц, вызываемые изменением напряжения в местах контакта электродов с пальцами из-за непроизвольных колебаний рук.

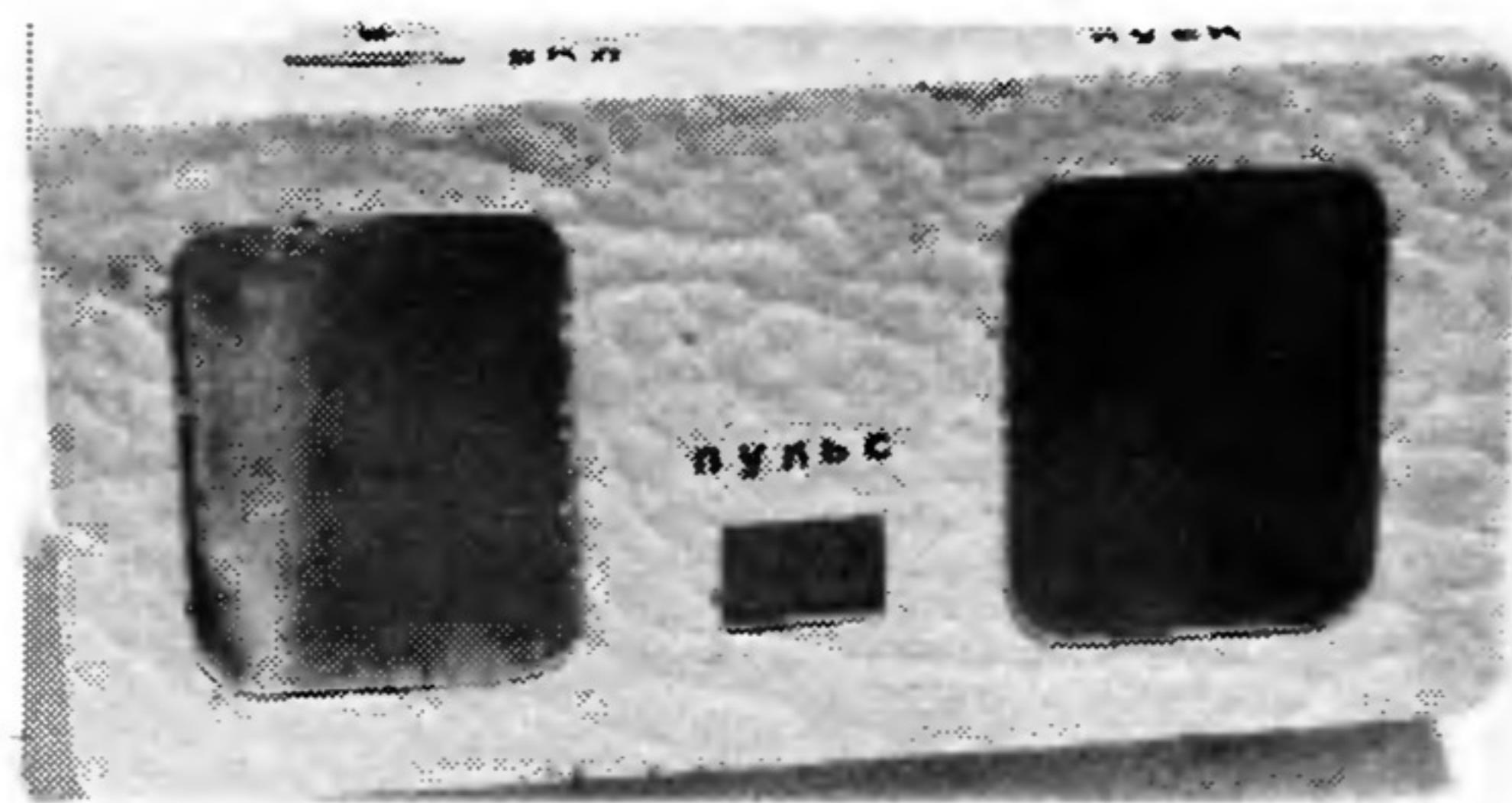
Подобные помехи по частоте достаточно резко отличаются от кардиосигнала, поэтому усилительная часть биопульсомера представляет собой усилитель с полосой пропускания от 0,5 до 12 Гц.

О способах отведения биопотенциалов сердца, типах и конструкциях электродов, а также электрохимических процессах, протекающих в местах контакта кожного покрова с электродами, подробно рассказано, например, в книге «Медицинская электронная аппаратура для здравоохранения» (Пер. с англ. — М.:Радио и связь, 1981).

Принципиальная схема предлагаемого измерителя частоты пульса изображена на рис.1. Электроды E1—E3, служащие для снятия биопотенциалов, подключены ко входу ОУ DA1.1. Электрод E2, называемый индифферентным, ослабляет наводку на входе первого каскада усилителя, подавляющего синфазные наводки. Степень ослабления наводок зависит от согласования пар резисторов R2, R3 и R4, R5. Если разброс их сопротивлений не

ПРИЗЕР КОНКУРСА  
"ПУЛЬС"

# БИОПУЛЬСОМЕР



превышает 0,1%, то ослабление помех определяется параметрами ОУ DA1.1. Его коэффициент усиления полезного сигнала — около 18.

Основное усиление кардиосигнала происходит во втором каскаде, собранном на ОУ DA1.2. В полосе частот до 12 Гц его коэффициент усиления составляет 160. Этот каскад усилителя является и фильтром НЧ первого порядка, необходимый спад частотной характеристики которого определяется конденсатором C2.

Связь между первым и вторым каскадами усилительной части прибора осуществляется через пассивный фильтр С1R6 с частотой среза около 0,5 Гц.

Окончательно кардиосигнал очищается от всякого рода помех после активного полосового фильтра, собранного на ОУ DA1.3. Его параметры определяются элементами C3, C4, R10, R12. Коэффициент передачи в полосе частот 0,5...12 Гц — около 9, поэтому амплитуда R-импульсов на выходе ОУ DA1.3 обычно превышает 2 В.

Четвертый каскад на ОУ DA1.4 обнаруживает максимумы в кардиосигнале, т.е. выделяет R-импульсы. Его основной слу-

жит амплитудный детектор с обратной связью, в исходном состоянии у которого на выходе отрицательное напряжение. Исследуемый сигнал через диоды VD1 и VD2 поступает на оба входа ОУ DA1.4. А так как его инвертирующий вход шунтирует конденсатор C5, то положительное напряжение на нем оказывается равным среднему значению входного сигнала, которое и переключает ОУ DA1.4 в состояние, когда на его выходе появляется отрицательное напряжение. Как только амплитуда R-импульса на неинвертирующем входе превысит это напряжение, на выходе ОУ появится положительное напряжение, которое будет сохраняться в течение 2..3 мс — пока заряжается конденсатор C7. После зарядки этого конденсатора диод VD3 закрывается, разрывается обратная связь выхода с инвертирующим входом ОУ, и он принимает начальное состояние.

Длительность выходного импульса ОУ DA1.4 составляет 2..3 мс, а амплитуда достигает 3 В. Очередной R-импульс кардиосигнала может вызвать срабатывание ОУ DA1.4 только после того, как конденса-

тор C7 разрядится через резисторы R16, R15. Время же его разрядки — 280..300 мс.

С выхода ОУ DA1.4 импульсы через дифференцирующую цепь С6R17, диод VD9 и конденсатор С8 поступают на S-вход одновибратора DD2.1 цифровой части, построенной на микросхемах DD2-DD6. На выходе одновибратора формируются импульсы длительностью 280 мс, которые через диод VD5 закрывают диод VD9 и в течение этого времени не пропускают сигналы на вход одновибратора, что еще больше повышает помехозащищенность пульсомера.

Время измерения, равное 12 с, задает второй одновибратор, выполненный, как и первый, на D-триггере DD2.2 той же микросхемы. Он срабатывает после нажатия на кнопку SB1 «Счет». За время измерения импульсы одновибратора

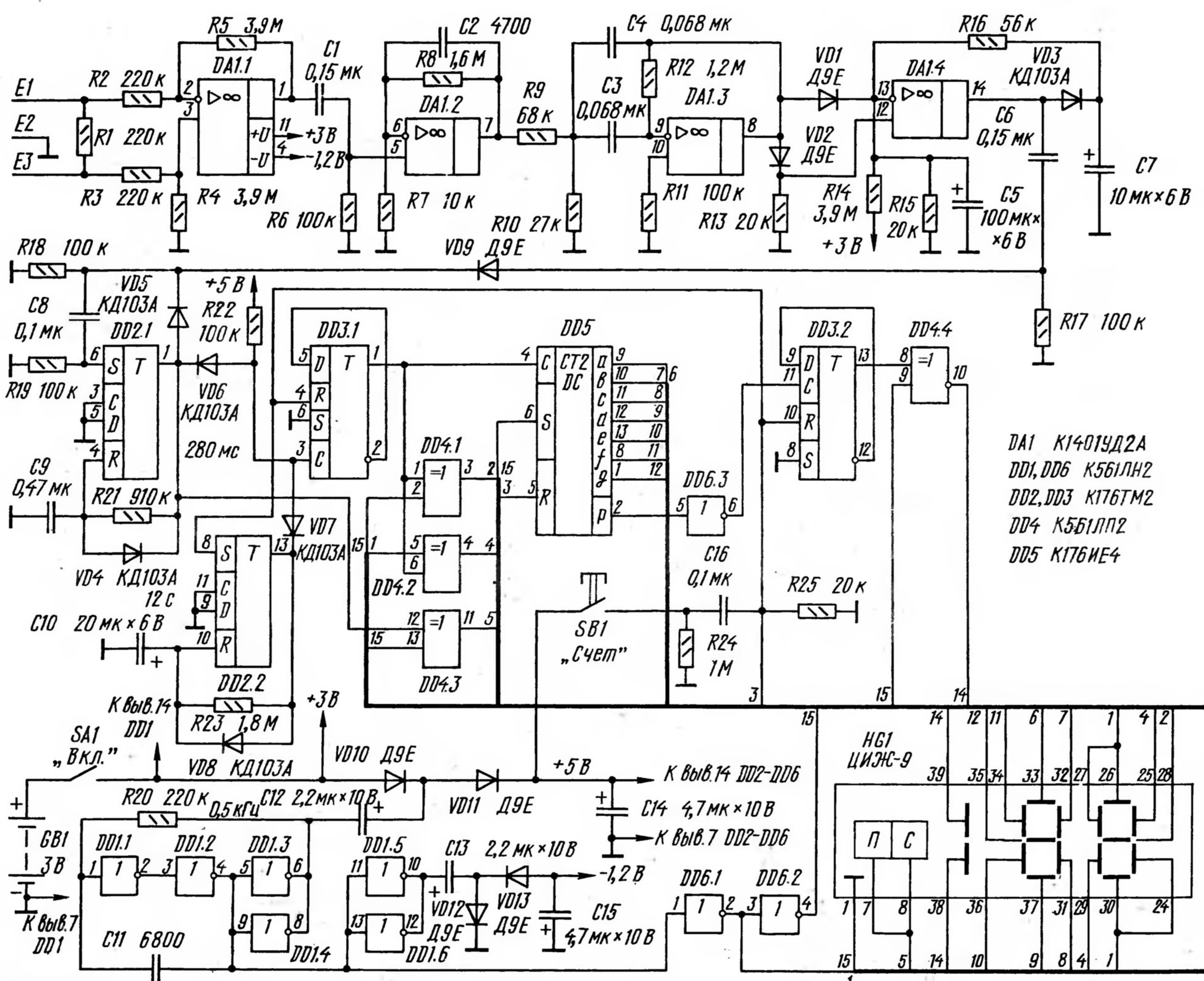


Рис. 1

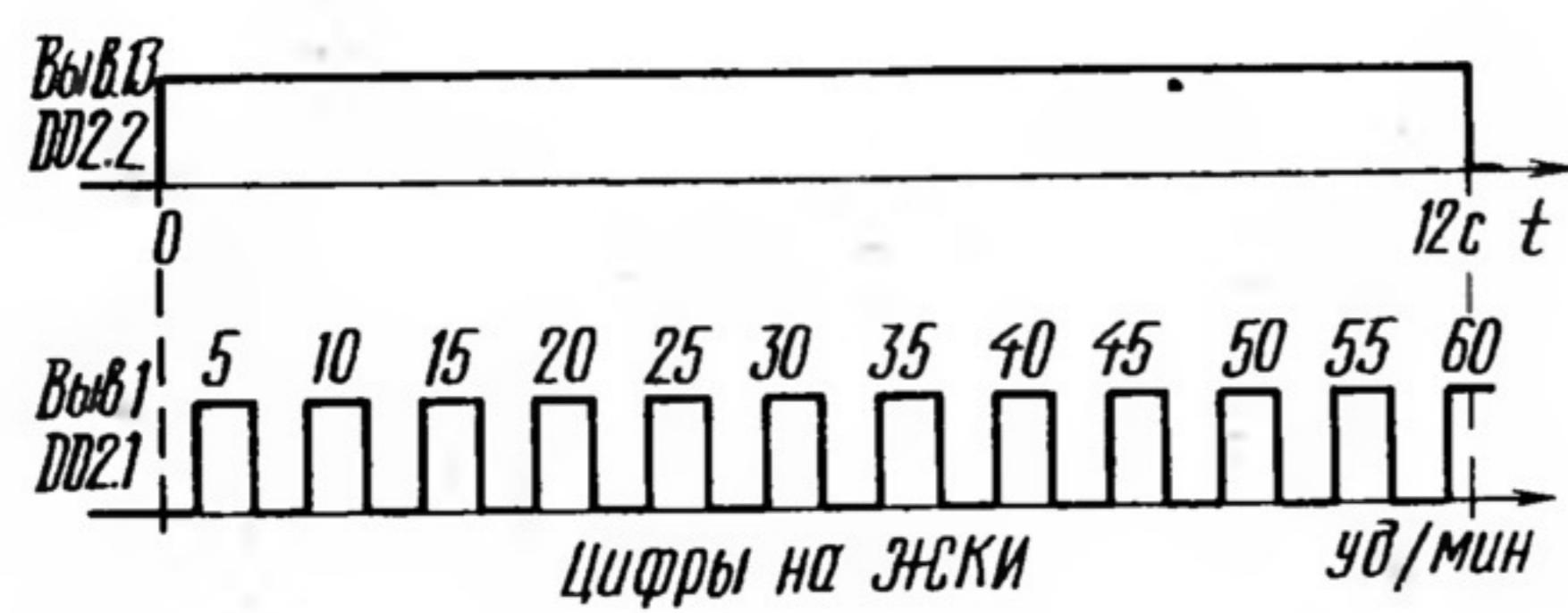


Рис. 2

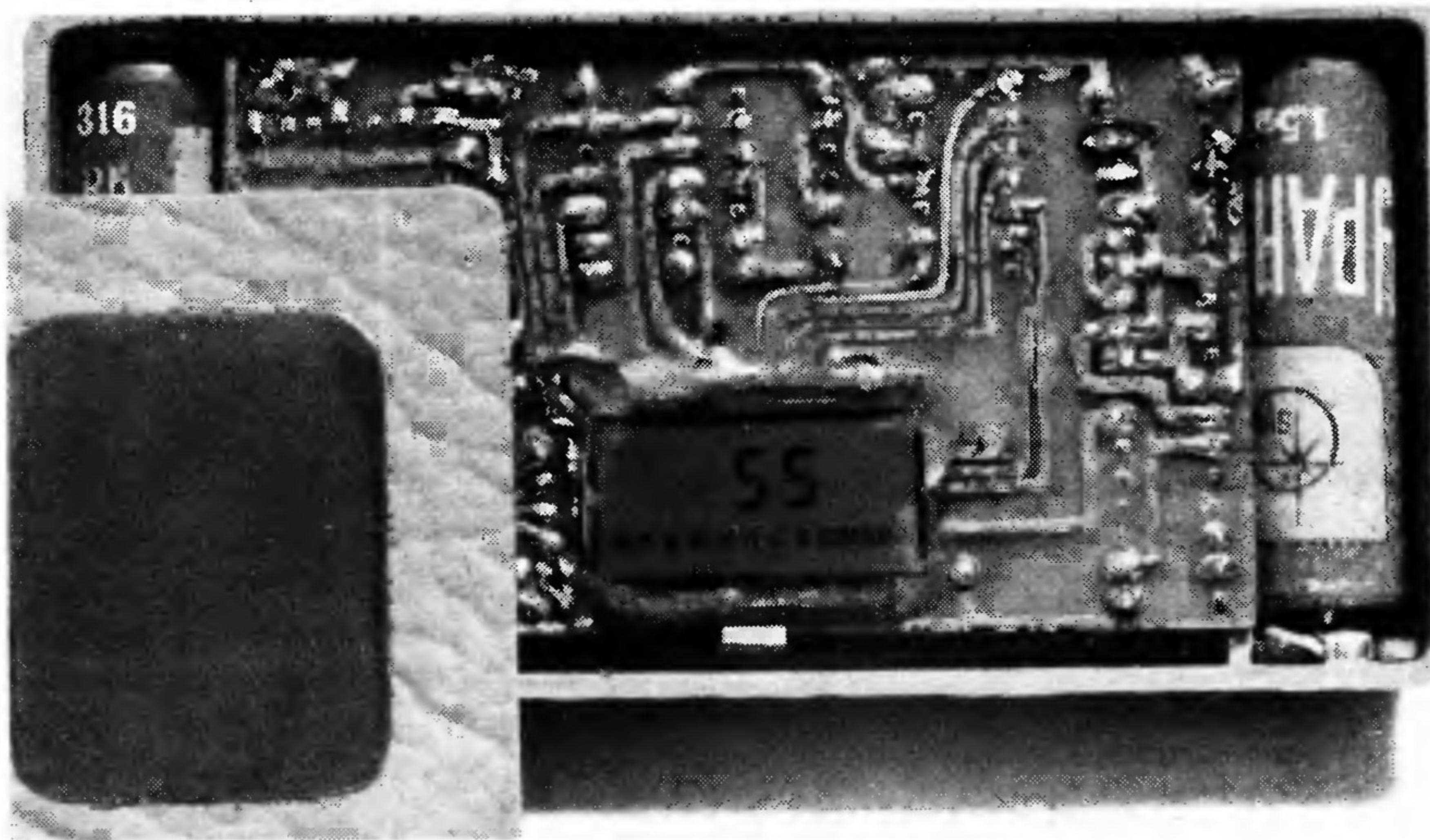


Рис. 3

DD2.1 через узел совпадения (диоды VD6, VD7, резистор R22) поступают на вход следующей части пульсомера — счетной.

Эта часть прибора, состоящая из триггеров DD3.1 и DD3.2, счетчика-демодулятора DD5 и элементов DD4.1 — DD4.4, обеспечивает жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) HG1 парофазным питанием. Триггер DD3.1, срабатывая, индицирует на ЖКИ цифры единиц — 0 или 5, счетчик-демодулятор DD5 — десятки от 0 до 9, а триггер DD3.2 — значение сотен числа, равного частоте пульса в минуту. Эти числа на индикаторе высвечиваются в течение 12 с, последнее из которых, например 60, соответствует частоте пульса в ударах в минуту (рис.2).

Следующее измерение возможно только после нажатия на кнопку SB1. В этот момент импульс, сформированный цепью C16R24, устанавливает счетную часть в исходное состояние (на индикаторе появляются нули) и запускает одновibrator DD2.2.

Для нормальной работы ЖКИ на него подается импульсное парофазное напряжение питания от генератора, собранного на элементах микросхемы DD1. Частота следования генерируемых импульсов — 500 Гц. Такое же напряжение действует на общем выводе ЖКИ и на входе С счетчика-демодулятора DD5. Выходное напряжение микросхемы DD5 также становится импульсным. Когда с какого-либо выхода демодулятора сигнал приходит на ЖКИ в противофазе с напряжением на его общем выводе, то соответствующий элемент знакоместа становится видимым. А если сигналы синфазные, то этот элемент невиден.

Единица сотен на индикаторе высвечивается сигналами триггера DD3.2 и эле-

ментом DD4.4. Если частота пульса превышает 100 ударов в минуту, на выходе Р (вывод 2) микросхемы DD5 появляется сигнал низкого уровня, который через инвертор DD6.3 устанавливает триггер DD3.2 в единичное состояние. Выходной же сигнал триггера управляет элементом

луженой проволоки и kleem «Момент» и соединен с печатными проводниками платы двумя токопроводящими резинками. Неиспользуемые выводы 9, 11 и 13 микросхемы DD4 соединяют с общим проводом.

Конденсаторы — малогабаритные КМ-5-Н90 (C1—C4, C6, C8, C9, C16) и K53-19 (C5, C7, C10, C12—C15). Выключатель питания SA1 — МТ-1, кнопка SB1 — МП-12 (приклеена к плате). Все резисторы, использованные в биопульсомере, — МЛТ-0,125 с допуском  $\pm 5\%$ . Пары резисторов R2, R3 и R4, R5 подобраны на цифровом омметре с точностью не хуже  $\pm 0,1\%$  — это условие обязательное.

Монтажная плата с ЖКИ и батарея питания размещены в прямоугольном корпусе, склеенным из пластин цветной пластины.

На лицевой стенке корпуса выпилено прямоугольное отверстие, закрытое пластиной оргстекла, через которое виден индикатор. На ней же, по краям, находятся две прямоугольные пластины размерами 40x20 мм из нержавеющей стали толщиной 0,1 мм. Они, соединенные между собой проводом МГТФ-0,12, образуют индифферентный электрод E2, подключенный к общему проводу прибора. Сигнальные электроды E1 и E3 таких же размеров расположены на задней стенке корпуса, а выключатель питания и кнопка «Счет» — на верхней стенке корпуса.

Безошибочно смонтированный биопульсомер не нуждается в специальной настройке. Надо лишь, пользуясь оциллографом и вольтметром, проверить режим работы отдельных узлов на соответствие приведенным выше параметрам.

При включении питания на индикаторе появляются две или три случайные цифры. Если прибор взять в руки и пальцами слегка нажать на электроды, на индикаторе должны начать мигать символы «ПС». После нажатия указательным пальцем правой руки на кнопку «Счет» индикатор высвечивает нули, а затем с каждым ударом сердца счет их увеличивается на 5. Через 12 с подсчет прекращается, а результат измерения остается на табло до следующего нажатия на кнопку «Счет».

Разрядка батареи питания до напряжения 2 В практически не сказывается на чувствительности биопульсомера, ослабевает лишь видимость цифр и букв ПС, что является признаком необходимости замены элементов питания.

Для измерения частоты сердечных сокращений биопульсомер берут в руки, положив большие пальцы на электроды передней стенки корпуса, а указательные и средние — на электроды задней стенки. При уверенном восприятии прибором сигналов пульса буквы П и С мигают равномерно.

Основная причина неулавливания прибором пульса у отдельных людей — слишком большая сухость кожи или очень низкий уровень кардиосигнала.

В.ЕФРЕМОВ  
г.Москва

**От редакции.** Для углубления знаний и создания современных приборов-измерителей пульса рекомендуем литературу, список которой приведен в «Радио», 1994, № 3, с.38